खगोल

अक्टूबर 2025 No. 138

संपादक : दीपांजन मुखर्जी (dipanjan@iucaa.in)
सहायक संपादक : हेमंत कुमार साहू (hksahu@iucaa.in)
अनुवादक : प्रज्ञा ढेरे (pradnya.dhere@iucaa.in)

यह पत्रिका http://publication.iucaa.in/index.php/khagol पर ऑनलाइन उपलब्ध है ।

हमें हमारे फेसबुक पृष्ठ पर फॉलो करें : https://www.facebook.com/iucaapune/

IUCAA
ISSN 0972-7647

त्रैमासिक पत्रिका
अंतर–विश्वविद्यालय केंद्र : खगोलविज्ञान और खगोलभौतिकी
(विश्वविद्यालय अनुदान आयोग का स्वायत्त संस्थान)

विषय-सूची....

अनुसंधानात्मक विशेषताएँ	
- GWAstro@ आयुका-अनुसंधान गतिविधियों का सारांश *- प्रो. शाश्वत जे. कपाडिया*	1 से 3
- सौर सुनामी: सूर्य में सर्वत्र गतिमान चरम पराबैंगनी (EUV) तरंगें *- डॉ. रमेश चंद्र*	3 से 6
- लघु आकाशगंगा बड़े बुलबुलों को उत्सर्जित करती हैं। *- डॉ. एडमुंड क्रिश्चियन हेरेन्ज*	6 से 8
- ब्रह्मांड के पहले अरब वर्षों में गुच्छों द्वारा कृष्ण विवर का विकास *- मनीष कटारिया*	8 से 9
पूर्व कार्यक्रमों की रिपोर्ट	10 से 12
अभिवादन	12
01 अगस्त 2025 से चयनित अभ्यागत सहकर्मी	12 से 16
स्वस्ति	16
औपचारिक वार्तालाप	16 से 17
संगोष्ठियाँ	17
श्रेष्ठतम सार्वजनिक गतिविधियाँ	17 से 23
शिक्षकों हेतु खगोलविज्ञान केंद्र	23 से 25
लाइगो-इंडिया एज्युकेशन एंड पब्लिक आउटरीच (LIEPO) गतिविधियाँ	25 से 27
अभ्यागत	28

अनुसंधानात्मक विशेषताएँ

GWAstro@ आयुका-अनुसंधान गतिविधियों का सारांश

गुरुत्वाकर्षण तरंगे (जीडब्ल्य) दिक्-काल के ताने बाने में होने वाली ऊर्मिकाएँ होती हैं, इनका निर्माण तब होता है जब कृष्ण विवर अथवा न्युट्रॉन तारों जैसे विशालकाय एवं सघन पिंड त्वरण करते हैं। अधिक सटीक रूप से कहा जाए तो कोई भी प्रणाली जिसमें कृष्ण विवर और/अथवा न्यूट्रॉन तारों से बनी सहंत द्विआधारी प्रणाली जैसी समय के साथ परिवर्तित होने वाली अक्षीय विषमता/असममिति हो, जो अपने सामूहिक द्रव्यमान केंद्र की परिक्रमा कर रही हो, वह गुरुत्वाकर्षण तरंग का (GW) का उत्सर्जन करेगी। एक सदी से भी अधिक समय पहले अल्बर्ट आइंस्टीन द्वारा की गई भविष्यवाणी के बाद, गुरुत्वाकर्षण तरंगों की खोज पहली बार लगभग दस वर्ष पहले की गई। इस तथ्य का उपयोग करते हुए कि गुरुत्वाकर्षण तरंगे (GW) स्वयं को दिगीय/स्थान की दृष्टि से अलग-अलग परीक्षण द्रव्यमानों पर तनाव (लंबाई में परिवर्तन को लंबाई से भाग देना) के रूप में प्रदर्शित करती हैं, वैज्ञानिकों ने किलोमीटर-लंबी भुजाओं वाले अत्याधुनिक इंटरफेरोमीटरिक संसूचक जिन्हें LIGO संसचूक कहा जाता है, इन दोनों को संयुक्त राज्य अमेरिका में निर्मित किया गया है। इन संसूचकों ने सूर्य के द्रव्यमान से लगभग तीस गुना भारी दो कृष्ण विवरों के विलय से उत्पन्न गुरुत्वाकर्षण तरंगों को सुस्पष्ट ढंग से दर्ज किया; यह घटना लगभग एक अरब प्रकाश-वर्ष दूर हुई थी। तब से, LIGO संसूचकों द्वारा इटली में स्थित Virgo संसूचक के साथ मिलकर दो सौ से अधिक सघन द्विआधारी संलयन (कोअलेसन्स) की घटनाओं (CBCs) को अन्वेषित किया गया है।

गुरुत्वीय तरंगों के निर्माण के कारण संहत द्विआधारियों की कक्षा ऊर्जा और कोणिय गति गँवाती है। परिणामस्वरूप, जब घटक एक दूसरे की ओर सर्पिल होते हैं तब कक्षा में संकुचन होता है और उसका आखिरकार विलय होता है। सर्पिल होती हुई और विलय हो रही द्विआधारी गति का आकार उत्सर्जित गुरुत्वाकर्षण तरंगों पर अपनी छाप छोड़ता है, जबकि गति द्विआधारी के स्वतंत्र घटकों द्वारा उत्पन्न दिक्-काल वक्रता द्वारा स्वयं निर्धारित होती है। इसलिए, गुरुत्वाकर्षण तरंगों का आकार द्विआधारी के आंतरिक एवं बाहरी मापदंडों के लिए प्रवेश प्रदान करता है, जिसमें घटकों के द्रव्यमान, उनकी प्रचक्रण कोणीय गति (अथवा "स्पिन्स" लघु के लिए), पृथ्वी से द्विआधारी की प्रकाशमान/चमक दूरी इसके साथ-साथ संरेखण की रेखा के संदर्भ में कक्षा का झुकाव आदि शामिल हैं। इन गुरुत्वीय तरंगों (GWs) का अन्वेषण करने और उनके स्रोत के मापदंडों को ढूंढ निकालने की हमारी क्षमता ने वास्तव में ब्रह्मांड के लिए और खगोलविज्ञान की एक नई शाखा- गुरुत्वाकर्षण तरंग (GW) खगोलविज्ञान के लिए नया द्वार खोल दिया।

आयुका में शाश्वत कपाड़िया के नेतृत्व में GWAstro समूह गुरुत्वाकर्षण तरंग (GW) खगोलविज्ञान के विभिन्न पहलुओं पर कार्य करता है, यह अत्याधुनिक सैद्धांतिक, अभिकलनात्मक / कंप्युटेशनल, डेटा

विश्लेषण तथा बेयज़ियन अनुमान के उपकरणों का उपयोग करता है। इस समूह में पाँच स्नातक छात्र एवं पोस्टडॉक्ट शामिल हैं। इस समूह का मुख्य उद्देश्य गुरुत्वाकर्षण तरंग खगोलविज्ञान को खगोलभौतिकी, ब्रह्मांडविज्ञान और मूलभूत भौतिकी की अन्य शाखाओं के साथ जोड़ने के लिए अनोखे और रचनात्मक तरीकों की खोज करना है, ताकि हम जिस ब्रह्मांड में रहते हैं उसकी संपूर्ण और समग्र तस्वीर विकसित की जा सके। हम GWAstro@IUCAA द्वारा अपनाई जा रही कुछ शोध दिशाओं और परियोजनाओं का नीचे वर्णन करते हैं।

शायद गुरुत्वाकर्षण तरंगें (GWs) ही केवल ऐसा माध्यम प्रदान करती हैं, जिसके द्वारा हम आकाशगंगाओं के बाहर स्थित तारकीय-द्रव्यमान होने वाले कृष्ण विवर एवं न्यूट्रॉन तारों का प्रत्यक्ष प्रेक्षण कर सकते हैं। सैद्धांतिक रूप से, गुरुत्वाकर्षण तरंगे (GWs) दीर्घ काल से चले आ रहे प्रश्नों के उत्तर दे सकती हैं, जैसे कि: द्विआधारी कृष्ण विवर और न्यूट्रॉन तारे कहाँ से आते हैं? उनका निर्माण कैसे होता है? किन पर्यावरणों में वे विकसित होते हैं और किन परिस्थितियों में उनका विकास होता है? दो कारणों से इन प्रश्नों के विशेषत: किसी एकल घटना के आधार पर उत्तर देना,अत्यंत कठिन है। पहला कारण, CBCs के विलय से उत्पन्न विद्युतचुंबकीय संपूरक या तो बहुत मंद होते हैं (जैसा कि द्विआधारी न्यूट्रॉन तारा तथा न्यूट्रॉन तारा–कृष्ण विवर विलय) और कुछ सौ मेगापारसेक से अधिक दूरी पर देखे नहीं जा सकते, या फिर वे पूरी तरह अनुपस्थित होते हैं (जैसा कि तारकीय-द्रव्यमान वाले द्विआधारी कृष्ण विवर विलय)। सामान्यत: विद्युतचुंबकीय दूरबीनों की सहायता से इन विलय घटनाओं के आकाश में सटीक स्थान को निर्धारित करना अत्यंत दुर्लभ या असंभव होता है। दूसरा कारण यह है कि गुरुत्वाकर्षण तरंगों (GW) की घटनाओं के लिए आकाशीय स्थानीयकरण क्षेत्र आम तौर पर काफी बड़े होते हैं, जो दर्जनों से लेकर सैकड़ों वर्ग डिग्री तक विस्तारित हो सकते हैं। ऐसे में पारंपरिक स्थानीयकरण तकनीकों का उपयोग करके इस क्षेत्र के भीतर मेज़बान आकाशगंगा की पहचान करना, और उस आकाशगंगा के भीतर उस विशिष्ट परिवेश को निर्धारित करना जहाँ CBC का विलय हुआ लगभग असंभव हो जाता है। GW तरंगरूप के आकार से विलय के पर्यावरण के गुणधर्मों का पुनर्निर्माण करना यह GWAstro समूह द्वारा किए जा रहे प्रमुख खोजों में से एक है। स्नातक छात्र अविनाश तिवारी के नेतृत्व में किए गए शोध कार्यों की एक श्रृंखला में, हमने यह प्रदर्शित किया कि किसी बाहरी विभव की उपस्थिति के कारण CBC के द्रव्यमान केंद्र की त्वरित गति, समय-परिवर्ती डॉप्लर प्रभाव के माध्यम से तरंगरूप के आकार को परिवर्तित करती है। चूँकि द्रव्यमान केंद्र की गति स्वयं विलय पर्यावरण के गुरुत्वाकर्षण विभव की संरचना द्वारा निर्धारित होती है, इसलिए हमने दिखाया कि इस विभव की प्रोफ़ाइल/ इस विभव के वितरण को निर्धारित भू-आधारित और अंतरिक्ष-आधारित GW संसूचकों (जैसे XG संसूचक, DECIGO और LISA) की सहायता से अत्यंत सूक्ष्म विवरण में निकाला जा सकता है। इन विभवों में गोलकीय तारागुच्छों , नाभिकीय तारागुच्छों , अतिविशाल कृष्ण विवर के निकट का केप्लेरियन विभव, तथा डार्क मैटर की नोक (cusps) शामिल हैं। दिलचस्प तरीके से, किसी भारी बाह्यग्रह की उपस्थिति के कारण CBC में उत्पन्न होने वाली डगमगाते हुए घूमने की प्रक्रिया को भी पहचाना जा सकता है, और इस प्रकार उस बाह्यग्रह के अस्तित्व का अनुमान लगाया जा सकता है। इस शोध कार्यों की श्रृंखला में कनाडा के CITA में आदित्य विजयकुमार, तथा टी आई एफ आर मुंबई और आई आई एस ई आर पुणे के अन्य सहयोगियों ने एकसाथ मिलकर कार्य किया।

गुरुत्वीय तरंगों (GWs) का ग्रैविटेशनल लेंसिंग अत्यधिक अपेक्षित खोज है, जिसके LIGO–Virgo–KAGRA (LVK) के अगले प्रेक्षण चरण में सामने आने की उम्मीद है। यह तब घटित हो सकता है जब GWs आकाशगंगाओं या गुच्छों जैसे द्रव्यों/गुच्छों के बड़े ढेर से होकर गुजरती हैं, जिसके परिणामस्वरूप स्रोत की GWs की समय में अलग-अलग पहचानी जा सकने वाली कई प्रतिलिपियाँ उत्पन्न होती हैं। इन प्रतिलिपियों में GW चरण (अवस्था) का विकास समान होता है, लेकिन उनके आयाम भिन्न होते हैं। GWAstro समूह के स्नातक छात्र सुधीर घोलप ने ऐसे अनोखे सांख्यिकीय तकनीकों के विकास का नेतृत्व किया है, जो दो संकेतों के चरणों के आवृत्ति-विकास में समानता (या असमानता) आँकते हैं, और यह निर्धारित करते हैं कि ये दोनों संकेत लेंस्ड युग्म हैं या असंबंधित संकेत। यह कार्य आयुका में संजीव धुरंधर के साथ सहयोग में किया जा रहा है। लेंसिंग से संबंधित GWAstro समूह की एक अन्य परियोजना का नेतृत्व स्नातक छात्र सौरभ मागरे कर रहे हैं, जिसके बहु-संदेशी खगोलविज्ञान में संभावित रूप से अत्यंत महत्वपूर्ण अनुप्रयोग हैं। विलय करते समय न्यूट्रॉन तारे न केवल GWs उत्पन्न करते हैं, बल्कि विभिन्न आवृत्ति बैंडों में विद्युतचुंबकीय विकिरण (प्रकाश) भी उत्सर्जित करते हैं। चूँकि ये विद्युतचुंबकीय संपूरक क्षणिक होते हैं, इसलिए उन्हें उनके प्रारंभिक क्षण में पकड़ना अत्यंत आवश्यक है, विशेषत: यदि न्यूट्रॉन तारों के विलय से संबंधित भौतिकी की जानकारी को प्राप्त करना और समझना हो। इस उद्देश्य के लिए GW के बारे में पहले ही सूचना प्राप्त होना अत्यंत महत्वपूर्ण है, ताकि दूरबीनों को विलय से पहले ही घटना के स्थान की ओर घुमाया जा सके। सौरभ के नेतृत्व में तथा आयुका की अनुप्रीता मोरे के साथ सहयोग में किए गए कार्यों की श्रृंखला में, हमने यह प्रदर्शित किया कि द्वितीयक न्यूट्रॉन तारों की GW लेंसिंग का किस प्रकार उपयोग किया जा सकता है। इस विधि का मूल सिद्धांत यह है कि पहले GW की छवि, उसके विद्युतचुंबकीय समकक्ष, और मेज़बान आकाशगंगा की छवियों के मापन के आधार पर आगामी GWछवियों के आगमन समय की भविष्यवाणी की जा सकती है। चूँकि विभिन्न छवियों के आगमन समय में अंतर दिनों से लेकर हफ्तों तक हो सकता है, इसलिए हमारी विधि प्रभावी रूप से पर्याप्त अग्रिम चेतावनी प्रदान करती है, जिससे द्वितीयक न्यूट्रॉन तारे के विलय के आसपास उत्पन्न होने वाले विद्युतचुंबकीय विकिरण को सफलतापूर्वक ग्रहण किया जा सके।

अपनी सतह पर "पर्वत" जैसी संरचना वाले घूमते हुए न्यूट्रॉन तारे सतत या निरंतर गुरुत्वीय तरंगों (GWs) के संभावित स्रोत हो सकते हैं। इस प्रकार की निरंतर रहने वाली गुरुत्वीय तरंगों का पता लगना नवपरिवर्तनशील होगा, क्योंकि इससे न्यूट्रॉन तारे की आंतरिक संरचना के बारे में हम जान पाएंगे और अत्यधिक सघन पदार्थ (अल्ट्रा-डेंस मैटर) के बारे में महत्त्वपूर्ण जानकारी प्राप्त होगी, जिसे मानव-निर्मित प्रयोगशालाओं में उत्पन्न करना संभव नहीं है। अब तक निरंतर रूप से होने वाले गुरुत्वीय तरंगों का कोई प्रत्यक्ष पता नहीं चल पाया है। फिर भी, इन तरंगों का पता न चलना भी हमारी आकाशगंगा में न्यूट्रॉन तारों की संख्या और उनके गुणधर्मों के बारे में महत्त्वपूर्ण संकेत देता है। उन्नत बेयज़ियन तकनीकों तथा आकाशगंगा में न्यूट्रॉन तारों के वितरण के वास्तववादी, सिमुलेशन-आधारित अनुमानों का उपयोग करते हुए, GWAstro के स्नातक छात्र गोपाल प्रभु ने आकाशगंगा में उनकी प्रचुरता पर विशिष्ट सीमाएँ निर्धारित कीं। हमारे कार्य ने पहली बार यह दर्शाया कि, यद्यपि यह सैद्धांतिक रूप से संभव है, फिर भी हमारी आकाशगंगा में अत्यधिक विकृत और अत्यधिक तीव्र गति से घूमने वाले केवल कुछ ही न्यूट्रॉन तारे मौजूद हैं।। यह कार्य ICTS-TIFR के सदस्यों के साथ सहयोग में किया जा रहा है।

गुरुत्वीय तरंगों (GWs) की मदद से आइंस्टीन के सामान्य सापेक्षता सिद्धांत का परीक्षण करना व्यापक रूप से किए जा रहे वैज्ञानिक प्रयास हैं जिसमें LVK सहयोगिता जैसे दुनिया भर के कई शोध समूह शामिल है। GWAstro के पोस्टडॉक्टोरल शोधकर्ता साजिद ए. भट के नेतृत्व में, हमारे समूह ने VSM विश्वविद्यालय के डॉ. मोहम्मद आरिफ़ शेख के साथ मिलकर उत्केंद्र कॉम्पैक्ट बाइनरी कोएलिसेंस (CBCs) से संबंधित GR के परीक्षण का नया तरीका विकसित किया है। गुरुत्वीय तरंगों के उत्सर्जन के कारण द्विआधारी प्रणाली अपनी कक्षीय ऊर्जा और कोणीय संवेग खोती है। इसके परिणामस्वरूप समय के साथ उसकी उत्केंद्रता घटती जाती है और कक्षा धीरे-धीरे लगभग वृत्ताकार हो जाती है। GR इस उत्केंद्रता के आवृत्ति के साथ घटने के लिए एक विशिष्ट गणितीय रूप की भविष्यवाणी करता है। साजिद के नेतृत्व में किए गए इस कार्य में, उत्केंद्र CBCs से प्राप्त गुरुत्वीय तरंगों का उपयोग करते हुए, उत्केंद्रता के इस आवृत्ति-विकास की GR के साथ संगति की एक अनूठी जाँच प्रस्तावित की गई है। यह तरीका मुख्यत:

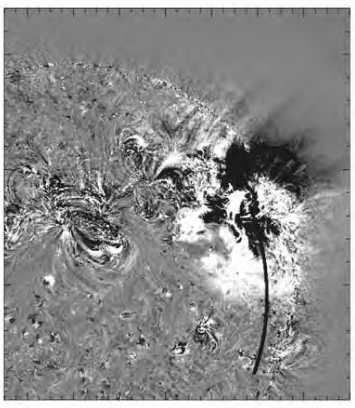
निश्चित दर से होने वाली पुनरावृत्ति पर पुन:प्राप्त किए गए गुरुत्वाकर्षण तरंगों के संकेतों के उत्केंद्रता की तुलना उच्चतम निश्चित दर से होने वाली पुनरावृत्ति पर उस प्राप्त किए गए एक्सन्ट्रिसटी से करता है। यदि उच्चतम निश्चित दर से होने वाली पुनरावृत्तियों पर प्राप्त एक्सन्ट्रिसटी, प्रारंभिक निश्चित दर से होने वाली पुनरावृत्ति से GR के अनुसार विकसित की गई एक्सन्ट्रिसटी से मेल खाती है, तो एक्सन्ट्रिसटी का विकास GR के अनुरूप माना जाता है। इसके विपरीत, यदि यह मेल नहीं खाता, तो यह संकेत हो सकता है कि या तो कोई अन्य अभी-असमाहित भौतिक प्रभाव मौजूद है, या फिर स्वयं GR का उल्लंघन हो रहा है। यह विधि विशेष रूप से तथाकथित "एक्सन्ट्रिसटी मिमिकर्स" की पहचान करने में प्रभावी पाई गई है—ऐसे GW संकेत, जो उत्केंद्र वेवफ़ॉर्म मॉडलों से विश्लेषण करने पर विकेन्द्रता का झूठा संकेत देते हैं, जबकि वास्तव में यह प्रभाव वेवफ़ॉर्म मॉडल में शामिल न की गई भौतिक प्रक्रियाओं के कारण उत्पन्न होता है।

