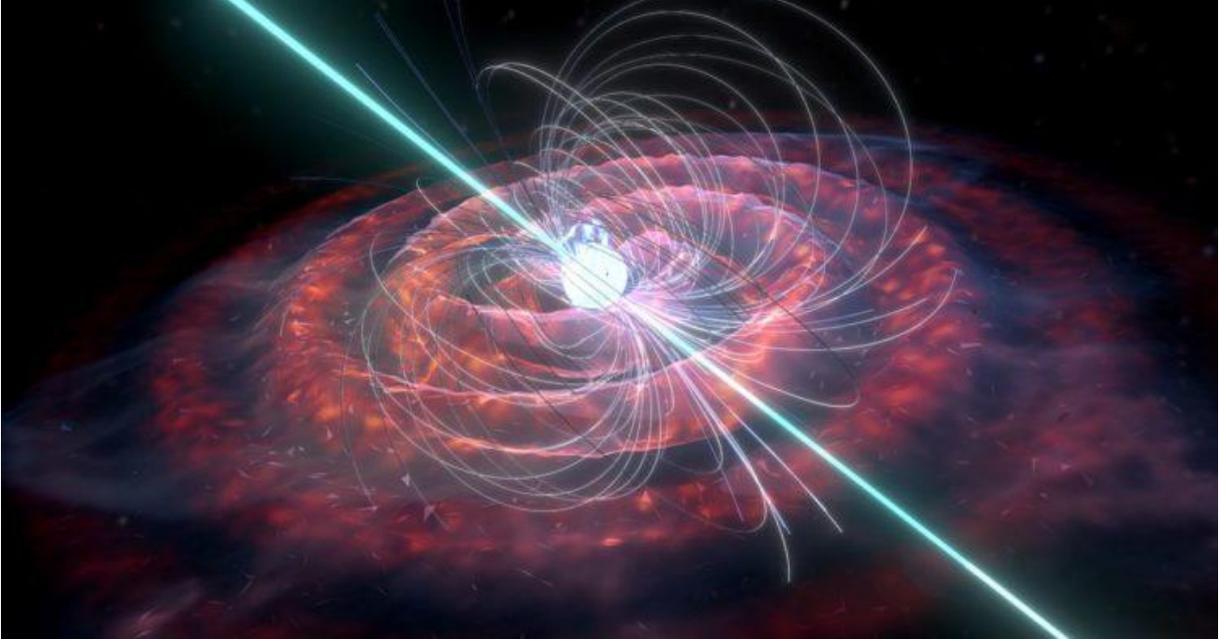


## رحلة في رحاب الكون المرئي

إعداد وترجمة د. جواد بشارة

تم اكتشاف أقوى مجال مغناطيسي تم اكتشافه في الكون



النجوم النابضة Les pulsars هي أجسام فلكية ضخمة تنتجها النجوم النيوترونية وتنتج إشارة دورية (تتراوح من ميلي ثانية إلى عدة ثوانٍ). تدور هذه الأجسام الكونية بسرعة كبيرة على نفسها، وتصدر إشعاعًا قويًا في اتجاه محورها المغناطيسي. في الأونة الأخيرة، توصل فريق التلسكوب الفضائي الصيني للأشعة السينية Insight-HXMT إلى اكتشاف مفاجئ: بعد الملاحظات المكثفة للنجم النابض GRO J1008-57 للأشعة السينية، قام الباحثون بقياس مجال مغناطيسي على السطح. النجم النيوتروني بحوالي 1 مليار تسلا! إنه أقوى مجال مغناطيسي تم اكتشافه بشكل قاطع في الكون.

أثناء دراسة النجم النابض للأشعة السينية GRO J1008-57 الذي تم اكتشافه بواسطة Insight-HXMT عندما انفجر في أغسطس 2017، اكتشف الباحثون لأول مرة خاصية تشتت الرنين السيكلوتروني (CRSF) résonante cyclotronique بقدره 90 كيلو فولت. عتبة أكبر من 20 سيغماس (20 درجة). (لكي يؤكد المجتمع العلمي اكتشافًا جديدًا، يجب أن يكون مستوى الأهمية أكبر من 5 درجات مئوية). وفقًا للحسابات النظرية، فإن المجال المغناطيسي الذي يتوافق مع CRSF هذا هو 1 مليار تسلا، أقوى بعشرات الملايين من المرات مما يمكن توليده في المختبرات الأرضية.

تم تنفيذ هذا العمل بشكل أساسي من قبل معهد فيزياء الطاقة العالية (IHEP) التابع للأكاديمية الصينية للعلوم وجامعة إبيرهارد كارلس في توبنغن بألمانيا. نُشرت النتائج في مجلة The Astrophysical Journal Letters.

بيئة قاسية تؤدي إلى ظواهر متطرفة بنفس القدر من القسوة

حتى يومنا هذا، نعلم أن النجوم النيوترونية تولد أقوى المجالات المغناطيسية في الكون. ثنائيات X (أو ثنائيات الأشعة السينية) هي أنظمة مكونة من نجم نيوتروني ورفيق نجمي عادي. يكتسب النجم النيوتروني المادة ويشكل قرص تراكم محيط. إذا كان المجال المغناطيسي قويًا، يتم توجيه المادة المتراكمة بواسطة خطوط مغناطيسية على سطح النجم النيوتروني، مما يؤدي إلى إشعاع الأشعة السينية. ولهذا السبب أيضًا، فإن هذه المصادر المتطرفة للأشعة السينية هي التي تسمى "النجوم النابضة". أدناه، رسم متحرك يُظهر نجمًا نابضًا يتراكم عليه مادة من نجمة المصاحب وينبعث منه إشعاع قوي [NASA / Dana Berry ©]:

تنشأ النجوم النابضة من انفجار نجم ضخم في نهاية حياته، أو انفجار مستعر أعظم (أو بالأحرى سوبر نوبا ينهار لبه). بالطبع، لا تلد كل سوبرنوبا أو مستعر أعظم ينهار القلب فيه، نجمًا نابضًا. في بعض الحالات، يفسح المستعر الأعظم الطريق لثقب أسود.

أظهرت الدراسات السابقة أن خاصية امتصاص معينة (تُعرف باسم "خاصية تشتت الرنين السيكلوتروني") يمكن أحيانًا اكتشافها في طيف النجوم النابضة للأشعة السينية، ويعتقد العلماء أن هذا يرجع إلى التحولات. بين مستويات لاندau المنفصلة للحركة الإلكترونية المتعامدة مع المجال المغناطيسي. تعمل خاصية التشتت هذه كمسبار مباشر للمجال المغناطيسي بالقرب من سطح النجم النيوتروني.

تم اكتشاف أقوى المجالات المغناطيسية في الكون باستخدام أحدث الأدوات:

إنسايت- Insight-HXMT هو أول قمر صناعي صيني للمراقبة الفلكية للأشعة السينية. ويشمل حمولات علمية، بما في ذلك تلسكوب عالي الطاقة، وتلسكوب متوسط الطاقة، وتلسكوب منخفض الطاقة، وجهاز مراقبة البيئة الفضائية.

بالمقارنة مع سواتل أو أقمار الأشعة السينية الأخرى، يتمتع Insight-HXMT بمزايا استثنائية للكشف عن الخطوط الحلقية (خاصة في الطاقات العالية)، وذلك بفضل تغطيتها الطيفية عريضة النطاق (1-250 كيلو فولت)، ومساحتها الكبيرة الفعالة على ارتفاع الطاقات، ودقتها الزمنية العالية، وقلة وقتها الزمني وتأثيراتها الضئيلة على التراص لمصادر الضوء. تم اقتراح Insight-HXMT من قبل IHEP في عام 1993 وتم إطلاقه بنجاح في يونيو 2017. IHEP مسؤول عن الحمولات العلمية على متن القمر الصناعي والأجزاء الأرضية والبحث العلمي الذي يشمل ذلك القمر الصناعي.

**في غضون بضعة أشهر فقط، تحولت ست مجرات إلى أشباه نجوم! والعلماء لا يعرفون كيف أمكن حدوث هذا.**

سرعان ما تحولت ستة مجرات من طراز LINER إلى كوازارات. | وكالة الفضاء الأوروبية / هابل / ناسا / س. Smartt / جامعة كوينز بلفاست / JPL-Caltech

على المستوى البشري، قد نميل إلى الاعتقاد بأن جميع الأحداث التي تحدث في اتساع عالم ما بين المجرات، يحدث ببطء شديد ... لكن في الواقع، هذا ليس هو واقع الحال دائمًا.

لقد مرت ست مجرات لتوها بتحول هائل للغاية في غضون بضعة أشهر فقط. في الواقع، لقد انتقلت من مرحلة المجرات الهادئة نسبيًا إلى مرحلة الكوازارات النشطة! أي أن الكوازار عبارة عن مجرة نشطة للغاية ولها نواة نشطة. إنه ألمع كيان في الكون.

يمكن أن تساعد هذه الأحداث العلماء في حل نقاش طويل الأمد حول ما ينتج مثل هذا اللمعان في نوع معين من المجرات. في الواقع، يمكن أن تشير هذه الأحداث إلى نوع من النشاط لم يكن معروفًا من قبل لنواة المجرة.

قبل أن تصبح كوازارات ، كانت المجرات الست مجرات من نوع (Low-Ionization LINER Nuclear Emission-line Region) (منطقة خط انبعاث نووي منخفض التأين) ، والتي تؤهل نوعًا من نواة المجرة التي يتميز طيف انبعاثها بخطوط عريضة من الذرات ضعيفة التأين. وخطوط انبعاث دقيقة للذرات شديدة التأين.



