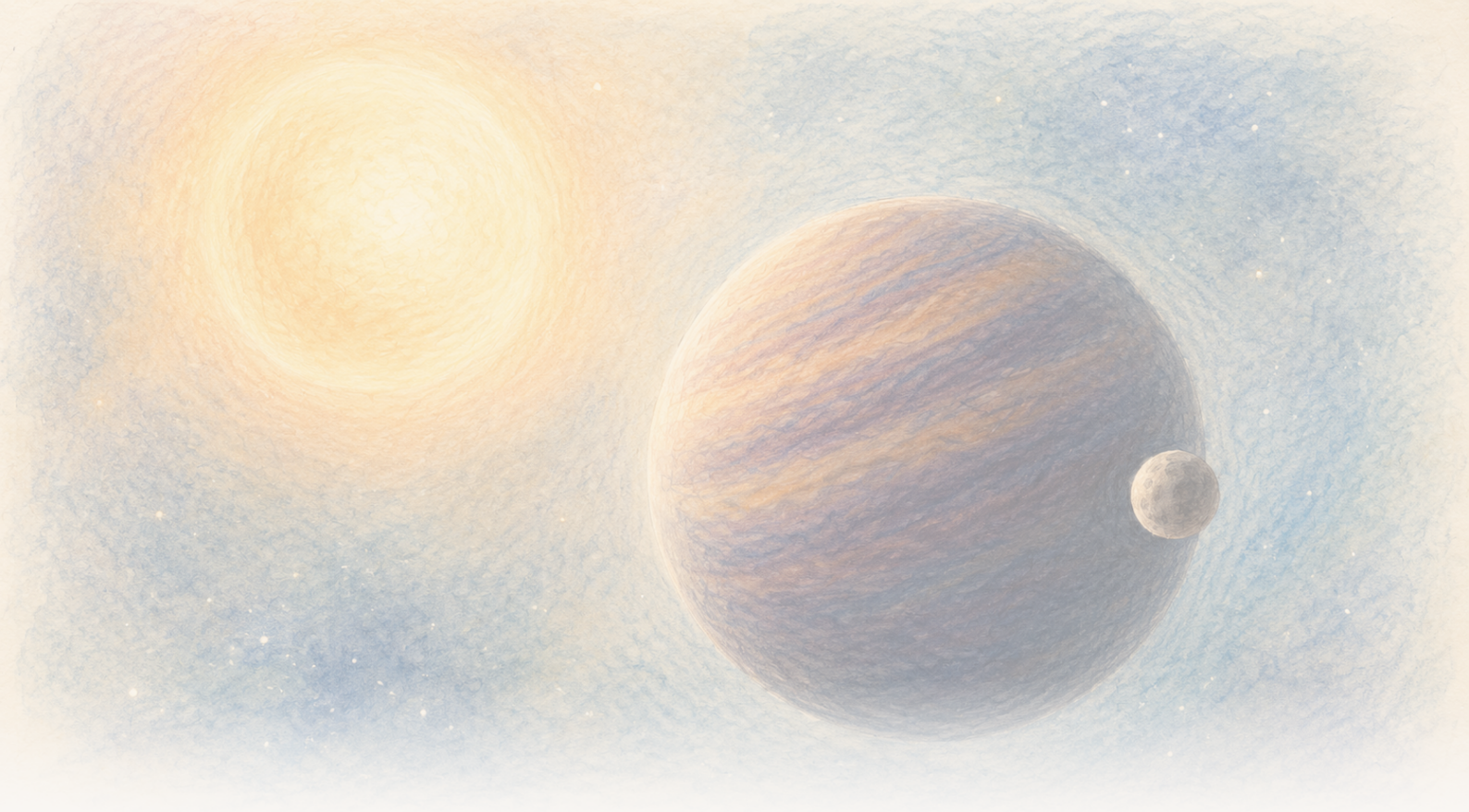


The Clean Paper

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

Një xhuxh kafe duket se lëkundet çdo 171 ditë. Mund ta tërheqë një botë e fshehur, por të dhënat ende lejojnë dy

Njëzet e tri spektre me cilësi të lartë zbulojnë një zhvendosje të fortë periodike në lëvizjen e CD-35 2722 B. Modeli i preferuar është një shoqërues ekscentrik me masë minimale afër asaj të Jupiterit, por një model me dy objekte mund ta imitojë të njëjtin sinjal, ndryshueshmëria e ngadaltë e xhuxhit kafe mbetet e mundur në parim dhe fjala 'ekzohënë' nuk ka kufi të vendosur këtu.

