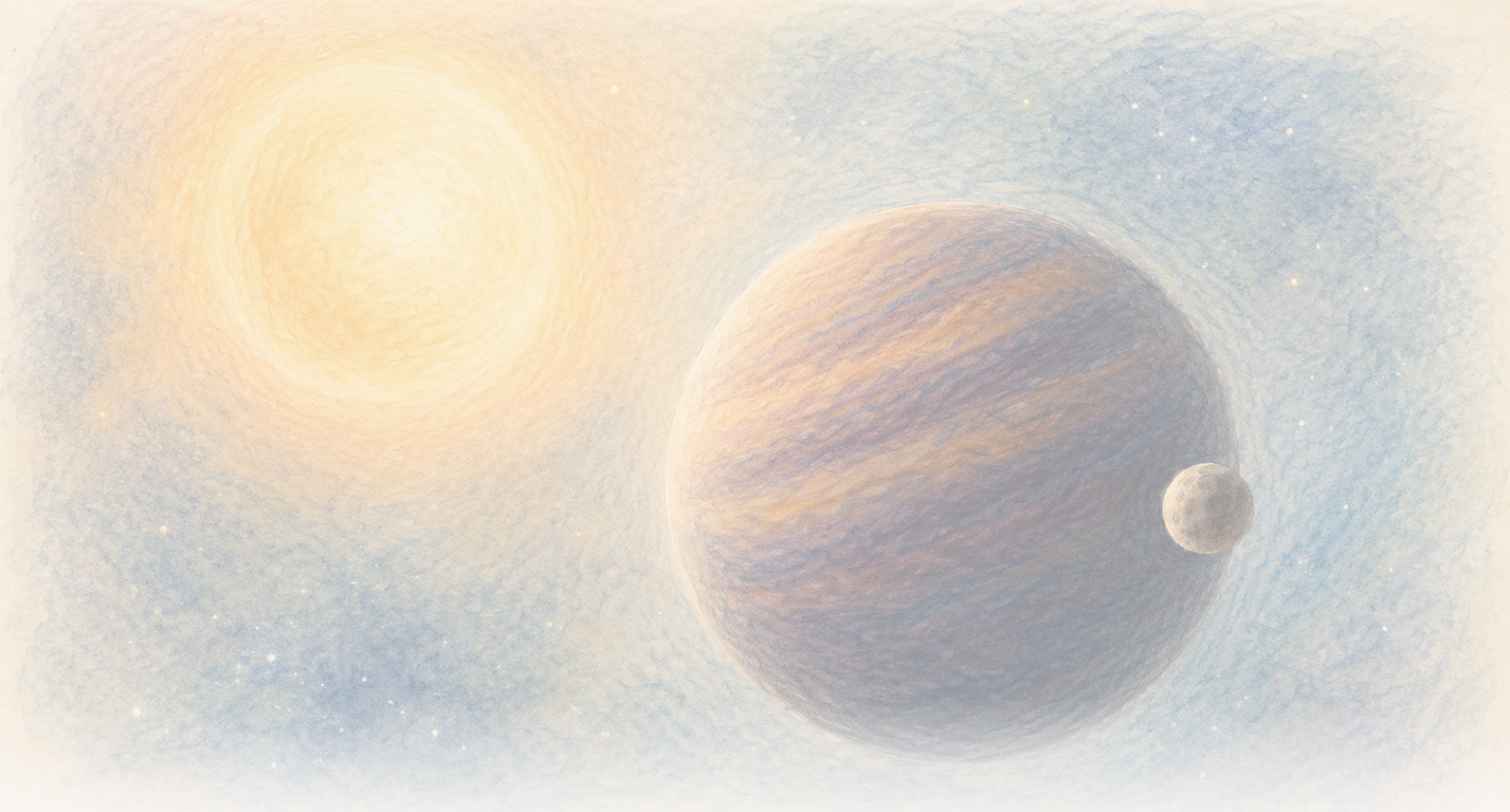




The CLEAN PAPER

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

یک کوتولهٔ قهوه‌ای ظاهراً هر 171 روز تاب می‌خورد. شاید یک جهان پنهان آن را می‌کشد، اما داده‌ها هنوز دو جهان را هم مجاز می‌دانند

بیست‌وسه طیف با کیفیت بالا جابه‌جایی تناوبی قوی در حرکت $B\ 2722\ CD-35$ نشان می‌دهند. مدل ترجیحی یک همراه خروج از مرکزدار با جرم کمینه نزدیک مشتری است، اما مدل دوجرمی می‌تواند همان سیگنال را تقلید کند، تغییرپذیری آهستهٔ کوتولهٔ قهوه‌ای در اصل همچنان ممکن است و واژهٔ «اگزوماه» در این جا مرز پذیرفته‌شده‌ای ندارد.

