

# आखिर गुरुत्व तरंगें पकड़ी गईं

डॉ. सुशील जोशी

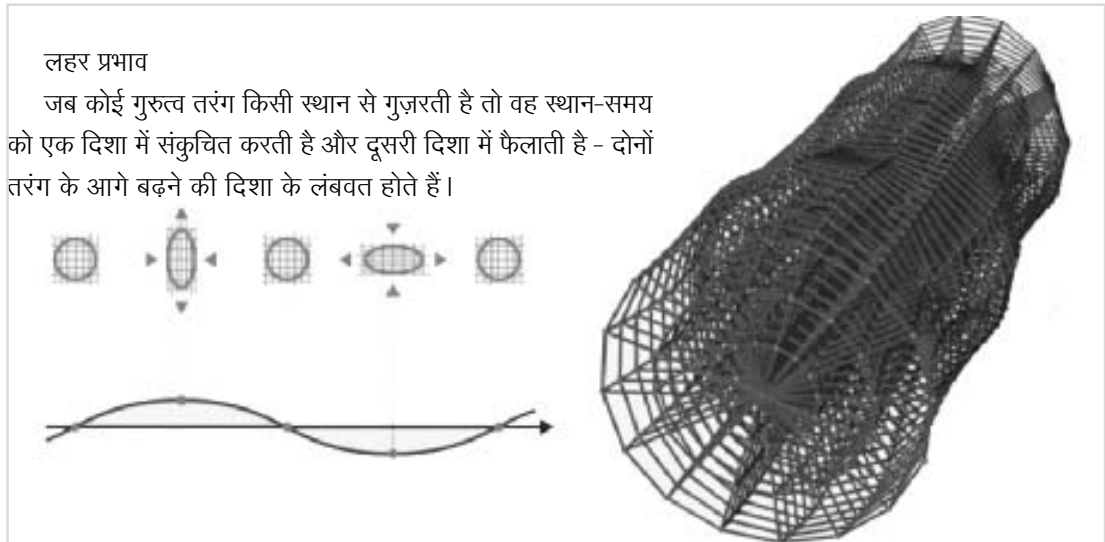
“देवियों और सज्जनों, हमने गुरुत्व तरंगों को पकड़ लिया है।” लिगो (LEGO) प्रयोगशाला के कार्यकारी निदेशक डेविड राइटज़ द्वारा 11 फरवरी के दिन एक पत्रकार वार्ता में की गई यह घोषणा 100 साल पहले शुरू हुई भौतिकी क्रांति का एक महत्वपूर्ण पड़ाव है। दरअसल, 1915 में अपने एक युगांतरकारी शोध पत्र में अल्बर्ट आइंस्टाइन ने सामान्य सापेक्षता का सिद्धांत प्रतिपादित किया था। इस सिद्धांत ने गुरुत्वाकर्षण की एक सर्वथा नई व्याख्या प्रस्तुत की थी। और इसी सिद्धांत का तकाज़ा था कि ब्रह्मांड में गुरुत्वीय तरंगें मौजूद होनी चाहिए। लिगो प्रयोगशाला द्वारा गुरुत्व तरंगों की खोज सामान्य सापेक्षता के सिद्धांत द्वारा की गई भविष्यवाणी को सही ठहराती है और इस सिद्धांत को और ठोस धरातल प्रदान करती है। लिगो एक अंतर्राष्ट्रीय प्रयास है जिसमें दुनिया भर के करीब 1000 वैज्ञानिक शामिल हैं।

## क्या हैं गुरुत्वीय तरंगें

आइंस्टाइन के सामान्य सापेक्षता सिद्धांत के मुताबिक

पूरा ब्रह्मांड स्थान और समय के ताने-बाने से बुनी हुई एक चादर है। इसमें जहां कहीं भी कोई विशाल पिंड होता है, वह इस ताने-बाने में यानी स्थान-समय (space-time) में विकृति पैदा करता है, इसे मरोड़ देता है। अर्थात किसी भी विशाल पिंड के आसपास का स्थान-समय सपाट न होकर उबड़-खाबड़ हो जाता है। अब कोई भी अन्य वस्तु इस मरोड़े हुए स्थान-समय में से गुज़रेगी तो वह उसकी ज्यामिती के अनुसार गति करेगी।

इस विचार का एक अनिवार्य परिणाम यह निकलता है कि यदि किसी विशाल पिंड में त्वरण पैदा होगा तो वह स्थान-समय की चादर में लहरें पैदा करेगा। ये लहरें ही गुरुत्व तरंगें हैं। जब भी कोई पिंड दूसरे की परिक्रमा करता है या दो पिंड एक-दूसरे की परिक्रमा करते हैं तो स्वाभाविक है कि उनमें त्वरण है। ऐसे पिंड गुरुत्व तरंगें पैदा करते हैं। जब पृथ्वी सूर्य की परिक्रमा करती है तो वह भी गुरुत्व तरंगें पैदा करती है और सूर्य भी। ये ब्रह्मांड में दूर-दूर तक जाएंगी। मतलब यह कि यदि सामान्य सापेक्षता का सिद्धांत सही है तो हमें इन गुरुत्व तरंगों को पकड़ पाना चाहिए।



