



The CLEAN PAPER

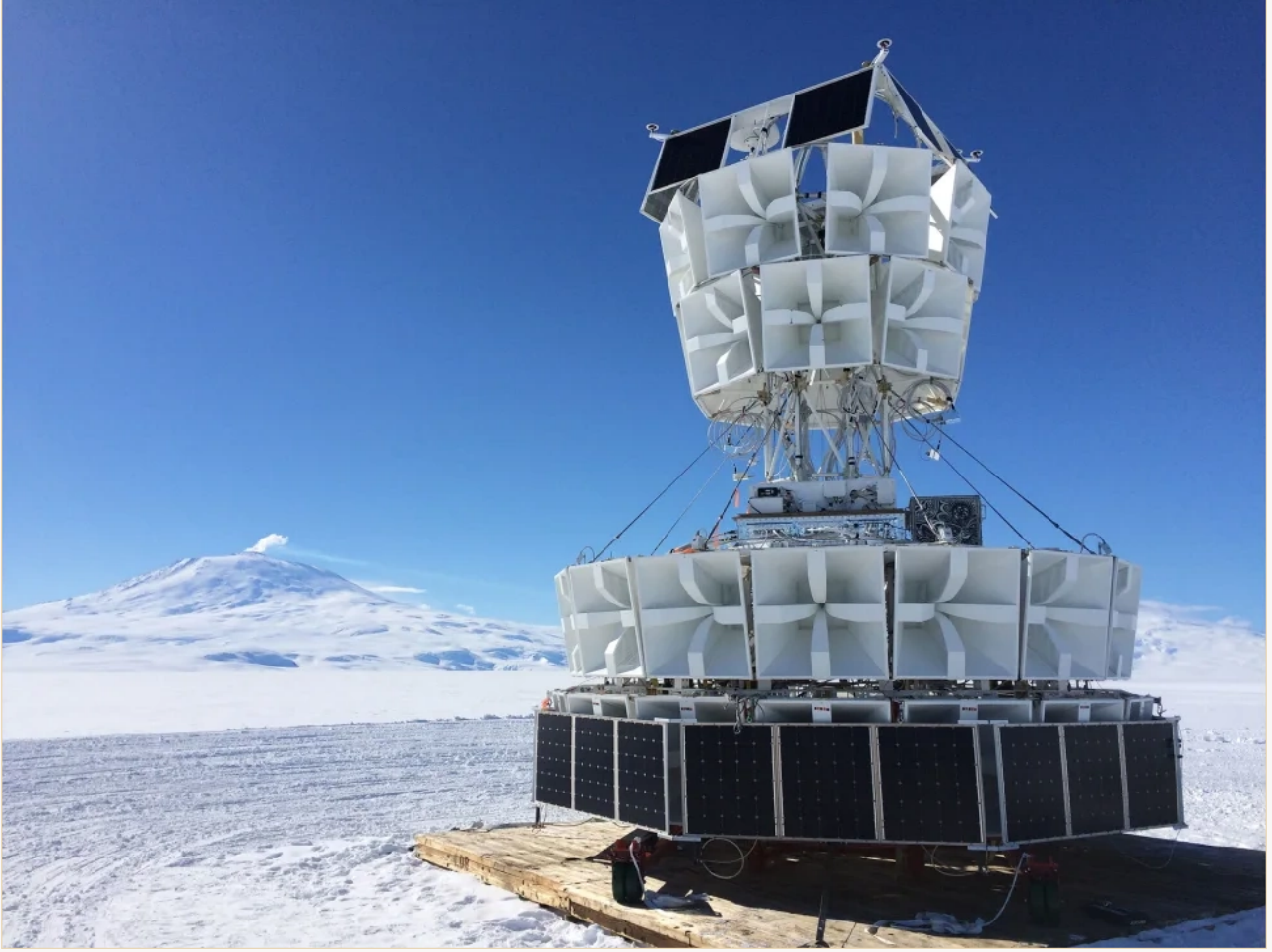
WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

Antarktida üzərindəki iki anomal radio impulsu hələ də izahsız qalır — “yeni hissəcik” izahı isə dəstəyini itirir

İllər əvvəl balonda yerləşdirilmiş Antarktida təcrübəsi tərəfindən qeydə alınan iki qeyri-adi radio impulsunun hələ də qəbul olunmuş izahı yoxdur; xüsusi Pierre Auger axtarışı onların nəzərdə tutduğu kaskadlara dair heç bir iz tapmayıb və bu, ekzotik “yeni hissəcik” şərhini xeyli az ehtimallı edir, anomaliyanı isə həll olunmamış saxlayır.

