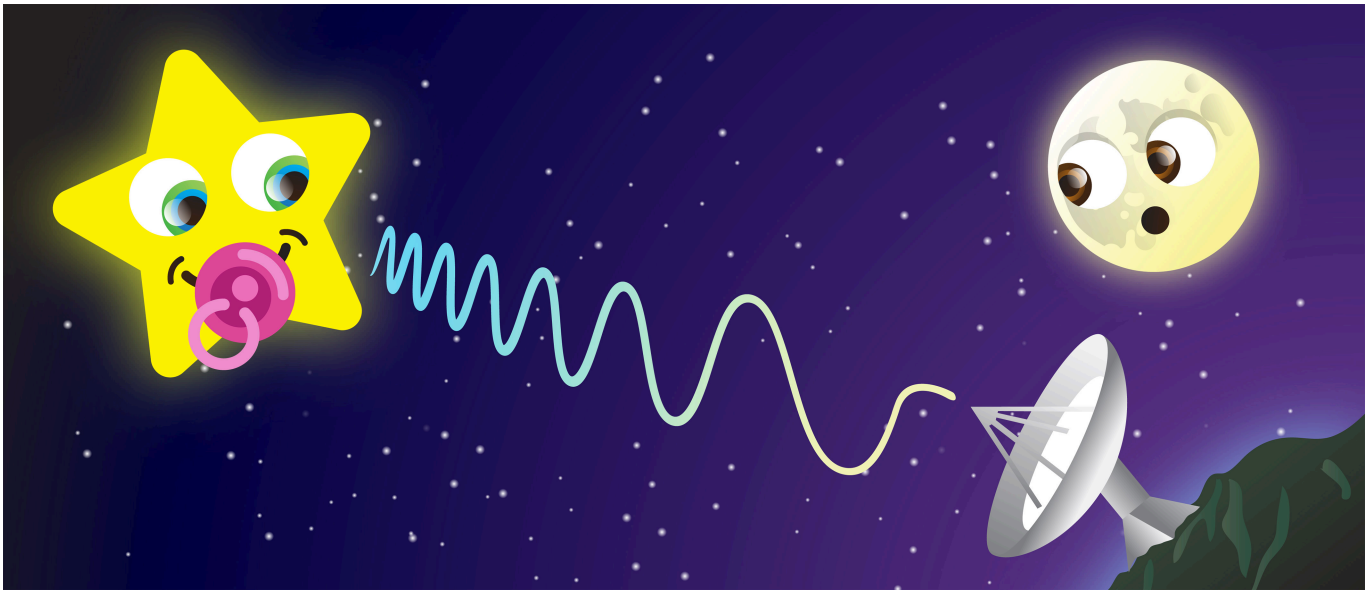
frontiers FOR YOUNG MINDS

علم الفلك وعلم الفضاء
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 22 يناير 2021
doi: 10.3389/frym.2016.00002-ar



ماذا تخبرنا الموجات الراديوية عن الكون؟

Sarah Scoles *

Science Journalist, Berkeley, CA, USA

ظهر علم الفلك الراديوي في عام 1933، عندما اكتشف مهندس يدعى Karl Jansky، بمحض الصدفة، أن الموجات الراديوية لا تنبعث فقط من الاختراعات التي نبتكرها، بل تصدر أيضًا من الأجرام الطبيعية التي تطفو في الفضاء السحيق. ومنذ ذلك الحين شرع علماء الفلك في تصميم تليسكوبات متطورة لرصد تلك الموجات الراديوية الكونية، ومعرفة المزيد عن مصدرها، واستخدامها لمعرفة المزيد حول مجريات الكون. وبالرغم من قدرة العلماء على الحصول على الكثير من المعلومات من الضوء المرئي المرصود عبر التليسكوبات التقليدية، فبإمكانهم اكتشاف أشياء وظواهر مختلفة؛ مثل الثقوب السوداء ونجوم وكواكب في طور التكوين ونجوم تحتضر، وأكثر من ذلك باستخدام التليسكوبات الراديوية. إذ بمقدور التليسكوبات القادرة على رصد أنواع مختلفة من الموجات في آن واحد - بداية من الموجات الراديوية وموجات الضوء المرئي ووصولًا إلى أشعة جاما - أن تعمل معًا مقدمة لنا صورة أكثر اكتمالًا للكون مقارنة بما قد يقدمه لنا أي نوع آخر من التليسكوبات بمفرده.

