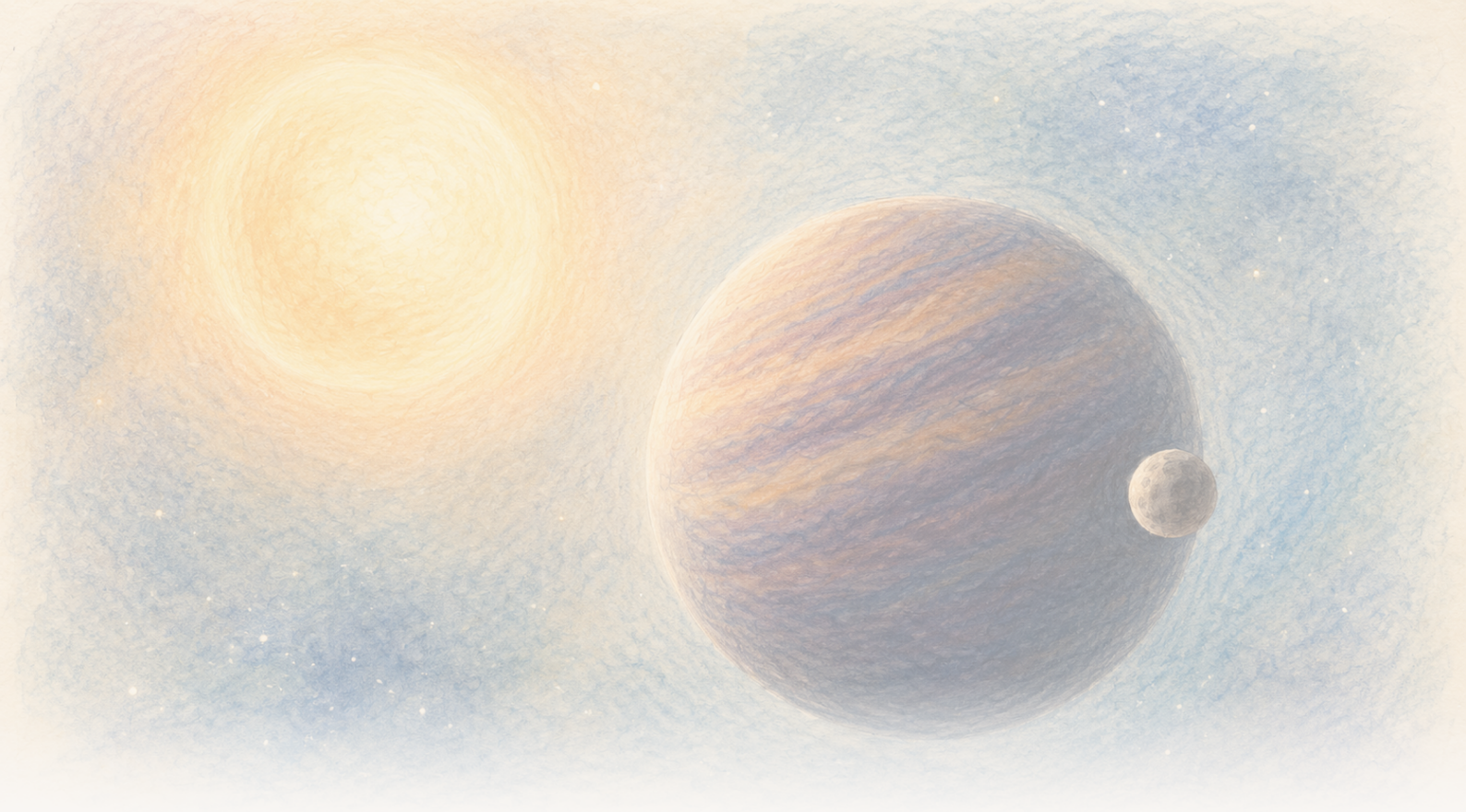


The Clean Paper

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

En brun dværg ser ud til at vakle hver 171. dag. Én skjult verden kan trække i den, men dataene tillader stadig to

Treogtyve radialhastighedsmålinger af den direkte afbildede brune dværg CD-35 2722 B viser en stærk periodicitet nær 171 dage. Den foretrukne forklaring er én uset ledsager med en minimumsmasse tæt på Jupiters, men to ledsagere kan efterligne signalet, og langsom variation i den brune dværg er ikke fuldstændigt udelukket. Det er en kandidat til en eksosatellit, ikke en direkte afbildet eller bekræftet eksomåne.

