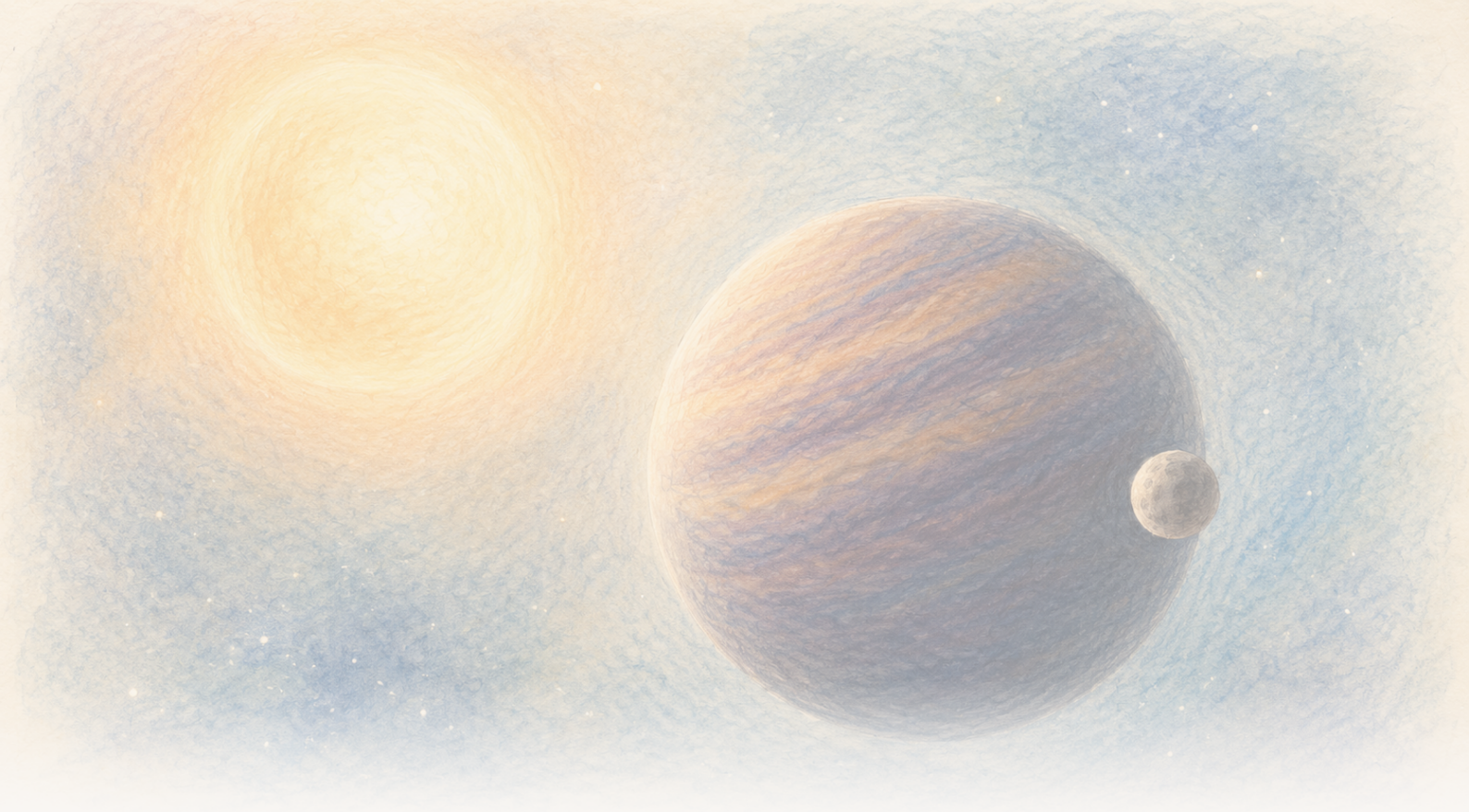


The Clean Paper

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

Una nana bruna sembra oscillare ogni 171 giorni. Potrebbe essere trascinata da un mondo nascosto, ma i dati ne consentono ancora due

Ventitré spettri di alta qualità rivelano un forte spostamento periodico nel moto di CD-35 2722 B. Il modello preferito prevede un compagno su un'orbita eccentrica, con massa minima vicina a quella di Giove, ma un modello con due oggetti può imitare lo stesso segnale; in linea di principio rimane possibile una lenta variabilità della nana bruna e qui il termine «esoluna» non ha confini condivisi.

