LIGO–India Scientific Collaboration

GW190814 की अनोखी घटना : अंतरिक्ष में ब्लैक होल का एकीकरण एवं एक रहस्यमय ठोस तत्व का विघटन

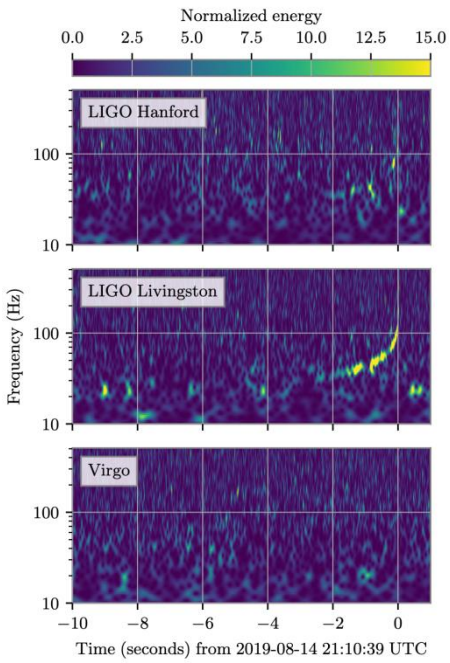
दो अग्रिम - LIGO डिटेक्टरों (हनफोर्ड, वाशिंगटन और लिविंगस्टन, लुइसियाना, यूएसए में) और अग्रिम - Virgo संसूचक (डिटेक्टर) (कैसिना, इटली में) के नेटवर्क ने एक तारकीय-द्रव्यमान ब्लैक होल के प्रेरक और विलय से गुरुत्वाकर्षण तरंगों से अनिर्धारित प्रकृति की एक और ठोस वस्तु पता लगाया है। इस नई घटना को GW190814 नाम दिया गया है।
इस विलय की घटना से गुरुत्वीय संकेत 800 मिलियन से अधिक वर्षों तक विस्तारित ब्रह्मांड के माध्यम से यात्रा करते हुए 15 अगस्त 2019 की दोपहर में LIGO डिटेक्टरों पर पहुंचा, जो भारतीय मानक समय के अनुसार सुबह 02:40 बजे था। LIGO-Virgo डिटेक्टर अपने तीसरे अवलोकन अवधि के बीच में थे जब उन्होंने इस अत्यंत प्रभावी (तीव्र)घटना को देखा। वास्तव में, GW190814 तीसरी ऐसी सबसे बड़ी घटना है जिसे आज तक देखा गया है (बाइनरी न्यूट्रॉन स्टार सिस्टम GW170817 और पहले बाइनरी ब्लैक होल सिस्टम GW150914 के बाद LIGO निरीक्षकों के द्वारा इसका अवलोकन किया गया है). द एस्ट्रोफिजिकल जर्नल लेटर्स.`ने डिटेक्शन संबंधी इस दस्तावेज़ को प्रकाशित किया गया है।

GW190814 में दो विशिष्ट विशेषताएं हैं जो इसे अद्वितीय बनाती हैं:

• दो वस्तुओं के विलय से पहले, उनका द्रव्यमान 9 के गुणक से भिन्न होता है, जिससे यह सबसे व्यापक द्रव्यमान अनुपात एक गुरुत्वाकर्षण-तरंग घटना के लिए जाना जाता है। इसकी तुलना में, हाल ही में LIGO-Virgo घटना GW190412 का द्रव्यमान अनुपात 4:1 था।

• कुछ हल्के ठोस पदार्थ (हल्का कॉम्पैक्ट ऑब्जेक्ट) के सयंत द्रव्यमान से, हम इसे ठोस ब्लैक बाइनरी सिस्टम में खोजे गए सबसे हल्के ब्लैक होल या अब तक के “सबसे बड़े न्यूट्रॉन सितारे” के रूप में देख सकते हैं। लेकिन इस बिंदु पर, हम यह सुनिश्चित नहीं कर सकते हैं कि यह कौन सा है।

साथ ही, जिस प्रकार से इनका समापन विलयन में होता है, ये विशेषताएं कॉम्पैक्ट खगोल भौतिक वस्तुओं के द्रव्यमान के बारे में हमारी समझ को और चुनौतीपूर्ण बना देती हैं

