

A photograph of the Tata Institute of Fundamental Research (TIFR) building, a large, modern, multi-story structure with a light-colored facade and numerous windows. The building is partially obscured by a large, leafy tree in the foreground, which has many hanging roots. The grounds in front of the building are green and well-maintained, with a paved road and some landscaping. The sky is clear and blue.

टाटा मूलभूत अनुसंधान संस्थान Tata Institute of Fundamental Research

वार्षिक प्रतिवेदन एवं लेखा परीक्षित कथन
Annual Report & Audited Statement of Accounts
(2020-21)

टाटा मूलभूत अनुसंधान संस्थान

होमी भाभा रोड, मुंबई

वार्षिक प्रतिवेदन
एवं
लेखापरीक्षित कथन
(2020-21)

प्रबंध परिषद

श्री रतन एन. टाटा (अध्यक्ष)

अध्यक्ष, सर दोराबजी टाटा न्यास

श्री के.एन. व्यास (12.06.2019 से)

सचिव, परमाणु ऊर्जा विभाग व अध्यक्ष, परमाणु ऊर्जा आयोग

डॉ. श्रीकुमार बैनर्जी

कुलाधिपति, होमी भाभा राष्ट्रीय संस्थान

श्री अजय आर. सुळे (28.05.2020 तक)

संयुक्त सचिव (अ. एवं वि.), परमाणु ऊर्जा विभाग

सुश्री सुषमा ताईशेटे (29.05.2020 से)

संयुक्त सचिव (अ. एवं वि.), परमाणु ऊर्जा विभाग

श्री सौरभ विजय (27.09.2020 तक)

सचिव, महाराष्ट्र सरकार, उच्च एवं तकनीकी शिक्षा विभाग

महाराष्ट्र सरकार के नामांकित

श्री राजीव जलोटा (28.09.2020 से 17.11.2020 तक)

अपर मुख्य सचिव, महाराष्ट्र सरकार, उच्च एवं तकनीकी शिक्षा विभाग

महाराष्ट्र सरकार के नामांकित

श्री ओम प्रकाश गुप्ता (18.11.2020 से)

प्रमुख सचिव, महाराष्ट्र सरकार, उच्च एवं तकनीकी शिक्षा विभाग

महाराष्ट्र सरकार के नामांकित

डॉ. के. कस्तूरीरंगन

न्यासी, रमन अनुसंधान संस्थान न्यास

प्रोफेसर संदीप पी. त्रिवेदी (07.10.2020 तक)

निदेशक, टाटा मूलभूत अनुसंधान संस्थान

प्रोफेसर एस. रामाकृष्णन (08.10.2020 से)

निदेशक, टाटा मूलभूत अनुसंधान संस्थान

टीआईएफआर के माननीय फैलोस

प्रोफेसर रामनाथ कौसिक

प्रोफेसर पी.आर. डेलिग्ने

प्रोफेसर रिचर्ड रॉबर्ट अर्नस्ट

प्रोफेसर डेविड जोनाथन ग्रॉस

प्रोफेसर एंथोनी हेविश

प्रोफेसर तकाकी काजीता

प्रोफेसर ग्रिगोरी अलेक्सेंद्रोविच मार्गुलिस

प्रोफेसर सबुरो मियाके

प्रोफेसर डेविड ब्रयंट मंफोर्ड

प्रोफेसर मादाबुसी सांतानाम रघुनाथन

प्रोफेसर तिरुपत्तूर वैकटाचलमूर्ति रामाकृष्णन

प्रोफेसर चिंतामणि नागेसा रामचंद्र राव

प्रोफेसर माइकल रोसबाश

प्रोफेसर के.आर. श्रीनिवासन

श्री रतन नवल टाटा

प्रोफेसर सैम्युअल चाओ चुंग टिंग

प्रोफेसर सथामंगलम रंगा श्रीनिवासा वर्धन

प्रोफेसर जेम्स डेवे वॉटसन

शैक्षणिक परिषद

निदेशक, टीआईएफआर (अध्यक्ष)	-	प्रोफेसर संदीप पी. त्रिवेदी (07.10.2020 तक)
निदेशक, टीआईएफआर (अध्यक्ष)	-	प्रोफेसर एस. रामाकृष्णन (08.10.2020 से)
संकाय अध्यक्ष, स्नातक स्कूल (संयोजक)	-	प्रोफेसर शुभा तोले
केंद्र निदेशक, एचबीसीएसई	-	प्रोफेसर के. सुब्रमण्यम
केंद्र निदेशक, एनसीबीएस	-	प्रोफेसर सत्यजीत मेयर
केंद्र निदेशक, एनसीआरए	-	प्रोफेसर यशवंत गुप्ता
केंद्र निदेशक, टीसीआईएस	-	प्रोफेसर वी. चंद्रशेखर
केंद्र निदेशक, आईसीटीएस	-	प्रोफेसर राजेश गोपाकुमार
संकाय अध्यक्ष, एनएसएफ	-	प्रोफेसर कालोबरन मैती
संकाय अध्यक्ष, एमएफ	-	प्रोफेसर एकनाथ पी. घाटे
संकाय अध्यक्ष, टीसीएसएफ	-	प्रोफेसर संदीप के. जुनेजा
संकाय अध्यक्ष, एचबीसीएसई	-	प्रोफेसर सुगरा आई. चूनावाला
संकाय अध्यक्ष, एनसीआरए	-	प्रोफेसर जयाराम एन. चेंगलुर
संकाय अध्यक्ष, टीसीआईएस	-	प्रोफेसर सुराजीत सेनगुप्ता
संकाय अध्यक्ष, आईसीटीएस	-	प्रोफेसर रमा गोविंदराजन
संकाय अध्यक्ष, टीआईएफआर, कैम	-	प्रोफेसर के. संदीप
संकाय अध्यक्ष, एनसीबीएस	-	प्रोफेसर उर्पिंदर एस. भल्ला
संकाय अध्यक्ष, प्रशासन	-	प्रोफेसर श्रीरूप रायचौधुरी
पूर्व संकाय अध्यक्ष, स्नातक स्कूल	-	प्रोफेसर अमोल दिघे
संयोजक, बीएसबी	-	प्रोफेसर संध्या पी. कौशिका
संयोजक, सीएसबी	-	प्रोफेसर दीपा खुशलानी
संयोजक, एमएसबी	-	प्रोफेसर अरविंद नायर
संयोजक, पीएसबी	-	प्रोफेसर रुद्रज्योति पालित
संयोजक, टीसीएसएफ	-	प्रोफेसर प्रह्लाद हर्षा
अध्यक्ष, डीएए	-	प्रोफेसर भास्वती मुखर्जी
अध्यक्ष, डीबीएस	-	प्रोफेसर कृष्णानु रे
अध्यक्ष, डीसीएमपीएमएस	-	प्रोफेसर पी.एल. पॉलोस
अध्यक्ष, डीसीएस	-	प्रोफेसर सुदीप्ता मैती
अध्यक्ष, डीएचईपी	-	प्रोफेसर शशि आर. डुगड
अध्यक्ष, डीएनएपी	-	प्रोफेसर जी. रविन्द्रकुमार
अध्यक्ष, डीटीपी	-	प्रोफेसर गौतम मंडल
कुलसचिव	-	विंग कमांडर जार्ज एंटोनी (से.नि.)
आईएसआई, दिल्ली	-	प्रोफेसर राजेन्द्र भाटिया
निदेशक, एलवी प्रसाद नेत्र संस्थान	-	प्रोफेसर डी. बालासुब्रमण्यम
आईआईटी, मुंबई	-	प्रोफेसर विक्रम एम. गदरे
आईआईएसईआर, मोहाली	-	प्रोफेसर एन. सत्यामूर्ति
कलकत्ता विश्वविद्यालय	-	प्रोफेसर अमिताव रायचौधुरी

प्राक्कथन

टीआईएफआर ने वर्ष 2020-21 के दौरान विज्ञान के विभिन्न क्षेत्रों में महत्वपूर्ण योगदान किए। इन क्षेत्रों में जैविक एवं जीवन विज्ञान, रसायनिक विज्ञान, गणित, भौतिकीय विज्ञान, प्रौद्योगिकी एवं संगणक विज्ञान व विज्ञान शिक्षा शामिल थे।

जैविक विज्ञान में अनुसंधानकर्ताओं ने मोनोअमाइन न्युरोट्रांसमीटर, सेरोटोनिन के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण भूमिका का प्रदर्शन किया। यह भूमिका, माइटोकॉण्ड्रियल उत्पादन एवं न्युरॉन्स में बायोएनर्जेटिक्स के प्रमुख रेग्युलेटर के रूप में थी। इस कार्य से पता चला कि सेरोटोनिन, माइटोकॉण्ड्रिया पर अपने कार्यों द्वारा दृढ़ न्युरोसंरक्षणी भूमिका का निर्वाह करता है। इस कार्य ने पथवे की पहचान की है। यह लांगेविटी संबंधित जीन सर्ट1 द्वारा सेरोटोनिन को न्युरोनल सरवाइवल एवं माइटोकॉण्ड्रियल डिस्फंक्शंस के सुधार से लिंक करती है। इसके न्युरोडिजेनरेटिव एवं न्युरोसाइकाइट्रिक रोगों में महत्वपूर्ण उपयोग हैं।

राष्ट्रीय जैविक विज्ञान केंद्र, बंगलुरु में अनुसंधानकर्ताओं ने 65 पृथक बाघों के जीनोम का पुनःअनुक्रमण किया। ये सर्वाधिक विद्यमान उपप्रजातियों से आते हैं। इस दौरान विशेष रूप से जोर भारत के बाघों पर दिया गया। दृढ़ आनुवंशिक अंतर को प्रसिद्ध बाघ उपजातियों के मध्य पाया गया। भारत में उच्च कुल जेनोमिक विविधता के बावजूद पृथक बाघों में होमोजाइगोसिटी के दीर्घ चक्र होते हैं। इससे संभवतः हाल की इंब्रीडिंग या फाउंडिंग इवेंट्स का पता चलता है जो संभवतः लघु एवं फ्रेगमेंटेड संरक्षित क्षेत्रों के कारण है।

अत्यधिक CO₂ उत्सर्जन, जलवायु परिवर्तन का प्रमुख कारण है एवं पृथ्वी के वायुमंडल में CO₂ स्तरों में कमी लाना, प्रतिकूल पर्यावरणीय प्रभावों को रोकने के लिए अनिवार्य है। रसायनिक विज्ञान विभाग के अनुसंधानकर्ताओं ने पानी एवं मैग्नीशियम का प्रयोग कर CO₂ को ईंधन (मीथेन, मेथानल एवं फॉर्मिक एसिड) एवं ग्रीन सीमेंट में सिर्फ कुछ मिनटों में रूपांतरित किया। इस प्रोटोकॉल का प्रयोग हाइड्रोजन उत्पादन के लिए भी किया जा सकता है (एमजी का 940 लीटर प्रति किलो) जो सिर्फ पानी के साथ एमजी की अभिक्रिया द्वारा निर्मित हाइड्रोजन से लगभग 420 गुना अधिक है।

खगोलविज्ञान एवं खगोलभौतिकी विभाग के अनुसंधानकर्ताओं ने सौर वायु (एसडब्ल्यू) गुणधर्मों के

पूर्वानुमान के लिए गहन ज्ञानार्जन का प्रयोग किया। अंतरिक्ष-केंद्रित निरीक्षणों से सौर कोरोना की पराबैंगनी इमेजों का विश्लेषण, एसडब्ल्यू गति के पूर्वानुमान के लिए किया गया। टीआईआरसीएएम2 (टीआईएफआर निकट अवरक्त इमेजिंग कैमरा -II) को नियमित विज्ञान निरीक्षणों के लिए 3.6 मीटर देवस्थल प्रकाशिक दूरदर्शी के साइड पोर्ट्स में एक पर प्रयोग किया जाना प्रस्तावित है। इसका सफलतापूर्वक परीक्षण एरीज, नैनीताल के साथ सहयोग में सबसे बड़ी भारतीय दूरदर्शी, डीटोटी के साइड पोर्ट्स में एक पर किया गया। इस पोर्ट से प्रथम प्रकाश को 04 मई, 2020 को देखा गया। यह उपलब्धि महत्वपूर्ण है क्योंकि दूरदर्शी की दक्षता में तीव्र बढ़ोतरी दो यंत्रों से होगी जिन्हें किसी विशेष रात्रि के दौरान लगभग समान निरीक्षणों के लिए उपलब्ध कराया जा रहा है।

आकाशगंगाओं में गैस का महत्वपूर्ण भाग परमाणु हाइड्रोजन के रूप में होता है। उन्नत जीएमआरटी का प्रयोग निरीक्षित तारा-निर्माणकारी आकाशगंगाओं के औसत परमाणु हाइड्रोजन द्रव्यमान के मापन के लिए उनकी 8 अरब वर्ष पूर्व की स्थिति के अनुसार किया गया। यह अभी तक का सबसे दूरी का “लुकबैक टाइम” है जिसके लिए ऐसा मापन किया गया है। पाया गया कि हालांकि आकाशगंगाओं में परमाणु हाइड्रोजन का सबसे बड़ा भंडार है, तथापि वे ऐसी तीव्र गति से तारों का निर्माण कर रही हैं कि यदि गैस की जारी आपूर्ति न हो, तो गैस अत्यंत शीघ्र खत्म हो जाएगी।

स्पिन तरंगों का अध्ययन, डेटा भंडारण, संप्रेषण एवं लॉजिक सर्किटों के लिए स्पिनट्रॉनिक्स के क्षेत्र में किया जाता है जो कि इलेक्ट्रॉन्स को सस्विट्यूट करने की उनकी संभाव्यता पर आधारित है। मोनोलेयर CrI₃ एवं Cr₂Ge₂Te₆ जैसी 2डी प्रणालियों में चुंबकत्व की हाल की खोज से 2डी सीमा में चुंबकत्व के ऐसे प्रयोगों में रुचि फिर से जागृत हुई है। संघनित पदार्थ भौतिकी एवं सामग्री विज्ञान विभाग अनुसंधानकर्ताओं ने यूनिफॉर्म प्रिसेशनल रेसोनेंस मोड्स के साथ स्टैंडिंग स्पिन तरंगों के प्रत्यक्ष प्रमाण को वैन डेर वॉल्स चुंबकीय पदार्थ CrCl₃ में प्रस्तुत किया। यह स्टैंडिंग स्पिनतरंग मोड्स का प्रथम प्रत्यक्ष निरीक्षण है जिसे वैन डेर वॉल्स पदार्थ में 20 एमएम की मोटाई के साथ स्थापित किया गया है।

टीआईएफआर अंतर्विषयी विज्ञान केंद्र, हैदराबाद में अनुसंधानकर्ताओं ने ठोस अवस्था नाभिकीय चुंबकीय

रेसोनेंस में पद्धतियों का विकास किया। इसका उद्देश्य वर्तमान में प्रचलित प्रयोगात्मक स्थितियों की विस्तृत रेंज पर स्पेक्ट्रल विभेदन को उन्नत करना एवं ज्यामिति पैरामीटरों का सरल एक्सट्रैक्शन करना था। इन पद्धतियों से दिए गए अणु में अंतर्नाभिकीय दूरियों को प्राप्त करने एवं पैरामीटरों को क्रमित करने में सहायता मिलती है। इन पद्धतियों के प्रमुख लक्षणों में विभिन्न प्रयोगात्मक पैरामीटरों में रोबस्टनेस, कम से शून्य पैरामीटरों से अधिकतम, सूचना प्राप्त करने की सुगमता एवं दोनों दृढ़ एवं दुर्बल रेश्जीम्स में युग्मनों का लक्ष्यीकरण शामिल है। इन पद्धतियों को विभिन्न आण्विक प्रणालियों में उपयोगी दर्शाया गया है। इनमें लघु अणुओं से प्रोटीन्स शामिल हैं।

एटलस एवं सीएमएस प्रयोगों द्वारा 2012 में खोजे गए हिग्स बोसोन (एच), वैज्ञानिक परिणामों का चरम बिंदु है जिसे अभी तक सर्न-एलएचसी से प्राप्त किया गया है। प्रयोगात्मक मापनों की तुलना स्टैंडर्ड मॉडल (एसएम) से पूर्वानुमानों के साथ की गई है। इसका उद्देश्य इसे साबित करना या एसएम के परे भौतिकी के संकेतों की तलाश करना है जिसकी प्रकृति अभी तक अज्ञात है। एसएम द्वारा स्वयं के साथ भी अन्योन्यक्रियाकारी एच का वर्णन किया जाता है जिसके कारण उनमें से 3 या 4 का युग्मन एकल बोटैक्स द्वारा हो सकता है। इस स्वतःयुग्मित λ के सामर्थ्य द्वारा हिग्स संभाव्यता के आकार का निर्धारण किया जाता है जिसका महत्वपूर्ण प्रभाव अत्यंत पूर्व के यूनिवर्स के गुणधर्मों एवं इसके भविष्य की हमारी जानकारी पर पड़ता है। 13000 जीईवी की द्रव्यमान-केंद्र ऊर्जा (2016 से 2018 के दौरान सीएमएस प्रयोग द्वारा संग्रहित) में प्रोटोन-ऑन-प्रोटोन संघट्टन डेटा का प्रयोग करके सीएमएस अंतर्राष्ट्रीय सहयोग ने हाल ही में λ की वैल्यू पर अभी तक के सर्वोत्तम कंस्ट्रेंट को प्राप्त किया। ये परिणाम, एच की प्रकृति को समझने के लिए अत्यंत उत्साहवर्धक हैं।

नाभिकीय एवं परमाणु भौतिकी में एक अध्ययन से प्रभावी छः दशक पुरानी धारणा गलत साबित हुई कि उच्च तीव्रता लेजर निर्मित प्लाज्मा में विशाल चुंबकीय क्षेत्र का विकास नैनोमीटर स्केल से होता है। वास्तव में क्षेत्र का मूल रूप से उद्भूत मैक्रोस्कोपिक स्केल्स पर होता है जिसे प्लाज्मा में प्रसारित इलेक्ट्रॉन बीम की सीमाओं द्वारा वर्णित किया जाता है। इससे खगोलभौतिकी एवं लेजर फ्यूजन में चुंबकीय क्षेत्रों की हमारी जानकारी परिवर्तित हो सकती है एवं इमेजिंग व चिकित्साओं के लिए आगामी पीढ़ी के उच्च ऊर्जा कण स्रोतों की डिजाइनिंग में सहायता मिल सकती है।

फ्लेवर-निर्भर न्यूट्रीनो उत्सर्जन की अनिवार्यता सुपरनोवा के क्रमविकास एवं इसके न्यूट्रीनो सिग्नल के लिए है। तारे के सघन विषमदैशिक इंटीरियर में न्यूट्रीनो-न्यूट्रीनो फॉरवर्ड स्कैटरिंग द्वारा तीव्र सामूहिक न्यूट्रीनो दोलन हो सकते हैं

जिसके स्ट्राइकिंग परिणाम हैं। सैद्धांतिक भौतिकी विभाग के अनुसंधानकर्ताओं ने तीव्र फ्लेवर डिपोलेराइजेशन के सिद्धांत को प्रस्तुत किया। इसमें स्पष्ट किया गया कि कैसे न्यूट्रीनो फ्लेवर अंतर, लघु रूप धारण करते हैं अर्थात् लघुतर कोणीय स्केल्स में डिफ्यूजन के कारण डिपोलेराइज होते हैं।

अंतर्राष्ट्रीय सैद्धांतिक विज्ञान केंद्र, बेंगलुरु के अनुसंधानकर्ताओं ने अंकीय एवं सैद्धांतिक रूप से क्षोभ में विषमदैशिक कणों की गतिकी का परीक्षण दोनों इन्शिया एवं गुरुत्वाकर्षण के लिए किया। इस दौरान कण, क्षोभी मेघों में आइस क्रिस्टलों के रिप्रिजेंटेटिव थे। यह पहला ठोस कदम, सिरिस मेघ अभिलक्षणों को क्वांटिफाई करने के लिए था जो आइस क्रिस्टल अभिविन्यास वितरण पर सेंसिटिवली निर्भर है। मेघ, पृथ्वी-वायुमंडल विकिरण बजट में सर्वाधिक अनिश्चितता को दर्शाते हैं एवं इस कार्य का उपयोग प्लानेटरी ग्रीनहाउस प्रभाव में उनके योगदान के आकलन में था।

टीआईएफआर कुलाबा एवं एचबीसीएसई-टीआईएफआर ने संयुक्त रूप से विज्ञान विदुषी का आयोजन किया। यह प्रथम वर्ष एम.एससी (भौतिकी) में महिला छात्रों के लिए प्रगत कार्यक्रम है। इसे जून, 2020 में चलाया गया। विज्ञान विदुषी को विश्वमारी के चलते ऑनलाइन स्कूल में परिवर्तित किया गया। विज्ञान विदुषी में लाइव ऑनलाइन क्लॉसरूम में 51 छात्रों ने प्रतिभागिता की एवं लाइव स्ट्रीम द्वारा 300 से अधिक छात्रों ने व्याख्यानों को सुना। इस अवसर पर टीआईएफआर/एचबीसीएसई के शिक्षकों, मार्गदर्शकों, संकाय सदस्यों, पोस्टडॉक्टोरल फैलोज एवं वैज्ञानिक अधिकारियों के अलावा टीआईएफआर के अनेक पूर्व स्नातक छात्रों ने प्रतिभागिता की। फीडबैक से पता चला कि छात्रों ने इस स्कूल को अत्यंत लाभदायक पाया।

गणित स्कूल में अनेक प्रश्नों एवं समस्याओं पर कार्यों को अनेक क्षेत्रों में किया गया। इनमें बीजगणितीय ज्यामिति, जटिल विश्लेषण, अर्गोडिक सिद्धांत, समूह सिद्धांत, अंक सिद्धांत, संभाव्यता आदि शामिल थे। मॉडल के चरण ट्रांजिशन के अस्तित्व की स्थापना, सांख्यिकीय भौतिकी के रिगोरस, गणितीय ट्रीटमेंट में सर्वाधिक मूलभूत समस्याओं में एक है। नई तकनीक का विकास, चरण ट्रांजिशन के विशिष्ट संदर्भ में स्वतंत्र पर्कोलेशन मॉडल के लिए सामान्य क्वॉसीट्रांजिटिव ग्राफ्स पर किया गया। इस कार्य में विकसित तकनीक से नए पैराडिगम को रुचि के विभिन्न अन्य मॉडलों के लिए चरण ट्रांजिशन के अस्तित्व को सिद्ध करने के लिए उपलब्ध कराया गया।

प्रौद्योगिकी एवं संगणक विज्ञान स्कूल के अनुसंधानकर्ताओं ने मास्कड एडवर्सेरियल ऑटो-एन्कोडर (मास्कएआई), नामक नए एल्गोरिथ्म को प्रस्तुत किया। इसमें लेटेंट स्पेस के वास्तविक आयाम को ऑटोएन्कोडर में एन्कोडिड लेटेंट स्पेस की माँस्किंग के ऑपरेशन द्वारा जाना जाता है। एमएआई द्वारा आयामों की कृत्रिम संख्या को माँस्किंग की इस प्रक्रिया द्वारा रद्द किया जा सकता है। इससे विद्यमान रूपरेखाओं से महत्वपूर्ण विचलन होता है जहाँ धारणा का निर्माण, लेटेंट आयामों ए प्रॉयोरी के आकार पर होता है। एमएआई द्वारा एआई मॉडल की जेनरेटिव गुणवत्ता को जेनरेटिव एडवर्सेरियल नेटवर्क्स (जीएनएनएस) के निकट लाया जाता है। इससे अत्याधुनिक जेनरेटिव मॉडलिंग की उपलब्धता, दोनों संश्लेषणात्मक एवं वास्तविक विश्व डेटा समूहों के लिए होती है। इस एल्गोरिथ्म को पूरी तरह सहायता, ठोस सैद्धांतिक रूपरेखा द्वारा दी जाती है।

टीआईएफआर एवं इसके केंद्रों की संलग्नता अनेक सूत्रपातों में रही है जो विश्वव्यापी विश्वमारी कोविड-19 के विश्लेषण एवं इसे कमजोर करने से संबंधित हैं। गलत सूचना को हटाते हुए विश्वसनीय सूचना को समझना चुनौतीपूर्ण है। बहु-संस्थागत एवं बहुभाषायी विज्ञान संप्रेषण सूत्रपात “कोविडज्ञान” का सृजन सिर्फ इस चुनौती से पार पाने के

लिए किया गया। यह सामूहिक प्रयास है जो टाटा मूलभूत अनुसंधान संस्थान, भारतीय विज्ञान संस्थान, एवं टाटा मेमोरियल केंद्र के मध्य है। अन्य प्रमुख साझीदारों में विज्ञान प्रसार, इंडियाबॉयोसाइंस, एवं बैंगलोर जीवन विज्ञान क्लस्टर शामिल हैं। वेबसाइट (<https://covid-gyan.in/>) इस सूत्रपात का परिणाम है एवं यह कोविड-19 प्रकोप के रिस्पांस में संसाधनों के संग्रह को साथ में लाने के लिए केंद्र है। अखिल-संस्थागत कोविडज्ञान वेबसाइट को 03 अप्रैल, 2020 को लांच किया गया। इस वेबसाइट पर अंग्रेजी एवं अनेक देशी भाषाओं में उपलब्ध विभिन्न लेखों, इंफोग्राफिक्स, पॉडकॉस्ट्स एवं वीडियोज का लक्ष्य हमारे देश में दोनों वैज्ञानिक रूप से प्रवण नागरिक एवं आम जनसमुदाय है।

बृहत् मीटरतरंग रेडियो दूरदर्शी (जीएमआरटी) ने फिर सम्मान व प्रमुख उपलब्धि को प्राप्त किया है। इसे आईईईई माइलस्टोन फैसिलिटी के रूप में चयनित किया गया। यह सिर्फ तीसरा ऐसा आईईईई माइलस्टोन सम्मान है जिसे भारतीय योगदान के लिए प्रदान किया गया है। टीआईएफआर के वैज्ञानिकों ने इस अवधि के दौरान प्रतिष्ठित पुरस्कार जीते। हमारे प्रयास जारी हैं एवं हम आगामी वर्ष में अपने प्रयासों को जारी रखेंगे।

एस. राधाकृष्णन
निदेशक

पुरस्कार एवं उपलब्धियां

राष्ट्रीय

वत्सला थिरुमलई (एनसीबीएस) – शांति स्वरूप भटनागर पुरस्कार, 2020
(सीएसआईआर द्वारा सम्मानित, सितंबर 2020)

केदार डामले (डीटीपी) – जे.सी. बोस फैलोशिप
(एसईआरबी, डीएसटी (भारत), द्वारा सम्मानित, जनवरी 2021)

शिराज मिनवाला (डीटीपी) जे.सी. बोस फैलोशिप
(विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार द्वारा सम्मानित, अगस्त 2020)

हरिहरण नारायणन (एसटीसीएस), स्वर्ण जयंती फैलोशिप
(एसईआरबी द्वारा सम्मानित, 2020)

आनंद टी. वैद्या (टीसीआईएस) – रामलिंगास्वामी फैलोशिप
(डीबीटी, भारत सरकार द्वारा सम्मानित, मार्च 2021)

इंसा युवा वैज्ञानिक पदक, 2020
रिद्धिप्रतिम बसु (आईसीटीएस)
श्याम सुंदर घोषाल (कैम)
कार्तिक व्ही. रमन (टीसीआईएस)
(भारतीय राष्ट्रीय विज्ञान अकादमी, नई दिल्ली द्वारा सम्मानित, अक्टूबर 2020)

अनीरबेन बसक (आईसीटीएस) - युवा वैज्ञानिक प्लेटिनम जयंती पुरस्कार
(राष्ट्रीय विज्ञान अकादमी, भारत द्वारा सम्मानित, फरवरी 2021)

सुशील मजूमदार (डीएनएपी) – पी.के. अयंगर मेमोरियल पुरस्कार 2020
(भारतीय भौतिकी एसोसिएशन द्वारा सम्मानित, 29 नवंबर, 2020)

चंद्रा, पूनम (एनसीआरए) – लक्ष्मीनारायण एवं नागालक्ष्मी मोडली पुरस्कार
(भारत खगोलवैज्ञानिक सोसायटी द्वारा सम्मानित, फरवरी 2021)

नीलमणि माथुर (डीटीपी) – एपीजे कलाम एचपीसी पुरस्कार
(क्रे द्वारा सम्मानित, सितंबर 2020)

उमा रामाकृष्णन (एनसीबीएस) – होमी भाभा विज्ञान शिक्षा पुरस्कार, 2020
(टीआईएफआर धर्मादा निधि द्वारा सम्मानित)
बी. सत्यनारायण (डीएचईपी) – होमी भाभा विज्ञान शिक्षा पुरस्कार, 2020

(टीआईएफआर धर्मादा निधि द्वारा सम्मानित)

गुरिंदर सिंग (एचबीसीएसई) – सर्वोत्तम शोध पुरस्कार 2019-20: टीएए विज्ञान शिक्षा पुरस्कार
(टाटा मूलभूत अनुसंधान संस्थान, समविश्वविद्यालय द्वारा सम्मानित, 28 अक्टूबर, 2020)

गीताजंलि दाते (एचबीसीएसई) – सर्वोत्तम शोध पुरस्कार 2019-20: टीएए विज्ञान शिक्षा पुरस्कार
(टाटा मूलभूत अनुसंधान संस्थान, समविश्वविद्यालय द्वारा सम्मानित, 28 अक्टूबर, 2020)

वी.सी. जैकब (एचबीसीएसई) – जीवनकाल विशिष्ट सेवा पुरस्कार, 2020
(टाटा मूलभूत अनुसंधान संस्थान द्वारा सम्मानित, 28 अक्टूबर, 2020)

सिद्धार्थ भंडारी एवं सयंतन चक्रवर्ती (विद्यार्थी, एसटीसीएस) – सर्वोत्तम छात्र पेपर पुरस्कार
(एसटीओसी द्वारा सम्मानित 2020)

कौशल डी. बुच, किशोर डी. नाइक, स्वप्निल नलावडे, श्रुति भाटपोरिया, अजीतकुमार बी., यशवंत गुप्ता (एनसीआरए) –
सर्वोत्तम पेपर पुरस्कार: आईईटीई-सीडीआईएल (वर्ष 2020 का सर्वोत्तम पेपर)
(इलेक्ट्रॉनिक्स एवं दूरसंचार इंजीनियर्स संस्थान (आईईटीई) द्वारा सम्मानित - भारत, 2020)

प्राची तिवारी (अनुसंधान अध्येता, डीबीएस) – सन फार्मा अध्येता पुरस्कार, 2020

भारतीय राष्ट्रीय विज्ञान अकादमी के फैलोस:

अभिषेक धर (आईसीटीएस)

एकनाथ घाटे (गणित स्कूल)

शिराज मिनवाला (डीटीपी)

महेश संकरन (एनसीबीएस)

(भारतीय राष्ट्रीय विज्ञान अकादमी, नई दिल्ली द्वारा सम्मानित)

विवेक पोलशेट्टीवर (डीसीएस) – फैलो, राष्ट्रीय विज्ञान अकादमी, भारत (नासी)

(राष्ट्रीय विज्ञान अकादमी, भारत द्वारा सम्मानित, 01 जनवरी, 2021)

विशाल वसन (आईसीटीएस) – निर्वाचित एसोशिएट, भारतीय विज्ञान अकादमी

(भारतीय राष्ट्रीय विज्ञान अकादमी, नई दिल्ली द्वारा सम्मानित, अगस्त 2020)

महान एमजे (गणित स्कूल) – आईआईटी खड़गपुर लाईफ फैलो, 2021

(आईआईटी खड़गपुर परिषद द्वारा सम्मानित, फरवरी 2021)

सब्यासाची मुखर्जी (गणित स्कूल) – स्टार्ट-अप अनुसंधान अनुदान

(सर्व द्वारा सम्मानित, 7 दिसंबर, 2020)

आनंद सावंत (गणित स्कूल) – स्टार्ट-अप अनुसंधान अनुदान

(सर्व द्वारा सम्मानित, दिसंबर, 2020)

सुभ्रो भट्टाचारजी (आईसीटीएस) - नैनोमिशन विशेष परियोजना के तहत क्वांटम पदार्थ अनुदान और इसमें आईआईएससी, आईएसीएस, टीआईएफआर-मुंबई एवं देश के अन्य अनुसंधान संस्थानों के अनुसंधानकर्ता शामिल हैं।

(डीएसटी, भारत सरकार द्वारा सम्मानित, जुलाई 2020)

अनुशीला चटर्जी एवं अप्रोतिम मजूमदार (टीसीआईएस) – प्रथम भारत जैवविज्ञान आउटरीच अनुदान पुरस्कार

(भारत जैवविज्ञान द्वारा सम्मानित, सितंबर 2020)

रमा गोविंदराजन (आईसीटीएस) – ज्युरी सदस्य, अब्दुल कलाम एचपीसी पुरस्कार

(क्रे द्वारा सम्मानित, 2020)

रमा गोविंदराजन (आईसीटीएस) – परिषद सदस्य, राष्ट्रीय विज्ञान अकादमी, भारत, प्रयागराज राष्ट्रीय विज्ञान अकादमी, प्रयागराज (इलाहाबाद), 2020 से

रमा गोविंदराजन (आईसीटीएस) – अध्यक्ष, सलाहकार समिति, अभियांत्रिकी विज्ञान में 2020 के लिए सीएसआईआर युवा वैज्ञानिक पुरस्कार

(सीएसआईआर द्वारा सम्मानित, 2020)

चंद्रा, पूनम (एनसीआरए) – संकाय सहायक

(आईसीटीएस बैंगलोर द्वारा सम्मानित, मई 2021)

सुगरा चूनावाला (एचबीसीएसई) – सदस्य, अकादमिक परिषद, डॉ. होमी भाभा राज्य विश्वविद्यालय, मुंबई

(होमी भाभा राज्य विश्वविद्यालय, मुंबई, 22 मई, 2020)

सुगरा चूनावाला (एचबीसीएसई) – सदस्य, थैमेटिक समूह (टीजी - क्षमता विकास) विज्ञान, प्रौद्योगिकी एवं नवाचार नीति (एसटीआईपी) 2020 पहल के हिस्से के रूप में

(भारत सरकार के प्रधान वैज्ञानिक सलाहकार का कार्यालय (पीएसए कार्यालय) और विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग (डीएसटी), जून - जुलाई 2020)

अंतरराष्ट्रीय

पी. अजीथ (आईसीटीएस) – फ्रंटियर विज्ञान के लिए टीडब्ल्यूएस – सीएस युवा वैज्ञानिक पुरस्कार

(विश्व विज्ञान अकादमी द्वारा सम्मानित, दिसंबर 2020)

रविन्द्र वेंकटरमणी (डीसीएस) – रॉयल सोसायटी ऑफ कैमिस्ट्री (एफआरएससी) के फैलो

(रॉयल सोसायटी ऑफ कैमिस्ट्री, यूके द्वारा सम्मानित, 2015 – वर्तमान)

श्रीहर्ष तेंदुलकर (डीएए) – प्रोफेसर एम.के. वैनु बप्पू गोल्ड मेडल

(भारतीय खगोलवैज्ञानिक सोसायटी द्वारा सम्मानित, 20 फरवरी, 2020)

टी.एन. नारायणन (टीसीआईएस) – पदार्थ रसायनशास्त्र जर्नल ए – 2020 उदीयमान अन्वेषक

(रसायनशास्त्र रॉयल सोसायटी द्वारा सम्मानित, 2020)

बेन विगले (प्रो. शंकरन प्रयोगशाला, एनसीबीएस में पोस्ट-डॉक्टरल फेलो) बायोट्रॉपिका 2020 में असाधारण पेपर के लिए जूली एस. डेस्लो पुरस्कार
(बायोट्रॉपिका द्वारा सम्मानित, नवंबर 2020)

राहुल वजे (एसटीसीएस) – सर्वोत्तम पेपर पुरस्कार आईएफआईपी कार्य-निष्पादन 2020
(तकनीकी कार्यक्रम समिति द्वारा सम्मानित, कार्य-निष्पादन 2020, नवंबर 2020)

राहुल वजे (एसटीसीएस) – सर्वोत्तम पेपर पुरस्कार डब्ल्यूआईओपीटी 2020
(तकनीकी कार्यक्रम समिति द्वारा सम्मानित, डब्ल्यूआईओपीटी 2020, जून 2020)

आर्कदेव चटोपाध्याय (एसटीसीएस) - 2020-21 के लिए एल्गोरिथ्म पेपर में शीर्ष पेपरों में एक के रूप में चुना गया
(एचएएलजी 2020 की कार्यक्रम समिति द्वारा सम्मानित, अगस्त 2020)

सौम्या भट्टाचार्या (डीटीपी) – पोस्टडॉक्टरल अध्येतावृत्ति
(अकादमिया सिनिका, ताईवान द्वारा सम्मानित, जनवरी, 2021)

अमित आपटे (आईसीटीएस) वज्र अनुदान
(विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार के सर्व द्वारा सम्मानित, दिसंबर, 2020)

मित्रा, दीपांजन (एनसीआरए) – सीईएफआईपीआरए अनुदान
(भारत-फ्रांस प्रगत अनुसंधान प्रोन्नति केंद्र (आईएफसीपीएआर/सीईएफआईपीआरए) जनवरी, 2018)

महान एमजे (गणित स्कूल) – आइजनबड अनुसंधान प्रोफेसर, फॉल 2020, 'टोपोलॉजी में अंकगणित एवं यादृच्छिक पद्धतियों'
पर एमएसआरआई विशेष सेमेस्टर
(एमएसआरआई द्वारा सम्मानित, अगस्त 2020)

दीपा अगाशे (एनसीबीएस) – उपाध्यक्ष, अमेरिकन सोसायटी ऑफ नैचरलिस्ट्स (2021-2023)
(अमेरिकन सोसायटी ऑफ नैचरलिस्ट्स, मई 2020)

पी.के. मोहंती (डीएचईपी) – वैज्ञानिक सौर लौकिक भौतिकी समिति (एससीओएसटीईपी) ब्यूरो के प्रतिनिधि
(आईयूपीएपी द्वारा सम्मानित, जनवरी 2021)

सुमंता चटर्जी (एनसीबीएस) – ईएमबीओ के जीवनकालीन सदस्य
(ईएमबीओ द्वारा सम्मानित, जुलाई 2020)

एम. रमीज (डीएचईपी) – 2020 के लिए विशिष्ट ईपीजे रेफरी
(ईपीजे द्वारा सम्मानित, जनवरी 2020)

रमा गोविंदराजन (आईसीटीएस) – बैचलर पुरस्कार, 2020 के विजेता के निर्णय के लिए समिति के सदस्य

(आईयूटीएएम (अंतर्राष्ट्रीय सैद्धांतिक एवं अनुप्रयुक्त यांत्रिकी संघ), 2020)

रमा गोविंदराजन (आईसीटीएस) – सदस्य, एपीएस-डीएफडी फैलोशिप चयन पैनल
(एपीएस द्वारा सम्मानित, 2020-21)

विशाल मीटरतरंग रेडियो दूरदर्शी (जीएमआरटी) - जीएमआरटीके लिए आईईईई माइलस्टोन सुविधा पुरस्कार
(आईईईई बोर्ड द्वारा सम्मानित, नवंबर 2020)

संकाय

त्रिवेदी, संदीप पी. (निदेशक 07.10.2020 तक)

रामाकृष्णन, एस (निदेशक, 08.10.2020 से)

गणित स्कूल

भट्टाचार्य, अमिताव

भट्टाचार्य, सिद्धार्थ

बिस्वास, इंद्रनील

दास, ओमप्रोकाश (02.07.2019 से)

देशपांडे, तनमय एन.

फखरुद्दीन, एन.

घाटे, एकनाथ पी.

घोष, अनीष

होला, योगेश आई.

कृष्णा, अमलेंद्र

महान, एमजे.

मोंडल, सुगाता

मुखर्जी, सबयासची (29.07.2019 से)

मुखोपाध्याय, स्वर्णव (14.08.2019 से)

नायर, अरविंद एन.

परमेश्वरन, ए.जे.

प्रसाद, दीपेन्द्र (14.04.2020 तक)

राजन, सी.एस.

रोशन, एस.के.

संकरनारायणन, ए.

सावंत, आनंद (01.04.2019 से)

श्रीधरन, राजा

श्रीनिवास, व्ही.

सुब्रमण्यम, एस.

त्रिवेदी, विजयलक्ष्मी जी.

वर्मा, संदीप वी.

वेंकटरमन, टी.एन.

सहायक संकाय

बदर, ऊरी, वैज्ञान संस्थान, इज़राइल (01.01.2019 से)

कैपना, फ्रेडरिक, डी लोराईन विश्वविद्यालय, फ्रांस (01.01.2019 से)

क्लोज़ल, लॉरेंट, फ्रांस (01.01.2019 से)

रामकृष्णन, दिनाकर, कैलिफोर्निया तकनीकी संस्थान, यूएसए (01.01.2019 से)

वेलानी, संजू एल. यॉर्क विश्वविद्यालय, यूनाइटेड किंगडम (01.01.2019 से)

टीआइएफआर अनुप्रयोज्य गणित केंद्र, बैंगलोर

आदिमूर्ति कार्तिक

अरविंदा, सी.एस.

बैनर्जी, अगनिद

विश्वास, इमरान एच.

चंदगोटिया, निशांत (01.09.2020 से)

चंद्रशेखर, प्रवीण

घोषाल, श्याम सुंदर

गौड़ा, जी.डी. वीरप्पा (31.07.2020 तक)

कर्माकर, देवव्रत

कोली, उज्ज्वल

कृष्णन, वेंकटेश्वरन पी.

मैती, देबायन

रामाचंद्रन, कौशिक

संदीप, के.

श्रीनिवासन, प्रशांत के.

सिवगुरु, आर.

वदलामणि, श्रीकर

सहायक संकाय

नायर, रामाचंद्रन डी., भूविज्ञान अनुप्रयुक्त गणित संस्थान, यूएसए (31.05.2021 तक)

सायर, यानिक, जॉन्स होपकिंस विश्वविद्यालय, यूएसए (01.01.2019 से)

प्रौद्योगिकी एवं संगणक विज्ञान स्कूल

असनानी, हिमांशु	पंड्या, परितोष के.
भास्कर, उमंग	प्रभाकरन, विनोद एम.
चट्टोपाध्याय, आर्कदेव	राधाकृष्णन, जयकुमार
गुहा, शिवाशीष (01.09.2020 से)	राजा, एन.
हर्षा, प्रह्लाद	सप्तऋषि, रामप्रसाद
जुनेजा, संदीप के.	सेन, प्रणव जी.डी.
कविथा, टी.	श्रीनिवासन, अक्षयाराम (06.08.2020 से)
नारायणन, एच.	श्रीवास्तव, पीयूष
	वजे, राहुल

सहायक संकाय

बोरकर, व्ही.एस., भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, मुंबई (01.10.2018 से)
जैन, राहुल, एनयूएस, सिंगापुर (सहायक बज्र संकाय, 31.05.2021 तक)
कायल, नीरज, माइक्रोसॉफ्ट अनुसंधान प्रयोगशाला भारत, बैंगलोर (01.02.2020 से)
मजूमदार, रवि आर., वाटरलू विश्वविद्यालय, कनाडा (01.05.2019 से)
नेत्रापल्ली, प्रनीथ, माइक्रोसॉफ्ट अनुसंधान भारत, बैंगलोर (01.05.2020 से)
शाह, देवव्रत, मैसाचुसेट्स अवेन्यु, कैम्ब्रिज, यूएसए (28.02.2021 तक)

प्राकृतिक विज्ञान स्कूल

खगोलविज्ञान एवं खगोलभौतिकी विभाग

अंतिया, एच.एम. (30.11.2020 तक)	मुखर्जी, भास्वती
भट्टाचार्य, सुदीप	ओझा, देवेन्द्र के.
चटर्जी, सौरव	पूर्वाकरा, मनोज
घोष, स्वर्णा के. (30.09.2020 तक)	सिंग, तेजिंदर पी.
गोपाकुमार, ए.	तेंदुलकर, श्रीहर्ष (14.10.2020 से: एनसीआरए के साथ संयुक्त नियुक्ति)
हनासोगे, श्रवण एम.	

जैव विज्ञान विभाग

दास, देबाशीष	मिश्रा, मिथिलेश
कोल्थुर, उल्लास एस.	नायर, श्रीलजा (25.09.2020 तक)
कौशिका, संध्या पी.	रे, कृषाणु
मैत्रेयी, आर. नरसिम्हा	सोनावणे, महेंद्र एस.
मलिक, रुप (30.07.2020 तक)	तोले, शुभा
	वैद्या, विदिता ए.

सहायक संकाय

कामत, सिद्धेश, भारतीय विज्ञान शिक्षा एवं अनुसंधान संस्थान, पुणे (01.05.2020 से)
मेनन, गौतम आई., गणितीय विज्ञान संस्थान, चैन्नई (31.05.2021 तक)

रसायन शास्त्र विभाग

दासगुप्ता, ज्योतिषमन	खुशलानी, दीपा
दत्ता, अंकोना	कोटी, ए. श्री रामा

मैती, सुदीप्ता
मजूमदार, श्यामलवा
पात्रा, मलय
पोल्शेट्टीवार, विवेक

वेंकटरमणी, रविंद्र
बूरा, वामसी के.
वाटेगांवकर, एस.जे. (31.03.2021 तक)

सहायक संकाय

कुओ, जेर-लाई, परमाणु एवं आण्विक विज्ञान संस्थान, ताईवान (31.05.2021 तक)

संघनित पदार्थ भौतिकी एवं सामग्री विज्ञान विभाग

भट्टाचार्य, अर्नब
चटर्जी, शोविक (21.08.2020 से)
देशमुख, मंदार एम.
घोष, संदीप
घोष, शंकर
गोपाल, अचंता बी.
मैती, कालोबरन

पॉलोस, पी.एल.
प्रभु, श्रीगणेश एस.
रामाकृष्णन, एस.
रायचौधुरी, प्रताप
सिंग, बहादुर (27.07.2020 से)
थमीजावेल, ए.
विजयराघवन, आर.

सहायक संकाय

गुप्ता, सुभाशीष दत्ता, हैदराबाद विश्वविद्यालय, हैदराबाद (01.09.2017 से 31.08.2020 तक)

लेविने, डोव, टैक्रिऑन - इज़राइल प्रौद्योगिकी संस्थान, इज़राइल (01.05.2019 से)

उच्च ऊर्जा भौतिकी विभाग

चिटनिस वर्षा आर.
दुगाड, शशि आर.
गुचैत, मनोरंजन
कृष्णन, एन. (31.10.2020 तक)
मजूमदार, गोविंद

मजूमदार, कजरी
मोहंती, गगन बी.
मोहंती, प्रवता के.
रमीज, मोहम्मद (21.10.2020 से)
उन्नीकृष्णन, सी.एस.

नाभिकीय एवं परमाणु भौतिकी विभाग

दत्ता, सौरभ
कृष्णामूर्ति, एम.
मजूमदार, इंद्रनिल
मिश्रा, दीपांकर
मजूमदार, सुशील ए.

नानल, बंदना एस.
पाल, सुब्रता
पालित, रुद्रज्योति
प्रभुदेसाई, वैभव एस.
रविंद्र कुमार, जी.
त्रिवेदी, लोकेश सी.

सहायक संकाय

गर्ग, उमेश, नोट्रे डेम विश्वविद्यालय, यूएसए (28.02.2021 तक)

राजीव, पी.पी., रदरफोर्ड एपलटन प्रयोगशाला, ऑक्सफोर्ड, यूके (01.02.2020 से)

सैद्धांतिक भौतिकी विभाग

दामले, केदार एस.
दासगुप्ता, बासुदेव
दत्ता, सोमेन

दिघे, अमोल एस.
गड्डे, अभिजीत
गुप्ता, सौरेंद्र

खत्री, ऋषि
कुलकर्णी, जी.पी.
मजूमदार, सुभाब्रता
मंडल, गौतम
माथुर, नीलमणि
मिनवाला, शिराज
रायचौधुरी, श्रीरूप

राय, तुहिन एस.
साधु, त्रिदिब
सेनशर्मा, राजदीप
शर्मा, ऋषि
श्रीधर, के.
त्रिपाठी, विक्रम
त्रिवेदी, संदीप पी.

सहायक संकाय

बाली, गुन्नार एस. रीगेन्सबर्ग विश्वविद्यालय, जर्मनी (01.10.2018 से)
दास, सुमित रंजन, केंदुकी विश्वविद्यालय, यूएसए (01.03.2018 से 28.02.2021 तक)
धर, दीपक, भारतीय विज्ञान शिक्षा एवं अनुसंधान संस्थान, पुणे (01.05.2020 से)
जैन, भुवनेश, पेंसिल्वेनिया विश्वविद्यालय, फिलाडेल्फिया, यूएसए (01.05.2020 से)
मजूमदार, सत्या नारायण, पेरिस-सड विश्वविद्यालय, फ्रांस (01.03.2018 से 28.02.2021 तक)
मुखी, सुनील, भारतीय विज्ञान शिक्षा एवं अनुसंधान संस्थान, पुणे (31.05.2021 तक)
विश्वनाथ, अश्विन, हार्वर्ड विश्वविद्यालय, यूएसए (01.01.2019 से)

होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केंद्र

चंद्रसेखरन, संजय
चारी, दीपा
चूनावाला, सुगरा आई.
डे, पृथ्वीजीत
गुप्ता, अंकुश
गुप्ता, आयुष (01.10.2020 से)
जोशी, परेश के.
खापर्डे, राजेश बी.
लडागे, सविता ए.

मशूद, के.के.
मजूमदार, अन्वेश
मिश्रा, के.के.
नागार्जुन, जी.
सेनगुप्ता, तथागत
सुब्रमणियम, के.
सुले, अनिकेत पी.
वर्तक, रेखा आर.
वीजापुरकर, ज्योत्सना (30.11.2020 तक)

सहायक संकाय

सेनगुप्ता, प्रतीम, कैलगरी विश्वविद्यालय, कनाडा (01.02.2020 से)

राष्ट्रीय जैविक विज्ञान केंद्र

अगाशे, दीपा
बद्रीनारायण, अंजना
भल्ला, उपिन्दर एस.
ब्रोकमेन, एक्सेल
चक्रवर्ती, शाओन (01.07.2020 से)
चटर्जी, सुमंत्रा
दास, रणवीर
दास, सौम्याश्री (02.11.2020 से)
घोष, हिया सिंधी
गोसावी, साची एस.
कृष्णा, संदीप
कृष्णा, सुधीर (30.11.2020 तक)

कुंटे, कृष्णामेघ जे.
कुट्टी, रघुनाथ विनोथकुमार
लाढेर, राजेश कुमार
मेयर, सत्यजीत
नोटानी, डिंपल
ओल्सन, शैनन बी.
साने, संजय पी.
पदिनजात, रघु
राधाकृष्णन, सबरीनाथन
राजू, आर्किशमैन (01.02.2021 से)
रामाकृष्णन, उमा
रमेश, आरती

राव, मदन
संकरन, महेश
शेशासाई, अश्विन साई नारायण
शिवप्रसाद, पी. वी.
सौधामिनी, आर.
सुंदरामूर्ति, वरदराजन
थत्तई, मुकुंद
थिरुमलई, वत्सला

थुटुपल्ली, शशि
उदगांवकर, जयंत बी. (आईआईएसईआर, पुणे में
प्रतिनियुक्ति पर)
वेंकटेशन, राधिका (आईआईएसईआर, कोलकाता में
प्रतिनियुक्ति पर)
विश्वनाथ, श्रुति

सहायक संकाय

जैन, संजीव, एनआईएमएचएएनएस, बेंगलोर, भारत (01.09.2017 से 31.08.2020 तक)
करंथ, उल्लास, वनजीवन संरक्षण सोसायटी, बेंगलोर, भारत (01.09.2017 से 31.08.2020 तक)
मल्होत्रा, विवेक, जेनोमिक रेगुलेशन केंद्र, स्पेन (01.09.2017 से 31.08.2020 तक)
रामास्वामी, मणि, तंत्रिकाविज्ञान संस्थान, आयरलैंड (01.09.2017 से 31.08.2020 तक)
शिलो, बेन-जियान, वेजमैन विज्ञान संस्थान, इज़राइल (सहायक बज्र संकाय, 01.09.2019 से)
स्पूडिच, जेम्स ए., स्टैनफोर्ड यूनिवर्सिटी स्कूल ऑफ मेडिसिन, यूएसए (01.09.2017 से 31.08.2020 तक)

राष्ट्रीय रेडियो खगोलभौतिकी केंद्र

भट्टाचार्य, भास्वती
चंद्रा, पूनम
चेंगलुर, जयाराम एन.
चौधरी, तीर्थकर राय
गुप्ता, यशवंत
ईश्वरा चंद्रा, सी.एच.
जोशी, भाल चंद्रा
काले, रुटा

कानेकर, निसिम
खरब, प्रीति
लाल, धरम वीर
मित्रा, दीपांजन
ओबेराय, दिव्या
राय, जयंता
राय, सुभाशीष
श्रीहर्ष तेंदुलकर (डीएए के साथ संयुक्त नियुक्ति)
वडाडेकर, योगेश जी.

अंतर्राष्ट्रीय सैद्धांतिक विज्ञान केंद्र

अजीत, पी.
आपटे, अमित
बसक, अनिरबन
बसु, रिद्धीप्रातिम
भाट, पल्लवी (01.12.2020 से)
भट्टाचार्य, सुभ्रो
डे, रुकमणि
धर, अभिषेक
गोपाकुमार, राजेश

कृष्णामूर्ति, विजय कुमार
कुलकर्णी, मानस
कुमार, प्रयूष (05.01.2021 से)
कुंदू, अनुपम
लोगानयागम, आर.
पंडित प्रणव सुधीर
राजू, सुव्रत
रे, समृद्धि संकर
वासन, विशाल
गोविंदराजन, रामा

सहायक संकाय

नंजुनदिया, रवि एस., भारतीय उष्णकटिबंधीय मौसम विज्ञान संस्थान, पुणे (01.01.2019 से)

टीआईएफआर अंतर्विषयक विज्ञान केंद्र

अग्रवाल, विपिन
चंद्रसेखर, वी.
दानी, आदिश
दास, तमल
गराई, कंचन
घोष, सौम्या
जायसवाल, मनीष
जना, अनुकूल
कर्माकर, समरजीत
कृष्णामूर्ति, एम.
मधु, पी.के.
मंडल, कल्याणेश्वर
मजूमदार, अप्रोतिम
मोडल, जगन्नाथ

मोटे, कौस्तुभ आर.
नारायणन, टी.एन.
नंदी, सरोज कुमार
नायक, पवित्र कुमार
पार्लेकर, प्रसाद एस.
रामाकृष्णन, रघुनाथन
रमोला, कबीर
सेनगुप्ता, सुराजीत (18.03.2021 तक)
शिरहट्टी, प्रणव आर.
वैद्य, आनंद तीर्थ
वल्लूरुपल्ली, प्रमोद
वेंकटरमन, कार्तिक
विग, मोनिका

सहायक संकाय

चट्टोपाध्याय, अमिताभ, सीसीएमबी, हैदराबाद, भारत (01.10.2018 से)
हस्टर, डेनियल, लीपजिग विश्वविद्यालय, जर्मनी (01.10.2018 से)
कांग, गगनदीप, वेलकम ट्रस्ट अनुसंधान प्रयोगशाला, क्रिश्चियन मेडिकल कॉलेज, वैल्लोर (02.11.2020 से)
रामास्वामी, श्रीराम, भारतीय विज्ञान संस्थान, बेंगलुरु, भारत (31.01.2020 तक)
रोस्की, एच.डब्ल्यू., गोएटिंगेन विश्वविद्यालय, जर्मनी (01.02.2020 से)

प्रशासन और सेवाएं

प्रशासन

कुलसचिव एवं प्रबंधन परिषद के सचिव	: विंग कमांडर एंटनी, जॉर्ज (सेवानिवृत्त)
उपकुलसचिव	: कर्नल गोखले, संजय बी. (सेवानिवृत्त)
सहायक कुलसचिव (अकादमिक)	: भोईर, ए.डी.
सचिव, आईडब्ल्यूजी	: शिंदे, एम.डी.
प्रमुख, लेखा	: पैठणकर, किशोर एस.
प्रमुख, स्थापना	: आठवले, मिलिंद ए
जनसंपर्क अधिकारी	: आंबेकर, राजू पी.
विधिक अधिकारी	: दीक्षित, सुचेता एस.
क्रय एवं भंडार अधिकारी	: बघेल, दीपक बी.
सुरक्षा एवं अग्निशमन अधिकारी	: जोशी, भारत बी.
प्रशासनिक अधिकारी (सी), सामान्य प्रशासन	: फेलिक्स, टी.जे.
प्रमुख, प्रशासन, एचबीसीएसई	: राउल, बी. पी.
प्रमुख, प्रशासन एवं वित्त, एनसीआरए, पुणे	: सोलंकी, जे.के.
प्रमुख, प्रशासन एवं वित्त, एनसीबीएस, बेंगलुरु	: पंडियन, के.पी.
प्रशासनिक अधिकारी (डी), कैम, बेंगलुरु	: कन्नन, सी.जे.
प्रशासनिक अधिकारी (डी), आईसीटीएस, बेंगलुरु	: डे, अभिजीत
प्रशासनिक अधिकारी (सी), टीसीआईएस, हैदराबाद	: हरिप्रसाद, डी.
प्रशासनिक अधिकारी (डी), एनबीएफ, हैदराबाद	: मनोहर, डी

सेवाएं

मुख्य अभियंता, तकनीकी सेवाएं एवं केंद्रीय कार्यशाला	: सिन्हा, संगम
प्रमुख, चिकित्सा अनुभाग	: राघवन, संध्या
प्रमुख, सूचना प्रणाली विकास समूह	: गोयल, निहिता
प्रमुख, वैज्ञानिक सूचना संसाधन केंद्र	: प्रभाकरन, आर.
वैज्ञानिक अधिकारी (एफ), निम्न तापमान सुविधा	: श्रीनिवासन, के. वी.

टी.आई.एफ.आर. के प्रमुख अनुसंधान क्रियाकलाप (2020-2021)

गणित स्कूल

बीजगणितीय ज्यामिति

- **कैहलर 3-फोल्ड्स के लिए लॉग मिनिमल मॉडल कार्यक्रम**

इस कार्य में अनुसंधानकर्ताओं द्वारा डीएलटी सिंगुलैरिटीज के लिए कैहलर 3-फोल्ड्स के लिए लॉग मिनिमल मॉडल कार्यक्रम (एलएमएमपी) के अस्तित्व को सिद्ध किया जाता है। पूर्व में इस अस्तित्व को 'टर्मिनल सिंगुलैरिटी' मामले के लिए मुख्य रूप से जाना गया था। अनुसंधानकर्ताओं द्वारा इस परिणाम को डीएलटी मामले में विस्तृत करने से यह पहले से कहीं अधिक अनुप्रयोज्य हो जाता है। (संपर्क व्यक्ति: ओमप्रकाश दास)

- **चार $p>0$ में सामान्य प्रकारों की सतहों के लिए प्लूरी-कैनोनिकल मैप्स की सीमा**

इस कार्य में अनुसंधानकर्ताओं द्वारा सकारात्मक अभिलक्षण में आयाम 2 में प्लूरी-कैनोनिकल मैप्स के लिए सीमा परिणाम के दीर्घ-वर्जन को सिद्ध किया जाता है। अभिलक्षण 0 में इसे सभी आयामों में हैकन एवं मैककनेन के उत्कृष्ट प्रमेय द्वारा जाना गया है। यद्यपि उनकी तकनीक सकारात्मक अभिलक्षण में असफल होती है। वर्तमान कार्य में अनुसंधानकर्ताओं द्वारा विभिन्न पद्धति का प्रयोग किया गया है। इसका उद्देश्य अभिलक्षण $p>0$ में इस परिणाम को सिद्ध करना है। (संपर्क व्यक्ति: ओमप्रकाश दास)

- **अनुपयुक्त क्षेत्रों पर डेल पेजो सतहों के लिए कावामैटा-वीवेग वैनिशिंग प्रमेय**

इस कार्य में अनुसंधानकर्ता द्वारा दिखाया जाता है कि कावामैटा-वीवेग वैनिशिंग प्रमेय के रूप में ज्ञात महत्वपूर्ण कोहोमोलॉजिकल वैनिशिंग प्रमेय का महत्व संभावित गैर-बीजगणितीय बंद क्षेत्रों पर वर्णित नियमित डेल पेजो सतहों के लिए है। परिणामों का यह प्रकार सकारात्मक अभिलक्षण में मोरी फाइबर स्पेस के अध्ययन के लिए उपयोगी है। (संपर्क व्यक्ति: ओमप्रकाश दास)

गैलोइस रुपांतरण

- **रैड्यूसिबिल मोड पी गैलोइस रुपांतरणों की लिफ्टिंग एवं मॉड्युलैरिटी**

इस कार्य में स्प्लिट रिडक्टिव समूहों (संभावित डिसकनेक्टिड) में वैल्यूड गैलोइस रुपांतरणों के लिए सामान्य लिफ्टिंग प्रमेय को सिद्ध किया गया। रेशनल अंकों के क्षेत्र के गैलोइस समूह के अधिकतम रैड्यूसिबिल ऑड दो आयामी गैलोइस रुपांतरणों के लिए एप्लिकेशन को मॉडलुर दिखाया गया (अर्थात सेरे के अनुमान का वर्जन रैड्यूसिबिल रिप्रिजेंटेशंस के लिए भी है)। इसके अतिरिक्त फिनिट कंस्टेंट क्षेत्र के साथ एक वैरिएबिल में प्रकार्य क्षेत्र के गैलोइस समूह के आर्बिटरी आयामी रिप्रिजेंटेशंस के लिए समान परिणाम को भी सिद्ध किया गया। (संपर्क व्यक्ति: नजमुद्दीन फखरुद्दीन)

अनिवार्य आयाम

- **अनुरूप कवर्स के फिक्स्ड प्वाइंट्स, लोकल मोनोड्रोमी एवं असंपीड्यता**

कवर्स के अनिवार्य आयाम की सीमा के लिए मापदंड को स्थानीय मोनोड्रोमी का प्रयोग करके सिद्ध किया गया। इस मापदंड का प्रयोग करके दिखाया गया कि शिमूरा वैराइटीज के अनेक अनुरूप कवर्स (रेशनल सीमा घटकों के साथ ट्यूब प्रक्षेत्रों के संगत जिसमें कुछ असाधारण घटक भी शामिल हैं) असंपीड्य हैं। समान असंपीड्यता परिणामों को वक्रताओं के मॉड्युली स्पेस के कवर्स के लिए सिद्ध किया गया। (संपर्क व्यक्ति: नजमुद्दीन फखरुद्दीन)

रुपांतरण सिद्धांत

- **पी-एडिक रिडक्टिव समूहों के गैर-स्वीकार्य रुपांतरण**

पी को प्राइम होने दें। यह प्रमेय है जो हरीश-चंद्रा, बर्नेसटीन एवं जैकेट के समय से है जो दर्शाता है कि पी-एडिक रिडक्टिव समूह (कनेक्टिड) की जटिल संख्याओं पर प्रत्येक इरेड्यूसिबिल रुपांतरण स्वीकार्य है। इस कार्य में अनुसंधानकर्ताओं द्वारा मोड पी रुपांतरणों के लिए इस स्टेटमेंट का सरलतम काउंटर उदाहरण दिया जाता है अर्थात पी एलिमेंट्स के साथ फिनिट क्षेत्र के बीजगणितीय क्लोजर पर वर्णित रुपांतरण। विशेष रूप से अनुसंधानकर्ताओं द्वारा पी-एडिक संख्याओं के क्षेत्र के क्वाडरेटिक अनरेमिफाइड विस्तार पर 2 by 2 सामान्य रेखीय समूह के इरेडिसिबल स्मूथ गैर-स्वीकार्य मोड पी रुपांतरणों का निर्माण किया जाता है। इस प्रमाण द्वारा ब्रेयडल एवं पैसकुनास के आरेखों के सिद्धांतों का प्रयोग किया जाता है और उच्चतर

अनरैमिफाइड विस्तार के मामले के लिए ली द्वारा पाए गए समान काउंटर-उदाहरणों को सरलतम बनाया जाता है। (संपर्क व्यक्ति: एकनाथ घाटे)

अंक सिद्धांत

- **मॉड्यूलर सिमेट्रिक पॉवर रूपांतरणों में मोनोमिअल जालक पर**
अनुसंधानकर्ताओं ने φ एलिमेंट्स के साथ फिनिट क्षेत्र पर 2 बाई 2 सामान्य रेखीय समूह के मोड φ सिमेट्रिक पॉवर रिप्रिजेंटेशंस में मोनोमिअल जालक की संरचना एवं पृथक टर्म्स का अन्वेषण किया। अनुसंधानकर्ताओं ने संबंधित क्वोशेंट्स का भी परीक्षण किया जो मोड φ स्थानीय लैंगलैंड्स करेसपांडेंस में दिखते हैं। इन परिणामों का वर्णन विभिन्न बेस पी विस्तारों के आकारों एवं अनेक बाइनोमिअल गुणों को मोड φ के वैल्युएशंस के संबंध में किया गया। अनुसंधानकर्ताओं ने एप्लिकेशंस का भी अन्वेषण किया। इसका उद्देश्य φ -एडिक अंक क्षेत्र के गैलोइस समूह के निश्चित इरेड्युसिबिल क्रिस्टालाइन रिप्रिजेंटेशंस के रिडक्शंस का अध्ययन करना था। (संपर्क व्यक्ति: एकनाथ घाटे)

परिमाणात्मक अर्गोडिक प्रमेय एवं क्वाडरेटिक फॉर्मर्स

- **जेनेरिक पोलिनोमिअल मैप्स के मानों के लिए इष्टतम डेंसिटी**
इस कार्य द्वारा विभिन्न संदर्भों में क्वाडरेटिक फॉर्मर्स की डेंसिटी के लिए प्रभावी आकलन उपलब्ध होते हैं। इससे ओपेनहेम अनुमान हेतु मार्गुलिस के प्रसिद्ध हल के लिए प्रभावी पूर्वानुमानों की प्राप्ति होती है। (संपर्क व्यक्ति: अनीष घोष)

डॉयोफैंटाइन एप्राक्सिमेशन

- **संबद्ध उपसतहों पर इंहोमोजेनस ड्युएल डॉयोफैंटाइन एप्राक्सिमेशन**
इस कार्य द्वारा संबद्ध उपसतहों के लिए इंहोमोजेनस खिंटचिने-ग्रोशेव प्रमेय की स्थापना होती है। इसमें इंहोमोजेनस ट्रांसफरेंस सिद्धांत के साथ युग्मित जालकों के स्पेस पर गतिकी का प्रयोग किया गया। (संपर्क व्यक्ति: अनीष घोष)

सीगल ट्रांसफॉर्मर्स के लिए उच्चतर मूमेंट सूत्र

- **फॉर्मर्स की प्रणालियों के लिए जेनेरिक प्रभावी ओपेनहेम प्रमेय**
इस कार्य में सीगल ट्रांसफॉर्मर्स के लिए उच्चतर मूमेंट्स का प्रयोग किया गया। इसका उद्देश्य क्वाडरेटिक फॉर्मर्स की प्रणालियों के लिए जेनेरिक प्रभावी स्टेटमेंट्स को सिद्ध करना था। (संपर्क व्यक्ति: अनीष घोष)

जारी फ्रैक्शंस एवं गौस मैप

- **जारी फ्रैक्शंस, चेन-स्टेन पद्धति एवं अति मूल्य सिद्धांत**
इस कार्य द्वारा गौस मैप के अति मूल्य सिद्धांत में नए परिणामों को उपलब्ध कराया जाता है। इसमें पहली बार चेन-स्टेन पद्धति का प्रयोग किया गया। (संपर्क व्यक्ति: अनीष घोष)

डॉयोफैंटाइन एप्राक्सिमेशन एवं पी-एडिक विश्लेषण

- **मैनिफोल्ड्स एवं एक्सपोनेंट्स की डिकोटोमी पर मल्टीप्लिकेटिव पी-एडिक मेट्रिक डॉयोफैंटाइन एप्राक्सिमेशन**
अनुसंधानकर्ताओं ने संबद्ध उपसतहों एवं उनके नॉनडिजेनरेटिव मैनिफोल्ड्स पर मल्टीप्लिकेटिव डॉयोफैंटाइन एप्राक्सिमेशन पर क्लेनबोक के परिणामों के पी-एडिक वर्जन्स को स्थापित किया। (संपर्क व्यक्ति: अनीष घोष)

संभाव्यता सिद्धांत

- **गौसियन मुक्त क्षेत्र का प्रयोग करके परकोलेशन के लिए चरण ट्रांजिशन का अस्तित्व**
मॉडल के चरण ट्रांजिशन के अस्तित्व की स्थापना सांख्यिकीय भौतिकी के श्रमसाध्य गणितीय कार्यों में सर्वाधिक मूलभूत समस्याओं में एक है। पूर्व में उल्लिखित कार्य में नई तकनीक का विकास किया गया। इसे सामान्य क्वांसीट्रांजिटिव ग्राफों (विशेष रूप से केले ग्राफ्स) पर स्वतंत्र परकोलेशन मॉडल के लिए चरण ट्रांजिशन के विशेष संदर्भ में विकसित किया गया। कार्य में मुख्य परिणामों में एक द्वारा प्रसिद्ध अनुमान की पुष्टि होती है। यह 1996 में बैजामिनी एवं शरेम द्वारा किया गया था। इसके अंतर्गत अतिरेखीय वृद्धि के साथ किसी इन्फिनिट क्वांसीट्रांजिटिव ग्राफ पर स्वतंत्र परकोलेशन द्वारा महत्वपूर्ण चरण ट्रांजिशन दर्शाया जाना चाहिए। इस कार्य में समृद्ध इंटरप्ले शामिल था। यह विभिन्न क्षेत्रों के मध्य था। इनमें संभाव्यता

सिद्धांत, ज्यामितीय समूह सिद्धांत, स्पेक्ट्रल ज्यामिति एवं कांबिनेटोरिक्स आदि शामिल थे। गणित के ऐसे प्रतीत होते असमान क्षेत्रों के मध्य सामान्य लक्षण का निर्माण एक आब्जेक्ट द्वारा किया गया जिसे 'गौसियन मुक्त क्षेत्र' कहा जाता है। इसका समान संदर्भ में प्रयोग तार्किक रूप से इस कार्य द्वारा प्रारंभ किया गया। इस कार्य में विकसित तकनीक ने रुचि के विभिन्न अन्य मॉडलों के लिए चरण ट्रांजिशन के अस्तित्व को सिद्ध करने के लिए नए पैराडिगम को भी उपलब्ध कराया। (संपर्क व्यक्ति: शुभाजीत गोस्वामी)

- **गौसियन मुक्त क्षेत्र एक्सकर्सन क्लस्टर के रेडियस पर**

पर्कोलेशन सिद्धांत के संदर्भ में (संभाव्यता सिद्धांत के गणितीय क्षेत्र में अनुसंधान के सर्वाधिक समृद्ध एवं सक्रिय क्षेत्रों में एक) ट्रंकेटिड दो-प्वाइंट प्रकार्य, संभाव्यता के लिए होते हैं। इसका अर्थ यह है कि इंफिनिट कनेक्टिड ग्राफ (उदाहरण के लिए जालक) में दिए गए दो प्वाइंट्स, समान फिनिट, मुक्त क्लस्टर का प्रतिनिधित्व करते हैं। इसके उदाहरण में कुछ यादृच्छिक उपग्राफ में एजेस या वर्टिसेस युक्त फिनिट, कनेक्टिड कंपोनेंट्स शामिल हैं। ट्रंकेटिड दो-प्वाइंट प्रकार्य के क्षय की सटीक दर (कुछ तार्किक रूप में) को पाना अक्सर उन आयामों के लिए असंभव होता है जो 2 से बड़े होते हैं एवं अंतर्निहित ग्राफ, हाइपरक्यूबिक जालक होता है। उपर्युक्त उल्लिखित कार्य में अनुसंधानकर्ताओं ने सफलतापूर्वक गौसियन मुक्त क्षेत्र के लेवल-सैट्स के लिए ट्रंकेटिड दो-प्वाइंट प्रकार्य को पिन डाउन करने में सफलता पाई (आयाम 3 में ऑफ-क्रिटिकल चरण के दौरान एक्सपोनेंशियल क्रम तक)। संपर्क व्यक्ति: शुभाजीत गोस्वामी

गणितीय सांख्यिकी एवं संभाव्यता सिद्धांत

- **इष्टतम निर्णय ट्रीज द्वारा मल्टीवैरिएट पीसवाइज पोलिनोमिअल्स एवं बद्ध परिवर्तन प्रकार्यों का अनुकूली आकलन**

इस कार्य में अनुसंधानकर्ताओं ने डायार्डिक कार्ट (क्लॉसिफिकेशन एवं रिग्रेशन ट्री) एस्टीमेटर को जांचा। इसे डोनोहो ने 1997 में पहली बार प्रस्तुत किया था। अनुसंधानकर्ताओं ने निकट संबंधी एस्टीमेटर को प्रस्तुत किया। इसे इष्टतम रिग्रेशन ट्री (ओआरटी) नाम से जाना जाता है। इसे सामान्य आयामों में पीस-वाइज सरल प्रकार्यों को अनुमानित करने के संदर्भ में प्रस्तुत किया गया। इन इष्टतम निर्णय ट्री एस्टीमेटर्स का महत्वपूर्ण लक्षण यह है कि वे दी गई किसी भी सीमा में पोलिनोमिअल्स में पीस-वाइज फिट होते हैं। पेपर में सिद्ध सैद्धांतिक जोखिम सीमाओं के साथ इन एस्टीमेटर्स की कंप्यूटेशनल जटिलता के श्रमसाध्य विश्लेषण ने पहली बार दिखाया कि प्रकार्यों के कुछ प्रसिद्ध वर्गों को कंप्यूटेशनली प्रभावी रूप में लगभग-पैरामैट्रिक जोखिम के साथ 'डिनाइज' किया जा सकता है। (संपर्क व्यक्ति: शुभाजीत गोस्वामी)

ज्यामितीय समूह सिद्धांत

- **फाइबर प्रोडक्ट्स के लिए गुणधर्म (टी)**

अनुसंधानकर्ताओं द्वारा तब अध्ययन किया जाता है जब गुणधर्म (टी) के साथ समूहों के फाइबर प्रोडक्ट में गुणधर्म (टी) होता है। (संपर्क व्यक्ति: महान एमजे)

- **फाइबर्स से क्वांसीकंवेक्सिटी का प्रसार**

$1 \rightarrow K \rightarrow G \rightarrow Q$ को हाइपरबोलिक समूहों का यथार्थ अनुक्रम होने दें। $Q1 < Q$ को क्वांसीकंवेक्स उपसमूह एवं $G1 = \pi_1(Q1)$ होने दें। अपेक्षाकृत माइल्ड स्थितियों (उदाहरण के लिए यदि k बंद सतह समूह या मुक्त समूह है एवं Q कंवेक्स कोकंपेक्ट है) के अंतर्गत अनुसंधानकर्ताओं ने दिखाया कि $G1$ के इंफिनिट इंडेक्स क्वांसीकंवेक्स उपसमूह, G में क्वांसीकंवेक्स हैं। संबंधित परिणामों को मैट्रिक बंडल्स, समूहों के विकासशील कांपलेक्सेस एवं समूहों के ग्राफों के लिए सिद्ध किया गया। (संपर्क व्यक्ति: महान एमजे)

- **मुक्त समूहों के रेगुलिंग ग्राफ्स**

मिन के कारण एक प्रश्न का उत्तर देते हुए अनुसंधानकर्ताओं द्वारा सिद्ध किया जाता है कि रोसेस के फिनिट ग्राफ द्वारा रेगुलिंग को इस तरह स्वीकार किया जाता है कि रोसेस के परिणामकारी ग्राफ में हाइपरबोलिक मूलभूत समूह होता है। (संपर्क व्यक्ति: महान एमजे)

सतह समूहों के रूपांतरण

- **मेरोमॉर्फिक प्रोजेक्टिव संरचनाएं, ग्राफ़िंग और मोनोड्रोमी मैप**

पंचर्ड रिमेन सतह (एक्स-पी) पर मेरोमॉर्फिक प्रोजेक्टिव संरचना का निर्धारण एक्स पर मानक प्रोजेक्टिव संरचना को फिक्स करने के बाद किया गया है। इसे मेरोमॉर्फिक क्वॉडरेटिक विभेदक द्वारा किया गया है जिसमें प्रत्येक पंचचुरियन पर क्रम के पोलस तीन या अधिक हैं। ऐसी मेरोमॉर्फिक प्रोजेक्टिव संरचनाओं के लिए थर्सटन के ग्राफ़िंग प्रमेय को सिद्ध किया गया। इसमें ग्राफ़िंग क्राउन्ड हाइपरबोलिक सतहें शामिल थीं। इससे कांप्लेक्स प्लेन (इसमें पोलिनोमिअल शवारजियन डिराइवेटिव्स हैं) पर प्रोजेक्टिव संरचनाओं के लिए ग्राफ़िंग वर्णन प्राप्त हुआ। एप्लिकेशन के तौर पर हैजहल के परिणाम के एनालॉग को दिखाया गया। डेकोरेटिव कैरेक्टर वैराइटी में मोनोड्रोमी मैप (फॉक-गॉंचारोव के सेंस में) स्थानीय होमियोमॉर्फिज्म है। (संपर्क व्यक्ति: महान एमजे)

जटिल गतिकी एवं क्लेनियन समूह

- **आर्बिट इक्विवैलेंस द्वारा रेशनल मैप्स एवं क्लेनियन समूहों को संयुक्त करना**

नए फार्मलिज्म को विकसित किया गया जिसमें आर्बिट इक्विवैलेंस का प्रयोग किया गया। इससे रेशनल जटिल गतिकी एवं क्लेनियन समूहों को एकीकृत रूपरेखा में संयुक्त किया गया। इससे अनेक आश्चर्यजनक निष्कर्ष सामने आए:

1. टोपोलॉजिकल आर्बिट इक्विवैलेंस रिजिडिटी की असफलता फचशियन समूहों के लिए (यह फिशर-व्हाइट के प्रमेय द्वारा उच्चतर आयामों में सच है)।
2. ऐसी मेटिंग्स का टेकमुलर स्पेस, डिसकनेक्टिड है- क्वॉंसी फचशियन समूहों के टेकमुलर स्पेस के केस के साथ विरोधाभास के रूप में जहां यह $Teich(S) \times Teich(S)$ है।
3. सिर्फ परिमित रूप से अनेक बेस सीमा समूहों को मेट किया जा सकता है (इसमें कैनन-थर्सटन मैप्स एवं उनकी संरचना के पूर्व परिणाम का प्रयोग किया गया है)।

(संपर्क व्यक्ति: महान एमजे एवं सब्यासाची मुखर्जी)

स्पेक्ट्रल ज्यामिति एवं पीडीई का विश्लेषण

- **ऐरेटम: यूक्लिडीन त्रिकोणों में कोई हॉट स्पॉट्स नहीं होते हैं**

हाल ही में अनुसंधानकर्ताओं ने पेपर 'यूक्लिडीन त्रिकोणों में कोई हॉट स्पॉट्स नहीं होते हैं' गणित के एनल्स 191 (2020) में गैप की खोज की। इस ऐरेटम में अनुसंधानकर्ताओं द्वारा स्पष्ट किया जाता है कि उल्लिखित पेपर में प्रमाण की वैधता आब्ज्यूज एवं राइट त्रिकोणों के लिए है। इसके अतिरिक्त अनुसंधानकर्ताओं द्वारा यथार्थ त्रिकोणों के लिए वैकल्पिक तर्क दिया जाता है। इसका उद्देश्य यह सिद्ध करना है कि यूक्लिडीन त्रिकोणों में कोई हॉट स्पॉट्स नहीं होते हैं। (संपर्क व्यक्ति: सुगता मॉडल)

- **प्लेन में पोलिगोनल प्रक्षेत्रों पर लैपलेस आइजनप्रकार्य के क्रिटिकल प्वाइंट्स**

अनुसंधानकर्ताओं ने 'यूक्लिडीन त्रिकोणों में हॉट स्पॉट्स नहीं होते हैं' गणित के एनल्स 191 (2020) में परिणाम को पोलिगोनल प्रक्षेत्रों तक विस्तृत किया। विशेष रूप से अनुसंधानकर्ताओं ने लिप प्रक्षेत्रों के लिए हॉट स्पॉट्स अनुमान के नए गैर-संभाव्य प्रमाण को प्रस्तुत किया। (संपर्क व्यक्ति: सुगता मॉडल)

जटिल विश्लेषण, कंफर्मल गतिकी एवं परावर्तन समूह

- **यूनिवैलेंट मैप्स की फैमिलीज में बेस स्लाइसेज**

शावर्ज परावर्तन मैप्स की गतिकी, कंफर्मल गतिकी में उदीयमान क्षेत्र है। यह जटिल विश्लेषण, रेशनल मैप्स की गतिकी, परावर्तन समूहों, यूनिवैलेंट मैप्स के सिद्धांत आदि के विभिन्न पहलुओं को संयुक्त करती है। यह कार्य, शायवर्ज परावर्तन मैप्स की प्राकृतिक कक्षा के पैरामीटर स्पेस का अध्ययन है जिसकी उत्पत्ति यूनिवैलेंट रेशनल मैप्स से होती है। दिखाया गया कि इस स्पेस में प्रत्येक मैप फिक्स्ड पोनिनोमिअल एवं परावर्तन समूह की कंफर्मल मेटिंग है एवं पैरामीटर स्पेस स्वयं में परावर्तन समूहों के कांपेक्टिफाइड विरूपण स्पेस के प्रति प्राकृतिक रूप से होमियोमॉर्फिक है। इससे परावर्तन समूहों के टेकमुलर स्पेस एवं यूनिवैलेंट मैप्स के परिवारों के मध्य नया एवं रोचक संबंध प्राप्त होता है। (संपर्क व्यक्ति: एस. मुखर्जी)

टोपोलॉजी, कंफर्मल गतिकी एवं क्लेनियन समूह

- **सर्कल पैकिंग्स, किसिंग परावर्तन समूह एवं क्रिटिकली फिक्स्ड एंटी-रेशनल मैप्स**

1980 के दशक में सुलिवन ने कंफर्मल गतिकीय प्रणालियों की दो कक्षाओं के मध्य डिक्शनरी को प्रस्तुत किया। इन्हें रिमेन स्फेयर पर रेशनल मैप्स की गतिकी एवं क्लेनियन समूहों के कार्य कहा गया। इसकी प्रेरणा विभिन्न सामान्य लक्षणों द्वारा की गई जो उनमें साझा थे। हालांकि इन समानताओं को स्पष्ट करने के लिए अभी भी कोई सटीक गणितीय रूपरेखा उपलब्ध नहीं है। वर्तमान कार्य ने गतिकीय प्रणालियों की पूर्व में उल्लिखित कक्षाओं के मध्य नए सेतु की स्थापना की। अधिक सटीक रूप में क्लेनियन परावर्तन समूहों की बड़ी कक्षा एवं एंटी-होलोमॉर्फिक रेशनल मैप्स के मध्य स्पष्ट करेसपांडेंस को सिद्ध किया गया। इसे यह दर्शाकर सिद्ध किया गया कि इन आब्जेक्ट्स की केऑप्टिक गतिकी, टोपोलॉजिकली इक्विवैलेंट हैं। करेसपांडेंस का प्रयोग करके अनेक ज्यामितीय मेटिंग समस्याओं के पूर्ण उत्तरों को प्राप्त किया गया। इसके अतिरिक्त एंटी-रेशनल मैप सैटिंग में एसिलिंड्रिकल हाइपरबोलिक 3-मैनिफोल्ड्स (थर्सटन के कांपेक्टनेस प्रमेय के रूप में ज्ञात) के पैरामीटर स्पेस के लिए महत्वपूर्ण प्रमेयों के एनॉलॉग्स को भी प्राप्त किया गया। (संपर्क व्यक्ति: एस. मुखर्जी)

जटिल विश्लेषण एवं कंफर्मल गतिकी

- **सर्कल होमियोमर्फिज्म, मेटिंग एवं रिमूवेबिलिटी का डेविड विस्तार**

यह भली-भांति ज्ञात है कि यूनिट सर्कल के क्वांसीसिमेट्रिक मैप्स द्वारा यूनिट डिस्क में क्वांसीकंफर्मल विस्तारों को स्वीकृत किया जाता है। इसके कंफर्मल गतिकी में विस्तृत उपयोग हैं (जैसे साइमलटेनस यूनिफार्माइजेशन प्रमेय)। हालांकि अनेक स्थितियों में गतिकीय वर्णित सर्कल होमियोमर्फिज्म के लिए समान विस्तार परिणाम की आवश्यकता होती है जो क्वांसीसिमेट्रिक से बुरा होता है। वर्तमान कार्य में गतिकीय प्राकृतिक सर्कल होमियोमर्फिज्म के लिए नए विस्तार प्रमेय को सिद्ध किया गया। इसके पोलिनोमिअल्स की कंफर्मल मेटिंग्स के सिद्धांत एवं क्लेनियन समूहों के साथ पोलिनोमिअल्स में दूरस्थ उपयोग हैं। विस्तार परिणाम के परिणामों के रूप में अनुसंधानकर्ताओं द्वारा अनेक क्लेनियन समूहों के सीमा समूहों एवं अनेक पोलिनोमिअल्स के जूलिया समूह की कंफर्मल रिमूवेबिलिटी को भी सिद्ध किया जाता है। इसके अतिरिक्त यूनिवैलेंट मैप्स के स्पेस के एक्सट्रिमल प्वाइंट्स पर क्लासिकल समस्याओं पर सिद्धांत के लिए भी एप्लिकेशंस हैं। (संपर्क व्यक्ति: एस. मुखर्जी)

कंफर्मल गतिकी, क्लेनियन रूप्स एवं रिमेन सतहें

- **आर्बिट इक्विवैलेंस द्वारा रेशनल मैप्स एवं क्लेनियन समूहों का संयुक्तिकरण**

सुलिवन डिक्शनरी को ठोस रूप देने की ओर अन्य कदम में अनुसंधानकर्ताओं द्वारा नई रूपरेखा का विकास किया जाता है। यह जटिल पोलिनोमिअल्स की गतिकी को क्लेनियन सतह समूहों के साथ कंफर्मली मेटिंग करने के लिए है। इसमें आर्बिट इक्विवैलेंस का प्रयोग किया जाता है। दिखाया गया कि सिर्फ टार्शन-मुक्त फचशियन समूहों (जिन्हें इस तरह मेट किया जा सकता है) को स्फेयर समूहों में पंक्चर किया जाता है। मेटिंग की तकनीक के अंतर्गत क्लासिकल बोबेन-सीरिज मैप्स एवं मैप्स की नई कक्षा "उच्चतर बोबेन-सीरिज मैप्स शामिल हैं जो पंक्चर्ड स्फेयर समूहों में आर्बिट समतुल्य हैं। उच्चतर बोबेन-सीरिज मैप्स के अस्तित्व से सुनिश्चित होता है कि मेटिंग्स का टेकमुलर स्पेस डिसकनेक्टड है। इसके अतिरिक्त यह भी दिखाया गया कि उच्चतर आयामों के विपरीत टोपोलॉजिकल आर्बिट समतुल्यता रिजीडिटी, सर्कल पर कार्यरत फचशियन समूहों के लिए विफल होती है। इसके अतिरिक्त क्लेनियन बेस के सीमा समूहों के संग्रह (जो इस रूपरेखा में मेटेबिल हैं) पूर्ण रूप से क्लॉसिफाइड हैं। (संपर्क व्यक्ति: महान एमजे एवं एस. मुखर्जी)

ज्यामिति एवं रूपांतरण सिद्धांत

- **स्पिन हिग्स बंडल्स के लिए स्पेक्ट्रल डेटा**

इस कार्य में अनुसंधानकर्ताओं द्वारा हिग्स बंडल्स को पैरामैट्राइज करने वाले स्पेक्ट्रल डेटा का निर्धारण किया जाता है। इसे हिटचिन मैप के जेनेरिक फाइबर में ऐसे केस के लिए निर्धारित किया जाता है जहां संरचना समूह, फिक्स्ड क्लिफोर्ड नॉर्म के साथ विशेष क्लिफोर्ड समूह है। ये स्पिन एवं 'टिबस्टिड' स्पिन हिग्स बोसोन हैं। इसमें प्रयुक्त पद्धति द्वारा स्पेक्ट्रल डेटा में परिवर्तनों को एब द्वारा प्रस्तावित ऑर्थोगोनल बंडल्स के लिए हेके ट्रांसफॉर्मेशंस के संबंध में संबंधित किया जाता है। स्पष्ट वर्णन द्वारा ज्यामितीय लैंगलैंड्स कार्यक्रम से परिणाम को भी रिकवर किया जाता है जिसमें वर्णित किया गया है कि हिटचिन मैप के फाइबर्स, प्रोजेक्टिव ऑर्थोगोनल हिग्स बंडल्स (इवन केस में) एवं प्रोजेक्टिव सिंप्लेक्टिव हिग्स बंडल्स (ऑड केस में) के मॉड्युली स्पेस के संबंधित फाइबर्स में ड्युएल एबेलियन वैराइटीज हैं। (संपर्क व्यक्ति: स्वर्णवा मुखोपाध्याय)

- **आर्टिन समूहों की निश्चित संरचना एवं आइसोमॉर्फिज्म अनुमान**

आर्टिन समूह, समूहों की महत्वपूर्ण कक्षा हैं एवं गणित के भिन्न क्षेत्रों में ये आते हैं। क्लासिकल ब्रेड समूह, फिनिट प्रकार वास्तविक आर्टिन समूह का उदाहरण है। फैरल-जॉन्स आइसोमॉर्फिज्म अनुमान की स्थिति ज्यामिति एवं टोपोलॉजी में अग्रणी रेखा में है। काफी कार्य इस क्षेत्र में हाल में किया गया है। आइसोमॉर्फिज्म अनुमान की प्रेरणा एवं परिणाम बोरेल एवं नोविकोव अनुमान हैं। अनुसंधानकर्ताओं ने इंडक्टिव संरचना का निरीक्षण आर्टिन समूहों की विशाल कक्षा में किया एवं इस सूचना का उपयोग परिमित वास्तविक, जटिल एवं अफाइन प्रकारों के आर्टिन समूहों की अनेक कक्षाओं के लिए आइसोमॉर्फिज्म अनुमान निकालने में किया। (संपर्क व्यक्ति: एस.के. रोशन)

- **कॉन्फिगुरेशन लाई ग्रुपाइड्स एवं आर्बिफोल्ड ब्रेड समूह**

अनुसंधानकर्ताओं ने लाई ग्रुपाइड के कॉन्फिगुरेशन लाई ग्रुपाइड्स की दो परिभाषाओं को प्रस्तुत किया। दोनों मामलों में अनुसंधानकर्ताओं ने फैडल-न्युवर्थ प्रकार फाइब्रेशन प्रमेय को सिद्ध किया एवं लाई ग्रुपाइड्स के उदाहरणों को दिया जहां यह असफल होता है। अनुसंधानकर्ताओं ने इसके अलावा लाई ग्रुपाइड्स के परिवार के कॉन्फिगुरेशन लाई ग्रुपाइड के मूलभूत समूहों (शुद्ध आर्बिफोल्ड ब्रेड समूहों नामक) का अध्ययन किया। इसे लघु यथार्थ अनुक्रम को निर्मित करके प्राप्त किया गया। पहले यह देखा गया कि शुद्ध आर्बिफोल्ड ब्रेड समूहों की पोली-वर्चुअली मुक्त संरचना होती है। अनुसंधानकर्ताओं ने शुद्ध आर्बिफोल्ड ब्रेड समूहों के जेनरेटर्स के स्पष्ट समूह को भी उपलब्ध कराया। इसके बाद सिद्ध किया गया कि अफाइन एवं परिमित जटिल आर्टिन समूह वास्तव में पोली-मुक्त होते हैं। इससे श्री बेस्टविना के प्रश्न का आंशिक उत्तर प्राप्त होता है। अंत में अनुसंधानकर्ताओं ने आर्बिफोल्ड ब्रेड समूहों की इस कक्षा के लिए फैरल-जोन्स आइसोमॉर्फिज्म अनुमान निकाला। इससे टाइप D_n के आर्टिन समूह के मामले की पुष्टि हुई जिसे पूर्व कार्य में छोड़ दिया गया था। (संपर्क व्यक्ति: एस.के. रोशन)

- **कॉन्फिगुरेशन लाई ग्रुपाइड्स में क्वांसीफाइड्स**

पूर्व कार्य में अनुसंधानकर्ताओं ने आर्बिफोल्ड्स के लिए फैडल-न्युवर्थ प्रकार फाइब्रेशन प्रमेय का अध्ययन किया था। इसके बाद उन्होंने लाई ग्रुपाइड्स के कॉन्फिगुरेशन लाई ग्रुपाइड्स के मूलभूत समूहों के लघु यथार्थ अनुक्रम को उपलब्ध कराया था। यह कम से कम एक पंचर एवं कोन प्वाइंट्स के साथ जेनस जीरो 2-आयामी आर्बिफोल्ड्स के संगत है। इस कार्य में अनुसंधानकर्ताओं ने इस कार्य का विस्तार 0 से अधिक सभी जेनस, कोन प्वाइंट्स के साथ 2-आयामी आर्बिफोल्ड्स तक किया। परिणामस्वरूप फैरल-जोन्स आइसोमॉर्फिज्म अनुमान को संबंधित कॉन्फिगुरेशन लाई ग्रुपाइड्स के मूलभूत समूहों के लिए सिद्ध किया गया। अनुसंधानकर्ताओं ने आर्बिफोल्ड्स के कुछ महत्वपूर्ण उदाहरणों को भी उपलब्ध कराया जहां फैडल-न्युवर्थ प्रकार क्वांसीफाइब्रेशन प्रमेय होता है। अंत में अनुसंधानकर्ताओं ने एस्फेरिसिटी अनुमान एवं क्वांसीफाइब्रेशन अनुमान का वर्णन आर्बिफोल्ड्स के लिए किया। (संपर्क व्यक्ति: एस.के. रोशन)

बीजगणितीय ज्यामिति एवं मोटिविक होमोटोपी सिद्धांत

- **सैल्युलर A^1 -होमोलॉजी एवं मैटसुमोटो के प्रमेय का मोटिविक वर्जन**

A^1 -होमोलॉजी के नए वर्जन को वर्णित किया गया। इसे सैल्युलर A^1 -होमोलॉजी कहा जाता है। यह ऐसे क्षेत्र पर सरल योजनाओं के लिए है जो कोहोमोलॉजिकली ट्रीवियल क्लोज्ड स्ट्रेटा के साथ मुक्त उपयोजनाओं द्वारा बढ़ते हुए फिल्ट्रेशन को स्वीकार करती हैं। सैल्युलर A^1 -होमोलॉजी की अनेक स्पष्ट गणनाओं को उपलब्ध कराया गया एवं इनका प्रयोग आर्बिटरी क्षेत्र पर स्प्लिट रिडक्टिव समूह के मोटिविक मूलभूत समूह को निर्धारित करने के लिए किया गया। इससे स्प्लिट, अर्धसरल सरल कनेक्टिव बीजगणितीय समूहों के यूनिवर्सल केंद्रीय विस्तारों पर मैटसुमोटो के प्रमेय का मोटिविक वर्जन प्राप्त हुआ। एप्लिकेशंस के रूप में ब्राइल्लिंस्की-डेलिग्ने एवं एस्नोल्ड-कॉन-लेनिव-वीवेग के कारण परिणामों को एकीकृत रूप में स्पष्ट किया गया एवं उनका सामान्यीकरण किया गया। इसके साथ ही जटिल लाई समूहों के होमोटोपी समूहों पर ई. कार्टन के क्लासिकल परिणामों को पुनर्सिद्ध, परिणाम के रूप में किया गया। (संपर्क व्यक्ति: आनंद सावंत)

प्रोजेक्टिव मॉड्युल्स

- **मूलभूत समूह**

एक निश्चित मूलभूत समूह को रिंग के साथ संबंधित किया जाता है। यह रिंग के साथ संबंधित एक प्रकार के संबंधित घटकों के समूह का मापन करता है। इसके अतिरिक्त क्लिनेन-सुसलिन सिद्धांत का निर्माण इस मूलभूत समूह के लिए किया गया। (संपर्क व्यक्ति: राजा श्रीधरन)

यूनिमॉड्युलर रोज

- **शेषाद्री का प्रमेय**

शेषाद्री के प्रोजेक्टिव मॉड्युल्स पर प्रमेय को फॉर्मेट के इन्फिनिट डिसेंट के सिद्धांत के साथ संबंधित दिखाया गया। (संपर्क व्यक्ति: राजा श्रीधरन)

समूह सिद्धांत

- **अनुरुपता उपसमूह कर्नेल की केंद्रीयता**

अंकगणितीय नॉन-यूनिफॉर्म उच्चतर रैंक समूहों के आइसोट्रोपिक मामले में अनुरुपता उपसमूह कर्नेल की केंद्रीयता के नए प्रमाण को दिया गया। यह अंकगणितीय प्रगति द्वारा लेवल्स के अनुरुपता उपसमूहों द्वारा उत्पन्न अंकगणितीय समूहों पर परिणाम से संबंधित था। (संपर्क व्यक्ति: टी.एन. वेंकटरमन)

टीआईएफआर अनुप्रयोज्य गणित केंद्र, बंगलुरु

कंप्यूटेशनल आंशिक विभेदी समीकरण

- **शीयर शैलो वॉटर मॉडल के लिए पथ संरक्षणात्मक परिमित वोल्यूम पद्धति**

शीयर शैलो वॉटर मॉडल द्वारा शैलो वॉटर प्रवाहों के लिए एप्राक्सिमेशन उपलब्ध कराया जाता है। यह मॉडल में वर्टिकल शीयर के प्रभाव को शामिल करके किया जाता है। इस मॉडल को क्लासिकल शैलो वॉटर एप्राक्सिमेशन में उपेक्षित द्वितीय क्रम वेग फ्लक्चुएशंस को शामिल करके गहराई औसत प्रक्रिया से प्राप्त किया जाता है। परिणामकारी मॉडल में गैर-संरक्षणात्मक संरचना होती है जो गैस गतिकी से 10-मूमेंट समीकरणों को रिसेंबल करती है। रोल वेक्स सहित अनेक टैस्ट केसों द्वारा प्रस्तावित मॉडलिंग एवं अंकीय कार्यनीति के निष्पादन को दर्शाया जाता है जो कि स्टैंडर्ड मॉडलों से अधिक होती है। ऐसे मॉडलों को अंकीय रूप से हल करना बेहद कठिन है क्योंकि उनकी गैर-संरक्षणात्मक प्रकृति होती है एवं उनमें शॉक्स होते हैं। वर्तमान कार्य में रोबस्ट योजनाओं को निर्मित करने के नए मार्ग को दिखाया गया है। दिखाया गया है कि इनके द्वारा यथार्थ एवं वास्तविक सोल्युशंस निर्मित किए जा सकते हैं। इनका विस्तार असंरचनित ग्रिडों में किया जा रहा है जिससे सामान्य प्रक्षेत्रों में अधिक जटिल समस्याओं को हल करना संभव होता है। (संपर्क व्यक्ति: प्रवीण चंद्रसेखर)

आंशिक विभेदी समीकरण

- **हॉर्डी प्रकार की संभाव्यता के साथ ऊष्मा प्रचालक के लिए दृढ़ अनुपम निरंतरता गुणधर्म**

इस कार्य में अनुसंधानकर्ताओं ने ऊष्मा प्रचालक के लिए दृढ़ अनुपम निरंतरता को हॉर्डी प्रकार की संभाव्यता के साथ प्राप्त किया। यह महत्वपूर्ण अनुमान की स्केलिंग के नाजुक जोड़ द्वारा प्राप्त किया गया। यह स्फेयर एवं उपमहत्वपूर्ण उपयुक्त अनुमान पर लैपलेस बेल्ट्रॉमी के स्पेक्ट्रल गैप का महत्वपूर्ण रूप से प्रयोग करता है जो कि रुचि का विषय है। इस परिणाम से एस्कोरिजा एवं वैसेला का पुराना परिणाम समृद्ध होता है जहां उपमहत्वपूर्ण संभाव्यताओं पर विचार किया गया। (संपर्क व्यक्ति: अगनिद बैनर्जी)

- **हाइपरबोलिक संरक्षण नियमों में स्थापित इष्टतम जंप**

एक उदाहरण को प्राप्त किया गया। इससे संकेत मिला कि बर्गर के समीकरण के लिए कैटास्ट्रॉफिक एंटीपी हल विद्यमान हो सकता है जहां शॉक्स सैट की प्रवृत्ति गहन हो सकती है। (संपर्क व्यक्ति: एस.एस. घोषाल)

प्रौद्योगिकी एवं संगणक विज्ञान स्कूल

सूचना सिद्धांत एवं गहन ज्ञानार्जन

- **गहन ज्ञानार्जन आधारित सूचना मात्रा आकलन**

अनुसंधानकर्ताओं ने मिनमैक्स इष्टतमीकरण समस्या पर आधारित परिस्थितिगत पारस्परिक सूचना के नए एस्टिमेटर को प्रस्तुत किया। इसमें उन्होंने कुलबैक-लेबलर डाइवर्जेंस के परिवर्ती रूपांतरण का उपयोग किया। इससे स्वतः ही संयुक्त प्रशिक्षण आर्किटेक्चर निर्मित हुआ जो गहन ज्ञानार्जन में सेलिब्रेटिड जेनरेटिव एडवर्सियल नेटवर्क्स के समान था। अनेक संश्लेषणात्मक एवं वास्तविक डेटा समूहों का प्रयोग करके दिखाया गया कि प्रस्तावित एस्टिमेटर का कार्यनिष्पादन दोनों के-निकटतम नेवर (केएनएन) आधारित एवं न्युरल नेटवर्क या क्लॉसिफायर आधारित एस्टिमेटर्स से बेहतर है जिसे अब तक लिट्रेचर में स्टेट-ऑफ-द-आर्ट माना गया है। इसके अतिरिक्त बेहतर परिणामों को स्टेट-ऑफ-द-आर्ट स्थितिगत स्वतंत्र टैस्टर्स की तुलना में स्थितिगत स्वतंत्र (सीआई) परीक्षण के संबंध में दिखाया गया। (संपर्क व्यक्ति: हिमांशु असनानी)

- **गहन ज्ञानार्जन प्रेरित संप्रेषण कोड्स**

अनुसंधानकर्ताओं ने नए कार्यों की श्रृंखला को विकसित करना जारी रखा जिसका उद्देश्य कैनोनिकल संप्रेषण चैनलों के लिए अत्याधुनिक न्युरल नेटवर्क आधारित कोड्स प्राप्त करना था। यहां एंकोडर या डिकोडर अथवा दोनों एंकोडर एवं डिकोडर, गहन न्युरल नैट्स, पैरामीटर्स के साथ हैं जिन्हें बैक प्रोपोगेशन द्वारा इष्टतम किया गया है। ऐसे कोड्स द्वारा बड़े हुए कार्यनिष्पादन को रोबस्टनेस एवं अडेप्टिविटी के संबंध में दर्शाया जाता है अर्थात् जब परीक्षण के समय वास्तविक चैनल सैटिंग्स में अंतर प्रशिक्षण के दौरान की सैटिंग्स के साथ होता है। फीडबैक के साथ या इसके बिना सैटिंग्स एवं गौसियन व गैर-गौसियन चैनलों पर सैटिंग्स पर भी विचार किया जाता है। पूरे कार्यक्रम में अनेक महत्वपूर्ण जानकारीयों का प्रयोग किया जाता है। इन जानकारीयों को परंपरागत सूचना सिद्धांत एवं कोडिंग लिट्रेचर से लिया जाता है। इनमें यादृच्छिक इंटरलीविंग शामिल हैं जो अत्यंत सफल टर्बो कोड्स से प्रेरित हैं। (संपर्क व्यक्ति: हिमांशु असनानी)

जेनरेटिव मॉडल्स में सांख्यिकीय अनुमान

- **जेनरेटिव ज्ञानार्जन में लेटेंट स्पेस इष्टतमीकरण**

अनुसंधानकर्ताओं ने नए एल्गोरिथ्म को प्रस्तुत किया। इसे 'मास्कड एडवर्सियल ऑटो-एंकोडर (मॉस्कएआई)' कहा जाता है। इसमें लेटेंट स्पेस के वास्तविक आयाम को ऑटोएंकोडर में एंकोडिड लेटेंट स्पेस की मॉस्किंग के ऑपरेशन द्वारा जाना जाता है। एमएआई, मॉस्किंग की इस प्रक्रिया द्वारा आयामों की कृत्रिम संख्या को डिसकार्ड करने में समर्थ है। इससे विद्यमान रूपरेखाओं से महत्वपूर्ण विचलन होता है जहां अनुमान को लेटेंट आयामों के आकार पर प्राथमिक रूप से किया जाता है। एमएआई द्वारा एआई मॉडल की जेनरेटिव गुणवत्ता को जेनरेटिव एडवर्सियल नेटवर्क्स (GANs) के निकट लाया जाता है। इससे दोनों संश्लेषणात्मक एवं वास्तविक डेटा समूहों के लिए अत्याधुनिक जेनरेटिव मॉडलिंग की उपलब्धता होती है। इस एल्गोरिथ्म को उत्कृष्ट सैद्धांतिक रूपरेखा द्वारा पूरी तरह से सहायता दी जाती है। (संपर्क व्यक्ति: हिमांशु असनानी)

सबमॉड्यूलैरिटी का सूचना सिद्धांत के साथ मिलना

- **मशीन ज्ञानार्जन में उपयोगों के साथ सबमॉड्यूलर कांबिनेटोरियल सूचना मात्राएं**

अनुसंधानकर्ताओं ने कांबिनेटोरियल सूचना मात्राओं का अध्ययन किया। ये स्वतंत्रता, (परिस्थितिगत) एंट्रॉपी, (परिस्थितिगत) पारस्परिक सूचना, एवं कुल सहसंबंध का सामान्यीकरण करती हैं जिन्हें वैरिएबिल्स (अनिवार्य रूप से यादृच्छिक नहीं) के समूहों पर वर्णित किया गया है। ये मेशर्स कड़ाई के साथ संगत एंट्रॉपिक मेशर्स का सामान्यीकरण करते हैं क्योंकि उन सभी को सबमॉड्यूलर प्रकार्यों द्वारा पैरामेट्राइज किया जाता है जो कड़ाई के साथ एंट्रॉपी का सामान्यीकरण करते हैं। इसके अतिरिक्त अनुसंधानकर्ताओं ने सबमॉड्यूलर सूचना मेशर्स (सैट कवर, सुविधा स्थिति, ग्रॉफ कट्स, लॉग निर्धारक जैसे सबमॉड्यूलर प्रकार्यों की संख्या के लिए) के विशिष्ट इंस्टेंशिएंशंस का अध्ययन किया। इसके साथ ही अनुसंधानकर्ताओं ने इन मेशर्स के गुणधर्मों का अध्ययन किया। इनमें सबमॉड्यूलैरिटी, मोनोटोनिसिटी, ऊपरी/निम्न सीमाएं आदि शामिल थीं। अनुसंधानकर्ताओं ने इनके उपयोगों का अध्ययन निजता आधारित फीचर सिलेक्शन, डेटा सबसैट सिलेक्शन एवं अन्य मशीन ज्ञानार्जन उपयोगों में किया। (संपर्क व्यक्ति: हिमांशु असनानी)

- **अविभाज्य वस्तुओं के लिए उपयुक्तता के मूल्य पर इष्टतम सीमाएं**
वस्तुओं के समूह को एजेंटों के समूह के मध्य वितरित किए जाने के लिए वितरण के दो विपरीत मापदंड हैं – सामाजिक कल्याण, या एजेंटों की कुल उपयोगिता। इसके अंतर्गत किसी एजेंट को कोई वस्तु तब दी जाएगी जब वह इसकी सर्वाधिक कीमत समझेगा एवं उपयुक्तता के अंतर्गत अधिक इक्विटेबिल वितरण का लक्ष्य होगा। इस कार्य ने सामाजिक कल्याण की हानि पर सीमाएं रखीं। इसमें अलोकेशंस तब होंगे जब उपयुक्तता की सर्वाधिक दो धारणाओं की पूर्ति की जाएगी – ईर्ष्या से मुक्ति से एक वस्तु (ईएफ1) एवं एप्रॉक्सिमेट अधिकतम-अल्पतम भाग (एमएमएस)। पूर्व कार्य से यह अनुसरण करता है कि प्राप्त सीमाएं सख्त हैं। इससे पूर्व कार्य की एक खुली समस्या का समाधान होता है। (संपर्क व्यक्ति: उमंग भास्कर)
- **सबएडिटिव वैल्युएशंस के अंतर्गत पी-मीन वैलफेयर के लिए सख्त एप्रॉक्सिमेशन एल्गोरिथ्म**
एजेंटों के मध्य वस्तुओं के समूह के विभाजन के लिए नैश सामाजिक कल्याण को अधिकतम करने वाले आबंटन में अनेक उपयुक्त एवं प्रभावी गुणधर्म माने जाते हैं। यद्यपि ऐसे आबंटन को पाना एनपी-हार्ड, एडिटिव वैल्युएशंस के अत्यंत सरल मामले के लिए भी माना जाता है। इस कार्य ने सबएडिटिव वैल्युएशंस के अत्यंत विस्तृत वर्ग के लिए नैश सामाजिक कल्याण के लिए सख्त एप्रॉक्सिमेशन दिया। कार्य में सीमाओं का विस्तार नैश सामाजिक कल्याण से पी-मीन कल्याण के सामान्य वर्ग तक है। इससे इस वर्ग के लिए सख्त एप्रॉक्सिमेशन गारंटियों की स्थापना होती है। (संपर्क व्यक्ति: उमंग भास्कर)

क्वांटम क्वैरी एवं संप्रेषण जटिलता

- **क्वांटम क्वैरी एल्गोरिथ्म की लिफ्टिंग से क्वांटम संप्रेषण प्रोटोकॉल्स के लिए ओवरहेड**
क्वांटम क्वैरी मॉडल को ऐसा मॉडल कहा जा सकता है जहां अधिकांश महत्वपूर्ण एवं शक्तिशाली क्वांटम एल्गोरिथ्म की डिजाइन तैयार की गई है। क्षेत्र में अनेक संप्रेषण समस्याएं, क्वैरी समस्या की नेचरल लिफ्ट्स हैं, जहां क्वैरी के प्रकार्य के पृथक इनपुट बिट्स को एलिस एवं बॉब के मध्य स्कैंबल किया जाता है। इसमें ब्लियन एएनडी या एक्सओआर जैसे सरल गैजेट का प्रयोग होता है। बुर्मान, क्लीव एवं विजरसन ने बीस वर्षों पूर्व ही निरीक्षित किया था कि ऐसे स्कैंबल कार्यों के लिए क्वांटम प्रोटोकॉल्स की डिजाइन तैयार की जा सकती है। इनके द्वारा क्वांटम क्वैरी एल्गोरिथ्म को मिमिक किया जाता है एवं इनकी संप्रेषण लागत अधिकतम क्वैरी एल्गोरिथ्म लागत है जो लॉग (एन) कारक द्वारा मल्टीप्लाइ है। यहां एन एक पैरामीटर है जो बिट्स में इनपुट की लंबाई का वर्णन करता है। इस कार्य में अनुसंधानकर्ताओं ने पहली बार दिखाया कि ऐसा प्रकार्य विद्यमान होता है जिसके लिए लॉग (एन) ओवरहेड को किसी क्वांटम प्रोटोकॉल के लिए अवाइड नहीं किया जा सकता। सीधे रूप में निरीक्षित किया जा सकता है कि क्लासिकल रैंडोमाइज्ड संसार में संप्रेषण प्रोटोकॉल्स द्वारा रैंडोमाइज्ड क्वैरी एल्गोरिथ्म के सिमुलेशन के लिए अनिवार्य रूप से किसी ओवरहेड की आवश्यकता नहीं होती है। अतः इस कार्य द्वारा क्लासिकल प्रोटोकॉल्स एवं उनके क्वांटम काउंटरपार्ट्स के मध्य अनिवार्य अंतर सामने आता है। (संपर्क व्यक्ति: आर्कदेव चट्टोपाध्याय)

सर्किट जटिलता

- **रेखीय निर्णय सूचियों के लिए निम्न सीमाएं**
यह कार्य कंप्यूटेशन के दो विस्तृत ज्ञात एवं प्रयुक्त मॉडलों की अपेक्षित शक्ति को समझने के लिए है: पहला डेप्थ-2 फीड फॉरवर्ड न्यूरल नेटवर्क्स, निम्न भारों एवं थ्रेशोल्ड सक्रियण प्रकार्य के साथ है। इन्हें मेजॉरिटी सर्किटों की मेजॉरिटी के रूप में भी जाना जाता है। दूसरा रेखीय निर्णय सूचियों का है: उनके द्वारा आर्बिटेरी भारों के रेखीय थ्रेशोल्ड प्रकार्यों का प्रयोग अंदर निर्णय लेने के लिए किया जाता है। तुरान एवं वातन ने 1997 में पूछा कि क्या ऐसे प्रकार्य हैं जिन्हें प्रभावी रूप से कंप्यूट, मेजॉरिटी ऑफ मेजॉरिटी सर्किट्स द्वारा किया जा सके अर्थात् पोलिनोमिअल आकार में किंतु रेखीय निर्णय सूचियों द्वारा प्रभावी रूप में कंप्यूट न किया जा सके। इस कार्य में मुख्य परिणाम द्वारा इस प्रश्न को सकारात्मक रूप में हल किया जाता है। ऐसा ऐसे प्रकार्य को प्रदर्शित करके किया जाता है जिसे कंप्यूट होने के लिए एक्सपॉनेंशली लांग रेखीय निर्णय सूचियों की आवश्यकता होती है। (संपर्क व्यक्ति: आर्कदेव चट्टोपाध्याय)

संप्रेषण जटिलता

- **लॉग-एप्रॉक्सिमेट-रैंक अनुमान का खंडन**

याओ के 2-पार्टी संप्रेषण मॉडल में सर्वाधिक मूलभूत मुक्त समस्याओं में एक वर्ष 1988 से लोवास्ज एवं साक्स का लॉग-रैंक अनुमान (एलआरसी) है। इस अनुमान द्वारा जोर दिया जाता है कि प्रत्येक कुल प्रकार्य की निर्धारणकारी संप्रेषण जटिलता को पोलिनोमिअल कारकों तक अभिलक्षणित, इसके संप्रेषण मैट्रिक्स की रैंक के लॉग द्वारा किया जाए। 2007 में ली एवं शरेबमेन ने 'रैंडोमाइज्ड' जटिलता के लिए एलआरसी का एनालॉग प्रस्तुत किया। इसे लॉग-एप्रॉक्सिमेट-रैंक अनुमान (एलएआरसी) कहा जाता है। एलएआरसी ने जोर दिया कि सभी कुल प्रकार्यों की रैंडोमाइज्ड जटिलता का अभिलक्षणन, पोलिनोमिअल ब्लो-अप तक इसके संप्रेषण मैट्रिक्स की एप्रॉक्सिमेट रैंक के लॉग द्वारा किया जाए। एलएआरसी, शक्तिशाली अनुमान साबित हुआ जिसने अनेक अन्य महत्वपूर्ण अनुमानों को संप्रेषण जटिलता में लागू किया जिसमें एलआरसी शामिल है। अनुसंधानकर्ताओं ने इस अनुमान के लिए सरल किंतु दृढ़ प्रति-उदाहरण उपलब्ध कराया। (संपर्क व्यक्ति: आर्कदेव चट्टोपाध्याय)

औपचारिक पद्धतियां

- **निकट ऑप्टिमल शैड्यूलिंग के लिए सुरक्षित ज्ञानार्जन**

अनुसंधानकर्ताओं ने संश्लेषण, मॉडल-आधारित ज्ञानार्जन एवं ऑनलाइन सैंपलिंग तकनीकों के जोड़ का परीक्षण किया। इसका उद्देश्य प्रिंटेडिल टॉस्क शैड्यूलिंग समस्या के लिए सुरक्षित एवं निकट ऑप्टिमल शैड्यूलर्स प्राप्त करना था। एल्गोरिथ्म द्वारा मार्कोव निर्णय प्रक्रियाओं को हैंडल किया जा सकता है जिनकी 10^{20} अवस्थाएं हैं। इस आकार एवं इसके पार की स्टेट स्पेस को अत्याधुनिक संभाव्यता मॉडल-चैकर्स द्वारा हैंडल नहीं किया जा सकता। अनुसंधानकर्ताओं द्वारा मॉडल को सीखने के लिए संभावित एप्रॉक्सिमेटली करेक्ट (पीएसी) गारंटियों को उपलब्ध कराया जाता है। एप्रोचों में एक द्वारा रिसीडिंग होराइजन के साथ एवं मोटे कालों ट्री सर्च (एमसीटीएस) के प्रयोग से कार्यनीति को कंप्यूट किया जाना है। अनुसंधानकर्ताओं ने सलाह के साथ मोटे-कालों ट्री खोज को लागू किया। इस दौरान उन्होंने सेफ्टी गेम्स द्वारा कंप्यूटिंग की या सबसे पहले-समयसीमा-प्रथम शैड्यूलर का प्रयोग करके उन्हें प्राप्त किया। इसका उद्देश्य शैड्यूलिंग समस्या के संबंध में ज्ञानार्जित मॉडल को ऑनलाइन सुरक्षित रूप से अन्वेषित करना था। (संपर्क व्यक्ति: शिवाशीष गुहा)

ऑटोमेटा सिद्धांत

- **क्वालिटेटिव सीमेन्टिक्स के साथ अल्टरनेटिंग ट्री ऑटोमेटा**

अल्टरनेटिंग ऑटोमेटा में अवस्थाओं का विभाजन विद्यमान एवं यूनिवर्सल अवस्थाओं में किया जाता है। एक अवस्था से ट्रांजिशन पर ट्री ऑटोमेटन से एक साथ अनेक अवस्थाओं का जन्म होता है। क्वालिटेटिव सीमेन्टिक्स के अनुसार ऑटोमेटन का रन तभी स्वीकृत होता है जब रन की लगभग सभी ब्रांचें स्वीकृत होती हैं। एंटिनेस समस्या में पूछा जाता है कि ट्री ऑटोमेटन होने पर क्या ऑटोमेटन द्वारा स्वीकृत भाषा एंटी होती है। अवस्थाओं के समूह एफ होने पर बुची स्थिति वर्णित करती है कि वर्ड को रन में स्वीकार किया जाता है यदि एफ की किसी अवस्था को विजिट अपरिमित रूप से अक्सर रन में किया जाता है। दूसरी ओर कोबुची स्थिति वर्णित करती है कि समूह एफ को परिमित रूप से अक्सर विजिट किया जाना चाहिए। दो महत्वपूर्ण परिणामों को इस कार्य में दिखाया गया। इसमें पहला यह था कि क्वालिटेटिव सीमेन्टिक्स के साथ अल्टरनेटिंग बुची ट्री ऑटोमेटा की एंटिनेस समस्या, डिसाइडेबिल है। दूसरे परिणाम में पाया गया कोबुची ट्री ऑटोमेटा के लिए समस्या अनडिसाइडेबिल है। (संपर्क व्यक्ति: शिवाशीष गुहा)

जैविक विज्ञान: सीरो सर्वेक्षण

- **भारत के मुंबई में झुगियों बनाम गैर-झुगियों में सॉर्स-सीओव्ही-2 का सीरो फैलाव**

अनुसंधानकर्ताओं ने नीति आयोग, बीएमसी एवं कुछ अन्य संगठनों के साथ टाई अप करके जुलाई एवं अगस्त, 2020 में मुंबई में सीरो सर्वेक्षण आयोजित किया। इस दौरान तीन प्रतिनिधि बॉर्डों को यादृच्छिक रूप से सैंपल किया गया जो झुगियों एवं गैर-झुगियों से युक्त थे। लगभग 9000 सैंपलों को प्रथम चक्र में एवं 6000 को द्वितीय चक्र में एकत्र किया गया। परिणामों ने मुंबई एवं विशेष रूप से झुगियों में फैलाव की उच्च सीमा को दर्शाया। द्वितीय चक्र से न्युक्लियोकैपसिड एंटीबॉडीज में तीव्र कमी का भी पता चला जिसके मापन के लिए किट तैयार की गई थी। ये परिणाम अत्यंत आश्चर्यजनक थे क्योंकि मुंबई विश्व में ऐसा प्रथम प्रमुख नगर था जिसने फैलाव की अत्यंत उच्च सीमा दिखाई। (संपर्क व्यक्ति: संदीप जुनेजा)

वित्तीय गणित

- **ऋण जोखिम: सरल क्लोज्ड-फॉर्म एप्रॉक्सिमेट अधिकतम संभावित एस्टिमेटर**

अनुसंधानकर्ताओं ने कॉर्पोरेट ऋणों के लिए परिस्थितिगत डिफॉल्ट संभाव्यताओं हेतु सरल क्लोज्ड-फॉर्म एप्रॉक्सिमेशंस को विकसित किया। व्यावहारिक असिंप्टोटिक रेशजीम में (जहां डिफॉल्ट संभाव्यताएं कम हैं (माना जाए कि वार्षिक 3 प्रतिशत से कम) एवं फर्मों की संख्या एवं उपलब्ध डेटा की समय अवधि अपेक्षाकृत अधिक है) अनुसंधानकर्ताओं ने श्रमसाध्य रूप से दिखाया कि प्रस्तावित एस्टिमेटर द्वारा समान या अपेक्षाकृत बदतर व्यवहार, अधिकतम संभावित एस्टिमेटर की तुलना में किया जाता है जिसकी आवश्यकता अक्सर कंप्यूटेशन की प्रोहिबिटिव मात्रा के लिए होती है। मॉडल मिसस्पेशिफिकेशन के अधिक वास्तविक मामले के लिए दिखाया गया कि दोनों एस्टिमेटर्स को समान रूप से अच्छा या बुरा देखा जाता है। (संपर्क व्यक्ति: संदीप जुनेजा)

एजेंट आधारित सिमुलेशंस

- **कोविड-19 विश्वमारी के संबंध में गैर-फॉर्मास्युटिकल हस्तक्षेपों के अध्ययन के लिए सिटी-स्केल एजेंट आधारित सिमुलेटर्स**
एसटीसीएस में अनुसंधानकर्ताओं ने आईआईएससी की टीम के साथ गठजोड़ करके सिटी-स्केल एजेंट आधारित सिमुलेटर को विकसित किया। इसका उद्देश्य कोविड-19 विश्वमारी के लिए गैर-चिकित्सीय हस्तक्षेपों का अध्ययन करना था। संक्षेप में मुंबई के लिए एजेंट-आधारित सिमुलेटर द्वारा 1.28 करोड़ निवासियों के कृत्रिम सिमुलेशन मॉडल को निर्मित किया जाता है। यह नगर की विस्तृत जनसंख्या एवं घरों, समुदायों, कार्यालयों में जनसंख्या इंटरएक्शंस के तुल्य है। कृत्रिम नगर को संक्रमित व्यक्तियों के साथ सिमुलेशन द्वारा सीड किए जाने के बाद हम संक्रमण एवं रोग संबंधी स्वास्थ्य सूचकांकों के वास्तविक इंक्रिमेंटल टाइम प्रोग्रेशन को निरीक्षित कर सकते हैं। ऐसा हम किसी विशिष्ट हस्तक्षेप कार्यनीति के अंतर्गत नगर में कर सकते हैं। अनुसंधानकर्ताओं ने उपलब्ध डेटा के साथ सिमुलेटर का प्रयोग किया। इसका उद्देश्य बेंगलोर एवं मुंबई को क्रमशः खोले जाने के लिए भिन्न लॉकडाउन छूटों के अंतर्गत प्रोजेक्शंस को विकसित करना था। (संपर्क व्यक्ति: संदीप जुनेजा)

मशीन ज्ञानार्जन

- **नाइसी निरीक्षणों से रिमेनियन मैनिफोल्ड को सीखना**

अनुसंधानकर्ताओं ने मैनिफोल्ड या इंबेडिड मैनिफोल्ड ज्ञानार्जन के पुनर्निर्माण पर विचार किया। इसमें स्मूथ रिमेनियन मैनिफोल्ड एम का निर्धारण एम के डिसक्रीट उपसमूह में प्वाइंट्स की अंतर्निहित दूरियों (जियोडेसिक दूरियों) से होता है। अध्ययन की गई समस्या में रिमेनियन मैनिफोल्ड (एम, जी) पर विचार एक्सट्रैक्ट मेट्रिक स्पेस के साथ अंतर्निहित दूरियों के रूप में किया गया न कि एंबेडिड यूक्लिडीन स्पेस के अंतःस्थापित उपमैनिफोल्ड के रूप में। दिखाया गया कि जब सैंपल्स की संख्या अधिक होती है तो बड़ी संभाव्यता के साथ रिमेनियन मैनिफोल्ड (एम, जी) के एप्रॉक्सिमेशन का निर्माण करना संभव होता है। यह समस्या जियोमेट्रिक व्हाइटनी समस्या का सामान्यीकरण है जिसमें यादृच्छिक मापन त्रुटियां हैं। (संपर्क व्यक्ति: हरिहरन नारायणन)

सूचना सिद्धांत

- **निजी दो-टर्मिनल परिकल्पना परीक्षण**

अनुसंधानकर्ताओं ने सरल परिकल्पनाओं के साथ निजी दो-टर्मिनल परिकल्पना परीक्षण का अध्ययन किया। इसमें निजता का लक्ष्य यह सुनिश्चित करना है कि परीक्षण प्रोटोकॉल में प्रतिभागिता द्वारा अन्य प्रयोक्ता के निरीक्षण के संबंध में कोई अतिरिक्त सूचना व्यक्त न हो जब किसी प्रयोक्ता को सही परिकल्पना के विषय में बताया जाए। दिखाया गया कि सामान्य अर्थपूर्ण शुद्धता एवं निजता को तब प्राप्त नहीं किया जा सकता जब प्रयोक्ताओं के पास सहसंबंधित (किंतु समान नहीं) रैंडमनेस की सुलभता न हो। इष्टतम शुद्धता एवं निजता त्रुटि घटकों, जब प्रयोक्ताओं के पास महत्वपूर्ण सहसंबंधित रैंडमनेस की सुलभता हो, (वे जो सुरक्षित बहुपक्षीय कंप्यूटेशन को स्वीकृति देती हैं) का अभिलक्षणन किया गया। (संपर्क व्यक्ति: विनोद प्रभाकरन)

- **फीडबैक के साथ गौसियन ब्रॉडकास्ट चैनल्स**

एडिटिव गौसियन नाइस के साथ ब्रॉडकास्ट चैनलों द्वारा सैल्युलर वायरलेस नेटवर्क्स में डाउनलैंक को मॉडल किया जाता है। फीडबैक को गौसियन ब्रॉडकास्ट चैनल (जीबीसी) के क्षमता क्षेत्र को बढ़ा करने के लिए जाना जाता है। फीडबैक इसे स्वतंत्र नाइस रियालाइजेशंस के साथ रिसीवर्स पर करता है जिस दौरान ट्रांसमीटर पर औसत पॉवर कंस्ट्रेण्ट होता है। क्षमता में वृद्धि,

दोनों रिसीवर्स में सिर्फ एक से नाइसी फीडबैक होने पर भी हो सकती है। यद्यपि हाल के परिणामों द्वारा फीडबैक नाइस थ्रेशोल्ड के अस्तित्व को दर्शाया जाता है। इसके पार सिर्फ अधिक दृढ़ रिसीवर से एक-पक्षीय फीडबैक, क्षमता क्षेत्र को बढ़ाने में विफल हो जाता है। इस कार्य ने फीडबैक नाइस थ्रेशोल्ड के सख्त अभिलक्षणन को दिखाया। यह रेश्जीम्स को पृथक् करता है जहां सिर्फ अधिक दृढ़ रिसीवर से फीडबैक द्वारा क्षमता में वृद्धि की जाती है यह इसे अपरिवर्तित छोड़ दिया जाता है। (संपर्क व्यक्ति: विनोद एम. प्रभाकरन)

सूचना सिद्धांत एवं क्रिप्टोग्राफी

• एक-मार्गी चैनलों पर सुरक्षित कंप्यूटेशन

सुरक्षित बहुपक्षीय कंप्यूटेशन (एमपीसी), आधुनिक क्रिप्टोग्राफी का कार्नरस्टोन है। एमपीसी में परस्पर अविश्वासियों द्वारा अपने निजी डेटा के प्रकार्यों को कंप्यूट करने के लिए सहयोग किया जाता है। इस दौरान अपने डेटा के विषय में एक दूसरे को कोई अतिरिक्त सूचना नहीं दी जाती है। एक-मार्गी नाइसी संप्रेषण चैनलों पर एमपीसी के अध्ययन को गर्ग ईटी एएल. (2015) द्वारा प्रारंभ किया गया था। इस कार्य में बाद में महत्वपूर्ण प्रगति हुई। दिखाया गया कि जहां ऐसे चैनल्स हैं (विशेष रूप से बिट रैंडोमाइज्ड ऑब्लिवियस ट्रांसफर (आरओटी) चैनल) जिनका प्रयोग किसी प्रकार्य को सुरक्षित रूप से कंप्यूट करने में सुरक्षा त्रुटि के साथ किया जा सकता है जो चैनल उपयोगों की संख्या में विपरीत रूप में पोलिनोमिअल हो जाती है। दूसरी ओर ऐसे फिनिट चैनल्स नहीं हैं जो बेहतर सुरक्षा उपलब्ध करा सकें। जहां आरओटी द्वारा 'एंटी-कोरिलेशन' के प्राकृतिक रूप को दर्शाया जाता है जिसे उपर्युक्त परिणाम में प्रयोग में लाया गया, वहीं प्रैक्टिकल चैनलों के अनेक मॉडलों द्वारा इस गुणधर्म को नहीं दर्शाया जाता एवं इन्हें लघु कंस्टेंट सुरक्षा त्रुटि के साथ एमपीसी को सपोर्ट करते नहीं दिखाया गया है। आश्चर्यजनक रूप से इस सीमा को रिसीवर पर निश्चित प्लॉजिबिल मान्यता के अंतर्गत पार करते दिखाया गया। (संपर्क व्यक्ति: विनोद प्रभाकरन)

• दो पक्षीय सुरक्षित कंप्यूटेशन के लिए शून्य-संप्रेषण रिडक्शंस

सुरक्षा के विभिन्न स्तरों के साथ शून्य-संप्रेषण रिडक्शंस (जैडसीआर) नामक सूचना-सैद्धांतिक क्रिप्टोग्राफी में नए प्राइमिटिव को प्रस्तुत किया गया। जैडसीआर का संबंध अनेक अन्य महत्वपूर्ण प्राइमिटिव्स के साथ था एवं ऊपरी एवं निम्न सीमाओं पर नए परिणामों को प्राप्त किया गया। विशेष रूप से अनुसंधानकर्ताओं ने निजी साइमलटेनस मैसेजेस प्रोटोकॉल्स के लिए नई ऊपरी सीमाएं, सीक्रेट्स के परिस्थितिगत प्रकटन एवं प्रकार्यों की ऑब्लिवियस स्थानांतरण (ओटी) जटिलता को प्राप्त किया जो प्रकार्यों की सूचना जटिलता में एक्सपोनेंशल्स हैं। सुरक्षित जैडसीआर के लिए निम्न सीमा समस्या का भी सूत्रीकरण, शुद्ध रेखीय-बीजगणितीय संबंधों में किया गया। इसे मैट्रिक्स के इंवर्टिबिल रैंक को परिभाषित करके किया गया। इंवर्टिबिल रैंक अनुमान को प्रस्तुत किया गया जो सिद्ध होने पर ओटी-जटिलता के लिए अति-रेखीय निम्न सीमाएं स्थापित करेगा। (संपर्क व्यक्ति: विनोद एम. प्रभाकरन)

सैद्धांतिक कंप्यूटर विज्ञान

• उच्च-आयामी विस्तारकों से स्पष्ट एसओएस निम्न सीमाएं

इस कार्य में 3 एक्सओआर इंस्टेंसेस के स्पष्ट परिवार का निर्माण किया गया। यह सम-ऑफ-स्क्वेयर्स हाइआर्की के 0 (एसक्यूआरटी (एलओजीएन) लेबलों के लिए सख्त है। पूर्व के निर्माणों के विपरीत जिसमें रैंडम घटक शामिल रहता है, इन प्रणालियों का निर्माण स्पष्ट रूप से निर्धारणकारी पोलिनोमिअल समय में किया जा सकता है। इस निर्माण का आधार उच्च-आयामी विस्तारकों पर है जिनकी खोज लुबोट्जकी, सैम्युअल्स एवं विस्ने ने की थी। इन्हें एलएसव्ही कांप्लेक्सेस या रामानुजन कांप्लेक्सेस के रूप में जाना जाता है एवं विश्लेषण का आधार इन कांप्लेक्सेस के लिए विस्तार की दो धारणाएं हैं। ये 'कोजिटोलिक विस्तार' एवं ग्रोमोव के कारण 'स्थानीय आइसोपेरिमेट्रिक अतुल्यता' हैं। इस कार्य में उदाहरणों में वैरिएबिल्स की संगति कांप्लेक्स के एजेस के साथ है। (संपर्क व्यक्ति: प्रहलाद हर्षा)

• कैपेसिटी-अचीविंग डिकोडिंग की आदर्श-सैद्धांतिक व्याख्या

इस कार्य में कुछ बीजगणितीय त्रुटि-सुधार कोड्स के लिए एब्सट्रेक्ट रुपरेखा को प्रस्तुत किया गया है। इसे कोड्स को कैप्चर करने के उद्देश्य से प्रस्तुत किया गया है जो क्षमता में लिस्ट-डिकोडेबिल हैं (उनके डिकोडिंग एल्गोरिथ्म के साथ)। पोलिनोमिअल आदर्श रुपरेखा में कोड को स्पेशिफाई, कुछ आइडियल्स द्वारा पोलिनोमिअल्स रिंग में किया जाता है, मैसेसेज, पोलिनोमिअल्स

होते हैं एवं उनकी एंकोडिंग, आइडियल्स में रेसिड्यु मॉड्युलो होती है। इस रुपरेखा से कोड्स की नई कक्षा का जन्म होता है जिसे हम अफाइन-फोल्ड रीड-सोलोमन कोड्स कहते हैं। अधिक महत्वपूर्ण रूप से इस रुपरेखा द्वारा घटक कोड्स की एल्गोरिथमिक लिस्ट-डिकोडेबिलिटी को भी कैप्चर किया जाता है। अफाइन फोल्ड रीड-सोलोमन कोड्स के विशिष्ट मामले में रुपरेखा द्वारा दिखाया जाता है कि वे कैपेसिटी (पैरामीटरों की उपयुक्त सैटिंग के लिए) तक लिस्ट-डिकोडेबिल हैं। इससे फोल्ड रीड-सोलोमन, मल्टीप्लिसिटी एवं एडिटिव फोल्ड रीड-सोलोमन कोड्स के लिए पूर्व परिणामों का यूनिकफिकेशन हुआ। (संपर्क व्यक्ति: प्रहलाद हर्षा)।

- **प्रोडक्ट सैट्स पर मल्टीवैरिएट मल्टीप्लिसिटी कोड्स की डिकोडिंग**
मल्टीप्लिसिटी शवाटर्ज-जिपेल लेमा द्वारा प्रोडक्ट सैट पर मल्टीवैरिएट पोलिनोमिअल के शून्यों की कुल मल्टीप्लिसिटी को बढ़ा किया जाता है। इस लेमा द्वारा कोपार्टी, सराफ एवं येकनेन (जे. एसीएम, 2014) के मल्टीप्लिसिटी कोड्स को प्रेरित किया जाता है, जिन्होंने दिखाया कि कैसे इस लेमा का प्रयोग उच्च-रेट स्थानीय-डिकोडेबिल कोड्स के निर्माण में किया जाता है। यद्यपि इन कोड्स के संबंध में एल्गोरिथमिक परिणामों की महत्वपूर्ण रूप से निर्भरता इस तथ्य पर होती है कि पोलिनोमिअल का मूल्यांकन वैक्टर स्पेस पर होता है न कि आर्बिटरेरी प्रोडक्ट सैट पर। इस कार्य में फिनिट प्रोडक्ट सैट्स (विशाल अभिलक्षण एवं शून्य अभिलक्षण के क्षेत्रों पर) पर पोलिनोमिअल समय में बृहत् मल्टीप्लिसिटीज के बहुपरिवर्ती मल्टीप्लिसिटी कोड्स को डिकोड करने के लिए एल्गोरिथ्म को प्रस्तुत किया गया। पूर्व में ऐसे डिकोडिंग एल्गोरिथ्म को त्रुटियों के सकारात्मक फ्रैक्शन के लिए भी नहीं जाना गया था। इसके विपरीत नए कार्य में कोड की दूरी पर विशेष ध्यान दिया गया है एवं यह विशेष रूप से दोनों अद्वितीय कोडिंग सीमा एवं जॉनसन सीमा को एक्सीड करता है। (संपर्क व्यक्ति: प्रहलाद हर्षा)

कोविड – 19 सिमुलेशन

- **कोविड-19 विश्वमारी के संबंध में गैर-फॉर्मस्युटिकल हस्तक्षेपों के अध्ययन के लिए सिटी-स्केल एजेंट-आधारित सिमुलेटर्स**
इस कार्य में बढ़ रही विश्वमारी को रोकने के लिए विभिन्न गैर-फॉर्मस्युटिकल्स हस्तक्षेपों के अध्ययन में सिटी-स्केल एजेंट-आधारित सिमुलेटर्स की उपयोगिता को उल्लेखित किया गया। यह कार्य कोविड-19 विश्वमारी के संदर्भ में है एवं इसमें दो महानगरों बेंगलुरु एवं मुंबई में अनेक अन्वेषणात्मक केस अध्ययनों द्वारा सिमुलेटर्स की शक्ति को दर्शाया गया है। ऐसे टूल्स आने वाले समय में बड़े शहरों के प्रशासनिक अधिकारियों की टूल किट में सामान्य मदों के रूप में शामिल हो सकते हैं। (संपर्क व्यक्ति: प्रहलाद हर्षा)

जटिलता सिद्धांत

- **त्रुटि-सुधार कोड्स के प्रयोग से बिट-प्रॉब मॉडल में उन्नत स्पष्ट डेटा संरचनाएं**
अनुसंधानकर्ताओं ने मैमोरी में स्पास सैट्स की स्टोरींग की समस्या पर विचार किया ताकि सदस्यता जिज्ञासाओं का प्रभावी रूप में उत्तर दिया जा सके। त्रुटि सुधार कोड्स के प्रयोग से निर्णय ट्रीज के निर्माण के लिए नई एप्रोच के प्रयोग द्वारा अनुसंधानकर्ताओं ने इस डेटा संरचना समस्या के लिए नई योजनाओं को प्रस्तुत किया। (संपर्क व्यक्ति: जयकुमार राधाकृष्णन)

बीजगणितीय जटिलता सिद्धांत

- **बीजगणितीय प्राकृतिक प्रमाणों के अस्तित्व पर**
बीजगणितीय जटिलता में हाल के ग्रेड से संभावित रुकावट की आशंका निर्मित हुई है। यह दृढ़ निम्न सीमा परिणामों को सिद्ध करने के संबंध में है। दिखाया गया कि यदि पोलिनोमिअल आइडेंटिटी परीक्षण समस्या का निश्चित दृढ़ डिरेडोमाइजेशन विद्यमान है, तो निम्न सीमा प्रमाणों के लिए प्राकृतिक टैपलेट द्वारा दृढ़ निम्न सीमाएं निकालना संभव नहीं है। इस कार्य में अनुसंधानकर्ताओं ने दिखाया कि ऐसी प्राकृतिक टैपलेट्स का प्रमाणित रूप से उपयोग पोलिनोमिअल्स को मॉडरेटली-विशाल कोएफिशिएंट्स के साथ सीमित करने में है। (संपर्क व्यक्ति: रामप्रसाद सप्तऋषि)
- **यदि व्हीएनपी हार्ड है, तो इसके लिए समीकरण भी हार्ड हैं**
पूर्व के कार्य की कमियों में एक यह थी कि यद्यपि 'बीजगणितीय प्राकृतिक प्रमाणों' की विद्यमानता लघु सर्किटों के वर्ग के लिए हो सकती है, तथापि यह स्पष्ट नहीं था कि इससे पी एवं एनपी के बीजगणितीय एनालॉग के मध्य सैपरेशन होगा। इस कार्य

में दिखाया गया कि यदि “स्थायी पोलिनोमिअल” को हार्ड माना जाता है तो व्हीपी के विरुद्ध कोई प्राकृतिक प्रमाण स्वतः ही व्हीपी एवं व्हीएनपी के मध्य सैपरेशन हो जाता है। अन्य शब्दों में यदि हम मानते हैं कि व्हीएनपी, व्हीपी की तुलना में कहीं अधिक हार्ड है, ऐसी प्राकृतिक टैपलेट की विद्यमानता है जो इस सैपरेशन को दर्शा सकती है। (संपर्क व्यक्ति: रामप्रसाद सप्तऋषि)

क्वांटम सूचना सिद्धांत

- **क्वांटम नेटवर्क सूचना सिद्धांत में साइमलटेनस डिकोडिंग द्वारा आंतरिक सीमाएं**

इस कार्य ने क्लासिकल इनपुट्स एवं क्वांटम आऊटपुट्स के साथ अनेक मल्टीटर्मिनल चैनलों के लिए नई आंतरिक सीमाओं को सिद्ध किया। आंतरिक सीमाओं को वन-शॉट सैटिंग में सिद्ध किया गया है एवं ये संबंधित चैनलों के लिए सर्वोत्तम क्लासिकल आंतरिक सीमाओं की प्राकृतिक एनालॉग्स हैं। इनमें कुछ चैनलों के लिए समान क्वांटम आंतरिक सीमाओं को असिंक्रोटिक स्वतंत्र एवं आइडेंटिकली डिस्ट्रीब्यूटिड सैटिंग में भी जाना नहीं गया। आंतरिक सीमाओं को कंपेनियन के कार्य में स्थापित नए क्लासिकल-क्वांटम ज्वाइंट टिपिकैलिटी लेमा में अपील करके दर्शाया गया। इस लेमा से क्लासिकल मल्टीटर्मिनल चैनलों के लिए क्वांटम सैटिंग अनेक आंतरिक सीमा प्रमाणों तक पहुंचने में सहायता मिली। क्लासिकल मल्टीटर्मिनल चैनलों द्वारा इंटरसेक्शंस एवं टिपिकल सैट्स के यूनियंस का प्रयोग किया जाता है। (संपर्क व्यक्ति: प्रणव सेन)

- **यूनियंस, इंटरसेक्शंस एवं वन-शॉट क्वांटम ज्वाइंट टिपिकैलिटी लेमा**

क्लासिकल नेटवर्क सूचना सिद्धांत में आंतरिक सीमाओं को सिद्ध करने के लिए मूलभूत टूल ‘कंडीशनल ज्वाइंट टिपिकैलिटी लेमा’ है। लेमा के अतिरिक्त आंतरिक सीमा वृद्धियों में टिपिकल सैट्स के यूनियंस एवं इंटरसेक्शंस का अक्सर प्रयोग किया जाता है। ये तर्क, क्वांटम सैटिंग में कार्य नहीं करते हैं। यह अवरोध इस तथ्य में प्रतिध्वनित होता है कि तथाकथित ‘साइमलटेनस डिकोडर्स’ (बाद के कैंसिलेशन डिकोडर्स के विपरीत) को अत्यंत कुछ चैनलों के लिए क्वांटम नेटवर्क सूचना सिद्धांत में जाना जाता है। इस कार्य द्वारा इस अवरोध को दूर वन-शॉट क्वांटम ज्वाइंट टिपिकैलिटी लेमा को रोबस्ट यूनियन एवं इंटरसेक्शन गुणधर्मों के साथ पहली बार साबित करके किया जाता है। दो नए तकनीकी टूल्स का विकास किया गया। इनमें प्रथम सरल जियोमेट्रिक आइडिया है जिसे टिलिंग कहा जाता है। यह आर्थोगोनल दिशाओं में सबस्पेस के परिवार के मध्य कोणों को बढ़ाता है। दूसरे टूल को स्मूथिंग एवं ऑगमेंटेशन कहा जाता है। यह मल्टीपार्टीट क्वांटम अवस्था को क्षोभित इस रूप में करता है कि रजिस्टर्स के किसी उपसमूह पर आंशिक ट्रेस द्वारा ऑपरेटर नार्म को अधिक नहीं बढ़ाया जाता। (संपर्क व्यक्ति: प्रणव सेन)

क्रिप्टोग्राफी

- **एमयूएसई: द्वेषी क्लायंट्स के प्रति सुरक्षित इंफेरेंस रिजिलिएंट**

अनुसंधानकर्ताओं द्वारा निजी न्यूरल नेटवर्क इंफेरेंस की समस्या के लिए व्यावहारिक रूप से प्रभावी प्रोटोकॉल दिया जाता है जो कि द्वेषी क्लायंट्स के विरुद्ध सुरक्षित है। प्रदर्शित किया गया कि अनेक विद्यमान प्रोटोकॉल्स को पूर्ण रूप से विच्छेदित तब किया जा सकता है जब क्लायंट्स को प्रोटोकॉल स्पेशिफिकेशन से विचलन की अनुमति हो। दूसरी ओर यह प्रोटोकॉल ऐसे विचलनों के होते हुए भी सुरक्षित रहता है। अनुसंधानकर्ताओं ने इस प्रोटोकॉल को कार्यान्वित किया एवं प्रदर्शित किया कि इसने मैग्निट्यूड के क्रम द्वारा इस समस्या के लिए विद्यमान एप्रोच से बेहतर प्रदर्शन किया। (संपर्क व्यक्ति: अक्षयाराम श्रीनिवासन)

- **मल्टी-सोर्स गैर-मैलेबिल एक्सट्रेक्टर्स एवं एप्लिकेशंस**

अनुसंधानकर्ताओं ने मल्टी-सोर्स गैर-मैलेबिल एक्सट्रेक्टर्स नामक दो-सोर्स गैर-मैलेबिल के प्राकृतिक सामान्यीकरण को प्रस्तुत किया। अनुसंधानकर्ताओं द्वारा इस ऑब्जेक्ट के निर्माणों को दिया जाता है जो कि टैपेरिंग प्रकाश्यों के बड़े परिवार के विरुद्ध सिद्ध रूप से सुरक्षित है। इस टूल के एप्लिकेशंस को गैर-मैलेबिल सीक्रेट शेयरिंग एवं नेटवर्क एक्सट्रेक्टर प्रोटोकॉल्स के निर्माण में दिखाया गया। (संपर्क व्यक्ति: अक्षयाराम श्रीनिवासन)

- **ट्रेसेबिल सीक्रेट शेयरिंग एवं एप्लिकेशंस**

अनुसंधानकर्ताओं द्वारा ट्रेसेबिल सीक्रेट शेयरिंग नामक समस्या को प्रस्तुत किया जाता है। इसमें सीक्रेट शेयरिंग के संबंध में ट्रेटर ट्रेसिंग के पहलू शामिल हैं। अनुसंधानकर्ताओं द्वारा इस समस्या का औपचारिक रूप से वर्णन किया जाता है एवं हल

उपलब्ध कराया जाता है जो किसी दो-पार्टी कंप्यूटेशन प्रोटोकॉल पर आधारित है। इस धारणा के कंप्यूटेशन के ट्रेसिबिल डेलेगेशन में उपयोग को भी उपलब्ध कराया गया। (संपर्क व्यक्ति: अक्षयाराम श्रीनिवासन)

- **ब्लैक बॉक्स दो-चक्रीय ओटी स्थानांतरण से तीन-राउंड सुरक्षित मल्टीपार्टी कंप्यूटेशन**
अनुसंधानकर्ताओं द्वारा सुरक्षित मल्टीपार्टी कंप्यूटेशन की राउंड-जटिलता की समस्या का पूर्ण रूप से समाधान किया जाता है जो सेमी-ऑनैस्ट सैटिंग में दो-राउंड ऑब्लिवियस स्थानांतरण के ब्लैक-बॉक्स उपयोग को निर्मित करती है। मैलिशस सैटिंग में अनुसंधानकर्ताओं द्वारा लगभग पूर्ण उत्तर को राउंड-ऑप्टिमल-प्रोटोकॉल के निर्माण द्वारा उपलब्ध कराया जाता है। इस दौरान दो-राउंड मैलिशस सुरक्षित ऑब्लिवियस स्थानांतरण के ब्लैक-बॉक्स का प्रयोग किया जाता है जो रिसीवर के लिए अडेप्टिव सुरक्षा के माइल्ड फॉर्म को सैटिसफाई करता है। (संपर्क व्यक्ति: अक्षयाराम श्रीनिवासन)
- **उन्नत कंप्यूटेशनल एक्सट्रैक्ट्स एवं उनके उपयोग**
अनुसंधानकर्ताओं द्वारा सीआरएस मॉडल में कंप्यूटेशनल दो-स्रोत एक्सट्रैक्ट्स के निर्माणों को उपलब्ध कराया जाता है। इस मॉडल में नगण्य त्रुटि होती है एवं यह पोलि लोगेरिथमिक मिनेंट्रॉपी के लिए कार्य करता है। इस निर्माण का आधार डीडीएच कल्पना की उप-एक्सपोजेनशियल हार्डनेस पर है। अनुसंधानकर्ताओं द्वारा सीआरएस मॉडल में एडवर्सियल स्रोतों एवं नेटवर्क एक्सट्रेक्टर प्रोटोकॉल के लिए बेहतर एक्सट्रैक्ट्स के निर्माण के लिए एप्लिकेशंस को उपलब्ध कराया जाता है। (संपर्क व्यक्ति: अक्षयाराम श्रीनिवासन)
- **ब्लैक-बॉक्स सुरक्षित एमपीसी की राउंड जटिलता पर**
अनुसंधानकर्ताओं द्वारा प्रथम पांच राउंड, ब्लैक बॉक्स मल्टीपार्टी कंप्यूटेशन प्रोटोकॉल दिया जाता है। यह आर्बिटेरेरी प्रकार्यों को कंप्यूट करने के लिए प्लेन मॉडल में दिया जाता है। यह मैलिशस एडवर्सरी के विरुद्ध सुरक्षित है जो अधिकांश पार्टीज को विरुद्ध करता है। (संपर्क व्यक्ति: अक्षयाराम श्रीनिवासन)

ग्राफ एल्गोरिथ्म

- **पॉप्युलर ब्रांचिंग्स एवं उनके ड्युएल सर्टिफिकेट्स**
जी को डाइग्रॉफ होने दें जहां प्रत्येक नोड में इसके आगामी एजेस पर वरीयताएं हैं। नोड की वरीयताओं का विस्तार प्राकृतिक रूप से ब्रांचिंग्स पर वरीयताओं तक होता है। इसका अर्थ यह है कि डाइरेक्टड फॉरेस्ट्स; ब्रांचिंग बी, पॉप्युलर है यदि बी द्वारा किसी ब्रांचिंग के विरुद्ध हैड-टू-हैड इलेक्शन लूज नहीं किया जाता (जहां नोड्स द्वारा वोट डाले जाते हैं)। पॉप्युलर ब्रांचिंग समस्या द्वारा निर्णय लिया जाना है कि यदि जी द्वारा पॉप्युलर ब्रांचिंग को स्वीकृत किया जाता है या नहीं। इस कार्य ने पॉप्युलर ब्रांचिंग्स के अभिलक्षणन को ड्युएल सर्टिफिकेट्स के संबंध में दिया एवं इस अभिलक्षणन का प्रयोग पॉप्युलर ब्रांचिंग की समस्या के लिए प्रभावी कांविनेटोरियल एल्गोरिथ्म की डिजाइन के लिए किया। पॉप्युलर ब्रांचिंग के उपयोग लिक्विड डेमोक्रेसी में हैं। जब वरीयताएं, दुर्बल रैंकिंग की होती हैं, तो इस अभिलक्षणन का प्रयोग मूल स्पेस में पॉप्युलर ब्रांचिंग पोलिटोप के सूत्रीकरण के लिए किया गया। जब वरीयताएं सख्त होती हैं, तो दिखाया गया कि “एप्रॉक्सिमेटली पॉप्युलर” ब्रांचिंग्स की हमेशा विद्यमानता होती है। (संपर्क व्यक्ति: टी. कविता)
- **एक-पक्षीय पूर्वाग्रह के साथ पॉप्युलर मैचिंग्स**
जी को द्विपक्षीय ग्राफ होने दें जहां एक पक्ष के अंतर्गत एजेंट्स या मुख्य प्लेयर्स हों एवं दूसरे के अंतर्गत जॉब्स या गौण प्लेयर्स हों। प्रत्येक वर्टेक्स में इसके नेवर्स की सख्त रैंकिंग होती है। मैचिंग एम की पॉप्युलैरिटी यदि किसी मैचिंग एन के लिए होती है, तो एम को वरीयता देने वाले वर्टिसेस की संख्या कम से कम ऐसी संख्या होती है जो एन को वरीयता देती है। मैचिंग एम, ए-पॉप्युलर यदि किसी मैचिंग एन के लिए होता है, तो एम को वरीयता देने वाले एजेंटों की संख्या कम से कम एजेंटों की ऐसी संख्या होती है जो एन को वरीयता देती है। ऐसा सरल रेखीय समय एल्गोरिथ्म है जो निर्णय करता है कि यदि जी द्वारा ए-पॉप्युलर मैचिंग को स्वीकृत किया जाता है एवं किसी एक को कंप्यूट किया जाता है। इस कार्य में निर्णय की समस्या पर विचार किया गया कि यदि जी द्वारा ऐसी मैचिंग को स्वीकृत किया जाता है जो दोनों पॉप्युलर एवं ए-पॉप्युलर है एवं किसी एक को पाया जाता है आदि। ऐसी मैचिंग्स को पूर्ण पॉप्युलर कहा गया। इस कार्य ने रेखीय समय एल्गोरिथ्म को पूर्ण पॉप्युलर मैचिंग समस्या के लिए दिखाया। (संपर्क व्यक्ति: टी. कविता)

- **मिनिमम-लागत पॉप्युलर मैचिंग्स**

जी को एन वर्टिसेस पर बाइपर्टाइट ग्राफ होने दें जहां प्रत्येक वर्टेक्स द्वारा अपने नेबर्स को रैंक, वरीयता के सख्त क्रम में दी जाती है। इस कार्य में विचार की गई ऑप्टिमैलिटी की धारणा वास्तव में पॉप्युलैरिटी थी। जी में मैचिंग एम पॉप्युलर तब होता है जब कोई मैचिंग एन नहीं होता है। इसका अर्थ यह है कि वर्टिसेस द्वारा जो एन को वरीयता देते हैं, उन्हें संख्यात्मक रूप से पीछे छोड़ दिया जाता है जो एम को वरीयता देते हैं। पॉप्युलर मैचिंग्स की हमेशा से मौजूदगी जी में होती है क्योंकि प्रत्येक स्थिर मैचिंग पॉप्युलर होती है। अतः जी में पॉप्युलर मैचिंग को खोजना सरल है – यद्यपि जी में मिनिमम लागत पॉप्युलर मैचिंग को कंप्यूट करना एनपी-हार्ड तब होता है जब एज सैट पर लागत प्रकाय होता है; इसके अतिरिक्त किसी मल्टीप्लिकेटिव कारक में इसे एप्रॉक्सिमेट करना एनपी-हार्ड होता है। जी में मिनिमम लागत पॉप्युलर मैचिंग को कंप्यूट करने के लिए $O^*(2^n)$ एल्गोरिथ्म द्वारा ज्ञात परिणामों का अनुसरण किया जाता है। इस कार्य ने इस समस्या के लिए रनिंग समय $O^*((1.19)^n)$ के साथ एल्गोरिथ्म दिखाया। इसके अतिरिक्त कार्य में इस समस्या के लिए प्रभावी बाईक्राइटेरिया एप्रॉक्सिमेशन एल्गोरिथ्म को दिखाया गया। (संपर्क व्यक्ति: टी. कविता)

शैड्यूलिंग

- **स्पीड स्केलिंग के साथ मल्टीपिल सर्वर एसआरपीटी का स्वरूप प्रतिस्पर्धी है**

इस कार्य में अनुसंधानकर्ताओं ने प्रश्न का उत्तर दिया: क्या पॉप्युलर लघुतम शेष प्रोसेसिंग समय (एसआरपीटी) एल्गोरिथ्म द्वारा कंस्टेंट प्रतिस्पर्धी अनुपात को मल्टीपिल सर्वर्स पर प्राप्त तब किया जा सकता है जब सर्वर स्पीड्स एडजस्टेबिल हों (स्पीड स्केलिंग) (फ्लो टाइम एवं ऊर्जा खपत मेट्रिक के संबंध में)? यह प्रश्न कुछ समय से अनुत्तरित रहा है जहां स्पीड स्केलिंग की अनुपस्थिति में नकारात्मक परिणाम सर्वविदित है। अनुसंधानकर्ताओं ने दिखाया कि इसका उत्तर हां है एवं उन्होंने दिखाया कि अनुपात की निर्भरता सिर्फ सर्वर्स के पॉवर-यूसेज प्रकाय पर निर्भर होती है न कि जॉब्स/सर्वर्स या जॉब आकारों पर (स्पीड स्केलिंग के स्वीकृत न होने के विपरीत की स्थिति में)। (संपर्क व्यक्ति: राहुल वजे)

- **नेटवर्क स्पीड स्केलिंग**

सर्वर्स के नेटवर्क के लिए स्पीड स्केलिंग पर विचार किया गया। इसमें जॉब्स का आगमन सोर्स सर्वर पर होता है एवं एक विशिष्ट डेस्टिनेशन सर्वर होता है। इन्हें पूर्ण तब माना जाता है जब वे सोर्स एवं संगत डेस्टिनेशन के मध्य किसी संभाव्य पाथ पर सभी सर्वर्स द्वारा प्रोसेस होते हैं। प्रत्येक सर्वर का प्रचालन परिवर्ती स्पीड पर किया जा सकता है। बढ़ती हुई स्पीड को हालांकि उच्चतर पॉवर/ऊर्जा खपत प्रकाय पर प्राप्त किया जा सकता है। इसमें उद्देश्य विलंब (जॉब्स में सम्ड) के सम एवं सभी सर्वर्स द्वारा उपयोग में लाई गई ऊर्जा को अल्पतम करना है। नियर-ऑप्टिमल एल्गोरिथ्म को रिगोरस सैद्धांतिक गारंटियों के साथ स्पीड स्केलिंग समस्या के लिए प्राप्त किया गया। (संपर्क व्यक्ति: राहुल वजे)

ग्रीन संप्रेषण के लिए शैड्यूलिंग

- **ऊर्जा हार्वेस्टिंग जैमर की उपस्थिति में डैडलाइन कंस्ट्रेन्ड पैकेट शैड्यूलिंग**

जैमर नोड्स की उपस्थिति में डेटा संप्रेषण को मैटन करना महत्वपूर्ण लक्षण है जिसकी आवश्यकता अनेक आधुनिक वायरलेस नेटवर्क्स में होती है। इस कार्य में अनुसंधानकर्ताओं ने तीन नोड प्रणाली का विश्लेषण किया। इसमें ट्रांसमीटर एवं रिसीवर के मध्य लेजीटिमेट लिंक को एडवर्सिअली रूप से दुष्प्रभावित स्वतंत्र जैमर द्वारा इंजेक्टड गौसियन नाइस द्वारा किया जाता है। ट्रांसमीटर को बैटरी द्वारा पॉवर किया जाता है एवं इसमें डेटा का आगमन पैकेट्स के रूप में होता है। पूर्ण डेटा को सामान्य समयसीमा के पूर्व रिसीवर को डिलीवर किया जाना आवश्यक होता है। ट्रांसमीटर का लक्ष्य इस कार्य को यथासंभव अल्पतम ऊर्जा के प्रयोग द्वारा करना होता है। वहीं दूसरी ओर जैमर का लक्ष्य इसके विपरीत होता है जिसमें नाइस को महत्वपूर्ण रूप से इंजेक्ट करके ट्रांसमीटर की ऊर्जा को यथासंभव बढ़ाना होता है। अनुसंधानकर्ताओं ने जैमर नोड पर विचार किया जो कि अपने हार्डवेयर को पॉवर देने के लिए गतिक ऊर्जा हार्वेस्टिंग सोर्स पर निर्भर होता है। एडवर्सिअल इंटरएक्शंस को मॉडल, ट्रांसमीटर एवं जैमर के मध्य मिनिमम-मैक्सिमम गेम की पोजिंग द्वारा किया गया। इसे हल करके अनुसंधानकर्ताओं ने ऑफलाइन मॉडल के लिए ट्रांसमीटर एवं जैमर की इक्विलिब्रियम शैड्यूलिंग नीतियों को प्राप्त किया एवं इन नीतियों को कंप्यूट करने के लिए इटरेटिव एल्गोरिथ्म को प्रस्तुत किया। कंस्टेंट प्रतिस्पर्धी अनुपात को दिखाया गया जब अंतिम डेटा पैकेट शीघ्र नहीं आता एवं इसके आगमन के पूर्व जैमिंग ऊर्जा के महत्वपूर्ण भाग हार्वेस्ट होता है। (संपर्क व्यक्ति: राहुल वजे)

प्राकृतिक विज्ञान स्कूल

सैद्धांतिक भौतिकी विभाग

खगोलकण भौतिकी

- **सुपरनोवा न्यूट्रीनोज का तीव्र फ्लेवर डिपोलेराइजेशन**

फ्लेवर-आश्रित न्यूट्रीनो उत्सर्जन की अनिवार्यता सुपरनोवा के क्रमविकास एवं इसके न्यूट्रीनो सिग्नल के लिए है। तारे के सघन विषमदैशिक इंटीरियर में न्यूट्रीनो-न्यूट्रीनो फॉरवर्ड स्केटरिंग से तीव्र सामूहिक न्यूट्रीनो दोलन हो सकते हैं जिनके स्ट्राइकिंग परिणाम होते हैं। तीव्र फ्लेवर डिपोलेराइजेशन के सिद्धांत को प्रस्तुत किया गया जिसमें स्पष्ट किया गया कि कैसे न्यूट्रीनो फ्लेवर अंतर लघुरूप धारण करते हैं अर्थात् लघु कोणीय स्केल्स में डिफ्यूजन के कारण ये डिपोलेराइज होते हैं। ट्रांसवर्स रिलेक्सेशन द्वारा इस अपरिवर्तनीय डिपोलेराइजेशन के इपोक का निर्धारण किया जाता है। एक पद्धति को प्रस्तुत डिपोलेराइज्ड फ्लक्सस को कंप्यूट करने के लिए किया गया। इसने सरल प्रारंभिक स्थितियों के लिए स्पष्ट सूत्र दिया। यह सुपरनोवा सिद्धांत एवं न्यूट्रीनो फेनोमेनोलॉजी के लिए महत्वपूर्ण इनपुट हो सकता है। (संपर्क व्यक्ति: वासुदेव दासगुप्ता एवं सौम्या भट्टाचार्य)

- **डार्क कोर क्षय से निम्न द्रव्यमान ब्लैक होल्स**

गुरुत्वीय तरंग प्रयोगों द्वारा खोजे जा रहे ब्लैक होल्स के असामान्य द्रव्यमानों द्वारा इन ब्लैक होल्स के मूल के विषय में मूलभूत प्रश्न रखे जाते हैं। चंद्रसेखर सीमा $\approx 1.4 M_{\odot}$ से लघु द्रव्यमानों के साथ ब्लैक होल्स को स्टैलर क्रमविकास द्वारा निर्मित किया जाना निश्चित रूप से असंभव है। निम्न द्रव्यमान ब्लैक होल्स के निर्माण के लिए नए चैनल को प्रस्तुत किया गया: स्टैलर आब्जैक्ट्स द्वारा कैटास्ट्रोफिकली नॉनएनिहिलेटिंग डार्क मैटर को एक्रेट करना एवं लघु डार्क कोर का बाद में क्षय होना एवं होस्ट स्टार का नाश व इसकी ब्लैक होल में ट्रांसम्यूटिंग। स्वीकृत डार्क मैटर द्रव्यमानों की वाइड रेंज से लघु प्रभावी चंद्रसेखर सीमा स्वीकृत होती है एवं इस तरह लघु द्रव्यमान ब्लैक होल्स का निर्माण होता है। इस प्रस्ताव के परीक्षण के लिए अनेक उपायों को प्रस्तुत किया गया जिन्होंने मर्जर रेट की रैडशिफ्ट निर्भरता पर जोर दिया। दिखाया गया कि मर्जर रेट की रैडशिफ्ट निर्भरता का प्रयोग निम्न द्रव्यमान ब्लैक होल्स के ट्रांसम्यूटिड मूल की जांच के लिए किया जा सकता है। (संपर्क व्यक्ति: वासुदेव दासगुप्ता)

खगोलभौतिकी

- **एसकेए जैसे 21-सीएम प्रयोगों के लिए लेमेन- α फॉरेस्ट के इंप्लिकेशंस**

स्क्वेयर किलोमीटर एरे (एसकेए) में टीआईएफआर की महत्वपूर्ण संलग्नता है। यह इपोक-निर्माणकारी उपकरण है जिससे यूनिवर्स के क्रमविकास के प्रथम एक अरब वर्ष का पता चलना अपेक्षित है। एसकेए द्वारा 100-200 एमएचजैड के मध्य आवृत्तियों के साथ रेडिएशन को संसूचित किया जाता है। इस आवृत्ति रेंज में कॉस्मोलॉजिकल रेडियो-खगोलवैज्ञानिक मापनों को करना चुनौतीपूर्ण है। ऐसा मिल्की वे आकाशगंगा द्वारा फोरग्राउंड योगदान के कारण है। इस कार्य में अनुसंधानकर्ताओं ने दिखाया कि जिन ऑप्टिमम आवृत्तियों पर कॉस्मोलॉजिकल मापनों को किया जाना है, वे 200 एमएचजैड से उच्चतर हो सकती हैं। उच्च-गतिक रेंज कॉस्मोलॉजिकल सिमुलेशंस का प्रयोग करके अनुसंधानकर्ताओं ने तर्क दिया कि लाइमेन- α फॉरेस्ट डेटा का अर्थ यह है कि एसकेए द्वारा लक्ष्य किए जाने वाले 21-सीएम पॉवर स्पेक्ट्रम सिग्नल की परंपरागत रूप से माने जाने की तुलना में 200 एमएचजैड से अधिक आवृत्तियों पर उच्चतर मैग्निट्यूड के अनेक आर्दर्स होने की संभावना है। यह एसकेए एवं अन्य समान प्रयोगों के लिए अच्छी खबर है क्योंकि उच्चतर आवृत्तियों पर ऑपरेट करने से सफलता के उनके अवसरों में वृद्धि होती है। (संपर्क व्यक्ति: गिरीश कुलकर्णी)

- **कॉस्मिक डान में Ly α युग्मन एवं हीटिंग**

यूनिवर्स के हाइड्रोजन कंटेनट एवं प्रथम आकाशगंगाओं द्वारा निर्मित Ly α फोटोन्स के मध्य अन्योन्यक्रिया की यूनिवर्स के प्रथम एक वर्ष अरब वर्ष में महत्वपूर्ण भौतिकीय प्रक्रिया है। इसी प्रक्रिया का परिणाम लगभग 70 एमएचजैड पर यूनिवर्स के रेडियो स्पेक्ट्रम में निरीक्षणीय अवशोषण लक्षण में निकलता है। इस लक्षण के प्रथम संवेदनशील संसूचन की घोषणा 2018 में ईडीजीईएस प्रयोग द्वारा की गई। इस कार्य में अनुसंधानकर्ताओं ने पूर्व यूनिवर्स में Ly α युग्मन एवं हीटिंग के विस्तृत विश्लेषणात्मक ट्रीटमेंट को प्रस्तुत किया। इस अध्ययन ने हाल के दावों का खंडन किया कि ईडीजीईएस मापन द्वारा दृढ़ Ly α उत्पादन को नकारा जाता है। वास्तव में अनुसंधानकर्ताओं ने पाया कि दृढ़ Ly α उत्पादन की आवश्यकता ईडीजीईएस मापन

के सही होने पर होती है। इस कार्य द्वारा लिट्रेचर में पूर्व में प्रस्तुत Ly α युग्मन एवं हीटिंग के सभी विश्लेषणात्मक ट्रीटमेंट्स की समग्र तुलना को भी प्रस्तुत किया जाता है। (संपर्क व्यक्ति: गिरीश कुलकर्णी)

- **Ly α उत्सर्जन में निम्न-डेंसिटी कॉस्मिक वेब के निरीक्षण के लिए संभावनाएं**

यूनिवर्स में हाइड्रोजन की सर्वव्यापी उपस्थिति एवं संबंधित Ly α उत्सर्जन के कारण बड़े पैमाने की कॉस्मोलॉजिकल संरचना में हाइड्रोजन के डिफ्यूज फिलामेंट्स से Ly α का संसूचन खगोलविज्ञान में एक रोचक संभावना है। ऐसा संसूचन पहले नहीं किया गया है किंतु यदि होता है, तो इससे पूरी तरह से नवीन रूप में यूनिवर्स की विशाल-पैमाने की संरचना के अध्ययन में सहायता मिलेगी। इससे यूनिवर्स की ज्यामिति के सिद्धांतों, गुरुत्वाकर्षण की प्रकृति, एवं निर्माण की खगोलभौतिकी एवं आकाशगंगाओं के विकास के सिद्धांतों के अध्ययन में सुलभता होगी। इस कार्य में अनुमानों को प्रस्तुत डिफ्यूज हाइड्रोजन फिलामेंट्स से Ly α उत्सर्जन के लिए किया गया। अनुसंधानकर्ताओं ने वर्तमान एवं भविष्य की खगोलवैज्ञानिक सुविधाओं के लिए इस उत्सर्जन के संसूचन की संभावनाओं का भी अध्ययन किया। (संपर्क व्यक्ति: गिरीश कुलकर्णी)

- **21-सेंटीमीटर फॉरेस्ट की संसूचनीयता**

यूनिवर्स के विस्तार के कारण चमकीले, दूरस्थ पिंड के स्पेक्ट्रा द्वारा अक्सर अवशोषण लाइन्स के सघन नेटवर्क को दिखाया जाता है जिसे 'फॉरेस्ट' कहा जाता है। इसका एक उदाहरण Ly α फॉरेस्ट है जो अब तापीय अवस्था की प्री-एमिनेंट प्रॉब एवं यूनिवर्स की बड़े पैमाने की संरचना बन चुका है। 2019 में अनुसंधानकर्ताओं ने उल्लेखित किया था कि लगभग 5 से 6 की रेडशिफ्ट्स पर यूनिवर्स में प्राकृतिक हाइड्रोजन से पूर्ण बड़े क्षेत्र होने चाहिए। इस कार्य में अनुसंधानकर्ताओं ने इन क्षेत्रों की संभावना का अध्ययन किया। इसका परिणाम चमकीली दूरस्थ आकाशगंगाओं के स्पेक्ट्रा में 21-सेंटीमीटर फॉरेस्ट में निकला। इसका कारण इंटरवेनिंग हाइड्रोजन वितरण की 21-सेंटीमीटर अवशोषण लाइन थी। दिखाया गया कि जहां इन क्षेत्रों की उपस्थिति से निश्चित रूप से संसूचन की संभावनाओं में वृद्धि होगी वहीं प्रयोग कार्य सिग्नल की समग्र फेंटनैस के कारण कठिन रहा। (संपर्क व्यक्ति: गिरीश कुलकर्णी)

न्यूट्रीनो खगोलभौतिकी (सुपरनोवा न्यूट्रीनोज)

- **तीव्र न्यूट्रीनो दोलों का लेट टाइम व्यवहार**

अनुसंधानकर्ताओं ने दोनों विश्लेषणात्मक एवं अंकीय रूप से सघन इंहोमोजेनस एवं गैर-स्थिर न्यूट्रीनो गैस के पूर्ण अरेखीय तीव्र फ्लेवर क्रमविकास का अध्ययन किया। दिखाया गया कि तीव्र अरेखीयता पर पहुंचने के बाद ऐसी प्रणालियों द्वारा समय पर ठोस अवस्था प्रकृति को दर्शाया जाता है। इस सीमा में पाया गया कि न्यूट्रीनो फ्लेवर क्रमविकास को नियंत्रित कर रहे ब्लूच वैक्टरों द्वारा सामान्य एक्जिस के चारों ओर स्पेस में प्रिसेशन को दर्शाया जाता है (इस एक्जिस में आगे गति का गाइरोस्कोपिक पेंडुलम प्रकार होता है)। ऐसी फ्लेवर गतिकी द्वारा मूमेंटम एवं स्पेस में गैर-सैपरेबिल ठोस अवस्था सोल्युशन को स्वीकृति दी जाती है। इसके अतिरिक्त शून्य लैप्टन एसिमेट्री युक्त प्रणालियों द्वारा पूर्ण असंगत व्यवहार को सभी वेग मोड्स में दिखाया जाता है जबकि गैर-शून्य लैप्टन एसिमेट्री के मामले में आंशिक असंगति होती है जो वेग मोड्स एवं लैप्टन एसिमेट्री पर भी निर्भर होती है। अंकीय विश्लेषण से यह भी पता चलता है कि ब्लूच वैक्टर के ट्रांसवर्स घटक, स्पेस में यूनिफॉर्मली रेंडोमाइज्ड हो जाते हैं। (संपर्क व्यक्ति: सौम्या भट्टाचार्य)

- **1, 2, ..., ∞ क्रॉसिंग के साथ खगोलभौतिकीय न्यूट्रीनोज के तीव्र फ्लेवर दोलन**

अनुसंधानकर्ताओं ने विश्लेषणात्मक एवं अंकीय रूप से अन्वेषण किया कि कैसे सघन न्यूट्रीनो गैस की फ्लेवर अस्थिरताओं के प्रारंभिक विकास की निर्भरता शून्य क्रॉसिंग की संख्या पर न्यूट्रीनो कोणीय वितरण में होती है। यह 2 स्पेटिअल, 1 मूमेंटम एवं 1 समय आयामों में प्रथम अध्ययन है जिसमें 2डी प्लेन में कंस्ट्रेंड वेगों के साथ मूविंग मोनोक्रोमेटिक न्यूट्रीनोज पर विचार किया गया है। अनुसंधानकर्ताओं ने नई अंकीय तकनीकों का विकास जटिल ट्रांससेंटेडल समीकरणों को हल करने के लिए किया जो डिसपर्शन संबंध को नियंत्रित करती हैं। विश्लेषण से पता चलता है कि रेखीय वृद्धि दर के रेडियल एवं कोणीय वितरण, $k=0$ मोड की स्थिरता, समग्र रेखीय विकास, स्थिति, उच्चतम विकासशील फोरियर मोड आदि के गहन संबंध लैप्टन एसिमेट्री, इलेक्ट्रॉन लैप्टन संख्या के आकारों (ईएलएन) विशेष रूप से उनकी सिमेट्री संरचना के साथ हैं। इसके अतिरिक्त अनुसंधानकर्ताओं ने पाया कि शून्य क्रॉसिंग की बड़ी संख्या के साथ ईएलएनएस द्वारा अपेक्षाकृत लघु विकास दर विशेष रूप से घटती हुई को जन्म दिया जाता है जैसे $1/\text{एम}$ जहां एम , क्रॉसिंग की संख्या है। (संपर्क व्यक्ति: सौम्या भट्टाचार्य)

कॉस्मोलॉजी

- रेडियो आकाशगंगाओं से गैर-तापीय सुनयेव-जेलडोविच सिग्नल्स**
 रेडियो आकाशगंगाओं के लोब्स में एनर्जेटिक इलेक्ट्रॉन्स उन्हें संभावित स्रोत न सिर्फ रेडियो एवं एक्स-रेज किंतु सुनयेव-जेलडोविच (एसजैड) विरूपणों के लिए भी कॉस्मिक माइक्रोवेव बैकग्राउंड (सीएमबी) रेडिएशन में बनाते हैं। इस संबंध में रेडियो आकाशगंगा एसजैड प्रभाव के प्रथम पूर्ण गैर-तापीय ट्रीटमेंट को किया गया। इस दौरान रेडियो आकाशगंगा लोब्स के लिए उन्नत क्रम विकासात्मक मॉडल का प्रयोग किया गया। इसे रुचियों के निरीक्षित एवं सैद्धांतिक पैरामीटरों को ध्यान में रखते हुए किया गया। दिखाया गया कि आकाशगंगा क्लस्टरों के लिए वर्तमान एसजैड निरीक्षणों के लिए आकाशगंगा क्लस्टरों में रेडियो लोब्स से गैर-तापीय एसजैड गैर-नगण्य है। यह इंटरक्लस्टर-माध्यम से तापीय एसजैड विरूपण की तुलना में है एवं एसजैड क्लस्टरों का स्मॉलॉजी के लिए महत्वपूर्ण है। यह भी दिखाया गया कि लघु एवं युवा रेडियो आकाशगंगाओं द्वारा गैर-तापीय एसजैड सिग्नल के संसूचन के लिए बेहतर संभावनाएं उपलब्ध कराई जाती हैं। इसके अतिरिक्त पहली बार इलेक्ट्रॉन स्पेक्ट्रम के निम्न ऊर्जा कट-ऑफ पर सीमाओं को प्राप्त किया गया एवं इस तरह प्रथम गैर-तापीय एसजैड संसूचन को स्पष्ट किया गया। (संपर्क व्यक्ति: सुभात्रता मजूमदार)
- सीएमबी स्पेक्ट्रल विरूपणों से $z \sim 10^8$ तक गैर-तापीय उच्च ऊर्जा न्यूट्रीनो इंजेक्शन पर प्रथम कंस्ट्रेंट्स एवं लाइट एलिमेंट्स की प्रचुरता**
 उच्च ऊर्जा न्यूट्रीनोज एवं एंटी-न्यूट्रीनोज ($> 100\text{GeV}$) द्वारा एनर्जेटिक इलेक्ट्रोचुंबकीय कणों को बैरियान-फोटोन प्लाज्मा में उच्च रेडशिफ्ट यूनिवर्स में इंजेक्ट किया जा सकता है। यह इलेक्ट्रोदुर्बल ब्रेम्सस्ट्रेहलंग से इलेक्ट्रोदुर्बल शोवर्स, बैकग्राउंड इलेक्ट्रॉन्स एवं न्यूक्लिऑन्स के साथ इनइलास्टिक स्केटरिंग, एवं बैकग्राउंड न्यूट्रीनोज एवं एंटी-न्यूट्रीनोज पर स्टैंडर्ड मॉडल कणों के युग्म-उत्पादन द्वारा किया जा सकता है। उच्च ऊर्जा गैर-तापीय न्यूट्रीनोज इंजेक्शंस के कण कैस्केड्स को विकसित किया गया। इस दौरान डार्क मैटर क्षय का प्रयोग विशिष्ट उदाहरण के रूप में किया गया। इसमें बैकग्राउंड कणों के साथ इन न्यूट्रीनोज की संगत संघट्टन प्रक्रियाएं शामिल थीं। इसके साथ ही यूनिवर्स के विस्तार को ध्यान में रखा गया। सीएमबी स्पेक्ट्रल शेप पर इन गैर-तापीय न्यूट्रीनो इंजेक्शंस के प्रभाव एवं बिग बैंग न्यूक्लियो संश्लेषण में निर्मित लाइट एलिमेंट्स की प्रचुरता का अध्ययन किया गया। दिखाया गया कि सीएमबी स्पेक्ट्रल विरूपणों एवं लाइट एलिमेंट्स की प्रचुरता द्वारा न्यूट्रीनो ऊर्जा सघनता को कंस्ट्रेन किया जा सकता है। यह उच्च ऊर्जा न्यूट्रीनो इंजेक्शन से नेफ के योगदान के रूप में पैरामैट्राइज्ड रिकॉम्बिनेशन में किया जा सकता है। ये कंस्ट्रेंट्स, सीएमबी विषमदैशिकता कंस्ट्रेंट्स की तुलना में मैग्निट्यूड के अनेक क्रमों द्वारा दृढ़तर हैं। यह भी दिखाया गया कि सीएमबी स्पेक्ट्रल विरूपणों द्वारा शुद्ध इलेक्ट्रोचुंबकीय ऊर्जा इंजेक्शन की तुलना में महत्वपूर्ण रूप से उच्चतर रेडशिफ्ट्स ($z > 2 \times 10^6$) पर न्यूट्रीनो इंजेक्शंस की जांच की जा सकती है। (संपर्क व्यक्ति: ऋषि खत्री)
- तटस्थ हाइड्रोजन के 21 सेमी. सिग्नल में रिऑयोनाइजेशन के इपोक के निरीक्षण की संभावनाएं**
 यूनिवर्स के प्रथम एक अरब वर्ष में निर्मित प्रथम तारों एवं आकाशगंगाओं ने पराबैंगनी विकिरण के उत्सर्जन के कारण तटस्थ हाइड्रोजन (एचआई) का ऑयनीकरण किया। एचआई से उत्पन्न 21 सेमी. विकिरण रिऑयोनाइजेशन के इस इपोक (ईओआर) के अध्ययन के लिए विश्वसनीय प्रॉब है। अन्य उत्कृष्ट प्रॉब, एचआई द्वारा डिस्टेंस क्वासर्स के स्पेक्ट्रा से लीमेन-अल्फा फोटोन्स का अवशोषण है। लीमेन-अल्फा अवशोषण ट्रेस के हाल के निरीक्षणों से पता चलता है कि रिऑयोनाइजेशन की घटना पूर्व में अपेक्षित से बाद में हुई। इस कार्य में अनुसंधानकर्ताओं ने ईओआर से 21 सेमी. सिग्नल के निरीक्षण की संभावनाओं पर लेट रिऑयोनाइजेशन के प्रभाव का अन्वेषण किया है जिसमें उन्होंने जारी एवं आगामी रेडियो इंटरफेरोमेट्रिक परियोजनाओं का उपयोग किया है। विशाल विकिरण स्थानांतरण सिमुलेशंस का प्रयोग करके दिखाया गया कि ईओआर के लेट एण्ड के कारण 21 सेमी. सिग्नल उच्चतर आवृत्तियों पर विशाल होना अपेक्षित है एवं यह निरीक्षण के 1000 घंटों में एस्केए1-निम्न एवं हेरा दूरदर्शियों द्वारा संसूचनीय है। (संपर्क व्यक्ति: जानकी रास्ते)
- कॉस्मिक डॉन में लीमेन-अल्फा युग्मन एवं हीटिंग**
 हाल के लिट्रेचर में दावा किया गया कि दृढ़ लीमेन अल्फा बैकग्राउंड को रिऑयोनाइजेशन सिग्नल के इपोक (ईडीजीईएस, 2018) को संसूचित करने के लिए प्रयोग द्वारा किए गए 21 सेमी. सिग्नल के निरीक्षण में खारिज किया जाता है। अनुसंधानकर्ताओं ने पूर्व के लिट्रेचर में किए गए तर्क की जांच की एवं पाया कि दृढ़ लीमेन अल्फा बैकग्राउंड को खारिज नहीं किया जाता है एवं वास्तव में यह आवश्यक है। हालांकि यह प्रयोगात्मक परिणाम के साथ 21 सेमी. सिग्नल की सैद्धांतिक अपेक्षा को मैच करने के लिए पर्याप्त नहीं है। इस अध्ययन में पूर्व के लिट्रेचर द्वारा प्रयुक्त लीमेन अल्फा हीटिंग के गणितीय एक्सप्रेसन में कमियों की पहचान द्वारा इस विसंगति के लिए कारण का उल्लेख किया गया। (संपर्क व्यक्ति: शिखर मित्तल)

