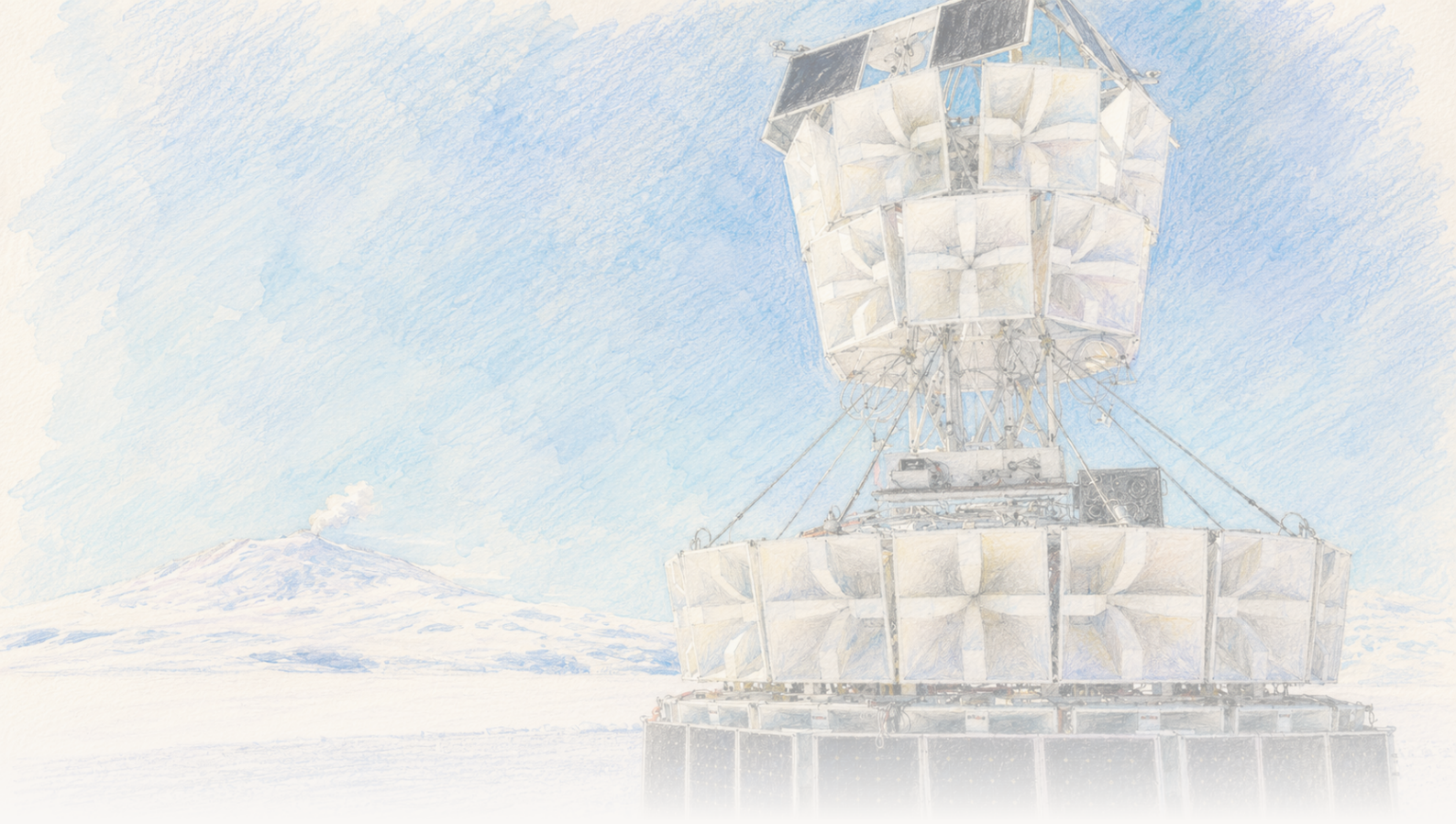




The CLEAN PAPER

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

Mipigo miwili isiyo ya kawaida ya redio juu ya Antaktika bado haijaelezwa — na maelezo ya “chembe mpya” yanapoteza uungwaji mkono

Mipigo miwili isiyo ya kawaida ya redio iliyorekodiwa miaka iliyopita na jaribio la puto juu ya Antaktika bado haina maelezo yaliyokubaliwa; utafutaji maalumu wa Pierre Auger haukupata alama ya mvua za chembe ambazo maelezo hayo yangetabiri, ukifanya tafsiri ya kigeni ya “chembe mpya” iwe na uwezekano mdogo zaidi huku hitilafu yenyewe ikibaki bila kutatuliwa.

