

الفصل الحادي عشر

الكون

The Universe

"إن كثيرين يحسبون عدد النجوم الثابتة 1025 مع أنها أكثر من ذلك بكثير أما النجوم الخفية فإنها أكثر من ذلك بكثير". أبو الحسن الصوفي (291 هجرية).



مجرة درب التبانة وحوالي سبعة آلاف نجم تشاهد بالعين المجردة (NASA)

يتكون هذا الباب من أربعة فصول:

- 1- مجرتنا: حيث تجد تفاصيل المجرة التي نتبعها ونعتبر جزءاً منها وهي مجرة درب التبانة.
- 2- المجرات: حيث نتعرف على أنواع المجرات وخواصها وحشودها وتمدد الكون وعدسة الجاذبية.
- 3- المجرات النشطة: حيث ندرس هذه النوعية النشطة من المجرات ونحاول فهم سر نشاطها.
- 4- حشود المجرات.

الأول: مجرتنا: درب التبانة

The Milky Way

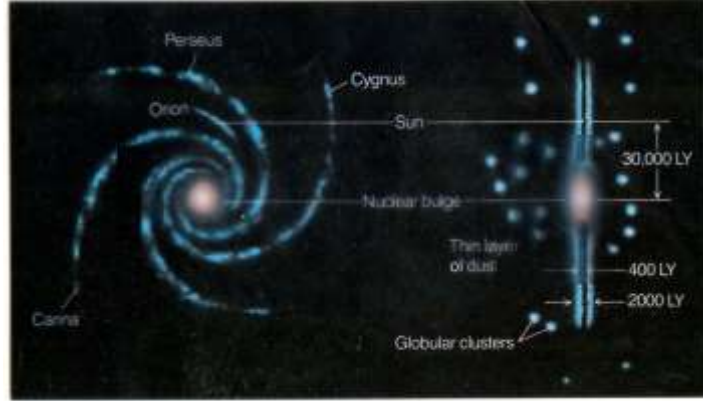
إن المجرة التي تقطنها شمسنا عبارة عن تجمع هائل من النجوم، ويبلغ عدد نجوم المجرة بين 300 إلى 400 بليون نجم، أي مئات بلايين النجوم، وتمتد المجرة إلى مسافة كبيرة تقدر بحوالي 100 ألف سنة ضوئية، وشكل المجرة التي نقطن داخلها حلزوني، وهي تتكون من نواة تبدو ككتلة واحدة من شدة تقارب النجوم داخلها، ويحيط بالنواة أذرع حلزونية الشكل بالإضافة إلى هالة ضخمة. وتحتوي الأذرع على سحب غازية تسمى السحب بين نجمية بالإضافة إلى النجوم، ويحيط بالنواة سحب كثيفة تُخفي نواة المجرة وما يدور بداخلها. وتوجد الشمس على طرف أحد الأذرع على مسافة 30 ألف سنة ضوئية من مركز المجرة، ولذلك فإن المسافات بين النجوم كبيرة في المنطقة التي توجد فيها الشمس وهذه ميزة مهمة لتوفر الحياة نهاراً ومجئ الليل عند غروب الشمس، ولو كنا نساكن بالقرب من منطقة النواة لوجدناها مكتظة بالنجوم بالإضافة إلى أن الجاذبية تكون هناك عالية، مما يصعب معه تصور وجود نجوم حولها كواكب مثل مجموعتنا الشمسية.

وبافتراض أن كتلة الشمس هي كتلة متوسطة بالنسبة لنجوم المجرة فإننا نستطيع أن نقول أن كتلة المجرة في حدود 100 بليون إلى 2 تريليون كتلة شمسية. ونلاحظ أن عدد النجوم يزداد كلما توجهنا ناحية مركز المجرة، ويوجد داخل المجرة مجال مغناطيسي منتظم تقريباً ولكنه يزيد في أماكن تركيز الكتلة، ويزيد بالطبع داخل النجوم حسب نوعها وتطورها، وتوجد النجوم حديثة التكوين في الأذرع حيث يكون الضغط عالياً وحيث توجد السحب ما بين النجوم وهي المكان الذي تتكون داخله النجوم. وتستخدم النجوم المتغيرة في تحديد الأبعاد سواء داخل المجرة، أو لقياس أبعاد المجرات الأخرى؛ وذلك لأن النجوم المتغيرة معلومة القدر المطلق ودورة التغير. ويُعدُّ مركز المجرة أو النواة من الأشياء المحيرة، فإنه يبدو كما لو كان في مركز المجرة ثقب أسود كتلته حوالي مليون كتلة شمسية، بالطبع هذه الكتلة صغيرة بالنسبة لكتلة المجرة ولكنها أكبر من أي نجم نعرفه، ويميز علماء الفلك بين الثقب الأسود الذي يمثل حياة نجم كبير عن الثقب الأسود الضخم الموجود في مركز المجرة، وهذا الثقب الأسود الضخم يساعدنا في تفسير سرعة دوران المادة القريبة من مركز المجرة، بالإضافة إلى تفسير التفاعلات العنيفة والقوية التي رصدت صادرة من مركز المجرة وكذلك الأشعة السينية التي تأتي بقوة من مركز المجرة. لقد تعرفنا بسرعة على أجزاء المجرة والآن ندخل إلى أعماق المجرة لننتعرف عليها بالتفصيل.

وصف عام للمجرة General Description of the Galaxy

باستخدام طرق الرصد الحديثة في الأشعة الراديوية وتحت الحمراء وفوق البنفسجية والسينية بالإضافة لأرصاد الضوء المرئي أصبح التكوين التفصيلي للمجرة معروفاً إلى حد كبير. فمجرتنا وهي المسماة بدرب التبانة عبارة عن قرص رفيع من المادة الموزعة على منطقة ذات قطر حوالي 100 ألف سنة ضوئية، وسمك القرص حوالي 2000 سنة ضوئية، وهذا القرص موجود داخل هالة كبيرة من المادة الداكنة أو غير المرئية والتي تمتد إلى مسافة حوالي 160 ألف سنة ضوئية من مركز المجرة، وتدور الشمس على بعد 30 ألف سنة ضوئية من المركز، كما هو مبين في الشكل رقم (11.1). وتشبه مجرتنا في شكلها مجرة M31 والتي تسمى بمجرة المرأة المسلسلة Andromeda، (الشكل رقم 11.2)، والتي تبعد عنا مليوناً سنة ضوئية، وتوجد فروق بسيطة بينهما، فمجرتنا

تحتوي على عدد أكبر من النجوم حديثة التكوين بينما تحتوي المرأة المسلسلة على عدد أكثر من الحشود الكرية ، كما أن نواتها أكثر لمعاناً وقرصها أكبر من قرص مجرتنا.



الشكل رقم (11.1). منظران رأسي وجانبي لدرب التبانة. وللمجرة أربعة أذرع طويلة واثنين قصيران.



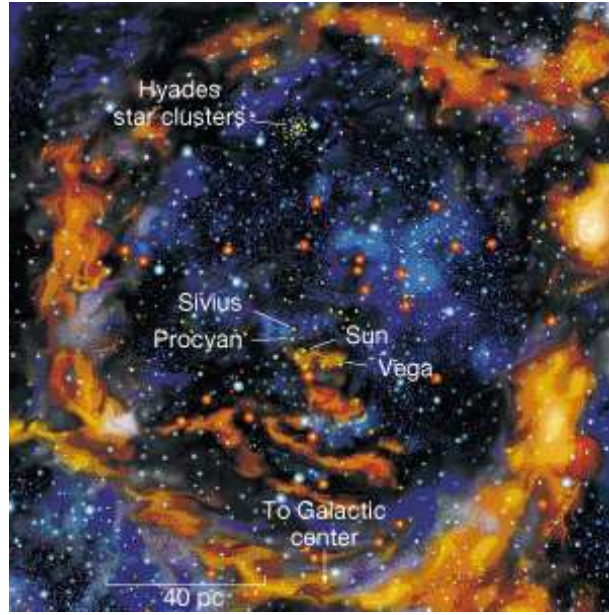
الشكل رقم (11.2). مجرة المرأة المسلسلة (NASA).

تحتوي مجرتنا على أربعة أذرع طويلة حلزونية الشكل spiral arms بها بعض التنوعات، وذراعان قصيران. تظهر الشمس بالقرب من الحافة الداخلية على ذراع قصير يسمى ذراع الجبار Orion وطوله 5 آلاف بارسك وهو يحتوي على بعض السدم مثل سديم أمريكا الشمالية وسديم كيس الفحم وسديم الدجاجة وسديم الجبار، كما يوجد به سديما برشاوس والقوس وهما موجودان بالترتيب على بعدي ألفي بارسك داخل وخارج الشمس بالنسبة لمركز المجرة. وحينما نسأل عن موقعنا في المجرة فإن مجموعتنا الشمسية تقع على ذراع الجبار داخل منطقة صغيرة تعرف باسم الفقاعة المحلية Local bubble، وداخل هذه الفقاعة توجد ريشة صغيرة local fluff ومجموعتنا الشمسية داخل هذه الريشة، (الشكل رقم 11.3).

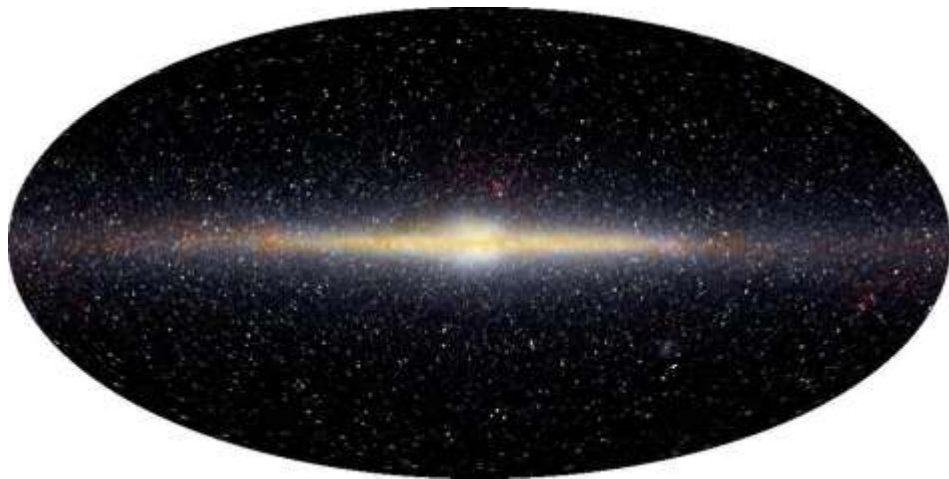
يبلغ طول الأذرع الطويلة في درب التبانة 25 ألف بارسك وهي: ذراع الدجاجة Cygnus، ذراع برشاوس Persus، ذراع القوس-السفينة Sagittarius-Carina، ذراع الدرع-الصليب الجنوبي Scutum-cruce. ومن خلال تصوير المجرة في أشعة جاما، وإكس، وفوق البنفسجية، وتحت الحمراء، والراديوية، بالإضافة للضوء المرئي، (أنظر الشكل رقم 11.4) تكونت لدينا تفاصيل عن أذرع المجرة ومكوناتها كما ساعدت تلك الأرصاد على رصد الكثير من تفاصيل أعماق المجرة. تبلغ سرعة الشمس 250 كم/ث، وهذا يعني أن الشمس تحتاج لحوالي 200 مليون سنة كي تتم دورة كاملة

