गुरुत्त्वाकर्षण तरंगों के नए स्रोत

प्रिलिम्स के लिए:

लीगो, न्यूट्रॉन स्टार-ब्लैकहोल, गुरुत्त्वाकर्षण तरंग

मेन्स के लिए:

गुरुत्त्वाकर्षण तरंगों की उपयोगिता

चर्चा में क्यों?

हाल ही में लीगो वैज्ञानिक सहयोग (LSC) ने न्यूट्रॉन स्टार-ब्लैकहोल (NS-BH) विलय की एक जोड़ी से गुरुत्त्वाकर्षण तरंगों की खोज की है।

- गुरुत्त्वाकर्षण तरंग संसूचकों के एक वैश्विक नेटवर्क का उपयोग करके इन दो वस्तुओं से प्रतिध्वनियों को लिया गया, जो अब तक का सबसे संवेदनशील वैज्ञानिक उपकरण है।
- अब तक लीगो-वर्गो सहयोग (LVC) केवल ब्लैकहोल या न्यूट्रॉन तारों के जोड़े के बीच टकराव का निरीक्षण करने में सक्षम था। NS-BH विलय एक हाइब्रिड संयोग है।

ब्लैकहोल:

- ब्लैकहोल अंतरिक्ष में एक ऐसी जगह है जहाँ गुरुत्त्वाकर्षण इतना अधिक होता है कि प्रकाश भी बाहर नहीं निकल पाता है। यहाँ गुरुत्त्वाकर्षण इतना मज़बूत होता है कि पदार्थ छोटे से स्थान में संपीडित हो जाता है।
- गुरुत्त्वाकर्षण तरंगें तब बनती हैं जब दो ब्लैकहोल एक-दूसरे की परिक्रमा करते हैं और विलीन हो जाते हैं।

न्यूट्रॉन तारे:

- न्यूट्रॉन तारों में उच्च द्रव्यमान तारों के संभावित अंत-बिंदुओं में से एक शामिल होता है।
- एक बार जब तारे का कोर पूरी तरह से लोहे में जल जाता है तो ऊर्जा उत्पादन बंद हो जाता है और कोर तेज़ी से ढह जाता है, इलेक्ट्रॉनों और प्रोटॉन को एक साथ संपीडित कर न्यूट्रॉन और न्यूट्रिनो बनाते हैं।
- न्यूट्रॉन अधोपतन दबाव द्वारा समर्थित एक तारे को 'न्यूट्रॉन स्टार' के रूप में जाना जाता है, जिसे पल्सर के रूप में जाना जाता है यदि इसका चुंबकीय क्षेत्र इसके स्पिन अक्ष के साथ अनुकूल रूप से संरेखित हो।

प्रमुख बिंदु:

गुरुत्त्वाकर्षण तरंगों के बारे में:

- ये अंतरिक्ष में अदृश्य तरंगें हैं जो तब बनती हैं जब:
  - सुपरनोवा में एक तारा फट जाता है।
  - दो बड़े तारे एक-दूसरे की परिक्रमा करते हैं।
  - दो ब्लैक होल विलीन हो जाते हैं।
  - न्यूट्रॉन स्टार-ब्लैकहोल (NS-BH) विलीन हो जाता है।
- वे प्रकाश की गति (1,86,000 मील प्रति सेकंड) से यात्रा करते हैं और अपने रास्ते में आने वाले किसी भी पदार्थ को संपीडित कर सकते हैं।
  - जैसे गुरुत्त्वाकर्षण तरंग अंतरिक्ष-समय के माध्यम से यात्रा करती है, यह इसे एक दिशा में फैलाने और दूसरी दिशा में संपीडित करने का कारण बनती है।
  - अंतरिक्ष-समय के उस क्षेत्र पर कब्ज़ा करने वाली कोई भी वस्तु विस्तृत और संकुचित होती है क्योंकि लहर उनके ऊपर से गुज़रती है,

