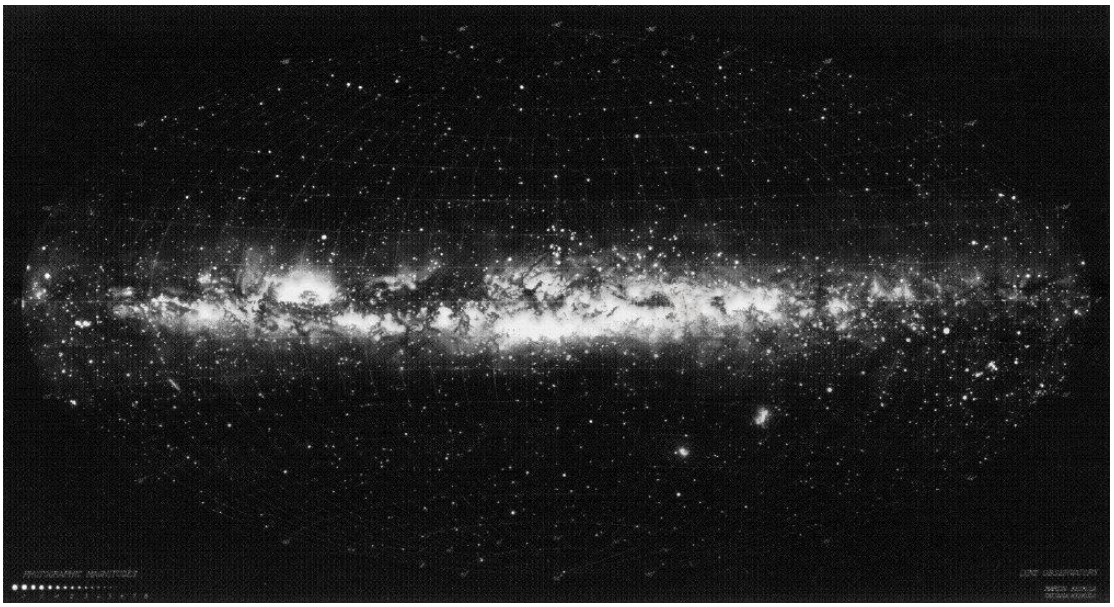
فيزياء المجرات والكون

Physics of the galaxies and 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).



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

يتكون هذا الكتاب من أربعة أبواب:

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.

مجرتنا: درب التبانة The Milky Way

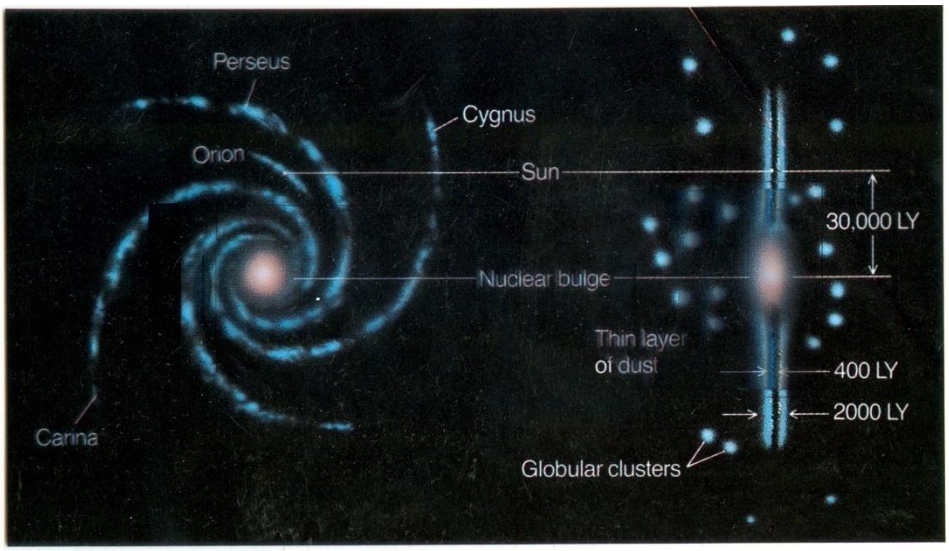
إن المجرة التي تقطنها شمسنا عبارة عن تجمع هائل من النجوم، ويبلغ عدد نجوم المجرة بين 300 إلى 400 بليون نجم، أي مئات بلايين النجوم، وتمتد المجرة إلى مسافة كبيرة تقدر بحوالى 100 ألف سنة ضوئية، وشكل المجرة التي نقطن داخلها حلزوني، وهي تتكون من نواة تبدو ككتلة واحدة من شدة تقارب النجوم داخلها، ويحيط بالنواة 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 ومايدور 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 نسكن بالقرب من منطقة النواة لوجدناها مكتظمة 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. ويعتبر مركز المجرة أو النواة من الأشياء المحيرة، فإنه يبدو كما لو كان في مركز المجرة ثقب أسود كتلته حوالى 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 لنتعرف عليها بالتفصيل.

وصف عام للمجرة General description of the galaxy

باستخدام طرق الرصد الحديثة في الأشعة الراديوية وتحت الحمراء وفوق البنفسجيةوالسينية 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 حوالى 100 ألف سنة ضوئية، وسمك القرص حوالى 2000 سنة ضوئية، وهذا القرص موجود داخل هالة كبيرة من المادة الداكنة أو غير المرئية والتي تمتد إلى مسافة حوالى 160 ألف سنة ضوئية من مركز المجرة، وتدور الشمس على بعد 30 ألف سنة ضوئية من المركز،كما هو مبين في شكل 1-1. وتشبه مجرتنا في شكلها مجرة M31 والتي تسمى بمجرة المرأة المسلسلة Andromeda، شكل 1-2، والتي تبعد عنا مليونا 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.



شكل 1-1: منظران تخيليان رأسي وجانبي لدرب التبانة. وللمجرة أربعة أذرع طويلة واثنين قصيران.

شكل 1-2: مجرة المرأة المسلسلة (NASA)

تحتوي مجرتنا على أربعة أذرع طويلة حلزونية الشكل spiral arms وبها بعض التوءات، وذراعان قصيران. وتظهر 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 مجوعتنا الشمسية تقع على ذراع الجبار داخل منطقة صغيرة تعرف باسم الفقاعة المحلية Local buble، وداخل هذه الفقاعة توجد ريشة صغيرة local fluff ومجموعتنا الشمسية داخل هذه الريشة، كما هو موضح في الشكل 1-3. ومن أشهر النجوم الموجودة في الريشة المحلية بالإضافة للشمس نجم النسر الواقع والطير وفم الحوت وألفا قنطورس والسماك الرامح والشعرى اليمانية والشعري الشامية والتوأمان.

يبلغ طول الأذرع الطويلة في درب التبانة 25 ألف بارسك وهي:

1- ذراع الدجاجة Cygnus،

2- ذراع برشاوس Persus وهو خارجي بالنسبة لذراع الجوزاء

3- ذراع القوس–السفينة Sagittarius-Carina وهو داخلي بالنسبة لذراع الجوزاء.

4- ذراع الدرع–الصليب الجنوبي Scutum-crux.

كما يوجد في مجرتنا ذراع قصير سمي المربع Norma وطوله 3000 pc

ومن خلال تصوير المجرة في أشعة جاما، والأشعة السينية، وفوق البنفسجية، وتحت الحمراء، والراديوية، بالإضافة للضوء المرئي، أنظر شكل 1-4 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 لحوالى 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. كتلة مجرتنا تبلغ 10^{12} Ms وعمرها 15 byr وهي قريبة الشبه بمجرة المرأة المسلسلة M31 والتي تبعد عنا 70,000 pc . وفيما يلي مقارنه بين المجرتين

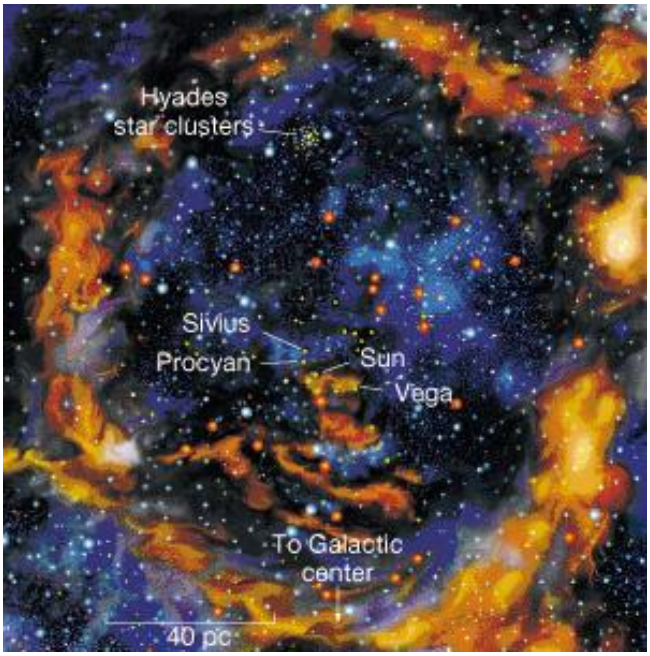
جدول(1-1) مقارنة بين درب التبانة والمرأه المسلسلة

المرأة المسلسلة	درب التبانه	نقاط المقارنة
أكبر	أقل	عدد الحشود النجمية
أقل	أعلى	معدل تكوين النجوم
أكبر وألمع	أصغر	حجم النواة
أكبر	أصغر	القرص
Sb I-II	SBbc I-II	النوع

وهنا يظهر سؤال مهم:كيف يمكن تتبع الأذرع الحلزونية ؟

للإجابة على هذا السؤال نلجأ للنجوم وحشودها اللامعة و في الضوء المرئي تحديدا يمكن تتبع الأذرع من خلال رصد ما يلي:

1) النجوم من النوعين الطيفيين O, B
2) الحشود المفتوحة الحديثة لأنها شديدة اللمعان
3) السدم اللامعة Emission nebulae
4) النجوم المتغيرة
5) كما يمكن تتبع الأذرع في الأشعة الراديوية



شكل 1-3: الريشة التي تحتوي على الشمس وجيرانها من النجوم (Astronomy Today)

مثال: وهنا نطرح مثالا لاستخدام النجوم المتغيرة في تتبع المسافات داخل الأذرع وفي الأبعاد الكبيرة وكي نحسب الأبعاد باستخدام النجوم المتغيرة نتتبع الخطوات التالية:

1- يمكن اكتشاف النجوم المتغيرة من منحني الضوء المتغير لها

2- حساب زمن دورة التغير P

3- من علاقة P-L يمكن حساب الضياء L ومن ثم القدر المطلق M

4- قياس لمعان النجم الظاهري باستخدام التلسكوب ومنه نحسب القدر الظاهري m

5- من علاقة المسافة القياسية m-M = -5 + 5 logr يمكن حساب البعد.

