

गुरुत्व तरंगों की खोज

जयंती प्रसाद

(गुरुत्वीय तरंगों की इस खोज परियोजना में संसार भर के 1012 वैज्ञानिक लगे हैं जिनमें भारत के 30 हैं। हमारे लिये यह गौरव का विषय है कि इनमें इस लेख के लेखक डॉ. जयंती प्रसाद भट्ट के रूप में उत्तराखण्ड का भी एक युवा वैज्ञानिक सम्मिलित है। रुद्रप्रयाग जिले के ददुवा नामक एक छोटे से गाँव में 30 जून 1977 को जन्मे जयंती प्रसाद ने अपनी प्रारम्भिक शिक्षा रुद्रप्रयाग में ही प्राप्त की। 1998 में वे हेमवती नन्दन बहुगुणा गढ़वाल विश्वविद्यालय से भौतिक विज्ञान में एम.एस.सी. हुए। फिर उन्होंने बी.एड. किया। कुछ दिनों तक एक विद्यालय में पढ़ाया भी। उसके बाद उन्हें अपने कार्य की दिशा मिली और वे इलाहाबाद स्थित सम्माननीय संस्थान हरिचन्द्र रिसर्च इंस्टीट्यूट पहुँच गये। उन्होंने दो बार नेट परीक्षा उत्तीर्ण की यद्यपि उसका उपयोग नहीं किया। सन् 2009 में आस्ट्रेलिया ऑफ ग्रेविटेशनल क्लस्टरिंग विषय पर प्रो. जसजीत सिंह बागला के निर्देशन में वे पीएच.डी. हुए। पुणे स्थित टाटा इंस्टीट्यूट ऑफ फंडामेंटल रिसर्च के अंतर्गत नेशनल सेंटर फॉर रेडियो ऐस्ट्रोफिजिक्स National center for Radio Astrophysic ATIFR में वे दो वर्ष तथा बाद में प्रसिद्ध वैज्ञानिक प्रो. जयन्त नारलीकर के इंटर युनिवर्सिटी सेंटर फॉर ऐस्ट्रोनोमी एंड एस्ट्रोफिजिक्स, में पाँच वर्ष तक पोस्ट डाक्टरेल रिसर्च में संलग्न रहे। संप्रति सावित्री बाई फुले पुणे विश्वविद्यालय के सेंटर फॉर मॉडेलिंग एण्ड साइम्यूलेशन के साथ सम्बद्ध होकर अपना शोध कार्य कर रहे हैं। विज्ञान परिचर्चा परिवार डॉ. जयन्ती प्रसाद को उनके उज्ज्वल भविष्य के लिये शुभकामनाएँ देता है और आशा करता है कि वे तथा उनके जैसे अन्य अनेक भावी वैज्ञानिक विज्ञान के क्षेत्र में देश का गौरव वृद्धिगत करते रहेंगे।

आज से एक सौ वर्ष पूर्व अल्बर्ट आइन्सटाइन ने गुरुत्वीय तरंगों की उपस्थिति की घोषणा कर दी थी और आज संयुक्त राज्य अमेरिका में

स्थित लेसर इंटरफेरोमिटरी ग्रेविटेशनल वेव्स ऑब्जर्वेटरीज (LIGO लिगो) ने आधुनिकतम प्रौद्योगिकी के प्रयोग द्वारा उन

तरंगों की खोज कर ली है। इस खोज से ब्रह्माण्ड को समझने का एक नया मार्ग खुल गया है जिससे हम उन चीजों को भी देख सकेंगे

जो आज तक नहीं देखी गई। भारत में भी अमेरिका के समान ही लिंगो वेधशालाओं की स्थापना होने जा रही है इस घोषणा से हमारे देश में विज्ञान के उज्ज्वल भविष्य की कल्पना मूर्त हो रही है।

