ध्रुवों पर सूर्य-तूफान की गूँज: GLE #77 का गामा-किरण अवलोकन

प्रकाशन: 27 नवंबर 2026

समाचार-संदर्भ: पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय (26 नवंबर 2026) के अनुसार भारतीय भूचुंबकत्व संस्थान (IIG), मुंबई के वैज्ञानिकों ने अंटार्कटिका के मैत्री और आर्कटिक के नी-ओलेसुंद स्टेशनों पर स्थापित NaI(Tl) गामा-किरण स्फुरदीप्त संसूचकों के माध्यम से 11 नवंबर 2025 की GLE #77 घटना का पहली बार अवलोकन किया। यह अध्ययन द एस्ट्रोफिजिकल जर्नल लेटर्स में प्रकाशित हुआ है।

परीक्षा-संदर्भ: जीएस पेपर III: विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी (अंतरिक्ष विज्ञान, स्पेस वेदर, सौर-पार्थिव संबंध); आपदा प्रबंधन (चरम स्पेस-वेदर घटनाएँ)

प्रिलिम्स: भौतिकी, अंतरिक्ष विज्ञान (सामान्य विज्ञान एवं करेंट अफेयर्स)



प्रतीकात्मक आरेख, पैमाने पर नहीं। संसूचक चित्र: PIB / MoES

खबरों में क्यों

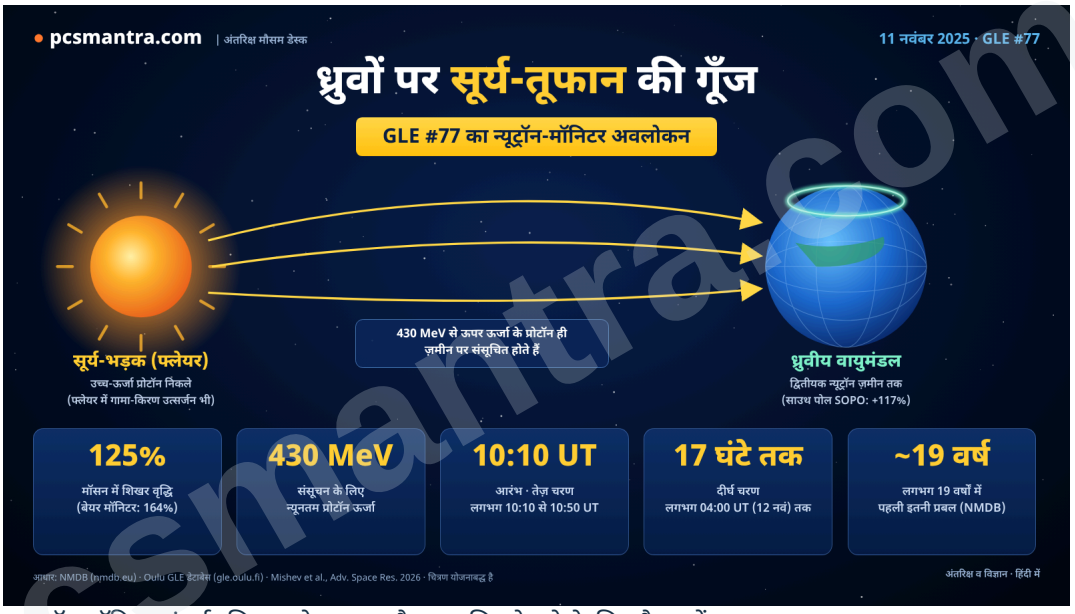
26 नवंबर 2026 की विज्ञप्ति में 11 नवंबर 2025 की सौर घटना के ध्रुवीय गामा-किरण अवलोकन का नया अध्ययन सामने आया।

