

जुळ्या लायगो उपकरणांनी दुसऱ्यांदा नोंदविली कृष्णविवरांची नवी टक्कर

गुरुत्वीय लहरींच्या खगोलशास्त्राचा खळबळजनक आरंभ

गुरुत्वीय लहरींच्या पहिल्यावहिल्या शोधाचा शंखनाद लोप पावेतोच कृष्णविवरांच्या अजून एका टक्करीचे निरीक्षण लायगो उपकरणांनी केले हे आम्ही आनंदाने जाहीर करतो. अमेरिकेतील लुईझियाना प्रांतातील लिविंगस्टन (Livingston, Louisiana) आणि वाशिंगटन मधील हान्फोर्ड (Hanford, Washington) येथे असलेल्या लायगो (Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory) या दोन्ही जुळ्या उपकरणांनी या टक्करीपासून आलेल्या गुरुत्वीय लहरींच्या आगमनाची नोंद २६ डिसेंबर २०१५ रोजी भारतीय प्रमाण वेळेनुसार सकाळी ९ वा. ९ मि. केली. टक्कर झालेल्या दोन कृष्णविवरांचे वस्तुमान सूर्याच्या १४ आणि ८ पट होते तर त्यांच्या विलीनीकरणातून तयार झालेल्या मोठ्या कृष्णविवराचे वस्तुमान सूर्याच्या २१ पट आहे. याच्यापासून आलेल्या गुरुत्वीय लहरी लायगोच्या वारंवारता संवेदनशील पट्ट्यात १ सेकंदापर्यंत नोंदल्या गेल्या. १.४ अब्ज वर्षापूर्वी घडलेल्या टक्करीतून सूर्याच्या वस्तुमानाच्या समतुल्य उर्जा क्षणार्धात बाहेर पडली. सूर्य त्याच्या संपूर्ण जीवनकाळात त्याच्या वस्तुमानाचा काही अंश भागच उर्जेत रूपांतरित करेल आणि तरीही अब्जावधी वर्षे आपल्याला त्यापासून उष्णता मिळत राहिल.

फेब्रुवारी २०१६ मध्ये जाहीर करण्यात आलेल्या टक्करीच्या तुलनेत या टक्करीतील कृष्णविवरांचे एकूण वस्तुमान फार कमी आहे. ते होते सूर्याच्या ६५ पट तर हे आहे फक्त २२ पट. अशा कमी वस्तुमानाच्या टक्करीच आपल्या विश्वात मुबलक होतील अशी अपेक्षा आहे. पण अशा घटनांमधून निर्माण होणाऱ्या गुरुत्वीय लहरी मूळातच अधिक सूक्ष्म असतात. तसेच त्यापासून येणारी उर्जा ही मोठ्या कालावधीत विभागली जाते. यामुळेच यांचा लायगो उपकरणांनी नोंदलेल्या डेटा मधून शोध घेणे अधिक दुष्कर होते. पहिल्या घटनेतील लहरीन्प्रमाणे, यावेळी मात्र, आपण या लहरी डेटामध्ये डोळ्यांनी पाहू शकत नाही. म्हणूनच ह्या शोधण्याकरिता गुंतागुंतीच्या, तांत्रिक विश्लेषण प्रणालीचा, 'मॅच फिल्टरिंग'चा वापर करावा लागतो. हे म्हणजे वाळवंटात सुई शोधण्यासारखे आहे!

