علم الفلك والفيزياء
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 30 أبريل 2024
doi: 10.3389/frym.2022.858203-ar

موجات الجاذبية: نافذة جديدة على الكون

Barry Barish *
مختبر لايغو، معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا (Caltech)، باسادينا، كاليفورنيا، الولايات المتحدة

تخيّل أن بإمكانك اختيار قدرة بصرية خارقة تستطيع من خلالها الاطّلاع على أشياء لم يكن باستطاعتك رؤيتها في السابق مطلقًا. قد تختار مثلاً قدرة "سوبرمان" على الرؤية بالأشعة السينية أو قد تفضّل تكبير الأشياء الضئيلة والاطّلاع على عجائب العالم المجهري. الأمر مماثل لما حصل من تقدّم في العلم مؤخرًا، فهناك طريقة جديدة لاكتشاف ألغاز الكون، وهي موجات الجاذبية (تلك الموجات التي تولّدها الجاذبية نفسها). في هذا المقال، سآخذك في رحلة تبدأ بشرح لمفهوم الجاذبية بدءًا من وجهة النظر الكلاسيكية لإسحاق نيوتن ووصولاً للمنظور المعاصر والأكثر تعقيدًا لدى ألبرت أينشتاين. ثم سأوضح كيف تؤدي حركات الأجسام الضخمة إلى نشوء موجات جاذبية، وهي تموجات في هيكل الزمن والمكان، كما سأبين كيف يمكن استخدام هذه الموجات لشرح بعض ألغاز الكون، بل ومساعدتنا على فهم أصول كوكب الأرض.

المراجعون الصغار

JIARUI
العمر: 13

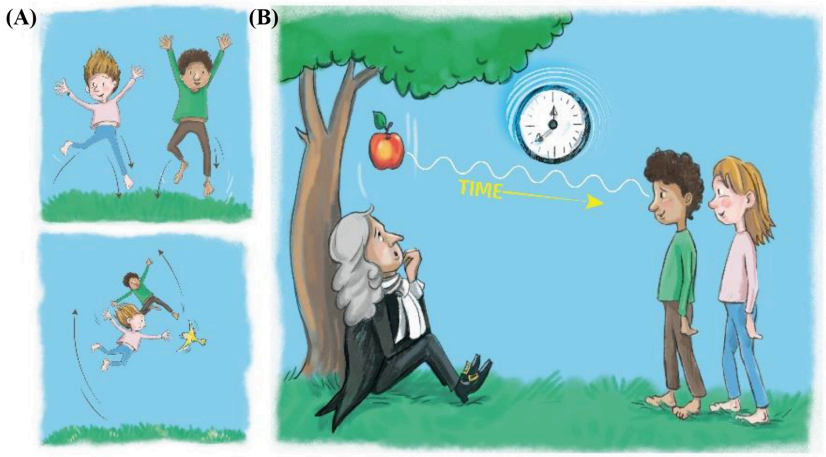
فاز الأستاذ الجامعي Barish مناصفةً مع الأستاذين الجامعيين Rainer Weiss وKip Thorne بجائزة نوبل في الفيزياء لعام 2017 عن إسهاماتهم الحاسمة في كاشف لايغو ورصد موجات الجاذبية.

الجاذبية بدءًا من نيوتن وحتى أينشتاين

في عام 1687، نشر الرياضي والفيزيائي الإنجليزي الغني عن التعريف السير إسحاق نيوتن كتابه الشهير "المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية" [1]، الذي طرح فيه نظريته عن الجاذبية، وهي أول نظرية "كونية" في العلم. أثبتت نظرية نيوتن أن قوة الجاذبية بين جسمين تتناسب طرديًا مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسيًا مع مربع المسافة بين مركزيهما. تبدو النظرية معقدة، ولكنها تعني أنه كلما زادت كتلة الجسمين وكلما اقتربا من بعضهما أكثر، كانت قوة الجاذبية بينهما أكبر. وهذا صحيح إلا أنه تبيّن وجود بعض أوجه القصور في نظرية نيوتن الرائعة هذه.

الجاذبية (Gravity)
قوة تُحرّك الأجسام نحو بعضها.

