



The CLEAN PAPER

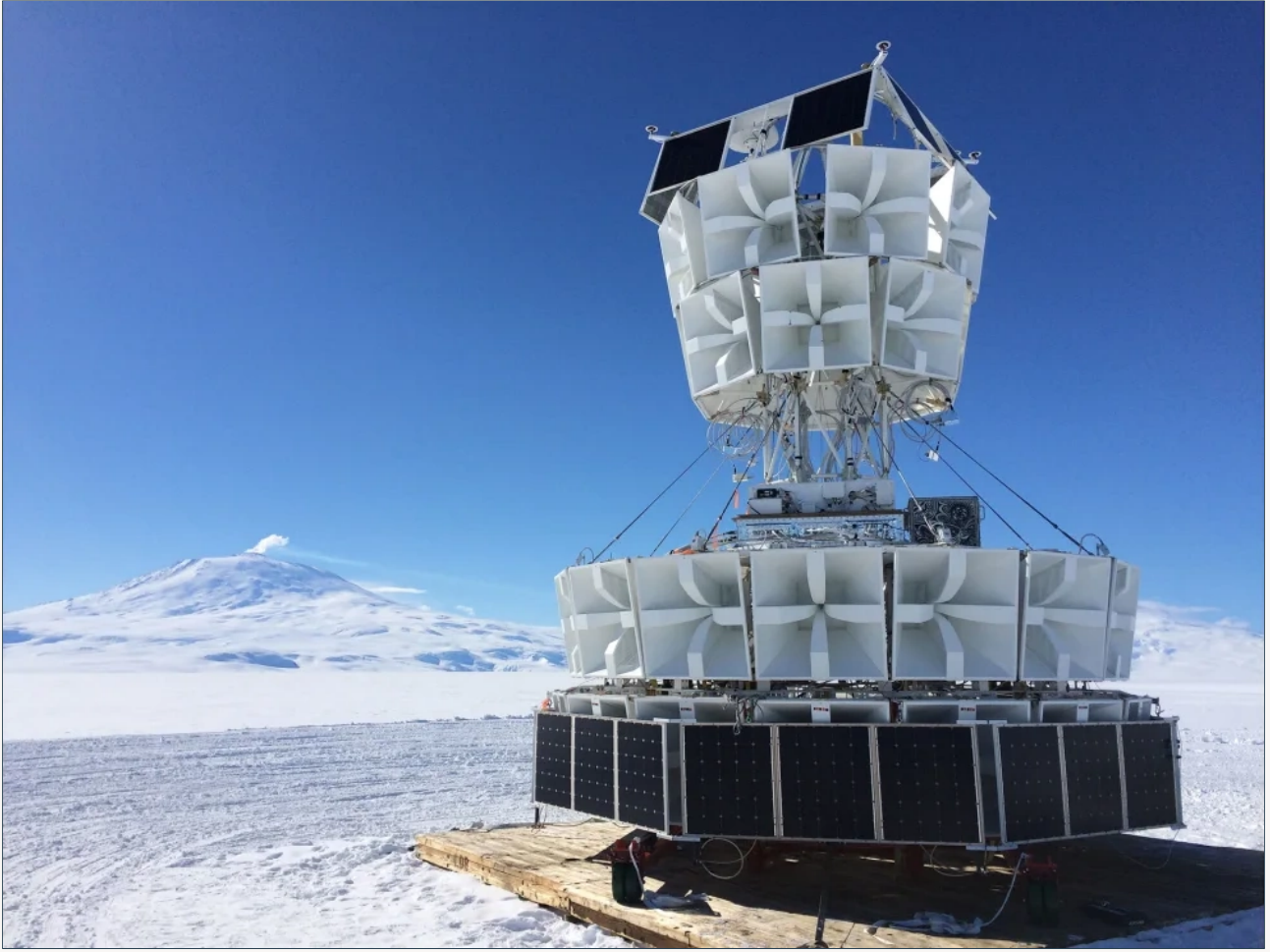
WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

نبضتان راديويتان شاذتان فوق القارة القطبية الجنوبية لا تزالان بلا تفسير — وتفسير «الجسيم الجديد» يفقد دعمه

نبضتان راديويتان غير عاديتين سجلتهما قبل سنوات تجربة محمولة بالون فوق القارة القطبية الجنوبية لا تملكان حتى الآن تفسيراً متفقاً عليه؛ بحث مخصص أجراه مرصد *Auger Pierre* لم يجد أثراً للوابل الجسيمي الذي كان ينبغي أن تدلاه عليه، ما يجعل قراءة «الجسيم الجديد» الغريبة أقل احتمالاً بكثير، مع بقاء الشذوذ بلا حل.

