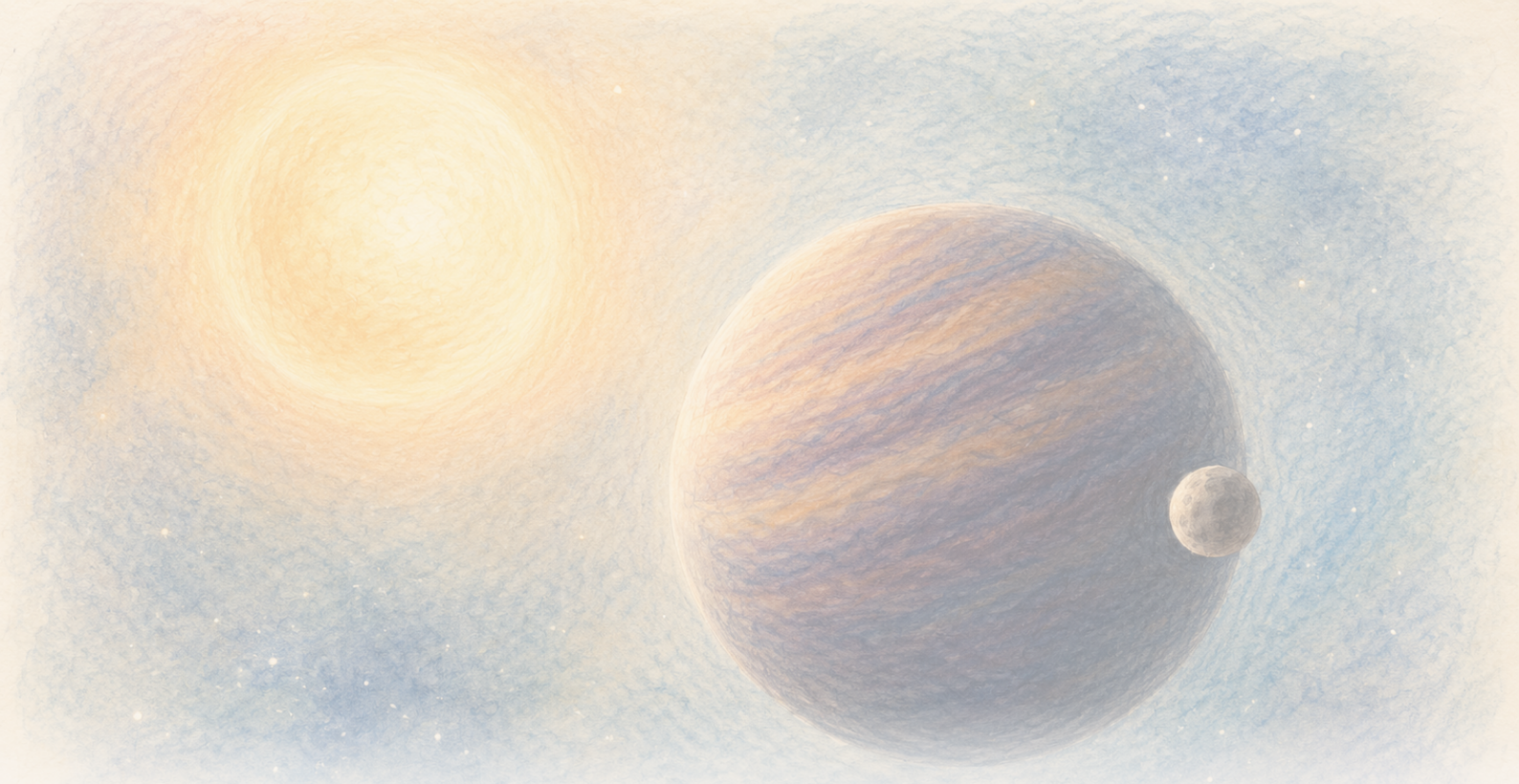


The Clean Paper

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

ყავისფერი ჯუჯა თითქოს ყოველ 171 დღეში ირხევა. შესაძლოა მას ერთი უხილავი სამყარო ექაჩებოდეს, მაგრამ მონაცემები ჯერ კიდევ ორსაც უშვებს

ოცდასამი მაღალი ხარისხის სპექტრი CD-35 2722 B-ის მოძრაობაში ძლიერ პერიოდულ ძვრას ავლენს. სასურველი მოდელია ერთი ექსცენტრული თანამგზავრი იუპიტერის მასასთან ახლო მინიმალური მასით, მაგრამ ორი ობიექტის მოდელს შეუძლია იგივე სიგნალის იმიტაცია, ნელი ყავისფერი ჯუჯის ცვალებადობა პრინციპულად შესაძლებელი რჩება, ხოლო სიტყვა „ეგზომთვარე“ აქ მკაფიო საზღვარს არ ფლობს.