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

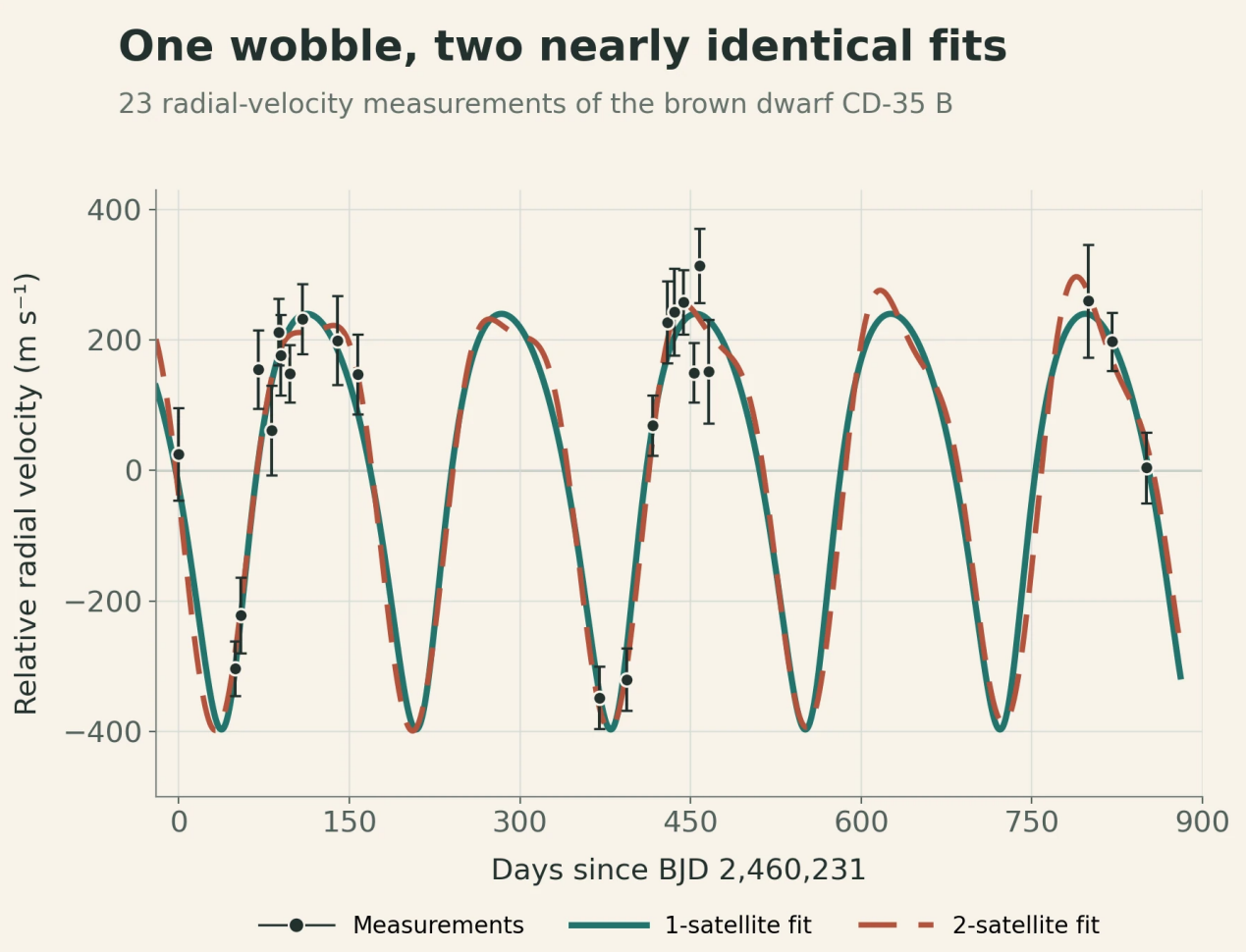
En brun dværg ser ud til at vakle hver 171. dag. Én skjult verden kan trække i den, men dataene tillader stadig to

Astronomer kan se CD-35 2722 B som sit eget lyspunkt, adskilt fra den stjerne, den kredser om. Den er en brun dværg, i masseområdet mellem kæmpeplaneter og stjerner: Med omtrent 37 Jupitermasser er den mere massiv end en typisk kæmpeplanet, men ikke en almindelig stjerne, der forbrænder brint. Det mindre objekt, som måske kredser om selve den brune dværg, kan de ikke se. Hvis det bliver bekræftet, vil dette være det første observerede hierarki med en satellit omkring et større substellart objekt, som selv kredser om en stjerne.

I stedet ser de en rytme. Nogle nætter er lyset fra den brune dværg forskudt en smule, fordi den bevæger sig mod Jorden. Andre nætter er det forskudt, fordi den bevæger sig væk. Mønstret gentager sig omtrent hver **171. dag**.

