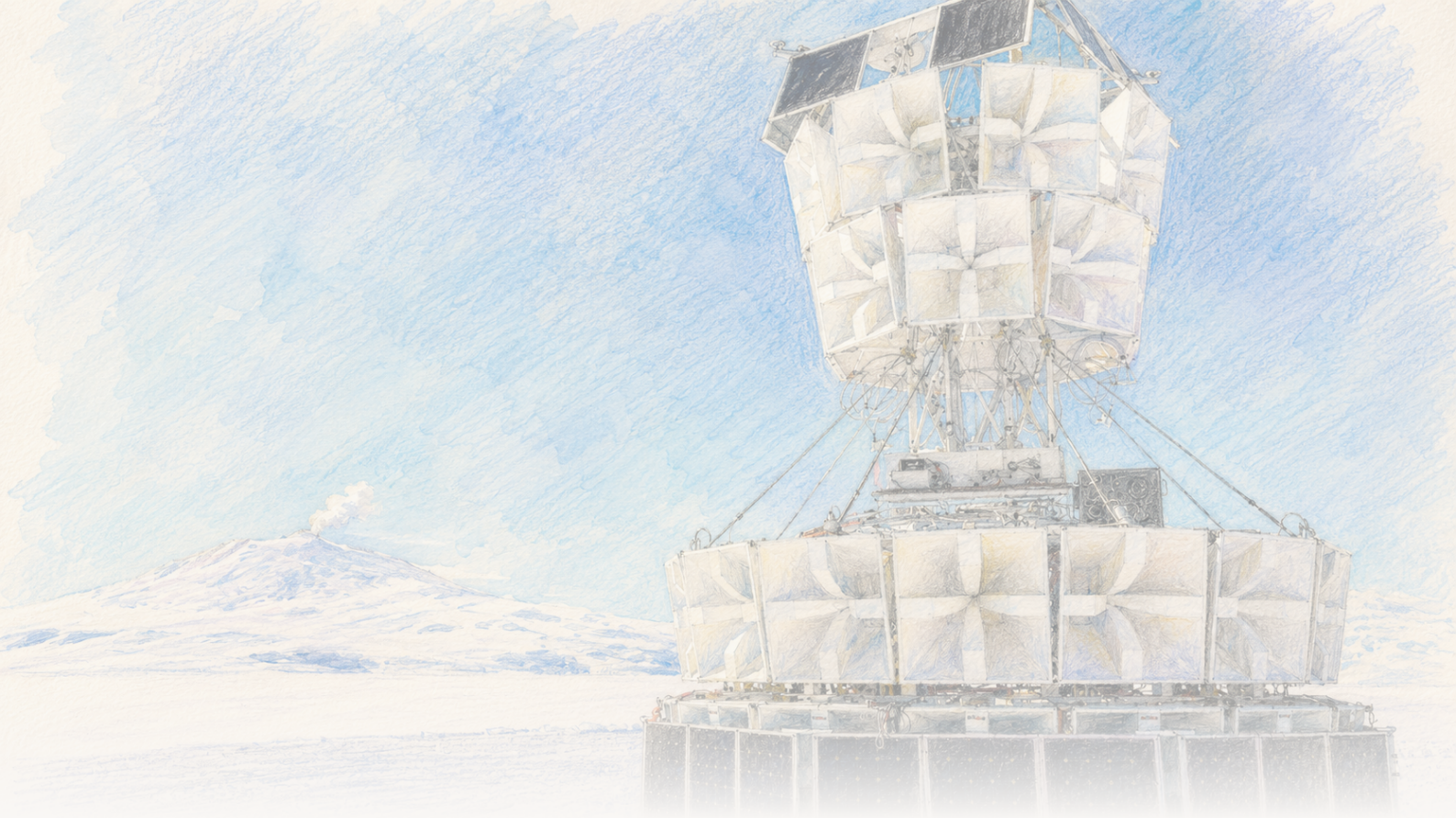


The CLEAN PAPER

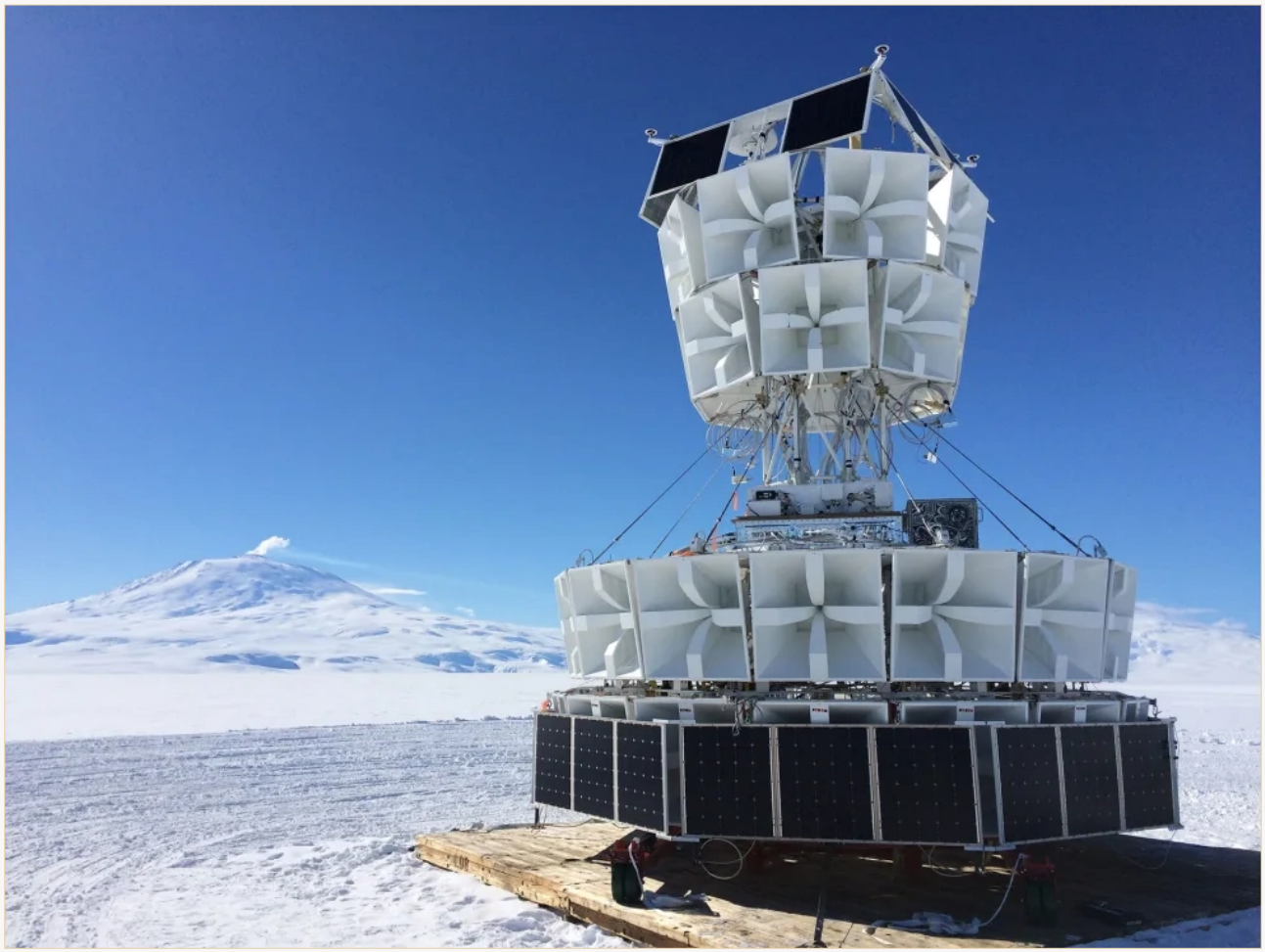
WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

Antarctica-র ওপর ANITA-র দুই anomalous radio pulse এখনও unexplained — "new particle" ব্যাখ্যার support কমছে

ANITA-র 2006 ও 2014 flight-এ দুটি radio pulse horizon-এর অনেক নিচ থেকে আসছে বলে reconstruct হয়েছিল। Pierre Auger-এর blind search একটি background-consistent candidate পেয়েছে, যেখানে steady upward-going shower flux থাকলে বহু event আশা করা হত। ফলে exotic new-particle flux strongly disfavoured, কিন্তু anomaly-র true cause এখনও unknown।