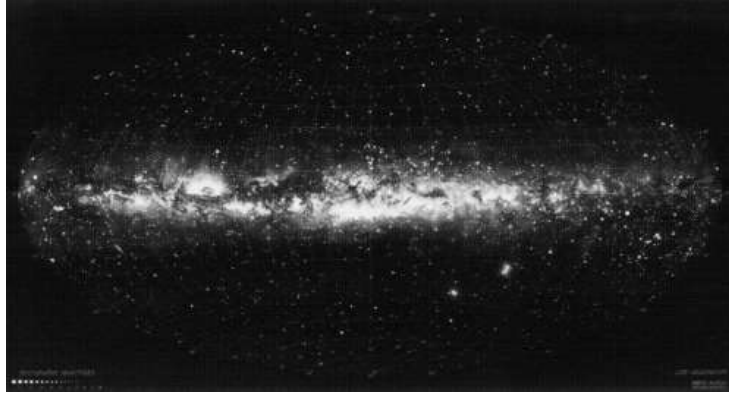
حول مركز المجرة، ولا يعني هذا أن مدارات النجوم حول مركز المجرة دائرية، فالنجوم في حركتها تتأثر بمركز المجرة وكذلك بما يحيط بها، مما يرجح الاعتقاد بأنها تتحرك في مدارات أهليجية. ويمكن تتبع الأذرع الحلزونية في الضوء المرئي من خلال رصد ما يلي:

- 1- النجوم من النوعين الطيفيين O, B .
- 2- الحشود المفتوحة الحديثة.
- 3- السدم اللمعة Emission nebulae.
- 4- النجوم المتغيرة.
- 5- كما يمكن تتبع الأذرع في الأشعة الراديوية.



الشكل رقم (11.3). الريشة التي تحتوي على الشمس وجيرانها من النجوم (Astronomy Today).





الشكل رقم (11.4). صورتان لمجرتنا، في الأعلى: في المجال تحت الأحمر، وفي الأسفل: في المجال المرئي (NASA).

الحشود الكرية داخل المجرة Globular Clusters in the Galaxy

إن معظم الحشود الكرية تحتوي على نجوم متغيرة من نوع السلياق RR Lyrae والتي نعرف قدرها المطلق ولذلك يمكن استخدامها كوسيلة جيدة في حساب أبعاد هذه الحشود، ولم يعرف الشكل الحقيقي لمجرتنا إلا في أوائل القرن العشرين. وشمسنا لا توجد في مركز المجرة بل على أحد أطرافها، والحشود الكرية موزعة في دائرة كبيرة مركزها هو مركز المجرة وتسمى هالة المجرة، وأبعاد الهالة أكبر من أبعاد المجرة ذاتها. وبعض نجوم السلياق RR المتفرقة موجودة على أبعاد تبلغ 10 إلى 15 ألف بارسك من جهتي مستوى المجرة مما يعني أن سمك الهالة يصل إلى 30 ألف بارسك، ولقد رصدت حشود كرية على بعد 80 ألف بارسك، فإذا تم التأكد أنها تابعة لجاذبية مجرتنا فهذا يعني أن الهالة أكبر مما نقدره الآن. كما لوحظ وجود غازات ساخنة درجة حرارتها مليون كلفن مما يوحي بأنها صادرة من سوبرنوفات أو رياح نجمية، وهذه الغازات تُكون ما يعرف بكورونا المجرة. وبشكل عام يحتوي قرص المجرة، بالإضافة إلى النجوم على ما يعرف بمادة ما بين النجوم، وتتكون هذه المادة من الهيدروجين والهيليوم بنسبة 0.96 إلى 0.99 وكمية قليلة من العناصر الأخرى، وفي الغالب تكون درجة حرارة هذا الغاز في حدود واحد كلفن أو أقل. وغالباً ما يتجمع الغاز في سحب وهي التي تعرف بسحب ما بين النجوم، وقد تكون سحباً خفيفة أو كثيفة حسب برودتها وتجمع مادتها، وتكون السحب الكثيفة منها شديدة البرودة، وتتفاعل الذرات داخلها كيميائياً وتكون جزيئات مثل H_2 ، CO إلى غير ذلك من الجزيئات التي رصدت داخل السحب الجزيئية. ويوجد بالإضافة إلى الغازات، حبيبات من الأتربة ولها دور مهم في كيمياء سحب ما بين النجوم حيث إنها العامل المساعد في تكوين جزيئات الهيدروجين وبعض الجزيئات الأخرى. وتمتد حول الشمس طبقة من الهيدروجين سمكها 125 بارسك فقط، ولكن في المنطقة بين 3000 إلى 8500 بارسك توجد سحب ما بين النجوم عملاقة وهي التي تتكون داخلها النجوم الحديثة. كما لوحظ وجود هيدروجين جزيئي في مركز المجرة ولكن توجد السحب الكثيفة فقط على الأذرع، ولذلك لا تشاهد النجوم حديثة الولادة إلا على أذرع المجرة، وهذا يفسر اللمعان الشديد لأذرع المجرة.

نظرية موجات الكثافة الحلزونية spiral density wave theory

نستطيع أن نفهم وجود الأذرع على أنها ناشئة عن الحركة الدورانية للسحابة التي تكونت منها المجرة حول محورها، وإذا كانت الشمس تحتاج لحوالي 200 مليون سنة لتكمل دورة كاملة حول مركز المجرة، فهذا يعني أن الشمس قد دارت منذ نشأتها على الأقل 20 مرة حول مركز المجرة، ولذلك نتوقع أنه مع استمرار دوران المجرة حول مركزها ستتلوى أذرعها أكثر نحو الداخل وتزداد في الالتفاف حول النواة. وتوجد نظرية لتفسير نشأة المجرات الحلزونية وتطور أشكالها وهي نظرية موجات الكثافة الحلزونية، وتتخلص هذه النظرية ببساطة في أن هناك موجة كبيرة تتحكم في شكل وتوزيع الكتلة داخل المجرة وهذه الموجة لها الشكل العام الذي نراه في المجرة، وهذا يعني أن الأذرع مناطق ازدياد في قوة الموجة أو مناطق ضغط عال، ولذلك تتجمع سحب ما بين النجوم في الأذرع وتكون في حالة انضغاط مما يؤدي إلى انكماشها لتتكون النجوم داخلها، ومما يؤيد ذلك أن النجوم حديثة الولادة كلها موجودة على الأذرع وفي مناطق سحب ما بين النجوم وهذا بدوره يفسر لمعان الأذرع بدرجة عالية.

تتحرك النجوم القريبة من الشمس بسرعة نسبية لا تزيد عن 40 إلى 50 كم/ث وتسمى النجوم صغيرة السرعة، وتوجد نجوم ذات سرعة عالية نسبياً 80 كم/ث، وهي نجوم تتحرك في مدارات أكثر إهليجية بحيث تقطع مداراتها مدار الشمس حول مركز المجرة، والحشود الكرية والنجوم الموجودة في هالة المجرة لها مدارات تختلف عن مدار الشمس، وهي ذات سرعات عالية. وتدل الأرصاد على أن النجوم البطيئة تكون مركبة سرعتها العمودية على مستوى المجرة أيضاً صغيرة، بينما النجوم السريعة تكون مركبة سرعتها العمودية على مستوى المجرة كبيرة، ولذلك فالنجوم البطيئة مركزة في مستوى قرص المجرة والنجوم السريعة تنتشر في اتجاه هالة المجرة. وما يعتقد العلماء أن الحشود الكرية تدور حول نواة المجرة في مدارات شديدة الاستطالة مثل مدارات المذنبات داخل المجموعة الشمسية، ولذلك فإن الحشود الكرية تقطع مستوى المجرة مرتين أثناء حركتها في مدارها، ولكن رغم ذلك فإن المسافات الكبيرة بين النجوم تجعل عملية اصطدام النجوم ببعضها أمراً مستحيلاً، وهذا يذكرنا بقول الله عز وجل "فلا أقسم بمواقع النجوم وأنه لقسم لو تعلمون عظيم"، فالمواقع التي تأخذها النجوم وهي تتحرك في الكون، إذا أخذت بأبعادها المختلفة تدل على أية كونية عظيمة، نجوم منفردة وأخرى مزدوجة، ويوجد بعض النظم ثلاثية النجوم، كما تتجمع النجوم في حشود، وتدور الحشود داخل المجرة كما وصفنا منذ قليل. وإذا أعدنا إلى ذاكرتنا ما ذكرناه سابقاً من أن المجرة تحتوي على سحب من الغازات والأتربة، وهذه السحب تؤثر بلا شك على حركة النجوم القريبة منها أو الموجودة داخلها، وبسبب ازدحام المجرة بالنجوم وخاصة في منطقة المركز كما سنعرف بعد قليل، ففي هذه الحالة يصعب علينا أن نتعرف على الطريق الذي يسلكه أي نجم في حركته والموقع الذي ستكون فيه الشمس أثناء حركتها حول مركز المجرة، هذا؛ بالإضافة إلى حركة المجرات داخل حشود المجرات بل وحركة حشود المجرات ذاتها، كون هائل وموقع كل نجم في هذا الكون العميق يُعَدُّ شيئاً معجزاً يصعب علينا أن ندرك أبعاده بالكامل، ولكن بلا شك أصبحنا أكثر فهماً من ذي قبل لمثل هذه الآيات الكونية العظيمة.

النجوم القديمة والحديثة Old and Young Stars

يرتبط ما لاحظناه من تغير في سرعة النجوم إلى حد ما بتركيبية هذه النجوم وعمرها، ويمكن تقسيم النجوم إلى جمهرتين: نجوم الجمهرة I مثل الشمس والنجوم التي على الأذرع وفي القرص وهي النجوم الأحدث تكويناً، ولذلك فنسبة العناصر الثقيلة فيها عالية نسبياً حيث تبلغ 1 إلى 4 % ، بينما تقع الجمهرة II من النجوم في هالة المجرة ونواتها حيث توجد الحشود الكرية، وتحتوي تلك الجمهرة من النجوم على نسبة صغيرة جداً من العناصر الثقيلة من 0.1 إلى 0.01 % ، والسبب في ذلك أن نسبة العناصر الثقيلة تزداد مع دورة حياة النجوم المستمرة، فالنجوم التي تكونت منذ زمن بعيد تكونت من سحب تحتوي على نسبة صغيرة من العناصر الثقيلة، ولكن هذه النجوم تلتفظ كمية أكبر من العناصر الثقيلة في نهاية حياتها. النجوم في نواة المجرة كلها من النجوم القديمة وعمرها يتراوح ما بين 11 إلى 14 بليون سنة وأحدثهم عمراً لا يقل في عمره عن 5 بليون سنة، ولكن لوحظ أن نسبة العناصر الثقيلة فيها ضعف النسبة الموجودة في الشمس، وبالطبع ذلك يخالف الفهم الذي شرحناه سابقاً عن جمهرتي النجوم، ولكن التفسير الذي وضعه الفلكيون لذلك هو احتمال التكون السريع لنواة المجرة بعد تكون جسم المجرة، وقد وجدت صورة معاكسة تماماً في سحابة ما جلان الصغرى، فنجومها حديثة التكوين توجد بها كمية قليلة من العناصر الثقيلة. ولذلك ليس من اللازم أن تحتوي النجوم حديثة الولادة على نسبة عناصر ثقيلة مثل الجمهرة I فإن هذا يعتمد على المكان الذي يولد فيه النجم وتاريخ المادة التي نشأ منها.