जब गुरुत्व तरंगें आगे बढ़ती हैं तो उनका प्रभाव यह होता है कि स्थान-समय क्रमिक रूप से सिकुड़ता और फैलता है और यह सिकुड़ना-फैलना तरंग के आगे बढ़ने की दिशा के लंबवत दिशा में होता है। अलबत्ता, यह परिवर्तन बहुत ही कम होता है। या दूसरे शब्दों में ये तरंगें बहुत दुर्बल होती हैं।

सामान्य सापेक्षता का सिद्धांत कई अन्य कसौटियों पर खरा उतरा है। मगर गुरुत्व तरंगों को पकड़ने में नाकामी ही हाथ लगती रही है। इसका एक कारण यह है कि ये अत्यंत दुर्बल होती हैं और अपने मूल स्थान-समय से आगे बढ़ने पर और भी दुर्बल हो जाती हैं।

### प्रयास-दर-प्रयास

इतनी दुर्बल तरंगों को पकड़ना आसान काम नहीं है। वैसे भी ब्रह्मांड में तमाम किस्म की गतिविधियों के चलते तमाम किस्म की उथल-पुथल होती रहती है। इस शोर में से यह पहचान पाना कि जो कुछ आप देख-सुन रहे हैं, वह गुरुत्व तरंग है, आसान नहीं है।

सबसे पहले 1974 में परोक्ष रूप से गुरुत्व तरंगों को पकड़ने में सफलता और नोबेल पुरस्कार मिले थे। खगोल शास्त्री रसेल हुल्से और जोसेफ टेलर ने एक जोड़ी पल्सर की खोज की थी। पल्सर मृत तारे होते हैं जो स्पंदनों के रूप में रेडियो तरंगें छोड़ते हैं। हुल्से व टेलर ने समझ लिया कि ये दो पल्सर कुंडलाकार पथ पर एक-दूसरे की ओर बढ़ते हुए ऊर्जा का ह्रास कर रहे हैं। ऊर्जा का यह ह्रास हूबहू आइंस्टाइन के सिद्धांत पर आधारित गणनाओं से मेल खाता था। ऐसा माना जाता है कि इस तरह ह्रासित ऊर्जा गुरुत्व तरंगों के रूप में उत्सर्जित होती हैं। मतलब उन्होंने कुछ अवलोकनों के आधार पर गुरुत्व तरंगों की मौजूदगी का निष्कर्ष निकाला था, उन्हें प्रत्यक्ष देखा नहीं था।

इसके बाद अंटार्कटिका स्थित बाइसेप-2 दूरबीन पर काम कर रहे शोधकर्ताओं ने 2014 में घोषणा की थी कि उन्होंने ठेठ बिग बैंग के ज़माने में पैदा हुई गुरुत्व तरंगों को पकड़ा है। इस घोषणा को लेकर काफी हंगामा हुआ था मगर बाद में इस टीम ने पाया था कि उसने कुछ अन्य

प्रभावों को ध्यान में नहीं रखा था और अपने दावे को वापिस ले लिया था।

### लिगो टीम का दावा

लिगो का पूरा नाम है लेज़र इंटरफरोमेट्री ग्रेविटेशनल वेव ऑब्ज़रवेटरी (लेज़र व्यक्तिक्रममापी गुरुत्व तरंग वेधशाला)। यह व्यवस्था दरअसल एक-दूसरे से करीब 3000 कि.मी. की दूरी पर स्थित दो उपकरणों से बनी है। ये स्थान हैं लुइसियाना में लिर्विंगस्टन और वॉशिंगटन में हैनफोर्ड। यहां लेज़र की मदद से स्थान-समय में होने वाले अति-सूक्ष्म उतार-चढ़ाव को पकड़ने की कोशिश की जाती है। लिगो के इन दो डिटेक्टरों में 4-4 किलोमीटर लंबी निर्वात नलियां हैं। इनके दोनों सिरों पर दर्पण लगे हैं। लेज़र पुंज को लगातार इन दर्पणों के बीच परावर्तित करके प्रेषित किया जाता है। यदि कोई गुरुत्व तरंग इस नली में से होकर गुज़रेगी तो वह नली को थोड़ा संकुचित करेगी और फैलाएगी। जिसकी वजह से लेज़र पुंज थोड़ा-सा विचलित होगा और वहां मौजूद उपकरण इस हल्के से विचलन को पकड़ लेंगे। लिगो उपकरण स्थान-समय में एक प्रोटॉन के 10,000 वें भाग का अंतर पकड़ने के लिए तैयार था। 14 सितंबर 2015 के दिन जो देखा गया वह था स्थान-समय में प्रोटॉन के मात्र 1000 वें भाग के बराबर परिवर्तन।