परिचय

सूर्य पर होने वाले प्रबल विस्फोटों, जैसे सौर ज्वाला (सोलर फ्लेयर) और कोरोनल मास इजेक्शन (CME), से अत्यंत उच्च-ऊर्जा वाले कण, मुख्यतः प्रोटॉन, त्वरित होकर अंतर्ग्रहीय अंतरिक्ष में फैलते हैं। जब ये कण पृथ्वी के वायुमंडल में प्रवेश करते हैं, तो वे वायुमंडलीय अणुओं से टकराकर द्वितीयक कणों की एक शृंखला उत्पन्न करते हैं, जिन्हें हैड्रॉनिक, मीज़ॉनिक और विद्युतचुंबकीय प्रकार के कण कहा जाता है। जब यह द्वितीयक कण-शृंखला इतनी प्रबल हो कि ज़मीनी उपकरण उसे दर्ज कर लें, तो इसे ग्राउंड-लेवल एनहांसमेंट (GLE) कहा जाता है। GLE सौर ऊर्जात्मक कण (सोलर एनर्जेटिक पार्टिकल, SEP) घटनाओं की सबसे दुर्लभ और चरम अभिव्यक्ति है, और एक सौर चक्र में केवल कुछ ही ऐसी घटनाएँ होती हैं। परंपरागत रूप से इनकी पहचान न्यूट्रॉन मॉनिटर नेटवर्क के माध्यम से की जाती रही है, जो SEP घटनाओं के दौरान द्वितीयक न्यूट्रॉनों की गिनती में अचानक वृद्धि दर्ज करते हैं।

घटना क्या थी?

11 नवंबर 2025 को सक्रिय क्षेत्र AR 4274 में X5.1 श्रेणी की तीव्र सौर ज्वाला उत्पन्न हुई, जो GOES-18 उपग्रह के अनुसार 09:49 यूटीसी पर शुरू होकर 10:04 यूटीसी पर चरम पर पहुँची और 10:17 यूटीसी पर समाप्त हुई। इसके साथ ही 1772 किमी प्रति सेकंड की गति वाला एक अत्यंत तीव्र CME और एक प्रबल SEP घटना जुड़ी थी। इस घटना को GLE #77 नाम दिया गया। ध्यान दें कि यह घटना नवंबर 2025 की है; इसका शोधपत्र 19 नवंबर 2026 को प्रकाशित हुआ और PIB की विज्ञप्ति 26 नवंबर 2026 को जारी हुई।



GLE #77 का न्यूट्रॉन-मॉनिटर संदर्भ। चित्रण योजनाबद्ध है। बड़ा चित्र देखने के लिए टैप करें।

इस इन्फोग्राफ़िक में 10:10 UT का समय न्यूट्रॉन-मॉनिटर पर GLE की शुरुआत का है, सौर ज्वाला की शुरुआत या चरम का नहीं। ऊपर दिए गए सौर ज्वाला के समय अलग हैं।

भारत की भूमिका: IIG के ध्रुवीय संसूचक

विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग (DST) के स्वायत्त संस्थान भारतीय भूचुंबकत्व संस्थान (IIG), मुंबई ने ध्रुवीय अक्षांशों पर ब्रह्मांडीय कण और स्पेस-वेदर घटनाओं के ज़मीनी अवलोकन के अपने अनुसंधान कार्यक्रम के तहत दो भारतीय ध्रुवीय स्टेशनों पर NaI(Tl) स्फुरद्दीप्त संसूचक स्थापित किए:

1. **मैत्री (अंटार्कटिका):** भौगोलिक निर्देशांक 70.46 डिग्री दक्षिण, 11.43 डिग्री पूर्व; भूचुंबकीय कटऑफ रिजिडिटी लगभग 0.3 GV।
2. **नी-ओलेसुंद (आर्कटिक):** भौगोलिक निर्देशांक 78.92 डिग्री उत्तर, 11.91 डिग्री पूर्व; कटऑफ रिजिडिटी लगभग 0.01 GV। यहीं भारत का आर्कटिक स्टेशन हिमाद्रि स्थित है।

ये संसूचक थैलियम मिश्रित सोडियम आयोडाइड क्रिस्टल (10.16 x 10.16 x 40.46 सेमी) पर आधारित हैं, जो फोटोमल्टीप्लायर ट्यूब से जुड़े होते हैं और लगभग 200 keV से 10 MeV ऊर्जा-परास में गामा-किरण स्पेक्ट्रम को 1 मिनट के अंतराल पर रिकॉर्ड करते हैं।

संकेत की पुष्टि कैसे हुई?