فعندما تنظر إلى السماء ليلًا، ترى الأضواء الساطعة المنبعثة من النجوم وإذا كنت تعيش في مكان مظلم بعيدًا عن المدينة، فستتمكن من رؤية الآلاف منها، ولكن يجب أن تدرك أن جميع النقاط الصغيرة التي تراها عبارة عن نجوم *قريبة*. يوجد في مجرتنا التي تُسمى درب التبانة حوالي 100 مليار نجم آخر، وفضلًا عن مجرة درب التبانة، يعتقد علماء الفلك أن هناك حوالي 100 مليار مجرة أخرى (كل منها به 100 مليار نجم). تعتبر معظم هذه النجوم غير مرئية بالنسبة لنا، فأعيننا لا تستطيع رصد الضوء المرئي الذي يأتي من النجوم البعيدة، ويجب القول إن العين لا يمكنها رؤية أشياء أخرى أيضًا.

المراجعون الصغار:

GREEN BANK ELEMENT-ARY/ MIDDLE SCHOOL

العمر:11-12

فالضوء الذي تراه العين ليس إلا جزءاً ضئيلًا مما يسميه علماء الفلك "**الطيف الكهرومغناطيسي**" وهو النطاق الكامل لموجات الضوء الموجودة المختلفة. يحتوي الطيف الكهرومغناطيسي أيضًا على أشعة جاما، والأشعة السينية، والأشعة فوق البنفسجية، والأشعة تحت الحمراء، والموجات الميكروية، والموجات الراديوية ولأن العين البشرية قاصرة على رؤية الضوء المرئي فقط، فعلينا تصميم تليسكوبات خاصة لالتقاط بقية الأشعة الموجودة في هذا "الطيف" ثم تحويلها إلى صور ورسومات بيانية يمكننا رؤيتها.

الطيف الكهرومغناطيسي (ELECTROMAGNETIC SPECTRUM)

إن الضوء المرئي الذي يمكن لأعيننا رصده لا يمثل إلا جزءًا صغيرًا من "الطيف الكهرومغناطيسي"، وهو يتألف من فوتونات ذات طاقة متوسطة. و تكوّن الفوتونات ذات الطاقة الأعلى أشعة فوق بنفسجية وأشعة سينية وأشعة جاما (مع العلم أن أشعة جاما لها المستوى الأعلى من الطاقة). وتكوّن الفوتونات ذات الطاقة الأقل الأشعة تحت الحمراء والموجات الراديوية (تمتلك الموجات الراديوية المستوى الأقل من الطاقة).

ما هي الموجات الراديوية؟

يتكون الضوء من جسيمات صغيرة تُسمى "**فوتونات**". وتتميز الفوتونات المؤلفة للضوء المرئي بمستوى متوسط من الطاقة. وعندما تحتوي الفوتونات على مقدار أكثر بقليل من الطاقة، تصبح أشعة فوق بنفسجية لا يمكنك رؤيتها ولكن يمكنها أن تسبب لك حروقًا شمسية. ومع وجود كمية أكبر من الطاقة، تصبح الفوتونات أشعة سينية يمكنها التغلغل عبر جسدك. وإذا كانت الفوتونات تحتوي على **مزيد من الطاقة**، فإنها تتحول إلى أشعة جاما التي تنبعث من النجوم عند انفجارها، ولكن عندما تحتوي على طاقة أقل من الموجودة في فوتونات الضوء المرئي، فإنها تُعرف بالأشعة تحت الحمراء، ويمكننا أن نشعر بها في صورة حرارة. وأخيرًا، نُسمي الفوتونات التي تحتوي على أقل قدر من الطاقة باسم "موجات راديوية". تأتي الموجات الراديوية من مناطق غريبة في الفضاء، حيث تأتي من الأماكن الأبرد والأقدم، والنجوم الأعلى كثافة. كما تجعلنا على دراية بأجزاء من الفضاء، لم نكن لنعلم بوجودها من الأساس لو أكتفينا باستخدام أعيننا أو التليسكوبات التي ترصد الفوتونات المرئية فقط.