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

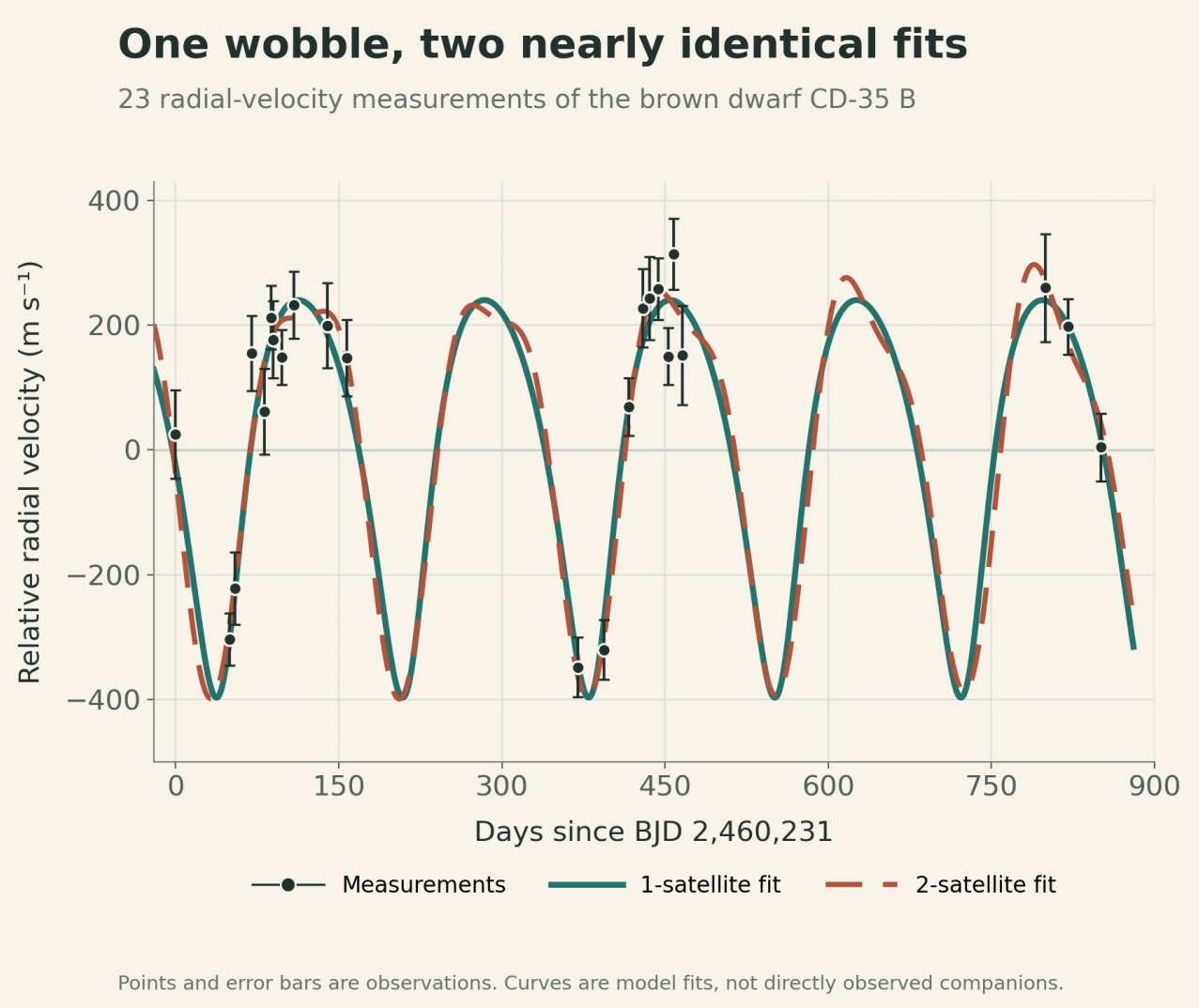
ყავისფერი ჯუჯა თითქოს ყოველ 171 დღეში ირხევა. შესაძლოა მას ერთი უხილავი სამყარო ექაჩებოდეს, მაგრამ მონაცემები ჯერ კიდევ ორსაც უშვებს

ასტრონომებს CD-35 2722 B-ის დანახვა ცალკე ნათელ წერტილად შეუძლიათ — იმ ვარსკვლავისგან განცალკევებით, რომლის გარშემოც ის მოძრაობს. ეს ყავისფერი ჯუჯაა, მასით გიგანტურ პლანეტებსა და ვარსკვლავებს შორის: დაახლოებით 37 იუპიტერის მასით ის ტიპურ გიგანტურ პლანეტაზე უფრო მასიურია, მაგრამ ნორმალური წყალბადის დამწველი ვარსკვლავი არ არის. თუმცა მათ ვერ ხედავენ უფრო პატარა ობიექტს, რომელიც შესაძლოა თვით ამ ყავისფერი ჯუჯის გარშემო ბრუნავდეს. თუ ეს დადასტურდება, ეს იქნება პირველი დაკვირვებული იერარქია, სადაც უფრო დიდი ქვევარსკვლავური ობიექტის გარშემო თანამგზავრი ბრუნავს, ხოლო თვით ეს ობიექტი — ვარსკვლავის გარშემო.

ამის ნაცვლად ისინი რიტმს ხედავენ. ზოგიერთ ღამეს ყავისფერი ჯუჯის სინათლე ოდნავ იწევა ისე, როგორც დედამიწისკენ მოძრავი წყაროს შემთხვევაში. სხვა ღამეებში — საპირისპიროდ, თითქოს ყავისფერი ჯუჯა ჩვენგან შორდება. ეს ნიმუში დაახლოებით ყოველ **171 დღეში** მეორდება.

ასეთი წინ-უკან მოძრაობა უხილავ თანამგზავრს შეუძლია გამოიწვიოს: როდესაც ორი ობიექტი საერთო მასის ცენტრის გარშემო ბრუნავს, პატარა ობიექტი დიდის გარშემო მოძრაობს, მაგრამ დიდიც პატარა მარყუჟს ასრულებს. თუ ეს რიტმი ორბიტულია, ახალი Nature-ის ნაშრომი CD-35 2722 B-ის გარშემო გაზომილი რხევის ყველაზე სასურველ ახსნად ერთ პლანეტარული მასის ობიექტს გვთავაზობს.

ეს გამორჩეული შესაძლებლობაა და არა მთვარის ფოტოსურათი. ოცდასამი მაღალი ხარისხის დაკვირვების ღამე ძლიერ პერიოდულ სიგნალს აჩვენებს. ამ სიგნალის „სამყაროდ“ ქცევას მოდელი სჭირდება, ხოლო არსებული მონაცემები ჯერ კიდევ ერთზე მეტ არქიტექტურას უშვებს. მონაცემები ასევე სრულად ვერ გამორიცხავს თვით ყავისფერი ჯუჯის ნელ ცვლილებებს.



შავი წერტილები და შეცდომის ზოლები 23 ღამის რადიალური სიჩქარის გაზომვებია. უწყვეტი და წყვეტილი მრუდები შესაბამისად ერთი და ორი თანამგზავრის საუკეთესო მოდელებს აჩვენებს. მათი თითქმის სრული გადაფარვა გვიჩვენებს, რატომ შეუძლია მონაცემებს პერიოდული რხევის გამოვლენა, მაგრამ ჯერ ვერ ადგენს სისტემის არქიტექტურას; არც ერთი მრუდი თანამგზავრის პირდაპირი გამოსახულება არ არის.