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



ANITA-nın 48 antenası 25 fut hündürlüyündəki gondoladan Antarktida buzuna doğru istiqamətləndirilib.

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

Balon, buz və aşağıdan gələn iki impuls

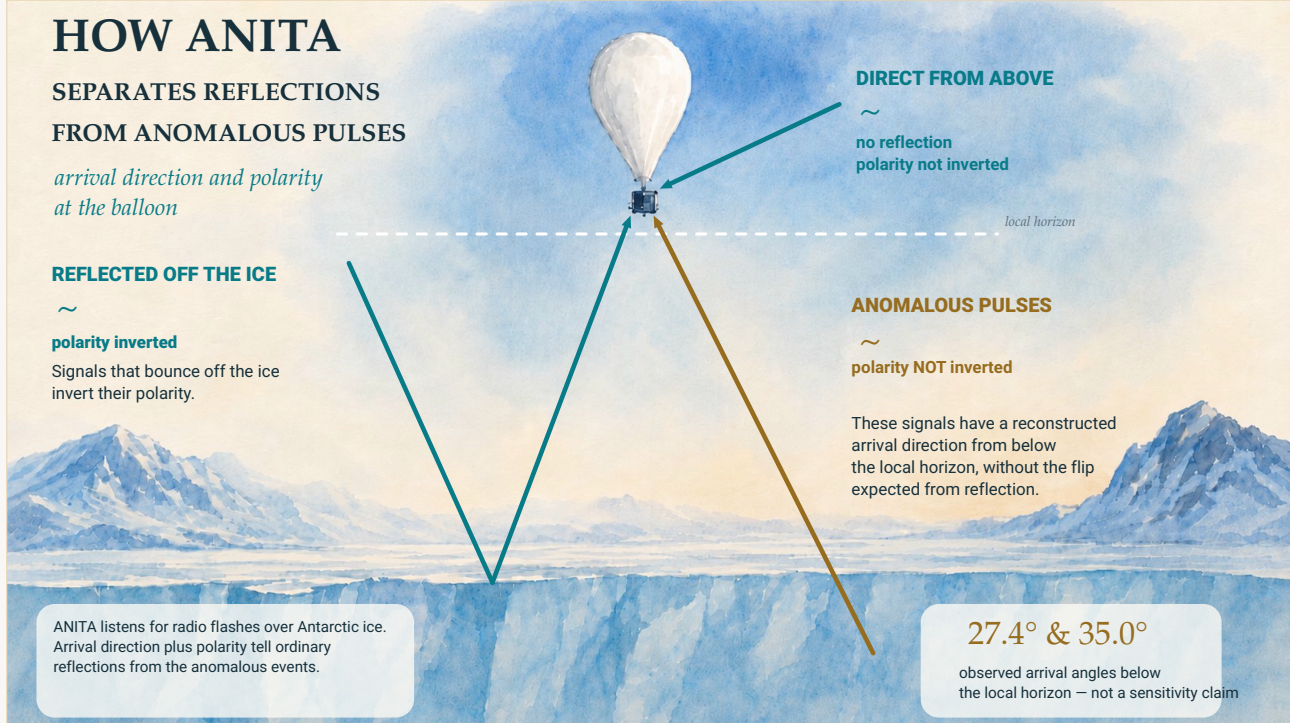
Fəaliyyətinin böyük hissəsində Antarktida İmpulsiv Keçici Antenası — ANITA — NASA balonunun altında, yerdən otuz kilometrədən bir qədər çox hündürlükdə asılı qalır və Yer kürəsinin ən təcrid olunmuş məkanı üzərində həftələrlə süzərək dinləyir.

Onun dinlədiyi kosmosdan gələn radio siqnallarıdır. Çox yüksək enerjili hissəcik — kosmik şüa və ya neytrino — havaya və ya buza çırpıldıqda, daha kiçik hissəciklərdən ibarət kaskada parçalanır və həmin kaskad qısa radio parıltısı yaradır. Antarktida onları tutmaq üçün demək olar ki, ideal məkandır: radionun sanki şüşədən keçirmiş kimi keçdiyi kilometrərlə təmiz, soyuq buz və siqnalı qarışdıracaq yüzlərlə kilometr məsafədə heç nə yoxdur. ANITA-nın vəzifəsi bu parıltıları tutmaq və onların formasından və zamanlamasından nə tərəfindən yaradıldığını müəyyənləşdirməkdir.

