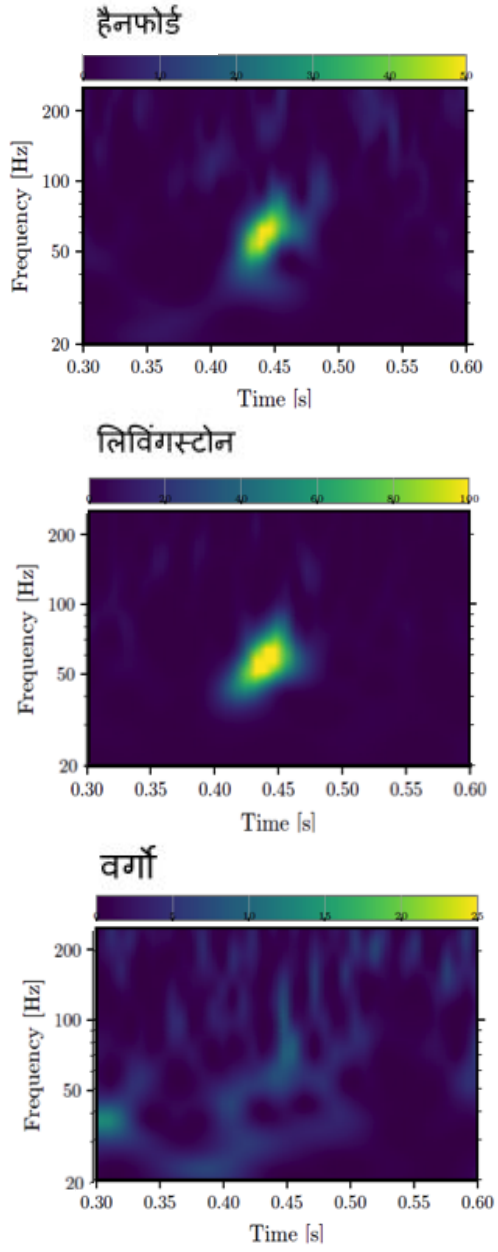
**EMBARGOED UNTIL**

**08:00 hrs US EDT/ 17:30 hrs IST ON**

**WEDNESDAY, 2nd SEPTEMBER 2020**

# GW190521 - एक अवशिष्ट रुपी विशालकाय ब्लैक होल तथा मध्यवर्ती द्रव्यमान वाले ब्लैक होल के मध्य संघट्टन

## GW190521 एक अभूतपूर्व गुरुत्वीय तरंगो का ऐसा निरीक्षण है "जिसने ब्लैक होल बनते कैसे हैं", इसको लेकर हमारे बोध को बदल हमें गुरुत्वाकर्षण के सिद्धांत का अध्ययन करने का एक नया तरीका प्रदान किया।




21 मई, 2019 को सुबह 8:32 बजे (IST), उन्नत LIGO (हनफोर्ड, वॉशिंगटन और लिविंगस्टन, लुइसियाना में) और Virgo (कैसिना, इटली) संसूचकों के तीसरे अवलोकन अवधि के दौरान विलय से एक गुरुत्वाकर्षण-तरंग संकेत को देखा गया और पाया गया की एक असाधारण रूप से विशाल ब्लैक-होल युग्म, बाइनरी पद्धति की प्ररिक्रमा कर रहा है। इसे घटना को GW190521 का नाम दिया गया है।