كتلة المجرة Galactic Mass

يمكننا حساب كتلة المجرة عن طريق حركة الشمس حول مركز المجرة بسرعة مقدارها 250 كم/ث، وحيث إن الشمس تبعد عن مركز المجرة مسافة تساوي 30 ألف سنة ضوئية، إذا مدة دورتها حول مركز المجرة يبلغ:

$$p = \frac{2\pi a}{v}$$

$$= \frac{2 \times 3.14 \times 3 \times 10^4 \times 9.45 \times 10^{12} \text{ km}}{250 \text{ km/sec}} \cong 7.2 \times 10^{15} \text{ sec} \cong 225 \times 10^6 \text{ year}$$

باستخدام قوانين الحركة لكبلر يمكن حساب كتلة المجرة:

$$M = \frac{a^3}{p^2}$$

a تقاس هنا بالوحدة الفلكية وتساوي 1.9×10^9 و. ف

$$M = \frac{(1.9 \times 10^9)^3}{(225 \times 10^6)^2} = 1.4 \times 10^{11} m_{\text{sun}}$$

تعدُّ قيمة كتلة المجرة المحسوبة بالمعادلة السابقة مقبولة إلى حد كبير، حيث إن نسبة النجوم التي تبعد عن مركز المجرة أكثر من الشمس تعتبر قليلة، ولكن لاحظ الفلكيون أنهم بقياس الكتلة من خلال حركة حشد كروي يبعد 50 ألف بارسك عن مركز المجرة نحصل على قيمة للكتلة مقدارها 10^{12} كتلة شمسية أي حوالى 10 أمثال الكتلة التي حصلنا عليها من خلال حركة الشمس

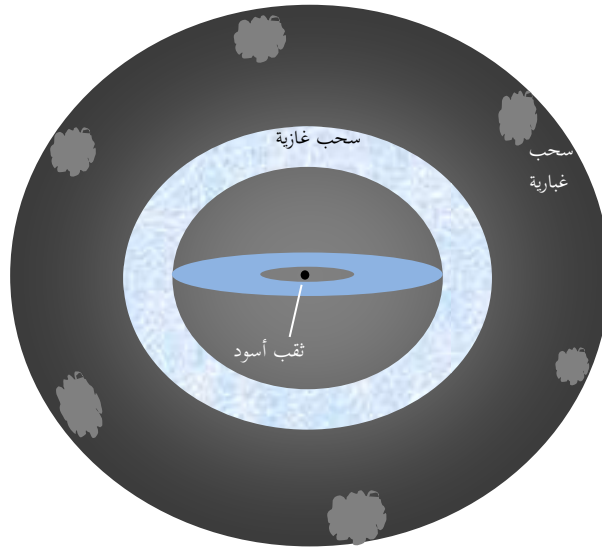
المدارية، ولذلك يعتقد الفلكيون أن هناك جزءاً من المادة غير مرئي، وهي ما أطلق الفلكيين عليها المادة الداكنة. ولكن ما هذه المادة وما نوعها؟ بالطبع لا يمكن أن تكون هذه المادة نجومًا عادية أو سحباً من الغاز، وأحد الاحتمالات هو أن تكون أقزاماً بنية أو ثقوب سوداء منها ما يمثل نهاية حياة نجوم ذات كتل كبيرة ومنها الثقوب السوداء الضخمة ذات الكتل العالية (مليون - ألف مليون كتلة شمسية) والتي تقع في أنوية المجرات. كما يمكن توقع أن تكون الكواكب العملاقة التابعة للنجوم الأخرى والأقزام البيضاء والنجوم النيوترونية مكونات مهمة للمادة الداكنة حيث أنها جميعاً تمثل أجراماً لا تتمكن من رصد أشعتها لضعف ما تبثه من أشعة. تؤكد الأرصاد الفلكية أن المادة الداكنة تمثل نسبة 90% من مادة الكون مما يجعل هذه النوعية من الدراسات من التحديات التي تواجه الفلكيين والفيزيائيين.

نواة المجرة Galactic Nucleus

يقع مركز المجرة في اتجاه برج القوس، ولا يمكن أن نرى نواة المجرة في الضوء المرئي أو الأشعة فوق البنفسجية لأن النواة محاطة بأترية تحجب رؤية ما بداخلها، فالضوء الذي يصدره عن نواة المجرة يحجب بمقدار 10^{12} من لمعانه، ويمكن للأشعة السينية وأشعة جاما أن تنفذ بصعوبة من طبقات مادة ما بين النجوم المحيطة بالنواة وكذلك تصلنا كل من الأشعة تحت الحمراء والأشعة الراديوية واللذان تصدران من نواة المجرة. وبأفضل كفاءات الرصد التي نمتلكها تبين لعماء الفلك أنه يوجد في قلب المجرة حشد من النجوم قطره أكثر من 300 بارسك، وكثافة النجوم حوالي 50 ألف نجم لكل بارسك مكعب أي مليون ضعف الكثافة بالقرب من الشمس، ومعظم هذه النجوم باردة من العملاقة الحمراء من النوعين الطيفيين M, K بدرجة حرارة على السطح في حدود 4 آلاف كلفن، ولا يوجد أي دليل على وجود نجوم حديثة الولادة في مركز المجرة، وتحيط بالنواة حلقة من سحب الغاز التي تحتوي على أترية وجزئيات من الغاز، وتشير الأرصاد الراديوية أن سمك الحلقة الغازية يمتد لحوالي 400 بارسك وتحتوي على مادة قدرها حوالي 30 ألف كتلة شمسية وتدور حلقة السحب حول مركز المجرة بسرعة 100 كم/ث وقد لوحظ أن الأترية تكون ساخنة؛ بسبب سرعة الحركة والتضاغط الذي تتعرض له مادة السحابة بتأثير الثقب الأسود في مركز المجرة كما ترى بالقرب من المركز أشرطة من الوميض اللامع filaments بطول 100 بارسك ويمكن تفسير الأشرطة من خلال تأثيرات المجال المغناطيسي القوي بمركز المجرة والتي تساعد على تشكيل تلك الهياكل والتي تشبه في شكلها الحمم الشمسية. وفي حيز أقل (عدة بارسك) شوهدت حلقة من المادة تدور حول المركز. وفي بقايا سوبرنوفا بالمركز يقبع ثقب أسود هو المسؤول عن دوران المادة حوله بتلك السرعات العالية؛ بسبب عظم جاذبيته وهو المسؤول عن ارتفاع درجة حرارة الغازات والأترية بسبب عمليات تضاغطها الشديد بالقرب من الثقب الأسود. ومن هنا يمكن أن نفهم أن اللمعان الشديد المنبعث من المركز بأنه ناتج من عمليات الانكماش الشديدة للمادة نحو الثقب الأسود مما يجعلها سبباً في رفع درجة حرارتها ولمعان المنطقة المركزية. الثقب الأسود يقبع داخل منطقة السهم في Sgr A* والطاقة الناتجة عن هذا الثقب الأسود الكبير تقدر بما يزيد عن مليون من طاقة الشمس . يقدر العلماء أن حجم Sgr A* لا يزيد عن 10 وحدات فلكية.

من حساب الطاقة اللازمة لتسخين الأتربة وجد أن لمعان هذا المصدر لا بد وأن يكون 10-30 مليون مرة قدر لمعان الشمس ومن خلال الحركة الضعيفة لمادة الحلقة تبين أن الثقب الأسود الكبير الموجود في مركز المجرة ينبغي أن تزيد كتلته عن مليون كتلة شمسية، وتشير قياسات الأرصاد إلى أن كثافة مادة الحلقات تزيد 10-100 مرة عن الكثافة المركزية. وبالقرب من الغازات الساخنة توجد نجوم أغلبها عملاقة من النوعين M, K.

وما زالت هناك أسئلة كثيرة محيرة: كيف تكون هذا الثقب الأسود الضخم داخل مركز المجرة؟ وما مصدر تلك الحلقات من الغازات والأتربة؟ وغيرها من الأسئلة المحيرة والإجابة عنها تنتظر أرساداً أدق وحسابات أعمق تبحث عن حل واضح لهذا الغموض ولذلك السر العجيب وصدق الله حيث يقول: **يُؤْتُوا نُورًا لِيُبَيِّنَ لَكُمْ آيَاتِهِ وَيُخْرِجَكُمْ مِنَ الظُّلُمَاتِ إِلَى النُّورِ بِإِذْنِ اللَّهِ الْعَظِيمِ.**



الشكل رقم (11.5). نموذج للمنطقة المركزية لمجرة درب التبانة.

ثانياً: المجرات

Galaxies

بالنظر إلى الكون المترامي الأطراف نلاحظ أن هناك أعداداً هائلة من المجرات تختلف في أشكالها وخواصها، ولنبدأ بدراسة أنواع المجرات ثم نتعرف بعد ذلك على خواصها.

أنواع المجرات Types of Galaxies

يمكن تقسيم المجرات إلى ثلاثة أنواع: حلزونية Spiral وبيضاوية Elliptical وهما يمثلان النسبة الغالبة من المجرات ثم مجرات غير منتظمة Irregular galaxies والحلزونية نوعان: إما حلزونية عادية وإما حلزونية عصوية (ذات عصا) barred spirals، كما أن المجرات الحلزونية (سواء العصوية أو العادية) تنقسم حسب شكلها إلى ثلاث فصائل a, b, c أما المجرات البيضاوية فتتقسم إلى سبع فصائل من E0 إلى E7 حسب درجة الأهليجية.

الجدول رقم (11.1). أنواع المجرات .

غير منتظمة	بيضاوية	حلزونية	الخاصية
$10^1 - 10^8$	$10^{13} - 10^6$	$10^{12} - 10^9$	الكتلة (كتلة شمسية)
10 - 1	200 - 1	50 - 5	القطر (الف سنة ضوئية)
$10^7 - 10^5$	$10^{11} - 10^6$	$10^{10} - 10^8$	كمية الإشعاع (وحدة شمسية)
-13 إلى -20	-9 إلى -23	-15 إلى -23	القدر المطلق
جميع الأعمار	قديم	جميع الأعمار	الأعمار
A-F	G-K	A-K	نوع الطيف
كثيرة	قليلة جداً	موجودة	غازات
1	100	20 - 2	نسبة الكتلة إلى الضياء M/L

ونلاحظ من الجدول رقم (11.1) أن أصغر المجرات تكون من النوع البيضاوي وتسمى الأقزام البيضاوية، ونلاحظ كذلك أن متوسط نسبة الكتلة إلى كمية الضياء أكبر مما في الشمس، وهذا يعني أن نسبة النجوم الخافتة عن الشمس تُعد كبيرة في المجرات، وذلك دليل على أن النجوم القديمة أكثر من النجوم حديثة التكوين وكذلك فإن عدد النجوم الخافتة أكثر من النجوم اللامعة، والمجرات البيضاوية أكثر عتامة من المجرات الحلزونية وأكثر احمراراً بشكل عام، وفيما يلي وصف تفصيلي لأنواع المجرات المختلفة.

