

## رؤية ظل الحلقات حول كوكب "سوبر زحل"

**Matthew Kenworthy\***

Leiden Observatory, Leiden University, Leiden, Netherlands

### المراجعون الصغار:

**JONAH**  
العمر: 10



يعتقد علماء الفلك أنهم اكتشفوا كوكبًا له مجموعة عملاقة من الحلقات حوله، أكبر 200 مرة من الحلقات الموجودة حول كوكب زحل. الكوكب حديث النشأة بما يكفي لدرجة أن الأقمار قد تكون في طور التشكل من المادة المكونة للحلقات، ونحن نرى ظلال الحلقات هنا على الأرض. نحن نبحث الآن عن كواكب أخرى حولها حلقات عملاقة، وقد نرى حلقات الأعمار القليلة القادمة حول كوكب "بيتا بيكتوريس بي" (beta Pictoris b).

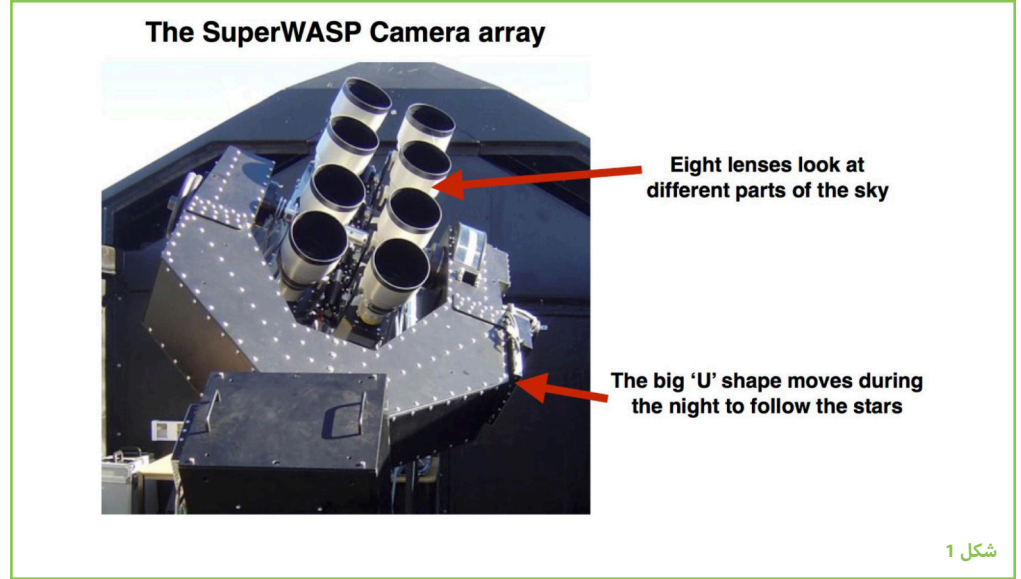
### إيجاد كواكب خارج المجموعة الشمسية من خلال ظلالها

اكتشف علماء الفلك العديد من الكواكب في مجرتنا من خلال رؤيتها عندما يتحرك كوكب أمام نجمه الأم ويحجب جزءًا من ضوء النجم لبضع ساعات. بالنسبة للكواكب الكبيرة مثل كوكب المشتري، يبلغ قطر الكوكب حوالي عُشر قطر النجم، وتبلغ كمية ضوء النجم الذي يحجبه الكوكب حوالي 1% من إجمالي ضوء النجم.

ونظرًا لأن هذه الكواكب الجديدة لا يتم اكتشافها من خلال رؤيتها مباشرة، ولكن من خلال التغيير في سطوع النجم الذي تتحرك أمامه، فيمكننا قياس هذه الإشارات باستخدام التليسكوبات

## شكل 1

صورة لكاميرات SuperWASP.  
حقوق الصورة:  
<http://www.superwasp.org/>



الصغيرة. تم العثور على أول كوكب جرى اكتشافه بهذه الطريقة باستخدام تليسكوب قطره أربعة بوصات من خلال كاميرا يتحكم فيها حاسوب، في تجربة علمية أجراها البروفيسور David Charbonneau في عام 2000 [1]. ويوجد الآن العديد من التليسكوبات المختلفة حول العالم التي تلتقط صورًا للسماء ليلاً كل بضع دقائق أو نحو ذلك، بحثًا عن الإعتام المميز في ضوء النجوم الذي يحدث عندما يقوم الكوكب بمرور عابر أمام نجمه الأم.