संघनित पदार्थ सिद्धांत

- **फ्रस्टेटिड एंटीफैरोचुंबकों में क्वांटम अर्ध-ऑफ़ेन्स**

प्रकृति में मूलभूत चुंबकीय मूमेंट्स को क्वांटाइज, अर्ध-इंटीगर वैल्यूज पर 'प्राकृतिक' यूनिटों में मापित होने पर किया जाता है। इस कार्य में स्पष्ट किया गया कि चुंबकीय ऑयनों के मध्य प्रतिस्पर्धी अन्योन्यक्रियाओं के साथ चुंबकीय पदार्थों की कक्षा में गैर-चुंबकीय अशुद्धताओं द्वारा सीडिड चुंबकीय पोलराइजेशन के स्पेटीअली-विस्तृत पैटर्नों द्वारा स्पिन की फ्रैक्शनल वैल्यूज के साथ उदीयमान चुंबकीय मूमेंट्स की तरह व्यवहार किया जा सकता है। (संपर्क व्यक्ति: केदार डामले)

सैद्धांतिक संघनित पदार्थ भौतिकी

- **डिसीपेटिव फर्मिओनिक मोट इंसुलेटर चेन में अतुल्यता चरण ट्रांजिशन के लिए पीटी-सिमेट्रिक प्रभावी मॉडल**

ओपन डिसीपेटिव प्रणालियों में अतुल्यता चरण ट्रांजिशन का वर्णन अस्थिरताओं के रूप में किया जा सकता है। यह साइमलटेनस पैरिटी (पी) एवं टाइम-रिवर्सल (टी) ट्रांसफार्मेशंस के अंतर्गत प्रभावी गैर-हर्मिटियन हैमिल्टोनियंस इंवैरिएंट के स्पेक्ट्रा एवं वेबप्रकार्यों में किया जा सकता है। गैर-हर्मिटिसिटी की सीमा द्वारा बाह्य ड्राइव एवं डिसीपेशन की सामर्थ्य को रिफ्लेक्ट किया जाता है एवं ट्रांजिशन का वर्णन स्थिर निम्न-ड्राइव गतिकी के संगत सोल्युशंस की पीटी सिमेट्री की हानि के रूप में किया जाता है। इस एप्रोच को सफलतापूर्वक लागू स्पिन, अतिचालन एवं मोट इंसुलेटर प्रणालियों में किया गया है। हालांकि लागू फेनोमेनोलॉजिकल मॉडलों के लिए माइक्रोस्कोपिक फाउंडेशंस के अभाव ने इन वर्णनों की उपयोगिता को सीमित किया। यहां माइक्रोस्कोपिक क्रियातंत्र का विकास किया गया। इससे पीटी-सिमेट्रिक प्रभावी मॉडल का जन्म अतुल्यता मोट ट्रांजिशन के संदर्भ में डिसीपेटिव हबर्ड चेन में हुआ (यूनिफॉर्म विद्युत क्षेत्र होने पर)। डिसीपेशन को विशिष्ट माइक्रोस्कोपिक क्रियातंत्र - इलेक्ट्रॉन-फोनोन युग्मन द्वारा प्रस्तुत किया गया। माइक्रोस्कोपिक मॉडल के इंप्लिकेशंस का विश्लेषण करते हुए रि-एंट्रेंट मोट इंसुलेटर को पाया गया। इसे अवस्थाओं की फोनोन सघनता के लिए बढ़ते हुए विद्युत क्षेत्र के साथ पाया गया जिसमें ऊर्जा के स्क्वेयर से कम वृद्धि होती है। (संपर्क व्यक्ति: विक्रम त्रिपाठी)

- **प्रॉक्सिमेट स्पिन द्रव्य में क्वांसीकण: मैनी-बॉडी स्थानीयता परिप्रेक्ष्य**

क्वांटम स्पिन द्रव्य, अन्योन्यक्रियाकारी स्पिन्स की प्रणालियां हैं जिनका चुंबकीय रूप से क्रमण परम शून्य पर भी नहीं होता है। हालांकि वे आवश्यक रूप से सामान्य पैराचुंबक नहीं हैं – यहां हम टेबल-टॉप सैटअप्स में भी उच्च रूप से असामान्य एवं अनापेक्षित फेनोमेना को देख सकते हैं। स्पिन -1/2 हनीकोंब जालक क्वांटम मॉडल द्वारा अत्यंत आकर्षक प्लेग्राउंड को इस संदर्भ में उपलब्ध कराया जाता है। यह स्वतंत्रता की स्थानीय स्पिन-1/2 सीमाओं के फ्रैक्शनलाइजेशन को मुक्त मेजोराना फर्मिऑन्स एवं वोर्टेक्स-जैसे एनियोनिक एक्साइटेशंस में दर्शाता है। इस कार्य द्वारा वास्तविक स्थितियों में क्वांसीकणों की स्थिरता की समस्या को हल किया गया जहां प्रतिस्पर्धी स्पिन अन्योन्यक्रियाओं की उपस्थिति का परिणाम चुंबकीय क्रमित भूमि अवस्था में निकलता है। नई एप्रोच को प्रस्तुत किया गया जिसमें फोक स्पेस में मैनी-बॉडी लोकलाइजेशन में किसी एक पर इसकी मैपिंग की जाती है। परिमित तापमान गणनाओं द्वारा दिखाया जाता है कि निम्न तापमानों पर विजन गैप एवं गैरशून्य प्लेकेट विल्सन लूप (दोनों डिफाइन्ड क्वांटम स्पिन द्रव्य चरण के अभिलक्षण) की विद्यमानता नेवरिंग चरण में दूर तक रहती है जिसकी कांकोमिटेंट स्ट्राइपी स्पिन-सघनता तरंग (एसडीडब्ल्यू) है। क्वांटम पदार्थों के लिए मुख्य प्रयोगात्मक इंप्लिकेशन यह है कि एसडीडब्ल्यू क्रमण से असंबंधित अभिलाक्षणिक ऊर्जा स्केल के नीचे क्वांटम क्वांसीकण, स्थिर होते हैं। (संपर्क व्यक्ति: विक्रम त्रिपाठी)

- **एसी-प्रेरित सामान्य मोट-इंसुलेटिंग क्वांटम डॉट ऐरे में अतिचालक-जैसे प्रभाव**

अनेक अध्ययनों ने हाल ही में नए मार्ग को प्रस्तुत किया है। यह मोट इंसुलेटिंग हबर्ड मॉडल्स में डबलॉन्स के प्रकाशिक निर्माण द्वारा अतिचालकता (हॉफ-फिल्ड फर्मिओनिक हबर्ड चेन की मेटास्थिर अवस्था के रूप में सी.एन. येंग द्वारा मूल रूप से प्रस्तावित) की ईटीए-युग्मन के लिए है। यहां एसी प्रेरित मोट इंसुलेटर (सामान्य क्वांटम डॉट ऐरे) का अध्ययन विश्लेषणात्मक केलिडश क्षेत्र सिद्धांत एप्रोच के प्रयोग द्वारा किया गया। इस मॉडल में हबर्ड मॉडल के आर्टिफैक्ट, डबलन निर्माण की अनुपस्थिति निर्माण, द्वारा है। उच्च आवृत्तियों पर अतुल्यता ठोस अवस्था को अतिचालन जोसफसन ऐरे के ईटीए-युग्मन चरण से काफी अधिक मिलता पाया गया। हालांकि यह भी पाया गया कि शेपारियो स्टैप्स – सुपरकरेंट्स का मुख्य सिग्नेचर – पूर्ण रूप से अनुपस्थित थे। इससे ईटीए-युग्मन अतिचालकता में प्रकाशिक उत्तेजन रुट संदेह के घेरे में आता है। (संपर्क व्यक्ति: विक्रम त्रिपाठी)

सांख्यिकीय भौतिकी

- **अतुल्यता अवस्थाओं के लिए तापीयगतिक संभाव्यता**

सांख्यिकीय यांत्रिकी में चुनौतीपूर्ण समस्या तुल्यता के बाहर प्रणालियों के लिए स्टेट वैरिएबल्स, तापीयगतिक संभाव्यताओं जैसी मूल तुल्यता संकल्पनाओं को विस्तृत करना है। इस कार्य में प्रसिद्ध ट्रांसपोर्ट मॉडल के यथार्थ सैद्धांतिक विश्लेषण के आधार पर तापीयगतिक संभाव्यता के एनालॉग को इसकी अतुल्यता ठोस अवस्था के लिए प्राप्त किया गया। लैंडो मुक्त ऊर्जा के समान इस संभाव्यता द्वारा माइक्रोस्कोपिक फ्लक्चुएशंस का अभिलक्षणन किया जाता है एवं यह एक्सटर्नल बाथ के साथ युग्मन के वैरिएशंस के विरुद्ध रोबस्ट है। इन यथार्थ परिणामों को बड़े विचलनों के गणितीय सिद्धांत का प्रयोग करके प्राप्त किया गया है जिनका औपचारिक रूप से विकास समान अनुसंधानकर्ताओं द्वारा पूर्व के कार्य में किया गया है। इस कार्य द्वारा चुनौतीपूर्ण तकनीकी समस्या का समाधान अन्योन्यक्रियाकारी मैनी-बॉडी प्रणाली के लिए किया जाता है जिसके संबंध ओपन क्वांटम स्पिन चेन्स के साथ हैं। (संपर्क व्यक्ति: त्रिदिब साधू)

स्टोकेऑस्टिक प्रक्रिया

- **फ्रैक्शनल ब्राउनियन गति के लिए क्षेत्र सैद्धांतिक एप्रोच**

फ्रैक्शनल ब्राउनियन गति, मूलभूत स्टोकेऑस्टिक प्रक्रिया है। इसे मंडेलब्रोत ने एनोमैलस डिफ्यूजन के लिए मानक ब्राउनियन गति के सामान्यीकरण के रूप में प्रस्तुत किया है। इसके महत्व एवं दोनों गणित एवं भौतिकी समुदायों में रुचि के अनेक दशकों के बावजूद अत्यंत कम यथार्थ परिणामों को इस प्रक्रिया के लिए जाना जाता है। इसमें कठिनाई मुख्य रूप से समय पर दीर्घ-रेंज सहसंबंध के कारण है जो प्रक्रिया को गैर-मार्कोवियन बनाती है। इस अपेक्षाकृत लंबे एवं विस्तृत कार्य में क्षेत्र सैद्धांतिक एप्रोच को प्रक्रिया के आर्बिटरेरी आब्जर्वेबिल्स की सांख्यिकीय को क्रमबद्ध रूप से विश्लेषित करने के लिए प्रस्तुत किया गया है। ठोस उदाहरणों के रूप में अनेक आब्जर्वेबिल्स का अध्ययन किया गया जिनके मानक ब्राउनियन गति के लिए एनालॉग्स सर्वविदित हैं। इन यथार्थ परिणामों का परीक्षण कंप्यूटर सिमुलेशन के प्रयोग द्वारा किया गया जो प्रक्रिया में दीर्घ-कालीन स्मृति के कारण महत्वपूर्ण है। प्रस्तुत की गई इस सैद्धांतिक एप्रोच की विश्वसनीयता फ्रैक्शनल ब्राउनियन गति के लिए ब्राउनियन गति के अन्य सेलिब्रेटिड परिणामों के सामान्यीकरण को पाने में है। (संपर्क व्यक्ति: त्रिदिब साधू)

संघनित पदार्थ सिद्धांत

- **विगनर प्रकार्यों से फर्मिऑन्स की एंटेनलमेंट एंट्रॉपी: उत्तेजित अवस्थाएं एवं मुक्त क्वांटम प्रणालियां**

अनुसंधानकर्ताओं ने नवीन विश्लेषणात्मक फार्मुलेशन को प्राप्त किया। इसका उद्देश्य फर्मियोनिक प्रणालियों में एंटेनलमेंट एंट्रॉपी (ईई) का अध्ययन करना था। इस दौरान उन्होंने विगनर अभिलक्षणों का प्रयोग किया। इसकी पहचान केलिडश विभाजन प्रकार्य के साथ उपयुक्त डेल्टा प्रकार्य स्रोतों के साथ होती है। इसका प्रयोग करके अनुसंधानकर्ताओं द्वारा ईई की गतिकी का अध्ययन गैर-अन्योन्यक्रियाकारी मुक्त क्वांटम प्रणाली में किया जा सकता है जिसकी शुरुआत आर्बिटरेरी फोक अवस्था प्रारंभिक स्थितियों से होती है। अनुसंधानकर्ताओं द्वारा ईई एवं पारस्परिक सूचना क्रमविकास पर अंतर्निहित प्रक्रियाओं के स्पष्ट इम्प्रिंट्स को दिखाया जा सकता है। (संपर्क व्यक्ति: सुरान्यो मोइत्रा)

उच्च ऊर्जा भौतिकी

- **मानक मॉडल के परे परिदृश्यों में आब्जर्वेबिल्स को वॉयलेट कर रही लैप्टन यूनिवर्सलिटी का पूर्वानुमान**

बी मेसन क्षयों में मापनों को वॉयलेट कर रही लैप्टन फ्लेवर यूनिवर्सलिटी की गणना गैर-यूनिवर्सल 'जैड' मॉडलों में की जा सकती है। अनुसंधानकर्ताओं ने इन 'जैड' मॉडलों के युग्मनों को कंस्ट्रेन किया। ऐसा उन्होंने उपलब्ध मापनों में ग्लोबल फिट को निष्पादित करके किया। इसके साथ ही उन्होंने उनके संभावित इम्प्लिकेशंस की गणना विशिष्ट आब्जर्वेबिल्स के लिए की जिनका मापन भविष्य के प्रयोगों में किया जाएगा। अनुसंधानकर्ताओं ने ऐसे आब्जर्वेबिल्स का उल्लेख किया जिन्हें इस नए 'जैड' बोसोन की गैर-यूनिवर्सलिटी द्वारा दुष्प्रभावित किया जाएगा एवं अतः ये इसकी उपस्थिति को सूचित करेगा। (संपर्क व्यक्ति: अमोल दिघे)

- **कैबिबो कोण एनोमैली को स्पष्ट करने के लिए गैर-यूनिवर्सल जैड युग्मनों की भूमिका**

भिन्न चैनलों (तथाकथित कैबिबो कोण एनोमैली) से क्वार्क मिक्सिंग पैरामीटर वस के मापनों में तनाव की व्याख्या डबल्यू बोसोन युग्मनों में लैप्टन फ्लेवर यूनिवर्सलिटी (एलएफयू) वॉयलेशन के सिग्नल के रूप में की जा सकती है। इस समस्या का परीक्षण प्रभावी क्षेत्र सिद्धांत की रूपरेखा में किया गया। इस दौरान मानक मॉडल (एसएम) की प्रमाण संरचना को अपरिवर्तित रखा गया। हिग्स डबलेट को लैप्टन्स से युग्मित करने वाले गेज-इंवाेरिएंट आयाम-6 प्रभावी ऑपरेटर्स को पूर्व में प्रस्तुत किया

गया है। ये गैर-यूनिवर्सल ट्री-लेवल योगदानों को इलेक्ट्रोदुर्बल गेज बोसोन्स के युग्मनों को देते हैं। हालांकि इलेक्ट्रोदुर्बल गेज सिमेट्री के कारण बस मापनों के मध्य तनाव की उत्पत्ति होती है जिन्हें नए डब्ल्यू युग्मनों एवं इलेक्ट्रोदुर्बल प्रिसिजन मापनों द्वारा दुष्प्रभावित किया जाता है (इन्हें भी नए जैड युग्मनों द्वारा भी दुष्प्रभावित किया जाता है)। इस कार्य में दिखाया गया कि इस तनाव का निवारण जैड बोसोन से लैफ्ट या राइट हैंडिड लैप्टन्स के गेज-इंवेरिएंट युग्मनों के अतिरिक्त स्रोतों को स्वीकृत करके किया जा सकता है। इसके अतिरिक्त कार्य में विल्सन-कोएफिशिएंट स्पेस में वर्तमान डेटा द्वारा सूचित ऑप्टिमल क्षेत्रों को पाया गया। मॉडल-स्वतंत्र परिणामों की व्याख्या वैक्टर-जैसे लैप्टन (व्हीएलएल) मॉडलों को संलग्न करने वाले एसएम के अल्पतम विस्तारों के उदाहरणों के साथ की गई। उल्लेखित किया गया कि इन अल्पतम विस्तारों द्वारा हिग्स से दो टो लैप्टन्स की क्षय दर को एक प्रतिशत से अधिक प्रभावित करना संभव नहीं है। (संपर्क व्यक्ति: अमोल दिघे)

- **एकजोतिक उपपरमाणु कणों का प्रथम सिद्धांत अध्ययन**

दृढ़ अन्योन्यक्रियाओं के सिद्धांत, क्वांटम क्रोमोगतिकी द्वारा उपपरमाणु कणों के अस्तित्व को परंपरागत मेसन्स एवं बैरियॉन्स के परे स्वीकृत किया जाता है। जालक क्यूसीडी गणनाओं द्वारा अनुपम प्रथम सिद्धांत पद्धति को उपलब्ध कराया जाता है। इसका उद्देश्य उन एकजोतिक उपपरमाणु कणों का अध्ययन उनके अस्तित्व से उनकी संरचनाओं को स्पष्ट करने के लिए करना है। इससे मल्टीपिल स्केल्स पर दृढ़ अन्योन्यक्रियाओं पर महत्वपूर्ण जानकारी मिल सकती है। अनुसंधानकर्ताओं द्वारा ऐसे अध्ययन को किया जा रहा है एवं उन्होंने महत्वपूर्ण योगदान टेट्राक्वार्क्स, पेंटाक्वार्क्स, हेक्साक्वार्क्स, ग्लुबॉल एवं हाइब्रिड अवस्थाओं पर किए हैं। हाल के कार्यों ने दोहरे भारी टेट्राक्वार्क्स एवं हेक्जाक्वार्क्स अवस्थाओं के अस्तित्व को पूर्वानुमानित किया है एवं उनके ऊर्जा स्पेक्ट्रा एवं बद्ध ऊर्जाओं पर महत्वपूर्ण जानकारी उपलब्ध कराई है। इससे विभिन्न उच्च ऊर्जा प्रयोगशालाओं में उनकी खोजें सुलभ होंगी। इसके अतिरिक्त वर्तमान अध्ययन से बॉटम-चार्ज्ड टेट्राक्वार्क्स की उपस्थिति भी सूचित होती है एवं उसके लिए सापेक्षिकीय इंटरपोलेटिंग ऑपरेटर्स के विशाल समूह की आवश्यकता है जहां चार्ज्ड क्वार्क्स भी सापेक्षिकीय हों। (संपर्क व्यक्ति: नीलमणि माथुर)

- **मानवों में कोविड-19 विस्तार की गतिकी पर एंपाइरिकल मॉडल**

अनुसंधानकर्ताओं ने गणितीय मॉडल को प्रस्तुत किया। इसका उद्देश्य जारी विश्वमारी में किसी क्षेत्र में कोविड-19 रोग के साथ पीड़ित व्यक्तियों की कुल संख्या के समय क्रमविकास का विश्लेषण करना है। विभिन्न देशों में कोविड-19 संक्रमित व्यक्तियों के उपलब्ध डेटा का प्रयोग करके अनुसंधानकर्ताओं ने मॉडल का निर्धारण किया। यह मॉडल, इस संक्रमण रोग की लहर में पूर्व दिनों से सैचुरेशन अवधि तक समय क्रमविकास को सफलतापूर्वक ट्रैक कर सकता है। इसमें प्रभावी पैरामीटरों का समूह शामिल है जिसे उपलब्ध डेटा से लिया जा सकता है। इन पैरामीटरों का प्रयोग करके रोग विस्तार की भावी ट्रेजेक्टरीज का भी अनुमान लगाया जा सकता है। विभेदी समीकरणों के समूह को भी प्रस्तुत किया गया है जिसके सोल्यूशंस, ये समय क्रमविकास ट्रेजेक्टरीज हैं। (संपर्क व्यक्ति: नीलमणि माथुर)

न्यूट्रीनो भौतिकी

- **वायुमंडलीय न्यूट्रीनो प्रयोगों में दोलन डिप से दोलन वैली तक**

वायुमंडलीय न्यूट्रीनो प्रयोगों द्वारा डेटा में “दोलन डिप” लक्षण को दिखाया जा सकता है। इसका कारण विशाल एल/ई रेंज में उनकी सेंस्टिविटी है। न्यूट्रीनोज एवं एंटीन्यूट्रीनोज के मध्य अंतर करने वाले प्रयोगों में दोलन डिपों का निरीक्षण इन दोनों चैनलों में पृथक रूप से किया जा सकता है। इसके अतिरिक्त पहली बार उल्लेखित किया गया कि उत्कृष्ट म्यूऑन ऊर्जा एवं दिशा विभेदनों से युक्त आईसीएएल जैसे संसूचकों में पुनर्निर्मित ($E_\mu, \cos \theta_\mu$) प्लेन में “दोलन वैली” लक्षण को पुनर्निर्मित करना संभव है। इस दो-आयामी वैली से स्पष्ट विजुअल रिप्रिजेंटेशन होगा। इसके अतिरिक्त इससे एल/ई निर्भरता, वायुमंडलीय द्रव्यमान-स्क्वेयर्ड अंतर को क्वांटिफाई करने वाली वैली के संरेखण का परीक्षण किया जा सकेगा। दोलन डिप एवं वैली लक्षणों की विस्तृत खोज से न्यूट्रीनो डेटा के विश्लेषण एवं न्यूट्रीनो गुणधर्मों की जांच का नया मार्ग उपलब्ध होगा। (संपर्क व्यक्ति: अमोल दिघे)

कण भौतिकी

- **एलएचसी में सॉफ्ट विस्थापित लैप्टन्स**

सॉफ्ट विस्थापित लैप्टन्स, संपीड्य डार्क सैक्टर्स के रिप्रिजेंटेटिव कोलाइडर सिग्नेचर्स हैं। इनका दुर्बल युग्मन, मानक मॉडल के साथ है। प्रमुख लक्ष्य, डार्क पदार्थ परिदृश्य हैं जहां को-स्केटरिंग या को-एनिहिलेशन द्वारा रेलिक प्रचुरता को फ्रीज-आऊट पर

रखा जाता है। एलएचसी में सॉफ्ट विस्थापित लैप्टन्स के लिए खोजों को हैड्रॉन या टो लैप्टन क्षयों से विशाल पृष्ठभूमि द्वारा चुनौती दी जाती है। इस कार्य ने 20 जीईव्ही पर निम्न ट्रांसवर्स मूमेंटम थ्रेशोल्ड के साथ विस्थापित लैप्टन्स के लिए टेलर्ड विश्लेषण को प्रस्तुत किया। इस अध्ययन में न्यूरल नेटवर्क एवं इवेंट काइनेमेटिक्स के समग्र विश्लेषण (जिसमें अपेक्षित संसूचन दक्षताओं के अध्ययन एवं लघु मूमेंटा में बैकग्राउंड्स शामिल हैं) का प्रयोग किया गया है। परिणाम दर्शाते हैं कि दुर्बल-पैमाने के कणों के सॉफ्ट लैप्टन्स में क्षय (1एमएम एवं 1 एम के मध्य क्षय लैंग्थ के साथ) की जांच एलएचसी रन 2 डेटा के साथ की जा सकती है। (संपर्क व्यक्ति: निशिता देसाई)

सूत्र सिद्धांत

- गुरुत्वीय पृष्ठभूमियों में क्वांटम एंटेन्गलमेंट की नवीन होलोग्राफिक व्याख्या**
 स्पेटिअल उपक्षेत्रों के मध्य क्वांटम क्षेत्र सिद्धांत (क्यूएफटी) में एंटेन्गलमेंट एंट्रॉपी (ईई), क्यूएफटी एवं इसकी अवस्था का महत्वपूर्ण अभिलक्षण है। यदि क्यूएफटी में बल्क ड्युएल a la AdS/CFT करेसपांडेंस है, तो सीमा सिद्धांत के ईई को बल्क ज्यामिति में एक्सट्रेमल सतह के क्षेत्र के संबंध में कंप्यूट किया जा सकता है। वर्तमान कार्य में विपरीत प्रश्न पूछा गया: बल्क ज्यामिति के स्पेटिअल उपक्षेत्र में कोई कैसे इसके क्वांटम एंटेन्गलमेंट को सीमा सिद्धांत के संबंध में समझता है? इस कार्य में विचार की गई बल्क ज्यामिति का मुख्य उदाहरण D0 ब्रेन्स का था (जो सूत्र सिद्धांत में प्वाइंट जैसे सोलिटोनिक आब्जेक्ट्स हैं); सीमा सिद्धांत बिना किसी स्पेस का क्वांटम मैकेनिक्स था। प्रस्तावित किया गया कि बल्क ईई का होलोग्राफिक काउंटरपार्ट, लक्ष्य स्पेस के उपयुक्त उपक्षेत्र के लिए या अभिविन्यास स्पेस के लिए था। कुछ गणनाओं को प्लानर उपक्षेत्रों के लिए किया गया। इस प्रस्ताव का परीक्षण $c=1$ मैट्रिक्स क्वांटम मैकेनिक्स मॉडल के लिए किया गया। (संपर्क व्यक्ति: गौतम मंडल)
- लक्ष्य स्पेस क्वांटम एंटेन्गलमेंट का प्रमाप इन्वैरिएंट फॉर्मूलेशन**
 पूर्व कार्य में लक्ष्य स्पेस एंटेन्गलमेंट एंट्रॉपी (ईई) को प्रस्तावित किया गया। इसे प्लानर उपक्षेत्रों के ईई के होलोग्राफिक काउंटरपार्ट के रूप में बल्क में प्रस्तावित किया गया; लक्ष्य स्पेस ईई की गणनाओं को सीमा सिद्धांत में विशिष्ट प्रमाप में किया गया जो बल्क में प्लानर उपक्षेत्र के चयन से जुड़ी थीं। इस कार्य में लक्ष्य स्पेस ईई का वर्णन प्रमाप-इन्वैरिएंट रूप में किया जाता है। इससे आर्बिटरेरी आकारों की कोडिमेंशन 1 सीमाओं द्वारा वर्णित स्पेटिअल उपक्षेत्रों के सामान्यीकरण में सहायता मिलती है। इस प्रक्रिया में बल्क सतहों के क्लासिकल समीकरणों की व्याख्या को सीमा सिद्धांत के लक्ष्य स्पेस में ऑपरेटर समीकरणों के संबंध में किया जाता है। स्पष्ट रूप से दिखाया गया कि कैसे इसे स्फेरिकल क्षेत्रों के लिए किया जाए। (संपर्क व्यक्ति: गौतम मंडल)

सूत्र सिद्धांत / क्वांटम क्षेत्र सिद्धांत / गुरुत्वाकर्षण

- क्लासिकल गुरुत्वीय एस-मेट्रिसेस का वर्गीकरण करना**
 स्केटरिंग मूमेंटा में सभी काइनेमेटिकली स्वीकृत चार फोटोन एवं चार ग्रेविटन एस-मेट्रिसेस, पोलिनोमिअल के स्पेस का अध्ययन किया गया। प्रदर्शित किया गया कि यह स्पेस, मैडलस्टैम इन्वैरिएंट्स s , t एवं u के पोलिनोमिअल की रिंग पर मॉड्यूल का पर्मूटेशन इन्वैरिएंट सैक्टर है। इन मॉड्युल्स का निर्माण स्पेसटाइम आयाम डी की प्रत्येक वैल्यू के लिए किया गया। सर्वाधिक सामान्य चार फोटोन एवं चार ग्रेविटन एस-मैट्रिक्स की किसी भी दिए गए डिफ़िनेटिव क्रम में स्पष्ट रूप से गणना की गई एवं उनका निर्माण किया गया। इन एस-मैट्रिसेस को जन्म देने वाले स्थानीय लैंगरैंगियंस की भी गणना की गई। अनुमानित किया गया कि सभी फिजीकली स्वीकृत क्लासिकल सिद्धांतों में एस-मेट्रिसेस की रेगे वृद्धि की बद्धता $s^{(2)}$ द्वारा फिक्स्ड t पर होती है। प्रदर्शित किया गया कि ऊपर निर्मित पोलिनोमिअल फोटोन एस-मेट्रिसेस के चार पैरामीटर उपसमूह द्वारा इस रेगे मापदंड को सैटिसफाई किया जाता है। ग्रेविटन्स के लिए दूसरी ओर प्रदर्शित किया गया कि आइंस्टीन एस-मैट्रिक्स के किसी भी पोलिनोमिअल एडिशन द्वारा ≤ 6 से कम या समान डी के लिए इस सीमा का पालन नहीं किया जाता है। 7 से उच्चतर या समान $D \geq$ के लिए प्रदर्शित किया गया कि एकल छः डिफ़िनेटिव पोलिनोमिअल लैंगरैंगियन की विद्यमानता है जो अनुमानित रेगे वृद्धि सीमा के साथ संगत है। अतः रेगे वृद्धि पर अनुमानित सीमा का अर्थ यह है कि आइंस्टीन चार ग्रेविटन एस-मैट्रिक्स द्वारा किसी फिजीकली स्वीकृत पोलिनोमिअल संशोधनों को छः से कम या समान $D \leq$ के लिए स्वीकृत नहीं किया जाता है। समान परिणाम, ग्रेविटन स्केटरिंग में पोल एक्सचेंज योगदानों के लिए भी है। (संपर्क व्यक्ति: शिराज मिनवाला)
- चर्न-सिमंस पदार्थ सिद्धांतों में बोस कंडेन्सेट्स से फर्मी सीज एवं बोसोनिक एक्सक्लूजन सिद्धांत**

मूलभूत पदार्थ के साथ बोसोनिक एवं फर्मियोनिक विशाल एन चर्न-सिमंस सिद्धांतों की तापीय मुक्त ऊर्जा (t हुफ्ट युग्मन में सभी क्रमों) के लिए पूर्व में प्राप्त परिणामों का सामान्यीकरण रसायनिक संभाव्यता की वैल्यूज में किया गया (क्वांसीकरण तापीय द्रव्यमानों से विशाल)। गेरेसी, गोकमेन एवं सन द्वारा विश्लेषण पर सरल स्पष्ट सूत्र को प्रस्तुत किया गया। यह तापमान एवं रसायनिक संभाव्यता के प्रकार्य के रूप में किसी दी गई ऊर्जा एवं चार्ज की क्वांसीकरण अवस्था के लिए आक्युपेशन संख्या के लिए था। यह सूत्र, बोस-आइंस्टीन सांख्यिकीय की प्रसिद्ध आक्युपेशन संख्या सूत्र के परिमित 'टी हुफ्ट' युग्मन का सामान्यीकरण है एवं चर्न-सिमंस युग्मित बोसोन्स के लिए एक्सक्लुजन सिद्धांत को इंगित करता है: किसी विशेष अवस्था को आक्युपाई कर रहे बोसोन्स की कुल संख्या, चर्न-सिमंस लेवल से अधिक नहीं हो सकती। रसायनिक संभाव्यता एवं यून्ही पैरामीटरों के प्रकार्य के रूप में इन सिद्धांतों के चरण आरेखों का निर्माण किया गया। प्रदर्शित किया गया कि समग्र रूप से पर्याप्त रसायनिक संभाव्यता, अध्ययन किए गए सभी बोसोनिक सिद्धांतों का ट्रांजिशन संपीड्य बोस संघनित चरण में होता है। इसमें मुक्त बोस कंडेंसेट्स की रनअवे अस्थिरता को स्थिर रूप, बोसोनिक एक्सक्लुजन सिद्धांत द्वारा दिया जाता है। यह नवीन बोस कंडेंसेट की ड्युएलिटी फर्मियोनिक फर्मी सी में है एवं यह इसकी तापीयगतिकी का पुनर्निर्माण करता है। (संपर्क व्यक्ति: शिराज मिनवाला)

- **सीमाओं से केऑस पर फ्लैट स्पेस स्केटरिंग के रेगे विकास पर सीमाएं**

बल्क ड्युएल वर्णन में स्थानीय संपर्क संबंध द्वारा जनित कंफर्मल क्षेत्र सिद्धांत में स्केलर्स के चार-बिंदु प्रकार्यों, संरक्षित करेंट्स एवं स्ट्रेस टेंसर्स का अध्ययन दो भिन्न कैजुअल अभिविन्यासों में किया गया। इनमें प्रथम मानक रेगे अभिविन्यास है जिसमें केऑस सीमा लागू होती है। दूसरा 'कैजुअली स्केटरिंग अभिविन्यास' है जिसमें सहसंबंधक द्वारा बल्क प्वाइंट सिंगुलैरिटी को विकसित किया जाता है। बल्क प्वाइंट सिंगुलैरिटी के कोएफिशिएंट के लिए एक्सप्रेसन को पाया गया। इसे बल्क ड्युएल मेट्रिक, प्रमाप क्षेत्रों एवं स्केलर्स के बल्क एस मैट्रिक्स के संबंध में पाया गया। इसका प्रयोग इस एस मैट्रिक्स के रेगे विकास के संबंध में कैजुअली स्केटरिंग शीट पर सहसंबंधक की रेगे स्केलिंग को निर्धारित करने के लिए किया गया। इसके बाद प्रदर्शित किया गया कि इस शीट पर रेगे स्केलिंग को उसी पावर द्वारा नियंत्रित किया जाता है जिसके द्वारा स्टैंडर्ड रेगे कॉन्फिगुरेशन को किया जाता है। इस तरह यह केऑस सीमा द्वारा कंस्ट्रैन्ड है। इसका वॉयलेशन, बल्क फ्लैट स्पेस एस मैट्रिक्स के रेगे सीमा में $s^{\wedge\{2\}}$ से अधिक तीव्र रूप में विकास न होने पर हुआ। यह अनुसरण करती है कि एडीएस/सीएफटी करेस्पॉन्डेंस के संदर्भ में सीमा क्षेत्र सिद्धांत में लागू केऑस सीमा का अर्थ यह है कि ड्युएल बल्क स्केलर्स, प्रमाप क्षेत्रों एवं ग्रेविटन्स के एस मेट्रिसेस द्वारा क्लासिकल रेगे विकास (सीआरजी) अनुमान का अनुसरण किया जाता है। (संपर्क व्यक्ति: शिराज मिनवाला)

सूत्र सिद्धांत, गणितीय भौतिकी, गुरुत्वाकर्षण, तरल गतिकी

- **नियर-एक्सट्रेमल तरल यांत्रिकी**

असिंप्टोटिकली एंटी-डे सिटर स्पेसटाइम में चार-आयामी नियर-एक्सट्रेमल ब्लैक ब्रेन अभिविन्यासों के विस्तृत विश्लेषण को किया गया। नई निम्न-तापमान सीमा पर विचार किया गया जहां परिवर्तन की दर रसायनिक संभाव्यता से कहीं अधिक मंद है किंतु तापमान से कहीं अधिक बड़ी है – परंपरागत तरल यांत्रिकी के विपरीत जिसमें परिवर्तन की दर लघुतम ऊर्जा स्केल होती है। नई सीमा में भी आइंस्टीन-मैक्सवेल समीकरणों को क्रमबद्ध क्षोभी विस्तार में हल किया जा सकता है। डिराइवेटिव विस्तार में प्रथम क्रम पर चार्ज्ड तरल के लिए कंस्ट्रिक्टिव संबंधों को सीमा सिद्धांत में स्थानीय पाया गया। उच्चतर क्रमों पर दिखाया गया कि ये संबंध समय के साथ गैर-स्थानीय बन जाते हैं किंतु क्षोभी विस्तार वैलिड रहता है। चार रेखीय मोड्स (हाइड्रोगतिक मोड्स के समान) को इस सीमा में पाया गया। रेखीय समय-स्वतंत्र क्षोभों का भी अध्ययन किया गया। इनकी उत्पत्ति बाह्य सीमा की उपस्थिति में बलों को प्रेरित करते हुए हुई एवं इन्होंने अट्रैक्टर व्यवहार को दर्शाया। (संपर्क व्यक्ति: उपमन्यु मोइत्रा)

- **दो आयामों में दृढ़ कॉस्मिक सेंसरशिप**

दृढ़ कॉस्मिक सेंसरशिप अनुमान का निर्धारण सामान्य सापेक्षिकता की निर्धारणकारी प्रकृति को बचाने के लिए किया गया। हाल के अध्ययन कार्यों में अनुमान को वॉयलेट कर रहे कुछ ब्लैक होल्स के मध्य सामान्य कारक यह है कि वे सभी एक्सट्रेमैलिटी के निकट थे। नियर-एक्सट्रेमल ब्लैक होल्स में प्रायः नियर-होराइजन एडीएस2 (दो आयामी एंटाइड सिटर स्पेसटाइम) कारक है। इस कार्य में एडीएस2 ब्लैक होल स्पेसटाइम में स्केलर क्षेत्र के व्यवहार का अध्ययन किया गया। एडीएस2 ब्लैक होल के कुछ उल्लेखनीय गुणधर्मों के चलते (जिन्हें इसके उच्चतर आयामी काउंटरपार्ट्स द्वारा साझा नहीं किया जाता) उपयुक्त

उच्चतर सतहों पर स्मूथ प्रारंभिक डेटा को काँची होराइजन पर अपरिमित रूप से डिफरेंशिएबिल पाया गया। स्केलर क्षेत्र इसके द्रव्यमान की वैल्यू के इरेस्पिक्टिव स्मूथ रहता है – इससे हाल के निरीक्षणों की तुलना में अनुमान का दृढ़तर वॉयलेशन दिखता है। इस कार्य ने स्पष्ट किया कि क्यों नियर-एक्सट्रेमल ब्लैक होल्स द्वारा अनुमान को वॉयलेट किया जा सकता है। (संपर्क व्यक्ति: उपमन्यु मोइत्रा)

खगोलविज्ञान एवं खगोलभौतिकी विभाग

सौर भौतिकी

- सूर्य में प्रक्षोभ को बड़े पैमानों पर दमित किया जाता है एवं भूमध्यरेखीय क्षेत्रों में इसे सीमित किया जाता है।**
 सूर्य की बाहरी परत में संवहन द्वारा प्रक्षोभ की उत्पत्ति होती है एवं इससे विभेदी घूर्णन, मेरिडिनोअल संचालन एवं विश्वव्यापी चुंबकीय चक्र निर्मित होते हैं। अनुसंधानकर्ताओं ने इन प्रक्रियाओं की गहन जानकारी विकसित की। ऐसा उन्होंने विश्वव्यापी संवहन के सिमुलेशंस के साथ निरीक्षणों को कंट्रास्ट करके किया। यहां अनुसंधानकर्ताओं ने गति-आधारित निरीक्षणों के हेलियोसीज्मिक विश्लेषणों द्वारा सौर इंटीरियर में तरंग संख्या, आवृत्ति एवं गहराई के प्रकार्य के रूप में टोरोइडल प्रवाह शक्ति का अनुमान लगाया। अनुमानित प्रवाहों में वृद्धि स्पेक्ट्रल तरंग संख्या एवं टेंपोरल आवृत्ति के साथ होती है एवं ये निम्न लैटीट्यूड्स तक सीमित होते हैं। इससे इस तर्क को बल मिलता है कि घूर्णन से ध्रुवों एवं भूमध्य रेखा के मध्य क्रमबद्ध अंतरों का जन्म होता है। इसके विपरीत यहां प्रयुक्त सिमुलेशंस से विपरीत प्रवृत्तियों का पता चलता है। इनमें बढ़ती हुई तरंग संख्या एवं आवृत्ति के साथ क्षीण होता पॉवर एवं साथ ही फ्लो एंप्लिट्यूड का निम्न लैटीट्यूड पर सर्वाधिक दुर्बल होना शामिल है। इन अंतरों से सौर संवहन में हमारी दुर्बल जानकारीयों एवं भविष्य में चुनौतियों का पता चलता है। (संपर्क व्यक्ति: श्रवण हनासोगे)
- गहन ज्ञानार्जन का प्रयोग करके सौर वायु पूर्वानुमान**
 सूर्य के कोरोना के आधार से उत्पन्न सौर वायु द्वारा आवेशित कणों के चुंबकीय स्ट्रीम के साथ इंटरप्लॉनेटरी मीडियम को फिल किया जाता है। इन आवेशित कणों की पृथ्वी के मैग्नेटोस्फियर के साथ अन्योन्यक्रिया के अंतरिक्ष मौसम परिणाम सामने आते हैं जिनमें भूचुंबकीय चक्रवात शामिल हैं। अनुसंधानकर्ताओं ने सौर वायु के गुणधर्मों के पूर्वानुमान के लिए गहन ज्ञानार्जन का प्रयोग किया। अंतरिक्ष आधारित निरीक्षणों से सौर कोरोना की तीव्र पराबैंगनी इमेजों का प्रयोग नासा ओमनीवेब डेटा सैट से गति के पूर्वानुमान के लिए किया गया। अनुसंधानकर्ताओं ने ऑटोरिग्रेसिव एवं नेव मॉडलों के विरुद्ध मॉडल का मूल्यांकन किया। इसमें उन्होंने पाया कि इस मॉडल का कार्यनिष्पादन बैचमार्क मॉडलों से बेहतर है। इस मॉडल ने निरीक्षित डेटा के साथ 0.55 ± 0.03 का सर्वोत्तम-फिट सहसंबंध प्राप्त किया। मॉडल द्वारा पूर्वानुमानों के लिए डेटा के प्रयोग के विजुआलाइजेशन एवं परीक्षण पर अनुसंधानकर्ताओं ने उच्चतर सक्रियण को तीव्र वायु पूर्वानुमान (3 से 4 दिन पूर्व) के लिए कोरोनाल होल्स एवं निम्न वायु पूर्वानुमान के लिए सक्रिय क्षेत्रों पर पाया। इन प्रवृत्तियों की समानता ऐसे क्षेत्रों के प्रभाव के समान है जो तीव्र एवं मंद वायु के स्रोत हैं। (संपर्क व्यक्ति: श्रवण हनासोगे)
- पूर्व उत्पत्ति चुंबकीय क्षेत्र प्रतिमानों की पहचान के लिए गहन ज्ञानार्जन का प्रयोग एवं व्याख्या**
 सौर इंटीरियर के अंदर उत्पन्न चुंबकीय फ्लक्स की उत्पत्ति सतह पर होती है। इससे सक्रिय क्षेत्र (एआरएस) एवं सनस्पॉट्स का निर्माण होता है। अनुसंधानकर्ताओं ने सौर गतिकी ऑब्जर्वेटरी/हेलियोसीज्मिक इमर्जिंग एक्टिव रीजन्स डेटासैट से डेटा के प्रथम विश्लेषण को प्रस्तुत किया। इसमें उन्होंने गहन कंवोल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क्स (सीएनएन) का प्रयोग किया। इसका उद्देश्य पूर्व-उत्पत्ति सतह चुंबकीय क्षेत्र गुणधर्मों का अभिलक्षण करना था। प्रशिक्षित सीएनएन द्वारा पूर्व-उत्पत्ति लाइन-ऑफ-साइट मैग्नेटोग्राम्स एवं गैर-उत्पत्ति मैग्नेटोग्राम्स के मध्य वर्गीकरण किया जाता है। इसमें वास्तविक कौशल सांख्यिकी (टीएसएस) अंकों का प्रयोग किया जाता है। इसमें उत्पत्ति के लगभग 3 घंटे पूर्व लगभग 85 प्रतिशत एवं उत्पत्ति के लगभग 24 घंटे पूर्व लगभग 40 प्रतिशत शामिल है। ये परिणाम बेसलाइन क्लॉसिफिकेशन से बेहतर है जिन्हें टीएसएस ने प्राप्त किया। इनमें टीएसएस ने एकमात्र अनसाइन्ड चुंबकीय फ्लक्स के डिसक्रिमिनेंट विश्लेषण (डीए) का प्रयोग किया। हालांकि मल्टीवैरिएबिल डीए द्वारा टीएसएस वैल्यू का निर्माण किया जाता है जो सीएनएन के साथ संगत है। (संपर्क व्यक्ति: दत्ताराज धुरी एवं श्रवण हनासोगे)

क्वांटम गुरुत्वाकर्षण

- बड़े पैमाने के क्वांटम गुरुत्वीय फेनोमेनन के रूप में डार्क एनर्जी**

‘स्वैच्छिक क्वांटम गुरुत्वाकर्षण’ के हाल के प्रस्तावित सिद्धांत में ब्रह्मांड को अंतरिक्ष-समय-पदार्थ के ‘परमाणुओं’ से निर्मित दिखाया गया है। प्लैंक स्केल फोम का निर्माण ऐसे परमाणुओं से हुआ है। इसमें प्लैंक लैंग्थ उनके संबंधित कांप्टन वेबलैंग्थ के समान है। क्वांटम डिसपर्सन एवं इन परमाणुओं के साथ के स्वैच्छिक स्थानीयकरण का अर्थ प्लैंक लैंग्थ स्केल्स पर विशाल वक्रता के रद्द होने में निकलता है। हालांकि प्रभावी डार्क एनर्जी टर्म की उत्पत्ति कॉस्मोलॉजिकल पैमानों पर वर्तमान निरीक्षणों द्वारा आवश्यक आर्डर के आइंस्टीन समीकरणों में होती है। यह तभी होता है जब अनुसंधानकर्ताओं द्वारा अत्यंत हल्के कण को प्रस्तावित किया जाए जिसमें प्रोटोन से हल्के मैग्निट्यूड के लगभग बयालीसवें क्रम का द्रव्यमान हो। अंतरिक्ष-समय ज्यामिति पर उनका कुल प्रभाव डार्क ऊर्जा के समान है (इसके निम्न ऊर्जा क्वांटम गुरुत्वीय फेनोमेनन होने के कारण)। इस अर्थ में निरीक्षित डार्क ऊर्जा द्वारा क्वांटम गुरुत्वाकर्षण के लिए प्रमाण जुटाया जाता है। (संपर्क व्यक्ति: तेजिंदर पी. सिंग)

- **ट्रेस गतिकी एवं डिवीजन बीजगणित: क्वांटम गुरुत्वाकर्षण एवं यूनिफिकेशन की ओर**

क्वांटम सिद्धांत का सूत्रीकरण अवश्य होना चाहिए जो क्लासिकल समय पर निर्भर न हो। अनुसंधानकर्ताओं ने पूर्व-क्वांटम, पूर्व-स्पेसटाइम सिद्धांत को प्रस्तावित मैट्रिक्स-वैल्यूड लैंगरैंगियन गतिकी के रूप में गुरुत्वाकर्षण, येंग-मिल्स क्षेत्रों एवं फर्मिऑन्स के लिए किया है। इस सिद्धांत में स्पिन की सही जानकारी अनुसंधानकर्ताओं को मजबूर करती है कि वे आठ-आयामी ऑक्टोनियोसिस अंतरिक्ष-समय में इस सिद्धांत को सूत्रबद्ध करें। ऑक्टोनियन बीजगणित के ऑटोमॉर्फिज्म्स द्वारा अंतरिक्ष-समय डिफेयोमॉर्फिज्म्स एवं आंतरिक गेज ट्रांसफॉर्मेशंस को प्रतिस्थापित किया जाता है। इससे वे सामान्य यूनिफाइड फोल्ड के अंतर्गत आते हैं। सिद्धांत का सिमेट्री समूह, स्टैंडर्ड मॉडल का यूनिफिकेशन है जिसमें लोरेंट्ज सिमेट्री है। अनुसंधानकर्ताओं ने प्रथम सिद्धांतों से सूक्ष्म संरचना कंस्टेंट का असिंप्टोटिक निम्न-ऊर्जा मान $1/137$ प्राप्त किया। इसके साथ ही उन्होंने ब्रह्मांड में अन्योन्यक्रियाकारी स्पिन लोरेंट्ज बोसोन्स के अस्तित्व का पूर्वानुमान किया जो हाइपोथेसाइज्ड ग्रेविटॉन को प्रतिस्थापित करता है। अनुसंधानकर्ताओं ने दिखाया कि गुरुत्वाकर्षण को क्वांटाइज नहीं किया जाता है बल्कि यह उदीयमान चार आयामी क्लासिकल फेनोमेनन है जो कि उच्च रूप में एंटेगल्ड फर्मिऑन्स के स्वैच्छिक स्थानीयकरण द्वारा प्रेसिपेट हुआ है। (संपर्क व्यक्ति: तेजिंदर पी. सिंग)

- **स्वैच्छिक क्वांटम गुरुत्वाकर्षण में ट्रेस गतिकी एवं भूमि अवस्था**

अनुसंधानकर्ताओं ने हाल ही में ट्रेस गतिकी में लैंगरैंगियन को प्रस्तावित किया था। इसका उद्देश्य येंग-मिल्स क्षेत्रों, गुरुत्वाकर्षण एवं फर्मिऑन्स के यूनिफिकेशन का वर्णन प्लैंक स्केल पर करना था। विश्वव्यापी यूनिटरी इन्वैरिएंस के परिणाम के रूप में इस सिद्धांत में नया संरक्षित आवेश है। अनुसंधानकर्ताओं ने आइजिनवैल्यू समीकरण को प्राप्त किया। यह शरोडिंगर समीकरण का एनालॉग है एवं इसे सिद्धांत के हैमिल्टोनियन के लिए है। दिखाया गया कि उदीयमान सिद्धांत में ऊर्जा आइजिनवैल्यूज का अभिलक्षणन मूलभूत आवृत्ति समय के प्लैंक के स्थिरांक के संबंध में किया जाता है। इस समीकरण के आइजिनवैल्यूज सिद्धांत: स्टैंडर्ड मॉडल के पैरामीटरों को निर्धारित कर सकते हैं। भूमि अवस्था को पाया गया जो नॉन-सिंगुलर एपोक का वर्णन क्वांटम कॉस्मोलॉजी में करती है। (संपर्क व्यक्ति: तेजिंदर पी. सिंग)

खगोलविज्ञान एवं खगोलभौतिकी

- **ब्लैक होल्स एवं न्युट्रॉन तारों में अंतर करना**

ब्लैक होल, एक एक्जोटिक भौतिकीय पिंड है। यह आइंस्टीन के सामान्य सापेक्षता के सिद्धांत द्वारा पूर्वानुमानित कठोर सतह के बिना है। हालांकि यह सतहहीन है एवं यह अदृश्य सीमा द्वारा बद्ध है जिसे इवेंट होराइजन कहा जाता है। इसके अंदर से किसी का भी यहां तक कि प्रकाश का निकलना संभव नहीं है। कठोर सतहों के बिना ऐसे पिंडों के अस्तित्व का वर्णात्मक प्रमाण, आधुनिक भौतिकी एवं खगोलविज्ञान का ऐच्छिक लक्ष्य है। विशेष रूप से महत्वपूर्ण एक्स्ट्रिंग स्टैलर-द्रव्यमान ब्लैक होल्स से इवेंट होराइजन के निशान प्राप्त करना है। अनुसंधानकर्ताओं ने एक्स्ट्रिंग ब्लैक होल कैंडिडेट्स एवं न्युट्रॉन तारों के विशाल नमूने से उपग्रह एक्स-रे स्पेक्ट्रा के बड़े नमूने पर आधारित पद्धति को रिपोर्ट किया। इसके साथ ही उन्होंने इन दोनों पॉप्युलेशंस में अंतर अत्यंत उच्च महत्व के साथ किया। इस तरह उन्होंने स्थिर स्टैलर-द्रव्यमान ब्लैक होल्स के लिए एक्स-रे स्पेक्ट्रा पर इवेंट होराइजन के इंप्रिंट के अभी तक के सर्वाधिक महत्वपूर्ण संसूचन को रिपोर्ट किया। (संपर्क व्यक्ति: श्रीमंता बैनर्जी एवं सुदीप भट्टाचार्य)

- **पल्सर से निरंतर गुरुत्वीय तरंगें**

गुरुत्वीय तरंगें, वास्तव में स्पेसटाइम में रिपल्स हैं। इन्होंने हाल ही में ब्रह्मांड के संबंध में ज्ञान के नए संसार से हमें अवगत कराया है। हालांकि अभी तक निरंतर गुरुत्वीय तरंगों को संसूचित नहीं किया गया है। दुर्बल विरूपित पल्सर से ऐसी निरंतर

तरंगों का उत्सर्जन होना चाहिए जिन्हें वर्तमान के यंत्रों के साथ संसूचित न किया जा सके। हालांकि ऐसी तरंगों को अप्रत्यक्ष रूप से अनुमानित करना एवं इस विरूपण को मापित करना, तरंगों के योगदान को पल्सर की स्पिन-डाउन दर में आकलन करना है जो अभी तक संभव नहीं था। PSR J1023+0038, इस उद्देश्य के लिए अनुपम पल्सर है। ऐसा इसलिए है क्योंकि दो स्पिन-डाउन दरों का मापन इसके लिए सहयोगी तारे से द्रव्यमान स्थानांतरण के चरण में एवं ऐसे चरण में किया गया जब कोई भी द्रव्यमान स्थानांतरण नहीं होता है। इन वैल्यूज एवं मुख्यतः भौतिकी के मूलभूत सिद्धांत का प्रयोग करके (जो कि कोणीय मूमेंटम का संरक्षण है) अनुसंधानकर्ताओं ने निरंतर गुरुत्वाकर्षण को अनुमानित किया। (संपर्क व्यक्ति: सुदीप भट्टाचार्य)

- **न्युट्रॉन तारा स्पिन क्रमविकास की नई जानकारी**

अनुसंधानकर्ताओं ने पाया कि न्युट्रॉन तारा स्पिन आवृत्ति का विकास दो पूर्ण रूप से भिन्न मोड्स में हो सकता है। इसका कारण यह है कि स्पिन आवृत्ति द्वारा परसिस्टेंट एक्शन के लिए निम्न स्पिन इक्विलिब्रियम वैल्यू एवं ट्रांजिएंट एक्शन के लिए उच्चतर प्रभावी स्पिन इक्विलिब्रियम वैल्यू को एप्रोच किया जा सकता है। अनुसंधानकर्ताओं ने सुझाए गए के विपरीत यह भी पाया कि एक्शन चरण के अंतिम भाग में शून्य में औसत एक्शन दर में तीव्र या अचानक गिरावट, स्पिन-पावर्ड मिलिसेकेण्ड पल्सरो के जेनेसिस के लिए अनिवार्य नहीं है। इन निष्कर्षों से अर्थ निकलता है कि स्पिन क्रमविकास कंप्यूटेशन का परंपरागत मार्ग अधिकांश केशों में अपर्याप्त है। महत्वपूर्ण भौतिकीय प्रभावों को रिपोर्ट किया गया जिन पर अनिवार्य रूप से विचार न्युट्रॉन तारा स्पिन क्रमविकास को समझने के लिए किया जाना चाहिए। (संपर्क व्यक्ति: सुदीप भट्टाचार्य)

- **3.6-एम डीओटी पर टीआईएफआर-एरीज निकट अवरक्त स्पेक्ट्रोमीटर (टैनस्पैक) के साथ विज्ञान निरीक्षण**

अनुसंधानकर्ताओं ने निकट अवरक्त स्पेक्ट्रोग्राफ (टैनस्पैक: टीआईएफआर-एरीज निकट अवरक्त स्पेक्ट्रोमीटर) को विकसित किया है। इसे टीआईएफआर, एरीज, नैनीताल एवं एमकेआईआर, हवाई के मध्य सहयोग परियोजना के रूप में विकसित किया गया है। इसका प्रयोग 3.6-एम देवस्थल प्रकाशिक दूरदर्शी (डीओटी) के मुख्य पोर्ट पर किया जाना है जो कि भारत की सबसे बड़ी अर्पेचर दूरदर्शी है। टैनस्पैक को वर्तमान में डीओटी पर कमीशन किया जा रहा है। इसके अतिरिक्त यह पीयर-रिव्यूड प्रस्ताव प्रक्रियाओं द्वारा अक्टूबर, 2020 (डीओटी चक्र) से भारतीय एवं बेल्जियन खगोलवैज्ञानिकों के लिए विज्ञान निरीक्षणों हेतु भी उपलब्ध है। 3.6-एम डीओटी पर टैनस्पैक का प्रदर्शन आशाओं के अनुरूप है। टैनस्पैक एक अद्वितीय स्पेक्ट्रोमीटर है। यह 2.2 माइक्रोन पर $R \sim 2750$ के रिजॉल्विंग पावर के साथ 2.54 माइक्रोन (एनआईआर) में 0.55 माइक्रोन (प्रकाशिक) से साइमलटेनस वेबलैंग्थ कवरेज उपलब्ध कराता है। (संपर्क व्यक्ति: डी.के. ओझा)

- **3.6-एम डीओटी पर टीआईएफआर निकट अवरक्त इमेजिंग कैमरा-II (टीआईआरसीएम2) के साथ विज्ञान निरीक्षण**

टीआईआरसीएम2 को नियमित विज्ञान निरीक्षणों के लिए 3.6-एम देवस्थल प्रकाशिक दूरदर्शी (डीओटी) के साइड पोर्टों में एक पर प्रयोग के लिए प्रस्तावित किया गया। इसका सफलतापूर्वक परीक्षण एरीज, नैनीताल के साथ सहयोग में सबसे बड़ी भारतीय दूरदर्शी, डीओटी के साइड पोर्टों में एक पर किया गया। इस पोर्ट से प्रथम प्रकाश को 04 मई, 2020 को देखा गया। यह उपलब्धि महत्वपूर्ण है क्योंकि दूरदर्शी की प्रभावकारिता में तीव्र वृद्धि दो यंत्रों से होगी जिन्हें किसी विशेष रात्रि के दौरान लगभग समान निरीक्षणों के लिए उपलब्ध कराया जा रहा है। टीआईआरसीएम 2 पीयर-रिव्यूड प्रस्ताव प्रक्रियाओं द्वारा अक्टूबर, 2020 (डीओटी चक्र 1) से भारतीय एवं बेल्जियन खगोलवैज्ञानिकों के लिए विज्ञान निरीक्षणों के लिए उपलब्ध है। यहां उल्लेखनीय है कि टीआईआरसीएम2, भारत में अपने प्रकार का अकेला यंत्र है जो कि 3.8 माइक्रोन तक सेंसिटिव है। इसके अतिरिक्त यह 2 माइक्रोन (उदाहरण पीएच बैंड) से लंबे वेबलैंग्थ पर खगोलभौतिकीय स्रोतों की इमेजिंग के लिए आदर्श है। (संपर्क व्यक्ति: डी.के. ओझा)

- **हमारी आकाशगंगा में सर्वाधिक भारी तारों के निर्माण संबंधी नई जानकारी**

भारी तारे, वास्तव में खगोलभौतिकीय पिंड हैं। इनका द्रव्यमान 8 Msun से अधिक होता है। यह सुपरनोवा में विकसित होने के लिए तारे के लिए अनिवार्य सीमा है। भारी तारों (> 8 Msun) के जन्म से संबंधित भौतिकीय प्रक्रिया खगोलभौतिकी में असाधारण समस्याओं में एक है क्योंकि वे अपनी ऊर्जाओं के कारण आकाशगंगा के क्रमविकास में अत्यंत प्रभावी हैं। यह अभी तक अस्पष्ट है कि क्या भारी तारे का निर्माण क्रियातंत्र स्केल-अप वर्जन है जो हमारे सूर्य जैसे निम्न-द्रव्यमान तारों को निर्मित करता है या यह मूलभूत रूप से भिन्न प्रक्रिया है। हाल के वर्षों में दो बड़े-पैमाने के सिद्धांत रुचि के विषय हैं क्योंकि वे भारी तारों के निर्माण के लिए विकासशील प्रमाण हैं – आण्विक मेघों के मध्य संघट्टन एवं पार्सेक-स्केल फिलामेंट्स द्वारा एक्शन। हालांकि इन प्रक्रियाओं के निरीक्षणीय निशानों का परीक्षण अत्यंत चुनौतीपूर्ण है। अनुसंधानकर्ताओं ने कुछ महत्वपूर्ण

निरीक्षणीय निष्कर्षों को प्रस्तुत किया। इनसे सर्वाधिक भारी तारों के निर्माण संबंधी नई जानकारीयां मिलती हैं। (संपर्क व्यक्ति: डी.के. ओझा)

- एक्सोप्लानेट्स से रेडियो उत्सर्जन की खोज में: द्विआधारी प्रणाली एचडी 41004 के जीएमआरटी निरीक्षण**
 इस कार्य में द्विआधारी प्रणाली एचडी 41004 के जीएमआरटी निरीक्षणों को रिपोर्ट किया गया। ये एक्सप्लोनेट्स से रेडियो उत्सर्जन की खोज में 150 एवं 400 MHz पर पहली बार प्राप्त सर्वाधिक गहन इमेजों में शामिल हैं। हमारी सौर प्रणाली में ग्रहों के एनॉलॉग्स जो रेडियो वेबलेंग्थ्स पर उत्सर्जन अपने दृढ़ चुंबकीय क्षेत्रों के कारण करते हैं, एक या दोनों ग्रहों या एचडी 41004 द्विआधारी प्रणाली में ब्राउन ड्वार्फ को भी रेडियो उत्सर्जन के स्रोतों के रूप में माना जाता है। विभिन्न मॉडलों द्वारा एचडी 41004Bb का पूर्वानुमान 150 MHz पर दृढ़तम रेडियो उत्सर्जन में एक को धारित करने के संबंध में किया जाता है। जीएमआरटी निरीक्षणों से अनुसंधानकर्ताओं ने रेडियो उत्सर्जन को संसूचित नहीं किया किंतु 150 MHz पर 1.8 mJy एवं 400 MHz पर 0.12 mJy की 3-सिग्मा सीमाओं को स्थापित किया। अनुसंधानकर्ताओं ने एचडी 41004 प्रणाली से कोई रेडियो उत्सर्जन संसूचित न होने के कुछ संभावित कारणों पर चर्चा की। (संपर्क व्यक्ति: मनोज पूर्वाकरा)
- प्रत्यक्ष रूप से इमेज किए गए चौड़ी कक्षा के ग्रहों की होस्ट स्टार धात्विकता: ग्रह निर्माण के लिए अर्थ**
 प्रत्यक्ष रूप से इमेज किए गए ग्रह (डीआईपीएस) वास्तव में यंग स्टार्स के स्वतः प्रकाशित सहयोगी हैं। वे चौड़ी कक्षाओं (10-1000 au) में रहते हैं एवं सामान्यतः क्लोज-इन (<10 au) ग्रहों की तुलना में अधिक भारी होते हैं। इन विस्तारित ग्रहात्मक प्रणालियों के होस्ट स्टार गुणधर्मों को निर्धारित करने की आवश्यकता विभिन्न ग्रह निर्माण एवं क्रमविकास परिदृश्यों को समझने एवं उन पर विचार करने के लिए है। अनुसंधानकर्ताओं ने एकीकृत एवं संगत रूप में बेसियन विश्लेषण का प्रयोग करके 18 DIPs के उपनमूने के लिए स्टैलर पैरामीटरों एवं धात्विकता (Fe/H) को निर्धारित किया। इस विश्लेषण ने दिखाया कि डीआईपीएस को होस्ट करने वाले स्टार्स की धात्विकताएं सौर मूल्यों के निकट हैं। धात्विकता में विशाल प्रकीर्णन से पता चलता है कि धातु-समृद्ध परिवेश, विशाल कक्षीय दूरियों पर भारी ग्रहों के निर्माण के लिए आवश्यक नहीं हो सकता। इस विश्लेषण ने दिखाया कि डीआईपीएस के लिए ग्रह द्रव्यमान-होस्ट स्टार धात्विकता संबंध की अत्यधिक समानता लघु-अवधि (< 1 वर्ष) सुपर-ज्युपीटर्स एवं मुख्य-अनुक्रम स्टार्स के निकट ब्राउन ड्वार्फ्स के साथ है। (संपर्क व्यक्ति: मनोज पूर्वाकरा)
- प्रोटोस्टैलर आऊटफ्लो कैविटीज का HST सर्वेक्षण: क्या फीडबैक से एंवीलोप्स स्पष्ट होते हैं?**
 अनुसंधानकर्ताओं ने प्रोटोस्टैलर एंवीलोप एवं आऊटफ्लो क्रमविकास का अध्ययन किया। इसमें उन्होंने हबल स्पेस दूरदर्शी NICMOS या ओरियन आण्विक मेघों में 304 प्रोटोस्टार्स की WFC3 इमेजों का प्रयोग किया। इन निकट-आईआर इमेजों द्वारा एंवीलोप्स में संरचनाओं को विभक्त किया जाता है जिन्हें केंद्रीय प्रोटोस्टार्स के प्रकीर्णित प्रकाश द्वारा 80 au विभेदन के साथ चित्रित किया गया है। अपने 1.60 μm मॉर्फोलॉजीस के आधार पर अनुसंधानकर्ताओं ने प्रोटोस्टार्स को पांच श्रेणियों में वर्गीकृत किया: गैरसंसूचन, नेबूलोसिटी के बिना प्वाइंट स्रोत, द्विध्रुवीय कैविटी स्रोत, यूनिपोलर कैविटी स्रोत एवं इरेग्युलर्स। अनुसंधानकर्ताओं ने पाया कि संबंधित नेबूलोसिटी के बिना प्वाइंट स्रोतों की मात्रा सर्वाधिक होती है। इसके साथ ही अनुसंधानकर्ताओं ने मोनोक्रोमेटिक मोटे कार्लो रेडिएटिव ट्रांसफर मॉडलिंग द्वारा दिखाया कि यह माफोलॉजी तब घटित होती है जब प्रोटोस्टार्स का निरीक्षण निम्न इंकलाइनेशंस पर होता है या इनमें निम्न एंवीलोप डेंसिटीज होती हैं। अनुसंधानकर्ताओं ने निष्कर्ष निकाला कि समय के साथ द्रव्यमान इंफाल में गिरावट को आऊटफ्लो कैविटीज का विकास करके एंवीलोप्स की प्रगतिशील क्लियरिंग द्वारा स्पष्ट नहीं किया जा सकता। इसके अतिरिक्त अणु कोर्स के लिए अनुमानित निम्न तारा निर्माण प्रभावकारिता को सिर्फ एंवीलोप क्लियरिंग द्वारा स्पष्ट नहीं किया जा सकता। (संपर्क व्यक्ति: मनोज पूर्वाकरा)
- सोफिया का प्रयोग करके भारी तारा निर्माण के प्रक्षेत्रों में स्टैलर फीडबैक का अध्ययन**
 अपने वातावरण में भारी तारों के फीडबैक से भौतिकीय स्थितियां रेग्युलेट होती हैं। इसके अतिरिक्त इंटरस्टैलर मीडियम (आईएसएम) में उत्सर्जन अभिलक्षणों की स्थापना होती है। इसके साथ ही आण्विक मेघ विलयनन एवं संपीडन प्रक्रियाओं द्वारा तारा निर्माण क्रियाकलाप प्रभावित होता है एवं आकाशगंगाओं में आईएसएम के क्रमविकास को प्रेरणा मिलती है। 158 माइक्रोन्स पर एकल आयनीकृत C+ एवं 63 और 145 माइक्रोन्स पर तटस्थ ऑक्सिजन परमाणु की सूक्ष्म संरचना ट्रांजिशन के कारण स्पेक्ट्रल लाइनों का जोड़ इंटरस्टैलर स्पेस में भौतिकीय गुणधर्मों एवं गैस की काइनेमेटिक्स के लिए आदर्श है जिसे भारी तारों द्वारा प्रभावित किया जाता है। 'फीडबैक' नामक लीगेसी कार्यक्रम को हाल ही में प्रारंभ किया गया है। यह अपने एनवायरनमेंट के साथ भारी तारों की अन्योन्यक्रिया के अध्ययन के लिए समर्पित है। इसमें अवरक्त खगोलविज्ञान के लिए

स्ट्रेटोस्फेरिक आब्जर्वेटरी (सोफिया) का प्रयोग किया जा रहा है। इसका प्रमुख उद्देश्य भारी तारों से भिन्न फीडबैक प्रक्रियाओं द्वारा डोमिनेटिड प्रक्षेत्रों में गतिकी को समझना है। इनमें स्टैलर विंड्स, तापीय विस्तार एवं विकिरण दबाव शामिल हैं। इसके अतिरिक्त उद्देश्य यांत्रिकीय ऊर्जा इंजेक्शन एवं रेडिएटिव हीटिंग प्रभावकारिता को क्वांटिफाई करना है। स्रोत नमूने का विस्तार स्टैलर अभिलक्षणों में विशाल रेंज में है। इनमें ओबी तारों से ओ तारों के लघु समूह से समृद्ध यंग स्टैलर क्लस्टर्स एवं लघु स्टारबर्स्ट कॉम्प्लेक्स शामिल हैं। (संपर्क व्यक्ति: भास्वती मुखर्जी)

- **आकाशगंगा M51 के स्पाइरल आर्म्स में [CII] एवं CO काईनेमेटिक्स**

स्पाइरल आकाशगंगाओं में आईएसएम के चरणों की मानक तस्वीर द्वारा डिफ्यूज इंटरऑर्म H I गैस से स्पाइरल आर्म शॉक्स में विशाल आण्विक मेघों (GMCs) की असेंबलिंग की स्थिति स्पष्ट होती है। इसके बाद फोटोडिसोशिएटिड को पुनः स्पाइरल आर्म्स में ओबी तारा निर्माण द्वारा परमाणु चरण में पहुंचने की स्थिति निर्मित होती है। एम 51, ग्रांड-डिजाइन स्पाइरल आकाशगंगा से 158 माइक्रोन्स पर C+ की सूक्ष्म संरचना उत्सर्जन के प्रथम पूर्ण, वेग-रिजाल्ड इमेज का निरीक्षण किया गया। इसके लिए अवरक्त खगोलविज्ञान हेतु स्ट्रेटोस्फेरिक आब्जर्वेटरी का प्रयोग किया गया। C+ की स्पेक्ट्रल लाइनों, तटस्थ हाइड्रोजन एवं 12CO का प्रयोग आईएसएम में ऑयनीकृत, तटस्थ परमाणु एवं डिफ्यूज आण्विक गैस को ट्रेस करने के लिए किया गया। दृढ़ वेग ग्रेडिएंट्स का निरीक्षण सभी ट्रेसर्स में स्टैलर आर्म्स की अवस्थितियों में स्थिति के स्पष्ट ऑफसेट के साथ किया गया – अपस्ट्रीम आण्विक गैस (12 CO द्वारा ट्रेस्ड) एवं डाउनस्ट्रीम तारा निर्माण ([C II] द्वारा ट्रेस्ड) के मध्य वेग स्पेस। यह M51 के आंतरिक पाटर्स में स्पाइरल आर्म्स में शॉक्स की उपस्थिति के साथ एवं M51 के बाह्य पाटर्स में सहयोगी आकाशगंगा M51b को कनेक्ट कर रहे आर्म में संगत है। (संपर्क व्यक्ति: भास्वती मुखर्जी)

- **ब्लेजर OJ28 से पूर्वानुमानित एडिग्टन फ्लेअर के निरीक्षण**

ब्राइट ब्लेजर OJ 287 – हमें प्वाइंट कर रहे जैट के साथ सक्रिय आकाशगंगा – सर्वाधिक विश्वसनीय कैंडिडेट है। यह नैनो-हर्ट्ज गुरुत्वीय तरंगों के उत्सर्जन के कारण इंस्पाइरलिंग भारी ब्लैक होल द्विआधारी की हार्बिंग के लिए है। 2018 में पूर्वानुमानित OJ 287 के लिए पॉप्युलर द्विआधारी ब्लैक होल (बीएच) केंद्रीय इंजन वर्णन यह है कि आगामी द्वितीयक बीएच प्रभाव-प्रेरित ब्रेम्सस्ट्राहलिंग फ्लेअर को 2019 की 31 जुलाई को पीक पर होना चाहिए। इस पूर्वानुमान का आधार प्राइमरी बीएच एवं इसकी एक्शन डिस्क के चारों ओर द्वितीयक बीएच ट्रेजेक्टरी की विस्तृत सामान्य सापेक्षिक मॉडलिंग है। 31 जुलाई, 2019 एवं 06 सितंबर, 2019 के मध्य ओजे 287 के मल्टी-इपोक स्पिटजर स्पेस दूरदर्शी निरीक्षणों के समग्र विश्लेषण से पता चला कि पूर्वानुमानित आऊटबर्स्ट टाइम विंडो के दौरान निरीक्षित स्पिटजर फ्लक्स डेंसिटी परिवर्तनों ने दृढ़ समानता को 2007 के सितंबर के दौरान ओजे 287 से निरीक्षित प्रकाशिक पेरिसेंटर फ्लेअर के साथ दर्शाया जो कि ओजे 287 के लिए द्विआधारी बीएच मॉडल के लिए आवश्यक था। इन स्पिटजर निरीक्षणों ने नैनो-हर्ट्ज गुरुत्वीय-तरंग उत्सर्जी स्पिनिंग भारी बाइनरी बीएच की उपस्थिति के और अधिक प्रमाण जोड़े। इसकी इंस्पाइरलिंग, ओजे 287 में सामान्य सापेक्षिक एक्सेंट्रिक आर्बिट में होती है। (संपर्क व्यक्ति: ए. गोपाकुमार)

- **CHIME/FRB दूरदर्शी से नए पल्सरो एवं रोटेटिंग रेडियो ट्रांजिएंट्स की प्रथम खोज**

अनुसंधानकर्ताओं ने सात नए गैलेक्सीय पल्सरो एवं रोटेटिंग रेडियो ट्रांजिएंट्स (RRATs) की खोज को कैनाडियन हाइड्रोजन इंटेन्सिटी मैपिंग प्रयोग तीव्र रेडियो बर्स्ट (CHIME/FRB) बैकएण्ड के साथ रिपोर्ट किया। इन स्रोतों को फोरियर-ट्रांसफार्मर्ड पल्सर सिग्नलों से पीरियोडिसिटीज के संसूचनों की तुलना में उनके एकल बर्स्ट्स से संसूचित किया गया। अनुसंधानकर्ताओं ने इन पल्सरो के लिए घूर्णन अवधियों, चरण-संगत टाइमिंग सोल्युशंस एवं नलिंग फ्रैक्शंस का मापन किया। (संपर्क व्यक्ति: श्रीहर्ष पी. तेंदुलकर)

- **FRB 20180916B का 60 पार्सेक एनबॉयरनमेंट**

प्रथम रेडियो बर्स्ट FRB 20180916B, निकटतम-ज्ञात एफआरबी है जो कि 149 एमपीसी की दूरी पर रोबस्ट होस्ट आकाशगंगा एसोसिएशन के साथ है। इस स्रोत द्वारा 16.35 दिन की अवधि का प्रदर्शन भी इसकी बर्स्टिंग के दौरान किया जाता है। अनुसंधानकर्ताओं ने डब्ल्यूएफसी3 कैमरे के साथ FRB 20180916B के प्रकाशिक एवं अवरक्त इमेजिंग एवं

एकीकृत क्षेत्र स्पेक्ट्रोस्कोपी निरीक्षणों को हबल स्पेस दूरदर्शी एवं एमईजीआरए स्पेक्ट्रोग्राफ पर 10.4 एम ग्रैन टेलिस्कोपियो कैनारियस पर प्रस्तुत किया। FRB 20180916B के पूर्व 2.3 एमएएस स्थानीयकरण के साथ हबल इमेजिंग के 60-90 मिलीसेकेण्ड (एमएस) विभेदन से अनुसंधानकर्ताओं को इसके एनवॉयरनमेंट की जांच 30-60 पीसी विभेदन के साथ करने में सहायता मिली। बाइनरीज (60-750 केएम/एस) में पल्सरों, मैग्नेटार्स या न्यूट्रॉन तारों के परंपरागत परियोजित वेगों के साथ FRB 20180916B को 0.8 से 7 मिलियन वर्षों की आवश्यकता अपने मानित जन्मस्थल से निरीक्षित दूरी की यात्रा करने में होगी। यह समयसीमा मैग्नेटार्स (10 हजार वर्षों से कम) की सक्रिय आयु के साथ संगत नहीं है। अपेक्षाकृत अनुमानित आयु एवं निरीक्षित पृथक्करण की संगति उच्च-द्रव्यमान एक्स-रे बाइनरीज एवं गामा-किरण बाइनरीज की आयु एवं निकटतम ओबी एसोशिएशंस के साथ है। (संपर्क व्यक्ति: श्रीहर्ष पी. तेंदुलकर)

- **तीव्र रेडियो बस्ट एनवॉयरनमेंट्स का उच्च विभेदन व्यू**

अनुसंधानकर्ताओं ने उप-आर्कसेकेण्ड स्थानीयकरण के साथ आठ तीव्र रेडियो बस्ट्स (FRBs) की होस्ट आकाशगंगाओं के हबल अंतरिक्ष दूरदर्शी (HST) निरीक्षणों को प्रस्तुत किया। अनुसंधानकर्ताओं ने उनके स्पेटिअल ऑफसेट्स को क्वांटिफाई प्रकाशिक प्रकाश के संबंध में किया एवं इन ऑफसेट्स की सांख्यिकीय रूप से तुलना दीर्घ एवं लघु जीआरबीएस एवं कैल्शियम समृद्ध ट्रांजिएंट्स के साथ की। निष्कर्ष निकाला गया कि परीक्षित वितरण में एफआरबीएस द्वारा ज्ञात प्रोजेनिटर्स के साथ किसी अन्य ट्रांजिएंट पॉपुलेशन के डिस्ट्रीब्यूशंस को ट्रेस नहीं किया जाता एवं ये सांख्यिकीय रूप से भिन्न LGRBs, H-poor SLSNe, SGRBs एवं Ca-rich ट्रांजिएंट्स की अवस्थितियों से हैं। इसके अतिरिक्त पाया गया कि अपने होस्ट्स की मीन ग्लोबल वैल्यूज की तुलना में अधिकांश FRBs की अवस्थिति एलेवेटिड स्थानीय तारा निर्माण दर एवं स्टैलर द्रव्यमान सतह डेंसिटीज के प्रक्षेत्रों में नहीं है। (संपर्क व्यक्ति : श्रीहर्ष पी. तेंदुलकर)

- **50 मिल्ली वे ग्लोब्युलर क्लस्टर में स्टैलर-द्रव्यमान ब्लैक होल्स का गतिकीय सर्वेक्षण**

आज के खगोलभौतिकीय समुदाय के प्रमुख लक्ष्यों में एक ग्लोब्युलर क्लस्टर जैसे ओल्ड डेंस तारा क्लस्टर के अंदर ब्लैक होल्स की गतिकी को समझना है। इस जानकारी में महत्वपूर्ण अवयव वर्तमान के ग्लोब्युलर क्लस्टर में समाहित ब्लैक होल्स की संख्या की जानकारी है। हालांकि ग्लोब्युलर क्लस्टर में ब्लैक होल्स की संख्या को प्रत्यक्ष रूप से मापित करना लगभग असंभव है। अनुसंधानकर्ताओं ने पूर्व में प्रस्तावित रूपरेखा के आधार पर अद्यतन पद्धति का अनुसरण किया। इसका उद्देश्य मिल्ली वे में 50 ग्लोब्युलर क्लस्टर में स्टैलर ब्लैक होल्स की संख्या को नियंत्रित करना था। इसमें मापित भिन्न द्रव्यमानों के तारों के मध्य द्रव्यमान सेग्रेगेशन की सीमा का प्रयोग किया गया (आर्काइवल एचएसटी-एसीएस डेटा का प्रयोग करके)। (संपर्क व्यक्ति: सौरभ चटर्जी)

- **युवा तारा क्लस्टर में उच्च भारी-तारा बाइनरी तारों से इंटरमीडिएट-द्रव्यमान ब्लैक होल्स**

ऐसे निरीक्षणीय संकेत उपलब्ध हैं जिनसे पता चलता है कि उच्च-द्रव्यमान तारों का अक्सर एवं हमेशा जन्म बाइनरी कंपैनियन के साथ होता है। अत्याधुनिक हेनन-प्रकार मॉटे कार्लो क्लस्टर क्रमविकास कोड का प्रयोग करके पाया गया कि उच्च द्रव्यमान तारों में उच्च प्रारंभिक बाइनरी फ्रैक्शन का प्राकृतिक परिणाम ब्लैक होल्स का निर्माण है। यह स्टैलर ब्लैक होल द्रव्यमानों के लिए युग्म-निर्माण एवं पल्सेशनल अस्थिरता से पहले होता है। अनुसंधानकर्ताओं ने पाया कि किसी फाइन-ट्युनिंग एवं महत्वपूर्ण प्रिमोर्डियल द्रव्यमान सेग्रेगेशन के बिना भी डेंस तारा क्लस्टर द्वारा इंटरमीडिएट-द्रव्यमान ब्लैक होल्स का निर्माण किया जा सकता है। (संपर्क व्यक्ति: सौरव चटर्जी)

- **युवा तारा क्लस्टर में स्टैलर संघट्टनों द्वारा ऊपरी ब्लैक होल द्रव्यमान गैप की पॉपुलेंटिंग**

सैद्धांतिक अध्ययन कार्यों द्वारा पूर्वानुमानित किया जाता है कि एकल तारा क्रमविकास द्वारा 40-50 एमएसयूएन से ऊपर ब्लैक होल्स का निर्माण नहीं किया जा सकता। इसका कारण युग्म उत्पादन एवं पल्सेशनल अस्थिरताएं हैं। यह सीमा विकसित तारे के कोर के पूर्व-क्षय द्रव्यमान से आती है। दिखाया गया कि तारों को डेंस तारा क्लस्टर के अंदर स्टैलर संघट्टनों के दौरान एंवीलोप द्रव्यमान का महत्वपूर्ण रूप से विकास मर्जर्स द्वारा संभव हो सकता है (कोर द्रव्यमान को अस्थिरता सीमाओं के नीचे रखते हुए)। इस चैनल द्वारा डेंस स्टार क्लस्टर में स्टैलर संघट्टनों द्वारा अत्यंत तीव्रता से अत्यंत भारी तारों का निर्माण निम्न-द्रव्यमान अपेक्षाकृत निम्न-द्रव्यमान कोर्स के साथ किया जा सकता है। ऐसा होने पर तारा क्लस्टर द्वारा प्राकृतिक रूप से ब्लैक होल्स का निर्माण किया जा सकता है जो द्रव्यमान गैप में स्टैलर-द्रव्यमान ब्लैक होल्स एवं अतिभारी या इंटरमीडिएट-द्रव्यमान ब्लैक होल्स के मध्य में हैं। (संपर्क व्यक्ति: सौरव चटर्जी)

उच्च ऊर्जा भौतिकी विभाग

- **हिग्स बोसोन की स्वतः अन्योन्यक्रिया की झलकियाँ**

हिग्स बोसोन (एच) की खोज 2012 में एटलस एवं सीएमएस प्रयोगों द्वारा हुई थी। यह सर्न-एलएचसी से अभी तक प्राप्त वैज्ञानिक परिणामों का शीर्ष बिंदु है। प्रयोगात्मक मापनों की तुलना, स्टैंडर्ड मॉडल (एसएम) के पूर्वानुमानों के साथ की गई है। इसका उद्देश्य इसे प्रमाणित करना या एसएम के परे भौतिकी के संकेतों की खोज करना है जिनकी प्रकृति अभी तक अज्ञात है। एसएम द्वारा स्वयं के साथ एच अन्योन्यक्रिया का वर्णन किया जाता है जिसके कारण उनमें से 3 या 4 का युग्मन एकल वर्टेक्स द्वारा हो सकता है। इस स्वतः युग्मनकारी λ के सामर्थ्य द्वारा हिग्स पोटेंशल के आकार का निर्धारण किया जाता है जिसका महत्वपूर्ण प्रभाव अत्यंत पूर्व के यूनिवर्स के गुणधर्मों एवं इसके भविष्य की हमारी जानकारी पर है। 13000 GeV की द्रव्यमान ऊर्जा के केंद्र (2016 से 2018 के दौरान सीएमएस प्रयोग द्वारा संग्रहित) पर प्रोटोन-ऑन-प्रोटोन संघट्टन डेटा का प्रयोग करके सीएमएस अंतर्राष्ट्रीय सहयोग ने हाल ही में वर्तमान तिथि तक λ की वैल्यू पर सर्वोत्तम कंस्ट्रेंट को प्राप्त किया। ये परिणाम अत्यंत प्रोत्साहित, एच की प्रकृति को पिन डाउन करने के लिए हैं। एलएचसी प्रयोगों द्वारा निकट भविष्य में बेहतर विश्वास के साथ हिग्स युग्म उत्पादन को वास्तविक रूप से निरीक्षित किया जा सकता है। (संपर्क व्यक्ति: सौम्या मुखर्जी एवं कजरी मजूमदार)

- **हैगर दूरदर्शी ऐरे के साथ अत्यंत उच्च ऊर्जा गामा किरण निरीक्षण**

हैगर दूरदर्शी ऐरे में सात वायुमंडलीय चरेनकोव दूरदर्शियाँ शामिल हैं। यह सितंबर, 2008 से लद्दाख के हानले (ऊँचाई: 4270 मीटर) में प्रचालित है। अनेक खगोलवैज्ञानिक स्रोतों के निरीक्षणों को इस वर्ष किया गया। Mkn 421, Mkn 501, 1ES 1218+304, 1ES 1959+650, 1ES 2344+514 जैसी अनेक ब्लेजर क्लास सक्रिय गैलेक्सीय नाभिक एवं क्रैब, जर्मिंगा जैसे गैलेक्सीय आब्जेक्ट्स एवं फर्मी उपग्रह द्वारा संसूचित कुछ पल्सरों का निरीक्षण किया गया। इसके अतिरिक्त अनेक परीक्षणों को डेटा में सिस्टेमेटिक्स के आकलन के लिए किया गया। डेटा के कुल 785 घंटों का संग्रह वर्ष के दौरान किया गया। विभिन्न स्रोतों पर डेटा के विश्लेषण का कार्य जारी है। (संपर्क व्यक्ति: वी.आर. चिटनिस)

- **4-एम क्लास वायुमंडलीय चरेनकोव दूरदर्शी के लिए 256-पिक्सेल एसआईपीएम आधारित कैमरे का विकास**

पूर्ण 256-पिक्सेल एसआईपीएम (हमामस्तू से एस13361-3050एस-4) के प्रोटोटाइप 64-पिक्सेल वर्जन आधारित इमेजिंग कैमरे को विकसित किया गया। इस मिनी कैमरे के फ्रंट-एण्ड में चार मॉड्युल्स का अलग-अलग परीक्षण किया गया। इस दौरान प्रयोगशाला परीक्षण सैट-अप का प्रयोग किया गया। इन परीक्षणों से संतोषजनक परिणाम मिले। ये रेखीय गतिक रेंज (1600 फोटोइलेक्ट्रॉन्स तक 3 प्रतिशत गैर-रेखीयता), एकल फोटोइलेक्ट्रॉन पर एस/एन अनुपात ($\sim 6 @ \text{SiPM overvoltage of } 3V$), तापमान में परिवर्तन के कारण गेन परिवर्तन (3% over -20 to +30 °C) आदि थे। 100 पिक्सेल सेंसरों से अधिक के लिए अभिलक्षणन को पूर्ण किया गया एवं डेटा का प्रयोग मॉड्यूल परीक्षण के लिए किया गया। कैमरे के बैक-एण्ड का भी स्वतंत्र रूप से परीक्षण किया गया। इस दौरान पल्सर जेनरेटर सिग्नल का प्रयोग किया गया। इसका उद्देश्य ऑफसैट जैसे भिन्न प्रकार्यों एवं हार्डवेयर के टाइमिंग कैलिब्रेशन, ट्रिगर जेनरेशन, सिग्नल पल्स डिजीटाइजेशन @1GSPS एवं रिकार्डिंग आदि की जांच करना था। इसके अतिरिक्त मल्टी-नोडल जीयूआई-आधारित बैक-एण्ड सॉफ्टवेयर कार्यक्रमों को विकसित किया गया जो कैमरा डेटा को नियंत्रित, निगरानी एवं अधिग्रहण करने के कार्य करते हैं। लघु-कैमरे के एकीकृत कार्यनिष्पादन का मूल्यांकन पूर्ण रूप से किया जा रहा है। यह प्रयोगशाला सैट-अप द्वारा किया जा रहा है। इसके बाद इसका माउंट आबू में टैक्टिक दूरदर्शी के वर्टेक्स एलिमेंट के साथ परीक्षण किया जाएगा। (संपर्क व्यक्ति: वी.आर. चिटनिस)

- **सक्रिय गैलेक्सीय नाभिक के बहुतरंगबैण्ड अध्ययन कार्य**

बहुतरंगबैण्ड अध्ययन कार्यों को वर्ष के दौरान अनेक सक्रिय गैलेक्सीय नाभिक (एजीएन) के लिए किया गया। फ्लैट स्पेक्ट्रम रेडियो क्वाँसर (एफएसआरक्यू) के मामले में क्वाँसी आवधिक दोलनों (क्यूपीओ) का संसूचन ~ 47 दिनों की अवधि के साथ किया गया। यह 450 दिनों के डेटा के साथ किया गया। इसका विस्तार एक साथ उच्च ऊर्जा गामा किरण डेटा में फर्मी उपग्रह में विशाल क्षेत्र दूरदर्शी (एलएटी) एवं प्रकाशिक व्ही बैण्ड डेटा तक था एवं इसका अच्छा सांख्यिकीय महत्व था। क्यूपीओ के लिए सर्वाधिक संभावित परिदृश्य को उत्सर्जन के रूप में पाया गया। इसकी उत्पत्ति जैट के अंदर क्षेत्र मूविंग हेलिकली से हुई। अन्य एफएसआरक्यू सीटीए 102 के लिए QPOs का संसूचन, फ्लेयरिंग क्रियाकलाप के दौरान ~ 7.6 दिनों की अवधि के साथ गामा किरण एवं प्रकाशिक आर बैण्ड में हुआ। एनजीसी 1275, पर्सेस क्लस्टर के केंद्र में अवस्थित रेडियो आकाशगंगा के लिए

क्रमशः स्विफ्ट-एक्सआरटी एवं एनयूस्टॉर से सॉफ्ट एवं हार्ड एक्स-रे डेटा के अध्ययन कार्य को एनहांसड गामा किरण फ्लक्स के दौरान फर्मी-एलएटी से गामा किरण निरीक्षणों के साथ किया गया। एक पद्धति को विकसित किया गया जिसका उद्देश्य क्लस्टर एवं एजीएन योगदान को वियुग्मित, सॉफ्ट एवं हार्ड एक्स-रे स्पेक्ट्रल डेटा में साइमलटेनस फिट को करके करना था। विभिन्न समय पैमानों पर वैरिएबिलिटी का अध्ययन किया गया। इसके साथ ही क्वाइसेंट एवं फ्लेअर अवस्थाओं में विभिन्न FSRQs के लिए बहुतरंगबैंड स्पेक्ट्रल ऊर्जा वितरणों के अध्ययन कार्य को प्रारंभ किया गया। (संपर्क व्यक्ति: वी.आर. चिटनिस)

खगोलकण भौतिकी

- **ग्रेप्स-3 प्रयोग द्वारा कॉस्मिक किरण ऊर्जा स्पेक्ट्रम एवं कंपोजिशन का मापन**

कॉस्मिक किरणें, प्रकृति में उपस्थित सर्वाधिक ऊर्जित कण हैं। हालांकि उनके मूल, त्वरण एवं प्रसारण को स्पष्ट रूप से समझा नहीं गया है। उनके ऊर्जा स्पेक्ट्रम एवं कंपोजिशन के यथार्थ मापनों से इन उच्च ऊर्जा कणों के रहस्य का पता चल सकता है। अंतरिक्ष आधारित संसूचकों द्वारा हाल के मापनों ने दिखाया है कि कॉस्मिक किरण स्पेक्ट्रम का वर्णन एकल पॉवर लॉ द्वारा नी (energy ~ 3 PeV) तक वर्णित नहीं किया जा सकता। अंतरिक्ष आधारित संसूचकों के उच्च यथार्थ मापनों से कॉस्मिक किरण स्पेक्ट्रम में नए लक्षणों की खोज की सुलभता हुई है। हालांकि उनके मापन, 100 टीईवी के नीचे तक सीमित हैं। 100-1000 TeV की ऊर्जा रेंज पर कॉस्मिक किरण प्रोटोन एवं हेलियम स्पेक्ट्रम पर ग्रेप्स-3 प्रयोग के नवीनतम परिणामों द्वारा अंतरिक्ष में प्रत्यक्ष मापनों एवं भूमि में अप्रत्यक्ष मापनों के मध्य ब्रिज उपलब्ध कराया जाता है। विशाल क्षेत्र म्युऑन दूरदर्शी के साथ युग्मित सिल्टिलेटर संसूचकों के सघन ऐरे से ये अद्वितीय मापन संभव हुए हैं। (संपर्क व्यक्ति: प्रवता के. मोहंती)

- **ग्रेप्स-3 प्रयोग के साथ कॉस्मिक किरण विषमदैशिकता के मापन**

यद्यपि कॉस्मिक किरणों का वितरण लगभग विषमदैशिक होता है, तथापि $\sim 10^{-4}$ – 10^{-3} लेवल की विशाल-पैमाने की विषमदैशिकता का निरीक्षण अनेक भूमि स्थित गहन एयर शोअर प्रयोगों द्वारा किया गया है जो बड़ी मात्रा में सांख्यिकीय का संग्रह करते हैं। विषमदैशिकता, हमारी आकाशगंगा में स्थानीय कॉस्मिक किरण स्रोतों एवं कॉस्मिक किरणों के प्रसारण को प्रभावित करने वाले इंटरस्टेलर माध्यम में चुंबकीय संरचना के लिए नई प्रॉब है। ग्रेप्स-3 प्रयोग का अद्वितीय लाभ इसकी नियर-इक्विटोरियल अवस्थिति के कारण इस फेनोमेना के अध्ययन में है। विषमदैशिकता पर विश्लेषण को किया गया है जिसमें ग्रेप्स-3 डेटा के 3 वर्षों का प्रयोग किया गया है। इसके परिणामों की संगति विभिन्न प्रयोगों के साथ है जिनमें तिब्बत एएसगामा, एचएडब्ल्यूसी एवं आइसक्यूब शामिल हैं। (संपर्क व्यक्ति: प्रवता के. मोहंती)

- **बहु-TeV गामा किरण स्रोतों की जांच के लिए ग्रेप्स-3 प्रयोग के कोणीय विभेदन में उन्नयन**

उपयुक्त कोणीय विभेदन, गैलेक्सीय कॉस्मिक किरणों के मूल को समझने के लिए बहु-TeV गामा किरण स्रोतों को संसूचित करने के लिए अनिवार्य है। पहली बार शोअर फ्रंट वक्रता के आकार एवं आयु निर्भरता के उपयोग द्वारा ग्रेप्स-3 प्रयोग के कोणीय विभेदन में महत्वपूर्ण सुधार किया गया। कोणीय विभेदन को चंद्रमा द्वारा कैस्टिड, कॉस्मिक किरण फ्लक्स पर परछाई के निरीक्षण द्वारा कैलिब्रेट किया गया। चंद्रमा की दिशा से कॉस्मिक किरणों के फ्लक्स में कमी द्वारा कोणीय विभेदन का मार्ग उपलब्ध होता है। (संपर्क व्यक्ति: प्रवता के. मोहंती)

- **ग्रेप्स-3 प्रयोग द्वारा 10-300 TeV पर डिफ्यूज गामा किरण फ्लक्स पर अध्ययन कार्य**

2.7 k कॉस्मिक माइक्रोतरंग बैकग्राउंड (सीएमबी) के साथ अत्यंत-उच्च-ऊर्जा कॉस्मिक किरणों (UHECRs) की अन्योन्यक्रियाओं द्वारा डिफ्यूज गामा-किरण उत्सर्जन में लगभग 10-100 TeV विषमदैशिक वितरण अपेक्षित है। इस विकिरण द्वारा ऊर्जित स्रोतों के वितरण पर व इस तरह यूनिवर्स के कॉस्मोलॉजिकल क्रमविकास पर सूचना का वहन किया जाता है। ग्रेप्स-3 प्रयोग द्वारा मापित डेटा के आधार पर 10-300 TeV से ऊर्जाओं पर कॉस्मिक किरणों से संबंधित गामा-किरणों की तीव्रता पर 90% C.L. ऊपरी सीमा को स्थापित किया जाता है। (संपर्क व्यक्ति: प्रवता के. मोहंती)

- **थंडरस्टार्म संभाव्यता द्वारा कणों के त्वरण का परीक्षण**

ग्रेप्स-3 म्युऑन दूरदर्शी ने थंडरस्टार्म में रिकार्ड ब्रेक गीगावोल्ट संभाव्यता की खोज की। इसमें 1929 में सी.टी.आर. विल्सन द्वारा पूर्वानुमानित के अनुसार कॉस्मिक किरण म्युऑन्स (बी. हरिहरन ईटी एल., पीआरएल 122 (2019) 105101) का प्रयोग किया गया। 2011 से 2020 तक ग्रेप्स-3 डेटा की खोज में 486 थंडरस्टार्म इवेंट्स मिले। इनमें 80 प्रतिशत इवेंट्स को पूर्व दिशा से निरीक्षित किया गया। विस्तृत मोटे कालों सिमुलेशन अध्ययन में पाया गया कि ऐसी एसिमेट्री को म्युऑन चार्ज

रेशो द्वारा स्पष्ट किया जा सकता है, जहां पश्चिम की तुलना में पूर्व में चार्ज रेशो उच्चतर होता है। (संपर्क व्यक्ति: प्रवता के. मोहंती)

नाभिकीय एवं परमाणु भौतिकी विभाग

- **एज के साथ चुंबकीय क्षेत्र**

इस अध्ययन द्वारा प्रभावी छः दशक पुरानी धारणा का खंडन किया जाता है कि उच्च तीव्रता लेजर में विशाल चुंबकीय क्षेत्र द्वारा निर्मित प्लाज्मा में क्रमविकास नैनोमीटर स्केल से होता है। असल में क्षेत्र का वास्तव में उद्भूत मैक्रोस्कोपिक स्केल में होता है। इसे इलेक्ट्रॉन बीम की सीमाओं द्वारा वर्णित किया गया है जिसका प्रसारण प्लाज्मा में होता है। इससे खगोलभौतिकी एवं लेजर फ्यूजन में चुंबकीय क्षेत्रों की हमारी जानकारी परिवर्तित हो सकती है एवं इससे इमेजिंग एवं चिकित्साओं के लिए आगामी पीढ़ी उच्च ऊर्जा कण स्रोतों की डिजाइनिंग में सहायता मिल सकती है। (संपर्क व्यक्ति: जी. रविंद्र कुमार)

- **किरणित जैवअणुओं से इलेक्ट्रॉन उत्सर्जन का मापन**

ईपीजे डी, में प्रकाशित अध्ययन में भारत एवं अर्जेंटीना में अनुसंधानकर्ताओं ने (टाटा मूलभूत अनुसंधान संस्थान के अनुसंधानकर्ताओं के नेतृत्व में) सफलतापूर्वक इलेक्ट्रॉन उत्सर्जन के अभिलक्षणों का निर्धारण, उच्च-वेग ऑयनों के एडेनाइन (डीएनए के चार प्रमुख न्यूक्लिओआधारों में एक) के साथ संघट्टन के दौरान किया। चूंकि उच्च-ऊर्जा ऑयनों द्वारा डीएनए के स्ट्रैंड्स को उनके साथ संघट्टन के दौरान विच्छेदित किया जा सकता है, अतः टीम के निष्कर्षों से हमारी जानकारी में सुधार हो सकता है कि कैसे विकिरण क्षति से कोशिकाओं के अंदर कैंसर विकसित होने का जोखिम बढ़ता है। अपने प्रयोगों में उन्होंने एडेनाइन ऑयनीकरण के 'दोहरे विभेदी क्रॉस सेक्शन (डीडीसीएस) पर विचार किया। इस वैल्यू से यह संभावना वर्णित होती है कि विशिष्ट ऊर्जाओं एवं स्केटरिंग के साथ इलेक्ट्रॉन्स का निर्माण, ऑयनों एवं अणुओं के संघट्टन के दौरान होगा। यह संभावना उस सीमा को समझने के लिए अनिवार्य है जिसमें जैवअणुओं को ऑयनीकरण, इलेक्ट्रॉन्स द्वारा किया जाएगा जो एमिट करते हैं। अनुसंधानकर्ताओं के निष्कर्षों से हमारी जानकारी में एक नया आयाम मिल सकता है कि कैसे जैवअणुओं को उच्च-वेग ऑयन विकिरण द्वारा प्रभावित किया जाता है; इससे संभवतः बेहतर जानकारी मिल सकती है कि कैसे कोशिकाओं में कैंसर की उत्पत्ति विकिरण क्षति के बाद हो सकती है। (संपर्क व्यक्ति: लोकेश सी. त्रिवेदी)

- **डोपलर-शिफ्ट अटेन्युएशन पद्धति द्वारा $2^+_{1/2}$ level in ^{112}Sn के लिए नया जीवनकाल मापन**

^{112}Sn एन न्यूक्लिअस में लेवल्स को Elab=195 MeV पर ^{35}Cl प्रोजेक्टाइल के साथ इनइलास्टिक स्केटरिंग द्वारा उत्तेजित किया गया। $2^+_{1/2}$ लेवल के क्षय से उत्पन्न डोपलर प्रभावित γ -किरण पीक का विश्लेषण किया गया। इस दौरान अपडेटेड मैथोडालॉजीस का प्रयोग किया गया। इसका उद्देश्य लेवल जीवनकाल एवं संगत विद्युत क्वाड्रिपोल ($E2$) ट्रांजिशन संभाव्यता, $B(E2; 0^+_{g.s.} \rightarrow 2^+_{1/2})$ को एक्सट्रैक्ट करना था। वर्तमान परिणाम की विसंगति विद्यमान जीवनकाल मापनों से रिपोर्टेड परिणामों के साथ है किंतु ये शुद्ध कोलंब उत्तेजन एवं भारी-ऑयन प्रेरित इनइलास्टिक संघट्टनों द्वारा स्थिर सम-द्रव्यमान एसएन आइसोटोप्स में लो-लाइंग $E2$ ट्रांजिशन सामर्थ्यों के स्वतंत्र क्रमबद्ध मापनों के साथ संगति में हैं। ट्रांजिशन संभाव्यता द्वारा $2^+_{1/2}$ लेवल के लिए सामूहिकता में वृद्धि की भी पुष्टि की जाती है एवं इसे सामान्यीकृत वरिष्ठता मॉडल (जीएसएम) एवं अत्याधुनिक मोटे कार्लो शैल मॉडल (एमसीएसएम) गणनाओं के साथ उपयुक्त अनुरूपता में पाया जाता है। एमसीएसएम योजना के क्षेत्र में वृद्धि को ^{112}Sn में दोनों $0^+_{g.s.}$ एवं $2^+_{1/2}$ अवस्थाओं के लिए सपाट विरूपणों के संबंध में समझा जाता है जिसकी उत्पत्ति दृढ़ प्रोटोन-कोर उत्तेजनों एवं एनहांसड प्रोटोन-न्यूट्रॉन अन्योन्यक्रियाओं के कारण होती है। इसके अतिरिक्त $3^-_{1/2}$ स्तर एवं $E1$ ट्रांजिशन संभाव्यता, $B(E1; 3^-_{1/2} \rightarrow 2^+_{1/2})$ के जीवनकाल के लिए सीमाओं को प्राप्त किया गया। (संपर्क व्यक्ति: रुद्रज्योति पालित)

- **^{135}Pm में संरेखण क्रियातंत्र एवं सामूहिकता की हानि का परीक्षण**

^{135}Pm की उच्च स्पिन उत्तेजित अवस्थाओं का परीक्षण 145 MeV बीम ऊर्जा पर $^{107}\text{Ag}(^{32}\text{S}, 2p2n)$ अभिक्रिया का प्रयोग करके किया गया। तीन नकारात्मक-समता बैंड्स का परीक्षण $\sim 9.0^-$, 7.6^- , एवं 6.9^- MeV उत्तेजन ऊर्जाओं तक स्पिन समताओं क्रमशः $(55/2^-)$, $(49/2^-)$, एवं $(47/2^-)$ $\hbar$, के साथ किया गया। प्रयोगात्मक परिणामों की व्याख्या ट्राइएक्सिअल परियोजित शैल मॉडल का प्रयोग करके की गई। दिखाया गया कि समानांतर बैंड संरचनाओं के निरीक्षण को दो एस बैंड्स की क्रॉसिंग के संबंध में yrast बैंड के साथ स्पष्ट किया जा सकता है जो कि ऑड-ए न्यूक्लिअस के लिए दुर्लभ फेनोमेन है। इसके

अतिरिक्त yrast बैंड में लेबल्स के जीवनकालों को एक्सट्रैक्ट, डोपलर शिफ्ट अटैन्युएशन पद्धति का प्रयोग करके किया गया। yrast अवस्थाओं के मूल्यांकित बी(ई2) वैल्यूज द्वारा उच्चतर स्पिन पर सामूहिकता की हानि को दिखाया जाता है जो अलाइनमेंट प्रक्रिया के कारण होती है। (संपर्क व्यक्ति: रुद्रज्योति पालित)

- **गामा गेटिड कण स्पेक्ट्रम से ^{69}Zn की नाभिकीय स्तर सघनता एवं $^{68}\text{Zn}(n, \gamma)^{69}\text{Zn}$ कैप्चर क्रॉस सैक्शन पर इसका अर्थ**
एवापोरेटिड α -स्पेक्ट्रा का मापन निम्न ऊर्जा डिसक्रीट γ -किरणों के साथ कोइसिडेंस में रेसिड्युअल न्युक्लिअस ^{68}Zn से किया गया जिसे पॉप्युलेटिड, अभिक्रिया $^{64}\text{Ni}(^9\text{Be}, \alpha n)^{68}\text{Zn}$ at Be) = 30 MeV. में निर्मित यौगिक न्युक्लिअस ^{73}Ge से *an* एवापोरेशन द्वारा किया गया है। पहली बार निम्न ऊर्जा γ -गेटिड α -कण स्पेक्ट्रा का प्रयोग E $\approx$ 4-20 MeV. की एक्साइटेशन ऊर्जा रेंज में इंटरमीडिएट ^{69}Zn न्युक्लिअस के लिए नाभिकीय लेवल सघनता (एनएलडी) को एक्सट्रैक्ट करने के लिए किया गया। ^{69}Zn के लिए उत्तेजन ऊर्जा के प्रकार्य के रूप में वर्तमान एनएलडी डेटा के स्लोप का मिलान उपयुक्त रूप में उस स्लोप के साथ होता है जिसका निर्धारण निम्न ऊर्जाओं पर एनएलडी के लिए रेफरेंस इंपुट पैरामीटर लाइब्रेरी (आरआईपीएल) आकलनों एवं न्युट्रॉन सैपेरेशन ऊर्जा पर न्युट्रॉन रेसोनेंस डेटा से एनएलडी से होता है। एक्सट्रैक्टिड इन्वर्स एनएलडी पैरामीटर का प्रयोग ^{69}Zn के लिए न्युट्रॉन सैपेरेशन ऊर्जा पर नाभिकीय स्तर सघनता पैरामीटर वैल्यू α के निर्धारण के लिए किया गया। इसके बाद न्युट्रॉन ऊर्जा के प्रकार्य के रूप में $^{68}\text{Zn}(n, \gamma)$ कैप्चर अभिक्रिया के क्रॉस सैक्शन का आकलन किया गया जिस दौरान अभिक्रिया कोड टीएएलवाईएस में प्राप्त को लागू किया गया। पाया गया कि आकलित न्युट्रॉन कैप्चर क्रॉस सैक्शन की उपयुक्तता बिना किसी सामान्यीकरण के उपलब्ध प्रयोगात्मक डेटा के साथ है। वर्तमान परिणाम से संकेत मिला प्रयोगात्मक प्राप्त नाभिकीय लेवल डेंसिटी पैरामीटर द्वारा खगोलभौतिकीय कैप्चर क्रॉस सैक्शन के सांख्यिकीय मॉडल वर्णन को नियंत्रित किया जा सकता है एवं खगोलभौतिकीय अभिक्रिया रेट के साथ संबंधित अनिश्चितताओं को इष्टतम किया जा सकता है। (संपर्क व्यक्ति: रुद्रज्योति पालित)

• ^{103}Pd में चुंबकरोधी घूर्णीय गति का प्रमाण

जीवनकाल मापनों को ^{103}Pd न्युक्लिअस में नकारात्मक समता वाईआरएएसटी अनुक्रम के लेवलों के लिए किया गया। इस दौरान डोपलर शिफ्ट अटैन्युएशन पद्धति का प्रयोग किया गया। लेबल्स को पॉप्युलेट, $^{94}\text{Zr}(^{13}\text{C}, 4n\gamma)^{103}\text{Pd}$ फ्यूजन-एवापोरेशन अभिक्रिया द्वारा 55MeV. की बीम ऊर्जा पर किया गया। डिएक्साइटिड γ किरणों का संसूचन भारतीय राष्ट्रीय गामा ऐरे के प्रयोग द्वारा किया गया। एक्सट्रैक्टिड ट्रांजिशन संभाव्यताओं एवं अन्य ऑक्जिलियरी निरीक्षणों से संकेत मिला कि अनुक्रम का परिणाम वेलेस न्युक्लिऑन्स की चुंबकरोधी घूर्णीय (एएमआर) गति से हो सकता है। एएमआर गति का प्रमुख अभिलक्षण बी(ई2) ट्रांजिशन संभाव्यता की तीव्र गिरावट, स्पिन के साथ है जिसे ^{103}Pd के लिए वर्तमान मापित ट्रांजिशन में देखा जाता है। प्रयोगात्मक परिणामों की तुलना टिल्टिड एक्जिस क्रैंकड एप्रोच के सैद्धांतिक पूर्वानुमानों के साथ की गई जो कोवैरिएंट सघनता प्रकार्यात्मक सिद्धांत पर आधारित हैं। पाया गया कि इस मॉडल विश्लेषण में पूर्वानुमानित ^{103}Pd के लिए एएमआर बैंड संरचना के गुणधर्म, वर्तमान प्रयोगात्मक निष्कर्षों के साथ उपयुक्त एग्रीमेंट में थे। इसके अतिरिक्त अर्ध-क्लासिकल कण-रोटर मॉडल का प्रयोग, ^{103}Pd में निरीक्षित बैंड संरचना की एएमआर व्याख्या को प्रमाणित करने के लिए किया गया। इसके अतिरिक्त दिखाया गया कि परिणामों की समानता बैंड संरचनाओं के साथ है जिन्हें नेवरींग आइसोटोप्स में निरीक्षित किया गया है एवं जिन पर एएमआर गति के लिए कैंडिडेट्स के रूप में भी विचार किया गया है। (संपर्क व्यक्ति: रुद्रज्योति पालित)

जैविक विज्ञान विभाग

• भारत के मुंबई में झुग्गी बनाम गैर-झुग्गी में सॉर्स-सीओव्ही-2 की सेरोप्रिवेलेंस

भारत सरकार ने मुंबई के तीन वॉर्डों में छः झुग्गी एवं गैर-झुग्गी समुदायों में कोविड-19 के प्रचलन के आकलन के लिए अध्ययन को अनुमोदित किया। अध्ययन कार्य से झुगियों में 0.076 प्रतिशत एवं गैर-झुगियों में 0.263 प्रतिशत की संक्रमण एवं संक्रमण मृत्यु दर के उच्च असिंप्टोमेटिक विस्तार का उल्लेख किया। झुगियों में उच्चतर प्रचलन के कारण जनसंख्या घनत्व, दूरी बनाए रखने के उपायों का पालन न करना एवं साफ-सफाई के प्रति उदासीनता हो सकते हैं। (संपर्क व्यक्ति: उल्लास कोल्थुर)

- **काईनेसिन-2 द्वारा एपिसोडिक ओरको ट्रांसपोर्ट**

सीलियम में ट्रांसमैग्नेट रिसेप्टर्स के स्थानीयकरण की अनिवार्यता सिलिया प्रकाश के लिए है। इस प्रक्रिया की हमारी जानकारी मुख्य रूप से टिश्यू-कल्चर्ड कोशिकाओं में ऐसे कुछ प्रोटीन्स के लिए किए गए अध्ययन कार्य हैं एवं मैमालियन रेटिना का अध्ययन कार्य अभी भी पूर्ण नहीं है। प्रयोगशाला में पूर्व के अध्ययन कार्यों से पता चला कि ओडोर रिसेप्टर को-रिसेप्टर (ओरको) की बढ़ता *ड्रोसोफिला* में काईनेसिन-2 मोटर उपइकाई KLP68D के टेल प्रक्षेत्र के साथ है। बाद के परीक्षण से पता चला कि ओरको के बड़े भाग की समृद्धि सीलियम में दो घंटे-लंबे एपिसोड्स में छः घंटों में वयस्क *ड्रोसोफिला* के एक्लोजन के बाद होती है। दिखाया गया कि इस वयस्क-विशिष्ट ओरको-ट्रांसपोर्ट के लिए काईनेसिन-2 की आवश्यकता होती है जो सीलियम के डिस्टल भाग में रिसेप्टर के स्थानीयकरण में भी प्रतीत होता है। (संपर्क व्यक्ति: कृषाणु रे)

- **तना कोशिका डिफरेंशिएशन का आण्विक कोशिका जैवविज्ञान**

प्रायः तना कोशिका प्रोजेनी द्वारा डिफरेंशिएशन के पूर्व कोशिकाओं के माँस की उत्पत्ति हेतु प्रोलिफेरेशन किया जाता है। यह ट्रांजिट एंप्लिफिकेशन प्रक्रिया की अनिवार्यता ऊतक वृद्धि एवं होमियोस्टेसिस के लिए है। यद्यपि अनेक अध्ययन कार्यों से पता चला कि तना कोशिका डिवीजन की दर एवं इसके प्रोजेनी को निश्चित रूप से लिंक किया जाना चाहिए, तथापि परिमाणात्मक सहसंबंध को स्थापित नहीं किया गया। इस विचार के परीक्षण के लिए अनुसंधानकर्ताओं ने सरल कंप्यूटेशन कार्यनीति को विकसित किया। इसे जर्मलाइन तना कोशिकाओं के औसत कोशिका-चक्र लैंग्थ (जीवनकालों) एवं *ड्रोसोफिला* टैस्टिस में फिक्स्ड-टिश्यू डेमोग्राफी से उनकी प्रोजेनी के आकलन के लिए किया गया। इस पद्धति का प्रयोग करके वाइल्ड टाइप एवं म्यूटेड डेटा के विश्लेषण से ट्रांजिट-एंप्लिफिकेशन के दौरान जीवनकालों में एनोमैलस परिवर्तनों का पता चला। इसके अतिरिक्त तना कोशिका डिवीजन की दरों को परिवर्तित करने वाले कोशिका-ऑटोनॉमस परिवर्तनों ने प्रोजेनी को प्रोपोरशनेटली परिवर्तित किया। कुल मिलाकर परिणामों से पता चला कि पूर्व जर्मलाइन डिवीजन दरों द्वारा निम्नलिखित डिवीजन दरों एवं डिफरेंशिएशन के ऑनसेट को समायोजित किया जा सकता है। (संपर्क व्यक्ति: कृषाणु रे)

- **कंट्रैक्टाइल एक्टोमायोसिन बॉस्केट असेंबली का क्रियातंत्र**

प्लाज्मा मैग्नेट द्वारा नैनोस्केल टोपोग्राफी को सेंस किया जाता है एवं मैग्नेट कर्वेचर द्वारा बिन-एंफाइसिन-आरव्हीएस (वीएआर)-प्रक्षेत्र प्रोटीन्स को रिक्रूट किया जाता है। वाइवो में डाउनस्ट्रीम आण्विक पथवे अस्पष्ट है। पाया गया कि *ड्रोसोफिला* टैस्टिस में स्पर्म मैचुरेशन के अंतिम चरणों के दौरान मैच्योर स्पर्मेटिड हैड्स के चारों ओर फोलिड सोमेटिक हैड-सिस्ट-कोशिका की प्लाज्मा मैग्नेट द्वारा एक्टिन बॉस्केट नामक कंट्रैक्टाइल एक्टोमायोसिन स्कैफोल्ड की असेंबली को प्रेरित किया जाता है। बॉस्केट द्वारा कठोर स्पर्मेटिड हैड्स के चारों ओर फोलिड सोमेटिक सिस्ट कोशिका मैग्नेट को स्थिर रूप दिया जाता है। इसके बाद बॉस्केट सक्रिय रूप से उन्हें एक साथ सख्त बंडल में क्लैंप करती है। इसे विशेष रूप से केंद्रित एंफाइसिन द्वारा किया जाता है जो आरएचओ 1 एवं फोर्मिन्स – डायफैन्स एवं डीएएएम को रिक्रूट करती है। इन निरीक्षणों से एक्टिन-मैग्नेट अन्योन्यक्रियाओं के नए रिस्पांस क्रियातंत्र का पता चला। यह क्रियातंत्र सक्रिय क्लैंपिंग द्वारा कोशिका-आसंजन जैसी कार्यनीति को उत्पन्न करता है। (संपर्क व्यक्ति: कृषाणु रे)

- **क्रॉयो-इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी सुविधा**

इस सुविधा की स्थापना 2007 में हुई थी। इसे जेस लिब्रा 120 ईएफटीईएम एवं दो अल्ट्राकट सैक्शनिंग मशीनों के साथ स्थापित किया गया था। यह अभी अपने इष्टतम स्तर पर चल रही है एवं संस्थान एवं बाहर के अनेक सदस्यों ने इसका उपयोग अपने अनुसंधान के लिए किया है। (संपर्क व्यक्ति: कृषाणु रे)

विकासात्मक तंत्रिकाविज्ञान

- कोराइड प्लेक्जस (सीपी) द्वारा सेरेब्रोस्पिनल फ्लूड को सेक्रेट किया जाता है एवं इसकी अनिवार्यता मस्तिष्क के विकास एवं प्रकार्य के लिए है। अनुसंधानकर्ताओं ने सीपी विकास में कैनोनिकल डब्ल्यूएनटी सिग्नलिंग की भूमिका का परीक्षण किया। कैनोनिकल डब्ल्यूएनटी सिग्नलिंग के प्रकार्य या कंस्टिट्यूटिव सक्रियण की कमी से माऊस सीपी विकास में व्यापक रूप से रुकावट आती है। प्रकार्य की कमी का परिणाम बाधित सीपी में निकलता है जबकि कंस्टिट्यूटिव सक्रियण में कमी का परिणाम सीपी आइडेंटिटी की कमी एवं इस टिश्यू के हिप्पोकैंपल-जैसी आइडेंटिटी में रूपांतरण में निकलता है। इस फेनोमेनन के पहलुओं की मानव एंजायोनिक तना कोशिका (एचईएससी) - प्रेरित आर्गेनाइड्स में पुनरावृत्ति होती है। परिणामों से पता चलता है कि कैनोनिकल डब्ल्यूएनटी सिग्नलिंग की आवश्यकता मैमालियन मस्तिष्क में सामान्य सीपी विकास के लिए प्रिसाइजली रेगुलेटिड रूप में होती है। (संपर्क व्यक्ति: शुभा तोले)

- ट्रांसक्रिप्शन कारकों की भूमिका कांप्लेक्स में होती है। इनमें अनेक कारक शामिल होते हैं जो विशिष्ट अभिविन्यासों में अन्योन्यक्रिया करते हैं। एलिगेट प्रकार्यात्मक कांप्लेक्स 'टेट्रामेरिक मॉडल' है। यह एलआईएम-एचडी ट्रांसक्रिप्शन कारकों एवं एलडीबी सह-कारकों के लिए है। इसका प्रदर्शन दो दशक पूर्व किया गया था। इसे ड्रोसोफिला विंग ब्लेड (वैन मेयल ईटी एएल., 1999; मिलन एवं कोहेन, 1999) में 'डोर्सल सिलेक्टर' के रूप में एलआईएम-एचडी प्रोटीन एंटरस (एपी) प्रकार्य के संबंध में प्रदर्शित किया गया था। इन अध्ययन कार्यों ने प्रदर्शित किया कि एपी को कोफैक्टर चिप के साथ बद्धता करने की एवं चिप के लिए डाइमराइज होने की आवश्यकता है। इस तरह दो एपी अणु साथ में आते हैं। वर्तमान अध्ययन ने प्रदर्शित किया कि इसी क्रियातंत्र की आवश्यकता माउस हिप्पोकैंपल विकास के अनेक पहलुओं में है। अनुसंधानकर्ताओं ने एंटरस (एलएचएक्स2) एवं चिप (एलडीबी 1) के वर्टेब्रेट होमोलॉग्स की अन्योन्यक्रियाओं का परीक्षण किया एवं प्रदर्शित किया कि उनकी अन्योन्यक्रियाएं भी टेट्रामेरिक मॉडल के साथ संगत हैं। इसके साथ ही अनुसंधानकर्ताओं ने प्रदर्शित किया कि इन अन्योन्यक्रियाओं की अनिवार्यता हिप्पोकैंपल फेट के स्पेशिफिकेशन एवं विकासशील हिप्पोकैंपस में न्युरॉन-ग्लिआ कोशिका फेट स्विच के रेगुलेशन में है। (संपर्क व्यक्ति: शुभा तोले)
- थैलामोकोर्टिकल नर्व्स द्वारा सेंसरी सूचना को पेरीफरी से कोर्टेक्स तक लाया जाता है। जब उनका प्रथम विकास एंब्रॉयोनिक कोर्टेक्स में होता है, तब वे सबप्लेट पर प्रतीक्षा करती हैं। यह ऐसी संरचना है जिसकी अनिवार्यता थैलामिक एक्जॉन्स के मार्गदर्शन एवं अंततः कनेक्टिविटी के लिए उनके कोर्टिकल लक्ष्यों के साथ है। यह अस्पष्ट है कि कैसे सबप्लेट न्युरॉन्स के गुणधर्मों को रेगुलेट किया जाता है। अनुसंधानकर्ताओं ने रिपोर्ट की कि ट्रांसक्रिप्शन कारक एलएचएक्स2 की अनिवार्यता कोर्टिकल प्रिमोर्डियम की प्रोजेनिटर मदर कोशिकाओं में है। ऐसा उनके द्वारा अपनी डॉटर सबप्लेट न्युरॉन्स के निर्माण के समय होता है जिसका उद्देश्य थैलामोकोर्टिकल पथवे को सबप्लेट पर प्रतीक्षा करवाना है। सबप्लेट प्रोजेनिटर्स में एलएचएक्स2 प्रकार्य के बिना थैलामोकोर्टिकल एक्जॉन्स का विकास सबप्लेट को पार कर जाता है एवं ये समय से पूर्व कोर्टिकल प्लेट में प्रवेश कर जाते हैं। इस एब्रेंट अतिवृद्धि का परिणाम अंततः उनके एट्रिशन में निकलता है एवं परिणामस्वरूप मैच्योर कोर्टेक्स के सेंसरी इनरवेशन की व्यापक हानि होती है। (संपर्क व्यक्ति: शुभा तोले)

कोशिका-विकासात्मक जैवविज्ञान

- एपिथेलियल कोशिका माॅफोलॉजी के रेगुलेशन में माॅयोसिन Vb आइसोफॉर्म, mTOR सिग्नलिंग एवं Grhl3 एवं विकासशील जेब्राफिश एपिडर्मिस में टिश्यु होमियोस्टेसिस
माॅयोसिन व्हीबी, एक्टिन-आधारित मोटर है। इसकी अन्योन्यक्रिया आरएबी8, आरएबी10 एवं आरएबी11 जैसे विभिन्न आरएबीस के साथ होती है। इसका उद्देश्य अंतर्कोशिका ट्रांसपोर्ट में विशिष्ट कार्यों को रेगुलेट करना है। जेब्राफिश में विभिन्न म्यूटेड वर्जन्स द्वारा नॉकडाउन एवं रेस्क्यू के जोड़ के प्रयोग से दिखाया गया कि आरएबी 11 के साथ माॅयोसिन व्हीबी की अन्योन्यक्रिया की अनिवार्यता रिसाइक्लिंग पथवे के रेगुलेशन के लिए है जबकि आरएबी के साथ वह एपिडर्मल कोशिकाओं में ट्रांस-गोल्जी सतह पर वैसिकल्स के सीशन के लिए महत्वपूर्ण है। इसके अतिरिक्त दिखाया गया कि एपिडर्मिस में कंसेंट्री कोशिका वृद्धि वास्तव में डाइरेक्टड है एवं यह मुख्यतः एपिकल प्रक्षेत्र में होती है। इससे कोशिकाएं अधिक स्कवॉमस बॉडी सतह को कवर करने के लिए होती हैं जब कोशिका संख्या में कमी हो जाती है। अनुसंधानकर्ताओं ने अत्याधुनिक जेनोमिक, आनुवांशिक एवं माइक्रोस्कोपी एप्रोचस का प्रयोग किया। इसका उद्देश्य यह दिखाना था जीआरएच13 ट्रांसक्रिप्शन कारक के प्रकार्य की अनिवार्यता ई-कैधेरीन स्तरों की रेगुलेटिंग द्वारा राउंडेड अप कोशिका के रिटेंशन के लिए है। कोशिकाओं के इस रिटेंशन एवं उनके बाद के एकीकरण की अनिवार्यता एपिडर्मल होमियोस्टेसिस एवं इंटेग्रिटी के मॉटेनेंस के लिए है। (संपर्क व्यक्ति: महेंद्र एस. सोनावणे)

जैवरसायनशास्त्र एवं आण्विक जैवविज्ञान

- वैसिक्युलर सेक्रेशन एवं प्रोटीन फोल्डिंग के आण्विक क्रियातंत्रों का परीक्षण
मैब्रेन फ्युजन के दौरान फ्युजन पोर्स, महत्वपूर्ण काइनेटिक इंटरमीडिएट्स हैं। इनके द्वारा रसायनिक मैसेंजर्स का सेक्रेशन कोशिका के बाहर होता है। अनुसंधानकर्ताओं ने जैवरसायनिक एवं जैवभौतिकीय टूल्स (एंसेबल एवं एकल अणु रिसोल्यूशन) का प्रयोग किया। इसका उद्देश्य ट्रांस-स्नेअर असेंबली एवं फ्युजन पोर गतिकी के परिवर्तन में कुछ मैब्रेन फ्युजन रेगुलेटर्स (अल्फा-साइन्युक्लीन, मंक 13-1, मंक18, सिनेप्टोटैगमिन 1) की भूमिका का अध्ययन करना है। इस अध्ययन ने स्पष्ट किया कि क्यों पैथोलॉजिक स्थितियों के अंतर्गत (उदाहरण के लिए पार्किंसन रोग में) जहां गैर-प्रकार्यात्मक मिसफोल्ड्ड अल्फा-

साइन्युक्लिन मोनोमर्स, होते हैं, असामान्य वैसिक्युलर सेक्रेशन होता है। इससे अनुसंधान का अन्य विषय सामने आता है कि कैसे रिबोसोम द्वारा नये संश्लेषित प्रोटीन्स प्रकार्यात्मक होते हैं। अनुसंधानकर्ताओं ने जैवरसायनिक टूल्स का प्रयोग किया एवं खोज की कि रिबोसोम द्वारा सक्रिय रूप से नैसेन्ट प्रोटीन्स की प्रकार्यात्मक संरचना निर्माण को रेग्युलेट किया जाता है। रिबोसोम एक्जिट टनेल से नए संश्लेषित प्रोटीन अनुक्रमणों की काइनेटिक्स की रिलीज से इस क्रियाकलाप में योगदान हो सकता है। (संपर्क व्यक्ति: देवाशीष दास)

तंत्रिका कोशिका जैवविज्ञान

- **न्युरोनल कार्गो की ट्रैफिकिंग एवं ट्रांसपोर्ट का रेग्युलेशन**

अनुसंधानकर्ताओं का प्रयास *वाइब्रो* में कार्गो जैवजेनेसिस एवं ट्रांसपोर्ट के क्रियातंत्रों एवं न्युरोनल प्रकार्य में इसके योगदान को समझना है। ऐसे ट्रांसपोर्ट को आण्विक मोटर्स द्वारा किया जाता है जो कार्गो को कोशिका बॉडी एवं सिनैप्स के मध्य माइक्रोट्यूबल ट्रैक्स के साथ मूव करती हैं। अनुसंधानकर्ताओं ने मुख्य रूप से एंटेरोग्रेड ट्रैफिक पर ध्यान दिया। इसमें कार्गो का मूवमेंट कहा जाता है। यह कोशिका बॉडी से सिनैप्स तक होता है। अनेक एलिमेंट्स, कार्गो मूवमेंट का भाग बनते हैं। जहां हमें कुछ महत्वपूर्ण एंटेरोग्रेड कार्गोस (प्रि-सिनैप्टिक वैसिकल्स एवं माइटोकॉण्ड्रिया) एवं उनके मोटर्स (मुख्य रूप से क्रमशः काईनेसिन-3 एवं काईनेसिन-1) के विषय में पता है, वहीं अत्यंत कम जानकारी ट्रांसपोर्ट पथवेज की ट्रैफिकिंग में संलग्न रेग्युलेटरी अणुओं की पहचान एवं अनेक कार्यों के संबंध में उपलब्ध है। यह जानकारी मूलभूत है व इसका महत्व संभावित रोग इंटरवेंशन कार्यनीतियों के लिए भी है। एकजोनल ट्रांसपोर्ट में निष्कर्षों का प्रयोग करके न्युरोनल कोशिका जैविक प्रक्रियाओं के विस्तृत अन्वेषण को भी प्रारंभ किया गया। यहां हमने मूलभूत समस्याओं को दूर करना प्रारंभ किया है। इनमें आर्गेनेल डेंसिटी रेग्युलेशन शामिल है जिसमें माइटोकॉण्ड्रिया का प्रयोग न्युरॉन्स में मॉडल के रूप में किया जा रहा है। अनुसंधानकर्ताओं द्वारा *सी. एलेगन्स* का प्रमुख रूप से प्रयोग किया जा रहा है। इसका उद्देश्य ऊपर सूचीबद्ध अनेक प्रश्नों को हल करना है। इस दौरान आनुवांशिक एवं लाइव इमेजिंग एप्रोचेस का प्रयोग किया जा रहा है। (संपर्क व्यक्ति: संध्या पी. कौशिका)

अवसाद का तंत्रिकाजैवविज्ञान

- **सेरोटोनिन द्वारा न्युरोनल एनर्जेटिस का मॉड्युलेशन: मनोवैज्ञानिक डिसऑर्डर्स में रिलिएंस**

वैद्य एवं कोलथुर प्रयोगशालाओं के मध्य किए गए कार्य ने मोनोमाइन न्युरोट्रांसमीटर, सेरोटोनिन के लिए व्यापक रूप से महत्वपूर्ण भूमिका का प्रदर्शन किया है। यह भूमिका न्युरॉन्स में माइटोकॉण्ड्रियल उत्पादन एवं जैवऊर्जाओं की प्रमुख रेग्युलेटर की है। इस कार्य से संकेत मिला कि माइटोकॉण्ड्रिया पर अपने कार्यों द्वारा सेरोटोनिन द्वारा दृढ़ न्युरोसंरक्षणात्मक भूमिका का निर्वाह किया जाता है। इस कार्य में एक पथवे की पहचान की गई है। यह सेरोटोनिन को लांगेविटी संबंधित जीन सर्ट1 द्वारा न्युरोनल सरवाइवल एवं माइटोकॉण्ड्रियल डिस्फंक्शन की वृद्धि के साथ संबंधित करता है। इसके महत्वपूर्ण उपयोग न्युरोडिजेनेरेटिव एवं न्युरोमनोवैज्ञानिक रोगों में हैं। इस कार्य के दूरगामी उपयोग भारत के लिए हैं जो मानसिक स्वास्थ्य डिसऑर्डर्स एवं एजिंग जनसंख्या के बड़े संकट का सामना कर रहा है जिसमें न्युरोडिजेनेरेटिव डिसऑर्डर्स के लिए बड़ा जोखिम है। (संपर्क व्यक्ति: विदिता वैद्य)

रसायनिक विज्ञान विभाग

कंप्यूटेशनल रसायनशास्त्र एवं जैवभौतिकी

- **प्रोटीन्स की डाइरेक्शनल फ्लेक्सिबिलिटी का अनुमान लगाना**

प्रोटीन्स, यूनिएक्सिल यांत्रिकीय प्रतिबल के संपर्क में आते हैं, तो उनसे विषमदैशिक रिस्पांस दर्शाना अपेक्षित होता है। प्रोटीन्स की यांत्रिकीय विषमदैशिकता को एकल-अणु फोर्स स्पेक्ट्रोस्कोपी (एसएमएफएस) प्रयोगों में कैप्चर किया गया है जो डाइरेक्शनल स्प्रिंग कांस्टेंट्स को रिपोर्ट करते हैं। टीआईएफआर-डीसीएस में अनुसंधानकर्ताओं ने अब कंप्यूटेशनल पद्धतियों को विकसित किया है। ये प्रोटीन क्रिस्टल्स संरचनाओं पर आधारित हैं। इनका उद्देश्य प्रोटीन्स की डाइरेक्शनल फ्लेक्सिबिलिटी एवं यांत्रिकीय विषमदैशिकता को पूर्वानुमानित करना है। दिखाया गया कि डाइरेक्शनल स्प्रिंग कांस्टेंट्स का उपयुक्त रूप में सहसंबंध एसएमएफएस प्रयोगात्मक डेटा के साथ 5 भिन्न ग्लोब्युलर प्रोटीन्स के लिए होता है। इनमें यूबिक्विटिन, सुमो 1, सुमो 2, जीएफपी एवं जीवी 1 शामिल हैं। कंप्यूटेशनल रुपरेखा को प्रोटीन यूबिक्विटिन की यांत्रिकीय विषमदैशिकता पर

विशिष्ट पूर्वानुमानों के लिए लागू किया गया है। इसके अतिरिक्त इनका प्रयोग जैविक रूप से संगत पुलिंग डाइरेक्शंस एवं पार्टनर प्रोटीन्स की बढ़ता पर किया गया है जिनकी कोशिकीय संदर्भ में भिन्न प्रकार्यात्मक भूमिकाएं हैं। (संपर्क व्यक्ति: रविंद्र वेंकटरमणी)

- प्रकाश अवशोषण पर स्टिलबेजोलियम डाई में संरचनात्मक परिवर्तनों का प्रकाशिक संसूचन**
 क्रोमोफोर्स में प्रकाशिक रूप से ट्रिगर्ड संरचनात्मक एवं इलेक्ट्रॉनिक परिवर्तनों द्वारा आण्विक आधार का निर्माण जैवइमेजिंग प्रॉब्स की डिजाइनिंग के लिए किया जाता है जो वाइवो में पोलेरिटी, माइक्रोविस्कोसिटी एवं पीएच को सेंस करती हैं। टीआईएफआर-डीसीएस में अनुसंधानकर्ताओं ने अब फेम्टोसेकेंड स्टिमुलेटिड रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी एवं कंप्यूटेशंस का प्रयोग किया है। इसका उद्देश्य संरचनात्मक रिलेक्सेशंस के भिन्न प्रकाशिक सिग्नेचर्स को स्पष्ट करना है जो स्टिलबेजोलियम-क्लॉस माइटोकोंड्रियल स्टेनिंग डाई के लिए सुस्पष्ट इलेक्ट्रॉनिक अवस्थाओं का सृजन करती हैं। अनुसंधानकर्ताओं ने डाई की उत्तेजित-अवस्था संरचना को स्पेक्ट्रोस्कोपिकली ट्रैक करने में सफलता पाई (जब यह पीकोसेकेंड टाइम स्केल पर एक्साइटेड अवस्था सतह पर रिलैक्स होती है)। कंप्यूटेशंस द्वारा डाई के अंदर एकल बांड के ट्विस्ट में विशिष्ट प्रकाशिक सिग्नेचर्स को असाइन किया गया। यह अध्ययन द्वारा डाइस की कंपमेंशनल गतिकी को ट्यून करके आर्गेनेल-विशिष्ट जैवआण्विक प्रॉब्स की डिजाइनिंग के लिए नया परिदृश्य उपलब्ध कराया जाता है। (संपर्क व्यक्ति: रविंद्र वेंकटरमणी)
- डीएनए एवं आरएनए में चार्ज ट्रांसपोर्ट दक्षताओं की तुलना करना**
 टीआईएफआर-डीसीएस एवं आईआईएससी बेंगलुरु में अनुसंधानकर्ताओं ने कंप्यूटेशनल पद्धतियों का प्रयोग किया है। इसका उद्देश्य डबल-स्ट्रैंडिड (डीएस) आरएनए अनुक्रमों का अनुमान लगाना व उनकी संगत डीएसडीएनए अनुक्रमों के साथ तुलना करना है। इन अध्ययन कार्यों द्वारा प्राप्त क्षेत्र में विरोधाभासी तस्वीर का समाधान किया जाता है। यह ए-फॉर्म डीएनए: आरएनए हाइब्रिड्स एवं डीएसडीएनए में संबंधित चार्ज ट्रांसपोर्ट दक्षताओं का अध्ययन करके किया जाता है। अनुसंधानकर्ताओं ने मल्टीस्केल मॉडलिंग रूपरेखा का प्रयोग किया। इसका उद्देश्य चार्ज ट्रांसपोर्ट के दोनों संगत एवं असंगत रेशजीम्स में डीएसडीएनए एवं डीएसआरएनए के संचालन को कंप्यूट करना था। पाया गया कि डीएसडीएनए का संचालन डीएसआरएन से बेहतर दोनों चार्ज ट्रांसपोर्ट रेशजीम्स में है। विस्तृत विश्लेषण ने दिखाया कि डीएसडीएनए एवं डीएसआरएनए के ट्विस्ट कोण एवं स्लाइड में संरचनात्मक अंतर असंगत होपिंग रेशजीम में डीएसडीएनए के उच्चतर संचालन के पीछे मुख्य कारण हैं। हालांकि संगत सीमा में समान बेस पेयर लैंग्थ के लिए डीएसआरएनए का संचालन, मॉर्फोलॉजी के लिए डीएसडीएनए से उच्चतर है जहां डीएसआरएनए की लघुतर एण्ड-टू-एण्ड लैंग्थ, डीएसडीएनए के संबंध में है। (संपर्क व्यक्ति: रविंद्र वेंकटरमणी)
- एंजाइम में कॉपर ऑयन रिक्विजिशन पेप्टाइड अनुक्रम की पहचान**
 टीआईएफआर-डीसीएस एवं बीएआरसी में अनुसंधानकर्ताओं ने लघु पेंटापेप्टाइड, एनएचएसएफएम की भूमिका का परीक्षण किया। इसे साइटोक्रोम सी ऑक्सिडेस की उपइकाई II के धातु ऑयन बद्ध लूप के सतह एक्सपोज्ड भाग से लिया गया है। इसमें प्रयोगात्मक एवं कंप्यूटेशनल पद्धतियों का प्रयोग किया गया है। कॉपर ऑयन को बद्ध कॉन्स्टेंट $\sim 10^4 \text{ M}^{-1}$ to 10^5 M^{-1} , के साथ पेंटापेप्टाइड के 1:1 कॉम्प्लेक्स को निर्मित करते पाया गया। इसमें टाइप 2 कॉपर सेंटर में पेप्टाइड से 4 लिगेंड कोऑर्डिनेशन को प्रकट किया गया। धातु-पैप्टाइड कॉम्प्लेक्स के स्पेक्ट्रोस्कोपिक अध्ययन कार्य एवं कंप्यूटेशंस ने धातु-लिगेंड बांड दूरियों में pH निर्भर परिवर्तनों को प्रकट किया। धातु पेप्टाइड के लिए बैकबोन दूरियों एवं बी-कारकों के विश्लेषणों से संकेत मिला कि पेप्टाइड बैकबोन में अधिक सघनता एवं कठोरता का जन्म धातु ऑयन की बद्धता पर होता है। इससे संकेत मिला कि प्रोटीन में इस पेंटापेप्टाइड में कॉपर ऑयन की बद्धता से प्रोटीन बैकबोन का मूवमेंट होता है जिससे अन्य कोऑर्डिनेटिंग रेसिड्यूज की निकटता कॉपर ऑयन से होती है। इससे अंततः प्रोटीन में कॉपर ऑयनों के सीक्वेंशल अपटेक में सहायता मिलती है। (संपर्क व्यक्ति: रविंद्र वेंकटरमणी)
- प्रोटीन/पेप्टाइड लिगेण्ड्स द्वारा प्रोटीन्स की यांत्रिकीय स्थिरता का मॉड्युलेशन**
 प्रोटीन्स अपने प्रकार्य के लिए अक्सर लिगेण्ड्स के साथ बद्ध होते हैं। टीआईएफआर-डीसीएस में अनुसंधानकर्ताओं ने प्रयोगों एवं कंप्यूटेशंस का प्रयोग किया है। इसका उद्देश्य ग्लोब्युलर प्रोटीन्स के यांत्रिकीय गुणधर्मों पर लिगेण्ड बद्ध साइट की भूमिका का अन्वेषण करना है। इन ग्लोब्युलर प्रोटीन्स की संरचनाएं सुपरइंपोजेबिल हैं जिन्हें यूबिक्विटिन एवं लघु यूबिक्विटिन संबंधित मॉडिफायर 1 (सुमो 1) कहा जाता है। इन प्रोटीन्स के टर्मिनल सैगमेंट्स का कनेक्शन हाइड्रोजन बांड्स द्वारा होता है एवं ये β -क्लैप ज्यामिति (या यांत्रिकीय क्लैप) का गठन करते हैं। इससे उच्च यांत्रिकीय लचीलापन प्रोटीन फोल्ड को प्राप्त होता है। इस अध्ययन कार्य से प्रकट हुआ कि प्रोटीन लिगेण्ड द्वारा इसके β -क्लैप के साथ सीधे अन्योन्यक्रिया करने के बावजूद यूबिक्विटिन के यांत्रिकीय गुणधर्मों को परिवर्तित नहीं किया जाता। इसके विपरीत β -क्लैप को बद्ध न करने वाले भिन्न पेप्टाइड लिगेण्ड

द्वारा β -ग्रास्प फोल्ड द्वारा उपलब्ध करायी गयी प्रोटीन स्थिरता को पुनर्बलित किया जा सकता है। इन अध्ययन कार्यों द्वारा β -ग्रास्प फोल्ड प्रोटीन्स की यांत्रिकीय स्थिरता की मॉड्युलेंटिंग में लिगेण्ड्स के बद्ध स्थल एवं बद्ध मोड्स का महत्व व्यक्त होता है। (संपर्क व्यक्ति: रविंद्र वेंकटरमणी)

पदार्थ रसायनशास्त्र

- **CO₂ एवं पानी के ऑक्सिडेशन के समकालिक विद्युतरसायनिक घटाव**

पानी स्पिलिटिंग की काइनेटिक्स को उन्नत करने हेतु (जिसे सामान्यतः एनोड पर मंद चार इलेक्ट्रॉन ऑक्सिजन क्रमविकास प्रक्रिया द्वारा बाधित किया जाता है) अनुसंधानकर्ताओं ने पूर्व में ऑक्सिडेशन अभिक्रिया का अध्ययन किया। इसे दो इलेक्ट्रॉन प्रक्रिया के इष्टतमीकरण द्वारा किया गया जो हाइड्रोजन पेरोक्साइड निर्माण को उपलब्ध कराती है। इस विद्युतरसायनिक अभिक्रिया के दौरान CO₂ का प्रयोग पर्जिंग गैस के रूप में किया जाता है। अध्ययन कार्य में वृद्धि करते हुए कैथोडिक अभिक्रिया को समझने का प्रयास किया गया। एनोड पर औद्योगिक रूप से उपयोगी रसायनिक H₂O₂ के निर्माण को बनाए रखते हुए कैथोडिक अभिक्रिया की प्रकृति एवं विशेष रूप से काउंटर इलेक्ट्रोड पर CO₂ घटाव के कारण किन्हीं हाइड्रोकार्बन प्रोडक्टों के निर्माण का मूल्यांकन किया गया। (संपर्क व्यक्ति: दीपा खुशलानी)

- **बिस्मथ वैनाडेट का फोटोसक्रियण – हाइड्रोजन पेरोक्साइड का फोटो-इलेक्ट्रोसायनिक उत्पादन**

फोटोसक्रियित अर्धचालक के मूल्यांकन पर कार्य प्रारंभ हुआ: बिस्मथ वैनेडेट एवं परंपरागत 4 इलेक्ट्रॉन वॉटर आक्सिडेशन प्रक्रिया को रोकने में इसके उपयोग पर कार्य (हाइड्रोजन पेरोक्साइड के निर्माण हेतु दो इलेक्ट्रॉन वॉटर आक्सिडेशन के स्थान पर)। अनुसंधानकर्ताओं ने उस रूप पर कार्य किया एवं मूल्यांकन किया जिसमें वैनेडेट उत्प्रेरक को विकसित कर उसे डिपॉजिट किया जाता है। फिल्म की मोटाई एवं क्रिस्टालिनिटी महत्वपूर्ण पैरामीटर्स हैं जो इस नवीन प्रकाश सक्रियित अभिक्रिया की उन्नत दक्षता में योगदान करते हैं। (संपर्क व्यक्ति: दीपा खुशलानी)

- **फोटोउत्प्रेरक हाइड्रोजन उत्पादन के लिए प्रकार्यात्मक कार्बन नाइट्राइड रुपरेखा का उपयोग**

इस कार्य में असंख्य ऑयनों (विशेष रूप से समुद्र के पानी में उपस्थित) की उपस्थिति में वॉटर स्पिलिटिंग अभिक्रिया के लिए अर्धचालक फोटोउत्प्रेरक का क्रमबद्ध मूल्यांकन शामिल है। मूल्यांकित अर्धचालक इस रूप में अद्वितीय है कि यह संशोधित कार्बन नाइट्राइड को आयनीकृत जैविक पोलिमेर-आधारित प्रणाली के रूप में समाहित करता है। इस कार्य में क्रमबद्ध वॉटर स्पिलिटिंग का वर्णन किया गया है जिसे विभिन्न ऑयनों (Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻), की उपस्थिति में किया गया है एवं फोटोउत्प्रेरक क्रियाकलाप की मॉड्युलेंटिंग में उनकी भूमिका का मूल्यांकन किया गया है। Pt नैनोकण सह-उत्प्रेरक का प्रयोग करके H₂ उत्पादन में दस गुना वृद्धि को निरीक्षित किया गया। इसे उन ऑयनों की उपस्थिति में किया गया एवं PC अभिक्रिया पर एकीकृत सिद्धांत (जहां उत्प्रेरक में प्रकार्यात्मक कार्बन नाइट्राइड का समावेश Pt सहउत्प्रेरक की उपस्थिति में होता है जिसका उद्देश्य ऑयनों के प्रकार की उपस्थिति में H₂ उत्पादन में वृद्धि करने के लिए वॉटर स्पिलिटिंग को प्रेरित करना है) को प्राप्त किया गया। (संपर्क व्यक्ति: दीपा खुशलानी)

अणुओं के ऑयनीकरण संभाव्यताओं की प्रभावी मॉडलिंग

- **GKS-spRPA पद्धति के प्रयोग से आण्विक इलेक्ट्रॉन अफिनिटीज**

एनियोनिक अवस्थाओं की मॉडलिंग, इलेक्ट्रॉनिक संरचना पद्धतियों के लिए अग्रणी चुनौती है। सामान्यतः डेंसिटी प्रकार्यात्मक एंप्राक्सिमेशंस का प्रयोग किया। इनमें पीबीई, बी3एलवाईपी आदि शामिल थे। इलेक्ट्रॉन अफिनिटीज का प्रायः गलत आकलन होता है। इसका कारण अशुद्ध लांग-रेंज व्यवहार था जिसकी उत्पत्ति स्वतः अन्योन्यक्रिया त्रुटियों एवं डिस्पर्सन-प्रकार के सहसंबंध प्रभावों की कमी से होती है। इस कार्य ने दिखाया कि सामान्यीकृत कोन-शैम रैंडम चरण एंप्राक्सिमेशन (GKS-RPA) पद्धति में शुद्ध लांग-रेंज व्यवहार है जिसकी आवश्यकता एनियोनिक अवस्थाओं के वर्णन के लिए है। परिणामस्वरूप अणुओं की वेलेंस एवं नॉनवेलेंस एनियोनिक अवस्थाओं को समान रूप में उपयुक्तता के साथ वर्णित किया जाता है। इस कार्य में क्वार्टिक स्केलिंग GKS-RPA एल्गोरिथ्म को भी प्रस्तावित किया गया है जो पद्धति की स्केलिंग को मैग्नीट्यूड के दो क्रम तक नीचे लाता है। निम्न-स्केलिंग एल्गोरिथ्म का प्रयोग पहिलोबेंजीन अणुओं की नई एनियोनिक अवस्थाओं के अभिलक्षणन के लिए किया गया। इसके संभावित उपयोग सौर ऊर्जा कैप्चर पदार्थों में हैं। (संपर्क व्यक्ति: वैमसी के. वूरा)

- **टर्बोमोल : प्रारंभ से क्वांटम-रसायनिक एवं संघनित-पदार्थ सिमुलेशंस के लिए मॉड्युलर कार्यक्रम सुइट**

इस कार्य में विश्वभर के अनेक समूहों के प्रयासों पर चर्चा की गई। ये समूह, क्वांटम रसायनशास्त्र पद्धतियों में योगदान कर रहे हैं जो टर्बोमोल सॉफ्टवेयर की भाग हैं। इस कार्य में डेंसिटी प्रकाश्यात्मक एवं वेबप्रकार्य पद्धतियों हेतु किए गए हाल के विकास कार्यों एवं संगत एल्गोरिथ्म की समीक्षा की गई है। एल्गोरिथ्म के कोड की दक्षता के साथ व्याख्यात्मक एप्लिकेशंस के प्रकार का उल्लेख किया गया। (संपर्क व्यक्ति: वैमसी के. वूरा)

ऊर्जा एवं पर्यावरण के लिए नैनोकैटालाइसिस

- **कैटालाइसिस, प्लास्टिक डिग्रेडेशन एवं CO₂ से ईंधन रूपांतरण के लिए एसिडिक अक्रिस्टलीय एलुमिनोसिलिकेट के नैनोस्पांजेस**

अनुसंधानकर्ताओं ने “एसिडिक अक्रिस्टलीय एलुमिनोसिलिकेट्स (AAS)” नामक पदार्थ की भिन्न कक्षा के संश्लेषण एवं उपयोग को रिपोर्ट किया। इसमें जियोलाइट्स जैसी ब्रोनस्टेड एसिडिक साइटें एवं ASAs जैसे टैक्चुरल गुणधर्म शामिल हैं। AAS द्वारा आठ भिन्न अभिक्रियाओं को कैटालाइज किया जाता है (जिन सभी को अत्याधुनिक जियोलाइट्स एवं अक्रिस्टलीय एलुमिनोसिलिकेट्स की तुलना में बेहतर कार्यनिष्पादन के साथ दृढ़ एसिडिक साइटें एवं बड़े पोर आकारों की आवश्यकता होती है)। उल्लेखनीय रूप से एएएस द्वारा प्रभावी रूप से अपशिष्ट प्लास्टिक्स की रेंज को हाइड्रोकार्बन्स में महत्वपूर्ण रूप से निम्न तापमानों पर रूपांतरित किया जाता है। Cu-Zn-Al/AAS हाइब्रिड द्वारा उत्कृष्ट कार्यनिष्पादन को CO₂ से ईंधन रूपांतरण में दर्शाया जाता है जिसमें डाइमथाइल ईडर के लिए 79 प्रतिशत सिलेक्टिविटी होती है। इसके बाद AAS के उत्प्रेरक कार्यनिष्पादन का परीक्षण परंपरागत एवं डीएनपी-एनहांस्ट ठोस-अवस्था एनएमआर द्वारा किया गया। इसका उद्देश्य इन पदार्थों की भिन्न ब्रोनस्टेड एसिडिक साइटों की आण्विक स्तर की जानकारी उपलब्ध कराना थी। दृढ़ एसिडिटी एवं एक्सेसिबिलिटी के अनुपम जोड़ के कारण AAS हाइड्रॉफिल जियोलाइट्स का संभावित विकल्प होगा। (संपर्क व्यक्ति: विवेक पोल्शेट्टीवार)

- **मंगल पर पृथ्वी एवं मैग्नेशियम सभ्यता पर CO₂ मिटीगेशन**

एक्सेसिव CO₂ उत्सर्जनों की प्रमुख भूमिका जलवायु परिवर्तन में है। अतः पृथ्वी के वायुमंडल में CO₂ स्तरों में कमी लाना प्रतिकूल वातावरणीय प्रभावों को रोकने के लिए महत्वपूर्ण है। अनुसंधानकर्ताओं ने पानी एवं मैग्नेशियम का प्रयोग करके CO₂ को ईंधन (मीथेन, मैथानाल एवं फोर्मिक एसिड) एवं ग्रीन सीमेंट में सिर्फ कुछ मिनिटों में रूपांतरित किया। इस प्रोटोकॉल का प्रयोग हाइड्रोजन उत्पादन (एमजी का 940 लीटर प्रति किलो) के लिए भी किया जा सकता है जो कि सिर्फ पानी के साथ एमजी की अभिक्रिया द्वारा उत्पादित हाइड्रोजन से 420 गुना अधिक है। यह प्रक्रिया संभावित रूप से मंगल पर मैग्नेशियम-प्रेरित सभ्यता की ओर प्रथम कदम हो सकता है (जहां CO₂, पानी (बर्फ), एवं मैग्नेशियम की प्रचुरता है। (संपर्क व्यक्ति: विवेक पोल्शेट्टीवार)

- **उत्कृष्ट कैप्चर क्षमता के साथ लीथियम सिलिकेट नैनोशीट्स एवं उच्च-तापमान CO₂ कैप्चर के लिए अद्वितीय स्थिरता के साथ कार्बोनेट्स**

अनुसंधानकर्ताओं ने लीथियम सिलिकेट नैनोशीट्स (LSNs) की डिजाइन एवं संश्लेषण का कार्य किया। इसमें अत्यंत तीव्र कार्बोनेट्स के साथ उच्च CO₂ कैप्चर क्षमता एवं 650 डिग्री सेल्सियस पर बड़ी हुई स्थिरता को दिखाया गया। LSNs की नैनोशीट मॉर्फोलॉजी के कारण उन्होंने प्रत्येक एलआई-साइट पर CO₂ अवशोषण के लिए उपयुक्त बाह्य सतह उपलब्ध कराई जिससे उत्कृष्ट CO₂ कैप्चर क्षमता प्राप्त हुई। LSNs की नैनोशीट मॉर्फोलॉजी से प्रभावी CO₂ डिफ्यूजन में सहायता मिली। इसका उद्देश्य पूरी शीट के साथ अभिक्रिया को सुनिश्चित करना एवं अत्यंत तीव्र CO₂ कैप्चर कार्बोनेट्स (0.22 g g⁻¹ min⁻¹) उपलब्ध कराना था। परंपरागत लीथियम सिलिकेट्स को प्रथम कुछ चक्रों के दौरान तीव्रता से अपनी कैप्चर क्षमता एवं कार्बोनेट्स में कमी लाने के लिए जाना जाता है। इसका कारण सोर्बेंट कणों की सेंट्रिंग है; हालांकि LSNs की स्थिरता कम से कम 200 चक्रों तक रही जिस दौरान उनकी कैप्चर क्षमता या कार्बोनेट्स में कोई कमी नहीं हुई। LSNs ने न तो कार्बोनेट शैल का निर्माण किया न ही इन्हें सेंट्रिंग से गुजरना पड़ा। इससे प्रभावी अवशोषण-विशोषण चक्रण में सहायता मिली। (संपर्क व्यक्ति: विवेक पोल्शेट्टीवार)

- **g-C3N4 डेकोरेटिड डेंड्राइटिक फिब्रस नैनोसिलिका का प्रयोग करके फोटोउत्प्रेरक हाइड्रोजन उत्पत्ति एवं CO2 रूपांतरण**
अनुसंधानकर्ताओं ने डेंड्राइटिक फिब्रस नैनोसिलिका (डीएफएनएस) पर डेकोरेटिड g-C3N4 का संश्लेषण किया। g-C3N4 के साथ डीएफएनएस की प्रत्येक फाइबर की कोटिंग द्वारा C-N-Si इंटरफेस की उत्पत्ति से न सिर्फ उच्च सतह क्षेत्र उपलब्ध हुआ बल्कि इससे कंपोजिट के प्रकाशिक एवं इलेक्ट्रॉनिक गुणधर्म भी दुष्प्रभावित हुए। g-C3N4 की उत्प्रेरक संश्लेषण पुनर्निर्माण समस्या का समाधान वैक्यूम-सील्ड क्वार्ट्ज ट्यूब के इस्तेमाल से प्राप्त हुआ। दृश्यमान क्षेत्र में विस्तृत प्रकाश अवशोषण से फोटोउत्पन्न चार्ज कैरियर्स के जीवनकाल में वृद्धि हुई। इसके कारण सिलिका एवं g-C3N4 (ठोस-अवस्था एनएमआर द्वारा पुष्ट) के मध्य इंटरफेस का निर्माण एवं बढ़ा हुआ सतह क्षेत्र था। इसका परिणाम हाइड्रोजन उत्पत्ति एवं CO2 रूपांतरण के लिए DFNS/g-C3N4 के उन्नत फोटोउत्प्रेरक क्रियाकलाप में निकला। (संपर्क व्यक्ति: विवेक पोल्शेट्टीवार)
- **प्रोपेन के उत्प्रेरक ऑक्सिडेटिव डिहाइड्रोजेनरेशन के लिए डेंड्राइटिक फिब्रस नैनोसिलिका पर सपोर्टेड बोरोन नाइट्राइड एवं आक्साइड**
अनुसंधानकर्ताओं ने बोरोन नाइट्राइड (बीएन) उत्प्रेरकों के क्रियाकलाप में महत्वपूर्ण रूप से बढ़ोत्तरी करने में सफलता पाई। इसका प्रयोग प्रोपेन के ऑक्सिडेटिव डिहाइड्रोजेनरेशन (ओडीएच) के लिए होता है। इसमें अनुसंधानकर्ताओं ने डेंड्राइटिक फिब्रस नैनोसिलिका (डीएफएनएस) पर सपोर्टेड बीएन की डिजाइनिंग एवं संश्लेषण का कार्य किया। डीएफएनएस/बीएन ने असाधारण स्थिरता एवं सिलेक्टिविटी के साथ महत्वपूर्ण रूप से बढ़ी हुई कैटालाइटिक दक्षता दिखाई। टैक्चुरल अभिलक्षण (ठोस-अवस्था नाभिकीय चुंबकीय रेसोनंस (एनएमआर) एवं एक्स-रे फोटोइलेक्ट्रॉन स्पेक्ट्रोस्कोपिक विश्लेषणों के साथ) से डीएफएनएस की अनुपम फिब्रस माॅर्फोलॉजी एवं विभिन्न बोरोन साइटों (सिलिका के साथ कनेक्टिड) के कांबिनेशन की उपस्थिति का पता चला। यह कांबिनेशन उत्प्रेरण कार्यनिष्पादन में इस वृद्धि के लिए कारण है। उल्लेखनीय रूप से DFNS ने भी उत्प्रेरण क्रियाकलाप को दिखाया। हालांकि यह DFNS/B2O3 की तुलना में अधिक मॉडरेट सिलेक्टिविटी के साथ है। इस अध्ययन से पता चलता है कि दोनों बोरोन नाइट्राइड एवं ऑक्साइड, सक्रिय उत्प्रेरक हैं। इसके अलावा उच्च सतह क्षेत्र सपोर्ट (डीएफएनएस) का प्रयोग करके प्रोपेन से प्रोपीन में रूपांतरण एवं ओलिफिन्स की उत्पादकता में महत्वपूर्ण रूप से बढ़ोत्तरी की गई। (संपर्क व्यक्ति: विवेक पोल्शेट्टीवार)

वायरसों से आरएनए निष्कर्षण

- **कोशिकाओं से आरएनए निष्कर्षण के लिए डेंड्राइटिक फिब्रस नैनोसिलिका (डीएफएनएस)**
प्रभावी आरएनए निष्कर्षण का महत्व सभी डाउनस्ट्रीम अप्लिकेशंस एवं तकनीकों के लिए है। इस अध्ययन में अनुसंधानकर्ताओं ने दिखाया कि कोशिकाओं से आरएनए का निष्कर्षण, डेंड्राइटिक फिब्रस नैनोसिलिका (डीएफएनएस) द्वारा व्यावसायिक रूप से उपलब्ध सिलिकास से उच्चतर दक्षता के साथ किया जा सकता है। इसका कारण अद्वितीय फिब्रस माॅर्फोलॉजी, उच्च एक्सेसिबिल सतह क्षेत्र एवं डीएफएनएस के नैनोआकार के कण हो सकते हैं। अनुसंधानकर्ताओं ने विभिन्न मूलभूत पहलुओं का अध्ययन किया। इनमें कण आकार की भूमिका, माॅर्फोलॉजी, सतह क्षेत्र एवं आरएनए निष्कर्षण दक्षता में सिलिका सतह पर आवेश शामिल हैं। फोरियर ट्रांसफॉर्म अवरक्त (एफटीआईआर) स्पेक्ट्रोस्कोपी अध्ययन कार्यों ने सिलिका सतह के साथ आरएनए के प्रकार्यात्मक समूहों की अन्योन्यक्रिया को प्रकट किया जिससे चुनिंदा बद्धता का जन्म होता है। डीएफएनएस की धारणीय संश्लेषण प्रोटोकॉल एवं विभिन्न बफर्स की सरलता व प्रयुक्त वॉशिंग सोल्यूशंस के कारण इस आरएनए निष्कर्षण किट को किसी भी प्रयोगशाला में असेंबल किया जा सकता है। (संपर्क व्यक्ति: विवेक पोल्शेट्टीवार)

मैम्रेन जैवभौतिकी

- **लघु सिग्नलिंग अणुओं द्वारा मैम्रेन मॉड्युलेशन**
कृत्रिम एवं जैविक मैम्रेन्स के साथ लघु अणुओं की अन्योन्यक्रिया की जांच की गई। इसे परमाणु बल माइक्रोस्कोपी, प्रकाशिक स्पेक्ट्रोस्कोपी एवं एनएमआर स्पेक्ट्रोस्कोपी के साथ जांचा गया। लघु सिग्नलिंग अणुओं द्वारा मैम्रेन गुणधर्मों के अनापेक्षित दृढ़ मॉड्युलेशन को पाया गया। सेरोटोनिन (मस्तिष्क में महत्वपूर्ण सिग्नलिंग अणु) को मैम्रेन क्रम को महत्वपूर्ण रूप से कम करते पाया गया। अन्य मोनोमाइन न्यूरोट्रांसमीटर्स के भी विभिन्न सीमाओं के प्रभाव थे। यह कोशिका सिग्नलिंग के लिए नवीन पथवे है एवं इसके दृढ़ एप्लिकेशंस दीर्घ-काल सिग्नलिंग के होने में हो सकते हैं। (संपर्क व्यक्ति: सुदीप्ता मैती)

प्रोटीन एग्जेशन

- **एमिलाइड ओलिगोमर्स की संरचना, गुणधर्म एवं मैम्रेन अन्योन्यक्रियाएं**

विषाक्त प्रोटीन्स के आण्विक संशोधनों को समझना महत्वपूर्ण है। इसका कारण यह है कि वे विषाक्तता को समझने में अनिवार्य हो सकते हैं। अनुसंधानकर्ताओं के पूर्व कार्य से पता चला था कि एन-टर्मिनल की अनिवार्यता विषाक्तता के लिए है। इस अध्ययन में पाइरोग्लुटामेट संशोधित एमिलाइड की संरचना की जांच की गई। अन्य प्रमुख प्रभाव मैम्रेन में एमिलाइड ओलिगोमर्स के स्थान को समझना था। अनेक तकनीकों एवं फ्लूरोसेंस जीवनकाल प्रयोगों को लागू किया गया। तकनीकों में तीव्र फ्लूरोसेंस सहसंबंध स्पेक्ट्रोस्कोपी, इलेक्ट्रॉन पैराचुंबकीय रेसोनेंस स्पेक्ट्रोस्कोपी शामिल थीं। इनका उद्देश्य एमिलाइड बीटा एवं एमिलिन अणुओं के भिन्न भागों की अवस्थितियों को समझना था। (संपर्क व्यक्ति: सुदीप्ता मैती)

एकल अणु जैवभौतिकी

- **एकल अणु फोटोब्लीचिंग के साथ पृथक् प्रोटीन ओलिगोमर्स की जांच**

प्रोटीन एग्जेशन के क्षेत्र में प्रमुख प्रश्न, कोशिका मैम्रेन्स के साथ प्रोटीन ओलिगोमर्स की अन्योन्यक्रिया से संबंधित है। विशेष रूप से यह समझने की आवश्यकता है कि क्या ओलिगोमर के किसी विशिष्ट प्रकार में उच्चतर अफिनिटी अन्योन्यक्रिया की तुलना में कोशिका मैम्रेन के लिए है। एक पद्धति का विकास इस प्रश्न के उत्तर के लिए एकल-अणु इमेजिंग तकनीकों का प्रयोग करके किया गया। इस तकनीक से न सिर्फ एमिलिन-मैम्रेन प्रणाली की जानकारी उपलब्ध हुई बल्कि इससे मैम्रेन्स के साथ अन्योन्यक्रिया के लिए किसी ओलिगोमर के लिए सामान्य पद्धति भी मिली। (संपर्क व्यक्ति: सुदीप्ता मैती)

रसायनिक जैवविज्ञान एवं आण्विक इमेजिंग

- **कोशिका-पर्मिएबिल रेशोमेट्रिक फ्लूरोसेंट सेंसर के साथ स्पेटियो-टेंपोरली ट्रैकिंग ऑटोफैगी**

ऑटोफैगी एक अनिवार्य कोशिकीय डिग्रेडेशन प्रक्रिया है। इंपेयर्ड ऑटोफैगी को अनेक डिसऑर्डर्स के साथ लिंक किया गया है। इनमें कैंसर एवं न्यूरोडिजेनरेशन शामिल हैं। जीवित कोशिकाओं में ऑटोफैगिक फ्लक्स को ट्रैक करने से ऑटोफैगी के संबंध में यांत्रिकीय जानकारीयां प्राप्त होंगी। इसके अतिरिक्त इससे संभावित चिकित्साओं के रूप में ऑटोफैगी मांड़ुलेटर्स की तीव्र स्क्रीनिंग में भी सहायता मिलेगी। ऑटोफैगिक फ्लक्स को ट्रैक करने के लिए ऑटोफैगी की इमेजिंग के लिए कोशिका-पर्मिएबिल प्राॅब की आवश्यकता होती है जो विशेष रूप से ऑटोफैगिक वैसिकल्स को लक्षित कर सके एवं ऑटोफैगी के विस्तार पर रिपोर्ट कर सके। अनुसंधानकर्ताओं ने टार्गेटिविलिटी एवं कोशिका-पर्मिएबिलिटी के वांछनीय लक्षणों को संयुक्त किया। इसका उद्देश्य ऑटोफैगी की इमेजिंग एवं ऑटोफैगिक फ्लक्स की ट्रैकिंग हेतु नवीन बाॅटर-सोल्युबिल, कोशिका-पर्मिएबिल, विजीबिल-लाइट एक्साइटेबिल, पेप्टाइड-आधारित, फ्लूरोसेंट सेंसर को विकसित करना था। इस प्राॅब ने इंक्यूबेशन के 30 मिनटों के अंदर जीवित कोशिकाओं में तुरंत प्रवेश किया एवं ऑटोफैगिक वैसिकल्स को भिन्न रूप से लक्षित करने के अतिरिक्त जीवित कोशिकाओं में पूर्ण ऑटोफैगी पथवे को स्पेटियो-टेंपोरली ट्रैक किया। यह ट्रैकिंग रेशोमेट्रिक पीएच सेंसिटिव संसूचन योजना द्वारा की गई। प्राॅब के प्रमुख लक्षणों में कोशिका-पर्मिएबिलिटी के साथ टार्गेटिविलिटी शामिल थी। इससे ऑटोफैगी की सीधी ट्रैकिंग द्वारा ऑटोफैगी मांड़ुलेटर्स की उच्च श्रुपट स्क्रीनिंग में बढत प्राप्त होगी। (संपर्क व्यक्ति: अंकोना दत्ता)

- **एनियोनिक फॉस्फोलिपिड्स की सेंसिंग के लिए नवीन रेशोमेट्रिक फ्लूरोसेंट सेंसर**

एनियोनिक फॉस्फोलिपिड्स, प्लॉज्मा मैम्रेन के संरचनात्मक एवं सिग्नल मीडिएटिंग घटक होने के अतिरिक्त यूकारियोटिक कोशिकाओं में आर्गेनेल मैम्रेन्स होते हैं। हालांकि इन फॉस्फोलिपिड्स के परिवर्तित मेटाबोलिज्म से घातक डिसऑर्डर्स हो सकते हैं एवं यह रोगों के लिए बाॅयोमार्कर्स के रूप में भी कार्य कर सकता है। इन लिपिड्स के लिए कोशिका पर्मिएबिल फ्लूरोसेंट सेंसरों द्वारा मूल्यवान टूल्स के रूप में कार्य जीवित कोशिका संसूचन एवं ट्रैकिंग के लिए किया जाता है। इसका उद्देश्य जैविक प्रकार्य से संबंधित स्थानीयकरण एवं गतिकी पर सूचना उपलब्ध कराना है। अनुसंधानकर्ताओं ने कोशिका पर्मिएबिल, रेशोमेट्रिक फ्लूरोसेंट प्राॅब को विकसित किया। यह एण्डोसोमल एवं लाइसोसोमल मैम्रेन्स के अंदर एनियोनिक फॉस्फोलिपिड्स के संसूचन के लिए उपयुक्त है। इन प्राॅब्स की सफलता प्रोगाम्ड कोशिका मृत्यु प्रारंभ होने पर बाह्य एनियोनिक फॉस्फोलिपिड्स को संसूचित करने में भी थी। (संपर्क व्यक्ति: अंकोना दत्ता)

- फॉस्फेटिडीलाइनोसिटॉल-(3,4,5)-ट्रिस्फॉस्फेट की ट्रेकिंग के लिए कोशिका-पर्मीएबिल रेशोमेट्रिक फ्लूरोसेंट सेंसर**
 फॉस्फेटिडीलाइनोसिटॉल-3,4,5-ट्रिस्फॉस्फेट (पीआईपी3), सिग्नलिंग लिपिड है। यह फॉस्फेटिडीलाइनोसिटॉल 3-काईनेस (पीआई3के)/एकेटी पथवे को रेगुलेट करता है। पीआई3के/एकेटी पथवे द्वारा कोशिकीय मेटाबोलिज्म, सरवाइवल, वृद्धि, विस्तार, पोलेरिटी एवं अपोप्टोसिस में केंद्रीय भूमिका का निर्वाह किया जाता है। इसके अतिरिक्त यह अनेक कैंसरों में अपरेग्युलेट होता है जिसमें सीने का कैंसर शामिल है। पीआई3के को एक्सप्रेस करने वाले जीन्स को सीने के कैंसर में ओवरएक्सप्रेस पाया गया है। इसके अतिरिक्त क्रोमोसोम 10 (पीटीईएन) प्रकार्य पर डिलीटेड फॉस्फेटेस एवं टेंशन होमोलॉग की हानि का अक्सर निरीक्षण सीने के कैंसर में किया जाता है। बढे हुए पीआई3के क्रियाकलाप एवं घटे हुए पीटीईएन प्रकार्य का समग्र प्रभाव पीआईपी3 का संचय है। संभावित निदान मार्ग के रूप में मलाइनेंट सीने के कैंसर में पीआईपी3 के बढे हुए स्तरों को संसूचित करने के लक्ष्य की ओर अनुसंधानकर्ताओं ने नवीन पेप्टाइड-आधारित कोशिका-पर्मीएबिल रेशोमेट्रिक फ्लूरोसेंट सेंसरों का विकास पीआईपी3 के लिए किया। (संपर्क व्यक्ति: अंकोना दत्ता)
- एनियोनिक फॉस्फोलिपिड्स की ट्रेकिंग के लिए फ्लूरोसेंट रसायनिक टूल्स**
 एनियोनिक फॉस्फोलिपिड्स, कोशिका मैम्ब्रेन्स के अनिवार्य संरचनात्मक घटक हैं। इन लिपिड्स की स्पेटियोटेम्पोरल गतिकी द्वारा सिग्नलिंग एवंट्स एवं मैम्ब्रेन प्रक्रियाओं की रेगुलेटिंग में केंद्रीय भूमिकाओं का निर्वाह किया जाता है। दूसरी ओर एनियोनिक फॉस्फोलिपिड्स मेटाबोलिज्म में त्रुटियों को अनेक रोगों से संबद्ध किया जाता है। अतः जीवित कोशिकाओं में इन फॉस्फोलिपिड्स एवं उनकी गतिकी को विजुआलाइज करने की क्षमता द्वारा प्रमुख कोशिका प्रक्रियाओं के संबंध में यांत्रिकीय जानकारीयों प्राप्त करने, थेरेपेटिक्स के विकास एवं निदान एजेंटों तक पहुंचने का मार्ग प्रशस्त किया जा सकता है। फ्लूरोसेंट सेंसरों (जो एनियोनिक फॉस्फोलिपिड्स को संसूचित कर सकते हैं) का स्थान प्रमुख रसायनिक टूल्स में है जिनका प्रयोग कंफोकल माइक्रोस्कोपी प्लेटफॉर्म में इन जैव-अणुओं को इमेज एवं ट्रेक करने के लिए किया जा सकता है। इस समीक्षा में अनुसंधानकर्ताओं ने विद्यमान रसायनिक प्रॉब्स एवं सेंसिंग कार्यनीतियों का उल्लेख एनियोनिक फॉस्फोलिपिड्स एवं उनके पक्ष और विपक्ष के साथ किया। यह उन्होंने जीवित कोशिकाओं में इन अनिवार्य लिपिड्स की इमेजिंग एवं ट्रेकिंग हेतु उनके उपयोग के संदर्भ में किया। (संपर्क व्यक्ति: अंकोना दत्ता)

मेडिसिनल रसायनशास्त्र एवं कोशिका जैवविज्ञान

- प्रतिरोधी कैंसर के उपचार के लिए नई आइरिडियम एवं रुथेनियम आधारित आर्गेनोमैटालिक कैंसररोधी दवाओं का विकास एवं उनका लक्षित वितरण**
 प्लेटिनम प्रतिरोधी कैंसरों के लिए नए उपचार विकल्प को पाने के उद्देश्य से अनुसंधानकर्ताओं ने हाल ही में अनेक आइरिडियम एवं रुथेनियम यौगिकों की डिजाइन तैयार की एवं उनका संश्लेषण किया। इसके अतिरिक्त अनुसंधानकर्ताओं ने उनकी कैंसररोधी संभावना का मूल्यांकन किया। जांच का परिणाम नैनोमोलर क्रियाकलाप के साथ दो उच्च पोटेंट यौगिकों में निकला जो प्लेटिनम प्रतिरोध से मुकाबला करने में सक्षम थे। अनुसंधानकर्ताओं द्वारा वर्तमान में कार्य के क्रियातंत्र का परीक्षण किया जा रहा है। इन पोटेंट दवा कैंडिडेट्स के लक्षित वितरण के लिए अनुसंधानकर्ताओं ने उच्च एंक्रैपसुलेशन क्षमता के साथ लिपोसोमल सूत्रीकरण को भी विकसित किया। लघु अणुओं एवं लिपोसोम्स का शीघ्र मूल्यांकन माइस बीयरिंग कैंसर में किया जाएगा। (संपर्क व्यक्ति: मलय पात्रा)
- उच्च वोल्टेज रेनियम आधारित कैंसररोधी यौगिकों की ओर**
 इस कार्य का उद्देश्य प्लैटिनम दवाओं के विकल्प के तौर पर उच्च वोल्टेज धातु-आधारित दवाओं की खोज करना है। अनुसंधानकर्ताओं द्वारा नए उच्च वोल्टेज रेनियम कैंसररोधी कांप्लेक्सेस के कैंसररोधी गुणधर्मों पर कार्य को जारी रखा जा रहा है। उच्चतर ऑक्सिडेशन में धातुओं के साथ धातु कांप्लेक्सेस, सामान्यतः काइनेटिकली इनर्ट होते हैं। इसके परिणामस्वरूप ये प्रोड्रग के रूप में कार्य कर सकते हैं। ऐसा प्रोड्रग, सिलेक्टिव सक्रियण से गुजर सकता है जिसमें रिडक्शन सिर्फ ट्युमर एनवायरनमेंट में होगा एवं इससे कैंसररोधी क्रियाकलाप का निष्कर्षण वांछित स्थल पर होगा। इस 'रिडक्शन द्वारा सक्रियण' से कैंसर सिलेक्टिविटी एवं दवा की सुरक्षा प्रोफाइल में सुधार हो सकता है। इसके अतिरिक्त गैर-प्लैटिनम धातुओं के भिन्न जैवआण्विक लक्ष्य के कारण यौगिकों की दस नई कक्षा से कैंसर में प्लैटिनम प्रतिरोध समाप्त होना अपेक्षित है। अनुसंधानकर्ताओं द्वारा रेनियम (VII) एवं रेनियम (V) के साथ कुछ सफलताओं को पहले ही प्राप्त किया गया है। अनुसंधानकर्ताओं द्वारा वर्तमान में संरचना को इष्टतम रूप दिया जा रहा है। इसका उद्देश्य जैविक मीडिया में फिजिको-रसायनिक गुणधर्मों एवं स्थिरताओं में सुधार लाना है। (संपर्क व्यक्ति: मलय पात्रा)

- **कैमोथेरेपेटिक दवाओं के वितरण के लिए ब्लियोमाइसिन की सुगर के गुणधर्मों को लक्ष्य करने वाले कैंसर की हार्नेसिंग**
इस कार्य का उद्देश्य कैंसर ऊतक में कैंसररोधी दवाओं के लक्ष्यित वितरण के लिए नए लक्ष्य वैक्टर की खोज करना है। इससे साइट पर प्रभावी डोज में वृद्धि होगी एवं अवांछित साइट इफेक्ट्स में कमी होगी। अनुसंधानकर्ताओं का मुख्य उद्देश्य सुगर ट्रांसपोर्टर्स को लक्ष्यित करना है जो कैंसर कोशिकाओं की सतह पर ओवर एक्सप्रेस्ड हैं। इस उद्देश्य के लिए अनुसंधानकर्ताओं ने ब्लियोमाइसिन नामक प्राकृतिक रूप से घटित कैंसररोधी यौगिक की डिसएकाराइड मोइटी की संभाव्यता को लक्ष्यित करने वाले सुगर ट्रांसपोर्टर के परीक्षण की योजना तैयार की। अनुसंधानकर्ताओं ने सफलतापूर्वक ब्लियोमाइसिन के मोनोशराइड में संश्लेषणात्मक मार्ग का इष्टतमीकरण किया है एवं वे वर्तमान में दवा कंजुगेट्स के संश्लेषण पर कार्य कर रहे हैं। प्रथम पीढ़ी सुगर-प्लैटिनम कंजुगेट्स की कैंसर कोशिकाओं में परीक्षण के लिए तैयार होना शीघ्र अपेक्षित है। (संपर्क व्यक्ति: मलय पात्रा)

