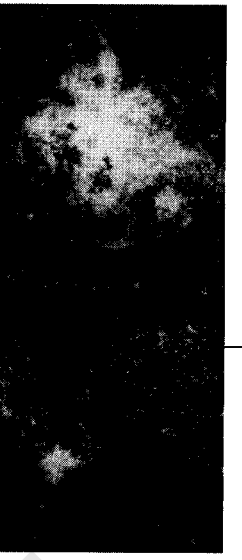
6

المجرّات



في كتاب الطبيعة اللانهائي الغامض لا أستطيع أن أقرأ إلا النزر اليسير.

وليام شكسبير (1564 ـ 1616)
Antony and Cleopatra, I, ii: 11

الأهداف:

- تعريف المجرّة.
- تقديم الدليل الرصدي على شكل مجرّة درب التبانة، وحجمها، وبنيتها، ومحتواها، وتكوُّنها، ثم تمثيلها تخطيطياً لإبراز موقع الشمس منها.
- مقايسة الحشود (المجرّية) المفتوحة بالحشود الكريّية.
- إجمال طريقة استعمال مخطَّطات H-R لتحديد أعمار الحشود النجميَّة.

obeikandl.com

- بيان محتوى الوسط البينجميّ.
- مقايسة سُدُم الإصدار بسُدُم الامتصاص.
- شرح طريقة رسم خرائط لمجرَّتنا في مناطق أطوالٍ موجيَّة مختلفة.
- تعرُّف أبعد الأجرام السماوية المرئية بالعين المجرَّدة.
- إجراء مقارنة بين خصائص المجرّات اللولبية والإهليلجية وغير المنتظمة.
- تقويم الدليل على نموذجَيْن مختلفَيْن لتكوُّن المجرّات وتطوُّرها.
- تعريف حشد المجرّات والحشد الفائق.
- إقامة الدليل الرصدي على البنى الواسعة النطاق في الكون.
- مقارنة خصائص مجرَّةٍ نظامية بخصائص مجرّاتٍ نَشِطَة.
- إيراد المميِّزات المرصودة للكوازرات، وتقديم نموذجٍ يوضِّحها.

1.6 المنظومات النجمية

المجرَّة galaxy تجمُّعٌ عظيمٌ من ملايين، بل مليارات، النجوم، ومن الغاز والغبار، تتماسك جميعاً بفعل قوة الثقالة.

تنتمي شمسُنا وكلُّ النجوم المرئية في سمائنا إلى مجرَّة درب التبّانة Milky Way Galaxy التي قد تراها شريطاً غائماً من الضوء عبر السماء في ليلةٍ مظلمةٍ صافية الأديم. أطلق عليها القدماءُ اسم الطريق اللبنيَّة أو درب اللَّبّانة لأنها تبدو للناظر كأثرٍ منسَحِبٍ لِلَبَنٍ مسفوحٍ في السماء، زعموا أن آلهةً أراقته وهي تُرضِع وليدها. وواقع الأمر أن ذاك الشريطَ اللبنِيَّ هو حصيلةُ وهج مليارات النجوم في هذه المجرّة الهائلة (الشكل 1.6).

الشكل 1.6 مشهدٌ لمجرّتنا درب التبّانة قرب مركزها في كوكبة القوس. سُحُبُ الغاز والغبار، والأعدادُ الوافرة من النجوم، تحجب اللُبَّ المجرّيَّ عن أنظارنا.

حاوِلْ بنفسك تحديدَ موقع المجرّة في السماء صيفاً أو شتاءً. ويحسن - إن أمكن - استعمالُ منظار أو مقراب، لترى أنها مؤلَّفةٌ بالفعل من أعدادٍ كبيرةٍ من النجوم الساطعة.

تضمُّ مجرَّةُ درب التبّانة كلُّها ما يزيد على 200 مليار نجمٍ، تفصل أحدَها عن الآخر مسافةٌ شاسعة؛ فقد وُجد أن متوسط البُعد بين نجمَيْن متجاورَيْن في المجرّة لا يقلُّ عن 5 سنوات ضوئية.

ما هي المجرَّة؟ .....

.....

الجواب: تجمُّعٌ هائلٌ من نجومٍ وغازٍ وغبار، يتماسك في الفضاء بفعل قوة الثقالة.

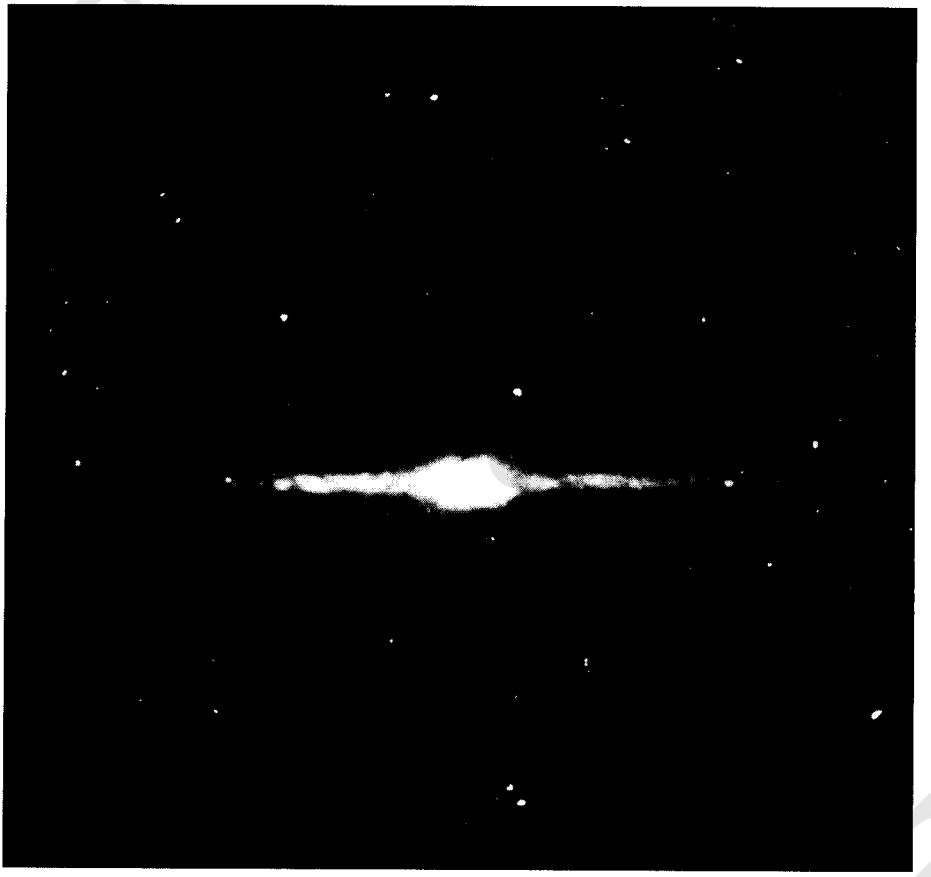
2.6 مجرَّة درب التبّانة

لمّا كان ارتباطنا وثيقاً بالشمس، التي تقع داخل مجرَّة درب التبّانة الهائلة، يتعذَّر علينا التقاطُ صُوَرٍ فوتوغرافيةٍ لمجرَّتنا من خارجها. فنحن نستعمل صُوَراً فوتوغرافيةً لمجرّات نائية لتعيننا على إدراك شكل مجرَّتنا من الفضاء (الشكل 2.6).

الشكل 2.6 المجرَّة اللولبيّة M81 (NGC 3031) في كوكبة الدبّ الأكبر تشبه مجرَّتنا درب التبّانة. يشير السَّهم إلى حيث يُفترض أن يكون موقع الشمس والأرض لو كانت هذه هي مجرَّتنا.

فلو كان بمقدورك أن تُبْحِرَ بعيداً في أعماق الفضاء الفسيح، لرأيتَ مجرَّتنا على شكل عَجَلة هوائية pinwheel لولبيّة لامعة بقُطر نحو 100،000 سنة ضوئية (30،000 فرسخ فلكي)، بحيث تقع الأرضُ ـ الطوّافةُ حول الشمس ـ في واحدة من أذْرُعها اللولبية.

ولو استطعتَ النظرَ إلى المجرّة من جانبها، لَبَدَتْ لك قرصاً رقيقاً نيِّراً منتفخَ المركز. تبلغ ثخانةُ الانتفاخ النووي nuclear bulge المركزي هذا نحواً من 10،000 سنة ضوئية (3000 فرسخ فلكي)، في حين تبلغ ثخانةُ القرص زهاء 3000 سنة ضوئية (1000 فرسخ فلكي). وتبعد الشمسُ عن مركز المجرّة قرابة 30،000 سنة ضوئية (9000 فرسخ فلكي) (الشكل 3.6).



الشكل 3.6 صورةٌ بالأشعة تحت الحمراء للنجوم والسُّحُب الغازية التي تؤلِّف قرصَ مجرَّة درب التبانة، التقطها الساتل الرَّبوطي الأمريكي المسمى مستكشف إشعاع الخلفية الكوني (COBE). تقع الأرضُ والشمسُ عند الحافة الخارجية للقرص، على بُعد 30،000 سنة ضوئية من مركز المجرَّة. النقاطُ الساطعةُ خارج القرص هي نجومٌ قريبةٌ من الشمس. (يمتد قرصُ المجرَّة بعيداً وراء موقعنا).

تدور المجرَّةُ برمَّتها في الفضاء الكوني؛ يُستَدَلُّ على ذلك من انزياح دوبلر الإشعاعي في الأذرع اللولبية. وتجري الشمسُ ـ مع مجموعتها من الكواكب ـ حول مركز المجرَّة بسرعة 250 كم/ثا (563،000 ميل/ساعة) تقريباً، وهي سرعةٌ فائقة لا تكاد تصدَّق كما ترى، ومع ذلك تحتاج المنظومةُ الشمسية إلى نحو 250 مليون سنة لإتمام دورة واحدة فقط!

وتبدو مجرَّتنا مندفعةً عبر الفضاء باتجاه كوكبة الشُّجاع Hydra بسرعة تتجاوز 600كم/ثا (مليون ميل/سا).

لو كان في قدرتك أن تَعْبر المجرَّةَ محلِّقاً من طَرَفٍ إلى طرف بسرعة الضوء، فكم يمكن أن تستغرق رحلتك؟ .....

الجواب: 100،000 سنة.

طريقة الحل: اقسم المسافةَ (قطر المجرَّة = 100،000 سنة ضوئية) على السرعة (سنة ضوئية في السنة).

3.6 مواقع النجوم

لما كانت مجرّتنا من النوع اللولبي spiral، فإن معظم نجومها يتجمّع في نواةٍ nucleus مركزية وفي أذرعٍ حلزونية تَصْدر عنها.

وفي حين تنتقل بعضُ النجوم عبر المجرّة فرادى، فإن أعداداً كبيرةً منها تتحرّك في حشودٍ نجميّة star clusters، وهي مجموعاتٌ من النجوم تبقى متكتّلةً بسببٍ من الجذب التثاقلي المتبادل في ما بينها. تتكوَّن هذه الحشود ظاهرياً عند تكاثُف سحابة غازيّة عملاقة متحوِّلةً إلى نجوم كثيرة. ولعلّ أهميتها الكبيرة للفلكيين تتمثَّل في أنّ كلَّ النجوم المتباينة الكَتلة في الحشد ذات عُمر واحد تقريباً. وحسبنا دليلاً على المنشأ الحشديّ للنجوم السُّحُب الجزيئيّةُ المحتوية على مئات الآلاف من الكتل الشمسية.

وقد رُصِدَ فعلاً أكثر من ألف من الحشود (المجرّية) المفتوحة open (galactic) clusters ، التي يَضمُّ كلٌّ منها أعداداً من النجوم المتخلخلة تقع بين 10 نجوم و 10،000 نجم. تتحرك النجومُ معاً ضمن قرص المجرّة، وتتركّز الحشودُ المفتوحةُ بكثافة في الأذرع اللولبية، وتكون نجومُها فتيّةً نسبياً، وحارّةً عاليةَ الضيائية في أغلب الأحيان (الشكل 4.6).

الشكل 4.6 الحشد النجميّ المفتوح المسمى بالثريّا Pleiades (M45) في كوكبة الثور، يُرى بالعين على شكل مجموعة من ستة نجوم خافتة، علماً بأنه يضمّ مئات النجوم. يبعد 400 سنة ضوئية. لاحِظ الوهج الذي يَكتنف النجوم: إنه غبارٌ بينجمي يتألّق بانعكاس ضوء النجوم عليه.

ثمّةَ جزءٌ صغيرٌ من النجوم يكون على شكل حشودٍ كُرَيِّيّة globular clusters ضمن هالة halo، وهي منطقةٌ كرويّة الشكل تحيط بالقرص. وقد رُصد نحو 150 حشداً كريّياً يضمُّ كلٌّ منها أعداداً من النجوم المتراصّة تقع

بين 100،000 إلى مليون نجم. يجدر بالذكر أن هذا النوع من الحشود يحتوي على أقدم النجوم المعروفة (الشكل 5.6).

الشكل 5.6 الحشد النجميُّ المسمّى 47 طوقان (NGC 104) في كوكبة الطوقان، هو ثاني أسطع حشدٍ كريّ، يقع على بُعد 13،000 سنة ضوئية، ويضمّ لبُه عدداً من النجوم المتطَوّحة الزرقاء المحيّرة. يبدو للعين كنجمٍ من القَدْر الخامس.

على أنّ بعضَ الحشود الكريّيَّة يضمُّ أيضاً عدداً صغيراً من نجومٍ مبهَمَة تسمّى المُتَطَوِّحاتُ الزرق blue stragglers، ذات لون أزرق لاقياسي، وضيائيةٍ عالية. تبدو هذه النجومُ أشدَّ حرارةً وأكثرَ فتوّةً من سائر نجوم الحشد.

اذكر - بالاستعانة بالجدول 1.6 - ثلاثة فروق بين الحشود (المجرّية) المفتوحة والحشود الكريّيّة الموجودة في مجرّتنا.

(1) .....

(2) .....

(3) .....

