



The CLEAN PAPER

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

Divi anomāli radioimpulsi virs Antarktīdas joprojām nav izskaidroti — un “jaunu daļiņu” skaidrojums zaudē atbalstu

Diviem neparastiem radioimpulsiem, ko pirms gadiem reģistrēja Antarktīdas balona eksperiments, joprojām nav vienota skaidrojuma; īpašā Pjēra Ožē meklēšanā netika atrastas nekādas pēdas no kaskādēm, kādas šie impulsi paredzētu, padarot eksotisko “jaunu daļiņu” interpretāciju daudz mazāk ticamu, lai gan anomālija joprojām nav atrisināta.

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)



ANITA 48 antenas ir vērstas lejup uz Antarktīdas ledu, un tās atrodas uz 25 pēdu augstas gondolas.

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

Balons, ledus un divi impulsi no apakšas

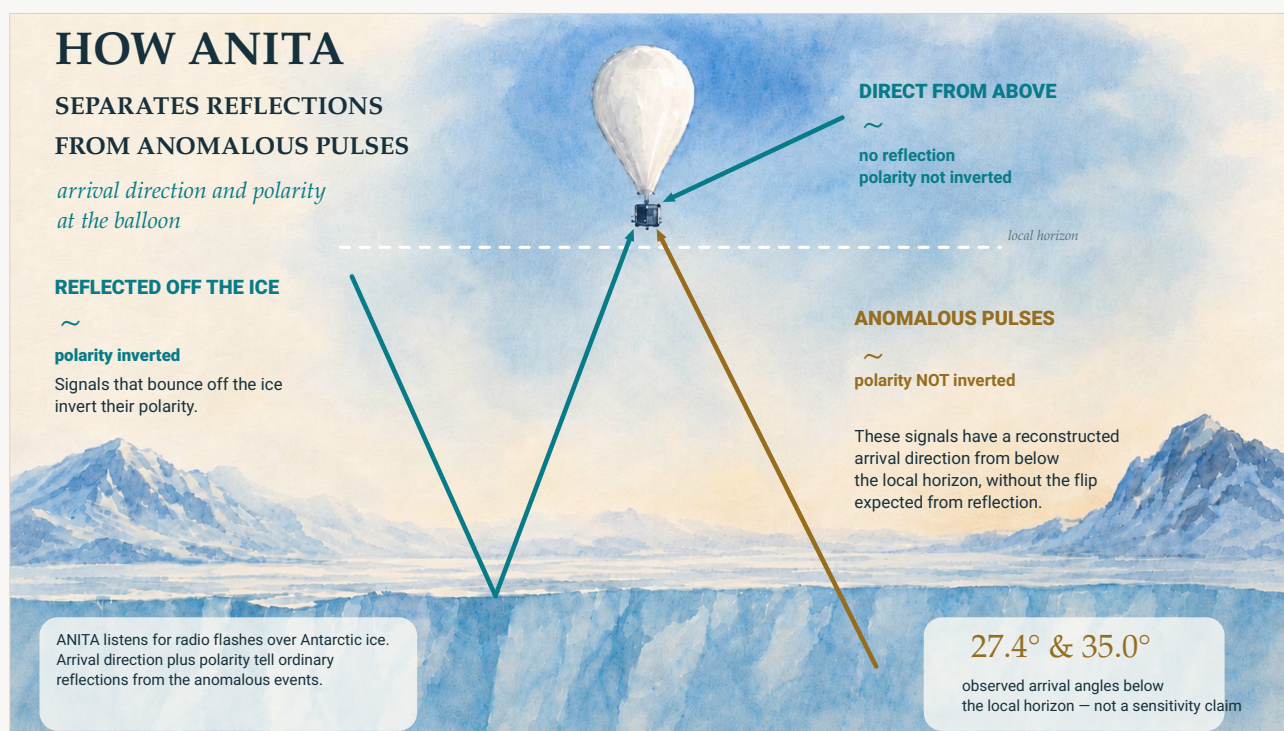
Lielāko daļu sava darbības laika Antarctic Impulsive Transient Antenna — ANITA — karājas zem NASA balona aptuveni trīsdesmit kilometru augstumā un nedēļām ilgi dreifē virs visneapdzīvotākās vietas uz Zemes, ieklausoties.

