frontiers FOR YOUNG MINDS

علم الفلك وعلم الفضاء
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 22 يناير 2021
doi: 10.3389/frym.2016.00006-ar

هل من كواكب شبيهة بكوكب الأرض؟ لمحة على أدلة فلكية يعود تاريخها إلى 100 عام

Benjamin Zuckerman *

Department of Physics and Astronomy, UCLA, Los Angeles, CA, USA

المراجعون الصغار:

LAPWAI HIGH SCHOOL
العمر:14-17

من ضمن الأسئلة التي ما زال العلم يعقد الآمال على إجابتها، والتي تشغل عقول البشر السؤال التالي "هل توجد حياة على كواكب أخرى بخلاف كوكب الأرض؟ وإذا كانت الإجابة "نعم"، فهل تتمتع أي مخلوقات فضائية بذكاء يضاهي ذكاء البشر؟ ولكن كيف يمكننا إيجاد كواكب صخرية أخرى شبيهة بالأرض تدور حول نجوم أخرى غير شمسنا؟ الجدير بالذكر أن الأدلة الفلكية الأولى على وجود مثل هذه الكواكب ترجع إلى 100 عام! تضمن هذا الدليل مراقبة شيء يُدعى "نجمًا قزمًا أبيض"، وهو نوع من النجوم ستتحول الشمس إليه بعد خمسة مليارات عام من الآن. وأوضحت الدراسات التي أُجريت على نجوم قزمة بيضاء أن الكواكب الصخرية، التي تتشابه في تركيبها مع كوكب الأرض شائعة في مجرتنا مجرة درب التبانة. لذلك، فإن التنبؤات المستقبلية تُبشر بإيجاد كواكب صخرية مناسبة لاستضافة الحياة عليها.

من ضمن الأسئلة التي ما زال العلم يبحث عن إجابة عليها، والمسيطرة على عقول البشر السؤال التالي "هل توجد حياة على كواكب أخرى بخلاف كوكب الأرض؟ وإذا كانت الإجابة "نعم"، فهل تتمتع أي مخلوقات فضائية بذكاء يضاهي ذكاء البشر؟" من بين الأسباب الرئيسية التي جعلتني مفتونًا بعلم الفلك عندما كنت في الثامنة أو التاسعة من عمري فقط، هو احتمال وجود

حياة على كواكب أخرى في الكون. وقد اكتسبت وعيًا، شأني شأن العديد من الأطفال، من خلال الذهاب في رحلات إلى القبة السماوية المحلية في مدينتي (بمدينة نيويورك)، وفُتِنت بمحتوى الخيال العلمي الذي يُعرض على التلفاز وفي الأفلام. ما زلت أتذكر أبطالي Flash Gordon وDoctor Zharkov وهما يُحاربان Ming the Merciless في موطنه على كوكب مونجو (Mongo) الخيالي.

الآن وبعد مضي 60 عامًا، قد قضيت مسيرتي المهنية بأكملها تقريبًا كوني عالم فلك أتقصى الظواهر التي تتعلق بمسألة وجود حياة على كواكب أخرى في الكون، وقد انصبَّ تركيزي في هذه الدراسة البحثية الحالية على نشأة الأنظمة الكوكبية وعملية تطورها، بما في ذلك نظامنا الشمسي، وهو النظام الكوكبي الذي نعرفه جيدًا. إذ يتوقع معظم علماء الفلك أن الحياة لا يمكن أن تنشأ إلا على كوكب يضاهي كوكب الأرض حجمًا، ويماثله تركيبًا (أي المواد التي يتكون منها الكوكب)، ويشابهه من حيث درجة الحرارة. تُسمى كواكب الأرض، والزهرة، والمريخ، وعطارد بالكواكب ''الصخرية''، لأنها تتكون بشكل كامل تقريبًا من مواد صلبة، وتحتوي على نسبة صغيرة جدًا من المواد الغازية (مثل الغازات الموجودة في غلافنا الجوي).