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, 865-869 (2026) · DOI: 10.1038/s41586-026-10751-w

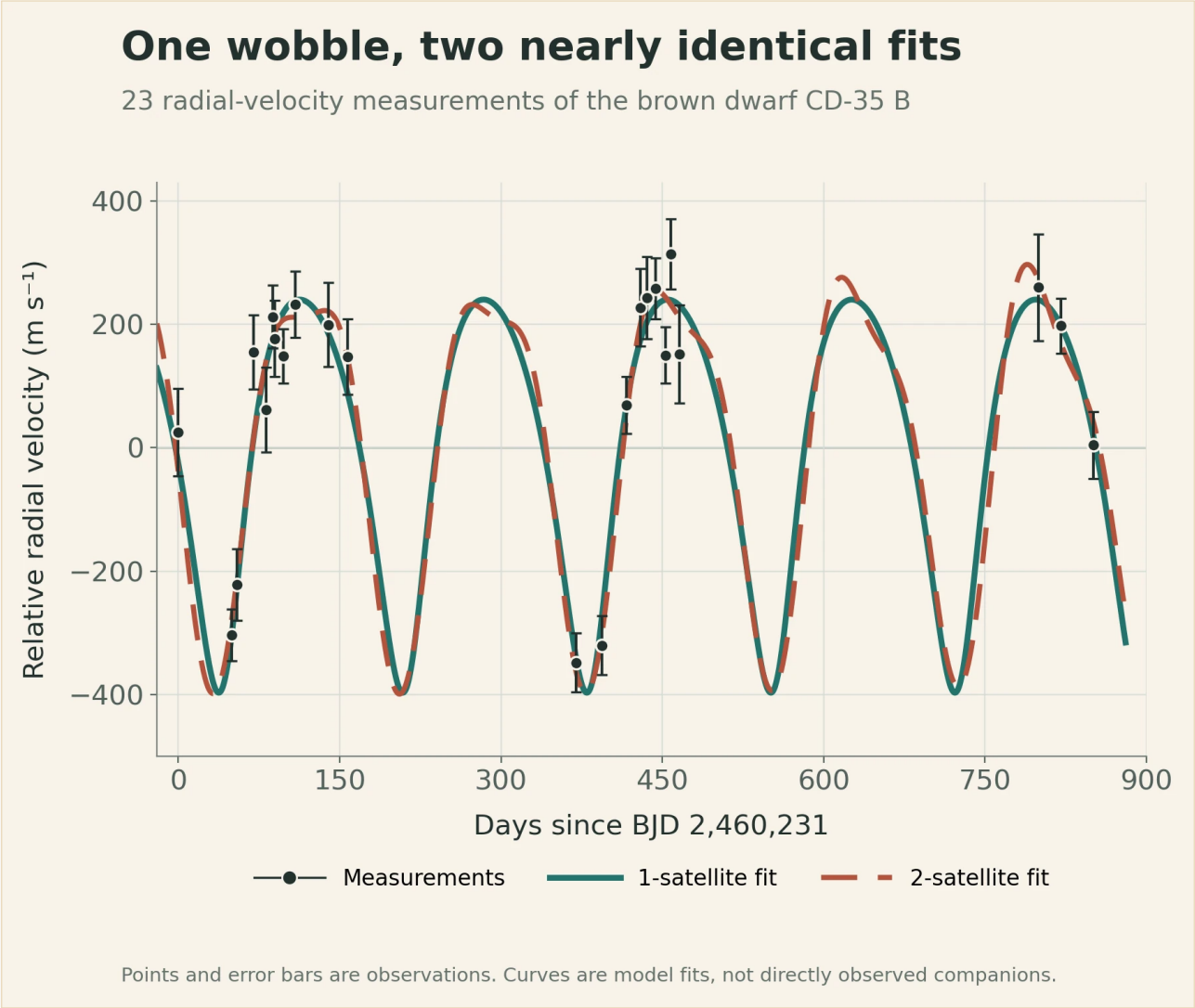
Una nana bruna sembra oscillare ogni 171 giorni. Potrebbe essere trascinata da un mondo nascosto, ma i dati ne consentono ancora due

Gli astronomi possono vedere CD-35 2722 B come un punto luminoso distinto dalla stella intorno alla quale orbita. È una nana bruna, appartenente all'intervallo di massa tra i pianeti giganti e le stelle: con circa 37 masse gioviane, è più massiccia di un tipico pianeta gigante, ma non è una normale stella che brucia idrogeno. Non possono invece vedere l'oggetto più piccolo che potrebbe orbitare intorno alla nana bruna stessa. Se confermato, questo oggetto più interno renderebbe il sistema la prima gerarchia osservata con un satellite intorno a un oggetto substellare più grande, che a sua volta orbita intorno a una stella.

Quello che vedono è invece un ritmo. In alcune notti, la luce della nana bruna è leggermente spostata mentre l'oggetto si muove verso la Terra. In altre, lo spostamento indica che la nana bruna si sta allontanando. Lo schema si ripete circa ogni **171 giorni**.