Denne frem-og-tilbage-bevægelse er, hvad en uset ledsager kan skabe: Når to objekter kredser om et fælles massecentrum, bevæger det mindre sig rundt om det større, men det større beskriver også en langt mindre løkke. Hvis rytmen skyldes en bane, præsenterer en ny Nature-artikel ét objekt med planetmasse som den foretrukne forklaring på den løkke, der er målt omkring CD-35 2722 B.

Det er en bemærkelsesværdig mulighed, ikke et fotografi af en måne. Treogtyve observationsnætter af høj kvalitet viser et stærkt periodisk signal. At gøre signalet til en verden kræver en model, og de nuværende data tillader stadig mere end én arkitektur. De udelukker heller ikke fuldstændigt langsomme ændringer i den brune dværg selv.



De sorte punkter og fejlmarginer er de 23 natlige radialhastighedsmålinger. De fuldt optrukne og stiplede kurver er de bedst tilpassede modeller med én og to satellitter. At de næsten overlapper, viser, hvorfor dataene kan afsløre en periodisk vaklen uden endnu at bestemme systemets arkitektur; ingen af kurverne er et direkte billede af en ledsager.

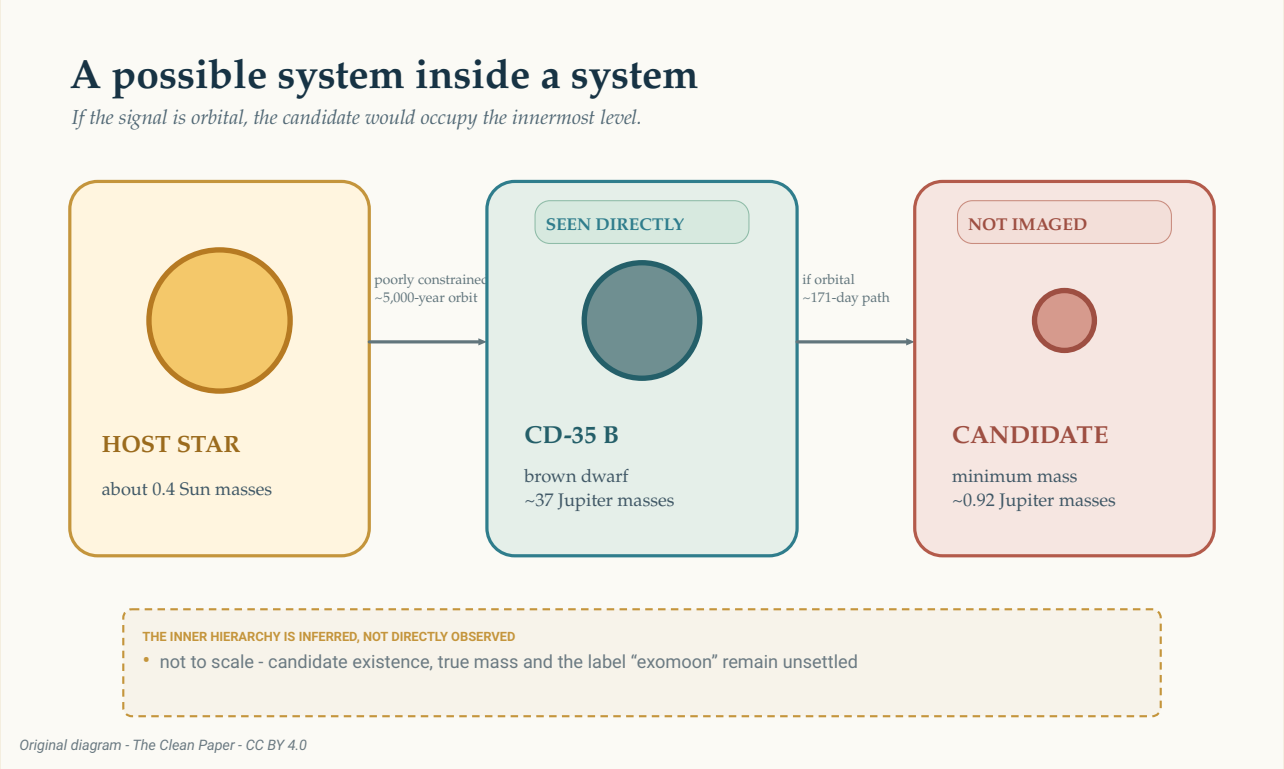
Original chart — The Clean Paper; data from Hoy et al., Nature (2026), Figure 1 source workbook CC BY 4.0

Et system inde i et system

CD-35 2722 B er en **brun dværg**: et objekt mellem velkendte kategorier. Den er mere massiv end en typisk kæmpeplanet, men ikke massiv nok til at lyse som en almindelig brintforbrændende stjerne. Artiklen bruger en beregnet masse på omtrent **37 Jupitermasser**.