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

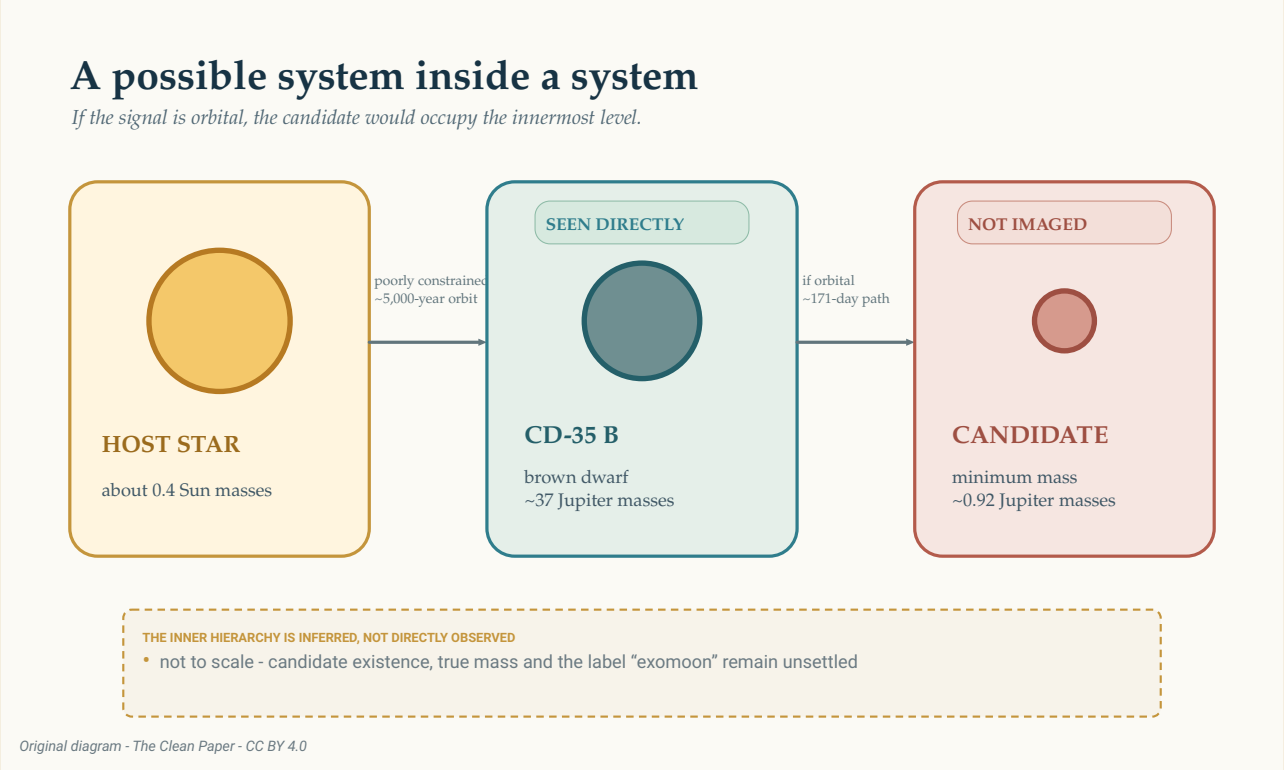
სისტემა სისტემის შიგნით

CD-35 2722 B **ყავისფერი ჯუჯაა**: ობიექტი, რომელიც ნაცნობ კატეგორიებს შორისაა. ის ტიპურ გიგანტურ პლანეტაზე უფრო მასიურია, მაგრამ საკმარისად მასიური არ არის იმისთვის, რომ ნორმალური წყალბადის დამწველი ვარსკვლავივით ანათებდეს. ნაშრომი დაახლოებით **37 იუპიტერის მასას** იყენებს.

ყავისფერი ჯუჯა პირდაპირი გამოსახულებით აღმოაჩინეს, ანუ ტელესკოპებმა მისი სინათლე მასპინძელი ვარსკვლავის სინათლისგან ცალკე გამოარჩია. ცაზე

ის ვარსკვლავიდან დაახლოებით 2.8 კუთხური წამითაა დაშორებული. ამ წყვილის ფართო ორბიტა ცუდადაა ცნობილი, მაგრამ არსებული შეფასებები ძლიერ გაწელილ ტრაექტორიაზე მიუთითებს, რომლის პერიოდი დაახლოებით **5,000 წელია**.

თუ პერიოდული სიგნალი ორბიტულია, სავარაუდო არქიტექტურაში კანდიდატი კიდევ ერთი დონით შიგნით იქნებოდა: ვარსკვლავის გარშემო ბრუნავს ყავისფერი ჯუჯა, ხოლო ამ ყავისფერი ჯუჯის გარშემო — პლანეტარული მასის თანამგზავრი.



თუ სიგნალი ორბიტულია, კანდიდატი ამ შესაძლო იერარქიის ყველაზე შიდა დონეზე იქნება. პირდაპირ მხოლოდ ყავისფერი ჯუჯაა დანახული. ვარსკვლავის გარშემო გარე ორბიტა ცუდადაა შეზღუდული, ხოლო დაახლოებით 171-დღიანი შიდა გზა ყავისფერი ჯუჯის გაზომილი რხევიდანაა გამოტანილი. ზომები და მანძილები მასშტაბში არ არის.

The Clean Paper CC BY 4.0

ასეთი შესაძლო იერარქიის დახატვა მარტივია. მისი ფიზიკური რეალობა და სახელწოდებები — ჯერ არა. პლანეტარული მასის სხეული, რომელიც ყავისფერი ჯუჯის გარშემო ბრუნავს, მთვარეა, პლანეტაა თუ უბრალოდ თანამგზავრი? ასტრონომიაში არ არსებობს მიღებული წესი, რომელიც ამას ერთმნიშვნელოვნად გადაწყვეტს. ამიტომ ნაშრომი უფრო ფართო ტერმინს — **ეგზოთანამგზავრს** — იყენებს.

