GMRT ने 8–9 अरब वर्ष पूर्व के आकाशगंगाओं से उत्सर्जित परमाणु हाइड्रोजन के रेडियो संकेत का पता लगाया

भारतीय खगोलविदों की एक टीम ने पुणे के निकट स्थित 'जायंट मीटरवेव रेडियो टेलीस्कोप' (GMRT) का उपयोग कर, 8 से 9 अरब वर्ष पूर्व के आकाशगंगाओं से उत्सर्जित परमाणु हाइड्रोजन के रेडियो संकेत (जिसे HI 21 सेमी सिग्नल के नाम से जाना जाता है) की खोज की है। आकाश के एक हिस्से, जिसे 'कॉसमॉस (COSMOS) फील्ड' कहा जाता है, में स्थित आकाशगंगाओं से GMRT द्वारा की गई यह खोज 8 अरब वर्ष पूर्व की आकाशगंगाओं में परमाणु हाइड्रोजन की औसत मात्रा का केवल दूसरा माप है। यह खोज आकाश के एक अलग हिस्से में इसी टीम द्वारा पहले प्राप्त किए गए परिणामों की पुष्टि करती है। GMRT एक विश्वस्तरीय रेडियो टेलीस्कोप है, जिसका निर्माण और संचालन परमाणु ऊर्जा विभाग (DAE) के तहत एक संस्थान, टाटा इंस्टीट्यूट ऑफ फंडामेंटल रिसर्च (TIFR) की एक इकाई 'नेशनल सेंटर फॉर रेडियो एस्ट्रोफिजिक्स' (NCRA) द्वारा किया जाता है।

एक आकाशगंगा (हमारी अपनी गैलक्सी को आकाशगंगा कहा जाता है और अन्य गैलक्सीओं को दीर्घिका कहा जाता है) में तारों का निर्माण आणविक हाइड्रोजन (molecular hydrogen) से होता है, और यह आणविक हाइड्रोजन, परमाणु हाइड्रोजन (atomic hydrogen) से बनती है। इस प्रकार परमाणु हाइड्रोजन किसी आकाशगंगा में तारों के निर्माण के लिए प्राथमिक ईंधन है। ब्रह्मांडीय कालक्रम में आकाशगंगाएं कैसे विकसित होती हैं, इसे समझने के लिए हमें आकाशगंगाओं के भीतर तारों और गैस दोनों के उत्क्रांति (evolution) को समझना होगा। इसके लिए ब्रह्मांड की समयरेखा के विभिन्न युगों में आकाशगंगाओं में मौजूद तारों और परमाणु हाइड्रोजन दोनों की मात्रा को मापना आवश्यक है। खगोल विज्ञान में एक महत्वपूर्ण अनुत्तरित प्रश्न यह है कि इन प्रारंभिक आकाशगंगाओं में समय के साथ परमाणु हाइड्रोजन की मात्रा कैसे बदलती है। ब्रह्मांडीय समयरेखा में लगभग 8 से 10 अरब वर्ष पूर्व का वह दौर विशेष रुचि का विषय है, जब ब्रह्मांड में तारा-निर्माण की गतिविधि अपने उच्चतम स्तर पर थी। विशेष रूप से, 8 अरब वर्ष पूर्व की चरम गतिविधि के बाद ब्रह्मांड में तारा-निर्माण की प्रक्रिया में इतनी तीव्र गिरावट क्यों आई?

किसी आकाशगंगा में परमाणु हाइड्रोजन की मात्रा का अध्ययन हाइड्रोजन परमाणु द्वारा लगभग 21 सेमी की तरंग दैर्ध्य (wavelength) पर उत्सर्जित रेडियो सिग्नल को नाप करके किया जा सकता है। इसे 'HI 21 सेमी सिग्नल' के रूप में जाना जाता है, और रेडियो टेलीस्कोप की मदद से आकाशगंगाओं से इसका पता लगाया जा सकता है। 8 अरब वर्ष पूर्व के युवा ब्रह्मांड की आकाशगंगाओं में परमाणु हाइड्रोजन की मात्रा मापने के लिए, हमें अत्यधिक सुदूर आकाशगंगाओं से आने वाले HI 21 सेमी सिग्नल को पकड़ना होता है। चूंकि इन आकाशगंगाओं से आने वाले संकेतों को हम तक पहुँचने में अरबों वर्ष लगते हैं, इसलिए हम इन आकाशगंगाओं को उसी रूप में देख रहे होते हैं जैसी वे अरबों वर्ष पहले थीं। दुर्भाग्य से, बहुत दूर स्थित आकाशगंगाओं से आने वाले HI 21 सेमी सिग्नल का पता लगाना बेहद चुनौतीपूर्ण कार्य है,

क्योंकि यह सिग्नल स्वाभाविक रूप से बहुत क्षीण (कमजोर) होता है और इस क्षीण सिग्नल को मानव-निर्मित शक्तिशाली रेडियो सिग्नलों की मौजूदगी में नापना पड़ता है ।

