

آخر المنجزات العلمية في مجال علم الكونيات الكوسمولوجيا وعلم الفلك

أعداد وترجمة د. جواد بشارة

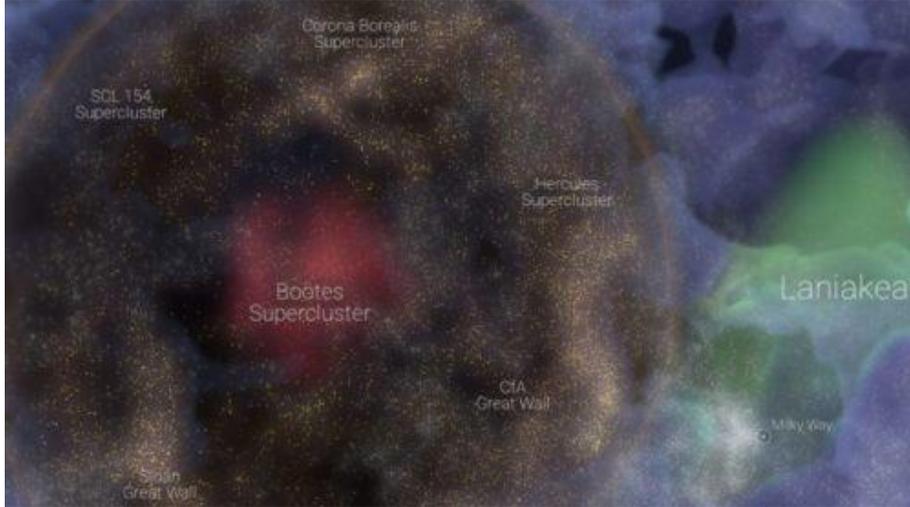
اكتشاف فقاعة «أحفورية» يبلغ قطرها مليار سنة ضوئية من بدايات الكون: ماذا تحتوي؟
عثر فريق المشروع المخصص لرسم خرائط الكون على بنية كونية مذهلة وهي عبارة عن: "فقاعة" يبلغ قطرها مليار سنة ضوئية، والتي جمدها الموجات الصوتية من الكون البدائي. علينا أن نعود بضعة مليارات من السنين لفهم ما يعنيه هذا.

ولم يتوقع هذا الفريق من علماء الفيزياء الفلكية العثور على "أحفورة" من بدايات الكون. خلال مشروع لرسم خريطة للكون، اكتشف عالم الفيزياء الفلكية دانييل بوماريدي وزملاؤه نوعاً من "الفقاعة" العملاقة من المجرات - تسمى هوليلانا - من عصر بعيد. لقد جمد بمرور الوقت العناصر الثمينة المتعلقة ببدايات الكون. لذا، لفهم هذا الاكتشاف، الذي نُشر في 5 سبتمبر 2023، نحتاج إلى العودة عدة مليارات من السنين إلى الوراء.

خلال تلك الحقبة المبكرة، بعد بضع مئات الآلاف من السنين من الانفجار الكبير، لم يكن الكون البدائي "شفافاً" بعد، ولكن في حالة البلازما - وهي حالة كثيفة وساخنة للمادة. ويحدث صراع بين قوة الجاذبية أو الثقالة وضغط البلازما. يؤدي هذا إلى اختلافات في كثافة المادة نفسها: هناك مناطق ذات كثافة عالية جداً، ومناطق ذات كثافة منخفضة جداً. ويؤدي الصراع بين هاتين الكثافتين إلى تدفق المادة المنخفضة الكثافة نحو المادة الزائدة الكثافة: وهذه هي "العقد" في الشبكة الكونية.

داخل هذه العقد، وجدنا بعد ذلك قمم كثافة حقيقية. هذه الظاهرة الحاسمة هي التراكم: تتكثف المادة. "تراكمت المادة، وبدأت الهياكل تتشكل مع مجموعات المجرات، التي تحتوي على المجرات، ثم الكواكب. يوضح دانييل بوماريدي: "كل شيء يأتي من التراكم".

موجات صوتية مجمدة في الوقت المناسب ولكن، ما هي بالضبط أحفورة "فقاعة" هوليلانا؟ إنها على وجه التحديد نتيجة كومة من الموجات - الموجات - المجمع من نقاط مختلفة عبر هذا التراكم. ومن هنا جاءت فكرة الفقاعة: كل شيء يتكثف في منطقة، ثم تتضخم مع توسع الكون. وهذه هي المرة الأولى التي يمكن فيها ملاحظة هذه الموجات القادمة من بدايات الكون.



CEA La bulle fossile Ho'oleilana, maquette. // Source : المصدر : // المصدر : CEA

لقد توقع الفيزيائيون منذ فترة طويلة أننا يجب أن نجد، في زمن البلازما البدائية، BAOs: التذبذبات الصوتية البارونية. وترجمة ذلك: الموجات الصوتية التي تتحرك خلال المادة العادية. جاءت هذه الموجات من صراع الكثافة. يشرح لنا دانييل بوماريدي قائلاً: "يمكن أن تبدأ هذه الموجات من أي مكان، ولكن بشكل خاص في الأماكن التي تكون فيها الكثافة أعلى". كثافة المادة الصغيرة تعني: موجة صغيرة.

كثافة المادة العالية تعني: موجة طويلة. كان "المكان الذي كان لهذه الظاهرة أكبر سعة، في عقد الشبكة الكونية، حيث تدفقت المادة نحو المناطق ذات الكثافة الأعلى في الكون. «كانت قمم الكثافة عند أصل تكوين مجموعات المجرات مرادفة أيضاً لقمم BAO.