الفوتون (PHOTON)

يتكون الضوء من جسيمات تُسمى الفوتونات، وهي تنتقل في صورة موجات.

الطول الموجي والتردد

يستخدم اختصاصيو علم الفلك الراديوي الفوتونات لمعرفة المزيد حول كل ما هو غير مرئي في الكون حيث تنتقل الفوتونات في صورة موجات، وكأنها تتموج كالأفعوانة التي تسلك المسارين ذاتهما مرارًا وتكرارًا [1]، ويخبرنا حجم الموجة التي ينتقل من خلالها الفوتون، المعروف باسم **الطول الموجي**، بطاقة الفوتون. يوضح الشكل 1 موجتين مختلفتين من حيث الطول الموجي. إذا كانت الموجة طويلة، فإنها تحتوي على قدر ضئيل من الطاقة، وإذا كانت قصيرة، فإنها تحتوي على قدر كبير من الطاقة، والجدير بالذكر أن الموجات الراديوية لا تحتوي على قدر كبير من الطاقة، وهذا يعني أنها تنتقل في صورة موجات كبيرة ذات أطوال موجية كبيرة. وقد يبلغ الطول الموجي للموجات الراديوية مئات الأقدام أو بضعة سنتيمترات فقط. علاوةً على ذلك، يدرس علماء الفلك أيضًا عدد الموجات التي تمر بنقطة معينة في كل ثانية، أي "تردد" الموجة الراديوية. يمكنك تصور مفهوم **التردد** من خلال تصور بركة ماء، فإذا ألقينا حجرًا في الماء، فستنتشر الموجات في كل الاتجاهات في البركة، وإذا كنت واقفًا في البركة، فستصطدم الموجات بكاحليك. ومن خلال عدد الموجات التي تصطدم بنا في الثانية واحدة، سنكون على دراية بتردد الموجات. تُسمى الموجة الواحدة التي تمر كل ثانية 1 **هرتز** بينما تُسمى المليون موجة التي تمر كل ثانية 1 ميجا هرتز. فإذا كانت الموجات طويلة، فسيصطدم بنا عدد قليل منها في الثانية الواحدة، وبالتالي نعرف من ذلك أن الموجات الطويلة لها ترددات أقل. لذا نخلص إلى قول بأن الموجات الراديوية لها أطوال موجية طويلة وترددات منخفضة.

الطول الموجي (WAVELENGTH)

حجم الموجة التي ينتقل من خلالها الفوتون.

التردد (FREQUENCY)

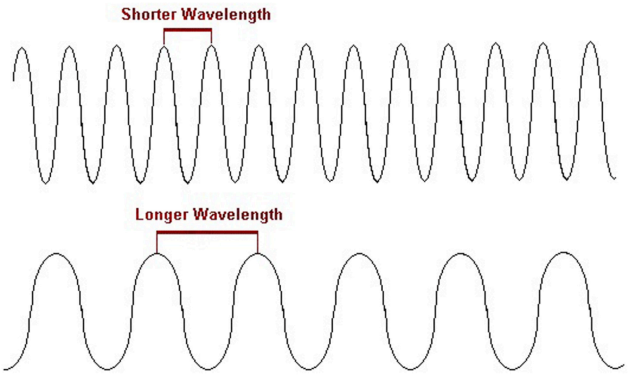
عدد موجات الضوء التي تمر عبر نقطة معينة في ثانية واحدة.

