الفصل السادس

التمدد المضبوط ضبطا دقيقا :

المادة المظلمة وأوميجا Ω

الكثافة الحرجة

بناء على معلوماتنا الحالية يمكننا التنبؤ بأن الشمس ستموت بعد حوالى خمسة بلايين عام ، وأن مجرة أندروميدا أقرب المجرات الكبيرة لنا ستصطدم بمجرتنا درب التبانة بعد زمن مماثل . ونحن نعتمد فى تنبؤاتنا هذه على افتراض أن قوانين الفيزياء الأساسية تنطبق على الكون كله سواء فى الأرض أو الشمس أو المجرات وأنها ستبقى تعمل مفعولها طوال بلايين السنين القادمة مثلما كانت فى البلايين السابقة . وإذا كنا نستطيع التنبؤ بدقة إلى حد ما بالنسبة للأحداث الكبرى على مدى زمنى طويل إلا أننا لا نستطيع ذلك بالنسبة لتغيرات أصغر على مدى زمنى أقل . فلا يمكننا التنبؤ مثلا بثقة بالتغيرات فى مجال الأرض الجوى على مدى زمنى يصل حتى إلى جزء من مليون من التنبؤات السابقة عن الشمس والمجرات أو الكون ككل .

والسؤال الآن هل سيظل الكون يتمدد إلى الأبد ، أو أن تمدده هذا يمكن أن ينقلب إلى الانكماش ، ويقل حجم الكون لينتهى بالانسحاق العظيم ليعود كما كان قبل الانفجار الكبير ؟ تعتمد الاجابة هنا على الفارق بين مقدار قوة تمدد الكون ومقدار قوة تقلصه (الجاذبية) . ونحن نعرف الآن سرعة تمدد الكون . أما مقدار قوة الجاذبية فيعتمد على كثافة المادة الموجودة فى الكون . وإذا زادت هذه الكثافة عن قدر معين من الكثافة الحرجة تتغلب قوة الجاذبية على قوة التمدد ويتوقف تمدد الكون ليتحول إلى تقلص .

أمكن حساب هذه الكثافة الحرجة ووجد أنها تصل إلى ما يقرب من خمس ذرات لكل متر مكعب ولو أننا فككنا كل المجرات والنجوم ونشرنا ذراتها باتساق فى الكون كله ستكون كثافة المادة تقريبا ذرة واحدة فى كل عشرة أمتار مكعبة . ويوجد مقـــدار يماثل ذلك من الذرات فى الغاز المنتشر ما بين المجرات بحيث يصل مجموعة كثافة الذرات كلها إلى ٠,٢ ذرة للمتر المكعب وهذا أقل كثير من الكثافة الحرجة التى يتقلص الكون عندها على نفسه بالجاذبية ، فهو ١/٢٥ من الكثافة الحرجة .

كمية المادة المظلمة !

نسبة كثافة الكون الفعلية إلى الكثافة الحرجة تسمى بالحرف الإغريقى أوميجا Ω . ويعتمد مصير الكون على ما إذا كانت أوميجا أكبر أو أصغر من الواحد الصحيح. وكثافة ذرات الكون كما نعرفها الآن هى ٠,٢ ، أى أن أوميجا = $\frac{١}{٢٥}$ أو أقل من الواحد بكثير ، بما يعنى أن الكون سيظل يتمدد .

على أننا أدركنا فى العقود الأخيرة أن الكون فيه كمية كبيرة من المادة التى لا

obeikandl.com

نراها وتسمى المادة المظلمة . وهذه المادة المظلمة تشكل أغلب مادة الكون ، تقريبا ٩٠ – ٩٩٪ من الكون ، وهى العامل الأساسى فى كثافة الكون ، والمادة المظلمة لا يصدر عنها ضوء مرئى ولا أى إشعاع آخر مثل الراديو أو الحرارة . ونحن ندركها فقط بتأثير جاذبيتها فى حركة النجوم والمجرات . فحركة هذه الأجرام تطرح وجود شد جذبوى عليها .

كلما زادت سرعة حركة الأجرام السماوية زادت نزعتها للتباعد ، إلا أن هناك فى الوقت نفسه قوة جاذبية بين هذه الأجرام تشدها معا تجاه المركز ، ولولا هذه الجاذبية لتشتت هذه الأجرام متفرقة . وقد استنتج العلماء وجود المادة المظلمة لأن النجوم والمجرات تتحرك بسرعات أكبر من أن توازنها فحسب جاذبية الأجرام المرئية المضيئة . وينطبق ذلك لا على المجرات المفردة وحدها بل وعلى المجموعات العنقودية للمجرات التى يبلغ عرضها ملايين السنين الضوئية . فهى حتى تبقى متماسكة معا رغم أن سرعة دورانها تتطلب أن تشدها معا قوة جاذبية تزيد بعشرة أمثال عن جاذبية الأجرام أو المادة المرئية .

