



The CLEAN PAPER

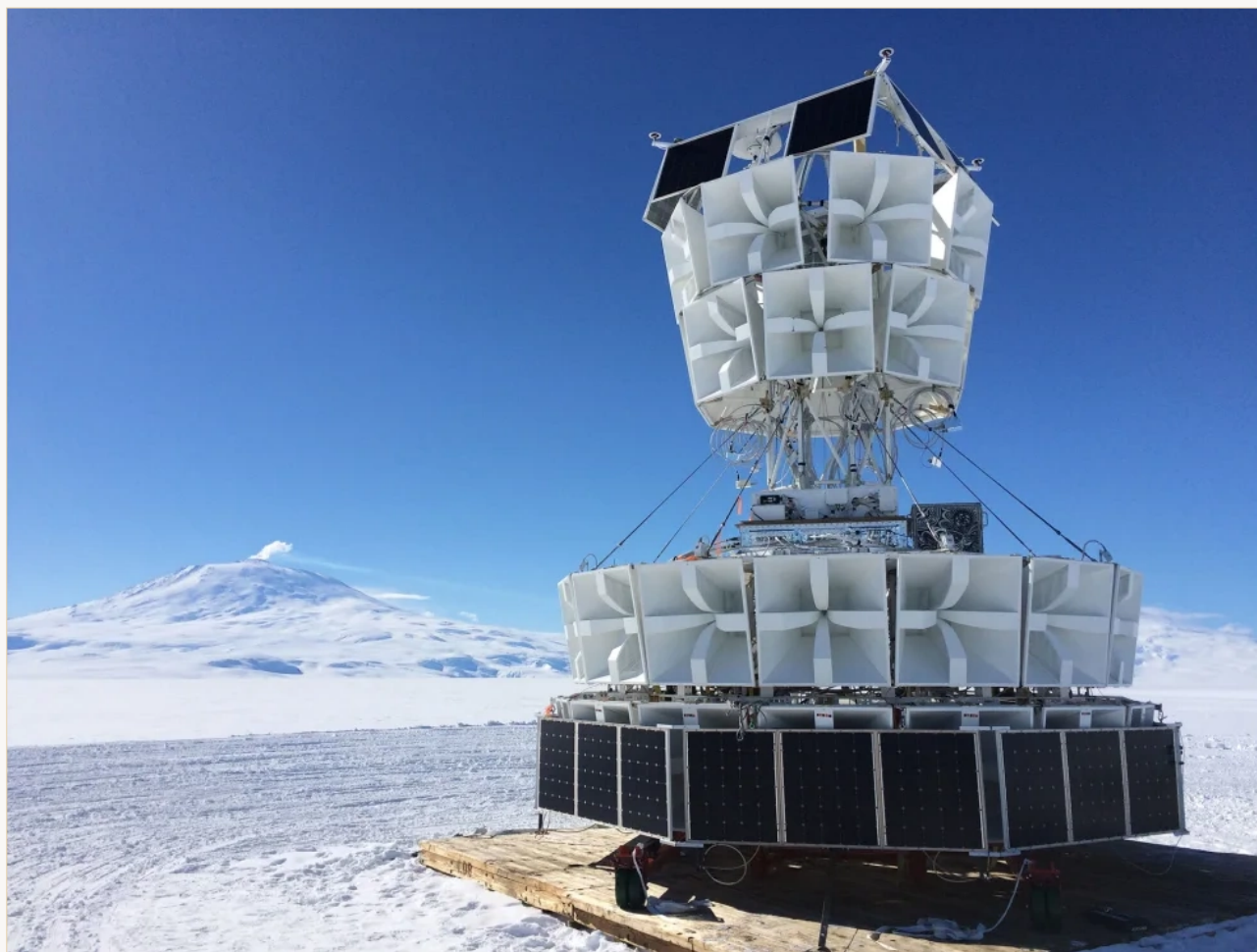
WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

Dva anomalna radijska impulza nad Antarktiko ostajata nepojasnjena — razlaga z »novim delcem« pa izgublja podporo

Dva nenavadna radijska impulza, ki ju je pred leti zabeležil antarktični balonski poskus, še vedno nimata soglasne razlage; ciljno iskanje z observatorijem Pierre Auger ni odkrilo sledi plazov, ki bi jih takšna razlaga napovedovala, zato je eksotična razlaga z »novim delcem« precej manj verjetna, anomalija pa ostaja nerešena.