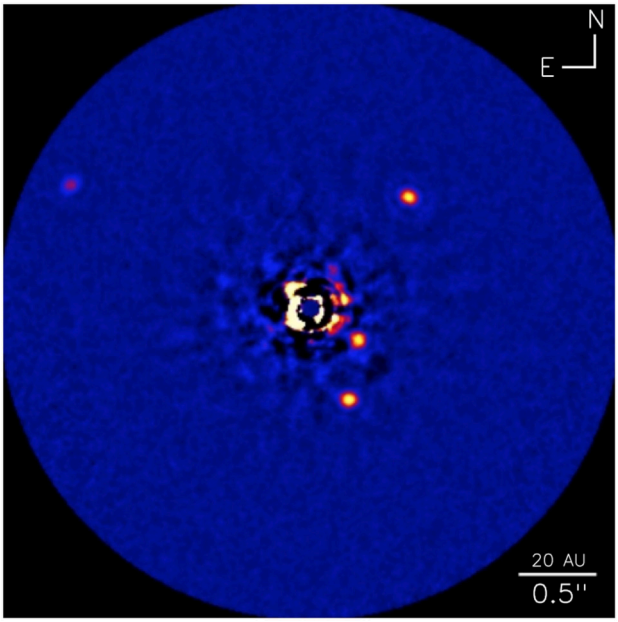
يتمثل الهدف الأساسي لهذا المقال في وصف كيف تمكن علماء الفلك في وقتنا الحالي، ولأول مرة، من قياس تركيب العناصر الأساسية المكونة للكواكب الصخرية التي تدور حول نجوم أخرى غير شمسنا. وإذا تبين أن هذه التراكيب مماثلة لتراكيب كوكب الأرض، فسيكون من المعقول استنتاج أن مثل هذه الكواكب تأوي أشكالًا من الحياة الفضائية، ربما لا تختلف كثيرًا عن تلك الموجودة على كوكب الأرض.

في الماضي عندما كنت صغيرًا، وقبل معرفتنا بوجود كواكب أخرى غير الكواكب الموجودة في نظامنا الشمسي، كان علماء الفلك يدرسون الطرق التي يمكن استخدامها لإيجاد كواكب ''خارج نطاق المجموعة الشمسية''، ويُقصد بها الكواكب التي تدور حول نجوم أخرى غير شمسنا، وتُسمى إحدى الطرق المتعارف عليها المستخدمة في اكتشاف **الكواكب الواقعة خارج نطاق المجموعة الشمسية** طريقة ''التصوير المباشر''، وهي طريقة تُمكّن الفرد من رؤية الكوكب الذي يدور حول نجم آخر والتقاط صورة له، تمامًا كما لو كان شخص ما يرى كوكبي الزهرة والمشترى في سماء اليل، ويلتقط صورًا لهما باستخدام المعدات المناسبة (انظر الشكل 1). ولكن عندما تتعذر عملية التقاط صورة مباشرة لأحد الكواكب الواقعة خارج نطاق المجموعة الشمسية، يمكن لعلماء الفلك، بدلًا من ذلك، استخدام طرق أخرى لرصد هذه الكواكب وذلك من خلال معرفة تأثير الكوكب على النجم الذي يدور حوله. على سبيل المثال، إذا صادف أن مر أحد الكواكب أمام نجمه خلال رؤيته عبر تليسكوب أرضي، فسيحجب الكوكب جزءًا من ضوء النجم، ويمكن وفقًا لذلك قياس مقدار التعتيم. وعلى غرار ذلك، ففي نظامنا الشمسي، يمر كوكب الزهرة في حالات نادرة أمام الشمس كما شوهد من كوكب الأرض. وحدثت مثل هذه الظواهر في عامي 2004 و2012، وشاهدها ملايين من الأشخاص بمساعدة التليسكوبات الشمسية (انظر الشكل 2).

الكواكب الواقعة خارج نطاق المجموعة الشمسية (EXTRASOLAR PLANETS)

تُسمى جميع الكواكب التي تدور حول نجوم أخرى غير شمسنا بالكواكب الواقعة خارج نطاق المجموعة الشمسية.