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

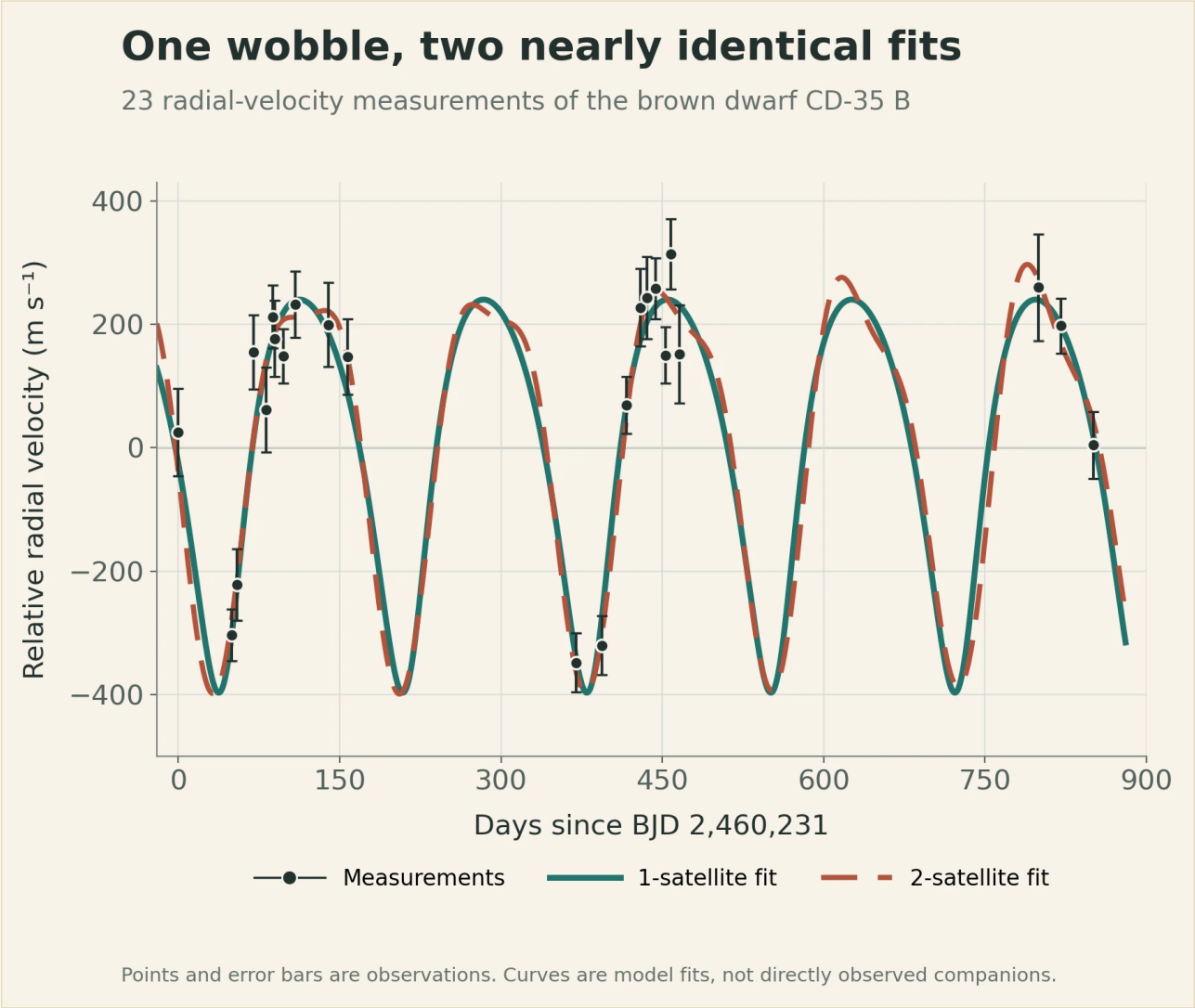
Një xhuxh kafe duket se lëkundet çdo 171 ditë. Mund ta tërheqë një botë e fshehur, por të dhënat ende lejojnë dy

Astronomët mund ta shohin CD-35 2722 B si një pikë drite më vete, të ndarë nga ylli rreth të cilit udhëton. Është një xhuxh kafe, në regjimin e masës midis planetëve gjigantë dhe yjeve: me afërsisht 37 masa të Jupiterit, është më masiv se një planet gjigant tipik, por jo një yll normal që djeg hidrogjen. Ata nuk mund ta shohin objektin më të vogël që mund të jetë duke orbituar vetë xhuxhin kafe. Nëse konfirmohet, ky objekt më i brendshëm do ta bënte këtë hierarkinë e parë të vëzhguar të një sateliti rreth një objekti më të madh nën-yjor që vetë orbiton një yll.

Ajo që shohin në vend të kësaj është një ritëm. Në disa net, drita e xhuxhit kafe zhvendoset pak teksa ai lëviz drejt Tokës. Në të tjera, zhvendoset ndërsa xhuxhi kafe largohet. Modeli përsëritet rreth çdo **171 ditë**.

Kjo lëvizje para-mbrapa është pikërisht ajo që mund të prodhojë një shoqërues i padukshëm: ndërsa dy objekte orbitojnë një qendër të përbashkët mase, më i vogli udhëton rreth më të madhit, por edhe më i madhi bën një lak shumë më të vogël. Nëse ky ritëm është orbital, një punim i ri në Nature paraqet një objekt me masë planetare si shpjegimin e preferuar për lakun e matur rreth CD-35 2722 B.

