المادة المظلمة أكثر تعقيداً من تصوّر الفيزيائيّين

جيمس بولوك، عالم فيزيائيّ في جامعة كاليفورنيا يتخيّل ما الذي يمكن أن يحصل في حال تفاعلت المادة المظلمة مع ذاتها.

تُشكّل المادّة المظلمة نسبة ثمانين بالمائة من كتلة الكون غير المرئيّة، وتتميّز بأنّها لا تشعّ، لا تمتصّ ولا تعكس الضوء. يقول علماء الفلك إنّ هذه المادّة موجودةٌ نتيجةً لتفاعلها مع شريحة الكون العاديّ من خلال الجاذبيّة، ما جعل البحث عن هذه الكتلة المفقودة يركّز على ما يسمّى بـ **WIMPs** اختصاراً للجسيمات الضخمة ضعيفة التفاعل (**Weakly Interacting Massive Particles**) والتي تتفاعل مع بعضها البعض بشكلٍ قليل كتفاعلها مع المادّة العاديّة (**normal matter**).

هناك سببٌ مقنعٌ دفع الفيزيائيين للبحث عن بدائل للجسيمات الضخمة ضعيفة التفاعل، فلعقدين من الزمن، اكتشف علماء الفلك أنّ

وجود المادّة المظلمة في مراكز المجرّات أقلّ ممّا تقترح نماذج هذه الجسيمات **WIMP**، كما أنّ التعارض يبدو واضحاً أكثر (أكثر سوءاً) في أنوية المجرّات القزمة الموجودة في الكون، والتي يكون لها عدد قليل من النجوم العاديّة، ولكن الكثير من المادّة المظلمة.

قبل أربع سنوات، بدأ البروفيسور بعلم الفيزياء والفلك في جامعة كاليفورنيا – إرفاين، جيمس بولوك **James Bullock** بالتساؤل حول ما إذا كانت النظرة المعياريّة للمادّة المظلمة تُفشل الاختبارات التجريبيّة الهامّة، حيث قال: "كانت هذه البداية التي جعلتني أفكّر ببدائل للمادّة المظلمة."

يعتقد بولوك أنّ المادّة المظلمة أكثر تعقيداً مما يعتقدون، فهي شيءٌ يتفاعل مع ذاته بقوّة التفاعل الذي يحدث بين المواد العادية ليشكّل بنىً معقّدةً كالذرّات والعناصر الذريّة متناهية الصغر، هذا ما تقوم به المادّة المظلمة، ما جعل بولوك يشكّ بوجود "قطّاعٍ مظلمٍ" يحاذي قطّاعنا المضيء، ولكن لا يمكن رصده إلا من خلال تأثيراته على الجاذبيّة.

وضع بولوك وزملاؤه عدداً من عمليات المحاكاة الرقمية لكيّ يروا كيف هو شكل الكون في حال كانت المادّة السوداء تتأثر بالتفاعلات القويّة، متوقّعين أنّ يفشل النموذج، إلا أنّهم وجدوا أنّ ما حدث ماثل ما اكتشفه وتوقّعه الفلكيون.

ماذا نعلم عن المادّة المظلمة؟

يقول جيمس بولوك: "نحن واثقون أنّ المادة المظلمة موجودة، وأنّ لها كتلة، كما أنّها تنشدّ (تنجذب) إلى نفسها وإلى الأشياء الأخرى بواسطة الجاذبية."

بما أنّ المادة المظلمة تمتلك مداً ثقالياً، فهي لا تتفاعل بشدّةٍ مع المادّة العادية **normal matter** (المادة التي نتكوّن نحن منها)، كما أنّها لا تضيء، ما يجعلها غير مرئية، إلى جانب كونها شفّافة، ولا تشعّ عندما تصبح عالية الحرارة (لا تضيء عند ارتفاع حرارتها)، ولكن لسوء الحظ عادةً ما نتبع الضوء، كما أنّ هذه الجوانب هي الجوانب التي يركّز عليها علماء الفلك عندما يدرسون الكون.