والآن بعيدًا عن هذه الطرق القديمة والتقليدية، اكتشف علماء الفلك طريقة جديدة للكشف عن تراكيب الكواكب الصخرية الواقعة خارج نطاق المجموعة الشمسية، وسيتم تناول هذه الطريقة الحديثة باستفاضة في هذا المقال حيث إنها كانت بمثابة مفاجأة لجميع علماء الفلك. فمن خلال تحليل الضوء المنبعث من النجم، نتمكن من معرفة المزيد من المعلومات حول مكونات هذا النجم، وما إذا كانت هناك كواكب محيطة به، أم لا. وربما الأدعى للدهشة، أنه قبل 100 عام، وقبل تمكن علماء الفلك من فهم كيفية تحليل ضوء النجوم بشكل صحيح، قدمت هذه الطريقة أول دليل [1] على وجود نظام كوكبي خارج نطاق المجموعة الشمسية حول نجم يُسمى ''نجم فان



شكل 1

شكل 1

هو عبارة عن صورة للنجم الساطع HR 8799 إلى جانب كواكبه الأربعة العملاقة المعروفة - فالكواكب هي النقاط الثلاث الساطعة التي يمكن رؤيتها على الجانب الأيمن من النجم، وفوقه، وأسفله بالإضافة إلى نقطة ذات ضوء خافت يمكن رؤيتها في الجانب العلوي من الجهة اليسرى للشكل. يسطع النجم بالفعل بدرجة أكبر بكثير من الكواكب، ولكن، في هذه الصورة، قد حُجب معظم ضوء النجم من خلال ساتر وضع عمدًا أمام النجم، ونظرًا لأن عملية الحجب هذه لم تكن كاملة، فقد تمت رؤية أجزاء من ضوء النجم تنبعث من حول جوانب الساتر بالقرب من مركز الصورة. جوانب الساتر. يُذكر أن HR 8799 وكواكبه الأربعة - جميعها أكبر من كوكب المشترى - يقع على بعد 130 سنة ضوئية من كوكب الأرض. (حقوق الصورة: National Research Council of Canada, C. Marois, and Keck Observatory).

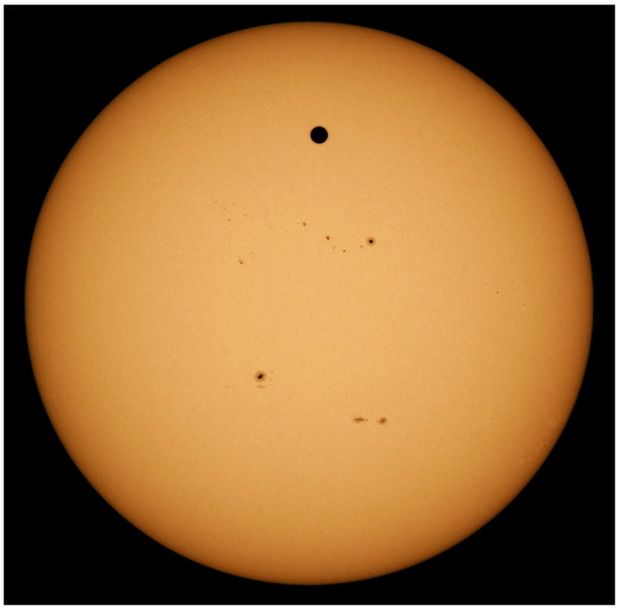
مانن 2'' (تيمنًا بعالم الفلك الذي اكتشفه). استغرق علماء الفلك ما يقرب من 100 عام قبل أن يتسلحوا بالقدر الكافي من المعرفة في علم الفلك، وقبل اكتشاف هذه الطريقة لفهم الأدلة وإدراك أن النجم فان مانن 2 يدور حوله نظام كوكبي [2].