इस अध्ययन की मुख्य लेखिका बलप्रीत कौर—जो वर्तमान में इंटर-यूनिवर्सिटी सेंटर फॉर एस्ट्रोनॉमी एंड एस्ट्रोफिजिक्स (IUCAA), पुणे में पोस्ट-डॉक्टरल फेलो हैं और इसके पूर्व NCRA-TIFR, पुणे में पीएचडी छात्रा थीं—ने कहा, “इस अत्यंत क्षीण संकेत का पता लगाने के लिए, हमने GMRT का उपयोग करके आकाश के 'कॉसमॉस फील्ड' नामक क्षेत्र का 200 से अधिक घंटों तक अवलोकन किया। इसके बाद हमने लगभग 10,000 आकाशगंगाओं के HI 21 सेमी संकेतों को एक साथ संरेखित किया और उनका औसत निकाला, ताकि आकाशगंगाओं में परमाणु हाइड्रोजन की औसत मात्रा मापी जा सके।”

GMRT के परिणामों से पता चलता है कि इन प्रारंभिक आकाशगंगाओं में आज हमारे आसपास दिखाई देने वाली आकाशगंगाओं की तुलना में कहीं अधिक परमाणु गैस मौजूद थी। हालांकि, इन आकाशगंगाओं में तारों के बनने की दर भी आज की आकाशगंगाओं की तुलना में बहुत अधिक थी। GMRT के परिणाम दर्शाते हैं कि ये आकाशगंगाएं तारा-निर्माण की प्रक्रिया में अपनी गैस की खपत बहुत तेजी से करती हैं। यदि इन आकाशगंगाओं को अपने निकट के परिवेश से और अधिक गैस प्राप्त नहीं होती, तो तारा-निर्माण के लिए उनका ईंधन समाप्त हो जाता।

बलप्रीत कौर ने आगे कहा, “यह पिछले 8 अरब वर्षों में ब्रह्मांड में तारा-निर्माण गतिविधि में देखी गई गिरावट का एक स्वाभाविक और तार्किक कारण प्रस्तुत करता है।”

अध्ययन के सह-लेखक आदित्य चौधरी—जिन्होंने इन युगों की आकाशगंगाओं से औसत HI 21 सेमी सिग्नल के पहले माप के लिए NCRA-TIFR से अपनी पीएचडी पूरी की—ने बताया, “HI 21 सेमी सिग्नल इतना कमजोर होता है कि उस प्रारंभिक काल की व्यक्तिगत (एकल) आकाशगंगाओं से इसका पता लगाना बेहद कठिन है। हालांकि, यहां उपयोग की गई ‘HI 21 cm स्टैकिंग’ तकनीक कई आकाशगंगाओं के संकेतों को संयोजित करती है, जिससे हमें सभी आकाशगंगाओं से औसत HI 21 सेमी सिग्नल मापने की सुविधा मिलती है।”

अध्ययन के सह-लेखक जयराम एन. चेंगलोर ने कहा, “मल्टी-वेवलेंथ अवलोकनों से प्राप्त व्यापक जानकारी के कारण कॉसमॉस क्षेत्र बेहद दिलचस्प है। अब हम कॉसमॉस आकाशगंगाओं के परमाणु हाइड्रोजन गुणों को उनके अन्य गुणों और परिवेश से जोड़ने का प्रयास कर सकते हैं, जो इस युग के लिए अब तक संभव नहीं था।”

अध्ययन के सह-लेखक और NCRA-TIFR के संकाय सदस्य निसिम कानेकर ने कहा, “कॉसमॉस की आकाशगंगाओं से औसत HI 21 सेमी सिग्नल का यह पता लगाना इस युग की अलग-अलग व्यक्तिगत आकाशगंगाओं से HI 21 सेमी सिग्नल मापने के लक्ष्य की दिशा में एक बड़ा कदम है, जो पहले कभी नहीं

किया गया है। हम अब इस उद्देश्य के लिए कॉसमॉस फील्ड का और भी अधिक गहन GMRT अवलोकन कर रहे हैं।”

लगभग 40 वर्ष पूर्व GMRT के निर्माण का मुख्य वैज्ञानिक उद्देश्य प्रारंभिक ब्रह्मांड की आकाशगंगाओं से HI 21 सेमी सिग्नल का पता लगाना ही था। लगभग एक दशक पहले नए रिसीवर, नए कोरिलेटर और नए इलेक्ट्रॉनिक्स के साथ किए गए GMRT के उन्नयन (अपग्रेड) ने इस टेलीस्कोप को नया जीवन दिया है। इसने खगोलविदों को अंततः प्रारंभिक आकाशगंगाओं के परमाणु हाइड्रोजन गुणों को मापने में सक्षम बनाया है, जिससे आकाशगंगाओं के विकास के बारे में हमारी समझ में उल्लेखनीय सुधार हुआ है।

यह शोध 'द एस्ट्रोफिजिकल जर्नल लेटर्स' के खंड 1009 में प्रकाशित हुआ है (https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/aea3e8)। यह शोध IUCAA और NCRA-TIFR की बलप्रीत कौर तथा NCRA-TIFR के निसिम कानेकर, आदित्य चौधरी और TIFR के जयराम चेंगलूर द्वारा किया गया था। इसे भारत सरकार के परमाणु ऊर्जा विभाग (DAE) और अनुसंधान नेशनल रिसर्च फाउंडेशन (ANRF) द्वारा वित्तपोषित किया गया था।

संपर्क सूत्र:

बलप्रीत कौर (balpreet.kaur@iucaa.in; +91-8447873084)
निसिम कानेकर (nkanekar@ncra.tifr.res.in; +91-8007189477)