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



Antena 48 za ANITA zinaelekezwa chini kwenye barafu ya Antaktika zikiwa kwenye gondola yenye urefu wa futi 25.

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

Puto, barafu na mipigo miwili kutoka chini

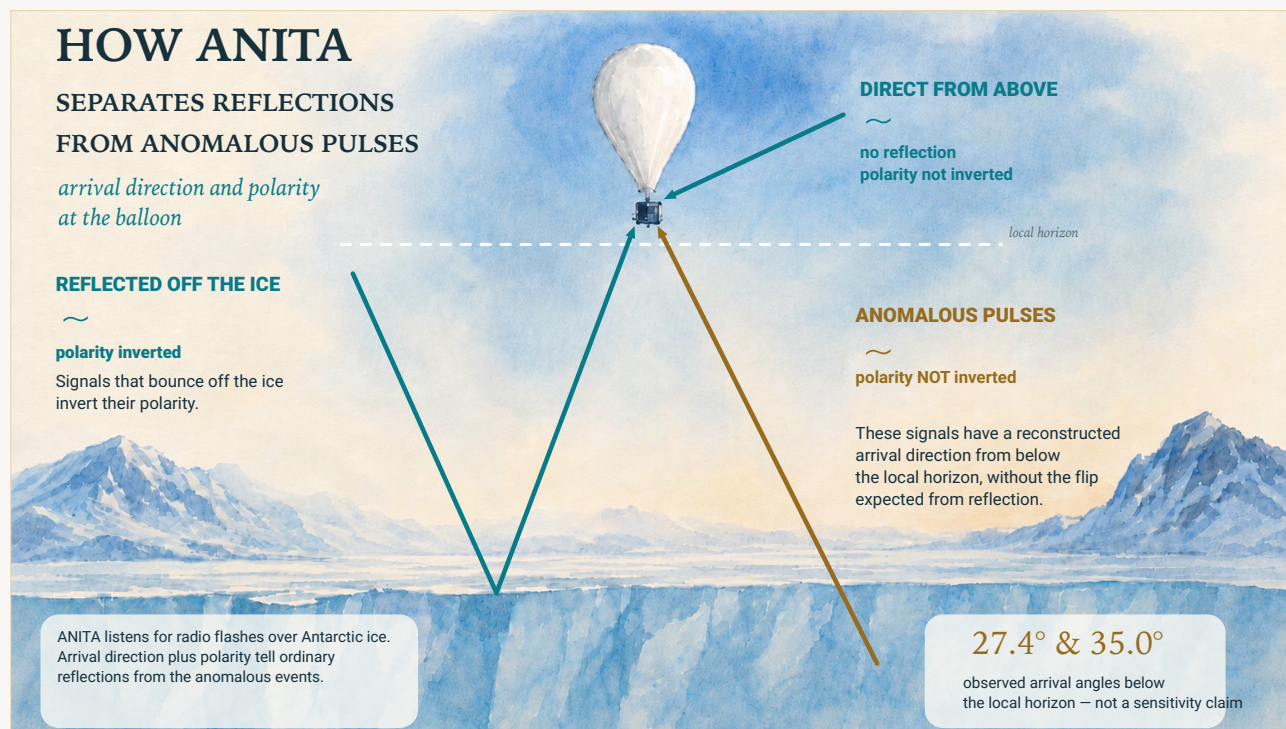
Kwa muda mwingi wa kazi yake, Antena ya Mipigo ya Ghafla ya Antaktika — ANITA — huning'inia chini ya puto la NASA, takribani kilomita thelathini juu angani, na kupeperuka kwa majuma kadhaa juu ya eneo lisilo na watu kuliko yote Duniani huku ikisikiliza.

Inachosikiliza ni mawimbi ya redio kutoka angani. Chembe yenye nishati kubwa sana — miale ya kosmiki au neutrino — inapogonga hewa au barafu, hugawanyika kuwa mvua ya chembe ndogo zaidi, na mvua hiyo hutoa mwako mfupi wa redio. Antaktika ni karibu mahali bora kabisa pa kuzipokea: kuna kilomita kadhaa za barafu safi na baridi ambayo mawimbi ya redio hupenya kana kwamba ni kioo, na hakuna kitu kwa mamia ya kilomita kinachoweza kuvuruga ishara. Kazi ya ANITA ni kunasa miako hiyo na kusoma, kutokana na umbo na muda wake, kilichoizalisha.

