

दो लाइगो डिटेक्टर्स द्वारा एक दूसरे कृष्ण विवर युगम के विलयन की खोज

गुरुत्वाकर्षण तरंग खगोलशास्त्र की एक अविस्मरणीय शुरुआत!

जबकि गुरुत्वाकर्षण तरंग की पहली खोज की खुशी मनाने का सिलसिला अभी रुका भी नहीं है, हमें लाइगो द्वारा एक दूसरे कृष्ण विवर युगम के विलयन से उत्पन्न गुरुत्वाकर्षण तरंग की खोज की घोषणा करते हुए बहुत खुशी हो रही है। 26 दिसंबर, 2015 की सुबह भारतीय समयानुसार 9 बजकर 8 मिनट पर अमेरिका के लिविंग्स्टन, लुसिआना और हैनफोर्ड, वाशिंगटन में स्थित लाइगो डिटेक्टर्स ने दो कृष्ण विवरों के टकराव से उत्पन्न होने वाली गुरुत्वाकर्षण तरंगों का पता लगाया। इन कृष्ण विवरों, जिनका द्रव्यमान सूर्य का 14 और 8 गुना है, के विलयन के पश्चात् एक अपेक्षाकृत बड़े और अपनी धुरी पर घूमते हुए कृष्ण विवर की उत्पत्ति हुई। इस बड़े कृष्ण विवर का द्रव्यमान सूर्य के द्रव्यमान का 21 गुना है। लगभग 1.4 अरब वर्ष पहले हुई इस घटना से उत्पन्न हुई गुरुत्वाकर्षण तरंगें लाइगो के संवेदनशील बैंड में करीब 1 सेकंड तक रहीं और इतने कम समय में तकरीबन सूर्य के द्रव्यमान के बराबर की ऊर्जा मुक्त हुई। तुलना के लिए, सूर्य के जीवन-काल में उसके द्रव्यमान का केवल एक बहुत ही छोटा भाग प्रकाश में परिवर्तित होता है जोकि पृथ्वी को अरबों सालों तक गर्म रखने के लिए काफ़ी है।

फ़रवरी 2016 में घोषित पहले कृष्ण विवर युगम (जिसका कुल द्रव्यमान सूर्य के द्रव्यमान का 65 गुना है) की तुलना में यह कृष्ण विवर युगम (जिसका कुल द्रव्यमान सूर्य के द्रव्यमान का 22 गुना है) काफ़ी छोटा है। इस प्रकार के युगमों के ब्रम्हांड में अत्यधिक मात्रा में पाए जाने की आशा थी। परन्तु इस प्रकार की घटना का पता लगा पाना बहुत ही कठिन है क्योंकि इनसे उत्पन्न होने वाली गुरुत्वाकर्षण तरंगें काफ़ी कमज़ोर होती हैं और डिटेक्टर के नॉइज़ में काफ़ी नीचे छिपी होती हैं। पहली गुरुत्वाकर्षण तरंग से भिन्न यह दूसरी तरंग डिटेक्टर के नॉइज़ में एक छोटे विस्फोट की तरह दिखाई नहीं देती है। इसीलिए इस प्रकार की कमज़ोर तरंगों को डिटेक्टर नॉइज़ में से खोज निकालने के लिए जटिल एवं उपयुक्त तकनीकों का इस्तेमाल करना पड़ता है। 'मैचड फ़िल्टरिंग' ऐसी ही एक तकनीक है: जैसे की भूसे के ढेर में से सूई निकालना!

सन् 1949 में वीनर ने मैचड फ़िल्टरिंग की तकनीक का आविष्कार डिटेक्टर नॉइज़ में से परिचित आकार वाले संकेतों को खोज निकालने के लिए किया था। 25 साल पहले, आयुका (आई. यू. सी. ए. ए.) में प्रो. संजीव धुरंधर के नेतृत्व में मैचड फ़िल्टरिंग की तकनीक को गुरुत्वाकर्षण तरंग अनुसन्धान में प्रयोग करने के मूलभूत कार्य की शुरुआत हुई। समय के साथ आयुका, आई. आई. एस. ई. आर.-त्रिवेन्द्रम, आई. आई. टी. गांधीनगर और विश्व के कई अन्य प्रसिद्ध संस्थानों के वैज्ञानिकों ने इस तकनीक में सुधार किये लेकिन यह विधि मूलभूत रूप से अपरिवर्तित रही जिसके विकल्प की कोई आवश्यकता नहीं है। डिटेक्टर में नॉइज़ को कम करने और विभिन्न डिटेक्टरों को सम्मिलित कर गुरुत्वाकर्षण तरंगों की खोज को और भी संवेदनशील बनाने में भारतीय वैज्ञानिकों का विशिष्ट योगदान रहा। मैचड फ़िल्टरिंग की तकनीक में स्रोत से आने वाली गुरुत्वाकर्षण तरंगों के यथार्थ मॉडल की आवश्यकता होती है जिसे आइंस्टीन के गुरुत्वीय समीकरण को गणितीय और संगणन तकनीकों की मदद से हल करके प्राप्त करते हैं। पिछले तीन दशकों से रामन अनुसन्धान संस्थान, बंगलुरु के बाला अय्यर (जो की वर्तमान में आई. सी. टी. एस.-टी. आय. एफ. आर, बंगलुरु में कार्यरत हैं) के नेतृत्व में भारतीय वैज्ञानिकों का दल अपने फ्रांसीसी वैज्ञानिक मित्रों की सहायता से इस गतिविधि में संलग्न है। हाल के वर्षों में आई. सी. टी. एस.,