هناك أدلة أخرى على وجود المادة المظلمة . فأى مادة جذبوية مضيئة أو مظلمة تحرف مسار أشعة الضوء ، وبالتالى يمكن تقدير كتلة التجمعات العنقودية بناء على مدى قدرتها على أن تحرف مسار أشعة الضوء التى تبثها المجرات السحيقة البعد ، فتبدو لهذه المجرات صور وكأنها أبعد من مكانها الأصلى . فالأمر وكأن الراصد ينظر إلى نمط رسم على ورق جدران من خلال صفحة زجاج مقوسة أو من خلال عدسة ، والعدسة هنا مجموعة مجرات عنقودية تحرف مسار الضوء الآتى من مجرات أبعد . وعندما حُسبت كتلة كل المجموعة العنقودية وجد أنها لا تكفى لانتاج هذه الصورة العدسية ، وأن الكتلة المطلوبة لذلك تصل إلى عشرة أمثال المجرات العنقودية المرئية ، وهذه الكتلة الزائدة مصدرها المادة المظلمة . فالمادة المظلمة هى صاحبة التأثير الجذبوى الأساسى الذى يهيمن على الكون .

ماذا يمكن أن تكون المادة المظلمة ؟

طرح أول الأمر أن المادة المظلمة قد تكون نجوما جد شاحبة تسمى الأقزام البنية تقل كتلتها عن ٨٪ من كتلة الشمس . ويمكن الكشف عن الأقزام البنية المنفردة عندما يمر أحدها أمام نجم ساطع فتؤدى جاذبية القزم البنى إلى تركيز ضوء النجم الساطع بحيث يبدو مكبرا ، وبالتالى فإن النجم يزداد سطوعا ثم يشحب بأسلوب متميز إذا مر أمامه قزم بنى ، ويسمى هذا بالتأثير العدسى أو «التعديس المصغر» لتمييزه عن التعديس الناتج عن مجموعات المجرات العنقودية ، السابق ذكره .

على أن الأقزام البنية مهما كان عددها لا يمكن أن تكون هى المكون الوحيد للمادة المظلمة . وهناك نظريات تطرح أن المادة المظلمة قد تكون كواكب باردة

تتحرك فى الفضاء ما بين النجوم ، غير مرتبطة بأى نجم ؛ إذ أنها تكتلات من هيدروجين متجمد تشبه المذنبات ؛ أو أنها ثقوب سوداء .

جسيمات غريبة تكون المادة المظلمة

هناك أسباب قوية تجعل العلماء يظنون أن المادة المظلمة فى معظمها ليست مصنوعة من ذرات أو باريونات عادية ، وأن الأقزام البنية والمذنبات والثقوب السوداء لن تكوّن إلا جزءا صغيرا منها . وقد بنى العلماء رأيهم هذا على تحليل طيف الغازات باستخدام التليسكوبات الحديثة التى يصل قطر مرآتها لعشرة أمتار ، وتحليل نسب هذه الغازات الموجودة حاليا ، وتلك التى تقدر من حسابات الانفجار الكبير . ويتأكد من ذلك أن كثافة مادة الكون الحالية هى ٠,٢ لكل متر مكعب ، أى أنها ٤٪ من الكثافة الحرجة ، وأن المادة المظلمة التى تغلب على الكون مصنوعة من جسيمات خاملة بالنسبة للتفاعلات النووية .

من الجسيمات المرشحة لتكوين المادة المظلمة جسيمات النيوترنيو ، وهى جسيمات تكونت خلال اللحظة الأولى بعد الانفجار الكبير حيث الحرارة تتجاوز ١٠ بليون درجة ، ويمكن أن تتحول الفوتونات (كمّات الاشعاع) إلى جسيمات نيوترينو، ثم يحدث توازن مربع بينهما . ويمكن باستخدام القوانين الفيزيائية حساب كثافة النيوترينو المتخلفة عن كرة النار الكونية حيث وجد أنها ينبغى أن تكون ١١/٣ من الفوتونات ، بما يصل إلى حوالى ٣٤٠ نيوترينو فى السنتيمتر المكعب ، أو مئات الملايين من النيوترينو لكل ذرة فى الكون . وكان يظن حتى قبل ثمانينيات القرن العشرين أن النيوترينو لا وزن لـه ، إلا أن هناك ما يدل الآن على أن له وزن صغير جداً ، ومع كثرة الأعداد الهائلة للنيوترينو فإن هذا الوزن الضئيل يتراكم إلى قدر كبير ، مشكّلا المادة المظلمة . والعلماء الآن واثقون من وجود جسيمات النيوترينو ولكنهم لم يحددوا بالضبط كتلة النيوترينو الضئيلة .

