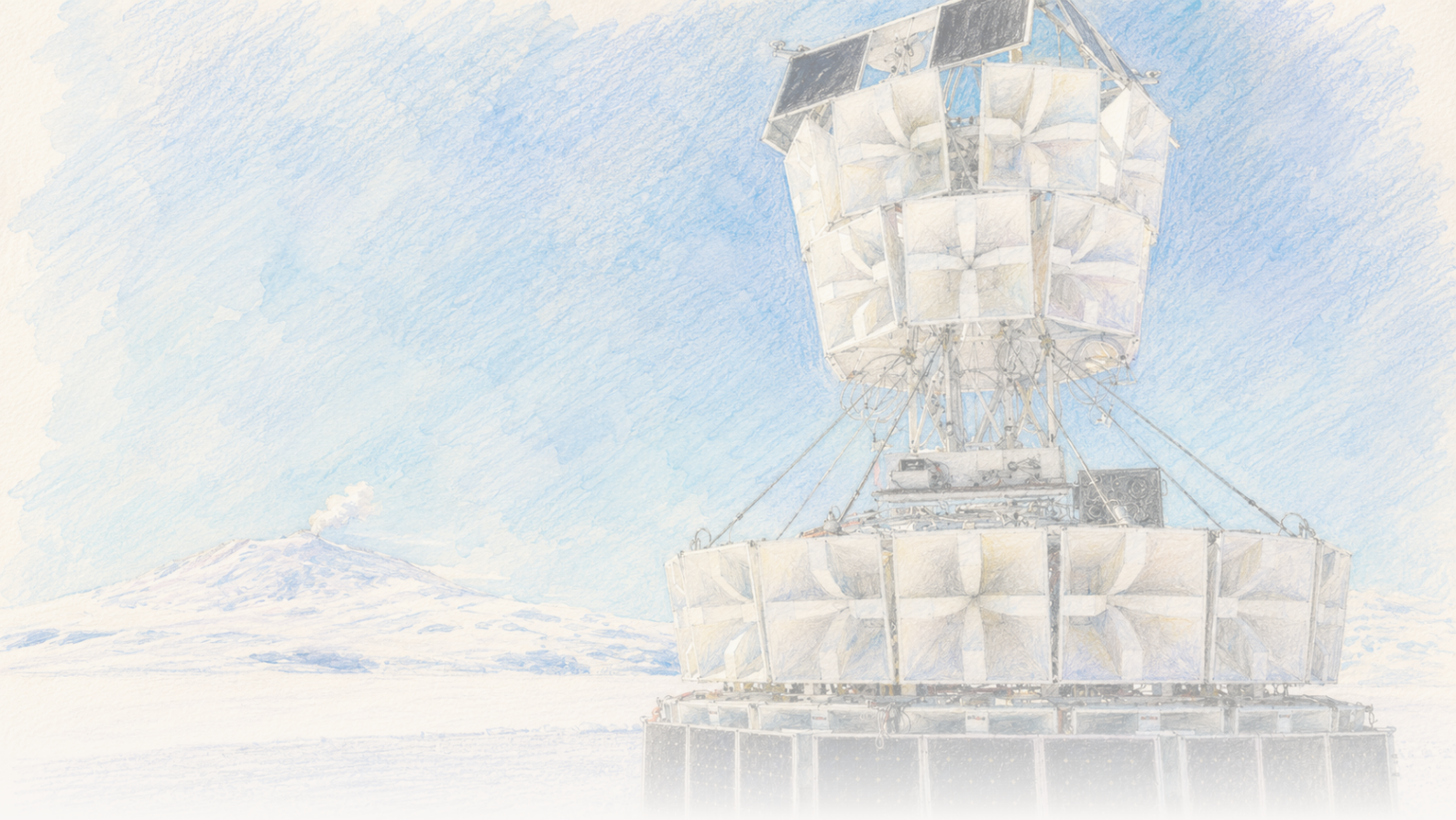


The Clean Paper

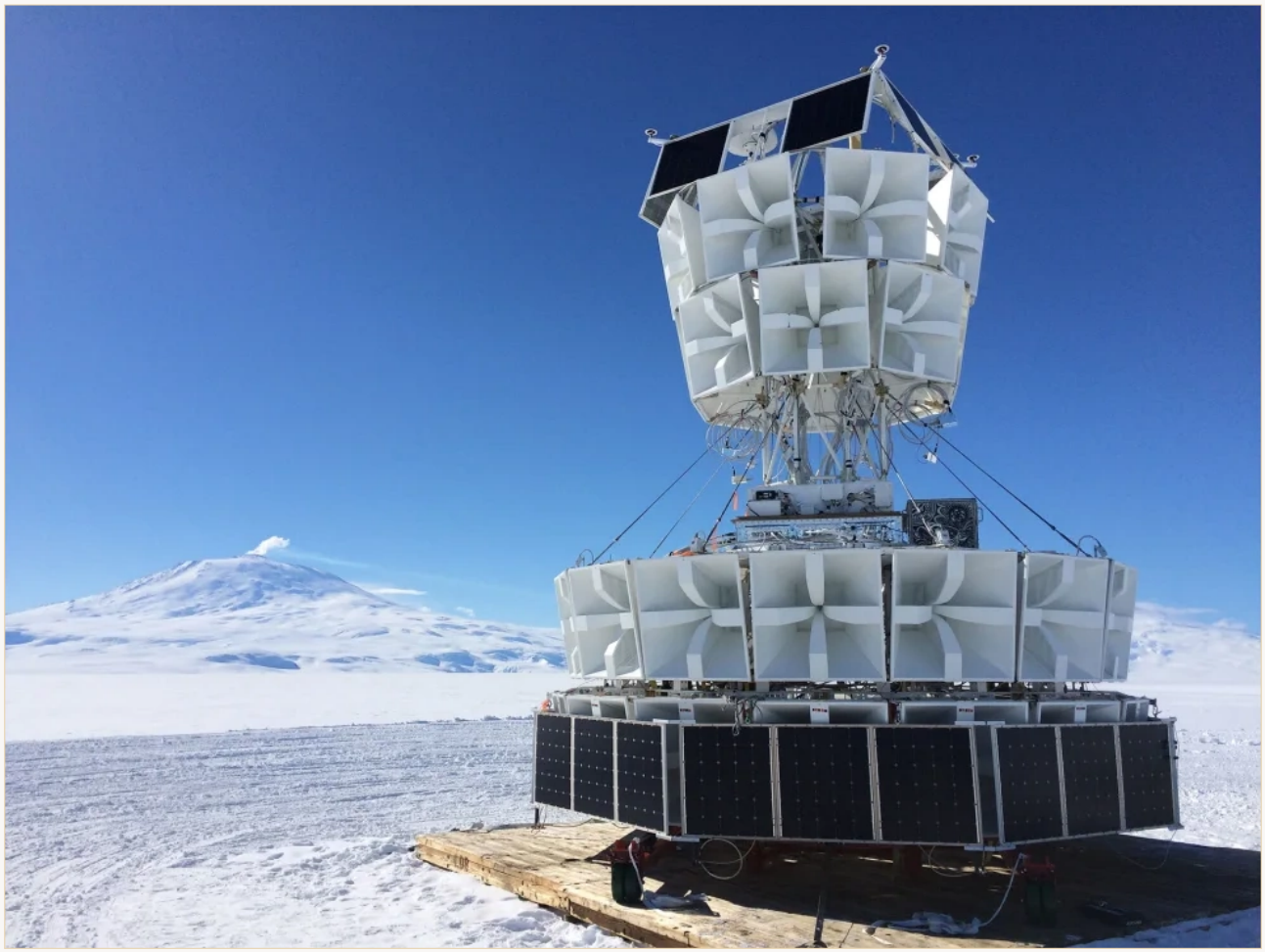
WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

अंटार्कटिकाके ऊपर मिले दोअसम्मय रेडियोपल्स अब भीअनसुलझे हैं — और “नए कण” वालीव्याख्याकमजोर पड़ रहीहै

अंटार्कटिकाके ऊपर गुब्बारे से चलाए गए एक प्रयोग ने वर्षोंपहले दोअसम्मय रेडियोपल्स दर्ज किए थे, जिनकीआज भीकोई सर्वमम्य व्याख्यानहींहै। Pierre Auger के एक विशेष खोज-अभियम कोउन कण-वर्षाओं काकोई नशिम नहींमिलाजोऐसीव्याख्याके लिए अपेक्षित होती। इससे विचित्र “नए कण” वालीव्याख्याकाफ़ी कम संभावित होगई है, लेकिन मूल विसंगति अभीभीबनीहुई है।