المجرات الحلزونية Spiral Galaxies

تنتمي مجرتنا وشبيهتها مجرة المرأة المسلسلة (M31) إلى المجرات الحلزونية. ويتكون هذا النوع من المجرات من نواة يحيط بها قرص وهالة كبيرة، وتخرج من النواة أذرع حلزونية (الشكل رقم 11.6). كما تنتشر مادة ما بين النجوم خلال قرص المجرة. وتوجد أنواع مختلفة من السحب ما بين النجوم، منها ما هو قاتم يخفي ما هو خلفه من النجوم، ومنها ما هو براق يعكس أضواء النجوم، والنجوم حديثة الولادة توجد على الأذرع، كما توجد عليه أيضاً النجوم العملاقة اللامعة، وكذلك توجد الحشود المفتوحة على الأذرع، أما الحشود الكرية فتوجد في الهالة والنواة. وتحتوي المجرة M31 على 200 حشد كروي، وبشكل عام تحتوي المجرات الحلزونية على نجوم قديمة وأخرى حديثة التكوين. وقد لوحظ أن أكثر من ثلث المجرات الحلزونية ذات عصا تخرج من طرفي النواة وتبدأ الأذرع من نهاية العصا (الشكل رقم 11.7)، وتسمى هذه الأنواع بالمجرات الحلزونية العنقودية Barred spiral، والأذرع إما تكون شديدة الالتفاف حول النواة أو تكون مفتوحة بشكل كبير وتدور المجرات الحلزونية بحيث تجر معها الأذرع. وتتراوح أقطار المجرات الحلزونية بين 20 إلى 150 ألف سنة ضوئية، وتتراوح كتلتها بين واحد إلى 1000 بليون كتلة شمسية. أما القدر المطلق فيتراوح ما بين -15 إلى -23، وتعتبر مجرتنا ومجرة المرأة المسلسلة من المجرات الحلزونية الكبيرة.

المجرات البيضاوية Elliptical Galaxies

وهي إما دائرية وإما بيضاوية (الشكل رقم 11.8)، ومعظم نجومها قديمة ولا يوجد بها أي أثر لأذرع حلزونية ويغلب عليها النجوم الحمراء (الجمهرة II) ولا تحتوي هذه المجرات إلا على نسبة ضئيلة من الأتربة والسحب ما بين النجوم ولكن هذا لا يعني أن المجرات البيضاوية خالية تماماً من مادة ما بين النجوم فحوالي 1 إلى 2% من مادتها عبارة عن غازات في درجة حرارة عالية تزيد عن المليون كلفن. والمجرات البيضاوية تبدو بدرجات فلطحة مختلفة من E_0 ذات الشكل الدائري إلى E_7 والتي تكون شديدة الفلطحة. يصل لمعان المجرات البيضاوية العملاقة إلى 10^{11}

لمعان شمسي، وكتلتها 10^{12} كتلة شمسية وقطرها يبلغ عدة مئات آلاف السنين الضوئية، وهي بالتأكيد أكبر من المجرات الحلزونية الكبيرة، ومن المدهش أنك ترى مجرات بيضاوية عملاقة كالتالي ذكرناها آنفاً، كما توجد مجرات بيضاوية قزمة صغيرة وهي الأكثر شيوعاً، ويبلغ عدد نجومها حوالي عدة ملايين وقدرها المطلق 10- ولمعانها مليون مرة مثل الشمس مما يعني أنها تشبه في لمعانها أشد النجوم لمعاناً، ويبلغ قطرها خمسة آلاف سنة ضوئية مما يعني أنها صغيرة حقاً بالمقارنة مع مجرتنا.



الشكل رقم (11.6). صور مختلفة لمجرات حلزونية من اليمين: (HST) M100, M51, M81 .



الشكل رقم (11.7). مجرات حلزونية عصوية (HST) M1300, M1672 .



الشكل رقم (11.8). مجرات بيضاوية (HST) VCC 1993, NGC 4660.

المجرات غير المنتظمة Irregular Galaxies

ينتمي عدد كبير من المجرات المعروفة إلى النوع غير المنتظم، حيث لا يظهر في هذه المجرات أي نوع من الانتظام، وبعضها ممثليء بنجوم في مرحلة التكوين مع وجود حشود نجمية براقية من الحشود الائتلافية بالإضافة إلى سحب من الغازات المتأينة كما يغلب على تلك المجرات وجود مناطق لامعة وتوزيعها غير منتظم، (الشكل رقم 11.9). ويرصد المجرات غير المنتظمة في خطوط الطيف 21 سم تبدو قريبة الشبه بالمجرات الحلزونية وذلك لدوران قرصها كما أنها تحتوي على نجوم قديمة وأخرى حديثة من الجمهورتين (I), (II) وأفضل مثالين على المجرات غير المنتظمة المجرتان المسميتان سحابتا ماجلان الكبيرة والصغيرة وهما من المجرات القريبة منا، ويمكن رصدهما من نصف الكرة الجنوبي حيث تبدوان كسحابتين خرجتا من درب التبانة وبعدهما عشر بعد مجرة المرأة المسلسلة. أما سحابة ماجلان الكبيرة فلها عصا مثل المجرات الحلزونية العسوية ولكن ليس لها أذرع، وهي تحتوي على واحدة من ألمع تجمعات النجوم العملاقة الحمراء والتي تحتوي على 30 نجماً، وقد حدث سوبر نوبا 1987A داخل هذا التجمع. أما سحابة ماجلان الصغيرة فشديدة الاستطالة وأصغر في الكتلة من ماجلان الكبيرة، ويمكن تقسيم المجرات غير المنتظمة إلى نوعين: الأول قريب الشبه بالمجرات المنتظمة ويرمز له بالنوع I أما النوع الثاني فشديد الشذوذ ويرمز له بالرمز II. وتشير الدراسات الإحصائية أن الكون القريب (30 مليون سنة ضوئية) يحتوي على 34% مجرات حلزونية و 12% مجرات اهليجية و 54% مجرات غير منتظمة. وهذا يعني أن الكون القريب تغلب عليه المجرات غير المنتظمة وبضياء ضعيف.



الشكل رقم (11.9). مجرات غير منتظمة (HST) NGC 1427A, NGC 6822.

أبعاد المجرات Galactic Distances

عملية قياس أبعاد المجرات تعد واحدة من أصعب وأهم المشاكل التي تواجه الفلكيين، وذلك لأبعادها الشاسعة. ولتحديد الأبعاد داخل مجرتنا فإننا نلجأ لعدة خطوات متتالية كما يلي:
أولاً: نحدد أبعاد النجوم القريبة منا من خلال حركتها الذاتية أو من زاوية اختلاف منظرها.

ثانياً: نستطيع أن نحدد أبعاد حشود النجوم القريبة من خلال رصد نجوم داخل هذه الحشود تكون معلومة القدر المطلق. وبعد حساب بعد الحشد النجمي يمكننا حساب أبعاد النجوم الأخرى داخله.

ثالثاً: أما أبعاد المجرات فإننا نستخدم الطرق التالية:

- 1- استخدام النجوم القيفاوية: وهي تعطى نتائج دقيقة عن أبعاد المجرات ولذلك يهتم الفلكيون بالبحث عن هذه النجوم داخل المجرات ومنها يمكن حساب بعد المجرة، ولقد أمكن بهذه الطريقة حساب 30% من أبعاد المجرات القريبة حتى 45 مليون سنة ضوئية.
 - 2- تتبع نجوم RR Lyrae: حيث تُعد هذه النجوم معلومة القدر ولذلك يمكن استخدامها مثل النجوم القيفاوية لحساب أبعاد المجرات القريبة.
 - 3- رصد النجوم العملاقة الحمراء: ويمكن عن طريقها قياس أبعاد تصل إلى 6 أمثال ما يقاس بواسطة النجوم القيفاوية لأنها أكثر ضياءاً.
 - 4- رصد السدم الكوكبية: وذلك من خلال قياس اللمعان لسديم كوكبي داخل المجرة وتستخدم هذه الطريقة داخل المجرات الحلزونية والبيضاوية لأبعاد تصل إلى 20 مليون بارسك.
 - 5- استخدام الطيف ذي الطول الموجي 21 سم في تحديد الأبعاد وهو يصدر من الهيدروجين وهي طريقة عالية الدقة، لأن الهيدروجين هو العنصر الأساس والأكثر وفرة في الكون ولذلك فإن هذا الطول الموجي يسهل التقاطه من كثير من الأجسام مما يعطينا وسيلة فعالة في تحديد الأبعاد حتى 25 مليون بارسك.
 - 6- المجرات البعيدة لا تفلح معها طرق الرصد السابقة بل لابد من رصد أجسام أكثر ضخامة ولمعناً مثل: الحشود الكرية أو السوبرنوفات حيث تساعد هذه الأجسام على تقدير بعد المجرات ذات الأبعاد الكبيرة جداً حتى 50 مليون بارسك.
 - 7- يمكن تتبع نجوم النوفات حتى 50 مليون بارسك.
 - 8- مناطق HII اللامعة يمكن رصدها حتى 80 مليون سنة ضوئية.
 - 9- يمكن تتبع نجوم السوبرنوفات حتى 650 مليون سنة ضوئية.
 - 10- يمكن استخدام السرعات الخطية Radial velocity لقياس مسافات حتى 4000 مليون بارسك.
 - 11- لقياس أبعاد أكثر من 1.5 بليون سنة ضوئية لابد من الاستعانة بقانون هابل لقياس.
 - 12- أما حشود المجرات فنقيس أبعادها باستخدام المجرات العملاقة المعروفة القدر. ألمع المجرات يمكن تتبعها حتى 4000 مليون بارسك.
- مع ملاحظة أن طرق القياس معتمدة على بعضها وأن الخطأ في قياس أبعاد المجرات يتزايد كلما بعدت المجرة عنا. وفي الحقيقة يعتبر حساب أبعاد المجرات والأجرام البعيدة من النقاط الصعبة لذا يلجأ الفلكيين لقياس الأبعاد بأكثر من وسيلة للتأكد من الأبعاد الصحيحة للأجرام.

الخواص الفيزيائية للمجرات Physical Properties of the Galaxies

بعد تحديد بعد المجرة يمكن معرفة العديد من خصائصها الفيزيائية، ويمكن تلخيصها فيما

يلي:

1- القدر المطلق: من قياس شدة ضوئها يمكن تحديد لمعانها. وهذا يعني أن الدقة في حساب القدر المطلق للمجرة ولمعانها يعتمدان إلى حد كبير على دقة حساب بعد المجرة.

2- الحجم: حيث يمكن حساب الحجم الحقيقي للمجرة باستخدام المعادلة البسيطة:
الحجم = الحجم القوسي \times البعد.

وبالطبع فإن معرفة البعد ستلعب دوراً جوهرياً في تقدير حجم المجرة. ومن خلال الدراسات المختلفة تبين أن أحجام المجرات تتراوح ما بين 300 إلى 3000 مليون سنة ضوئية مكعبة، للمجرات القزمية. وأكبر المجرات العملاقة قد يصل نصف قطرها إلى 3 مليون سنة ضوئية. بالنسبة للمجرات الحلزونية فهي متوسطة الحجم، أما المجرات البيضاوية فمنها القزمي ومنها أكبر المجرات العملاقة، وتتميز المجرات غير المنتظمة بأنها صغيرة.