على غرار الكائنات الحية، تُولد النجوم، ثم تهرم، وتموت. وتمر شمسنا الآن بمرحلة منتصف العمر حيث إنها موجودة منذ 4.6 مليار سنة، ووفقًا للحسابات الفيزيائية، فإن الشمس سوف تعيش تقريبًا لمدة زمنية مماثلة قبل تحولها إلى ما يُسمى بنجم ''قزم أبيض''. وتتمتع الشمس في الوقت الحاضر بكتلة أكبر بحوالي 300 ألف مرة من كتلة كوكب الأرض، وبقطر - وهو طول الخط الذي يمر عبر مركز أي كوكب أو نجم ويمتد من جانب إلى آخر - أكبر بحوالي 100 مرة من قطر كوكب الأرض. وبعد تحول الشمس إلى **نجم قزم أبيض**، ستظل محتفظة بما يقرب من نصف كتلتها الحالية ولكنها ستصبح صغيرة، بنفس حجم كوكب الأرض فقط (لذلك يُطلق على هذه النجوم نجوم ''قزمة''). ونظرًا لأن حجم النجوم القزمة البيضاء يقارب حجم كوكب الأرض، مع كتلة أكبر من كتلة الأرض بـ 100 ألف مرة، فإنها تتمتع بكثافة هائلة، مع قوى جذب جبارة. فعلى سبيل المثال، إذا كان وزنك الآن 100 رطل، فسوف يكون وزنك على نجم قزم أبيض نموذجي أكثر من 10.000.000 رطل. من المتوقع أن تقضي الغالبية العظمى من النجوم في مجرتنا، درب التبانة، مرحلة الشيخوخة باعتبارها **نجومًا قزمة بيضاء**، ويعتبر النجم فان مانن 2 نجمًا قزمًا أبيض.

نجم قزم أبيض
(WHITE DWARF STARS)

هو نجم يقارب حجمه حجم الأرض تقريبًا، لذلك فإنه أصغر بقليل في حجمه من النجوم العادية مثل شمسنا. وستتحول جميع النجوم العادية في نهاية المطاف إلى نجوم قزمة بيضاء، وفي حالة الشمس، سيحدث هذا التحول بعد خمسة مليارات عام تقريبًا من الآن.

تعتبر الجاذبية واحدة من القوى الأساسية في الطبيعة. إذ تتأثر جميع الأجسام الموجودة في نظامنا الشمسي، بما في ذلك الشمس، والكواكب، والكويكبات، بقوة الجاذبية (السحب) النابعة من جميع الأجسام الأخرى في النظام. فإذا كان هناك نجم أبيض قزم تدور حوله مجموعة من الكواكب أو الأجرام السماوية الأصغر حجمًا والشبيهة بالكويكبات في نظامنا الشمسي، فمن المحتمل أن تُغير قوة الجاذبية الخاصة بأحد الكواكب مدار أحد الكويكبات؛ بحيث يصبح الكويكب على مقربة من القزم الأبيض. ونظرًا لقوة جاذبية القزم الأبيض، سيتمزق الكويكب إلى كتل صغيرة من الحطام الصخري.



شكل 2

شكل 2

يوضح مرور كوكب الزهرة أمام الشمس كما شوهد من مرصد هاليكالا، هاواي عام 2012. يظهر كوكب الزهرة في شكل نقطة سوداء دائرية أعلى مركز قرص الشمس أما النقاط الأخرى الأقل بروزًا فهي عبارة عن بقع شمسية ومناطق النشاط الشمسي المعزز عالي الطاقة. [صورة مقدمة من جانب Ron Dantowitz (Clay Center Observatory) and Jay Pasachoff (Williams College – Hopkins Observatory)].

يبدأ هذا الحطام أولًا في الدوران حول القزم الأبيض مكونًا هيكل يشبه الحلقة، وتكون هذه الحلقة مماثلة لتلك الحلقات المتكونة حول كوكب زحل (انظر الشكل 3)، وبعد فترة، يسقط الحطام المداري على النجم القزم الأبيض.

