



The CLEAN PAPER

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

Dva anomálne rádiové pulzy nad Antarktídou zostávajú nevysvetlené – a hypotéza „novej častice“ stráca podporu

Dva neobvyklé rádiové pulzy zaznamenané pred rokmi balónovým experimentom nad Antarktídou stále nemajú žiadne všeobecne prijaté vysvetlenie. Sústredené pátranie na observatóriu Pierra Augera nenašlo žiadne známky kaskád, ktoré by sa dali očakávať, takže interpretácia exotických „nových častíc“ je oveľa menej pravdepodobná, hoci samotná anomália zostáva nevyriešená.

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



Všetkých 48 antén ANITA smeruje z 25 stôp vysokej gondoly nadol k antarktickému ľadu.

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

Balón, ľad a dva pulzy prichádzajúce zdola

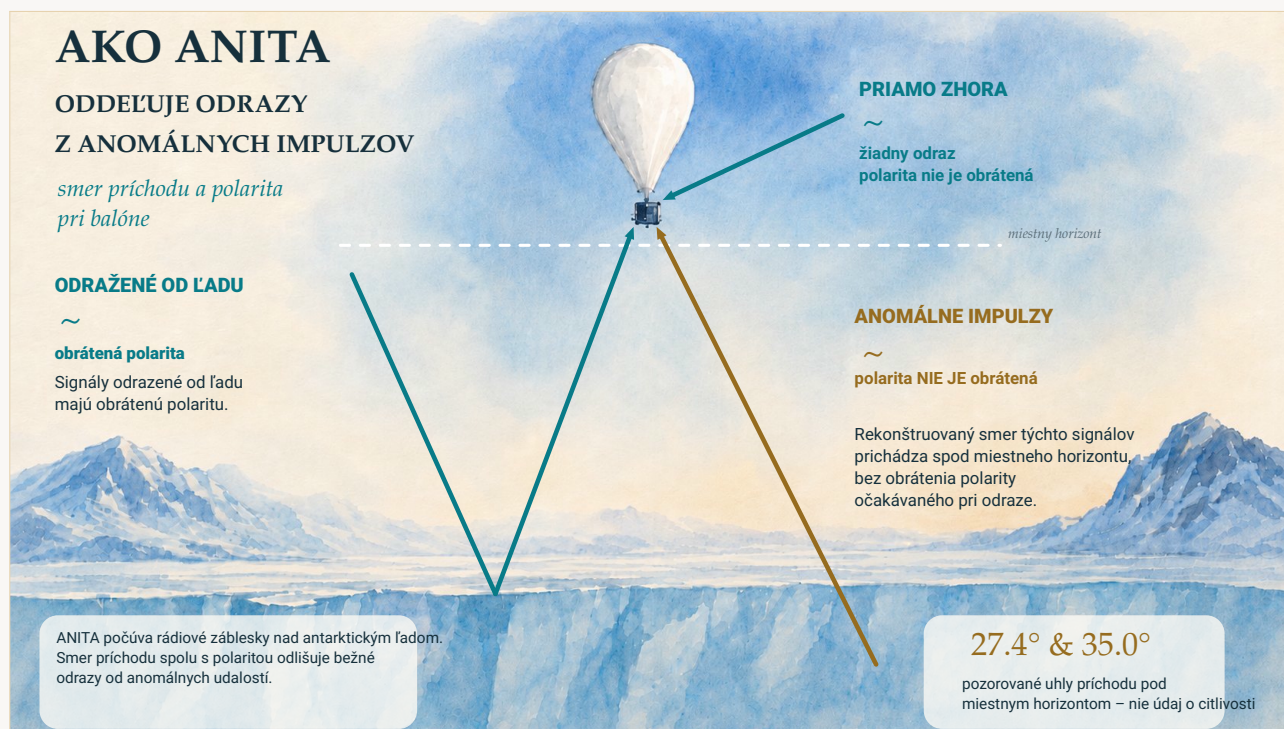
Väčšinu svojej prevádzkovej doby visí Antarctic Impulsive Transient Antenna – ANITA – pod balónom NASA vo výške vyše tridsať kilometrov a celé týždne sa unáša nad najopustenejším miestom na Zemi a počúva.

