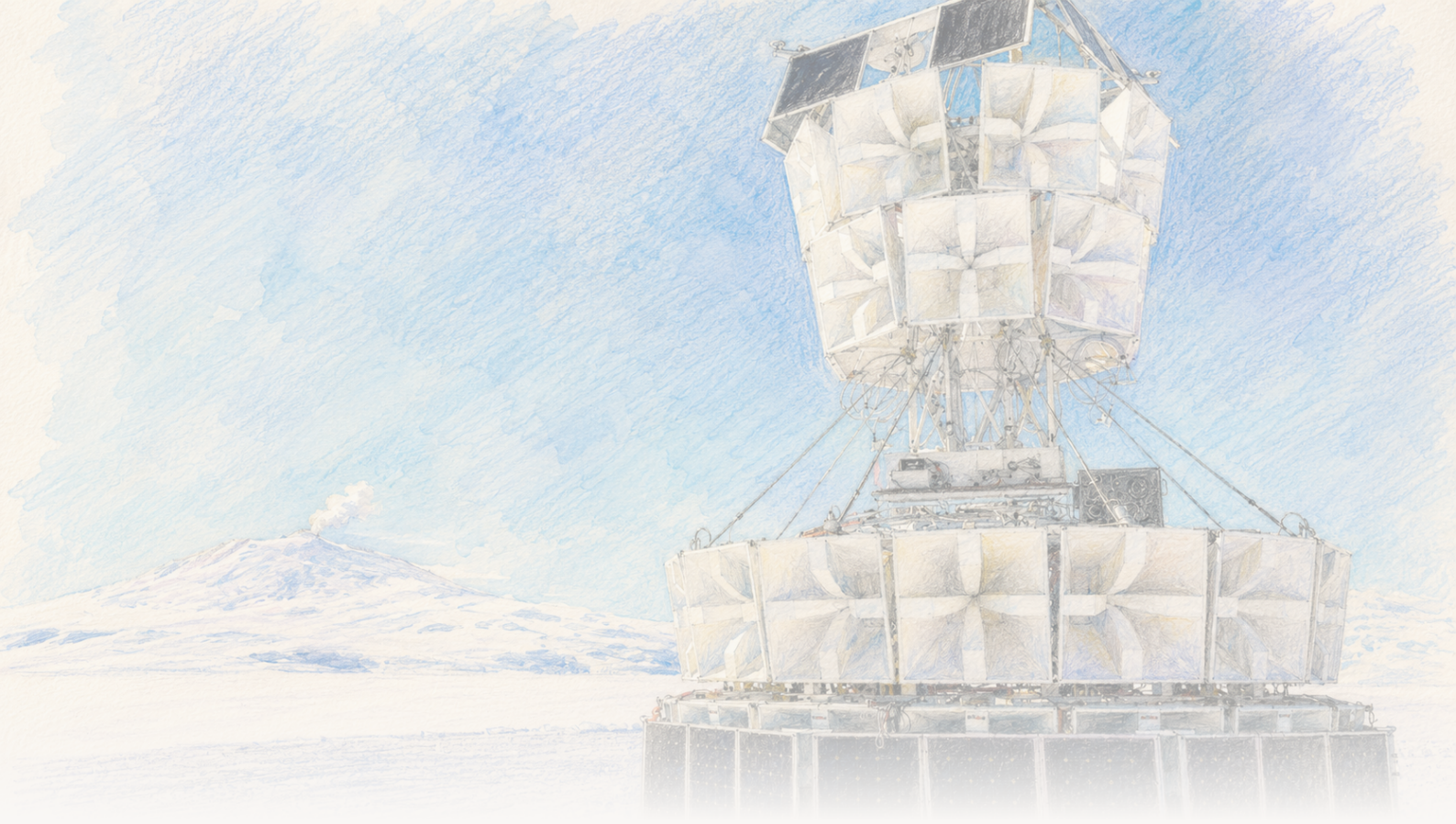




The CLEAN PAPER

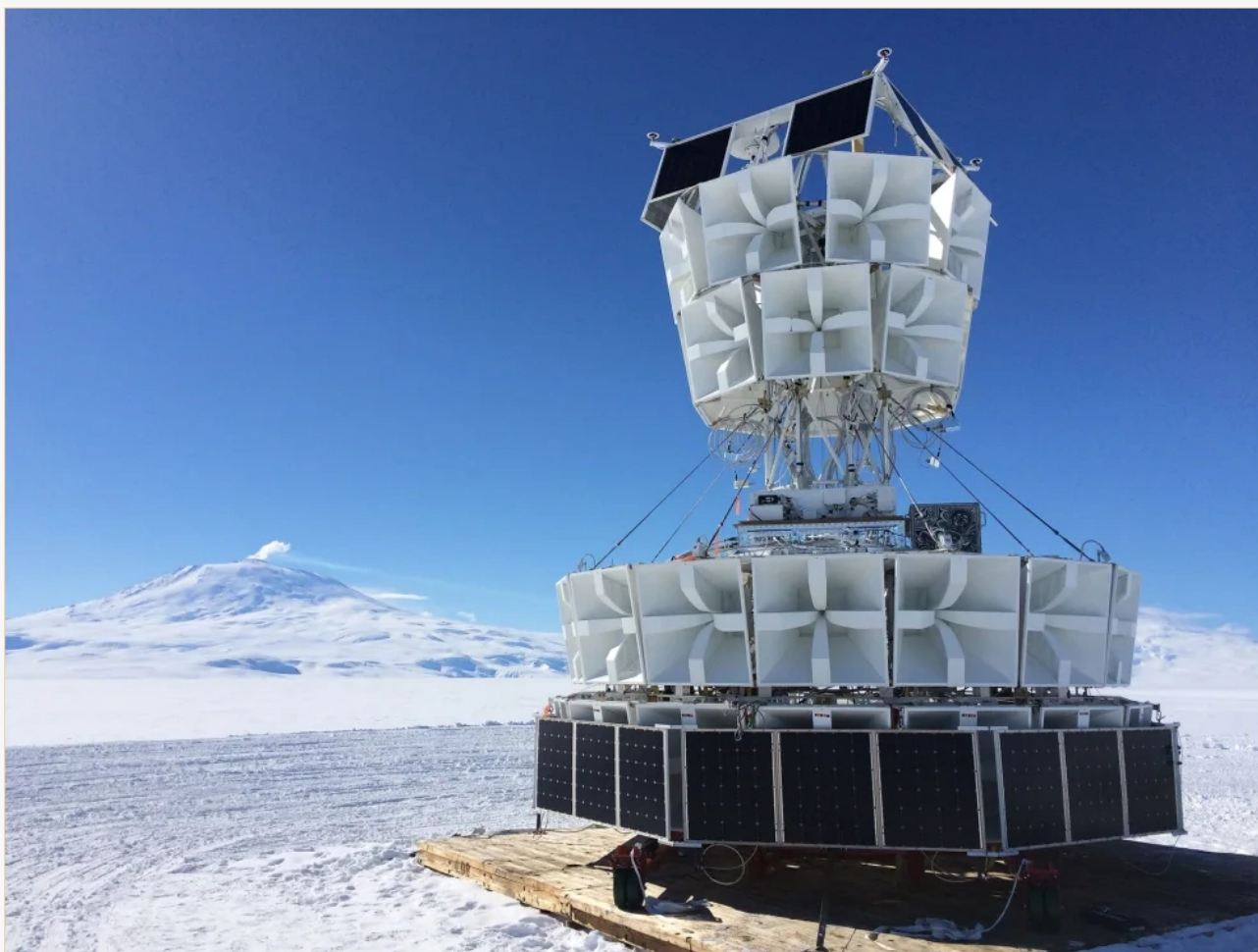
WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

Dva anomální rádiové pulsy nad Antarktidou zůstávají nevysvětlené – a hypotéza „nové částice“ ztrácí podporu

Dva neobvyklé rádiové pulsy zaznamenané před lety balónovým experimentem nad Antarktidou stále nemají žádné dohodnuté vysvětlení. Soustředěné pátrání na observatoři Pierra Augera nenašlo žádné známky kaskád, které by se daly očekávat, takže interpretace exotických „nových částic“ je mnohem méně pravděpodobná, ačkoli samotná anomálie zůstává nevyřešena.