الجواب: الحشود (المجرّية) المفتوحة توجد في القرص المجرّيّ، وهي فَتيّةٌ نسبياً، وتضمُّ عدداً صغيراً من النجوم. أما الحشود الكريّيّة فتوجد في الهالة المجرّية، وهي هرمةٌ نسبياً، وتضمُّ عدداً كبيراً من النجوم.

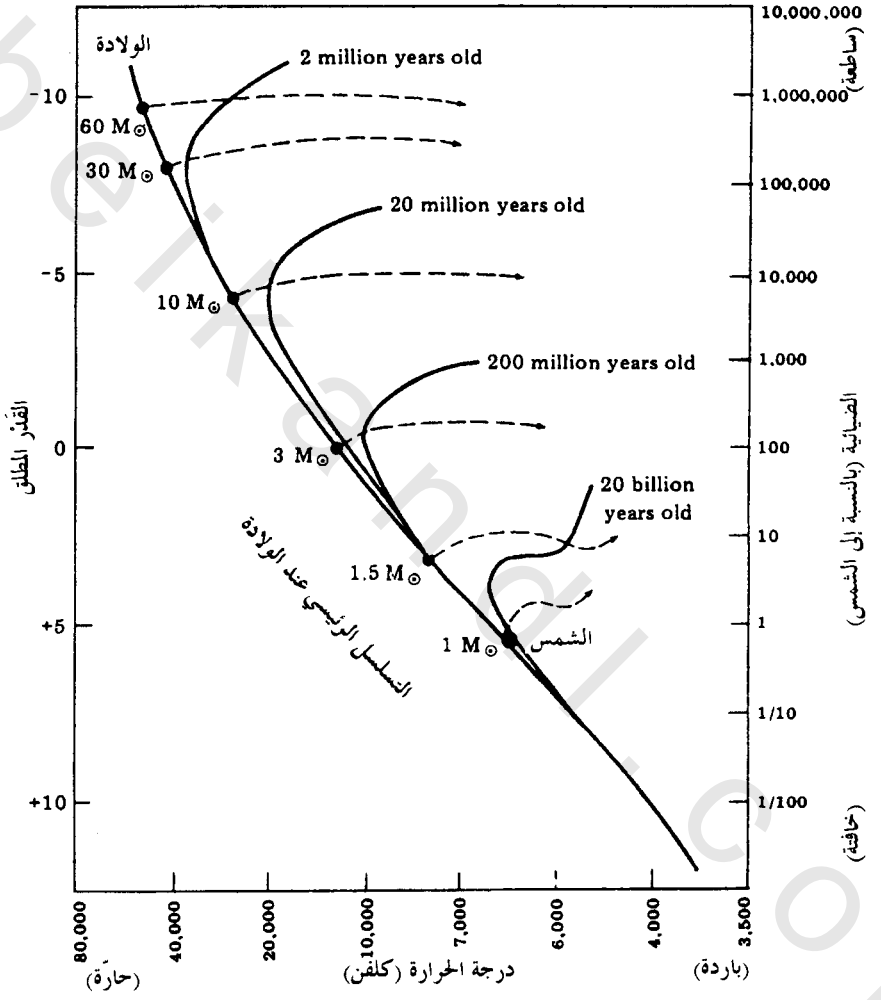
الجدول 1.6 بعض خصائص الحشود النجمية المفتوحة والكريّية

	الحشود (المجرّية) المفتوحة	الحشود الكريّية
الموقع	القرص المجرّي	الهالة المجرّية والانتفاخ النووي
القطر	دون 100 سنة ضوئية	أكثر من 100 سنة ضوئية
العُمر	فَتيّة نسبياً	هَرِمَة
عدد النجوم	حتى 10،000	حتى 1 مليون
لون أسطع النجوم	أزرق أو أحمر	أحمر

4.6 تحقُّق صحة النظريات

توفِّر الحشودُ النجميّةُ أفضلَ المعطيات للاستيقان من صحة نظريات التطوّر النجميّ. فتُرسَم أولاً مخطّطات H-R استناداً إلى تصوُّراتٍ نظريةٍ لنجوم متباينة الأعمار، ثم تُرسَم مخططات H-R لحشودٍ نجميّة مرصودة فعلاً. تقارَنُ المخططاتُ النظريةُ والعمليةُ بغية إقرار النظرية أو دحضها.

والشكل 6.6 تمثيلٌ لمسارات تطوُّرٍ متوقّعة، مستمدَّة من تصوُّرات نظرية. فتبدأ النجومُ كلُّها على التسلسل الرئيسي عند ولادتها، بحيث تقع أكبرُ النجوم كتلةً في أعلى التسلسل الرئيسي، وأصغرها كتلةً في أسفله.



الشكل 6.6 الخطوط المتَّصلة تمثِّل مواقعَ النجوم ضمن حشود مختلفة. تشير نقطةُ الانحراف بعيداً عن التسلسل الرئيسي إلى عُمر الحشد. الخطوط المتقطِّعة تمثِّل مسارات تطوُّر نجومٍ إفرادية مع ذكر كُتَلها. ($M\odot$ = كتلة الشمس).

وتتطوَّر كلُّ النجوم مبتعدةً عن التسلسل الرئيسي كلما طالَ عليها الأمد وأَسَنَّتْ. وإذا علمنا أن النجومَ الكبيرةَ هي أسرعُ النجوم تطوّراً، أدركنا أنه كلما ارتفعت نقطة الانحراف كان الحشد النجميّ أكثر فتوَّة.

قارِن مخطَّطَيْ H-R لحشد الثريا المفتوح (الشكل 7.6) والحشد الكريّ M3 (الشكل 8.6) بمسارات التطوّر النظرية (الشكل 6.6). استنتج أيّ الحشدَيْن (أ) فتيّ نسبياً .....؛ (ب) هَرِمٌ نسبياً ..... علِّلْ ما توصَّلتَ إليه .....

.....

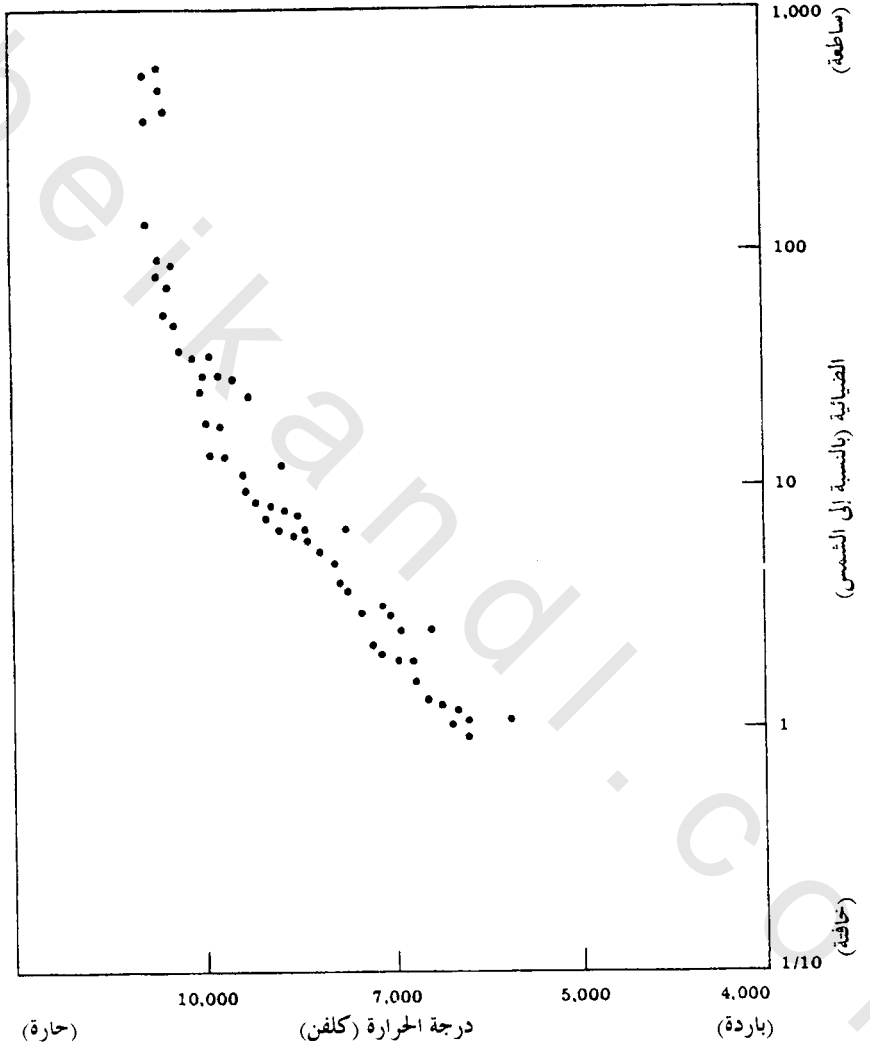
الجواب:

(أ) حشد الثريا فتِيٌّ نسبياً؛ فمعظم نجومه، حتى الكبيرة الكتلة القصيرة العمر منها، مازالت على التسلسل الرئيسي. (وُلِد حشدُ الثريا منذ نحو 70 مليون سنة خلت).

(ب) الحشد M3 هَرِمٌ نسبياً؛ فلا يكاد نجمٌ من نجومه يظهر على النصف العلوي من التسلسل الرئيسي. بل إن كثيراً منها انتقل نحو اليمين إلى منطقة العمالقة الحُمر. (يبلغ عُمر الحشد M3 زهاء 10 مليارات سنة).

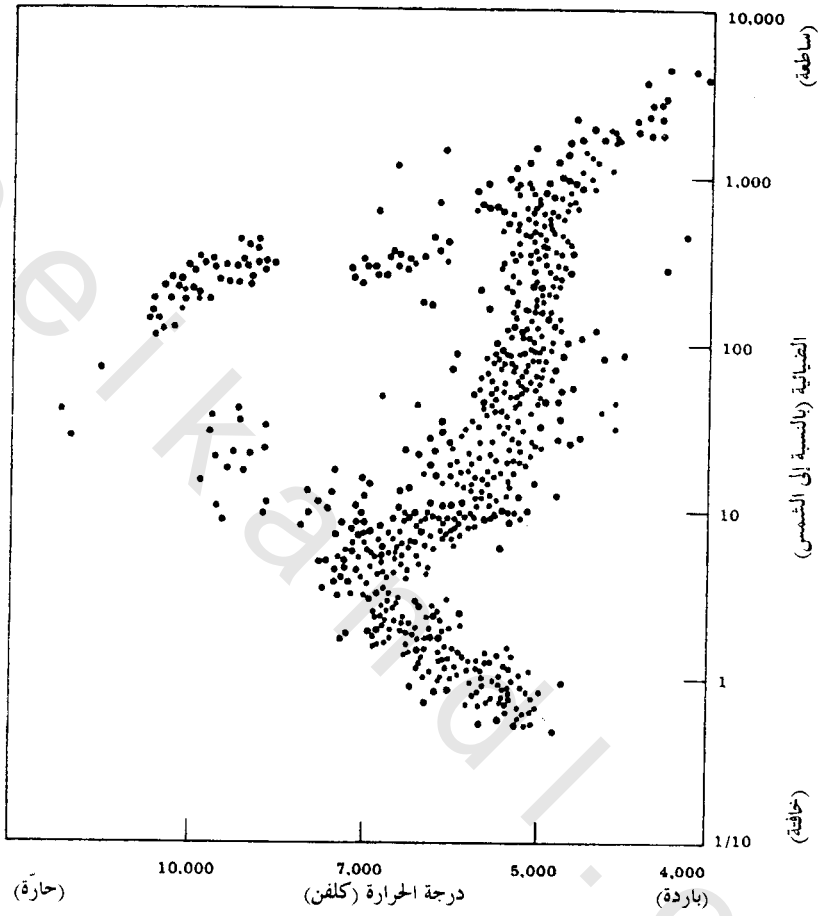
5.6 الكتلة

سادَ الاعتقاد ـ حتى عهد قريب ـ بأن معظم كتلة وضيائية أيِّ مجرّةٍ نظامية normal galaxy كمجرّتنا يتركَّز في نجوم من قبيل تلك القريبة من الشمس، التي تبلغ كتلتها 2×10^{30} كغ. وتوحي الحركاتُ التثاقليةُ المرصودةُ، للنجوم والغازِ والمجرّاتِ ضمن الحشود اليوم، بأن معظمَ الكتلةِ في الكون هي على صورةٍ ما، لم يُكشَف النقاب عنها بعدُ، تسمّى المادةَ القاتمة (الخفيّة) dark matter. وعلى ذلك فإن المجرّةَ المرئية قد تكون



الشكل 7.6 مخطَّط H-R لحشد الثريا (المجرّي) المفتوح.

obeikandl.com



الشكل 8.6 مخطَّط H-R للحشد الكُرَيّ M3.

محاطةً بـ هالةٍ مَجَرِّية galactic halo غير مضيئة هي أكبر حجماً وكتلةً.

كم تتوقَّع أن تكون كتلةُ مجرّة درب التبانة بكاملها لو كانت هذه الكتلة محتشدةً في نجومٍ كشمسنا؟ (استعِنْ بالعدد التقريبي لنجوم مجرَّتنا من الفقرة 1.6) .....

.....

الجواب: أكثر من 200 مليار ضعف كتلة الشمس، أو ما يزيد على 4×10^{41} كغ. (ملاحظة: تبلغ كتلة مجرَّة درب التبانة 400 مليار مرة كتلة الشمس على الأقل. وقد تكون أكثر من هذا بكثير في حال وجود المادة القاتمة).

6.6 ما بين النجوم

إن الحيِّز الفضائي بين النجوم هو فراغ على وجه العموم، إلا أنّ الأحوالَ الموضعية تتفاوت كثيراً. فهناك ما يسمى الوسط البينجميّ interstellar medium، ويشمل المادةَ والإشعاع اللذين يتخلّلان النجوم، وهي في الأغلب أقلُّ كثافةً من الهواء في مناطق الفراغ المتولِّد على الأرض.