Eşitdiklərinin çoxu qaydalara uyğundur. Bəzi parıltılar birbaşa yuxarıdan gəlir. Daha çoxu buzun səthinə toxunaraq əks olunur və antenaya doğru geri sıçrayır — bunlarda dərhal tanı-

nan bir əlamət var: sıçrayış dalğanı tərsinə çevirir (siqnalın *qütblülüynün* dəyişməsi) və bu, fiziklərin bir baxışda oxuya bildiyi izdir. Beləliklə, əksolmanı həqiqi siqnalıdan ayırmaq olur.

İki dəfə nəsə bu qaydanı pozdu.



Balonda yuxarıdan düz gələn impuls dəyişməz şəkildə, əks olunan impuls isə qütblülüynü dəyişmiş halda çatır — bu, buzdan sıçramanın adi əlamətidir. İki anomal impuls isə bunun əvəzinə yerli üfüqdən xeyli aşağıda yerləşən *rekonstruksiya edilmiş* istiqamətdən gəlir — halbuki əksolma halında dəyişməli olan qütblülük dəyişməyib. “Aşağıdan” ifadəsi onların çatma istiqamətini təsvir edir — Yerdən çıxan bir hissəciyin yüksəlməsini yox.

Original hybrid diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

2006-cı ildəki bir uçuşda və 2014-cü ildəki başqa bir uçuşda ANITA üfüqdən xeyli *aşağıdan* — müvafiq olaraq 27.4° və 35.0° aşağıdan — gələn, sanki materikdən çıxıb yuxarı qalxmış kimi görünən, *heç bir* inversiyası olmayan impuls tutdu. Deməli, bu, əksolma deyildi. Həqiqətən də buzun içindən yuxarı, balona doğru hərəkət etmiş bir şey idi.

Bunun niyə demək olar ki, qalmaqal doğuracaq qədər qəribə olduğunu izah edək. Bu qədər kəskin yuxarı bucaq altında antenaya çatmaq üçün impulsu yaradan nə idisə, planetin içindən — altı və ya yeddi min kilometr bərk süxurun içindən — keçib yuxarı qalxmalı idi. Demək olar ki, heç nə bunu bacarmır. Adi maddənin içindən sanki orada heç nə yoxmuş kimi keçən yeganə məlum hissəcik neytrinodur; neytrino bütün Yerin içindən fərqiə varmadan keçə bilir. Buna görə təbii fikir belədir: neytrino süxurun içindən yuxarı qalxıb buzun bir qədər altında atoma dəyib, yuxarı doğru sürətlə hərəkət edən hissəciklər kaskadı yaradıb və ANITA da həmin kaskadın radio parıltısını tutub. Problem isə buradadır: *bu* siqnalı yarada biləcək qədər enerjili neytrino, əslində, dayandırılması çox asan olan neytrinodur. Bu qədər süxurun içində o, dəfələrlə udulmalı idi. Hətta iki neytrinonun keçə biləcəyi qədər güclü neytrino axını belə hadisələri tutmaq üçün inşa edilmiş nəhəng detektorlarda görünməli idi. Heç bir səliqəli

izah bütün boşluqları bağlamadı.

Beləcə, iki impuls özünü qaydalara uyğun aparmaqdan imtina edərək belə qaldı. Kəşf deyildi — iki hadisə heç vaxt kəşf sayılmır — amma heç nə də deyildi. Bu, həqiqi anomaliya idi: məhz heç kəs onun fizikanın Standart Modelindəki boşluq, yoxsa sadəcə buzun, antenanın və ya hesablamaların qəribəliyi olduğunu hələ deyə bilmədiyi üçün maraqlı olan növ.

Məhz bu məqamda bəzi xəbərlər *sirli* sözünə əl atır, tonu qaranlıqlaşdırır və Antarktidanın altında nə yaşaya biləcəyini soruşur. Buna müqavimət göstərin. Əsl sual heç vaxt *buzun içində hansı canavarın olduğu* deyildi. Elmi həqiqətən irəli aparan səbirli, təmtəraqsız sual bu idi: **bunu necə öyrənmək olar?**

Müəlliflər nə etdilər

Həyəcanverici izahları yoxlamağın aydın bir yolu var. Əgər ANITA impulsları yuxarı istiqamətli kaskadların həqiqi, təkrarlanan axınından — istər adi tau-neytrinolardan, istərsə də irəli sürülmüş hansısa yeni hissəcikdən — qaynaqlanırsa, məhz belə hadisələri axtaran kifayət qədər böyük detektor onların bir hissəsini tutmalı idi.

