

आइंस्टीन की भविष्यवाणी के १०० वर्षों पश्चात् गुरुत्वाकर्षण तरंगों की खोज

दो कृष्ण विवरों (ब्लैक होल्स) के टकराने पर निकलने वाली गुरुत्वाकर्षण तरंगों की खोज कर लाइगो (एल. आई. जी. ओ.) ने ब्रह्माण्ड को एक नए तरीके से समझने का रास्ता दिया है।

आयुका के वैज्ञानिकों ने इस खोज को करने में बहुत ही महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है।

वैज्ञानिकों ने पहली बार सुदूर ब्रह्माण्ड से पृथ्वी तक आने वाली गुरुत्वाकर्षण तरंगों की खोज की है जो की ब्रह्माण्ड की एक अत्यंत ही प्रलयकारी घटना से उत्पन्न होती हैं। तालाब की सतह पर जल तरंगों की भांति ये गुरुत्वाकर्षण तरंगे स्थल-काल में लहरों की तरह प्रवाहित होती हैं। इन तरंगों की खोज अल्बर्ट आइंस्टीन द्वारा सन १९१५ में दिए गए “व्यापक सापेक्षतावाद के सिद्धांत” की एक प्रमुख भविष्यवाणी को पुष्टि करता है।

गुरुत्वाकर्षण तरंगों की सहायता से हम उनकी उत्पत्ति और गुरुत्व की प्रकृति के विषय में जानकारी प्राप्त कर सकते हैं। यह जानकारी किसी और विधि द्वारा ज्ञात कर पाना असंभव है। भौतिक वैज्ञानिकों ने यह निष्कर्ष निकाला है की खोजी गई गुरुत्वाकर्षण तरंगे दो कृष्ण विवरों के विलयन के अंतिम क्षणों के दौरान उत्पन्न हुई थीं। इन विवरों के विलयन के पश्चात् एक अपेक्षाकृत बड़े और अपनी धुरी पर घुमते हुए कृष्ण विवर की उत्पत्ति होती है। दो कृष्ण विवरों के इस प्रकार के टकराव की जानकारी तो थी परंतु इस घटना का अनुभव इस पहले कभी नहीं किया गया था।

१४ सितम्बर, २०१५ की दोपहर ३:२० बजे इन तरंगों की खोज हुई। यह खोज अमेरिका के लिविंग्स्टन, लुसिआना, और हैनफोर्ड, वाशिंगटन शहरों में स्थित लाइगो की दो एक जैसी वेधशालाओं की सहायता से की गई है। लाइगो की ये वेधशालाएँ नेशनल साइंस फाउंडेशन द्वारा वित्तपोषित हैं तथा इनकी परिकल्पना, निर्माण व संचालन अमेरिका की कैलटेक और एम.आई.टी. नामक संस्थाओं द्वारा किया गया है। इन गुरुत्वाकर्षण तरंगों की खोज के लिए लाइगो (जिसमें जी. ई. ओ. कंजोर्टियम तथा आस्ट्रेलियन कंजोर्टियम फॉर इंटरफेरोमेट्रिक ग्रेविटेशनल रिसर्च सम्मिलित हैं) की दोनों वेधशालाओं से प्राप्त आंकड़ों का इस्तेमाल किया है। इन आंकड़ों का विश्लेषण लाइगो और वरगो के वैज्ञानिकों द्वारा किया गया है। फिजिकल रिव्यू लेटर्स नामक भौतिक विज्ञान की पत्रिका ने इस खोज को प्रकाशित करने के आवेदन को स्वीकार कर लिया है।