Sehemu kubwa ya inachosikia hufuata kanuni zinazotarajiwa. Baadhi ya miako huja moja kwa moja kutoka juu. Mingine mingi hugonga barafu kwa pembe na kuruka kurudi juu kuelekea antena — na

hiyo hubeba alama ya wazi: mruko hugeuza wimbi juu-chini (mgeuko wa *polarity* ya ishara), saina ambayo wanafizikia wanaweza kuitambua mara moja. Hivyo ndivyo tafakari inavyotofautishwa na ishara ya moja kwa moja.

Mara mbili, kitu kilifika ambacho hakikufuata muundo huo.



Kwenye puto, mpigo wa moja kwa moja kutoka juu hufika bila kugeuzwa, ilhali mpigo uliotafakari hufika polarity yake ikiwa imegeuzwa — alama ya kawaida ya kuruka kutoka kwenye barafu. Badala yake, mipigo miwili isiyo ya kawaida hufika kutoka mwelekeo *uliokokotolewa upya* ulio chini sana ya upeo wa mahali hapo — lakini bila mgeuko huo, ingawa tafakari ingeugeuza. “Kutoka chini” inaeleza mwelekeo wa kuwasili uliokokotolewa — si chembe inayopanda kutoka ndani ya Dunia.

Original hybrid diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Katika safari moja mwaka 2006 na nyingine mwaka 2014, ANITA ilinasa mpigo kutoka chini sana ya upeo — 27.4° na 35.0° chini yake, kwa mpangilio huo — kana kwamba ulitokea bara hilo na kupanda juu, bila *mgeuko* wowote. Hivyo haungekuwa tafakari. Ilionekana kuwa kitu kilichosafiri kweli kwenda juu, kutoka barafuni kuelekea puto.

Sababu inayofanya hilo lionekane karibu kuvunja kanuni ni hii. Ili kuifikia antenna kwa pembe kali hivyo ya kwenda juu, chochote kilichozalisha mpigo kilipaswa kupita katikati ya sayari — kilomita elfu sita au saba za mwamba mgumu. Karibu hakuna kinachoweza kufanya hivyo. Chembe moja inayojulikana inayopita katika maada ya kawaida kana kwamba haipo ni neutrino, ambayo inaweza kupenya Dunia nzima bila kugonga kitu. Kwa hiyo wazo la kawaida lilikuwa kwamba neutrino ilipanda kupitia mwamba, ikagonga atomu chini kidogo ya barafu, na kuunda mvua ya chembe zilizokimbia juu, ambayo ANITA ilinasa mwako wake wa redio. Lakini kuna tatizo: neutrino yenye nishati ya kutosha kutengeneza ishara *hii* kwa kweli ni rahisi mno kuzuiwa. Katika mwamba mwingi hivyo ilipaswa kufyonzwa mara nyingi. Na mkondo wa neutrino wenye nguvu kiasi kwamba mbili bado zilipenya ulipaswa kuonekana katika vigunduzi vikubwa vilivyojengwa hasa kuzinasa. Hakuna

maelezo rahisi yaliyofunga suala hilo kikamilifu.

Kwa hiyo mipigo hiyo miwili ilibaki, ikikataa kutii. Haikuwa ugunduzi — matukio mawili kamwe hayatoshi kuwa ugunduzi — lakini pia haikuwa bure. Ilikuwa hitilafu halisi: jambo linalovutia hasa kwa sababu hakuna aliyeweza kusema kama lilikuwa ufa katika Muundo Sanifu wa fizikia au sifa isiyo ya kawaida ya barafu, antena au hesabu.

Hapa ndipo aina fulani ya habari hutumia neno *fumbo*, hupunguza mwanga, na kuuliza kinachoweza kuishi chini ya Antaktika. Usikubali. Swali halisi halikuwa kamwe *ni kiumbe gani kilicho barafuni*. Lilikuwa swali la subira, lisilo na tamasha, ambalo kwa kweli husukuma sayansi mbele: **ungeunduaje?**

Waandishi walifanya nini

Kuna njia safi ya kujaribu maelezo yanayosisimua. Ikiwa mipigo ya ANITA inatokana na mkondo halisi unaojirudia wa mvua za chembe zinazoelekea juu — iwe kutoka kwa tau-neutrino za kawaida au chembe mpya iliyopendekezwa — basi kigunduzi kikubwa cha kutosha kinachotafuta matukio hayo hasa kinapaswa kunasa sehemu yake.