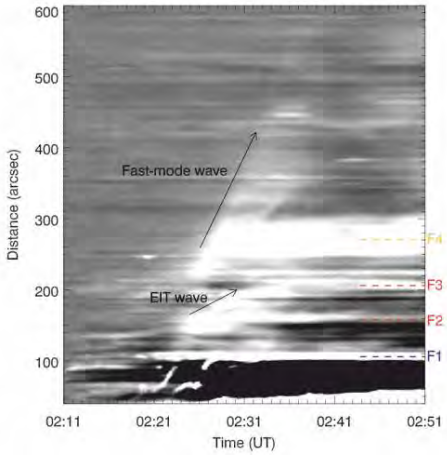
गुरुत्वीय तरंग (GW) खगोलविज्ञान का युग अब पूरी तरह से आ चुका है, और 2030 के दशक में लाइगो-इंडिया के आगमन के साथ, GW खगोलविज्ञान में भारत की भूमिका अत्यंत महत्त्वपूर्ण हो जाएगी—संभव है कि भविष्य में यह इस क्षेत्र की दिशा और प्रमुख खोजों का मार्गदर्शन भी करे। GWAstro@IUCAA विभिन्न प्रकार की अंतर्विषयक GW परियोजनाओं पर कार्य करता है, जो वैज्ञानिक अनुसंधान के अन्य क्षेत्रों से भी जुड़ी हुई हैं। यह समूह ऐसे नवाचारी प्रोजेक्ट विकसित करने का प्रयास करता है जो न केवल महत्त्वपूर्ण, मूलभूत खगोलभौतिकी-प्रेरित प्रश्नों का समाधान करें, बल्कि भारत में खगोलभौतिकी प्रतिभाओं को विकसित और प्रशिक्षित करने का भी लक्ष्य रखते हैं। भविष्य में यही प्रतिभाएँ लाइगो-इंडिया द्वारा उपलब्ध कराए जाने वाले अत्याधुनिक डेटा का उपयोग करके अपनी स्वयं की ऐतिहासिक और मौलिक खोजें करेंगी।

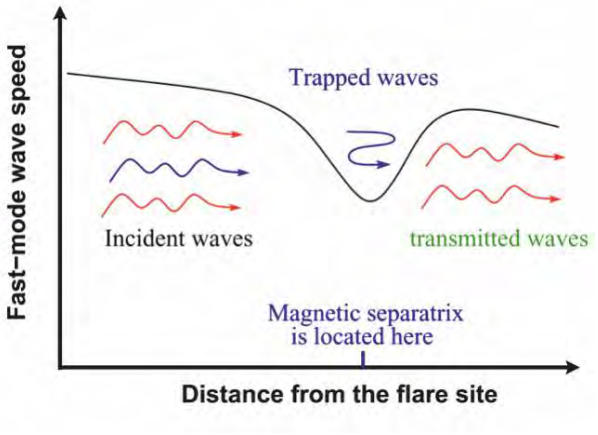
प्रो. शाश्वत जे. कपाड़िया गुरुत्वीय-तरंग (GW) खगोलज्ञ हैं और आयुका में सहयोगी प्रोफेसर के रूप में कार्यरत हैं। वे लाइगो साइंटिफिक कोलैबोरेशन (LSC), लाइगो-इंडिया साइंटिफिक कोलैबोरेशन (LISC) तथा लाइगो-इंडिया (LI) के सदस्य हैं। उनका अनुसंधान गुरुत्वीय-तरंग सिद्धांत, डेटा विश्लेषण और खगोलभौतिकीय अनुमान (astrophysical inference) के विभिन्न पहलुओं पर केंद्रित हैं। वे GW खगोलशास्त्र को खगोल विज्ञान, खगोलभौतिकी, ब्रह्मांड विज्ञान और मौलिक भौतिकी की अन्य शाखाओं से जोड़ने के लिए नवीन तरीकों की सक्रिय रूप से खोज करते हैं। अपने वैज्ञानिक कार्यों के अलावा, प्रो. कपाड़िया को लंबी सैर करना पसंद है और वे अक्सर नदियों, झीलों और महासागरों जैसे विशाल जल निकायों की ओर आकर्षित होते हैं। इस आकर्षण के बारे में वे मजाकिया ढंग से कहते कि वे अभी भी समझने की कोशिश कर रहे हैं।

सौर सुनामी: सूर्य में सर्वत्र गतिमान चरम पराबैंगनी (EUV) तरंगें

सूर्य ही प्रकाश और ऊर्जा का हमारा प्राथमिक स्रोत है और अंतरिक्ष वातावरण पर होने वाला इसका प्रभाव ही उसका अध्ययन के लिए उसे अद्वितीय एवं महत्त्वपूर्ण तारा बनाता है। सूर्य की सतह पर होने वाली गतिविधियाँ सौर पवन, उच्च-ऊर्जा कणों के उत्सर्जन तथा विकिरण उत्पन्न करती हैं, जो पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र और वायुमंडल को प्रभावित कर सकती हैं तथा हमारे ग्रह के पर्यावरण पर असर डालती हैं। सौर गतिविधियों को उनके पैमाने के आधार पर वर्गीकृत किया जाता है। बड़े-पैमाने की घटनाओं में सौर चरम पराबैंगनी तरंगें, फिलामेंट विस्फोट, सौर प्रज्वाल (फ्लेयर) और कोरोनल मास इजेक्शन (सी ऍम ई) शामिल हैं, जबकि छोटे-पैमाने की घटनाओं में सौर जेट, माइक्रो/नैनो प्रज्वाल और स्पिक्यूल्स आते हैं। आकार में भिन्नता होने के बावजूद, बड़े और छोटे दोनों प्रकार के विस्फोटों की उत्पत्ति चुम्बकीय प्रक्रियाओं से ही होती है। बड़े-पैमाने की सौर घटनाओं में चरम पराबैंगनी तरंगें विशेष रूप से ज्ञात हैं। ये विशाल, चमकीली/दीप्त होती हैं, जो सौर विस्फोट



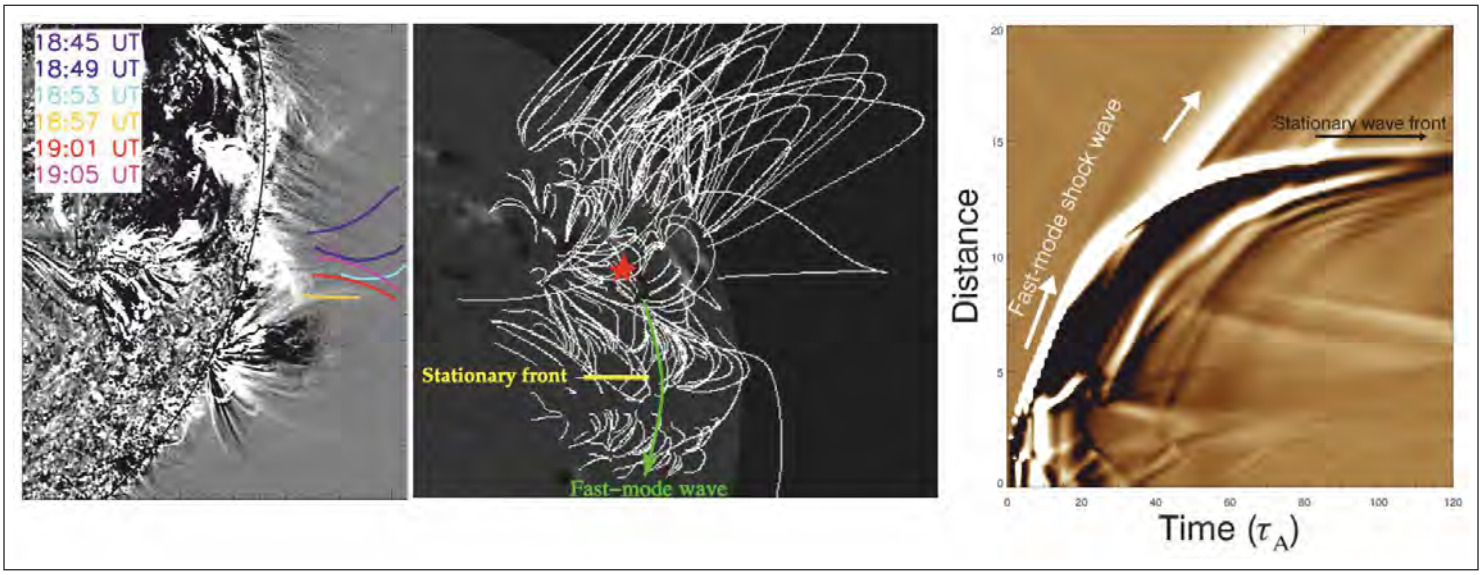




*चित्र 1: **बाईं ओर**: SDO/AIA 193 Å का अलग सी छवि (02:11 UT, 11 मई 2011), जिसमें समय दूरी आरेख के लिए पथ को दर्शाने वाली काली रेखा दिखाई गई है। **मध्य**: समय दूरी आरेख, जिसमें दो चरम पराबैंगनी तरंग घटक और स्थिर फ्रंट (F1–F4) दर्शाए गए हैं। तेज MHD तरंग और अपेक्षाकृत धीमी EIT तरंग (गैर-तरंग घटक) को तीरों के माध्यम से रेखांकित किया गया है। **दाईं ओर**: स्थिर फ्रंट F4 के पीछे की भौतिक प्रक्रिया को दर्शाने वाला योजनात्मक चित्र (चंद्रा आदि 2016 [9] से अनुकूलित)।*

स्थलों से फैलती हैं, यह पृथ्वी के महासागर में सुनामी के समान होता है और इन्हें एच-अल्फा, चरम पराबैंगनी, पराबैंगनी तथा एक्स-रे सहित कई तरंगदैर्घ्यों में देखा जा सकता है। इन्हें पहली बार मोटोंन और रामसे (1960) [1] द्वारा एच-अल्फा ± 0.5 Å फ़िल्टर का उपयोग करते हुए खोजा गया था और इन्हें मॉर्टन तरंगें (Moreton waves) कहा गया। इनकी प्रसार गति कुछ दस किलोमीटर प्रति सेकंड से लेकर एक हजार किलोमीटर प्रति सेकंड से भी अधिक तक हो सकती है [2, 3, 4]। चरम पराबैंगनी तरंगें सी ऍम ई से घनिष्ठ रूप से जुड़ी होती हैं और प्रायः उनसे आगे की ओर यात्रा करती हैं। माना जाता है कि ये निम्न कोरोना में सी ऍम ई द्वारा उत्पन्न प्रघात (शॉक्स) होती हैं। चित्र 1 में चरम पराबैंगनी तरंग का एक उदाहरण तथा उसकी शुद्धगतिकी दर्शाई गई हैं।

Hα में देखी गई मॉर्टन तरंगों की व्याख्या क्रोमोस्फियर को पार करती हुई कोरोनल तीव्र-गति मैग्नेटोहाइड्रोडायनामिक (ऍमएचडी) प्रघात तरंग के रूप में की जाती है [5] । सोलर एंड हेलियोस्फेरिक ऑब्ज़र्वेटरी (सोहो) के प्रक्षेपण के बाद [6], थॉम्पसन आदि (1998) [7] ने सोहो के एक्सट्रीम-अल्ट्रावायलेट इमेजिंग टेलीस्कोप (ई आई टी) [8] से प्राप्त 195 Å तरंगदैर्ध्य की छवियों का उपयोग करते हुए सौर कोरोना में मॉर्टन तरंग जैसी संरचनाओं का प्रेक्षण किया। शुरुआत में यह प्रस्तावित किया गया कि चरम पराबैंगनी तरंगें क्रोमोस्फेरिक मॉर्टन तरंगों की कोरोनल संपूरक हैं और वे एक ही भौतिक प्रक्रिया के संकेत हैं [12, 13]। हालांकि, उनकी वेग सीमाओं में बड़े अंतर के कारण चरम पराबैंगनी तरंगें और मॉर्टन तरंगें भिन्न-भिन्न घटनाएँ लगने लगीं।वेग में पाई जाने वाली विसंगति को

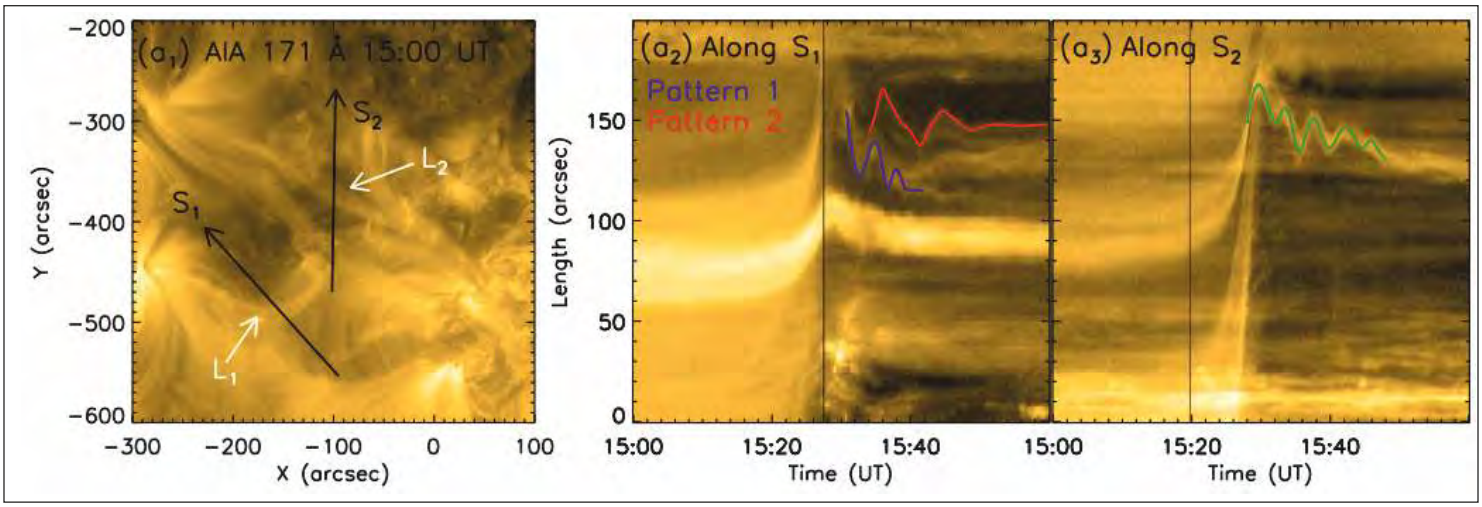


*चित्र 2: **बायाँ चित्र**: 31 मार्च 2022 को AIA 171 Å में देखे गए एक सक्रिय क्षेत्र से होकर चरम पराबैंगनी तरंग का परावर्तन। आपतित और परावर्तित तरंग अग्रभाग क्रमशः बैंगनी, नीले, सायन (आपतित) तथा पीले, लाल, गुलाबी (परावर्तित) रंगों में दर्शाए गए हैं। **मध्य चित्र** : 11 मई 2011 को चुंबकीय QSL के साथ अन्योन्यक्रिया के बाद चरम पराबैंगनी तरंग की दिशा तथा निर्मित स्थिर अग्रभाग। **दायाँ चित्र**: ऍम एच डी सिमुलेशन से प्राप्त दूरी–समय आरेख, जो दर्शाता है कि QSLs के साथ अन्योन्यक्रिया के दौरान फास्ट-मोड EUV तरंगें स्थिर अग्रभागों में परिवर्तित हो जाती हैं (चंद्रा et al. 2024 [10], चेन आदि. 2016 [11] से अनुकूलित)।*

समझाने के लिए वारमूथ एवं सहकर्मियों (2004) [13] ने प्रस्तावित किया कि मॉर्टन तरंगें प्रज्वाल क्षेत्र के पास देखी जाती हैं, जबकि EUV तरंगें उससे दूर के क्षेत्रों में देखी जाती हैं। इसलिए, वेग का यह अंतर उसी फास्ट-मोड MHD तरंग के मंदन के कारण हो सकता है। हालांकि, चरम पराबैंगनी तरंगों द्वारा दर्शाए गए अत्यंत कम वेग (~20 किमी प्रति सेकंड) और स्थिर फ्रंट्स को केवल MHD तरंग मॉडल से नहीं समझाया जा सकता। इन विशेषताओं को समझाने के लिए देलानी और उनके सहयोगियों ने प्रस्तावित किया कि धीमी गति वाली तरंग वास्तव में छद्म तरंग है, जो चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं के खुलने के कारण देखी जाती है, तथा स्थिर फ्रंट्स चुंबकीय सेपरेट्रिक्स या क्वासी-सेपरेट्रिक्स लेयर्स (QSLs; ऐसे चुंबकीय क्षेत्र जहाँ क्षेत्र रेखाओं की कनेक्टिविटी बहुत कम दूरी में तीव्रता से बदलती है) के पास होने वाले संपीड़न का प्रतिनिधित्व करते हैं [14, 15]। हालांकि, जब चरम पराबैंगनी तरंगें किसी कोरोनल चुंबकीय संरचना से टकराती हैं तो उनका परावर्तन, अपवर्तन और मोड रूपांतरण देखा जाना यह संकेत देता है कि ये वास्तव में वास्तविक तरंगें हैं [16]। चरम पराबैंगनी तरंगों की सभी प्रेक्षित विशेषताओं को समझाने के लिए चेन और सहकर्मियों [17] ने एक हाइब्रिड मॉडल प्रस्तावित किया। उनके मॉडल के अनुसार, अभिवाह (फ्लक्स) रोप के विस्फोट के बाद सौर कोरोना में भिन्न-भिन्न वेगों (तेज़ और धीमे) वाली दो तरंग-सदृश घटनाएँ देखी जाती हैं। तेज़ घटक पिस्टन-चालित प्रघात होता है, जो विस्फोटक अभिवाह (फ्लक्स) रोप या सी ऍम ई के आगे बढ़ता है, जबकि धीमा घटक अ-तरंगीय (non-wave) घटक होता है, जो विस्फोटक अभिवाह (फ्लक्स) रोप के ऊपर स्थित बंद चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं के क्रमिक खिंचाव के कारण उत्पन्न होता है।