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](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.121003)



48 anten ANITA je usmerjenih navzdol proti antarktičnemu ledu na 25 čevljev visoki gondoli.

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

Balon, led in dva impulza od spodaj

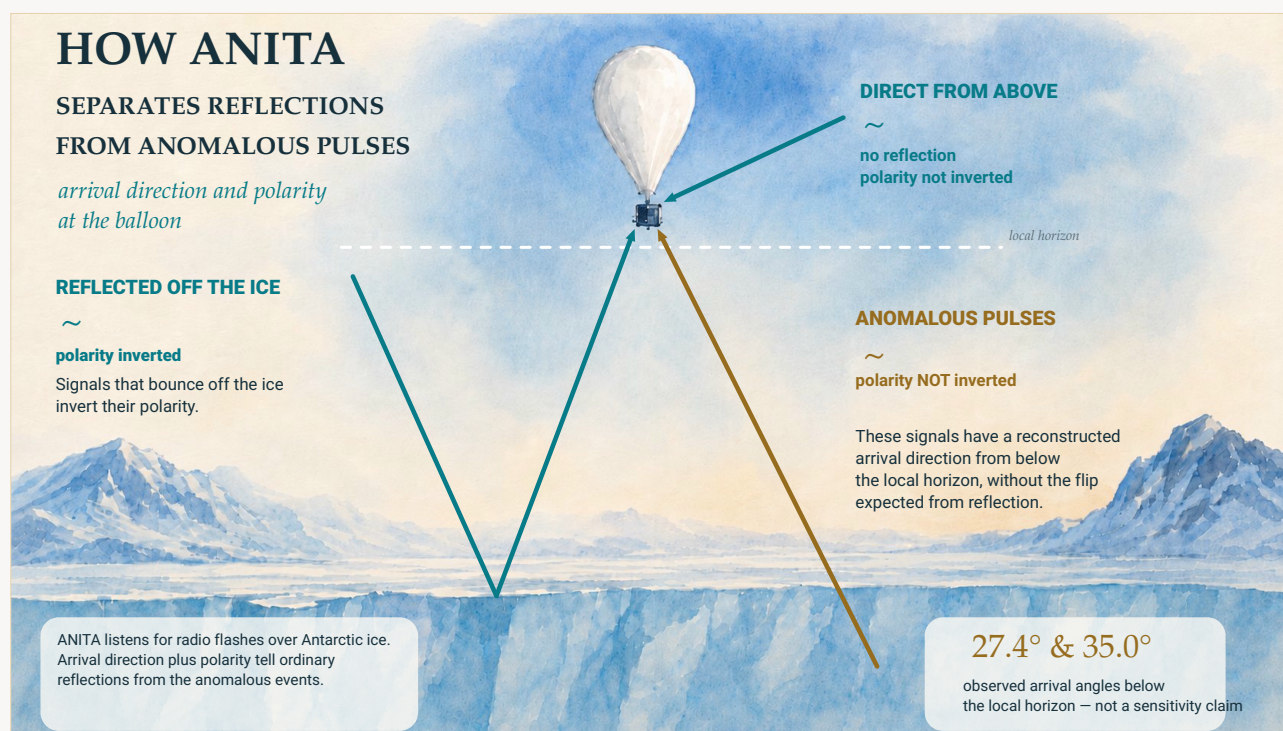
Večino časa delovanja Antarctic Impulsive Transient Antenna — ANITA — visi pod NASA-inim balonom, kakšnih trideset kilometrov visoko, ter se tedne premika nad najbolj praznim krajem na Zemlji in posluša.