هل نعلم فعلياً مما تتألف المادّة المظلمة!؟

لقد توصلنا إلى الحقيقة التي تفيد بأنّنا نستطيع وصف العالم الذي نعيش فيه اعتماداً على النموذج القياسي لفيزياء الجسيمات، حيث أنّنا نفكّر بالجسيمات التي نتكوّن نحن البشر منها على أنّها من الأشياء التكوينيّة، مثل الكواركات، وتلك الكوراكات التي تتألف منها البروتونات والنيوترونات، لتسمح حركة هذه المكوّنات بالتفاعل مع بعضها بطرق مختلفة. هذه العمليّة تعطي نشاطاً (زيادةً) للجدول الدوريّ للعناصر وكلّ الأمور المعقّدة التي نراها حولنا، ولكن فقط 20% من كتلة الكون الكليّة تعتبر بهذا التعقيد.

من ناحية أخرى، تؤلّف المادة المظلمة حوالي 80% من الكتلة الكلية للكون، وتقترح النماذج الأولية لفهم ماهيّة هذه المادة أنّها مؤلّفة من جسيم واحدٍ لا يتفاعل مع الأشياء الأخرى، تعبيراً عن الجسيمات الضخمة ضعيفة التفاعل، بمعنى أنّها لا تصطدم مع ما حولها، أي عندما يلتقي جسيما مادّة مظلمة، فهما يمرّان ببعضهما دون أن يحدث اصطدام بينهما.

هناك اقتراحٌ آخر بكون هذه الثمانين بالمائة معقّدة أيضاً مثل العشرين الأخرى، بحيث يشرح الاقتراح وجود شيءٍ مثيرٍ حول هذا الجانب المظلم، وذلك لأننا نعرف أنّ أي شيء يربطنا بالمادة المظلمة ووجودها يعتبر ضعيفاً جداً ما دمنا لم نره بعد.

هذا الاستكشاف قادنا إلى أنّ التفاعلات التي تحدث في ظلّ المادة المظلمة جميعها تصنّف بأنها ضعيفة، ولكن هناك احتماليّة أخرى تعتقد أنّه عندما تلتقي جسيمات المادة المظلمة مع بعضها، وفقاً لكونها معقّدة فهناك احتمال بكون تفاعلاتها قويّة جداً، وقد يوجد ذلك معنىً لوجود ذرّاتٍ مظلمةٍ وفوتوناتٍ مظلمةٍ أيضاً.

يتفاعل هذان العالمان المختلفان –عالمنا المنير والآخر المظلم– مع بعضهما فقط من خلال الجاذبية وغالباً هذا التفاعل من النوع الضعيف، الأمر الذي لم يُشهد إلى الآن.

كيف يُمكن رصد (سبر) هذا الجانب المظلم إذا كان من غير الممكن التفاعل معه؟

نحن هنا لسنا بصدد الإضاءة على الخصائص العامة للمادة المظلمة فحسب، إنما نسعى للوصول إلى الصفات الخاصة جداً بها أيضاً. المكان الذي تتجمّع فيه المادة المظلمة هو المكان الأكثر وضوحاً لنرى تأثيراتها المختلفة، وباعتقادنا هي تتركّز في مراكز المجرّات، والعناقيد المجرية حيث تكون هذه المادة ذات كثافة عالية، وبدراسة سلوك المادة المظلمة باعتماد طرقٍ غير مباشرة – من خلال ديناميكيّة النجوم والغازات والمجرات في العناقيد المجرية– يمكننا فهم كيفية توزيع المادة المظلمة في الفضاء.

لنبدأ بالتمييز بين النماذج التي ذكرناها، يمكننا مقارنة الاختلافات في التحاكي بين التوزعات المكانية للمادة المظلمة على سبيل المثال، وبعدها نرى ما هي الاختلافات بالبيانات.