हमारे दैनंदिन जीवन में गुरुत्वाकर्षण का महत्व बहुत अधिक है चाहे वह वस्तुओं को उठाने के लिए हो या ढकेलने के लिए। ब्रह्माण्ड में खगोलीय पैमाने पर तो इसका महत्व बहुत ही अधिक है क्योंकि तारों के बनने और नष्ट होने का इससे सीधा सम्बंध है। खगोलीय पैमाने की जब हम बात करते हैं तो ध्यान में रखना चाहिए कि हम 300,000 किमी, प्रति सेकिण्ड की गति से चलने वाली प्रकाश किरणों द्वारा लाखों करोड़ों वर्षों में पूरी की गई दूरी के बारे में बात कर रहे होते हैं हमारे सौर मण्डल में सारे ग्रह सूर्य की परिक्रमा केवल गुरुत्वाकर्षण के कारण करते हैं। तारे हमारी आकाश गंगा की तरह की खूबसूरत, सर्पिल नीहारिकाओं और मंदाकिनियों में उनके केन्द्रों के चारों तरफ गुरुत्वाकर्षण के कारण ही घूमते हैं। स्वयं मंदाकिनियाँ भी एक दूसरे की गति को इसी गुरुत्वाकर्षण के कारण प्रभावित करती हैं। जब किसी तारे की मृत्यु होने वाली होती है तो उसका आकार बहुत छोटा परन्तु घनत्व बहुत अधिक हो जाने के कारण उसका गुरुत्वाकर्षण इतना अधिक बढ़ जाता है कि उस आकर्षण से प्रकाश किरण भी बाहर नहीं जा सकती और परिणाम स्वरूप वह तारा कृष्ण विवर (ब्लैक होल) हो जाता है। हम कल्पना कर सकते हैं कि यदि सूर्य 14 लाख किलोमीटर व्यास के स्थान पर केवल 10 किलोमीटर व्यास का गोला बन जाय तो क्या होगा ? कोई तारा मरने पर श्वेत वामन (व्हाइट ड्वार्फ) बनेगा या न्यूट्रॉन तारा या कृष्ण विवर (ब्लैक होल) यह उसकी मात्रा पर निर्भर करता है और गुरुत्वाकर्षण की इसमें प्रमुख भूमिका होती है।

चार सौ वर्ष पहले प्रख्यात अंग्रेज भौतिक वैज्ञानिक आइजेक न्यूटन ने गुरुत्वाकर्षण के महत्व को पहचाना और प्रतिपादित किया कि यही शक्ति जहाँ पेड से टूटे सेब के फल को भूमि पर गिराती है, तो वही चन्द्रमा को पृथ्वी के चारों ओर परिभ्रमण भी कराती है। न्यूटन ने दो वस्तुओं के बीच जो आकर्षण होगा उसे नापने को एक सूत्र भी दिया कि यह गुरुत्वाकर्षण उन दोनों वस्तुओं की मात्रा के गुणनफल का समानुपाती और उन दोनों के बीच की दूरी के वर्ग का व्युत्क्रम अनुपाती होगा। इसी प्रकार न्यूटन के सूत्र से हम उस गति की गणना भी कर सकते थे जो गति अंतरिक्ष यानों को पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण से बाहर भेजने के लिए आवश्यक होती जिससे कि वे वापस पृथ्वी की तरफ न लौटें तथा जिसे हम पलायन वेग या स्केप वेलॉसिटी कहते हैं।

न्यूटन के लिए यह जानने का कोई कारण नहीं था और न उस समय कोई ऐसा निरीक्षण प्रमाण भी था कि गुरुत्वाकर्षण बल एक स्थान से दूसरे स्थान तक पहुँचने में समय लेता है। यदि हम यह प्रश्न करें कि मान लीजिये सूर्य अचानक गायब हो जाय तो पृथ्वी पर यह जानने के लिये हमें कितना समय लगेगा। न्यूटन का गुरुत्वाकर्षण सिद्धान्त कहता है कि ऐसा तुरन्त होगा और पृथ्वी अपनी कक्षा से तुरन्त हट जायेगी।

1905 में आइन्स्टाइन ने अपना विशिष्ट सापेक्षता सिद्धान्त प्रतिपादित किया जिसके अनुसार प्रकाश की गति से अधिक तेज कुछ भी नहीं चल सकता और यह सिद्धान्त गुरुत्वाकर्षण के लिए भी लागू होगा। तो आइन्स्टाइन के सिद्धान्त के अनुसार यदि सूर्य गायब हो जाय तो हम यह बात 8 मिनट बाद जान सकेंगे अर्थात् वह समय जो सूर्य से पृथ्वी तक प्रकाश को पहुँचने में लगता है। यह तथ्य कि गुरुत्वाकर्षण का प्रभाव भी सीमित गति से चलता है गुरुत्वाकर्षण