Den brune dværg blev opdaget ved direkte afbildning, hvilket vil sige, at teleskoper adskilte dens lys fra værtsstjernens lys. På himlen ligger den omtrent 2,8 buesekunder fra stjernen. Den brede bane, der forbinder parret, er dårligt kendt, men de nuværende skøn antyder en meget langstrakt bane med en omløbstid på omtrent **5.000 år**.

Hvis det periodiske signal skyldes en bane, vil den udledte arkitektur placere kandidaten ét niveau dybere: en stjerne kredset af en brun dværg, med en ledsager med planetmasse i kredsløb om den brune dværg.



Hvis signalet skyldes en bane, vil kandidaten befinde sig på det inderste niveau i dette mulige hierarki. Kun den brune dværg er set direkte. Den ydre bane omkring stjernen er dårligt afgrænset, mens den omtrent 171 dage lange indre bane er udledt af den målte vaklen hos den brune dværg. Størrelser og afstande er ikke i målestok.

The Clean Paper CC BY 4.0

Det mulige hierarki er let at tegne. Den fysiske virkelighed og terminologien er ikke afgjort. Er et objekt med planetmasse, der kredser om en brun dværg, en måne, en planet eller blot en satellit? Astronomer har ingen accepteret regel, der afgør spørgsmålet. Artiklen bruger derfor det bredere ord **eksosatellit**.

Hvordan 23 nætter blev til en vaklen

Forskerholdet observerede CD-35 2722 B — se opslaget i NASA Eyes on Exoplanets — med CRIRES+, en højopløselig spektrograf på European Southern Observatorys Very Large Telescope. Mellem oktober 2023 og februar 2026 opnåede de 26 observationsepoker. Én havde for lidt signal, og to, der blev taget i dårligt vejr, blev kasseret og gentaget, så **23 nætter af høj kvalitet** stod tilbage.

En spektrograf spreder lys ud i et detaljeret mønster af linjer. Når kilden bevæger sig mod eller væk fra Jorden, forskydes linjerne ganske lidt. Gentagne målinger af denne bevægelse langs synslinjen kaldes **radialhastigheder**. De viser ikke det skjulte objekt. De viser, hvordan det observerede objekt

kan bevæge sig under et uset træk.

Den stærkeste periodicitet i målingerne ligger nær 170 dage. Den passerer studiets tærskel på **0,1 procent falsk-alarm-sandsynlighed**. Denne tærskel spørger, hvor ofte støj under testens antagelser ville producere en top i periodogrammet, som er mindst lige så stærk. Det er ikke en sandsynlighed på 99,9 procent for, at der findes en satellit, og den siger i sig selv intet om, hvorvidt der er én eller to ledsagere.

> **Hvad kan et radialhastighedssignal fastslå?**
>
> Radialhastighed omdanner gentagne forskydninger i spektrallinjer til målinger af bevægelse mod og væk fra observatøren. Et gentagende mønster kan tilpasses med baneligninger, så forskerne kan udlede en periode, størrelsen af den målte vaklen og en minimumsmasse for ledsageren.
> Metoden fotograferer imidlertid ikke ledsageren direkte. En stjerne- eller substellar atmosfære kan også forskyde spektrallinjer, observationsplaner kan skabe vildledende rytmer, og forskellige baneordninger kan efterligne hinanden. Signalet, den fysiske forklaring og navnet på det udledte objekt er separate spørgsmål.

Prøvetagningen fortjener opmærksomhed før den orbitale forklaring. Fire særligt lave radialhastighedsmålinger har betydelig vægt i mønstret. De forekom i to par under rapporteret gode forhold, og ingen enkelt af dem skabte signalet, da forfatterne gentog analysen efter at have fjernet ét punkt ad gangen. Alligevel er kun dele af de mulige banefaser dækket. Treogtyve nætter spredt over mere end to år er ikke det samme som kontinuerlig dækning.

Forfatterne testede også en mulig halvårsartefakt. En ufuldkommen korrektion for Jordens skiftende bevægelse eller instrumentprofilen kunne skabe et falsk årssignal, som prøvetagningen spejlede til et halvt jordår, eller **182,5 dage**. Den foretrukne periode er **171,11 dage**, med en usikkerhed på +0,53/−0,36 dage; forfatterne rapporterer, at dette er omtrent 20 standardafvigelser fra 182,5 dage. De rapporterer også ingen korrelation med Jordens skiftende bevægelse, seeing, atmosfærisk vanddamp eller de instrumentegenskaber, de undersøgte. Det er vigtige kontroller. De gør en orbital forklaring overbevisende nok til at modellere, men identificerer ikke objektet alene.

