



The CLEAN PAPER

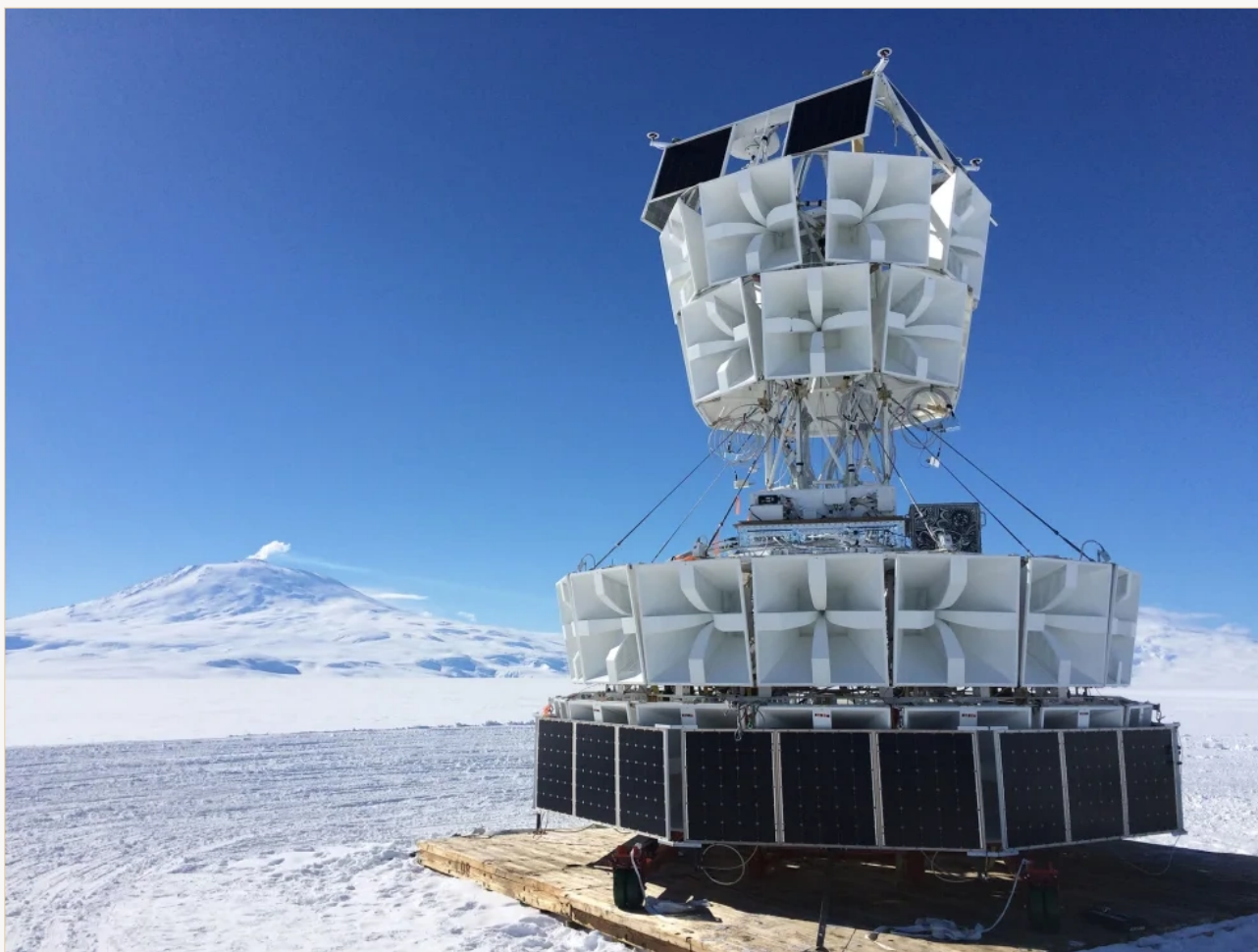
WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

Kaks anomaalset raadioimpulssi Antarktika kohal on endiselt seletamata — ja „uue osakese” seletus kaotab üha enam toetust

Aastaid tagasi Antarktika kohal õhupallilt tehtud eksperimendis registreeritud kahe ebatavalise raadioimpulsi kohta puudub endiselt üksmeelne seletus; Pierre Augeri observatooriumi sihipärane otsing ei leidnud jälgi kaskaadidest, mida selline tõlgendus eeldaks, muutes eksootilise „uue osakese” tõlgenduse palju ebatõenäolisemaks, kuid jättes anomaalia lahendamata.