როგორ იქცა 23 ღამე რხევად

ჯგუფი CD-35 2722 B-ს (იხილეთ მისი NASA Eyes on Exoplanets-ის ჩანაწერი) აკვირდებოდა CRIRES+-ით, ევროპის სამხრეთული ობსერვატორიის Very დიდი

Telescope-ის მაღალი გარჩევადობის სპექტროგრაფით. 2023 წლის ოქტომბრიდან 2026 წლის თებერვლამდე მათ 26 დაკვირვების ეპოქა მიიღეს. ერთში სიგნალი ძალიან სუსტი იყო, ხოლო ცუდ ამინდში მიღებული ორი დაკვირვება უარყვეს და გაიმეორეს, რის შემდეგაც დარჩა **23 მაღალი ხარისხის ღამე**.

სპექტროგრაფი სინათლეს ხაზების დეტალურ სურათად შლის. როდესაც წყარო დედამიწისკენ ან დედამიწისგან მოძრაობს, ეს ხაზები ძალიან მცირედ იწევა. მხედველობის ხაზის გასწვრივ მოძრაობის განმეორებით გაზომვებს **რადიალურ სიჩქარეებს** უწოდებენ. ისინი უხილავ სხეულს არ გვიჩვენებს. ისინი აჩვენებს, როგორ შეიძლება დაკვირვებული სხეული უხილავი მიზიდულობის გავლენით მოძრაობდეს.

გაზომვებში ყველაზე ძლიერი პერიოდულობა დაახლოებით 170 დღეზეა. ის კვლევის **0.1%-იან ცრუ განგაშის ალბათობის ზღურბლს** გადის. ეს ზღურბლი კითხულობს, რამდენად ხშირად წარმოქმნიდა ხმაური, ტესტის დაშვებების ფარგლებში, მინიმუმ ამ ძალის periodogram პიკს. ეს არ არის 99.9%-იანი ალბათობა, რომ თანამგზავრი არსებობს, და თავისთავად არც იმას ამბობს, ერთი თანამგზავრია თუ ორი.

> **რას შეუძლია დაადგინოს რადიალური სიჩქარის სიგნალმა?**
>
> რადიალური სიჩქარე სპექტრულ ხაზებში განმეორებად ძვრებს გარდაქმნის მოძრაობის გაზომვებად დამკვირვებლისკენ და მისგან. განმეორებადი ნიმუში შეიძლება ორბიტის განტოლებებით მოერგოს, რის შედეგადაც შეიძლება გამოვიტანოთ პერიოდი, გაზომილი რხევის ზომა და თანამგზავრის მინიმალური მასა.
> მაგრამ მეთოდი თანამგზავრს პირდაპირ არ იღებს ფოტოზე. ვარსკვლავურ ან ქვევარსკვლავურ ატმოსფეროსაც შეუძლია სპექტრული ხაზების გადაწევა, დაკვირვების განრიგმა შეიძლება მცდარი რიტმები შექმნას, ხოლო სხვადასხვა ორბიტულმა განლაგებამ ერთმანეთის მსგავსი შედეგი მისცეს. სიგნალი, მისი ფიზიკური ახსნა და დასკვნით ობიექტზე დაკრული სახელი სამი ცალკეული კითხვაა.

ორბიტულ პასუხამდე დაკვირვების შერჩევას ყურადღება სჭირდება. ოთხ განსაკუთრებით დაბალ რადიალური სიჩქარის გაზომვას ნიმუშში მნიშვნელოვანი წონა აქვს. ისინი ორ წყვილად, კარგი დაფიქსირებული პირობების დროს მიიღეს და არც ერთი ცალკეული წერტილი არ ქმნიდა სიგნალს, როდესაც ავტორებმა ანალიზი თითო წერტილის მოცილებით ხელახლა ჩაატარეს. ამის მიუხედავად, შესაძლო ორბიტული ფაზების მხოლოდ ნაწილი იქნა დაფარული. ორ წელზე მეტ პერიოდში გაფანტული ოცდასამი ღამე უწყვეტ დაკვირვებას არ უდრის.

ავტორებმა ნახევარწლიანი არტეფაქტიც გამოცადეს. დედამიწის ცვალებადი მოძრაობის ან ინსტრუმენტის პროფილის არასრულმა კორექციამ შეიძლება ცრუ წლიური სიგნალი შექმნას, რომელიც შერჩევამ ნახევარ დედამიწის წელზე, ანუ **182.5 დღეზე**, გადაალაისოს. მათი სასურველი პერიოდია **171.11 დღე**, გაურკვევლობით +0.53/-0.36 დღე; ავტორები აღნიშნავენ, რომ ეს 182.5 დღისგან დაახლოებით 20 სტანდარტული გადახრითაა დაშორებული. მათ ასევე ვერ იპოვეს კორელაცია დედამიწის ცვალებად მოძრაობასთან, seeing-თან, ატმოსფერულ წყლის ორთქლთან ან მათ მიერ შემოწმებულ

ინსტრუმენტულ თვისებებთან. ეს მნიშვნელოვანი კონტროლებია. ისინი ორბიტულ ახსნას იმდენად დამაჯერებელს ხდის, რომ მოდელირება ღირდეს, მაგრამ თვითონ ობიექტს არ ადგენს.

ყველაზე მარტივი ორბიტული პასუხი: ერთი თანამგზავრი

სასურველ მოდელში ერთი ობიექტი ყავისფერი ჯუჯის გარშემო ყოველ 171.11 დღეში ექსცენტრულ, ანუ გარკვეულწილად გაწელილ ორბიტაზე მოძრაობს. მორგებულ ორბიტას დაახლოებით **0.27 ექსცენტრულობა** და დაახლოებით **0.200 ასტრონომიული ერთეულის** ნახევრად დიდი ღერძი აქვს — დედამიწა-მზის საშუალო მანძილის დაახლოებით ერთი მეხუთედი.

გაზომილი რხევის ამპლიტუდა დაახლოებით **318 მეტრია წამში**. ამ მოძრაობიდან მოდელი თანამგზავრის მინიმალურ მასად დაახლოებით **0.92 იუპიტერის მასას** იძლევა.