Det enkleste orbitale svar: én ledsager

I den foretrukne model følger ét objekt en excentrisk, altså noget langstrakt, bane omkring den brune dværg hver 171,11. dag. Den tilpassede bane har en excentricitet på omtrent **0,27** og en stor halvakse på omtrent **0,200 astronomiske enheder** — omkring en femtedel af den gennemsnitlige afstand mellem Jorden og Solen.

Den målte vaklen har en amplitude på omtrent **318 meter pr. sekund**. Ud fra denne bevægelse giver modellen ledsageren en minimumsmasse på omtrent **0,92 Jupitermasser**.

Ordet *minimum* er vigtigt. Radialhastighed måler kun den del af banebevægelsen, der går mod og

væk fra os. Hvis banen ses fra kanten, går det meste af bevægelsen langs denne linje. Hvis den ses mere ovenfra, går meget af bevægelsen på tværs af himlen, og der kræves en mere massiv ledsager for at frembringe den samme målte vaklen.

Astronomer skriver resultatet som **m sin(i)**: masse ganget med sinus til banens ukendte inklination, eller synsvinkel. Dataene afgrænser dette produkt, ikke den virkelige masse alene. Omtrent 0,92 Jupitermasser er derfor en nedre grænse, ikke en måling af objektets nøjagtige masse.

> **Hvorfor skjuler synsvinklen massen?**
>
> Forestil dig, at du ser en cirkulær løbebane fra siden. Løberen bevæger sig gentagne gange mod og væk fra dig, så denne komponent er let at måle. Se derefter ned på den samme bane ovenfra. Løberen bevæger sig hovedsageligt på tværs af synsfeltet og næsten ikke mod eller væk fra dig.
> Radialhastighed ser kun den første komponent. Den matematiske faktor `sin(i)` beskriver, hvor meget af banebevægelsen der peger langs synslinjen. Indtil inklinationen `i` er kendt, forbliver den udledte masse en minimumsværdi.

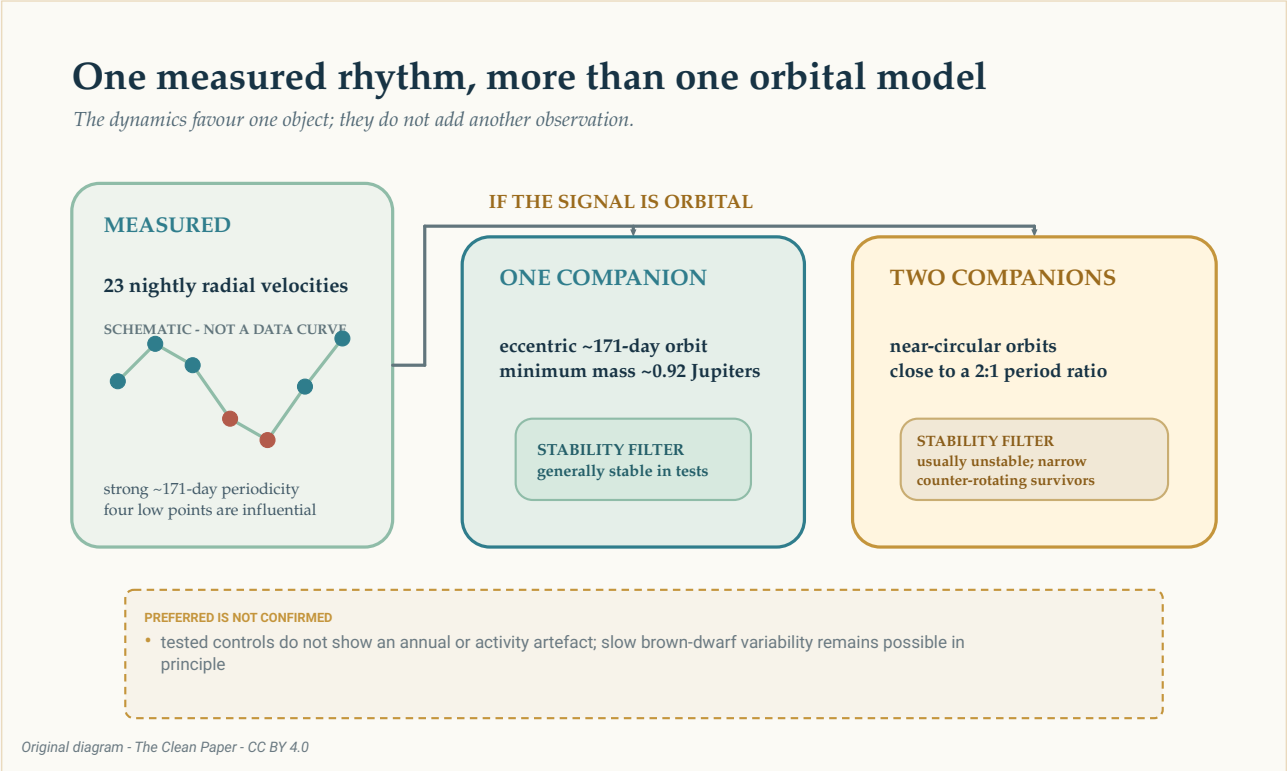
Forfatterne spurgte derefter, om banen kunne bestå i stedet for hurtigt at ødelægge sig selv. De numeriske test viste, at modellen med én ledsager for det meste var stabil. Det gør den til en fysisk plausibel fortolkning af signalet. Det udgør ikke en ny påvisning.