ومع ذلك، بعد 380 ألف سنة من الانفجار الكبير، «بردت البلازما بسبب تمدد الكون»، كما يشير دانييل بوماريدي. "عند نقطة معينة، تجاوزنا درجة حرارة حرجة، حيث أصبح من المثير للاهتمام بالنسبة للإلكترونات والبروتونات أن تتحد وتشكل الذرات الأولى. « هذه الطاقة التي تربط الجزيئات أصبحت أقوى من طاقة البلازما. في الواقع، "تنتصر المادة"، وينطلق الضوء، وتختفي "البلازما". "يصبح الكون في الأساس فراغاً. ظاهرة BAO تقترب من نهايتها. يتم تجميد هذه الموجات الصوتية. «إن فكرة الحفرية لتعيين فقاعة هولانا تشير على وجه التحديد إلى "حقيقة أنه كان هناك نوع من الصقيع"، كما يوضح دانييل بوماريدي. "كانت الهياكل تتطور، وفجأة حدث تحول، وتجمد التطور. مثل أحفورة الأمونيت في علم الآثار: كانت حية، وتجمدت، وبعد وقت طويل يمكن للباحث العثور على هذه الحفرية. «

تحتوي مثل هذه الحفرية على معلومات قيمة يجب تحليلها: فهي بمثابة "شاهد على الكون الشاب"، كما يعتقد دانييل بوماريدي. لفترة طويلة، كانت فكرة BAO مجردة ونظرية. ويضيف: "هناك، يصبح الأمر ملموساً". والأمر الأكثر إثارة للاهتمام هو أن دانييل بوماريدي وفريقه قاموا بقياس ثابت هابل، أي قيمة توسع الكون داخل هذه الفقاعة. يتوافق هذا القياس مع القياسات التي تم إجراؤها في الكون المحلي، ولكن ليس في الكون البعيد. وهذا يزيد من مشكلة فجوة القياس المعروفة بالفعل، وبالتالي يعطي اكتشاف فقاعة «أحفورية» من بدايات الكون: ماذا تحتوي فقاعة يبلغ قطرها مليار سنة ضوئية؟ عند توسع الكون: هل تضيق الفجوة بين القياسات؟ و ماهي "عواقب مهمة للفيزياء الأساسية وعلم الكونيات الحديث"؟ تميل الملاحظات الحديثة إلى تضيق الفجوة بين تقديرات ثابت هابل. وفقاً لعالم الفلك ويندي فريدمان وفريقها، قد لا يكون هناك في النهاية أي صراع حول معدل توسع الكون. ماذا لو لم يكن هناك في النهاية أي صراع حول قياسات معدل توسع الكون؟ وتظهر أحدث الملاحظات أن الفجوة بين القياسات تميل إلى التضيق. على أي حال، هذا ما تشرحه عالمة الفلك الأمريكية ويندي فريدمان بالتفصيل في دراسة ستنتشر في مجلة الفيزياء الفلكية، والتي يمكن الوصول إليها على موقع arXiv وتناقلتها جامعة شيكاغو في 30 يونيو 2021.



الكون يتوسع عندما نراقب المجرات، فإنها تعطي انطباعاً بأنها تباعد عنا. في الواقع، ليست المجرات هي التي تباعد عن بعضها البعض، بل الفضاء نفسه هو الذي يتوسع. تعتبر معرفة سرعة توسع الكون معلومة مهمة للعلماء. إنهم يسعون إلى تحديد ما يسمى بثابت هابل، والذي يعطي معدل توسع الكون في لحظة معينة. في التسعينيات، تم اكتشاف أن توسع الكون يتسارع (السرعة التي تتحرك بها المجرات بعيداً تتزايد بمرور

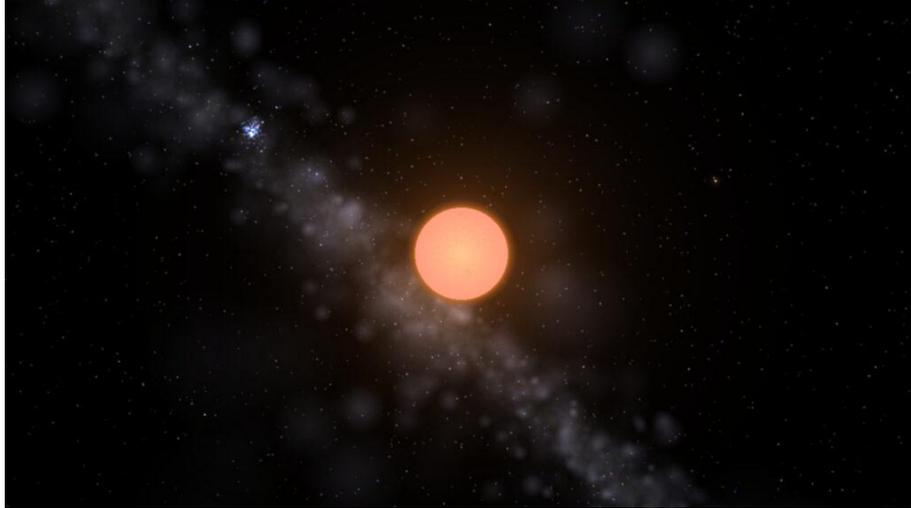
الوقت). ومع ذلك، كما لخصت جامعة شيكاغو في بيانها الصحفي، فإن الطريقتين الرئيسيتين لقياس سرعة توسع الكون تؤديان إلى قياسات مختلفة. هل كنا مخطئين تمامًا بشأن شكل الكون؟ سبب هذا التوتر والاختلاف في القياسات هو قيمة ثابت هابل في المعادلات الرياضية المتعلقة بهذا الموضوع. هذه الفجوة "تقسم" بطريقة ما علماء الفيزياء الفلكية، بين أولئك الذين يعتقدون أن هذه الفجوة كبيرة، وأولئك الذين يعتبرون أنه لا بد من وجود خطأ أو أكثر في القياسات. في الحالة الأولى، قد يعني هذا أن هناك حاجة إلى فيزياء جديدة. وفي الحالة الثانية، فإن هناك ميل إلى تأكيد نموذجنا لكيفية عمل الكون. وفقا لويندي فريدمان، لن يحتاج هذا النموذج إلى تعديل كبير.