Questo moto avanti e indietro è proprio ciò che può produrre un compagno invisibile: quando due oggetti orbitano intorno a un centro di massa comune, il più piccolo gira intorno al più grande, ma anche il più grande compie un'orbita molto più piccola. Se questo ritmo è orbitale, un nuovo articolo su Nature presenta un oggetto di massa planetaria come spiegazione preferita dell'oscillazione misurata intorno a CD-35 2722 B.

È una possibilità notevole, non la fotografia di una luna. Ventitré notti di osservazioni di alta qualità rivelano un forte segnale periodico. Per trasformare quel segnale in un mondo serve un modello, e i dati attuali consentono ancora più di un'architettura. Non escludono inoltre del tutto lenti cambiamenti della nana bruna stessa.



I punti neri e le barre d'errore sono le 23 misure notturne della velocità radiale. Le curve continua e tratteggiata sono i migliori adattamenti rispettivamente con uno e due satelliti. La loro quasi sovrapposizione mostra perché i dati possano rivelare un'oscillazione periodica senza determinare ancora l'architettura del sistema; nessuna delle due curve è un'immagine diretta di un compagno.

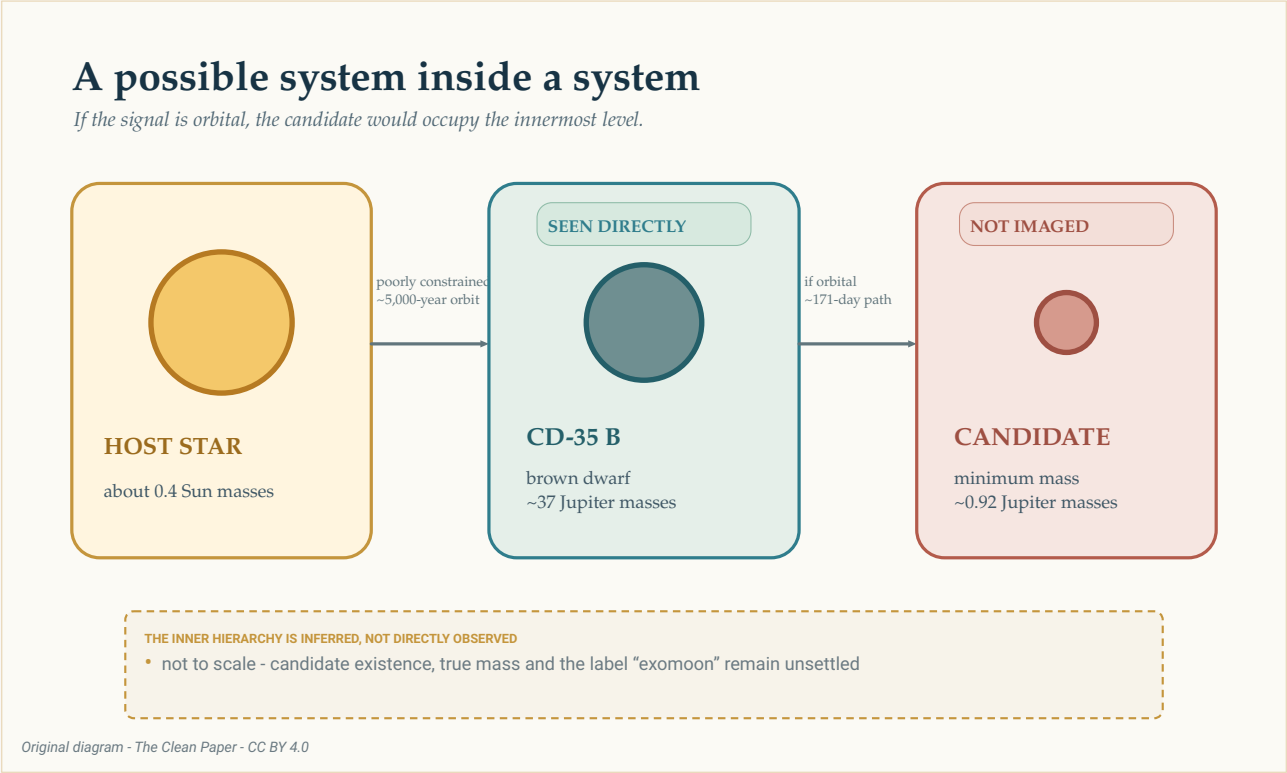
Original chart — The Clean Paper; data from Hoy et al., Nature (2026), Figure 1 source workbook CC BY 4.0

Un sistema dentro un sistema

CD-35 2722 B è una **nana bruna**: un oggetto tra categorie più familiari. È più massiccia di un tipico pianeta gigante, ma non abbastanza da brillare come una normale stella che fonde idrogeno. L'articolo usa una massa stimata di circa **37 Giovi**.