أولاً، هل تساءلت مرة عن سبب سقوط التفاحة من الشجرة *لأسفل* وليس *لأعلى*؟ وعندما يقفز شخص ما، لماذا يهبط نحو الأرض ولا يطير للأعلى؟ لا تجيب نظرية نيوتن في الواقع عن هذين السؤالين البسيطين، بل تجيبنا فقط عن *مقدار* قوة الجاذبية المتبادلة بين الجسمين، تمامًا مثل القوة بين التفاحة والأرض أو بين الإنسان والأرض. لا تضع نظرية نيوتن في الاعتبار *اتجاه* القوة بين الجسمين (نحو بعضهما أو مبتعدين) ولا تشرح مصدر الجاذبية في المقام الأول (الشكل 1).



شكل 1
هناك العديد من أوجه القصور في نظرية إسحاق نيوتن الناجحة حول الجاذبية. **(A)** هل تساءلت مرة عن سبب هبوطك نحو الأرض عند القفز لأعلى، بدلاً من التحليق نحو السماء؟ ما الذي يجذبك ويعيدك للأرض؟ عجزت نظرية نيوتن عن الإجابة على هذا السؤال. **(B)** عند سقوط تفاحة من شجرة، يستغرق المراقب وقتًا حتى يدرك حدوث ذلك لأن المعلومات تنتقل بسرعة الضوء. على الرغم من ذلك، تفترض نظرية نيوتن أن المراقب يرى التفاحة وهي تسقط فورًا، أي في لحظة سقوطها بالضبط. حلّت نظرية أينشتاين عن الجاذبية وجهي القصور هذين.

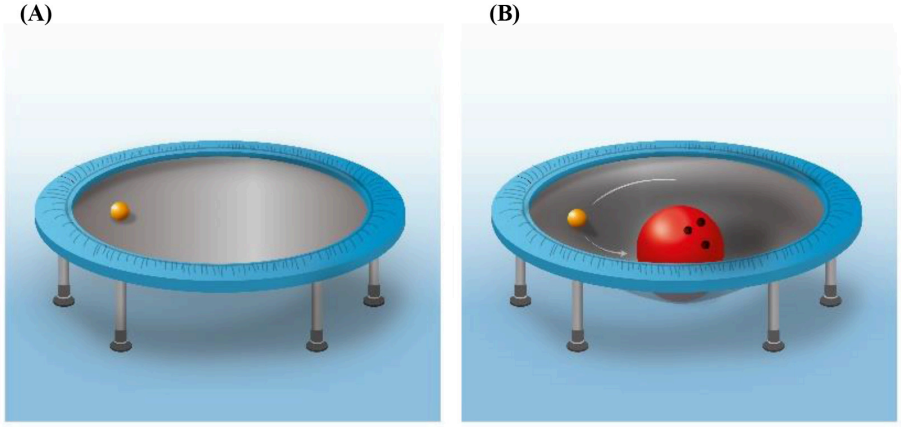
المشكلة الثانية في نظرية نيوتن يصعب فهمها بعض الشيء. تخيّل اختفاء الشمس فجأة. لو اختفت الشمس الآن مباشرةً، سنستغرق 8 دقائق تقريبًا قبل أن ندرك اختفاءها لأن وصول ضوء الشمس إلينا يستغرق 8 دقائق. وينطبق الأمر نفسه على كل شيء آخر يحدث في الكون، فوصول المعلومات من الحدث إلى المراقب يستغرق وقتًا أيضًا. وبالتالي، عند سقوط تفاحة من شجرة، سيستغرق المراقب بعض الوقت (حتى

لو كان جزءًا صغيرًا من ثانية) حتى يدرك ما حدث في الواقع (الشكل 1). لا تراعي نظرية نيوتن هذا الفاصل الزمني، ولهذا تنص على أن المراقب يرى التفاحة وهي تسقط في نفس لحظة سقوطها الفعلي.

وهذا غير صحيح في الواقع، ولهذا يمكننا أن نستنتج افتقار نظرية نيوتن لشيء ما.

كيف يمكن إذًا حلّ هذين اللغزين اللذين تطرحهما نظرية نيوتن؟ لحسن الحظ، تم التوصّل إلى حلّ بعد وفاة نيوتن بأكثر من 200 عام على يدّ عالمنا الفيزيائي المحبوب ألبرت أينشتاين. ففي عام 1915، نشر أينشتاين نظرية جديدة عن الجاذبية اسمها نظرية "النسبية العامة" [2]. وهذه النظرية تتعامل مع الجاذبية من منظور مختلف تمامًا، كما أنها تساعدنا على فهم أشياء لم تستطع نظرية نيوتن شرحها. لا يعني هذا أن نظرية نيوتن كانت خاطئة أو لا جدوى منها، بل نقصد فقط أنها لم تكن كاملة وأن النظرية الأحدث منها تساعدنا على فهم الأشياء بطريقة أعمق. تنص نظرية أينشتاين على أنه حول أي جسم ضخم، يتأثر المكان والزمان ويتشوهان أو ينحنيان، مما يولّد قوة جذب نحو هذا الجسم.