هرتز (HERTZ)

1 هرتز يعني أن موجة واحدة تمر بنقطة معينة في ثانية واحدة بينما 1 ميجاهرتز تعني مرور مليون موجة في الثانية.

شكل 1

تنتقل الفوتونات عبر موجات، ويُسمى طول كل موجة الطول الموجي.



شكل 1

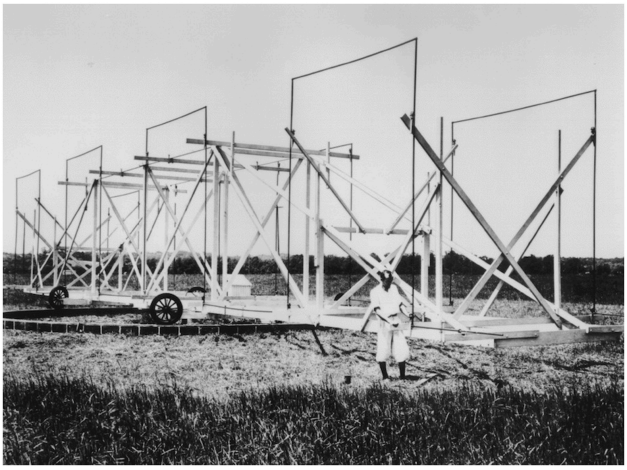
رواد علم الفلك الراديوي

لم يقصد أول عالم فلك راديوي بأن يكون الأول في مجاله. ففي عام 1933، كان رجل يُدعى Karl Jansky يعمل على مشروع لصالح مختبرات بيل (Bell Laboratories)، وهو مختبر في نيو جيرسي سُمي تَيَمُّنًا بالعالم Alexander Graham Bell، مخترع الهاتف. وكان يعمل المهندسون هناك على تطوير أول نظام هاتفي يعمل عبر المحيط الأطلسي. وعندما حاول الناس إجراء أول مكالمة هاتفية عبر هذا النظام، سمعوا ضوضاء في الخلفية أثناء أوقات معينة في اليوم. ورأت مختبرات بيل أن تلك الضوضاء تؤثر سلبًا على السمعة التجارية لنظام الهاتف المستحدث، لذا أرسلوا Karl Jansky لاكتشاف مصدر الصوت وسببه، وسرعان ما لاحظ أن الصوت بدأ عندما أشرق مركز مجرتنا في السماء وانتهى عندما غرب (وهذا يعني أن كل شيء في الفضاء يشرق ويغرب تمامًا مثل الشمس والقمر)، واكتشف على الفور أن الموجات الراديوية التي تأتي من مركز المجرة تشوش على الاتصال الهاتفي وتسبب الضوضاء. وبذلك اكتشف، بمساعدة الهاتف، الموجات الراديوية القادمة من الفضاء [1]، وأزاح الستار عن كون جديد غير مرئي بالنسبة لنا. يوضح الشكل 2 صورة الهوائي الذي استخدمه Karl Jansky لرصد الموجات الراديوية القادمة من الفضاء.

ألهم بحث Janksy رجل يُدعى Grote Reber وعلى أثر ذلك شرع في تصميم تليسكوب راديوي في باحته الخلفية في إلينوي، وبعد الانتهاء من تصميمه بطول يبلغ 31 قدمًا عام 1937، استخدمه لرؤية ما يكمن في السماء وتحديد مصدر الموجات الراديوية. وفيما بعد، وضع أول خريطة ''موجات راديوية للسماء'' باستخدام البيانات والمعلومات التي جمعها من التليسكوب الراديوي الذي صممه [2].