Written by Lucio Vaglio · Cross-checked by Laura Nesso · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso
· 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



48 antén ANITA směřuje dolů k antarktickému ledu z gondoly vysoké 25 stop.

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

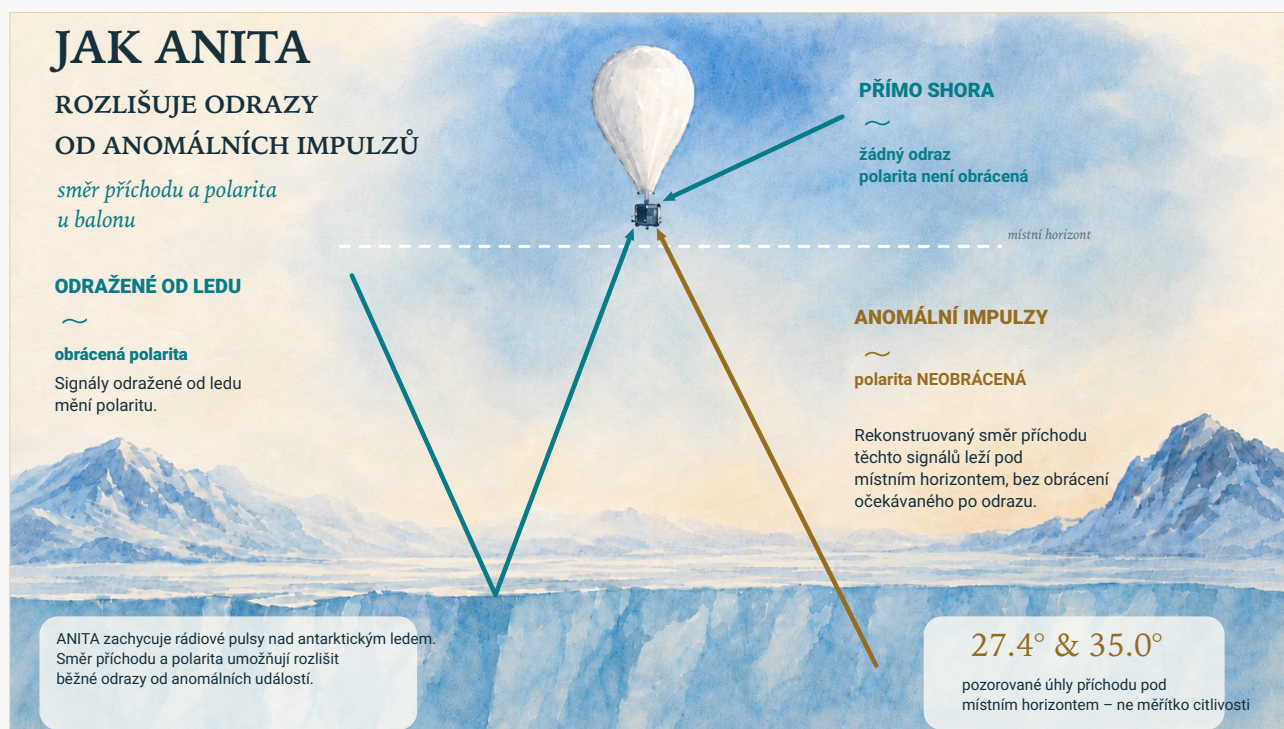
Balón, led a dva pulsy přicházející zdola

Většinu své provozní doby Antarctic Impulsive Transient Antenna - ANITA - visí pod balónem NASA ve výšce více než třicet kilometrů a týdně se unáší nad nejopuštěnějším místem na Zemi a naslouchá.