ما الطريقتان لقياس ثابت هابل؟

• باستخدام إشعاع الخلفية الكونية الميكروي، وهو أقدم ضوء لا يزال موجودًا في الكون. يمكن استخدام ملاحظات هذا الضوء في نموذج الكون الشاب للتنبؤ بما يجب أن يكون عليه ثابت هابل اليوم. والنتيجة هي 67.4 كيلومترًا في الثانية لكل ميغابارسك (1 ميغابارسك، أي ما يعادل مليون فرسخ فلكي؛ وكان الفرسخ الفلكي نفسه يساوي 3.26 سنة ضوئية).

• استخدام قياس المسافات وسرعات انطلاق النجوم والمجرات في مناطق الكون المرئي القريبة بالنسبة إلينا. القياس الذي أجرته ويندي فريدمان في عام 2001 باستخدام تلسكوب هابل الفضائي، باستخدام النجوم المعروفة باسم القيفاويات، أنتج قيمة 72.

في عام 2019، نشرت ويندي فريدمان نتائج جديدة، باستخدام طريقة أخرى غير الطريقة القيفاوية، هذه المرة لمراقبة العملاقة الحمراء، باستخدام هابل أيضًا. ثم تم تقدير القيمة بـ 70 كيلومترًا في الثانية لكل Mpc. ومنذ ذلك الحين، واصل عالم الفلك وفريقه العمل على تحسين دقة قياساتهم (باستخدام طرق مستقلة لمعايرة سطوع العملاقة الحمراء، والتي تعطي نتائج قريبة جدًا). كتبت العالمة في أحدث دراسة لها: "إن تأكيد حقيقة توتر H0 [ثابت هابل] يمكن أن يكون له عواقب مهمة لكل من الفيزياء الأساسية وعلم الكونيات الحديث".



تمثيل العملاق الأحمر.

المصدر: ويكيبيديا/CC/Tyrothekrepper

القيفاويات، Les Céphéides صاحبة قليلا:

ومن الآن فصاعداً، يعتقد العالم أن البيانات التي تم الحصول عليها بطريقة العملاق الأحمر تظهر الاتساق بين معدلات توسع الكون، المقاسة محلياً أو عن بعد (الطريقتان الموصوفتان أعلاه). ولذلك لن يحتاج العلماء إلى فيزياء جديدة لحل المشكلة. حققت ويندي فريدمان وفريقها، مع العملاقة الحمراء، ثابت هابل قدره 69.8 كيلومترًا في الثانية لكل Mpc، وهو أقرب إلى القياس الذي تم إجراؤه باستخدام إشعاع الخلفية الكونية الميكروي.

لماذا نحقق قياساً أعلى باستخدام الطريقة القيفاوية؟ «لطالما كانت النجوم القيفاوية أعلى قليلاً وأكثر تعقيداً من أن نفهمها تمامًا؛ تقول ويندي فريدمان في بيان صحفي لجامعة شيكاغو: "هذه نجوم شابة في مناطق تشكل النجوم النشطة في المجرات، وهذا يعني أنه من الممكن لأشياء مثل الغبار أو التلوث من النجوم الأخرى أن تشوه قياساتك".

كما تقول الباحثة وفريقها، إن طريقة العملاق الأحمر والقيفاويات على أية حال تجعل من الممكن الحصول على أقوى تقدير إحصائي لثابت هابل في الوقت الحاضر. وفي الوقت الحالي، يخلص العلماء إلى أنه ليس من الممكن استبعاد احتمال حاجتنا إلى فيزياء جديدة لإنهاء التناقض في القياسات بشكل كامل. ويمكن للبيانات التي سيتم جمعها في السنوات المقبلة أن تحل المعضلة أخيراً، خاصة مع إطلاق تلسكوب جيمس ويب الفضائي المتطور جداً. حصلت ويندي فريدمان وفريقها بالفعل على القدرة على استخدام المرصد لإجراء مزيد من الدراسة للقيفاويات والعملاقة الحمراء.

درب التبانة تتبع منها جزيئات شبيهة مراوغة ومشكلة النيوترونات المنتجة في مجرتنا:

تم اكتشاف النيوتريونات في كل مكان في الكون، ولكن لم يتم اكتشافها أبداً في مجرتنا درب التبانة. ويتم ذلك الآن بفضل جهاز كشف تم تركيبه في القارة القطبية الجنوبية، بمساعدة الذكاء الاصطناعي الذي كان قادراً على مراقبة هذه الجسيمات الغامضة والمراوغة.