أهمية التليسكوب الراديوي

يمكننا رؤية الضوء المرئي لأن فوتونات الضوء المرئي تنتقل في صورة موجات صغيرة، والعين البشرية صغيرة، ولكن لأن الموجات الراديوية كبيرة، يجب أن تكون أعيننا كبيرة كي نراها. لذا، بينما يبلغ طول التليسكوبات العادية بضع بوصات أو قدم، فالتليسكوبات الراديوية أكبر بكثير حيث يبلغ عرض تليسكوب جرين بانك الموجود في ولاية فرجينيا الغربية أكثر من 300 قدم ويمكن رؤيته في الشكل 3، ويبلغ طول تليسكوب آرسيبو (Arecibo Telescope) الذي يقع في أدغال بورتوريكو حوالي 1000 قدم. هذه التليسكوبات بمثابة نسخ عملاقة من أطباق الأقمار الصناعية الخاصة بالتلفاز، ولكن آلية عملها تشبه التليسكوبات التقليدية.



شكل 2

شكل 2

يوضح الشكل صورة مؤسس علم الفلك الراديوي Karl Jansky وهو يقف أمام الهوائي الذي صممه ورصد من خلاله أول موجات راديوية قادمة من الفضاء. المصدر: المرصد الوطني لعلم الفلك الراديوي (NRAO).

شكل 3

شكل 3

لا تشبه التليسكوبات المشابهة لتليسكوب جرين بانك (Green Bank Telescope)، الموضح في الصورة، التليسكوبات التقليدية، إلا إنها تعمل بنفس الكيفية فضلًا عن إنها ترصد الموجات الراديوية بدلًا من الضوء المرئي، ثم تحول تلك الموجات الراديوية، التي لا تراها العين البشرية، إلى صور ومخططات يمكن للعلماء تفسيرها. المصدر: المرصد الوطني لعلم الفلك الراديوي (NRAO).

عند استخدام تليسكوب تقليدي علينا توجيهه إلى جسم ما في الفضاء، ثم يسقط الضوء القادم من هذا الجسم على مرآة أو عدسة تعكس بدورها هذا الضوء إلى مرآة أو عدسة أخرى والتي تعكس هي الأخرى الضوء مرة ثانية ثم ترسله إلى أعيننا أو الكاميرا.

يحدث الأمر ذاته عندما يوجه عالم فلك تليسكوبًا راديويًا إلى جسم في الفضاء، حيث تضرب الموجات الراديوية القادمة من الفضاء سطح التليسكوب، ويعمل هذا السطح، الذي قد يكون مصنوعًا من معدن به ثقوب، ويُسمى شبكة، أو من معدن مُصمت؛ مثل الألومنيوم، بمثابة مرآة تعكس الموجات الراديوية، ثم ترتد هذه الموجات إلى "مرآة راديوية" أخرى تعكس بدورها الموجات إلى ما يسميه علماء الفلك "**المُستقبِل**". يؤدي المُستقبِل نفس وظيفة الكاميرا حيث إنه يحول الموجات الراديوية إلى صورة، وتوضح الصورة مدى قوة الموجات الراديوية ومصدرها.

المُستقبِل (RECEIVER)

هو جزء من التليسكوب الراديوي يستقبل الموجات الراديوية ويحولها إلى صورة.

الرؤية الراديوية

عندما يتتبع علماء الفلك الموجات الراديوية، يرون أجسامًا ويرصدون ظواهر كونية مختلفة عن التي يرونها عند تتبع الضوء المرئي. بالإضافة إلى أن الأماكن التي تبدو مظلمة أمام أعيننا أو من خلال

التليسكوبات التقليدية، تتوهج في الموجات الراديوية. على سبيل المثال، الأماكن التي تتكون فيها النجوم مليئة بالغبار، ويحجب هذا الغبار الضوء ويمنعه من الوصول إلينا، لذا تبدو المنطقة بالكامل كنقطة سوداء. ولكن عندما يوجه علماء الفلك التليسكوبات الراديوية نحو تلك المنطقة، تتاح لهم فرصة رؤية ما يحدث بين طيات الغبار ورصد عملية تكوين النجم.