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 antenni on suunatud alla Antarktika jää poole, 25 jala kõrgusel gondli küljes.

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

Õhupall, jää ja kaks altpoolt saabunud impulssi

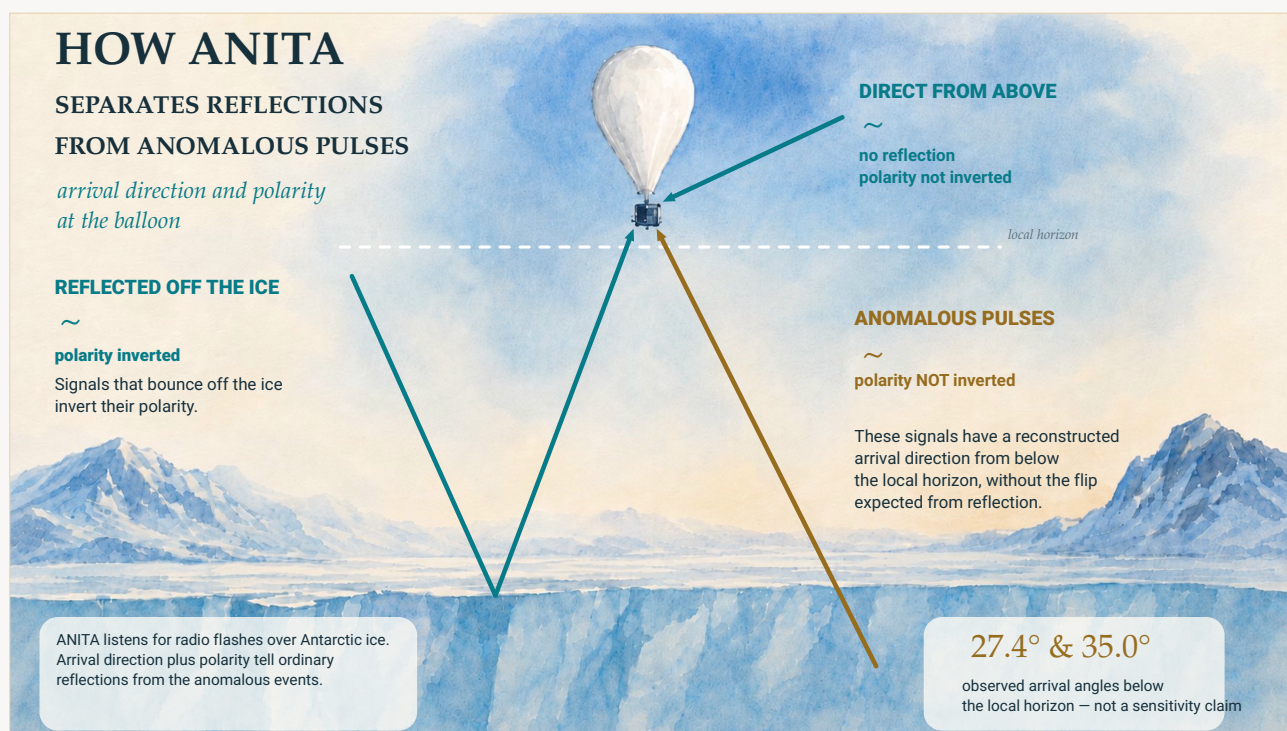
Suurema osa oma tööeest ripub Antarctic Impulsive Transient Antenna ehk ANITA NASA õhupalli all, umbes kolmekümne kilomeetri kõrgusel, ning triivib nädalaid üle Maa kõige tühjema paiga, kuulates.

See kuulab kosmosest tulevaid raadiosignaale. Kui väga suure energiaga osake — kosmiline kiir või neutriino — tabab õhku või jääd, puruneb see väiksemate osakeste kaskaadiks ning see kaskaad tekitab lühikese raadiosähvatuse. Antarktika on nende püüdmiseks peaaegu ideaalne: kilomeetrite kaupa puhast ja külma jääd, mida raadio läbib peaaegu nagu klaasi, ning sadade kilomeetrite ulatuses pole midagi, mis signaali segaks. ANITA ülesanne on need sähvatused kinni püüda ning nende kuju ja ajastuse põhjal välja selgitada, mis need tekitas.