ما الذي تحتويه هذه البيانات؟

النماذج التي تستخدم البرودة، انعدام التصادم –الجسيمات الضخمة عديمة التفاعل– تكون المادة المظلمة كثيفة في وسط المجرات، ولكن على ما يبدو أنّ هذه الكثافات المتوقعة أكبر مما تمّ اكتشافه.

قد يكون ما يحدث حقيقةً أنّه ثمّة أمراً أكثر تعقيداً في هذا الجانب المظلم، وهذا التعقيد هو ما يسبّب هذه التناقضات بين النظريّة والاستكشافات في المناطق التي تتجمّع فيها المادة المظلمة أو تبدأ فيها بالتشكل، تماماً كما هو في مراكز المجرّات ومراكز العناقيد المجرية.

لديّ اهتمامٌ بإجراء عمليات محاكاة كونيّة لكيفية تطور الكون منذ البداية للآن، وسأقوم بمشاهدة ما يحدث بعد تطبيق هذه العمليات، في حال تمكّنت المادة المظلمة الباردة من التصادم وتبادل الطاقة بين الفينة والأخرى.

ستبدأ عملية المحاكاة على كونٍ صغير الحجم وشبه أملس، لينتهيّ بتوافقٍ رائعٍ مع المجرّات كبيرة الحجم المتوزعة حول الكون الذي قمنا باستكشافه، ولكن المادة المظلمة تتواجد بكثافة أقلّ في مراكز المجرّات في المحاكيات التي صنعتها من كثافتها الموجودة في المحاكيات عندما تكون المادة المظلمة باردة وعديمة التصادم.

منذ متى عرف العلماء عن التعارضات بين النماذج والبيانات الموجودة؟

لقد عرفنا عن وجود مشكلةٍ بمراكز الأكوان منذ حوالي عشرين عاماً، في البداية ظنّنا أنّنا نحصل على بيانات خاطئة، ولكن فيما بعد وصلنا إلى التساؤل حول ما إذا كانت تركيبة المجرّة تقذف المادة المظلمة بطريقة ما، وهل لابدّ لنا أنّ نغيّر فهمنا للمادّة المظلمة؟

لماذا بدأتم بالبحث حول المادة المظلمة التي تتفاعل مع نفسها؟

أفادت النتائج الأولى لاستكشاف المادة المظلمة بأنها قد تكون أكثر تعقيداً من وجهة النظر الفيزيائيّة، وذلك كان على يد العالميْن ديفد سبيرجيل **David Spergel** وبول ستينهارد **Paul Steinhardt** في شهر أبريل/نيسان من عام 2000. لقد بدأت بالعمل بناءً على هذه الورقة العلمية لعدة سنوات تلت، بعد أن اطلعت على أوراقٍ علميّة من مجتمع فيزياء الجسيمات الذي كان يهتمّ بأفكار مماثلةٍ.

كانت ردّة فعلي الأولية حول ذلك بأن هذا أمرٌ لا يمكن تصديقه، لأنني كنت مؤمناً بأنّ كلّ شيءٍ يكون طبيعياً بما يتعلّق بالمادة المظلمة عديمة التصادم.

في الجلسة الأولى للمحاكاة التي قمنا بها، أخذنا مقطعاً عرضياً للمادة المظلمة ذاتها، وكلّما كان المقطع أكبر حجماً، كلما كانت إمكانية تصادم هذه الجسيمات ببعضها أكبر وذلك في الوقت الذي تمّ تحديده، وكنا بعدها مقتنعين بأنّ هذه البيانات لن تفيدنا، ولكن بعد أن قمنا بالمحاكاة ثانيةً، لم نستطع إيجاد أي فرق بين النموذج الذي صنعناه، والنموذج الأصلي! ما جعلنا نتيقن بأنّنا لا نعلم عن هذه المادة بالقدر الذي كنّا نظنّه.