Argentinadakı Pierre Auger Rəsədxanası — indiyədək inşa edilmiş ən böyük kosmik şüa detektoru — bu axtarış üçün əlverişli yerdədir. Əməkdaşlıq qrupu onun Flüoresensiya Detektorundan istifadə edərək 2004-cü ildən 2018-ci ilədək olan məlumatlarda yuxarı istiqamətli hava kaskadlarını (aşağıdan gələn, zenit bucaqları 110° -dən yuxarı və enerjiləri 0.1 EeV-dən yuxarı olan hadisələri) axtardı. Əsas məsələ budur ki, bütün seçim meyarları məlumat toplusu yoxlanmazdan əvvəl müəyyənləşdirilmişdi — bu, “kor” analiz idi və nəticəni ümid edilən istiqamətə uyğunlaşdırmaq mümkün deyildi.

Onlar nə tapdılar

Analiz açıldıqdan sonra **bir** namizəd hadisə qaldı — adi kosmik şüaların bəzən yuxarı istiqamətli kimi yanlış rekonstruksiya edilməsindən gözlənilən 0.27 ± 0.12 hadisə ilə tamamilə uyğun. Başqa sözlə, həqiqi yuxarı istiqamətli signal yox idi; sadəcə gözlənilən fon hadisələri vardı.

Nəticənin əhəmiyyəti müqayisədədir. Əgər ANITA impulsları yuxarı istiqamətli kaskadların sabit axınından qaynaqlansaydı, Auger **çoxlu** belə hadisə qeydə almalı idi — bir mümkün enerji spektri üçün təxminən 34-dən 69-dək hadisə, qəsdən mühafizəkar fərziyyələr altında belə isə ən azı təxminən 8 hadisə. O, fonla uyğun gələn bir hadisə tapdı. Müəlliflər bunu yuxarı istiqamətli kaskad izahı ilə “güclü uyğunsuzluq” kimi təsvir edirlər.

Bu, çox güman, nə deməkdir

Bu ölçüdə hadisənin qeydə alınmaması da məlumat verir. Əgər ANITA hadisələri həmin istiqamətlərdən gələn həqiqi hissəciklər populyasiyasından — adi tau-neytrinolardan və ya onları izah etmək üçün irəli sürülmüş hipotetik yeni hissəciklərdən — qaynaqlansaydı, Auger-in uzunmüddətli müşahidəsi xeyli sayda hadisə tutmalı idi. Tutmadı. Bu, xüsusi olaraq qurulmuş qeyri-adi şərtlər istisna olmaqla, “yuxarı istiqamətli kaskadların diffuz axını” izahını — Standart Modeldən kənar ideyaların çoxunun daxil olduğu kateqoriyanı — faktiki olaraq istisna edir.

Geridə kaskad yaradan hissəciklər axını olmayan izahlar qalır: ən çox müzakirə olunanlar buz və üfugə yaxın həndəsəyə xas əksolma və ya radioyayılma effekti, yaxud cihaz və ya analiz artefaktıdır. Bunların heç biri təsdiqlənməyib. Buna görə dürüst yekun belədir: ən həyəcanverici şərh ciddi zərbə alıb, səbəb isə hələ də məlum deyil.

Bu, nəyi sübut etmir

- Bu, iki impulsun nə olduğunu **müəyyən etmir**. “Yeni fizikanı ciddi şəkildə şübhə altına alır” demək “məsələ həll olunub” demək deyil.
- Bu, adi bir səbəbi **təsdiqləmir**. Əsas namizədlərdən biri — Antarktida səthinin altından əksolmalar — nəticə yox, hipotez olaraq qalır.
- Bu, hərfi mənada “buzun altından” nəyisə aşkar etmir. ANITA-nın antenaları Antarktidanın *üstündə* balondan asılıdır; “aşağıdan” radio impulsunun rekonstruksiya edilmiş çatma istiqamətini təsvir edir — səsi, səsli müraciəti və ya buzun içindən çıxan hər hansı bir şeyi yox.
- Bu, təsdiqlənmiş yeni hissəcik barədə iddiaları **dəstəkləmir**. Bu hekayənin ən geniş yayılan versiyası sübutların göstərdiyi istiqamətin əksinə gedir.

Sübut nə qədər güclüdür?

Məhduddur və belə də ifadə olunur.

- Standart Modeldən kənar maraqlı mahiyyət etibarilə iki ANITA uçuşundan alınmış **iki** hadisəyə əsaslanır.
- Bu məqalə **sıfır nəticəsidir**: ehtimalları istisna etmək baxımından güclüdür, amma hadisələrin *nə olduğunu* deyə bilməz.
- İstisna kəmiyyətcə ifadə olunub və güclüdür (onlarla hadisə gözlənilirdi, fonla uyğun bir hadisə görüldü) — lakin o, bütün mümkün səbəfləri yox, “yuxarı istiqamətli kaskadların axını” şərhini hədəfləyir.
- Adi aparıcı izah (səthə yaxın əksolma) ağlabatandır, amma sübut olunmayıb; bəzi alterna-

tivlər (müəyyən keçid şüalanması modelləri) başqa işlər tərəfindən dəstəklənməyib.