يتكون أي شيء نراه في الطبيعة من 92 وحدة بناء ذرية أساسية يطلق عليها العناصر الكيميائية، ويتم تحديد كل عنصر وتسميته بناءً على حجم قلبه الذري، والذي يُسمى بالنواة. يعتبر الهيدروجين العنصر الأبسط والأخف في الطبيعة، في حين أن اليورانيوم هو أثقل عنصر يتكون بصورة طبيعية. وباستخدام جهاز يُسمى **مقياس الطيف** يبدد الضوء الأبيض إلى ألوان قوس قزح، يتمكن علماء الفلك من تحديد العناصر المكونة للحطام الصخري الذي يتكون على الكويكبات التي سقطت على القزم الأبيض واستقرت عليه. لذلك، من الممكن معرفة التركيب الكيميائي للأجرام الفضائية الصخرية التي تدور حول نجوم قزمة بيضاء. يعتقد علماء الكواكب أن الكواكب الصخرية وهي عطارد، والزهرة، والأرض، والمريخ الموجودة في نظامنا الشمسي، تكونت قبل 4.6 مليار عام نتيجة تراكم عدد كبير من الأجرام الفضائية الصغيرة المشابهة للكويكبات التي تدور الآن حول الشمس بين كوكبي المريخ والمشترى. ولدينا الآن عينات مباشرة من هذه الكويكبات في شكل **أحجار نيزكية** تسقط على كوكب الأرض؛ فهذه الأحجار عبارة عن قطع صغيرة ممزقة متبقية من الكويكبات التي تعرضت لتصادمات قبل زمن بعيد.

إذن، فمن خلال مقارنة العناصر المكونة لكوكب المريخ، والأرض، والقمر، والكويكبات الموجودة في نظامنا الشمسي مع تركيب الحطام الموجود في الغلاف الجوي للعديد من النجوم القزمة البيضاء، يمكن لعلماء الفلك الآن الإجابة على السؤال التالي وهو "هل للكواكب الصخرية التي تدور حول نجوم أخرى غير شمسنا تركيب مشابه لتركيب كوكب الأرض أم أن التراكيب تختلف اختلافًا كبيرًا؟" فإذا كانت التراكيب شديدة التشابه أو بالغة الاختلاف، فإن ذلك قد يمثل دليلًا مهمًا مؤيدًا (أو معارضًا) لإمكانية وجود حياة على هذه الكواكب الصخرية الواقعة خارج نطاق المجموعة الشمسية.

مقياس الطيف (SPECTROMETER)

هو عبارة عن جهاز يبدد الضوء إلى ألوان قوس قزح، ويتوافق كل لون مع طول موجي مختلف للضوء، ولأن كل عنصر يبعث الضوء ويمتصه فقط عند أطوال موجية معينة خاصة بهذا العنصر، فيمكن لمقياس الطيف تحديد العناصر الموجودة في المادة والمسؤولة عن إصدار الضوء.

الحجر النيزكي (METEORITE)

هو عبارة عن جسم حجري أو معدني يأتي من الفضاء الخارجي، يتمكن من اختراق الغلاف الجوي، ويصطدم بسطح الأرض أو الماء على كوكب الأرض، وينشأ من تصادم الكويكبات ببعضها البعض.

شكل 3

شكل 3

يمثل تصور فنان لجزء من النظام الكوكبي الذي يدور في مدار حول نجم قزم أبيض (النقطة البيضاء الموجودة عند مركز الحلقة الحمراء)، ويمكننا أيضًا رؤية بعض الكويكبات الصخرية في خلفية الصورة. إذا تغير مدار الكويكب بفعل جاذبية أحد الكواكب، فقد يقترب الكويكب للغاية من القزم الأبيض ويتمزق إلى كتل صخرية صغيرة تدور بالقرب من النجم. تمثل الحلقة الحمراء الحطام الصخري المتبقي من الكويكبات السابقة التي تحطمت سابقًا بفعل جاذبية القزم الأبيض القوية.

العناصر الأكثر وفرة على كوكب الأرض هي الحديد، والمغنيسيوم، والأكسجين، والسيليكون، وعند دراسة الغلاف الجوي للنجوم القزمة البيضاء باستخدام المناظير الطيفية وجد العلماء أن هذه العناصر الأربعة تطغى على تركيب الكواكب الصخرية الواقعة خارج نطاق المجموعة الشمسية [3]. لذلك، يمكن لعلماء الفلك القول بثقة كبيرة، ولأول مرة على الإطلاق، إنه وفقًا للدراسات التي أُجريت على النجوم القزمة البيضاء، تبين أن تركيب معظم الكواكب الصخرية التي تدور حول بعض النجوم مشابه للتركيب العام لكوكب الأرض. وعلى النحو المذكور أعلاه، فإن هذه النتيجة تقربنا خطوة من إمكانية وجود حياة على كواكب أخرى. للمزيد من الفهم والدراسة المفصلة، يجب إجراء دراسات إضافية في المستقبل، ويمكن إجراء ذلك باستخدام التليسكوبات الموجودة في الفضاء بين الكواكب.