وتُعَدّ المادةُ البينجميّة interstellar matter ذاتَ أهميّةٍ خاصة، لأنها تمثِّل المادةَ الأوَّليّةَ للنجوم والكواكب الوليدة. ويؤلِّف الغازُ قرابةَ 99 في المئة من تركيبها (75 في المئة تقريباً من هذه الكتلة الغازية هو هيدروجين، و 23 في المئة منها هليوم)، والغبارُ البَيْنجميُّ interstellar dust (جسيماتٌ صُلبةٌ غاية في الدقة) نسبةَ 1 في المئة. ويُذكَر أن معظم الغاز والغبار البينجمي في مجرَّتنا متركِّز في أذرعها اللولبية، حيث تتوضَّع أحدث النجوم.

تُعزَّز السُّحُبُ الغازية والغبارية باستمرار بالمادة التي تلفظها المستعرات الفائقة والرياح النجميّة. فمنطقة H I (H I region) هي سحابةٌ متوسطةُ الحرارة ذات هيدروجين ذرّي محايد، ومنطقة H II (H II region) هي سحابةٌ متأيِّنةُ الهيدروجين قرب نجومٍ حارّة جداً.

وقد كُشِفَ ما يزيد على 100 جزيءٍ بينجميّ interstellar molecules، إضافة إلى الهيدروجين، في سُحُب جزيئية molecular clouds عملاقة كثيفة وقاتمة وباردة. وإن تعجب فعجبٌ وجود بخار الماء والجزيئات العضوية الشائعة التي تؤلِّف المركبات الأساسية لكلّ أنماط الحياة على الأرض؛ وقد أثار اكتشافُها في الفضاء تساؤلات مثيرةً حقاً عن منشأ الحياة في الكون.

لماذا كان من المهم - في نظرية التطوُّر النجميّ - معرفة تركيب المادة البينجميّة في كل حقبة زمنية؟ .....

.....

الجواب: لأن المادةَ البينجمية هي المادةُ الأوَّلية للنجوم والكواكب الوليدة.

7.6 سُحُبٌ عظيمة

استُعملتْ كلمة nebula (لاتينية بمعنى «سحابة») تاريخياً للدلالة على مختلف أنواع الرُّقَع الضبابية في السماء؛ ويشمل ذلك الكثيرَ مما يُعرف اليوم بأنه حشودٌ نجميّةٌ أو مجرّات. ومازالت الكلمةُ مستعملةً في بعض الأحيان للتعبير عن أيِّ تَجمُّعٍ غازيٍّ وغباريّ[1].

فسديم الإصدار emission nebula الساطع، أو منطقة H II، سحابةٌ تتألَّق بامتصاص الضوء من النجوم الفتيَّة الحارّة المجاورة، ثم إصداره من جديد. وسديم الجبّار Orion Nebula مثالٌ معروفٌ يمكنك رصده (الشكل 1.5).

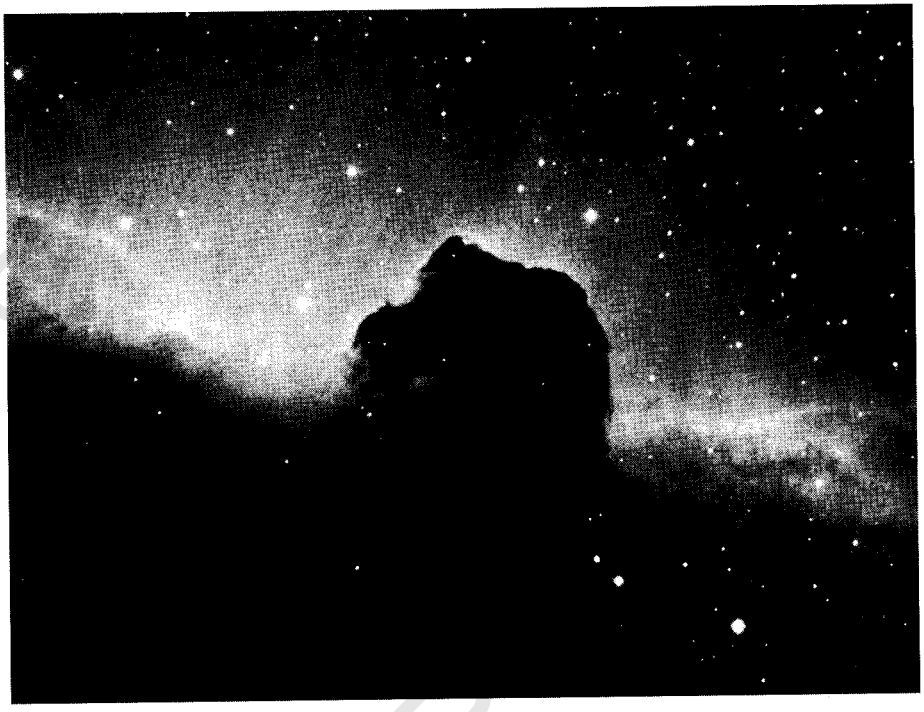
وسديم الامتصاص absorption nebula القاتم، أو السحابة الجزيئية، تجمُّعٌ كثيفٌ نسبياً من مادة بينجميّة يَمتصُّ غبارُها ضوءَ النجوم أو يبعثره، فيخفي بذلك النجومَ التي خلفه فلا نكاد نراها.

يُطلَق على بعض السُّدُم أسماء خياليةٌ معبِّرةٌ عن مظهرها. فمِمَّ يتألف سديم «رأس الحصان» في واقع حاله (الشكل 9.6)؟ .....

.....

الجواب: من كُتَلٍ مركَّزة كثيفة نسبياً من غبارٍ بينجميّ.

(1) لعلّ كلمة «سديم» هي الترجمة العربية الدقيقة لكلمة nebula. (المعرِّب)



الشكل 9.6 سَديم رأس الحصان (NGC 2024) في كوكبة الجبّار سديمٌ قاتمٌ معروف، يقع على بُعد أكثر من 1000 سنة ضوئية.

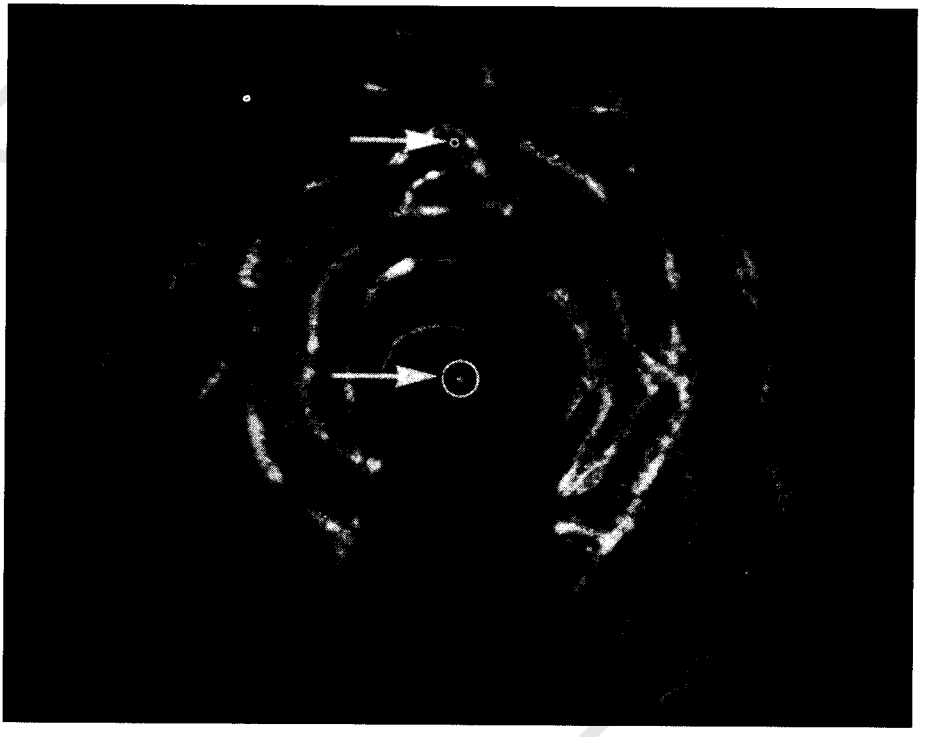
8.6 مسح مجرَّتنا

يتعذَّر علينا النظرُ في أعماق مجرَّتنا درب التبانة لأكثر من نحو ألف سنة ضوئية من معظم الاتجاهات، حتى باستعمال أعظم المقاريب البصرية وأحدثِها، وذلك بسبب السُّحُب الغبارية التي تحجب المشهدَ عنّا.

ويستعين علماءُ الفلك بالأمواج الراديوية وتحت الحمراء والأمواج العالية الطاقة، التي تستطيع النفاذ من هذه السُّحُب، لتصوير ما يتجاوزها من الفضاء.

تُمسَح البنيةُ اللولبيّة لمجرَّتنا عن طريق كشف أمواجٍ راديوية ذات طول موجيٍّ يبلغ 21 سنتيمتراً. يَصدر إشعاعُ الـ 21 سنتيمتراً 21 - centimeter

radiation هذا عن ذراتٍ متعادلةِ الهيدروجين، وتكون قوَّتُه أعظميةً من أكثر المناطق غنىً بهذه الذرات، وهي الأذرع اللولبية (الشكل 10.6).



الشكل 10.6 خريطة راديوية تُظهِر البنيةَ اللولبية لمجرَّتنا، وهي من إنتاج مرصد لايدن Leiden من أرصادٍ لِخَطّ الـ 21 سنتيمتراً. الدائرة الكبيرة تحدِّد موقعَ مركز المجرَّة، والدائرة الصغيرة تحدِّد موقع منظومتنا الشمسية فيها.

وتُمسَح السُّحُب الغازيةُ الكبيرةُ الحارّة بالكشف عن إصدارٍ راديويٍّ متواصل continuous radio emission بدلاً من طولٍ موجيٍّ معيَّن. وينشأ هذا الإصدار المتواصل عن كُتَلٍ مركَّزة من الغاز المُثار في مناطق H II الحارّة.

ليس في إمكان المقاريب الراديوية إظهارُ تجمُّعاتِ الهيدروجين البالغةِ الكثافة، في السُّحُب الجزيئية القاتمة الباردة؛ ففي هذه المناطق تتَّحد ذراتُ الهيدروجين لتؤلِّف جزيئات هيدروجينية. لذلك يَمْسَح علماء الفلك الراديوي

أكثفَ التجمُّعات الغازيّة بمعاينة خط إصدارٍ قويٍّ لأول أكسيد الكربون. أما الهيدروجين الجُزَيئي ـ الذي لا يُصدِر الإشعاعَ الراديويَّ ولا يمتصُّه ـ فيُرصَد عند الأطوال الموجيّة تحت الحمراء وفوق البنفسجية.

ومع ظهور معطياتٍ جديدة، تتعدَّل تصوُّراتنا الفلكية باستمرار. فمن بين الأرصاد المثيرة بنوعٍ خاص ما يظهر عند الأطوال الموجيّة فوق البنفسجية من أكاليل نجميّة وغازٍ بالغ الحرارة بين السُّحُب، فضلاً على المنابع السينيَّة المتفجِّرة X-ray bursters، وهي نجومٌ سينيَّة تبدي تغيُّراتٍ عشوائيةً عنيفةً في إصداراتها، وكذلك ما يسمى منابع أشعة غاما gamma ray bursters، وهي منابع تُطلِق دفقاتٍ عابرةً من الإشعاع الغامي الآتي من اتجاهات عشوائية في الفضاء.

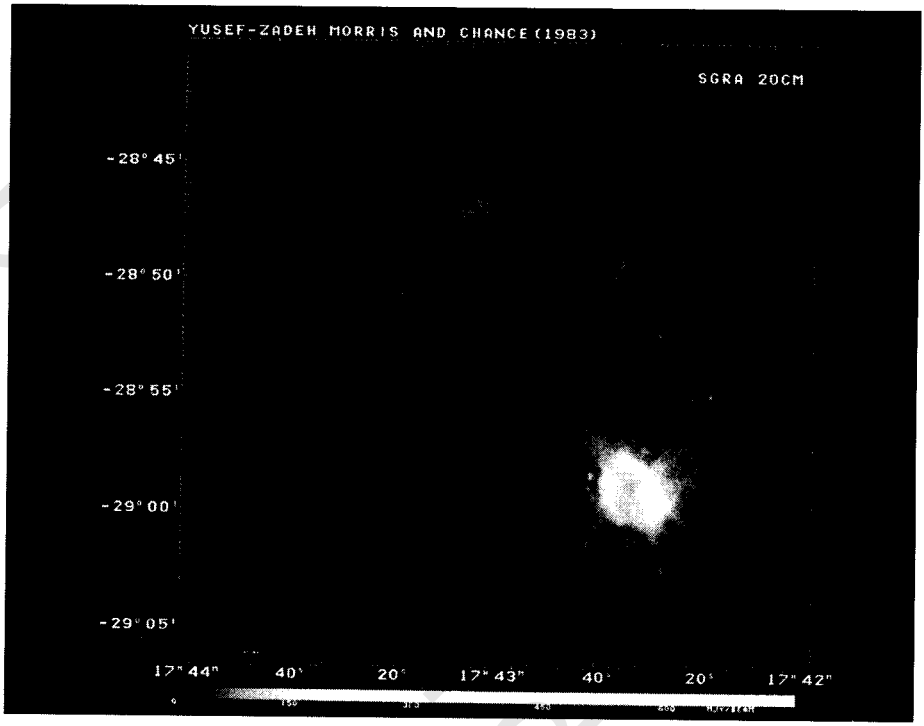
تحتوي نواةُ مجرَّتنا في ما يبدو على جسم متراصٍّ كبير الكتلة وغير اعتيادي، تحيط به سُحُبٌ غازيّةٌ وغباريّةٌ حارّةٌ جداً ومشوَّشة. ومن المحتمل أن يكون هناك ثقبٌ أسود هائل، أو حشدٌ نجميٌّ كثيفٌ ومضيءٌ يغذّي التدفُّقَ الغازيَّ والضيائية المركزيَّتَيْن. وبسقوط المادة نحو الداخل باتجاه المركز، تنضغط وتتسخَّن إلى ملايين الدرجات، مولِّدةً الأشعةَ السينيّة المرصودة (الشكل 6.11).