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: 121003.134.PhyRevLett/1103.10



تجه هوائيات ANITA الثمانية والأربعون نحو الجليد القطبي الجنوبي من على عربة معلقة يبلغ ارتفاعها 25 قدما.

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

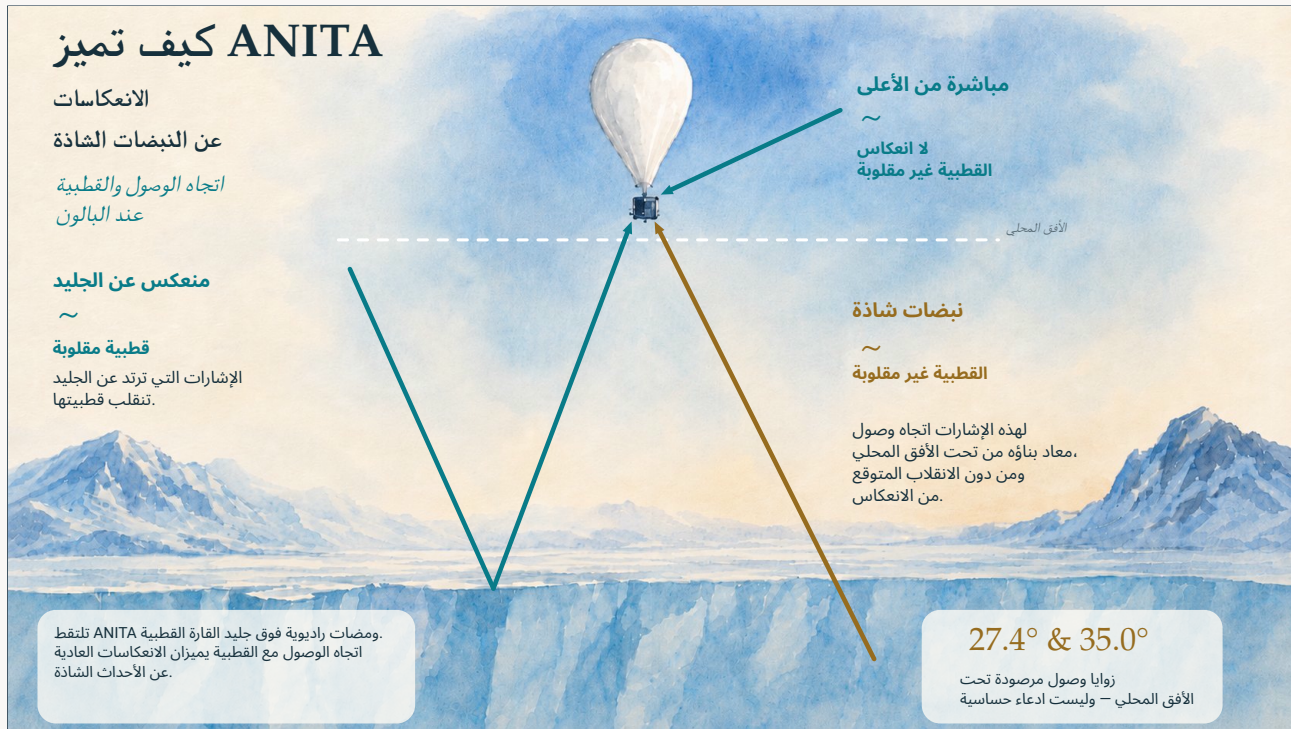
البالون والجليد ونبضتان قادمتان من الأسفل

طوال معظم عمرها التشغيلي، تبدل ANITA — أو Antenna Transient Impulsive Antarctic — تحت بالون تابع لـ NASA، على ارتفاع يقارب ثلاثين كيلومترا، وتجرف لأسابيع فوق أكثر بقاع الأرض فراغا، وهي تصغي.

وهي تصغي إلى إشارات راديوية آتية من الفضاء. عندما يصطدم جسيم فائق الطاقة — شعاع كوني أو نيوتريو — بالهواء أو بالجليد، يفتت إلى وابل من جسيمات أصغر، ويطلق ذلك الوابل ومضة راديوية قصيرة. القارة القطبية الجنوبية تكاد تكون مكانا مثاليا لالتقاط هذه الومضات: كيلومترات من جليد بارد ونظيف تعبره الموجات الراديوية كما لو كان زجاجا، ولا شيء لمئات الكيلومترات يربك الإشارة. مهمة ANITA هي التقاط تلك الومضات وقراءة ما صنعها من شكلها وتوقيتها.

