आकाशगंगाओं का ईंधन-खाता: GMRT ने 8 अरब वर्ष पुराने हाइड्रोजन भंडार का पैमाना लिया

विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी (मुख्य परीक्षा: सामान्य अध्ययन-III) | समाचार संदर्भ: 13 अक्टूबर 2026 (NCRA-TIFR विज्ञप्ति; पेपर ऑनलाइन 25 सितंबर 2026) | प्रकाशित: 24 अक्टूबर 2026

खबरों में क्यों

पुणे के पास खोडद स्थित अपग्रेडेड जायंट मीटरवेव रेडियो टेलिस्कोप (uGMRT) ने आकाश के 'कॉसमॉस' (COSMOS) क्षेत्र में 8,122 तारा-निर्माण करती आकाशगंगाओं के परमाणु हाइड्रोजन के 21-सेमी रेडियो संकेतों को जोड़कर (स्टैक करके) उनका औसत हाइड्रोजन-द्रव्यमान नापा है – ये आकाशगंगाएँ हमें वैसी दिख रही हैं जैसी वे आज से लगभग 8-9 अरब वर्ष पहले थीं, क्योंकि उनका संकेत इतना ही समय लेकर पृथ्वी तक पहुँचा। शोध द एस्ट्रोफिजिकल जर्नल लेटर्स (ApJL) में 25 सितंबर 2026 को ऑनलाइन छपा (खुली-पहुँच); एनसीआरए-टीआईएफआर की विज्ञप्ति और मुख्य समाचार-कवरेज 13 से 18 अक्टूबर 2026 के बीच आया – दोनों तिथियाँ अलग रखें। प्रथम लेखिका हैं बलप्रीत कौर (आयुका, पुणे में पोस्ट-डॉक्टरल फेलो; पहले एनसीआरए-टीआईएफआर में पीएचडी); सह-लेखक निस्सिम कानेकर, आदित्य चौधरी और जयराम एन. चेंगलूर (एनसीआरए-टीआईएफआर/टीआईएफआर)। खोज का सार: शुरुआती आकाशगंगाओं में हाइड्रोजन का भंडार आज की आकाशगंगाओं से कहीं अधिक था, पर तारा-बनने की रफ्तार भी कई गुना तेज थी – यानी ईंधन जल्दी खर्च हुआ, और बाहर से नई गैस न मिलने पर तारा-निर्माण धीमा पड़ गया।

पृष्ठभूमि: तारे गैस से कैसे बनते हैं

ब्रह्मांड में तारे गैस से बनते हैं: परमाणु हाइड्रोजन पहले आणविक हाइड्रोजन बनती है, और उसी से तारे जन्मते हैं। खगोलशास्त्रियों को बहुत पहले से पता है कि ब्रह्मांड की तारा-निर्माण गतिविधि लगभग 8-10 अरब वर्ष पहले अपने चरम पर थी और तब से लगातार घट रही है – पर क्यों? इसका सीधा जवाब उस समय की आकाशगंगाओं में कितना परमाणु हाइड्रोजन (तारा-निर्माण का मूल ईंधन) मौजूद था, इसके मापन पर टिका है। समस्या यह है कि हाइड्रोजन परमाणु का 21-सेमी रेडियो संकेत अत्यंत कमजोर होता है; इतनी दूर की एकल आकाशगंगा से इसे पकड़ना आज की तकनीक से भी लगभग असंभव है। जीएमआरटी बनाने का मूल वैज्ञानिक लक्ष्य करीब 40 वर्ष पहले यही था – शुरुआती ब्रह्मांड की आकाशगंगाओं से 21-सेमी संकेत पकड़ना। करीब एक दशक पहले हुए अपग्रेड (नए रिसीवर, नया कोरिलेटर, नई इलेक्ट्रॉनिक्स) ने दूरबीन को नई जान दी। यह मापन उसी दिशा की नई सीढ़ी है: यह $z \approx 1$ (लगभग 8 अरब वर्ष पुराने युग) पर औसत हाइड्रोजन-मात्रा का केवल दूसरा मापन है – पहला इसी परंपरा की टीम ने 2020 में DEEP2 क्षेत्र की आकाशगंगाओं पर किया था – और कॉसमॉस क्षेत्र में पहला। यानी पहले नतीजे की स्वतंत्र पुष्टि भी हुई।