من الجدير بالذكر أن العناصر المكونة للأرض ليست مختلطة معًا بشكل متساوٍ حيث يرتكز معظم الحديد الموجود في كوكب الأرض في مركزه، الذي يُسمى اللب، بينما يشهد الوشاح الموجود أعلى اللب وفرة من مادة المغنيسيوم، ويوجد بالطبقة الخارجية، التي يُطلق عليها القشرة، كمية كبيرة من السيليكون والألمنيوم، وتُسمى الكواكب والكويكبات الكبيرة التي تمتلك تراكيب متنوعة بأعماق مختلفة ''بالأجرام المتباينة''.

من خلال القياسات التي يقدمها مقياس الطيف عن تركيب الحطام الموجود في بعض الأغلفة الجوية لنجوم قزمة بيضاء يمكننا معرفة بعض التفاصيل حول بنية الأجسام الصخرية التي اعتادت الدوران حول النجم. فعلى سبيل المثال، يعتبر الغلاف الجوي لنجم قزم أبيض (يُسمى NLTT 43806، وذلك لأنه نجم ذُكر في دليل يُسمى دليل NLTT أعده عالم الفلك Willem Luyten في منتصف القرن العشرين) غنيًا بعنصر الألومنيوم، ولكنه يحتوي على نسبة ضئيلة نسبيًا من الحديد. يمكننا مقارنة كمية العناصر التسعة الموجودة في الغلاف الجوي للنجم NLTT 43806 مع كميتها في

الأجرام الموجودة في نظامنا الشمسي، بما في ذلك الأحجار النيزكية، وبعض أجزاء كوكب الأرض، وسطح القمر. وبهذه الطريقة، اكتشف علماء الفلك أن العناصر الموجودة في النجم NLTT 43806 تمتلك تركيبًا مشابهًا لخليط من مواد موجودة في قشرة الأرض ووشاحها العلوي [4]. يمكن تفسير هذه النتيجة وقول إن أحد الكواكب المتباينة الواقعة خارج نطاق المجموعة الشمسية ويمتلك يمتلك قشرة، ووشاحًا، ولبًا، اعتاد الدوران حول النجم NLTT 43806 أو لا يزال يدور حوله.

وإذا تصادم هذا الكوكب تصادمًا عنيفًا، ولكن غير مباشر، مع كوكب آخر، فقد يؤدي التصادم إلى خلع بعض الطبقات الخارجية للكوكب المتباين، وإذا سقط الحطام الصخري الناجم عن هذا التصادم بعد ذلك على النجم NLTT 43806، فقد يفسر ذلك نسبة العناصر الموجودة حاليًا في الغلاف الجوي لهذا القزم الأبيض.

بالرجوع إلى اكتشاف العالِم فان مانن الذي يعود إلى 100 عام مضت، وبعد كل هذه السنين، توصلنا أخيرًا إلى أن عناصر الحديد، والمغنيسيوم، والكالسيوم، التي رصدها مقياس الطيف في النجم فان فان مانن 2، قد نتجت عن واحد أو أكثر من الكويكبات أو الكواكب الصخرية المتصادمة التي كانت تدور حول هذا النجم القزم الأبيض. وتوضح الدراسات الأخيرة التي أُجريت على نجوم قزمة بيضاء مثل النجم NLTT 43806 أن علماء الفلك قد قطعوا شوطًا طويلًا - خلال السنوات العشر الماضية تقريبًا فقط - في فهم الكواكب الصخرية الواقعة خارج نطاق المجموعة الشمسية وكشف خباياها. نحن الآن على دراية أن تركيب معظم هذه الكواكب مشابه لتركيب الأرض، فضلًا عن امتلاكها هياكل متباينة، وسوف تتمثل الخطوات القادمة بالنسبة لعلماء الفلك في تحديد ما إذا كانت هناك صور أو أشكال للحياة على أي من هذه الكواكب، أم لا.