Është një mundësi e jashtëzakonshme, jo fotografi e një hëne. Njëzet e tri net vëzhgimi me cilësi të lartë zbulojnë një sinjal periodik të fortë. Shndërrimi i atij sinjali në një botë kërkon model, dhe të dhënat e tanishme ende lejojnë më shumë se një arkitekturë. Gjithashtu nuk përjashtojnë plotësisht ndryshime të ngadalta në vetë xhuxhin kafe.



Pikat e zeza dhe shiritat e gabimit janë 23 matjet e shpejtësisë radiale për çdo natë. Kurbat e plota dhe të ndërprera janë modelet me përshtatjen më të mirë për një dhe dy satelitë. Mbivendosja e tyre e afërt tregon pse të dhënat mund të zbulojnë një lëkundje periodike pa përcaktuar ende arkitekturën e sistemit; asnjë kurbë nuk është imazh i drejtpërdrejtë i një shoqëruesi.

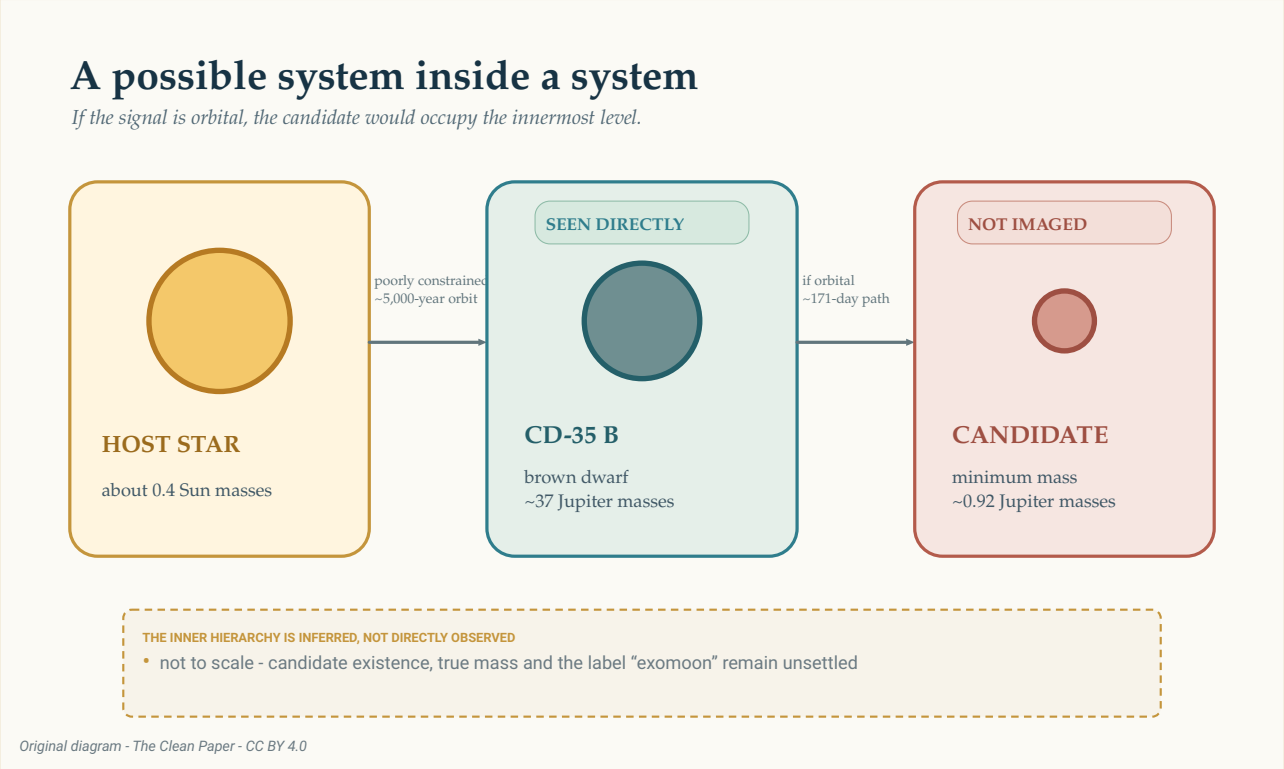
Original chart — The Clean Paper; data from Hoy et al., Nature (2026), Figure 1 source workbook CC BY 4.0

Një sistem brenda një sistemi

CD-35 2722 B është një **xhuxh kafe**: një objekt mes kategorive të njohura. Është më masiv se një planet gjigant tipik, por jo mjaftueshëm masiv për të ndriçuar si një yll normal që djeg hidrogjen. Punimi përdor një masë të vlerësuar prej rreth **37 Jupiterësh**.

Xhuxhi kafe u zbulua me imazheri të drejtpërdrejtë, që do të thotë se teleskopët e zgjidhën dritën e tij veçmas nga ajo e yllit pritës. Në qiell shfaqet rreth 2.8 sekonda harku larg yllit. Orbita e gjerë që lidh çiftin njihet dobët, por vlerësimet e tanishme sugjerojnë një trajektore shumë të zgjatur që zgjat afërsisht **5,000 vjet**.