وإذا صحَّ أنّ لمجرَّتنا بِنْيَةً لولبيةً عَصَويّة barred spiral structure، كما تدلّ بعضُ الأرصاد فعلاً، فإنّ معدَّل السقوط قد يكون أسرع بكثير منه في البنية اللولبية النظامية؛ وفي هذه الحالة تحدث انفجاراتٌ نجميةٌ عنيفةٌ تنشأ عنها أعدادٌ كبيرةٌ من النجوم الشديدة السطوع والجسيمة الكتلة.

ما المثير بنوعٍ خاص في مناطق التجمّعات الغازية الكثيفة نسبياً في مجرَّتنا؟

.....

الجواب: تكوُّن النجوم في هذه المناطق.



الشكل 11.6 صورةٌ راديوية في اتجاه مركز مجرّة درب التبانة.

9.6 جَمْهَرَتا النجوم

في سنة 1944 قسَّم عالِمُ الفلك الأمريكي وولتر باده Walter Baade (1893-1960) النجومَ عموماً إلى صنفَيْن (جَمْهرتَيْن). وأثبتَ تصنيفُه ذاك ـ وإن كان مبسَّطاً إلى حدٍّ بعيد كما يقول العلماء اليوم ـ أنه ذو فائدةٍ في تفسير آلية ارتباط النجوم والمجرّات بعضها ببعض من حيث أعمارُها وديناميَّتُها وتوليد العناصر فيها.

فنجوم الجمهرة I (Population I) تضمُّ أعلى النجوم حرارةً وضيائية. وتقع هذه النجومُ الفتيَّةُ نسبياً في قرص المجرَّة، ولاسيما في الأذرع اللولبية، مندسَّةً في الغبار والغازات التي تكوَّنت منها. وتتميَّز بغناها النسبي بالعناصر

الثقيلة (كالشمس، زهاء 1 في المئة من الكتلة)، إضافة إلى عنصرَي الهيدروجين والهليوم.

أما نجوم الجمهرة II (Population II)، كتلك الواقعة في الحشود الكريّيَّة، فتوجد بالقرب من النواة المجرّية وفي الهالة. هذه النجوم أقدم عمراً، وتكاد تتألَّف بالكليّة من الهيدروجين والهليوم.

كيف تفسِّر نظريةُ التطوُّرِ النجميِّ الفارقَ بين نجوم الجمهرتَيْن I و II؟ ...

.....

.....

.....

الجواب: نجوم الجمهرة II هي أقدم النجوم، تكوَّنت من الهيدروجين الأصلي والهليوم، اللذين كانا متاحَيْن عند ولادة مجرَّة درب التبانة. أما نجوم الجمهرة I ففتيَّةٌ، تكوَّنت في زمنٍ متأخِّر من الغبار والغاز، في الفضاء الغنيّ بالعناصر التي تولَّدت في النجوم، ونثرتها المستعراتُ الفائقةُ في فضاء الكون.

6.10 نشأة مجرَّتنا

تكوَّنت مجرَّتنا في ما يبدو منذ 10 ـ 20 مليار سنة خلت، ربَّما بعد بداية الكون ببضع مئات ملايين السنين، إذ يبلغ عُمر أقدم النجوم نحو 13 ـ 18 مليار سنة.

من النماذج الرائجة حول نشأة مجرَّتنا ما يقال إنها نشأت في سحابةٍ كونيَّة دوَّارة مضطربة تتألف من الهيدروجين والهليوم. ثم ارتصّت السحابةُ إلى بنيةٍ متلاحمة عندما تجاوزَ الجذبُ الداخليُّ للثقالة في نهاية الأمر الضغطَ الخارجيَّ. بعد ذلك عملت قوى ضغط الغاز والإشعاع والدوران والثقالة

جميعاً على تطويع مجرَّتنا لتتَّخذ شكلها الحالي.

ممَّ تتألف (أ) أقدم النجوم و(ب) أحدث النجوم في مجرَّتنا بمقتضى هذا النموذج لنشأة المجرّة؟ فصِّل إجابتك .....

.....

.....

.....

.....

الجواب: (أ) من الهيدروجين والهليوم، وهما العنصران اللذان توافرا كمواد أوَّلية حين كانت المجرَّةُ حديثةَ التكوُّن. (ب) من الهيدروجين والهليوم، إضافةً إلى 90 عنصراً آخر تولَّد بحكم الطبيعة. إن الوسط البَيْنجميّ، الذي هو بمنْزلة المادة الأوَّلية للنجوم الوليدة، تألَّف أصلاً من الهيدروجين والهليوم، ثم تعزَّز بعناصر أخرى قَذَفَتْها المستعِراتُ الفائقة والرياحُ النجمية.

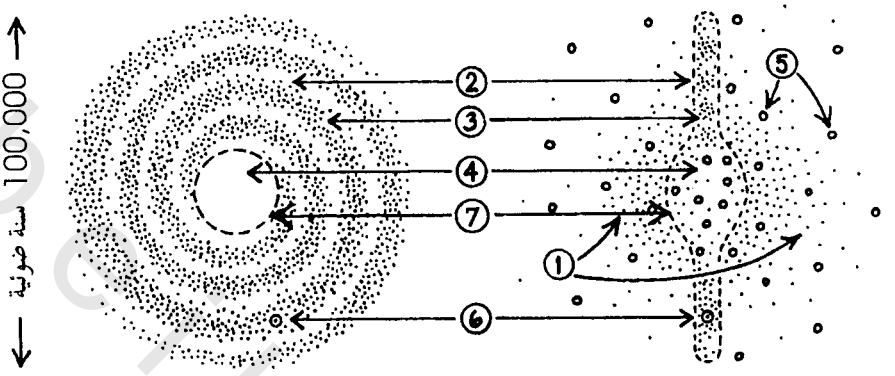
11.6 بنية مجرَّة درب التبَّانة

تلخيصاً لبعض ما عرفتَ عن مجرَّة درب التبانة، استعِنْ بالشكل 12.6 وحدِّدْ عليه ما يأتي: (أ) قرص المجرَّة .....؛ (ب) هالتها .....؛ (ج) ذراعها اللولبية .....؛ (د) نواتها .....؛ (هـ) موقع الشمس والأرض منها .....؛ (و) موقع الحشود الكريَّة منها .....؛ (ز) انتفاخها النووي .....

الجواب: (أ) 2؛ (ب) 1؛ (ج) 3؛ (د) 4؛ (هـ) 6؛ (و) 5؛ (ز) 7

12.6 ما وراء مجرَّة درب التبّانة

حتى سنة 1924 لم تكن تُعرَف من المجرّات غير مجرّتنا. ثم طَلَعَ



الشكل 12.6 تصوّران تمثيليّان لمجرّة درب التبانة.

العالِمُ الفلكيُّ الأمريكي إدوين هَبلْ Edwin Hubble (1889 ـ 1953) ليحلِّل المتغيِّرات القيفاوية، وليدلِّل على أن بعضَ «السُّدُم» الضبابية التي كانت تُرصد ما هي في الواقع إلاّ مجرّات نائية.

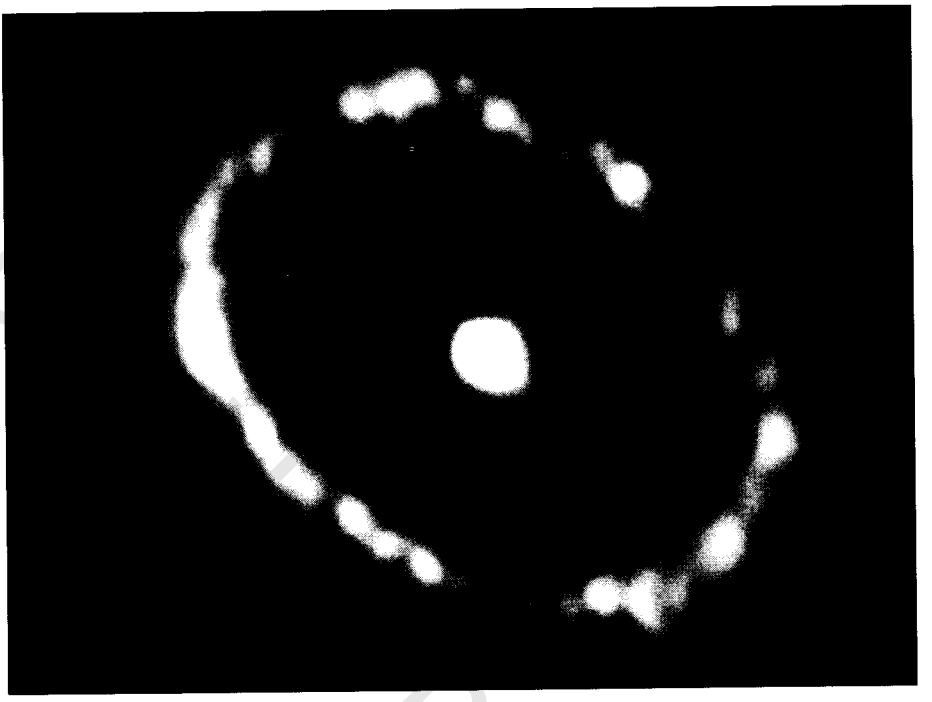
ولعل من المناسب في هذا السياق الإشارة إلى الدليل العام الجديد New General Catalog (NGC) للأجرام الفلكية اللانجميّة، الذي نُشِرَ أوّل مرة سنة 1888 على هيئة لائحة تضمُّ 7840 جِرماً سديمياً، وضعها العالِمُ الفلكيّ الدانمركي يوهان درايِر Johann Dreyer (1852 ـ 1926). وُسِّعَ هذا الدليل سنة 1895 بنشر ملحق لَه يحمل عنوان «الدليل الفهرست" Index Catalog (IC)، ثم وُسِّع ثانيةً سنة 1908 في ملحقٍ آخر هو «الدليل الفهرست الثاني» Second Index Catalog. وقبل ذلك نُشِر «دليل مسّييه» Messier Catalog الذي يشتمل على 110 من السُّدوم والحشود النجميّة والمجرّات (انظر الملحق 6 في نهاية الكتاب)، علماً بأنه نُشر أولاً هو الآخر على شكل لائحةٍ لـ 45 جِرماً سماوياً ضبابياً، وَضَعَها سنة 1784 الفلكيُّ الفرنسي شارل مسّييه Charles Messier (1730-1817)، متوخّياً تجنُّب الوقوع في خطأ عَدِّها مذنَّبات جديدة.

ونحن نعتقد اليوم أن الكون مليء بالمجرّات، إذ ربما وُجد منها فيه نحو 100 مليار مجرّة، تضمُّ كلٌّ منها عموماً أكثر من 100 مليار نجم. وتُعْرَف معظم المجرّات الساطعة برقم خاصٍّ بها في الدليل العام الجديد (NGC)، أو في الدليل الفهرست (IC)، أوْ في دليل مسّييه (M).

من المجرّات القريبة من مجرّتنا سحابتا ماجلاّن: مجرّتان صغيرتان غير منتظمتَي الشكل هما: سحابة ماجلان الكبرى Large Magellanic Cloud (LMC) في كوكبة الطوقان Tucana، وسحابة ماجلان الصغرى Small Magellanic Cloud (SMC) في كوكبة «أبو سيف» Dorado. تتماسك هاتان السحابتان بقوة الجاذبية، وتبعدان زهاء 169،000 سنة ضوئية (52،000 فرسخ فلكي) و210،000 سنة ضوئية (60،000 فرسخ فلكي) على الترتيب. وقد استُدِلَّ على بُعد السحابة الكبرى بنسبة 5 في المئة من أرصاد تتعلّق بالحلقة الإهليلجيّة المطيفة بالمستعر الفائق A 1987 (الشكل 13.6)، التي لفَظَها النجمُ السَّلَفُ حينما كان عملاقاً فائقاً أحمر.

يمكن رؤيةُ سحابتَيْ ماجلان بالعين المجرّدة من نصف الكرة الجنوبي. وكان أول من رصدها المستكشف البرتغالي فرديناند ماجلان Ferdinand Magellan (نحو 1480 ـ 1521) في أثناء رحلته التاريخية حول العالم. تنتمي السحابتان كلتاهما إلى منظومة تقع داخل غلاف هيدروجينيٍّ هائلٍ غير مرئي جرى كشفه عند الطول الموجي 21 سنتيمتراً.

على أن أقرب المجرّات الشبيهة بدرب التبانة هي مجرّةُ المرأة المسلسلة Andromeda Galaxy، (M31, NGC 224)، غير أن كتلتها تبلغ ضعفَيْ كتلة مجرّتنا (الشكل 14.6). وهي ـ في حساب الفلكيين ـ أقصى جِرمٍ سماويٍّ؛ إذ إنها تبعد نحو 2,5 مليوني سنة ضوئية (670،000 فرسخ فلكي)، وتستطيع رؤيتها بعينك المجرّدة، أو بمقراب صغير مزوَّد بجهاز تسديد خاص. ما عليك إلا أن تبحث ـ في فصل الخريف ـ عن رقعة ضبابية من



الشكل 13.6 المستعر الفائق 1987 A (في المركز) وحلقته في سحابة ماجلان الكبرى من كوكبة الطوقان.

الضوء في كوكبة المرأة المسلسلة Andromeda constellation (وهي معلَّمةٌ بـ O GALAXY في خرائطك النجميّة).

لكي ندرك معنى «القُرب» في قولنا «مجرّات قريبة»، قدِّرْ كم مجرّة كدرب التبانة يفترض أن تتراصف إحداها بجانب الأخرى بيننا وبين أقرب جيراننا مجرَّة أندروميدا .....

الجواب: 25.