भौतिकीय रसायनशास्त्र

- **लाइकोपीन एच-एग्रेगेट्स में सिंगलैट फिशन द्वारा दीर्घ-कालीन ट्रिपलैट अवस्थाओं का फोटोजेनरेशन**
सिंगलैट फिशन (एसएफ) द्वारा निर्मित आण्विक ट्रिपलैट एक्साइट्स में सामान्यतः लघु ट्रिपलैट जीवनकाल होता है। इसका कारण एक्साइटन-एक्साइटन रिफ्लेक्शन एवं रिलैक्सेशन पथवेज है। इसका परिणाम एसएफ-बूस्टिड सौर कोशिकाओं के लिए कांप्लेक्स डिवाइस आर्किटेक्चर्स में निकलता है। ब्रॉडबैंड ट्रांजिएंट अवशोषण स्पेक्ट्रोस्कोपी का प्रयोग करके अनुसंधानकर्ताओं ने दिखाया कि कमरे के तापमान पर नैनोसंरचित लाइकोपीन एच-एग्रेगेट्स के फोटोएक्साइटेशन से फ्री ट्रिपलैट्स का निर्माण अद्वितीय 35 गुना वृद्धि के साथ जीवनकाल में होता है। (मोनोमर बैकबोन पर स्थानीय की तुलना में)। भिन्न वाइब्रोनिन लक्षणों के साथ ~19 में स्पेक्ट्रली ब्लू-शिफ्टिड सहसंबंधित टी-टी युग्म अवस्था की निरीक्षित वृद्धि से एसएफ-प्रेरित ट्रिपलैट जेनरेशन के लिए आधार उपलब्ध होता है। (संपर्क व्यक्ति: ज्योतिशमन दासगुप्ता)
- **होस्ट-गैस्ट आवेश स्थानांतरण पैराडिगम का प्रयोग करके फोटोरसायनशास्त्र: भूमि एवं उत्तेजित अवस्थाओं की गतिकीय प्रॉब के रूप में डीएमएबीएन**
कंफाइन्ड एनवायरनमेंट में होस्ट-गैस्ट अन्योन्यक्रियाओं से उत्पन्न फोटोएक्साइटिंग आवेश स्थानांतरण (सीटी) ट्रांजिशन द्वारा काइनेटिकली ट्रैप्ड रेडिकल्स की प्रभावी रूप से उत्पत्ति हो सकती है। विसरण सीमित अभिक्रियाओं के लिए इन फोटोजेनरेटिड रेडिकल्स को प्रिडिस्पोज करने के लिए भूमि एवं उत्तेजित अवस्थाओं में होस्ट-गैस्ट सीटी अन्योन्यक्रियाओं की प्रकृति को समझना अनिवार्य है। इस अध्ययन में अनुसंधानकर्ताओं ने गैस्ट अभिविन्यासों की हीटरोजेनिटी एवं आगामी इलेक्ट्रॉन-समृद्ध आण्विक प्रॉब एन,एन-डाइमेथिलेमिनोबेंजोलाइड्राइल (डीएमएबीएन) (इलेक्ट्रॉन डेफिशिएंट वॉटर-सोल्युबिल कैटियोनिक Pd6L412+ नैनोहोस्ट के अंदर इंकॉर्पोरेटिड) की उत्तेजित अवस्था आवेश स्थानांतरण गतिकी की जांच की। 1एच-एनएमआर, रेसोनेंस रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी एवं पंप-प्रॉब स्पेक्ट्रोस्कोपी के कांविनेशन का प्रयोग करके अनुसंधानकर्ताओं ने आवश्यक चुनौतियों का उल्लेख किया। इन चुनौतियों का सामना आण्विक केजस का प्रयोग फोटोउत्प्रेरक अभिक्रिया वैसल्स के रूप में करने के लिए किया जाना है। (संपर्क व्यक्ति: ज्योतिशमन दासगुप्ता)
- **जैविक अर्धचालकों में एक्साइट्स की टेंपोरल प्रॉबिंग**
फोटोप्रेरित आवेश उत्पत्ति द्वारा भौतिकीय आधार का निर्माण ऊर्जा रूपांतरण के लिए जैविक फोटोवोल्टेक (ओपीव्ही) तकनीक में किया जाता है। इसमें संलग्न मूलभूत प्रारंभिक कार्यों में जैविक अर्धचालकों द्वारा प्रकाश के अवशोषण से फोटोउत्तेजित अवस्थाओं को उत्पन्न करना शामिल है। इसके बाद कार्यों में आवेश स्थानांतरण एवं आवेश पृथक्करण प्रक्रियाएं (उपयुक्त एक्सेप्टर की उपस्थिति में) आती हैं। अवशोषित फोटोन ऊर्जा का उपयोग पूर्ण रूप से अधिकतम डिवाइस दक्षता हासिल करने के लिए किया जाना चाहिए। हालांकि इंस्टैनिअसली जेनरेटिड उच्च-ऊर्जा या हॉट-उत्तेजित अवस्थाओं की प्रगतिशील रिलेक्सेशन हानियों द्वारा अधिकतम डिवाइसेबिल वोल्टेज के लिए प्रमुख गतिरोध उत्पन्न होता है। इस दक्षता सीमित कारक को हाल ही में चुनौती, आवेशों की प्रभावी उत्पत्ति में हॉट-कैरियर्स की भूमिका द्वारा दी गई है। अतः सभी रिलेक्सेशन प्रक्रियाओं से हॉट-एक्साइटन के डिसोसिएशन की टेलरिंग को टेंपोरली तीव्र करके ऊर्जा हानि पथवेज को मिनीमाइज किया जा सकता है। इस कार्य में नाभिकीय गतिकी के साथ एक्साइटन गतिकी की जांच के महत्व को उल्लेखित किया गया है। इसका उद्देश्य हॉट-कैरियर जैविक फोटोवोल्टेक्स के निर्माण हेतु रूपरेखा को उपलब्ध कराना है। (संपर्क व्यक्ति: ज्योतिशमन दासगुप्ता)

- **साइट्रोक्रोम सी ऑक्सिडेस की उपइकाई II में कॉपर ऑयन रिकगनिशन पेप्टाइड अनुक्रम की पहचान: संयुक्त सैद्धांतिक एवं प्रयोगात्मक अध्ययन**

एंजाइम के द्विनाभिकीय पर्पल CuA केंद्र की मैच्युरेशन पर साइट्रोक्रोम सी ऑक्सिडेस की उपइकाई II के धातु ऑयनबद्ध लूप के सरफेस एक्सपोज्ड भाग से प्राप्त पेंटापेप्टाइड एनएचएसएफएम की भूमिका का परीक्षण किया गया। इसमें अनेक प्रयोगात्मक एवं कंप्यूटेशनल पद्धतियों का प्रयोग किया गया। कॉपर ऑयन को पेंटापेप्टाइड के 1:1 कॉम्प्लेक्स को निर्मित करते पाया गया जहां टाइप 2 कॉपर केंद्र में पेप्टाइड से 4-लिगैंड कोऑर्डिनेशन को प्रकट किया गया। रेस्ट्रेन्ड आण्विक गतिकी (आरएमडी) सिमुलेशन से कार्बोनिल ऑक्सिजन के कोऑर्डिनेशन का पता एस्परेजिंग (एन) साइड चेन एवं पानी के अणुओं से चला। इसके अतिरिक्त Cu-NHSFM के अक्रमित स्क्वेयर प्लॉनर ज्यामिति में एस्परेजिंग (एन) के हिस्टीडाइन (एच), मेथियोनाइन (एम) एवं टर्मिनल अमाइन से इनका पता चला। धातु पेप्टाइड के लिए बैकबोन दूरियों एवं बी-कारकों के विश्लेषणों से संकेत मिला कि पेप्टाइड बैकबोन में अधिक सघनता एवं कठोरता का जन्म धातु ऑयन की बद्धता पर होता है। इससे पता चला कि प्रोटीन में इस पेंटापेप्टाइड में कॉपर ऑयन की बद्धता से संभवतः प्रोटीन बैकबोन का मूवमेंट होता है। इससे अन्य कोऑर्डिनेटिंग रेसिड्यूज की निकटता कॉपर ऑयन से होती है। इस तरह प्रोटीन में कॉपर ऑयनों के सीक्वेंशल अपटेक में सहायता मिलती है। (संपर्क व्यक्ति: श्यामलवा मजूमदार)

- **डाइरेक्ट इलेक्ट्रोकेटालाइसिस के लिए CYP101 म्यूटेंट के साथ सिंगल-वॉल्ट कार्बन नैनोट्यूब का कोवेलेंट कंजुगेशन**

एंजाइम के विशिष्ट स्थल द्वारा सिंगल वॉल्ट कार्बन नैनोट्यूब (एसडब्ल्यूसीएनटी) एवं सीवाईपी101 के मध्य कोवेलेंट लिंकेज द्वारा प्रभावी एंजाइम इलेक्ट्रोड्स की डिजाइनिंग की नवीन पद्धति को इस प्रोटोटाइप साइट्रोक्रोम पी450 एंजाइम के प्रयोग द्वारा उपलब्ध कराया जा सकता है। अनुसंधानकर्ताओं ने मैलेमाइड प्रकार्यात्मक समूहों को समाहित करने वाले लिंकर 4-कॉबाक्सी फिनायल मैलेमाइड (सीपीएमआई) को रसायनिक रूप से संशोधित किया। इस एंजाइम को कोवेलेंटली संलग्न एसडब्ल्यूसीएनटी पर किया गया। यह लिंकर (सीपीएमआई) के मैलेमाइड समूह से सरफेस एक्सपोज्ड सिस 58 या सीवाईपी 101 के सिस 136 के मैलेमाइड समूह द्वारा किया गया। इससे नैनोट्यूब पर कोवेलेंटली इमोबिलाइज्ड प्रोटीन का निर्माण हुआ। संशोधित सीडब्ल्यूसीएनटी-सीपीएमआईसीवाईपी101 कंजुगेट की थिन फिल्म को ग्लॉसी कार्बन (जीसी) इलेक्ट्रोड पर निर्मित किया गया। सबस्ट्रेट (कैफोर)-बद्ध एंजाइम के प्रत्यक्ष इलेक्ट्रोसायनशास्त्र का अध्ययन किया गया। इसके लिए इस इमोबिलाइज्ड एंजाइम इलेक्ट्रोड प्रणाली का प्रयोग किया गया। इस दौरान रेडॉक्स पोटेंशल को $be - 320mV$ vs $Ag/AgCl$ (3 M KCl), पाया गया जो पूर्व में रिपोर्टिड सबस्ट्रेट बद्ध एंजाइम के रेडॉक्स पोटेंशल के अनुरूप है। कैटालाइसिस के दौरान निर्मित उत्पाद की पहचान द्रव्यमान-स्पेक्ट्रोमेट्री द्वारा हाइड्रॉक्सी-कैफोर के रूप में की गई। (संपर्क व्यक्ति: श्यामलवा मजूमदार)

- **इंजीनियर्ड एपो-फैरिटिन नैनोकेजेस के अंदर आइरिडियम कॉम्प्लेक्स का नियंत्रित अपटेक: संरचना एवं कैटालाइसिस का अध्ययन**

आर्गेनोधात्विक आइरिडियम कॉम्प्लेक्स की अपटेक पर फैरिटिन नैनोकेज की कोर पर विशिष्ट स्थलों पर उत्परिवर्तन के प्रभाव का परीक्षण किया गया है। इसका उद्देश्य काइरल एल्कोहल्स के संश्लेषण के लिए प्रभावी हाइब्रिड जैव-नैनो उत्प्रेरक की डिजाइन तैयार करनी है। अनुसंधानकर्ताओं ने प्रोटीन के दो स्थल-विशिष्ट उत्परिवर्तितों को विकसित किया। फैरिटिन के इन हाइब्रिड जैव-नैनोकेजेस को विभिन्न सब्सट्रिट्स एसटोफेनोन्स के ट्रांसफर हाइड्रोजेनरेशन को प्रभावी रूप से कैटालाइज करते पाया गया। इनसे 80 प्रतिशत रूपांतरण एवं 70 प्रतिशत एनेनटिओसिलेक्टिविटी तक काइरल एल्कोहल्स का निर्माण हुआ। फैरिटिन केज के अंदर धातु केंद्र के एंक्लपसुलेशन से अभिक्रिया की एनेनटिओसिलेक्टिविटी का जन्म होता है। इससे पता चलता है कि एसिमेट्रिक प्रोटीन एनवायरनमेंट द्वारा सबस्ट्रेट के विशिष्ट कंफर्मेशन को वरीयता दी जाती है जिससे एनेनटियोमेरिक उत्पादों का निर्माण होता है। इनेनटियोसिलेक्टिविटी के हैमेट प्रकार के विश्लेषणों से बाइफेसिस निर्भरता का वोल्यूम एवं सब्सट्रिट्स की हाइड्रोफोबिसिटी पर होने का संकेत मिला। (संपर्क व्यक्ति: श्यामलवा मजूमदार)

- **एमिनोसायनोपाइरिडीन्स के इन सीटू संश्लेषणों की ओर दो द्विनाभिकीय निकेल कॉम्प्लेक्स के अंतर्निहित उत्प्रेरणात्मक क्रियाकलापों जैसे यूरिएज का अनावरण**

मैटलोएंजाइम्स के लिए प्रकार्यात्मक मॉडलों के रूप में धातु कॉम्प्लेक्स की डिजाइन तैयार करना संश्लेषणात्मक जैवअजैविक रसायनशास्त्र में मुख्य लक्ष्यों में एक है। इसके अतिरिक्त जैविक प्रणालियों में होने वाले बाद के जैविक ट्रांसफार्मेशन के लिए उत्प्रेरणात्मक अभिक्रिया से प्राप्त उत्पाद (उत्पादों) का उपयोग कहीं अधिक कठिन चुनौती जैवरसायन वैज्ञानिकों के लिए है। यूरिएज (ज्ञात सर्वाधिक प्रभावी एंजाइम) द्वारा यूरिया की हाइड्रोलाइसिस को कैटालाइज किया जाता है एवं यह सक्रिय स्थल

में अनिवार्य द्विनाभिकीय एनआई (II) क्लस्टर को समाहित करता है। यूरिएज के उत्प्रेरणात्मक गुणधर्मों द्वारा प्रेरित दो डिनिकेल (II) कांप्लेक्सेस जिनमें लिगेण्ड्स 2,4-dimethyl-6-[[[(2'-dimethyl aminoethyl) methylamino] methyl]-phenol and 2,4-dichloro-6-[[[(2'-dimethyl aminoethyl) methylamino] methyl]-phenol], समाहित हैं, का संश्लेषण एवं अभिलक्षण किया गया। दोनों कांप्लेक्सेस ने एक्वस सोल्यूशन में यूरिया से अमोनिया के लिबेरेशन के साथ क्रियाकलाप के यूरिएज प्रकार को दिखाया। लिबरेटिड अमोनिया का उपयोग 2-अमीनो-3-सायनोपाइरिडीन्स जैसे जैविक रूप से सक्रिय उत्पादों के वन-पॉट संश्लेषण में किया गया। इसके अलावा उनके डिराइवेटिव्स का उपयोग एक्वस मीडियम में उत्कृष्ट परिणामों के साथ किया गया। (संपर्क व्यक्ति: श्यामलवा मजूमदार)

सुपरसोनिक जैट स्पेक्ट्रोस्कोपी

• थियोब्रोमाइन-वॉटर डाइमर का स्पेक्ट्रोस्कोपिक अभिलक्षणन

प्रकृति ने सीजीएटी का चयन जीवन की वर्णमाला (सी: साइटोसाइन, जी: गोनाइन, ए: एडेनाइन, टी: थाइमाइन) के रूप में किया है जो डीएनए डबल हेलिक्स को एक साथ अंतःआण्विक हाइड्रोजन बांडिंग अन्योन्यक्रियाओं द्वारा रखती है। हाइड्रोजन बांडिंग अन्योन्यक्रियाओं की भूमिका को समझने के प्रयास में पानी के साथ थियोब्रोमाइन की अन्योन्यक्रिया के पूर्ण प्रयोगात्मक एवं कंप्यूटेशनल अध्ययन कार्य को किया गया। पृथ्वी पर जीवन की दृश्यता के आण्विक आधार को समझना रोचक अनुसंधान क्षेत्र है। थियोब्रोमाइन एक जैथाइन डिराइवेटिव है। यह न्युक्लियोबेसेस के साथ संरचनात्मक रूप से संबंधित है एवं यह अनेक प्राणियों में उपस्थित है। प्रयोगात्मक परिणामों ने प्रदर्शित किया कि थियोब्रोमाइन-पानी के सर्वाधिक स्थिर आइसोमर का निर्माण हुआ एवं इसे सुपरसोनिक विस्तारों में संसूचित किया गया। इस आइसोमर की सदृश्यता बहुत अधिक न्युक्लियोबेसेस एवं पानी के मध्य डाइमर्स की संरचना के साथ है जिससे बद्ध ऊर्जा की समान वैल्यूज मिलते हैं। थियोब्रोमाइन-पानी के लिए प्राप्त परिणामों एवं न्युक्लियोबेसेस के मोनोहाइड्रेट्स के लिए लिटरेचर में रिपोर्टिड के मध्य तुलना भी की गई। (संपर्क व्यक्ति: संजय वाटेगांवकर)

• सीएच एवं सल्फर नामक दो अपरंपरागत हाइड्रोजन बांडिंग भागीदारों के मध्य हाइड्रोजन बांडिंग अन्योन्यक्रिया

सल्फर (एस), अपने प्रथम रो एनालॉग ऑक्सिजन (3.44) की तुलना में कम इलेक्ट्रोनकारात्मक (2.58) है। इसे लंबे समय तक संभावित एचबी एक्सेप्टर नहीं माना गया है। सी-एच---वाई (वाई = एचबी एक्सेप्टर) अन्योन्यक्रिया की कांप्लेक्स निर्माण पर सीएच स्ट्रेचिंग आवृत्ति में ओमनीडाइरेक्शनल शिफ्टों को दर्शाने का स्वयं का इतिहास है। अतः अपरंपरागत हाइड्रोजन बांड प्लेयर्स अर्थात् सी-एच---एस अन्योन्यक्रिया के युग्म के मध्य अन्योन्यक्रिया का क्रमबद्ध परीक्षण इस कार्य का प्रमुख लक्ष्य था। गैस-चरण वाइब्रेशनल स्पेक्ट्रोस्कोपी एवं एच इनिशियो क्वांटम रसायनिक गणनाओं के साथ सी-एच---एस हाइड्रोजन बांड (एचबी) की प्रकृति एवं सामर्थ्य का परीक्षण किया गया। इसे 1,2,4,5-टेट्रासायनोबैंजीन (टीसीएनबी) के कांप्लेक्सेस में विभिन्न सल्फर कंटेनिंग सॉल्वेंट्स के साथ किया गया। दोनों एचबी डोनर एवं एचबी एक्सेप्टर (क्रमशः सी-एच एवं एस) की अपरंपरागत प्रकृति के बावजूद पाया गया कि सी-एच---एस हाइड्रोजन बांड द्वारा परंपरागत हाइड्रोजन बांड के समस्त अभिलक्षणों को दर्शाया जाता है। इन कांप्लेक्सेस में सी-एच---एस बांड की बद्धता सामर्थ्य को परंपरागत हाइड्रोजन बांड्स के तुलनीय पाया गया। इन HBs की असामान्य स्थिरताओं का मुख्य रूप से श्रेय अट्रैक्टिव डिसपर्शन अन्योन्यक्रिया को दिया गया। (संपर्क व्यक्ति: संजय वाटेगांवकर)

• बैजर-बोअर नियम से विचलन

सामान्य धारणा यह है कि एक्स-एच---वाई हाइड्रोजन बांडेड कांप्लेक्सेस में एक्स-एच स्ट्रेचिंग आवृत्ति में रैड शिफ्ट, एच-बांड सामर्थ्य (डी0) का विश्वसनीय संकेतक है एवं इसे मुख्यतः बैजर-बोअर नियम के रूप में जाना जाता है। इस प्रवृत्ति को H₂S/H₂O के एच-बांडेड कांप्लेक्सेस के लिए भी रिपोर्ट किया गया। यह भिन्न पीकेए वैल्यूज के अनेक पैरा सब्सट्रुटिड फेनॉल्स के साथ रिपोर्ट किया गया। इनमें ऑक्सिजन केंद्रित हाइड्रोजन बांडेड (ओसीएचबी) कांप्लेक्सेस ने निरंतर उच्चतर ओएच रैड शिफ्टों एवं डी0 को दिखाया (एनालॉगस सल्फर केंद्रित हाइड्रोजन बांडेड (एससीएचबी) कांप्लेक्सेस की तुलना में)। अनुसंधानकर्ताओं ने इस प्रवृत्ति का परीक्षण मिथायल सब्सट्रुटिड H₂S/H₂O एक्सेप्टर्स में किया जिन्हें इमेथाइलसल्फाइड एवं डाइमेथाइललेटर कहा जाता है। सात पैरा-सब्सट्रुटिड एच-बांड डोनर फेनॉल्स के साथ Me₂O एवं Me₂S के हाइड्रोजन बांडेड (एच बांडेड) कांप्लेक्सेस का परीक्षण स्पेक्ट्रोस्कोपिकली एवं कंप्यूटेशनली किया गया। प्रमुख निष्कर्ष यह था कि हालांकि वियोजन ऊर्जाएं Me₂O कांप्लेक्सेस की डी0 निरंतर रूप से उच्चतर थीं (एनालॉगस Me₂S कांप्लेक्सेस की तुलना में)। इसके अतिरिक्त अन्य निष्कर्ष यह था कि फेनोलिक ओ-एच आवृत्तियों में रैड-शिफ्टों ने ठीक विपरीत प्रवृत्ति को दर्शाया। (संपर्क व्यक्ति: संजय वाटेगांवकर)

- **कार्बोन्स की हाइड्रोजन बांडिंग अन्योन्यक्रिया**

जेट कूलड आण्विक बीम्स में कार्बोन अणुओं की उत्पत्ति के लिए अनेक प्रिकर्सर अणुओं पर प्रयास किया गया। सभी मामलों में कार्बोन सिगनल को प्रयोग के प्रारंभ में प्राप्त किया गया। हालांकि आधे घंटे के अंदर कार्बोन सिगनल लुप्त होने लगा एवं डिसप्रोपोरशनेशन अभिक्रियाओं के प्रोडक्ट्स दृश्यमान होने लगे। इसका श्रेय नोजल के पल्सड ऑपरेशन के कारण सैपल होल्डर से रिएक्टेंट अणु डिसचार्ज के निम्न ड्युटी चक्र को दिया गया। अतः लेजर एबलेशन सैट की डिजाइन तैयार कर निर्माण कार्य, केंद्रीय कार्यशाला (टीआईएफआर, मुंबई) में किया गया। इस अपारेटस का परीक्षण किया गया है एवं इसे कार्यशील स्थिति में पाया गया है। इस सैटअप का प्रयोग करके कार्बोन्स को जेनरेट करने के प्रयोगों पर कार्य चल रहा है। इस परियोजना में प्रगति में बड़ी बाधा विस्तृत कोविड लॉक-डाउन के कारण आई। (संपर्क व्यक्ति: संजय वाटेगांवकर)

संघनित पदार्थ भौतिकी एवं सामग्री विज्ञान विभाग

अंतर्धात्विक यौगिकों का एकल क्रिस्टल विकास

- **एकलक्रिस्टललाइन WSi_2 में अत्यंत विशाल मैग्नेटोरैसिस्टेंस, विषमदैशिक हॉल प्रभाव एवं फर्मी सतह टोपोलॉजी**

अनुसंधानकर्ताओं ने मैग्नेटो-ट्रांसपोर्ट गुणधर्मों का परीक्षण $MoSi_2$ एकल क्रिस्टलों पर किया। इस दौरान उन्होंने अत्यंत विशाल मैग्नेटोरैसिस्टेंस (एमआर) एवं अत्यंत उच्च मोबिलिटी को उस यौगिक में पाया। $MoSi_2$ के विशाल मैग्नेटोरैसिस्टेंस का श्रेय चार्ज कैरियर्स के लगभग परफेक्ट कंपेनसेशन को दिया गया। नवीन अर्ध-धात्विक प्रणालियों के अध्ययन कार्यों को जारी रखते हुए अनुसंधानकर्ताओं ने आइसोसंरचनात्मक यौगिक WSi_2 के विषमदैशिक ट्रांसपोर्ट एवं फर्मी सतह गुणधर्मों का परीक्षण किया। WSi_2 के उच्च गुणवत्ता एकल क्रिस्टलों का विकास जोकालस्की पद्धति द्वारा टेप्रा-आर्क फर्नेस में किया गया। 2 K पर एमआर ने लगभग 10^5 % T की वैल्यू को स्पष्ट किया। यह 14 टी के लागू चुंबकीय क्षेत्र में सैचुरेशन के बिना किसी साइन के साथ किया गया। चार्ज कैरियर्स के निकट कंपेनसेशन एवं डब्ल्यूएसआई में विशाल कैरियर मोबिलिटी, ऐसी विशाल एमआर वैल्यूज के लिए पूर्ण रूप से जिम्मेदार हैं। WSi_2 के हॉल रैसिस्टिविटी डेटा को उच्च रूप से विषमदैशिक पाया गया। क्षेत्र के डाइरेक्शन पर निर्भर चार्ज कैरियर्स भिन्न थे। डे हांस वैन अल्फन (डीएचवीए) मापनों की कोणीय निर्भरता से अनुसंधानकर्ताओं ने फर्मी सतह गुणधर्मों का विश्लेषण किया। (संपर्क व्यक्ति: ए. थमीजावेल)

- **गैर-सेंट्रोसिमेट्रिक $CaAgBi$ एकल क्रिस्टल के मैग्नेटोट्रांसपोर्ट गुणधर्म**

अनुसंधानकर्ताओं ने सफलतापूर्वक गैर-सेंट्रोसिमेट्रिक $CaAgBi$ के एकल क्रिस्टल का विकास किया। इसका क्रिस्टलाइजेशन, हेक्जागोनल क्रिस्टल संरचना में होता है। इसके साथ ही अनुसंधानकर्ताओं ने इसके ट्रांसपोर्ट गुणधर्मों का अध्ययन दो मुख्य क्रिस्टलोग्राफिक डाइरेक्शंस के साथ किया। शून्य-क्षेत्र विद्युत रैसिस्टिविटी को धात्विक प्रणाली के समान पाया गया। हालांकि मैग्नेटोरैसिस्टेंस (एमआर) ने रोचक गुणधर्मों का प्रदर्शन किया। निम्न क्षेत्रों पर एमआर को तेजी से बढ़ते पाया गया एवं 3 टी के ऊपर एमआर को रेखीय रूप से बढ़ते सैचुरेशन के किसी साइन के बिना पाया गया। इस दौरान करंट की पॉसिंग बेसल प्लेन में हुई एवं चुंबकीय क्षेत्र इसकी सीधी स्थिति में था। निम्न क्षेत्रों पर एमआर में अचानक बढोत्तरी का यह प्रकार दुर्बल एंटीलोकलाइजेशन (डब्ल्यूएल) के रेमिनिसेंट था। मैग्नेटोकंडक्टेंस डेटा का विश्लेषण सुप्रसिद्ध हिक्ामी-नागाओका-लार्किन (एचएलएन) मॉडल के आधार पर किया गया जिसने $CaAgBi$ में डब्ल्यूएल व्यवहार को स्पष्ट किया। विश्लेषण से पाया गया कि अनेक कंडक्शन चैनलों की मौजूदगी इस 3डी यौगिक में थी। (संपर्क व्यक्ति: ए. थमीजावेल)

- **ट्राइगोनल $ErAl_2Ge_2$ एकल क्रिस्टल के विषमदैशिक चुंबकीय गुणधर्म**

सामान्य सूत्र RT_2X_2 के दुर्लभ-अर्थ अंतर्धात्विक यौगिकों का परीक्षण किया गया है। यहां आर, दुर्लभ अर्थ एवं टी, ट्रांजिशन धातु व एक्स, पी-ब्लॉक एलिमेंट है जिनका क्रिस्टलाइजेशन $ThCr_2Si_2$ प्रकार की क्रिस्टल संरचना में होता है। परीक्षण कार्य गहन रूप से उनके विस्तृत रोचक भौतिकीय गुणधर्मों के कारण किया गया है। इनमें अतिचालकता, भारी फर्मीऑन व्यवहार, वेलेस फ्लक्चुएशंस आदि शामिल हैं। सुप्रसिद्ध $ThCr_2Si_2$ प्रकार की क्रिस्टल संरचना के विपरीत सामान्य सूत्र $(1-2-2)$ के अनेक दुर्लभ-अर्थ यौगिक हैं जिनका क्रिस्टलाइजेशन ट्राइगोनल $CaAl_2Si_2$ प्रकार क्रिस्टल संरचना में होता है। अनुसंधानकर्ताओं ने सफलतापूर्वक $ErAl_2Ge_2$ के एकल क्रिस्टलों का विकास किया। इस दौरान उन्होंने फ्लक्स के रूप में $Al:Ge$ इयूटेक्टिक कंपोजिशन का प्रयोग किया। उच्च गुणवत्ता के एकल क्रिस्टलों को प्राप्त किया गया। तत्पश्चात इनका संरक्षण मुख्य क्रिस्टलोग्राफिक डाइरेक्शंस के साथ किया गया। अंत में विषमदैशिक भौतिकीय गुणधर्मों का विस्तार में अध्ययन किया गया। विषमदैशिक अध्ययन कार्यों से अनुसंधानकर्ताओं ने निष्कर्ष निकाला कि चुंबकत्व को सरल एक्जिस, एबी-प्लेन की ओर अधिक प्रवृत्त है।

चुंबकीय संभावना में विषमदैशिकता को परिमाणात्मक रूप से क्रिस्टल विद्युत क्षेत्र (सीईएफ) विश्लेषण द्वारा स्पष्ट किया जा सकता है। मुक्त Er^{3+} आयनों के 16-फोल्ड डिजेनरेट लेवल्स की स्प्लिटिंग आठ डबलेट्स में होती है जिसमें 108 k का समग्र सैपरेशन होता है। (संपर्क व्यक्ति: ए. थमीजावेल)

- LaPt₂Si₂ में दबाव के अंतर्गत चार्ज डेंसिटी वेब आर्डर एवं अतिचालकता का क्रमविकास**
 अनुसंधानकर्ताओं ने LaPt₂Si₂ के एकल क्रिस्टल पर परीक्षणों को जारी रखा। LaPt₂Si₂ द्वारा प्रथम-क्रम चरण ट्रांजिशन को टेट्रागोनल से आर्थोरोहॉमिक क्रिस्टल संरचना में दर्शाया जाता है। इसमें 76 k के नीचे चार्ज डेंसिटी वेब (सीडीडब्ल्यू) आर्डर प्रारंभ होता है। एवं पर्याप्त रूप से निम्न तापमान पर यह 1.87 k पर अतिचालकता को दर्शाता है। उच्च दबाव विद्युत रैस्टिविटी एवं एसी चुंबकीय ससेप्टिविलिटी मापनों से पता चला कि सीडीडब्ल्यू ट्रांजिशन का सप्रेसन दबाव के कारण होता है। इसके विपरीत अतिचालन ट्रांजिशन में लगभग 2.5 k की बढ़ोतरी हुई। 2.54 जीपीए दबाव पर सीडीडब्ल्यू आर्डर को लुप्त होते पाया गया। दोनों, अतिचालन ट्रांजिशन तापमान एवं फर्मी द्रव्य एक्सप्रेसन की रैस्टिविटी ए को-एफिशिएंट को 2.54 जीपीए के लगभग अधिकतम वैल्यू दर्शाते पाया गया। परिणामों से पता चला कि अतिचालन डोम की घटना की गणना बीसीएस सिद्धांत की रूपरेखा में की जा सकती है, जहां सीडीडब्ल्यू गैप के क्लोजर पर अवस्थाओं की डेंसिटी अधिकतम है। (संपर्क व्यक्ति: ए. थमीजावेल)
- चार्ज डेंसिटी वेब अतिचालक LaPt₂Si₂ में नोडहीन अतिचालकता**
 चार्ज डेंसिटी वेब (सीडीडब्ल्यू) एवं अतिचालकता के मध्य इंटरप्ले, संघनित पदार्थ भौतिकी प्रयोगों के शीर्ष कार्यों में रहा है। अनेक सीडीडब्ल्यू पदार्थों में अतिचालकता की प्रतिस्पर्धा सीडीडब्ल्यू आर्डर से होती है। इससे सीडीडब्ल्यू ट्रांजिशन के सप्रेसन पर अतिचालन ट्रांजिशन तापमान में तीव्र बढ़ोतरी होती है। हाल ही में संभावित सीडीडब्ल्यू या संरचनात्मक क्वांटम क्रिटिकल प्वाइंट के संबंध में अतिचालन अवस्था की प्रकृति में बढ़ती रुचि देखी गई है। यह भारी फर्मीऑन यौगिकों एवं एफईएस- आधारित अतिचालकों में एंटीफेरोचुंबकीय क्वांटम क्रिटिकैलिटी के समान है। LaPt₂Si₂ एकल क्रिस्टलों पर आगे के प्रयोगों में अनुसंधानकर्ताओं ने LaPt₂Si₂ एकल क्रिस्टल पर लंदन पेनेट्रेशन डेप्थ एवं प्वाइंट कांटेक्ट स्पेक्ट्रोस्कोपी अध्ययन कार्यों को किया। पेनेट्रेशन डेप्थ मापन से निम्न तापमानों पर एक्सपोजेनशल तापमान निर्भरता का पता चला एवं अतितरल डेंसिटी को भली-भांति वर्णन इस यौगिक में सिंगल गैप एस-तरंग के रूप में किया जा सकता है। LaPt₂Si₂ पर वर्तमान परीक्षण से LaPt₂Si₂ में पूर्ण गैण्ड अतिचालकता का पता मॉडरेटली दृढ़ इलेक्ट्रॉन-फोनोन युग्मन के साथ चला। (संपर्क व्यक्ति: ए. थमीजावेल)

नैनोफोटोनिक्स

- धातु-डाईइलेक्ट्रिक एवं पूर्ण-डाईइलेक्ट्रिक मेटापदार्थ**
 मेटापदार्थ, उप-तरंगदैर्घ्य लक्षणों के साथ डिजाइन किए गए पदार्थ हैं। इनका उपयोग पदार्थ के गुणधर्मों की मॉड्युलेशन, लाइट-पदार्थ अन्योन्यक्रिया के अध्ययन एवं नवीन एप्लिकेशंस में हैं। अनुसंधानकर्ताओं ने रियूजेबिल बायोसेंसर की डिजाइन तैयार की एवं इसका प्रदर्शन किया। यह परफेक्ट एब्जावर्ष में डार्कनेस के बिंदु पर चरण डिसकॉन्टिन्युटी पर आधारित है। इस संरचना में मेरिट एवं गुणवत्ता कारक की उच्चतम रिपोर्टिड फिगर है। पहली बार अनुसंधानकर्ताओं ने दिखाया कि ऑप्टिकल रिफ्लेक्शनलैस पोटेंशल में ब्रॉडबैंड नेगेटिव समूह वेग होता है। इसका प्रयोग संरचना एवं एनहांड यूव्ही रेंज के साथ सुपरकॉन्टिन्युअम को जेनरेट करने में पूर्ण 5 एफएसईसी शॉर्ट पल्स के युग्मन के लिए होता है। मैग्नेटो-प्लॉजमोनिक अध्ययन कार्यों के लिए उच्च मैग्नेटो-ऑप्टिकल क्रियाकलाप के साथ पदार्थ रोचक हैं। इसके लिए एनआईजेडएन फैराइट नैनोकणों का संश्लेषण किया गया एवं उनके गुणधर्मों का अध्ययन किया गया। नवीन संरचनाओं की डिजाइन तैयार की गई एवं उनका प्रदर्शन स्पिनट्रॉनिक अध्ययन कार्यों विशेष रूप से ट्युनेबिल स्पिन करंट जेनरेशन एवं एनहांड मैग्नेटो-ऑप्टिकल फराडे प्रभाव के लिए भी किया गया। समूह में स्थापित अंकीय तकनीकों का प्रयोग जैविक सौर कोशिकाओं पर परिणामों की व्याख्या के लिए किया गया एवं स्थानीय क्षेत्रों पर इंटरफेस की भूमिका एवं एज प्रभावों को स्पष्ट किया गया। नैनोडायमंड्स में नाइट्रोजन वैकेंसी बहुत अच्छा स्रोत एकल फोटोन उत्सर्जन के लिए है। अनुसंधानकर्ताओं ने इरेडिएटिंग नैनोडायमंड्स पर कार्य का प्रारंभ किया जिसमें उन्होंने टीआईएफआर में पैलेट्रॉन सुविधा का प्रयोग किया। (संपर्क व्यक्ति: वेणू गोपाल अचंता)

- कुछ यूनिट-सैल थिक अतिचालक में उच्च-टीसी अतिचालकता की मांग पर स्थानीय संशोधन**

उच्च तापमान अतिचालक (HTSs) का महत्व संभावित अनुप्रयोगों एवं दृढ़ सहसंबंधों के मूल को समझने में है। वैन डेर वाल्स पदार्थ $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ (BSCCO) द्वारा यूनिट-सैल तक भौतिकी की जांच के लिए मंच प्रस्तावीत किया जाता है। 2 DEGS डीजीईएस एवं ऑक्साइड हीटरोसंरचनाओं की पैटर्निंग द्वारा इलेक्ट्रॉन्स के फ्लो को गाइड करने से नई प्रकार्यात्मकता एवं सुलभता का मार्ग नए विज्ञान के लिए प्रशस्त हुआ है। इसी तरह लघु लैंग्थ स्केल पर स्थानीय रूप से एचटीएस में अतिचालकता को संशोधित करना, अतिचालन इलेक्ट्रॉनिक्स में अत्यंत रुचि का क्षेत्र है। सतह पर धातु की डिपॉजिटिंग द्वारा स्थानीय रूप से अतिचालकता को संशोधित करने के मार्ग को ट्रांसपोर्ट अध्ययन कार्यों द्वारा कुछ यूनिट-सैल थिक BSCCO पर किया गया। BSCCO के चुने हुए क्षेत्र पर सतह पर क्रोमियम (Cr) के डिपॉजिशन का परिणाम अंडरलाइंग क्षेत्र के इंसुलेटिंग व्यवहार में निकलता है। Cr द्वारा स्थानीय रूप से ऑक्सिजन को CuO_2 में डेप्लीट किया जाता है एवं नीचे के परतों में अतिचालकता को संशोधित किया जाता है। अतिचालकता को संशोधित करने की इस तकनीक की उपयुक्तता उप-माइक्रोमीटर अतिचालन वायर्स एवं अधिक जटिल अतिचालन यंत्रों के निर्माण में है। (संपर्क व्यक्ति: मंदार मधुकर देशमुख)
- फ्लैट बैंड्स के एज पर बल्क वैली ट्रांसपोर्ट एवं बैरी वक्रता का विस्तार**

2डी पदार्थ आधारित अतिचालकों की उत्पत्ति विश्वसनीय मंच के रूप में बैंड संरचना एवं इसके सिमेट्रीज को मॉड्युलेट करने में हुई है। विशेष रूप से ट्विस्टेड ग्राफीन प्रणालियों में मोडर पीरियोडिसिटी द्वारा फ्लैट चर्न बैंड्स का निर्माण किया जाता है। ट्विस्टेड द्विपरती ग्राफीन में एनोमैलस हॉल प्रभाव (AHE) एवं आर्बिटल चुंबकत्व के हाल के निरीक्षण को ऐसे चर्न बैंड्स के विच्छेदन की स्पॉन्टेनियस सिमेट्री के साथ संबंधित किया गया है। हालांकि टाइम-रिवर्सल सिमेट्री के संरक्षित होने पर AHE अवस्था के प्रिकर्सर के रूप में वैली हॉल अवस्था को निरीक्षित नहीं किया गया है। इस कार्य में इस प्रिकर्सर अवस्था की जांच वैली हॉल प्रभाव का प्रयोग करके की गई है। अनुसंधानकर्ताओं ने दिखाया कि ट्विस्टेड डबल द्विपरती ग्राफीन (TDBG) में विच्छेदित इन्वर्शन सिमेट्री द्वारा बल्क वैली करंट की उत्पत्ति को सुगम किया जाता है। यह लगभग फ्लैट बैंड प्रणाली में गैरस्थानीय ट्रांसपोर्ट के प्रयोगात्मक प्रमाण को रिपोर्ट करके किया जाता है। इन फ्लैट बैंड्स में बैरी वक्रता हॉटस्पॉट्स एवं रेज्युसड क्वॉसीकण वेगों के विस्तार के बावजूद अनुसंधानकर्ताओं ने बड़ी गैरस्थानीय वोल्टता का निरीक्षण किया जो चार्ज करंट पथ से अनेक माइक्रोमीटर दूर थी- यह वोल्टता, फर्मी ऊर्जा के गैप के अंदर बड़ी बैरी वक्रता के साथ होने पर भी विद्यमान रहती है। गेट ट्युनेबिल कैरियर डेंसिटी एवं गैप मॉड्युलेटिंग परपेंडिक्युलर विद्युत क्षेत्र में गैर स्थानीय वोल्टता की उच्च संवेदनशीलता से TDBG, फ्लैट बैंड्स पर आधारित वैली-ट्विस्ट्रॉनिक्स के लिए आकर्षक मंच बनता है। (संपर्क व्यक्ति: मंदार मधुकर देशमुख)
- वैन डेर वाल्स चुंबकीय पदार्थ में स्टैंडिंग स्पिन-वेब मोड्स का निरीक्षण**

स्पिन वेब्स का अध्ययन, डेटा स्टोरेज, संप्रेषण एवं लॉजिक सर्किटों के लिए स्पिनट्रॉनिक्स के क्षेत्र में किया जाता है। यह इलेक्ट्रॉन्स को सब्सट्र्यूट करने की उनकी संभाव्यता पर आधारित होता है। मोनोलेयर CrI_3 एवं $\text{Cr}_2\text{Ge}_2\text{Te}_6$ जैसी 2डी प्रणालियों में चुंबकत्व की हाल की खोज से 2डी सीमा में चुंबकत्व के ऐसे उपयोगों में नई रुचि जागृत हुई है। यहां स्टैंडिंग स्पिन वेब्स के प्रत्यक्ष प्रमाण को वैन डेर वाल्स चुंबकीय पदार्थ CrCl_3 में यूनिफॉर्म प्रिसेशनल रेसोनेंस मोड्स के साथ प्रस्तुत किया गया। यह स्टैंडिंग स्पिनवेब्स का प्रथम प्रत्यक्ष निरीक्षण है। इसे वैन डेर वाल्स पदार्थ में 20 mm की मोटाई के साथ स्थापित किया गया है। स्टैंडिंग स्पिन वेब्स को एंटीफैरोमैग्नेटिक रेसोनेंस की दोनों शाखाओं प्रकाशिक एवं ध्वानिक की निकटता में संसूचित किया जाता है। मैगनन-मैगनन युग्मन एवं तापमान के साथ रेसोनेंस मोड्स की सॉफ्टनिंग से इंटरलेयर एक्सचेंज क्षेत्र के एक्सट्रैशन की सुलभता तापमान के प्रकार्य के रूप में होती है। (संपर्क व्यक्ति: मंदार मधुकर देशमुख)
- वैन डेर वाल्स एंटीफैरोचुंबक में फोटोन्स एवं मैगनन्स के मध्य दृढ़ युग्मन के लिए कोप्लानर कैविटी**

अनुसंधानकर्ताओं ने नियोबियम नाइट्राइड अतिचालन कोप्लानर वेबगाइड रेसोनेटर्स के कार्यनिष्पादन का परीक्षण किया। इसका उद्देश्य मैगनन-फोटोन युग्मन के साथ हाइब्रिड क्वांटम यंत्रों को वास्तविक रूप देना था। अध्ययन कार्य में शून्य चुंबकीय क्षेत्र में 20 एमके आधार तापमान पर आंतरिक गुणवत्ता कारकों 20000 को पाया। पाया गया कि 100 एनएम के नीचे फिल्म की मोटाई को कम करके 1000 से अधिक आंतरिक गुणवत्ता कारक को 1 टी के समानांतर चुंबकीय क्षेत्र तक एवं 100 mT के सीधे चुंबकीय क्षेत्र तक मैटन किया जा सकता है। अनुसंधानकर्ताओं ने आगे इन रेसोनेटर्स में माइक्रोवेब फोटोन्स के दृढ़ युग्मन का प्रदर्शन क्रोमियम ट्राइक्लोराइड में मैगनन्स के साथ किया। यह वैन डेर वाल्स एंटीफैरोचुंबक है जो दर्शाती है कि इन कैविटीज द्वारा अच्छे मंच के रूप में कार्य 2D मैगनोइक्स आधारित हाइब्रिड क्वांटम प्रणालियों में मैगनन-फोटोन युग्मन के लिए किया

जाता है। अनुसंधानकर्ताओं ने दृढ़ मैगनन-फोटोन युग्मन का प्रदर्शन एंटीफैरोचुंबक के दोनों प्रकाशिक एवं ध्वानिक मैगनन मोड्स के लिए किया। (संपर्क व्यक्ति: मंदार मधुकर देशमुख)

क्वांटम कंप्यूटिंग एवं सूचना प्रोसेसिंग के लिए हार्डवेयर के रूप में अतिचालन सर्किट्स

- **मल्टी-मॉडल क्वांटम सर्किट्स में इंजीनियरिंग क्रॉस रेसोनेंस अन्योन्यक्रिया**

क्वांटम कंप्यूटरों द्वारा क्वांटम यांत्रिकीय फेनोमेना को लेवरेज किया जाता है। इसका उद्देश्य समस्याओं को हल करने के लिए सूचना को मैनिपुलेट करना है जिसे सामान्य कंप्यूटर व्यावहारिक रूप में नहीं कर सकते। अतिचालन क्यूबिट्स, बेहतर क्वांटम कंप्यूटर के निर्माण की दौड़ में प्रभावी मंच बन चुके हैं। हालांकि आर्किटेक्चर्स में अधिकांश के पास सिर्फ निकटतम-नेबर युग्मन है जो मल्टी-क्यूबिट प्रोसेसर के कार्यनिष्पादन को बाधित करता है। अनुसंधानकर्ताओं ने वैकल्पिक आर्किटेक्चर को प्रस्तुत किया जिसने मल्टी-मॉडल यंत्रों का प्रयोग बिलिंग्ग ब्लॉक्स के रूप में विशाल अतिचालन क्वांटम प्रोसेसर के लिए श्रेष्ठ कनेक्टिविटी के साथ किया। अनुसंधानकर्ताओं ने पूर्व में श्री-क्यूबिट डिजाइन का प्रदर्शन किया। यह मल्टी-मोडल सर्किटों पर आधारित है एवं यह तीव्र, उच्च-फीडबैक मल्टी-क्यूबिट गेट्स का निष्पादन कर सकती है। वर्तमान कार्य में मल्टी-मोडल सर्किट के टू-क्यूबिट वर्जन (जिसमें श्रृंखला में दो जोसफसन जंक्शंस शामिल हैं) ने ट्रांसमंस में एक को प्रतिस्थापित टिपीकल क्रॉस-रेसोनेंस आर्किटेक्चर में किया। अनुसंधानकर्ताओं ने क्रॉस-रेसोनेंस ड्राइव के प्रभाव का अध्ययन भिन्न नियंत्रण पैरामीटरों के प्रकार्य के रूप में किया जिनमें इंटरक्यूबिट डिस्ट्रिब्यूटिंग एवं ड्राइव स्ट्रेंथ शामिल हैं। प्रयोगात्मक परिणाम की सहमति सिद्धांत के साथ थी एवं पाया गया उनकी प्रणाली में माइक्रोवेव क्रॉसटॉक की नगण्यता 3डी आर्किटेक्चर के कारण थी। (संपर्क व्यक्ति: राजमणि विजयराघवन)

- **नेटिव श्री-क्यूबिट गेट्स के साथ प्रोग्रामेबिल अतिचालन प्रोसेसर**

क्वांटम कंप्यूटरों द्वारा अनेक समस्याओं को दूर किया जा सकता है जो अत्यंत कठिन हैं। इन समस्याओं को क्लासिकल अर्धचालक-आधारित कंप्यूटरों द्वारा दूर नहीं किया जा सकता। पॉवर का उद्गम कुछ वैकी क्वांटम यांत्रिकीय फेनोमेना के उपयोग से होता है। इनमें सुपरपोजिशन – एक साथ भिन्न अभिविन्यासों/अवस्थाओं में होने की क्षमता एवं एन्टैंगलमेंट – अत्यंत दृढ़ सहसंबंध जहां प्रतिभागियों द्वारा अपनी पृथक पहचान खो दी जाती है, आदि शामिल हैं। ऐसे गुणधर्मों के रियालाइजेशन के लिए विशेष हार्डवेयर की आवश्यकता होती है। ऐसे हार्डवेयर के बिलिंग्ग ब्लॉक्स को क्वांटम बिट्स या इन शॉर्ट क्यूबिट्स कहा जाता है जिनकी सामान्यतः लघुअवधि होती है। अनुसंधानकर्ताओं ने मॉडरेट-आकार के क्वांटम कंप्यूटरों के निर्माण के लिए प्रभावी मल्टी-क्यूबिट बिलिंग्ग ब्लॉक को उपलब्ध कराने के नवीन विचार पर फोकस किया। “ट्राइमन” नामक बिलिंग्ग ब्लॉक में तीन क्यूबिट्स शामिल हैं जो दृढ़ ऑल-टू-ऑल युग्मन के साथ हैं। इस श्री-क्यूबिट प्रोसेसर का मुख्य लाभ उच्च-गुणवत्ता एन्टैंगलिंग ऑपरेशंस को निष्पादित करने की क्षमता है। इसमें सभी तीनों क्यूबिट्स को एक साथ संलग्न किया जाता है (अधिकांश आर्किटेक्चर्स में प्रयुक्त नेटिव टू-क्यूबिट मैनिपुलेशंस के विपरीत)। प्रोसेसर की यूनिवर्सलिटी का प्रदर्शन चार भिन्न क्वांटम यांत्रिकीय समस्याओं को हल करके किया गया जिसमें मध्यम से उच्च दर की सफलताएं प्राप्त हुईं। (संपर्क व्यक्ति: राजमणि विजयराघवन)

संघनित पदार्थ भौतिकी एवं सामग्री विज्ञान

- **विसंक्रमित एन95 माँस्कों की रिचार्जिंग एवं रेजुवनेशन**

एन95 रेस्पाइरेटर्स में व्यक्तिगत संरक्षणी उपकरण का महत्वपूर्ण भाग शामिल है। इसका प्रयोग फ्रंटलाइन स्वास्थ्यकर्मियों द्वारा किया जाता है एवं सामान्यतः इन्हें एक ही बार उपयोग में लाया जाता है। हालांकि हाल की कोविड-19 विश्वमारी का परिणाम इन माँस्कों की बड़ी कमी में सामने आया है। इससे विसंक्रमण एवं पुनः उपयोग प्रक्रियाओं को विकसित करने के लिए विश्वव्यापी प्रयास प्रारंभ हुआ है। एन95 माँस्कों की फिल्ट्रेशन दक्षता में योगदान देने वाला प्रमुख कारक चार्ज्ड पोलिप्रोपिलीन इलेक्ट्रेट फाइबर्स की इंटरमीडिएट परत की उपस्थिति है। इस परत द्वारा कणों को इलेक्ट्रोस्टैटिक या इलेक्ट्रोफोरेटिक प्रभावों से रोका जाता है। इस चार्ज की डिग्रेडिंग माँस्क के उपयोग होने पर होती है। इसके अतिरिक्त सरल विसंक्रमण प्रक्रियाओं (उदाहरण के लिए एल्कोहल के प्रयोग) द्वारा किसी शेष चार्ज को पोलिप्रोपिलीन से डिग्रेड किया जा सकता है। इस तरह विसंक्रमण के पश्चात फिल्ट्रेशन दक्षता गंभीर रूप से प्रभावित होती है। इस कार्य में अनुसंधानकर्ताओं ने सरल प्रयोगशाला सैटअप के विकास पर परिणामों को संक्षिप्त रूप दिया। इससे चार्ज एवं फिल्ट्रेशन दक्षता का मापन एन95 माँस्कों में संभव हुआ। विशेष रूप से अनुसंधानकर्ताओं ने प्रस्तुत कर दिखाया कि विसंक्रमण के पश्चात माँस्कों को रिचार्ज करना एवं फिल्ट्रेशन दक्षता को पुनःप्राप्त करना संभव है। (संपर्क व्यक्ति: शंकर घोष)

- **NiZn फेराइट्स के संरचनात्मक, टेराहर्ट्ज एवं चुंबकीय अभिलक्षणन पर Co²⁺ प्रतिस्थापन का प्रभाव**

सोल-जैल दहन पद्धति द्वारा संश्लेषित स्पाइनल संरचित $\text{Ni}_{0.5}\text{Co}_x\text{Zn}_{0.5-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ($x = 0.1, 0.2$ and 0.3), पर टीएचजैड अध्ययन कार्यों को प्रारंभ किया गया। संरचनात्मक गुणधर्मों के अतिरिक्त एक्स के प्रकार्य के रूप में इस प्रणाली के टीएचजैड

प्रकाशिक डाइइलेक्ट्रिक एवं चुंबकीय रिस्पॉन्स का अध्ययन किया गया। 0.2 से 2.5 टीएचजेड की आवृत्ति रेंज में कमरे के तापमान पर टेराहर्ट्ज (टीएचजेड) समय-प्रक्षेत्र स्पेक्ट्रोस्कोपी मापनों से उच्च डाइइलेक्ट्रिक कंस्टेंट का पता चला। (संपर्क व्यक्ति: श्रीगणेश एस. प्रभु)

- **पानी, अवशोषण के परिवर्तन के टीएचजेड स्पेक्ट्रोस्कोपिक अध्ययन द्वारा प्रोटीनों में फिब्रिलेशन के प्रारंभ होने का पता किया जाता है**

पानी, अधिकांश जैवभौतिकीय प्रक्रियाओं में सक्रिय भागीदार है। अतः यह पता करना जरूरी है कि कैसे प्रोटीन सॉल्वेशन में परिवर्तन (इसके कंफर्मेशन के सोल्यूट्स या को-सॉल्वेंट्स की उपस्थिति में विकसित होने के दौरान) होता है। टेराहर्ट्ज स्पेक्ट्रोस्कोपी का प्रयोग करके मॉडल प्रोटीन बोविन सेरम एल्बुमिन की फिब्रिलेशन प्रक्रिया (नेटिव; इंटरमीडिएट; फिब्रिल) के दौरान पानी के सामूहिक हाइड्रेशन के परिवर्तन को किया गया। इस लेबल-मुक्त अध्ययन में निष्कर्ष निकाला गया कि पानी की गतिकी में क्रमबद्ध रूप से परिवर्तन प्रोटीन कंफर्मेशनल परिवर्तन के साथ होता है क्योंकि यह प्रारंभिक प्रोटीन अनफोल्डिंग प्रक्रिया के दौरान हाइड्रोफोबिक एनवायरनमेंट से गुजरता है। इसके बाद ओलिगोमेराइजेशन के दौरान बढ़ पानी की रिलीज होती है एवं अंत में फिब्रिल का हाइड्रोफोबिक इंटीरियर होता है। इन अध्ययन कार्यों की उपयोगिता अल्जाइमर एवं पार्किंसन जैसे रोगों में प्रोटीन फोल्डिंग को समझने के लिए है। (संपर्क व्यक्ति: श्रीगणेश एस. प्रभु)

अतिचालकता

- **दो आयामी अतिचालकों की वॉर्टेक्स अवस्था में टनेलिंग स्पेक्ट्रोस्कोपी की स्कैनिंग**

वर्ष 2019 में थिन ए-एमओजीई थिंग फिल्म में हेक्जांरिक वॉर्टेक्स फ्लूड की खोज के पश्चात अनुसंधानकर्ताओं द्वारा 2-आयामी अतिचालन फिल्मों में वॉर्टेक्स अवस्था पर परीक्षण कार्यों को जारी रखा जा रहा है। इन परीक्षण कार्यों में स्कैनिंग टनेलिंग स्पेक्ट्रोस्कोपी का गहन उपयोग किया जा रहा है। इनमें 400 एमके तक निम्न मापनों को मैग्नेटोट्रांसपोर्ट एवं पेनेट्रेशन डेप्थ मापनों के साथ संयुक्त किया गया है। प्रदर्शित किया गया कि ए-एमओजीई में हेक्जांरिक वॉर्टेक्स फ्लूड अवस्था की अत्यंत सेंसिटिविटी बाह्य इलेक्ट्रोचुंबकीय से है। इस तीव्र सेंसिटिविटी का उपयोग इस पदार्थ से सेंसरों के निर्माण में हो सकता है। अनुसंधानकर्ताओं ने प्रयोगात्मक रूप से ए-एमओजीई थिन फिल्मों में वॉर्टेक्स की शून्य-प्वाइंट फ्लक्चुएशन की उपस्थिति का प्रदर्शन किया। दिखाया गया कि जब ए-एमओजीई फिल्मों की थिकनेस को ~ 3 nm तक कम किया जाता है, तो अतिचालकता द्वारा चरण फ्लक्चुएशंस के प्रोनाउंड सिग्नेचर्स को दिखाया जाता है। अतिचालकता के अंततः विनाश के बाद बोसोनिक रुट आता है जहां अतिचालन ऊर्जा गैप की अपेक्षा सुपरफ्लूड स्टिफनेस, संगत ऊर्जा का पैमाना बनती है। (संपर्क व्यक्ति: प्रताप रायचौधरी)

टोपोलॉजिकल पदार्थ

- **विषमदैशिक एनोमैलस हॉल प्रभाव के साथ नया गैरकोलिनियर फेरोचुंबकीय डब्ल्यूईवाईएल सेमीमेटल**

संघनित पदार्थ भौतिकी में विकासशील क्षेत्र नवीन इलेक्ट्रोचुंबकीय रिस्पॉन्स की उत्पत्ति है। इनमें फेरोचुंबकीय डब्ल्यूईवाईएल सेमीमेटल्स (एफएम-डब्ल्यूएसएमएस) में टोपोलॉजिकल एवं एनोमैलस हॉल प्रभाव (एएचई) शामिल हैं। डब्ल्यूएसएमएस, तीन-आयामी (3डी) क्रिस्टल हैं जो नॉनट्रीवियल बैंड डिजेनरेसीज को अपने निम्न-ऊर्जा बल्क स्पेक्ट्रम में दिखाते हैं जहां क्वांसीकरण की भिन्नता फैमिलियर शिरोडिंगर-प्रकार फर्मिऑन्स से होती है। इसके अतिरिक्त ये एलिमेंट्री रिलेटिविस्टिक डब्ल्यूईवाईएल फर्मिऑन्स को मिमिक करते हैं जिन पर पूर्व में उच्च-ऊर्जा भौतिकी में विचार किया गया है। एफएम-डब्ल्यूएसएमएस के कैंडिडेट्स की सीमितता ऐसे पदार्थों तक है जो इवर्शन सिमेट्री को प्रिजर्व करते हैं एवं डब्ल्यूईवाईएल क्रॉसिंग्स को जेनरेट, टाइम-रिवर्सल सिमेट्री के विच्छेदन द्वारा करते हैं। इन पदार्थों में तीन सामान्य लक्षण हैं: सेंट्रोसिमेट्रिक जालक, कोलिनियर एफएम आर्डरिंग एवं विशाल एएचई जिसे क्षेत्र के चुंबकीय सरल-एक्जिस के समानांतर होने पर निरीक्षित किया जाता है। संयुक्त सिद्धांत एवं प्रयोगात्मक कार्य में अनुसंधानकर्ताओं ने CeAlSi को प्रस्तुत, एफएम-डब्ल्यूएसएमएस के नए प्रकार के रूप में किया जहां डब्ल्यूईवाईएल नोड्स का स्थिरीकरण इवर्शन सिमेट्री के विच्छेदन द्वारा किया जाता है किंतु उनकी स्थितियों को ट्युनिंग टाइम-रिवर्सल सिमेट्री के विच्छेदन द्वारा की जाती है। अन्य एफएम-डब्ल्यूएसएमएस के विपरीत CeAlSi में गैरसेंट्रोसिमेट्रिक जालक, गैरकोलिनियर एफएम आर्डरिंग एवं नवीन एएचई है जो सरल एवं कठोर एक्जिस के मध्य विषमदैशिक है। इस कार्य की उपयुक्तता नवीन इलेक्ट्रोचुंबकीय रिस्पॉन्स के साथ टोपोलॉजिकल पदार्थों के अनुसंधान में नई अनुसंधान दिशाएं खोलने में है। (संपर्क व्यक्ति: बहादुर सिंग)

- **उच्चतर-क्रम टोपोलॉजिकल इंसुलेटर में तापमान-निर्भर इलेक्ट्रॉनिक संरचना**

टोपोलॉजिकल इंसुलेटर्स या टोपोलॉजिकल क्रिस्टालाइन इंसुलेटर्स, रोचक पदार्थ हैं। ये इंसुलेटिंग बल्क किंतु कंडक्टिंग सरफेस अवस्थाओं को दर्शाते हैं जिन्हें टाइम-रिवर्सल या क्रिस्टालाइन सिमेट्रीज द्वारा संरक्षित किया जाता है। टोपोलॉजिकल

(क्रिस्टालाइन) इंसुलेटर्स में इस असामान्य बल्क-सर्फेस संगति से वे संरक्षित ट्रांसपोर्ट फेनोमेना एवं यंत्र एप्लिकेशंस के लिए लाभप्रद बन जाते हैं। उच्चतर क्रम टोपोलॉजिकल इंसुलेटर्स (HOTIs) नामक इन पदार्थों ने अनुसंधान की अनेक दिशाओं में रुचि जागृत की है। इसका कारण क्रिस्टल के हिंजेस के साथ गैपलैस अवस्थाओं को सपोर्ट करने में उनकी उपयोगिता है। हाल ही में दिखाया गया कि टोपोलॉजी एवं चुंबकत्व के मध्य इंटरप्ले से विभिन्न चुंबकीय टोपोलॉजिकल अवस्थाओं का जन्म हो सकता है। इनमें एचओटीआई एवं एक्जिऑन इंसुलेटर अवस्थाएं शामिल हैं। क्रमबद्ध प्रथम-सिद्धांत गणनाओं के साथ संयुक्त उच्च-विभेदन कोण-विभेदित फोटोउत्सर्जन स्पेक्ट्रोस्कोपी का प्रयोग करके अनुसंधानकर्ताओं ने इलेक्ट्रॉनिक संरचना एवं इसके क्रमविकास के क्रमबद्ध अध्ययन को EuIn_2As_2 में चुंबकीय चरण ट्रांजिशन में रिपोर्ट किया। इसमें 16 K के नीचे एंटीफेरोचुंबकीय भूमि अवस्था होती है। एंटीफेरोचुंबकीय EuIn_2As_2 को दोनों एक्जिऑन इंसुलेटर एवं एचओटीआई अवस्थाओं को होस्ट करते दिखाया गया। अनुसंधानकर्ताओं ने फर्मी लेवल को क्रॉस कर रहे रेखीय डिसपर्सिंग होललाइक बैंड्स एवं चुंबकीय चरण ट्रांजिशन में उनके डिसपर्शन में परिवर्तन को प्रत्यक्ष रूप से निरीक्षित किया। इस कार्य से EuIn_2As_2 की टोपोलॉजी एवं चुंबकत्व के मध्य इंटरप्ले के अन्वेषण के लिए विश्वसनीय पदार्थ के रूप में पुष्टि होती है। (संपर्क व्यक्ति: बहादुर सिंग)

प्रकार्यात्मक हीटरोसंरचनाओं एवं निम्न तापमान मैग्नेटोट्रांसपोर्ट का एपिटैक्सियल संश्लेषण

- **परमाणु स्केल पर अर्धधातुओं में मैग्नेटोरैसिस्टेंस को नियंत्रित करना**

बैंड संरचना इंजीनियरिंग द्वारा इलेक्ट्रॉनिक गुणधर्मों को नियंत्रित करना, आधुनिक अर्धचालक यंत्रों में प्रमुख कार्य है। इस कार्य में अनुसंधानकर्ताओं ने इस संकल्पना का विस्तार अर्धधातुओं तक किया जहां मॉडल प्रणाली के रूप में एल्यूएसबी के प्रयोग द्वारा दिखाया गया कि क्वांटम कंफाइनमेंट द्वारा कैरियर कंपेंसेशन को लिफ्ट किया जाता है एवं विभेदन से इलेक्ट्रॉन एवं होल-जैसे कैरियर्स दुष्प्रभावित होते हैं। इसका परिणाम इसके विशाल, गैर-सैचुरेटिंग मैग्नेटोरैसिस्टेंस व्यवहार में दृढ़ संशोधन में निकलता है। अनुसंधानकर्ताओं ने मिसमैच की बांडिंग द्वारा प्रेरित एल्यूएसबी/जीएएसबी हीटरोइंटरफेस में दो-आयामी, इंटरफेसियल होल गैस की उत्पत्ति का भी पता लगाया। यद्यपि दो-आयामी इलेक्ट्रॉन/होल गैस के स्थिरीकरण को अतीत में विभिन्न इलेक्ट्रोस्टैटिक रुट्स द्वारा प्राप्त किया गया है जिनमें बैंड बैंडिंग, पोलेराइजेशन प्रेरित पोलर कैटास्ट्रॉफी आदि शामिल हैं, तथापि पहली बार दो-आयामी होल गैस को रसायनिक रुट द्वारा रियालाइज किया गया है। इसे इंटरफेस में चार्ज ट्रांसफर के साथ किया जाता है जो अत्यंतथिन सीमा में इलेक्ट्रॉनिक संरचना एवं मैग्नेटोट्रांसपोर्ट गुणधर्मों को संशोधित करने के लिए अन्य मार्ग उपलब्ध कराता है। (संपर्क व्यक्ति: शोविक चटर्जी)

टीआईएफआर के केंद्र अंतर्राष्ट्रीय सैद्धांतिक विज्ञान केंद्र, बैंगलुरु

भौतिकीय विज्ञान

गुरुत्वाकर्षण एवं खगोलभौतिकी

- **गुरुत्वाकर्षण विकिरण के उच्चतर मोड्स का प्रयोग करके सघन द्विआधारी मर्जर्स की उन्नत गुरुत्वीय-तरंग पूर्व चेतावनी**
सघन द्विआधारी मर्जर्स से गुरुत्वीय-तरंग (जीडब्ल्यू) सिग्नलों के मल्टी-मैसेंजर फॉलो-अप से वैज्ञानिक लाभ को अधिकतम करने के लिए महत्वपूर्ण घटक इलेक्ट्रोचुंबकीय काउंटरपार्ट की शीघ्र खोज है। जीडब्ल्यू संसूचन एवं स्थानीयकरण को शीघ्र रिपोर्ट किया जाना चाहिए ताकि काउंटरपार्ट के प्रारंभ होने के पूर्व जीडब्ल्यू-इवेंट की अवस्थिति को स्लू करने हेतु दूरदर्शियों तैयार हो सकें। हालांकि पूर्व चेतावनी के लिए उपलब्ध समय, लघु अवधि द्वारा सीमित होता है। इसे संसूचक के आवृत्ति मोड में प्रभावी मोड द्वारा व्यय किया जाता है। इसे रोका जा सकता है यदि इस तथ्य का लाभ उठाया जाए कि GWs में भी उच्चतर मोड्स होते हैं एवं इनका दोलन, आर्बिटल आवृत्ति की उच्चतर हार्मनीज में होता है (जो प्रभावी मोड के पहले संसूचक बैंड में प्रवेश करते हैं)। इस कार्य ने दिखाया कि इन उच्चतर मोड्स से हमें पूर्व चेतावनी समय को असममितिक द्रव्यमानों के साथ सघन बाइनरीज के लिए महत्वपूर्ण रूप से उन्नत करने में सहायता मिलेगी (संपर्क व्यक्ति: पी. अजीत)
- **बाइनरीज न्युट्रॉन तारों के गुरुत्वीय तरंग निरीक्षणों का प्रयोग करके गुरुत्वीय कंस्टेंट के क्रमविकास को नियंत्रित करना**
इस कार्य ने कॉस्मिक समय के साथ गुरुत्वीय कंस्टेंट जी के परिवर्तन को नियंत्रित करने हेतु पद्धति का विकास किया। इसमें मर्जिंग बाइनरी न्युट्रॉन तारों के गुरुत्वीय-तरंग (जीडब्ल्यू) निरीक्षणों का प्रयोग किया गया। इससे महत्वपूर्ण रूप से निर्भरता इस तथ्य पर होती है कि GWs द्वारा मर्जर के समय पर जी की वैल्यू के इंफ्रिट को वहन किया जाता है। यदि उस इपोक पर जी की वैल्यू महत्वपूर्ण रूप से भिन्न अपने वर्तमान की वैल्यू से है, तो जीडब्ल्यू निरीक्षणों से अनुमानित न्युट्रॉन तारों के द्रव्यमानों की असंगति सैद्धांतिक रूप से स्वीकृत रेंज के साथ होगी। बाइनरी न्युट्रॉन तारा प्रणाली GW170817 के निरीक्षण का प्रयोग करके मर्जर एवं वर्तमान इपोक के मध्य जी में फ्रैक्शनल अंतर को -1 एवं 8 के मध्य कंस्ट्रेन किया जाता है। इस पद्धति से अनुसंधानकर्ताओं को कॉस्मोलॉजिकल इपोक में जी के समय क्रमविकास को नियंत्रित करने में सहायता मिलती है जिसकी वर्तमान में जांच नहीं हुई है। (संपर्क व्यक्ति: पी. अजीत)

संघनित पदार्थ एवं सांख्यिकीय भौतिकी

- **द्विपरती कैगोम धातुओं में चुंबकत्व एवं टोपोलॉजिकल अतिचालकता का इंटरप्ले**
बाइनरी अंतर्धात्विक पदार्थों M_3Sn_2 ($M=3d$ transition metal) द्वारा दृढ़ रूप से सहसंबंधित प्रणालियों की नई कक्षा को प्रस्तुत किया जाता है जो चुंबकत्व एवं धात्विकता के इंटरप्ले के लिए प्राकृतिक रूप से सहमत होती हैं। प्रथम सिद्धांत गणनाओं का प्रयोग करके अनुसंधानकर्ताओं ने पुष्टि की कि बल्क Fe_3Sn_2 , लौह-चुंबकीय धातु है। इसके अतिरिक्त अनुसंधानकर्ताओं ने दिखाया कि $M=Ni$ एवं Cu अनुचुंबकीय धातुएं, नॉनट्रीवियल बैंड संरचनाओं के साथ हैं। प्रयोगात्मक रूप से संगत एटोमिस्टिकली थिन एकल कैगोम द्विपरत में बड़े हुए सहसंबंधों के प्रभाव को समझने के लिए Fe_3Sn_2 पर फोकस किया गया। प्रारंभिक परिणामों ने दिखाया कि आयामी कंफाइनमेंट द्वारा प्राकृतिक रूप से बैंड संरचना की फ्लैटनेस को एक्सपोज किया जाता है जो परिणामकारी लौहचुंबकीय चर्न धातु में द्विपरती कैगोम ज्यामिति के साथ संबंधित है। अनुसंधानकर्ताओं ने चुंबकीय बैंड्स की बहुचरणी अल्पतम मॉडलिंग का प्रयोग किया जो प्रगतिशील रूप से फर्मी ऊर्जा के निकट है। इससे प्रभावी रूप से स्पिन-पोलेराइज्ड बैंड की संभावित अतिचालन अस्थिरता के साथ पदार्थ संगत पैरामीटर रेज्जिम पर गैर-शून्य एनोमैलस हॉल रिस्पांस के साथ चर्न धातु की भौतिकी को कैप्चर किया जाता है। इसका परिणाम टोपोलॉजिकल अतिचालक में निकलता है। (संपर्क व्यक्ति: सुभ्रो भट्टाचारजी)
- **Y_2CuTiO_6 के डाइल्यूटिड त्रिकोणीय जालक में स्पिन-1/2 कोऑपरेटिव पैरामैग्नेट के सिग्नेचर्स**
अनुसंधानकर्ताओं ने अक्रम प्रेरित गतिक कोऑपरेटिव पैराचुंबक के तापीयगतिक एवं गतिक प्रयोगात्मक सिग्नेचर्स के जोड़ को प्रस्तुत किया। इसे 50 प्रतिशत साइट डाइल्यूटिड त्रिकोणीय जालक स्पिन-12 प्रणाली में प्रस्तुत किया गया: Y_2CuTiO_6 । चुंबकीय क्रमण एवं स्पिन फ्रीजिंग की अनुपस्थिति 50 एमके तक है। यह क्यूरी-वेस स्केल ($\sim 0CW$) of ~ 134 K से कहीं अधिक निम्न है। अनुसंधानकर्ताओं ने क्रमशः चुंबकीय क्षेत्र एवं तापमान निर्भर चुंबकीय ऊष्मा क्षमता एवं चुंबकत्व डेटा के स्केलिंग

क्षयों का निरीक्षण किया। यह यादृच्छिक सिंगलैट भौतिकी की आशाओं के अनुरूप था। इन प्रयोगों से किसी फ्रीजिंग स्केल का सप्रेषन स्थापित होता है (यदि उपस्थित है, तो)। यह मैग्निट्यूड के 3 क्रमों से अधिक होता है। इससे रोचक संभावनाओं के द्वारा खुलते हैं जिनमें *डिसऑर्डर स्टैबिलाइज्ड* लांग रेंज क्वांटम एंटेंगल्ड भूमि अवस्थाएं शामिल हैं। (संपर्क व्यक्ति: सुभ्रो भट्टाचारजी)

- **लीड्स के साथ कनेक्टिड स्पिनलैस अतिचालन तारों में ट्रांसपोर्ट**

अनुसंधानकर्ताओं ने किटेव प्रकार जालक हैमिल्टोनियन द्वारा वर्णित स्पिनलैस अतिचालक के मॉडल में इलेक्ट्रॉन ट्रांसपोर्ट पर विचार किया। इसमें इलेक्ट्रॉन अन्योन्यक्रियाओं की मॉडलिंग अतिचालन पेयरिंग टर्म द्वारा होती है। इस अतिचालक को दो सामान्य धातुओं के मध्य रखा जाता है। इन धातुओं को भिन्न तापमानों एवं रसायनिक पोटेंशल्स पर रखा जाता है एवं उन्हें स्वयं गैर-अन्योन्यक्रियाकारी स्पिनलैस फर्मिऑन्स के रूप में मॉडल किया जाता है। इस सैट-अप के लिए प्रणाली के यथार्थ ठोस अवस्था गुणधर्मों की गणना की जाती है जिसके लिए क्वांटम लैंगेवियन समीकरण एप्रोच का प्रयोग किया जाता है। कण करंट, ऊर्जा करंट के लिए क्लोज्ड फॉर्म एक्जैक्ट एक्सप्रेसंस एवं अन्य दो-प्वाइंट सहसंबंधों को लैंडोर-प्रकार फॉर्मों में प्राप्त किया जाता है एवं इसमें दो अतुल्यता ग्रीन के प्रकार्य होते हैं। सामान्य फॉर्मलिज्म के एप्लिकेशंस के रूप में अनुसंधानकर्ताओं द्वारा किटेव चैन की तापीय चालकता एवं विद्युत चालकता पर परिणामों को प्रस्तुत किया जाता है। इन्हें आगामी निकटतम नेवर अन्योन्यक्रियाओं के साथ प्रस्तुत किया जाता है जिससे भिन्न वाइडिंग संख्याओं के साथ टोपोलॉजिकल चरणों की सुगमता होती है। (संपर्क व्यक्ति: अभिषेक धर)

तरल गतिकी

- **तरलों में बॉडीज के प्रवाह, गतिकी में लघु बूंदें एवं कण**

लघु बिंदुओं पर कार्य का विस्तार किया जा रहा है। इसे ओसीनलेट्स के समावेश द्वारा लघु किंतु परिमित रेनॉल्ड्स संख्या प्रभावों को शामिल करने के लिए किया जा रहा है। इसके अतिरिक्त दो-मार्गी युग्मन को प्रस्तुत किया जा रहा है। इस प्रकार अनुसंधानकर्ताओं द्वारा शीघ्र ही कणों के सघन सस्पेंशन का अध्ययन किया जा सकेगा जो ज्यादा लघु नहीं हैं। बेसेट हिस्ट्री प्रभावों का अध्ययन प्रथम सिद्धांतों से वॉल-वाउंडिड फ्लो में किया जा रहा है। एलिपसाइड्स की इन्विसिड एवं उच्च रेनॉल्ड्स संख्या फ्लो को विस्तृत सैद्धांतिक एवं अंकीय रूप में किया जा रहा है। ऐसा अनेक बॉडीज के मामले में किया जा रहा है। दिखाया गया कि कैसे परिमित बेंडिंग मूमेंट के साथ इलॉस्टिक फिलामेंट द्वारा स्वयं को बबल के चारों ओर रैप किया जाता है। यह कार्य प्रयोगात्मक एवं सैद्धांतिक था। रैपिंग के भिन्न प्रकारों के मध्य ट्रांजिंशंस को पूर्वानुमानित किया गया एवं इन्हें प्राप्त किया गया। (संपर्क व्यक्ति: रामा गोविंदराजन एवं विशाल वासन)

- **स्ट्रेटिफाइड फ्लो**

विस्कोसिटी स्ट्रेटिफाइड फ्लो के लिए नए रेनॉल्ड्स-ओर समीकरण को प्राप्त करके दिखाया गया कि यहां डिस्टरबेंस वृद्धि को अरेखीय प्रभावों द्वारा डोमिनेट किया जाता है। यह अनस्ट्रेटिफाइड फ्लो के विपरीत है जहां सभी क्षोभ वृद्धि तात्कालिक रूप में रेखीय होती है। इस अध्ययन के प्रथम भाग का प्रकाशन फ्लूइड मैकेनिक्स के जर्नल के विशेष वोल्यूम में किया गया। (संपर्क व्यक्ति: रामा गोविंदराजन)

सांख्यिकीय भौतिकी

- **प्रेरित क्षयी डफिंग चैन में क्षोभों का स्पेटियोटेपोरल विस्तार: आऊट-ऑफ-टाइम-आर्डर्ड**

इस कार्य में आऊट-ऑफ-टाइम सहसंबंधों (ओटीओसी) के मापन द्वारा डफिंग ओसिलेटर्स (जो क्लॉसिकल मैनी-बॉडी प्रणाली है) की ओपन (ऊर्जा संरक्षण के बिना) चैन में केऑटिक गुणधर्मों का अध्ययन किया गया। दिखाया गया है कि ओटीओसी द्वारा उत्कृष्ट निदान के रूप में कार्य किया जाता है। यह बाहरी ड्राइव एवं स्थानीय क्षय की उपस्थिति में इस ओसिलेटर चैन के भिन्न गतिकीय रेशजीम्स की पहचान द्वारा किया जाता है। ओटीओसी द्वारा तीन भिन्न गतिकीय रेशजीम्स का स्पष्ट डिमार्केशन उपलब्ध कराया जाता है जहां केऑस की स्थिति सस्टेन्ड, ट्रांजिएंट एवं अनुपस्थित की होती है। इस कार्य द्वारा विस्तृत सूचना केऑस की सीमा के विषय में दी जाती है। इस सूचना का संभावित रूप से उपयोग विभिन्न क्षेत्रों में किया जा सकता है। इनमें एनक्रिप्शन डिवाइसेस, सुरक्षित संप्रेषण एवं सिग्नल संसूचन आदि शामिल हैं। (संपर्क व्यक्ति: अनुपम कुंदु एवं मानस कुलकर्णी)

- रोटेटिंग दो-आयामी ट्रेप में गैरअन्योन्यक्रियाकारी फर्मिऑन्स के लिए बहुपरती डेंसिटी प्रोफाइल**
 फर्मिऑन्स के सामूहिक व्यवहार के लिए यथार्थ परिणामों पता अभी तक नहीं चल सका है। इस कार्य में अनुसंधानकर्ताओं ने एन स्पिनलैस गैरअन्योन्यक्रियाकारी फर्मिऑन्स के लिए औसत स्पेष्टिअल डेंसिटी की यथार्थ गणना 2डी हार्मोनिक ट्रेप में की जो अतिरिक्त रिपल्लिव केंद्रीय पोटेंशल की उपस्थिति में कंस्टेंट आवृत्ति के साथ रोटेट हो रहा था। पाया गया कि बड़ी-एन सीमा में बल्क डेंसिटी में समृद्ध एवं महत्वपूर्ण प्रोफाइल है। यह ट्रेप के केंद्र में छिद्र के साथ है एवं यह बहु-परती “वैडिंग केक” संरचना से घिरी हुई है। बहु-परती संरचना के परीक्षण द्वारा अनुसंधानकर्ताओं ने समृद्ध चरण आरेख को प्राप्त किया। के-टीएच परत के एज पर इसे जूम करने से पाया गया कि एज डेंसिटी प्रोफाइल द्वारा k किंक्स को दर्शाया जाता है जो के-टीएच हर्माइट पोलिनोमिअल के शून्यों पर अवस्थित हैं। अनुसंधानकर्ताओं ने यह भी अध्ययन किया कि कैसे नए निर्मित बिंदु का विकास, आकार में किसी के द्वारा पैरामीटरों को बदलने पर अंतिम परत के शीर्ष पर होता है। इन निष्कर्षों को पूर्ण रूप से मिस परंपरागत स्थानीय सघनता एप्रॉक्सिमेशन द्वारा किया जाता है एवं अनुसंधानकर्ताओं का मानना है कि यह कार्य ट्रेण्ड फर्मिऑन्स में सामूहिक फेनोमेना की जानकारी हेतु प्रमुख कदम है। (संपर्क व्यक्ति: मानस कुलकर्णी)
- एक आयाम में इंहोमोजेनस मीडिया में रन-एण्ड-टंबल कण**
 इस कार्य में एक आयाम में रन-एण्ड-टंबल कण (दृढ़ ब्राउनियन मोशन के रूप में भी ज्ञात) के मोशन का परीक्षण किया गया। यह कण, टेलीग्राफिक नाइस द्वारा प्रेरित होता है जो कुछ रेड्स के साथ $+1$ एवं -1 के मध्य अल्टरनेट होता है। ऐसा मोशन, बैकटीरिया के लिए सर्वोत्कृष्ट मॉडल है। सराउंडिंग मीडिया में खाद्य सांद्रता के प्रभाव को शामिल करने के लिए रेड्स (जिनके साथ नाइस द्वारा साइन को परिवर्तित किया जाता है) को प्रारंभिक स्थिति (जो कि मूल भी है) से दूरी (एक्स) पर निर्भर होने के लिए लिया गया। विशेष रूप से माना गया है कि रेड्स की निर्भरता पॉवर लॉ के रूप में दिए गए एक्सपोनेंट (एक्स) पर होती है। अतः $a > 0$ के लिए मूल से कण जितना दूर होगा उतनी ही तेजी से यह मोशन की इंस्टैन्स दिशा को परिवर्तित करेगा। ऐसे कण की स्थिति के वितरण एवं सरवाइवल गुणधर्मों का अध्ययन विभिन्न स्थितियों के अंतर्गत किया गया। (संपर्क व्यक्ति: अनुपम कुंदु)

खगोलभौतिकीय सापेक्षता

- GW190521: 150 एम के कुल द्रव्यमान के साथ बाइनरी ब्लैक होल मर्जर**
 इस कार्य ने गुरुत्वीय तरंगों की खोज को प्रस्तुत किया। इन्हें दुर्लभ रूप से निरीक्षित कुछ सर्वाधिक भारी खगोलभौतिकीय ब्लैक होल्स के मर्जर से लिया गया है। प्रस्तुत किए गए प्रमुख ब्लैक होल को $\sim 85 M_\odot$ एवं द्वितीयक को $\sim 66 M_\odot$ पाया गया। परिणामस्वरूप इस मर्जर से निर्मित ब्लैक होल निश्चित रूप से इंटरमीडिएट द्रव्यमान ब्लैक होल है। यह खोज दो कारणों से रोचक है: पूर्व-मर्जर ब्लैक होल्स के द्रव्यमानों द्वारा उन्हें तथाकथित (पल्सेशनल) युग्म-अस्थिरता सुपरनोवा प्रक्रियाओं द्वारा निर्मित गैप के मध्य में रखा जाता है जो कि सुपरनोवा की हमारी जानकारी के संबंध में रोचक प्रति-प्रमाण है। इसके अलावा मर्जर के बाद के ब्लैक होल के द्रव्यमान की संगति इंटरमीडिएट द्रव्यमान ब्लैक होल के साथ होती है एवं यह खोज ऐसे पिंडों के अस्तित्व के लिए कुछ सर्वाधिक ठोस प्रमाणों को उपलब्ध कराती है। (संपर्क व्यक्ति: प्रयूष कुमार एवं पी. अजीत)

क्षोभी ट्रांसपोर्ट / मेघ भौतिकी

- क्षोभ में सेडिमेंटिंग कणों विषमदैशिक कणों की अभिविन्यास गतिकी**
 इस कार्य में अनुसंधानकर्ताओं ने दोनों जड़ता एवं गुरुत्वाकर्षण के लिए क्षोभ में विषमदैशिक कणों की गतिकी का परीक्षण अंकीय एवं सैद्धांतिक रूप से किया; ये कण क्षोभी मेघों में आइस क्रिस्टलों का प्रतिनिधित्व करते हैं। यह पहला ठोस कदम साइरस मेघ अभिलक्षणों को क्वांटिफाई करने के लिए था। ये अभिलक्षण, आइस क्रिस्टल अभिविन्यास वितरण पर सूक्ष्म रूप में निर्भर हैं। मेघ, पृथ्वी-वायुमंडल विकिरण बजट में सर्वाधिक अनिश्चितता के घटक है एवं इस कार्य के उपयोग ग्रहीय ग्रीनहाउस प्रभाव में उनके योगदान के आकलन में उपयोग हैं। इस कार्य का संबंध पोल्युशन डिस्पर्सन, सूट निष्कर्षण एवं प्लैंकटन गतिकी के साथ भी था। इस तरह यह रुचि का विषय वायुमंडलीय एवं समुद्री विज्ञान समुदायों के लिए था। (संपर्क व्यक्ति: समृद्धि संकर रे)

- **क्षोभी प्रवाहों में पोलिमर विखंडन**

क्षोभी प्रवाह में पोलिमर्स को तीव्र स्ट्रेन से गुजरना पड़ता है। इससे उनका विखंडन होता है। इसके परिणामस्वरूप फेनोमेना के प्रयोगात्मक अध्ययन एवं उपयोग सीमित होते हैं। इन फेनोमेना में क्षोभी ड्रैग रिडक्शन एवं इलॉस्टिक क्षोभ शामिल हैं। इस कार्य में विंसेंजी, ईटी एएल. ने पोलिमर विखंडन का अध्ययन होमोजेनस समदैशिक क्षोभ में किया। इसे स्टोकेऑस्टिक मॉडलिंग के कांविनेशन द्वारा किया गया। यह मॉडलिंग गौसियन टाइम-डिकरेलेटिड रैंडम फ्लो एवं प्रत्यक्ष अंकीय सिमुलेशन (डीएनएस) पर आधारित थी। इसे पोलिमर्स के दोनों वन-वे (निष्क्रिय) एवं दो-वे (सक्रिय) युग्मन के साथ किया गया जिन्हें बीड-स्प्रिंग चेन्स एवं प्रवाह पर मॉडल किया गया था। (संपर्क व्यक्ति: समृद्धि संकर रे)

सूत्र सिद्धांत एवं क्वांटम गुरुत्वाकर्षण

- **गुरुत्वीय बॉथ्स के साथ सूचना स्थानांतरण**

हाल ही में महत्वपूर्ण रूप से ध्यान गैरगुरुत्वीय बॉथ के पेज कर्व की गणना पर दिया गया है जो कि होलोग्राफिक प्रणाली में युग्मित है। ऐसे में सहज ही प्रश्न उठता है कि क्या इस पेज कर्व की संगति हमारे विश्व में ब्लैक होल्स के साथ है जहां गुरुत्वाकर्षण पूर्ण रूप से कहीं भी लुप्त नहीं होता है। अनुसंधानकर्ताओं ने ऐसे मामले में इन विचारों का परीक्षण किया जहां स्वयं में बाथ का गतिकीय गुरुत्वाकर्षण है। पाया गया कि विद्यमान परिणामों को महत्वपूर्ण रूप से संशोधित किया गया एवं पेज कर्व लुप्त हुआ। दूसरी ओर अनुसंधानकर्ताओं ने दिखाया कि उपयुक्त गैरगुरुत्वीय प्रश्न पूछकर अभी भी पेज कर्व को प्राप्त किया जा सकता है। इससे इस विचार की पुष्टि होती है कि पेज कर्व, सामान्यतः गैरगुरुत्वीय प्रश्न का उत्तर है। इसके अतिरिक्त इससे यथार्थ तस्वीर स्पष्ट नहीं होती है कि कैसे सूचना का उद्गम असिंप्टोटिकली फ्लैट स्पेस में ब्लैक होल की इंटिरियर से होता है। (संपर्क व्यक्ति: सुव्रत राजू)

- **क्वांटम गुरुत्वाकर्षण में बल्क सूचना प्राप्त करने के लिए भौतिकीय प्रोटोकॉल**

भौतिकीय प्रोटोकॉल की स्थापना की गई। इससे असिंप्टोटिकली एडीएस स्पेसटाइम की सीमा के निकट निरीक्षकों को बल्क एक्साइटेशंस की पहचान करने में सहायता मिलेगी। दिखाया गया कि यदि निरीक्षकों को स्थानीय बल्क यूनिटरीज के साथ कार्य करने एवं ऊर्जा के मापन की अनुमति मिलती है, तो इससे उन्हें प्रत्यक्ष रूप में बल्क के अन्वेषण के बिना किसी निम्न-ऊर्जा बल्क अवस्था को अद्वितीय रूप से पहचान करने में सहायता मिलेगी। इसने पूर्व के तर्कों का क्षोभी सत्यापन उपलब्ध कराया कि होलोग्राफी के साइन्स को पहले ही क्वांटम गुरुत्वाकर्षण के निम्न-ऊर्जा सिद्धांत में व्यक्त किया गया है। (संपर्क व्यक्ति: सुव्रत राजू)

- **ओपन क्वांटम प्रणालियां एवं श्विंगर-केल्डिश होलोग्राम्स**

अनुसंधानकर्ताओं ने ओपन क्वांटम क्षेत्र सिद्धांतों के अध्ययन का सूत्रपात किया। इसमें उन्होंने होलोग्राफिक पद्धतियों का प्रयोग किया। विशेष रूप से परिमित तापमान (एनवायरनमेंट) में होलोग्राफिक क्षेत्र सिद्धांत के साथ युग्मित क्वांटम क्षेत्र सिद्धांत (प्रणाली) पर विचार किया गया। अनुसंधानकर्ताओं ने होलोग्राफिक एनवायरनमेंट के एकीकरण के प्रभावों का परीक्षण किया। इसका उद्देश्य परिणामकारी ओपन क्वांटम क्षेत्र सिद्धांत के लिए प्रभावी गतिकी को प्राप्त करना था। इस ओपन प्रभावी कार्य में प्रवेश करने वाले प्रभाव फंक्शनल्स का निर्धारण होलोग्राफिक तापीय एनवायरनमेंट के वास्तविक-समय (श्विंगर-केल्डिश) सहसंबंध प्रकायों द्वारा किया गया। अनुसंधानकर्ताओं ने वास्तविक-समय सहसंबंध प्रकायों की गणना की। इसमें उन्होंने इन ज्यामितियों में होलोग्राफिक पद्धतियों का प्रयोग किया। इस दौरान उन्होंने तर्क दिया कि उनसे, प्रश्न के घेरे में प्रणाली के लिए (इस प्रश्न का अभी तक उत्तर नहीं मिला था) सेंसिबिल ओपन प्रभावी क्वांटम गतिकी की प्राप्ति होती है। दृढ़ सहसंबंधित तापीय एनवायरनमेंट्स में युग्मित ओपन क्वांटम प्रणालियों के संबंध में जानकारी उपलब्ध कराने के अतिरिक्त परिणामों से गुरुत्वाकर्षण एवं होलोग्राफी में श्विंगर-केल्डिश ऑब्जर्वेबिल्स की सिद्धांतवादी गणना उपलब्ध होती है। (संपर्क व्यक्ति: आर. लोगानयागम)

- **परिमित सघनता में होलोग्राफिक केएमएस संबंध**

अनुसंधानकर्ताओं ने पूर्व में प्रस्तुत होलोग्राफिक श्विंगर-केल्डिश प्रैसक्रिप्शन का विस्तार आवेशित ब्लैक ब्रेन्स में किया। इसका उद्देश्य इन पृष्ठभूमियों में हॉकिंग विकिरण का अध्ययन करना था। समतुल्य रूप में अनुसंधानकर्ताओं ने परिमित तापमान एवं परिमित रसायनिक पोटेंशल पर ड्युएल सीएफटी के वास्तविक समय फ्लक्चुएशंस का अध्ययन किया। प्रैसक्रिप्शन की जांच आवेशित डाइरेक्ट प्रॉब क्षेत्रों का प्रयोग करके की गई। अनुसंधानकर्ताओं ने पूर्व के परिणामों को विस्तृत रूप देते हुए सीमा

डिराइवेटिव विस्तार में डाइरेक समीकरण को हल किया। इस प्रैसक्रिप्शन का प्रयोग करके प्राप्त शर्विंगर-केल्डिश सहसंबंधकों द्वारा स्वतः ही फर्मी-डाइरेक फैक्टर्स के साथ उपयुक्त केएमएस संबंध सैटिसफाई होते हैं। (संपर्क व्यक्ति: आर. लोगानयागम)

भौतिकीय जैवविज्ञान एवं संघनित पदार्थ

• सक्रिय एकल-फाइल गतिकी में यूनिवर्सल स्केलिंग

अनुसंधानकर्ताओं ने सक्रिय कणों की तीन कक्षाओं की एकल-फाइल गतिकी का अध्ययन किया। ये रन एण्ड टंबल कण, सक्रिय ब्राउनियन कण एवं सक्रिय ओर्नस्टीन-उलेनबेक कण हैं। उच्च सक्रियता वैल्यूज पर शुद्ध रूप से रिपलिसव एवं शॉर्ट-रेंज बलों द्वारा अन्योन्यक्रियाकारी कणों का एग्रीगेशन, तुलनीय आकार के अनेक मोटाइल एवं गतिकीय क्लस्टर में होता है एवं इनके द्वारा बल्क चरण-सेप्रेगेशन को नहीं दर्शाया जाता है। इस गतिकीय ठोस-अवस्था में पाया गया कि इन एग्रीगेट्स के क्लस्टर आकार के वितरण, डेंसिटी एवं क्रियाकलाप पैरामीटरों का स्केलड प्रकार्य है। यह सक्रिय कणों के तीनों मॉडलों में समान स्केलिंग प्रकार्य के साथ है। इन मोबाइल क्लस्टर का वेग वितरण गैर-गौसियन है। दिखाया गया कि इन क्लस्टर की प्रभावी गतिकी द्वारा आइडेंटिकल स्केलिंग एक्सपोनेंट्स एवं प्रकार्यों के साथ सभी तीनों मॉडलों के लिए टैग कणों के मीन-स्क्वेयर्ड विस्थापन के निरीक्षित उदीयमान स्केलिंग को स्पष्ट किया जा सकता है। अध्ययन कार्य ने अन्योन्यक्रियाकारी सक्रिय कणों की एकल-फाइल गतिकी में यूनिवर्सल स्केलिंग व्यवहार को स्पष्ट किया। (संपर्क व्यक्ति: विजय कुमारकृष्णामूर्ति, अनुपम कुंदु एवं अभिषेक धर)

सूत्र सिद्धांत / क्वांटम क्षेत्र सिद्धांत

• सिमेट्रिक प्रोडक्ट CFTs से AdS_3 तक

इस अनुसंधान कार्य से संकल्पना का प्रमाण मिलता है कि सूत्र एंज्लिड्युड में फेनमेन आरेखों की रिकॉस्ट्रिंग द्वारा दुर्बल अन्योन्यक्रियाकारी QFTs के लिए गेज-सूत्र ड्युएलिटी को समझने के लिए कार्यक्रम व्यवहार्य है। इसे AdS_3/CFT_2 ड्युएलिटी के उदाहरण द्वारा किया जाता है जिसे पिछले दो वर्षों में विकसित किया गया है। इसके AdS/CFT करेस्पॉण्डेंस के अन्य मामलों में सामान्यीकृत होने की संभावना पुष्टा होती है। (संपर्क व्यक्ति: राजेश गोपाकुमार)

क्वांटम क्षेत्र सिद्धांत

• मेलिन एंज्लिड्युड्स के लिए सिमेट्रिक डिस्पर्सन संबंधों को क्रॉस करना

इस कार्य द्वारा फार्मेलिज्म को विकसित किया जाता है। यह कंफर्मल, क्षेत्र सिद्धांत में सहसंबंध प्रकार्यों को लिखता (चार प्वाइंट्स) है। इसे ऐसे रूप में लिखा जाता है जिससे सभी चैनलों के मध्य तथाकथित क्रॉसिंग सिमेट्री व्यक्त होती है। इस फार्मेलिज्म के प्रयोग द्वारा यह दर्शाया जाता है कि कोई कैसे ऐसे सहसंबंधकों का सुवर्णित विस्तार उस संबंध में कर सकता है जिसे पोलियाकोव-मेलिन ब्लॉक्स कहा गया जो कि बदले में एंटी-डे सिटर स्पेस में लिखित आरेखों के साथ निकट रूप में संबंधित हैं। विशेष रूप से संपर्क आरेखों को संलग्न करने वाली अनेक संदिग्धताओं को लोकैलिटी कंस्ट्रेंट्स के प्रयोग द्वारा दूर किया जाता है। (संपर्क व्यक्ति: राजेश गोपाकुमार)

खगोलभौतिकीय तरल गतिकी एवं प्लाज्मा खगोलभौतिकी

• चुंबकीय रिकनेक्शन के कारण क्षयी, तीन-आयामी, गैर-हेलिकल चुंबकीय क्षोभ में इवर्स ऊर्जा स्थानांतरण

इस कार्य ने एंपाइरिकली दिखाया कि तीन आयामों (3 डी) में क्षयी, गैर हेलिकल, मैग्नेटोहाइड्रोगतिक क्षोभ में इवर्स चुंबकीय ऊर्जा स्थानांतरण, चुंबकीय रिकनेक्शन टाइमस्केल पर होता है। इस तरह सुझाव दिया गया कि रिकनेक्शन की जिम्मेदारी गतिकी के लिए है जिससे इवर्स स्थानांतरण होता है। इस प्रणाली के 2डी अंकीय सिमुलेशन ने इवर्स स्थानांतरण के लिए विजुअल प्रमाण को दिखाया। इसे चुंबकीय आइलैंड्स की मर्जिंग द्वारा दिखाया गया जिससे बड़ी संरचनाएं निर्मित होती हैं। अनुसंधानकर्ताओं ने पाया कि स्केलिंग व्यवहार में समानता 2डी एवं 3डी के मध्य है। चुंबकीय रिकनेक्शन टाइम-स्केल द्वारा समय के सामान्यीकरण पर भिन्न लंडक्विस्ट संख्याओं के साथ प्रणालियों से चुंबकीय क्षेत्र के इवोल्यूशन कर्स, एक-दूसरे पर कलेप्स होते हैं। इसके बाद संरक्षित मात्राओं की भूमिका की चर्चा की गई एवं इन्हें 2डी एवं 3डी सिमुलेशंस में समान पाया गया। इस अध्ययन से पता चला कि 3डी में गतिकी को उपयुक्त रूप से स्पष्ट उसके द्वारा किया जा सकता है जिसे 2डी में समझा गया था। (संपर्क व्यक्ति: पल्लवी भाट)

गणित

संभाव्यता सिद्धांत एवं कांबिनेटोरिक्स

- **अडोस-रेन्यी ग्रॉफों में नियमित उपग्रॉफ काउंट्स के अपर टेल बड़े विचलन**
हाल ही में रैंडम ग्रॉफ्स मॉडलों में उपग्रॉफ काउंट्स के बड़े विचलनों के अध्ययन में अत्यंत दिलचस्पी देखी गई है। रैंडम ग्रॉफों के संदर्भ में सरलतम महत्वपूर्ण मॉडल अडोस-रेन्यी ग्रॉफ है। इस कार्य में बड़ी विचलन सीमाओं को सभी नियमित कनेक्टिड ग्रॉफों के लिए अपर टेल इवेंट के लिए संपूर्ण स्थानीय रेशजीम में प्राप्त किया गया (जहां बड़े विचलन इवेंट का कारण स्थानीय संरचनाओं को माना जाता है)। पूर्व कार्यों के साथ इस कार्य से संकेत मिलता है कि स्थानीय रेशजीम में बड़े विचलन इवेंट का कारण क्लिक या हब (स्थानीय संरचना) है। इससे रेग्युलर ग्रॉफों के लिए अपर टेल समस्या का समाधान होता है। (संपर्क व्यक्ति: अनिरबेन बसक एवं रिद्धीप्रातिम बसु)

संभाव्यता सिद्धांत एवं स्पेक्ट्रल सिद्धांत

- **परिमित प्रतीकों के साथ टोप्लिट्ज मेट्रिसेस के रैंडम क्षोभों का स्पेक्ट्रम**
इस कार्य में अनुसंधानकर्ताओं ने रैंडम एडिटिव क्षोभ के अंतर्गत परिमितीय बैंडिड टोप्लिट्ज मेट्रिसेस के सीमित स्पेक्ट्रल वितरण का अध्ययन किया। नाइस मेट्रिक्स पर अत्यंत नरम धारणा के अंतर्गत (जैसे कि एंट्रीज के द्वितीय मूमेंट के अस्तित्व एवं क्षोभ के अंतर्गत लघुतम एकल वैल्यू के व्यवहार पर तकनीकी स्थिति) दिखाया गया कि परिमितीय बैंडिड टोप्लिट्ज मेट्रिक्स के रैंडम क्षोभ की आइजनवैल्यूज के एंपाइरिकल उपाय की सीमा द्वारा नियम को कंवर्ज किया जाता है जिसे सीमित टोप्लिट्ज प्रचालक के साथ संबंधित प्रतीक द्वारा यूनिट सर्कल पर यूनिफॉर्म उपाय के पुश फॉरवर्ड द्वारा प्रेरित किया जाता है। अनुसंधानकर्ताओं ने दिखाया कि नाइस मेट्रिक्स पर मान्यताएं, मेट्रिसेस के बड़े समूह पर खरी उतरती हैं। इनमें स्वतंत्र एवं आइडेंटिकली वितरित एंट्रीज के साथ मेट्रिसेस (जिन एंट्रीज में परिमित द्वितीय मूमेंट एवं हार वितरित यूनिटरी एवं ऑर्थोगोनल मेट्रिसेस होते हैं)। (संपर्क व्यक्ति: अनिरबेन बसक)

ज्यामिति

- **मैक्सिमल एवं मिनिमल सतहों द्वारा स्थानीय इंटरपोलेशन**
मैक्सिमल सतहें, लोरेन्ट्ज-मिंकोव्स्की स्पेस L^3 में शून्य मीन वक्रता सतहें हैं। अनुसंधानकर्ताओं ने दिए गए वास्तविक विश्लेषणात्मक स्पेस जैसे वक्र α को अन्य वास्तविक विश्लेषणात्मक स्पेस जैसे वक्र C में इंटरपोलेट किया जिसे मैक्सिमल सतह द्वारा निश्चित अर्थ में α के पर्याप्त निकट होने के लिए दिया जाता है। अनुसंधानकर्ताओं ने बैनाच स्पेसेस के लिए इन्वर्स प्रकार्य प्रमेय का प्रयोग किया। मिनिमल सतहें, यूक्लिडीन स्पेस E^3 में शून्य मीन वक्रता सतहें हैं। समान पद्धति का प्रयोग करके अनुसंधानकर्ताओं ने यूक्लिडीन स्पेस E^3 में दिए गए वास्तविक विश्लेषणात्मक वक्र α को अन्य वास्तविक विश्लेषणात्मक वक्र C में इंटरपोलेट किया जिसे मिनिमल सतह द्वारा निश्चित अर्थ में α के पर्याप्त निकट होने के लिए दिया जाता है। बिजोरलिंग समस्या एवं शावटर्ज के इसके हल द्वारा प्रमाण में महत्वपूर्ण भूमिका का निर्वाह किया जाता है। (संपर्क व्यक्ति: रुक्मणि डे)

बीजीय ज्यामिति

- **स्पेक्ट्रल नेटवर्क्स एवं स्थिरता स्थितियां**
इस कार्य का उद्देश्य उच्च ऊर्जा भौतिकी से स्पेक्ट्रल नेटवर्क्स के सिद्धांत को सिंप्लेक्टिक टोपोलॉजी में फुकाया श्रेणियों के सिद्धांत के साथ संबंधित करना है। (संपर्क व्यक्ति: प्रणव पंडित)

गणित एवं भौतिकीय विज्ञान

- **α -एफपीयूटी चैन में स्थानीय आब्जर्वेबिल्स का तापीयकरण**
फर्मी-पास्ता-यूलम-सिंगो (एफपीयूटी) प्रणाली की इक्विलिब्रेशन की समस्या पर अधिकांश अध्ययन कार्यों में ऊर्जा के इक्विपार्टिशन को संगत हार्मोनिक प्रणाली के सामान्य मोड्स से प्राप्त करने पर जोर दिया गया है। वर्तमान कार्य में अनुसंधानकर्ताओं ने स्थानीय वैरिएबिल्स के संबंध में इक्विलिब्रेशन की समस्या पर चर्चा की है एवं प्रारंभिक स्थितियों को स्पेटीअली स्थानीय ऊर्जा के संगत माना है। अनुसंधानकर्ताओं ने स्वतंत्रता की स्पेस स्थानीयकृत सीमाओं के इक्विपार्टिशन के

लिए टाइम-स्केल्स का आकलन किया एवं सामान्य मोड्स के लिए निरीक्षित टाइम स्केल्स की तुलना में महत्वपूर्ण अंतर पाया। अनुसंधानकर्ताओं ने दिखाया कि कैसे प्रणाली के तापीयकरण गुणधर्मों को (इसके इक्विलिब्रेशन समय द्वारा क्वांटिफाईड एवं इस कार्य में वर्णित) केऑस के साथ संबंधित किया जा सकता है जिसे मैक्सिमल लियापुनोव एक्सपोनेंट द्वारा दिया गया है। आश्चर्यजनक रूप से यह भी पाया गया कि एंसेंबल औसतीकरण से अधिक लंबे टाइम स्केल्स पर इंटीग्रेबिल टोडा चैन का तापीयकरण हो सकता है। (संपर्क व्यक्ति: अमित आपटे एवं अभिषेक धर)

राष्ट्रीय रेडियो खगोलभौतिकी केंद्र, पुणे

मिलीसेकेण्ड पल्सरों का लक्ष्यित सर्वेक्षण

- विशाल मीटरवेब रेडियो दूरदर्शी एवं फर्मी बृहत् क्षेत्र दूरदर्शियों के साथ रेडियो एवं गामा-किरणों में तीन मिलीसेकेण्ड पल्सरों की खोज एवं टाइमिंग

मिलीसेकेण्ड पल्सरें, तीव्र गति से घूर्णन कर रहे न्यूट्रॉन तारे हैं। इनसे हम पल्सों का निरीक्षण करते हैं। विकिरण के बीम्स के साइट की हमारी रेखा से गुजरने पर इनकी अत्यंत तीव्र स्थिर घूर्णीय पीरियोडिटी होती है। इससे मिलीसेकेण्ड पल्सरें, सर्वाधिक प्रिसाइज सैलेस्टियल क्लॉक्स बनती हैं। जहां यह कुछ मामलों में संभव सिद्ध हो चुका है, वहीं इन स्रोतों की दिशा में रेडियो पल्सरों के लिए प्रथम खोज करना कहीं अधिक सरल हो चुका है। गहन निरीक्षणों को 375 असंबंधित फर्मी विशाल क्षेत्र दूरदर्शी गामा-किरण स्रोतों की दिशाओं में रेडियो पल्सेशंस की खोज के लिए किया गया। इस दौरान बृहत् मीटरतरंग रेडियो दूरदर्शी (जीएमआरटी) का प्रयोग 322 एवं 607 एमएचजैड पर किया गया। अनुसंधानकर्ताओं ने आसमान में उनकी अवस्थितियों के बाद तीन मिलीसेकेण्ड पल्सरों, पीएसआर जे0248 +4230, पीएसआर जे1207+5050 एवं पीएसआर जे1536+4948 की खोज की रिपोर्टिंग की। अनुसंधानकर्ताओं ने जीएमआरटी निरीक्षणों से प्राप्त पैरामीटरों के साथ फर्मी विशाल क्षेत्र दूरदर्शी से गामा-किरण फोटोन्स को फोल्ड कर रहे इन मिलीसेकेण्ड पल्सरों से गामा-किरण पल्सेशंस की खोज की। (संपर्क व्यक्ति: भास्वती मुखर्जी)

- जीपीयू-त्वरित आइंस्टीन@होम द्वारा गामा-किरण ब्लैक विंडो पल्सर की खोज

इस अध्ययन ने पीएसआर जे1653-0158 नामक 75 मिनट आर्बिटल-अवधि द्विआधारी पल्सर से 1.97 मिलीसेकेण्ड अवधि गामा-किरण पल्सेशंस की खोज को रिपोर्ट किया। संबंधित फर्मी विशाल क्षेत्र दूरदर्शी गामा-किरण स्रोत 4एफजीएल जे1653.6-0158 से दीर्घकाल से अपेक्षा द्विआधारी मिलीसेकेण्ड पल्सर को हार्बर करने की है। पल्सर-जैसे गामा-किरण स्पेक्ट्रम एवं कैंडिडेट प्रकाशिक/एक्स-रे एसोसिएशंस – जिसकी आवधिक ब्राइटनैस मॉड्युलेशंस से ऑर्बिट का पता चला – किसी अन्य रेडियो पल्सेशंस को अनेक खोजों में नहीं पाया गया था। इस पल्सर की खोज सीधे गामा-किरण डेटा की खोज द्वारा हुई। इसमें जीपीयू-त्वरित आइंस्टीन@होम वितरित वोलेंटियर कंप्यूटिंग प्रणाली का प्रयोग किया गया। बहुआयामी पैरामीटर स्पेस को पोजिशनल एवं ऑर्बिटल कंस्ट्रेंट्स द्वारा बद्ध किया गया जिन्हें प्रकाशिक काउंटरपार्ट से पाया गया था। पल्सर टाइमिंग सोल्युशन के ज्ञान का प्रयोग करके आर्काइवल एवं नए रेडियो डेटा के अधिक सेंसिटिव विश्लेषणों द्वारा अत्यंत सख्त ऊपरी सीमाओं की प्राप्ति रेडियो उत्सर्जन पर होती है। इस प्रकार कोई भी रेडियो उत्सर्जन असाधारण रूप से दुर्बल है या समय के बड़े भाग द्वारा एक्लिप्स किया गया है। इस पल्सर में $B_{\text{surf}} \approx 4 \times 10^7 \text{ G}$ के साथ किसी ज्ञात पल्सर की तीन निम्नतम अवरक्त सतह चुंबकीय-क्षेत्र सामर्थ्यों में एक है। (संपर्क व्यक्ति: भास्वती मुखर्जी)

खगोलविज्ञान

- एक के औसत रैडशिफ्ट में आकाशगंगाओं के एंसेंबल से एच आई 21-सेंटीमीटर उत्सर्जन

आकाशगंगाओं में गैस का महत्वपूर्ण भाग, परमाणु हाइड्रोजन के रूप में होता है। इसका रूपांतरण आण्विक अवस्था व अंत में तारों में होता है। हालांकि आकाशगंगाओं की तारा निर्माण दर के क्रमविकास को अब अपेक्षाकृत बेहतर तरीके से मापा जाता है, तथापि ऐसा आकाशगंगाओं की परमाणु गैस मात्रा के क्रमविकास के मामले में नहीं है। ऐसा इसलिए है क्योंकि आकाशगंगाओं की कुल परमाणु गैस मात्रा का एकमात्र उपलब्ध ट्रेसर हाइड्रोजन रेडियो स्पेक्ट्रल लाइन, 21 सेमी. तरंगदैर्घ्य पर है। यह उत्सर्जन अत्यंत दुर्बल होता है एवं इसका मापन सिर्फ पृथक आकाशगंगाओं में अपेक्षाकृत निकट की दूरियों पर किया गया है। उन्नत जीएमटी का प्रयोग निरीक्षित तारा-निर्माणकारी आकाशगंगाओं के औसत परमाणु हाइड्रोजन द्रव्यमान के मापन के

लिए किया गया (उनकी 8 अरब वर्ष पूर्व की स्थिति के संबंध में)। यह अभी तक का सबसे अधिक दूरी 'लुकबैक टाइम' है जिसके लिए ऐसे मापन को किया गया है। पाया गया कि यद्यपि आकाशगंगाओं में परमाणु हाइड्रोजन का विशाल भंडार है, तथापि उनके द्वारा तारों का निर्माण इतनी तीव्र गति से हो रहा है कि यह गैस अत्यंत शीघ्र कम पड़ जाएगी (यदि गैस का जारी इंधन न हो)। अध्ययन कार्य से पता चला कि ऐसे समय में आकाशगंगाओं में गैस एक्शन, तारा-निर्माणकारी आकाशगंगाओं में उच्च तारा-निर्माण दरों को सस्टेन करने के लिए अपर्याप्त हो सकता है। यह कॉस्मिक तारा-निर्माण दर सघनता में गिरावट के लिए संभावित कारण हो सकता है। (संपर्क व्यक्ति: जे.एन. चेंगलुर)

खगोलभौतिकी

• ईसीएमई को उत्सर्जित करने के लिए ज्ञात द्वितीय तारे, एचडी 133880 का वाइड बैंड अध्ययन

वर्तमान जानकारी के अनुसार भारी ओबी तारे, अधिकांश सुपरनोवा के प्रोजेक्टर्स हैं। हालांकि भारी तारों में चुंबकत्व (जो कि दुर्लभ है एवं इन तारों में सिर्फ 10 प्रतिशत में दिखाई देता है) के महत्वपूर्ण परिणाम उनके घूर्णीय गुणधर्मों, द्रव्यमान-हानि दरों में हैं व इस तरह सुपरनोवा के रूप में उनका स्वरूप निर्धारित होता है। इलेक्ट्रॉन साइक्लोट्रॉन मेसर उत्सर्जन (ईसीएमई), डाइरेक्शनल उत्सर्जन है जो तारों के चुंबकीय नल्स में घटित होता प्रतीत होता है। ईसीएमई, निम्न आवृत्तियों पर गुणधर्म प्रतीत होती है जबकि उन्हीं तारों द्वारा गाइरो-सिंक्रोट्रॉन उत्सर्जन को उच्च रेडियो आवृत्तियों पर दिखाया जाता है। अनुसंधानकर्ताओं ने ईसीएमई उत्सर्जन वाले द्वितीय तारे के एचडी 133880 के वाइड बैंड अध्ययन को किया। इस अध्ययन से फेनोमेना एवं होस्ट तारे के भी अनेक रोचक अभिलक्षणों की खोज हुई है। पाया गया कि ईसीएमई पल्सों के निरीक्षणीय गुणधर्मों की निर्भरता साइट की रेखा के संबंध में स्टैलर ओरिएंटेशन पर निर्भर प्रतीत होती है। इन गुणधर्मों में राइट एवं लेफ्ट सर्कुलरी पोलराइज्ड पल्सों के मध्य टाइम लैग, पल्सों का एंप्लिट्यूड, एवं उनकी अपर कट-ऑफ आवृत्तियां शामिल हैं। सुझाव दिया गया कि इन सभी फेनोमेना (जो आदर्श तस्वीर के परे हैं) का श्रेय चुंबकीय क्षेत्र एक्जिस के संबंध में मैग्नेटोस्फेयर में उच्च एजिमुथली एसिमेट्रिक पदार्थ वितरण को दिया जा सकता है। (संपर्क व्यक्ति: पूनम चंद्रा)

• तारों द्वारा दर्शाए जा रहे इलेक्ट्रॉन साइक्लोट्रॉन मेसर उत्सर्जन में प्रसार प्रभावों की खोज के लिए 3डी रुपरेखा

संगत रेडियो उत्सर्जन की खोज अनेक ऊष्म चुंबकीय तारों से इलेक्ट्रॉन साइक्लोट्रॉन मेसर उत्सर्जन (ईसीएमई) की प्रक्रिया द्वारा हुई है। ईसीएमई के महत्वपूर्ण गुणधर्मों में एक पल्स अराइवल समय की आवृत्ति निर्भरता है। इसका श्रेय प्रसार को दिया गया है। हालांकि स्टैलर मैग्नेटोस्फेयर में सघनता के आकलन के लिए इसके विश्वसनीय टूल होने के बावजूद इस फेनोमेनन के लिए कोई भी क्वांटिटेटिव ट्रीटमेंट विद्यमान नहीं है। अनुसंधानकर्ताओं ने तारे के इनर मैग्नेटोस्फेयर में निरंतर रिफ्रेक्शन पर विचार कर प्रसार प्रभाव के लिए रुपरेखा को प्रस्तावित किया। इस रुपरेखा की क्षमता, सघनता वितरण के किसी भी प्रकार को शामिल करने की है एवं इसमें सिद्धांत: चुंबकीय क्षेत्र के किसी प्रकार को शामिल किया जा सकता है। इस कार्य ने दिखाया कि उच्च ओब्लिकिटी के साथ तारों के लिए, प्रसारण प्रभाव द्वारा न सिर्फ पल्सों के अराइवल के अनुक्रम को नाटकीय रूप से बल्कि पल्सों के आकार एवं विशिष्ट मैग्नेटोस्फेयर से पल्स की निरीक्षणीयता को भी प्रभावित किया जा सकता है। (संपर्क व्यक्ति: पूनम चंद्रा)

• ब्रॉड-लाइन प्रकार आईसी सुपरनोवा एसएसएसएसएन-16 एफपी का रेडियो व्यू

अनुसंधानकर्ताओं ने यूजीएमआरटी एवं व्हीएलए के साथ प्रकार आईसी सुपरनोवा, एसएसएसएसएन-16 एफपी का अध्ययन किया। डेटा द्वारा 0.33-25 जीएचजैड की आवृत्ति रेंज एवं $\sim 8-1136$ डी पोस्ट-एक्सप्लोजन की टेंपोरल रेंज के साथ 1000 डी के परे सुपरनोवा के निम्नतम आवृत्ति निरीक्षणों को रिप्रिजेंट किया जाता है। इन निरीक्षणों को सर्वोत्तम रूप से रिप्रिजेंट, शॉकड सर्कमस्टैलर शैल से सिंक्रोट्रॉन उत्सर्जन के मॉडल द्वारा किया जाता है जिसे प्रारंभ में सिंक्रोट्रॉन सैल्फ-अवशोषण द्वारा दमित किया जाता है। सापेक्षिकीय कणों एवं चुंबकीय क्षेत्रों के मध्य ऊर्जा के समविभाजन को मानते हुए अनुसंधानकर्ताओं ने ब्लॉस्ट वेब के वेग एवं रेडियस का आकलन किया। इसका आकलन $t_0 \sim 8$ d पोस्ट एक्सप्लोजन पर क्रमशः $V \sim 0.15c$ एवं $r \sim 3.4 \times 10^{15}$ cm किया गया। अनुसंधानकर्ताओं ने अनुमानित किया कि रेडियो-उत्सर्जी पदार्थ की कुल आंतरिक ऊर्जा का विकास $E \sim 0.37 \times 10^{47} (t/t_0)^{0.65}$ erg के रूप में होता है। प्रोजेक्टर तारे की द्रव्यमान हानि दर का निर्धारण विभिन्न इपोकस पोस्ट-एक्सप्लोजन में $\sim (0.4-3.2) \times 10^5 M_\odot \text{ yr}^{-1}$ किया गया। यह गैलेक्सीय वॉल्फ-रेयत तारों की द्रव्यमान हानि दर के संगत है। रेडियो प्रकाश वक्रताओं एवं स्पेक्ट्रा ने सघनता वृद्धि के सिग्नेचर को सर्कमस्टैलर माध्यम में एक्सप्लोजन केंद्र से $\sim 1.10 \times 10^{16}$ cm के रेडियस पर दिखाया। (संपर्क व्यक्ति: पूनम चंद्रा)

- एसएन 2001 ईएम में सघन डिटेक्ड शैल के साथ सुपरनोवा अन्योन्यक्रिया**
 अनुसंधानकर्ताओं ने सुपरनोवा एसएन 2001 ईएम का समग्र विश्लेषण किया। इस दौरान खोज के बाद से 19 वर्षों की अवधि को लिया गया। एसएन 2001 ईएम, सर्वाधिक प्राचीन सुपरनोवा है जिसे स्ट्रिप्ड एंवलॉप से अन्योन्यक्रियाकारी सुपरनोवा में रूपांतरण के लिए जाना जाता है। अनुसंधानकर्ताओं ने आर्काइवल डेटा का प्रयोग रेडियो बैंड्स में अत्यंत विशाल एरे एवं एक्स-रे बैंड्स में चंद्रा, एक्सएमएम-न्युटन एवं स्विफ्ट-एक्सआरटी के अतिरिक्त प्रकाशित H α मापनों के साथ किया। अनुसंधानकर्ताओं ने इन डेटा को तीन आवृत्तियों को कवर कर रहे दो इपोक्स पर विशाल मीटरतरंग रेडियो दूरदर्शी के साथ निम्न रेडियो आवृत्ति निरीक्षणों के साथ संयुक्त किया। जहां निरीक्षणों ने उस चरण को मिस किया जब शॉक का प्रवेश सघन शैल में होता है, वहीं एक्स-रेज से संकेत मिलता है कि शॉक, लगभग 1750 दिनों में सघन शैल से बाहर आया। डेटा से एक्स-रे उत्सर्जन के फॉरवर्ड शॉक मूल का पता चला। रेडियो डेटा ने लगभग 3 जीएचजैड पर लेट इपोक्स (>5000 days) के स्पेक्ट्रल इवर्शन को दिखाया जो एसएन 1986जे में दिखे केंद्रीय अवशोषित घटक के गुणधर्मों को मिमिक करता है। इस घटक के लिए संभावित स्पष्टीकरण यह है कि एसएन 2001 ईएम का प्रोजेनिटर भारी द्विआधारी प्रणाली थी जो कॉमन-एंवलॉप क्रमविकास की अवधि से गुजरी थी। एसएन 2001 ईएम प्रोजेनिटर से हाइड्रोजन एंवलॉप का गुम होना द्विआधारी अन्योन्यक्रिया के कारण हो सकता है। (संपर्क व्यक्ति: पूनम चंद्रा)
- एक दशक पुराने टाइप 1 सुपरल्युमिनस सुपरनोवा, पीटीएफ10एचजीआई से रेडियो उत्सर्जन : एफआरबी121102 के साथ तुलना**
 अनुसंधानकर्ताओं ने तुलनात्मक अध्ययन कार्य, एकमात्र रेडियो-संयुक्त टाइप 1 सुपरल्युमिनस सुपरनोवा (एसएलएसएन) पीटीएफ10एचजीआई, एवं सर्वाधिक सक्रिय रिपीटिंग तीव्र रेडियो बस्ट एफआरबी121102 के मध्य किया। इस अध्ययन कार्य की जड़ें, हाइपोथेसाइज्ड एफआरबी-एसएलएसएन कनेक्शन में है जो वर्णित करता है कि एसएलएसएन में पैदा हुए मैग्नेटर्स द्वारा FRBs को पॉवर किया जा सकता है। PTF10hgi के वाइड-बैंड स्पेक्ट्रम (0.6-15 GHz) ने दृढ़ प्रमाण को रेडियो उत्सर्जन के मैग्नेटर विंड नेबुला मूल के लिए उपलब्ध कराया। इसी स्पेक्ट्रम से भी अनुसंधानकर्ताओं को रेडियो-उत्सर्जी क्षेत्र के रेडियस एवं चुंबकीय क्षेत्र के रोबस्ट आकलनों को करने में सुगमता हुई और उन्होंने प्रदर्शित किया कि नेबुला को पॉवर, मैग्नेटर की घूर्णीय ऊर्जा द्वारा किया जाता है। इस स्पेक्ट्रम की इसके बाद तुलना, एफआरबी121102 के साथ की गई जिसे अनुसंधानकर्ताओं द्वारा आर्काइवल डेटा के प्रयोग से 400 एमएचजैड तक विस्तृत किया जाता है। नए जोड़े गए मापनों द्वारा एफआरबी 121102 के साथ संबंधित कंपैक्ट परसिस्टेंट स्रोत के उत्सर्जन मॉडलों को अत्यंत सख्ती से नियंत्रित किया जाता है। पाया गया कि जहां दोनों स्रोतों को अंतर्निहित मैग्नेटर की घूर्णीय ऊर्जा द्वारा पॉवर किया जा सकता है, वहीं औसत ऊर्जा इंजेक्शन दर, एफआरबी 121102 में कहीं अधिक है। अतः अनुसंधानकर्ताओं ने परिकल्पना की कि यदि PTF10hgi द्वारा वास्तव में तीव्र रेडियो बस्टर्स का उत्सर्जन किया जा रहा है, तो ये ऊर्जीय रूप से कहीं अधिक दुर्बल, एफआरबी121102 की तुलना में होंगी। (संपर्क व्यक्ति: पूनम चंद्रा)
- निम्न ल्युमिनोसिटी जीआरबी 171205ए से निम्नतम-आवृत्ति उत्सर्जन के 1000 दिन**
 अनुसंधानकर्ताओं ने गामा-किरण बस्ट (जीआरबी) 171205ए के निम्नतम आवृत्ति मापनों का अध्ययन, उन्नत बृहत् मीटरतरंग रेडियो दूरदर्शी (यूजीएमआरटी) के साथ किया। इसमें 250-1450 एमएचजैड की आवृत्ति रेंज एवं 4937 दिनों की अवधि को कवर किया गया। यह प्रथम जीआरबी ऑफ्टरग्लो है जिसे 250-500 एमएचजैड आवृत्ति रेंज में संयुक्त किया गया है एवं यूजीएमआरटी के साथ संयुक्त दूसरा ब्राइटस्ट जीआरबी है। अनुसंधानकर्ताओं द्वारा सापेक्षिकीय, आइसोट्रोपिक, स्वतःसमान डेसिलिनेशन एवं विस्तृत कोण कोकून के शॉक ब्रेकआऊट से उत्पन्न सिंक्रोट्रॉन ऑफ्टरग्लो उत्सर्जन को फिट किया जाता है। इस डेटा से अनुसंधानकर्ताओं को सर्कमबस्ट माध्यम की प्रकृति एवं सघनता को समझने में भी सहायता मिली। पाया गया कि सघनता प्रोफाइल का विचलन, मानक कंस्टेंट सघनता माध्यम से होता है एवं पता चला कि जीआरबी का एक्सप्लोजन, स्ट्रेटिफाइड विंड-जैसे माध्यम में हुआ। विश्लेषण कार्य ने दिखाया कि प्रकाश वक्रताओं के अवशोषित भाग को कवर करने वाले निम्नतम आवृत्ति मापनों की अनिवार्यता जीआरबी एनवायरनमेंट की खोज में है। अन्य प्रकाशित मापनों के साथ संयुक्त डेटा ने संकेत किया कि रेडियो ऑफ्टरग्लो में दो घटकों का योगदान है: दुर्बल, संभावित स्लाइटली ऑफ-एक्जिस जैट एवं सराउंडिंग वाइंडर कोकून (इज्जो इटी एएल के परिणामों के साथ संगत)। कोकून उत्सर्जन द्वारा पूर्व इपोक्स पर

संभवतः डोमिनेट किया जाता है जबकि जैट द्वारा बाद के इपोक्स पर डोमिनेट करना प्रारंभ किया जाता है। इसका परिणाम फ्लैटर रेडियो प्रकाश वक्रताओं में निकलता है। (संपर्क व्यक्ति: पूनम चंद्रा)

- **तीव्र एवं नीले प्रकाशिक ट्रांजिएंट के यूजीएमआरटी निरीक्षण: 2018 सीओडब्ल्यू पर**
अनुसंधानकर्ताओं ने उन्नत बृहत् मीटरतरंग रेडियो दूरदर्शी (यूजीएमआरटी) के साथ 2018 सीओडब्ल्यू पर तीव्र-उत्पन्न नीले प्रकाशिक ट्रांजिएंट (एफबीओटी) के निम्न आवृत्ति रेडियो निरीक्षणों को किया। निरीक्षण, टी = 11-570 दिनों तक एक्सप्लोजन के बाद हुए एवं इनकी आवृत्ति रेंज 250-1450 एमएचजैड थी। यूजीएमआरटी प्रकाश वक्रताओं को सर्वोत्तम रूप से मॉडल, इंहोमोजेनस रेडियो-उत्सर्जी क्षेत्र (ऑयोनोइज्ड माध्यम में विस्तृत) से सिंक्रोट्रॉन उत्सर्जन के रूप में किया जाता है। हालांकि स्रोत कवरिंग फैक्टर पर सूचना के अभाव के कारण (जो इंहोमोजेनिटी की सीमा का मापन है) अनुसंधानकर्ताओं ने स्रोत कवरिंग कारक को यूनिटी मानते हुए विभिन्न पैरामीटरों को प्राप्त किया। अतः इन पैरामीटरों द्वारा इंहोमोजेनस मॉडल में वास्तविक वैल्यू पर सीमाओं को सूचित किया जाता है। ये परिणाम पूर्व के रेडियो, पराबैंगनी एवं प्रकाशिक निरीक्षणों से 2018 सीओडब्ल्यू की निकटता में सघन सर्कमस्टैलर शैल की उपस्थिति की धारणा के अनुरूप हैं। (संपर्क व्यक्ति: पूनम चंद्रा)

रेडियो खगोलविज्ञान

- **ऊटी रेडियो दूरदर्शी में वास्तविक-समय स्वचालित ग्लिट्ज संसूचन पाइपलाइन**
ग्लिचैच, न्युरॉन तारों के अंदर अतितरलता के निरीक्षणीय मैनिफेस्टेशंस हैं। स्वचालित ग्लिट्ज संसूचन पाइपलाइन को विकसित किया गया। यह पल्सरों में घूर्णीय ग्लिचैच के संभावित वास्तविक-समय संसूचन पर निरीक्षकों को अलर्ट कर सकती है। इससे पोस्ट-ग्लिट्ज रिकवरी चरण के मापन के लिए ग्लिट्ज के बाद पल्सरों की निगरानी उच्चतर केडेंस पर की जा सकती है। दो एल्गोरिथ्मस: मीडियन एब्ज्युलूट डेविएशन (एमएडी) एवं पोलिनोमिअल रिग्रेशन का अन्वेषण, वास्तविक समय में ग्लिचैच के संसूचन के लिए किया गया। पाइपलाइन का इष्टतमीकरण, सिमुलेटिड टाइमिंग रेसिड्युअल्स की सहायता से दोनों एल्गोरिथ्मस के लिए किया गया। सिमुलेशंस के आधार पर पोलिनोमिअल रिग्रेशन एल्गोरिथ्म को अधिक प्रभावी वास्तविक समय ग्लिट्ज संसूचन के लिए पाया गया। इस पाइपलाइन का परीक्षण कुछ प्रकाशित ग्लिचैच पर किया गया है एवं इसे वर्तमान में ऊटी रेडियो दूरदर्शी पर कार्यान्वित किया गया है। (संपर्क व्यक्ति: भाल चंद्रा जोशी)
- **पिंटा: भारतीय पल्सर टाइमिंग ऐरे के लिए यूजीएमआरटी डेटा प्रोसेसिंग पाइपलाइन**
पिंटा, उन्नत बृहत् मीटर-तरंग रेडियो दूरदर्शी (यूजीएमआरटी) राँ पल्सर टाइमिंग डेटा को कम करने के लिए पाइपलाइन है। इसका विकास भारतीय पल्सर टाइमिंग ऐरे प्रयोग के लिए किया गया। पिंटा के वर्कफ्लो एवं कंप्यूटेशनल कार्यानिष्पादन का इष्टतमीकरण आरएफआई मिटिगेशन के लिए प्रावधान के साथ किया गया। यूजीएमआरटी के भिन्न बैंक-एण्ड मोड्स एवं यूजीएमआरटी निरीक्षण आवृत्ति सैटिंग्स की व्याख्या के मध्य रिलेटिव टाइम ऑफसेट्स के नए एवं स्वतंत्र निर्धारण की तुलना इंजीनियरिंग परीक्षणों से प्राप्त परिणामों के साथ की गई। इसके अतिरिक्त उच्च-प्रिसिजन TOAs के निर्माण में सक्षम, डेटा प्रोडक्टों को जेनरेट करने में पिंटा की क्षमता का प्रदर्शन पीएसआर 1909\$-\$3744 का प्रयोग करके उदाहरण के रूप में किया गया। इस पाइपलाइन की उपलब्धता शीघ्र ही यूजीएमआरटी के साथ सभी पल्सर निरीक्षणों के लिए होगी। इसकी अनिवार्यता भारतीय पल्सर टाइमिंग ऐरे (आईएनपीटीए) जैसे प्रयोगों में यूजीएमआरटी के साथ प्रिसिजन पल्सर टाइमिंग के निष्पादन के लिए है। (संपर्क व्यक्ति: भाल चंद्रा जोशी)
- **एस्ट्रोसैट पर एलएएक्सपीसी का एब्ज्युलूट टाइम कैलिब्रेशन**
एस्ट्रोसैट मिशन में अनेक उच्च-ऊर्जा संसूचकों का प्रयोग किया जाता है। इनका उद्देश्य कॉस्मिक स्रोतों का शीघ्र अध्ययन करना है। उच्च प्रिसिजन बहुतरंगदैर्घ्य टाइमिंग अध्ययन कार्यों को करने के लिए सर्वोत्तम संभावित यथार्थता के साथ इन यंत्रों के एब्ज्युलूट समय स्टैप्स को कैलिब्रेट करना अनिवार्य है। एस्ट्रोसैट एलएएक्सपीसी यंत्र के एब्ज्युलूट समय कैलिब्रेशन को किया गया। इसमें क्रेब पल्सर से ब्रॉड-बैंड विद्युतचुंबकीय उत्सर्जन का प्रयोग किया गया। इसका उद्देश्य फर्मी-एलएटी एवं भूमि स्थित रेडियो आब्जर्वेटरीज, बृहत् मीटरतरंग रेडियो दूरदर्शी (जीएमआरटी) एवं ऊटी रेडियो दूरदर्शी (ओआरटी) में क्रॉस कैलिब्रेट करना था। पल्सर टाइमिंग की तकनीकों का प्रयोग करके इन भिन्न यंत्रों के संबंध में एलएएक्सपीसी के फिक्स्ड टाइमिंग ऑफसेट्स का निर्धारण किया गया एवं अन्य एस्ट्रोसैट यंत्र सीजैडटीआई के ऑफसेट्स के साथ इनकी तुलना भी की गई। (संपर्क व्यक्ति: भाल चंद्रा जोशी)

- **उन्नत जीएमआरटी के साथ इंटरस्टैलर डिसपर्शन मेशर के उच्च प्रिसिजन मापन**

पल्सर रेडियो उत्सर्जन में डिसपर्शन, इंटरस्टैलर माध्यम (आईएसएम) में मुक्त इलेक्ट्रॉन्स की उपस्थिति के कारण होता है। पल्सर सिग्नल के अराइवल टाइम में डिसपर्सिव विलंब में बदलाव समय के साथ होता है। इसका कारण साइट की लाइन के साथ परिवर्ती आईएसएम इलेक्ट्रॉन कॉलम सघनता है। इस विलंब को सही तरीके से दूर करना, नैनोहर्ट्ज गुरुत्वीय तरंगों के संसूचन के लिए अनिवार्य है। इसमें पल्सर टाइमिंग ऐरेस का प्रयोग किया जाता है। इस कार्य में एक वर्ष में यूजीएमआरटी के साथ निरीक्षित चार पल्सरों के इन-बैंड एवं इंटर-बैंड डीएम आकलनों को प्रस्तुत किया गया। इस दौरान दो भिन्न टैंपलेट अलाइनमेंट पद्धतियों का प्रयोग किया गया। इन दोनों पद्धतियों का प्रयोग करके प्राप्त DMs द्वारा सिर्फ लघु अंतरों को पीएसआर 1713+0747 एवं J1909-3744 के लिए दिखाया जाता है। महत्वपूर्ण ऑफसेट को दोनों पद्धतियों के मध्य पीएसआर J1939+2134 एवं J2145-0750 के डीएम में देखा जाता है। इसका कारण पहले में स्केटरिंग की उपस्थिति एवं दूसरे में प्रोफाइल क्रमविकास की उपस्थिति है। दोनों पद्धतियां उपयोगी हैं, किंतु प्राप्त DMs के मध्य क्रमबद्ध ऑफसेट हो सकता है। (संपर्क व्यक्ति: भाल चंद्रा जोशी)

अतिरिक्तगैलेक्सीय खगोलभौतिकी

- **एजीएन क्रियाकलाप को डिसएंटैंगल करने हेतु एवं सेफर्ट आकाशगंगाओं में तारा निर्माण के लिए रेडियो पोलैरीमेट्रिक अध्ययन**

रेडियो-क्वाइट एजीएन में रेडियो उत्सर्जन के मूल को समझने एवं तारा निर्माण, एजीएन एक्शन, एवं जैट्स के योगदानों के मध्य अंतर करने के लिए अनुसंधानकर्ताओं ने सेफर्ट आकाशगंगाओं के निकट सैंपल के साथ स्टारबस्ट आकाशगंगाओं की तुलना सैंपल का निरीक्षण किया। इस दौरान उन्होंने वी-एरे अभिविन्यास में पूर्ण-पोलेराइजेशन मोड का प्रयोग किया। सेफर्ट आकाशगंगाओं की रेडियो मॉफोलॉजीस द्वारा रेडियो उत्सर्जन में लोब/बबल-जैसे लक्षणों या प्रमुख कोर्स को दर्शाया जाता है जबकि स्टारबस्ट आकाशगंगाओं द्वारा प्रकाशिक इमेजों में दिखने वाले तारा-निर्माणकारी क्षेत्रों के साथ रेडियो उत्सर्जन स्पेटिअली कोइसिडेंट को दिखाया जाता है। पाया गया कि किलो-पार्सेक स्केल रेडियो उत्सर्जन को होस्ट कर रही सेफर्ट आकाशगंगाओं के सैंपल के विपरीत सुपरविंड्स के साथ स्टारबस्ट आकाशगंगाओं द्वारा रेडियो-एफआईआर सहसंबंध की तुलना में रेडियो-एक्सरे को नहीं दिखाया जाता। इससे पता चलता है कि शॉक एक्सिलिनेशन, सेफर्ट्स में दिखे अतिरिक्त रेडियो उत्सर्जन को स्पष्ट करने के लिए पर्याप्त नहीं है एवं अतः इसकी जैट-संबंधित मूल होने की सर्वाधिक संभावना है। पाया गया कि एजीएन जैट, एजीएन एक्शन एवं तारा निर्माण का पावर योगदान, सेफर्ट आकाशगंगाओं के हमारे सैंपल के लगभग तुलनीय है। अनुसंधानकर्ताओं ने हमारी अनेक सेफर्ट आकाशगंगाओं में एपिसोडिक एजीएन क्रियाकलाप के संकेतों को भी पाया। (संपर्क व्यक्ति: प्रीति खरब)

रेडियो खगोलभौतिकी, पल्सरें

- **पल्सरों से एक्स-रे एवं रेडियो उत्सर्जन की अवस्थिति की मॉडलिंग**

पल्सरें, यूनिपोलर इंडक्टर्स हैं एवं ब्रॉडबैंड उत्सर्जन को एमिट करती हैं। पल्सर अनुसंधान का चुनौतीपूर्ण पहलू यह समझना है कि कैसे कणों का निर्माण पल्सरों के आस-पास होता है एवं कैसे उनमें त्वरण इस रूप में होता है कि वे उत्सर्जन की निरीक्षित ब्रॉडबैंड प्रकृति को स्पष्ट कर सकें। पाया गया है कि स्वतःसंगति सिद्धांत की संभावना सिर्फ पल्सरों में सतह गैर-द्विध्रुवीय सतह चुंबकीय क्षेत्र की उपस्थिति में है। निरीक्षणीय रूप से पाया गया कि तापीय एक्स-रे की उत्पत्ति न्युट्रॉन तारा पोलर कैप से होती है एवं रेडियो उत्सर्जन की उत्पत्ति सतह से लगभग 500 किमी. ऊपर होती है। तापीय एक्स-रे एवं रेडियो के आगे के टाइम अलाइनमेंट से ऑफसेट दिखता है जो कि गैर-द्विध्रुवीय सतह चुंबकीय क्षेत्र का सिग्नेचर है। इन निरीक्षणों को स्पष्ट करने के लिए अनुसंधानकर्ताओं ने वास्तविक द्विध्रुवीय मॉडलों को डेटा में फिट करना प्रारंभ किया। इस कार्य में उद्देश्य, पीएसआर J1136+1551 की गैर-द्विध्रुवीय चुंबकीय क्षेत्र ज्यामिति को स्पष्ट करना था। गैर-द्विध्रुवीय क्षेत्र के लिए प्रॉक्सी, ऑफ-सेट द्विध्रुव द्वारा निरीक्षणों को अत्यंत उपयुक्त रूप में स्पष्ट किया जा सकता है। अनुसंधानकर्ताओं ने निष्कर्ष निकाला कि गैर-द्विध्रुवीय सतह चुंबकीय क्षेत्र, पल्सरों का अनिवार्य लक्षण है। (संपर्क व्यक्ति: दीपांजन मित्रा)

- **पल्सर मृत्युरेखा का मॉडल**

पल्सर पॉपुलेशन में निश्चित अवधि एवं स्लोडाउन रेट के बाद पल्सरों की संख्या में कमी प्रतीत होती है। माना जाता है कि निश्चित अवधि एवं अवधि डिफाइनेटिव के बाद पल्सरों में संगत रेडियो उत्सर्जन को निर्मित करने की क्षमता नहीं होती है एवं

अतः उनकी मृत्यु होती है। इस कार्य में अनुसंधानकर्ताओं ने आंशिक स्क्रीनड वैक्यूम गैप मॉडल के आधार पर अन्वेषित किया कि कैसे पल्सरों की मृत्यु रेखा को स्पष्ट किया जाए। इसमें सुझाव दिया गया कि पल्सरों की सक्रियता पोलर कैप में स्पाक्स के उत्पादन के कारण होती है। हालांकि लंबी अवधि के पल्सर के लिए पोलर कैप आकार में महत्वपूर्ण रूप से कमी होती है एवं इस तरह यह कोई स्पाकिंग डिसचार्ज का निर्माण नहीं कर सकता। दिखाया गया कि इस मॉडल द्वारा एक्सट्रेमल पल्सर पीएसआर J2144-3933 के सभी गुणधर्मों को स्पष्ट किया जा सकता है जो पल्सर मृत्यु रेखा पर होते हैं। (संपर्क व्यक्ति: दीपांजन मित्रा)

पल्सरें

- **रैडबैक मिलीसेकेण्ड पल्सर J1227-4853 के लिए ग्रहणों का अध्ययन**

फर्मी एलएटी के आने से पॉपुलेशन में तीव्र वृद्धि हुई एवं 12 रैडबैकएमएसपी प्रणालियों को अभी तक जाना गया है। इन प्रणालियों द्वारा अत्यंत लंबे ग्रहणों (कंपेनियन्स रोचे लोब से प्रत्यक्ष रूप से बड़े) को दर्शाया जाता है। माना जाता है कि इनका कारण इंद्रा-बाइनरी पदार्थ हैं, जो पल्सर उत्सर्जन को ऑब्स्क्रियर करते हैं। पीएसआर J1227-4853, एकलिप्सिंग रैडबैक एमएसपी है। इस ट्रांजिशनल रैडबैक एमएसपी के एकलिप्स गुणधर्मों के बहुआवृत्ति अध्ययन को जीएमआरटी के साथ किया गया। इस पल्सर का निरीक्षण आर्बिट के सिर्फ 36 प्रतिशत में एकलिप्सिंग पदार्थ द्वारा प्रभावित हुए बिना किया जाता है। साइमलटेनस टाइमिंग एवं इमेजिंग अध्ययन कार्यों से पता चला कि J1227-4853 में एकलिप्सिसेज का कारण एक्सेस डिसपर्शन एवं स्केटरिंग के कारण टेंपोरल स्मियरिंग नहीं है बल्कि पल्सर फ्लक्स का रिमूवल है। यह रिमूवल, कंपेनियन के चुंबकीय क्षेत्र को कंप्रेस कर रहे इंद्रा-बाइनरी पदार्थ द्वारा पल्स सिग्नल के साइक्लोट्रॉन अवशोषण के कारण होता है। इसके अतिरिक्त इंफिरियर कनजंक्शन के निकट पल्स उत्सर्जन में महत्वपूर्ण रूप से विलंब हो जाता है जो कि पल्स एवं कंटिन्युअम फ्लक्स घनताओं की फेडिंग के साथ संबंधित है। इंफिरियर कनजंक्शन के निकट फिक्स्ड आर्बिटल चरण के चारों ओर ऐसी फ्लक्स फेडिंग को अन्य एकलिप्सिंग बाइनरीज द्वारा रिपोर्ट नहीं किया जाता है। इंफिरियर कनजंक्शन के चारों ओर इस इवेंट का कारण एल2 लैंग्वेजियन प्वाइंट द्वारा द्रव्यमान हानि से उत्पन्न प्लॉज्मा के फ्रेगमेंटिड ब्लॉक्स द्वारा पल्स सिग्नल का अवशोषण हो सकता है। (संपर्क व्यक्ति: जयंत राय)

- **जीएमआरटी के साथ निम्न-आवृत्ति डीएम मापनों की संभावनाओं का मूल्यांकन**

निम्न निरीक्षणीय आवृत्तियों द्वारा डिसपर्शन, स्केटरिंग एवं वीक-मंथ टाइमस्केल्स में उनके परिवर्तनों जैसे प्रभावों के लिए बेहतर प्रॉक्स की भूमिका निभाई जा सकती है। इसके लिए मिलीसेकेण्ड पल्सरों (MSPs) की उच्च-केडेंस बहु-आवृत्ति निरीक्षणों की आवश्यकता होती है जो पल्सर टाइमिंग ऐरे (पीटीए) परियोजना के लिए भाग हों। चार ऐसे पीटीए एमएसपीस का निरीक्षण लीगेसी जीएमआरटी (32 एमएचजैड बैंडविड्थ) के साथ एक साथ 322 एवं 607 एमएचजैड पर संगत डिसपर्शन के साथ किया गया। जीएमआरटी निरीक्षणों से प्राप्त डिसपर्शन मेशर (डीएम) वैल्यूज की तुलना उनके साथ की गई जिन्हें नैनोग्रेव निरीक्षणों द्वारा जीबीटी एवं ऐरेसिबो आब्जर्वेटरी में 1400 से 2300 एमएचजैड आवृत्तियों पर प्राप्त किया गया है। ऐसे प्रतिस्पर्धी अध्ययन एवं नैनोग्रेव डेटासेट में ऐसे निम्न-आवृत्ति जीएमआरटी टाइमिंग मापनों को इंकापॉरेट करके पाया गया कि उच्चतर प्रिसिजन जीएमआरटी डेटा की आवश्यकता पीटीए प्रयोगों के लिए उन्नत डीएम मापनों को उपलब्ध कराने के लिए है। (संपर्क व्यक्ति: जयंत राय)

राष्ट्रीय जैविक विज्ञान केंद्र, बेंगलुरु

तंत्रिकाजैवविज्ञान

- **आरएनपी कंडेंसेशन में एटाक्सिन-2 संरचित एवं अक्रमित प्रक्षेत्रों के लिए एंटेगोनिस्टिक भूमिकाएं**

एटाक्सिन-2 (एटीएक्स2), ट्रांसलेशनल नियंत्रण अणु है जो स्पिनोसेरेबेलर एटाक्सिआ टाइप II एवं एमियोट्रोफिक लेटरल स्क्लेरोसिस में उत्परिवर्तित होता है। प्रौद्योगिकी को एडिट करके पहचाने गए आरएनए-बद्ध प्रोटीनों के लक्ष्यों का प्रयोग करके परीक्षणकर्ताओं ने *ड्रोसोफिला* मस्तिष्क एवं एस2 कोशिकाओं में एटीएक्स2-लक्ष्य mRNAs के गहन डेटा सेट की पहचान की। 3'UTRs में एयू-समृद्ध एलिमेंट्स के साथ एटीएक्स2 अन्योन्यक्रियाओं द्वारा इन लक्ष्य mRNAs के बड़े भाग की स्थिरता/टर्नओवर को मॉड्युलेट करना प्रतीत होता है। एटीएक्स2 प्रक्षेत्र डिलीशंस के आगे के जेनोमिक एवं कोशिका जैविक विश्लेषणों ने प्रदर्शित किया कि एटीएक्स2 द्वारा निकट रूप से अन्योन्यक्रिया लक्ष्य mRNAs के साथ mRNP ग्रेनल्स में होती है। इसके अलावा इसमें विशिष्ट प्रोटीन प्रक्षेत्र होते हैं जो आरएनपी-ग्रेनल असेंबली को प्रेरित या इसका विरोध करते हैं एवं

इसकी mRNP ग्रेनल्स के बाहर अतिरिक्त अनिवार्य भूमिकाएं होती हैं। इन निष्कर्षों से न्युरोनल ट्रांसलेशनल नियंत्रण क्रियातंत्रों की जानकारी बढ़ती है एवं न्युरोडिजेनेरेटिव रोग के लिए विकास के अंतर्गत एटीएक्स2-आधारित इंटरवेंशंस के लिए कार्यनीतियों का पता चलता है। (संपर्क व्यक्ति : के. विजयराघवन)

- **बाईपोलर डिसऑर्डर में लीथियम रिस्पांस का सहसंबंध रोगी प्रेरित कोशिका लाइन्स की उन्नत कोशिका वाएबिलिटी के साथ होता है।**

लीथियम, बाइपोलर डिसऑर्डर (बीडी) के लिए प्रभावी, सुव्यवस्थित उपचार है। यद्यपि इसके कार्य के क्रियातंत्रों एवं क्लिनिकल रिस्पांस में परिवर्तनों के कारणों का पता नहीं चला है। बीडी रोगियों से न्युरल प्रिकर्सर कोशिकाओं (NPCs) एवं लिंफोब्लास्टाइड कोशिका लाइन्स (LCLs) का अभिलक्षणन किया गया। यह लीथियम में क्लिनिकल रिस्पांस के लिए किया गया। इसका उद्देश्य दोनों बीडी एवं क्लिनिकल लीथियम रिस्पांस से संबंधित कोशिकीय फेनाटाइप्स को इंटेरोगेट करना था। दो जैविक रूप से संबंधित बीडी रोगियों से NPCs (जिनका लीथियम के प्रति अपने क्लिनिकल रिस्पांस में अंतर था) की तुलना स्वास्थ्य नियंत्रणों के साथ की गई। भिन्न पैरामीटरों का विश्लेषण इन वाइट्रो लीथियम के साथ एवं इसके बिना किया गया। इनमें आरएनए-एसईक्यू एवं विश्लेषण, माइटोकॉण्ड्रियल मैग्नेट पोर्टेशन (एमएमपी), कोशिका वाएबिलिटी एवं कोशिका प्रोलिफेरेशन पैरामीटर्स शामिल थे। निष्कर्षों से दोनों NPCs एवं LCLs में रोग से संबंधित कोशिकीय फेनोटाइप्स; एवं LCLs में क्लिनिकल लीथियम रिस्पांस से संबंधित का पता चलता है। (संपर्क व्यक्ति: शीतल अंबारदर)

क्रमविकासात्मक आनुवांशिकी

- **बाघों के हाल के क्रमविकासात्मक इतिहास से आनुवांशिक ड्रिफ्ट एवं चयन की विरोधाभासी भूमिकाएं उल्लेखित होती हैं**
प्रजाति संरक्षण में सुधार, क्रमविकासात्मक एवं आनुवांशिक इतिहास के ज्ञान से लाया जा सकता है। हालांकि बाघों के क्रमविकासात्मक इतिहास एवं जेनोमिक परिवर्तन अभी तक अज्ञात हैं। विश्व के 70 प्रतिशत बाघों के भारत में रहने के कारण ऐसा ज्ञान महत्वपूर्ण है। परीक्षणकर्ताओं ने 65 पृथक बाघ जीनोम्स को पुनः अनुक्रमित किया जो भारत के बाघों पर विशेष जोर के साथ सर्वाधिक विस्तृत उपप्रजातियों का प्रतिनिधित्व करती हैं। पूर्व के अध्ययन कार्यों द्वारा सुझाए अनुसार प्युटेटिव बाघ उपजातियों के मध्य दृढ़ आनुवांशिक अंतर को पाया गया। भारत में उच्च कुल जेनोमिक विविधता के बावजूद पृथक बाघों में होमोजाइगोसिटी के दीर्घ चक्र होते हैं। इससे लघु एवं फ्रेगमेंटल संरक्षित क्षेत्रों के कारण संभवतः हाल की इंब्रीडिंग या फाउंडिंग इवेंट्स का संकेत मिलता है। अध्ययन कार्य से जारी कनेक्टिविटी लॉस के प्रभावों का संकेत भारतीय बाघों की इंब्रीडिंग एवं परसिस्टेंस पर मिलता है जिनकी गहन निगरानी की जा रही है। आश्चर्यजनक रूप से डेमोग्राफिक मॉडलों द्वारा उपप्रजातियों एवं दृढ़ जनसंख्या अवरोधों के मध्य हाल के डाइवर्जेंस (पिछले 20,000 सालों में) का पता चलता है। (संपर्क व्यक्ति: उमा रामाकृष्णन)

प्लांट आनुवांशिकी

- **संरक्षित अनुक्रम सिग्नेचर की अनिवार्यता रोबस्ट प्लांट एमआईआरएनए बाँयोजेनेसिस के लिए है**
यद्यपि ऐसी रिपोर्टें आईं जिनसे संकेत मिला कि कैसे विशिष्ट क्षेत्र का चयन प्लांट्स में एमआईआरएनए बाँयोजेनेसिस के लिए किया जाता है, तथापि आण्विक विवरण अस्पष्ट थे। इस अध्ययन कार्य ने दिखाया कि एमआईआरएनए/एमआईआरएनए क्षेत्र में विशिष्ट जीसी-समृद्ध अनुक्रम सिग्नेचर की उपस्थिति की आवश्यकता सूक्ष्म एमआईआरएनए बाँयोजेनेसिस के लिए है। प्रिंसाइज प्रोसेसिंग में जीसी-समृद्ध सिग्नेचर्स की संलग्नता एवं miRNAs की प्रचुरता की पुष्टि विस्तृत आण्विक एवं प्रकार्यात्मक विश्लेषण द्वारा की गई। एमआईआरएनए-विशिष्ट जीसी सिग्नेचर्स की उपस्थिति के साथ संगत miRNAs के लक्ष्य RNAs में भी संरक्षित पूरक अनुक्रम सिग्नेचर्स, उनके miRNAs बद्ध मोटिफ्स में होते हैं। इन जीसी सिग्नेचर्स का चयन एचवाईएल1 नामक डीसीएल1 के आरएनए बद्ध प्रोटीन पार्टनर पर निर्भर था। अंत में परीक्षणकर्ताओं ने कृत्रिम miRNAs (प्लांट प्रकार्यात्मक जेनोमिक अध्ययन कार्यों में लोकप्रिय) की प्रचुरता एवं दक्षता में वृद्धि करने हेतु इस खोज के सीधे प्रयोग का प्रदर्शन किया। (संपर्क व्यक्ति: पडुबिदरी वी. शिवप्रसाद)

- **पोलिनेटर्स पर वायु प्रदूषण के उपघातक प्रभावों का क्षेत्र-आधारित परिमाणात्मक विश्लेषण**

भारत, दुनिया का सबसे बड़ा फल निर्माता एवं द्वितीय सबसे अधिक जनसंख्या वाला देश है। अतः पोलिनेटर्स का महत्व भारत की खाद्य सुरक्षा के लिए है। भारत में विश्व के सर्वाधिक 10 प्रदूषित शहरों में 9 आते हैं, किंतु पौधों एवं प्राणियों की प्रणाली पर वायु प्रदूषण के प्रभाव को मुख्यतः जाना नहीं गया है। परीक्षणकर्ताओं ने महानगर बेंगलोर में बहुवर्षीय अध्ययन कार्य किया। इसका उद्देश्य प्रमुख भारतीय पोलिनेटर, द जाइंट एशियन हनी बी, एपिस डोरसेटा पर वायु प्रदूषण के मैकेनिस्टिक प्रभावों को सहसंबंधित करना था। वायु प्रदूषण के प्रति एक्सपोज्ड जंगली मधुमक्खियों एवं प्रयोगशाला-रियर्ड ड्रोसोफिला ने अनेक अंतरों का प्रदर्शन किया। इनमें सरवाइवल, व्यवहार, हृदय दर, रक्त कोशिका गणना, एवं/या स्ट्रेस, इम्युनिटी एवं मेटाबोलिज्म से संबंधित जीन्स का एक्सप्रेशन आदि शामिल थे। इस अध्ययन से अंतर्राष्ट्रीय वायु गुणवत्ता मार्गदर्शनों के अनुरूप वन्य प्रणालियों पर अधिक अध्ययन कार्यों के लिए अत्यावश्यकता का पता चला। (संपर्क व्यक्ति: शैनन बी. ओल्सन)

कीट जैवविज्ञान

- **ट्रेड के टूल्स: माइक्रोसीटी द्वारा कैटरपिलर-एंट अन्योन्यक्रियाओं को प्रेरित करने वाले आर्गन्स की नेटिव संरचना एवं प्रकार्यात्मक मॉर्फोलॉजी का स्पष्ट होना**

अनेक लाइसेन्ड बटरफ्लाईज के कैटरपिलर्स को एंट्स द्वारा टेंड किया जाता है जो प्रिडेटर्स एवं पैरासिटाइड्स से संरक्षण प्रदान करती हैं। कैटरपिलर्स में ग्लैंड्स, सिलिअरी आर्गन्स एवं चिटिनस आर्नामेंटेशन जैसे विशेषीकृत संरचनाओं द्वारा कैटरपिलर्स एवं एंट्स के मध्य अंतर्निहित टैक्टाइल, ध्वानिक एवं रसायनिक संप्रेषण में मुख्य भूमिकाओं का निर्वाह किया जाता है। यद्यपि इन अन्योन्यक्रियाओं के इकोलॉजिकल, क्रमविकासात्मक एवं व्यवहारात्मक पहलुओं का भली-भांति अध्ययन किया गया है, तथापि विशेषीकृत इंटरएक्टिव आर्गन्स को प्रेरित करने वाले क्रियातंत्रों (अर्थात् प्रकार्यात्मक मॉर्फोलॉजी) को ठीक तरह से अभिलक्षणन नहीं हुआ है। प्रगत एक्स-रे माइक्रोटोमोग्राफी (माइक्रोसीटी) का उपयोग किया गया। इसका उद्देश्य विशेषीकृत लार्वल ड्यु पैचेस, नैक्टर ग्लैंड्स, एवं टैक्टाइल सिलिअरी आर्गन्स की इंटरनल, नेटिव मॉर्फोलॉजी को डेलिनिट करना था जो क्रेमेटोगैस्टर एंट्स एवं ऑब्लिगेट माइरेमेकोफिलस अफेराइटिस लिलेसीनियस बटरफ्लाई के कैटरपिलर्स के मध्य अन्योन्यक्रियाओं को मीडिएट करती है। गैर-विनाशकारी माइक्रोसीटी विश्लेषण ने नवीन 3-डी जानकारीयों को इन विशेषीकृत आर्गन्स की नेटिव संरचना एवं स्थितियों के संबंध में अद्वितीय विस्तार में उपलब्ध कराया। इस विश्लेषण ने प्रकार्यात्मक संबंध का भी संकेत दिया जो आर्गन संरचनाओं एवं चारों ओर की मांसपेशियों एवं नर्वेशन के मध्य होता है जो ग्लैंड्स एवं टैक्टाइल आर्गन्स को ऑपरेट करता है। (संपर्क व्यक्ति: कृष्णमेघ कुंटे)

संक्रमण जैवविज्ञान

- **संक्रमित मैक्रोफेजेस में माइकोबैक्टीरियम ट्यूबरक्युलोसिस (Mtb) लिपिड-मीडिएटेड लाइसोसोमल रिवाइरिंग द्वारा अंतर्कोशिकीय एमटीबी ट्रैफिकिंग एवं सरवाइवल को मॉड्युलेट करना**

ज्ञात है कि अंतर्कोशिकीय पैथोजेन्स द्वारा सामान्य रूप से अपने सरवाइवल के लिए होस्ट लाइसोसोमल प्रणाली को मैनिपुलेट किया जाता है। हालांकि यह ज्ञात नहीं है कि क्या इस पैथोजेन प्रेरित परिवर्तन द्वारा स्वयं लाइसोसोमल प्रणाली के आर्गेनाइजेशन एवं फंक्शनिंग को दुष्प्रभावित किया जाता है। इस अध्ययन में परीक्षणकर्ताओं ने प्रदर्शित किया कि लाइसोसोमल कंटेंट एवं क्रियाकलाप को विश्व-भर में माइकोबैक्टीरियम ट्यूबरक्युलोसिस (Mtb) संक्रमित मैक्रोफेजेस में एलेवेट किया जाता है। निरीक्षित किया गया कि एनहांस्ड लाइसोसोमल अवस्था को समय के साथ धारित किया जाता है एवं यह अडेप्टिव होमियोस्टेसिस का वर्णन संक्रमित मैक्रोफेज में करती है। लाइसोसोमल परिवर्तनों का कारण माइकोबैक्टीरियल सतह घटक हैं जिनमें सैल वॉल संबंधित लिपिड सल्फोलिपिड-1 (SL-1) उल्लेखनीय है। SL-1, MtbDpks2 के बिना Mtb उत्परिवर्ती द्वारा वाइल्ड टाइप Mtb की तुलना में अटेन्युएटेड लाइसोसोमल रिवाइरिंग को दोनों इन वाइट्रो एवं इन वाइट्रो संक्रमणों में दिखाया जाता है। मैक्रोफेजेस को शुद्ध SL-1 में एक्सपोज करने से लाइसोसोम में फैगोसाइटिक कार्गो की ट्रैफिकिंग में वृद्धि हुई। परिणामों से पता चला कि होस्ट लाइसोसोमल प्रणाली का विश्वव्यापी परिवर्तन, Mtb संक्रमित मैक्रोफेजेस का प्रमुख लक्षण है। इसके अलावा परिणामों से संकेत मिला कि इस परिवर्ती लाइसोसोमल अवस्था द्वारा होस्ट सैल इंटेग्रिटी को संरक्षित किया जाता है एवं यह पैथोजेन के कंटेनमेंट में योगदान करती है। (संपर्क व्यक्ति: वरदराजन सुंदरमूर्ति)

- **अफ्रीकन एनसेस्ट्री के दुर्लभ वैरिएंट द्वारा 8q24 lncRNA हब का सक्रियण, कैंसर संबंधित एनहांसर की मांज्युलेंटिंग द्वारा किया जाना**

8q24 लोकस में आनुवांशिक परिवर्तन का संबंध अफ्रीकी वंश के व्यक्तियों में प्रॉस्टेट कैंसर में उच्चतर संभावना के साथ है। एक ऐसे अफ्रीकी वंश विशिष्ट दुर्लभ वैरिएंट rs72725854 (A>G/T) (~6% allele frequency) को प्रॉस्टेट कैंसर जोखिम में ~2 गुना वृद्धि के साथ संबंधित किया गया है। हालांकि इस वैरिएंट की प्रकार्यात्मक संगति ज्ञात नहीं है। इस अध्ययन में दिखाया जाता है कि वैरिएंट rs72725854 की उपस्थिति 8q24 लोकस में प्रॉस्टेट कैंसर-विशिष्ट एनहांसर में है। क्रोमेटिन-कॉम्पैक्शन कैप्चर एवं dCas9 मीडिएटेड एनहांसर ब्लॉकिंग द्वारा डाइरेक्ट रेग्युलेटरी लिंक की स्थापना इस एनहांसर एवं lncRNAs PCAT1, PRNCR1 एवं PVT1 के मध्य की जाती है। जोखिम allele ('T') का संबंध प्रॉस्टेट ट्यूमर्स में PCAT1, PVT1 एवं c-myc के उच्चतर एक्सप्रेशन के साथ है। इसके अलावा जोखिम allele के साथ एनहांसर को एंड्रोजन स्टिमुलेशन के संबंध में रिस्पॉंस प्राप्त होता है। यह ट्रांसक्रिप्शन कारक SPDEF को रिक्रूट करके मिलता है जबकि गैर-जोखिम allele रिस्पॉंसहीन रहता है। जोखिम allele कैरियर्स में इन lncRNAs एवं c-myc के एलेवेटेड एक्सप्रेशन द्वारा अपनी उच्चतर संभावना को प्रॉस्टेट कैंसर के संबंध में स्पष्ट किया जा सकता है। (संपर्क व्यक्ति: डिंपल नोटानी)

जैवसायनशास्त्र

- **ट्रांसक्रिप्शन कारकों में आनुवांशिक परिवर्तन की गतिकी एवं बैक्टीरिया में रेग्युलेटरी नेटवर्क्स के क्रमविकास के लिए इसके इंप्लिकेशंस**

ट्रांसक्रिप्शन कारकों (टीएफ) को अपने लक्ष्य जीन्स (टीजी) की तुलना में बैक्टीरियल स्पेशीज में कम संरक्षित पाया गया है। यह अपेक्षित होगा यदि ट्रांसक्रिप्शन कारकों द्वारा उत्परिवर्तनों को लक्ष्य जीन्स के मुकाबले तीव्र रूप से एक्युमुलेट किया जाए। इस परिकल्पना को अनेक प्रयोगशाला क्रमविकास अध्ययन कार्यों द्वारा समर्थन दिया जाता है जिन्होंने ट्रांसक्रिप्शन कारकों विशेष रूप से ग्लोबल रेग्युलेटर्स को अक्सर उत्परिवर्तित पाया। इन अध्ययन कार्यों के बावजूद रेग्युलेटरी नेटवर्क के क्रमविकास में ट्रांसक्रिप्शन कारकों में प्वाइंट उत्परिवर्तनों के योगदान को ठीक से नहीं समझा गया है। परीक्षणकर्ताओं ने जांच की कि क्या ट्रांसक्रिप्शन कारकों द्वारा उच्चतर आनुवांशिक परिवर्तन को अपने लक्ष्य जीन्स की तुलना में दिखाया जाता है। इस दौरान उन्होंने *एस्चेरिचिया कोली* आइसोलेट्स के विशाल संग्रह से पूर्ण-जीनोम अनुक्रमण डेटा का प्रयोग किया। ट्रांसक्रिप्शन कारक, प्राकृतिक आइसोलेट्स में अपने लक्ष्य जीन्स की तुलना में कम विविध थे। इनमें विशाल रेग्युलॉन्स के ट्रांसक्रिप्शन कारक अधिक संरक्षित थे। इसके विपरीत ट्रांसक्रिप्शन कारकों ने उच्चतर उत्परिवर्तन आवृत्ति को अडेप्टिव प्रयोगशाला क्रमविकास प्रयोगों में दिखाया। हालांकि दीर्घकालीन प्रयोगशाला क्रमविकास (60,000 जेनरेशंस में) ट्रांसक्रिप्शन कारकों में उत्परिवर्तन आवृत्ति का क्रमिक हास्य तीव्र प्रारंभिक बर्स्ट के बाद हुआ। इस अध्ययन द्वारा प्रस्तावित किया जाता है कि प्वाइंट उत्परिवर्तनों (बड़े पैमाने के जीन एक्सप्रेशन परिवर्तनों को कंफर करते हुए) द्वारा अडेप्टेशन के पूर्व चरणों को प्रेरित किया जा सकता है किंतु जीन रेग्युलेशन को अडेप्टेशन के बाद दृढ़तर प्युरिफाइंग सिलेक्शन से गुजरना होता है। (संपर्क व्यक्ति: अश्विन साई नारायण सेशासाई)

- **एनएमआर द्वारा वास्तविक समय में प्रोटीन यूबिक्विटिनेशन एवं सुमोइलेशन की मॉनिटरिंग**

यूबिक्विटिनेशन के रूप में ज्ञात यूबिक्विटिन के कोवैलेंट कंजुगेशन (यूबी), बहु-चरणी अभिक्रिया है जिसमें अनेक एंजाइम्स शामिल होते हैं। परीक्षणकर्ताओं ने वास्तविक समय, टैग-मुक्त पद्धति को रिपोर्ट किया। इसका उद्देश्य फिजियोलॉजिकल स्थितियों के अंतर्गत एनएमआर स्पेक्ट्रोस्कोपी द्वारा प्रोटीन यूबिक्विटिनेशन की मॉनिटरिंग करना थी। इस एप्रोच का उपयोग अन्य यूबिक्विटिन-जैसे संशोधनों की निगरानी एवं यूबी पोलिमर्स की डिसअसेंबली के लिए भी किया जा सकता है। (संपर्क व्यक्ति: रणवीर दास)

सैद्धांतिक जैवविज्ञान

- **उच्च सघनताओं पर तीव्र सक्रिय पदार्थ**

इस अध्ययन में सघन सक्रिय पदार्थ के उल्लेखनीय व्यवहार का परीक्षण किया गया है। इसमें सैल्फ-प्रोपेल्ड कण, बड़ी पेक्लेट संख्याओं में $\tau \rightarrow 0$ से परसिस्टेंट टाइम्स की रेंज में शामिल हैं, जब सक्रिय फ्लूड, सघनता रिलेक्सेशंस की मंदता से गुजरता है, तो इससे ग्लॉस ट्रांजिशन, सक्रिय प्रोपल्शन बल एफ के $\tau \rightarrow \infty$ तक कम हो जाने पर होता है। इस दौरान जब एफ कम

होता है, तो फ्लूड, महत्वपूर्ण बिंदु पर जाम होता है एवं फोर्स-चेन्स में प्रतिबल होते हैं। इंटरमीडिएट τ के लिए f में कमी से फ्लूड, इंटरमिटेंट चरण द्वारा ड्राइव होता है (निम्न एफ में गतिकीय अरैस्ट के पूर्व) यह इंटरमिटेंसी, जैमिंग की अवधियों का परिणाम है जिसके बाद एशेलबी विरूपणों के साथ संबंधित प्लास्टिक यील्डिंग के बस्टर्स होते हैं। दूसरी ओर एफ में बढ़ोत्तरी से बस्ट आवृत्ति में बढ़ोत्तरी होती है; सहसंबंधित प्लास्टिक इवेंट्स का परिणाम बड़े पैमाने की वॉर्टिसिटी एवं क्षोभ में निकलता है। सघन तीव्र सक्रिय पदार्थ द्वारा ग्लॉस, जैमिंग, प्लास्टिसिटी एवं क्षोभ की भौतिकी को एक साथ प्रेरित क्लासिकल पदार्थ की नई अवस्था में लाया जाता है। (संपर्क व्यक्ति: मदन राव)

- **विरोधी संसार में रक्षा बनाम विकास: फेज एवं बैक्टीरिया से सबक**

सहविद्यमान बैक्टीरियल समुदायों द्वारा संसाधनों के लिए प्रतिस्पर्धा की जाती है एवं प्रतिस्पर्धी निष्कासन सिद्धांत द्वारा पूर्वानुमानित किया जाता है कि सिर्फ तीव्रतम-विकासशील बैक्टीरिया लुप्त होगा। फेज से एक्सपोज होने पर पूर्वानुमानित किया जाता है कि रेस्ट्रिक्शन-मॉडिफिकेशन (आरएम) प्रणालियों के साथ बैक्टीरियल स्ट्रेन्स द्वारा प्रतिस्पर्धी निष्कासन सिद्धांत को सर्कमवेंट किया जा सकता है एवं फेज बस्ट आकार के क्रम की विविधता तक पहुंचा जा सकता है। परीक्षणकर्ताओं द्वारा दिखाया जाता है कि बैक्टीरियल विकास दर एवं उनकी आरएम प्रणालियों के सामर्थ्य के मध्य ट्रेड-ऑफ के साथ ऐसे एकोसिस्टम की विविधता में बस्ट आकार की सीमा के पार कई गुना वृद्धि हो सकती है। इसके अतिरिक्त निरीक्षित किया गया है कि बैक्टीरियल स्ट्रेन की विकास दर के अनुपात से इसकी आरएम प्रणाली का इंपरफेक्शन, उत्कृष्ट पूर्वानुमानक है कि स्ट्रेन लुप्त होगा अथवा नहीं एवं क्या स्ट्रेन का बायोमॉस सरवाइव होगा। इसके विपरीत सिर्फ विकास दर इन गुणधर्मों में किसी का निर्धारक नहीं है। इस कार्य से मॉडल इकोसिस्टम का परिमाणात्मक उदाहरण मिलता है जहां किसी स्पेशीज की फिटनेस का निर्धारण विकास दर से नहीं किया जाता अपितु विकास एवं शिकारियों के विरुद्ध रक्षा के मध्य ट्रेड-ऑफ से किया जाता है। (संपर्क व्यक्ति: संदीप कृष्णा)

टीआईएफआर अंतर्विषयी विज्ञान केंद्र, हैदराबाद

भौतिकीय विज्ञान

सांख्यिकीय मैकेनिक्स एवं नरम पदार्थ भौतिकी

- **अतापीय अक्रिस्टलीय ठोसों की स्थिरता एवं रिस्पांस**

अनुसंधानकर्ताओं द्वारा प्राकृतिक रूप से प्रचुर अक्रिस्टलीय ठोसों की मैकेनिक्स एवं कठोरता का अध्ययन किया जा रहा है। इनमें ग्रेन्युलर पदार्थ एवं संरचनात्मक ग्लॉसेस शामिल हैं। इनको ब्रोक्न सिमेट्री के परंपरागत पैराडिगम्स द्वारा वर्णित नहीं किया जाता है। अन्य अनुसंधानकर्ताओं के साथ सहयोग में अक्रिस्टलीय प्रणालियों के लिए क्षेत्र सिद्धांत को विकसित किया गया। यह अंकीय सिमुलेशंस एवं प्रयोगों के साथ उल्लेखनीय अनुरूपता दर्शाता है। हाल के अन्य कार्य में अनुसंधानकर्ताओं ने लांग-रेंज सहसंबंधों की उपस्थिति का भी विश्लेषणात्मक रूप से प्रदर्शन ऐसी अतापीय प्रणालियों में किया जिनकी उत्पत्ति माइक्रोस्कोपिक स्केल पर डिसऑर्डर से होती है। हाल ही में विश्लेषणात्मक परिणामों को हेमिशन मेट्रिसेस के लिए भी प्राप्त किया गया जो ऐसे ठोसों की स्थिरता को नियंत्रित करती हैं। इसके अतिरिक्त सहयोगियों के साथ हाल के अंकीय कार्य ने सही ऐंसेबल को चुनने के महत्व को उल्लेखित किया है। सही ऐंसेबल से अभिविन्यासों को सैंपल, अक्रिस्टलीय ठोसों के वाइब्रेशनल गुणधर्मों के अध्ययन के दौरान किया जाता है। (संपर्क व्यक्ति: कबीर रमोला)

क्वांटम संघनित पदार्थ अनुसंधान

- **क्वांटम पदार्थों में निकटता प्रभाव अध्ययन**

अनुसंधान समूह ने क्रेन-पुले प्रभाव के नए क्रियातंत्र को प्रस्तुत कर जैविक अणुओं एवं लौहचुंबकों के मध्य निकटता प्रभाव अध्ययन कार्यों का प्रदर्शन किया है। इस कार्य ने दिखाया कि चुंबकीय सतहों पर रखे जाने पर अणुओं द्वारा बल्क चुंबकत्व से सतह चुंबकत्व को चुंबकीय रूप में डिटेच किया जा सकता है। इससे एक्चेंज-बाँयस प्रभाव की उत्पत्ति होती है। अन्य अध्ययन में अनुसंधानकर्ताओं ने टोपोलॉजिकल इंसुलेटर एवं लौहचुंबकीय इंसुलेटर्स के मध्य निकटता प्रभाव अध्ययन कार्यों का अन्वेषण किया। इस दौरान उन्होंने दिखाया कि टोपोलॉजिकल इंसुलेटर्स की सतह अवस्थाओं द्वारा कंडक्शन इलेक्ट्रॉन मीडिएटेड आरकेकेवाई अन्योन्यक्रियाओं द्वारा लौहचुंबक के क्यूरी तापमान में वृद्धि की जा सकती है। अनुसंधान समूह ने सफलतापूर्वक

विश्व की प्रथम निम्नताप मुक्त स्कैनिंग टनैलिंग माइक्रोस्कोपी की स्थापना का प्रदर्शन किया। यह निम्नताप-मुक्त वैक्टर-अतिचालन चुंबक के साथ इंटीग्रेटिड है। (संपर्क व्यक्ति: कार्तिक व्ही. रमन)

इंटेंस लेजर प्लाज्मा

- **तीव्र हाइड्रोजन में संलग्न प्रत्यक्ष दो इलेक्ट्रॉन**

प्रत्यक्ष दो इलेक्ट्रॉन की संलग्नता अत्यंत दुर्बल प्रक्रिया है। यह परमाणु भौतिकी में अधिकांश टैरेस्ट्रियल निरीक्षणों के लिए पहेली बनी हुई है। H से H- का श्री बॉडी कांविनेशन, मूलभूत प्रक्रिया है जो खगोलभौतिकीय मापनों से संबद्ध है, किंतु निम्न क्वांसी-स्टेटिक क्षेत्रों के साथ निम्न तापमान के साथ उच्च इलेक्ट्रॉन सघनता की विरोधी आवश्यकताओं ने इस निरीक्षण को अब तक असंभव बना कर रखा है। उच्च कंट्रास्ट एवं उच्च सघन लेजरों में इलेक्ट्रॉन ऑयन रिकांविनेशन में अनुसंधानकर्ताओं की रुचि को जारी रखते हुए इस इंकांसिवेबिल अभिक्रिया को घटित होते पाया गया। इसका निरीक्षण अब इस अनुसंधान समूह के प्रयोगों में संभव हुआ है। इसका कारण उनकी एनहांसड गेटिड-थामसन पैराबोला स्पेक्ट्रोमेट्री है जिसे हाल ही में देश में विकसित किया गया है। अनुसंधानकर्ताओं ने ऑयनों के रिकांविनेशन की स्थापना की। यह सभी इंटेंस लेजर प्रयोगों में प्रचलित यूनिवर्सल योजना में इलेक्ट्रॉन्स के साथ सह-प्रसारित होता है। इसके अतिरिक्त यह सभी अध्ययन कार्यों में मूलभूत है हालांकि इन प्रक्रियाओं पर इस अनुसंधान के तीन दशकों में ध्यान नहीं दिया गया है। (संपर्क व्यक्ति: एम. कृष्णामूर्ति)

सांख्यिकीय भौतिकी

- **सरवाइवल के लिए कार्यनीतियां**

कैसे डिस्पर्सल कार्यनीतियों का चयन स्पेशीज के सरवाइवल की संभावना को बढ़ाने के लिए किया जाना चाहिए। अनुसंधानकर्ताओं ने असमान डिफ्यूसिविटीज के साथ दो प्रतिस्पर्धी स्पेशीज के तीन प्रसिद्ध मॉडलों के स्पेटीअली विस्तृत वर्जन्स के लिए उत्तर प्राप्त किया। यद्यपि मीन-फील्ड लेवल पर ये समान थे, किंतु तीनों मॉडलों द्वारा अत्यंत भिन्न व्यवहार को दर्शाया जाता है। इससे सरवाइवल के लिए भिन्न ऑप्टिमल कार्यनीतियों का जन्म होता है जो किसी स्पेशीज के लिए सिलेक्टिव एडवांटेज के साथ या इसके बिना सकते हैं। जब कुल कण संख्या निर्धारित होती है, तो डिस्पर्सल का कोई भी प्रभाव सरवाइवल संभाव्यता पर नहीं होता है। फ्लक्चुएटिंग संख्या के साथ तीव्र डिस्पोजल तब लाभप्रद होता है जब स्पेशीज की प्रतिस्पर्धा, समान स्पेशीज के सदस्यों के मध्य हो। दूसरी ओर अलाभप्रद स्पेशीज के लिए ऑप्टिमल कार्यनीति मंद गति से गति करना है (किसी इंटर-स्पेशीज प्रतिस्पर्धा न होने पर); इन फ्लक्चुएणंस को सरवाइवल कार्यनीतियों को उपयुक्त रूप से निर्धारित करने के लिए शामिल करना अनिवार्य है। (संपर्क व्यक्ति: मुस्तानसिर बार्मा)

परमाणु/अणु में ऊर्जा स्थानांतरण – सतह संघटन

- **प्रॉब के रूप में परमाणु स्केटरिंग के प्रयोग द्वारा एकल परमाणु परत थिन फिल्मों की इमेजिंग**

सतहों की इमेजिंग के लिए तटस्थ परमाणु स्केटरिंग आधारित सतह प्रॉब को विकसित किया गया। इस कार्य में प्रयोगात्मक सैटअप का परीक्षण एवं अभिलक्षण किया गया। इसका उद्देश्य सिग्नल को नाइस अनुपात तक बढ़ाना एवं गति का मापन करना था। मंद (65 एमईव्ही) हेलियम परमाणु स्केटरिंग की सॉफ्ट एवं यूनिवर्सल प्रकृति का प्रयोग करके अनुसंधान समूह द्वारा सफलतापूर्वक प्रदर्शित किया गया कि एकल मोनोलेयर की तरह थिन अत्यंत थिन MoS₂ फिल्मों को सफलतापूर्वक इमेज किया जा सकता है। Kr परमाणु स्केटरिंग के साथ तुलना के आधार पर अनुसंधानकर्ताओं ने कल्पना की कि कंट्रास्ट जेनरेशन, SiO₂/Si की भिन्न स्थानीय कठोरता एवं MoS₂ की अत्यंत थिन फिल्मों के कारण होता है। इस कार्य से 'प्राकृतिक परमाणु स्केटरिंग आधारित 'माइक्रोस्कोपी' में भविष्य के विकास कार्यों एवं अध्ययन कार्यों का मार्ग प्रशस्त होता है। (संपर्क व्यक्ति: प्रणव आर. श्रीहट्टी)