Poslouchá rádiové signály z vesmíru. Když částice s velmi vysokou energií - kosmické záření nebo neutrino - narazí do atmosféry nebo ledu, rozpadne se na kaskádu menších částic, která vydá krátký rádiový záblesk. Antarktida je pro jejich detekci téměř dokonalá: kilometry čistého, studeného ledu, kterým rádiové vlny procházejí téměř jako přes sklo, a stovky kilometrů, aniž by cokoli rušilo signál. Úkolem ANITY je zachytit tyto záblesky a vyčíst z jejich tvaru a času příchodu, co je způsobilo.

Většina zaznamenaných signálů se chová podle očekávání. Některé záblesky přicházejí přímo shora. Mnohem více se jich odráží od ledu a vrací se do antény – a takové signály mají charakteristickou vlastnost: odraz převrátí vlnu (změní *polaritu* signálu), což fyzikové dokážou okamžitě rozpoznat. Takto se odlišuje odraz od přímého signálu.

Dvakrát se však objevilo něco, co tomuto vzoru nezapadalo.



Přímý puls přicházející k balónu shora nemá převrácenou polaritu, zatímco odražený puls ji má – jednoduchá známka odrazu od ledu. Dva anomální pulsy přicházejí z *rekonstruovaného* směru strmě pod místním horizontem, ale bez převrácení, které by se po odrazu očekávalo. „Zdola“ popisuje směr, odkud signál přichází, nikoli částice vycházející ze Země.

Original hybrid diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Při jednom letu v roce 2006 a dalším v roce 2014 zaznamenala ANITA puls přicházející strmě *zpod* horizontu – 27,4° a 35,0° pod ním – jako by signál pocházel z kontinentu, ale *bez* převrácení. Nevypadalo to tedy jako odraz, nýbrž jako něco, co se skutečně pohybovalo od ledu vzhůru k balónu.

A tady začíná problém. Aby se k anténě dostal pod tak strmým úhlem zdola, musel by zdroj pulsu cestovat vnitřkem planety – šest nebo sedm tisíc kilometrů pevné skály. Tohle skoro nic nedokáže. Jedinou známou částicí, která prochází běžnou hmotou téměř bez povšimnutí, je neutrino. Přirozené vysvětlení tedy bylo toto: neutrino prošlo skálou, zasáhlo atom těsně pod ledem a způsobilo kaskádu částic, které se řítily vzhůru, jejichž rádiový výbuch zachytila ANITA. Má to však háček: neutrino s dostatečnou energií k vytvoření *takového* signálu je také tak snadné zastavit, že by mělo být mnohokrát absorbováno v tak silné vrstvě horniny. A proud neutrin dostatečně silný na to, aby ještě propustil dvě částice, by měl být viditelný v obrovských detektorech postavených právě k jejich detekci. Žádné jednoduché vysvětlení celou záležitost neuzavřelo.

Oba pulsy tedy zůstaly nepohodlnou výjimkou. Nebyly objevem – dvě události nikdy nestačí k objevu – ale nebyly ani bezvýznamné. Šlo o skutečnou anomálii, zajímavou právě proto, že nebylo jasné, zda odhaluje trhlinu ve standardním modelu fyziky, nebo jen zvláštnost v ledu, anténě či výpočtech.

To je místo, kde jistý typ populárních zpráv sáhne po slovu *tajemný*, ztlumí světla a zeptá se, co asi žije pod Antarktidou. Nechoďme touto cestou. Skutečná otázka nikdy nezněla: *jaké monstrum je v ledu?*

Bylo to trpělivé a neokoukané, ale je to to, co posouvá vědu kupředu: **jak to můžete zjistit?**

Co autoři udělali

Vzrušující vysvětlení lze vyzkoušet jednoduchými způsoby. Pokud pulzy ANITA pocházejí ze skutečného, opakujícího se proudu vzestupných kaskád - způsobených obyčejnými tau neutriny nebo navrhovanou novou částicí - pak by dostatečně velký detektor zaměřený na takové události měl některé z nich zachytit.