Written by Lucio Vaglio · Cross-checked by Laura Nesso · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Search for the Anomalous Events Detected by ANITA Using the Pierre Auger Observatory*, Pierre Auger Collaboration, Physical Review Letters 134, 121003 (2025) · DOI: 10.1103/PhysRevLett.134.121003



ANITA की48 एंटेनाएँ लगभग 25 फुट ऊँचीगोंडोलापर लगीहैं और नीचे अंटार्कटिक बर्फ़ कीओर देखतीहैं।

Christian Miki / University of Hawai'i at Mānoa fair-use assertion

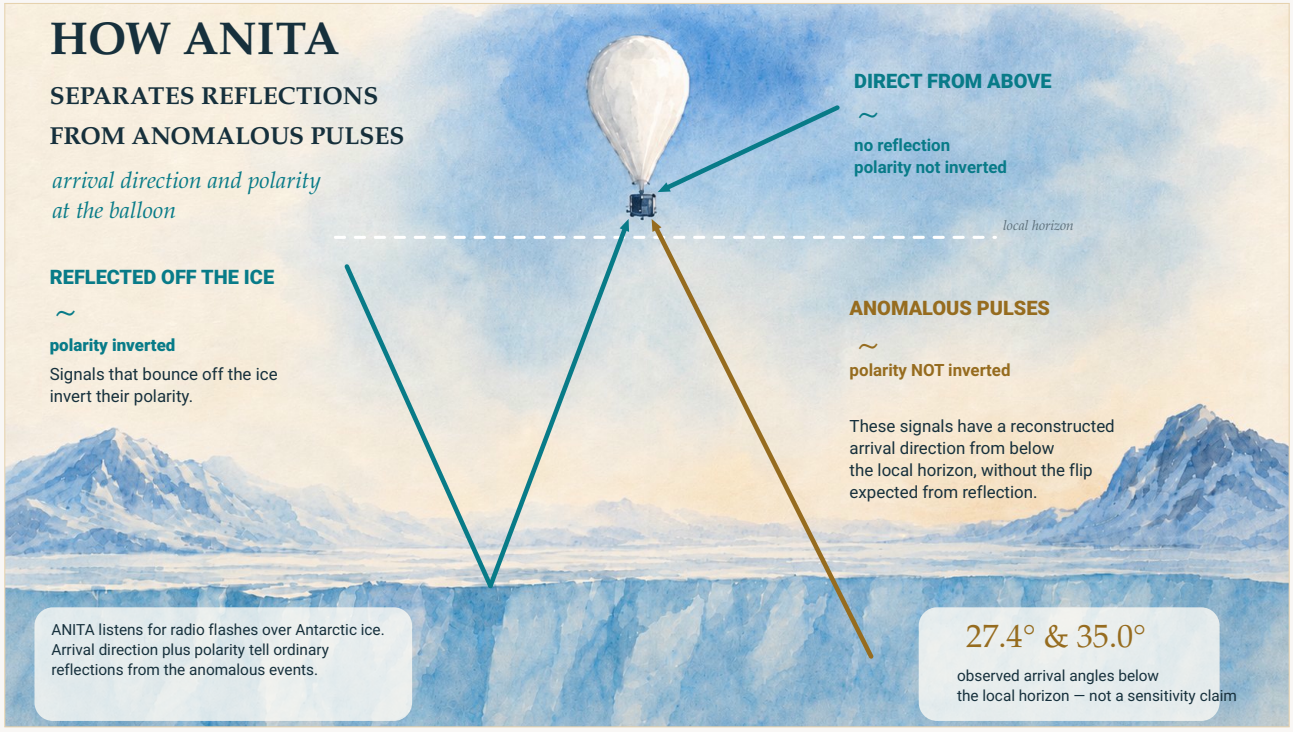
गुब्बारा, बर्फ़ और नीचे से आते दिखे दोरेडियोपल्स

अपने अधिकांश कमकाजीसमय में Antarctic Impulsive Transient Antenna — ANITA — NASA के एक गुब्बारे के नीचे, लगभग तीस किलोमीटर कीऊँचाई पर लटकताहै और पृथ्वीके सबसे खालीइलाकोंमें से एक, अंटार्कटिका के ऊपर कई हफ़्तों तक बहताहुआ सुनतारहताहै।

