# GW250114: अब तक का सबसे स्पष्ट गुरुत्वीय-तरंग संकेत

**12 नवंबर 2026:** द हिंदू की रिपोर्ट के अनुसार गुरुत्वीय-तरंग खगोल विज्ञान अब अपने "सांख्यिकीय युग" में प्रवेश कर रहा है। इस यात्रा का नवीनतम मील का पत्थर **GW250114** है - अब तक दर्ज किया गया सबसे स्पष्ट गुरुत्वीय-तरंग संकेत, जिसे 14 जनवरी 2025 को अमेरिका के दो LIGO प्रेक्षणालयों ने पकड़ा था।

### GW250114 क्या है?

- **तिथि व स्थान:** 14 जनवरी 2025 को अमेरिका के जुड़वां LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) डिटेक्टरों - हैनफोर्ड (वाशिंगटन) और लिविंगस्टन (लुइज़ियाना) - ने संकेत दर्ज किया। उस समय इटली का Virgo और जापान का KAGRA डिटेक्टर संचालन में नहीं थे।
- **घटना:** पृथ्वी से लगभग **1.3 अरब प्रकाश-वर्ष** दूर दो ब्लैक होल - एक सूर्य से करीब 34 गुना (33.6) और दूसरा करीब 32 गुना (32.2) द्रव्यमान का - आपस में टकराकर एक हो गए।
- **परिणामी ब्लैक होल:** विलय के बाद बने ब्लैक होल का द्रव्यमान लगभग **62.7 सौर द्रव्यमान** रहा; शेष ऊर्जा गुरुत्वीय तरंगों के रूप में विकरित हुई।
- **अब तक का सबसे स्पष्ट संकेत:** संकेत-शोर अनुपात (SNR) लगभग 80 रहा - अब तक का उच्चतम; पिछला रिकॉर्ड लगभग 42 था। यही स्पष्टता इसे वैज्ञानिक परीक्षणों के लिए विशेष बनाती है।

### हॉकिंग का क्षेत्र-प्रमेय सत्यापित

- LIGO, Virgo और KAGRA सहयोग समूहों ने **10 सितंबर 2025** को Physical Review Letters में विश्लेषण प्रकाशित किया।
- स्टीफन हॉकिंग के **1971 के ब्लैक होल क्षेत्र-प्रमेय** (ब्लैक होल यांत्रिकी का दूसरा नियम) के अनुसार दो ब्लैक होल के विलय में अंतिम ब्लैक होल का कुल पृष्ठीय क्षेत्रफल शुरुआती दोनों के योग से कम नहीं हो सकता।
- रिंगडाउन (विलय के बाद अंतिम ब्लैक होल का बजती घंटी की तरह कंपन) चरण के मापन से: शुरुआती दो ब्लैक होल का संयुक्त क्षेत्रफल करीब **2.4 लाख वर्ग किलोमीटर** (लगभग ब्रिटेन के आकार का) था, जबकि अंतिम ब्लैक होल का करीब **4 लाख वर्ग किलोमीटर** (लगभग स्वीडन के आकार का) - प्रमेय की सबसे सटीक प्रायोगिक पुष्टि।
- विश्लेषण ने अंतिम ब्लैक होल की **केर प्रकृति** (केवल द्रव्यमान व घूर्णन से परिभाषित ब्लैक होल) की जांच भी की - परिणाम आइंस्टीन के सामान्य सापेक्षता सिद्धांत से सुसंगत रहे।

### गुरुत्वीय तरंगें: संक्षिप्त पृष्ठभूमि

- गुरुत्वीय तरंगें स्पेसटाइम (स्थान-काल) में उत्पन्न लहरें हैं, जो ब्लैक होल या न्यूट्रॉन तारों जैसे अत्यंत भारी पिंडों के तीव्र त्वरण से बनती हैं।
- वैज्ञानिकों ने पहली बार **2015 में** (संकेत GW150914, 14 सितंबर 2015) गुरुत्वीय तरंगों का पता लगाया था - सितंबर 2025 में इस खोज के दस वर्ष पूरे हुए।
- दस वर्षों के डिटेक्टर सुधार के बाद वैज्ञानिक अब सैकड़ों ब्लैक होल विलयों का अध्ययन कर ब्लैक होल के निर्माण, द्रव्यमान-वितरण और सामान्य सापेक्षता की परीक्षण क्षमता जैसे प्रश्नों के उत्तर खोज रहे हैं।