- Heç bir təcrübə ilkin anomal hadisəni müstəqil şəkildə təkrarlamayıb.

Bu, kiçik və inadkar bir tapmacanın üzərinə qoyulmuş kəskin məhdudiyyətdir — kəşf deyil.

Niyə əhəmiyyətlidir

İrəli sürülən izahlar ekzotik yeni hissəciklərə qədər uzanırdı. Sahə ən həyəcanverici ehtimalın arxasınca qaçmaq əvəzinə, təmtəraqsız, amma vacib olanı etdi: bu ideyanı müstəqil və daha böyük detektorda yoxladı — məlumatlar isə “xeyr” dedi. Daha böyük və daha həssas varis cihaz olan PUEO yenidən axtarış aparmaq üçün hazırlanır.

Anomaliyanın son nəticədə adi bir səbəbi ola bilər. Bu, onu uğursuzluğa çevirməzdi. İzah olunmayan ölçməni ya aradan qalxana, ya da həqiqi kəşfi məcbur edənə qədər daraltmaq *elmin işidir* — və buna məhz ona görə baxmağa dəyər ki, dürüst cavab hələlik “bilmirik” olaraq qalır.

Təmiz xülasə

ANITA-nın 2006 və 2014-cü illərdəki Antarktida balon uçuşlarından alınan iki radio impulsu Standart Modelin izah etməkdə çətinlik çəkdiyi, üfüqdən kəskin aşağı bucaqlardan gəlirmiş kimi görünür. Pierre Auger Rəsədxanası ilə aparılmış xüsusi 2025 axtarışında impulsar yuxarı istiqamətli kaskadların axınından qaynaqlansaydı, onlarla hadisə gözlənilirdi halda, fonla uyğun yalnız bir namizəd hadisə tapıldı. Bu, ekzotik “yeni hissəcik” şərhini ciddi şəkildə zəiflədir və ANITA-ya xas əksolma, yayılma və ya cihaz effektinə işarə edir — lakin səbəb hələ də həqiqətən məlum deyil. Bu, təsdiqlənmiş yeni hissəcik deyil və buzun içindən gələn sirli siqnal da deyil.

Boş söhbətsiz yoxlama

Məqalənin göstərdiyi: Yuxarı istiqamətli hava kaskadları üçün aparılan kor Pierre Auger axtarışında (2004–2018) gözlənilən 0.27 hadisəlik kosmik şüa fonu ilə uyğun gələn bir namizəd tapıldı. Əgər ANITA anomaliyaları belə kaskadların axınından qaynaqlansaydı, Auger təxminən 34–69 hadisə (və ya mühafizəkar fərziyyələr altında ən azı ~8 hadisə) görməli idi. Bu, Standart Modeldən kənar “yeni hissəcik” ssenariləri də daxil olmaqla, yuxarı istiqamətli kaskad şərhini ciddi şəkildə zəiflədir.

Ağlabatan, amma sübut olunmamış olan: Buzun və üfüqün yaxınlığında əksolma və ya radioyayılma effekti, yaxud ANITA-ya xas cihaz/analiz artefaktı.

Onun göstərmədiyi: Hadisələrin yeni hissəcikdən qaynaqlandığını; buzun altından gələn siqnallar olduğunu; paranormal, süni və ya eşidilə bilən hər hansı bir şeyin iştirak etdiyini; səbəbin artıq məlum olduğunu.

Əsas məhdudiyyətlər: Standart Modeldən kənar maraqlı ~iki hadisəyə əsaslanır; bu, məhdudlaşdırıcı, amma səbəbi müəyyənləşdirə bilməyən sıfır nəticəsidir; istisna xüsusi olaraq “kaskad axını” şərhinə yönəlib; ilkin anomaliyanın müstəqil təkrarı yoxdur.

Ümumi oxucu nə qədər əmin olmalıdır? Bunun *təsdiqlənmiş yeni hissəcik* və *buzun içindən gələn signal* olmadığına, ekzotik axın şərhinin isə indi ciddi şəkildə zəiflədiyinə yüksək əminlik. Həqiqi səbəb barədə əminlik aşağıdır və məsələ açıq qalır. Uyğun mövqə: çox güman, adi səbəbi olan, hələ həll edilməmiş anomaliyaya maraqlı.

Mənbələr

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>