ही मॅच फिल्टरिंगची पद्धत विनर यांनी १९४९ मध्ये असेच सूक्ष्म सिग्नल (संदेश) शोधण्याकरिता विकसित केली. या पद्धतीच्या गुरुत्वीय लहरींच्या शोधासाठी 'मॅच फिल्टरिंग' चा वापर यासंबंधीचे मुलभूत काम २५ वर्षापूर्वी आयुका मध्ये प्रा. संजीव धुरंधर यांच्या नेतृत्वाखाली सुरू झाले. कालानुक्रमे या पद्धतीमध्ये अनेक सुधारणा केल्या गेल्या तरी मूळ पद्धत तीच राहिली आहे. या सुधारणा सुचविण्यामध्ये आयुका, आयसर (IISER)-त्रिवेंद्रम, आय. आय. टी. -गांधीनगर तसेच जगभरातील अनेक प्रख्यात संस्थांमधील संशोधकांनी योगदान दिले आहे. यासाठी दुसऱ्या पर्यायी पद्धतीचा शोध घ्यावा लागला नाहीये! अनेक उपकरणांच्या एकत्रित वापराने शोधपद्धती अधिक परिणामकारकपणे वापरण्यात आणि तांत्रिक अडचणींमुळे प्रभावीत झालेला डेटा नीट हाताळण्यातही भारतीयांचे महत्वपूर्ण योगदान आहे. मॅच फिल्टरिंगच्या पद्धतीमध्ये आपण शोधत असलेला लहरींचा साचा आपल्याकडे तयार असावा लागतो. गुरुत्वीय लहरींसाठी असे नमुने मिळविण्याकरिता आईन्स्टाईन यांनी दिलेली गुरुत्वाकर्षणासंबंधीची समीकरणे सोडवावी लागतात. हे गणित करण्यासाठी अतिशय अवघड व कीचकट गणितीय प्रक्रियांचा वापर केला जातो. हे करण्यामध्येही भारतीय संशोधकांनी प्रा. बाळा अय्यर यांच्या नेतृत्वाखाली आणि फ्रांस मधील काही शास्त्रज्ञांच्या मदतीने गेली ३० वर्षे महत्वपूर्ण भूमिका बजाविली आहे. गेल्या काही वर्षात ICTS, CMI आणि TIFR (टी. आय. फ. आर.) येथील संशोधकांनी या पद्धतीमध्ये नैपुण्य मिळविले असून ही पद्धती त्यांनी अधिक अचूक व समावेशक बनविली आहे. यासाठी त्यांनी पद्धतीमध्ये कृष्णविवरांचे परिभ्रमण, भ्रमणकक्षेची उत्केंद्रता आणि महासंगणकीय पद्धतींचा वापर केला आहे. प्रा. अय्यर यांच्या गटाने (CMI आणि

ICTS मधील संशोधक) व्यापक सापेक्षतावादाच्या अचूकतेची कसोटी विकसित केली आणि तिचा उपयोगही शोधलेल्या गुरुत्वीय लहरींवर केला गेला.

CMI, ICTS, IISER-Kolkata, IISER Trivandrum, and TIFR येथील संशोधकांनी आंतरराष्ट्रीय संघटनेतील इतर संशोधकांच्या बरोबर, शोधलेल्या लहरींची, व्यापक सापेक्षतावादाने वर्तविलेल्या लहरींशी तुलना करून सुसंगतता पडताळून पहिली. ICTS आणि आयुका मधील शात्रज्ञानी शेवटी तयार झालेल्या कृष्णविवराचे वस्तुमान, परिभ्रमण-गती आणि उत्सर्जित उर्जा यांचे अनुमान बांधण्यातही महत्वाचे योगदान केले. भारताच्या 'अस्ट्रोसॅट' या खगोलशास्त्रीय निरीक्षण नोंदविणाऱ्या उपग्रहावरील सी. झेड. टी. इमेजर (CZT imager) उपकरणाने या घटनेनंतर पहिल्यांदा या गुरुत्वीय लहरींच्या शोधाच्या दिशेने विद्युत-चुंबकीय वर्णपटात पाठपुरावा केला. सध्या आय. पी. आर. , आयुका आणि आर. आर. कॅट येथील अनेक शास्त्रज्ञ तिसरे लायगो उपकरण, लायगो-इंडिया, उभारण्यात मग्न आहेत. हे लायगो-इंडिया उपकरण, इतर उपकरणांच्या साथीने गुरुत्वीय लहरींचा योग्य वेध घेण्यास आणि अवकाशातील दिशा आणि अभिमुखता अधिक अचूकपणे ठरविण्यास फार महत्वाची भूमिका बजावेल. इंडिगो (IndIGO) या संघटनांतर्गत ९ संस्थांमधील एकूण ३९ संशोधकांनी या शोधासाठी योगदान केले आहे. यामध्ये ६ विद्यार्थी आणि ८ पोस्टडॉक यांचाही समावेश आहे.