शोधकर्ताओं ने GLE से जुड़ी वृद्धि को अन्य संभावित स्रोतों से अलग करने के लिए व्यवस्थित विश्लेषण किया। 3 MeV से कम ऊर्जा वाले क्षेत्र में प्राकृतिक स्थलीय रेडियोसक्रियता का दबदबा होता है, इसलिए 3 MeV से ऊपर की गामा-किरणों को मुख्य रूप से SEP-प्रेरित वायुमंडलीय कण-शृंखला की द्वितीयक गामा विकिरण माना गया। पृष्ठभूमि स्थलीय रेडियोसक्रियता, बिजली से जुड़े स्थलीय गामा-किरण प्रकाशन (TGF), तूफानी

स्थलीय वृद्धि (TGE), गामा-किरण विस्फोट (GRB) और सौर ज्वाला के प्रत्यक्ष फोटॉन, इन सभी विकल्पों को एक-एक करके नकारा गया। इसके बाद गामा-किरण गिनती-दर की तुलना पारंपरिक न्यूट्रॉन मॉनिटर नेटवर्क और GOES उपग्रह के कण-प्रवाह आंकड़ों से की गई, और दोनों परिणाम सुसंगत पाए गए।

दो ध्रुवों, दो अलग प्रतिक्रियाएँ

दोनों स्टेशनों ने घटना के अलग-अलग समय-स्वरूप दर्ज किए। मैत्री (अंटार्कटिका) पर त्वरित (प्रॉम्प्ट) प्रतिक्रिया दिखी, जबकि नी-ओलेसुंद (आर्कटिक) पर क्रमिक (ग्रैजुअल) वृद्धि दर्ज हुई। त्वरित शिखर का समय 150 MeV से अधिक ऊर्जा के SEP प्रवाह के शिखर से, और क्रमिक शिखर का समय 12 से 99 MeV ऊर्जा-परास के SEP शिखर से मेल खाता था। अंटार्कटिका में गामा-किरण GLE का आयाम (amplitude) आर्कटिक की तुलना में लगभग दस गुना अधिक थी। इससे पता चलता है कि भिन्न भौगोलिक स्थितियों और भिन्न भूचुंबकीय परिस्थितियों में उच्च-ऊर्जा सौर कण पृथ्वी के वायुमंडल में अलग-अलग ढंग से प्रवेश करते और उससे अंतर्क्रिया करते हैं।

क्यों महत्वपूर्ण है यह उपलब्धि?

यह किसी GLE का दोनों ध्रुवीय क्षेत्रों से गामा-किरणों द्वारा एकसाथ किया गया पहला ज़मीनी अवलोकन है। गामा-किरण संसूचक पारंपरिक न्यूट्रॉन मॉनिटर की तुलना में अपेक्षाकृत सुसंहत (कॉम्पैक्ट) और किफायती होते हैं। रणनीतिक स्थानों पर ऐसे संसूचकों का व्यापक नेटवर्क मौजूदा निगरानी प्रणालियों का पूरक बन सकता है, ज़मीनी अवलोकनों का भौगोलिक विस्तार बढ़ा सकता है और सौर-पार्थिव संबंध की समझ को गहरा कर सकता है। महत्वपूर्ण बात यह है कि यह पद्धति न्यूट्रॉन मॉनिटर का विकल्प नहीं, बल्कि उनका पूरक है: इसी अध्ययन में भी गामा-किरण आंकड़ों की विश्वसनीयता न्यूट्रॉन मॉनिटर और GOES के आंकड़ों से मिलाकर ही स्थापित हुई। साथ ही NaI(Tl) संसूचक गामा-किरणों को अन्य द्वितीयक कणों से पूरी तरह अलग नहीं कर पाते, इसलिए दूसरे कणों का छोटा योगदान पूरी तरह नकारा नहीं जा सकता।