إليك طريقة بسيطة لفهم فكرة أينشتاين عن الجاذبية. تخيّل وضع قطعة رخام على ترامبولين مسطح، ستبقى القطعة ثابتة لا تتحرك (الشكل 2A). ولكن إذا وضعت كرة بولينج كبيرة في وسط الترامبولين، فإنه سينحني نتيجة ذلك وستسقط قطعة الرخام باتجاه وسط الترامبولين (الشكل 2B). السبب أن وجود كرة البولينج الثقيلة شوّه المكان الذي يشغله الترامبولين بطريقة جعلت قطعة الرخام تتحرك باتجاه كرة البولينج كما لو أنها انجذبت نحوها. وهذا ما يحدث في الأساس في نظرية أينشتاين حول النسبية العامة. فوجود أي كتلة يشوّه المكان حولها بطريقة تولّد قوة جذب بين الكتل. وهذه الصورة عن الجاذبية تجيب عن السؤال الذي لم يستطع نيوتن الإجابة عنه، وهو سبب (وكيفية) توليد الجاذبية لقوة جذب وسبب سقوطك *باتجاه* الأرض عند القفز لأعلى. حلّ أينشتاين أيضًا المشكلة الثانية (المتعلقة بالزمن)، لأن نظريته



شكل 2

الجاذبية وفقًا لألبرت أينشتاين: **(A)** عند وضع قطعة رخام على ترامبولين مسطّح، تبقى في مكانها. يمثّل هذا حالة المكان عند عدم وجود أي أجسام ضخمة. **(B)** عند وضع كرة بولينج ثقيلة في وسط الترامبولين، نجده ينحني. وإذا وضعت الآن قطعة الرخام على الترامبولين، فإنها ستتحرك نحو الوسط. هذه هي الجاذبية في نموذج أينشتاين، حيث يتسبب الجسم الضخم (كالنجم) في انحناء المكان والزمان وبالتالي يجذب نحوه جسمًا آخر (كالتفاحة أو أنت نفسك).

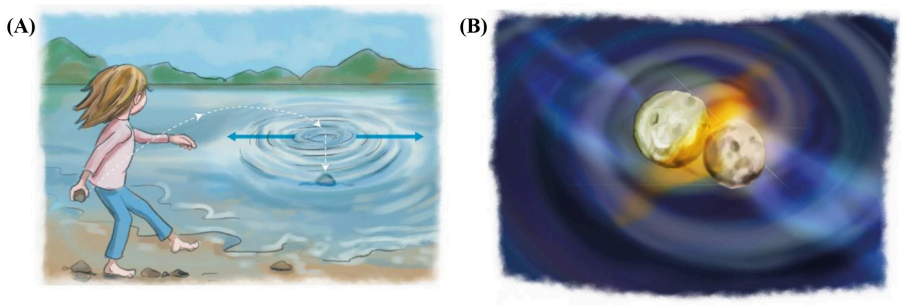
أخذت في الاعتبار سرعة الضوء. في القسم التالي، سنطّلع على ظاهرة مهمة ومثيرة للاهتمام، وهي موجات الجاذبية التي تنبأت بها نظرية أينشتاين.

ما هي موجات الجاذبية؟

تنبأت نظرية أينشتاين حول النسبية العامة أن الجاذبية لا بد أن تكون لها موجات (موجات الجاذبية) [3, 4]. من الطرق البسيطة لتصوّر موجات الجاذبية أن تتخيل نفسك بجانب بركة راكدة ...ترمي فيها حجرًا. عند رمي الحجر، تتناثر المياه ويسقط إلى قاع البركة. وعلى الرغم من استقرار الحجر الآن في قاع البركة، يظل بإمكانك رؤية التأثير الذي أحدثه على سطح المياه، حيث تتحرك الموجات من الوسط للخارج (الشكل 3A). وهذه هي الطريقة نفسها لتخيل ما يحدث في حالة موجات الجاذبية. لا تنشأ موجة الجاذبية عن سقوط حجر في بركة، بل عن حركة أو تصادم الأجسام الضخمة في الفضاء (الشكل 3B).