Written by Cinzia Vaglio · Cross-checked by Matteo · Edited by Michele Renda · Figures by Cinzia Vaglio, Laura Nesso
and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Planetary-mass exosatellite detected around the substellar companion of a star*, Kevin Hoy, Alice Zurlo, Pablo A. Pena R., Jana Kohler, Silvano Desidera, Raffaele Gratton, Cecilia Lazzoni, Simon Petrus, Florian Rodler, Jonathan Smoker, Valentina D'Orazi, Ilaria Carleo and Ilaria Giovannini, *Nature*, 655 869-865 (2026) · DOI: w-10751-026-s41586/1038.10

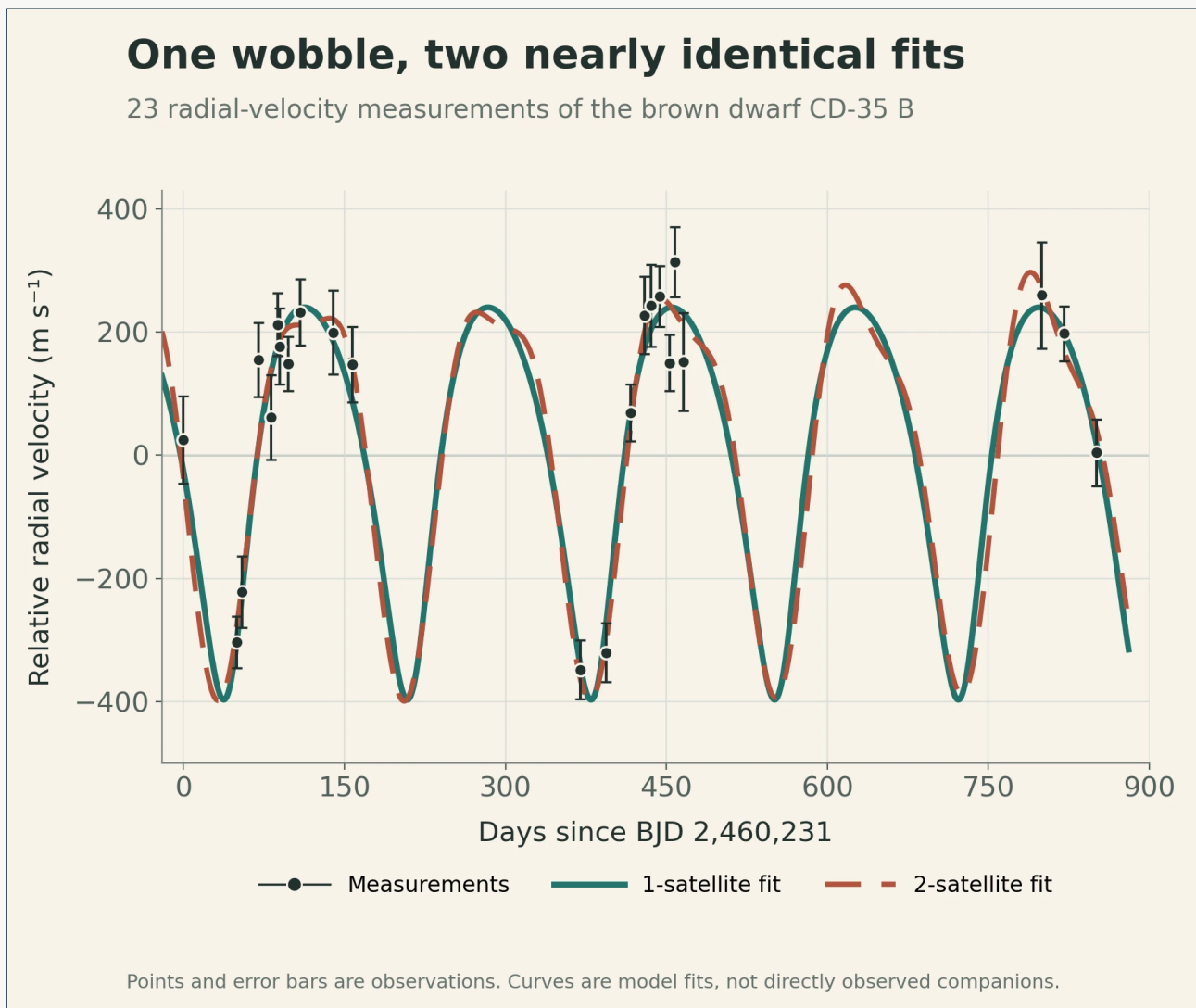
یک کوتوله قهوه‌ای ظاهراً هر 171 روز تاب می‌خورد. شاید یک جهان پنهان آن را می‌کشد، اما داده‌ها هنوز دو جهان را هم مجاز می‌دانند

اخترشناسان می‌توانند B 2722 CD-35 را به صورت نقطه‌ای مستقل از ستاره‌ای که به دور آن می‌گردد ببینند. این جرم یک کوتوله قهوه‌ای است، در محدوده جرمی میان سیاره‌های غول‌پیکر و ستاره‌ها: با جرمی حدود 37 برابر مشتری، از یک سیاره غول‌پیکر معمول سنگین‌تر است اما ستاره عادی هیدروژن‌سوز نیست. چیزی را که نمی‌توانند ببینند جرم کوچک‌تری است که شاید به دور خود کوتوله قهوه‌ای می‌گردد. اگر تأیید شود، این جرم درونی سامانه را به نخستین سلسله مراتب مشاهده شده‌ای تبدیل می‌کند که در آن یک ماهواره به دور یک جرم زیرستاره‌ای بزرگ‌تر می‌گردد و آن جرم زیرستاره‌ای نیز خود به دور یک ستاره در گردش است.