आयुका पुणे में गुरुत्वाकर्षण तरंग सम्बन्धी शोध कार्यों का विवरण

अंतर विश्वविद्यालय केंद्र खगोलविज्ञान एवं खगोलशास्त्र (आयुका) के भौतिकविदों ने इस खोज में महत्वपूर्ण योगदान दिया है। ये वैज्ञानिक प्रो. सुकांत बोस, ससम्मान सेवानिवृत्त प्रो. संजीव धुरन्धर, प्रो. संजित मित्रा, प्रो. तरुण सौरदीप, पोस्ट डॉक्टरल फेलो अनुराधा गुप्ता, पी.एच.डी छात्र अनिरबान आइन, भूषण गद्रे, निखिल मुकुंद, तथा अस्थाई वैज्ञानिक जयंती प्रसाद व शरद गावंकर हैं। ये सभी वैज्ञानिक लाइगो साइंटिफिक कोलैबोरेशन (एल. एस. सी.) के सक्रिय सदस्य हैं।

गुरुत्वाकर्षण तरंगों की इस खोज को अत्यंत ही महत्वपूर्ण बताते हुए आयुका निदेशक प्रो. सोमक रायचौधरी ने कहा “अपने प्रारंभिक दिनों से ही, पिछले २५ सालों में आयुका ने भारत में गुरुत्वाकर्षण तरंग अनुसंधान समुदाय के निर्माण में अहम भूमिका निभाई है। इसीलिए मुझे इस बात की खुशी है कि मेरे सहकर्मियों ने न केवल इस खोज में अपना प्रत्यक्ष रूप से विभिन्न तरीकों से योगदान दिया बल्कि अन्य भारतीय अनुसंधानों में कार्यरत एल.एस.सी. के अनेक वैज्ञानिकों को अपना सहयोग भी दिया।” प्रो. संजीव धुरन्धर (ससम्मान सेवानिवृत्त) इन प्रयासों में सबसे आगे रहे और उन्होंने गुरुत्वाकर्षण तरंगों को खोजने के तरीके का प्रतिपादन किया।

आयुका के संस्थापक निदेशक प्रो. (ससम्मान सेवानिवृत्त) जयंत नार्लीकर प्रो. रायचौधरी के कथन को दोहराते हुए कहते हैं कि, “ब्रम्हांड को पूर्ण रूप से समझने के लिए आयुका अपने प्रारंभिक दिनों से ही गुरुत्वाकर्षण तरंगों की खोज के महत्व को बल दिया है। इस दिशा में आयुका ने ऐसे कई वैज्ञानिक दिए हैं जिनका इस अंतर्राष्ट्रीय प्रयास में महत्वपूर्ण योगदान रहा। हमें आशा है कि आने वाले वर्षों में भी हम अपना योगदान देते रहेंगे। “ भूतपूर्व आयुका निदेशक प्रो. अजित केमभवि कहते हैं की “यह मेरे लिए बहुत ही संतोष की बात है कि २००९ में बने भारत के वैज्ञानिकों का समूह, इंडियन इनिशिएटिव इन ग्रेविटेशनल वेव ओब्ज़र्वेशन्स (इंडिगो), का आयुका इसके आरंभिक दिनों से ही समर्थन कर रहा है। इस समूह के सदस्यों ने हमें गौरवां वित किया है।” इस समय आयुका सहमति जापान के अंतर्गत इंडिगो के लिए संसाधन पूर्ति कर रहा है।

गुरुत्वाकर्षण तरंगों की खोज में आयुका का बहुमुखी योगदान रहा है। धुरन्धर और उनके सहयोगी बी. सत्यप्रकाश (वर्तमान में कार्डिफ में कार्यरत) ने सन १९९१ में गुरुत्वाकर्षण तरंगों की निम्न गुणवक्ता वाले डिटेक्टर डाटा में से खोज निकालने की तकनीक विकसित की थी जो आज भी इस्तेमाल की जा रही है। इस तकनीक में दो कृष्ण विवरों की गति से उत्पन्न होने वाली के गुरुत्वाकर्षण तरंगों के मॉडल (तरंगरूप) जोकि आइंस्टीन के सिद्धांत से व्युत्पन्न होती हैं, का प्रयोग किया जाता है। विशेषतः इस तकनीक में हजारों तरंगरूपों की डिटेक्टर डेटा से तुलना की जाती है। इस खोज को करने में इस मूलभूत तकनीक का इस्तेमाल किया गया है।