Nëse sinjali periodik është orbital, arkitektura e inferuar do ta vendoste kandidatin një nivel më thellë: një yll i orbituar nga një xhuxh kafe, me një shoqërues me masë planetare që orbiton xhuxhin kafe.



Nëse sinjali është orbital, kandidati do të zinte nivelin më të brendshëm të kësaj hierarkie të mundshme. Vetëm xhuxhi kafe është parë drejtpërdrejt. Orbita e jashtme rreth yllit është e kufizuar dobët, ndërsa rruga e brendshme afërsisht 171-ditore inferohet nga lëkundja e matur e xhuxhit kafe. Madhësitë dhe distancat nuk janë në shkallë.

The Clean Paper CC BY 4.0

Kjo hierarki e mundshme vizatohet lehtë. Realiteti fizik dhe fjalori i saj nuk janë vendosur. A quhet një trup me masë planetare që orbiton një xhuxh kafe hënë, planet apo thjesht satelit? Astronomët nuk kanë një rregull të pranuar që e zgjidh pyetjen. Prandaj punimi përdor fjalën më të gjerë **ekzosatelit**.

Si u kthyen 23 net në një lëkundje

Ekipi vëzhgoi CD-35 2722 B (shih hyrjen e tij në NASA Eyes on Exoplanets) me CRIRES+, një spektrograf me rezolucion të lartë në Very Large Telescope të European Southern Observatory. Midis tetorit 2023 dhe shkurtit 2026, ata morën 26 epoka vëzhgimi. Njëra kishte shumë pak sinjal dhe dy të marra në mot të keq u hodhën poshtë e u përsëritën, duke lënë **23 net me cilësi të lartë**.

Një spektrograf e shpërndan dritën në një model të hollësishëm vijash. Kur burimi lëviz drejt ose larg Tokës, këto vija zhvendosen me një sasi shumë të vogël. Matjet e përsëritura të kësaj lëvizjeje përgjatë vijës së shikimit quhen **shpejtësi radiale**. Ato nuk tregojnë trupin e fshehur. Tregojnë si mund të jetë

duke lëvizur trupi i vëzhguar nën një tërheqje të padukshme.

Periodiciteti më i fortë në matje ndodhet pranë 170 ditëve. Ai kalon **pragun 0.1% të probabilitetit të alarmit të rremë** të studimit. Ky prag pyet sa shpesh zhurma, sipas supozimeve të testit, do të prodhonte një kulm periodogrami të paktën kaq të fortë. Nuk është probabilitet 99.9% që ekziston një satelit dhe vetë nuk thotë asgjë nëse ka një shoqërues apo dy.

> **Çfarë mund të vendosë një sinjal shpejtësie radiale?**
>
> Shpejtësia radiale i shndërron zhvendosjet e përsëritura të vijave spektrale në matje të lëvizjes drejt dhe larg vëzhguesit. Një model përsëritës mund të përshtatet me ekuacionet e një orbite, duke u lejuar studiuesve të inferojnë një periodë, madhësinë e lëkundjes së matur dhe një masë minimale të shoqëruesit.
> Por metoda nuk e fotografon drejtpërdrejt shoqëruesin. Atmosfera e një ylli ose objekti nën-yjor mund të zhvendosë gjithashtu vijat spektrale, oraret e vëzhgimit mund të krijojnë ritme mashtruese dhe konfigurime orbitale të ndryshme mund të imitojnë njëri-tjetrin. Sinjali, shpjegimi i tij fizik dhe emri që i jepet objektit të inferuar janë pyetje të ndara.

Kampionimi meriton vëmendje përpara përgjigjes orbitale. Katër matje veçanërisht të ulëta të shpejtësisë radiale kanë peshë të konsiderueshme në model. Ato ndodhën në dy çifte, nën kushte të raportuara si të mira, dhe asnjë pikë e vetme nuk e krijoi sinjalin kur autorët e përsëritën analizën duke hequr nga një pikë çdo herë. Megjithatë është kampionuar vetëm një pjesë e fazave të mundshme orbitale. Njëzet e tri net të shpërndara mbi më shumë se dy vjet nuk janë e njëjta gjë me mbulim të vazhdueshëm.

Autorët testuan gjithashtu një artefakt të mundshëm gjysmëvjetor. Një korrigjim i papërsosur për lëvizjen ndryshuese të Tokës ose për profilin e instrumentit mund të krijojë një sinjal vjetor të rremë që kampionimi e alias-on në gjysmën e një viti tokësor, ose **182.5 ditë**. Perioda e tyre e preferuar është **171.11 ditë**, me pasiguri +0.53/-0.36 ditë; autorët raportojnë se kjo është rreth 20 devijime standarde larg 182.5 ditëve. Gjithashtu nuk raportojnë korrelacion me lëvizjen ndryshuese të Tokës, seeing-un, avullin atmosferik të ujit ose vetitë e instrumentit që shqyrtuan. Këto janë kontrolle të rëndësishme. E bëjnë shpjegimin orbital mjaft bindës për t'u modeluar, por vetë nuk identifikojnë objektin.