Det besværlige svar: To ledsagere kan efterligne én

Et excentrisk radialhastighedssignal har en kendt tvetydighed. Under visse forhold kan to objekter i næsten cirkulære baner, hvor det ene bruger omtrent dobbelt så lang tid som det andet, skabe et kombineret mønster, der ligner ét objekt i en langstrakt bane.

Denne tvetydighed findes her. En model med to ledsagere kan tilpasses de nuværende målinger med et ydre signal nær 171 dage og et indre signal med kortere periode. Fordi observationstidspunkterne ikke dækker alle faser jævnt, har det kortere signal flere aliaser. Fordi de 23 udvalgte nætter efterlader lange huller, kan forskellige prøveperioder rumme forskellige antal usete omløb mellem besøgene og stadig passe til de samme målinger. Kandidatperioderne nær 14, 70, 88 og 115 dage er derfor alternative tilpasninger af ét dårligt dækket kortere signal, ikke fire uafhængigt opdagede rytmer.

Forfatterne afviser vinduet på 13 til 17 dage som dårligt afgrænset. I dette område isolerer tilpasningen ingen overbevisende periode: Mange tætliggende løsninger under omtrent 20 dage kan gengive målingerne med lav frekvens, så hele vinduet sandsynligvis er en prøvetagningsartefakt. Blandt de resterende vinduer passer løsningen omkring 88 dage bedre end alternativerne omkring 70 og 115 dage, men ikke godt nok til, at artiklen hævder at kende en anden periode. I den tabulerede bedste tilpasning er minimumsmassen for det ydre objekt omtrent 0,87 Jupitermasser og for det indre omtrent 0,22 Jupitermasser. Disse tal beskriver en model, der ikke foretrækkes; de er ikke målinger af to etablerede verdener.



Hvis signalet på omtrent 171 dage skyldes en bane, kan det samme brede radialhastighedsmønster fremstilles med én excentrisk ledsager eller to næsten cirkulære ledsagere nær et periodeforhold på to til én. Stabilitetstest favoriserer fortolkningen med ét objekt, men gør ikke en model til et billede og udelukker ikke alle former for langsom variation i den brune dværg.

The Clean Paper CC BY 4.0

Stabilitetsberegningerne skærper sammenligningen. De fleste af de afprøvede ordninger med to ledsagere slyngede ét objekt ud inden for nogle få hundrede simulerede år. De overlevende konfigurationer befandt sig i et smalt og usædvanligt område, hvor banerne lå nær samme plan, men gik i modsat retning. Værtsstjernen skabte flere ustabile områder.

Det er en grund til at foretrække én excentrisk ledsager frem for de afprøvede systemer med to ledsagere. Det er ikke bevis for, at naturen valgte den enklere model. Stabilitet filtrerer mulige fortolkninger, efter at radialhastighederne er målt; den tilføjer ikke et nyt observeret punkt på kurven.

Hvordan kan én excentrisk bane ligne to cirkulære?