## المرور العابر

## (TRANSIT)

ظاهرة تحدث عندما يمر جسم فلكي أمام جسم فلكي آخر.

يُطلق على أحد مرصدي البحث عن ظواهر المرور العابر اسم SuperWASP (اختصارًا لعبارة رصد الكواكب بزوايا فائقة الاتساع - انظر الشكل 1)، ويستخدم هذا المرصد ثماني عدسات كاميرا قوية للغاية متصلة بثمانية كاميرات لالتقاط صور للسماء كل ليلة [2]. قد يكون وضع المزيد من العدسات وتوجيهها نحو السماء أكثر تكلفة، وقد تعني قلة عدد العدسات أن عمليات الرصد ستستغرق وقتًا طويلًا؛ وبحلول عام 2010، جمعت الكاميرات في مرصد SuperWASP بيانات تبلغ قيمتها عدة سنوات من البحث حول أكثر من 18 مليون نجم! علم مصممو الكاميرات أن علماء الفلك الآخرين يستطيعون استخدام البيانات الخاصة بحجم ضوء النجوم المحجوب لدراسة نجومهم المفضلة ومعرفة ما كانت تفعله هذه النجوم.

لقد نجحت هذه التليسكوبات الصغيرة نجاحًا كبيرًا في العثور على العديد من الكواكب. فباستخدام التليسكوبات المنتشرة على الأرض، رُصد أكثر من 300 من الكواكب تتحرك أمام نجومها، وهذا يعني أن هناك العديد من الكواكب التي لا نراها، والتي لا تصطف مداراتها تمامًا مع الأرض ومع هذه التليسكوبات؛ وقد اكتشف القمر الصناعي "كبلر" (Kepler)، الذي أُطلق في عام 2009، أكثر من 1000 كوكب باستخدام نفس الطريقة.

لكن هناك مشكلة، تتمثل في صعوبة إخبار أجهزة الكمبيوتر بالبحث عن انخفاض ضوء النجوم الذي يحدث عندما يتحرك كوكب أمام نجم ما، لأن هناك العديد من الظواهر الفلكية الأخرى التي تبدو مشابهة جدًا لحركة عبور الكوكب أمام نجم. تُسمى هذه الأمور **النتائج الإيجابية الخاطئة** -- حيث يمكن أن تنشأ إحدى هذه النتائج الإيجابية الخاطئة إذا حدث أن حجب نجمان يدوران حول بعضهما البعض ضوء بعضهما. يمكن أن يبدو هذا الأمر وكأنه كوكب عابر.

## النتيجة الإيجابية الخاطئة

## (FALSE POSITIVE)

إشارة غير صحيحة تشبه الظاهرة التي تبحث عنها.

تختلف النجوم الأخرى أيضًا في درجة سطوعها، إما لأنها تتضخم وتنهار كل بضعة أيام، أو بسبب وجود انفجارات ساطعة على سطحها، أو لأنها تسحب الأجسام النجمية من نجم آخر قريب. يمكن أن تُسبب هذه الظواهر نتائج إيجابية خاطئة أيضًا. بسبب النتائج الإيجابية الخاطئة والعديد من الظواهر الفلكية الأخرى في السماء، أصدر علماء الفلك الذين قاموا ببناء SuperWASP جميع بياناتهم على الإنترنت لإتاحة تحميلها لعلماء الفلك الآخرين<sup>1</sup> والبحث فيها عن اهتماماتهم العلمية الخاصة، وبهذه الطريقة تم اكتشاف النجم J1407.