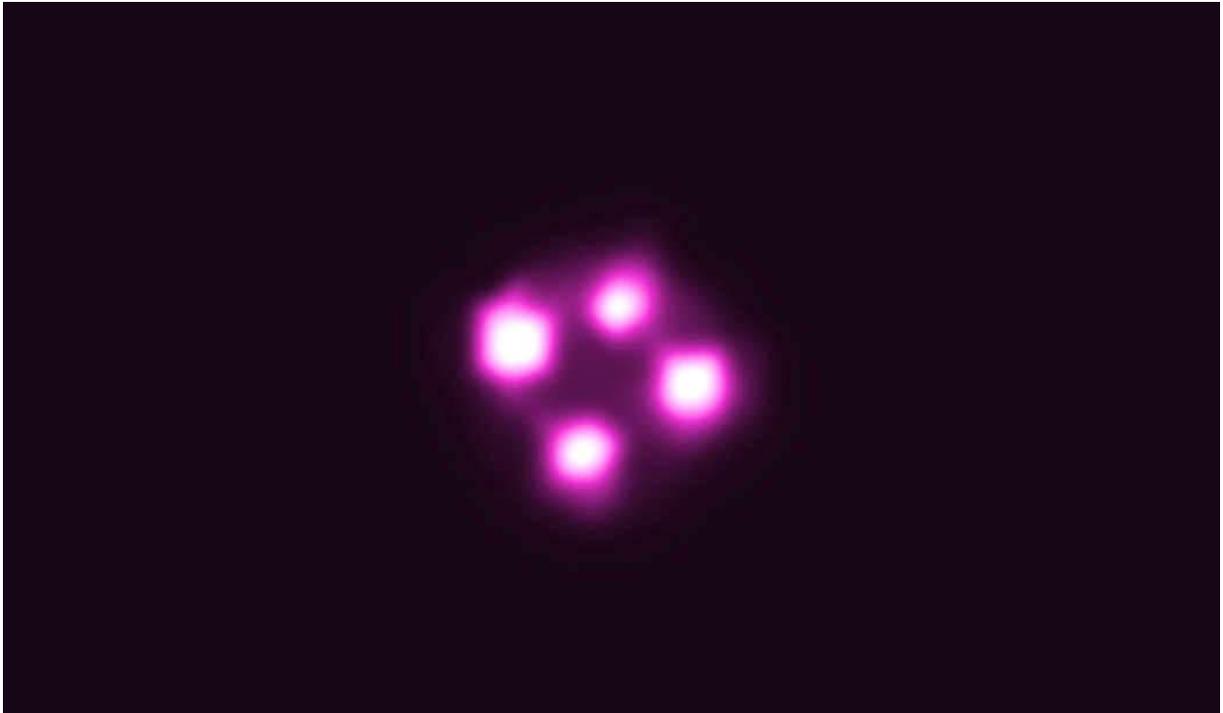
وثقت دراسة جديدة قام بها علماء الفلك في جامعة ماريلاند ست مجرات من طراز LINER (يسار) تتحول بسرعة (في غضون بضعة أشهر) إلى كوازارات شديدة السطوع (على اليمين). وفقًا للباحثين، قد يكون هذا نوعًا جديدًا تمامًا من عمل الثقوب السوداء الموجودة داخل مجرات LINER. المصدر: ESA / Hubble / NASA / S. Smartt / Queen's University Belfast (يسار ، صور بالأشعة تحت الحمراء والضوء المرئي) و NASA / JPL-Caltech (على اليمين رسم، انطباع الفنان عن الكوازار)

هذا النوع من المجرات شائع جدًا. في الواقع، تمثل ثلث المجرات المعروفة، فهي أكثر إشراقًا من تلك التي بها ثقوب سوداء نائمة فائقة الكتلة في مراكزها، لكنها ليست ساطعة مثل المجرات النشطة (المعروفة باسم مجرات سيفرت de galaxies de Seyfert)..

الكوازارات Les quasars هي ألمع المجرات النشطة. إن انبعاثات الضوء والراديو التي نراها ناتجة عن كتلة من المادة حول الثقب الأسود، تُعرف باسم قرص التراكم disque d'accrétion.

يحتوي هذا القرص على غبار وغازات تدور بسرعات نسبية، مما يولد احتكاكًا هائلًا مدفوعًا بقوة الجاذبية الهائلة للثقب الأسود في مركز المجرة. ينتج عن هذا الاحتكاك حرارة شديدة ويصدر إشعاعًا ضوئيًا قويًا. بالإضافة إلى ذلك، تبعث النفاثات الضخمة المنبعثة من المناطق القطبية للثقب الأسود، موجات الراديو.

كان هناك نقاش لبعض الوقت حول ما الذي ينتج بالضبط اللمعان العالي لمجرات LINER. يعتقد بعض علماء الفلك أن هذا يرجع إلى قرص تراكم الثقب السوداء. يعتقد علماء آخرون أن هذا ناتج عن نشاط نجمي مكثف (أي ولادة العديد من النجوم). ولكن عندما قام فريق من علماء الفلك، بقيادة عالمة الفلك في جامعة ماريلاند سارة فريديريك Sara Frederick، بتحليل البيانات من الأشهر التسعة الأولى من المسح السماوي الآلي، المعروف باسم مرفق زويكي العابرة Zwicky Transient Facility، اكتشفوا أن شيئًا غريبًا حقًا كان يحدث داخل هذه المجرات الست six galaxies LINER...

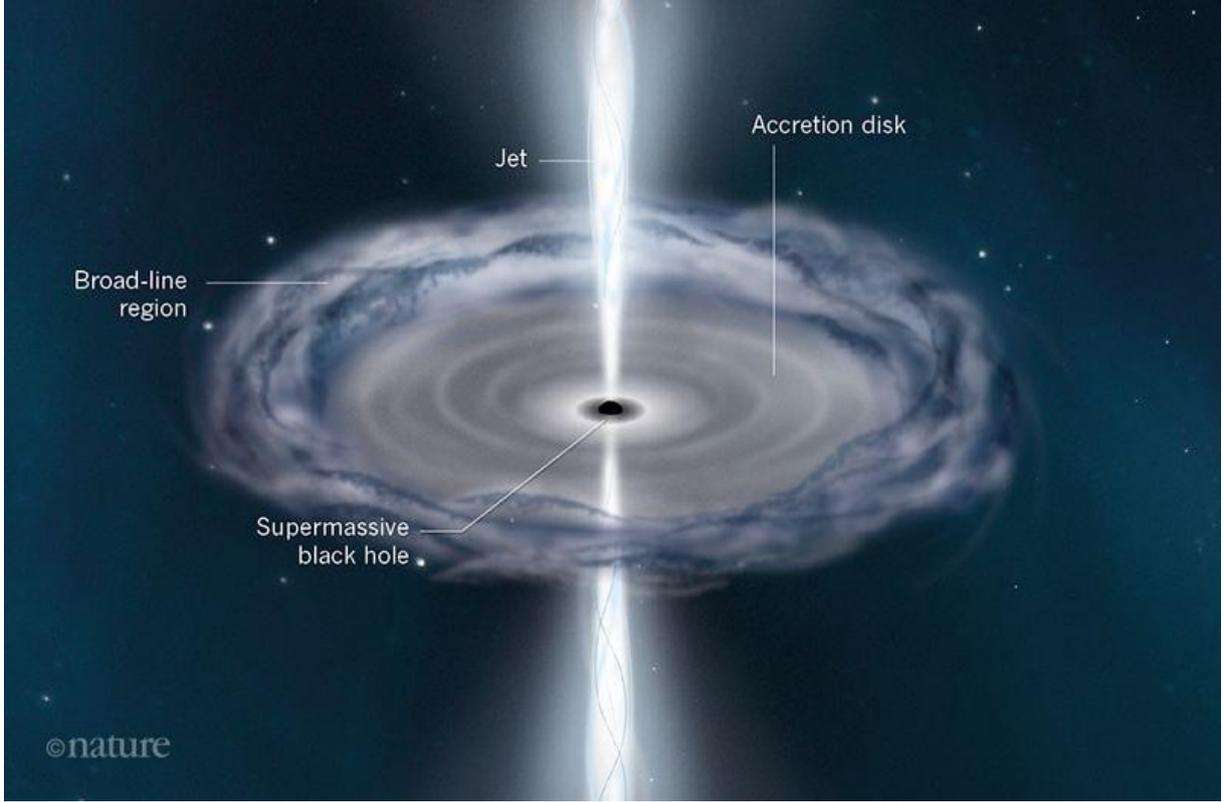


في هذه الصورة، نرى الكوازار المسمى HE0435-1223، وقد لوحظ من خلال عدسة الجاذبية (العدسات الدقيقة). الاعتمادات: NASA / CXC / Univ. أو كلاهما X. داي وآخرون

"فيما يتعلق بأحد هذه الأجسام الستة، اعتقدنا في البداية أننا قد لاحظنا حدوث اضطراب في المد والجزر، والذي يحدث عندما يمر نجم قريبًا جدًا من ثقب أسود فائق الكتلة ويمزقه الأخير حرفياً" قالت سارة فريديريك. وأضافت: "لكننا اكتشفنا لاحقًا أنه كان في الواقع ثقبًا أسود نائمًا يمر بمرحلة انتقالية يسميها علماء الفلك "تغيير في المظهر"، مما أدى إلى نشوء نجم كوازار لامع. إن مراقبة ستة من هذه التحولات، وكلها في مجرات تشبه LINER (وبالتالي هادئة نسبيًا)، تشير إلى أننا حددنا فئة جديدة كاملة من نواة المجرة النشطة "هذا النوع من الانتقال ليس نادر الحدوث، لكنه عادة ليس دراماتيكيًا. في الواقع، تم الإبلاغ عن أول كوازار من هذا القبيل فقط في عام 2015، ثم تم اكتشافه ولكن في الاتجاه المعاكس:

كوازار مظلمة ليصبح مجرة سيفرت. عادة ما نلاحظ مثل هذه التحولات بين أنواع مختلفة من مجرات سيفرت ، والتي تنتج أنواعًا مختلفة من الضوء. يعتمد هذا الضوء بشكل عام على اتجاه المجرة.

في الوقت الحاضر، تظل هذه التحولات لغزا في حد ذاتها. هذه التحولات لمجرات سيفرت بالتحديد هي التي خطط علماء الفلك لدراستها في المقام الأول. قال عالم الفلك سيوفي جيزاري Suvi Gezari من جامعة ماريلاند: "بدلاً من ذلك ، وجدنا فئة جديدة كاملة من نواة المجرة النشطة قادرة على تحويل مجرة قاتمة إلى كوازار شديد السطوع".



رسم انطباع الفنان عن هيكل أن كوازار. ائتمانات: مجلة الطبيعة

تقترح النظرية أن الكوازار يجب أن يتكون على مدى عدة آلاف من السنين، لكن هذه الملاحظات تشير إلى أنه يمكن أن يحدث بسرعة كبيرة. يخبرنا الأخير أن النظرية الحالية الخاصة بهذه المجرات خاطئة تمامًا. كنا نظن أن تحول مجرات سيفرت كان أكبر لغز. وأضافت "لكن لدينا الآن مشكلة أكبر بكثير يتعين حلها". لاحظ أيضًا أن أيًا من هذه المجرات الست ليس لها تكوين نجمي نشط بشكل خاص: ينتج النجم الأكثر نشاطًا لمعادل 1.27 شمس كل عام. وجدت دراسات أخرى أن العديد من مجرات LINER (وليس كلها) لا يبدو أنها تتمتع بمعدل عالٍ من تكون النجوم.

هذا لا يعني بالطبع أن مجرات LINER الست تمثل جميع مجرات LINER في الكون. يقول العلماء أن هذا قد يشير إلى أنهم جزء من فئة مختلفة من المجرات LINER. أو بكل بساطة، يمكن أن يكون نوعًا مختلفًا تمامًا من المجرات عن تلك التي نعرفها اليوم.

لكن هذه النتائج تعني أيضاً أن ما نعرفه عن الكوازارات يمكن أن يكون خاطئاً أيضاً ... في الواقع، حقيقة أن هذه المجرات يمكن أن تتغير بسرعة (وبسرعة كبيرة على النطاق الزمني البشري)، لا تتوافق مع النظرية الكوازارات الحالية.

في كلتا الحالتين، أي شيء يمكن أن يسبب مثل هذا التغيير المتطرف يجب أن يكون شديداً. قال فريدريك: "كانت هذه التحولات الستة مفاجئة ومثيرة لدرجة أنها تخبرنا أن شيئاً مختلفاً تماماً يحدث في هذه المجرات". نريد أن نعرف كيف يمكن لهذه الكميات الهائلة من الغاز والغبار أن تسقط فجأة في الثقب الأسود. وأضاف فريدريك: "لأننا رأينا هذه التحولات تحدث وهي تفتح العديد من الاحتمالات للمقارنة، بما في ذلك دراسة النوى قبل التحول وبعده".