Enamik sellest, mida see kuuleb, käitub korrapäraselt. Mõned sähvatused saavad otse ülevalt. Paljud neist pörkuvad jäält ja tulevad antenni poole tagasi üles — ning neil on selge tunnus: pörge pöörab laine tagurpidi (signaali *polaarsuse* vahetus), mida füüsikud suudavad hetkega ära tunda. Nii

saab peegelduse päris sündmusest eristada.

Kahel korral saabus midagi, mis seda mustrit rikkus.



Õhupalli juures saabub otse ülevalt tulev impulss ümber pöördumata, samal ajal kui peegeldunud impulss saabub polaarsus ümber pööratuna — see on tavapärane märk jäält pörkumisest. Kaks anomaalset impulssi saavad seevastu *rekonstrueeritud* suunast, mis on järsult allpool kohalikku horisonti — kuid ilma sellise pöördumiseta, mille peegeldus oleks neile tekitanud. „Altpoolt“ kirjeldab seda saabumissuunda — mitte osakest, mis Maast välja roniks.

Original hybrid diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Ühel 2006 lennul ja teisel 2014 lennul püüdis ANITA kinni impulsi, mis saabus järsult *altpoolt* horisonti — vastavalt 27.4° ja 35.0° sellest allpool — otseku oleks see mandri seest üles tulnud, *ilma* polaarsuse ümberpöördumiseta. Niisiis mitte peegeldus. Midagi, mis tõepoolest liikus jää seest ülespoole, õhupalli suunas.

Siin peitub põhjus, miks see on peaaegu skandaalne. Et jõuda antennini nii järsu ülespoole suunatud nurga all, pidi impulsi tekitaja tulema läbi planeedi keha — kuus või seitse tuhat kilomeetrit tahket kivimit. Peaaegu miski ei suuda seda. Ainus tuntud osake, mis läbib tavalist ainet nii, nagu seda peaaegu polekski, on neutriino, mis libiseb läbi kogu Maa seda märkamata — seega on loomulik mõte, et neutriino liikus läbi kivimi ülespoole, tabas otse jää all aatomit ja tekitas ülespoole kihutavate osakeste kaskaadi, mille raadiosähvatuse ANITA kinni püüdis. Häda on aga järgmine: neutriino, mille energia oleks *selle* signaali tekitamiseks piisav, on tegelikult liiga kergesti peatatav. Nii suure kivimik-ihhi läbimisel oleks see pidanud korduvalt neelduma. Ning neutriinode voog, mis oleks piisavalt tugev, et kaks neist siiski läbi jõuaksid, oleks pidanud ilmnema hiiglaslikes detektorites, mis on ehitatud just selliste sündmuste püüdmiseks. Ükski korralik seletus ei lahendanud kogu probleemi.

Nii jäid need kaks impulssi sinna, keeldudes käitumast ootuspäraselt. Mitte avastus — kaks sündmust

ei ole kunagi avastus — kuid ka mitte eimiski. Tõeline anomaalia: selline nähtus, mis on huvitav just seetõttu, et keegi ei osanud veel öelda, kas tegu oli füüsika standardmudeliga vastuolus oleva nähtuse või lihtsalt jää, antenni või arvutuste iseärasusega.

Siin sirutab teatud tüüpi käsitus käe sõna *müstiline* järele, hämardab tuled ja küsib, mis võiks Antarktika all elada. Ära lase end kaasa tõmmata. Tegelik küsimus polnud kunagi *milline koletis jää sees on*. See oli kannatlik ja väheglamuurne küsimus, mis teadust tegelikult edasi viib: **kuidas saaks seda teada?**

Mida autorid tegid

Põnevaid seletusi saab kontrollida ühel puhtal viisil. Kui ANITA impulsid pärinevad reaalsest ja korduvast ülespoole liikuvate kaskaadide voost — olgu need tavalised tau-neutriinod või mõni pakutud uus osake — siis piisavalt suur detektor, mis otsib täpselt selliseid sündmusi, peaks osa neist kinni püüdma.