معظم ما تسمعه منضبط. بعض الومضات يصل مباشرة من الأعلى. وكثير غيرها يلهمس الجليد ويرتد صعودا إلى الهوائي — وهذه تحمل علامة كاشفة: الارتداد يقلب الموجة رأسا على عقب، أي يعكس قطبية الإشارة، وهي بصمة يستطيع الفيزيائيون قراءتها بسرعة. بهذه الطريقة تميز الانعكاس من الشيء الحقيقي.

مرتين، وصل شيء كسر هذا النمط.



عند البالون، تصل النبضة الآتية مباشرة من الأعلى من دون انقلاب، بينما تصل النبضة المنعكسة وقد انقلبت قطبيتها — وهي العلامة المعتادة على ارتدادها عن الجليد. أما النبضتان الشاذتان فوصلتا من اتجاه معاد بناؤه يقع بحدّة تحت الأفق المحلي، ومع ذلك بلا انقلاب من هذا النوع، حيث كان الانعكاس سيقبلهما. عبارة «من الأسفل» تصف اتجاه الوصول هذا، لا جسيما يتساقط خارج الأرض.

Original hybrid diagram — The Clean Paper CC BY 0.4

في رحلة عام 2006 وأخرى عام 2014، التقطت ANITA نبضة آتية من أسفل الأفق بزاوية حادة — 4° و 35°، تحتها، على التوالي — كما لو أنها خرجت من القارة، ومن دون أي انقلاب. إذن ليست انعكاسا. شيء ما انتقل فعلا إلى الأعلى، خارجا من الجليد، باتجاه البالون.

وهنا سبب كون الأمر قريبا من الفضيحة. لكي تصل الإشارة إلى الهوائي بزاوية صاعدة شديدة كهذه، كان لا بد أن يعبر ما صنع النبضة جسم الكوكب — ستة أو سبعة آلاف كيلومتر من الصخر الصلب. يكاد لا شيء يستطيع فعل ذلك. الجسم المعروف الوحيد الذي يمر عبر المادة العادية كما لو أنها بالكاد موجودة هو النيوتريو، الذي ينزل عبر الأرض كلها من دون أن يلاحظها. لذلك كانت الفكرة الطبيعية أن نيوتريو صعد عبر الصخر، واصطدم بذرة تحت الجليد مباشرة، وأنتج وابلا من الجسيمات المتسارعة إلى أعلى، فالتقطت ANITA ومضته الراديوية. لكن المشكلة في التفصيل المعاكس: النيوتريو النشط بما يكفي لصنع هذه الإشارة يكون، في الواقع، أسهل من أن يوقف. عبر هذا القدر من الصخر كان ينبغي أن يمتص مرات كثيرة. كما أن تدفقا من النيوتريوهات قويا بما يكفي لكي تنفذ منه اثنتان كان ينبغي أن يظهر في الكواشف العملاقة المبنية خصيصا لالتقاط ذلك. لم تكتمل أي من التفسيرات المرتبة.

لذلك بقيت النبضتان هناك، رافضتين التصرف كما ينبغي. ليستا اكتشافا — حدثان لا يكفيان لاكتشاف — لكنهما ليستا لا شيء أيضا. شذوذ حقيقي: من النوع المثير للاهتمام تحديدا لأن أحدا لم يكن يستطيع بعد أن يقول هل هو صدع في النموذج القياسي للفيزياء أم مجرد غرابة في الجليد أو الهوائي أو الحساب.