### LIGO-India: भारत की भूमिका

- केंद्रीय मंत्रिमंडल ने **अप्रैल 2023** में लगभग **2,600 करोड़ रुपये** की लागत से LIGO-India परियोजना को मंजूरी दी; निर्माण **2030 तक** पूरा होने की उम्मीद है।

- स्थल: **महाराष्ट्र के हिंगोली जिले** (औंढा क्षेत्र) - लगभग 174 एकड़ भूमि अधिग्रहित।
- परियोजना: परमाणु ऊर्जा विभाग (DAE) और विज्ञान-प्रौद्योगिकी विभाग (DST) द्वारा, अमेरिकी नेशनल साइंस फाउंडेशन से समझौता-ज्ञापन के साथ; अमेरिका करीब 560 करोड़ रुपये के प्रमुख घटक उपलब्ध कराएगा।
- यह दुनिया का **तीसरा उन्नत LIGO-प्रेक्षणालय** होगा, जो अमेरिका के दोनों LIGO के साथ मिलकर काम करेगा और स्रोतों का आकाशीय स्थान अधिक सटीकता से निर्धारित करने में मदद करेगा।

### परिचय: UPSC-PCS परीक्षा की दृष्टि से

- **सिलेबस लिंक:** सामान्य अध्ययन - विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी (अंतरिक्ष, बुनियादी भौतिकी, अंतर्राष्ट्रीय वैज्ञानिक सहयोग)।
- **कुंजी:** GW250114 = 14 जनवरी 2025 का संकेत; पहली गुरुत्वीय-तरंग खोज 2015; LIGO-India = हिंगोली, महाराष्ट्र (2030 लक्ष्य)।
- **संभावित भ्रम:** GW250114 स्वयं 2025 का संकेत है - यह 12 नवंबर 2026 की समीक्षा-रिपोर्ट का विषय है, नई खोज नहीं।

### क्विज़: ज्ञान परखें

**प्रश्न 1: GW250114 गुरुत्वीय-तरंग संकेत कब दर्ज किया गया?**

(a) 14 सितंबर 2015
(b) 14 जनवरी 2025
(c) 10 सितंबर 2025
(d) 12 नवंबर 2026

**उत्तर और व्याख्या:** (b) जुड़वां LIGO डिटेक्टरों ने GW250114 को 14 जनवरी 2025 को दर्ज किया; 14 सितंबर 2015 पहली गुरुत्वीय-तरंग खोज (GW150914) की तिथि है और 10 सितंबर 2025 को विश्लेषण-पत्र प्रकाशित हुआ।

**प्रश्न 2: GW250114 के विश्लेषण से किस प्रमेय की सबसे सटीक पुष्टि हुई?**

(a) प्लांक का क्वांटम सिद्धांत
(b) हबल का ब्रह्मांड-विस्तार नियम
(c) हॉकिंग का ब्लैक होल क्षेत्र-प्रमेय
(d) पाउली का अपवर्जन सिद्धांत

**उत्तर और व्याख्या:** (c) हॉकिंग के 1971 के क्षेत्र-प्रमेय के अनुसार विलय में ब्लैक होल का कुल क्षेत्रफल घट नहीं सकता; GW250114 में क्षेत्रफल करीब 2.4 लाख से बढ़कर 4 लाख वर्ग किलोमीटर हुआ।

**प्रश्न 3: LIGO-India प्रेक्षणालय कहाँ स्थापित किया जा रहा है?**

(a) लेह, लद्दाख
(b) हिंगोली, महाराष्ट्र
(c) श्रीहरिकोटा, आंध्र प्रदेश
(d) मौसम, उत्तराखंड

**उत्तर और व्याख्या:** (b) केंद्रीय मंत्रिमंडल ने अप्रैल 2023 में लगभग 2,600 करोड़ रुपये की परियोजना को मंजूरी दी; यह महाराष्ट्र के हिंगोली जिले में 2030 तक बनने की उम्मीद है।

**स्रोत (Sources):**

- The Hindu - Gravitational-wave astronomy is entering its statistical era
- INFN - LIGO-Virgo-KAGRA confirm Stephen Hawking's black hole area theorem
- The Hindu - Cabinet approves LIGO-India, gravitational-wave detector to be built in Maharashtra