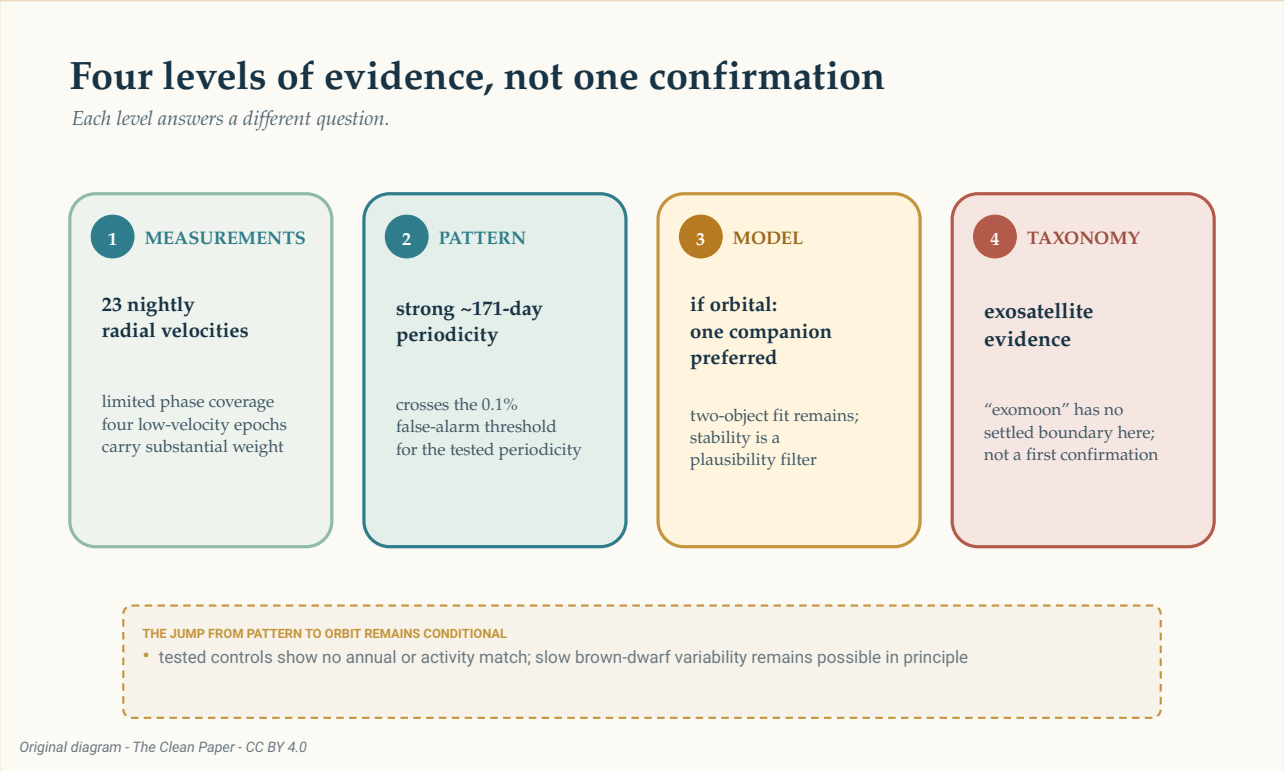
En perfekt cirkulær bane producerer en enkel, gentagende radialhastighedsbølge. En excentrisk bane føjer forvrængninger til denne bølge. To cirkulære baner med perioder nær et forhold på to til én kan kombineres, så det ene signal giver hovedrytmen og det andet en lignende forvrængning.
Dette er en **orbital degenerering**: Forskellige fysiske systemer giver lignende målinger. Flere observationer på tidspunkter, hvor modellerne forudsiger forskellige hastigheder, kan bryde ligheden. En dynamiktest hjælper ved at spørge, om hvert foreslået system kan overleve, men kan ikke erstatte disse observationer.

Kan rytmen komme fra den brune dværg?

En brun dværg er ikke en tavs testmasse. Dens atmosfære roterer, danner skyer og kan have magnetisk aktivitet. Skiftende overflademønstre kan ændre formen på spektrallinjer og efterligne bevægelse.

Den beregnede maksimale rotationsperiode for CD-35 2722 B er omtrent **0,65 dage**, langt kortere end 171 dage. Forskerholdet fandt intet stærkt kort rotationssignal eller et overbevisende sky- eller granulationslignende signal i de aktivitetsmodeller, de afprøvede. De undersøgte også årlig prøvetagning og instrumentstørrelser uden at finde overensstemmelse med rytmen på 171 dage.

Kontrollerne indsnævrer alternativerne, men artiklen hævder ikke, at al indre variation er udelukket. Magnetisk aktivitet eller atmosfærisk cirkulation over lange tidsrum i den brune dværg kan i princippet ikke udelukkes. Denne tilbageværende mulighed hører hjemme ved siden af banemodellerne, ikke skjult efter dem.