<http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/docs/SuperWASPMission.html>

## الاكتشاف

Eric Mamajek هو أستاذ في University of Rochester بالولايات المتحدة. درس Eric، هو وتلميذه في مرحلة الدراسات العليا، Mark Pecaut، الكثير من البيانات حول ضوء النجوم في قاعدة بيانات SuperWASP. Eric وMark كلاهما خبراء في البحث عن النجوم الحديثة للغاية، وأهم علامتين تدلان أن النجم حديث النشأة هما: (1) وجود الكثير من نقاط النجوم التي تبدو مثل النقاط السوداء على سطحه وهي مناطق أكثر برودة على النجم، و(2) الدوران بشكل أسرع من النجوم الأقدم. إذ يستغرق الدوران حول شمسنا حوالي 25 يومًا لإتمام دورة واحدة، ولكن النجوم الحديثة تستغرق 2-3 أيام فقط لتدور حولها. عندما تدور النجوم اليافعة للغاية حول الشمس، تظهر بقع النجوم الموجودة على سطحها وتختفي، وهذا يغير مستويات الضوء بمقدار ضئيل. ومن خلال دراسة الضوء المنبعث من هذه النجوم الحديثة، تمكن Eric وMark من رؤية تغير السطوع بمقدار صغير وقابل للتكرار في كل مرة يدور فيها النجم، وكانت قاعدة بيانات SuperWASP مكانًا مثاليًا للبحث عن دليل على وجود نجوم جديدة.

يُطلق على أحد النجوم التي قاما بدراستها اسم J1407، وقد لاحظنا أن بيانات الضوء المنبعث من هذا النجم بدت غريبة للغاية. الاسم الكامل للنجم هو 1SWASP J140747.93-394542.6، والذي يأتي من إحداثيات موقع النجم في السماء، لكننا اختصرناه إلى J1407. لمدة عامين، كان النجم يسلك سلوكًا طبيعيًا، حيث يغير سطوعه بنسبة قليلة كل 3.2 من الأيام، مما يدل على أنه نجم سريع الدوران (وربما نجم حديث). بعد ذلك، في منتصف عام 2007، أظهر النجم سلوكًا غير متوقع بالمرّة. فعلى مدار شهرين، تلاشى ضوء النجم، ثم عاد بريقه إلى طبيعته، ثم تلاشى ضوءه تمامًا تقريبًا لمدة أسبوع، ثم عكس هذا النمط قبل أن يعود إلى طبيعته -- أنظر الشكل 2. عندما تلاشى ضوء النجم، حدث ذلك بسرعة كبيرة للغاية. وفي إحدى الليالي، انخفض الضوء الصادر من النجم بنسبة تزيد عن 50%. ما الذي يمكن أن يتسبب في حدوث مثل هذه الظاهرة؟

أظهر لي Eric بيانات ضوء النجوم بعد بضعة أشهر، وبحلول هذا الوقت كان العديد من علماء الفلك الآخرين يبحثون أيضًا في هذه البيانات ويحاولون معرفة ما يجري. اقترحنا العديد من الأفكار الممكنة عما كان يحدث - هل كنا نشهد نظامًا نجميًا ثنائيًا؟ كلا، بدت البيانات الضوئية معقدة للغاية. ماذا الذي يحدث هنا؟

## تفسير مذهل!

كان التفسير الوحيد الذي يمكن اعتباره منطقيًا هو أن ما كنا نراه هو مجموعة من الحلقات الصغيرة مستقرة داخل حلقات أكبر، مثل تلك الموجودة حول كوكب زحل، تتحرك بيننا وبين النجم. ونظرًا لمدى سرعة تلاشي ضوء النجم وسطوعه مرة أخرى، الذي قدم لنا فكرة عن مدى سرعة تحرك هذه