Posluša radijske signale iz vesolja. Ko delec z zelo visoko energijo — kozmični žarek ali nevtrino — zadene zrak ali led, se raztrešči v plaz manjših delcev, ta plaz pa odda kratek radijski blisk. Antarktika je za njihovo zaznavanje skoraj idealna: kilometri čistega, hladnega ledu, skozi katerega radijski valovi potujejo skoraj tako, kot bi potovali skozi steklo, in na stotine kilometrov praznine, ki bi lahko motila signal. Naloga ANITA je ujeti te bliske ter iz njihove oblike in časovnega poteka razbrati, kaj jih je povzročilo.

Večina tega, kar zazna, je lepo urejena. Nekateri bliski prispejo naravnost od zgoraj. Veliko več se jih oplazi ob led in odbije nazaj navzgor proti anteni — pri tem pa imajo značilen znak: odboj obrne val na glavo (spremeni *polariteto* signala), kar je podpis, ki ga fiziki lahko prepoznajo na prvi pogled.

Tako ločimo odboj od pravega dogodka.

Dvakrat je prispelo nekaj, kar je prekinilo ta vzorec.



Pri balonu impulz, ki pride naravnost od zgoraj, prispe brez spremembe polaritete, medtem ko odbiti impulz prispe z obrnjeno polariteto — običajnim znakom odboja od ledu. Dva anomalna impulza sta namesto tega prispela iz *rekonstruirane* smeri, ki je bila strmo pod krajevnim obzorjem — vendar brez takega obrata, ki bi ga pri odboju pričakovali. »Od spodaj« opisuje smer prihoda — ne delca, ki bi se vzpenjal iz Zemlje.

Original hybrid diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Na enem poletu leta 2006 in na drugem leta 2014 je ANITA zaznala impulz, ki je prišel strmo *pod* obzorjem — 27.4° oziroma 35.0° pod njim — kot da bi se dvignil iz notranjosti celine, vendar *brez* obrata polaritete. Torej ne odboj. Nekaj je zares potovalo navzgor, iz ledu proti balonu.

Zakaj je to skoraj škandalozno? Da bi impulz dosegel anteno pod tako strmim kotom navzgor, je moralo tisto, kar ga je povzročilo, priti skozi telo planeta — šest ali sedem tisoč kilometrov trdne kamnine. Skoraj nič ne zmore tega. Edini znani delec, ki gre skozi običajno snov, kot da je skoraj ni, je nevtrino; ta zdrsne skozi celotno Zemljo, ne da bi jo opazil — zato je naravna zamisel, da je nevtrino potoval skozi kamnino, zadel atom tik pod ledom in ustvaril plaz delcev, ki so se pognali navzgor, njihov radijski blisk pa je zaznala ANITA. Težava je v zasuku: nevtrino z dovolj energije, da bi ustvaril *ta* signal, je v resnici prelahko ustaviti. Na tako dolgi poti skozi kamnino bi moral biti večkrat povsem absorbiran. In tok nevtrinov, dovolj močan, da bi jih dva vseeno prodrlo skozi, bi se moral pokazati v velikanskih detektorjih, zgrajenih prav za njihovo zaznavanje. Nobena od urejenih razlag ni bila povsem konsistentna.

Tako sta impulza ostala tam in se upirala razlagi. Ne odkritje — dva dogodka nikoli nista odkritje — vendar tudi ne nič. Resnična anomalija: taka, ki je zanimiva prav zato, ker nihče še ni mogel reči, ali gre za razpoko v Standardnem modelu fizike ali zgolj za posebnost ledu, antene ali računanja.

Na tej točki določena vrsta poročanja poseže po besedi *skrivnostno*, zatemni luči in vpraša, kaj bi lahko živelo pod Antarktiko. Uprite se temu. Pravo vprašanje nikoli ni bilo *kakšna pošast je v ledu*. Bilo je potrpežljivo, nebleščeče vprašanje, ki znanost dejansko pomika naprej: **kako bi to ugotovili?**

Kaj so avtorji naredili

Obstaja preprost način za preverjanje vznemirljivih razlag. Če impulza ANITA izvirata iz resničnega, ponavljajočega se toka plazov, ki potujejo navzgor — bodisi iz običajnih tau-nevtrinov bodisi iz kakšnega predlaganega novega delca — bi moral dovolj velik detektor, ki išče prav take dogodke, zaznati vsaj del takšnih dogodkov.