طريقة الحل:

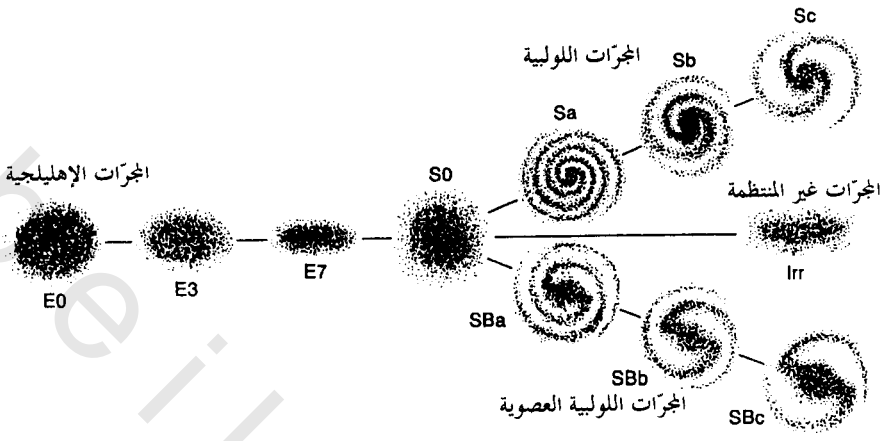
$$\frac{\text{المسافة إلى مجرة أندروميدا}}{\text{قطر مجرة درب التبانة}} = \frac{\text{2,500,000 سنة ضوئية}}{\text{100,000 سنة ضوئية}} = 25$$

الشكل 14.6 صورةٌ فوتوغرافية لمجرَّة المرأة المسَلسَلة (أندروميدا)، مع رفيقَيها الساطعَين NGC 205 (الأعلى) و M32 (الأسفل)، التُقطت بمقراب قياس فتحته 1,2 م (48 بوصة). وهي مجرَّةٌ لولبيةٌ أكبر من مجرَّتنا، وتحوي مليارات النجوم.

13.6 تصنيف المجرّات

للمجرّات أشكالٌ وحجومٌ مختلفة، كان إدوين هَبلْ أوَّلَ من صنَّفَها سنة 1926 في مجموعات تبعاً لبِناها (الشكل 15.6).

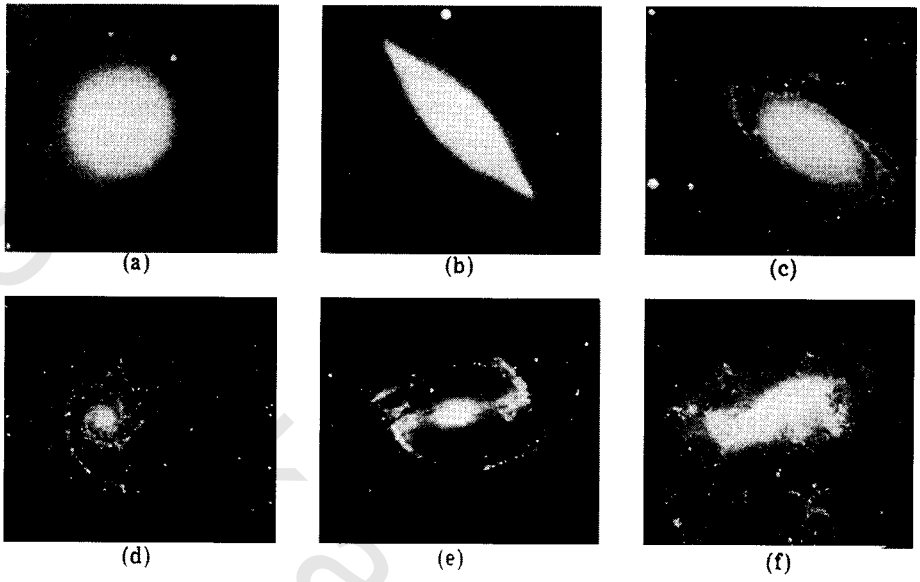
فالمجرّات الإهليلجية elliptical galaxies (ويُرمَز إليها بالحرف E) بيضويةُ الشكل. وهي تتدرَّج في الشكل من كُرات شبه تامة (E0) إلى كروانيّات أكثر تسطّحاً (E7). تضمُّ المجرّاتُ الإهليلجية نجوماً هرمةً في الغالب الأعم. وهي، وإن لم تُبْدِ من الغاز والغبار المرئي إلا النَّزر اليسير، تُظهِر في الواقع وجودَ قدر منهما عند رصدها بالأشعة السينيّة وتحت الحمراء.



الشكل 15.6 تصنيف هَبلْ للمجرّات تبعاً لأشكالها، مرتَّبةً في رسمٍ تخطيطيٍّ له شكل الشوكة الرنّانة.

والمجرّات اللولبية spiral galaxies تتفرّع إلى صنفَيْن رئيسيَّين. فالمجرّات اللولبية النظامية normal spiral galaxies (S) لها قرصٌ ساطع، حيث تلتفُّ الأذرعُ اللولبيةُ بدءاً من نواةٍ منتفخة. وهي بدورها تتفرّع إلى Sa و Sb و Sc بحسب حجم الانتفاخ المركزيّ، ودرجةِ إحكام التفاف الأذرع اللولبية. يُرمز لتلك المجرّات ذات الأقراص المسطحة الساطعة والعديمة الأذرع بالحرفين SO. والمجرّاتُ اللولبية العَصَويّة barred spiral galaxies (SB) مظهرها شبيهٌ بالمجرّات اللولبيّة النظامية، سوى أن أذرعها تسترخي اعتباراً من نهايات تجمُّع مركَّز من المادة ذي شكلٍ عَصَويّ. وتحتوي المجرّاتُ اللولبية عموماً على كميات كبيرة من الغاز والغبار في أقراصها، وعلى نجومٍ فتيّة وكهلة وهرمة كذلك.

أما المجرّات غير المنتظمة irregular galaxies (Ir) فليست ذات شكل هندسيّ منتظم، وتحتوي في العادة على غازٍ وغبار، وعلى نجومٍ فتيَّة ساطعة في معظمها، وسُحُبِ غازٍ متأيِّن، وقليلٍ من النجوم الهرمة.



الشكل 16.6 نماذج من مجرّات مختلفة الأصناف.

باشرَ هَبلْ دراساتِه المنهجيَّةَ على المجرّات النائية، مستعملاً مقرابَ ماونْتْ ويلسون Mount Wilson telescope الذي بلغ قياس فتحته 2,5 م (100 بوصة)، وكان أكبر مقاريب العالم ما بين سنتي 1918 و1938. واليوم يضيف علماءُ الفلك معطيات مدهشةً حقاً؛ فقد اكتشفوا المجرّاتِ العَدَسيّة lenticular galaxies (SO) التي تَتَّخذ شكل العدسة، والتي لها أقراصٌ مجرّيّة، ولكنها عديمةُ الأذرع اللولبية أو التكوّن النجميّ الحديث العهد. واكتشفوا أيضاً المجرّات القزمة dwarf galaxies، وهي مجرّاتٌ صغيرةٌ منخفضة الكتلة والضيائية، وأكثر أنواع المجرّات شيوعاً.

صنِّفْ كلاًّ من المجرّات الواردة في الشكل 6.6 وفقاً لأشكالها..

(أ) ..... ؛ (ب) ..... ؛ (ج) ..... ؛

(د) ..... ؛ (هـ) ..... ؛ (و) .....

الجواب: (أ) E0؛ (ب) E7؛ (ج) Sb؛ (د) Sc؛ (هـ) SBb؛ (و) Ir.

14.6 الخصائص المَجرِّيَّة

إن بُعدَ أيِّ مجرَّة هو مفتاحُ تحديد خصائصها الأساسية. لكن إجراء هذه القياسات فعلياً أمرٌ جِدُّ عسير ومازال مشكوكاً في دقَّته الكاملة. وتنطبق هذه الشكوك أيضاً على تحديد المعطيات المجرّيّة الأخرى.

ما السبيل إذن لقياس المسافات إلى المجرّات؟ يمكن استعمال الشمعة العيارية standard candle، أي الجِرم الفلكي الذي يُعرَف قَدْره المطلق من صفاته المرصودة، لتحديد تلك المسافات إلى بُعدٍ يقارب 10 ملايين سنة ضوئية. من الشمعات العيارية المفيدة نذكر المتغيِّرات القيفاوية، وأعلى النجوم ضيائيةً، والحشود الكريِّيَّة، والمستعرات الفائقة، ونماذج المجرّات القياسية.

على أن من غير السهل معايرة الشمعة العيارية؛ لذلك تقوم بعض التقنيات الحديثة على الربط بين عرض الخطِّ الطَّيفيّ ودرجة ضيائية مجرّةٍ لولبية، بغية تعيين القَدْر المطلق والبُعد.

وبمعرفة بُعدِ المجرَّة، يمكن حساب قطرها ودرجة ضيائيتها من قَدْرها الظاهري وقطرها الظاهري.

وتُحسَب كتلتُها من الآثار التثاقلية المرصودة على النجوم والسُّحُب الغازية الموجودة بداخلها، أو على المجرّات القريبة منها. وتدلّ معطياتٌ رصديّةٌ على أن معظم الكتلة المجرّية مادّةٌ قاتمةٌ غير مرئية. وظاهر الأمر أن أيَّ مجرَّة لولبية أو إهليلجية كبيرة هي أكبر كتلةً من الشمس بنحو تريليون مرة.

يُجمِل الجدول 2.6 القِيَمَ التقريبية لمعطياتٍ مَجَرِّيةٍ اجتمعتْ للعلماء

حتى الآن (علماً بأن هذه القيم قد تتفاوت كثيراً في حالة مجرّاتٍ إفرادية). استعِنْ بهذا الجدول لاستنباط فارقَيْن بين المجرات اللولبية والإهليلجية

.....

.....

.....

.....

الجواب: تحتوي اللولبياتُ على نجوم هرمة وأخرى فتيّة، وعلى غاز وغبار مرئيَّيْن بين النجوم لتوليد نجوم جديدة. في حين تضمُّ الإهليلجياتُ نجوماً هرمةً فحسب، وقليلاً من الغاز والغبار البينجميّ المرئي.

الجدول 2.6 قِيَمٌ تقريبيةٌ لمعطيات مجرّيّة

القِيَم	المجرّات اللولبية	المجرّات الإهليلجية	المجرّات غير المنتظمة
الكتلة (مجرة درب التبانة = 1)	0.005 - 2	0.000001 - 50	0.0005 - 0.15
القطر (مجرة درب التبانة = 1)	0.2 - 1.5	0.01 - 5	0.05 - 0.25
الضيائية (مجرة درب التبانة = 1)	0.005 - 10	0.00005 - 5	0.0005 - 0.1
محتوى المجرّة من النجوم	نجومٌ هرمة وفتيّة	نجوم هرمة	نجومٌ هرمة وفتيّة
المادة البينجميّة المضيئة	كميات معتدلة من الغاز والغبار	كميات قليلة من الغاز والغبار	كميات وافرة من الغاز والغبار

15.6 التطوُّر المجرِّي

مازال علماءُ الفلك اليوم حيارى إزاء الكثير من أسرار المجرّات.

أيُّهما تكوَّن أولاً: المجرّات أم النجوم؟ إن التغيُّر الذي يطرأ على

المجرّات بطيءٌ جداً بحيث لا يتسنى للإنسان رصده عياناً. ومع ذلك يستطيع علماءُ الفلك «رؤية» المجرّات في مراحل مبكِّرة جداً من تطوُّرها عن طريق رصدها من مسافات بعيدة جداً عنّا (إذ إن النظر بعيداً في أعماق الفضاء يعني النظرَ بعيداً في ماضي الزمان). فإذا كانت المجرّات قد تكوَّنتْ من مادة بدائية في مراحل الكون الأولى، استتبعَ ذلك أن يكتشف الراصدون مجرّةً أوَّليّة protogalaxy في طور التكوُّن.

ثم هل تتطوَّر المجرّاتُ بعد ولادتها تدريجياً بِرَكْم الغازات المجاورة، أم أنها تبلغ حجمَها النهائيَّ بسرعة؟ في داخل المجرّة تُولَد النجومُ وتتطوَّر وتندثر، معيدةً المادةَ الغنيّةَ بالعناصر الثقيلة إلى الفضاء لتكوين نجوم جديدة أخرى. كذلك يبدو أن المجرّاتِ تتطوَّر بفاعليةٍ ونشاط بالتآثر في ما بينها؛ فقد تنشأ مجراتٌ إهليلجية كبيرة عن حوادث تصادم بطيئة لمجرّاتٍ لولبية أصغر. وقد يفضي التصادمُ إلى إحداث منظومةٍ وحيدة ذات نوىً مندمجة تحيط بها هالةٌ من النجوم.

متى تَتَّخذ المجرّةُ شكلَها؟ قد يتحدَّد شكلُ المجرّة بالدرجة الأولى من كتلتها الأوَّلية وكثافتها واندفاعها الزاويّ، وكذلك من وجود أجرام رفيقة قريبة منها، أو انتمائها إلى حشد. وقد تتكوَّن المجرّاتُ اللولبيةُ أولاً، ثم تتكوَّن المجرّات الإهليلجية فيما بعد باندماج مجرّاتٍ لولبية.

كيف يتغيَّر التركيبُ الكيميائيُّ للمجرّة، ولونُها، ودرجةُ ضيائيتها على مدى مليارات السنين؟ تحقَّق العلماء حديثاً من حدوث تغيُّراتٍ في اللون والضيائية، عن طريق مقارنة مجرّاتٍ تبعد عنّا نحو 10 مليارات سنة ضوئية (أي أكثر فتوَّةً) بمجرّات قريبة (أقدم عُمراً)، فوجدوا أن أبعد المجرّاتِ موقعاً وأكثرها فتوَّةً كانت أسطعَ ضوءاً وأشدَّ زرقةً. ويبدو أن النجومَ الزرقاءَ الحارّة تتكوَّن بمعدَّل أعلى في المجرّات الفتيّة منها في المجرّات الهرمة.

هل مرّ الكثيرُ من المجرّات بمرحلة مبكّرة بالغة النشاط والفاعلية؟ لقد

وُجد أن كثيراً من المجرّات النَّشطة تقع على مسافاتٍ نائية. ولعلَّ عدداً كبيراً من المجرّات قد مرَّ بمرحلة مبكِّرة عظيمة النشاط، كانت فيها الكوازرات[1] quasars (وهي أجرامٌ صغيرة استثنائية الضيائية من خارج المجرّة، تتميَّز بانزياحٍ أحمر كبير) مراكزَ توليد طاقتها.