निष्कर्ष

GLE #77 का अवलोकन भारतीय ध्रुवीय अनुसंधान और भारतीय स्पेस-वेदर विज्ञान के लिए एक उल्लेखनीय कदम है। इससे सिद्ध हुआ कि ध्रुवीय अक्षांशों पर लगे किफायती गामा-किरण संसूचक चरम सौर घटनाओं की निगरानी में पारंपरिक नेटवर्क का सार्थक समर्थन कर सकते हैं। आगामी अंतर्राष्ट्रीय नेटवर्क में ऐसे संसूचकों की भागीदारी बढ़ने से ज़मीनी निगरानी का भौगोलिक विस्तार और चरम स्पेस-वेदर के संभावित प्रभावों का आकलन दोनों मजबूत होंगे।

प्रिलिम्स परीक्षा अभ्यास प्रश्न

प्रश्न 1. ग्राउंड-लेवल एनहांसमेंट (GLE) के संदर्भ में निम्नलिखित कथनों पर विचार कीजिए:

I. GLE सौर ऊर्जात्मक कण (SEP) घटनाओं की दुर्लभ एवं चरम अभिव्यक्ति है, जिसमें सौर विस्फोटों से त्वरित अत्यंत उच्च-ऊर्जा कण पृथ्वी के वायुमंडल में प्रवेश कर द्वितीयक कण उत्पन्न करते हैं, जिन्हें ज़मीनी उपकरण दर्ज कर सकते हैं।

II. GLE #77 का अवलोकन पहली बार भारतीय भूचुंबकत्व संस्थान के गामा-किरण संसूचकों द्वारा अंटार्कटिका और आर्कटिक दोनों ध्रुवीय क्षेत्रों से एकसाथ किया गया।

III. गामा-किरण आधारित संसूचन न्यूट्रॉन मॉनिटर नेटवर्क को पूर्णतः प्रतिस्थापित करने की क्षमता रखता है।

उपर्युक्त में से कौन-से कथन सही हैं?

(a) केवल I और II

(b) केवल II और III

(c) केवल I और III

(d) I, II और III

▼ उत्तर और व्याख्या

उत्तर: (a) केवल I और II

कथन I सही है: GLE सौर विस्फोटों (सौर ज्वाला, CME) से त्वरित उच्च-ऊर्जा प्रोटॉनों के वायुमंडल में प्रवेश से उत्पन्न द्वितीयक कण-शृंखला की ज़मीनी पहचान है।

कथन II सही है: IIG के मैत्री और नी-ओलेसुंद स्थित NaI(Tl) संसूचकों ने 11 नवंबर 2025 की GLE #77 का दोनों ध्रुवों से पहला गामा-किरण अवलोकन दर्ज किया।

कथन III गलत है: यह पद्धति न्यूट्रॉन मॉनिटर का पूरक है, प्रतिस्थापन नहीं; इस अध्ययन में भी पुष्टि न्यूट्रॉन मॉनिटर आंकड़ों से मिलान करके ही हुई।

मुख्य परीक्षा अभ्यास प्रश्न

प्रश्न 1. "गामा-किरण आधारित ग्राउंड-लेवल एनहांसमेंट संसूचन न्यूट्रॉन मॉनिटर नेटवर्क का विकल्प नहीं, पूरक है।" इस कथन की समीक्षा कीजिए तथा स्पेस-वेदर निगरानी में भारतीय ध्रुवीय स्टेशनों की भूमिका का मूल्यांकन कीजिए। (150 शब्द) (10 अंक)

उत्तर की रूपरेखा

भूमिका में:

GLE की परिभाषा और 11 नवंबर 2025 की GLE #77 का संदर्भ: IIG के मैत्री और नी-ओलेसुंद संसूचकों से पहला द्वि-ध्रुवीय गामा-किरण अवलोकन।

मुख्य भाग में:

पूरक होने के आधार: न्यूट्रॉन मॉनिटर और GOES आंकड़ों से सुसंगति; सुसंहत और किफायती होने से व्यापक नेटवर्क संभव; NaI(Tl) की सीमा (अन्य द्वितीयक कणों से पूर्ण विभेदन नहीं) और एक घटना का सीमित नमूना। भारतीय ध्रुवीय स्टेशनों की भूमिका: मैत्री और हिमाद्रि (नी-ओलेसुंद) की रणनीतिक स्थिति, भिन्न भूचुंबकीय परिस्थितियों में कण-वायुमंडल अंतर्क्रिया का अध्ययन, सौर-पार्थिव संबंध की समझ में योगदान।