Tā uztver kosmosa radio signālus. Kad ļoti augstas enerģijas daļiņa — kosmiskais stars vai neitrīno — ietriecas gaisā vai ledū, tā sašķīst mazāku daļiņu kaskādē, un šī kaskāde izstaro īsu radiozibsnī. Antarktīda ir gandrīz ideāla vieta, kur tos uztvert: kilometriem bieza, tīrs un auksts ledus, kuram radioviļņi izklūst cauri gandrīz tā, it kā tas būtu stikls, un simtiem kilometru apkārt nav nekā, kas varētu traucēt signālam. ANITA uzdevums ir uztvert šos zibšņus un pēc to formas un laika noteikt, kas tos radījis.

Lielākā daļa uztverto signālu uzvedas paredzami. Daži zibšņi ierodas tieši no augšas. Daudzi citi skar ledu un atstarojas atpakaļ augšup uz antenu — un tiem ir nepārprotama pazīme: atstarošanās apvērš vilni (signāla *polaritātes* maiņa), ko fiziķi var atpazīt uzreiz. Tādējādi iespējams atšķirt atstarojumu

no īstā signāla.

Divas reizes ieradās kaut kas, kas izjauc šo shēmu.



Pie balona impulss, kas nāk tieši no augšas, ierodas neapgriezts, savukārt atstarots impulss ierodas ar apgrieztu polaritāti — parasto pazīmi, ka tas ir atstarojies no ledus. Abi anomālie impulsi tā vietā ierodas no *rekonstruēta* virziena, kas atrodas stāvi zem vietējā horizonta, tomēr bez šādas apgriešanās, lai gan atstarojumam to vajadzētu izraisīt. “No apakšas” apraksta šo ierašanās virzienu — nevis daļiņu, kas izkļūst no Zemes.

Original hybrid diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Vienā lidojumā 2006. gadā un otrā 2014. gadā ANITA uztvēra impulsu no stāva virziena *zem* horizonta — attiecīgi 27.4° un 35.0° zem tā — it kā tas būtu iznācis no kontinenta dzīlēm, turklāt *bez* polaritātes apgriešanās. Tātad tas nebija atstarojums. Kaut kas patiešām bija virzījies augšup, ārā no ledus, balona virzienā.

Lūk, kāpēc tas ir gandrīz skandalozi. Lai sasniegtu antenu tik stāvā augšupvērstā leņķī, tam, kas radīja impulsu, bija jāizkļūst cauri planētas ķermenim — sešiem vai septiņiem tūkstošiem kilometru cieta iezā. Gandrīz nekas to nespēj. Vienīgā zināmā daļiņa, kas izkļūst cauri parastai vielai tā, it kā tās gandrīz nebūtu, ir neitrīno, kas izslīd cauri visai Zemei, tai nemanot — tāpēc dabiska ideja ir, ka neitrīno ceļoja cauri iezim, trāpīja atomam tieši zem ledus un radīja augšup traucošu daļiņu kaskādi, kuras radiozībsni uztvēra ANITA. Problēma ir šāda: neitrīno ar pietiekami lielu enerģiju, lai radītu šo signālu, patiesībā ir pārāk viegli apturams. Tik lielā iezā masā tam vajadzētu tikt absorbētam daudzārt. Un pietiekami spēcīgai neitrīno plūsmai, lai divi tomēr izkļūtu cauri, vajadzētu būt pamānāmai milzīgajos detektoros, kas uzbūvēti tieši šādu notikumu uztveršanai. Neviena no glītājiem skaidrojumiem nebija līdz galam pārliecinošs.

Tāpēc abi impulsi palika turpat, atsakoties uzvesties paredzami. Tas nebija atklājums — divi notikumi nekad nav atklājums — bet tas arī nebija nekas. Tā bija īsta anomālija: tāda, kas ir interesanta tieši

tāpēc, ka vēl neviens nevarēja pateikt, vai tā ir plaisa fizikas Standarta modelī vai tikai ledus, antenas vai aprēķinu īpatnība.

Šajā brīdī noteikta veida atspoguļojums ķeras pie vārda *noslēpumains*, pieklusina gaismas un jautā, kas gan varētu dzīvot zem Antarktīdas. Nepakļaujieties tam. Īstais jautājums nekad nebija *kāds briesmonis ir ledū*. Tas bija pacietīgais, neuzkrītošais jautājums, kas patiešām virza zinātņi uz priekšu: **kā to noskaidrot?**

Ko autori izdarīja

Ir skaidrs veids, kā pārbaudīt aizraujošos skaidrojumus. Ja ANITA impulsi nāk no īstas, atkārtoti sastopamas augšupvērstu daļiņu kaskāžu plūsmas — vienalga, vai tos rada parastie tau-neitrīno vai kāda no ierosinātajām jaunajām daļiņām — tad pietiekami lielam detektoram, kas vēro tieši šādus notikumus, vajadzētu uztvert daļu no tiem.