ومن الممكن استخدام أرصاد المجرة لضوء المرئي حتى مسافات 15,000 LYr ولكن الغبار ومادة ما بين النجوم تلعب دورا سلبيا في اعطائنا صورة غير حقيقية لأبعاد النجوم وبالتالي أبعاد الأذرع الحلزونية داخل المجرة ومن هنا أصبحت الأرصاد في النطاقات الأخرى من الأشعه الكهرومغناطيسية ذات أهمية لتكمل الصورة الحقيقية للأبعاد والمكونات داخل المجرة.وبالفعل فإن عمليات رصد المجرة في نطاقات الأشعة الكهرومغناطيسية المختلفة ساعدتنا كثيرا في رسم صورة تفصيلية دقيقة للمجرة ومكوناتها المختلفة وهذا ما سيتضح من خلال تفاصيل الأرصاد في النطاقات المختلفة.

أرصاد مجرتنا في الأشعة فوق البنفسجية UV :

أرصاد المجرة في UV تمكننا من رصد النجوم اللامعة والحديثة وذات الكتل الكبيرة massive stars كما يكن تتبع الأقزام البيضاء حيث أنها ساخنة كما يمكن رصد العديد من النجوم المتوسطة من خلال اشعاعاتها في أشعة UV

مثل الشمس. وتتميز أرصاد UV بأنها تعطينا معلومات عن كثافة العناصر في النجوم وهي تعمل بشكل جيد في المناطق ذات درجات حرارة T~ 100,000 K .

أرصاد مجرتنا في الأشعة السينية X-ray :

هذه الأرصاد تعطينا جانبا مهما من تفاصيل المجرة

حيث يمكن تصوير النجوم المزدوجة التي يكون أحدها عملاق أحمر ويكون النجم الرفيق نجم نيوتروني أو ثقب أسود. كما يمكن تصوير بقايا السوبرنوفا وهي تبث أشعة سينية. ومن الأرصاد تبين أن قرص المجرة يسكن فيه معظم النجوم المزدوجة التي تشع أشعة سينية وكذلك بقايا السوبرنوفا. كما أن النواة مصدر مهم للأشعة السينية . وتوجد مجرات تتميز باشعاع عالي في الأشعة السينية أكثر من مجرتنا وهذا يعني أنها أكثر نشاطا من مجرتنا وطاقاتها أعلى من طاقة مجرتنا. كما يمكن تصوير أشعة سينية تصدر من أطراف مجرتنا.

أرصاد مجرتنا في أشعة جاما γ :

يوجد قمرين Cos B و كومبتن تم اطلاقهما لرصد أشعة جاما. المصدر الرئيسي لأشعة جاما هو الأشعة الكونية cosmic ray عند اصطدامها بغازات مادة ما بين النجوم تصدر كميات من أشعة جاما. وهذا يعني أن أرصاد أشعة جاما يمكن أن تعرفنا بأماكن انتشار الأشعة الكونية وأماكن مادة ما بين النجوم وهي في الغالب في الأذرع الحلزونية للمجرة. كما أن بقايا السوبرنوفا(مثل سديم السرطان) تصدر أشعة جاما بالإضافة للأشعة السينية. النجوم المزدوجه التي ترسل أشعة سينية وكذلك البلسار يصدران أشعة جاما. النجم Gemiga وهو نجم نيوتروني له مجال مغناطيسي عالي وسريع في دورانه حول نفسه وهو بلسار ولذا فإن جزء كبير من طاقته يظهر كأشعة جاما وعمره 100,000 yrs أما سديم السرطان فعمره 1000 yrs.

أرصاد مجرتنا في الأشعة تحت الحمراء IR:

يمكن رصد الغبار ما بين النجوم في الأشعة IR وبالتالي يمكن رصد أغلب المجرة في هذا النطاق من الطيف حيث ينتشر الغبار في أجزاء المجرة. كما تم رصد حشد نجمي لامع بالقرب من مركز المجرة (IRS 16). نسبة IR في مجرتنا حوالي 50% من نسبة الضوء المرئي وهذا طبيعي حيث أن النجوم هي المصدر الأساسي لإشعاع المجرة والغالب على أطياف النجوم هو الضوء المرئي.

أرصاد مجرتنا في الأشعة الراديوية:

تعتبر الأشعة الراديوية وسيلة ممتازة في تتبع مادة ما بين النجوم . المجرة تبث أشعة راديوية بقدر $35\ bL_s$

ويمكن تلخيص أهم مصادر هذه الأشعة فيما يلي:

1- خط 21 cm والناتج من تصادمات ذرات الهيدروجين تعطي خريطة تفصيلية لأماكن انتشار مادة ما بين النجوم. وتظهر الأرصاد تركز مادة ما بين النجوم في قرص المجرة وعلى الأذرع. كما تظهر وجود ظواهر مثل

المقزوفات looplike ناتجة عن تعرض سحب الغاز لموجات صدمية shock waves وتوهجات filaments تأتي من الرياح النجمية وبقايا السوبرنوفا. ومن خطوط 21 cm يمكن قياس سرعات سحب الغاز

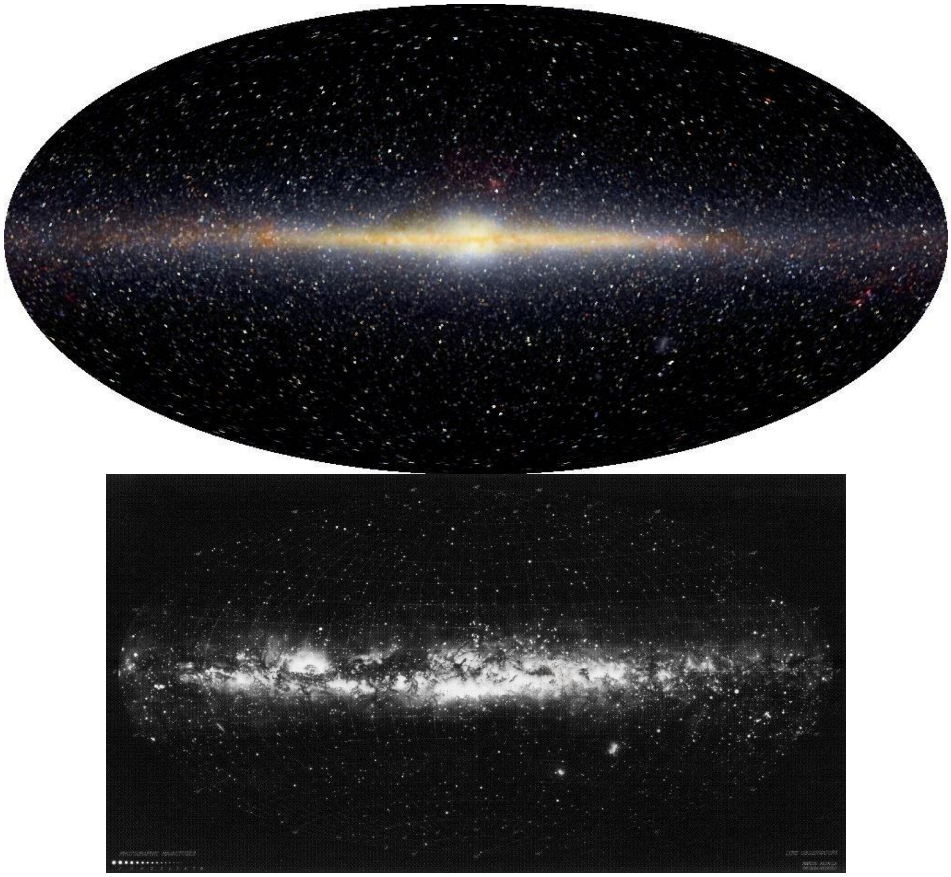
2- الإنبعاثات عند أطوال موجية mm تثبت وجود غازات جزيئية باردة.

3- مناطق HII (هيدروجين متأين) مثل الموجودة في سديم الجوزاء وفي السديم الحلقي ring nebula تشع أشعة bremsstrahlung عندما يتم تبطيء الألكترونات السريعة بواسطة الفوتونات وبهذه الطريقة يمكن رصد الرياح النجمية.

4- الألكترونات ذات السرعات العالية التي تتحرك في المجال المغناطيسي للمجرة تنتج أشعة سينكروترون synchrotron وهي أيضا أشعة راديوية وقرص المجرة تخرج منه هذه الأشعة كما أن بقايا السوبرنوفا ترسل كذلك أشعة سينكروترون.

الحشود الكرية داخل المجرة Globular clusters in the galaxy

إن معظم الحشود الكرية تحتوي على نجوم متغيرة من نوع القيثارة RR Lyrea 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 القيثارة 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، وبذلك يمكننا تحديد مركز المجرة من خلال رسم توزيعات الحشود الكرية الموجودة في هالة المجرة. 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 كالفن مما يوحي بأنها صادرة من سوبرنوفا 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 كالفن 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 H2، 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 العملاقة 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.



شكل 1-4: صورتان لمجرتنا، في الأعلى: في المجال تحت الأحمر، وفي الأسفل: في المجال المرئي (NASA)

السحب الجزيئية ترصد في حدود 100 pc فوق أو تحت مستوى المجرة وتتركز بشكل كبير في داخل الأذرع الحلزونية وهذه السحب تقع تحت ضغوط عالية من تتميز بها الأذرع لذا فإن هذه السحب تمثل الأرحام المناسبة لتكوين نجوم جديدة. وأرصاد السحب الجزيئية العملاقة عند خطوط mm الراديوية تساعدنا على رسم تفاصيل الأذرع الحلزونية.

تشكل وتطور الأذرع الحلزونية:

الأذرع الحلزونية موجودة في جزء كبير من المجرات والتي تعرف بالمجرات الحلزونية والأذرع تظهر مستقرة تماما من الناحية الديناميكية. فما الذي يجعل المادة تستقر في أذرع المجرات؟ والإجابة البسيطة هي موجات الكثافة هى المسؤلة عن استقرار الأذرع. والسؤال التالي إلى أي مدى تستمر الأذرع ؟ وايضا الإجابة البسيطة هي بلايين السنين. وإذا سألنا كيف تستقر الأذرع لوقت طويل هكذا؟ كانت الإجابة هي موجات الكثافة . وفي السطور التالية نشرح مظرية موجات الكثافة بشكل مختصر.

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 لحوالى 200مليون 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، وتتلخص هذه النظرية ببساطة أنه توجد موجات حلزونية من كثافات عالية تتحرك داخل قرص المجرة وأن هذه الموجات تنتج الأذرع الحلزونية والتركيبات داخلها من نجوم حديثة ومناطق HII ومناطق الغبار. مع ملاحظة عدم بقاء أي من تلك الأجرام طول الوقت انما تموت نجوم وتولد أخرى في نفس الذراع المستمر طول وقت المجرة وبالتالي تظل الأذرع الحلزونية تحتوي على أجسام من نفس النوع ولكن ليس نفس الأجسام حيث تموت نجوم وتظهر أخرى تتجمع سحب وتقل أخرى. وتفترض نظرية موجات الكثافة أن بعض أذرع موجات الكثافة الحلزونية تدخل مستوى المجرة وغير معلوم أصل هذه الموجات والمهم أن هذه الموجات ترغم الغاز على التكوم والتجمع في سحب وعمليات الضغط من موجات الكثافة تحفز السحب الجزيئية لتكون سحب عملاقة ومعقدة وهي التي تمثل الأرحام التي تولد داخلها النجوم الجديدة وتتشكل حول هذه النجوم مناطق HII . ومما يؤيد ذلك أن النجوم حديثة الولادة كلها موجودة على الأذرع وفي مناطق سحب ما بين النجوم وهذا بدوره يفسر لمعان الأذرع بدرجة عالية.