ما هي المعطيات المرصودة التي تدلُّ على أن اختلاف أشكال المجرات لا يمثِّل مراحلَ تطوُّرٍ في دورة حياتها؟ عُدْ إلى الشكل 15.6 والجدول 2.6 .....

.....

.....

.....

.....

الجواب: إن الأنماط الثلاثة للمجرّات تحتوي كلُّها على نجومٍ هرمة. وتشير هذه الحقيقة إلى أن المجرّاتِ اللولبيةَ والمجراتِ غير المنتظمة ذاتُ عُمر واحد هي والمجرّات الإهليلجية، ولا يمكن أن تكون المرحلةَ النهائية لحياة مجرّة. كذلك لا يمكن أن تمثِّل المجرّاتُ الإهليلجيةُ المرحلةَ الأولى من دورة الحياة ـ كما رأى هَبلْ ـ لأنها لا تحتوي على الغبار والغاز اللازمَيْن لولادة نجومٍ جديدة توجد في المجرّات اللولبية والمجرات غير المنتظمة.

16.6 المجموعات المجرِّية

تشير عمليات المسح الفوتوغرافي للسماء إلى أن معظم المجرّات تنتمي

(1) كوازر quasar كلمة منحوتة من البادئة quasi (= شبه) وstellar (= نجمي)، ومعناها : [منبع راديوي] شبه نجمي. (المعرِّب)

إلى مجموعات يُطلق عليها اسم حشود المجرّات clusters of galaxies. تضمّ هذه الحشودُ أعداداً من المجرّات تقلُّ فلا تكاد تتجاوز بضع مجرّات، أو تكثر فتبلغ الالآف. تتماسك المجرّات بفعل قوة الثقالة وهي تطوف إحداها حول الأخرى بسرعات تقارب 1000 كيلومتر (600 ميل) في الثانية. ويُقصد بالغنى richness عددُ المجرّات التي تتجاوز في سطوعها مستوى سطوعٍ مختار ضمن حشدٍ مجرّي، على حين تشير البنية structure إلى مجموعة من المجرّات (الشكل 17.6).

الشكل 17.6 حشد العذراء الذي يضم آلاف المجرّات، وتقع المجموعةُ الموضعية على محيطه. وهو أقرب الحشود المجرّية الغنية، إذ يبعد نحو 50 مليون سنة ضوئية.

تنتمي مجرّتُنا دربُ التبانة إلى حشدٍ نموذجيٍّ صغير يسمّى المجموعة الموضعية Local Group تضم زهاء 30 مجرّة. وكلمة «موضعية» هنا تعني أن المجرّات تقع ضمن منطقة قطرها 3 ملايين سنة ضوئية. ويجدر القول إن ثلاثاً من هذه المجرّات (مجرّتنا درب التبانة، ومجرّة أندروميدا (M31)، والمجرّة M33 في كوكبة المثلّث Triangulum) هي مجرّاتٌ لولبية. أما المجرّات الأخرى فهي إما إهليلجية (تضم رفيقَي المجرّة M31 الساطعَيْن: NGC 205 وM32)، وإما غير منتظمة (تشمل سحابتَيْ ماجلان). وأغلبها مجرّاتٌ قزمة، أي صغيرة لا تتجاوز أقطارها بضعة آلاف السنين الضوئية.

تُقسَم الحشود المجرّية إلى صنفَيْن اثنين تبعاً لأشكالها: فالحشود المنتظمة regular clusters حشودٌ متراصّةٌ نسبياً، تبلغ أعلى كثافةٍ لها قرب المركز، ومجرّاتها في الغالب إهليلجية أو لولبيَّة من النوع S0. وكثيرٌ من الحشود المنتظمة يُصدِر إشعاعاً راديوياً من المجرّات النشطة والغاز البَيْمَجَرِّيّ (أي بين المجرّات) intergalactic gas، في حين يُصدِر ثلثُها أشعةً سينيّةً عند درجة حرارة تناهز 100 مليون كلڤن.

بالمقابل، تتميَّز الحشودُ غير المنتظمة - irregular clusters ومنها مجموعتنا الموضعية - ببنيةٍ أقلَّ تراصّاً، وبتركيزٍ مركزيٍّ ضئيل وكميّات أقلّ من الغاز الحارِّ جدّاً. وهي تحتوي على الكثير من المجرّات اللولبية وغير المنتظمة، قلّةٌ منها تُصْدِرُ أمواجاً راديويّةً أو أشعةً سينيّة.

والحشدُ الفائق supercluster هو حشدٌ لحشودٍ من المجرّات، وهو أكبر المنظومات المترابطة تثاقلياً من بين الحشود المرصودة حتى اليوم. تقع أقطارها بين 100 مليون ومليار سنة ضوئية. تنتمي المجموعةُ الموضعيةُ مع مجرَّتنا دربِ التبانة إلى حشد العذراء Virgo Cluster، الذي هو جزءٌ من الحشد الفائق الموضعي Local Supercluster.

تتوضّع الحشودُ الفائقة في صفائح رقيقة تتاخم الخواءات voids، وهي

مناطق لا يُرصَد فيها من المجرّات إلاّ القليل، وهي أشبه بفقاقيعَ عملاقة تقع حشودُ المجرّاتِ على امتداد سطوحها. ويتألف الكونُ المنظور في معظمه من خواءات هائلة بين الحشود الفائقة.

ما هي أكبر منظومةٍ بنيويّةٍ في الكون؟ .....

الجواب: حشدٌ فائقٌ من المجرّات.

17.6 نشاطٌ غير اعتياديٍّ في المجرّات

إن لبعض المجرّات أشكالاً شاذّةً وصِفات غيرَ مألوفة.

فالمجرّة النشطة active galaxy مجرّةٌ تَصْدر عن مركزها، أو نواتِها المجرّية النشِطة active galactic nucleus (AGN)، كمياتٌ ضخمةٌ جداً من الطاقة تفوق كثيراً إجماليَّ خرج مفاعلات الاندماج النووي في نجوم المجرّات النظامية. وكثيراً ما تُطْلِق النوى المجرّيةُ النشِطة نفثات عظيمةً من غاز الهيدروجين نحو الخارج بسرعات عالية جداً (الشكل 18.6).

والظاهر أن مصدرَ الطاقة الهائلة منبعٌ مركزيٌّ شديد يجتذب إليه المادةَ القريبة. وقد تكون هذه القوةُ الجاذبةُ جِرماً ضخماً جداً من قبيل ثقبٍ أسود كتلته تفوق كتلةَ الشمس ملايينَ المرات. فإذا كان الأمر كذلك، فإن الغبار والغاز، بل وحتى النجوم، تتسارع وتتسخَّن وهي تتَّجه لولبياً نحو الثقب الأسود. وتُطلِق المادةُ الناريّةُ الكثيفةُ الساقطةُ الإشعاعَ. ويمكن الاستدلالُ على كتلة المادة الجاذبة من سرعة السقوط.

أعطِ تفسيراً محتملاً للفعالية العنيفة في المجرّة المبيَّنة في الشكل 18.6؟

.....

الجواب: وجود ثقب أسود في مركز المجرّة.

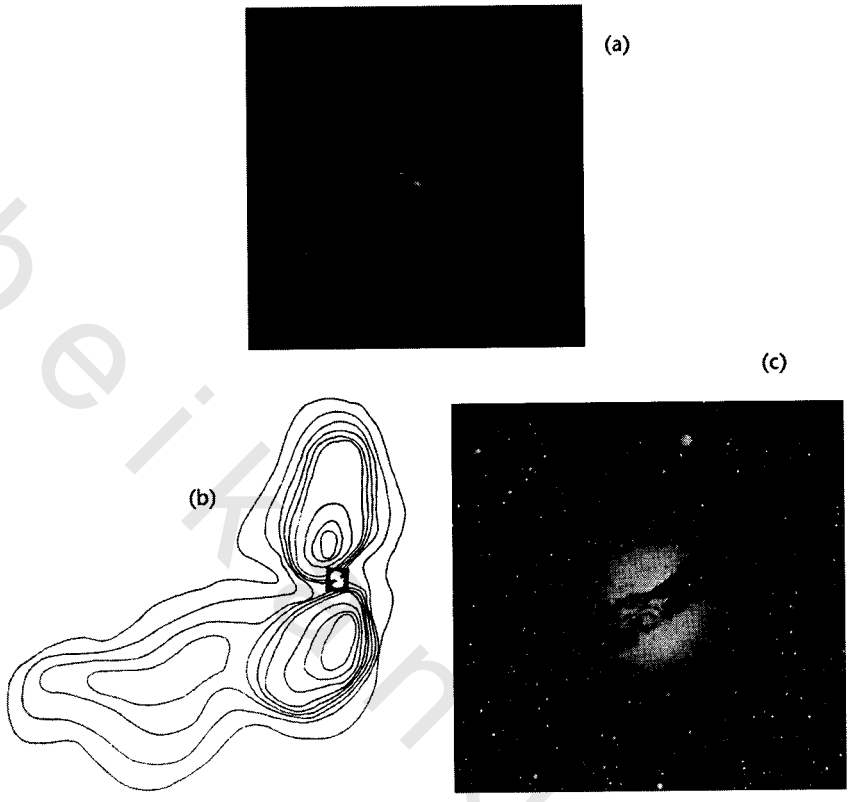
الشكل 18.6 صورةٌ شعاعيةٌ لمجرَّة قنطورس A (NGC 5128)، أقرب مجرَّةٍ نشِطة، تبعد عن الأرض 11 مليون سنة ضوئية.

18.6 المجرّات الراديوية

تؤلِّف المجرّاتُ الراديوية radio galaxies أكبرَ صنف من المجرّات النشِطة (الشكل 19.6).

تُظهِر الصورةُ الشعاعيةُ لمجرّةٍ راديوية نموذجيّة رقعتَيْن كبيرتين من الطاقة عند الأطوال الموجيّة الراديوية على طرفَيْن متقابلَيْن من مجرّة مرئيّة. وتتراءى الطاقةُ الراديويةُ في العادة شبيهةً بما يسمى الإشعاع السنكروتروني synchrotron radiation، وهو إشعاعٌ تولِّده إلكتروناتٌ تتحرّك لولبياً بسرعة تداني سرعةَ الضوء ضمن حقل مغنطيسيٍّ قويّ.

فإذا كان الثقبُ الأسودُ المركزيُّ الافتراضيُّ موجوداً فعلاً، فإن نفثاتِ الإلكترونات العاليةِ الطاقة تُقذَف بواسطة المادة وهي تختفي داخل الثقب



الشكل 19.6 المجرَّة الإهليلجيَّة النَّشِطة قنطورس A، وفيها دفقٌ نفّاثٌ من جُسَيماتٍ عالية الطاقة في مركزها. (أ) صورة سينيّة. (ب) خريطة راديوية كِفافية contour. (ج) صورة بالضوء المرئي.

الأسود. تُطلِق الإلكتروناتُ الطاقةَ الراديويةَ الهائلة في حين تتسارع في حقلٍ مغنطيسيٍّ قويّ.

وقد توفِّر المواجهاتُ المجرّيةُ المتدانيةُ المادةَ الهائلةَ التي يلتهمها الثقبُ الأسود المفترَض.

وعندما تتصادم مجرّتان، فإن إحداهما تَعْبر الأخرى ظاهرياً؛ إذ تُظهِر أرصادٌ حديثةٌ مجرَّةَ القوس Sagittarius القزمة، التي تدور حول مجرّتنا درب التبانة، وقد غاصت داخل المناطق المركزية من هذه الأخيرة. ويُفترَض أن

تتَّصف سُحُبُ الغاز والغبار في المجرّات المتصادمة colliding galaxies بالكثافة الشديدة، وقد تُحدِث انفجاراً يؤذن بتكوُّنٍ نجميّ، أو تغذّي الثقبَ الأسودَ الافتراضيَّ بالوقود (الشكل 20.6).

الشكل 20.6 المجرَّتان المتصادمتان NGC 4676A/NGC 4676B «الفأرتان». ينشأ عن هذا التآثر ذيولٌ نجميَّةٌ طويلة تنسحب من المناطق المركزية للمجرَّتين.

وأغلب الظنّ أن ما يسمّى الأَسْر المجرّيّ Galactic cannibalism يحدث عند مرور مجرّة كبيرة جداً على مقربة دانية من مجرّة أصغر منها بكثير، ف «تلتهمها». وبفعل قوى المدّ تستطيع مجرّةٌ ضخمةٌ نزعَ أو ضمَّ الغاز والغبار والنجوم من قرص أصغر. إنّ سقوط النواة الصغيرة على مركز المجرّة الكبيرة من شأنه أن يغذّي خَرْجَ طاقتها لملايين السنين.

ماذا تعتقد أن يعتريَ الحياةَ على الأرض لو اصطدمَتْ مجرَّتُنا بمجرّةٍ أخرى؟ وسِّعْ إجابتك .....

.....

.....

الجواب: لا شيء على الأغلب؛ فالنجومُ وكواكبها المحتملة منفصلةٌ بمسافاتٍ شاسعة ضمن مجرّاتها، بحيث قد تَعْبر مجرّتان إحداهما الأخرى من غير أن تتماسَّ نجومُهما أبداً. (علماً بأنه لم تُرصَد حوادث تصادُمٍ نجميٍّ البتةَ).