موجات الجاذبية (Gravitational waves)

اضطرابات في المكان والزمان تنشأ عن حركة الأجسام الضخمة، وتنتشر كموجات بسرعة الضوء.



شكل 3

موجات الجاذبية: **(A)** عند إلقاء حجر في بركة راكدة، يمكنك أن ترى تموجات (موجات) تتحرك على سطح المياه، حتى مع استقرار الحجر فعليًا في قاع البركة. وفقًا لنظرية أينشتاين عن النسبية العامة، يشبه هذا تكوّن موجات الجاذبية عند تصادم الأجسام الضخمة. **(B)** تتكون موجات الجاذبية عند التصادم بين جسمين ضخمين. وتستمر الموجات في التنقل عبر الفضاء، حتى بعد حدوث التصادم.

التحديات والنجاحات في اكتشاف موجات الجاذبية

بعد أن تنبأت نظرية أينشتاين بموجات الجاذبية، بدأ علماء الفيزياء التجريبية محاولاتهم لاكتشاف هذه الموجات. وأنا شخصيًا كرست أكثر من 20 عامًا من حياتي لابتكار طرق يمكن من خلالها اكتشاف موجات الجاذبية، وما زلت أواصل عملي على هذا. في دراستنا لموجات الجاذبية، نواجه عقبة كبيرة وتوفيق كبير. العقبة التي نواجهها أننا لا نستطيع حاليًا تكوين موجات الجاذبية في مختبراتنا إذ يستحيل على تقنياتنا الحالية اكتشاف هذه الموجات بسبب ضعفها الشديد. وهذه عقبة حقيقية لأن التجارب الجيدة هي تلك التي نفهم كل ما يدور فيها، والتي يتم إنجازها بسهولة كبيرة في المختبر.

على الجانب الآخر، كنا محظوظين بتوفيق كبير، وهو أن الطبيعة نفسها تولّد موجات جاذبية أقوى بكثير من أي موجات يمكننا تكوينها في المختبر. معنى هذا أن بعض الأحداث الفلكية التي تولّد موجات جاذبية (سأذكر حدثين منها لاحقًا) يمكن رصدها باستخدام أحدث الكاشفات الحالية لدينا. وعلى الرغم من أن هذه الأحداث قد تتسم

بدرجة كبيرة من العنف والقوة تجعل رصدها مستحيلاً، فما زالت تحدث بوتيرة عالية كافية لدراستها.

وأعنف الأحداث الكونية هي انفجارات الأجسام الثقيلة للغاية والتصادم بينها.

هناك بعض المصادر المحتملة لموجات الجاذبية، من بينها نوع من الانفجارات المذهلة اسمه المستعر الأعظم. يحدث انفجار المستعر الأعظم في نهاية دورة حياة نجم ضخم حيث ينهار بسرعة من الداخل. نتيجة الانهيار، تحدث زيادة ضخمة في درجة الحرارة والضغط، وهو ما يمكن أن يحفز الاندماج النووي، أي اندماج النوى الأخفّ في الذرات لتكوين نوى أثقل، ما يؤدي إلى إطلاق الطاقة الذي قد يتسبب بدوره فيما يُسمى "الاندماج النووي المصحوب بانفلات حراري"،[1] إذ ينفجر النجم وتنطلق طاقة هائلة تولّد موجات جاذبية قوية حسب نظرية أينشتاين.

من أشدّ أشكال التصادمات العنيفة في الفضاء تلك التي تحدث بين أجسام ضخمة مثل الثقوب السوداء والنجوم النيوترونية. الثقوب السوداء هي أكثر الأجسام المعروفة ضخامة في الكون، وتتميز بقوة جذب هائلة لدرجة أنها "تبتلع" أي شيء يقترب منها، بما في ذلك النجوم. وما من شيء يستطيع الهروب من داخل الثقوب السوداء، ولا حتى الضوء، ومن هنا يأتي اسمها. النجوم النيوترونية هي بقايا نجوم عملاقة ضخمة انهارت، وهي هائلة الكثافة وتتكوّن في الغالب من جسيمات دون ذرية متعادلة اسمها النيوترونات.