სიტყვა *მინიმალური* მნიშვნელოვანია. რადიალური სიჩქარე მხოლოდ იმ ორბიტული მოძრაობის ნაწილს ზომავს, რომელიც ჩვენკენ ან ჩვენგანაა მიმართული. თუ ორბიტას კიდიდან ვხედავთ, მოძრაობის დიდი ნაწილი ამ ხაზის გასწვრივ ჩანს. თუ მას უფრო „ზემოდან“ ვუყურებთ, მოძრაობის დიდი ნაწილი ცაზე განივად გადის და იგივე გაზომილი რხევის მისაღებად უფრო მასიური თანამგზავრი იქნება საჭირო.

ასტრონომები შედეგს წერენ როგორც **m sin(i)**: მასა გამრავლებული ორბიტის უცნობი დახრის, ანუ ხედვის კუთხის, სინუსზე. მონაცემები ამ ნამრავლს ზღუდავს და არა ნამდვილ მასას ცალკე. ამიტომ დაახლოებით 0.92 იუპიტერის მასა ქვედა ზღვარია და არა ობიექტის ზუსტი მასის გაზომვა.

> **რატომ მალავს ხედვის კუთხე მასას?**
>
> წარმოიდგინეთ, რომ წრიულ სარბენ ბილიკს გვერდიდან უყურებთ. მორბენალი პერიოდულად თქვენკენ და თქვენგან მოძრაობს, ამიტომ ამ კომპონენტის გაზომვა მარტივია. ახლა იმავე ბილიკს ზემოდან შეხედეთ. მორბენალი ძირითადად თქვენს ხედვაზე განივად მოძრაობს და თითქმის აღარ მოდის თქვენკენ ან თქვენგან.
> რადიალური სიჩქარე მხოლოდ პირველ კომპონენტს ხედავს. მათემატიკური ფაქტორი `sin(i)` აღწერს, ორბიტული მოძრაობის რა ნაწილი ემთხვევა ჩვენი მხედველობის ხაზს. სანამ დახრის კუთხე `i` უცნობია, გამოტანილი მასა მინიმალურ მნიშვნელობად რჩება.

შემდეგ ავტორებმა შეამოწმეს, შეძლებდა თუ არა ასეთი ორბიტა სწრაფი დესტაბილიზაციის გარეშე არსებობას. მათი რიცხვითი ტესტები აჩვენებდა, რომ ერთ თანამგზავრიანი მოდელი ზოგადად სტაბილურია. ეს მას სიგნალის ფიზიკურად სარწმუნო ინტერპრეტაციად

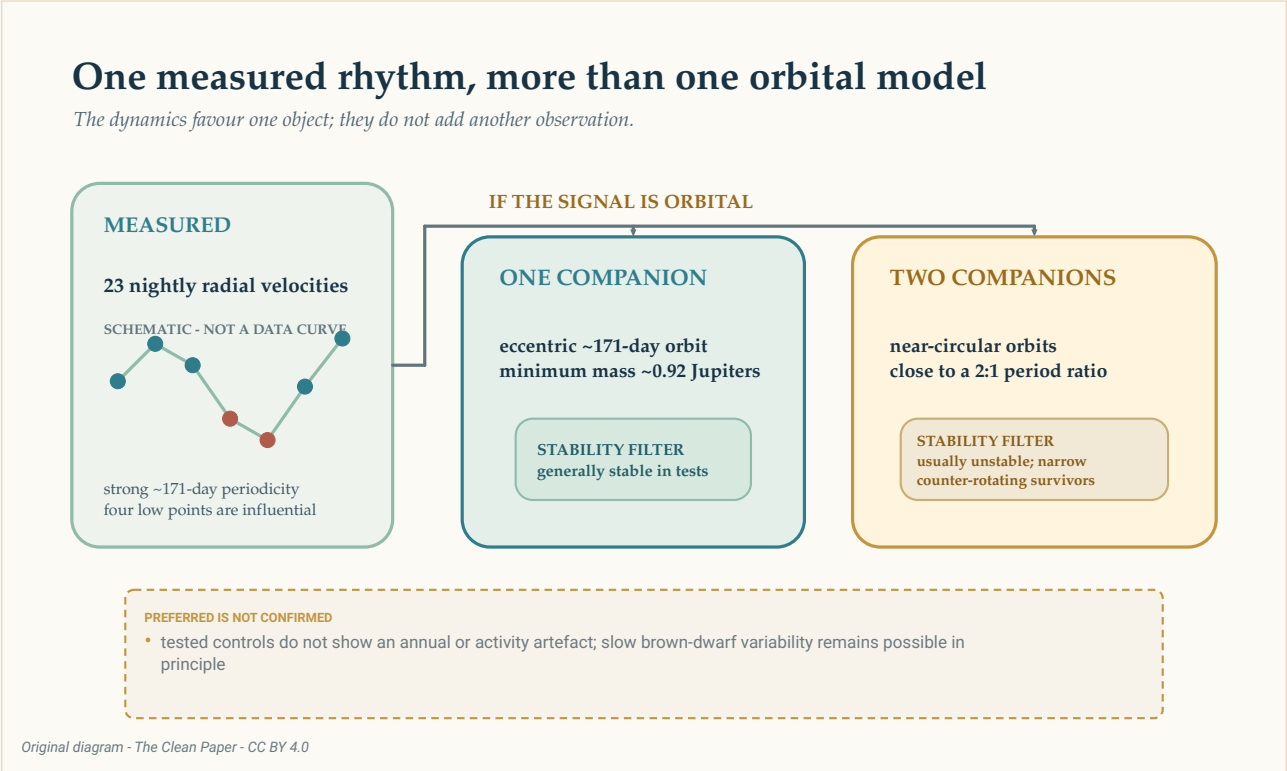
აქცევს. მაგრამ ეს მეორე აღმოჩენას არ წარმოადგენს.

უხერხული პასუხი: ორ თანამგზავრს ერთის იმიტაცია შეუძლია

ექსცენტრულ რადიალურ-სიჩქარის სიგნალს ცნობილი გაურკვევლობა აქვს. ზოგ პირობებში თითქმის წრიულ ორბიტებზე მოძრავ ორ ობიექტს, რომელთაგან ერთის პერიოდი დაახლოებით ორჯერ მეტია მეორისაზე, შეუძლია ისეთი გაერთიანებული ნიმუშის შექმნა, რომელიც ერთ გაწელილ ორბიტაზე მოძრავ ობიექტს ჰგავს.

