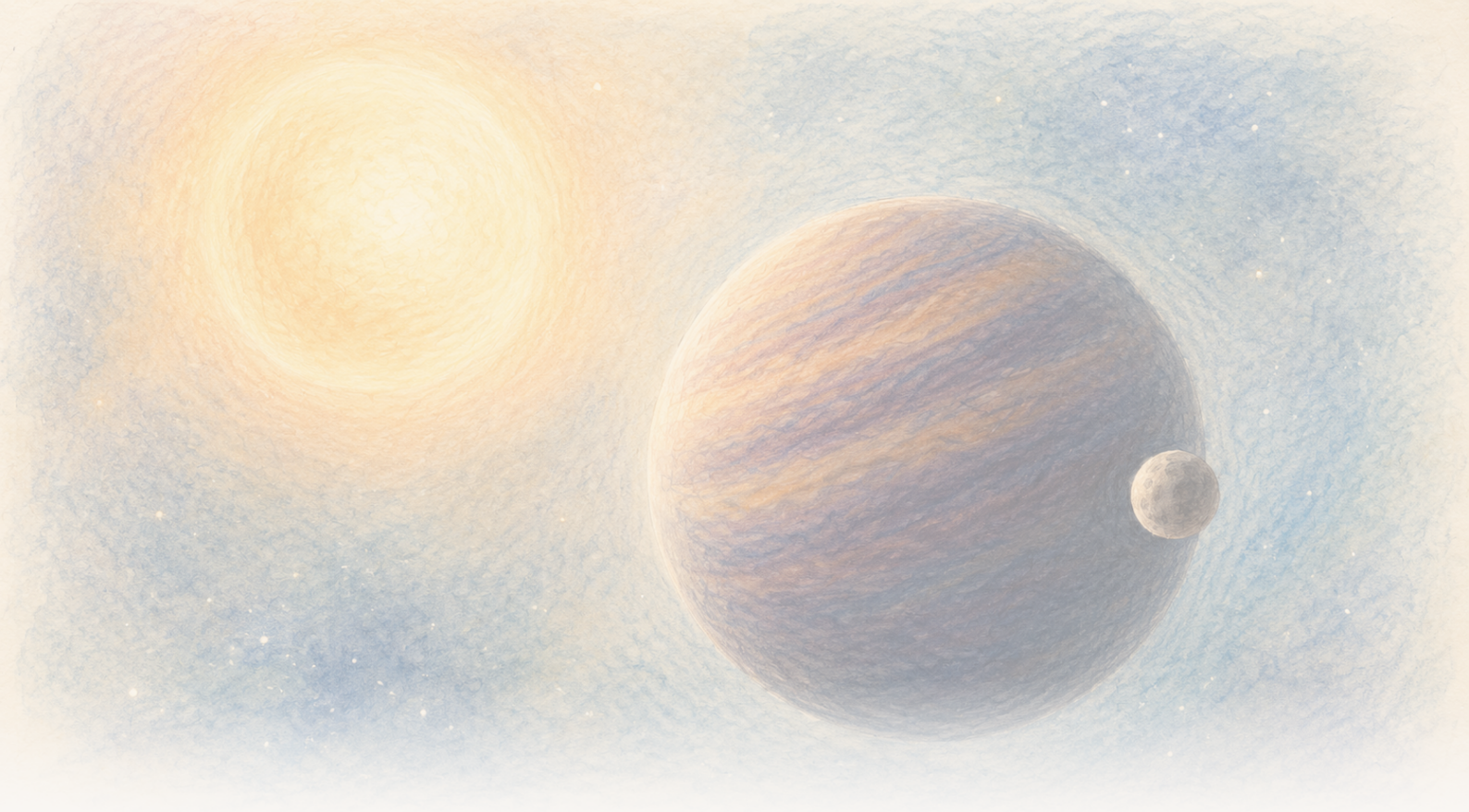


The Clean Paper

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

Uma anã castanha parece oscilar a cada 171 dias. Um mundo oculto pode estar a puxá-la, mas os dados ainda admitem duas explicações

Vinte e três espectros de alta qualidade revelam uma forte variação periódica no movimento de CD-35 2722 B. O modelo preferido é o de uma única companheira em órbita excêntrica, com massa mínima próxima à de Júpiter, mas um modelo com dois objetos pode imitar o mesmo sinal; uma variabilidade lenta da anã castanha continua possível em princípio, e a palavra «exolua» não tem aqui uma fronteira consensual.