La nana bruna è stata scoperta mediante imaging diretto, cioè i telescopi hanno risolto la sua luce separandola da quella della stella ospite. Nel cielo appare a circa 2,8 secondi d'arco dalla stella. L'ampia orbita che collega la coppia è poco conosciuta, ma le stime attuali suggeriscono un percorso molto allungato, della durata di circa **5.000 anni**.

Se il segnale periodico è orbitale, l'architettura dedotta collocherebbe il candidato un livello più in profondità: una stella orbitata da una nana bruna, a sua volta orbitata da un compagno di massa planetaria.



Se il segnale è orbitale, il candidato occuperebbe il livello più interno di questa possibile gerarchia. Soltanto la nana bruna è stata osservata direttamente. L'orbita esterna intorno alla stella è poco vincolata, mentre il percorso interno di circa 171 giorni è inferito dall'oscillazione misurata della nana bruna. Dimensioni e distanze non sono in scala.

The Clean Paper CC BY 4.0

Questa possibile gerarchia è facile da disegnare. La sua realtà fisica e il suo vocabolario non sono però stabiliti. Un corpo di massa planetaria che orbita intorno a una nana bruna è una luna, un pianeta o semplicemente un satellite? Gli astronomi non dispongono di una regola accettata che risolva la questione. L'articolo usa quindi il termine più ampio **esosatellite**.

Come 23 notti sono diventate un'oscillazione

Il gruppo ha osservato CD-35 2722 B — si veda la sua scheda in NASA Eyes on Exoplanets — con CRIRES+, uno spettrografo ad alta risoluzione installato sul Very Large Telescope dell'Osservatorio Europeo Australe. Tra ottobre 2023 e febbraio 2026 ha ottenuto 26 epoche osservative. Una aveva un segnale insufficiente e due, acquisite in cattive condizioni meteorologiche, sono state scartate e ripetute, lasciando **23 notti di alta qualità**.

Uno spettrografo scompone la luce in un fitto schema di righe. Quando la sorgente si muove verso

la Terra o se ne allontana, queste righe si spostano di una quantità minuscola. Le misure ripetute di questo moto lungo la linea di vista sono chiamate **velocità radiali**. Non mostrano il corpo nascosto. Mostrano come il corpo osservato potrebbe muoversi sotto l'attrazione di qualcosa di invisibile.

La periodicità più forte nelle misure si trova vicino a 170 giorni. Supera la **soglia dello 0,1% per la probabilità di falso allarme** dello studio. Questa soglia chiede con quale frequenza il rumore, date le ipotesi del test, produrrebbe un picco nel periodogramma almeno altrettanto forte. Non equivale a una probabilità del 99,9% che esista un satellite e, da sola, non dice nulla sul fatto che vi siano uno o due compagni.

> **Che cosa può stabilire un segnale di velocità radiale?**
>
> La velocità radiale trasforma spostamenti ripetuti delle righe spettrali in misure del moto verso l'osservatore o in direzione opposta. Uno schema ricorrente può essere adattato alle equazioni di un'orbita, permettendo ai ricercatori di dedurre un periodo, l'ampiezza dell'oscillazione misurata e una massa minima del compagno.
> Il metodo, tuttavia, non fotografa direttamente il compagno. Anche l'atmosfera di una stella o di un oggetto substellare può spostare le righe spettrali; il calendario delle osservazioni può creare ritmi ingannevoli; diverse configurazioni orbitali possono imitarsi. Il segnale, la sua spiegazione fisica e il nome assegnato all'oggetto dedotto sono tre questioni separate.

Prima della risposta orbitale, merita attenzione il campionamento. Quattro misure particolarmente basse della velocità radiale hanno un peso notevole nello schema. Sono avvenute in due coppie, in buone condizioni dichiarate, e nessuna singola misura ha creato il segnale quando gli autori hanno ripetuto l'analisi rimuovendo un punto alla volta. Nonostante ciò, è stata campionata soltanto una parte delle possibili fasi orbitali. Ventitré notti distribuite su più di due anni non equivalgono a una copertura continua.

Gli autori hanno anche verificato un possibile artefatto semestrale. Una correzione imperfetta del moto variabile della Terra o del profilo strumentale potrebbe creare un falso segnale annuale che, a causa del campionamento, viene aliasato a metà anno terrestre, cioè **182,5 giorni**. Il periodo preferito è di **171,11 giorni**, con un'incertezza di +0,53/-0,36 giorni; gli autori riferiscono che dista circa 20 deviazioni standard da 182,5 giorni. Non riportano inoltre correlazioni con il moto variabile della Terra, il seeing, il vapore acqueo atmosferico o le proprietà strumentali esaminate. Sono controlli importanti. Rendono una spiegazione orbitale abbastanza convincente da meritare un modello, ma non identificano da soli l'oggetto.