Përgjigjja më e thjeshtë orbitale: një shoqërues

Në modelin e preferuar, një objekt ndjek një orbitë ekscentrike, ose disi të zgjatur, rreth xhuxhit kafe çdo 171.11 ditë. Orbita e përshtatur ka ekscentricitet rreth **0.27** dhe gjysmëbosht të madh rreth **0.200 njësi astronomike** — afërsisht një e pesta e distancës mesatare Tokë–Diell.

Lëkundja e matur ka amplitudë rreth **318 metra në sekondë**. Nga kjo lëvizje, modeli i jep shoqëruesit një masë minimale rreth **0.92 herë masën e Jupiterit**.

Fjala *minimale* ka rëndësi. Shpejtësia radiale mat vetëm pjesën e lëvizjes orbitale të drejtuar drejt dhe larg nesh. Nëse një orbitë shihet nga skaji, shumica e lëvizjes së saj shfaqet përgjatë kësaj vije. Nëse

shihet më ballë, shumë nga lëvizja kalon përtej qiellit në vend të vijës së shikimit dhe do të duhej një shoqërues më masiv për të prodhuar të njëjtën lëkundje të matur.

Astronomët e shkruajnë rezultatin si **m sin(i)**: masa e shumëzuar me sinusin e inklinacionit të pan-johur të orbitës, ose këndit të shikimit. Të dhënat kufizojnë atë prodhim, jo masën e vërtetë më vete. Rreth 0.92 masa të Jupiterit është prandaj kufi i poshtëm, jo matje e masës së saktë të objektit.

> **Pse këndi i shikimit fsheh masën?**
>
> Imagjinoni të shihni një pistë rrethore nga anash. Vrapuesi lëviz vazhdimisht drejt dhe larg jush, kështu që ky komponent i lëvizjes matet lehtë. Tani shikojeni të njëjtën pistë nga sipër. Vrapuesi lëviz kryesisht përtej fushës së shikimit dhe shumë pak drejt ose larg jush. Shpejtësia radiale sheh vetëm komponentin e parë. Faktori matematikor `sin(i)` përshkruan sa nga lëvizja orbitale drejtohet përgjatë vijës sonë të shikimit. Derisa inklinacioni `i` të njihet, masa e inferuar mbetet minimum.

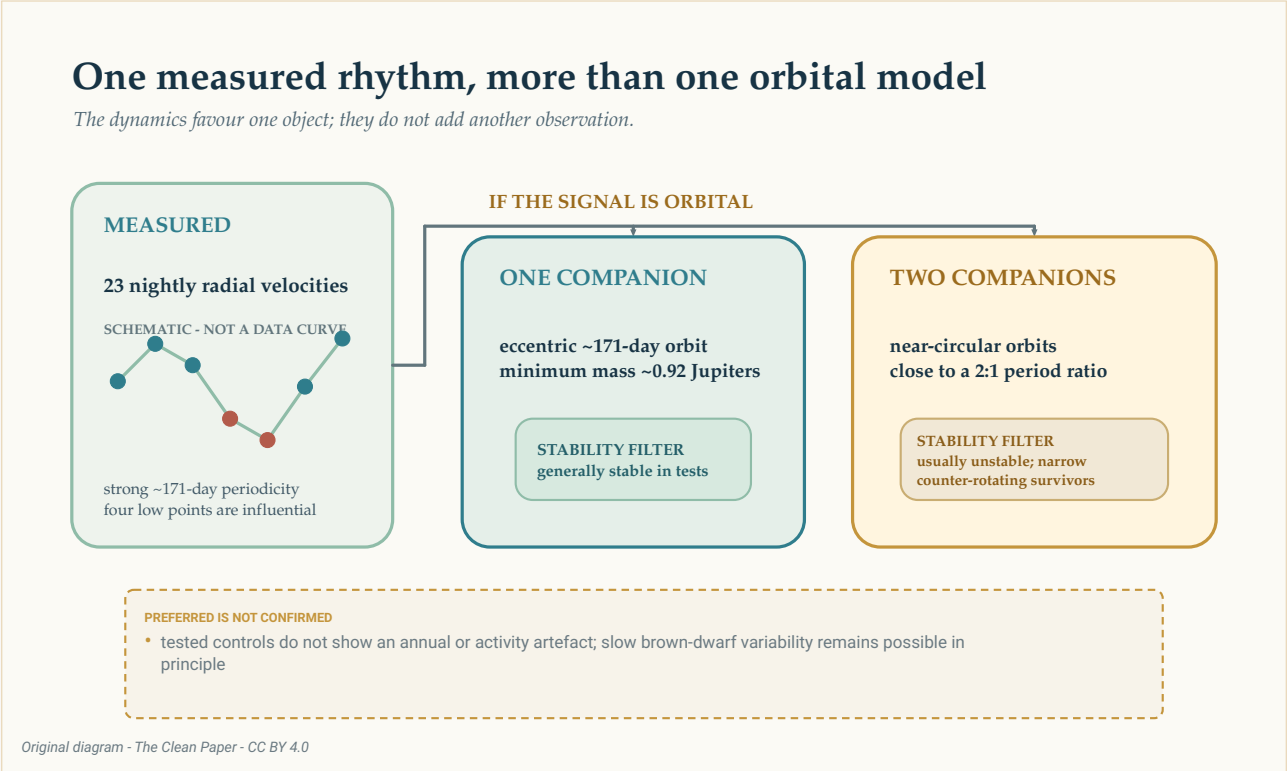
Autorët pastaj pyetën nëse kjo orbitë mund të vazhdonte në kohë, në vend që sistemi të shkatërrohej shpejt. Testet e tyre numerike gjetën se modeli me një shoqërues ishte përgjithësisht i qëndrueshëm. Kjo e bën një interpretim fizikisht të besueshëm të sinjalit. Nuk përbën një zbulim të dytë.