Počúva rádiové signály z vesmíru. Keď častica s veľmi vysokou energiou – kozmické žiarenie alebo neutríno – narazí do atmosféry alebo ľadu, rozpadne sa na kaskádu menších častíc, ktorá vydá krátky rádiový záblesk. Antarktída je pre ich detekciu takmer dokonalá: kilometre čistého, studeného ľadu, ktorým rádiové vlny prechádzajú takmer ako cez sklo, a stovky kilometrov bez toho, aby čokoľvek rušilo signál. Úlohou ANITY je zachytiť tieto záblesky a vyčítať z ich tvaru a času príchodu, čo ich spôsobilo.

Väčšina zaznamenaných signálov sa chová podľa očakávania. Niektoré záblesky prichádzajú priamo zhora. Oveľa viac sa ich odráža od ľadu a vracia sa do antény – a také signály majú charakteristickú vlastnosť: odraz prevráti vlnu (zmení *polaritu* signálu), čo fyzici dokážu okamžite rozpoznať. Takto sa

odlišuje odraz od priameho signálu.

Dvakrát sa však objavilo niečo, čo tomuto vzoru nezapadalo.



Priamy pulz prichádzajúci k balónu zhora nemá prevrátenú polaritu, zatiaľ čo odrazený pulz ju má – jednoduchá známka odrazu od ľadu. Dva anomálne pulzy prichádzajú z *rekonštruovaného* smeru strmo pod miestnym horizontom, ale bez prevrátenia, ktoré by sa po odraze očakávalo. „Zdola“ opisuje smer, odkiaľ signál prichádza, nie častice vychádzajúce zo Zeme.

Original hybrid diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Pri jednom lete v roku 2006 a ďalšom v roku 2014 zaznamenala ANITA pulz prichádzajúci strmo spod horizontu – $27,4^\circ$ a $35,0^\circ$ pod ním – ako by signál pochádzal z kontinentu, ale bez prevrátenia. Nevyzeralo to teda ako odraz, ale ako niečo, čo sa skutočne pohybovalo od ľadu nahor k balónu.

A tu sa začína problém. Aby pulz dorazil k anténe pod takým strmým uhlom zdola, jeho zdroj by musel prejsť vnútom planéty – šiestimi či siedmimi tisíckami kilometrov pevnej horniny. Takmer nič to nedokáže. Jedinou známou časticou, ktorá prechádza bežnou hmotou takmer bez povšimnutia, je neutríno. Prirodzené vysvetlenie teda znelo: neutríno prešlo horninou, zasiahlo atóm tesne pod ľadom a vyvolalo nahor smerujúcu kaskádu častíc, ktorej rádiový záblesk zachytila ANITA. Má to však háčik: neutríno s dostatočnou energiou na vytvorenie *takéhoto* signálu sa zároveň absorbuje natoľko ľahko, že by ho taká hrubá vrstva horniny mala mnohokrát zastaviť. A tok neutrín dosť silný na to, aby cez ňu predsa len prenikli dve častice, by mali zaznamenať aj obrovské detektory určené práve na ich hľadanie. Žiadne jednoduché vysvetlenie preto celú záležitosť neuzavrelo.

Oba pulzy teda zostali nepohodlnou výnimkou. Neboli objavom – dve udalosti nikdy nestačia na objav – ale neboli ani bezvýznamné. Išlo o skutočnú anomáliu, zaujímavú práve preto, že nebolo jasné, či odhaľuje trhlinu v štandardnom modeli fyziky, alebo len zvláštnosť v ľade, anténe či výpočtoch.

Tu istý typ populárnych správ siahne po slove „tajomný“, stlmí svetlá a spýta sa, čo asi žije pod Antarkídou. Nechod'me touto cestou. Skutočná otázka nikdy neznala: *aké monštrum je v ľade?* Bola trpezlivá a neokázala, no práve taká posúva vedu vpred: **ako to možno zistiť?**

Čo autori urobili

Vzrušujúce vysvetlenie možno overiť jednoduchým spôsobom. Ak pulzy ANITA pochádzajú zo skutočného, opakujúceho sa toku vzostupných kaskád – spôsobených bežnými tau neutrínami alebo navrhovanou novou časticou –, potom by dostatočne veľký detektor zameraný na takúto udalosť mal niektoré z nich zachytiť.