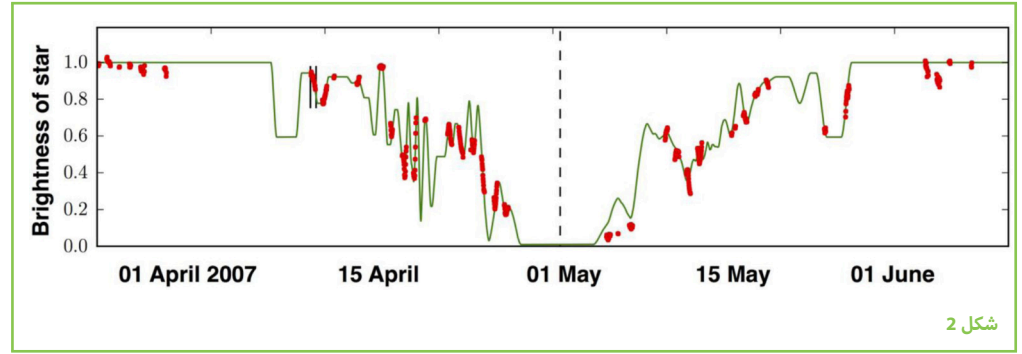
### النظام النجمي الثنائي

#### (BINARY STAR SYSTEM)

نجمان يدوران حول مركز الجاذبية المشترك بينهما.

## شكل 2

البيانات الضوئية التي تم الحصول عليها من النجم J1407 في شهري أبريل ومايو 2007. النقاط الحمراء تمثل الضوء المنبعث الذي يتم قياسه من النجم. قمنا بتصميم صورة للحلقات في جهاز الكمبيوتر الخاص بنا ثم جعلنا النجم يتحرك خلف هذه الحلقات لنرى كيف ستبدو الحلقات من الأرض. هذا ما يمثله الخط الأخضر في الصورة أعلاه [3].



شكل 2

الحلقات، فقد أعطانا ضرب هذه السرعة في عدد الأيام التي رأينا فيها وميض النجم فكرة عن حجم الحلقات -- وتبين أنه يزيد عن 180 مليون كيلومتر من حيث القطر! ويضاهي حجم هذه الحلقات حجم مدار كوكب الزهرة حول الشمس (الشكل 3). كان هذا اكتشافًا مذهلاً!

لكن أين كانت هذه الحلقات، هل كانت موجودة حول النجم؟ كلا. أبسط تفسير هو أنه كان هناك كوكب غير مرئي يدور على مسافة كبيرة حول النجم، J1407، وأن هذه الحلقات كانت حول هذا الكوكب غير المرئي (انظر الشكل 4) -- ولكن قطر هذه الحلقات كان أكبر بمائتي مرة (أكثر من 40,000 مرة في المساحة الإجمالية) من الحلقات الموجودة حول كوكب زحل (انظر الشكل 5)! فكيف يكون هذا منطقيًا؟

يكاد يكون من المؤكد أن كوكب زحل كان له نظام حلقات أكبر بكثير في وقت مبكر من تاريخه، لكن هذه المادة انهارت لتشكل أقمار كوكب زحل التي نراها اليوم. يُسمى علماء الفلك الكواكب بأسماء نجومها الأصلية بدءًا من الحرف "b". لكن لماذا الحرف "b" وليس "a"؟ والسبب هو أن النجم يعتبر أول جسم في النظام ولذا يُسمى "a". لذا فإن أي كواكب تكتشف ستكون "b" و "c" و "d" وهكذا. يحتوي الكوكب J1407b على حلقات ستنتهي في نهاية المطاف متحولة إلى أقمار تدور حوله، وقد تكون هناك حلقات بحجم كوكب زحل بجوار الكوكب في وقت ما في غضون بضعة ملايين من السنين القادمة. بمجرد أن رأينا أن بياناتنا الضوئية أشارت إلى وجود جسم عملاق يطوف في الفضاء حول نجم يبعد حوالي 400 سنة ضوئية، استخدمنا التليسكوبات الأكبر على مستوى العالم لمحاولة التقاط صورة لهذا النظام المذهل. كنا نعلم أن التليسكوبات لم تكن قوية بالقدر الكافي لرؤية الحلقات الفردية، ولكننا كنا نتصور أنه ربما كان بوسعنا أن نرى الكوكب نفسه متوهجًا في مركز الحلقات.