19.6 مجرّات سايفرت

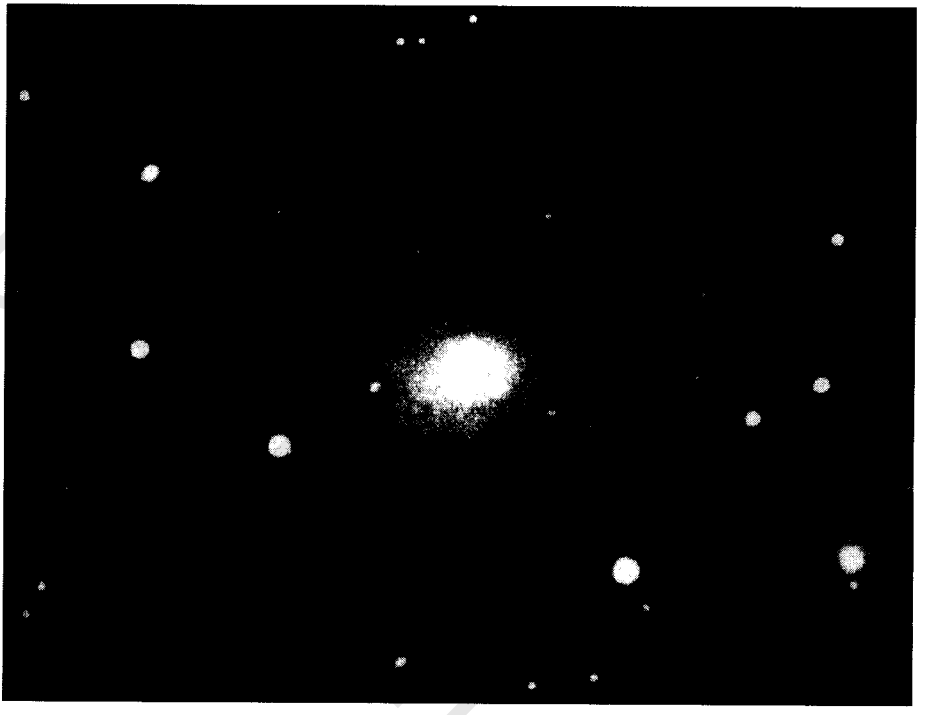
مجرّةُ سايفرت Seyfert galaxy، المسمّاة نسبةً إلى عالِم الفلك الأمريكي كارل سايفرت Carl K. Seyfert (1911 ـ 1960) الذي وَصَفَ نموذَجها الأوَّلي، هي مجرّةٌ لولبيةٌ ذات نواة مجرّية نشطة (الشكل 21.6).

تضيء نواةُ سايفرت Seyfert neucleus ـ التي لا يتجاوز قطرها 10 سنوات ضوئية ـ بسطوعٍ أكبرَ عدةَ مرات من مجرّة نظامية بحجم مجرّة درب التبانة. ويتميّز طيفُها بخطوط إصدارٍ عريضة تدلُّ على حركات مضطربة لغاز حارٍّ جداً، وبسرعات تصل إلى آلاف الكيلومترات في الثانية.

وأغلب مجرّات سايفرت مُصْدِراتٌ قويةٌ للإشعاع تحت الأحمر. ويرجَّح أنّ الغبارَ المسخَّن الذي يغلِّف النواةَ يَمتصُّ إشعاعاً عالي الطاقة يَصْدر عن اللّبّ المستَحَثّ، ثم يُصْدِره من جديد عند أمواجٍ تحت حمراء طويلة.

يُذكرُ أن أقل من 2 في المئة من إجمالي عدد المجرّات اللولبية هو من نوع سايفرت. فإما أن تحتوي جميع المجرّات اللولبية على نوىً نَشِطة في وقت ما، وإما أن يعمل جزءٌ صغير من المجرّات اللولبية على هذا المنوال.

ما وجه اختلاف مجرّة سايفرت عن مجرّةٍ لولبيةٍ نظامية؟ .....



الشكل 21.6 إحدى مجرّات سايفرت، المسمّاة پرساوس A (NGC 1275)، هي منبعٌ راديويٌّ وسينيّ. تؤلّفُ المادةُ المنفجرةُ خارجاً في الفضاء بسرعة 2500 كم/ثا (1500 ميل/ثا) منظومةً شاملةً من خيوط طويلة.

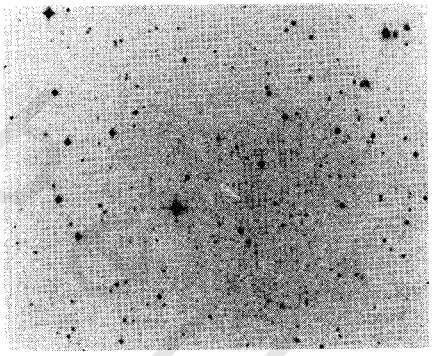
.....

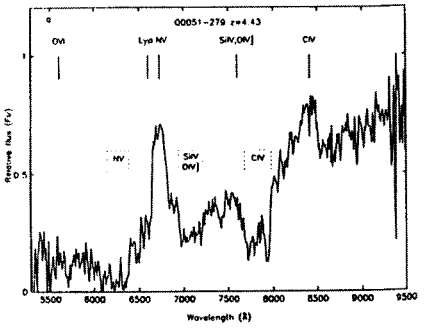
.....

الجواب: تتميَّز مجرّةُ سايفرت بنواةٍ صغيرةٍ استثنائية السطوع، مع خطوط إصدارٍ عريضة (ليس مصدرها النجوم) في طيفها.

20.6 كوازَرات غامضة

بدتْ أوائلُ الكوازرات المرصودة كنجومٍ خافتة في الصُّور الفوتوغرافية الملتقَطة لها، إلا أنها منابعُ راديوية ذات أطيافٍ لانجميّة. ومن هنا تسميتها بالمنابع الراديوية شبه النجمية (الشكل 22.6).





الشكل 6.22 الكوازر Q0051-279 البعيد جداً (أ) يتعذَّر تمييزه عملياً عن النجوم في الصُّور الفوتوغرافية المألوفة. (ب) لِطَيْفِه ضوءٌ مُنزاحٌ إلى الأحمر بدرجة كبيرة جداً تضع هذا الكوازر مجاوراً للبداية المفترَضة للكون.

ثمة آلافٌ من الكوازرات يُصْدِر معظمُها طاقةً استثنائيةً على نطاق عريض من الأطوال الموجيّة، من الراديوية إلى الغاميّة. ومع ذلك فهي محافظةٌ على اسمها الأصلي. وربما كان الإصدارُ الراديويُّ مرحلةً مؤقتةً من دورة تطوُّرها.

والكوازرات صغيرةٌ قياساً إلى الأجرام السماوية الأخرى، إذ يبلغ نصفُ قطرها زهاء يومٍ ضوئيٍّ واحد (لا يزيد كثيراً على منظومتنا الشمسية)، لكنها تضيء بدرجة سطوعٍ قد تفوق سطوعَ ألف مجرّة نظامية، مع ملاحظة أن جلَّ الكوازرات تتفاوت في خَرْج ضوئها تفاوتاً غير منتظم.

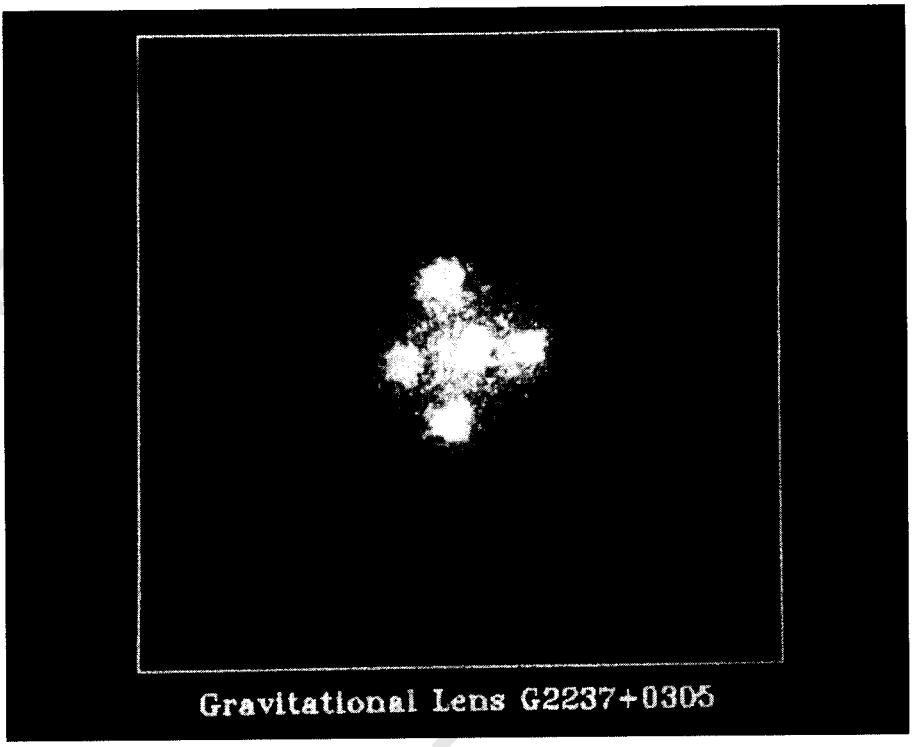
يُنْزاح ضوءُ الكوازرات بدرجة كبيرة نحو النهاية الحمراء للطَّيْف. وقد وُجد أن الكوازرات تستأثر بأعلى انزياحاتٍ حمراء رُصدتْ حتى الآن. ويفسِّر أغلبُ الفلكيين هذه الخاصيّة على أنها مثالٌ لانزياح دوبلر، وهذا يعني أن الكوازرات تنطلق بعيداً عنا بسرعاتٍ تتجاوز 90 في المئة سرعة الضوء. وإذا صحَّ هذا التفسير جازَ القول إن الكوازرات هي أبعدُ ما اكتُشِف من أجرامٍ سماويّة، وأعلاها ضيائيةً على الإطلاق.

ويلاحَظ أن الضوءَ فوق البنفسجي الذي يُصدِره كوازر بأكبر انزياح أحمر يُستقبَل على الأرض ضوءاً أحمر. فإذا كانت هذه الظاهرةُ انزياحاً أحمر دوبلرياً حقاً، دلَّ ذلك على أن حافَةَ الكون المعروف متميِّزةٌ بوجود كوازرات تنطلق بعيداً في الفضاء الكوني بسرعاتٍ مذهلة تتجاوز المليار كيلومتر (600 مليون ميل) في الساعة، وأن هذه الكوازرات كانت مضيئةً حينما كان الكون فتيّاً.

وإنّ في الصُّوَرِ المزدوجةِ والمركَّبةِ للكوازر الظاهريِّ نفسِه ما يعضد الرأي القائل بأن الكوازرات تقع على مسافات كونية شاسعة البُعد. وتقضي نظريةُ أينشتاين في النسبيَّة العامة بانحراف الضوءِ النجميِّ المارِّ بالقربِ من جِرم كبير. فالمجرّةُ التي هي أقرب إلينا من كوازرٍ معيَّن قد تكون عدسةً تثاقليّة gravitational lens تولِّد صوراً مركّبةً للكوازر (الشكل 6.23).

هذا وقد اقتُرحت فرضيّاتٌ مختلفة كثيرة ثم نُبذت، في محاولةٍ لتفسير حجم الخَرْج الهائل لطاقة تلك المحطات الكونية، فاستعان العلماء بنظرية أينشتاين النسبيّة لعزو الانزياح الأحمر غير الاعتيادي في الكوازرات إلى قوةٍ تثاقليّة عظيمة (انزياحٍ أحمر تثاقليّ gravitational redshift)، وقد يُفهَمُ من ذلك أن الكوازرات كانت فيما مضى أقرب موقعاً وأقلَّ شدة ضيائية. وفي هذا الإطار دُرِسَتْ حوادثُ تصادم جُسَيْماتٍ ماديّة والمادة المضادّة antimatter[1] لها، وهي النقيضُ الغريبُ للمادة المألوفة على الأرض. واقتُرح مَصْدرٌ للطاقة جديدٌ لم تُدرَك ماهيَّته بعد.

(1) المادة المضادّة هي ضربٌ من المادة إذا تماسَّت والمادةَ العادية أَفْنَتْ إحداهما الأخرى ولم يتخلَّف غير الطاقة؛ فالبوزيترون هو المادة المضادة للإلكترون، والبروتون المضادّ هو المادة المضادة للبروتون. وهي تُرصَد في الأشعة الكونية، ويمكن توليدها من الطاقة معملياً، إذ يرصد العلماء إشعاعاً عالي الطاقة (أشعة غاما) يتحوَّل إلى جسيمات. إلا أن أمثال هذه التحوُّلات تفضي دوماً إلى توليد زوج من الجسيمات لا بدّ من أن يكونا متعاكسَي (أو منعدمَي) الشحنة، وأن يكون أحدهما من مادةٍ مألوفة والآخر من المادة المضادة. (المعرِّب)



الشكل 23.6 صورة للعدسة التثاقلية G2237 + 0305 التي يُطلق عليها اسم «تقاطُع أينشتاين Einstein Cross»، التقطها مقرابُ هَبلْ الفضائي الأمريكي. ينحني مسار الضوء الوارد من كوازر يبعد زهاء 8 مليارات سنة ضوئية، بفعل الحقل التثاقلي لمجرّةٍ (الجِرم المركزيّ المنتشِر) تقع على بُعد 400 مليون سنة ضوئية، فتتكوَّن الصُّوَر الخارجية الأربع الساطعة.

تُظهِر أجهزةُ الكشف المزوَّدةُ بعناصر قَرْنٍ شِحنيّ وجودَ كوازراتٍ متراصَّة ساطعة في مراكز المجرّات، وقد يكون الكوازر أكثرَ أنواع النوى المجرّيةِ النشطة ضيائية. ولما كان نشاط الكوازر أكثر شيوعاً بكثير في المراحل الأولى لبدء الكون، مما هو عليه اليوم، فمن المحتمل أنَّ الكوازر هو مرحلةٌ من مراحل تطوُّر المجرّات الفتيَّة.

ولا يني علماءُ الفلك في تصنيف وتحليل مختلف المجرّاتِ والكوازرات من حيث حجومُها وأشكالها ودرجاتُ سطوعها وألوانها

وانزياحاتها الحمراء وتوزُّعها، بغية الوصول إلى إدراكٍ أعمق لبعض أسرار الكون.

ما الجانب الغامض في الكوازرات؟ .....

.....

.....

الجواب: مصدر خرج الطاقة الهائل الذي تملكه إذا كانت فعلاً على بُعدٍ ناءٍ جداً عنّا، كما هو الاعتقاد السائد.

obeikandl.com

اختبار ذاتي

يُقصد بهذا الاختبار الذاتي الاطمئنان إلى تمكُّنك من المادة الواردة في الفصل السادس وتمثُّلك لها. حاولِ الإجابة عن كلِّ سؤالٍ جَهدَ استطاعتك، ثم انظر في الأجوبة الصحيحة والتوجيهات الخاصة بالمراجعة في ذيل الاختبار.