Observatoř Pierre Auger Observatory v Argentině – největší detektor kosmického záření, jaký byl kdy postaven – se pro takové hledání dobře hodí. Pomocí fluorescenčního detektoru tým hledal vzestupné atmosférické kaskády v datech z let 2004–2018: přicházející zdola, se zenitovými úhly nad 110° a energiemi nad $0,1 \text{ EeV}$. Důležité je, že byla stanovena úplná výběrová kritéria *před* zkoumáním celého souboru dat. Šlo o „slepou“ analýzu, takže výsledek nebylo možné upravit podle očekávání.

Co našli

Poté, co byla data odhalena, zůstala **jedna** kandidátská událost – plně konzistentní s předpovězenými $0,27 \pm 0,12$ událostmi na pozadí z běžného kosmického záření, sporadicky nesprávně rekonstruovaného jako vzestupné kaskády. Jinými slovy, zespodu nebyl žádný skutečný signál, jen tolik pozadí, kolik se dalo očekávat.

Síla výsledku spočívá ve srovnání. Pokud by impulsy ANITA pocházely z trvalého proudu vzestupných kaskád, měl by jich Auger zaznamenat **hodně** – asi 34–69 pro jedno spolehlivé energetické spektrum a alespoň asi 8 i se záměrně konzervativními předpoklady. Byla nalezena jedna událost, která odpovídá pozadí. Autoři to popisují jako „silnou nekonzistenci“ s interpretací, která předpokládá vzestupné kaskády.

Co to pravděpodobně znamená

Nedostatek detekce v takovém měřítku přináší důležité informace. Pokud události ANITA pocházely ze skutečné populace částic přilétajících z těchto směrů – běžná tau neutrina nebo hypotetické nové částice navržené jako vysvětlení – Augerova dlouhá expozice by jich měla odhalit značný počet. To se nestalo. V praxi to vylučuje vysvětlení „distribuovaného vzestupného toku kaskád“, ke kterému patří většina myšlenek nad rámec Standardního modelu, pokud se nepředpokládají velmi specifické, uměle vybrané podmínky.

Zbývají vysvětlení, že *ne* zahrnují proud částic tvořících kaskády. Nejběžnějšími úvahami jsou odraz nebo efekt šíření, který je vlastní ledu a geometrii blízko horizontu, nebo artefakt přístroje nebo analýzy. Žádný z nich nebyl potvrzen. Takže férové shrnutí zní: nejvzrušivější interpretace utrpěla

vážnou ránu a příčina je stále neznámá.

Co to *nedokazuje*

- Výsledek **nevysvětluje**, co jsou ty dva pulsy. “Důrazně proti nové fyzice” neznamená “případ vyřešen.”
- **Nepotvrzuje** běžnou příčinu. Jeden z hlavních kandidátů – odrazy zpod povrchu Antarktidy – zůstává hypotézou, nikoli výsledkem.
- **Nedetekovalo se** nic „zpod ledu“ v doslovném smyslu. Antény ANITA visí pod balónem *nad* Antarktidou; „zdola“ popisuje rekonstruovaný směr příchodu rádiového pulsu, nikoli zvuk, hlas nebo cokoli vycházejícího z nitra ledu.
- Výsledek **nepodporuje** tvrzení o potvrzené nové částici. Nejrozšířenější verze tohoto příběhu ukazuje opačným směrem než data.

Jak silné jsou důkazy?

Důkazy jsou omezené – a tak by se to mělo prezentovat.