तरल गतिकी

- **जटिल तरलों में अस्थिरताएं एवं क्षोभ**

सक्रिय पदार्थ का सिद्धांत, प्रणालियां जिनके घटकों द्वारा ईंधन की निरंतर आपूर्ति को मूवमेंट में रूपांतरित किया जाता है, वास्तव में चयन की रूपरेखा है। यह मोटाइल कणों के सामूहिक व्यवहार को समझने के लिए है। सामान्यतः संघनित पदार्थ की तरह सक्रिय प्रणालियों द्वारा आर्डर के अनेक प्रकारों को प्रदर्शित किया जाता है एवं ये विभिन्न गतिकीय रेश्जीम्स में

ऑपरेट करती हैं। अनुसंधानकर्ताओं ने मोटाइल आर्गेनिज्म के समूहों पर विचार बल्क तरल माध्यम में किया। रेखीय स्थिरता विश्लेषण एवं अंकीय सिमुलेशंस का प्रयोग करके अनुसंधानकर्ताओं ने जटिल स्पेटियोटेम्पोरल फ्लो प्रतिमानों की भौतिकी का परीक्षण किया जिनकी उत्पत्ति इन प्रणालियों में होती है। विरूपित ऑब्जेक्टों (बुलबुलों या बिंदुकों) के सस्पेंशन के फ्लो की सर्वव्यापक उपस्थिति अनेक प्राकृतिक एवं औद्योगिक प्रक्रियाओं में होती है। बुलबुलों की उपस्थिति से रियोलाॅजिकल में नाटकीय रूप से बदलाव होता है एवं इससे फ्लोज के गुणधर्मों में मिश्रण होता है। बुलबुलों की अनुपस्थिति में फोर्सिंग से डिस्पीशन रेंज में ऊर्जा के अरेखीय स्थानांतरण (कंस्टेंट ऊर्जा फ्लक्स को मैटेन करना) द्वारा क्षोभ का अभिलक्षण होता है। (संपर्क व्यक्ति: प्रसाद पर्लेकर)

परमाणु एवं प्रकाशिक भौतिकी

• परमाणु वेपर में अरेखीय चुंबकीयविद्युत प्रभाव

चुंबकीयविद्युत (एमई) प्रभाव का संबंध युग्मन से है जो विद्युत एवं चुंबकीय क्षेत्रों के मध्य माध्यम में होता है। इससे चुंबकीय क्षेत्रों द्वारा विद्युत पोलेराइजेशन को प्रेरित किया जाता है एवं विद्युत पोलेराइजेशन द्वारा चुंबकीय क्षेत्रों को प्रेरित किया जाता है। अभी तक अरेखीय एमई प्रभाव पर विशिष्ट अध्ययन कार्यों का मुख्य रूप से जोर काइरल पदार्थों में द्वितीय-हार्मोनिक उत्पत्ति के परीक्षण पर रहा है। अनुसंधानकर्ताओं ने प्रकाशिक विद्युत क्षेत्रों के अरेखीय तरंग मिश्रण एवं रेडियो आवृत्ति (आरएफ) चुंबकीय क्षेत्रों का प्रदर्शन तापीय परमाणु वेपर में किया जो कि माध्यम में उच्चतर-क्रम अरेखीय एमई प्रभाव का परिणाम है। प्रयोगात्मक परिणामों को प्रणाली की सघनता मैट्रिक्स गणनाओं के साथ तुलना द्वारा स्पष्ट किया गया। अनुसंधानकर्ताओं ने आरएफ क्षेत्र मैग्निट्यूड पर उत्पन्न क्षेत्र एंजिनिट्यूड्स की अपेक्षित निर्भरता को प्रयोगात्मक रूप से सत्यापित भी चुंबकीय विद्युत प्रभाव के प्रमाण के रूप में किया। इस अध्ययन द्वारा सूक्ष्म आर-मैग्नेटोमेट्री के लिए संभावना का मार्ग प्रशस्त किया जा सकता है। इसका कारण बड़ी गतिक रेंज एवं आर्बिटरेरी आवृत्ति विभेदन में इसका लाभप्रद होना है। (संपर्क व्यक्ति: जी. राजलक्ष्मी)

जैवभौतिकी

• कोशिकीय एवं अंतःकोशिकीय प्रणालियों में ग्लॉसी गतिकी एवं एग्रेगेशन

अनुसंधान समूह द्वारा भिन्न जैविक प्रणालियों में मंद गतिकी एवं एग्रेगेशन के पीछे भौतिकीय सिद्धांतों का सैद्धांतिक रूप से अध्ययन किया जाता है। अनुसंधानकर्ताओं ने जैवविज्ञान में दीर्घकालीन एप्लिकेशंस के साथ दो विशिष्ट समस्याओं का अध्ययन किया। पहली समस्या में उन्होंने सिद्धांतों का परीक्षण किया कि कैसे प्रोटीन-प्रोटीन अन्योन्यक्रियाओं एवं उनकी वेलेसी द्वारा अंतःकोशीय चरण पृथक्करण को दुष्प्रभावित किया जाता है। बहुआयामी एप्रोच का प्रारंभ इजरायल के वेजमेन विज्ञान संस्थान के प्रयोगवादियों के साथ किया गया। यीस्ट कोशिकाओं में सिद्धांत, सिमुलेशन एवं एक्सप्रेसिंग संश्लेषणात्मक डिजाइन्ड प्रोटीन्स के जोड़ द्वारा इस अध्ययन कार्य ने दिलचस्प परिणाम दिए। इनमें कैसे अन्योन्यक्रिया सामर्थ्य द्वारा चरण पृथक्करण के विस्तार को निर्धारित किया जाता है, जबकि वेलेसी द्वारा इसकी सिमेट्री को निर्धारित किया जाता है आदि शामिल थे। दूसरी समस्या कांफ्लुएंट मोनोलेयर में ग्लॉस गतिकी से संबंधित थी। इस गतिकी की अपरिहार्यता माॅर्फोजेनेसिस, घाव के भराव, ब्रॉकिअल अस्थिमा एवं कई अन्य क्षेत्रों में है एवं इस तरह ऐसी प्रणाली के लिए विस्तृत सैद्धांतिक रूपरेखा महत्वपूर्ण है। अनुसंधान समूह ने ऐसी प्रणाली के अंकीय सिमुलेशंस को विश्लेषणात्मक अध्ययन के साथ संयुक्त किया। यह अध्ययन इक्विलिब्रियम ग्लॉस के सर्वाधिक सफल सिद्धांतों में एक पर आधारित है (यादृच्छिक प्रथम क्रम ट्रांजिशन सिद्धांत) जिसका उद्देश्य कांफ्लुएंट ग्लॉसी प्रणाली के लिए समग्र सैद्धांतिक रूपरेखा को विकसित करना है। (संपर्क व्यक्ति: सरोज के. नंदी)

सैद्धांतिक सांख्यिकीय मैकेनिक्स

• कण विस्थापन के स्पेटिअल सहसंबंधों में गतिकीय हीटरोजेनिटी के सिग्नेचर एवं अतिशीतित द्रव्यों में इसका टेम्पोरल क्रमविकास

गतिक हीटरोजेनिटी (डीएच) को ग्लॉस ट्रांजिशन के हॉलमार्क्स में एक माना जाता है। अनेक अध्ययन कार्यों को इसे समझने के लिए द्रव्य के अल्फा-रिलेक्सेशन टाइमस्केल पर किया गया है। अनुसंधानकर्ताओं ने दिखाया कि डीएच का विकास पूर्ण रूप से अत्यंत लघु टाइमस्केल पर होता है एवं यह अल्फा-रिलेक्सेशन समय से काफी अधिक समय तक सरवाइव करता है। डीएच लैंग्थ स्केल की तापमान निर्भरता को सभी टाइमस्केल्स के लिए समान माना गया किंतु लैंग्थ स्केल का मैग्निट्यूड, आण्विक द्रव्यों के लिए अल्फा रिलेक्सेशन समय में अधिकतम पर पहुंचता है। मॉडलों के लिए कंट्रास्ट में जो कोलाइडल मॉडल जैसे

जैमिंग ट्रांजिशन से गुजरते हैं, लैंग्थ स्केल का विकास अल्फा-रिलेक्सेशन समय से कहीं अधिक होना जारी रहता है जहां डीएच के अन्य उपाय पूर्ण रूप से खत्म हो जाते हैं। (संपर्क व्यक्ति: समरजीत कर्माकर)

पदार्थों के यांत्रिकीय गुणधर्म

- अनुसंधान समूह की सक्रिय रूप से संलग्नता सैद्धांतिक मॉडल के विकास में थी। यह मॉडल अफाइन एवं गैर-अफाइन जैसे परमाणु फ्लक्चुएशंस को वर्गीकृत करने के लिए नई एप्रोच का प्रयोग करता है। इस वैकल्पिक वर्गीकरण ने न सिर्फ पदार्थ भौतिकी में नई जानकारीयां उपलब्ध कराई हैं अपितु इसका उपयोग जैवविज्ञान के प्रोग्रामेबिल सक्रिय पदार्थ एवं फ्रंटियर्स में है। इनमें से कुछ एप्लिकेशंस में प्रोटीन कंफर्मेशन एवं ड्रग बाइंडिंग शामिल है। प्रोटीन कंफर्मेशन में बाह्य लागू यांत्रिकीय लोड के कारण विरूपण पर क्रिस्टलाइन ठोसों की यील्डिंग का परीक्षण किया गया। विस्तृत बड़ी इन-हाउस गणनाओं के साथ संयुक्त सैद्धांतिक मॉडल द्वारा प्रयोगात्मक निरीक्षित यील्ड प्वाइंट्स का पूर्वानुमान विरूपण दरों के मैग्निट्यूड के चौदह क्रमों पर किया जाता है। दिलचस्प रूप से अध्ययन कार्य से स्पष्ट हुआ कि त्रुटि मुक्त क्रिस्टल की यील्डिंग वास्तव में छिपा हुआ प्रथम क्रम चरण ट्रांजिशन है। इन परिणामों से यील्डिंग के फेनोमेना या सामान्य रूप में पदार्थ भौतिकी पर विस्तृत रूप से स्वीकृत दृष्टिकोणों की समीक्षा आवश्यक होती है। इस समूह द्वारा जानकारी में वृद्धि की गई एवं प्रोग्रामेबिल सक्रिय पदार्थ के स्वार्म को दिखाया गया। इसमें अस्थिर क्षोभी मौसम में ड्रॉन्स को किसी भी वांछित प्रतिमान में स्थिर रूप देना शामिल है। यहां महत्वपूर्ण घटक के अंतर्गत फ्लक्चुएशंस की निश्चित कक्षा, गैर-अफाइन विस्थापनों को दमित करना शामिल है जो प्रतिमान में रुकावट के लिए उत्तरदायी हैं। इसके साथ स्वार्म के ट्रीवियल ट्रांसलेशंस एवं घूर्णीय क्षमताओं को स्वीकृति देना घटक के अंतर्गत आता है। (संपर्क व्यक्ति: सुराजीत सेनगुप्ता)

पदार्थ विज्ञान

ऊर्जा एवं पर्यावरणीय संरक्षण के लिए पदार्थों की इंजीनियरिंग

- **ग्राफीन ऑक्साइड का प्रयोग करके रिचार्जेबिल रेस्पाइरेटरी मास्क**
इलेक्ट्रोस्टैटिकली रिचार्जेबिल रेस्पाइरेटरी मास्क ("95" के मानकों के साथ) का विकास ग्राफीन ऑक्साइड आधारित इंक का प्रयोग करके किया गया है। दिखाया गया कि ऐसी निम्न लागत के मास्क द्वारा उप-माइक्रोन आकारित कणों को प्रभावी रूप से अच्छे गुणवत्ता कारक के साथ रोका जा सकता है। यह ऐसा मापदंड है जो मास्क के साथ श्वसन को सुनिश्चित करता है। मेल्ट-स्पिन पोलिप्रोपिलीन द्वारा सक्रिय फिल्ट्रेशन परत के रूप में कार्य किया जाता है। यह परंपरागत एन95 मास्क में उपलब्ध है। इसे ग्राफीन आक्साइड एवं पोलिविनीलीडेन फ्लुओराइड मिश्रण (पेस्ट के साथ) के साथ संशोधित किया गया है जिसमें सरल सोल्युशन कॉस्टिंग पद्धति का प्रयोग हुआ है। ट्रिबोइलेक्ट्रिक रिचार्जेबिलिटी हेतु इस त्रिपरती प्रणाली का यहां प्रदर्शन किया गया। इस दौरान लघु यांत्रिकीय एजिटेशंस का प्रयोग किया गया। इन ट्रिबोइलेक्ट्रिक नैनोजेनरेटर असिस्टेड मैग्नेट्स में उच्च इलेक्ट्रोस्टैटिक चार्ज रिटेंशन क्षमता (एंबिएंट स्थिति में 5 दिनों के पश्चात $\sim 1 \text{ nC/cm}^2$) एवं अत्यंत ह्यूमिड स्थितियों में भी उच्च रिचार्जेबिलिटी ($>80\% \text{ RH}$) होती है। (संपर्क व्यक्ति: टी.एन. नारायणन)

इलेक्ट्रॉनिक पदार्थ

- **हैलाइड पर्वोस्काइट एवं जैविक अर्धचालकों के विद्युत गुणधर्म**
अनुसंधानकर्ताओं ने हैलाइड पर्वोस्काइट्स में चार्ज कैरियर गतिकी में वाइब्रोनिक मोड्स की भूमिका की जानकारी में योगदान किया। अध्ययन कार्य ने दिखाया कि कैसे फोटोप्रेरित वाइब्रेशन द्वारा लीड हैलाइड पर्वोस्काइट में अत्यंत तीव्र संरचनात्मक विरूपण हेतु योगदान किया जाता है। समान अध्ययन कार्य ने दिखाया कि कैसे इंटरमॉलेक्युलर वाइब्रेशंस द्वारा पेंटेसीन में सिंगलेट विखंडन को सुगम बनाया जाता है। ठोस अवस्था एनएमआर तकनीक का प्रयोग करके अनुसंधान समूह ने धातु-हैलाइड पर्वोस्काइट सौर सैल्स के स्थिरीकरण हेतु पाइपरिडिनियम सॉल्ट की भूमिका पर जानकारी उपलब्ध कराई। केल्विन प्रॉब आधारित मापनों का प्रयोग करके अनुसंधानकर्ताओं ने डबल हैलाइड पर्वोस्काइट $\text{Cs}_2\text{AgBiBr}_6$ में उपस्थित त्रुटियों के प्रकारों एवं सौर सैल कार्यनिष्पादन पर उनके प्रभाव की खोज की। (संपर्क व्यक्ति: पवित्र के. नायक)

सिद्धांत एवं कंप्यूटेशन

नॉन-इक्विलिब्रियम जटिल प्रणालियों में सैल्फ-ऑर्गेनाइजेशन एवं पैटर्न निर्माण

- **स्पेटिअली-विस्तृत प्रणालियों में तरंगें एवं स्वरूप**

अनुसंधान प्रयासों को दो भिन्न क्षेत्रों में सामान्य थीम के अंतर्गत किया गया। इसका उद्देश्य रसायनिक एवं जैविक विषयों की जटिल प्रणालियों की स्पेटियोटेम्पोरल गतिकी का अन्वेषण करना था। अनुसंधानकर्ताओं ने तापीयडिफ्यूजन प्रेरित इमरजेंट ट्रेवलिंग एवं शॉक तरंगों का परीक्षण सैल्फ-प्रापैल्ड कलाइडल प्रणाली में किया। इस अध्ययन ने प्रारंभिक एवं सीमा स्थितियों को समायोजित कर शॉक तरंगों के विकास हेतु मार्ग उपलब्ध कराया है। अन्य अध्ययन को एक-वैरिएबिल अभिक्रिया-कैटालिस्ट प्रणाली में डिफ्यूसिव फ्लक्स के समय-विलंब की भूमिका के अन्वेषण के लिए किया गया। यह कार्य विशेष रूप से महत्वपूर्ण जैविक पॉप्युलेशन गतिकी के संबंध में है जहां मानक डिफ्यूजन की अपेक्षा डिफ्यूजन का बेहतर वर्णन आवश्यक है। अनुसंधानकर्ताओं ने बैक्टीरिया की सामूहिक स्पेटियोटेम्पोरल गतिकी का भी अन्वेषण किया जिनमें अंतर सिर्फ उनके कोशिका-एस्पेक्ट अनुपात द्वारा होता है। अध्ययन कार्य ने स्पष्ट किया कि दोनों लघु एवं दीर्घ बैक्टीरिया द्वारा मंद गतिकी दर्शाई जाती है जबकि तीव्रतम गति को इंटरमीडिएट एस्पेक्ट अनुपातों के लिए प्राप्त किया जाता है जैसा कि हाल के कुछ प्रयोगात्मक अध्ययन कार्यों में देखा गया है। (संपर्क व्यक्ति: पुष्पिता घोष)

जैविक विज्ञान

कोशिका एवं कैंसर जैवविज्ञान

- **एकल कोशिका रिसोल्यूशन में जीन एक्सप्रेशन एवं डीएनए क्षति रिस्पांसेस का परीक्षण**
डीएनए क्षति रिस्पांसेस (डीडीआर) को समझना, कैंसर उत्पत्ति की व्याख्या के लिए अनिवार्य है। अनुसंधान समूह के प्रयोगों से संकेत मिला कि डीएनए क्षति रिस्पांस, एस चरण में शीर्ष पर होता है एवं यह प्राथमिक क्षति नहीं होती है। अनुसंधानकर्ताओं ने एक ही समय पर जीन स्थिति एवं एक्सप्रेशन को इंटीग्रेट करने के लिए DNA एवं RNA smFISH को संयुक्त करने के लिए पद्धति को भी इष्टतम किया। अन्य अध्ययन में फ्रूट-फ्लाई में ईजीएफआर सिग्नलिंग के संबंध में एकल अणु mRNA संसूचन का प्रयोग करके इस समूह ने आर्गेनिज्मल विकास के दौरान कोशिका-प्रकार इमरजेंस के संबंध में महत्वपूर्ण जानकारी उपलब्ध कराई। अनुसंधानकर्ताओं ने पूर्व में भी वर्णित किया था कि कैसे फ्लूरोसेंस एनिसोट्रोपी का प्रयोग क्रोमेटिन कांपेक्शन अवस्थाओं की निगरानी के लिए किया जा सकता है। स्थानीय दोहरे स्टैंड ब्रेक्स के रिस्पांस में अक्षतिग्रस्त डीएनए के भी कांपेक्शन को दिखाया गया। (संपर्क व्यक्ति: अप्रोतिम मजूमदार)

पोलिफॉस्फेट्स

- विभिन्न चैन लंबाइयों के अजैविक पोलिफॉस्फेट (polyP), आर्थोफॉस्फेट रेसिड्युज को सभी लिविंग आर्गेनिज्म में पाया जाता है। मेटाजोन्स में इसके प्रकार्यों को विस्तृत रूप में अन्वेषित नहीं किया गया है। यद्यपि मेटाजोन्स में पोलीपी के प्रकार्यों के परीक्षण में महत्वपूर्ण अवरोध, पोलीपी संश्लेषण एवं टर्नओवर में संलग्न जीन्स के ज्ञान की कमी रही है जो *वाइवो* में पोलीपी लेवल्स के मॉड्युलेशन को सीमित करती है। अनुसंधानकर्ताओं ने पोलीपी के प्रकार्यों के अध्ययन के लिए *ड्रोसोफिला* मॉडल को विकसित किया। दिखाया गया कि पोलीपी का अस्तित्व फ्लाइज में होता है एवं इसके लेवल्स का विकासात्मक रूप से रेग्युलेशन, एंज्रॉयजेनेसिस के दौरान होता है। इसके अलावा फिलोजेनेटिक विश्लेषण द्वारा प्युटेटिव एक्सपोलिफॉस्फेट्स पून की पहचान की गई। पोलीपी के महत्वपूर्ण रूप से उच्चतर लेवल को पून म्युटेन्ट्स में पाया गया (वाइल्ड-टाइप फ्लाइज की तुलना में)। चूंकि पून में उत्परिवर्तनों को न्यूरोडिजेनरेशन के साथ संबंधित दिखाया गया, अतः इस कार्य से संकेत मिला कि पोलीपी के पून मेडिएटिड रेग्युलेशन का महत्व बहुकोशिकीय आर्गेनिज्म में अनेक अन्य प्रक्रियाओं के साथ न्युरॉन्स के संरक्षण के लिए है। (संपर्क व्यक्ति: मनीष जैसवाल)

मैकेनोजैवविज्ञान

- **कोशिकाओं की सामूहिक गतिकी: मैकेनोजैविक परिप्रेक्ष्य**
सामूहिक कोशिका गतिकी का संबंध अनेक कोशिकाओं की प्रक्रिया से होता है जो कोहेसिव यूनिट के रूप में कार्य करती हैं। अनुसंधान समूह ने वर्णन किया कि कैसे कोशिका-उत्पन्न बलों द्वारा कोशिका कांपिटिशन एवं सामूहिक कोशिका माइग्रेशन के दौरान कोशिकाओं की सामूहिक गतिकी को नियंत्रित किया जाता है। इस दौरान समूह ने अनेक जैवभौतिकीय पद्धतियों एवं सुपर-रिसोल्यूशन माइक्रोस्कोपी तकनीकों का प्रयोग किया। कोशिका कांपिटिशन में पाया गया कि एचआरएएस ऑनकोजीन-रुपांतरित कोशिकाओं एवं उनके सामान्य नेवर्स के मध्य कांपिटिशन का निर्धारण कोशिका-उत्पन्न बलों एवं एक्स्ट्राकोशिकीय मैट्रिक्स की इलॉस्टिसिटी द्वारा पैथोलॉजिकली स्टिफंड मैट्रिक्स (रुपांतरित कोशिकाओं के कांपिटिटिव रिमूवल को एबरोगेट करते हुए) के साथ किया गया। सामूहिक कोशिका माइग्रेशन में कोशिका-कोशिका बलों को अंतर्कोशिकीय आर्गेनेल्स (गोल्गी

कांप्लेक्स, लाइसोसोम्स एवं एण्डोप्लाज्मिक रेटिकुलम सहित) की संरचना, स्थानीयकरण एवं गतिकी को नियंत्रित करते पाया गया। एक साथ लिए जाने पर कोशिका कांपिटिशन एवं सामूहिक कोशिका माइग्रेशन पर यांत्रिकीय बलों के महत्व को अनुसंधान प्रयासों द्वारा स्थापित किया गया। (संपर्क व्यक्ति: तमल दास)

कोशिका जैवविज्ञान, न्युरोनल सिनैप्सेज एवं एकल अणु माइक्रोस्कोपी

- **वोमेरोनैसल प्रणाली का आण्विक जैवविज्ञान एवं ऑडिटरी रिबन सिनैप्सेज का आण्विक आर्किटेक्चर**

वोमेरोनैसल आर्गन, महत्वपूर्ण मॉडल सेंसरी प्रणाली है। इससे जानकारी मिलती है कि कैसे सेंसरी स्टिमुली द्वारा इनेट व्यवहारों को दर्शाया जाता है। अनुसंधानकर्ताओं ने सेंसरी न्युरॉन्स के ट्रांसक्रिप्टोमेस को समझने के लिए आरएनए सीक्वेंसिंग एप्रोचस के जोड़ को विकसित किया। इन एप्रोचस ने नवीन आण्विक घटकों को स्पष्ट किया जिनका आगे परीक्षण किया जा रहा है। एकल अणु माइक्रोस्कोपी का प्रयोग करके अनुसंधानकर्ताओं ने माऊस कोचलिया में विशेषीकृत रिबन सिनैप्सेज की इमेजिंग की। इसका लक्ष्य उनके आण्विक आर्किटेक्चर एवं कैसे शोर से उत्पन्न श्रवण हानि इन सिनैप्सेज को दुष्प्रभावित कर सकती है, आदि को समझना था। (संपर्क व्यक्ति: आदिश दानी)

रसायनिक विज्ञान

सैद्धांतिक रसायनशास्त्र

- **रसायनशास्त्र एवं जैवविज्ञान के इंटरफेस पर कंप्यूटर सिमुलेशन**

अनुसंधानकर्ताओं ने अनेक रसायनिक एवं जैविक संगत फेनोमेना के कंप्यूटर सिमुलेशंस पर ध्यान केंद्रित किया। परीक्षण से प्रोटीन/ड्रग रिकगनिशन प्रक्रियाओं के संबंध में जानकारी मिली है। सिमुलेशन से प्रोटीन/सबस्ट्रेट रिकगनिशन में कंफर्मेशनल विविधताओं की भूमिका स्पष्ट हुई है। एक निश्चित दिशा ने ओस्मोलाइट्स की भूमिका को प्रोटीन की स्थिरता में व्याख्यापित किया। अन्य अध्ययन में अनुसंधान समूह ने बैक्टीरियल साइटोप्लाज्म के मॉडल को विकसित किया। इस परियोजना में प्रयोगात्मक डेटा को मॉडल में एकीकृत किया गया एवं मैक्रोडोमेन सेग्रेगेशन की खोज बैक्टीरियल क्रोमोसोम के अंदर की गई। अनुसंधानकर्ताओं ने विकासशील सेंसरों के लिए केज्ड अणुओं में होस्ट-गैस्ट अन्वोन्यक्रिया के अन्वेषण पर सहयोग कार्य भी प्रारंभ किया। विद्यमान सहयोग कार्य से एलोस्टेरिक स्विचेस की खोज अमोनिया-सेंसिंग प्रोटीन में हुई। अंत में जारी सहयोगात्मक प्रयास से संरचनात्मक क्रमविकास का निरीक्षण डोण्ड ग्राफीन ऑक्साइड प्रणालियों में हुआ। (संपर्क व्यक्ति: जगन्नाथ मॉडल)

कार्बनिक रसायनशास्त्र, जैविक रसायनशास्त्र एवं रसायनिक जैवविज्ञान

- **मौलिक सरलीकृत कुल रसायनिक प्रोटीन संश्लेषण द्वारा एफएमओसी-समूह का अभिक्रियात्मक सिस्टीन के एन-मॉस्किंग समूह के रूप में उपयोग**

मल्टी-सैगमेंट, पूर्ण कंवर्जेंट या एक-पाँट, नेटिव रसायनिक लिगेशंस में सरल सुलभता से प्रोटीन्स के कुल रसायनिक संश्लेषण में सुगमता होती है। अत्याधुनिक एवं प्रचालन की दृष्टि से सरल पद्धति को पूर्ण रसायनिक प्रोटीन संश्लेषण के लिए विकसित किया गया। इस दौरान एफएमओसी मोइटी का उपयोग सिस-पेप्टाइड थियोस्टर सेगमेंट (सेगमेंट्स) के एन-टर्मिनल अभिक्रियात्मक सिस रेसिड्यु के अल्पकालीन मॉस्किंग समूह के रूप में किया गया। एफएमओसी समूह को कठोर ऑक्सिडेटिव स्थितियों (हाइड्रोजाइड या ओ-अमीनोएनिलाइड से पेप्टाइड थियोस्टर को उत्पन्न करने के लिए अक्सर प्रयुक्त) के साथ पूर्ण रूप से अनुकूल पाया गया। Fmoc-Cys (Trt)-OH की तत्काल सुलभता (एफएमओसी रसायनशास्त्र ठोस चरण पेप्टाइड संश्लेषण में नियमित रूप से प्रयुक्त जहां एफएमओसी समूह को सिस्टीन रेसिड्यु पर पूर्व-संस्थापित किया जाता है) ने अतिरिक्त कार्यों को अल्पतम किया जिनकी आवश्यकता एन-टर्मिनल सिस्टिनिल पेप्टाइड्स के अल्पकालीन संरक्षण के लिए होती है। उल्लेखनीय रूप से इस अध्ययन में दर्शाई गई अत्यंत प्रभावी पद्धति अत्यधिक उपयोगी हाई यील्डिंग रसायनिक प्रोटीन संश्लेषण के लिए होगी एवं इसे व्यापक रूप से स्वीकृत विश्व-भर में रसायनशास्त्र एवं रसायनिक जैवविज्ञान समुदाय द्वारा किया जाएगा। (संपर्क व्यक्ति: कल्याणेश्वर मंडल)

जैवभौतिकी

- **एकल अणु तकनीकों का प्रयोग करके प्रोटीन एग्रेगेशन का अध्ययन**

प्रोटीन्स के एबेरेंट एग्रेगेशन की संलग्नता अनेक डेबिलिटेटिंग मानव रोगों की पैथोलॉजी में है। पूर्व इंटरमीडिएट्स या सोल्युबिल ओलिगोमर्स को प्रॉक्सिमल साइटोटॉक्सिक स्पेशीज माना जाता है। यद्यपि इन ओलिगोमर्स का अध्ययन दुर्लभ पॉप्युलेशन एवं हीटरोजेनिटी के कारण चुनौतीपूर्ण है। अनुसंधानकर्ताओं ने दो एकल अणु तकनीकों को विकसित किया। ये अतिविभेदन फ्लूरोसेंस माइक्रोस्कोपी एवं दो-रंगी कोइसिडेंस संसूचन हैं। इसका उद्देश्य क्रमशः पूर्व एग्रीगेट्स एवं सोल्युबिल ओलिगोमर्स को संसूचित करना एवं उनका अभिलक्षण करना है। हाल ही में अनुसंधानकर्ताओं ने दिखाया है कि आण्विक चैपरोन एचएसपी 70 द्वारा ओलिगोमर्स के साथ अन्योन्यक्रिया की जाती है न कि आईएपीपी के मोनोमर्स के साथ जिसकी संलग्नता टाइप2 मधुमेह की पैथोलॉजी में है। अतिविभेदन माइक्रोस्कोपी का प्रयोग करके अनुसंधानकर्ताओं ने एपीओई एवं एमिलाइड-बीटा पेप्टाइड के कांफ्लेक्सेस को भी संसूचित किया है जिसकी संलग्नता अलजाइमर के रोग में है। इन अध्ययन कार्यों से संभावित ड्रग कैण्डिडेट्स की स्क्रीनिंग की संभावना उत्पन्न होती है जो एंडोजेनस प्रोटीन्स की एमिलाइडोजेनिक पेप्टाइड्स के साथ अन्योन्यक्रिया को प्रभावित कर सकती है। (संपर्क व्यक्ति: कंचन गराई)

ठोस-अवस्था एनएमआर

- **ठोस अवस्था एनएमआर स्पेक्ट्रा में एवं इससे विभेदन व सूचना कंटेंट में वृद्धि**

इस अनुसंधान समूह ने ठोस-अवस्था नाभिकीय चुंबकीय रेसोनेंस में पद्धतियों को विकसित किया है। इसका उद्देश्य स्पेक्ट्रल विभेदन में सुधार लाना एवं वर्तमान में प्रचलित विभिन्न प्रयोगात्मक स्थितियों पर ज्यामिति पैरामीटरों का सरल एक्सट्रैक्शन है। इन पद्धतियों द्वारा किसी अणु में अंतःनाभिकीय दूरियों एवं आर्डर पैरामीटरों को प्राप्त करने में सहायता मिलती है। इनसे संरचनात्मक एवं गतिकी सूचना प्राप्त होती है। गतिकी सूचना, एनएमआर स्पेक्ट्रोस्कोपी का अनुपम पहलू है। इन पद्धतियों के प्रमुख लक्षणों में विभिन्न प्रयोगात्मक पैरामीटरों में रोबस्टनेस, बिना किसी पैरामीटरों से कम होकर अधिकतम तक, सूचना प्राप्त करने में सुलभता एवं दोनों दृढ़ व दुर्बल रेज्यूम्स में युग्मनों को लक्षित करना शामिल हैं। इन पद्धतियों को लघु अणुओं से प्रोटीन्स तक विभिन्न आण्विक प्रणालियों में उपयोगी दिखाया गया है। (संपर्क व्यक्ति: पी.के. मधु)

सैद्धांतिक एवं कंप्यूटेशनल रसायनशास्त्र

- **O₂/H₂O रुपांतरण के लिए Cu-आधारित बाइडाइरेक्शनल उत्प्रेरक के क्रियातंत्र को समझना**

इस कार्य में बाइडाइरेक्शनल उत्प्रेरक के दुर्लभ उदाहरणों में एक की अंडरपिनिंग्स को उल्लेखित किया गया। इस सीयू-आधारित कांफ्लेक्स द्वारा दोनों डाइऑक्सिजन से पानी एवं पानी के ऑक्सिडेशन से डाइऑक्सिजन के रिडक्शन को उत्प्रेरित किया जा सकता है जो लागू वोल्टता पर निर्भर होता है। प्रयोगात्मक निरीक्षणों से दोनों ऑक्सिडेशन एवं रिडक्शन चक्रों के दौरान डाइमेरिक कांफ्लेक्स के इन सीटू निर्माण का संकेत मिला। गहन कंप्यूटेशनल अध्ययन कार्यों ने दोनों ऑक्सिडेशन एवं रिडक्शन पथवेज के लिए द्विनाभिकीय क्रियातंत्र की संभाव्यता को सपोर्ट किया। कंप्यूटेशनल अध्ययन कार्यों ने इसके बाद संबंधित लिगेंड रुपरेखा की संरचनात्मक संभाव्यता को अन्वेषित किया। यह रुपरेखा, उत्प्रेरण को सुगम बनाने वाले इंटरमीडिएट कांफ्लेक्स में दो सीयू-केंद्रों की विभिन्न ऑक्सिडेशन अवस्थाओं को सपोर्ट करती है। इसके अतिरिक्त कंप्यूटेशनल रिडक्शन के दौरान Cu(III) स्पेशीज के अस्तित्व को पूर्वानुमानित किया, हालांकि चक्र का प्रारंभ Cu(II) ऑक्सिडेशन चक्र से हुआ था। इस पूर्वानुमान की प्रयोगात्मक रूप से भी पुष्टि की गई। (संपर्क व्यक्ति: सौम्या घोष)

आर्गेनोधात्विक रसायनशास्त्र एवं आण्विक पदार्थ

- **एकल-अणु एवं एकल-ऑयन चुंबकें**

एकल-अणु चुंबकें, आण्विक चुंबकों का परिवार हैं जो एकल-ऑयन चुंबकों एवं एकल-चेन चुंबकों सहित अन्य उपसमूहों को अपने में शामिल करता है। दो कारकों द्वारा गुणधर्मों को नियंत्रित किया जाता है: चुंबकीय विषमदैशिकता एवं समग्र स्पिन। अनुसंधान समूह द्वारा इन पर फोकस, लिगेंड की उपयुक्त डिजाइन द्वारा किया जा रहा है जो ऐसे कांफ्लेक्सेस की असेंबली को स्वीकृत करती है। (संपर्क व्यक्ति: वी. चंद्रसेखर)

- **तीव्र एमएएस (जादुई कोण स्पिननिंग) पर प्रोटोन ट्रिपल क्वांटम स्पेक्ट्रोस्कोपी**

प्रोटोन ट्रिपल क्वांटम (टीक्यू) चुनौतीपूर्ण, ठोस-अवस्था में रहा है। इसका मुख्य कारण दुर्बल उत्तेजन दक्षताएं (4-8%) एवं प्रभावी t_1 -नाइस है। टीक्यू द्वारा प्रणालियों की संरचनात्मक जानकारी में उन्नयन, जटिल स्पिन टोपोलॉजी के साथ किया जाता है। अनुसंधानकर्ताओं ने पांच टीक्यू पुनर्युग्मन अनुक्रमों $((RN_n^y RN_n^y)^{31})$ की डिजाइन तैयार की। ये द्वितीय-क्रम हैमिल्टोनियन को लागू करती हैं जो t_1 -नाइस को अल्पतम करता है एवं इसमें 3-4 गुना उच्चतर टीक्यू उत्तेजन दक्षता है। टीक्यू टर्म्स की उत्पत्ति क्रॉस-टर्म के रूप में $T_{2\pm 2}^{jk}$ एवं $T_{2\pm 1}^{jk}$ ऑपरेटर्स के मध्य द्वितीय-क्रम हैमिल्टोनियन में हुई थी। अनलेबलड सैंपल्स पर तीन-आयामी TQ-DQ-SQ प्रोटोन स्पेक्ट्रम को 1.5 से भी कम दिनों रिकार्ड किया जा सकता है जिसमें अन्यथा मापन समय का एक सप्ताह लगता। उन्नत प्रयोग से अनलेबलड सैंपल्स में स्पिन-टोपोलॉजी का अभिलक्षण संभव होता है। (संपर्क व्यक्ति: विपिन अग्रवाल)

जैविक एवं रसायनिक विज्ञान (जैवरसायनशास्त्र)

संरचनात्मक जैवविज्ञान एवं जैवरसायनशास्त्र

- **आरएनए ट्रिपल हैलिक्स का संरचनात्मक अभिलक्षण**

जीवन के केंद्रीय पहलू के अंतर्गत डीएनए से आरएनए एवं आरएनए से प्रोटीन में रूपांतरण शामिल है। यद्यपि कुछ आरएनए अणुओं का प्रोटीन में रूपांतरण नहीं होता है, किंतु वे डीएनए से आरएनए से प्रोटीन की प्रक्रिया को नियंत्रित करने में महत्वपूर्ण भूमिका का निर्वाह करते हैं। इससे आरएनए, जीवन के केंद्रीय घटक के रूप में स्थापित होता है। दोहरी हेलिकल संरचना के साथ आरएनए द्वारा जटिल 3डी आकारों को भी अडोप्ट किया जाता है जो इसके प्रकार्य के लिए महत्वपूर्ण हैं। अनेक आरएनए अणुओं में रसायनिक अटैचमेंट होता है। इसे पोली (ए) टेल कहा जाता है। यह इसकी स्थिरता के लिए महत्वपूर्ण होता है। ईएनई नामक आरएनए के नए प्रकार द्वारा ट्रिपल हैलिक्स संरचनाओं का निर्माण पोली (ए) टेल के साथ किया जाता है एवं यह आरएनए को डिग्रेडिंग से संरक्षित करता है। “डबल ईएनई” नामक ईएनई की इस नई कक्षा की क्रिस्टल संरचना का निर्धारण किया गया। इससे नई आरएनए-आरएनए अन्योन्यक्रियाओं के संबंध में महत्वपूर्ण जानकारीयां उपलब्ध हुईं। ट्रिपल हैलिक्स के साथ नए आरएनए पॉकेट की खोज की गई जो पोली (ए) के सिरे को बद्ध करता है एवं इसे संरक्षण प्रदान करता है। (संपर्क व्यक्ति: आनंद तीर्थ वैद्य)

एनएमआर स्पेक्ट्रोस्कोपी एवं संरचनात्मक जैवविज्ञान

- **सक्रिय ट्रांसपोर्टर्स एवं एक्टिन्स का संरचनात्मक जैवविज्ञान**

इस कार्य में मुख्य जोर यह अध्ययन करने पर है कि कैसे मैग्नेट्रॉन प्रोटीन्स एवं एक्टिन्स अपना कार्य करते हैं। इसे करने के लिए अनुसंधानकर्ताओं द्वारा ठोस-अवस्था एनएमआर स्पेक्ट्रोस्कोपी एवं अन्य जैवभौतिकीय तकनीकों का प्रयोग किया जाता है। पिछले वर्ष उन्होंने निम्नलिखित उपलब्धियां प्राप्त की हैं : 1. ठोस एवं सोल्यूशन एनएमआर अध्ययन कार्यों के प्रयोग से डाउनस्ट्रीम संरचनात्मक जैवविज्ञान कार्य के लिए मैग्नेट्रॉन प्रोटीन एमपीसी की रिफोर्लिंग। अनुसंधानकर्ताओं ने वाइट्रो में इसके क्रियाकलाप की निगरानी के लिए ऐसे को विकसित किया है। 2. बैक्टीरियल एक्टिन पीएआरएम की एक्सप्रेसिंग एवं शुद्धिकरण। अनुसंधानकर्ताओं ने डाउनस्ट्रीम संरचनात्मक जैवविज्ञान कार्य के लिए एसेज को विकसित किया है। 3. अनुसंधानकर्ताओं ने रोटेशनल-ईको डबल रेसोनेंस अनुक्रम के आधार पर हाल ही में विकसित एनएमआर तकनीकों का प्रयोग अत्यंत तीव्र एमएएस आवृत्तियों पर प्रोटीन गतिकी को निर्धारित करने के लिए किया है। 4. इसके साथ ही एक तकनीक का विकास मंद चुंबक-कोण स्पिननिंग के अंतर्गत असाइनमेंट्स एवं संरचनात्मक रेस्ट्रेंट्स को प्राप्त करने के लिए किया गया जिससे उपर्युक्त विषयों पर अधिकांश कार्य को गति दी जा सकेगी। (संपर्क व्यक्ति: कौस्तुभ आर. मोटे)

जैवभौतिकीय रसायनशास्त्र

- **अदृश्य का मुकाबला: एक्सट्रीम ब्रॉडनिंग के मामलों में प्रोटीन ^1H रसायनिक शिफ्ट्स का असाइनमेंट**

अनुसंधान समूह की मुख्य रूप से रुचि प्रोटीन्स की कंफर्मेशनल गतिकी के अध्ययन में है क्योंकि यह उनके प्रकार्य, फोर्लिंग, मिसफोर्लिंग आदि के लिए महत्वपूर्ण है। इस अवधि के दौरान दो उपलब्धियां हैं: नई एनएमआर पद्धति का विकास, एमाइड ^1H नाभिक के संसूचन के लिए, जिसे सॉल्वेंट एक्सचेंज के कारण IDPs आदि में संसूचित नहीं किया जा सकता एवं नए

सीईएसटी (रसायनिक एक्सचेंज सैचुरेशन ट्रांसफर) प्रयोग का विकास जिसका उद्देश्य जीएलवाई 1 हल्फा साइटों में मंद कंफर्मेशनल एक्सचेंज का अध्ययन करना है। (संपर्क व्यक्ति: प्रमोद वल्लुरुपाली)

संश्लेषणात्मक रसायनशास्त्र

डाइराडिकैलाइड्स

- **पी-फेनिलीन ब्रिज द्वारा स्पेन्ड एनियोनिक बोरोन एवं कार्बन-आधारित हीटरो-डाइराडिकैलाइड्स**
ओपन-शैल सिंगलैट डाइराडिकल्स की डिजाइन एवं संश्लेषण से काफी रुचि जागृत हुई है। इसका कारण उनकी संश्लेषणात्मक चुनौतियां एवं अनुपम भौतिकीय गुणधर्म हैं जो उन्हें पदार्थ विज्ञान में संभावित उपयोगों के लिए दिलचस्प बनाते हैं। अनुसंधानकर्ताओं ने पी-फेनिलीन ब्रिज द्वारा स्पेन्ड प्रथम एनियोनिक हीटरोनाभिकीय बोरोन- एवं कार्बन-आधारित कैकुले डाइरेडिकैलाइड्स के संश्लेषण एवं अभिलक्षणन को व्यक्त किया। क्लोज्ड-शैल सिंगलैट प्रणाली, होमोनाभिकीय कार्बन-आधारित थिले के हाइड्रोकार्बन के विपरीत हीटरोनाभिकीय बोरोन- एवं कार्बन-आधारित कैकुले डाइरेडिकैलोराइड्स ने कमरे के तापमान पर टिपलैट अवस्था के एप्रिशिएबिल पॉपुलेशन को दिखाया जिसे दोनों एनएमआर एवं ईपीआर स्पेक्ट्रोस्कोपी द्वारा देखा गया है। इस कार्य द्वारा लघु सिंगलैट-ट्रिपलैट गैप्स के साथ π -कंजुगेटिड अणुओं की नवीन संरचना मोटिफ को उपलब्ध कराया जाता है जिसमें इलेक्ट्रॉन-डेफिशिएंट हीटरोअणु शामिल है। इसके अतिरिक्त इन एनियोनिक बोरोन- एवं कार्बन-आधारित हीटरो-डाइरेडिकैलाइड्स के मार्ग में आइसोलेबिल डॉयमिनो (4-diarylboryl-phenyl)methyl रेडिकल के निर्माण को प्राप्त किया गया। इस अध्ययन में स्थापित आण्विक संश्लेषणात्मक मैथोडॉलॉजी को देखते हुए डाइरेडिकैलोराइड्स के भिन्न प्रकारों की परिकल्पना की जा सकती है जो प्रकार्यात्मक पदार्थों में अपने संभावित उपयोगों के कारण अधिक परीक्षण योग्य हैं। (संपर्क व्यक्ति: अनुकूल जना)

होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केंद्र

उल्लेखनीय अनुसंधान

विज्ञान शिक्षा

विज्ञान कक्षाओं में व्याख्यान

- **मिडिल स्कूल विज्ञान कक्षाओं में जिज्ञासा का समाधान: व्याख्यान की प्रकृति एवं परिणामों के स्पेक्ट्रम के अन्वेषण हेतु अध्ययन**
विज्ञान में विशिष्ट रूपों में तर्कशीलता का समावेश होता है। इन रूपों को वैज्ञानिक समुदाय द्वारा साझा किया जाता है। छात्रों को विज्ञान कक्षा में व्याख्यान द्वारा विज्ञान के अभ्यास कराए जाते हैं। शिक्षक द्वारा छात्रों को इस उदीयमान विज्ञान समुदाय के मार्गदर्शन में महत्वपूर्ण भूमिका का निर्वाह किया जाता है। यह छात्रों के प्रश्नों के स्तर एवं जटिलता, प्रश्नों के लिए सृजित परिवेश, एवं शिक्षक-छात्र अन्योन्यक्रियाओं के पैटर्न आदि द्वारा किया जाता है। इस अध्ययन में इन रूपों में कुछ का अन्वेषण किया जाता है। इनमें शिक्षकों द्वारा व्याख्यान देना, क्रियाकलाप करवाना, एवं विज्ञान कक्षा में चिंतन के रूप शामिल हैं। इसके अलावा अध्ययन कार्य में कैसे छात्रों द्वारा अपने ज्ञानार्जन में उन्हें शामिल करना, एवं कैसे यह विज्ञान की संकल्पनाओं की छात्रों की जानकारी को प्रभावित करता है एवं कैसे छात्रों द्वारा विज्ञान एवं ज्ञानार्जन में संलग्नता की जाती है व कैसे वे विज्ञान को देखते हैं, आदि का अन्वेषण किया गया है। (संपर्क व्यक्ति: आयशा कवलकर एवं ज्योत्सना वीजापुरकर)

औपचारिक एवं अनौपचारिक सैटिंग्स में छात्रों के प्रश्न

- **छात्र वार्ता में छात्रों के प्रश्न : प्रक्रिया एवं विज्ञान को करने में इसकी भूमिका को समझना**
इस अध्ययन में मिडिल स्कूल के छात्रों की प्रश्न प्रक्रिया एवं ज्ञानार्जन व विज्ञान करने में इसकी भूमिका का परीक्षण किया गया। अनुसंधानकर्ताओं ने कक्षा एवं कक्षा के बाहर के संदर्भों में छात्रों की बातचीत का निरीक्षण किया एवं इसकी रिकार्डिंग की। वार्तालाप विश्लेषण पद्धतियों का प्रयोग करके शिक्षक-छात्र, छात्र-छात्र, छात्र-स्टफ अन्योन्यक्रियाओं को लिखित स्वरूप दिया गया एवं प्रश्नों की प्रक्रिया के लिए इनका विश्लेषण किया गया। शिक्षक/पाठ्यपुस्तक प्रश्नों से पूर्ण एवं प्रेरित कक्षा के व्याख्यान में छात्रों द्वारा व्याख्यान में अर्थवान रूप में भाग लेने एवं संलग्न होने की सुविधा नहीं थी। अनौपचारिक संदर्भों में छात्रों को वार्तालाप प्रारंभ करने, वार्तालाप के विषय, बारी-बारी बात करने, भाषा के प्रयोग, वस्तुओं का अन्वेषण

करने आदि के अवसर थे। अनौपचारिक संदर्भों में छात्रों के प्रश्नों का क्रमशः विकास हुआ। इसके कारणों में तर्कों एवं असहमतियों के विभिन्न प्रकारों एवं छात्रों द्वारा विज्ञान संबंधी प्रश्नों के विभिन्न पहलुओं में स्वतः भाग लेना आदि शामिल थे। इन पहलुओं के अंतर्गत प्रश्न करना, निरीक्षण करना, तर्क करना, परीक्षण करना आदि शामिल थे जो सभी एक-दूसरे पर निर्भर थे। प्रतिदिन के व्याख्यान के कुछ पहलुओं का सुझाव अधिक इक्विटेबिल एवं डेमोक्रेटिक कक्षाओं के सृजन के लिए दिया गया है। (संपर्क व्यक्ति: गुरिंदर सिंग, करेन हेडॉक, एवं के.के. मिश्रा)

पर्यावरण के लिए कार्य

- **अस्तित्व हेतु कार्य : स्कूलों में नगरीय कृषि द्वारा पर्यावरण के लिए प्रेरणाओं को विकसित करना**
पर्यावरणीय शिक्षा (ईई) का प्रमुख कार्य छात्रों को पर्यावरण के लिए कार्य करने (पीईएस) हेतु प्रेरित करना है। हालांकि ईई में सूचना-अभिविन्यासित एप्रोचों की छात्रों में पर्यावरणमुखी कार्यों को बढ़ावा देने में सीमित सफलता थी। इसका कारण यह है कि ऐसे मॉडलों द्वारा माना जाता है कि ज्ञान से सीधे कार्य होता है। कॉग्निशन के हाल के मॉडलों द्वारा इस रेखीय एवं सूचना-प्रक्रिया ज्ञान को खारिज किया जाता है एवं पर्यावरण के साथ एंबॉडीड अन्योन्यक्रियाओं को चिंतन एवं ज्ञानार्जन के स्तंभों के रूप में माना जाता है। इस अध्ययन में वयस्क नगरीय-कृषि समूह एवं स्कूल में छात्र-प्रेरित टैरेस कृषि परियोजना के अध्ययन कार्यों पर आधारित पीईएस की उत्पत्ति में एंबॉडीड कार्यों की भूमिका का अन्वेषण किया गया। अध्ययन कार्यों के परिणामों से पता चलता है कि समुदाय-आधारित एंबॉडीड अभ्यासों द्वारा कार्यमुखी पेडागोगीस को सपोर्ट किया जा सकता है जिससे छात्रों में पीईएस का जन्म होता है। इसके अलावा दो अध्ययन कार्यों के निष्कर्षों से ऐसे मार्ग के सामान्य सैद्धांतिक मॉडल को प्रस्तुत किया गया जिसमें प्रेरणा की उत्पत्ति एंबॉडीड अन्योन्यक्रिया एवं समुदाय अभ्यासों से होती है। (संपर्क व्यक्ति: देबोरा दत्ता, संजय चंद्रसेखरन, अंकुश गुप्ता)

दृष्टि विकलांगता से पीड़ित छात्रों के लिए समावेशी शिक्षा हेतु कार्यनीतियां

- **दृष्टि विकलांगता से पीड़ित छात्रों के विज्ञान शिक्षण हेतु कार्यनीतियों पर जोर के साथ प्राइमरी एवं मिडिल स्कूलों में समावेशी विज्ञान शिक्षा**
इस अध्ययन ने विकलांग छात्रों (SWDs) के लिए समावेशी विज्ञान शिक्षा के लिए आवश्यकता को रेखांकित किया। यह अध्ययन दृष्टि बाधयता (SVIs) से पीड़ित छात्रों के समावेश के लिए शिक्षण एवं ज्ञानार्जन कार्यनीतियों के विकास में योगदान करता है। इस अध्ययन में मिश्रित अनुसंधान मैथोडोलॉजी का प्रयोग किया गया। इसमें डेटा संग्रह एवं विश्लेषण के लिए गुणात्मक एवं परिमाणात्मक एप्रोचेस शामिल हैं। अनेक सर्वेक्षणों की डिजाइन तैयार की गई एवं उन्हें संचालित किया गया। इसका लक्ष्य विज्ञान शिक्षा के लिए SWDs की अपेक्षाओं को समझना; एवं समावेशी शिक्षा हेतु शिक्षकों, माता-पिता, एवं छात्रों की प्रवृत्तियों को समझना है। अध्ययन के इंटरवेंशन चरण में SVIs एवं विविध योग्यताओं युक्त छात्रों के मध्य सहयोगात्मक ज्ञानार्जन पर जोर दिया गया। इसके अलावा मल्टीपिल रिप्रिजेंटेशन (उठी हुई रेखाओं वाले आरेखों, मॉडलों, वर्णनों एवं चर्चाओं) के उनके उपयोग एवं; SVIs व दृष्टि विकलांगता से पीड़ित छात्रों के मध्य पारस्परिक ज्ञानार्जन के उदाहरणों से पता चलता है कि सहयोगात्मक ज्ञानार्जन संभव है जो कि छात्रों के दोनों समूहों के लिए लाभदायक है। (संपर्क व्यक्ति: अमित शर्मा एवं सुग्रा चूनावाला)

विज्ञान, भौतिकी एवं गणित का ज्ञानार्जन, एडटैक

- **टची फीली वैक्टर्स: एसटीईएम कॉग्निशन में रिप्रिजेंटेशनल मीडिया की भूमिका का परीक्षण कर रहा डिजाइन-आधारित अध्ययन**
इस अध्ययन कार्य में वैक्टर्स के अध्ययन के संदर्भ में छात्रों के एसटीईएम कॉग्निशन पर रिप्रिजेंटेशनल मीडिया की भूमिका का अन्वेषण किया गया। इसमें विद्यमान पेपर-आधारित माध्यम के संबंध में छात्रों के तार्किक व्यवहार की वर्तमान अवस्था का परीक्षण किया गया। अध्ययन कार्य में टची फीली वैक्टर्स (टीएफव्ही) नामक डिजिटल मीडिया इंटरफेस की डिजाइन का उल्लेख किया गया एवं विद्यमान पेपर-आधारित पाठ्यपुस्तकों की कुछ सीमाओं एवं उनमें वृद्धि करने के हलों का उल्लेख किया गया। प्रयोगशाला सैटिंग्स में प्रणाली के साथ छात्रों की अन्योन्यक्रियाओं से उनके तार्किक व्यवहार में परिवर्तनों का पता चला। इसके आधार पर टीएफव्ही के परिवर्तित वर्जन का कार्यान्वयन 6 कक्षाओं (3 नियंत्रण, 3 प्रयोगात्मक; 266 छात्रों) में किया गया। इसमें वर्चुअल पाठ योजनाएं (शिक्षकों द्वारा साथ में डिजाइन की गई) शामिल थीं। अध्ययन कार्य में पाया गया कि इन पाठों ने परंपरागत अच्छे-कार्यनिष्पादकों में तार्किक व्यवहार में सुधार किया एवं परंपरागत औसत-कार्यनिष्पादकों में कॉग्निटिव संलग्नता में वृद्धि की। (संपर्क व्यक्ति: दुर्गाप्रसाद कर्नम)

- **संकल्पना मैप्स की गुणवत्ता को मैप निर्माणकारी कार्यनीतियों द्वारा प्रभावित किया जाता है**
संकल्पना मैप्स का विस्तृत रूप से प्रयोग भिन्न विषय क्षेत्रों में छात्रों की संकल्पनात्मक जानकारी के विश्लेषण के लिए किया जाता है। परंपरागत रूप से अधिकांशतः निर्मित मैप्स का विश्लेषण किया जाता है। इस अध्ययन कार्य में अन्वेषण किया गया कि “संकल्पना मैपिंग” का प्रयोग दोनों ज्ञानार्जन की प्रक्रिया एवं परिणाम के सृजनात्मक संरेखण के लिए केस के रूप में किया जा सकता है। विशेष रूप से अध्ययन किया गया कि कैसे क्रम को देखने के सरल मार्ग (जिसमें संकल्पना मैप एलिमेंट्स-संकल्पनाएं (काइर्स, सी), लिंक्स (एरोज, ए), एवं लिंकिंग फ्रेजेस (फ्रेजेस, पी) को वर्किंग स्पेस पर रखा जाता है) से अंतिम जेनरेटिड मैप की गुणवत्ता के संबंध में जानकारी मिलती है। विश्वविद्यालय के छात्रों के दो पृथक समूहों (N=38 (18+20)) ने जैवविज्ञान एवं रसायनशास्त्र में दो संकल्पनाओं से संबंधित संकल्पना मैप्स का निर्माण किया। संकल्पना-मैपिंग प्रक्रिया के विश्लेषण से प्राप्त निष्कर्षों से पता चलता है उन्होंने निरंतर रूप से एलिमेंट प्लेसमेंट के उसी क्रम का अनुसरण किया जिससे उन्होंने शुरुआत की थी एवं अंत में प्राप्त मैप्स की गुणवत्ता में महत्वपूर्ण अंतरों का कारण उनकी मैप निर्माणकारी कार्यनीतियां थीं। (संपर्क व्यक्ति: संजय चंद्रसेखरन)

नरम सतह पर रोलिंग मोशन

- **नरम होराइजेंटल सतह पर मैक्सवैल के व्हील के एक्सेल के रोलिंग फ्रिक्शन के कोएफिशिएंट का प्रयोगात्मक अध्ययन**
यह अध्ययन, विशेष रूप से डिजाइन किए गए मैक्सवैल के व्हील के रोलिंग मोशन से संबंधित था। व्हील का कठोर एक्सेल, होराइजेंटल ट्रैक्स पर रोल होता है। व्हील की केंद्रीय डिस्क की रोटेटिंग वायु में सिमेट्रिकली ट्रैक्स के मध्य होती है। दोनों साइड पर एक्सेल पर आइडेंटिकल धातु स्लीव्स के युग्म से एक्सेल के प्रभावी रोलिंग व्यास को परिवर्तित करना संभव हुआ। इस व्यवस्था द्वारा ट्रांसलेशनल ऊर्जा पर रोशनल के अनुपात को परिवर्तित किया गया। नरम सतह में विरूपण होता है एवं इसके परिणामस्वरूप सतह अभिक्रिया बल द्वारा एक्सेल के बिंदु पर कार्य किया जाता है जो आईडियल कांटेक्ट प्वाइंट के लगभग सामने दोनों के बीच में होता है। इस ऑफसेट दूरी को व्हील के डिसेलिरेशन एवं इसकी ऊर्जा की हानि के साथ संबंधित किया गया है। ऑफसेट दूरी एवं रोलिंग फ्रिक्शन के कोएफिशिएंट ने पावर-लॉ निर्भरता को आयामहीन ऊर्जा अनुपात पर दर्शाया। (संपर्क व्यक्ति: राजेश खापर्डे)

विज्ञान का ज्ञानार्जन

- **सेंसरीमोटर ट्युनिंग के रूप में दक्षता: अवधारणात्मक नेवीगेशन पैटर्नों द्वारा रिप्रिजेंटेशनल सामर्थ्य को विज्ञान में मार्क करना**
विज्ञान में रिप्रिजेंटेशनल सामर्थ्य (आरसी), क्षमता है जिसके द्वारा वास्तविक संसार फेनोमेना के बाह्य रिप्रिजेंटेशंस (उदा. समीकरण, ग्राफ्स) को उत्पन्न किया जाता है, इन रिप्रिजेंटेशंस के मध्य ट्रांसफॉर्म किया जाता है एवं एकीकृत रूप में उनका प्रयोग किया जाता है। आई-ट्रैकिंग अध्ययन कार्यों ने दिखाया है कि विशेषज्ञों द्वारा आरसी को संलग्न करने वाली समस्याओं को हल करते हुए अनुपम अवधारणात्मक अटेंशन (उदा. गेज-फिक्सेशन) पैटर्नों को लागू किया जाता है। वर्तमान अध्ययन कार्य में प्रमाण के भिन्न स्टैंड को प्रस्तुत किया। इससे पता चलता है कि अवधारणात्मक नेवीगेशन पैटर्नों (आई मूवमेंट्स) द्वारा विज्ञान में दक्षता को मार्क अटेंशन से अधिक विशिष्ट रूपों में किया जाता है। इस विश्लेषण से पता चलता है कि विशेषज्ञों द्वारा विशिष्ट आई-मूवमेंट पैटर्नों का प्रयोग किया जाता है किंतु यह मुख्य रूप से आरसी-संबंधित समस्याओं के दौरान होता है। इससे पता चलता है कि आरसी एंबाडीड कौशल है जो मूलभूत रूप से अवधारणात्मक प्रणाली की ट्युनिंग को परिवर्तित करती है जैसा कि कॉग्निशन के हाल के ‘क्षेत्र’ सिद्धांतों में उल्लेखित किया गया है। (संपर्क व्यक्ति: संजय चंद्रसेखरन)

डिजाइन शिक्षा

- **प्रतीकात्मक विज्ञान कैरेक्टर्स की डिजाइन : बच्चों के साथ विजुअल डिजाइन अभ्यास**
90 सेकेण्डरी स्कूली छात्रों के साथ अन्वेषणात्मक अध्ययन को किया गया। इसमें उन्हें विशेष रूप से डिजाइन किए गए टैक्चुअल क्यू काइर्स दिए गए थे। इनमें उन्हें आठ विज्ञान संकल्पनाओं को समझाया गया था। छात्रों से कहा गया कि वे टैक्स्ट से मुख्य शब्दों की सूची बनाएं एवं क्यू काइर्स के आधार पर कैरेक्टर्स को बनाएं। छात्रों की ड्राइंग्स एवं वर्कशीट्स के विश्लेषण से पता चला कार्यनीति के रूप में मुख्य शब्दों की लिस्टिंग से छात्रों को कैरेक्टर्स को डिजाइन करने में आवश्यक रूप से सहायता नहीं मिली। इसके अलावा खोजों से पता चलता कि क्यू काई में अस्पष्ट एवं स्पष्ट संकेतों से कैरेक्टर डिजाइन में सहायता मिली क्योंकि छात्रों की ड्राइंग्स ने अनेक फिजीकल एवं सैद्धांतिक संकेतों को दर्शाया; किंतु यह भी पाया गया कि एक के ऊपर दूसरे को स्पष्ट रूप से वरीयता नहीं दी गई थी। अंत में अध्ययन कार्य द्वारा छात्रों के टैक्स्ट-इमेज संबंधों के रूपों

के कुछ उदाहरणों के अलावा कैरेक्टेराइजेशन का भी पता चलता है जिन्होंने एंथ्रोपोमार्फिज्म को दर्शाया। (संपर्क व्यक्ति: सुग्रा चूनावाला)

स्नातक अनुसंधान

- **10वां वार्षिक अनुसंधान सम्मेलन**

होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केंद्र में वार्षिक अनुसंधान सम्मेलनों (एआरएम) को चर्चा, प्रस्तुति एवं शेयरिंग के लिए स्थानीय मंच माना जाता है। यह एचबीसीएसई के अनुसंधानकर्ताओं, वैज्ञानिक स्टाफ एवं अनुसंधान अध्येताओं आदि के अतिरिक्त बाहरी व्यक्तियों के लिए लिए है। संकाय सदस्यों द्वारा इनमें सहयोगियों एवं वार्ताकारों के रूप में प्रतिभागिता की जाती है। सम्मेलन का उद्देश्य सदस्यों को गहन किंतु अनौपचारिक एवं सपोर्टिव मंच को प्रस्तुति, चर्चा, शेयरिंग एवं वाद-विवाद के लिए उपलब्ध कराना है। 10वें वार्षिक अनुसंधान सम्मेलन का आयोजन 25 से 29 मई, 2020 के दौरान वर्चुअल प्लेटफॉर्म द्वारा किया गया। (संपर्क व्यक्ति: संजय चंद्रसेखरन)

गणित शिक्षा

गणित शिक्षक शिक्षा

- **शिक्षकों के ज्ञान का परीक्षण एवं समर्थन व छात्रों के गणितीय चिंतन के प्रति रिसर्प्सेस**

अध्ययन कार्य में चार अनुभवी एलिमेंट्री स्कूल गणित शिक्षकों के अभ्यास के एथनोग्राफिक केस अध्ययन कार्य को रिपोर्ट किया गया। डेटा का संग्रह निरीक्षणों, साक्षात्कारों एवं शिक्षकों के साथ औपचारिक/अनौपचारिक चर्चाओं द्वारा दो निरंतर शैक्षणिक सत्रों के दौरान किया गया। शिक्षकों के कक्षा अभ्यासों से पता चला कि शिक्षक का ज्ञान सिर्फ किसी व्यक्ति तक सीमित नहीं है बल्कि यह कक्षा में शिक्षकों एवं छात्रों द्वारा संयुक्त रूप में साझा किया जाता है। इसके साथ ही शिक्षक के ज्ञान के गतिक पहलुओं के परीक्षण के लिए प्रयुक्त टूल्स पर पुनः विचार करने की आवश्यकता है; उदाहरण के लिए छात्रों के रिसर्प्सेस से ऐसे ज्ञान के कुछ पहलुओं का पता चल सकता है। विश्लेषण से पता चला कि शिक्षक, छात्रों के चिंतन के प्रति अधिक रिसर्प्सिव अध्ययन के प्रथम से दूसरे वर्ष में हुए। इससे वे कक्षा की स्थितियों को संभालने में गणितीय चुनौतियों के संबंध में अधिक अनुभवी बने। अध्ययन कार्य ने ज्ञान की मांगों को प्रस्तुत किया जो डेसिमल संख्याओं के शिक्षण में अंतर्निहित थीं। (संपर्क व्यक्ति: शिखा ठक्कर एवं के. सुब्रमणियम)

स्कूल विज्ञान अनुसंधान एवं विकास (एसएसआरडी)

पर्यावरणीय विज्ञान विषयों के लिए वर्कशीट्स का विकास एवं प्रयोग

- **एलिमेंट्री स्कूली छात्रों के लिए पर्यावरणीय अध्ययन कार्यों को संलग्न बनाना**

एसएसआरडी परियोजना के भाग के रूप में अध्ययन कार्य का प्रकाशन अंतर्राष्ट्रीय जर्नल में किया गया। इसने कक्षा में एवं इसके बाहर जिज्ञासा-आधारित विज्ञान कक्षा में अर्थपूर्ण चर्चाओं में कक्षा 5 (10-11 आयु) के छात्रों को संलग्न करने के अनुसंधान समूह के प्रयासों का वर्णन किया। समूह द्वारा चयनित विषयों में खाद्य श्रृंखलाएं एवं वेब शामिल थे। अध्ययन कार्य ने वर्कशीट्स के प्रयोग का वर्णन विज्ञान से संबंधित छात्रों की संकल्पनाओं को व्यक्त करने के साधन के रूप में किया। अध्ययन से प्राप्त प्रारंभिक निरीक्षणों की चर्चा भारत के संदर्भ में की गई जहां कक्षाओं में बड़ी संख्या में छात्र होते हैं एवं इनमें हीटरोजेनस छात्र शामिल हैं। अध्ययन कार्य द्वारा प्रकाश नवाले के योगदान को स्वीकार किया जाता है जिन्होंने मूल कार्यशीट को डिजाइन किया एवं सृजनात्मक रूप से पाठ योजनाओं को विकसित किया। इसके अतिरिक्त उन्होंने स्कूल कक्षा सत्रों में इनका संचालन किया। (संपर्क व्यक्ति: सुग्रा चूनावाला)

विकासात्मक कार्य

स्टैम शिक्षा

जीवविज्ञान शिक्षा को सहयोगात्मक रूप में समझना (क्यूब)

- **क्यूब होम प्रयोगशालाएं**

लॉकडाउन के कारण प्रत्येक स्थान पर शैक्षणिक संस्थाओं में प्रयोगशालाओं की सुलभता भंग हो गई है। हालांकि क्यूब कार्यक्रम के पूर्वस्नातक छात्रों ने अपने साथियों के साथ सृजनात्मक रूप से कार्य करना एवं ज्ञानार्जन करना जारी रखा। उन्होंने निम्नलिखित विषयों पर होम प्रयोगशालाओं को विकसित किया एवं अपने कार्यों की रिपोर्टिंग चैटशाला में की:

<https://webinar.hbcse.tifr.res.in/b/kir-vgc-6jf> विषयों के अंतर्गत: ड्रोसोफिला मैलेनोगैस्टर की पहचान; फ्रूटफ्लाई कल्चर के लिए फ्रूगल आधारित टीएसआरव्ही मीडिया का विकास; साइल नेमाटोड्स का आइसोलेशन; फिलैंथस स्पेशीज की पहचान; फोन माइक्रोस्कोपी का विकास; कार्डमाइन के स्पेशीज की पहचान एवं कार्डमाइन के सीड जर्मिनेशन पर कोल्ड ट्रीटमेंट के प्रभाव का अध्ययन आदि शामिल थे। क्यूब चैटशाला, ओपन सत्र हैं जो प्रतिदिन सायं 5.30 से 9:30 तक चलते हैं। एक लेख को लिखा गया जिसमें छः पूर्वस्नातक छात्रों के साथ चर्चा को रिपोर्ट किया गया। इन छात्रों ने देश भर में अपने गुरुओं एवं साथियों के साथ साझे ज्ञानार्जन अनुभव के लिए समर्पित रूप से कार्य किया। लेख में होम प्रयोगशालाओं एवं चैटशाला द्वारा ज्ञानार्जन के छात्रों के 'नए सामान्य' मोड का उल्लेख किया गया। (संपर्क व्यक्ति: मीना खरतमल)

- **छात्रों के लिए क्यूब परीक्षण परियोजनाएं**

विगत वर्षों में क्यूब कार्यक्रम के अंतर्गत विभिन्न मॉडल आर्गेनिज्म्स के साथ प्रयोगों को किया गया। आर्गेनिज्म्स में फ्रूट फ्लाई, अर्थवॉर्म, स्नेल, मोइना, बटरफ्लाई, हाइड्रा, रोटिफर, नेमाटोड आदि शामिल थे। क्यूब की परीक्षण परियोजनाओं का महत्वपूर्ण पहलू यह है कि इन सभी प्रयोगों को स्कूली एवं कॉलेज के छात्रों द्वारा सहयोग में किया जा सकता है। उदाहरण के रूप में इस कार्य ने कुछ प्रयोगों को मॉडल आर्गेनिज्म्स पर प्रस्तुत किया एवं प्रासंगिक रूप से इनमें से दो का संबंध नोबल पुरस्कार जीतने वाली खोजों से है। इनमें प्रथम प्रयोग "फ्रूट फ्लाईज में दिन एवं रात के चक्र को समझना" है। दूसरा प्रयोग "मोइना में ऑक्सिजन की भूमिका को समझना" है। मोइना, पारदर्शी माइक्रो-आर्गेनिज्म है। (संपर्क व्यक्ति: मीना खरतमल)

- **माइक्रोन्स में पूर्वानुमान एवं मापन**

किसी लघु आब्जेक्ट या माइक्रोआर्गेनिज्म के आकार को पूर्वानुमानित करना, छात्रों एवं शिक्षकों के लिए चुनौतीपूर्ण कार्य है। एक सरल पद्धति को प्रस्तुत किया गया। इसके द्वारा लघु आकारों का आकलन किया जा सकता है एवं मापन की इकाई के रूप में माइक्रोन के प्रयोग को सीखा जा सकता है। क्या माइक्रोस्कोप के अंतर्गत आर्गेनिज्म्स का निरीक्षण करने के दौरान आर्गेनिज्म्स के आकार का भी आकलन किया जा सकता है? इसे सेंटीमीटरों या मिलीमीटरों में होना चाहिए या इन दो इकाइयों से अधिक बारीक एवं लघु होना चाहिए? ऐसी इकाइयां विद्यमान हैं जिनके द्वारा खुली आंखों से न देखे जा सकने वाले लघु आब्जेक्ट्स या माइक्रोआर्गेनिज्म्स का निरीक्षण किया जा सकता है। इनमें से एक को माइक्रोन (μ) या माइक्रोमीटर (μm) कहा जाता है। गणित के डिकंटेक्चुरलाइज्ड क्षेत्र में मापन की चर्चा करना एवं गणितीय विचारों को उस संदर्भ में कनेक्ट न करना जो इसकी मांग करता है, विज्ञान शिक्षा में गंभीर डिसकनेक्ट है। इस अध्ययन ने आवश्यक कनेक्ट को उपलब्ध कराने का प्रयास किया है। (संपर्क व्यक्ति: मीना खरतमल)

ज्ञान प्रयोगशाला

- **इंटरनेट ऑफ थिंग्स का विकास (आईओटी) डेप्लॉयमेंट बोर्ड (आईडीएफ)**

एचबीसीएसई मेकरस्पेस ने ईएसपी32 आधारित आईओटी डेप्लॉयमेंट बोर्ड की डिजाइन को आईओटी परियोजनाओं के लिए तैयार किया। बोर्ड शेमेटिक एवं प्रिंटेड सर्किट बोर्ड (पीसीबी) की डिजाइन को केआईसीएडी (मुक्त स्रोत सॉफ्टवेयर) में तैयार किया गया जिसके इंटरफेस सेंसरों (डीएचटी22, बीएमई280, वीएच1750 जैसे) में कनेक्टर्स थे। डिजाइन फाइलों को निर्माण के लिए भेजा गया। आईओटी डेप्लॉयमेंट बोर्ड (आईडीएफ) के निर्मित प्रिंटेड सर्किट बोर्ड (पीसीबी) को प्राप्त किया गया। बीओएम घटकों को खरीदा गया एवं बोर्ड को विभिन्न घटक मिले जिनमें मुख्यतः एसएमडी थे। बोर्ड एवं निम्नलिखित तीन इंटरफेसिंग्स का सफलतापूर्वक परीक्षण इंडिविजुअल कोड को लिखकर किया गया : बीएमई 280 सेंसर को तापमान एवं आर्द्रता पाने के लिए इंटरफेस किया गया; एमक्यू2 सेंसर को धुएं को देखने के लिए इंटरफेस किया गया; एवं ईएसपी32 जो कि इस यंत्र का मस्तिष्क है। छोटा बोट के लिए निर्मित प्रिंटर सर्किट बोर्ड को घटकों के साथ पॉप्युलेट किया गया एवं इसके कार्य के लिए परीक्षण प्रयोगशाला में किया गया। सभी घटकों को होल घटकों द्वारा माउंट किया गया है। (संपर्क व्यक्ति: नागार्जुना जी)

- **सॉफ्टवेयर विकास एवं एंक्लोजर डिजाइन**

ज्ञान प्रयोगशाला ने कुछ समय के लिए तापमान एवं आर्द्रता के इंटरनेट ऑफ थिंग्स (आईओटी) सैटअप को स्थापित एचबीसीएसई सर्वर रूम में परीक्षण के लिए किया। इस सॉफ्टवेयर का विकास अर्दुइनो एकीकृत विकास एनवायरनमेंट में किया गया। एक सॉफ्टवेयर कोड को पैरामीटरों को मॉनिटर करने के लिए लिखा गया एवं उन्हें लघु जैविक प्रकाश-उत्सर्जी डायोड स्क्रीन पर दर्शाया गया। रीडिंग्स की तुलना मार्केट के तापमान एवं आर्द्रता निगरानी यंत्रों के साथ भी की गई। सॉफ्टवेयर के सफलतापूर्वक परीक्षण के पश्चात इसका उन्नयन कर इसे एचबीसीएसई के नेटवर्क के साथ कनेक्ट किया गया। इसका उद्देश्य टेलीग्राम बोट के साथ इंटीग्रेट करना, अलर्ट एप्लिकेशन प्रोग्राम इंटरफेसेस को रेग्युलर अपडेट्स, थ्रेशोल्ड

अलर्ट के संबंध में भेजना एवं कमांड्स को रिस्पांड करना था। यंत्र के लिए एंक्लोजर की डिजाइन को प्रीकैड में तैयार किया गया। इसका उद्देश्य आईओटी डेप्लॉयमेंट बोर्ड (आईडीएफ), वीएमई 280 सेंसर एवं एमक्यू2 सेंसरों को शामिल करना था। एंक्लोजर, एचबीसीएसई मेकरस्पेस में 3डी प्रिंटेड था। यंत्र सॉफ्टवेयर का उन्नयन कोड के साथ किया गया। इसे एचबीसीएसई के स्थानीय नेटवर्क में यंत्र सॉफ्टवेयर सीक्योरली ओवर-द-एयर (ओटीए) को अपडेट करने के लिए किया गया। (संपर्क व्यक्ति: नागार्जुन जी.)

ज्ञान प्रयोगशाला – जीव विज्ञान शिक्षा को सहयोगात्मक रूप में समझना (क्यूब)

- **क्यूब – नागरिक विज्ञान आधारित परियोजनाएं**

क्यूब ने नागरिक विज्ञान आधारित परियोजनाओं का आयोजन किया। ये आम के वृक्षों, नाखून-पुनर्जनन एवं मच्छर की मैपिंग से संबंध थीं। डेटा संग्रह एवं निरीक्षण को देश-भर में स्टैम हैबिट्स को लोकप्रिय बनाने के लिए किया गया। स्वयंसेवियों ने आम के वृक्षों के फोटों को उनकी यथार्थ अवस्थिति (कोआर्डिनेट्स), फोटो की तिथि एवं समय, डेटा संग्राहक के नाम एवं महत्वपूर्ण पैरामीटरों के साथ साझा की; क्या आम के वृक्षों में फल/फूल/नए पत्ते आ रहे हैं। नाखून के पुनर्जनन क्रियाकलाप के लिए इमेज रीडर के उपयोग को प्रोत्साहित किया गया। इसका उद्देश्य नाखून की लंबाई में वृद्धि को ट्रैक करना था—इसके साथ ही रोग की रोकथाम, जागरूकता के प्रसार आदि के लिए ब्रीडिंग साइटों के लिए विभिन्न प्रकार के मच्छरों, हंटिंग की तस्वीरें ली गईं। प्रतिभागियों को संग्रहित डेटा पर प्रतिक्रिया देने के लिए प्रोत्साहित भी किया गया। (संपर्क व्यक्ति: मीना खरतमल)

विज्ञान शिक्षा

- **प्राथमिक स्तर के छात्रों के लिए क्रियाकलापों द्वारा निरीक्षण कौशलों का विकास**

निरीक्षण कौशलों का विकास करना, प्राथमिक स्तर में उल्लेखित लक्ष्यों में एक है। निरीक्षण कौशलों का विकास सामान्य कौशलों द्वारा किया जा सकता है जिनके साथ छात्रों की संलग्नता होती है व जिन्हें वे पसंद करते हैं। इनमें चित्रकारी शामिल है। छात्रों की चित्रकारी क्षमताओं के प्रयोग द्वारा क्रियाकलापों ने निरीक्षण कौशलों के विकास को सुगम किया। छात्रों ने प्रारंभ में अनुभव-आधारित चित्रकारी क्रियाकलाप के दौरान स्वतः उत्तर दिए। उनकी चित्रों एवं समूह चर्चा में कुछ विसंगतियां थीं, हालांकि इनका समाधान तब हुआ जब उन्होंने जानवरों का निरीक्षण किया एवं चित्र बनाए। छात्रों की जानवरों के निरीक्षण एवं उनकी चित्रों में गहन रुचि का प्रदर्शन यथार्थता एवं उपयुक्त शरीर के अंगों के साथ उनके विस्तृत चित्रों द्वारा किया गया। उनके चित्रों में कुछ अंतर थे जो अनुभवों पर आधारित थे (निरीक्षणों पर आधारित की तुलना में)। छात्रों ने अंत में अनेक प्रश्न पूछे जिनसे जानवरों के विषय में उनकी उत्सुकता में वृद्धि का पता चला। (संपर्क व्यक्ति: मीना खरतमल)

मेटास्टूडियो.ओआरजी पर थ्रेडिड चर्चा के लिए एप्लिकेशन

- **चैटशाला.इन की रिलीज एवं आगे का विकास**

चैटशाला, संवादी स्पेस है। यह थ्रेडिड चर्चा प्लेटफॉर्म को सपोर्ट करता है जो मोबाइल-फ्रेंडली, डेटा-प्रभावी है एवं जिसका सरल इंटरफेस है। चैटशाला.इन के विकास को वीआईटीएस पिलानी के छात्रों द्वारा ज्ञान प्रयोगशाला मेंटर्स के मार्गदर्शन में प्रारंभ किया गया। चैटशाला.इन में वार्ता एवं पाठ वितरण मोड्स हैं जो शैक्षणिक प्रारूपों को सपोर्ट करते हैं। इसे विकेंद्रीकृत करने के लिए निरंतर अपडेट किया जाता है। इससे यह अनेक स्थानों पर (स्कूल, कॉलेज, मेकर स्पेस, संगठनों) में चल सकता है। इसके द्वारा निम्न बैडविड्थ की खपत होती है जिससे यह ग्रामीण क्षेत्रों में सुलभ हो सकता है। मेकरस्पेस चैटशाला की “अंतःस्थापित प्रणालियां”, नवीन सूत्रपात है जिसका उद्देश्य एक्रोपोलिस संस्थान के साथ सहयोग में विद्यमान इंजीनियरिंग शिक्षा में सुधारों को मागदर्शन देने की इंटरवेंशनल कार्यनीति का अन्वेषण करना है। टीम ने अनेक अन्योन्यक्रियाकारी सत्रों का संचालन किया है: इलेक्ट्रॉनिक्स, प्रतिदिन के जीवन में गैजेट्स का अन्वेषण, डीआईवाई ओसिलोस्कोप, घर पर इलेक्ट्रॉनिक्स प्रयोगशाला के निर्माण हेतु एक्सपेयी का अन्वेषण, आईओटी तापमान एवं आर्द्रता सेंसर का निर्माण, वाणी-नियंत्रित कार का निर्माण एवं ध्वनि का अन्वेषण। ये सभी मुक्त सत्र थे जिनका संचालन साप्ताहिक दिवसों पर किया गया। (संपर्क व्यक्ति: नागार्जुन जी.)

फोनेटिक अल्फाबेट्स का विकास

- **एनएवाईएनए फोनेटिक अल्फाबेट**

एनएवाईएनए परियोजना का उद्देश्य सांस्कृतिक विविधता एवं स्थानीयकरण में वृद्धि, ट्रांसक्रिप्शनल यूनैटी एवं यूनिवर्सल साक्षरता द्वारा करना है। वर्तमान वर्जन, लगातार विकास का परिणाम है जो 2012 के आसपास प्रारंभ हुआ। इस अल्फाबेट को डिजाइन करने की प्रेरणा लेखन को अधिक समावेशी बनाना है। उदाहरण के लिए रोटेटिड या मिरर्ड अल्फाबेट्स की वैद्यता एनएवाईएनए स्क्रिप्ट में होती है। इससे यह स्क्रिप्ट डिस्लेक्सिया के कुछ रूपों में सुलभ होती है। अल्फाबेट का विकास एंबॉडीड प्रकृति के बाद प्रारंभ हुआ था। इसमें वर्णन किया गया है कि कैसे मानवों द्वारा ध्वनियों का उच्चारण होता है जिसमें वोकल कॉर्ड्स द्वारा सांस के मॉड्युलेटिड फ्लो के साथ होंठों, जीभ, पैलेट, दांतों के कुशल संचालन द्वारा सुगम किए गए गतिक अभिविन्यासों का प्रयोग किया जाता है। अतः अधिकांश मूल फोनीम्स की संबद्धता बक्कल अभिविन्यासों के रूप से होती है। लैटिन कीबोर्ड मैपिंग के साथ प्रोटोटाइप ओपन टाइप फॉन्ट (ओटीएफ) की भी डिजाइन तैयार की गई है एवं इसे विकसित किया गया है। (संपर्क व्यक्ति: नागार्जुना जी.)

विज्ञान विदुषी 2020

- **विज्ञान विदुषी 2020 – प्रथम वर्ष एमएससी छात्राओं के लिए भौतिकी में टीआईएफआर प्रगत कार्यक्रम**

टीआईएफआर कुलाबा एवं एचबीसीएसई-टीआईएफआर ने संयुक्त रूप से विज्ञान विदुषी (व्हीव्ही) का आयोजन किया। यह एम.एससी प्रथम वर्ष (भौतिकी) में छात्राओं के लिए प्रगत कार्यक्रम है। इसे 1-20 जून, 2020 के दौरान आयोजित किया गया। इसका आयोजन एचबीसीएसई में किया जाना था, किंतु विश्वमारी के चलते इसे ऑनलाइन स्कूल में परिवर्तित किया गया। व्हीव्ही में 51 छात्राओं ने लाइव ऑनलाइन क्लॉसरूम में भाग लिया एवं 300 छात्राओं ने व्याख्यान को लाइव स्ट्रीम के जरिए सुना। इस स्कूल ने भौतिकी में विभिन्न विषयों पर पांच कोर पाठ्यक्रमों को चलाया जिनमें व्याख्यान एवं ट्यूटोरियल्स शामिल थे। इसके अलावा भौतिकी शिक्षा अनुसंधान पर कैरियर चर्चाओं एवं एक्सपोजिटरी सत्रों पर विशेष मार्गदर्शी सत्रों को चलाया गया। सात विद्वान महिला वैज्ञानिकों ने विशेष व्याख्यान दिए। इस दौरान शिक्षकों एवं मार्गदर्शकों के अतिरिक्त टीआईएफआर/एचबीसीएसई के संकाय सदस्य, पोस्टडॉक्टोरल फैलो एवं वैज्ञानिक अधिकारी उपस्थित थे। इनके साथ ही टीआईएफआर के अनेक स्नातकोत्तर छात्रों ने भी अपनी उपस्थिति दर्ज कराई जिनमें आधे से अधिक महिलाएं थीं। फीडबैक से पता चला कि छात्राओं ने स्कूल को अत्यंत लाभप्रद पाया। (संपर्क व्यक्ति: अन्वेष मजूमदार)

प्रश्न-उत्तर भंडार – मुक्त स्रोत

- **सवालीराम परियोजना**

सवालीराम परियोजना, प्रश्नों-उत्तरों एवं लेखों का ऑनलाइन भंडार है। टीआईएफआर-हैदराबाद ने इस पोर्टल को विकसित किया है। यह प्रश्नों के उत्तर देने, लेखों को लिखने एवं विभिन्न भाषाओं में विषय-वस्तु के अनुवाद के लिए मंच उपलब्ध कराता है। एचबीसीएसई ने बालभारती (महाराष्ट्र सरकार का पाठ्यपुस्तक ब्यूरो) के साथ सहयोग में विज्ञान के विभिन्न क्षेत्रों से प्रश्नों और उत्तरों का संकलन किया। इस भंडार में एचबीसीएसई के क्रियाकलाप “शंका-समाधान” से संग्रहित प्रश्नों को शामिल किया गया है। पिछले छः महीनों के दौरान लगभग 850 प्रश्नों को अपलोड किया गया एवं सवालीराम पोर्टल ने लगभग 725 प्रश्नों एवं उत्तरों को जारी किया है। (संपर्क व्यक्ति: विजय डी. लेले)

स्कूल विज्ञान अनुसंधान एवं विकास (एसएसआरडी)

- **नूतन विद्या मंदिर (एनव्हीएम) प्रतिभागात्मक कार्य अनुसंधान परियोजना**

पड़ौसी सरकारी-सहायता प्राप्त स्कूल के साथ दीर्घ-कालीन (7वें वर्ष) प्रतिभागात्मक कार्य अनुसंधान परियोजना (पीएआर) के भाग के रूप में एसएसआरडी समूह ने अनेक सहयोगात्मक क्रियाकलापों का संचालन इस वर्ष किया है। परियोजना के उद्देश्य में शिक्षण-ज्ञानार्जन प्रक्रिया को समझना; शिक्षकों के लिए उपयोगी अनुदेशात्मक सामग्री (हैंडबुक/क्रियाकलाप नियम पुस्तिका) को तैयार करना; संसाधनों को विकसित करने के लिए डिजाइन किए गए सरल एवं कम खर्च के प्रयोगों को जनरेट करना; विवरणों पर निगाह रखना एवं अनुभवों को व्याख्या करने की क्षमता को विकसित करना आदि शामिल हैं। विश्वमारी के दौरान एसएसआरडी समूह ने एनव्हीएम हैडमास्टर एवं शिक्षकों के साथ दो बैठकों का आयोजन किया। इसका उद्देश्य फीडबैक का संग्रह करना एवं भविष्य के क्रियाकलापों की योजना बनाना है। तदनुसार वेबीनार्स का आयोजन जुलाई, 2020 एवं मार्च, 2021 के मध्य किया गया। कक्षा 7 एवं 8 के पाठ्यक्रम के आधार पर अनेक प्रश्न पत्रों को स्कूल के लिए

तैयार किया गया। इसके साथ ही शिक्षकों की नियमपुस्तिका 'कृतियुक्त परिसर शिक्षण (क्रियाकलाप-आधारित पर्यावरणीय शिक्षा)' के चार अध्यायों को भी पूर्ण किया गया। (संपर्क व्यक्ति: नरेंद्र देशमुख एवं सुग्रा चूनावाला)

विज्ञान एवं गणित में उच्च विद्यालय के छात्रों के लिए सामग्री विकास

- **ज्ञानार्जन इकाइयों एवं शैक्षणिक वीडियो का विकास एवं भारतीय भाषाओं में अनुवाद**

1. ज्ञानार्जन इकाइयों की बुकलेट (एल्यूएस): समीक्षा, संपादन एवं फॉर्मेटिंग के बाद बुकलैट्स के प्रथम समूह (छात्र एवं शिक्षक वर्जन) को प्रिंट किया गया जिसमें कक्षा 8 के छात्रों के लिए 15 ज्ञानार्जन इकाइयां थीं।
2. ज्ञानार्जन इकाइयों का अनुवाद कार्य: 1 विज्ञान प्रतिभा (व्हीपी) ज्ञानार्जन इकाई का अनुवाद मराठी में, 8 ज्ञानार्जन इकाइयों का अनुवाद तमिल में (आईएमएससी में व्हीपी टीम द्वारा) किया गया। इन इकाइयों को व्हीपी वेबसाइट पर अपलोड किया गया। हिंदी, मराठी एवं गुजराती में अनुवाद कार्य जारी है।
3. वीडियो सामग्री विकास – ज्ञानार्जन इकाइयों के लिए चार सपोर्ट वीडियो का अंग्रेजी में (2 की वैटिंग प्रक्रिया चल रही है) तैयार किया गया एवं 7 तैयारी चरण में हैं। विभिन्न भाषाओं में एक्स्ट्रा-करिक्युलर विषयों पर दस ज्ञानार्जन बाइट्स, शॉर्ट वीडियो का तैयार किया गया (दो की वैटिंग प्रक्रिया चल रही है) एवं 4 तैयारी के चरण में हैं। (संपर्क व्यक्ति: अंकुश गुप्ता एवं दीपा चारी)

विज्ञान शिक्षा एवं पेडागॉजी

शिक्षक शिक्षण के दौरान सामग्री विकास

- **सक्रिय ज्ञानार्जन कार्यनीतियां**

अनेक शिक्षक प्रशिक्षण कार्यशालाओं के परिणामस्वरूप शिक्षण साधनों का प्रयोग करके सक्रिय ज्ञानार्जन कार्यनीतियों (एएलएस) का विकास किया गया जिनका वर्णन शिक्षक पत्रिका में किया गया। अध्ययन के एक भाग द्वारा कुछ निरीक्षणों को साझा किया जाता है जिनका शिक्षकों ने कक्षा में छात्रों को संलग्न करने के अपने प्रयासों के रूप में प्रयोग किया। अध्ययन के अन्य भाग में शिक्षण-साधन के विकास एवं शिक्षक प्रशिक्षण कार्यक्रम के दौरान इसके प्रयोग पर जोर दिया गया जिसका उद्देश्य सक्रिय ज्ञानार्जन को बढ़ावा देना था। प्रत्येक उदाहरण में एएलएस तकनीकों की अनुकरणीयता को प्रदर्शित करने का प्रयास किया जाता है। इसका कारण यह है कि शिक्षकों में क्रियाकलापों को कस्टोमाइज करने एवं सक्रिय रूप से छात्रों को संलग्न करने की क्षमता अपने ज्ञानार्जन उद्देश्यों की विभिन्न पद्धतियों के अनुसार होती है। (संपर्क व्यक्ति: सुग्रा चूनावाला)

पूर्वस्नातक स्तर पर रसायनशास्त्र शिक्षा संसाधन

रसायनशास्त्र ओलंपियाड एवं एनआईयूएस में सामग्री विकास

- **पूर्वस्नातक स्तर पर रसायनशास्त्र प्रयोगशालाओं के लिए प्रयोगात्मक मॉड्यूल्स**

एनआईयूएस प्रयोगात्मक मॉड्यूल्स की एडिटिंग एवं संशोधन के भाग के रूप में मॉड्यूल को पूर्व एक्सपोजर कम एनरिचमेंट शिविरों में एनआईयूएस छात्रों को दिया गया। इससे मिला फीडबैक, मॉड्यूल के संशोधन के लिए उपयोगी था। फाइनल किए गए मॉड्यूल, रसायनशास्त्र शिक्षा ऑनलाइन संसाधनों के भाग हैं। लीफलैट प्रिपेरेशन – रसायनिक समूह है। यह अतीत की INChO समस्याओं में मुख्य रूप से वर्णित विभिन्न मॉड्यूल के लिए अनेक भाषाओं में लीफलैट्स को तैयार कर रहा है। इन लीफलैट्स का उद्देश्य रसायनशास्त्र के ज्ञानार्जकों को रसायनिक यौगिकों को रसायनिक परिप्रेक्ष्य से देखे जाने में सहायता करना है। इस परिप्रेक्ष्य को इतिहास, कला, व्यापार जैसे अनेक लेंसों एवं समाज, संस्कृति, पर्यावरण के साथ इसके अंतर्संबंधों के साथ संबंधित किया गया है। 9 (अंग्रेजी वर्जन), 7 (हिंदी वर्जन), एवं 2 (मराठी वर्जन) लीफलैट्स को रसायनशास्त्र शिक्षा वेबसाइट पर अपलोड किया गया। (संपर्क व्यक्ति: सविता लडागे)

गणित शिक्षा

टर्टल ब्लॉक्स के साथ गणित के अन्वेषण के लिए एमओओसी पाठ्यक्रम विकास

• टर्टल ग्राफिक्स एवं गणित

संसाधनों की डिजाइन एवं उनके सह-सृजन के कार्यों को सहयोगियों के साथ 'टर्टल ब्लॉक्स के साथ गणित के अन्वेषण'—पर शिक्षकों के लिए आगामी एमओओसी पाठ्यक्रम के लिए किया जा रहा है। वीडियो संसाधनों को वर्तमान में वीड्यूब (ओपन-सोर्स मीडिया आर्काइव प्लेटफॉर्म) के इंस्टैंस पर आर्काइव किया जा रहा है। प्रारंभिक चर्चाएं, निम्नलिखित विषय-वस्तुओं पर केंद्रित हैं—रैंडमनेस, सिमेट्री, एवं प्रकार्य। इस सूत्रपात को कार्य अनुसंधान परियोजना के रूप में संकल्पनात्मक रूप दिया जा रहा है जहां शिक्षाविद एवं छात्र, डिजाइन इटेरेशन एवं समग्र फीडबैक प्रक्रिया के भाग होंगे। एक अध्ययन कार्य को टर्टल ब्लॉक्स (माइक्रोवर्ल्ड) पर ऑनलाइन संलग्नता की डिजाइन एवं कार्यान्वयन के अन्वेषण के लिए किया गया। इस दौरान यह भी देखा गया कि यह कैसे कंस्ट्रक्शनिस्ट एप्रोच के साथ अलाइनमेंट में कोर प्रोग्रामिंग संकल्पनाओं के इंट्रोडक्शन को सपोर्ट करता है। इस संलग्नता से सिंक्रोनस ऑनलाइन सत्र एवं एसिंक्रोनस इंस्टैंट मैसेंजर (आईएम) द्वारा पीयर्स के मध्य चर्चाओं एवं सहयोग के अवसर उपलब्ध हुए। प्रारंभिक विश्लेषण से सहयोग की प्रकृति, लर्नर्स द्वारा टिकरिंग एवं समस्या-समाधान के लिए प्रयुक्त विभिन्न शैलियों की जानकारी में सहायता मिली। (संपर्क व्यक्ति: नागार्जुना जी.)

मुक्त शिक्षा संसाधन

इंटरफेस एवं मुक्त स्रोत भंडार विकास

• ज्ञान प्रयोगशाला : सरकारी रिपॉजिटरीज एवं वीडियो संसाधन विकास के लिए नया इंटरफेस

1. डूअर 2.0 (ऑफलाइन मुक्त शैक्षणिक संसाधन वर्जन 2 के लिए वितरित डिस्क): डूअर 2.0 वर्तमान में चालू है एवं यह ऑनलाइन उपलब्ध विभिन्न मुक्त शिक्षा संसाधनों से संसाधनों के मिलान का कार्य करता है।
2. एनआरओईआर (राष्ट्रीय शिक्षा संसाधन रिपॉजिटरी) 2.0: ज्ञान प्रयोगशाला ने एनआरओईआर के लिए इस नए इंटरफेस में योगदान किया है। इंटरफेस द्वारा अब बड़ी संख्या में श्रोताओं को सेवा प्रदान की जा सकती है एवं स्वयं को स्पैम हमलों से बचाता है। इस नए प्लेटफॉर्म द्वारा टैगिंग फीचर्स, प्रभावी फिल्टरिंग एवं टैग्स के लिए खोज में भी सहायता की जाती है। ज्ञान प्रयोगशाला ने सरल संसाधन क्युरेशन के लिए प्लगिन्स का भी सृजन किया है। एनआरओईआर 2.0 में जन/निजी समूहों के सृजन का भी फीचर है।
3. सिमुलेशन द्वारा ज्ञानार्जन पर वीडियो संसाधनों का विकास: शिक्षकों के साथ सहयोगात्मक प्रयास को संकल्पनात्मक रूप दिया। इसका उद्देश्य मिडिल एवं हाई स्कूल के विषयों से संबंधित स्टैम विषयों पर सिमुलेशन द्वारा ज्ञानार्जन पर संवादी वीडियो संसाधनों का सृजन करना है। श्रृंखला पर उदाहरणात्मक वीडियो एवं पैरालल सर्किट का भी निर्माण किया गया एवं इसे मेटास्टूडियो.ओआरजी पर 18 मार्च, 2021 को रिलीज किया गया। (संपर्क व्यक्ति : नागार्जुना जी.)

सामग्री विकास

डिजाइन एवं प्रौद्योगिकी (डीएण्डटी) शिक्षा

• डिजाइन एवं प्रौद्योगिकी शिक्षा वेबसाइट

2018 के प्रारंभ में डिजाइन एवं प्रौद्योगिकी (डीएण्डटी) शिक्षा वेबसाइट (<https://dnte.hbcse.tifr.res.in/>) की लांच के बाद से वेबसाइट को 17,000 से अधिक अद्वितीय विजिटर्स 56,000 से अधिक बार देखा गया है। संसाधन अनुभाग में पोस्टरों, क्रियाकलाप शीटों एवं वर्कशीटों जैसे संसाधन हैं। इस रिपोर्ट की अवधि के दौरान हिंदी, अंग्रेजी एवं मराठी में 7 संसाधनों को 4 पोस्टरों के अतिरिक्त अपलोड किया गया। इसके अलावा कक्षा 6 की विज्ञान पाठ्यपुस्तक में एनसीईआरटी द्वारा शामिल विषयों पर आधारित 16 वर्कशीटों के समूह को भी अपलोड किया गया जिसका उद्देश्य सृजनात्मकता कौशलों को निखारने के लिए अवसर उपलब्ध कराना था। वर्तमान में वेबसाइट के पास 80 से अधिक संसाधन, शिक्षकों एवं छात्रों के लिए हैं जो डीएण्डटी क्रियाकलापों में संलग्नता के इच्छुक हैं। (संपर्क व्यक्ति: सुग्रा चूनावाला)

अनुसंधान सुविधाएं

टीआईएफआर गुब्बारा सुविधा, हैदराबाद

वैज्ञानिक बैलूनिंग

- **प्लास्टिक गुब्बारों की डिजाइन एवं निर्माण**

टीआईएफआर गुब्बारा सुविधा, हैदराबाद (टीआईएफआर-बीएफ) ने दो शून्य दबाव के प्लास्टिक गुब्बारों की डिजाइन तैयार कर उनका निर्माण किया। इनका वोल्यूम 5,884 सीयू.एम. था। इस दौरान 20 माइक्रोन्स एंट्रिक्स फिल्म का शैल के रूप में प्रयोग किया गया। यह विच्छेदन सामर्थ्य के रूप में 66 किग्रा के लोड टेप्स के साथ सील्ड थी। इसका उद्देश्य 230 किग्रा. के पेलोड को 21.4 किमी. की ऊंचाई तक पहुंचाना था। इन दोनों गुब्बारों का निर्यात सर्वश्री सेये इंक, यूएसए को किया गया। इसका उद्देश्य यूएसए के न्यू मैक्सिको में वैज्ञानिक पेलोड्स का परीक्षण करना था। टीआईएफआर-बीएफ ने लघु स्फेरिकल आकारित टीदर्ड गुब्बारे की भी डिजाइन तैयार कर उसका निर्माण किया। इसका वोल्यूम 34.1 सीयू.एम. था। इस दौरान शैल के रूप में 38 माइक्रोन्स एंट्रिक्स फिल्म का प्रयोग किया गया। यह 100 एम. की ऊंचाई पर 15 किग्रा पेलोड बॉडी फ्रेम की ऊंचाई नियंत्रण के लिए शीत गैस थर्स्टर प्रणाली प्रयोग संचालित करना था। इस गुब्बारे का निर्यात इंजीनियरिंग एवं अंतरिक्ष प्रणाली विभाग, राष्ट्रीय अंतरिक्ष अनुसंधान एवं विकास एजेंसी, ओबासैजो अंतरिक्ष केंद्र, आबूजा, नाइजीरिया को किया गया। (संपर्क व्यक्ति: बुदुरु सुनील कुमार)

- **मोबाइल संप्रेषण एवं इंटरनेट उपलब्ध कराने के लिए वायुगतिक आकारित गुब्बारों का विकास**

टीआईएफआर-बीएफ ने तीन वायुगतिक आकारित (काइटून) गुब्बारों की डिजाइन तैयार की एवं उनका निर्माण किया। इन्हें 103 सीयू.एम. के पूर्ण वोल्यूम रियालाइजेशन के साथ निर्मित किया गया। इस दौरान 150 माइक्रोन्स (75 माइक्रोन्स की 2 परतें) नई विकसित को-एक्सट्रूडिड एंट्रिक्स फिल्म का प्रयोग किया गया। इस काइटून में तीन इम्प्लेटेबिल फिन्स, डाइलेशन पैनेल के साथ हैं। इसमें 35 किग्रा की भार वहन क्षमता है। इसे 350 एम. की ऊंचाई तक टीदर्ड किया जा सकता है। इस काइटून का विकास आंध्रप्रदेश के विजयवाड़ा सर्कल के दूरसंचार विभाग (डीओटी) से प्राप्त निवेदन पर किया गया। इसका उद्देश्य उत्तरी आंध्रप्रदेश (पूर्वी घाट क्षेत्र) में ग्रामीण क्षेत्रों को मोबाइल संप्रेषण एवं इंटरनेट सुविधाएं उपलब्ध कराना था। इस गुब्बारे का सफल परीक्षण गुब्बारा सुविधा से 35 किग्रा पेलोड के साथ किया गया। इसे 120 एम. की ऊंचाई तक ले जाया गया। (संपर्क व्यक्ति: बुदुरु सुनील कुमार)

- **नियंत्रण इंस्ट्रुमेंटेशन एवं गुब्बारा आगमंटेसन (सीआईबीए)**

एकल एफपीजीए (फील्ड प्रोग्रामेबिल गेट ऐरे) बोर्ड में गुब्बारा उड़ान ऑनबोर्ड डिजिटल इलेक्ट्रॉनिक्स में अधिकांश को समाहित करने के उद्देश्य के लिए प्रयासों को जारी रखते हुए टेलीमेट्री एंकोडर (टीई) का विकास किया गया। इसे 25 केबीपीएस, 50केबीपीएस, 100केबीपीएस, एवं 250 केबीपीएस की प्रोग्रामेबिल बिट रेट के साथ विकसित किया गया। इस दौरान डिजाइन के परीक्षण के लिए व्यावसायिक रूप से उपलब्ध स्पार्टन-6 एफपीजीए बोर्ड का प्रयोग किया गया। उपयोग के लिए सिर्फ 73 उपलब्ध I/O's में से 8 वर्ड्स (7 डिजिटल + 1 एनालॉग वर्ड) को टेलीमीटर किया जा सकता है। फ्रेम सिंक एवं एसएफआईडी के साथ फार्मेट -12 वर्ड्स/फ्रेम, 8फ्रेम्स / प्रमुख फ्रेम एवं 8 बिट्स /वर्ड है। अन्य उपलब्ध पिन्स का प्रयोग बाइट्रेट सिलेक्ट एवं आऊटपुट -एनआरजैड-एल, सीएलके, बीजे-पीएच-एल के लिए किया गया है। कोड को अत्यंत उच्च स्पीड इंटीग्रेटेड सर्किट हार्डवेयर डेस्क्रिप्शन लैंग्वेज (व्हीएचडीएल) में लिखा गया है। सिमुलेशन को जिलिंक्स आईएसई डिजाइन सुईट में किया गया। सिमुलेशन के परिणामों एवं कोड का संश्लेषण किया गया एवं एफपीजीए बोर्ड को प्रोग्राम किया गया। ग्राउंड स्टेशन डिकोडिंग प्रणाली के साथ परीक्षणों का कार्य पूर्ण नहीं हुआ है। हाई पिन काउंट के साथ शब्दों की एफपीजीए संख्या में सरलता से वृद्धि की जा सकती है। अगला कार्य टेलीमेट्री एंकोडर (टीई) को पहले से ही विकसित टेलीमेट्री डिकोडर (टीडी) के साथ संयुक्त करना है। (संपर्क व्यक्ति: देवराजन आनंद)

- **नियंत्रण इंस्ट्रुमेंटेशन एवं गुब्बारा आगमंटेसन (सीआईबीए)**

हाल ही में विकसित 1.2 एम डिश एंटीना का परीक्षण अनेक उड़ानों में बैटल अभियानों के अंतर्गत किया गया। यद्यपि अभिविन्यास प्रणाली का कार्यनिष्पादन 70-80 किमी. की शॉर्ट रेंज में संतोषजनक था, तथापि दोनों अप-लैंक एवं डाउन-लैंक अपर्याप्त थे। अप-लैंक एवं डाउन-लैंक के लिए सामान्य सर्किट, एंटीना फीडर है, अतः एंटीना फीडर को लोअर-रेंज के लिए सस्पेक्ट किया गया। सूक्ष्म विश्लेषण के बाद पाया गया कि फीडर में पोलेराइजेशन मिसमैच था एवं समस्या का निदान किया गया। आवेशित फीडर एन-प्रकार (एफ) कनेक्टर, एसडब्ल्यूआर मापन एवं गेन मापनों को किया गया। इस दौरान मीटर ने एंटीना के गेन को लगभग 26 डीबी दिखाया। यह सैद्धांतिक गेन वैल्यू लगभग समान है। पूर्ण प्रणाली को आगामी गुब्बारा उड़ानों में रेंज टेस्ट के लिए पुनः परीक्षित किया जाना है। (संपर्क व्यक्ति: देवराजन आनंद)

- **गुब्बारा उड़ानों के लिए सॉफ्टवेयर विकास**

लैबव्यू आधारित सॉफ्टवेयर को विकसित किया गया है। इसका उद्देश्य गुब्बारा उड़ान के दौरान पैरामीटरों को रखने वाले अन्य स्टेशन के साथ टेलीकमांड स्टेटस की डिकोडिंग एवं डिसप्ले करना है जो डेटा को भी लॉग करेगा। अध्ययन कार्य को प्रारंभ किया गया। इसका उद्देश्य गुब्बारा उड़ान के दौरान गुब्बारे के कोऑर्डिनेट्स को डेड्यूस करने की विभिन्न पद्धतियों की तुलना करना है। 'सी' कार्यक्रम को लिखा गया। इसका उद्देश्य वर्तमान पद्धति (हैवरसाइन पद्धति) एवं सबटेंडिड कोण पद्धति का प्रयोग करके कोऑर्डिनेट्स को कंप्यूट करना था। पूर्व गुब्बारा उड़ान डेटा का प्रयोग इस अध्ययन के लिए किया गया एवं पूरे तुलनात्मक अध्ययन डेटा को फाइल में स्टोर, भविष्य के संदर्भ के लिए किया गया। विंड डेटा लॉगर को भी विकसित किया गया है। इसमें अल्ट्रासोनिक विंड सेंसर से डिकोड, डिसप्ले एवं लॉग सीरियल डेटा के लिए लैबव्यू सॉफ्टवेयर का प्रयोग किया गया है। इसके द्वारा आंधी, 2 मिनट, 10 मिनट औसत वायु गति एवं दिशा दर्शाई जा सकेगी। इसके अतिरिक्त यह वेबफॉर्म को भी प्लॉट कर सकेगा। इस सॉफ्टवेयर द्वारा तत्काल संदर्भ के लिए एक्सेल प्रारूप में प्रतिदिन एवं साप्ताहिक डेटा को भी लॉग किया जा सकता है। इस प्रणाली को उड़ान दिवस के दौरान संस्थापित किया जा सकता है। इसका उद्देश्य सतह वायु गतिकी का मापन एवं डिसप्ले करना है। (संपर्क व्यक्ति: देवराजन आनंद)

- **वायुमंडलीय एवं पर्यावरणीय विज्ञान**

टीआईएफआर गुब्बारा सुविधा में वायुमंडलीय विज्ञान अनुसंधान समूह की संलग्नता भिन्न भूमि-स्थित वायुमंडलीय विज्ञान इंस्ट्रुमेंट्स के रखरखाव में है। यह कार्य इसरो के जियोस्फेयर बायोस्फेयर कार्यक्रम (इसरो-जीबीपी) की एरोसोल रेडिएटिव फोर्सिंग ओवर इंडिया (एआरएफआई) परियोजना के अंतर्गत होता है। ब्लैक कार्बन (बीसी) एथेनोमीटर के लिए नए फ्लो सेंसर को संस्थापित किया गया एवं एथेनोमीटर मिरर असेंबली की पूर्ण क्लीनिंग को उपयुक्त बीसी वैल्यूज प्राप्त करने के लिए किया गया। अनुसंधानकर्ताओं द्वारा संयुक्त रूप से कार्य एनएआरएल वैज्ञानिकों के साथ एरोसोल्स के संग्रहण के लिए किया जा रहा है। इसका उद्देश्य भौतिकीय एवं रसायनिक गुणधर्मों के अतिरिक्त स्ट्रेटोस्फेरिक ऊंचाईयों तक द्रव्यमान सांद्रता की वर्टिकल प्रोफाइलिंग का अध्ययन करना है। क्वार्ट्ज क्रिस्टल माइक्रो-संतुलन (क्यूसीएम) के उड़ान रिकवर्ड क्रिस्टलों को एनएआरएल को आगे के विश्लेषण के लिए भेजा गया। (संपर्क व्यक्ति: बुदुरु सुनील कुमार)

ऑयनोस्फेयर भौतिकीय गुणधर्म

- **ऑयनोग्राम स्प्रेड एफ इवंट्स एवं जीपीएस सिगनल एंप्लिट्यूड सिंटिलेशंस (एस4) का सहसंबंध विश्लेषण**

उपग्रह आधारित नेविगेशन सिग्नल्स, जियोमेट्रिक स्टॉर्म इवंट्स के रिस्पांस में ऑयनोस्फेयर एवं इसके सिंटिलेशंस द्वारा सिग्नल एंप्लिट्यूड एवं चरण द्वारा दुष्प्रभावित हो रहे हैं। सूर्यास्त के बाद के घंटों एवं जियोचुंबकीय स्टॉर्म इवंट्स के दौरान ऑयनोस्फेयर भौतिकीय गुणधर्मों के अध्ययन द्वारा सिंटिलेशन मिटिगेशन एल्गोरिथ्म के विकास हेतु मार्गदर्शन उपलब्ध होता है। कैनाडियन एडवांस्ड डिजिटल ऑयनोसॉड (सीएडीआई) प्रणाली द्वारा ऑयनोग्राम्स के रूप में ऊंचाई बनाम आवृत्ति प्वाइंट्स के संबंध में ऑयनोस्फेयर से वर्टिकल इंसीडेंट रिफ्लेक्टिड सिग्नल्स को रिकार्ड किया जाता है। सूर्यास्त के पश्चात के घंटों एवं भूचुंबकीय स्टॉर्म घटनाओं के दौरान ऑयनोग्राम्स में स्प्रेड एफ घटनाओं से ऑयनोस्फेयर के अभिलक्षणों का पता चलता है। नेविगेशन सिग्नलों में एंप्लिट्यूड सिंटिलेशन की घटना की संभाव्यता का मूल्यांकन स्प्रेड एफ एवं ग्लोबल पोजिशन सिस्टम (जीपीएस) एंप्लिट्यूड सिंटिलेशन (एस4) पैरामीटरों के सहसंबंधविश्लेषण द्वारा किया जा सकता है। परिणामों से विपरीत अंतरिक्ष मौसम स्थितियों के दौरान दृढ़ स्प्रेड एफ एवं एस4 पैरामीटरों के अच्छे सहसंबंध का पता चलता है। (संपर्क व्यक्ति: तनेरु वेंकटेश्वरा राव)

- **बाई-डाइरेक्शनल लांग शॉर्ट टर्म मैमोरी आधारित ऑयनोस्फेरिक लक्षण पूर्वानुमान मॉडल**
ऑयनोस्फेयर द्वारा उपग्रह आधारित नेविगेशन प्रणालियों में उच्च आवृत्ति सिग्नल संप्रेषण एवं प्रयोक्ता स्थिति आकलन में प्रमुख भूमिका निभाई जाती है। ऑयनोस्फेयर की एफ2 लेयर महत्वपूर्ण आवृत्ति (एफओएफ2) एवं पीक हाईट (एचएमएफ2), महत्वपूर्ण ऑयनोस्फेरिक लक्षण हैं जो प्रतिदिन, मौसमी एवं भूचुंबकीय स्टॉर्म इवेंट्स द्वारा ऑयनोस्फेयर पर होने वाले प्रभाव का वर्णन करते हैं। एफओएफ2 एवं एचएमएफ2 पैरामीटरों को सीएडीआई ऑयनोग्राम्स से एक्सट्रैक्ट किया जा सकता है। प्रतिकूल अंतरिक्ष मौसम स्थितियों के दौरान ऑयनोस्फेरिक एफओएफ2 एवं एचएमएफ2 लक्षणों के आकलन एवं पूर्वानुमान से सुरक्षा उपाय आरंभ होते हैं। इनका प्रयोग ट्रांसवर्स उपग्रह आधारित नेविगेशन प्रणालियों एवं उच्च आवृत्ति संप्रेषण प्रणालियों में सेंटिलेशन प्रभावों को दूर करने में किया जाता है। Bi-LSTM जैसे कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित मशीन ज्ञानार्जन एल्गोरिथ्म का प्रयोग ऑयनोस्फेरिक लक्षणों के पूर्वानुमान के लिए किया गया। प्रस्तावित पूर्वानुमान मॉडल परिणामों की तुलना एएनएन एवं एलएसटीएम मॉडल आऊटपुट के साथ की गई। पूर्वानुमान यथार्थता में सुधार प्रस्तावित एल्गोरिथ्म से हुआ है। (संपर्क व्यक्ति: तनेरु वेंकटेश्वरा राव)

पैलेट्रॉन लाइनेक सुविधा

नाभिकीय भौतिकी

- **न्यूट्रिनोहीन दोहरे बीटा क्षय का संभाव्यता अध्ययन**
टिन, कूलिंग पर धात्विक (बीटा) चरण से अर्धचालन चरण (अल्फा) तक एलेक्ट्रोपिक चरण ट्रांजिशन से गुजर सकता है। टिन पैस्ट के रूप में भी ज्ञात इस ट्रांजिशन द्वारा अक्सर टिन सैपल में क्रैकिंग एवं डिसइंटिग्रेशन होता है। इस तरह यह शुद्ध टिन बोलोमीटर्स के दीर्घकाल एवं कार्यनिष्पादन के लिए प्रमुख चिंता है। नियंत्रित कूलिंग परीक्षणों द्वारा दिखाया जाता है कि Sn के साथ Bi (उप-% लेवल्स पर) की अलायिंग द्वारा टिन पैस्ट को रोका जाता है। सर्वोत्तम कार्यनिष्पादन को 0.22 प्रतिशत Sn-Bi में पाया गया जिसने >1 वर्ष के लिए टिन पैस्ट में कोई विकास नहीं दिखाया है। Sn-Bi अलाय्स के अतिचालन गुणधर्मों का मापन किया गया। तापमान विभेदित सिंक्रोट्रॉन एक्स-रे डिफ्रेक्शन मापनों को इस चरण ट्रांजिशन के अध्ययन के लिए राष्ट्रीय सुविधा आरआरकेट इंदौर में इंडस-2 सिंक्रोट्रॉन के बीएल-12 में किया गया। इन मापनों के आधार पर सुझाव दिया गया कि 20-30 मिनटों तक 50 डिग्री सेल्सियस पर टिन बोलोमीटर ऐरे की बेकिंग से टिन पैस्ट निर्माण का जोखिम कम होगा। निम्न बैकग्राउंड काउंटिंग सैटअप टीआईएलईएस का प्रयोग एयूटी रॉक सैपल एवं अन्य एनटीडी सेंसरों में विकिरणी अशुद्धताओं के अध्ययन के लिए किया गया। दो निम्नशीतित जर्मेनियम संसूचकों के साथ कोइसिडेंस बैकग्राउंड सैटअप का भी संस्थापन दुर्लभ क्षय अध्ययन कार्यों के लिए किया गया। विस्तृत सिमुलेशंस को प्राकृतिक रेडियोसक्रिय चैन की ट्रेस अशुद्धताओं से बैकग्राउंड आकलनों एवं कोइसिडेंट गामा संसूचन दक्षता के लिए किया गया। इसका उद्देश्य कैस्केड में डि-एक्साइटिंग गामा किरणों द्वारा उत्तेजित अवस्थाओं में दुर्लभ क्षयों का अध्ययन करना था। (संपर्क व्यक्ति: वंदना नानल)
- **दुर्बल बद्ध नाभिक के साथ अभिक्रिया अध्ययन**
 $9\text{Be} + 197\text{Au}$ प्रणाली के लिए एन-स्थानांतरण एवं अपूर्ण फ्यूजन क्रॉस सैक्शंस का अध्ययन वाइड ऊर्जा रेंज, Ec.m. $\approx 29\text{-}45\text{ MeV}$ पर किया गया। इस प्रयोग में सक्रियण तकनीक एवं ऑफ-लाइन गामा काउंटिंग का प्रयोग किया गया। स्थानांतरण प्रक्रिया को सभी अन्य अभिक्रिया चैनलों की तुलना में प्रभावी मोड पाया गया। विस्तृत युग्मित अभिक्रिया चैनल (सीआरसी) गणनाओं को एन-स्थानांतरण स्ट्रिपिंग एवं पिकअप क्रॉस सैक्शंस के लिए किया गया। मापित 1एन-स्ट्रिपिंग क्रॉस सैक्शंस को सीआरसी गणनाओं द्वारा स्पष्ट, भूमि अवस्था एवं 8Be की 2^+ रेसोनंस अवस्था ($E = 3.03\text{ MeV}$) को शामिल करके किया गया। 1 एन-पिकअप के लिए गणनाओं (सिर्फ 10 बीई की भूमि अवस्था को शामिल करके) की उपयुक्ता मापित क्रॉस सैक्शंस के साथ होती है जबकि यह सबबैरियर ऊर्जाओं पर डेटा को ओवरप्रेडिक्ट करता है। स्थानांतरण प्रक्रिया में प्रोजेक्टाइल संरचना की भूमिका की बेहतर जानकारी के लिए 1एन-स्ट्रिपिंग अभिक्रिया के समग्र विश्लेषण को 197 एयू लक्ष्य नाभिक पर विभिन्न दुर्बल बद्ध प्रोजेक्टाइल्स के लिए किया गया। अन्योन्यक्रियाकारी नाभिक के कुल रेडियस के स्क्वेयर के साथ स्केल्ड स्थानांतरण क्रॉस सैक्शंस द्वारा दुर्बल बद्ध स्थिर

प्रोजेक्टाइल्स के लिए 1एन-स्ट्रिपिंग चैनल की अपेक्षित क्यू-वैल्यू निर्भरता को दिखाया जाता है। (संपर्क व्यक्ति: वंदना नानल)

राष्ट्रीय उच्च क्षेत्र एनएमआर सुविधा

रसायनिक विज्ञान : एनएमआर मेटाबोलोमिक्स

- **क्रोनिक अतिसंवेदनशीलता न्युमोनिटिस के साथ रोगियों के बायोफ्लूइड्स में मेटाबोलोमिक्स सिग्नेचर्स :** डिफ्यूज पेरेंकिमल लंग डिसीज (डीपीएलडी) में हीटरोजेनस पेरेंकिमल लंग डिसऑर्डर्स का एग्रे होता है। यह इन्फ्लेमेशन या फाइब्रोसिस या अधिक सामान्यतः दोनों के रूप में सामान्य पैथोफिजियोलॉजिकल डिनोमिनेशंस के साथ होता है। डीपीएलडी के लिए 300 से अधिक कारणों की पहचान अब तक की गई है। प्रसंगवश भारतीय डीपीएलडी पॉप्युलेशन के ~50% के अंतर्गत अतिसंवेदनशीलता न्युमोनिटिस (एचपी) आती है। क्रोनिक चरण में एचपी द्वारा फ्रिबोटिक डीपीएलडी के अन्य प्रकारों को मिमिक किया जा सकता है जिससे इलाज विपरीत हो सकता है। क्रोनिक एचपी (सीएचपी) के यथार्थ निदान एवं अन्य फ्रिबोटिक डीपीएलडी उपप्रकारों से डिसक्रिमिनेशन की अनिवार्यता है क्योंकि इसे भिन्न चिकित्सीय एप्रोच एवं मैनेजमेंट की आवश्यकता होती है। इस अध्ययन के अंतर्गत तीन बायोफ्लूइड्स का अलक्षित मेटाबोलोमिक विश्लेषण आता है। ये सेरम, एक्सहेल्ड ब्रीथ कंडेंसेट (ईबीसी) एवं सीएचपी एवं फ्रिबोटिक डीपीएलडी रोगियों के ब्रोनकोलवेलर लैवेज फ्लूइड (बीएएलएफ) आते हैं। अनुसंधानकर्ताओं द्वारा परिकल्पना की जाती है कि 1 एच नाभिकीय चुंबकीय अनुनाद (एनएमआर) आधारित मेटाबोलोमिक्स प्लेटफॉर्म द्वारा नए कैंडिडेट मार्कर्स की पहचान की जा सकती है जो फ्रिबोटिक डीपीएलडी विषयों से सीएचपी को प्रभावी रूप से भिन्न रूप दे सकता है। (संपर्क व्यक्ति: ममता जोशी)

निम्न तापमान सुविधा

- निम्न तापमान सुविधा द्वारा द्रव्य हीलियम, द्रव्य नाइट्रोजन एवं निम्नतापीय सपोर्ट सेवाओं को संस्थान की विभिन्न सुविधाओं एवं प्रयोगशालाओं को उपलब्ध कराया जाता है। एलटीएफ का प्रमुख प्रकार्य संस्थान की विभिन्न अनुसंधान सुविधाओं की निम्न ताप मांगों की पूर्ति करना है। हीलियम गैस का द्रव्यीकरण, लिंडे मेक, मॉडल-एल280 हीलियम लिक्वेफायर एवं स्टिरलिंग क्रायोजेनिक्स मेक से द्रव्य नाइट्रोजन, मॉडल : स्टिरलिन-8 द्रव्य नाइट्रोजन प्लांट द्वारा किया जाता है। एलटीएफ द्वारा भारत में सर्वाधिक संख्या में अनुसंधान प्रयोक्ताओं को हैंडल करने के अतिरिक्त टीआईएफआर में विभिन्न/महत्वपूर्ण हीलियम सैटअप्स को सपोर्ट किया जाता है। रिपोर्टिंग अवधि में एलटीएफ ने वर्ष 2020-2021 के दौरान द्रव्य हीलियम के 58,000 लीटरों को लिक्वेफाई किया एवं द्रव्य नाइट्रोजन खपत 2,01,190 लीटर थी। रिपोर्टिंग अवधि के दौरान एलटीएफ ने लगभग 420 द्रव्य हीलियम डेवर्स को प्रयोक्ताओं को प्रदान किया। एलटीएफ का ऑपरेशन, लॉकडाउन अवधि में बिना किसी बाधा के जारी रहा। द्रव्य नाइट्रोजन एवं द्रव्य हीलियम की आपूर्ति को सभी महत्वपूर्ण प्रयोगात्मक सुविधाओं को सुनिश्चित किया गया। इनमें एनएमआर स्पेक्ट्रोमीटर्स शामिल थे। एलटीएफ ने बीएआरसी, मुंबई की आपातकालीन आवश्यकता को भी द्रव्य नाइट्रोजन के लगभग 2,000 लीटरों की आपूर्ति को दो अवसरों पर करके पूर्ण किया। (संपर्क व्यक्ति: के. वी. श्रीनिवासन)

टीआईएफआर में विज्ञान प्रसार एवं जनसुलभता : लघु सारांश

विभिन्न आऊटरीच एवं विज्ञान प्रसार कार्यक्रमों का संचालन वर्ष के दौरान किया गया। इसका उद्देश्य विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी में रोचक नए विकास कार्यों के महत्व से आम जनता को अवगत कराना था। इस दौरान टीआईएफआर में किये जा रहे अनुसंधान पर विशेष जोर दिया गया। इस प्रयास में मुख्य जोर स्कूल/कॉलेज के छात्रों एवं शिक्षकों विशेष रूप से पिछड़े समुदायों तक पहुंचना एवं छात्रों को मूल विज्ञान में कैरियर बनाने के लिए प्रेरित करना था।

कोविड-19 विश्वमारी, अद्वितीय है। टीआईएफआर एवं इसके केंद्रों की संलग्नता अनेक सूत्रपातों में रही है जो विश्वव्यापी विश्वमारी कोविड-19 के विश्लेषण एवं उसे कमजोर करने से संबंधित हैं। अनेक सदस्यों द्वारा सक्रिय रूप से कार्य, रोग से संबंधित वैज्ञानिक तथ्यों एवं कमेंट्री को एक साथ लाने के लिए किया जा रहा है। गलत सूचना को हटाते हुए विश्वसनीय सूचना को समझना चुनौतीपूर्ण है। कोविड ज्ञान नामक बहु-संस्थागत, बहुभाषायी विज्ञान संप्रेषण सूत्रपात का सृजन सिर्फ इस चुनौती से मुकाबला करने के लिए किया गया है। यह सामूहिक प्रयास है जो टाटा मूलभूत अनुसंधान संस्थान, भारतीय विज्ञान संस्थान (आईआईएससी) एवं टाटा मेमोरियल सेंटर (टीएमसी) द्वारा किया जा रहा है। अन्य प्रमुख साझीदारों में विज्ञान प्रसार, इंडियाबॉयोसाइंस, एवं बैंगलोर जीवन विज्ञान क्लस्टर (BLiSC, जिसके अंतर्गत इंस्टेम, एवं सी-कैप के अतिरिक्त एनसीबीएस-टीआईएफआर शामिल हैं) आते हैं। वेबसाइट (<https://covid-gyan.in/>), इस सूत्रपात का परिणाम है एवं यह कोविड-19 प्रकोप के रिस्पांस में संसाधनों के संग्रह को एक साथ लाने के लिए हब के रूप में कार्य करता है। अखिल-संस्थागत कोविड ज्ञान वेबसाइट को 03 अप्रैल, 2020 को लांच किया गया। इस वेबसाइट पर अंग्रेजी एवं अनेक देशी भाषाओं में उपलब्ध विभिन्न लेख, इन्फोग्राफिक्स, पॉडकास्ट्स, एवं वीडियोस का उद्देश्य हमारे देश में वैज्ञानिक रूप से जागरूक नागरिक एवं बड़ी संख्या में आम जनता है।

टीआईएफआर की चाय एवं व्हाई लोकप्रिय विज्ञान वार्ताओं की ओर एक दशक से अधिक समय से सभी युवा आकर्षित हो रहे हैं। यह उन व्यक्तियों को संलग्न करता है जिनकी विज्ञान में रुचि है किंतु जिन्हें वैज्ञानिकों के साथ अपने विचारों को साझा करने एवं प्रश्न करने का अवसर नहीं मिलता। जारी विश्वमारी स्थिति के कारण वार्ताओं का आयोजन ऑनलाइन किया गया। मुंबई गणित-सर्कल का सूत्रपात, प्रतिभाशाली स्कूली छात्रों के लिए टीआईएफआर एवं मुंबई के सेंट जेवियर कॉलेज के सामूहिक प्रयास के रूप में किया गया। गणित को दुर्भाग्यवश अधिकांश छात्रों द्वारा सिर्फ परीक्षाओं के लिए पढ़े जाने वाले विषय के रूप में माना जाता है। इसके अतिरिक्त इसे शायद कुछ समस्याओं को हल करने के टूल के रूप में माना जाता है एवं गणित में रुचि रखने वाले छात्रों के पास भी विशेषज्ञों या अन्य समान रुचि रखने वाले छात्रों के साथ रोचक उदाहरणों एवं परिणामों की चर्चा करने का प्लेटफॉर्म नहीं होता है। यह मंच, किसी विशेष परीक्षा उद्देश्य तक सीमित हुए बिना गणित को सीखने एवं चर्चा करने का अवसर उपलब्ध कराता है। यह गणितीय विज्ञान में अभिवृत्ति एवं प्राकृतिक रुचि वाले उच्च स्कूल एवं पूर्व स्नातक छात्रों को लक्षित करता है। बैठकों को फरवरी, 2020 में प्रारंभ किया गया। कोविड-19 विश्वमारी के चलते फिजीकल बैठकों को मार्च, 2020 में रोक दिया गया। हालांकि ऑनलाइन क्लासों को 18 दिसंबर, 2020 से पुनः चालू किया गया। 'गणित सर्कल' को फिजीकल बैठकों के चालू होने तक ऑनलाइन मोड में चलाया जाएगा।

मार्च, 2020 में विश्वव्यापी महामारी के प्रारंभ होने के बाद तेलंगाना सामाजिक कल्याण आवासीय स्कूलों के माध्यमिक एवं उच्च स्कूल के छात्रों ने ग्राम ज्ञानार्जन समुदायों का (वीएससीज) का आयोजन किया। इनमें निकट के ग्रामों के शिक्षकों द्वारा कक्षाओं का आयोजन किया गया। टीआईएफआरएच आऊटरीच स्वयंसेवियों ने वीडियो संसाधनों को साझा करने एवं ऑडियो कंटेंट व प्रजेंटेशंस में सहायता का प्रस्ताव रखा है। फोल्डस्कोप्स (निम्न लागत की कागज की दूरदर्शियां) की सहायता से स्वयंसेवियों द्वारा पानी एवं मॉस सैंपल्स में माइक्रोऑर्गेनिज्म्स एवं प्लांट्स में ट्रांसपाइरेशन व जर्मिनेशन की प्रक्रियाओं का अन्वेषण किया जा सकता है। टीआईएफआर गुब्बारा सुविधा, हैदराबाद द्वारा स्कूली एवं कॉलेज के छात्रों के मध्य नियमित रूप से विज्ञान का प्रसार किया जा रहा है। इसके अतिरिक्त यह सुविधा, छात्रों को गुब्बारा-वाहित वैज्ञानिक यंत्रों की डिजाइन तैयार करने एवं इन यंत्रों को संचालित करने के लिए भी प्रोत्साहित करती है। विभिन्न स्कूलों एवं कॉलेज के छात्रों ने वैज्ञानिक यंत्रों का विकास कर मुख्य प्रयोगों के साथ पिगीबैक पेलोड्स के रूप में उन्हें लांच किया है। टीआईएफआर गुब्बारा सुविधा की योजना एक दिवसीय छात्र आऊटरीच कार्यक्रम संचालित करने की है। इसे खगोलविज्ञान के विंटर स्कूल (एस्ट्रोविन-2021) के छात्रों के लिए फरवरी, 2021 में बिड़ला प्लानेटेरियम केंद्र, हैदराबाद में संचालित किया जाएगा।

टीआईएफआर, कुलाबा एवं एचबीसीएसई-टीआईएफआर ने संयुक्त रूप से विज्ञान विदुषी (वीवी) का आयोजन किया। यह भौतिकी में प्रगत कार्यक्रम है। इसे 1-20 जून, 2020 को प्रथम वर्ष एम.एससी. (भौतिकी) में महिला छात्रों के लिए आयोजित किया गया। मूल रूप से इसे एचबीसीएसई कैंपस में आयोजित किया जाना था, किंतु विश्वमारी के चलते से ऑनलाइन स्कूल में परिवर्तित किया गया। वीवी में लाइव ऑनलाइन क्लासरूम में 51 छात्रों ने एवं लाइव स्ट्रीम द्वारा 300 से अधिक छात्रों ने प्रतिभागिता की। इस स्कूल ने भौतिकी में विभिन्न विषयों पर पांच मुख्य पाठ्यक्रम चलाए। इनमें व्याख्यान एवं ट्यूटोरियल्स शामिल थे। इसके अलावा विशेष मार्गदर्शी सत्रों को कैरियर चर्चाओं एवं एक्सपोजिटरी सत्रों को भौतिकी शिक्षा अनुसंधान पर आयोजित किया गया। इस दौरान सात विद्वान महिला वैज्ञानिकों ने विशेष व्याख्यान दिए। इस अवसर पर शिक्षक एवं मार्गदर्शक, संकाय सदस्य, पोस्टडॉक्टरल फैलो, टीआईएफआर/एचबीसीएसई के वैज्ञानिक अधिकारी एवं टीआईएफआर के अनेक स्नातकोत्तर छात्र उपस्थित थे। आधे से अधिक शिक्षकों में महिलाएं थीं। फीडबैक से पता चला कि छात्रों ने स्कूल को अत्यंत लाभदायक पाया।

राष्ट्रीय विज्ञान दिवस (28 फरवरी, 2021) पर टीआईएफआर ने कुलाबा कैंपस में विज्ञान के पूर्ण दिवसीय समारोह का आयोजन किया। इस दौरान संलग्नकारी व्याख्यान, मुक्त प्रयोगशालाएं यात्राएं, हैंड्स-ऑन प्रयोगों एवं प्रदर्शनों आदि का आयोजन किया गया। इस वर्ष विशाल “विज्ञान मेला” का आयोजन कोविड-19 प्रतिबंधों के कारण नहीं हो सका। हालांकि विशेष ऑनलाइन इवेंट्स का आयोजन मराठी एवं अंग्रेजी में लोकप्रिय व्याख्यानों, हैंड्स-ऑन-क्रियाकलापों एवं वर्चुअल प्रयोगशाला यात्राओं द्वारा किया गया।

अंतर्राष्ट्रीय सैद्धांतिक विज्ञान केंद्र, बेंगलुरु

जारी विश्वमारी स्थिति के कारण सभी आऊटरीच व्याख्यानों को ऑनलाइन चलाया गया। “क्वार्टाइन के दौरान उत्सुकता” वार्ताओं का आयोजन किया गया। यह मासिक सार्वजनिक वार्ताओं “कापी विद क्युरोसिटी” का ऑनलाइन वर्जन है। नई श्रृंखला “विज्ञान अड्डा” को प्रारंभ किया गया। विज्ञान अड्डा, एक मंच है जिसके द्वारा आईसीटीएस एवं अन्य समान संस्थानों व विश्वविद्यालयों के शिक्षाविदों द्वारा बड़ी संख्या में दर्शकों को अपने वैज्ञानिक कार्यों के विषय में समझाया जा सकता है या रोचक वैज्ञानिक एवं गणित के विषयों पर जनसमुदाय के साथ संलग्नता की जा सकती है। इन वार्ताओं का लक्ष्य, विज्ञान की पृष्ठभूमि वाले व्यक्ति, पूर्वस्नातक छात्र हैं जो मजेदार ढंग से वर्तमान वैज्ञानिक विकास कार्यों के विषय में जानेंगे।

राष्ट्रीय जैविक विज्ञान केंद्र, बेंगलुरु

एनसीबीएस में वर्ष के दौरान विभिन्न आऊटरीच क्रियाकलापों को किया गया। विश्वमारी के प्रारंभ होने के बाद अनेक अन्योन्यक्रियाओं एवं संलग्नताओं को ऑनलाइन किया गया एवं नए वैज्ञानिक संलग्नता क्रियाकलाप प्रारंभ हुए। बीएलआईएससी विज्ञान कैफे, कुछ समय से चालू है। यह लोकप्रिय विज्ञान आऊटरीच कार्यक्रम है जो कैंपस के वैज्ञानिकों को आम जनता तक ले जाता है। इसका उद्देश्य अनौपचारिक परिवेश में वैज्ञानिकों द्वारा अपने कार्यों से आम जनता को अवगत कराना है। ऑनलाइन विज्ञान कैफेस का आयोजन एनसीबीएस संकाय सदस्यों के साथ किया गया। इसके अलावा बीएलआईएससी साई आर्ट क्लब को सितंबर, 2020 में लांच किया गया। इसका उद्देश्य विजुअल आर्ट्स में रुचि रखने वाले कैंपस के वैज्ञानिक समुदाय को एक साथ लाना था। यह क्लब, जनसमुदाय तक वैज्ञानिकों के कला पक्ष को लाने के लिए कैंपस के कलाकारों को उभारता है।

सीमाओं के पार के मध्य विज्ञान के मुक्त संप्रेषण का महत्व, ज्ञान में वृद्धि करने एवं विश्व की समस्याओं के नवीनतम हलों के लिए है। इसे समझते हुए द वीकली लाइफ साइंस एक्रॉस द ग्लोब (एलएसएजी) सिस्टर संस्थान सेमिनार श्रृंखला को जुलाई, 2020 में प्रारंभ किया गया। इसमें पांचों महाद्वीपों के संस्थान थे एवं एनसीबीएस, भारत के लिए शीर्ष संस्थान था। इस दौरान आयोजित सत्रों में दो वार्ताएं हुईं। इनमें एक विज्ञान व दूसरी विज्ञान संस्कृति पर थी। उच्च अन्योन्यक्रियाकारी लोकप्रिय विज्ञान वार्ताओं की दो नई थीम्ड श्रृंखलाओं को ऑनलाइन लांच, कम्युनिकेशन ऑफिस साइंस एवं सिटी प्रोग्राम के अंतर्गत किया गया। द आऊटसाइड इन इकोलॉजी श्रृंखला में माइक्रोब्स से इकोसिस्टम्स तक विषयों पर चर्चाओं के लिए नियमित एवं समर्पित दर्शक समुदाय है। द ह्युमन बॉडी इनसाइडआऊट श्रृंखला में ह्युमन एनाटॉमी से संबंधित विभिन्न विषयों को लिया जाता है। कम्युनिकेशन ऑफिस ने एनसीबीएस के वैज्ञानिकों एवं स्कूलों और कॉलेजों के उन छात्रों के मध्य अधिक वार्ताओं को सुलभ किया है जिन्हें सामान्यतः

सुलभता प्राप्त नहीं है। केयर इंडिया के साथ साझेदारी को प्रारंभ किया गया है। इसका उद्देश्य एनसीबीएस के वैज्ञानिकों को ग्रामीण क्षेत्रों में स्कूली छात्रों के साथ कनेक्ट करना है एवं शीर्ष कार्यक्रम लाभदायक सिद्ध हुआ है। आर्काईव जन व्याख्यान श्रृंखला, मासिक वार्ता पर आधारित है। इसमें कलाकार, आर्किविस्ट्स, हिस्टोरियंस, शिक्षक, पत्रकार, वैज्ञानिक एवं अन्य भाग लेते हैं। इसे भी ऑनलाइन फॉर्मेट में परिवर्तित किया गया है।

टीआईएफआर अंतर्विषयी विज्ञान केंद्र, हैदराबाद

19 अक्टूबर, 2020 को टीआईएफआर, हैदराबाद की विज्ञान मीडिया केंद्र वेबसाइट को लांच किया गया। इसमें लेख, साक्षात्कार, अनुसंधान क्रियाकलाप, मीडिया मेंशंस एवं लघु वीडियोज थे। इसका उद्देश्य सभी के साथ विज्ञान का संप्रेषण करना था। कोविड-19 विश्वमारी के कारण विज्ञान श्रृंखला "सवाल-जवाब" को ऑनलाइन किया गया। टीआईएफआर, हैदराबाद ने आण्विक निदान प्रशिक्षण सुविधा की स्थापना की। इसका उद्देश्य कोविड-19 निदान के लिए प्रमुख रूप से प्रयुक्त पीसीआर आधारित निदान परीक्षणों को करने में स्वास्थ्यसेवा कर्मियों की क्षमता में वृद्धि करना था। इस प्रशिक्षण प्रयास को प्रधानमंत्री के वैज्ञानिक सलाहकार के कार्यालय द्वारा सहायता दी जाती है एवं इसे वित्तीय सहायता, बिल एवं मेलिंडा गेट्स फाउंडेशन द्वारा दी जाती है। टीआईएफआर, हैदराबाद में प्रशिक्षित प्रतिभागियों में लैब टैक्निशियंस, इन-सर्विस डॉक्टर्स, सरकारी पूर्वस्नातक व्याख्याता, अनुसंधानकर्ता, एवं भारत के सात राज्यों के मेडिकल छात्र थे। 180 से अधिक प्रशिक्षणार्थियों ने प्रशिक्षण कार्यक्रम में शामिल होकर उसे पूर्ण किया है। इनमें से अनेक प्रशिक्षणार्थी, देश के विभिन्न भागों में कोविड-19 निदान प्रयोगशालाओं में अब कार्य कर रहे हैं।

होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केंद्र, मुंबई

इस वर्ष विश्वमारी के कारण केंद्र ने राष्ट्रीय विज्ञान दिवस (एनएसडी) को डिजिटल प्लेटफॉर्म पर 26 फरवरी, 2021 को मनाया। इसे यूट्यूब पर लाइव-स्ट्रीम किया गया जिसे 1600 से 1800 दर्शकों ने देखा। सभी प्रयोगशाला समूहों के सदस्यों ने डिजिटल कंटेंट के सृजन द्वारा या सत्रों को ऑनलाइन संचालित कर इसमें प्रतिभागिता की। "ऑनलाइन विज्ञान या गणित शिक्षा के लिए अभिनव शिक्षण ज्ञानार्जन" पर प्रतियोगिता का आयोजन एमआईटी शिक्षा एवं अनुसंधान स्कूल, पुणे (23-24 फरवरी, 2021), एवं एचबीसीएसई (26 फरवरी, 2021) द्वारा किया गया। अनेक डी.एड/बी.एड छात्रों, इन-सर्विस शिक्षकों एवं शिक्षक शिक्षाविदों ने इस प्रतियोगिता में भाग लिया जिनके कार्य को एनएसडी टेलिकॉस्ट में भी शामिल किया गया।

संस्थान की भविष्य की एवं जारी परियोजनाएं

टीआईएफआर प्रणाली में अलग-अलग परियोजना प्रभारियों द्वारा अपनी रुचि के क्षेत्रों में कार्य करना एवं अपने अनुसंधान प्रकाशनों को प्रमुख पीयर-रिव्यूड अंतर्राष्ट्रीय जर्नलों में प्रकाशित करवाना जारी रहेगा। औसतन टीआईएफआर एवं इसके केंद्रों द्वारा लगभग 1000 अनुसंधान पेपरों का प्रकाशन प्रति वर्ष ऐसे जर्नलों में किया जाता है एवं इसकी आगामी वर्ष भी जारी रहने की आशा है। इसके अलावा टीआईएफआर, विज्ञान शिक्षा एवं आऊटरीच में अनेक कार्यक्रमों का संचालन करता है। इनमें विज्ञान ओलंपियाड्स शामिल हैं जिनकी सामान्य रूप में चालू रहना अपेक्षित है।

संस्थान की प्रमुख विज्ञान परियोजनाएं निम्नानुसार हैं:

- 1. भारत की अंतर्राष्ट्रीय स्क्वेयर किलोमीटर ऐरे परियोजना में प्रतिभागिता:** एनसीआरए ने स्क्वेयर किलोमीटर ऐरे में भारतीय प्रतिभागिता में अग्रणी भूमिका निभाना जारी रखा। यह बहुराष्ट्रीय सहयोगात्मक परियोजना है। इसका उद्देश्य आगामी पीढ़ी के ऐसे रेडियो दूरदर्शी की डिजाइन करना एवं निर्माण करना है जो किसी विद्यमान सुविधा से 50 गुना अधिक सेंसिटिव होंगे। जुलाई, 2018 में दूरदर्शी प्रबंधक कार्य पैकेज (भिन्न एस्केए सदस्य देशों के 6 अन्य संगठनों एवं भारतीय उद्योग के साथ साझीदारी के साथ एनसीआरए के नेतृत्व में) की डिजाइन की महत्वपूर्ण डिजाइन समीक्षा (सीडीआर) की सफल पूर्णता के पश्चात भारतीय टीम ने पूर्व प्रोटोटाइपिंग क्रियाकलापों में महत्वपूर्ण प्रगति की है। इसी दौरान एस्केए के निर्माण चरण में भारतीय प्रतिभागिता के लिए अंतिम डीपीआर को तैयार करने की योजनाएं हैं। इन्हें शीघ्र ही अनुमोदन के लिए भारत सरकार को भेजा जाएगा। इसके साथ ही एस्केए परियोजना के दीर्घ-काल भविष्य के गवर्नेंस के लिए स्थापित किए जा रहे अंतर्राष्ट्रीय संधि संगठन में भारत के शामिल होने के लिए अनुमोदन भी भारत सरकार से लिया जाएगा। (संपर्क व्यक्ति: यशवंत गुप्ता)
- 2. लेजर इंटरफेरामीटर गुरुत्वीय-तरंग आब्जर्वेटरी (लीगो) अनुसंधान:** लीगो अनुसंधान, लीगो वैज्ञानिक सहयोग (एलएससी) द्वारा किया जाता है। एलएससी में भारतीय प्रतिभागिता, भारतीय गुरुत्वीय तरंग निरीक्षण (आईएनडीआईजीओ) द्वारा की जाती है। बाइनरी न्यूट्रॉन तारा मर्जर (जीडब्ल्यू170817) से गुरुत्वीय तरंगों एवं विद्युतचुंबकीय विकिरण के प्रथम संयुक्त संसूचन ने भौतिकी, खगोलभौतिकी एवं कॉस्मोलॉजी के अनेक पहलुओं के संबंध में अद्वितीय जानकारीयां उपलब्ध कराईं। इन विकास कार्यों से गुरुत्वीय तरंग खगोलविज्ञान के नए युग का सूत्रपात हो रहा है (संपर्क व्यक्ति: बाला अय्यर)
- 3. सीएमएस (कांपेक्ट म्यूऑन सोलेनाइड) सहयोग (सर्न, स्विटजरलैंड):** टीआईएफआर के वैज्ञानिकों द्वारा सीएमएस परियोजना के सभी पहलुओं में प्रतिभागिता की जा रही है। इनमें डेटा संग्रह, निगरानी, विश्लेषण, संसूचक हार्डवेयर निर्माण एवं ग्रिड कंप्यूटिंग शामिल हैं। टीआईएफआर ग्रिड कंप्यूटिंग सुविधा ने दोनों संघटन एवं मोटे कालों डेटा समूहों की प्रोसेसिंग में प्रमुख भूमिका का निर्वाह किया है (संपर्क व्यक्ति: शशि आर दुगाड, कजरी मजूमदार, गोविंदा मजूमदार, मनोरंजन गुचैत)
- 4. भारत की अंतर्राष्ट्रीय पल्सर टाइमिंग ऐरे (आईपीटीए) में प्रतिभागिता:** लीगो-वर्गों कंसोर्टियम द्वारा स्टेयर द्रव्यमान ब्लैक होल्स एवं न्यूट्रॉन तारों की मर्जिंग से हैक्टो-हर्ट्स गुरुत्वीय तरंगों के निरीक्षणों से गुरुत्वीय तरंग खगोलविज्ञान के नए युग का प्रारंभ हुआ। अंतर्राष्ट्रीय पल्सर टाइमिंग ऐरे (आईपीटीए) द्वारा नैनो-हर्ट्ज गुरुत्वीय तरंगों के प्रत्यक्ष संसूचन के लिए जारी अंतर्राष्ट्रीय प्रयासों में प्रतिनिधित्व किया जाता है। ऐसी गुरुत्वीय तरंगों की उत्पत्ति, आकाशगंगाओं के मर्जर के कारण निर्मित होने वाले भारी ब्लैक होल युग्मों के संघटन के दौरान होती है। पल्सर टाइमिंग ऐरेज द्वारा मिलीसेकेण्ड पल्सरों के ऐरे से रेडियो पल्सों के अत्यंत नियमित स्ट्रिंग्स की निगरानी की जाती है। इसमें अनेक श्रेष्ठ रेडियो दूरदर्शियों (जिसमें टीआईएफआर का यूजीएमआरटी शामिल है) का प्रयोग किया जाता है। इन सामूहिक प्रयासों द्वारा आकाशगंगा आकारित गुरुत्वीय तरंग संसूचक का निर्माण हो रहा है। इसकी आवश्यकता नैनो-हर्ट्ज गुरुत्वीय तरंगों के प्रत्यक्ष संसूचन के लिए है। भारतीय अनुसंधानकर्ता, आईपीटीए कंसोर्टियम के अनेक कार्यकारी समूहों में अत्यंत सक्रिय हैं एवं हमारे स्वयं के प्रयास को आईएनपीटीए प्रयोग कहा जाता है। (संपर्क व्यक्ति: भाल चंद्रा जोशी)
- 5. भारत-स्थित न्यूट्रीनो आब्जर्वेटरी के लिए भौतिकी विश्लेषण समन्वयन (आईएनओ):** भारत स्थित न्यूट्रीनो आब्जर्वेटरी (आईएनओ), वायुमंडलीय न्यूट्रीनोज के अध्ययन के लिए प्रस्तावित बृहत्-विज्ञान प्रयोग है। इसका प्रमुख उद्देश्य न्यूट्रीनो द्रव्यमान क्रमण का निर्धारण करना है। हालांकि न्यूट्रीनोस के अनेक गुणधर्मों का यहां अन्वेषण किया जा सकता है जिसमें कण भौतिकी के स्टैंडर्ड मॉडल के परे के गुणधर्म शामिल हैं। इसके साथ ही डार्क मैटर एवं चुंबकीय मोनोपोल्स जैसी नई भौतिकी के लिए खोजों को किया जा सकता है एवं पृथ्वी की आंतरिक संरचना की भी जांच की जा सकती है। इन अन्वेषणों

के लिए आईएनओ की भौतिकी संभाव्यता को क्वांटिफाई करने के लिए सिमुलेशन एवं एल्गोरिथ्म के रोबस्ट सैट का विकास न्यूट्रीनो भौतिक वैज्ञानिकों द्वारा किया जा रहा है। इन सभी समूहों के मध्य क्रियाकलापों एवं उनके भौतिकी विश्लेषणों का समन्वयन प्रोफेसर अमोल दिघे (टीआईएफआर, मुंबई एवं प्रोफेसर शिर्बावती गोस्वामी (पीआरएल, अहमदाबाद) द्वारा किया जा रहा है। (संपर्क व्यक्ति: अमोल दिघे)

6. **भूमि-स्थित निकट अवरक्त खगोलविज्ञान:** अनुसंधानकर्ताओं की संलग्नता, निकट अवरक्त (1 से 3.7 माइक्रोन) खगोलविज्ञान प्रयोगों में है। इसका उद्देश्य तारा निर्माण एवं अन्य खगोलभौतिकीय फेनोमेना का अध्ययन करना है। अनुसंधानकर्ताओं ने तीन अत्याधुनिक निकट अवरक्त स्पेक्ट्रोग्राफ्स एवं इमेजर्स को विकसित किया। इनमें टीआईआरसीएएम 2 को नैनीताल के 3.6 मीटर देवस्थल प्रकाशिक दूरदर्शी (डीओटी), टीआईआरएसपीईसी को लद्दाख के हानले में 2 मीटर हिमालयन चंद्रा दूरदर्शी के साइड पोर्ट, एवं टैनस्पैक को डीओटी पर माउंट किया गया। इसका उद्देश्य निकट अवरक्त बैंड में खगोलवैज्ञानिक अनुसंधान करना था। इन यंत्रों ने भारतीय खगोलविज्ञान समुदाय को विश्वस्तर सुविधाएं, निकट अवरक्त बैंड में उपलब्ध कराई हैं। इन यंत्रों का प्रयोग कर बड़ी संख्या में विज्ञान पेपरों का प्रकाशन पिछले एक साल के दौरान किया गया है। चूंकि टीआईआरएसपीईसी यंत्र परियोजना अपने प्रारंभ से ~11 वर्षों में पूर्ण होगी अतः अनुसंधानकर्ताओं की योजना वर्तमान योजना अवधि के दौरान तीव्र रीडआऊट विज्ञान ग्रेड ऐरे हवाई- 1 आरजी (एच1आरजी) में टीआईआरएसपीईसी के उन्नयन की है। (संपर्क व्यक्ति: देवेन्द्र के. ओझा)
7. **मल्टी-ऑब्जेक्ट अवरक्त स्पेक्ट्रोमीटर के लिए कंफिगुरेबिल स्लिट यूनिट का विकास:** कंफिगुरेबिल स्लिट यूनिट (सीएसयू) की वर्तमान में डिजायन, मल्टी ऑब्जेक्ट अवरक्त स्पेक्ट्रोग्राफ के लिए की जा रही है। इसका निर्माण 3.6 मीटर देवस्थल प्रकाशिक दूरदर्शी, भारत के लिए किया जाएगा। सीएसयू की डिजायन, डीओटी के व्यू के 9.1 x 9.1 क्षेत्र में 5 प्रकाशिक स्लिट्स के निर्माण के लिए की गई है। 120" चौड़ाई के प्रत्येक स्लिट का निर्माण, अपोजिंग बार्स के युग्म द्वारा किया गया है। इसे संसूचक के व्यू के क्षेत्र में किसी वांछित स्थिति पर स्लिट के निर्माण के लिए पोजिशन किया जा सकता है। पूरे सीएसयू की डिजायन, 120 k के निम्नतापीय तापमान पर प्रचालन के लिए तैयार की जा रही है। स्लिट की गति एवं यथार्थ स्थिति को फीडबैक नियंत्रित लूप में पीजो-वॉक्स के प्रयोग द्वारा कार्यान्वित किया जा रहा है। पीजो वॉक्स के लिए नियंत्रक एवं सीएसयू के लिए फीडबैक नियंत्रण पोजिशन-सेंसिंग लूप की डिजायन, इन-हाऊस तैयार की गई है। सीएसयू के कक्ष-तापमान मूवमेंट एवं यांत्रिकीय सैटअप के प्रारंभिक निम्न तापमान परीक्षण को सफलतापूर्वक पूर्ण प्रयोगशाला में किया गया है। द्रव्य नाइट्रोजन तापमानों में सीएसयू के प्रकाशिक परीक्षणों एवं मूवमेंट्स को वर्तमान में डिजायन किया जा रहा है एवं आगे इनका संचालन किया जाएगा। (संपर्क व्यक्ति: भास्वती मुखर्जी)
8. **अवरक्त स्पेक्ट्रोस्कोपिक इमेजिंग सर्वेक्षण (आईआरएसआईएस) पेलोड के प्रयोगशाला मॉडल की पूर्णता:** अनुसंधानकर्ताओं ने ~100 के स्पेक्ट्रल विभेदन एवं ~10 आर्कसेक के स्पेटिअल विभेदन के साथ एनआईआर तरंगदैर्घ्य में गैलेक्सीय प्लेन के स्पेक्ट्रोस्कोपिक सर्वेक्षण को प्रस्तुत किया है। इसरो की आवश्यकताओं के अनुरूप अवरक्त स्पेक्ट्रोस्कोपिक इमेजिंग सर्वेक्षण (आईआरएसआईएस) पेलोड के प्रयोगशाला मॉडल, भारतीय लघु उपग्रह मिशन के लिए एनआईआर स्पेक्ट्रोमीटर का सफलतापूर्वक निर्माण किया जा रहा है। इसका उद्देश्य 2-बैंड प्रकाशिक फाइबर-फैड स्पेक्ट्रोमीटर की संभाव्यता का प्रदर्शन करना है। इस यंत्र का प्रचालन 1.7 से 6.4 माइक्रोन तरंगदैर्घ्य रेंज के मध्य होगा एवं यह अपने दो वर्ष के जीवनकाल में गैलेक्सीय प्लेन सहित पूरे आसमान के 50 प्रतिशत का निरीक्षण करेगा। आईआरएसआईएस प्रयोगशाला मॉडल के कार्यनिष्पादन पर विस्तृत रिपोर्ट को पहले ही इसरो (अंतरिक्ष विज्ञान अधिकारी) को फरवरी, 2021 में आगे के अनुमोदन के लिए जमा किया जा चुका है। आईआरएसआईएस के प्रयोगशाला मॉडल के सफल प्रदर्शन के बाद इस पेलोड के लिए इंजीनियरिंग एवं फ्लाइट मॉडलों पर कार्य इसरो द्वारा डिजायन समीक्षा के बाद प्रारंभ किया जाएगा। (संपर्क व्यक्ति: देवेन्द्र के. ओझा)
9. **गुब्बारों का प्रयोग करके निकट अवरक्त खगोलविज्ञान:** निकट अवरक्त खगोलविज्ञान प्रयोग को किया जा रहा है। इसके टीआईएफआर-निर्मित 100 सेमी. अपेचर गुब्बारा वाहित दूरदर्शी का प्रयोग किया जा रहा है। इसका भार लगभग 1 टन है एवं इसका प्रयोग फोकल प्लेन यंत्र, फैब्री पैरट स्पेक्ट्रोमीटर (एफपीएस) के वहन के लिए किया जा रहा है। यह 158 माइक्रोन्स पर खगोलभौतिकीय रूप से महत्वपूर्ण (सी।।) लाइन पर ट्यून किया गया है जिसका विकास जापान में किया गया है। भविष्य के स्पेक्ट्रोमीटर्स का प्रयोग 34 माइक्रोन्स पर (एसआई।।) लाइन की जांच के लिए किया जा सकता है। अनुसंधानकर्ताओं द्वारा वर्तमान एफपीएस का उन्नयन कर इसे नए एफपीएस तक किया जा रहा है। इससे उच्चतर स्पेटिअल (≤ 40 आर्कसेक) एवं स्पेक्ट्रल विभेदन ($R \sim 10,000$) उपलब्ध होगा। इससे अनुसंधानकर्ताओं को तारा-निर्माणकारी क्षेत्रों में (C II) के साथ प्रॉड गैस ज्यामिति एवं गतिकी के अध्ययन में सुविधा होगी। इस तरह अध्ययन कार्य द्वारा भारी तारा

निर्माण एवं मेघ-मेघ एवं/या फिलामेंट-फिलामेंट संघट्टनों के मध्य प्रत्यक्ष रूप से संबंध स्पष्ट होगा जिन्हें भारी तारा निर्माण की संभावित प्रक्रियाओं के रूप में अप्रत्यक्ष रूप से उल्लेखित किया गया है। (संपर्क व्यक्ति: देवेन्द्र के. ओझा)

10. **हैगर दूरदर्शी ऐरे के साथ अत्यंत उच्च ऊर्जा गामा किरण निरीक्षण:** हैगर दूरदर्शी ऐरे में सात वायुमंडलीय चरेनकोव दूरदर्शियां शामिल हैं। यह सितंबर, 2008 से लद्दाख के हानले में (ऊंचाई : 4270 मीटर) पर प्रचालित है। अनेक खगोलवैज्ञानिक स्रोतों के निरीक्षणों को वर्ष के दौरान किया गया। एमकेएन 421, एमकेएन 501, 1ईएस 1218+304, 1ईएस 1959+650, 1ईएस 2344+514 एवं क्रैब, जैमिंगा एवं फर्मी उपग्रह द्वारा संसूचित कुछ पल्सरो के निरीक्षण किया गया। इसके अतिरिक्त अनेक रन्स को डेटा में सिस्टेमेटिक्स के आकलन के लिए किया गया। डेटा के कुल 785 घंटों का संग्रह वर्ष के दौरान किया गया। विभिन्न स्रोतों पर डेटा के विश्लेषण का कार्य जारी है। (संपर्क व्यक्ति: वी.आर. चिटनिस)
11. **4-एम क्लॉस वायुमंडलीय चरेनकोव दूरदर्शी के लिए 256-पिक्सेल एसआईपीएम आधारित कैमरे का विकास:** पूर्ण 256-पिक्सेल एसआईपीएम (हैमामैस्टू से एस13361-3050 एस-4) के प्रोटोटाइप 64-पिक्सेल वर्जन) आधारित इमेजिंग कैमरे का विकास किया गया। इस लघु-कैमरे के फ्रंट-एण्ड के चार मॉड्यूलों को अलग-अलग परीक्षित किया गया। इस दौरान प्रयोगशाला परीक्षण सैट-अप का प्रयोग किया गया। इन परीक्षणों से संतोषजनक परिणाम मिले। ये रेखीय गतिक रेंज 1600 फोटोइलेक्ट्रॉन्स तक 3 प्रतिशत गैर रेखीयता), एकल फोटोइलेक्ट्रॉन पर एस/एन अनुपात (3वी के ~6 @ एसआईपीएम अतिरिक्त वोल्टता), तापमान परिवर्तन (3% over -20 to +30 °C) के कारण गेन परिवर्तन आदि से संबंधित थे। 100 से अधिक पिक्सेल सेंसरों के लिए अभिलक्षणन को पूर्ण किया गया एवं डेटा का प्रयोग मॉड्यूल परीक्षण के लिए किया गया। कैमरे के बैक-एण्ड का भी अलग से परीक्षण किया गया। इस दौरान इसकी भिन्न प्रकार्यात्मकताओं लिए पल्स जेनरेटर सिग्नल का प्रयोग किया गया। प्रकार्यात्मकताओं में हार्डवेयर के ऑफसेट एवं टाइमिंग कैलिब्रेशन, ट्रिगर जेनरेशन, सिग्नल पल्स डिजीटाइजेशन @1जीएसपीएस एवं रिकार्डिंग आदि शामिल थीं। इसके साथ ही मल्टी-नोडल जीयूआई-आधारित बैक-एण्ड सॉफ्टवेयर प्रोग्राम्स का विकास किया गया जो कैमरा डेटा को नियंत्रित करते हैं, उनकी निगरानी करते हैं एवं उनका अर्जन करते हैं। लघु-कैमरा के एकीकृत कार्यनिष्पादन को मूल्यांकन किया जा रहा है। यह प्रयोगशाला सैट-अप का प्रयोग करके किया जा रहा है। इसके बाद इसे माउंट आबू ले जाया जाएगा जहां इसका परीक्षण टैक्टिक दूरदर्शी के वर्टेक्स एलिमेंट के साथ किया जाएगा। (संपर्क व्यक्ति: वी.आर. चिटनिस)
12. **एंटीप्रोटोन एवं ऑयन अनुसंधान (फेयर) सहयोग के लिए सुविधा:** टीआईएफआर, फेयर (एंटीप्रोटोन एवं ऑयन अनुसंधान के लिए सुविधा) सहयोग के प्रतिभागी संस्थानों में एक है। यह सुविधा विश्व में सबसे बड़ी अंतर्राष्ट्रीय सुविधाओं में एक होगी। यह जर्मनी के डर्मस्टैड्ट में स्थापित हो रही है। 50 देशों के लगभग 3000 वैज्ञानिकों द्वारा इस सुविधा का प्रयोग करके बिग बैंग से वर्तमान तक पदार्थ की संरचना एवं यूनियर्स के क्रमविकास का अध्ययन किया जाएगा। फेयर में सभी अनुसंधान क्रियाकलापों को चार प्रयोगात्मक कार्यक्रमों में उपविभाजित किया गया है। ये कंप्रैस्ड बैरियोनिक पदार्थ (सीबीएम), नाभिकीय संरचना, खगोलभौतिकी एवं अभिक्रियाएं (नटस्टॉर), परमाणु, प्लाज्मा भौतिकी एवं अनुप्रयोग (एपीपीए) एवं डर्मस्टैड्ट में एंटीप्रोटोन एनिहिलेशन (पीएएनडीए) शामिल हैं। (संपर्क व्यक्ति: रुद्रज्योति पालित)
13. **क्वांटम कंप्यूटिंग एवं सूचना प्रोसेसिंग के लिए हार्डवेयर के रूप में अतिचालन सर्किट्स:**
 1. **मल्टी-मोडल क्वांटम सर्किटों में इंजीनियरिंग क्रॉस रेसोनेंस अन्योन्यक्रिया**
क्वांटम कंप्यूटरों द्वारा क्वांटम यांत्रिकीय फेनोमेना को लेबरेज किया जाता है। इसका उद्देश्य सामान्य कंप्यूटरों द्वारा वास्तव में हल न की जा सकने वाली समस्याओं को हल करने के लिए सूचना को मैनिपुलेट करना है। अतिचालन क्यूबिट्स, बेहतर क्वांटम कंप्यूटर के निर्माण के लिए इस दौड़ में प्रभावी प्लेटफॉर्म बन चुके हैं। हालांकि अधिकांश आर्किटेक्चर्स में सिर्फ निकटतम-नेबर युग्मन है। यह मल्टी-क्यूबिट प्रोसेसर के कार्यनिष्पादन में रुकावट खड़ी करता है। अनुसंधानकर्ताओं ने वैकल्पिक आर्किटेक्चर को प्रस्तुत किया। इसमें मल्टी-मोडल यंत्रों का प्रयोग बिलिंग ब्लॉक के रूप में श्रेष्ठ कनेक्टिविटी के लिए विशाल अतिचालन क्वांटम प्रोसेसर के लिए किया गया है। अनुसंधानकर्ताओं ने पूर्व में मल्टी-मोडल सर्किटों के आधार पर तीन-क्यूबिट डिजायन का प्रदर्शन किया। यह तीव्र, हार्ड-फीडेलिटी मल्टी-क्यूबिट गेट्स में निष्पादन कर सकती है। वर्तमान कार्य में शृंखला में दो जोसफसन जंक्शंस को शामिल करने वाले मल्टी-मोडल सर्किट के दो-क्यूबिट वर्जन ने ट्रांसमंस में एक को प्रतिस्थापित, टिपीकल क्रॉस-रेसोनेंस आर्किटेक्चर में किया। अनुसंधानकर्ताओं ने क्रॉस-रेसोनेंस ड्राइव के प्रभाव का अध्ययन भिन्न नियंत्रण पैरामीटरों के प्रकार्य के रूप में किया। इनमें इंटर-क्यूबिट डिस्ट्युनिंग एवं ड्राइव स्ट्रेंथ शामिल थे। प्रयोगात्मक परिणामों की अनुरूपता सिद्धांत के साथ है एवं पाया गया कि उनकी प्रणाली में माइक्रोवेव क्रॉसटॉक, 3डी आर्किटेक्चर के कारण नगण्य थी। (संपर्क व्यक्ति: राजामणि विजयराघवन)

II. नेटिव श्री-क्यूबिट गेट्स के साथ प्रोग्रामेबिल अतिचालन प्रोसेसर

क्वांटम कंप्यूटरों द्वारा अनेक समस्याओं को हल किया जा सकता है जो अत्यंत कठिन हैं (भले ही वो क्लॉसिकल, अर्धचालक-आधारित कंप्यूटरों द्वारा असंभव न हों)। पॉवर की उत्पत्ति, कुछ व्हाईकी क्वांटम यांत्रिकीय फेनोमेना के प्रयोग से होती है। इसमें सुपरपोजिशन – एक साथ भिन्न कंफिगरेशंस/अवस्थाओं में होने की योग्यता एवं एन्टैंगलमेंट – अत्यंत दृढ़ सहसंबंध जहां प्रतिभागियों द्वारा अपनी पृथक पहचान खो दी जाती है, शामिल हैं। ऐसे गुणधर्मों के रियालाइजेशन के लिए विशेषीकृत हार्डवेयर की आवश्यकता है जिनके बिलिंग्ग ब्लॉक्स को क्वांटम बिट्स या इन शॉर्ट क्यूबिट्स कहा जाता है। इनकी सामान्यतः अल्प आयु होती है। अनुसंधानकर्ताओं ने मध्यम आकार के क्वांटम कंप्यूटरों के निर्माण के लिए प्रभावी मल्टी-क्यूबिट बिलिंग्ग ब्लॉक उपलब्ध कराने के नवीन विचार पर फोकस किया। “ट्राइमन” नामक बिलिंग्ग ब्लॉक में तीन क्यूबिट्स थे जो दृढ़ ऑल-टू-ऑल युग्मन युक्त थे। इस तीन-क्यूबिट प्रोसेसर के मुख्य लाभ को उच्च-गुणवत्ता एंटेन्गलिंग ऑपरेशंस को करने की क्षमता के रूप में दिखाया गया जिसमें सभी तीनों क्यूबिट्स एक साथ कार्य करते हैं। यह अधिकांश आर्किटेक्चर में प्रयुक्त नेटिव दो-क्यूबिट मैनिपुलेशंस के विपरीत है। इस प्रोसेसर की यूनिवर्सैलिटी का प्रदर्शन चार भिन्न क्वांटम यांत्रिकीय समस्याओं के हल द्वारा दिखाया गया जिसकी सफलता दर मध्यम से उच्च थी। (संपर्क व्यक्ति: राजामणि विजयराघवन)

14. भारत के उत्तर पूर्वी क्षेत्र (एनईआर) की रसायनिक इकोलॉजी पर कार्यक्रम

इस कार्यक्रम को छः वर्ष पूर्व प्रारंभ किया गया था। इसका उद्देश्य उत्तर पूर्व एवं बेंगलोर के मध्य समग्र अंतःसंस्थागत सामूहिक कार्यक्रम द्वारा रसायनिक इकोलॉजी में मूलभूत एवं अनुप्रयुक्त अनुसंधान को कायम रखना था। कार्यक्रम का लक्ष्य भारत के जैवविविधता-समृद्ध एवं अन्वेषणहीन उत्तर पूर्वी क्षेत्र के परीक्षण के लिए रसायनिक इकोलॉजिस्ट्स की नई पीढ़ी के दृढ़ इंटरलिंग्ग समूह को निर्मित करना था। इस कार्यक्रम ने एनईआर के युवा अनुसंधानकर्ताओं के लिए बेंगलोर में अत्याधुनिक अनुसंधान तकनीकों में प्रशिक्षित होने एवं दोनों एनईआर व बेंगलोर में बहु-क्षेत्रीय एवं बहुविषयी अनुसंधान परिवेश के अन्वेषण का अवसर प्रदान किया है। इस कार्यक्रम ने उत्तरपूर्व में क्षमता का निर्माण भी किया है। यह कार्यशालाओं, जागरूकता कार्यक्रम, ऑनलाइन व्याख्यान श्रृंखला, सार्वजनिक व्याख्यान, विज्ञान कैफे, अतिरिक्त कार्यक्रम अर्थात् डीएसटी की विज्ञान एक्सप्रेस प्रशिक्षण प्रदर्शनियां एवं अन्यो द्वारा किया गया है। अभी तक लगभग 15 अनुसंधान पेपरों को इस कार्यक्रम से प्रकाशित किया गया है एवं कुछ और पेपरों पर काम चालू है। एनईआर के 14 छात्रों ने इस कार्यक्रम के अंतर्गत पीएचडी के लिए पंजीकरण करवाया है एवं वे अपने शोध-प्रबंध के पूर्णता हेतु कार्य कर रहे हैं। (राष्ट्रीय जैविक विज्ञान केंद्र, बेंगलुरु)

15. स्टैम कोशिकाओं के प्रयोग द्वारा मस्तिष्क डिसऑर्डर्स में खोज के लिए त्वरक कार्यक्रम (एडीबीएस): एडीबीएस, सामूहिक विज्ञान उद्यम है। यह स्टैम कोशिका विज्ञान एवं रिजेनरेटिव मेडिसिन संस्थान (इंस्टैम), राष्ट्रीय जैविक विज्ञान केंद्र (एनसीबीएस), एवं राष्ट्रीय मानसिक स्वास्थ्य व तंत्रिकाविज्ञान संस्थान (एनआईएमएचएनएस) के मध्य है। एडीबीएस कार्यक्रम में सोफिस्टिकेटेड क्लिनिकल परीक्षणों, आधुनिक ह्यूमन जेनोमिक्स एवं स्टैम कोशिका प्रौद्योगिकी की शक्ति से हार्नेसिंग द्वारा मानसिक रोग को समझा जाता है। इस कार्यक्रम द्वारा रोग जैवविज्ञान को समझने एवं उन्नत नैदानिक एवं चिकित्सीय विकल्पों के विकास के लिए इस सूचना के उपयोग का अद्वितीय अवसर उपलब्ध कराया जाता है। एनआईएमएचएनएस की क्लिनिकल सेवाओं की लैवरेजिंग द्वारा इस कार्यक्रम ने मानसिक रोग के दृढ़ पारिवारिक इतिहास के साथ परिवारों के कोहोर्ट को असेंबल किया है। इन परिवारों का अनुसरण बीस वर्षों तक किया जाएगा। इसका उद्देश्य क्लिनिकल रोग के विकास का निरीक्षण करना है। इसमें विभिन्न क्लिनिकल परीक्षणों का प्रयोग किया जाएगा। इनमें तंत्रिकामनोवैज्ञानिक विश्लेषण, तंत्रिकाइमेजिंग, एवं क्लिनिकल इलेक्ट्रोफिजियोलॉजी शामिल हैं। इनका प्रयोग इस अवधि में नियमित अंतरालों पर किया जाएगा। इसके साथ ही कार्यक्रम में जेनोमिक विश्लेषण की आधुनिक पद्धतियों का भी प्रयोग किया जा रहा है। इसका उद्देश्य मानसिक रोग के आनुवांशिक आधार की खोज करना है। अंत में एडीबीएस कार्यक्रम द्वारा इंड्यूस्ड प्लूरीपोटेंट स्टैम कोशिका (आईपीएससी) लाइन्स की रेपॉजिटरी को जनरेट किया जा रहा है। इसका प्रयोग मानसिक रोग के कोशिकीय आधार की खोज के लिए ‘डिसीज-इन-ए-डिश’मॉडल्स के निर्माण के लिए किया जाएगा। एडीबीएस कार्यक्रम द्वारा स्टैम कोशिका प्रौद्योगिकी एवं जेनोमिक्स के क्षेत्र में क्षमता-निर्माण सूत्रपातों को आरंभ किया जा रहा है। इन्हें आईपीएस कोशिका अनुसंधान केंद्र, क्योटो विश्वविद्यालय, जापान के साथ सामूहिक प्रशिक्षण कार्यक्रम द्वारा आरंभ किया जा रहा है। इसके साथ ही इन-हाऊस प्रशिक्षण सूत्रपातों को आरंभ किया जा रहा है। (राष्ट्रीय जैविक विज्ञान केंद्र, बेंगलुरु)

16. **बायोइंफार्मेटिक्स सेंटर फॉर जीनोम इंफार्मेटिक्स:** एनसीबीएस एवं इंस्टैम ने हाल ही में भारत सरकार के जैवप्रौद्योगिकी विभाग से अनुदान प्राप्त किया है। यह जीनोम इंफार्मेटिक्स के लिए बायोइंफार्मेटिक्स केंद्र की स्थापना के लिए है। इस केंद्र को अन्य सूत्रपातों या जैविक अनुसंधान से उत्पन्न जेनोमिक डेटा के प्रबंध एवं विश्लेषण हेतु बायोइंफार्मेटिक्स हलों को उपलब्ध कराने का आदेश है जिसके लिए डेटाबेस या बायोइंफार्मेटिक्स पाइपलाइन या सॉफ्टवेयर के सृजन की आवश्यकता है। इसके लिए क्षमता-निर्माण पर जोर दिया जाएगा व इस उद्देश्य की पूर्ति हेतु कार्यशालाओं एवं सम्मेलनों का आयोजन किया जाएगा। अनुसंधान के क्षेत्रों में भिन्न स्ट्रेसेस के अंतर्गत जेनोटाइपिक/फेनोटाइपिक परिवर्तनों के लिए भिन्न आर्गेनिज्म के जेनोम्स, संगत रोग के आनुवांशिक उत्परिवर्तन, एवं चिकित्सीय, क्रमविकासात्मक एवं एंथ्रोपॉलाजिकल महत्व के ह्युमन जेनोम्स की बड़ी संख्या आदि होंगे। यह सूत्रपात, एनसीबीएस एवं इंस्टैम के प्रोफेसर सौधामणि एवं सात अन्य संकाय सदस्यों द्वारा प्रारंभ किया जाएगा। (राष्ट्रीय जैविक विज्ञान केंद्र, बैंगलुरु)

सारांश

वार्षिक प्रतिवेदन 2020-21

टीआईएफआर ने वर्ष 2020-2021 में विज्ञान के विशिष्ट क्षेत्रों में महत्वपूर्ण योगदान किए। इस प्रतिवेदन में इस अवधि के दौरान टीआईएफआर एवं इसके केंद्रों के अनुसंधान क्रियाकलापों एवं उपलब्धियों का वर्णन किया गया है।

गणित स्कूल

अनेक प्रश्नों एवं समस्याओं पर कार्यों को अनेक क्षेत्रों में किया गया। इनमें ज्यामितीय समूह सिद्धांत, संभाव्यता सिद्धांत, जटिल विश्लेषण, कंफर्मल गतिकी एवं परावर्तन समूह, ज्यामिति एवं टोपोलॉजी, लार्ड समूह, अंकगणित समूह एवं बीजीगणितीय ज्यामिति शामिल थे। मॉडल के चरण ट्रांजिशन के अस्तित्व की स्थापना, सांख्यिकीय भौतिकी के रिगोरस, गणितीय ट्रीटमेंट में सर्वाधिक मूलभूत समस्याओं में एक है। नई तकनीक का विकास, चरण ट्रांजिशन के विशिष्ट संदर्भ में स्वतंत्र पकोलेशन मॉडल के लिए सामान्य क्वॉंसीट्रांजिटिव ग्राफ्स पर किया गया। इस कार्य में विकसित तकनीक से नए पैराडिगम को रुचि के विभिन्न अन्य मॉडलों के लिए चरण ट्रांजिशन के अस्तित्व को सिद्ध करने के लिए उपलब्ध कराया गया। ज्यामिति एवं टोपोलॉजी में आर्टिन समूह, समूहों की महत्वपूर्ण कक्षा हैं एवं ये गणित के भिन्न क्षेत्रों में दृश्यमान होते हैं। क्लासिकल ब्रेड समूह, वास्तविक आर्टिन समूह के फिनिट प्रकार का उदाहरण है। अनुसंधानकर्ताओं ने आर्टिन समूहों की विशाल कक्षा में इंडक्टिव संरचना का निरीक्षण किया। इसके बाद उन्होंने इस सूचना का उपयोग फिनिट वास्तविक, जटिल एवं अफाइन प्रकारों के आर्टिन समूहों की अनेक कक्षाओं के लिए आइसोमॉर्फिज्म अनुमान को निकालने में किया। अन्य कार्य में अनुसंधानकर्ताओं ने संदर्भों के विभिन्न प्रकारों में क्वॉंडरेटिक फार्मर्स की सघनता के लिए प्रभावी आकलनों को उपलब्ध कराया। इससे ओपेनहेम अनुमान के मार्गुलिस के प्रसिद्ध हल के लिए प्रभावी आकलन उपलब्ध हुए।

टीआईएफआर अनुप्रयोज्य गणित केंद्र, बैंगलुरु: आंशिक विभेदी समीकरणों में अनुसंधानकर्ताओं ने हार्डी प्रकार संभाव्यता के साथ हीट ऑपरेटर के लिए दृढ़ अद्वितीय कंटिन्युएशन को प्राप्त किया। इसे महत्वपूर्ण आकलन की स्केलिंग के डेलिकेट कांभिनेशन द्वारा प्राप्त किया गया। यह स्फेयर एवं सबक्रिटिकल एप्रॉयरी आकलन पर लैपलेस बेलट्रांमी के स्पेक्ट्रल गैप का उपयोग करता है जो स्वतंत्र रुचि का क्षेत्र है। इस परिणाम से एस्कोरियाजा एवं वैसेला के पुराना परिणाम दृढ़ होता है जहां सबक्रिटिकल संभाव्यताओं पर विचार किया गया। अन्य कार्य में एक उदाहरण को प्राप्त किया गया। इसमें संकेत दिया गया कि बर्जर्स समीकरण के

लिए कैटास्ट्रॉफिक एंट्रॉपी सोल्युशन विद्यमान हो सकता है जहां शॉक्स सैट्स, सघन हो सकते हैं।

प्रौद्योगिकी एवं कंप्यूटर विज्ञान स्कूल

अनुसंधान कार्य, संगणक विज्ञान एवं प्रणाली विज्ञान के क्षेत्रों में किया गया। अनुसंधानकर्ताओं ने मास्कड एडवर्सेरियल ऑटो-एन्कोडर (मॉस्कएई), नामक नए एल्गोरिथ्म को प्रस्तुत किया। इसमें लेटेंट स्पेस के वास्तविक आयाम को ऑटोएन्कोडर में एन्कोडिड लेटेंट स्पेस की मॉस्किंग के ऑपरेशन द्वारा जाना जाता है। एमएईई द्वारा आयामों की कृत्रिम संख्या को मॉस्किंग की इस प्रक्रिया द्वारा रद्द किया जा सकता है। इससे विद्यमान रूपरेखाओं से महत्वपूर्ण विचलन होता है जहां धारणा का निर्माण, लेटेंट आयामों ए प्रॉयरी के आकार पर होता है। एमएईई द्वारा एईई मॉडल की जेनरेटिव गुणवत्ता को जेनरेटिव एडवर्सेरियल नेटवर्क्स (जीएएनएएस) के निकट लाया जाता है। इससे अत्याधुनिक जेनरेटिव मॉडलिंग की उपलब्धता दोनों संश्लेषणात्मक एवं वास्तविक विश्व डेटा समूहों के लिए होती है। इस एल्गोरिथ्म को पूरी तरह से समर्थन, ठोस सैद्धांतिक रूपरेखा द्वारा दिया जाता है। आईआईएससी एवं टीआईएफआर के मध्य संयुक्त प्रयास में सिटी-स्केल एजेंट आधारित सिमुलेटर को विकसित किया गया। इसका उद्देश्य कोविड-19 महामारी के विस्तार पर विभिन्न इंटरवेंशंस के प्रभाव का अध्ययन करना था। इस टूल का प्रयोग मुंबई एवं बैंगलोर (अन्यों के मध्य) के लिए अनुमानों तक पहुंचने एवं नगरों को खुलने के लिए समय सीमा एवं कार्यनीति पर सिफारिशों के लिए किया गया।