في عام 2015، شاركت في اكتشاف أول موجات جاذبية [5]. وبعد مرور عامين فقط (أي 2017)، فزت بجائزة نوبل في الفيزياء عن هذا الاكتشاف مناصفةً مع زميليّ Rainer Weiss وKip Thorne. في العادة، قد يستغرق حصول العلماء على جائزة نوبل نظير إنجازاتهم ما لا يقل عن 20 عامًا، ولكن اكتشاف موجات الجاذبية كانت له أهمية كبيرة لأسباب سأشرحها لاحقًا. ومنذ الرصد الأول لموجات الجاذبية الناتجة عن تصادم ثقبين أسودين، اكتشفنا لاحقًا تصادمات أخرى ولّدت موجات جاذبية، أحدها عام 2017 بين نجمين نيوترونيين [6] والآخر عام 2020 بين ثقب أسود ونجم نيوتروني [7].

قياس موجات الجاذبية

عند قياس موجات الجاذبية، نقيس في الواقع التشوهات (التموجات) التي تحدثها هذه الموجات في الزمان والمكان. وعندما ترصد الكاشفات لدينا هذه التشوهات، تكون في غاية الصغر (أصغر كثيرًا من حجم بروتون واحد). ولقياس هذه الإشارات متناهية الصغر، يجب أن تتسم الكاشفات بدقة أكبر من تلك الدقة اللازمة لرصد جسيم حجمه 1 من 1,000 من حجم بروتون. وتحقيق هذا في غاية الصعوبة كما تعلم، كما أنه يستلزم استخدام تقنية خاصة جدًا اسمها قياس التداخل.

المستعر الأعظم (Supernova)

في نهاية دورة حياة نجم ضخم، ينفد الوقود منه ويبرد وينهار من الداخل. ويولّد هذا كمية هائلة من الطاقة، ما يتسبب في اندماج نووي يؤدي إلى انفجار كبير.

الاندماج النووي (Nuclear fusion)

تفاعل تندمج فيه نوى الذرات لتكوين نوى أثقل، ما يؤدي إلى إطلاق كمية كبيرة من الطاقة في البيئة المحيطة. والاندماج النووي هو السبب في دفء الشمس وضوئها.

[1] لمعرفة المزيد من المعلومات حول الانفلات، يمكنك الاطلاع على الانفلات الحراري.

الثقوب السوداء (Black holes)

الأجسام الأكثر ضخامة في الكون وتكون الجاذبية فيها قوية للغاية لدرجة أنه ما من شيء يستطيع الهروب منها، ولا حتى الضوء.

النجوم النيوترونية (Neutron stars)

بقايا النجوم الضخمة العملاقة التي تنهار عند نفاد الوقود منها. ويبلغ عرضها في العادة حوالي 10 كيلومتر، كما أنها هائلة الكثافة.

البروتون (PROTON)

جسيم موجب الشحنة يوجد في نوى كل الذرات. وحجم البروتون أقل من جزء من المليار من عرض شعرة بشرية.

قياس التداخل (Interferometry)

تقنية قياس تستخدم أشعة الليزر لرصد الظواهر متناهية الصغر مثل موجات الجاذبية في هذه الحالة.

لن أشرح هذه التقنية هنا بالتفصيل، ولكن يمكن أن أقول أن قياس التداخل يستخدم التفاعلات بين أشعة الليزر لاكتشاف تقلصات وتوسعات صغيرة جدًا في الفضاء[2]. ولإجراء هذه القياسات الحساسة للغاية، يجب عزل أجهزتنا بحيث لا يتداخل أي شيء مع قياساتنا، فالحركة الضئيلة يمكن أن تشوش على الإشارة التي نبحث عنها. ومن مصادر التداخل حركة الأرض نفسها، فهي تهتز أثناء دورانها حول محورها (هذا الاهتزاز خفيف جدًا ولا يحس به البشر، ولكن يمكن لأدواتنا الحسّاسة رصده). معنى هذا أنه لا بد من جعل أدوات القياس لدينا تطفو حتى لا تلتقط حركات الأرض.

لقد واجهنا صعوبة كبيرة في بناء أدوات قياس موجات الجاذبية. والأداة التي نستخدمها اسمها لايغو (LIGO)، ويرمز هذا الاختصار إلى Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (مرصد قياس موجات الجاذبية بالتداخل الليزري). يبلغ طول لايغو بضعة كيلومترات (الشكل 4)، ويكلّف بناؤه وتشغيله أكثر من مليار دولار. لا يزال الكثير من عملي يدور حول تطوير تقنيات تتيح لنا تحقيق دقة أكبر في اكتشاف موجات الجاذبية بدون تسبب الحركات غير المرغوب فيها في التشويش على القياسات وجعلها غير صحيحة. يسألني الكثير من الناس إذا كان من المحبط التركيز على شيء واحد لأكثر من 20 عامًا. إجابتي هي لا بكل تأكيد، فقد استمتعت كثيرًا بحل التحديات طوال هذه الفترة، وأعتقد أن قيامي بشيء غير مسبوق ميزة كبيرة لي.