Pjēra Ožē observatorija Argentīnā — lielākais jebkad uzbūvētais kosmisko staru detektors — ir labi piemērota šādam meklējumam. Izmantojot fluorescences detektoru, kolaborācija meklēja augšupvērstas gaisa kaskādes (kas ierodas no apakšas, zenīta leņķiem pārsniedzot 110° un ar enerģiju virs 0.1 EeV) datus no 2004. līdz 2018. gadam. Būtiski, ka visa atlase tika fiksēta *pirms* pilnās datu kopas pārbaudes — tā bija “akla” analīze, tāpēc atbildi nevarēja pielāgot vēlamojam rezultātam.

Ko viņi atklāja

Pēc datu atklāšanas izturēja **viens** kandidāta notikums — pilnībā saderīgs ar 0.27 ± 0.12 notikumiem, ko paredz parastie kosmiskie stari, kas laiku pa laikam tiek kļūdaini rekonstruēti kā augšupvērsti. Citiem vārdiem, īsts augšupvērstas signāls netika atrasts; tika novērota tikai sagaidāmā fona notikumu pilēšana.

Rezultāta spēks slēpjas salīdzinājumā. Ja ANITA impulsi būtu radušies no pastāvīgas augšupvērstu daļiņu kaskāžu plūsmas, Ožē detektoram vajadzēja reģistrēt **daudzus** — aptuveni no 34 līdz 69 šādiem notikumiem vienai ticamai enerģijas spektra izvēlei un vismaz aptuveni 8 pat apzināti konservatīvos pieņēmumos. Tas atrada vienu, kas sader ar fonu. Autori to raksturo kā “spēcīgu nesakrišanu” ar augšupvērstas daļiņu kaskādes interpretāciju.

Ko tas, visticamāk, nozīmē

Šāda mēroga nenovērošana ir informatīva. Ja ANITA notikumi būtu radušies no īstas daļiņu populācijas, kas ierodas no šiem virzieniem — parastiem tau-neitrīno vai hipotētiskām jaunajām daļiņām, kas ierosinātas to skaidrošanai — Ožē observatorijas ilgajai ekspozīcijai vajadzēja uztvert ievērojamu skaitu šādu notikumu. Tā nenotika. Tas faktiski izslēdz “difūzas augšupvērstu daļiņu kaskāžu plūs-

mas” skaidrojumu — kategoriju, kurā ietilpst lielākā daļa ideju ārpus Standarta modeļa — ja vien netiek pieņemti mākslīgi īpaši nosacījumi.

Paliek skaidrojumi, kas *nav* plūsma, kura veido daļiņu kaskādes: visbiežāk apspriestais ir atstarošanās vai izplatīšanās efekts, kas raksturīgs ledum un horizonta tuvuma ģeometrijai, vai arī instrumenta vai analīzes artefakts. Nevieni no tiem nav apstiprināti. Tāpēc godīgs kopsavilkums ir šāds: aizraujošākā interpretācija tikko saņēma nopietnu triecienu, bet cēlonis joprojām nav zināms.

Ko tas nepierāda

- Tas **neidentificē**, kas ir šie divi impulsi. “Spēcīgi liek noraidīt jaunu fiziku” nav tas pats, kas “atrisināts”.
- Tas **neapstiprina** ikdienišķu cēloni. Viens no vadošajiem kandidātiem — atstarojumi no Antarktīdas virsmas apakšas — joprojām ir hipotēze, nevis rezultāts.
- Tas **neuztver** neko “no zem ledus” burtiskā nozīmē. ANITA antenas karājas no balona *virsmas* Antarktīdas; “no apakšas” apraksta radioimpulsa rekonstruēto ierašanās virzienu — nevis skaņu, balsi vai kaut ko, kas izplūst no ledus iekšienes.
- Tas **neatbalsta** apgalvojumus par apstiprinātu jaunu daļiņu. Šī stāsta visplašāk izplatītā versija norāda pretējā virzienā nekā pierādījumi.

Cik pārliecinoši ir pierādījumi?

Pieticīgi, un tā arī tie tiek pasniegti.