3- الكتلة: حساب كتل المجرات من الموضوعات الصعبة ويمكن فقط لجزء مما نراه من المجرات، وهناك عدة طرق تستخدم في حساب كتل المجرات نذكر منها مايلي:

أ) كتلة المجرة من قياس الحركة الداخلية: يمكن استخدام تأثير جاذبية المجرة على النجوم داخلها في حساب كتلة المجرة وذلك بقياس سرعة حركة النجوم في أطراف المجرة ومن ثم يسهل حساب الكتلة باستخدام قانون كبلر الثالث $M = \frac{rv^2}{G}$.

ب) قياس الكتلة باستخدام نظرية معدل الطاقة Virial Theorem وذلك من خلال حساب طاقة الوضع وطاقة الحركة، حيث تقول نظرية معدل الطاقة إن مجموع طاقة الوضع للمجرة تساوي ضعف مجموع طاقة الحركة وبالتالي فإن مقدار كتلة المجرة اللازمة لكي تتحرك النجوم بالسرعات التي يمكن رصدها وبحيث تأخذ المجرة الشكل الذي نراها به يمكن حسابها من خلال التعادل بين طاقتي الوضع والحركة.

4- الضياء: قسمت المجرات تبعاً لضيائها إلى الأقسام التالية: I, II, III, IV, V، بحيث أن النوع I هو الأكثر لمعانا وأن النوع V هو الأقل لمعانا. فالمجرة من النوع ScI يعني أن لدينا مجرة حلزونية من الدرجة c، ومن الضياء I. ويمكن تصور أن المجرات ذات الضياء I هي من المجرات العملاقة. أقل المجرات ضياء قد تكون في حدود 100 ألف لمعان شمسي أما ألمع المجرات فيمكن تقدير ضيائها بحوالي مليون مليون لمعان شمسي.

5- نسبة الكتلة إلى الضياء: من الخصائص التي يتتبعها الفلكيين للمجرات نسبة الكتلة إلى الضياء (M/L). وهذه النسبة لها دلالة قوية على نسبة المادة الداكنة داخل المجرات وذلك قياساً على أن نسبة الكتلة إلى الضوء في الشمس تساوي الوحدة، وبقياس هذه النسبة في المجرات المختلفة يمكن تقدير كتلة النجوم وكتلة المادة الداكنة داخل المجرات. ومن مقارنة نسبة الكتلة إلى الضياء في أنواع المجرات المختلفة والمبينة في الجدول رقم (11.1) يتضح أن المجرات البيضاوية نجومها قديمة وتكثر بها المادة الداكنة، بينما تجد نجومها حديثة وأخرى قديمة في المجرات الحلزونية؛ لذا فنسبة الكتلة إلى الضياء فيها أقل مما في المجرات البيضاوية، أما المجرات غير المنتظمة فتتميز بقيمة مشابهة لما في الشمس لنسبة الكتلة إلى الضياء نتيجة لأنها يغلب على تكوينها النجوم الحديثة.

6- اللون: توجد علاقة مباشرة بين نوع المجرات ولونها فالمجرات البيضاوية أكثر حمرة من المجرات الحلزونية والمجرات الحلزونية تتميز بحمرة في الهالة وزرقة في القرص أما المجرات غير المنتظمة فتتميز بأنها أكثر زرقة وهذا دليل على معدل عالي لولادة النجوم بها.

والمجرات من النوع s_c هي الأكثر حمرة في المجرات الحلزونية بينما s_a هي الأكثر زرقة. كما نجد أن أقدم نجوم الجبهة I تنتشر في المجرات البيضاوية بينما أحدث نجوم الجبهة الأولى I فتنتشر في المجرات غير المنتظمة.

7- معدل ولادة النجوم: نلاحظ أن ولادة النجوم قد توقفت تماماً في المجرات البيضاوية ولكنها موجودة في المجرات الحلزونية وفي قمة نشاطها في المجرات غير المنتظمة.

8- لف المجرات حول نفسها: المجرات البيضاوية لها معدل حركة زاوية صغير أما المجرات الحلزونية فلها معدل حركة زاوية عالي ويزداد المعدل في القرص عن الهالة. أما المجرات غير المنتظمة فمعدل حركتها الزاوية يساوي صفر حيث أن تصادم المجرات يغير من معدل دورانها حول نفسها.

ثالثاً: المجرات النشطة

Active galaxies

مقدمة Introduction

رصد الفلكيون مجموعة من المجرات ذات طبيعة نشطة حيرت العلماء كثيراً. فإذا كانت قمة إشعاع المجرات العادية في الضوء المرئي، فإن المجرات النشطة تأتي قمة إشعاعها في:

1- الأشعة Far IR وذلك من الغبار الساخن

2- أشعة سينكروترون Synchrotron في النطاق الراديوي.

3- خطوط انبعاث من الغازات الساخنة في UV, X-ray

ومن الدراسات النظرية والأرصاد الفلكية اتضح أن مصدر النشاط ينبع من النواة ومن ثم سميت هذه المجرات بالمجرات ذات الأنوية النشطة (AGN) Active Galactic Nuclei.

ويمكن وضع هذه المجرات تحت الأنواع التالية:

1- مجرات راديوية: وهي تتميز بأنها تشع كميات هائلة من الأشعة الراديوية، وهي غالباً ما تكون عملاقة بيضاوية، ويلاحظ أن الأشعة تنبعث في مسارين مستديرين على جانبي المجرة. وتنقسم المجرات الراديوية إلى قسمين هما: منضغطة compact وممتدة extended. وقد شوهد في هذه المجرات الراديوية مقذوفات تخرج من النواة وتنتهي بقوس Lobe. ومن أشهر المجرات الراديوية مجرة الدجاجة A ومجرة قنطورس A.

2- مجرات سيفرت Seyfert: وهي مجرات حلزونية في الغالب، ولها نواة ذات بريق عال أزرق اللون مما يعني أنها تتكون من نجوم حديثة التكوين، وترسل هذه المجرات مادة ذات درجة حرارة عالية وبسرعات كبيرة. حوالى 1% من المجرات الحلزونية من مجرات سيفرت، وتتميز هذه المجرات بنواة صغيرة وبراقة، ومعظمها موجود في نظام مجري مزدوج، وربما تلعب قوى التجاذب بين مجرتي النظام المزدوج دوراً في نشاط هذه المجرات. وبعضها لديه نواتين وقد يمكن تفسير ذلك بأنها ناشئة عن تلاحم مجرتين.

3- مجرات BL Lac: والتي تتميز بتغيرات كبيرة في الأشعة الراديوية وتحت الحمراء والضوء المرئي وغيرها من خطوط الطيف. وخطوط الانبعاث قليلة أو غير موجودة أحياناً، وتغيرات قوية في الاستقطاب. وهي تشبه النجوم المتغيرة ولكنها في الحقيقة مجرات تبدو

بيضاوية. وتظهر تغيرات من ليلة لأخرى مما يوضح أن النواة ثقب أسود صغير الحجم (قطره يوم ضوئي واحد).

4- الكوازار Quasars: كلمة كوازار تعني أشباه النجوم Quasi stellar objects، حيث كان العلماء يعتقدون أنها نوع من النجوم وقد اكتشفت الكوازارت لأول مرة في عام 1963 كأجسام ذات سرعة عالية تبدو كنجوم من النوع الأزرق البراق، ويعتقد الفلكيون في الوقت الحالي وبعد اكتشاف أكثر من 1500 كوازار أنها عبارة عن مجرات حديثة التكوين أو أنوية مجرات، مما يعني أن نجومها حديثة الولادة ولذلك تتميز هذه المجرات بلمعانها العالي، (الشكل رقم 11.10). لقد أصبحت دراسة مجرات الكوازار من الدراسات الشيقة والصعبة في نفس الوقت؛ وذلك نتيجة لصعوبة رصدها ومعرفة أسرارها. ويمكن ببساطة تلخيص أهم ما تتميز به مجرات الكوازار فيما يلي:

(أ) إزاحة حمراء عالية جداً مما يعني أنها تبتعد بسرعة تقترب من سرعة الضوء، وهذا يدل على أنها موجودة على مسافة بعيدة جداً في أحد أطراف الكون الفسيح. وحيث أن البعد يعتبر مقياساً للزمن فإن البعد الشديد للكوازار يدل على أنها مجرات في أول عمرها.
 (ب) قوة إشعاع عالية جداً، حيث تبلغ طاقة الكوازار إلى أكبر الحدود التي نعرفها، فإذا كانت طاقة نواة مجرتنا 10^{34} واط وطاقة المجرات النشطة في حدود 10^{39} واط فإن طاقة الكوازار تبلغ 10^{42} واط.

(ج) يؤكد اللون الأزرق على شدة اللمعان.
 (د) بعضها مصدر قوي للأشعة الراديوية (1%) ولكن أغلبها يصدر أشعة سينية بكميات هائلة.

(هـ) يتغير لمعانها بشكل شديد وفي أوقات متباينة، وهذا يؤكد أن كمية الطاقة الهائلة التي تحتوي عليها تلك المجرات تزداد في مقدارها في عدة أيام ضوئية كما لو كانت نوعاً من المجرات المتغيرة كالنجوم المتغيرة. ومصدر الطاقة هو ثقب أسود ضخم يقع في نواة المجرة.



الشكل رقم (11.10). كوازار (HST) 3C 273 .

وتمثل الكوازارات واحدة من التحديات التي تجابه الفلكيين والتي يمكن أن تؤدي إلى إحداث تغييرات جوهرية عن فهمنا للكون وكيفية إنتاج الطاقة داخل الكوازار، فقد رصدت بعض مجرات الكوازار بلمعان بين 10 إلى 100 ضعف لمعان ألمع المجرات البيضاوية العملاقة. وتنتج الكوازار الطاقة في لب لها لا يزيد في قطره عن عدة سنوات ضوئية وهي بالطبع مسافة صغيرة جداً بالنسبة لأبعاد المجرات، ومما يزيد من تعقيد المشكلة أن لمعان الكوازار يتغير كل شهر أو كل أسبوع أو حتى خلال أيام وبطريقة غير منتظمة، ومقدار التغير في حدود عشرات المرات وهذا تغير لا نستطيع شرحه أو فهمه في حدود ما تعرفنا عليه من مصادر الطاقة في النجوم إلى وقتنا هذا، وحتى نتفهم ذلك فإن زيادة لمعان الكوازار للضعف مثلاً يعني تحول عشر أمثال كتلة الأرض إلى طاقة كل دقيقة، وهو تغير هائل في الطاقة يصدر من منطقة صغيرة وفي وقت قصير جداً، فما هو مصدر مثل هذه الطاقة الهائلة؟ هذا بالطبع هو التحدي الحقيقي الذي يواجه الفلكيين في عصرنا الحالي، ولعل فهمهم لهذا اللغز قد يؤدي إلى معرفة قدرأ مهما من قصة حياة المجرات. لقد وضع الفلكيون نماذج نظرية عديدة لمحاولة فهم مصدر الطاقة الهائلة الموجودة في الكوازار، وأحد هذه النماذج المقبولة أن يكون داخل الكوازار ثقب أسود ضخم كتلته تزيد عن البلايون كتلة شمسية، وفي هذه الحالة يجتذب هذا الثقب الأسود مادة المجرة من نجوم وسحب ما بين النجوم ويجعلها تدور حوله كما وصفنا عند الحديث عن الثقب الأسود في حالة النجمين المزدوجين وينتج عن اجتذابه للمادة إنتاج كم هائل من الطاقة يمكن أن يفسر ما نراه من الكوازار، فهل يمكن أن يكون هذا النموذج هو الحل للسر الغامض الذي تكتنفه مجرات الكوازار؟ سؤال ينتظر جهود العلماء النظريين والتجريبيين حتى نتعرف على مصدر طاقة الكوازار.