ეს გაურკვევლობა აქაც ჩნდება. ორი თანამგზავრის მოდელს შეუძლია მიმდინარე გაზომვებს მოერგოს დაახლოებით 171-დღიანი გარე სიგნალით და უფრო მოკლე პერიოდის შიდა სიგნალით. რადგან დაკვირვების დროები ყველა ფაზას თანაბრად არ ფარავს, მოკლე სიგნალს რამდენიმე alias აქვს. რადგან შერჩეულ 23 ღამეს შორის დიდი სიცარიელეებია, სხვადასხვა საცდელი პერიოდი ვიზიტებს შორის განსხვავებული რაოდენობის დაუკვირვებელ ციკლს მოიცავს და მაინც შეიძლება იმავე გაზომვებთან დაემთხვეს. ამიტომ დაახლოებით 14, 70, 88 და 115 დღის კანდიდატი პერიოდები ერთი ცუდად შერჩეული მოკლე სიგნალის ალტერნატიული მორგებებია და არა ოთხი დამოუკიდებლად აღმოჩენილი რიტმი.

ავტორები უარყოფენ ცუდად განსაზღვრულ 13-17-დღიან ფანჯარას. იქ მორგება ერთი დამაჯერებელი პერიოდის გამოყოფას ვერ ახერხებს: დაახლოებით 20 დღეზე ქვემოთ ბევრი ერთმანეთთან ახლო გამოსავალი დაბალი cadence-ის გაზომვებს იმეორებს, რაც მთელ ფანჯარას სავარაუდო sampling artefact-ად აქცევს. დარჩენილი ფანჯრებიდან დაახლოებით 88-დღიანი გადაწყვეტა დაახლოებით 70- და 115-დღიან ალტერნატივებზე უკეთ ერგება, მაგრამ არა იმდენად, რომ ნაშრომმა ცნობილი მეორე პერიოდი გამოაცხადოს. ცხრილში მოცემულ საუკეთესო fit-ში გარე ობიექტის მინიმალური მასა დაახლოებით 0.87 იუპიტერის მასაა, ხოლო შიდას — დაახლოებით 0.22 იუპიტერის მასა. ეს რიცხვები ნაკლებად სასურველ მოდელს აღწერს და არა ორი დადგენილი სამყაროს გაზომვას.



თუ დაახლოებით 171-დღიანი სიგნალი ორბიტულია, იგივე ფართო რადიალურ-სიჩქარის ნიმუში შეიძლება წარმოდგენილი იყოს ერთი ექსცენტრული თანამგზავრით ან ორი თითქმის წრიული თანამგზავრით, რომელთა პერიოდები დაახლოებით ორი-ერთთან თანაფარდობაშია. სტაბილურობის ტესტები ერთ ობიექტიან ინტერპრეტაციას ანიჭებს უპირატესობას, მაგრამ მოდელს ფოტოსურათად არ აქცევს და ყავისფერი ჯუჯის ნელი ცვალებადობის ყველა ფორმას არ გამორიცხავს.

The Clean Paper CC BY 4.0

სტაბილურობის გამოთვლები შედარებას კიდევ ამკვეთრებს. გამოცდილი ორი თანამგზავრის განლაგებების უმეტესობაში ერთ-ერთი ობიექტი სიმულირებული რამდენიმე ასეული წლის განმავლობაში სისტემიდან იდევნებოდა. გადარჩენილი კონფიგურაციები ვიწრო და უჩვეულო რეგიონში იყო, სადაც ორბიტები თითქმის ერთ სიბრტყეშია, მაგრამ საპირისპირო მიმართულებით მოძრაობს. მასპინძელი ვარსკვლავიც დამატებით არასტაბილურ რეგიონებს ქმნიდა.

ეს არის მიზეზი, რომ გამოცდილი ორი თანამგზავრის სისტემებზე ერთ ექსცენტრულ თანამგზავრს უპირატესობა მივანიჭოთ. მაგრამ ეს არ ამტკიცებს, რომ ბუნებამ მარტივი მოდელი აირჩია. სტაბილურობა შესაძლო ინტერპრეტაციებს ფილტრავს მას შემდეგ, რაც რადიალური სიჩქარეები უკვე გაზომილია; ის მრუდს კიდევ ერთ დაკვირვებულ წერტილს არ ამატებს.

როგორ შეიძლება ერთი ექსცენტრული ორბიტა ორ წრიულ ორბიტას ჰგავდეს?

იდეალური წრიული ორბიტა მარტივ განმეორებად რადიალურ-სიჩქარის ტალღას ქმნის. ექსცენტრული ორბიტა ამ ტალღას დამახინჯებებს ამატებს.