وتوجد بعض المشالكل في نظرية موجات الكثافة الحلزونيةه منها:

1- كيف بدأت تلك الموجات؟ وكيف تستمر؟

2- لا تستطيع النظرية تفسير النتوءات والأذرع القصيرة في المجرة.

كما توجد نظرية أخرى أن عملية تكوين النجوم تستمر من خلال عملية تسلسلية. حيث يؤدي تشكل نجم ساخن أو من خلال انفجارات السوبرنوفا ومن ثم عمليات اصطدام السحب أو وقوعها تحت ضغط من الرياح النجمية فتنضغط وتنكمش وتتشكل داخلها نجوم حديثة والنجوم المتكونه تؤثر على السدم المجاورة فتحفز فيها عملية تكوين نجوم جديدة وهكذا. كما يجب أن نشير إلى أن الدوران المتنوع داخل المجرة يلعب دورا في تشكل الأذرع الحلزونية.

تتحرك النجوم القريبة من الشمس بسرعة نسبية لا تزيد عن 40 إلى 50 كم/ث وتسمى النجوم صغيرة السرعة، وتوجد نجوم ذات سرعة عالية نسبيا 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 يعتقده 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 أُخذت بأبعادها المختلفة تدل على آية 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 يعتبر شيئا معجزا يصعب علينا أن ندرك أبعاده بالكامل، ولكن بلا شك أصبحنا أكثر فهماً من ذي قبل لمثل هذه الآيات الكونية العظيمة.

النجوم القديمة و الحديثة Old and young stars

يرتبط ما لاحظناه من تغير في سرعة النجوم إلى حد ما بتركيبة هذه النجوم وعمرها، ويمكن تقسيم النجوم إلى جمهرتين كما هو مبين في جدول (bb): نجوم الجمهرة I مثل الشمس والنجوم التي على الأذرع وفي القرص وهي النجوم الأحدث تكوينا، 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 تلفظ 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 ضعيف بالنسبة لما هو موجود 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 الحديثة 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.

جدول bb : فصائل النجوم

الجمهرة	الموقع	نسبة العناصر الثقيلة	شكل المدار	العمر
Pop I extreme	الأذرع	4%	دائري	≤ 100 Myr
Pop I medium	القرص	1.6%	اهليجي	2-1 byr
Pop II medium	النواة	0.8%	اهليجي وسط	2-10 byr
Pop II extreme	الهالة	< 0.8 %	شديد الاهليجية	10-15 byr

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:

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

$$= \frac{2x3.14x3x10^4 x9.45x10^{12}\ km}{250\ km/sec} \cong 7.2x10^{15}\ sec \cong 225x10^6\ year$$

وهذه تمثل مدة دوران الشمس حول مركز المجرة وما يمكن أن نطلق عليه مجازا سنة المجرة وهذا يعني أن سنة المجرة أكبر من 200 مليون سنة أرضية. وبالمناسبة نجد من أرصاد النجوم القريبة المحيطة بالشمس أن متوسط حركة الشمس في الوسط القريب هي 20 km/s وهي تتحرك نحو نجم النسر الواقع Vega.

و باستخدام قوانين الحركة لكبلر يمكن حساب كتلة المجرة:

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

a تقاس هنا بالوحدة الفلكية وتساوي $1.9x10^9$ و.ف

$$M = \frac{(1.9x10^9)^3}{(225x10^6)^2} = 1.4x10^{11}\ m_{sun} \qquad (11)$$

تعتبر قيمة كتلة المجرة المحسوبة بالمعادلة السابقة مقبولة إلى حد كبير، حيث أن نسبة النجوم التي تبعد عن مركز المجرة أكثر من الشمس تعتبر قليلة نسبيا، 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. كما هو مبين في شكل (XX) النجوم في الداخل بالقرب من المركز لها سرعات عالية أكثر من الشمس . يمكن إعادة صياغة معادلة حساب الكتلة لتأخذ الشكل التالي:

$$M = rv^2/G$$

حيث r يمثل البعد عن مركز المجرة و v سرعة النجم و G ثابت الجذب العام. من هذه المعادلة نتوقع تناقص السرعة عند أطراف المجرة حيث تكون أغلب كتلة المجرة موجودة في الجزء الداخلي ولكن نلاحظ من الشكل أن سرعات النجوم تزداد في أطراف المجرة وهذا يؤكد وجود كتلة كبيرة من المادة في هالة المجرة . كتلة الحشود الكرية في هالة المجرة كبيرة ولكنها لا تكفي لتفسير تزايد سرعات المادة عند الأطراف. ولذلك يعتقد الفلكيون أن هناك جزءاً من المادة غير مرئي، وهي ما أطلق الفلكيين عليها المادة الداكنة(Dark matter).

شكل ص(20) في المذكرة

تشير حسابات مجرتنا أن نسبة :

الفيض/الكتلة = ¼

وهذا يؤكد مرة أخرى وجود مادة داكنة في مجرتنا. ولكن ما هذه المادة وما نوعها؟ بالطبع لا يمكن أن تكون هذه المادة نجوماً 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 الأقزام البيضاء والنجوم النيوترونية والثقوب السوداء وكذلك الكواكب العملاقة التابعة للنجوم الأخرى مكونات مهمة للمادة الداكنة حيث أنها جميعا تمثل أجراما لا نتمكن 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 علماء الفيزياء الفلكية.

ولتتبع الحركة داخل المجرة يتم استخدام الوسائل التالية:

1- قياس السرعة الخطية v_r

2- الحركة الذاتية μ

3- السرعة العمودية $VT = 4.74\ \mu r$

4- تتبع الحركة داخل الحشود النجمية حيث تبدوا نجوم الحشد وكأنها تخرج من بؤرة لتنتشر أذا كان الحشد يقترب منا بينما إذا كان الحشد يبتعد عنا فكأن نجومه تذهب نحو نقطة تقارب.

5- استخدام اللإحداثيات المعروفه باسم Local standard of rest(LSR) والتي يكون مركزها الشمس.

الأشعة الكونية Cosmic rays

الأشعة الكونية ليست أشعه ولكنها عبارة عن جسيمات مشحونة ذات طاقات عالية. وهي عبارة عن أنوية ذرات أو ألكترونات أو حتى بوزيترونات وهذه الجسيمات تتحرك بسرعات تقترب من سرعة الضوء. ويبين الجدول التالي أهم مكونات الأشعة الكونية من جسيمات.

جدول( ) أنواع جسيمات الأشعة الكونية

نوع الجسيم	وحدات الشحنة	الوزن الذري	الكثافة الإشعاعية ($/m^2 s\ yr$)
بروتون	1	1	1300
جسيم ألفا(He)	2	4	94
أنوية خفيفه(Li, Be, B)	3-5	10	2
أنوية وسط(C, N, O, F)	6-9	14	6.7
أنوية ثقيلة	$\leq$ 10	31	2
أنوية ثقيلة جدا	$\leq$ 20	51	0.5

تتنوع طاقات الأشعة الكونية ما بين 10-100 Mev في الأشعة الكونية الشمسية إلى طاقات عالية تصل في الأشعة الكونية المجرية إلى 10^{20} Mev . ويلعب المجال المغناطيسي للشمس دورا مهما في تقليل نسبة وصول الأشعة الكونية المجرية إلى الأرض حيث يحدث تناقص واضح في نسب الأشعة الكونية التي تصل للأرض عند زيادة النشاط الشمسي وتزداد سبة الأشعة الكونية المجرية مع هدوء الشمس ووصولها للحد الأدني في نشاطها. من الواضح أن 90% من الأشعة الكونية هي أنوية هيدروجين. و 9% أنوية هيليوم والباقي لأنوية بقية العناصر. ومن الملاحظ أن نسبة العناصر الخفيفة في الأشعة الكونية عالية بالنسبة لما هو موجود في الأغلفة الجوية للنجوم وتفسير هذه النسبة العالية في الأشعة الكونية ناتج عن اصطدام الأشعة الكونية مع الأنوية الثقيلة في مادة ما بين النجوم لتنتج تلك النسبة العالية من العناصر الخفيفة. وهذه الظاهرة تشير لوجود كثافة متوسطة في مادة ما بين النجوم قدرها 10^5 ذرة/م3 وتقدر أعمار الأشعة الكونية ما بين عدة ملايين من السنين لعشرات الملايين من السنين. تصلنا الأشعة الكونية بشكل متوازن من جميع الاتجاهات isotropic حيث تتحرك مع خطوط المجال المغناطيسي. تمثل الألكترونات نسبة 1% من الأشعة الكونية وهي الكترونات أولية أي ناتجة من تأين الهيدروجين وليست ثانوية والتي تنتج من تأثير برتونات الأشعة الكونية على مادة ما بين النجوم والتي تنتج كميات أكبر من البوزيترون وهو ما لم يلاحظ في نسبة البوزيترونات والتي تقل إلى 0.1 من نسبة الألكترونات. كما أن الأرصاد تؤكد أن الألكترونات عالية الطاقة بدليل أنها تبث أشعة سينكروترون في نطاقات الأشعة الراديوية والناتجة من حركة الألكترونات مع خطوط المجال المغناطيسي. أهم المصادر المتوقعة للأشعة الكونية يمكن أن تكون انفجارات السوبرنوفا وبقايا السوبرنوفا والبلسارات كما أن أنوية المجرات ممكن أن تكون مصدرا للأشعة الكونية لأنها مصدر قوي لأشعة سينكروترون.ومصادر الطاقات العالية للأشعة الكونية ممكن أن تكون صادرة من المجرات الراديوية والكوازارات والتي تنتج كميات هائلة من الطاقة. والمناطق في مادة ما بين النجوم التي تتميز بمجال مغناطيسي عالي فإنها ستكون ذات كفاءه في تعجيل الجسيمات المشحونة لتنتج أشعة كونية. قوة المجال المغناطيسي في المجرة تبلغ في المتوسط 0.1-1 μT وتسير خطوط المجال المغناطيسي مع الأذرع. وهذا المجال ضعيف بالمقارنة مع قيمته على الأرض والذي يبلغ 50 μT .