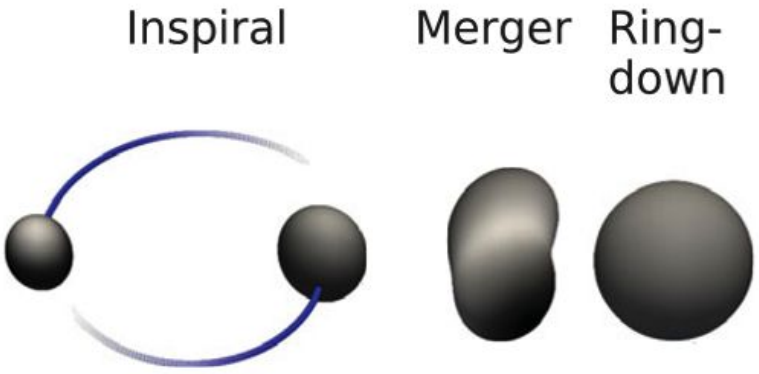
खोज और खगोलभौतिकी निहितार्थ का विवरण देने वाले शोध पत्र क्रमशः भौतिकी समीक्षा पत्र (*Physical Review Letters)* और खगोलभौतिकी जर्नल पत्र *(Astrophysical Journal Letters)* में प्रकाशित किए गए हैं।

चित्र 1. GW190521 संकेत वाले निर्दिष्ट का समय-आवृत्ति निरूपण, LIGO हैनफोर्ड (शीर्ष), LIGO Livingston (मध्य), और Virgo (नीचे) द्वारा देखा गया। 21 मई, 2019 को 03:02:29 से सम्बंधित समयावधि UTC के सापेक्ष दिखाया गया है। एक निश्चित समय-आवृत्ति कोष्ठक में ऊर्जा को रंग पट्टिका द्वारा दर्शाया जाता है। सिग्नल की बेहद छोटी अवधि और उसके लगभग 60 Hz की चरम आवृत्ति पर ध्यान दें। (हमारे GW190521 शोध पत्र के चित्र 1 से प्राप्त)

## GW190521 क्या है?

GW190521 घटना, बाइनरी पद्धति में हमारे सूर्य के द्रव्यमान के 85 और 66 गुना बड़े पैमाने पर दो ब्लैक होल की टक्कर के दौरान उत्सर्जित ऐसे गुरुत्वाकर्षण तरंग संकेत हैं, जो सूर्य के द्रव्यमान से 142 गुना बड़े अवशिष्ट के रूप में एक ब्लैक होल का निर्माण करता है। इस ने संकेत विस्तृत ब्रह्मांड के माध्यम से 17.2 बिलियन प्रकाश वर्ष की एक लम्बी दूरी की यात्रा तय की है तथा यह गुरुत्वाकर्षण तरंग संसूचकों द्वारा दर्ज़ किया गया अब तक का सबसे दूरस्थ गुरुत्वाकर्षण तरंग संकेत है।