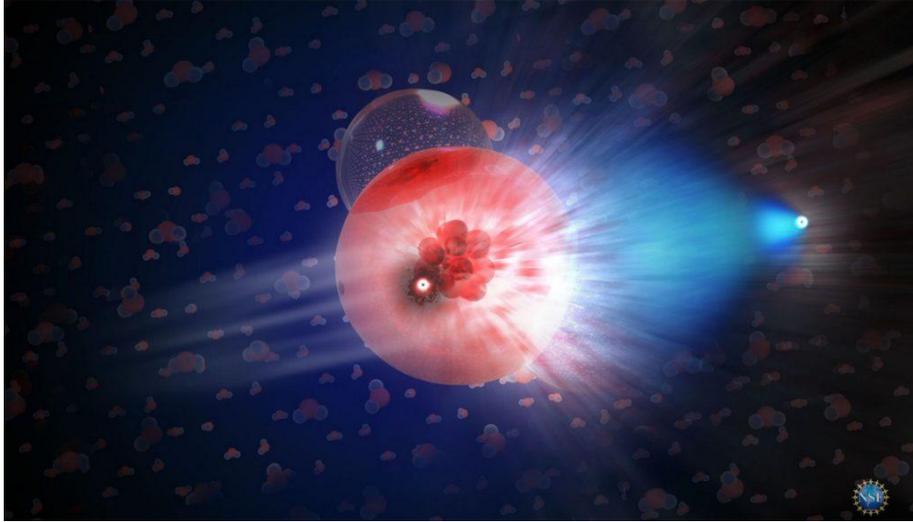
إذا كنت تخشى الأمواج أو المواد الكيميائية أو أي مادة أخرى غير مرئية تحيط بنا، فانتظر: فأنت أيضاً محاط دائماً، بل وتعبرك، جسيمات غامضة تسمى النيوتريونات. مليارات من هذه الجسيمات الأولية، التي تنتقل بسرعة قريبة من سرعة الضوء، تمر عبر كل سنتيمتر مربع من جسمنا في كل ثانية وتوجد في كل مكان في الكون.

ومع ذلك، لم يتم اغتصاب لقبها بالجسيمات الشبيهة، لأنها تظل سرية بشكل خاص، ولا تتفاعل أبداً مع المادة العادية، مما يجعل اكتشافها صعباً للغاية.

وعلى الرغم من كل شيء، فإن أجهزة الكشف المثبتة على الأرض اليوم تتمكن من التقاط عشرات الآلاف من النيوتريونات عالية الطاقة كل عام، وجميعها قادمة من أحداث كونية بعيدة تقع على بعد سنوات ضوئية من مجرتنا. وهي تختلف عن النيوتريونات الشمسية القادمة من شمسنا والتي تشكل الغالبية العظمى من الجسيمات التي نلقاها. ولذلك يصعب اكتشاف النيوتريونات عالية الطاقة. يعد تحقيق هذا إنجازاً واضحاً، ولكن ماذا عن النيوتريونات المماثلة المنتجة في مجرتنا؟ يجب أن تكون موجودة أيضاً؟ قال فرانسيس هالزن، عالم الفيزياء في جامعة ويسكونسن وعضو تعاون آيس كيوب: "هناك بعض هذه الأشياء". وهي قليلة العدد ومن الصعب جداً اكتشافها، لكننا وجدنا بعضها. «



النيوتريونات. // المصدر: نيكول ر. فولر/NSF/IceCube



ونشر الباحث دراسة نشرت في مجلة ساينس بتاريخ 29 يونيو 2023، تناول فيها اكتشاف الأشعة الكونية المحملة بالنيوتريونات القادمة من مجرتنا. وهي نيوتريونات "محلية الصنع" مدمجة في الكتلة. قبل الخوض في التفاصيل، لا بد من التوضيح: الأشعة الكونية المحملة بالنيوتريونات التي تصل بانتظام إلى الأرض. ولكن، نظرًا لأنها تنحرف وفقًا للمجالات المغناطيسية بين النجوم التي تمر عبرها، فإنها تأتي إلينا من جميع الاتجاهات. ومن الصعب تتبع المصدر.

في عام 2022، تمكن فريق من علماء الفيزياء الفلكية من تحديد البلازرات، وهي نوى المجرة التي تنبعث منها إشعاعات قوية، والتي ترسل النيوتريونات. ولكن من المفارقة أنه على الرغم من اكتمال هذه التقنية، إلا أنه يظل من المستحيل العثور على نفس هذه الجسيمات المنبعثة مباشرة من مجرتنا. يقول فرانسيس هالزن: "عندما وجدنا النيوتريونات الأولى، اعتقدنا أنها جاءت منا". عندما ننظر إلى السماء، فإن معظم النجوم المرئية تأتي من مجرة درب التبانة، لكن بالنسبة للنيوتريونات، فالأمر عكس ذلك. « لا تكمن المشكلة في صعوبة اكتشاف هذه النيوتريونات. إنهم ليسوا أكثر من أولئك الذين من أصل خارج المجرة، لكنهم أقل عددًا بكثير ويجدون أنفسهم غارقين في الكتلة.

ولفرز الأمور، استخدم الباحثون البيانات التي تم جمعها على مدى السنوات العشر الماضية من خلال تجربة IceCube. كما يوحي اسمه، فإن IceCube هو حرفيًا مكعب ثلج يبلغ طوله كيلومترًا مكعبًا واحدًا، تم بناؤه في أعماق القارة القطبية الجنوبية ودُفن تحت السطح. بما فيه من أكثر من ثابت هابل يبلغ 69.8 كيلومترًا في الثانية لكل Mpc، وهو أقرب إلى القياس الذي تم إجراؤه باستخدام إشعاع الخلفية الكونية الميكروني. ومن مكنه تحت أرض القطب الجنوبي يستخدم 5000 كاشف بصري، ويبحث عن أدنى فوتون ينبعث عندما يتفاعل النيوتريون مع نواة الذرة، وهو ما يحدث نادرًا جدًا. عند حدوث إحدى هذه الصدمات، يتم إنتاج جسيم آخر: الميون. وهذا بدوره يمكن أن يتفاعل مع الجسيمات الأخرى ويسبب ظهور مخروط من الضوء، والذي يوفر معلومات مهمة للغاية عن الاتجاه الذي يأتي منه النيوتريون.