La risposta orbitale più semplice: un compagno

Nel modello preferito, un oggetto percorre ogni 171,11 giorni un'orbita eccentrica, cioè piuttosto allungata, intorno alla nana bruna. L'orbita adattata ha un'eccentricità di circa **0,27** e un semiasse maggiore di circa **0,200 unità astronomiche**: all'incirca un quinto della distanza media Terra-Sole.

L'oscillazione misurata ha un'ampiezza di circa **318 metri al secondo**. Da questo moto, il modello

ricava per il compagno una massa minima di circa **0,92 volte la massa di Giove**.

La parola *minima* è importante. La velocità radiale misura soltanto la componente del moto orbitale diretta verso di noi o in direzione opposta. Se un'orbita è vista di taglio, gran parte del suo moto appare lungo questa linea. Se è vista più frontalmente, gran parte del moto attraversa il cielo e per produrre la stessa oscillazione misurata serve un compagno più massiccio.

Gli astronomi scrivono il risultato come **m sin(i)**: la massa moltiplicata per il seno dell'inclinazione ignota dell'orbita, cioè dell'angolo da cui la osserviamo. I dati vincolano quel prodotto, non la massa vera presa da sola. Circa 0,92 masse gioviane è quindi un limite inferiore, non la misura della massa esatta dell'oggetto.

> **Perché l'angolo di osservazione nasconde la massa?**
>
> Immaginate di guardare di lato una pista circolare. Il corridore si muove ripetutamente verso di voi e poi si allontana, per cui questa componente del moto è facile da misurare. Ora guardate la stessa pista dall'alto. Il corridore si sposta soprattutto attraverso il vostro campo visivo e quasi per nulla verso di voi o in direzione opposta.
> La velocità radiale vede soltanto la prima componente. Il fattore matematico `sin(i)` descrive quanta parte del moto orbitale punta lungo la nostra linea di vista. Finché l'inclinazione `i` non sarà nota, la massa dedotta rimarrà una massa minima.

Gli autori hanno poi chiesto se questa orbita potesse persistere anziché autodistruggersi rapidamente. I loro test numerici hanno trovato il modello con un solo compagno generalmente stabile. Ciò lo rende un'interpretazione fisicamente plausibile del segnale. Non costituisce una seconda rivelazione.

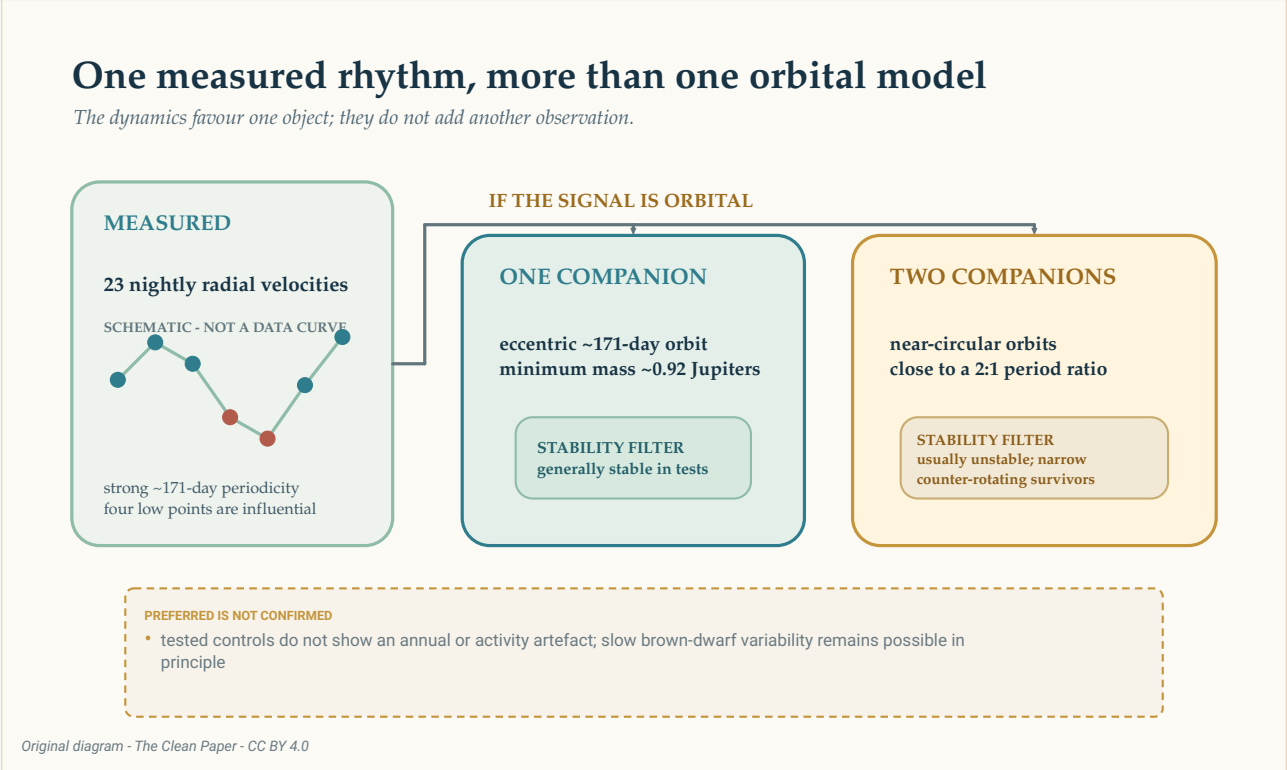
La risposta scomoda: due compagni possono imitarne uno