بعد ذلك قمنا بالاتصال والبحث عن تفاعلٍ قويٍّ مشابه لما يحدث عندما نجمع نيوترونيْن مع بعضهما، ثمّ ظهر لنا شيءٌ يشبه الاستكشافات واسعة النطاقات ولكن كان ذلك مع اختلافاتٍ في مراكز المجرات، غير أنّ المادّة المظلمة كانت تزداد كثافة كلّما اقتربنا من مركز المجرة لتكون ذروة الكثافة في المراكز.

هل يعقل أن تكون هذه التعارضات التي نشهدها دليلاً واضحاً على وجود أمرٍ مثير للاهتمام يحدث في هذا الجانب المظلم ولم نكن نفكّر به من قبل!

هل تطورت هذه المحاكيات منذ المرة الأولى التي قمتم بتطبيقها؟

كنّا نقوم بتطبيق قيم مقاطع عرضية عالية لمعرفة متى سيبدأ هذا النموذج بالانهيار مقارنةً ببعض الاستكشافات، كما قمنا بتركيز الطاقة لتشمل هذه المحاكيات كلاً من فيزياء تشكّل النجوم وتشكّل المجرات.

يكمُن الجزء الأصعب في هذه المحاكيات أنّ الكون لا يتألف فقط من المادة المظلمة، فهناك موادُّ عادية أخرى لابدّ لنا من أخذها بعين الاعتبار، كما أنّ هناك الغاز الذي يمكن تحوله لنجوم، وبعض هذه النجوم ستصبح ذات حجمٍ كبيرٍ حتّى تنفجر على هيئة انفجارات سوبرنوفا، وعندما تنفجر هذه النجوم كما ذكرنا، سوف تؤثر على حقل الجاذبية وتقوم بدفعه من حولها، وهذا الدفع (الاصطدام) سوف يسمح بحركة المادة المظلمة.

هل من الممكن أن تكون هذه التناقضات التي نراها في الكثافات المكتشفة للمادة المظلمة، والكثافات المتوقّعة لها هي بسبب أنّ عملية تكوين المجرات نفسها تغيّر الأشياء بطريقة لم نفهمها جيّداً بعد؟

هناك أشياء أخرى أحاول فهمها، وتشمل الحالات الأوضح لتحديد الفرق بين فيزياء المادة المظلمة من جهة، وفيزياء تكون المجرات والنجوم من جهة اخرى، لذلك لابد علينا التفكير جيداً بكيفية تصفية وتوضيح تجاربنا الكونية التي نقوم بها.