مرصد آيس كيوب في القارة القطبية الجنوبية. // المصدر: فيليكر/CC/Eli Duke

استعاد فريق فرانسيس هالزن هذه البيانات الكثيفة للغاية وقام بإخضاعها لخوارزمية تعتمد على طريقة التعلم الآلي. هدفها: إعادة تتبع مسار جميع النيوتريونات المسجلة ومعرفة ما إذا كان هذا يتزامن مع أشعة جاما النشطة في مجرتنا.

المصادر لا تزال غامضة:

يوضح فرانسيس هالزن: "لقد حددنا نموذجًا، حيث يوجد فائض من النيوتريونات في المستوى المجري، وهو ما يتوافق إحصائيًا مع أشعة غاما المعروفة بالفعل. يتوافق توزيع وعدد النيوتريونات المتوقعة مع النموذج. « وهو إنجاز لم يكن من الممكن تحقيقه قبل بضع سنوات فقط، لأن أجهزة الكشف لم تكن متطورة بما يكفي لالتقاط عدد كبير من النيوتريونات. عندما بدأت في عام 2011، حددت آيس كيوب 6000 فقط سنويًا، لكنها زادت قدرتها عشرة أضعاف منذ ذلك الحين.

لا تزال هناك مشكلة واحدة: التحديد الواضح للمصادر التي تشكل أصل هذه النيوتريونات المجريّة. إذا تم الاشتباه في وجود عدة أشعة غاما، فليس من السهل تتبعها، لأن الأجهزة لا تملك دقة كافية لتحقيق ذلك. لم يكن هذا هو الحال بالنسبة للبلازرات، مصانع النيوتريينو هذه من المجرات الأخرى التي كانت أكبر بكثير وأسهل في رؤيتها، على الرغم من أن التحدي كان ملحوظًا أيضًا.

يقول فرانسيس هالزن: "هذه هي خطوتنا التالية". التعرف على وجه التحديد من أين تأتي هذه الجزيئات. نحن نعلم أن بعضها يولد في مجرتنا درب التبانة، لكننا لا نستطيع أن نحدد بدقة عدد المصادر الموجودة، ومكان وجودها. «

ولذلك فإن جزيئات الأشباح بعيدة كل البعد عن الكشف عن كل أسرارها. ومع ذلك، فإن هذا المجال ديناميكي للغاية، وقد لا تستغرق الاكتشافات الجديدة وقتًا طويلًا.



لقد أسفرت 25 عامًا من المراقبة للتو عن اكتشاف مهم لمعرفة موجات الجاذبية والثقوب السوداء الهائلة. بعد أقل من 10 سنوات من الاكتشاف الأول لموجة الجاذبية، حققت الأبحاث حول هذه التموجات في الفضاء قفزة هائلة أخرى. تعاون علماء من جميع أنحاء العالم لتحقيق، هذا بتاريخ 29 يونيو 2023، حيث نشرت نتائج جديدة مهمة: الكشف عن موجات جاذبية منخفضة التردد للغاية، قادمة من أزواج من الثقوب السوداء فائقة الكتلة.

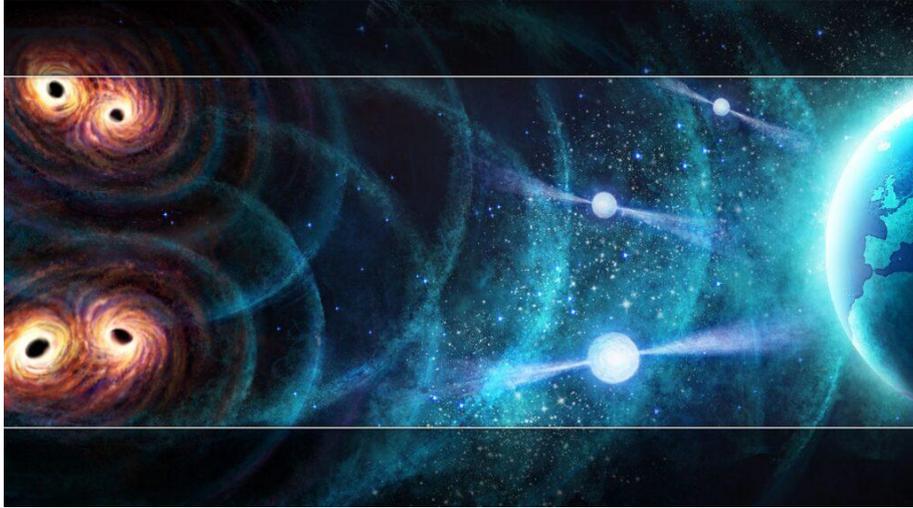
مثل هذا الاكتشاف ثوري تمامًا مثل المرة الأولى تمكن العلماء من الحصول على صورة ثقب أسود، في أبريل 2019. "عندما حصلنا على أول صورة لثقب أسود، رأينا البيئة الفريدة للثقب الأسود الوحيد في مجال البصريات، كما يوضح عالم الفلك نوميراما جيل ثيوريو. في مرصد باريس الذي شارك في العمل الجديد. هذه المرة، نقيس انبعاث زوج من الثقوب السوداء مباشرة، باستخدام موجات الجاذبية. « للحصول على هذا الإنجاز، استغرق الأمر أكثر من 25 عامًا من الملاحظات.