شكل 4

شكل 4

كاشف لايغو لموجات الجاذبية (ليفينغستون، لويزيانا، الولايات المتحدة): نظرة علوية على أحد كاشفي موجات الجاذبية اللذين تم استخدامها لرصد أول موجات جاذبية يتم قياسها على الإطلاق عام 2015. يتكون كل كاشف لايغو من ذراعين، طول كل منهما 4 كم (2.5 ميل) وهما مصنوعان من أنابيب مفرّغة فولاذية عرضها 1.2 مركّبة على شكل حرف L، ومغطيان بغلاف واقٍ خرساني طوله 3.7 م وعرضه 3 م مهمّته حماية الأنابيب من الآثار البيئية. يمكن لكاشف لايغو رصد موجات الجاذبية الواردة من أي اتجاه، حتى من الأسفل (حقوق الصورة: Caltech/MIT/LIGO Lab).

موجات الجاذبية: النافذة الجديدة على الكون

ما أهمية موجات الجاذبية في سعينا لفهم الكون؟ أولاً، تساعدنا موجات الجاذبية على إثبات صحة نظرية أينشتاين عن النسبية العامة. على الرغم من أن نظرية أينشتاين *تبدو* صحيحة ودقيقة جدًا، فهي ليست النظرية الوحيدة التي تتنبأ بموجات الجاذبية.

[2] لمعرفة المزيد من المعلومات حول قياس التداخل وكيفية استخدامه لاكتشاف موجات الجاذبية، يمكنك الاطّلاع على: Interferometer facts for kids أو Gravitational Waves Explained Using Stick Figures. وللحصول على شرح أكثر تفصيلاً لموجات الجاذبية، يمكنك قراءة هذا الكتاب التمهيدي. أما إذا أردت كتابًا أكثر تقدمًا عن النسبية العامة وموجات الجاذبية، فألقِ نظرة على هذا الكتاب أو ذاك.

لتأكيد صحة نظرية أينشتاين وقدرتها على شرح مفهوم الجاذبية وآلية عملها، نحتاج إلى قياس تفاصيل موجات الجاذبية التي نكتشفها.

النقطة الثانية أن موجات الجاذبية يمكن أن تساعدنا في معرفة أشياء جديدة حول الكون. يمكنك التفكير في ذلك كحقبة جديدة في علم الفلك، كتلك الحقبة التي بدأها عالم الفضاء الشهير غاليليو غاليلي قبل 400 سنة عندما صنع تلسكوبًا للنظر إلى السماء من خلاله. يمكننا استخدام موجات الجاذبية للنظر إلى الكون بشكل مختلف تمامًا عما اعتدناه سابقًا، وهذا باستخدام "تلسكوب الجاذبية". إن دراسة موجات الجاذبية يمكن أن تساعدنا على أن نفهم بشكل أفضل كيفية حدوث الأحداث الفلكية العنيفة (القوية للغاية)، مثل التصادمات بين الثقوب السوداء والنجوم النيوترونية. وهذه المعلومات يمكن أن توفّر لنا إحصاءات مفيدة حول الأحداث التي وقعت في المراحل الأولية من تكوّن الكون، ويمكن أن تساعدنا أيضًا في الوصول إلى إجابات للأسئلة المثيرة للاهتمام حول كوكبنا، مثل كيفية وصول العناصر الثقيلة مثل الذهب والبلاتين إلى كوكب الأرض[3].

ولكننا لم نصل بعد إلى مرحلة متطورة للغاية في الاستفادة من موجات الجاذبية، لذلك نجمع عادةً بين المعلومات التي نحصل عليها من عمليات قياس الجاذبية والبيانات المتوفرة لدينا فعليًا من التلسكوبات. ومن خلال هذا، نستطيع تكوين صورة للأحداث الكونية تتيح لنا فهمها بمستوى أعلى كثيرًا مما يمكننا فهمه عند عدم استخدام موجات الجاذبية. ومع تحسّن عمليات اكتشاف موجات الجاذبية في المستقبل، نأمل أن يتم النظر إلى الظواهر الكونية بالاعتماد على موجات الجاذبية *فقط*. وهذا وقت مفعم بالحماس في علم الكونيات، فقدرتنا على رصد موجات الجاذبية تفتح نافذة جديدة على الأحداث الكونية ستساعدنا على فهم الكون بصورة أفضل.