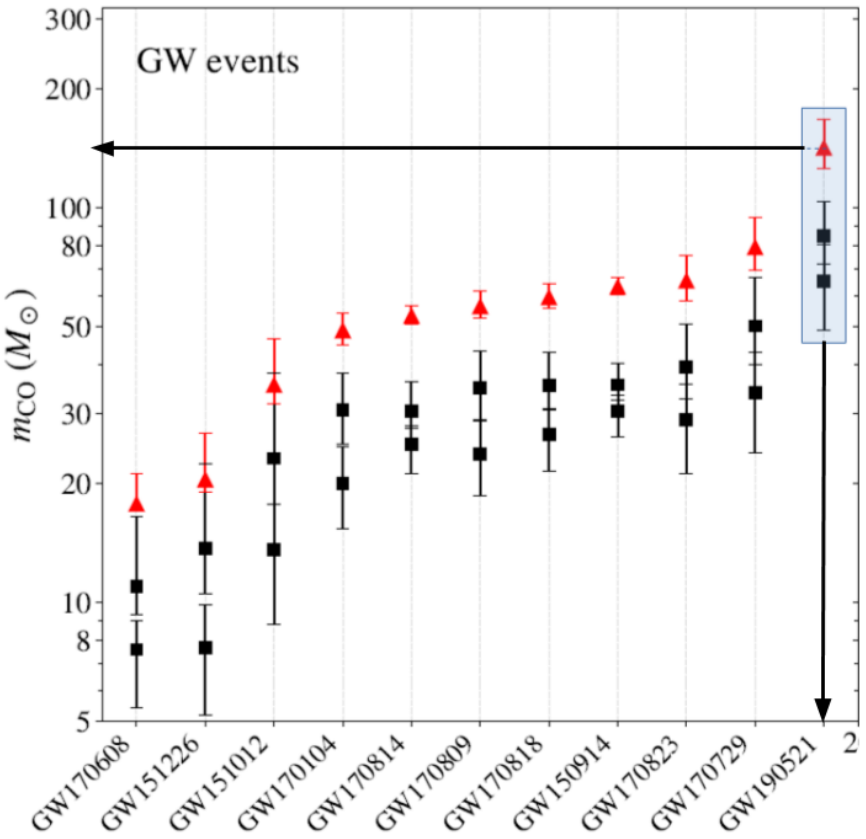
एक सघन/संकुचित बाइनरी पद्धति ( चित्र -2 को देखें ) में, दो कुंडलित ब्लैक होल, जब भी एक दूसरे के समीपवर्ती होते हैं, और एक विशाल टकराव से गुजरते हुए गुरुत्वाकर्षण तरंगों के एक विस्फोट का उत्सर्जन करते हैं। अंततः , सिस्टम एकल अंतिम ब्लैक होल में समाहित हो जाता है। इस संकेत के तीन चरण हैं - कुंडलित होना, विलयन और (ringdown)स्थिरता प्राप्त करना। सघन बाइनरी पद्धति हमारे संसूचक द्वारा न्यूनतम अभिज्ञेय आवृत्तियों (Lowest detectable frequencies) से संलयन (coalescence) के मध्य तीव्रता से गुजरते हैं तथा लघु संकेतों की उत्पति को बढ़ावा देतें हैं । GW190521 से संकेत की मान्य अवधि 0.1 सेकंड की थी।




चित्र 2. दो ब्लैक होल की टक्कर से गुरुत्वाकर्षण-तरंग संकेत के तीन अलग-अलग चरणों का प्रतिनिधित्व करने वाला आरेख

## GW190521– एक दिलचस्प घटना क्यों है?

- अंतिम ब्लैक होल न केवल अब तक पाए गए सभी LIGO- Virgo ब्लैक होल में से सबसे विशाल ब्लैक होल है [चित्र -3 को देखें।] बल्कि LIGO -Virgo संचूचकों द्वारा खोजा गया पहला मध्यवर्ती द्रव्यमान (सूर्य के द्रव्यमान का 100-100,000) वाला ब्लैक होल भी है।
- दो विशेष रूप से बड़े पैमाने पर ब्लैक होल की टक्कर से उत्पन्न, इस घटना ने आइंस्टीन के सापेक्षता सिद्धांत का परीक्षण करने हेतु एक अनूठा अवसर भी प्रदान किया है।
- बाइनरी पद्धति में तारकीय द्रव्यमान वाले ब्लैक होल के यह असाधारण भारी युग्म, ब्लैक होल के गठन के प्रति हमारे समझ को चुनौती देतें है।




चित्र 3. सारिणी में GW190521 ब्लैक होल के घटक द्रव्यमान (ब्लैक बॉक्स के रूप में दिखाए गए) दिखाई देते हैं, LIGO और Virgo के पहले और दूसरे अवलोकन समयावधि में , O1 और O2 के दौरान पाए गए अन्य ब्लैक होल विलय के द्रव्यमान के साथ। प्रत्येक घटना के अंतर्गत विलयन के अवशेष का द्रव्यमान एक लाल त्रिकोण के रूप में दिखाया गया है। सभी मामलों में ऊर्ध्वाधर दण्ड की लंबाई अनुमानित द्रव्यमान में अनिश्चितता की सीमा को इंगित करती है। इस सारिणी से GW190521 का कीर्तिमान -भंजक द्रव्यमान स्पष्ट है। (GW190521 के खगोल भौतिकी निहितार्थ पर हमारे शोधपत्र के चित्र 10 से प्राप्त )