ما هي موجة الجاذبية أو الموجة الثقالية؟

قبل أن نذهب أبعد من ذلك، هناك نقطة سريعة في المفردات: ما هي موجة الجاذبية؟ إنها "تشوه في الزمكان ينتشر بسرعة الضوء"، كما يتذكر جيل ثورو. وترتبط هذه الفكرة ارتباطًا وثيقًا بنظرية النسبية العامة لأينشتاين وطريقته في تناول فكرة الجاذبية. "الجاذبية ليست قوة سحرية تعمل على مسافة"، يتابع عالم الفلك شرحه. إنها كتلة تشوه الزمكان حولها. وإذا هزنا هذه الكتلة بقوة، فإن هذا التشوه في الفضاء المحيط ينتشر على شكل موجة جاذبية. « ما الذي اكتشفناه للتو بالضبط؟

للكشف عن موجات الجاذبية هذه، وبالتالي مراقبة ما يبدو أنه الكثير من الثقوب السوداء الهائلة التي تدور حول بعضها البعض، استخدم العلماء 25 نجمًا نابضًا. يخبرنا عالم الفلك أن هذه "نجوم مضغوطة للغاية، وتدور بسرعة كبيرة". استخدمها الباحثون كـ "ساعات طبيعية"، مما يساعد على "اكتشاف الاختلافات الدقيقة في الزمكان، مثل موجات الجاذبية".

يبدو الأمر كما لو كانت النجوم النابضة بحد ذاتها أداة قياس. إذا تعطلت النجوم النابضة، فيمكننا استنتاج مرور موجة الجاذبية.



تلسكوب بحجم المجرة:
 يمكننا القول أن العلماء قاموا بطريقة ما بإنشاء تلسكوب بحجم مجرتنا درب التبانة. إنه أمر مذهل عندما نقارنه بمرصد LIGO و Virgo، اللذين شاركا في أول اكتشاف لموجات الجاذبية في عام 2015: هذه قطع من المعدات لا يزيد طولها عن بضعة كيلومترات، موضوعة على سطح الأرض.
 "إن ما يعادل كاشفنا المعتمد على النجوم النابضة pulsars هو أذرع تمتد على المسافة بين النجوم النابضة والأرض. هذه النجوم النابضة الشهيرة موجودة في مجرتنا درب التبانة: لدينا بالفعل كاشف بحجم درب التبانة."»

كاشف بحجم المجرة يستخدم النجوم النابضة. // المصدر: دانييل فوتسيلا / MPIfR
 إشارة من الثقوب السوداء الهائلة:

بفضل هذا الكاشف العملاق، اكتشف العلماء للتو موجات جاذبية معينة: تم التقاطها بترددات منخفضة للغاية. في حين أن مرصد LIGO و Virgo رصدت عند بضعة هرتز وعشرات من الهرتز، يمكن للعلماء هذه المرة المراقبة عند مستوى يتراوح بين مليون ومليار من الهيرتز. ومع ذلك، "في هذا النطاق الترددي المنخفض للغاية نتوقع انبعاث الجاذبية لظواهر عملاقة، مرتبطة بالثقوب السوداء فائقة الكتلة. الثقوب السوداء التي تبلغ كتلتها عدة مليارات من كتلة الشمس، والتي نعرف أنها تقع في قلب المجرات الكبيرة"، كما يلخص جيل ثورو.

أصبح بإمكان العلماء الآن الوصول إلى موجات جاذبية "أكبر" من تلك التي يمكن الوصول إليها بواسطة أجهزة الكشف الحالية. وبالتالي، إلى أزواج من الثقوب السوداء الأكبر حجماً. يعرف العلماء أن الكون قد تشكل بطريقة هرمية: في البداية كان هناك تكوين النجوم والمجرات الصغيرة، والتي من خلال الاندماج، شكلت تدريجياً مجرات أكثر ضخامة. "أثناء اندماج المجرات، تشكل الثقوب السوداء أيضاً أزواجاً، مما ينتج عنه موجات جاذبية منخفضة التردد للغاية والتي نعتقد أننا اكتشفناها اليوم. «لماذا استغرق هذا الاكتشاف 25 عاماً؟

وقد يكون من المفاجئ أن العلماء احتاجوا إلى ربع قرن لمراقبة الإشارة القادمة من مثل هذه الثقوب السوداء العملاقة. يؤكد جيل ثورو: "إنه كشف للحركة البطيئة". لقد استخدمنا 2500 ساعة من التلسكوب سنوياً منذ منتصف العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، وهناك اكتشافات لا يمكن تحقيقها إلا على مدى فترة طويلة من الزمن. «

ولأن هذه الثقوب السوداء ضخمة جداً، فإن الملاحظات تكون على ترددات منخفضة جداً. "نحن نعمل على نطاق أوسع: تستغرق هذه الثقوب السوداء سنوات لتدور حول بعضها البعض، مما ينتج ترددات منخفضة إلى حد ما. التردد هو عكس الزمن: إذا أخذنا وقتاً طويلاً، فإن ذلك ينتج تردداً منخفضاً. «ولهذا السبب» يستغرق الأمر سنوات لإخراج هذه الإشارة. إذا كنت تريد إشارة النانوهيرتز، فأنت بحاجة إلى 30 عاماً من البيانات. «