गुरुत्वाकर्षण तरंगों के उत्पत्ति के विषय में अधिक जानकारी प्राप्त करने के लिए अनेक डिटेक्टरों की अनुरूपता का परिक्षण किया जाता है। इस तकनीक का मूल सिद्धांत बोस, धुरन्धर और अर्चना पई (जो की वर्तमान में आई.आई.एस.ई.आर.-टी.वि.एम. में कार्यरत हैं) द्वारा प्रस्तावित किया गया था। हाल ही में, सुकांत बोस व संजीव धुरन्धर ने संजित मित्रा, अनुराधा गुप्ता, तथा निखिल मुकुंद के साथ मिलकर डिटेक्टर डाटा में वास्तविक गुरुत्वाकर्षण तरंगों और क्षणिक भौमिक क्रियाओं के कारण उत्पन्न होने वाली कृत्रिम संकेतों को पृथक करने के उद्देश से लाईगो डिटेक्टर के डाटा का गहन अध्ययन किया। आयुका के वैज्ञानिकों ने डाटा के विश्लेषण हेतु विभिन्न तकनीकों को विकसित करने में विशेष योगदान दिया है। ये तकनीक गुरुत्वाकर्षण तरंगों की खोज में इस्तेमाल की गई थीं। इसके अलावा आयुका के उच्च प्रदर्शन वाली कंप्यूटर सुविधाओं का भी बहुमूल्य सहयोग मिला।

सन २००० से एल.एस.सी. के सदस्य रहे सुकान्त पुरानी यादों को ताज़ा करते हुए बताते हैं की “सन १९९१ में गुरुत्वाकर्षण तरंगों को प्रत्यक्ष रूप से खोज पाने की सम्भावना दूर सी दिखाई देती थी लेकिन सन

१९९४ में अमेरिका में दो लाइगो डिटेक्टरों के निर्माण के लिए वित्तीय सहायता मिलने के साथ ही अनेक डिटेक्टरों के समूह द्वारा परीक्षण करने को बढ़ावा मिला। हमने एक विश्वास के साथ नब्बे के दशक में शुरू हुए इस अनुसन्धान के क्षेत्र में काम करने का निश्चय किया।” संजीव सहमति के साथ कहते हैं की “इन डिटेक्टरों को कार्यरत देखना एक शानदार अनुभव है जिसमें आयुका का भी महत्वपूर्ण योगदान रहा. आखिरकार हम गुरुत्वाकर्षण तरंगों की खोज करने में सफल रहे। ”

खोजी गई गुरुत्वाकर्षण तरंगों दो कृष्ण विवरों के विलयन से उत्पन्न हुई थीं तथा इस विलयन को प्रकाश द्वारा या अन्य किसी प्रकार की विद्युत-चुम्बकीय तरंगों के रूप में देख पाना असम्भव है। हालाँकि यदि विलयन में कम से कम एक न्यूट्रॉन तारा उपस्थित है तो हम इस घटना को विद्युत चुम्बकीय तरंगों के माध्यम से अनुभव कर सकते हैं। आयुका के खगोलशास्त्री , वरुण भलेराव, जावेद राणा तथा अक्षत सिंघल ने अपने अंतराष्ट्रीय सहयोगियों के साथ मिलकर १४ सितम्बर को लाइगो द्वारा गुरुत्वाकर्षण तरंगों के खोजने के तुरंत बाद ही विद्युत चुम्बकीय तरंगों को खोजने का प्रयास किया।