तरंगों को समझने में बहुत महत्वपूर्ण है और यही इस लेख का विषय है।

आइन्स्टाइन के विशिष्ट सापेक्षता सिद्धान्त के अनेक उल्लेखनीय परिणाम हुये जैसे यह जाना गया कि मात्रा को ऊर्जा में बदला जा सकता है जो प्रख्यात सूत्र $E = mc^2$ से प्रगट होता है। यदि चलते हुए किसी गतिशील वस्तु का निरीक्षण किया जाय तो समय घटता हुआ लगता है (अर्थात् उस वस्तु की गति कम लगती है)। प्रकाश की गति कभी नहीं बदलती भले ही हम प्रकाश स्रोत को कितनी भी तेजी से हिला दें। इस विशेष सापेक्षता सिद्धान्त की एक कमी थी कि यह तभी कारगर था जब वस्तुएँ एक निश्चित गति में चलें परन्तु ऐसा गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव में होता नहीं। आइन्स्टाइन इस समस्या पर लगभग दस वर्ष तक काम करते रहे और तब 1916 में वे एकदम नये सिद्धान्त के साथ आगे आये जिसे हम सापेक्षता के सामान्य सिद्धान्त के रूप में जानते हैं। आइन्स्टाइन का यह सिद्धान्त गैलीलियो के इस निरीक्षण पर आधारित है कि यदि एक भारी और एक हल्की वस्तु एक निश्चित उँचाई से पृथ्वी पर गिराई जाय तो दोनों एक साथ नीचे आयेंगी।

जब वस्तुओं पर अत्यन्त शक्तिशाली गुरुत्वाकर्षण का प्रभाव हो और वे अत्यन्त तेजी से लगभग प्रकाश की गति से चल रही हों तो उन पर न्यूटन का गुरुत्वाकर्षण नियम लागू नहीं होगा और तब हमें सामान्य सापेक्षता सिद्धान्त की आवश्यकता होगी। यद्यपि हमारी रोजमर्रा की जिंदगी में इस प्रकार के सुधारों की कोई आवश्यकता नहीं होती लेकिन भूमण्डलीय स्थिति तंत्र (ग्लोबल पोजिशनिंग सिस्टम, जीपीएस) में (जिसका प्रयोग बहुत सारी जगहों पर होता है जैसे स्मार्ट फोन में भी) यह अत्यन्त महत्वपूर्ण हो जाता है। गुरुत्वाकर्षण को एक बल का प्रकार मानने की बजाय सामान्य सापेक्षता उसे दिक्काल संविन्यास का

रूपान्तरण मानती है जो इस तथ्य पर आधारित है कि गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र में स्थित प्रत्येक वस्तु एक ही प्रकार से चलती है।

सामान्य सापेक्षता बताती है कि सृष्टि में जब कोई न्यूट्रॉन तारों या कृष्ण विवरों के टकराने जैसी प्रचण्ड घटना होती है तो गुरुत्वाकर्षण तरंगें दिक्काल में उर्मिकाओं (रिपल्स) के रूप में उत्पन्न होती हैं। ग्रह, उपग्रह या तारों जैसे सभी भ्रमण करने वाले पिण्ड गुरुत्वाकर्षण तरंगें उत्पन्न करते हैं और परिणामस्वरूप समय के साथ उनकी कक्षाएँ सिकुड़ती जाती हैं। गुरुत्वाकर्षण तरंगों का पृथ्वी पर की वस्तुओं पर बहुत कम प्रभाव पड़ता है। उनका पता पृथ्वी पर तभी लगाया जा सकता है जब वे किसी आकार में बहुत छोटे परन्तु बहुत अधिक घनता वाले पिण्ड जैसे कृष्ण विवर या न्यूट्रॉन तारे से निकलती हों और वह भी सं.रा. अमेरिका में स्थित लेसर ग्रेविटेशनल वेव ऑब्जर्वेटरी (लिगो) जैसे अत्यन्त संवेदनशील यन्त्रों से सुसज्जित वेधशाला में भी संभव है जहाँ प्रोटॉन के भी हजारवें भाग के आकार की वस्तुओं का भी स्थानान्तरण नापा जा सकता हो।