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



অ্যান্টার্কটিকার বরফের ওপর দিয়ে উড়ছে ANITA যন্ত্র: রেডিও হরন অ্যান্টেনার সারি, ঝুলন্ত যন্ত্রবাহী কাঠামো এবং সৌর প্যানেল। বেলুনে চড়ে এটি উচ্চ-শক্তির কণার তৈরি রেডিও স্পন্দন শোনে।

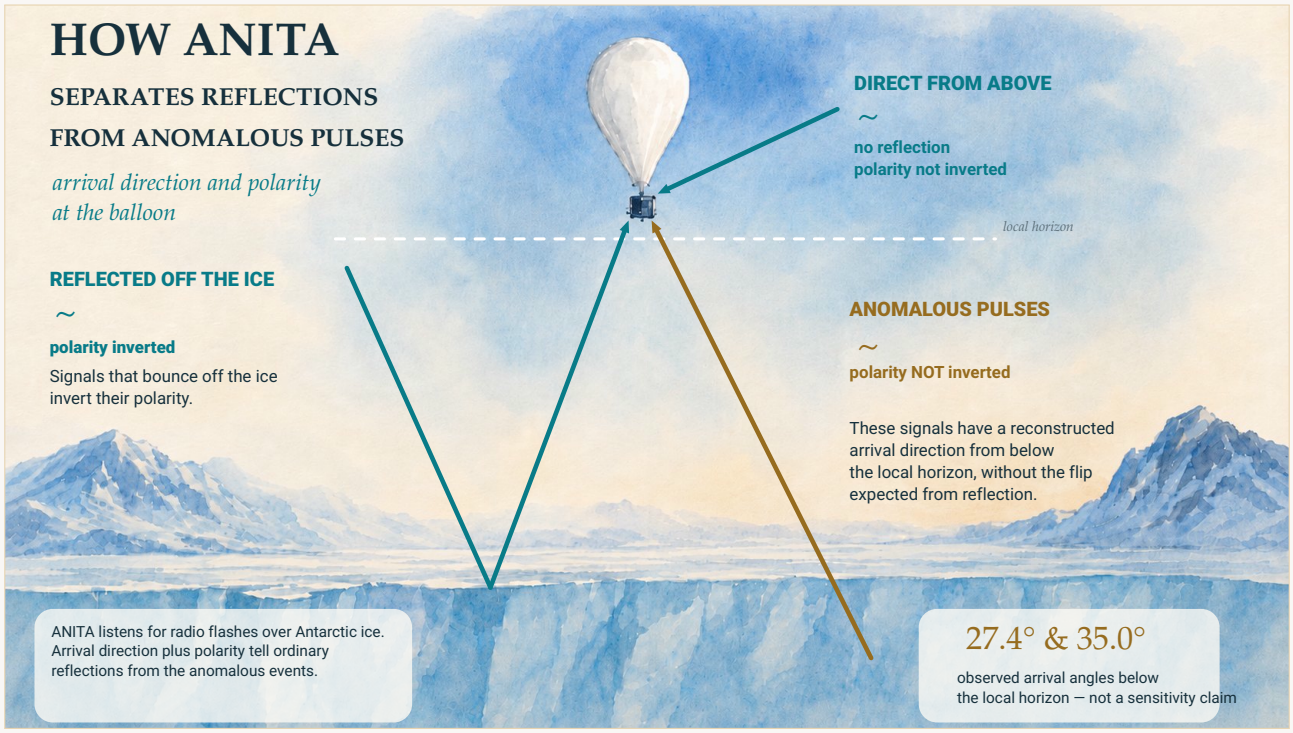
Christian Miki / University of Hawai'i at Mānoa fair-use assertion

বেলুন, বরফ, আর নিচ থেকে আসছে বলে মনে হওয়া দুটি স্পন্দন

ANITA (Antarctic তাৎক্ষণিক Transient অ্যান্টেনা) একটি বেলুন-বাহিত রেডিও পরীক্ষা। খুব উচ্চ-শক্তির মহাজাগতিক রশ্মি বা নিউট্রিনো বায়ুমণ্ডল/বরফে মিথস্ক্রিয়া করলে গৌণ কণার **কণাবৃষ্টি** তৈরি হয়; সেই কণাবৃষ্টি অল্প সময়ের রেডিও ঝলক দেয়। Antarctica-র বিশাল, রেডিও-স্বচ্ছ বরফ পৃষ্ঠ এই সংকেত ধরার জন্য সুবিধাজনক।