- Interese par fiziku ārpus Standarta modeļa balstās būtībā uz **diviem** notikumiem no diviem ANITA lidojumiem.
- Šis raksts ir **nulles rezultāts**: tas ir spēcīgs iespēju izslēgšanā, bet nevar pateikt, *kas* ir šie notikumi.
- Izslēgšana ir kvantitatīva un spēcīga (paredzēti desmitiem notikumu, novērots viens notikums, kas līdzinās fonam), taču tā attiecas uz “augšupvērstu daļiņu kaskāžu plūsmas” interpretāciju, nevis uz jebkuru iedomājamu cēloni.
- Vadošais ikdienišķais skaidrojums (atstarošanās pie virsmas) ir ticams, bet nepierādīts; dažas alternatīvas (noteikti pārejas starojuma modeļi) citos darbos ir atzītas par mazāk ticamām.
- Nevienš eksperiments nav neatkarīgi atkārtojis sākotnējo anomāliju.

Tas ir stingrs ierobežojums, kas uzlikts virsū mazai, spītīgai miklai — nevis atklājums.

Kāpēc tas ir svarīgi

Ierosinātie skaidrojumi sniedzās līdz pat eksotiskām jaunām daļiņām. Tā vietā, lai dzītos pakal aizraujošākajam skaidrojumam, nozare izdarīja neuzkrītošo: pārbaudīja šo ideju ar neatkarīgu, daudz lielāku detektoru — un dati atbildēja noraidoši. Tiek būvēts lielāks un jutīgāks pēctecis PUEO, lai meklējumu atkārtotu.

Anomālija vēl var izrādīties ikdienišķa. Tas nenozīmētu neveiksmi. Neizskaidrojama mērījuma sašaurināšana, līdz tas vai nu izplēn, vai piespiež veikt īstu atklājumu, *ir* šis darbs — un to ir vērts vērot tieši tāpēc, ka godīgā atbilde pagaidām joprojām ir “mēs nezinām”.

Īss kopsavilkums

Šķiet, ka divi radioimpulsi no ANITA Antarktīdas balona lidojumiem 2006. un 2014. gadā nāk no stāviem leņķiem zem horizonta, ko Standarta modelim ir grūti izskaidrot. Īpašā 2025. gada meklēšanā ar Pjēra Ožē observatoriju tika atrasts tikai viens kandidāta notikums, kas sader ar fonu, lai gan gadījumā, ja impulsi būtu nākuši no augšupvērstu daļiņu kaskāžu plūsmas, būtu sagaidāmi desmitiem. Tas spēcīgi mazina eksotiskā “jaunās daļiņas” skaidrojuma ticamību un norāda uz atstarošanās, izplatīšanās vai instrumentālu efektu, kas raksturīgs ANITA — taču cēlonis joprojām patiešām nav zināms. Tā nav apstiprināta jauna daļiņa un nav noslēpumains signāls no ledus iekšienes.

Pārbaude bez muļķāšanās

Ko rāda raksts: Akla Pjēra Ožē meklēšana (2004–2018) pēc augšupvērstām gaisa kaskādēm atrada vienu kandidātu, kas sader ar sagaidāmo 0.27 notikumu kosmisko staru fonu. Ja ANITA anomālijas būtu radušās no šādu kaskāžu plūsmas, Ožē observatorijai vajadzēja uztvert aptuveni 34–69 (vai vismaz ~8 konservatīvos pieņēmumus). Tas spēcīgi mazina augšupvērstas daļiņu kaskādes interpretācijas ticamību, tostarp scenārijus ar ārpus Standarta modeļa “jaunām daļiņām”.

Kas ir ticams, bet nav pierādīts: Atstarošanās vai radioizplatīšanās efekts ledus un horizonta tuvumā vai instrumenta/analīzes artefakts, kas raksturīgs ANITA.

Ko tas nerāda: Ka notikumus izraisa jauna daļiņa; ka tie ir signāli no zem ledus; ka tajā ir iesaistīts kaut kas paranormāls, mākslīgs vai dzirdams; ka cēlonis tagad ir zināms.

Galvenie ierobežojumi: Interese par fiziku ārpus Standarta modeļa balstās uz ~diviem notikumiem; tas ir nulles rezultāts, kas ierobežo iespējas, bet nevar identificēt cēloni; izslēgšana īpaši attiecas uz “kaskāžu plūsmas” interpretāciju; sākotnējā anomālija nav neatkarīgi atkārtota.

Cik lielai vajadzētu būt vispārīga lasītāja pārliecībai? Lielai pārliecībai, ka tā *nav* apstiprināta jauna daļiņa un *nav* signāls no ledus iekšienes, kā arī tam, ka eksotiskās plūsmas interpretācija tagad ir stipri mazāk ticama. Nelielai pārliecībai par patieso cēloni, kas joprojām nav noskaidrots. Piemērotā

attieksme: ziņkāre par neatrisinātu anomāliju, kas, visticamāk, ir ikdienišķa.

Avoti

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>