Përgjigjja e sikletshme: dy shoqërues mund të imitojnë një

Një sinjal ekscentrik shpejtësie radiale ka një paqartësi të njohur. Në disa kushte, dy objekte në orbita pothuajse rrethore, ku njëri zgjat rreth dy herë më shumë se tjetri, mund të prodhojnë së bashku një model që ngjan me një objekt në orbitë të zgjatur.

Kjo paqartësi shfaqet këtu. Një model me dy shoqërues mund t'i përshtatet matjeve aktuale me një sinjal të jashtëm pranë 171 ditëve dhe një sinjal të brendshëm me periodë më të shkurtër. Meqë kohët e vëzhgimit nuk e kampionojnë çdo fazë në mënyrë të barabartë, sinjali më i shkurtër ka disa alias-e. Dhe meqë 23 netët e përzgjedhura lënë boshllëqe të gjata, perioda prove të ndryshme mund të numërojnë numra të ndryshëm ciklesh të padukshme midis vizitave dhe prapë të përputhen me të njëjtat matje. Periodat kandidate pranë 14, 70, 88 dhe 115 ditëve janë prandaj përshtatje alternative të një sinjali më të shkurtër të kampionuar dobët, jo katër ritme të zbuluara në mënyrë të pavarur.

Autorët e hedhin poshtë dritaren 13- deri 17-ditore si të kufizuar dobët. Në atë rajon, përshtatja nuk izolon një periodë bindëse: shumë zgjidhje të afërta nën rreth 20 ditë mund të riprodhojnë matjet me kadencë të ulët, duke e bërë gjithë dritaren me gjasë artefakt kampionimi. Mes dritareve të mbetura, zgjidhja afërsisht 88-ditore përshtatet më mirë se alternativat rreth 70 dhe 115 ditë, por jo mjaftueshëm që punimi të pretendojë një periodë të dytë të njohur. Në përshtatjen më të mirë të tabeluar, masa minimale e objektit të jashtëm është rreth 0.87 masa Jupiteri dhe e objektit të brendshëm rreth 0.22 masa Jupiteri. Këta numra përshkruajnë një model të pafavorizuar; nuk janë matje të dy botëve të vendosura.



Nëse sinjali afërsisht 171-ditor është orbital, i njëjti model i gjerë i shpejtësisë radiale mund të përfaqësohet nga një shoqërues ekscentrik ose nga dy shoqërues pothuajse rrethorë pranë një raporti periodash dy-me-një. Testet e qëndrueshmërisë favorizojnë interpretimin me një objekt, por nuk e kthejnë një model në imazh dhe nuk përjashtojnë çdo formë të ndryshueshmërisë së ngadaltë të xhuxhit kafe.

The Clean Paper CC BY 4.0

Llogaritjet e qëndrueshmërisë e bëjnë më të mprehtë krahasimin. Shumica e konfigurimeve me dy shoqërues të testuara e hodhën jashtë njërin objekt brenda disa qindra viteve të simuluara. Konfigurimet që mbijetuan zinin një rajon të ngushtë dhe të pazakontë ku orbitat ishin afër të njëjtit plan, por lëviznin në drejtime të kundërta. Ylli pritës futi rajone të tjera të paqëndrueshme.

Kjo është arsye për të preferuar një shoqërues ekscentrik ndaj sistemeve me dy shoqërues të testuar. Nuk është provë se natyra zgjodhi modelin më të thjeshtë. Qëndrueshmëria filtron interpretimet e mundshme pasi shpejtësitë radiale janë matur; nuk shton një pikë tjetër të vëzhguar në kurbë.

Si mund të duket një orbitë ekscentrike si dy orbita rrethore?