ألمع مجرة في الكون تخفي الكثير من الألبان ...

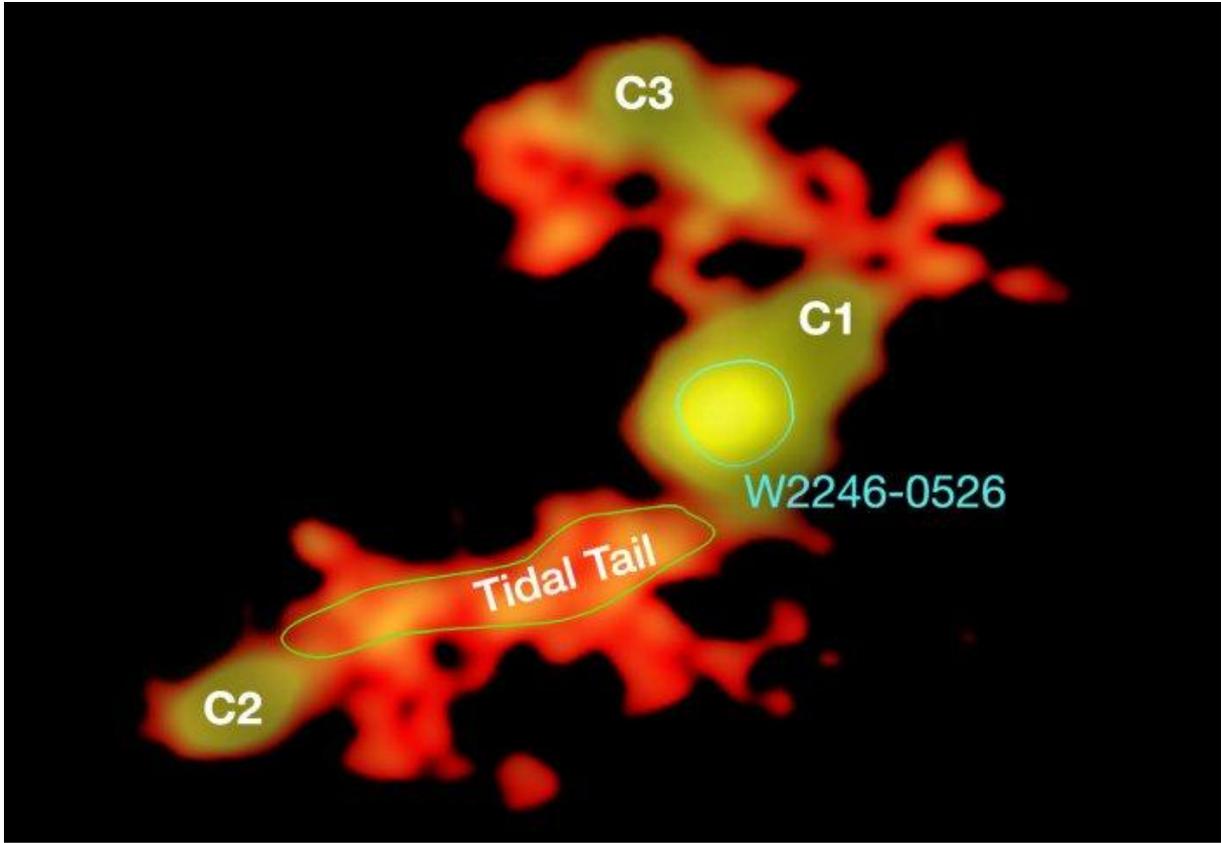


لا يمكننا رؤية هذا الشيء المثير للاهتمام بالعين المجردة، ولكن في أعماق الكون توجد مجرة تشع الكثير من الإشعاع واللمعان. هذه هي المجرة W2246-0526، التي تنبعث منها الأشعة تحت الحمراء بقدر 350 تريليون شمس، مما يجعلها ألمع مجرة تم رصدها على الإطلاق.

هذه المجرة الساطعة جداً لها سر. ولكن ما هو؟ وفقاً للملاحظات من مصفوفة أتاكاما الكبيرة المليمتريّة / والتحت مليمتريّة (ALMA)، تمتص المجرة W2246-0526 بشراهة المواد من ثلاث مجرات أخرى على الأقل في جوارها المباشر، لتغذية ثقبها الأسود الهائل.

في الواقع، لاحظ علماء الفلك خيوطاً من المادة من المجرات المجاورة، امتصها W2246-0526. والمثير للدهشة أن هذه المحلاق vrilles تحتوي على قدر من المادة مثل المجرات نفسها. قال عالم الفلك تانيو دياز سانتوس Tanio Díaz-Santos من "جامعة دييغو بورتاليس، في سانتياغو (تشيلي): "علمنا من البيانات السابقة أن هناك ثلاث مجرات مصاحبة، لكن لم يكن هناك دليل على وجود تفاعلات بين هؤلاء الجيران والمصدر المركزي" وأضاف: "لم نكن نبحث عن سلوك أكلة لحوم البشر، ولم نتوقع ذلك، لكن البيانات الواردة من مرصد ALMA واضحة للغاية".

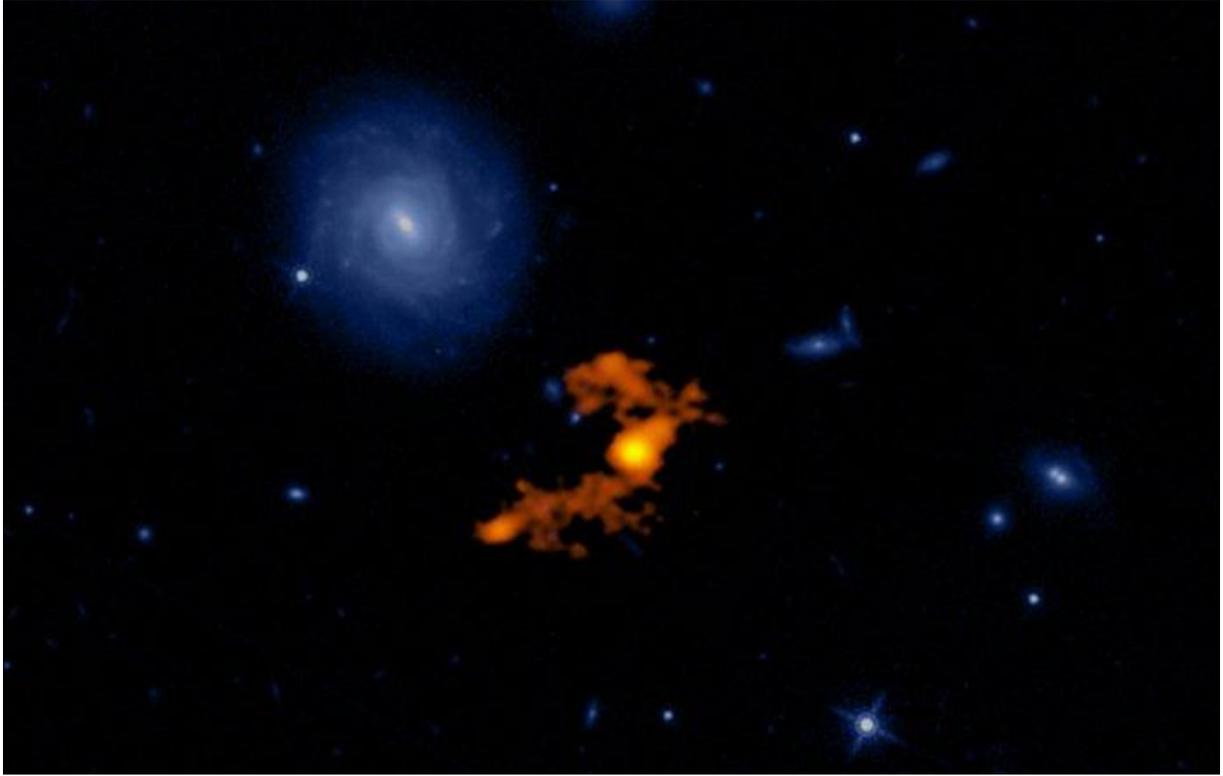
تقع مجرة W2246-0526 على بعد 12.4 مليار سنة ضوئية من الأرض، ولها نواة كوازار في جوهرها: إنها نواة مجرة نشطة ساطعة بشكل استثنائي، يغذيها ثقب أسود. النجوم الزائفة هي من بين أكثر الأشياء سطوعًا في الكون، حيث ينبعث منها الضوء وكذلك انبعاثات الراديو. تنبثق هذه المواد من مادة حول الثقب الأسود، تسمى قرص التراكم *disque d'accrétion*. وقد تم اكتشاف 63 كوازارًا! مما يعد خطوة للأمام نحو فهم الكون المبكر. يحتوي قرص التراكم هذا على غبار وغاز يحومان بسرعات هائلة: فهو ينتج كميات عابثية من الإشعاع. في حالة W2246-0526، يمتص قرص التراكم المادة المحيطة، ويعاد إصدار الأخيرة على شكل أشعة تحت الحمراء، مما يجعل المجرة أكثر ندرة، لأن الكوازار في مركزها هو نوع معروف من الكوازار. تحت اسم المجرة الساخنة المحجوبة بالغبار (Hot, Dust-Obscured Galaxy (galaxie chaude obscurcie par la poussière)). واحد كوازار من 3000 هو كوازار من نوع Hot DOG.



الاعتمادات: S / NSF / AUI / NRAO / NAOJ / ESO / ALMA. داجنيلو / ت. دياز سانتوس وآخرون

ليست كل هذه المواد التي تُسكب في المجرة بالضرورة جزءًا من وليمة الثقب الأسود الهائل. على الرغم من أن الثقب الأسود ضخم (حوالي 4 مليارات ضعف كتلة الشمس)، لا يزال هناك حد لكمية المادة يمكنه أن يستهلك. لذلك، يبدأ جزء من المادة في الاندماج في المجرة ومن المحتمل أن يشكل نجومًا جديدة.

ومع ذلك، هناك أيضًا لغز: يكون نشاط الثقب الأسود هنا شديدًا لدرجة أنه يحرك الغاز في جميع أنحاء المجرة. إن زخم وطاقة الفوتونات شديداً لدرجة أن دفع الغاز للخارج قد يؤدي إلى تمزيق W2246-0526. فمجرة W2246-0526 رائعة حقاً. تمكن الباحثون سابقاً من إثبات أنها شديدة السطوع والاضطراب الشديد، لكن هذه النتائج الجديدة تجعلها أيضًا المجرة الأبعد التي يمكن ملاحظتها، وتفكيك العديد من المجرات الأخرى، وعلى حد علم الباحثين، المجرة الوحيدة. بعيداً أيضاً عن التصوير المباشر.



ولكن هناك لغز آخر مقلق يجب حله. على الرغم من أن الثقب الأسود فائق الكتلة في مركزها هو طاغوت حقيقي، إلا أنه في الواقع يجب أن يكون أكبر ... في الواقع، تحدد كتلة الثقب الأسود حدًا أعلى لسطوع نواة مجرة نشطة. ومع ذلك، فإن المجرة W2246-0526 أكثر سطوعًا بثلاث مرات تقريبًا مما ينبغي، مقارنة بحجم ثقبها الأسود المركزي.