آنچه واقعاً دیده می‌شود یک ریتم است. در بعضی شب‌ها، نور کوتوله قهوه‌ای اندکی جابه‌جا می‌شود، چون جرم به سمت زمین حرکت می‌کند. در شب‌های دیگر، جابه‌جایی در جهت مقابل است، چون کوتوله از ما دور می‌شود. این الگو تقریباً هر 171 روز تکرار می‌شود.

چنین حرکت رفت و برگشتی همان چیزی است که یک همراه نامرئی می‌تواند ایجاد کند: وقتی دو جرم به دور مرکز جرم مشترک می‌چرخند، جرم کوچک‌تر مدار بزرگ‌تری را به دور جرم بزرگ‌تر طی می‌کند، اما جرم بزرگ‌تر نیز حلقه‌ای بسیار کوچک‌تر می‌زند. اگر این ریتم مداری باشد، یک مقاله تازه در Nature یک جرم با جرم سیاره‌ای را به عنوان توضیح ترجیحی برای حلقه اندازه‌گیری شده پیرامون B 2722 CD-35 ارائه می‌کند.

این احتمال چشمگیر است، اما عکس یک ماه نیست. بیست و سه شب رصد با کیفیت بالا یک سیگنال تناوبی قوی را نشان می‌دهند. تبدیل آن سیگنال به یک جهان به مدل نیاز دارد، و داده‌های کنونی هنوز بیش از یک معماری را اجازه می‌دهند. همچنین تغییرات آهسته در خود کوتوله قهوه‌ای کاملاً کنار گذاشته نشده است.



نقاط سیاه و میله‌های خط، 23 اندازه‌گیری شبانه سرعت شعاعی هستند. منحنی‌های پیوسته و خط‌چین بهترین برازش مدل‌های یک‌ماهواره‌ای و دوماهواره‌ای‌اند. هم‌پوشانی نزدیک آن‌ها نشان می‌دهد چرا داده‌ها می‌توانند تاب‌خوردگی تناوبی را آشکار کنند بدون آن که هنوز معماری سامانه را تعیین کنند؛ هیچ‌یک از منحنی‌ها تصویر مستقیم یک همراه نیست.

Original chart — The Clean Paper; data from Hoy et al., Nature, (2026) Figure 1 source workbook CC BY 0.4

سامانه‌ای درون یک سامانه

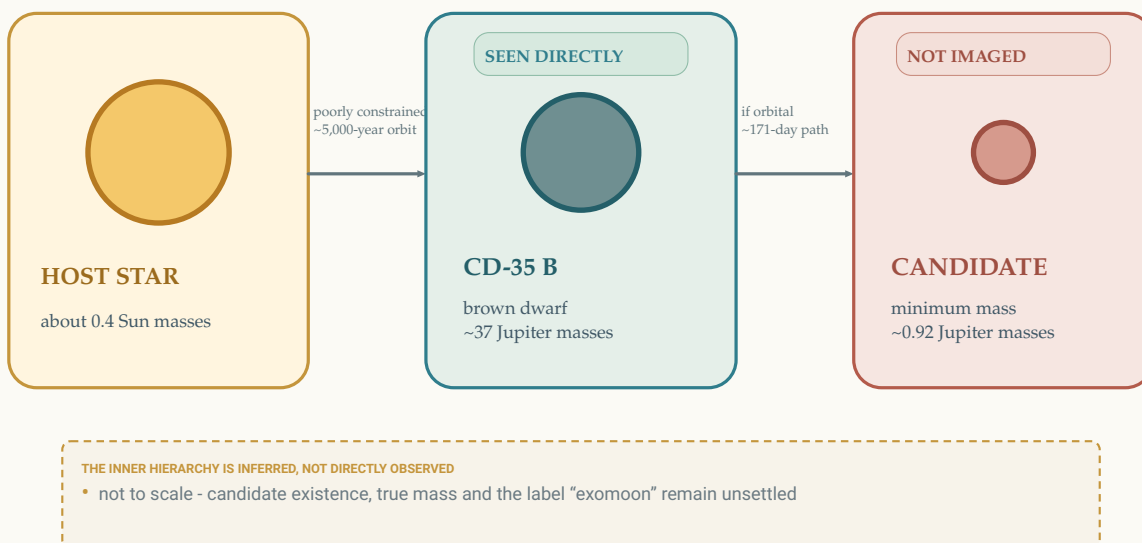
CD-35 B 2722 یک کوتوله قهوه‌ای است: جرمی میان دسته‌های آشناتر. از یک سیاره غول‌پیکر معمول پرچم‌تراست، اما جرمش به اندازه‌ای نیست که مانند یک ستاره عادی با همجوشی هیدروژن بدرخشد. مقاله جرم آن را حدود 37 برابر مشتری در نظر می‌گیرد.