Argentinas asuv Pierre Augeri observatoorium — suurim kunagi ehitatud kosmiliste kiirte detektor — sobib selleks hästi. Koostöö kasutas fluorestsentsdetektorit, et otsida ülespoole liikuvaid õhukaskaade (mis saavad altpoolt, seniitnurkadega üle 110° ja energiatega üle 0.1 EeV) ajavahemikku 2004 kuni 2018 hõlmanud andmetest. Oluline on see, et kogu valikuprotseduur määrati kindlaks *enne*, kui täielikku andmestikku uuriti — tegemist oli „pimeda” analüüsiga, mistõttu ei saanud vastust soovitud tulemuse poole kohandada.

Mida nad leidsid

Pärast pimesa analüüsi avamist jäi alles **üks** kandidaatsündmus — täielikult kooskõlas 0.27 ± 0.12 sündmusega, mida eeldatakse juhul, kui tavalised kosmilised kiired rekonstrueeritakse aeg-ajalt ekslikult ülespoole liikuvaks. Teisisõnu ei leitud tõelist ülespoole liikuvat signaali, vaid ainult taustasündmuste voog, mida oligi oodata.

Tulemuse kaal peitub võrdluses. Kui ANITA impulsid pärinesid pidevast ülespoole liikuvate kaskaadide voost, pidanuks Auger registreerima **palju** selliseid sündmusi — ühe võimaliku energiaspektri korral ligikaudu 34 kuni 69 sündmust ning isegi tahtlikult konservatiivsete eelduste korral vähemalt umbes 8. Auger leidis ühe, mis sobis taustaga. Autorid kirjeldavad seda kui „tugevat vastuolu” ülespoole liikuva õhukaskaadi tõlgendusega.

Mida see tõenäoliselt tähendab

Sellise suurusega nulltulemus annab teavet. Kui ANITA sündmused pärinesid tõelisest osakeste populatsioonist, mis saabus sellistest suundadest — tavalistest tau-neutriinodest või nende sel-

gitamiseks pakutud hüpoteetilisest uuest osakestest — pidanuks Augeri pikk vaatlusperiood leidma märkimisväärse arvu sündmusi. Seda ei juhtunud. See välistab sisuliselt „ülespoole liikuvate kaskaadide hajusa voo” seletuse — kategooria, millesse kuulub enamik standardmudelitest kaugemale ulatuvaid ideid — välja arvatud kunstlikult konstrueeritud eritingimuste korral.

Alles jäävad seletused, mis *ei* eelda kaskaade tekitavate osakeste voogu: kõige rohkem on arutatud jääst ja horisondilähedasest geomeetriast tingitud peegeldus- või leviefekti või seadme- või analüüsiviga. Ühtki neist pole kinnitatud. Seega on aus kokkuvõtte järgmine: kõige põnevam tõlgendus sai just tõsise hoobi ning põhjus on endiselt teadmata.

Mida see *ei* tõesta

- See **ei** selgita, mis need kaks impulssi on. „Uut füüsikat tugevalt ebasoosiv” ei tähenda „lahendatud”.
- See **ei** kinnita argist põhjust. Üks juhtiv kandidaat — peegeldused Antarktika pinna alt — on endiselt hüpotees, mitte tulemus.
- See **ei** tuvasta midagi sõna otseses mõttes „jää alt”. ANITA antennid ripuvad õhupalli küljes *Antarktika kohal*; „altpoolt” kirjeldab raadiosignaali rekonstrueeritud saabumissuunda — mitte heli, häält ega midagi, mis jää seest lähtuks.
- See **ei** toeta väiteid kinnitatud uue osakese kohta. Selle loo kõige laiemalt levitatud versioon osutab tõenditega võrreldes vastupidises suunas.

Kui tugevad on tõendid?

Tagasihoidlikud — ja nii neid ka esitatakse.