सी. एम. आई. और टी. आई. एफ. आर. के वैज्ञानिकों ने इस तकनीक में महारथ हासिल कर क्रमिक रूप से इन गणितीय मॉडलों की सटीकता को बढ़ाने में मदद की। इन वैज्ञानिकों ने गणितीय आंकलन और बड़े पैमाने पर संख्यात्मक सापेक्षता आंकलन का प्रयोग कर कृष्ण विवरों के घूर्णन और परिक्रमण कक्षा की उत्केंद्रता के प्रभाव का भी अध्ययन किया। प्रो. अय्यर के दल, जिसमें वर्तमान में सी. एम. आई और आई. सी. टी. एस. में कार्यरत वैज्ञानिक भी शामिल हैं, ने व्यापक सापेक्षतावाद के सिद्धांत को परखने की एक विधि का प्रस्ताव रखा था जिसे इन गुरुत्वाकर्षण तरंगों की खोज में इस्तेमाल किया गया है। सी. एम. आई., आई. सी. टी. एस., आई. आई. एस. ई. आर.-कोलकाता और टी. आय. एफ. आर. के वैज्ञानिक विश्व के अन्य वैज्ञानिकों के साथ मिलकर खोजी गयी गुरुत्वाकर्षण तरंगों और आइंस्टीन के व्यापक सापेक्षतावाद के सिद्धांत की भविष्यवाणी के बीच समानता स्थापित करने में संलग्न हैं। आई. सी. टी. एस. और आयुका के वैज्ञानिकों ने दो कृष्ण विवरों के विलयन के पश्चात् बने बड़े कृष्ण विवर के द्रव्यमान और घूर्णन गति का मान निर्धारित करने के साथ-साथ विलयन के दौरान निकलने वाले विकिरण की ऊर्जा और शक्ति के मान को निर्धारित करने में महत्वपूर्ण योगदान दिया है। भारतीय खगोल उपग्रह “एस्ट्रोसैट” पर स्थित सी. जेड. टी. इमेजर ने इस युग्म से उत्पन्न हुई गुरुत्वाकर्षण तरंगों का पहली बार अनुसरण किया। वर्तमान में, आई. पी. आर., आयुका और आर. आर. सी. ए. टी. के वैज्ञानिक भारत में एक तीसरा लाइगो डिटेक्टर, लाइगो-इंडिया, बनाने में जुटे हैं। लाइगो-इंडिया गुरुत्वाकर्षण तरंगों की खोज करने, आकाश में उनके स्रोत की स्थिति और परिक्रमण कक्षा की दिशा का सटीक पता लगाने में बहुत मददगार साबित होगा। इंडिगो कंसोर्टियम के अंतर्गत, 9 भारतीय संस्थानों से कुल 39 शोधकर्ताओं ने, जिसमें 6 विद्यार्थी और 8 पोस्ट-डॉक्टरल फेलो शामिल हैं, इस खोज को करने में अपना योगदान दिया।