کوتوله قهوه‌ای با تصویربرداری مستقیم کشف شد، یعنی تلسکوپ‌ها توانستند نور آن را جدا از نور ستاره میزبان تفکیک کنند. روی آسمان حدود 8.2 ثانیه قوسی از ستاره فاصله دارد. مدار گسترده‌ای که این دو را به هم متصل می‌کند چندان خوب شناخته نشده، اما برآوردهای فعلی مسیری بسیار کشیده با دوره‌ای حدود 5,000 سال را پیشنهاد می‌کنند.

اگر سیگنال تناوبی مداری باشد، معماری استنباط‌شده نامزد را یک سطح عمیق‌تر قرار می‌دهد: ستاره‌ای که کوتوله قهوه‌ای به دورش می‌گردد، و همراهی با جرم سیاره‌ای که به دور آن کوتوله قهوه‌ای می‌گردد.

A possible system inside a system

If the signal is orbital, the candidate would occupy the innermost level.



Original diagram - The Clean Paper - CC BY 4.0

اگر سیگنال مداری باشد، نامزد در درونی‌ترین سطح این سلسله‌مراتب احتمالی قرار می‌گیرد. فقط کوتوله‌های قهوه‌ای مستقیماً دیده شده است. مدار بیرونی پیرامون ستاره محدودیت ضعیفی دارد، در حالی که مسیر درونی تقریباً 171 روزه از تاب‌خوردگی اندازه‌گیری شده کوتوله‌های قهوه‌ای استنباط شده است. اندازه‌ها و فاصله‌ها به مقیاس واقعی نیستند.

The Clean Paper CC BY 0.4

رسم این سلسله‌مراتب احتمالی آسان است. واقعیت فیزیکی و واژگان مناسب برای آن هنوز قطعی نیست. آیا جرمی با جرم سیاره‌ای که به دور یک کوتوله قهوه‌ای می‌گردد «ماه» است، «سیاره» است یا فقط «ماهواره»؟ اخترشناسان قاعده پذیرفته شده‌ای ندارند که پاسخ را قطعی کند. بنابراین مقاله از واژه کلی‌تر **اگروماهواره** استفاده می‌کند.

چگونه 23 شب به یک تاب‌خوردگی تبدیل شدند

تیم CD-35 B 2722 را (مدخل آن در Exoplanets on Eyes NASA را ببینید) با CRIRES+ طیف‌نگاری با تفکیک بالا روی تلسکوپ بسیار بزرگ رصدخانه جنوبی اروپا، مشاهده کرد. بین اکتبر 2023 و فوریه 2026، 26 نوبت رصد به دست آمد. یکی سیگنال کافی نداشت و دو مورد که در هوای نامناسب گرفته شده بودند رد و تکرار شدند؛ بنابراین 23 شب با کیفیت بالا باقی ماند.

طیف‌نگار نور را به الگویی دقیق از خطوط پخش می‌کند. وقتی منبع به سمت زمین یا دور از آن حرکت می‌کند، این خطوط به مقدار بسیار کمی جابه‌جا می‌شوند. اندازه‌گیری‌های تکراری این حرکت در امتداد خط دید سرعت شعاعی نام دارند. این اندازه‌گیری‌ها جسم پنهان را نشان نمی‌دهند؛ نشان می‌دهند جسمی که می‌بینیم شاید زیر کشش چیزی نامرئی چگونه حرکت می‌کند.

قوی‌ترین تناوب در اندازه‌گیری‌ها نزدیک 170 روز است. این سیگنال از آستانه احتمال هشدار کاذب 1%0.0 مطالعه عبور می‌کند. این آستانه می‌رسد تحت فرض‌های آزمون، نویز چند بار می‌تواند قله‌ای در دوره‌نگار ایجاد کند که دست کم به همین اندازه قوی باشد. این به معنای احتمال 99.9% وجود یک ماهواره نیست و به‌تنباهی چیزی درباره یک همراه یا دو همراه نمی‌گوید.

یک سیگنال سرعت شعاعی چه چیزی را می‌تواند ثابت کند؟

یک می‌کند. تبدیل او از دور و ناظر سمت به حرکت اندازه‌گیری به را طیفی خطوط تکراری جابه‌جایی‌های شعاعی سرعت کینه جرم و اندازه‌گیری شده تاب‌خوردگی اندازه دوره، آن از و داد برازش مدار یک معادلات با می‌توان را تکرار شونده الگوی کرد. استنباط را همراه اما این روش مستقیماً از همراه عکس نمی‌گیرد. جو یک ستاره یا جرم زیرستاره‌ای نیز می‌تواند خطوط طیفی را جابه‌جا کند، زمان‌بندی رصدها می‌تواند ریتم‌های گمراه‌کننده بسازد و آرایش‌های مداری مختلف می‌توانند یکدیگر را تقلید کنند. خود سیگنال، توضیح فیزیکی آن و نامی که به جرم استنباط شده می‌دهم سه پرسش جداگانه‌اند.

پیش از رسیدن به پاسخ مداری باید به نمونه‌برداری توجه کرد. چهار اندازه‌گیری به‌ویژه پایین سرعت شعاعی وزن قابل توجهی در الگو دارند. آن‌ها در دو جفت و در شرایط گزارش شده خوب رخ دادند، و وقتی نویسندگان تحلیل را هر بار با حذف یک نقطه تکرار کردند، هیچ کدام به تنهایی سیگنال را نساخت. با این حال فقط بخشی از فازهای احتمالی مدار نمونه‌برداری شده‌اند. بیست و سه شب پراکنده در پیش از دو سال، پوشش پیوسته نیست.