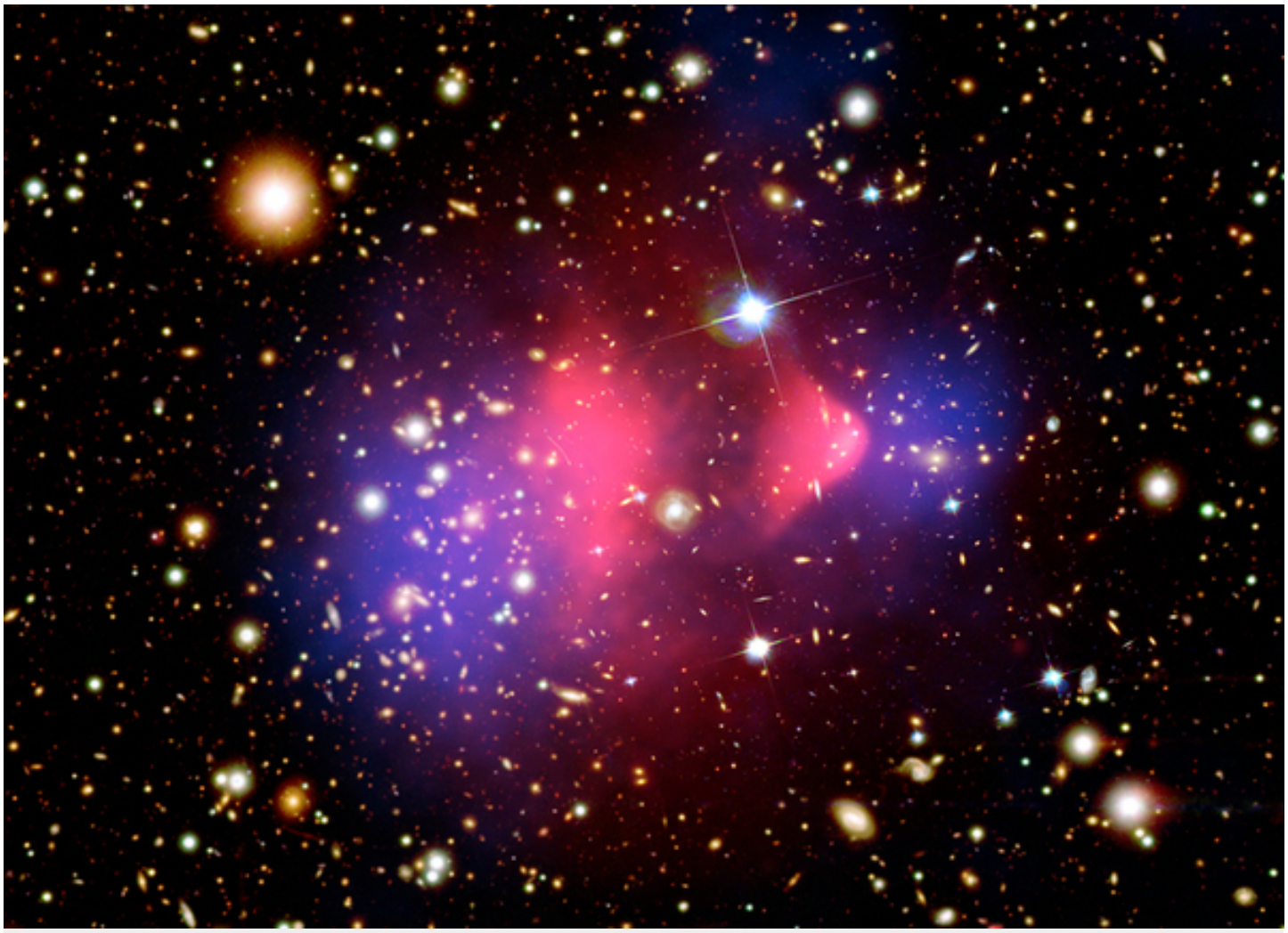
أين يقع المخبر الكونيّ الأصفى؟

برأيي، المراكز الأكثر صفاءً هي الأصغر، فالمجرات القزمة هي أصغر المجرات، حيث أنّ لها كمية قليلة من النجوم التابعة لها ولكن الكثير من المادة المظلمة، وفي بعض الحالات، تمتلك هذه المجرات مادةً مظلمة مائة مرّة أكثر من المادة التي تظهر أنّها تمتلكها (المنطقة داخل مجرة درب التبانة وبالنسبة للشمس تتألف من نصف من المادّة المظلمة ونصف من المادة العادية)، بالتالي فللمجرات القزمة الكثير من المادة المظلمة مقارنةً بالنجوم، ما يجعلها مخابرَ ممتازة للبحث حول المادة المظلمة، الأمر الذي يعني أنّها صافية جداً.

ولكن تعتبر دراسة فيزياء المادة الظلمة في مكانٍ لا يشعّ بالضوء أمراً صعباً جداً الأمر الجيد حول هذه المواد أنّها متقاربة، حيث أن القرب بينها جيدٌ كفاية ليمكننا من القياس الفعلي لسرعة الضوء لكلّ نجم على حدى، ما يسمح ببناء نموذج دقيق يمكننا من رؤية كثافة المادة المظلمة في مراكز هذه المجرات، وذلك لكونها قريبة جداً إلى جانب امتلاكها دقّة عالية، كما أن محيطها مليء بالمادة المظلمة، فلا داع للاهتمام كثيراً بما يحدث في هذه النجوم.