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

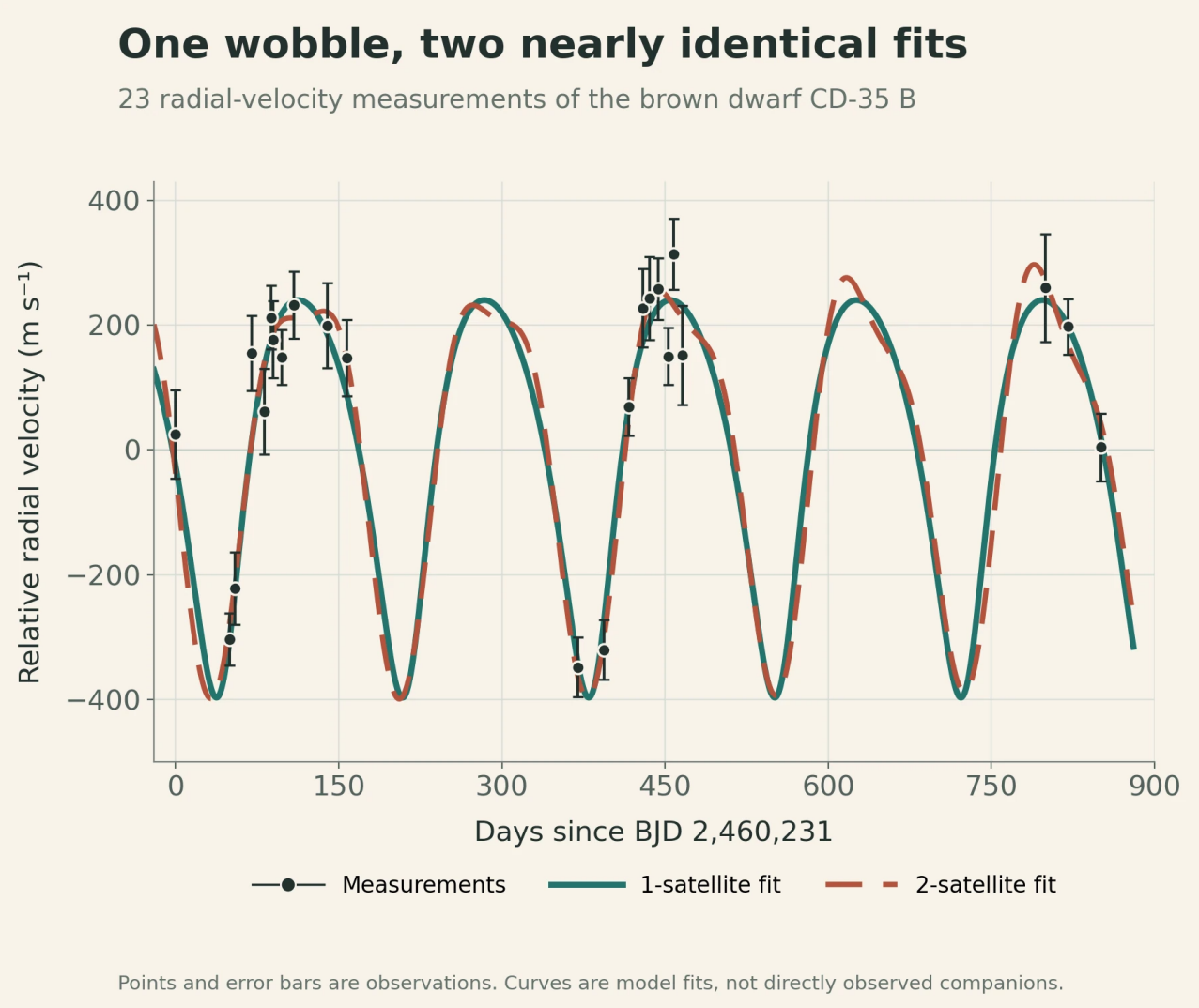
Uma anã castanha parece oscilar a cada 171 dias. Um mundo oculto pode estar a puxá-la, mas os dados ainda admitem duas explicações

Os astrónomos conseguem ver CD-35 2722 B como um ponto de luz próprio, separado da estrela em torno da qual ela se move. Trata-se de uma anã castanha, no intervalo de massas entre planetas gigantes e estrelas: com aproximadamente 37 massas de Júpiter, é mais massiva que um planeta gigante típico, mas não é uma estrela normal capaz de queimar hidrogénio. Eles não conseguem ver o objeto menor que pode estar a orbitar a própria anã castanha. Caso seja confirmado, esse objeto mais interno formaria a primeira hierarquia observada de um satélite em torno de um objeto subestelar maior que, por sua vez, orbita uma estrela.