نویسندگان همچنین یک مصنوع احتمالی نیم ساله را آزمایش کردند. تصحیح ناقص حرکت متغیر زمین یا پروفایل ابزار می‌توانست سیگنال سالانه کاذبی ایجاد کند که نمونه‌برداری آن را به نیم سال زمینی، یعنی 5.182 روز، عیاس کند. دوره ترجیحی آن‌ها 11.171 روز با عدم قطعیت $36.0/53.0+$ روز است؛ نویسندگان گزارش می‌کنند که این مقدار حدود 20 انحراف معیار از 5.182 روز فاصله دارد. همچنین هیچ هم‌بستگی‌ای با حرکت متغیر زمین، کیفیت دید، بخار آب جو یا ویژگی‌های ابزاری بررسی شده گزارش نکردند. این‌ها کنترل‌های مهمی‌اند. توضیح مداری را آن قدر جدی می‌کنند که ارزش مدل‌سازی داشته باشد، اما به تنهایی جسم را شناسایی نمی‌کنند.

ساده‌ترین پاسخ مداری: یک همراه

در مدل ترجیحی، یک جرم هر 11.171 روز در مداری خروج از مرکزدار، یعنی تا حدی کشیده، به دور کوتوله قهوه‌ای می‌گردد. خروج از مرکز برازش شده حدود 27.0 و نیم‌محور بزرگ حدود 200.0 واحد نجومی است — تقریباً یک‌پنجم فاصله متوسط زمین تا خورشید.

دامنه تاب‌خوردگی اندازه‌گیری شده حدود 318 متر بر ثانیه است. از این حرکت، مدل برای همراه جرم کینه‌ای حدود 92.0 برابر جرم مشتری به دست می‌دهد.

واژه کینه مهم است. سرعت شعاعی فقط بخشی از حرکت مداری را می‌سنجد که رو به ما یا دور از ماست. اگر مدار از لبه دیده شود، بخش بزرگی از حرکت در امتداد همان خط است. اگر مدار بیشتر از روبه‌رو دیده شود، بخش زیادی از حرکت روی صفحه آسمان است و برای ساختن همان تاب‌خوردگی اندازه‌گیری شده به همراه پر جرم‌تری نیاز می‌شود.

اخترشناسان نتیجه را به شکل $\sin(i)$ می‌نویسند: جرم ضرب در سینوس میل مداری نامعلوم، یا زاویه دید مدار. داده‌ها این حاصل‌ضرب را محدود می‌کنند، نه جرم واقعی را به تنهایی. بنابراین حدود 92.0 جرم مشتری یک حد پایین است، نه اندازه‌گیری دقیق جرم جسم.

چرا زاویه دید جرم را پنهان می‌کند؟

پس می‌کند، حرکت شما از دور و شما سمت به بارها دونه می‌کنید. نگاه آن به کنار از که کنید تصور را دایره‌ای پیست یک شما دید میدان عرض در عمده‌تاً دونه کنید. نگاه پیست همان به بالا از حال می‌شود. اندازه‌گیری به راحتی حرکت مؤلفه این

است. ناچیز شما از دور یا شما سمت به حرکتش و می‌کند حرکت سرعت شعاعی فقط مؤلفه نخست را می‌بیند. عامل ریاضی $\sin(i)$ توصیف می‌کند چه مقدار از حرکت مداری در امتداد خط دید ماست. تا زمانی که میل i معلوم نشود، جرم استنباط شده فقط یک کمینه باقی می‌ماند.

سپس نویسندگان پرسیدند آیا این مدار می‌تواند پایدار بماند یا به سرعت خودش را نابود خواهد کرد. آزمون‌های عددی آن‌ها نشان داد مدل تک همراه عموماً پایدار است. این موضوع آن را به تفسیری از نظر فیزیکی معقول برای سیگنال تبدیل می‌کند، نه یک آشکارسازی دوم.