ماذا يعني ذلك؟ في الوقت الحاضر، الباحثون ليسوا متأكدين بعد. قال دياز سانتوس: "من المحتمل أن يكون هذا الإفراط في التهام المواد مستمرًا منذ بعض الوقت، ونتوقع أن يستمر هذا العيد المجري لما لا يقل عن بضع مئات من ملايين السنين".

خطوة للأمام نحو فهم الكون المبكر باكتشاف 63 كوازار!



أعلن فريق من الباحثين عن اكتشاف 63 كوازار! من المعروف أن هذه الكيانات الكونية هي الأكثر سطوعًا على الإطلاق، ولكنها أيضًا الأبعد. وتعد منجمًا حقيقياً للمعلومات عن أول مليار سنة من الكون المرئي، بعد إنشائه مع الانفجار العظيم.

الكوازار هو المنطقة المدمجة المحيطة بالثقب الأسود الهائل، والمتمركزة في مركز مجرة ضخمة. هذا هو أكبر اكتشاف للكوازارات حتى الآن! في الواقع، أعلنت الدراسة، التي نُشرت في مجلة الفيزياء الفلكية الشهيرة، عن اكتشاف 63 نجمًا كوازارًا. هذه هي من بين أكثر الأجسام الكونية المعروفة بعدًا ويأتي لمعانها المذهل من قرص التراكم المحيط بالثقب الأسود.

نظرًا لقلة عدد الكوازارات المعروفة حتى الآن، فإن قدرة العلماء على الحصول على معلومات حول هذه الأجسام الكونية القديمة كانت محدودة للغاية حتى الآن. أحد التحديات التي يواجهها المجتمع العلمي هو تحديد النجوم الزائفة الجديدة البعيدة، وهو أمر نادر للغاية (يشبه إلى حد ما "البحث عن إبرة في كومة قش"). ولكن بمجرد اكتشافها، كما هو الحال هنا، تصبح هذه النجوم الزائفة مصادر حقيقية للمعلومات عن الكون والمليار سنة الأولى من عمره.

في الواقع، أحد أعظم ألغاز الكون هو تكوين مصادر الضوء وتطورها عند نشأتها. بفضل هذا الاكتشاف الاستثنائي، أصبح لدى الباحثين أخيرًا الوسائل لمحاولة فهم الكون المبكر بشكل أفضل. "إنها (الكوازارات) التي تضيء حرفيًا معرفتنا بالكون المبكر"، هذا ما قاله إدواردو بانيادوس Eduardo Bañados ، قائد فريق الباحثين الذين اكتشفوا الكوازارات. "الكوازارات الساطعة جدًا مثل تلك التي اكتشفناها خلال هذه الدراسة هي أفضل الأدوات لمساعدتنا في استكشاف الكون المبكر! لأنه حتى الآن

كانت النتائج الحاسمة محدودة للغاية بسبب نقص العناصر، أو لأن الكوازارات التي كنا على علم بها كانت صغيرة للغاية".

لذلك ستشهد السنوات القليلة القادمة تحسناً كبيراً في المعرفة حول الكون المبكر والكوازارات. لا يزال هناك الكثير من الأشياء التي لا يستطيع العلم شرحها حول بداية الكون، بالإضافة إلى الكوازارات، لذا فإن القدرة على دراستها ستجلب الكثير من عناصر الإجابات ويمكن أن تساعد العلماء فقط على فهم ما هو حدث خلال المليار سنة الأولى بعد الانفجار العظيم.

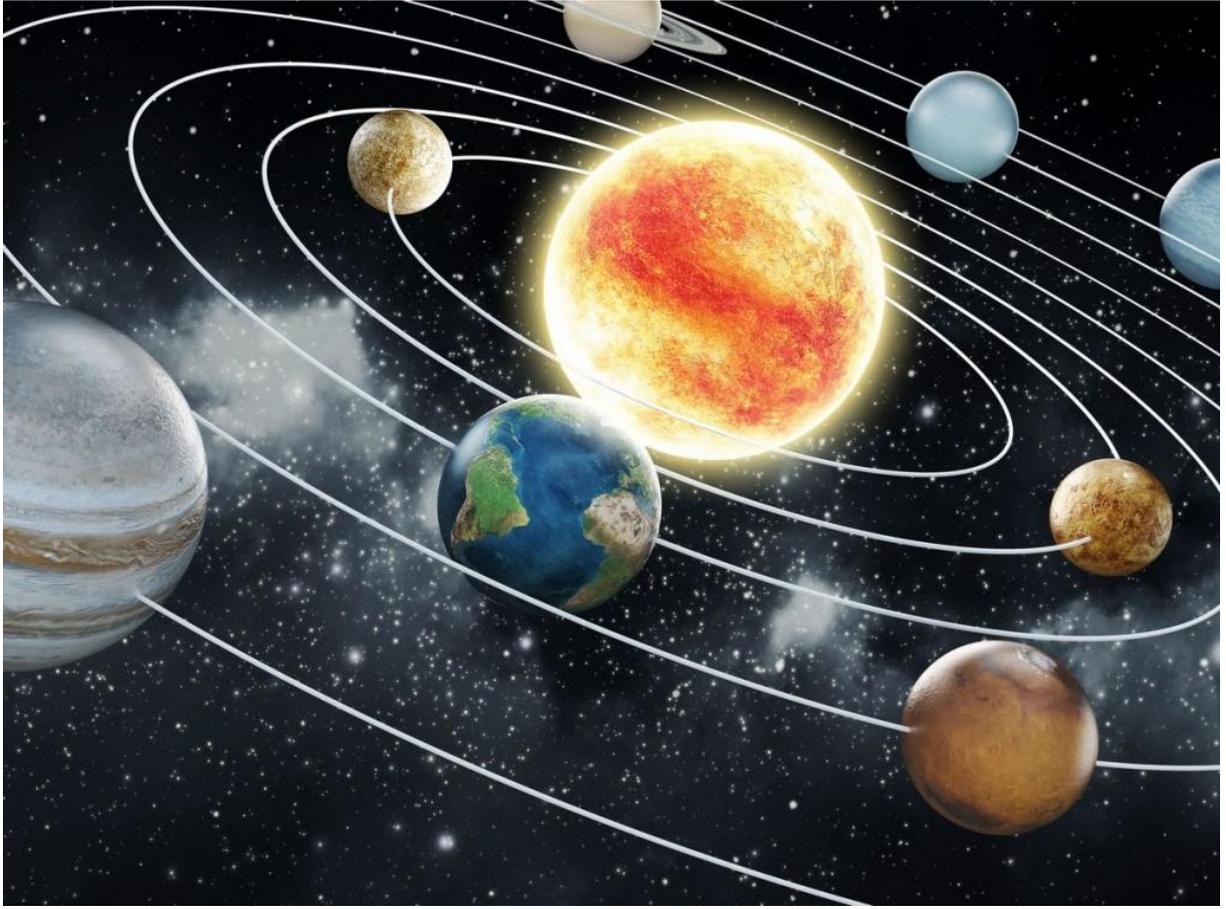
ضوء على الهياكل المختلفة للكون



الكون المرئي ضخم، إنها حقيقة. لكننا نعلم الآن أيضاً أنه منظم في مجرات وعناقيد وحشود وأكداس مجرات فائقة. وسنتطرق إلى العديد من هذه الهياكل التي تشكل الكون وتنظمه.

كيف ينظم كوننا المرئي نفسه؟

لنبدأ بالأرض التي تدور حول نجم معروف باسم الشمس. تدور حول الشمس أيضاً كواكب أخرى، والتي تشكل نظامنا الشمسي. لكنها ليست مجرد كواكب، فهناك أجسام أخرى تدور حول الشمس أيضاً، وهذا حال المذنبات والكويكبات على نحو خاص.



نظامنا الشمسي مع وجود الشمس في مركزه (هذا التمثيل الفني لا يظهر مسافات أو أحجامًا للمقياس). هذه المجموعة، التي تمتد حول نصف قطر سنة ضوئية، هي التي تشكل نظامنا الشمسي. لاحظ أيضًا أن النجم الأقرب إلى الشمس يقع على بعد حوالي 4 سنوات ضوئية، مما يجعل الشمس نجمة منعزلة نسبيًا. المجرات:

لكن النظام الشمسي لا يزال داخل هيكل أكبر بكثير وهو: مجرة درب التبانة أو الطريق اللبني، أي مجرتنا. مجرة درب التبانة هي مجرة مثل ما يقرب من مائة مليار في الكون ...

في الواقع، النظام الشمسي "لا يعتبر شيئاً مهماً" مقارنة باتساع الهيكل الذي يضمه، وما يضمه أيضًا ، وما إلى ذلك. درب التبانة عبارة عن مجموعة ضخمة من النجوم تحتوي على أكثر من 100 مليار نجم، تدور حولها الكواكب أحيانًا كما هو الحال في نظامنا الشمسي.

يقع النظام الشمسي في إحدى ضواحي مجرتنا، على بعد حوالي 28000 سنة ضوئية من مركزها. بشكل ملموس، تقع الشمس في أحد الأذرع الأربعة لمجرة درب التبانة، وهو ذراع حلزوني رئيسي يسمى أيضًا "ذراع القوس". bras Sagittaire.



مجرتنا la Voie lactée، درب التبانة، ليست سوى نقطة في الكون ... هيكلها الأنيق يشبه الإعصار بأذرع النجوم. الشمس، المحاطة بدائرة باللون الأصفر، هي نجم عادي من بين 150 مليار ينير مجرتنا. يستغرق الضوء 100000 سنة لعبور درب التبانة. الصورة من: ناسا

ومع ذلك، في بداية القرن العشرين، كان يُعتقد أن الشمس متمركزة في مركز المجرة، والتي يُعزى قطرها إلى 25000 سنة ضوئية (ربع ما هو عليه بالفعل). تم استجواب هذا النموذج عام 1900 من قبل عالم الفلك الهولندي جاكوبوس كابيتين Jacobus Kapteyn (1851-1922) وفي عام 1917 من قبل عالم الفلك الأمريكي هارلو شابلي Harlow Shapley (1885-1972) الذي نجح في الاستنتاج من الملاحظات غير المباشرة أن المجرة يجب أن تكون لديها قلب ضخم، مما يفسد بالتأكيد الأمل في أن تكون الشمس في مركز مجرتنا.

إذن ماذا عن هيكل المجرة؟ المجرة هي بنية تجمع عشرات أو حتى مئات المليارات من النجوم! يمكن أن تأخذ أيضًا عدة أشكال: بيضاوية الشكل أو حلزونية أو إهليجية أو غير منتظمة. تحتوي المجرات الحلزونية مثل مجرتنا على لمبة مجرية في مركزها والتي عادة ما تحتوي على ثقب أسود هائل.

عناقيد المجرات: Les amas de galaxies

حشود أو أكداس المجرات هي مجموعة من المجرات مرتبطة ببعضها البعض بقوة جاذبيتها. هذه الهياكل مستقرة نسبياً لأنه لا يمكن لأي طرف الهروب من الكتلة التي تحتوي عليها.