هناك دراساتٌ جديدةٌ تركز على عناقيد المجرات، فهل بدأت نماذج النظريات والاستكشافات بالمضيّ قدماً في الاتجاه نفسه؟

تخيّل شكل سربٍ من النحل، الأمر مماثل تقريباً لعنقود المجرات، فتصادمات ضخمةٌ تحدث عندما يلتقي عنقودا مجراتٍ مع بعضهما، وهذا المكان هو أحد الأمكنة التي يمكننا البحث فيها عن المادة المظلمة، ففي حال كانت المادة المظلمة تتفاعل بشدّة عندما يتصادم عنقودان مجريان، ستتابع المجرات طريقها في الفضاء، إلا أنّ المادة المظلمة ستبقى، وذلك لأنها تتفاعل بقوة كبيرة مع نفسها، ما سيجعلها تتجمع في المنتصف.



عنقود الرصاصة هذا يوضّح آثار التصادم الكونيّ بين عنقودي مجرّات، بهذه الصورة معدّلة الألوان، الغاز الحار (زهري اللون) تباطئ في التصادم بسبب قوّة الدفع، بينما تظهر المادة المظلمة (اللون الأزرق) بأنّها تتابع حركتها، ما يجعلنا نتوقع كونها مادة مظلمة من النوع عديم التصادم مصدر الصورة: وكالة ناسا.

في المثال المشهور لعنقود الرصاصة، استخدم العلماء تأثير الجاذبيّة العدسيّ لتحديد مكان وجود المادة المظلمة، فوجدوا أنّ المادة المظلمة قد تحركت مع حركة المجرّات، وهذا ما نتوقع حدوثه مع المادة المظلمة عديمة التصادم، و ستكون ردة فعل الناس بسبب هذه النتيجة: "من الأكيد بعد ذلك أنّ المادة المظلمة تتفاعل مع نفسها بقوّة."

كان ذلك منذ عدّة سنوات مضت، ولكن عدّة أمورٍ تغيّرت في هذا الوقت، فلقد توصلنا إلى أنّ النماذج الأولى التي استخدمها الناس لتحديد كيف للمادة المظلمة أن تتفاعل مع نفسها كانت تبالغ كثيراً، وبعض العناقيد الأخرى كان لها نتائج غير واضحة جداً، وقد يكون هناك جرٌّ (دفع) أكبر مما كنا نعتقد بوجوده.

توصّل فريق ريتشارد ماسي **Richard Massey** إلى دليلٍ يفيد بوجود نوعٍ من الضغط المظلم، ضغط "الرام" يفصل المادة المظلمة عن المجرة. لم نصل بعد إلى النقطة الكافية من الدراسة والاستكشاف، فلازلنا بحاجة إلى بذل المزيد من الجهد في محاكاة العمليات الحسابيّة بدقّة مع وجود هذه الأنواع المختلفة من المادة المظلمة، ذلك لنكتشف ما هي حقيقتها وما الأمور التي لا نعلمها بعد. أعتقد أنّنا توصلنا إلى تلميحاتٍ مثيرة للاهتمام عن الموضوع، لتحفزنا على القيام بعملٍ أفضل لفهم ما هي هذه المادّة.

- التاريخ: 2016-02-07
- التصنيف: فيزياء

#المادة المظلمة #العناقيد المجرية #المادة العادية #مركز المجرات

المصطلحات

- **الجسيمات فائقة الكتلة وضعيفة التفاعل (Weakly Interacting Massive Particles)**: أو اختصاراً WIMPs، وتُعتبر من بين المرشحين الفيزيائيين الأقوى لتكون جسيمات المادة المظلمة، ويُعتقد أن هذه الجسيمات تتفاعل مع غيرها من الجسيمات عبر قوى الثقالة والقوى النووية الضعيفة.

المصادر

- wired
- الصورة

المساهمون

- ترجمة
  - رند يوسف
- مُراجعة
  - همام بيطار
- تحرير
  - منير بندوزان
- تصميم
  - سلام دللو
- نشر
  - مي الشاهد