هناك أيضا قائمة بجسيمات افتراضية تتكون مع الإنفجار الكبير ، ويمكن «إن كانت موجودة» أن تسهم فى تشكيل المادة المظلمة ، وبعضها يصل وزنه المقترح إلى مائة مثل لذرة الهيدروجين . ويفترض أن هذه الجسيمات وإن كانت ثقيلة إلا أنها كهربائيا متعادلة ، وعندما تسقط من الفضاء على الأرض فإنها تخترقها مباشرة بسهولة ، مثلما تفعل جسيمات النيوترينو الخفيفة . على أنه يرجح أن نسبة ضئيلة منها قد تصطدم بذرة من المادة التى تخترقها . وقد ابتكر العلماء أجهزة دقيقة حساسة فى محاولة لرصد تأثير اصطدام ضعيف الأثر من هذا النوع . وهذه الكشافات ينبغى أن تبقى باردة عند درجات منخفضة جدا لتجنب الخلط بينها وبين أى تفاعل آخر ، كما ينبغى أن توضع عميقا تحت الأرض ، ويستخدم لذلك أعماق المناجم أو أنفاق فى جبال عالية . والعلماء هكذا كأنهم يعملون فى أرصاد «لعلم فلك تحت الأرض» . ولازالت هذه التجارب تجرى دون نتائج حاسمة ، خاصة أنها

لا تتوفر لها بعد نظرية أكيدة عن جسيمات المادة المظلمة وطبيعتها ليتركز البحث من حول هذه النظرية .

هكذا تتعدد النظريات عن مكونات المادة المظلمة ، منها أنها تتكون من جسيمات خفيفة جدا تسمى الأكسيونات ، أو أنها تتكون من جسيمات ثقيلة جدا أثقل بليون مرة مما يدور البحث حوله الآن ، وبالتالى فإنها تكون أقل عددا وأصعب فى العثور عليها . أو أن المادة المظلمة تتكون من ثقوب سوداء صغيرة فى حجم الذرة تسمى الثقوب السوداء الأولية لأنها تكونت مع الضغوط الهائلة للكون المبكر . وربما تكـون المادة المظلمة مكونة من كل هذه الأشياء معا . وما زالت النظريات موضع بحث ، وإن كان فيها تفاوت كبير لدرجة أن وزن الجسيمات المقترحة يتراوح من 10^{-33} جرام (النيوترينو) إلى 10^{39} جرام (الثقوب السوداء) ، أى بفارق يصل إلى ٧٠ أس للعشرة !

الضبط الدقيق للتمدد الأصلي

عندما يكون هناك توازن كامل بين قوة التمدد وقوة الجاذبية تبقى قيمة أوميجا بالضبط عند الواحد . وهذا ما يفترض أن تكون عليه هذه القيمة فى الكون المبكر . ذلك أنه لو كانت أوميجا فى ذلك الوقت أقل من الواحد ولو بقليل فسينتهى الأمر بأن تسود قوة التمدد حتى تصبح نسبة أوميجا صغيرة جدا . ومن الجانب الآخر لو كانت أوميجا أكبر مـــن الواحد الصحيح ، فسـوف تتغلب قوة الجاذبية لتوقف التمدد .

ولو سادت قوة التمدد مبكرا بأسرع مما ينبغى ، لن تتمكن المجرات والنجوم من أن تتكون بتجاذب المادة ، ولن تكون هناك فرصة لتطور الحياة . ومن الناحية الأخرى عندما تتغلب قوة الجاذبية أكثر مما ينبغى سيتقلص الكون على نفسه سريعا فى انسحاق كبير من غير أن تظهر حياة . وحتى تظهر أى حياة ينبغى أن تنخفض درجة حرارة الكون لتصبح على الأقل منخفضة عن ٣٠٠٠ درجة . ولابد أن يكون التمدد الأصلى بالسرعة الكافية لأن تسمح بهذا الانخفاض ، وإذا كانت سرعة التمدد أقل لن تكون هناك فرصة للحياة .

وبالتالى فإن كوننا يبدأ بسرعة تمدد مضبوطة بدقة بالغة للحد الذى يكفى بالضبط لوجود توازن مع قوة الجاذبية . وهكذا نجد أنه بعد ثانية واحدة من الانفجار الكبير لا يمكن أن تكون قيمته أوميجا مختلفة عن الواحد بأكثر من جزء من مليون البليون (أى جزء من 10^{15}) ، وذلك حتى يحدث كما ينبغى ، أن يظل الكون الآن ، بعد ١٠ بلايين عام ، وهو فى حالة تمدد ، وبقيمة لأوميجا لم تبتعد كثير عن الواحد .

لاحظنا فيما سبق أن أى كون مركب يجب أن يتضمن رقما كبيرا لنسبة (N) بعكس ضعف الجاذبية ، ويجب أن تكون قيمة (E) فيه بحيث تسمح بأن تحدث عمليات تفاعل نووية وكيميائية . إلا أن هذين الشرطين لا يكفيان . فلابد أيضا أن تكون سرعة تمدد الكون مضبوط «ضبطا دقيقا» لتوفر الظروف الملاءمة لعمليات التفاعل ، وبالتالى فإن Ω (أوميجا) هى أيضا رقم حاسم فى تشكيل الكون .

obeikandl.com