39

الكون الفسيح

The large-scale Universe

تتجمع المجرات معًا في مجموعات متنوعة الأحجام، مع وجود مجموعات مضغوطة نسبيًّا، وتجمعات تتداخل عند الحواف لتنتج تجمعات فائقة أكبر، وبنى في حجم الكون من الخيوط والفراغات. إن توزيع أنواع المجرات المختلفة لا يكشف عن أسرار نشأة المجرات فحسب لكنه يخبرنا أيضًا بشيء مهم عن الأوضاع التي كان الكون عليها في وقت مبكر.

عندما اكتشف علماء الفلك المجرات الحلزونية، والمجرات الإهليلجية بأعداد متزايدة خلال القرنين: الثامن عشر، والتاسع عشر، أصبح توزيعهما غير المتكافئ في السماء واضحًا. إن أوضح تجمع للنجوم يقع في كوكبة العذراء، لكن كان هناك أيضًا تجمعات بارزة في كوكبات الهلبة، وبيرسوس، والكوكبات الجنوبية للكور، ومسطرة النقاش. وقد أكد اكتشاف «إدوين هابل» للعلاقة بين بعد المجرة والانزياح الأحمر في ضوئها عام 1929 (انظر صفحة 245) أن هذه المناطق بالفعل تحتوي على مئات المجرات الساطعة متكدسة في مساحة صغيرة نسبيًّا من الفضاء.

الخط الزمني

1929م	1933م	1936م	1953م
حدد «هابل» العلاقة بين بعد المجرة، والانزياح الأحمر لضوئها.	طبّق «زفيكي» نظرية فيريال على تجمع مجرات كوما واكتشف المادة المظلمة.	حدد هابل المجموعة المحلية من المجرات القريبة من درب التبانة.	أشار دو فوكوليمور إلى وجود تجمع فائق يجمع بين المجموعة المحلية وتجمع العذراء.

مجموعتنا الصغيرة «المجموعة المحلية» أقل إثارة للإعجاب كثيرًا من تلك المجموعات البعيدة. وتحتوي هـذه المجموعة التي عرفها «هابل» عام 1936 المكونة من بضع عشرات من المجرات على ثلاثة فقـط من المجرات الحلزونية ـ درب التبانة، والمرأة المسلسـلة، والمثلث ـ واثنتين من المجرات غير المنتظمة (سحب ماجلان).

وخلال الثلاثينيات، تم تحديـد العديد من تجمعات المجرات، وبدأ علماء الفلك في تطبيق نهج أكثر تطـورًا لتحليل انتماء المجرة، مع تعريف المجرة ليس على حسـب قربها البسـيط بل حسـب المجرات التي ترتبط ببعضها بفعل تجاذب لا يمكنها الإفلات منه. ومن المقبول عمومًا أن تجمعات المجرات هي أكبر بنى «مرتبطة بالجاذبية» في الكون. نظرًا إلى أن الجاذبية تقل بسرعة مع المسافة، فإن التجمعات والمجموعات عادة ما تشغل مساحة عرضها حوالي 10 ملايين سنة ضوئية بصرف النظر عن عدد المجرات التي تحتوي عليها.

خصائص التجمعات

في عام 1933، استخدم «فرتز زفيكي» أسلوبًا رياضيًا يسمى «نظرية فيريال» لتقدير كتلة تجمع كوما من سرعات مجراتها. وقد قاده هذا إلى التنبؤ بأن التجمعات تحتوي إلى حد كبير على مادة أكثر وكتلة أكثر مما تشير مجراتها المرئية. وكشفت أولى أقمار الأشعة السينية الاصطناعية التي أطلقت في السـبعينيات أن مراكز التجمعات الكثيفة كانت غالبًا مصادر لإشـعاعات كثيفة،

1958م	1977م	1982 - 1985م	2014م
نشر «آبيل» النسخة الأولى من كتالوجـه لتجمعات المجرات.	بـدأ علـماء الفلـك في مركز هارفرد سـميثونيان للفيزياء الفلكية أول مسح انزياح أحمر لمجرة كبيرة.	نتائـج مسـوحات الانزياح الأحمـر تكشـف عـن البِنى الكونية للخيوط والفراغات.	استبدال تجمع العذراء الفائق ببنية أكبر تُسمى تجمع لانياكا.