अशाप्रकारची, लायगो उपकरणांनी त्यांची पूर्ण क्षमता गाठण्याआधीची ही दोन लागोपाठची गुरुत्वीय लहरींची निरीक्षणे आपल्याला यांच्या माध्यमातून अजून खूप काही शोधण्यासारखे आहे याची साक्ष देत आहेत. लायगो-इंडियाची वेगवान वाटचाल (भारताच्या DAE-DST आणि अमेरिकेच्या NSF यांच्यामध्ये लायगो-इंडियासाठी ३१ मार्च २०१६ रोजी सामंजस्य करार करण्यात आला आणि एकत्रित पर्यवेक्षण कमिटी बनविण्यात आली.), वर्गो (इटली-युरोप) तसेच काग्रा (जपान) ही नजीकच्या भविष्यात सुरु होऊ घातलेली उपकरणे, पी. टी. ए (Pulsar Timing Arrays) आणि लिसा (LISA) च्या पूर्वचाचणी प्रतिकृतीच्या अनपेक्षित यशामुळे निर्माण झालेली अवकाशीय उपकरणाची शक्यता यामुळे लवकरच गुरुत्वीय लहरी निरीक्षणांची विविध वारंवारितेतील अनेक उपकरणे उपलब्ध असतील. यामुळे आपण विविध खगोलशास्त्रीय स्रोतांचा अभ्यास करू शकू.

सगळ्यात महत्वाचे म्हणजे, गुरुत्वीय लहरींवर काम करणाऱ्या संशोधकांना पहिल्या शोधाच्या घोषणेपासून समाज, प्रशासन आणि प्रसारमाध्यमांकडून जबरदस्त शाबासकी मिळाली आणि कौतुक झाले. पहिल्या गुरुत्वीय लहरींच्या शोधाला लगेचच भौतिकशास्त्रातील काही प्रतिष्ठित, मानाचे पुरस्कार जाहीर झालेत. उदाहरणार्थ, ब्रेकथ्रू प्राइज इन फंडामेंटल फिजिक्स, विश्वरचनाशास्त्रातील 'ग्रबर' प्राइज, कवलि प्राइज, शॉ प्राइज. विश्वाच्या अभ्यासासाठीचे हे नवे दालन शोधाचे हे परिश्रम सर्व लोकांच्या सततच्या पाठींब्यामुळेच सफल होऊ शकले.

संशोधकांचे आंतरराष्ट्रीय सहकार्य संघटन:

ही LIGO उपकरणे अमेरिकेतील NSF (National Science Foundation) च्या अनुदानातून उभारली व चालविली जातात. हे काम Caltech आणि MIT येथील प्रस्थापित संस्थांकडून केले जाते. हे संशोधन Physical Review Letters ह्या संशोधकीय शोधनिबंध प्रकाशित करणाऱ्या नियतकालिकामधे प्रकाशित होणार असून ह्या शोधात LIGO Scientific Collaboration (LSC, लाइगोचे वैज्ञानिक संघटन) (GEO Collaboration, Australian Consortium for Interferometric Gravitational Astronomy समावेशित) आणि Virgo Collaboration ह्यांचा समावेश आहे.

येत्या शरद ऋतूत, आधुनिक लायगोच्या पुढील निरीक्षण टप्प्याला सुरुवात होईल. तोपर्यंत अधिक सुधारणांमुळे विश्वाचा दीड ते दोन पट अधिक आकार आपल्या आवाक्यात येईल. येत्या निरीक्षण टप्प्याच्या अखेरीस वर्गो उपकरणही निरीक्षणास सुरुवात करेल अशी आशा आहे.