O que eles veem é um ritmo. Em algumas noites, a luz da anã castanha sofre um pequeno deslocamento quando ela se move em direção à Terra. Em outras, o deslocamento ocorre quando a anã se afasta. O padrão se repete aproximadamente a cada **171 dias**.

Esse movimento de vaivém é o que uma companheira invisível pode produzir: quando dois objetos orbitam um centro de massa comum, o menor gira em torno do maior, mas o maior também descreve uma volta muito menor. Se esse ritmo for orbital, um novo artigo na Nature apresenta um objeto de massa planetária como a explicação preferida para a oscilação medida em CD-35 2722 B.

É uma possibilidade notável, não uma fotografia de uma lua. Vinte e três noites de observação de alta qualidade revelam um forte sinal periódico. Transformar esse sinal num mundo exige um modelo, e os dados atuais ainda permitem mais de uma arquitetura. Também não excluem por completo mudanças lentas na própria anã castanha.



Os pontos pretos e as barras de erro são as 23 medições noturnas de velocidade radial. As curvas contínua e tracejada são os melhores ajustes para os modelos com uma e duas companheiras. A quase sobreposição mostra por que os dados podem revelar uma oscilação periódica sem ainda determinar a arquitetura do sistema; nenhuma das curvas é uma imagem direta de uma companheira.

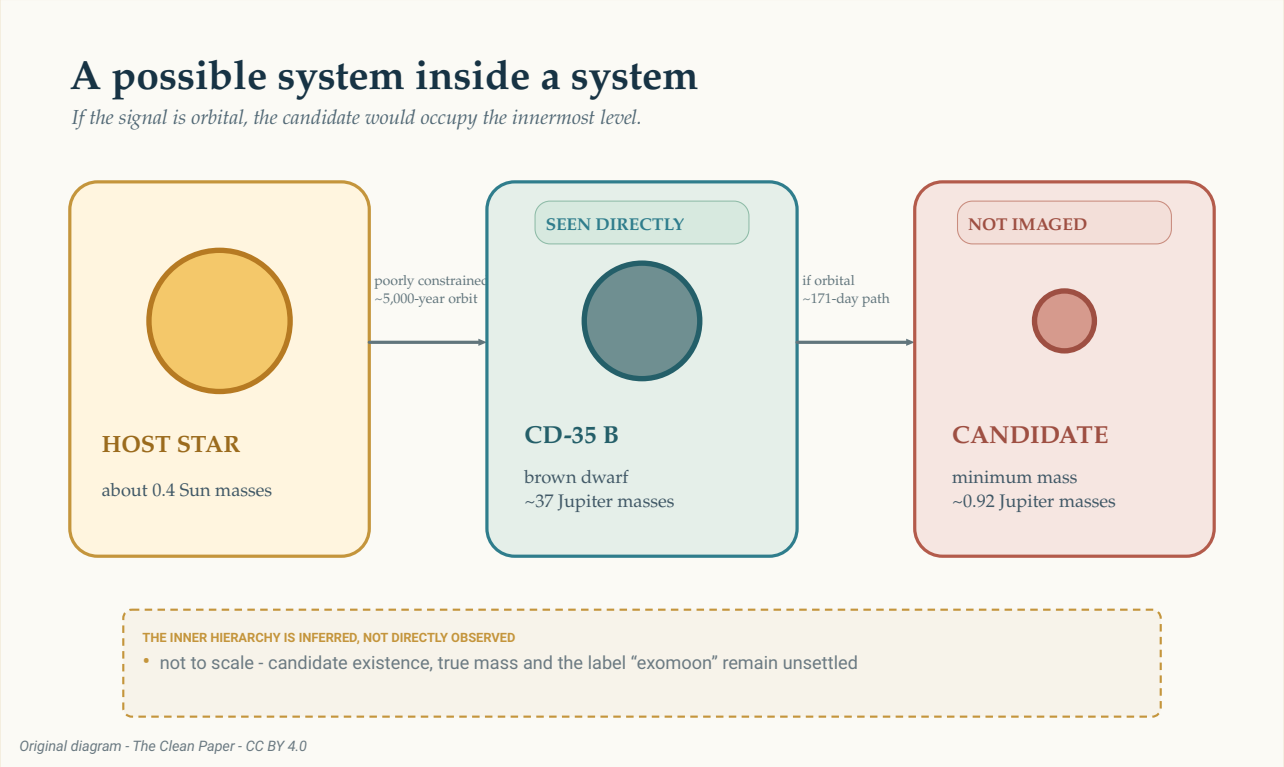
Original chart — The Clean Paper; data from Hoy et al., Nature (2026), Figure 1 source workbook CC BY 4.0

Um sistema dentro de outro sistema

CD-35 2722 B é uma **anã castanha**: um objeto situado entre categorias conhecidas. É mais massiva que um planeta gigante típico, mas não é suficientemente massiva para brilhar como uma estrela normal que queima hidrogénio. O artigo usa uma massa estimada de aproximadamente **37 Júpiteres**.

