

الفصل الخامس

مثنوانا البينى 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 لا تنتظم 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 كبير لنا ، 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 العظيم 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 .

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

التمدّد

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 وأقصاها 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 مقترية 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 ، وبالتالي 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 . وبالتالي فإن الكون كان أصغر وأصغر . حتى نصل إلى أنه كان عند بدايته منضغطا فى نقطة كالصفر . ومع شدة الانضغاط تولدت طاقة شديدة أدت إلى تفجر الكون ثم تمدده حتى الآن . ونظرية نشأة الكون بالانفجار تسمى نظرية الانفجار الكبير وهى النظرية السائدة للآن فى علم 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 الانفجار 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 في نظرية الانفجار الكبير حيث كان عمر أقدم النجوم يقدر أحيانا بأنه أكبر من عمر الكون .

رؤية الماضي

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

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

كان لمرصد هتف الفضائي دوره المهم في هذه الأرساد . إلا أنه يساوى ذلك أهمية الدور الذي تؤديه الآن المراصد الأرضية ، حيث أمكن زيادة قطر مرآتها إلى ٨ - ١٠ م ، بحيث تزيد مساحة التجميع بالمرآة إلى ستة عشر مثل مرآة هتف (٢,٤م) ، ومرآة المرصد بمثابة القلب في 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 في الماضي إلى الزمن الذي تكونت فيه أول المجرات . والنظرية السائدة حاليا أن النجوم الأولى تتكون في وقت أكثر تبكيرا ، وتكون في تكتلات أصغر من المجرات الحالية وأشحب من أن تتمكن من رؤيتها . ثم تتجمع هذه التكتلات في هياث أكبر . وسرعة تكشف الغاز إلى نجوم تكون قد بلغت أقصاها وعمر الكون حوالي ربع عمره الحالي . أما حاليا فيقل عدد ما يتكون من النجوم لأن معظم الغاز في المجرات «البالغة» قد استخدم من قبل في 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 ، ولا زالت 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 «بخلقية 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 شئ 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 بين 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 فلا بد 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 مضغوطة ضغطا تزيد شدته ألف مرة عما هو عليه الآن عندما كانت حرارته ٣٠٠٠° ، وقبل أن توجد أى مجرات بزمان 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 الهيليوم . 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 والهيليوم وليس كهيدروجين نقي .