चरम पराबैंगनी तरंगों के ऐसे प्रेक्षण उपलब्ध हैं, जो उनकी तरंगीय (wave) तथा अ-तरंगीय (non-wave) प्रकृति दोनों को प्रदर्शित करते हैं [9, 10, 19]। तरंगीय विशेषताओं में चरम पराबैंगनी तरंगों का परावर्तन [10, 16], समीपवर्ती कोरोना लूपों में उत्पन्न दोलन [18], तथा चरम पराबैंगनी तरंगों का मोड रूपांतरण [20, 21] शामिल है। अ-तरंगीय विशेषताओं में स्थिर फ्रंट तथा धीमे अ-तरंगीय घटक [9, 10, 11] देखे जाते हैं। EUV तरंग के दो घटकों के प्रेक्षण के पहले प्रमाण चेन आदि (2009) [19] द्वारा उच्च कालिक एवं स्थानिक विभेदन वाले सोलर डायनामिक्स ऑब्जर्वेटरी (एस डी ओ) के आंकड़ों का उपयोग करते हुए प्रस्तुत किया गया। इसके बाद, इन दोनों घटकों तथा स्थिर फ्रंट्स का स्पष्ट प्रमाण चंद्र आदि (2016) [9] के अध्ययन में दिया गया (चित्र 1 देखें)। कोरोनल होल्स और सक्रिय क्षेत्रों के माध्यम से चरम पराबैंगनी तरंगों के परावर्तन का निर्णायक प्रमाण भी प्रस्तुत किया गया है [10, 16, 13]। कोरोनल संरचना के माध्यम से चरम पराबैंगनी तरंग के परावर्तन का उदाहरण चित्र 2 (बाएँ) में दर्शाया गया है। चरम पराबैंगनी तरंग द्वारा प्रभावित निकटतम लूपों में उत्पन्न दोलनों को देवी आदि (2022) [18] के अध्ययन में प्रदर्शित किया गया है (चित्र 2, दाएँ देखें)। EUV तरंग का तेज़-से-धीमे (fast-to-slow) मोड रूपांतरण होना महत्त्वपूर्ण घटना है। यह रूपांतरित तरंग स्थिर फ्रंट्स पर देखी जा सकती है। इस घटना की पहली रिपोर्ट चंद्रा आदि (2016) [9] द्वारा दी गई (चित्र 1, दाएँ देखें) और

बाद में इसे और अधिक प्रक्षणों द्वारा पुष्टि प्राप्त हुई [20, 21]। इन प्रेक्षणों से प्रेरित होकर चेन आदि (2016) [11] ने EUV तरंग के त्रि-आयामी ऍम एच डी सिमुलेशन किए और चुंबकीय सेपरेट्रिक्स क्षेत्रों में मोड रूपांतरण की पुष्टि की। मोड रूपांतरण के प्रेक्षण एवं सिमुलेशन चित्र 3 में प्रस्तुत किए गए हैं। चरम पराबैंगनी तरंगों द्वारा प्रेरित कोरोनल लूप दोलनों के उपयोग तथा उनसे कोरोनल मापदंडों की गणना को देवी आदि (2022) [18] में प्रस्तुत किया गया है। इस तरंग द्वारा उत्पन्न कई कोरोनल लूप दोलनों को चित्र 3 में दर्शाया गया है।



चित्र 3: 28 अक्टूबर 2021 को चरम पराबैंगनी तरंग के कारण दो कोरोनल लूप (L1 और L2) में उत्पन्न दोलन। समय–दूरी विश्लेषण के लिए पैनल a1 में स्लिट्स S1 और S2 दर्शाए गए हैं; इनके परिणाम क्रमशः पैनल a2 और a3 में दिखाए गए हैं (देवी आदि, 2022 [18] से अनुकूलित)।

उक्त जानकारी के अनुसार, चरम पराबैंगनी तरंग प्रेक्षणों तथा सिमुलेशनों दोनों में तरंगीय और अ-तरंगीय घटक प्रदर्शित करती है। इसके अलावा, चरम पराबैंगनी तरंग के तरंगीय एवं अ-तरंगीय घटकों के बीच का पृथक्करण अत्यधिक महत्त्वपूर्ण है [4, 22]। यह पृथक्करण चरम पराबैंगनी तरंगों, सी ऍम ई, सौर ऊर्जावान कणों तथा टाइप-II रेडियो बर्स्ट्स के बीच संबंधों को स्पष्ट करने में सहायता करता है। यदि हमारे पास आंतरिक कोरोना के प्रेक्षण उपलब्ध हों तो चरम पराबैंगनी तरंगों और सी ऍम ई के बीच संबंध को अधिक सटीक रूप से निर्धारित किया जा सकता है। हाल ही में प्रक्षेपित भारतीय अंतरिक्ष यान आदित्य एल-1 इन घटनाओं को अधिक विस्तार से समझने के लिए महत्त्वपूर्ण प्रेक्षण प्रदान करता है। यह देखा गया है कि चरम पराबैंगनी तरंग निकटवर्ती कोरोनल लूप्स और प्रोमिनेंस में दोलन उत्पन्न करती है। ये दोलन करते लूप्स और प्रोमिनेंस, कोरोनल भूकंपविज्ञान के अध्ययन के लिए आवश्यक साधन के रूप में कार्य करते हैं, जिनकी सहायता से कोरोनल चुंबकीय क्षेत्र और घनत्व को मापा जा सकता है, जिन्हें प्रत्यक्ष रूप से मापना संभव नहीं है।

संदर्भ:

[1] मॉर्टन, जी. ई., और रैमसे, एच.ई. रिसेंट ऑब्जर्वेशन्स ऑफ डाइनैमिकल फिनोमिना एसोसिएटेड विद सोलर फ्लेअर्स PASP 1960, 72, 357-358.

[2] लियू, डब्ल्यू., और ऑफमैन, एल. अडवान्स इन ऑब्जर्विंग वेरियस कोरोनल ईयूवी वेव्ज इन द एसओडी इरा एंड देअर साइज़्मालॉजिकल अप्लिकेशन्स (इन्वाइटेड रिव्यू). SoPh 2014, 289, 3233-3277.

[3] वार्मथ, ए. लार्ज-स्केल ग्लोबली प्रोपॅगेटिंग कोरोनल वेव्ज.LRSP 2015, 12, 3-104

[4] चेन, पी. एफ. ग्लोबल कोरोनल वेव्ज. जिओफिजिकल मोनोग्राफ सिरीज 2016a, 216, 381-394 .

[5] उचिदा, वाई. प्रोपोगेशन ऑफ हाईड्रोमैग्नेटिक डिस्ट्रबन्सेस इन द सोलर कोरोना एंड मोटन्स वेव फिनोमिना.SoPh 1968, 4, 30-44 .

[6] डोमिंगो, वी., फ्लेक, बी., और पोलैंड,ए.आई. द एसओएचओ मिशन: ऍन ओवरव्यू.SoPh 1995, 162, 1-37

[7] थॉम्पसन, बी. जे., प्लंकेट, एस. पी., गुरमन, जे. बी., एवं अन्य.SOHO/EIT ऑब्जर्वेशन्स ऑफ ऍन अर्थ-डाइरेक्टेड कोरेनल मास इजेक्शन ऑन 12 मई 1997.

[8] डेलाबौडिनियर, जे. पी., आर्टज़नर, जी. ई., ब्रुनॉड, जे., एवं अन्य. EIT: एक्स्ट्रीम-अल्ट्रावाइलेट इमेजिंग टेलीस्कोप फॉर द SOHO मिशन. SoPh 1995, 162, 291-312

[9] चंद्रा, आर., चेन, पी. एफ., फुलारा, ए., श्रीवास्तव, ए. के., एवं उद्दिन, डब्ल्यू. पेक्युलिअर स्टेशनरी ईयूवी वेव फ्रन्ट्स इन द इरपशन ऑफ 2011 मई 11.ApJ 2016, 822, 106.

[10] चंद्रा, आर., चेन, पी. एफ., एवं देवी, पी. डाइरेक्ट इविडन्स ऑफ द हाइब्रिड नेचर ऑफ एक्सट्रीम-अल्ट्रावाइलेट वेव्ज एंड द रिफ्लेक्शन ऑफ द फास्ट-मोड वेव.ApJ 2024, 971, 53.

[11] चेन, पी. एफ., फैंग, सी., चंद्रा, आर., एवं श्रीवास्तव, ए. के. कैन ए फास्ट-मोड ईयूवी वेव जनरेट ए स्टेशनरी फ्रन्ट?

[12] थॉम्पसन, बी. जे., रेनॉल्ड्स, बी., ऑरास, एच., एवं अन्य ऑब्जर्वेशन्स ऑफ द 24 सितंबर 1997 कोरोनल फ्लेअर वेव्ज.SoPh 2000, 193, 161-180.

[13] वार्मथ, ए., व्रसनक, बी., मैग्डालेनिक, जे., हंसलमीयर, ए., और ओट्टूबा, डब्ल्यू. ए मल्टीवेवलेन्थ स्टडी ऑफ सोलर फ्लेअर वेव्ज.II. पट्युर्बेशन कैरेक्टिरिस्टिक्स एंड फिजिकल इंटरप्रीटेशन.A&A 2004, 418, 1117-1129 .

[14] डेलान्नी, सी. और औलानियर, जी, सीएमई एसोसिएटेड विद ट्रान्सइक्वेटोरियल लूप्स एंड ए बाल्ड पैच फ्लेअर.SoPh 1999, Physics, 190, 107-129.

[15] डेलान्नी, सी. अनादर व्यू ऑफ द ईआईटी वेव फिनोमिनॉन. ApJ 2000, 545, 512-523.

[16] गोपालस्वामी, एन., यशिरो, एस., टेमर, एम.,एवं

अन्य ईयूवी वेव रिफ्लेक्शन फ्रॉम ए कोरोनल होल ApJL 2009, 691, L123-L127.

[18] देवी, पी., चंद्र, आर., अवस्थी, ए. के., श्मीडर, बी., और जोशी, आर. एक्स्ट्रीम अल्ट्रावाइलेट वेव एंड अकम्पनिंग लूप ऑस्सिलेशन्स. SoPh 2022, 297, 153.

[19] चेन, पी. एफ. और वू, वाई. फर्स्ट इविडन्स ऑफ कोएग्जिस्टिंग ईआईटी वेव एंड कोरोनल मॉर्टन वेव फ्रॉम SDO/AIA ऑब्जर्वेशन्स.ApJL 2011, 732, L20-L25.

[20] ज़ोंग, डब्ल्यू., और दाई, वाई. मोड कन्वर्शन ऑफ ए सोलर एक्सट्रीम-अल्ट्रावाइलेट वेव ओवर ए कोरोनल कैविटी.ApJL 2017, 834, L15.

[21] चंद्रा, आर., चेन, पी. एफ., जोशी, आर., एवं अन्य ऑब्जर्वेशन्स ऑफ टू सस्केसिव ईयूवी वेव्ज एंड देअर मोड कन्वर्शन.ApJ 2018, 863, 101.

[22] चंद्र, आर., देवी, पी., चेन, पी. एफ., एवं अन्य. ऑब्जर्वेशनल कैरेक्टिरिस्टिक्स ऑफ सोलर ईयूवी वेव्ज.BSRSL, 2024, 93 (2), 962-982 .

डॉ. रमेश चंद्र, कुमाऊँ विश्वविद्यालय, नैनीताल के भौतिकी विभाग में प्रोफेसर के रूप में कार्यरत हैं। उनका अनुसंधान सौर विस्फोटों के बहु-तरंगदैर्ध्य प्रेक्षणों तथा अंतरिक्ष मौसम पर उनके प्रभावों पर केंद्रित है। उन्होंने सौर प्रज्वाल, चरम पराबैंगनी तरंगों और सनस्पॉट गतिकी पर व्यापक रूप से शोध प्रकाशित किया है, जिससे सौर–पृथ्वी अन्योन्यक्रियाओं की समझ में महत्त्वपूर्ण योगदान मिला है। डॉ. चंद्र आयुका, पुणे में अभ्यागत सहयोगी भी हैं तथा इंटरनेशनल एस्ट्रोनॉमिकल यूनियन (IAU) के सदस्य हैं।

लघु आकाशगंगा बड़े बुलबुलों को उत्सर्जित करती हैं।

अन्योन्यक्रिया / फीडबैक प्रक्रियाएँ समकालीन आकाशगंगा विकास मॉडलों का प्रमुख घटक हैं। इस शब्दावली के अंतर्गत हम उन खगोलीय घटनाओं को शामिल करते हैं, जो किसी आकाशगंगा के अंतरतारकीय माध्यम में अत्यधिक मात्रा में ऊर्जा और संवेग का संचार करती हैं। कुछ मामलों में अन्योन्यक्रिया/फीडबैक का प्रभाव अपेक्षाकृत सीमित होता है, जबकि अन्य परिस्थितियों में यह अत्यंत नाटकीय और परिवर्तनकारी हो सकता है। ऐसा प्रभाव विशेष रूप से लघु और अत्यधिक न्यूनतम कुल द्रव्यमान (लाइटवेट), सक्रिय रूप से तारों का निर्माण करने वाली "बौनी" आकाशगंगाओं (स्टार-बर्स्ट आकाशगंगाएँ) में अक्सर देखा जाता है। सक्रिय तारा-निर्माण का अर्थ है कि अत्यंत विशाल द्रव्यमान वाले (अर्थात् सूर्य के द्रव्यमान से लगभग 100 गुना या उससे भी अधिक) तथा अल्पायु तारों को जन्म देने वाली आकाशगंगा। लगभग तीन से पाँच मिलियन वर्षों के बाद, इन तारों के केंद्र निपात/ध्वस्त हो जाते हैं और विशाल नाभिकीय विस्फोट होते हैं,जिन्हें सुपरनोवा कहा जाता है, ये भारी मात्रा में पदार्थ को आसपास के अंतरिक्ष में उछालते हैं। सुपरनोवा द्वारा अंतरतारकीय गैस में अंत:क्षिप्त कराई गई ऊर्जा और संवेग पदार्थ को इतनी अधिक गति प्रदान कर सकते हैं कि वह कम-द्रव्यमान वाली बौनी आकाशगंगाओं से पलायन कर जाए, क्योंकि उनका गुरुत्वाकर्षण प्रबल नहीं होता। इसके परिणामस्वरूप, अगली पीढ़ी के तारों के निर्माण के लिए बहुत कम या बिल्कुल भी गैस उपलब्ध नहीं रह जाती। अन्योन्यक्रिया/ फीडबैक के कारण निम्न-द्रव्यमान आकाशगंगाओं में तारा-निर्माण का यह शमन (Quenching) वास्तव में ब्रह्मांड में आकाशगंगा विकास के सफल मॉडलों के लिए आवश्यक है। जिन मॉडलों में तारा-निर्माण का शमन शामिल नहीं होता, वे तारों का निर्माण करने वाली बौनी आकाशगंगाओं की अत्यधिक संख्या की भविष्यवाणी करते हैं, जो प्रेक्षणों से प्राप्त आकाशगंगा गणनाओं से मेल नहीं खाती। इसके अलावा, छोटी आकाशगंगाओं की अन्योन्यक्रियाएँ / फीडबैक अंतर-आकाशगंगीय माध्यम अर्थात् आकाशगंगाओं के बीच के अंतरिक्ष—को भी प्रभावित करती है। यह प्रभाव विशेष रूप से उस चरण परिवर्तन के संदर्भ में महत्वपूर्ण है, जब ब्रह्मांड तटस्थ अवस्था से आयनित अवस्था में परिवर्तित हुआ। यह काल "पुनःआयनन युग (Epoch of Reionisation)" कहलाता है, जो बिग बैंग के लगभग 50 करोड़ से 1 अरब वर्ष बाद तक चला। तारा-निर्माण के शमन और पुनःआयनन युग को सही रूप में समझने के लिए, अन्योन्यक्रियाओं/फीडबैक प्रक्रियाओं को सटीक रूप से समझना अत्यंत आवश्यक है।

अन्योन्यक्रिया/फीडबैक का मात्रात्मक रूप से वर्णन करने वाले *ab initio* भौतिक मॉडलों का विकास जटिल कार्य है। इसके लिए हमें कठिन भौतिक प्रक्रियाओं (जैसे, विकिरण–हाइड्रोडायनेमिक्स) से निपटना पड़ता है। साथ ही, हमें उन आकाशगंगीय पर्यावरणों से संबंधित अनेक (ज्ञात) अज्ञातों को भी ध्यान में रखना होता है जिनमें ये भौतिक प्रक्रियाएँ घटित होती हैं (जैसे, अंतरतारकीय और सर्कमगैलेक्टिक गैस का घनत्व और तापमान वितरण)। इस प्रकार के मॉडलों की आवश्यकता इस बात को बेहतर तरीके से समझने के लिए होती है कि अन्योन्यक्रिया/फीडबैक किसी आकाशगंगा के लिए क्या कर सकती है और क्या नहीं कर सकती। उदाहरण के लिए, हमारा उद्देश्य अन्योन्यक्रिया संचालित / फीडबैक - प्रेरित आकाशगंगीय पवनों की तीव्रता तथा उस पदार्थ की मात्रा का पता लगाना है जो वास्तव में उस आकाशगंगा के गुरुत्वीय विभव क्षेत्र से बाहर निकल सकता है, जो आकाशगंगा को पनाह देता है। प्रेक्षणों से प्राप्त अनुभवजन्य अंतर्दृष्टियाँ इस संदर्भ में हमारी मात्रात्मक समझ को समृद्ध कर सकती हैं। इसके परिणामस्वरूप, यह खगोलभौतिकीय और ब्रह्मांडीय मॉडलों को सीमित करने में सहायता करेगा।

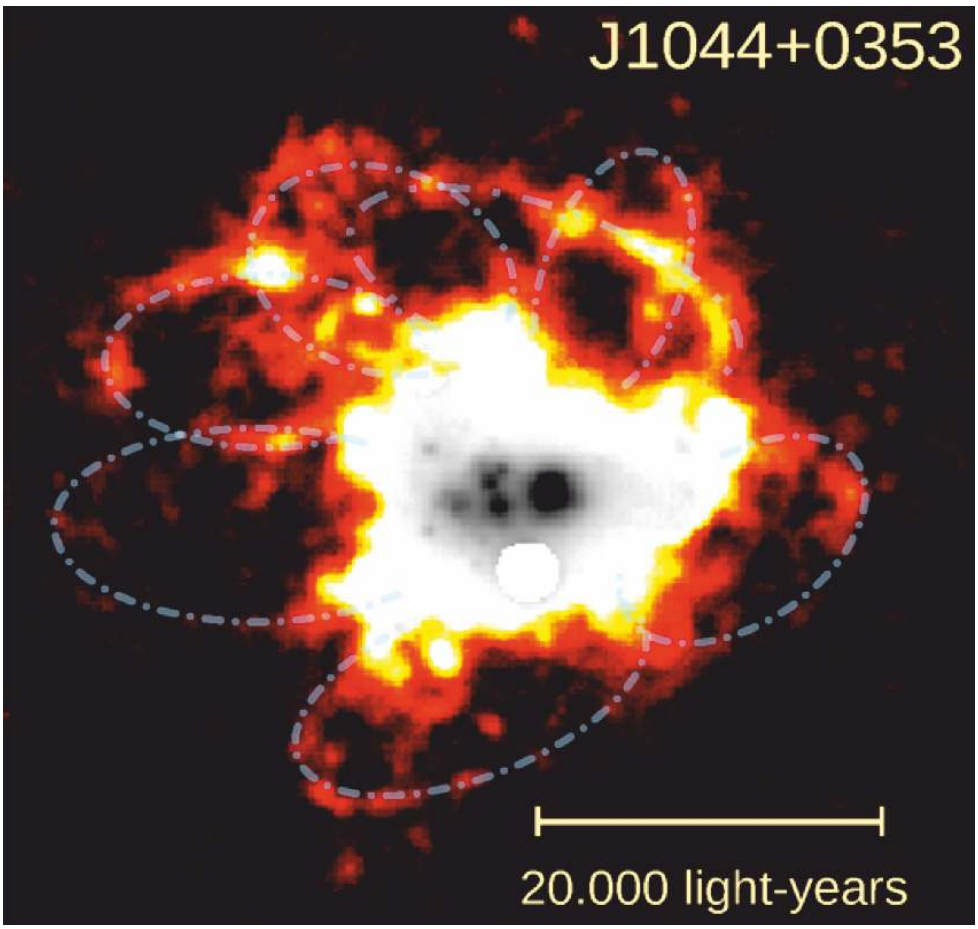
हालाँकि आकाशगंगाओं से बाहर निकली अत्यधिक मंद और विस्तृत गैस की प्रत्यक्ष छवियाँ बनाना बेहद चुनौतीपूर्ण कार्य है। अन्योन्यक्रिया संचालित उत्सर्ग कुछ विशेष परिस्थितियों में आयनीकृत तथा पुनर्संयोजित हाइड्रोजन और टक्करों से उत्तेजित द्वि-आयनीकृत ऑक्सीजन की उत्सर्जन रेखाएँ उत्पन्न कर सकते हैं (विशेष रूप से प्रकाशीय तरंगदैर्ध्य में Balmer-α और