लाइगो डिटेक्टर की उनकी अपेक्षित संवेदनशीलता को प्राप्त करने से पहले ही दो गुरुत्वाकर्षण तरंगों की खोज इस बात पर बल देती है कि हमारे लिए गुरुत्वाकर्षण तरंगों की मदद से एक पूरा का पूरा नया ब्रह्माण्ड खोजने और देखने के लिए मौजूद है। 31 मार्च 2016 को भारत के परमाणु ऊर्जा विभाग व विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग तथा अमेरिका के नेशनल साइंस फाउंडेशन (एन. एस. एफ.) के बीच लाइगो-इंडिया को लेकर समझौता ज्ञापनों पर हस्ताक्षर हुए और एक निरीक्षण कमिटी का गठन किया गया। लाइगो-इंडिया, जिसकी अगले दशक में पूरी तरह कार्यरत होने की सम्भावना है, के निर्माण में तीव्र प्रगति के साथ-साथ एडवांस्ड वर्ग (इटली) और कागरा (जापान) डिटेक्टर के आगमन, पूर्ण विकसित पल्सर टाइमिंग ऐरे और अंतरिक्ष में एक डिटेक्टर की सम्भावना (लीसा पाथ फाइंडर की अपेक्षा से कहीं अधिक सफलता के बाद) के साथ अब हम आशा करते हैं कि आकाश को भिन्न-भिन्न तरीके से देखने के लिए हमारे पास पर्याप्त “गुरुत्वाकर्षण तरंग रूपी आँखें” होंगी। ये हमें विभिन्न प्रकार के आकाशीय स्रोतों के बारे में अवगत कराएंगी और बहु-दूत गुरुत्वाकर्षण तरंग खगोल विज्ञान के नए युग में तेजी से ले जाएँगी।

सबसे महत्वपूर्ण बात यह है कि गुरुत्वाकर्षण तरंग अनुसन्धान में कार्यरत वैज्ञानिकों को जनता, सरकार और मीडिया से जो प्रशंसा मिली है वह वाकई में ज़बरदस्त है। गुरुत्वाकर्षण तरंगों की पहली खोज को भौतिकी में कई प्रतिष्ठित पुरस्कार मिल चुके हैं। ये पुरस्कार स्पेशल ब्रेकथ्रू प्राइज फॉर फंडामेंटल फिजिक्स, द गुबेर प्राइज, द कावली प्राइज और शॉ प्राइज हैं। हमारे ब्रम्हांड को एक नए नज़रिए से देखने का हमारा यह प्रयास जनता के लगातार सहयोग बिना सम्भव नहीं था।

वैज्ञानिकों का अंतर्राष्ट्रीय संघटन

लाइगो की ये वेधशालाएँ नेशनल साइंस फाउंडेशन (एन. एस. एफ.) द्वारा वित्तपोषित हैं तथा इनकी परिकल्पना, निर्माण व संचालन अमेरिका की कैलटेक और एम. आई. टी. नामक संस्थाओं द्वारा किया गया है। फिज़िकल रिव्यू लेटर्स नामक भौतिक विज्ञान की पत्रिका ने इस खोज को प्रकाशित करने के आवेदन को स्वीकार कर लिया है। यह खोज लाइगो साइंटिफिक कोलैबोरेशन (जिसमें जी. ई. ओ. कोलैबोरेशन तथा ऑस्ट्रेलियन कंसोर्टियम फॉर इंटरफेरोमेट्रिक ग्रेविटेशनल एस्ट्रोनामी भी सम्मिलित हैं) और वर्गो कोलैबोरेशन के वैज्ञानिकों द्वारा लाइगो की दोनों वेधशालाओं के आंकड़ों का प्रयोग करके की गयी है।

एडवांस्ड लाइगो का अगला निरीक्षण-काल इस सितम्बर से शुरू होगा। उससे पहले डिटेक्टर में कुछ सुधारों के द्वारा लाइगो को 1.5 से 2 गुना अधिक संवेदनशील बनाने की सम्भावना है। वर्गो डिटेक्टर की आने वाले निरीक्षण-काल के उत्तरार्ध में क्रियाशील होने की सम्भावना है।

लाइगो साइंटिफिक कोलैबोरेशन (एल. एस. सी.) अमेरिका समेत विश्व के अन्य 14 देशों के 1000 से भी ज्यादा वैज्ञानिकों का एक समूह है जो लाइगो सम्बन्धी विभिन्न शोध कार्यों में संलग्न है। एल. एस. सी. के 90 से भी ज्यादा विश्वविद्यालय व अनुसन्धान संस्थान लाइगो सम्बन्धी तकनीकों को विकसित और आंकड़ों का विश्लेषण करते हैं। लगभग 250 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.- 600 के डिटेक्टर्स सम्मिलित हैं।

वर्गो सम्बन्धी शोध वर्गो कोलैबोरेशन द्वारा किया जाता है। इस कोलैबोरेशन में 19 विभिन्न यूरोपीय दलों के 250 से भी ज्यादा भौतिकशास्त्री एवं इंजीनियर सम्मिलित हैं जिसमें से 6 दल फ्रांस के सेंटर नेशनल दी ल रिचरचे साइंटिफिक (सी. एन. आर. एस.) से, 8 इटली के द इस्टीटूटो नज़ीओनले दि फिसिका नुकलीयरे (आई. इन.एफ. एन.) से, 2 नीदरलैंड के निखेफ से, बाकी हंगरी के डी विग्नेर आर. सी. पी., पोलैंड के पी. ओ. एल. जी. आर. ए. डब्ल्यू. ग्रुप एवं इटली में पीसा के निकट दि यूरोपियन ग्रेविटेशनल ऑब्जर्वेटरी (ई. जी. ओ) वर्गो डिटेक्टर की प्रयोगशाला से हैं।