في هذا الوقت، ما زلنا لا نعرف بالضبط كيف تشكلت هذه العناقيد المجرية. لأنه إذا كان التجاذب الثقالي مسؤولاً عن تماسك هذه الهياكل، فإن هذه القوة تبدأ في العمل فقط عندما تكون هناك بالفعل هياكل ضخمة نسبياً. من أجل الشروع في مثل هذه العملية، هناك حاجة إلى ما يسمى العنصر المشغل *élément dit déclencheur*. في مواجهة هذا اللغز، يتعامل علماء الفلك والباحثون مع مسألة المادة السوداء أو المظلمة، التي يقول البعض إنها تشكل حوالي 90% من كتلة الكون.



هذا هو جوهر مجموعة حشد المجرات MACS J0717.5 + 3745، التي تقع على بعد حوالي 5 مليارات سنة ضوئية من مجرة درب التبانة. الكتلة الهائلة لهذا التكتل الكوني المذهل تحني الزمكان من حولها وتعمل كعدسة طبيعية ضخمة. تسمح لنا عدسة الجاذبية الحقيقية هذه برؤية المجرات الموجودة خلف الكتلة. تظهر مشوهة ومكبرة ومضخمة، في هذه الصورة كخطوط مزرقّة كبيرة. الصور من: ناسا / Nasa / ومن وكالة الفضاء الأوروبية ESA / STSCI

التجمع المجري الذي تقع فيها مجرتنا يسمى المجموعة المحلية. تتكون هذه المجموعة من حوالي ثلاثين مجرة، وأكبرها مجرة درب التبانة ومجرة أندروميديا أو المرأة المتسلسلة ومجرة المثلث. بفضل هذه المجرات العملاقة الثلاث، يمكن للعنقود الحفاظ على سلامته. نحن نعلم أن جميع المجرات في المجموعة ستكون تقريباً في نفس العمر، ومع ذلك، لا نعرف ما إذا كانت قد تشكلت معاً أو إذا كانت قد تجمعت بمرور الوقت. تمتد هذه المجموعة على ما يقرب من 10 ملايين سنة ضوئية.

ضوء على الهياكل المختلفة للكون  
Lumière sur les différentes structures de l'Univers

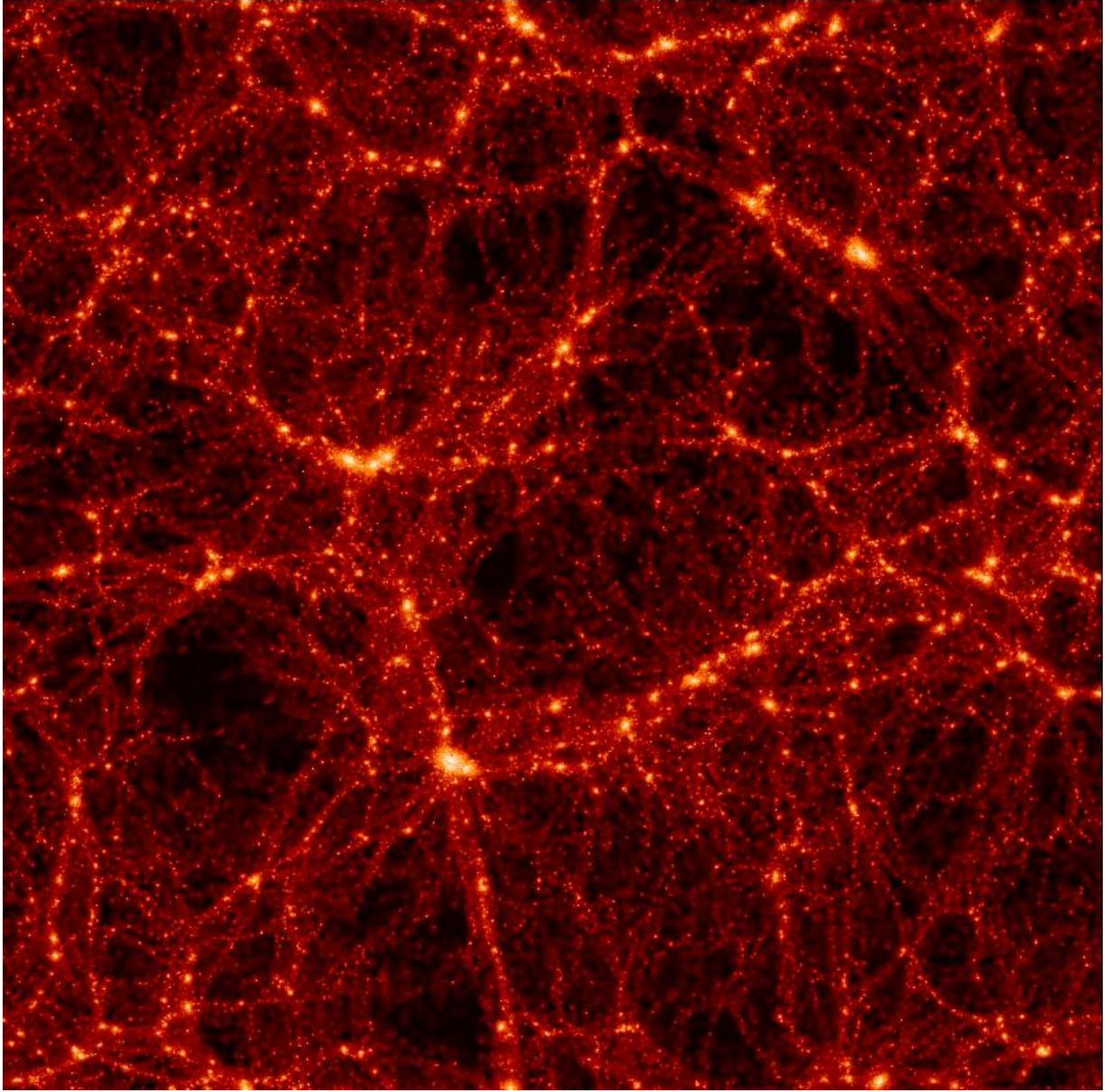


هناك العديد من أكذاس المجرات في الكون. واحدة من أقرب العناقيد هي مجموعة برج العذراء la Vierge التي يبلغ نصف قطرها 7 ملايين سنة ضوئية.

#### العناقيد الفائقة: Les superamas:

عناقيد المجرات هي بالفعل هياكل استثنائية، تنظم نفسها في هياكل أكبر! هذه هي عناقيد المجرات العملاقة. تتكون المجموعات العملاقة من عشرات المجرات، وهي منظمة في خيوط تعطي الكون مظهرًا خاصًا جدًا.

يبقى سبب وجود هذه البنية الكونية المتناوبة الشعيرات والمناطق الفارغة، شبه خالية من المادة، ما يشكل لغزاً لعلماء الفلك. لاحظ أيضاً أن أبعاد هذه العناقيد الفائقة هائلة للغاية: من 100 إلى 320 مليون سنة ضوئية!



محاكاة جزء من الكون. نحن ندرك أن التجمعات العملاقة تتجمع في هياكل هائلة: خيوط المجرة. النقطة الصفراء تقابل الكتلة.

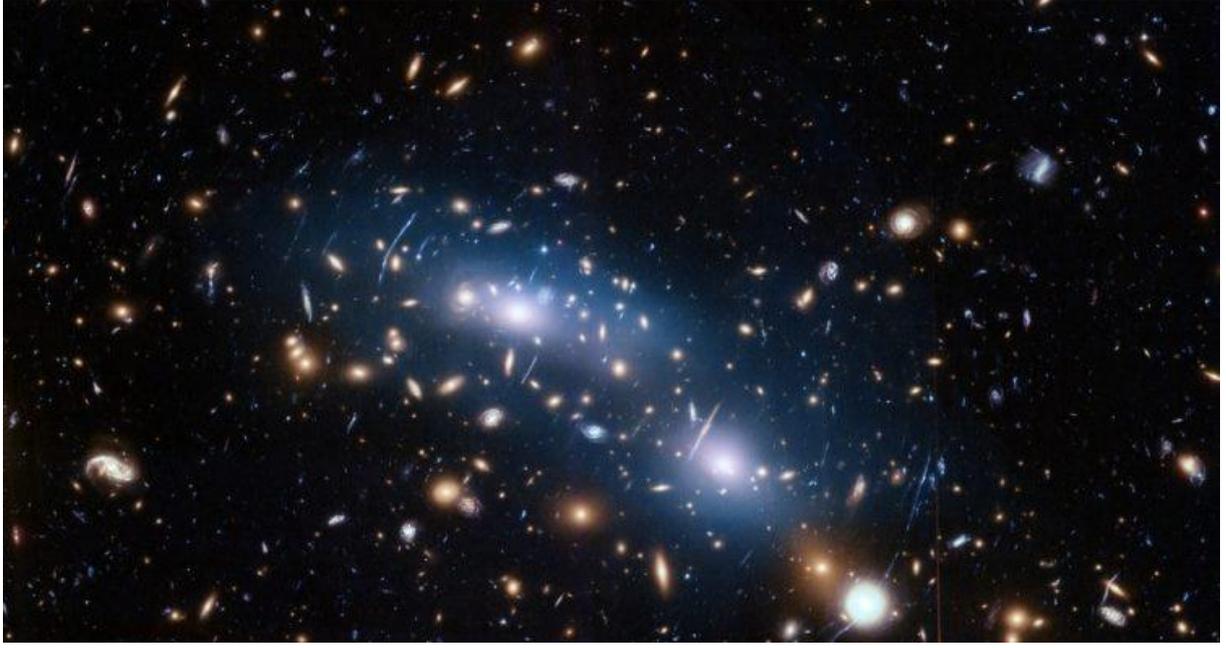
من أجل الحصول على معلومات حول هذه الهياكل الهائلة، من الضروري أن تكون قادرًا على التقاط ضوء عدد كبير جدًا من المجرات، موزعة في أكبر مساحة ممكنة. يعود الفضل بشكل خاص إلى مشروع "Two Degrees Field Galaxy Redshift Survey" إلى أننا تمكنا من جمع الكثير من البيانات حول هذا الموضوع. في الواقع، تم تنفيذ هذا المشروع في المرصد الأنجلو-أسترالي في نيو ساوث ويلز (أستراليا) وكان قادرًا على تسجيل موقع 100000 مجرة على جزء من الفضاء بمقدار درجتين وما يصل إلى 4 مليارات سنوات ضوئية عميقة!

خاتمة:

هياكل الكون عديدة. بدءًا من نجم بسيط وصغير، يمكننا الوصول إلى أكثر من خيوط هائلة. فيما يلي ملخص صغير للمعلومات التي يجب تذكرها حول هياكل كوننا:

- الكواكب تدور حول النجوم (~ 1 سنة ضوئية)
  - النجوم موجودة داخل المجرات ، والتي تحتوي على عشرات المليارات (~ 100,000 سنة ضوئية)
  - تتجمع المجرات معًا في مجموعات من المجرات (حوالي 10 ملايين سنة ضوئية)
  - تتجمع العناقيد في مجموعات مجرات عملاقة (حوالي 150 مليون سنة ضوئية)
  - ثم تنظم التجمعات العملاقة نفسها في خيوط (حوالي 500 مليون سنة ضوئية)
- نعم، من الصعب جدًا تخيل ما يمكن أن تمثله كل هذه الأرقام ... وهذا أمر طبيعي!