Evidensen stiger gennem klart adskilte niveauer: 23 natlige radialhastigheder med begrænset fasedækning, en stærk periodicitet på omtrent 171 dage, en foretrukken model med én ledsager, hvis signalet skyldes en bane, og til sidst den uafklarede betegnelse »eksomåne«. Stigen adskiller måling, statistisk mønster, fysisk fortolkning og taksonomi; den er ikke en bekræftelsespil.

The Clean Paper CC BY 4.0

Er det en eksomåne?

I solsystemet kredser en måne om en planet. CD-35 2722 B er en brun dværg, og den virkelige masse af den udledte ledsager er endnu ikke kendt. Velkendte betegnelser begynder at blive anstrengte, når det ene objekt ligger nær grænsen mellem planet og brun dværg og det andet nær grænsen mellem måne og planet.

Artiklen hævder ikke den første bekræftede eksomåne. Den siger, at ingen eksomåne endnu er blevet pålideligt opdaget, præsenterer evidens for en **eksosatellit** med planetmasse og kalder systemet et skridt mod en ubestridelig opdagelse. Diskussionen af mulig nyhed begynder betinget: hvis signalet viser sig at være reelt.

Denne forsigtighed gør ikke resultatet tomt. Det er vanskeligt at måle radialhastigheder direkte fra en lyssvag brun dværg, som selv er en ledsager. Hvis videre observationer bevarer signalet, vil systemet vise, at metoder til planetsøgning kan nå ét niveau dybere i et himmelsk hierarki.

En ny observationssæson kan gøre mere end blot at tilføje punkter. Modellerne med én og to ledsagere forudsiger forskellige hastigheder på bestemte fremtidige tidspunkter. Målinger, der udfylder de manglende banefaser, kan teste, om rytmen på 171 dage består, mindske indflydelsen fra de fire lave punkter og få de konkurrerende kurver til at skille sig ad.

Indtil videre er det mest ærlige billede ikke en ny måne, der hænger ved siden af en brun dværg. Det er et spektrum, som gentages nat efter nat og bærer en lille periodisk forskydning. Der kan være en verden inde i denne rytme. Bedriften er at lære, hvor meget der kan udledes uden at lade som om slutningen allerede er fuldført.

Kort fortalt

Astronomer målte radialhastigheden af den direkte afbildede brune dværg CD-35 2722 B på 23 nætter af høj kvalitet mellem oktober 2023 og februar 2026. Spektrallinjerne viser en stærk periodisk forskydning nær 171 dage. Den foretrukne banemodel indeholder én excentrisk ledsager med en minimumsmasse nær 0,92 Jupitermasser, men den virkelige masse er ukendt, fordi baneinklinationen er ukendt. To næsten cirkulære ledsagere kan efterligne det samme brede signal, selv om de fleste afprøvede konfigurationer med to objekter var dynamisk ustabile. Fire epoker med lav hastighed har stor indflydelse, og fasedækningen er fortsat begrænset: Observationerne dækker kun udvalgte dele af den mulige 171-dagescyklus i stedet for at følge den kontinuerligt gennem alle faser. Testene identificerede ikke rotation, årlig prøvetagning, vejr eller de undersøgte instrumentegenskaber som kilde, men langsom variation i den brune dværg kan i princippet ikke udelukkes. Det usete objekt blev ikke direkte afbildet, modellen med ét objekt foretrækkes, men er ikke bekræftet, og der findes ingen afgjort regel om, at et objekt med planetmasse omkring en brun dværg er en eksomåne.

Nøgtern vurdering

Hvad der blev observeret: Treogtyve natlige radialhastighedsmålinger af CD-35 2722 B indeholder en stærk periodicitet på omtrent 171 dage. Den brune dværg selv blev direkte afbildet; den foreslåede ledsager blev ikke.

Hvad forfatterne foretrækker: Hvis signalet skyldes en bane, er én excentrisk ledsager med en minimumsmasse nær Jupiters den enkleste dynamisk plausible fortolkning af de nuværende data.

Hvad der stadig er åbent: To ledsagere kan passe radialhastighederne, selv om de afprøvede systemer som regel er ustabile; langsom variation i den brune dværg er i princippet ikke udelukket; og den ukendte synsvinkel gør ledsagerens virkelige masse ubestemt.

Hvad artiklen ikke fastslår: En første bekræftet eksomåne, en direkte set satellit, præcis ét objekt i kredsløb, en virkelig masse på 0,92 Jupitermasser eller 99,9 procent sandsynlighed for, at den foretrukne fysiske model er rigtig.

Hvad der ville øge tilliden: Fortsatte radialhastighedsmålinger, som dækker flere banefaser, tester om signalet på 171 dage består og undersøger tidspunkter, hvor modellerne med én og to ledsagere giver forskellige forudsigelser.

Kilder

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