الفصل الخامس

مثوانا البيئى في المجرة (٢)

ما وراء المجرة

تتجمع النجوم فى مجرات تشكل الوحدات الأساسية التى تصنع الكون . ومجرتنا درب التبانة مكونة من مائة بليون نجم تقع أساسا فى قرص وتدور حول نتوء لامع فى المركز حيث تكون كثافة النجوم أكثر من المتوسط . ويقع فى المركز تماما ثقب أسود تصل كتلته إلى ٢,٥ مليون شمس . ويستغرق النجم النمطى أكثر من مائة مليون عام ليدور دورة واحدة حول مركز المجرة ، ويسمى هذا الزمن أحيانا «بالسنة المجرية» .

ترصد التليسكوبات الكبيرة ملايين من المجرات بعضها فى شكل قرص مثلنا والبعض له شكل اهليلجى . والنجوم فى المجرة الإهليلجية لاتنتظم فى قرص وإنما تدور فيما حولها فى مدارات أكثر عشوائية يتأثر كل نجم فيها بجاذبية كل النجوم الأخرى .

تتجمع المجرات معا بفعل الجاذبية فى مجموعات عنقودية . ومجرتنا عضو فيما يسمى بالمجموعة المحلية التى يبلغ عرضها عدة ملايين من السنين الضوئية . وتشمل المجموعة المحلية مجرة درب التبانة ومجرة أندروميدا (المرأة المسلسلة) أقرب جار كبيرلنا ، ثم ٣٤ مجرة أخرى صغيرة شاحبة ، قابلة للزيادة مع تحسن وسائل الرصد . تشد الجاذبية مجرة أندروميدا تجاه مجرتنا بسرعة تقرب من ١٠٠ كيلو متر فى الثانية . وقد يحدث بعد حوالى خمسة بلايين عام أن تصطدم هاتان المجرتان معا ، واصطدام المجرات حدث روتينى فى الكون نراه فى أرصادنا فى أعماق الفضاء . وعندما تصطدم مجرتان قرصيتان كالتبانة وأندروميدا ينتج عن ذلك تكوين مجرة اهليلجية .

نسيج الكون

تتجمع مجموعتنا المحلية من المجرات مع مجرات أخرى لتكوّن مجموعات أكبر وأكبر تنتظم فى هيئات ضخمة . وأقرب هذه الهيئات لنا «الحائط العظيم» حيث تمتد مصفوفة من المجرات فيما يشبه صفحة على بعد ما يقرب من ٢٠٠ سنة ضوئية. وهناك تركيز آخر من المجرات يسمى «الجاذب العظيم» يجذبنا نحن ومجموعة العذراء (فيرجو) بسرعة مئات الكيلومترات فى الثانية . وقد رصدت التليسكوبات القوية تجمعات مشابهة للحائط والجاذب العظيمين على بعد عدة بلايين من السنين الضوئية . إلا أن هذا النمط من التجمع فى تراتب أو طبقات لا يظل مستمرا إلى مالا نهاية حتى آخر أطراف الكون : فكلما زادت المسافة التى نرصد الكون بها ، بدا لنا الكون أكثر تناغما وتناسقا وسلاسة وقل ما يبدو فيه من اختلاف فى الملامح .

التمدد

الضوء الآتى من مجرة بأكملها يمكن تحليله فى طيف ، تماما مثلما يحلل

الضوء الآتى من نجم منفرد . والتحليل الطيفى للضوء يظهر شريطا من الألوان كما فى قوس قزح أو تجربة المنشور الثلاثى المشهورة . وأطول موجات هذه الألوان هو الأحمر فى طرف وأقصرها هو الأزرق والبنفسجى فى الطرف الآخر . ويبين لنا التحليل الطيفى لضوء المجرة سرعة حركة المجرة واتجاه هذه الحركة . فإذا كانت المجرة تتحرك بعيدا عنا إنزاحت خطوط الطيف إلى طرفه الأحمر فيما يسمى بالإزاحة الحمراء ، وإذا كانت المجرة تتحرك مقتربة منا حدثت إزاحة زرقاء لخطوط الطيف أى أن الخطوط تنزاح إلى طرف الطيف الأزرق . ويكون مدى الإزاحة الحمراء مقياسا لمسافة ارتداد أو تباعد الجرم المرصود . ونحن نعيش فى كون يتمدد حيث يزداد بمرور الزمن اتساع المسافة بين مجموعات المجرات ، وبالتالى يزداد ما نرصده من إزاحة حمراء فى طيفها . وكان الفلكى الأمريكى إدوين هابل أول من قاس هذه الظاهرة ورصد العلاقة بين الإزاحة الحمراء وسرعة تباعد المجرات . وعندما نقول أن الكون يتمدد فإن هذا لا يعنى أن المجرات نفسها تتمدد ، لا هى ولا أى من محتوياتها كالمجموعة الشمسية ، ولكن هذا يعنى فقط أن المجرات بصفة عامة تتباعد .