يكشف الضوء الداخلي لعناقيد المجرات عن توزيع المادة المظلمة:



وفقاً للنموذج القياسي أو المعياري لعلم الكونيات *le Modèle Standard de la cosmologie*، تشكل المادة السوداء أو المظلمة حوالي 27٪ من إجمالي كثافة الطاقة في الكون. ومع ذلك، في هذا الوقت، لا يزال الأمر افتراضياً. من خلال تحليل صور المجرات التي التقطتها تلسكوب هابل، وجد العلماء أن الضوء داخل العنقود يمكنه اكتشاف وجود المادة المظلمة بدقة أكبر من أي طريقة أخرى متاحة.

باستخدام ملاحظات هابل السابقة لست مجموعات مجرات ضخمة كجزء من مهمة حدود الحقول *Frontier Fields*، أوضح علماء الفلك أن الضوء داخل العنقود - التوهج المنتشر بين المجرات في العنقود - يتتبع مسار المادة المظلمة من خلال تسليط الضوء على توزيعها بدقة أكبر من الطرق الحالية للمراقبة بالأشعة السينية، ونشرت نتائج الاكتشاف في مجلة الإخطارات الشهرية للجمعية الملكية الفلكية *la revue Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*.

الضوء داخل العنقود هو نتاج ثانوي للتفاعلات بين المجرات التي تعطل بنيتها. في حالة الفوضى، يتم إطلاق النجوم الفردية من روابط الجاذبية في مجراتها الأصلية لإعادة تنظيم نفسها مع توزيع الجاذبية للمجموعة. هذا هو المكان الذي توجد فيه الغالبية العظمى من المادة المظلمة.

يشير ضوء الأشعة السينية إلى مكان تصادم مجموعات المجرات، ولكن ليس الهيكل الأساسي للعنقود. فهذا يجعله أقل دقة لتتبع المادة المظلمة.

"السبب في أن الضوء داخل العنقود هو تتبع ممتاز للمادة المظلمة في مجموعة من المجرات هو أن المادة المظلمة والنجوم التي تولد الضوء داخل المجموعة تطفو بحرية على إمكانات الجاذبية للعنقود. تقول ميريا مونتيس *Mireia Montes*، عالمة الفيزياء الفلكية في جامعة نيو ساوث ويلز في سيدني، إنهما "يتبعان" الجاذبية نفسها". لقد وجدنا طريقة جديدة لمعرفة موقع المادة السوداء أو المظلمة، لأنها

تتعلق بالتخطيط لنفس إمكانات الجاذبية بالضبط. يمكننا أن ننير، بتوهج خافت للغاية، موقع المادة السوداء أو المظلمة. تسمح لنا هذه الطريقة بتوصيف، بطريقة إحصائية، الطبيعة النهائية للمادة السوداء أو المظلمة."



من خلال تحليل الضوء داخل العنقود المجرات ثم دمج البيانات مع تلك الموجودة في خرائط التوزيع الشامل، نجح الباحثون في إعادة بناء خريطة دقيقة لتوزيع المادة السوداء أو المظلمة. الصور من: ناسا / وكالة الفضاء الأوروبية

يشير مونتيس أيضًا إلى أن الطريقة ليست دقيقة فحسب، بل إنها أكثر كفاءة لأنها تستخدم فقط التصوير بالعمق، بدلاً من تقنيات التحليل الطيفي الأكثر تعقيدًا والتي تستغرق وقتًا طويلاً. هذا يعني أنه من الممكن دراسة المزيد من المجموعات و الأجرام الكونية في الفضاء في وقت أقل ، مما سيؤدي إلى مزيد من الأدلة المحتملة على تكوين المادة السوداء أو المظلمة وسلوكها.

استخدم علماء الفلك مسافة Hausdorff المعدلة (MHD)، وهو مقياس يستخدم لمطابقة الأنماط، لقياس أوجه التشابه بين ملامح الضوء داخل الكتلة وتلك الخاصة بخرائط الكتلة العنقودية المختلفة، والتي تعد جزءًا من بيانات مشروع Hubble Frontier Fields. يقيس MHD المسافة بين مجموعتين فرعيتين. كلما كانت قيمة MHD أصغر، كلما كانت مجموعات النقطتين أكثر تشابهًا.

أظهر هذا التحليل أن توزيع الضوء داخل المجموعة الذي شوهد في صور Hubble Frontier Fields يطابق التوزيع الشامل لمجموعات المجرات الست بشكل أفضل من انبعاث الأشعة السينية، من الملاحظات المؤرشفة لمقياس طيف التصوير. مرصد شاندررا للأشعة السينية المتقدم (ACIS) CCD.

إلى جانب هذه الدراسة الأولية، يرى مونتيس وتروجيلو Trujillo العديد من الفرص لتوسيع أبحاثهما. بادئ ذي بدء، يرغبان في زيادة نصف قطر المشاهدة في المجموعات الست الأصلية، لمعرفة ما إذا كان مستوى دقة التتبع قد تم الوفاء به. سيكون الاختبار المهم الآخر لطريقتهم هو مراقبة وتحليل مجموعات المجرات الإضافية بواسطة المزيد من فرق البحث، من أجل إكمال مجموعة البيانات وتأكيد استنتاجاتهم.

يتطلع علماء الفلك أيضًا إلى تطبيق نفس التقنيات مع التلسكوبات الفضائية القوية في المستقبل، مثل تلسكوب جيمس ويب الفضائي James Webb و WFIRST، والتي ستحتوي على أدوات أكثر حساسية لاستبانة الضوء الضعيف داخل المجموعة في الكون البعيد.

يرغب تروجيلو في اختبار اختزال الطريقة من مجموعات المجرات الضخمة إلى المجرات البسيطة. "سيكون من الرائع القيام بذلك على مستويات المجرات، على سبيل المثال من خلال استكشاف الهالات النجمية. من حيث المبدأ، يجب أن تعمل نفس الفكرة؛ ومن المتوقع أيضًا أن تتعقب النجوم المحيطة بالمجرة نتيجة الاندماج إمكانات الجاذبية للمجرة، وإلقاء الضوء على موقع وتوزيع المادة المظلمة. "

بيانات شاندررا تختبر "نظرية كل شيء":

في عام 1977، وجد الفيزيائيان روبرتو بيتشي وهيلين كوين Roberto Peccei et Helen Quinn حلاً لمشكلة انتهاك التناظر CP في سياق الديناميكا اللونية الكمومية chromodynamique quantique. يتضمن هذا الحل وجود جسيم افتراضي من المفترض أن يكون مستقرًا ومحايًا وذو كتلة منخفضة للغاية. اليوم، هذا الجسيم، الذي تنبأت به العديد من نماذج نظرية الأوتار الفائقة، هو مرشح للمادة السوداء أو المظلمة. في الأونة الأخيرة، قام الباحثون بتحليل البيانات من مرصد شاندررا للمحاور الافتراضية. سمحت لهم النتائج بتحسين قيود الكتلة والطاقة على هذه الجسيمات.

بالنظر إلى حشود وأكداش المجرات، أكبر الهياكل في الكون التي تحتفظ بها الجاذبية، تمكن الباحثون من البحث عن جسيم معين تنبأت به العديد من نماذج نظرية الأوتار الفائقة. على الرغم من أن عدم

الاكتشاف الناتج لا يستبعد نظرية الأوتار الفائقة، إلا أنه يسمح مع ذلك بوضع قيود إضافية على وجود هذه الجسيمات. نُشرت الدراسة في مجلة *The Astrophysical Journal*.

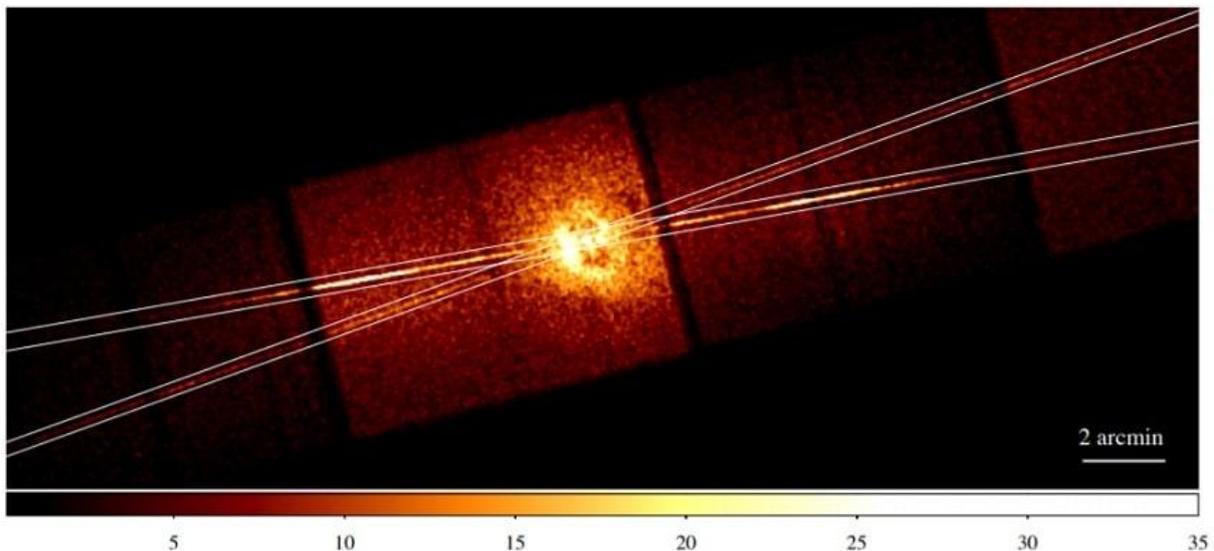
"حتى وقت قريب، لم أكن أعرف إلى أي مدى يمكن لعلماء الفلك بالأشعة السينية المساهمة في نظرية الأوتار، لكن يمكننا لعب دور رئيسي. يقول كريستوفر رينولدز Christopher Reynolds من جامعة كامبريدج في المملكة المتحدة: "إذا تم اكتشاف هذه الجسيمات أخيرًا، فسوف تغير الفيزياء إلى الأبد".

La conversion axion-photon en وجود المجالات المغناطيسية - أكسيون في  
présence de champs magnétiques

يسمى الجسيم الذي كان يبحث عنه رينولدز وزملاؤه "أكسيون axion". يجب أن تحتوي هذه الجسيمات غير المكتشفة على كتل منخفضة للغاية. لا يعرف الفيزيائيون النطاق الدقيق للكتلة، لكن العديد من النظريات تظهر كتلاً محورية تتراوح من حوالي واحد في المليون من كتلة الإلكترون إلى كتلة صفرية. يعتقد بعض علماء الفيزياء أن الأكسيونات يمكن أن تفسر لغز المادة السوداء أو المظلمة.