लिगो इंटरफेरोमीटरी के सिद्धान्त पर कार्य करता है जहाँ एक परास्वच्छ लेसर किरणपुंज दो भागों में विभक्त होकर वेधशाला की दो एक दूसरे से लंबवत भुजाओं के सिरो पर लटकते हुये दर्पण पर पड़ कर वापस आती है और फिर एक फोटो डायोड की ओर भेजी जाती है जो किरण पुंज की यात्रा में आये हुए किसी भी अन्तर को नाप सकता है। लेसर और दर्पण सहित सारे तन्त्र को परा स्वच्छ निर्वात में रखा जाता है। जब गुरुत्वाकर्षण तरंगें लिगो की भुजाओं पर पड़ती हैं तो एक भुजा खिंची जाती है और दूसरी दबती है और फोटो डिटेक्टर इस अन्तर को नाप लेता है।

लिगो वैज्ञानिक गुरुत्वाकर्षण तरंगों के प्रभावों के समान प्रभाव उत्पन्न

कर सकने वाले अन्य सभी कारकों से अपने यंत्रों को मुक्त तो कराते ही हैं परन्तु साथ ही अन्य हजारों दूसरे प्रभावों से भी उन्हें बचाने की पूरी व्यवस्था की जाती है जिससे कि वे यह निश्चित कर पाते हैं कि केवल गुरुत्वाकर्षण तरंगें ही अब प्राप्त हो रही हैं। इतना ही नहीं उन्हें यह भी निश्चित करना होता है कि इन तरंगों का मापन वाशिंगटन तथा उससे 3000 किलोमीटर दूर लौसियाना राज्य में स्थित दोनों प्रयोगशालाओं में एक साथ हो।

अल्बर्ट आइंस्टाइन ने गुरुत्वाकर्षण तरंगों की परिकल्पना एक सौ वर्ष पूर्व ही कर दी थी और गत पचास वर्षों में उन्हें वास्तव में पाने के प्रयत्न सतत चलते रहे। इसके दो मुख्य उद्देश्य थे। एक तो आइंस्टाइन के सामान्य सापेक्षता के सिद्धान्त की परीक्षा करना और दूसरे ब्रह्माण्ड को देखने की एक नई खिड़की को खोलना जिससे सृष्टि की उन वस्तुओं को भी देखा जा सके जिनकी उपस्थिति केवल उनके द्वारा उत्पन्न गुरुत्वाकर्षण तरंगों से ही जानी जा सकती है। लिगो की कल्पना अमेरिका के काल्टेक तथा एम आइ टी के वैज्ञानिकों ने 1990 के दशक के प्रारम्भिक वर्षों में की थी और इन वेधशालाओं ने सन् 2000 से आँकड़े प्राप्त करने प्रारम्भ किये। लगभग दस वर्षों तक कुछ भी आँकड़े प्राप्त नहीं हुए तब वैज्ञानिकों ने इन यंत्रों की क्षमता में वृद्धि करने की सोची जो 2015 में पूरी हुई।

14 सितंबर 2015 को जब लिगो यंत्र अपनी नवीन विकसित संवेदन क्षमता के साथ कार्य करने लगे तब एक बहुत दिलचस्प घटना घटी। दोनों ही वेधशालाओं ने ऐसे संकेत प्राप्त किये जो तब उत्पन्न हो सकते हैं जब सूर्य की मात्रा से 30 गुना अधिक मात्रा वाले दो कृष्ण विवर आपस में टकरायें। वैज्ञानिकों ने गणना की कि यह टकराव आज से 1 अरब वर्ष पूर्व हुआ था और उससे सैकण्ड के कुछ हिस्से के समय में

ही सूर्य की मात्रा का तिगुना गुरुत्व तरंगों में बदल गया था। कुछ ही घंटों में संसार के लगभग 12 देशों के 100 संस्थानों के 1000 वैज्ञानिकों को यह सूचना दे दी गई। यद्यपि कुछ-कुछ समाचार बाहर निकल रहे थे, पर लिगो के वैज्ञानिकों ने लगभग तीन महीने तक सारे आँकड़ों और संकेतों का अध्ययन जारी रखा। अंततोगत्वा 11 फरवरी 2016 को एक उच्च स्तरीय संवाददाता सम्मेलन में अत्यन्त नाटकीय ढंग से यह घोषणा की गई कि लिगो ने गुरुत्वाकर्षण तरंगें खोज ली हैं। यह खोज शताब्दी की एक महत्वपूर्ण खोज मानी गई और नोबुल पुरस्कार प्राप्त होने के लिये भी प्रस्तावित हुई है।