Observatórium Pierre Auger Observatory v Argentíne – najväčší detektor kozmického žiarenia, aký bol kedy postavený – sa na takúto hľadanie dobre hodí. Pomocou fluorescenčného detektora tím hľadal vzostupné atmosférické kaskády v dátach z rokov 2004 – 2018: prichádzajúce zdola, so zenitovými uhlami nad 110° a energiami nad $0,1 \text{ EeV}$. Dôležité je, že boli stanovené úplné výberové kritériá *pred* skúmaním celého súboru dát. Išlo o „slepú“ analýzu, takže výsledok nebolo možné upraviť podľa očakávania.

Čo našli

Po odkrytí dát zostala **jedna** kandidátska udalosť – plne zlučiteľná s predpoveďou $0,27 \pm 0,12$ udalosti pozadia z bežného kozmického žiarenia, ktoré sa občas nesprávne zrekonštruuje ako vzostupná kaskáda. Inými slovami, neobjavil sa žiadny skutočný signál zdola, iba toľko pozadia, koľko sa dalo očakávať.

Sila výsledku spočíva v porovnaní. Ak by impulzy ANITA pochádzali z trvalého toku vzostupných kaskád, Auger by ich mal zaznamenať **veľa** – približne 34–69 pri jednom vierohodnom energetickom spektre a najmenej asi 8 aj pri zámerne konzervatívnych predpokladoch. Našla sa jediná udalosť zodpovedajúca pozadiu. Autori to opisujú ako „silnú nekonzistenciu“ s interpretáciou, ktorá predpokladá vzostupné kaskády.

Čo to pravdepodobne znamená

Chýbajúca detekcia v takom meradle prináša dôležité informácie. Ak udalosti ANITA pochádzali zo skutočnej populácie častíc prilietajúcich z týchto smerov – bežných tau neutrín alebo hypotetických nových častíc navrhnutých ako vysvetlenie – Augerova dlhá expozícia by ich mala odhaliť vo veľkom počte. To sa nestalo. V praxi to vylučuje vysvetlenie „distribúovaného vzostupného toku kaskád“, ku ktorému patrí väčšina myšlienok nad rámec Štandardného modelu, pokiaľ sa nepredpokladajú veľmi špecifické, umelo vybrané podmienky.

Zostávajú vysvetlenia, ktoré *nezahŕňajú* prúd častíc tvoriacich kaskády. Najbežnejšími úvahami sú odraz alebo efekt šírenia, ktorý je vlastný ľadu a geometrii blízko horizontu, alebo artefakt prístroja alebo analýzy. Žiadny z nich nebol potvrdený. Takže férové zhrnutie znie: najvzrušivejšia interpretácia utrpela vážnu ranu a príčina je stále neznáma.

Čo to *nedokazuje*

- Výsledok **nevysvetľuje**, čo sú tie dva pulzy. “Dôrazne proti novej fyzike” neznamená “prípád vyriešený.”
- **Nepotvrďuje** bežnú príčinu. Jeden z hlavných kandidátov – odrazy spod povrchu Antarktídy – zostáva hypotézou, nie výsledkom.
- **Nedetekovalo sa** nič „spod ľadu“ v doslovnom zmysle. Antény ANITA visia pod balónom *nad* Antarktídou; „zdola“ opisuje rekonštruovaný smer príchodu rádiového pulzu, nie zvuk, hlas alebo čokoľvek vychádzajúce z vnútra ľadu.
- Výsledok **nepodporuje** tvrdenie o potvrdenej novej častici. Najrozšírenejšia verzia tohto príbehu ukazuje opačným smerom ako dáta.

Aké silné sú dôkazy?

Dôkazy sú obmedzené – a tak by sa to malo prezentovať.