Un segnale di velocità radiale eccentrico presenta un'ambiguità nota. In alcune condizioni, due oggetti su orbite quasi circolari, con uno che impiega circa il doppio del tempo dell'altro, possono produrre uno schema combinato simile a quello di un solo oggetto su un'orbita allungata.

L'ambiguità compare anche qui. Un modello con due compagni può adattarsi alle misure attuali con un segnale esterno vicino a 171 giorni e un segnale interno di periodo più breve. Poiché i tempi delle osservazioni non campionano uniformemente tutte le fasi, il segnale più corto presenta diversi alias. Poiché le 23 notti selezionate lasciano lunghi intervalli, periodi di prova differenti possono contare numeri diversi di cicli non osservati tra una visita e l'altra e allinearsi comunque alle stesse misure. I periodi candidati vicini a 14, 70, 88 e 115 giorni sono quindi adattamenti alternativi di un unico segnale breve campionato male, non quattro ritmi rivelati indipendentemente.

Gli autori respingono la finestra poco vincolata tra 13 e 17 giorni. In quella regione, l'adattamento non isola un singolo periodo convincente: molte soluzioni ravvicinate al di sotto di circa 20 giorni possono riprodurre le misure a bassa cadenza, rendendo probabilmente l'intera finestra un artefatto del campionamento. Tra le finestre rimanenti, la soluzione di circa 88 giorni si adatta meglio delle

alternative vicine a 70 e 115 giorni, ma non abbastanza perché l'articolo rivendichi un secondo periodo noto. Nel miglior adattamento tabulato, la massa minima dell'oggetto esterno è di circa 0,87 masse gioviane e quella dell'oggetto interno di circa 0,22 masse gioviane. Questi numeri descrivono un modello sfavorito; non sono misure di due mondi accertati.



Se il segnale di circa 171 giorni è orbitale, lo stesso schema generale della velocità radiale può essere rappresentato da un compagno eccentrico oppure da due compagni su orbite quasi circolari, vicine a un rapporto di periodo due a uno. I test di stabilità favoriscono l'interpretazione con un solo oggetto, ma non trasformano un modello in un'immagine né escludono ogni forma di lenta variabilità della nana bruna.

The Clean Paper CC BY 4.0

I calcoli di stabilità rendono più netto il confronto. La maggior parte delle configurazioni con due compagni esaminate espelleva uno degli oggetti entro poche centinaia di anni simulati. Le configurazioni sopravvissute occupavano una regione stretta e insolita, nella quale le orbite erano quasi sullo stesso piano ma percorse in direzioni opposte. La stella ospite introduceva ulteriori regioni instabili.

È un motivo per preferire un compagno eccentrico ai sistemi con due compagni esaminati. Non è la prova che la natura abbia scelto il modello più semplice. La stabilità filtra le interpretazioni possibili dopo la misura delle velocità radiali; non aggiunge un altro punto osservato alla curva.

Come può un'orbita eccentrica sembrare due orbite circolari?