حملة مراقبة عالمية:

ومن أجل الحصول على هذه النتائج، تم إجراء حملة مراقبة واسعة النطاق. وفي أوروبا وحدها، تم استخدام 5 تلسكوبات راديوية كبيرة، بما في ذلك التلسكوب الراديوي الكبير نانكا تمكن العلماء من الحصول على صورة ثقب أسود، في أبريل 2019. "عندما حصلنا على أول صورة لثقب أسود، رأينا البيئة الفريدة للثقب الأسود الوحيد في مجال البصريات، كما يوضح عالم الفلك نوميراما جيل ثيوريو. في مرصد باريس الذي شارك في العمل الجديد. هذه المرة، نقيس انبعاث زوج من الثقوب السوداء مباشرة، باستخدام موجات الجاذبية. « للحصول على هذا الإنجاز، استغرق الأمر أكثر من 25 عامًا من الملاحظات.

وهكذا تم تنفيذ المشروع من خلال تعاون EPTA ("مصفوفة توقيت النجم النابض الأوروبي")، والذي يتضمن أيضًا عمليات رصد في الهند من خلال مرصد GMRT ("التلسكوب الراديوي العملاق Metrewave").

ولكن هذا ليس كل شيء: يتم تنسيق نتائج EPTA مع نتائج التعاون العلمي الآخر: التعاون الأسترالي (PPTA)، والصيني (CPTA)، وأمريكا الشمالية (NANOGrav). وجميع النتائج متسقة على القول بأن هذا هو بالفعل توقيع موجات الجاذبية.

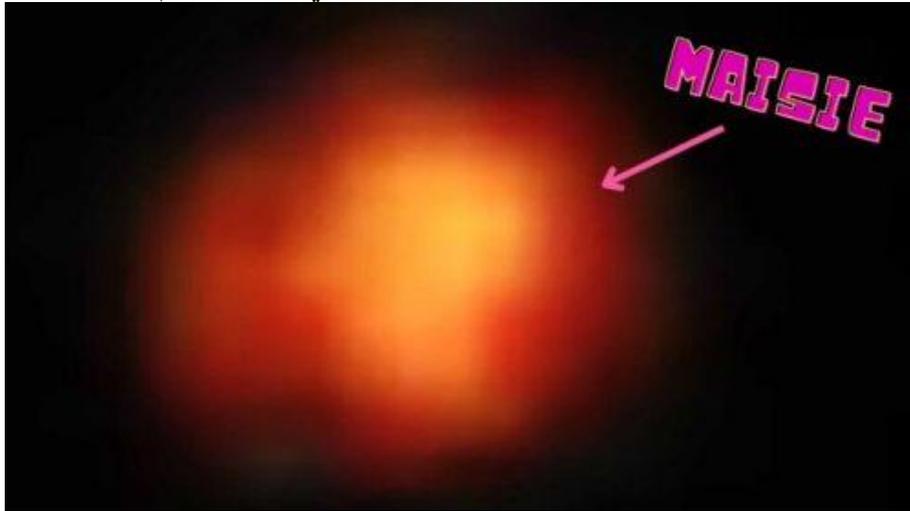
ما علاقة هذا بخلفية موجات الجاذبية؟

"نحن بصدد إثبات وجود خلفية من موجات الجاذبية"، يشير جيل ثورو إلى وجود. إما نوع من الضجيج في الخلفية، أو الضجيج الناتج عن مصادر مختلفة تنبعث منها موجات جاذبية منخفضة التردد.

"ما نعتقد أنه يمكننا وصفه في المقام الأول هو تراكم جميع الانبعاثات الصادرة عن جميع الثقوب السوداء الثنائية فائقة الكتلة في الكون. هناك أزواج من الثقوب السوداء في كل مجرة ضخمة. تتداخل الإشارات المختلفة الصادرة عن هذه المجموعة بأكملها وتنتج ضوضاء في الخلفية. « ومن آمال العلماء أن تبرز أزواج معينة من الثقوب السوداء، من أجل دراستها بمزيد من التفصيل. ويمكن أن تكون الثقوب السوداء أكبر من غيرها، أو أقرب إلينا، وبالتالي "ستخرج من القاع".

النتائج الجديدة واعدة أيضًا لتخصص آخر مهتم بخلفية موجات الجاذبية ألا وهو: علم الكونيات، أي دراسة الكون. "في بداية الكون، بعد ثوانٍ قليلة من الانفجار الكبير، كانت هناك ظواهر أنتجت أيضًا موجات الجاذبية. وتنتظر مجموعة من النماذج الكونية نتائجنا بفارغ الصبر، لأنها ستجعل من الممكن تقييد هذه الظواهر وفهمها. «