يُفهم الآن أنها تنبعث من الغاز المتناثر «بين التجمعات» بدرجات حرارة تزيد على 10 ملايين درجة مئوية (18 مليون درجة فهرنهايت). وهذا الغاز الذي تنبعث منه الأشعة السينية يضيف كثيرًا إلى كتلة التجمع، لكن مع ذلك يترك الغالبية العظمى من مادة «زفيكي» المفقودة بلا تفسير (انظر صفحة 274).

ومن الجوانب الأخرى المهمة مزيج أنواع المجرات المميز للتجمعات. «المجرات الميدانية» ـ نسبة الـ20 ٪ من المجرات المجاورة غير المرتبطة بأي تجمع محدد- هي غالبًا مجرات غير منتظمة أو حلزونية بينما المجرات في المجموعات الواسعة مثل منطقتنا تأتي في جميع الأشكال. ومع ذلك، فالتجمعات الكثيفة تهيمن عليها المجرات الإهليلجية، كما أن المركز غالبًا ما يتميز بمجرات عملاقة إهليلجية هائلة حقًّا (انظر المربع).

المجرات الإهليلجية العملاقة

مجرة مسييه 87 في مركز تجمع العذراء هي أكبر مجرة في منطقتنا من الكون. وهذه الكرة الضخمة من النجوم والتي عرضها 120000 سنة ضوئية تحتوي تقريبًا على 2.5 تريليون كتلة شمسية من المادة. إنها المجرة الإهليلجية العملاقة الأولى المعروفة أيضًا بـ«المركزية المهيمنة» أو المجرة من النوع CD. المجرات الإهليلجية العملاقة هي مجرات آكلة للمجرات، وهي النتيجة النهائية لعدة اندماجات مجرّية شهدت ابتلاع مجرات إهليلجية وحلزونية أصغر. ونتيجة لذلك فإنها تكون غالبًا محاطة بهالات خافتة من النجوم تمتد حتى قطر كلي يبلغ تقريبًا نصف مليون سنة ضوئية. وهي النجوم الضالة بعد أن نجت من تصادمات ماضية، وانطلقت في مدارات غريبة حول المجرة المركزية.

وغالبًا ما يكون لها مواكب من تجمعات كروية تدور في المنطقة نفسها ـ مجرة مسييه 87 لديها 12000 (مقارنة بدرب التبانة التي لديها 150 أو نحو ذلك) وإذا كانت العلاقة بين التجمعات الكروية، وتجمعات النجوم الفائقة (انظر صفحة 227) صحيحة فإن هذا أيضًا على الأرجح ناتج عن تصادمات كونية. المزيد من الأدلة لدعم نشوء المجرات الإهليلجية العملاقة من تصادم المجرات يأتي من عدة أمثلة تخفي أكثر من ثقب أسود فائق الكتلة في ألبابها. ومسييه 87 لديها واحدة فقط لكن بفضل أحدث اندماج لها أصبحت نواة مجرّية نشطة وأحد أكثر المصادر الراديوية سطوعًا في السماء.

وفي عام 1950، ناقش «ليمان سبتزر» الابن، و«والتر بادي» أن هذا التوزيع يشير إلى أن المجرات الإهليلجية نشأت من الاصطدامات، والتي من المرجح حدوثها في البيئات المزدحمة للتجمعات الكثيفة. وقد توقعا أن مثل هذه التصادمات تنزع الغاز بين النجمي من المجرات، وهي نتيجة استحوذت على نظريات نشأة المجرات في سبعينيات القرن العشرين (انظر الصفحة 227)، والتي تم إثباتها من خلال اكتشاف الغاز بين التجمعات الذي تنبعث منه الأشعة السينية.

«لقد وضعنا أخيرًا الخطوط العريضة التي تحدد التجمع الفائق للمجرات التي يمكن أن نطلق عليها موطننا.»