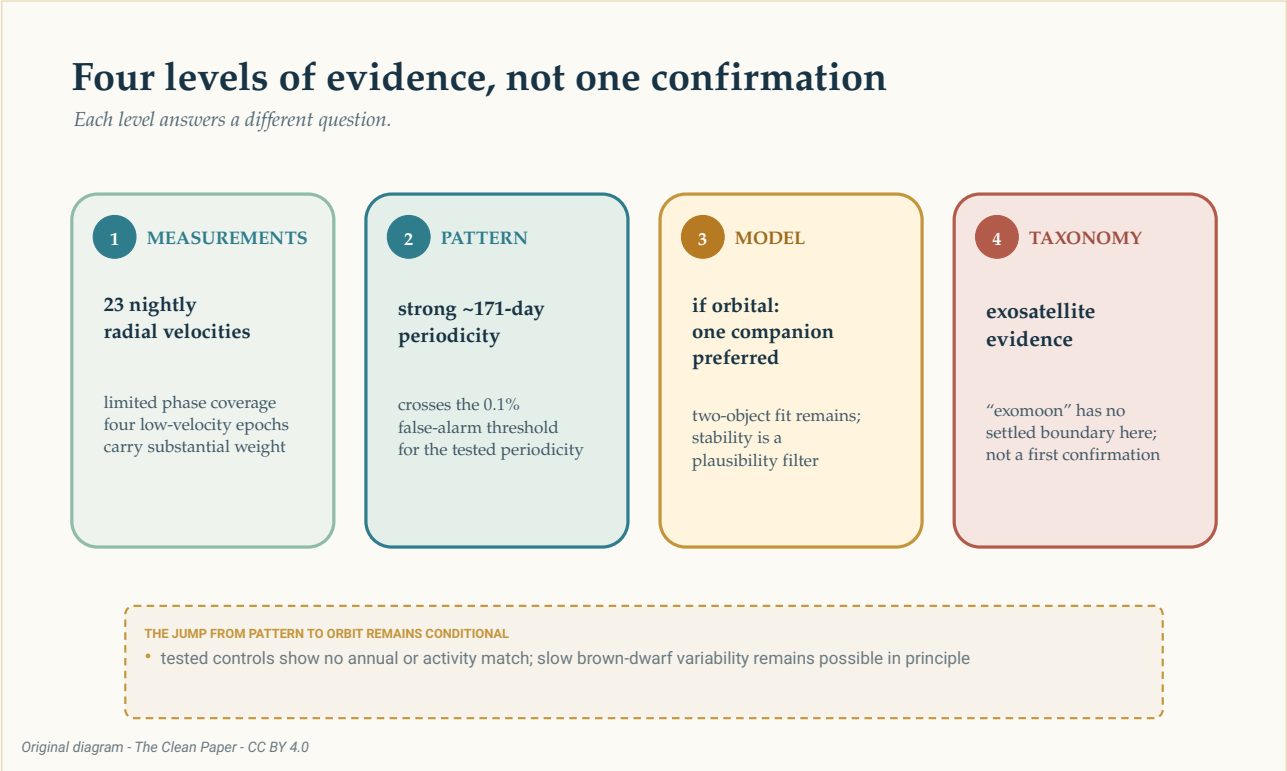
> ორ წრიულ ორბიტას, რომელთა პერიოდები დაახლოებით ორ-ერთთან თანაფარდობაშია, შეუძლია გაერთიანდეს ისე, რომ ერთი სიგნალი მთავარ რიტმს იძლეოდეს, მეორე კი მსგავს დამახინჯებას.
> ეს არის **ორბიტული დეგენერაცია**: სხვადასხვა ფიზიკური სისტემა მსგავს გაზომვებს წარმოქმნის. დამატებით დაკვირვებებს იმ დროს, როცა მოდელები განსხვავებულ სიჩქარეებს პროგნოზირებს, შეუძლია ეს გაურკვევლობა მოხსნას. დინამიკური ტესტი გვეხმარება ვიკითხოთ, შეძლებდა თუ არა თითოეული შემოთავაზებული სისტემა არსებობას, მაგრამ ის ამ დაკვირვებებს ვერ შეცვლის.

შეიძლება რიტმი თვით ყავისფერი ჯუჯიდან მოდიოდეს?

ყავისფერი ჯუჯა ჩუმი საცდელი მასა არ არის. მისი ატმოსფერო ბრუნავს, ღრუბლებს ქმნის და შესაძლოა მაგნიტურად აქტიურიც იყოს. ზედაპირის ცვალებად ნიმუშებს შეუძლია სპექტრული ხაზების ფორმა შეცვალოს და მოძრაობის იმიტაცია მოახდინოს.

CD-35 2722 B-ის მაქსიმალური ბრუნვის შეფასებული პერიოდი დაახლოებით **0.65 დღეა**, ბევრად მოკლე 171 დღეზე. ჯგუფმა მათ მიერ გამოცდილ აქტივობის მოდელებში ვერ აღადგინა ძლიერი მოკლე ბრუნვის სიგნალი ან დამაჯერებელი ღრუბლის/გრანულაციის მსგავსი სიგნალი. მათ ასევე შეამოწმეს წლიური sampling და ინსტრუმენტული პარამეტრები ისე, რომ 171-დღიან რიტმთან დამთხვევა ვერ იპოვეს.

ეს შემოწმებები ალტერნატივებს ამცირებს, მაგრამ ნაშრომი არ აცხადებს, რომ ყველა შინაგანი ცვალებადობა გამორიცხულია. ყავისფერ ჯუჯაში ხანგრძლივი მაგნიტური აქტივობა ან ატმოსფერული ცირკულაცია პრინციპულად მაინც ვერ გამოირიცხება. ეს დარჩენილი შესაძლებლობა ორბიტულ მოდელებთან გვერდიგვერდ უნდა იდგეს და არა მათ შემდეგ დამალული.



მტკიცებულება ოთხ განსხვავებულ დონედ ადის: 23 ღამის რადიალური სიჩქარე შეზღუდული ფაზური დაფარვით, ძლიერი დაახლოებით 171-დღიანი პერიოდულობა, სასურველი ერთი თანამგზავრის მოდელი თუ სიგნალი ორბიტულია, და ბოლოს მოუგვარებელი „ეგზომთვარის“ სახელწოდება. კიბე ერთმანეთისგან გამოყოფს გაზომვას, სტატისტიკურ ნიმუშს, ფიზიკურ ინტერპრეტაციასა და ტაქსონომიას; ის დადასტურების ისარი არ არის.

The Clean Paper CC BY 4.0

ეს ეგზომთვარეა?

მზის სისტემაში მთვარე პლანეტის გარშემო ბრუნავს. CD-35 2722 B ყავისფერი ჯუჯაა, ხოლო სავარაუდო თანამგზავრის ნამდვილი მასა ჯერ უცნობია. ნაცნობი სახელები ძაბვას იწყებს, როცა ერთი ობიექტი პლანეტა-ყავისფერი ჯუჯის საზღვართანაა, ხოლო მეორე — მთვარე-პლანეტის საზღვართან.