هنا تحديدا تمد بعض التغطيات يدها إلى كلمة غامض، وتخفف الإضاءة، وتسأل عما قد يعيش تحت القارة القطبية الجنوبية. قاوم ذلك. السؤال الحقيقي لم يكن أبدا: أي وحش في الجليد؟ بل السؤال الصبور وغير البراق الذي يحرك العلم فعلا: كيف تعرف؟

ماذا فعل المؤلفون

هناك طريقة نظيفة لاختبار التفسيرات المثيرة. إذا كانت نبضات ANITA آتية من تدفق حقيقي ومتكرر من الوابل الصاعد — سواء من نيوتريونات تاو عادية أو من جسيم جديد مقترح — فإن كاشفا كبيرا بما يكفي، يراقب هذه الأحداث بالضبط، ينبغي أن يلتقط نصيبا منها. مرصد Auger Pierre في الأرجنتين — أكبر كاشف للأشعة الكونية بني على الإطلاق — في موقع مناسب للبحث. باستخدام كاشف الفلورة Detector، Fluorescence بحث التعاون عن وابل هوائي صاعد، أي آت من الأسفل بزوايا سمتية فوق 110° وبطاقات فوق 1.0 EeV، في بيانات تمتد من 2004 إلى 2018. والأهم أن معايير الاختيار كلها ثبتت قبل فحص مجموعة البيانات الكاملة — تحليل «أعمى»، بحيث لا يمكن تليين الجواب نحو نتيجة مرغوبة.

ماذا وجدوا

بعد فك التعمية، نجا حدث مرشح واحد — متوافق تماما مع 0.27 ± 0.12 حدثا متوقعا من أشعة كونية عادية يعاد بناؤها أحيانا بالخطأ كأنها صاعدة. بعبارة أخرى، لا توجد إشارة صاعدة حقيقية؛ فقط ذلك القليل من الخلفية الذي تتوقعه. قوة النتيجة تكمن في المقارنة. إذا كانت نبضات ANITA آتية من تدفق ثابت من الوابل الصاعد، لكان على Auger أن يسجل كثيرا منها — نحو 34 إلى 69 حدثا من هذا النوع في أحد أطراف الطاقة المعقولة، وما لا يقل عن نحو 8 حتى تحت افتراضات محافظة عمدا. وجد واحدا، متوافقا مع الخلفية. يصف المؤلفون ذلك بأنه «تعارض قوي» مع تفسير الوابل الصاعد.

ماذا يعني هذا على الأرجح

عدم الكشف بهذا الحجم معلومة مهمة. إذا كانت أحداث ANITA آتية من جماعة حقيقية من الجسيمات التي تصل من تلك الاتجاهات — نيوتريونات تاو عادية أو الجسيمات الجديدة الافتراضية المقترحة لتفسيرها — لكان تعرض Auger الطويل قد التقط عددا معتبرا منها. لم يفعل. وهذا يستبعد فعليا تفسير «التدفق المنتشر من الوابل الصاعد» — الفئة التي تقع فيها معظم أفكار ما وراء النموذج القياسي — إلا إذا افترضنا شروطا خاصة ومتكلفة.

ما يبقى هو تفسيرات ليست تدفقا من جسيمات تصنع وابلًا: وأكثرها تداولًا أثر انعكاس أو انتشار خاص بالجليد وبالهندسة القريبة من الأفق، أو أثر من الجهاز أو التحليل. لا شيء من ذلك مؤكد. لذلك فاخلاصة الصادقة هي: التفسير الأكثر إثارة تلقى ضربة جديدة، والسبب لا يزال مجهولا.

ما الذي لا يثبت هذا

- لا يحدد ما هي النبضتان. «يضعف الفيزياء الجديدة بقوة» لا يعني «حل اللغز».
- لا يؤكد سببا عاديا. أحد المرشحين الرئيسيين — انعكاسات من تحت سطح القارة القطبية الجنوبية — يبقى فرضية، لا نتيجة.
- لا يكشف أي شيء «من تحت الجليد» بالمعنى الحرفي. هوائيات ANITA معلقة من بالون فوق القارة القطبية الجنوبية؛ و«من الأسفل» تصف اتجاه وصول معاد بناؤه لنبضة راديوية، لا صوتا أو نداء أو أي شيء ينبعث من داخل الجليد.

- لا يدعم ادعاءات وجود جسيم جديد مؤكدة. النسخة الأكثر انتشارا من هذه القصة تسير في الاتجاه المعاكس للدليل.

ما مدى قوة الدليل؟

متواضع، ومصاغ على هذا الأساس.

- الاهتمام بما وراء النموذج القياسي يستند أساسا إلى حدثين من رحلتين لـ ANITA.
- هذه الورقة نتيجة عدم كشف: قوية في استبعاد إمكانات، لكنها لا تستطيع أن تقول ما الأحداث هي.
- الاستبعاد كمي وقوي: عشرات الأحداث كانت متوقعة، وحدث واحد شبيه بالخلفية رأي. لكنه يستهدف تفسير «تدفق الواابل الصاعد»، لا كل سبب يمكن تخيله.
- تفسير عادي رائد، هو الانعكاس قرب السطح، معقول لكنه غير مثبت؛ وبعض البدائل، مثل نماذج معينة لإشعاع الانتقال، أضعفتها أعمال أخرى.
- لم يعيد أي اختبار مستقل إنتاج الشذوذ الأصلي.