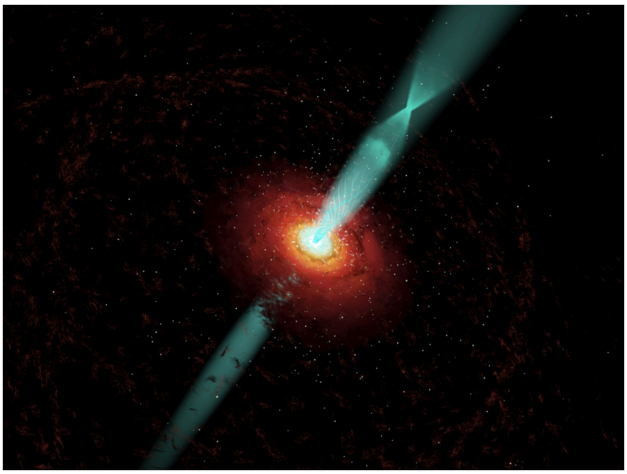
تنشأ النجوم في سحب غازية عملاقة في الفضاء. وتبدأ عملية تكون النجم بتكتل هذا الغاز معًا، ثم يتجمع مزيد من الغاز بفعل الجاذبية، فيكبر هذا التكتل تدريجيًا وترتفع درجة ترتفع درجة حرارته رويدًا رويدًا، وعندما يصل إلى درجة كافية من الضخامة ودرجة الحرارة، تبدأ عملية تحطم ذرات الهيدروجين وهي أصغر الذرات الموجودة في عالمنا، ونتيجة لاصطدام ذرات الهيدروجين مع بعضها البعض، يتكون غاز الهيليوم، وهو يتكون من ذرات أكبر بقليل، ثم تصبح هذه الكتلة الغازية نجمًا حقيقيًا، وتستطيع التليسكوبات الراديوية التقاط صور لتلك النجوم الوليدة [3].

علاوةً على ذلك، تكشف التليسكوبات الراديوية الستار عن أسرار أقرب النجوم أيضًا. فالضوء الذي نراه قادمًا من الشمس يأتي من قرب السطح، وهو موضع تبلغ درجة حرارته ٩ آلاف درجة فهرنهايت. بينما تصل درجة الحرارة فوق السطح إلى 100 ألف درجة فهرنهايت. وتساعدنا التليسكوبات الراديوية في معرفة المزيد حول تلك المناطق الحارة التي تنبعث منها الموجات الراديوية.

الجدير بالذكر أن الكواكب الموجودة في نظامنا الشمسي لديها خصائص راديوية أيضًا. تظهر لنا التليسكوبات الراديوية الغازات التي تدور حول كوكب أورانوس وكوكب نبتون وترصد مسار حركتها حول هذه الكواكب. كما يزخر القطبان الشمالي والجنوبي لكوكب المشترى بالموجات الراديوية. وإذا أرسلنا موجات راديوية *إلى* كوكب عطارد، ثم استقبلنا الموجات الراديوية المرتدة منه باستخدام تليسكوب راديوي، فسنتمكن من وضع خريطة تضاهي جودة خدمة Google Earth [4].

عندما نتعمق وننظر من خلال التليسكوبات الراديوية إلى أماكن أبعد، نرصد بعضًا من أغرب الأشياء في الكون. على سبيل المثال، تحتوي معظم المجرات على ثقوب سوداء ضخمة جدًا في مراكزها، وهذه الثقوب السوداء هي أجسام تتمتع بكتلة كبيرة متراصة في مساحة متناهية الصغر. وبفضل هذه الكتلة تتمتع الثقوب السوداء بقوة جذب منقطعة النظير، لدرجة أنه لا يستطيع أي جسم الهروب من قبضتها، حتى الضوء. تبتلع تلك الثقوب السوداء النجوم والغازات وأي شيء آخر يقترب منها، وعندما يقع أي جسم، سيئ الحظ، تحت وطأة جاذبية الثقب الأسود، يدور - في البداية - حوله في حركة حلزونية. وبينما يقترب الجسم من الثقب، تزداد سرعته شيئًا فشيئًا. كما تتكون أيضًا نفاثات أو أعمدة ضخمة من الإشعاع الكهرومغناطيسي والمادة التي لا تصل إلى الثقب الأسود (تكون أحيانًا أطول من عرض مجرة بأكملها) أعلى الثقب الأسود وأسفله. وتظهر التليسكوبات الراديوية تلك الأعمدة النفاثة أثناء نشاطها (الشكل 4).