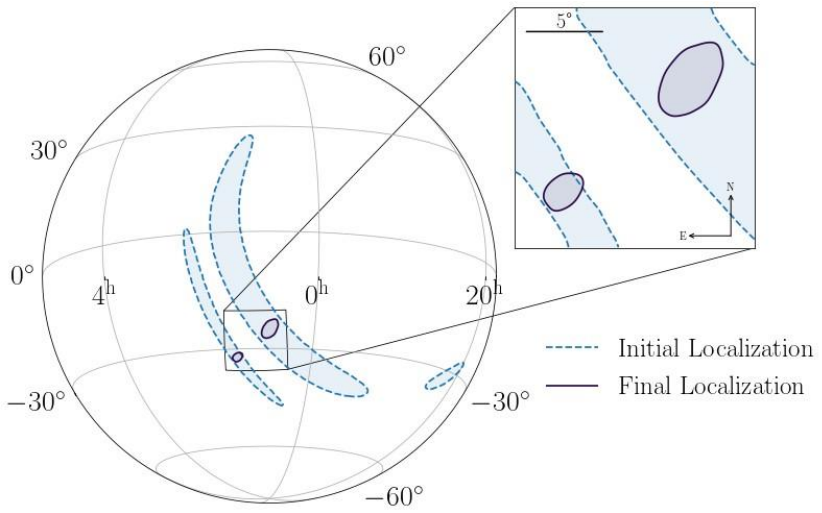


समय-आवृत्ति स्पेक्ट्रोग्राम, LIGO हैनफोर्ड (शीर्ष), LIGO लिविंगस्टन (मध्य), और Virgo (नीचे) द्वारा देखी गई। घटना से लगभग 10 सेकंड पहले समयावधि को दर्शाया गया है। एक निश्चित समय-आवृत्ति कोष्ठ में ऊर्जा को रंग पैलेट द्वारा दर्शाया गया है। मध्य भाग (LIGO Livingston डेटा) में एक "चिरपिंग" संकेत को स्पष्ट रूप से देखा जा सकता है, जहां संकेत सबसे प्रबल (तीव्र)था।

कोई अन्य इलेक्ट्रोमैग्नेटिक(विद्युत चुंबकीय) प्रतिरूप नहीं दिखा

GW190814 स्रोत लगभग 20 वर्ग डिग्री के आकाश में एक छोटे से क्षेत्र में स्थानीयकृत था जिसके बाद खगोलीय समुदाय के लिए अलर्ट भेजे गए थे। इलेक्ट्रोमैग्नेटिक स्पेक्ट्रम (विद्युत चुम्बकीय वर्णक्रम) के इर्द गिर्द दर्जनों जमीन और अंतरिक्ष आधारित दूरबीनों द्वारा की गई अनुवर्ती खोजों ने गुरुत्वाकर्षण तरंग संकेत के लिए किसी भी प्रकाशीय (ऑप्टिकल) समकक्षों को नहीं दर्शाया ।

अब तक, गुरुत्वीय-तरंग संकेतों के लिए इस तरह के विद्युत चुम्बकीय समकक्षों को केवल एक बार GW170817 नामक एक घटना के अंतर्गत देखा गया है। 2017 के अगस्त में LIGO- Virgo (तंत्र) नेटवर्क द्वारा जो घटना खोजी गई उसमे दो न्यूट्रॉन सितारों के बीच एक ज्वलंत संघट्टन शामिल था जिसे बाद में पृथ्वी और अंतरिक्ष में दर्जनों दूरबीनों द्वारा देखा गया। न्यूट्रॉन तारों का टकराव सभी दिशाओं में बाह्य ओर बहने वाले पदार्थ हैं और इसके परिणामस्वरूप इनका प्रकाश से दीप्तिमान होना अपेक्षित होता है। इसके विपरीत, ब्लैक होल विलयन की अधिकतर परिस्थितियों में, प्रकाश का उत्सर्जन नहीं होता।



आकाश में वह क्षेत्र संभवतः जहां से GW190814 सिग्नल आया था। नीले पट्टी (patch) डेटा के प्रारंभिक ऑनलाइन विश्लेषण से हैं, जबकि बैंगनी पट्टी (पैच)अंतिम आकाशीय स्थानीयकरण है