Un'orbita perfettamente circolare produce una semplice onda periodica della velocità radiale. Un'orbita eccentrica aggiunge distorsioni a quell'onda. Due orbite circolari con periodi vicini a un rapporto di due a uno possono combinarsi in modo che un segnale fornisca il ritmo

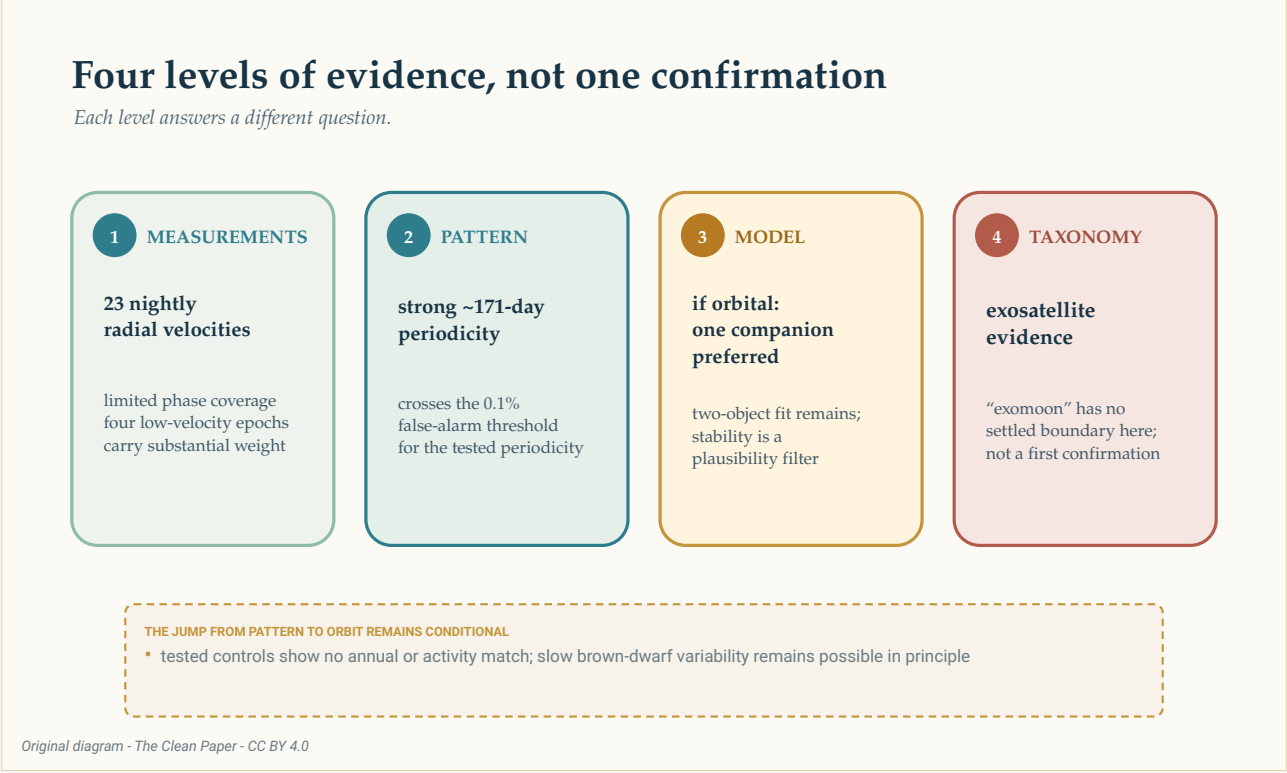
> principale e l'altro una distorsione simile.
> È una **degenerazione orbitale**: sistemi fisici diversi producono misure simili. Ulteriori osservazioni, eseguite quando i modelli prevedono velocità differenti, possono sciogliere il nodo. Un test dinamico aiuta chiedendo se ciascun sistema proposto potrebbe sopravvivere, ma non può sostituire quelle osservazioni.

Il ritmo potrebbe provenire dalla nana bruna?

Una nana bruna non è una massa di prova silenziosa. La sua atmosfera ruota, forma nubi e può mostrare attività magnetica. Schemi superficiali mutevoli possono alterare la forma delle righe spettrali e imitare un moto.

Il periodo massimo di rotazione stimato per CD-35 2722 B è di circa **0,65 giorni**, molto più breve di 171 giorni. Nei modelli di attività esaminati, il gruppo non ha recuperato né un forte segnale breve di rotazione né un segnale convincente simile a quello prodotto da nubi o granulazione. Ha esaminato anche il campionamento annuale e varie quantità strumentali senza trovare una corrispondenza con il ritmo di 171 giorni.

Questi controlli restringono le alternative, ma l'articolo non sostiene che sia stata eliminata ogni variabilità intrinseca. In linea di principio, non si possono escludere attività magnetica o circolazione atmosferica della nana bruna su scale temporali lunghe. Questa possibilità residua deve stare accanto ai modelli orbitali, non essere nascosta dopo di essi.



Le prove salgono attraverso livelli distinti: 23 velocità radiali notturne con una copertura limitata delle fasi, una forte periodicità di circa 171 giorni, un modello preferito con un compagno se il segnale è orbitale e, infine, l'etichetta ancora incerta di «esoluna». La scala separa misura, schema statistico, interpretazione fisica e tassonomia; non è una freccia di conferma.