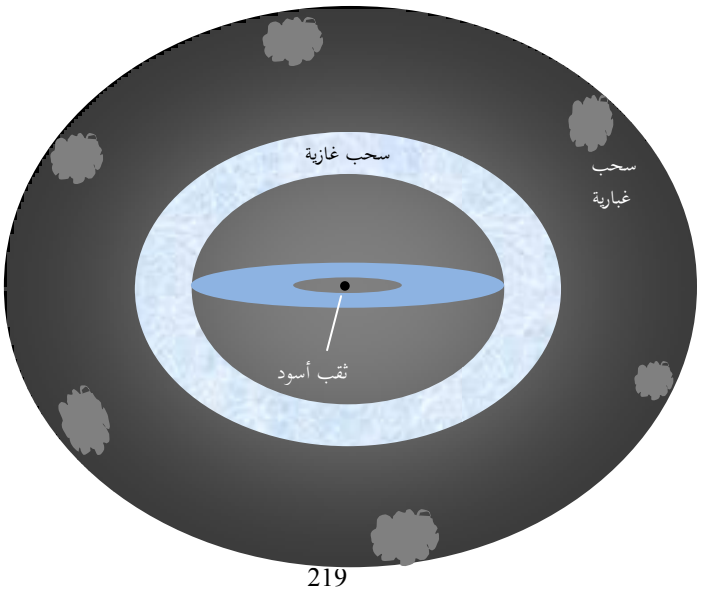
نواة المجرة Galactic nucleus

يقع مركز المجرة في اتجاه برج القوس، ولا يمكن أن نرى نواة المجرة في الضوء المرئي أو الأشعة فوق البنفجسية لأن النواة محاطة بأتربة 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 ين النجوم المحيطة بالنواة وكذلك تصلنا كل من الأشعة تحت الحمراء والأشعة الراديوية واللتان تصدران من نواة المجرة. وبأفضل كفاءات الرصد التى نمتلكها تبين لعماء الفلك أنه يوجد في قلب المجرة حشد من النجوم قطره أكثر من 300 بارسك، وكثافة النجوم حوالى 50 ألف نجم لكل بارسك مكعب أي مليون ضعف الكثافة بالقرب من الشمس، ومعظم هذه النجوم باردة من العمالقة الحمراء من النوعين الطيفيين M, K بدرجة حرارة على السطح في حدود 4 آلاف كالفن، ولا يوجد أي دليل على وجود نجوم حديثة الولادة في مركز المجرة، وتحيط بالنواة حلقة من سحب الغاز التي تحتوي على أتربة وجزيئات من الغاز، وتشير الأرصاد الراديوية أن سمك الحلقة الغازية يمتد لحوالى 400

بارسك وتحتوي على مادة قدرها حوالى 30 ألف كتلة شمسية وتتكون هذه الحلقة من فقاعات من الغازات الكثيفة وكل فقاعة أو سحابة حجم ما بين 0.15-0.5 pc وتدور حلقة السحب حول مركز المجرة بسرعة 100 كم/ث وتتصادم الفقاعات مع بعضها مما يشير للعنف في الحركة وقد لوحظ أن الأتربة تكون ساخنة بسبب سرعة الحركة والتضاغط الذي تتعرض له مادة السحابة بتأثير الثقب الأسود في مركز المجرة. كثافة الغازات في الحلقة المحيطة بالنواة تبلغ 10-100 مرة عن المناطق الداخلية لها.مما يعني أن الحلقة تحيط بفراغ نسبي وفي داخل هذا الفراغ بقطر 3 pc يوجد غازات كثيفة وغبار كما يوجد تيارات من الغازات المتأينة وهي تبدوا متساقطة من الحلقة نحو 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.

النجوم في منطقة النواة من فصيلة pop I وهي قديمة ومتجمعه مع بعضها البعض بحيث لو تصورنا أننا نعيش في تلك المنطقة من المجرة ستبدوا السماء لامعه دائما ولا يوجد ظلام على الكوكب هناك. الضياء في المركز $L \sim 10^9 L_s$ وأرصاد نواة المجرة في نطاقات الأشعة المختلفة يمكن أن تساعدنا على رسم صورة تفصيلية أكثر مما توفر من أرصاد الضوء المرئي.

في بقايا سوبرنوفا بالمركز يقبع ثقب أسود هو المسؤل عن دوران المادة حوله بتلك السرعات العالية بسبب عظم جاذبيته وهو المسؤل عن ارتفاع درجة حرارة الغازات والأتربة بسبب عمليات تضاغطها الشديد بالقرب من القب الأسود. ومن هنا يمكن أن نفهم أن اللمعان الشديد المنبعث من المركز بأنه ناتج من عمليات الانكماش الشديدة للمادة نحو الثقب الأسود مما يجعلها سببا في رفع درجة حرارتها ولمعان منطقة النواة. 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* لايزيد عن 13 وحدة فلكية(2 L hours).



شكل11-5 : نموذج للمنطقة المركزية لمجرة درب التبانة

من حساب الطاقة اللازمة لتسخين الأتربة وجد أن لمعان هذا المصدر لابد وأن يكون 10-30 مليون مرة قدر لمعان الشمس ومن خلال الحركة الضعيفة لمادة الحلقة تبين أن الثقب الأسود الكبير الموجود في مركز المجرة ينبغى أن تزيد كتلته عن مليون كتلة شمسية، ومازالت 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 أرصاداً أدق وحسابات أعمق تبحث عن حل واضح لهذا الغموض ولذلك السر العجيب وصدق الله حيث يقول : "سنريهم آياتنا في الآفاق وفى أنفسهم حتى يتبين لهم أنه الحق" صدق الله العظيم. 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.

الأرصاد الراديوية للمركز:

يوجد في لب المجرة مركز شديد للأشعة الراديوية سمي القوس A (sgr A) وهو محاط بحلقات من مصادر الأشعة الراديوية الساخنة المتأينة. تمتد تلك المنطقة في حدود 300 Lyr x 850 Lyr وتبلغ طاقتها E~ 5 MLs .

مصادر تلك الأشعة الراديوية:

1- غازات متأينة
2- ألكترونات معجلة تتحرك في مجال مغناطيسي حركة لولبية.

Sgr A يتكون من مصدرين منفصلين: Sgr A east والذي يرسل أشعة سينكروترون. وSgr A west وهو عبارة عن منطقة عملاقة من الغازات المتأينة (HII) وفي داخل Sgr A west يقع مصدر راديوي أصغر من 13 وحدة فلكية يسمى *Sgr A والذي يمثل الثقب الأسود الكبير الذي هو مصدر اشعاعات سينكروترون بطاقة قدرها 10^{28} Watt وهذه الطاقة كافية لتأيين كمية من الغازات المقدرة بعدة ملايين من كتلة الشمس وتدور تلك الغازات بسرعات 200 km/s وتتحرك في مسارات بشكل أقواس منحنية حيث تشكلها خطوط المجال المغناطيسي القوي. الأرصاد عند خطوط 6 cm تظهر انبعاثات حرارية من تلك الغازات الساخنة والمتأينة من منطقة داخلية 10 Lyr والانبعاثات تأخذ شكل الأذرع الحلزونية. مصدر الحرارة هو موجات صدمية shock waves وانحراف دوبلر يرينا أن السرعات الدورانية تزداد في اللب. تشير الحسابات إلى أن كتلة الثقب الأسود الضخم supermassive balck hole في لب المجرة في حدود 4 مليون كتلة شمسية ويشغل حيز قدره 0.1 Lyr .

أرصاد النواة في IR :

تظهر الأرصاد في نطاق الأشعة تحت الحمراء انبعاثات قوية في الطول الموجي 2.2 μm ناتجة من نجوم pop I ومنطقة النواة تشع من الأشعة تحت الحمراء ما مقداره $100\ ML_s$.

أرصاد النواة في الأشعة السينية X-Ray

مركز المجرة يرسل أشعة سينية في شكل نقاط ومصادر قصيرة العمر وقريبة جدا من مركز المجرة. في خلال 300 Lyr من المركز يوجد 12 مصدر للأشعة السينية وأحدهم يتطابق مع موقع Sgr A west وبقية المصادر تقع على طول اللسان بالقرب من الحشد الذي يبث أشعة تحت حمراء IR.

حساب كتلة نواة المجرة:

النجم S2 قريب من مركز المجرة وله المعلومات التالية:

$P = 15.2\ yr\ ,\ e = 0.87\ ,\ r_p = 1.8x10^{13}\ m = 120\ AU$ or 17 Lhours.

باستخدام معلومات هذا النجم يمكن حساب كتلة الثقب الأسود في مركز المجرة.

$P = 4.8 \times 10^8\ s\ ,$

$a = r_p/(1-e) = 1.4x\ 10^{14}\ m$

وحيث أن

$1\ AU = 150\ Mkm = 1.5 \times 10^{11}\ m$

فإن:

$a_{s2} = 933.3\ AU \sim 4.5 \times 10^{-3}\ pc$

ومن ثم يمكن حساب كتلة النواة بالمعادلة التالية:

$$M = (4\pi 2/G)\ (a_{s2})^3 / p2 = 7x10^{36}\ kg$$

حيث ثابت الجذب العام $G = 6.67x10\text{-}11\ Nm^2/kg^2$ وبقسمة الكتلة السابقة على كتلة الشمس $M_s = 1.989x10^{30}\ kg$ نحصل على كتلة الثقب الأسود في مركز المجرة

$M_{bh} = 3.4x10^6\ M_s$

وتشير الحسابات الفلكية العديدة إلى أن كتلة الثقب الأسود في نواة مجرتنا :

$$(3.7 \pm 0.2) \times 10^6 \ M_s = M_{bh}$$

وبنصف قطر :

$$R = 2GM/c^2 = 0.07 \text{ AU} = 15.8 \ R_s$$

من خلال أرصاد IR المنبعثة من الأيونات SIV, OIII, ArIII يمكن حساب قيمة درجة حرارة الثقب الأسود والتي تصل 35,000 K . الغازات المحيطة بالثقب الأسود تمتص الأشعة فوق البنفسجية فتتأين الغازات مكونة HII ويمتص الغبار بقية الأشعة فوق البنفسجية ويعيد بثها كأشعة تحت الحمراء. داخل الفراغ المحيط بالثقب الأسود(cavity) يوجد انكماش للمادة بمعدل $dM/dt = 10^{-2} - 10^{-3} \ M_s/yr$ ومع زيادة اقتراب تلك المادة نحو الثقب الأسود تتحرر كمية أكبر من طاقة الوضع للجاذبية ويمكن حساب الضياء الناتج عن معدل الانكماش بالمعادلة التالية:

$$L = (¼) \ c^2 \ dm/dt$$

كما يمكن استخدام نفس المعادلة لحساب معدل الانكماش.

بفرض أن لمعان المركز $L_c = 10^7 L_s$ فإن معدل الانكماش يمكن حسابه كما يلي:

$$dm/dt = 4L/c^2 = 4x\ 10^7\ x\ 3.8x\ 10^{26}/(3x10^8)^2 \sim 1.7x10^{17}\ kg/s$$
$$x\ 3.15x10^7/2x10^{30} \sim 2.7\ x\ 10^{-6} \qquad \sim 1.7x10^{17}\ kg/s$$
$$M_s/yr$$

الضياء الناتج من sgr A* قليل نسبيا حيث يبلغ $3x10^4$ Ls . كما تم الكشف عن الطاقات العالية التالية في منطقة النواة:

511 kev وهي طاقة نابجة من الثقب الأسود والذي هو مصدر لأشعة سينية حتى 300 pc من المركز.

المصدر الثاني لطاقة عالية قدرها 1.8 Mev والناتجة عن تحول $Al_{(26,13)}$ إلى $Mg_{(26,12)}$ حيث يتكون الألومنيوم بكميات قليلة في السوبرنوفا والنوفا والنجوم من نوع Wolf-Rayet وهذا قد يشير لوجود عدد كبير من السوبرنوفا بالقرب من المركز في فترة $10^5 - 10^6$ yrs وهذا يؤكد الديناميكية العالية للمركز.