إذا كانت المجرات الآن تتباعد ، فهذا يعنى أنها فيما مضى كانت أكثر وأكثر تقاربا . وبالتالى فإن الكون كان أصغر وأصغر . حتى نصل إلى أنه كان عند بدايته منضغطا فى نقطة كالصفر . ومع شدة الإنضغاط تولدت طاقة شديدة أدت إلى تفجر الكون ثم تمدده حتى الآن . ونظرية نشأة الكون بالإنفجار تسمى نظرية الانفجار الكبير وهى النظرية السائدة للآن فى علـم الفلك والفيزياء الفلكية . ونستطيع أن نحدد عمر الكون أو بداية الانفجار الكبير بقياس سرعة تمدد الكون (الإزاحة الحمراء) والمسافات التى تفصل بين المجرات . ومنذ أيام هابل تراوح حساب عمر الكون بين العشرة والعشرين بليون سنة . وسبب هذا التراوح فى التقدير هو أن تقدير المسافة إلى المجرات مازال تقديرا فيه شئ من عدم الدقة كذلك . فإن من المؤكد أن الكون كان فى أول الأنفجار يتمدد بسرعة أكبر عن سرعة تمدده الآن ، وهناك اختلاف فى تقدير هذه السرعة الأكبر . على أنه باستخدام تليسكوب هابل الفضائى، الذى أطلق فى ١٩٩٠ وسمى على اسم هابل الفلكى الأمريكى ، أمكن الحصول على أرصاد أفضل كثيرا مما نحصل عليه من المراصد الأرضية ، لأن التليسكوب الفضائى يدور فوق غلاف الأرض الجوى بمسافة مرتفعة (٦٠٠ كم) فيتجنب ما يحدث فى المراصد الأرضية من تشوش صورها بتأثير الغلاف الجوى . وهكذا فإن صور مرصد هابل تليسكوب الفضاء (هتف) ، بما لها من دقة ووضوح ، مكنت العلماء من تدقيق المسافات بين الأجرام المرصودة . وأصبح عمر الكون يحسب منذ ١٩٩٩ بأنه من ١٢ إلى ١٣ بليون سنة . بينما يحسب عمر أقدم النجوم (من أرصاد تطور حياة النجوم) بأنه ما يقرب من عشرة بلايين عام . وهكذا تم حل

تناقض قديم فى نظرية الانفجار الكبير حيث كان عمر أقدم النجوم يقدر أحيانا بأنه أكبر من عمر الكون .

رؤية الماضى

ينتقل الضوء بسرعة محددة تقرب من ٢٠٠٠٠٠ كم فى الثانية ، وبالتالى فعندما ننظر فى تليسكوب إلى أجرام بعيدة عنا فإننا لا نراها كما هى عليه الآن ، وإنما نراها بما كانت عليه منذ زمن طويل . وكلما زادت مسافة الرصد توغلنا أكثر من الزمن الماضى .

ويشبه الأمر ما يراه علماء الجيولوجيا عندما يحفرون على مسافات أعمق وأعمق فى الأرض فتظهر لهم طبقات أقدم وأقدم عمرا بما فيها من حفريات يزداد عمرها مع زيادة عمق الحفر ، ونتبين منها كيف كانت الكائنات الحية الأقدم وكيف تطورت تدريجيا حتى زمننا الحالى . وبمثل ذلك فإن علماء الفلك يتوغلون فى أرصادهم لمسافات أبعد وأبعد فى الماضى وتبدو لهم كائنات الفضاء (المجرات) وهى فى صورتها البدائية عند بدء تكوّن الكون ، تطورها تدريجيا لتصبح مثل مجرتنا الحالية والمجرات المجاورة لها . ونحن نفترض فى ذلك أن الكون بالقياس الكبير متناسق ، وأن كل أجزائه تتماثل فى تاريخ تطورها ، وأن حفريات الماضى الضوئية تبين تطور أجرامه . وأن الأجرام المرصودة عند كل بعد معين تعطينا المعلومات عن حقبة معينة من الماضى ، بنجومه القديمة وطريقة تكون العناصر الكيميائية فى المجرات الصغيرة العمر .

كان لمرصد هتف الفضائى دوره المهم فى هذه الأرصاد . إلا أنه يساوى ذلك أهمية الدور الذى تؤديه الآن المراصد الأرضية ، حيث أمكن زيادة قطر مرآتها إلى ٨ – ١٠م ، بحيث تزيد مساحة التجميع بالمرآة إلى ستة عشر مثل لمرآة هتف (٢,٤م) ، ومرآه المرصد بمثابة القلب فى بصرياته . وأكثر المراصد الأرضية إبهارا ما يسمى التليسكوب الكبير جدا ويتكون من مجموعة مترابطة من أربعة تليسكوبات قطر كل منها ثمانية أمتار . وهذا التنظيم يمكن من التغلب على تشوش الصورة بالغلاف الجوى .