डिटेक्टर ने एक संकेत को पकड़ा। यह संकेत था कि दूर कहीं दो ब्लैक होल एक-दूसरे का चक्कर काटते-काटते आपस में विलीन हो गए हैं। लिगो से जुड़े वैज्ञानिकों ने तय किया कि तुरंत कोई घोषणा नहीं की जाएगी। पहले संकेतों को परखा जाएगा। एक महीने तक और आंकड़े जुटाने की कोशिश होगी। इसके बाद सुपर कंप्यूटरों की मदद से आंकड़ों का विश्लेषण किया जाएगा और फिर अन्य खगोलीय अवलोकनों के आंकड़ों के साथ रखकर सत्यता की जांच की जाएगी।

यह सब करते-करते पूरे पांच माह बीते - 14 सितंबर से 11 फरवरी। विश्लेषण का एक बिंदु यह था कि इस संकेत की तुलना उपकरणों में होने वाले सामान्य शोरगुल से की जाए। शोधकर्ताओं ने विश्लेषण के बाद निष्कर्ष

निकाला कि यह संकेत मात्र संयोग से होने की संभावना बहुत कम है - 2 लाख वर्षों में एकाध बार ही ऐसा संयोग से हो सकता है। दूसरा बिंदु यह था कि लिविंगस्टन और हैनफोर्ड में प्राप्त संकेतों की तुलना करना। ये दोनों संकेत ठीक उतने ही समय के अंतराल पर आए थे जितनी कि अपेक्षा थी - लिविंगस्टन में पहले और हैनफोर्ड में उसके 7 मिलीसेकंड बाद। आगे विश्लेषण से यह भी स्पष्ट हुआ कि आंकड़े सामान्य सापेक्षता सिद्धांत के आधार पर की गई गणनाओं से पूरी तरह मेल खाते हैं। अंततः 11 फरवरी को वह ऐतिहासिक पत्रकार वार्ता हुई जहां गुरुत्व तरंगों को देखे जाने की घोषणा की गई।

विश्लेषण से पता चला है कि 14 सितंबर को जो संकेत रिकॉर्ड हुआ था वह हमसे करीब 1.3 अरब प्रकाश वर्ष दूर से आया था। इतनी दूर दो ब्लैक होल एक-दूसरे में समा गए हैं और इस घटना से उपजी गुरुत्व तरंगों को लिगो ने देखा है। इसका मतलब है कि वह घटना 1.3 अरब वर्ष पहले हुई थी। तरंगों के विश्लेषण से यह भी अनुमान लगा लिया गया है कि इन दो ब्लैक होल्स में से एक हमारे सूरज से 36 गुना अधिक भारी था तथा दूसरा 29 गुना। जब इनका विलय हुआ तो एक नया ब्लैक होल बना जिसका भार हमारे सूरज से मात्र 62 गुना है। जो 3 सौर द्रव्यमान

के बराबर मात्रा गुम हुई है वही गुरुत्व तरंगों की ऊर्जा के रूप में प्रकट हुआ है। दरअसल जब ऐसे दो विशाल पिंड एक-दूसरे की परिक्रमा करते हैं तो वे अपनी ऊर्जा गंवाते हैं, जिसकी वजह से वे और पास आते जाते हैं और एक समय पर एक-दूसरे में विलीन हो जाते हैं।

## आगे क्या?

जैसा कि ऊपर कहा गया, लिगो द्वारा गुरुत्व तरंगों के अवलोकन से 100 साल पुराने सामान्य सापेक्षता के सिद्धांत की पुष्टि हुई है जो वैसे तो आज तक हर मामले में सही साबित हुआ है। दूसरा, यह पहली बार है कि ब्लैक होल्स का विलय देखा गया है। इन अवलोकनों के आधार पर वैज्ञानिकों को लग रहा है कि ऐसी घटनाएं अपेक्षा से कहीं ज़्यादा आम हैं। तीसरी बात, आज तक खगोल शास्त्रीय अवलोकनों में विभिन्न किस्म के विकिरणों (दृश्य प्रकाश, पराबैंगनी प्रकाश, अवरक्त प्रकाश, सूक्ष्म तरंगों वगैरह) का उपयोग किया जाता है। लिगो की सफलता ने इनमें गुरुत्व तरंगों को भी शामिल कर दिया है।

सभी मान रहे हैं कि लिगो टीम की यह खोज नोबेल पुरस्कार की हकदार है, देखना सिर्फ इतना है कि यह सम्मान कब और किस-किसको मिलता है। (**स्रोत फीचर्स**)