A anã castanha foi descoberta por imagem direta, o que significa que os telescópios resolveram sua luz separadamente da luz da estrela hospedeira. No céu, ela aparece a cerca de 2,8 segundos de arco da estrela. A órbita ampla que liga o par é mal conhecida, mas as estimativas atuais sugerem uma trajetória muito alongada, com duração aproximada de **5.000 anos**.

Se o sinal periódico for orbital, a arquitetura inferida colocaria a candidata um nível mais fundo: uma estrela orbitada por uma anã castanha, com uma companheira de massa planetária orbitando essa anã castanha.



Se o sinal for orbital, a candidata ocuparia o nível mais interno dessa possível hierarquia. Apenas a anã castanha foi vista diretamente. A órbita externa em torno da estrela é pouco restrita, enquanto a trajetória interna de aproximadamente 171 dias é inferida a partir da oscilação medida da anã castanha. Tamanhos e distâncias não estão em escala.

The Clean Paper CC BY 4.0

Essa possível hierarquia é fácil de desenhar. A sua realidade física e seu vocabulário não estão definidos. Um corpo de massa planetária orbitando uma anã castanha conta como lua, planeta ou simplesmente satélite? Os astrónomos não têm uma regra aceite que resolva a questão. Por isso, o artigo usa o termo mais amplo **exossatélite**.

Como 23 noites se transformaram numa oscilação

A equipa observou CD-35 2722 B — veja sua entrada no NASA Eyes on Exoplanets — com o CRIRES+, um espectrógrafo de alta resolução instalado no Very Large Telescope do Observatório Europeu do Sul. Entre outubro de 2023 e fevereiro de 2026, foram obtidas 26 épocas de observação. Uma tinha sinal insuficiente, e duas realizadas sob mau tempo foram rejeitadas e repetidas, restando **23 noites de alta qualidade**.

Um espectrógrafo dispersa a luz num padrão detalhado de linhas. Quando a fonte se move em di-

reção à Terra ou para longe dela, essas linhas sofrem um deslocamento minúsculo. Medições repetidas desse movimento ao longo da linha de visada são chamadas de **velocidades radiais**. Elas não mostram o corpo oculto. Mostram como o corpo observado pode estar a mover-se sob uma atração invisível.

A periodicidade mais forte das medições fica próxima de 170 dias. Ela ultrapassa o **limiar de probabilidade de falso alarme de 0,1%** do estudo. Esse limiar pergunta com que frequência o ruído, sob as hipóteses do teste, produziria um pico no periodograma pelo menos tão forte. Não significa uma probabilidade de 99,9% de que exista um satélite e, por si só, nada diz sobre haver uma companheira ou duas.

> **O que um sinal de velocidade radial pode estabelecer?**
>
> A velocidade radial transforma deslocamentos repetidos das linhas espectrais em medições do movimento em direção ao observador ou para longe dele. Um padrão repetitivo pode ser ajustado pelas equações de uma órbita, permitindo inferir um período, a amplitude da oscilação medida e uma massa mínima da companheira.
> Mas o método não fotografa diretamente a companheira. A atmosfera de uma estrela ou de um objeto subestelar também pode deslocar linhas espectrais, os calendários de observação podem criar ritmos enganosos e arranjos orbitais diferentes podem imitar uns aos outros. O sinal, sua explicação física e o nome atribuído ao objeto inferido são questões distintas.

A amostragem merece atenção antes da resposta orbital. Quatro medições especialmente baixas de velocidade radial têm peso considerável no padrão. Elas ocorreram em dois pares, sob boas condições relatadas, e nenhuma delas criou sozinha o sinal quando os autores repetiram a análise removendo um ponto por vez. Ainda assim, apenas parte das possíveis fases orbitais foi amostrada. Vinte e três noites distribuídas ao longo de mais de dois anos não equivalem a uma cobertura contínua.

Os autores também testaram um possível artefato semestral. Uma correção imperfeita do movimento variável da Terra ou do perfil do instrumento poderia criar um falso sinal anual que, por causa da amostragem, aparecesse como metade de um ano terrestre, ou **182,5 dias**. O período preferido é de **171,11 dias**, com incerteza de +0,53/-0,36 dia; segundo os autores, ele está a cerca de 20 desvios-padrão de 182,5 dias. Eles também não encontraram correlação com a variação do movimento terrestre, a qualidade da imagem atmosférica, o vapor d'água na atmosfera ou as propriedades instrumentais examinadas. Esses controlos são importantes. Tornam a explicação orbital convincente o suficiente para ser modelada, mas não identificam sozinhos o objeto.