[O III] λ5007)। हालांकि, यह उत्सर्जन अंतरतारकीय गैस से दिखाई देने वाले रेखीय उत्सर्जन की तुलना में कई गुना अधिक मंद होता है। फिर भी, पिछले कुछ दशकों में खगोलविदों ने अपेक्षाकृत निकट ब्रह्मांड में स्थित तारानिर्माणशील आकाशगंगाओं के चारों ओर फैली आकाशगंगीय पवनों की अत्यंत प्रभावशाली उत्सर्जन-रेखाओं की छवियाँ प्राप्त की हैं। इन छवियों में संरचनाओं में बड़ी विविधता दिखाई देती है। कुछ अन्योन्यक्रिया संचालित पवनें द्वि-शंकु या रेतघड़ी के आकार जैसी प्रतीत होती हैं, जबकि अन्य आकाशगंगाओं के चारों ओर झाग-सदृश तंतुओं (filaments) और शंख-जैसी (shell-like) संरचनाओं का जाल फैला हुआ दिखाई देता है।

इन चित्रों से हमें अन्योन्यक्रियाओं के तंत्रों के बारे में महत्त्वपूर्ण जानकारी प्राप्त हुई हैं। हालाँकि जिन अपेक्षाकृत निकटवर्ती आकाशगंगाओं का अब तक अध्ययन किया गया है, वे ब्रह्मांड के प्रारम्भिक युग की आकाशगंगाओं का सही प्रतिनिधित्व नहीं करतीं, जहाँ ऐसी परिवर्तनकारी अन्योन्यक्रियाएँ सबसे अधिक प्रभावी प्रचलित मानी जाती हैं। सौभाग्य से, वर्तमान ब्रह्मांड में ही प्रारम्भिक ब्रह्मांड जैसी परिस्थितियों वाली कुछ आकाशगंगाएँ मौजूद हैं, जिनमें इन परिवर्तनकारी प्रभावों का विस्तार से अध्ययन किया जा सकता है, हालाँकि वे इतनी दूर स्थित हैं कि अभी तक उनसे विसरित पवन सामग्री का प्रत्यक्ष प्रतिबिंबन करना संभव नहीं था।जब चिली के सेरो परानाल में स्थित यूरोपीय दक्षिणी वेधशाला (ESO) के वेरी लार्ज टेलीस्कोप (दर्पण व्यास: 8 मीटर) पर मल्टी-यूनिट स्पेक्ट्रोस्कोपिक एक्सप्लोरर (MUSE) उपकरण स्थापित किया गया तब यह स्थिति बदल गई । यह यंत्र इंटीग्रल-फील्ड स्पेक्ट्रोग्राफ है, जो ब्रह्मांड में अत्यंत धुंधली/ मंद उत्सर्जन-रेखा संरचनाओं का प्रतिबिंबन करने के लिए अभूतपूर्व संवेदनशीलता प्रदान करता है। इस अवसर का लाभ उठाते हुए, हमने MUSE से देखी गई प्रारम्भिक ब्रह्मांड-सदृश आकाशगंगाओं का विश्लेषण करने का एक कार्यक्रम शुरू किया, ताकि संभावित अन्योन्यक्रिया प्रभावों का मानचित्रण किया जा सके।

हमारे इस कार्यक्रम के अंतर्गत नवीनतम विश्लेषण अत्यधिक तीव्र गति से तारा-निर्माण करने वाली बौनी आकाशगंगा J1044+0353 पर केंद्रित था, और इसके परिणाम चौंकाने वाले निकले। J1044+0353 एक लघु आकाशगंगा है (व्यास लगभग 7,100 प्रकाश-वर्ष) जो हमसे 170 मिलियन प्रकाश-वर्ष की दूरी पर स्थित है। इस असाधारण बौनी आकाशगंगा की खोज पहली बार 2003 में स्लोन डिजिटल स्काई सर्वे (SDSS) में हुई थी। इसके अनोखेपन के कारण इसे दुनिया की कई अत्याधुनिक दूरबीनों जैसे कि केक (Keck), सुबapy (Subaru) और हबल स्पेस टेलीस्कोप से देखा गया। इन प्रेक्षणों से पहले ही अत्यधिक शक्तिशाली अन्योन्यक्रियाओं के प्रभावों के संकेत मिल रहे थे, लेकिन हमारे नए विश्लेषण ने बाहर फेंके गए पदार्थ के अनपेक्षित रूप से विशाल आयाम को उजागर किया है (चित्र देखें)। डेटा स्पष्ट रूप से यह दर्शाता है कि J1044+0353 के चारों ओर सात विशाल दीर्घवृत्ताकार वृत्तखंड मौजूद हैं, जो आकार में आकाशगंगा से कहीं अधिक फैलाव रखते हैं। ये वृत्तखंड अपेक्षाकृत पतली और सघन परतों (शेल्स) का पता देते हैं, जो गर्म और अत्यधिक विसरित गैस से भरे बुलबुलों को घेरे हुए हैं। ऐसा लगता है कि इनमें से कुछ बुलबुले फट चुके हैं, जबकि अन्य आश्चर्यजनक रूप से अब भी लगभग अखंड बने हुए हैं। आकृति विज्ञान की दृष्टि से, इसी प्रकार की संरचनाएँ निकटवर्ती ब्रह्मांड की तारा-निर्माण करने वाली आकाशगंगाओं के चारों ओर पहले भी देखी गई थीं, लेकिन यहाँ खोजी गई बुलबुला संरचना उनसे पाँच गुना अधिक बड़ी है। वास्तव में, अनेक सुपरनोवा के संयुक्त प्रभाव से बनने वाले बड़े-पैमाने के बुलबुलों के लिए विकसित पारंपरिक विश्लेषणात्मक मॉडल, J1044+0353 के चारों ओर पाई गई इन आवरणों के गुणों को समझाने में असफल सिद्ध होते हैं।

हमारे विश्लेषण से स्पष्ट होता है कि अन्योन्यक्रियाओं के बारे में हमारी वर्तमान समझ अभी भी सीमित है। यह जानने के लिए कि सुपरनोवा द्वारा संचालित आकाशगंगा-स्तरीय पवन वास्तव में कैसे काम करती हैं, हमें अत्यधिक स्टार-बर्स्ट आकाशगंगाओं के चारों ओर मौजूद विसरित गैस की और अधिक छवियाँ एकत्र करनी होंगी। फिलहाल यह स्पष्ट नहीं है कि



चित्र 1: चित्र के केंद्र में आकाशगंगा J1044+0355 का तारकीय प्रकाश काले रंग में दिखाया गया है। यह आकाशगंगा अत्यधिक लघु है (व्यास लगभग 7100 प्रकाश-वर्ष) और यह कई तारों के गुच्छों/समूहों बनी है, जिनमें से प्रत्येक में लगभग 10 लाख तारे हैं। हमने अब यह खोज की है कि यह आकाशगंगा 20,000 प्रकाश-वर्ष से भी अधिक फैलाव वाली, पतली तंतुमय (फिलामेंटरी) संरचना वाले अत्यधिक विसरित आयनित गैस से घिरी हुई है। इस गैस का पता हाइड्रोजन की बाल्मर-अल्फ़ा (Balmer-α) दृश्य रेखा-उत्सर्जन (तरंगदैर्घ्य = 656.3 नैनोमीटर) में लगाया गया, जो चिली के सेरो पारानाल में स्थित यूरोपीय दक्षिणी वेधशाला के 8-मीटर व्यास वाले "येपुन" दूरबीन पर लगे मल्टी यूनिट स्पेक्ट्रोस्कोपिक एक्सप्लोरर से 1.5 घंटे के प्रदर्शन में प्राप्त हुआ। इस खोज को चमकीले पीले से लाल रंगों के रूप में दर्शाया गया है। ये तंतु कई अंडाकार लूप्स के साथ जुड़े हुए हैं, जिन्हें डॉट-डैश रेखाओं से दिखाया गया है। ये लूप्स बुलबुलों की घनी सतहें हैं, जिन्हें संभवतः पिछले 20 मिलियन वर्षों में हुए 50,000 से अधिक सुपरनोवा विस्फोटों ने फुलाकर बनाया है।

(यह चित्र ला सिला–पैरानाल वेधशाला में स्थित ESO दूरबीनों से, कार्यक्रम आईडी 0103.B-0531 के अंतर्गत किए गए प्रेक्षणों के आधार पर तैयार किया गया है।)

J1044+0353 के आसपास दिखाई देने वाली संरचना वास्तव में कुछ विशेष है या फिर बहुत-सी अन्य छोटी आकाशगंगाएँ भी इसी प्रकार के अत्यधिक विशाल बुलबुले उत्पन्न करती हैं।

इसी कारण हमें एकल-वस्तु अध्ययनों से आगे बढ़कर MUSE उपकरण के साथ नमूना-आधारित अध्ययनों की ओर जाना होगा। इससे हमें स्टार-बर्स्ट बौनी आकाशगंगाओं के चारों ओर फैले विस्तृत रेखा-उत्सर्जन का व्यवस्थित सर्वेक्षण करने में मदद मिलेगी। इसके अतिरिक्त, हम शीघ्र ही MUSE प्रेक्षणों को गहरे 21 सेमी प्रेक्षणों के साथ पूरक जोड़ देंगे, जिससे तारा-निर्माण करने वाली बौनी आकाशगंगाओं के चारों ओर स्थित परिगैलेक्टिक (circumgalactic) तटस्थ हाइड्रोजन का मानचित्र तैयार किया जा सकेगा। इस उद्देश्य के लिए हम वर्तमान में दक्षिण अफ्रीका स्थित MeerKAT रेडियो दूरबीन तथा भारत की GMRT दूरबीन के साथ प्रेक्षण कर रहे हैं। अंततः ये सभी प्रयास मिलकर स्टार-बर्स्ट आकाशगंगाओं से होने वाले अन्योन्यक्रियाओं की समग्रतात्मक तस्वीर प्रस्तुत करेंगे।

संदर्भ:

वैज्ञानिक आलेख

[1] हेरेन्ज़, ई. सी., कुसाकाबे, एच., और मौलिक, एस. द एक्स्ट्रीम स्टारबर्स्ट J1044+0353 ब्लो किलोपार्सेक-स्केल बबल्स PASJ 2025, 77(4), L63–L69. https://doi.org/10.1093/pasj/psaf073

अतिरिक्त पठन सामग्री

[2] कोलिन्स, एम. एल. एम., और रीड, जे. आई. ऑब्जर्वेशनल कन्स्ट्रेन्ट्स ऑन स्टेलर फीडबैक इन ड्वार्फ गैलेक्सीज. नेचर एस्ट्रोनॉमी 2022, 6, 647–658. https://doi.org/10.1038/s41550-022-01657-4

[3] बेकन, आर. फ्रॉम TIGER to WST:साइंटिफिक इम्पैक्ट ऑफ फोर डिकेड्स ऑफ डिवलपमेंट्स इन इंटेग्रल फिल्ड स्पेक्ट्रोस्कोपी. एस्ट्रोफिजिक्स एंड स्पेस साइंट 2024, 369, आर्टिकल 111. https://doi.org/10.1007/s10509-024-04369-5

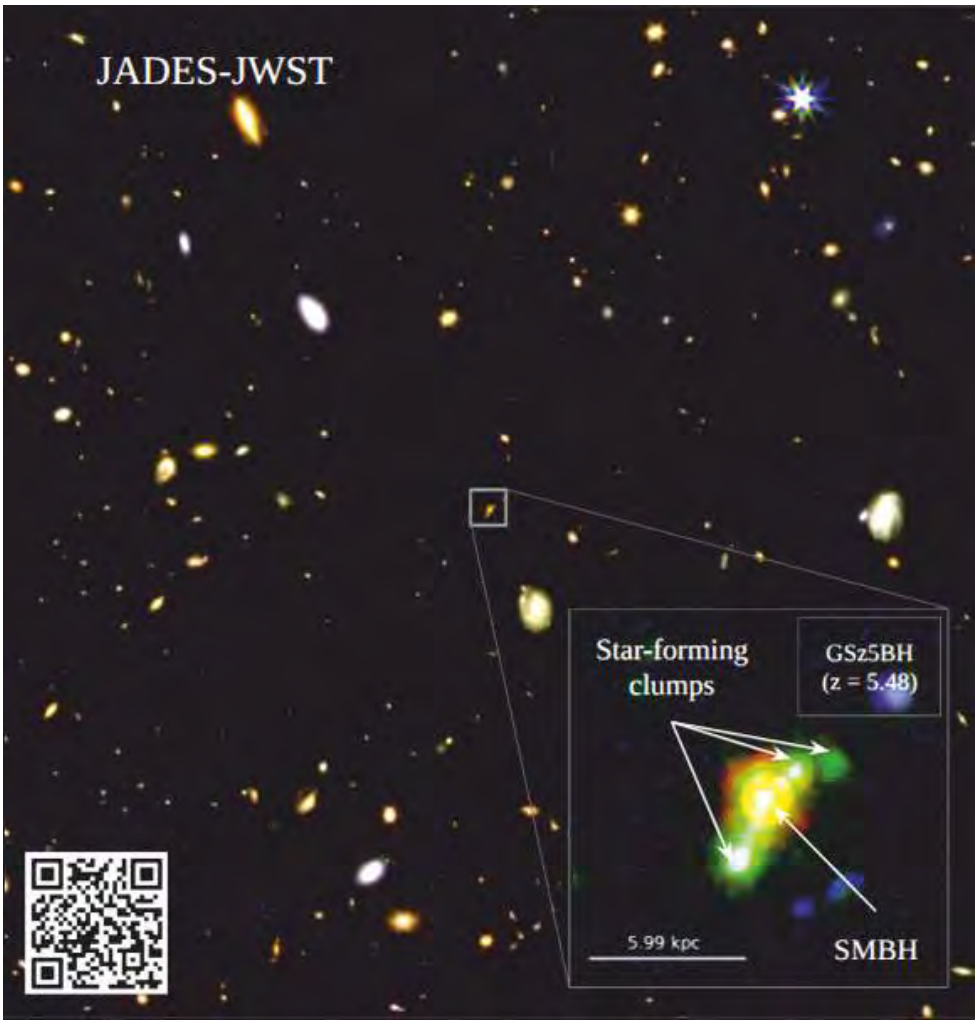
डॉ. एडमुंड क्रिश्चियन हेरेन्ज आयुका में वैद्य–रायचौधरी पोस्ट डॉक्टोरल अध्येता हैं। उनकी रुचि प्रेक्षणात्मक परागांगेय खगोलभौतिकी में है, और उनकी पसंदीदा प्रेक्षण तकनीक इंटीग्रल-फील्ड स्पेक्ट्रोस्कोपी है। उन्होंने 2016 में पोट्सडाम विश्वविद्यालय से पीएचडी प्राप्त की, जहाँ उनके शोध-प्रबंध के पर्यवेक्षक प्रो. लुट्ज़ विसोत्स्की और प्रो. मार्टिन रोथ (लाइबनिज़ इंस्टीट्यूट फॉर एस्ट्रोफिज़िक्स, पोट्सडाम - AIP) थे। स्नातक होने के बाद उन्होंने स्टॉकहोम विश्वविद्यालय में प्रो. मैथ्यू हेज़ के निर्देशन में पोस्टडॉक्टोरल अध्येता के रूप में कार्य किया। इसके बाद उन्हें चिली स्थित यूरोपीय सदर्न ऑब्ज़र्वेटरी (ESO) से अध्येतावृत्ति प्राप्त हुई, जहाँ उन्होंने सेरो पारानाल पर स्थित वेरी लार्ज टेलीस्कोप (VLT) के "येपुन" यूनिट पर HAWK-I और MUSE उपकरणों के संचालन में तीन वर्षों तक सहयोग दिया। 2023 में आयुका से जुड़ने से पहले, उन्होंने नीदरलैंड्स के लाइडन विश्वविद्यालय स्थित लाइडन ऑब्ज़र्वेटरी में एक वर्ष तक अभ्यागत अनुसंधानकर्ता के रूप में कार्य किया।

ब्रह्मांड के पहले अरब वर्षों में गुच्छों द्वारा कृष्ण विवर का विकास

पिछले दशकों में प्रेक्षणात्मक खगोलविज्ञान के प्रयासों द्वारा इस बात को साबित किया गया है कि प्रत्येक आकाशगंगा के केंद्र में सुपरमैसिव ब्लैक होल (SMBH) मौजूद होता है। हालाँकि समीप के ब्रह्मांड में ये SMBH आकाशगंगा के कुल तारकीय द्रव्यमान का केवल छोटा-सा अंश (प्रतिशत से भी कम) होते हैं, फिर भी केंद्रीय तारकीय द्रव्यमान/गतिकी और SMBH द्रव्यमान के बीच पाए जाने वाले मजबूत सहसंबंध सह-विकास की ओर संकेत करते हैं। इस प्रकार से आकाशगंगा के विकास को समझने के लिए SMBH के विकास का अध्ययन अत्यंत महत्त्वपूर्ण हो जाता है। समीप के ब्रह्मांड में SMBH के द्रव्यमान को क्रमिक वृद्धि के माध्यम से अच्छी तरह समझाया जा सकता है, क्योंकि उनके पास पर्याप्त समय उपलब्ध रहा है। जब हमें ब्रह्मांड के अत्यधिक प्रारंभिक काल में (अर्थात उच्च रेडशिफ्ट, high-z पर) SMBH मिलते हैं, तब समस्या का निर्माण होता है क्योंकि इतने बड़े द्रव्यमान को प्रमुख SMBH वृद्धि मॉडलों के माध्यम से समझाना अत्यधिक कठिन बनता जाता है। ये उच्च-z SMBH प्रायः निम्न-z पर पाए जाने वाले आकाशगंगा–SMBH सहसंबंधों का पालन नहीं करते, जो यह संकेत देता है कि मेज़बान आकाशगंगा की तुलना में इनका विकास कहीं अधिक तीव्र रहा है। JWST द्वारा अपनी उच्च संवेदनशीलता के कारण पहले अज्ञात रहे इन SMBH की खोज किए जाने के साथ, वास्तविक प्रेक्षणात्मक आंकड़ों का उपयोग करते हुए SMBH विकास के इन मॉडलों की जाँच करना अब अनिवार्य हो गया है।

जैसा कि हम समीपवर्ती ब्रह्मांड में देखते हैं, आकाशगंगाएँ आम तौर पर साफ एवं स्पष्ट आकार की होती हैं और उनकी बड़े पैमाने की संरचनाओं में कोई अनियमितता नहीं होती। लेकिन जैसे-जैसे हम अंतरिक्ष और समय में बहुत दूर तक देखते हैं अर्थात उस युग में जब अधिकांश आकाशगंगाएँ अभी भी अपने प्रारंभिक चरण में थीं, यह चित्र टूटने लगता है। उस समय आकाशगंगाओं की आकृतियाँ भारी एवं भद्दी तथा अनियमित होती थीं, जो नियमित सर्पिल या दीर्घवृत्ताकार (elliptical) रूप से बहुत दूर थीं। हालाँकि तारा-निर्माण करने वाले ये गुच्छ पास की आकाशगंगाओं में भी पाए जाते हैं, लेकिन वहाँ उनका आकार पूरी आकाशगंगा की तुलना में बहुत छोटा होता है। इसके विपरीत उच्च रेडशिफ्ट (high-z) वाली आकाशगंगाओं में ये गुच्छ कुल तारकीय द्रव्यमान में महत्त्वपूर्ण योगदान देते हैं। इन गुच्छों का द्रव्यमान अधिक होने के कारण, मेज़बान आकाशगंगा के अदीप्त पदार्थ हैलो द्वारा उन पर लगाया गया गुरुत्वीय बल भी अधिक होता है। कुछ मॉडलों ने इसी विचार को अपनाया और सिमुलेशनों में दिखाया कि ये गुच्छ केंद्रीय