Kituo cha Uchunguzi cha Pierre Auger nchini Argentina — kigunduzi kikubwa zaidi cha miale ya kosmiki kilichowahi kujengwa — kiko mahali pazuri pa kuangalia. Kwa kutumia Fluorescence Detector yake, ushirikiano huo ulitafuta mvua za chembe hewani zinazoelekea juu (zikifika kutoka chini, kwa pembe za zenith zaidi ya 110° na nishati zaidi ya 0.1 EeV) katika data ya mwaka 2004 hadi 2018. Jambo muhimu ni kwamba vigezo vyote vya kuchagua viliwekwa *kabla* ya seti kamili ya data kuchunguzwa — uchanganuzi “kipofu,” ili jibu lisipindishwe kuelekea matokeo yaliyotarajiwa.

Waligundua nini

Baada ya kufungua data, tukio **moja** pekee la mgombea lilibaki — likipatana kabisa na matukio 0.27 ± 0.12 yaliyotarajiwa kutokana na miale ya kosmiki ya kawaida ambayo mara chache hukokotolewa kimakosa kana kwamba inaelekea juu. Kwa maneno mengine, hakuna ishara halisi inayokwenda juu; kulikuwa tu na kiwango kidogo cha usuli kinachotarajiwa.

Nguvu ya matokeo iko katika ulinganisho. Ikiwa mipigo ya ANITA ilitokana na mkondo thabiti wa mvua zinazoelekea juu, Auger ilipaswa kurekodi matukio **mengi** — takribani 34 hadi 69 kwa wigo mmoja wa nishati unaokubalika, na angalau karibu 8 hata kwa makisio yaliyowekwa kwa tahadhari kubwa. Ilipata moja, linalopatana na usuli. Waandishi wanaeleza hili kama “kutokubaliana kwa nguvu” na tafsiri ya mvua zinazoelekea juu.

Hili labda linamaanisha nini

Kutogundua kitu kwa kiwango hiki kuna taarifa muhimu. Ikiwa matukio ya ANITA yalitokana na kundi halisi la chembe zilizofika kutoka mielekeo hiyo — tau-neutrino za kawaida au chembe dhahania mpya zilizopendekezwa kuyaeleza — muda mrefu wa uchunguzi wa Auger ulipaswa kunasa idadi kubwa. Haukufanya hivyo. Jambo hilo kwa ufanisi linaondoa maelezo ya “mkondo uliosambaa wa mvua zinazoelekea juu” — kundi linalojumuisha mawazo mengi ya nje ya Muundo Sanifu — isipokuwa kuwe na masharti maalumu yaliyobuniwa kwa kulazimisha.

Yanayobaki ni maelezo ambayo si mkondo wa chembe zinazozalisha mvua: yanayojadiliwa zaidi ni athari ya tafakari au uenezaji wa mawimbi inayohusiana na barafu na jiometria ya karibu na upeo, au hitilafu ya kifaa au uchanganuzi. Hakuna lililothibitishwa. Kwa hiyo muhtasari mwaminifu ni huu: tafsiri inayosisimua zaidi imepata pigo kubwa, na chanzo bado hakijulikani.

Hili *halithibitishi* nini

- **Halitambui** mipigo hiyo miwili ni nini. “Linapunguza sana uwezekano wa fizikia mpya” si sawa na kusema “fumbo limetatuliwa.”
- **Halithibitishi** chanzo cha kawaida. Mgombea mkuu — tafakari kutoka chini ya uso wa Antaktika — bado ni nadharia tete, si matokeo.
- **Haligundui** kitu chochote “kutoka chini ya barafu” kwa maana halisi. Antena za ANITA huning’inia kwenye puto *juu* ya Antaktika; “kutoka chini” inaeleza mwelekeo uliokokotolewa wa kuwasili kwa mpigo wa redio — si sauti, si ujumbe, wala kitu kinachotoka ndani ya barafu.
- **Haliungi mkono** madai ya chembe mpya iliyothibitishwa. Toleo la habari hii lililosambazwa zaidi linaelekea kinyume na ushahidi.

Ushahidi una nguvu kiasi gani?

Ni wa wastani, na unasemwa hivyo.