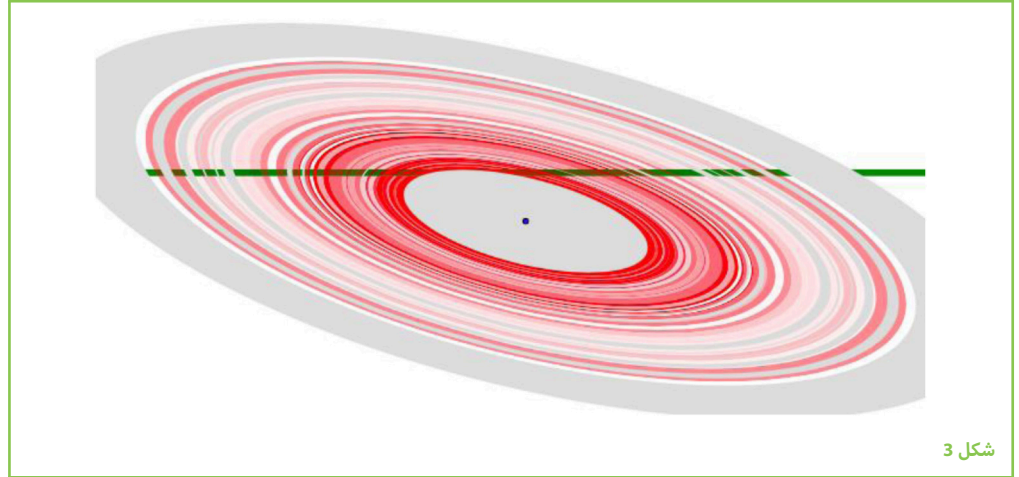
## البحث عن J1407B

للبحث عن J1407b، استخدمنا الكاميرات التي ترصد الحرارة بدلاً من الضوء الذي نراه بأعيننا، حيث تتوهج جميع الأجسام الدافئة وينبعث منها طاقة حرارية، لها طول موجي أطول بثلاث إلى أربع مرات من الضوء الذي نراه بأعيننا. نتوقع رؤية هذا "التوهج الحراري" من الكوكب لأن الكوكب عبارة عن كرة ضخمة كثيفة من الغاز ارتفعت درجة حرارتها عندما تشكلت، لكن الحلقات تتكون من الكثير من الصخور الصغيرة التي بردت بسرعة، لذلك لا يمكننا الكشف عن الحلقات بهذه الطريقة.

لم نر أي شيء بجوار النجم عندما نظرنا باستخدام التليسكوب الكاشف للحرارة - لكن هذا لا يعني أن الكوكب غير موجود. فنحن نعلم أن الحلقات موجودة بالفعل، ولكن ثمة حاجة إلى