مساهمة المؤلف

يؤكد المؤلف على أنه المساهم الوحيد في هذه العمل، وقد وافق على نشره.

مقال المصدر الأصلي

Zuckerman, B. 2015. Recognition of the first observational evidence of an extrasolar planetary system. In 19th European Workshop on White Dwarfs, Proceedings of a conference held at the Université de Montréal, Montréal, Canada 11-15 August 2014. ASP Conference Series. Vol. 493. eds. P. Dufour, P. Bergeron and G. Fontaine. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific. p. 291.

المراجع

1. van Maanen, A. 1917. Two faint stars with large proper motion. *Publ. Astron. Soc. Pac*. 29:258–9. doi: 10.1086/122654
2. Zuckerman, B. 2015. Recognition of the first observational evidence of an extrasolar planetary system. In 19th European Workshop on White Dwarfs, Proceedings of a conference held at the Université de Montréal, Montréal, Canada 11-15 August ASP Conference Series. Vol. 493. eds. P. Dufour, P. Bergeron and G. Fontaine. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific. p. 291.
3. Jura, M., and Young, E. 2014. Extrasolar cosmochemistry. *Annu. Rev. Earth Planet Sci.* 42:45–67. doi: 10.1146/-060313-054740

4. Zuckerman, B., Koester, D., Dufour, P., Melis, C., Klein, B., and Jura, M. 2011. An aluminum/calcium-rich, iron-poor, white dwarf star: evidence for an extrasolar planetary lithosphere? *Astrophys.* 739:101–10. doi: 10.1088/0004-637X/739/2/101

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 22 يناير 2021

حرره: Amee Jeanette Hennig, University of Arizona, USA

الاقتباس: Zuckerman B (2021) هل من كواكب شبيهة بكوكب الأرض؟ لمحة على أدلة فلكية يعود تاريخها إلى 100 عام. Front. Young Minds
doi: 10.3389/frym.2016.00006-ar

مُترجَم ومقتبس من: Zuckerman B (2016) Are There Other Earths Out There? Astronomers' First Clues to an Answer Date Back 100 years. Front. Young Minds 4:6. doi: 10.3389/frym.2016.00006

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 Zuckerman. 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 مقيدًا 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

LAPWAI HIGH SCHOOL، العمر: 14-17

مدرسة Lapwai High School، العمر: 14-17 عامًا: تقع هذه المدرسة بالقرب من محمية قبيلة نيز بيرس (Nez Perce) في لابواي بولاية إيداهو. أجرى عملية المراجعة تسعة طلاب من قبيلة نيز بيرس من صف الرياضيات التابع لكنيسة Tami Church، ويعتبر هؤلاء الطلاب أول مراجعين من الهنود الأمريكيين في Frontiers for Young Minds.

المؤلفون

BENJAMIN ZUCKERMAN

Benjamin Zuckerman هو أستاذ في قسم الفيزياء وعلم الفلك بجامعة كاليفورنيا، لوس أنجلوس، وحصل على شهادتي البكالوريوس والدراسات العليا من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا وجامعة هارفارد. تتمثل اهتماماته العلمية الرئيسية في عملية تكّون النجوم وموتها، والأنظمة الكوكبية، وما زال مهتمًا بمسألة إمكانية وجود صور وأشكال متطورة من الحياة في الكون. علاوةً على ذلك، شارك في تحرير ستة كتب من بينها "الكائنات الفضائية: أين هي؟" (Extraterrestrials, Where Are They?)، دار نشر جامعة كامبريدج 1995، وكتاب'' نشأة الكون وتطوره'' (The Origin and Evolution of the Universe) دار

نشر Jones & Bartlett عام 1996، وكتاب ''التعداد السكاني والأزمة البيئية'' (Human Population and the Environmental Crisis) دار نشر Jones & Bartlett عام 1995. *ben@astro.ucla.edu

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

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