वह अंतरिक्ष से आने वाले रेडियोसंकेत सुनताहै। जब बहुत ऊँचीऊर्जावालाकोई कण — ब्रह्मांडीय ray याneutrino — वायुमंडल याबर्फ़ से टकरताहै, तोवह छोटे कणोंकीबौछार में टूटताहै और यह बौछार बहुत क्षणिक रेडियोचमक पैदाकरती है। उन्हें पकड़ने के लिए अंटार्कटिकालगभग आदर्श जगह है: कई किलोमीटर मोटीसाफ़, ठंडीबर्फ़, जिसे रेडियोतरंगें लगभग काँच कीतरह पार कर सकतीहैं, और सैकड़ोंकिलोमीटर तक ऐसाबहुत कम है जोसंकेत कोउलझाए। ANITA काकाम इन रेडियोचमकोंकोपकड़नाऔर उनके आकार तथासमय से यह समझनाहै कि उन्हें किसने पैदाकिया।

अधिकांश संकेत ठीक वैसाव्यवहार करते हैं जैसाउम्मीद होतीहै। कुछ चमक सीधे ऊपर से आतीहैं। बहुत-सीबर्फ़ से टकराकर वापस एंटेनाकीओर उछलतीहैं — और उनमें एक साफ़ पहचान होतीहै: परावर्तन तरंग कोउलट देताहै, यानीसंकेत की*polarity* पलट जातीहै। भौतिकविज्ञानीइसे आसानीसे पहचान सकते हैं। इसीतरह वे परावर्तित संकेत कोसीधे संकेत से अलग करते हैं।

लेकिन दोबार कुछ ऐसाआयाजोइस पैटर्न में फिट नहींबैठा।



गुब्बारे पर ऊपर से नीचे आने वालापल्स बनिाउलटीpolarity के पहुँचताहै, जबकि बर्फ़ से परावर्तति पल्स कीpolarity उलट जतीहै — यहीसमस्य परावर्तन कीपहचान है। दोअसमान्य पल्स इसके वपिरीत स्थलीय क्षतिजि से बहुत नीचे कीपुनर्*नरि्मति* दशिासे आए, फरि भीउनकीpolarity नहींउलटी, जबकि परावर्तन होने पर ऐसाहोनाचहएि था। “नीचे से” केवल उस पुनर्नरि्मति आगमन दशिाकोबतताहै — कसिीकण के पृथ्वीके भीतर से ऊपर चढ़ आने कोनहीं।

Original hybrid diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

2006 कीएक उड़ान और 2014 कीदूसरीउड़ान में ANITA ने क्षतिजि से काफ़ीनीचे — क्रमश:27.4° और 35.0° — कीदशिा से आते दखि दोपल्स पकड़े, जैसे वे महाद्वीप के भीतर से ऊपर आए हों, लेकिन उनमें *कोई* polarity inversion नहींथा। यानी समस्य परावर्तन जैसासंकेत नहीं। पहलीनज़र में ऐसालगामानोकुछ वास्तव में बर्फ़ के नीचे से ऊपर कीओर यात्राकरके गुब्बारे तक पहुँचाहो।

यहीसमस्यालगभग चौंकाने वालीबनतीहै। इतनीतीखीऊपर कीदशिासे एंटेनातक पहुँचने के लिए संकेत पैदाकरने वालीचीज़ कोमानोपृथ्वीके शरीर के भीतर से — छह यासात हज़ार कलिोमीटर ठोस चट्टान के आर-पार — आनापड़ता। लगभग कोई भी कण ऐसानहींकर सकता। ज़्यादा कणोंमें neutrino वह है जोसाधारण पदार्थ से बहुत कम क्रयिाकरते हुए पूरीपृथ्वीपार कर सकताहै। इसलिए स्वाभाविक विचार यह थाकि कोई neutrino नीचे से चट्टान पार करके आया, बर्फ़ के ठीक नीचे कसिीपरमाणु से टकराया*और* ऊपर भागते कणोंकीबौछार पैदाकी, जसिकारेडियोसंकेत ANITA ने पकड़ लयिा। लेकिन इसमें एक पेच है: *इतनी*ऊँचीऊर्जावालाneutrino, जोऐसासंकेत बनासके, वास्तव में पर्याप्त रूप से आसानीसे पदार्थ से क्रयिाकरताहै कि इतनीचट्टान में उसकाकई बार अवशोषति होजानाचाहएि। और neutrino कीऐसीधाराजसिमें से दोफरि भीनकिल आएँ, उसे उन वशिाल detectors में भीदखिनाचाहएि थाजोखास तौर पर ऐसे कण पकड़ने के लिए बनाए गए हैं। ऐसाकुछ नहींदखिा। कोई भीसरल व्याख्यापूरीतरह बंद नहींबैठी।