लिगो की यह कृष्ण विवर विलयन की खोज भारत की दृष्टि से भी महत्वपूर्ण है क्योंकि एक तो इस पूरे अनुसंधान में भारत के 30 वैज्ञानिक सम्मिलित हैं। दूसरे भारतीय मूल के वैज्ञानिक सुब्रह्मण्यन् चन्द्रशेखर जिन्होंने 1930 में ही कृष्ण विवर की उपस्थिति की बात कह दी थी तथा एम.विश्वेश्वरय्या शोध के इस क्षेत्र के विकास में अग्रणी रहे हैं।

पुणे में इंटर युनिवर्सिटी सेंटर फॉर एस्ट्रॉनॉमी एण्ड एस्ट्रोफिजिक्स (आइयूसीएए अथवा आयुका) के चन्द्रशेखर सभागार में मीडिया के प्रतिनिधियों, वैज्ञानिकों तथा जनसामान्य की एक विशाल सभा में इस खोज को प्रदर्शित किया जा रहा था। यह प्रदर्शन अचानक बीच में ही रोका गया। जो सामने आया वह उन भारतीय वैज्ञानिकों के लिये एक सुखद आश्चर्य का धक्का था और नोबुल पुरस्कार से कम नहीं था, जो दिल से चाहते थे और प्रयत्न कर रहे थे कि एक लिगो वेधशाला भारत में भी स्थापित हो। (गुरुत्वीय तरंगों के परिणामों को और सही ढंग से जानने के लिए कम से कम तीन प्रेक्षण प्रयोगशालाएँ होनी चाहिये। दो अमेरिका में हैं तो तीसरी पृथ्वी के दूसरे भाग में होनी चाहिए। भारत की भूमि इस दृष्टि से उचित है—

सं.)। कार्यक्रम के बीच में ही प्रधानमंत्री नरेन्द्र मोदी जी के तीन ट्वीट आये। (1) गुरुत्वीय तरंगों की यह ऐतिहासिक पहचान ब्रह्माण्ड को समझने के लिये एक नवीन परिदृश्य उद्घाटित करती है। (2) यह अत्यन्त अभिमान का विषय है कि इस चुनौतीपूर्ण खोज में भारतीय वैज्ञानिक महत्वपूर्ण भूमिका निभा रहे हैं। (3) आशा है कि भारत गुरुत्वीय तरंग खोज के कार्य में देश में एक अधिक विकसित वेधशाला की स्थापना कर और महत्वपूर्ण भूमिका निभायेगा। देश के सर्वोच्च अधिकारी से मिले इस पुरस्कार से अधिक बड़ा और क्या हो सकता था? परन्तु घटना का चरम बिंदु अभी नहीं आया था। 17 फरवरी को लगभग 2 बजे दोपहर भारत सरकार के सूचना तथा प्रसारण मंत्री रविशंकर प्रसाद जी ने एक संवाददाता सम्मेलन में घोषणा की कि भारत सरकार ने सिद्धान्त रूप से भारत में एक हजार करोड़ रुपये से अधिक व्यय करते हुए एक लिगो प्रयोगशाला स्थापित करने का निर्णय किया है।

यह लेख लिखे जाने के समय इस परियोजना से संबंधित वैज्ञानिक जिनमें इन पक्तियों का लेखक भी सम्मिलित है, अपने दैनंदिन शोधकार्य के साथ-साथ इस खोज से संबंधित व्याख्यान देने, साक्षात्कार देने, लेख लिखने आदि में व्यस्त हैं। अब अमेरिकी वैज्ञानिकों की सहायता से नई लिगो प्रयोगशाला स्थापन करने की जिम्मेदारी भी उन पर है। इस समय भारतीय विज्ञान का भविष्य उज्ज्वल दिख रहा है, और आशा है कि देश में विज्ञान तथा प्रौद्योगिकी सीमा का और तेजी से विस्तार होगा।

मूल अंग्रेजी आलेख का हिंदी
अनुवाद: मुकुन्द नीलकण्ठ जोशी