46

الطاقة المظلمة

Dark energy

اكتشاف أن توسع الكون يتسارع بدلًا من أن يتباطأ هو أحد الاكتشافات العلمية الأكثر إثارة في العصر الحديث. لا يـزال علماء الفلك غير متأكدين بالضبط ما هي الطاقة المظلمة، لكن الحلول الممكنة لها آثار ضخمة على فهمنا للكون.

عندما أطلقت وكالة ناسـا تلسـكوب هابل الفضائي في أبريل عـام 1990، كان مشروعه الأسـاسي أو «الرئيسي» هو تحديد ثابت هابل (معدل توسـع الكون) ومـن ثم عمر الكون، عن طريق توسـيع نطاق الاستخدام الموثوق به للنجوم المتغيرة القيفاوية كشموع قياسية (انظر صفحة 223) إلى مسـافات لم يسبق لها مثيل. وقد أسـفر ذلك في نهاية المطاف عن تحديد عمر مقبول على نطاق واسع للكون يقدر بحوالي 13.8 مليار سنة.

المستعرات العظمى الكونية

في منتصف التسـعينيات، قاد فريقان منفصلان أسلوبًا جديدًا لقياس المسافات بين المجرات باستخدام المستعرات العظمى من النوع Ia كـ«شموع مقياسية» بهدف التحقق من نتائج هابل.

الخط الزمني

1915م	1929م	1998م
أضـاف «آينشـتاين» حـد «الثابت الكوني» إلى النسـبية العامة من أجـل الإبقاء على الكون ثابتًا.	أظهر اكتشـاف توسـع الكـون أن استخدام الثابت الكوني أمر زائد.	قدّم فريقان مـن علماء الفلك دليلًا على أن الكون في توسع.

نظريًا، هذه الأحداث النادرة- التي تثار عندما يتجاوز قزم أبيض في نظام ثنائي قريب حد شاندراسيخار، ويدمر نفسه في انفجار للطاقة (انظر صفحة 199)- دائمًا تطلق كمية الطاقة نفسها وينبغي دائمًا أن تظهر ذروة اللمعان نفسها. والحد الأقصى للسطوع كما يرى من كوكب الأرض يسفر بسهولة عن مسافة المستعر الأعظم. والتحدي الرئيسي هو أن هذه الأحداث نادرة الحدوث للغاية، لكن كلا الفريقين كان قادرًا على استخدام تكنولوجيا بحث مميكن لمسح مجموعة من المجرات البعيدة للتنبيه بالعلامات المبكرة للسطوع والإمساك بها قبل أن تصل إلى حدها الأقصى فكرة كلا المشروعين- «فريق البحث عن المستعرات العظمى العالية - الانزياح»، و«مشروع المستعر الأعظم الكوني» ومقرها في كاليفورنيا- كانت مقارنة المسافات المستقلة من قياسات المستعر الأعظم بتلك التي ينطوي عليها قانون هابل (انظر صفحة 245). وفي المجمل، حصد الفريقان بيانات 42 مستعرًا أعظم عالي الانزياح بمسافات قدرها عدة مليارات من السنين الضوئية، و18 أكثر في الكون القريب

في عام 1994 التقط تلسكوب هابل الفضائي صورة لمستعر أعظم من النوع الأول (أسفل اليسار) في المجرة القريبة نسبيًا NGC 4526 على بعد 50 مليون سنة ضوئية من كوكب الأرض كانت قريبة جدًا لدرجة أنها لم تتأثر بالطاقة المظلمة.

1998م

صاغ «مايكل تيرن» مصطلح «الطاقة المظلمة» لوصف التسارع الكوني الغامض.

2011م

تم منح «بيرلموتر»، و«شميت»، و«رايس» جائزة نوبل في الفيزياء.

2013م

أظهرت بيانات «بلانك» أن الطاقة المظلمة تمثل 68.3 ٪ من كل الطاقة الموجودة في الكون.