A resposta orbital mais simples: uma companheira

No modelo preferido, um objeto percorre uma órbita excêntrica, ou um pouco alongada, em torno da anã castanha a cada 171,11 dias. A órbita ajustada tem excentricidade de aproximadamente **0,27** e semieixo maior de cerca de **0,200 unidade astronómica** — aproximadamente um quinto da distância

média entre a Terra e o Sol.

A oscilação medida tem amplitude de cerca de **318 metros por segundo**. A partir desse movimento, o modelo atribui à companheira uma massa mínima de aproximadamente **0,92 vez a massa de Júpiter**.

A palavra *mínima* importa. A velocidade radial mede apenas a parte do movimento orbital dirigida em nossa direção ou para longe de nós. Se uma órbita for vista de perfil, grande parte do seu movimento aparece ao longo dessa linha. Se for vista mais de frente, boa parte do movimento atravessa o céu, e seria necessária uma companheira mais massiva para produzir a mesma oscilação medida.

Os astrónomos escrevem o resultado como **m sin(i)**: a massa multiplicada pelo seno da inclinação desconhecida da órbita, ou ângulo de observação. Os dados restringem esse produto, não a massa verdadeira isoladamente. Aproximadamente 0,92 massa de Júpiter é, portanto, um limite inferior, não uma medição da massa exata do objeto.

> **Por que o ângulo de observação esconde a massa?**
>
> Imagine observar uma pista circular de lado. O corredor se move repetidamente em direção a si e para longe de si, de modo que essa componente do movimento é fácil de medir. Agora olhe para a mesma pista de cima. O corredor se move sobretudo através do seu campo de visão e quase não se aproxima nem se afasta.
> A velocidade radial vê apenas a primeira componente. O fator matemático `sin(i)` descreve quanto do movimento orbital aponta ao longo da nossa linha de visada. Enquanto a inclinação `i` não for conhecida, a massa inferida continuará sendo uma massa mínima.

Os autores então perguntaram se essa órbita poderia persistir em vez de se destruir rapidamente. Os seus testes numéricos indicaram que o modelo com uma companheira é geralmente estável. Isso o torna uma interpretação fisicamente plausível do sinal. Não constitui uma segunda deteção.

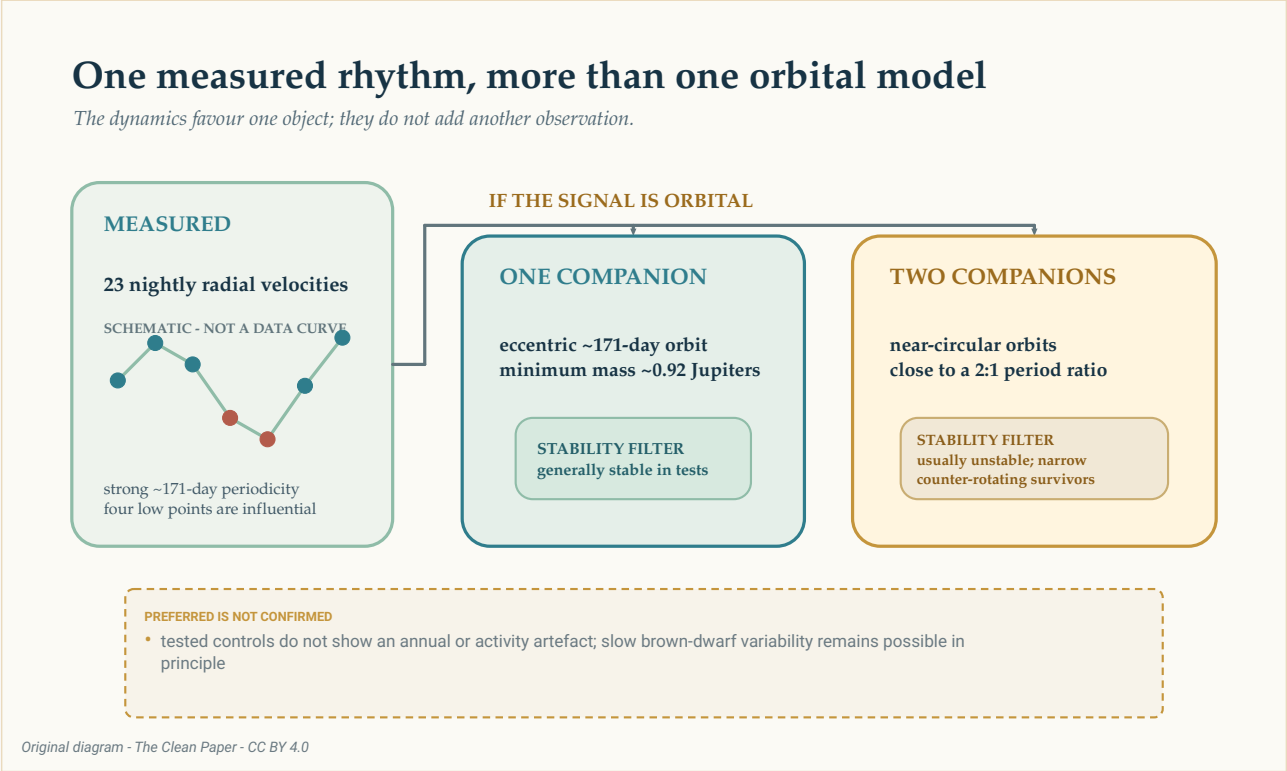
A resposta incómoda: duas companheiras podem imitar uma