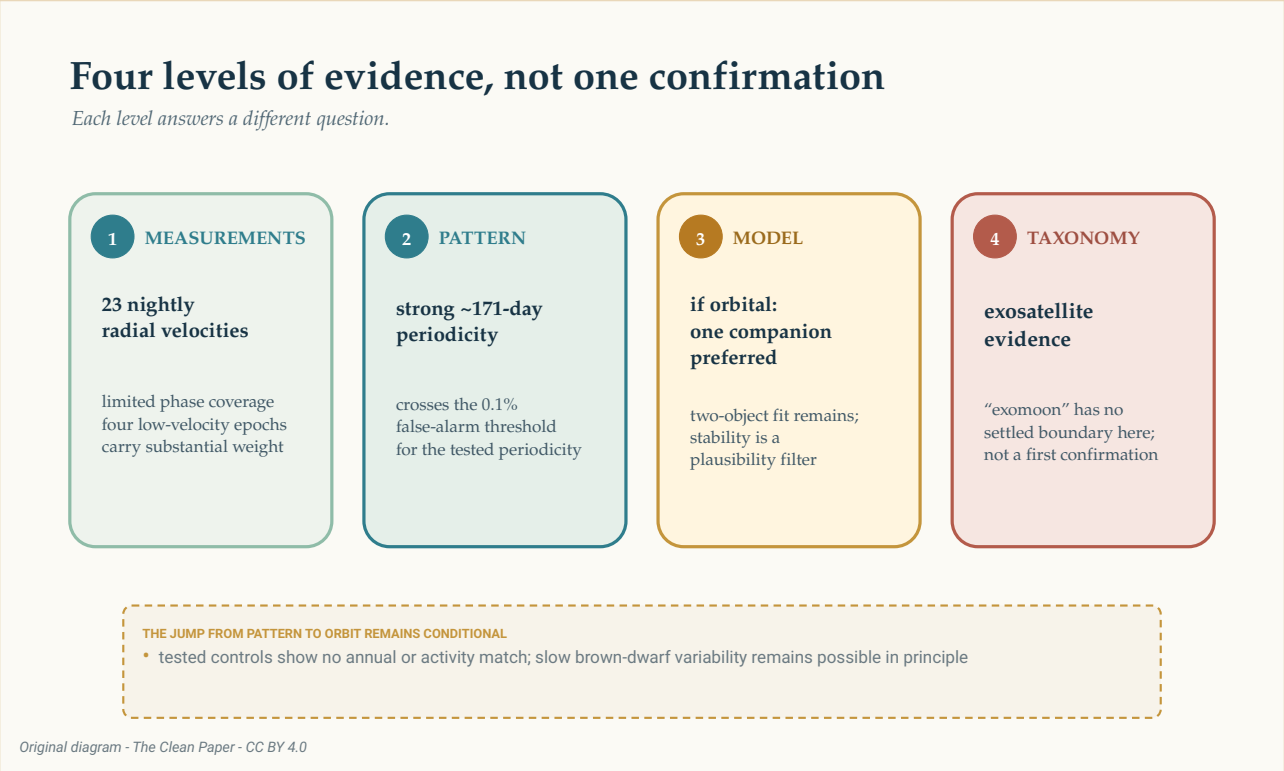
Një orbitë rrethore perfekte prodhon një valë të thjeshtë përsëritëse të shpejtësisë radiale. Një orbitë ekscentrike i shton shtrembërime asaj vale. Dy orbita rrethore me perioda pranë raportit dy-me-një mund të kombinohen në mënyrë që një sinjal të japë ritmin kryesor dhe tjetri një shtrembërim të ngjashëm.
Kjo është një **degjenerim orbital**: sisteme fizike të ndryshme prodhojnë matje të ngjashme. Më shumë vëzhgime në kohë kur modelet parashikojnë shpejtësi të ndryshme mund ta zgjidhin barazimin. Një test dinamik ndihmon duke pyetur nëse çdo sistem i propozuar mund të mbijetojë, por nuk mund t'i zëvendësojë ato vëzhgime.

A mund të vijë ritmi nga xhuxhi kafe?

Një xhuxh kafe nuk është masë prove e heshtur. Atmosfera e tij rrotullohet, formon re dhe mund të ketë aktivitet magnetik. Modele sipërfaqësore që ndryshojnë mund të riformojnë vijat spektrale dhe të imitojnë lëvizjen.

Perioda maksimale e vlerësuar e rrotullimit të CD-35 2722 B është rreth **0.65 ditë**, shumë më e shkurtër se 171 ditë. Ekipi nuk rikuperoi një sinjal të fortë të shkurtër rrotullimi ose sinjal bindës të ngjashëm me re apo granulim në modelet e aktivitetit që testuan. Gjithashtu shqyrtuan kampionimin vjetor dhe madhësitë instrumentale pa gjetur përputhje me ritmin 171-ditor.

Këto kontrolle i ngushtojnë alternativat, por punimi nuk pretendon se është eliminuar gjithë ndryshueshmëria e brendshme. Aktiviteti magnetik në kohë të gjata ose qarkullimi atmosferik në xhuxhin kafe nuk mund të përjashtohen në parim. Kjo mundësi e mbetur i përket diskutimit pranë modeleve orbitale, jo e fshehur pas tyre.



Provat ngrihen në nivele të dallueshme: 23 shpejtësi radiale nate me mbulim të kufizuar faze, një periodicitet i fortë afërsisht 171-ditor, një model i preferuar me një shoqërues nëse sinjali është orbital, dhe në fund një etiketë "ekzohënë" ende e pavendosur. Shkalla ndan matjen, modelin statistikor, interpretimin fizik dhe taksonominë; nuk është shigjetë konfirmimi.

The Clean Paper CC BY 4.0

A është ekzohënë?