- Standardmudelitest kaugemale ulatuv huvi tugineb sisuliselt **kahele** sündmusele kahelt ANITA lennult.
- See artikkel on **nulltulemus**: võimaluste välistamisel võimas, kuid see ei saa öelda, mis sündmused *on*.
- Välistamine on kvantitatiivne ja tugev (oodati kümneid sündmusi, nähti üht taustasündmusega sarnanevat sündmust) — kuid see puudutab „ülespoole liikuva kaskaadivoo” tõlgendust, mitte kõiki mõeldavaid põhjuseid.
- Üks juhtiv argine seletus (pinnalähedane peegeldus) on usutav, kuid tõendamata; mõnda alternatiivi (teatud üleminekukiirguse mudeleid) on muu töö põhjal ebasoodsaks peetud.
- Ükski eksperiment pole algset anomaaliat sõltumatult korranud.

See on terav piirang, mis on asetatud väikese ja visalt püsinud mõistatuse peale — mitte avastus.

Miks see oluline on

Pakutud seletused ulatusid kuni eksootiliste uute osakesteni. Selle asemel et ajada taga kõige põnevamat võimalust, tegi valdkond väheglamuurse sammu: kontrollis ideed sõltumatu ja palju suurema detektoriga — ning andmed ütlesid ei. Suuremat ja tundlikumat järglasinstrumenti PUEO ehitatakse uue otsingu tegemiseks.

Anomaalia võib lõpuks osutuda argiseks. See ei muudaks seda läbikukkumiseks. Selgitamata mõõtmise võimalike selgituste ringi kitsendamine seni, kuni see kas hajub või sunnib tõelise avastuse esile, *ongi* teadustöö — ning seda tasub jälgida just seetõttu, et aus vastus on praegu endiselt „me ei tea”.

Lühidalt

ANITA 2006 ja 2014 Antarktika õhupallilendudelt pärinevad kaks raadioimpulssi näivad saabusvat järskude nurkade altpoolt horisonti, mida standardmudelil on raske seletada. 2025. aasta sihipärane otsing Pierre Augeri observatooriumiga leidis vaid ühe kandidaatsündmuse, mis sobis taustaga, ehkki ülespoole liikuvate kaskaadide voost pärinemise korral oleks oodatud kümneid sündmusi. See vähendab tugevalt eksootilise „uue osakese” tõlgenduse tõenäosust ning viitab ANITA-le omasele peegeldusele, leviefektile või seadmemõjule — kuid põhjus on endiselt tõepoolest teadmata. See ei ole kinnitatud uus osake ega müstiline signaal jää seest.

BS-vaba kontroll

Mida artikkel näitab: Pierre Augeri pime otsing (2004–2018) ülespoole liikuvate õhukaskaadide järele leidis ühe kandidaadi, mis oli kooskõlas kosmiliste kiirte taustaga, mille eeldatav sündmuste arv oli 0.27. Kui ANITA anomaaliad pärinesid selliste kaskaadide voost, pidanuks Auger nägema ligikaudu 34–69 sündmust (või konservatiivsete eelduste korral vähemalt ~8). See vähendab tugevalt ülespoole liikuvate õhukaskaadide tõlgenduse tõenäosust, sealhulgas standardmudelist kaugemale ulatuvaid „uue osakese” stsenaariume.

Mis on usutav, kuid tõendamata: Jääst või horisondilähedasest geomeetriast tingitud peegeldus- või raadiosignaali leviefekt või ANITA-le eriomane seadme- või analüüsiviga.

Mida see ei näita: Et sündmused on põhjustatud uuest osakesest; et need on signaalid jää alt; et nendega on seotud midagi paranormaalset, tehisklikku või kuuldavast; et põhjus on nüüd teada.

Peamised piirangud: Standardmudelist kaugemale ulatuv huvi tugineb ~kahele sündmusele; tegemist on nulltulemusega, mis seab piiranguid, kuid ei suuda põhjust tuvastada; välistamine puudutab konkreetset „kaskaadivoo” tõlgendust; algset anomaaliat pole sõltumatult korratud.

Kui palju peaks üldlugeja seda usaldama? Suur kindlus, et tegemist *ei ole* kinnitatud uue osakesega

ega jää seest pärineva signaaliga ning et eksootilise voo tõlgendus on nüüd tugevalt ebasoositud. Väike kindlus tegeliku põhjuse osas, mis on endiselt lahtine. Sobiv hoiak: uudishimu lahendamata anomaalia vastu, mis on kõige tõenäolisemalt argine.

Allikad

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>