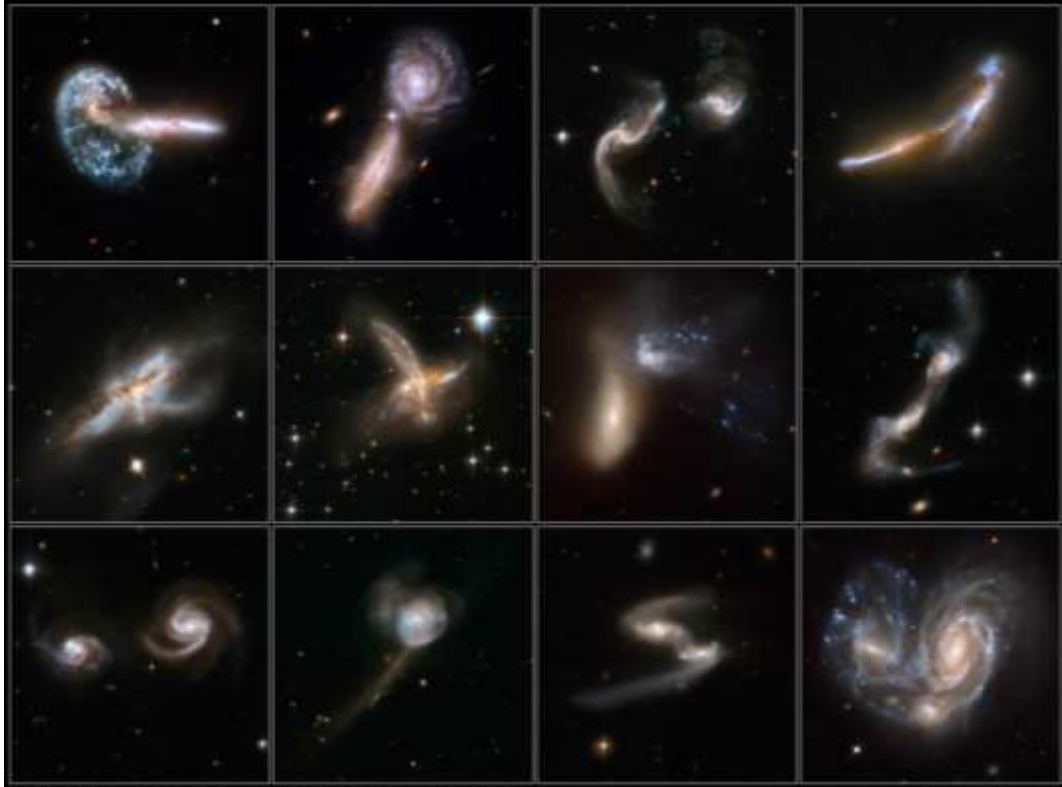
ويعتقد الفلكيون أن مجرات الكوازار هي مجرات حديثة في العمر، ويدعم هذا الرأي أنها ترى فقط عند مسافات بعيدة جداً، فقد رصدت مجرات الكوازار على أبعاد تزيد عن 10 بليون سنة ضوئية وبالتالي فقد خرجت منها الأشعة منذ أمد بعيد جداً (أكثر من 10 بليون سنة) إلى أن وصلتنا في الوقت الحالي وحيث إن عمر الكون في حدود 13 بليون سنة لذلك فإن الصورة التي نرصدها لمجرات الكوازار تعبر عن مجرات حديثة التكوين.

ومن خلال فهمنا للخواص الفيزيائية للمجرات النشطة يمكن أن نضع الخطوات التالية لتعبر عن مراحل تطور المجرات كما يلي:

1- مجرات الكوازار ثم المجرات ذات الأنوية النشطة AGN تكونت في الفترة الأولى من عمر الكون وبصفة خاصة الكوازار وتلتها الأنواع الأخرى. وهي توجد بعيدة عنا في أطراف الكون. وأغلب طاقة هذه المجرات ناتج عن تأثير الثقب الأسود الضخم (عدة بلايين كتلة شمسية) في مركز المجرة. يزداد الثقب الأسود ضخامة في مركز الثقب الأسود عما في المجرات ذات الأنوية النشطة الأخرى. ومن هنا يأتي ترتيب التكوين للكوازار أولاً ثم AGN بعدها.

2- المجرات العادية هي الأكثر حداثة حيث تكونت في فترة متأخرة نسبياً. حيث قلت المادة على تكوين ثقوب سوداء بذات الضخامة التي نراها في المجرات النشطة وهذا يعني أن المجرات العادية تمثل الجيل الأخير الذي تكون من المجرات.

تصادم وتلاحم المجرات Collision and Merge of Galaxies



الشكل رقم (11.11). صور عديدة لتلاحم مجرات (HST).

قد تكون المسافات بين المجرات أصغر من أحجام المجرات ذاتها، وقد تكون متزاحمة لذا فقد رصدت العديد من المجرات المتصادمة أو المتلاحمة. المجرات العملاقة أكبر بكثير من المجرات القزمية مما يعطيها قوة جذب عالية تؤثر بها على المجرات القزمية مما يسبب تشوه منظر المجرات الصغيرة. ومن أهم المظاهر المتعلقة بتفاعل المجرات ما يلي:

- 1- المجرات الكبيرة تسبب تشوه المجرات الصغيرة.
 - 2- التحام المجرات مع بعضها.
 - 3- وجود جسر من المادة تنتقل من مجرة لأخرى كما يحدث بين مجرتنا ومجرتي ماجلان.
- لذا فإن مناطق الالتحام يكثر فيها معدل تكوين النجوم. وتسمى تلك المجرات مجرات تفجر النجوم starburst galaxies. وتوجد أمثلة كثيرة لتصادم أو تلاحم المجرات منها NGC4038 , NGC4039 مجرتين متلاحمتين ومازالت الأنوية ظاهرة. والمجرة Arp220 مجرة غنية بتكوين النجوم وهي ناشئة عن تلاحم مجرتين حلزونيتين كما في الشكل رقم (11.11).

رابعاً: حشود المجرات

Clusters of Galaxies

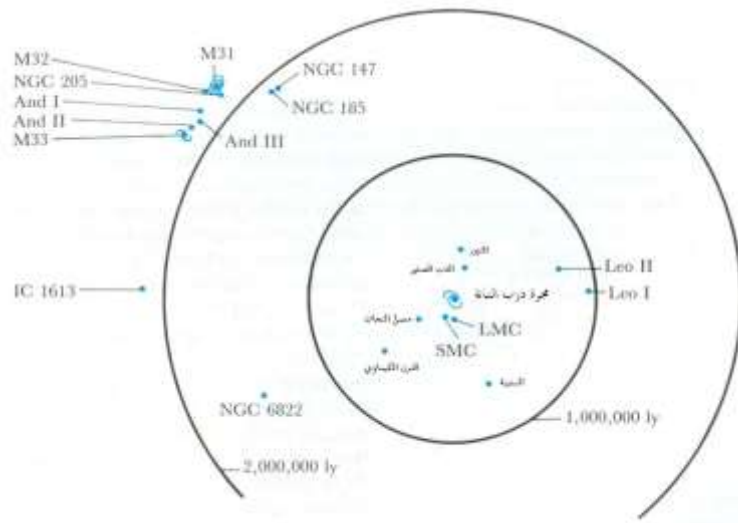
على الرغم من أن المجرات هائلة الأبعاد إلا أنه أصبح من الواضح أن المجرات موجودة في أنظمة أكبر منها تسمى حشود المجرات، وكما أن النجوم تتحرك داخل المجرات فإن المجرات تتحرك كذلك داخل حشودها، ولكنها تتحرك حركة تباعدية وهذا يعني أن حشد المجرات يتمدد كما يحدث لعجينة خبز حيث تتمدد أثناء خبزها. وهناك رأي آخر يقول إن كل مجرة تتباعد عن جاراتها بحيث تبدو المجرات كما لو كانت تتبادل المواقع. وقد يحوي حشد المجرات عشرات أو مئات أو آلاف المجرات، والحشد الذي تتبعه مجرتنا ويسمى بالحشد المحلي وهو من الحشود الصغيرة في عدد مجراتها.

الحشد المحلي Local Cluster

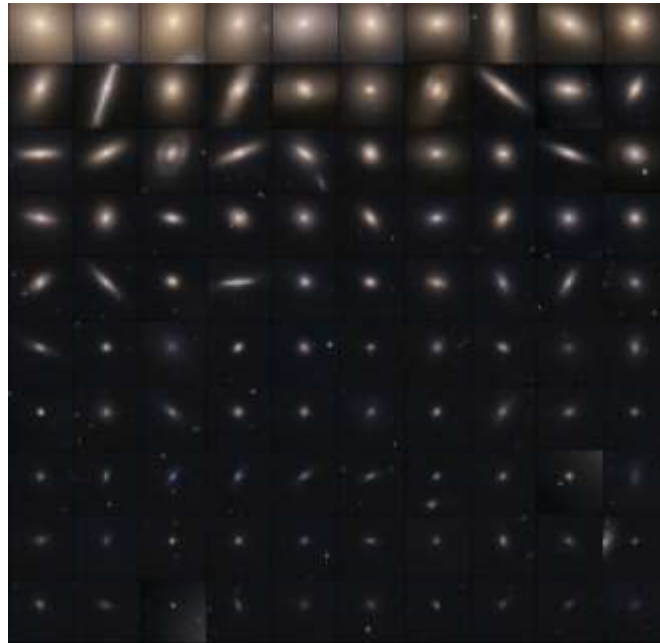
يحتوي على 30 مجرة تقريباً موزعة على مجموعتين رئيسيتين: المجموعة الأولى تلتف حول مجرتنا درب التبانة وكأنها زعيمة لقبيلة صغيرة من المجرات، والمجموعة الثانية تلتف حول مجرة المرأة المسلسلة M31 التي تبعد عنا مليوناً سنة ضوئية، وإذا كان قطر مجرتنا يبلغ 100 ألف سنة ضوئية فإن قطر المرأة المسلسلة يبلغ 130 ألف سنة ضوئية فهما بحق عملاقي الحشد المحلي. ويوجد داخل الحشد مجرات من الأنواع الثلاثة المعروفة، 4 حلزونية و15 بيضاوية و13 غير منتظمة. قطر الحشد المحلي حوالي 3 مليون سنة ضوئية، ومجرتنا تبعد قليلاً عن مركز الحشد، الشكل رقم (11.12). مجرتنا ماجلان الصغيرة والكبيرة تقعان بالقرب من مجرتنا ومرتبطنان بمجرتنا من خلال جسر من غاز الهيدروجين. وفي الحقيقة تشير الدراسات الفلكية أن درب التبانة هي السبب في التشوهات في منظر مجرتي ماجلان حيث إنها بدأت في جذبها نحوها وهي في طريق ابتلاعها. وبسبب انتشار ظاهرة ابتلاع مجرات كبيرة لأخرى صغيرة استخدم الفلكيون لفظ المجرات آكلة المجرات galactic cannibalism على هذه المجرات التي تأكل صغارها.