نصائح للعلماء الصغار

من دروس الحياة التي تعلمتها أنه من المهم الاهتمام بأحلامك ومحاولة تحقيقها؛ فأحلامك الخاصة بمستقبلك تعطيك لمحة عما تريده في الحياة، سواء كنت تريد أن تصبح عالم نفس أو فنانًا أو أن تقوم فحسب بشيء ممتع، مثل السفر أو ممارسة هواية تحبها. لا يتعين عليك النجاح في كل ما تدعوك أحلامك لتحقيقه، *فهي* تعطيك مجرد إشارة بخصوص المسار المناسب لك.

من الدروس الرائعة الأخرى التي تعلمتها أن كل ما أفعله في حياتي ينتج من شيء واحد، وهو حبّ الاستطلاع. يتسم الصغار فطريًا بدرجة كبيرة من حب الاستطلاع، وعليك تقدير هذه السمة وعدم السماح لأحد بإطفائها، ولا حتى معلّميك أو والديك أو أي شخص آخر. وبالتالي، نصيحتي لك أن تواصل حبّ الاستطلاع والاستمتاع ومتابعة أحلامك وتجاهل كل شيء قد يقيّد حماسك.

[3] نعلم أن العناصر الأثقل يمكن تكوينها من العناصر الأخف من خلال اندماج نووي في النجوم. ولكن بناءً على دراستنا لدورة حياة النجوم، رأينا أن العنصر الأثقل الناتج عن هذه الطريقة هو الحديد (العدد الذري: 26). وبعد احتراق النجوم واستنزافها لكل الحديد فيها، تنهار وتتوقف عن إنتاج العناصر الثقيلة. بالتالي، لا بد من وجود آلية أخرى لإنتاج العناصر الثقيلة. في الوقت الحالي، تنص الفرضية الأكثر شيوعًا على أن العناصر الثقيلة تنتج خلال التصادمات بين النجوم النيوترونية التي يمكن رصدها باستخدام موجات الجاذبية (للحصول على المزيد من المعلومات، يمكن الاطّلاع على مقال MIT News هذا). ولكننا نأمل أن يتم جمع بيانات كافية في الأعوام المقبلة باستخدام كاشفات لايغو وفيرجو للتحقق من صحة هذه الفرضية بدرجة أكبر من اليقين.

وبالنسبة للمهتمين بالعلم منكم، أؤكد لكم أن هذا المجال مليء بالمتعة والمرح، فلا شيء أفضل في الحياة من أن يكون عملك مفيدًا للبشرية وممتعًا ومصدرًا لرزقك. ولهذا السبب، وظيفة العالِم رائعة حقًا.

ولكن تذكّر أن الفشل جزء من العلم وتقبّل حقيقة أنك لن تنجح في كل ما تقوم به...وأن الفشل يمكن أن يفيدك. عندما تكون من العلماء الرائدين وتقوم بشيء غير مسبوق، قد يصيبك الإحباط في بعض الأحيان. ففي كل يوم، ستجد نفسك في حالة تكون فيها غير متأكد حقًا مما إذا كنت ستحرز تقدمًا أو تتوصل إلى اكتشاف جديد أو أنك ستقوم بشيء غير مجدٍ على الإطلاق. ولكن بالنسبة لأشخاص مثلي، أرى أن الغموض وعدم التأكّد في مجال العلم من مصادر المتعة فيه.

إقرار

أود شكر نوا سيغيف على إجراء المقابلة التي استند إليها هذا المقال وعلى مشاركتي في تأليفه.