LIGO Scientific Collaboration (LSC) मध्ये विविध अमेरिकन विद्यापीठे आणि १४ देशातील मिळून हजारोहून जास्त शास्त्रज्ञ आहेत. LSC तील ९० हून अधिक संस्था तसेच विद्यापीठे उपकरणांसाठीचे आधुनिक तंत्रज्ञान आणि माहिती (डेटा) विश्लेषण तंत्रात पारंगत आहेत. एकंदरीत २५० विद्यार्थ्यांचे LSC साठी अविरत योगदान सुरु असते. LSC उपकरणात LIGO आणि GEO600 (जिओ ६००) यांचा समावेश आहे.

गुरुत्वाकर्षण लहरींच्या संशोधनाकरिता Virgo collaboration (उच्चारण : व्हर्गो संघटन) "Virgo" या LIGO सारख्याच उपकरणाचा वापर करते . ह्यात विविध १९ संशोधन समूहातील २५० हून अधिक भौतिकशास्त्रज्ञ आणि तंत्रज्ञांचा समावेश आहे. हे १९ संशोधन समूह पुढीलप्रमाणे - सेंटर नेशनल दे ला रीशर्षे सायंटिफिक (CNRS), फ्रांस मधील ६, इटलीतील इन्स्टितुतो नाझनाले दि फिझिका न्युकलीअरे (INFN) येथील ८, निखेफ समवेत नेदरलँड मधील २, हंगेरीतील द विग्नेर RCP ग्रुप तसेच पोलंडमधील द पोलग्राव (POLGRAV) ग्रुप आणि Virgo उपकरणाचे नियंत्रण करणारी इटली जवळील पिसा येथील युरोपियन गुरुत्वाकर्षण वेधशाळा (European Gravitational Observatory) (EGO).

वर उल्लेखलेल्या संस्थांव्यतिरिक्त, या शोधत सहभागी भारतीय संशोधकांना वैद्यनिक आणि औद्यागिक विकास परिषद (CSIR), परमाणु ऊर्जा विभाग(DAE), विज्ञान आणि तंत्रज्ञान विभाग (DST), विज्ञान आणि अभियांत्रिकी संशोधन मंडळ (SERB), मानव संसाधन विकास मंत्रालय(MHRD) आणि विद्यापीठ अनुदान आयोग(UGC) यांजकडून आर्थिक सहकार्य मिळाले.

Contact persons :

- IndIGO Expert (Source Modelling): Bala Iyer (bala.iyer@icts.res.in)
- IndIGO Expert (Data Analysis): Sanjeev Dhurandhar (sanjeev@iucaa.in)
- CMI: K.G. Arun (kgarun@cmi.ac.in)
- ICTS: P. Ajith (ajith@icts.res.in)
- IISER-Kolkata: Rajesh Nayak (rajesh@iiserkol.ac.in)
- IISER-Tvm: Archana Pai (archana@iisertvm.ac.in)
- IIT-Gn: Anand Sengupta (asengupta@iitgn.ac.in)
- IUCAA: Sanjit Mitra (sanjit@iucaa.in)
- TIFR: A.Gopakumar (gopu@tifr.res.in)
- LIGO-India: IPR: Ziauddin Khan (ziauddin@ipr.res.in)
- LIGO-India: IUCAA: Tarun Souradeep (tarun@iucaa.in)
- LIGO-India: RRCAT: Sendhil Raja (sendhil@rrcat.gov.in)

Translator:

१. भूषण उदय वर्षा गद्रे

IUCAA, पुणे,

इंडिया.

LIGO सायंटिफिक कोलॅबोरशन,

IndIGO कन्सोर्शियम (www.gw-indigo.org)

Email: bug@iucaa.in