الحشود الغنية بالمجرات Rich Clusters

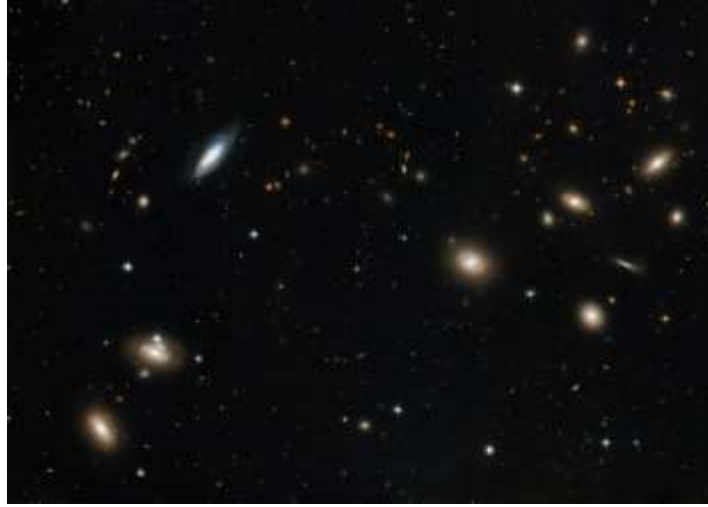
يُعدُّ الحشد المحلي صغيراً إذا ما قورن بالحشود الغنية والتي تحتوي على مئات أو آلاف المجرات، وتبدو هذه الحشود منتظمة الشكل بحيث يزداد عدد المجرات كلما اتجهنا نحو مركز الحشد. حشد السنبلة Virgo يحتوي على 2500 مجرة منها 205 مجرة لامعة وقطر الحشد 10 مليون سنة ضوئية، ويبعد عنا 50 مليون سنة ضوئية، (الشكل رقم 11.13). أما حشد Coma (في كوكبة شعر الأميرة Coma Berenices) فهو من الحشود الغنية حيث يحتوي على حوالي آلاف (قد تصل إلى 10 آلاف) المجرات وقطره في حدود 20 سنة ضوئية، (الشكل رقم 11.14). ومراكز هذه الحشود تتميز بوجود مجرات بيضاوية عملاقة، والمسافات بين حشود المجرات تقاس بعشرات ملايين السنين الضوئية. فسبحان الله الذي خلق كوناً فسيحاً مترامي الأطراف تحكمه قوانين متشابهة، فحشود المجرات تشبه حشود النجوم، وللعقل أن يحاول أن يتخيل كيف تتفاعل هذه المجرات مع بعضها حينما تكون في حركتها حول مركز الحشد، فقد تتداخل مجرتان أو أكثر فينشأ عن ذلك تحول المجرات من نوع إلى آخر. ومركز الحشد أغلبه مجرات من النوع البيضاوي E0 والحلزوني Sa بينما كان الحال بالنسبة للمجرات بشكل عام أن 60% منها من النوع الحلزوني، وهذا يعني أن المجرات الحلزونية تنتشر بعيداً عن مراكز الحشود. ويلعب غاز ما بين المجرات دوراً مهماً في تحويل المجرات الحلزونية إلى مجرات بيضاوية وذلك عن طريق إخراج مادة ما بين النجوم من المجرات الحلزونية مما يؤدي لتحويلها إلى مجرات بيضاوية أو حلزونية من النوع الدائري S0. وقد يحدث أن تتقارب مجرتان داخل الحشد فتكتسب إحداهما طاقة حركة وتتحرك في مدار أكبر من مدارها السابق، بينما تقترب الأخرى أكثر من مركز الحشد تماماً كما يحدث حينما تتجمع العناصر الثقيلة داخل لب الكوكب وترتفع العناصر الخفيفة إلى الخارج، وبتلاحم المجرات في مركز الحشد قد تتكون مجرات بيضاوية ضخمة تزداد في الحجم كلما اندمجت معها مجرة أخرى. نسبة الكتلة على الضياء (ML) في حشود المجرات تتراوح بين 300 إلى 500 مما يعني تزايد نسبة المادة الداكنة بشكل كبير داخل حشود المجرات. كلما انتقلنا إلى النظم الأكبر تزايدت نسبة المادة الداكنة والتي تمثل النسبة الغالبة في تكوين الكون. والثقوب السوداء هي واحدة من مكونات المادة الداكنة وهي فيما يبدو تمثل جزءاً مهماً لضخامة كتلتها (عدة كتل شمسية إلى آلاف ملايين الكتل الشمسية). ما أن الأقسام البنية والكواكب العملاقة حول النجوم الأخرى وكذلك الأقسام البيضاء والنجوم النيوترونية هي كذلك من مكونات المادة الداكنة. ويفترض الفلكيين أن أشعة النيوتريونو يمكن أن تكون جزءاً مهماً من المادة الداكنة. كما يفترض الفلكيين وجود مواد غير باريونية non-baryonic مثل أشعة النيوتريونو ويعتقد أن نسبتها أكبر من المادة الباريونية (والمتمثلة في وجود الكتلونات وبرتونات ونيوترونات) في الكون.



الشكل رقم (11.12). حشد المجرات المحلي .



الشكل رقم (11.13). 100 مجرة من حشد السنبلة (HST).

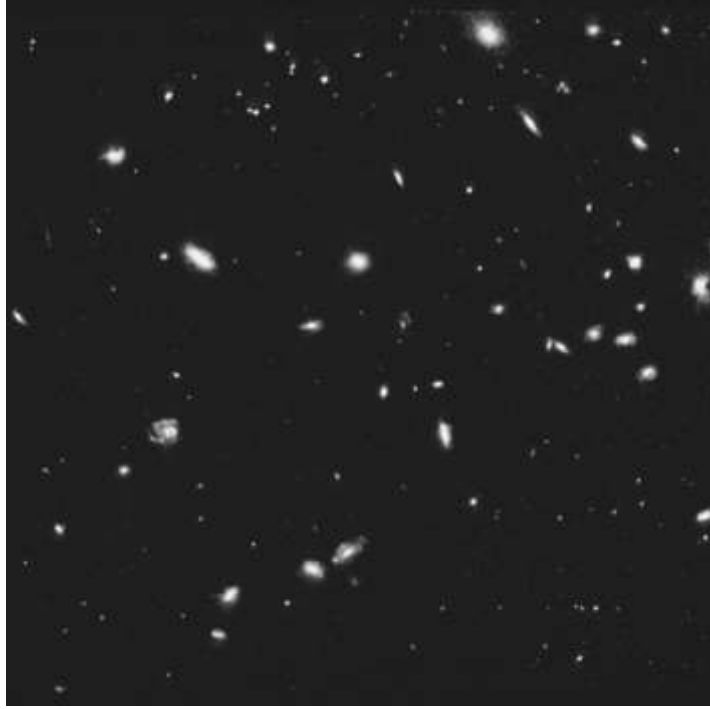


الشكل رقم (11.14). حشد شعر الأميرة (HST).

وقد رصدت أكثر من مجرة لها نواتان مما يؤكد فكرة تلاحم المجرات، وبالطبع فإن المجرات الضخمة تمثل أقصى قيم لكل من الكتلة والحجم ودرجة اللمعان، وبذلك يمكننا القول إن المجرات البيضاوية الضخمة موجودة في حشود المجرات الغنية. ولا يوجد تشابه واضح بين مادة ما بين المجرات وتلك التي توجد بين النجوم، وفيما يبدو أن هناك كمية قليلة من المادة بين المجرات مصدرها المجرات نفسها ودرجة حرارتها عالية (حوالي 100 مليون كلفن).

ويظهر من الأرصاد الفلكية أن حشود المجرات ليست هي أكبر ما نعرفه من تجمعات في الكون فقد لاحظ الفلكيون أن حشود المجرات تتواجد في تجمعات أكبر منها تعرف بالحشود الفائقة Super clusters وهي غير منتظمة في شكلها، والحشد المحلي الفائق يبلغ قطره حوالي 100 مليون سنة ضوئية، ويحتوي على 10^{15} كتلة شمسية ويوجد بداخه 382 حشد غني، ويقع الحشد المحلي على أطراف الحشد المحلي الفائق. يتحرك الحشد المحلي بعيدا عن حشد السنبلة (والذي يبدو في مركز الحشد الفائق) بسرعة تتراوح بين 100 إلى 150 كم/ث. ويبعد عن الحشد المحلي الفائق حشد فائق آخر وهو حشد هرقل Hercules الفائق بمسافة 720 مليون سنة ضوئية وحجم حشد هرقل الفائق في حدود 600 بليون سنة ضوئية مكعبة. لقد تمكن الفلكيون من قياس أبعاد وسرعات عدة آلاف من المجرات وحتى حدود 150 مليون سنة ضوئية من مجرتنا. ولقد لوحظ وجود فراغات كبيرة أطلق عليها العلماء لفظ voids والسؤال المحير هو هل هذه فراغات بالفعل أم أنها تحتوي على مادة يصعب رؤيتها؟ وقضية الفراغات المنتشرة في الكون تعتبر قضية محيرة حيث يتضح من ذلك أن المادة تنتشر في الكون بشكل غير منتظم حيث توجد مناطق تتركز فيها المجرات وحشودها، وأماكن أخرى تبدو فارغة بشكل يبدو عشوائيا فكيف نفسر ذلك؟

كما توجد ألغاز أخرى عديدة، فليس من الواضح أيهما خُلق أولاً المجرات ثم حشود المجرات ثم الحشود الفائقة كما تقول نظرية التطور من القاع إلى القمة حيث تبدأ بافتراض أن الكون كان بارداً. أما النظرية الثانية وهي نظرية التطور من القمة إلى أسفل حيث تفترض أن الحرارة في بداية خلق الكون كانت عالية جداً بحيث تستطيع الكتل الكبيرة فقط أن تتكون فظهرت أولاً الحشود الفائقة ثم تكونت في داخلها مع برودة الحرارة حشود المجرات ثم المجرات. ثم كيف تتكون المجرات؟ وأيها تكون أولاً؟ وكيف تتطور المجرات؟ وهل لها قصة في التطور كما رأينا قصة حياة للنجوم؟ ما عرفه الإنسان من كون الله الفسيح يبدو كقطرة في بحر عميق.



الشكل رقم (11.15). حشد من المجرات على بعد 4 بليون سنة ضوئية (HST).

تمدد الكون Expansion of the Universe

بدا للفلكيين جلياً في النصف الثاني من القرن العشرين أن المجرات تتباعد عنا وهذا التباعد يعني اتساع أو تمدد الكون، والتحقق من هذه الفكرة يساعدنا على فهم تاريخ وتطور الكون من حولنا. وبعد دراسات مستفيضة استنتج هوماسون وهبل قانون الإزاحة والمعروف بقانون هابل و Hubble's Law والذي يبين أن الإزاحة الحمراء X يمكن حسابها تبعاً للعلاقة التالية:

$$X = \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$$

حيث λ , $\Delta\lambda$ الطول الموجي والإزاحة التي حدثت فيه.
سرعة التباعد v_T تزداد مع البعد D تبعاً للعلاقة

$$v_T = H D$$

حيث H يسمى ثابت هابل وأحدث قيمة له هي 74.2 كم/ث لكل مليون بارسك. وهذا يعني أن أية مجرة تتباعد عنا بسرعة 74.2 كم/ث كل مليون بارسك من بعدها. فإذا كانت مجرة تبعد عنا؛ 100 مليون بارسك فإنها تتباعد بسرعة 7420 كم/ث.