इसलिए वे दोपल्स वहींरह गए — पैटर्न से बाहर। यह खोज नहींथी— दोघटनाएँ कभीखोज के लिए पर्याप्त नहींहोतीं— लेकिन उन्हें पूरीतरह अनदेखाभीनहींकयिाजासकताथा। यह एक वास्तवकि anomaly थी ऐसीचीज़ जोइसलिए दलिचस्प है क्योंकि अभीकोई नहींकह सकताकि यह मानक मॉडल कीसीमाकीओर इशाराकरतीहै याकेवल बर्फ़, एंटेनायाविश्लेषण की कोई वचित्रिताहै।

यहीलेखकपरियि कवरेज अक्सर “रहस्यमय” शब्द उठालेतीहै, रोशनीमंद करतीहै और पूछतीहै कि अंटार्कटिकाकीबर्फ़ के नीचे क्याछुपाहै। उससे बचनाबेहतर है। असलीसवाल कभीयह नहींथाकि *बर्फ़ में कौन-सारहस्य है।* असलीसवाल वह धीमा, गैर-नाटकीय सवाल है जोवज्ञिान कोआगे बढ़ताहै: **आप इसकापताकैसे लगाएंगे?**

शोधकर्ताओं ने क्याकिया

रोमांचक व्याख्याओं कोजाँचने काएक साफ़ तरीकाहै। अगर ANITA के पल्स सचमुच बार-बार आने वालीऊपर कीओर जातीparticle showers कीधारासे आए — चाहे सामान्य tau-neutrino से याकसीप्रस्तावित नए कण से — तोपर्याप्त बड़ा डिटेक्टर, जोठीक ऐसे घटनाएँ देखताहो, उनमें से कुछ पकड़नाचाहिए।

अर्जेंटीनाकाPierre Auger Observatory — अब तक बनायागयासबसे बड़ाcosmic-ray डिटेक्टर — इस परीक्षण के लिए अच्छीजगह है। उसके फ्लोरेसेंस डिटेक्टर काउपयोग करके collaboration ने 2004 से 2018 तक के डेटामें ऊपर कीओर जातीवायु showers खोजीं। ऐसीघटनाएँ जोनीचे से आतीदिखें, जिनकाzenith angle 110° से अधिक और ऊर्जा0.1 EeV से ऊपर हो। खास बात यह है कि पूराचयन नियम **पूराडेटासेट देखने से पहले** तय कर दियागयाथा— इसे “ब्लाइंड” विश्लेषण कहते हैं — ताकि इच्छित उत्तर कीओर नियमोंकोबाद में मोड़ान जासके।

क्यामिला

डेटाखोलने के बाद केवल **एक** उम्मीदवार घटनाबचा— और यह सावधान ब्रह्मांडीय rays के कभी-कभीगलत दिशामें पुनर्निर्मित होकर ऊपर कीओर जाते दिखने से अपेक्षित 0.27 ± 0.12 पृष्ठभूमि घटनाएँ के साथ पूरीतरह संगत था। दूसरे शब्दोंमें, कोई वास्तविक upward-going संकेत नहींमिला; केवल उतनापृष्ठभूमि जितनासामान्य रूप से अपेक्षित था।

परिणाम कीतकनीक तुलनामें है। अगर ANITA के पल्स लगातार आने वालीupward-going showers कीधारासे बनते, तोAuger कोकई घटनाएँ देखनीचाहिए थीं— एक संभावित ऊर्जास्पेक्ट्रम के लिए लगभग 34 से 69, और जानबूझकर बहुत सावधान मान्यताएँ में भीकम-से-कम लगभग 8। उसे केवल एक मिला, जोपृष्ठभूमि के अनुरूप था। लेखक इसे upward-going-shower व्याख्याके साथ “मजबूत disagreement” कहते हैं।