सुपरमैसिव ब्लैक होल (SMBH) का निवेशन करने में महत्त्वपूर्ण भूमिका अदा कर सकते हैं, क्योंकि वे तेज़ी से भीतर की ओर घूमते हुए केंद्र तक पहुँच जाते हैं। इस प्रकार यह तंत्र उच्च-रेडशिफ्ट पर कृष्ण विवर के तीव्र विकास की व्याख्या कर सकता है। इस अध्ययन में हमने ऐसे ही एक उदाहरण GSz5BH नामक आकाशगंगा पर इस मॉडल की जाँच की, जिसे ज़ूम-इन दृश्य में दिखाया गया है और जो इस परिकल्पना को परखने के लिए सभी आवश्यक मानदंडों तथा डेटा को पूरा करती है। इस आकाशगंगा में 3 करोड़ सौर द्रव्यमान वाला SMBH मौजूद है (जो मेज़बान आकाशगंगा के कुल तारकीय द्रव्यमान का लगभग 2% है), उस समय जब ब्रह्मांड की आयु केवल एक अरब वर्ष थी। कृष्ण विवर के अतिरिक्त, इस आकाशगंगा में AGN से कुछ किलो-पारसेक दूरी पर तीन विशाल तारा-निर्माण गुच्छ भी पाए गए हैं। हमने इन गुच्छों के द्रव्यमान HST और JWST का मापन प्रतिबिंबन डेटा से किया, जबकि इनके गति-मान को गैस की गति के समान मानते हुए MUSE उपकरण से प्राप्त डेटा के आधार पर निर्धारित किया गया। एक सरल डार्क मैटर मॉडल मानकर हमने यह गणना की कि इन गुच्छों को केंद्र तक पहुँचने (inspiral) में कितना समय लगेगा, और यह समय एक-तिहाई अरब वर्ष से भी कम पाया गया। इस प्रकार, यदि इन द्रव्यमानों का केवल 1% भी केंद्रीय कृष्ण विवर में गिर जाए, तो आकाशगंगा के जीवनकाल के भीतर ही वह कृष्ण विवर देखे गए द्रव्यमान तक बढ़ सकता है, यह मानते हुए कि पदार्थ का लगातार प्रवाह होता रहे। यह अध्ययन ऐसे विकास-तंत्र की व्यवहार्यता को दर्शाता है। हालाँकि, प्रारंभिक ब्रह्मांड में SMBH के विकास को पूरी तरह समझने के लिए अभी कई प्रश्न बाकी हैं, और हम अभी भी शुरुआती ब्रह्मांड तथा उसके विकास को पूरी तरह समझने नहीं पाए हैं। नई और आगामी प्रेक्षणीय वेधशालाएँ अब डेटा के आधार पर हमारी समझ को पूर्ण रूप दे रही है।



मनीष कटारिया का अनुसंधान ब्रह्मांड में गतिकी एवं आकाशगंगाओं के विकास पर केंद्रीत है। वे अक्सर इंटीग्रल फील्ड स्पेक्ट्रोस्कोपी और बहु-तरंगदैर्ध्य डेटा का उपयोग करते हैं ताकि यह समझा जा सके कि आकाशगंगाओं के विकास को किस प्रकार से गैस का प्रवाह, तारों का निर्माण और कृष्ण विवर प्रभावित करते हैं। वे विशेष रूप से उच्च-रेडशिफ्ट प्रणालियों के प्रेक्षणों को उन भौतिक प्रक्रियाओं से जोड़ने में रुचि रखते हैं जो उनकी वृद्धि और संरचना को संचालित करती हैं।

आयुका से बाहर आयोजित होने वाले कार्यक्रम

बेंगलुरु में क्राइस्ट (डीम्ड टू बी यूनिवर्सिटी) विश्वविद्यालय में ब्रह्मांड विज्ञान में प्रगति पर संगोष्ठी

खगोलविज्ञान एवं खगोलभौतिकी उत्कृष्टता केंद्र, भौतिकी एवं इलेक्ट्रॉनिक्स विभाग, क्राइस्ट (डीम्ड टू बी यूनिवर्सिटी), बेंगलुरु ने, अंतर-विश्वविद्यालय केंद्रः खगोलविज्ञान और खगोलभौतिकी (आयुका), पुणे के सहयोग एवं वित्तपोषण से, 15–16 जुलाई 2025 के दौरान "ब्रह्मांडविज्ञान में प्रगति विषय पर दो-दिवसीय संगोष्ठी का आयोजन किया।

संगोष्ठी का उद्देश्य स्नातकोत्तर, डॉक्टोरल एवं उत्साही स्नातक छात्रों को ब्रह्मांड विज्ञान में नवीनतम अनुसंधान विकासों से अवगत कराना था। इसमें प्रमुख अनुसंधानकर्ताओं के आमंत्रित व्याख्यानों के साथ-साथ छात्रों द्वारा मौखिक एवं पोस्टर प्रस्तुतियाँ भी शामिल थीं। कुल 31 प्रतिभागियों ने भारत के विभिन्न संस्थानों से भाग लिया, जिनमें 11 मौखिक प्रस्तुतियाँ और 2 पोस्टर शामिल थे, जो प्रतिस्पर्धात्मक सार–समीक्षा प्रक्रिया के आधार पर चयनित किए गए थे।

उद्घाटन सत्र की शुरुआत केनाथ अरुण के स्वागत भाषण से हुई, उसके पश्चात् विभागाध्यक्ष मनोज बी. ने विभाग की उपलब्धियों एवं दृष्टिकोण पर प्रकाश डाला। उद्घाटन भाषण प्रो-उपकुलपति फादर विजू पी.डी. ने दिया, जिन्होंने ब्रह्मांड विज्ञान पर दार्शनिक दृष्टि से विचार व्यक्त किए। ब्लेसन मैथ्यू ने खगोलविज्ञान एवं खगोलभौतिकी में उत्कृष्टता केंद्र की गतिविधियों का परिचय दिया, जबकि गुडेन्नावर ने आयुका खगोलविज्ञान अनुसंधान एवं विकास केंद्र के विषय में बताया। सत्र जितेश वी. के धन्यवाद ज्ञापन के साथ समाप्त हुआ।

शैक्षणिक कार्यक्रम का आरंभ सुहृद एस. मोरे (आयुका, पुणे) के आमंत्रित व्याख्यान से हुआ, जिन्होंने गुरुत्वाकर्षण और अदीप्त ऊर्जा के ब्रह्मांडीय अंतःक्रिया पर चर्चा की, जिसमें सुबारू दूरबीन के योगदान और वेरा रुबिन वेधशाला के एलएसएसटी के भावी संभावनाओं पर बल दिया। दूसरा आमंत्रित व्याख्यान वी. श्रीनाथ (एनआईटीके सूरथकल) द्वारा दिया गया जिसका शीर्षक प्रिमॉर्डियल रिलिक्स बियॉण्ड स्लो-रोल था, जिसमें मानक स्लो-रोल मुद्रास्फीति प्रतिमान से परे प्रारंभिक ब्रह्मांड के भौतिकी और उसके प्रेक्षणीय संकेतों की पड़ताल करने से संबंधित जानकारी दी गई।

पहले दिन छात्रों द्वारा दिए गए व्याख्यानों में विभिन्न विषय शामिल थे जैसे कि मॉडिफाइड ग्रैविटी एंड टॉर्शन-आधारित प्रतिमान (सूरज बेहेरा, मुक्ता दाश),एसकेए-एरा ऑब्जर्वेशनल कॉस्मोलाजी (सुवेधा नाईक) , ग्रैविटेशनल रेडशिफ्ट इफेक्ट्स निअर Kerr बॉडिज (एन. बेवन अरेना खरबिथाई), मॉडिफिकेशन्स टू न्युटोनियन ग्रैविटी इन गैलेक्सी क्लस्टर्स (लुईस रेबेका), ग्रैविटेशनल वेव्ज अॅज कॉस्मोलॉजिकल डिस्टन्स

इंडिकेटर्स ऑर डार्क साइरन्स (त्रिशा वी.) एवं द रोल ऑफ कॉम्पैक्ट डार्क मैटर ऑब्जेक्ट्स इन गैलेक्टिक डाइनैमिक्स (विनित डी. त्यागी)।

दूसरे दिन आमंत्रित व्याख्यान आयोजित किए गए जो गुरुत्वाकर्षण सिद्धांत एवं ब्रह्मांड विज्ञान में क्वांटम क्षेत्र दृष्टिकोण पर केन्द्रित रहे। बिवुदत्त मिश्रा (बीआईटीएस पिलानी, हैदराबाद) ने वैकल्पिक गुरुत्वाकर्षण सूत्रीकरण एवं उनके ब्रह्मांडीय निहितार्थों पर चर्चा की, जबकि काज़ुयुकी फुरूची (एमसीएनएस, मणिपाल) ने वक्रित/दिक्काल में क्वांटम क्षेत्र सिद्धांत एवं विकसित हो रहे अदीप्त ऊर्जा प्रतिमानों से उसकी प्रासंगिकता प्रस्तुत की। अंतिम आमंत्रित व्याख्यान देबिका चौधरी (IIA, बेंगलुरु) द्वारा दिया गया, जिसमें उन्होंने ब्रह्माण्डीय संरचनाओं के अध्ययन में प्रेक्षणात्मक चुनौतियों, विशेषकर अदीप्त क्षेत्रीय की अंतःक्रियाओं से उत्पन्न अनिश्चितताओं पर प्रकाश डाला।

दूसरे दिन के योगदान सत्रों में संकुचित/संहत पिंडों के चारों ओर फोटॉन वलय (आयुष हज़ारिका), असंमागी अदीप्त ऊर्जा प्रतिमान (सादिया कनिज फ़ातिमा), स्केलर क्षेत्र ब्रह्मांड विज्ञान में अन्योन्यक्रिया करने वाले अदीप्त घटक (स्नेहा प्रधान), तथा पदानुक्रमित त्रि- प्रणालियों के लिए गुरुत्वाकर्षण तरंग प्रारुपों (टेमपलेट्स) (मुखिल सी.) पर चर्चा की गई। विश्रामकाल के दौरान पोस्टर प्रस्तुतीकरण प्रदर्शित किए गए एवं उन पर चर्चा की गई।

यह संगोष्ठी युवा अनुसंधानकर्ताओं के लिए उनके कार्य प्रस्तुत करने, रचनात्मक प्रतिपुष्टि प्राप्त करने, और ब्रह्मांड विज्ञान के अग्रणी विषयों का अन्वेषण करने हेतु उत्कृष्ट मंच प्रदान करने वाली रही। आमंत्रित वक्ताओं ने अदीप्त ऊर्जा, अदीप्त पदार्थ, स्फीतिक प्रतिमानों, एवं बड़े-पैमाने की संरचना निर्माण जैसे जटिल विषयों को सरस एवं आकर्षक ढंग से स्पष्ट किया। परस्पर संवादात्मक प्रश्नोत्तर सत्रों ने ब्रह्मांड विज्ञान के खुले प्रश्नों पर महत्त्वपूर्ण चर्चा को प्रोत्साहित किया, जिनमें अदीप्त ऊर्जा की प्रकृति एवं ब्रह्मांड का अंतिम अवस्थात्मक चरण सम्मिलित हैं।

समग्र रूप से, यह संगोष्ठी अत्यंत बौद्धिक रूप से प्रेरक और सफल रही, जिसने सिद्धांतकारों और प्रेक्षणकर्ताओं के बीच शैक्षणिक संवाद और सहयोग को प्रोत्साहित किया। इसने न केवल छात्रों में जिज्ञासा जगाई बल्कि ब्रह्माण्ड विज्ञान में अनुसंधान की भावना को भी सुदृढ़ किया

गुरुत्वाकर्षण तरंगें एवं लाइगो-इंडिया कार्यशाला, एसआरएम विश्वविद्यालय, आंध्र प्रदेश

वैज्ञानिक समुदाय द्वारा लाइगो संसूचकों की सहायता से द्वि- चर (बाइनरी) कृष्ण विवर विलय घटना GW150914 से गुरुत्वाकर्षण तरंगों के प्रथम प्रत्यक्ष प्रेक्षण की दशकपूर्ति का उत्सव मनाए जाने के अवसर पर, एसआरएम विश्वविद्यालय, एपी ने हाल ही में 10 से 14 सितंबर 2025 के दौरान "गुरुत्वाकर्षण तरंगें और लाइगो इंडिया" पर व्यापक कार्यशाला का आयोजन किया। कार्यशाला एसआरएम विश्वविद्यालय सिक्किम के खगोलभौतिकी, गुरुत्वाकर्षण एवं ब्रह्मांड विज्ञान केंद्र (सीएजीसी) और पुणे के अंतर-विश्वविद्यालय केंद्रः खगोलविज्ञान और खगोलभौतिकी (आयुका), द्वारा संयुक्त रूप से आयोजित की गई थी, जो आयुका एवं एसआरएम विश्वविद्यालय, एपी के भौतिकी विभाग एवं अनुसंधान कार्यालय द्वारा प्रायोजित की गई।

कार्यशाला का उद्देश्य गुरुत्वाकर्षण तरंग अनुसंधान में ज्ञान को उन्नत करना और सहयोग को प्रोत्साहित करना था। मुख्य समन्वयक शुभ्रांशु घोष (अध्यक्ष, सीएजीसी,

एसआरएम विश्वविद्यालय सिक्किम), अप्रतिम गांगुली (आयुका) और सौम्यज्योति बिस्वास (एसआरएम विश्वविद्यालय, आंध्र प्रदेश) थे। कार्यक्रम का उद्घाटन सी. एच. सतीश कुमार (उपकुलपति, एसआरएम विश्वविद्यालय, आंध्र प्रदेश) ने मुख्य अतिथि के रूप में अपनी गरिमामयी उपस्थिति से किया।

कार्यशाला में कुल लगभग 50 प्रतिभागियों ने भाग लिया, जिनमें एसआरएम विश्वविद्यालय, आंध्र प्रदेश के 20 संकाय सदस्य एवं छात्र और लगभग 30 बाहरी प्रतिभागी शामिल थे। ये प्रतिभागी केंद्रीय विश्वविद्यालय आंध्र प्रदेश, आईआईटी हैदराबाद, उस्मानिया विश्वविद्यालय, आईआईएससी बेंगलुरु, भारतीय खगोलभौतिकी संस्थान, मणिपाल उच्च शिक्षा अकादमी, मद्रास विश्वविद्यालय, द इंस्टिट्यूट ऑफ मैथमेटिकल साइंसेज़, वीआईटी वेल्लोर, एनआईटी कालीकट और CUSAT जैसी प्रतिष्ठित संस्थाओं से थे। इसके अतिरिक्त, क्षेत्रीय कॉलेजों और विश्वविद्यालयों के भौतिकी/खगोलभौतिकी एवं इंजीनियरिंग पृष्ठभूमि के अनेक छात्रों ने भी उत्साहपूर्वक भाग लिया।

सप्ताह भर चलने वाले इस कार्यक्रम में सामान्य सापेक्षता, व्यतिकरणमिति, अभिकलन अवसंरचना, गुरुत्वाकर्षण-तरंगों स्रोतों और संसूचन विधियों पर विस्तृत व्याख्यान प्रस्तुत किए गए। संसूचक अंशांकन, यंत्रीकरण और पुनर्निवेश नियंत्रण तंत्र पर आयोजित प्रायोगिक सत्रों ने कार्यक्रम के महत्त्व को अत्यधिक मूल्यवान बनाया। इन सत्रों का संचालन आयुका के विशेषज्ञों द्वारा किया गया, जिनमें अप्रतिम गांगुली, संदीप के. जोशी, शिवराज कंदस्वामी, शाश्वत जे. कपाडिया एवं मानसदेवी पी. टी. शामिल थे। इसके अतिरिक्त, टी. आर. गोविंदराजन (द इंस्टीट्यूट ऑफ मैथमेटिकल साइंसेज) और बनिब्रता मुखोपाध्याय (आईआईएससी बैंगलोर) जैसे प्रतिष्ठित वैज्ञानिकों द्वारा विशेष संगोष्ठी व्याख्यान भी दिए गए।

पहली गुरुत्वाकर्षण तरंग की खोज के 10 वर्ष पूरे होने के उपलक्ष्य में, 13 सितंबर को एक विशेष सार्वजनिक कार्यक्रम "फ़ाइ-स्पार्क 3.0: स्टार्स, स्कोप्स एंड स्पेसटाइम" का आयोजन एसआरएम विश्वविद्यालय, एपी के भौतिकी विभाग द्वारा किया गया। इसका मुख्य आकर्षण शिवराज कंदस्वामी (आयुका, पुणे) का सार्वजनिक व्याख्यान "अकम्प्लिशिंग द इम्पॉसिबल: डिटेक्शन ऑफ ग्रैविटेशनल वेव्स बाय लाइगो" था। इस कार्यक्रम में 120 से अधिक स्कूल छात्रों के साथ-साथ आस-पास के शहरों और दूर-दराज़ क्षेत्रों से आए प्रतिभागियों ने उपस्थिति दर्ज की।

इस आयोजन को, विशेष रूप से सार्वजनिक कार्यक्रम के दौरान, व्यापक मीडिया कवरेज प्राप्त हुआ। आयुका के कई विशेषज्ञों एवं आयोजकों ने समाचार माध्यमों तथा एसआरएम, एपी संचार निदेशालय को साक्षात्कार दिए, जिन्हें बाद में प्रिंट और इलेक्ट्रॉनिक मीडिया दोनों में स्थानीय, राज्य और राष्ट्रीय मंचों पर प्रसारित किया गया। साक्षात्कार और कार्यक्रम के मुख्य अंश विश्वविद्यालय की वेबसाइट पर भी अपलोड किए गए।

कुल मिलाकर, यह कार्यशाला अत्यंत सफल रही, इसने अपने अधिकांश उद्देश्यों को पूरा किया एवं सभी प्रतिभागियों के लिए एक समृद्ध शैक्षिक एवं सहयोगात्मक अनुभव प्रदान किया।

अभिवादन...