The Clean Paper CC BY 4.0

È un'esoluna?

Nel Sistema Solare, una luna orbita intorno a un pianeta. CD-35 2722 B è una nana bruna e la vera massa del compagno inferito non è ancora nota. I nomi familiari iniziano a cedere quando un oggetto si trova vicino al confine tra pianeta e nana bruna e un altro vicino a quello tra luna e pianeta.

L'articolo non rivendica la prima esoluna confermata. Afferma che finora nessuna esoluna è stata rilevata con sicurezza, presenta prove di un **esosatellite** di massa planetaria e definisce il sistema un passo verso una rilevazione non controversa. La discussione della possibile novità comincia in modo condizionale: nel caso in cui il segnale si dimostri reale.

Questa cautela non svuota il risultato. Misurare direttamente le velocità radiali di una debole nana bruna compagna è difficile. Se ulteriori osservazioni conserveranno il segnale, il sistema mostrerà che i metodi di ricerca dei pianeti possono scendere di un altro livello in una gerarchia celeste.

Un'altra stagione osservativa può fare più che aggiungere punti. I modelli con uno e due compagni prevedono velocità diverse in particolari momenti futuri. Misure che riempiano le fasi orbitali mancanti possono verificare se il ritmo di 171 giorni persiste, ridurre il peso dei quattro punti bassi e far divergere le curve concorrenti.

Per ora, l'immagine più onesta non è quella di una nuova luna sospesa accanto a una nana bruna. È uno spettro, ripetuto notte dopo notte, che porta con sé un piccolo spostamento periodico. Dentro quel ritmo potrebbe esserci un mondo. Il risultato consiste nell'imparare quanto se ne possa dedurre senza fingere che l'inferenza sia già completa.

In breve

Gli astronomi hanno misurato la velocità radiale della nana bruna CD-35 2722 B, osservata direttamente, in 23 notti di alta qualità tra ottobre 2023 e febbraio 2026. Le sue righe spettrali mostrano un forte spostamento periodico vicino a 171 giorni. Il modello orbitale preferito contiene un compagno eccentrico con una massa minima vicina a 0,92 masse gioviane, ma la vera massa è ignota perché è ignota l'inclinazione orbitale. Due compagni su orbite quasi circolari possono imitare lo stesso segnale generale, benché la maggior parte delle configurazioni a due oggetti esaminate fosse dinamicamente instabile. Quattro epoche a bassa velocità sono influenti e la copertura delle fasi orbitali rimane limitata: le osservazioni campionano soltanto parti selezionate del possibile ciclo di 171 giorni, anziché seguirlo continuamente attraverso ogni fase. I test non hanno identificato

come sorgente del segnale la rotazione, il campionamento annuale, le condizioni meteorologiche o le proprietà strumentali esaminate, ma in linea di principio non si può escludere una variabilità della nana bruna su tempi lunghi. L'oggetto invisibile non è stato osservato direttamente, il modello con un solo oggetto è preferito ma non confermato e non esiste una regola condivisa secondo cui un corpo di massa planetaria in orbita intorno a una nana bruna debba essere chiamato esoluna.

Valutazione critica

Che cosa è stato osservato: 23 misure notturne della velocità radiale di CD-35 2722 B contengono una forte periodicità di circa 171 giorni. La nana bruna è stata osservata direttamente; il compagno proposto no.

Che cosa preferiscono gli autori: se il segnale è orbitale, un compagno eccentrico con una massa minima vicina a quella di Giove offre l'interpretazione dinamicamente plausibile più semplice dei dati attuali.

Che cosa rimane aperto: due compagni possono adattarsi alle velocità radiali, benché i sistemi esaminati siano in genere instabili; la variabilità della nana bruna su tempi lunghi non è esclusa in linea di principio; e l'angolo di osservazione ignoto lascia indeterminata la vera massa del compagno.

Che cosa non stabilisce l'articolo: la prima esoluna confermata, un satellite osservato direttamente, la presenza di esattamente un oggetto orbitante, una massa vera di 0,92 masse gioviane o una probabilità del 99,9% che il modello fisico preferito sia corretto.

Che cosa aumenterebbe la fiducia: ulteriori misure della velocità radiale che coprano più fasi orbitali, verifichino la persistenza del segnale di 171 giorni e campionino i momenti in cui i modelli con uno e due compagni fanno previsioni diverse.

Fonti

Hoy et al., Planetary-mass exosatellite detected around the substellar companion of a star, Nature 655, 865-869 (2026)
https://doi.org/10.1038/s41586-026-10751-w

Hoy et al., reduced data and analysis code for Nature_Hoy-2026
https://github.com/kevinmhoy/Nature_Hoy-2026