तरीका: 216 घंटे की निगरानी और 'स्टैकिंग' की कला

शोधपत्र के अनुसार टीम ने uGMRT के बैंड-4 (550-850 मेगाहर्ट्ज़) से कॉसमॉस क्षेत्र का 216 घंटे निरीक्षण किया – 7 पॉइंटिंग में कुल 2.4 वर्ग डिग्री क्षेत्र, केंद्रीय पॉइंटिंग में 67 घंटे और बाकी छह में 89 घंटे। अकेली दूर की आकाशगंगा का संकेत इतना धुंधला है कि उसे सीधे नहीं नापा जा सकता, इसलिए 'HI 21 सेमी स्टैकिंग' तकनीक अपनाई गई: ऑप्टिकल दूरबीनों से पहले से ज्ञात सटीक रेडशिफ्ट वाली आकाशगंगाओं के संकेतों को उनकी अपेक्षित आवृत्ति पर संरेखित कर औसत निकाला गया। संस्थागत विज्ञप्ति में कौर ने लगभग 10,000 आकाशगंगाओं के संकेत संरेखित करने की बात कही; शोधपत्र के सार में अंतिम विश्लेषण 8,122 आकाशगंगाओं का है – दोनों आँकड़े अलग चरणों के हैं, विश्लेषण का आँकड़ा 8,122 ही मानक मानें। नतीजा: 90 किलोपारसेक स्थानिक विभेदन पर 4.2-सिग्मा स्तर का औसत संकेत, और औसत हाइड्रोजन-द्रव्यमान $(15.5 \pm 3.7) \times 10^9$ सौर-द्रव्यमान। साथ ही 680 मेगाहर्ट्ज़ के कंटिन्यूम चित्रों को स्टैक कर 1.4 गीगाहर्ट्ज़ रेडियो कंटिन्यूम से भारित-माध्यिका तारा-निर्माण दर 8.90 ± 0.92 सौर-द्रव्यमान प्रति वर्ष निकली गई।

मिला क्या: ईंधन ज्यादा, खपत और भी तेज

तीन प्रमुख संख्यात्मक निष्कर्ष हैं। पहला, औसत हाइड्रोजन-द्रव्यमान लगभग 15.5 अरब सौर-द्रव्यमान – आज की सामान्य आकाशगंगाओं की तुलना में कहीं बड़ा भंडार। दूसरा, हाइड्रोजन-से-तारकीय द्रव्यमान का अनुपात 1.15 ± 0.27 – यानी उस युग की आकाशगंगाओं में तारों के मुकाबले गैस का हिस्सा काफी ज्यादा था। तीसरा और सबसे महत्वपूर्ण, 'डिप्लीशन टाइमस्केल' – मौजूदा रफ्तार से ईंधन खत्म होने का समय – महज 1.74 ± 0.45 अरब वर्ष (औसत रेडशिफ्ट 1.081 पर)। यानी उस युग की आकाशगंगाएँ अपनी गैस को एक-दो अरब वर्षों में ही तारों में बदल देतीं; अगर अंतर-आकाशगंगीय माध्यम से नई गैस का प्रवाह (एक्रीशन) पर्याप्त नहीं हुआ, तो तारा-निर्माण थमना स्वाभाविक था। शोधकर्ताओं के अनुसार यही z<1 के बाद ब्रह्मांड की तारा-निर्माण दर में आई गिरावट की 'स्वाभाविक व्याख्या' देता है – यह निष्कर्ष DEEP2 सर्वे के 2020 के नतीजों से मेल खाता है और उन्हें मजबूत करता है। कानेकर के अनुसार यह डिटेक्शन उस बड़े लक्ष्य की ओर महत्वपूर्ण कदम है जो अभी तक किसी ने नहीं किया – इसी युग की एकल आकाशगंगाओं से 21-सेमी संकेत का मापन; इसी के लिए टीम कॉसमॉस क्षेत्र का और गहरा GMRT निरीक्षण कर रही है।