پاسخ ناخوشایند: دو همراه می‌توانند یک همراه را تقلید کنند

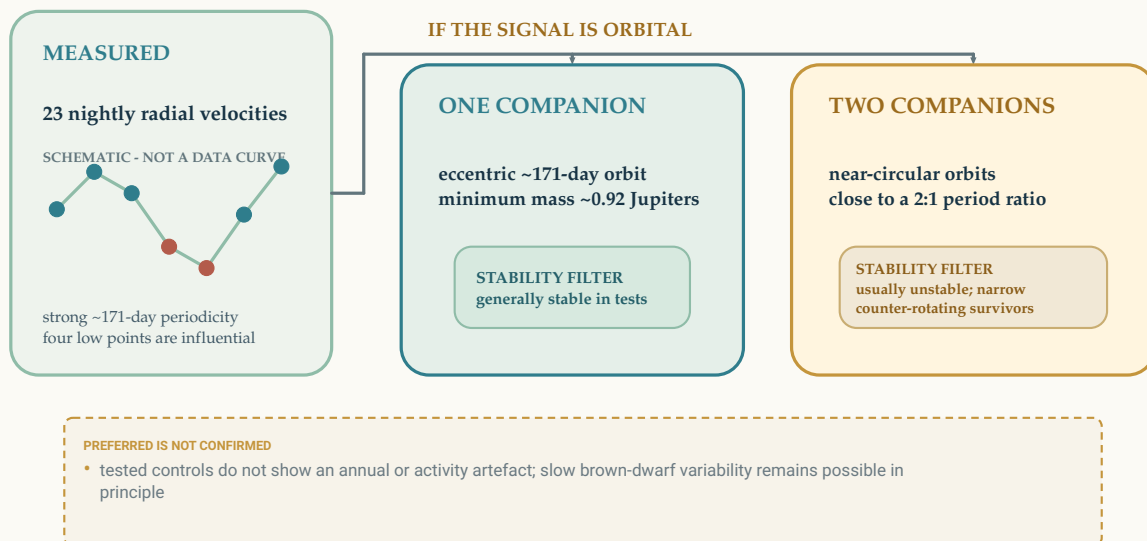
سیگنال سرعت شعاعی مدار خروج از مرکزدار یک ابهام شناخته شده دارد. در بعضی شرایط، دو جرم در مدارهای تقریباً دایره‌ای که دوره‌ای یکی تقریباً دو برابر دیگری است می‌توانند الگویی ترکیبی بسازند که شبیه یک جرم در مدار کشیده به نظر برسد.

این ابهام در این داده‌ها نیز ظاهر می‌شود. یک مدل دوهمرای می‌تواند اندازه‌گیری‌های کنونی را با یک سیگنال بیرونی نزدیک 171 روز و یک سیگنال درونی کوتاه‌تر برازش دهد. چون زمان‌های رصد همه فازها را به طور یکنواخت نمونه‌برداری نمی‌کنند، سیگنال کوتاه‌تر چند عیاس دارد. چون 23 شب انتخاب شده فاصله‌های زمانی بلند دارند، دوره‌های آزمایشی مختلف می‌توانند تعداد متفاوتی چرخه دیده نشده میان رصدها جای دهند و همچنان با همان اندازه‌گیری‌ها هم‌راستا شوند. بنابراین دوره‌های نامزد نزدیک 14، 70، 88 و 115 روز، چهار ریتم مستقلاً آشکار شده نیستند؛ برازش‌های جایگزین برای یک سیگنال کوتاه‌تر و کم‌نمونه‌اند.

نویسندگان پنجره 13 تا 17 روز را به دلیل محدودیت ضعیف رد می‌کنند. در آن ناحیه، برازش یک دوره قانع کننده منفرد را جدا نمی‌کند: بسیاری از پاسخ‌های نزدیک به هم زیر حدود 20 روز می‌توانند اندازه‌گیری‌های کم‌تراکم را بازتولید کنند و کل پنجره احتمالاً مصنوع نمونه‌برداری است. میان پنجره‌های باقی مانده، پاسخ تقریباً 88 روزه بهتر از گزینه‌های حدود 70 و 115 روز برازش می‌شود، اما نه آن قدر بهتر که مقاله ادعا کند دوره دوم شناخته شده است. در بهترین برازش جدول، جرم کمینه جرم بیرونی حدود 87.0 جرم مشتری و جرم داخلی حدود 22.0 جرم مشتری است. این اعداد یک مدل کم‌تر ترجیح داده شده را توصیف می‌کنند؛ اندازه‌گیری دو جهان تثبیت شده نیستند.

One measured rhythm, more than one orbital model

The dynamics favour one object; they do not add another observation.



Original diagram - The Clean Paper - CC BY 4.0

اگر سیگال تقریباً 171 روزه مداری باشد، همان الگوی کلی سرعت شعاعی را می‌توان با یک همراه خروج از مرکزدار یا دو همراه تقریباً دایره‌ای نزدیک نسبت دوره دو به یک نمایش داد. آزمون‌های پایداری تفسیر یک جرمی را ترجیح می‌دهند، اما مدل را به تصویر تبدیل نمی‌کنند و همه شکل‌های تغییرپذیری آهسته کوتوله قهوه‌ای را رد نمی‌کنند.

The Clean Paper CC BY 0.4

محاسبات پایداری مقایسه را دقیق‌تر می‌کنند. بیشتر آرایش‌های دوهمرای آزمایش شده طی چند صد سال شبیه‌سازی شده یکی از اجرام را بیرون انداختند. آرایش‌های باقی‌مانده در ناحیه‌ای باریک و نامعمول قرار داشتند که در آن مدارها تقریباً در یک صفحه بودند اما در جهت‌های مخالف حرکت می‌کردند. ستاره میزبان نیز نواحی ناپایدار دیگری ایجاد می‌کرد.

این دلیل است برای ترجیح یک همراه خروج از مرکزدار نسبت به سامانه‌های دوهمرای آزمایش شده. اما اثبات نمی‌کند طبیعت مدل ساده‌تر را انتخاب کرده است. آزمون پایداری پس از اندازه‌گیری سرعت‌های شعاعی، تفسیرهای ممکن را فیلتر می‌کند؛ نقطه مشاهده شده دیگری به منحنی اضافه نمی‌کند.