تتسبب تلك الأجسام الضخمة مثل الثقوب السوداء في انحناء نسيج الفضاء، الذي يُسمى الزمكان. تخيل إذا وضعنا كرة بولينج ثقيلة على منصة وثب، فستنحني منصة الوثب إلى الأسفل. فعلى نحو مماثل، تجعل الأشياء الثقيلة، الموجودة في الفضاء، الزمكان ينحي لأسفل مثل منصة الوثب. عندما تنتقل الموجات الراديوية القادمة من مجرات بعيدة عبر تلك المنحنيات لتصل إلى الأرض، يكون شكلها تمامًا مثل العدسة المكبرة على الأرض وحينها تري التليسكوبات صورة أكبر وأوضح للمجرة البعيدة.



شكل 4

شكل 4

المجرات التي تحتوي على ثقوب سوداء ضخمة في مركزها يمكنها إطلاق انبعاثات من المواد والإشعاعات، على النحو الموضح في هذا الشكل، وتكون أطول من عرض المجرة. المصدر: المرصد الوطني لعلم الفلك الراديوي (NRAO).

بالإضافة إلى ذلك، تساعدنا التليسكوبات الراديوية أيضًا على حل أحد أكبر ألغاز الكون المتمثل في السؤال التالي: ما هي **الطاقة المظلمة**؟ يزداد حجم الكون في كل ثانية، وتزداد سرعة تمدد الكون أكثر في كل ثانية نظرًا إلى أن "الطاقة المظلمة" تعتبر عكس الجاذبية: فبدلًا من ضم كل شيء معًا بقوة الجذب، فهي تدفعه بعيدًا. ولكن السؤال هنا ما مدى قوة الطاقة المظلمة؟ يمكن للتليسكوبات الراديوية مساعدة العلماء في الإجابة على هذا السؤال وذلك من خلال دراسة "**الميغاميزر**" الذي يحدث بشكل طبيعي في بعض أنحاء الفضاء، ويمكن القول إن الميغاميزر يشبه الليزر على الأرض، ولكنه يرسل موجات راديوية بدلًا من الضوء الأحمر أو الأخضر الذي يمكننا رؤيته. يمكن للعلماء استخدام الميغاميزر للوقوف على تفاصيل الطاقة المظلمة [5]. فإذا تمكن العلماء من تحديد مدى بُعد الميغاميزر، فسيمكنهم إخبارنا بمدى بُعد المجرات الأخرى، وبالتالي يمكنهم تحديد سرعة ابتعاد تلك المجرات عنا.

الطاقة المظلمة (DARK ENERGY)

تعمل الطاقة المظلمة عكس الجاذبية وتدفع كل الأجسام في الكون بعيدًا عن بعضها بعضًا.

الميغاميزر (MEGAMASER)

عبارة عن ليزر طبيعي في الفضاء يرسل موجات راديوية بدلًا من الضوء الأحمر أو الأخضر الذي يصدر من مؤشر الليزر.