সাধারণ ঘটনায় জ্যামিতি পরিষ্কার। সরাসরি উপরের দিকে থেকে আসা রেডিও স্পন্দন একরকম মেরুতা রাখে; বরফে প্রতিফলন হয়ে অ্যান্টেনা-য় ফিরে এলে মেরুতা উল্টে যায়। এই মেরুতা উল্টে যাওয়া প্রতিফলন চেনার গুরুত্বপূর্ণ চিহ্ন।

কিন্তু 2006 ও 2014-এর দুটি ঘটনা সেই ধরন মানেনি। পুনর্গঠিত আগমনের দিক স্থানীয় স্তরের **27.4°** ও **35.0° নিচে**, অথচ প্রতিফলিত স্পন্দনের প্রত্যাশিত মেরুতা উল্টো দিকে ছিল না। সেই কারণে ঘটনা দুটি যেন বরফের নিচ থেকে ঊর্ধ্বমুখী কণাবৃষ্টির মতো দেখায়।



ANITA বেলুনের দৃষ্টিতে সরাসরি স্পন্দন মরেুতা না বদলে আসে; বরফ-প্রতিফলিত স্পন্দন সাধারণত মরেুতা উল্টে যাওয়া করে। দুই অস্বাভাবিক ঘটনার পুনর্গঠিত দিক স্তরের অনেক নিচে, কিন্তু প্রতিফলনের মতো উল্টে যাওয়া নেই। “নিচের দিকে থেকে” এখানে আগমনের দিক—পৃথিবীর ভেতর থেকে কোনো শব্দ বা বস্তু উঠে আসা নয়।

Original hybrid diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

সমস্যাটি জটিল হয় ঠিক এখানেই। ওই খাড়া কোণে সত্যিকারের ঊর্ধ্বমুখী কণা কণাবৃষ্টি তৈরি করতে পূর্বসূরি কণাকে হাজার হাজার কিলোমিটার শিলা পার হতে হবে। নিউট্রিনো পদার্থ ভেদ করতে পারে, কিন্তু ANITA সংকেতে বানানোর মতো শক্তির নিউট্রিনো ওই পথে **অনেকবার শোষিত হওয়ার কথা**। আবার এমন প্রবাহ যদি সত্যিই থাকে, অন্য বড় ডিটেক্টরেও ঘটনা দেখা উচিত।

তাই অস্বাভাবিকতা-টি “নতুন পদার্থবিদ্যা আবিষ্কার” নয়। মাত্র দুইটি ঘটনা—কিন্তু এমন দুইটি ঘটনা যার প্রচলিত ব্যাখ্যা এখনো সম্পূর্ণ নয়।

গবেষকেরা কী করছেন

Exciting অনুমান পরীক্ষা করার একটি স্বাধীন উপায় আছে। যদি ANITA ঘটনা দুটি কোনো পুনরাবৃত্ত **ঊর্ধ্বমুখী কণাবৃষ্টি প্রবাহ** থেকে আসে—সাধারণ tau নিউট্রিনো বা কাল্পনিক নতুন কণা—তাহলে দীর্ঘ পর্যবেক্ষণকাল-সহ বড় ডিটেক্টরে একই ধরনের ঘটনা ধরা পড়ার কথা।

Argentina-র **Pierre Auger Observatory**-র ফ্লুরোসেন্স ডিটেক্টর 2004–2018 তথ্যে ঊর্ধ্বমুখী কণাবৃষ্টি খুঁজেছে: জেনিথ কোণ >110° এবং শক্তি >0.1 EeV। নির্বাচন মানদণ্ড সম্পূর্ণ ডেটাসেটে দেখার **আগেই** স্থির ছিল—একটি ব্লাইন্ড বিশ্লেষণ—যাতে ফল জানার পরে কাট বদলানো করে কাঙ্ক্ষিত সংকেত তৈরি করা না যায়।