هذا قيد حاد يوضع فوق لغز صغير وعنيد — وليس اكتشافا.

لماذا يهم

امتدت التفسيرات المقترحة إلى جسيمات جديدة وغريبة. وبدلا من مطاردة الأكثر إثارة بينها، فعل المجال الشيء غير البراق: اختبر الفكرة على كاشف مستقل وأكبر بكثير — وقالت البيانات لا. يجري بناء أداة لاحقة أكبر وأكثر حساسية، PUEO، للنظر من جديد. قد يتبين في النهاية أن الشذوذ عادي. هذا لا يجعله فشلا. تضيق قياس غير مفسر حتى يذوب أو يفرض اكتشافا حقيقيا هو العمل — ويستحق المتابعة تحديدا لأن الجواب الصادق حتى الآن لا يزال: «لا نعرف».

الخلاصة الصافية

تبدو نبضتان راديويتان من رحلتي ANITA فوق القارة القطبية الجنوبية في 2006 و2014 كأنهما آتيتان من زوايا حادة تحت الأفق يصعب على النموذج القياسي تفسيرها. بحث مخصص أجراه مرصد Auger Pierre في 2025 وجد حدثا مرشحا واحدا فقط، متوافقا مع الخلفية، بينما كانت عشرات الأحداث متوقعة لو كانت النبضتان آتيتين من تدفق وابل صاعد. هذا يضعف بقوة تفسير «الجسيم الجديد» الغريب، ويدفع نحو أثر انعكاس أو انتشار أو جهاز خاص بـ ANITA — لكن السبب لا يزال مجهولا حقا. ليس جسما جديدا مؤكدا، وليس إشارة غامضة من داخل الجليد.

فحص بلا مجاملة

ما تظهره الورقة: بحث أعمى أجراه Auger Pierre بين 2004 و2018 عن وابل هوائي صاعد وجد مرشحا واحدا، متوافقا مع خلفية الأشعة الكونية المتوقعة، البالغة 27.0 حدثا. إذا كانت شذوذات ANITA آتية من تدفق من هذا الوابل، كان ينبغي أن يرى Auger نحو 34 إلى 69 حدثا، أو على الأقل نحو 8 تحت افتراضات محافظة. هذا يضعف بقوة تفسير الوابل الصاعد، بما في ذلك سيناريوهات «الجسيم الجديد» وراء النموذج القياسي.

ما هو معقول لكنه غير مثبت: أثر انعكاس أو انتشار راديوي قرب الجليد والأفق، أو أثر خاص بجهاز ANITA أو بالتحليل.

ما لا تظهره: أن الأحداث سببها جسيم جديد؛ أو أنها إشارات من تحت الجليد؛ أو أن شيئا خارقا أو اصطناعيا أو مسموما متورط؛ أو أن السبب أصبح معروفا.

القيود الرئيسية: الاهتمام بما وراء النموذج القياسي يستند إلى نحو حدثين؛ هذه نتيجة عدم كشف تقييد ولا تحدد؛ الاستبعاد يستهدف تحديدا تفسير «تدفق الوابل»؛ ولا يوجد إنتاج مستقل للشذوذ الأصلي.

ما مقدار الثقة المناسب للقارئ العام؟ ثقة عالية بأن هذا ليس جسما جديدا مؤكدا وليس إشارة من داخل الجليد، وبأن تفسير التدفق الغريب أصبح ضعيفا بقوة. ثقة منخفضة بشأن السبب الحقيقي، الذي لا يزال مفتوحا. الموقف المناسب: فضول تجاه شذوذ غير محلول، لكنه على الأرجح عادي.

المصادر

(2025) 121003,134 Lett. Rev. Phys.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.121003>

(2016 al. et (Gorham event ANITA-I Original
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.117.071101>

(2018 al. et (Gorham event ANITA-III Original
<https://arxiv.org/abs/1803.05088>

(2020 al. et (Shoemaker explanation Subsurface-reflection
<https://arxiv.org/abs/1905.02846>

(2021) paper white — instrument successor PUEO
<https://arxiv.org/abs/2010.02892>