## एक विशालकाय ब्लैक होल का गठन

खगोलविद् ब्लैक होल को वर्गीकरण उनके द्रव्यमान के आधार पर करते हैं। द्रव्यमान क्षेत्रीय विस्तरण के एक छोर पर "तारकीय द्रव्यमान ब्लैक होल" है। इस प्रकार के ब्लैक होल युग्म जो LIGO -Virgo विलय के परिणामस्वरूप अब तक अंतरिक्ष में देखे गएँ हैं, उनका द्रव्यमान सूर्य के द्रव्यमान से 100 गुना कम है।

ऐसा माना जाता है कि इनका गठन अस्थिर अधिनवतारा विस्फोट चरण से गुज़रने के बाद बड़े पैमाने पर तारों के अंतिम चरण और गुरुत्वीय निपात के द्वारा होता है। खगोलभौतिकीय मॉडल बताते हैं कि लगभग 65 से 120 गुना बड़े द्रव्यमान वाले सूर्य के साथ ब्लैक होल का निर्माण एक क्षरित होते हुए तारे द्वारा नहीं किया जा सकता है। इस (mass range) द्रव्यमान क्षेत्रीय विस्तरण को " मास गैप अर्थात द्रव्यमान रिक्तता /अंतराल" कहा जाता है।

ब्लैक होल द्रव्यमान क्षेत्रीय विस्तरण के दूसरी ओर "सुपरमैसिव ब्लैक होल" होता है, जिनका द्रव्यमान सूर्य से सैकड़ों-हजारों की गुना अधिक होता है। हमारी अपनी मिल्की-वे आकाशगंगा के केंद्र में सूर्य के द्रव्यमान का 4 मिलियन गुना अधिक ब्लैक होल है। वास्तव में इन दैत्याकार ब्लैक होल की उत्पत्ति होती कैसे है, यह अभी तक एक रहस्य बना हुआ है।

तारकीय द्रव्यमान और सुपरमैसिव (अधिनव) ब्लैक होल के बीच, "मध्यवर्ती द्रव्यमान ब्लैक होल"(IMBH) का वह एक रहस्यमयी क्षेत्र है, जिसमें 100 से लेकर 100,000 तक के द्रव्यमान वाले सूर्य हैं। आज तक "मध्यवर्ती द्रव्यमान वाले ब्लैक होल" (IMBH) का कोई स्पष्ट अवलोकन नहीं हुआ है।

## GW190521 की विशिष्टताएँ:

- अवशिष्ट ब्लैक होल का द्रव्यमान सूर्य के द्रव्यमान से 100 गुना अधिक है जो इसे गुरुत्वाकर्षण तरंग खगोल विज्ञान के अन्तर्गत जिसे IMBH के द्वारा सर्वप्रथम देखा गया।
- सूर्य के द्रव्यमान का 85 गुना द्रव्यमान वाला ब्लैक होलजोकि निषिद्ध द्रव्यमान अंतराल के दायरे में होता है। वह ब्रह्मांड में बड़े पैमाने पर ब्लैक होल के गठन के एक वैकल्पिक तरीके की ओर इंगित करता है - संभवतः जहाँ एक विशेष वातावरण में छोटे ब्लैक होल के युग्म के बीच लगातार संघट्टन होता है ठीक वैसे ही जैसे कि गोलाकार समूह के साथ कई ब्लैक होल के मध्य होता है।

## GW190521 के गुरुत्वीयबल का परीक्षण:

GW190521 संकेत ने विशेष रूप से सापेक्षता के सामान्य सिद्धांत का परीक्षण करने का एक अनूठा अवसर प्रदान किया और विलय और संकेत के स्थिर होने की प्रक्रिया का परीक्षण किया। गुरुत्वाकर्षण के वैकल्पिक सिद्धांतों से अनुमानित संकेत की अतिरिक्त विशेषताओं की खोज के लिए परीक्षण किए गए थे। GW190521 का अवलोकन आइंस्टीन द्वारा सापेक्षता के सामान्य सिद्धांत द्वारा दी गई भौतिकी के अनुरूप पाया गया।