Um sinal de velocidade radial excêntrico possui uma ambiguidade conhecida. Sob certas condições, dois objetos em órbitas quase circulares, com um deles levando aproximadamente o dobro do tempo do outro, podem produzir juntos um padrão semelhante ao de um único objeto em órbita alongada.

Essa ambiguidade aparece aqui. Um modelo com duas companheiras pode ajustar as medições atuais com um sinal externo próximo de 171 dias e um sinal interno de período mais curto. Como os momentos de observação não amostram todas as fases de maneira uniforme, o sinal mais curto apresenta vários aliases. Como as 23 noites selecionadas deixam grandes intervalos, períodos experimentais diferentes podem contar números diferentes de ciclos não observados entre as visitas e ainda assim se alinhar às mesmas medições. Os períodos candidatos próximos de 14, 70, 88 e 115 dias são, portanto, ajustes alternativos para um único sinal mais curto mal amostrado, e não quatro

ritmos detetados de modo independente.

Os autores rejeitam a janela pouco restrita de 13 a 17 dias. Nessa região, o ajuste não isola um período convincente: muitas soluções próximas abaixo de aproximadamente 20 dias conseguem reproduzir as medições de baixa cadência, tornando toda a janela provavelmente um artefato de amostragem. Entre as janelas restantes, a solução de aproximadamente 88 dias ajusta melhor que as alternativas de cerca de 70 e 115 dias, mas não o suficiente para que o artigo reivindique um segundo período conhecido. No melhor ajuste tabulado, a massa mínima do objeto externo é de aproximadamente 0,87 massa de Júpiter, e a do objeto interno, de cerca de 0,22. Esses números descrevem um modelo desfavorecido; não são medições de dois mundos estabelecidos.



Se o sinal de aproximadamente 171 dias for orbital, o mesmo padrão amplo de velocidade radial pode ser representado por uma companheira em órbita excêntrica ou por duas companheiras em órbitas quase circulares, próximas de uma razão de períodos de dois para um. Os testes de estabilidade favorecem a interpretação com um único objeto, mas não transformam um modelo numa imagem nem excluem todas as formas de variabilidade lenta da anã castanha.

The Clean Paper CC BY 4.0

Os cálculos de estabilidade tornam a comparação mais nítida. A maioria dos arranjos testados com duas companheiras ejetou um dos objetos em poucas centenas de anos simulados. As configurações sobreviventes ocupavam uma região estreita e incomum, na qual as órbitas estavam próximas do mesmo plano, mas seguiam em direções opostas. A estrela hospedeira introduziu outras regiões instáveis.

Esse é um motivo para preferir uma companheira excêntrica aos sistemas testados com duas companheiras. Não é prova de que a natureza escolheu o modelo mais simples. A estabilidade filtra in-

terpretações possíveis depois que as velocidades radiais foram medidas; não acrescenta outro ponto observado à curva.