المراجع

1. Newton, I. 1687. "Principia," in *The Principia: The Authoritative Translation and Guide,* eds I. B. Cohen, and A. Whiteman (University of California Press). doi: 10.1525/9780520964815
2. Einstein, A. 1915. Erklarung der Perihelionbewegung der merkur aus der allgemeinen relativitatstheorie. *Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss.* 47:831–9.
3. Einstein, A., and Rosen, N. 1937. On gravitational waves. *J. Frank. Inst.* 223:43–54. doi: 10.1016/S0016-0032(37)90583-0
4. Barish, B. C., and Weiss, R. 1999. LIGO and the detection of gravitational waves. *Phys. Today* 52:44–50. doi: 10.1063/1.882861
5. Abbott, B. P., Abbott, R., Abbott, T. D., Abernathy, M. R., Acernese, F., Ackley, K., et al. 2016. Observation of gravitational waves from a binary black hole merger. *Phys. Rev. Lett.* 116:061102. doi: 10.1103/PhysRevLett.116.061102
6. Abbott, B. P., Abbott, R., Abbott, T. D., Abernathy, M. R., Acernese, F., Ackley, K., et al. 2017. GW170817: Observation of gravitational waves from a binary neutron star inspiral. *Phys. Rev. Lett.* 119:161101. doi: 10.1103/PhysRevLett.119.161101
7. Abbott, R., Abbott, T. D., Abraham, S., Acernese, F., Ackley, K., Adams, A., et al. 2021. Observation of gravitational waves from two neutron star–black hole coalescences. *Astrophys. J. Lett.* 915:L5. doi: 10.3847/2041-8213/ac082e

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 30 أبريل 2024

المحرر: Joey Shapiro Key

مرشدو العلوم: Jian Zhang

الاقتباس: Barish B (2024) موجات الجاذبية: نافذة جديدة على الكون.
Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2022.858203-ar

مُترجَم ومقتبس من: Barish B (2022) Gravitational Waves—A New Window on the Universe. Front. Young Minds 10:858203. doi: 10.3389/frym.2022.858203

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

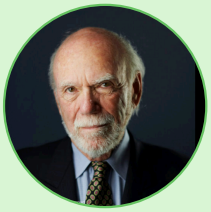
حقوق الطبع والنشر © 2022 © 2024 Barish. هذا مقال مفتوح الوصول يتم توزيعه بموجب شروط ترخيص المشاركة الإبداعية Creative Commons Attribution License (CC BY). يُسمح بالاستخدام أو التوزيع أو الاستنساخ في منتديات أخرى، شريطة أن يكون المؤلف (المؤلفون) الأصلي أو مالك (مالكو) حقوق النشر مقيدًا وأن يتم الرجوع 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

JIARUI, العمر: 13

اسمي جياروي، وأنا طالبة بالصف السابع الإعدادي. حصلت على جوائز وطنية في مسابقات الخطابة باللغة الإنجليزية وجوائز من الولاية في مجال الترميز البرمجي. أحب العزف على البيانو، وقد أتممت شهادة الصف الثامن في البيانو حسب معايير المجلس المشترك لمدارس الموسيقى الملكية ABRSM بدرجة جيد جدًا. تثير الفيزياء اهتمامي كثيرًا، ومن هواياتي المحببة كذلك صناعة الخبز والطهي. أحب الكلاب ولديّ كلبان من فصيلة بودل.

المؤلفون



BARRY BARISH

أستاذ جامعي في الفيزياء في مختبر لايغو بمعهد كاليفورنيا للتكنولوجيا في الولايات المتحدة. أكمل درجة البكالوريوس والدكتوراة في الفيزياء في جامعة كاليفورنيا في بيركلي، وقد حاز على الدكتوراة في عام 1962. وفي عام 1963، انتقل إلى معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا حيث تخصص في مجال فيزياء الجسيمات. وعلى مدار الثلاثين عامًا التالية، عمل على العديد من مسرعات الجسيمات مثل مسرّع SLAC في جامعة ستانفورد ومسرّع CESR في جامعة كورنيل. في عام 1994، انضم إلى مشروع لايغو (مرصد قياس موجات الجاذبية بالتداخل الليزري) في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا حيث كان التركيز على رصد موجات الجاذبية. وقد حصل الدكتور Barish على العديد من الجوائز الأكاديمية المرموقة مثل جائزة كلوبستيج التذكارية (2002) وجائزة إنريكو فيرمي (2016) ووسام هنري درابر (2017) وجائزة نوبل في الفيزياء (2017). ويعمل حاليًا على إدخال تحسينات إضافية في كاشفات لايغو وفيرجو

بهدف زيادة الدقة في رصد موجات الجاذبية. وهو متزوج من ساموان، ولديهما ابن وابنة (ستيفاني وكينيث) بالإضافة إلى ثلاثة أحفاد: ميلو وتيا وآرييل. barish@caltech.edu*

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

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