- Shauku kuhusu nje ya Muundo Sanifu inategemea hasa matukio **mawili** kutoka safari mbili za ANITA.
- Makala hii ni **matokeo batili**: ina nguvu ya kuondoa uwezekano fulani, lakini haiwezi kusema matukio hayo *ni nini*.
- Uondoaji huo una hesabu na una nguvu (matukio kadhaa kadhaa yalitarajiwa, tukio moja linalofanana na usuli likaonekana) — lakini unalenga tafsiri ya “mkondo wa mvua zinazoelekea juu,” si kila chanzo kinachoweza kufikiriwa.
- Maelezo ya kawaida yanayoongoza (tafakari karibu na uso) yanawezekana lakini hayajathibitishwa; baadhi ya mbadala (aina fulani za mionzi ya mpito) zimepunguziwa nguvu na kazi nyingine.
- Hakuna jaribio lililozalisha tena hitilafu ya awali kwa kujitegemea.

Hiki ni kizuizi kikali kilichowekwa juu ya fumbo dogo lakini sugu — si ugunduzi.

Kwa nini ni muhimu

Maelezo yaliyopendekezwa yalifika hadi chembe mpya za kigeni. Badala ya kukimbilia lile linalo-sisimua zaidi, taaluma ilifanya kazi isiyo na tamasha: ilijaribu wazo hilo kwa kigunduzi huru na kikubwa zaidi — na data ikasema hapana. Kifaa mrithi kikubwa na nyeti zaidi, PUEO, kinajengwa ili kuangalia tena.

Huenda hitilafu hiyo hatimaye ikaonekana kuwa ya kawaida. Hilo halitaifanya iwe kushindwa. Kupunguza maelezo ya kipimo kisichoeleweka hadi kipotee au kulazimishe ugunduzi halisi *ndiyo* kazi yenyewe — na inafaa kufuatiliwa hasa kwa sababu jibu la kweli, kwa sasa, bado ni “hatujui.”

Muhtasari safi

Mipigo miwili ya redio kutoka safari za puto za ANITA za Antaktika za mwaka 2006 na 2014 inaonekana kufika kutoka pembe kali chini ya upeo ambazo Muundo Sanifu unapata shida kueleza. Utafutaji maalumu wa mwaka 2025 katika Kituo cha Pierre Auger ulipata tukio moja tu la mgombea, linalopatana na usuli, mahali ambapo matukio kadhaa kadhaa yalitarajiwa ikiwa mipigo hiyo ilitokana na mkondo wa mvua zinazoelekea juu. Hilo linapunguza sana uwezekano wa tafsiri ya kigeni ya “chembe mpya” na kuelekeza kwenye athari ya tafakari, uenezaji au kifaa inayohusu ANITA — lakini chanzo bado hakijulikani kwa kweli. Si chembe mpya iliyothibitishwa, wala si ishara ya ajabu kutoka ndani ya barafu.

Ukaguzi usio na upotoshaji

Makala inaonyesha nini: Utafutaji kipofu wa Pierre Auger (2004–2018) wa mvua za chembe hewani zinazoelekea juu ulipata mgombea mmoja, anayepatana na usuli wa miale ya kosmiki wa matukio 0.27 uliotarajiwa. Ikiwa hitilafu za ANITA zilitokana na mkondo wa mvua hizo, Auger ilipaswa kuona takribani 34–69 (au angalau ~8 kwa masharti ya tahadhari). Hili linapunguza sana uwezekano wa tafsiri ya mvua zinazoelekea juu, ikiwa ni pamoja na hali za “chembe mpya” nje ya Muundo Sanifu.

Kinachowezekana lakini hakijathibitishwa: Athari ya tafakari au uenezaji wa redio karibu na barafu na upeo, au hitilafu ya kifaa/uchanganuzi inayohusu ANITA.

Kisichoonyeshwa: Kwamba matukio yamesababishwa na chembe mpya; kwamba ni ishara kutoka chini ya barafu; kwamba kuna jambo la kimiujiza, lililotengenezwa au linalosikika; au kwamba chanzo sasa kinajulikana.

Mipaka mikuu: Shauku ya nje ya Muundo Sanifu inategemea takribani matukio mawili; haya ni

matokeo batili yanayoweka kizuizi lakini hayatambui; uondoaji unalenga hasa tafsiri ya “mkondo wa mvua”; hakuna uzalishaji huru wa hitilafu ya awali.

Msomaji wa kawaida awe na uhakika kiasi gani? Uhakika mkubwa kwamba hii *si* chembe mpya iliyohibitishwa wala *si* ishara kutoka ndani ya barafu, na kwamba tafsiri ya mkondo wa kigeni sasa imepunguzwa sana uwezekano. Uhakika mdogo kuhusu chanzo halisi, ambacho bado kiko wazi. Msimamo unaofaa: udadisi kuhusu hitilafu ambayo haijatatuliwa na ambayo huenda sana ikawa ya kawaida.

Vyanzo

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>