## LIGO- भारत के महत्वपूर्ण स्रोत :

LIGO- भारत ऐसे विशाल बायनेरिज़ के स्रोत गुणों के बारे में अधिक जानने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाएगा जो पृथ्वी पर अन्य संसूचकों के सापेक्ष इसकी भौगोलिक स्थिति के कारण, LIGO- भारत के सघन बाइनरी ब्लैक होल विलय की घटनाओं के अधिक सटीक स्थानीयकरण को सक्षम करेगा। इसके अलावा, संसूचक नेटवर्क में एक और संसूचक जोड़ने से इसका नेटवर्क आइंस्टीन के गुरुत्वाकर्षण के सिद्धांत को और भी अधिक सटीक और गहनता से परखने में मदद करेगा।

## ऐसे अविष्कारों के प्रति भारतीय योगदान :

IIT बॉम्बे से गुरुत्वाकर्षण तरंग अनुसंधान समूह, LIGO- Virgo के निर्दिष्टों (डेटा) में मध्यवर्ती बड़े पैमाने पर ब्लैक होल अनुसंधान में महत्वपूर्ण भूमिका निभा रहा है और साथ ही साथ LIGO-VIrgo वैज्ञानिकों एवम उनके सहयोगियों के सहयोग के के साथ पहली बार देखे जा रहे हैं।

यह समूह GW190521 घटना का पता लगाने के अध्ययन में शामिल था। कमजोर गुरुत्वीय तरंग संकेत की खगोलीय प्रकृति की पुष्टि करने के लिए, वैज्ञानिक अध्ययन करते हैं और इस संभावना का आकलन करते हैं कि शोर संकेत का अनुगूँज हो रहा है या नहीं। समूह मिलान फ़िल्टरिंग खोज में GW190521 के पता लगाने के महत्व का आकलन करने के लिए इस तरह के अध्ययन में शामिल था। इसके अलावा समूह ने मध्यवर्ती द्रव्यमान ब्लैक होल के अंतरिक्षीय मापदंडो में विभिन्न खोजों की दूरी के पहुंच का आकलन करने में योगदान दिया। IIT गांधीनगर में अनुसंधान समूह LIGO-Virgo वैज्ञानिकों के साथ तीसरे अवलोकन क्रम में ब्लैक होल का पता लगाने के लिए उपयोग किए जाने वाले फिल्टर बैंक को विकसित करने में शामिल था।

## एक समृद्ध धरोहर:

भारतीय वैज्ञानिकों ने पिछले तीन दशकों में गुरुत्वाकर्षण-तरंग विज्ञान में अग्रणी योगदान दिया है। विशेष रूप से, उन्होंने व्याख्या में कई आइंस्टीन के समीकरणों को हल करके, GW संकेतों के सैद्धांतिक तरंगों की गणना में, कई संसूचकों से शोर निर्दिष्टों (डेटा) में बायनेरिज़ को प्रेरित करने के लिए महत्वपूर्ण मौलिक एल्गोरिदम की व्यख्या में योगदान दिया है। इसके अलावा संयुक्त गुरुत्वाकर्षण-तरंग और गामा-किरण अवलोकन, आइंस्टीन के सिद्धांत और निर्दिष्टों के विश्लेषण के कई अन्य पहलुओं के परीक्षण भी शमिल हैं।