- Záujem o fyziku nad rámec štandardného modelu je založený v podstate na **dvoch** udalostiach z dvoch letov ANITA.
- Tento dokument predstavuje **nulový výsledok**: účinne vylučuje niektoré možnosti, ale nehovorí, aké udalosti *sú*.
- Vylúčenie je kvantitatívne a silné - očakávali sa desiatky udalostí a pozorovala sa jedna udalosť zodpovedajúca pozadiu - ale vzťahuje sa na interpretáciu “vzostupného kaskádového prúdu”, nie na všetky možné príčiny.
- Hlavné svetské vysvetlenie, odraz v blízkosti povrchu, je vierohodné, ale nepreukázané; iné možnosti, ako sú niektoré modely prechodového žiarenia, oslabili predchádzajúce štúdie.
- Žiadny experiment nezávisle nereprodukoval pôvodnú anomáliu.

Je to presné obmedzenie malej, pretrvávajúcej záhady – nie objav.

Prečo na tom záleží

Navrhované vysvetlenia siahali až k exotickým novým časticiam. Namiesto toho, aby sa výskumníci priklonili k najvzrušujúcejšiemu z nich, urobili niečo menej očarujúce: otestovali túto myšlienku pomocou nezávislého a oveľa väčšieho detektora – a dáta povedali nie. Väčší a citlivejší prístroj novej

generácie, PUEO, sa vyvíja, aby sa znovu pozrel na také signály.

Anomália sa nakoniec môže ukázať ako obyčajná. Neznamenaloby to zlyhanie. Zužovanie možných vysvetlení nevysvetliteľného merania, kým sa buď nerozplynie, alebo si vynúti skutočný objav je vedecká práca - a stojí za to ju sledovať práve preto, že úprimná odpoveď je stále “nevieme”.

Stručné zhrnutie

Zdá sa, že dva rádiové pulzy z letov balóna ANITA v Antarktíde v rokoch 2006 a 2014 prichádzajú pod obzorom v strmých uhloch, čo je ťažké vysvetliť v štandardnom modeli. Sústredené pátranie vykonané v roku 2025 observatóriom Pierra Augera našlo iba jednu kandidátsku udalosť konzistentnú s pozadím, hoci ak by pulzy pochádzali z prúdu vzostupných kaskád, očakávali by sa desiatky. To silne oslabuje exotickú interpretáciu “novej častice” a smeruje pozornosť k odrazu, šíreniu alebo inštrumentačnému efektu špecifickému pre ANITA - ale skutočná príčina zostáva neznáma. Toto nie je potvrdená nová častica alebo záhadný signál z vnútra ľadu.

Kontrola bez príkras

Čo práca ukazuje: Slepé pátranie po vzostupných atmosférických kaskádach v dátach Pierra Augera z rokov 2004 až 2018 našlo jedného kandidáta v súlade s očakávaným pozadím udalosti 0,27 z kozmického žiarenia. Pokiaľ by anomálie ANITA pochádzali z prúdu takých kaskád, Auger by mal pozorovať okolo 34–69 udalostí, alebo aspoň ~8 za konzervatívnych predpokladov. To silne argumentuje proti vzostupnej kaskádovej interpretácii, vrátane scenárov „nových častíc“ mimo štandardného modelu.

Čo je vierohodné, ale nepreukázané: Odraz alebo šírenie rádiových vln v blízkosti ľadu a horizontu, prípadne prístrojový či analytický artefakt špecifický pre ANITA.

Čo práca neukazuje: Že udalosti spôsobila nová častica; že ide o signály zvnútra ľadu; že ide o niečo paranormálne, umelé alebo počuteľné; ani to, že už poznáme príčinu.

Hlavné obmedzenia: Záujem o fyziku nad rámec Štandardného modelu je založený na dvoch udalostiach; je to nulový výsledok, ktorý ukladá obmedzenia, ale neidentifikuje príčinu; vylúčenie sa konkrétne týka výkladu založeného na kaskádovom toku; pôvodné anomálie neboli nezávisle reprodukované.

Koľko dôvery by mal mať neodborný čitateľ? Vysokú v tom, že nejde o potvrdenú novú časticu ani o signál z vnútra ľadu a že interpretácia exotického toku častíc bola výrazne oslabená. Nízku, pokiaľ ide o skutočnú príčinu, ktorá zostáva otvorená. Správnym postojom je zvedavosť voči nevyriešenej anomálii, ktorá má s najväčšou pravdepodobnosťou bežné vysvetlenie.

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>