- Zájem o fyziku nad rámec standardního modelu je založen v podstatě na **dvou** událostech ze dvou letů ANITA.
- Tento dokument představuje **nulový výsledek**: účinně vylučuje některé možnosti, ale neříká, jaké události *jsou*.
- Vyloučení je kvantitativní a silné - byly očekávány desítky událostí a jedna byla pozorována podobná pozadí - ale vztahuje se na interpretaci “vzestupného kaskádového proudu”, ne na všechny možné příčiny.
- Hlavní světské vysvětlení, odraz v blízkosti povrchu, je věrohodné, ale neprokázané; jiné možnosti, jako jsou některé modely přechodového záření, oslabily předchozí studie.
- Žádný experiment nezávisle nereprodukoval původní anomálii.

Je to přesné omezení umístěné na malé, přetrvávající hádance – nikoli objev.

Proč na tom záleží

Navrhovaná vysvětlení se pohybovala od exotických nových částic. Místo toho, aby šli s tím nejzajímavějším, výzkumníci udělali něco méně okouzujícího: Testovali nápad pomocí nezávislého a mnohem většího detektoru - a data řekla ne. Větší a citlivější přístroj nové generace, PUEO, se vyvíjí, aby se znovu podíval na takové signály.

Anomálie se nakonec může ukázat jako obyčejná. Neznamenaloby to selhání. Zužování možných

vysvětlení nevysvětlitelného měření, dokud se buď nerozplyne, nebo si vynutí skutečný objev je vědecká práce – a stojí za to ji sledovat právě proto, že upřímná odpověď je stále „nevíme“.

Stručné shrnutí

Zdá se, že dva rádiové pulsy z letů balónu ANITA v Antarktidě v letech 2006 a 2014 přicházejí pod obzorem ve strmých úhlech, což je obtížné vysvětlit ve standardním modelu. Soustředěné pátrání provedené v roce 2025 observatoří Pierra Augera našlo pouze jednu kandidátskou událost konzistentní s pozadím, ačkoli pokud by pulsy pocházely z proudu vzestupných kaskád, očekávaly by se desítky. To silně oslabuje exotickou interpretaci „nové částice“ a směřuje pozornost k odrazu, šíření nebo instrumentačnímu efektu specifickému pro ANITA – ale skutečná příčina zůstává neznámá. Toto není potvrzená nová částice nebo záhadný signál z nitra ledu.

Kontrola bez příkras

Co práce ukazuje: Slepé pátrání po vzestupných atmosférických kaskádách v datech Pierra Augera z let 2004 až 2018 našlo jednoho kandidáta v souladu s očekávaným pozadím události 0,27 z kosmického záření. Pokud by anomálie ANITA pocházely z proudu takových kaskád, Auger by měl pozorovat kolem 34–69 událostí, nebo alespoň ~8 za konzervativních předpokladů. To silně argumentuje proti vzestupné kaskádové interpretaci, včetně scénářů „nových částic“ mimo standardní model.

Co je věrohodné, ale neprokázané: Účinek odrazu nebo šíření rádiových vln v blízkosti ledu a obzoru nebo nástroje nebo artefaktu analýzy, který je vlastní ANITA.

Co práce neukazuje: Že události byly způsobeny novou částicí; že se jedná o signály zevnitř ledu; že jde o něco paranormálního, umělého nebo slyšitelného; že už známe důvod.

Hlavní omezení: Zájem o fyziku nad rámec Standardního modelu je založen na dvou událostech; je to nulový výsledek, který ukládá omezení, ale neidentifikuje příčinu; vyloučení se konkrétně týká výkladu založeného na kaskádovém toku; původní anomálie nebyla nezávisle reprodukována.

Kolik důvěry by měl mít neodborný čtenář? Vysokou v to, že nejde o potvrzenou novou částici ani o signál z nitra ledu a že interpretace exotického toku částic byla výrazně oslabena. Nízkou, pokud jde o skutečnou příčinu, která zůstává otevřená. Správným postojem je zvědavost vůči nevyřešené anomálii, která má s největší pravděpodobností běžné vysvětlení.

Zdroje

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>