आयुका, **चांद्रेयी मैत्रा, दीपक पांडे, भूषण उदय गद्रे का** स्वागत करता है, जो क्रमशः आयुका में वैज्ञानिक-एफ (सह-प्राध्यापक) एवं वैज्ञानिक-ई (सहायक प्राध्यापक) के रूप में सम्मिलित हुए हैं।

हम **पायल नंदी, ललित पाठक, रितेश कुमार, सुचिस्मिता चट्टोपाध्याय** और **तथागत साहा** का भी हार्दिक स्वागत करते हैं, जो आयुका में पोस्ट-डॉक्टोरल अध्येता के रूप में सम्मिलित हुए हैं, और अनुसंधान विद्वान के रूप में सम्मिलित हुए **कुलदीप निषाद, रमेश बागड़ी, शुभ मित्तल, नितिश कुमार मेहर** एवं **जिष्णु पात्रा** का भी स्वागत करते हैं।

01 अगस्त 2025 से चयनित अभ्यागत सहकर्मी

1. **डॉ. अभिजीत भाऊसाहेब बेंद्रे,**
   डॉ. विश्वनाथ कराड एमआईटी-पीस वर्ल्ड यूनिवर्सिटी,
   कोथरूड, पुणे

2. **डॉ. प्रसंता बेरा,**
   बनारस हिंदू विश्वविद्यालय,
   वाराणसी, उत्तर प्रदेश।

3. **प्रो. एस्वरैया चकली,**
भौतिक विज्ञानविभाग, आईआईएसईआर,
मोहाली, पंजाब।

4. **डॉ. अर्का चटर्जी,**
पेट्रोलियम एवं ऊर्जा अध्ययन विश्वविद्यालय (यूपीईएस),
देहरादून, उत्तराखंड।

5. **डॉ. संतब्रता दास,**
भौतिकी विभाग, भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान गुवाहाटी,
गुवाहाटी, असम।

6. **डॉ. सुरतना दास,**
भौतिकी विभाग, अशोका विश्वविद्यालय,
सोनीपत, हरियाणा।

7. **प्रो. जिंसी देवासिया,**
भौतिकी विभाग, हेनरी बेकर कॉलेज,
केरल।

8. **डॉ. सावित्री एच. एझिकोड,**
भौतिक विज्ञान एवं गणित विभाग,
सेंट फ्रांसिस डी सेल्स कॉलेज (स्वायत्त),
बेंगलुरु।

9. **डॉ. काजुयुकी फुरुची,**
मणिपाल सेंटर फॉर नेचुरल साइंसेज,
मणिपाल एकेडमी ऑफ हायर एजुकेशन,
मणिपाल, कर्नाटक।

10. **डॉ. प्रकाश सूर्यकांत गायकवाड,**
भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, इंदौर, मध्य प्रदेश।

11. **डॉ. शर्वरी नाडकर्णी घोष,**
अंतरिक्ष एवं वायुमंडलीय विज्ञानविभाग,
भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान
कानपुर, उत्तर प्रदेश।

12. **डॉ. सौमावो घोष,**
खगोलविज्ञान, खगोलभौतिकी एवं अंतरिक्ष अभियांत्रिकी विभाग
(डीएएएसई), भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान
इंदौर, मध्य प्रदेश।

13. **डॉ. सौम्या जाना,**
भौतिकीविभाग, सीतानंदा कॉलेज,
नंदीग्राम (विद्यासागर विश्वविद्यालय से संबद्ध)
पूर्व मेदिनीपुर, पश्चिम बंगाल।

14. **प्रो. लता वेंकट फनी के.,**
भौतिकी विभाग, पुडुचेरी विश्वविद्यालय,
कलापेट, पुडुचेरी।

15. **डॉ. विक्रम किशन खैरे,**
भौतिकीविभाग, भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान
तिरुपति, आंध्र प्रदेश।

16. **डॉ. हेमा खरायत,**
भौतिकी विभाग, एम.एल.के.पी.जी. कॉलेज,
बलरामपुर, उत्तर प्रदेश।

17. **प्रो. राज कुमार,**
भौतिकीविभाग, हिमाचल प्रदेश विश्वविद्यालय,
शिमला, हिमाचल प्रदेश।

18. **डॉ. नितेश कुमार,**
पेट्रोलियम एवं ऊर्जा अध्ययन विश्वविद्यालय (यूपीईएस),
देहरादून, उत्तराखंड।

19. **डॉ. कविता कुमारी,**
कमला राय कॉलेज, जय प्रकाश यूनिवर्सिटी,
पटना बिहार।

20. **डॉ. पंकज कुशवाहा,**
भौतिक विज्ञान विभाग, आईआईएसईआर
मोहाली, पंजाब।

21. **डॉ. पंकज कुमार महाराजा,**
अग्रसेन विश्वविद्यालय,
हिमाचल प्रदेश।

22. **डॉ. गौतम मन्ना,**
भौतिकी विभाग, प्रभात कुमार कॉलेज,
कोंटाई, पश्चिम बंगाल।

23. **डॉ. बनिब्रत मुखोपाध्याय,**
भौतिकी विभाग, भारतीय विज्ञान संस्थान,
बैंगलोर, कर्नाटक

24. **डॉ. अलेखा चंद्र नायक,**
भौतिकी विभाग, राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान,
मेघालय।

25. **डॉ. प्रसिया पी.,**
गवर्नमेंट विक्टोरिया कॉलेज
पलक्कड़, केरल।

26. **डॉ. साहिल सैनी,**
गुरु जम्भेश्वर विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय,
हिसार, हरियाणा।

27. **डॉ. वरुण सक्सेना,**
जवाहरलाल नेहरू विश्वविद्यालय,
दिल्ली।

28. **डॉ. रोहित शर्मा,**
भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान
कानपुर, उत्तर प्रदेश।

29. **डॉ. अपरा त्रिपाठी,**
भौतिकी विभाग, दीन दयाल उपाध्याय गोरखपुर, विश्वविद्यालय,
उत्तर प्रदेश।

01 अगस्त 2025 से अभ्यागत सहकर्मियों का कार्यकाल बढ़ा दिया गया है।

1. **शीलु अब्राहम,**
भौतिकी विभाग, मार थोमा कॉलेज,
मलप्पुरम, केरल.

2. **डॉ. जी. अंबिका,**
आईआईएसईआर,
तिरुवनंतपुरम, केरल।

3. **डॉ. देब्बिजॉय भट्टाचार्य,**
मणिपाल सेंटर फॉर नेचुरल साइंसेज,
मणिपाल एकेडमी ऑफ हायर एजुकेशन,
मणिपाल, कर्नाटक.

4. **डॉ. सुसंता कुमार बिसोई,**
भौतिकी और खगोल विज्ञान विभाग,
राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान राउरकेला,
ओडिशा।

5. **डॉ. चंद्रचूड़ चक्रवर्ती,**
मणिपाल सेंटर फॉर नेचुरल साइंसेज,
मणिपाल एकेडमी ऑफ हायर एजुकेशन,
कर्नाटक.

6. **डॉ. सुमंता चक्रवर्ती,**
इंडियन एसोसिएशन फॉर द कल्टिवेशन ऑफ साइंस,
कोलकाता.

7. **प्रो. सुबेनॉय चक्रवर्ती,**
विज्ञान के अधिष्ठाता, ब्रेनवेयर यूनिवर्सिटी,
कोलकाता, पश्चिम बंगाल

8. **डॉ. राघवेंद्र चौबे,**
सेंटर फॉर इंटरडिसिप्लिनरी मैथमेटिकल साइंसेज,
इंस्टीट्यूट ऑफ साइंस, बनारस हिंदू विश्वविद्यालय,
वाराणसी।

9. **डॉ. भाग चंद चौहान,**
भौतिकी और खगोलीय विज्ञान विभाग,
हिमाचल प्रदेश केंद्रीय विश्वविद्यालय,
धर्मशाला, हिमाचल प्रदेश।

10. **डॉ. हिमाद्री शेखर दास,**
भौतिकी विभाग, असम विश्वविद्यालय,
सिलचर, असम।

11. **डॉ. प्रसंता कुमार दास,**
बीआईटीएस पिलानी, के के बिर्ला गोवा कैंपस,
जुआरिनगर गोवा

12. **डॉ. कानन कुमार दत्ता,**
जादवपुर विश्वविद्यालय,
कोलकाता।

13. **प्रो. सुकांत देब,**
भौतिकी विभाग, कॉटन यूनिवर्सिटी,
गुवाहाटी, असम।

14. **डॉ. मूनमून देवी,**
भौतिकी विभाग, तेजपुर विश्वविद्यालय,
असम।

15. **डॉ. अर्चना दीक्षित,**
गणित विभाग, गुरुग्राम विश्वविद्यालय,
गुरुग्राम, हरियाणा।

16. **डॉ. मयूख राज गंगोपाध्याय,**
थानू पद्मनाभन सेंटर फॉर कॉस्मोलॉजी एंड साइंस पॉपुलराइजेशन,
एसजीटी यूनिवर्सिटी,
कोलकाता, पश्चिम बंगाल।

17. **डॉ. गुरुदत्त गौड़,**
सेंट जेवियर्स कॉलेज (स्वायत्त),
अहमदाबाद, गुजरात

18. **डॉ. प्रबिर घरामी,**
गणित विभाग, बेलदा कॉलेज,
पश्चिम बंगाल।

19. **प्रोफेसर सुशांत घोष,**
सैद्धांतिक भौतिकी केंद्र, जामिया मिलिया इस्लामिया,
नई दिल्ली।

20. **डॉ. अंकुर गोगई,**
भौतिकी विभाग, जगन्नाथ बरूआ, विश्वविद्यालय,
जोरहाट, असम।

21. **डॉ. रूपज्योति गोगई,**
भौतिकी विभाग, तेजपुर विश्वविद्यालय,
असम।

22. **डॉ. उमानंद देव गोस्वामी,**
भौतिकी विभाग, डिब्रूगढ़ विश्वविद्यालय,
असम

23. **डॉ. अरुणा गोवडा,**
कंप्यूटर इंजीनियरिंग विभाग, सरकारी पॉलिटेक्निक,
वरकुंड, दमन और दीव

24. **डॉ. शिवप्पा भरमप्पा गुडेन्नवार,**
भौतिकी और इलेक्ट्रॉनिक्स विभाग, क्राइस्ट विश्वविद्यालय,
बैंगलोर।

25. **डॉ. ममता गुलाटी,**
स्कूल ऑफ मैथमेटिक्स,
थापर इंस्टीट्यूट ऑफ इंजीनियरिंग एंड टेक्नोलॉजी,
पटियाला, पंजाब।

26. **डॉ. रिंकू जेकब,**
बेसिक साइंसेज एंड ह्यूमैनिटीज विभाग,
राजागिरी स्कूल ऑफ इंजीनियरिंग एंड टेक्नोलॉजी,
कोच्चि, केरल

27. **डॉ. चेतना जैन,**
भौतिकी विभाग, हंसराज कॉलेज,
दिल्ली।

28. **प्रो. मोहम्मद मेहदी कलाम,**
आलिया विश्वविद्यालय,
कोलकाता।

29. **डॉ. संजीव कलिता,**
भौतिकी विभाग, गुवाहाटी विश्वविद्यालय,
गुवाहाटी, असम।

30. **डॉ. अरुण केनाथ,**
भौतिकी और इलेक्ट्रॉनिक्स विभाग, क्राइस्ट यूनिवर्सिटी,
बेंगलुरु, कर्नाटक।

31. **डॉ. राम किशोर,**
गणित विभाग, राजस्थान केंद्रीय विश्वविद्यालय,
अजमेर, राजस्थान।

32. **डॉ. न्यूटन सिंह क्षेत्रिमयम,**
भौतिकी विभाग, राष्ट्रीय रक्षा अकादमी,
खड़कवासला, पुणे, महाराष्ट्र।

33. **डॉ. जसवंत कुमार,**
भौतिकी और खगोल भौतिकी विभाग, हरियाणा केंद्रीय विश्वविद्यालय,
महेंद्रगढ़, हरियाणा।

34. **डॉ. नागेंद्र कुमार,**
एम.एम.एच. कॉलेज,
गाजियाबाद, उत्तर प्रदेश

35. **प्रो. विंजनामपती मधुरिमा,**
भौतिकी विभाग, तमिलनाडु केंद्रीय विश्वविद्यालय,
तिरुवरूर, तमिलनाडु।

36. **प्रो. शिवा कुमार मालपका,**
अंतर्राष्ट्रीय सूचना प्रौद्योगिकी संस्थान,
बैंगलोर।

37. **डॉ. मनेश माइकल,**
भौतिकी विभाग, भरत माता कॉलेज,
कोच्चि।

38. **डॉ. मुबाशिर हामिद मीर,**
गवर्नमेंट डिग्री कॉलेज
बारामूला, जम्मू और कश्मीर।

39. **डॉ. बिवुदत्ता मिश्रा,**
गणित विभाग, बिट्स- पिलानी,
हैदराबाद कैंपस, तेलंगाना।

40. **डॉ. आदित्य सो मंडल,**
भौतिकी विभाग, विश्व-भारती,
शांतिनिकेतन, पश्चिम बंगाल।

41. **डॉ. महादेवप्पा नागनाथप्पा,**
गीताम (डीम्ड टू बी यूनिवर्सिटी),
हैदराबाद कैंपस, तेलंगाना।

42. **डॉ. चंद्रचानी देवी निंगोंबम,**
भौतिकी विभाग, मणिपुर विश्वविद्यालय,
इंफाल।

43. **डॉ. प्रिन्स पी.आर,**
भौतिकी विभाग, यूनिवर्सिटी कॉलेज,
त्रिवेंद्रम, केरल।

44. **प्रो. श्रीजित पदिनहत्तेरी,**
मणिपाल सेंटर फॉर नेचुरल साइंसेज,
मणिपाल एकेडमी ऑफ हायर एजुकेशन,
कर्नाटक।

45. **डॉ. बरुन कुमार पाल,**
नेताजी नगर कॉलेज फॉर वुमेन,
कोलकाता, पश्चिम बंगाल

46. **डॉ. ऋतु महेंद्रभाई पारेख,**
धिरूभाई अंबानी सूचना एवं संचार प्रौद्योगिकी संस्थान,
गांधीनगर, गुजरात

47. **प्रोफेसर एम. के. पाटिल,**
स्कूल ऑफ फिजिकल साइंसेज, एस.आर.टी.एम. विश्वविद्यालय,
नांदेड़।

48. **डॉ. देवराज दामजी पवार,**
भौतिकी विभाग, आर.जे. कॉलेज,
घाटकोपर (पश्चिम) मुंबई।

49. **प्रोफेसर अनिरुद्ध प्रधान,**
सेंटर फॉर कॉस्मोलॉजी, एस्ट्रोफिजिक्स एंड स्पेस साइंस,
जी.एल.ए. विश्वविद्यालय,
मथुरा, उत्तर प्रदेश।

50. **डॉ. रामप्रसाद प्रजापति,**
स्कूल ऑफ फिजिकल साइंसेज, जवाहरलाल नेहरू विश्वविद्यालय,
दिल्ली।

51. **डॉ. राजेश एस.आर.,**
भौतिकी विभाग, सनातन धर्म कॉलेज,
केरल।

52. **डॉ. अनीसुर रहमान,**
भौतिकी विभाग, दुर्गापुर गवर्नमेंट कॉलेज,
पश्चिम बंगाल।

53. **डॉ. बिप्लब रायचौधरी,**
भौतिकी विभाग, विश्व-भारती,
शांतिनिकेतन पश्चिम बंगाल।

54. **डॉ. अनिर्बन साहा,**
भौतिकी और खगोल भौतिकी विभाग, पश्चिम बंगाल स्टेट यूनिवर्सिटी,
कोलकाता।

55. **प्रो. प्रद्युम्न कुमार साहू,**
बिट्स-पिलानी, हैदराबाद कैंपस,
तेलंगाना।

56. **प्रो. ईशांकुर सैकिया,**
एप्लाइड साइंसेज विभाग, गुवाहाटी विश्वविद्यालय,
असम।

57. **डॉ. बिप्लव सरकार,**
एप्लाइड साइंसेज विभाग, स्कूल ऑफ इंजीनियरिंग,
तेजपुर विश्वविद्यालय,
असम।

58. **डॉ. तमल सरकार,**
उच्च ऊर्जा और ब्रह्मांडीय किरण अनुसंधान केंद्र, उत्तर
बंगाल विश्वविद्यालय,
सिलीगुड़ी, पश्चिम बंगाल।

59. **प्रो. अंजन आनंद सेन,**
सैद्धांतिक भौतिकी केंद्र, जामिया मिलिया इस्लामिया,
नई दिल्ली।

60. **डॉ. गीतांजलि सेठी,**
भौतिकी विभाग, सेंट स्टीफंस कॉलेज,
दिल्ली।

61. **डॉ. धर्म वीर सिंह,**
भौतिकी विभाग, जीएलए विश्वविद्यालय,
मथुरा, उत्तर प्रदेश।

62. **प्रो. सुप्रित सिंह,**
भौतिकी विभाग, भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान,
नई दिल्ली।

63. **डॉ. सौरव सुर,**
भौतिकी और खगोल भौतिकी विभाग,
दिल्ली विश्वविद्यालय,
नई दिल्ली।

64. **डॉ. नीलकंठ दत्तात्रय वाग्शेट्टी,**
भौतिकी और इलेक्ट्रॉनिक्स विभाग,
महाराष्ट्र उदयगिरि महाविद्यालय,
उदगीर, महाराष्ट्र।

65. **प्रो. मुरली मनोहर वर्मा,**
भौतिकी विभाग, लखनऊ विश्वविद्यालय,
लखनऊ।

स्वस्ति...

आयुका ने, **मयूर भास्कर शेंडे, मौपिया माझी, सुचिरा सरकार, आकाश गर्ग, स्वदेश चंद** एवं **अनिशा रामसुरत कश्यप** को विदाई दी, इन्होंने आयुका में पोस्ट-डॉक्टोरल अध्येता के रूप में अपना कार्यकाल पूर्ण कर लिया है।

आयुका ने **हरेह माथुर** और **सौरदीप भट्टाचार्य** को भी विदाई दी, इन्होंने आयुका से पोस्ट-डॉक्टोरल अध्येता के रूप में इस्तीफा दे दिया है।

इसके अतिरिक्त, आयुका ने **प्रेमविजय वी., सौम्या रॉय** और **प्रियंका परेहुरन गावडे** को विदाई दी, इन्होंने आयुका में अनुसंधान विद्वान के रूप में अपना कार्यकाल पूर्ण कर लिया है, साथ ही **जन्मेजय सरकार, किशोर गोपालकृष्णन** एवं **स्नेहिल पांडे** को भी विदाई दी, इन्होंने आयुका में अनुसंधान विद्वान के रूप में इस्तीफा दे दिया है।

औपचारिक वार्तालाप

01.07.2025	डॉ. सब्यसाची चट्टोपाध्याय-विषय- ***एप्लिकेशन ऑफ फोटॉनिक्स इन एस्ट्रॉनमी एंड अदर वर्टिकल्स***
03.07.2025	डॉ. राज किशोर जोशी-विषय- ***इवोल्यूशन ऑफ मैग्नेटिक फील्ड्स इन आइसोलेटेड न्यूट्रॉन स्टार्स***
08.07.2025	प्रो. टी. पी. सिंह-विषय- ***फ्लैट गैलेक्सी रोटेशन कर्व्स: डार्क मैटर ऑर मॉडिफ़ाइड न्यूटोनियन डायनैमिक्स (MOND)? – पार्ट II***

24.07.2025	डॉ. समीर-विषय- ***प्रोजेक्ट AMIGA: फिज़िकोकेमिकल प्रॉपर्टीज़ ऑफ द सर्कमगैलेक्टिक गैस ऑफ द एंड्रोमेडा गैलेक्सी***
29.07.2025	डॉ. विपिन कुमार -विषय- ***ऑप्टिकल/आईआर इंस्ट्रूमेंटेशन फ़ॉर एस्ट्रॉनमी: डिज़ाइन एंड डेवलपमेंट ऑफ स्पेक्ट्रोग्राफ़्स, स्पेक्ट्रो-पोलैरिमीटर्स, कैलिब्रेशन यूनिट***
05.08.2025	डॉ. अन्नू जेकब -विषय- ***पुशिंग द फ्रंटियर्स ऑफ एस्ट्रॉनॉमिकल इंस्ट्रूमेंटेशन: फ्रॉम सेगमेंटेड मिरर्स टू स्पेस-बेस्ड सिस्टम्स***
14.08.2025	डॉ. रम्या एम आंचे -विषय- ***हाई-कॉन्ट्रास्ट इमेजिंग एंड पोलैरिमीट्री विद द नेक्स्ट-जेनरेशन स्पेस एंड ग्राउंड-बेस्ड टेलीस्कोप्स***
19.08.2025	डॉ. सुप्रियो घोष -विषय- ***एस्ट्रॉनॉमिकल इंस्ट्रूमेंटेशन: फ्रॉम कॉस्ट-इफ़ेक्टिव इनोवेटिव टेक्नोलॉजी डेवलपमेंट टू ऑन-स्काई परफ़ॉर्मेंस टेस्टिंग एंड डेटा-रिडक्शन पाइपलाइन***
21.08.2025	डॉ. शब्बीर शेख -विषय- ***प्रोबिंग द ग्रोथ ऑफ स्ट्रक्चर विद सीएमबी लेंसिंग–कॉस्मिक शियर क्रॉस-कोरिलेशन***
26.08.2025	डॉ. तुषार मंडल -विषय- ***मैग्नेटो-रोटेशनल टर्बुलेंस एंड डायनमो इन एक्रीशन डिस्क्स: ए यूनिफ़ाइड मीन-फ़ील्ड थ्योरी***
28.08.2025	डॉ. सोमक मैत्रा -विषय- ***चार्टिंग द कॉस्मिक हिस्ट्री***
02.09.2025	सौम्या श्रीराम -विषय- ***द हॉट सीजीएम इन एक्स-रे: प्रोजेक्शन इफ़ेक्ट्स, फ़ॉरवर्ड मॉडल फ़ॉर eROSITA एंड द कॉस्मिक वेब - हैलो कनेक्शन***
09.09.2025	डॉ. नमिता उप्पल -विषय- ***रीकंस्ट्रक्टिंग मैग्नेटिक इंटरस्टेलर स्ट्रक्चर यूज़िंग इंटरस्टेलर पोलैराइजेशन***