हालाँकि बहुत कम, जिसे केवल लीगो जैसे विशेष उपकरणों द्वारा ही पता लगाया जा सकता है।

- **सिद्धांत और खोज:**
    - ये सिद्धांत एक सदी से भी पहले अल्बर्ट आइंस्टीन ने अपने 'जनरल थ्योरी ऑफ रिलेटिविटी' में प्रस्तावित किये थे।
    - हालाँकि पहली गुरुत्वाकर्षण तरंग का पता LIGO ने वर्ष 2015 में ही लगा लिया था।

खोज तकनीक:

- जैसे-जैसे **दो सघन और विशाल पिंड एक-दूसरे की परिक्रमा** करते हैं, वे करीब आते हैं और अंत में विलीन हो जाते हैं, क्योंकि **गुरुत्वाकर्षण तरंगों के रूप में ऊर्जा लुप्त** हो जाती है।
- गुरुत्वीय तरंग सिग्नल पृष्ठभूमि (Background) शोर के अंदर गहराई में दबे होते हैं जो सिग्नलों की खोज के लिये **वैज्ञानिक मैचड फिल्टरिंग (Matched filtering)** नामक एक विधि का उपयोग करते हैं।
- इस पद्धति में **आइंस्टीन के सापेक्षता के सिद्धांत द्वारा भविष्यवाणी की गई विभिन्न अपेक्षित गुरुत्वाकर्षण तरंगों** की तुलना डेटा के विभिन्न हिस्सों से की जाती है ताकि एक मात्रा का उत्पादन किया जा सके जो यह दर्शाता है कि डेटा में संकेत (यदि कोई हो) किसी एक तरंग के साथ मेल खाता है।
- जब भी यह **मैच (तकनीकी शब्दों में "सिग्नल-टू-शोर अनुपात" या एसएनआर) महत्त्वपूर्ण (8 से बड़ा) होता** है, तो एक घटना का पता लगाया जाता है।
- लगभग एक साथ हज़ारों किलोमीटर द्वारा अलग किये गए **कई डिटेक्टरों में एक घटना का अवलोकन** करने से वैज्ञानिकों का यह विश्वास बढ़ जाता है कि संकेत खगोलीय उत्पत्ति का है।

खोज का महत्त्व:

- एक न्यूट्रॉन तारे की सतह होती है तथा इसमें ब्लैकहोल नहीं होता है। एक न्यूट्रॉन तारा सूर्य के द्रव्यमान के लगभग 1.4-2 गुना है, जबकि ब्लैकहोल बहुत अधिक विशाल है। व्यापक रूप से असमान विलय के बहुत ही रोचक प्रभाव हैं जिनका पता लगाया जा सकता है।
    - डेटा का उल्लेख करते हुए कि वे कितनी बार विलय करते हैं, हमें उनकी उत्पत्ति और उनके गठन के बारे में भी प्रमाण मिलेगा।
- ये अवलोकन हमें ऐसे **बायनेरिज़ के गठन और सापेक्ष बहुतायत** को समझने में मदद करते हैं।
    - **न्यूट्रॉन तारे ब्रह्मांड में सबसे घने पिंड हैं,** इसलिये ये निष्कर्ष हमें अत्यधिक घनत्व पर पदार्थ के व्यवहार को समझने में भी मदद कर सकते हैं।
    - **न्यूट्रॉन तारे ब्रह्मांड में सबसे सटीक 'घड़ियाँ' भी हैं, यदि वे अत्यंत आवधिक काल का उत्सर्जन करते हैं।**
    - ब्लैकहोल के चारों ओर घूमने वाले पल्सर की खोज से **वैज्ञानिकों को अत्यधिक गुरुत्वाकर्षण** के तहत प्रभावों की **जाँच करने में मदद** मिल सकती है।

लीगो वैज्ञानिक सहयोग:

- इसकी स्थापना वर्ष 1997 में हुई थी और वर्तमान में इसमें 100 से अधिक संस्थान तथा पूरे विश्व के 18 देशों के 1000 से अधिक वैज्ञानिक शामिल हैं।
- यह वैज्ञानिकों का एक समूह है जो गुरुत्वाकर्षण तरंगों का प्रत्यक्ष पता लगाने पर ध्यान केंद्रित करता है, उनका उपयोग गुरुत्वाकर्षण के मौलिक भौतिकी का पता लगाने और खगोलीय खोज के उपकरण के रूप में गुरुत्वाकर्षण तरंग विज्ञान के उभरते क्षेत्र को विकसित करने के लिये करता है।
- **लीगो वेधशालाएँ:** लीगो से संबंधित अध्ययन को हनफोर्ड (वाशिंगटन), लिविंगस्टन (लुइसियाना) और हनोवर (जर्मनी) में स्थित वेधशालाओं में अंजाम दिया जाता है।
- **अन्य वेधशालाएँ:**
    - **VIRGO:** यह इटली में पीसा के पास स्थित है। इसका सहयोग वर्तमान में बेल्जियम, फ्राँस, जर्मनी, हंगरी, इटली, नीदरलैंड, पोलैंड और स्पेन सहित 14 विभिन्न देशों में 119 संस्थानों के लगभग 650 सदस्यों से है।
    - **कामिओका ग्रेविटेशनल वेव डिटेक्टर (KAGRA):** यह कामिओका, गिफू, जापान में स्थित है। इसकी मेज़बान संस्थान टोक्यो विश्वविद्यालय में स्थित कॉस्मिक रे रिसर्च संस्थान (ICRR) है।
        - यह व्यतिकरणमापी (Interferometer) भूमिगत है और क्रायोजेनिक दर्पणों (Cryogenic Mirror) का उपयोग करता है। इसकी 3 किमी. भुजाएँ हैं।

लीगो-इंडिया प्रोजेक्ट

- **लीगो इंडिया वेधशाला** (LIGO India Observatory) का कार्य वर्ष 2024 में पूरा होना निर्धारित है और इसे महाराष्ट्र के हिंगोली ज़िले में बनाया जाएगा।
- यह विश्वव्यापी नेटवर्क के हिस्से के रूप में भारत में स्थित एक नियोजित उन्नत गुरुत्वीय लहर (Gravitational Wave) वेधशाला है।
    - लीगो परियोजना तीन गुरुत्वीय लहर डिटेक्टरों को संचालित करती है।
    - दो वाशिंगटन राज्य (उत्तर-पश्चिमी संयुक्त राज्य अमेरिका) के हनफोर्ड में स्थित हैं और एक लुइसियाना (दक्षिण-पूर्वी संयुक्त राज्य अमेरिका) के लिविंगस्टन में स्थित है।
- लीगो इंडिया प्रोजेक्ट, **लीगो प्रयोगशाला** (LIGO Laboratory) और **लीगो इंडिया कंसोर्टियम** (LIGO-India Consortium) में तीन प्रमुख संस्थानों (प्लाज़्मा अनुसंधान संस्थान, गांधीनगर; आईयूसीएए, पुणे और राजा रमन्ना सेंटर फॉर एडवांस्ड टेक्नोलॉजी, इंदौर) के बीच एक अंतर्राष्ट्रीय सहयोग है।

- इससे आकाशीय स्थानीयकरण (Localisation) में उल्लेखनीय सुधार होगा।
- इससे वदि्युत चुंबकीय दूरबीनों का उपयोग करके दूर के स्रोतों के अवलोकन की संभावना बढ़ जाती है जो बदले में हमें अधकि सटीक माप देगा कि ब्रह्मांड कतिनी तेज़ी से वसि्तार कर रहा है।

स्रोत: इंडियन एक्स्प्रेस

PDF Refernece URL: https://www.drishtiias.com/hindi/printpdf/new-source-of-gravitational-waves-discovered