তাঁরা কী পেয়েছেন

ব্লাইন্ডিং তুলে নেওয়ার পরে **একটি** প্রার্থী বেঁচে থাকে। প্রত্যাশিত সাধারণ মহাজাগতিক রশ্মি পটভূমি, ভুল পুনর্গঠন-সহ, ছিল 0.27 ± 0.12 **ঘটনা**। অর্থাৎ একটি ঘটনা পটভূমির সঙ্গে পুরোপুরি সামঞ্জস্যপূর্ণ।

কিন্তু ANITA অস্বাভাবিকতা যদি স্থির ঊর্ধ্বমুখী কণাবৃষ্টি জনসংখ্যার অংশ হতো, Auger-এ একটি সম্ভাব্য বর্ণালির জন্য প্রায় **34–69 ঘটনা** দেখা উচিত ছিল; খুব রক্ষণশীল অনুমানেও অন্তত **~8**। দেখা গেছে একটিই, পটভূমি-সদৃশ। লেখকেরা এটিকে ঊর্ধ্বমুখী-কণাবৃষ্টি ব্যাখ্যার সঙ্গে **শক্তিশালী অমিল** বলেন।

এর সম্ভাব্য অর্থ

এই শূন্য ফল তথ্যবহুল। বাস্তব বিস্তৃত প্রবাহ of ঊর্ধ্বমুখী কণাবৃষ্টি থাকলে Auger-এর দীর্ঘ পর্যবেক্ষণকাল তা ধরা উচিত ছিল। তাই সাধারণ tau-নিউট্রিনো বা বহু বহির্ভূত-মানক-মডেলে কণা ব্যাখ্যা—যেগুলো এমন কণাবৃষ্টি প্রবাহ তৈরি করে—এখন **জোরালো ভাবে কম সমর্থিত**।

যা বেঁচে থাকে তা মূলত প্রবাহ ব্যাখ্যা নয়: বরফ/প্রায়-স্তর জ্যামিতির অস্বাভাবিক প্রতিফলন বা প্রসারণ প্রভাব, কিংবা ANITA-নির্দিষ্ট যন্ত্রগত/বিশ্লেষণ কৃত্রিম প্রভাব। কোনোটি নিশ্চিত নয়। তাই সতর্ক অবস্থা হলো: **সবচেয়ে অপ্রচলিত ব্যাখ্যা বড় ধাক্কা খেয়েছে; আসল কারণ এখনও অজানা।**

এটি কী প্রমাণ করে না

- স্পন্দন দুটির **কারণ শনাক্ত করা** হয়নি। “নতুন পদার্থবিদ্যা কম সমর্থিত” মানে “সমস্যা সমাধান করা” নয়।
- পৃষ্ঠের কাছাকাছি প্রতিফলন একটি সম্ভাব্য সাধারণ অনুমান, **নিশ্চিত ফল নয়**।
- “নিচের দিকে থেকে” কোনো আক্ষরিক সংকেত বরফের ভেতর থেকে নয়; এটি পুনর্গঠিত রেডিও আগমনের দিক।
- নিশ্চিত নতুন কণা, অতিপ্রাকৃত সংকেত বা কৃত্রিম উৎস—কোনোটির প্রমাণ নেই।
- Auger ফল প্রতিটি কল্পনাযোগ্য ব্যাখ্যা বাদ দেয় না; এটি বিশেষভাবে ঊর্ধ্বমুখী কণাবৃষ্টি **প্রবাহ** শ্রেণিকে সীমাবদ্ধ করে।

প্রমাণ কতটা শক্তিশালী?