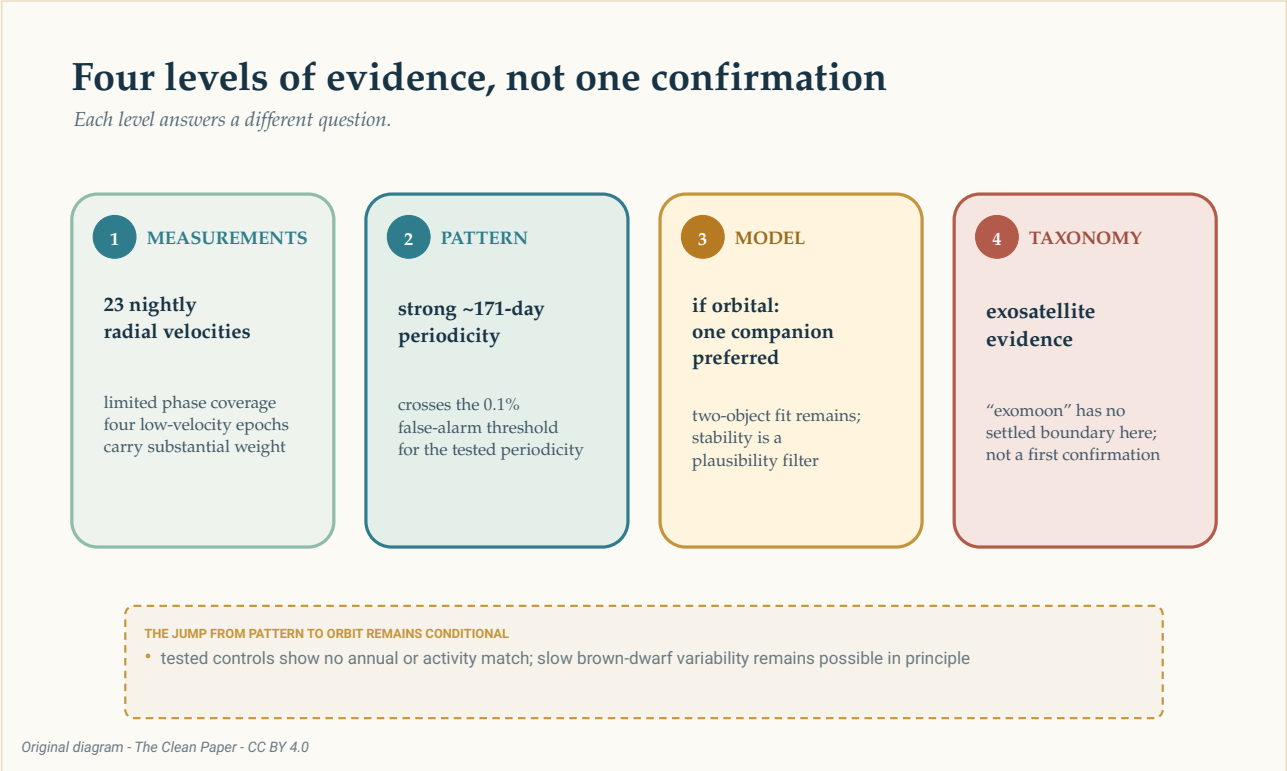
> **Como uma órbita excêntrica pode parecer duas órbitas circulares?**
>
> Uma órbita perfeitamente circular produz uma onda simples e repetitiva de velocidade radial. Uma órbita excêntrica acrescenta distorções a essa onda. Duas órbitas circulares com períodos próximos de uma razão de dois para um podem combinar-se de modo que um sinal forneça o ritmo principal e o outro, uma distorção semelhante.
> Essa é uma **degenerescência orbital**: sistemas físicos diferentes produzem medições parecidas. Mais observações em momentos nos quais os modelos preveem velocidades diferentes podem desempatar. Um teste dinâmico ajuda ao perguntar se cada sistema proposto conseguiria sobreviver, mas não substitui essas observações.

O ritmo poderia vir da anã castanha?

Uma anã castanha não é uma massa de teste silenciosa. A sua atmosfera gira, forma nuvens e pode apresentar atividade magnética. Padrões superficiais variáveis podem remodelar as linhas espectrais e imitar movimento.

O período máximo estimado de rotação de CD-35 2722 B é de aproximadamente **0,65 dia**, muito menor que 171 dias. A equipa não recuperou um forte sinal curto de rotação, nem um sinal convincente semelhante ao de nuvens ou granulação, nos modelos de atividade testados. Também examinou a amostragem anual e grandezas instrumentais sem encontrar correspondência com o ritmo de 171 dias.

Essas verificações reduzem as alternativas, mas o artigo não afirma que toda variabilidade intrínseca tenha sido eliminada. Atividade magnética ou circulação atmosférica da anã castanha em escalas longas não podem ser excluídas em princípio. Essa possibilidade remanescente deve aparecer ao lado dos modelos orbitais, não escondida depois deles.