संगोष्ठियाँ

10.07.2025	प्रो. नरेश दधीच-विषय- ***एंड स्टेट ऑफ ग्रैविटेशनल कोलैप्स: ब्लैक होल ऑर बुचडाहल स्टार?***
17.07.2025	डॉ. वैभव गुप्ता -विषय- ***सोलर ईयूवी स्पेक्ट्रोफ़ोटोमीटरज़ ऑन SOHO/SDO एंड ARMAS डोज़िमीटर्स फ़ॉर एयरोस्पेस सेफ़्टी***
31.07.2025	डॉ. एम. आर. रमेश कुमार -विषय- ***वेगैरिज़ इन मॉनसून: रोल ऑफ ओशंस***
07.08.2025	डॉ. राहुल कन्नन -विषय- ***मॉडलिंग हाई रेडशिफ्ट स्ट्रक्चर फ़ॉर्मेशन एंड रिऑनाइजेशन इन द जे डब्ल्यू एस टी एरा***
17.09.2025	श्री टेड ब्लैंक -विषय- ***आर्ट इन स्पेस एंड स्पेस इन आर्ट***

श्रेष्ठतम सार्वजनिक गतिविधियाँ

आयुका-जिला परिषद, पुणे ग्रामीण शिक्षा कार्यक्रम

आयुका, जिले में स्थित वंचित ग्रामीण विद्यालयों के लिए जिला परिषद, पुणे (जेडपीपी) के सहयोग से ग्रामीण शैक्षणिक कार्यक्रम संचालित कर रहा है। इन दो संगठनों ने जेडपीपी विद्यालयों के छात्रों और शिक्षकों के लिए जागरूकता और प्रशिक्षण सत्र संचालित करने, एवं साथ ही परिचयात्मक दौरे आयोजित करने के लिए एक सहयोगात्मक ढांचा स्थापित करने हेतु अप्रैल 2025 में एक सहमति ज्ञापन पर हस्ताक्षर किए।

पहले चरण के रूप में, आयुका 6 वीं और 7 वीं कक्षा के जेडपीपी स्कूलों के चयनित प्रतिभाशाली छात्रों के लिए इसरो और नासा सुविधाओं के परिचयात्मक दौरों के आयोजन में सहायता कर रहा है। कार्यक्रम में वैज्ञानिक मार्गदर्शन, छात्रों का चयन, यात्रा को यादगार बनाने के लिए विभिन्न जानकारी, अनुभवों को अभिकल्पित करना, उनकी व्यवस्था करना और संबंधित शैक्षणिक एवं प्रेरणात्मक गतिविधियाँ शामिल हैं।

प्रतिभागियों की पहचान करने के लिए, आयुका ने तीन-स्तरीय चयन प्रक्रिया संचालित की जिसमें दो बहुविकल्पीय परीक्षण और एक प्रत्यक्ष साक्षात्कार चरण शामिल थे। प्रथम दौर के लिए लगभग 13,500 छात्र उपस्थित हुए, जिनमें से 100 छात्रों की एक अंतिम संक्षिप्त सूची तैयार की गई और जेडपीपी के साथ साझा की गई (नासा दौरे के लिए 25, इसरो दौरे के लिए 50, और प्रतीक्षा सूची में 25)। वैज्ञानिक दृष्टि से सिद्धांतों के अनुरुप और निष्पक्ष प्रक्रिया सुनिश्चित करने के लिए, प्रत्येक चरण में आयुका संकाय, सार्वजनिक कार्मिकों और बाहरी विशेषज्ञों ने भाग लिया।

इस कार्यक्रम के भाग के रूप में, साक्षात्कारों के तीसरे दौर तक पहुँचने वाले 235 छात्रों को आयुका परिसर का दौरा करने और इसकी अनुसंधान एवं सार्वजनिक गतिविधियों के बारे में और अधिक जानने का अवसर भी प्राप्त हुआ। पुणे जिले के विभिन्न ग्रामीण विद्यालयों के इन छात्रों ने सामाजिक-आर्थिक चुनौतियों के बावजूद STEM क्षेत्रों में करियर बनाने की दिशा में उल्लेखनीय उत्साह प्रदर्शित किया।

चयन प्रक्रिया के उपरांत, आयुका ने जेडपीपी शिक्षा विभाग के सहयोग से नौ तालुकों के विज्ञान शिक्षकों के लिए छह शिक्षक कार्यशालाएं संचालित की हैं। जिले के सभी तालुकों को शामिल करने के लिए चार और कार्यशालाएं नियोजित हैं, जिसके पश्चात सर्वाधिक प्रेरित प्रतिभागियों के साथ अनुवर्ती गतिविधियां कार्यान्वित की जाएंगी।

प्रत्येक दूसरे शनिवार होने वाले व्याख्यान

1. 12 जुलाई, 2025 को प्रो. आर. श्रीआनंद, निदेशक, आयुका, पुणे द्वारा *"गैलक्सी"* नामक व्याख्यान दिया गया।

2. 02 अगस्त, 2025 को डॉ. परिसी शिर्के द्वारा
"ऐस्ट्रोनॉमी ऑफ द एक्स-रे स्काई" नामक व्याख्यान दिया गया।

3. 13 सितंबर, 2025 को श्री टेड ब्लैंक द्वारा
"अंतरिक्ष में पिज्जा" नामक व्याख्यान दिया गया।

नियमित कार्यशालाएँ, दौरे एवं अन्य सार्वजनिक कार्यक्रम

1. **वर्ल्ड पीस स्कूल, आळंदी**
- विज्ञान एवं खगोलविज्ञान सत्र (आयोजित तिथि 03 जुलाई,2025)
पचास छात्र एवं दो अध्यापक इस सत्र में सहभागी हुए थे।

2. 08 जुलाई, 2025: **सरस्वती विश्व विद्यालय स्कूल, चिंचवड**
- वैज्ञानिक और खगोलविज्ञान सत्र का आयोजन।
तिहत्तर छात्र एवं दो अध्यापक इसमें सहभागी हुए थे।

3. 15 जुलाई, 2025:
एस.एम. चोकसी हाई स्कूल
- वैज्ञानिक और खगोलविज्ञान सत्र का आयोजन।
नब्बे छात्र एवं पाँच अध्यापक इस में सहभागी हुए थे।

4. 31 जुलाई, 2025: **अल्जामिया-तुस-सैफिया स्कूल**
- वैज्ञानिक और खगोलविज्ञान सत्र का आयोजन। साठ छात्र एवं छह अध्यापक इस में सहभागी हुए थे।

5. 04 अगस्त, 2025:
महात्मा गांधी विद्यालय, मंचर
- खगोलविज्ञान और वैज्ञानिक सत्र का आयोजन।
तीन सौ पचास छात्र एवं सात अध्यापकों ने इस में उपस्थिति दर्शायी।।

6. 12 अगस्त, 2025: **आदित्य इंग्लिश मीडियम स्कूल, बाणेर**- वैज्ञानिक और खगोलविज्ञान कार्यशाला का आयोजन। साठ छात्र एवं दो अध्यापक इस में सहभागी हुए थे।

7. 13 अगस्त, 2025: **दिल्ली पब्लिक स्कूल, मोहम्मदवाड़ी**- वैज्ञानिक खिलौने सत्र का आयोजन। तीन सौ छात्र एवं चार अध्यापकों ने इस में सहभागिता दर्शायी।

8. 14 अगस्त, 2025: **सरस्वती विश्व विद्यालय, तळवडे**
- वैज्ञानिक और खगोलविज्ञान कार्यशाला का आयोजन। पचास छात्र एवं दो अध्यापकों ने इस कार्यशाला में उपस्थिति दर्शायी।

9. 20 अगस्त, 2025: **राधाबाई काळे कॉलेज, अहिल्यानगर**- वैज्ञानिक और खगोलविज्ञान कार्यशाला का आयोजन। एक सौ अस्सी छात्राएँ एवं सात अध्यापकों ने इस कार्यशाला में उपस्थिति दर्शायी।

10. 21 अगस्त, 2025: **बिशप स्कूल, कैंप**- वैज्ञानिक और खगोलविज्ञान कार्यशाला का आयोजन। एक सौ छात्र एवं पाँच अध्यापकों ने इस कार्यशाला में उपस्थिति दर्शायी।

11. 26 अगस्त, 2025: **जी.एस. मोझे स्कूल, येरवडा-** वैज्ञानिक और खगोलविज्ञान कार्यशाला का आयोजन। एक सौ पचीस छात्र एवं दो अध्यापकों ने इस कार्यशाला में उपस्थिति दर्शायी।

12. 27 सितंबर, 2025: **वीएनआईटी, नागपुर**
- टेलीस्कोप बनाने की कार्यशाला का आयोजन। सत्तर अध्यापकों ने इस कार्यशाला में उपस्थिति दर्शायी।

(उपरोक्त सभी सत्र आयुका SciPOP टीम के सदस्यों द्वारा आयोजित किए गए थे, जिन्होंने आयोजक या विशेषज्ञों के रूप में सेवा प्रदान की गई।)

श्रेष्ठतम सार्वजनिक गतिविधियाँ

1. **आयुका-पुणे जिला परिषद शिक्षक प्रशिक्षण कार्यक्रम**
(सितंबर, 10-30, 2025)

शिरूर, हवेली, खेड, जुन्नर, आंबेगाँव, इंदापुर, दौंड, भोर, वेल्हे, मावळ और मुळशी के तालुकों में कुल नौ शिक्षक प्रशिक्षण सत्र आयोजित किए गए थे। पुणे जेडपी स्कूलों के लगभग 450 अध्यापकों ने इन कार्यशालाओं में भाग लिया।

2. **आयुका ग्रामीण अध्यापक प्रशिक्षण (क्षुद्रग्रह खोज अभियान – विशेष समूह)-**

आंबेगाँव, जुन्नर, एवं खेड तालुकों के अध्यापकों के लिए दो-दिवसीय खगोलविज्ञान कार्यशाला आयोजित की गई, जिसमें उन्हें संबंधित स्कूलों में एस्टरॉयड हंट कैम्पेन के लिए प्रशिक्षित करने पर ध्यान केंद्रित किया गया। ग्रामीण पुणे के तीस अध्यापकों ने उपस्थिति दर्शायी।

3. **K–12 खगोलविज्ञान शिक्षा सम्मेलन – थाईलैंड**
(सितंबर 1–4, 2025)

प्रसाद अडेकर ने एशिया भर से इस अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन में भाग लेने वाले साठ अध्यापकों के लिए प्रायोगिक कार्यशाला आयोजित की। उन्होंने अपने द्वारा विकसित खगोलविज्ञान खेल पर पोस्टर भी प्रस्तुत किया।

शिक्षकों हेतु खगोल विज्ञान केंद्र

राष्ट्रीय शिक्षा योजना - 2020: अभिविन्यास और संवेदीकरण

शिक्षकों के लिए खगोलविज्ञान केंद्र (ACE) के अंतर्गत मालवीय मिशन शिक्षक प्रशिक्षण केंद्र (MMTTC) ने राष्ट्रीय शिक्षा योजना – 2020: अभिविन्यास एवं संवेदीकरण विषय पर दो सप्ताह का ऑनलाइन क्षमतानिर्माण कार्यक्रम आयोजित किया। यह कार्यक्रम 21 से 29 जुलाई 2025 तक आयोजित किया गया।

यह कार्यक्रम भारत भर के उच्च शिक्षा संस्थानों के संकाय सदस्यों, अनुसंधान विद्वानों, अनुसंधान सहयोगियों, पोस्ट-डॉक्टोरल अध्येताओं, प्रदर्शकों और शिक्षकों हेतु खुला था। प्रतिभागियों को प्रमाणपत्र प्राप्त करने के लिए सत्रों के दौरान चयनित विषयों पर दो निबंध प्रस्तुत करने आवश्यक थे। प्रतिदिन लगभग 55–60 प्रतिभागियों ने भाग लिया, जिनमें से 40 प्रतिभागियों ने कार्यक्रम सफलतापूर्वक पूरा किया और प्रमाणपत्र प्राप्त किए।

इस पाठ्यक्रम में राष्ट्रीय शिक्षा योजना-2020 के आठ विषयों पर दो-दो सत्र शामिल थे, जिन्हें अपने-अपने क्षेत्रों में व्यापक अनुभव रखने वाले प्रमुख वक्ताओं द्वारा प्रस्तुत किया गया।

विषय और वक्ता निम्नलिखित थे:

- **शैक्षणिक नेतृत्व, शासन और प्रबंधन**
ईशा कन्नडी
(इग्नू)
और **सुशांत दत्तगुप्ता**
(संस्थापक निदेशक, आईआईएसईआर कोलकाता)

- **कौशल विकास**
विनीता सिरोही
(एनआईईपीए)
और **मैत्रेयी रविकुमार**
(कर्नाटक हेल्थ प्रमोशन ट्रस्ट)

- **भारतीय ज्ञान प्रणाली**
मयंक वाहिया
(पूर्व प्रोफेसर, टीआईएफआर)

- **अनुसंधान और विकास**
सौरव पाल
(अशोका विश्वविद्यालय, सोनीपत)
और **फरहत नाज़**
(आईआईटी जोधपुर)

- **समग्र और बहु-विषयक शिक्षा**
शुभांगी वैद्य
(इग्नू)

और **सैकत मजुमदार**
(अशोका विश्वविद्यालय)

- **उच्च शिक्षा और समाज**
  ध्रुबा जे. सैकिया
  (पूर्व प्रमुख, एसीई, आयुका)

- **छात्र विविधता और समावेशी शिक्षा**
  गुरुजेगन मुरुगेसन
  (आईआईटी जोधपुर)
  और **दीपा चारी**
  (एचबीसीएसई, टीआईएफआर)

- **सूचना और संचार प्रौद्योगिकी**
  सहाना मूर्ति
  (आईआईटी बॉम्बे)
  और **प्रकाश अरुमुगासामी**
  (आयुका)

सामान्य सापेक्षता - पुनश्चर्या पाठ्यक्रम

शिक्षकों के लिए खगोलविज्ञान केंद्र (एसीई) द्वारा मालवीय मिशन शिक्षक प्रशिक्षण कार्यक्रम (एमएमटीटीपी) के अंतर्गत सामान्य सापेक्षता पर पुनश्चर्या पाठ्यक्रम 23 जून से 5 जुलाई, 2025 तक आयोजित किया गया। यह कार्यक्रम अनुसंधान छात्रों, पोस्ट-डॉक्टोरल अध्येताओं एवं कॉलेज या विश्वविद्यालय के संकाय के लिए तैयार किया गया था जो अपने अनुसंधान या शिक्षण में सामान्य सापेक्षता का उपयोग करते हैं। यह कार्यक्रम हाइब्रीड मोड में संचालित किया गया, जिसमें आयुका परिसर में 20 प्रतिभागी व्यक्तिगत रूप से उपस्थित हुए और 50 से अधिक ऑनलाइन सम्मिलित हुए।

विशेष सापेक्षता के मूल सिद्धांतों एवं अवकल ज्यामिति की गणित से आरंभ करते हुए, पाठ्यक्रम ने सामान्य सापेक्षता के मूल सिद्धांतों एवं खगोलभौतिकीय प्रणालियों में अनुप्रयोगों को शामिल किया। दो सप्ताह के गहन कार्यक्रम व्याख्यानों, अनुशिक्षण सत्रों एवं समापन दिवस पर प्रतिभागी प्रस्तुतियाँ सम्मिलित रहीं।

व्याख्यान प्रसिद्ध सामान्य सापेक्षतावादियों द्वारा दिए गए:

1. पैट्रिक दास गुप्ता (दिल्ली विश्वविद्यालय)
2. तेजिंदर पाल सिंह (टाटा इंस्टीट्यूट ऑफ फंडामेंटल रिसर्च, मुंबई)
3. अप्रतिम गांगुली (आयुका)
4. अश्मिता दास (एसआरएम विश्वविद्यालय, आंध्र प्रदेश)
5. अनुज मिश्रा (इंटरनेशनल सेंटर फॉर थियोरेटिकल साइंसेस, बेंगलुरु)
6. भास्वती मंडल (भारतीय सांख्यिकी संस्थान, कोलकाता)

कार्यक्रम में संजित मित्रा (आयुका) द्वारा लेजर इंटरफेरोमीटर ग्रेविटेशनल-वेव ऑब्जर्वेटरी (लाइगो) पर विशेष व्याख्यान भी सम्मिलित था। इस पुनश्चर्या पाठ्यक्रम को प्रतिभागियों से अत्यंत सकारात्मक प्रतिक्रिया प्राप्त हुई। प्रत्यक्ष रूप से उपस्थित प्रतिभागियों ने इसकी विस्तृत सामग्री, आकर्षक व्याख्यानों एवं प्रायोगिक अनुशिक्षण की सराहना, यह बताते हुए की कि इससे उनकी वैचारिक समझ और गहरी हुई तथा आगे अनुसंधान करने की प्रेरणा मिली। ऑनलाइन प्रतिभागियों ने सुव्यवस्थित सामग्री और विशेषज्ञता-पूर्ण प्रस्तुति की सहारना की, साथ ही यह सुझाव दिया कि भविष्य के हाइब्रिड पाठ्यक्रमों के लिए अतिरिक्त प्रारंभिक सामग्री उपयोगी होगी।

सभी पाठ्यक्रम सामग्री, जिसमें असाइनमेन्ट, संसाधन एवं ध्वन्यांकित (रिकॉर्डेड) व्याख्यान सम्मिलित हैं, प्रतिभागियों को एसीई के मूडल प्लेटफॉर्म के माध्यम से उपलब्ध कराई गई।

लाइगो-इंडिया शिक्षा एवं सार्वजनिक गतिविधियाँ (LI-EPO)

लाइगो लिविंगस्टन की मराठी में आभासी भ्रमण श्रृंखला (8 , 12 और 29 जुलाई, 2025)

हिंगोली के मराठी भाषी जनता के लिए लाइगो में व्यतिकरणमापी संसूचकों के कार्यप्रणाली को सरल बनाने हेतु, लाइगो-इंडिया शिक्षा एवं सार्वजनिक (LIEPO) टीम ने मराठी में आभासी निर्देशित टूर की रिकॉर्डिंग की व्यवस्था की। इन्हें संयुक्त राज्य अमेरिका के लाइगो लिविंग्स्टन ऑब्जर्वेटरी (LLO) में इंटर्नशिप कर रहे भारतीय छात्रों ने संचालित किया।

लाइगो-इंडिया ने 12 अप्रैल 2025 को अपने सोशल मीडिया मंचों पर श्रीजीत जाधव (स्विनबर्न विश्वविद्यालय ऑफ टेक्नोलॉजी, ऑस्ट्रेलिया के पोस्ट-डॉक्टोरल अध्येता) और गौरव वरटकर (आईआईटी बॉम्बे के पीएचडी छात्र) द्वारा प्रस्तुत एलएलओ (लॉ अर्थ ऑर्बिट) टूर वीडियो श्रृंखला की घोषणा की थी, जिसमें पहला वीडियो 31 मई 2025 को जारी किया गया।

प्रारंभिक वीडियो में, वरटकर दर्शकों को एलएलओ के विज्ञान शिक्षा केंद्र का आभासी टूर कराते हैं, जहाँ वे मराठी में गुरुत्वाकर्षण तरंगों का पता लगाने के लिए प्रयुक्त चार-चरण वाली सस्पेन्शन प्रणाली के पीछे के विज्ञान की व्याख्या करते हैं। वीडियो लाइगो-इंडिया ईपीओ यूट्यूब चैनल पर जारी किए गए, जिसमें वर्तमान में लगभग 6,500 सदस्य हैं।