الفصل الثانى
المجرات Galaxies

بالنظر إلى الكون المترامى 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 أو 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 فتنقسم إلى سبع فصائل من E0 إلىE7 حسب درجة الأهليجية.

جدول 11-1: أنواع المجرات

الخاصية	حلزونية	بيضاوية	غير منتظمة
الكتلة (كتلة شمسية)	10^{9} - 10^{12}	10^{6} - 10^{13}	10^{8} - 10^{11}
القطر (ألف سنة ضوئية)	5 – 50	1 – 200	1 – 10
كمية الإشعاع (وحدة شمسية)	10^{8} - 10^{10}	10^{6} - 10^{11}	10^{5} - 10^{7}
القدر المطلق	15- إلى 23-	9- إلى 23-	13- إلى 20-
معدل تكوين النجوم	مستمر	غالبا متوقف	نشط
اللون	أزرق–أحمر	أحمر	أزرق
مادة ما بين النجوم	موجودة	قليلة	كثيرة
نسبة الكتلة إلى الضياء M/L	35	70	1

ونلاحظ من جدول 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 تعتبر 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

وهي قسمان حلزونية عادية والقسم الثاني حلزونية عصوية. وكلا القسمين ثلاثة أنواع من حيث درجة لف الأذرع حول النواة ويرمز لها بالرموز a, b, c 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 كما في شكل 11-6.

كما تنتشر مادة ما بين النجوم خلال قرص المجرة. وتوجد أنواع مختلفة من السحب ما بين النجوم، منها ماهو قاتم يخفي ماهو خلفه من النجوم، ومنها ماهو 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 كري، 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 كما في شكل 11-7، وتسمى هذه الأنواع بالمجرات الحلزونية العصوية Barred spiral، والأذرع إما تكون شديدة الالتفاف حول النواة كما هو الحال في المجرات الحلزونية (Sa(SBa أو تكون مفتوحة بشكل كبير كما في المجرات Sc (SBc)أنظر جدول (cc) وتدور المجرات الحلزونية بحيث تجر معها الأذرع. وتتراوح أقطار المجرات الحلزونية بين 20 إلى 150 ألف سنة ضوئية، وتتراوح كتلها بين واحد إلى 1000 بليون كتلة شمسية. أما القدر المطلق فيتراوح مابين 15- إلى -23 ، وتعتبر مجرتنا ومجرة المرأة المسلسلة من المجرات الحلزونية الكبيرة. ومجرات (SBb) Sb حالة وسط بين a,c.

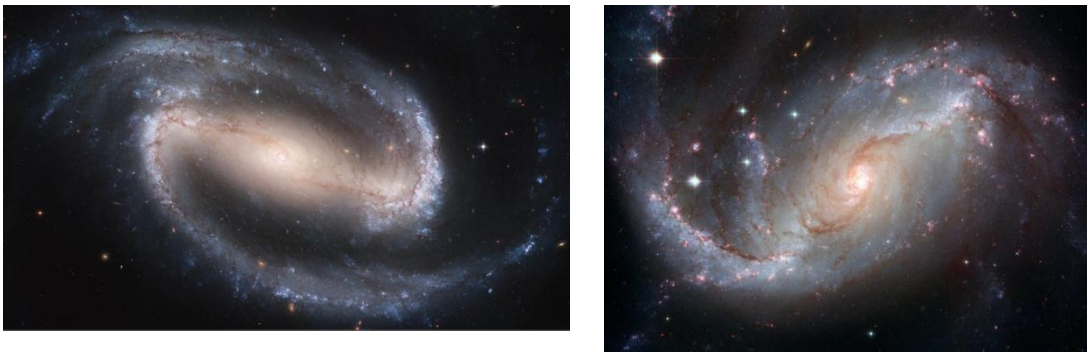
جدول(cc) بعض خصائص المجرات الحلزونية

الخاصية	Sc (or SBC)	Sa (or SBa)
شكل الأذرع	الأذرع مفتوحه لأقصاها	الأذرع شديدة الإلتفاف
حجم النواة	صغير	كبير
الطيف	يميل للحمرة	يميل للزرقة
الدليل اللوني B-V	0.52	0.75
كتلة الغاز/الكتلة الكلية	0.16	0.04
نسبة H	أكبر	أقل
نسبة H_2	أقل	أكبر
نواة L/ القرصL	0.05	0.3

المجرات البيضاوية Elliptical galaxies

وهي إما دائرية أو بيضاوية كما في شكل 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 فحوالى 1 إلى 2 % من مادتها عبارة عن غازات في درجة حرارة عالية تزيد عن المليون كالفن. والمجرات البيضاوية تبدو بدرجات فلطحة مختلفة من Eo ذات الشكل الدائري إلى E7 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 كالتي ذكرناها آنفاً، كما توجد مجرات بيضاوية قزمية صغيرة وهي الأكثر شيوعاً، ويبلغ عدد نجومها حوالى عدة ملايين وقدرها المطلق 10- ولمعانها مليون مرة مثل الشمس مما يعني أنها تشبه في لمعانها أشد النجوم لمعاناً، ويبلغ قطرها عدة آلاف من السنين الضوئية مما يعني أنها صغيرة حقاً بالمقارنة مع مجرتنا وهي بذلك تتشابه مع الحشود الكرية الكبيرة.

شكل 11-6: صور مختلفة لمجرات حلزونية من اليمين: M100, M51, M81 (HST)



شكل 11-7: مجرات حلزونية عصوية M1300, M 1672 (HST)

شكل 11-8: مجرات بيضاوية VCC 1993, NGC 4660 (HST)

أنواع المجرات البيضاوية:

تم تقسيم المجرات الأهليجية الى الأقسام التالية:

1- أقزام مضغوطة Compact Dwarf (CD)

وهي مجرات كبيرة قطرها في حدود 1 Mpc ولكنها نادرة وتوجد بالقرب من مراكز حشود المجرات الكبيرة والكثيفة. كتلتها تتراوح ما بين 10^{13} M_s – 10^{14} M_s وأقدارها المطلقة -25 — -22 ~ Mb وتحتوي على عشرات الألاف من الحشود الكرية ونسبة M/L ~ 750 وهذا يعني أنه توجد بها نسبة عالية من المادة الداكنة.

2- الأهليجية العادية E ومنها gE أي اهليجية عملاقة واهليجية متوسطة واهليجية منضغطة CE وكتلها تتراوح ما بين 10^{8} M_s — 10^{13} M_s وأقطار D ~ 1 Kpc – 200 Kpc وأقدار -23 — -15 ~ MB ونسب كتلة إلى ضياء M/L ~ 7- 100 .

3- أهليجية قزمية dE وكتلها صغيرة ما بين 10^{7} — 10^{9} M_s وأقدارها -19 — -13 ~ MB وأقطارها صغيرة D ~ 1-10 Kpc . ويميزها كذلك أن نسبة العناصر الثقيلة فيه أقل مما في المجرات الاهليجية العادية. ونسبة الغازات بها قليلة ولا يوجد بها تكوين نجوم أي أن نجومها كلها قديمة ولا يوجد نجوم حديثة التكوين.

4- مجرات قزمية دائرية dsph لمعانها أقل وهي كذلك أصغر من القزمية الاهليجية حيث تبلغ كتلها 10^{7} — 10^{8} M_s وأقدارها -15 — -8 ~ MB وأقطارها 0.5 Kpc -0.1 ~ D. ونسبة الغازات بها قليلة ولا يوجد بها تكوين نجوم أي أن نجومها كلها قديمة ولا يوجد نجوم حديثة التكوين.

5- مجرات اهليجية منضغطة وزرقاء BcD وهي مجرات لونها أزرق رغم صغرها حيث أن دليلها اللوني B-V ~ 0.0-0.3 وهي بذلك تتشابه مع النجوم من الوع الطيفي A واللون الأزرق دليل على معدل تكوين نجوم عالي جدا. كتلها في حدود 10^{9} M_s وتتمتع بأقدار -17 — -14 ~ MB وأقطار أقل من 3 Kpc كما أنها تحتوي على نسب عالية من الغاز MHI ~ 10^{8} M_s و MHII ~ 10^{6} M_s وتمثل نسبة الغازات من 15% إلى 20 % من المادة كما أن هذه النوعية من المجرات تتميز بنسبة M/L ~ 0.1 مما يجعلها كأحد أنواع المجرات النشطة في تكوين النجوم والقليلة في نسبة المادة الداكنة.

والجدل التالي يقارن بين أنواع المجرات الإهليجية المختلفة

الخاصية	cD	E	S0/SB0	dE	dsph	BcD
MB	-22 -25	-15 -23	-1 -22	-13 -19	-8 -15	-14 -17
M(M_S)	10^{13} 10^{14}	10^{8} 10^{13}	10^{10} 10^{12}	10^{7} 10^{9}	10^{7} 10^{8}	10^{9}
D(Kpc)	300 1000	1 200	10 100	1 10	0.1 0.5	< 3
M/L	≥ 100	10 100	~10	10	5 100	0.1 10
S_N	15	5	5	4.8± 1	-	-

وتشير الدراسات الحديثة أن المجرات الإهليجية العادية بها مادة ما بين النجوم . أما نسبة العناصر الثقيلة فكما في المجرات الحلزونية تزداد بزيادة الضياء. الرمز S_N يشير إلى التردد النوعي Specific frequency للحشود الكرية ويحسب من خلال المعادلة التالية:

$$S_N = N_t L_{15}/L_v$$

حيث N_t عدد الحشود الكرية و L_{15} الضياء للقدر M = -15 و L_V يمثل ضياء المجرة . وبشكل عام فإن عدد الحشود الكرية لوحدة الضياء تزداد أكثر في المجرات الاهليجية عن غيرها وهي أكثر في المجرات الحلزونية من نوع Sc عن المجرات من نوع Sa .

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 ممتليء بنجوم في مرحلة التكوين مع وجود حشود نجمية براقة من الحشود الائتلافية بالإضافة إلى سحب من الغازات المتأينة كما يغلب على تلك المجرات وجود مناطق لامعة وتوزيعها غير منتظم، شكل 11-9. وبرصد المجرات غير المنتظمة في خطوط الطيف 21سم تبدو قريبة الشبه بالمجرات الحلزونية وذلك لدوران قرصها كما أنها تحتوي على نجوم قديمة وأخرى حديثة من الجمهرتين (II) ,(I) وأفضل مثالين على المجرات غير المنتظمة المجرتان المسميتان سحابتا ماجللان الكبيرة والصغيرة وهما من المجرات القريبة منا، ويمكن رصدهما من نصف الكرة الجنوبي حيث تبدوان كسحابتين خرجتا من درب التبانة وبعدهما عُشر بعد مجرة المرأة المسلسلة. أما سحابة ماجللان الكبيرة فلها عصا مثل المجرات الحلزونية العصوية ولكن ليس لها أذرع، وهي تحتوي على واحدة من ألمع تجمعات النجوم العملاقة الحمراء والتي تحتوي على 30 نجماً، وقد حدث سوبر نوفا 1987A داخل هذا التجمع. أما سحابة ماجللان الصغيرة فشديدة الاستطالة وأصغر في الكتلة من ماجللان الكبيرة، ويمكن تقسيم المجرات غير المنتظمة إلى نوعين : الأول قريب الشبه بالمجرات المنتظمة ويرمز له بالنوع I أما النوع الثاني فشديد الشذوذ في عدم انتظامه 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. يغلب علي تكوين المجرات غير المنتظمة نجوم O,B و مناطق HII .