सीमाएँ और सावधानियाँ

कई बातें संयत रखें। पहली, यह औसत मापन है – स्टैकिंग तकनीक हजारों आकाशगंगाओं का संयुक्त संकेत देती है, किसी एक आकाशगंगा का नहीं; एकल-आकाशगंगा मापन अभी शेष लक्ष्य है। दूसरी, डिटेक्शन 4.2-सिग्मा का है – सांख्यिकीय रूप से ठोस मापन, पर खगोल-भौतिकी की पारंपरिक 5-सिग्मा 'खोज' सीमा से नीचे; इसे संचित साक्ष्य के रूप में पढ़ें, एकल निर्णायक प्रमाण के रूप में नहीं। तीसरी, '8-9 अरब वर्ष पहले' प्रकाश-यात्रा-काल (लुकबैक टाइम) है; पेपर का औसत रेडशिफ्ट 1.081 है – दूरी नहीं, युग बताता है। चौथी, गैस-एक्रीशन की कमी से गिरावट की व्याख्या एक व्याख्यात्मक निष्कर्ष है – नई गैस के प्रवाह को सीधे नापा नहीं गया; यह DEEP2-संगत आँकड़ों पर आधारित सर्वोत्तम व्याख्या है। पाँचवीं, आकाशगंगा-संख्या के दो आँकड़े चलन में हैं – विज्ञप्ति/समाचारों में 'लगभग 10,000' (संरेखित संकेत) और पेपर में 8,122 (अंतिम विश्लेषण); हमने पेपर वाला अपनाया है। छठी, तारा-निर्माण दर रेडियो-कंटिन्यूम स्टैकिंग से निकाली गई माध्यिका है, प्रत्येक आकाशगंगा की अलग दर नहीं। सातवीं, तिथियों का भेद रखें: arXiv प्रीप्रिंट 11 सितंबर, पेपर ऑनलाइन 25 सितंबर 2026, प्रिंट अंक 1 अक्टूबर (ApJL खंड 1009, L38), जबकि एनसीआरए विज्ञप्ति 13 अक्टूबर और समाचार-कवरेज 13-18 अक्टूबर की है – यह माह-पुराने पेपर की सार्वजनिक व्याख्या है, नई प्रयोगशाला-खोज की ताजा सूचना नहीं।

आगे क्या देखना होगा?

तीन चीजें: (1) टीम का चल रहा गहरा GMRT निरीक्षण – क्या एकल आकाशगंगाओं तक 21-सेमी संकेत पहुँच पाएगा; (2) कॉसमॉस क्षेत्र के बहु-तरंगदैर्ध्य डेटा से गैस-गुणों को आकाशगंगाओं के वातावरण से जोड़ने के अध्ययन, जैसा चेंगलूर ने संकेत दिया; और (3) वैश्विक संदर्भ – दक्षिण अफ्रीका के MeerKAT ने भी हाल में (अलग अध्ययन, जुलाई 2026 का ApJL पेपर) हाइड्रोजन इंटेंसिटी मैपिंग से 4-5 अरब वर्ष पुरानी गैस का पता लगाया है, और निर्माणाधीन SKA इन्हीं तकनीकों को बड़े पैमाने पर ले जाएगा। नीति-दृष्टि से यह काम भारतीय बुनियादी ढाँचे (uGMRT), परमाणु ऊर्जा विभाग और अनुसंधान राष्ट्रीय अनुसंधान फाउंडेशन (ANRF) के वित्त और भारतीय प्रीमियर संस्थानों (NCRA-TIFR, आयुका) के मानव-पूंजीगत सहयोग का उदाहरण है – वही SERC/ONOS जैसी खुली-पहुँच चर्चा जो अन्य क्षेत्रों में भी दिखती है।