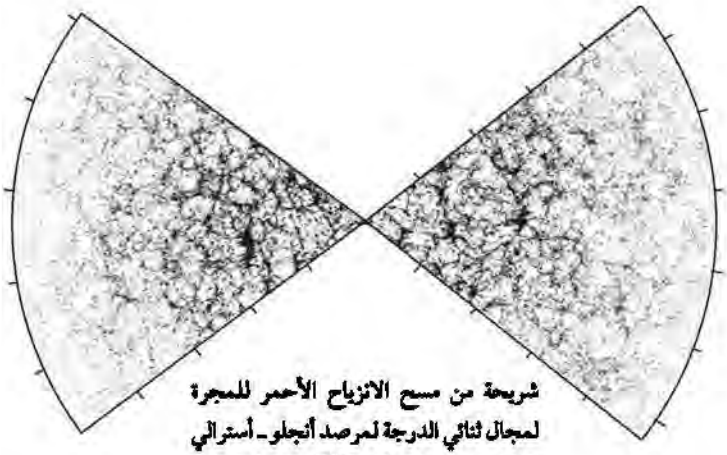
آر برينت تولي
عن تجمع لانياكيا الفائق

في الخمسينيات بدأ «جورج أوجدن أبيل» تجميع فهرس شامل للتجمعات والذي لم يكتمل حتى عام 1989. وقد أدى فهرس أبيل إلى العديد من الاكتشافات الجديدة المهمة، لكن ربما أبرز هذه الاكتشافات كان «دالة لمعان التجمع» ـ العلاقة بين السطوع الجوهري لأكثر المجرات لمعانًا في التجمع وعدد المجرات فوق مستوى سطوع معين. ونظرًا إلى أن السطوع النسبي لتجمع المجرات يسهل قياسه فإن دالة اللمعان تقدم طريقة لتوقع لمعانها الحقيقي، ومن ثم فهي «شمعة معيارية» مهمة لقياس المسافات الكونية الكبيرة.

بِنى ما بعد التجمعات

دعم كل من «أبيل»، وعالم الفلك الفرنسي ـ الأمريكي «جيرارد دي فوكوليرس» وجود مستوى أكبر من البنى يتخطى تجمع المجرات. في عام 1953 أشار «دي فوكوليرس» إلى وجود «مجرة محلية فائقة» متمركزة في تجمع العذراء وتحيط بالكثير من التجمعات الأخرى بما فيها مجموعتنا المحلية، لكن لم تثبت مسوحات الانزياح الأحمر وجودها بما لا يدع مجالًا للشك قبل أوائل الثمانينيات. وسرعان ما تم تحديد عدة «تجمعات فائقة» أخرى إلا أن تعريفها الدقيق ظل مفتوحًا

للمناقشة لأنها ليست مرتبطة عن طريق الجاذبية بالطريقة نفسها التي ترتبط بها المجرات في التجمعات الفردية. وبدلًا من ذلك، تعرف التجمعات الفائقة ببساطة على أنها تركيزات من التجمعات في منطقة من الفضاء، غالبًا مصحوبة بحركة عامة مشتركة. وهذا التعريف المائع هو أحد الأسباب التي من أجلها تمت تنحية تجمع العذراء الفائق جانبًا في عام 2014 لصالح بنية جديدة وكبيرة تسمى لانياكيا عرضها حوالي 500 مليون سنة ضوئية وتحتوي على 100000 مجرة كبيرة على الأقل.



شريحة من مسح الانزياح الأحمر للمجرة لمجال ثنائي الدرجة لمرصد أنجلو ـ أسترالي تكشف توزيع عشرات الآلاف من المجرات في شبكة كونية من الخيوط والفراغات.

وقد أتاح التقدم في مجال التكنولوجيا منذ سبعينيات القرن الماضي تجميع الأطياف والانزياح الأحمر لأعداد هائلة من المجرات، مما سمح بوضع خرائط دقيقة للكون واسع النطاق. وتبين هذه الخرائط أن التجمعات الفائقة تندمج عند حوافها لتكوين خيوط تشبه السلاسل، طولها مئات ملايين السنين الضوئية حول مناطق شاسعة وفارغة ظاهريًا تعرف باسم الفراغات، وهذا الاكتشاف غير المتوقع كان مخالفًا للافتراضات التي تذهب إلى أنه من الضروري أن الكون هو نفسه في جميع الاتجاهات. وعلى الرغم من أن هذا التماثل يبدو أنه بدأ

في الأحجام الأكبر التي تبلغ مليارات السنين الضوئية إلا أن البنية الكبرى التي نراها لا يمكن أن تكون قد نشـــأت من تفاعلات الجاذبية على مـــدى عمر الكون، وهذا يضع قيودًا مهمة على الطريقة التي تكون بها الكون نفسه (انظر الفكرة 41).

الفكرة الرئيسة

هنالك بنية لجميع الأحجام في الكون