ولأن قياساتها امتدت إلى ما أبعد نسبيًّا من النطاق المحلي للمشروع الرئيسي لهابل توقع علماء الفلك أن يجدوا دليلًا على أن توسع الكون قد أبطئ قليلًا منذ الانفجار العظيم. وفي هذه الحالة يكون البعد الفعلي لأبعد المستعرات العظمى أقل من ذلك الذي أشار إليه الانزياح الأحمر، ومن ثم تبدو أكثر سطوعًا مما كان متوقعًا.

«ينبغي أن يكون علماء الفلك قادرين على طرح أسئلة أساسية بدون معجلات (الجسيمات).»

سول بيرلموتر

ما لم يتوقعه أحد أن العكس كان هو الصحيح، فالمستعرات العظمى الأبعد بدت باستمرار أكثر خفوتًا مما تنبأ انزياحها الأحمر. وقضى علماء الفلك شهورًا في التحقيق في الأسباب الممكنة للاختلاف قبل أن يعرضوا نتائجهم على المجتمع الأوسع نطاقًا عام 1998. وقد كان الاستنتاج الذي لا مفر منه أنه عند أخذ العوامل الأخرى في الاعتبار، فإن المستعرات العظمى البعيدة من النوع الأول هي حقًّا أكثر خفوتًا مما كان متوقعًا مما يعني أن توسع الكون لا يتباطأ مع مرور الوقت، بل يتسارع. وأصبحت هذه النتيجة المذهلة الآن مدعومة بالدليل من عدة نهوج أخرى، بما فيها قياسات مفصلة لإشعاع الخلفية الكونية الميكروي، ودراسات بنية الكون واسع النطاق. وقد صيغ مصطلح «الطاقة المظلمة» عام 1998 وفي عام 2011 شارك «سول بيرلموتر» من مشروع المستعر الأعظم الكوني جائزة نوبل في الفيزياء مع «بريان شميت»، و«آدم رايس» من فريق البحث عن المستعرات العظمى العالية – الانزياح.

طبيعة الطاقة المظلمة

إذن ما هي الطاقة المظلمة بالضبط؟ طُرحت تفسيرات مختلفة، لكن الشيء الوحيد الذي يمكن أن يتفق عليه الجميع هو، من حيث الطاقة، أن المادة المظلمة هي المكون الرئيسي للكون في الوقت الحاضر. في عام 2013 أشارت قياسات إشعاع الخلفية الكونية الميكروي من قبل القمر

الصناعي بلانـــك لوكالة الفضاء الأوروبية إلى أن المادة المظلمة تمثـــل 68.3 ٪ من كل الطاقة في الكون، والمادة المظلمة تشكل 26.8 ٪، والمادة الباريونية العادية تهبط إلى مجرد 4.9 ٪ وفي الوقت نفسه، عقّد اســـتمرار التحقيق في المســـتعرات العظمى عالية الانزياح الأحمر الأمـــور عن طريق بيان أن التوســـع كان بالفعـــل يتباطأ كما كان متوقعًا في المراحل المبكرة من تاريخ الكون، ولم تفرض الطاقة المظلمـــة نفوذهـــا إلا في الـــ7 مليـــارات ســـنة الأخيرة فســـببت تزايد معدل التوسع.

وعند ســـماع علماء الفلـــك للاكتشـــاف الجديد، تذكروا الثابت الكوني لآينشتاين. فقد أضـــاف عـــالم الفيزياء العظيـــم هـــذا الحـــد الإضـــافي إلى نظريتـــه النســـبية العامة من أجل منع الكون (الذي اعتقد

مطاردة طاقة الفراغ

إذا كانت الطاقة المظلمة تفسر أفضل تفسير حقًّا بحقل طاقة كوني ثابت ينتشر في الفضاء فإنه قد يســـاعد في حل مشكلة قرن تُعرف باســـم كارثة الفراغ. نظرية الكم (فيزياء العالم دون الذري الذي فيه تكون الموجات والجســـيمات متبادلة، وفيه التأكيدات المألوفة تحل محلها الاحتمالات) تتنبأ بأن أي منطقة فارغة تحتوي مع ذلك على «طاقة فراغ». وهذا يســـمح لها تلقائيًّا بإنشاء أزواج افتراضية من الجسيمات ومضادات الجسيمات للحظة وجيزة.