प्राकृतिक विज्ञान स्कूल

सैद्धांतिक भौतिकी विभाग: फ्लेवर-निर्भर न्यूट्रीनो उत्सर्जन की अनिवार्यता सुपरनोवा के क्रमविकास एवं इसके न्यूट्रीनो सिग्नल के लिए है। तारे के सघन विषमदैशिक इंटीरियर में न्यूट्रीनो-न्यूट्रीनो फॉरवर्ड स्केटरिंग द्वारा तीव्र सामूहिक न्यूट्रीनो दोलन हो सकते हैं जिसके स्ट्राइकिंग परिणाम हैं। तीव्र फ्लेवर डिपोलेराइजेशन के सिद्धांत को प्रस्तुत किया गया। इसमें स्पष्ट किया गया कि कैसे न्यूट्रीनो फ्लेवर अंतर, लघुतर होते जाते हैं अर्थात् लघुतर कोणीय स्केल्स में डिफ्यूजन के कारण डिपोलेराइज होते हैं। प्रकृति में मूलभूत चुंबकीय मूमेंट्स को क्वांटाइज, हॉफ-इंटीगर वैल्यूज पर 'प्राकृतिक'यूनिटों में मापे जाने पर किया जाता है। एक अध्ययन कार्य से पता चला कि चुंबकीय ऑयनों के मध्य प्रतिस्पर्धी अन्योन्यक्रियाओं के साथ चुंबकीय पदार्थों की कक्षा में गैर-चुंबकीय अशुद्धताओं द्वारा सीडिड चुंबकीय पोलेराइजेशन के स्पेटीअली-विस्तृत पैटर्नों द्वारा स्पिन की

फ्रैक्शनल वैल्यूज के साथ उदीयमान चुंबकीय मूमेंट्स की तरह व्यवहार किया जा सकता है।

खगोलविज्ञान एवं खगोलभौतिकी विभाग: टीआईआरसीएम2 (टीआईएफआर निकट अवर्कट इमेजिंग कैमरा-II), को नियमित विज्ञान निरीक्षणों के लिए 3.6 मीटर देवस्थल प्रकाशिक दूरदर्शी के साइड पोर्ट्स में एक पर प्रयुक्त होना प्रस्तावित है। इसका सफलतापूर्वक परीक्षण एरीज, नैनीताल के साथ सहयोग में सबसे बड़ी भारतीय दूरदर्शी, डीओटीके साइड पोर्ट्स में एक पर किया गया। इस पोर्ट से प्रथम प्रकाश को 04 मई, 2020 को देखा गया। यह उपलब्धि महत्वपूर्ण है क्योंकि दूरदर्शी की दक्षता में महत्वपूर्ण रूप से बढ़ोतरी दो यंत्रों से होगी जिन्हें किसी विशेष रात्रि के दौरान लगभग साथ-साथ होने वाले निरीक्षणों के लिए उपलब्ध कराया जा रहा है। उल्लेखनीय है कि टीआईआरसीएम2, भारत में अपने प्रकार का अकेला यंत्र है जो 3.8 माइक्रोन तक सेंसिटिव है एवं यह 2 माइक्रोन से लंबी तरंगदैर्घ्य पर खगोलभौतिकीय स्रोतों की इमेजिंग के लिए आदर्श है। एक अध्ययन कार्य में अनुसंधानकर्ताओं ने पाया कि न्यूट्रॉन तारा स्पिन आवृत्ति का विकास, दो पूर्ण रूप से भिन्न मोड्स में हो सकता है। इसका कारण यह है कि स्पिन आवृत्ति द्वारा परसिस्टेंट एक्वेशन के लिए निम्न स्पिन इक्विलिब्रियम वैल्यू एवं ट्रांजिएंट एक्वेशन के लिए उच्च प्रभावी स्पिन इक्विलिब्रियम वैल्यू को एप्रोच किया जा सकता है। अन्य अध्ययन में अनुसंधानकर्ताओं ने सौर वायु (एसडब्ल्यू) गुणधर्मों के पूर्वानुमान के लिए गहन जानार्जन का प्रयोग किया। अंतरिक्ष-स्थित निरीक्षणों से सौर कोरोना की एक्सट्रीम पराबैंगनी इमेजों का विश्लेषण, एसडब्ल्यू गति के पूर्वानुमान के लिए किया गया।

उच्च उर्जा भौतिकी विभाग:

एटलस एवं सीएमएस प्रयोगों द्वारा 2012 में खोजे गए हिग्स बोसोन (एच), वैज्ञानिक परिणामों का चरम बिंदु है जिसे अब तक सर्न-एलएचसी से प्राप्त किया गया है। प्रयोगात्मक मापनों की तुलना स्टैंडर्ड मॉडल (एसएम) से पूर्वानुमानों के साथ की गई है। इसका उद्देश्य इसे साबित करना या एसएम के परे भौतिकी के संकेतों की तलाश करना है जिसकी प्रकृति अभी तक अज्ञात है। एसएम द्वारा स्वयं के साथ अन्योन्यक्रियाकारी एच का वर्णन किया जाता है जिसके कारण उनमें से 3 या 4 का युग्मन, एकल बोटैक्स द्वारा हो सकता है। इस स्वतःयुग्मित λ के सामर्थ्य द्वारा हिग्स संभाव्यता के आकार का निर्धारण किया जाता है जिसका महत्वपूर्ण प्रभाव अत्यंत पूर्व के यूनिवर्स के गुणधर्मों एवं इसके भविष्य की हमारी जानकारी पर पड़ता है। 13000 जीईवी की द्रव्यमान-केंद्र ऊर्जा (एवं 2016 से 2018 के दौरान सीएमएस प्रयोग द्वारा संग्रहित) में प्रोटोन-ऑन-प्रोटोन संघट्टन डेटा का प्रयोग करके सीएमएस अंतर्राष्ट्रीय सहयोग ने हाल ही में λ की वैल्यू पर अभी तक के सर्वोत्तम कंस्ट्रेंट को प्राप्त किया। ये परिणाम, एच की प्रकृति को समझने के

लिए अत्यंत उत्साहवर्धक हैं। उपयुक्त कोणीय विभेदन, बहु-टीईवी गामा किरण स्रोतों के संसूचन के लिए महत्वपूर्ण है जिसका उद्देश्य गैलेक्सीय कॉस्मिक किरणों के मूल को समझना है। पहली बार शोअर फ्रंट वक्रता के आकार एवं आयु निर्भरता के उपयोग द्वारा ग्रेप्स-3 प्रयोग के कोणीय विभेदन में महत्वपूर्ण सुधार को प्राप्त किया गया।

नाभिकीय एवं परमाणु भौतिकी विभाग: टाटा मूलभूत अनुसंधान संस्थान के अनुसंधानकर्ताओं के नेतृत्व में एक अध्ययन द्वारा इलेक्ट्रॉन उत्सर्जन के अभिलक्षणों का सफलतापूर्वक निर्धारण हुआ है। यह उच्च-वेग ऑयनों के एडेनाइन के साथ संघट्टित होने पर होता है – जो कि डीएनए के चार प्रमुख न्यूक्लियोबेसेस में से एक है। चूंकि उच्च-ऊर्जा ऑयनों द्वारा डीएनए के स्ट्रेन्ड्स को विच्छेदित किया जा सकता है (उनके साथ संघट्टित होने पर), अतः टीम के निष्कर्षों से हमारी जानकारी में सुधार हो सकता है कि कैसे विकिरण क्षति द्वारा कोशिकाओं में कैंसर के विकसित होने का जोखिम बढ़ता है। उनके निष्कर्षों से हमारी जानकारी में महत्वपूर्ण प्रगति हो सकती है कि कैसे जैवअणुओं को उच्च-वेग ऑयन विकिरण द्वारा प्रभावित किया जाता है। इससे संभवतः बेहतर जानकारी हो सकती है कि कैसे कोशिकाओं में कैंसर की उत्पत्ति विकिरण क्षति के बाद हो सकती है। अन्य अध्ययन से प्रभावी द्रव्य: दशक पुरानी धारणा गलत साबित हुई कि उच्च तीव्रता लेजर निर्मित प्लाज्मा में विशाल चुंबकीय क्षेत्र का विकास नैनोमीटर स्केल से होता है। वास्तव में क्षेत्र का मूल रूप से उद्भूत मैक्रोस्कोपिक स्केल्स पर होता है जिसे प्लाज्मा में प्रसारित इलेक्ट्रॉन बीम की सीमाओं द्वारा वर्णित किया जाता है। इससे खगोलभौतिकी एवं लेजर फ्यूजन में चुंबकीय क्षेत्रों की हमारी जानकारी परिवर्तित हो सकती है एवं इमेजिंग व चिकित्साओं के लिए आगामी पीढ़ी के उच्च ऊर्जा कण स्रोतों की डिजाइनिंग में सहायता मिल सकती है।

जैविक विज्ञान विभाग: अनुसंधानकर्ताओं ने मोनोमाइन न्यूरोट्रांसमीटर, सेरोटोनिन के लिए व्यापक रूप से महत्वपूर्ण भूमिका का प्रदर्शन माइटोकॉण्ड्रियल उत्पादन एवं न्युरॉन्स में बाँयोएनर्जेटिक्स के प्रमुख रेग्युलेटर के रूप में किया। इस कार्य ने संकेत किया कि सेरोटोनिन, माइटोकॉण्ड्रिया पर अपने कार्यों द्वारा दृढ़ रूप से न्यूरोसंरक्षणी भूमिका का निर्वाह करता है। इस कार्य ने पथवे की पहचान की है। यह सेरोटोनिन को लांगेविटी संबंधित जीन, सर्ट1 द्वारा न्यूरोनल सरवाइवल एवं माइटोकॉण्ड्रियल डिसफंक्शन के एमेलियोरेशन के साथ संबंधित करता है जिसके न्यूरोडिजेनरेटिव एवं न्यूरोसाइक्रियाटिक रोगों में महत्वपूर्ण उपयोग हैं। मैन्ब्रेन फ्यूजन के दौरान फ्यूजन पोर्स, महत्वपूर्ण काइनेटिक इंटरमीडिएट्स होते हैं जिनके द्वारा रसायनिक मैसेंजर्स को कोशिका के बाहर सेक्रेट किया जाता है। अनुसंधानकर्ताओं ने जैव रसायनिक एवं जैव भौतिकीय टूल्स का उपयोग ट्रांस-स्नेयर असेंबली एवं फ्यूजन पोर्स गतिकी के परिवर्तन में कुछ मैन्ब्रेन फ्यूजन रेग्युलेटर्स की भूमिका के

अध्ययन के लिए किया। इस अध्ययन ने स्पष्ट किया कि क्यों पैथोलॉजिक स्थितियों (उदाहरण के लिए पार्किंसन रोग), में जहां गैर-प्रकार्यात्मक मिसफोल्डिड अल्फा-साइनुक्लीन मोनोमर्स होते हैं, असामान्य वैसिक्युलर सेक्रेशन होता है।

रसायनिक विज्ञान विभाग: अत्यधिक CO_2 उत्सर्जन, जलवायु परिवर्तन का प्रमुख कारण है एवं पृथ्वी के वायुमंडल में CO_2 स्तरों की कमी, प्रतिकूल पर्यावरणीय प्रभावों को सीमित करने के लिए अनिवार्य है। अनुसंधानकर्ताओं ने पानी एवं मैग्नेशियम का प्रयोग किया एवं CO_2 को ईंधन (मीथेन, मेथानल एवं फॉर्मिक एसिड) एवं ग्रीन सीमेंट में सिर्फ कुछ मिनिटों में परिवर्तित किया। इस प्रोटोकॉल का प्रयोग हाइड्रोजन उत्पादन (एमजी के 940 लीटर प्रति किलो) के लिए भी किया जा सकता है जो हाइड्रोजन से लगभग 420 गुना अधिक है जिसे सिर्फ पानी के साथ एमजी की अभिक्रिया द्वारा निर्मित किया जाता है। ऑटोफैगी, अनिवार्य कोशिकीय डिग्रेडेशन प्रक्रिया है। इंपेयर्ड ऑटोफैगी को अनेक डिसऑर्डर्स के साथ संबंधित किया गया है जिसमें कैंसर एवं न्यूरोडिजेनरेशन शामिल हैं। जीवित कोशिकाओं में ऑटोफैगिक फ्लक्स को ट्रैक करने से ऑटोफैगी के संबंध में यांत्रिकीय जानकारी मिल सकती है एवं संभावित चिकित्साओं के रूप में ऑटोफैगी मॉड्युलेटर्स की तीव्र स्क्रीनिंग हो सकती है। अनुसंधानकर्ताओं ने टार्गेटबिलिटी एवं कोशिका-पर्मिएबिलिटी के वांछित लक्षणों को संयुक्त किया। इसका उद्देश्य ऑटोफैगी की इमेजिंग एवं ऑटोफैगिक फ्लक्स की ट्रैकिंग के लिए नवीन वाटर सोल्युबिल, कोशिका-पर्मिएबिल, विजिबिल-प्रकाश एक्साइटेबिल, पेप्टाइड-आधारित, फ्लूरोसेंट सेंसर को विकसित करना था। कोशिका-पर्मिएबिलिटी के साथ टार्गेटबिलिटी को संयुक्त करने वाली प्रॉब के प्रमुख लक्षणों से ऑटोफैगी लाइव की ट्रैकिंग द्वारा ऑटोफैगी मॉड्युलेटर्स की उच्च थ्रूपुट स्क्रीनिंग में एज मिलनी चाहिए।

संघनित पदार्थ भौतिकी एवं सामग्री विज्ञान विभाग:

स्पिन तरंगों का अध्ययन, डेटा भंडारण, संप्रेषण एवं लॉजिक सर्किटों के लिए स्पिनट्रॉनिक्स के क्षेत्र में किया जाता है जो कि इलेक्ट्रॉन्स को सब्सट्र्यूट करने की उनकी क्षमता पर आधारित है। मोनोलेयर CrI_3 एवं $\text{Cr}_2\text{Ge}_2\text{Te}_6$ जैसी 2डी प्रणालियों में चुंबकत्व की हाल की खोज से 2डी सीमा में चुंबकत्व के ऐसे प्रयोगों में रुचि फिर से जागृत हुई है। अनुसंधानकर्ताओं ने यूनिफॉर्म प्रिसेशनल रेसोनेंस मोड्स के साथ स्टैंडिंग स्पिन तरंगों के प्रत्यक्ष प्रमाण को वैन डेर वाॅल्स चुंबकीय पदार्थ CrCl_3 में प्रस्तुत किया। यह स्टैंडिंग स्पिनतरंग मोड्स का प्रथम प्रत्यक्ष निरीक्षण है जिसे वैन डेर वाॅल्स पदार्थ में 20 एमएम की मोटाई के साथ स्थापित किया गया है। अनुसंधानकर्ताओं ने मॉडरेट-आकार के क्वांटम कंप्यूटरों के निर्माण के लिए प्रभावी मल्टी-क्यूबिट बिलिंग ब्लॉक को उपलब्ध कराने के नवीन विचार पर फोकस किया। इस बिलिंग ब्लॉक को 'ट्राइमम' कहा जाता है। इसमें तीन

क्यूबिट्स के साथ दृढ़ ऑल-टू-ऑल युग्मन शामिल है। इस तीन-क्यूबिट प्रोसेसर के मुख्य लाभ को उच्च गुणवत्ता एन्टेनगलिंग ऑपरेशंस को करने की क्षमता के साथ दिखाया गया। इसमें अधिकांश आर्किटेक्चर में प्रयुक्त देशी दो-क्यूबिट मैनिपुलेशंस के विपरीत सभी तीन क्यूबिट्स को एक साथ प्रयुक्त किया जाता है। प्रोसेसर की यूनिवर्सलिटी का प्रदर्शन चार भिन्न क्वांटम यांत्रिकीय समस्याओं को हल करे दिखाया गया जिसकी सफलता दर मध्यम से उच्च थी।

अंतर्राष्ट्रीय सैद्धांतिक विज्ञान केंद्र, बैंगलुरु :

अनुसंधानकर्ताओं ने अंकीय एवं सैद्धांतिक रूप से क्षोभ में विषमदैशिक कणों की गतिकी का परीक्षण दोनों इन्शिया एवं गुरुत्वाकर्षण के लिए किया। इस दौरान कण, क्षोभ मेघों में आइस क्रिस्टलों के रिप्रिजेंटेटिव थे। यह पहला ठोस कदम सिरस मेघ अभिलक्षणों को क्वांटिफाई करने के लिए था जो आइस क्रिस्टल अभिविन्यास वितरण पर सेंसिटिवली निर्भर है। मेघ, पृथ्वी-वायुमंडल विकिरण बजट में सर्वाधिक अनिश्चितता को दर्शाते हैं एवं इस कार्य का उपयोग प्लानेटरी ग्रीनहाउस प्रभाव में उनके योगदान के आकलन में था। इस कार्य की संगति, पोल्युटेड डिसपर्शन, सूट उत्सर्जन एवं प्लैंकटोन गतिकी के साथ भी थी व इस तरह यह वायुमंडलीय एवं समुद्री विज्ञान समुदाय के लिए रुचि का विषय था। अन्य अध्ययन में सक्रिय कणों की तीन कक्षाओं की एकल-फाइल गतिकी : रन एण्ड टंबल कण, सक्रिय ब्राउनियन कण एवं सक्रिय ओर्नस्टेन-उलेनबेक कण का अध्ययन किया गया। उच्च सक्रियता वैल्यूज पर शुद्ध रिपल्लिव एवं शॉर्ट-रेंज बलों द्वारा अन्योन्यक्रियाकारी कणों का एग्गिगेशन, तुलनीय आकार के अनेक मोटाइल एवं गतिकीय क्लस्टर में होता है एवं ये बल्क चरण-सेग्रेगेशन को नहीं दर्शाते हैं। इस गतिकीय ठोस अवस्था में पाया गया कि इन एग्ग्रेट्स के क्लस्टर आकार का वितरण, समान स्केलिंग प्रकार्य के साथ सक्रिय कणों के तीनों मॉडलों में सघनता एवं सक्रियता पैरामीटर्स का स्केलड प्रकार्य है। इस अध्ययन से अन्योन्यक्रियाकारी सक्रिय कणों की एकल-फाइल गतिकी में यूनिवर्सल स्केलिंग व्यवहार का पता चला।

राष्ट्रीय रेडियो खगोलभौतिकी केंद्र, पुणे:

आकाशगंगाओं में गैस का महत्वपूर्ण भाग परमाणु हाइड्रोजन के रूप में होता है। उन्नत जीएमआरटी का प्रयोग निरीक्षित तारा-निर्माणकारी आकाशगंगाओं के औसत परमाणु हाइड्रोजन द्रव्यमान के मापन के लिए उनकी 8 अरब वर्ष पूर्व की स्थिति के अनुसार हुआ। यह अभी तक का सबसे दूरी का "लुकबैक टाइम" है जिसके लिए ऐसा मापन किया गया है। पाया गया कि हालांकि आकाशगंगाओं में परमाणु हाइड्रोजन का सबसे बड़ा भंडार है, तथापि वे ऐसी तीव्र गति से तारों का निर्माण कर रहे हैं कि यदि जारी गैस की आपूर्ति न हो, तो गैस अत्यंत शीघ्र खत्म हो जाएगी। अध्ययन से पता चला कि ऐसे समय में आकाशगंगाओं में गैस एक्शन में कमी,

तारा-निर्माणकारी आकाशगंगाओं में उच्च तारा-निर्माण दरों के लिए हो सकती है। यह कॉस्मिक तारा-निर्माण दर सघनता में गिरावट का संभावित कारण हो सकता है। अनुसंधानकर्ताओं ने उन्नत बृहत् मीटरतरंग रेडियो दूरदर्शी (यूजीएमआरटी) के साथ 2018 सीओडब्ल्यू पर तीव्र-उत्पन्न ब्लू प्रकाशिक ट्रांजिएंट (एफबीओटी) के निम्न आवृत्ति रेडियो निरीक्षण किए। यूजीएमआरटी प्रकाश वक्रताओं को सर्वोत्तम रूप से मॉडल, सिंक्रोट्रॉन उत्सर्जन के रूप में इंहोमोजेनस रेडियो-उत्सर्जी क्षेत्र से किया जाता है जिसका विस्तार ऑयोनाइज्ड माध्यम तक है। परिणामों की अनुरूपता पूर्व रेडियो, पराबैंगनी, एवं प्रकाशिक निरीक्षणों से 2018 सीओडब्ल्यू की निकटता में सघन सर्कमस्टैलर शैल की उपस्थिति की धारणा के साथ है।

राष्ट्रीय जैविक विज्ञान केंद्र, बेंगलुरु:

भारत विश्व का सबसे बड़ा फल उत्पादक है एवं द्वितीय सबसे अधिक जनसंख्या वाला देश है। अतः पोलिनेटर्स का महत्व भारत की खाद्य सुरक्षा के लिए है। भारत में विश्व के 10 सर्वाधिक प्रदूषित नगरों में 9 आते हैं किंतु पौधों एवं प्राणियों पर वायु प्रदूषण का प्रभाव लगभग अज्ञात है। परीक्षणकर्ताओं ने बेंगलूर में बहुपरती अध्ययन कार्य किया। इसका उद्देश्य प्रमुख भारतीय पोलिनेटर, द जायंट एशियन हनी बी, एपिस डोरसेटा पर वायु प्रदूषण के यांत्रिकीय प्रभावों को सहसंबंधित करना था। वायु प्रदूषण के प्रति एक्सपोज्ड वाइल्ड हनी बीस एवं लैब रियर्ड ड्रोसोफिला ने अंतरों को दिखाया। ये सरवाइवल, व्यवहार, हृदय दर, रक्त कोशिका गणना, एवं/या स्ट्रेस, इम्युनिटी व मेटाबोलिज्म से संबंधित जीन्स के एक्सप्रेसन से संबंधित थे। इस अध्ययन ने अंतर्राष्ट्रीय वायु गुणवत्ता मार्गदर्शी सिद्धांतों के संबंध में बेहतर जानकारी के लिए वाइल्ड सिस्टम्स पर अधिक अध्ययन कार्यों की अत्यावश्यकता को रेखांकित किया। प्राणि संरक्षण में सुधार क्रमविकासात्मक एवं आनुवांशिक इतिहास के ज्ञान द्वारा सुधारा जा सकता है। हालांकि सिंहों के क्रमविकासात्मक इतिहास एवं जेनोमिक परिवर्तन को अभी तक जाना नहीं गया है। विश्व के 70 प्रतिशत बाघों के भारत में होने के कारण ऐसा ज्ञान अनिवार्य है। परीक्षणकर्ताओं ने 65 अलग-अलग बाघों के जीनोम्स को पुनः अनुक्रमित किया जो भारत के बाघों पर विशेष जोर के साथ सर्वाधिक विद्यमान उपप्रजातियों को दर्शाते हैं। पूर्व के अध्ययन कार्यों द्वारा सुझाए अनुसार दृढ़ आनुवांशिक अंतरों को प्रसिद्ध बाघ उपजातियों के मध्य पाया गया। भारत में उच्च कुल जेनोमिक विविधता के बावजूद पृथक बाघों में होमोजाइगोसिटी के दीर्घ चक्र होते हैं। इससे संभवतः हाल की इंब्रीडिंग या फाउंडिंग इवेंट्स का पता चलता है जो शायद लघु एवं फ्रेगमेंटेड संरक्षित क्षेत्रों के कारण है। आश्चर्यजनक रूप से डेमोग्राफिक मॉडलों से उपप्रजातियों एवं दृढ़ जनसंख्या बाधाओं के मध्य हाल के डाइवर्जेंस (पिछले 20,000 वर्षों में) का पता चलता है।

टीआईएफआर अंतर्विषयी विज्ञान केंद्र, हैदराबाद:

अनुसंधानकर्ताओं ने हैलाइड पैरोवस्काइट्स में चार्ज कैरियर गतिकी में वाइब्रोनिनिक मोड्स की भूमिका की जानकारी में योगदान किया। इस अध्ययन ने दिखाया कि कैसे फोटोप्रेरित वाइब्रेशंस द्वारा लीड हैलाइड पैरोवस्काइट में अत्यंत तीव्र संरचनात्मक विरूपण हेतु योगदान किया जाता है। समान अध्ययन ने दिखाया कि कैसे अंतर्आण्विक वाइब्रेशंस द्वारा पेंटेसीन में सिंगलेट फिशन को सुगम किया जाता है। ठोस अवस्था एनएमआर तकनीक का प्रयोग करके अनुसंधान समूह ने धातु-हैलाइड पैरोवस्काइट सौर कोशिकाओं के स्थिरीकरण हेतु पाइपरिडीनियम सॉल्ट की भूमिका पर जानकारी उपलब्ध कराई। केल्विन प्रॉब आधारित मापनों का प्रयोग करके अनुसंधानकर्ताओं ने दोहरे हैलाइड पैरोवस्काइट $\text{Cs}_2\text{AgBiBr}_6$ में उपस्थित त्रुटियों के प्रकारों एवं सौर कोशिका निष्पादन पर उनके प्रभाव की खोज की। अनुसंधानकर्ताओं ने ठोस अवस्था नाभिकीय चुंबकीय रेसोनेंस में पद्धतियों का विकास किया। इसका उद्देश्य वर्तमान में प्रचलित प्रयोगात्मक स्थितियों की विस्तृत रेंज पर ज्यामिति पैरामीटरों के स्पेक्ट्रल विभेदन एवं सरल एक्सट्रैक्शन को उन्नत करना था। इन पद्धतियों से दिए गए अणु में अंतर्नाभिकीय दूरियों को प्राप्त करने एवं पैरामीटरों को क्रमित करने में सहायता मिलती है। इनसे संरचनात्मक एवं गतिकी सूचना मिलती है जिसमें गतिकी सूचना, एनएमआर स्पेक्ट्रोस्कोपी का अद्वितीय पहलू है। इन पद्धतियों के प्रमुख लक्षणों में विभिन्न प्रयोगात्मक पैरामीटरों में रोबस्टनेस, कम से शून्य पैरामीटरों से अधिकतम, सूचना प्राप्त करने की सुगमता एवं दोनों दृढ़ एवं दुर्बल रेश्जीम्स में युग्मनों का लक्ष्यीकरण शामिल है। इन पद्धतियों को विभिन्न आण्विक प्रणालियों में उपयोगी दर्शाया गया है। इनमें लघु अणुओं से प्रोटीन्स शामिल हैं।

होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केंद्र:

टीआईएफआर कुलाबा एवं एचबीसीएसई-टीआईएफआर ने संयुक्त रूप से विज्ञान विदुषी का आयोजन किया। यह प्रथम वर्ष एम.एससी (भौतिकी) में महिला छात्रों के लिए प्रगत कार्यक्रम है। इसे 01 जून से 20 जून, 2020 तक चलाया गया। मूल रूप से इसे एचबीसीएसई कैंपस में आयोजित किया जाना था किंतु विश्वमारी के चलते इसे ऑनलाइन स्कूल में परिवर्तित किया गया। विज्ञान विदुषी में लाइव ऑनलाइन क्लॉसरूम में 51 छात्रों ने प्रतिभागिता की एवं लाइव स्ट्रीम द्वारा 300 से अधिक छात्रों ने व्याख्यानो को सुना। इस अवसर पर टीआईएफआर/एचबीसीएसई के शिक्षकों, मार्गदर्शकों, संकाय सदस्यों, पोस्टडॉक्टोरल फैलोज एवं वैज्ञानिक अधिकारियों के अलावा टीआईएफआर के अनेक पूर्व स्नातक छात्रों ने प्रतिभागिता की। फीडबैक से पता चला कि छात्रों ने इस स्कूल को अत्यंत लाभदायक पाया। पर्यावरणीय शिक्षा का प्रमुख मंडेट, प्रो-एनवायरनमेंटल एक्शंस (पीईएस) में संलग्नता के लिए छात्रों को प्रेरित करना है। एक अध्ययन कार्य ने पीईएस की उत्पत्ति में एंबॉडीड कार्यों की भूमिका का अन्वेषण किया। यह वयस्क नगरीय-

कृषि समूह के अध्ययन कार्यों एवं एक स्कूल में छात्र-प्रेरित टैरेस फॉर्मिंग परियोजना पर आधारित था। अध्ययन कार्यों के परिणामों से पता चलता है कि समुदाय-आधारित एंबॉडीड पद्धतियों से कार्य-आधारित पेडागॉगीज को सपोर्ट किया जा सकता है जो छात्रों में पीईए को जन्म देती हैं। इसके अलावा एंबॉडीड अन्योन्यक्रिया एवं समुदाय प्रैक्टिसेस से उदीयमान प्रेरणा के सामान्य सैद्धांतिक मॉडल को, दो अध्ययन कार्यों के निष्कर्षों से प्रस्तुत किया गया।

आऊटरीच:

कोविड-19 विश्वमारी अद्वितीय है। टीआईएफआर एवं इसके केंद्रों की संलग्नता अनेक सूत्रपातों में रही है जो विश्वव्यापी विश्वमारी कोविड-19 के विश्लेषण एवं इसे कमजोर करने से संबंधित है। अनेक सदस्यों द्वारा सक्रिय रूप से कार्य, रोग से संबंधित सर्वोत्तम वैज्ञानिक तथ्यों एवं कमेंट्री को साथ में लाने के लिए किया जा रहा है। गलत सूचना को हटाते हुए विश्वसनीय सूचना को समझना चुनौतीपूर्ण है। बहु-संस्थागत एवं बहुभाषायी विज्ञान संप्रेषण सूत्रपात "कोविडज्ञान"का सृजन सिर्फ इस चुनौती से पार पाने के लिए किया गया। यह सामूहिक प्रयास है जो टाटा मूलभूत अनुसंधान संस्थान, भारतीय विज्ञान संस्थान (आईआईएससी), एवं टाटा मेमोरियल केंद्र (टीएमसी) के मध्य है। अन्य प्रमुख साझेदारों में विज्ञान प्रसार, इंडियाबॉयोसाइंस, एवं बैंगलोर जीवन विज्ञान क्लस्टर (बीएलआईएससी, जिसके अंतर्गत एनसीबीएस-टीआईएफआर के अतिरिक्त इंस्टैम एवं सी-कैप आते हैं) शामिल हैं। वेबसाइट (<https://covid-gyan.in/>) इस सूत्रपात का परिणाम है एवं यह कोविड-19 प्रकोप के रिस्पांस में संसाधनों के संग्रह को साथ में लाने के लिए हब है। अखिल-संस्थागत कोविडज्ञान वेबसाइट को 03 अप्रैल, 2020 को लांच किया गया। इस वेबसाइट पर अंग्रेजी एवं अनेक देशी भाषाओं में उपलब्ध विभिन्न लेखों, इंफोग्राफिक्स, पोडकास्ट्स एवं वीडियोज का लक्ष्य हमारे देश में दोनों वैज्ञानिक रूप से प्रवण नागरिक एवं आम

जनसमुदाय है। मुंबई गणित सर्कल को प्रतिभाशाली स्कूली छात्रों के लिए टीआईएफआर एवं सेंट जेवियर कॉलेज, मुंबई के सामूहिक प्रयास के रूप में प्रारंभ किया गया। 'गणित सर्कल'का उद्देश्य गणितीय विज्ञान में रुचि रखने वाले छात्रों की प्रतिभा को निखारना व उनका मार्गदर्शन करना है। यह किसी विशेष परीक्षा उद्देश्य तक सीमित हुए बिना गणित के ज्ञानार्जन एवं उसकी चर्चा करने का मंच है। यह, गणितीय विज्ञान में प्रवृत्ति एवं प्राकृतिक रुचि रखने वाले उच्च स्कूल एवं पूर्वस्नातक छात्रों को लक्षित करता है।

पुरस्कार:

बृहत् मीटरतरंग रेडियो दूरदर्शी (जीएमआरटी) ने फिर सम्मान व प्रमुख उपलब्धि को प्राप्त किया है। इसे आईईईई माइलस्टोन फैसिलिटी के रूप में चयनित किया गया है। यह सिर्फ तीसरा आईईईई माइलस्टोन सम्मान है जिसे भारतीय योगदान के लिए प्रदान किया गया है। इसके पूर्व 1895 में रेडियो तरंगों की उत्पत्ति एवं प्राप्ति दर्शाने के लिए सर जे.सी. बोस द्वारा किए गए शीर्ष कार्य के लिए एवं 1928 में सर सी.वी. रमन द्वारा नोबल पुरस्कार जीतने वाली खोज के लिए यह सम्मान दिया गया है। टीआईएफआर के वैज्ञानिकों ने इस अवधि के दौरान प्रतिष्ठित पुरस्कार जीते। राष्ट्रीय जैव विज्ञान केंद्र, बैंगलुरु की प्रोफेसर वत्सला थिरुमलई को 2020 के लिए शांति-स्वरूप भटनागर पुरस्कार दिया गया। टीआईएफआर, मुंबई के सैद्धांतिक भौतिकी विभाग की प्रोफेसर नीलमणि माथुर को 18 सितंबर, 2020 को ऑनलाइन समारोह में के सुपरकंप्यूटर्स द्वारा डॉ. ए.पी.जे. कलाम एचपीसी पुरस्कार प्रदान किया गया। प्रौद्योगिकी एवं कंप्यूटर विभाग के प्रोफेसर हरिहरण नारायण को नवंबर, 2020 में सर्व द्वारा स्वर्णजयंती फैलोशिप से सम्मानित किया गया। डॉ. दीपा अगाशे (एनसीबीएस, बैंगलुरु) को मई, 2020 में अमरीकन सोसायटी ऑफ नैचरलिस्ट्स द्वारा द वाइस प्रेसिडेंट ऑफ द अमरीकन सोसायटी ऑफ नैचरलिस्ट्स (2021-2023) के रूप में नामांकित किया गया।

प्रकाशनकर्ता
टीआईएफआर विज्ञान संप्रेषण कक्ष

डिजायन एवं संपादन
निशा यादव

हिंदी रूपांतरण
प्रशांत गोस्वामी

मुद्रणकर्ता
एसएम एंटरप्राइजेस, मुंबई

Tata Institute of Fundamental Research

Homi Bhabha Road, Mumbai

Annual Report

and

Audited Statement of Accounts

(2020–21)

Council of Management

Mr. Ratan N. Tata (Chairman)

Chairman, Sir Dorabji Tata Trust

Mr. K. N. Vyas (since 12.06.2019)

Secretary, Department of Atomic Energy & Chairman, Atomic Energy Commission

Dr. Srikumar Banerjee

Chancellor, Homi Bhabha National Institute

Mr. Ajay R. Sule (till 28.05.2020)

Joint Secretary (R&D), Department of Atomic Energy

Ms. Sushma Taishete (since 29.05.2020)

Joint Secretary (R&D), Department of Atomic Energy

Mr. Saurabh Vijay (till 27.09.2020)

*Secretary, Govt. of Maharashtra, Higher & Technical Education Department,
Nominee of the Govt. of Maharashtra*

Mr. Rajiv Jalota (from 28.09.2020 to 17.11.2020)

*Additional Chief Secretary, Govt. of Maharashtra, Higher & Technical Education Department
Nominee of the Govt. of Maharashtra*

Mr. Om Prakash Gupta (since 18.11.2020)

*Principal Secretary, Govt. of Maharashtra, Higher & Technical Education Department
Nominee of the Govt. of Maharashtra*

Dr. K. Kasturirangan

Trustee, Raman Research Institute Trust

Prof. Sandip P. Trivedi (till 07.10.2020)

Director, Tata Institute of Fundamental Research

Prof. S. Ramakrishnan (since 08.10.2020)

Director, Tata Institute of Fundamental Research

Honorary Fellows of TIFR

Prof. Ramanath Cowsik

Prof. Pierre René Deligne

Prof. Richard Robert Ernst

Prof. David Jonathan Gross

Prof. Anthony Hewish

Prof. Takaaki Kajita

Prof. Grigory Aleksandrovich Margulis

Prof. Saburo Miyake

Prof. David Bryant Mumford

Prof. Madabusi Santanam Raghunathan

Prof. Tiruppattur Venkatachalamurti Ramakrishnan

Prof. Chintamani Nagesa Ramachandra Rao

Prof. Michael Rosbash

Prof. K. R. Sreenivasan

Mr. Ratan Naval Tata

Prof. Samuel Chao Chung Ting

Prof. Sathamangalam Ranga Srinivasa Varadhan

Prof. James Dewey Watson

Academic Council

<i>Director, TIFR (Chairman)</i>	—	Prof. Sandip P. Trivedi (till 07.10.2020)
<i>Director, TIFR (Chairman)</i>	—	Prof. S. Ramakrishnan (since 08.10.2020)
<i>Dean, Graduate School (Convenor)</i>	—	Prof. Shubha Tole
<i>Centre Director, HBCSE</i>	—	Prof. K. Subramaniam
<i>Centre Director, NCBS</i>	—	Prof. Satyajit Mayor
<i>Centre Director, NCRA</i>	—	Prof. Yashwant Gupta
<i>Centre Director, TCIS</i>	—	Prof. V. Chandrasekhar
<i>Centre Director, ICTS</i>	—	Prof. Rajesh Gopakumar
<i>Dean, NSF</i>	—	Prof. Kalobaran Maiti
<i>Dean, MF</i>	—	Prof. Eknath P. Ghate
<i>Dean, TCSF</i>	—	Prof. Sandeep K. Juneja
<i>Dean, HBCSE</i>	—	Prof. Sugra I. Chunawala
<i>Dean, NCRA</i>	—	Prof. Jayaram N. Chengalur
<i>Dean, TCIS</i>	—	Prof. Surajit Sengupta
<i>Dean, ICTS</i>	—	Prof. Rama Govindarajan
<i>Dean, TIFR CAM</i>	—	Prof. K. Sandeep
<i>Dean, NCBS</i>	—	Prof. Upinder S. Bhalla
<i>Dean, Admin</i>	—	Prof. Sreerup Raychaudhuri
<i>Ex-Dean, GS</i>	—	Prof. Amol Dighe
<i>Convenor, BSB</i>	—	Prof. Sandhya P. Koushika
<i>Convenor, CSB</i>	—	Prof. Deepa Khushalani
<i>Convenor, MSB</i>	—	Prof. Aravind Nair
<i>Convenor, PSB</i>	—	Prof. Rudrajyoti Palit
<i>Convenor, TCSF</i>	—	Prof. Prahladh Harsha
<i>Chair, DAA</i>	—	Prof. Bhaswati Mookerjee

<i>Chair, DBS</i>	—	Prof. Krishanu Ray
<i>Chair, DCMPS</i>	—	Prof. P. L. Paulose
<i>Chair, DCS</i>	—	Prof. Sudipta Maiti
<i>Chair, DHEP</i>	—	Prof. Shashi R. Dugad
<i>Chair, DNAP</i>	—	Prof. G. Ravindra Kumar
<i>Chair, DTP</i>	—	Prof. Gautam Mandal
<i>Registrar</i>	—	Wg. Cdr. George Antony (Retd.)
<i>ISI, Delhi</i>	—	Prof. Rajendra Bhatia
<i>Director, L. V. Prasad Eye Inst.</i>	—	Prof. D. Balasubramanian
<i>IIT, Mumbai</i>	—	Prof. Vikram M. Gadre
<i>IISER, Mohali</i>	—	Prof. N. Sathyamurthy
<i>University of Calcutta</i>	—	Prof. Amitava Raychaudhuri

PREFACE

TIFR made significant contributions in various areas of science during the year 2020–2021, spanning Biological and Life Sciences, Chemical Sciences, Mathematics, Physical Sciences, Technology and Computer Science, and Science Education.

In Biological Sciences, researchers demonstrated a profoundly important role for the monoamine neurotransmitter, serotonin, as a key regulator of mitochondrial production and of bioenergetics in neurons. This work indicated that serotonin, via its actions on mitochondria plays a strongly neuroprotective role. This work has identified a pathway linking serotonin, via the longevity associated gene, *Sirt1*, to neuronal survival and the amelioration of mitochondrial dysfunction, with important implications for neurodegenerative and neuropsychiatric diseases.

At the National Centre for Biological Sciences, Bengaluru, researchers re-sequenced 65 individual tiger genomes representing most extant subspecies with a specific focus on tigers from India. Strong genetic differentiation between the putative tiger subspecies was found. Despite high total genomic diversity in India, individual tigers host longer runs of homozygosity, potentially suggesting recent inbreeding or founding events, possibly due to small and fragmented protected areas.

Excessive CO₂ emissions are a major cause of climate change, and hence reducing the CO₂ levels in the Earth's atmosphere is key to limit adverse environmental effects. Researchers from the Department of Chemical Sciences used water and magnesium and converted CO₂ to fuel (methane, methanol, and formic acid) and green cement in just a few minutes. This protocol can even be used for hydrogen production (940 liter per kg of Mg), which is nearly 420 times more than hydrogen produced by the reaction of Mg with water alone.

Researchers from the Department of Astronomy and Astrophysics used deep learning for prediction of solar wind (SW) properties. Extreme Ultraviolet images of the solar corona from space-based observations were analysed to predict the SW speed. TIRCAM2 (TIFR Near Infrared Imaging Camera - II) is proposed to be used on one of the side ports of the 3.6-m Devasthal Optical Telescope for regular science observations. It was successfully tested on one of the side ports of the largest Indian telescope, DOT, in collaboration with ARIES, Nainital. The first light from this port was seen on May 04, 2020. This achievement is significant since the efficiency of the telescope will drastically increase with two instruments being available for near simultaneous observations during any particular night.

A significant fraction of the gas in galaxies is in the form of atomic hydrogen. The upgraded GMRT was used to measure the average atomic hydrogen mass of star-forming galaxies observed as they were 8 billion years ago. This is, by far, the furthest 'lookback time' for which such a measurement has been made. It was found that although the galaxies have a large reservoir of atomic hydrogen, they are also forming stars at such a rapid rate that the gas would be very quickly exhausted, unless there is ongoing infall of gas.

Spin waves are studied for data storage, communication, and logic circuits in the field of spintronics based on their potential to substitute electrons. The recent discovery of magnetism in 2D systems such as monolayer CrI₃ and Cr₂Ge₂Te₆ has led to a renewed interest in such applications of magnetism in the 2D limit. Researchers from the Department of Condensed Matter Physics and Materials Science presented direct evidence of standing spin waves along with the uniform precessional resonance modes in the van der Waals magnetic material, CrCl₃. This is the first direct

observation of standing spinwave modes, set up along a thickness of 20 mm, in a van der Waals material.

Researchers at the TIFR Centre for Interdisciplinary Sciences, Hyderabad, developed methods in solid-state nuclear magnetic resonance to improve spectral resolution and easy extraction of geometry parameters over a wide range of experimental conditions currently in vogue. The methods help in obtaining internuclear distances and order parameters in a given molecule. Salient features of these methods include robustness to various experimental parameters, less to no parameters to optimise, ease of extraction of information, and targeting couplings in both strong and weak regimes. The methods have been shown to be useful in a variety of molecular systems, from small molecules to proteins.

The Higgs boson (H), discovered in 2012 by the ATLAS and CMS experiments, is the pinnacle of the scientific results obtained so far from the CERN-LHC. The experimental measurements are compared with predictions from the standard model (SM), to vindicate it or to look for hints of physics beyond SM, nature of which is yet unknown. The SM also depicts H interacting with itself due to which 3 or 4 of them may couple via a single vertex. The strength of the self-coupling λ , determines the shape of the Higgs potential which has a considerable impact on our understanding of the properties of the very early universe and its future. Using proton-on-proton collision data at centre-of-mass energy of 13000 GeV and collected by CMS experiment during 2016 through 2018, the CMS international collaboration recently derived the best constraint on the value of λ to date. These results are extremely encouraging to pin down the nature of H.

In Nuclear and Atomic Physics, a study overturned a dominant six-decade old notion that the giant magnetic field in a high intensity

laser produced plasma evolves from the nanometre scale. Instead the field actually originates at macroscopic scales defined by the boundaries of the electron beam that is propagating in the plasma. This could alter our understanding of magnetic fields in astrophysics and laser fusion and may help in designing next generation high energy particle sources for imaging and therapies.

Flavor-dependent neutrino emission is critical to the evolution of a supernova and its neutrino signal. In the dense anisotropic interior of the star, neutrino-neutrino forward scattering can lead to fast collective neutrino oscillations, which has striking consequences. A theory of fast flavor depolarization was presented by the researchers of the Department of Theoretical Physics, explaining how neutrino flavor differences become smaller, i.e., depolarize, due to diffusion to smaller angular scales.

Researchers at the International Centre for Theoretical Sciences, Bengaluru examined, numerically and theoretically, the dynamics of anisotropic particles in turbulence, accounting for both inertia and gravity; the particles being representative of ice crystals in turbulent clouds. This was the first concrete step towards quantifying Cirrus cloud characteristics, which depend sensitively on the ice crystal orientation distribution. Clouds constitute the greatest uncertainty in the Earth-atmosphere radiation budget, and this work had implications towards estimating their contribution to the planetary greenhouse effect.

TIFR Colaba and HBCSE-TIFR jointly organised Vigyan Vidushi, an advanced programme in physics for women students in the first year M.Sc (Physics) in June 2020. Vigyan Vidushi was converted to an online school due to the pandemic. Vigyan Vidushi catered to 51 students in a live online classroom and 300 more students attended the lectures via live stream. The teachers and mentors were present faculty members, postdoctoral fellows and scientific officers of

TIFR/HBCSE, and several past graduate students of TIFR. Feedback indicated that students found the school to be extremely useful.

At the School of Mathematics, work was carried out on several questions and problems in Algebraic Geometry, Complex Analysis, Ergodic Theory, Group Theory, Number Theory, Probability etc. Establishing the existence of phase transition of a model is one of the most fundamental problems in the rigorous, mathematical treatment of Statistical physics. A novel technique was developed in the particular context of phase transition for independent percolation model on general quasitransitive graphs. The technique developed in the work also provided a new paradigm for proving existence of phase transition for various other models of interest.

Researchers from the School of Technology and Computer Science proposed a new algorithm called Masked Adversarial Auto-encoder (MaskAAE), where the true dimensionality of the latent space is learnt via the operation of masking the encoded latent space in an autoencoder. MAAE is able to discard the spurious number of dimensions through this process of masking, thereby marking a significant departure from the existing frameworks where an assumption is made on the size of the latent dimensions a priori. MAAE brings the generative quality of the AAE model closer to that of the generative adversarial networks (GANs) and thereby provides state-of-the-art generative modelling for both the synthetic and real world data sets. The algorithm is thoroughly backed by a sound theoretical framework.

TIFR and its Centres have been involved in several initiatives concerned with analyzing and understanding the debilitating global pandemic COVID-19. It is a challenge to comprehend reliable information while filtering out misinformation. A multi-institutional, multi-lingual science communication initiative, called CovidGyan, was created to deal with just this challenge. This is a collaborative effort between the Tata Institute of Fundamental Research, the Indian Institute of Science and Tata Memorial Centre. Other prominent partners include Vigyan Prasar, IndiaBioscience, and the Bangalore Life Science Cluster. The website (<https://covid-gyan.in/>) is an outcome of this initiative and serves as a hub to bring together a collection of resources in response to the COVID-19 outbreak. The pan-institutional CovidGyan website was launched on 03 April 2020. Various articles, infographics, podcasts and videos available in English and multiple vernacular languages on this website are aimed at both the scientifically inclined citizenry and the public at large in our country.

The Giant Metrewave Radio Telescope (GMRT) achieved yet another honour and major landmark: it was selected as an IEEE Milestone facility. This is only the third such IEEE Milestone recognition for an Indian contribution, to date. Scientists from TIFR received prestigious awards during this period. We continue with our efforts and look forward to the coming year.

S. Ramakrishnan
Director

Awards and Distinctions

NATIONAL

Vatsala Thirumalai (NCBS) — Shanti Swarup Bhatnagar Prize for 2020
(awarded by CSIR, Sep. 2020)

Kedar Damle (DTP) — J. C. Bose Fellowship
(awarded by SERB, DST (India), Jan. 2021)

Shiraz Minwalla (DTP) — J. C. Bose Fellowship
(awarded by Department of Science and Technology, Govt. of India, Aug. 2020)

Hariharan Narayanan (STCS) — Swarna Jayanti Fellowship
(awarded by SERB, 2020)

Anand T. Vaidya (TCIS) — Ramalingaswami Fellowship
(awarded by DBT, Govt. of India, Mar. 2021)

INSA Medal for Young Scientist 2020 —
Riddhipratim Basu (ICTS)
Shyam Sundar Ghoshal (CAM)
Karthik V. Raman (TCIS)
(awarded by the Indian National Science Academy, New Delhi, Oct. 2020)

Anirban Basak (ICTS) — Young Scientist Platinum Jubilee Award
(awarded by The National Academy of Sciences, India, Feb. 2021)

Sushil Mujumdar (DNAP) — P. K. Iyengar Memorial Award 2020
(awarded by the Indian Physics Association, 29 Nov. 2020)

Chandra, Poonam (NCRA) — Laxminarayana & Nagalaxmi Modali Award
(awarded by Astronomical Society of India, Feb. 2021)

Nilmani Mathur (DTP) — APJ Kalam HPC Award
(awarded by CRAY, Sep. 2020)

Uma Ramakrishnan (NCBS) — Horni Bhabha Award in Science Education 2020
(awarded by the TIFR Endowment Fund)

B. Satyanarayana (DHEP) — Horni Bhabha Award in Science Education 2020
(awarded by the TIFR Endowment Fund)

Gurinder Singh (HBCSE) — Best Thesis Award 2019-20: TAA Science Education Award
(awarded by Tata Institute of Fundamental Research, Deemed University, 28 Oct. 2020)

Geetanjali Date (HBCSE) — Best Thesis Award 2019-20: TAA Science Education Award

(awarded by Tata Institute of Fundamental Research, Deemed University, 28 Oct. 2020)

V. C. Jacob (HBCSE) — Lifetime Distinguished Service Award 2020

(awarded by Tata Institute of Fundamental Research, 28 Oct. 2020)

Siddharth Bhandari and Sayantan Chakraborty (Students, STCS) — Best Student Paper Award

(awarded by STOC 2020)

Kaushal D. Buch, Kishor D. Naik, Swapnil Nalawade, Shruti Bhatporia, Ajithkumar B., Yashwant Gupta (NCRA) — Best Paper Award: IETE-CDIL (Best Paper of the year 2020)

(awarded by Institution of Electronics and Telecommunication Engineers (IETE) – India, 2020)

Praachi Tiwari (Research Scholar, DBS) — Sun Pharma Scholar Award for 2020

Fellows of the Indian National Science Academy —

Abhishek Dhar (ICTS)

Eknath Ghate (School of Mathematics)

Shiraz Minwalla (DTP)

Mahesh Sankaran (NCBS)

(awarded by the Indian National Science Academy, New Delhi)

Vivek Polshettiwar (DCS) — Fellow, National Academy of Sciences, India (NASI)

(awarded by National Academy of Sciences, India, 01 Jan. 2021)

Vishal Vasani (ICTS) — Elected Associate, Indian Academy of Sciences

(awarded by the Indian National Science Academy, New Delhi, Aug. 2020)

Mahan Mj (School of Mathematics) — IIT Kharagpur Life Fellow, 2021

(awarded by the IIT Kharagpur Council, Feb. 2021)

Sabyasachi Mukherjee (School of Mathematics) — Start-up Research Grant

(awarded by SERB, 07 Dec. 2020)

Anand Sawant (School of Mathematics) — Start-up Research Grant

(awarded by SERB, Dec. 2020)

Subhro Bhattacharjee (ICTS) — Quantum Materials Grant under the NanoMission Special Project and includes researchers from IISc, IACS, TIFR-Mumbai and other research institutions in the country (awarded by DST, Govt. of India, July 2020)

Anusheela Chatterjee and Aprotim Mazumder (TCIS) — The 1st IndiaBioscience Outreach Grant Award (awarded by IndiaBioscience, Sep. 2020)

Rama Govindarajan (ICTS) — Jury Member, Abdul Kalam HPC Award

(awarded by CRAY, 2020)

Rama Govindarajan (ICTS) — Council Member, National Academy of Sciences, India, Prayagraj National Academy of Sciences, Prayagraj (Allahabad), since 2020

Rama Govindarajan (ICTS) — Chairperson, Advisory Committee, CSIR Young Scientist Award for 2020 in Engineering Sciences
(awarded by CSIR, 2020)

Chandra, Poonam (NCRA) — Faculty Associate
(awarded by ICTS Bangalore, May 2021)

Sugra Chunawala (HBCSE) — Member, Academic Council, Dr. Homi Bhabha State University, Mumbai
(Homi Bhabha State University, Mumbai, 22 May 2020)

Sugra Chunawala (HBCSE) — Member, Thematic group (TG – Capacity Development) as part of the Science, Technology, and Innovation Policy (STIP) 2020 Initiative
(The Office of Principal Scientific Adviser to the Government of India (Office of PSA) and the Department of Science and Technology (DST), June - July 2020)

INTERNATIONAL

P. Ajith (ICTS) — TWAS-CAS Young Scientists Award for Frontier Science
(awarded by The World Academy of Sciences, Dec. 2020)

Ravindra Venkatramani (DCS) — Fellow of the Royal Society of Chemistry
(awarded by the Royal Society of Chemistry, UK, 2015 – Present)

Shriharsh Tendulkar (DAA) — Prof. M. K. Vainu Bappu Gold Medal
(awarded by Astronomical Society of India, 20 Feb. 2021)

T. N. Narayanan (TCIS) — Journal of Materials Chemistry A - 2020 Emerging Investigators
(awarded by Royal Society of Chemistry, 2020)

Ben Wigley (post-doctoral fellow in Prof. Sankaran's laboratory, NCBS) — Julie S. Denslow Prize for the Outstanding Paper in Biotropica 2020
(awarded by Biotropica, Nov. 2020)

Rahul Vaze (STCS) — Best Paper Award IFIP Performance 2020
(awarded by the Technical Program Committee, Performance 2020, Nov. 2020)

Rahul Vaze (STCS) — Best Paper Award WiOpt2020
(awarded by the Technical Program Committee, WiOpt 2020, June 2020)

Arkadev Chattopadhyay (STCS) — Paper adjudged as one of the top papers in Algorithms for 2020-21
(awarded by the Program Committee of HALG 2020, Aug. 2020)

Soumya Bhattacharyya (DTP) — Postdoctoral Fellowship
(awarded by Academia Sinica, Taiwan, Jan. 2021)

Amit Apte (ICTS) — VAJRA Grant

(awarded by SERB of the Department of Science and Technology, Government of India, Dec. 2020)

Mitra, Dipanjan (NCRA) — CEFIPRA Grant

(Indo-French Centre for the Promotion of Advanced Research (IFCPAR/CEFIPRA), Jan. 2018)

Mahan Mj (School of Mathematics) — Eisenbud Research Professor, Fall 2020, MSRI Special Semester on ‘Arithmetic and Random Methods in Topology’

(awarded by MSRI, Aug. 2020)

Deepa Agashe (NCBS) — Vice President, American Society of Naturalists (2021 - 2023)

(American Society of Naturalists, May 2020)

P. K. Mohanty (DHEP) — Representative to the Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics (SCOSTEP) Bureau

(awarded by IUPAP, Jan. 2021)

Sumantra Chattarji (NCBS) — Lifetime Member of EMBO

(awarded by EMBO, July 2020)

M. Rameez (DHEP) — Distinguished EPJ Referee for 2020

(awarded by EPJ, Jan. 2020)

Rama Govindarajan (ICTS) — Member, Committee to decide the winner of Bachelor Prize 2020

(IUTAM (International Union of Theoretical and Applied Mechanics), 2020)

Rama Govindarajan (ICTS) — Member, APS-DFD Fellowship Selection Panel

(awarded by APS, 2020-21)

Giant Metrewave Radio Telescope (GMRT) — IEEE Milestone Facility award for the GMRT

(awarded by IEEE Board, Nov. 2020)

Faculty

Trivedi, Sandip P. (Director, till 07.10.2020)
Ramakrishnan, S. (Director, since 08.10.2020)

School of Mathematics

Bhattacharya, Amitava	Nair, Arvind N.
Bhattacharya, Siddhartha	Parameswaran, A. J.
Biswas, Indranil	Prasad, Dipendra (till 14.04.2020)
Das, Omprakash (since 02.07.2019)	Rajan, C. S.
Deshpande, Tanmay N.	Roushon, S. K.
Fakhruddin, N.	Sankaranarayanan, A.
Ghate, Eknath P.	Sawant, Anand (since 01.04.2019)
Ghosh, Anish	Sridharan, Raja
Holla, Yogesh I.	Srinivas, V.
Krishna, Amalendu	Subramanian, S.
Mahan, Mj.	Trivedi, Vijaylaxmi G.
Mondal, Sugata	Varma, Sandeep V.
Mukherjee, Sabyasachi (since 29.07.2019)	Venkataramana, T. N.
Mukhopadhyay, Swarnava (since 14.08.2019)	

Adjunct Faculty

Bader, Uri, Weizmann Institute of Science, Israel (since 01.01.2019)
Campana, Frederic, Universite de Lorraine, France (since 01.01.2019)
Clozel, Laurent, France (since 01.01.2019)
Ramakrishnan, Dinakar, California Institute of Technology, USA (since 01.01.2019)
Velani, Sanju L., University of York, United Kingdom (since 01.01.2019)

TIFR Centre for Applicable Mathematics, Bengaluru

Adimurthi, Karthik	Koley, Ujjwal
Aravinda, C. S.	Krishnan, Venkateswaran P.
Banerjee, Agnid	Maity, Debayan
Biswas, Imran H.	Ramachandran, Koushik
Chandgotia, Nishant (since 01.09.2020)	Sandeep, K.
Chandrashekar, Praveen	Shrinivasan, Prashanth K.
Ghoshal, Shyam Sundar	Sivaguru, R.
Gowda, G. D. Veerappa (till 31.07.2020)	Vadlamani, Sreekar
Karmakar, Debabrata	

Adjunct Faculty

Nair, Ramachandran D. Institute for Mathematics Applied to Geosciences, USA (till 31.05.2021)
Sire, Yannick, Johns Hopkins University, USA (since 01.01.2019)

School of Technology and Computer Science

Asnani, Himanshu
Bhaskar, Umang
Chattopadhyay, Arkadev
Guha, Shibashis (since 01.09.2020)
Harsha, Prahlad
Juneja, Sandeep K.
Kavitha, T.
Narayanan, H.
Pandya, Paritosh K.

Prabhakaran, Vinod M.
Radhakrishnan, Jaikumar
Raja, N.
Saptharishi, Ramprasad
Sen, Pranab G. D.
Srinivasan, Akshayaram (since 06.08.2020)
Srivastava, Piyush
Vaze, Rahul

Adjunct Faculty

Borkar, V. S., Indian Institute of Technology, Mumbai (since 01.10.2018)
Jain, Rahul, NUS, Singapore (Adjunct VAJRA Faculty, till 31.05.2021)
Kayal, Neeraj, Microsoft Research Lab India, Bangalore (since 01.02.2020)
Mazumdar, Ravi R., University of Waterloo, Canada (since 01.05.2019)
Netrapalli, Praneeth, Microsoft Research India, Bangalore (since 01.05.2020)
Shah, Devavrat, Massachusetts Avenue, Cambridge, USA (till 28.02.2021)

School of Natural Sciences

Department of Astronomy and Astrophysics

Antia, H. M. (till 30.11.2020)
Bhattacharyya, Sudip
Chatterjee, Sourav
Ghosh, Swarna K. (till 30.09.2020)
Gopakumar, A.
Hanasoge, Shravan M.

Mookerjee, Bhaswati
Ojha, Devendra K.
Puravankara, Manoj
Singh, Tejinder P.
Tendulkar, Shriharsh (since 14.10.2020; Joint appointment with NCRA)

Department of Biological Sciences

Das, Debasis
Kolthur, Ullas, S.
Koushika, Sandhya P.
Maithreyi, R. Narasimha
Mallik, Roop (till 30.07.2020)
Mishra, Mithilesh

Nair, Sreelaja (till 25.09.2020)
Ray, Krishanu
Sonawane, Mahendra S.
Tole, Subha
Vaidya, Vidita A.

Adjunct Faculty

Kamat, Siddhesh, Indian Institute of Science Education and Research, Pune (since 01.05.2020)
Menon, Gautam I., The Institute of Mathematical Sciences, Chennai (till 31.05.2021)

Department of Chemical Sciences

Dasgupta, Jyotishman
Datta, Ankona
Khushalani, Deepa

Patra, Malay
Polshettiwar, Vivek
Venkatramani, Ravindra

Koti, A. Sri Rama
Maiti, Sudipta
Mazumdar, Shyamalava

Voora, Vamsee K.
Wategaonkar, S. J. (till 31.03.2021)

Adjunct Faculty

Kuo, Jer-Lai, Institute of Atomic and Molecular Sciences, Taiwan (till 31.05.2021)

Department of Condensed Matter Physics and Materials Science

Bhattacharya, Arnab
Chatterjee, Shouvik (since 21.08.2020)
Deshmukh, Mandar M.
Ghosh, Sandip
Ghosh, Shankar
Gopal, Achanta V.
Maiti, Kalobaran

Paulose, P. L.
Prabhu, Shriganesh S.
Ramakrishnan, S.
Raychaudhuri, Pratap
Singh, Bahadur (since 27.07.2020)
Thamizhavel, A.
Vijayaraghavan, R.

Adjunct Faculty

Gupta, Subhasish Dutta, University of Hyderabad, Hyderabad (from 01.09.2017 to 31.08.2020)

Levine, Dov, Technion-Israel Institute of Technology, Israel (since 01.05.2019)

Department of High Energy Physics

Chitnis, Varsha R.
Dugad, Shashi R.
Guchait, Monoranjan
Krishnan, N. (till 31.10.2020)
Majumder, Gobinda

Mazumdar, Kajari
Mohanty, Gagan B.
Mohanty, Pravata K.
Rameez, Mohamed (since 21.10.2020)
Unnikrishnan, C. S.

Department of Nuclear and Atomic Physics

Datta, Sourav
Krishnamurthy, M.
Mazumdar, Indranil
Misra, Deepankar
Mujumdar, Sushil A.
Nanal, Vandana S.

Pal, Subrata
Palit, Rudrajyoti
Prabhudesai, Vaibhav S.
Ravindrakumar, G.
Tribedi, Lokesh C.

Adjunct Faculty

Garg, Umesh, University of Notre Dame, USA (till 28.02.2021)

Rajeev, P. P., Rutherford Appleton Laboratory, Oxford, UK (since 01.02.2020)

Department of Theoretical Physics

Damle, Kedar S.
Dasgupta, Basudeb
Datta, Saumen
Dighe, Amol S.
Gadde, Abhijit

Mathur, Nilmani
Minwalla, Shiraz
Raychaudhuri, Sreerup
Roy, Tuhin S.
Sadhu, Tridib

Gupta, Sourendu
Khatri, Rishi
Kulkarni, G. P.
Majumdar, Subhabrata
Mandal, Gautam

Sensarma, Rajdeep
Sharma, Rishi
Sridhar, K.
Tripathi, Vikram
Trivedi, Sandip P.

Adjunct Faculty

Bali, Gunnar S., Universität Regensburg, Germany (since 01.10.2018)
Das, Sumit Ranjan, University of Kentucky, USA (from 01.03.2018 to 28.02.2021)
Dhar, Deepak, Indian Institute of Science Education and Research, Pune (since 01.05.2020)
Jain, Bhuvnesh, University of Pennsylvania, Philadelphia, U.S.A. (since 01.05.2020)
Majumdar, Satya Narayan, Université Paris-Sud, France (from 01.03.2018 to 28.02.2021)
Mukhi, Sunil, Indian Institute of Science Education and Research, Pune (till 31.05.2021)
Vishwanath, Ashvin, Harvard University, USA (since 01.01.2019)

Homi Bhabha Centre for Science Education

Chandrasekharan, Sanjay
Chari, Deepa
Chunawala, Sugra I.
De, Prithwijit
Gupta, Ankush
Gupta, Ayush (since 01.10.2020)
Joshi, Paresh K.
Khaparde, Rajesh B.
Ladage, Savita A.

Mashood, K. K.
Mazumdar, Anwesh
Mishra, K. K.
Nagarjuna, G.
Sengupta, Tathagata
Subramaniam, K.
Sule, Aniket P.
Vartak, Rekha R.
Vijapurkar, Jyotsna (till 30.11.2020)

Adjunct Faculty

Sengupta, Pratim, University of Calgary, Canada (since 01.02.2020)

National Centre for Biological Sciences

Agashe, Deepa
Badrinarayan, Anjana
Bhalla, Upinder S.
Brockmann, Axel
Chakrabarti, Shaon (since 1.7.2020)
Chattarji, Sumantra
Das, Ranabir
Das, Soumyashree (since 02.11.2020)
Ghosh, Hiya Singhee
Gosavi, Shachi S.
Krishna, Sandeep
Krishna, Sudhir (till 30.11.2020)
Kunte, Krushnamegh J.
Kutti, Ragunath Vinothkumar
Ladher, Rajesh Kumar
Mayor, Satyajit

Padinjat, Raghu
Radhakrishnan, Sabarinathan
Raju, Archishman (since 1.2.2021)
Ramakrishnan, Uma
Ramesh, Arati
Rao, Madan
Sankaran, Mahesh
Seshasayee, Aswin Sai Narain
Shivaprasad, P. V.
Sowdhamini, R.
Sundaramurthy, Varadharajan
Thattai, Mukund
Thirumalai, Vatsala
Thutupalli, Shashi
Udgaonkar, Jayant B. (On deputation to IISER, Pune)

Notani, Dimple
Olsson, Shannon B.
Sane, Sanjay P.

Venkatesan, Radhika (On deputation to
IISER, Kolkata)
Viswanath, Shruthi

Adjunct Faculty

Jain, Sanjeev, NIMHANS, Bengaluru, India (from 01.09.2017 to 31.08.2020)
Karanth, Ullas, Wildlife Conservation Society, Bengaluru, India (from 01.09.2017 to 31.08.2020)
Malhotra, Vivek, Centre for Genomic Regulation, Spain (from 01.09.2017 to 31.08.2020)
Ramaswami, Mani, Institute for Neuroscience, Ireland (from 01.09.2017 to 31.08.2020)
Shilo, Ben-Zion, Weizmann Institute of Science, Israel (Adjunct VAJRA Faculty, since 1.09.2019)
Spudich, James A., Stanford University School of Medicine, USA (from 01.09.2017 to 31.08.2020)

National Centre for Radio Astrophysics

Bhattacharyya, Bhaswati
Chandra, Poonam
Chengalur, Jayaram N.
Choudhury, Tirthankar Roy
Gupta, Yashwant
Ishwara Chandra, C. H.
Joshi, Bhal Chandra
Kale, Ruta
Kanekar, Nissim

Kharb, Preeti
Lal, Dharam Vir
Mitra, Dipanjan
Oberoi, Divya
Roy, Jayanta
Roy, Subhashis
Shriharsh Tendulkar (Joint appointment with DAA)
Wadadekar, Yogesh G.

International Centre for Theoretical Sciences

Ajith, P.
Apte, Amit
Basak, Anirban
Basu, Riddhipratim
Bhat, Pallavi (since 01.12.2020)
Bhattacharjee, Subhro
Dey, Rukmini
Dhar, Abhishek
Gopakumar, Rajesh
Govindarajan, Rama

Krishnamurthy, Vijay Kumar
Kulkarni, Manas
Kumar, Prayush (since 05.01.2021)
Kundu, Anupam
Loganayagam, R.
Pandit, Pranav Sudhir
Raju, Suvrat
Ray, Samriddhi Sankar
Vasan, Vishal

Adjunct Faculty

Nanjundiah, Ravi S., Indian Institute of Tropical Meteorology, Pune (since 01.01.2019)

TIFR Centre for Interdisciplinary Sciences

Agarwal, Vipin
Chandrasekhar, V.
Dani, Adish

Mote, Kaustubh R.
Narayanan, T. N.
Nandi, Saroj Kumar

Das, Tamal
Garai, Kanchan
Ghosh, Soumya
Jaiswal, Manish
Jana, Anukul
Karmakar, Smarajit
Krishnamurthy, M.
Madhu, P. K.
Mandal, Kalyaneswar
Mazumder, Aprotim
Mondal, Jagannath

Nayak, Pabitra Kumar
Perlekar, Prasad S.
Ramakrishnan, Raghunathan
Ramola, Kabir
Sengupta, Surajit (till 18.03.2021)
Shirhatti, Pranav R.
Vaidya, Anand Teertha
Vallurupalli, Pramodh
Venkataraman, Karthik
Vig, Monika

Adjunct Faculty

Chattopadhyay, Amitabha, CCMB, Hyderabad, India (since 01.10.2018)
Huster, Daniel, University of Leipzig, Germany (since 01.10.2018)
Kang, Gagandeep, The Wellcome Trust Research Laboratory, Christian Medical College, Vellore (since 02.11.2020)
Ramaswamy, Sriram, Indian Institute of Science, Bengaluru, India (till 31.01.2020)
Roesky, H. W., University of Goettingen, Germany (since 01.02.2020)

Administration and Services

ADMINISTRATION

<i>Registrar & Secretary to the Council of Management</i>	:	Wg Cdr Antony, George (Retd.)
<i>Deputy Registrar</i>	:	Col Gokhale, Sanjay B. (Retd.)
<i>Assistant Registrar (Academic)</i>	:	Bhoir, A. D.
<i>Secretary, IWG</i>	:	Shinde, M. D.
<i>Head, Accounts</i>	:	Paithankar, Kishore S.
<i>Head, Establishment</i>	:	Athavale, Milind A.
<i>Public Relations Officer</i>	:	Ambekar, Raju P.
<i>Legal Officer</i>	:	Dikshit, Sucheta S.
<i>Purchase & Stores Officer</i>	:	Baghele, Deepak B.
<i>Security & Fire Officer</i>	:	Joshi, Bharat B.
<i>Administrative Officer (C), General Administration</i>	:	Felix, T. J.
<i>Head, Administration, HBCSE</i>	:	Raul, V. P.
<i>Head, Administration & Finance, NCRA, Pune</i>	:	Solanki, J. K.
<i>Head, Administration & Finance, NCBS, Bengaluru</i>	:	Pandian, K. P.
<i>Administrative Officer (D), CAM, Bengaluru</i>	:	Kannan, C. J.
<i>Administrative Officer (D), ICTS, Bengaluru</i>	:	De, Abhijit
<i>Administrative Officer (C), TCIS, Hyderabad</i>	:	Hari Prasad, D.
<i>Administrative Officer (D), NBF, Hyderabad</i>	:	Manohar, D.

SERVICES

<i>Chief Engineer, Tech. Services & Central Workshop</i>	:	Sinha, Sangam
<i>Head, Medical Section</i>	:	Raghavan, Sandhya
<i>Head, Information System Development Group</i>	:	Goel, Nihita
<i>Head, Scientific Information Resource Centre</i>	:	Prabakaran, R.
<i>Scientific Officer (F), Low Temperature Facility</i>	:	Srinivasan, K.V.

**Highlights of the Research Activities of T.I.F.R.
(2020–2021)**

School of Mathematics

Algebraic Geometry

- **The Log Minimal Model Program for Kahler 3-Folds**

In this work researchers proved the existence of the Log Minimal Model Program (LMMP) for Kahler 3-folds for DLT singularities. Previously the existence was mainly known for the ‘Terminal singularity’ case. Extension of this result to the DLT case makes it much more applicable than before. [Contact person: Omprokash Das]

- **Boundedness of Pluri-Canonical maps for surfaces of general types in char $p>0$**

The log-version of the boundedness result was proved for pluri-canonical maps in dimension 2 in positive characteristic. In characteristic 0 it is known in all dimension by a celebrated theorem of Hacon and McKernan. However, their technique fails in positive characteristic. In the current work the researcher uses a different method to prove this result in characteristic $p>0$. [Contact person: Omprokash Das]

- **Kawamata-Viehweg Vanishing Theorem for del Pezzo Surfaces over Imperfect Fields**

It was shown that the important cohomological vanishing theorem, known as the Kawamata-Viehweg vanishing theorem holds for regular del Pezzo surfaces defined over possibly non-algebraically closed fields. This kind of results are useful for studying Mori fiber spaces in positive characteristic. [Contact person: Omprokash Das]

Galois Representations

- **Lifting and modularity of reducible mod p Galois representations**

In this work a general lifting theorem for Galois representations valued in (possibly disconnected) split reductive groups was proved. As an application for most reducible odd two dimensional Galois representations of the Galois group of the field of rational numbers were shown to be modular (i.e., a version of Serre’s conjecture also holds for reducible representations) and a similar result for arbitrary dimensional representations of the Galois group of a function field in one variable with finite constant field was also proved. [Contact person: Najmuddin Fakhruddin]

Essential Dimension

- **Fixed points, local monodromy and incompressibility of congruence covers**

A criterion for bounding essential dimension of covers using local monodromy was proved. Using this criterion it was shown that many congruence covers of Shimura varieties corresponding to tube domains with rational boundary components, including some exceptional ones, are incompressible. Similar incompressibility results were proved for covers of the moduli space of curves. [Contact person: Najmuddin Fakhruddin]

Representation Theory

- **Non-admissible representations of p -adic reductive groups**

Let p be a prime. It is a theorem going back to Harish-Chandra, Bernstein and Jacquet that every irreducible representation over the complex numbers of a (connected) p -adic reductive group is admissible. In this work, researchers give the simplest counter-example to this statement for mod p representations, i.e., representations defined over the algebraic closure of the finite field with p elements. In particular, researchers construct irreducible smooth non-admissible mod p representations of the 2 by 2 general linear group over the quadratic unramified extension of the field of p -adic numbers. The proof uses the theory of diagrams of Breuil and Paskunas and

simplifies similar counter-examples found by Li for the case of higher unramified extension.
[Contact person: Eknath Ghate]

Number Theory

- **On the monomial lattice in modular symmetric power representations**
Researchers investigated the structure of and the individual terms in the monomial lattice in the mod p symmetric power representation of the 2 by 2 general linear group over the finite field with p elements. Researchers also investigated related quotients that show up in the mod p Local Langlands Correspondence. The results were stated in terms of the sizes of various base p expansions and in terms of the valuations of certain binomial coefficients mod p . Researchers also explored applications to studying the reductions of certain irreducible crystalline representations of the Galois group of the p -adic number field. [Contact person: Eknath Ghate]

Quantitative Ergodic Theorems and Quadratic Forms

- **Optimal density for values of generic polynomial maps**
This work provided effective estimates for the density of quadratic forms in a wide variety of contexts, providing effective estimates for Margulis's famous solution to the Oppenheim conjecture. [Contact person: Anish Ghosh]

Diophantine Approximation

- **Inhomogeneous dual Diophantine approximation on affine subspaces**
This work established the inhomogeneous Khintchine-Groshev theorem for affine subspaces using dynamics on the space of lattices coupled with an inhomogeneous transference principle. [Contact person: Anish Ghosh]

Higher Moment Formulas for Siegel Transforms

- **A generic effective Oppenheim theorem for systems of forms**
In this work, higher moments for Siegel transforms were used to prove generic effective statements for systems of quadratic forms. [Contact person: Anish Ghosh]

Continued Fractions and Gauss Map

- **Continued fractions, the Chen–Stein method and extreme value theory**
This work proved new results in the extreme value theory of the Gauss map using the Chen-Stein method for the first time. [Contact person: Anish Ghosh]

Diophantine approximation and p -adic analysis

- **Multiplicative p -adic metric Diophantine approximation on manifolds and dichotomy of exponents**
Researchers established p -adic versions of results of Kleinbock on multiplicative Diophantine approximation on affine subspaces and their nondegenerate manifolds. [Contact person: Anish Ghosh]

Probability Theory

- **Existence of phase transition for percolation using the Gaussian free field**
Establishing the existence of phase transition of a model is one of the most fundamental problems in the rigorous, mathematical treatment of Statistical physics. In this work, a novel technique was developed in the particular context of phase transition for independent percolation model on general quasitransitive graphs (in particular, Cayley graphs). One of the main results in the work

affirmed a celebrated conjecture made by Benjamini and Schramm in 1996 that the independent percolation on any infinite quasitransitive graph with superlinear growth should exhibit a nontrivial phase transition. The work involved a rich interplay between fields such as probability theory, geometric group theory, spectral geometry and combinatorics among others. The common thread among such seemingly disparate areas of mathematics was spun by an object called the ‘Gaussian free field’ whose use in a similar context was arguably pioneered by this work. The technique developed in the work also provided a new paradigm for proving existence of phase transition for various other models of interest. [Contact person: Subhajit Goswami]

- **On the radius of Gaussian free field excursion clusters**

In the context of percolation theory — one of the richest and most active areas of research in the mathematical field of Probability theory — the truncated two-point function stands for the probability that two given points in an infinite, connected graph (e.g., a lattice) belong to the same finite, open cluster, i.e., finite, connected components comprising edges or vertices in some random subgraph. Finding the precise (in some reasonable sense) rate of decay of the truncated two-point function is very often an impossible project for dimensions larger than 2 when the underlying graph is a hypercubic lattice. Researchers were able to pin down the truncated two-point function for the level-sets of Gaussian free field up to the leading exponential order throughout the off-critical phase in dimension 3. [Contact person: Subhajit Goswami]

Mathematical Statistics and Probability Theory

- **Adaptive Estimation of Multivariate Piecewise Polynomials and Bounded Variation Functions by Optimal Decision Trees**

In this work the researchers revisited the Dyadic CART (Classification and Regression Tree) estimator — first proposed by Donoho in 1997 — and introduced a closely related estimator, namely the Optimal Regression Tree (ORT), in the context of estimating piece-wise smooth functions in general dimensions. An important feature of these optimal decision tree estimators is that they fit piece-wise polynomials of any given degree. The theoretical risk bounds proved in the work together with a rigorous analysis of the computational complexity of these estimators showed, for the first time, that some well-known classes of functions can be ‘denoised’ with a near-parametric risk in a computationally efficient manner. [Contact person: Subhajit Goswami]

Geometric Group Theory

- **Property (T) for Fiber Products**

Researchers study when the fiber product of groups with Property (T) has Property (T). [[Contact person: Mahan Mj]

- **Propagating Quasiconvexity from Fibers**

Let $1 \rightarrow K \rightarrow G \rightarrow Q \rightarrow 1$ be an exact sequence of hyperbolic groups. Let $Q_1 < Q$ be a quasiconvex subgroup and let $G_1 = \pi_1(Q_1)$. Under relatively mild conditions (e.g. if K is a closed surface group or a free group and Q is convex cocompact), researchers showed that infinite index quasiconvex subgroups of G_1 are quasiconvex in G . Related results were proven for metric bundles, developable complexes of groups and graphs of groups. [Contact person: Mahan Mj]

- **Regluing Graphs of Free Groups**

Answering a question due to Min, researchers prove that a finite graph of roses admits a regluing such that the resulting graph of roses has hyperbolic fundamental group. [Contact person: Mahan Mj]

Representations of Surface Groups

- **Meromorphic projective structures, grafting and the monodromy map**

A meromorphic projective structure on a punctured Riemann surface $(X - P)$ is determined, after fixing a standard projective structure on X , by a meromorphic quadratic differential with poles of order three or more at each puncture in P . The analogue of Thurston's grafting theorem for such meromorphic projective structures was proved involving grafting crowned hyperbolic surfaces. This also provided a grafting description for projective structures on the complex plane that have polynomial Schwarzian derivatives. As an application, an analogue of a result of Hejhal was shown, namely, that the monodromy map to the decorated character variety (in the sense of Fock-Goncharov) is a local homeomorphism. [Contact person: Mahan Mj]

Complex Dynamics and Kleinian Groups

- **Combining rational maps and kleinian groups via orbit equivalence**

A new formalism using orbit equivalence was developed combining rational complex dynamics and Kleinian groups into a unified framework. This furnished a number of surprising conclusions:

- i. Topological orbit equivalence rigidity fails for Fuchsian groups (it is true in higher dimensions by a theorem of Fisher-Whyte)
- ii. The Teichmuller space of such matings is disconnected — as contrasted with the case of Teichmuller space of quasi Fuchsian groups, where it is simply $\text{Teich}(S) \times \text{Teich}(S)$
- iii. Only finitely many Bers boundary groups can be mated (uses earlier result on Cannon-Thurston maps and their structure).

[Contact person: Mahan Mj and Sabyasachi Mukherjee]

Spectral Geometry and Analysis of PDE

- **Erratum: Euclidean triangles have no hot spots**

Recently the researchers discovered a gap in the paper 'Euclidean triangles have no hot spots' *Annals of Mathematics* 191 (2020). In this erratum researchers explain that the proof in the mentioned paper is valid for obtuse and right triangles. Moreover, researchers give an alternative argument for acute triangles to prove that Euclidean triangles have no hot spots. [Contact person: Sugata Mondal]

- **Critical points of Laplace eigenfunction on Polygonal domains in the plane**

Researchers extended the result in 'Euclidean triangles have no hot spots' *Annals of Mathematics* 191 (2020), to polygonal domains. In particular, researchers gave a new non-probabilistic proof of the hot spots conjecture for lip domains. [Contact person: Sugata Mondal]

Complex Analysis, Conformal Dynamics and Reflection Groups

- **Bers slices in families of univalent maps**

The dynamics of Schwarz reflection maps is an emerging field in conformal dynamics that combines various aspects of complex analysis, dynamics of rational maps, reflection groups, theory of univalent maps, etc. This work is a study of the parameter space of a natural class of Schwarz reflection maps arising from univalent rational maps. It was shown that every map in this space is a conformal mating of a fixed polynomial and a reflection group, and that the parameter space itself is naturally homeomorphic to a compactified deformation space of reflection groups. This provides a new and interesting connection between Teichmuller spaces of reflection groups and families of univalent maps. [Contact person: S. Mukherjee]

Topology, Conformal Dynamics and Kleinian groups

- **Circle packings, kissing reflection groups and critically fixed anti-rational maps**

In the 1980s, Sullivan proposed a dictionary between two classes of conformal dynamical systems, namely, dynamics of rational maps on the Riemann sphere, and actions of Kleinian groups. This was motivated by various common features shared by them, but there is still no precise mathematical framework to explain these similarities. The current work established a new bridge between the aforementioned classes of dynamical systems. More precisely, an explicit correspondence between a large class of Kleinian reflection groups and anti-holomorphic rational maps was proved by showing that the chaotic dynamics of these objects are topologically equivalent. Using the correspondence, complete answers to certain geometric mating problems and analogues of important theorems for parameter spaces of acylindrical hyperbolic 3-manifolds (known as the Thurston's compactness theorem) in the anti-rational map setting were obtained. [Contact person: S. Mukherjee]

Complex Analysis and Conformal Dynamics

- **David extension of circle homeomorphisms, mating and removability**

It is well-known that quasiconformal maps of the unit circle admit quasiconformal extensions to the unit disk. This fact has widespread applications to conformal dynamics (such as the Simultaneous Uniformization Theorem). However, in many situations, one needs a similar extension result for dynamically defined circle homeomorphisms that are worse than quasiconformal. In the current work, a new extension theorem for dynamically natural circle homeomorphisms was proved. This has far-reaching applications to the theory of conformal matings of polynomials and of polynomials with Kleinian groups. As consequences of the extension result, the researchers also prove conformal removability of limit sets of certain Kleinian groups and of Julia set of certain polynomials. There are also applications of the theory to classical problems on extremal points of spaces of univalent maps. [Contact person: S. Mukherjee]

Conformal Dynamics, Kleinian groups and Riemann Surfaces

- **Combining Rational maps and Kleinian groups via orbit equivalence**

As another step towards putting the Sullivan dictionary in a firm footing, the researchers develop a new framework for conformally mating the dynamics of complex polynomials with that of Kleinian surface groups using the notion of orbit equivalence. It was shown that the only torsion-free Fuchsian groups that can be thus mated are punctured sphere groups. The technique of mating involves the classical Bowen-Series maps and a new class of maps, called higher Bowen-Series maps that are orbit equivalent to punctured sphere groups. The existence of higher Bowen-Series maps ensures that the Teichmüller space of matings is disconnected. Further, it was also shown that, unlike in higher dimensions, topological orbit equivalence rigidity fails for Fuchsian groups acting on the circle. Moreover, the collection of Kleinian Bers' boundary groups that are mateable in this framework are fully classified. [Contact person: Mahan Mj and S. Mukherjee]

Geometry and Representation Theory

- **Spectral data for Spin Higgs bundles**

In this work, the researchers determine the spectral data parametrizing Higgs bundles in a generic fiber of the Hitchin map for the case where the structure group is the special Clifford group with fixed Clifford norm. These are spin and 'twisted' spin Higgs bundles. The method used relates variations in spectral data with respect to the Hecke transformations for orthogonal bundles introduced by Abe. The explicit description also recovers a result from the geometric Langlands program, which states that the fibers of the Hitchin map are the dual abelian varieties to the corresponding fibers of the moduli spaces of projective orthogonal Higgs bundles (in the even

case) and projective symplectic Higgs bundles (in the odd case). [Contact person: Swarnava Mukhopadhyay]

Geometry and Topology

- **A certain structure of Artin groups and the isomorphism conjecture**

The Artin groups are an important class of groups, and appear in different areas of Mathematics. The classical braid group is an example of a finite type real Artin group. The Farrell-Jones isomorphism conjecture stands on the front line in Geometry and Topology. Much work has been done in this area in recent times. The motivation and consequences of the isomorphism conjecture are the Borel and the Novikov conjectures. Researchers observed an inductive structure in a large class of Artin groups and exploited this information to deduce the isomorphism conjecture for several classes of Artin groups of finite real, complex and affine types. [Contact person: S. K. Roushon]

- **Configuration Lie groupoids and orbifold braid groups**

Researchers proposed two definitions of configuration Lie groupoids of a Lie groupoid. In both the cases researchers proved a Fadell-Neuwirth type fibration theorem and give examples of Lie groupoids where it fails. Researchers further studied the fundamental groups (called pure orbifold braid groups) of the configuration Lie groupoids of a family of Lie groupoids. This was achieved by producing a short exact sequence. First, it was seen that the pure orbifold braid groups have poly-virtually free structure. Researchers also provided an explicit set of generators of the pure orbifold braid groups. Secondly, it was proved that a class of affine and finite complex Artin groups are virtually poly-free, which partially answers a question of M. Bestvina. Finally, researchers deduced the Farrell-Jones isomorphism conjecture for this class of orbifold braid groups, confirming the case of the Artin group of type D_n , which was left open in the previous work. [Contact person: S. K. Roushon]

- **Quasifibrations in configuration Lie groupoids**

In the previous work researchers studied a Fadell-Neuwirth type fibration theorem for orbifolds, and gave a short exact sequence of fundamental groups of configuration Lie groupoids of Lie groupoids corresponding to the genus zero 2-dimensional orbifolds with cone points, and at least one puncture. In this work researchers extended this work to all genus more than 0, 2-dimensional orbifolds with cone points. As a consequence, the Farrell-Jones Isomorphism conjecture was proved for the fundamental groups of the associated configuration Lie groupoids. Researchers also provided some nontrivial examples of orbifolds where a Fadell-Neuwirth type quasifibration theorem holds. Finally, researchers stated an Asphericity conjecture and a Quasifibration conjecture for orbifolds. [Contact person: S. K. Roushon]

Algebraic Geometry and Motivic Homotopy Theory

- **Cellular A^1 -homology and the motivic version of Matsumoto's theorem**

A new version of A^1 -homology, called cellular A^1 -homology, for smooth schemes over a field that admit an increasing filtration by open subschemes with cohomologically trivial closed strata was defined. Several explicit computations of cellular A^1 -homology were provided and were used to determine the motivic fundamental group of a split reductive group over an arbitrary field, thereby obtaining the motivic version of Matsumoto's theorem on universal central extensions of split, semisimple, simply connected algebraic groups. As applications, results due to Brylinski-Deligne and Esnault-Kahn-Levine-Viehweg were uniformly explained and generalized. Also, classical results of E. Cartan on homotopy groups of complex Lie groups were reproved as a consequence. [Contact person: Anand Sawant]

Projective Modules

- **Fundamental Groups**

A certain Fundamental group is associated to a ring, which measures the set of connected components of the variety associated to the ring and a Quillen–Suslin theory was constructed for this Fundamental group. [Contact person: Raja Sridharan]

Unimodular Rows

- **Seshadri’s theorem**

Seshadri’s theorem on projective modules was shown to be related to Fermat’s principle of infinite descent. [Contact person: Raja Sridharan]

Group Theory

- **Centrality of the congruence subgroup kernel**

A new proof of the centrality of the congruence subgroup kernel in the isotropic case of arithmetic non-uniform higher rank groups was given. It was related to a result on arithmetic groups generated by congruence subgroups of levels running through an arithmetic progression. [Contact person: T. N. Venkataramana]

TIFR Centre for Applicable Mathematics, Bengaluru

Computational Partial Differential Equations

- **A path conservative finite volume method for a shear shallow water model**

The shear shallow water model provides an approximation for shallow water flows by including the effect of vertical shear in the model. This model can be derived from the depth averaging process by including the second order velocity fluctuations, which are neglected in the classical shallow water approximation. The resulting model has a non-conservative structure, which resembles the 10-moment equations from gas dynamics. Several test cases including roll waves show the performance of the proposed modeling and numerical strategy, which is better than standard models. Such models are very difficult to solve numerically due to their non-conservative nature and the presence of shocks. The current work has shown a new pathway to build robust schemes that have been shown to produce accurate and realistic solutions. They are also being extended to unstructured grids which make it possible to solve more complex problems in general domains. [Contact person: Praveen Chandrashekar]

Partial Differential Equations

- **A Strong unique continuation property for the heat operator with Hardy type potential**

In this work, researchers obtained a strong unique continuation for the heat operator with Hardy type potential by a delicate combination of a scaling critical estimate, which crucially utilizes the spectral gap of the Laplace beltrami on the sphere and a subcritical appropriate estimate which is of independent interest. The result sharpens an old result of Escauriaza and Vessella where subcritical potentials were considered. [Contact person: Agnid Banerjee]

- **Optimal jump set in hyperbolic conservation laws**

An example indicating that there may exist a catastrophic entropy solution for Burger's equation where the shocks set can be dense was obtained. [Contact person: S. S. Ghoshal]

School of Technology and Computer Science

Information Theory and Deep Learning

- **Deep Learning based Information Measure Estimation**

Researchers proposed a novel estimator of conditional mutual information based on a minmax optimization problem utilizing the variational representation of the Kullback-Leibler divergence. This naturally led to a joint training architecture similar in spirit to that of celebrated generative adversarial networks in deep learning. It was shown, using several synthetic and real data sets that the proposed estimator performs better than both the k-nearest neighbour (kNN) based and the neural network or the classifier based estimators, hitherto considered state-of-the-art in the literature. Further, better results were also shown with respect to the conditional independence (CI) testing as compared to the state-of-the-art Conditional Independence Testers. [Contact person: Himanshu Asnani]

- **Deep Learning inspired Communication Codes**

Researchers continued developing a series of novel works to have state of the art neural network based codes for canonical communication channels. Here either the encoder or the decoder or both the encoder and the decoder are deep neural nets with parameters optimized via back propagation. Such codes show enhanced performance with respect to robustness and adaptivity, i.e., when the actual channel settings at test differ from those in training. Settings with or without feedback and over gaussian and non-gaussian channels are considered as well. The whole program uses several key insights drawn from traditional information theory and coding literature such as random interleaving inspired from the highly successful Turbo Codes. [Contact person: Himanshu Asnani]

Statistical Inference in Generative Models

- **Latent Space Optimization in Generative Learning**

Researchers proposed a new algorithm called ‘Masked Adversarial Auto-encoder (MaskAAE)’, where the true dimensionality of the latent space is learnt via the operation of masking the encoded latent space in an autoencoder. MAAE is able to discard the spurious number of dimensions through this process of masking, thereby marking a significant departure from the existing frameworks where an assumption is made on the size of the latent dimensions a priori. MAAE brings the generative quality of the AAE model closer to that of the generative adversarial networks (GANs) and thereby provides state-of-the-art generative modelling for both the synthetic and real world data sets. The algorithm is thoroughly backed by a sound theoretical framework. [Contact person: Himanshu Asnani]

Submodularity meets Information Theory

- **Submodular Combinatorial Information Measures with Applications in Machine Learning**

Researchers studied combinatorial information measures that generalize independence, (conditional) entropy, (conditional) mutual information, and total correlation defined over sets of (not necessarily random) variables. These measures strictly generalize the corresponding entropic measures since they are all parameterized via submodular functions that strictly generalize entropy. Further researchers studied specific instantiations of the submodular information measures (for a number of submodular functions like set cover, facility location, graph cuts, log determinants etc.), and the properties of these measures such as submodularity, monotonicity, upper/lower bounds etc, along with applications in privacy based feature selection, data subset selection, and other machine learning applications. [Contact person: Himanshu Asnani]

Computational Game Theory

- **Optimal Bounds on the Price of Fairness for Indivisible Goods**

For a set of items is to be distributed among a set of agents, there are two contrasting criteria for distribution — the social welfare, or the total utility of the agents — which would give each item to the agent that values it the most, and fairness, which would aim for a more equitable distribution. This work gave bounds on the loss of social welfare, for allocations that satisfy two of the most popular notions of fairness — envy-freeness up to one good (EF1), and approximate max-min share (MMS). From previous work, it follows that the bounds obtained are tight. This resolves an open problem from earlier work. [Contact person: Umang Bhaskar]

- **Tight Approximation Algorithms for p-Mean Welfare under Subadditive Valuations**

For the division of a set of items among agents, the allocation that maximizes the Nash Social Welfare is known to have a number of fairness and efficiency properties. However, finding such an allocation is known to be NP-hard, even for the very simple case of additive valuations. This work gave a tight approximation for the Nash Social Welfare, for the very broad class of subadditive valuations. The bounds in the work extend beyond the Nash Social Welfare to the general class of p-Mean Welfare as well, establishing tight approximation guarantees for this class. [Contact person: Umang Bhaskar]

Quantum Query and Communication Complexity

- **Overhead for Lifting Quantum Query Algorithms to Quantum Communication Protocols**

The quantum query model can well be said to be the one where most non-trivial and powerful quantum algorithms have been designed.. Several communication problems in the field are natural lifts of a query problem where the individual input bits of the query function are scrambled among Alice and Bob using a simple gadget like the Boolean AND or XOR. Buhrman, Cleve and Wigderson observed more than twenty years ago, that for such scrambled tasks, quantum protocols can be designed which mimic the quantum query algorithm and have communication cost at most the query algorithms cost multiplied by a $\log(n)$ factor, where n is a parameter describing the length of the input in bits. In this work, researchers showed for the first time that there exists a function for which the $\log(n)$ overhead is unavoidable for any quantum protocol. It is straightforward to observe that in the classical randomized world, simulating randomized query algorithm by communication protocols essentially requires no overhead. Thus the work brings out an essential difference between classical protocols and their quantum counterparts. [Contact person: Arkadev Chattopadhyay]

Circuit Complexity

- **Lower Bounds for Linear Decision Lists**

This work is on understanding the relative power of two widely known and used models of computation: the first is depth-2 feed-forward neural networks with low weights and threshold activation function. These are also known as Majority of Majority circuits. The other is that of linear decision lists: they use linear threshold functions of arbitrary weights to make decisions inside. Turan and Vatan, in 1997, asked if there are functions that can be efficiently computed by Majority of Majority circuits, i.e. in polynomial size but cannot be computed efficiently by linear decision lists. The main result in this work resolves this question in the affirmative by demonstrating such a function that requires exponentially long linear decision lists to be computed. [Contact person: Arkadev Chattopadhyay]

Communication Complexity

- **Refuting the Log-Approximate-Rank Conjecture**

One of the most fundamental open problems in Yao's 2-party communication model is the Log-Rank conjecture (LRC) of Lovasz and Saks from 1988. This conjecture asserts that the deterministic communication complexity of every total function is characterized, up to polynomial factors, by the log of the rank of its communication matrix. In 2007, Lee and Shraibman proposed an analogue of the LRC for 'randomized' complexity, called the Log-Approximate-Rank Conjecture (LARC). The LARC asserted that randomized complexity of all total functions is characterized by the log of the approximate-rank of its communication matrix, up to polynomial blow-up. The LARC turned out to be a powerful conjecture that implied many other important conjectures in communication complexity, including the LRC. Researchers provided a simple but strong counter-example to this conjecture. [Contact person: Arkadev Chattopadhyay]

Formal Methods

- **Safe Learning for Near Optimal Scheduling**

Researchers investigated the combination of synthesis, model-based learning, and online sampling techniques to obtain safe and near optimal schedulers for a preemptible task scheduling problem. The algorithms are able to handle Markov decision processes that have 10^{20} states. State space of this size and beyond this cannot be handled with state-of-the art probabilistic model-checkers. Researchers provide probably approximately correct (PAC) guarantees for learning the model. One of the approaches is to compute a strategy with a receding horizon and using Monte Carlo tree search (MCTS). Researchers applied Monte-Carlo tree search with advice, either computed using safety games or obtained using the earliest-deadline-first scheduler, to safely explore the learned model online in the context of the scheduling problem. [Contact person: Shibashis Guha]

Automata Theory

- **Alternating Tree Automata with Qualitative Semantics**

In alternating automata, states are partitioned into existential and universal states. A tree automaton on a transition from one state leads to multiple states simultaneously. Qualitative semantics says that a run of the automaton is accepting if almost all branches of the run are accepting. The emptiness problem asks given a tree automaton, if the language accepted by the automaton is empty. Given a set F of states, the Buchi condition states that a word is accepted in a run if some state from F is visited infinitely often in the run, while the coBuchi condition states that the set F should be visited only finitely often. Two important results were shown in this work. The first one was that the emptiness problem of alternating Buchi tree automata with qualitative semantics is decidable, while the second one was that the problem is undecidable for coBuchi tree automata. [Contact person: Shibashis Guha]

Biological Sciences: Sero Survey

- **Seroprevalence of SARS-CoV-2 in slums versus non-slums in Mumbai, India**

Researchers in a tie up with Niti-Aayog, BMC and some other organizations organised a Sero Survey in Mumbai in July as well as August, 2020. Three representative wards, broken down by slums and non-slums, were randomly sampled. Around 9000 samples were collected in the first round and 6000 in the second. The results showed a high degree of prevalence in Mumbai especially in the slums. The second round also suggested a fast decay in anti-nucleocapsid antibodies that the kit was designed to measure. These results were extremely surprising as Mumbai was the first major city in the world to show a very high degree of prevalence. [Contact

person: Sandeep Juneja]

Financial Mathematics

- **Credit Risk: Simple Closed-Form Approximate Maximum Likelihood Estimator**

Researchers developed simple closed-form approximations for conditional default probabilities for corporate loans. In a practical asymptotic regime where the default probabilities are small, say less than 3% annually, and the number of firms and the time period of data available are reasonably large, researchers rigorously showed that the proposed estimator behaves similarly or slightly worse than the maximum likelihood estimator that requires often prohibitive amount of computation. For a more realistic case of model misspecification, it was shown that both the estimators are seen to be equally good or equally bad. [Contact person: Sandeep Juneja]

Agent Based Simulations

- **City-Scale Agent-Based Simulators for the Study of Non-Pharmaceutical Interventions in the Context of the COVID-19 Epidemic**

Researchers at STCS teamed with the IISc team and developed a city-scale agent based simulator for the study of non-medical interventions for COVID-19 epidemic. Briefly, the agent-based simulator for Mumbai creates a synthetic simulation model of 1.28 crore residents that matches the city population in detail, as well as population interactions in households, communities, workplaces, etc. Once the synthetic city is seeded with infected people, through a simulation, we can observe a realistic incremental time progression of the infection and the disease related health indicators throughout the city under any specified intervention strategy. Researchers used the simulator along with the available data to develop projections under different lockdown relaxations for gradually opening up Bangalore and Mumbai. [Contact person: Sandeep Juneja]

Machine Learning

- **Learning a Riemannian manifold from noisy observations**

Researchers considered reconstruction of a manifold, or, invariant manifold learning, where a smooth Riemannian manifold M is determined from intrinsic distances (that is, geodesic distances) of points in a discrete subset of M . In the studied problem the Riemannian manifold (M, g) was considered as an abstract metric space with intrinsic distances, not as an embedded submanifold of an ambient Euclidean space. It was shown that when the number of samples is large enough, it is possible to construct an approximation of the Riemannian manifold (M, g) with a large probability. This problem is a generalization of the geometric Whitney problem with random measurement errors. [Contact person: Hariharan Narayanan]

Information Theory

- **Private Two-Terminal Hypothesis Testing**

Researchers studied private two-terminal hypothesis testing with simple hypotheses, where the privacy goal is to ensure that participating in the testing protocol reveals little additional information about the other user's observation when a user is told what the correct hypothesis is. It was shown that, in general, meaningful correctness and privacy cannot be achieved if the users do not have access to correlated (but, not common) randomness. The optimal correctness and privacy error exponents when the users have access to non-trivial correlated randomness (those that permit secure multiparty computation) were characterized. [Contact person: Vinod Prabhakaran]

- **Gaussian Broadcast Channels with Feedback**

Broadcast channels with additive Gaussian noise model the downlink in cellular wireless

networks. Feedback is known to enlarge the capacity region of a Gaussian Broadcast Channel (GBC) with independent noise realizations at the receivers, and an average power constraint at the transmitter. The capacity enlargement may occur even when there is noisy feedback from only one of the two receivers. However, recent results show the existence of a feedback noise threshold, beyond which one-sided feedback from only the stronger receiver is futile in enlarging the capacity region. This work showed a tight characterization of the feedback noise threshold, which separates the regimes where feedback from only the stronger receiver enlarges the capacity or leaves it unchanged. [Contact person: Vinod M. Prabhakaran]

Information Theory and Cryptography

- **Secure Computation over One-Way Channels**

Secure multiparty computation (MPC) is a cornerstone of modern cryptography. In MPC, mutually distrusting collaborate to compute functions of their private data without revealing any additional information about their data to each other. The study of MPC over one-way noisy communication channels was initiated by Garg et al. (2015). This work made substantial further progress. It was shown that while there are channels (specifically, the bit randomized oblivious transfer (ROT) channel) which can be used to compute any function securely with security error which falls inverse polynomially in the number of channel uses, there are no such finite channels if one demands better security. While ROT exhibits a natural form of “anti-correlation” which was exploited in the above result, many models of practical channels do not exhibit this property and have been shown not to support MPC with a small constant security error. Surprisingly, this limitation was shown to be surmountable under a certain plausible assumption on the receiver. [Contact person: Vinod Prabhakaran]

- **Zero-Communication Reductions for Two-Party Secure Computation**

A new primitive in information-theoretic cryptography, namely zero-communication reductions (ZCR), with different levels of security was introduced. ZCR was related to several other important primitives, and new results on upper and lower bounds were obtained. In particular, researchers obtained new upper bounds for private simultaneous messages protocols, conditional-disclosure of secrets, and oblivious transfer (OT) complexity of functions, which are exponential in the information complexity of the functions. The lower bound problem for secure ZCR was also formulated in purely linear-algebraic terms, by defining the invertible rank of a matrix. An Invertible Rank Conjecture, proving which will establish super-linear lower bounds for OT-complexity was presented. [Contact person: Vinod M. Prabhakaran]

Theoretical Computer Science

- **Explicit SoS lower bounds from high-dimensional expanders**

In this work, an explicit family of 3XOR instances which is hard for $O(\sqrt{\log n})$ levels of the Sum-of-Squares hierarchy was constructed. In contrast to earlier constructions, which involve a random component, these systems can be constructed explicitly in deterministic polynomial time. This construction is based on the high-dimensional expanders devised by Lubotzky, Samuels and Vishne, known as LSV complexes or Ramanujan complexes, and the analysis is based on two notions of expansion for these complexes: cosystolic expansion, and a local isoperimetric inequality due to Gromov. In the instances in this work the variables correspond to the edges of the complex. [Contact person: Prahladh Harsha]

- **Ideal-theoretic Explanation of Capacity-achieving Decoding**

In this work, an abstract framework for some algebraic error-correcting codes is presented with the aim of capturing codes that are list-decodable to capacity, along with their decoding

algorithm. In the polynomial ideal framework, a code is specified by some ideals in a polynomial ring, messages are polynomials and their encoding is the residue modulo the ideals. This framework leads to a new class of codes that we call affine Folded Reed-Solomon codes. More significantly this framework also captures the algorithmic list-decodability of the constituent codes. In the specific case of affine Folded Reed-Solomon codes, the framework shows that they are list-decodable up to capacity (for appropriate setting of the parameters), thereby unifying the previous results for Folded Reed-Solomon, Multiplicity and Additive Folded Reed-Solomon codes. [Contact person: Prahladh Harsha]

- **Decoding Multivariate Multiplicity Codes on Product Sets**

The multiplicity Schwartz-Zippel lemma bounds the total multiplicity of zeroes of a multivariate polynomial on a product set. This lemma motivates the multiplicity codes of Kopparty, Saraf and Yekhanin (J. ACM, 2014), who showed how to use this lemma to construct high-rate locally-decodable codes. However, the algorithmic results about these codes crucially rely on the fact that the polynomials are evaluated on a vector space and not an arbitrary product set. In this work, an algorithm to decode multivariate multiplicity codes of large multiplicities in polynomial time over finite product sets (over fields of large characteristic and zero characteristic) was presented. Previously such decoding algorithms were not known even for a positive fraction of errors. In contrast, the new work goes all the way to the distance of the code and in particular exceeds both the unique decoding bound and the Johnson bound. [Contact person: Prahladh Harsha]

COVID-19 Simulation

- **City-Scale Agent-Based Simulators for the Study of Non-pharmaceutical Interventions in the Context of the COVID-19 Epidemic**

This work highlighted the usefulness of city-scale agent-based simulators in studying various non-pharmaceutical interventions to manage an evolving pandemic. This work is in the context of the COVID-19 pandemic and demonstrates the power of the simulator via several exploratory case studies in two metropolises, Bengaluru and Mumbai. Such tools may in time become a commonplace item in the tool kit of the administrative authorities of large cities. [Contact person: Prahladh Harsha]

Complexity Theory

- **Improved Explicit Data Structures in the Bit-Probe Model using Error-Correcting Codes**

Researchers considered the problem of storing sparse sets in memory so that membership queries can be answered efficiently. Using a new approach for building decision trees using error correcting codes, researchers presented new schemes for this data structure problem. [Contact person: Jaikumar Radhakrishnan]

Algebraic Complexity Theory

- **On the Existence of Algebraically Natural Proofs**

A recent thread in algebraic complexity has speculated on a potential barrier to proving strong lower bound results. It was shown that if a certain strong derandomisation of the polynomial identity testing problem existed, then a natural template for lower bound proofs is unlikely to yield strong lower bounds. In this work, the researchers showed that such natural templates are provably useful when restricting to polynomials with moderately-large coefficients. [Contact person: Ramprasad Saptharishi]

- **If VNP is hard, then so are equations for it**

One of the shortcomings of the previous work was that, even though ‘algebraic natural proofs’

may exist for the class of small circuits, it was not clear if this would yield a separation between the algebraic analogue of P and NP. In this work, it was shown that if the “permanent polynomial” is believed to be hard, then any natural proof against VP is automatically a separation between VP and VNP. In other words, if we believe that VNP is much harder than VP, then there is a natural template that can exhibit this separation. [Contact person: Ramprasad Saptharishi]

Quantum Information Theory

- **Inner bounds via simultaneous decoding in quantum network information theory**

This work proved new inner bounds for several multiterminal channels with classical inputs and quantum outputs. The inner bounds are all proved in the one-shot setting and are natural analogues of the best classical inner bounds for the respective channels. For some of these channels, similar quantum inner bounds were unknown even in the asymptotic independent and identically distributed setting. The inner bounds were shown by appealing to a new classical–quantum joint typicality lemma established in a companion work. This lemma allowed one to lift to the quantum setting many inner bound proofs for classical multiterminal channels that use intersections and unions of typical sets. [Contact person: Pranab Sen]

- **Unions, intersections and a one-shot quantum joint typicality lemma**

A fundamental tool to prove inner bounds in classical network information theory is the ‘conditional joint typicality lemma’. In addition to the lemma, one often uses unions and intersections of typical sets in the inner bound arguments. These arguments do not work in the quantum setting. This bottleneck shows up in the fact that so-called ‘simultaneous decoders’, as opposed to ‘successive cancellation decoders’, are known for very few channels in quantum network information theory. This work overcomes the bottleneck by proving for the first time a one-shot quantum joint typicality lemma with robust union and intersection properties. Two new technical tools were developed. The first tool is a simple geometric idea called tilting, which increases the angles between a family of subspaces in orthogonal directions. The second tool, called smoothing and augmentation, is a way of perturbing a multipartite quantum state such that the partial trace over any subset of registers does not increase the operator norm much. [Contact person: Pranab Sen]

Cryptography

- **MUSE: Secure Inference Resilient to Malicious Clients**

Researchers give a practically efficient protocol for the problem of private neural network inference that is secure against malicious clients. It was demonstrated that many of the existing protocols can be completely broken when the clients are allowed to deviate from the protocol specification. On the other hand, the protocol remains secure even under such deviations. Researchers implemented this protocol and demonstrated that it outperformed the existing approaches to this problem by an order of magnitude. [Contact person: Akshayaram Srinivasan]

- **Multi-Source Non-Malleable Extractors and Applications**

Researchers introduced a natural generalization of two-source non-malleable extractors called as multi-source non-malleable extractors. Researchers give constructions of this object that is provably secure against a large family of tampering functions. Applications of this tool was shown in constructing non-malleable secret sharing and network extractor protocols. [Contact person: Akshayaram Srinivasan]

- **Traceable Secret Sharing and Applications**

Researchers introduce a problem called Traceable Secret Sharing. It combines aspects of traitor

tracing in the context of secret sharing. Researchers define this problem formally and provide a solution based on any two-party computation protocol. An application of this notion to traceable delegation of computation was also provided. [Contact person: Akshayaram Srinivasan]

- **Three-Round Secure Multiparty Computation from Black-Box Two-Round OT Transfer**
Researchers completely resolve the problem of the round-complexity of secure multiparty computation that makes black-box use of a two-round oblivious transfer in the semi-honest setting. In the malicious setting, researchers provide a near complete answer by constructing a round-optimal protocol making black-box use of a two-round malicious secure oblivious transfer that satisfies a mild form of adaptive security for the receiver. [Contact person: Akshayaram Srinivasan]
- **Improved Computational Extractors and their Applications**
Researchers provide constructions of computational two-source extractors in the CRS model that have negligible error and work for poly logarithmic min-entropy. The construction is based on sub-exponential hardness of the DDH assumption. Researchers provide applications to constructing better extractors for adversarial sources and network extractor protocols in the CRS model. [Contact person: Akshayaram Srinivasan]
- **On the Round Complexity of Black-Box Secure MPC**
Researchers give the first five round, black-box multiparty computation protocol for computing arbitrary functions in the plain model that is secure against a malicious adversary corrupting a majority of the parties. [Contact person: Akshayaram Srinivasan]

Graph Algorithms

- **Popular Branchings and Their Dual Certificates**
Let G be a digraph where every node has preferences over its incoming edges. The preferences of a node extend naturally to preferences over branchings, i.e., directed forests; a branching B is popular if B does not lose a head-to-head election (where nodes cast votes) against any branching. The popular branching problem is to decide if G admits a popular branching or not. This work gave a characterization of popular branchings in terms of dual certificates and used this characterization to design an efficient combinatorial algorithm for the popular branching problem. Popular branchings have applications in liquid democracy. When preferences are weak rankings, this characterization was used to formulate the popular branching polytope in the original space. When preferences are strict, it was shown that “approximately popular” branchings always exist. [Contact person: T. Kavitha]
- **Popular Matchings with One-Sided Bias**
Let G be a bipartite graph where one side consists of agents or main players and the other consists of jobs or secondary players. Every vertex has a strict ranking of its neighbors. A matching M is popular if for any matching N , the number of vertices that prefer M is at least the number that prefer N . A matching M is A-popular if for any matching N , the number of agents that prefer M is at least the number of agent that prefer N . There is a simple linear time algorithm to decide if G admits an A-popular matching and compute one, if so. This work considered the problem of deciding if G admits a matching that is both popular and A-popular and finding one, if so. Such matchings were called fully popular. This work showed a linear time algorithm for the fully popular matching problem. [Contact person: T. Kavitha]
- **Min-Cost Popular Matchings**
Let G be a bipartite graph on n vertices where every vertex ranks its neighbors in a strict order of

preference. The notion of optimality considered in this work was popularity. A matching M in G is popular if there is no matching N such that vertices that prefer N outnumber those that prefer M . Popular matchings always exist in G since every stable matching is popular. Thus, it is easy to find a popular matching in G ,—however, it is NP-hard to compute a min-cost popular matching in G when there is a cost function on the edge set; moreover it is NP-hard to approximate this to any multiplicative factor. An $O^*(2^n)$ algorithm to compute a min-cost popular matching in G follows from known results. This work showed an algorithm with running time $O^*((1.19)^n)$ for this problem. Furthermore, it showed an efficient bicriteria approximation algorithm for this problem. [Contact person: T. Kavitha]

Scheduling

- **Multiple Server SRPT with Speed Scaling is Competitive**

In this work, researchers answered the question: can the popular shortest remaining processing time (SRPT) algorithm achieve a constant competitive ratio on multiple servers when server speeds are adjustable (speed scaling) with respect to the flow time plus energy consumption metric? This question has remained open for a while, where a negative result in the absence of speed scaling is well known. Researchers showed that the answer is yes, and showed that the ratio depends only on the power-usage function of the servers, but not on the number of jobs/servers or the job sizes (unlike when speed scaling is not allowed). [Contact person: Rahul Vaze]

- **Network Speed Scaling**

Speed scaling for a network of servers was considered. Jobs arrive at a source server, with a specified destination server, and are defined to be complete once they are processed by all servers on any feasible path between the source and the corresponding destination. Each server can be operated at variable speed, increasing speed however comes at a cost of higher power/energy consumption function. The objective is to minimize the sum of the delay (summed across jobs) and the energy consumed by all the servers. Near-optimal algorithms were derived for the speed scaling problem with rigorous theoretical guarantees. [Contact person: Rahul Vaze]

Scheduling for Green Communication

- **Deadline Constrained Packet Scheduling in the Presence of an Energy Harvesting Jammer**

Maintaining data communication in the presence of jammer nodes is an important feature required in several modern wireless networks. In this work, researchers analyzed a three node system, where a legitimate link between the transmitter and the receiver is adversarially affected by independent Gaussian noise injected by a jammer. The transmitter is battery powered, and has data arriving as packets. All the data need to be delivered to the receiver before a common deadline. The transmitter's goal is to accomplish this task using as minimum an energy as possible, while the jammer's objective is the opposite, viz. increase the transmitter's energy as much as possible by strategically injecting noise. Researchers considered a jammer node which relies on dynamic energy harvesting sources to power its hardware. The adversarial interactions were modeled by posing a min-max game between the transmitter and the jammer. Solving this, researchers derived the equilibrium scheduling policies of the transmitter and the jammer for the offline model, and presented an iterative algorithm to compute these policies. A constant competitive ratio was shown when the last data packet does not arrive too early, and a significant fraction of the jamming energy is harvested before this arrival. [Contact person: Rahul Vaze]

School of Natural Sciences

Department of Theoretical Physics

Astroparticle Physics

- **Fast Flavor Depolarization of Supernova Neutrinos**

Flavor-dependent neutrino emission is critical to the evolution of a supernova and its neutrino signal. In the dense anisotropic interior of the star, neutrino-neutrino forward scattering can lead to fast collective neutrino oscillations, which has striking consequences. A theory of fast flavor depolarization was presented, explaining how neutrino flavor differences become smaller, i.e., depolarize, due to diffusion to smaller angular scales. Transverse relaxation determines the epoch of this irreversible depolarization. A method was presented to compute the depolarized fluxes, giving an explicit formula for simple initial conditions, which can be a crucial input for supernova theory and neutrino phenomenology. [Contact person: Basudeb Dasgupta and Soumya Bhattacharyya]

- **Low Mass Black Holes from Dark Core Collapse**

Unusual masses of black holes being discovered by gravitational wave experiments pose fundamental questions about the origin of these black holes. Black holes with masses smaller than the Chandrasekhar limit $\approx 1.4 M_{\odot}$ are essentially impossible to produce through stellar evolution. A new channel for production of low mass black holes was proposed: stellar objects catastrophically accrete nonannihilating dark matter, and the small dark core subsequently collapses, eating up the host star and transmuting it into a black hole. The wide range of allowed dark matter masses allows a smaller effective Chandrasekhar limit and thus smaller mass black holes. Several avenues to test the proposal, focusing on the redshift dependence of the merger rate, were presented. It was shown that redshift dependence of the merger rate can be used as a probe of the transmuted origin of low mass black holes. [Contact person: Basudeb Dasgupta]

Astrophysics

- **Implications of the Lyman- α forest for 21-cm experiments such as the SKA**

The Square Kilometer Array (SKA), in which TIFR has a significant involvement, is an epoch-making experiment that is expected to unveil the first billion years of evolution of the universe. The SKA works by detecting radiation with frequencies between 100–200 MHz. Doing cosmological radio-astronomical measurements in this frequency range is challenging because of foreground contribution by the Milky Way galaxy. In this work, researchers showed that the optimum frequencies at which to do cosmological measurements might be higher than 200 MHz. Using high-dynamic range cosmological simulations, researchers argued that the Lyman- α forest data imply that the 21-cm power spectrum signal that will be targeted by the SKA is most likely several orders of magnitude higher at frequencies greater than 200 MHz than what is traditionally assumed. This is good news for SKA and other similar experiments because operating at higher frequencies increases their chances of success. [Contact person: Girish Kulkarni]

- **Ly α coupling and heating at cosmic dawn**

The interaction between the hydrogen content of the universe and the Ly α photons produced by the first galaxies is a critically important physical process in the first billion years of the universe. It is this process that results in an observable absorption feature in the radio spectrum of the universe at around 70 MHz. The first sensational detection of this feature was announced in 2018 by the EDGES experiment. In this work, researchers presented a detailed analytical treatment of

the Ly α coupling and heating in the early universe. This study refuted recent claims that the EDGES measurement ruled out strong Ly α production. In fact, the researchers found that a strong Ly α production is necessary if the EDGES measurement is correct. This work also presents a comprehensive comparison of all analytical treatments of the Ly α coupling and heating previously presented in the literature. [Contact person: Girish Kulkarni]

- **Prospects for observing the low-density cosmic web in Ly α emission**

Due to the ubiquitous presence of hydrogen in the universe and the associated Ly α emission, detecting Ly α from diffuse filaments of hydrogen in the large scale cosmological structure is an exciting prospect in astronomy. Such a detection has not been made yet, but, if made, it will allow one to study the large-scale structure of the universe in an entirely novel way. This will enable the study of theories of the geometry of the universe, the nature of gravity, and the astrophysics of the formation and development of galaxies. In this work, predictions were presented for the Ly α emission from diffuse hydrogen filaments. Researchers also studied the prospects of detecting this emission for current and future astronomical facilities. [Contact person: Girish Kulkarni]

- **The detectability of a 21-centimetre forest**

Due to the expansion of the universe, the spectra of bright, distant object can often show a dense network of absorption lines, called a ‘forest’. An example of this is the Ly α forest, which has now become the pre-eminent probe of the thermal state and the large-scale structure of the universe. In 2019, the researchers had pointed out that at redshifts of about 5 to 6 the universe should contain large regions full of neutral hydrogen. In this work, the researchers studied the possibility of these regions resulting in a 21-centimetre forest in the spectra of bright distance radio galaxies due to the 21-centimetre absorption line of the intervening hydrogen distribution. It was shown that while the presence of these regions would certainly increase the prospects of a detection, the experiment continued to remain hard due to the overall faintness of the signal. [Contact person: Girish Kulkarni]

Neutrino Astrophysics (Supernova Neutrinos)

- **Late Time Behavior of Fast Neutrino Oscillations**

Researchers studied the fully nonlinear fast flavor evolution of a dense in-homogeneous and non-stationary neutrino gas both analytically and also numerically. It was shown that such systems after reaching extreme nonlinearity show steady state nature in time. In this limit, it was found that the bloch vectors governing neutrino flavor evolution show a precession in space around a common axis which further has a gyroscopic pendulum type of motion. Such flavor dynamics allows a non-separable steady state solution in momentum and space. Moreover, systems with zero lepton asymmetry show a fully decoherent behaviour among all the velocity modes whereas in case of non-zero lepton asymmetry there is partial decoherence depending on the velocity modes and also lepton asymmetry. The numerical analysis also suggests that the transverse components of the bloch vector become uniformly randomized in space. [Contact person: Soumya Bhattacharyya]

- **Fast Flavor Oscillations of Astrophysical Neutrinos with 1, 2, . . . , ∞ Crossings**

Researchers explored, analytically and numerically, how the initial growth of flavor instabilities of a dense neutrino gas depends on the number of zero crossings in the neutrino angular distribution. This is the first study in 2 spatial, 1 momentum and 1 time dimensions, considering monochromatic neutrinos moving with velocities constrained in a 2D plane. Researchers developed new numerical techniques to solve the complicated transcendental equations governing the dispersion relation. The analysis suggests that the radial and angular distribution of linear

growth rate, the stability of the $k=0$ mode, overall linear growth, position the highest growing fourier mode etc. have intimate connection with the lepton asymmetry, shapes of electron lepton number (ELN) especially their symmetry structure etc. Apart from this, researchers found that ELNs with large number of zero crossings lead to a relatively smaller growth rate, essentially decreasing as $1/m$ where m is the number of crossings. [Contact person: Soumya Bhattacharyya]

Cosmology

- **Non-thermal Sunyaev-Zeldovich Signals from Radio Galaxies**

Energetic electrons in the lobes of radio galaxies make them potential sources for not only radio and X-rays but also Sunyaev-Zeldovich (SZ) distortions in the cosmic microwave background (CMB) radiation. In this regard, the first ever full non-thermal treatment of radio galaxy SZ effect were made using an improved evolutionary model for radio galaxy lobes, taking into account observed and theoretical parameters of interests. It was shown that for current SZ observations towards galaxy clusters, the non-thermal SZ from radio lobes within galaxy clusters to be non-negligible compared to the thermal SZ distortion from the intracluster-medium and, hence, crucial for SZ clusters cosmology. It was also shown that small and young radio galaxies offer better prospects for the detection of the non-thermal SZ signal. Moreover, for the first time, limits on the low energy cut-off of electron spectrum was obtained thus explaining the first non-thermal SZ detection. [Contact person: Subhabrata Majumdar]

- **First constraints on non-thermal high energy neutrino injection upto $z \sim 10^8$ from CMB spectral distortions and abundance of light elements**

High energy neutrinos and anti-neutrinos ($> 100\text{GeV}$) can inject energetic electromagnetic particles into the baryon-photon plasma in the high redshift universe through electroweak showers from electroweak bremsstrahlung, inelastic scattering with the background electrons and nucleons, and by pair-production of standard model particles on background neutrinos and anti-neutrinos. The particle cascades of high energy non-thermal neutrinos injections were evolved, using dark matter decay as a specific example, including relevant collision processes of these neutrinos with the background particles and taking into account the expansion of the universe. The effect of these non-thermal neutrino injections on the CMB spectral shape and abundance of light elements produced in the big bang nucleosynthesis was studied. It was shown that the CMB spectral distortions and abundance of light elements can constrain neutrino energy density at the recombination, parameterized as contribution to N_{eff} , from high energy neutrino injection. These constraints are stronger by several orders of magnitudes compared to the CMB anisotropy constraints. It was also shown that CMB spectral distortions can probe neutrino injections to significantly higher redshifts ($z > 2 \times 10^6$) as compared to pure electromagnetic energy injection. [Contact person: Rishi Khatri]

- **Prospects of observing the Epoch of Reionization in the 21cm Signal of Neutral Hydrogen**

First stars and galaxies that formed in the first billion years of the Universe ionized the neutral hydrogen (HI) gas due to the emission of ultraviolet radiation. The 21cm radiation, originating from HI, is a promising probe to study this epoch of reionization (EoR). Another excellent probe is the absorption of Lyman-alpha photons from the spectra of distance Quasars by HI. Recent observations of Lyman-alpha absorption troughs suggest that the reionization took place later than previously expected. In this work, the researchers have explored the effect of late reionization on the prospects of observing the 21cm signal from EoR using ongoing and upcoming radio interferometric projects. Using large radiation transfer simulations, it was shown that due to the late end of EoR, the 21cm signal is expected to be large at higher frequencies and it is detectable

by SKA1-LOW and HERA telescopes in 1000 hours of observation. [Contact person: Janakee Raste]

- **Lyman-alpha coupling and heating at Cosmic Dawn**

A recent literature claimed that a strong Lyman alpha background is ruled out in light of the observation of 21-cm signal made by the Experiment to Detect the Epoch of reionization Signal (EDGES, 2018). Researchers revisited the previous literature argument and found that a strong Lyman alpha background is NOT ruled out and is in fact necessary, although not sufficient, in order to match the theoretical expectation of the 21-cm signal with that of the experimental result. The study highlighted the reason for this discrepancy by identifying the shortcomings in the mathematical expression of Lyman alpha heating used by the previous literature. [Contact person: Shikhar Mittal]

Condensed Matter Theory

- **Quantum half-orphans in frustrated antiferromagnets**

Elementary magnetic moments in nature are quantized at half-integer values if measured in 'natural' units. The work revealed that spatially-extended patterns of magnetic polarization, seeded by non-magnetic impurities in a class of magnetic materials with competing interactions between magnetic ions, can behave like emergent magnetic moments with fractional values of spin. [Contact person: Kedar Damle]

Theoretical Condensed Matter Physics

- **PT-Symmetric Effective Model for Nonequilibrium Phase Transitions in a Dissipative Fermionic Mott Insulator Chain**

Nonequilibrium phase transitions in open dissipative systems can be described as instabilities in the spectra and wavefunctions of effective non-Hermitian Hamiltonians invariant under simultaneous parity (P) and time-reversal (T) transformations. The degree of non-Hermiticity reflects the strength of the external drive and dissipation, and the transition is described as a loss of the PT symmetry of the solutions corresponding to stationary low-drive dynamics. This approach has been successfully applied to spin, superconducting, and Mott insulator systems. However, the microscopic foundations for the employed phenomenological models were lacking, which limited the utility of these descriptions. Here a microscopic mechanism was developed leading to a PT-symmetric effective model in the context of the nonequilibrium Mott transition in a dissipative Hubbard chain subjected to a uniform electric field. Dissipation was introduced via a specific microscopic mechanism - electron-phonon coupling. Analyzing the implications of microscopic model, a re-entrant Mott insulator was found with increasing electric field for phonon density of states that increased slower than the square of the energy. [Contact person: Vikram Tripathi]

- **Kitaev quasiparticles in a proximate spin liquid: A many-body localization perspective**

Quantum spin liquids are systems of interacting spins that do not magnetically order even at absolute zero. However, they are not necessarily ordinary paramagnets -- it is here that we may see, even in table-top setups, highly unusual and unexpected phenomena. The spin-1/2 honeycomb lattice Kitaev model provides a very appealing playground in this context. It exhibits fractionization of the localized spin-1/2 degrees of freedom into free Majorana fermions and vortex-like anyonic excitations. This work addresses the problem of the stability of Kitaev quasiparticles in realistic situations where the presence of competing spin interactions results in a magnetically ordered ground state. A new approach, of mapping it to one of many-body localization in the Fock space, was introduced. Finite temperature calculations show that a vison

gap, and a nonzero plaquette Wilson loop at low temperatures, both characteristic of the deconfined Kitaev spin liquid phase, persist far into the neighboring phase that has a concomitant stripy spin-density wave (SDW) order. The key experimental implication for Kitaev materials is that below a characteristic energy scale, unrelated to the SDW ordering, Kitaev quasiparticles are stable. [Contact person: Vikram Tripathi]

- **Superconductor-like effects in an ac-driven normal Mott-insulating quantum dot array**

A number of studies have recently proposed a novel route to eta-pairing superconductivity (originally proposed by C. N. Yang as a metastable state of the half-filled fermionic Hubbard chain) through optical creation of doublons in Mott insulating Hubbard models. Here an AC driven Mott insulator, a normal quantum dot array, was studied using an analytical Keldysh field theory approach. In this model, doublon formation, an artifact of the Hubbard model, is absent by construction. The nonequilibrium steady state at high frequencies was found to strikingly resemble the eta-pairing phase of a superconducting Josephson array. However it was also found that Shapiro steps – a key signature of supercurrents – were completely absent, which casts doubts on the optical excitation route to eta-pairing superconductivity. [Contact person: Vikram Tripathi]

Statistical Physics

- **Thermodynamic potential for nonequilibrium states**

A challenging problem in statistical mechanics is to extend the basic equilibrium concepts like state variables, thermodynamic potentials, etc. for systems outside equilibrium. In this work, based on an exact theoretical analysis of a famous transport model, an analog of thermodynamic potential was derived for its non-equilibrium steady state. Similar to the Landau free energy, this potential characterizes macroscopic fluctuations and it is robust against variations of coupling with external bath. These exact results are obtained using a mathematical theory of large deviations formally developed in an earlier work by the same researchers. This work solves a challenging technical problem for an interacting many-body system with relations to an open quantum spin chain. [Contact person: Tridib Sadhu]

Stochastic Process

- **A field theoretical approach for fractional Brownian motion**

Fractional Brownian motion is a fundamental stochastic process introduced by Mandelbrot as a generalization of the standard Brownian motion to account for anomalous diffusion. In spite of its importance and several decades of interest in both the mathematics and physics community, very few exact results are known for this process. The difficulty is primarily due to the long-range correlation in time, which makes the process non-Markovian. In this rather lengthy and detailed work, a field theoretical approach is presented to systematically analyze statistics of arbitrary observables of the process. As concrete examples, multiple observables were studied whose analogs for standard Brownian motion are well known. These exact results were tested using computer simulation which itself is nontrivial due to long-term memory in the process. This theoretical approach presented is promising to find the generalization of other celebrated results of Brownian motion for fractional Brownian motion. [Contact person: Tridib Sadhu]

Condensed Matter Theory

- **Entanglement entropy of fermions from Wigner functions: Excited states and open quantum systems**

Researchers derived a novel analytical formulation to study entanglement entropy (EE) in fermionic systems using Wigner Characteristics. The latter is identified with a Keldysh partition function with appropriate delta function sources. Using this researchers are able to study

dynamics of EE in a non-interacting open quantum system starting from arbitrary Fock state initial conditions. The researchers are able to show clear imprints of the underlying processes on EE and Mutual Information evolution [Contact person: Saranyo Moitra]

High Energy Physics

- **Predicting lepton universality violating observables in scenarios beyond the Standard Model**
 The lepton flavor universality violating measurements in B meson decays can be accounted for in non-universal Z' models. Researchers constrained the couplings of these Z' models by performing a global fit to available measurements, and calculated their possible implications for specific observables that will be measured in future experiments. Researchers pointed out observables that will be affected by the non-universality of this new Z' boson, and hence will indicate its presence. [Contact person: Amol Dighe]
- **The role of non-universal Z couplings to explain the Cabibbo Angle Anomaly**
 The tension among measurements of the quark mixing parameter V_{us} from different channels, the so-called Cabibbo Angle Anomaly, can be interpreted as a signal of lepton flavor universality (LFU) violation in W boson couplings. This issue was investigated in the framework of effective field theory, keeping the gauge structure of the Standard Model (SM) unchanged. Gauge-invariant dimension-6 effective operators that couple the Higgs doublet to leptons have been previously introduced, which give non-universal tree-level contributions to the couplings of electroweak gauge bosons. However, due to the electroweak gauge symmetry, a tension arises between the V_{us} measurements that are affected by new W couplings, and the electroweak precision measurements, which are also affected by the new Z couplings. This work showed that this tension can be alleviated by allowing additional sources of gauge-invariant couplings of Z boson to left- or right-handed leptons, and found the optimal regions indicated by the current data in the Wilson-coefficient space. The model-independent results were illustrated with the examples of minimal extensions of the SM involving the vector-like lepton (VLL) models. It was pointed out that it is not possible for these minimal extensions to affect the decay rate of Higgs to two tau leptons by more than a per cent. [Contact person: Amol Dighe]
- **First principles study of exotic subatomic particles**
 Quantum chromodynamics, the theory of strong-interactions, allows the existence of subatomic particles beyond the conventional mesons and baryons. Lattice QCD calculations provide a unique first principles method to study those exotics subatomic particles, from revealing their existence to deciphering their structures, and hence can provide crucial information on strong interactions at multiple scales. Researchers are pursuing such a study and have made substantial contributions on tetraquarks, pentaquarks, hexaquarks, glueball and hybrids states. The recent works have predicted the existence of doubly heavy tetraquarks and hexaquarks states and have provided crucial information on their energy spectra as well as binding energies to facilitate their searches at various high energy laboratories. Further, an ongoing study also indicates the presence of bottom-charmed tetraquarks and for that one needs to input a large set of relativistic interpolating operators where charm quarks are also relativistic. [Contact person: Nilmani Mathur]
- **An empirical model on the dynamics of Covid-19 spread in human population**
 Researchers proposed a mathematical model to analyze the time evolution of the total number of infected population with Covid-19 disease at a region in the ongoing pandemic. Using the available data of Covid-19 infected population on various countries researchers formulated a model which can successfully track the time evolution from early days to the saturation period in

a given wave of this infectious disease. It involves a set of effective parameters, which can be extracted from the available data. Using those parameters the future trajectories of the disease spread can also be projected. A set of differential equations is also proposed whose solutions are these time evolution trajectories. [Contact person: Nilmani Mathur]

Neutrino Physics

- **From oscillation dip to oscillation valley in atmospheric neutrino experiments**

Atmospheric neutrino experiments can show the “oscillation dip” feature in data, due to their sensitivity over a large L/E range. In experiments that can distinguish between neutrinos and antineutrinos, oscillation dips can be observed in both these channels separately. Further, it was pointed out for the first time that it is possible to reconstruct the “oscillation valley” feature in the reconstructed $(E_\mu, \cos \theta_\mu)$ plane at detectors like ICAL having excellent muon energy and direction resolutions. This two-dimensional valley would offer a clear visual representation and test of the L/E dependence, the alignment of the valley quantifying the atmospheric mass-squared difference. Detailed exploration of the oscillation dip and valley features would provide a new way of analyzing neutrino data, and probing neutrino properties. [Contact person: Amol Dighe]

Particle Physics

- **Soft displaced leptons at the LHC**

Soft displaced leptons are representative collider signatures of compressed dark sectors with feeble couplings to the standard model. Prime targets are dark matter scenarios where co-scattering or co-annihilation sets the relic abundance upon freeze-out. At the LHC, searches for soft displaced leptons are challenged by a large background from hadron or tau lepton decays. This work presented an analysis tailored for displaced leptons with a low transverse momentum threshold at 20 GeV. The study uses a neural network and comprehensive analysis of the event kinematics including a study of the expected detection efficiencies and backgrounds at small momenta. Results show that weak-scale particles decaying into soft leptons with decay lengths between 1mm and 1m can be probed with LHC Run 2 data. [Contact person: Nishita Desai]

String Theory

- **Novel holographic interpretation of quantum entanglement in gravitational backgrounds**

Entanglement entropy (EE) in a quantum field theory (QFT) between spatial subregions is an important characteristic of the QFT as well as its state. If the QFT has a bulk dual a la AdS/CFT correspondence, the EE of the boundary theory can be computed in terms of the area of an extremal surface in the bulk geometry. In the present work, the reverse question was asked: given a spatial subregion of the bulk geometry, how does one understand its quantum entanglement in terms of the boundary theory? The main example of bulk geometry considered in this work was that of D0 branes (which are pointlike solitonic objects in string theory); the boundary theory was quantum mechanics with no space. It was proposed that the holographic counterpart of bulk EE was that for an appropriate subregion of the *target space*, or configuration space. Some calculations were performed for planar subregions. The proposal was tested for the $c=1$ matrix quantum mechanics model. [Contact person: Gautam Mandal]

- **Gauge invariant formulation of target space quantum entanglement**

In an earlier work, a target space entanglement entropy (EE) was proposed as the holographic counterpart of EE of planar subregions in the bulk; calculations of the target space EE were performed in the boundary theory in a particular gauge, which were tied to the choice of the planar subregion in the bulk. In this work, target space EE is defined in a gauge-invariant manner. This allowed one to generalize to spatial subregions defined by codimension 1 boundaries of

arbitrary shapes. The procedure involved interpreting classical equations of bulk surfaces in terms of operator equations in the target space of the boundary theory. It was shown explicitly how to do this for spherical regions. [Contact person: Gautam Mandal]

String Theory/Quantum Field Theory/Gravity

- **Classifying Classical Gravitational S-Matrices**

The space of all kinematically allowed four photon and four graviton S-matrices, polynomial in scattering momenta, was studied. It was demonstrated that this space is the permutation invariant sector of a module over the ring of polynomials of the Mandelstam invariants s , t and u . These modules were constructed for every value of the spacetime dimension D . The most general four photon and four graviton S-matrix at any given derivative order were explicitly counted and constructed. The local Lagrangians that give rise to these S-matrices were also counted. It was conjectured that the Regge growth of S-matrices in all physically acceptable classical theories is bounded by $s^{(2)}$ at fixed t . It was demonstrated that a four parameter subset of the polynomial photon S-matrices constructed above satisfies this Regge criterion. For gravitons, on the other hand, it was demonstrated that no polynomial addition to the Einstein S-matrix obeys this bound for D less than or equal to ≤ 6 . For $D \geq$ greater than or equal to 7, it was demonstrated that there exists a single six derivative polynomial Lagrangian consistent with the conjectured Regge growth bound. The conjectured bound on Regge growth thus implies that the Einstein four graviton S-matrix does not admit any physically acceptable polynomial modifications for $D \leq$ less than or equal to six. A similar result also holds for pole exchange contributions to graviton scattering. [Contact person: Shiraz Minwalla]

- **Fermi seas from Bose condensates in Chern-Simons matter theories and a bosonic exclusion principle**

Previously obtained results for the (all orders in the 't Hooft coupling) thermal free energy of bosonic and fermionic large N Chern-Simons theories with fundamental matter were generalized to values of the chemical potential larger than quasiparticle thermal masses. Building on an analysis by Geracie, Goykhman and Son, a simple explicit formula for the occupation number for a quasiparticle state of any given energy and charge as a function of the temperature and chemical potential was presented. This formula is a generalization to finite 't Hooft coupling of the famous occupation number formula of Bose-Einstein statistics, and implies an exclusion principle for Chern-Simons coupled bosons: the total number of bosons occupying any particular state cannot exceed the Chern-Simons level. The phase diagrams of these theories as a function of chemical potential and the UV parameters were constructed. It was demonstrated that, at large enough chemical potential, all the bosonic theories studied transit into a compressible Bose condensed phase in which the runaway instability of free Bose condensates is stabilized by the bosonic exclusion principle. This novel Bose condensate is dual to — and reproduces the thermodynamics of — the fermionic Fermi sea. [Contact person: Shiraz Minwalla]

- **Bounds on Regge growth of flat space scattering from bounds on chaos**

The four-point functions of scalars, conserved currents, and stress tensors in a conformal field theory, generated by a local contact term in the bulk dual description, was studied in two different causal configurations. The first of these is the standard Regge configuration in which the chaos bound applies. The second is the 'causally scattering configuration' in which the correlator develops a bulk point singularity. An expression for the coefficient of the bulk point singularity in terms of the bulk S matrix of the bulk dual metric, gauge fields and scalars was found, and it was used to determine the Regge scaling of the correlator on the causally scattering sheet in terms of the Regge growth of this S matrix. It was then demonstrated that the Regge scaling on this sheet is

governed by the same power as in the standard Regge configuration, and so is constrained by the chaos bound, which turned out to be violated unless the bulk flat space S matrix grows no faster than $s^{\{2\}}$ in the Regge limit. It follows that in the context of the AdS/CFT correspondence, the chaos bound applied to the boundary field theory implies that the S matrices of the dual bulk scalars, gauge fields, and gravitons obey the Classical Regge Growth (CRG) conjecture. [Contact person: Shiraz Minwalla]

String Theory, Mathematical Physics, Gravitation, Fluid Dynamics

- **Near-Extremal Fluid Mechanics**

A detailed analysis of four-dimensional near-extremal black brane configurations in asymptotically anti-de Sitter spacetime was carried out. A new low-temperature limit was considered where the rate of variation is much slower than the chemical potential, but much bigger than the temperature – in contrast with conventional fluid mechanics in which the rate of variation is the smallest energy scale. In the new limit too, the Einstein-Maxwell equations could be solved in a systematic perturbative expansion. At first order in derivative expansion, the constitutive relations for the charged fluid were seen to be local in the boundary theory. At higher orders, it was shown that these relations become non-local in time but the perturbative expansion remains valid. Four linearised modes, similar to hydrodynamic modes, were found in this limit. Linearised time-independent perturbations, which arose in the presence of external boundary driving forces and showed attractor behaviour, were also studied. [Contact person: Upamanyu Moitra]

- **Strong Cosmic Censorship in Two Dimensions**

The strong cosmic censorship conjecture was formulated to save the deterministic nature of general relativity. One factor common between some black holes that appeared to violate the conjecture in recent studies is that they were all near extremality. Near-extremal black holes often have a near-horizon AdS₂ (two dimensional antide Sitter spacetime) factor. In this work, the behaviour of a scalar field in an AdS₂ black hole spacetime was studied. Owing to some remarkable properties of the AdS₂ black hole which is not shared by its higher dimensional counterparts, the scalar field with smooth initial data on the appropriate hypersurfaces was found infinitely differentiable on the Cauchy horizon. The scalar field remains smooth irrespective of the value of its mass – this shows, therefore, a stronger violation of the conjecture as compared to the recent observations. This work clarified why near-extremal black holes could violate the conjecture. [Contact person: Upamanyu Moitra]

Department of Astronomy and Astrophysics

Solar Physics

- **Turbulence in the Sun is suppressed on large scales and confined to equatorial regions**

Convection in the Sun's outer envelope generates turbulence and drives differential rotation, meridional circulation, and the global magnetic cycle. Researchers developed a greater understanding of these processes by contrasting observations with simulations of global convection. Here, researchers inferred toroidal flow power as a function of wave number, frequency, and depth in the solar interior through helioseismic analyses of space-based observations. The inferred flows grow with spatial wave number and temporal frequency and are confined to low latitudes, supporting the argument that rotation induces systematic differences between the poles and equator. In contrast, the simulations used here show the opposite trends — power diminishing with increasing wave number and frequency while flow amplitudes become

weakest at low latitudes. These differences highlight gaps in our understanding of solar convection and point to challenges ahead. [Contact person: Shravan Hanasoge]

- **Solar wind prediction using Deep Learning**

Emanating from the base of the Sun's corona, the solar wind fills the interplanetary medium with a magnetized stream of charged particles whose interaction with the Earth's magnetosphere has space weather consequences such as geomagnetic storms. Researchers used deep learning to predict solar wind properties. Extreme ultraviolet images of the solar corona from space-based observations were used to predict the speed from the NASA OMNIWEB data set. Researchers evaluated the model against autoregressive and naive models and found that the model outperforms the benchmark models, obtaining a best-fit correlation of 0.55 ± 0.03 with the observed data. Upon visualization and investigation of how the model uses data to make predictions, researchers found higher activation at the coronal holes for fast wind prediction (3 to 4 days prior), and at active regions for slow wind prediction. These trends bear similarity to the influence of regions being the sources of fast and slow wind. [Contact person: Shravan Hanasoge]

- **Application and interpretation of deep learning for identifying pre-emergence magnetic field patterns**

Magnetic flux generated within the solar interior emerges to the surface, forming active regions (ARs) and sunspots. Researchers presented a first analysis of data from Solar Dynamics Observatory/Helioseismic Emerging Active Regions dataset using deep convolutional neural networks (CNN) to characterize pre-emergence surface magnetic field properties. The trained CNN classifies between pre-emergence line-of-sight magnetograms and a control set of nonemergence magnetograms with a true skill statistic (TSS) score of approximately 85% about 3 hr prior to emergence and approximately 40% about 24 hr prior to emergence. The results are better than a baseline classification TSS obtained using discriminant analysis (DA) of only the unsigned magnetic flux, although a multivariable DA produces TSS values consistent with the CNN. [Contact persons: Dattaraj Dhuri and Shravan Hanasoge]

Quantum Gravity

- **Dark energy as a large scale quantum gravitational phenomenon**

In the recently proposed theory of 'spontaneous quantum gravity' the universe is made of 'atoms' of space-time-matter. Planck scale foam is made of such atoms, with Planck length as their associated Compton wavelength. The quantum dispersion and accompanying spontaneous localisation of these atoms amounts to a cancellation of the enormous curvature on Planck length scales. However, an effective dark energy term arises in the Einstein equations, of the order required by current observations on cosmological scales. This happens if researchers propose an extremely light particle having a mass of about forty-two orders of magnitude lighter than the proton. Their net effect on space-time geometry is equivalent to dark energy, this being a low energy quantum gravitational phenomenon. In this sense the observed dark energy constitutes evidence for quantum gravity. [Contact person: Tejinder P. Singh]

- **Trace dynamics and division algebras: towards quantum gravity and unification**

There must exist a formulation of quantum theory, which does not depend on classical time. Researchers have proposed a pre-quantum, pre-spacetime theory as a matrix-valued Lagrangian dynamics, for gravity, Yang-Mills fields and fermions. The correct understanding of spin in this theory compels researchers to formulate the theory in eight-dimensional octonionic space-time. The automorphisms of the octonion algebra replace space-time diffeomorphisms and internal gauge transformations, bringing them under a common unified fold. The symmetry group of the

theory is the unification of the standard model with the Lorentz symmetry. Researchers derived the asymptotic low-energy value $1/137$ of the fine structure constant from first principles, and predicted the existence of the universally interacting spin one Lorentz bosons, which replace the hypothesised graviton. Researchers showed that gravity is not to be quantised, but is an emergent four dimensional classical phenomenon, precipitated by the spontaneous localisation of highly entangled fermions. [Contact person: Tejinder P. Singh]

- **Trace dynamics and a ground state in spontaneous quantum gravity**

Researchers had recently proposed a Lagrangian in trace dynamics, to describe the unification of Yang-Mills fields, gravity and fermions, at the Planck scale. As a result of a global unitary invariance, the theory possesses a novel conserved charge. Researchers derived an eigenvalue equation, analogous to the Schrodinger equation, for the Hamiltonian of the theory. It was shown that in the emergent theory, the energy eigenvalues are characterised in terms of a fundamental frequency times Planck's constant. The eigenvalues of this equation can in principle determine the parameters of the standard model. A ground state was found which describes a non-singular epoch in quantum cosmology. [Contact person: Tejinder P. Singh]

Astronomy and Astrophysics

- **Distinguishing black holes and neutron stars**

A black hole is an exotic physical object without a hard surface predicted by Einstein's theory of General Relativity. Although it does not have a surface, it is confined within an invisible boundary, called an event horizon, from within which nothing, not even light, can escape. Definitive proof of the existence of such objects without hard surface is a holy grail of modern physics and astronomy. It is particularly important to find a signature of event horizon from accreting stellar-mass black holes. Researchers reported a method based on a huge sample of satellite X-ray spectra from a large sample of accreting black hole candidates and neutron stars, and distinguished these two populations with an extremely high significance. Thus, they reported by far the most significant detection of the imprint of the event horizon on the X-ray spectra for stable stellar-mass black holes. [Contact persons: Srimanta Banerjee and Sudip Bhattacharyya]

- **Continuous gravitational waves from a pulsar**

Gravitational waves, which are ripples in spacetime, have recently provided a new window to the universe. However, so far continuous gravitational waves have not been detected. A slightly deformed pulsar should emit such continuous waves, which may not be detected with the current instruments. However, a way to indirectly infer such waves and to measure this deformation is to estimate the contribution of the waves to the spin-down rate of the pulsar, which was not possible till now. PSR J1023+0038 is a unique pulsar for this purpose, because two spin-down rates, in the phase of mass transfer from the companion star and in the phase when there is no mass transfer, were measured for it. Using these values, and primarily a fundamental principle of physics, that is the conservation of angular momentum, researchers inferred continuous gravitational. [Contact person: Sudip Bhattacharyya]

- **New understanding of neutron star spin evolution**

Researchers found that the neutron star spin frequency can evolve in two distinctly different modes, as the spin frequency may approach a lower spin equilibrium value for persistent accretion, and may approach a higher effective spin equilibrium value for transient accretion. Researchers also found that, contrary to what had been suggested, a fast or sudden decrease of the average accretion rate to zero in the last part of the accretion phase is not essential for the genesis of spin-powered millisecond pulsars. The findings implied that the traditional way of spin

evolution computation is inadequate in most cases. Crucial physical effects were reported which must be considered to understand the neutron star spin evolution. [Sudip Bhattacharyya]

- **Science Observations with TIFR-ARIES Near Infrared Spectrometer (TANSPEC) on 3.6-m DOT**

Researchers have developed a Near Infrared Spectrograph (TANSPEC: TIFR-ARIES Near Infrared Spectrometer), as a collaboration project between TIFR, ARIES, Nainital, and MKIR, Hawaii, to be used on the main port of the 3.6-m Devasthal Optical Telescope (DOT), India's largest aperture telescope. The TANSPEC is currently being commissioned on the DOT and is also available for science observations for Indian and Belgian astronomers from October 2020 (DOT Cycle1) through peer-reviewed proposal processes. The performance of the TANSPEC on the 3.6-m DOT is found to be consistent with the expectations. The TANSPEC is a unique spectrometer which provides simultaneous wavelength coverage from 0.55 micron (Optical) to 2.54 micron (NIR) with a resolving power of $R \sim 2750$ at 2.2 micron. [Contact person: D. K. Ojha]

- **Science Observations with TIFR Near Infrared Imaging Camera-II (TIRCAM2) on 3.6-m DOT**

TIRCAM2 was proposed to be used on one of the side ports of the 3.6-m Devasthal Optical Telescope (DOT) for regular science observations. It was successfully tested on one of the side ports of the largest Indian telescope, DOT, in collaboration with ARIES, Nainital. The first light from this port was seen on May 4, 2020. This achievement is significant since the efficiency of the telescope will drastically increase with two instruments being available for near simultaneous observations during any particular night. TIRCAM2 is available for science observations for Indian and Belgian astronomers from October 2020 (DOT Cycle 1) through peer-reviewed proposal processes. It is noteworthy to mention that TIRCAM2 is the only instrument of its kind in India which is sensitive up to 3.8 micron and is ideal for the imaging of astrophysical sources at wavelengths longer than 2 micron (e.g. PAH band). [Contact person: D. K. Ojha]

- **New insights into the formation of the most massive stars in our Galaxy**

Massive stars are astronomical objects having masses greater than 8 Msun, which is the threshold necessary for a star to evolve into a supernova. The physical process concerning the birth of massive stars (> 8 Msun) is one of the outstanding problems in astrophysics since they are extremely influential in galaxy evolution through their energetics. It is still unclear whether the formation mechanism of a massive star is a scaled-up version that produces low-mass stars like our Sun or if it is a fundamentally different process. In recent years, two large-scale theories are the points of interest because of their growing evidence for the formation of massive stars — collision between molecular clouds, and accretion through parsec-scale filaments. However, the investigation of observational signatures of these processes is very challenging. Researchers presented some important observational findings, which provide new insights into the formation of the most massive stars. [Contact person: D. K. Ojha]

- **In search of radio emission from exoplanets: GMRT observations of the binary system HD 41004**

This work reported GMRT observations of the binary system HD 41004 that are among the deepest images ever obtained at 150 and 400 MHz in the search of radio emission from exoplanets. Analogous to planets in our solar system that emit at radio wavelengths due to their strong magnetic fields, one or both of the planet or brown dwarf in the HD 41004 binary system are also thought to be sources of radio emission. Various models predict HD 41004Bb to have one of the strongest radio emitter at 150 MHz. From the GMRT observations, researchers did not detect radio emission, but set 3-sigma limits of 1.8 mJy at 150 MHz and 0.12 mJy at 400 MHz.

Researchers discussed some of the possible reasons why no radio emission was detected from HD 41004 system. [Contact person: Manoj Puravankara]

- **Host star metallicity of directly imaged wide-orbit planets: implications for planet formation**

Directly imaged planets (DIPs) are self-luminous companions of young stars. They reside in wider orbits (10-1000 au) and generally are more massive compared to the close-in (< 10 au) planets. Determining the host star properties of these outstretched planetary systems is important to understand and discern various planet formation and evolution scenarios. Researchers determined the stellar parameters and metallicity ($[Fe/H]$) for a subsample of 18 DIPs using Bayesian analysis in a uniform and consistent way. The analysis showed that metallicities of stars hosting DIPs are close to solar values. The large scatter in metallicity suggests that a metal-rich environment may not be necessary to form massive planets at large orbital distances. The analysis showed that the planet mass-host star metallicity relation for the DIPs is very similar to that found for the short-period (< 1 yr) super-Jupiters and brown dwarfs around main-sequence stars. [Contact person: Manoj Puravankara]

- **An HST Survey of Protostellar Outflow Cavities: Does Feedback Clear Envelopes?**

Researchers studied protostellar envelope and outflow evolution using Hubble Space Telescope NICMOS or WFC3 images of 304 protostars in the Orion molecular clouds. These near-IR images resolve structures in the envelopes delineated by the scattered light of the central protostars with 80 au resolution. Based on their $1.60\ \mu\text{m}$ morphologies, researchers classified the protostars into five categories: nondetections, point sources without nebulosity, bipolar cavity sources, unipolar cavity sources, and irregulars. Researchers found that point sources without associated nebulosity are the most numerous, and showed through monochromatic Monte Carlo radiative transfer modeling that this morphology occurs when protostars are observed at low inclinations or have low envelope densities. Researchers conclude that the decline of mass infall with time cannot be explained by the progressive clearing of envelopes by growing outflow cavities. Furthermore, the low star formation efficiency inferred for molecular cores cannot be explained by envelope clearing alone. [Contact person: Manoj Puravankara]

- **Study of Stellar Feedback in Regions of Massive Star Formation using SOFIA**

Feedback of massive stars on their environment regulates the physical conditions and sets the emission characteristics in the interstellar medium (ISM), influences the star formation activity through molecular cloud dissolution and compression processes, and drives the evolution of the ISM in galaxies. A combination of spectral lines due to fine-structure transitions of singly ionized C⁺ at 158 micron and neutral oxygen atom at 63 and 145 micron is ideal for the study of the physical properties and kinematics of gas in the interstellar space that is impacted by the massive stars. A legacy program named 'FEEDBACK', dedicated to the study of the interaction of massive stars with their environment has recently been initiated using the Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy (SOFIA). The primary aim is to understand the dynamics in regions dominated by different feedback processes from massive stars such as stellar winds, thermal expansion, and radiation pressure, and to quantify the mechanical energy injection and radiative heating efficiency. The source sample spans a broad range in stellar characteristics from single OB stars, to small groups of O stars, to rich young stellar clusters, to mini starburst complexes. [Contact person: Bhaswati Mookerjee]

- **[C II] and CO Kinematics across the Spiral Arms of the Galaxy M51**

The standard picture of the phases of the ISM in spiral galaxies posits that giant molecular clouds (GMCs) are assembled in the spiral arm shocks from diffuse interarm H I gas, and then

photodissociated back into the atomic phase by OB star formation within the spiral arms. The first complete, velocity-resolved image of the fine-structure emission of C⁺ at 158 micron from M51, the grand-design spiral galaxy was observed using the Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy. The spectral lines of C⁺, neutral hydrogen and 12CO were used to trace the ionized, neutral atomic and diffuse molecular gas in the ISM. Strong velocity gradients were observed in all tracers at the locations of the stellar arms with a clear offset in position — velocity space between upstream molecular gas (traced by 12CO) and downstream star formation (traced by [C II]), which is consistent with the presence of shocks in the spiral arms in the inner parts of M51 and in the arm connecting the companion galaxy, M51b, in the outer parts of M51. [Contact person: Bhaswati Mookerjee]

- **Observations of the Predicted Eddington Flare from Blazar OJ 28**

The bright blazar OJ 287 — an active galaxy with a jet pointing straight at us — is the most promising candidate for harboring a massive black hole binary inspiralling due to the emission of nano-Hertz gravitational waves. The popular binary black hole (BH) central engine description for OJ 287 predicted in 2018 that the next secondary BH impact-induced bremsstrahlung flare should peak on 2019 July 31. This prediction was based on a detailed general relativistic modeling of the secondary BH trajectory around the primary BH and its accretion disk. A comprehensive analysis of the multi-epoch Spitzer Space Telescope observations of OJ 287 between 2019 July 31 and 2019 September 6 revealed that the observed Spitzer flux density variations during the predicted outburst time window displayed a strong similarity with the observed optical pericenter flare from OJ 287 during 2007 September, as required in the binary BH model for OJ 287. These Spitzer observations added further evidences to the presence of a nano hertz gravitational-wave emitting spinning massive binary BH that inspirals along a general relativistic eccentric orbit in OJ 287. [Contact person: A. Gopakumar]

- **The first discovery of new pulsars and rotating radio transients from the CHIME/FRB telescope**

Researchers reported the discovery of seven new Galactic pulsars and rotating radio transients (RRATs) with the Canadian Hydrogen Intensity Mapping Experiment Fast Radio Burst (CHIME/FRB) backend. These sources were detected from their single bursts, as compared to detections of periodicities from Fourier-transformed pulsar signals. Researchers measured the rotation periods, phase-coherent timing solutions and nulling fractions for these pulsars. [Contact person: Shriharsh P. Tendulkar]

- **The 60 parsec environment of FRB 20180916B**

Fast radio burst FRB 20180916B is the closest-known FRB with a robust host galaxy association at a distance of 149 Mpc. The source also exhibits a 16.35 day period in its bursting. Researchers presented optical and infrared imaging as well as integral field spectroscopy observations of FRB 20180916B with the WFC3 camera on the Hubble Space Telescope and the MEGARA spectrograph on the 10.4 m Gran Telescopio Canarias. The 60-90 milliarcsecond (mas) resolution of the Hubble imaging, along with the previous 2.3 mas localization of FRB 20180916B, allowed the researchers to probe its environment with a 30-60 pc resolution. With the typical projected velocities of pulsars, magnetars, or neutron stars in binaries (60-750 km/s), FRB 20180916B would need 0.8 to 7 million years to traverse the observed distance from its presumed birth site. This timescale is inconsistent with the active ages of magnetars (less than 10 thousand years). Rather, the inferred age and observed separation are compatible with the ages of high-mass X-ray binaries and gamma-ray binaries, and their separations from the nearest OB associations. [Contact person: Shriharsh P. Tendulkar]

- A high resolution view of fast radio burst environments**
 Researchers presented Hubble Space Telescope (HST) observations of the host galaxies of eight fast radio bursts (FRBs) with sub-arcsecond localization. Researchers quantified their spatial offsets with respect to the optical light and compared these offsets statistically to those of long and short GRBs as well as calcium rich transients. It was concluded that the FRBs in the tested distribution do not clearly trace the distributions of any other transient population with known progenitors, and are statistically distinct from the locations of LGRBs, H-poor SLSNe, SGRBs, and Ca-rich transients. It was further found that most FRBs are not in regions of elevated local star formation rate and stellar mass surface densities in comparison to the mean global values of their hosts. [Contact person: Shriharsh P. Tendulkar]
- A Dynamical Survey of Stellar-mass Black Holes in 50 Milky Way Globular Clusters**
 One of the major goals in today's astrophysical community is to understand the dynamics of black holes within old dense star clusters such as globular clusters. A crucial ingredient to this understanding is the knowledge of the number of black holes retained in today's globular clusters. However, it is almost impossible to directly measure the number of black holes in a globular cluster. Researchers followed an updated method based on the previously proposed framework to constrain the number of stellar black holes in 50 globular clusters in the Milky Way using the degree of mass segregation between stars of different masses measured using archival HST-ACS data. [Contact person: Sourav Chatterjee]
- Intermediate-mass Black Holes from High Massive-star Binary Stars in Young Star Clusters**
 There are observational indications that high-mass stars are often always born with a binary companion. Using a state-of-the-art Henon-type Monte Carlo cluster evolution code it was found that a natural outcome of high initial binary fraction in high-mass stars is the production of black holes well above the pair-production and pulsational instability limit for stellar black hole masses. Researchers found that even without any fine-tuning and significant primordial mass segregation dense star cluster can produce intermediate-mass black holes. [Contact person: Sourav Chatterjee]
- Populating the Upper Black Hole Mass Gap through Stellar Collisions in Young Star Clusters**
 Theoretical studies predict that single star evolution cannot produce black holes above 40-50 Msun due to pair production and pulsational instabilities. This limit comes from the pre-collapse mass of the core of an evolved star. It was shown that it may be possible during stellar collisions inside dense star clusters for stars to grow the envelope mass significantly through mergers while keeping the core mass below the instability limits. Through this channel stellar collisions in dense star clusters can very quickly produce ultra-massive stars with low-mass relatively low-mass cores. If this happens, star clusters can naturally produce black holes that are in the mass gap between stellar-mass black holes and super-massive or intermediate-mass black holes. [Contact person: Sourav Chatterjee]

Department of High Energy Physics

- Glimpse into self-interaction of Higgs boson**
 The Higgs boson (H), discovered in 2012 by the ATLAS and CMS experiments, is the pinnacle of the scientific results obtained so far from the CERN-LHC. The experimental measurements are compared with predictions from the standard model (SM), to vindicate it or to look for hints of physics beyond SM, nature of which is yet unknown. The SM also depicts H interacting with itself due to which 3 or 4 of them may couple via a single vertex. The strength of this self-

coupling λ , determines the shape of the Higgs potential which has a considerable impact on our understanding of the properties of the very early universe and its future. Using proton-on-proton collision data at centre-of-mass energy of 13000 GeV and collected by CMS experiment during 2016 through 2018, the CMS international collaboration recently derived the best constraint on the value of λ to date. These results are extremely encouraging to pin down the nature of H. The LHC experiments are poised to actually ‘observe’ the Higgs pair production with better confidence in the near future. [Contact persons: Soumya Mukherjee and Kajari Mazumdar]

- **Very High Energy Gamma Ray Observations with HAGAR Telescope Array**

HAGAR telescope array consisting of seven atmospheric Cherenkov telescopes is operational at Hanle in Ladakh (altitude: 4270 m) since September 2008. Observations of several astronomical sources were carried out throughout the year. Several blazar class active galactic nuclei like Mkn 421, Mkn 501, 1ES 1218+304, 1ES 1959+650, 1ES 2344+514 and galactic objects like Crab, Geminga and some of the pulsars detected by Fermi satellite were observed. Apart from this, several runs were carried out to estimate systematics in data. Total 785 hours of data was collected during this year. Analysis of data on various sources is in progress. [Contact person: V. R. Chitnis]

- **Development of 256-pixel SiPM based camera for a 4-m class atmospheric Cherenkov telescope**

A prototype 64-pixel version of the full 256-pixel SiPM (S13361-3050AS-4 from Hamamatsu) based imaging camera was developed. The four modules in the front-end of this mini-camera were independently tested using a laboratory test set-up. These tests gave satisfactory results regarding the linear dynamic range (3% non-linearity up to 1600 photoelectrons), S/N ratio at single photoelectron (~ 6 @ SiPM overvoltage of 3V), gain variation due to temperature change (3% over -20 to +30 °C), etc. The characterization for more than 100 pixel sensors was completed and the data was used for the module testing. The back-end of the camera was also independently tested using a pulse generator signal for its different functionalities like offset and timing calibrations of the hardware, trigger generation, signal pulse digitization @1GSPS and recording, etc. Also, a multi-nodal GUI-based back-end software programs that control, monitor and acquire the camera data were developed. The integrated performance of the mini-camera is being evaluated thoroughly using laboratory set-up before taking it to Mt Abu for testing with the vertex element of the TACTIC telescope. [Contact person: V. R. Chitnis]

- **Mutiwaveband Studies of Active Galactic Nuclei**

Mutiwaveband studies were carried out for several Active Galactic Nuclei (AGN) during this year. In case of Flat Spectrum Radio Quasar (FSRQ), Quasi Periodic Oscillations (QPO) were detected with a period of ~ 47 days during 450 days data stretch simultaneously in high energy gamma ray data from Large Area Telescope (LAT) onboard Fermi satellite and optical V band data, with good statistical significance. Most likely scenario for QPO was found to be emission arising from a region moving helically inside the jet. For another FSRQ, CTA 102, QPOs were detected with a period of ~ 7.6 days during flaring activity in gamma ray and optical R band. For NGC 1275, a radio galaxy located at the centre of the perseus cluster, study of soft and hard X-ray data from Swift-XRT and NuSTAR, respectively, was carried out, along with the gamma ray observations from Fermi-LAT, during an enhanced gamma ray flux. Method was developed to decouple cluster and AGN contribution carrying out simultaneous fit to soft and hard X-ray spectral data. Variability on various time scales was studied. Also, study of mutiwaveband spectral energy distributions for various FSRQs in quiescent and flare states was initiated.