অপ্রচলিত আগ্রহ মূলত **দুইটি ANITA ঘটনা**-এর ওপর দাঁড়ানো—নমুনা ক্ষুদ্র। Auger গবেষণাপত্র নিজে একটি **শূন্য ফল**: ব্যাখ্যা শনাক্ত করতে পারে না, কিন্তু পরিমাণগত বর্জন-সীমা শক্ত। কয়েক ডজন প্রত্যাশিত বনাম একটি পটভূমি-সদৃশ প্রার্থী একটি তীক্ষ্ণ সীমাবদ্ধতা।

পৃষ্ঠের কাছাকাছি প্রতিফলন বা প্রসারণ অনুমান সম্ভাব্য হলেও অপ্রমাণিত; মূল অস্বাভাবিকতা স্বাধীনভাবে পুনরুৎপাদন করা-ও হয়নি। তাই “নতুন কণা নয়” বলায় আস্থা “কারণ জানা গেছে” বলার তুলনায় অনেক বেশি।

কেন এটি গুরুত্বপূর্ণ

Science অস্বাভাবিকতা নিয়ে কাজ করে উত্তেজনা বাড়িয়ে নয়, স্বাধীন পরীক্ষা দিয়ে। এখানে ক্ষেত্রের ঠিক সেটাই করছে: একটি অপ্রচলিত ব্যাখ্যা অন্য, অনেক বড় ডিটেক্টরের তথ্যের বিরুদ্ধে পরীক্ষা করা হয়েছে, আর তথ্য সেটিকে সমর্থন করেনি। ভবিষ্যৎ বলুন পরীক্ষা **PUEO** আরও সংবেদনশীলভাবে আবার দেখবে।

অস্বাভাবিকতা সাধারণ হলে সেটি বিপর্যয়কর নয়। অব্যাখ্যাত পরিমাপকে একের পর এক স্বাধীন সীমাবদ্ধতা দিয়ে ছেঁটে করা—যতক্ষণ না কৃত্রিম প্রভাব মুছে যায় বা সত্যিকারের আবিষ্কার বেঁচে থাকে—এটাই কাজ।

সংক্ষিপ্ত সারাংশ

ANITA-র 2006 ও 2014 উড্ডয়নে দুটি অস্বাভাবিক রেডিও স্পন্দন স্তরের অনেক নিচে থেকে আসছে বলে পুনর্গঠন করা হয়েছিল এবং প্রত্যাশিত প্রতিফলন মেরুতা উল্টে যাওয়া দেখায়নি। নতুন-কণা/ঊর্ধ্বমুখী-নিউট্রিনো ব্যাখ্যা আকর্ষণীয় হলেও মানক মডেলে এত শিলা পার হওয়া কঠিন। Pierre Auger Observatory 2004–2018 তথ্যে একটি ব্লাইন্ড অনুসন্ধান করে একটিমাত্র প্রার্থী পেয়েছে, যা 0.27 ± 0.12 প্রত্যাশিত পটভূমির সঙ্গে সামঞ্জস্যপূর্ণ; ANITA-ধরন স্থির প্রবাহ থাকলে **34–69**, বা রক্ষণশীল অনুমানে অন্তত ~8 ঘটনা আশা করা হতো। ফলে অপ্রচলিত কণাবৃষ্টি-প্রবাহ ব্যাখ্যা জোরালো ভাবে কম সমর্থিত, কিন্তু অস্বাভাবিকতার কারণ এখনও অজানা।

বাড়াবাড়ি ছাড়া যাচাই

গবেষণা যা দেখায়: Auger-এ ঊর্ধ্বমুখী কণাবৃষ্টি সংকেত নেই; একটি প্রার্থী পটভূমি-সামঞ্জস্যপূর্ণ, যেখানে ANITA-প্রবাহ অনুমান অনেক ঘটনা পূর্বাভাস দেয়।

যা সম্ভাব্য: বরফ প্রতিফলন/প্রসারণ বা যন্ত্র/বিশ্লেষণ প্রভাব।

যা দেখায় না: নিশ্চিত নতুন কণা, “বরফের ভেতরের সংকেত”, অতিপ্রাকৃত ব্যাখ্যা, বা চূড়ান্ত কারণ।

মূল সীমাবদ্ধতা: আসল অস্বাভাবিক সংকেত মাত্র দুটি ঘটনা থেকে এসেছে। Auger-এর শূন্য ফলাফল কিছু সম্ভাব্য মডেলকে সংকুচিত করে, কিন্তু ANITA-র ঘটনাদুটি স্বাধীনভাবে পুনরাবৃত্ত বা নিশ্চিত করে না।

আস্থা: অপ্রচলিত বিস্তৃত-প্রবাহ ব্যাখ্যা কম সমর্থিত—উচ্চ। সত্য কারণ—কম।

উৎস

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