چگونه یک مدار خروج از مرکزدار می‌تواند شبیه دو مدار دایره‌ای باشد؟

آن به اعوجاج‌هایی مرکزدار از خروج مدار می‌سازد. شعاعی سرعت در تکرار شونده‌ای و ساده موج کامل دایره‌ای مدار یک اصلی ریتم یکی که شوند جمع هم با طوری می‌توانند یک به دو نسبت نزدیک دوره‌های با دایره‌ای مدار دو می‌کند. اضافه موج بدهد. آن به مشابهی اعوجاج دیگری و بسازد را این یک دژنراسی مداری است: سامانه‌های فیزیکی متفاوت اندازه‌گیری‌های مشابه می‌سازند. رصدهای بیشتر در زمان‌هایی که مدل‌ها سرعت‌های متفاوتی پیش‌بینی می‌کنند می‌توانند این گره را باز کنند. آزمون دینامیکی با پرسیدن این که آیا هر سامانه پیشنهادی می‌تواند دوام بیاورد کمک می‌کند، اما جای آن رصدها را نمی‌گیرد.

آیا ریتم می‌تواند از خود کوتوله قهوه‌ای بیاید؟

کوتوله قهوه‌ای یک جرم آزمایشی خاموش نیست. جوآن می‌چرخد، ابر تشکیل می‌دهد و ممکن است فعالیت مغناطیسی داشته باشد. تغییر الگوهای سطحی می‌تواند شکل خطوط طیفی را عوض کند و حرکت را تقلید کند.

حداکثر دوره چرخش برآوردی B 2722 CD-35 حدود 65.0 روز است، بسیار کوتاه‌تر از 171 روز. تیم در مدل‌های فعالیتی که آزمایش کرد سیگنال چرخشی کوتاه و قوی، یا سیگنال قانع‌کننده شبیه ابر یا دانه‌بندی، پیدا نکرد. آن‌ها نمونه‌برداری سالانه و کمیت‌های ابزاری را نیز بررسی کردند، بدون آن که چیزی هم‌خوان با ریتم 171 روزه بیابند.

این آزمون‌ها گزینه‌های جایگزین را محدود می‌کنند، اما مقاله ادعا نمی‌کند همه تغییرپذیری ذاتی حذف شده است. فعالیت مغناطیسی یا گردش جوی بلندمدت در کوتوله قهوه‌ای را در اصل نمی‌توان رد کرد. این احتمال باقی‌مانده باید در کنار مدل‌های مداری دیده شود، نه پس از آن پنهان گردد.

Four levels of evidence, not one confirmation

Each level answers a different question.

1 MEASUREMENTS

23 nightly radial velocities

limited phase coverage
four low-velocity epochs
carry substantial weight

2 PATTERN

strong ~171-day periodicity

crosses the 0.1% false-alarm threshold for the tested periodicity

3 MODEL

if orbital:
one companion preferred

two-object fit remains;
stability is a plausibility filter

4 TAXONOMY

exosatellite evidence

"exomoon" has no settled boundary here;
not a first confirmation

THE JUMP FROM PATTERN TO ORBIT REMAINS CONDITIONAL

- tested controls show no annual or activity match; slow brown-dwarf variability remains possible in principle

Original diagram - The Clean Paper - CC BY 4.0

شواهد از چند سطح مجزا بالا می‌روند: 23 سرعت شعاعی شبانه با پوشش فاز محدود، یک تناوب قوی تقریباً 171 روزه، یک مدل ترجیحی تک‌همراه اگر سیگنال مداری باشد، و در نهایت برچسب حل‌نشده «اگزوما». این نردبان اندازه‌گیری، الگوی آماری، تفسیر فیزیکی و طبقه‌بندی را از هم جدا می‌کند؛ پیکان تأیید نیست.

The Clean Paper CC BY 0.4

آیا این یک اگزوماه است؟

در منظومه شمسی، ماه به دور سیاره می‌گردد. B 2722 CD-35 یک کوتوله قهوه‌ای است و جرم واقعی همراه استنباط‌شده هنوز معلوم نیست. وقتی یک جرم نزدیک مرز سیاره-کوتوله قهوه‌ای و جرم دیگر نزدیک مرز ماه-سیاره قرار می‌گیرد، نام‌های آشنا شروع به از

دست دادن وضوح می‌کنند.

مقاله ادعای نخستین اگزوماه تأیید شده را ندارد. می‌گوید هنوز هیچ اگزوماهی با اطمینان آشکار نشده، شواهدی برای یک اگزوماهواره با جرم سیاره‌ای ارائه می‌کند و این سامانه را گاهی به سوی آشکارسازی‌ای بی‌بحث تر می‌داند. بحث درباره‌ی تازگی احتمالی نیز به صورت شرطی آغاز می‌شود: اگر سیگنال واقعی از آب درآید.