इसकासबसे संभावित मतलब क्याहै

इतनीबड़ीnon-detection जानकारीदेतीहै। अगर ANITA घटनाएँ उन दिशाओं से आने वाले वास्तविक कणोंकीआबादीसे बने होते — सामान्य tau-neutrinos याउन्हें समझाने के लिए प्रस्तावित नए कण — तोAuger कीलंबीएक्सपोज़र में काफ़ीघटनाएँ दिखनीचाहिए थीं। ऐसानहींहुआ। बहुत कृत्रिम विशेष परिस्थितियाँमानने कोछोड़ दें तोयह “ऊपर कीओर जातीshower फ्लक्स” वालीव्याख्याकोलगभग खारिज कर देताहै — और मानक मॉडल से बाहर कीबहुत-सीव्याख्याएँ इसीश्रेणीमें आती थीं।

जोसंभावनाएँ बचतीहैं वे ऐसीहैं जिनमें shower बनाने कणोंकीफ्लक्स कीजरूरत नहीं, सबसे अधिक चट्टानबर्फ़ और क्षितिज के पास कीज्यामिति से जुड़े किसीreflection याradio-propagation प्रभाव कीहुई है, याफिर उपकरण अथवाविश्लेषण artifact की। इनमें से कोई पुष्टि नहींहुई। इसलिए ईमानदार सार यहीहै: सबसे रोमांचक व्याख्याकोगंभीर झटकालगाहै, और वास्तविक कारण अब भीअज्ञात है।

यह क्या सिद्ध नहीं करता

- यह **नहीं** बताता कि वे दो पल्स वास्तव में क्या थे। "नई भौतिकी की संभावना बहुत कमजोर हुई" का अर्थ "समस्या हल हो गई" नहीं है।
- यह **नहीं** सिद्ध करता कि कोई साधारण कारण सही है। प्रमुख उम्मीदवारों में से एक — अंटार्कटिक सतह के नीचे की परतों से परावर्तन — अभी भी केवल hypothesis है, परिणाम नहीं।
- यह किसी शब्द के अर्थ में "बर्फ़ के नीचे से" कुछ नहीं पकड़ता। ANITA की एंटेनाएँ अंटार्कटिका के ऊपर गुब्बारे से लटकी होती हैं; "नीचे से" रेडियो पल्स की पुनर्निर्मित आगमन दिशा बताता है — बर्फ़ के भीतर से निकलती कोई आवाज़, संकेत या वस्तु नहीं।
- यह किसी नए कण की पुष्टि का समर्थन **नहीं** करता। इस कहानी का सबसे अधिक फैलाया गया संस्करण उपलब्ध प्रमाण की दिशा के उलट है।

प्रमाण कितना मजबूत है?

मध्यम — और शोध भी इसे इसी तरह प्रस्तुत करता है।

- मानक मॉडल से बाहर की दिलचस्पी मूलतः **दो** घटनाओं पर टिकी है, जो ANITA की दो उड़ानों में मिलीं।
- यह शोध एक **null परिणाम** है: संभावनाएँ खारिज करने के लिए शक्तिशाली, लेकिन यह नहीं बताता कि घटनाएँ *क्या* थीं।
- exclusion मात्रात्मक और मजबूत है — दर्जनों घटनाएँ अपेक्षित, लेकिन background-जैसा एक घटना मिला— फिर भी यह खास तौर पर "upward-going shower फ्लक्स" व्याख्या को निशाना बनाता है, हर कल्पनीय कारण को नहीं।
- एक प्रमुख साधारण व्याख्या— सतह के पास reflection — संभव है लेकिन सिद्ध नहीं; कुछ अन्य विकल्प, जैसे transition-radiation के कुछ मॉडल, दूसरे अध्ययनों में कमजोर पड़े हैं।
- किसी स्वतंत्र प्रयोग ने मूल anomaly को दोहराया नहीं है।

यह एक छोटी लेकिन जिद्दी पहेली पर लगाया गया मजबूत बंधन है — खोज नहीं।

यह क्यों महत्वपूर्ण है

प्रस्तावित व्याख्याएँ अत्यंत विचित्र नए कणों तक पहुँच गई थीं। सबसे रोमांचक संभावना का पीछा करने के बजाय क्षेत्र ने गैर-नाटकीय कम किया। विचार को एक स्वतंत्र और कहीं बड़े डिटेक्टर के सामने जाँचा— और डेटा ने "नहीं" कहा। इससे भी बड़ा और अधिक संवेदनशील उत्तराधिकारी उपकरण, PUEO, देखा-देखने के लिए बनाया जा रहा है।