LIGO और Virgo वैज्ञानिकों के अनुसार, GW190814 घटना के एलेक्ट्रोमैग्नेटिक (विद्युत चुम्बकीय) समकक्षों को कुछ संभावित कारणों से नहीं देखा जा सका । सर्वप्रथम, यह घटना छह गुना दूर थी उस विलयन की तुलना में जिसे 2017 में देखा गया था , जिसके फलस्वरूप किसी भी प्रकाशीय संकेतों को एकत्रीकरण कठिन हो गया। दूसरा यह कि, यदि टकराव में दो ब्लैक होल शामिल होते हैं, तो संभवत: इसकी चमक प्रकाशहीन हो जायेगी । तीसरे , यदि यह पदार्थ वास्तविक तौर पर एक न्यूट्रॉन तारा भी था , तो 09 गुना विशालकाय इसके ब्लैक-होल पार्टनर ने इसे पूरा निगल लिया होगा; एक ब्लैक होल द्वारा पूरे भस्म किए गए न्यूट्रॉन तारे में कोई प्रकाश शेष नहीं बचता ।

स्त्रोत गुणों का निर्धारण :

बड़े और छोटे द्रव्यमान के बीच की विषमता ने वैज्ञानिकों को स्रोत के गुणों को यथावत रूप से मापने में मदद की: सिस्टम में अतिविशाल ठोस पदार्थ का द्रव्यमान लगभग 23 M⊙ होने का अनुमान लगाया गया था, जो कि पहले LIGO द्वारा देखे गए ब्लैक होल की आबादी के अनुरूप था Virgo डिटेक्टर (संसूचक)। दूसरी ओर, हल्के ठोस पदार्थ का द्रव्यमान 2.5 और 3 M⊙ के मध्य निर्धारित किया गया था। इसे सबसे बड़े पैमाने पर ज्ञात न्यूट्रॉन स्टार, MSP J0740 + 6620 के

ऊपर, और इलेक्ट्रोमैग्नेटिक (विद्युत चुम्बकीय) टिप्पणियों के माध्यम से अप्रत्यक्ष रूप से पाए जाने वाले ब्लैक होल के विशिष्ट द्रव्यमान के नीचे रखा गया ।

जैसा कि हाल ही में घोषित विषम -द्रव्यमान वाले ब्लैक होल विलय GW190412 के संबंध में, दूरी और सिस्टम के झुकाव के बीच की अस्पष्टता आंशिक रूप से GW सिग्नल के उच्च-गुणकों में अतिरिक्त आँकड़ों की मौज़ुदगी के कारण टूट गई थी। इसने GW190814 सिस्टम की दूरी का अधिक निर्णायक अनुमान लगाया: लगभग 800 मिलियन प्रकाश वर्ष दूर।

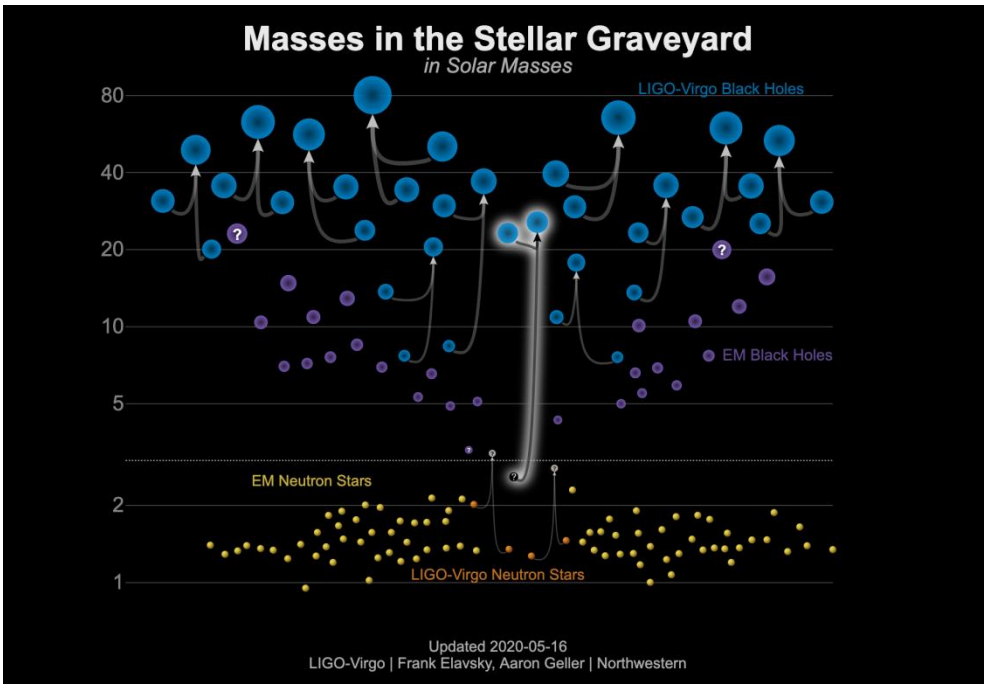
GW190412 घटनाक्रम में इस सिस्टम से गुरुत्वाकर्षण-तरंग सिग्नल (संकेतों) के उच्च-गुणकों की उपस्थिति के लिए द्रव्यमान में विषमता अत्यधिक प्रामाणिक तौर पर सामने आई है। यह सामान्य सापेक्षता सिद्धांत की एक आश्चर्यजनक पुष्टि है जो गुरुत्वाकर्षण विकिरण के बहुध्रुवीय संरचना को पूर्वानुमानित करता है।