من الخصائص غير العادية لهذه الجسيمات ذات الكتلة المنخفضة للغاية أنها يمكن أن تتحول أحيانًا إلى فوتونات أثناء مرورها عبر الحقول المغناطيسية. يمكن أن يكون العكس أيضًا صحيحًا: يمكن أيضًا تحويل الفوتونات إلى محاور في ظل ظروف معينة. يعتمد عدد مرات حدوث هذا التغيير على مدى سهولة إجراء هذا التحويل، وبعبارة أخرى، على "قابلية التحويل".

البحث عن الجسيمات الأكسيونية في الأشعة السينية Chercher les particules axioniques  
dans les rayons X: اقترح الفيزيائيون وجود فئة أكبر من الجسيمات ذات الكتلة المنخفضة للغاية بخصائص مشابهة للأكسيونات. سيكون لدى الأكسيونات Axions ملف قيمة التحويل الفريدة لكل كتلة، ولكن الجسيمات الشبيهة بالأكسون سيكون لها نطاق من قابلية التحويل إلى نفس الكتلة.



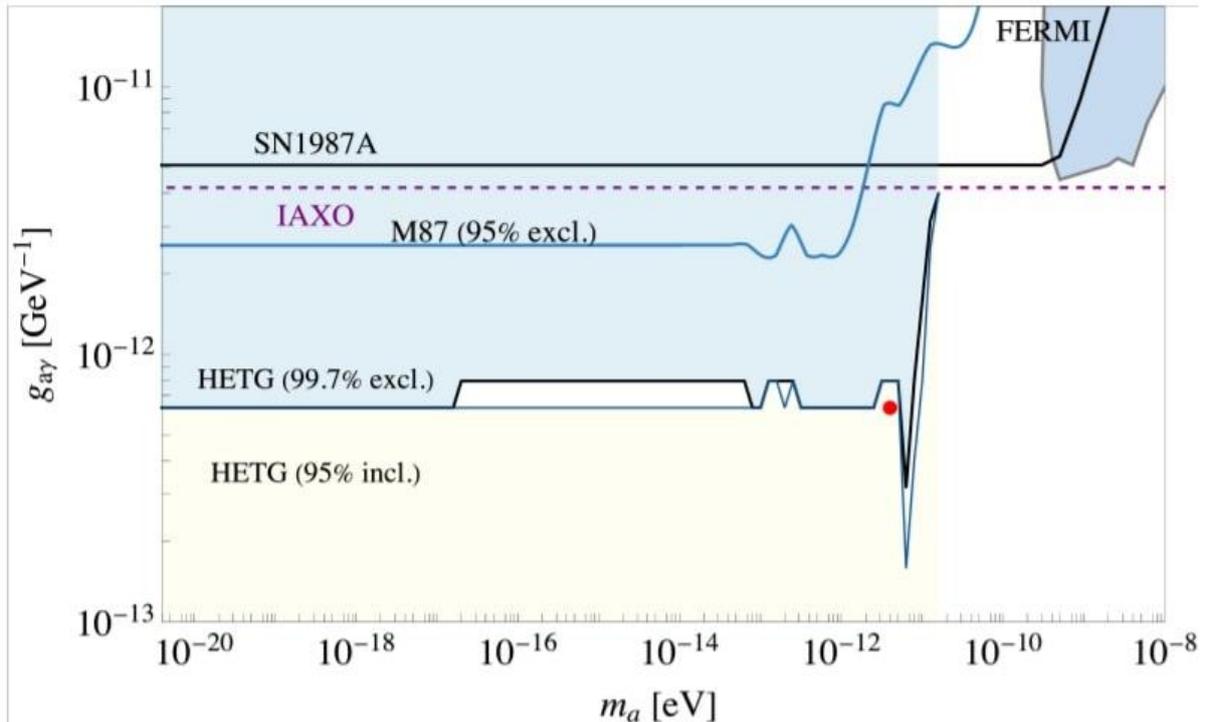
صورة النطاق الكامل للمنطقة التي لاحظتها شاندرنا في الأشعة السينية. يشير الشريط السفلي إلى كمية الفوتونات المقاسة، ويظهر طيف الانتثار للمنطقة المرصودة باللون الأبيض. صور: C. Reynolds et al. 2020

"أثناء البحث عن جسيمات صغيرة مثل الأكسيونات في الهياكل العملاقة مثل عنقيد المجرات قد يبدو الأمر غريبًا، فهذه في الواقع أماكن جيدة للعثور عليها. تحتوي مجموعات حشود وأكداش المجرات على مجالات مغناطيسية على مسافات مثيرة للإعجاب، وغالبًا ما تحتوي أيضًا على مصادر ضوئية للأشعة السينية. وتزيد هذه الخصائص معًا من فرص اكتشاف تحويل الجسيمات الشبيهة بالأكسون "، كما يقول ديفيد مارش David Marsh من جامعة ستوكهولم ، السويد.

للبحث عن علامات التحويل الأكسيوني، أمضى فريق علماء الفلك خمسة أيام في فحص بيانات الأشعة السينية لشاندرنا من المواد التي تسقط باتجاه الثقب الأسود الهائل في مركز مجموعة بيرسيوس. درسوا طيف شاندرنا (أو كمية انبعاث الأشعة السينية الملحوظة عند الطاقات المختلفة) لهذا المصدر.

عدم وجود آثار للأكسيونات في نطاقات الكتلة المدروسة:

أنتجت الملاحظة الطويلة ومصدر ضوء الأشعة السينية طيفًا ذا حساسية كافية لإظهار التشوهات التي توقعها الفيزيائيون في حالة وجود جزيئات تشبه الأكسيون. سمح الفشل في اكتشاف مثل هذه التشوهات للباحثين باستبعاد وجود معظم أنواع الجسيمات الشبيهة بالأكسيون في النطاق الكتلي الذي كانت ملاحظاتهم حساسة له، أقل من واحد من المليون من المليار من الكتلة الإلكترونية.



القيود على كتلة الأكسيونات (الدراسة الحالية والدراسات السابقة). تمثل المساحة الزرقاء الفاتحة القيم المستبعدة، وتمثل المساحة البيضاء القيم الممكنة. تشير النقطة الحمراء إلى قيمة الكتلة الأكثر احتمالية. الرسم البياني من: C. Reynolds et al. 2020

"لا يستبعد بحثنا وجود هذه الجسيمات، لكنه لا يدعمها. تندرج هذه القيود ضمن نطاق الخصائص التي اقترحتها نظرية الأوتار، ويمكن أن تساعد منظري الأوتار في سبر نظرياتهم، كما تقول هيلين راسل Helen Russell من جامعة نوتنغهام في المملكة المتحدة.

صقل القيود المفروضة على الكتلة وقابلية تحويل اللأكسيونات Affiner les contraintes sur la masse et la convertibilité des axions:

كانت النتيجة الأخيرة أكثر حساسية بثلاث إلى أربع مرات من أفضل بحث سابق عن الجسيمات الشبيهة بالأكسيون، والذي جاء من ملاحظات تشاندررا للثقب الأسود فائق الكتلة M87. هذه الدراسة هي أيضاً أقوى بحوالي مائة مرة من القياسات الحالية التي يمكن إجراؤها في المختبرات هنا على الأرض، بالنسبة لمجموعة الكتل التي اعتبروها.

أحد التفسيرات المحتملة لهذا العمل هو أن الجسيمات الشبيهة بالأكسيون غير موجودة. تفسير آخر هو أن للجسيمات قيم قابلية للتحويل أقل حتى من حد الكشف لهذه الملاحظة، وأقل مما توقعه بعض علماء فيزياء الجسيمات. يمكن أن يكون لديهم أيضاً كتل أعلى من تلك التي تم فحصها ببيانات شاندررا.

نظرية جديدة توحد المادة السوداء أو المظلمة والطاقة السوداء أو المعتمة والمظلمة:

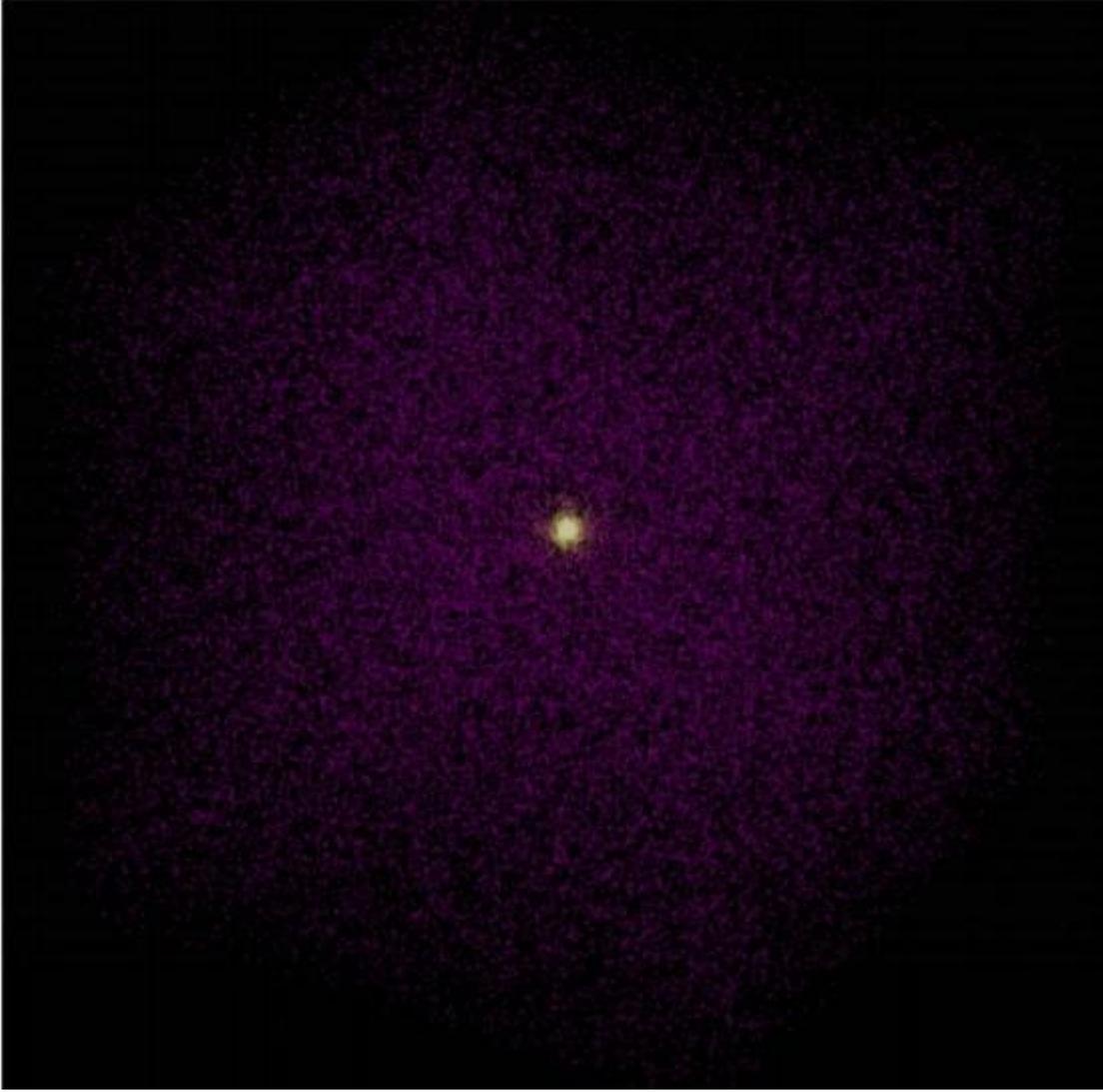


في النموذج الكوني القياسي أو المعياري ، نموذج  $\lambda$ -CDM ، تساعد المادة السوداء أو المظلمة في تفسير منحنيات دوران المجرات بالإضافة إلى تكوين الهياكل الكونية الكبيرة ، بينما يتم تطوير الطاقة المظلمة أو السوداء أو المعتمدة لشرح تسارع المجرات وتوسع الكون. ومع ذلك، لا يزال هذان المكونان افتراضياً حالياً. يقترح عالم الكونيات في أكسفورد نظرية جديدة توحد هذين العنصرين.