इन वित्तीय संस्थाओं के अलावा भारतीय वैज्ञानिकों, जोकि इस खोज का हिस्सा हैं, को भारतीय वित्तीय संस्थाओं द्वारा भी सहयोग मिल रहा है। ये वित्तीय संस्थाएँ, वैज्ञानिक तथा औद्योगिक अनुसंधान परिषद (सी. एस. आई. आर.), विज्ञान एवं प्रोद्योगिकी विभाग (डी. एस. टी.), साइंस एवं इंजिनियरिंग रिसर्च बोर्ड (एस. ई. आर. बी.), मानव संसाधन विकास मंत्रालय (एम. एच. आर. डी.), परमाणु ऊर्जा विभाग (डी. ए. ई.), विश्वविद्यालय अनुदान आयोग (यू. जी. सी.) हैं। कई भारतीय वैज्ञानिकों ने आयुका, पुणे तथा आई.सी.टी.एस.टी.आय.एफ.आर, बंगलुरु स्थित विशाल कम्प्यूटरों का बड़े पैमाने पर इस्तेमाल किया।

अमेरिका की 'नेशनल साइंस फाउंडेशन' नामक संस्था एडवांस्ड लाइगो को वित्तीय सहायता प्रदान करने में अग्रणी है। इसके अलावा जर्मनी की वित्तीय संस्थाएँ (मैक्स प्लांक सोसाइटी), यूनाइटेड किंगडम (साइंस एण्ड टेक्नोलॉजी फैसिलिटीज कौंसिल, एस. टी. एफ. सी.) और 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 ऑफ़ विस्कॉन्सिन-मिलवॉकी 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 ऑफ़ एडिलेड, दि यूनिवर्सिटी ऑफ़ फ्लोरिडा, स्टैनफोर्ड यूनिवर्सिटी, कोलंबिया यूनिवर्सिटी, सिटी ऑफ़ न्यूयॉर्क, लुसिआना स्टेट यूनिवर्सिटी हैं। जी. ई. ओ. के दल में मैक्स प्लांक इंस्टिट्यूट फॉर ग्रेविटेशनल फिजिक्स (अल्बर्ट आइंस्टीन इंस्टिट्यूट, ए.इ.आई.), लेइबनिज़ यूनिवर्सिटी हैनोवर, यूनिवर्सिटी ऑफ़ ग्लासगो के सहयोगी, कार्डिफ यूनिवर्सिटी, यूनिवर्सिटी ऑफ़ बर्मिंघम, यूनाइटेड किंगडम व जर्मनी के अन्य विश्वविद्यालय, तथा यूनिवर्सिटी ऑफ़ बैलेरिक आइलैंड्स इन स्पेन के वैज्ञानिक सम्मिलित हैं।

संपर्क के लिए:

- इंडिगो विशेषज्ञ (सोर्स मॉडलिंग): बाला अय्यर (bala.iyer@icts.res.in)
- इंडिगो विशेषज्ञ (डेटा एनालिसिस): संजीव धुरंधर (sanjeev@iucaa.in)
- सी. एम. आई.: के. जी. अरुण (kgarun@cmi.ac.in)
- आई. सी. टी. एस.: पी. अजित (ajith@icts.res.in)
- आई. आई. एस. ई. आर.- कोलकाता: राजेश नायक (rajesh@iiserkol.ac.in)
- आई. आई. एस. ई. आर.- त्रिवेंद्रम: अर्चना परई (archana@iisertvm.ac.in)
- आई. आई. टी.-गांधीनगर: आनंद सेनगुप्ता (asengupta@iitgn.ac.in)
- आयुका: संजित मित्रा (sanjit@iucaa.in)
- टी. आई. एफ. आर.: ए. गोपाकुमार (gopu@tifr.res.in)
- लाइगो-इंडिया: आई. पी. आर.: जिआउद्दीन खान (ziauddin@ipr.res.in)
- लाइगो-इंडिया: आयुका: तरुण सौरदीप (tarun@iucaa.in)
- लाइगो-इंडिया: आर. आर. सी. ए. टी.: सेंदिल राजा (sendhil@rrcat.gov.in)

अनुवादक:

अनुराधा गुप्ता,

पोस्ट-डॉक्टरल फेलो,

आयुका, पुणे, भारत।

anuradha.gupta@ligo.org

anuradha@iucaa.in