[Contact person: V. R. Chitnis]

Astroparticle Physics

- **Measurement of cosmic ray energy spectrum and composition by the GRAPES-3 experiment**

Cosmic rays are the most energetic particles present in nature. However, their origin, acceleration and propagation are not clearly understood. Precise measurements of their energy spectrum and composition could reveal the mystery of these high energy particles. Recent measurements by space based detectors have shown that the cosmic ray spectrum cannot be described by a single power law up to the Knee (energy ~ 3 PeV). High precision measurements of space-based detectors have enabled the discovery of new features in the cosmic ray spectrum. However, their measurements are limited to below 100 TeV. The latest results from the GRAPES-3 experiment on the cosmic ray proton and helium spectrum over an energy range of 100-1000 TeV provide a bridge between the direct measurements in space and indirect measurements in the ground. A dense array of scintillator detectors coupled with a large area muon telescope has made these unique measurements possible. [Contact person: Pravata K. Mohanty]

- **Measurements of cosmic ray anisotropy with GRAPES-3 experiment**

Although the distribution of cosmic rays is almost isotropic, a large-scale anisotropy of $\sim 10^{-4}$ – 10^{-3} level has been observed by several earth based extensive air shower experiments that collect large statistics. The anisotropy is a new probe for local cosmic ray sources in our Galaxy as well as for the magnetic structure in the interstellar medium that affects the propagation of cosmic rays. The GRAPES-3 experiment has a unique advantage to study this phenomena due to its near-equatorial location. An analysis on the anisotropy has been performed using 3 years of GRAPES-3 data and the results are consistent with experiments such as Tibet ASgamma, HAWC and IceCube. [Contact person: Pravata K. Mohanty]

- **Improvements in the angular resolution of the GRAPES-3 experiment to probe multi-TeV gamma ray sources**

Good angular resolution is a key for detecting multi-TeV gamma ray sources to understand the origin of galactic cosmic rays. By exploiting the size and age dependence of shower front curvature for the first time, a significant improvement in the angular resolution of the GRAPES-3 experiment was achieved. The angular resolution was calibrated by observing the shadow on cosmic ray flux casted by the Moon. A deficit on the flux of cosmic rays from the Moon direction provides a measure of the angular resolution. [Contact person: Pravata K. Mohanty]

- **Studies on the diffuse gamma ray flux over 10-300 TeV by GRAPES-3 experiment**

Diffuse gamma-ray emission by interactions of ultra-high-energy cosmic rays (UHECRs) with the 2.7K cosmic microwave background (CMB) is expected to have an isotropic distribution around 10-100 TeV. This radiation carries the information on the distribution of energetic sources and hence the cosmological evolution of the universe. Based on the data measured by the GRAPES-3 experiment, a 90% C.L. upper limit on the intensity of gamma-rays relative to cosmic rays at energies from 10-300 TeV is placed. [Contact person: Pravata K. Mohanty]

- **Investigation of acceleration of particles by thunderstorm potential**

The GRAPES-3 muon telescope discovered record break Gigavolt potential in thunderstorms using cosmic ray muons (B. Hariharan et al., PRL 122 (2019) 105101) as predicted by C.T.R. Wilson in 1929. A search of the GRAPES-3 data from 2011 to 2020 found 486 thunderstorm events, out of which 80% events were observed from the east direction. A detailed Monte Carlo

simulation study found that such an asymmetry could be explained by the muon charge ratio, where the charge ratio is higher in east compared to west. [Contact person: Pravata K. Mohanty]

Department of Nuclear and Atomic Physics

- **Magnetic field with the edge**

This study overturns a dominant six-decade old notion that the giant magnetic field in a high intensity laser produced plasma evolves from the nanometre scale. Instead the field actually originates at macroscopic scales defined by the boundaries of the electron beam that is propagating in the plasma. This could alter our understanding of magnetic fields in astrophysics and laser fusion and may help in designing next generation high energy particle sources for imaging and therapies. [Contact person: G. Ravindra Kumar]

- **Measuring electron emission from irradiated biomolecules**

In a study published in EPJ D, researchers in India and Argentina, led by researchers at the Tata Institute of Fundamental Research, successfully determined the characteristics of electron emission when high-velocity ions collide with adenine - one of the four key nucleobases of DNA. Since high-energy ions can break strands of DNA as they collide with them, the team's findings could improve our understanding of how radiation damage increases the risk of cancer developing within cells. In their experiment, they considered the 'double differential cross section' (DDCS) of adenine ionisation. This value defines the probability that electrons with specific energies and scattering angles will be produced when ions and molecules collide head-on, and is critical for understanding the extent to which biomolecules will be ionised by the electrons they emit. Their findings could now lead to important advances in our knowledge of how biomolecules are affected by high-velocity ion radiation; potentially leading to a better understanding of how cancer in cells can arise following radiation damage. [Contact person: Lokesh C. Tribedi]

- **New lifetime measurement for the 2^+_1 level in ^{112}Sn by the Doppler-shift attenuation method**

Levels in the ^{112}Sn nucleus were excited by inelastic scattering with ^{35}Cl projectile at $E_{\text{lab}}=195$ MeV. The Doppler affected γ -ray peak arising from the decay of the 2^+_1 level was analyzed, using updated methodologies, to extract the level lifetime and corresponding electric quadrupole (E2) transition probability, $B(E2; 0^+_{\text{g.s.}} \rightarrow 2^+_1)$. The present result is discrepant with respect to the results reported from existing lifetime measurements, but in compliance with independent systematic measurements of the low-lying E2 transition strengths in the stable even-mass Sn isotopes, by pure Coulomb excitation as well as heavy-ion induced inelastic collisions. The transition probability also confirms an enhancement in collectivity for the 2^+_1 level, and is found to be in good agreement with generalized seniority model (GSM) as well as state-of-the-art Monte Carlo shell model (MCSM) calculations. Within the realm of the MCSM scheme, the enhancement is understood in terms of oblate deformations for both the $0^+_{\text{g.s.}}$ and 2^+_1 states in ^{112}Sn arising due to strong proton-core excitations and enhanced proton-neutron interactions. In addition, limits for the lifetime of the 3^-_1 level and the E1 transition probability, $B(E1; 3^-_1 \rightarrow 2^+_1)$, were obtained. [Contact person: Rudrajyoti Palit]

- **Investigation of the alignment mechanism and loss of collectivity in ^{135}Pm**

High-spin excited states of ^{135}Pm were investigated using the $^{107}\text{Ag}(^{32}\text{S}, 2p2n)$ reaction at 145-MeV beam energy. Three negative-parity bands were investigated up to $\sim 9.0^-$, 7.6^- , and 6.9^- MeV excitation energies with spin parities $(55/2^-)$, $(49/2^-)$, and $(47/2^-)$ $\hbar$, respectively. The experimental results were interpreted using the triaxial projected shell model. It was shown that the observation of the parallel band structures can be explained in terms of crossing of two s bands with the yrast band, which is a rare phenomenon for an odd-A nucleus. Further, the

lifetimes of levels in yrast band were extracted using Doppler shift attenuation method. The evaluated B(E2) values of yrast states show the loss of collectivity at higher spin, attributed to the alignment process. [Contact person: Rudrajyoti Palit]

- **Nuclear level density of ^{69}Zn from gamma gated particle spectrum and its implication on $^{68}\text{Zn}(n, \gamma)^{69}\text{Zn}$ capture cross section**

Evaporated α -spectra were measured in coincidence with low energy discrete γ -rays from residual nucleus ^{68}Zn populated by αn evaporation from compound nucleus ^{73}Ge produced in the reaction $^{64}\text{Ni}(^9\text{Be}, \alpha n)^{68}\text{Zn}$ at $\text{Be} = 30$ MeV. Low energy γ -gated α -particle spectra, for the first time, were used to extract the nuclear level density (NLD) for the intermediate ^{69}Zn nucleus in the excitation energy range of $E \approx 4\text{--}20$ MeV. The slope of present NLD data as a function of excitation energy for ^{69}Zn matches nicely with the slope determined from Reference Input Parameter Library (RIPL) estimates for NLD at low energies and the NLD from neutron resonance data at neutron separation energy. The extracted inverse NLD parameter was used to determine the nuclear level density parameter value a at neutron separation energy for ^{69}Zn . The cross section of $^{68}\text{Zn}(n, \gamma)$ capture reaction as a function of neutron energy was then estimated employing the derived in the reaction code TALYS. It was found that the estimated neutron capture cross section agrees well with the available experimental data without any normalization. The present result indicated that experimentally derived nuclear level density parameter can constrain the statistical model description of astrophysical capture cross section and optimize the uncertainties associated with astrophysical reaction rate. [Contact person: Rudrajyoti Palit]

- **Evidence of antimagnetic rotational motion in ^{103}Pd**

Lifetime measurements were carried out for the levels of the negative parity yrast sequence in ^{103}Pd nucleus using the Doppler shift attenuation method. The levels were populated via $^{94}\text{Zr}(^{13}\text{C}, 4n\gamma)^{103}\text{Pd}$ fusion-evaporation reaction at a beam energy of 55 MeV. De-exciting γ rays were detected by utilizing the Indian National Gamma Array. The extracted transition probabilities and other auxiliary observations indicated that the sequence may be resulting from the antimagnetic rotational (AMR) motion of valence nucleons. The key characteristic feature of the AMR motion is the steady decrease of the B(E2) transition probability with spin, which is seen in the present measured transitions for ^{103}Pd . The experimental results were compared with the theoretical predictions of tilted axis cranked approach based on the covariant density functional theory. It was noted that the properties of the AMR band structure for ^{103}Pd predicted in this model analysis were in good agreement with the present experimental findings. Further, semi-classical particle-rotor model was employed to substantiate the AMR interpretation of the observed band structure in ^{103}Pd and it was shown that results are similar to the band structures observed in the neighboring isotopes, which have also been considered as candidates for AMR motion. [Contact person: Rudrajyoti Palit]

Department of Biological Sciences

- **Seroprevalence of SARS-CoV-2 in slums versus non-slums in Mumbai, India**

A Govt. of India approved study to estimate the prevalence of COVID-19 in six slum and non-slum communities across three wards of Mumbai, India suggested a high asymptomatic spread of the infection and an infection fatality rate of 0.076% in slums and 0.263% in non-slums. The higher prevalence in slums could be driven by population density, lower adherence to distancing measures, and poorer hygiene. [Contact person: Ullas Kolthur]

- **Episodic Orco transport by kinesin-2**

Localization of transmembrane receptors into the cilium is essential for cilia function. Our understanding of the process mainly studied for a handful of such proteins in tissue-cultured cells and the mammalian retina is still incomplete. Earlier studies in the laboratory suggested that the Odor Receptor Co-receptor (Orco) binds to the tail domain of the kinesin-2 motor subunit KLP68D in *Drosophila*. The subsequent investigation indicated that the bulk of Orco enriches in the cilium in two hour-long episodes in six hours after the eclosion of the adult *Drosophila*. It was now shown that this adult-specific Orco-transport requires kinesin-2, which also appears to localize the receptor at the distal part of the cilium. [Contact person: Krishanu Ray]

- **Molecular Cell Biology of Stem cell differentiation**

Often a stem cell progeny proliferates to generate a mass of cells before differentiation. This transit amplification process is critical for tissue growth and homeostasis. Although several studies indicated that the rate of stem cell division and its progeny must be linked, a quantitative correlation was not established. To test this idea, researchers developed a simple computation strategy for estimating average cell-cycle lengths (lifespans) of germline stem cells and their progeny from fixed-tissue demography in the *Drosophila* testis. Analysis of the wild-type and mutant data using this method indicated anomalous changes in the lifespans during the transit-amplification. Further, cell-autonomous changes altering the rates of stem cell divisions changed that of the progeny proportionately. Together, the results indicated that the early germline division rates can adjust the following division rates and the onset of differentiation. [Contact person: Krishanu Ray]

- **Mechanism of a contractile actomyosin basket assembly**

Plasma membrane senses nanoscale topography, and membrane curvature recruits Bin-Amphiphysin-Rvs (BAR)-domain proteins. The downstream molecular pathway in vivo is unclear. It was found that the plasma membrane of the somatic head-cyst-cell folded around mature spermatid heads during the final stages of sperm maturation in the *Drosophila* testis induces the assembly of a contractile actomyosin scaffold called actin basket. The basket stabilizes the somatic cyst cell membrane folded around rigid spermatid heads actively clamps them together in a tight bundle. It is nucleated exclusively by Amphiphysin, which recruits Rho1 and the Formins - Diaphanous and DAAM. These observations revealed a new response mechanism of actin-membrane interactions, which generates a cell adhesion-like strategy through active clamping. [Contact person: Krishanu Ray]

- **Cryo-Electron Microscopy Facility**

This facility was established in 2007 with a Zeiss Libra 120 EFTEM and two ultracut sectioning machines. It is now running at optimum, and several members from the Institute and from outside have availed it for their research. [Contact person: Krishanu Ray]

Developmental Neuroscience

- The choroid plexus (CP) secretes cerebrospinal fluid and is critical for the development and function of the brain. Researchers examined the role of canonical Wnt signaling in CP development. Either loss of function or constitutive activation of canonical Wnt signaling causes a profound disruption of mouse CP development. Loss of function results in a disrupted CP, while constitutive activation causes a loss of CP identity and a transformation of this tissue to a hippocampal-like identity. Aspects of this phenomenon are recapitulated in human embryonic stem cell (hESC)-derived organoids. The results indicated that canonical Wnt signaling is required in a precisely regulated manner for normal CP development in the mammalian brain. [Contact person: Shubha Tole]

- Transcription factors act in complexes comprising multiple factors interacting in specific configurations. An elegant functional complex is the ‘tetrameric model’ for LIM-HD transcription factors and Ldb co-factors, demonstrated two decades ago, with respect to LIM-HD protein Apterous (Ap) function as a ‘dorsal selector’ in the *Drosophila* wing blade (van Meyel et al., 1999; Milan and Cohen, 1999). These studies demonstrated that it is necessary for Ap to bind with cofactor Chip, and for Chip to dimerize, thus bringing together two Ap molecules. The present study demonstrated that the same mechanism is instrumental in multiple aspects of mouse hippocampal development. Researchers examined the interactions of the vertebrate homologs of Apterous (Lhx2) and Chip (Ldb1) and demonstrated that their interactions are also consistent with the tetrameric model, and that these interactions are critical for the specification of hippocampal fate and for regulating the neuron-glia cell fate switch in the developing hippocampus. [Contact person: Shubha Tole]
- Thalamocortical nerves carry sensory information from the periphery to the cortex. When they first grow into the embryonic cortex, they wait at the subplate, a structure critical for the guidance and eventual connectivity of thalamic axons with their cortical targets. How the properties of subplate neurons are regulated is unclear. Researchers reported that transcription factor Lhx2 is required in the progenitor mother cells of the cortical primordium when they are producing their daughter subplate neurons, in order for the thalamocortical pathway to wait at the subplate. Without Lhx2 function in subplate progenitors, thalamocortical axons grow past the subplate, entering the cortical plate prematurely. This aberrant overgrowth results in their eventual attrition, and consequently a profound loss of sensory innervation of the mature cortex. [Contact person: Shubha Tole]

Cell-Developmental Biology

- **Myosin Vb isoforms, mTOR signaling and Grhl3 in regulation of epithelial cell morphology and tissue homeostasis in the developing zebrafish epidermis**
Myosin Vb is an actin-based motor. It interacts with various Rabs such as Rab8, Rab10, and Rab11 to regulate specific steps in intracellular transport. Using a combination of knockdown and rescue by various mutant versions in zebrafish, it was shown that the interaction of Myosin Vb with Rab 11 is essential for the regulation of recycling pathway whereas that with Rab10 is important for scission of vesicles at the trans-Golgi surface, in the epidermal cells. It was further shown that the compensatory cell growth in the epidermis is directed and takes place mostly in the apical domain making the cells more squamous to cover the body surface when the cell number is reduced. Researchers used state of the art genomic, genetic and microscopy approaches to show that the function of Grhl3 transcription factor is essential for the retention of rounded up cell by regulating E-cadherin levels. This retention of cells and their subsequent integration is essential for the maintenance of epidermal homeostasis and integrity. [Contact person: Mahendra S. Sonawane]

Biochemistry and Molecular Biology

- **Investigating the molecular mechanisms of vesicular secretion and protein folding**
During membrane fusion, fusion pores are the crucial kinetic intermediates through which chemical messengers are secreted outside the cell. Researchers used biochemical and biophysical tools (ensemble and single molecule resolution) to study the role of few membrane fusion regulators (alpha-synuclein, Munc13-1, Munc18, synaptotagmin 1) in altering trans-SNARE assembly and fusion pore dynamics. This study explained why under pathologic conditions (e.g. in Parkinson’s disease) where non-functional misfolded alpha-synuclein monomers, abnormal

vesicular secretion occurs. This leads to another topic of research — how newly synthesized proteins by the ribosome becomes functional. Researchers used biochemical tools and discovered that ribosome actively regulate the functional structure formation of nascent proteins. Release kinetics of newly synthesized protein sequences from the ribosome exit tunnel might contribute to this activity. [Contact person: Debasis Das]

Neuronal Cell Biology

- **Regulation of trafficking and transport of neuronal cargo**

Researchers seek to understand the mechanisms of cargo biogenesis and transport *in vivo* and its contribution to neuronal function. Such transport is carried out by molecular motors that move cargo between the cell body and the synapse along microtubule tracks. Researchers largely concentrated on anterograde traffic, namely movement of cargo from the cell body to the synapse. Multiple elements form part of cargo movement. While we know some important anterograde cargoes (pre-synaptic vesicles and mitochondria) and their motors (largely Kinesin-3 and Kinesin-1 respectively), little is known about the identity of the regulatory molecules and the multiple steps involved in trafficking-transport pathways. This knowledge is fundamental and also important for possible disease intervention strategies. Using the findings in axonal transport a wider exploration of neuronal cell biological processes was also begun where we have begun addressing fundamental problems such as organelle density regulation using the mitochondria in neurons as a model. Researchers primarily use *C. elegans* to address several questions listed above using genetic and live imaging approaches. [Contact person: Sandhya P. Koushika]

Neurobiology of Depression

- **Modulation of neuronal energetics by serotonin: Relevance to Psychiatric disorders**

Work done between the Vaidya and the Kolthur labs has demonstrated a profoundly important role for the monoamine neurotransmitter, serotonin, as a key regulator of mitochondrial production and of bioenergetics in neurons. This work indicated that serotonin, via its actions on mitochondria plays a strongly neuroprotective role. This work has identified a pathway linking serotonin, via the longevity associated gene, Sirt1, to neuronal survival and the amelioration of mitochondrial dysfunction, with important implications for neurodegenerative and neuropsychiatric diseases. This work has far-reaching implications for India, which is facing the burgeoning crisis of mental health disorders, and an aging population with enhanced risk for neurodegenerative disorders. [Contact person: Vidita Vaidya]

Department of Chemical Sciences

Computational Chemistry and Biophysics

- **Estimating the Directional Flexibility of Proteins**

Proteins when subjected to uniaxial mechanical stress are expected to exhibit an anisotropic response. This mechanical anisotropy of proteins has been captured in single-molecule force spectroscopy (SMFS) experiments, which report directional spring constants. Researchers at TIFR-DCS have now developed computational methods based on protein crystals structures to predict the directional flexibility and mechanical anisotropy of proteins. It was shown that directional spring constants correlate well with SMFS experimental data for 5 different globular proteins (ubiquitin, SUMO1, SUMO2, GFP, GB1). The computational framework has been applied to make specific predictions on the mechanical anisotropy of the protein ubiquitin along biologically relevant pulling directions and upon binding to partner proteins which have distinct functional roles in the cellular context. [Contact person: Ravindra Venkatramani]

- Optical detection of Structural Changes in Stilbazolium Dye upon Light Absorption**
 Optically triggered structural and electronic changes in chromophores form the molecular basis for designing bioimaging probes that sense polarity, microviscosity, and pH in vivo. Researchers at TIFR-DCS have now used femtosecond stimulated Raman spectroscopy and computations to reveal distinct optical signatures of structural relaxations, which create distinctive electronic states for a stilbazolium-class mitochondrial staining dye. The researchers were able to spectroscopically track the excited-state structure of the dye as it relaxes on the excited state surface on a picosecond time scale. Computations were able to assign specific optical signatures to the ‘twist’ of a single bond within the dye. This study offers a new perspective for designing organelle-specific biomolecular probes by tuning the conformational dynamics of dyes. [Contact person: Ravindra Venkatramani]
- Comparing Charge Transport Efficiencies in DNA and RNA**
 Researchers at TIFR-DCS and IISc Bengaluru have used computational methods to estimate and compare the charge transport properties of double-stranded (ds)RNA sequences with corresponding dsDNA sequences. These studies resolve a contradictory picture in the field obtained by studying relative charge transport efficiencies in A-form DNA:RNA hybrids and dsDNA. The researchers used a multiscale modelling framework, to compute conductance of dsDNA and dsRNA in both the coherent and incoherent regimes of charge transport. It was found that dsDNA conducts better than dsRNA in both the charge transport regimes. Detailed analysis showed that the structural differences in the twist angle and slide of dsDNA and dsRNA are the main reasons behind the higher conductance of dsDNA in the incoherent hopping regime. In the coherent limit however, for the same base pair length, the conductance of dsRNA is higher than that of dsDNA for the morphologies where dsRNA has a smaller end-to-end length relative to that of dsDNA. [Contact person: Ravindra Venkatramani]
- Identification of a Copper Ion Recognition Peptide Sequence within an Enzyme**
 Researchers at TIFR-DCS and BARC investigated the role of a small pentapeptide, NHSFM, derived from the surface exposed part of the metal ion binding loop of the subunit II of cytochrome c oxidase using experimental and computational methods. The copper ion was found to form a 1:1 complex of the pentapeptide with a binding constant $\sim 10^4 \text{ M}^{-1}$ to 10^5 M^{-1} , where a 4 ligand coordination from the peptide in a type 2 copper center was revealed. Spectroscopic studies as well as computations of the metal–peptide complexes revealed pH dependent changes in the metal–ligand bond distances. Analyses of the backbone distances as well as B-factors for the metal peptide suggested that the peptide backbone becomes more compact and rigid on binding of the metal ion. This indicated that binding of copper ion to this pentapeptide in the protein possibly cause movement of the protein backbone bringing other coordinating residues closer to the copper ion, and thus helping in sequential uptake of copper ions to the protein. [Contact person: Ravindra Venkatramani]
- Modulation of Mechanical Stability of Proteins by Protein/Peptide Ligands**
 Proteins often bind to ligands to carry out their function. Researchers at TIFR-DCS have used experiments and computations to explore the role of ligand binding site on the mechanical properties of globular proteins whose structures are superimposable, namely, ubiquitin and small ubiquitin related modifier 1 (SUMO1). The terminal segments of these protein are connected through hydrogen bonds and constitute a β -clamp geometry (or mechanical clamp), which confers high mechanical resilience to the protein fold. The study revealed that a protein ligand does not alter the mechanical properties of ubiquitin, despite directly interacting with its β -clamp. In contrast, a different peptide ligand, which binds away from the β -clamp can reinforce protein

stability provided by the β -grasp fold. These studies highlight the importance of binding site and binding modes of ligands in modulating the mechanical stability of β -grasp fold proteins. [Contact person: Ravindra Venkatramani]

Materials Chemistry

- **Simultaneous Electrochemical Reduction of CO₂ and Oxidation of Water**

In an approach to improve the kinetics of water splitting, which is normally hampered by sluggish four electron oxygen evolution process at the anode, researchers previously studied oxidation reaction via optimizing the two electron process that provides for hydrogen peroxide formation. During this electrochemical reaction, CO₂ is used as a purging gas. As a further to this, work was devoted to understanding the cathodic reaction. While maintaining the production of the industrially useful chemical H₂O₂ at the anode, the nature of the cathodic reaction and specifically the formation of any hydrocarbon products due to CO₂ reduction at the counter electrode was evaluated. [Contact person: Deepa Khushalani]

- **Photoactivity of Bismuth Vanadate - PHOTO-Electrochemical production of Hydrogen Peroxide**

Work proceeded on evaluating a photoactive semi-conductor: Bismuth Vanadate and its use to circumvent a conventional 4 electron water oxidation process to instead, a two electron water oxidation to form Hydrogen peroxide. Researchers worked and evaluated that the manner in which the vanadate catalyst is grown and deposited, film thickness and crystallinity are vital parameters that contribute to improved efficacy of this novel light activated reaction. [Contact person: Deepa Khushalani]

- **Use of Functionalized Carbon Nitride Framework for Photocatalytic Hydrogen production**

This work has involved a systematic evaluation of a semiconductor photocatalyst for water splitting reaction in the presence of a myriad of ions (especially those present in seawater). The semiconductor evaluated is unique in that it consists of a modified carbon nitride such that it is an ionized organic polymer-based system. The work details systematic water splitting that has been done in the presence of various ions (Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻), and their role in modulating the photocatalytic activity has been evaluated. Using a Pt nanoparticle co-catalyst, a ten times increase in H₂ production was observed in presence of these ions and a unified theory on the PC reaction (where the catalyst consists of functionalized carbon nitride in the presence of a Pt cocatalyst to drive water splitting to augment H₂ generation in the presence of a variety of ions) was obtained. [Contact person: Deepa Khushalani]

Efficient Modeling of Ionization Potentials of Molecules

- **Molecular Electron Affinities Using the GKS-spRPA method**

Modeling anionic states is a frontier challenge for electronic structure methods. Commonly used density functional approximations such as PBE, B3LYP, etc., often underestimate electron affinities due to an incorrect long-range behavior resulting from self-interaction errors and a lack of dispersion-type correlation effects. This work showed that the generalized Kohn-Sham random phase approximation (GKS-RPA) method has the correct long-range behavior necessary for the description of anionic states. As a result, valence and nonvalence anionic states of molecules are equally well described. This work also proposes a quartic scaling GKS-RPA algorithm, which brings down the scaling of the method by two orders of magnitude. The low-scaling algorithm was used to characterize new anionic states of perhalobenzene molecules with potential implications on solar energy capture materials. [Contact person: Vamsee K. Voora]

Computational Tools for Quantum Chemistry Methods

- **TURBOMOLE: Modular program suite for ab initio quantum-chemical and condensed-matter simulations**

This work discussed the efforts of many groups worldwide who are contributing the quantum chemistry methods that are part of TURBOMOLE software. The work reviews the recent developments made towards density functional and wavefunction methods, and corresponding algorithms. A variety of illustrative applications along with the efficiency of the code of the algorithms was highlighted. [Contact person: Vamsee K. Voora]

Nanocatalysis for Energy and Environment

- **Nanosponges of Acidic Amorphous Aluminosilicate for Catalysis, Plastic Degradation and CO₂ to Fuel Conversion**

Researchers reported the synthesis and application of a different class of material, called ‘Acidic Amorphous Aluminosilicates (AAS)’, which possesses Brønsted acidic sites like in zeolites and textural properties like ASAs. AAS catalyzes eight different reactions (which all require strong acidic sites and larger pore sizes, with better performance than state-of-the-art zeolites and amorphous aluminosilicates. Notably, AAS efficiently converts a range of waste plastics to hydrocarbons at significantly lower temperatures. A Cu-Zn-Al/AAS hybrid shows excellent performance for CO₂ to fuel conversion with 79% selectivity for dimethyl ether. The catalytic performance of AAS was then investigated by conventional and DNP-enhanced solid-state NMR to provide molecular-level understanding of the distinctive Brønsted acidic sites of these materials. Due to their unique combination of strong acidity and accessibility, AAS will be a potential alternative to hierarchical zeolites. [Contact person: Vivek Polshettiwar]

- **CO₂ Mitigation on Earth and Magnesium Civilization on Mars**

Excessive CO₂ emissions are a major cause of climate change, and hence reducing the CO₂ levels in the Earth's atmosphere is key to limit adverse environmental effects. Researchers used water and magnesium and converted CO₂ to fuel (methane, methanol, and formic acid) and green cement in just a few minutes. This protocol can even be used for hydrogen production (940 liter per kg of Mg), which is nearly 420 times more than hydrogen produced by the reaction of Mg with water alone. This process could also potentially be the first step towards a magnesium-driven civilization on Mars where CO₂, water (ice), and magnesium are abundant. [Contact person: Vivek Polshettiwar]

- **Lithium silicate nanosheets with excellent capture capacity and kinetics with unprecedented stability for high-temperature CO₂ capture**

Researchers designed and synthesized lithium silicate nanosheets (LSNs), which showed high CO₂ capture capacity with ultra-fast kinetics and enhanced stability at 650°C. Due to the nanosheet morphology of the LSNs, they provided a good external surface for CO₂ adsorption at every Li-site, yielding excellent CO₂ capture capacity. The nanosheet morphology of the LSNs allowed efficient CO₂ diffusion to ensure reaction with the entire sheet as well as providing extremely fast CO₂ capture kinetics (0.22 g g⁻¹ min⁻¹). Conventional lithium silicates are known to rapidly lose their capture capacity and kinetics within the first few cycles due to thick carbonate shell formation and also due to the sintering of sorbent particles; however, the LSNs were stable for at least 200 cycles without any loss in their capture capacity or kinetics. The LSNs neither formed a carbonate shell nor underwent sintering, allowing efficient adsorption-desorption cycling. [Contact person: Vivek Polshettiwar]

- **Photocatalytic Hydrogen Generation and CO₂ Conversion Using g-C₃N₄ Decorated Dendritic Fibrous Nanosilica**

Researchers synthesized g-C₃N₄ decorated over dendritic fibrous nanosilica (DFNS). The generation of C–N–Si interfaces by coating each fiber of DFNS with g-C₃N₄ not only provided high surface area but also affected the optical and electronic properties of the composite. The catalyst synthesis reproducibility issue of g-C₃N₄ was resolved using a vacuum-sealed quartz tube. The extended light absorption in the visible region, enhanced lifetime of photogenerated charge carriers due to the formation of interfaces between silica and g-C₃N₄ (confirmed by solid-state NMR), and increased surface area result in the improved photocatalytic activity of DFNS/g-C₃N₄ for hydrogen generation and CO₂ conversion. [Contact person: Vivek Polshettiwar]

- **Boron Nitride and Oxide Supported on Dendritic Fibrous Nanosilica for Catalytic Oxidative Dehydrogenation of Propane**

Researchers were able to significantly increase the activity of boron nitride (BN) catalysts used for the oxidative dehydrogenation (ODH) of propane by designing and synthesizing BN supported on dendritic fibrous nanosilica (DFNS). DFNS/BN showed a markedly increased catalytic efficiency, accompanied by exceptional stability and selectivity. Textural characterization, together with solid-state nuclear magnetic resonance (NMR) and X-ray photoelectron spectroscopic analyses, indicates the presence of a combination of unique fibrous morphology of DFNS and various boron sites connected to silica to be the reason for this increase in the catalytic performance. Notably, DFNS/B₂O₃ also showed catalytic activity, although with more moderate selectivity compared to that of DFNS/BN. This study indicates that both boron nitride and oxide are active catalysts and by using high surface area support (DFNS), conversion from propane to propene as well as productivity of olefins was significantly increased. [Contact person: Vivek Polshettiwar]

RNA Extraction from Viruses

- **Dendritic Fibrous Nanosilica (DFNS) for RNA Extraction from Cells**

Efficient RNA extraction is critical for all downstream molecular applications and techniques. In this study, researchers showed that RNA from the cells can be extracted by dendritic fibrous nanosilica (DFNS) with higher efficiency than commercially available silicas. This could be because of the unique fibrous morphology, high accessible surface area, and nanosize particles of DFNS. Researchers studied various fundamental aspects, including the role of particle size, morphology, surface area, and charge on the silica surface in RNA extraction efficiency. Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy studies revealed the interaction of functional groups of RNA with the silica surface, causing selective binding. Due to the sustainable synthesis protocol of DFNS and the simplicity of various buffers and washing solutions used, this RNA extraction kit can be assembled in any lab. [Contact person: Vivek Polshettiwar]

Membrane Biophysics

- **Membrane modulation by small signaling molecules**

The interaction of small molecules with artificial and biological membranes was probed with atomic force microscopy, optical spectroscopy, and NMR spectroscopy. An unexpectedly strong modulation of membrane properties by small signaling molecules was found. Serotonin, an important signaling molecule in the brain, was found to reduce membrane order significantly. Other monoamine neurotransmitters also had effects of varying degrees. This is a novel pathway for cell signaling, and might have strong implications for the way long-term signaling takes place. [Contact person: Sudipta Maiti]

Protein Aggregation

- **Structure, properties, and membrane interactions of amyloid oligomers**

The molecular modifications of toxic proteins are important to understand, as they could be the key to toxicity. Earlier work from researchers had uncovered that the N-terminal was crucial for toxicity. In this study, the structure of the pyroglutamate modified Amyloid beta was probed. Another major effort was to understand the placement of amyloid oligomers in the membrane. A combination of techniques, including fast fluorescence correlation spectroscopy, electron paramagnetic resonance spectroscopy and fluorescence lifetime experiments were performed to understand the locations of the different parts of amyloid beta and amylin molecules. [Contact person: Sudipta Maiti]

Single Molecule Biophysics

- **Probing individual protein oligomers with single molecule photobleaching**

A major question in the field of protein aggregation concerns the interaction of the protein oligomers with cell membranes. Specifically, one needs to understand whether a particular type of oligomer has a higher affinity than the others for the cell membrane. A method was developed using single-molecule imaging techniques to obtain an answer. This technique not only provided an understanding of the amylin-membrane system, but also provided a general method for any oligomers to interact with membranes. [Contact person: Sudipta Maiti]

Chemical Biology and Molecular Imaging

- **Spatio-temporally tracking autophagy with a cell-permeable ratiometric fluorescent sensor**

Autophagy is an essential cellular degradation process. Impaired autophagy has been linked to multiple disorders including cancer and neuro-degeneration. Tracking the autophagic flux in living cells will provide mechanistic insights into autophagy and will allow rapid screening of autophagy modulators as potential therapeutics. Imaging autophagy to track the autophagic flux demands a cell-permeable probe that can specifically target autophagic vesicles and report on the extent of autophagy. Researchers combined the desirable features of targetability and cell-permeability to develop a novel water-soluble, cell-permeable, visible-light excitable, peptide-based, fluorescent sensor for imaging autophagy and tracking the autophagic flux. The probe readily entered living cells within 30 min of incubation, distinctly targeted autophagic vesicles, and spatio-temporally tracked the entire autophagy pathway in living cells via a ratiometric pH sensitive detection scheme. The salient features of the probe combining targetability with cell-permeability should provide an edge in high throughput screening of autophagy modulators by tracking autophagy live. [Contact person: Ankona Datta]

- **A novel ratiometric fluorescent sensor for sensing anionic phospholipids**

Anionic phospholipids are structural and signal mediating components of the plasma membrane and organelle membranes in eukaryotic cells. However, altered metabolism of these phospholipids can lead to fatal disorders and can also act as biomarkers for diseases. Cell permeable fluorescent sensors for these lipids serve as valuable tools for live cell detection and tracking to provide information on localization and dynamics as related to biological function. Researchers developed a cell permeable, ratiometric fluorescent probe suitable for detection of anionic phospholipids within the endosomal and lysosomal membranes. The probes were also able to detect externalized anionic phospholipids upon initiation of programmed cell death. [Contact person: Ankona Datta]

- **Cell-permeable ratiometric fluorescent sensors for tracking phosphatidylinositol-(3,4,5)-trisphosphate**

Phosphatidylinositol-3,4,5-trisphosphate (PIP3) is a signalling lipid that regulates the phosphatidylinositol 3-kinase (PI3K)/AKT pathway. The PI3K/AKT pathway plays a central role

in cellular metabolism, survival, growth, proliferation, polarity, and apoptosis, and is upregulated in multiple cancers including breast cancer. Genes expressing PI3K have been found to be overexpressed in breast cancer. Further, loss of phosphatase and tensin homologue deleted on chromosome 10 (PTEN) function is also frequently observed in breast cancer. The overall effect of increased PI3K activity and decreased PTEN function is accumulation of PIP3. Toward the goal of detecting elevated levels of PIP3 in malignant breast cancer as a potential diagnostic route researchers developed novel peptide-based cell-permeable ratiometric fluorescent sensors for PIP3. [Contact person: Ankona Datta]

- **Fluorescent Chemical Tools for Tracking Anionic Phospholipids**

Anionic phospholipids are essential structural components of cell membranes. Spatiotemporal dynamics of these lipids play central roles in regulating signalling events and membrane processes. On the other hand, defects in anionic phospholipid metabolism are linked to multiple diseases. Hence, the ability to visualize these phospholipids and their dynamics in living cells can afford mechanistic insights into vital cell processes, guide the development of therapeutics, and lead to diagnostic agents. Fluorescent sensors that can detect anionic phospholipids are key chemical tools that can be used to image and track these bio-molecules in a confocal microscopy platform. In this review, researchers highlighted existing chemical probes and sensing strategies for anionic phospholipids along with their pros and cons in the context of their applicability toward imaging and tracking these essential lipids in living cells. [Contact person: Ankona Datta]

Medicinal Chemistry and Cell Biology

- **Development of new Iridium and Ruthenium based organometallic anticancer drugs for treatment of resistant cancer and their targeted delivery**

In order to find a novel treatment option for platinum resistant cancers, researchers recently designed and synthesized several new iridium and ruthenium compounds and evaluated their anticancer potential. The screening resulted two highly potent compounds with nanomolar activity and capable of overcoming platinum resistance. Researchers are currently investigating the mechanism of action. For targeted delivery of these potent drug candidates, researchers also developed a liposomal formulation with high encapsulation efficacy. The small molecules and the liposomes will soon be evaluated in mice bearing cancer. [Contact person: Malay Patra]

- **Towards high valent rhenium based anticancer compounds**

This work aims at finding high valent metal-based drugs as alternative to platinum drugs. Researchers continue to work on anticancer properties of new high valent rhenium anticancer complexes. Metal complexes with metals in the higher oxidation state are typically kinetically inert and therefore may act as a prodrug, which can undergo selective activation by reduction only at the tumor environment, exerting anticancer activity at the desired site. This 'activation by reduction' may improve cancer selectivity as well as safety profile of a drug. Moreover, owing to different biomolecular target of non-platinum metals, this new class of compounds are expected to overcome platinum resistance in cancer. Researchers already find a few hits with rhenium (VII) and rhenium (V) complexes and are currently optimizing the structure to improve the physico-chemical properties and stabilities in biological media. [Contact person: Malay Patra]

- **Harnessing cancer targeting properties of Bleomycin's sugar for delivery of chemotherapeutic drugs**

This work aims to discover new targeting vector for targeted delivery of anticancer drugs to cancer tissue, thereby increasing the effective dose at the site and reducing undesired side effects. Researchers mainly focus on targeting sugar transporters, which are over expressed on the surface

of cancer cells. For this purpose, researchers planned to investigate the sugar transporter targeting potential of a disachharide moiety of a naturally occurring anticancer compound, namely, bleomycin. Researchers have successfully optimized the synthetic route to the monosachharide of bleomycin and are currently working on the synthesis of drug conjugates. The first generation sugar-platinum conjugates are expected to be ready for testing in cancer cells soon. [Contact person: Malay Patra]

Physical Chemistry

- **Photogeneration of Long-Lived Triplet States through Singlet Fission in Lycopene H-Aggregates**

Molecular triplet excitons produced through singlet fission (SF) usually have shorter triplet lifetimes due to exciton–exciton recombination and relaxation pathways, thereby resulting in complex device architectures for SF-boosted solar cells. Using broadband transient absorption spectroscopy, researchers showed that the photoexcitation of nanostructured lycopene H-aggregates at room temperature produces free triplets with an unprecedented 35-fold enhancement in the lifetime compared to those localized on the monomer backbone. The observed rise of a spectrally blue-shifted correlated T–T pair state in ~19 ps with distinct vibronic features provides the basis for SF-induced triplet generation. [Contact person: Jyotishman Dasgupta]

- **Photochemistry using a host–guest charge transfer paradigm: DMABN as a dynamical probe of ground and excited states**

Photoexciting charge transfer (CT) transitions arising from host–guest interactions in a confined environment can efficiently yield kinetically trapped radicals. In order to predispose these photogenerated radicals for diffusion limited reactions it becomes imperative to understand the nature of the host–guest CT interactions in the ground and excited states. In this study, researchers probed the heterogeneity of guest orientations and the ensuing excited state charge transfer dynamics of an electron-rich molecular probe N,N-dimethylaminobenzonitrile (DMABN) incarcerated inside an electron deficient water-soluble cationic Pd6L412+ nanohost. Using a combination of 1H-NMR, resonance Raman spectroscopy, and pump–probe spectroscopy researchers highlighted the necessary challenges that need to be addressed in order to use molecular cages as photocatalytic reaction vessels. [Contact person: Jyotishman Dasgupta]

- **Temporal probing of excitons in organic semiconductors**

Photoinduced charge generation forms the physical basis for energy conversion in organic photovoltaic (OPV) technology. The fundamental initial steps involved are absorption of light by organic semiconductors to generate photoexcited states followed by charge transfer and charge separation processes in presence of suitable acceptor. The absorbed photon energy must be utilized completely for achieving maximum device efficiency. However progressive relaxation losses of instantaneously generated high-energy or hot-excited states form major bottleneck for maximum derivable voltage. This efficiency limiting factor has been challenged recently by the role of hot-carriers in efficient generation of charges. Therefore tailoring the dissociation of hot-exciton to be temporally faster than all relaxation processes could minimize the energy loss pathways. This work highlights the importance of probing the exciton dynamics along with nuclear dynamics to provide a framework to build hot-carrier organic photovoltaics. [Contact person: Jyotishman Dasgupta]

Bioinorganic Chemistry

- **Identification of a copper ion recognition peptide sequence in the subunit II of cytochrome c oxidase: a combined theoretical and experimental study**

The role of the pentapeptide, NHSFM, derived from the surface exposed part of the metal ionbinding loop of the subunit II of cytochrome c oxidase on the maturation of the binuclear purple CuA center of the enzyme was investigated using several experimental and computational methods. The copper ion was found to form 1:1 complex of the pentapeptide, where a 4-ligand coordination from the peptide in a type 2 copper center was revealed. Restrained molecular dynamics (RMD) simulations indicated coordination of a carbonyl oxygen from the asparagine (N) side chain and of water molecules apart from histidine (H), methionine (M) and terminal amine of asparagine (N) in a distorted square planar geometry of Cu–NHSFM. Analyses of the backbone distances as well as B-factors for the metal peptide suggested that the peptide backbone becomes more compact and rigid on binding of the metal ion. This indicated that binding of copper ion to this pentapeptide in the protein possibly cause movement of the protein backbone bringing other coordinating residues closer to the copper ion, and thus helping in sequential uptake of copper ions to the protein. [Contact person: Shyamalava Mazumdar]

- **Covalent conjugation of single-walled carbon nanotube with CYP101 mutant for direct electrocatalysis**

Covalent linkage between the single-walled carbon nanotube (SWCNT) and CYP101 through a specific site of the enzyme can provide a novel method of designing efficient enzyme electrodes using this prototype cytochrome P450 enzyme. Researchers chemically modified the SWCNT with linker 4-carboxy phenyl maleimide (CPMI) containing maleimide functional groups. The enzyme was covalently attached on to the SWCNT through the maleimide group of the linker (CPMI) to the thiolate group of the surface exposed Cys 58 or Cys 136 of the CYP101 forming a covalently immobilized protein on the nanotube. Thin film of the modified SWCNT-CPMICYP101conjugate was made on a glassy carbon (GC) electrode. Direct electrochemistry of the substrate (camphor)-bound enzyme was studied using this immobilized enzyme electrode system and the redox potential was found to be – 320mV vs Ag/AgCl (3 M KCl), which agrees with the redox potential of the substrate bound enzyme reported earlier. The product formed during the catalysis was identified by mass-spectrometry as hydroxy-camphor. [Contact person: Shyamalava Mazumdar]

- **Controlled Uptake of an Iridium Complex inside Engineered apo-Ferritin Nanocages: Study of Structure and Catalysis**

The effect of the mutation at specific sites at the core of the ferritin nanocage on the uptake of an organometallic iridium complex has been investigated to design an efficient hybrid bio-nano catalyst for synthesis of chiral alcohols. Researchers developed two site-specific mutants of the protein and these hybrid bio-nanocages of ferritin were found to efficiently catalyze transfer hydrogenation of various substituted acetophenones forming corresponding chiral alcohols with upto 80% conversion and 70% enantioselectivity. Encapsulation of the metal center inside the ferritin cage leads to enantioselectivity of the reaction suggesting that asymmetric protein environment favors specific conformation of the substrate forming the enantiomeric products. Hammett type analyses of the enantioselectivity indicated biphasic dependence on the volume as well as the hydrophobicity of the substituents. [Contact person: Shyamalava Mazumdar]

- **Unveiling the urease like intrinsic catalytic activities of two binuclear nickel complexes towards the in situ syntheses of aminocyanopyridines**

Designing metal complexes as functional models for metalloenzymes remains one of the main targets in synthetic bioinorganic chemistry. Furthermore, the utilization of the product(s) derived from the catalytic reaction for subsequent organic transformation that occurs in biological systems is an even more difficult challenge for biochemists. Urease, the most efficient enzyme known,

catalyzes the hydrolysis of urea and it contains an essential binuclear Ni (II) cluster in the active site. Inspired by the catalytic properties of urease, two dinickel (II) complexes containing ligands 2,4-dimethyl-6-[[[(2'-dimethyl aminoethyl) methylamino] methyl]-phenol and 2,4-dichloro-6-[[[(2'-dimethyl aminoethyl) methylamino] methyl]-phenol] were synthesized and characterized. Both the complexes showed the urease kind of activity with the liberation of ammonia from urea in aqueous solution. The liberated ammonia was utilized in the one-pot synthesis of biologically active products like 2-amino-3-cyanopyridines and their derivatives in aqueous medium with excellent yields. [Contact person: Shyamalava Mazumdar]

Supersonic Jet Spectroscopy

- **Spectroscopic characterization of theobromine-water dimer**

Nature has elected CGAT as the alphabets of life (C:Cytosine, G:Guanine, A:Adenine, T:Thymine) that hold together DNA double helix by intermolecular hydrogen bonding interactions. In an attempt to understand the role of hydrogen bonding interactions, a thorough experimental and computational study of the interaction of theobromine with water was undertaken. Understanding the molecular basis of the appearance of life on Earth is an exciting research field. Theobromine is a xanthine derivative, structurally related to the nucleobases, and present in many living beings. The experimental results demonstrated that the most stable isomer of theobromine-water was formed and detected in supersonic expansions. This isomer very well resembles the structure of the dimers between nucleobases and water, offering similar values of binding energy. A comparison between the results obtained for theobromine-water with those reported in the literature for monohydrates of nucleobases was also made. [Contact person: Sanjay Wategaonkar]

- **Hydrogen bonding interaction between two unconventional hydrogen bonding participants, namely, CH and Sulfur**

Sulfur (S), being less electronegative (2.58) compared to its first row analogue oxygen (3.44), has not been considered as a potential HB acceptor for a long time. The C-H---Y (Y = HB acceptor) interaction has its own history of exhibiting omnidirectional shifts in the CH stretching frequency upon complex formation. Therefore, a systematic investigation of the interaction between the pair of unconventional hydrogen bond players, i.e., the C-H---S interaction was the primary goal of this work. Together with gas-phase vibrational spectroscopy and ab initio quantum chemical calculations, the nature and strength of the C-H---S hydrogen bond (HB) was investigated in the complexes of 1,2,4,5-tetracyanobenzene (TCNB) with various sulfur containing solvents. Despite the unconventional nature of both HB donor and HB acceptor (C-H and S, respectively), it was found that the C-H---S hydrogen bond exhibits all the characteristics of the conventional hydrogen bond. The binding strength of the C-H---S H-bond in these complexes was found to be comparable to that of the conventional hydrogen bonds. The unusual stabilities of these HBs were mainly attributed to the attractive dispersion interaction. [Contact person: Sanjay Wategaonkar]

- **Deviation from Bager-Bauer rule**

The general perception that the red shift in the X-H stretching frequency in the X-H---Y hydrogen bonded complexes is a reliable indicator of H-bond strength (D_0), and is popularly known as the Badger-Bauer rule. This trend was also reported for the H-bonded complexes of H_2S/H_2O with several para substituted phenols of different pK_a values wherein the oxygen centered hydrogen bonded (OCHB) complexes consistently showed higher OH red shifts and D_0 compared to those of the analogous sulfur centered hydrogen bonded (SCHB) complexes. Researchers examined this trend in the methyl substituted H_2S/H_2O acceptors, namely, dimethylsulfide and

dimethylether. The hydrogen bonded (H-bonded) complexes of Me₂O and Me₂S with seven para-substituted H-bond donor phenols were investigated spectroscopically and computationally. The salient finding was that although the dissociation energies, D₀, of the Me₂O complexes were consistently higher than those of the analogous Me₂S complexes, the red-shifts in phenolic O-H frequencies showed the exactly opposite trend. [Contact person: Sanjay Wategaonkar]

- **Hydrogen Bonding Interaction of Carbenes**

Several precursor molecules for generating carbene molecules in the jet cooled molecular beams were tried. In all the cases the carbene signal was obtained at the beginning of the experiment, however within half an hour the carbene signal used to disappear and the products of the disproportionation reactions used to appear. This was attributed to the low duty cycle of the reactant molecule discharge from the sample holder due to the pulsed operation of the nozzle. Therefore, a laser ablation set was designed and fabricated in the Central Workshop (TIFR, Mumbai). This apparatus has been tested and found to be working. The experiments to generate the carbenes using this set up are underway. The progress in this project was severely hampered due to the extended COVID lock-down. [Contact person: Sanjay Wategaonkar]

Department of Condensed Matter Physics and Materials Science

Single Crystal Growth of Intermetallic Compounds

- **Extremely large magnetoresistance, anisotropic Halleffect, and Fermi surface topology in singlecrystalline WSi₂**

Researchers investigated the magneto-transport properties on MoSi₂ single crystals and found an extremely large magnetoresistance (MR) and very high mobility in that compound. The large magnetoresistance of MoSi₂ was attributed to the nearly perfect compensation of the charge carriers. In continuation of the studies on novel semi-metallic systems, researchers investigated the anisotropic transport and Fermi surface properties of an isostructural compound WSi₂. High-quality single crystals of WSi₂ were grown by the Czochralski method in a tetra-arc furnace. The MR at 2 K revealed a value of about 10⁵ % T in an applied magnetic field of 14 T with no sign of saturation. The near compensation of charge carriers and the large carrier mobility in WSi are solely responsible for such large MR values. The Hall resistivity data of WSi₂ was found to be highly anisotropic depending on the field direction the charge carriers were different. From the angular dependence of the de Haas van Alphen (dHvA) measurements, researchers analyzed the Fermi surface properties. [Contact person: A. Thamizhavel]

- **Magnetotransport properties of non-centrosymmetric CaAgBi single crystal**

Researchers successfully grew the single crystal of non-centrosymmetric CaAgBi, which crystallizes in the hexagonal crystal structure and studied its transport properties along the two principal crystallographic directions. The zero-field electrical resistivity was found to be typical of a metallic system. However, the magnetoresistance (MR) exhibited interesting properties. At low fields, the MR was found to increase rapidly and above 3 T the MR was found to increase linearly, without any sign of saturation, when the current was passed in the basal plane and the magnetic field was perpendicular to it. This type of sudden increase in the MR at low fields was reminiscent of weak antilocalization (WAL). The magnetoconductance data was analyzed based on the well-known Hikami-Nagaoka-Larkin (HLN) model, which explained the WAL behaviour in CaAgBi. From the analysis, it was found that there were multiple conduction channels in this 3D compound. [Contact person: A. Thamizhavel]

- **Anisotropic magnetic properties of trigonal ErAl_2Ge_2 single crystal**

The rare-earth intermetallic compounds of the general formula RT_2X_2 where R is the rare-earth and T is the transition metal and X is a p-block element crystallizing in the ThCr_2Si_2 type crystal structure has been investigated extensively due to their vast interesting physical properties like superconductivity, heavy fermion behaviour, valence fluctuations etc. In contrast to the well-known ThCr_2Si_2 type crystal structure there are certain rare-earth compounds of the general formula (1-2-2) that crystalize in the trigonal CaAl_2Si_2 -type crystal structure. Researchers successfully grew the single crystals of ErAl_2Ge_2 using Al:Ge eutectic composition as the flux. High quality single crystals were obtained which were aligned along the principal crystallographic directions and the anisotropic physical properties were studied in detail. From the anisotropic studies, researchers inferred that the easy axis of magnetization is inclined more towards the ab-plane. The anisotropy in the magnetic susceptibility can be qualitatively explained by the crystal electric field (CEF) analysis. The 16-fold degenerate levels of the free Er^{3+} ions splits into eight doublets with an overall separation of 108 K. [Contact person: A. Thamizhavel]

- **Evolution of charge density wave order and superconductivity under pressure in LaPt_2Si_2**

Researchers continued the investigations on the single crystal of LaPt_2Si_2 . LaPt_2Si_2 exhibits a first-order phase transition from a tetragonal to orthorhombic crystal structure accompanied by the onset of a Charge Density wave (CDW) order below 76 K and at sufficiently low temperature, it exhibits superconductivity at 1.87 K. The high-pressure electrical resistivity and ac magnetic susceptibility measurements revealed that the CDW transition gets suppressed due to the application of pressure. In contrast, the superconducting transition increased to roughly about 2.5 K. At 2.54 GPa pressure the CDW order was found to vanish. Both the superconducting transition temperature and the resistivity A co-efficient of the Fermi liquid expression were found to exhibit a maximum value around 2.54 GPa. The results suggested that the occurrence of the superconducting dome can be accounted for within the framework of BCS theory, where there is a maximum in the density of states upon the closure of the CDW gap. [Contact person: A. Thamizhavel]

- **Nodeless superconductivity in the charge density wave superconductor LaPt_2Si_2**

The interplay between charge density wave (CDW) and superconductivity has been at the forefront of the condensed matter physics experiments. In several CDW materials, superconductivity competes with the CDW order, leading to a sharp enhancement of superconducting transition temperature upon suppressing the CDW transition. Recently, there has been growing interest in the superconducting state's nature near a possible CDW or structural quantum critical point. This is similar to the antiferromagnetic quantum criticality in heavy fermion compounds and FeAs-based superconductors. In further experiments on LaPt_2Si_2 single crystals, researchers performed the London penetration depth and point contact spectroscopy studies on LaPt_2Si_2 single crystal. The penetration depth measurement revealed an exponential temperature dependence at low temperatures and the superfluid density could be well described a single gap s-wave model in this compound. The present investigation on LaPt_2Si_2 revealed a fully gapped superconductivity in LaPt_2Si_2 with moderately strong electron-phonon coupling. [Contact person: A. Thamizhavel]

Nanophotonics

- **Metal-dielectric and all-dielectric metamaterials**

Metamaterials are designed materials with sub-wavelength features. These are useful for modulating the material properties, studying light-matter interaction and for novel applications. Researchers designed and demonstrated a reusable biosensor based on the phase discontinuity at

the point of darkness in a perfect absorber. This structure has the highest reported figure of merit and quality factor. For the first time researchers showed that, an optical reflectionless potential has a broadband negative group velocity. This is used to couple an entire 5 fsec short pulse to the structure and generate supercontinuum with enhanced UV range. For magneto-plasmonic studies, materials with high magneto-optical activity are interesting. Towards this, NiZN Ferrite nanoparticles were synthesized and their properties were studied. Novel structures were designed and demonstrated for spintronic studies especially for tunable spin current generation and also for enhanced magneto-optical Faraday effect. Numerical techniques established in the group were used to interpret the results on organic solar cells and the role of interface and edge effects on the local fields was explained. Nitrogen vacancy in nanodiamonds is a very good source for single photon emission. Researchers initiated work on irradiating nanodiamonds using the pelletron facility at TIFR. [Contact person: Venu Gopal Achanta]

Nanoscale Physics

- **On-demand local modification of high-T_c superconductivity in few unit-cell thick superconductor**

High-temperature superconductors (HTSs) are important for potential applications and for understanding the origin of strong correlations. Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ} (BSCCO), a van der Waals material, offers a platform to probe the physics down to a unit-cell. Guiding the flow of electrons by patterning 2DEGS and oxide heterostructures has brought new functionality and access to new science. Similarly, modifying superconductivity in HTS locally, on a small length scale, is of immense interest for superconducting electronics. A route to modify superconductivity locally by depositing metal on the surface was reported by transport studies on few unit-cell thick BSCCO. Deposition of chromium (Cr) on the surface over a selected area of BSCCO results in insulating behavior of the underlying region. Cr locally depletes oxygen in CuO₂ planes and disrupts the superconductivity in the layers below. This technique of modifying superconductivity is suitable for making sub-micrometer superconducting wires and more complex superconducting devices. [Contact person: Mandar Madhukar Deshmukh]

- **Bulk valley transport and Berry curvature spreading at the edge of flat bands**

2D materials based superlattices have emerged as a promising platform to modulate band structure and its symmetries. In particular, moiré periodicity in twisted graphene systems produces flat Chern bands. The recent observation of anomalous Hall effect (AHE) and orbital magnetism in twisted bilayer graphene has been associated with spontaneous symmetry breaking of such Chern bands. However, the valley Hall state as a precursor of AHE state, when time-reversal symmetry is still protected, has not been observed. The work probes this precursor state using the valley Hall effect. Researchers showed that broken inversion symmetry in twisted double bilayer graphene (TDBG) facilitates the generation of bulk valley current by reporting experimental evidence of nonlocal transport in a nearly flat band system. Despite the spread of Berry curvature hotspots and reduced quasiparticle velocities of the carriers in these flat bands, researchers observed large nonlocal voltage several micrometers away from the charge current path — this persists when the Fermi energy lies inside a gap with large Berry curvature. The high sensitivity of the nonlocal voltage to gate tunable carrier density and gap modulating perpendicular electric field makes TDBG an attractive platform for valley-twistronics based on flat bands. [Contact person: Mandar Madhukar Deshmukh]

- **Observation of standing spin-wave modes in a van der Waals magnetic material**

Spin waves are studied for data storage, communication, and logic circuits in the field of spintronics based on their potential to substitute electrons. The recent discovery of magnetism in

2D systems such as monolayer CrI_3 and $\text{Cr}_2\text{Ge}_2\text{Te}_6$ has led to a renewed interest in such applications of magnetism in the 2D limit. Here, direct evidence of standing spin waves was presented along with the uniform precessional resonance modes in the van der Waals magnetic material, CrCl_3 . This is the first direct observation of standing spinwave modes, set up along a thickness of 20 nm, in a van der Waals material. Standing spin waves are detected in the vicinity of both branches, optical and acoustic, of the antiferromagnetic resonance. Magnon–magnon coupling and softening of resonance modes with temperature enable extraction of interlayer exchange field as a function of temperature. [Contact person: Mandar Madhukar Deshmukh]

- **Coplanar cavity for strong coupling between photons and magnons in van der Waals antiferromagnet**

Researchers investigated the performance of niobium nitride superconducting coplanar waveguide resonators toward realizing hybrid quantum devices with magnon-photon coupling. The study found internal quality factors 20000 at 20 mK base temperature, in zero magnetic field. It was found that by reducing film thickness below 100 nm, an internal quality factor greater than 1000 can be maintained up to a parallel magnetic field of 1 T and a perpendicular magnetic field of 100 mT. Researchers further demonstrated strong coupling of microwave photons in these resonators with magnons in chromium trichloride, a van der Waals antiferromagnet, which shows that these cavities serve as a good platform for studying magnon-photon coupling in 2D magnonics based hybrid quantum systems. Researchers demonstrated strong magnon-photon coupling for both optical and acoustic magnon modes of an antiferromagnet. [Contact person: Mandar Madhukar Deshmukh]

Superconducting Circuits as a Hardware for Quantum Computing and Information Processing

- **Engineering cross resonance interaction in multi-modal quantum circuits**

Quantum computers leverage quantum mechanical phenomena to manipulate information in order to solve problems that ordinary computers, in practical terms, cannot. Superconducting qubits have become the dominant platform in the race to build a better quantum computer. However, the vast majority of architectures have only nearest-neighbor coupling, which hinders a multi-qubit processor's performance. The researchers proposed an alternative architecture that used multi-modal devices as the building blocks for a larger superconducting quantum processor with superior connectivity. The researchers previously demonstrated a three-qubit design based on multi-modal circuits that could perform fast, high-fidelity multi-qubit gates. In the current work, a two-qubit version of the multi-modal circuit, consisting of two Josephson junctions in series, replaced one of the transmons in a typical cross- resonance architecture. The researchers studied the effect of cross-resonance drive as a function of different control parameters, such as inter-qubit detuning and drive strength. The experimental results agreed with theory, and it was found that microwave crosstalk in their system was negligible due to the 3D architecture. [Contact person: Rajamani Vijayaraghavan]

- **Programmable Superconducting Processor with Native Three-Qubit Gates**

Quantum computers promise to solve certain problems that are extremely difficult, if not impossible by the classical, semiconductor-based computers. The power comes from utilizing some wacky quantum mechanical phenomena, such as superposition – the ability to be in distinct configurations/states simultaneously and entanglement – an extremely strong correlation where participants lose their individual identity. The realization of such properties requires specialized hardware whose building blocks are called the quantum bits or in short qubits, which are usually pretty short-lived. Researchers focused on a novel idea of providing an efficient multi-qubit building block for making moderate-sized quantum computers. The building block, nicknamed

the ‘trimon’, consisted of three qubits with strong all-to-all coupling. The main advantage of this three-qubit processor was shown to be the ability to perform high-quality entangling operations that involved all three qubits simultaneously, unlike native two-qubit manipulations used in most architectures. The universality of the processor was demonstrated by solving four different quantum mechanical problems with moderate to high success rates. [Contact person: Rajamani Vijayaraghavan]

Condensed Matter Physics and Material Science

- **Recharging and rejuvenation of decontaminated N95 masks**

N95 respirators comprise a critical part of the personal protective equipment used by frontline health-care workers and are typically meant for one-time usage. However, the recent COVID-19 pandemic has resulted in a serious shortage of these masks leading to a worldwide effort to develop decontamination and re-use procedures. A major factor contributing to the filtration efficiency of N95 masks is the presence of an intermediate layer of charged polypropylene electret fibers that trap particles through electrostatic or electrophoretic effects. This charge can degrade when the mask is used. Moreover, simple decontamination procedures (e.g., use of alcohol) can degrade any remaining charge from the polypropylene, thus severely impacting the filtration efficiency post-decontamination. In this work, researchers summarized the results on the development of a simple laboratory setup allowing measurement of charge and filtration efficiency in N95 masks. In particular, researchers proposed and showed that it is possible to recharge the masks post-decontamination and recover filtration efficiency. [Contact person: Shankar Ghosh]

- **Effect of Co²⁺ substitution on the structural, terahertz and magnetic characterization of NiZn ferrites**

THz studies on spinel structured $\text{Ni}_{0.5}\text{Co}_x\text{Zn}_{0.5-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ($x = 0.1, 0.2$ and 0.3), synthesized by sol-gel combustion method was initiated. In addition to the structural properties, THz optical dielectric and magnetic response of this system as a function of x was studied. Terahertz (THz) time-domain spectroscopy measurements at room temperature in a frequency range from 0.2 to 2.5 THz revealed high dielectric constant. [Contact person: Shriganesh S. Prabhu]

- **A THz spectroscopic study of alteration of water absorption traces the onset of fibrillation in proteins**

Water being an active participant in most of the biophysical process, it is important to trace how protein solvation changes as its conformations evolves in presence of solutes or co-solvents. Using terahertz spectroscopy, the alteration of the collective hydration of water during the fibrillation process (native; intermediate; fibril) of a model protein bovine serum albumin was carried out. This label-free study concluded that water dynamics change systematically with protein conformational changes as it experiences a hydrophobic environment during the initial protein unfolding process, followed by the release of bound water during oligomerization and finally the hydrophobic interior of the fibril. These studies are useful for understanding protein folding in diseases like Alzheimer and Parkinson. [Contact person: Shriganesh S. Prabhu]

Superconductivity

- **Scanning tunneling spectroscopy in the Vortex State of two dimensional superconductors**

Following the discovery of the Hexatic Vortex Fluid in a thin a-MoGe thin film in 2019, researchers have been continuing the investigations on the vortex state in 2-dimensional superconducting films. These investigations make extensive use of scanning tunneling spectroscopy measurements down to 400 mK, combined with magnetotransport and penetration

depth measurements. It was demonstrated that the Hexatic Vortex fluid state in a-MoGe is extremely sensitive to external electromagnetic applications. This extreme sensitivity might make it useful for building sensors out of this material. Researchers experimentally demonstrated the presence of zero-point fluctuation of the vortices in a-MoGe thin films. It was shown that when the thickness of a-MoGe films is reduced to ~ 3 nm, superconductivity show pronounced signatures of phase fluctuations. The eventual destruction of superconductivity follows a Bosonic route where superfluid stiffness rather than superconducting energy gap becomes the relevant energy scale. [Contact person: Pratap Raychaudhuri]

Topological Materials

- A new noncollinear ferromagnetic Weyl semimetal with anisotropic anomalous Hall effect**

A developing frontier in condensed matter physics is the emergence of novel electromagnetic responses, such as topological and anomalous Hall effect (AHE), in ferromagnetic Weyl semimetals (FM-WSMs). WSMs are three-dimensional (3D) crystals that feature nontrivial band degeneracies in their low-energy bulk spectrum where quasiparticles are different from the familiar Schrodinger-type fermions and mimic the elementary relativistic Weyl fermions previously considered in high-energy physics. Candidates of FM-WSM are limited to materials that preserve inversion symmetry and generate Weyl crossings by breaking time-reversal symmetry. These materials share three common features: a centrosymmetric lattice, a collinear FM ordering, and a large AHE observed when the field is parallel to the magnetic easy-axis. In a joint theory and experimental work, researchers presented CeAlSi as a new type of FM-WSM, where the Weyl nodes are stabilized by breaking inversion symmetry, but their positions are tuned by breaking time-reversal symmetry. Unlike the other FM-WSMs, CeAlSi has a noncentrosymmetric lattice, a noncollinear FM ordering, and a novel AHE that is anisotropic between the easy- and hard axes. The work is suitable for opening new research directions in topological materials research with novel electromagnetic responses. [Contact person: Bahadur Singh]
- Temperature-dependent electronic structure in a higher-order topological insulator**

Topological insulators or Topological crystalline insulators are interesting materials that exhibit insulating bulk but conducting surface states that are protected by time-reversal or crystalline symmetries. This unusual bulk-surface correspondence in topological (crystalline) insulators make them appealing for protected transport phenomena and device applications. These materials, named as higher-order topological insulators (HOTIs), have enticed enormous research interests owing to their novelty in supporting gapless states along the hinges of a crystal. It was recently shown that interplay between topology and magnetism can give rise to various magnetic topological states, including HOTI and Axion insulator states. Using high-resolution angle-resolved photoemission spectroscopy combined with the systematic first-principles calculations, researchers reported a systematic study of the electronic structure and its evolution across the magnetic phase transition in EuIn_2As_2 which possesses an antiferromagnetic ground state below 16 K. Antiferromagnetic EuIn_2As_2 was shown to host both the axion insulator and the HOTI states. Researchers directly observed the linearly dispersing holelike bands crossing the Fermi level and the change in their dispersion across the magnetic phase transition. The work affirms EuIn_2As_2 as a promising material for the exploration of interplay between topology and magnetism. [Contact person: Bahadur Singh]

Epitaxial Synthesis of Functional Heterostructures and Low Temperature Magnetotransport

- Controlling magnetoresistance in semimetals at the atomic scale**

Controlling electronic properties via band structure engineering is at the heart of modern

semiconductor devices. In this work, researchers extended this concept to semimetals where, using LuSb as a model system. It was shown that quantum confinement lifts carrier compensation and differentially affects the mobility of the electron and hole-like carriers resulting in a strong modification in its large, non-saturating magnetoresistance behavior. Researchers also revealed the emergence of a two-dimensional, interfacial hole gas at the LuSb/GaSb heterointerface driven by a bonding mismatch. Although, stabilization of two-dimensional electron/hole gas have been achieved in the past via a variety of electrostatic routes including band bending, polarization induced, polar catastrophe etc., this is the first time a two-dimensional hole gas has been realized via the chemical route. This is accompanied by a charge transfer across the interface that provides another avenue to modify the electronic structure and magnetotransport properties in the ultrathin limit. [Contact person: Shouvik Chatterjee]

Centres of TIFR

International Centre for Theoretical Sciences, Bengaluru

PHYSICAL SCIENCES

Gravitation and Astrophysics

- **Improved Gravitational-Wave Early-Warning of Compact Binary Mergers Using Higher Modes of Gravitational Radiation**

A crucial component to maximizing the science gain from the multi-messenger follow-up of gravitational-wave (GW) signals from compact binary mergers is the prompt discovery of the electromagnetic counterpart. GW detection and localization must be reported early enough to allow for telescopes to slew to the location of the GW-event before the onset of the counterpart. However, the time available for early warning is limited by the short duration spent by the dominant mode within the detector's frequency band. This can be circumvented if one could exploit the fact that GWs also contain higher modes that oscillate at higher harmonics of the orbital frequency, which enter the detector band well before the dominant mode. This work showed that these higher modes will enable us to improve the early warning time significantly for compact binaries with asymmetric masses. [Contact person: P. Ajith]

- **Constraining the Evolution of Gravitational Constant Using Gravitational Wave Observations of Binary Neutron Stars**

This work developed a method to constrain the variation of the gravitational constant G with cosmic time using gravitational-wave (GW) observations of merging binary neutron stars. This essentially relies on the fact that the GWs carry an imprint of the value of G at the time of the merger. If the value of G at that epoch is significantly different from its current value, the masses of the neutron stars inferred from the GW observations will be inconsistent with the theoretically allowed range. Using the observation of the binary neutron star system GW170817, the fractional difference in G between the merger and the current epoch is constrained to be between -1 and 8 . This method allows researchers to constrain the time evolution of G in a cosmological epoch, which is currently not probed. [Contact person: P. Ajith]

Condensed Matter and Statistical Physics

- **Interplay of Magnetism and Topological Superconductivity in Bilayer Kagome Metals**

The binary intermetallic materials, M_3Sn_2 ($M=3d$ transition metal) present a new class of strongly correlated systems that naturally allows for the interplay of magnetism and metallicity. Using first principles calculations, the researchers confirmed that bulk Fe_3Sn_2 is a ferromagnetic metal, and showed that $M=Ni$ and Cu are paramagnetic metals with nontrivial band structures. Focusing on Fe_3Sn_2 to understand the effect of enhanced correlations in an experimentally relevant atomistically thin single kagome bilayer, the *ab initio* results showed that dimensional confinement naturally exposes the flatness of band structure associated with the bilayer kagome geometry in a resultant ferromagnetic Chern metal. Researchers used a multistage minimal modeling of the magnetic bands progressively closer to the Fermi energy. This effectively captures the physics of the Chern metal with a nonzero anomalous Hall response over a material relevant parameter regime along with a possible superconducting instability of the spin-polarized band resulting in a topological superconductor. [Contact person: Subhro Bhattacharjee]

- **Signatures of a Spin-1/2 Cooperative Paramagnet in the Diluted Triangular Lattice of Y_2CuTiO_6**

Researchers presented a combination of thermodynamic and dynamic experimental signatures of a disorder driven dynamic cooperative paramagnet in a 50% site diluted triangular lattice spin-12 system: Y_2CuTiO_6 . Magnetic ordering and spin freezing are absent down to 50 mK, far below the Curie-Weiss scale ($-\theta_{\text{CW}}$) of ~ 134 K. Researchers observed scaling collapses of the magnetic field and temperature dependent magnetic heat capacity and magnetization data, respectively, in conformity with expectations from the random singlet physics. The experiments establish the suppression of any freezing scale, if at all present, by more than 3 orders of magnitude, opening a plethora of interesting possibilities such as *disorder stabilized* long range quantum entangled ground states. [Contact person: Subhro Bhattacharjee]

- **Transport in spinless superconducting wires connected to leads**

Researchers considered Electron transport in a model of a spinless superconductor described by a Kitaev type lattice Hamiltonian where the electron interactions are modelled through a superconducting pairing term. The superconductor is sandwiched between two normal metals kept at different temperatures and chemical potentials and are themselves modelled as non-interacting spinless fermions. For this set-up the exact steady state properties of the system are computed using the quantum Langevin equation approach. Closed form exact expressions for particle current, energy current and other two-point correlations are obtained in the Landauer-type forms and involve two nonequilibrium Green's functions. As applications of the general formalism, the researchers present results on thermal conductance and on the electrical conductance of a Kitaev chain with next nearest neighbour interactions which allows topological phases with different winding numbers. [Contact person: Abhishek Dhar]

Fluid Dynamics

- **Small Drops and Particles in Flow, Dynamics of Bodies in Fluids**

The work on small droplets is being extended to include small but finite Reynolds number effects by the incorporation of Oseenlets. In addition, two-way coupling is being introduced, so researchers will soon be in a position to study dense suspensions of particles, which are not too small. Basset history effects are being studied from first principles in wall-bounded flow. The inviscid and high Reynolds number flow of ellipsoids is being extended both theoretically and numerically to the case of multiple bodies. It was shown how an elastic filament with finite bending moment wraps itself around a bubble. This work was experimental and theoretical. Transitions between different kinds of wrapping were predicted and obtained. [Contact persons: Rama Govindarajan and Vishal Vasan]

- **Stratified Flow**

By deriving a new Reynolds-Orr equation for viscosity stratified flow it was shown that disturbance growth here is dominated by nonlinear effects as opposed to an unstratified flow where all perturbation growth is instantaneously linear. The first part of this study was published in a special volume of the Journal of Fluid Mechanics. [Contact person: Rama Govindarajan]

Statistical Physics

- **Spatiotemporal Spread of Perturbations in a Driven Dissipative Duffing Chain: An Out-of-Time-Ordered**

This work studied chaotic properties in an open (no energy conservation) chain of Duffing oscillators (which is a classical many-body system) by measuring out-of-time correlators (OTOC). It has been shown that OTOC serves as an excellent diagnostic to identify different

dynamical regimes of this oscillator chain in presence of external drive and dissipation locally. The OTOC provides a clear demarcation of three distinct dynamical regimes where chaos is sustained, transient, and absent. This work provides extensive information about the degree of chaos, which can be potentially used in areas like encryption devices, secure communications, and signal detection to name a few. [Contact persons: Anupam Kundu and Manas Kulkarni]

- Multilayered density profile for noninteracting fermions in a rotating two-dimensional trap**
 Exact results for collective behaviour of Fermions have remained elusive. In this work, the researchers computed exactly the average spatial density for N spinless noninteracting fermions in a 2D harmonic trap rotating with a constant frequency in the presence of an additional repulsive central potential. It was found that, in the large- N limit, the bulk density has a rich and nontrivial profile with a hole at the center of the trap and surrounded by a multi-layered “wedding cake” structure. By investigating the multi-layered structure, researchers obtained a rich phase diagram. Zooming in on the edge of the k -th layer, it was found that the edge density profile exhibits k kinks located at the zeroes of the k -th Hermite polynomial. Researchers also studied how a newly formed droplet grows in size on top of the last layer as one changes the parameters. The findings are entirely missed by a traditional Local Density Approximation and researchers believe that the work is a major step forward towards understanding of collective phenomena in trapped Fermions. [Contact person: Manas Kulkarni]
- Run-and-Tumble Particle in Inhomogeneous Media in One Dimension**
 This work investigated the motion of the run-and-tumble particle (also known as persistent Brownian motion) in one dimension. The particle is driven by a telegraphic noise, which alternates between $+1$ and -1 with some rates. Such a motion is a quintessential model for bacteria. In order to incorporate the effect of the food concentration in the surrounding media, the rates with which the noise changes sign were taken to depend on the distance $|x|$ from the starting position (which is also the origin). In particular, it has been assumed that the rates depend as a power law on $|x|$ with a given exponent a , so that for $a > 0$, the further the particle from the origin the faster it changes its instantaneous direction of motion. The distribution of the position of such a particle as well as survival properties was studied under various conditions. [Contact person: Anupam Kundu]

Astrophysical Relativity

- GW190521: A Binary Black Hole Merger with a Total Mass of $150 M_{\odot}$**
 This work presented the discovery of gravitational waves from the merger of some of the most massive astrophysical black holes ever observed. The primary black hole presented was found to be $\sim 85 M_{\odot}$ and the secondary $\sim 66 M_{\odot}$. As a result, the black hole formed from this merger is almost certainly an intermediate mass black-hole. This discovery is of interest for two reasons: the masses of pre-merger black holes place them right in the middle of the gap produced by the so-called (pulsational) pair-instability supernova processes, which is interesting counter-evidence to our understanding of supernovae, and the mass of a post-merger black hole corresponds to an intermediate mass black hole, and this discovery presents some of the cleanest evidence for the existence of such objects. [Contact persons: Prayush Kumar and P. Ajith]

Turbulent Transport/Cloud Physics

- Orientation Dynamics of Sedimenting Particles Anisotropic Particles in Turbulence**
 In this work, the researchers examined, numerically and theoretically, the dynamics of anisotropic particles in turbulence, accounting for both inertia and gravity; the particles being representative of ice crystals in turbulent clouds. This was the first concrete step towards quantifying Cirrus

cloud characteristics, which depend sensitively on the ice crystal orientation distribution. Clouds constitute the greatest uncertainty in the Earth-atmosphere radiation budget, and this work had implications towards estimating their contribution to the planetary greenhouse effect. The work also had relevance to pollutant dispersion, soot emission and plankton dynamics, and was therefore of interest to the atmospheric and oceanic science communities. [Contact person: Samriddhi Sankar Ray]

Polymers

- **Polymer Scission in Turbulent Flows**

Polymers in a turbulent flow are subject to intense strain, which can cause their scission and thereby limit the experimental study and application of phenomena such as turbulent drag reduction and elastic turbulence. In this work, Vincenzi, *et al.* studied polymer scission in homogeneous isotropic turbulence, through a combination of stochastic modelling, based on a Gaussian time-decorrelated random flow, and direct numerical simulations (DNS) with both one-way (passive) and two-way (active) coupling of the polymers, modelled as bead-spring chains, and the flow. [Contact person: Samriddhi Sankar Ray]

String Theory and Quantum Gravity

- **Information Transfer with Gravitating Baths**

There has been significant recent attention devoted to computing the Page curve of a nongravitational bath that is coupled to a holographic system. A natural question is whether this Page curve is relevant to black holes in our world, where gravity does not switch off entirely anywhere. The researchers examined the extension of these ideas to the case where the bath itself has dynamical gravity. It was found that the existing results were significantly modified and the Page curve disappeared. On the other hand, researchers showed that, by asking an appropriate nongravitational question, one could still obtain a Page curve. This supports the idea that the Page curve is generally the answer to a nongravitational question and does not provide an accurate picture of how information emerges from the interior of a black hole in asymptotically flat space. [Contact person: Suvrat Raju]

- **A Physical Protocol to obtain Bulk Information in Quantum Gravity**

A physical protocol was established that would allow observers near the boundary of an asymptotically AdS spacetime to identify bulk excitations. It was shown that if the observers are allowed to act with local bulk unitaries and measure the energy, this would allow them to uniquely identify any low-energy bulk state without directly exploring the bulk. This provided a perturbative verification of previous arguments that signs of holography are already manifested in the low-energy theory of quantum gravity. [Contact person: Suvrat Raju]

- **Open Quantum Systems and Schwinger-Keldysh Holograms**

The researchers initiated the study of open quantum field theories using holographic methods. Specifically, a quantum field theory (the system) coupled to a holographic field theory at finite temperature (the environment) was considered. Researchers investigated the effects of integrating out the holographic environment with an aim of obtaining an effective dynamics for the resulting open quantum field theory. The influence functionals, which enter this open effective action were determined by the real-time (Schwinger-Keldysh) correlation functions of the holographic thermal environment. Researchers computed real-time correlation functions using holographic methods in these geometries, and argued that they lead to a sensible open effective quantum dynamics for the system in question, a question that hitherto had been left unanswered. In addition to shedding light on open quantum systems coupled to strongly correlated thermal environments, the results

also provide a principled computation of Schwinger-Keldysh observables in gravity and holography. [Contact person: R. Loganayagam]

- **Holographic KMS Relations at Finite Density**

The researchers extended the holographic Schwinger-Keldysh prescription introduced earlier to charged black branes, with a view towards studying Hawking radiation in these backgrounds. Equivalently researchers studied real-time fluctuations of the dual CFT held at finite temperature and finite chemical potential. The prescription was checked using charged Dirac probe fields. Researchers solved the Dirac equation in a boundary derivative expansion extending earlier results. The Schwinger-Keldysh correlators derived using this prescription automatically satisfy the appropriate KMS relations with Fermi-Dirac factors. [Contact person: R. Loganayagam]

Physical Biology and Condensed Matter

- **Universal Scaling in Active Single-File Dynamics**

The researchers studied the single-file dynamics of three classes of active particles: run-and-tumble particles, active Brownian particles and active Ornstein-Uhlenbeck particles. At high activity values, the particles, interacting *via* purely repulsive and short-ranged forces, aggregate into several motile and dynamical clusters of comparable size, and do not display bulk phase-segregation. In this dynamical steady-state, it was found that the cluster size distribution of these aggregates is a scaled function of the density and activity parameters across the three models of active particles with the same scaling function. The velocity distribution of these motile clusters is non-Gaussian. It was shown that the effective dynamics of these clusters can explain the observed emergent scaling of the mean-squared displacement of tagged particles for all the three models with identical scaling exponents and functions. The study revealed a universal scaling behavior in the single-file dynamics of interacting active particles. [Contact persons: Vijay Kumar Krishnamurthy, Anupam Kundu and Abhishek Dhar]

String Theory/Quantum Field Theory

- **From Symmetric Product CFTs to AdS_3**

This research work gives a proof of concept that the program to understand gauge-string duality for weakly interacting QFTs through a recasting of Feynman diagrams into a string amplitude is viable. This is done through the example of AdS_3/CFT_2 duality, which has been developed in the last couple of years. This holds out a lot of promise for being generalised to other cases of the AdS/CFT correspondence. [Contact person: Rajesh Gopakumar]

Quantum Field Theory

- **Crossing Symmetric Dispersion Relations for Mellin Amplitudes**

This work develops a formalism, which writes (four point) correlation functions in a conformal field theory in a way, which manifests the so-called crossing symmetry between all channels. This formalism is used to show how one can make a well defined expansion of such correlators in terms of what was dubbed Polyakov-Mellin blocks which in turn are closely related to Witten diagrams in anti-de sitter space. In particular, certain ambiguities involving contact diagrams are fixed through the imposition of locality constraints. [Contact person: Rajesh Gopakumar]

Astrophysical Fluid Dynamics and Plasma Astrophysics

- **Inverse Energy Transfer in Decaying, Three-Dimensional, Non-Helical Magnetic Turbulence due to Magnetic Reconnection**

This work showed empirically that the inverse magnetic energy transfer in decaying, non helical, magnetohydrodynamic turbulence in three dimensions (3D) occurs on the magnetic reconnection

timescale. Thus, it was suggested that reconnection is responsible for the dynamics leading to the inverse transfer. The 2D numerical simulation of this system showed visual evidence for inverse transfer via merging of magnetic islands leading to larger structures. The researchers found that the scaling behaviour is similar between 2D and 3D. On normalization of time by the magnetic reconnection time-scale, the evolution curves of the magnetic field from systems with different Lundquist numbers collapse on to one another. Further, the role of conserved quantities was discussed and found to be similar across 2D and 3D simulations. This study indicated that the dynamics in 3D could be approximately explained by what was understood in 2D. [Contact person: Pallavi Bhat]

MATHEMATICS

Probability Theory and Combinatorics

- **Upper tail large deviations of regular subgraph counts in Erdős-Rényi graphs**

Recently, there have been enormous interests in studying the large deviations of subgraph counts in random graphs models. The simplest non-trivial model in the context of random graphs is the Erdős-Rényi graph. In this work, the large deviation bounds for the upper tail event for all regular connected graphs in the entire localized regime (where the large deviation event is believed to be due to the presence of localized structures) was derived. This together with prior works indicates that in the localized regime the large deviation event is due to planting either a clique or a hub (a localized structure). It completely settles the upper tail problem for regular graphs. [Contact persons: Anirban Basak and Riddhipratim Basu]

Probability Theory and Spectral Theory

- **Spectrum of Random Perturbations of Toeplitz Matrices with Finite Symbols**

In this work, the researchers studied the limiting spectral distribution of finitely banded Toeplitz matrices under random additive perturbation. Under a very mild assumption on the noise matrix, such as the existence of the second moment of the entries, and a technical condition on the behavior of the smallest singular value under perturbation, it was shown that the limit of the empirical measure of the eigenvalues of a random perturbation of finitely banded Toeplitz matrix converges the law induced by the push forward of the uniform measure on the unit circle by the symbol associated with the limiting Toeplitz operator. Researchers showed that the assumptions on the noise matrix hold for a large collection of matrices, such as matrices with independent and identically distributed entries having a finite second moment and Haar distributed Unitary and Orthogonal matrices. [Contact person: Anirban Basak]

Geometry

- **Local interpolation by maximal and minimal surfaces**

Maximal surfaces are zero mean curvature surfaces in Lorentz-Minkowski space L^3 . The researchers interpolated a given real analytic spacelike curve a to another real analytic spacelike curve c , which is given to be “close” enough to a in a certain sense, by a maximal surface. Researchers used the inverse function theorem for Banach spaces. Minimal surfaces are zero mean curvature surfaces in Euclidean space E^3 . Using the same method researchers interpolated a given real analytic curve a in Euclidean space E^3 to another real analytic curve c , which is given to be “close” enough to a in a certain sense, by a minimal surface. The Björling problem and Schwartz’s solution to it play an important role in the proof. [Contact person: Rukmini Dey]

Algebraic Geometry

- **Spectral Networks and Stability Conditions**

This work is aimed at relating the theory of spectral networks from high energy physics with the theory of Fukaya categories in symplectic topology. [Contact person: Pranav Pandit]

MATHEMATICS AND PHYSICAL SCIENCES

- **Thermalization of Local Observables in the α -FPUT Chain**

Most studies on the problem of equilibration of the Fermi–Pasta–Ulam–Tsingou (FPUT) system have focused on equipartition of energy being attained amongst the normal modes of the corresponding harmonic system. In the present work, the researchers instead discuss the equilibration problem in terms of local variables, and consider initial conditions corresponding to spatially localized energy. Researchers estimated the time-scales for equipartition of space localized degrees of freedom and find significant differences with the times scales observed for normal modes. Researchers showed how thermalization properties of the system, quantified by its equilibration time, defined in this work, can be related to chaos, given by the maximal Lyapunov exponent. Somewhat surprisingly, it was also found that the ensemble averaging can lead to thermalization of the integrable Toda chain, though on much longer time scales. [Contact persons: Amit Apte and Abhishek Dhar]

National Centre for Radio Astrophysics, Pune

Targeted Survey of Millisecond Pulsars

- **Discovery and Timing of Three Millisecond Pulsars in Radio and Gamma-Rays with the Giant Metrewave Radio Telescope and Fermi Large Area Telescopes**

Millisecond pulsars are rapidly rotating neutron stars, from which we observe pulses having extremely stable rotational periodicity as the beams of radiation pass our line of sight, making the millisecond pulsars the most precise celestial clocks. While it has proven possible in a few cases, it is generally far more efficient to first search for radio pulsars in the direction of these sources. Deep observations were performed to search for radio pulsations in the directions of 375 unassociated Fermi Large Area Telescope gamma-ray sources using the Giant Metrewave Radio Telescope (GMRT) at 322 and 607 MHz. Researchers reported the discovery of three millisecond pulsars, PSR J0248+4230, PSR J1207-5050 and PSR J1536-4948, named after their locations in the sky. Researchers discovered the gamma-ray pulsations from these millisecond pulsars folding the gamma-ray photons from the Fermi Large Area Telescope with the parameters derived from the GMRT observations. [Contact person: Bhaswati Bhattacharyya]

- **Discovery of a Gamma-Ray Black Widow Pulsar by GPU-accelerated Einstein@Home**

This study reported the discovery of 1.97 millisecond period gamma-ray pulsations from the 75 minute orbital-period binary pulsar now named PSR J1653–0158. The associated Fermi Large Area Telescope gamma-ray source 4FGL J1653.6–0158 has long been expected to harbor a binary millisecond pulsar. Despite the pulsar-like gamma-ray spectrum and candidate optical/X-ray associations—whose periodic brightness modulations suggested an orbit—no radio pulsations had been found in many searches. The pulsar was discovered by directly searching the gamma-ray data using the GPU-accelerated Einstein@Home distributed volunteer computing system. The multidimensional parameter space was bounded by positional and orbital constraints obtained from the optical counterpart. More sensitive analyses of archival and new radio data using knowledge of the pulsar timing solution yield very stringent upper limits on radio emission. Any radio emission is thus either exceptionally weak, or eclipsed for a large fraction of the time. The pulsar has one of the three lowest inferred surface magnetic-field strengths of any known pulsar with $B_{\text{surf}} \approx 4 \times 10^7$ G. [Contact person: Bhaswati Bhattacharyya]

Astronomy

- **H I 21-centimetre emission from an ensemble of galaxies at an average redshift of one**

A significant fraction of the gas in galaxies is in the form of atomic hydrogen. This gets converted into the molecular state and finally into stars. Although the evolution of the star formation rate of galaxies is now relatively well measured, the evolution of the atomic gas content of galaxies is not. This is because the only available tracer of the total atomic gas content of galaxies is the hydrogen radio spectral line at 21cm wavelength. This emission is very weak, and has only been measured in individual galaxies at relatively nearby distances. The upgraded GMRT was used to measure the average atomic hydrogen mass of star-forming galaxies observed as they were 8 billion years ago. This is, by far, the furthest ‘lookback time’ for which such a measurement has been made. It was found that although the galaxies have a large reservoir of atomic hydrogen, they are also forming stars at such a rapid rate that the gas would be very quickly exhausted, unless there is ongoing infall of gas. The study suggested that gas accretion onto galaxies at these times may have been insufficient to sustain high star-formation rates in star-forming galaxies. This is likely to be the cause of the decline in the cosmic star-formation rate density. [Contact person: J. N. Chengalur]

Astrophysics

- **Wide Band Study of HD 133880, the second star known to emit ECME**

As per current understanding, massive OB stars are the progenitors of most of the supernovae. However, magnetism in massive stars, which is rare and seen only in 10% of these stars, have important consequences in their rotational properties, mass-loss rates, thus their final fate as supernovae. The electron cyclotron maser emission (ECME) is a directional emission seem to occur at the magnetic nulls of the stars. ECME appears to be a property at low frequencies, while the same stars show gyro-synchrotron emission at high radio frequencies. Researchers carried out the wide band study of HD 133880, the second star to have ECME emission. This study has led to the discovery of several interesting characteristics of the phenomenon and also of the host star. It was found that the observable properties of ECME pulses, e.g. the time lag between right and left circularly polarized pulses, the amplitudes of the pulses, and their upper cut-off frequencies, appear to be dependent on the stellar orientation with respect to the line of sight. It was suggested that all these phenomena, which are beyond the ideal picture, can be attributed to a highly azimuthally asymmetric matter distribution in the magnetosphere about the magnetic field axis. [Contact person: Poonam Chandra]

- **A 3D Framework to Explore the Propagation Effects in Stars Exhibiting Electron Cyclotron Maser Emission**

Coherent radio emission has been discovered from a number of hot magnetic stars, via the process of electron cyclotron maser emission (ECME). One of the important properties of ECME is the frequency dependence of the pulse arrival time. This has been attributed to the propagation. However, no quantitative treatment exists for this phenomenon despite it being a promising tool to estimate the density in the stellar magnetosphere. Researchers proposed a framework to deal with the propagation effect by considering continuous refraction in the inner magnetosphere of the star. This framework is capable of incorporating any type of density distribution, and in principle any type of magnetic field. The work showed that for stars with high obliquity, the propagation effect can influence not only the sequence of arrival of pulses drastically, but also the pulse shapes, and the observability of a pulse from a particular magnetosphere. [Contact person: Poonam Chandra]

- Radio view of a broad-line Type Ic supernova ASASSN-16fp**
 Researchers studied a Type Ic supernova, ASASSN-16fp with uGMRT and the VLA. The data represent the lowest frequency observations of the supernova beyond 1000 d with a frequency range of 0.33-25 GHz and a temporal range of ~ 8 -1136 d post-explosion. The observations are best represented by a model of synchrotron emission from a shocked circumstellar shell initially suppressed by synchrotron self-absorption. Assuming equipartition of energy between relativistic particles and magnetic fields, researchers estimated the velocity and radius of the blast wave to be $V \sim 0.15c$ and $r \sim 3.4 \times 10^{15}$ cm, respectively, at $t_0 \sim 8$ d post-explosion. Researchers inferred the total internal energy of the radio-emitting material evolves as $E \sim 0.37 \times 10^{47} (t/t_0)^{0.65}$ erg. The mass-loss rate of the progenitor star was determined to be $\sim (0.4-3.2) \times 10^5 M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ at various epochs post-explosion, consistent with the mass-loss rate of Galactic Wolf-Rayet stars. The radio light curves and spectra showed a signature of density enhancement in the circumstellar medium at a radius of $\sim 1.10 \times 10^{16}$ cm from the explosion centre. [Contact person: Poonam Chandra]
- Supernova Interaction with a Dense Detached Shell in SN 2001em**
 Researchers carried out a comprehensive analysis of supernova SN 2001em covering a period of 19 yr since discovery. SN 2001em is the oldest supernova known to have undergone a metamorphosis from a stripped envelope to an interacting supernova. Researchers used archival data with the Very Large Array in radio bands and with Chandra, XMM-Newton, and Swift-XRT in X-ray bands, along with published H α measurements. Researchers combined these data with the low radio frequency observations with the Giant Metrewave Radio Telescope at two epochs covering three frequencies. While the observations missed the phase when the shock entered the dense shell, the X-rays indicate that the shock came out of the dense shell at around 1750 days. The data suggested a forward shock origin of the X-ray emission. Radio data showed a spectral inversion at late epochs (>5000 days) at around 3 GHz, which mimics the properties of the central absorbed component seen in SN 1986J. A possible explanation for this component is that the progenitor of SN 2001em was a massive binary system that had undergone a period of common-envelope evolution. The hydrogen envelope from the SN 2001em progenitor may have been lost as a result of binary interaction. [Contact person: Poonam Chandra]
- Radio emission from a decade old Type I superluminous supernova, PTF10hgi: comparison with FRB121102**
 Researchers performed a comparative study between the only radio-detected Type I superluminous supernova (SLSN) PTF10hgi, and the most active repeating fast radio burst FRB121102. This study has its root in the hypothesized FRB-SLSN connection that states that magnetars born in SLSN can power FRBs. The wide-band spectrum (0.6-15 GHz) of PTF10hgi provided strong evidence for the magnetar wind nebular origin of the radio emission. The same spectrum also enabled researchers to make robust estimates of the radius and the magnetic field of the radio-emitting region and demonstrated that the nebula is powered by the rotational energy of the magnetar. This spectrum was then compared with that of FRB121102, which researchers extend down to 400 MHz using archival data. The newly added measurements put very tight constraint on the emission models of the compact persistent source associated with FRB121102. It was found that while both sources can be powered by the rotational energy of the underlying magnetar, the average energy injection rate is much higher in FRB121102. Hence, researchers hypothesized that, if PTF10hgi is indeed emitting fast radio bursts, those will be much weaker energetically than those from FRB121102. [Contact person: Poonam Chandra]
- 1000 Days of the Lowest-frequency Emission from the Low-luminosity GRB 171205A**

Researchers studied the lowest-frequency measurements of gamma-ray burst (GRB) 171205A with the upgraded Giant Metrewave Radio Telescope (uGMRT) covering a frequency range of 250-1450 MHz and a period of 4-937 days. It is the first GRB afterglow detected in the 250-500 MHz frequency range and the second brightest GRB detected with the uGMRT. Researchers fit synchrotron afterglow emission arising from a relativistic, isotropic, self-similar deceleration as well as from a shock breakout of a wide-angle cocoon. The data also allowed the researchers to discern the nature and the density of the circumburst medium. It was found that the density profile deviates from a standard constant density medium and suggests that the GRB exploded in a stratified wind-like medium. The analysis showed that the lowest-frequency measurements covering the absorbed part of the light curves are critical to unraveling the GRB environment. The data combined with other published measurements indicated that the radio afterglow has a contribution from two components: a weak, possibly slightly off-axis jet and a surrounding wider cocoon, consistent with the results of Izzo et al. The cocoon emission likely dominates at early epochs, whereas the jet starts to dominate at later epochs, resulting in flatter radio light curves. [Contact person: Poonam Chandra]

- **uGMRT Observations of a Fast and Blue Optical Transient—AT 2018cow**

Researchers performed low-frequency radio observations of a fast-rising blue optical transient (FBOT), AT 2018cow, with the upgraded Giant Metrewave Radio Telescope (uGMRT). The observations span $t = 11$ -570 days post-explosion and a frequency range of 250-1450 MHz. The uGMRT light curves are best modeled as synchrotron emission from an inhomogeneous radio-emitting region expanding into an ionized medium. However, due to the lack of information on the source covering factor, which is a measure of the degree of inhomogeneity, researchers derived various parameters assuming the source covering factor to be unity. These parameters, hence, indicate limits on the actual values in an inhomogeneous model. The results agree with the speculation of the presence of a dense circumstellar shell in the vicinity of AT 2018cow from previous radio, ultra-violet, and optical observations. [Contact person: Poonam Chandra]

Radio Astronomy

- **A real-time Automated Glitch Detection Pipeline at Ooty Radio Telescope**

Glitches are the observational manifestations of superfluidity inside neutron stars. An automated glitch detection pipeline, which can alert the observers on possible real-time detection of rotational glitches in pulsars was developed so that the pulsars can be monitored at a higher cadence after a glitch to measure the post-glitch recovery phase. Two algorithms namely, Median Absolute Deviation (MAD) and polynomial regression were explored to detect glitches in real time. The pipeline was optimized with the help of simulated timing residuals for both the algorithms. Based on the simulations, the polynomial regression algorithm was found more effective for real time glitch detection. The pipeline has been tested on a few published glitches and is presently implemented at the Ooty Radio Telescope. [Contact person: Bhal Chandra Joshi]

- **Pinta: The uGMRT data processing pipeline for the Indian Pulsar Timing Array**

Pinta, a pipeline for reducing the upgraded Giant Metre-wave Radio Telescope (uGMRT) raw pulsar timing data was developed for the Indian Pulsar Timing Array experiment. The workflow and computational performance of Pinta was optimized with provision for RFI mitigation. A novel and independent determination of the relative time offsets between the different back-end modes of uGMRT and the interpretation of the uGMRT observation frequency settings was compared with results obtained from engineering tests. Further, the capability of pinta to generate data products which can produce high-precision TOAs was demonstrated using PSR J1909S-3744 as an example. The pipeline will soon become available for all pulsar observations with the

uGMRT and is critical for performing precision pulsar timing with the uGMRT in experiments such as Indian Pulsar Timing Array (InPTA). [Contact person: Bhal Chandra Joshi]

- **Absolute time calibration of LAXPC aboard AstroSat**

The AstroSat mission carries several high-energy detectors meant for fast timing studies of cosmic sources. In order to carry out high precision multi-wavelength timing studies, it is essential to calibrate the absolute time stamps of these instruments to the best possible accuracy. The absolute time calibration of the AstroSat LAXPC instrument, utilizing the broad-band electromagnetic emission from the Crab Pulsar was carried out to cross calibrate against Fermi-LAT and ground based radio observatories, the Giant Metrewave Radio Telescope (GMRT) and the Ooty Radio Telescope (ORT). Using the techniques of pulsar timing, the fixed timing offsets of LAXPC with respect to these different instruments was determined and also compared with the offsets of another AstroSat instrument, CZTI. [Contact person: Bhal Chandra Joshi]

- **High Precision Measurements of Interstellar Dispersion Measure with the upgraded GMRT**

Pulsar radio emission undergoes dispersion due to the presence of free electrons in the interstellar medium (ISM). The dispersive delay in the arrival time of pulsar signal changes over time due to the varying ISM electron column density along the line of sight. Correcting for this delay accurately is crucial for the detection of nanohertz gravitational waves using Pulsar Timing Arrays. In this work, in-band and inter-band DM estimates of four pulsars observed with uGMRT over the timescale of a year were presented using two different template alignment methods. The DMs obtained using both these methods show only small differences for PSR 1713+0747 and J1909-3744. A considerable offset is seen in the DM of PSR J1939+2134 and J2145-0750 between the two methods. This could be due to the presence of scattering in the former and profile evolution in the latter. Both methods are useful but could have a systematic offset between the DMs obtained. [Contact person: Bhal Chandra Joshi]

Extragalactic Astrophysics

- **A radio polarimetric study to disentangle AGN activity and star formation in Seyfert galaxies**

To understand the origin of radio emission in radio-quiet AGN and differentiate between the contributions from star formation, AGN accretion, and jets, researchers observed a nearby sample of Seyfert galaxies along with a comparison sample of starburst galaxies using the EVLA in full-polarization mode in the B-array configuration. The radio morphologies of the Seyfert galaxies show lobe/bubble-like features or prominent cores in radio emission, whereas the starburst galaxies show radio emission spatially coincident with the star-forming regions seen in optical images. It was found that unlike a sample of Seyfert galaxies hosting kilo-parsec scale radio emission, starburst galaxies with superwinds do not show radio-excess compared to the radio-FIR correlation. This suggests that shock acceleration is not adequate to explain the excess radio emission seen in Seyferts and hence most likely have a jet-related origin. It was found that the power contribution of AGN jet, AGN accretion, and star formation is more or less comparable in our sample of Seyfert galaxies. Researchers also found indications of episodic AGN activity in many of our Seyfert galaxies. [Contact person: Preeti Kharab]

Radio Astrophysics, Pulsars

- **Modeling the location of X-ray and Radio emission from pulsars**

Pulsars are unipolar inductors, and emits broadband emission. A challenging aspect of pulsar research is to understand how particles are created around pulsars and accelerate such that they can explain the observed broadband nature of the emission. It has been found that a self-consistent

theory is only possible in the presence of surface non-dipolar surface magnetic field in pulsars. Observationally it was found that the thermal X-ray arises from the neutron star polar cap, and the radio emission arises around 500 km above the surface. Further time alignment of thermal X-ray and radio shows offset which is a signature of non-dipolar surface magnetic field. To explain these observations researchers began to fit realistic non-dipolar models to data. In this work, the aim was to explain the non-dipolar magnetic field geometry of PSR J1136+1551. An off-set dipole, which is a proxy for a non-dipolar field can explain the observations extremely well. Researchers concluded that a non-dipolar surface magnetic field is an essential feature in pulsars. [Contact person: Dipanjan Mitra]

- **Model of Pulsar deathline**

In the pulsar population after a certain period and slowdown rate the number of pulsars appear to decrease. It is thought that after a certain period and period derivative, pulsars does not have the ability to produce coherent radio emission, and hence dies. In this work, researchers explored based on a partially screened vacuum gap model how to explain the death line of pulsars. The suggestion is that pulsars are active due to production of sparks at the polar cap. However, for long period pulsar the polar cap size decreases significantly and thus cannot form any sparking discharge. It was shown that the model is able to explain all the properties of the extremal pulsar PSR J2144-3933, which lines at the pulsar death line. [Contact person: Dipanjan Mitra]

Pulsars

- **Study of eclipses for a redback millisecond pulsar J1227-4853**

With huge enhancement of the population with the advent of Fermi LAT, there are 12 redback MSP systems known so far. These systems exhibit very long eclipses (apparently larger than the companions Roche lobe) that are believed to be caused by the intra-binary materials obscuring the pulsar emission. PSR J1227-4853 is an eclipsing redback MSP. A multifrequency study of eclipse properties of this transitional redback MSP was performed with the GMRT. The pulsar is observed in only 36% of the orbit without getting affected by eclipsing material. The simultaneous timing and imaging studies suggested that the eclipses in J1227- 4853 are not caused by temporal smearing due to excess dispersion and scattering, but could be caused by removal of pulsar flux due to cyclotron absorption of the pulsed signal by intra-binary material constraining the companion's magnetic field. Additionally, near the inferior conjunction the pulsed emission is significantly delayed, which is associated with a fading of the pulsed and continuum flux densities. Such flux fading around a fixed orbital phase near the inferior conjunction is not reported for other eclipsing binaries. This event around the inferior conjunction could be caused by absorption of the pulsed signal by fragmented blobs of plasma generated from mass loss through the L2 Lagrangian point. [Contact person: Jayanta Roy]

- **Evaluating prospects of low-frequency DM measurements with the GMRT**

The lower observing frequencies are better probe for the effects like dispersion, scattering and their variations over week-month timescales. This warrants high-cadence multi-frequency observations of millisecond pulsars (MSPs) that are part for the Pulsar Timing Array (PTA) project. Four such PTA MSPs were observed with the legacy GMRT (32 MHz bandwidth) simultaneously at 322 and 607 MHz with coherent dedispersion. The dispersion measure (DM) values obtained from the GMRT observations were compared with those obtained through NANOGrav observations with the GBT and Arecibo Observatory at 1400 to 2300 MHz frequencies. From such comparative study as well as from incorporating these low- frequency GMRT timing measurements into the NANOGrav dataset, it was found that higher precision

GMRT data is necessary to provide improved DM measurements for PTA experiments. [Contact person: Jayanta Roy]

National Centre for Biological Sciences, Bengaluru

Neurobiology

- **Antagonistic roles for Ataxin-2 structured and disordered domains in RNP condensation**

Ataxin-2 (Atx2) is a translational control molecule mutated in spinocerebellar ataxia type II and amyotrophic lateral sclerosis. Using the Targets of RNA-Binding Proteins Identified by Editing technology, the investigators identified an extensive data set of Atx2-target mRNAs in the *Drosophila* brain and S2 cells. Atx2 interactions with AU-rich elements in 3'UTRs appear to modulate stability/turnover of a large fraction of these target mRNAs. Further genomic and cell biological analyses of Atx2 domain deletions demonstrated that Atx2 interacts closely with target mRNAs within mRNP granules, contains distinct protein domains that drive or oppose RNP-granule assembly, and has additional essential roles outside of mRNP granules. These findings increase the understanding of neuronal translational control mechanisms and inform strategies for Atx2-based interventions under development for neurodegenerative disease. [Contact person: K. VijayRaghavan]

- **Lithium response in bipolar disorder correlates with improved cell viability of patient derived cell lines**

Lithium is an effective, well-established treatment for bipolar disorder (BD). However, the mechanisms of its action, and reasons for variations in clinical response, are unclear. Neural precursor cells (NPCs) and lymphoblastoid cell lines (LCLs), from BD patients was characterized for clinical response to lithium to interrogate cellular phenotypes related to both BD and clinical lithium response. NPCs from two biologically related BD patients who differed in their clinical response to lithium were compared with healthy controls. Different parameters such as RNA-Seq and analysis, mitochondrial membrane potential (MMP), cell viability, and cell proliferation parameters were assessed, with and without in vitro lithium. The findings indicate cellular phenotypes related to the disease in both NPCs and LCLs; and those related to clinical lithium response in LCLs. [Contact person: Sheetal Ambardar]

Evolutionary Genetics

- **Recent evolutionary history of tigers highlights contrasting roles of genetic drift and selection**

Species conservation can be improved by knowledge of evolutionary and genetic history. However, the tigers' evolutionary history and genomic variation remains unknown. With 70% of the world's wild tigers living in India, such knowledge is critical. The investigators re-sequenced 65 individual tiger genomes representing most extant subspecies with a specific focus on tigers from India. As suggested by earlier studies, strong genetic differentiation between the putative tiger subspecies was found. Despite high total genomic diversity in India, individual tigers host longer runs of homozygosity, potentially suggesting recent inbreeding or founding events, possibly due to small and fragmented protected areas. The study suggests the impacts of ongoing connectivity loss on inbreeding and persistence of Indian tigers to closely monitored. Surprisingly, demographic models suggest recent divergence (within the last 20,000 years) between subspecies, and strong population bottlenecks. [Contact person: Uma Ramakrishnan]

Plant Genetics

- **A conserved sequence signature is essential for robust plant miRNA biogenesis**
Although there were reports indicating how a specific region is selected for miRNA biogenesis in plants, molecular details were unclear. The study showed that the presence of specific GC-rich sequence signature within miRNA/miRNA region is required for the precise miRNA biogenesis. The involvement of GC-rich signatures in precise processing and abundance of miRNAs was confirmed through detailed molecular and functional analysis. Consistent with the presence of the miRNA-specific GC signature, target RNAs of miRNAs also possess conserved complementary sequence signatures in their miRNA binding motifs. The selection of these GC signatures was dependent on an RNA binding protein partner of DCL1 named HYL1. Finally, the investigators demonstrated a direct application of this discovery for enhancing the abundance and efficiency of artificial miRNAs that are popular in plant functional genomic studies. [Contact person: Padubidri V. Shivaprasad]

Environmental Biology

- **A field-based quantitative analysis of sublethal effects of air pollution on pollinators**
India is the world's largest fruit producer and second most populous country. Pollinators are therefore important for India's food security. India also contains 9 of the world's 10 most polluted cities, but the impact of air pollution on plant and animal systems is largely unknown. The investigators performed a multiyear study in the megacity of Bangalore to correlate the mechanistic effects of air pollution on a major Indian pollinator, the Giant Asian honey bee, *Apis dorsata*. Wild honey bees and lab-reared *Drosophila* exposed to air pollution exhibited differences in survival, behavior, heart rate, blood cell count, and/or the expression of genes related to stress, immunity, and metabolism. This study indicates the urgency for more studies on wild systems to better inform international air quality guidelines. [Contact person: Shannon B. Olsson]

Insect Biology

- **Tools of the trade: MicroCT reveals native structure and functional morphology of organs that drive caterpillar–ant interactions**
Caterpillars of many lycaenid butterflies are tended by ants that offer protection from predators and parasitoids. Specialized structures such as glands, ciliary organs and chitinous ornamentation in caterpillars play key roles in the underlying tactile, acoustic, and chemical communication between caterpillars and ants. Although the ecological, evolutionary, and behavioural aspects of these interactions are well studied, the mechanisms (i.e., the functional morphology) that drive the specialized interactive organs are poorly characterized. Advanced X-ray microtomography (MicroCT) was utilised to delineate internal, native morphology of specialized larval dew patches, nectar glands, and tactile ciliary organs that mediate interactions between *Crematogaster* ants and caterpillars of the obligate myrmecophilous *Apharitis lilacinus* butterfly. The non-destructive MicroCT analysis provided novel 3-D insights into the native structure and positions of these specialized organs in unmatched detail. This analysis also suggested a functional relationship between organ structures and surrounding muscles and nervation that operate the glands and tactile organs. [Contact person: Krushnamegh Kunte]

Infection Biology

- ***Mycobacterium tuberculosis* (Mtb) lipid-mediated lysosomal rewiring in infected macrophages modulates intracellular Mtb trafficking and survival**
It is known that intracellular pathogens commonly manipulate the host lysosomal system for their survival. However, whether this pathogen-induced alteration affects the organization and functioning of the lysosomal system itself is not known. Investigators in this study demonstrated

that the lysosomal content and activity are globally elevated in *Mycobacterium tuberculosis* (Mtb) infected macrophages. It was observed that the enhanced lysosomal state is sustained over time and defines an adaptive homeostasis in the infected macrophage. Lysosomal alterations are caused by mycobacterial surface components, notably the cell wall associated lipid sulfolipid-1 (SL-1). An Mtb mutant lacking SL-1, MtbDpks2, shows attenuated lysosomal rewiring compared with the wild type Mtb in both in vitro and in vivo infections. Exposing macrophages to purified SL-1 enhanced the trafficking of phagocytic cargo to lysosomes. Results revealed that global alteration of the host lysosomal system is a defining feature of Mtb infected macrophages and suggest that this altered lysosomal state protects host cell integrity and contributes to the containment of the pathogen. [Contact person: Varadharajan Sundaramurthy]

Cancer Biology

- **A rare variant of African ancestry activates 8q24 lncRNA hub by modulating cancer associated enhancer**

Genetic variation at the 8q24 locus is linked with the greater susceptibility to prostate cancer in men of African ancestry. One such African ancestry specific rare variant, rs72725854 (A>G/T) (~6% allele frequency) has been associated with a ~2-fold increase in prostate cancer risk. However, the functional relevance of this variant is unknown. This study shows that the variant rs72725854 is present in a prostate cancer-specific enhancer at 8q24 locus. Chromatin-conformation capture and dCas9 mediated enhancer blocking establish a direct regulatory link between this enhancer and lncRNAs PCAT1, PRNCR1 and PVT1. The risk allele ('T') is associated with higher expression of PCAT1, PVT1 and c-myc in prostate tumors. Further, enhancer with the risk allele gains response to androgen stimulation by recruiting the transcription factor SPDEF whereas, non-risk alleles remain non-responsive. Elevated expression of these lncRNAs and c-myc in risk allele carriers may explain their greater susceptibility to prostate cancer. [Contact person: Dimple Notani]

Biochemistry

- **Dynamics of genetic variation in transcription factors and its implications for the evolution of regulatory networks in Bacteria**

Transcription factors (TF) have been found to be less conserved across bacterial species than their target genes (TG). This would be expected if TFs accumulate mutations faster than TGs. This hypothesis is supported by several lab evolution studies which found TFs, especially global regulators, to be frequently mutated. Despite these studies, the contribution of point mutations in TFs to the evolution of regulatory network is poorly understood. The investigators tested if TFs show greater genetic variation than their TGs using whole-genome sequencing data from a large collection of *Escherichia coli* isolates. TFs were less diverse than their TGs across natural isolates, with TFs of large regulons being more conserved. In contrast, TFs showed higher mutation frequency in adaptive laboratory evolution experiments. However, over long-term laboratory evolution spanning 60,000 generations, mutation frequency in TFs gradually declined after a rapid initial burst. The study proposes that point mutations, conferring large-scale gene expression changes, may drive the early stages of adaptation but gene regulation is subjected to stronger purifying selection post adaptation. [Contact person: Aswin Sai Narain Seshasayee]

- **Monitoring protein ubiquitination and SUMOylation in real-time by NMR**

The covalent conjugation of ubiquitin (Ub), known as ubiquitination, is a multi-step reaction involving multiple enzymes. The investigators reported a real-time, tag-free method to monitor protein ubiquitination by NMR spectroscopy under physiological conditions. The approach is also

applicable for monitoring other ubiquitin-like modifications, and the disassembly of Ub polymers. [Contact person: Ranabir Das]

Theoretical Biology

- **Extreme active matter at high densities**

This study investigates the remarkable behaviour of dense active matter comprising self-propelled particles at large Péclet numbers, over a range of persistence times, from $\tau \rightarrow 0$, when the active fluid undergoes a slowing down of density relaxations leading to a glass transition as the active propulsion force f reduces, to $\tau \rightarrow \infty$, when as f reduces, the fluid jams at a critical point, with stresses along force-chains. For intermediate τ , a decrease in f drives the fluid through an intermittent phase before dynamical arrest at low f . This intermittency is a consequence of periods of jamming followed by bursts of plastic yielding associated with Eshelby deformations. On the other hand, an increase in f leads to an increase in the burst frequency; the correlated plastic events result in large-scale vorticity and turbulence. Dense extreme active matter brings together the physics of glass, jamming, plasticity and turbulence, in a new state of driven classical matter. [Contact person: Madan Rao]

- **Defence versus growth in a hostile world: lessons from phage and bacteria**

Coexisting bacterial communities compete for resources and the competitive exclusion principle predicts that all but the fastest-growing bacteria will go extinct. When exposed to phage, it is predicted that bacterial strains with restriction-modification (RM) systems can circumvent the competitive exclusion principle and reach diversity of the order of the phage burst size. The investigators show that with a trade-off between bacterial growth rates and the strength of their RM systems, the diversity of such an ecosystem can further increase several fold beyond the burst size limit. Moreover, it is observed that the ratio of the growth rate of a bacterial strain to the imperfection of its RM system is an excellent predictor of whether the strain will go extinct or not, and the biomass of the strain if it survives. In contrast, the growth rate alone is not a determinant of either of these properties. This work provides a quantitative example of a model ecosystem where the fitness of a species is determined not by growth rate, but by a trade-off between growth and defence against predators. [Contact person: Sandeep Krishna]

TIFR Centre for Interdisciplinary Sciences, Hyderabad

PHYSICAL SCIENCES

Statistical Mechanics and Soft Matter Physics

- **Stability and Response of Athermal Amorphous Solids**

The research group has been studying the mechanics and rigidity of naturally abundant amorphous solids such as granular materials and structural glasses: materials that are not described by conventional paradigms of broken symmetry. In collaboration with other researchers, a field theory for amorphous systems was developed that shows a remarkable agreement with numerical simulations as well as experiments. In other recent work, the researchers also analytically demonstrated the presence of long-range correlations in such athermal systems that arise from disorder at the microscopic scale. Recently, analytic results were also derived for the Hessian matrices that govern the stability of such solids. Additionally, recent numerical work with collaborators has also highlighted the importance of choosing the right ensemble from which configurations are sampled when studying the vibrational properties of amorphous solids. [Contact person: Kabir Ramola]

Quantum Condensed Matter Research

- **Proximity effect studies in quantum materials**

The research group demonstrated proximity effect studies between organic molecules and ferromagnets by introducing a new mechanism of crane-pulley effect. The work showed that molecules when placed on magnetic surfaces can magnetically detach the surface magnetism from the bulk magnetism giving rise to an exchange-bias effect. In another study, the researchers explored proximity effect studies between topological insulator and ferromagnetic insulators showing that surface states of topological insulators can enhance the Curie temperature of the ferromagnet via the conduction electron mediated RKKY interactions. The research group successfully demonstrated the establishment of a world's first cryogen free scanning tunneling microscopy integrated to a cryogen-free vector-superconducting magnet. [Contact person: Karthik V. Raman]

Intense Laser Plasmas

- **Direct two electron attachment to fast hydrogen**

Direct two electron attachment is an extremely weak process that has eluded most terrestrial observations in atomic physics. Three body recombination of H to H⁻ is a fundamental process that is relevant in astrophysical measurements but the conflicting requirements of high electron density with low temperature with low quasi-static fields have made this observation impossible thus far. In continuation with the researchers' interests in electron ion recombination in high contrast and high intense lasers, this inconceivable reaction was found to take place. Its observation has only been possible now in this research group's experiments due to their enhanced gated- Thomson parabola spectrometry developed in house recently. The researchers established that recombination of ions that co-propagate with electrons in a universal scheme prevalent in all the intense laser experiments and in fundamental to all the studies, just that these processes have been missed in the three decades of this research. [Contact person: M. Krishnamurthy]

Statistical Physics

- **Strategies for Survival**

How should dispersal strategies be chosen to increase the likelihood of survival of a species? The researchers obtained the answer for the spatially extended versions of three well-known models of two competing species with unequal diffusivities. Though identical at the mean-field level, the three models exhibit drastically different behavior leading to different optimal strategies for survival, with or without a selective advantage for one species. When the total particle number is fixed, dispersal has no effect on survival probability. With a fluctuating number, faster dispersal is advantageous if species competition is present between members of the same species, while moving slower is the optimal strategy for the disadvantaged species if there is no intra -species competition: it is imperative to include fluctuations to properly formulate survival strategies. [Contact person: Mustansir Barma]

Energy Transfer in Atom/Molecule – Surface Collisions

- **Imaging single atomic layer thin films using atom scattering as a probe**

A neutral atom scattering based surface probe technique for imaging surfaces was developed. The work involved testing and characterization of the experimental setup in order to optimize the signal to noise ratio and measurement speed. Using the soft and universal nature of slow (65 meV) Helium atom scattering, the research group was able to demonstrate that ultra thin MoS₂ films as thin as a single monolayer, can be successfully imaged. Based on a comparison with Kr

atom scattering, the researchers hypothesized that the contrast generation occurs due to the different local roughness of the SiO₂/Si and the ultra thin films of MoS₂. This work paves the way for future developments and studies in ‘neutral atom scattering based microscopy’. [Contact person: Pranav R. Shirhatti]

Fluid Dynamics

- **Instabilities and turbulence in complex fluids**

The theory of active matter, systems whose constituents convert a sustained supply of fuel into movement, is the framework of choice for understanding the collective behavior of motile particles. Like condensed matter in general, active systems display many types of order and operate in a variety of dynamical regimes. Researchers considered groups of motile organisms in a bulk fluid medium. Using linear stability analysis, and numerical simulations, the researchers investigated the physics of complex spatiotemporal flow patterns that are generated in these systems. The flow of suspension of deformable objects (bubbles or droplets) is omnipresent in a variety of natural and industrial processes. The presence of bubbles dramatically alters the rheological and thereby mixing properties of flows. In the absence of bubbles, a nonlinear transfer of energy (maintaining constant energy flux) from forcing to dissipation range characterizes turbulence. [Contact person: Prasad Perlekar]

Atomic and Optical Physics

- **Nonlinear magnetoelectric effect in atomic vapor**

Magnetoelectric (ME) effect refers to the coupling between electric and magnetic fields in a medium that causes the magnetic fields to induce electric polarization and vice versa. So far, the exclusive studies on the nonlinear ME effect are mostly concerned with the investigation of second-harmonic generation in chiral materials. Researchers demonstrated nonlinear wave mixing of optical electric fields and radio-frequency (rf) magnetic fields in thermal atomic vapor, which is the consequence of the higher-order nonlinear ME effect in the medium. The experimental results were explained by comparing with density matrix calculations of the system. Researchers also experimentally verified the expected dependence of the generated field amplitudes on the rf field magnitude as an evidence of the magnetoelectric effect. This study can open up the possibility for precision rf-magnetometry due to its advantage in terms of larger dynamic range and arbitrary frequency resolution. [Contact person: G. Rajalakshmi]

Biophysics

- **Glassy dynamics and aggregation in cellular and intra-cellular systems**

The research group theoretically studies the physical principles behind the slow dynamics and aggregation in different biological systems. Researchers studied two distinct problems with long-standing applications in biology. The first problem investigated the principles of how protein-protein interactions and their valency affect the intracellular phase separation. A multidisciplinary approach was undertaken with experimentalists from Weizmann Institute of Science, Israel. Through a combination of theory, simulation and expressing synthetically designed proteins in yeast cells, this study yielded intriguing results on how interaction strength determines the extent of phase separation whereas valency determines its symmetry. The second problem looked at glassy dynamics in a confluent monolayer. This dynamics is indispensable in morphogenesis, wound healing, bronchial asthma, and many others; and therefore, a detailed theoretical framework for such a system is important. The research group combined numerical simulations of such a model system and an analytical study based on one of the most successful theories of

equilibrium glass (the random first order transition theory) to develop a comprehensive theoretical framework for a confluent glassy system. [Contact person: Saroj K. Nandi]

Theoretical Statistical Mechanics

- **Signature of dynamical heterogeneity in spatial correlations of particle displacement and its temporal evolution in supercooled liquids**

Dynamic heterogeneity (DH) is believed to be one of the hallmarks of glass transition. Numerous studies have been performed to understand this at alpha-relaxation timescale of the liquid. Researchers showed that DH develops completely at very short timescale and survives much beyond the alpha-relaxation time. Temperature dependence of DH length scale was found to remain same for all timescales but the magnitude of the length scale reaches maximum at alpha-relaxation time for molecular liquids. In contrast for models that undergo jamming transition like colloidal model, length scale continues to grow much beyond alpha-relaxation time, where other measures of DH dies out completely. [Contact person: Smarajit Karmakar]

Mechanical Properties of Materials

- The research group was actively involved in the development of a theoretical model that takes a new approach to classify atomic fluctuations viz. affine and non-affine. This alternative classification has not only provided new insights into materials physics but finds its application in programmable active matter and frontiers of biology. A few of these applications include protein conformation and drug binding. In the former, the yielding of crystalline solids upon deformation due to an externally applied mechanical load was investigated. Combined with extensively large in-house computations, the theoretical model predicts experimentally observed yield points over the fourteen orders of magnitude of deformation rates. Intriguingly, the study revealed that yielding of a defect free crystal is, in fact, a hidden first order phase transition. These results demand a review of widely accepted viewpoints on the phenomena of yielding or, in general, physics of materials. The group further advanced the knowledge and show a swarm of programmable active matter, such as drones can be stabilised in any desired pattern, whatsoever, against the destabilising turbulent weather. The crucial ingredient here involves suppressing a certain class of fluctuations, non-affine displacements that are responsible for the disruption of pattern while simultaneously allowing trivial translations and rotational capabilities to the swarm. [Contact person: Surajit Sengupta]

MATERIALS SCIENCE

Engineering Materials for Energy and Environmental Protection

- **Rechargeable Respiratory Mask using Graphene Oxide**

Electrostatically rechargeable respiratory masks having the standards of '95' have been developed using graphene oxide based ink. It was shown that such a low cost mask can effectively stop the sub-micron sized particles with good quality factor, a measure ensuring the breathability with the mask. The melt-spun polypropylene, available in a conventional N95 mask, modified with graphene oxide and polyvinylidene fluoride mixture containing paste using a simple solution casting method acts as active filtration layer. The efficacy of this tri-layer system toward triboelectric rechargeability using small mechanical agitations was demonstrated here. These triboelectric nanogenerator assisted membranes have high electrostatic charge retention capacity (~ 1 nC/cm² after 5 days in ambient condition) and high rechargeability even in very humid conditions (>80% RH). [Contact person: T. N. Narayanan]

Electronic Materials

- **Electronic properties of halide perovskite and organic semiconductors**

Researchers contributed to the understanding of the role of vibronic modes in charge carrier dynamics in halide perovskites. The study showed how photoinduced vibrations contribute towards an ultrafast structural distortion in lead halide perovskite. A similar study showed how intermolecular vibrations facilitate the singlet fission in pentacene. Using solid state NMR technique, the research group provided information on the role of piperidinium salt towards the stabilization of metal-halide perovskite solar cells. Using Kelvin probe based measurements, the researchers unraveled the types of defects present in double halide perovskite $\text{Cs}_2\text{AgBiBr}_6$ and their impact on the solar cell performance. [Contact person: Pabitra K. Nayak]

THEORY AND COMPUTATION

Self-organization and Pattern Formation in Non-equilibrium Complex Systems

- **Waves and patterns in spatially-extended systems**

Research efforts were carried out across two different areas under a common theme to explore the spatiotemporal dynamics of complex systems of chemical and biological interest. Researchers investigated thermodiffusion induced emergent traveling and shock waves in a self-propelled colloidal system. The study has provided a route towards development of shock waves by adjusting the initial and boundary conditions. Another study was conducted to explore the role of time-delay of diffusive flux in a one-variable reaction-Cattaneo system. This work is particularly important in the context of biological population dynamics where a better description of dispersion is needed rather than standard diffusion. Researchers also explored the collective spatiotemporal dynamics of bacteria, which differ, only by their cell-aspect ratio. The study revealed that both shorter and longer bacteria exhibit slow dynamics whereas the fastest motion is obtained for intermediate aspect ratios as observed in some of the recent experimental studies. [Contact person: Pushpita Ghosh]

BIOLOGICAL SCIENCES

Cell and Cancer Biology

- **Investigating Gene Expression and DNA damage responses at a single cell resolution**

Understanding DNA damage responses (DDR) is critical for elucidating cancer emergence. The research group's experiments indicated that DNA damage response peaks in the S phase, and not primary damage. Researchers also optimized a method for combining DNA and RNA smFISH to interrogate gene position and expression at the same time. In another study, using single molecule mRNA detection in the context of EGFR signaling in the fruit-fly, this group provided critical insight into cell-type emergence during organismal development. Also, the researchers had previously described how fluorescence anisotropy can be used to monitor chromatin compaction states. Compaction of even undamaged DNA in response to localized double strand breaks was shown. [Contact person: Aprotim Mazumder]

Polyphosphates

- Inorganic polyphosphate (polyP), orthophosphate residues of varying chain lengths, is found in all living organisms. Its functions in metazoans are largely underexplored. However, the major limitation in testing the functions of polyP in metazoans has been the lack of knowledge of the genes involved in polyP synthesis and turnover, which restricts modulation of polyP levels *in vivo*. The researchers developed a *Drosophila* model to study the functions of polyP. It was shown that polyP exists in flies and that its levels are developmentally regulated during embryogenesis. Further, through phylogenetic analysis, a putative exopolyphosphatase Prune was

identified. A significantly higher level of polyP was found in *prune* mutants as compared to wild-type flies. Since mutations in *prune* were shown to be linked to neurodegeneration, this work suggested that the Prune mediated regulation of polyP is crucial for the protection of neurons among many other processes in a multicellular organism. [Contact person: Manish Jaiswal]

Mechanobiology

- **Collective dynamics of cells: A mechanobiological perspective**

Collective cell dynamics refers to the process of many cells acting as a cohesive unit. The research group addressed how cell-generated forces govern the collective dynamics of cells during cell competition and collective cell migration, using numerous biophysical methods and super-resolution microscopy techniques. In cell competition, it was found that the competition between HRAS oncogene-transformed cells and their normal neighbors was determined by cell generated forces and the elasticity of extracellular matrix, with pathologically stiffened matrix abrogating the competitive removal of transformed cells. In collective cell migration, cell-cell forces were found to govern the structure, localization, and dynamics of intracellular organelles, including the Golgi complex, lysosomes, and the endoplasmic reticulum. Taken together, importance of mechanical forces on cell competition and collective cell migration was established by the research efforts. [Contact person: Tamal Das]

Cell Biology, Neuronal Synapses and Single Molecule Microscopy

- **Molecular Biology of Vomeronasal system and Molecular architecture of auditory ribbon synapses**

The vomeronasal organ is an important model sensory system to understand how sensory stimuli elicit innate behaviors. Researchers developed a combination of RNA sequencing approaches to understand the transcriptomes of sensory neurons. These approaches revealed novel molecular components that are being investigated further. Using a single molecule microscopy, the researchers imaged specialized ribbon synapses in the mouse cochlea with a goal to understand their molecular architecture and how noise induced hearing loss can affect these synapses. [Contact person: Adish Dani]

CHEMICAL SCIENCES

Theoretical Chemistry

- **Computer simulation at the interface of chemistry and biology**

Researchers focused on computer simulations of certain chemical and biologically relevant phenomena. The investigation has shed light into the protein/drug recognition processes. The simulation highlighted the role of conformational diversities in protein/substrate recognition. A certain direction elucidated the role of osmolytes in stability of protein. In another study, the research group developed a model of bacterial cytoplasm. The project integrated experimental data in a model and discovered macromolecular segregation inside bacterial chromosome. The researchers also initiated a collaboration on exploring host-guest interaction in caged molecules for developing sensors. An existing collaboration led to discovery of allosteric switches in an ammonia-sensing protein. Finally, a continued collaborative effort led to the observation of structural evolution in doped graphene oxide systems. [Contact person: Jagannath Mondal]

Organic Chemistry, Biological Chemistry and Chemical Biology

- **A radically simplified total chemical protein synthesis utilizing Fmoc-group as an N-masking group of reactive cysteine**

Easy access to multi-segment, fully convergent or one-pot, native chemical ligations greatly

facilitates total chemical synthesis of proteins. A robust and operationally simple method for total chemical protein synthesis was developed exploiting the Fmoc moiety as a temporary masking group of the N-terminal reactive Cys residue of Cys-peptide thioester segment(s). The Fmoc group was found to be fully compatible with harsh oxidative conditions frequently used to generate peptide thioesters from hydrazide or *o*-aminoanilide. The ready availability of the Fmoc-Cys(Trt)-OH, routinely used in Fmoc chemistry solid phase peptide synthesis, where the Fmoc group is pre-installed on cysteine residue, minimized additional steps required for the temporary protection of the *N*-terminal cysteinyl peptides. Notably, the exceedingly efficient method demonstrated in this study would be very useful for high yielding chemical protein synthesis and will be widely accepted by the chemistry and chemical biology community worldwide. [Contact person: Kalyaneswar Mandal]

Biophysics

- **Study of protein aggregation using single molecule techniques**

Aberrant aggregation of proteins is involved in the pathology of multiple debilitating human diseases. Early intermediates or the soluble oligomers are considered the proximal cytotoxic species. However, study of these oligomers is challenging due to rare population and heterogeneity. Researchers developed two single molecule techniques, viz, superresolution fluorescence microscopy and two-color coincidence detection to detect and characterize the early aggregates and the soluble oligomers respectively. Recently, the researchers have shown that molecular chaperone Hsp70 interacts with the oligomers but not the monomers of IAPP, which is involved in the pathology of type2 diabetes. Using superresolution microscopy, the researchers have also detected the complexes of apoE and amyloid-beta peptide, which is involved in Alzheimer's disease. These studies open up the possibility of screening of potential drug candidates that may alter the interaction of endogenous proteins with the amyloidogenic peptides. [Contact person: Kanchan Garai]

Solid-state NMR

- **Enhancing resolution and information content in and from solid-state NMR spectra**

This research group has developed methods in solid-state nuclear magnetic resonance to improve spectral resolution and easy extraction of geometry parameters over a wide range of experimental conditions currently in vogue. The methods help in obtaining internuclear distances and order parameters in a given molecule. These lead to structural and dynamics information, the latter being a unique aspect of NMR spectroscopy. Salient features of these methods include robustness to various experimental parameters, less to no parameters to optimise, ease of extraction of information, and targeting couplings in both strong and weak regimes. The methods have been shown to be useful in a variety of molecular systems, from small molecules to proteins. [Contact person: P. K. Madhu]

Theoretical and Computational Chemistry

- **Understanding mechanism of Cu-based bidirectional catalyst for O₂/H₂O conversion**

This work highlighted the underpinnings of one of the rare examples of a bidirectional catalyst. This Cu-based complex can catalyze both reduction of dioxygen to water and oxidation of water to dioxygen depending on the applied voltage. Experimental observations indicated the *in situ* formation of a dimeric complex during both the oxidation and reduction cycles. Extensive computational studies supported the feasibility of a binuclear mechanism both for oxidation and reduction pathways. Computational studies further explored the structural flexibility of the associated ligand framework that supports various oxidation states of the two Cu-centers in the

intermediate complex that facilitates the catalysis. In addition, the computations predicted the existence of Cu(III) species during reduction, even though the cycle started with Cu(II) oxidation cycle. This prediction was also confirmed experimentally. [Contact person: Soumya Ghosh]

Organometallic Chemistry and Molecular Materials

- **Single-molecule and single-ion magnets**

Single-molecule magnets are a family of molecular magnets that encompass other subsets including single-ion magnets and single-chain magnets. Two factors seem to govern the properties: the magnetic anisotropy and the overall spin. The research group has been focusing on these by appropriate design of the ligand that allow assembly of such complexes. [Contact person: V. Chandrasekhar]

NMR Spectroscopy

- **Proton Triple Quantum Spectroscopy at fast MAS (Magic Angle Spinning)**

Proton triple quantum (TQ) has been challenging in the solid-state mainly due to poor excitation efficiencies (4-8%) and prominent t_1 - noise. TQ improve structural understanding of systems with complicated spin topology. Researchers designed five TQ recoupling sequences $((\text{RN}_n^v \text{RN}_n^{-v})^3)^1$ that employ second-order Hamiltonian that minimize t_1 -noise and have 3-4 fold higher TQ excitation efficiency. The TQ terms was generated as a cross-term between the $T_{2\pm 2}^{j,k}$ and $T_{2\pm 1}^{j,k}$ operators in the second-order Hamiltonian. The three-dimension TQ-DQ-SQ proton spectrum on unlabeled samples can be recorded in less than 1.5 days that would otherwise take a week of measurement time. The improved experiment allows the characterization of spin-topology in unlabeled samples. [Contact person: Vipin Agarwal]

BIOLOGICAL AND CHEMICAL SCIENCES (BIOCHEMISTRY)

Structural Biology and Biochemistry

- **Structural Characterization of RNA Triple Helix**

The central aspect of life involves conversion of DNA to RNA and RNA to protein. Though some RNA molecules are not converted to protein, they still play an important role in controlling the process of DNA to RNA to protein. This places RNA as a central component of life. Along with a double helical structure, RNA also adopts complex 3D shapes, which are important for its function. Many RNA molecules have a chemical attachment called the poly(A) tail that is important for its stability. A new type of RNA called ENE forms triple helix structures with the poly(A) tail and protects the RNA from degrading. The crystal structure of this new class of ENE called 'double ENE' was determined. This provided key insights into new RNA-RNA interactions. Along with the triple helix, a new RNA pocket was discovered that binds the end of the poly(A) and protects it. [Contact person: Anand Teertha Vaidya]

NMR Spectroscopy and Structural Biology

- **Structural Biology of Active Transporters and Actins**

The main focus of the work is to study how membrane proteins and actins function. To do this, the researchers use a combination of solid-state NMR spectroscopy and other biophysical techniques. In the past year, they have achieved the following: (i) Refolding of a membrane protein MPC for downstream structural biology work using solid and solution NMR studies. The researchers have developed an assay to monitor its activity in vitro. (ii) Expressed and purified a bacterial actin ParM. The researchers have developed assays for downstream structural biology work. (iii) The researchers applied the recently developed NMR techniques based on the rotational-echo double resonance sequence to determine protein dynamics at very fast MAS

frequencies. (iv) A technique was developed to simultaneously acquire assignments and structural restraints under slow magic-angle spinning, which will help speed up much of the work on the above topics. [Contact person: Kaustubh R. Mote]

Biophysical Chemistry

- **Confronting the Invisible: Assignment of Protein $^1\text{H}^{\text{N}}$ Chemical Shifts in Cases of Extreme Broadening**

The research group is mainly interested in studying the conformational dynamics of proteins as it is critical to their function, folding, misfolding etc. Two accomplishments during this period are: Development of a new NMR method to detect amide ^1H nuclei that cannot be detected in IDPs etc due to solvent exchange, and development of a new CEST (Chemical exchange saturation transfer) experiment to study slow conformational exchange at Gly $^1\text{H}_{\alpha}$ sites. [Contact person: Pramodh Vallurupalli]

SYNTHETIC CHEMISTRY

Diradicaloids

- **Anionic Boron- and Carbon-Based Hetero-Diradicaloids Spanned by a *p*-Phenylene Bridge**

The design and synthesis of open-shell singlet diradicals have attracted much interest due to their synthetic challenges and unique physical properties, making them interesting for potential applications in materials science. Researchers disclosed the synthesis and characterization of first anionic heteronuclear boron- and carbon-based Kekulé diradicaloids spanned by a *p*-phenylene bridge. In contrast to homonuclear carbon-based Thiele's hydrocarbon, a closed-shell singlet system, heteronuclear boron- and carbon-based Kekulé diradicaloids showed an appreciable population of the triplet state at room temperature, as evidenced by both NMR and EPR spectroscopy. The work provides a novel structural motif of π -conjugated molecules with small singlet-triplet gaps involving an electron-deficient heteroatom. Moreover, en route to these anionic boron- and carbon-based hetero-diradicaloids, the formation of an isolable diamino(4-diarylboryl-phenyl)methyl radical was achieved. Given the modular synthetic methodology established in this study, different kinds of diradicaloids can be envisioned which merit further investigation into their potential applications in functional materials. [Contact person: Anukul Jana]

Homi Bhabha Centre for Science Education

RESEARCH HIGHLIGHTS

SCIENCE EDUCATION

Discourse in Science Classrooms

- **Transacting Inquiry in Middle School Science Classrooms: A Study Exploring the Nature of Discourse and a Spectrum of Outcomes**

Science involves reasoning about the world in particular ways that are shared by a scientific community. Students are inducted into the practices of science through discourse in the science classroom. The teacher plays a pivotal role in guiding students into this emergent science community through the level and complexity of her questions, the environment created for questioning, and the patterns of teacher-student interactions. This study explores some of these ways in which teachers guide the discourse, activities, and ways of thinking in the science classroom, how students appropriate them in their learning and how it affects not just students'

understanding of science concepts but also how they engage with and perceive science and learning. [Contact persons: Aisha Kawalkar and Jyotsna Vijapurkar]

Students' Questioning in Formal and Informal Settings

- **Student Questioning in Student Talk: Understanding the Process and its Role in Doing Science**

This study investigated the nature and dynamics of middle school students' questioning process and its role in learning and doing science. The researchers observed and recorded students' talk in the classroom and out-of-classroom contexts. Using the conversation analysis methods, teacher-student, student-student, student-stuff interactions were transcribed and analysed for the process of questioning. In the classroom discourse, dominated and driven by the teacher/textbook questioning, students hardly had the agency to meaningfully participate and engage in the discourse. In informal contexts, students had agency in matters like initiating sequences of talk, the content of talk, turn-taking, use of language, exploring stuff, etc. Student questioning in informal contexts evolved and progressed due to various kinds of conflicts and disagreements, and students spontaneously engaged in various aspects of scientific inquiry like questioning, observing, arguing, investigating, etc., which were all interdependent. Several aspects of everyday discourse are suggested for creating more equitable and democratic classrooms. [Contact persons: Gurinder Singh, Karen Haydock and K. K. Mishra]

Developing Pro-environmental Actions

- **Doing to Being: Developing Pro-environmental Motivations through Urban Farming in Schools**

A key mandate of environmental education (EE) is to motivate students to engage in pro-environmental actions (PEAs). However, information-oriented approaches to EE have had limited success in facilitating environment-oriented actions in students, as such models assume that knowledge leads directly to action. Recent models of cognition reject this linear and information-processing understanding and consider embodied interactions with the environment as foundational to thinking and learning. This study explored the role of embodied actions in generating PEA, based on studies of an adult urban-farming group and a student-driven terrace farming project in a school. Results from the studies indicate that community-based embodied practices can support action-oriented pedagogies that lead to PEA in students. Further, a general theoretical model of the way motivation emerges from embodied interaction and community practices was proposed, from the findings of the two studies. [Contact persons: Deborah Dutta, Sanjay Chandrasekharan, Ankush Gupta]

Strategies for Inclusive Education for Students with Visual Impairments

- **Inclusive Science Education in Elementary and Secondary Schools with a Focus on Strategies for Teaching Science to Students with Visual Impairments**

This study established the need for inclusive science education for students with disabilities (SWDs) and contributes to the development of teaching and learning strategies for the inclusion of students with visual impairments (SVIs). The study used a mixed research methodology involving qualitative and quantitative approaches for data collection and analysis. Several surveys were designed and conducted to understand the aspirations of SWDs for science education; and to learn about the attitudes of teachers, parents, and students towards inclusive education. An intervention phase of the study focused on cooperative learning among SVIs and students with diverse abilities; their use of multiple representations (in the form of raised lined diagrams, models, descriptions, and discussions), and; expressing learning through drawings. Instances of

mutual learning among SVIs as well as students with vision suggest that cooperative learning is possible which is beneficial to both groups of students. [Contact persons: Amit Sharma and Sugra Chunawala]

Learning Sciences, Physics and Math Education, EdTech

- **Touchy Feely Vectors: A Design-based Study Examining the Role of Representational Media in STEM Cognition**

This study explored the role of representational media on students' STEM cognition in the context of studying vectors. It examined the current state of students' reasoning behaviour in connection to the existing paper-based medium. The study involved designing a digital media interface called Touchy Feely Vectors (TFV) addressing some of the limitations of and augmenting the existing paper-based textbooks. Students' interactions with the system in lab settings indicated changes in their reasoning behaviour. Based on this, an edited version of TFV was implemented in 6 classrooms (3 control, 3 experimental; 266 students), with virtual lesson plans (co-designed by the teachers). The study found that these lessons improved the reasoning behaviour in conventional good-performers and enhanced cognitive engagement in conventional average performers. [Contact person: Durgaprasad Karnam]

Concept-maps in Chemistry and Biology

- **Quality of Concept Maps is affected by Map Building Strategies**

Concept-maps are widely used to assess students' conceptual understanding in different subject areas. Conventionally, it is mostly built maps that are assessed. This study explored if "concept-mapping" could be used as a case for constructive alignment of both the process and the outcome of learning. Specifically, it studied how a simple measure of looking at the order in which concept map elements-concepts (cards, C), links (arrows, A), and linking phrases (phrases, P) are placed on the working space reveals information about the quality of the final generated map. Two separate groups of university students ($N = 38$ ($18 + 20$)) built concept maps related to two concepts in Biology and Chemistry. The findings from the analysis of the concept-mapping process suggested that they consistently followed the same order of element placement that they began with and significant differences in the quality of eventual maps resulted from their map building strategies. [Contact person: Sanjay Chandrasekharan]

Rolling Motion on a Soft Surface

- **Experimental Study of the Coefficient of Rolling Friction of the Axle of a Maxwell's Wheel on a Soft Horizontal Surface**

This study was related to the rolling motion of a specially designed Maxwell's wheel. The rigid axle of the wheel rolls on a pair of horizontal tracks. The central disc of the wheel rotates in the air symmetrically between the tracks. Attaching a pair of identical metal sleeves on the axle on two sides made it possible to change the effective rolling diameter of the axle. By this arrangement, the ratio of the rotational over translational energy was changed. The soft surface undergoes deformation as a result of which the surface reaction force acts at a point on the axle slightly in front of the ideal contact point between the two. This offset distance has been related to the deceleration of the wheel as well as its loss of energy. The offset distance and the coefficient of rolling friction showed a power-law dependence on the dimensionless energy ratio. [Contact person: Rajesh Khaparde]

Learning Sciences

- **Expertise as Sensorimotor Tuning: Perceptual Navigation Patterns Mark Representational**

Competence in Science

Representational competence (RC) in science is the ability to generate external representations (e.g. equations, graphs) of real-world phenomena, transform between these representations, and use them in an integrated fashion. Eye-tracking studies have shown that experts employ unique perceptual attention (e.g. gaze-fixation) patterns while solving problems that involve RC. The current study presented a different strand of evidence, indicating that perceptual navigation patterns (eye movements) also mark expertise in science in more specific ways than attention. The analysis indicates that experts deploy distinct eye-movement patterns, but specifically during RC-related problems. This suggested that RC is an embodied skill that fundamentally changes the tuning of the perceptual system, as argued by recent ‘field’ theories of cognition. [Contact person: Sanjay Chandrasekharan]

Design Education

- **Design of Symbolic Science Characters: A Visual Design Exercise with Children**

An exploratory study with 90 secondary school students was done, which involved providing them specially designed textual cue cards explaining eight science concepts. Students were told to list keywords from the text and draw characters based on the cue cards. Analysis of the students’ drawings and worksheets revealed that listing keywords as a strategy did not necessarily help students to design the characters. Further, findings indicated that the implicit and explicit cues in the cue card aided in character design as students’ drawings represented many physical and theoretical cues; but there was no clear preference of one over the other. Lastly, the study also brings to the fore some examples of students’ ways of text-image relations and the characterizations that reflected anthropomorphism. [Contact person: Sugra Chunawala]

Graduate Research

- **10th Annual Research Meet**

Annual Research Meets (ARM) at Homi Bhabha Center for Science Education is conceived as a local forum for discussion, presentation and sharing for researchers, scientific staff and research scholars of HBCSE and beyond. Faculty members participate as collaborators and discussants. The meet aims to provide members with an intense yet informal and supportive forum for presentation, discussion, sharing and debate. The 10th Annual Research Meet was held during May 25 to 29, 2020 through the virtual platform. [Contact person: Sanjay Chandrasekharan]

MATHEMATICS EDUCATION

Mathematics Teacher Education

- **Investigating and Supporting Teachers’ Knowledge of and Responses to Students’ Mathematical Thinking**

The study reported an ethnographic case study of the practice of four experienced elementary school mathematics teachers. The data was collected through observations, interviews, and formal/informal interactions with teachers for two consecutive academic sessions. Evidence from teachers’ classroom practices suggested that the teacher’s knowledge is not uniquely possessed by the individual but is a joint province of teachers and students in a classroom. Also, the tools used to investigate the dynamic aspects of teacher’s knowledge need to be reimaged; for instance, students’ responses might help unpack some aspects of such knowledge. The analysis revealed that teachers became more responsive to students’ thinking from the first to the second year of the study, making them experience more mathematical challenges in handling classroom situations. The study presented the knowledge demands underlying the teaching of decimal numbers. [Contact persons: Shikha Takker and K. Subramaniam]

SCHOOL SCIENCE RESEARCH AND DEVELOPMENT (SSRD)

Development and Use of Worksheets for Environmental Sciences

- **Making Environmental Studies Engaging for Elementary School Students**

As part of the SSRD project, a study was published in an international journal, which described the research group's attempts to engage Grade 5 (aged 10-11) students in a meaningful discussion in an inquiry-based science classroom in and out of school, on the topic of food chains and webs. The study described the use of worksheets as a means to elicit students' conceptions about the science topic. The preliminary observations emanating from the study were discussed in light of the context of India where classrooms have large numbers of students and comprise a heterogeneous student population. The study gratefully acknowledges the contribution of Prakash Nawale who designed the original worksheet and creatively developed the lesson plans and conducted these in the school classroom sessions. [Contact person: Sugra Chunawala]

DEVELOPMENTAL WORK

STEM EDUCATION

Collaboratively Understanding Biology Education (CUBE)

- **CUBE Home Labs**

The lockdown have disrupted access to labs at educational institutions everywhere. However, the undergraduate students of the CUBE program continued working creatively and learning along with their peers. They have developed home labs on the following topics and reported their work on chatShaala: <https://webinar.hbcse.tifr.res.in/b/kir-vgc-6jf>. The topics include: Identification of *Drosophila melanogaster*; Developing of frugal based TSRV media for fruitfly culture; Isolation of soil nematodes; Identification of *Phyllanthus* species; Developing phone microscopy; Identification of species of Cardamine and Studying the effect of cold treatment on seed germination of Cardamine. The CUBE chatshaalas are open sessions from 5:30 to 9.30 pm everyday. An article was written reporting the conversation with six undergraduate students who along with their mentors and peers from across the country were dedicatedly working towards a shared learning experience. The article highlighted students' 'new normal' mode of learning through the home labs and the chatShaala. [Contact person: Meena Kharatmal]

- **CUBE Investigation Projects for Students**

Over the years, the CUBE program used experimentations with a variety of model organisms like Fruit fly, Earthworm, Snail, Moina, Butterfly, Hydra, Rotifer, Nematode, etc. An important aspect of CUBE's investigation projects is that all these experiments can be done by school and college students in collaboration. As an illustration, this work presented some experiments on model organisms, and two of these are incidentally also related to the Nobel Prize-winning discoveries. The first experiment is about "understanding the day and night cycle in Fruit flies". Another experiment is about "understanding the role of oxygen in Moina". Moina is a transparent micro-organism. [Contact person: Meena Kharatmal]

- **Estimating and Measuring in Microns**

Estimating the size of any small object or microorganism is a challenging task for students and teachers. A simple method to estimate small sizes and learn to use micron as a unit of measurement was presented. While observing organisms under the microscope, can one also estimate the size of the organisms? Should it be in centimeters or millimeters, or even more minute and tiny than these two units? There are units for observing smaller objects or microorganisms that are too small to see with the naked eye. One of these units is called micron

(μ) or micrometer (μm). Talking about measurement in a decontextualized area of mathematics and not connecting mathematical ideas in a context that demands it, is a serious disconnect in science education. This study attempted to provide a much-needed connection. [Contact person: Meena Kharatmal]

Gnowledge Lab

- **Development of Internet of Things (IoT) Deployment Board (IDF)**

HBCSE Makerspace designed the ESP32 based IoT Deployment Board for IoT projects. The board Schematic and Printed Circuit Board (PCB) was designed in KiCAD (Open Source Software) with connectors to interface sensors (such as DHT22, BME280, BH1750, etc). Design files were sent for fabrication. The fabricated Printed Circuit Board (PCB) of IoT Deployment Board (IDF) was received. The BOM components were purchased and the board got populated with components, mostly SMD. The Board and the following three interfacings were tested successfully by writing individual code: BME 280 sensor was interfaced to get Temperature and Humidity; MQ2 sensor was interfaced to monitor Smoke; and ESP32, the brain of this device. The fabricated Printer Circuit Board for Chotu bot got populated with components and tested for its working in the lab. All the components mounted are through hole components. [Contact person: Nagarjuna G.]

- **Software Development and Enclosure Design**

Gnowledge Lab temporarily deployed the Internet of Things (IoT) setup of temperature and humidity in the HBCSE server room for testing. The software was developed in Arduino Integrated Development Environment. A software code was written to monitor parameters and displayed them on a tiny organic light-emitting diode screen. The readings were also compared with the temperature and humidity monitoring devices from the market. After successful testing of the software, it was upgraded and connected with the HBCSE network. The purpose was for integrating with telegram bot, sending alert Application Programme Interfaces, about regular updates, threshold alerts and respond to commands. The enclosure for the device was designed in FreeCAD to accommodate the IoT Deployment Board (IDF), BME280 sensor and MQ2 sensors. The enclosure was 3D printed in the HBCSE Makerspace. The device software was upgraded with the code for updating the device software securely Over-the-Air (OTA) within the local network of the HBCSE. [Contact person: Nagarjuna G.]

Gnowledge Lab – Collaboratively Understanding Biology Education (CUBE)

- **CUBE – Citizen science based projects**

CUBE organized citizen science based projects around mapping mango trees, nail-regeneration and mosquito mapping. The data collection and observation was done across the country to popularise STEM habits. Volunteers shared photos of mango trees along with their exact location (coordinates), date and time of the photo, name of the data collector and an important parameter(s); whether the mango trees are fruiting/flowering/new-leaves are sprouting. For the nail-regeneration activity, use of image reader was encouraged to keep track of increase in the nail length. For mosquito mapping – along with collecting pictures of different kinds of mosquitoes, hunting for breeding sites for prevention of diseases, spreading awareness, etc., participants were also encouraged to reflect on the data collected. [Contact person: Meena Kharatmal]

SCIENCE EDUCATION

- **Developing Observation Skills through Activities for Primary Level Students**

Developing observation skills is one of the goals mentioned at the primary level. Observation skills can be developed by simple activities that students engage with and like, such as drawings.

By using students' drawing abilities, the activities facilitated the development of observation skills. Students initially responded spontaneously during an experience-based drawing activity. There were some discrepancies in their drawings and group interaction, however, these got resolved when they observed the animals and made drawings. Students' deep interest in observing and drawing animals was demonstrated through their detailed drawings with accuracy and appropriate body parts. There were differences in their drawings based on experiences compared to those based on observations. Students asked various questions at the end that indicated a rise in their curiosity about animals. [Contact person: Meena Kharatmal]

Application for Threaded Discussion on metastudio.org

- **Release and Further Development of ChatShaala.in**

ChatShaala is a conversational space and supports a threaded discussion platform which is mobile-friendly, data-efficient and has a simplified interface. The development of chatShaala.in was initiated by BITS Pilani students under the guidance of Gnowledge Lab mentors. ChatShaala.in has conversation and lesson delivery modes to support educational formats. It is constantly updated to be decentralised, such that it can run at multiple places (school, colleges, maker spaces, organisations) and consume low bandwidth, thus making it accessible in rural areas. MakerSpace Chatshaala's 'Embedded Systems' is a novel initiative to explore an interventional strategy in guiding reforms in the existing engineering education in collaboration with Acropolis Institute. The team has conducted interactive sessions on: electronics, exploring gadgets in everyday life, DIY oscilloscope, exploring expeyes to make an electronics lab at home, making an IOT temperature and humidity sensor, making of a voice-controlled car and exploring sound. These were open sessions on weekdays. [Contact person: Nagarjuna G.]

Development of Phonetic Alphabets

- **naYana Phonetic Alphabet**

naYana project is aimed at enhancing cultural diversity and localization through transcriptional unity and universal literacy. The current version is a result of iterative development that started around 2012. The motivation for designing this alphabet is to make writing more inclusive. For example, rotated or mirrored alphabets are valid within the naYana script thus making this script accessible to some forms of dyslexia. The development of the alphabet followed the embodied nature of how the sounds are produced by humans using the dynamic configurations facilitated by the dexterous movement of the lips, tongue, palate, teeth along with the modulated flow of breath through the vocal cords. Therefore, most of the basic phonemes are linked to the form of the buccal configurations. The prototype OpenType Font (OTF) with Latin keyboard mapping has also been designed and developed. [Contact person: Nagarjuna G.]

Vigyan Vidushi 2020

- **Vigyan Vidushi 2020 — A TIFR advanced Program in Physics for First-year MSc Women Students**

TIFR Colaba and HBCSE-TIFR jointly organised Vigyan Vidushi (VV), an advanced programme in physics for women students in the first year M.Sc (Physics) from June 1-20, 2020. Originally planned to be hosted at the HBCSE campus, VV was converted to an online school due to the pandemic. VV catered to 51 students in a live online classroom and 300 more students attended the lectures via live stream. The school offered five core courses on different topics in Physics, consisting of lectures and tutorials. In addition, special mentoring sessions on career discussions and expository sessions on physics education research were held. Seven eminent women scientists delivered special lectures. The teachers and mentors were present faculty members, postdoctoral

fellows and scientific officers of TIFR/HBCSE, and several past graduate students of TIFR, with more than half of them being women. Feedback indicated that students found the school to be extremely useful. [Contact person: Anwesh Mazumdar]

Question-Answers Repository: Open Source

- **Sawaliram Project**

Sawaliram Project is an online repository of question-answers and articles. TIFR, Hyderabad has developed this portal and provides a platform to collaborate on answering questions, writing articles, and translating the content into various languages. HBCSE in collaboration with Balbharti (Textbook Bureau of Government of Maharashtra) collated questions and answers from different fields of science. This repository includes questions collected from “Shanka-Samadhan” an HBCSE activity. During the last six months, about 850 questions were uploaded and the Sawaliram portal has released about 725 questions and answers. [Contact person: Vijay D. Lale]

School Science Research and Development (SSRD)

- **Nutan Vidya Mandir (NVM) Participatory Action Research Project**

As part of the long-term (7th year) Participatory Action Research (PAR) project with a neighbouring government-aided school, the SSRD group conducted several collaborative activities this year. The project aims to understand the teaching-learning process; prepare instructional materials (handbook/activity manual) useful for teachers; generate simple and inexpensive experiments designed to nurture resourcefulness, an eye for detail and an ability to interpret experiences. Amidst the pandemic, the SSRD group hosted two meetings with the NVM headmaster and teachers to gather feedback and plan future activities. Accordingly, webinars were organized between July 2020 and March 2021. Several test papers based on the grade 7 and 8 syllabus were prepared for the school. Also, four chapters of a teachers’ manual ‘Krutiyukt Parisar Shikshan (Activity-Based Environmental Education)’ were completed. [Contact persons: Narendra Deshmukh and Sugra Chunawala]

Material Development for High School Students in Science and Mathematics

- **Development of Learning Units and Educational Videos, and Translation in Indian languages**

- (i) Booklet of Learning Units (LUs): After reviewing, editing and formatting, the first set of booklets (student and teacher version) containing the 15 LUs for class 8 students was printed.
- (ii) Translation work of LUs: 1 Vigyan Pratibha (VP) LUs were translated into Marathi, 8 LUs were translated into Tamil (by the VP team at IMSc). These units were uploaded on the VP website. Translations into Hindi, Marathi, and Gujarati are in progress.
- (iii) Video material development: Four support videos for the LUs were prepared in English (2 under vetting process), and 7 are in the preparation stage. Ten learning bytes, short videos on extra-curricular topics in various languages were prepared (2 under vetting process), and 4 are in the preparation stage. [Contact persons: Ankush Gupta and Deepa Chari]

SCIENCE EDUCATION AND PEDAGOGY

Material Development during Teacher Training

- **Active Learning Strategies**

As a consequence of several teacher training workshops, a set of active learning strategies (ALS) using teaching aids were developed that featured in a teacher’s magazine. One part of the study shares some observations from the practices that teachers used in their attempts to engage students in the classroom. Another part of the study focused on the development of a teaching-aid and its

use during teacher training programme aimed at promoting active learning. In each of the examples, an attempt is made to demonstrate the adaptability of ALS techniques as teachers have the ability to customise the activities and actively engage students using a variety of methods as per their learning objectives. [Contact person: Sugra Chunawala]

CHEMISTRY EDUCATION RESOURCES AT UNDERGRADUATE LEVEL

Material Development in Chemistry Olympiad and NIUS

- **Experimental modules for chemistry laboratories at undergraduate level**

As part of the editing and modifying the NIUS experimental modules, the modules were administered to the NIUS students in the earlier exposure cum enrichment camps. The feedback was useful in modifications of the modules. The finalized modules are part of the Chemistry education online resources. Leaflet Preparation – The Chemistry group is preparing leaflets in multiple languages for various molecules primarily featured in past INChO problems. These leaflets intend to help the Chemistry learners look at chemical compounds through a Chemistry perspective intertwined with multiple lenses like history, art, trade, and its interconnections with society, culture, environment, etc. 9 (English version), 7 (Hindi version) and 2 (Marathi version) leaflets were uploaded on the Chemistry education website. [Contact person: Savita Ladage]

MATHEMATICS EDUCATION

MOOC Course Development for Exploring Math with Turtle Blocks

- **Turtle Graphics and Mathematics**

Resources are being designed and co-created with collaborators for an upcoming MOOC course for teachers on – ‘Exploring Mathematics with Turtle Blocks’. The video resources are currently being archived on an instance of WeTube (an open-source media archival platform). Preliminary discussions are centred around the following themes – Randomness, Symmetry, and Functions. The initiative is also in process of being conceptualised as an action research project where educators and students will be part of the design iteration and overall feedback process. A study was conducted to explore the design and implementation of an online engagement on Turtle Blocks (microworld) and how it supports the introduction of core programming concepts in alignment with the constructionist approach. The engagement provided opportunities for discussions and collaborations amongst peers via synchronous online session and asynchronous instant messenger (IM). The preliminary analysis helped in understanding the nature of collaboration, tinkering by the learners and varied styles used for problem-solving. [Contact person: Nagarjuna G.]

OPEN EDUCATION RESOURCES

Interface and Open Source Repository Development

- **Gnowledge Lab: New Interface for Government repositories and Video Resource Development**

- (i) DOER 2.0 (Distributed Disk for Offline Open Educational Resource version 2): DOER 2.0 is currently functioning and collates resources from a wide range of Open Education Resources available online.
- (ii) NROER (National Repository of Education Resources) 2.0: The Gnowledge lab contributed to this new interface for NROER. The interface now can handle a good number of audiences together and protects itself from spam attacks. This new platform also supports tagging features and efficient filtering and searching for tags. The Gnowledge lab has also created plugins for easy resource curation. NROER 2.0 has a feature to create public/private groups.

(iii) Developing Video Resources on Learning through Simulations: Conceptualized a collaborative endeavour with teachers to create conversational video resources on learning through simulations on STEM topics related to middle and high school topics.

An exemplar video on series and the parallel circuit was also created and released at metastudio.org on March 18, 2021. [Contact person: Nagarjuna G.]

MATERIAL DEVELOPMENT

Design and Technology (D&T) Education

- **Design and Technology Education Website**

Since the launch of the Design and Technology (D&T) Education Website (<https://dnte.hbcse.tifr.res.in/>) in early 2018, the website has received more than 56,000 visits by over 17,000 unique visitors. The resource section has been populated with resources in the form of posters, activity sheets, and worksheets. During the period of this report, 7 resources (Roller coasters, Nature-Inspired Packaging Design, Interactive posters, Design a flag, Eliminate and Create, Learning Frames, Full Tank) in Hindi, English, and Marathi were uploaded in addition to 4 posters on the same. Further, a set of 16 worksheets based on the topics covered by NCERT in the grade 6 science textbook were also uploaded which were aimed at providing opportunities to sharpen creativity skills. Currently, the website has over 80 resources for teachers and students who wish to engage in D&T activities. [Contact person: Sugra Chunawala]

Research Facilities

TIFR Balloon Facility, Hyderabad

Scientific Ballooning

- **Design and Fabrication of Plastic Balloons**

TIFR Balloon Facility, Hyderabad (TIFR-BF) designed and fabricated two zero pressure plastic balloons with a volume of 5,884 cu.m using 20 microns Antrix film as shell, sealed with load tapes of 66 kgf as breaking strength, for lifting 230 kg payload to reach an altitude of 21.4 km. These two balloons were exported to M/s Sceye Inc, USA for testing scientific payloads from New Mexico, USA. TIFR-BF also designed and fabricated a small spherical shaped tethered balloon with a volume of 34.1 cu.m using 38 microns Antrix film as shell for conducting cold gas thruster system experiment for altitude control of a 15 kg payload body frame at an altitude of 100 m. This balloon was exported to Department of Engineering and Space Systems, National Space Research and Development Agency, Obasanjo Space Centre, Abuja, Nigeria. [Contact person: Buduru Suneel Kumar]

- **Development of aerodynamic shaped balloons for providing mobile communication and internet**

TIFR-BF designed and fabricated three aerodynamic shaped (kytoon) balloons with a full volume realization of 103 cu.m using 150 microns (2 layers of 75 microns) newly developed co-extruded Antrix film. This kytoon is having three inflatable fins with dilation panel with a load carrying capability up to 35 kg and can be tethered up to an altitude of 350 m. This kytoon was developed upon the request received from Department of Telecommunication (DOT), Vijayawada Circle, Andhra Pradesh for providing mobile communication and internet facilities in rural areas over Northern Andhra Pradesh (Eastern Ghats region). This balloon was successfully tested from Balloon Facility with 35 kg payload and hoisted up to an altitude of 120 m. [Contact person: Buduru Suneel Kumar]

- **Control Instrumentation and Balloon Augmentation (CIBA)**

Continuing the efforts to include most of the balloon flight onboard digital electronics in to a single FPGA (Field Programmable Gate Array) board, a telemetry encoder (TE) with programmable bit rate of 25 kbps, 50 kbps, 100 kbps and 250 kbps was developed and to test the design, a commercially available Spartan-6 FPGA board was used. With only 73 available I/O's for use, 8 words (7 digital + 1 analog word) can be telemetered. With frame sync and SFID, the format is - 12 words / frame, 8 frames / major frame and 8 bits / word. Other available pins are used for bitrate select and outputs – NRZ-L, CLK, BJ-PH-L. The code is written in very high speed integrated circuit hardware description language (VHDL). Simulation was done in Xilinx ISE design suite. Simulation results and the code was synthesized and the FPGA board was programmed. Tests with the ground station decoding system is pending. With the high pin count FPGA number of words can easily be increased. The next step is to combine telemetry encoder (TE) with already developed telemetry decoder (TD). [Contact person: Devarajan Anand]

- **Control Instrumentation and Balloon Augmentation (CIBA)**

Recently developed 1.2 m dish antenna was tested in several flights during BATL campaigns. Though the performance of the orientation system was satisfactory with the short range up to 70-80 km, both up-link and down-link were insufficient. The common circuit for up-link and down-link is the antenna feeder, therefore, antenna feeder was suspected for the lower range. After close

analysis, it was found that there was polarization mismatch in the feeder and rectified the problem. Charged feeder n-type (f) connector, SWR measurement and gain measurements were done and meter showed the gain of the antenna to be about 26 dB, which is closely matching to the theoretical gain value and the whole system is to be tested again for range test in coming balloon flights. [Contact person: Devarajan Anand]

- **Software development for balloon flights**

LabVIEW based software has been developed for decoding and displaying telecommand status with other station keeping parameters during balloon flight and which will also log data. A study was taken up to compare various methods to deduce the coordinates of the balloon during balloon flight. A 'C' program was written to compute the coordinates using the current method (Haversine method) and subtended angle method. Previous balloon flight data was used for this study and entire comparison study data was stored in a file for future reference. A wind data logger has also been developed using LabVIEW software for decode, display and log serial data from ultrasonic wind sensor. It will also display the gusty wind, 2 minute, 10 minute average wind speed and direction and will also plot waveform. This software also logs daily and weekly data in an excel format for ready reference. This system can be installed during flight day to measure and display surface wind dynamics. [Contact person: Devarajan Anand]

- **Atmospheric and Environmental Sciences**

The atmospheric science research group at TIFR Balloon Facility has been involved in maintaining different ground-based atmospheric science instruments under Aerosol Radiative Forcing over India (ARFI) project of Geosphere Biosphere Program of ISRO (ISRO-GBP). A new flow sensor for Black Carbon (BC) Aethelometer was installed, and a thorough cleaning of the Aethelometer mirror assembly was taken up to get proper BC values. Researchers are jointly working with NARL scientists for collecting aerosols for studying the physical and chemical properties and also for vertical profiling of mass concentration up to stratospheric altitudes. The flight recovered crystals of Quartz Crystal Micro-balance (QCM) were sent to NARL for further analysis. [Contact person: Buduru Suneel Kumar]

Ionosphere Physical Properties

- **Correlation analysis of Ionogram spread F events and GPS signal amplitude scintillations (S4)**

Satellite based navigation signals are getting affected in the form of signal amplitude and phase by the ionosphere and its scintillations in the response to the geomagnetic storm events. The study of ionosphere physical properties during post sun set hours and geomagnetic storm events, guides to develop the scintillation mitigation algorithms. Canadian Advanced Digital Ionosonde (CADI) system records the vertical incident reflected signals from the ionosphere, in terms of height versus frequency points in the form of ionograms. Spread F events in the ionograms during the post sun set hours and geomagnetic storm events reveals the characteristics of ionosphere. The probability of occurrence of amplitude scintillation in the navigation signals can be evaluated by the correlation analysis of spread F and global position system (GPS) amplitude scintillation (S4) parameters. Results show the good correlation of strong spread F and S4 parameters during the adverse space weather conditions. [Contact person: Tanneru Venkateswara Rao]

Ionospheric Features Prediction Algorithms

- **Bi-directional Long Short Term Memory based Ionospheric features prediction models**

Ionosphere plays a vital role in high frequency signal communication and user position estimation in satellite based navigation systems. F2 layer critical frequency (foF2) and peak height (hmF2) of

the ionosphere are the critical ionospheric features, which reveals the diurnal, seasonal and geomagnetic storm events impact on ionosphere. The foF2 and hmF2 parameters can be extracted from the CADI ionograms. The estimation and prediction of ionospheric foF2 and hmF2 features during the adverse space weather conditions leads to initiation of safety measures to overcome the scintillation effects in transverse satellite based navigation systems and high frequency communication systems. An artificial intelligence based machine learning algorithm such as Bi-LSTM was used to predict the ionospheric features. The proposed prediction model results were compared with ANN and LSTM model outputs. Prediction accuracy is improved with the proposed algorithm. [Contact person: Tanneru Venkateswara Rao]

Pelletron LINAC Facility

Nuclear Physics

- **Feasibility study of neutrinoless double beta decay**

Tin can undergo an allotropic phase transition from a metallic (beta) phase to a semiconducting phase (alpha) on cooling. This transition, also known as tin pest, often leads to the cracking and disintegration of the tin sample and is thus a major concern for the longevity and performance of pure tin bolometers. Controlled coolings tests show that alloying Sn with Bi (at sub-% levels) inhibits tin pest. The best performance was found in 0.22% Sn-Bi which has shown no development of tin pest for >1 year. Superconducting properties of Sn-Bi alloys were measured. Temperature resolved synchrotron X-ray diffraction measurements were performed at BL-12 of the Indus-2 synchrotron at the national facility RRCAT Indore for studying this phase transition. Based on these measurements, it was suggested that baking the TIN.TIN bolometer array 50 C for a 20 - 30 min will reduce the risk of tin pest formation. The low background counting setup TiLES was used to study radiative impurities in Aut rock sample and other NTD sensors. Coincidence background setup with two cryocooled germanium detectors was also installed for rare decay studies. The detailed simulations were carried out for background estimations from trace impurities of natural radioactive chain and for coincident gamma detection efficiency to study rare decays to excited states via de-exciting gamma rays in the cascade.[Contact person: Vandana Nanal]

- **Reaction studies with weakly bound nuclei**

The n-transfer and incomplete fusion cross sections for $9\text{Be} + 197\text{Au}$ system were studied over a wide energy range, $E_{\text{c.m.}} \approx 29\text{-}45$ MeV. The experiment was carried out using activation technique and off-line gamma counting. The transfer process was found to be the dominant mode as compared to all other reaction channels. Detailed coupled reaction channel (CRC) calculations were performed for n-transfer stripping and pickup cross sections. The measured 1n-stripping cross sections were explained with CRC calculations by including the ground state and the 2^+ resonance state ($E = 3.03$ MeV) of 8Be . The calculations for 1n-pickup, including only the ground state of 10Be agree reasonably well with the measured cross sections, while it overpredicts the data at subbarrier energies. For a better insight into the role of projectile structure in the transfer process, a comprehensive analysis of 1n-stripping reaction was carried out for various weakly bound projectiles on 197Au target nucleus. The transfer cross sections scaled with the square of total radius of interacting nuclei show the expected Q-value dependence of 1n-stripping channel for weakly bound stable projectiles. [Contact person: Vandana Nanal]

National Facility for High Field NMR

Chemical Sciences: NMR Metabolomics

- **Metabolomic signatures in biofluids of patients with chronic hypersensitivity pneumonitis**
Diffuse parenchymal lung disease (DPLD) comprises an array of heterogeneous parenchymal lung disorders with common pathophysiological denominations as inflammation or fibrosis or more commonly, both. More than 300 causes for DPLD have been identified so far. Incidentally, ~50% of the Indian DPLD population comprises of hypersensitivity pneumonitis (HP). In chronic stage, HP may mimic other types of fibrotic DPLD, which may lead to misdiagnosis. Accurate diagnosis of chronic HP (cHP) and discrimination from other fibrotic DPLD subtypes is essential as it requires a different therapeutic approach and management. This study involves un-targeted metabolomic analysis of three biofluids namely serum, exhaled breath condensate (EBC) and bronchoalveolar lavage fluid (BALF) of cHP and fibrotic DPLD patients. Researchers hypothesize that ¹H nuclear magnetic resonance (NMR) based metabolomics platform may identify novel candidate markers which can effectively discriminate cHP from fibrotic DPLD subjects. [Contact person: Mamata Joshi]

Low Temperature Facility

- Low Temperature Facility provides liquid helium, liquid nitrogen and cryogenic support services to various facilities and laboratories of the institute. The primary function of LTF is to meet the cryogen demands of various research facilities of the institute. Helium gas is liquefied with the Linde make, model-L280 helium liquefier and Liquid nitrogen from Stirling Cryogenics make, model: STIRLIN-8 liquid nitrogen plant. LTF handles the largest numbers of research users in India, supporting various/critical helium setups within TIFR. During the reporting period, LTF liquefied 58,000 litres of liquid helium during the year 2020-2021, and the liquid nitrogen consumption was at 2,01,190 litres. During the reporting period, LTF dispensed around 420 liquid helium dewars to the users. LTF operation was more or less uninterrupted during the lockdown period. The supply of liquid nitrogen and liquid helium was ensured for all the critical experimental facilities including, NMR spectrometers. LTF also fulfilled an emergency requirement of BARC, Mumbai, on two occasions supplying about 2,000 litres of liquid nitrogen. [Contact person: K V Srinivasan]

Science Popularization and Public Outreach at TIFR: A short summary

A wide variety of Outreach and Science Popularisation programmes were conducted during the year to convey the importance of exciting new developments in science and technology to the general public with a special emphasis on showcasing the research being done in TIFR. A major focus of this effort is to reach out to school/college students and teachers, especially in under-served communities, and to inspire students to pursue a career in basic sciences.

The COVID-19 pandemic is unprecedented. TIFR and its Centres have been involved in several initiatives concerned with analyzing and understanding the debilitating global pandemic COVID-19. Several members have been actively working to bring together the best scientific facts and commentary related to the disease. It is a challenge to comprehend reliable information while filtering out misinformation. A multi-institutional, multi-lingual science communication initiative, called CovidGyan, has been created to deal with just this challenge. This is a collaborative effort between the Tata Institute of Fundamental Research, the Indian Institute of Science (IISc) and Tata Memorial Centre (TMC). Other prominent partners include Vigyan Prasar, IndiaBioscience, and the Bangalore Life Science Cluster (BLiSC, which comprises InStem and C-CAMP, in addition to NCBS-TIFR). The website (<https://covid-gyan.in/>) is an outcome of this initiative and serves as a hub to bring together a collection of resources in response to the COVID-19 outbreak. The pan-institutional CovidGyan website was launched on 03 April 2020. Various articles, infographics, podcasts and videos available in English and multiple vernacular languages on this website are aimed at both the scientifically inclined citizenry and the public at large in our country.

TIFR's Chai and Why popular science talks have been attracting young minds of all ages for over a decade now. It engages people who are interested in science but generally never have the opportunity to discuss their views with, and ask questions to the scientists. Due to the ongoing pandemic situation, the talks were conducted online. The Mumbai Math-Circles was initiated for talented school students as a collaborative effort of TIFR and St Xavier's College, Mumbai. 'Maths Circle' aims to nurture and mentor students interested in Mathematical Sciences. Mathematics is unfortunately seen by most students only as a subject to be studied for examinations, or as a tool for solving some problems perhaps, and even those students with an interest in Mathematics do not have a platform to discuss interesting examples and results with experts or other like-minded students. It is a forum to learn and discuss Mathematics without being limited for any particular exam purpose. It targets high school and undergraduate students with an aptitude and natural interest in Mathematical Sciences. The meetings were started in Feb. 2020. Due to the COVID-19 pandemic the physical meetings were stopped in March 2020. However, online classes were resumed from 18 Dec. 2020. 'Maths Circle' will continue in the online mode till the physical meetings are resumed.

With the onset of global pandemic in March 2020, middle and high school students of the Telangana Social Welfare Residential Schools were organised into Village Learning Communities (VLC's) where classes were conducted by teachers from nearby villages. TIFRH outreach volunteers have offered help to share video resources and develop audio content, and presentations. With the help of Foldscopes (the low cost paper microscopes) volunteers could explore microorganisms in water and moss samples; processes of transpiration and germination in plants. The TIFR Balloon Facility, Hyderabad is regularly popularizing science among school and college students and also tries to encourage them to design and conduct balloon-borne scientific instruments. Students from various schools and colleges have developed science instruments and launched them as piggyback payloads with the main experiments. The TIFR Balloon Facility conducted one day students' outreach program

in the month of February 2021 for the students from the winter school of Astronomy (ASTROWIN-2021) program organized by Birla Planetarium Centre, Hyderabad.

TIFR Colaba and HBCSE-TIFR jointly organised Vigyan Vidushi, an advanced programme in physics for women students in the first year M.Sc (Physics) from June 1-20, 2020. Originally planned to be hosted at the HBCSE campus, Vigyan Vidushi was converted to an online school due to the pandemic. Vigyan Vidushi catered to 51 students in a live online classroom and 300 more students attended the lectures via live stream. The school offered five core courses on different topics in Physics, consisting of lectures and tutorials. In addition, special mentoring sessions on career discussions and expository sessions on physics education research were held. Seven eminent women scientists delivered special lectures. The teachers and mentors were present faculty members, postdoctoral fellows and scientific officers of TIFR/HBCSE, and several past graduate students of TIFR. More than half of the teachers were women. Feedback indicated that students found the school to be extremely useful.

On National Science Day (February 28, 2021), TIFR hosted a day-long celebration of science at the Colaba campus, with a mix of engaging lectures, open laboratories to visit, fun hands-on experiments and demonstrations etc. This year, the large “science mela” could not be hosted due to the COVID-19 restrictions. However, special online events were organised with popular lectures, hands-on activities and virtual lab visits, in Marathi and English

International Centre for Theoretical Sciences, Bengaluru

Due to the ongoing pandemic situation, all the outreach lectures were conducted online. ‘Kuriosity during Kuarantine’ talks were organized, which is the online version of the ‘Kaapi with Kuriosity’ monthly public talks. A new series named ‘Vigyan Adda’ was initiated. Vigyan Adda is a forum through which academics from ICTS and other similar institutes and universities can explain their scientific work to broader audiences, or engage with the public on scientific and mathematical topics of interest. These talks are aimed at people with a background in science, undergraduate students would get to know about current scientific developments in a lucid way.

National Centre for Biological Sciences, Bengaluru

The community at the NCBS undertook various outreach activities throughout the course of the year. With the onset of the pandemic, many interactions and engagement were shifted online, and new science engagement activities thrived. The BLiSC Science Café has been for some time, a popular science outreach programme that brings campus scientists to the public to speak about their work colloquially in informal settings. Online Science Cafés were organised with NCBS faculty. In addition, the BLiSC Sci Art Club was launched in September 2020 with an idea to bring together the campus scientific community interested in visual arts, and the club features artists from the campus to bring the artistic side of scientists to the public.

Recognising that open communication of science across borders is key to increasing knowledge and advancing solutions to global problems, the weekly Life Science Across the Globe (LSAG) sister institute seminar series was initiated in July 2020 with institutes on five continents, and NCBS is the anchor for India. The sessions feature two talks: one on science and another on science culture. Two new themed series of highly interactive popular science talks were launched online under the Communications Office Science and the City Programme. The OutsideIn Ecology series has a regular, dedicated audience for discussions ranging from microbes to ecosystems. The Human Body InsideOUT series tackles different topics within human anatomy. The Communications Office has facilitated more conversations between NCBS scientists and students from schools and colleges that typically lack access. A partnership with CARE India has been initiated to connect NCBS scientists with school students in rural areas, and the pilot programme has proven fruitful. The Archives Public

Lecture Series- monthly talks by artists, archivists, historians, teachers, journalists, scientists and others - also shifted to an online format.

TIFR Centre for Interdisciplinary Sciences, Hyderabad

On October 19, 2020, the Science Media Centre website of TIFR Hyderabad was launched. The media centre website hosted articles, interviews, research highlights, media mentions and short videos, in an effort to communicate science to all. In view of the COVID-19 pandemic, the Science Café ‘Sawaal-Jawaab’ went online. TIFR Hyderabad set up a Molecular Diagnostic Training facility to boost the capacity of healthcare professionals in performing PCR based diagnostic tests, which is primarily used for COVID-19 diagnosis. The training effort is supported by the Prime Minister’s Scientific Advisor’s office and funded by Bill & Melinda Gates Foundation. The participants trained at TIFR Hyderabad were lab technicians, in-service doctors, government undergraduate lecturers, researchers, medical students from seven states across India. Over 180 trainees have attended and completed the training programme. Many of these trainees are now working in COVID-19 diagnostic labs in various parts of the country.

Homi Bhabha Centre for Science Education, Mumbai

Due to pandemic this year, the centre celebrated the National Science Day (NSD) on a digital platform on February 26, 2021 and live-streamed it on YouTube for around 1600 to 1800 viewers. Members from all laboratory groups participated either by creating digital content or conducting sessions online. A contest on ‘Innovative Teaching Learning for Online Science or Mathematics Education’ was hosted by MIT School of Education and Research, Pune (February 23 and 24, 2021) and HBCSE (February 26, 2021). Many D.Ed/B.Ed students, in-service teachers and teacher educators participated in this contest, whose work was also included in the NSD telecast.

FUTURE AND ONGOING PROJECTS OF THE INSTITUTE

Within the TIFR system, individual PIs will continue to work on their areas of interest and publish their research findings in major peer-reviewed international journals. On an average, TIFR and its Centres publish about 1000 research papers per year in such journals, and this may be expected during the next year as well. In addition, TIFR conducts multiple programmes in Science Education and Outreach, e.g. the Science Olympiads, which may also be expected to proceed in the usual manner.

The major science projects of the institute are as follows:

1. **India's participation in the international Square Kilometre Array project:** NCRA continued to lead the Indian participation in the Square Kilometre Array, a multi-national collaborative project to design and build the next generation radio telescope that will be 50 times more sensitive than any existing facility. After successful completion of the Critical Design Review (CDR) of the design of the Telescope Manager work package (that NCRA led, with 6 other organisations from different SKA member countries and in partnership with Indian industry) in July 2018, the Indian team has achieved significant progress in early prototyping activities. Meanwhile, plans are on to prepare the final DPR for Indian participation in the construction phase of the SKA, which will be submitted shortly for approval to the Government of India, along with seeking approval for India to join the international treaty organisation that is being set-up for the long-term future governance of the SKA project. [Contact person: Yashwant Gupta]
2. **Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO) research:** LIGO research is carried out by the LIGO Scientific Collaboration (LSC) and the Indian participation in the LSC is via the Indian Initiative in Gravitational Wave Observations (IndIGO). The first joint detection of gravitational waves and electromagnetic radiation from a binary neutron star merger (GW170817) provided unprecedented insights into many aspects of physics, astrophysics and cosmology. These developments are heralding the new era of Gravitational wave astronomy. [Contact person: Bala Iyer]
3. **CMS (Compact Muon Solenoid) Collaboration (CERN, Switzerland):** TIFR scientists are participating in all aspects of the CMS experiment including data collection, monitoring, analysis, detector hardware construction and grid computing. The TIFR grid computing facility has played a major role in processing both collision and Monte Carlo data sets. [Contact persons: Shashi R Dugad, Kajari Mazumdar, Gobinda Majumder, Monoranjan Guchait]
4. **India's participation in International Pulsar Timing Array (IPTA):** Observations of hecto-hertz gravitational waves from merging stellar mass black holes and neutron stars by the LIGO-Virgo consortium heralded the new era of Gravitational Wave Astronomy. International Pulsar Timing Array (IPTA) represent the on-going international efforts for directly detecting nano-hertz gravitational waves. Such gravitational waves arise during the collision of massive black hole pairs that are formed due to the merger of galaxies. Pulsar Timing Arrays monitor extremely regular strings of radio pulses from an array of millisecond pulsars using many premier radio telescopes including TIFR's uGMRT. These collaborative efforts are creating a galaxy sized gravitational wave detector that is required to directly detect nano-Hertz gravitational waves. Indian researchers are very active in many working groups of the IPTA consortium and our own effort is called the InPTA experiment. [Contact person: Bhal Chandra Joshi]

5. **Physics Analysis Coordination for the India-based Neutrino Observatory (INO):** The India-based Neutrino Observatory (INO) is a proposed mega-science experiment to study atmospheric neutrinos, with the primary aim of determining the neutrino mass ordering. However, many more properties of neutrinos, including those beyond the Standard Model of particle physics, can be explored here. Also, searches for new physics like dark matter and magnetic monopoles can be carried out and even the internal structure of the Earth may be probed. In order to quantify the physics potential of INO for these explorations, a robust set of simulations and algorithms is being developed by neutrino physicists in many Indian institutions. The activities among all these groups and their physics analyses are coordinated by Prof. Amol Dighe (TIFR, Mumbai) and Prof. Srubabati Goswami (PRL, Ahmedabad). [Contact person: Amol Dighe]

6. **Ground-based Near Infrared Astronomy:** Researchers are involved in Near Infrared (1 to 3.7 micron) astronomy experiments to study star formation and other astrophysical phenomena. Researchers developed three state of the art Near Infrared spectrographs and imagers, TIRCAM2 mounted on the side port of the 3.6 metre Devasthal Optical Telescope (DOT), Nainital; TIRSPEC mounted on the side port of the 2 metre Himalayan Chandra Telescope at Hanle, Ladakh and TANSPEC mounted on the DOT to conduct astronomy research in the Near Infrared band. These instruments have given Indian astronomy community world class facilities in the Near Infrared band. A number of science papers using these instruments have been published during the past one year. Since TIRSPEC instrument project will complete ~11 years from inception, researchers plan to upgrade the TIRSPEC to a fast readout science grade array Hawaii-1RG (H1RG) during the current plan period. [Contact person: Devendra K. Ojha]

7. **Development of a Configurable Slit Unit for the Multi-Object Infrared Spectrometer:** A configurable slit unit (CSU) is currently being designed for the Multi- Object Infrared Spectrograph to be built for the 3.6m Devasthal Optical Telescope, India. The CSU is designed to form 5 optical slits in the 9.1'x9.1' field of view of DOT. Each slit of 120" width is formed by a pair of opposing bars which can be positioned to form a slit at any desired location in the field of view of the detector. The entire CSU is being designed to operate at a cryogenic temperature of 120 K. The motion and precise positioning of the slit is implemented by the use of piezo-walkers in a feedback controlled loop. The controller for the piezo-walkers as well as the feedback control position-sensing loop for the CSU have been designed in-house. Room-temperature movement of the CSU and initial low-temperature test of the mechanical setup have successfully completed in the laboratory. Optical tests and movement of the CSU at liquid nitrogen temperatures are currently being designed and will be conducted next. [Contact person: Bhaswati Mookerjee]

8. **Completion of the Laboratory Model of InfraRed Spectroscopic Imaging Survey (IRSIS) Payload:** Researchers have proposed a spectroscopic survey of the Galactic plane in NIR wavelength with a spectral resolution of ~100 and spatial resolution of ~10 arcsec. As per the ISRO requirements, the Laboratory Model of the Infrared Spectroscopic Imaging Survey (IRSIS) payload, a NIR spectrometer for an Indian small satellite mission, is being successfully built to demonstrate the feasibility of the 2-band optical fibre-fed spectrometer. The instrument will operate between 1.7 to 6.4 micron wavelength range and will observe 50% of the full sky including the Galactic Plane during its two year life time. A detailed report on the performance of the IRSIS Laboratory Model has already been submitted to ISRO (Space Science Office) for the further approval in February 2021. After successful demonstration of the Laboratory Model of IRSIS, the Engineering and Flight Models for this payload would be undertaken after a design review by ISRO. [Contact person: Devendra K. Ojha]

9. **Far Infrared Astronomy using Balloons:** The Far Infrared Astronomy experiment is carried out using a TIFR-made 100 cm aperture balloon borne telescope weighing approximately 1 ton which is being used to carry a focal plane instrument, Fabry Perot Spectrometer (FPS), tuned to the astrophysically important [C II] line at 158 microns developed in Japan and future spectrometers which could be used to probe the [Si II] line at 34 microns. Researchers are upgrading the current FPS to new FPS which will provide higher spatial (≤ 40 arcsec) and spectral resolution ($R \sim 10,000$). This will allow researchers to study gas geometry and dynamics probed with [C II] in star-forming regions. Thus, the study will directly reveal the relationship between massive star formation and cloud-cloud and/or filament-filament collisions, which have been indirectly pointed out as potential processes of massive star formation. [Contact person: Devendra K. Ojha]

10. **Very High Energy Gamma Ray Observations with HAGAR Telescope Array:** HAGAR telescope array consisting of seven atmospheric Cherenkov telescopes is operational at Hanle in Ladakh (altitude: 4270 m) since September 2008. Observations of several astronomical sources were carried out throughout the year. Several blazar class active galactic nuclei like Mkn 421, Mkn 501, 1ES 1218+304, 1ES 1959+650, 1ES 2344+514 and galactic objects like Crab, Geminga and some of the pulsars detected by Fermi satellite were observed. Apart from this, several runs were carried out to estimate systematics in data. Total 785 hours of data was collected during this year. Analysis of data on various sources is in progress. [Contact person: V. R. Chitnis]

11. **Development of 256-pixel SiPM based camera for a 4-m class atmospheric Cherenkov telescope:** A prototype 64-pixel version of the full 256-pixel SiPM (S13361-3050AS-4 from Hamamatsu) based imaging camera was developed. The four modules in the front-end of this mini-camera were independently tested using a laboratory test set-up. These tests gave satisfactory results regarding the linear dynamic range (3% non-linearity up to 1600 photoelectrons), S/N ratio at single photoelectron (~ 6 @ SiPM overvoltage of 3V), gain variation due to temperature change (3% over -20 to $+30$ °C), etc. The characterization for more than 100 pixel sensors was completed and the data was used for the module testing. The back-end of the camera was also independently tested using a pulse generator signal for its different functionalities like offset and timing calibrations of the hardware, trigger generation, signal pulse digitization @1GSPS and recording, etc. Also, a multi-nodal GUI-based back-end software programs that control, monitor and acquire the camera data were developed. The integrated performance of the mini-camera is being evaluated thoroughly using laboratory set-up before taking it to Mt Abu for testing with the vertex element of the TACTIC telescope. [Contact person: V. R. Chitnis]

12. **Facility for Antiproton and Ion Research (FAIR) Collaboration:** TIFR is one of the participating institutions in the FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research) Collaboration. This facility will be one of the largest international research facilities in the world, is coming up at Darmstadt, Germany. About 3000 scientists from 50 countries will study the structure of matter and evolution of the Universe from the Big Bang to the present using this facility. All the research activities at FAIR have been subdivided into four experimental programs, namely, Compressed Baryonic Matter (CBM), Nuclear Structure, Astrophysics and Reactions (NUSTAR), Atomic, Plasma Physics and Applications (APPA) and Antiproton Annihilation at Darmstadt (PANDA). [Contact person: Rudrajyoti Palit]

13. **Superconducting Circuits as a Hardware for Quantum Computing and Information Processing:**

(i) *Engineering cross resonance interaction in multi-modal quantum circuits*

Quantum computers leverage quantum mechanical phenomena to manipulate information in order to solve problems that ordinary computers, in practical terms, cannot. Superconducting qubits have become the dominant platform in the race to build a better quantum computer. However, the vast majority of architectures have only nearest-neighbor coupling, which hinders a multi-qubit processor's performance. The researchers proposed an alternative architecture that used multi-modal devices as the building blocks for a larger superconducting quantum processor with superior connectivity. The researchers previously demonstrated a three-qubit design based on multi-modal circuits that could perform fast, high-fidelity multi-qubit gates. In the current work, a two-qubit version of the multi-modal circuit, consisting of two Josephson junctions in series, replaced one of the transmons in a typical cross-resonance architecture. The researchers studied the effect of cross-resonance drive as a function of different control parameters, such as inter-qubit detuning and drive strength. The experimental results agreed with theory, and it was found that microwave crosstalk in their system was negligible due to the 3D architecture. [Contact person: Rajamani Vijayaraghavan]

(ii) *Programmable Superconducting Processor with Native Three-Qubit Gates*

Quantum computers promise to solve certain problems that are extremely difficult, if not impossible by the classical, semiconductor-based computers. The power comes from utilizing some wacky quantum mechanical phenomena, such as superposition – the ability to be in distinct configurations/states simultaneously and entanglement – an extremely strong correlation where participants lose their individual identity. The realization of such properties requires specialized hardware whose building blocks are called the quantum bits or in short qubits, which are usually pretty short-lived. Researchers focused on a novel idea of providing an efficient multi-qubit building block for making moderate-sized quantum computers. The building block, nicknamed the “trimon”, consisted of three qubits with strong all-to-all coupling. The main advantage of this three-qubit processor was shown to be the ability to perform high-quality entangling operations that involved all three qubits simultaneously, unlike native two-qubit manipulations used in most architectures. The universality of the processor was demonstrated by solving four different quantum mechanical problems with moderate to high success rates. [Contact person: Rajamani Vijayaraghavan]

14. **Program on Chemical Ecology of the North East Region (NER) of India:** The program started six years ago with the vision to sustain the fundamental and applied research in Chemical Ecology by a comprehensive inter-institutional collaborative program between North East and Bangalore. It aimed to form a strong interlinked group of a new generation of Chemical Ecologists for the investigation of the biodiversity-rich and unexplored North East region of India. The program has provided an opportunity for the young researchers from the NER to be trained in the state-of-the-art research techniques in Bangalore and to explore a multi-regional and multidisciplinary research environment in both NER and Bangalore. The programme also built capacity in the Northeast by providing interdisciplinary training through workshops, awareness program, online lecture series, public talks, science café, additional program i.e. DST's Science Express train exhibitions and many more. So far, about 15 research papers have been published from this program and a few more are in the pipeline. 14 students from NER have registered for PhD under this program and they are working towards the completion of the thesis. [National Centre for Biological Sciences, Bengaluru]

15. **Accelerator program for Discovery in Brain disorders using Stem cells (ADBS):** ADBS is a collaborative scientific venture between the Institute for Stem Cell Science and Regenerative Medicine (inStem), the National Centre for Biological Sciences (NCBS) and the National Institute for Mental Health and Neurosciences (NIMHANS). The ADBS program seeks to understand mental illness by harnessing the power of sophisticated clinical investigations, modern human genomics, and stem cell technology. The program offers a unique opportunity to understand the disease biology and use this information to facilitate the development of improved diagnostic and therapeutic options. By leveraging the clinical services at NIMHANS, the program has assembled a cohort of families with a strong family history of mental illness. These families will be followed over twenty years to observe the development of clinical disease using a range of clinical investigations including neuropsychological assessments, neuroimaging, and clinical electrophysiology at regular intervals during this period. Also, the program is using modern methods of genomic analysis to discover the genetic basis of mental illness. Finally, the ADBS program is generating a repository of induced pluripotent stem cell (iPSC) lines that will be used to create ‘disease-in-a-dish models’ to discover the cellular basis of mental illness. The ADBS program also undertakes capacity-building initiatives in the area of stem cell technology and genomics through a collaborative training program with the Centre for iPS cell research, Kyoto University, Japan along with in-house training initiatives. [National Centre for Biological Sciences, Bengaluru]
16. **Bioinformatics Centre for Genome Informatics:** NCBS and InStem have recently received a grant from Department of Biotechnology, India, to set up a Bioinformatics Centre for Genome Informatics. This Centre has a mandate to provide bioinformatics solutions to managing and analyzing genomic data, arising from other initiatives or biological research, which require creation of database or bioinformatics pipeline or softwares. There will be an emphasis on capacity building, wherein workshops and conferences will be conducted. The areas of research would include genomes of different organisms for genotypic/phenotypic changes under different stresses, genetic mutations of disease relevance, and a large number of human genomes of medical, evolutionary and anthropological significance. Such an initiative will be pursued by Prof Sowdhamini and seven other faculty members from NCBS and InStem. [National Centre for Biological Sciences, Bengaluru]

SUMMARY

Annual Report 2020-21

TIFR made significant contributions in distinct areas of science in the year 2020–2021. The report highlights the research activities and achievements of TIFR and its Centres during the period.

School of Mathematics:

Work was carried out on several questions and problems in Geometric Group Theory, Probability Theory, Complex Analysis, Conformal Dynamics, and Reflection Groups, Geometry and Topology, Lie Groups, Arithmetic Groups and Algebraic Geometry. Establishing the existence of phase transition of a model is one of the most fundamental problems in the rigorous, mathematical treatment of Statistical physics. A novel technique was developed in the particular context of phase transition for independent percolation model on general quasitransitive graphs. The technique developed in the work also provided a new paradigm for proving existence of phase transition for various other models of interest. In Geometry and Topology, the Artin groups are an important class of groups, and appear in different areas of Mathematics. The classical braid group is an example of a finite type real Artin group. Researchers observed an inductive structure in a large class of Artin groups and exploited this information to deduce the isomorphism conjecture for several classes of Artin groups of finite real, complex and affine types. In another work, researchers provided effective estimates for the density of quadratic forms in a wide variety of contexts, providing effective estimates for Margulis's famous solution to the Oppenheim conjecture.