गुरुत्वाकर्षण तरंगों की उत्सर्जन के तत्पश्चात उत्पन्न होने वाली विद्युत चुम्बकीय तरंगों को देखने और उनका अध्ययन करने के उद्देश्य से ही आयुका ने भारत और विदेशों के विभिन्न संस्थानों की मदद से एक अति आवश्यक यंत्रवाली की व्यवस्था की है। यह यंत्रवाली हमें दोनों प्रकार की तरंगों (गुरुत्वाकर्षण व विद्युत-चुम्बकीय) के माध्यम से ब्रह्माण्ड में घटित होने वाली विभिन्न प्रकार की प्रलयकारी घटनाओं से अवगत करने में मदद करेगी जो कि किसी एक तरंग द्वारा सम्भव नहीं है।

इंडिगो के प्रवक्ता तरुण सौरदीप बताते हैं, “इसी कारणवश अमेरिका के डिटेक्टरों से बहुत दूर हमें एक तीसरे डिटेक्टर की आवश्यकता है। तीन डिटेक्टरों के समूह द्वारा गुरुत्वाकर्षण तरंगों के श्रोत की स्थिति का सटीक अनुमान लगाना संभव है । “ चूँकि डिटेक्टरों के लिए विद्युतचुम्बकीय तरंगों, जोकि गुरुत्वाकर्षण तरंग श्रोत से उत्पन्न होती हैं, को एक छोटे से दायरे में तुरंत देखना आसान होता है, इसलिए एक तीसरा डिटेक्टर इस खोज के माध्यम से “गुरुत्वाकर्षण तरंग खगोलविज्ञान” के विकास में मददगार साबित होगा।

एक अंतराष्ट्रीय कोलैबोरेशन

रायनर वाइस, प्रोफेसर ऑफ़ फिजिक्स, एमेरिटस, एम.आई.टी; किप थोर्न, कैलटेक्स रिचर्ड फाइनमेन प्रोफेसर ऑफ़ फिजिक्स, एमेरिटस; तथा रोनाल्ड ड्रेवर, प्रोफेसर ऑफ़ फिजिक्स, एमेरिटस, कैलटेक ने सन १९८० के दशक में गुरुत्वाकर्षण तरंगों को खोजने के लिए सर्वप्रथम लाइगो के निर्माण का प्रस्ताव रखा था।

लाइगो साइंटिफिक कोलैबोरेशन (एल. एस. सी.) अमेरिका समेत विश्व के अन्य १४ देशों के १००० वैज्ञानिकों का एक समूह है जो लाइगो सम्बन्धी विभिन्न शोध कार्यों में संलग्न है। एल. एस. सी. के ९० से भी ज्यादा विश्वविद्यालय व अनुसन्धान संस्थान लाइगो सम्बन्धी तकनीकों को विकसित और आंकड़ों का विश्लेषण करते हैं। लगभग २५० विद्यार्थी इस समूह के सदस्य हैं और शोध कार्यों में महत्वपूर्ण योगदान दे रहे हैं। एल. एस. सी डिटेक्टर के समूह में लाइगो के दो व्यतिकरणमापी और जी.ई.ओ.६०० के डिटेक्टर्स समिलित हैं। जी.ई.ओ.६०० के दल में मैक्स प्लांक इंस्टिट्यूट फॉर ग्रेविटेशनल फिजिक्स (अल्बर्ट आइंस्टीन इंस्टिट्यूट, ए.इ.आई.), लेइबनिज़ यूनिवर्सिटी हैनोवर, तथा

यूनिवर्सिटी ऑफ ग्लासगो के सहयोगी, यूनिवर्सिटी ऑफ बर्मिंघम तथा यूनाइटेड किंगडम के अन्य विश्वविद्यालय, तथा यूनिवर्सिटी ऑफ बैलेरिक आइलैंड्स इन स्पेन के वैज्ञानिक सम्मिलित हैं।