1. عرِّف المجرَّة .....

.....

2. رتِّبْ ما يلي تصاعدياً بحسب الحجم: نجم، كوكب، مجرَّة، حشدُ مجرَّات، حشدٌ مفتوح، حشدٌ فائق، المنظومة الشمسية .....

.....

3. ارسم مشهداً تخطيطياً جانبياً لمجرَّة درب التبّانة، وأثبت عليه (أ) طول القطر؛ (ب) القرص؛ (ج) النواة؛ (د) ذراع لولبية؛ (هـ) الهالة؛ (و) موقع الشمس والأرض؛ (ز) موقع الحشود الكريِّيَّة. .....

4 أيٌّ مما يلي تَحَدَّدَ في الوسط البَيْنجميّ: غاز الهيدروجين، الإشعاع، البكتيريا، جُسَيماتٌ غبارية دقيقة صُلبة، الڤيروسات، بخار الماء، الكحول، غازات عناصر أثقل من الهيدروجين، جزيئات عضوية، الطحالب؟ .....

5. لماذا كان من المهم في نظرية التطوُّر النجمي معرفة تركيب المادة البَيْنجميّة في كل حقبة؟ .....

.....

6. عُدْ إلى الشكل 9.6 وقرِّرْ هل الفضاء الواقع خلف «رأس الفَرَس» فارغٌ من النجوم حقاً؟ فصِّلْ .....

obeikandl.com

.....

.....

.....

7. ما السبب في أن إشعاع الـ 21 سم الراديوي الصادر عن ذرّات الهيدروجين أكثر فائدةً من الضوء المرئي في مسح بِنية مجرَّة درب التبّانة؟

.....

.....

8. استعِنْ بمخطَّطَيْ H-R للحشدَيْن النجميَّيْن 1 و 2 الشكلان 24.6 (أ) و(ب) للإجابة عما يلي:

(أ) أيُّ الحشدين أقدم عُمراً؟ .....

(ب) أيُّ الحشدين يضمُّ نجوم الجمهرة ا؟ .....

(ج) أيُّ الحشدين يضمُّ نجوماً تتوفر فيها مقادير عالية نسبياً من العناصر الثقيلة؟ .....

(د) أيُّهما حشدٌ كُرَيّيّ؟ .....

(هـ) أيهما يضم عدداً كبيراً من النجوم الزرقاء الساطعة؟ .....

(و) أيهما قد يحوي ما يصل إلى 10 ملايين نجم؟ .....

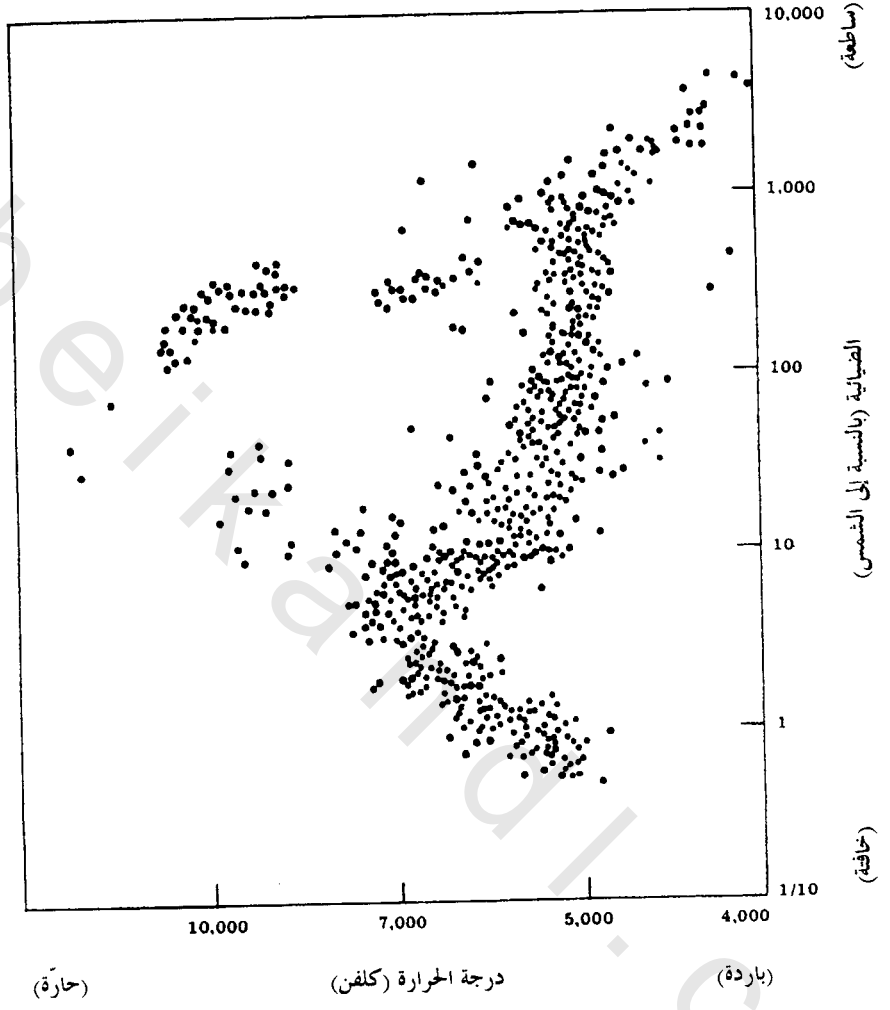
9. (أ) ما هو أبعد جِرمٍ سماويٍّ يُرى بالعين المجرَّدة؟

.....

.....

(ب) كم من الزمن يستغرق الضوءُ الصادر عن ذلك الجِرم كي يصل عينيك؟

obeikandl.com



الشكل 24.6 (أ) مخطط H-R للحشد 1.

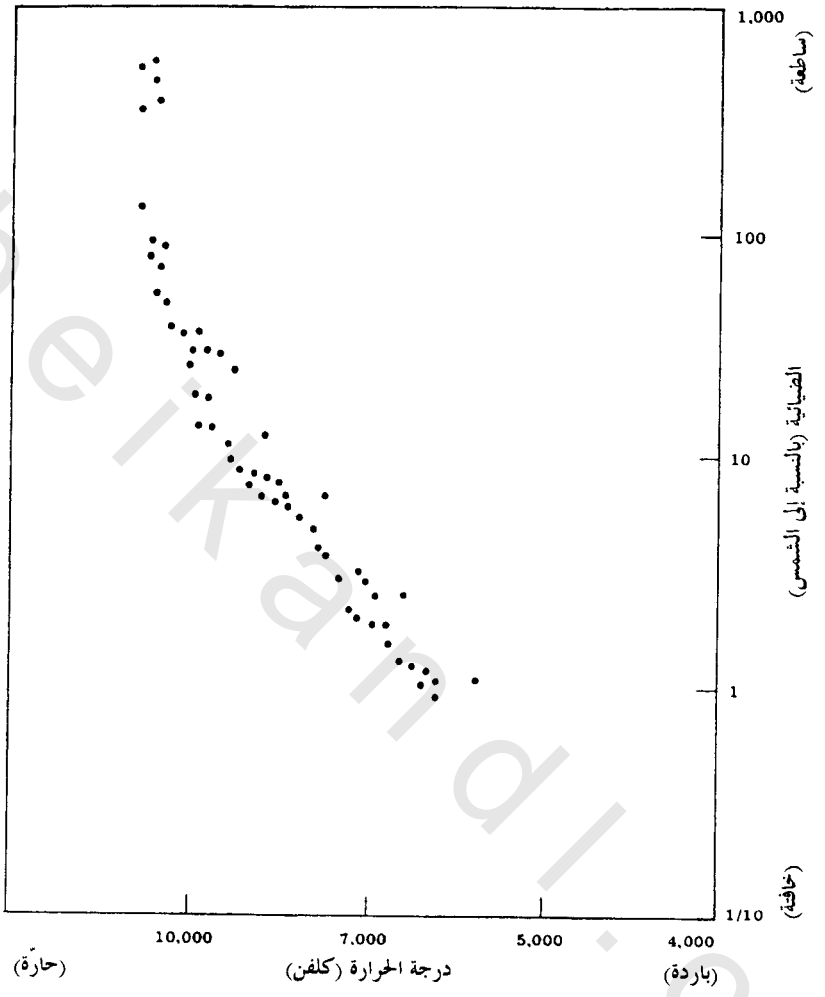
.....

.....

10. عدِّدِ الأشكالَ الرئيسية للمجرّات وفقاً لنظام تصنيف هَبلْ، وبيِّن السَّببَ في أنها لا تمثِّل مراحلَ متعاقبةً في تطوُّر المجرّات.

.....

obeikandl.com



الشكل 24.6 (ب) مخطط H-R للحشد 2.

.....

11. ما أكثر التفسيرات شيوعاً لخرج الطاقة الهائل في المجرّات النَّشِطة؟ .....

.....

.....

obeikandl.com

12. قابلْ كلاً من الشروح التالية بالجِرم المناسب للوصف:

-- (أ) يبدي أكبر انزياحٍ أحمر معروف حتى اليوم.

-- (ب) سُحُبُ الغاز والغبار هنا أعلى كثافةً بكثير.

-- (ج) تُظهِر الصورةُ الشعاعية رقعتَيْن كبيرتين تُصْدِران أمواجاً راديويةً على طرفين متقابلَيْن لمجرَّةٍ مرئية تقع بينهما.

-- (د) ذات نواةٍ ساطعةٍ وصغيرةٍ نسبياً، مع خطوط إصدارٍ عريضة في طيفها.

-- (هـ) يمكن تفسير ضيائيتها على أنها حصيلة نجومٍ كثيرة مجتمعة.

(1) مجرَّات متصادمة.

(2) مجرَّة سايفرت.

(3) مجرَّة نظامية.

(4) كوازر.

(5) مجرَّة راديوية.

obeikanal.com

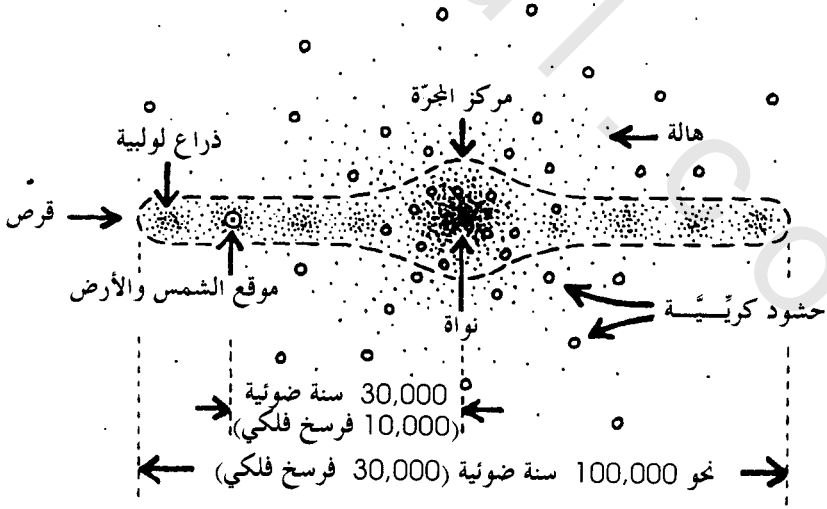
الأجوبة

قارنْ أجوبتك عن أسئلة الاختبار الذاتي بالأجوبة التالية، فإن وجدتَها صحيحةً كلَّها، انتقل إلى الفصل التالي، وإن أخطأتَ في بعضها فعُدْ إلى الفقرات ذات الصلة، والمشار إليها بين قوسين بعد الإجابة. وربما لزمك إعادة قراءة الفصل بكامله بدقةٍ أكبر إذا تعدَّدت أخطاؤك.

1. تجمُّعٌ عظيمٌ من النجوم والغاز والغبار، تتماسك جميعاً بفعل قوة الثقالة. (الفقرة 1.6)

2. كوكب، نجم، المنظومة الشمسية، حشد مفتوح، مجرَّة، حشد مجرّات، حشد فائق.
(الفقرات 1.6 إلى 3.6 و 16.6)

3. الشكل 25.6. (الفقرات 2.6 و 3.6 و 11.6)



الشكل 25.6 مرأى جانبي لمجرّة درب التبّانة (كما تُرى من حافتها).

4. غاز الهيدروجين، الإشعاع، جُسَيْمات غباريَّة دقيقة صُلبة، بخار الماء، غازات عناصر أثقل من الهيدروجين، جزيئات عضوية. (الفقرة 6.6)

5. لأن المادة البَيْنجميَّة هي المادة الأوَّلية للنجوم والكواكب الجديدة.
(الفقرتان 6.6 و 8.6)

6. لا، فـ «رأس الفرس» سديمٌ قاتم، وهو تجمُّعٌ كثيفٌ نسبياً من مادَةٍ بينجميَّة يَمتصُّ غبارُها ضوءَ النجوم أو يبعثره، فيخفي بذلك النجومَ التي خلفه فلا نكاد نراها.
(الفقرة 7.6)

7. لأن الأمواج الراديوية تنفذ من خلال الغبار البَيْنجميّ في قرص مجرَّة درب التبّانة بصورةٍ أكثر فاعليةً بكثير من أمواج الضوء المرئي.
(الفقرة 8.6)

8. (أ) 1؛ (ب) 2؛ (ج) 2؛ (د) 1 ؛ (هـ) 2؛ (و) 1.
(الفقرات 3.6 و 4.6 و 9.6)

9. (أ) مجرَّة المرأة المسلسلة (أندروميدا). (ب) 2,2 مليونا سنة تقريباً.
(الفقرة 12.6)

10. الإهليلجية، واللولبية، وغير المنتظمة. جميعها يحتوي على نجومٍ هرمة، لذا لا بدَّ من أن تكون من عُمرٍ واحد.
(الفقرات 13.6 إلى 15.6)

11. وجود جِرمٍ هائل، يرجَّح أنه ثقبٌ أسود، في مركز المجرَّة.
(الفقرة 17.6)

12. (أ) 4؛ (ب) 1؛ (ج) 5؛ (د) 2 ؛ (هـ) 3.
(الفقرات 5.6 و 17.6 إلى 20.6)

obeikandl.com