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

---

## ADDITIONAL GRAPHICS

1. Masses in the stellar graveyard (in solar masses)
   Click here for full resolution image

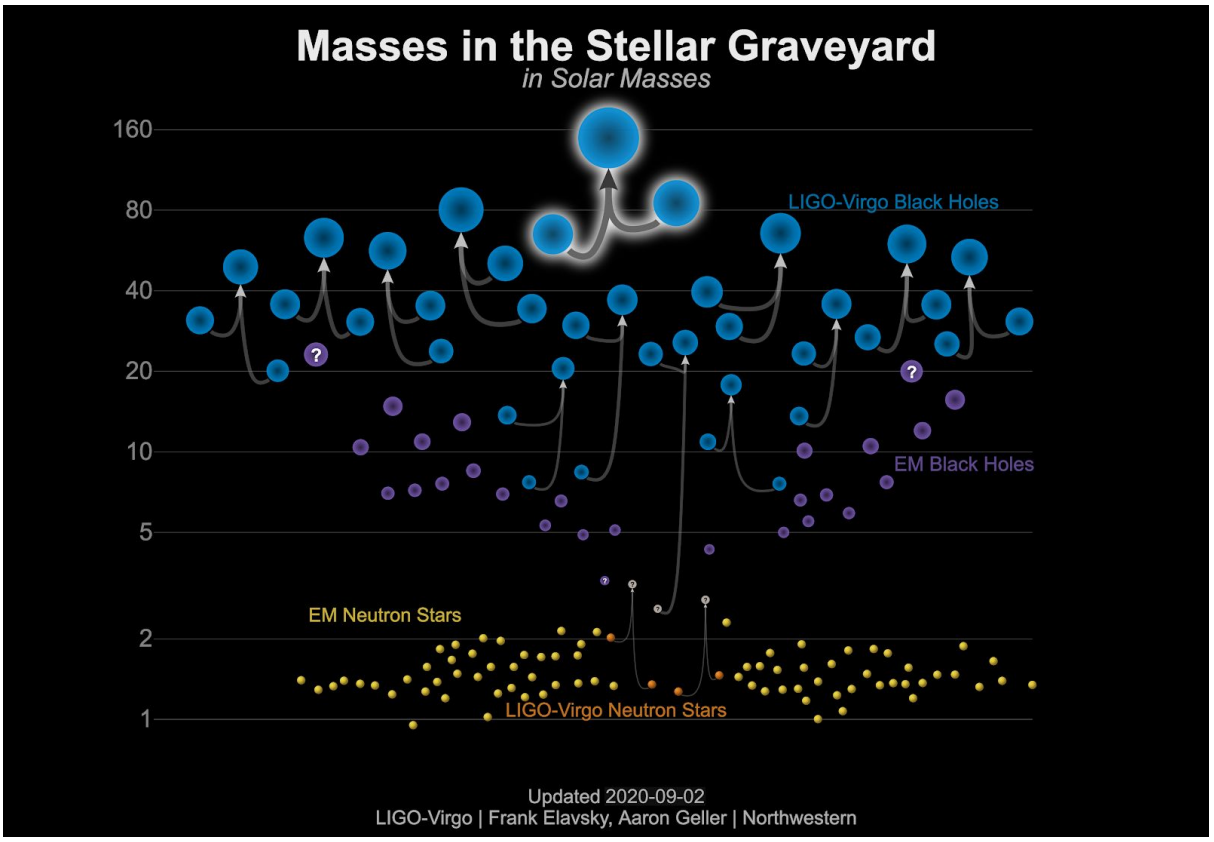
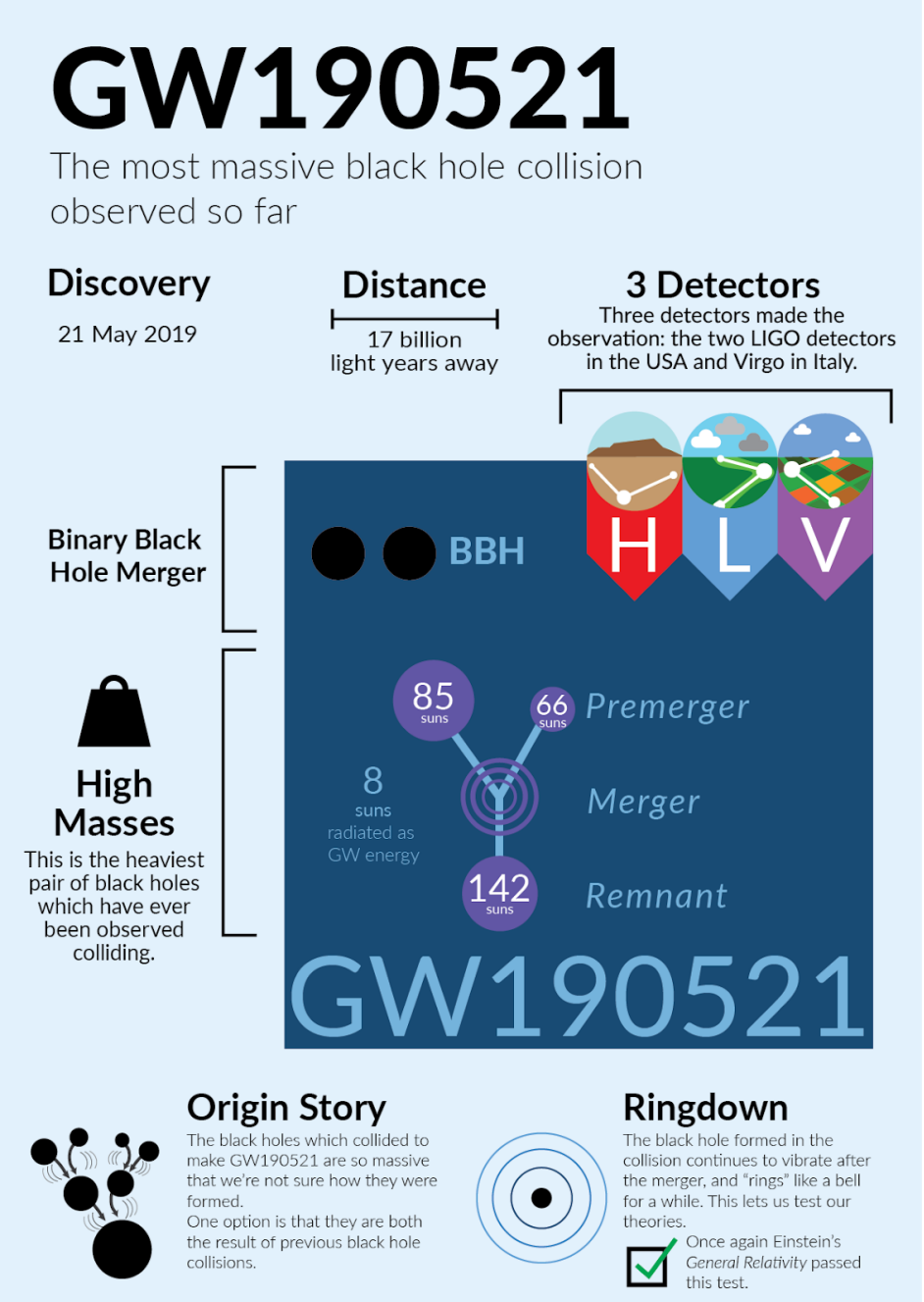



Image caption: This graphic shows the masses of black holes detected through electromagnetic observations (purple), black holes measured by gravitational-wave observations (blue), neutron stars measured with electromagnetic observations (yellow), and neutron stars detected through gravitational waves (orange). GW190521 is highlighted in the middle of the graphic as the merger of two black holes that produced a remnant that is the most massive black hole observed yet in gravitational waves.
[Image credit: LIGO-Virgo/Northwestern U./Frank Elavsky & Aaron Geller]

2. GW190521 Infographic
[Click here for full resolution image]




[Credit LVC/Daniel Williams]

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

**DCSEM - Directorate of Construction, Services and Estate Management, Mumbai**

**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, 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

**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**
Arnab Dasgupta Email: arnabdasg@ipr.res.in; Tel: 8306098020

**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

**SINP - Saha Institute of Nuclear Physics, Kolkata**
Arunava Mukherjee Email: arunava.mukherjee@saha.ac.in, Tel. 8317813612

**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**
Dr. Yogesh Verma E-mail: yogesh@rrcat.gov.in, Tel: 0731 2442627