Observatorij Pierre Auger v Argentini — največji kdaj zgrajeni detektor kozmičnih žarkov — je za to iskanje dobro postavljen. S svojim detektorjem fluorescence je kolaboracija v podatkih od 2004 do 2018 iskala plazove v zraku, ki potujejo navzgor (prispejo od spodaj, z zenitnimi koti nad 110° in energijami nad 0.1 EeV). Ključno je, da so bila vsa izbirna merila določena *preden* so pregledali celoten nabor podatkov — šlo je za »slepo« analizo, tako da odgovora ni bilo mogoče prilagoditi pričakovanemu izidu.

Kaj so ugotovili

Po razkritju podatkov je preživel **en** kandidatni dogodek — povsem skladen z 0.27 ± 0.12 dogodka, kolikor jih je bilo pričakovati zaradi občasne napačne rekonstrukcije običajnih kozmičnih žarkov kot dogodkov, ki potujejo navzgor. Z drugimi besedami, resničnega navzgor potujočega signala ni bilo; le pričakovani drobec ozadja.

Teža rezultata je v primerjavi. Če bi impulza ANITA izvirala iz stalnega toka plazov, ki potujejo navzgor, bi moral Auger zabeležiti **veliko** takih dogodkov — približno 34 do 69 za en verjeten energijski spekter in vsaj okoli 8 celo ob namerno konservativnih predpostavkah. Zabeležil je enega, skladnega z ozadjem. Avtorji to opisujejo kot »močno neskladje« z razlago plazov, ki potujejo navzgor.

Kaj to verjetno pomeni

Nedetekcija takšnega obsega je informativna. Če bi dogodka ANITA izvirala iz resnične populacije delcev, ki prihajajo iz teh smeri — običajnih tau-nevtrinov ali hipotetičnih novih delcev, predlaganih za njuno razlago — bi moral Augerjev dolgotrajni čas opazovanja zaznati precejšnje število takih dogodkov. Ni jih. To učinkovito izloči razlago »difuznega toka plazov, ki potujejo navzgor« — kategorijo, v katero spada večina zamisli onkraj Standardnega modela — razen pri umetno skonstruiranih posebnih pogojih.

Ostanejo razlage, ki *niso* tok delcev, ki tvorijo plaz: najpogosteje omenjena je odboj ali učinek širjenja,

povezan z ledom in geometrijo v bližini obzorja, ali pa instrumentalni oziroma analitični artefakt. Nobena ni potrjena. Pošten povzetek je torej: najbolj vznemirljiva razlaga je pravkar utrpela resen udarec, vzrok pa je še vedno neznan.

Česa to *ne* dokazuje

- Ne določi, kaj sta ta dva impulza. »Močno zavrača novo fiziko« ni isto kot »primer je rešen.«
- Ne potrdi vsakdanjega vzroka. Vodilni kandidat — odboji od plasti pod antarktičnim površjem — ostaja hipoteza, ne rezultat.
- Ne pomeni, da je bilo zaznано kaj »izpod ledu« v dobesednem pomenu. Antene ANITA visijo z balona *nad* Antarktiko; »od spodaj« opisuje rekonstruirano smer prihoda radijskega impulza — ne zvoka, glasu ali česar koli, kar bi izviralo iz notranjosti ledu.
- Ne podpira trditev o potrjenem novem delcu. Najbolj razširjena različica te zgodbe kaže v nasprotno smer od dokazov.

Kako močni so dokazi?

Skromni so — in tako so tudi predstavljeni.