TIFR Centre for Applicable Mathematics, Bengaluru: In Partial Differential Equations, researchers obtained strong unique continuation for the heat operator with Hardy type potential

by a delicate combination of a scaling critical estimate which crucially utilizes the spectral gap of the Laplace beltrami on the sphere and a subcritical apriori estimate which is of independent interest. The result sharpens an old result of Escauriaza and Vessella where subcritical potentials were considered. In another work, an example indicating that there may exist catastrophic entropy solution for Burgers equation where the shocks set can be dense was obtained.

School of Technology and Computer Science:

Research work was pursued in the areas of computer science as well as systems science. Researchers proposed a new algorithm called Masked Adversarial Auto-encoder (MaskAAE), where the true dimensionality of the latent space is learnt via the operation of masking the encoded latent space in an autoencoder. MAAE is able to discard the spurious number of dimensions through this process of masking, thereby marking a significant departure from the existing frameworks where an assumption is made on the size of the latent dimensions a priori. MAAE brings the generative quality of the AAE model closer to that of the generative adversarial networks (GANs) and thereby provides state-of-the-art generative modelling for both the synthetic and real world data sets. The algorithm is thoroughly backed by a sound theoretical framework. In a joint effort between IISc and TIFR, a city-scale agent based simulator was developed to study the impact of various interventions on the spread of the Covid-19 epidemic. The tool was used to arrive at projections for the city of Mumbai and Bangalore (amongst others) as well as recommendations on the time frame and the strategy for the cities to open up.

School of Natural Sciences:

Department of Theoretical Physics:

Flavor-dependent neutrino emission is critical to the evolution of a supernova and its neutrino signal. In the dense anisotropic interior of the star, neutrino-neutrino forward scattering can lead to fast collective neutrino oscillations, which has striking consequences. A theory of fast flavor depolarization was presented, explaining how neutrino flavor differences become smaller, i.e., depolarize, due to diffusion to smaller angular scales. Elementary magnetic moments in nature are quantized at half-integer values if measured in 'natural' units. A study revealed that spatially-extended patterns of magnetic polarization, seeded by non-magnetic impurities in a class of magnetic materials with competing interactions between magnetic ions, can behave like emergent magnetic moments with fractional values of spin.

Department of Astronomy and Astrophysics: TIRCAM2 (TIFR Near Infrared Imaging Camera - II) is proposed to be used on one of the side ports of the 3.6-m Devasthal Optical Telescope for regular science observations. It was successfully tested on one of the side ports of the largest Indian telescope, DOT, in collaboration with ARIES, Nainital. The first light from this port was seen on May 04, 2020. This achievement is significant since the efficiency of the telescope will drastically increase with two instruments being available for near simultaneous observations during any particular night. It is noteworthy to mention that TIRCAM2 is the only instrument of its kind in India which is sensitive up to 3.8 micron and is ideal for the imaging of astrophysical sources at wavelengths longer than 2 micron. In a study, researchers found that the neutron star spin frequency can evolve in two distinctly different modes, as the spin frequency may approach a lower spin equilibrium value for persistent accretion, and may approach a higher effective spin equilibrium value for transient accretion. In

another study, researchers used deep learning for prediction of solar wind (SW) properties. Extreme Ultraviolet images of the solar corona from space-based observations were analysed to predict the SW speed.

Department of High Energy Physics:

The Higgs boson (H), discovered in 2012 by the ATLAS and CMS experiments, is the pinnacle of the scientific results obtained so far from the CERN-LHC. The experimental measurements are compared with predictions from the standard model (SM), to vindicate it or to look for hints of physics beyond SM, nature of which is yet unknown. The SM also depicts H interacting with itself due to which 3 or 4 of them may couple via a single vertex. The strength of this self-coupling λ , determines the shape of the Higgs potential which has a considerable impact on our understanding of the properties of the very early universe and its future. Using proton-on-proton collision data at centre-of-mass energy of 13000 GeV and collected by CMS experiment during 2016 through 2018, the CMS international collaboration recently derived the best constraint on the value of λ to date. These results are extremely encouraging to pin down the nature of H. Good angular resolution is a key for detecting multi-TeV gamma ray sources to understand the origin of galactic cosmic rays. By exploiting the size and age dependence of shower front curvature for the first time, a significant improvement in the angular resolution of the GRAPES-3 experiment was achieved.

Department of Nuclear and Atomic Physics:

In a study, led by researchers at the Tata Institute of Fundamental Research, have successfully determined the characteristics of electron emission when high-velocity ions collide with adenine — one of the four key nucleobases of DNA. Since high-energy ions can break strands of DNA as they collide with them, the team's findings could improve our understanding of how radiation damage increases the risk of cancer developing within

cells. Their findings could lead to important advances in our knowledge of how biomolecules are affected by high-velocity ion radiation; potentially leading to a better understanding of how cancer in cells can arise following radiation damage. Another study overturned a dominant six-decade old notion that the giant magnetic field in a high intensity laser produced plasma evolves from the nanometre scale. Instead the field actually originates at macroscopic scales defined by the boundaries of the electron beam that is propagating in the plasma. This could alter our understanding of magnetic fields in astrophysics and laser fusion and may help in designing next generation high energy particle sources for imaging and therapies.

Department of Biological Sciences:

Researchers demonstrated a profoundly important role for the monoamine neurotransmitter, serotonin, as a key regulator of mitochondrial production and of bioenergetics in neurons. This work indicated that serotonin, via its actions on mitochondria plays a strongly neuroprotective role. This work has identified a pathway linking serotonin, via the longevity associated gene, Sirt1, to neuronal survival and the amelioration of mitochondrial dysfunction, with important implications for neurodegenerative and neuropsychiatric diseases. During membrane fusion, fusion pores are the crucial kinetic intermediates through which chemical messengers are secreted outside the cell. Researchers used biochemical and biophysical tools to study the role of few membrane fusion regulators in altering trans-SNARE assembly and fusion pore dynamics. This study explained why under pathologic conditions (e.g. in Parkinson's disease) where non-functional misfolded alpha-synuclein monomers, abnormal vesicular secretion occurs.

Department of Chemical Sciences:

Excessive CO₂ emissions are a major cause of climate change, and hence reducing the CO₂ levels in the Earth's atmosphere is key to limit

adverse environmental effects. Researchers used water and magnesium and converted CO₂ to fuel (methane, methanol, and formic acid) and green cement in just a few minutes. This protocol can even be used for hydrogen production (940 liter per kg of Mg), which is nearly 420 times more than hydrogen produced by the reaction of Mg with water alone. Autophagy is an essential cellular degradation process. Impaired autophagy has been linked to multiple disorders including cancer and neurodegeneration. Tracking the autophagic flux in living cells can provide mechanistic insights into autophagy and allow rapid screening of autophagy modulators as potential therapeutics. Researchers combined the desirable features of targetability and cell-permeability to develop a novel water-soluble, cell-permeable, visible-light excitable, peptide-based, fluorescent sensor for imaging autophagy and tracking the autophagic flux. The salient features of the probe combining targetability with cell-permeability should provide an edge in high throughput screening of autophagy modulators by tracking autophagy live.

Department of Condensed Matter Physics and Materials Science:

Spin waves are studied for data storage, communication, and logic circuits in the field of spintronics based on their potential to substitute electrons. The recent discovery of magnetism in 2D systems such as monolayer CrI₃ and Cr₂Ge₂Te₆ has led to a renewed interest in such applications of magnetism in the 2D limit. Researchers presented direct evidence of standing spin waves along with the uniform precessional resonance modes in the van der Waals magnetic material, CrCl₃. This is the first direct observation of standing spinwave modes, set up along a thickness of 20 nm, in a van der Waals material. Researchers focused on a novel idea of providing an efficient multi-qubit building block for making moderate-sized quantum computers. The building block, nicknamed the 'trimon', consisted of three qubits with strong all-to-all coupling. The main advantage of this three-

qubit processor was shown to be the ability to perform high-quality entangling operations that involved all three qubits simultaneously, unlike native two-qubit manipulations used in most architectures. The universality of the processor was demonstrated by solving four different quantum mechanical problems with moderate to high success rates.

International Centre for Theoretical Sciences, Bengaluru:

Researchers examined, numerically and theoretically, the dynamics of anisotropic particles in turbulence, accounting for both inertia and gravity; the particles being representative of ice crystals in turbulent clouds. This was the first concrete step towards quantifying Cirrus cloud characteristics, which depend sensitively on the ice crystal orientation distribution. Clouds constitute the greatest uncertainty in the Earth-atmosphere radiation budget, and this work had implications towards estimating their contribution to the planetary greenhouse effect. The work also had relevance to pollutant dispersion, soot emission and plankton dynamics, and was therefore of interest to the atmospheric and oceanic science communities. In another study, the single-file dynamics of three classes of active particles: run-and-tumble particles, active Brownian particles and active Ornstein–Uhlenbeck particles was studied. At high activity values, the particles, interacting via purely repulsive and short-ranged forces, aggregate into several motile and dynamical clusters of comparable size, and do not display bulk phase-segregation. In this dynamical steady-state, it was found that the cluster size distribution of these aggregates is a scaled function of the density and activity parameters across the three models of active particles with the same scaling function. The study revealed a universal scaling behavior in the single-file dynamics of interacting active particles.

National Centre for Radio Astrophysics, Pune:

A significant fraction of the gas in galaxies is in the form of atomic hydrogen. The upgraded GMRT was used to measure the average atomic hydrogen mass of star-forming galaxies observed as they were 8 billion years ago. This is, by far, the furthest ‘lookback time’ for which such a measurement has been made. It was found that although the galaxies have a large reservoir of atomic hydrogen, they are also forming stars at such a rapid rate that the gas would be very quickly exhausted, unless there is ongoing infall of gas. The study suggested that gas accretion onto galaxies at these times may have been insufficient to sustain high star-formation rates in star-forming galaxies. This is likely to be the cause of the decline in the cosmic star-formation rate density. Researchers performed low-frequency radio observations of a fast-rising blue optical transient (FBOT), AT 2018cow, with the upgraded Giant Metrewave Radio Telescope (uGMRT). The uGMRT light curves are best modeled as synchrotron emission from an inhomogeneous radio-emitting region expanding into an ionized medium. The results agree with the speculation of the presence of a dense circumstellar shell in the vicinity of AT 2018cow from previous radio, ultra-violet, and optical observations.

National Centre for Biological Sciences, Bengaluru:

India is the world’s largest fruit producer and second most populous country. Pollinators are therefore important for India’s food security. India also contains 9 of the world’s 10 most polluted cities, but the impact of air pollution on plant and animal systems is largely unknown. The investigators performed a multiyear study in the megacity of Bangalore to correlate the mechanistic effects of air pollution on a major Indian pollinator, the Giant Asian honey bee, *Apis dorsata*. Wild honey bees and lab-reared *Drosophila* exposed to air pollution exhibited differences in survival, behavior, heart rate, blood cell count, and/or the expression of genes related to stress, immunity, and metabolism. This study indicates the

urgency for more studies on wild systems to better inform international air quality guidelines. Species conservation can be improved by knowledge of evolutionary and genetic history. However, the tigers' evolutionary history and genomic variation remains unknown. With 70% of the world's wild tigers living in India, such knowledge is critical. The investigators re-sequenced 65 individual tiger genomes representing most extant subspecies with a specific focus on tigers from India. As suggested by earlier studies, strong genetic differentiation between the putative tiger subspecies was found. Despite high total genomic diversity in India, individual tigers host longer runs of homozygosity, potentially suggesting recent inbreeding or founding events, possibly due to small and fragmented protected areas. Surprisingly, demographic models suggest recent divergence (within the last 20,000 years) between subspecies, and strong population bottlenecks.

TIFR Centre for Interdisciplinary Sciences, Hyderabad:

Researchers contributed to the understanding of the role of vibronic modes in charge carrier dynamics in halide perovskites. The study showed how photoinduced vibrations contribute towards an ultrafast structural distortion in lead halide perovskite. A similar study showed how intermolecular vibrations facilitate the singlet fission in pentacene. Using solid state NMR technique, the research group provided information on the role of piperidinium salt towards the stabilization of metal-halide perovskite solar cells. Using Kelvin probe based measurements, the researchers unraveled the types of defects present in double halide perovskite $\text{Cs}_2\text{AgBiBr}_6$ and their impact on the solar cell performance. Researchers developed methods in solid-state nuclear magnetic resonance to improve spectral resolution and easy extraction of geometry parameters over a wide range of experimental conditions currently in vogue. The methods help in obtaining internuclear distances and order parameters in a given

molecule. These lead to structural and dynamics information, the latter being a unique aspect of NMR spectroscopy. Salient features of these methods include robustness to various experimental parameters, less to no parameters to optimise, ease of extraction of information, and targeting couplings in both strong and weak regimes. The methods have been shown to be useful in a variety of molecular systems, from small molecules to proteins.

Homi Bhabha Centre for Science Education:

TIFR Colaba and HBCSE-TIFR jointly organised Vigyan Vidushi (VV), an advanced programme in physics for women students in the first year M.Sc (Physics) from June 1–20, 2020. Originally planned to be hosted at the HBCSE campus, VV was converted to an online school due to the pandemic. VV catered to 51 students in a live online classroom and 300 more students attended the lectures via live stream. The teachers and mentors were present faculty members, postdoctoral fellows and scientific officers of TIFR/HBCSE, and several past graduate students of TIFR. Feedback indicated that students found the school to be extremely useful. A key mandate of environmental education is to motivate students to engage in pro-environmental actions (PEAs). A study explored the role of embodied actions in generating PEA, based on studies of an adult urban-farming group and a student-driven terrace farming project in a school. Results from the studies indicate that community-based embodied practices can support action-oriented pedagogies that lead to PEA in students. Further, a general theoretical model of the way motivation emerges from embodied interaction and community practices was proposed, from the findings of the two studies.

Outreach:

The COVID-19 pandemic is unprecedented. TIFR and its Centres have been involved in several initiatives concerned with analyzing and understanding the debilitating global pandemic COVID-19. Several members have been actively working to bring together the best

scientific facts and commentary related to the disease. It is a challenge to comprehend reliable information while filtering out misinformation. A multi-institutional, multi-lingual science communication initiative, called CovidGyan, was created to deal with just this challenge. This is a collaborative effort between the Tata Institute of Fundamental Research, the Indian Institute of Science (IISc) and Tata Memorial Centre (TMC). Other prominent partners include Vigyan Prasar, IndiaBioscience, and the Bangalore Life Science Cluster (BLiSC, which comprises InStem and C-CAMP, in addition to NCBS-TIFR). The website (<https://covid-gyan.in/>) is an outcome of this initiative and serves as a hub to bring together a collection of resources in response to the COVID-19 outbreak. The pan-institutional CovidGyan website was launched on 03 April 2020. Various articles, infographics, podcasts and videos available in English and multiple vernacular languages on this website are aimed at both the scientifically inclined citizenry and the public at large in our country. The Mumbai Math-Circles was initiated for talented school students as a collaborative effort of TIFR and St Xavier's College, Mumbai. 'Maths Circle' aims to nurture and mentor students interested in Mathematical Sciences. It is a forum to learn and discuss Mathematics without being limited for any particular exam purpose. It targets high school and undergraduate students with an

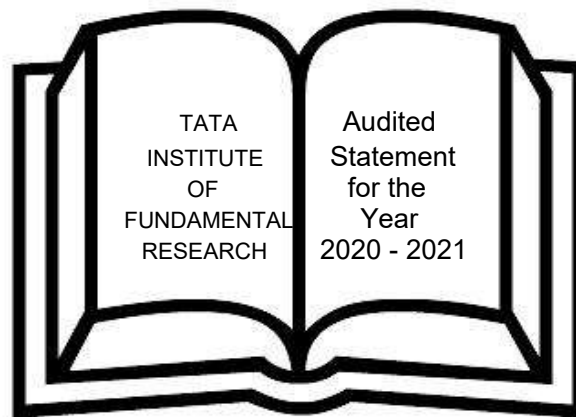
aptitude and natural interest in Mathematical Sciences.

Awards:

The Giant Metrewave Radio Telescope (GMRT) has achieved yet another honour and major landmark: it has been selected as an IEEE Milestone facility. This is only the third such IEEE Milestone recognition for an Indian contribution, after the pioneering work done by Sir J.C. Bose to demonstrate the generation and reception of radio waves in 1895, and for the Nobel prize-winning discovery by Sir C. V. Raman in 1928. Scientists from TIFR won prestigious awards during this period. Prof. Vatsala Thirumalai of the National Centre for Biological Sciences, Bengaluru was awarded the Shanti-Swarup Bhatnagar Award for 2020. Prof. Nilmani Mathur of the Department of Theoretical Physics, TIFR, Mumbai was awarded the Dr. A. P. J Abdul Kalam HPC Award by Cray Supercomputers in an online ceremony on 18 September 2020. Prof. Hariharan Narayanan of the School of Technology and Computer Science was awarded the Swarnajayanti Fellowship by SERB in Nov 2020. Dr. Deepa Agashe (NCBS, Bengaluru) was nominated as the Vice President of the American Society of Naturalists (2021–2023) by the American Society of Naturalists in May 2020.

TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH

HOMI BHABHA ROAD, MUMBAI - 400 005.



Audited Statement of Accounts For The Year Ended 31st March, 2021



Auditors

Kailash Chand Jain & Co.
Chartered Accountants
Mumbai

कैलाश चंद जैन एंड कंपनी (पंजीकृत)

सनदी लेखाकार

"इडेना" प्रथम तल

97, महर्षि कर्वे मार्ग,

आयकर कार्यालय के निकट

मुंबई - 400 020

e-mail : mail@kcjainco.com, kcjainco@gmail.com

फोन : 022-22009131

022-22065373

022-22005373

फैक्स: 022-22089978

स्वतंत्र लेखा परीक्षक का प्रतिवेदन

सेवा में,

अध्यक्ष,

टाटा मूलभूत अनुसंधान संस्थान की प्रबंध परिषद

होमी भाभा मार्ग,

मुंबई - 400005

हमने टाटा मूलभूत अनुसंधान संस्थान के संलग्न वित्तीय कथनों की लेखा परीक्षा की है। इनके अंतर्गत बंबई सार्वजनिक न्यास अधिनियम, 1950 द्वारा आवश्यक 31 मार्च, 2021 की स्थिति के अनुसार तुलन पत्र, आय एवं व्यय लेखा कथन, उस तिथि को समाप्त हुए वर्ष के लिए प्राप्ति एवं भुगतान लेखा कथन आते हैं। इसके अतिरिक्त हमने महत्वपूर्ण लेखाकरण नीतियों और अन्य व्याख्यात्मक सूचना के सारांश की जांच की है।

वित्तीय कथनों के लिए प्रबंधन का दायित्व

न्यासियों का दायित्व इन वित्तीय कथनों की तैयारी का है जो भारत में सामान्य रूप से स्वीकृत लेखाकरण सिद्धांतों एवं लेखाकरण मानकों के अनुरूप संस्थान की वित्तीय स्थिति, वित्तीय कार्यनिष्पादन एवं प्राप्तियों और भुगतानों की वास्तविक एवं निष्पक्ष स्थिति दर्शाते हों। न्यासियों के दायित्व के अंतर्गत वित्तीय कथनों की तैयारी एवं प्रस्तुतिकरण के संगत आंतरिक नियंत्रण की डिजाइन, कार्यान्वयन एवं अनुरक्षण आते हैं जो वास्तविक एवं निष्पक्ष स्थिति दर्शाते हों एवं कपट या त्रुटि के परिणामस्वरूप किसी महत्वपूर्ण गलत कथन से मुक्त होते हों।

लेखा परीक्षक का दायित्व

हमारा दायित्व अपनी लेखा परीक्षा पर आधारित इन वित्तीय कथनों पर राय व्यक्त करना है। हमने अपनी लेखा परीक्षा भारतीय सनदी लेखाकार संस्थान द्वारा जारी लेखा परीक्षा पर मानकों के अनुरूप की है। इन मानकों के अनुसार आवश्यक है कि हम नीतिपरक आवश्यकताओं का पालन करें एवं अपनी लेखा परीक्षा की इस तरह योजना बनाएं व इस तरह करें ताकि हमें वित्तीय कथनों के किसी महत्वपूर्ण गलत कथन से मुक्त होने के संबंध में उचित आश्वासन प्राप्त हो सके।

लेखा परीक्षा के अंतर्गत वित्तीय कथनों में राशियों एवं प्रकटनों के संबंध में लेखा परीक्षा प्रमाण प्राप्त करने के लिए प्रक्रियाओं को करना होता है। चुनी हुई प्रक्रियाएं लेखा परीक्षक के निर्णय पर आश्रित होती हैं जिनमें कपट या त्रुटि के परिणामस्वरूप वित्तीय कथनों में महत्वपूर्ण गलत कथन के जोखिमों का विश्लेषण शामिल होता है। उन जोखिम विश्लेषणों को करने के दौरान लेखा परीक्षक, आंतरिक नियंत्रण को न्यास की तैयारी एवं वित्तीय कथनों की निष्पक्ष प्रस्तुति के संगत समझता है। हमें उद्देश्य लेखा परीक्षा प्रक्रियाओं की



डिजाइन परिस्थितियों के अनुरूप बनाना है न कि न्यास के आंतरिक नियंत्रण की प्रभावकारिता पर राय व्यक्त करना। लेखा परीक्षा के अंतर्गत प्रयुक्त लेखाकरण नीतियों की उपयुक्तता एवं न्यासियों द्वारा किए गए लेखाकरण अनुमानों की उपयुक्तता का मूल्यांकन और वित्तीय कथनों की समग्र प्रस्तुति का मूल्यांकन भी शामिल होता है।

हमारा मानना है कि हमें प्राप्त लेखा परीक्षा प्रमाण हमारी लेखा परीक्षा राय हेतु आधार उपलब्ध कराने के लिए पर्याप्त एवं उपयुक्त हैं।

राय

हमारी राय में एवं हमारी सर्वोत्तम सूचना और हमें दिए गए स्पष्टीकरणों के अनुसार उपर्युक्त उल्लिखित वित्तीय कथन, अधिनियम द्वारा अपेक्षित सूचना आवश्यक रूप में देते हैं। ये कथन 31 मार्च, 2021 की स्थिति के अनुसार संस्थान के तुलन पत्र और उस तिथि को समाप्त हुए वर्ष के लिए आय एवं व्यय लेखे और प्राप्ति एवं भुगतान लेखे की भारत में सामान्य रूप से स्वीकृत लेखाकरण सिद्धांतों के अनुरूप वास्तविक एवं निष्पक्ष स्थिति दर्शाते हैं।

विषय का महत्व

1. विभिन्न परियोजनाओं के लिए बाह्य अनुदान:

- क. निर्धारित दिशा-निर्देशों एवं स्वीकृति की शर्तों के अनुसार परियोजनाओं के लिए प्राप्त राशि सिर्फ निर्दिष्ट उद्देश्य के लिए प्रयोग में लाई जानी चाहिए एवं शेष राशि (यदि है, तो) को अलग खाते में जमा किया जाना चाहिए। इसके साथ ही परियोजना परिसंपत्तियों एवं देयताओं के पूर्ण विवरणों का हिसाब रखना चाहिए।

अनेक केंद्रों के मामले में निरीक्षित किया गया कि परियोजना निधि देयता का मिलान परियोजना निधि परिसंपत्तियों के साथ नहीं होता है। इसके साथ ही इसके लिए समाधान हमारे सत्यापन के लिए उपलब्ध नहीं कराया गया है। इसके विवरण निम्नानुसार हैं :

केंद्र का नाम	परियोजना निधि देयता	परियोजना निधि परिसंपत्ति	अंतर
कैम	1,65,29,448	1,77,12,422	(11,82,974)
एनसीआरए	4,01,76,178	4,13,78,350	(12,02,172)
टीसीआईएस	17,73,89,262	17,69,99,421	3,89,841
एचओ	79,52,35,575	73,33,99,947	6,18,35,628
एचबीसीएसई	9,57,018	20,33,838	(10,76,820)

- ख. कुछ परियोजनाओं में 31 मार्च, 2021 की स्थिति के अनुसार दो या अधिक वर्षों तक कोई क्रियाकलाप नहीं हुआ। ऐसी परियोजनाओं का जमा शेष निम्नानुसार लेखा पुस्तकों में है:

क्र.सं.	केंद्र का नाम	परियोजनाओं की संख्या	राशि (लाख रु. में)
1	मुख्यालय – मुंबई	16	68,41,287
2	आईसीटीएस-बैंगलोर	3	15,95,113
3	टीसीआईएस-हैदराबाद	21	12,27,160
4	कैम-बैंगलोर	3	12,55,062
	कुल	43	1,09,18,622



2. सांविधिक बाध्यताएं

क. मुंबई मुख्यालय में जीएसटी राजस्व समाधान

- पुस्तकों के अनुसार कुल टर्नओवर (प्राप्तियां) का मिलान फाइल किए गए जीएसटी रिटर्न के साथ नहीं हो रहा है एवं इसके लिए किसी भी समाधान को तैयार नहीं किया गया है।
- छूट प्राप्त अनुदान को जीएसटी रिटर्न में दर्शाया नहीं गया है।
- लेखाकरण प्रणाली द्वारा विभिन्न शीर्षों के अंतर्गत कुल राजस्व के संबंध में पूर्ण विवरणों को उपलब्ध नहीं कराया गया है। इसका परिणाम प्रत्येक माह जीएसटी रिटर्न की फाइलिंग के लिए विवरणों के मैनुअल कंपाइलेशन में निकला है।
- टीआईएफआर ने जीएसटी का संग्रह, रॉयल्टी आय, निविदा शुल्क, अतिथि गृह किराया आय, निजी संगठनों से प्राप्त अनुदान पर नहीं किया है।
- इसके अलावा निरीक्षित किया गया कि जीएसटी, टीडीएस को ऐसे कुछ मामलों में काटा नहीं गया है जब पृथक ठेके का मूल्य 2,50,000/- के पार हुआ है।

ख निरीक्षित किया गया कि राष्ट्रीय रेडियो खगोलभौतिकी केंद्र (एनसीआरए) ने श्रम उपकर का संग्रह किया है किंतु इसे नियत तिथि तक सरकारी अधिकारियों के पास जमा नहीं किया है। हालांकि ऐसा करना इमारत एवं अन्य निर्माण श्रमिक कल्याण उपकर अधिनियम, 1996 (1996 का अधिनियम 8) के अंतर्गत बाध्यकर है। 31 मार्च, 2021 को 6,27,999/- रु. की राशि, वित्तीय कथन में बकाया थी एवं यह पिछले पांच वर्षों से बकाया है। भुगतान में विलंब होने से दंड लगेगा एवं इसके लिए प्रावधान को एनसीआरए द्वारा वित्तीय कथन में उपलब्ध नहीं कराया जा रहा है।

3. अग्रिम भुगतान

10,21,779/- रु. का प्राप्य सीमा शुल्क, वर्ष 2017 से मुख्यालय की पुस्तकों में दर्ज है। सूचित किया गया कि संस्थान ने सर्वश्री एचटीपी ग्लोबल टैक्नालॉजीस, दुबई से फॉयरबॉल एवं स्विचेस का आयात किया था एवं सीमा शुल्क अधिकारियों को सीमा शुल्क का भुगतान किया गया था। इसके बाद कुछ कारणों से उपर्युक्त मदों को खारिज किया गया था एवं राशि की वसूली सर्वश्री एचटीपी ग्लोबल टैक्नालॉजीस से की गई है। हालांकि भुगतान किया गया सीमा शुल्क अभी भी वर्तमान परिसंपत्तियों में अग्रिमों के रूप में पुस्तकों में दर्ज है। इससे परिसंपत्तियों का अतिकथन 10,21,779/- रु. हो रहा है।

हमारा प्रतिवेदन उपर्युक्त आवश्यक विषयों के लिए पात्र नहीं है।

अन्य विधिक एवं नियामक आवश्यकताओं पर प्रतिवेदन:

1. बंबई सार्वजनिक न्यास अधिनियम, 1950 द्वारा अपेक्षित, उपर्युक्त उल्लिखित हमारे निरीक्षणों को देखते हुए एवं हमारी सर्वोत्तम सूचना एवं विश्वास और हमें दिए गए स्पष्टीकरणों के अनुसार हम रिपोर्ट करते हैं कि 31 मार्च, 2021 को समाप्त हुए वर्ष के दौरान :



- क. संस्थान के लेखों का रखरखाव नियमित रूप से एवं बंबई सार्वजनिक न्यास अधिनियम, 1950 के प्रावधानों एवं उसके अंतर्गत बनाए गए नियमों के अनुसार किया जाता है।
- ख. संस्थान ने सभी प्राप्तियों एवं किए गए संवितरणों की गणना उपयुक्त एवं सही रूप में की है।
- ग. संस्थान के प्रबंधक की अभिरक्षा में नगदी शेष एवं बीजकों को लेखा परीक्षा की तिथि को लेखों के अनुरूप पाया गया।
- घ. संस्थान की सभी पुस्तकों, विलेखों, लेखों, बीजकों एवं अन्य प्रलेखों व अभिलेखों को आवश्यकतानुसार हमारे सत्यापन के लिए हमारे सामने प्रस्तुत किया गया।
- ङ. चल एवं अचल संपत्तियों के रजिस्ट्रों को बंबई सार्वजनिक न्यास नियम, 1951 की अनुसूची एक्स-ए भाग 1 एवं 4 के अंतर्गत आवश्यकतानुसार ओरेकिल में रखा जाता है। उपर्युक्त पर हमें निम्नलिखित टिप्पणियां करनी हैं :
- अचल संपत्तियों के रजिस्टर को 31 मार्च, 2021 को समाप्त हुए वर्ष के लिए ओरेकिल में अद्यतन किया गया है।
 - अचल एवं चल संपत्तियों के रजिस्टर में परिवर्तनों को 31 मार्च, 2021 को समाप्त हुए वर्ष के लिए चैरिटी आयुक्त को संप्रेषित नहीं किया गया है। हमें दी गई सूचना के अनुसार इन्हें वित्तीय कथन की स्वीकृति के पश्चात संप्रेषित किया जाएगा।
- च. 'कुलसचिव', 'लेखा प्रमुख', 'लेखा अधिकारी' एवं आवश्यकतानुसार अन्य व्यक्ति हमारे समक्ष आए एवं उन्होंने हमें आवश्यक अपेक्षित सूचना उपलब्ध कराई।
- छ. हमने संस्थान की निधियों के संस्थान के उद्देश्य या लक्ष्य के अतिरिक्त किसी अन्य उद्देश्य या लक्ष्य के लिए प्रयुक्त होते नहीं पाया।
- ज. हमें उपलब्ध कराई गई सूचना के आधार पर 31 मार्च, 2021 की स्थिति के अनुसार मुंबई मुख्यालय में एक वर्ष से अधिक समय से लेनदारों की बकाया आय एवं अग्रिमों के विवरण निम्नानुसार हैं:

क्र. सं.	विवरण	राशि (रु. लाखों में)
1.	प्राप्य आय	13.00
2.	विविध लेनदारों को अग्रिम – स्थानीय	23.91
3.	विविध लेनदारों को अग्रिम – विदेशी	3.34
कुल		40.25

- झ. जहां तक हम अपने नैमित्तिक जांच परीक्षण में देख सके 5,000/- रु. से अधिक व्यय के कुछ मरम्मत या निर्माण कार्यों के लिए निविदाएं आमंत्रित नहीं की गईं। ऐसे मामलों में जहां निविदाएं आमंत्रित नहीं की गईं वहां ऐसे व्ययों के लिए विधिवत् प्रलेखीकरण किया गया एवं अनुमोदन लिया गया।

हालांकि ब्रांडिड मदों/विशेष प्रकृति की मदों/ब्रांडिड मदों के पुर्जों की खरीद सीधे उनके निर्माताओं या उनके वितरकों / एजेंटों से की जाती है एवं मरम्मत/उन्नयन कार्यों में संस्थान प्रायः मरम्मत/उन्नयन कार्यों के लिए सीधे उपकरण के मूल आपूर्तिकर्ता से संपर्क करता है एवं तदनुसार ऐसी मदों के लिए निविदाएं आमंत्रित नहीं की जाती हैं।



- ज. हमें दी गई सूचना एवं स्पष्टीकरणों के अनुसार एवं हमारे सत्यापन के लिए हमें उपलब्ध कराए गए अभिलेखों के अनुसार संस्थान के किसी भी धन का निवेश बंबई सार्वजनिक न्यास अधिनियम, 1950 की धारा 35 के प्रावधानों के विपरीत नहीं हुआ।
- ट. हमें दी गई सूचना एवं स्पष्टीकरणों के अनुसार एवं हमारे सत्यापन के लिए हमें उपलब्ध कराए गए अभिलेखों के अनुसार अचल संपत्ति का कोई भी अन्य संक्रामण बंबई सार्वजनिक न्यास अधिनियम, 1950 की धारा 36 के प्रावधानों के विपरीत नहीं हुआ।
- ठ. जिन विशेष मामलों को हम उप या सहायक चैरिटी आयुक्त की जानकारी में लाना आवश्यक समझते हैं, उनका इस लेखा परीक्षा प्रतिवेदन में उल्लेख किया गया है।
- ड. हमारी सामान्य लेखा परीक्षा प्रक्रियाओं के दौरान हमने किसी भी अनियमित, अवैध या अनुपयुक्त व्यय या धन अथवा अन्य संपत्ति की हानि को नहीं पाया। इसके अतिरिक्त हमने किसी भी ऐसे व्यय, असफलता, चूक या हानि को संस्थान के प्रबंध में रहते हुए निदेशक या किसी अन्य व्यक्ति की ओर से किए गए विश्वासभंग या दुरुपयोग या किसी अन्य कदाचार के परिणामस्वरूप नहीं पाया।
- ढ. हमारे सत्यापन के अनुसार बजट को 31 मार्च, 2021 को समाप्त हुए वर्ष के लिए नियम 16ए द्वारा उपलब्ध कराए गए फार्म में संस्थान द्वारा फाइल नहीं किया गया है।
2. हमें दिए गए स्पष्टीकरणों के अनुसार, लेखा महानियंत्रक द्वारा सुझाए गए प्रारूप के अनुसरण में संस्थान के वित्तीय कथनों को केंद्रीय स्वायत्त निकायों के लिए निर्धारित प्रारूप के अनुसार तैयार किया गया है। अतः बंबई न्यास नियम, 1951 की अनुसूची 8 एवं 9 में निर्धारित प्रारूपों का अनुसरण नहीं किया गया है।
3. संस्थान का प्रशासन एवं प्रबंधन, एक परिषद (संस्थान के नियम 3 एवं उपनियम 1) के अंतर्गत आता है। इसमें निम्नलिखित शामिल हैं (नियम संख्या 4 के अनुसार) :
- क. भारत सरकार द्वारा नियुक्त तीन सदस्य।
- ख. महाराष्ट्र सरकार द्वारा नियुक्त एक सदस्य।
- ग. सर दोराबजी टाटा न्यास के न्यासियों द्वारा नियुक्त दो सदस्य।
- घ. संस्थान का निदेशक (पदेन सदस्य) एवं:
- ङ. परिषद द्वारा नियुक्त एक सह सह-योजित सदस्य।
4. उपर्युक्त परिच्छेद के संदर्भ में हम आगे रिपोर्ट करते हैं कि-
- क. न्यासियों/परिषद सदस्यों की अधिकतम एवं अल्पतम संख्या को रखा नहीं किया गया है। इसका कारण यह है कि परिषद में सर दोराबजी टाटा न्यास के न्यासियों द्वारा नियुक्त सिर्फ एक सदस्य है जबकि इसके लिए अल्पतम आवश्यकता दो सदस्यों की है।
- ख. संस्थान के नियम 10 के अंतर्गत उपनियम 1.1 के अनुसार कैलेंडर वर्ष में अनिवार्य चार बैठकों का आयोजन किया गया है।
- ग. बैठकों की प्रक्रियाओं की कार्यवृत्त पुस्तिका को बनाए रखा गया है।
- घ. किसी भी न्यासी / परिषद के सदस्य की संस्थान के निवेशों में कोई रुचि नहीं है; एवं



ड. कोई भी न्यासी/ परिषद का सदस्य संस्थान का लेनदार या देनदार नहीं है।

5. सीएजी एवं डीआई द्वारा की गई लेखा परीक्षा के संबंध में निरीक्षित किया गया है कि संस्थान (केंद्रों एवं फील्ड स्टेशनों सहित) की 31 मार्च, 2021 की-स्थिति के अनुसार 20 सीएजी और 226 डीआई के लेखा परीक्षा परिच्छेद अपूर्ण हैं। 31 मार्च, 2020 की तुलना में कुल 64 डीआई लेखा परीक्षा परिच्छेदों को डीआई की अस्वीकृति के चलते जोड़ा गया था।

वर्ष के दौरान संस्थान द्वारा उत्तर दिए गए एवं लेखा परीक्षा एजेंसी द्वारा निकाले गए परिच्छेदों की संख्या निम्नानुसार है :

विवरण	लेखा परीक्षा परिच्छेदों की प्रारंभ संख्या (1.4.2020)	वर्ष के दौरान एजेंसी को उत्तर दिए गए	एजेंसी द्वारा निकाले गए परिच्छेदों की संख्या	लेखा परीक्षा परिच्छेदों की अंतिम शेष संख्या (31.03.2021)
डीआई लेखा परीक्षा				
मुंबई	110	47	34	76
एनसीआरए	102	102	0	102
एनसीबीएस	43	0	0	43
एचबीसीएसई	9	9	4	5
कुल	*264	158	38	226
सीएजी लेखा परीक्षा				
मुंबई	16	11	7	9
एनसीआरए	3	**3	0	**3
एनसीबीएस	6	5	4	2
एचबीसीएसई	6	6	0	6
कुल	31	25	11	20

टिप्पणी: *पूर्व लेखा परीक्षा प्रतिवेदन के अनुसार लेखा परीक्षा परिच्छेदों की प्रारंभिक संख्या में अंतर है। इसका कारण यह है कि लेखा परीक्षा परिच्छेदों को डीआई की अस्वीकृति के कारण बाद में जोड़ा गया था।

**एनसीआरए ने सभी परिच्छेदों का उत्तर दिया है किंतु उनकी अवस्थिति का पता डीआई से नहीं चला है।

अन्य विषय

- क. परियोजना निधि पर अर्जित ब्याज आय को एनसीआरए द्वारा वर्तमान वर्ष में पृथक परियोजना के लिए आबंटित नहीं किया जा रहा है।
- ख. उपलब्ध कराई गई सूचना एवं अभिलेखों के हमारे सत्यापन के अनुसार निरीक्षित किया गया कि स्थाई जमा पर अर्जित ब्याज आय के आबंटन के लिए क्रियातंत्र की असंगति वर्तमान वर्ष के दौरान है। इसके विवरण निम्नानुसार हैं:



केंद्र	लेखाकरण प्रणाली	अनुसरित क्रियांत्र
एचओ	ओरेकिल – टीआईआईएस	तुलन पद्धति का प्रतिदिन का औसत
टीसीआईएस	ओरेकिल – टीआईआईएस	तुलन पद्धति का प्रतिदिन का औसत
एनसीबीएस	ओरेकिल - टीआईआईएस	तुलन पद्धति का वार्षिक औसत
एनसीआरए	ओरेकिल – टीआईआईएस	शून्य आबंटन
आईसीटीएस	टैली ईआरपी	तुलन पद्धति का वार्षिक औसत
कैम	टैली ईआरपी	तुलन पद्धति का वार्षिक औसत
एचबीसीएसई	टैली ईआरपी	तुलन पद्धति का प्रतिदिन का औसत

ग. विदेशी मुद्रा में लेनदेन के संबंध में लेखाकरण को अनुसूची एच में प्वाइंट 4 – vii में उल्लिखित लेखाकरण नीतियों के अनुसार नहीं किया गया है।

घ. बायोमेट्रिक या क्यूआर कोड स्कैनर का प्रयोग कर्मचारियों की उपस्थिति दर्ज करने के लिए होता है। उपस्थिति रिकार्ड को स्थापना विभाग एवं प्रशासन विभाग के मॉड्यूल में रखा जाएगा।

पेट्रोल मॉड्यूल को स्थापना मॉड्यूल के साथ जोड़ा नहीं गया है। अतः पेट्रोल मॉड्यूल द्वारा कर्मचारियों की उपस्थिति के लिए किसी रिपोर्ट को उपलब्ध नहीं कराया जाता है। हम मैनुअल इंटरवेंशंस से बचने के लिए इन मॉड्यूल को जोड़ने की सिफारिश करते हैं।

कैलाश चंद जैन एंड कंपनी के लिए

सनदी लेखाकार

(फर्म पंजीकरण संख्या 112318डब्ल्यू)

सौरभ चौहान

पार्टनर

सदस्य सं.: 167453



दिनांक: 17 नवंबर, 2021

स्थान: मुंबई

यूडीआईएन: 21167453 AAAATZ1972.

KAILASH CHAND JAIN & CO. (Regd.)

CHARTERED ACCOUNTANTS

"Edena" 1st Floor,
97, Maharshi Karve Road,
Near Income Tax Office,
Mumbai - 400 020.

e-mail : mail@kcjainco.com, kcjainco@gmail.com

Phone : 022-22009131

022-22065373

022-22005373

Fax : 022-22089978

INDEPENDENT AUDITOR'S REPORT

To,
The Chairman,
Council of Management of Tata Institute of Fundamental Research,
Homi Bhabha Road,
Mumbai - 400005

We have audited the attached financial statements of Tata Institute of Fundamental Research (the Institute), which comprises of Balance Sheet as at 31st March, 2021, the statement of Income and Expenditure Account, the statement of Receipts and Payments Account for the year ended on that date, as required by the Bombay Public Trusts Act, 1950 (the Act), and a summary of significant accounting policies and other explanatory information.

Management's Responsibility for the Financial Statements

The Trustees are responsible for the preparation of these financial statements that give a true and fair view of the financial position, financial performance and receipts and payments of the Institute in accordance with the Accounting principles and Accounting Standards generally accepted in India. This responsibility includes the design, implementation and maintenance of internal control relevant to the preparation and presentation of the financial statements that give a true and fair view and are free from material misstatement, whether due to fraud or error.

Auditor's Responsibility

Our responsibility is to express an opinion on these financial statements based on our audit. We conducted our audit in accordance with the Standards on Auditing issued by the Institute of Chartered Accountants of India. Those standards require that we comply with the ethical requirements, plan and perform the audit to obtain reasonable assurance about whether the financial statements are free of any material misstatement.

An audit involves performing procedures to obtain audit evidence about the amounts and disclosures in the financial statements. The procedures selected depend on the auditor's judgment, including the assessment of the risks of material misstatement of the financial statements, whether due to fraud or error. In making those risk assessments, the auditor considers internal control relevant to the trust's preparation and fair presentation of the financial statements in order to design audit procedures that are appropriate in the circumstances, but not for the purpose of expressing an opinion on the effectiveness of the trust's internal control. An audit also includes evaluating the appropriateness of accounting policies used and the reasonableness of the accounting estimates made by trustees, as well as evaluating the overall presentation of the financial statements.

We believe that the audit evidence we have obtained is sufficient and appropriate to provide a basis for our audit opinion.

Branches : 819, Laxmi Deep Bldg., Laxmi Nagar District Centre, Laxmi Nagar, Delhi - 92. Ph. : 011-46081818 e-mail : delhi@kcjainco.com
227, Starlit Tower, 29, Yeshwant Niwas Road, Indore - 452 001. Ph. : 0731 - 2547979 e-mail : indore@kcjainco.com
House 25, G. T. Capital Home, Bihiyee Science Centre, Saddu, Raipur, Chhattisgarh - 492 014. e-mail : raipur@kcjainco.com
5-A, 162, Aashirwad Complex, Maharana Pratap Nagar, Zone-1, Bhopal, Madhya Pradesh - 462 011. e-mail : bhopal@kcjainco.com

Opinion

In our opinion and to the best of our information and according to the explanations given to us, the aforesaid financial statements give the information required by the Act in the manner as required and give a true and fair view in conformity with the accounting principles generally accepted in India of the Balance Sheet of the Institute as at March 31, 2021, Income & Expenditure account and its Receipts & Payments account for the year ended on that date.

Emphasis of Matter

I) External Grants for various Projects:

- a. As per the guidelines prescribed and as per the terms of the sanction amount received for projects should only be used for specified purpose and balance if any must be deposited in to a separate account, further complete details of project assets and liabilities must be maintained.

In case of certain centers it was observed that the project fund liability does not match with the project fund assets further the reconciliation for the same has not been provided for our verification. Details of the same are as under :

Center Name	Project Fund Liability	Project Fund Asset	Difference
CAM	1,65,29,448	1,77,12,422	(11,82,974)
NCRA	4,01,76,178	4,13,78,350	(12,02,172)
TCIS	17,73,89,262	17,69,99,421	3,89,841
HO	79,52,35,575	73,33,99,947	6,18,35,628
HBCSE	9,57,018	20,33,838	(10,76,820)

- b. In case of certain projects there were no activities for two years or more as on March 31, 2021, credit balance appearing in books of accounts are as under:

Sr. No.	Name of the Centre	No of Projects	Amount in Rs.
1	HO-Mumbai	16	68,41,287
2	ICTS-Bangalore	3	15,95,113
3	TCIS-Hyderabad	21	12,27,160
4	CAM-Bangalore	3	12,55,062
	Total	43	1,09,18,622

II) Statutory Obligations

- a. GST Revenue Reconciliation at Head Office Mumbai

- Total turnover (Receipts) as per books is not matching with turnover as per GST return filed, further no reconciliation was prepared for the same,
- Exempted grant has not been shown in GST return,
- The accounting system does not provide complete details with respect to total revenue under various heads which resulted in to manual compilation of details for filing GST return



every month.

- TIFR has not collected GST on Royalty Income, Tender Fees, Guest House Rent Income, Grant received from private organisation.
- Further it was observed that GST TDS has not been deducted in some cases even when the individual contract value exceeds Rs. 2,50,000/-

- b. It was observed that National Center for Radio Astrophysics (NCRA) has collected Labour cess but the same was not deposited with the government authority within the due date as specified under the Building and Other Construction Workers' Welfare Cess Act, 1996 (Act 8 of 1996). As on March 31, 2021 Rs. 6,27,999/- was outstanding in the financial statement and the same is outstanding since last 5 years. The delay of payment will attract penalty and provision for the same is not being provided in the financial statement by NCRA.

III) Advances Paid

Custom duty receivable amounting to Rs. 10,21,779/- standing in books of head office since 2017, it was informed that the institute had imported Firewall and Switches from M/s HTP Global Technologies Dubai and custom duty was paid to the custom authorities, subsequently due to some reasons the material was rejected and amount has been recovered from M/s HTP Global Technologies Dubai but the custom duty paid on the same is still appearing in books as Advances in Current assets thereby overstating the assets by Rs 10,21,779.

Our report is not qualified for above emphasis matters.

Report on other legal and regulatory requirements:

1. As required by the Bombay Public Trusts Act, 1950, subject to our observations mentioned above, to the best of our information and belief and according to the explanations given to us, we report that during the year ended 31st March 2021;
 - a. The accounts of the Institute are maintained regularly and in accordance with the provisions of the Bombay Public Trusts Act, 1950, and the rules made there under.
 - b. The Institute has properly and correctly accounted for all the receipts and disbursements made.
 - c. The cash balances and vouchers in the custody of the manager of the Institute were in agreement with the accounts, on the date of the audit.
 - d. All books, deeds, accounts, vouchers and other documents & records of the Institute, as required were produced before us for our verification.
 - e. Registers of movable and immovable properties are maintained in oracle as required under schedule X-AA Part I and IV of the Bombay Public Trusts Rules, 1951. subject to our comments below:
 - i. The Register of immovable properties has been updated in oracle for the year ended 31st March, 2021.



- ii. The changes in the Register of immovable and movable properties have not been communicated to the charity commissioner for the year ended 31st March, 2021 and as informed to us the same will be communicated after adoption of the financial statement.
- f. The 'Registrar', 'Head Accounts', 'Accounts Officers' and all other persons required, appeared before us and furnished us with the necessary information as required by us.
- g. We have not noticed any instances of the funds of the Institute being applied for any object or purpose other than the object or purpose of the Institute.
- h. Based on the information provided to us, details of outstanding income and advances to creditors for more than one year, at Mumbai main as on 31st March, 2021 are as follows:-

Sr. No.	Particulars	Amount (Rs. in Lakhs)
1	Income Receivable	13.00
2	Advances to Sundry Creditors – Local	23.91
3	Advances to Sundry Creditors – Foreign	3.34
Total		40.25

- i. As far as we could observe in our routine test checking, tenders were not called for some of the repairs or construction works involving expenditure exceeding Rs. 5,000. In cases where tenders were not called for, due documentation and approval of such expenses has been done.

However, in case of purchase of branded items / items of special nature / spares of branded items, these are purchased directly from manufacturers or their distributors/ agents and in case of repairs / up-gradation work, Institute often directly approaches the original supplier of the equipment for carrying out the repairs / up-gradation and accordingly, tenders are not invited for such items.

- j. As per the information and explanations given to us and as per the records made available to us for our verification, no monies of the Institute were invested contrary to the provisions of Section 35 of the Bombay Public Trusts Act, 1950.
- k. As per the information and explanations given to us and as per the records made available to us for our verification, there has been no alienation of immovable property contrary to the provisions of Section 36 of the Bombay Public Trusts Act, 1950.
- l. Special matters, which we think fit or necessary to bring to the notice of the Deputy or Assistant Charity Commissioner is pointed, vide this audit report.
- m. During the course of our normal audit procedures, we noticed no case of irregular, illegal or improper expenditure, or of loss or waste of money or other property thereof, and no such expenditure, failure, omission, loss or waste was caused in consequence of breach of trust or misapplication or any other misconduct on the part of the Director or any other person while in the management of the Institute.



- n. As verified by us the budget has not been filed for the year ended 31st March 2021 by the Institute in the form provided by rule 16A.
2. As per explanations provided to us, pursuant to the format suggested by the Controller General of Accounts, financial statements of the Institute have been prepared in the accordance with the format prescribed for Central Autonomous bodies. Hence, the formats prescribed in schedule VIII & IX of the Bombay Trust Rules, 1951 have not been adopted.
3. The administration and management of the Institute vests in a Council (Rule .3 and Bye-law No. 1 of the Institute) which comprises (as per Rule No.4):
- Three members appointed by the Government of India;
 - One member appointed by the Government of Maharashtra;
 - Two members appointed by the Trustees of the Sir Dorabji Tata Trust;
 - The Director of the Institute (ex-officio member); and
 - One co-opted member appointed by the Council.
4. Having regard to the above paragraph we further report that-
- The maximum and minimum number of trustees / council members is not maintained since the council has only one member appointed by the trustees of the Sir Dorabji Tata Trust where the minimum requirement for the same is two members.;
 - Four meetings have been conducted, as against requirement of four meetings in a calender year as per Bye Law 1.1 under rule No. 10 of the Institute;
 - Minute's book of the proceedings of the meetings is maintained;
 - No trustees / council members have any interest in the Investments of the Institute; and
 - None of the trustees / council members is a debtor or creditor of the Institute.
5. With regard to audit carried out by CAG and DAE, it is observed that the Institute, (including the Centres and Field Stations) has 20 CAG and 226 DAE open audit paras as on March 31, 2021.As compared to 31st March 2020 total 64 DAE audit paras were added back due to non acceptance by the DAE.

During the year the number of paras replied by the Institute and dropped by the Audit Agency is as follows. .

Particulars	Opening No of Audit Paras (1.4.2020)	Replied to Agency during the year	Paras Dropped by Agency	Balance No of Audit Paras.(31.03.2021)
DAE Audit				
Mumbai	110	47	34	76
NCRA	102	102	0	102
NCBS	43	0	0	43



Particulars	Opening No of Audit Paras (1.4.2020)	Replied to Agency during the year	Paras Dropped by Agency	Balance No of Audit Paras.(31.03.2021)
HBCSE	9	9	4	5
Total	*264	158	38	226
CAG Audit				
Mumbai	16	11	7	9
NCRA	3	**3	0	**3
NCBS	6	5	4	2
HBCSE	6	6	0	6
Total	31	25	11	20

Note: * There is difference in Opening number of Audit Paras as per the previous audit report since audit paras were added back due to non acceptance by the DAE.

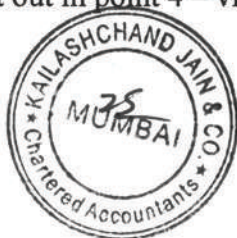
** NCRA has replied all the paras but their status is not known from DAE.

Other Matter

- Interest income earned on the project fund is not being allocated to individual project by NCRA in current year.
- As per the information provided and our verification of records it was observed that mechanism for allocation of interest income earned on fixed deposit is inconsistent during the year. Details of the same are as under:

Center	Accounting System	Mechanism Followed
HO	Oracle -TIIS	Daily Average of balancing method
TCIS	Oracle -TIIS	Daily Average of balancing method
NCBS	Oracle -TIIS	Annual Average of balancing method
NCRA	Oracle -TIIS	No Allocation
ICTS	Tally ERP	Annual Average of balancing method
CAM	Tally ERP	Annual Average of balancing method
HBCSE	Tally ERP	Daily Average of balancing method

- Accounting with respect to transaction in foreign currency has not been done as per the accounting policies set out in point 4 – vii in schedule H.



- d. Biometric or QR code scanner is used to record the attendance of an employee. The attendance record will be maintained in the module of Establishment department and administration department.

The payroll module is not linked to the establishment module hence the payroll module does not provide any report for attendance of its Employees. We recommend the linking of these modules to avoid manual interventions.

For Kailash Chand Jain & Co.

Chartered Accountants

Firm Registration Number: 112318W


Saurabh Chouhan

Partner

Membership No: 167453



Date: November 17, 2021

Place: Mumbai

UDIN: 21167453AAAATZ1972

कैलाश चंद जैन एंड कंपनी (पंजीकृत)

सनदी लेखाकार

“इडेना” प्रथम तल

97, महर्षि कर्वे मार्ग,

आयकर कार्यालय के निकट

मुंबई – 400 020

e-mail : mail@kcjainco.com, kcjainco@gmail.com

फोन : 022-22009131

022-22065373

022-22005373

फैक्स: 022-22089978

सेवा में,

अध्यक्ष,

टाटा मूलभूत अनुसंधान संस्थान की प्रबंध परिषद

होमी भाभा मार्ग,

मुंबई – 400 005

अध्यक्ष की प्रश्नावली पर आधारित पूरक प्रतिवेदन

प्रिय महोदय,

पत्र क्रमांक टीएफआर/130(51)/7071, दिनांक 18 जुलाई, 1962 के अनुसार (जिसकी प्रतिलिपि हमारे पास संदर्भ के लिए उपलब्ध नहीं है व अतः हमने पूर्व लेखा परीक्षकों के प्रतिवेदन पर विश्वास व्यक्त किया है) हम 31 मार्च, 2021 को समाप्त हुए वर्ष के लिए संस्थान के लेखों पर आगे रिपोर्ट करते हैं एवं प्रश्नावली के उत्तर निम्नानुसार देते हैं :

1. (क) क्या संस्थान, भारत सरकार के ब्लॉक अनुदान एवं पूंजीगत अनुदान से हुए व्यय के उचित लेखे रखता है ताकि लेखा परीक्षक सत्यापित कर सकें कि व्यय उसी उद्देश्य के लिए हुए जिसके लिए अनुदान दिए गए थे?
 - संस्थान ने 31 मार्च, 2021 को समाप्त हुए वित्तीय वर्ष के दौरान प्राप्त अनुदानों से हुए व्ययों के उचित लेखों को रखा है।
41,337/- लाख रुपए के ब्लॉक अनुदान (2019-20: 43,996.00/- लाख रुपए) (पूंजीगत/ विशेष अनुदानों को छोड़कर) एवं 9,360 लाख रु. के पूंजीगत अनुदान (2019-20: 15,627.00/- लाख रु.) वर्ष के दौरान भारत सरकार से प्राप्त हुए। इस राशि को संस्थान के विभिन्न अनुसंधान क्रियाकलापों में खर्च किया गया जिसमें स्थापना एवं न्यास के लक्ष्य के लिए अन्य व्यय शामिल थे।
- (ख) अव्यय की गई शेष राशि वित्तीय वर्ष की समाप्ति पर कितनी है?
 - संस्थान अपने वित्तीय कथनों की तैयारी के लिए लेखाकरण के प्रोद्भवन आधार का अनुसरण करता है।



अव्यय बैंक शेष राशि वित्तीय वर्ष की समाप्ति पर निम्नानुसार है:

(राशि लाख रु. में)

क्रमांक संख्या	विवरण	31-3-2021 की स्थिति के अनुसार	31-3-2020 की स्थिति के अनुसार
1	बैंक खाता – योजना और गैर योजना	2,018.52	2,858.18
2	बैंक खाता – परियोजनाएं, धर्मादा अनुदान	3,878.36	1,643.58
3	लघुकालीन जमा राशियां - योजना और गैर योजना	2,436.30	1,637.61
4	लघुकालीन जमा राशियां – परियोजनाएं, धर्मादा अनुदान	13,651.50	11,342.43
कुल		21,984.68	17,481.81

वर्ष के दौरान आय पर हुई व्यय की अधिकता 18,806.67/- लाख रुपये (पूर्व वर्ष: 28,256.48/- लाख रु.) है।

- 2 (क) क्या आंतरिक जाँच व नियंत्रण की कोई उपयुक्त व्यवस्था है ताकि सुनिश्चित किया जा सके कि भंडार मदों की खरीद व कार्यों के निष्पादन, उस उद्देश्य के लिए निर्धारित नीतियों व प्रक्रियाओं के अनुरूप होते हैं?
 - हमें स्पष्ट किए गए के अनुसार व हमारे निरीक्षणों के आधार पर संस्थान की अपने प्रचालनों के आकार व प्रकृति के संबंध में भंडार मदों की खरीद व कार्यों के निष्पादन के संबंध में आंतरिक नियंत्रण की उपयुक्त व्यवस्था है व यह उस उद्देश्य के लिए निर्धारित प्रक्रियाओं के अनुसार है। कुछ मामलों में जहां प्रबंधन ने निविदाओं को आमंत्रित करना आवश्यक नहीं समझा वहां ठेके या आदेश संस्थान की राय में उपयुक्त माने गए व्यक्तियों को दिए गए।
- (ख) क्या ऐसे मामले सामने आए हैं जहां इन सिद्धांतों का प्रत्यक्षतः पालन न किया गया हो?
 - हमारी लेखा परीक्षा के दौरान ऐसे किसी भी उदाहरण को नहीं पाया गया।
3. क्या भारत सरकार के अनुदान से अर्जित परिसंपत्तियों का उपयुक्त अभिलेख रखा जाता है जिसमें अर्जन की लागत को प्रत्येक मद के सामने दर्शाया जाता हो ?
 - संस्थान में परिसंपत्तियों के अभिलेख रखने की ऐसी व्यवस्था विद्यमान है जिसमें वर्ष के दौरान भारत सरकार के अनुदान से अर्जित प्रत्येक मद के सामने अर्जन की लागत दर्शायी जाती है। इसके अतिरिक्त हमें उपलब्ध कराई गई सूचना के अनुसार परिसंपत्तियों का कोई भी वास्तविक सत्यापन 2020-2021 के दौरान संस्थान द्वारा नहीं किया गया है। इसे 31 मार्च, 2021 को समाप्त वर्ष के लिए वित्तीय कथनों की स्वीकृति के पश्चात किया जाएगा।
4. उपभोज्य भंडार मदों आदि के संबंध में क्या उचित भंडार लेखे रखे जाते हैं व क्या उचित पर्यवेक्षण के अंतर्गत समय-समय पर वास्तविक सत्यापन किए जाते हैं?
 - उचित भंडार लेखों को रखा गया है एवं भंडार मदों का वास्तविक सत्यापन संस्थान द्वारा 2020-2021 के दौरान किया गया है।



5. (क) क्या नगदी, भंडार मदों एवं अन्य परिसंपत्तियों की हानियों की सूचना उचित जाँच के पश्चात शासी निकाय को करने की व्यवस्था विद्यमान है?
- हमें सूचित किए गए के अनुसार औपचारिक व्यवस्था विद्यमान है एवं ऐसी सभी हानियों की सूचना शासी निकाय को दी जाती है एवं उपयुक्त कार्यवाही की जाती है।
- (ख) क्या लेखा परीक्षक को रिपोर्ट किए गए ऐसे मामलों पर कोई टिप्पणी करनी है?
- जैसा कि हमें सूचित किया गया कि प्रबंधन को वर्ष के दौरान ऐसे किसी मामले की सूचना नहीं दी गई या प्रबंधन को ऐसे किसी भी मामले की सूचना नहीं थी।
6. संस्थान के लेखों में एक कथन समाहित होता है जिसमें संस्थान के लक्ष्यों पर हुए व्यय का ब्यौरा होता है (लेखे की अनुसूची "एम")।
7. वर्ष के दौरान निम्नलिखित कटौतियों को स्थाई परिसंपत्तियों की मूल लागत एवं संचित मूल्यहास से किया गया: (स्थानांतरणों/समायोजनों को छोड़कर)

(राशि लाख रुपये में)

क्रमांक संख्या	विवरण	मूल लागत	संचित मूल्यहास
1	इमारतें	17.79	17.79
2	उपकरण	948.29	857.02
3	मोटर वाहन	73.80	67.82
4	फर्नीचर एवं फिक्चर्स	1.34	1.27
5	कंप्यूटर्स एवं पेरिफेरल्स	52.14	47.89
	कुल	1,093.36	991.79

8. इस प्रतिवेदन को दिनांक 31 मार्च, 2021 को समाप्त हुए वर्ष के लिए संस्थान के लेखों पर हमारे प्रतिवेदन, दिनांक 17 नवंबर, 2021 के साथ संयोजन के रूप में पढ़ा जाए।

कैलाश चंद जैन एंड कंपनी

सनदी लेखाकार

(फर्म पंजीकरण संख्या 112318डब्ल्यू)

सौरभ चौहान

(साक्षीदार)

सदस्यता संख्या 167453



दिनांक: 17 नवंबर, 2021

स्थान: मुंबई

यूडीआईएन: 21167453 AAAA T21972

KAILASH CHAND JAIN & CO. (Regd.)

CHARTERED ACCOUNTANTS

"Edena" 1st Floor,
97, Maharshi Karve Road,
Near Income Tax Office,
Mumbai - 400 020.

e-mail : mail@kcjainco.com, kcjainco@gmail.com

Phone : 022-22009131

022-22065373

022-22005373

Fax : 022-22089978

To,
The Chairman,
Council of Management of Tata Institute of Fundamental Research,
Homi Bhabha Road,
Mumbai – 400005

Supplementary Report based on Chairman's Questionnaire

Dear Sir,

As per letter no. TFR/130(51)/7071 dated 18th July, 1962 (a copy of which is not available for our reference and hence we have relied on the report of the previous auditors) we report further on the accounts of the Institute for the year ended 31st March, 2021 and answer to the questionnaire are as follows:

1.(a) Does the Institute maintain proper accounts of the expenditure incurred out of the block grant and capital grant made by the Government of India so that the auditor can verify that the expenditure has been incurred for purpose for which the grants were made?

➤ The Institute has maintained proper accounts of expenditures incurred out of the grants received during the financial year ended 31st March, 2021.

Block grant of Rs. 41,337 lakhs (2019-20: Rs. 43,996.00 lakhs) (excluding capital / special grants) and Capital Grant of Rs. 9,360 lakhs (2019-20: Rs. 15,627.00 lakhs) was received during the year from the Government of India. The amount has been spent on the various research activities of the Institute including establishment and other expenses for the object of the trust.

(b) What is balance remaining unspent at the end of the financial year?

➤ The Institute follows accrual basis of accounting for the preparation of its Financial Statements.

The unspent bank balance at the end of the financial year is as follows:

(Amount in Rs. Lakhs)

Sr. No.	Particulars	As at	As at
		31-03-2021	31-03-2020
1	Bank Account – Plan & Non Plan	2,018.52	2,858.18
2	Bank Account – Projects, Endowment Grants	3,878.36	1,643.58

Branches : 819, Laxmi Deep Bldg., Laxmi Nagar District Centre, Laxmi Nagar, Delhi - 92. Ph. : 011-46081818 e-mail : delhi@kcjainco.com
227, Starlit Tower, 29, Yeshwant Niwas Road, Indore - 452 001. Ph. : 0731 - 2547979 e-mail : indore@kcjainco.com
House 25, G. T. Capital Home, Bihiyee Science Centre, Saddu, Raipur, Chhattisgarh - 492 014. e-mail : raipur@kcjainco.com
5-A, 162, Aashirwad Complex, Maharana Pratap Nagar, Zone-1, Bhopal, Madhya Pradesh - 462 011. e-mail : bhopal@kcjainco.com

Sr. No.	Particulars	As at 31-03-2021	As at 31-03-2020
3	Short term deposits – Plan & Non Plan	2,436.30	1,637.61
4	Short term deposits – Projects, Endowment Grants	13,651.50	11,342.43
Total		21,984.68	17,481.81

The excess of expenditure incurred over income for the year is Rs. 18,806.67/- lakhs (Previous Year Rs. 28,256.48 lakhs).

2 (a) Is there an adequate system of internal check and control to ensure that purchase of stores and execution of work is done with due regard to the policies and procedures laid down for that purpose?

- As explained to us and as observed, the Institute, having regard to the size and nature of its operations, has a reasonable system of internal control in respect of purchases of stores and execution of work and is in accordance with the procedures laid down for that purpose.

In some cases where the management considered it was not desirable to invite tenders, the contracts or orders were given to the persons who were deemed fit according to opinion of the Institute.

(b) Have any cases come to notice where these principles have not apparently been observed?

- No such instances were observed during the course of our audit.

3. Is a proper record maintained of the assets acquired from out of The Government of India grant with the cost of acquisition entered against each item?

- The institute has a system in place for maintaining records of assets with cost of acquisition entered against each item acquired out of Government of India grant during the year.

Further as per information provided to us no physical verification of assets is conducted by the institute during the year 2020-2021 and the same will be conducted after adoption of financial statements for the year ended 31st March 2021.

4. In respect of consumable stores etc., are proper stores accounts maintained and are physical verification made at periodic intervals under proper supervision?

- Proper stores accounts have been maintained and physical verification of the stores items was carried out by the Institute during the year 2020-2021.



5. (a) Is there a system of reporting losses of cash, stores and other assets to the governing body after proper investigation?
- As informed to us, formal system exists and all such losses are reported to the governing body and action as considered appropriate is taken.
- (b) Has the auditor any comments to make on the cases so reported?
- As informed to us, there were no such cases reported to or known by the management during the year.
6. The accounts of the Institute include a statement giving a break-up of the expenditure incurred on objects of the Institute (Schedule "M" to the Accounts).
7. During the year, following deductions were made from the original cost and accumulated depreciation of fixed assets: (excluding transfers / adjustments)

(Amount in Rs. Lakhs)			
Sr. No.	Particulars	Original Cost	Accumulated Depreciation
1	Buildings	17.79	17.79
2	Equipment	948.29	857.02
3	Motor Vehicles	73.80	67.82
4	Furniture and Fixtures	1.34	1.27
5	Computers and Peripherals	52.14	47.89
	Total	1093.36	991.79

8. This report should be read in conjunction with our report dated November 17, 2021 on the accounts of the Institute for the year ended 31st March, 2021.

For Kailash Chand Jain & Co.

Chartered Accountants

Firm Registration Number: 112318W

Saurabh Chouhan

Partner

Membership No.: 167453

Date: November 17, 2021

Place: Mumbai

UDIN: 21167453AAAATZ1972



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH, MUMBAI RECEIPTS AND PAYMENTS FOR THE YEAR ENDED 31ST MARCH, 2021							(Amount in Rs.)
Sr. No.	RECEIPTS	Current Year 2020-21	Previous Year 2019-20	Sr. No.	PAYMENTS	Current Year 2020-21	Previous Year 2019-20
1	<u>Opening Balances</u> Cash In Hand Bank Balances: Current A/Cs Savings A/Cs	2,80,465 42,20,27,817 2,81,49,276	4,479 44,67,66,637 38,69,34,691	1	<u>Expenses</u> Establishment Expenses On The Object Of The Trust Other Expenses Interest Refunded to DAE	3,28,35,06,106 1,56,22,52,009 2,77,83,319 87,28,437	3,84,08,05,422 1,72,91,51,618 25,75,91,267 -
	<u>Deposit with Bank</u> Main A/Cs Project A/Cs Endowment A/Cs	16,37,61,128 77,65,83,392 35,76,59,855	10,43,62,000 52,19,19,804 30,52,63,962	2	<u>Expenses from Various Projects</u> Project Funds Endowment Funds	73,19,89,708 38,12,884	72,85,19,475 2,37,64,759
2	<u>Grants Recieved</u> From Government Of India From State Government From Dorabji Tata Trust	5,06,97,00,000 - -	6,04,21,73,161 - 20,00,000	3	<u>Expenditure on Fixed Assets</u>	33,10,47,076	79,45,20,825
	For Projects For Endowment From Other Sources	1,08,00,73,022 3,42,38,857 4,17,50,888	83,70,54,397 4,46,61,263 3,46,47,290	4	<u>Closing Balances</u> Cash In Hand Bank Balances: In Current A/Cs Savings A/Cs	84,486 - 52,19,54,914 6,77,32,618	2,80,465 - 42,20,27,817 2,81,49,276
3	<u>Interest Received</u> On Bank Deposits Loans, Advances etc.	8,12,20,814 2,42,424	7,64,91,364 77,737		<u>Deposit with Bank</u> Main A/Cs Project A/Cs Endowment A/Cs	24,36,30,295 96,57,16,100 39,94,34,164	16,37,61,128 77,65,83,392 35,76,59,855
4	<u>Other Income</u> Other Income	9,19,84,178	32,04,58,514				
Total		8,14,76,72,116	9,12,28,15,299	Total		8,14,76,72,116	9,12,28,15,299

For Tata Institute Of Fundamental Research

[Signature]

Wg Cdr George Antony (Retd)
Registrar

[Signature]

Prof. S. Ramakrishnan
Director



As per our report of even date
M/s Kailash Chand Jain & Co.
Chartered Accountants

Firm Registration Number: 112318W



[Signature]
CA. Saurabh Chouhan
Partner
Membership No.: 167453

Date: 17th November, 2021
Place: Mumbai

TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
BALANCE SHEET AS AT 31ST MARCH, 2021

(Amount in Rs.)

Particulars	Schedule	As at 31st March, 2021	As at 31st March, 2020
Corpus / Capital Fund and Liabilities			
Corpus / Capital Fund	A	21,86,11,85,831	21,52,29,84,773
Project Funds	B	1,32,61,47,510	1,02,30,34,743
Endowment Funds	C	41,96,12,656	36,90,62,593
Other Grants	D	4,73,02,313	4,38,17,544
Current Liabilities and Provisions	E	16,63,84,66,794	15,48,50,15,008
Total		40,29,27,15,104	38,44,39,14,661
Assets			
Fixed Assets (Gross Block)	F	18,35,62,17,182	17,85,65,48,870
Less : Provision for Depreciation		11,91,02,51,893	11,19,88,80,594
		6,44,59,65,289	6,65,76,68,276
Add : Capital Work in Progress		35,80,93,221	63,67,91,467
Fixed Assets (Net Block)		6,80,40,58,510	7,29,44,59,743
Current Assets, Loans and Advances	G	2,71,13,16,314	2,25,27,81,951
Excess of Expenditure over Capital Fund	A	30,77,73,40,280	28,89,66,72,967
Total		40,29,27,15,104	38,44,39,14,661
Significant Accounting Policies Contingent Liabilities and Notes to Accounts	H		

As per our report of even date

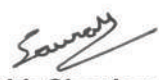
For Tata Institute of Fundamental Research


Wg Cdr George Antony (Retd)
Registrar


Prof. S. Ramakrishnan
Director

M/s Kailash Chand Jain & Co.

Chartered Accountants
Firm Registration Number: 112318W


CA. Saurabh Chouhan
Partner
Membership No.: 167453

Date: 17th November, 2021
Place: Mumbai



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH

INCOME AND EXPENDITURE ACCOUNT FOR THE YEAR ENDED 31ST MARCH, 2021

(Amount in Rs.)

Particulars	Schedule	For the Year Ended 31st March 2021	For the Year Ended 31st March 2020
Income			
Grants	I	4,73,25,48,943	5,48,77,88,712
Interest Earned	J	1,28,01,677	2,64,27,405
Other Income	K	9,73,44,502	15,35,55,007
Total (A)		4,84,26,95,122	5,66,77,71,124
Expenditure			
Employee Related Expenditure	L	3,48,15,19,544	3,60,64,08,406
Expenditure on the Object of the Trust	M	1,51,38,49,645	2,06,82,58,206
Total (B)		4,99,53,69,189	5,67,46,66,612
Excess of (Expenditure over Income) / Income over Expenditure [before Depreciation & Provision for Retirement Benefits] (A-B)		(15,26,74,067)	(68,95,488)
Less : Depreciation	N	81,05,66,050	91,26,33,334
Less : Provision for Retirement Benefits (Gratuity, Pension & Compensated Absences)	O	91,74,27,197	1,90,61,19,022
Balance Being Excess of Expenditure over Income		(1,88,06,67,314)	(2,82,56,47,844)
Transfer to Special Reserve		-	-
Transfer to / from General Reserve		-	-
Balance Being Surplus / (Deficit) Carried To Balance Sheet		(1,88,06,67,314)	(2,82,56,47,844)
Significant Accounting Policies	H		
Contingent Liabilities and Notes to Accounts			

As per our report of even date

For Tata Institute of Fundamental Research

M/s Kailash Chand Jain & Co.

Chartered Accountants

Firm Registration Number: 112318W

Wg Cdr George Antony (Retd)
Registrar

Prof. S. Ramakrishnan
Director

CA. Saurabh Chouhan
Partner
Membership No : 167453

Date: 17th November, 2021
Place: Mumbai



Schedule 'A'

TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
Schedule Forming Part of Balance Sheet as at 31st March, 2021

(Amount in Rs.)

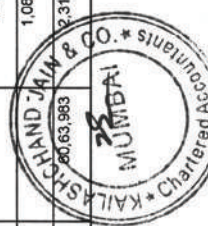
CAPITAL GRANTS				
Description of the Grants	Opening Balance as on 1st April, 2020	Grants utilised for Capital Purposes during the year	CWIP / Capital Advance Capitalised - during the year	Closing Balance as on 31st March, 2021
<u>Grant from the Department of Atomic Energy, Government of India for:</u> Land, building, auditorium, furniture, vehicles, equipment, computer systems and other fixed assets	21,49,79,82,582	63,14,43,917	30,11,21,864	21,82,83,04,635
Add:- Capital Advances	2,50,02,191	1,69,97,599	91,18,594	3,28,81,196
Total	21,52,29,84,773	64,85,08,724	31,03,07,666	21,86,11,85,831

REVENUE GRANTS			
Description of the Grants	Opening Balance as on 1st April, 2020	Total Income for the year	Total Expenditure for the year
Balance of net expenditure transferred from Income & Expenditure Account	(28,89,66,72,967)	4,84,26,95,122	6,72,33,62,435
Total	(28,89,66,72,967)	4,84,26,95,122	6,72,33,62,435



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
National Centre of the Government of India for Nuclear Science and Mathematics
1, Homi Bhabha Road, Colaba Mumbai 400 005
Schedule -B forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - HO Mumbai

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
					A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	I=F+G+H	J=A+E-I
1	04X116	DEPARTMENT OF SPACE	FOR THE DEVELOPMENT AND REALISATION OF THREE X-RAY ASTRO	CY 2020-21	3,62,65,607	-	13,21,206	-	13,21,206	2,52,000	-	5,56,984	8,08,984	3,67,77,829
				PY 2019-20	3,52,26,429	-	13,93,978	-	13,93,978	-	-	3,54,800	3,54,800	3,62,65,607
2	06X134	MICROSOFT RESEARCH USA	FORMAL SPECIFICATION & ANALYSIS OF COMPONENT BASED DESIGNS.	CY 2020-21	-	-	-	3,02,900	3,02,900	-	-	3,613	3,613	2,99,287
				PY 2019-20	-	-	-	4,19,587	4,19,587	-	-	4,19,587	4,19,587	-
3	06X139	WELLCOME TRUST UK	APPLICATION OF IN VITRO BIOPHYSICAL TECHNIQUES TO IN VIVO S	CY 2020-21	70,84,390	-	85,144	(68,00,000)	(67,14,656)	-	-	10,399	10,399	3,59,135
				PY 2019-20	76,59,749	-	2,83,340	-	2,83,340	-	2,36,460	6,22,219	8,58,699	70,84,390
4	08X186	SOCIETY FOR NEUROSCIENCE, USA	RESEARCH AWARD FOR INNOVATION IN NEUROSCIENCE-2008	CY 2020-21	25,59,540	-	94,243	-	94,243	-	-	-	-	26,53,783
				PY 2019-20	24,61,391	-	98,149	-	98,149	-	-	-	-	25,59,540
5	08X187	BRITISH COUNCIL, UNIVERSITY OF LEICESTER	HIGH ENERGY ASTROPHYSICS WITH ASTROSAT: UNDERSTANDING THE VARIABLE X-RAY UNIVERSE.	CY 2020-21	25,81,269	-	95,043	-	95,043	-	-	-	-	26,76,312
				PY 2019-20	25,10,709	-	99,043	-	99,043	-	-	28,483	28,483	25,81,269
6	09X206	CARL ZEISS INDIA PVT. LTD.	ZEISS FELLOWSHIP (DR. S. MAITI)	CY 2020-21	2,11,971	-	5,447	-	5,447	-	-	94,402	94,402	1,23,016
				PY 2019-20	2,09,194	-	8,245	-	8,245	-	-	5,468	5,468	2,11,971
7	10X214	DEPARTMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGY	J. C. BOSE FELLOWSHIP TO PROF. R.V. GAVAI	CY 2020-21	10,12,441	-	37,278	-	37,278	-	-	7,950	7,950	10,41,769
				PY 2019-20	13,26,452	-	40,557	-	40,557	-	1,00,000	2,54,568	3,54,568	10,12,441
8	10X222	DEPARTMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGY	J.C. BOSE FELLOWSHIP TO PROF. G. RAVINDRA KUMAR	CY 2020-21	3,90,360	16,00,000	23,290	-	16,23,290	-	2,74,000	11,99,785	14,73,785	5,39,865
				PY 2019-20	2,96,027	16,00,000	26,617	-	16,26,617	-	4,11,167	11,21,117	15,32,284	3,90,360
9	11X254	HOLMARC	FCS TECHNOLOGY	CY 2020-21	82,807	-	2,223	-	2,223	-	-	49,885	49,885	35,145
				PY 2019-20	1,03,262	-	3,760	-	3,760	-	-	24,215	24,215	82,807
10	11X255	DEPARTMENT OF ATOMIC ENERGY	DEVELOPMENT OF SITE INFRASTRUCTURE AND PROTOTYPE FOR INDIA BASED NEUTRINO	CY 2020-21	4,42,67,053	6,37,80,000	21,40,628	(1,05,00,000)	5,54,20,628	99,46,632	1,33,32,216	1,11,15,600	3,43,94,448	6,52,93,233
				PY 2019-20	6,03,83,792	15,51,00,000	37,33,823	(12,55,52,985)	3,32,80,838	27,74,948	1,73,25,367	2,92,97,262	4,93,97,577	4,42,67,053
11	12X267	SCIENCE AND ENGINEERING RESEARCH BOARD	J.C. BOSE FELLOWSHIP TO PROF. K.V.R. CHARY	CY 2020-21	-	7,04,180	9,667	-	7,13,847	-	-	-	-	7,13,847
				PY 2019-20	7,04,180	-	-	(7,04,180)	(7,04,180)	-	-	-	-	-
12	12X272	GOOGLE INDIA PVT. LTD.	GOOGLE INDIA PHD FELLOWSHIP	CY 2020-21	1,62,668	-	5,989	-	5,989	-	-	-	-	1,68,657
				PY 2019-20	2,52,371	-	7,365	-	7,365	-	-	97,068	97,068	1,62,668
13	12X277	TATA CONSULTANCY SERVICES	TCS RESEARCH SCHOLAR PROGRAM	CY 2020-21	1,14,271	-	4,207	-	4,207	-	-	-	-	1,18,478
				PY 2019-20	1,09,889	-	4,382	-	4,382	-	-	-	-	1,14,271
14	13X280	HOWARD HUGHES MEDICAL INSTITUTE	INTERNATIONAL EARLY CAREER SCIENTISTS GRANT	CY 2020-21	48,89,279	-	1,79,772	-	1,79,772	-	-	15,082	15,082	50,53,969
				PY 2019-20	48,83,239	-	1,91,351	-	1,91,351	-	-	1,85,311	1,85,311	48,89,279
15	13X301	WELLCOME TRUST	WELLCOME TRUST RELEVANCE OF STATE OF INDIA ON VERTEBRATE EMBRYOGENESIS	CY 2020-21	70,12,544	-	1,08,756	-	1,08,756	43,66,830	32,388	21,66,057	65,65,275	5,56,025
				PY 2019-20	30,07,916	-	2,31,677	-	62,95,660	-	4,03,235	18,87,797	22,91,032	70,12,544



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
National Centre of the Government of India for Nuclear Science and Mathematics
1, Homi Bhabha Road, Colaba, Mumbai - 400 005
Schedule -B forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - HO Mumbai

S.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
					A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	I=F+G+H	J=A+E-I
16	14X302	Unilever Industries Pvt. Ltd	UNDERSTANDING THE ROLE OF METABOLIC INPUTS, ENDOCRINE SIGNALS AND GENETIC FACTORS IN INDO-BELGIAN DST PROJECT	CY 2020-21 PY 2019-20	5,995 53,580	-	221 2,137	- (41,179)	221 (39,042)	-	-	8,543	8,543	6,216 5,995
17	14X304	DST	MECHANISMS REGULATING THE NEURON-GLIA CELL FATE SWITCH IN THE NEOCORTEX	CY 2020-21 PY 2019-20	1,75,749 1,69,010	-	6,471 6,739	-	6,471 6,739	-	-	-	-	1,82,220 1,75,749
18	14X305	DBT	MULTI-WAVELENGTH STUDIES OF ACCRETION PHENOMENA WITH ASTROSAT AND SALT	CY 2020-21 PY 2019-20	7,57,129 18,98,430	-	18,550 30,329	(7,57,129)	(7,38,579)	-	7,32,668	10,35,958	17,68,626	18,550 7,57,129
19	14X307	DST	TCS FELLOWSHIP	CY 2020-21 PY 2019-20	2,53,537 2,43,615	-	9,335 9,722	-	9,335 9,722	-	-	-	-	2,62,872 2,53,537
20	14X309	TCS	MICROSOFT RESEARCH INDIA PH.D. FELLOWSHIP	CY 2020-21 PY 2019-20	2,41,596 2,32,332	-	8,896 9,264	-	8,896 9,264	-	-	-	-	2,50,492 2,41,596
21	14X310	WELCOME TRUST	NATIONAL FACILITY FOR HIGH FIELD NMR	CY 2020-21 PY 2019-20	4,65,650 83,68,280	-	17,153 3,68,868	-	17,153 3,68,868	-	-	-	-	4,83,003 1,16,10,675
22	14X314	NMR	SWARNAJAYANTI FELLOWSHIP OF DR. ULLAS KOLTHUR	CY 2020-21 PY 2019-20	4,47,986 1,16,10,675	-	12,322 4,38,437	-	12,322 4,38,437	-	-	5,29,226	5,29,226	3,45,983 1,24,91,286
23	14X316	DST	CMS M&O DST COMPONENT	CY 2020-21 PY 2019-20	3,34,661 14,61,499	-	19,466 1,09,073	-	19,466 1,09,073	-	5,01,600	6,44,704	11,46,304	3,34,661 30,71,379
24	14X317	DST	WLCG GRID DST COMPONENT	CY 2020-21 PY 2019-20	29,62,306 3,59,38,084	-	8,49,703	-	8,49,703	-	-	3,38,25,481	3,38,25,481	29,62,306
25	14X319	DAE/DST	WELCOME TRUST	CY 2020-21 PY 2019-20	10,59,56,231 8,95,28,830	20,00,000 4,20,00,000	21,15,053 41,07,323	1,70,000	42,85,053 4,61,07,323	8,42,22,762 2,76,88,822	6,39,000	14,95,635 19,91,100	8,63,57,417 2,96,79,922	2,38,83,867 10,59,56,231
26	14X320	Wellcome Trust	DIOPHANTINE APPROXIMATION ON HOMOGENEOUS VARIETIES	CY 2020-21 PY 2019-20	71 58,153	-	3 -	-	3 41,179	-	-	-	-	74 71
27	14X321	UGC	FIELD THEORIES WITH HIGH-SPIN SYMMETRIES AND HIGH-SPIN GRAVITIES	CY 2020-21 PY 2019-20	1,15,023 1,10,612	-	4,235 4,411	-	4,235 4,411	-	-	17,789	17,789	1,01,469 1,15,023
28	14X322	UGC	TRIGGERING AND GUIDING OF LIGHTING BY PLASMA FILAMENTS INDUCED BY HIGH-POWER FEMTOSECOND LASER	CY 2020-21 PY 2019-20	33,332 32,054	-	1,227 1,278	-	1,227 1,278	-	-	-	-	34,559 33,332
29	14X323	UGC	BOARD OF DIRECTORS	CY 2020-21 PY 2019-20	9,36,295 12,29,155	-	29,550 37,111	(3,34,661)	(3,05,111)	-	-	3,29,971	3,29,971	6,31,184 9,36,295
30	14X324	UNIVERSITY GRANT COMMISSION	BOARD OF DIRECTORS	CY 2020-21 PY 2019-20	4,45,885 4,28,787	-	16,418 17,098	-	16,418 17,098	-	-	11,708	11,708	4,50,595 4,45,885

TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
National Centre of the Government of India for Nuclear Science and Mathematics
1, Homi Bhabha Road, Colaba, Mumbai 400 005
Schedule -B forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - HO Mumbai

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
					A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	I=F+G+H	J=A+E-I
31	14X325	WELLCOME TRUST	WELLCOME TRUST DBT	CY 2020-21	12,24,475	-	23,753	-	23,753	-	2,27,937	6,74,874	9,02,811	3,45,417
				PY 2019-20	94,94,799	-	1,83,045	-	1,83,045	-	10,33,568	74,19,801	84,53,369	12,24,475
32	14X326	Royal Society of Chemistry	RSC CHEMISTRY OUTREACH	CY 2020-21	2,795	-	103	-	103	-	-	-	-	2,898
				PY 2019-20	1,15,979	-	2,832	-	2,832	-	-	1,16,016	1,16,016	2,795
33	14X328	DBT	INTERNATIONAL ASSOCIATED LABORATORY IN THE AREA OF SYSTEMS IMMUNOLOGY AND GENETICS INFECTIOUS TIFR-ARIES NEAR INFRARED SPECTROMETER	CY 2020-21	2,601	-	96	-	96	-	-	-	-	2,697
				PY 2019-20	2,501	-	100	-	100	-	-	-	-	2,601
34	14X330	DST	TIFR-ARIES NEAR INFRARED SPECTROMETER	CY 2020-21	1,23,982	-	4,565	-	4,565	-	-	-	-	1,28,547
				PY 2019-20	2,32,737	1,55,36,078	22,467	-	1,55,58,545	-	-	1,56,67,300	1,56,67,300	1,23,982
35	14X331	ICFAR	DEVICE TO DEVICE (D2D) COMMUNICATIONS FOR LTE-ADVANCED CELLULAR NETWORKS	CY 2020-21	2,04,474	-	7,529	-	7,529	-	-	-	-	2,12,003
				PY 2019-20	1,96,633	-	7,841	-	7,841	-	-	-	-	2,04,474
36	15X333	MAX-PLANCK	MAX PLANCK PARTNER GROUP WITH THE MAX PLANCK INSTITUTE FOR SOLAR SYSTEMS RESEARCH SWARNAJAYANTI FELLOWSHIP OF DR SUSHIL MAJUMDAR	CY 2020-21	19,93,599	-	38,166	-	38,166	-	13,94,392	1,91,615	15,86,007	4,45,758
				PY 2019-20	30,44,093	15,47,450	1,08,365	-	18,55,815	-	15,44,202	11,62,107	27,06,309	19,93,599
37	15X334	DST	NOVEL NANOCATALYST SYNTHESIS GUIDED BY DNP	CY 2020-21	4,17,695	-	6,254	-	6,254	1,66,980	75,000	57,201	2,99,181	1,24,768
				PY 2019-20	10,23,258	-	24,237	(91,306)	(67,069)	-	3,00,000	2,38,494	5,38,494	4,17,695
38	15X335	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD	JC BOSE FELLOWSHIP TO PROF KALOBARAN MAITI	CY 2020-21	5,63,473	-	19,752	-	19,752	-	50,000	4,26,155	4,76,155	1,07,070
				PY 2019-20	8,08,357	18,00,000	23,396	-	18,23,396	-	3,00,000	17,66,280	20,68,280	5,63,473
39	15X336	DST	INVESTIGATION OF THE DISTRIBUTION OF VARIOUS GAS COMPONENTS IN STAR FORMING COMPLEXES	CY 2020-21	3,09,561	-	11,398	-	11,398	-	-	-	-	3,20,959
				PY 2019-20	2,97,690	-	11,871	-	11,871	-	-	-	-	3,09,561
40	15X337	ICFAR	NOVEL NANOCATALYST SYNTHESIS GUIDED BY DNP	CY 2020-21	(698)	-	-	698	698	-	-	-	-	-
				PY 2019-20	2,69,492	-	6,208	-	6,208	-	-	2,76,398	2,76,398	(698)
41	15X338	DST	TUNING ELECTRON CORRELATIONS IN HEAVY FERMION COMPOUNDS BY PRESSURE TO POSSIBLE RAMANUJAN FELLOWSHIP TO DR BASUDEB DASGUPTA	CY 2020-21	1,68,881	-	6,218	-	6,218	-	-	-	-	1,75,099
				PY 2019-20	1,62,401	-	6,480	-	6,480	-	-	-	-	1,68,881
42	15X341	SERB	RAMANUJAN FELLOWSHIP TO DR BASUDEB DASGUPTA	CY 2020-21	1,99,606	-	7,350	-	7,350	-	-	10,900	10,900	1,96,056
				PY 2019-20	2,91,597	-	8,708	-	8,708	-	-	1,00,699	1,00,699	1,99,606
43	15X342	ICFAR	HOLOGRAPHY AND ITS APPLICATIONS	CY 2020-21	5,63,739	-	20,757	-	20,757	-	-	-	-	5,84,496
				PY 2019-20	5,42,122	-	21,617	-	21,617	-	-	-	-	5,63,739
44	15X344	DAE	STUDY OF INHOMOGENEITIES AND NANOSTRUCTURES ON SOLID SURFACES BY SPECTROSCOPY AND RAMANUJAN FELLOWSHIP TO DR UNMANG BHASKAR	CY 2020-21	13,96,680	11,93,161	69,919	-	12,63,080	-	-	3,11,922	3,11,922	23,47,838
				PY 2019-20	3,28,634	11,93,161	26,466	-	12,19,627	-	-	1,51,581	1,51,581	13,96,680
45	15X345	SERB	RAMANUJAN FELLOWSHIP TO DR UNMANG BHASKAR	CY 2020-21	1,10,195	-	4,057	-	4,057	-	-	9,102	9,102	1,05,150
				PY 2019-20	2,38,554	-	4,835	-	4,835	-	69,194	64,000	1,33,194	1,10,195



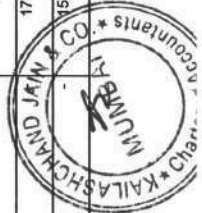
TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
National Centre of the Government of India for Nuclear Science and Mathematics
1, Homi Bhabha Road, Colaba, Mumbai 400 005
Schedule -B forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - HO Mumbai

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
					A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	I=F+G+H	J=A+E-I
46	16X347	SERB	J.C BOSE FELLOWSHIP TO PROF MAHAN MITRA	CY 2020-21	9,74,638	19,00,000	53,903	(8,76,717)	10,77,186	2,26,423	2,56,667	2,56,976	7,39,066	13,12,958
				PY 2019-20	4,55,837	15,00,000	37,645	-	15,37,645	1,94,258	3,00,000	5,24,386	10,18,544	9,74,838
47	16X349	MAX PLANCK INSTITUTE FOR PHYSIK	PARTNERSHIP GROUP BETWEEN MPI FOR PHYSICS MUNICH & TIFR	CY 2020-21	33,67,023	6,95,207	1,32,182	-	8,27,389	1,86,101	-	42,406	2,28,507	39,65,905
				PY 2019-20	17,60,872	24,96,770	1,10,009	-	26,06,779	3,15,375	-	6,85,253	10,00,928	33,67,023
48	16X351	MAX-PLANCK	PARTNERSHIP GROUP BETWEEN MPI & TIFR FOR ASTROPHYSICS	CY 2020-21	26,98,818	8,69,710	1,08,718	-	9,78,428	1,61,369	-	1,42,858	3,04,227	33,73,019
				PY 2019-20	15,84,611	23,34,500	82,732	-	24,17,232	-	-	13,03,025	13,03,025	26,98,818
49	16X352	INDO-GERMAN (DST-DAAD)	CRUMBS PARALOGUES AND THEIR FUNCTIONAL SIGNIFICANCE IN ZEBRA FISH EPIHELIA	CY 2020-21	37,264	-	1,372	-	1,372	-	-	-	-	38,636
				PY 2019-20	35,635	-	1,429	-	1,429	-	-	-	-	37,264
50	16X353	WELCOMER TRUST	EARLY CAREER FELLOWSHIP TO PAULOMI SANGHAVI	CY 2020-21	13,60,727	10,24,411	40,358	-	10,64,769	-	9,50,400	4,86,415	14,36,815	9,86,681
				PY 2019-20	6,74,957	19,85,622	49,479	-	20,35,101	-	10,36,800	3,12,531	13,49,331	13,60,727
51	16X360	DST NANOMISSION	SUPERCONDUCTING 2D MATERIALS AND THEIR NANOSCALE DEVICES	CY 2020-21	12,58,644	-	20,879	(11,00,718)	(10,79,839)	2,146	1,55,735	-	1,57,881	20,924
				PY 2019-20	15,68,427	42,04,827	34,211	(19,30,886)	23,08,152	5,84,792	9,45,539	10,85,604	26,15,935	12,58,644
52	16X361	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY	CENTRE OF EXCELLENCE IN EPIGENETICS PHASE II	CY 2020-21	40,838	-	1,504	-	1,504	-	-	-	-	42,342
				PY 2019-20	26,99,810	-	31,723	-	31,723	-	5,98,724	20,91,971	26,90,895	40,838
53	16X363	DEPARTMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGY (INTERNATIONAL)	MAGNETOPLASMONIC QUASICRYSTALS	CY 2020-21	6,07,376	-	22,364	-	22,364	-	-	-	-	6,29,740
				PY 2019-20	5,84,085	-	23,291	-	23,291	-	-	-	-	6,07,376
54	16X364	DRDO	DEVELOPMENT OF SCIENCE RELATED TO COLD ATOM INTERFEROMETER FOR SENSING SINGLE AXIS	CY 2020-21	1,93,72,144	-	6,71,052	-	6,71,052	-	-	20,10,031	20,10,031	1,90,33,165
				PY 2019-20	24,16,174	1,74,99,978	3,29,460	-	1,78,29,438	33,600	-	8,39,866	8,73,468	1,93,72,144
55	16X365	JOINT RESEARCH AGREEMENT BETWEEN TATA STEEL LTD AND TIFR	NANOSCALE GRAPHENE SENSORS	CY 2020-21	2,102	11,65,000	12,586	(1,90,000)	9,97,586	-	1,23,325	7,06,982	8,32,307	1,67,381
				PY 2019-20	98,512	-	1,448	-	1,448	-	(36,400)	1,34,258	97,858	2,102
56	16X366	INDIAN COUNCIL OF HISTORICAL RESEARCH	STUDY OF CULTURAL CONTINUITY BETWEEN EARLY POPULATION OF INDIA AND SOUTH EAST ASIA	CY 2020-21	71,172	-	1,753	(59,225)	(57,472)	-	-	-	-	13,700
				PY 2019-20	68,443	-	2,729	-	2,729	-	-	-	-	71,172
57	17X367	DEPARTMENT OF SCIENCE & TECHNOLOGY	SWARNAJAYANTI FELLOWSHIP TO DR.PRAHLAD HARSHA	CY 2020-21	1,09,984	7,50,000	16,581	-	7,66,581	1,35,727	3,50,000	1,10,424	5,96,151	2,80,414
				PY 2019-20	4,05,975	-	8,387	(54,378)	(45,991)	-	2,50,000	-	2,50,000	1,09,984
58	17X371	SERB	RAMANUJAN FELLOWSHIP TO DR.RAMPRASAD SAPTHARISI	CY 2020-21	46,886	-	1,690	-	1,690	-	-	2,400	2,400	46,176
				PY 2019-20	1,84,803	-	3,299	-	3,299	-	-	1,41,216	1,41,216	46,886
59	17X372	DEPARTMENT OF SCIENCE & TECHNOLOGY	TOPOLOGICAL PHASE OF MATTER IN 2D SUPERCONDUCTING MATERIALS	CY 2020-21	29,437	-	1,084	-	1,084	-	-	-	-	30,521
				PY 2019-20	2,10,336	-	3,023	-	3,023	-	-	1,63,922	1,63,922	29,437
60	17X374	SCIENCE AND ENGINEERING RESEARCH BOARD	RAMANUJAN FELLOWSHIP AWARDED TO DR.HARIHARAN NARAYANAN	CY 2020-21	1,95,539	-	6,490	-	6,490	-	-	60,000	60,000	1,42,029
				PY 2019-20	3,69,136	-	10,439	-	10,439	1,64,536	-	19,500	1,84,036	1,95,539



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
National Centre of the Government of India for Nuclear Science and Mathematics
1, Homi Bhabha Road, Colaba, Mumbai 400 005
Schedule -B forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - HO Mumbai

S.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
					A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	I=F+G+H	J=A+E-I
61	17X376	IFPAR	INTERACTIONS BETWEEN DYNAMICAL SYSTEMS GEOMETRY AND NUMBER THEORY	CY 2020-21 PY 2019-20	1,00,414 3,66,053	3,02,163 3,22,152	3,277 9,022	- -	3,05,440 3,31,174	- -	3,17,771 5,32,533	10,103 64,280	3,27,874 5,96,813	77,980 1,00,414
62	17X377	SERB	NATIONAL POST DOCTORAL FELLOWSHIP TO DR. ADITYA N ROYCHOUDHURY	CY 2020-21 PY 2019-20	- 5,30,185	5,10,139 -	7,003 -	- (5,10,139)	5,17,142 (5,10,139)	- -	- 20,046	- -	- 20,046	5,17,142 -
63	17X378	SERB	RAMANUJAN FELLOWSHIP TO DR. PIYUSH SRIVASTAVA	CY 2020-21 PY 2019-20	8,70,447 2,11,261	- 7,60,000	31,318 17,586	- -	31,318 7,77,586	- -	- 22,400	61,500 96,000	61,500 1,18,400	8,40,265 8,70,447
64	17X379	SERB	JC BOSE FELLOWSHIP TO DR. SANDIP PARIMAL THIVEDI	CY 2020-21 PY 2019-20	8,74,256 13,48,595	- -	25,124 41,143	- -	25,124 41,143	- -	3,00,000 3,00,000	1,00,885 1,09,950	4,00,885 5,15,482	4,98,495 8,74,256
65	17X380	DST	SWARNAJAYANTI FELLOWSHIP TO DR. ANISH GHOSH	CY 2020-21 PY 2019-20	2,88,399 4,39,831	6,00,000 5,00,000	17,789 9,348	- -	6,17,789 4,22,061	- -	3,00,000 4,44,000	1,07,670 1,29,493	4,07,670 5,73,493	4,98,518 2,88,399
66	18X340	SERB	JC BOSE FELLOWSHIP TO PROF. E.V. SAMPATHKUMARAN	CY 2020-21 PY 2019-20	2,86,403 13,54,217	- 7,00,000	3,148 26,279	(2,36,644) -	(2,33,496) 7,26,279	- -	- 2,25,000	- 15,69,093	- 17,94,093	- 2,86,403
67	18X341	SERB	JC BOSE FELLOWSHIP TO PROF. INDRANIL BISWAS	CY 2020-21 PY 2019-20	1,91,333 4,17,069	17,00,000 15,00,000	28,730 24,617	- -	17,28,730 15,24,617	- -	3,00,000 3,00,000	1,44,920 14,05,353	7,12,460 17,50,353	12,07,603 1,91,333
68	18X342	SERB	JC BOSE FELLOWSHIP TO DR. T.N. VENKATARAMA	CY 2020-21 PY 2019-20	13,89,421 13,35,789	- 7,00,000	37,813 51,275	- -	37,813 7,51,275	- -	- 2,75,000	4,68,708 4,22,643	10,65,979 6,97,643	3,61,255 13,89,421
69	18X343	DEPARTMENT OF ATOMIC ENERGY	MECHANISMS OF ACTIVE INTRA-CELLULAR TRANSPORT, CONNECTING THEORY AND EXPERIMENT	CY 2020-21 PY 2019-20	3,47,687 21,18,471	- -	11,370 43,836	- -	11,370 43,836	- -	- -	88,500 14,01,960	88,500 18,14,820	2,70,557 3,47,687
70	18X344	DST	EFFICIENCY OF SECURE COMPUTATION	CY 2020-21 PY 2019-20	2,58,286 6,77,883	- -	8,075 18,278	- -	8,075 18,278	- -	41,600 3,41,557	- 96,318	41,600 4,37,875	2,24,761 2,58,286
71	18X345	INSTEM	INTERACTIONS BETWEEN MEMBRANE BOUND AMYLOID BETA OLIGOMERS AND CELLULAR COMPONENTS	CY 2020-21 PY 2019-20	15,09,922 17,43,812	- -	29,760 63,005	- -	29,760 63,005	- -	2,89,355 2,60,000	8,80,419 36,895	11,69,774 2,96,895	3,69,908 15,09,922
72	18X346	BARC	PROTO TYPE DEVELOPMENT OF PHOTOCONDUCTIVE SEMI CONDUCTOR SWITCH	CY 2020-21 PY 2019-20	99,493 11,82,201	- -	2,693 25,409	- -	2,693 25,409	- -	- -	48,060 11,08,117	48,060 11,08,117	54,126 99,493
73	18X347	DEPARTMENT OF SCIENCE & TECHNOLOGY	NEUROGENESIS VERSUS GLIOGENESIS IN THE DEVELOPING HIPPOCAMPUS: FROM EPICENTRIC TO C	CY 2020-21 PY 2019-20	3,88,460 18,77,190	- -	7,575 34,144	(34,144) (53,623)	(28,569) (19,479)	- -	1,90,660 4,95,705	86,395 9,73,546	2,77,055 14,69,251	84,836 3,88,460
74	18X348	SERB	RAMANUJAN FELLOWSHIP AWARDED TO DR. SUGATA MONDAL	CY 2020-21 PY 2019-20	7,28,296 5,33,513	- 5,60,000	25,769 22,157	- -	25,769 5,82,157	- -	- -	91,699 3,89,374	91,699 3,89,374	6,60,366 7,28,296
75	18X349	SERB	RAMANUJAN FELLOWSHIP TO DR. NISHITA DESAI	CY 2020-21 PY 2019-20	7,14,758 9,23,891	17,00,000 15,50,000	15,578 33,403	- -	17,15,578 15,83,403	91,841 1,94,896	20,10,000 12,00,000	62,400 3,97,640	21,64,241 17,92,536	2,66,095 7,14,758



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
National Centre of the Government of India for Nuclear Science and Mathematics
1, Homi Bhabha Road, Colaba, Mumbai 400 005
Schedule -B forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - HO Mumbai

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
76	18X350	SERB	JC BOSE FELLOWSHIP TO PROF. VASUDEVAN SRINIVAS	CY 2020-21	12,54,034	7,00,000	51,522	-	7,51,522	1,36,815	3,00,000	1,53,569	5,90,384	14,15,172
				PY 2019-20	16,03,944	3,00,000	53,525	-	3,53,525	-	3,00,000	4,03,435	7,03,435	12,54,034
77	18X351	SUNNYBROOK RESEARCH INSTITUTE	DECIPHERING THE BLUEPRINT OF THE HEALTHY AND DISEASE BRAIN THROUGH THE GENERATION PLASMONIC STRUCTURES WITH BROKEN TIME AND SPACE SYMMETRIES	CY 2020-21	29,92,386	39,86,883	1,89,090	-	41,75,973	1,47,926	6,84,480	5,12,948	13,45,354	58,23,005
				PY 2019-20	17,91,013	38,18,423	94,284	-	39,12,707	-	16,38,958	10,72,376	27,11,334	29,92,386
78	18X352	DST	PLASMONIC STRUCTURES WITH BROKEN TIME AND SPACE SYMMETRIES	CY 2020-21	5,70,366	-	12,219	-	12,219	-	-	3,20,613	3,20,613	2,61,972
				PY 2019-20	8,61,818	-	25,580	(24,618)	962	-	-	2,92,414	2,92,414	5,70,366
79	18X353	DST	DST INSPIRE FACULTY AWARD TO DR. SUBHAMOY GHATAK	CY 2020-21	1,80,117	15,48,000	23,960	24,83,219	40,55,179	-	-	-	-	42,35,296
				PY 2019-20	14,64,313	-	23,362	-	23,362	3,95,286	6,91,613	2,20,659	13,07,558	1,80,117
80	18X354	DST	DST INSPIRE FACULTY AWARD IFA14-PH-114	CY 2020-21	85,620	5,97,506	9,419	-	6,06,925	-	-	14,303	14,303	6,78,242
				PY 2019-20	6,60,897	-	14,818	-	14,818	2,43,689	-	3,46,406	5,90,995	85,620
81	18X355	SERB	DESIGN AND ANALYSIS OF WIRELESS NETWORKS USING STOCHASTIC GEOMETRY	CY 2020-21	1,34,804	-	4,571	-	4,571	-	-	86,489	86,489	52,886
				PY 2019-20	2,05,681	-	5,599	-	5,599	-	-	76,676	76,676	1,34,804
82	18X356	DBT	INVESTIGATING SIRT1 DEPENDENT REGULATION OF HEPATIC VITAMIN D METABOLISM AND THE EFFICIENT ALGORITHMS FOR COMPUTING EQUILIBRIA IN GAMES ON NETWORKS	CY 2020-21	8,63,110	20,13,989	37,395	(1,54,629)	18,96,755	-	3,56,400	2,00,487	5,56,887	22,02,978
				PY 2019-20	30,66,723	-	67,026	-	67,026	-	5,02,757	17,67,882	22,70,639	8,63,110
83	18X357	SERB	NATIONAL POST-DOC FELLOWSHIP TO DR. ABHISHEK SINGH	CY 2020-21	2,73,174	-	9,784	-	9,784	-	-	23,192	23,192	2,59,766
				PY 2019-20	4,01,159	-	13,020	-	13,020	93,198	-	47,807	1,41,005	2,73,174
84	18X358	SERB	NATIONAL POST-DOC FELLOWSHIP TO DR. ABHISHEK SINGH	CY 2020-21	1,40,206	9,60,000	6,373	-	9,66,373	-	8,18,616	1,32,824	9,51,440	1,55,139
				PY 2019-20	9,68,229	1,55,945	15,967	-	1,71,812	-	7,60,845	2,58,990	10,19,835	1,40,206
85	18X361	DEPARTMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGY	DST INSPIRE FELLOWSHIP	CY 2020-21	48,45,667	22,19,728	1,48,120	(24,83,219)	(1,15,371)	-	21,87,179	6,85,045	28,72,224	18,58,072
				PY 2019-20	-	69,05,693	79,494	-	69,85,187	-	14,43,549	6,95,971	21,39,520	48,45,667
86	18X381	ONR EF OFFICE OF NAVAL RESEARCH	PROBING THE MAGNETO-ELASTIC COUPLING OF A ONE UNIT CELL THICK FERROMAGNET	CY 2020-21	1,29,352	-	4,316	-	4,316	-	-	37,981	37,981	95,687
				PY 2019-20	10,32,601	-	25,713	-	25,713	7,55,332	52,000	1,21,630	9,28,962	1,29,352
87	18X382	IFCPR	COMPOSITE MODELS AT THE INTERFACE OF THEORY AND PHENOMENOLOGY	CY 2020-21	6,63,124	6,76,391	18,862	(6,63,124)	(6,63,124)	-	-	-	-	-
				PY 2019-20	2,46,198	-	9,566	-	9,566	1,58,696	-	1,19,631	2,78,327	6,63,124
88	18X383	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY	SELF FLUORESCENT CELL PERMEABLE	CY 2020-21	2,74,844	-	-	-	9,566	-	-	23,600	23,600	2,60,810
				PY 2019-20	23,45,465	-	29,996	-	29,996	13,08,501	5,62,826	2,29,310	21,00,637	2,74,844
89	18X384	SERB	SURFACE GROUP REPRESENTATION AND GEOMETRIC GROUP THEORY	CY 2020-21	1,78,662	-	5,760	-	5,760	-	-	41,828	41,828	1,42,594
				PY 2019-20	1,49,711	90,000	7,358	-	97,358	-	-	68,407	68,407	1,78,662
90	18X385	SERB	DYNAMICAL SYSTEMS ON HOMOGENEOUS SPACES AND INTERACTIONS WITH NUMBERS	CY 2020-21	2,28,004	-	5,940	-	5,940	1,74,199	-	20,000	1,94,199	39,745
				PY 2019-20	29,087	2,20,000	3,507	-	2,23,507	21,990	-	2,600	24,590	2,28,004

TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
National Centre of the Government of India for Nuclear Science and Mathematics
1, Homi Bhabha Road, Colaba, Mumbai - 400 005
Schedule -B forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - HO Mumbai

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
					A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	I=F+G+H	J=A+E-I
91	18X386	DIARY NO.SERB/F/736/2018-19 DATED 16-05-2018	HOLOMORPHIC CARTAN GEOMETRY	CY 2020-21	2,04,926	1,00,000	4,245	-	1,04,245	1,16,603	-	70,755	1,87,358	1,21,813
				PY 2019-20	933	2,20,000	3,993	-	2,23,993	-	-	20,000	20,000	2,04,926
92	18X387	SERB	RAMANUJAN FELLOWSHIP TO DR.ABHJIT GADGE	CY 2020-21	2,65,440	-	7,133	-	7,133	-	-	1,34,887	1,34,887	1,37,666
				PY 2019-20	3,42,618	5,25,000	7,162	-	5,32,162	3,16,428	-	2,92,912	6,09,340	2,65,440
93	18X388	DEPARTMENT OF SCIENCE & TECHNOLOGY	UNVELLING PHYSICAL CONDITION IN MILKY WAY	CY 2020-21	39,077	8,30,000	788	(6,257)	8,24,531	-	6,05,000	72,500	6,77,500	1,86,108
			SMC AND HIGH RED SHIFTED DAMPED ALPHA ABSORBERS	PY 2019-20	1,73,843	6,00,000	6,007	(3,957)	6,02,050	-	6,60,000	76,816	7,36,816	39,077
94	19X359	DST	NANOSTRUCTURES WITH LARGE MAGNETO-OPTICAL ACTIVITY AND SPIN-ORBIT INTERACTION	CY 2020-21	8,12,564	-	18,392	(36,977)	(18,585)	-	4,52,460	1,03,564	5,56,024	2,37,955
			CRISPR-CAS9 BASED GENOME EDITING APPROACH TO EXPLORE FUNCTIONS OF ACTIN BINDING PROTEINS IN MAX PLANCK GESELLSCHAFT ZUR FORDERUNG DER WISSENSCHAFTEN E.V.	PY 2019-20	-	14,93,520	36,977	-	15,30,497	-	1,34,333	5,83,600	7,17,933	8,12,564
95	19X360	Department of Bio Technology	TO EXPLORE FUNCTIONS OF ACTIN BINDING PROTEINS IN MAX PLANCK GESELLSCHAFT ZUR FORDERUNG DER WISSENSCHAFTEN E.V.	CY 2020-21	14,40,234	-	30,827	(55,056)	(24,229)	-	7,49,227	2,22,575	9,71,802	4,44,203
			GENOME EDITING APPROACH TO EXPLORE FUNCTIONS OF ACTIN BINDING PROTEINS IN MAX PLANCK GESELLSCHAFT ZUR FORDERUNG DER WISSENSCHAFTEN E.V.	PY 2019-20	-	23,40,000	55,056	-	23,95,056	-	1,73,806	7,81,016	9,54,822	14,40,234
96	19X362	Max-Planck	MAX PLANCK GESELLSCHAFT ZUR FORDERUNG DER WISSENSCHAFTEN E.V.	CY 2020-21	17,35,806	17,33,963	83,914	-	18,17,877	2,20,794	41,000	2,74,901	5,36,695	30,16,988
				PY 2019-20	-	25,60,445	40,812	-	26,01,257	3,23,710	-	5,41,741	8,65,451	17,35,806
97	19X363	DEPARTMENT OF SCIENCE & TECHNOLOGY	LARGE-SCALE MAPPING OF MASSIVE STAR-FORMING REGIONS IN THE FAR-INFRARED EMISSION WITH A JEST	CY 2020-21	1,41,050	-	5,193	-	5,193	-	-	-	-	1,46,243
				PY 2019-20	-	3,05,000	6,246	-	3,11,246	-	-	1,70,196	1,70,196	1,41,050
98	19X364	JEST EXAM	JEST	CY 2020-21	58,03,119	-	1,67,858	-	1,67,858	-	-	27,98,791	27,98,791	31,72,186
				PY 2019-20	-	1,10,82,260	1,44,209	(54,04,262)	58,22,207	-	-	19,088	19,088	58,03,119
99	19X365	SERB	EXPLORING THE ANTICANCER POTENTIAL OF HIGH-VALENT ORGANOMETALLIC BLOCKS WITH APPLICATION TO MODULI SPACES	CY 2020-21	10,84,546	-	35,565	-	35,565	-	19,500	2,33,690	2,53,190	8,66,941
				PY 2019-20	-	12,40,000	24,175	-	12,64,175	-	-	1,79,629	1,79,629	10,84,546
100	19X366	SERB	TWISTED CONFORMAL BLOCKS WITH APPLICATION TO MODULI SPACES	CY 2020-21	2,24,046	80,000	5,599	-	85,599	79,388	-	1,02,081	1,81,469	1,28,176
				PY 2019-20	-	4,04,861	5,384	-	4,10,245	1,37,025	-	49,174	1,86,199	2,24,046
101	19X367	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD	NATIONAL POST DOCTORAL FELLOWSHIP TO MS. NIDHI SATISH SAIKHEDKAR	CY 2020-21	8,94,356	10,68,400	29,983	-	10,98,383	-	7,86,500	2,71,525	10,58,025	9,34,714
				PY 2019-20	-	11,18,400	17,023	-	11,35,423	-	1,41,067	1,00,000	2,41,067	8,94,356
102	19X368	BARC	BARC-TIFR MOU FOR THE PRETEM	CY 2020-21	2,86,91,013	-	7,41,430	-	7,41,430	-	-	1,46,44,720	1,46,44,720	1,47,87,723
				PY 2019-20	-	3,93,22,034	4,81,578	(54,23,728)	3,43,79,884	-	-	56,88,871	56,88,871	2,86,91,013
103	19X369	SERB	STRUCTURAL ORIENTATION EFFECTS OF NEW LOW DIMENSIONAL HYBRID PEROVSKITES ON THEIR	CY 2020-21	12,32,314	-	39,751	-	39,751	-	2,01,998	1,14,918	3,16,916	9,55,149
				PY 2019-20	-	13,05,575	22,954	-	13,28,529	-	-	96,215	96,215	12,32,314
104	19X370	WELLCOME TRUST/DBT INDIA ALLIANCE	MODULATION OF MITOCHONDRIAL METABOLISM WITHIN LIMBIC BRAIN REGIONS FOLLOWING EARLY	CY 2020-21	3,10,803	28,35,054	40,284	-	28,75,338	1,47,000	9,50,400	10,66,682	21,64,082	10,22,059
				PY 2019-20	-	7,92,099	5,857	-	7,97,956	-	2,59,200	2,27,953	4,87,153	3,10,803
105	19X371	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD (SERB)	NATIONAL POST-DOCTORAL FELLOWSHIP TO DR.SAYANTANI GHOSH	CY 2020-21	9,30,258	-	26,274	-	26,274	-	2,48,380	-	2,49,360	7,07,152
				PY 2019-20	-	18,400	15,237	-	11,33,637	-	1,03,379	1,00,000	2,03,379	9,30,258

TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
National Centre of the Government of India for Nuclear Science and Mathematics
1, Homi Bhabha Road, Colaba Mumbai 400 005
Schedule -B forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - HO Mumbai

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
					A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	I=F+G+H	J=A+E-I
106	19X372	DEPARTMENT OF SCIENCE & TECHNOLOGY	PLASMONIC NANOMATERIALS FOR CONVERTING CO2 TO FUEL USING SOLAR ENERGY	CY 2020-21	45,25,140	-	1,43,300	-	1,43,300	-	11,160	15,39,932	15,51,092	31,17,348
				PY 2019-20	-	48,07,382	73,860	-	48,81,242	-	-	3,56,102	3,56,102	45,25,140
107	19X373	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD	ALGEBRO-ANALYTIC METHODS FOR RUDIMENTARY MODELS OF COMPUTATION	CY 2020-21	2,03,423	-	7,254	-	7,254	-	-	20,000	20,000	1,90,677
				PY 2019-20	-	2,20,000	3,423	-	2,23,423	-	-	20,000	20,000	2,03,423
108	19X374	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD	THE HIGH-DIMENSIONAL PARAMETRIC COMPLEXITY OF THE SHORTEST PATH PROBLEM	CY 2020-21	2,03,423	-	6,575	-	6,575	-	-	20,000	20,000	1,57,880
				PY 2019-20	-	2,20,000	3,423	-	2,23,423	-	-	20,000	20,000	2,03,423
109	19X375	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD	DESIGNING A PERFECT INTERVIEWEXAM USING MULTI-ARMED BANDIT METHODS	CY 2020-21	2,03,423	-	3,867	-	3,867	1,20,018	-	48,472	1,68,490	38,800
				PY 2019-20	-	2,20,000	3,423	-	2,23,423	-	-	20,000	20,000	2,03,423
110	19X376	GOOGLE IRELAND LIMITED	GOOGLE PHD FELLOWSHIP IN ALGORITHMS TO SIDHARTH BHANDARI	CY 2020-21	35,88,138	-	1,16,895	-	1,16,895	-	6,00,000	-	6,00,000	31,05,033
				PY 2019-20	-	35,29,696	58,442	-	35,88,138	-	-	-	-	35,88,138
111	19X377	INFOSYS SCIENCE FOUNDATION	TRAVEL FUNDS TO CAL TECH (INFOSYS SCIENCE FOUNDATION FUNDS FROM SHRINIVAS KULI KARNI)	CY 2020-21	8,70,137	-	32,039	-	32,039	-	-	-	-	9,02,176
				PY 2019-20	-	8,56,720	13,417	-	8,70,137	-	-	-	-	8,70,137
112	19X378	DST	SCALING UP QUANTUM PROCESSORS USING SUPERCONDUCTING CIRCUITS	CY 2020-21	71,02,862	43,52,10,000	23,44,106	-	10,13,72,106	4,19,317	6,69,600	29,27,338	40,16,255	10,44,58,713
				PY 2019-20	-	70,00,000	1,02,862	-	71,02,862	-	-	-	-	71,02,862
113	19X379	DST	QUEST: GROUP CO-ORDINATION	CY 2020-21	-	-	-	1,09,78,000	1,09,78,000	-	-	2,00,000	2,00,000	1,07,78,000
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
114	19X380	DST	QUEST: WEBPAGE AND REPOSITORY	CY 2020-21	-	-	-	10,00,000	10,00,000	-	-	-	-	10,00,000
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
115	19X381	DRDO	DEVELOPMENT OF QUANTUM COMPUTING ARCHITECTURE WITH SILICON BASED SPIN QUBITS	CY 2020-21	81,40,895	-	2,77,068	-	2,77,068	9,62,175	-	-	9,62,175	74,55,788
				PY 2019-20	-	80,23,000	1,17,895	-	81,40,895	-	-	-	-	81,40,895
116	19X384	DRDO	THZ ABSORBER METAMATERIAL COMPATIBLE WITH MEMS FABRICATION PROCESS	CY 2020-21	5,58,082	-	18,367	-	18,367	-	1,24,800	-	1,24,800	4,51,649
				PY 2019-20	-	5,50,000	8,062	-	5,58,082	-	-	-	-	5,58,082
117	20X382	SREE PVF	MODULATION OF MMLBR FOLLOWING EARLY LIFE STRESS	CY 2020-21	-	1,95,17,300	1,96,416	-	1,97,13,716	2,68,726	5,95,440	58,97,877	67,62,043	1,29,51,673
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
118	20X383	DCS	COLABA COVID-19 RESEARCH	CY 2020-21	-	12,50,000	-	-	12,50,000	-	-	10,78,991	10,78,991	1,71,009
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
119	20X385	SERB	SUPERCONDUCTING CAVITY COUPLED TWISTRONIC DEVICES AND DETECTORS	CY 2020-21	-	2,80,00,000	5,13,366	-	2,85,13,366	-	8,90,870	10,50,294	19,41,164	2,65,72,202
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
120	20X386	Microsoft Research & Lab India Pvt Ltd, Mumbai 400 005.	MICROSOFT UNRESTRICTED RESEARCH GRANT TO SUPPORT RESEARCH COLLABORATIONS	CY 2020-21	-	10,62,000	20,221	(1,62,000)	9,20,221	-	2,10,000	11,854	2,21,854	6,98,367
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
National Centre of the Government of India for Nuclear Science and Mathematics
1, Homi Bhabha Road, Colaba, Mumbai 400 005
Schedule -B forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - HO Mumbai

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
					A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	I=F+G+H	J=A+E-I
121	20X387	National Security Council Secretariat	FEASIBILITY OF DEVELOPING A SQUID BASED AIRBORNE FULL TENSOR GRADIOMETER REG.	CY 2020-21	-	4,34,380	7,127	-	4,41,507	-	-	1,91,501	1,91,501	2,50,006
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
122	20X388	US Agency ITC PAC	NON-LOCAL TRANSPORT IN TWISTED DOUBLE	CY 2020-21	-	8,79,600	10,466	-	8,90,066	-	39,000	5,80,880	6,19,880	2,70,203
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
123	20X389	A.T.E. CHANDRA FOUNDATION	ENHANCE THE TIER AGENT BASED SIMULATOR	CY 2020-21	-	20,00,000	39,894	-	20,39,894	-	1,68,387	15,876	1,84,263	18,55,631
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
124	20X390	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD	J C BOSE FELLOWSHIP TO PROF. SHIRAZ MINWALLA	CY 2020-21	-	14,00,000	25,053	-	14,25,053	34,926	-	2,24,416	2,59,342	11,65,721
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
125	20X391	Human Space Flight Centre (HSFC - ISRO)	MOU BETWEEN HSFC (ISRO) & TIFR	CY 2020-21	-	24,21,800	46,507	-	24,68,307	-	-	62,640	62,640	24,05,667
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
126	20X392	SERB	CYCLES, MOTIVES AND K-THEORY	CY 2020-21	-	2,66,749	3,650	-	2,70,399	92,463	-	19,369	1,11,822	1,58,577
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
127	20X393	SERB	QUANTITATIVE METHODS FOR CORE ELECTRON SPECTROSCOPY OF MOLECULAR LIQUIDS	CY 2020-21	-	18,91,000	33,123	-	18,94,123	-	-	1,14,128	1,14,128	17,79,995
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
128	20X394	SERB	A NEW LINK BETWEEN HOLOMORPHIC DYNAMICS & KLEINIAN GROUPS	CY 2020-21	-	3,53,296	3,475	-	3,56,771	1,96,453	-	44,381	2,42,834	1,13,937
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
129	20X395	SERB	STUDY THE RIBSOME ASSOCIATED PROTEIN QUALITY CONTROL MECHANISM OF CELL	CY 2020-21	-	11,98,400	7,874	-	12,06,274	-	-	10,28,148	10,28,148	1,78,126
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
130	20X396	DEPARTMENT OF SCIENCE & TECHNOLOGY	SWARNAJAYANTI FELLOWSHIP	CY 2020-21	-	3,00,000	4,849	-	3,04,849	-	95,161	20,000	1,15,161	1,85,688
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
131	20X397	TCS Foundation	TCS RESEARCH SCHOLAR PROGRAMME	CY 2020-21	-	11,32,000	9,485	(3,50,000)	7,91,485	-	2,94,996	-	2,94,996	4,96,489
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
132	20X398	SERB	BIMEROMORPHIC CLASSIFICATION OF HIGHER DIMENSIONAL VARIETIES	CY 2020-21	-	3,17,600	3,299	-	3,20,899	1,48,798	-	55,197	2,03,995	1,16,904
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
133	20X399	SERB	SWANAJAYANTI FELLOWSHIP TO DR. HARIHARAN NARAYANAN	CY 2020-21	-	3,00,000	5,022	-	3,05,022	-	-	20,000	20,000	2,85,022
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
134	20X400	SERB	NATIONAL POST-DOCTORAL FELLOWSHIP TO DR. DEBI PRASAD PANDA	CY 2020-21	-	11,18,400	16,971	-	11,35,371	-	1,03,791	1,00,000	2,03,791	9,31,590
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
135	20X401	SERB	NATIONAL POST-DOCTORAL FELLOWSHIP TO DR. JHUMA SAHA	CY 2020-21	-	11,18,400	16,584	-	11,34,984	-	1,29,708	1,00,000	2,29,708	9,05,276
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
National Centre of the Government of India for Nuclear Science and Mathematics
1, Homi Bhabha Road, Colaba, Mumbai 400 005
Schedule -B forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - HO Mumbai

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
					A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	I=F+G+H	J=A+I-J
136	20X402	SERB	FEW UNIT-CELL THICK BIZSR2CACU208+6 (BSCCO) SUPERLATTICES	CY 2020-21	-	25,93,027	30,957	-	26,23,984	-	-	1,33,308	1,33,308	24,90,676
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
137	20X403	SERB	NATIONAL POST-DOCTORAL FELLOWSHIP TO MS. NISHEETA DESAI	CY 2020-21	-	9,60,000	14,898	-	9,74,898	-	55,347	1,00,000	1,55,347	8,19,551
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
138	20X404	SERB	INFORMATION THEORETICALLY PRIVATE DISTRIBUTED DETECTION & SECURE COMPUTATION OVER NEUTRINO MURMURATIONS & SUPERNOVA EXPLOSIONS	CY 2020-21	-	2,20,000	3,620	-	2,23,620	-	-	20,000	20,000	2,03,620
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
139	20X405	SERB	NEUTRINO MURMURATIONS & SUPERNOVA EXPLOSIONS	CY 2020-21	-	1,37,000	2,201	-	1,39,201	-	-	17,000	17,000	1,22,201
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
140	20X406	DST	LARGE DEVIATIONS, RARE-EVENT SIMULATION AND MACHINE LEARNING: IMPORTANCE SAMPLING	CY 2020-21	-	5,28,000	6,904	-	5,34,904	-	-	48,000	48,000	4,86,904
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
141	20X407	SERB	PROVABLE GUARANTEES FOR MACHINE LEARNING, WITH A FOCUS ON MANIFOLDS AND LIE THEORETIC SYMMETRIES	CY 2020-21	-	7,99,800	10,350	-	8,10,150	-	-	81,800	81,800	7,28,350
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
142	20X408	SERB	J.C. BOSE FELLOWSHIP TO PROF. KEDAR DAMLE	CY 2020-21	-	19,00,000	22,205	-	19,22,205	-	11,290	-	11,290	19,10,915
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
143	20X409	CARS DRDO	DEVICE FABRICATION CONTROL AND MEASUREMENT ELECTRONICS	CY 2020-21	-	24,15,255	27,036	-	24,42,291	-	-	-	-	24,42,291
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sub Total (I)					35,84,46,505	60,88,61,501	1,42,53,637	(34,50,66,283)	27,80,48,855	10,39,23,351	3,40,12,136	6,30,62,505	20,09,97,992	43,54,97,308
				PY 2019-20	31,90,24,281	36,40,72,261	1,49,46,482	(13,62,31,262)	24,27,87,481	3,63,11,639	3,78,92,718	13,00,60,900	20,42,65,257	35,84,46,490
				CY 2020-21	2,41,97,061	-	-	(2,84,503)	(2,84,503)	-	-	-	-	2,39,12,559
				PY 2019-20	2,83,75,937	-	-	(41,78,876)	(41,78,876)	-	-	-	-	2,41,97,061
Closed Projects (II)					38,26,43,666	60,88,61,501	1,42,53,637	(34,53,60,786)	27,77,64,352	10,39,23,351	3,40,12,136	6,30,62,505	20,09,97,992	45,84,09,927
				PY 2019-20	34,83,00,218	36,40,72,261	1,49,46,482	(14,04,10,138)	23,86,08,605	3,63,11,639	3,78,92,718	13,00,60,900	20,42,65,257	38,26,43,551
Total - 'A' - Mumbai Projects (I + II)														



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
National Centre of the Government of India for Nuclear Science and Mathematics
1, Homi Bhabha Road, Colaba, Mumbai 400 005
Schedule forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
RGC - HO Mumbai

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/Adjustment	Current year Additions	Capital Additions [Note(i)]	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
					A	B	C	D	E=B+C+D	G	H	I	J=G+H+I	K=F-J
1	17R001	TIFR SHELL AGREEMENT	GENERATING HYDROGEN PEROXIDE VIA ELECTROLYSIS OF WATER	CY 2020-21	29,58,962	3,19,968	-	-	3,19,968	-	5,76,671	94,257	6,70,928	26,08,002
				PY 2019-20	23,91,414	23,46,432	-	-	23,46,432	1,24,230	8,63,329	7,91,325	17,78,884	29,58,962
2	17R002	SHELL INDIA MARKETS PVT. LTD.	NANOCAGES OF GRAPHITIC CARBON NITRIDE USING DFNS FOR IN-SITU CO ₂	CY 2020-21	14,13,024	4,62,424	-	-	4,62,424	-	5,73,173	1,56,578	7,29,751	11,45,697
				PY 2019-20	15,97,072	25,44,944	-	-	25,44,944	1,62,945	11,52,408	14,13,939	27,28,992	14,13,024
3	17R003		DERIVING EFFECTIVE CORASE-SCALE PER MEABILITIES FOR HETEROGENEOUS MEDIA	CY 2020-21	4,88,726	-	-	-	-	-	-	39	39	4,88,687
				PY 2019-20	5,15,926	-	-	-	-	-	-	27,200	27,200	4,88,726
4	17R004	SHELL INDIA MARKETS PVT. LTD.	DEVELOPMENT OF IMAGING TECHNIQUES IN SESMOLOGY	CY 2020-21	14,62,159	53,14,313	-	-	53,14,313	-	12,25,239	14,33,101	26,58,340	41,18,132
				PY 2019-20	44,53,701	(8,65,680)	-	-	(8,65,680)	53,025	10,99,499	9,73,338	21,25,862	14,62,159
5	17R005	HORIBA INDIA PVT. LTD.	CONSULTING SERVICES TO HORIBA TOWARDS SET UP OF SCIENTIFIC ADVISORY BOARD (SAB)	CY 2020-21	69,728	-	-	-	-	-	25,474	39	25,513	44,215
				PY 2019-20	2,11,909	-	-	-	-	-	1,14,047	28,134	1,42,181	69,728
6	19R006	UNIVERSITY OF MARYLAND	CONSULTATION & SUPPORT TO UNIVERSITY OF MARYLAND FOR THE MARYLAND FOR THE TO DEVELOP A QUANTUM HARDWARE-SOFTWARE INTERFACE(QHSI) TO ENABLE CLOUD ACCESS	CY 2020-21	96,457	-	-	-	-	-	-	1,039	1,039	95,418
				PY 2019-20	-	2,89,244	-	-	2,89,244	-	4,270	1,86,517	1,92,787	96,457
7	19R007	TATA CONSULTANCY SERVICES LTD.	INTERFACED (QHSI) TO EFFECTIVE WAVESPEED Models for the Seismic Wave Equation	CY 2020-21	1,88,981	15,52,000	-	-	15,52,000	-	8,96,103	3,52,040	12,48,143	4,92,838
				PY 2019-20	-	7,20,000	-	-	7,20,000	-	3,83,349	1,47,670	5,31,019	1,88,981
8	19R008		Effective Wavespeed Models for the Seismic Wave Equation	CY 2020-21	-	60,49,300	-	-	60,49,300	-	-	7,50,039	7,50,039	52,99,261
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	20R009	BASF CHEMICALS INDIA PVT. LTD.	Ultrasmall Metal(Pt,Pd,Au,co) Nanoparticle Decorated on Dendritic Fibrous Nanosilica	CY 2020-21	-	48,00,000	-	-	48,00,000	-	-	8,00,039	8,00,039	39,99,961
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	20R010	HINDUSTAN PETROLEUM CORP. LTD.	Design and Development of Single/Pseudo Single Atom pt Catalysts for Heavy Naptha Reforming	CY 2020-21	-	10,40,626	-	-	10,40,626	-	-	2,57,785	2,57,785	7,82,841
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	RGTR	TDS Receivable RGC		CY 2020-21	28,86,962	-	-	6,37,518	6,37,518	-	-	-	-	35,26,480
				PY 2019-20	22,50,987	-	-	6,37,975	6,37,975	-	-	-	-	28,88,962
Total: A - Mumbai Projects (RGC)				CY 2020-21	95,66,999	1,85,38,631	-	6,37,518	2,01,76,149	-	32,96,860	38,44,956	71,41,616	2,28,01,532
				PY 2019-20	1,14,21,009	50,34,940	-	6,37,975	56,72,915	3,39,900	36,15,902	35,70,123	75,26,925	95,66,999



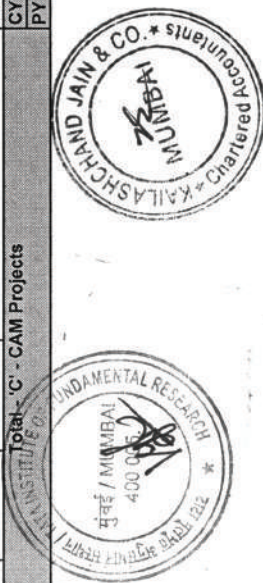
NATIONAL CENTRE FOR RADIO ASTROPHYSICS
TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
 Savitribai Phule Pune University Campus, Spicer College Road, opp. Botanical Garden, Ganeshkhind, Pune, Maharashtra 411007
B Schedule forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grant - NCRA

SR.NO.	GRANTING AUTHORITY	PROJECT NAME	YEAR	OPENING BALANCE	GRANTS RECEIVED	Interest earned during the year	OTHER RECEIPTS	CURRENT YEAR ADDITIONS	CAPITAL ADDITIONS	SALARIES	OTHER REVENUE EXPENSES	TOTAL PAYMENTS	NET BALANCE
				A	B	C	D	E = B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E-I
1	Department of Science & Technology	REDD-061	CY 2020-21	-	5,02,227			5,02,227		1,86,290	3,15,937	5,02,227	-
2	Department of Science & Technology	INSPIRE-063	CY 2019-20	59,667				-		50,000	9,667	59,667	-
			CY 2020-21	38,54,690				-			38,54,690	38,54,690	-
3	Department of Science & Technology	UEMS-065	CY 2019-20	5,60,388	35,14,377			35,14,377			2,20,075	2,20,075	38,54,690
			CY 2020-21	4,03,874	3,25,000		1,09,963	4,34,963	1,70,573	2,25,000	1,07,874	5,03,447	3,35,390
4	Department of Science & Technology	RAADIOSKY-068	CY 2019-20	16,46,139				-		3,00,000	9,42,265	12,42,265	4,03,874
			CY 2020-21	7,13,457				-			7,13,457	7,13,457	-
5	Department of Science & Technology	INDOSA-69	CY 2019-20	7,13,457				-					7,13,457
			CY 2020-21	3,25,312				-			3,25,312	3,25,312	-
6	Department of Science & Technology	CEFIPRA-70	CY 2019-20	3,25,312				-					3,25,312
			CY 2020-21	6,52,857				-			45,931	45,931	6,06,926
7	Department of Science & Technology	VOIDG-71	CY 2019-20	6,52,857				-					6,52,857
			CY 2020-21	6,28,200				-			6,28,200	6,28,200	-
8	Science and Engineering Research Board	SERB-072	CY 2019-20	3,31,941	6,28,200			6,28,200					6,28,200
			CY 2020-21	9,60,000	9,08,400			9,08,400		6,05,000	2,25,577	8,30,577	4,09,764
9	SKA PROJECT	SKA	CY 2019-20	3,11,61,426	59,234			59,234		6,28,059	59,234	6,87,293	3,31,941
			CY 2020-21	1,07,61,669	14,53,50,000		2,11,709	14,55,61,709			13,80,90,341	13,80,90,341	3,86,32,794
10	Interest earned on project funds		CY 2019-20		11,15,50,000			11,15,50,000			9,11,50,243	9,11,50,243	3,11,61,426
			CY 2020-21			1,91,304		1,91,304					1,91,304
			CY 2019-20			2,05,967		2,05,967					2,05,967
			CY 2020-21	3,80,71,757	14,70,85,627	1,91,304	3,21,672	14,75,98,603	1,70,573	10,16,290	14,43,07,319	14,54,94,182	4,01,76,178
			CY 2019-20	1,56,79,489	11,57,51,811	2,05,967	-	11,59,57,778	-	9,78,059	9,23,81,484	9,33,59,543	3,82,77,728
		Total - 'B' - NCRA Projects											



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
Unit: CENTRE FOR APPLICABLE MATHEMATICS
Schedule Forming Part of Balance Sheet as at 31st March 2021
Schedule "B" - CAM

SR.NO.	BUD CODE	GRANTING AUTHORITY	PROJECT NAME	YEAR	OPENING BALANCE	GRANTS RECEIVED	INTEREST	OTHER RECEIPTS / ADJUSTMENTS	CURRENT YEAR ADDITIONS	CAPITAL ADDITIONS	SALARIES	OTHER REVENUE EXPENSES	SUBTOTAL	NET BALANCE
					A	B	C	D	E = B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E-I
1	CCGA	CCGA	Mesoscale Modelling For Monsoon Related weather Predictions	CY 2020-21	3,53,133	-	-	-	-	-	-	-	-	3,53,133
2	GDHC	DAE	Grant From DAE for staff Housing Colong Bangalore	PY 2019-20	3,53,133	-	-	-	-	-	-	-	-	3,53,133
3	MS	Microsoft	Microsoft	CY 2020-21	7,00,000	-	-	-	-	-	-	-	-	7,00,000
4	NIC	EADS	EADS - AIRBUS	PY 2019-20	2,01,929	-	-	-	-	-	-	-	-	2,01,929
5	INS	INSPIRE	INSPIRE (Shyam S Ghoshal)	CY 2020-21	1,03,86,505	-	2,67,471	1,05,040	2,67,471	-	-	1,657	1,657	1,06,52,319
6	INS	INSPIRE	INSPIRE (Divyang Bhimani)	PY 2019-20	1,00,72,103	-	4,56,681	-	5,61,721	-	-	2,47,319	2,47,319	1,03,86,505
7	INS	INSPIRE	INSPIRE (Haripada Sau)	CY 2020-21	5,14,832	7,00,000	-	-	7,00,000	1,15,845	-	1,37,245	2,53,090	9,61,542
8	INS	INSPIRE	INSPIRE (Debayani Maity)	PY 2019-20	3,72,963	3,27,037	-	-	3,27,037	-	-	1,85,368	1,85,368	5,14,632
9	INS	INSPIRE	INSPIRE (Debayani Maity)	CY 2020-21	10,38,028	15,93,668	-	1,001	15,94,669	2,28,700	9,15,419	2,20,487	13,84,606	12,68,091
10	NPDF	NPDF	NPDF	PY 2019-20	14,09,921	7,30,771	-	-	7,30,771	2,37,828	7,92,360	72,476	11,02,664	10,38,028
11	SERB	MATRICES	MATRICES	CY 2020-21	3,10,119	17,93,253	-	1,43,220	19,36,473	2,43,541	13,69,792	1,40,020	17,53,353	4,93,239
				PY 2019-20	5,28,098	12,10,324	-	-	12,10,324	2,63,801	5,95,833	40,571	9,00,205	3,10,119
				CY 2020-21	54,556	7,00,000	-	-	7,00,000	1,09,885	-	1,06,452	2,16,337	3,09,761
				PY 2019-20	2,88,021	-	-	-	-	1,26,747	-	47,155	1,73,902	5,26,098
				CY 2020-21	17,60,272	24,23,239	-	-	24,23,239	-	-	54,556	54,556	-
				PY 2019-20	1,69,531	12,70,000	-	84,575	13,54,575	4,57,333	12,54,439	2,05,000	2,33,465	54,556
				CY 2020-21	4,73,119	9,16,950	-	-	9,16,950	2,55,762	21,46,574	5,10,940	31,14,847	9,63,800
				PY 2019-20	1,42,54,531	4,40,000	-	-	4,40,000	-	-	2,05,085	4,60,847	6,25,634
				CY 2020-21	1,56,31,461	46,78,132	2,67,471	1,44,221	78,38,802	9,53,733	35,39,650	10,70,502	55,83,885	1,65,29,448
				PY 2019-20	1,56,31,461	46,78,132	4,56,681	1,89,615	53,24,428	10,85,709	35,34,767	20,80,882	67,01,358	1,42,54,531



NATIONAL CENTRE FOR BIOLOGICAL SCIENCES
TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
GKYK POST, BELLARY ROAD, BANGALORE-560065
B Schedule forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - NCBS

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
					A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E-I
1	08X6324	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	PROGRAMME SUPPORT FOR TECHNOLOGICAL INNOVATIONS AND ECOLOGICAL RESEARCH FOR SYSTEM BIOLOGY	CY 2020-21	(31,23,292)	-	-	31,23,292	31,23,292	-	-	-	-	-
				PY 2019-20	(31,23,292)	-	-	-	-	-	-	-	-	(31,23,292)
2	08X6637	Mout Sinai School of Medicine		CY 2020-21	15,74,337	-	62,899	-	62,899	-	1,80,000	-	1,80,000	14,57,236
				PY 2019-20	15,34,523	-	1,38,767	-	1,38,767	-	-	98,973	98,973	15,74,337
3	09X6330	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	CENTRE OF EXCELLENCE ON COMPUTATIONAL AND SYSTEM BIOLOGY	CY 2020-21	6,85,344	-	28,679	-	28,679	-	-	-	-	7,14,023
				PY 2019-20	6,27,124	-	98,220	-	98,220	-	-	-	-	6,85,344
4	09X6653	THE CONCENTRATE MANUFACTURING COMPANY OF IRELAND	MODULATION OF EMOTIONAL AND COGNITIVE FUNCTION USING NATURAL COMPOUNDS MOLECULES, CELLS AND	CY 2020-21	7,97,775	-	26,927	-	26,927	-	6,46,009	-	6,46,009	1,78,693
				PY 2019-20	7,66,299	-	77,053	-	77,053	-	-	45,577	45,577	7,97,775
5	11X6344	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	INVESTIGATING THE ROLE OF AXONAL TRANSPORT IN SENSORY NEURON REGENERATION	CY 2020-21	(12,76,233)	-	-	12,58,378	12,58,378	-	-	(17,855)	(17,855)	-
				PY 2019-20	(12,76,233)	-	-	-	-	-	-	-	-	(12,76,233)
6	12X6352	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	COMPUTATIONAL KNOCKOUTS & FUNCTIONAL VALIDATION BY RNAi & SINGLE-SITE MUTATION	CY 2020-21	15,27,849	-	63,933	-	63,933	-	-	-	-	15,91,782
				PY 2019-20	13,98,058	-	1,29,791	-	1,29,791	-	-	-	-	15,27,849
7	12X6692	BRNS, DEPARTMENT OF ATOMIC ENERGY, GOI	BIOGEOGRAPHY OF INDIAN SUB-CONTINENT	CY 2020-21	(18,91,675)	-	-	(9,69,535)	(9,69,535)	-	-	-	-	(28,61,210)
				PY 2019-20	(18,91,675)	-	-	-	-	-	-	-	-	(18,91,675)
8	12X6696	EUROSPIN	EUROSPIN FELLOWSHIP TO DINESH NATESAN	CY 2020-21	(1,71,717)	-	-	-	-	-	-	(1,71,717)	(1,71,717)	-
				PY 2019-20	4,14,714	-	17,280	-	17,280	-	-	4,33,711	4,33,711	(1,71,717)
9	13X6249	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	YEAR OF SCIENCE CHAIR PROFESSORSHIP	CY 2020-21	7,22,575	32,00,000	57,548	-	32,57,548	1,15,907	14,52,600	18,44,942	34,13,449	5,66,674
				PY 2019-20	20,26,907	15,00,000	97,722	-	15,97,722	-	14,52,000	14,50,054	29,02,054	7,22,575
10	13X6252	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	RAMANUJAN FELLOWSHIP TO DR. PADUBIDRI SHIVAPRASA	CY 2020-21	2,217	-	93	-	93	-	-	-	-	2,310
				PY 2019-20	2,029	-	188	-	188	-	-	-	-	2,217
11	13X6353	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	INVESTIGATING THE ROLE OF GAP JUNCTIONS AT AN IDENTIFIED GLUTAMATERGIC SYNAPSE IN A DEVELOPING	CY 2020-21	12,30,429	-	51,488	-	51,488	-	-	-	-	12,81,917
				PY 2019-20	11,74,809	-	1,05,403	(49,783)	55,620	-	-	-	-	12,30,429
12	13X6357	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	MOLECULAR GENETICS OF INTRACELLULAR CALCIUM SIGNALING IN NEURONS WITH APPLICATION TO	CY 2020-21	12,33,419	-	24,171	(7,40,696)	(7,16,525)	-	-	4,92,723	4,92,723	24,171
				PY 2019-20	38,90,571	-	2,72,645	-	2,72,645	-	2,53,742	26,76,055	29,29,797	12,33,419
13	13X6358	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	CRYSTALLOGRAPHY AND SCATTERING FACILITY AT NCBS-INSTEM	CY 2020-21	46,97,677	-	1,96,576	-	1,96,576	-	-	-	-	48,94,253
				PY 2019-20	42,98,610	-	3,99,067	-	3,99,067	-	-	-	-	46,97,677
14	13X6359	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	NATIONAL MOUSE RESEARCH RESOURCE (NAMOR)	CY 2020-21	34,06,532	-	1,42,548	-	1,42,548	-	-	-	-	35,49,080
				PY 2019-20	31,17,147	-	2,99,385	-	2,99,385	-	-	-	-	34,06,532
15	13X6698	WELLCOME TRUST-DBT INDIA ALLIANCE	EARLY CARRIER FELLOWSHIP TO DR. MEGHA	CY 2020-21	1,44,567	1,15,867	4,108	(2,35,181)	(1,15,216)	-	-	-	-	29,351
				PY 2019-20	3,59,498	-	25,243	-	25,243	-	-	-	-	1,44,567
16	13X6702	SMGS FOUNDATION	SMGS CENTRE FOR THE STUDY OF LIVING MACHINES	CY 2020-21	65,27,084	-	1,40,880	7,93,215	9,34,095	-	29,23,857	39,61,585	68,95,442	5,75,737
				PY 2019-20	1,55,77,721	-	7,47,953	(2,89,034)	4,56,919	-	60,96,145	34,13,411	95,09,556	65,27,084

NATIONAL CENTRE FOR BIOLOGICAL SCIENCES
TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
GKYK POST, BELLARY ROAD, BANGALORE-560065
B Schedule forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - NCBS

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
17	13X6714	PROF VIJAYRAGHAVAN ELIFE CONTRIBUTIONS	CONTRIBUTION TO RESEARCH	CY 2020-21	24,52,403	11,85,798	1,09,524	-	12,95,322	-	3,72,000	4,87,962	8,59,962	28,87,763
				PY 2019-20	25,56,751	-	2,04,755	-	2,04,755	-	3,54,000	(44,897)	3,09,103	24,52,403
18	13X6719	Indo-French Centre for the Promotion of Advanced Research (JFCP/ARCEP/PRA), GOI	GENOME-SCALE ANALYSIS OF DIFFERENTIAL PROPENSITIES OF DIFFERENT CHROMOSOMAL DOMAINS	CY 2020-21	3,98,305	-	16,667	-	16,667	-	-	-	-	4,14,972
				PY 2019-20	3,64,469	-	33,836	-	33,836	-	-	-	-	3,98,305
19	13X6738	UNIVERSITY GRANTS COMMISSION, GOI	A COMPUTATIONAL METRIC APPROACH TO OLFACTORY CHARACTERIZING NOVEL MOLECULES IN OLFACTORY QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE MODULATION OF HOST TRAFFICKING PATHWAYS BY INTRACELLULAR	CY 2020-21	23,13,002	-	96,789	(23,13,002)	(22,16,213)	-	-	-	-	96,789
				PY 2019-20	34,47,983	-	2,14,136	(13,48,117)	(11,34,981)	-	-	-	-	23,13,002
20	14X6260	MAX PLANCK INSTITUTE	QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE MODULATION OF HOST TRAFFICKING PATHWAYS BY INTRACELLULAR	CY 2020-21	1,12,208	-	2,570	-	2,570	-	1,12,000	-	1,12,000	2,778
				PY 2019-20	1,20,259	-	11,164	-	11,164	-	-	19,215	19,215	1,12,208
21	14X6363	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	REGULATION OF DROSOPHILA LARVAL GROWTH AND TOR SIGNALING A NOVEL PHOSPHONOSITIDE KINASE	CY 2020-21	2,76,940	-	11,589	-	11,589	-	-	-	-	2,88,529
				PY 2019-20	2,53,414	-	23,526	-	23,526	-	-	-	-	2,76,940
22	14X6364	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	QUANTITATIVE ANALYSIS OF HOST DETERMINANTS OF INTRACELLULAR MYCOBACTERIAL INFECTION	CY 2020-21	1,32,474	-	4,859	(17,334)	(12,475)	-	-	1,15,140	1,15,140	4,859
				PY 2019-20	1,98,808	3,02,891	12,687	-	3,15,578	-	2,50,480	1,31,432	3,81,912	1,32,474
23	14X6365	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	INVESTIGATING THE NUCLEATION MECHANISM OF HOMOLOGOUS RECOMBINATION IN DNA	CY 2020-21	38,872	-	793	(38,872)	(38,079)	-	-	-	-	793
				PY 2019-20	6,23,285	2,00,000	32,872	-	2,32,872	-	1,82,000	6,35,285	8,17,285	38,872
24	14X6366	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	CHEMICAL ECOLOGY OF THE NRT-EST REGION (NER) OF INDIA: A COLLABORATIVE PROGRAMME LINKING NER & OLFACTORY MODULATION OF INSECT FLIGHT	CY 2020-21	65,08,930	64,21,343	2,57,537	(8,01,588)	58,77,292	-	29,70,317	19,87,285	49,57,582	74,28,640
				PY 2019-20	40,49,969	63,95,400	5,08,941	-	69,04,341	-	33,63,210	10,82,170	44,45,380	65,08,930
25	14X6718	Indo-French Centre for the Promotion of Advanced Research (JFCP/ARCEP/PRA), GOI	OLFACTORY MODULATION OF INSECT FLIGHT	CY 2020-21	1,14,518	-	4,792	-	4,792	-	-	-	-	1,19,310
				PY 2019-20	1,04,790	-	9,728	-	9,728	-	-	-	-	1,14,518
26	14X6726	TATA TRUSTS, MUMBAI	M.S.C PROGRAMME IN WILDLIFE BIOLOGY AND CONSERVATION	CY 2020-21	18,32,470	-	70,447	-	70,447	-	-	6,28,932	6,28,932	12,73,985
				PY 2019-20	6,83,801	36,03,000	1,30,720	-	37,33,720	-	10,76,025	15,09,026	25,85,051	18,32,470
27	14X6727	International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology	FUNCTIONAL CHARACTERIZATION OF GUT MICROBIAL COMMUNITIES & THEIR FITNESS EFFECTS	CY 2020-21	41,675	-	1,381	-	1,381	-	-	41,675	41,675	1,381
				PY 2019-20	1,75,039	-	5,226	-	5,226	-	-	1,38,590	1,38,590	41,675
28	14X6732	WELLCOME TRUST-DBT INDIA ALLIANCE	CO-ORDINATION AND CONTROL OF THE PHOSPHONOSITIDE CYCLE DURING CELL SIGNALLING	CY 2020-21	31,84,697	18,75,649	87,034	2,19,206	21,81,889	-	18,61,000	30,28,121	48,88,121	4,77,465
				PY 2019-20	17,37,348	74,45,557	3,21,328	-	77,66,885	-	18,51,420	44,08,116	63,19,536	31,84,697
29	14X6733	WELLCOME TRUST-DBT INDIA ALLIANCE	STRUCTURAL MECHANISMS OF RNA-MEDIATED GENE REGULATION IN BACTERIA	CY 2020-21	21,31,913	53,96,816	2,09,126	5,06,136	61,12,078	-	5,21,264	56,27,554	61,48,818	20,95,173
				PY 2019-20	31,89,059	20,11,233	2,15,074	-	22,26,307	15,04,400	10,18,374	7,50,679	32,83,453	21,31,913
30	14X6734	UPSALA UNIVERSITY, SWEDEN	MULTIMODAL FACTORS THAT ATTRACT HOVERFLIES FOR POLLINATION	CY 2020-21	12,520	-	524	-	524	-	-	-	-	13,044
				PY 2019-20	3,37,185	-	4,270	-	4,270	-	72,000	2,56,935	3,28,935	12,520
31	15X6265	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	UNRAVELLING THE ROLE PLAYED BY NEURONAL GAP JUNCTION PROTEIN CONNEXIN 35 (CX35) IN	CY 2020-21	44,651	-	1,868	-	1,868	-	-	44,651	44,651	1,868
				PY 2019-20	40,858	-	3,793	-	3,793	-	-	-	-	44,651
32	15X6266	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	RAVULIAN FELLOWSHIP TO DR. RADHIKA VENKATESAN	CY 2020-21	4,42,549	4,75,000	23,488	-	3,87,212	-	-	7,86,273	7,86,273	23,488
				PY 2019-20	6,24,197	7,10,000	83,482	-	9,93,482	-	2,02,800	7,72,330	9,75,130	4,42,549

KAILASH CHAND JAIN & CO. * Chartered Accountants

TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
400 005

NATIONAL CENTRE FOR BIOLOGICAL SCIENCES
TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
GKVX POST, BELLARY ROAD, BANGALORE-560065
B Schedule forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - NCBS

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
					A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E-I
33	15X6267	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	RAMANUJAN FELLOWSHIP TO DR. SHANNON OLSSON	CY 2020-21	2,84,565	4,00,000	5,228	(1,15,405)	2,89,823	-	5,89,160	-	5,89,160	5,228
				PY 2019-20	5,34,087	6,30,000	41,477	-	6,71,477	-	5,41,800	3,79,199	9,20,999	2,84,565
34	15X6269	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	RAMANUJAN FELLOWSHIP TO DR. HIYAA SINGHEE GHOSH	CY 2020-21	7,44,552	-	19,646	-	19,646	-	-	5,77,281	5,77,281	1,86,917
				PY 2019-20	7,32,916	5,27,000	77,020	-	6,04,020	-	3,00,000	2,92,384	5,92,384	7,44,552
35	15X6368	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	GENOMIC CHARACTERIZATION AND ANALYSIS OF PATHWAYS OF KEY MEDICINALLY RELEVANT SECONDARY UNDERSTANDING THE MECHANISM OF PROTEIN MISFOLDING IN NEURODEGENERATIVE	CY 2020-21	2,16,587	-	7,448	-	7,448	-	1,09,200	-	1,09,200	1,14,635
				PY 2019-20	6,99,172	-	30,129	-	30,129	-	-	5,12,714	5,12,714	2,16,587
36	15X6369	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	UNDERSTANDING THE MECHANISM OF PROTEIN MISFOLDING IN NEURODEGENERATIVE	CY 2020-21	2,61,296	-	5,896	-	5,896	-	2,29,467	22,756	2,52,223	14,969
				PY 2019-20	2,39,069	-	22,197	-	22,197	-	-	-	-	2,61,266
37	15X6370	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	FUNCTIONAL CHARACTERIZED OF GENETIC & EPIGENETIC REGULATORY NETWORK INVOLVED IN THE	CY 2020-21	1,63,219	12,46,410	8,757	-	12,55,167	-	7,14,000	5,72,766	12,86,766	1,31,620
				PY 2019-20	10,16,329	-	39,362	-	39,362	-	7,85,400	1,07,072	8,92,472	1,63,219
38	15X6371	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	ACCELERATING THE APPLICATION OF STEM CELL TECHNOLOGY IN HUMAN DISEASE (ASHD)	CY 2020-21	1,65,94,005	87,12,201	4,23,568	(84,38,914)	6,96,855	-	26,18,566	41,99,096	68,18,662	1,04,72,198
				PY 2019-20	1,36,41,825	88,85,944	14,90,990	(13,45,165)	90,31,769	-	20,67,730	40,11,859	60,79,589	1,55,94,005
39	15X6372	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	A JOINT CENTRE FOR CANCER BIOLOGY & THERAPEUTICS	CY 2020-21	2,92,842	-	12,254	-	12,254	-	-	-	-	3,05,096
				PY 2019-20	88,06,101	-	2,92,842	(2,85,559)	7,283	-	13,21,840	67,66,417	85,20,542	2,92,842
40	15X6373	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	ROLE OF 5-HT2A IN MENTAL ILLNESS	CY 2020-21	3,49,841	-	14,639	-	14,639	-	-	-	-	3,64,480
				PY 2019-20	3,78,019	-	30,335	-	30,335	-	-	58,513	58,513	3,49,841
41	15X6724	PFIZER USA	CONTRIBUTION TO RESEARCH EFFORTS OF PROF. SUMANTRA	CY 2020-21	47,91,801	-	1,80,894	-	1,80,894	-	2,54,500	6,51,433	9,05,833	40,66,562
				PY 2019-20	52,21,900	-	4,16,589	-	4,16,589	-	-	8,46,888	8,46,888	47,91,601
42	15X6741	WELLCOME TRUST-DBT INDIA ALLIANCE	ELUCIDATING THE LINK BETWEEN STEMNESS & CARCINOGENESIS-THROUGH THE LENS OF AN ONCOGENIC	CY 2020-21	5,90,373	27,36,406	62,973	487	27,99,866	-	10,36,800	4,61,037	14,97,837	18,92,402
				PY 2019-20	12,22,643	13,49,551	68,045	-	14,17,596	-	10,36,800	10,13,066	20,49,866	5,90,373
43	15X6742	WELLCOME TRUST-DBT INDIA ALLIANCE	STRESS-DEPENDENT EVOLUTION IN BACTERIA THROUGH MANIPULATION OF TRNA LEVEL	CY 2020-21	9,69,358	20,88,909	48,341	14,640	21,31,890	-	10,36,800	5,31,960	15,68,760	15,32,488
				PY 2019-20	4,93,380	21,45,670	94,317	-	22,39,987	-	10,36,800	7,17,209	17,54,009	9,69,358
44	15X6747	WELLCOME TRUST-INDIA ALLIANCE	MECHANISMS & FUNCTIONAL CONSEQUENCES OF COMPOSITIONAL REGULATION AT THE LOCAL & GLOBAL	CY 2020-21	4,14,87,000	59,07,672	8,86,914	12,07,388	80,01,974	2,12,88,861	55,57,930	1,51,05,090	4,19,51,881	75,37,093
				PY 2019-20	4,15,17,816	73,89,378	34,84,961	-	1,08,84,337	13,54,133	54,78,637	40,82,383	1,09,15,153	4,14,87,000
45	15X6748	WELLCOME TRUST-DBT INDIA ALLIANCE	UNDERSTANDING THE ENHANCER-CODE USED BY IFNY IN THE ACTIVATION/REPRESSION OF	CY 2020-21	17,46,091	25,47,553	1,04,897	1,11,408	27,63,858	-	10,57,479	17,69,577	28,27,056	16,82,893
				PY 2019-20	27,05,856	35,55,725	3,12,133	-	38,67,858	-	10,24,550	38,03,073	48,27,823	17,46,091
46	15X6752	Smt. S. Gopalakrishnan & Smt. Sudha Gopalakrishnan, Trustees of Pratiksha Trust	SUPPORTING WORLD CLASS RESEARCH IN NEUROBIOLOGY	CY 2020-21	55,071	-	1,061	-	1,061	-	55,000	-	55,000	1,132
				PY 2019-20	8,14,748	-	52,269	-	52,269	-	-	8,11,946	8,11,946	55,071
47	15X6753	Department of Higher Education, Ministry of Human Resource Development, GOI	PAYMENT OF GRANT-IN-AID FOR SETTING UP OF SUBJECT NETWORK FOR CURRICULUM RENEWAL & REFORME	CY 2020-21	5,93,842	3,00,000	9,727	(8,133)	3,01,564	-	5,80,800	2,53,582	8,34,382	61,054
				PY 2019-20	3,76,781	10,33,048	41,948	(66,066)	10,08,900	-	6,60,000	1,31,739	7,91,739	5,93,842
48	16X6271	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	INVESTIGATING THE MOLECULAR MECHANISM OF LIPID TRANSPORT BY THE	CY 2020-21	2,34,070	-	5,882	-	5,882	-	1,81,880	46,824	2,28,704	11,248
				PY 2019-20	10,89,457	-	70,796	-	70,796	-	65,000	8,61,193	9,26,193	2,34,070



NATIONAL CENTRE FOR BIOLOGICAL SCIENCES
TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
GKVK POST, BELLARY ROAD, BANGALORE-560065
B Schedule forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - NCBS

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
					A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E-I
49	16X6272	Indo-US Science and Technology Forum, GOI	INDO-US ADVANCED BIOENERGY CONSORTIUM (IUABC)	CY 2020-21	10,03,877	-	42,008	-	42,008	-	-	-	-	10,45,885
				PY 2019-20	7,91,123	14,04,480	84,575	-	14,89,055	-	3,64,126	9,12,175	12,76,301	10,03,877
50	16X6273	MAX PLANCK INSTITUTE	COLLABORATIVE RESEARCH WITH MPI, GERMANY AND DR. RADHIKA, NCBS	CY 2020-21	28,48,565	6,95,203	93,329	(3,77,878)	4,10,654	2,21,088	6,70,890	2,67,278	11,59,256	20,99,963
				PY 2019-20	27,10,536	20,25,807	2,12,991	-	22,38,798	-	8,82,757	12,18,012	21,00,769	28,48,565
51	16X6274	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	ELUCIDATING THE FUNCTIONS OF AN AUTISM-RELATED GENE IN NERVOUS SYSTEM	CY 2020-21	8,37,889	-	10,554	(1,88,973)	(1,78,419)	-	-	6,48,916	6,48,916	10,554
				PY 2019-20	12,46,351	6,20,000	75,948	-	6,95,948	-	3,77,000	7,27,410	11,04,410	8,37,889
52	16X6275	SCIENCE AND ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	JC BOSE FELLOWSHIP TO PROF. R. SOWDHAMINI	CY 2020-21	15,08,551	-	51,819	-	51,819	-	3,85,000	33,719	4,18,719	11,41,651
				PY 2019-20	10,12,566	15,00,000	1,35,969	-	16,35,969	-	6,79,239	4,60,765	11,40,004	15,08,551
53	16X6278	DEPARTMENT OF SCIENCE & TECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	INVESTIGATING THE ROLE OF PLANT SNARE PROTEINS IN SALT TOLERANCE	CY 2020-21	1,93,028	-	3,303	(23,726)	(20,423)	-	-	1,62,653	1,62,653	9,952
				PY 2019-20	2,99,262	3,00,000	22,717	(11,062)	3,11,655	-	2,75,000	1,42,889	4,17,889	1,93,028
54	16X6279	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	UNDERSTANDING ALLOCATION PATTERN OF PLANT DEFENCE RESPONSES AND INSECT ADAPTATION	CY 2020-21	17,414	-	-	-	-	-	-	17,414	17,414	-
				PY 2019-20	7,18,680	-	17,414	4,716	22,130	-	-	7,23,376	7,23,376	17,414
55	16X6280	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	JC BOSE FELLOWSHIP TO PROF. U.S. BHALLA	CY 2020-21	20,91,868	-	43,328	-	43,328	-	17,46,800	31,128	17,77,728	3,57,468
				PY 2019-20	5,82,616	18,00,000	1,73,375	-	19,73,375	-	3,00,000	1,64,123	4,64,123	20,91,868
56	16X6281	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	UNDERSTANDING AND DESIGN OF DOMAIN-SWAPPING IN BIOMOLECULES	CY 2020-21	2,07,439	7,50,000	9,916	(1,27,812)	6,32,104	-	4,00,417	4,29,210	8,29,627	9,916
				PY 2019-20	4,06,171	10,00,000	57,267	-	10,57,267	-	3,21,100	9,34,899	12,55,999	2,07,439
57	16X6282	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	JC BOSE FELLOWSHIP TO PROF. K. VIJAYRAGHAVAN	CY 2020-21	14,36,180	-	42,250	-	42,250	-	-	11,77,273	11,77,273	3,01,157
				PY 2019-20	15,23,091	-	1,24,339	-	1,24,339	-	2,11,250	-	2,11,250	14,36,180
58	16X6283	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	EXPLORING E-PROTEIN IN MICROGLIAL HOMEOSTASIS	CY 2020-21	10,83,505	-	17,800	(2,10,396)	(1,92,596)	-	-	8,73,119	8,73,119	17,800
				PY 2019-20	2,18,307	11,50,000	94,850	-	12,44,850	-	-	3,78,652	3,78,652	10,83,505
59	16X6284	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	FACTORS DETERMINING POPULATION STRUCTURE AND REPRODUCTIVE BIOLOGY OF THE WESTERN GHATS.	CY 2020-21	1,54,420	-	6,462	-	6,462	-	-	-	-	1,60,882
				PY 2019-20	7,33,277	-	43,024	-	43,024	-	2,24,513	3,97,368	6,21,881	1,54,420
60	16X6285	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	CLIMATIC & ENVIRONMENTAL CONTROLS OF CARBON BUDGETS AND THE CO2 SOURCE SINK POTENTIAL OF SEQUENCING THE GENOME OF THE HIMALAYAN GIANT HONEYBEE APIS LABORIOSA WITH A SPECIAL FOCUS ON	CY 2020-21	2,84,125	2,84,109	2,712	(5,28,128)	(2,81,307)	-	-	-	-	22,818
				PY 2019-20	1,07,104	9,00,000	32,414	-	9,32,414	-	4,68,645	2,86,748	7,55,393	2,84,125
61	16X6374	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	GENOME ENGINEERING USING CRISPR TO ENABLE DISCOVERY IN LIPID SIGNALING	CY 2020-21	57,866	-	2,421	-	2,421	-	-	-	-	60,277
				PY 2019-20	4,50,413	-	17,955	-	17,955	-	3,64,000	46,512	4,10,512	57,866
62	16X6375	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	GENOME ENGINEERING USING CRISPR TO ENABLE DISCOVERY IN LIPID SIGNALING	CY 2020-21	14,38,740	-	50,786	(1,02,398)	(51,612)	-	-	83,209	1,82,285	12,04,843
				PY 2019-20	7,49,658	23,98,647	1,84,045	-	25,82,692	-	5,98,000	12,95,610	18,93,610	14,38,740
63	16X6754	US AIR FORCE	THE MECHANISM OF BEHAVIOURAL COORDINATION IN FLYING INSECTS	CY 2020-21	1,36,33,017	-	4,75,185	-	4,75,185	7,32,084	21,32,880	5,77,321	34,42,285	1,06,65,917
				PY 2019-20	1,16,94,742	68,96,128	12,15,127	-	81,11,255	11,78,113	20,08,134	29,86,733	61,72,980	1,36,33,017
64	16X6763	WELLCOME TRUST-DOT INDIA ALLIANCE	MODULATION OF PHYSIOLOGICAL AND ONCOGENIC RAS PROTEIN SIGNALING VIA PLASMA	CY 2020-21	2,44,091	17,97,575	39,275	-	19,36,650	-	10,36,800	5,34,730	15,71,530	5,09,211
				PY 2019-20	4,70,276	16,37,555	56,804	-	16,94,159	3,61,985	10,36,800	5,21,559	19,20,344	2,44,091



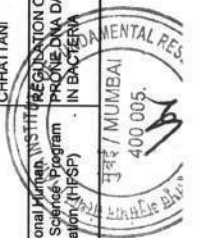
**NATIONAL CENTRE FOR BIOLOGICAL SCIENCES
TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
GKYK POST, BELLARY ROAD, BANGALORE-560065
B Schedule forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - NCBS**

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
					A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E-I
65	16X6764	WELLCOME TRUST-DBT INDIA ALLIANCE	AN INVESTIGATION OF THE IMPACT OF CHROMOSOME ORGANIZATION ON GLOBAL HOW IMPORTANT IS POPULATION GENETIC VARIATION TO WELLBEING	CY 2020-21 PY 2019-20	34,48,839 22,93,369	18,19,215 38,68,918	1,33,470 3,34,208	- -	19,52,685 42,03,126	- -	9,11,040 10,90,903	9,64,777 19,56,753	18,75,817 30,47,656	35,25,707 34,48,839
66	16X6765	WELLCOME TRUST-DBT INDIA ALLIANCE	HOW IMPORTANT IS POPULATION GENETIC VARIATION TO WELLBEING	CY 2020-21 PY 2019-20	26,15,071 56,33,972	43,59,894 79,63,070	1,43,406 4,75,107	- -	45,03,300 84,38,177	2,30,705 4,98,584	18,22,032 23,41,387	23,33,833 86,16,127	43,86,570 1,14,57,076	27,31,801 26,15,071
67	16X6768	MEDICINE FOR MALARIA VENTURE (MMV), SWITZERLAND	DEVELOPMENT OF P. VIVAX LIVER STAGE (HTS) ASSAY	CY 2020-21 PY 2019-20	11,225 2,11,372	- -	470 6,495	- -	470 6,495	- -	- -	329 2,06,842	329 2,06,842	11,366 11,225
68	16X6769	NATIONAL TIGER CONSERVATION AUTHORITY, GOI	INVESTIGATING THE GENETIC BASIS OF MELANISM IN SIMILIPAL TIGERS	CY 2020-21 PY 2019-20	7,22,445 7,18,751	- -	30,231 63,762	- (33,082)	30,231 30,680	- -	- -	- 26,986	- 26,986	7,52,676 7,22,445
69	16X9027	AHMEDABAD UNIVERSITY	CONTRIBUTION TO YOUNG INVESTIGATORS MEETING	CY 2020-21 PY 2019-20	439 5,658	- -	1 160	- -	1 160	- -	- -	439 5,379	439 5,379	1 439
70	16X9030	IISER, PUNE	CONTRIBUTION TO YOUNG INVESTIGATORS MEETING	CY 2020-21 PY 2019-20	25,769 1,81,644	- -	148 4,549	- -	148 4,549	- -	- -	25,769 1,16,028	25,769 1,60,424	148 25,769
71	17X6287	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	CONTROL AND REGULATION OF RIBOSOMAL BIOGENESIS BY RNA AND RNA BINDING PROTEINS	CY 2020-21 PY 2019-20	9,58,281 7,74,457	- 11,00,000	35,586 85,145	(55,256) -	(19,670) 11,85,145	- -	97,500 4,45,000	7,85,878 5,56,341	8,83,378 10,01,341	55,213 9,58,261
72	17X6289	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	NPDF FELLOWSHIP TO DR. SANJEEV KUMAR	CY 2020-21 PY 2019-20	90,016 1,05,791	- -	3,767 8,003	- -	3,767 8,003	- -	- -	- 23,778	- 23,778	93,783 90,016
73	17X6290	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	YEAR OF SCIENCE CHAIR PROFESSORSHIP TO PROF. P BALARAM	CY 2020-21 PY 2019-20	19,47,841 16,66,703	36,25,000 36,25,000	64,260 1,65,733	- -	36,89,260 37,90,733	- -	37,44,480 33,79,520	1,03,000 1,30,075	38,47,480 35,09,595	17,89,821 19,47,841
74	17X6291	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	J C BOSE FELLOWSHIP TO PROF. SATYAJIT MAYOR	CY 2020-21 PY 2019-20	4,11,161 10,34,821	- -	7,098 40,233	- -	7,098 40,233	- -	3,90,000 3,14,758	- 3,49,135	3,90,000 6,63,893	28,259 4,11,161
75	17X6292	DEPARTMENT OF SCIENCE & TECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	CHEMICAL ECOLOGY OF PLANT INSECT INTERACTIONS REGULATION, RECOGNITION & VARIOUS ACROSS	CY 2020-21 PY 2019-20	11,96,323 12,70,087	- -	50,061 1,13,173	- (56,937)	50,061 56,236	- -	- -	- 1,30,000	- 1,30,000	12,46,384 11,96,323
76	17X6293	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	NPDF FELLOWSHIP TO DR. POULOMI BISWAS	CY 2020-21 PY 2019-20	26,536 24,282	- -	1,110 2,254	- -	1,110 2,254	- -	- -	26,536 -	26,536 -	1,110 26,536
77	17X6294	DEPARTMENT OF SCIENCE & TECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	HOW DO NEURONAL VARIABILITY AND NOISE AFFECT NETWORK	CY 2020-21 PY 2019-20	1,40,495 9,82,172	- -	5,879 44,407	- (83,392)	5,879 (48,985)	- -	- -	- 7,92,702	- 7,92,702	1,46,364 1,40,485
78	17X6296	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	NPDF FELLOWSHIP TO DR. R S SAJEEVAN	CY 2020-21 PY 2019-20	19,544 1,56,030	- -	564 3,280	- -	564 3,280	- -	12,000 92,258	5,413 47,408	17,413 1,39,666	2,795 19,544
79	17X6298	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	RAMANUJAN FELLOWSHIP TO DR. K. R. VINOTHKUMAR, NCBS	CY 2020-21 PY 2019-20	2,92,753 66,975	7,60,000 7,50,000	7,230 34,807	- -	7,67,230 7,84,807	- -	7,32,120 4,45,594	1,75,046 1,13,435	9,07,166 5,59,028	1,52,817 2,92,753
80	17X6299	DEPARTMENT OF SCIENCE & TECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	ROLE OF DSTM IN POSTEMBRYONIC NEURONAL DEVELOPMENT OF DROSOPHILA MELANOGASTER	CY 2020-21 PY 2019-20	20,681 2,63,423	4,00,000 2,50,000	2,145 15,028	(7,412) (15,134)	3,94,733 2,49,894	- -	3,83,480 2,70,000	11,000 2,22,636	3,94,480 4,92,636	20,934 20,681



**NATIONAL CENTRE FOR BIOLOGICAL SCIENCES
TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
GKV POST, BELLARY ROAD, BANGALORE-560065
B Schedule forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - NCBS**

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
					A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E-I
81	17X6376	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	OPTOGENETIC ANALYSIS OF MEMORY FORMATION	CY 2020-21	18,67,631	24,00,008	66,543	(2,64,956)	22,01,595	(14,986)	6,70,800	15,95,390	22,51,194	18,19,032
				PY 2019-20	13,21,751	18,10,000	1,64,733	-	16,74,733	-	7,83,758	6,45,095	14,28,853	18,67,631
82	17X6377	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	INDIA BIOSCIENCE ? YOUNG INVESTIGATORS MEETINGS AND STUDENTS WORKSHOPS FOR PHASE II	CY 2020-21	15,96,229	1,15,85,899	2,35,637	(2,89,880)	1,15,31,656	-	54,29,180	53,11,089	1,07,40,269	23,87,616
				PY 2019-20	15,79,739	95,48,235	3,53,882	-	99,02,117	69,000	46,80,871	51,55,756	98,85,627	15,96,229
83	17X6378	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	ROLE OF AUTOPLAGY IN THE INTRAERYTHROCYTIC STAGES OF PLASMODIUM FALCIPARUM	CY 2020-21	3,77,502	2,80,949	17,160	(40,817)	2,57,292	-	-	3,30,242	3,30,242	3,04,552
				PY 2019-20	1,75,182	3,52,089	41,934	-	3,94,023	-	-	1,91,703	1,91,703	3,77,502
84	17X6379	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	QUANTIFICATION OF SUBSTRATE ACROSS MEMBRANE PROTEINS	CY 2020-21	50,650	-	1,247	-	1,247	-	38,440	-	38,440	13,457
				PY 2019-20	46,347	-	4,303	-	4,303	-	-	-	-	50,650
85	17X6380	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	NAMOR-PHASE II	CY 2020-21	5,58,99,563	3,00,00,000	18,85,730	(27,10,666)	2,91,75,035	1,47,14,988	99,43,043	2,33,51,085	4,80,09,116	3,68,65,512
				PY 2019-20	10,18,15,403	2,64,03,441	52,69,428	(69,64,638)	2,47,08,231	3,75,05,230	1,02,95,629	2,30,23,182	7,08,24,041	5,56,99,593
86	17X6767	MAX PLANCK INSTITUTE	COLLABORATIVE RESEARCH PROJECT WITH MPI, GERMANY-DR SHASHI, NCBS	CY 2020-21	5,75,456	30,08,863	63,058	-	30,71,921	-	16,75,285	1,04,525	17,78,810	18,67,567
				PY 2019-20	21,43,346	3,87,700	89,483	-	4,77,183	6,70,168	9,00,552	4,74,363	20,45,073	5,75,456
87	17X6770	TTK PRESTIGE LIMITED TOWARDS TTK PRESTIGE LIMITED TOWARDS BANGALORE LIFE SCIENCES CLUSTER	SCIENTIST WITHOUT BOUNDARIES AT THE BANGALORE LIFE SCIENCES CLUSTER	CY 2020-21	71,24,488	-	2,24,487	-	2,24,487	-	26,40,000	6,92,945	33,32,945	40,16,030
				PY 2019-20	45,28,773	50,00,000	5,20,756	(2,70,000)	52,50,756	-	26,40,000	15,041	26,55,041	71,24,488
88	17X6771	NATIONAL UNIVERSITY OF SINGAPORE	NAGA BAT RESEARCH	CY 2020-21	59,70,068	-	2,19,982	-	2,19,982	-	8,08,000	16,14,314	24,22,314	37,67,766
				PY 2019-20	3,99,390	1,19,05,887	7,82,569	-	1,26,88,456	53,550	6,65,000	63,99,168	71,17,748	59,70,068
89	17X6773	VARIOUS CONTRIBUTORS	BIOLOGY AND CONSERVATION OF BUTTERFLIES	CY 2020-21	5,30,678	1,23,750	17,378	-	1,41,128	-	63,742	2,49,993	3,13,735	3,58,071
				PY 2019-20	5,55,116	-	51,535	-	51,535	-	-	75,973	75,973	5,30,678
90	17X6774	MICROSOFT FOUNDATION INDIA	COLLABORATION WITH MICROSOFT RESEARCH ON TARGETING DECISION MAKING THROUGH	CY 2020-21	1,86,508	-	7,268	-	7,268	-	-	14,824	14,824	1,78,952
				PY 2019-20	3,82,100	-	24,600	-	24,600	-	-	2,20,192	2,20,192	1,86,508
91	17X6775	National Oceanic and Atmospheric Administration, USA	CONTRIBUTION TO INDIAN MARINE MAMMAL RESEARCH WORKSHOP	CY 2020-21	71,863	-	1,934	-	1,934	-	27,333	-	27,333	46,464
				PY 2019-20	2,09,247	-	9,188	-	9,188	-	66,083	80,486	1,46,572	71,863
92	17X6776	Office of Naval Research, USA	CONTRIBUTION TO INDIAN MARINE MAMMAL RESEARCH WORKSHOP	CY 2020-21	3,73,050	-	9,819	-	9,819	-	2,91,400	-	2,91,400	91,469
				PY 2019-20	3,68,185	-	33,798	-	33,798	-	-	28,933	28,933	3,73,050
93	17X6777	PERSONAL CONTRIBUTION OF SHRI N R NARAYANAMURTHY	DENGUE VACCINE DEVELOPMENT PROGRAM	CY 2020-21	1,82,20,722	1,00,00,000	5,00,205	25,00,000	1,30,00,205	19,45,476	64,91,278	1,11,82,071	1,96,18,825	1,16,02,102
				PY 2019-20	1,59,54,820	2,00,00,000	18,65,074	(25,00,000)	1,93,65,074	11,12,257	52,54,419	1,07,32,466	1,70,99,172	1,82,20,722
94	17X6778	WELLCOME TRUST-DBT INDIA ALLIANCE	BACTERIAL GENOME EVOLUTION IN HOST ASSOCIATED COMMUNITIES	CY 2020-21	35,19,224	21,91,152	88,901	-	22,80,053	72,450	9,56,720	19,72,121	30,01,291	27,97,986
				PY 2019-20	24,87,162	46,63,794	3,62,115	-	50,25,909	-	6,06,960	33,86,887	39,93,847	35,19,224
95	17X6780	Defence-Bajpai Foundation, USA	CONTRIBUTION TO WILDLIFE RESEARCH OF MR HIMANSHU CHATTANI	CY 2020-21	3,88,037	-	15,401	-	15,401	-	-	-	-	3,83,438
				PY 2019-20	3,56,156	-	33,064	-	33,064	-	-	21,183	21,183	3,68,037
96	17X6781	International Karpas Institute, Frontier Science Program Organization (FSP)	REGISTRATION OF ERROR-PRONE DNA DAMAGE REPAIR IN BACTERIA	CY 2020-21	1,35,23,359	-	5,28,405	-	5,28,405	33,642	1,59,263	25,85,342	27,78,247	1,12,71,517
				PY 2019-20	1,07,94,886	-	5,08,099	-	81,45,501	4,54,332	15,96,240	33,66,256	54,16,828	1,35,23,359