"GW190814 अवलोकनों के क्रमांकों में बदलाव , एक नए, गुरुत्वाकर्षण-तरंग पर आधारित, हबल स्थायी H0 के मापन की अनुमति देता है जो ब्रह्मांड के वर्तमान विस्तार दर को निर्धारित करता है। हबल H0 स्थायी का निर्धारण 75 किमी प्रति सेकंड प्रति मेगापार्सेक के आधार पर किया गया था।

अंतरिक्षीय हल्का ठोस पदार्थ एक न्युट्रान तारा है अथवा ब्लैक होल:

हलके ठोस पदार्थ के द्रव्यमान से यह सुनिश्चित करना अत्यंत कठिन है कि यह असाधारण भारी न्यूट्रॉन स्टार है अथवा असामान्य रूप से हल्का एक ब्लैक होल।

एक न्यूट्रॉन तारे से जोड़ने वाली युग्मक प्रणाली में, उसके सहभागी द्वारा उत्सर्जित गुरुत्वाकर्षण बल, न्यूट्रॉन तारे पर एक ज्वार उठाता है, चंद्रमा के गुरुत्वाकर्षण द्वारा पृथ्वी पर उठाए गए समुद्र के ज्वार के समान। ये ज्वार गुरुत्वाकर्षण तरंग संकेत पर एक छाप छोड़ते हैं जो औसत दर्जे (जिसे मापा जा सकता है) का है। फिर भी GW190814 के रूप में बड़े पैमाने पर और विषम प्रणाली के लिए, ज्वार की यह छाप मापक स्तर पर बहुत निम्न दर्ज़े की थी । इस प्रकार, हम अभी भी यह सुनिश्चित तौर पर नहीं जानते हैं कि जो सिग्नल उत्पन्न हुआ वह न्यूट्रॉन स्टार के विलयन से हुआ है, या ब्लैक होल से।



न्यूट्रॉन सितारों और ब्लैक होल के द्रव्यमान को गुरुत्वाकर्षण तरंगों और विद्युत चुम्बकीय टिप्पणियों के माध्यम से मापा जाता है। पीले और बैंगनी मार्कर क्रमशः न्यूट्रॉन सितारों और ब्लैक होल के इलेक्ट्रोमैग्नेटिक (विद्युत चुम्बकीय) मापक का प्रतिनिधित्व करते हैं, जबकि नारंगी और नीले मार्कर गुरुत्वाकर्षण तरंगों का उपयोग करते हुए संबंधित मापक हैं। GW190814 को एक ब्लैक होल के विलयन के रूप में ग्राफिक के मध्य में हाइलाइट (चिन्हित) किया गया है और साथ ही एक ऐसी घटना जिसमें सूर्य के द्रव्यमान का लगभग 2.3 गुना द्रव्यमान वाली एक रहस्यमयी वस्तु के अलावा एक अन्य ब्लैक होल की उत्पत्ति हुई.

दूसरी ओर, न्यूट्रॉन-स्टार सम्बंधित सैद्धांतिक मॉडल, साथ ही साथ इलेक्ट्रोमैग्नेटिक (विद्युत चुम्बकीय) खगोल विज्ञान के साथ न्यूट्रॉन सितारों का अवलोकन,जहाँ उच्च द्रव्यमान का अनुमान लगाने को सुलभ बनाता है, वही इसके ज़रिये एक न्यूट्रॉन स्टार को भी संभवतःप्राप्त किया जा सकता है। यह आँकलन GW190814 के हल्के संघटक के द्रव्यमान का अनुपात हैं: संभवतः एक न्यूट्रॉन स्टार का अर्थ का अपनेआप बहुत भारी होना है।
हालाँकि, हम इस संभावना से भी इंकार नहीं कर सकते हैं कि GW190814 में विशेष रूप से भारी न्यूट्रॉन स्टार शामिल है, एक ऐसा परिदृश्य जो संभवतः अत्यधित प्रभावशाली न्यूट्रॉन स्टार द्रव्यमान के अनुमानों के संशोधन में सहायक होगा। GW190814 ने ठोस तत्वों के द्रव्यमान और उनके विलय की प्रक्रिया के बारे में आकर्षक सवाल उठाए हैं। भावी गुरुत्वाकर्षण-तरंग अवलोकन, विषम विलयन की बड़ी आबादी पर प्रकाश (या गुरुत्वाकर्षण तरंगों) बिखेरने के लिए बहुत निर्णायक साबित होंगे, जिनमें से GW190814 एक पहला उदाहरण है।