صندوق أدوات متكامل

إذا لم يكن لدينا سوى تليسكوبات يمكنها التقاط الضوء المرئي فقط، فلن نتمكن من معرفة الكثير من الظواهر التي تدور في الكون. دعنا نتخيل لو أن الأطباء لم يكن لديهم إلا السماعة. سيتمكن الأطباء من فحص ضربات قلب المريض ومعرفة حالتها، ولكنهم سيعرفون قدرًا أكبر بكثير من المعلومات إذا كان لديهم أيضًا جهاز الأشعة السينية، والسونار، وجهاز الرنين المغناطيسي، وجهاز الأشعة المقطعية. فبمساعدة تلك الأدوات، يمكنهم الحصول على صورة أشمل لما يحدث داخل جسم المريض. على غرار ذلك، يستخدم علماء الفلك التليسكوبات الراديوية جنبًا إلى جنب مع تليسكوبات الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء والأشعة السينية وأشعة جاما والتليسكوبات البصرية للسبب ذاته وهو الحصول على صورة كاملة وشاملة لما يحدث في الكون.

المراجع

1. Jansky, K. G. 1993. Radio waves from outside the solar system. *Nature* 32:66. doi: 10.1038/132066a0
2. Reber, G. 1944. Cosmic static. *Astrophys. J.* 100:297. doi: 10.1086/144668
3. McKee, C. F., and Ostriker, E. 2007. Theory of star formation. *Annu. Rev. Astron. Astrophys*. 45:565–687. doi: 10.1146/annurev.astro.45.051806.110602

4. Ostro, S. J. 1993. Planetary radar astronomy. *Rev. Mod. Phys.* 65:1235–79. doi: 10.1103/RevModPhys.65.1235
5. Henkel, C., Braatz, J. A., Reid, M. J., Condon, J. J., Lo, K. Y., Impellizzeri, C. M. V., et al. 2012. Cosmology and the Hubble constant: on the megamaser cosmology project (MCP). *IAU Symp.* 287:301. doi: 10.1017/S1743921312007223

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 22 يناير 2021

حرره: Kathryn Elizabeth Williamson, National Radio Astronomy Observatory, USA

الاقتباس: Scoles S (2021) ماذا تخبرنا الموجات الراديوية عن الكون؟ Front. Young Minds doi: 10.3389/frym.2016.00002-ar

مُترجَم ومقتبس من: Scoles S (2016) What do radio waves tell us about the universe? Front. Young Minds 4:2. doi: 10.3389/frym.2016.00002

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 © Scoles 2021. 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

GREEN BANK ELEMENTARY/MIDDLE SCHOOL، العمر: 11-12

نحن نمثل الصف السادس في مدرستنا، ولا يوجد سوى فصل واحد للصف السادس هذا العام، ويبلغ عددنا 23 طالب، ومعظمنا يعرف بعضنا البعض منذ مرحلة رياض الأطفال. وحضرت إلينا عالمة تعمل بالمرصد، لتعطينا ندوات عن الفضاء. وأعطتنا ندوتين، واستمتعنا كثيرًا بهما. العلوم هي المادة المفضلة لدى العديد منا. أسعدنا للغاية مشاركة السيدة Tallman معلمة اللغة الإنجليزية والآداب، والآنسة Smith معلمة العلوم في هذا المشروع. علاوةً على ذلك، نحب ممارسة أنشطة أخرى مثل صيد الحيوانات والأسماك وركوب العربات ذات الأربع عجلات ''بيتش باجي'' وكرة السلة وكرة القدم والبيسبول والكرة اللينة ''السوفتبول'' ونستمتع كثيرًا بحصص الرياضيات ولعب ألعاب الكمبيوتر واللعب مع أصدقائنا، ونحب أيضًا عقد المناقشات والمحادثات.

المؤلفون

SARAH SCOLES

أنا كاتبة علمية، ونُشرت مقالاتي في *The Atlantic* و*Slate* و*The Guardian* و*Popular Science* ومجلات أخرى. شغلت في السابق منصب محررة في مجلة *Astronomy* ومُعلمة في

المرصد الوطني لعلم الفلك الراديوي في جرين بانك، فرجينيا الغربية، الولايات المتحدة الأمريكية، مقر أحد أكبر التليسكوبات الراديوية في العالم. *sarah.scoles@gmail.com

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

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