این احتیاط نتیجه را بی‌ارزش نمی‌کند. اندازه‌گیری سرعت شعاعی مستقیم از یک کوتوله‌ی قهوه‌ای کم‌نور همراه دشوار است. اگر رصدهای ادامه‌دار سیگنال را حفظ کنند، سامانه نشان خواهد داد روش‌های جست‌وجوی سیاره می‌توانند یک سطح دیگر در سلسله‌مراتب اجرام آسمانی پایین برونند.

یک فصل رصدی دیگر فقط نقطه‌های بیشتری اضافه نمی‌کند. مدل‌های یک‌همراهی و دوهراهی در زمان‌های خاص آینده سرعت‌های متفاوتی پیش‌بینی می‌کنند. اندازه‌گیری‌هایی که فازهای گمشده مدار را پر کنند می‌توانند ماندگاری ریتم 171 روزه را آزمایش کنند، اثر چهار نقطه‌ی پایین را کاهش دهند و باعث شوند منحنی‌های رقیب از هم جدا شوند.

فعلاً صادقانه‌ترین تصویر، ماه تازه‌ای نیست که کنار یک کوتوله‌ی قهوه‌ای آویزان باشد. یک طیف است که شب پس از شب تکرار شده و جابه‌جایی تناوبی کوچکی در خود دارد. شاید جهانی درون این ریتم باشد. دستاورد اصلی این است که یاد بگیریم تا چه اندازه می‌توان از آن استنباط کرد، بدون آن که وانمود کنیم استنباط از همین حالا کامل شده است.

خلاصه روشن

اخترشناسان در 23 شب با کیفیت بالا بین اکتبر 2023 و فوریه 2026 سرعت شعاعی کوتوله‌ی قهوه‌ای تصویربرداری شده مستقیم CD-35 B 2722 را اندازه گرفتند. خطوط طیفی آن جابه‌جایی تناوبی قوی نزدیک 171 روز نشان می‌دهند. مدل مداری ترجیحی یک همراه خروج از مرکزدار با جرم کمینه نزدیک 92.0 جرم مشتری دارد، اما جرم واقعی به دلیل نامعلوم بودن میل مدار شناخته نشده است. دو همراه تقریباً دایره‌ای می‌توانند همان سیگنال کلی را تقلید کنند، هرچند بیشتر آرایش‌های دوجرمی آزمایش شده از نظر دینامیکی ناپایدار بودند. چهار نوبت با سرعت پایین تأثیرگذارند و پوشش فاز مداری محدود است: رصدها فقط بخش‌های انتخابی از چرخه احتمالی 171 روزه را می‌بینند، نه همه فازها را به طور پیوسته. آزمون‌ها چرخش، نمونه‌برداری سالانه، آب‌وهوا یا ویژگی‌های ابزاری بررسی شده را منبع سیگنال تشخیص ندادند، اما تغییرپذیری بلندمدت کوتوله‌ی قهوه‌ای در اصل رد نشده است. جرم نامرئی مستقیماً تصویربرداری نشده، مدل تک‌جرمی ترجیح داده می‌شود نه تأیید، و قاعده پذیرفته‌شده‌ای وجود ندارد که بگوید جرم سیاره‌ای به دور کوتوله‌ی قهوه‌ای الزاماً اگزوماه است.

بررسی بدون اغراق

چه چیزی مشاهده شد: 23 اندازه‌گیری شبانه سرعت شعاعی CD-35 B 2722 دارای تناوب قوی تقریباً 171 روزه‌اند. خود کوتوله‌ی قهوه‌ای مستقیماً تصویربرداری شده، همراه پیشنهادی نشده است.

نویسندگان چه چیزی را ترجیح می‌دهند: اگر سیگنال مداری باشد، یک همراه خروج از مرکزدار با جرم کمینه نزدیک جرم مشتری ساده‌ترین تفسیر دینامیکی معقول برای داده‌های فعلی است.

چه چیزی باز می‌ماند: دو همراه می‌توانند سرعت‌های شعاعی را برازش دهند، هرچند سامانه‌های آزمایش شده معمولاً ناپایدارند؛ تغییرپذیری بلندمدت کوتوله‌ی قهوه‌ای در اصل رد نشده؛ و زاویه دید نامعلوم جرم واقعی همراه را نامشخص می‌گذارد.

مقاله چه چیزی را تثبیت نمی‌کند: نخستین اگزوماه تأیید شده، ماهواره‌ای که مستقیماً دیده شده، دقیقاً یک جرم در مدار، جرم واقعی

92.0 مشتری، یا احتمال 99.9% برای درست بودن مدل فیزیکی ترجیحی.

چه چیزی اطمینان را افزایش می‌دهد: اندازه‌گیری‌های ادامه‌دار سرعت شعاعی که فازهای بیشتری از مدار را پوشش دهند، ماندگاری سیگال 171 روزه را آزمایش کنند و زمان‌هایی را نمونه‌برداری کنند که مدل‌های یک‌همراهی و دوهمراهی پیش‌بینی‌های متفاوتی دارند.

منابع

(2026) 869-865 ,655 Nature star, a of companion substellar the around detected exosatellite Planetary-mass al., et Hoy
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10751-w>
Nature_Hoy-2026 for code analysis and data reduced al., et Hoy
https://github.com/kevinmhoy/Nature_Hoy-2026