شكل 11-9: مجرات غير منتظمة NGC 1427A, NGC 6822 (HST)

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:

أولا: نحدد أبعاد النجوم القريبة منا من خلال حركتها الذاتية أو من زاوية اختلاف منظرها.

ثانيا: 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.

ثالثا: أما لحساب 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 تعتبر 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 ضياءا.
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 ذى الطول الموجي 21سم 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 ولمعاناً مثل: الحشود الكرية أو السوبرنوفا حيث تساعد هذه الأجسام على تقدير بعد المجرات ذات الأبعاد الكبيرة جداً حتى 50 مليون بارسك.
7) يمكن تتبع نجوم النوفا حتى 50 مليون بارسك.
8) مناطق HII اللامعة يمكن رصدها حتى 80 مليون سنة ضوئية.
9) يمكن تتبع نجوم السوبرنوفا حتى 650 مليون سنة ضوئية.
10) يمكن استخدام السرعات الخطية Radial velocity لقياس مسافات حتى 4000 مليون بارسك.
11) أما حشود المجرات فنقيس أبعادها باستخدام المجرات العملاقة المعروفة القدر. ألمع المجرات يمكن تتبعها حتى 4000 مليون بارسك.
12) لقياس أبعاد أكثر من 1.5 بليون سنة ضوئية لابد من الاستعانة بقانون هابل لقياس الأبعاد.

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. ولابد من الإشارة هنا 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 x البعد.

وبالطبع فإن معرفة البعد ستلعب دورا جوهريا في تقدير حجم المجرة. ومن خلال الدراسات المختلفة تبين أن أقطار المجرات القزمية تتراوح ما بين 300 إلى 3000 مليون سنة ضوئية. 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. وتوجد مشاكل واجهت الفلكيين في تحديد حجم المجرة منها: أ- تعريف حواف المجرة قد يكون غير دقيق

ب- قد تكون المجرة مائلة على خط الرؤية وبالتالي لا يظهر حجمها الحقيقي.

3) **الكتلة**: حساب كتل المجرات من الموضوعات الصعبة وممكن فقط لجزء مما نراه من المجرات، وهناك عدة طرق تستخدم في حساب كتل المجرات نذكر منها طريقتين شائعتين:

أ. حساب كتلة المجرة من منحنيات الدوران rotation curves: 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 ($M = rv2/G$).

ب. قياس الكتلة باستخدام المجرات المزدوجة وهذه الطريقة تستخدم نفس خطوات حساب الكتلة للنجوم المزدوجة . وقد تواجه هذه الطريقة مشاكل في تحديد المدار للمجرات المزدوجة وزمن الدوران ولكن قياس السرعات الخطية والمسافات الفاصلة تمثل خصائص يمكن تحديدها.

4) **الضياء**: قسمت المجرات تبعا 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 supergiant. أقل المجرات ضياء قد تكون في حدود 100 ألف لمعان شمسي أما ألمع المجرات فيمكن تقدير ضيائها بحوالي مليون مليون لمعان شمسي. وضياء مجرتنا يبلغ $L_{milkyway} = 2.5x10^{10}$ Ls .

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 قياسا 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 جدول 11-1 يتضح أن المجرات البيضاوية نجومها قديمة وتكثر بها المادة الداكنة، بينما تجد نجوما 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 Sc هي الأكثر حمرة في المجرات الحلزونية بينما Sa هي الأكثر زرقة. كما نجد أن أقدم نجوم الجمهرة I تنتشر في المجرات البيضاوية بينما أحدث نجوم الجمهرة الأولى I فتنتشر في المجرات غير المنتظمة. وهذه هي قيم الدليل اللوني في المجرات الحلزونية وغير المنتظمة:

(B-V)sa ~ 0.75 , (B-V)sb ~ 0.64 , (B-V)sc ~ 0.52 , (B-V)Ir ~ 0.4

7) **معدل ولادة النجوم:** نلاحظ أن ولادة النجوم قد توقفت في الغالب في المجرات البيضاوية ولكنها موجودة ومستمرة 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.

9) **نسبة مادة ما بين النجوم ISM :**

باستخدام أرصاد خط 21 cm وانبعاث Hα وأطياف CO تتضح أن نسب الغاز للكتلة الكلية في المجرات الحلزونية كما في الجدول التالي:

جدول(،،) مادة ما بين النجوم في المجرات الحلزونية

Sc	Sb	Sa	الخاصية
0.16	0.08	0.04	M_{ism} / M_{total}
الأقل	وسط	الأعلى	نسبة H2
الأعلى	وسط	الأقل	نسبة H
0.05	وسط	0.3	نواة L/ القرصL
الأعلى	وسط	الأقل	نسبة الغبار

وقد لوحظ أنه توجد مجرات حلزونية قزمية (Sd) وأنها تتمتع بنسبة أعلى من مادة ما بين النجوم حيث تبلغ نسبة الغاز بهذه المجرات $M_{ism} / M_{total}(sd) = 0.25$. كتلة مادة ما بين النجوم في المجرات الحلزونية تتراوح ما بين $5x10^{10}$ Ms في الكجرات الحلزونية العملاقة إلى مليون كتلة شمسية في المجرات القزمية. كما تم تصوير الغبار في FIR حيث تزداد نسبة FIR في المجرات من نوع Sc وتصل لأقل قيمها في المجرات من نوع Sa كما لوحظ أن المجرات العصوية SB بها نسبة أعلى من FIR أي من نسبة الغبار عن المجرات الحلزونية العادية.

10-نسبة العناصر الثقيلة

نتائج الأرصاد تشير إلى أنه تزداد نسبة العناصر الثقيلة بزيادة القدر المطلق للمجرة.

الثقب الأسود الضخم في مركز المجرة Supermassive black hole :

يمكن حساب كتلة الثقب الأسود في مركز المجرة باستخدام العلاقة التالية

$$M \sim 5R\,\sigma_r^2/G$$

حيث σ_r تمثل سرعة الانتشار الخطية radial velocity dispersion و R نصف قطر الثقب الأسود و G ثابت الجذب العام.

مثال: في مجرة M82 لدينا المعلومات التالية: $R \sim 0.4$ Pc , $\sigma_r \sim 162$ km/s أحسب كتلة الثقب الأسود في مركز المجرة M82

بالتطبيق في المعادلة السابقة نحصل على

$$M \sim 10^7\ M_s$$

وتشير الدراسات الدقيقة أن كتلة الثقب الأسود في مركز مجرة M82 يتراوح ما بين M_s $1.5x10^6$ و $5x10^6\ M_s$. ومن خلال دراسات كثيرة تم الحصول على معادلة تجريبية أخري لحساب الكتلة التقريبية للثقب الأسود في مراكز المجرات على الوجه التالي:

$$\mathbf{M \sim \alpha\,(\sigma o/\sigma)^{\beta}}$$

حيث الثوابت: $\sigma o \sim 200$ km/s , $\beta \sim 4.86 \pm 0.43$, $\alpha \sim 1.66 \pm 0.243 \times 10^8\ M_s$

ومن ثم يمكن تبسيط المعادلة السابقة للشكل التالي :

$$M \sim 9.02x10^{-4}\,\sigma^{\beta}$$

حيث σ تمثل السرعة الخطية بوحدة km/s .

الفصل الثالث

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) في 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 Active Galactic Nuclei(AGN).

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 دورا 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 أحيانا، 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 تعنى 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، شكل 10-11 . 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:

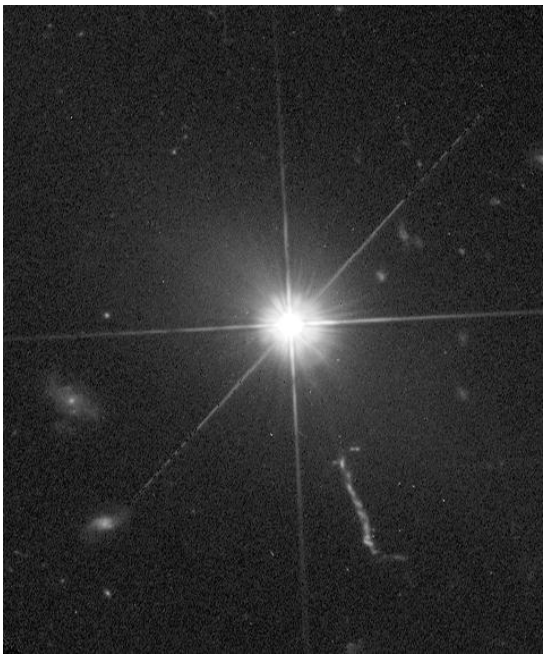
أ. إزاحة حمراء عالية جداً مما يعني أنها تبتعد بسرعة تقترب من سرعة الضوء، وهذا يدل على أنها موجودة على مسافة بعيدة جداً في أحد أطراف الكون الفسيح. وحيث أن البعد يعتبر مقياساً للزمن فإن البعد الشديد للكوازار يدل على أنها مجرات في أول عمرها.

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 وأوقات 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 اسود ضخم يقع في نواة المجرة.