أمكن بواسطة هذه الآلات الرائعة التقاط صور للكون تتوغل فى الماضى إلى الزمن الذى تكونت فيه أول المجرات . والنظرية السائدة حاليا أن النجوم الأولى تتكون فى وقت أكثر تبكيرا ، وتكون فى تكتلات أصغر من المجرات الحالية وأشحب من أن نتمكن من رؤيتها . ثم تتجمع هذه التكتلات فى هيئات أكبر . وسرعة تكثف الغاز إلى نجوم تكون قد بلغت أقصاها وعمر الكون حوالى ربع عمره الحالى . أما حاليا فيقل عدد ما يتكون من النجوم لأن معظم الغاز فى المجرات «البالغة» قد استخدم من قبل فى صنع النجوم الأكبر سنا .

ما قبل المجرات

أحسن دليل على الانفجار الكبير الذى حدث قبل تشكيل الكون والمجرات هو أن الفضاء ما بين المجرات لم يبرد بعد تماما ، ولازالت فيه بقايا من حرارة الانفجار . وتظهر هذه الحرارة نفسها كموجات ميكروويف مثل الموجات التى تتولد من فرن ميكروويف ولكنها أقل كثيرا فى قوتها من موجات الفرن . وتسمى هذه «بخلفية الكون من الأشعة الميكروويفية» . وقد اكتشفت فى ١٩٦٥ وتعد أهم تقدم فى علم الفلك منذ اكتشاف تمدد الكون . وقد قيست هذه الأشعة فى تسعينيات القرن العشرين قياسا دقيقا باستخدام القمر الصناعى «كوب» ، وتؤكد هذه القياسات أن كل شىء فى الكون وكل ما تتكون منه المجرات حاليا ، كان فى البداية غازا مضغوط حرارته أسخن من قلب الشمس .

متوسط درجة حرارة الكون حاليا هو ٢,٧٣ درجة مطلقة (حوالى - ٢٧٠°م) . وهذه بالطبع درجة حرارة باردة جدا ولكنها مازالت تعنى وجود قدر من الحرارة ما بيـــن المجرات . ويقدر حاليا أن كثافة الذرات فى الكون هى ٠,٢ ذرة لكل متر مكعب ، كما يقدر أن نسبة الاشعاع أو الفوتونات الموجودة فى الكون إلى ذراته هى نسبة من بليونى فوتون لكل ذرة ، أى أن نسبة «الحرارة» إلى «المادة» كبير جدا . ولما كانت هذه النسبة تظل ثابتة أثناء تمدد الكون لأن الفوتونات والذرات تقل كثافتهما معا أثناء التمدد بدرجة متماثلة ، ولما كان الكون قد برد بالتمدد فلابد وأنه قد بدأ بانفجار كبير «ساخن» .

بعد الانفجار ظلت الحرارة لدقائق معدودة تزيد عن بليون درجة ولم تستمر الأطوار الساخنة المبكرة طويلا . فبعد نصف مليون سنة كانت الحرارة قد بردت إلى ٣٠٠٠ درجة – أى أقل شيئا من حرارة سطح الشمس . وهذه الدرجة بمثابة حد فاصل . فقبل الوصول إليها كانت السخونة الشديدة لا تسمح للالكترونات بالالتحام بالنوى نظرا لتحرك الالكترونات بسرعة كبيرة وهى ساخنة هكذا . أما بعد الوصول إلى هذه الدرجة فإن سرعة الالكترونات تكون قد قلت بالقدر الكافى لان ترتبط الالكترونات بالنوى مكونة ذرات متعادلة . ويصبح الكون البدائى عندها «شفافا» وليس معتما كما كان قبلها لأن الذرات لا تستطيع تشتيت الضوء بمثل قدرة الالكترونات الحرة .

أثناء تمدد الكون تنخفض درجة الحرارة فى تناسب عكسى مع حجم الكون . وهكذا فإن أشعة الميكروويف التى يقيسها «كوب» هى بقايا زمن كان الكون فيه مضغوطا ضغطا تزيـــد شدته ألف مرة عما هو عليه الآن عندما كانت حرارته ٣٠٠٠° ، وقبل أن توجد أى مجرات بزمن طويل .

التفاعلات النووية في الانفجار الكبير

بدأ كوننا حسب نظرية الانفجار الكبير بحرارة أسخن من قلب أى نجم . لماذا إذن لم يستمر تحول نوى الهيدروجين الأولية إلى عناصر أثقل حتى تكون الحديد ؟ السبب لحسن الحظ أن الدقائق الأولى المحدودة من التمدد بالانفجار لم تتح وقتا كافيا لتحويل أى من المادة الأولية إلى حديد ولا حتى إلا عناصر أقل ثقلا كالكربون والأوكسجين ، وكل ما يحدث هو أن حوالى ٢٣ ٪ من الهيدروجين قد تحول إلى أول عنصر أثقل منه وهو الهليوم . ولم ينتج عن الانفجار الكبير نفسه أى عنصر آخر أثقل من ذلك . ولو كانت الظروف سمحت عندها بتكون العناصر الأثقل لأصبح عمر النجوم قصيرا جدا ويقاس بملايين السنين وليس بالبلايين ، الأمر الذى لا يتيح زمنا كافيا لتطور طويل تنبثق عنه الحياة .

وفيما يبدو فإن المجرات الأولى بدأت بالفعل كمزيج من الهيدروجين والهليوم وليس كهيدروجين نقى .