निष्कर्ष में:

अंतर्राष्ट्रीय नेटवर्क में वास्तविक-समय आंकड़ा साझा करने से यह क्षमता चेतावनी प्रणालियों से जुड़ सकती है; न्यूट्रॉन मॉनिटर के पूरक के रूप में ही इसका वैज्ञानिक मूल्य स्थिर रहेगा।

अक्सर पूछे जाने वाले प्रश्न (FAQ)

▼ प्रश्न 1: GLE सामान्य सौर ऊर्जात्मक कण (SEP) घटना से किस प्रकार भिन्न है?

GLE, SEP घटनाओं की सबसे दुर्लभ और चरम अभिव्यक्ति है, जो उनके ऊर्जा-स्पेक्ट्रम के सर्वोच्च सिरे को दर्शाती है। इसमें सापेक्षिक गति के निकट पहुँचे कण, मुख्यतः प्रोटॉन, वायुमंडल में इतनी प्रबल द्वितीयक कण-शृंखला उत्पन्न करते हैं कि ज़मीनी उपकरण उसे दर्ज कर सकते हैं। एक सौर चक्र में ऐसी केवल कुछ ही घटनाएँ होती हैं।

▼ प्रश्न 2: गामा-किरण संसूचक न्यूट्रॉन मॉनिटर से कैसे अलग है?

न्यूट्रॉन मॉनिटर वायुमंडलीय कण-शृंखला के द्वितीयक न्यूट्रॉनों की गिनती करते हैं, जबकि NaI(Tl) संसूचक उसी शृंखला से उत्पन्न गामा-किरणों को लगभग 200 keV से 10 MeV परास में रिकॉर्ड करता है। गामा-किरण संसूचक अपेक्षाकृत सुसंहत और किफायती होते हैं, इसलिए ये न्यूट्रॉन मॉनिटर का विकल्प नहीं, पूरक बन सकते हैं।

▼ प्रश्न 3: दोनों ध्रुवीय स्टेशनों पर घटना की प्रतिक्रिया अलग-अलग क्यों दिखी?

मैत्री पर त्वरित और नी-ओलेसुंद पर क्रमिक प्रतिक्रिया दर्ज हुई। दोनों स्थानों की भूचुंबकीय परिस्थितियाँ, कटऑफ रिजिडिटी (क्रमशः लगभग 0.3 GV और 0.01 GV) और कणों के आगमन-कोण भिन्न थे; ये अंतर अलग प्रतिक्रिया की संभावित व्याख्या देते हैं। अंटार्कटिका में गामा-किरण GLE का आयाम आर्कटिक की तुलना में लगभग दस गुना अधिक था।

संक्षिप्त उत्तर: ग्राउंड-लेवल एनहांसमेंट (GLE) #77 11 नवंबर 2025 को हुई एक दुर्लभ एवं चरम सौर घटना है, जिसे भारतीय भूचुंबकत्व संस्थान के NaI(Tl) गामा-किरण संसूचकों ने मैत्री (अंटार्कटिका) और नी-ओलेसुंद (आर्कटिक) से पहली बार दोनों ध्रुवों से एकसाथ दर्ज किया।

स्रोत

[1] प्रेस विज्ञप्ति, पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय / पीआईबी, 26 नवंबर 2026 (PRID 2341985): https://www.pib.gov.in/PressReleseDetailm.aspx?PRID=2341985&lang=2&reg=48

[2] Thakur, Vichare, Gopalswamy और Chelliah, "First Detection of a Gamma-Ray Ground-level Enhancement on 2025 November 11 from the Antarctic and Arctic Stations", The Astrophysical Journal Letters, प्रकाशित 19 नवंबर 2026: https://doi.org/10.3847/2041-8213/aeaee7

NCPOR: हिमाद्रि स्टेशन

संबंधित लेख

भारत में ब्रह्मांडीय किरणों के अध्ययन की एक प्रमुख सुविधा GRAPES-3, ऊटी के बारे में पढ़ें: GRAPES-3: ऊटी की ब्रह्मांडीय-किरण वेधशाला और उसका उन्नयन