ربما يكون أحد علماء الفيزياء في جامعة أكسفورد قد حلّ أحد أكبر الأسئلة في الفيزياء الحديثة، في دراسة جديدة توحد المادة السوداء أو المظلمة والطاقة السوداء أو الداكنة والمظلمة في ظاهرة واحدة: سائل له كتلة سلبية. يمكن أن تؤكد هذه النظرية الجديدة المدهشة أيضاً التنبؤ الذي قدمه أينشتاين قبل 100 عام.

هذا النموذج الجديد، الذي نُشر في مجلة علم الفلك والفيزياء الفلكية، بقلم جيمي فارنز Jamie Farnes، عالم الكونيات في مركز أكسفورد للأبحاث الإلكترونية، يقدم تفسيراً جديداً لفرضيات المادة السوداء أو المظلمة والطاقة المعتمدة أو الداكنة والمظلمة أو السوداء. "نحن نعتقد الآن أنه يمكن توحيد المادة المظلمة والطاقة المظلمة في سائل يمتلك نوعاً من "الجاذبية السلبية *gravité négative*"، ويتردد كل شيء من حولهما. على الرغم من أن هذه المادة غريبة علينا، إلا أنها تشير إلى أن كوننا متماثل، سواء في خصائصه الإيجابية أو السلبية.

تم بالفعل استبعاد وجود المادة السلبية، لأن العلماء يعتقدون أنها ستصبح أقل كثافة مع تمدد الكون، مما أدى إلى تحطيم الملاحظات التي تشير إلى أن الطاقة المظلمة تحتفظ بكثافتها بمرور الوقت. ومع ذلك، يطبق بحث فارنز Farnes "موتر الخلق" *tenseur de création* ، والذي يسمح بتكوين كتل سلبية بشكل دائم.



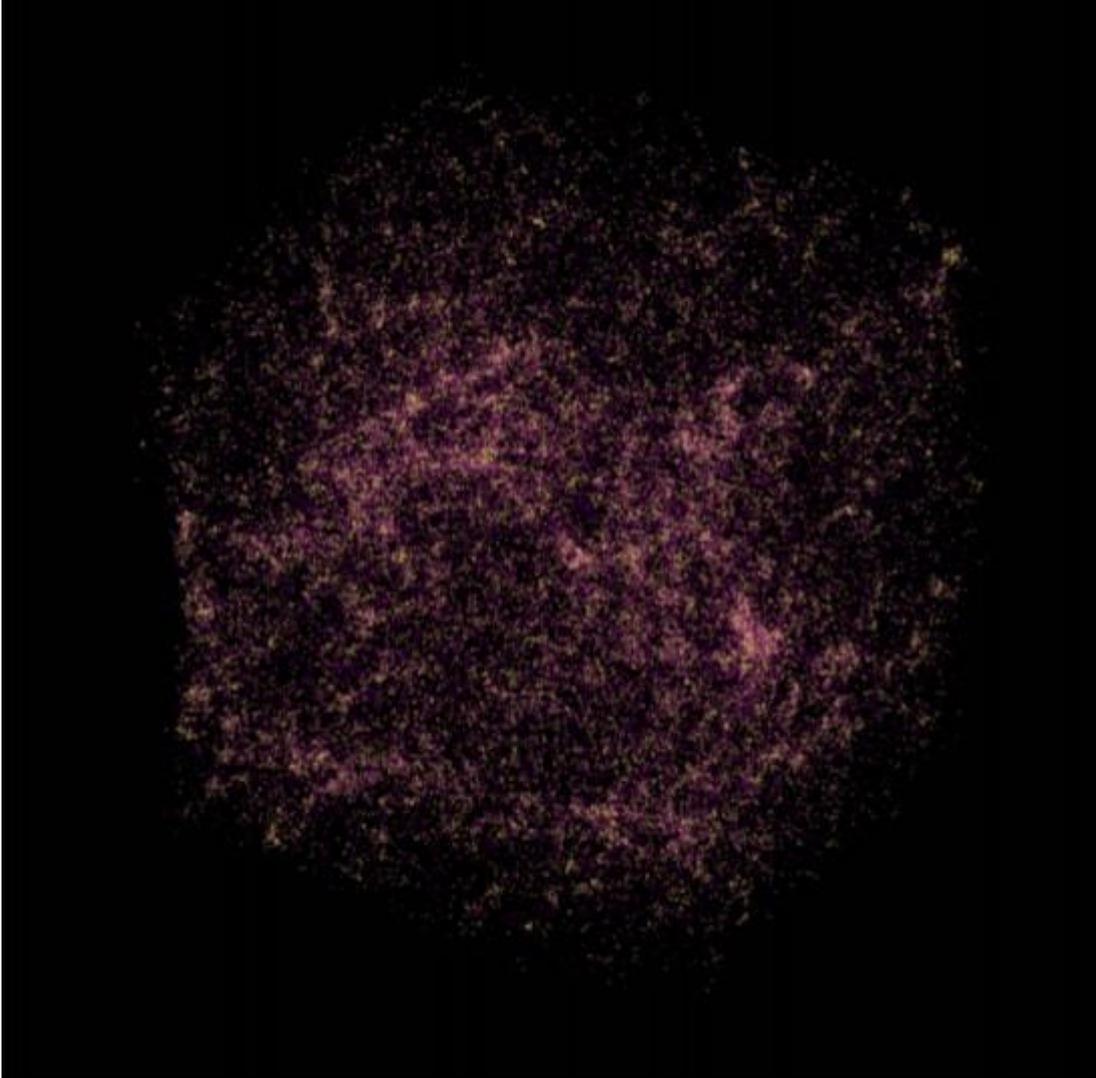
محاكاة تكون هالة من المادة السوداء أو المظلمة من كتل سلبية (أرجوانية) وإيجابية (صفراء). صور: J. S. Farnes

لقد أوضح Farnes أنه عندما يتم إنتاج المزيد والمزيد من الكتل السلبية مرارًا وتكرارًا، فإن هذا السائل الكتلي السالب لا يخفف مع توسع الكون: في الواقع، يبدو أن السائل هو نفسه الطاقة السوداء أو المظلمة. توفر نظرية فارنز Farnes أيضًا أول تنبؤات صحيحة لسلوك هالات المادة السوداء أو المظلمة. يشير منحنى دوران المجرات إلى وجود كتلة غير مرئية بالإضافة إلى الكتلة المضيئة.

يقدم البحث الجديد ، الذي صدر في 5 كانون الأول (ديسمبر) ، محاكاة حاسوبية لخصائص الكتلة السلبية التي تتنبأ بتكوين هالات المادة السوداء أو المظلمة ، على غرار تلك التي تم استنتاجها من الملاحظات التي تم إجراؤها باستخدام التلسكوبات الراديوية الحديثة.

قدم ألبرت أينشتاين أول لمحة عن الكون المظلم قبل 100 عام بالضبط، عندما اكتشف في معادلاته معلمة تسمى "الثابت الكوني"، والتي يربطها الباحثون اليوم بالطاقة السوداء أو المعتمة أو الداكنة والمظلمة.

أطلق أينشتاين على الثابت الكوني تصريحه الشهير كان "أكبر خطأ لي" ، على الرغم من أن الملاحظات الفيزيائية الفلكية الحديثة تثبت أنها ظاهرة حقيقية. في ملاحظات من عام 1918، وصف أينشتاين ثابتته الكوني من خلال "أن تعديل النظرية ضروري، بحيث يعمل" الفضاء الفارغ "ككتل سالبة جاذبة موزعة في جميع أنحاء الفضاء بين النجوم. . لذلك من الممكن أن يكون أينشتاين نفسه قد تنبأ بكون مليء بالكتلة السالبة.



محاكاة تكوين بنية كونية كبيرة من كتل سلبية (أرجوانية) وإيجابية (صفراء). الائتمان: J. S. Farnes

حاولت المناهج السابقة للجمع بين الطاقة المعتمدة والمظلمة أو السوداء والداكنة والمادة السوداء أو المظلمة تعديل نظرية النسبية العامة لأينشتاين، والتي أثبتت صعوبة بالغة. هذا النهج الجديد يأخذ فكرتين قديمتين معروفين بتوافقهما مع نظرية أينشتاين - الكتل السلبية وخلق المادة - ويجمعهما، "كما يشير فارنز.

"تبدو النتيجة جميلة إلى حد ما: يمكن توحيد الطاقة السوداء أو المظلمة والمادة السوداء المظلمة في جوهر واحد *une seule substance*، ويمكن ببساطة تفسير كلا التأثيرين على أنهما مادة كتلة

موجبة تمتطي بحرًا من الكتل السلبية." ستخضع نظرية فارنيز للاختبار في الاختبارات باستخدام تلسكوب لاسلكي، مصفوفة الكيلومتر المربع (SKA)، وهو مشروع دولي لبناء أكبر تلسكوب في العالم تتعاون فيه جامعة أكسفورد.

"لا يزال هناك الكثير من المشكلات النظرية وعمليات المحاكاة الحاسوبية للتعامل معها، ونموذج  $\lambda$ -CDM يقترب من 30 عامًا تقريبًا، لكنني حريص على معرفة ما إذا كانت هذه النسخة الجديدة الموسعة من النموذج يمكن أن تتطابق بدقة مع البيانات الأخرى في المستقبل. "الملاحظة. إذا كان الأمر كذلك، فإن ذلك يشير إلى أن 95% من الكون المفقود لديهم حل جمالي: لقد نسينا تضمين علامة ناقص بسيطة، "يستنتج فارنز.

المصادر: : ناسا

Source : The Astrophysical Journal Lettersمجلة الفيزياء الفلكية

: المجلة الفلكية ، جامعة ماريلاند

NRAO ،Science ،NASA JPL :

:Source : Astronomy & Astrophysics

ها هو مقطع فيديو يحاكي ويلخص تنظيم هياكل الكون، مما قد يساعدك على تصور ذلك بشكل أفضل!

صورة العنوان: جزء من سحابة ماجلان الصغيرة؛

المصدر: علم الفلك والفيزياء الفلكية : مجلة الفيزياء الفلكية الأشعة السينية - NASA / CXC /

Univ.Potsdam / L.Oskinova ، البصريات - NASA / STScI والأشعة تحت الحمراء -

Vidéo : universcience. NASA / JPL-Caltech علم الكون