वरगो सम्बन्धी शोध वरगो कोलैबोरेशन द्वारा किया जाता है। इस कोलैबोरेशन में १९ विभिन्न यूरोपीय दलों के २५० से भी ज्यादा भौतिकी वैज्ञानिक एवं इंजीनियर सम्मिलित हैं जिसमें से ६ दल सेंटर नेशनल दी ल रिचरचे साइंटिफिक (सी.एन.आर.एस.), फ्रांस से, ८ द इस्टीटूटो नज़ीओनले दि फिसिका नुकलीयरे (आई. इन.एफ. एन.), इटली से, २ निखेफ, डी विग्नेर आर.सी.पी., हंगरी, पो.ल.गर्व ग्रुप, पोलैंड, दि यूरोपियन ग्रेविटेशनल ऑब्जर्वेटरी (ई.जी.ओ), इटली के पीसा की निकट स्थित वरगो डिटेक्टर की प्रयोगशाला से हैं।

गुरुत्वाकर्षण तरंगों की यह खोज लाइगो डिटेक्टरों की विशिष्ट एवं विकसित क्षमताओं के कारण ही संभव हो पायी है। एडवांस्ड लाइगो, प्रारंभिक लाइगो का एक विकसित रूप है जिसकी संवेदनशीलता पहले की तुलना में बहुत ही अधिक है। लाइगो के उपकरणों की इस बढ़ी हुई क्षमता के कारण अब ब्रह्माण्ड के अधिक से अधिक भाग का निरीक्षण किया जा सकता है तथा सुदूर अंतरिक्ष से आने वाली गुरुत्वाकर्षण तरंगों की खोज की जा सकती है। इन्हीं प्रयासों का नतीजा है की लाइगो के प्रथम निरीक्षण काल के दौरान ही गुरुत्वाकर्षण तरंगों की खोज की जा सकी। अमेरिका की 'नेशनल साइंस फाउंडेशन' नामक संस्था एडवांस्ड लाइगो को वित्तीय सहायता प्रदान करने में अग्रणी है। इसके अलावा जर्मनी की वित्तीय संस्थाएं (मैक्स प्लांक सोसाइटी), यूनाइटेड किंगडम (साइंस एण्ड टेक्नोलॉजी फैसिलिटीज कौंसिल, एस.टी.एफ.सी.), ऑस्ट्रेलिया (ऑस्ट्रेलियाई रिसर्च कौंसिल) ने इस परियोजना के संचालन में महत्वपूर्ण योगदान दिया है। एडवांस्ड लाइगो को इतना अधिक संवेदनशील बनाने में इस्तेमाल की गई विभिन्न महत्वपूर्ण तकनीकों का विकास एवं परीक्षण जर्मन-यू.के.-जी.ई.ओ. कोलैबोरेशन द्वारा किया गया है। ए.ई.आई. हैनोवर एटलस क्लस्टर, दि लाइगो लेबोरेटरी, सिराक्यूज़ यूनिवर्सिटी तथा यूनिवर्सिटी ऑफ विस्कॉन्सिन-मिलवाँकी के विशाल कंप्यूटर संसाधनों का विशिष्ट योगदान रहा। एडवांस्ड लाइगो के मूल घटकों का प्रारूप, निर्माण व परीक्षण विभिन्न विश्वविद्यालयों की सहायता से किया गया है: ऑस्ट्रेलियाई नेशनल यूनिवर्सिटी, दि यूनिवर्सिटी ऑफ एडिलेड, दि यूनिवर्सिटी ऑफ फ्लोरिडा, स्टैनफोर्ड यूनिवर्सिटी, कोलंबिया यूनिवर्सिटी, सिटी ऑफ न्यूयॉर्क, लुसिआना स्टेट यूनिवर्सिटी हैं।

वेबसाइट: <http://gw.iucaa.in/>

सम्पर्क हेतु:

१. प्रो. तरुन सौरदीप

tarun@iucaa.in; +91-9422644463

२. प्रो. सुकान्त बोस

sukantabose@gmail.com

३. प्रो. संजित मित्रा

sanjit@iucaa.in; +91-020-25604126