पाठक के लिए संदर्भ-बिंदु

चार बातें याद रखें। पहली, 21-सेमी रेखा: हाइड्रोजन परमाणु के इलेक्ट्रॉन-प्रोटॉन स्पिन बदलने से निकलने वाला रेडियो संकेत (विराम-आवृत्ति ~1420 मेगाहर्ट्ज़); रेडशिफ्ट से यह बैंड-4 जैसी नीची आवृत्तियों में खिसक जाती है। दूसरी, रेडशिफ्ट z≈1 का अर्थ है ब्रह्मांड का वह युग जब उसकी उम्र आधी से भी कम थी – लुकबैक टाइम लगभग 8 अरब वर्ष। तीसरी, स्टैकिंग: कई कमजोर संकेतों का औसत –

व्यक्तिगत नहीं, सामूहिक सत्य बताती है। चौथी, GMRT: पुणे के निकट खोडद में 30 पैंतालीस-मीटर डिशों की सरणी, NCRA (TIFR का घटक, परमाणु ऊर्जा विभाग) द्वारा संचालित – प्रिलिम्स में संस्था-स्थान-उद्देश्य तीनों पूछे जा चुके हैं।

मुख्य परीक्षा अभ्यास प्रश्न

'ब्रह्मांड में तारा-निर्माण की गिरती रफ्तार का रहस्य अंतरिक्ष विज्ञान के सामने दशकों से था।' इस कथन की पुष्टि में uGMRT के हालिया HI 21 सेमी स्टैकिंग मापन के योगदान का मूल्यांकन कीजिए, और भारतीय रेडियो-खगोल विज्ञान बुनियादी ढाँचे की रणनीतिक भूमिका पर टिप्पणी कीजिए। (सामान्य अध्ययन-III: विज्ञान-प्रौद्योगिकी; 250 शब्द, 15 अंक)

उत्तर की रूपरेखा:

भूमिका में: कथन की पुष्टि करते हुए बताएँ कि ब्रह्मांड की तारा-निर्माण गतिविधि लगभग 8-10 अरब वर्ष पहले चरम पर थी और तब से घट रही है; इसका उत्तर उस युग की आकाशगंगाओं में परमाणु हाइड्रोजन (तारा-निर्माण का मूल ईंधन) के मापन में छिपा था, जबकि 21-सेमी संकेत अत्यंत कमजोर होता है - यही GMRT बनाने का करीब 40 वर्ष पुराना मूल वैज्ञानिक लक्ष्य था।

मुख्य भाग में: uGMRT के योगदान का मूल्यांकन करें: कॉसमॉस क्षेत्र में 216 घंटे के निरीक्षण से 8,122 तारा-निर्माण करती आकाशगंगाओं ($z \approx 1$, लगभग 8 अरब वर्ष पुराना युग) के 21-सेमी संकेतों की स्टैकिंग; 4.2-सिग्मा औसत संकेत, औसत हाइड्रोजन-द्रव्यमान $15.5 \pm 3.7 \times 10^9$ सौर-द्रव्यमान, गैस-तारकीय अनुपात 1.15 ± 0.27 और डिप्लीशन टाइमस्केल महज 1.74 ± 0.45 अरब वर्ष - यानी ईंधन भंडार बड़ा था पर खपत और भी तेज, और नई गैस का प्रवाह (एक्रीशन) न मिलने पर तारा-निर्माण का धीमा पड़ना स्वाभाविक था; यह $z \approx 1$ पर दूसरा मापन है जो DEEP2 (2020) के नतीजों की स्वतंत्र पुष्टि करता है। सीमाएँ भी रखें: यह औसत (स्टैक) मापन है, एकल-आकाशगंगा डिटेक्शन नहीं; 4.2σ पारंपरिक 5σ खोज-सीमा से नीचे; एक्रीशन की कमी की व्याख्या अनुमानित है। रणनीतिक भूमिका पर टिप्पणी करें: uGMRT (खोडद, NCRA-TIFR, परमाणु ऊर्जा विभाग) और ANRF वित्त भारतीय बुनियादी ढाँचे और मानव-पूंजी (आयुका की बलप्रीत कौर समेत) की ताकत दिखाते हैं; MeerKAT का स्वतंत्र परिणाम और निर्माणाधीन SKA इसी दिशा को वैश्विक पैमाना देंगे, और एकल-आकाशगंगा 21-सेमी मापन अगला लक्ष्य है।