Në Sistemin Diellor, një hënë orbiton një planet. CD-35 2722 B është xhuxh kafe dhe masa e vërtetë e shoqëruesit të inferuar ende nuk dihet. Emrat e njohur fillojnë të tendosen kur një objekt ndodhet pranë kufirit planet–xhuxh kafe dhe një tjetër pranë kufirit hënë–planet.

Punimi nuk pretendon ekzohënën e parë të konfirmuar. Thotë se ende nuk është zbuluar me besueshmëri asnjë ekzohënë, paraqet prova për një **ekzosatelit** me masë planetare dhe e quan sistemin një hap drejt një zbulimi të padiskutueshëm. Diskutimi i mundësisë së risisë fillon në mënyrë të kushtëzuar: nëse sinjali del i vërtetë.

Ky kujdes nuk e bën rezultatin bosh. Matja e shpejtësive radiale drejtpërdrejt nga një shoqërues xhuxh kafe i zbehtë është e vështirë. Nëse vëzhgimet e vazhdueshme e ruajnë sinjalin, sistemi do të tregonte se metodat e kërkimit të planetëve mund të arrijnë një nivel tjetër poshtë në një hierarki qiellore.

Një sezon tjetër vëzhgimi mund të bëjë më shumë sesa të shtojë pika. Modelet me një dhe dy shoqërues parashikojnë shpejtësi të ndryshme në kohë të caktuara të ardhshme. Matjet që mbushin fazat orbitale që mungojnë mund të testojnë nëse ritmi 171-ditor vazhdon, të ulin ndikimin e katër pikave të ulëta dhe t'i bëjnë kurbat konkurruese të ndahen.

Për momentin, imazhi më i ndershëm nuk është një hënë e re pranë një xhuxhi kafe. Është një spektër, i përsëritur natë pas nate, që mbart një zhvendosje të vogël periodike. Mund të ketë një botë brenda atij ritmi. Arritja është të mësosh sa mund të inferohet prej tij pa pretenduar se inferenca është tashmë e plotë.

Përmbledhje e shkurtër

Astronomët matën shpejtësinë radiale të xhuxhit kafe CD-35 2722 B, të imazhuar drejtpërdrejt, në 23 net me cilësi të lartë midis tetorit 2023 dhe shkurtit 2026. Vijat e tij spektrale tregojnë një zhvendosje të fortë periodike pranë 171 ditëve. Modeli orbital i preferuar përmban një shoqërues ekscentrik me masë minimale pranë 0.92 masa Jupiteri, por masa e vërtetë është e panjohur sepse inklinacioni orbital nuk dihet. Dy shoqërues pothuajse rrethorë mund ta imitojnë të njëjtin sinjal të gjerë, edhe pse shumica e konfigurimeve me dy objekte të testuara ishin dinamikisht të paqëndrueshme. Katër epoka me shpejtësi të ulët kanë ndikim të madh dhe mbulimi i fazës orbitale mbetet i kufizuar: vëzhgimet kampionojnë vetëm pjesë të zgjedhura të ciklit të mundshëm 171-ditor në vend që ta ndjekin vazhdimisht në çdo fazë. Testet nuk identifikuan rrotullimin, kampionimin vjetor, motin ose vetitë e shqyrtuara të instrumentit si burim, por ndryshueshmëria e xhuxhit kafe në kohë të gjata nuk mund të përjashtohet në parim. Objekti i padukshëm nuk u imazhua drejtpërdrejt, modeli me një objekt preferohet por nuk është konfirmuar dhe nuk ka rregull të vendosur që thotë se një trup me masë planetare që orbiton një xhuxh kafe është ekzohënë.

Kontroll pa teprime

Çfarë u vëzhgua: Njëzet e tri matje nate të shpejtësisë radiale të CD-35 2722 B përmbajnë një periodicitet të fortë afërsisht 171-ditor. Vetë xhuxhi kafe u imazhua drejtpërdrejt; shoqëruesi i propozuar jo.

Çfarë preferojnë autorët: Nëse sinjali është orbital, një shoqërues ekscentrik me masë minimale afër Jupiterit jep interpretimin më të thjeshtë dhe dinamikisht të besueshëm të të dhënave të tanishme.

Çfarë mbetet e hapur: Dy shoqërues mund t'u përshtaten shpejtësive radiale, edhe pse sistemet e testuara zakonisht janë të paqëndrueshme; ndryshueshmëria e xhuxhit kafe në kohë të gjata nuk përjashtohet në parim; dhe këndi i panjohur i shikimit e lë masën e vërtetë të shoqëruesit të papërcaktuar.

Çfarë nuk vendos punimi: Ekzohënën e parë të konfirmuar, një satelit të parë drejtpërdrejt, saktësisht një objekt në orbitë, një masë të vërtetë prej 0.92 Jupiterësh ose probabilitet 99.9% që modeli fizik i preferuar është i saktë.

Çfarë do ta rriste besimin: Matje të vazhdueshme të shpejtësisë radiale që mbulojnë më shumë faza orbitale, testojnë nëse sinjali 171-ditor vazhdon dhe kampionojnë kohë kur modelet me një dhe dy shoqërues bëjnë parashikime të ndryshme.

Burimet

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