A evidência sobe por níveis distintos: 23 velocidades radiais noturnas com cobertura limitada de fase; uma forte periodicidade de aproximadamente 171 dias; um modelo preferido com uma companheira, caso o sinal seja orbital; e, por fim, um rótulo ainda indefinido de «exolua». A escada separa medição, padrão estatístico, interpretação física e taxonomia; não é uma seta de confirmação.

The Clean Paper CC BY 4.0

É uma exolua?

No Sistema Solar, uma lua orbita um planeta. CD-35 2722 B é uma anã castanha, e a massa verdadeira da companheira inferida ainda não é conhecida. Os nomes familiares começam a falhar quando um objeto está próximo da fronteira entre planeta e anã castanha, e outro, perto da fronteira entre lua e planeta.

O artigo não reivindica a primeira exolua confirmada. Afirma que nenhuma exolua foi até hoje detetada com segurança, apresenta evidências de um **exossatélite** de massa planetária e chama o sistema de um passo em direção a uma deteção incontroversa. A sua discussão sobre uma possível novidade começa de modo condicional: caso o sinal se revele legítimo.

Essa cautela não torna o resultado vazio. Medir velocidades radiais diretamente de uma companheira anã castanha pouco luminosa é difícil. Se observações contínuas preservarem o sinal, o sistema mostrará que métodos de busca de planetas podem alcançar mais um nível de uma hierarquia celeste.

Uma nova temporada de observações pode fazer mais do que acrescentar pontos. Os modelos com

uma e duas companheiras preveem velocidades diferentes em determinados momentos futuros. Medições que preencham as fases orbitais ausentes podem testar se o ritmo de 171 dias persiste, reduzir a influência dos quatro pontos baixos e fazer as curvas concorrentes se separarem.

Por enquanto, a imagem mais honesta não é a de uma nova lua suspensa ao lado de uma anã castanha. É a de um espectro, repetido noite após noite, carregando um pequeno deslocamento periódico. Pode haver um mundo dentro desse ritmo. A conquista está em aprender quanto se pode inferir dele sem fingir que a inferência já está completa.

Resumo claro

Astrónomos mediram a velocidade radial da anã castanha CD-35 2722 B, observada diretamente, em 23 noites de alta qualidade entre outubro de 2023 e fevereiro de 2026. As suas linhas espectrais mostram um forte deslocamento periódico próximo de 171 dias. O modelo orbital preferido contém uma companheira em órbita excêntrica com massa mínima de aproximadamente 0,92 massa de Júpiter, mas a massa verdadeira é desconhecida porque a inclinação orbital também é desconhecida. Duas companheiras em órbitas quase circulares podem imitar o mesmo sinal amplo, embora a maioria das configurações testadas com dois objetos fosse dinamicamente instável. Quatro épocas de baixa velocidade têm influência importante, e a cobertura de fase orbital permanece limitada: as observações amostram apenas partes selecionadas do possível ciclo de 171 dias, em vez de acompanhá-lo continuamente por todas as fases. Os testes não identificaram rotação, amostragem anual, condições meteorológicas nem as propriedades instrumentais examinadas como origem do sinal, mas a variabilidade da anã castanha em escalas longas não pode ser excluída em princípio. O objeto invisível não foi fotografado diretamente, o modelo de um objeto é preferido, e não confirmado, e não existe uma regra consensual segundo a qual um corpo de massa planetária orbitando uma anã castanha seja uma exolua.

Verificação sem rodeios

O que foi observado: Vinte e três medições noturnas de velocidade radial de CD-35 2722 B contêm uma forte periodicidade de aproximadamente 171 dias. A própria anã castanha foi observada diretamente; a companheira proposta, não.

O que os autores preferem: Se o sinal for orbital, uma companheira em órbita excêntrica, com massa mínima próxima à de Júpiter, fornece a interpretação mais simples e dinamicamente plausível dos dados atuais.

O que continua em aberto: Duas companheiras podem ajustar as velocidades radiais, embora os sistemas testados sejam geralmente instáveis; a variabilidade da anã castanha em escalas longas não foi excluída em princípio; e o ângulo de observação desconhecido deixa indeterminada a massa verdadeira da companheira.

O que o artigo não estabelece: A primeira exolua confirmada, um satélite visto diretamente, a existência de exatamente um objeto em órbita, uma massa verdadeira de 0,92 massa de Júpiter ou uma probabilidade de 99,9% de que o modelo físico preferido esteja correto.

O que aumentaria a confiança: Novas medições de velocidade radial que cubram mais fases orbitais, testem se o sinal de 171 dias persiste e amostrem momentos nos quais os modelos com uma e duas companheiras fazem previsões diferentes.

Fontes

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