निष्कर्ष में: निष्कर्ष में कहें कि दशकों का रहस्य अब 'ईंधन-खपत बनाम ईंधन-आपूर्ति' के मापनीय प्रश्न में बदल चुका है; भारतीय रेडियो-खगोल बुनियादी ढाँचा इस मोर्चे पर केवल भागीदार नहीं, अग्रणी योगदानकर्ता है - बशर्ते गहरे निरीक्षण और अंतर्राष्ट्रीय सहयोग जारी रहें।

स्रोत और सीमाएँ

- प्राथमिक शोधपत्र (The Astrophysical Journal Letters, खुली-पहुँच): Kaur, Kanekar, Chowdhury, Chengalur, "The GMRT CAT z1-COSMOS Survey: HI 21 cm Emission from Star-forming Galaxies at $z \approx 1$ in the COSMOS Field", खंड 1009, L38; ऑनलाइन 25 सितंबर 2026; DOI 10.3847/2041-8213/aea3e8। सार, लेखक-संलग्नता, तिथियाँ और फंडिंग पठित।
- arXiv प्रीप्रिंट 2609.13382 (प्रस्तुत 11 सितंबर 2026): पूर्ण सार – 216 घंटे, 8,122 आकाशगंगाएँ, 4.2σ, $15.5 \pm 3.7 \times 10^9$ $M_\odot$, SFR 8.90 ± 0.92, अनुपात 1.15 ± 0.27, डिप्लीशन 1.74 ± 0.45 Gyr।
- Crossref अभिलेख: प्राप्ति 25 जून, स्वीकृति 4 सितंबर, ऑनलाइन 25 सितंबर, प्रिंट 1 अक्टूबर 2026 की पुष्टि; DAE/DST अनुदान।
- NCRA-TIFR विज्ञप्ति (13 अक्टूबर 2026): कौर/चौधरी/चेंगलूर/कानेकर के उद्धरण, 'दूसरा मापन' का दावा, DAE+ANRF वित्त।
- टाइम्स ऑफ इंडिया (13-14 अक्टूबर 2026): विस्तृत कवरेज, 200+ घंटे, उद्धरण।
- डेक्कन हेराल्ड (16-17 अक्टूबर 2026) और द इंटेलिजेंट हिंदी (18 अक्टूबर 2026): खोज-सार और महत्व (समाचार)।

- सीमाएँ: औसत (स्टैक) मापन, एकल-आकाशगंगा डिटेक्शन नहीं; 4.2σ (5σ से कम); गैस-एक्रीशन व्याख्या अनुमानित; आकाशगंगा-संख्या 'लगभग 10,000' (विज्ञप्ति) बनाम 8,122 (पेपर) – पेपर मानक; तारा-निर्माण दर माध्यिका; पेपर (25 सितंबर) बनाम विज्ञप्ति (13 अक्टूबर) तिथि-भिन्नता; MeerKAT उल्लेख स्वतंत्र अध्ययन-संदर्भ मात्र।

अक्सर पूछे जाने वाले प्रश्न (FAQ)