شكل 11-10: كوازار 3C 273 (HST)

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

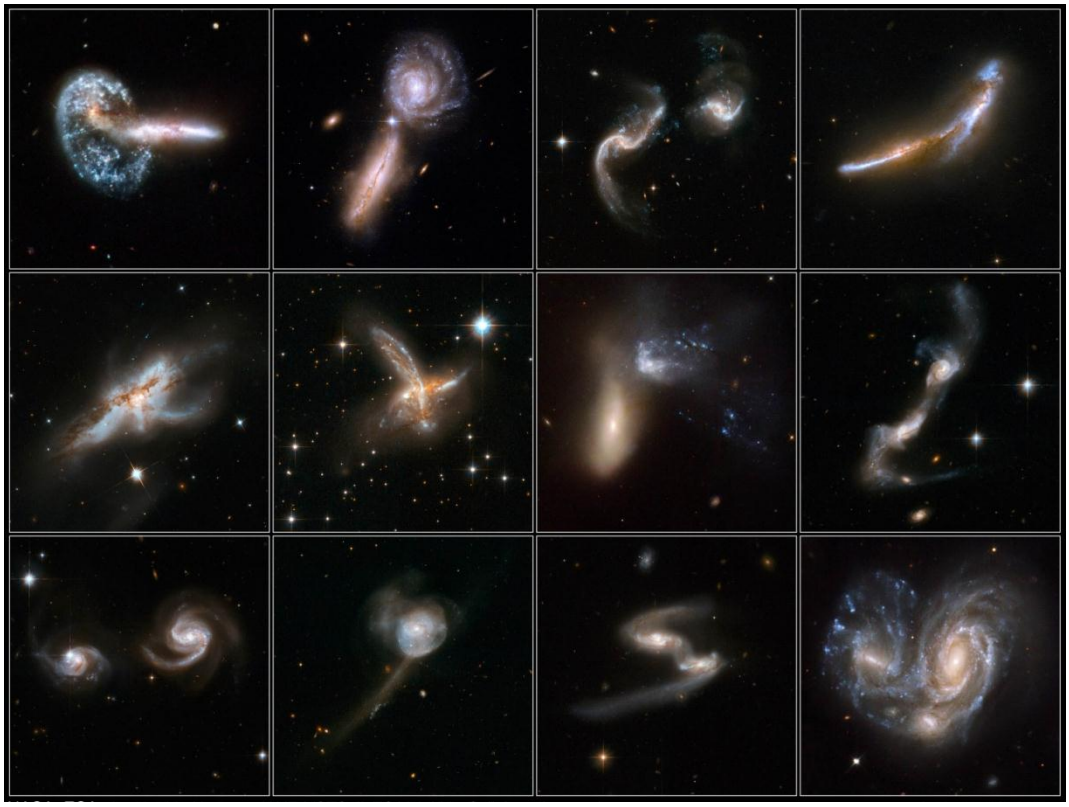
منطقة صغيرة وفي وقت قصير جداً، فما هو مصدر مثل هذه الطاقة الهائلة؟ هذا بالطبع هو التحدي الحقيقي الذي يواجه الفلكيين في عصرنا الحالي، ولعل فهمهم لهذا اللغز قد يؤدي إلى معرفة قدراً مهما من قصة حياة المجرات. لقد وضع الفلكيون نماذج نظرية عديدة لمحاولة فهم مصدر الطاقة الهائلة الموجودة في الكوازار، وأحد هذه النماذج المقبولة أن يكون داخل الكوازار ثقب أسود ضخم كتلته تزيد عن البليون كتلة شمسية، وفى 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 الرأى أنها ترى فقط عند مسافات بعيدة جداً، فقد رصدت مجرات الكوازار على أبعاد تزيد عن 10 بليون سنة ضوئية وبالتالى فقد خرجت منها الأشعة منذ أمد بعيد جداً (أكثر من 10 بليون سنة) إلى أن وصلتنا في الوقت الحالى وحيث إن عمر الكون في حدود 13 بليون سنة لذلك فإن الصورة التى 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 الأخري. 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 أولا ثم AGN بعدها.
2) المجرات العادية هي الأكثر حداثة حيث تكونت في فترة متأخرة نسبيا. 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



شكل 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 ماجللان.

لذا فإن مناطق الإلتحام يكثر فيها معدل تكوين النجوم. وتسمى تلك المجرات مجرات تفجر النجوم starburst galaxies. وتوجد أمثلة كثيرة لتصادم أو تلاحم المجرات منها NGC4039 , NGC4038 مجرتين متلاحمتين ومازالت الأنوية ظاهرة. والمجرة Arp220 مجرة غنية بتكوين النجوم وهي ناشئة عن تلاحم مجرتين حلزونيتين كما في شكل 11-11.

الفصل الرابع
حشود المجرات Clusters of galaxies

رغم 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.

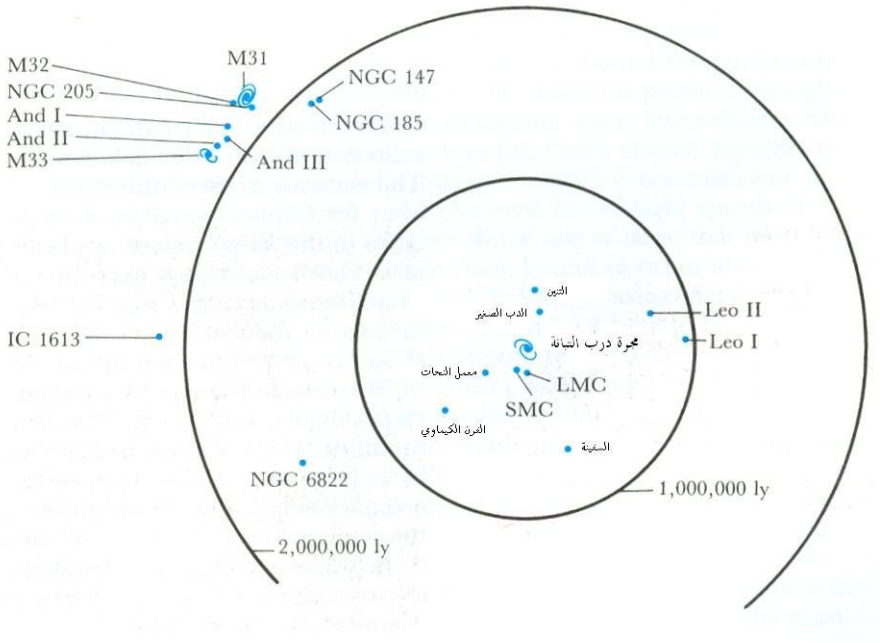
الحشد المحلي Local cluster

يحتوي على 30 مجرة تقريباً موزعة على مجموعتين رئيستين: المجموعة الأولى تلتف حول مجرتنا درب التبانة وكأنها زعيمة لقبيلة صغيرة من المجرات، والمجموعة الثانية تلتف حول مجرة المرأة المسلسلة M31 التي تبعد عنا مليونا سنة ضوئية، وإذا كان قطر مجرتنا يبلغ 100 ألف سنة ضوئية فإن قطر المرأة المسلسة 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 حوالى 3 مليون سنة ضوئية، ومجرتنا تبعد قليلاً عن مركز الحشد، شكل 11-12. مجرتا ماجلان الصغيرة والكبيرة تقعان بالقرب من مجرتنا ومرتبطتان بمجرتنا من خلال جسر من غاز الهيدروجين. وفي الحقيقة تشير الدراسات الفلكية أن درب التبانة هي السبب في التشوهات في منظر مجرتي ماجلان حيث أنها بدأت في جذبهما نحوها وهي في طريق ابتلاعهما. وبسبب انتشار ظاهرة ابتلاع مجرات كبيرة لأخرى صغيرة استخدم الفلكيون لفظ المجرات آكلة المجرات galactic cannibalism على هذه المجرات التي تأكل صغارها.

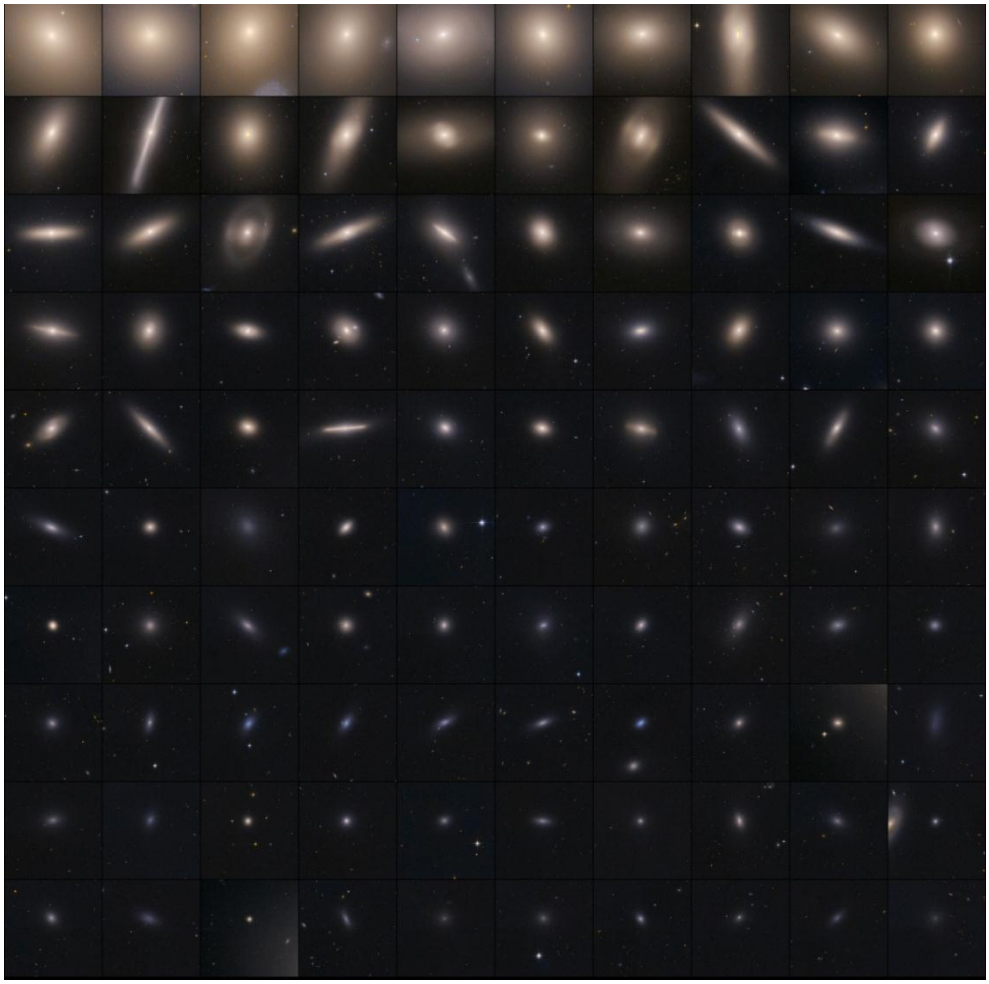
الحشود الغنية بالمجرات Rich clusters

يعتبر 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 وقطرالحشد 10 مليون سنة ضوئية، ويبعد عنا 50 مليون سنة ضوئية، شكل 11-13. أما حشد Coma (في كوكبة شعر الأميرة Coma Berenices) فهو من الحشود الغنية حيث يحتوي على حوالى آلاف (قد تصل إلى 10 آلاف) المجرات وقطره في حدود 20 سنة ضوئية، شكل 11-14. ومراكز هذه الحشود تتميز بوجود مجرات بيضاوية عملاقة، والمسافات بين حشود المجرات تقاس بعشرات ملايين السنين الضوئية. فسبحان الله الذي خلق كونا فسيحا 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

مهما في تحويل المجرات الحلزونية إلى مجرات بيضاوية وذلك عن طريق إخراج مادة ما بين النجوم من المجرات الحلزونية مما يؤدي لتحولها 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 (M/L) في حشود المجرات تتراوح بين 300 إلى 500 مما يعني تزايد نسبة المادة الداكنة بشكل كبير داخل حشود المجرات. كلما انتقلنا إلى النظم الأكبر تتزايد نسبة المادة الداكنة والتي تمثل النسبة الغالبة في تكوين الكون. والثقوب السوداء هي واحدة من مكونات المادة الداكنة وهي فيما يبدو تمثل جزءا مهما لضخامة كتلها (عدة كتل شمسية إلى ألاف ملايين الكتل الشمسية). ما أن الأقزام البنية والكواكب العملاقة حول النجوم الأخرى وكذلك الأقزام البيضاء والنجوم النيوترونية هي كذلك من مكونات المادة الداكنة. ويفترض الفلكيين أن أشعة النيوترينو يمكن أن تكون جزءا مهما من المادة الداكنة . كما يفترض الفلكيين وجود مواد غير باريونية non-baryionic مثل أشعة النيوترينو ويعتقد أن نسبتها أكبر من المادة الباريونية(والمتمثلة في وجود الكترونات وبرتونات ونيوترونات) في الكون.