LIGO-INDIA के द्वारा निर्धारित लक्ष्य:

इन रहस्यों को सुलझाने में LIGO- इंडिया एक प्रमुख भूमिका निभाएगा । ग्लोब पर अन्य डिटेक्टरों(संसूचकों) की साहयता से इसकी भौगोलिक स्थिति के कारण, LIGO- भारत ठोस युग्मक विलयन की घटनाओं के स्पष्ट स्थानीयकरण को भी सशक्त करेगा। इलेक्ट्रोमैग्नेटिक (EM) दूरबीनों को आकाश से एक बहुत छोटे क्षेत्र को स्कैन करना होगा ताकि घटनाओं से संभव ऑप्टिकल, एक्स-रे, गामा किरण, रेडियो उत्सर्जन की तलाश की जा सके। GW190814 के लिए अब तक कोई EM विकिरण का पता नहीं चला है, लेकिन संभवतः ये इसलिए भी है ,क्योंकि दूरबीनों को आकाश पर इतने बड़े क्षेत्र से स्कैन करना पड़ता था कि जब तक वे सही केंद्र पर पर पहुंचते, तब तक विकिरण की तीव्रता पहले से ही बहुत धूमिल हो चुकी होती थी । EM विकिरण का पता लगाने से इस बात के पुख्ता सबूत मिल सकते हैं कि इनमें से एक सहभागी सितारा ब्लैक होल नहीं है। यह आकाशगंगा को ऐसे केंद्र पर पिन-पॉइंट करने में भी सामर्थ्य प्रदान करेगा , जहां यह घटना हुई, जिससे स्थायी के सटीक माप हेतु सक्षम किया गया । यह , वह दर है जिस पर ब्रह्मांड का विस्तार हो रहा है।

भारतीय योगदान:

कई भारतीय अनुसंधान संस्थानों के वैज्ञानिकों ने विश्लेषण में भाग लिया और इस खोज में महत्वपूर्ण योगदान दिया।
ठोस युग्मक से गुरुत्वाकर्षण विकिरण मुख्य रूप से कक्षीय आवृत्ति पर दो बार उत्सर्जित होता है। यह ठीक वैसी ही ध्वनि का प्रतिरूप उत्पन्न करता है जैसा की एक गिटार के अपने स्ट्रिंग से टकराता है। हालांकि, संगीत वाद्ययंत्र की तरह ही , इस तरह की प्रणालियों से गुरुत्वाकर्षण विकिरण को भी इस मौलिक आवृत्ति के उच्च हार्मोनिक्स में बजने की भविष्यवाणी की जाती है। GW190814 प्रणाली के असममित द्रव्यमान संकेत के इन सूक्ष्म (बेहोश) घटकों के लिए बेहतर तरीके से "श्रुतयोग्य " होने की अनुमति देते हैं। हाल ही में खोजे गए युग्मक ब्लैक होल विलयन घटना GW190412 की तुलना में इस घटना में उच्च-गुणकों के प्रमाण अत्यधिक मजबूत पाए गए थे।

चेन्नई गणितीय संस्थान के वैज्ञानिकों ने भी एक विश्लेषण में अपना योगदान दिया, जिसने पुष्टि की कि यह युग्मक एक युग्मक ब्लैक होल के अनुरूप है, हालांकि मापक युग्मक के घटक एक या उससे अधिक ब्लैक-होल न होने के लिए जगह बनाते हैं।

एक समृद्ध धरोहर:

भारतीय वैज्ञानिकों ने पिछले तीन दशकों में गुरुत्वाकर्षण-तरंग (GW) विज्ञान के क्षेत्र में अग्रणी योगदान दिया है। विशेष रूप से, उन्होंने आइंस्टीन के समीकरणों को हल करके, GW संकेतों के सैद्धांतिक तरंगों की गणना में, कई उपकरणीय और पर्यावरणीय शिल्पकृतियों से व्याख्यात्मक संकेतों को अलग करके, व्याख्या में, कई डिटेक्टरों(संसूचकों) से जटिल आँकड़ों में प्रेरणादायक युग्मकों की खोज के लिए महत्वपूर्ण मौलिक एल्गोरिदम में योगदान दिया है। जैसे की संयुक्त गुरुत्वाकर्षण-तरंग और गामा-किरण अवलोकन, आइंस्टीन के सिद्धांत और डेटा विश्लेषण के कई अन्य पहलुओं के परीक्षण।

LIGO में भारतीय टीम में CMI चेन्नई, DCSEM मुंबई, ICTS-TIFR बैंगलोर, IISER कोलकाता, IISER पुणे, IIT बॉम्बे, IIT गांधीनगर, IIT हैदराबाद, IIT मद्रास, IPC गांधीनगर, IUCAA पुणे, RRCAT इंदौर और TIFR मुंबई के वैज्ञानिक शामिल हैं।

LIGO is funded by the NSF, and operated by Caltech and MIT, which conceived of LIGO and led the Initial and Advanced LIGO projects. Financial support for the Advanced LIGO project was led by the NSF with Germany (Max Planck Society), the U.K. (Science and Technology Facilities Council) and Australia (Australian Research Council) making significant commitments and contributions to the project. More than 1,200 scientists and some 100 institutions from around the world participate in the effort through the LIGO Scientific Collaboration, which includes the GEO Collaboration and the Australian collaboration OzGrav. Additional partners are listed at http://ligo.org/partners.php The Virgo collaboration consists of more than 280 physicists and engineers belonging to 20 different European research groups: six from Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) in France; eight from the Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) in Italy; two in the Netherlands with Nikhef; the MTA Wigner RCP in Hungary; the POLGRAW group in Poland; Spain with the University of Valencia; and the European Gravitational Observatory, EGO, the laboratory hosting the Virgo detector near Pisa in Italy, funded by CNRS, INFN, and Nikhef.

MEDIA CONTACTS

LSC-LISC Principal Investigator
Sukanta Bose (IUCAA, Pune)
E-mail: sukanta@iucaa.in, Tel. 020 2560 4500

LSC-LISC Co-Principal Investigator
Bala Iyer (ICTS-TIFR) *E-mail: bala.iyer@icts.res.in, Tel. 9739373144*

LIGO-India spokesperson
Tarun Souradeep (IISER Pune and IUCAA Pune)
E-mail: tarun@iiserpune.ac.in, Tel. 9422644463

CMI - Chennai Mathematical Institute
K.G. Arun *E-mail: kgarun@cmi.ac.in, Tel. 9500066350*

ICTS - International Centre for Theoretical Sciences (TIFR), Bengaluru
P. Ajith *E-mail: ajith@icts.res.in, Tel. 9164594474*

IISER-Kolkata - Indian Institute of Science Education and Research Kolkata
Rajesh Kumble Nayak. *E-mail: rajesh@iiserkol.ac.in, Tel. 9903507977*

IISER-Pune - Indian Institute of Science Education and Research Pune

Tarun Souradeep. *E-mail: tarun@iiserpune.ac.in, Tel. 9422644463*

IIT Bombay - Indian Institute of Technology Bombay, Mumbai
Archana Pai *E-mail: archanap@iitb.ac.in, Tel. 9037573123*
Varun Bhalerao *E-mail: varunb@iitb.ac.in, Tel. 9850005899*

IIT Gandhinagar - Indian Institute of Technology Gandhinagar
Anand Sengupta *E-mail: asengupta@iitgn.ac.in, Tel. 8758146696*

IIT Hyderabad - Indian Institute of Technology Hyderabad

IPR - Institute for Plasma Research, Gandhinagar

IUCAA - Inter-University Centre for Astronomy and Astrophysics, Pune
Sanjit Mitra *E-mail: sanjit@iucaa.in, Tel. 8275067686*

IIT Madras - Indian Institute of Technology Madras, Chennai
Chandra Kant Mishra *E-mail: ckm@iitm.ac.in, Tel. 8748816343*

TIFR - Tata Institute of Fundamental Research, Mumbai
A. Gopakumar *E-mail: gopu@tifr.res.in, Tel. 9869039269*
C. S. Unnikrishnan *E-mail: unni@tifr.res.in, Tel. 9869564290*

RRCAT - Raja Ramanna Centre for Advanced Technologies, Indore