श्रृंखला में बाद के वीडियो में गुरुत्वाकर्षण अच्छी तरह से प्रयोग और बहु-संदेशवाहक खगोलविज्ञान जैसे विषय शामिल थे। इस पहल की अवधारणा देबारति चटर्जी ने की थी, जिसमें अनुराग भैसरे (LIEPO इंटर्न) द्वारा वीडियो संपादन और सौरभ सालुंखे द्वारा समन्वय किया गया था।

प्रेस विज्ञप्ति: अभूतपूर्व गुरुत्वाकर्षण तरंग खोज (घटना GW231123)

23 नवंबर 2023 को, लाइगो-वर्गो-कागरा (LVK) सहयोग ने अब तक दर्ज किए गए सबसे विशाल कृष्ण विवर विलय का पता लगाया। LIGO–India EPO टीम ने इस ऐतिहासिक खोज को भारतीय मीडिया तक पहुंचाया और इसके लिए इन्फोग्राफिक्स, वैज्ञानिक सारांश तथा प्रेस नोट तैयार किए, जिन्हें हिंदी, मराठी, मलयालम, तमिल और बंगाली सहित कई भारतीय भाषाओं में अनुवादित किया गया।

भारत के वैज्ञानिक योगदान को विशेष रूप से भारत में जारी की गई प्रेस विज्ञप्ति में उजागर किया गया। अनुवाद कार्य लाइगो-इंडिया वैज्ञानिक सहयोग (LISC) के कई सदस्यों की सहायता से संभव हुआ। यह घोषणा टाइम्स ऑफ इंडिया, इंडियन एक्सप्रेस, डेक्कन हेराल्ड सहित प्रमुख राष्ट्रीय समाचार पत्रों में व्यापक रूप से प्रकाशित हुई।

कार्यक्रम: "क्वांटम भौतिकी और गुरुत्वाकर्षण तरंगें" (अंतरराष्ट्रीय क्वांटम वर्ष 2025 के उपलक्ष्य में) – 05 अगस्त 2025

2025 को अंतरराष्ट्रीय क्वांटम वर्ष के रूप में मनाने के लिए, LIEPO ने 05 अगस्त 2025 को आयुका में एक विशेष कार्यक्रम आयोजित किया। इसमें पूरे भारत से क्वांटम विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी के विशेषज्ञों को आमंत्रित किया गया, ताकि क्वांटम मापन, संचार एवं गुरुत्वाकर्षण तरंगों के प्रसरण के परस्पर संबंधों पर चर्चा की जाए।

मानसदेवी पी. टी. (आयुका) द्वारा प्रस्तावना के साथ सत्र का प्रारंभ हुआ, इसके बाद आमंत्रित व्याख्यान अनिल शाजी (IISER तिरुवनंतपुरम), कनक राजू पंडिरी (डिफेंस इंस्टीट्यूट ऑफ एडवांस्ड टेक्नोलॉजी, पुणे) और अनिर्बन पाठक (जयपी इंस्टिट्यूट ऑफ इन्फॉर्मेशन टेक्नोलॉजी) द्वारा दिए गए।

इसके पश्चात "दुनिया के सबसे संवेदनशील उपकरण के लिए क्वांटम लाभ" विषय पर एक पैनल चर्चा हुई, जिसका संचालन शुभदीप डे (प्रधान अन्वेषक, परिशुद्धता और क्वांटम माप प्रयोगशाला, आयुका) ने किया। पैनल में अनिल शाजी, सेंधिल राजा (RRCAT इंदौर), अनिंदिता बनर्जी (प्रगत संगणन विकास केन्द्र), और दीपक पांडे (आयुका) शामिल थे।

प्रतिनिधियों ने लाइगो-इंडिया के यंत्रीकरण प्रयोगशालाओं का भी दौरा किया, और चर्चा में लाइगो-इंडिया परियोजना एवं राष्ट्रीय क्वांटम मिशन (NQM) के बीच संभावित सहयोग पर विशेष जोर दिया गया। इस कार्यक्रम में 300 से अधिक पंजीकरण प्राप्त हुए और इसे टाइम्स ऑफ इंडिया और इंडियन एक्सप्रेस ने कवर किया।

गुरुत्वाकर्षण तरंगों की पहली प्रत्यक्ष खोज की 10 वीं वर्षगांठ – 14 सितंबर 2025

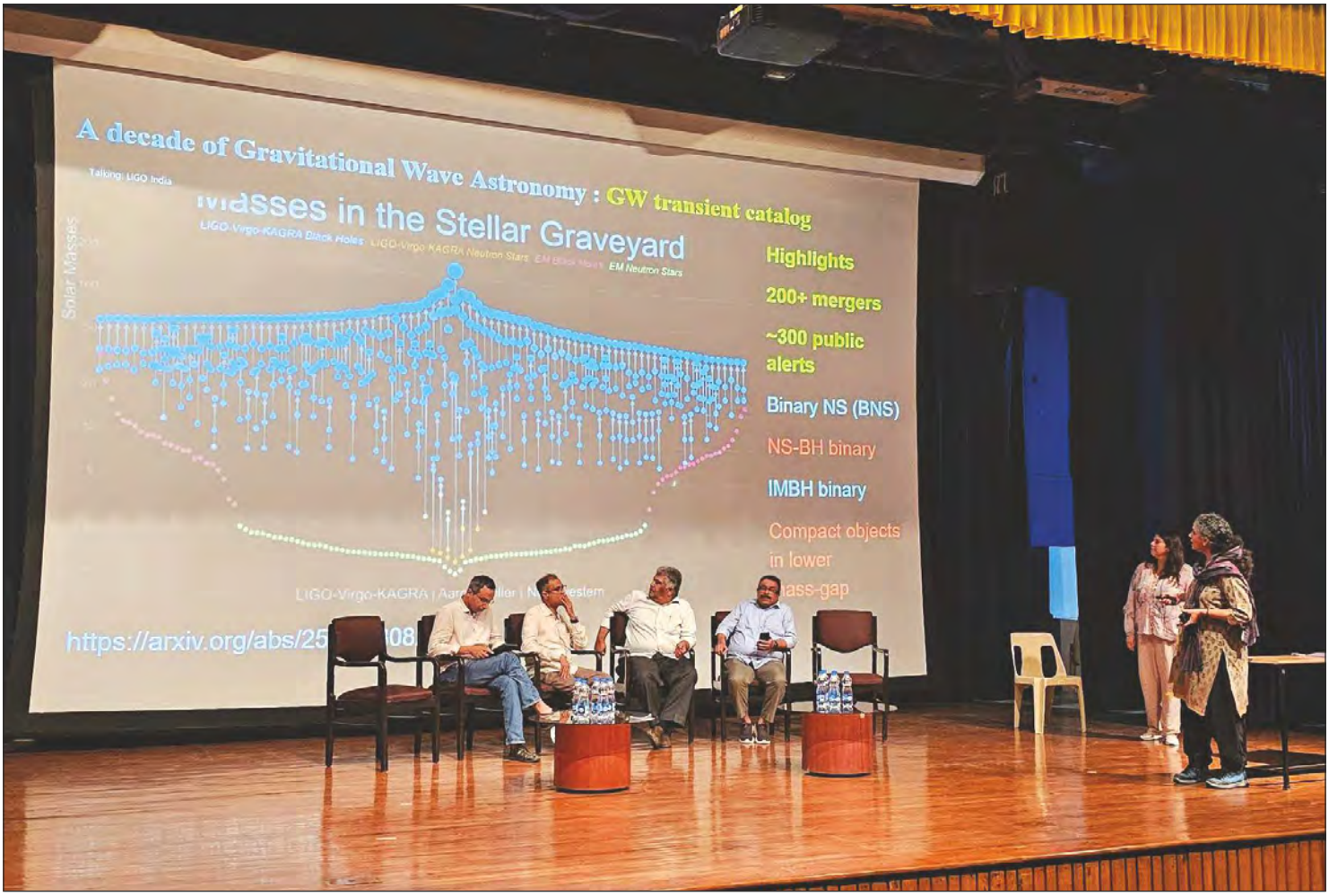
पहली गुरुत्वाकर्षण तरंग की खोज की 10वीं वर्षगांठ के उपलक्ष्य में, LIEPO ने 14 सितंबर, 2025 को आयुका में एक विशेष कार्यक्रम का आयोजन किया।

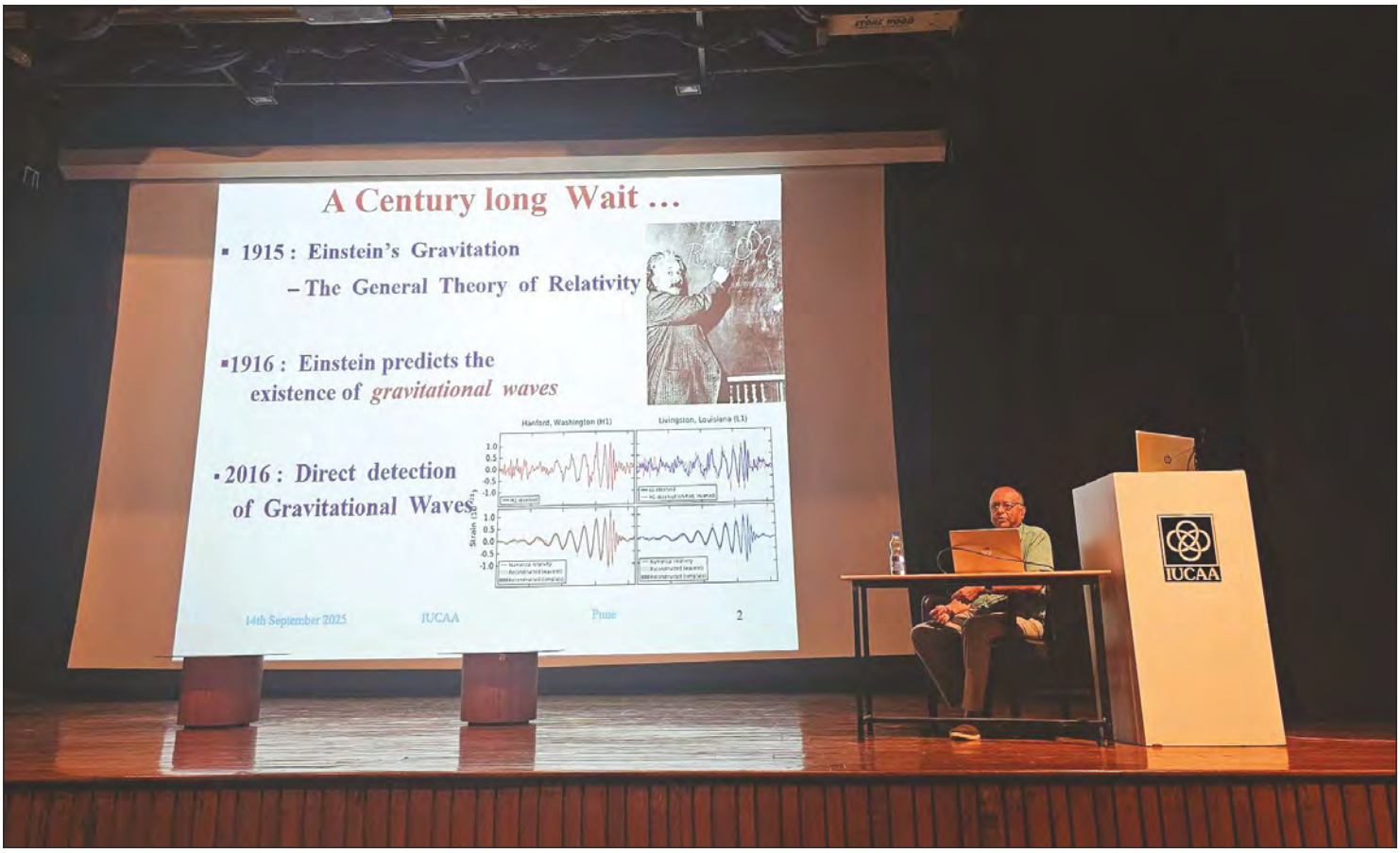
इस कार्यक्रम का उद्घाटन आर. श्रीआनन्द (निदेशक, आयुका) ने किया और देबारति चटर्जी एवं सौरभ साळुंखे ने कार्यक्रम की प्रस्तावना की। देबारति चटर्जी द्वारा संचालित पैनल चर्चा में लाइगो-इंडिया वैज्ञानिक सहयोग (LISC) के विशिष्ट वैज्ञानिकों ने भाग लिया, पी. अजित (आइसीटीएस-टीआइएफआर, बेंगलुरु), अर्चना पाई (आइआइटी बॉम्बे), आनंद सेनगुप्ता (आइआइटी गांधीनगर), सुब्रतो मुखर्जी (आइपीआर गांधीनगर), संजित मित्रा (आयुका, पुणे), तथा राजेश कुम्बले नायक (आईआईएसईआर कोलकाता) शामिल थे।

चर्चा में पहली ऐतिहासिक खोज को पुनः देखा गया, भारत में गुरुत्वाकर्षण तरंग खगोलविज्ञान की प्रगति का विश्लेषण किया गया, और भविष्य की संभावनाओं, जैसे लाइगो-इंडिया परियोजना एवं नियोजित Deci-Hz अंतरिक्ष-आधारित संसूचक पर विचार किया गया।

कार्यक्रम में राहुल कश्यप द्वारा हाल के GW250114 खोज पर व्याख्यान भी सम्मिलित था, उसके पश्चात सौरभ साळुंखे द्वारा संचालित "गेस व्हाट" क्विज और "एस्ट्रो चारदेस" जैसी रोचक विज्ञान गतिविधियाँ हुई, जिसमें एलआईएससी के पीएचडी अध्येताओं ने सक्रिय रूप से भाग लिया।

कार्यक्रम का समापन संजीव धुरंधर के सार्वजनिक व्याख्यान से हुआ, जिसमें उन्होंने गुरुत्वाकर्षण तरंग विज्ञान में अपनी व्यक्तिगत यात्रा साझा की और GW150914 के बाद पिछले दशक में हुई प्रगति पर विचार प्रस्तुत किए।




A Century long Wait ...
▪ 1915 : Einstein's Gravitation
– The General Theory of Relativity
▪1916 : Einstein predicts the existence of gravitational waves
▪2016 : Direct detection of Gravitational Waves
Hanford, Washington (H1)
Livingston, Louisiana (L1)
14th September 2025
IUCAA
Pune
2
IUCAA

anel Discussion:
"Quantum Advantage for the most sensitive instrument in the World"
Moderator: Prof. Subhadeep De
RRCAT Indore (I-Block)
Dr. Sendhil Raja
Prof. Anil Shaji
Prof. Deepak Pandey
Dr. Anind Banerjee
IUCAA

अभ्यागत

(जुलाई-सितंबर 2025)

Kewal Anand, Chandranathan Anandavijayan, Anuraag Arya, Birger Felix Aufschlaeger, Trishit Banerjee, Devansh Bangar, S.S. Bellale, Manthan Bhagat, Gaurav Bhandari, Agnidipto Bhattacharya, Soumya Bhattacharya, Sree Bhattacherjee, Soumadip Rabindranath Bhowmick, K.G. Biju, Atreyee Biswas, Ritabrata Biswas, Sanchari Biswas, Ted Blank, Hritwik Bora, Fairoos C., Sulagna Chakrabarti, Nabajit Chakravarty, Hum Chand, Sabyasachi Chattopadhyay, Shivani Chaudhary, Suvas Chandra Chaudhary, Simbarashe Bryne Chipembe, Tanmoy Chowdhury, Ahmed Rizwan CL, Pravat Dangal, Ashmita Das, Santanu Das, Patrick Dasgupta, Samadrita De, Sushmita Deb, Ujjal Debnath, Uddeepta Deka, Ashwin Devaraj, Ruchika Dhaka, Amit Dhakulkar, Broja Gopal Dutta, Samridhi Dwivedi, Eslam Elhosseiny, Johann Fernandes, Mukesh Gaikwad, Romanshu Garg, Sayantan Ghosh, Rupjyoti Gogoi, G.K. Goswami, Abhinav Goyal, Labanya Kumar Guha, Vaibhav Gupta, Muhammed Irshad, Kazi Rajibul Islam, Md Monirul Islam, Annu Jacob, Joe Jacob, Shreejit Jadhav, Dhairyashil Jagadale, Deepak Jain, Priyansh Jaswal, Arpan Aryam John, Raj Kishor Joshi, Malavika K., Anil Kakodkar, Shravani Kale, Sammi Kamal, Shashi Kanbur, Rahul Kannan, Subhajit Kar, Rahul Kashyap, Ankit Khunt, Harshit Krishna, Aaditya Himanshu Kshatriya, Akshay Kumar, Himanshu Kumar, M.R. Ramesh Kumar, Rajesh Kumar, Vipin Kumar, Kavita Kumari, Baisali Kundu, D. Lakshamanan, H. Lalthantluanga, Jeremie Lasue, Jonathan Jacobeum Love, Devabrat Mahanta, Nilanjana Mahata, Soumak Maitra, Prajjwal Majumder, Priyanka Mandal, Dinesh Chandra Maurya, Sunil Kumar Maurya, Thokchom Yaiphaba Meitei, Anuj Mishra, Asish Mitra, Debasmita Mohanty, Subhra Mondal, Tushar Mondal, Sneha Prakash Mudambi, Subroto Mukherjee, Mayur Mune, Ganga R. Nair, Vishnu Namboothiri, Haraprasad Nandi, Rajesh Nayak, Vibhore Negi, Anirudh Nemmani, Gayatri P., Prasia P., Sreebala P.S., Archana Pai, Vishnu A Pai, Main Pal, Moumita Pal, Subhajit Pal, Rakesh Kumar Panda, Sanjay Pandey, Shivam Pandey, Mahadev Pandge, Ashish Pandita, Yash Parakh, Arvind Paranjpye, Rekha Patel, Anirban Pathak, K.D. Patil, Sarika Patil, B.C. Paul, Surajit Paul, Devraj Pawar, Anirudh Pradhan, Arbind Pradhan, Durakshan Ashraf Qadri, Hridya R., Farook Rahaman, A.R. Rao, Divya Rawat, Saibal Ray, K.V. Reghuthaman, Zairemmawia Renthlei, Rupayan Roy, Athira S., Sonali Sachdeva, Subhajit Saha, Tathagata Saha, Bidisha Samanta, Jayesh Manoj Saraswat, Biplob Sarkar, Chitrak Sarkar, Anand Sengupta, Dhrubojyoti Sengupta, Shabbir Shaikh, Anil Shaji, Abhishek Sharma, Anshul Kumar Sharma, Isha Sharma, Kaushal Sharma, Paryag Sharma, Priya Sharma, Shubham Sharma, Vaibhav Sharma, Soumya Sheeram, Mayur Shende, Parisee Sunil Shirke, Gyan Prakash Singh, Ramanshu P. Singh, T.P. Singh, Sreedevi, S. Sridhar, Madhu Sudan, Shree Suman, Divya Tahelyani, Pratik Takale, Mohit Thakre, Vivek Baruah Thapa, Ajay Tripathi, Garima Tyagi, Rashmi Uniyal, Vivek Upadhaya, Namita Uppal, Esther Vanlalramchhani, Aditya Vijaykumar, Vinu Vikraman, Rauf Zargar, Andrzej Antoni Zdziarski, Priya, Sameer, Sunaina, Vandana.

टिप्पणी : किसी भी कानूनी व्याख्या के लिए केवल अंग्रेजी रूप ही मान्य होगा।

खगोल (खगोल–मंडल)
त्रैमासिक पत्रिका

IUCAA

आप अपने सुझाव हमें निम्नलिखित पते पर भेज सकते हैं :

आयुका (IUCAA), पोस्ट बॅग 4, गणेशखिंड, पुणे 411 007, भारत.
फोन : (020) 2569 1414; 2560 4100 **फॅक्स :** (020) 2560 4699
ई–मेल : publ@iucaa.in **वेब पेज :** http://www.iucaa.in/

matchsticks@gmail.com