شكل 11-12: حشد المجرات المحلي



شكل 11-13: 100 مجرة من حشد السنبلة (HST)

شكل 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 (حوالى 100 مليون كالفن).

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 حوالى 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 يبدوا في مركز الحشد الفائق) بسرعة تتراوح بين 100 إلى 150كم/ث. ويبعد عن الحشد المحلي الفائق حشد فائق آخر وهو حشد هرقل Herculeus 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 تبدوا فارغة بشكل يبدوا 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 أولا ؟ وكيف تتطور المجرات و؟ وهل لها قصة في التطور كما رأينا قصة حياة للنجوم؟ ما عرفه الإنسان من كون الله الفسيح يبدو كقطرة في بحر عميق.

شكل 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 Hubble's Law والذي يبين أن الإزاحة الحمراء X يمكن حسابها تبعا 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.

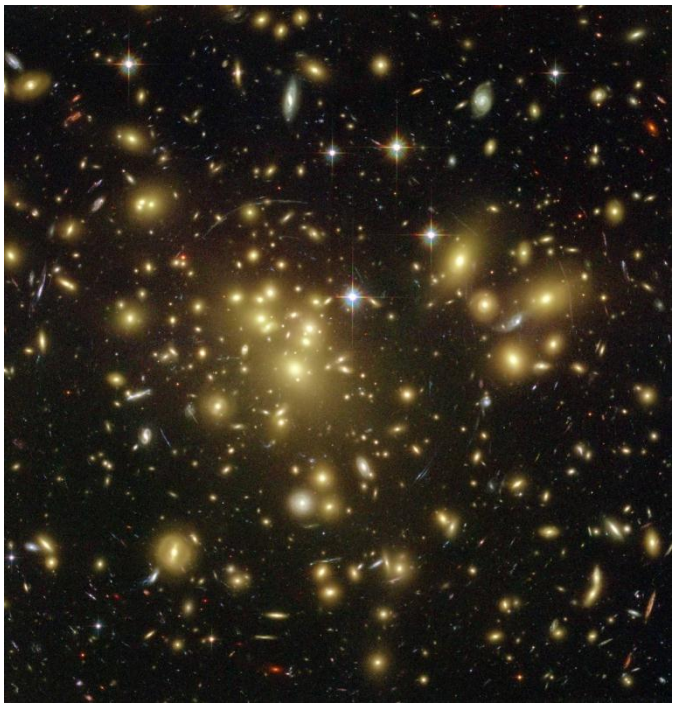
ويتمدد الكون من حولنا بحيث تتباعد المجرات تماماً كما لو كان عندنا قطعة من عجين خبز تترك لتختمر فإنها تتمدد ، ونلاحظ أن التمدد يحدث في جميع الاتجاهات بدرجة متساوية بين حشود المجرات. وقد لوحظ أن بعض المجرات القريبة منا تتقارب بالرغم من أن الحشود التي تتبعها هذه المجرات تتباعد عنا ذلك لأن اتجاه حركة تلك 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 الفلكيون أن هذه هي طريقة تكون المجرات العملاقة. وكيف يمكن تفسير هذا التمدد للكون؟ الإجابة تطرحها نظرية الإنفجار العظيم Big Bangحيث تشير هذه النظرية أن الكون كان في البداية كرة صغيرة ثم حدث لها انفجار عظيم فتمددت تلك الكرة وتشكلت المادة ثم تبعثرت تلك المادة فتكونت حشود المجرات ثم المجرات حتى وصلنا للصورة الحالية للكون. ومنذ وقت هذا الانفجار والمادة الكونية في تمدد. وظاهرة التمدد هنا لا تعني أن حشود المجرات تندفع بنفسها في حركة تباعدية وإنما ما يحدث هو أن الفضاء الذي تسكنه حشود المجرات هو الذي يتمدد مما يتسبب في تباعد تلك الحشود. والسؤال الثاني : لماذا حشود المجرات وليس المجرات هي التي تتباعد؟ والإجابة تكمن في أن المجرات نظم لها جاذبيتها الذاتية المتحكمة فيها لذا فهي لا تتمدد أما حشود المجرات فيمكنها أن تستجيب لعملية تمدد الفضاء الكوني.

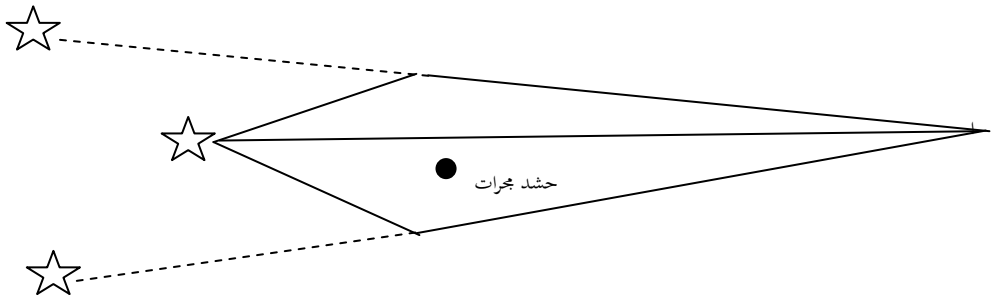
ولكن إلى أين وإلى متى سيظل الكون في تمدد؟ سؤال محير وصعب، تعددت فيه آراء العلماء. ولو إلتفتنا إلى القرآن لوجدنا قول الله تعالى: "والسماء بنيناها بأيد وإن لموسعون" وهذه الآية إذا فهمناها بأن التوسعة هنا عائدة على السماء فإنها بذلك تؤيد فكرة التمدد الكوني، وإن كانت الآية تتسع أيضاً لعملية التوسعة في بناء الكون فهناك نجوم ومجرات تتكون حديثاً مما يزيد من توسعة البناء وزيادة الأجرام في الكون.

قوة الجاذبية وخاصية العدسة Gravitational lens

لقد واجه الفلكيون ظاهرة غريبة أثناء رصد حشود المجرات، فقد لوحظ أن كثيراً من الحشود تحتوي على أقواس أو حلقات ضخمة مضيئة، وكلمة ضخمة هنا تفوق أي تصور سابق للإنسانية حيث يصل طول القوس إلى عدة ملايين سنين ضوئية. ويعتقد الفلكيون أن هذا القوس ماهو إلا صورة مكبرة لمجرات بعيدة توجد خلف حشد من المجرات، بمعنى أن القوس لا يعبر عن مادة حقيقية في مكان ظهوره إنما هو عبارة عن صورة لمجرات موجودة خلف الحشد، شكل 11-16. والسبب في ذلك أن قوة الجاذبية للحشد تعمل على انحراف الأشعة الصادرة من المجرات البعيدة ويتجمع الضوء المنحرف ليكون صورة أمام حشد المجرات، وهذه الظاهرة تعرف بعدسة الجاذبية، حيث تقوم قوة الجاذبية بعمل العدسة التي تجمع الضوء المنبعث من الجسم وتكبر الصورة الناشئة عنه، وبالتالي يمكن أخذ تكبير الصورة مقياساً لقوة الجاذبية للحشد الذي أحدث الانحراف في الضوء، شكل 11-17. وبهذه الخاصية استطاع العلماء تقدير كتل حشود المجرات، وقد وجد أن النتائج مطابقة مع طرق أخرى عادية تستخدم في حساب الكتلة مما يُعد تأكيدا لصحة ظاهرة عدسة الجاذبية. وبالظاهرة السابقة نفسها يمكن تفسير ما نراه من مجرتين متشابهتين من نوع الكوازار عند المسافة نفسها. فباستخدام فكرة عدسة الجاذبية يمكن أن نفهم مثل هذه الصورة لأزواج الكوازار على أنها مجرة واحدة من الكوازار والجسم الثاني هي صورة للمجرة نفسها وليست مجرة أخرى. وقد نشأت بعد ذلك مشكلة أخرى، وهي أنه بقياس كتلة الجزء المرئي من الكون لوحظ نقص في كتلته عما ينبغي أن يكون عليه، وملاحظة الفرق يمكن أن يظهر من خلال مقارنة الكتل المرئية من مادة الكون مع ما تعطيه الحسابات، ولا يمكن تفسير فارق الكتلة إلا بوجود جزء من مادة الكون غير مرئي مثل مادة الثقوب السوداء، ويطلق الفلكيون على المادة المفقودة المادة الداكنة دلالة على عدم رؤيتها والتي مازالت لغزا يحير العلماء من حيث كنهها ومكوناتها. وأمام الشعور بعجز الإنسان في فهم الكثير من أسرار الكون الفسيح الأرجاء نجد أنفسنا راكعين أمام قول الله تعالى: "هذا خلق الله فأروني ماذا خلق الذين من دونه".



شكل 11-16: قوة الجاذبية وخاصية التكبير. الأقواس الكبيرة دليل لخاصية الجاذبية في التكبير (HST)



شكل 11-17: تعمل قوة الجاذبية للحشد على انحراف الأشعة الصادرة من الأجرام البعيدة ويتجمع الضوء المنحرف ليكون صورة أمام حشد المجرات

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 فالسماء 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 جدا لا متناهي في الصغر وحالة المادة في ذلك الوقت مجهولة بالنسبة لنا وكان ذلك منذ حوالى 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} كالفن وكانت جميع القوى متحدة وبعدها انفصلت الجاذبية عن بقية القوي.
2) في 10^{-35} من الثانية الأولي من عمر الكون انخفضت الحرارة إلى 10^{27} كالفن وبدأت عملية الانتفاخ وانفصلت القوى عن بعضها.
3) انخفضت الحرارة إلى 1500 تريليون كالفن 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 لخُمس 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 حوالى 5 بليون سنة، لذا تعتبر المجموعة الشمسية صغيرة نسبيا من حيث العمر.

ومع مرور الزمن فإن عملية نشأة النجوم ستقل، وبالتالي فإن عدد النجوم سيصبح في تناقص ومن المتصور أنه بعد حوالى 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 تفنى 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 الذاتى 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. فبدلا من أن يكون قد حدث انفجار من حجم وحرارة لا نهائيين 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 أننا 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.

The great wall
Interaction (collision or merge) of galaxies
Stories of some colliding galaxies
Evidence of violence in our galaxy
Kinds of activity
Active galaxies
Radio galaxies
Zoo of Active galaxies
Structure of radio emission
Story of radio galaxies
Seyfert galaxies
BL lacerate galaxies
Quazars
Basic assumptions of cosmology
The Big Bang
Hubble’s law
The Young Universe

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 250كم/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 يلى: أ) هي أكثر الحشود نجوما، ب) نجومها قديمة، ج) تحتوى على نجوم متغيرة من نوع السلياق RR، د) توجد في الهالة والنواة، و) أكثر الحشود استقرار.
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 المحلى 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 المرأة 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.