## شكل 3

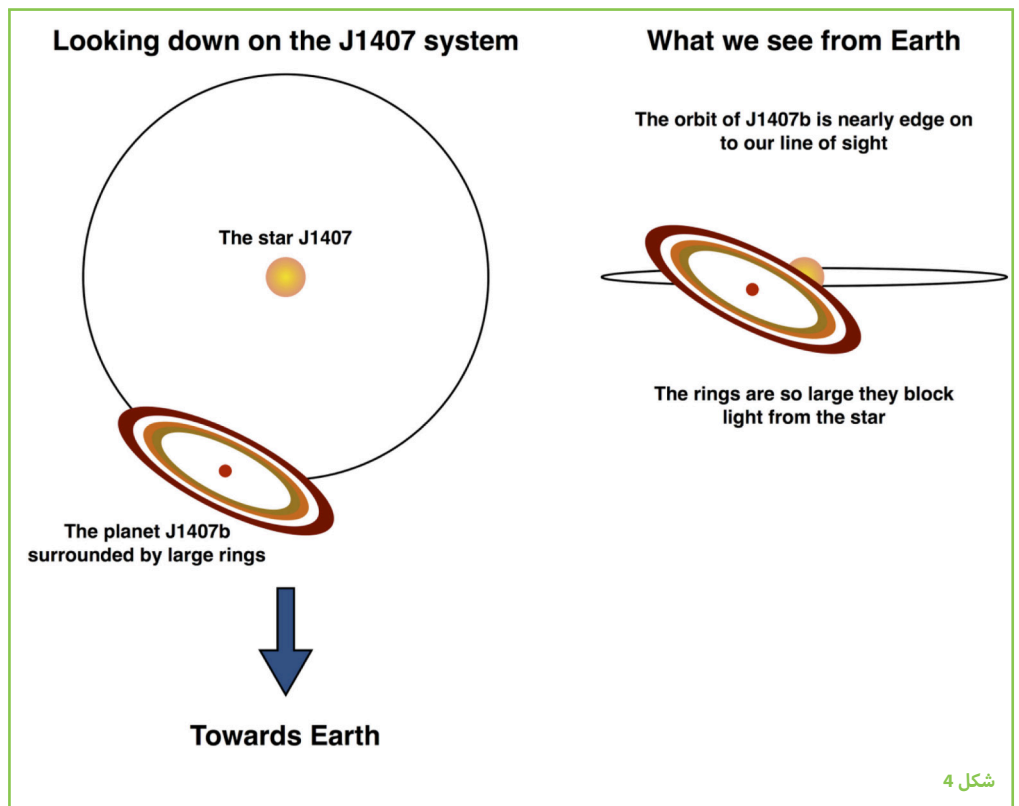
أفضل نموذج لدينا لما يبدو عليه شكل الحلقات حول J1407b. يوضح الخط الأخضر مكان تحرك النجم كما يبدو أنه يتحرك خلف الحلقات. النقطة الزرقاء هي مكان J1407b، والحلقات الرمادية هي المكان الذي لا نملك فيه بيانات من كاميرات SuperWASP، وظلال اللون الأحمر المختلفة هي كثافة الحلقات [4].



شكل 3

## شكل 4

نظام J1407 كما يظهر عندما ننظر للأسفل إلى مدار الكوكب وعندما ننظر من الأرض. يدور كوكب J1407b حول النجم، ويُسمى J1407. تدور الحلقات حول الكوكب، ويتحرك كل من الكوكب والحلقات حول النجم. من الأرض، يُرى مدار J1407b على الحافة تقريبًا، بينما تحجب الحلقات ضوء النجم. حقوق الصورة: Kenworthy, Leiden.



شكل 4

جاذبية الكوكب لتثبيت الحلقات في مكانها، لذا فإن ما أخبرتنا به بيانات التليسكوب هو أن الكوكب كان أصغر مما كنا نتصور. وحتى مع استخدام أضخم التليسكوبات على مستوى العالم، فلا يمكننا أن نرى الكواكب الصغيرة للغاية، لذا فنحن نعلم أن الكوكب حول النجم J1407 أثقل من كوكب المشتري بنحو 80 مرة على الأكثر، ولكن ليس أكثر من ذلك، وإلا لكنا قد رأينا توهجًا واضحًا للحرارة باستخدام التليسكوب.

النجم J1407 ساطع نسبيًا ويمكن رؤيته باستخدام التليسكوبات الصغيرة، ولذا طلبنا من علماء الفلك الهواة من جميع أنحاء العالم النظر إلى النجم والتقاط صور له. نحن الآن في انتظار أن تتحرك الحلقات أمام النجم مرة أخرى، لكننا لا نعرف بالضبط متى سيحدث هذا. أفضل تخمين محسوب

## شكل 5

الحلقات حول J1407b كبيرة للغاية لدرجة أنه إذا وُضعت حول كوكب زحل، فستمكن من رؤية الحلقات عند الغسق بأعيننا وكاميرات الهواتف. وهنا، نرى الحلقات في سماء لايدن، فوق Academieggebouw. حقوق الصورة: Kenworthy, Leiden.



شكل 5

لدينا هو أنه سيحدث في السنوات العشر القادمة - أو قد يبدأ في الحدوث غداً! إن أفضل طريقة لاكتشاف ذلك هي مواصلة مراقبة النجم وانتظار حدوث ظاهرة التحرك مرة أخرى.