संक्षिप्त उत्तर: पुणे के पास खोडद स्थित अपग्रेडेड जायंट मीटरवेव रेडियो टेलिस्कोप (uGMRT) ने आकाश के 'कॉसमॉस' (COSMOS) क्षेत्र में 8,122 तारा-निर्माण करती आकाशगंगाओं के परमाणु हाइड्रोजन के 21-सेमी रेडियो संकेतों को जोड़कर (स्टैक करके) उनका औसत हाइड्रोजन-द्रव्यमान नापा है – ये आकाशगंगाएँ हमें वैसी दिख रही हैं जैसी वे आज से लगभग 8-9 अरब वर्ष पहले थीं, क्योंकि उनका संकेत इतना ही समय लेकर पृथ्वी तक पहुँचा। शोध द एस्ट्रोफिजिकल जर्नल लेटर्स (ApJL) में 25 सितंबर 2026 को ऑनलाइन छपा (खुली-पहुँच); एनसीआरए-टीआईएफआर की विज्ञप्ति और मुख्य समाचार-कवरेज 13 से 18 अक्टूबर 2026 के बीच आया – दोनों तिथियाँ अलग रखें।

प्रश्न: uGMRT ने दूर की आकाशगंगाओं में क्या मापा?

पुणे के पास खोडद स्थित अपग्रेडेड जायंट मीटरवेव रेडियो टेलिस्कोप (uGMRT) ने आकाश के 'कॉसमॉस' (COSMOS) क्षेत्र में 8,122 तारा-निर्माण करती आकाशगंगाओं के परमाणु हाइड्रोजन के 21-सेमी रेडियो संकेतों को जोड़कर (स्टैक करके) उनका औसत हाइड्रोजन-द्रव्यमान नापा है – ये आकाशगंगाएँ हमें वैसी दिख रही हैं जैसी वे आज से लगभग 8-9 अरब वर्ष पहले थीं, क्योंकि उनका संकेत इतना ही समय लेकर पृथ्वी तक पहुँचा। शोध द एस्ट्रोफिजिकल जर्नल लेटर्स (ApJL) में 25 सितंबर 2026 को ऑनलाइन छपा (खुली-पहुँच); एनसीआरए-टीआईएफआर की विज्ञप्ति और मुख्य समाचार-कवरेज 13 से 18 अक्टूबर 2026 के बीच आया – दोनों तिथियाँ अलग रखें।

प्रश्न: तारा-निर्माण में हाइड्रोजन की क्या भूमिका है?

ब्रह्मांड में तारे गैस से बनते हैं: परमाणु हाइड्रोजन पहले आणविक हाइड्रोजन बनती है, और उसी से तारे जन्मते हैं। खगोलशास्त्रियों को बहुत पहले से पता है कि ब्रह्मांड की तारा-निर्माण गतिविधि लगभग 8-10 अरब वर्ष पहले अपने चरम पर थी और तब से लगातार घट रही है – पर क्यों?

प्रश्न: दूर की आकाशगंगाओं के संकेत कैसे जोड़े गए?

शोधपत्र के अनुसार टीम ने uGMRT के बैंड-4 (550-850 मेगाहर्ट्ज़) से कॉसमॉस क्षेत्र का 216 घंटे निरीक्षण किया – 7 पॉइंटिंग में कुल 2.4 वर्ग डिग्री क्षेत्र, केंद्रीय पॉइंटिंग में 67 घंटे और बाकी छह में 89 घंटे। अकेली दूर की आकाशगंगा का संकेत इतना धुंधला है कि उसे सीधे नहीं नापा जा सकता, इसलिए 'HI 21 सेमी स्टैकिंग' तकनीक अपनाई गई: ऑप्टिकल दूरबीनों से पहले से ज्ञात सटीक रेडशिफ्ट वाली आकाशगंगाओं के संकेतों को उनकी अपेक्षित आवृत्ति पर संरेखित कर औसत निकाला गया।