ويمكن التنبؤ بقوة هذه الطاقة من مبادئ معروفة في فيزياء الكم، ووجود جســـيمات افتراضية تظهر في الوجود وتختفي حولنا طول الوقت يمكن إثباته وحتى قياســـه عن طريق ظاهرة غريبة تعرف باســـم تأثير كازيمير. ومع ذلك فإن القيم المقيســـة لفراغ الطاقة أضعف بـــ(10^{100}) مرة على الأقل من التأثـــير المتوقع (1 متبوع بـ100 صفـــر). فلا عجب إذن من أن طاقـــة الفراغ يطلق عليها أسوأ تنبؤ نظري في تاريخ الفيزياء.

للوهلـــة الأولى تبدو طاقـــة الفراغ مثل نهـــج الثابت الكوني نحو الطاقـــة المظلمة، وقد يكـــون من المذهـــل أن الظاهرتـــين كانتا مستقلتين. لكن، إذا كان الأمر كذلك فإن الطاقة المظلمة لن تزيد الوضع إلا ســـوءًا: فطبقًا لأفضل التقديرات فهي أضعف بحوالي (10^{120}) لدرجة أنها لا تتطابق مع التوقعات!

حينذاك أنه ثابت) من الانهيار على نفسه (انظر صفحة 245) لكن آينشتاين ندم على تضمين هذا الحد عندما أثبت بعد ذلك توسع الكون. ومع ذلك، فالنسخة المعدلة من مفهوم آينشتاين واحدة من الاحتمالات المعقولة المرشحة للطاقة المظلمة. في هذا النموذج، الثابت هو كمية ضئيلة من الطاقة الذاتية لحجم ثابت في الفضاء ولما كانت الطاقة مكافئة للكتلة من خلال المعادلة الشهيرة (الطاقة= الكتلة مضروبة في مربع سرعة الضوء) من ثم فإن الثابت له تأثير جاذبية تمامًا كأي كتلة، على الرغم من أن هذا التأثير تنافري في هذه الحالة لأسباب معقدة. على الرغم من أن محتوى الطاقة لكل كيلومتر مكعب من الفضاء ضئيل إلا أن التأثيرات تتراكم عبر مسافات كبيرة، وهي أيضًا تزداد بمرور الوقت مع توسع الكون وحجم الفضاء داخله.

يظهر هذا المخطط الدائري هيمنة الطاقة المظلمة في محتوى الكون من الكتلة والطاقة وفقًا لقياسات عام 2013 من تلسكوب بلانك.

تسمى التفسيرات البديلة الرئيسية المحتملة بنظريات «القوة الخامسة» التي لا تنتظم فيها كثافة الطاقة المظلمة في جميع أنحاء الفضاء لكنها بدلًا من ذلك ديناميكية، وتتراكم في أماكن أكثر من الأخرى مما يتسبب لها في توسع أكبر. وقد طرحت نظريات متنوعة من هذا النوع، بعضها يعامل «القوة الخامسة» على أنها قوة خامسة للطبيعة ترتب جنبًا إلى جنب مع الجاذبية، والكهرومغناطيسية وقوى الأنوية الذرية.

وأيًّا كانت طبيعة الطاقة المظلمة، فإن العلماء سيستمرون في دراسة تأثيراتها في الكون اليوم وفي الماضي. وفي الوقت نفسه، الآثار المترتبة بالنسبة لمستقبل الكون ضخمة ويحتمل أن تقدر عليه موتًا طويلًا باردًا (انظر صفحة 304).

الفكرة الرئيسة

توسع الكون يتسارع، ولكننا لسنا متأكدين من السبب