ნაშრომი არ აცხადებს პირველ დადასტურებულ ეგზომთვარეს. ის ამბობს, რომ არც ერთი ეგზომთვარე ჯერ თავდაჯერებით არ არის აღმოჩენილი, წარმოგვიდგენს მტკიცებულებას პლანეტარული მასის **ეგზოთანამგზავრისთვის** და ამ სისტემას უდავო აღმოჩენისკენ გადადგმულ ნაბიჯად აღწერს. შესაძლო სიახლის განხილვაც პირობითად იწყება: თუ სიგნალი ნამდვილად დადასტურდება.

ეს სიფრთხილე შედეგს ცარიელს არ ხდის. მკრთალი ყავისფერი ჯუჯა თანამგზავრიდან რადიალური სიჩქარის პირდაპირ გაზომვა რთულია. თუ შემდგომი დაკვირვებები სიგნალს შეინარჩუნებს, სისტემა აჩვენებს, რომ პლანეტების ძიების მეთოდებს ციური იერარქიის კიდევ ერთი დონის ქვემოთ ჩასვლა შეუძლია.

შემდეგ დაკვირვების სეზონს მხოლოდ მეტი წერტილის დამატებაზე მეტი შეუძლია. ერთი და ორი თანამგზავრის მოდელები მომავალში გარკვეულ დროებზე განსხვავებულ სიჩქარეებს პროგნოზირებს. გაზომვებს, რომლებიც დაკარგულ ორბიტულ ფაზებს ავსებს, შეუძლია შეამოწმოს, შენარჩუნდება თუ არა 171-დღიანი რიტმი, შეამციროს ოთხი დაბალი წერტილის გავლენა და კონკურენტული მრუდები ერთმანეთისგან გააშოროს.

ამ ეტაპზე ყველაზე პატიოსანი სურათი ახალი მთვარე კი არ არის, რომელიც ყავისფერი ჯუჯის გვერდით კიდია, არამედ სპექტრია — ღამიდან ღამემდე გამეორებული და მცირე პერიოდული ძვრით. ამ რიტმში შეიძლება ერთი სამყარო იმალებოდეს. მიღწევა ისაა, რომ მისგან უკვე ბევრის გამოტანა შეგვიძლია ისე, რომ არ მოვაჩვენოთ, თითქოს დასკვნა დასრულებულია.

სუფთა შეჯამება

ასტრონომებმა პირდაპირ გამოსახული ყავისფერი ჯუჯა CD-35 2722 B-ის რადიალური სიჩქარე 2023 წლის ოქტომბრიდან 2026 წლის თებერვლამდე 23 მაღალი ხარისხის ღამეს გაზომეს. მის სპექტრულ ხაზებში დაახლოებით 171 დღეზე ძლიერი პერიოდული ძვრა ჩანს. სასურველი ორბიტული მოდელი შეიცავს ერთ ექსცენტრულ თანამგზავრს დაახლოებით 0.92 იუპიტერის მასის მინიმალური მასით, მაგრამ ნამდვილი მასა უცნობია, რადგან ორბიტის დახრა უცნობია. ორ თითქმის წრიულ თანამგზავრს შეუძლია იგივე ფართო სიგნალის იმიტაცია, თუმცა გამოცდილი ორი ობიექტის კონფიგურაციების უმეტესობა დინამიკურად არასტაბილური იყო. ოთხ დაბალ სიჩქარიან ეპოქას მნიშვნელოვანი გავლენა აქვს და ორბიტული ფაზების დაფარვა კვლავ შეზღუდულია: დაკვირვებები შესაძლო 171-დღიანი ციკლის მხოლოდ შერჩეულ ნაწილებს ფარავს და არა ყველა ფაზას უწყვეტად. ტესტებმა სიგნალის წყაროდ ვერ გამოავლინა ბრუნვა, წლიური sampling, ამინდი ან შემოწმებული ინსტრუმენტული თვისებები, მაგრამ ხანგრძლივი ყავისფერი ჯუჯის ცვალებადობა პრინციპულად ვერ გამოირიცხება. უხილავი ობიექტი პირდაპირ არ არის გადაღებული, ერთი ობიექტის მოდელი სასურველია და არა დადასტურებული, და არ არსებობს შეთანხმებული წესი, რომელიც ყავისფერი ჯუჯის გარშემო მოძრავ პლანეტარული მასის სხეულს აუცილებლად ეგზომთვარედ აქცევს.

შელამაზების გარეშე შემოწმება

რა იქნა დაკვირვებული: CD-35 2722 B-ის 23 ღამის რადიალური სიჩქარის გაზომვა შეიცავს ძლიერ დაახლოებით 171-დღიან პერიოდულობას. თვით ყავისფერი ჯუჯა პირდაპირ იყო გამოსახული; შემოთავაზებული თანამგზავრი — არა.

რას ანიჭებენ უპირატესობას ავტორები: თუ სიგნალი ორბიტულია, ერთ ექსცენტრულ თანამგზავრს, იუპიტერის მასასთან ახლო მინიმალური მასით, მიმდინარე მონაცემების

ყველაზე მარტივი და დინამიკურად სარწმუნო ინტერპრეტაცია აქვს.

რა რჩება ღია: ორ თანამგზავრს შეუძლია რადიალურ სიჩქარეებს მოერგოს, თუმცა გამოცდილი სისტემები ჩვეულებრივ არასტაბილურია; ხანგრძლივი ყავისფერი ჯუჯის ცვალებადობა პრინციპულად გამორიცხული არ არის; უცნობი ხედვის კუთხე კი თანამგზავრის ნამდვილ მასას დაუდგენელს ტოვებს.

რას არ ადგენს ნაშრომი: პირველ დადასტურებულ ეგზომთვარეს, პირდაპირ დანახულ თანამგზავრს, ზუსტად ერთ ორბიტულ ობიექტს, ნამდვილ 0.92-იუპიტერიან მასას ან 99.9%-იან ალბათობას, რომ სასურველი ფიზიკური მოდელი სწორია.

რა გაზრდიდა ნდობას: დამატებითი რადიალური სიჩქარის გაზომვები, რომლებიც მეტ ორბიტულ ფაზას დაფარავს, შეამოწმებს 171-დღიანი სიგნალის მდგრადობას და დააკვირდება იმ დროებს, როცა ერთი და ორი თანამგზავრის მოდელები განსხვავებულ პროგნოზებს იძლევა.

წყაროები

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