كما يمكننا أيضًا إلقاء نظرة فاحصة على البيانات القديمة أثناء انتظار حدوث المرور العابر التالي. فقبل أن تصبح الكاميرات الرقمية جزءًا من التليسكوبات في مختلف أنحاء العالم، كان علماء الفلك يستخدمون ألواح التصوير الفوتوغرافية لالتقاط صور للسماء. وألواح التصوير الفوتوغرافية عبارة عن ألواح زجاجية رقيقة للغاية بحجم رأس إنسان تقريبًا، وهي مطلية بمواد كيميائية خاصة حساسة للضوء تتحول من الشفاف إلى الأسود عندما يسقط عليها الضوء. وُضعف هذه الألواح في التليسكوبات في ظلام دامس، ثم تم توجيهها إلى السماء لساعات عديدة في كل مرة، ثم غسلها بالمواد الكيميائية في غرفة مظلمة بحيث تظهر الأجسام الفلكية كنقاط داكنة على اللوحة الزجاجية الشفافة. تم التقاط مئات الآلاف من ألواح التصوير الفوتوغرافي للسماء ليلاً على مدار 100 عام، ويتم نسخ مجموعة من الألواح الفوتوغرافية في مرصد كلية هارفارد (Harvard Observatory) - فيما يُسمى مشروع DASCH - إلى جهاز كمبيوتر باستخدام كاميرا مسح خاصة. يمكننا استخدام هذه البيانات القديمة للبحث عن عمليات المرور العابر السابقة للحلقات أمام J1407، وهو أمر ما زلنا نتحقق منه الآن.

## العبور القادم لكوكب صغير

نود أن نعرف متى سيمر كوكب ما أمام نجمه. وهو أمر يحدث فقط عندما يكون لدينا نجم حوله كوكب يتحرك أمامه، ففي عام 2017 -- سُمي النجم beta Pictoris، وهو يحتوي على كوكب أثقل من المشتري بحوالي 10 مرات في المدار المحيط به، ويُسمى beta Pictoris b. لقد التُوِّطت صور لهذا الكوكب منذ اكتشافه في عام 2010 [5]. وقد طُرحت تنبؤات مفادها أن الكوكب ربما قد يتحرك أمام النجم في وقت ما في عام 2017؛ ولكن لا يمكننا أن نتأكد بالضبط

من موعد حدوث ذلك، حيث إن قياس الموقع الدقيق للكوكب صعب للغاية مع وجود مثل هذا النجم الساطع بجانبه.

نأمل في التقاط صور لنجم beta Pictoris على مدى الأعوام القادمة، وسنرى ما إذا كان بإمكاننا رؤية ظل الحلقات يتحرك أمام النجم، أم لا. إذا رأينا ذلك يحدث بالفعل، فسيكون هذا مثيّرًا للغاية، حيث سيمكن لعلماء الفلك من جميع أنحاء العالم رؤية هذا النجم الساطع للغاية ويمكنهم جميعًا جمع البيانات معًا. ولم نتجاهل أمر J1407 -- إننا ننتظر بصبر لنرى متى تبدأ الحلقات في التحرك أمام النجم مرة أخرى، مشيرة إلى بداية شهرين من حركة الحلقات أمام النجم. هل سنرى نمط الحلقات نفسه؟ هل سنتمكن من فهم نوعية المواد التي تتكون منها الحلقات؟ كل ما علينا فعله هو أن ننتظر ونرى!