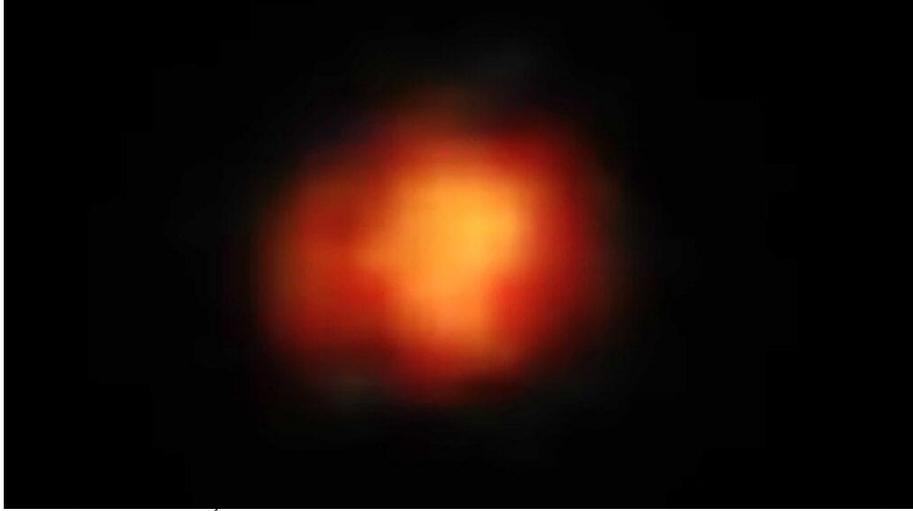
ولكن لا يزال هناك عمل يتعين القيام به: لا يستطيع العلماء حتى الآن أن يزعجوا بشكل كامل أنهم اكتشفوا خلفية موجات الجاذبية، حتى لو كانت القرائن مقنعة. "سنحتاج إلى اكتشاف عتبة 5 سيغما، أي 5 أضعاف مستوى الضوضاء في الخلفية. نحن حاليًا في 3 أو 4 سيغما. نحن تقريبا هناك. ومن خلال الجمع بين كافة البيانات العالمية، يكاد يكون من المؤكد أننا سنتجاوز هذه العتبة في غضون عام واحد. «



أقدم مجرة تم رصدها على الإطلاق تسمى مايسي 13.4 مليار :

وتمكن علماء الفلك من تأكيد عمر مجرة مايسي عند 13.4 مليار سنة، أي 390 مليون سنة بعد الانفجار الكبير وهي أقدم مجرة في الكون المرئي تم اكتشافها. وفي هذا التاريخ (أغسطس 2023)، كانت أكبر من تم رصدها على الإطلاق. نحن مدينون بذلك لتلسكوب جيمس ويب الفضائي JWST. يعود تاريخها إلى 390 مليوناً بعد الانفجار الكبير: مايسي هي أقدم مجرة تم رصدها على الإطلاق - على الأقل في الوقت الحالي، اعتباراً من أغسطس 2023. وبما أن عمر الكون هو 13.8 مليار سنة على حد علمنا، فإن هذا يعطيه إجمالي عمر 13.4 عامًا. مليار سنة.

اسمها الصغير - الاسم الأول - يأتي من قصة مؤثرة. ويقود فريق علماء الفلك من جامعة تكساس ستيفن فينكلستين. اتضح أنهم تعرفوا على هذه المجرة لأول مرة في عيد ميلاد مايسي ابنة فينكلستين. إن إعطاء هذا الاسم للمجرة (التي لها أيضًا اسم علمي من الحروف والأرقام كما هو الحال بالنسبة للنجوم) يضيف على عملية الاكتشاف إنسانية معينة.



مجرة مايسي // المصدر: NASA/STScI/CEERS/TACC/جامعة تكساس في أوستن/S. فينكلستين / م. باجلي.

"واحدة من المجرات البعيدة الأولى التي حددها تلسكوب جيمس ويب الفضائي". نحن مدينون بهذا الاكتشاف الرائع لتلسكوب جيمس ويب الفضائي، الذي يبهجنا دائمًا بالصور الرائعة، ولكنه أيضًا، بشكل أعمق وأقوى، يتقدم العلم بفضل شكل جذري. على الرغم من تحديد مجرة مايسي في يونيو 2022، إلا أنه تم نشر التفاصيل في مجلة Nature في 14 أغسطس 2023 بعد التحليل.

كان هذا التحليل ضروريًا لفحص المجرة باستخدام التحليل الطيفي. "الأمر المثير في مجرة مايسي هو أنها كانت واحدة من أولى المجرات البعيدة التي حددها تلسكوب جيمس ويب الفضائي وهي أول مجرة تم تأكيدها طيفيًا."

لماذا التحليل الطيفي؟ الأمر بسيط، لتحديد عمر جسم كوني، عليك دراسة الوقت بين لحظة انبعاث الضوء ولحظة استقباله. وللقيام بذلك، ينظر العلماء إلى التحول الأحمر في الطيف. ومع توسع الكون، فإن حجم هذا التحول يعبر عن المسافة. كلما كان الجسم بعيدًا، زاد انزياحه نحو الأحمر.

هذه الخطوة ضرورية. وكدليل على ذلك، تم اكتشاف مجرة أخرى في نفس الوقت، وهي CEERS-93316، والتي قُدرت سابقًا بوجودها بعد 250 مليون سنة من الانفجار الكبير. وأرجع التحليل الناتج في النهاية تاريخها إلى مليار سنة بعد الانفجار الكبير. ومن النادر أن يكون التقدير الأولي بعيدًا عن النتيجة النهائية، التي تم التوصل إليها هنا في فرنسا. وهكذا تم تنفيذ المشروع من خلال تعاون EPTA ("مصفوفة توقيت النجم النابض الأوروبي")، والذي يتضمن أيضًا عمليات رصد في الهند من خلال مرصد GMRT ("التلسكوب الراديوي العملاق Metrewave").

ولكن هذا ليس كل شيء: يتم تنسيق نتائج EPTA مع نتائج التعاون العلمي الآخر: التعاون الأسترالي (PPTA)، والصيني (CPTA)، وأمريكا الشمالية (NANOGrav). وجميع النتائج متسقة على القول بأن هذا هو بالفعل توقيع موجات الجاذبية.