- Zanimanje za fiziko onkraj Standardnega modela temelji predvsem na **dveh** dogodkih z dveh poletov ANITA.
- Ta članek je **ničelni rezultat**: močan pri izključevanju možnosti, vendar ne more povedati, kaj dogodka *sta*.
- Izključitev je kvantitativna in močna (pričakovanih je bilo več deset dogodkov, opažen pa je bil en dogodek, podoben ozadju) — vendar meri na razlago »toka plazov, ki potujejo navzgor«, ne na vsak možen vzrok.
- Vodilna vsakdanja razlaga (odboj blizu površja) je verjetna, vendar nedokazana; nekatere alternative (nekateri modeli prehodnega sevanja) so druga dela zavrnila kot manj verjetne.
- Noben eksperiment ni neodvisno ponovil prvotne anomalije.

To je stroga omejitev za majhno, trdovratno uganko — ne odkritje.

Zakaj je to pomembno

Predlagane razlage so segale vse do eksotičnih novih delcev. Namesto da bi sledilo najbolj vznemirljivi možnosti, je področje naredilo nebleščečo stvar: zamisel je preverilo z neodvisnim, veliko večjim detektorjem — in podatki so to možnost zavrnil. Večji in občutljivejši naslednik, PUEO, se gradi, da bi pojav ponovno preveril.

Anomalija se lahko na koncu izkaže za povsem vsakdanjo. To ne bi pomenilo neuspeha. Zoževanje nepojasnjene meritve, dokler se ne razblini ali nas ne prisili k resničnemu odkritju, *je* znanstveno delo — in vredno ga je spremljati prav zato, ker je pošten odgovor za zdaj še vedno »ne vemo.«

Kratek povzetek

Zdi se, da dva radijska impulza s poletov antarktičnega balona ANITA iz let 2006 in 2014 prihajata iz smeri, ki sta strmo pod obzorjem in ju Standardni model težko pojasni. Namensko iskanje z observatorijem Pierre Auger iz leta 2025 je našlo le en kandidatni dogodek, skladen z ozadjem, čeprav bi jih bilo pričakovanih več deset, če bi impulza izvirala iz toka plazov, ki potujejo navzgor. To močno zavrača eksotično razlago z »novim delcem« in kaže na odboj, učinek širjenja ali instrumentalni učinek, značilen za ANITA — vendar vzrok ostaja povsem neznan. Ne gre za potrjen nov delec in ne za skrivnostni signal iz notranjosti ledu.

Preverjanje brez olepševanja

Kaj članek pokaže: Slepo iskanje plazov v zraku, ki potujejo navzgor, z observatorijem Pierre Auger (2004–2018) je našlo en kandidatni dogodek, skladen s pričakovanim ozadjem kozmičnih žarkov v obsegu 0.27 dogodka. Če bi anomaliji ANITA izvirali iz toka takih plazov, bi moral Auger zaznati približno 34–69 dogodkov (ali vsaj ~8 ob konservativnih predpostavkah). To močno zavrača razlago plazov, ki potujejo navzgor, vključno s scenariji z »novim delcem« onkraj Standardnega modela.

Kaj je verjetno, vendar ni dokazano: Odboj ali učinek širjenja radijskih valov v bližini ledu in obzorja oziroma instrumentalni ali analitični artefakt, značilen za ANITA.

Česa to ne pokaže: Da dogodke povzroča nov delec; da so signali izpod ledu; da je vpleteno karkoli paranormalnega, umetnega ali slišnega; da je vzrok zdaj znan.

Glavne omejitve: Zanimanje za fiziko onkraj Standardnega modela temelji na ~dveh dogodkih; to je ničelni rezultat, ki postavlja omejitve, vendar ne more določiti vzroka; izključitev je usmerjena posebej na razlago »toka plazov«; prvotna anomalija ni bila neodvisno ponovljena.

Koliko zaupanja naj ima splošni bralec? Veliko zaupanja, da to *ni* potrjen nov delec in *ni* signal iz notranjosti ledu ter da je razlaga z eksotičnim tokom zdaj močno manj verjetna. Malo zaupanja glede pravega vzroka, ki ostaja odprt. Ustrezno stališče: radovednost glede nerešene anomalije, ki je najverjetneje vsakdanja.

Viri

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>