### مقال المصدر الأصلي

Kenworthy, M. A., and Mamajek, E. E. 2015. Modeling giant extrasolar ring systems in eclipse and the case of J1407b: sculpting by exomoons? *ApJ* 800:126. doi: 10.1088/0004-637X/800/2/126

### المراجع

1. Charbonneau, D., Brown, T. M., Latham, D. W., and Mayor, M. 2000. Detection of planetary transits across a sun-like star. *ApJL* 529:45. doi: 10.1086/312457
2. Butters, O. W., West, R. G., Anderson, D. R., Collier Cameron, A., Clarkson, W. I., Enoch, B., et al. 2010. The first WASP public data release. *A&A* 520 2:–214. doi: 10.1051/0004-6361/201015655
3. van Werkhoven, T. I. M., Kenworthy, M. A., and Mamajek, E. E. 2015. Analysis of 1SWASP J140747.93–394542.6 eclipse fine-structure: hints of exomoons. *MNRAS* 441:2845. doi: 10.1093/mnras/stu725
4. Kenworthy, M. A., and Mamajek, E. E. 2015. Modeling giant extrasolar ring systems in eclipse and the case of J1407b: sculpting by exomoons? *ApJ* 800:126. doi: 10.1088/0004-637X/800/2/126
5. Lagrange, A.-M., Bonnefoy, M., Chauvin, G., Apai, D., Ehrenreich, D., Boccaletti, A., et al. 2010. A giant planet imaged in the disk of the young star Beta Pictoris. *Science* 329:57. doi: 10.1126/science.1187187

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 16 أغسطس 2021

حرره: Ameer Jeanette Hennig, University of Arizona, United States

الاقتباس: Kenworthy M (2021) رؤية ظل الحلقات حول كوكب "سوبر زحل". *Front. Young Minds* doi: 10.3389/frym.2016.00025-ar

مُترجم ومقتبس من: Kenworthy M (2016) Seeing the Shadow of Rings around a "Super Saturn". *Front. Young Minds* 4:25. doi: 10.3389/frym.2016.00025

**إقرار تضارب المصالح:** يعلن المؤلفون أن البحث قد أُجري في غياب أي علاقات تجارية أو مالية يمكن تفسيرها على أنها تضارب محتمل في المصالح.

**COPYRIGHT** © 2016 © 2021 Kenworthy. هذا مقال مفتوح الوصول يتم توزيعه بموجب شروط ترخيص المشاركة الإبداعية Creative Commons Attribution License (CC BY). يُسمح بالاستخدام أو التوزيع أو الاستنساخ في منتديات أخرى، شريطة أن يكون المؤلف (المؤلفون) الأصلي أو مالك (مالكو) حقوق النشر مقيّدًا وأن يتم الرجوع إلى المنشور الأصلي في هذه المجلة وفقًا للممارسات الأكاديمية المقبولة. لا يُسمح بأي استخدام أو توزيع أو إعادة إنتاج لا يتوافق مع هذه الشروط.

## المراجعون الصغار

**JONAH، العمر: 10**

أحب جميع مجالات العلوم بما في ذلك الفيزياء والفضاء والكيمياء والبرمجة وآليات عمل الجسم. أحب الركض، كما أحب قراءة جميع أنواع الكتب بما في ذلك الخيال العلمي وغيرها، وأنا أعيش حاليًا في شمال كاليفورنيا، وأنا في الصف الرابع. أمضي بعض الوقت في التحدث إلى والدي عن العلوم، وألعب لعبة تسمى "Minecraft" (أحب بناء الأشياء والسعي إلى النجاة)، وأريد أن أخترع موادًا جديدة لتحسين حياة الناس. أعتقد أنه سيكون من الرائع أن نخترع أجهزة التصغير (أجهزة تعالج الضوء بحيث يبدو الكائن الموجود بداخلها أصغر من حجمه الفعلي) وآلات السفر عبر الزمن.

## المؤلف

**MATTHEW KENWORTHY**

Matthew Kenworthy هو عالم فلك يعمل في مرصد "لايدن" (Leiden) هولندا؛ نشأ بالقرب من لندن لكنه سافر في جميع أنحاء العالم بحثًا عن كواكب حول نجوم أخرى في السماء الصافية فوق توكسون وأريزونا وبارانال في تشيلي. \*kenworthy@strw.leidenuniv.nl



جامعة الملك عبدالله  
للعلوم والتقنية  
King Abdullah University of  
Science and Technology



النسخة العربية مقدمة من  
Arabic version provided by