ويتمدد الكون من حولنا بحيث تتباعد المجرات تماماً كما لو كان عندنا قطعة من عجينة خبز تترك لتختمر فإنها تتمدد، ونلاحظ أن التمدد يحدث في جميع الاتجاهات بدرجة متساوية بين حشود المجرات. وقد لوحظ أن بعض المجرات القريبة منا تتقارب بالرغم من أن الحشود التي تتبعها هذه المجرات تتباعد عنا ذلك لأن اتجاه حركة تلك المجرات قد يكون نحونا، وداخل الحشد قد يكون للمجرات حركة نحو أو حول مركز الحشد. كما رصد اصطدام العديد من المجرات ولوحظ أن معدل الإصطدام والالتحام بين المجرات أعلاه في مراكز حشود المجرات ويعتقد

نشأة الكون وتطوره

حينما نتكلم عن الكون فإننا نتكلم عن الكون المرئي وهو يقع تحت السماء الدنيا، أما السماء الأولى والثانية إلى آخر السماوات السبع والعرش فعلمها عند الله سبحانه وتعالى. ورغم هذا فالسماوات الدنيا مهولة في شدة اتساعها وضخامة بنائها. وتفسر نظرية الانفجار العظيم تمثل تصورنا الإنساني لنشأة الكون وتطوره المستقبلي حيث تنص هذه النظرية على أن المادة والطاقة المنتشرة في أنحاء الكون كانت في بداية الكون منحصرة في حيز صغير جداً لا متناهي في الصغر وحالة المادة في ذلك الوقت مجهولة بالنسبة لنا وكان ذلك منذ حوالي 13 بليون سنة. ويمكن تقدير عمر الكون من خلال المعادلة البسيطة التالية:

$$T = \frac{1}{H}$$

حيث T العمر و H هو ثابت هابل والذي تتراوح قيمته ما بين 50-100 كم/ث/مليون بارسك والقيمة المقبولة لها في الوقت الحالي في حدود 75 كم/ث/مليون بارسك.

لقد بدأت المادة في بداية تشكل الكون في البرودة بشكل نسبي والتمدد بمعدل سريع وفي وقت قصير ويمكن تلخيص ذلك في الخطوات التالية :

1- في 10^{-43} من الثانية الأولى من عمر الكون كانت درجة الحرارة تزيد عن 10^{32} كلفن وكانت جميع القوى متحدة وبعدها انفصلت الجاذبية عن بقية القوى.

2- في 10^{-35} من الثانية الأولى من عمر الكون انخفضت الحرارة إلى 10^{27} كلفن وبدأت عملية الانتفاخ وانفصلت القوى عن بعضها.

3- انخفضت الحرارة إلى 1500 تريليون كلفن وكانت المادة الأولية عبارة عن كواركات Quarks تتحرك في بحر من الطاقة. انفصلت القوى الضعيفة والكهرومغناطيسية وأصبحت القوى الأربع (القوية والضعيفة والجاذبية والكهرومغناطيسية) منفصلة عن بعضها البعض.

4- عندما تمدد الكون إلى ألف مرة عن حجمه الأول فإن حجمه الجديد أصبح في حجم المجموعة الشمسية وعندها بدأت الكواركات تنتظم في النيوترونات والبروتونات.

5- حينما تمدد الكون إلى ألف مرة حجم المجموعة الشمسية فإن النيوترونات والبروتونات كونت نويات ذرات الهيليوم والديوتيريوم. لقد حدث ما سبق حسبما يعتقد العلماء في خلال الدقيقة الأولى من عمر الكون، وكانت الحرارة مازالت عالية، ولذلك لم تتكون الذرات بعد.

6- وبعد 300 ألف سنة من نشأة الكون تمدد الكون إلى حجم أصغر ألف مرة من حجمه الحالي، وحينها تجمعت الذرات مكونة سحب من الغاز والتي تطورت بعد ذلك لتكون النجوم.

7- حينما وصل حجم الكون لخمس حجمه الحالي تكونت النجوم وتجمعت فيما يمكن أن نسميه مجرات حديثة الولادة.

8- عندما كان الكون في نصف حجمه الحالي فإن التفاعلات النووية داخل النجوم أنتجت معظم العناصر الثقيلة والتي تكونت منها بعد ذلك المجموعة الشمسية.

9- عندما كان الكون في ثلثي حجمه الحالي تكونت مجموعتنا الشمسية؛ أي منذ حوالي 5 بليون سنة، لذا تُعدُّ المجموعة الشمسية صغيرة نسبياً من حيث العمر.

ومع مرور الزمن فإن عملية نشأة النجوم ستقل، وعليه فإن عدد النجوم سيصبح في تناقص ومن المتصور أنه بعد حوالي 15 بليون سنة من الآن فإن تلك النجوم التي مثل شمسنا ستصبح نادرة

الوجود، وسيكون الكون غير مأهول بمخلوقات مثلنا. إن هذا التصور عن نشأة الكون وتطوره قد وضعه العلماء من خلال النظرية المعروفة بنظرية الانفجار العظيم وتمكنوا من تفسير العديد من الظواهر الفلكية ولكن مازالت أمامهم تحديات كبيرة تقف كألغاز يصعب التعامل معها، فلا يعرف الفلكيون مثلاً كيف تكونت المجرات؟ وماذا عن المستقبل حينما تفتى الطاقة داخل النجوم، وغير ذلك العديد من الأسئلة المعقدة. ولقد ظهرت نظرية حديثة لمحاولة حل بعض تلك الألغاز التي واجهت نظرية الانفجار العظيم، وتعرف النظرية الجديدة بنظرية الانتفاخ الذاتي للكون - The Self-Reproducing Inflationary Universe ومن خلال هذه النظرية حاول العلماء وضع تصور لما حدث في جزء من الثانية الأولى من عمر الكون. حيث تصور نظرية الانتفاخ أن الكون في خلال أقل من ثانية انتفخ كما تنتفخ فقاعات الصابون. فبدلاً من أن يكون قد حدث انفجار من حجم وحرارة لا نهائين كما تصور نظرية الانفجار العظيم، فإن نظرية الانتفاخ ترى أن كرة الكون المنتفخة خرجت منها كريات انتفخت كل منها لتكون كور أخرى وهكذا استمرت عملية الانتفاخ ليأخذ الكون حجم كبير في فترة زمنية وجيزة (أقل من ثانية). إن أسس نظرية الانتفاخ جاءت من جذور فيزياء المواد الأولية والقوى الفيزيائية المختلفة. ورغم أن هذه النظرية في مهدها إلا أنها تمكنت من تفسير بعض الألغاز التي خلفتها نظرية الانفجار العظيم. ولكن يبقى أن نقول إننا مازالنا نحبو في فهمنا لنشأة الكون وتطوره، ومع تقدم آلات الرصد وتعمق فهمنا لفيزياء المادة في الكون فإن معرفتنا للكون من حولنا تزداد وتعمق شعورنا بما في الكون من بديع صنع الله يزداد رسوخاً.

ملخص

- 1- مجرتنا (درب التبانة) من النوع الحلزوني، ولها أربعة أذرع حلزونية.
- 2- مجرة درب التبانة من المجرات المتوسطة وبها ما يزيد عن 100 بليون نجم.
- 3- تتجمع النجوم داخل المجرة فيما يعرف بالحشود النجمية ومجرتنا تحتوى على آلاف الحشود النجمية.
- 4- يزداد تركيز النجوم إلى 10 مليون نجم في البارسك في نواة المجرة.
- 5- تتحرك الشمس حول مركز المجرة بسرعة 250 كم/ث.
- 6- النجوم الحديثة توجد على أذرع المجرة.
- 7- كتلة مجرة درب التبانة تزيد عن 100 بليون كتلة شمسية.
- 8- نواة المجرة من الموضوعات التي مازالت غامضة حيث يصعب رؤية ما يدور بداخلها.
- 9- تحيط بالنواة سحب كثيفة سريعة الحركة وساخنة مما حدا بالفلكيين أن يفترضوا وجود ثقب أسود في مركز المجرة تزيد كتلته عن 10 ملايين كتلة شمسية.
- 10- ومن المحتمل أن المركز كان عبارة عن عدة حشود كرية ونجوم هذه الحشود كانت ذات كتل عالية بحيث تحولت إلى ثقوب سوداء.
- 11- تختلف سرعة حركة النجوم حسب بعدها عن نواة المجرة.
- 12- الحشود ثلاثة أنواع : كرية ومفتوحة وائتلافية.

- 13- الحشود الكرية تتميز بما يلي: (أ) هي أكثر الحشود نجومًا، (ب) نجومها قديمة، (ج) تحتوى على نجوم متغيرة من نوع السلياق RR، (د) توجد في الهالة والنواة، (و) أكثر الحشود استقرارًا.
- 14- تنقسم المجرات من حيث الشكل إلى ثلاثة أنواع: الحلزونية والبيضاوية وغير المنتظمة.
- 15- المجرات الحلزونية منها العصوي وغير العصوي.
- 16- أكثر المجرات شيوعاً من النوعين الحلزوني والبيضاوي.
- 17- المجرات العملاقة والقزمية تكون من النوع البيضاوي.
- 18- قد تتلاحم المجرات وبشكل خاص في مراكز حشود المجرات.
- 19- يحتوى الحشد المحلي من المجرات على حوالى 30 مجرة.
- 20- توجد المجرات البيضاوية العملاقة في مراكز حشود المجرات.
- 21- تتجمع حشود المجرات في نظم أكبر تسمى الحشود الفائقة.
- 22- تعمل قوة الجاذبية كعمل العدسة أو المرآة حيث ترسل لنا الجسم وصورته أو ترسل لنا صورة مكبرة للجسم.
- 23- تتباعد المجرات عن بعضها بشكل عام داخل حشود المجرات، مما يعني أن حشود المجرات تزداد في حجمها.
- 24- توجد حشود غنية بالمجرات.
- 25- مجرات الكوازار مجرات حديثة التكوين.
- 26- يمكن رصد مجرات الكوازار رغم بعدها الشديد وذلك لشدة لمعانها.
- 27- مجرات سيفرت من النوع الحلزوني ولكنها شديدة الزرقة.
- 28- يمكن من خلال نظريتي الانفجار العظيم والانتفاخ تفسير العديد من الظواهر الفلكية المتعلقة بكيفية نشأة الكون وتطوره.

أسئلة

- 1- أذكر ما تعرفه عن مجرتنا؟
- 2- كيف تتحرك الشمس حول مركز المجرة؟
- 3- هل يمكن حساب كتلة المجرة؟
- 4- كم عدد الأذرع لمجرة درب التبانة؟
- 5- أذكر ما تعرفه عن نواة المجرة؟
- 6- ما أنواع الحشود؟ وأيها أكثر استقراراً؟
- 7- قارن بين حشود النجوم؟
- 8- ما أنواع المجرات؟
- 9- أذكر بعض أنواع المجرات الشاذة؟
- 10- هل هناك حشود للمجرات؟ بين ذلك؟
- 11- ما الكوازار؟ وماذا أفادتنا في معرفتها عن الكون؟
- 12- تعمل الجاذبية كعدسة مكبرة. فسر ذلك؟

13- الزمان والمكان عاملان متلازمان في الكون. فسر ذلك؟