NATIONAL CENTRE FOR BIOLOGICAL SCIENCES
TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
GKYK POST, BELLARY ROAD, BANGALORE-560065
B Schedule forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - NCBS

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
					A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A-E-I
97	17X6782	MAX PLANCK INSTITUTE	COLLABORATIVE RESEARCH WITH MPI, GERMANY AND DR. VARADHARAJAN, NCBS	CY 2020-21	2,17,516	-	9,102	-	9,102	-	-	1,21,692	1,21,692	1,04,926
				PY 2019-20	18,24,286	-	85,716	-	85,716	3,84,205	3,56,789	9,48,512	16,92,486	2,17,516
98	17X6783	MEDICINE FOR MALARIA VENTURE (MMV), SWITZERLAND	ASSAY DEVELOPMENT FOR P.VIVAX INFECTED HEPATOCYTES IN MTCC PLATES MMV PROJECT	CY 2020-21	92,297	-	1,498	-	1,498	-	43,000	-	43,000	50,795
				PY 2019-20	1,18,790	-	11,028	-	11,028	-	(46,800)	84,321	37,521	92,297
99	17X6785	TATA EDUCATION TRUST	RESEARCH ON IMPACT OF POLLUTION ON POLLINATION	CY 2020-21	30,06,942	-	76,889	-	76,889	-	11,64,360	6,86,055	18,50,415	12,33,416
				PY 2019-20	46,23,594	-	3,26,829	-	3,26,829	-	10,73,234	8,70,247	19,43,481	30,05,942
100	17X9035	WELLCOME TRUST-DBT INDIA ALLIANCE	CONTRIBUTION TO YOUNG SCIENTIST NETWORKING (YSN) MEETING	CY 2020-21	620	-	1	-	1	-	-	620	620	1
				PY 2019-20	4,815	-	218	-	218	-	-	4,413	4,413	620
101	17X9040	SIMONS FOUNDATION (INTERNAL SUB-GRANT)	SIMONS FELLOW-RICHARD MORRIS	CY 2020-21	19,983	-	836	(19,983)	(19,147)	-	-	-	-	836
				PY 2019-20	2,15,250	-	19,983	(2,15,250)	(1,95,267)	-	-	-	-	19,983
102	17X9041	SIMONS FOUNDATION (INTERNAL SUB-GRANT)	SIMONS FELLOW- VENKATARISHNAN	CY 2020-21	85,915	-	3,595	(85,915)	(82,320)	-	-	-	-	3,595
				PY 2019-20	14,10,381	-	85,915	(8,08,216)	(7,22,301)	5,57,340	-	44,825	6,02,165	85,915
103	17X9042	VARIOUS CONTRIBUTORS	CONTRIBUTION TO YOUNG INVESTIGATORS MEETING	CY 2020-21	41,367	-	1,699	(50,000)	(48,301)	-	-	(8,633)	(8,633)	1,699
				PY 2019-20	1,41,221	-	5,601	-	5,601	-	93,000	12,455	1,05,455	41,367
104	17X9043	WELLCOME TRUST-DBT INDIA ALLIANCE	CONTRIBUTION TO YOUNG INVESTIGATORS MEETING	CY 2020-21	2,735	-	6	-	6	-	-	2,735	2,735	6
				PY 2019-20	5,203	-	190	-	190	-	-	2,668	2,668	2,735
105	18X6381	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	DEPLOYMENT OF CRISPR/CAS9 MEDIATED GENOME EDITING IN PLANTS	CY 2020-21	4,46,537	11,87,076	34,193	(67,632)	11,53,637	-	-	4,27,822	4,27,822	11,72,352
				PY 2019-20	10,61,587	-	59,459	-	59,459	-	96,000	5,78,519	6,74,519	4,46,537
106	18X6382	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	TRANSCRIPTOME ANALYSIS AND CHARACTERIZATION OF KEY METABOLIC & HORMONE SIGNALING PATHWAY GENES	CY 2020-21	8,56,659	-	24,226	-	24,226	-	3,84,000	-	3,84,000	5,16,885
				PY 2019-20	5,40,981	10,23,399	62,463	-	10,85,862	-	7,03,076	67,108	7,70,184	8,56,659
107	18X6383	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	PROFILING OF AN ALIEN INVASIVE SPECIES IN TIGER LANDSCAPES OF INDIA	CY 2020-21	41,98,288	-	1,15,153	(5,19,366)	(4,04,213)	-	10,20,720	14,86,197	25,06,917	12,87,168
				PY 2019-20	47,09,134	-	3,89,307	-	3,89,307	-	4,76,025	4,22,118	9,00,143	41,98,288
108	18X6384	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	UNRAVELLING THE INTERACTION OF MINERAL NUTRITION & VITAMIN B6 METABOLISM FOR	CY 2020-21	13,48,578	16,50,000	69,679	(1,50,282)	15,69,397	-	-	9,55,055	9,55,055	19,62,920
				PY 2019-20	29,28,271	-	2,15,355	-	2,15,355	-	62,400	17,32,648	17,95,048	13,48,578
109	18X6385	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	DEVELOPING A SNP BASED POPULATION GENOMICS METHOD FOR ASIAN ELEPHANT	CY 2020-21	55,297	-	886	(39,745)	(38,859)	-	-	-	-	16,438
				PY 2019-20	7,62,738	-	30,598	-	30,598	-	6,72,163	65,876	7,38,039	55,297
110	18X6567	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	NPDF FELLOWSHIP TO DR. GEETHA G T	CY 2020-21	33,636	48,787	2,111	-	50,898	-	-	-	-	84,534
				PY 2019-20	2,026	10,68,778	23,845	-	10,92,623	-	8,18,400	2,42,613	10,61,013	33,636
111	18X6568	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	NPDF FELLOWSHIP TO DR SACHIN SRIDHARA	CY 2020-21	1,87,826	-	7,860	-	7,860	-	-	-	-	1,95,686
				PY 2019-20	2,923	9,09,910	34,993	-	9,44,903	-	6,60,000	1,00,000	7,60,000	1,87,826
112	18X6569	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	MODULATION OF HOST ENDOCYTOSIS DURING PLASMODIUM LIVER STAGE DEVELOPMENT	CY 2020-21	6,36,298	3,45,000	30,845	-	3,75,845	-	-	4,13,080	4,13,080	5,99,053
				PY 2019-20	4,75,447	7,44,000	53,528	-	12,19,528	-	-	6,36,677	6,36,677	6,36,298



NATIONAL CENTRE FOR BIOLOGICAL SCIENCES
TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
GKYK POST, BELLARY ROAD, BANGALORE-560065
B Schedule forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - NCBS

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
					A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E-I
113	18X6570	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	NPDF FELLOWSHIP TO DR VINU VARGHESE PULIKOTIL	CY 2020-21	20,496	-	868	-	868	-	-	-	-	21,354
				PY 2019-20	37,925	10,67,338	31,817	-	10,99,155	-	8,58,600	2,57,984	11,16,584	20,496
114	18X6571	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	RAMANUJAN FELLOWSHIP TO DR. VINOTH KUMAR	CY 2020-21	1,41,505	7,60,000	22,782	(97,336)	6,85,446	98,700	2,30,640	4,74,829	8,04,169	22,782
				PY 2019-20	7,22,133	3,50,000	38,889	-	3,88,889	3,66,961	-	6,02,556	9,69,517	1,41,505
115	18X6574	DEPARTMENT OF SCIENCE & TECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	ESTABLISHMENT OF REFERENCE GENOME OF CORCUS SATIVUS BEING GROWN IN THE FIELDS OF BUILDING COARSE GRAINED MODELS TO UNDERSTAND THE CONFORMATIONAL DYNAMICS OF MEMBRANE	CY 2020-21	58,935	11,50,000	4,892	(21,975)	11,32,917	-	8,18,400	3,64,984	11,83,384	8,468
				PY 2019-20	8,87,192	-	35,531	(24,171)	11,360	-	5,50,000	2,89,617	8,39,617	58,935
116	18X6575	DEPARTMENT OF SCIENCE & TECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	BUILDING COARSE GRAINED MODELS TO UNDERSTAND THE CONFORMATIONAL DYNAMICS OF MEMBRANE	CY 2020-21	14,657	7,74,000	4,944	(12,875)	7,66,069	-	6,60,000	74,000	7,34,000	46,726
				PY 2019-20	8,20,137	-	23,971	(22,116)	1,853	1,64,087	6,05,000	38,246	8,07,333	14,857
117	18X6576	DEPARTMENT OF SCIENCE & TECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	MARINE SPONGES AS BIOMONITORS FOR MICRO PLASTICS POLLUTION	CY 2020-21	25,085	12,20,000	19,305	(11,852)	12,27,453	-	9,50,400	2,65,776	12,16,176	36,342
				PY 2019-20	9,41,903	-	26,864	(26,847)	17	1,50,000	5,50,000	2,16,855	9,16,855	25,085
118	18X6577	DEPARTMENT OF SCIENCE & TECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	IMPLEMENTATION OF INDONESIAN JOINT PROJECT	CY 2020-21	1,41,907	-	5,633	(13,630)	(7,997)	-	-	-	-	1,33,910
				PY 2019-20	1,62,232	-	13,630	(4,972)	8,668	-	-	29,283	29,283	1,41,907
119	18X6580	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	ASSESSING THE STATUS OF CRITICALLY ENDANGERED GYPS VULTURES THROUGH A GENOMIC LENS	CY 2020-21	6,06,792	-	12,822	-	12,822	-	4,38,440	4,000	4,42,440	1,77,174
				PY 2019-20	18,95,084	-	1,27,435	-	1,27,435	20,205	4,41,675	9,53,847	14,15,727	6,06,792
120	18X6581	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	INVESTIGATING HYBRID EM CELL DURING NEURAL TUBE & INNER EAR CLOSURE	CY 2020-21	2,11,939	18,50,000	49,795	-	18,99,795	-	10,09,333	10,08,341	20,17,874	94,060
				PY 2019-20	17,76,448	-	1,04,250	-	1,04,250	-	1,59,660	15,09,099	16,68,759	2,11,939
121	18X6582	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	NPDF FELLOWSHIP TO RITTIK DEB	CY 2020-21	1,49,135	10,38,046	15,450	(2,16,547)	8,36,949	-	6,68,600	2,81,834	9,50,634	35,450
				PY 2019-20	9,90,354	1,58,400	50,632	-	2,09,032	-	7,97,940	2,82,311	10,50,281	1,49,135
122	18X6583	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	SERB-NATIONAL POST DOCTORAL FELLOWSHIP (NPDF) AWARDED TO DR. SRUTHI UNNIKRISSHAN, NCBS	CY 2020-21	2,05,963	10,37,788	22,093	-	10,59,881	-	8,18,400	1,92,051	10,10,451	2,55,393
				PY 2019-20	9,90,354	1,58,400	54,310	-	2,12,710	-	8,18,400	1,78,701	9,97,101	2,05,963
123	18X6584	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	SERB-NATIONAL POST DOCTORAL FELLOWSHIP (NPDF) AWARDED TO DR. ASHA MARY JOSEPH, NCBS	CY 2020-21	1,91,726	10,38,046	23,568	-	10,61,614	-	8,18,400	2,11,489	10,29,899	2,23,451
				PY 2019-20	9,90,354	1,58,400	56,287	-	2,14,687	-	8,18,400	1,94,915	10,13,315	1,91,726
124	18X6787	Indo-French Centre for the Promotion of Advanced Research (IFCPAR/CEIPRA), GOI	PRE EVOLUTIONARY PROCESSES IN AUTOCATALYTIC RNA NETWORKS	CY 2020-21	9,485	5,80,071	6,182	-	5,86,253	-	4,74,940	50,393	5,25,333	70,405
				PY 2019-20	59,318	3,91,432	9,313	-	4,00,745	-	3,90,000	60,578	4,50,578	9,485
125	18X6789	ACTION ON HEARING LOSS, UK	UNDERSTANDING THE ROLE OF PHOTOCADHERIN-15 PHOSPHORYLATION DURING MECHANOTRANSDUCTION IN	CY 2020-21	1,53,430	38,88,005	42,348	-	39,30,353	-	9,38,914	19,26,936	28,65,850	12,17,933
				PY 2019-20	85,063	45,81,072	1,53,262	-	47,34,334	-	15,07,603	31,68,364	46,75,967	1,53,430
126	18X6790	BANGALORE SUSTAINABILITY FORUM (BSF)-RESOURCE PERSON	BANGALORE SUSTAINABILITY FORUM (BSF)-RESOURCE PERSON	CY 2020-21	18,334	-	767	-	767	-	-	-	-	18,101
				PY 2019-20	1,97,485	-	18,334	(1,97,485)	(1,79,151)	-	-	-	-	18,334
127	18X6791	WIPRO FOUNDATION	BANGALORE SUSTAINABILITY FORUM (BSF)-ORGANISING WORKSHOPS & EVENTS	CY 2020-21	16,349	-	684	-	684	-	-	-	-	17,033
				PY 2019-20	2,12,586	-	9,087	-	9,087	-	-	2,05,324	2,05,324	16,349
128	18X6792	DEPARTMENT OF SCIENCE & TECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	SUR CELLULAR MECHANISMS DISCRIMINATE SPATIOTEMPORAL INPUT SIGNALS	CY 2020-21	11,387	7,00,000	12,437	(2,004)	7,10,433	-	1,10,000	86,000	1,96,000	5,25,820
				PY 2019-20	1,11,728	-	1,817	(2,422)	(605)	-	55,000	44,736	99,736	11,387



NATIONAL CENTRE FOR BIOLOGICAL SCIENCES
TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
GKVK POST, BELLARY ROAD, BANGALORE-560065
B Schedule forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - NCBS

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
					A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E-I
129	18X6753	WELLCOME TRUST-DBT INDIA ALLIANCE	THE IMPORTANCE OF PURKINJE NEURON MEMBRANE BISTABILITY OF CEREBELLAR FUNCTION	CY 2020-21	2,36,43,776	-	8,23,555	-	8,23,555	35,82,335	22,79,080	24,70,293	83,31,708	1,61,35,023
				PY 2019-20	1,93,89,898	52,87,381	19,00,388	-	71,87,769	7,86,633	13,86,560	7,60,698	29,33,891	2,36,43,776
130	18X6794	DEPARTMENT OF SCIENCE & TECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	EFFECTS OF BRAHMI GHRIHA ON COGNITION IN MILD COGNITIVE IMPAIRMENT	CY 2020-21	12,925	8,00,000	9,042	(6,359)	8,02,683	-	4,73,000	1,61,662	6,34,662	1,80,946
				PY 2019-20	4,57,188	-	12,430	(14,013)	(1,583)	-	3,85,000	57,880	4,42,680	12,925
131	18X6795	SIMONS FOUNDATION	SIMONS PHASE II	CY 2020-21	2,31,72,471	1,46,69,750	14,06,540	-	1,62,76,290	-	35,89,214	2,29,381	38,18,595	3,56,30,166
				PY 2019-20	74,83,925	1,36,47,000	17,41,546	-	1,56,88,546	-	-	-	-	2,31,72,471
132	18X6796	International Human Frontier Science Program Organization (IHFSO)	YOUNG INVESTIGATOR AWARD 2018	CY 2020-21	1,23,21,448	85,57,798	5,91,359	-	91,49,157	3,58,769	25,40,285	17,21,525	46,20,579	1,68,50,026
				PY 2019-20	78,51,377	82,50,486	9,61,407	-	92,11,893	-	23,82,023	23,59,799	47,41,822	1,23,21,448
133	18X6797	WELLCOME TRUST-DBT INDIA ALLIANCE	INFORMATION TRANSFER ACROSS ENDOPLASMIC RETICULUM PLASMA MEMBRANE CONTACT SITES	CY 2020-21	16,22,960	11,83,157	53,830	-	12,36,987	-	13,73,717	9,56,260	23,29,977	5,29,970
				PY 2019-20	5,99,309	29,38,129	1,26,544	-	30,64,673	-	10,86,110	9,54,912	20,41,022	16,22,980
134	18X6972	MEDICINE FOR MALARIA VENTURE (MMV), SWITZERLAND	DEVELOPMENT OF P. VIVAX LIVER STAGE ASSAY IN MTCC PLATFORM	CY 2020-21	10,66,051	-	12,319	-	12,319	-	8,06,443	1,61,625	9,68,068	1,12,302
				PY 2019-20	15,19,946	15,01,500	1,17,571	-	16,19,071	34,500	8,06,273	12,30,193	20,70,966	10,68,051
135	18X9045	VARIOUS CONTRIBUTORS	MOUSE CRYOBIOLOGY W/ WORKSHOP	CY 2020-21	1,87,258	-	7,836	-	7,836	-	-	-	-	1,95,094
				PY 2019-20	62,262	4,45,350	11,260	-	4,56,610	-	-	3,31,614	3,31,614	1,87,258
136	18X9047	WELLCOME TRUST-DBT INDIA ALLIANCE	CONTRIBUTION TO YOUNG INVESTIGATORS MEETING	CY 2020-21	2,54,813	-	7,951	-	7,951	-	-	54,813	54,813	2,07,951
				PY 2019-20	9,16,744	3,00,000	26,623	-	3,26,623	-	-	9,91,554	9,91,554	2,54,813
137	18X9052	INTERNAL SUB-GRANT (TTN GRANT)	NIC FELLOWSHIP TO DR.ROLF ERICSSON	CY 2020-21	1,50,071	-	4,396	-	4,396	-	-	1,30,877	1,30,877	23,590
				PY 2019-20	2,76,537	-	7,603	2,70,000	2,77,603	2,47,210	-	1,58,859	4,06,069	1,50,071
138	19X6387	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	STRUCTURE DETERMINATION AND TARGETING OF UBIQUITOUSLY EXPRESSED MEMBRANE INTEGRATED	CY 2020-21	2,76,287	-	7,957	(23,421)	(15,464)	-	-	1,98,696	1,98,696	65,107
				PY 2019-20	-	5,00,000	23,421	-	5,23,421	-	-	2,44,154	2,44,154	2,79,267
139	19X6398	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	NEURONAL GENE REGULATION BY INTRACELLULAR CALCIUM SIGNALING AND HISTONE	CY 2020-21	29,83,012	20,81,790	1,37,116	(61,676)	21,57,230	-	8,52,220	14,63,633	23,15,853	28,24,399
				PY 2019-20	-	28,98,720	1,84,292	-	30,83,012	-	-	1,00,000	1,00,000	29,83,012
140	19X6399	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	GENOME INDIA CATALOGUING THE GENETIC VARIATION IN INDIANS	CY 2020-21	21,50,691	63,75,000	3,17,384	-	66,92,384	-	2,79,000	1,50,130	4,29,130	84,13,945
				PY 2019-20	-	21,25,000	86,289	-	22,11,289	-	-	60,598	60,598	21,50,691
141	19X6390	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	CHARACTERIZATION OF A NOVEL TRANSLATION SYNTHESIS REPAIR PATHWAY IN BACTERIA MECHANISM OF	CY 2020-21	16,79,671	10,00,000	77,911	(5,741)	10,72,170	-	4,61,280	6,78,814	11,40,094	16,11,747
				PY 2019-20	-	17,20,800	58,871	-	17,79,671	-	-	1,00,000	1,00,000	16,79,671
142	19X6578	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	SERB DISTINGUISHED FELLOWSHIP	CY 2020-21	17,06,577	15,00,000	77,427	-	15,77,427	17,442	11,51,700	10,46,351	22,15,493	10,68,511
				PY 2019-20	29,06,165	-	2,05,636	-	2,05,636	59,850	8,84,400	4,63,974	14,08,224	17,06,577
143	19X6595	WIPRO FOUNDATION	BANGALORE SUSTAINABILITY FORUM (BSF)-URBAN ECOLOGY (ISSUES OF URBAN WATER)	CY 2020-21	2,12,535	-	7,200	-	7,200	-	-	68,922	68,922	1,50,813
				PY 2019-20	-	9,85,200	26,265	-	10,11,465	82,451	-	7,16,479	7,98,930	2,12,535
144	19X6596	WIPRO FOUNDATION	BANGALORE SUSTAINABILITY FORUM (BSF)-RESOURCE PERSON-YEAR2	CY 2020-21	83,501	-	2,707	-	2,707	-	66,960	-	66,960	19,248
				PY 2019-20	-	9,30,000	10,749	1,97,485	7,38,234	-	5,66,400	88,333	6,54,733	83,501

KAILASH CHAND JAIN & CO. CHARTERED ACCOUNTANTS

TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
400 005

NATIONAL CENTRE FOR BIOLOGICAL SCIENCES
TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
GKYK POST, BELLARY ROAD, BANGALORE-560065
B Schedule forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - NCBS

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
145	19X6587	WIPRO FOUNDATION	BANGALORE SUSTAINABILITY FORUM (BSF)-SMALL GRANTS PROGRAM PHASE I	CY 2020-21 PY 2019-20	43,57,044	21,76,720	2,01,748	-	23,78,468	-	-	20,71,946	1,04,017	J = A+E-I 46,63,566
146	19X6588	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	ANNUAL SERB IN CHEMICAL ECOLOGY	CY 2020-21 PY 2019-20	35,473	-	1,484	-	1,484	-	-	10,81,836	10,81,836	43,57,044
147	19X6589	HIMACHAL PRADESH WILDLIFE DIVISION, GOVT. OF HP	CONTRIBUTION TO WILDLIFE RESEARCH	CY 2020-21 PY 2019-20	27,583	-	1,104	-	1,104	-	-	16,89,763	16,89,763	35,473
148	19X6590	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	SERB-NATIONAL POST DOCTORAL FELLOWSHIP (N-PDF) AWARDED TO DR. LAHARI VERAMALA	CY 2020-21 PY 2019-20	3,31,948	10,45,717	22,763	-	10,68,480	-	8,18,400	4,86,760	12,85,160	1,15,268
149	19X6591	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	SERB-NATIONAL POST DOCTORAL FELLOWSHIP (N-PDF) AWARDED TO DR. VINOTH	CY 2020-21 PY 2019-20	3,27,896	10,46,046	20,377	-	10,66,423	-	8,18,400	2,25,617	10,44,017	3,50,242
150	19X6592	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	COLLABORATIVE RESEARCH VISIT OF PROF MANI RAMASWAMI FROM TRINITY COLLEGE-VAJRA GRANT	CY 2020-21 PY 2019-20	6,94,132	11,18,400	48,849	-	11,67,249	-	7,34,800	1,04,613	8,39,413	3,27,836
151	19X6593	DEPARTMENT OF SCIENCE & TECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	INSPIRE FELLOWSHIP TO MS. PRERNA TRIPATHI	CY 2020-21 PY 2019-20	5,36,760	4,61,280	28,532	-	4,89,812	-	-	10,92,000	10,92,000	6,94,132
152	19X6595	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	UNCOVERING MECHANISTIC ROLES FOR THE POST TRANSLATIONAL MODIFIER SUMO IN EARLY DROSOPHILA	CY 2020-21 PY 2019-20	5,46,150	6,00,000	23,593	-	6,23,593	-	4,63,803	5,65,958	10,29,761	1,39,962
153	19X6596	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	JC BOSE FELLOWSHIP TO PROF. MADAN RAO	CY 2020-21 PY 2019-20	7,68,895	-	13,616	-	13,616	-	7,48,200	93,900	2,94,780	5,46,150
154	19X6597	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	COLLABORATIVE RESEARCH VISIT TO PROF. BENZION SHILO-VAJRA GRANT	CY 2020-21 PY 2019-20	22,237	-	931	-	931	-	1,82,000	1,00,000	2,82,000	7,68,895
155	19X6599	International Human Frontier Science Program Organization (HFSP)	HFSP AWARD TO DR. ARATI RAMESH	CY 2020-21 PY 2019-20	89,21,618	87,00,000	5,40,888	-	92,40,888	4,72,500	1,55,124	13,21,086	19,48,710	1,62,13,796
156	19X6798	Smt S. Gopalakrishnan & Smt. Sudha Gopalakrishnan, Trustees of Pratiksha Trust	SUPPORTING WORLD CLASS RESEARCH IN NEUROBIOLOGY	CY 2020-21 PY 2019-20	69,51,244	1,00,00,000	4,09,598	-	1,04,09,598	2,88,750	28,56,520	4,08,621	35,53,891	1,38,06,951
157	19X6802	THE OPEN UNIVERSITY	HOW TO LINK INDUSTRIAL AND SOCIAL INNOVATION FOR INCLUSIVE DEVELOPMENT	CY 2020-21 PY 2019-20	6,10,156	36,77,362	55,560	-	37,32,922	81,900	24,67,725	4,71,806	30,21,231	13,21,947
158	19X6803	INTERNAL SUB-PROJECT OF DVPD (SHRI N. R. NARAYANA MURTHY)	DENGUE VACCINE DELIVERY SUB-PROJECT	CY 2020-21 PY 2019-20	25,00,000	-	1,04,614	(25,00,000)	(23,95,386)	-	-	4,35,013	-	1,04,614
159	19X6804	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	WOMEN EXCELLENCE AWARD TO DR. DEEPA AGASHE, NCBS	CY 2020-21 PY 2019-20	6,20,527	-	19,864	25,00,000	25,00,000	-	2,99,603	1,00,000	3,99,603	2,40,788
160	19X6809	WIPRO FOUNDATION	BANGALORE SUSTAINABILITY FORUM (BSF)-RESOURCE PERSON-YEAR3	CY 2020-21 PY 2019-20	5,87,733	2,18,736	10,666	-	2,29,402	-	6,99,360	44,422	7,43,782	73,353
						88,944	31,125	-	9,18,069	-	1,82,280	1,48,066	3,30,336	5,87,733



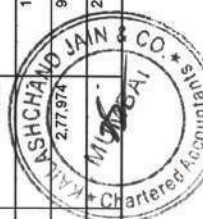
**NATIONAL CENTRE FOR BIOLOGICAL SCIENCES
TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
GKYK POST, BELLARY ROAD, BANGALORE-560065**
B Schedule forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - NCBS

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
					A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E-I
161	19X0610	Raptor Research and Conservation Foundation (RRCF)	RRCF SMALL GRANT TO MR. KAUSHIK	CY 2020-21	1,82,733	-	4,457	-	4,457	-	-	1,78,556	1,78,556	8,634
				PY 2019-20	-	1,76,688	6,045	-	1,82,733	-	-	-	-	1,82,733
162	19X0654	INTERNAL SUB-GRANT OF SIMONS FOUNDATION	PHYSICS OF LIFE 2019, 7TH NCBS SIMONS ANNUAL MONSOON SCHOOL	CY 2020-21	6,87,317	-	28,761	(6,87,317)	(6,58,556)	-	-	-	-	28,761
				PY 2019-20	-	-	-	9,62,500	9,62,500	-	-	2,75,183	2,75,183	6,87,317
163	19X0655	Nature Conservation Foundation	PROBLEMS OF FIT ECOLOGICAL AND MANAGEMENT BOUNDARIES AND THE DRIVERS OF SEASONS WATCH-PHASE II	CY 2020-21	31,540	6,15,000	9,413	-	6,24,413	-	-	-	-	6,55,953
				PY 2019-20	-	6,75,000	17,114	-	6,92,114	-	-	6,60,574	6,60,574	31,540
164	19X0657	Nature Conservation Foundation	SEASONS WATCH-PHASE II	CY 2020-21	2,05,671	-	1,959	-	1,959	-	1,74,000	-	1,74,000	33,630
				PY 2019-20	-	12,00,600	31,671	-	12,32,271	-	8,70,000	1,56,800	10,26,600	2,05,671
165	19X0658	SIMONS FOUNDATION	CAMP COURSE WORKSHOP	CY 2020-21	12,71,124	-	53,191	-	53,191	-	-	5,09,800	5,09,800	8,14,515
				PY 2019-20	-	17,30,500	97,781	-	18,28,281	-	-	5,57,157	5,57,157	12,71,124
166	19X0659	NAGALAND SCIENCE AND TECHNOLOGY COUNCIL	CHEMICAL ECOLOGY WORKSHOP CONTRIBUTION	CY 2020-21	3,38,207	-	14,152	-	14,152	-	-	-	-	3,52,359
				PY 2019-20	-	5,00,000	23,318	-	5,23,318	-	-	1,65,111	1,65,111	3,38,207
167	19X0660	WELLCOME TRUST-DBT INDIA ALLIANCE	CONTRIBUTION TO YOUNG INVESTIGATORS MEETING	CY 2020-21	8,61,595	3,00,000	26,770	-	3,26,770	-	-	10,44,708	10,44,708	1,43,557
				PY 2019-20	-	12,00,000	35,920	-	12,35,920	-	-	3,74,325	3,74,325	8,61,595
168	19X0663	MAX PLANCK INSTITUTE	DYNAMICS & SELF ORGANISATION FOR THE KICK OFF WORKSHOP	CY 2020-21	8,091	-	339	-	339	-	-	-	-	8,430
				PY 2019-20	-	5,67,380	8,091	-	5,75,471	-	-	5,67,380	5,67,380	8,091
169	19X0664	UNIVERSITY OF CHICAGO	COLLABORATIVE GRANT WITH UNIVERSITY OF CHICAGO	CY 2020-21	9,69,042	-	40,095	-	40,095	-	32,500	-	32,500	9,76,537
				PY 2019-20	-	9,17,187	51,855	-	9,69,042	-	-	-	-	9,69,042
170	19X0665	AHEMABAD UNIVERSITY	CONTRIBUTION TO YOUNG INVESTIGATORS MEETING	CY 2020-21	2,58,852	-	10,478	-	10,478	-	-	15,694	15,694	2,53,834
				PY 2019-20	-	2,45,000	13,852	-	2,58,852	-	-	-	-	2,58,852
171	19X0666	ISER, TIRUPATI	CONTRIBUTION TO YOUNG INVESTIGATORS MEETING	CY 2020-21	1,05,381	-	4,410	-	4,410	-	-	-	-	1,09,791
				PY 2019-20	-	1,00,000	5,381	-	1,05,381	-	-	-	-	1,05,381
172	19X0667	THE ROYAL SOCIETY, LONDON	COLLABORATIVE VISIT OF MALCOLM BURROWS	CY 2020-21	3,77,007	-	15,776	-	15,776	-	-	-	-	3,92,783
				PY 2019-20	-	3,58,413	18,594	-	3,77,007	-	-	-	-	3,77,007
173	19X0668	UNIVERSITY OF EDINBURGH	SIDB GRANT FROM UNIVERSITY OF EDINBURGH	CY 2020-21	22,45,304	1,17,39,626	1,06,774	-	1,18,46,400	2,89,338	1,02,67,812	-	1,05,57,150	35,34,554
				PY 2019-20	-	47,30,000	1,38,875	-	48,68,875	-	26,23,571	-	26,23,571	22,45,304
174	19X0669	BAGARIA EDUCATION TRUST	CONTRIBUTION TO RESEARCH OF PROF. GAITI HASAN	CY 2020-21	59,275	2,50,000	508	-	2,50,508	-	2,92,500	-	2,92,500	17,283
				PY 2019-20	-	2,50,000	4,275	-	2,54,275	-	1,95,000	-	1,95,000	59,275
175	19X0670	WIPRO FOUNDATION	BANGALORE SUSTAINABILITY FORUM (BSF)-CONTENT WRITER	CY 2020-21	1,62,880	-	6,206	-	6,206	-	-	-	-	1,69,086
				PY 2019-20	-	3,60,000	12,880	-	3,72,880	-	-	2,10,000	2,10,000	1,62,880
176	19X0671	WIPRO FOUNDATION	BANGALORE SUSTAINABILITY FORUM (BSF)-TEMPORARY CO ORDINATOR	CY 2020-21	1,22,595	7,69,000	13,403	-	7,81,403	-	7,21,335	1,28,000	8,49,335	54,663
				PY 2019-20	-	8,82,000	15,005	-	8,97,005	1,23,100	2,79,310	72,000	4,74,410	1,22,595



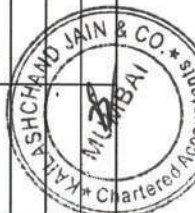
NATIONAL CENTRE FOR BIOLOGICAL SCIENCES
TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
GKVK POST, BELLARY ROAD, BANGALORE-560065
B Schedule forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - NCBS

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
					A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E+J
177	19X9072	WELLCOME TRUST-DBT INDIA ALLIANCE	MODULATION OF PLAZG68 LINKED PARKINSONS DISEASE BY STORE OPERATED CALCIUM ENTRY INVESTIGATORS MEETING	CY 2020-21	5,67,694	33,01,429	54,881	-	33,56,310	-	11,13,332	25,69,057	36,82,389	2,41,615
				PY 2019-20	-	8,75,546	26,058	-	9,04,604	-	2,59,200	77,710	3,36,910	5,67,694
178	19X9073	The Institute for Stem Cell Science and Regenerative Medicine (InStem)	CONTRIBUTION TO YOUNG INVESTIGATORS MEETING	CY 2020-21	1,04,883	-	725	-	725	-	-	-	-	1,05,608
				PY 2019-20	-	1,00,000	4,883	-	1,04,883	-	-	-	-	1,04,883
179	19X9074	ADGENE	CONTRIBUTION TO YOUNG INVESTIGATORS MEETING	CY 2020-21	54,661	-	2,287	-	2,287	-	-	-	-	56,948
				PY 2019-20	-	52,116	2,545	-	54,661	-	-	-	-	54,661
180	19X9075	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	NPDF FELLOWSHIP TO GAJENDRA SINGH	CY 2020-21	8,54,754	10,56,676	34,563	-	10,91,239	-	8,19,400	2,98,275	11,16,675	8,26,318
				PY 2019-20	-	11,18,400	45,354	-	11,63,754	-	2,09,000	1,00,000	3,09,000	8,54,754
181	19X9076	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	MAINTENANCE OF BACTERIAL GENOME INTEGRITY	CY 2020-21	9,59,682	4,00,000	32,966	-	4,32,966	-	4,61,280	3,34,643	7,95,923	5,96,725
				PY 2019-20	-	14,42,000	62,023	-	15,04,023	-	70,680	4,67,461	5,44,341	9,59,682
182	19X9077	MADHYA PRADESH STATE FOREST RESEARCH INSTITUTE, GO MP	MECHANISM OF ACTION AND REGULATION OF THE HIGHLY CONTRIBUTION TO WILD LIFE RESEARCH	CY 2020-21	2,63,212	2,49,000	10,712	-	2,59,712	-	30,000	1,72,725	2,02,725	3,19,199
				PY 2019-20	-	2,52,000	11,212	-	2,63,212	-	-	-	-	2,63,212
183	19X9078	VARIOUS CONTRIBUTORS	CONTRIBUTION TO INSECT WORKSHOP	CY 2020-21	4,72,401	-	19,768	-	19,768	-	-	-	-	4,92,169
				PY 2019-20	-	4,52,418	19,983	-	4,72,401	-	-	-	-	4,72,401
184	19X9080	NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY	CONTRIBUTION TO WILDLIFE RESEARCH	CY 2020-21	21,93,908	-	89,825	-	89,825	-	1,20,000	-	1,20,000	21,63,733
				PY 2019-20	-	21,07,262	86,646	-	21,93,908	-	-	-	-	21,93,908
185	19X9081	Defries-Bajpai Foundation, USA	CONTRIBUTION TO WILDLIFE RESEARCH-ABHINAV TYAGI	CY 2020-21	3,67,683	-	9,782	-	9,782	-	-	-	-	3,77,465
				PY 2019-20	-	3,52,944	14,739	-	3,67,683	-	-	-	-	3,67,683
186	19X9082	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	IDENTIFYING TRANSCRIPTIONAL CIRCUITS CRUCIAL FOR CARDIAC CIRCADIAN RHYTHM CONTROL	CY 2020-21	16,20,544	-	43,723	-	43,723	-	5,14,191	5,17,215	10,31,406	6,32,861
				PY 2019-20	-	16,70,000	70,544	-	17,40,544	-	-	1,20,000	1,20,000	16,20,544
187	19X9083	Raptor Research and Conservation Foundation (RRCF)	RRCF SMALL GRANT TO MS RHEA LOPEZ	CY 2020-21	93,203	89,550	2,771	-	92,321	-	-	89,550	89,550	95,974
				PY 2019-20	-	89,550	3,653	-	93,203	-	-	-	-	93,203
188	19X9084	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	DEVELOPING COARSE GRAINED MODELS FOR UNDERSTANDING THE SELF ASSEMBLY OF THE MS2	CY 2020-21	2,08,258	-	8,699	-	8,699	-	-	26,183	26,183	1,90,774
				PY 2019-20	-	2,20,000	8,258	-	2,28,258	-	-	20,000	20,000	2,08,258
189	19X9088	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	STRUCTURAL AND BIOCHEMICAL ANALYSIS OF PROKARYOTIC RHOMBROID PROTEASES	CY 2020-21	17,38,973	2,00,000	65,914	-	2,65,914	-	2,83,629	9,88,062	12,71,691	7,34,196
				PY 2019-20	-	18,01,800	70,613	-	18,72,413	-	-	1,32,440	1,32,440	17,39,973
190	19X9089	NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY	CONTRIBUTION TO WILDLIFE RESEARCH-MANASWI RAGHURAM	CY 2020-21	4,68,601	-	19,609	-	19,609	-	-	-	-	4,88,210
				PY 2019-20	-	4,50,929	17,672	-	4,68,601	-	-	-	-	4,68,601
191	19X9090	CENTRE FOR CELLULAR & MOLECULAR PLATFORMS (CCMP)	CONTRIBUTION TO YOUNG INVESTIGATORS MEETING	CY 2020-21	2,760	-	115	-	115	-	-	(1,10,548)	(1,10,548)	1,13,423
				PY 2019-20	-	1,12,500	808	-	1,13,308	-	-	1,10,548	1,10,548	2,760
192	19X9092	Aspota Trust for Research in Ecology and the Environment (ATREE)	NATIONAL MISSION ON BIO-DIVERSITY AND HUMAN WELLBEING	CY 2020-21	2,77,974	9,13,482	3,792	-	9,17,274	-	6,84,050	3,50,000	10,34,050	1,61,198
				PY 2019-20	-	2,68,320	9,654	-	2,77,974	-	-	-	-	2,77,974



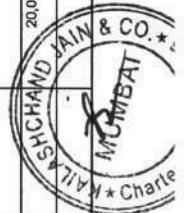
NATIONAL CENTRE FOR BIOLOGICAL SCIENCES
TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
GKYK POST, BELLARY ROAD, BANGALORE-560065
B Schedule forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - NCBS

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
193	19X6093	Ministry of Environment, Forest and Climate Change, GOI	LONG TERM MONITORING OF BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM PROCESSES IN INDIAN GRASSLANDS	CY 2020-21	41,36,845	-	1,32,962	(44,848)	86,114	-	4,36,954	20,00,000	24,36,954	J = A+E-I 17,86,005
194	20X6361	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	INDIABIOSCIENCE YOUNG INVESTIGATORS MEETINGS & STUDENTS	PY 2019-20	-	40,00,000	1,36,845	-	41,36,845	-	-	-	-	41,36,845
195	20X6391	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	INVESTIGATING THE POTENTIAL ROLE OF TCF4 IN MATURE NEURONAL MAINTENANCE	CY 2020-21	-	24,24,944	51,565	-	24,76,509	-	93,000	20,130	1,13,130	23,63,379
196	20X6392	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	GENOME INFORMATICS APPLICATIONS IN BIODIVERSITY AND HUMAN HEALTH BIC AT NCBS	PY 2019-20	-	39,30,737	65,416	-	39,96,153	-	62,000	2,40,000	3,02,000	36,94,153
197	20X6393	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVERNMENT OF INDIA	VISUALISATION OF SIGNALING-INDUCED ENHANCER-PROMOTER INTERACTIONS IN LIVE CELLS	CY 2020-21	-	13,35,400	21,363	-	13,56,763	-	-	25,000	25,000	13,31,763
198	20X6805	AZIM PREMJI PHILANTHROPIC INITIATIVES PVT. LTD. (APPI)	FINANCIAL SUPPORT FOR DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES FOR RAPID TESTS FOR COVID 19	PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
199	20X6806	STANDARD CHARTERED GLOBAL BUSINESS SERVICES PRIVATE LIMITED (SCB GBS)	FINANCIAL SUPPORT FOR DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES FOR RAPID TESTS FOR COVID 19 AND LIMITED (SCB GBS)	CY 2020-21	-	1,50,00,000	1,24,377	-	1,51,24,377	-	19,25,948	1,28,99,503	1,48,25,451	2,98,926
200	20X6807	STANDARD CHARTERED GLOBAL BUSINESS SERVICES PRIVATE LIMITED (SCB GBS)	CONTRIBUTION TO INDIA BIOSCIENCE EFFORTS AND ACTIVITIES	PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
201	20X6808	CACTUS COMMUNICATIONS	SCROLLS AND LEAVES PODCAST, EPISODES 1 AND 2	CY 2020-21	-	1,00,000	-	50,000	1,50,000	-	1,50,000	-	1,50,000	-
202	20X6811	WELLCOME TRUST-DBT INDIA ALLIANCE	EMBO WORKSHOP	PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
203	20X6812	VARIOUS CONTRIBUTORS	GENERATION AND MAINTENANCE OF THE SMOOTH ENDOPLASMIC RETICULUM	CY 2020-21	-	11,23,414	31,452	-	11,54,866	1,86,375	-	-	1,86,375	9,68,491
204	20X6813	Department of Health Research, MINISTRY OF HEALTH AND FAMILY WELFARE	COVID RESEARCH - A COLOUR BASED ASSAY FOR COVID DETECTION, USING RNA-BASED SENSORS	PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
205	20X6814	IQVIA RDS (INDIA) PRIVATE LIMITED	TESTING THE FUNCTION MODE OF ACTION AND SIGNALING MECHANISMS OF GAP JUNCTION PROTEINS IN BANGALORE SUSTAINABILITY FORUM (BSF)-PODCAST	CY 2020-21	-	15,47,080	41,967	-	15,89,027	-	4,20,000	45,060	4,65,060	11,23,967
206	20X6815	Department of Health Research, Ministry of Health and Family Welfare, GOI	INTERNAL SUB-GRANT PROJECT - CONTRIBUTIONS FROM VARIOUS	PY 2019-20	-	30,00,000	59,687	-	30,59,687	-	-	24,76,701	24,76,701	5,82,986
207	20X6816	WIPRO FOUNDATION	ANTHROPIC DISCOVERY	CY 2020-21	-	8,61,080	16,929	-	8,78,009	-	4,47,097	40,326	4,87,423	3,90,586
208	20X6817	INTERNAL SUB-GRANT PROJECT - CONTRIBUTIONS FROM VARIOUS	ANTHROPIC DISCOVERY	PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				CY 2020-21	-	-	-	26,90,860	26,90,860	-	1,00,183	20,21,665	21,21,848	5,60,032
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



NATIONAL CENTRE FOR BIOLOGICAL SCIENCES
TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
GVKX POST, BELLARY ROAD, BANGALORE-560065
B Schedule forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - NCBS

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
					A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E-I
209	20X6818	The Institute for Stem Cell Science and Regenerative Medicine (inStem)	CONTRIBUTION TO CIFF	CY 2020-21	-	4,42,000	3,695	-	4,45,695	-	-	3,92,800	3,92,800	52,895
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
210	20X6819	INTERNATIONAL UNION OF BIOLOGICAL SCIENCES	CONTRIBUTION TO INDIA BIOSCIENCE ACTIVITIES AND EFFORTS	CY 2020-21	-	1,95,662	820	-	1,96,482	-	-	1,53,317	1,53,317	43,165
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
211	20X6820	The Institute for Stem Cell Science and Regenerative Medicine (inStem)	CONTRIBUTION TO ANIMAL HOUSE FACILITY	CY 2020-21	-	41,46,991	70,012	-	42,17,003	-	-	22,54,017	22,54,017	19,62,986
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
212	20X6821	WELLCOME TRUST-DBT INDIA ALLIANCE	IRMI FELLOWSHIP TO DR. VINEETHA	CY 2020-21	-	1,00,000	2,506	-	1,02,506	-	-	-	-	1,02,506
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
213	20X6822	WELLCOME TRUST-DBT INDIA ALLIANCE	IRMI AWARD TO INDIA BIOSCIENCE	CY 2020-21	-	5,00,000	9,372	-	5,09,372	-	1,56,000	58,673	2,14,673	2,94,699
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
214	20X6823	The Institute for Stem Cell Science and Regenerative Medicine (inStem)	CONTRIBUTION TO LAB FACILITY	CY 2020-21	-	2,70,000	7,426	-	2,77,426	-	-	-	-	2,77,426
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
215	20X6824	VARIOUS CONTRIBUTORS	SMALL CONTRIBUTIONS TO ARCHIVES FACILITY	CY 2020-21	-	25,000	670	-	25,670	-	-	-	-	25,670
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
216	20X6825	HONORARIUM SURRENDER BY PROF. GAITI RECEIVED FROM GUTENBERG UNIVERSITY	SMALL CONTRIBUTION TO PROF. GAITI LAB	CY 2020-21	-	8,53,671	22,200	-	8,75,871	-	-	-	-	8,75,871
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
217	20X6826	European Molecular Biology Organization, Germany	CONTRIBUTION TO YOUNG INVESTIGATORS MEETING	CY 2020-21	-	1,85,503	4,824	-	1,90,327	-	-	98,448	98,448	91,879
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
218	20X6827	WELLCOME TRUST-DBT INDIA ALLIANCE	UNDERSTANDING THE IMPACT OF CHROMATIN ARCHITECTURE ON SOMATIC MUTATIONAL PROCESS AND SINGLE CELL METABOLIC MAPS OF SENSITIVE CELLS AND SENSITIVE DRIVEN CANCER CELLS IN AGIN	CY 2020-21	-	47,31,171	82,154	-	48,13,325	-	1,15,320	63,507	1,78,827	46,34,498
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
219	20X6828	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	RESEARCH AND MONITORING APIS DORSATA COLONIES	CY 2020-21	-	2,40,000	4,89,851	-	2,44,89,851	-	-	6,33,958	6,33,958	2,38,55,803
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
220	20X6829	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	SPONGE WATCH PROGRAM FOR MICROPLASTICS	CY 2020-21	-	16,80,000	32,528	-	17,12,528	-	1,00,440	1,00,000	2,00,440	15,12,088
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
221	20X6830	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	MATHEMATICAL MODELLING OF DORMANCY DECISION IN VIRUSES AND CONSEQUENCES FOR CONTRIBUTION TO NGS FACILITY AS PART OF ADBS PROJECT	CY 2020-21	-	25,00,000	48,021	-	25,48,021	-	1,74,840	1,31,800	3,06,640	22,41,381
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
222	20X6831	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	MATHEMATICAL MODELLING OF DORMANCY DECISION IN VIRUSES AND CONSEQUENCES FOR CONTRIBUTION TO NGS FACILITY AS PART OF ADBS PROJECT	CY 2020-21	-	2,20,000	4,196	-	2,24,196	-	-	-	-	2,24,196
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
223	20X6832	The Institute for Stem Cell Science and Regenerative Medicine (inStem)	CONTRIBUTION TO NGS FACILITY AS PART OF ADBS PROJECT	CY 2020-21	-	-	-	35,21,429	35,21,429	-	-	27,00,365	27,00,365	8,21,064
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
224	20X6833	Nature Conservation Foundation	MASTERS PROGRAM IN WILDLIFE BIOLOGY AND CONSERVATION	CY 2020-21	-	20,00,000	35,777	-	20,35,777	-	-	-	-	20,35,777
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



NATIONAL CENTRE FOR BIOLOGICAL SCIENCES
TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
GKVK POST, BELLARY ROAD, BANGALORE-560065
B Schedule forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - NCBS

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
					A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E-I
225	20X6835	The Institute for Stem Cell Science and Regenerative Medicine (iStem)	CONTRIBUTION TO NGS FACILITY AS PART OF COVID EFFORTS	CY 2020-21 PY 2019-20	-	-	-	6,47,500	6,47,500	-	-	4,17,236	4,17,236	2,30,264
226	20X6836	THE HABITATS TRUST	THE HABITATS TRUST SCHOLARSHIP FOR MASTERS IN WILDLIFE BIOLOGY AND CONSERVATION	CY 2020-21 PY 2019-20	-	15,00,000	26,561	-	15,26,561	-	21,935	-	21,935	15,04,626
227	20X6837	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	INVESTIGATING ROLE OF E2-2 IN MICROGLIAL FUNCTIONS	CY 2020-21 PY 2019-20	-	19,70,000	26,847	-	19,96,847	-	-	1,63,976	1,63,976	18,32,871
228	20X6838	SCIENCE & ENGINEERING RESEARCH BOARD, GOI	INTEGRATIVE STRUCTURAL AND FUNCTIONAL CHARACTERIZATION OF DESMOSOMES	CY 2020-21 PY 2019-20	-	2,80,000	3,685	-	2,83,685	-	-	-	-	2,83,685
229	20X6844	Indian Institute of Science	LITEO FOREST THEME - IISC- NCBS COLLABORATIVE RESEARCH PROJECT	CY 2020-21 PY 2019-20	-	4,00,000	5,264	-	4,05,264	-	-	-	-	4,05,264
230	20X6884	Nature Conservation Foundation	SEASONS WATCH PHASE II INSTALLMENT II	CY 2020-21 PY 2019-20	-	13,38,600	15,286	-	13,53,886	-	9,70,000	1,74,600	11,44,600	2,09,296
231	20X6966	VARIOUS CONTRIBUTORS	CONTRIBUTION TO WORKSHOP CONDUCTED BY DR. HITAA	CY 2020-21 PY 2019-20	-	4,16,414	8,355	-	4,24,769	1,23,578	-	-	1,23,578	3,01,191
232	20X6987	IIS TNO TECHNOLOGIES PRIVATE LIMITED	SCIENTIFIC RESEARCH PROGRAM TITLED OBAID SIDDIQI CHAIR IN HISTORY AND CULTURE OF SCIENCE	CY 2020-21 PY 2019-20	-	44,00,000	75,992	-	44,75,992	-	5,70,000	2,20,000	7,90,000	36,85,992
233	20X6988	DR. AMAN AGARWAL	COLLABORATIVE WORK AT CCAMP	CY 2020-21 PY 2019-20	-	40,000	534	-	40,534	-	-	6,805	6,805	33,729
234	20X6989	WIPRO FOUNDATION	BANGALORE SUSTAINABILITY FORUM (BSF)-SOCIAL INTERN	CY 2020-21 PY 2019-20	-	1,44,000	2,916	-	1,46,916	-	-	24,000	24,000	1,22,916
235	20X6901	VARIOUS CONTRIBUTORS	CONTRIBUTION TOWARDS MASS SPECTROMETRY COURSE CONDUCT	CY 2020-21 PY 2019-20	-	1,52,625	2,009	-	1,54,634	-	-	-	-	1,54,634
236	20X6902	VARIOUS CONTRIBUTORS	CONTRIBUTION TOWARDS GIFF-CYTOMETRY COURSE CONDUCT	CY 2020-21 PY 2019-20	-	2,38,493	3,124	-	2,39,617	-	-	-	-	2,39,617
237	20X6903	VARIOUS CONTRIBUTORS	CONTRIBUTION TOWARDS BANGALORE MICROSCOPY COURSE CONDUCT	CY 2020-21 PY 2019-20	-	8,13,709	10,709	-	8,24,418	-	-	-	-	8,24,418
238	20X6904	VARIOUS CONTRIBUTORS	CONTRIBUTION TOWARDS BIOMOLECULAR INTERACTIONS CONDUCT	CY 2020-21 PY 2019-20	-	9,88,810	12,750	-	9,81,560	-	-	-	-	9,81,560
239	20X6905	VARIOUS CONTRIBUTORS	CONTRIBUTION TOWARDS EMBO COURSE CONDUCT	CY 2020-21 PY 2019-20	-	8,83,468	11,627	-	8,95,095	-	-	-	-	8,95,095
240	20X6907	VARIOUS CONTRIBUTORS	WORKSHOP ON "INTEGRATED OMICS" GENOMICS PROTEOMICS, MET	CY 2020-21 PY 2019-20	-	1,20,135	1,581	-	1,21,716	-	-	-	-	1,21,716



NATIONAL CENTRE FOR BIOLOGICAL SCIENCES
TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
GKVX POST, BELLARY ROAD, BANGALORE-560063
B Schedule forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Project Grants - NCBS

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
241	20X9094	Nuclear Power Corporation of India Limited	SCREENING & TESTING FOR COVID 19-GRANT FROM NPCIL DAE	CY 2020-21 PY 2019-20	A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	I=F+G+H	J=A+E-I
					-	80,00,000	37,488	-	80,37,488	-	-	80,00,000	80,00,000	37,488
242	20X9095	AZIM PREMJI PHILANTHROPIC INITIATIVES PVT. LTD. (APPI)	APPI - PHASE II - COVID-19 TESTING ACTIVITIES	CY 2020-21 PY 2019-20	-	75,00,000	71,233	-	75,71,233	-	-	14,69,649	14,69,649	61,01,564
243	20X9099	WIPRO FOUNDATION	BANGALORE SUSTAINABILITY FORUM (BSF)-SMALL GRANTS PROGRAM PHASE II	CY 2020-21 PY 2019-20	-	51,62,333	72,755	-	52,35,088	-	-	2,94,598	2,94,598	49,40,460
Total - 'D' - NCBS Projects					35,95,41,792	33,60,88,021	1,70,18,444	(67,32,798)	34,83,73,667	4,48,39,892	12,39,45,642	18,17,00,400	35,04,85,934	38,54,29,525
					35,02,93,551	29,41,96,436	3,58,21,075	(1,07,09,792)	31,93,07,719	4,81,71,559	10,63,55,617	15,55,32,302	31,00,59,478	38,95,41,792



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
Schedule forming part of Balance Sheet as at 31st March, 2021
PROJECT FUNDS
Schedule 'B' - PBL

SR. NO.	BUD Code	GRANTING AUTHORITY	PROJECT NAME	YEAR	OPENING BALANCE	GRANTS RECEIVED	INTEREST	OTHER RECEIPTS / ADJUSTMENTS	CURRENT YEAR ADDITIONS	CAPITAL ADDITIONS	SALARIES	OTHER REVENUE EXPENSES	SUBTOTAL	NET BALANCE
					A	B	C	D	E = B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E-I
1		ISRO Bangalore	ARFI-SPL (ISRO-GBP)	CY 2020-21	19,90,615	-	-	-	-	-	-	2,38,771	2,38,771	17,51,844
				PY 2019-20	21,91,264	-	-	-	-	-	-	2,00,649	2,00,649	19,90,615
2		Dept of Space	ATCTM (ISRO-GBP)	CY 2020-21	50,174	1,00,000	-	-	1,00,000	-	-	1,05,262	1,05,262	44,912
				PY 2019-20	1,56,689	-	-	-	-	-	-	1,06,515	1,06,515	50,174
Total - 'E' - PBL Projects					20,40,789	1,00,000	-	-	1,00,000	-	-	3,44,033	3,44,033	17,96,756
				PY 2019-20	23,47,953	-	-	-	-	-	-	3,07,164	3,07,164	20,40,789



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
TCIS - PROJECT - TIFR HYDERABAD
Schedule Forming Part of Balance Sheet
Schedule - B - TCIS

Sr. No.	Budget Code	GRANTING AUTHORITY	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts / Adjustments	Current year additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Sub Total	Closing Balance
					A	B	C	D	E = B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E+J
1	12X001	INDO-FRENCH-CEFIPRA	IFCPAR RESEARCH PROJECT	CY 2020-21	83	-	1	-	1	-	-	-	-	84
				PY 2019-20	83	-	-	-	-	-	-	-	-	83
2	14X001	INDO-FRENCH-CEFIPRA	CEFIPRA	CY 2020-21	8	-	-	-	-	-	-	-	-	8
				PY 2019-20	8	-	-	-	-	-	-	-	-	8
3	14X002	SERB	BASIC RESEARCH FOR AOARD 144023 SIZE LIMITED MESOSCOPIC	CY 2020-21	6	-	-	-	-	-	-	-	-	6
				PY 2019-20	6	-	-	-	-	-	-	-	-	6
4	14X003	RAL-UK	2-DIMENSIONAL NANOSHEETS BASED ULTRA-LOW DENSITY SPONGES	CY 2020-21	80,130	-	1,254	-	1,254	-	-	-	-	81,384
				PY 2019-20	80,130	-	-	-	-	-	-	-	-	80,130
5	15X004	IITM-INDIAN INSTITUTE OF TROPICAL METROLOGY	COUPLED PHYSICAL PROCESSES IN THE BAY OF BENGAL AND MONSOON AIR-DSTO - RAMANUJAN FELLOWSHIP	CY 2020-21	254	-	4	-	4	-	-	-	-	258
				PY 2019-20	254	-	-	-	-	-	-	-	-	254
6	15X005	SERB	DSTO - RAMANUJAN FELLOWSHIP	CY 2020-21	9,831	-	154	-	154	-	-	-	-	9,985
				PY 2019-20	9,831	-	-	-	-	-	-	-	-	9,831
7	15X007	SERB	INNOVATION IN SCIENCE PURSUED FOR INSPIRED SEARCH	CY 2020-21	5,66,783	-	8,868	-	8,868	-	-	-	-	5,75,651
				PY 2019-20	2,51,376	21,68,112	-	-	21,68,112	-	11,85,894	6,66,811	18,52,705	5,66,783
8	15X010	CSIR	FELLOWSHIPS	CY 2020-21	22	-	-	-	-	-	-	-	-	22
				PY 2019-20	22	-	-	-	-	-	-	-	-	22
9	15X011	DAE-BRNS	NOVEL ION AND NEUTRAL ATOM ACCELERATION SCHEMES	CY 2020-21	2,60,849	-	385	-	385	2,81,785	-	-	2,81,785	(20,551)
				PY 2019-20	15,27,554	-	-	-	-	4,51,427	1,50,000	6,65,278	12,66,705	2,80,849
10	15X012	BRNS-DST-DIISRT	TAILORING PLANT PROTEASE INHIBITORS FOR CONTROL OF CROP	CY 2020-21	1,14,932	-	1,798	-	1,798	-	-	-	-	1,16,730
				PY 2019-20	1,14,932	-	-	-	-	-	-	-	-	1,14,932
11	15X013	SERB	WELCOME TRUST DBT INDIA ALLIANCE	CY 2020-21	2,359	-	37	-	37	-	-	-	-	2,396
				PY 2019-20	2,359	-	-	-	-	-	-	-	-	2,359
12	15X014	SERB	RAMANUJAN FELLOWSHIP	CY 2020-21	4,90,782	6,00,000	7,690	-	6,07,690	5,88,849	-	2,01,535	7,90,384	3,08,088
				PY 2019-20	2,49,930	7,60,000	-	-	7,60,000	1,67,265	1,05,000	2,46,883	5,19,148	4,90,782
13	15X015	SERB	JC BOSE FELLOWSHIP	CY 2020-21	31,153	-	487	-	487	-	-	-	-	31,640
				PY 2019-20	31,153	-	-	-	-	-	-	-	-	31,153



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
TCIS - PROJECT - TIFR HYDERABAD
Schedule Forming Part of Balance Sheet
Schedule - B - TCIS

Sr. No.	Budget Code	GRANTING AUTHORITY	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts / Adjustments	Current year additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Sub Total	Closing Balance
					A	B	C	D	E = B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E-J
14	16X016	WELCOMER TRUST-DBT	WELCOMER TRUST-DBT INDIA ALLIANCE	CY 2020-21	44,88,622	4,35,715	41,266	-	4,76,981	12,28,565	4,420	26,05,495	38,36,480	11,29,123
				PY 2019-20	75,10,623	-	-	-	-	10,08,498	-	20,13,503	30,22,001	44,88,622
15	16X017	CSIR	SYNTHESIS AND REACTIVITIES OF COMPOUNDS INVOLVING FORMA BIOPHYSICAL CHARACTERIZATION OF THE INTERACTIONS OF PROBING SPIN-DEPENDENT INTERFACE INTERACTIONS AT INNOVATION IN SCIENCE PURSUIT FOR INSPIRED	CY 2020-21	2,357	-	37	-	37	-	-	-	-	2,394
				PY 2019-20	2,357	-	-	-	-	-	-	-	-	2,357
16	16X018	SERB	CHARACTERIZATION OF THE INTERACTIONS OF PROBING SPIN-DEPENDENT INTERFACE INTERACTIONS AT INNOVATION IN SCIENCE PURSUIT FOR INSPIRED	CY 2020-21	65	-	1	-	1	-	-	-	-	66
				PY 2019-20	7,980	4,00,000	-	-	4,00,000	25,280	1,40,000	2,42,635	4,07,915	65
17	16X019	SERB	PROBING SPIN-DEPENDENT INTERFACE INTERACTIONS AT INNOVATION IN SCIENCE PURSUIT FOR INSPIRED	CY 2020-21	194	-	-	-	-	-	-	-	-	194
				PY 2019-20	14,846	2,50,000	-	-	2,50,000	55,077	-	2,09,575	2,64,652	194
18	16X020	DST-INSPIRE	INNOVATION IN SCIENCE PURSUIT FOR INSPIRED	CY 2020-21	13,69,799	21,89,602	22,805	-	22,12,407	1,85,493	7,86,000	11,067	9,82,560	25,99,646
				PY 2019-20	1,92,116	30,05,443	-	-	30,05,443	-	17,66,594	61,166	18,27,760	13,69,799
19	16X021	SERB	ELUCIDATION OF KINETIC PATHWAYS OF PROTEIN-LIGAND RECOGNITION AND SERB-NATIONAL POST DOCTORAL FELLOWSHIP	CY 2020-21	1,91,326	51,616	3,249	(1,285)	53,580	-	-	-	-	2,44,906
				PY 2019-20	2,58,001	-	-	-	-	66,675	-	-	66,675	1,91,326
20	16X022	SERB	SERB-NATIONAL POST DOCTORAL FELLOWSHIP	CY 2020-21	109	-	2	-	2	-	-	-	-	111
				PY 2019-20	109	-	-	-	-	-	-	-	-	109
21	16X023	MAX PLANK	MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT	CY 2020-21	18,30,952	17,55,200	33,316	-	17,88,516	95,361	-	11,17,361	12,12,722	24,06,746
				PY 2019-20	18,71,413	15,70,160	-	-	15,70,160	5,26,268	-	10,84,353	16,10,821	18,30,952
22	16X024	SERB	DEVELOPING NOVEL METHODS FOR SINGLE CELL DETECTION OF PROTEIN	CY 2020-21	3,44,809	-	5,395	-	5,395	-	-	-	-	3,50,204
				PY 2019-20	5,38,954	6,50,000	-	-	6,50,000	-	1,74,925	6,69,220	8,44,145	3,44,809
23	16X025	SERB	UNDERSTANDING CONFORMATIONAL DYNAMICS USING T4	CY 2020-21	3,60,609	-	4,101	-	4,101	-	-	1,14,032	1,14,032	2,50,678
				PY 2019-20	6,20,134	-	-	-	-	-	-	2,59,525	2,59,525	3,60,609
24	17X028	SERB	SERB-NATIONAL POST DOCTORAL FELLOWSHIP	CY 2020-21	32,357	-	506	-	506	-	-	-	-	32,863
				PY 2019-20	32,357	-	-	-	-	-	-	-	-	32,357
25	17X030	SERB	SERB-NATIONAL POST DOCTORAL FELLOWSHIP	CY 2020-21	63,521	-	994	-	994	-	-	-	-	64,515
				PY 2019-20	1,46,182	-	-	-	-	-	60,323	22,338	82,861	63,521
26	17X031	SERB	SERB-NATIONAL POST DOCTORAL FELLOWSHIP	CY 2020-21	49	-	1	-	1	-	-	-	-	50
				PY 2019-20	1,16,474	1,43,401	-	-	1,43,401	-	1,17,333	1,42,493	2,59,826	49



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
TCIS - PROJECT - TIFR HYDERABAD
Schedule Forming Part of Balance Sheet
Schedule - B - TCIS

Sr. No.	Budget Code	GRANTING AUTHORITY	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts / Adjustments	Current year additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Sub Total	Closing Balance
					A	B	C	D	E = B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E-I
27	17X032	SERB	SERB	CY 2020-21	5,21,859	-	8,165	-	8,165	-	-	-	-	5,30,024
				PY 2019-20	5,21,859	-	-	-	-	-	-	-	-	5,21,859
28	17X033	SERB	SERB - NATIONAL POST DOCTORAL FELLOWSHIP	CY 2020-21	2,687	-	42	-	42	-	-	-	-	2,729
				PY 2019-20	2,687	-	-	-	-	-	-	-	-	2,687
29	17X034	SERB	SERB- NATIONAL POST DOCTORAL FELLOWSHIP	CY 2020-21	1,71,581	87,784	2,718	-	90,502	-	-	87,784	87,784	1,74,299
				PY 2019-20	37,471	5,00,000	-	-	5,00,000	-	2,75,000	90,890	3,65,890	1,71,581
30	17X035	SERB	SERB - NATIONAL POST DOCTORAL FELLOWSHIP	CY 2020-21	782	-	12	-	12	-	-	-	-	794
				PY 2019-20	782	-	-	-	-	-	-	-	-	782
31	17X036	RAL PROJECT	RAL PROJECT	CY 2020-21	2,99,669	-	2,692	-	2,692	-	-	2,06,420	2,06,420	95,941
				PY 2019-20	95,86,288	12,94,425	-	(2,50,000)	10,44,425	12,73,182	42,46,641	48,11,221	1,03,31,044	2,99,669
32	17X037	WELCOMETRUST/DBT INDIA	WELLCOME TRUST/DBT INDIA ALLIANCE	CY 2020-21	46,45,434	4,04,088	31,084	-	4,35,172	3,37,207	-	39,05,334	42,42,541	8,38,065
				PY 2019-20	1,17,00,034	18,72,562	-	-	18,72,562	31,74,938	-	57,52,224	89,27,162	46,45,434
33	17X038	DRDO	FREQUENCY STABILIZATION OF DIODE LASER FOR ATOM	CY 2020-21	10,118	14,99,978	8,409	-	15,08,387	10,02,921	-	3,35,092	13,38,013	1,80,492
				PY 2019-20	9,83,937	-	-	-	-	7,14,877	-	2,58,942	9,73,819	10,118
34	18X039	NIH	NIH GRANTS	CY 2020-21	14,73,924	-	22,984	-	22,984	-	-	6,260	6,260	14,90,648
				PY 2019-20	2,17,845	18,95,938	-	-	18,95,938	2,57,856	-	3,82,003	6,39,859	14,73,924
35	18X040	DBT	ELUCIDATION OF REGULATORY MECHANISM OF MITOCHONDRIAL	CY 2020-21	17,127	7,46,000	7,862	-	7,53,862	-	-	2,78,505	2,78,505	4,92,484
				PY 2019-20	4,15,551	-	-	-	-	2,61,620	-	1,36,804	3,98,424	17,127
36	18X041	DAE	DAE- HOMI BHABHA CHAIR FOR DISTINGUISHED SCIENTISTS /	CY 2020-21	9,11,029	16,78,203	13,780	(8,145)	16,83,838	-	15,24,117	9,695	15,33,812	10,61,055
				PY 2019-20	7,57,042	16,58,508	-	-	16,58,508	-	14,98,224	6,297	15,04,521	9,11,029
37	18X042	SERB	UNDER STANDING THE CORRELATION BETWEEN LIGAND BINDING AFFINITIES	CY 2020-21	7,04,646	1,00,000	8,687	-	1,08,687	-	-	4,59,241	4,59,241	3,54,092
				PY 2019-20	1,85,113	6,00,000	-	-	6,00,000	-	-	80,467	80,467	7,04,646
38	18X043	SERB	DEVELOPMENT OF GRAPHENE & MOS2 BASED VAN DER WAALS SOLIDS FOR	CY 2020-21	6,63,811	5,00,000	10,345	-	5,10,345	25,200	2,50,000	4,50,114	7,25,314	4,48,842
				PY 2019-20	4,32,931	8,00,000	-	-	8,00,000	36,973	3,00,000	2,32,147	5,69,120	6,63,811
39	18X044	ICAR	LIGO-INDIA RELATED TRAINING ACTIVITIES	CY 2020-21	3,96,892	30,00,000	27,197	-	30,27,197	-	-	2,19,327	2,19,327	32,04,762
				PY 2019-20	6,03,867	-	-	-	-	-	-	2,06,975	2,06,975	3,96,892



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
TCIS - PROJECT - TIFR HYDERABAD
Schedule Forming Part of Balance Sheet

Schedule - B - TCIS

Sr. No.	Budget Code	GRANTING AUTHORITY	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts / Adjustments	Current year additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Sub Total	Closing Balance
					A	B	C	D	E = B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E-I
40	18X045	DBT-BIRAC	MOLECULE CHARACTERIZATION OF BIOMOLECULES	CY 2020-21	1,05,610	7,31,800	3,679	-	7,35,479	590	2,97,374	1,06,925	4,04,889	4,36,200
				PY 2019-20	11,09,639	6,19,100	-	-	6,19,100	2,86,206	1,75,000	11,61,923	16,23,129	1,05,610
41	18X046	SERB	SERB-CHEMISTRY	CY 2020-21	2,30,297	9,00,000	6,989	-	9,06,989	-	4,40,000	3,24,496	7,64,496	3,72,790
				PY 2019-20	9,70,441	-	-	-	-	-	6,05,000	1,35,144	7,40,144	2,30,297
42	18X047	SERB	UNDERSTANDING ELEMENTARY PROCESSES IN SURFACE	CY 2020-21	15,94,899	3,50,000	19,115	-	3,69,115	7,73,277	-	129	7,73,406	11,90,608
				PY 2019-20	23,35,124	-	-	-	-	4,29,377	-	3,10,848	7,40,225	15,94,899
43	19X048	SERB	DROPLET SUSPENSIONS IN HOMOGENEOUS TURBULENCE	CY 2020-21	3,85,181	3,50,000	7,063	-	3,57,063	-	2,48,000	1,37,408	3,85,408	3,56,836
				PY 2019-20	-	31,28,096	-	-	31,28,096	23,52,430	2,44,000	1,46,485	27,42,915	3,85,181
44	19X049	NIH	EXCITATION AND EXCITOTOXICITY IN TYPE I COCHLEAR AFFERENTS	CY 2020-21	8,18,861	-	9,590	-	9,590	-	-	2,62,632	2,62,632	5,65,819
				PY 2019-20	-	16,48,557	-	-	16,48,557	-	4,08,000	4,21,696	8,29,696	8,18,861
45	19X050	SERB	DYNAMICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF ACTIVE GLASSY	CY 2020-21	21,09,900	1,00,000	16,973	-	1,16,973	18,48,094	-	96,348	19,44,442	2,82,431
				PY 2019-20	-	21,71,500	-	-	21,71,500	-	-	61,600	61,600	21,09,900
46	19X051	SERB	PROXIMITY EFFECT STUDIES AT THE INTERFACE BETWEEN A	CY 2020-21	30,88,480	11,00,000	21,854	-	11,21,854	16,61,145	-	11,82,963	28,44,108	13,66,226
				PY 2019-20	-	34,49,500	-	-	34,49,500	-	-	3,61,020	3,61,020	30,88,480
47	19X052	SERB	INFERENCE OF LONG- TIME BIOCHEMICAL PROCESSES VIA	CY 2020-21	33,48,132	6,00,000	54,318	-	6,54,318	-	3,41,000	2,50,643	5,91,643	34,10,807
				PY 2019-20	-	35,24,900	-	-	35,24,900	-	59,862	1,16,906	1,76,768	33,48,132
48	19X053	SERB	INORGANIC CHEMISTRY	CY 2020-21	6,53,400	2,00,000	8,121	-	2,08,121	-	-	4,52,746	4,52,746	4,08,775
				PY 2019-20	-	7,04,600	-	-	7,04,600	-	-	51,200	51,200	6,53,400
49	19X054	SERB	EFFECTS OF INCLUSIONS ON THE DYNAMICAL AND RHEOLOGICAL	CY 2020-21	96,61,280	-	1,42,992	-	1,42,992	2,77,689	3,41,000	3,12,070	9,30,759	88,73,513
				PY 2019-20	-	99,29,408	-	-	99,29,408	-	20,000	2,48,128	2,68,128	96,61,280
50	19X055	SERB	SWARNA JAYANTI FELLOWSHIP	CY 2020-21	2,63,793	5,00,000	7,554	-	5,07,554	-	1,00,000	1,18,020	2,18,020	5,53,327
				PY 2019-20	-	3,00,000	-	-	3,00,000	-	36,207	-	36,207	2,63,793
51	20X056	FIND INDIA	FIND INDIA- AGREEMENT BETWEEN TIFR AND FIND INDIA	CY 2020-21	-	1,81,65,365	67,765	(85,85,475)	96,47,655	-	-	12,12,441	12,12,441	84,35,214
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
52	20X057	NORIS	CSR-NPCIL FOR COVID 19 TESTING & TRAINING	CY 2020-21	-	12,50,000	162	-	12,50,162	-	-	3,91,332	3,91,332	8,58,830
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
TCIS - PROJECT - TIFR HYDERABAD
Schedule Forming Part of Balance Sheet
Schedule - B - TCIS

Sr. No.	Budget Code	GRANTING AUTHORITY	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts / Adjustments	Current year additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Sub Total	Closing Balance
					A	B	C	D	E = B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E-J
53	20X058	EPIC	EPIC OPERATIONS	CY 2020-21	-	2,40,26,841	27,836	-	2,40,54,677	7,14,645	1,09,21,039	38,13,045	1,54,48,729	86,05,948
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
54	20X059	SERB	SERB, DST NEW DELHI- UNRAVELING THE MOLECULAR BASIS OF	CY 2020-21	-	17,85,000	12,221	-	17,97,221	-	-	3,29,073	3,29,073	14,68,148
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55	20X060	SERB	SERB, DST, NEW DELHI- UNDERSTANDING THE FEEDFORWARD	CY 2020-21	-	27,47,000	19,962	-	27,66,962	-	-	1,30,000	1,30,000	26,36,962
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
56	20X061	SERB	SERB DST NEW DELHI - UNDERSTANDING THE	CY 2020-21	-	15,00,000	6,842	-	15,06,842	2,50,000	-	6,46,866	8,96,866	6,09,956
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57	20X062	DBT	DBT WELLCOME TRUST	CY 2020-21	-	5,47,745	2,418	-	5,50,163	-	1,72,800	49,795	2,22,595	3,27,568
			INDIA ALLIANCE - DR. RITURAJ	PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
58	20X063	SERB	SERB- DR. BIJOY DEY	CY 2020-21	-	11,18,400	6,517	-	11,24,917	-	71,837	1,24,228	1,96,065	9,28,852
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
59	20X064	SERB	SERB- DR. PRAMODH VALLURUPALLI	CY 2020-21	-	3,35,000	2,059	-	3,37,059	-	-	1,12,150	1,12,150	2,24,909
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	20X065	SERB	SERB- DR. PABITRA K NAYAK	CY 2020-21	-	34,07,000	17,447	-	34,24,447	-	-	1,20,800	1,20,800	33,03,647
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
61	20X066	IISC-BANGALORE	SERB- DR. SMARAJIT KARMAKAR	CY 2020-21	-	45,81,000	23,577	-	46,04,577	-	-	-	-	46,04,577
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
62	20X068	SERB	SERB- DR. KANCHAN GARAI	CY 2020-21	-	37,85,000	20,030	-	38,05,030	-	-	-	-	38,05,030
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
63	20X069	SERB	SERB- DR. T N NARAYANAN	CY 2020-21	-	22,50,000	11,183	-	22,61,183	-	-	-	-	22,61,183
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
64	20X070	SERB	SERB- DR. RAJALAKSHMI GURUMURTHY	CY 2020-21	-	25,53,600	12,767	-	25,66,367	-	-	-	-	25,66,367
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65	20X071	DBT	SERB- DR. PRAMODH VALLURUPALLI	CY 2020-21	-	10,00,00,000	4,97,032	-	10,04,97,032	-	-	-	-	10,04,97,032
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
TCIS - PROJECT - TIFR HYDERABAD
Schedule Forming Part of Balance Sheet
Schedule - B - TCIS

Sr. No.	Budget Code	GRANTING AUTHORITY	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts / Adjustments	Current year additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Sub Total	Closing Balance
66			RGC	CY 2020-21	4,97,656	4,37,400	-	-	4,37,400	-	-	7,619	7,619	9,27,437
				PY 2019-20	-	8,69,603	-	-	8,69,603	3,63,035	-	8,912	3,71,947	4,97,656
Total - 'F' - TCIS Projects					CY 2020-21	4,28,19,009	18,63,69,337	13,02,394	17,90,76,826	92,68,821	1,54,97,587	2,01,89,011	4,49,55,419	17,69,40,416
					PY 2019-20	4,34,39,795	4,39,13,813	-	4,36,63,813	1,14,60,984	1,15,68,003	2,12,65,612	4,42,84,599	4,28,19,009



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
INTERNATIONAL CENTRE FOR THEORETICAL SCIENCES
 Schedule Forming Part of Balance Sheet as at 31st March 2021
PROJECT FUNDS
SCHEDULE "B" - ICTS

SN	Granting Authority	Project Name	Year	As at 1st April, 2020	Grants Received	Interest	Other Receipts / Adjustments (*)	Current Year Additions	Capital Additions	Salaries	Others Revenue Expenses	Sub Total	Balance as at 31st March, 2021
				A	B	C	D	E = B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E-I
1	AIRBUS	Mathematics of Complex Systems	CY 2020-21	91,19,487	-	3,90,568	-	3,90,568	-	-	36,920	36,920	94,73,134
			PY 2019-20	87,73,469	-	4,33,819	-	4,33,819	-	-	87,801	87,801	91,19,487
2	SCIENCE AND ENGINEERING RESEARCH BOARD	Ramanujan Fellowship - Dr. P. Ajith	CY 2020-21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			PY 2019-20	383	-	-	-	-	-	-	383	383	-
3	UNIVERSITY GRANTS COMMISSION	Heat Transport in Extended one-Dimensional Models under India - Israel Joint Research Project 2014 - Dr. Abhishek	CY 2020-21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			PY 2019-20	26,224	-	-	2	2	-	-	26,226	26,226	-
4	INTEL TECHNOLOGY PVT LTD	Ensemble Kalman Filter for the ROMS Model for Indian Ocean - Dr. Apte	CY 2020-21	23,875	-	553	-	553	-	-	21,990	21,990	2,438
			PY 2019-20	22,745	-	1,130	-	1,130	-	-	-	-	23,875
5	MAX PLANCK PARTNERS GROUP	Max Planck Partner Group in Astrophysical Relativity and Gravitational-Wave Astronomy - Dr. Ajith	CY 2020-21	46,989	-	1,231	-	1,231	-	-	36,607	36,607	11,613
			PY 2019-20	3,73,159	15,40,200	10,187	-	15,50,387	-	10,86,000	7,90,556	18,76,556	46,989
6	SCIENCE AND ENGINEERING RESEARCH BOARD	JC Bose - Prof. Wadia	CY 2020-21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			PY 2019-20	561	-	-	-	-	-	-	561	561	-
7	INFOSYS FOUNDATION	ICTS - Infosys Excellence Grant	CY 2020-21	1,43,83,579	-	4,67,655	-	4,67,655	-	64,16,369	5,56,187	69,72,556	78,79,678
			PY 2019-20	1,27,86,103	80,00,000	6,58,735	-	86,58,735	-	-	70,61,259	70,61,259	1,43,83,579
8	SCIENCE AND ENGINEERING RESEARCH BOARD	JC Bose - Prof. Gopakumar	CY 2020-21	1,11,346	20,60,892	20,846	-	20,81,738	-	11,12,720	1,99,358	13,12,078	8,81,006
			PY 2019-20	93,161	19,00,000	4,958	-	19,04,958	-	13,09,859	5,76,914	18,86,773	1,11,346
9	DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY	Ramalingaswami Fellowship - Dr. Vijay Kumar Krishnamurthy	CY 2020-21	84,528	-	2,238	(40,300)	(38,062)	-	-	24,449	24,449	22,017
			PY 2019-20	7,31,581	3,88,193	19,787	-	4,07,980	7,89,000	84,000	1,82,033	10,55,033	84,528
10	MAX PLANCK PARTNERS GROUP	Max Planck Partner Group - Dr. Vijay Kumar Krishnamurthy	CY 2020-21	19,50,465	6,96,400	86,036	7,800	7,90,236	-	5,95,516	-	5,95,516	21,45,185
			PY 2019-20	14,70,794	24,84,530	82,949	-	25,67,479	10,01,923	9,00,000	1,85,885	20,87,808	19,50,465
11	SCIENCE AND ENGINEERING RESEARCH BOARD	Early Career Research Grant - Prof. Samridhi Sankar Ray	CY 2020-21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			PY 2019-20	1,24,432	2,50,000	-	(1,56,705)	93,295	-	25,000	1,92,727	2,17,727	-
12	INDO-FRENCH CENTRE FOR THE PROMOTION OF ADVANCED RESEARCH (CEFIPRA)	Extreme events and large deviation in strongly correlated many-body systems; Dr. Abhishek Dhar	CY 2020-21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			PY 2019-20	30,367	5,48,207	-	1	5,48,208	-	4,12,000	1,66,575	5,78,575	-



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
INTERNATIONAL CENTRE FOR THEORETICAL SCIENCES
 Schedule Forming Part of Balance Sheet as at 31st March 2021

PROJECT FUNDS
SCHEDULE "B" - ICTS

SN	Granting Authority	Project Name	Year	As at 1st April, 2020	Grants Received	Interest	Other Receipts / Adjustments (*)	Current Year Additions	Capital Additions	Salaries	Others Revenue Expenses	Sub Total	Balance as at 31st March, 2021
				A	B	C	D	E = B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E-I
13	INDIAN INSTITUTE OF TROPICAL METEOROLOGY	Coupled Physical Processes in the Bay of Bengal and Monsoon Air-Sea Interaction - Dr. Rama Govindarajan	CY 2020-21	2,27,111	-	-	(2,27,111)	(2,27,111)	-	-	-	-	0
			PY 2019-20	3,24,345	-	13,370	-	13,370	-	-	1,10,604	1,10,604	2,27,111
14	INFOSYS FOUNDATION	ICTS - Infosys Lecture Series	CY 2020-21	3,90,68,706	1,50,00,000	19,54,416	-	1,69,54,416	-	19,03,145	1,50,552	20,53,697	5,39,69,425
			PY 2019-20	3,20,47,451	1,50,00,000	17,24,227	-	1,67,24,227	-	8,45,000	88,57,973	97,02,973	3,90,68,706
15	INFOSYS SCIENCE FOUNDATION	Research & Development - Mr. Kris Gopalakrishnan	CY 2020-21	2,47,611	10,00,000	10,399	-	10,10,399	-	7,93,400	2,17,207	10,10,607	2,47,403
			PY 2019-20	9,99,325	15,50,000	30,232	-	15,90,232	-	7,42,333	15,99,614	23,41,947	2,47,611
16	MAX PLANCK PARTNERS GROUP	Max Planck Partner Group - Dr. Subro Bhattacharjee	CY 2020-21	21,59,532	17,54,200	1,06,626	-	18,60,826	1,50,045	9,00,000	53,994	11,04,039	29,16,319
			PY 2019-20	19,48,239	16,20,450	99,594	-	17,20,044	83,261	8,93,710	5,31,780	15,08,751	21,59,532
17	SCIENCE AND ENGINEERING RESEARCH BOARD	Ramanujan Fellowship - Dr. Manas Kulkarni	CY 2020-21	5,75,086	-	21,261	-	21,261	-	8,258	1,51,051	1,59,309	4,37,038
			PY 2019-20	1,595	7,60,000	13,982	-	7,73,982	-	1,29,935	70,556	2,00,491	5,75,086
18	INFOSYS FOUNDATION	Homi Bhabha Chair Fellowship - Prof. Wadia	CY 2020-21	14,30,270	90,00,000	1,97,165	-	91,97,165	-	26,00,000	71,873	26,71,873	79,55,562
			PY 2019-20	17,39,040	25,00,000	76,841	-	25,76,841	-	24,00,000	4,85,611	28,85,611	14,30,270
19	INFOSYS FOUNDATION	Infosys Foundation International Exchange Program	CY 2020-21	2,67,70,941	-	11,48,398	-	11,48,398	-	-	21,898	21,898	2,78,97,441
			PY 2019-20	1,68,70,737	1,00,00,000	10,58,102	-	1,10,58,102	-	24,000	11,33,898	11,57,898	2,67,70,941
20	Indo-US Science & Technology Forum(IUSSTF)	Indo-US for the Exploration of Extreme Gravity - Prof. Ajith	CY 2020-21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			PY 2019-20	2,28,619	-	-	(1,44,079)	(1,44,079)	-	-	84,540	84,540	-
21	SCIENCE AND ENGINEERING RESEARCH BOARD	Ramanujan Fellowship - Dr. R. Basu	CY 2020-21	4,74,735	2,00,000	22,326	-	2,22,326	-	24,000	85,000	1,09,000	5,88,061
			PY 2019-20	6,69,051	1,50,000	27,731	-	1,77,731	-	-	3,72,047	3,72,047	4,74,735
22	Asia Pacific Center for Theoretical Physics (APCTP)	Kavli Winter School	CY 2020-21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			PY 2019-20	2,786	-	-	-	-	-	-	2,786	2,786	-
23	KAVLI foundation	Kavli Winter School	CY 2020-21	10,57,973	-	45,403	-	45,403	-	-	-	-	11,03,376
			PY 2019-20	10,59,810	-	51,346	-	51,346	-	-	53,183	53,183	10,57,973
24	INFOSYS SCIENCE FOUNDATION	ICTS@19 Program	CY 2020-21	14,78,236	-	63,438	-	63,438	-	-	-	-	15,41,674
			PY 2019-20	14,08,252	-	69,984	-	69,984	-	-	-	-	14,78,236



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
INTERNATIONAL CENTRE FOR THEORETICAL SCIENCES
 Schedule Forming Part of Balance Sheet as at 31st March 2021
PROJECT FUNDS

SCHEDULE "B" - ICTS

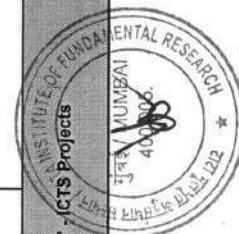
SN	Granting Authority	Project Name	Year	As at 1st April, 2020	Grants Received	Interest	Other Receipts / Adjustments (*)	Current Year Additions	Capital Additions	Salaries	Others Revenue Expenses	Sub Total	Balance as at 31st March, 2021
				A	B	C	D	E = B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E-I
25	Donation - Narayanamurthy	ICTS@10 Program	CY 2020-21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			PY 2019-20	85	-	-	-	-	-	-	85	85	-
26	International Centre for Theoretical Physics	ICTP-ICTS Winter School on Quantitative Systems Biology	CY 2020-21	2,79,041	-	-	(2,45,139)	(2,45,139)	-	-	33,902	33,902	(0)
			PY 2019-20	31,551	25,95,380	7,530	-	26,02,890	-	-	23,55,401	23,55,401	2,79,041
27	Council of Scientific & Industrial Research	CSIR Book Grant - Prof. Rama	CY 2020-21	5,514	-	237	-	237	-	-	-	-	5,751
			PY 2019-20	5,253	-	261	-	261	-	-	-	-	5,514
28	SCIENCE AND ENGINEERING RESEARCH BOARD	Early career Research - Anomalous heat transport in open classical interacting many-particle systems Screen reader	CY 2020-21	3,37,423	-	-	-	-	-	2,61,000	40,142	3,01,142	36,281
			PY 2019-20	3,33,345	-	16,263	-	16,263	-	-	12,185	12,185	3,37,423
29	Canadian Institute for Advanced Research (CIFAR)	Azrieli Global Scholar Fellowship - Prof. Ajith	CY 2020-21	29,66,876	-	1,05,525	-	1,05,525	-	9,12,000	1,03,844	10,15,844	20,56,557
			PY 2019-20	24,91,934	12,85,000	1,32,350	-	13,97,350	-	3,99,000	5,23,408	9,22,408	29,66,876
30	DEPARTMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGY	Swarna Jayanti fellowship - Prof. Raju	CY 2020-21	3,04,839	2,00,000	7,794	(53,638)	1,54,156	-	3,00,000	92,796	3,92,796	66,198
			PY 2019-20	4,17,768	3,00,000	17,520	-	3,17,520	-	3,00,000	1,30,449	4,30,449	3,04,839
31	SCIENCE AND ENGINEERING RESEARCH BOARD	Early Career Research - Quantum Dot Circuit - Qunatum Electrodynamics Systems: Fundamental aspects & device	CY 2020-21	6,36,957	-	23,627	-	23,627	-	1,12,000	60,781	1,72,781	4,87,803
			PY 2019-20	14,41,136	-	50,384	-	50,384	6,72,301	1,09,161	73,101	8,54,563	6,36,957
32	SCIENCE AND ENGINEERING RESEARCH BOARD	Early Career Research - Quantum Spin Liquids & Non-Fermi Liquid Metals - Prof. Subhro Bhattacharjee	CY 2020-21	1,92,376	2,00,000	-	-	2,00,000	-	-	2,99,846	2,99,846	92,530
			PY 2019-20	3,00,628	1,70,000	11,953	-	1,81,953	-	1,00,000	1,90,205	2,90,205	1,92,376
33	PRATIKSHA TRUST	ICTP-ICTS Winter School on Quantitative Systems Biology 2018	CY 2020-21	1,34,684	-	3,831	(90,827)	(86,996)	-	-	-	-	47,688
			PY 2019-20	1,28,308	-	6,376	-	6,376	-	-	-	-	1,34,684
34	INDO-FRENCH CENTRE FOR THE PROMOTION OF ADVANCED RESEARCH (CEFIPRA)	Designing & Control of many body states in hybrid quantum systems- Prof. Manas	CY 2020-21	5,97,791	-	16,900	-	16,900	-	4,07,960	-	4,07,960	2,06,731
			PY 2019-20	5,68,697	2,29,600	28,282	-	2,57,882	1,97,138	-	31,850	2,28,788	5,97,791
35	SCIENCE AND ENGINEERING RESEARCH BOARD	Travel grants	CY 2020-21	47,990	-	-	-	-	-	-	-	-	47,990
			PY 2019-20	8,80,479	-	22,511	(9,83,862)	(9,61,351)	-	-	(1,28,662)	(1,28,662)	47,990
36	SCIENCE AND ENGINEERING RESEARCH BOARD	MATRIGS - Understanding the Origins of intermittency in Turbulent Flows - Prof. SS Ray	CY 2020-21	2,04,970	-	4,822	-	4,822	-	-	1,85,200	1,85,200	24,592
			PY 2019-20	-	2,20,000	4,970	-	2,24,970	-	-	20,000	20,000	2,04,970



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
INTERNATIONAL CENTRE FOR THEORETICAL SCIENCES
 Schedule Forming Part of Balance Sheet as at 31st March 2021

PROJECT FUNDS
SCHEDULE "B" - ICTS

SN	Granting Authority	Project Name	Year	As at 1st April, 2020	Grants Received	Interest	Other Receipts / Adjustments (*)	Current Year Additions	Capital Additions	Salaries	Others Revenue Expenses	Sub Total	Balance as at 31st March, 2021
				A	B	C	D	E = B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E-I
37	SCIENCE AND ENGINEERING RESEARCH BOARD	MATRICES - Ising & potts measures on large sparse graphs - Prof. Anirban Basak	CY 2020-21	2,04,970	-	5,611	-	5,611	1,28,432	-	20,000	1,48,432	62,149
			PY 2019-20	-	2,20,000	4,970	-	2,24,970	-	-	20,000	20,000	2,04,970
38	SCIENCE AND ENGINEERING RESEARCH BOARD	MATRICES - Dynamic & Spatio-temporal spread of perturbations in integrable models - Prof. Manas Kulkarni	CY 2020-21	2,04,970	-	8,367	-	8,367	-	-	20,000	20,000	1,93,337
			PY 2019-20	-	2,20,000	4,970	-	2,24,970	-	-	20,000	20,000	2,04,970
39	SCIENCE AND ENGINEERING RESEARCH BOARD	MATRICES - Spectra of differential operators and the unified transform method - Prof. Vishal Vasani	CY 2020-21	2,04,970	-	8,367	-	8,367	-	-	20,000	20,000	1,93,337
			PY 2019-20	-	2,20,000	4,970	-	2,24,970	-	-	20,000	20,000	2,04,970
40	SCIENCE AND ENGINEERING RESEARCH BOARD	SRG - Spectral properties of random perturbations of Toeplitz matrices - Prof. Anirban Basak	CY 2020-21	1,45,593	-	4,752	-	4,752	-	-	69,739	69,739	80,606
			PY 2019-20	-	3,01,400	3,530	-	3,04,930	1,42,937	-	16,400	1,59,337	1,45,593
41	SCIENCE AND ENGINEERING RESEARCH BOARD	CRG - Geometry, Topology and Quantization of Certain Moduli spaces - Prof. Rukmini Dey	CY 2020-21	73,717	1,00,000	5,008	-	1,05,008	-	-	14,057	14,057	1,64,668
			PY 2019-20	-	2,42,553	1,787	-	2,44,320	97,000	-	73,603	1,70,603	73,717
42	DELL INTERNATIONAL	Skill Development through ICTS programs and Summer School for Women in Mathematics and Statistics	CY 2020-21	-	1,12,00,000	2,03,894	-	1,14,03,894	-	-	16,97,711	16,97,711	97,06,183
			PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
43	THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, INDIA (NASI)	NASI-Senior Scientist Platinum Jubilee Fellowship - Prof. Mythili Ramaswamy	CY 2020-21	-	4,60,000	4,438	-	4,64,438	-	2,51,613	1,542	2,53,155	2,11,283
			PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
44	INFOSYS FOUNDATION	Madhava Chair Professorship	CY 2020-21	-	3,75,00,000	8,04,651	-	3,83,04,651	-	-	-	-	3,83,04,651
			PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	DONATION+CSR	MISC (CAF+Instamojo+Math Circle+CSR)	CY 2020-21	3,08,00,664	1,46,59,145	16,33,327	-	1,62,92,472	-	50,000	90,811	1,40,811	4,69,52,325
			PY 2019-20	13,29,532	2,87,41,689	7,79,004	-	2,95,20,693	-	-	49,561	49,561	3,08,00,664
46	SIMONS' Foundation	SIMONS' Fellowship	CY 2020-21	73,36,530	-	2,058	-	2,058	41,964	46,80,700	23,72,807	70,95,471	2,43,116
			PY 2019-20	1,45,32,881	1,39,66,500	4,98,891	-	1,44,65,391	-	64,76,242	1,51,85,501	2,16,61,743	73,36,530
47	SIMONS' Foundation	SIMONS' Catalysing Excellence	CY 2020-21	-	73,14,428	58,572	-	73,73,000	-	10,22,436	2,97,998	13,20,434	60,52,566
			PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total - 'G' - ICTS Projects				14,38,90,343	10,13,45,065	74,40,339	(6,49,216)	10,81,36,189	3,20,441	2,23,51,118	70,48,264	2,97,19,822	22,23,06,710
				14,38,90,343	9,63,93,662	59,73,496	(12,84,643)	10,00,82,515	29,83,560	1,62,36,240	4,11,66,198	6,03,85,998	14,38,90,343



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
Homi Bhabha Centre For Science Education
Schedule Forming Part of Balance Sheet as at 31st March 2021
PROJECT FUNDS
SCHEDULE "B" - HBCSE

Sr.No.	Budget Code	Granting Authority	Project Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest	Other Receipts/ Adjustment	Current year Additions	Capital Additions	Salaries	Other Revenue Expenses	Subtotal	Closing Balance
					A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	I=F+G+H	J=A+I-I
1	20X103	Infosys Fund	Study cultural Astronomy	CY 2020-21	-	10,00,000	10,684	-	10,10,684	-	-	53,666	53,666	9,57,018
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total - H' - HBCSE Projects				CY 2020-21	-	10,00,000	10,684	-	10,10,684	-	-	53,666	53,666	9,57,018
				PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
National Centre of the Government of India for Nuclear Science and Mathematics
Consolidated Schedule 'B'

(Amount in Rs.)

Sr. No.	Location	2020-21		2019-20		Grand Total	
		Project Grant	Closed Projects	Project Grant	Closed Projects	2020-21	2019-20
1	MUMBAI	45,80,98,900	2,39,12,559	36,80,13,490	2,41,97,061	48,20,11,459	39,22,10,551
2	NCRA	4,01,76,178	-	3,82,77,728	-	4,01,76,178	3,82,77,728
3	CAM	1,65,29,448	-	1,42,54,531	-	1,65,29,448	1,42,54,531
4	NCBS	38,54,29,525	-	38,95,41,792	-	38,54,29,525	38,95,41,792
5	PBL	17,96,756	-	20,40,789	-	17,96,756	20,40,789
6	TCIS	17,69,40,416	-	4,28,19,009	-	17,69,40,416	4,28,19,009
7	ICTS	22,23,06,710	-	14,38,90,343	-	22,23,06,710	14,38,90,343
8	HBCSE	9,57,018	-	-	-	9,57,018	-
GRAND TOTAL		1,30,22,34,951	2,39,12,559	99,88,37,682	2,41,97,061	1,32,61,47,510	1,02,30,34,743



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
National Centre of the Government of India for Nuclear Science and Mathematics
Homi Bhabha Road, Colaba, Mumbai 400 005
Schedule forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021
Endowment Funds

Sr.No.	Bud Code	Grant Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest Earned	Other Income	Total Additions	Award	Scholarships	Other Expenses *	Total Expenses	Closing Balance
				A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	J=F+G+H	K=A+E-J
1	20N90001	GEETA UDGAONKAR AWARD ACCOUNT	CY 2020-21	4,62,496	-	23,468	-	23,468	-	-	-	-	4,85,964
			PY 2019-20	4,43,719	-	18,777	-	18,777	-	-	-	-	4,62,496
2	20N90002	DR.HOMI J.BHABHA - CHAIR ACCOUNT	CY 2020-21	1,45,65,025	-	7,39,044	-	7,39,044	-	-	-	-	1,53,04,069
			PY 2019-20	1,39,73,699	-	5,91,326	-	5,91,326	-	-	-	-	1,45,65,025
3	20N90003	SIR DORABJI TATA- CHAIR ACCOUNT	CY 2020-21	1,26,92,441	-	6,44,027	-	6,44,027	-	-	-	-	1,33,36,468
			PY 2019-20	1,21,77,140	-	5,15,301	-	5,15,301	-	-	-	-	1,26,92,441
4	20N90004	SHRI J.R.D.TATA- CHAIR ACCOUNT (CORPUS)	CY 2020-21	1,30,53,292	-	6,62,337	-	6,62,337	-	-	-	-	1,37,15,629
			PY 2019-20	1,25,23,341	-	5,29,951	-	5,29,951	-	-	-	-	1,30,53,292
5	20N90005	TIFR ARCHIVES ACCOUNT	CY 2020-21	54,60,368	-	2,77,064	-	2,77,064	-	-	-	-	57,37,432
			PY 2019-20	52,38,682	-	2,21,686	-	2,21,686	-	-	-	-	54,60,368
6	20N90006	HARISH CHANDRA MEMORIAL AWARD A/C	CY 2020-21	5,87,113	-	29,791	-	29,791	-	-	-	-	6,16,904
			PY 2019-20	5,63,277	-	23,836	-	23,836	-	-	-	-	5,87,113
7	20N90007	ZITA LOBO AWARD A/C	CY 2020-21	5,26,538	-	26,717	-	26,717	-	-	-	-	5,53,255
			PY 2019-20	5,05,161	-	21,377	-	21,377	-	-	-	-	5,26,538
8	20N90008	ZITA LOBO MEMORIAL TRUST A/C	CY 2020-21	1,61,508	-	8,195	-	8,195	-	-	-	-	1,69,703
			PY 2019-20	1,54,951	-	6,557	-	6,557	-	-	-	-	1,61,508
9	20N90009	STRINGS A/C	CY 2020-21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	20N90010	INFOSYS AWARD A/C (CORPUS FUND 134L)	CY 2020-21	1,35,32,447	-	6,86,650	-	6,86,650	-	-	-	-	1,42,19,097
			PY 2019-20	1,34,97,385	-	5,60,062	-	5,60,062	5,25,000	-	-	5,25,000	1,35,32,447
11	20N90011	TIFR ENDOWMENT FUND- GENERAL A/C	CY 2020-21	86,25,301	90,933	4,31,430	-	5,22,363	92,500	-	82,409	1,74,909	89,72,755
			PY 2019-20	83,37,263	12,47,527	3,50,904	27,167	16,25,598	2,43,776	-	10,93,784	13,37,580	86,25,301
12	20N90012	MADAN LAL MEHTA VISITING	CY 2020-21	32,07,717	-	1,62,763	-	1,62,763	-	-	-2,000	-2,000	33,72,480
			PY 2019-20	31,10,008	-	1,30,904	-	1,30,904	2,000	-	31,195	33,195	32,07,717
13	20N90013	"BHARAT FAMILY TRUST" (ENDOWMENT A/C)	CY 2020-21	1,88,12,347	-	9,43,262	-	9,43,262	3,24,000	-	8,074	3,32,074	1,94,23,535
			PY 2019-20	1,88,25,668	-	7,79,865	-	7,79,865	4,47,928	-	3,45,258	7,93,186	1,88,12,347
14	20N90014	BEST TEACHER'S AWARD	CY 2020-21	7,47,517	-	37,930	-	37,930	-	-	-	-	7,85,447
			PY 2019-20	7,57,532	-	31,185	-	31,185	41,200	-	-	41,200	7,47,517
15	20N90015	AWARD IN SCIENCE EDUCATION (CORPUS)	CY 2020-21	4,78,246	-	24,267	-	24,267	-	-	-	-	5,02,513
			PY 2019-20	4,78,424	-	19,822	-	19,822	20,000	-	-	20,000	4,78,246
16	20N90016	TIFR-TATA EDUCATION TRUST (ARCHIVES) A/C	CY 2020-21	2,87,40,044	-	17,12,350	-	17,12,350	-	-	11,55,199	11,55,199	2,92,97,195
			PY 2019-20	2,81,44,200	-	15,74,743	-	15,74,743	-	-	9,78,899	9,78,899	2,87,40,044
17	20N90017	HOMI BHABHA MEDAL (IUPAA) (CORPUS FUND	CY 2020-21	35,96,787	-	1,82,505	-	1,82,505	-	-	-924	-924	37,80,216
			PY 2019-20	37,67,885	-	1,52,597	-	1,52,597	2,64,878	-	58,817	3,23,695	35,96,787



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
National Centre of the Government of India for Nuclear Science and Mathematics
Homi Bhabha Road, Colaba, Mumbai 400 005

Schedule forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021

Endowment Funds

Sr.No.	Bud Code	Grant Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest Earned	Other Income	Total Additions	Award	Scholarships	Other Expenses *	Total Expenses	Closing Balance
				A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	J=F+G+H	K=A+E-J
18	20N90019	TIFR ARCHIVES - REVENUE ACCOUNT	CY 2020-21 PY 2019-20	4,48,466 2,97,949	- 29,730	15,751 13,187	51,600 1,10,000	67,351 1,52,917	- -	- -	1,32,181 2,400	1,32,181 2,400	3,83,636 4,48,466
19	20N90020	TAA EXCELLENCE AWARD (CORPUS FUND)	CY 2020-21 PY 2019-20	14,95,706 14,34,982	- -	75,894 60,724	- -	75,894 60,724	- -	- -	- -	- -	15,71,606 14,95,706
20	20N90021	SEMICONDUCTORS ENDOWMENT (CORPUS)	CY 2020-21 PY 2019-20	30,48,724 30,78,330	- -	1,54,695 1,26,953	- -	1,54,695 1,26,953	- 10	- -	-10 1,56,549	-10 1,56,549	32,03,429 30,48,724
21	20N90023	COWSIK MEDALS	CY 2020-21 PY 2019-20	5,53,219 5,49,624	- -	28,071 22,851	- -	28,071 22,851	- 19,256	- -	- -	- 19,256	5,81,290 5,53,219
22	20N90024	S. N. BHATT FELLOWSHIP	CY 2020-21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	20N90025	DR. DHARMAJI D. SHINDE (CORPUS FUND 1.51L)	CY 2020-21 PY 2019-20	1,81,964 1,74,576	- -	9,062 7,388	- -	9,062 7,388	7,500 -	- -	- -	7,500 -	1,83,526 1,81,964
24	20N90026	SASKEN AWARD	CY 2020-21 PY 2019-20	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
25	20N90027	SUMITRA MEMORIAL LECTURES (CORPUS)	CY 2020-21 PY 2019-20	3,63,589 3,48,828	- -	18,449 14,761	- -	18,449 14,761	- -	- -	- -	- -	3,82,038 3,63,589
26	20N90028	PROF. SUKUMAR BISWAS AWARD IN PHYSICS	CY 2020-21 PY 2019-20	4,09,192 4,12,173	- -	20,409 17,019	- -	20,409 17,019	15,000 20,000	- -	- -	15,000 20,000	4,14,601 4,09,192
27	20N90030	STRING THEORY (CORPUS FUND 500L)	CY 2020-21 PY 2019-20	5,72,02,524 5,66,42,721	- -	28,91,672 23,59,262	- -	28,91,672 23,59,262	- 8,535	- -	3,66,463 17,72,924	3,66,463 17,81,459	5,97,45,733 5,72,20,524
28	20N90032	TIFR ALUMNI ASSOCIATION	CY 2020-21 PY 2019-20	60,710 58,245	- 5,00,000	3,080 2,465	- -	3,080 5,02,465	- -	- -	- 5,00,000	- 5,00,000	63,790 60,710
29	20N90033	DCS ENDOWMENT A/C	CY 2020-21 PY 2019-20	2,33,271 1,56,384	- 68,813	11,836 8,074	- -	11,836 76,887	- -	- -	- -	- -	2,45,107 2,33,271
30	20N90034	HIGH INTENSITY LASER FUND	CY 2020-21 PY 2019-20	90,933 42,97,703	- -	4,614 90,933	- -	4,614 90,933	- -	- -	90,933 42,97,703	90,933 42,97,703	4,614 90,933
31	20N90035	INFOSYS- CONDENSED MATTER PHYSICS	CY 2020-21 PY 2019-20	3,33,92,595 3,25,68,371	- -	16,94,373 13,66,720	- -	16,94,373 13,66,720	- -	- -	5,42,496 5,42,496	- 5,42,496	3,50,86,968 3,33,92,595
32	20N90036	SAROJINI DAMODARAN INTERNATIONAL	CY 2020-21 PY 2019-20	6,69,500 11,35,878	- -	26,986 37,408	- -	26,986 37,408	- -	- -	2,00,000 5,03,786	2,00,000 5,03,786	4,96,486 6,69,500
33	20N90037	AVEEK GUHA MEMORIAL LECTURE	CY 2020-21 PY 2019-20	5,84,288 5,71,280	- -	29,647 23,944	- -	29,647 23,944	- -	- -	10,936 10,936	- 10,936	6,13,935 5,84,288
34	20N90038	SOFT-CONDENSED MATTER GROUP	CY 2020-21 PY 2019-20	4,58,748 4,40,123	- -	23,277 18,625	- -	23,277 18,625	- -	- -	- -	- -	4,82,025 4,58,748



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
National Centre of the Government of India for Nuclear Science and Mathematics
Homi Bhabha Road, Colaba, Mumbai 400 005
Schedule forming Part of Balance sheet as at 31st March, 2021

Endowment Funds

Sr.No.	Bud Code	Grant Name	Year	Opening Balance	Grants Received	Interest Earned	Other Income	Total Additions	Award	Scholarships	Other Expenses *	Total Expenses	Closing Balance
				A	B	C	D	E=B+C+D	F	G	H	J=F+G+H	K=A+E-J
35	20N90039	D.P. ROY MEMORIAL LECTURE SERIES	CY 2020-21	20,60,748	-	1,04,564	-	1,04,564	-	-	-864	-864	21,66,176
			PY 2019-20	20,29,058	-	84,741	-	84,741	864	-	52,187	53,051	20,60,748
36	20N90040	INFOSYS-CHANDRASEKHARAN	CY 2020-21	4,08,46,342	-	20,71,392	-	20,71,392	-	-	51,774	51,774	4,28,65,960
			PY 2019-20	-	4,00,00,000	8,46,342	-	4,08,46,342	-	-	-	-	4,08,46,342
37	20N90041	COMPUTER CENTRE	CY 2020-21	-	7,45,939	34,810	-	7,80,749	-	-	-	-	7,80,749
			PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	20N90042	ADOBE INC FOR OPERATIONAL REASONS	CY 2020-21	-	14,63,194	49,543	-	15,12,737	-	-	1,04,949	1,04,949	14,07,788
			PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39	20N90043	GENERAL ENDOWMENT CORPUS FUND	CY 2020-21	-	1,00,000	2,571	-	1,02,571	-	-	-	-	1,02,571
			PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	20N90044	INFOSYS FOUNDATION RESEARCH GRANT	CY 2020-21	-	3,00,00,000	6,40,326	-	3,06,40,326	-	-	-	-	3,06,40,326
			PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
41	20N90045	PROF S NARANAN MEMORIAL RESEARCH	CY 2020-21	-	15,00,000	29,106	-	15,29,106	-	-	-	-	15,29,106
			PY 2019-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total - 'A' - Mumbai				26,73,67,706	3,39,00,066	1,45,31,928	51,600	4,84,83,594	4,39,000	-	21,88,184	26,27,184	31,32,24,116
				22,66,94,560	4,18,46,070	1,06,30,290	1,37,167	5,26,13,527	15,93,447	-	1,03,46,934	1,19,40,381	26,73,67,706

* Other expenses includes Contingencies, Travelling and Halting charges Honorariums, etc.



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
Schedule Forming Part of Balance Sheet as at 31st March 2021
ENDOWMENT FUNDS

Schedule 'C'
(Amount in Rs.)

Sl. No.	Funding Agency	Name of the project	YEAR	Opening Balance	Grant Recd.	Interest Earned	Other Income / Adjustments	Total Additions	Award	Scholarships	Other Exp	Total Exp	Closing Balance
				A	B	C	D	E = B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E-I
42	Infosys Foundation	Infosys Foundation travel fellowships for	CY 2020-21	5,48,83,231	-	32,14,787	-	32,14,787	-	-	2,90,569	2,90,569	5,78,07,449
43	Wildlife Conservation Trust	Endowment funding for Masters Program in	PY 2019-20	5,31,45,198	-	36,59,246	-	36,59,246	-	-	19,21,213	19,21,213	5,48,83,231
			CY 2020-21	36,49,928	-	2,01,354	-	2,01,354	-	-	2,39,012	2,39,012	36,12,270
44	Prof. K. VijayRaghavan	Donation for supporting Life	PY 2019-20	29,27,143	5,00,000	2,22,785	-	7,22,785	-	-	-	-	36,49,928
			CY 2020-21	6,52,159	-	36,913	-	36,913	-	-	-	-	6,89,072
45	Ms. Kiran Mazumdar Shaw	Donation for establishing an	PY 2019-20	6,09,425	-	42,734	-	42,734	-	-	-	-	6,52,159
			CY 2020-21	3,15,48,788	-	17,54,812	-	17,54,812	-	-	7,92,150	7,92,150	3,25,11,450
46	Dr. Gayatri Saberwal and Prof. Upinder S.	Donation for meeting the education support	PY 2019-20	3,14,00,881	-	21,32,293	-	21,32,293	-	-	19,84,386	19,84,386	3,15,48,788
			CY 2020-21	35,96,960	-	1,94,949	-	1,94,949	-	-	2,26,000	2,26,000	35,65,909
47	Siddharth Gopalakrishnan		PY 2019-20	33,61,264	-	2,35,696	-	2,35,696	-	-	-	-	35,96,960
			CY 2020-21	25,87,651	-	1,46,466	-	1,46,466	-	-	-	-	27,34,117
			PY 2019-20	-	25,00,000	87,651	-	25,87,651	-	-	-	-	25,87,651
			CY 2020-21	9,69,18,717	-	55,49,281	-	55,49,281	-	-	15,47,731	15,47,731	10,09,20,267
			PY 2019-20	9,14,43,911	30,00,000	63,80,405	-	93,80,405	-	-	39,05,599	39,05,599	9,69,18,717
		Total - 'B' - NCBS											

SN	Agency	PROJECT NAME	YEAR	Opening Balance	Grant Recd.	Interest Earned	Other Income / Adjustments	Total Additions	Award	Scholarships	Other Exp	Total Exp	Closing Balance
				A	B	C	D	E = B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E-I
48	S. N. BHATT TRUST	S. N. Bhatt Fellowship	CY 2020-21	47,50,000	-	2,69,426	-	2,69,426	-	-	-	-	50,19,426
			PY 2019-20	47,56,539	-	2,38,632	(6,539)	2,32,093	-	-	2,38,632	2,38,632	47,50,000
			CY 2020-21	47,50,000	-	2,89,189	-	2,89,189	-	-	2,89,189	2,89,189	50,19,426
		Total - 'C' - ICTS	PY 2019-20	47,56,539	-	2,38,632	(6,539)	2,32,093	-	-	2,38,632	2,38,632	47,50,000

SN	Agency	PROJECT NAME	YEAR	Opening Balance	Grant Recd.	Interest Earned	Other Income / Adjustments	Total Additions	Award	Scholarships	Other Exp	Total Exp	Closing Balance
				A	B	C	D	E = B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E-I
49	18N60001	TIFR HYDERABAD ENDOWMENT	CY 2020-21	26,171	4,29,724	-	-	4,29,724	-	-	7,049	7,049	4,48,846
			PY 2019-20	78,806	-	-	-	-	-	-	52,635	52,635	26,171
			CY 2020-21	26,171	4,29,724	-	-	-	-	-	7,049	7,049	4,48,846
		Total - 'D' - TCIS	PY 2019-20	-	-	-	-	88,078	-	-	52,635	9,272	26,171

GRAND TOTAL	AS AT 31st March 2021	YEAR	Opening Balance	Grant Recd.	Interest Earned	Other Income / Adjustments	Total Additions	Award	Scholarships	Other Exp	Total Exp	Closing Balance
			A	B	C	D	E = B+C+D	F	G	H	I = F+G+H	J = A+E-I
		CY 2020-21	36,90,62,593	3,43,29,790	2,03,70,398	51,600	5,43,02,301	4,39,000	-	40,32,153	41,81,964	41,81,964
		PY 2019-20	32,28,95,010	4,48,46,070	1,72,49,327	1,30,628	6,23,14,104	15,93,447	-	1,45,43,800	1,60,93,884	36,90,62,593



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
Schedule Forming Part of Balance Sheet as at 31st March, 2021
OTHER GRANTS
Schedule 'D'

Sr. No.	Granting Authorities	Description of the Projects	Opening Balance A	Receipts and transfers during the year B	Deductions and transfers during the year C	Closing Balance D = A + B - C
1	CSIR	CSIR Fellowships	-	39,22,500	38,70,000	52,500
2	INSA	INSA	96,265	4,02,735	4,50,322	48,678
3	N.B.H.M.	N.B.H.M.	37,35,264	7,69,120	5,09,266	39,95,118
		Total - 'A' - Mumbai	38,31,529	50,94,355	48,29,588	40,96,296
4	Department of Atomic Energy	Grant recd. From DAE for Phy.Chem.Bio.Olympiads	1,16,97,796	88,47,576	39,15,691	1,66,29,682
5	Department of Science & Technology	Grant recd. From DST for Olympiads	-	50,50,622	17,46,741	33,03,881
6	ISRO	Grant recd. From ISRO for Astronomy Olympiads	1,53,151	26,72,100	10,32,782	17,92,469
7	IAEA	Grant received from IAEA for Dr.P.K.Joshi's Project	1,87,452	4,826	-	1,92,278
8	DST	DST Grant Recd. for INSPIRE Project	13,73,882	23,52,139	21,89,554	15,36,467
9	YCMOU	Advance received from YCMOU	54,696	1,249	54,696	1,249
10	INSA	INSA Grant recd. For Prof.S.M. Roy	92,474	7,081	92,842	6,713
11		Vigyan Pratibha	41,39,062	5,32,582	42,91,716	3,79,928
12		Maths Olympiad Mumbai Region-2012-13				
13		IAPT IOQ Grant	32,466	5,500	9,900	28,066
14		Amount received from IAPT for RMO & INMO activity	-	1,55,92,576	1,52,13,480	3,79,097
15		Prof. Sampathkumaran Project Account	57,07,747	2,04,859	8,92,832	50,19,774
16		RRF - Prof. Alak Ray	-	19,46,356	6,76,056	12,70,300
17		PMMNMTT	3,48,634	2,209	3,48,693	2,150
18		RA fellowship -Dr.Gururaj Wagale	2,38,869	39,77,065	34,24,889	5,52,175
		Total - 'B' - HBSCE	2,40,26,229	4,11,98,389	3,41,28,740	3,10,95,878
19	DAE	Raja Ramana Award - DAE	6,19,865	24,87,867	25,15,880	5,91,852
20	NBHM	NBHM	2,80,800	8,30,560	11,11,360	-
21	IFCAM IISc	IFCAM IISc Funds -	4,99,400	-	4,99,400	-
22	IIT Bombay	IIT Bombay	6,10,000	3,00,000	-	9,10,000
23	SHANTI SWAROOP BHATNAGAR AWARD	PROF. SANDEEP KUNNATH	-	1,80,000	1,80,000	-
		Total - 'C' - CAM	20,10,065	37,98,427	43,06,640	15,01,852



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
Schedule Forming Part of Balance Sheet as at 31st March, 2021
OTHER GRANTS
Schedule 'D'

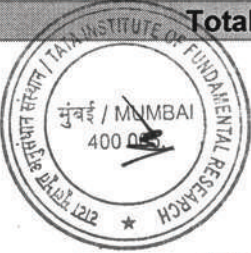
Sr. No.	Granting Authorities	Description of the Projects	Opening Balance	Receipts and transfers during the year	Deductions and transfers during the year	Closing Balance
24	Various Granting Authorities	Other Grants of NCBS	1,39,49,722	1,92,43,233	2,25,84,668	1,06,08,287
		Total - 'D' - NCBS	1,39,49,722	1,92,43,233	2,25,84,668	1,06,08,287
25	NBHM	CSIR Fellowship - Dr. Rama Govindarajan	-	1,80,000	1,80,000	-
26	CSIR	CSIR Fellowship - Dr. Abhishek Dhar	-	1,80,000	1,80,000	-
27	CSIR	CSIR Fellowship - Dr. Rajesh Gopakumar	-	1,80,000	1,80,000	-
		Total - 'E' - ICTS	-	5,40,000	5,40,000	-
		Grand Total (A+B+C+D+E)	4,38,17,544	6,98,74,404	6,63,89,635	4,73,02,313



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
Schedule Forming Part of Balance Sheet as at 31st March, 2021
CURRENT LIABILITIES AND PROVISIONS

Schedule 'E'

Particulars	As at 31st March, 2021	As at 31st March, 2020
<u>Current Liabilities</u>		
Creditors for Goods & Others	5,34,33,657	8,08,72,922
Creditors for Expenses	28,39,51,430	8,84,00,703
Rent and Other Deposits	5,13,42,089	7,73,17,745
Statutory Liabilities payable to Govt.	3,22,25,267	73,79,652
Sundry Credit Balances	1,12,86,564	1,42,14,162
Sub total (A)	43,22,39,006	26,81,85,184
<u>Provisions</u>		
Gratuity	1,09,29,70,393	1,09,14,13,900
Compensated Absences	1,00,53,68,427	98,28,53,378
Pension	14,03,59,18,201	13,14,25,62,546
Provision for Salary	7,19,70,767	-
Sub total (B)	16,20,62,27,788	15,21,68,29,824
Total (A + B)	16,63,84,66,794	15,48,50,15,008



Tata Institute of Fundamental Research

Schedule To The Balance Sheet As On 31st March 2021

Description	GROSS BLOCK			DEPRECIATION BLOCK				NET BLOCK	
	Opening Balance	Additions during the year	Deductions during the year [note(v)]	Closing Balance	Opening Balance	Current Year's charge	Adjustment/ Deletions	Closing Balance	As at 31st March, 2021
Land [Note (i) & (ii)]	1,65,05,983	-	-	1,65,05,983	-	-	-	-	1,65,05,983
Internal Roads	32,27,452	-	-	32,27,450	14,06,381	91,053	-	14,97,434	17,30,016
Buildings	4,26,04,13,314	32,60,05,343	17,79,071	4,58,46,39,586	1,28,14,43,618	16,52,48,751	17,79,071	1,44,49,13,298	3,13,97,26,288
Equipments [Note (iv)]	10,60,06,96,167	21,23,24,357	9,48,28,768	10,71,81,91,756	7,18,97,62,892	54,21,19,604	8,57,01,837	7,64,61,80,661	2,97,89,69,696
Motor Vehicles	4,49,02,637	56,43,689	73,80,291	4,31,66,035	3,51,47,813	22,19,998	67,81,756	3,05,86,055	3,41,09,33,275
Furniture & Fixtures	36,66,50,485	1,41,03,899	1,34,341	38,06,20,043	21,73,62,238	1,63,38,499	1,27,191	23,35,73,546	97,54,825
Library Books and Periodicals	1,54,61,27,011	44,73,025	15,615	1,55,05,84,421	1,53,69,33,456	81,99,947	15,615	1,54,51,17,788	14,92,88,247
Computers and Peripherals	1,01,80,25,821	4,64,69,987	52,13,900	1,05,92,81,908	93,68,24,195	7,63,48,197	47,89,281	1,00,83,83,111	54,66,633
	17,85,65,48,870	60,90,20,300	10,93,51,986	18,35,62,17,182	11,19,88,80,594	81,05,66,050	9,91,94,761	11,91,02,51,893	6,44,59,65,289
Capital Work in Progress	63,67,91,467	2,24,23,617	30,11,21,864	35,80,93,220	-	-	-	-	6,65,76,68,276
Assets of closed projects shown at nominal value [Note(iii)]	1	-	-	1	-	-	-	-	35,80,93,220
	18,49,33,40,338	63,14,43,917	41,04,73,850	18,71,43,10,403	11,19,88,80,594	81,05,66,050	9,91,94,761	11,91,02,51,893	6,80,40,58,510
Total									7,29,44,59,744

Notes :

i) The Value of the land at Colaba, transferred to the Institute by the Government of India in an earlier year, has been estimated by the Department of Atomic Energy. The item has been included under fixed assets and the corresponding credit has been included under capital grants.

ii) All Facilities built in NCBS Bangalore are on a land taken on lease from Agricultural Department Of Government of Karnataka in 1991. Original lease agreement is for a period of 50 years extendable for another 50 years, based on application to be made by the Lessee.

iii) Project assets pertaining to completed projects purchased out of specific grants are shown at nominal value of Re.1/-

iv) In 07-08, Rs.34,52,539 was considered as additional depreciation for equipments, which were earlier capitalised along with buildings, based on due approvals.



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH

Schedule Forming Part of Balance Sheet as at 31st March, 2021

CURRENT ASSETS, LOANS AND ADVANCES

SCHEDULE 'G'

Particulars		As at 31st March, 2021		As at 31st March, 2020
Stores on Hand (Net of Provision)	3,79,48,409		4,66,19,817	
Goods in Transit	-	3,79,48,409	-	4,66,19,817
Loans to staff		2,07,693		2,77,007
Advances to staff		1,24,19,383		2,14,32,471
Deposit Receivable		6,19,83,683		5,99,59,348
Capital Advances		3,28,81,196		2,50,02,191
Advances - Others	22,60,03,215		16,51,93,480	
Tax Deducted at Source	3,38,35,804		3,93,53,616	
Less: Provision for Bad Debts	-	25,98,39,018	-	20,45,47,096
Prepaid Expenses		5,77,89,859		7,85,16,350
<u>Interest Accrued</u>				
Project	2,64,23,034		96,78,930	
Others	2,20,458	2,66,43,492	2,54,17,592	3,50,96,522
Other income outstanding		2,29,84,483		3,27,58,759
<u>Cash & Bank</u>				
Petty Cash	84,486		2,80,465	
Postage Advance	66,521		1,10,457	
Bank - Plan & Non Plan	20,18,51,725		28,58,18,746	
Fixed Deposit - Plan & Non Plan	24,36,30,295	44,56,33,027	16,37,61,128	44,99,70,796
Bank - Projects, Endowment Grants	38,78,35,807		16,43,58,347	
Fixed Deposit - Projects, Endowment Grants	1,36,51,50,264	1,75,29,86,071	1,13,42,43,247	1,29,86,01,594
Total		2,71,13,16,314		2,25,27,81,951



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
Schedule to the Balance Sheet as at 31st March, 2021
CASH AND BANK BALANCES
Schedule 'G' Summary

Particulars	As at 31st March, 2021	As at 31st March, 2020
<u>Cash in Hand</u>		
Head Office, Mumbai	3,859	2,14,201
Centre for Applied Mathematics, Bangalore	-	27,495
National Centre for Biological Science, Bangalore	49,910	20,644
Centre for Interdisciplinary Sciences, Hyderabad	30,717	18,125
	84,486	2,80,465
<u>Postage Advance</u>		
Head Office Mumbai	60,357	1,00,189
Homi Bhabha Centre for Science Education, Mumbai	3,645	4,876
National Centre for Radio Astrophysics, Pune	2,519	5,392
	66,521	1,10,457
<u>Bank Balance - Plan & Non Plan</u>		
Head Office Mumbai	6,87,90,434	8,04,23,345
Homi Bhabha Centre for Science Education, Mumbai	1,32,89,942	1,11,25,890
National Centre for Radio Astrophysics, Pune	3,51,83,358	8,75,03,430
National Centre for Biological Science, Bangalore	3,87,64,265	4,51,19,514
Cosmic Ray Laboratory, Ootacamund	7,86,975	96,68,803
National Balloon Facility, Hyderabad	78,66,140	36,23,186
Centre for Applied Mathematics, Bangalore	1,30,92,331	98,71,822
Centre for Interdisciplinary Sciences, Hyderabad	93,52,005	1,81,90,609
International Centre For Theoretical Sciences, Bangalore	1,47,26,275	2,02,92,147
	20,18,51,725	28,58,18,746
<u>Bank Accounts - Projects, Endowment Grants</u>		
Head Office Mumbai	3,86,59,129	8,53,05,796
National Centre for Radio Astrophysics, Pune	4,13,78,350	9,06,344
National Centre for Biological Science, Bangalore	5,42,22,372	1,92,55,875
National Balloon Facility, Hyderabad	17,96,756	20,40,789
International Centre For Theoretical Sciences, Bangalore	6,08,37,035	1,16,55,357
Centre for Interdisciplinary Sciences, Hyderabad	17,67,99,421	3,89,30,208
Centre for Applied Mathematics, Bangalore	87,12,422	62,63,978
Homi Bhabha Centre for Science Education, Mumbai	54,30,323	-
	38,78,35,807	16,43,58,347
<u>Short Term Deposits - Plan & Non Plan</u>		
Head Office Mumbai (Plan & Non Plan)	5,59,65,509	5,55,50,000
Homi Bhabha Centre for Science Education, Mumbai	50,00,000	2,40,00,000
National Centre for Radio Astrophysics, Pune	6,00,000	6,27,270
National Centre for Biological Science, Bangalore	6,23,10,373	2,11,12,786
International Centre For Theoretical Sciences, Bangalore	50,00,000	-
Centre for Interdisciplinary Sciences, Hyderabad	11,47,30,463	6,24,71,072
Centre for Applied Mathematics, Bangalore	23,950	-
	24,36,30,295	16,37,61,128



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
Schedule to the Balance Sheet as at 31st March, 2021
CASH AND BANK BALANCES
Schedule 'G' Summary

Particulars	As at 31st March, 2021	As at 31st March, 2020
Short Term Deposits - Projects, Endowment Grants		
Head Office Mumbai	68,80,52,041	51,00,64,348
National Centre for Radio Astrophysics, Pune	-	65,80,676
National Centre for Biological Science, Bangalore	47,49,48,223	47,44,48,223
International Centre For Theoretical Sciences, Bangalore	16,32,50,000	13,41,50,000
Centre for Applied Mathematics, Bangalore	90,00,000	90,00,000
Centre for Interdisciplinary Sciences, Hyderabad	2,00,000	-
Homi Bhabha Centre for Science Education, Mumbai	2,97,00,000	-
	1,36,51,50,264	1,13,42,43,247
Total	2,19,86,19,098	1,74,85,72,390



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
SCHEDULE TO INCOME AND EXPENDITURE ACCOUNT FOR THE YEAR ENDED 31ST MARCH, 2021
Schedule 'I,J,K'

Sch. No.	Income	For the Year Ended 31st March, 2021	For the Year Ended 31st March, 2020
I	Grants		
	Block grant from Sir Dorabji Tata Trust	10,00,000	10,00,000
	Grant from Government of Maharashtra	50,000	50,000
	Block Grant from Department of Atomic Energy	4,73,14,98,943	5,48,67,38,712
	Sub Total: A	4,73,25,48,943	5,48,77,88,712
J	Interest Earned		
	Interest on loans to staff	4,53,156	2,39,877
	On term deposit with bank	1,23,48,521	2,61,87,528
	Sub Total: B	1,28,01,677	2,64,27,405
K	Other Income		
	Rent Receipts	60,53,568	1,09,68,351
	Other Income (Including profit on sale of fixed assets)	6,29,59,252	12,68,15,275
	Overheads recovered in respect of external projects	2,83,31,682	1,57,71,381
	Sub Total: C	9,73,44,502	15,35,55,007
	Grand Total: A + B + C	4,84,26,95,122	5,66,77,71,124



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
SCHEDULE TO INCOME AND EXPENDITURE ACCOUNT FOR THE YEAR ENDED 31ST MARCH, 2021
Schedule 'L,M,N,O'

Sch No.	Expenditure	For the Year Ended 31st March, 2021	For the Year Ended 31st March, 2020
L	<u>Employee Related Expenditure</u>		
	Salaries, Wages & Bonus	2,42,37,17,610	2,62,93,81,957
	Pension	68,90,42,075	71,65,36,469
	Employer's Contribution to Provident Fund	-	42,50,973
	Contribution to other funds (CHSS)	8,94,95,529	8,22,14,328
	Gratuity Expenses	8,20,84,655	6,27,23,633
	Leave Travel Concession	2,72,38,253	1,40,95,467
	Staff Welfare Expenses	1,89,90,725	1,55,89,669
	Employer's Contribution to New Contributory Pension Scheme	9,54,95,571	5,78,54,354
	Tuition Fees & Honorarium	2,18,89,887	1,00,54,753
	Leave Encashment Expenses	3,35,65,239	1,37,06,803
	Sub Total: A	3,48,15,19,544	3,60,64,08,406
M	<u>Expenditure On The Object Of The Trust</u>		
	Lab Stores Consumed	36,92,19,906	41,58,30,732
	Lab Expenses	1,62,35,059	4,43,18,451
	Electricity, Water & Power	29,96,36,664	34,35,69,131
	Honorarium to Visiting Fellows & Professors	47,52,726	1,73,13,380
	Repairs & Maintenance	38,60,47,533	47,20,41,995
	Travelling & Conveyance	4,76,17,299	10,66,54,342
	Rent, Rates & Taxes	3,05,39,686	4,71,11,438
	Conference, Seminars and Events	2,28,95,403	7,63,95,303
	Advertisement Charges	29,94,059	55,10,943
	Postage, Telephone & Communication charges	2,53,28,535	2,48,12,048
	Book Grant	2,41,67,575	2,16,65,144
	Loss on disposal of fixed assets	76,87,630	11,93,33,711
	Legal & Professional Charges	74,82,221	2,50,29,663
	Printing & Stationary	30,28,996	37,11,217
	Auditor's Remuneration	9,44,000	9,44,000
	Insurance Charges	3,71,795	6,74,157
	Contribution to Projects	2,03,08,496	2,97,70,076
	Periodicals Expenditure	13,29,79,933	21,10,69,991
	Loss / (Gain) on Foreign Exchange Variation	2,42,158	13,90,223
	Interest Refunded to DAE	87,28,437	-
	Miscellaneous Expenditure	10,26,41,534	10,11,12,261
	Sub Total: B	1,51,38,49,645	2,06,82,58,206



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH
SCHEDULE TO INCOME AND EXPENDITURE ACCOUNT FOR THE YEAR ENDED 31ST MARCH, 2021
Schedule 'L,M,N,O'

Sch No.	Expenditure	For the Year Ended 31st March,2021	For the Year Ended 31st March,2020
N	Depreciation on Properties & Others	81,05,66,050	91,26,33,334
	Sub Total: C	81,05,66,050	91,26,33,334
O	<u>Provision for Retirement Benefits</u>		
	Gratuity	15,56,493	10,06,64,561
	Pension	89,33,55,655	1,71,40,66,046
	Compensated absences	2,25,15,049	9,13,88,415
	Sub Total: D	91,74,27,197	1,90,61,19,022
	Grand Total: A + B + C + D	6,72,33,62,435	8,49,34,18,967



टाटा मूलभूत अनुसंधान संस्थान
महत्वपूर्ण लेखाकरण नीतियां / 31 मार्च, 2021 को समाप्त वर्ष के लिए लेखों पर
टिप्पणियां

1. पृष्ठभूमि :

टाटा मूलभूत अनुसंधान संस्थान का पंजीकरण बंबई न्यास अधिनियम, 1950 के अधीन वर्ष 1953 में हुआ था। संस्थान, भारत सरकार के परमाणु ऊर्जा विभाग के अंतर्गत स्वायत्त निकाय एवं राष्ट्रीय केंद्र है। यह भौतिकी, रसायनशास्त्र, जैवविज्ञान, गणित एवं कंप्यूटर विज्ञान में मूलभूत अनुसंधान करता है। संस्थान इन क्षेत्रों में स्नातकोत्तर एवं डॉक्टोरल कार्यक्रम चलाता है।

संस्थान के भिन्न केंद्र / फील्ड स्टेशन हैं जो निम्नानुसार हैं:

1. कुलाबा कैपस - मुंबई
2. होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केंद्र (एचबीसीएसई) - मानखुर्द, मुंबई
3. राष्ट्रीय रेडियो खगोलभौतिकी केंद्र (एनसीआरए), पुणे
4. राष्ट्रीय जैविक विज्ञान केंद्र (एनसीबीएस) - बैंगलोर
5. अनुप्रयुक्त गणित केंद्र (कैम) - बैंगलोर
6. अंतर्राष्ट्रीय सैद्धांतिक विज्ञान केंद्र (आईसीटीएस) - बैंगलोर
7. कॉस्मिक किरण प्रयोगशाला (सीआरएल), ऊटी
8. टीआईएफआर अंतर्विषयी विज्ञान केंद्र (टीसीआईएस) - हैदराबाद
9. गुब्बारा सुविधा (पीबीएल) - हैदराबाद
10. गुरुत्वीय प्रयोगशाला - गौरीबिदनूर

2. वित्तीय कथनों की तैयारी का आधार

वित्तीय कथनों को ऐतिहासिक लागत परंपरा के अंतर्गत अन्यथा विशिष्ट रूप से वर्णित न होने पर लेखाकरण के प्रोद्भवन आधार पर तैयार एवं प्रस्तुत किया गया है। ये भारत सरकार के लेखा महानियंत्रक द्वारा निर्धारित रुपरेखा एवं प्रारूप एवं भारतीय चार्टरित लेखाकार संस्थान द्वारा जारी अनुप्रयोज्य लेखाकरण मानकों का अनुपालन अनुप्रयोज्य सीमा एवं अपेक्षित रूप में करते हैं।

वित्तीय कथनों के अंतर्गत तुलन पत्र, आय एवं व्यय लेखा एवं परिणामस्वरूप निर्मित अनुसूचियां, प्राप्ति एवं भुगतान कथन शामिल हैं। ये संस्थान के सभी केंद्रों / फील्ड स्टेशनों के समेकित वित्तीय कथनों को दर्शाते हैं।

3. अनुमानों का प्रयोग :

सामान्य रूप से स्वीकृत लेखाकरण सिद्धांतों के अनुरूप वित्तीय कथनों की तैयारी के लिए प्रबंधन को तुलन पत्र की तिथि के अनुसार परिसंपत्तियों की रिपोर्ट की गई राशि एवं देयताओं को प्रभावित



करने वाले आकलन व अनुमान करने होते हैं। इसके अतिरिक्त प्रबंधन को समाप्त हुए वर्ष के लिए राजस्वों एवं व्ययों की रिपोर्ट की गई राशियों एवं तुलन पत्र की तिथि के अनुसार आकस्मिक देयताओं के प्रकटन (यदि कोई हैं) के संबंध में अनुमान एवं आकलन करने होते हैं। इन वित्तीय कथनों में प्रयुक्त आकलन एवं अनुमान, वित्तीय कथनों की तिथि पर संगत तथ्यों एवं परिस्थितियों के प्रबंधन के मूल्यांकन पर आधारित होते हैं। वास्तविक परिणाम इन अनुमानों से भिन्न हो सकते हैं। लेखाकरण आकलनों में कोई भी संशोधन को प्रत्याशित प्रभाव से माना जाता है।

4. महत्वपूर्ण लेखाकरण नीतियां :

i. सहायता अनुदान :

आवर्ती एवं अनावर्ती व्ययों से संबंधित भारत सरकार की अयोजना एवं योजना निधियों के लिए सहायता अनुदान को प्राप्ति पर आय एवं व्यय खाते में जमा किया जाता है। पूंजीगत व्यय हेतु प्रयोग में लाई गई निधियों के भाग को पूंजीगत अनुदान खाते में जमा किया जाता है।

विशिष्ट परियोजनाओं / उद्देश्यों के लिए भारत सरकार सहित विभिन्न एजेंसियों से प्राप्त अनुदानों / धर्मादा निधियों को प्राप्ति पर संबंधित परियोजना / विशेष खातों में जमा किया जाता है। इन निधियों के निवेश से अर्जित ब्याज को जमा किया जाता है एवं पूंजीगत एवं राजस्व व्ययों को संबंधित परियोजना / विशेष खातों में डाला जाता है। संबंधित अनुदानों / धर्मादा निधियों के अंतर्गत निर्दिष्ट उपरी व्ययों को परियोजना निधियों में डाला जाता है एवं इन्हें आय एवं व्यय खाते में जमा किया जाता है। परियोजना / विशेष खाते में शेष राशि को तुलन पत्र में अग्रेषित किया जाता है।

ii. अन्य आय:

ब्याज एवं किराए से प्राप्त आय को समय आनुपातिक आधार पर प्रोद्भूत किया जाता है। अन्य आय को भुगतान प्राप्त होने के अधिकार की स्थापना के समय प्रोद्भूत किया जाता है।

iii. व्यय:

परियोजना एवं धर्मादा के अतिरिक्त व्यय को आय एवं व्यय खाते में प्रोद्भूतन आधार पर डाला जाता है। हालांकि वेतन आयोग की सिफारिशों के परिणामस्वरूप महंगाई भत्ते एवं वेतन संशोधन में परिवर्तनों का निर्धारण नगदी आधार पर किया जाता है। उपकरण से संबंधित व्यय (जो पूंजीगत श्रेणी में नहीं आते) को आय एवं व्यय खाते में डाला जाता है।

iv. स्थाई परिसंपत्तियां एवं मूल्यहास:

विशिष्ट परियोजनाओं / उद्देश्यों के लिए अनुदान/धर्मादा निधियों से अर्जित स्थाई परिसंपत्तियों को संबंधित परियोजना / विशेष लेखे में रखा जाता है। संबंधित परियोजना के पूर्ण होने पर इन परिसंपत्तियों को 1/- रु. के नाममात्र के मूल्य पर स्थाई परिसंपत्तियों में स्थानांतरित किया जाता है।



स्थाई परिसंपत्तियों का वर्णन लागत कम संचित मूल्यहास पर किया जाता है।

स्थाई परिसंपत्तियों पर मूल्यहास को अवलिखित मूल्य पद्धति के अंतर्गत निम्नलिखित दरों पर प्रबंधन द्वारा निर्धारित परिसंपत्तियों के उपयोगी जीवनकालों पर उपलब्ध कराया जाता है:

परिसंपत्ति	मूल्यहास की दर
इमारतें	5 प्रतिशत
प्रयोगशाला उपकरण	15 प्रतिशत
अन्य उपकरण	15 प्रतिशत
मोटर वाहन	15 प्रतिशत
फर्नीचर एवं फिक्चर्स	10 प्रतिशत
पुस्तकालय पुस्तकें एवं पीरियोडिकल्स	60 प्रतिशत
कंप्यूटर्स एवं पेरिफेरल्स	60 प्रतिशत

वर्ष के दौरान क्रय की गई परिसंपत्तियों पर मूल्यहास को पूरे वर्ष के लिए उपलब्ध कराया जाता है न कि क्रय की तिथि के आधार पर।

रद्दीकरण / निपटान के लिए मानी गई परिसंपत्तियों को बट्टे खाते में पहचान किए जाने पर डाला जाता है। विक्रय की गई / रद्द की गई परिसंपत्तियों पर मूल्यहास को रद्दीकरण / निपटान के वर्ष में उपलब्ध नहीं कराया जाता है।

10,000/- रु. तक की लागत वाली प्रत्येक परिसंपत्ति को जिनका उपयोगी जीवनकाल 5 वर्ष से कम माना जाता है, को आय एवं व्यय लेखे में डाला जाता है।

v. उपलब्ध भंडार मदें :

भंडार मदों का मूल्यांकन अचल स्टॉक के लिए लागत कम प्रावधान पर किया जाता है। लागत का निर्धारण भारित औसत पद्धति का प्रयोग करके सभी इकाइयों में किया जाता है।

vi. कराधान:

संस्थान को आयकर अधिनियम, 1961 की धारा 12 ए के अंतर्गत कराधान से छूट प्राप्त है।

vii. विदेशी विनिमय लेनदेन :

- क. विदेशी मुद्रा में किए गए लेनदेन की गणना लेनदेन की तिथि को लागू विनिमय दर पर की जाती है।
- ख. विदेशी मुद्रा में मौद्रिक परिसंपत्तियों एवं देयताओं को वर्षांत पर लागू विनिमय दर में परिवर्तित किया जाता है एवं परिणामकारी लाभ/हानि की गणना आय एवं व्यय लेखे में या मामले के अनुसार संबंधित परियोजना / विशेष लेखों में की जाती है।



viii. कर्मचारी लाभ:

वर्णित लाभ योजनाएं:

संस्थान अपने कर्मचारियों को उनके त्यागपत्र या सेवानिवृत्ति पर पेंशन, ग्रेच्युटी एवं अवकाश भुनाने के लाभ उपलब्ध कराता है। इनका वर्णन लाभ योजनाओं के रूप में किया जाता है।

पेंशन, ग्रेच्युटी एवं अवकाश भुनाने की देयताओं की गणना लेखाकरण मानक 15 के अनुसार परियोजित इकाई ऋण पद्धति के अंतर्गत निर्धारित बीमांकिक मूल्यांकन पर प्रोद्भवन आधार पर की जाती है (संशोधित 2005)। बीमांकिक लाभों या हानियों को आय एवं व्यय लेखे में डाला जाता है।

वर्णित अंशदान योजनाएं:

संस्थान, पात्र कर्मचारी के वेतन के निश्चित प्रतिशत का अंशदान भविष्य निधि में करता है। यह निधि पृथक संस्थान (टाटा मूलभूत अनुसंधान संस्थान भविष्य निधि या 'पीएफ' न्यास द्वारा चलाई जाती है)। इसकी स्थापना इस उद्देश्य के लिए या भारत सरकार द्वारा स्थापित नई अंशदायी पेंशन निधि के लिए की गई है। भविष्य निधि / नई अंशदायी पेंशन निधि में संस्थान के अंशदान को आय एवं व्यय लेखे में डाला जाता है।

ix. प्रावधान एवं आकस्मिकताएं :

प्रावधान को तब मान्य किया जाता है जब संस्थान की अतीत के किसी घटनाक्रम के परिणामस्वरूप वर्तमान में बाध्यता होती है। संसाधनों की प्रचुरता बाध्यता को पूरा करने के लिए आवश्यक होती है जिसके संबंध में विश्वसनीय अनुमान किए जा सकें। प्रावधानों में छूट उनके वर्तमान मूल्य पर नहीं दी जाती है एवं उनका निर्धारण तुलन पत्र तिथि को बाध्यता के निपटान के लिए आवश्यक सर्वोत्तम अनुमानों के आधार पर किया जाता है। इनकी समीक्षा प्रत्येक तुलन पत्र तिथि को की जाती है व इनका समायोजन वर्तमान के सर्वोत्तम अनुमानों को दर्शाने के लिए किया जाता है।

दावों, वादों, विश्लेषण, जुर्मानों, दंडों आदि से उत्पन्न आकस्मिक हानियों को तब रिकार्ड किया जाता है जब यह संभावित हो कि देयता हुई हो एवं राशि का उपयुक्त रूप से अनुमान लगाया जा सके।

आकस्मिक देयता के लिए प्रकटन तब किया जाता है जब संभावित बाध्यता या वर्तमान बाध्यता में संसाधनों की प्रचुरता की आवश्यकता न हो।

जब संभावित बाध्यता या वर्तमान बाध्यता में संसाधनों की प्रचुरता की संभावना क्षीण हो तो कोई भी प्रावधान या प्रकटन नहीं किया जाता है।

5. लेखों पर टिप्पणियां:

1. अनुदान:

वित्तीय वर्ष 2020-21 के दौरान संस्थान ने परमाणु ऊर्जा विभाग से 50697.00/- लाख रु. (कुल) का अनुदान प्राप्त किया है। निधि के प्रयोग के विवरणों का सारांश निम्नानुसार है:



(रु. लाखों में)

निधियों का प्रयोग	वर्तमान वर्ष 2020-21	पूर्व वर्ष 2019-20
राजस्व	47,314.99	54,743.00
पूंजीगत	3,382.01	4,880.00
कुल	50,697.00	59,623.00

2. संस्थान द्वारा प्रारंभ की गई (तुलन पत्र की अनुसूची ख के अनुसार) विभिन्न बाह्य परियोजनाओं के लिए विभिन्न प्राधिकारियों से प्राप्त अनुदानों की इकाईवार कुल शेष राशियां (बंद परियोजनाओं के पूर्व) निम्नानुसार हैं:

क्रमांक संख्या	इकाइयां / फील्ड स्टेशन	वर्तमान वर्ष 2020-21		पूर्व वर्ष 2019-20	
		परियोजनाओं की संख्या	कुल शेष राशियां (रु. लाखों में)	परियोजनाओं की संख्या	कुल शेष राशियां (रु. लाखों में)
1	मुंबई मुख्यालय	152	4,820.11	165	3,922.11
2	एनसीआरए -पुणे	4	401.76	12	382.78
3	कैम - बेंगलुरु	10	165.29	11	142.55
4	एनसीबीएस, बेंगलुरु	238	3,854.30	194	3,895.42
5	पीबीएल-हैदराबाद	2	17.97	2	20.41
6	टीसीआईएस - हैदराबाद	66	1,769.40	54	428.19
7	आईसीटीएस - बेंगलुरु	37	2,223.07	46	1,438.90
8	एचबीसीएसई - मानखुर्द	1	9.57	-	-
कुल		510	13,261.48	484	10,230.35

3. एनसीबीएस की बाह्य परियोजना निधियों में 28.61 लाख रु. की ऋण शेष राशि (पूर्व वर्ष 2019-20, 62.93 लाख रु.) एवं टीसीआईएस की बाह्य परियोजनाओं में 0.21 लाख रु. (पूर्व वर्ष 2019-20, शून्य) शामिल है। ये राशियां उस उद्देश्य के लिए प्राप्त अनुदान पर व्यय की अधिकता को दर्शाती हैं। एनसीबीएस एवं टीसीआईएस, अनुदानकर्ता प्राधिकारियों से इस ऋण राशि की वसूली की प्रक्रिया में हैं।
4. मुंबई एवं एनसीबीएस की 'बंद परियोजना स्थाई परिसंपत्ति लेखा' में 11,073.42 लाख रु. की राशि 31.03.2021 (31.03.2020 को 11,070.97 लाख रु.) को है जो बंद हो चुकी विशिष्ट परियोजनाओं के लिए अर्जित परिसंपत्तियों को दर्शाती हैं। तथापि इन परिसंपत्तियों को नीति के अनुसार 1/- रु. के नाममात्र के मूल्य पर संस्थान के स्थाई परिसंपत्ति रजिस्टर में स्थानांतरित किया गया है।



5. कर्मचारी लाभ :

क. वर्णित अंशदायी योजनाएं :

संस्थान का पात्र कर्मचारियों की भविष्य निधि एवं नई अंशदायी पेंशन निधि में अंशदान निम्नानुसार है:

(राशि रुपए में)		
विवरण	वर्तमान वर्ष 2020-21	पूर्व वर्ष 2019-20
भविष्य निधि	शून्य	42,50,973
नई अंशदायी पेंशन योजना	9,54,95,571	5,78,54,354
कुल	9,54,95,571	6,21,05,327

ख. वर्णित लाभ योजना :

1. ग्रेच्युटी:

ग्रेच्युटी योजना का वर्णन :

संस्थान अपने पात्र कर्मचारियों को ग्रेच्युटी देता है जो कि वर्णित लाभ सेवानिवृत्ति योजना है। ग्रेच्युटी योजना के अंतर्गत कर्मचारियों को एकमुश्त राशि का भुगतान किया जाता है। यह भुगतान सेवानिवृत्ति, मृत्यु, अशक्तता, सेवा समाप्ति पर वेतन एवं सेवाकाल पर आधारित राशियों से किया जाता है। ग्रेच्युटी देयता को संस्थान वित्तीय सहायता नहीं देता है। ग्रेच्युटी का भुगतान सरकारी कर्मचारियों को लागू नियमों के अनुसार किया जाता है।

(राशि रुपए में)		
विवरण	वर्तमान वर्ष 2020-21	पूर्व वर्ष 2019-20
क) वर्णित लाभ बाध्यताओं में परिवर्तन वर्ष के प्रारंभ में देयता	109,14,13,900	99,07,49,339
वर्तमान सेवा लागत	5,06,92,795	4,45,70,758
ब्याज लागत	7,45,43,569	7,61,88,624
पूर्व सेवा लागत - अवधि के दौरान हुए निहित लाभ	-	-
भुगतान किए गए लाभ	(6,24,49,151)	(4,07,89,000)
बीमांकिक (लाभ) / बाध्यताओं पर हानि	(6,12,30,720)	(2,06,94,179)
वर्षांत पर देयता	109,29,70,393	109,14,13,900
ख) योजना परिसंपत्तियों का उचित मूल्यांकन	-	-
ग) योजना परिसंपत्तियों पर वास्तविक प्रतिफल	-	-



घ) तुलन पत्र में मान्य राशि वर्षांत पर देयता	109,29,70,393	109,14,13,900
वर्षांत पर योजना परिसंपत्तियों का उचित मूल्य	-	-
तुलन पत्र देयता / (परिसंपत्तियों) में मान्य राशि	109,29,70,393	109,14,13,900
ड) आय विवरण में मान्य व्यय		
वर्तमान सेवा लागत	5,06,92,795	4,45,70,758
ब्याज लागतें	7,45,43,569	7,61,88,624
योजना परिसंपत्तियों पर प्रत्याशित प्रतिफल	-	-
पूर्व सेवा लागत - अवधि के दौरान हुए निहित लाभ	-	-
कुल बीमांकिक (लाभ) / हानि को मान्य किया जाए	(6,12,30,720)	2,06,94,179
आय एवं व्यय खाते में मान्य व्यय	640,05,644	14,14,53,561
च) आगामी वर्ष के दौरान परियोजित अंशदान	-	-
छ) तुलन पत्र समाधान प्रारंभिक कुल देयता	109,14,13,900	99,07,49,339
उपर्युक्त के अनुसार व्यय	6,40,05,644	14,14,53,561
भुगतान किए गए लाभ	(6,24,49,151)	(4,07,89,000)
बंद कुल देयता	109,29,70,393	109,14,13,900
ज. बीमांकिक पूर्वानुमान		
छूट दर (प्रति वर्ष)	6.85%	6.83%
वेतन बढ़ोत्तरी (प्रति वर्ष)	7.00%	7.00%
सभी सेवा समूहों के लिए एट्रिशन दर (प्रति वर्ष)	2.00 %	2.00%
झ) अनुभव समायोजन बाध्यताओं पर बीमांकिक (लाभ) / हानियां	(6,12,30,720)	2,06,94,179
योजना परिसंपत्तियों पर बीमांकिक लाभ / हानियां	-	-

टिप्पणी :

1. सेवानिवृत्ति ग्रेच्युटी लेखे में प्रतिनियुक्ति पर कार्यरत कर्मचारियों से संबंधित कुछ राशियां भी सम्मिलित हैं।

2. विशेषाधिकार अवकाश भुनाना (कर्मचारियों के प्रतिपूरक अवकाश):

संस्थान अपने कर्मचारियों द्वारा संग्रहित विशेषाधिकार अवकाश को सेवानिवृत्ति, सेवा-विमुक्ति एवं सेवा के दौरान भुनाने की अनुमति देता है। वर्षांत में हुए अवकाश की देयता का निर्धारण



किया जाता है एवं तुलन पत्र तिथि को बीमांकिक मूल्यांकन के आधार पर इसे उपलब्ध कराया जाता है। विशेषाधिकार अवकाश देयता को वित्तीय सहायता उपलब्ध नहीं कराई जाती है।

क) मूल्यांकन तिथि पर बीमांकिक पूर्वानुमान

विवरण	वर्तमान वर्ष 2020-21	पूर्व वर्ष 2019-2020
छूट दर	6.85% p.a.	6.83 % p.a.
वेतन बढ़ोत्तरी दर	7.00% p.a.	7.00 % p.a.

ख) कुल देयता में तुलन पत्र एवं गतिविधियों में मान्य राशि :

विवरण	वर्तमान वर्ष 2020-2021	पूर्व वर्ष 2019-2020
प्रतिपूरक अवकाश (एक्स) का प्रारंभिक शेष	98,28,53,378	89,14,64,963
प्रतिपूरक अवकाश का वर्तमान मूल्य (31.03.2021 की स्थिति के अनुसार बीमांकिक मूल्यांकन (वाई) के अनुसार	100,53,68,427	98,28,53,378
वर्ष के लिए मान्य प्रतिपूरक अवकाशों की वित्तीय सहायता न प्राप्त देयता	2,25,15,049	9,13,88,415

3. पेंशन :

(राशि रुपए में)

विवरण	वर्तमान वर्ष 2020-21	पूर्व वर्ष 2019-20
क) वर्णित लाभ बाध्यताओं में परिवर्तन वर्ष के प्रारंभ में देयता	13,14,25,62,546	11,42,84,96,500
वर्तमान सेवा मूल्य	3,74,59,965	4,33,31,784
ब्याज लागत	89,76,37,022	88,91,37,028
भुगतान किए गए लाभ	(69,02,31,094)	(71,59,69,000)
बाध्यताओं पर बीमांकिक लाभ / हानि	64,84,89,762	149,75,66,234
वर्षांत पर देयता	14,03,59,18,201	13,14,25,62,546
ख) योजना परिसंपत्तियों का उचित मूल्य	-	-
ग) योजना परिसंपत्तियों वास्तविक प्रतिफल	-	-
घ) तुलन पत्र में मान्य राशि वर्षांत पर देयता	1403,59,18,201	1314,25,62,546
वर्षांत पर योजना परिसंपत्तियों का उचित मूल्य	-	-
तुलन पत्र देयता / (परिसंपत्ति) में मान्य राशि	1403,59,18,201	1314,25,62,546



ड) आय कथन में मान्य व्यय		
वर्तमान सेवा लागत	3,74,59,965	4,33,31,784
ब्याज लागतें	89,76,37,022	88,91,37,028
योजना परिसंपत्तियों पर प्रत्याशित प्रतिफल	-	-
कुल बीमांकिक (लाभ) / हानि को मान्य किया जाए	64,84,89,762	149,75,66,234
आय एवं व्यय लेखे में मान्य व्यय	158,35,86,749	243,00,35,046
च) अगले वर्ष के दौरान परियोजित अंशदान	-	-
छ) तुलन पत्र समाधान		
प्रारंभिक कुल देयता	1314,25,62,546	11,42,84,96,500
उपर्युक्त के अनुसार व्यय	158,35,86,749	243,00,35,046
भुगतान किए गए लाभ	(69,02,31,094)	(71,59,69,000)
समाप्त कुल देयता	1403,59,18,201	1314,25,62,546
ज) बीमांकिक पूर्वानुमान		
छूट दर (प्रति वर्ष)	6.93%	6.83%
वेतन बढ़ोत्तरी (प्रति वर्ष)	7.00%	7.00%
सभी सेवा समूहों के लिए एट्रिशन दर (प्रति वर्ष)	2.00%	2.00%
झ) अनुभव समायोजन		
बाध्यताओं – योजना देयताओं पर बीमांकिक (लाभ) / हानियां	64,84,89,762	24,47,26,728
योजना परिसंपत्तियों पर बीमांकिक लाभ/(हानियां)	-	-

टिप्पणी :

- सेवानिवृत्ति पेंशन लेखे में प्रतिनियुक्ति पर कार्यरत कर्मचारियों से संबंधित अनेक राशियां भी सम्मिलित हैं।
6. संस्थान की स्थाई जमा राशियों में मुंबई मुख्यालय में 559.65 लाख रु. की राशि भी सम्मिलित है। यह राशि उद्दिष्ट निधियों को दर्शाती है जो अगले वित्तीय वर्ष की तात्कालिक प्रतिबद्धताओं के लिए अलग रखी गई है।



7. 'न्यास के उद्देश्य पर व्यय' शीर्ष के अंतर्गत टीआईएफआर, मुंबई मुख्यालय के 'संगोष्ठी, सम्मेलन एवं कार्यक्रम' व्ययों में निम्नलिखित शामिल हैं (अनुसूची एम):

लेखा कोड्स	रु. लाखों में
राष्ट्रीय गणित केंद्र व्यय लेखा (एनसीएमई)	81.25
संगोष्ठी व्यय लेखा (सीओएनएफ)	20.28

इन्हें वर्ष 2020-21 के दौरान हुए व्ययों के लिए संबंधित परियोजना सह-समन्वयक से प्राप्त उपयोगिता प्रमाणपत्र के आधार पर व्यय किया गया है।

8. सभी ज्ञात देयताओं (इनमें आकस्मिक या अन्य शामिल हैं) पर विचार किया गया है एवं संस्थान पर कोई अन्य देयताएं या दावे नहीं हैं जिन्हें 31 मार्च, 2021 को देनदारी के रूप में न माना गया हो।
9. पूर्व वर्ष के आंकड़ों को वर्तमान वर्ष के प्रस्तुतिकरण के लिए आवश्यकतानुसार पुनर्समूहित किया गया है।

समसंख्यक तिथि को हमारे प्रतिवेदन के अनुसार,

कैलाश चंद जैन एवं कंपनी के लिए
सनदी लेखाकार
फर्म पंजीकरण संख्या 112318डब्ल्यू

टाटा मूलभूत अनुसंधान संस्थान के लिए

सीए सौरभ चौहान
साक्षीदार
सदस्य संख्या: 167453



विंग कमांडर जॉर्ज एंटोनी (से.नि.)
कुलसचिव

प्रो. एस. रामाकृष्णन
निदेशक

दिनांक: 17 नवंबर, 2021

स्थान: मुंबई



TATA INSTITUTE OF FUNDAMENTAL RESEARCH

**SIGNIFICANT ACCOUNTING POLICIES / NOTES ON ACCOUNTS FOR THE YEAR
ENDED 31ST MARCH, 2021****1. Background:**

Tata Institute of Fundamental Research ('the Institute') is an Institute registered under the Bombay Trusts Act, 1950 in the year 1953. The Institute is an autonomous body and National Center under the Department of Atomic Energy, Government of India and is involved in fundamental research in Physics, Chemistry, Biology, Mathematics and Computer Science. The Institute offers Master's and Doctoral programs in these fields.

The Institute has different Centers / Field Stations as follows:

1. Colaba Campus – Mumbai
2. Homi Bhabha Centre for Science Education (HBCSE) – Mankhurd, Mumbai
3. National Centre For Radio Astrophysics (NCRA) –Pune
4. National Centre for Biological Sciences (NCBS)- Bangalore
5. Centre for Applied Mathematics (CAM)- Bangalore
6. International Centre for Theoretical Sciences (ICTS) - Bangalore
7. Cosmic Ray Laboratory (CRL)- Ooty
8. TIFR Centre for Interdisciplinary Sciences (TCIS) – Hyderabad
9. Balloon Facility (PBL)- Hyderabad
10. Gravitational Laboratory- Gauribidnur

2. Basis of preparation of financial statements:

The financial statements have been prepared and presented under the historical cost convention, unless otherwise specifically stated, on the accrual basis of accounting, and comply with the framework and format laid down by the Controller General of Accounts, Government of India & applicable accounting standards issued by the Institute of Chartered Accountants of India ('ICAI'), to the extent applicable and in the manner so required.

The financial statements comprising of Balance sheet, Income and Expenditure A/c, and schedules forming part thereof, Statement on Receipts and Payments, represents the consolidated financial statements of all the Centers / field stations of the Institute.

3. Use of estimates:

The preparation of the financial statements in conformity with generally accepted accounting principles requires management to make estimates and assumptions that affect the reported amount of assets and liabilities as of the balance sheet date, reported amounts of revenues and expenses for the year ended and disclosure of contingent liabilities, if any, as of the balance sheet date. The estimates and assumptions used in these financial statements are based upon management's evaluation of the relevant facts and circumstances as on the date of the financial statements. Actual results may differ from those estimates. Any revision to accounting estimates is recognized prospectively.

4. Significant Accounting Policies:**i. Grants in Aid:**

Grants-in-Aid for Non-Plan and Plan funds of Government of India related to recurring and non-recurring expenditures are credited to Income & Expenditure Account on receipt. The portion of funds utilized towards capital expenditure is credited to Capital Grant Account.



Grants / Endowments received from various agencies including Government of India for specified projects / purposes are credited to respective project / special accounts on receipt.



Interest earned on investment out of these funds is credited, and capital and revenue expenditure incurred is debited to the respective project / special accounts. Overhead charges as specified under the respective Grants / Endowments is charged to the project funds and credited to Income and Expenditure Account. The balance in the project / special account is carried forward in the balance sheet.

ii. Other Income:

Interest and Rental Incomes are accrued on a time proportion basis. Other Income is accrued as and when the right to receive payment is established.

iii. Expenditure:

Expenditure other than project and endowment is charged to the Income & Expenditure account on accrual basis. However, changes to Dearness allowance and pay revision consequent to Pay Commission recommendations are determined on cash basis. Expenditure incurred on enhancement to Equipment not being capital in nature is charged to Income & Expenditure Account.

iv. Fixed Assets and Depreciation:

Fixed Assets acquired out of Grant / endowment funds for specified projects / purposes are charged to the respective project / special account. On completion of the respective project, these assets are transferred to Fixed Assets at a nominal value of Re.1/-.

Fixed assets are stated at cost less accumulated depreciation.

Depreciation on fixed assets is provided, under the written down value method, based on useful lives of assets determined by the management at the following rates:

Asset	Rate of depreciation
Buildings	5%
Laboratory Equipment	15%
Other Equipment	15%
Motor Vehicles	15%
Furniture & Fixtures	10%
Library Books & Periodicals	60%
Computers & Peripherals	60%

Depreciation on assets purchased during the year is provided for the full year irrespective of the date of purchase.

Assets identified for discard / disposal are written-off on identification. Depreciation on assets sold / discarded is not provided in the year of discard / disposal.

All assets individually costing up to Rs.10,000 and where the useful life is determined to be below 5 years are charged to Income & Expenditure Account.

v. Stores on hand:

Stores-in-hand are valued at Cost less provision for non-moving stock. Cost is determined using the Weighted Average Method at all the units.

vi. Taxation:

The Institute is exempt from Taxation under Section 12A of the Income Tax Act, 1961.



vii. Foreign Exchange Transactions:

- a) Transactions denominated in foreign currency are accounted at the exchange rate prevailing at the date of the transaction.
- b) Monetary assets and liabilities denominated in foreign currency are converted at the exchange rate prevailing as at year end and the resultant gain / loss is accounted in the Income & Expenditure account or the respective project / special accounts as the case may be.

viii. Employee benefits:

Defined Benefit Plans:

The Institute provides Pension, Gratuity and Leave encashment, which are defined benefit plans, to its employees on their resignation or retirement.

The liability for pension, gratuity and leave encashment is accrued based on actuarial valuation determined under Projected Unit Credit method as per Accounting Standard 15 (Revised 2005). Actuarial gains or losses are recognized in the Income and Expenditure Account.

Defined Contribution Plan:

The Institute contributes a fixed percentage of eligible employee's salary to the Provident Fund administered by a separate Institute (Tata Institute of Fundamental Research Provident Fund or referred to as 'PF Trust') established for this purpose or to the New Contributory Pension Fund established by the Government of India. The Institute's contribution to the Provident Fund / New Contributory Pension Fund is charged to Income & Expenditure account.

ix. Provisions and Contingencies:

A provision is recognized when the Institute has a present obligation as a result of past event; it is probable that an outflow of resources will be required to settle the obligation, in respect of which a reliable estimate can be made. Provisions are not discounted to their present value and are determined based on best estimate required to settle the obligation at the balance sheet date. These are reviewed at each balance sheet date and adjusted to reflect the current best estimates.

Contingent losses arising from claims, litigation, assessment, fines, penalties, etc. are recorded when it is probable that a liability has been incurred and the amount can be reasonably estimated.

A disclosure for a contingent liability is made when there is a possible obligation or a present obligation that may, but probably will not require an outflow of resources.

When there is a possible obligation or a present obligation in respect of which the likelihood of outflow of resources is remote, no provision or disclosure is made.

5. Notes on Accounts:

1. Grants:

During the Financial year 2020-2021, the Institute has received Grants amounting to Rs. 50,697.00 lakhs from the Department of Atomic Energy. The summarized detail of its application of fund is as follows:



(Rs. in lakhs)		
Application of Funds	CY 2020-21	PY 2019-20
Revenue	47,314.99	54,743.00
Capital	3,382.01	4,880.00
Total	50,697.00	59,623.00

2. The unit wise aggregate net balances of grants received from different authorities for various external projects undertaken by the Institute [as per Schedule B of the Balance Sheet] is as follows:

Sr. No.	Units / Field Stations	CY 2020-21		PY 2019-20	
		No of Projects	Net Balances	No of Projects	Net Balances
			(Rs. in lakhs)		(Rs. in lakhs)
1	Mumbai H.O.	152	4,820.11	165	3,922.11
2	NCRA – Pune	4	401.76	12	382.78
3	CAM – Bengaluru	10	165.29	11	142.55
4	NCBS – Bengaluru	238	3,854.30	194	3,895.42
5	PBL- Hyderabad	2	17.97	2	20.41
6	TCIS – Hyderabad	66	1,769.40	54	428.19
7	ICTS – Bengaluru	37	2,223.07	46	1,438.90
8	HBCSE – Mankhurd	1	9.57	-	-
Total		510	13,261.48	484	10,230.35

3. External Project Funds of the NCBS includes the debit balance of Rs. 28.61 lakhs (Previous Year 2019-20 Rs. 62.93 lakhs) and TCIS Rs. 0.21 lakhs (Previous Year 2019-20 Rs. Nil), representing the excess of expenditure over the grant received for the same. NCBS and TCIS are in the process of recovering this deficit amount from the granting authorities.
4. The 'Closed Project Fixed Asset Account' amounting to Rs. 11,073.42 lakhs – of Mumbai and NCBS as on 31.03.2021 (Rs. 11,070.97 lakhs as on 31.03.2020) represents the assets acquired for the specified projects, which are closed. However, these assets have been transferred to Fixed Asset Register of the Institute at nominal value of Re. 1, as per the policy.

5. Employee benefits:

Defined Contribution Schemes:

The Institutes contribution towards eligible employees provident fund and towards New



Contributory Pension fund is as follows:

(Amount in Rs.)		
Particulars	CY 2020-21	PY 2019-20
Provident Fund	Nil	42,50,973
New Contributory Pension Scheme	9,54,95,571	5,78,54,354
Total	9,54,95,571	6,21,05,327

b. Defined Benefit Scheme:

1. Gratuity:

Description of the Gratuity Plan:

The Institute provides for gratuity a defined benefit retirement plan covering eligible employees. Gratuity plan provides for a lump sum payment to employees on retirement, death, incapacitation, termination of employment, of amounts that are based on salaries and tenure of the employees. The gratuity liability is not funded by the Institute. Gratuity is paid as per the rules applicable for Government employees.

(Amount in Rs.)		
Particulars	CY 2020-2021	PY 2019-2020
a) Change in defined benefit obligations		
Liability at the beginning of the year	109,14,13,900	99,07,49,339
Current service cost	5,06,92,795	4,45,70,758
Interest cost	7,45,43,569	7,61,88,624
Past Service Cost - Vested Benefit Incurred During the Period	-	-
Benefits paid	(6,24,49,151)	(4,07,89,000)
Actuarial (gain) / loss on obligations	(6,12,30,720)	(2,06,94,179)
Liability at the end of the year	109,29,70,393	109,14,13,900
b) Fair value of plan assets	-	-
c) Actual return on plan assets	-	-
d) Amount recognized in the balance sheet		
Liability at the year end	109,29,70,393	109,14,13,900
Fair value of plan assets at the year end	-	-
Amount recognized in the balance sheet Liability / (assets)	109,29,70,393	109,14,13,900
e) Expense recognized in the Income Statement		
Current service cost	5,06,92,795	4,45,70,758
Interest costs	7,45,43,569	7,61,88,624
Expected Return on plan assets	-	-
Past Service Cost - Vested Benefit Incurred During the Period	-	-
Net Actuarial (Gain) / Loss be recognized	(6,12,30,720)	2,06,94,179
Expense recognized in the Income Statement	640,05,644	14,14,53,561



(Amount in Rs.)

Particulars	CY 2020-2021	PY 2019-2020
f) Projected Contribution during the next Year	-	-
g) Balance Sheet Reconciliation		
Opening Net Liability	109,14,13,900	99,07,49,339
Expense as above	6,40,05,644	14,14,53,561
Benefit paid	(6,24,49,151)	(4,07,89,000)
Closing Net Liability	109,29,70,393	109,14,13,900
h) Actuarial Assumptions		
Discount Rate (p.a.)	6.85%	6.83%
Salary Escalation (p.a.)	7.00%	7.00%
Attrition Rate for All Service Groups (p.a.)	2.00%	2.00%
i) Experience Adjustments		
Actuarial (Gains)/Losses on Obligations	(6,12,30,720)	2,06,94,179
Actuarial Gains/(Losses) on Plan Assets	-	-

Note:

- i. The Retiring Gratuity account also includes certain amounts related to deputed employees.

2. Privileged Leave Encashment (Compensated Absences for Employees):

The Institute permits encashment of privileged leave accumulated by its employees on retirement, separation and during the course of service. The liability for unexpired leave is determined and provided on the basis of actuarial valuation at the Balance Sheet date. The privileged leave liability is not funded.

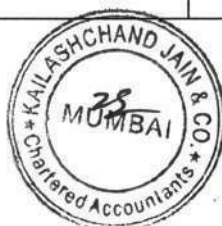
a) Actuarial Assumptions at the Valuation date

Particulars	CY 2020-2021	PY 2019-2020
Discount Rate	6.85% p.a.	6.83% p.a.
Salary Escalation Rate	7.00% p.a.	7.00% p.a.

b) Amount recognized in Balance Sheet and movements in net liability:

(Amount in Rs.)

Particulars	CY 2020-2021	PY 2019-2020
Opening Balance of Compensated Absences (X)	98,28,53,378	89,14,64,963
Present value of Compensated Absences (As per actuary valuation) (Y) as on 31.03.2021	100,53,68,427	98,28,53,378
Unfunded liability of Compensated Absences recognized for the year (Y - X)	2,25,15,049	9,13,88,415



3. Pension:

(Amount in Rs.)

Particulars	CY 2020-2021	PY 2019-2020
a) Change in defined benefit obligations		
Liability at the beginning of the year	13,14,25,62,546	11,42,84,96,500
Current service cost	3,74,59,965	4,33,31,784
Interest cost	89,76,37,022	88,91,37,028
Benefits paid	(69,02,31,094)	(71,59,69,000)
Actuarial (gain) / loss on obligations	64,84,89,762	149,75,66,234
Liability at the end of the year	14,03,59,18,201	13,14,25,62,546
b) Fair value of plan assets	-	-
c) Actual return on plan assets	-	-
d) Amount recognized in the balance sheet		
Liability at the year end	1403,59,18,201	1314,25,62,546
Fair value of plan assets at the year end	-	-
Amount recognized in the balance sheet Liability / (Asset)	1403,59,18,201	1314,25,62,546
e) Expense recognized in the Income Statement		
Current service cost	3,74,59,965	4,33,31,784
Interest costs	89,76,37,022	88,91,37,028
Expected Return on plan assets	-	-
Net Actuarial (Gain) / Loss be recognized	64,84,89,762	149,75,66,234
Expense recognized in the Income & Expenditure Account	158,35,86,749	243,00,35,046
f) Projected Contribution during the next Year	-	-
g) Balance Sheet Reconciliation		
Opening Net Liability	1314,25,62,546	11,42,84,96,500
Expense as above	158,35,86,749	243,00,35,046
Benefit paid	(69,02,31,094)	(71,59,69,000)
Closing Net Liability	1403,59,18,201	1314,25,62,546
h) Actuarial Assumptions		
Discount Rate (p.a.)	6.93%	6.83%
Salary Escalation (p.a.)	7.00%	7.00%
Attrition Rate for All Service Group (p.a.)	2.00%	2.00%
i) Experience Adjustments		
Actuarial (Gains)/Losses on Obligations -Plan Liabilities	64,84,89,762	24,47,26,728
Actuarial Gains/(Losses) on Plan Assets	-	-



Note:

- i. The Retiring Pension account also includes certain amounts related to deputed employees.
6. Fixed Deposits of the Institute includes an amount of Rs. 559.65 lakhs at Mumbai H.O., which represents Earmarked Funds kept aside for the immediate commitments for the next financial year.
7. Conference, Seminars and Events' expenses of TIFR, Mumbai H.O. under the head 'Expenditure on the Object of the Trust' (Schedule – M) includes:

Account codes	Rs. in lakhs
National centre for mathematics expenses A/c (NCME)	81.25
Conference expenses A/c (CONF)	20.28

Which are expensed out based on the utilization certificate received from the concerned project co-coordinator for expenditures incurred during the year 2020-21.

8. All known liabilities, whether contingent or otherwise have been taken in to account and there are no other liabilities or claims against the institute not acknowledged as debts as at 31st March, 2021.
9. Previous year's figures have been regrouped, wherever necessary, for the Current Year's presentation.

As per our report of even date,

For Kailash Chand Jain & Co
Chartered Accountants
Firm Registration No.: 112318W

Saurabh
CA. Saurabh Chouhan
Partner
Membership. No.: 167453



For Tata Institute of Fundamental Research

George Antony
Wg Cdr George Antony (Retd)
Registrar

S. Ramakrishnan
Prof. S. Ramakrishnan
Director

Date: November 17, 2021
Place: Mumbai



Reply to Audit Observations

Emphasis of Matter				Reply
1) External Grants for various Projects:				
a.				
As per the guidelines prescribed and as per the terms of the sanction amount received for projects should only be used for specified purpose and balance if any must be deposited in to a separate account, further complete details of project assets and liabilities must be maintained.				
In case of certain centers it was observed that the project fund liability does not match with the project fund assets further the reconciliation for the same has not been provided for our verification. Details of the same are as under :				
Center Name	Project Fund Liability	Project Fund Asset	Difference	
CAM	1,65,29,448	1,77,12,422	(11,82,974)	CAM: Reconciliation will be done and will be cleared during this FY.
NCRA	4,01,76,178	4,13,78,350	(12,02,172)	NCRA: Difference is sorted out and Recociliation is provided to Auditors.
TCIS	17,73,89,262	17,69,99,421	3,89,841	TCIS: Difference reduced considerably. Reconciliation is under process.
HO	79,52,35,575	73,33,99,947	6,18,35,628	HO: Reconciliation is under process. Diffrence came down to Rs.5.35 Crore approx.
HBCSE	9,57,018	20,33,838	(10,76,820)	HBCSE: Reconciled and informed to Auditors.



b.

In case of certain projects there were no activities for two years or more as on March 31, 2021, credit balance appearing in books of accounts are as under:

Sr. No.	Name of the Centre	No of Projects	Amount in Rs.
1	HO-Mumbai	16	68,41,287
2	ICTS-Bangalore	3	15,95,113
3	TCIS-Hyderabad	21	12,27,160
4	CAM-Bangalore	3	12,55,062
	Total	43	1,09,18,622

HO: 7 projects are already closed in this year. Work in progress.

ICTS: Due to Covid-19 pandemic, lockdown and travel restrictions in almost entire financial year, the no of projects where there is no activity has increased. These grants should not be considered inactive as we expect to resume programs as soon as the covid restrictions are eased.

TCIS: 18 projects are closed and procedure for return of funds will be completed this year.

CAM: Approval of competent Authority is obtained and it will be cleared in this FY.

II) Statutory Obligations

a. GST Revenue Reconciliation at Head Office Mumbai

Total turnover (Receipts) as per books is not matching with turnover as per GST return filed, further no reconciliation was prepared for the same.

Exempted grant has not been shown in GST return.

The accounting system does not provide complete details with respect to total revenue under various heads which resulted in to manual compilation of details for filing GST return every month.

TIFR has not collected GST on Royalty Income, Tender Fees, Guest House Rent Income, Grant received from private organisation.

Further it was observed that GST TDS has not been deducted in some cases even when the individual contract value exceeds Rs. 2,50,000/-.

Audit Observation is noted for compliance.

Modifications in the accounting software is required which will be done in consultation with ISDG Team and it will be implemented from 1st April, 2022.



b.	It was observed that National Center for Radio Astrophysics (NCRA) has collected Labour cess but the same was not deposited with the government authority within the due date as specified under the Building and Other Construction Workers' Welfare Cess Act, 1996 (Act 8 of 1996). As on March 31, 2021 Rs. 6,27,999/- was outstanding in the financial statement and the same is outstanding since last 5 years. The delay of payment will attract penalty and provision for the same is not being provided in the financial statement by NCRA.	NCRA: Case was sub judice with Labour Commissioner in last FY. Resolution came recently. Hence, Issue will be resolved in this FY.
----	---	---

III) Advances Paid

	Custom duty receivable amounting to Rs. 10,21,779/- standing in books of head office since 2017, it was informed that the institute had imported Firewall and Switches from M/s HTP Global Technologies Dubai and custom duty was paid to the custom authorities, subsequently due to some reasons the material was rejected and amount has been recovered from M/s HTP Global Technologies Dubai but the custom duty paid on the same is still appearing in books as Advances in Current assets thereby overstating the assets by Rs 10,21,779.	HO: Matter is pursued with party and the Institute is hoping that the money will be recovered.
--	--	---

Other Matter		Reply
a.	Interest income earned on the project fund is not being allocated to individual project by NCRA in current year.	NCRA: As instructed by funding agency, interest is kept separately and will be refunded through Bharat Kosh.



b.

As per the information provided and our verification of records it was observed that mechanism for allocation of interest income earned on fixed deposit is inconsistent during the year. Details of the same are as under:

Center	Accounting System	Mechanism Followed
HO	Oracle -TIIS	Daily Average of balancing method
TCIS	Oracle -TIIS	Daily Average of balancing method
NCBS	Oracle -TIIS	Annual Average of balancing method
NCRA	Oracle -TIIS	No Allocation
ICTS	Tally ERP	Annual Average of balancing method
CAM	Tally ERP	Annual Average of balancing method
HBCSE	Tally ERP	Daily Average of balancing method

General:

This issue will be resolved once all centers start using TIIS. Due to outbreak of Covid-19 pandemic and nation-wide lockdown almost throughout the financial year, Oracle TIIS System could not be adopted by all centers. However, we hope that in next year, all centers will be ready to move to TIIS.

c.

Accounting with respect to transaction in foreign currency has not been done as per the accounting policies set out in point 4 - vii in schedule H.

General: Noted for Compliance for this year. Alteration in current System will be made in consultation with ISDG Team.



d.	Biometric or QR code scanner is used to record the attendance of an employee. The attendance record will be maintained in the module of Establishment department and administration department. The payroll module is not linked to the establishment module hence the payroll module does not provide any report for attendance of its Employees. We recommend the linking of these modules to avoid manual interventions.	General: During the Pandemic situation biometric systems were delinked and QR Code systems were introduced. Linkage of QR Code with Salary Module will be implemented in due course of time.
Notes to Accounts		Reply
3.	External Project Funds of the NCBS includes the debit balance of Rs. 28.61 lakhs (Previous Year 2019-20 Rs. 62.93 lakhs) and TCIS Rs. 0.21 lakhs (Previous Year 2019-20 Rs. Nil), representing the excess of expenditure over the grant received for the same. NCBS and TCIS are in the process of recovering this deficit amount from the granting authorities.	NCBS: Entire amount has been recovered in current financial year. TCIS: The amount is negative due to foreign currency fluctuations while making foreign payment. It will be adjusted against next installment.



Published by
TIFR Science Communication Cell

Designed and Edited by
Nisha Yadav

Hindi version by
Prashant Goswami

Printed by
SM Enterprises, Mumbai



Tata Institute of Fundamental Research, Homi Bhabha Road, Mumbai - 400 005
Tel.: 91-22-2278-2000 Fax: 91-2280-4610/4611 Web: www.tifr.res.in