हो सकता है anomaly अंततः बिल्कुल साधारण निकले। इससे वह वैज्ञानिक विफलता नहीं बन जाएगी। किसी अनसमझे मानक संभावनाओं को लगातार संकरा करना, जब तक वह या तो सामान्य व्याख्या में घुल न जाए या वास्तविक खोज के लिए मजबूर न करे, *यही* काम है — और इसे देखना इसलिए दिलचस्प है क्योंकि फिलहाल ईमानदार उत्तर अब भी "हमें नहीं पता" है।

संक्षिप्त सार

ANITA की2006 और 2014 कीअंटार्कटिक गुब्बाराउड़ानोंमें दोरेडियोपल्स ऐसे तीखे below-horizon कोणोंसे आते दिखे जिन्हें मानक मॉडल से समझानाकठिन है। 2025 में Pierre Auger Observatory से किए गए समर्पित खोज-अध्ययन में केवल एक उम्मीदवार मिला, जोपृष्ठभूमि के अनुरूप था, जबकि अगर पल्स upward-going showers कीफ्लक्स से आते तोदर्जनोंघटनाएँ अपेक्षित थीं। इससे exotic “नया particle” व्याख्याबहुत कमजोर होतीहै और ध्यान ANITA-विशिष्ट reflection, propagation याउपकरण संबंधीप्रभावोंकीओर जाताहै — लेकिन कारण अब भीवास्तव में अज्ञात है। न कोई पुष्टि कियागयानयाकण, न बर्फ़ के भीतर से कोई रहस्यमय संकेत।

बिनाबढ़ा-चढ़ाकर जाँच

शोधपत्र क्यादिखाताहै: 2004–2018 के Pierre Auger डेटामें upward-going वायु showers कीब्लाइंड खोज ने एक उम्मीदवार पाया, जोअपेक्षित 0.27-घटनाcosmic-ray पृष्ठभूमि से संगत था। अगर ANITA anomalies ऐसीshowers कीफ्लक्स से आतीं, तोAuger कोलगभग 34–69 घटनाएँ (याबहुत सावधान मान्यताएँ में भीकम-से-कम ~8) देखने चाहिए थे। इससे upward-going-shower व्याख्या, जिसमें मानक मॉडल से बाहर के “नया particle” परिदृश्य भीआते हैं, बहुत कमजोर होतीहै।

क्यासंभव है लेकिन सिद्ध नहीं बर्फ़ और क्षितिज के पास reflection याradio-propagation प्रभाव, याANITA-विशिष्ट उपकरण/विश्लेषण artifact।

यह क्यानहींदिखाता कि घटनाएँ नए कण से बनीं, कि वे बर्फ़ के नीचे से आए संकेत हैं; कि उनमें कोई paranormal, कृत्रिम यासुनई देने वालीचीज़ शामिल है; याकि कारण अब ज्ञात है।

मुख्य सीमाएँ: मानक मॉडल से बाहर कीदलिचस्पीलगभग दोघटनाएँ पर टिकीहै; यह null परिणाम सीमाएँ तय करताहै लेकिन कारण नहींपहचानता; exclusion खास “shower फ्लक्स” व्याख्यापर लागू है; मूल anomaly कीस्वतंत्र पुनरावृत्ति नहींहुई है।

सामान्य पाठक कोकितनाभरोसारखनाचाहिए? इस बात पर उच्च भरोसाकि यह *न तो*कोसीनए कण कीपुष्टि है *न* बर्फ़ के भीतर से आयासंकेत, और exotic-फ्लक्स व्याख्याअब गंभीर रूप से कमजोर है। वास्तविक कारण पर कम भरोसा, क्योंकि वह खुलाप्रश्न है। उचित रुख: एक अनसुलझीanomaly के प्रति जिज्ञासा, जिसकाकारण सबसे अधिक संभावनासे साधारण होगा।

स्रोत

Phys. Rev. Lett. 134, 121003 (2025)
https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.121003

Original ANITA-I event (Gorham et al. 2016)
https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.117.071101

Original ANITA-III event (Gorham et al. 2018)
https://arxiv.org/abs/1803.05088

Subsurface-reflection explanation (Shoemaker et al. 2020)

https://arxiv.org/abs/1905.02846

PUEO successor instrument — white paper (2021)
https://arxiv.org/abs/2010.02892