

الجزء الأول (1-1)

قائمة المحتويات

دليل الطالب

كيف نستفيد من كتاب علوم الأرض والفضاء؟.....9

الفصل 1

تطور الكون.....12

1-1: نشأة الكون.....14

1-2: النجوم والمجرات.....24

التقنية والفلك.....34

مختبر الفضاء.....35

دليل مراجعة الفصل.....36

تقويم الفصل.....37

اختبار مقنن.....39

الفصل 2

الميكانيكا السماوية.....40

2-1: قانون الجاذبية وقوانين كبلر.....42

2-2: التقنية الفضائية.....55

تطبيقات فضائية.....65

مختبر الفضاء.....68

دليل مراجعة الفصل.....69

تقويم الفصل.....70

اختبار مقنن.....72

الفصل 3

المعادن.....74

3-1: ما المعدن؟.....76

3-2: أنواع المعادن وأهميتها.....86

السياحة الجيولوجية.....92

مختبر الجيولوجيا.....93

دليل مراجعة الفصل.....94

تقويم الفصل.....95

اختبار مقنن.....98

الفصل 4

الصخور.....100

4-1: ما الصخور النارية؟.....102

4-2: تصنيف الصخور النارية.....108

الجيولوجيا والبيئة.....114

4-3: تشكّل الصخور الرسوبية.....116

4-4: أنواع الصخور الرسوبية.....123

4-5: الصخور المتحولة.....128

السياحة الجيولوجية.....135

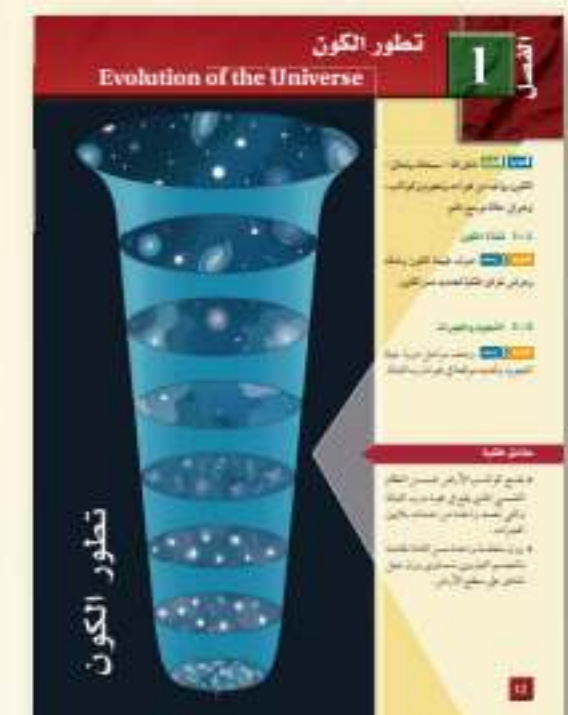
مختبر الجيولوجيا (1).....136

مختبر الجيولوجيا (2).....137

دليل مراجعة الفصل.....138

تقويم الفصل.....140

اختبار مقنن.....146



قائمة المحتويات

مرجعيات الطالب

228	صفات المعادن ذات البريق الفلزي
229	صفات المعادن ذات البريق اللافلزي
230	خواص الصخور
232	صحيفة الحقائق الكوكبية
234	المعادن الفلزية في المملكة العربية السعودية
236	خريطة ظهور المحيطات
238	حدود الصفائح
240	جيولوجية شبه الجزيرة العربية
242	مواقع محطات الرصد الزلزالي في المملكة
243	مواقع المراكز السطحية للزلازل في العالم
244	الحرات في المملكة العربية السعودية
245	المعادن الصناعية في المملكة العربية السعودية
246	المصطلحات

الفصل 5

150	الصفائح الأرضية وآثارها
152	5-1: انجراف القارات
157	5-2: توسع قاع المحيط
164	5-3: حدود الصفائح وأسباب حركتها
172	الجيولوجيا والبيئة
173	مختبر الجيولوجيا
174	دليل مراجعة الفصل
175	تقويم الفصل
176	اختبار مقنن

الفصل 6

178	البراكين والزلازل
180	6-1: ما البركان؟
189	6-2: الثورات البركانية
195	علم الأرض والتقنية
196	6-3: الأمواج الزلزالية وبنية الأرض
204	6-4: قياس الزلازل وتحديد أماكنها
210	6-5: الزلازل والمجتمع
217	الزلازل والمجتمع
218	مختبر الجيولوجيا
219	دليل مراجعة الفصل
221	تقويم الفصل
223	اختبار مقنن



كيف نستفيد من كتاب علوم الأرض والفضاء ؟

عندما تقرأ كتاب علوم الأرض والفضاء إنما تقرأه للحصول على المعلومات؛ فالكتابة العلمية ليست مجرد كتابة خيالية، وإنما تصف أحداثاً حياتية واقعية تربط الناس مع الأفكار والتقنيات. وفيما يأتي بعض الأدوات التي تضمنها الكتاب والتي تساعدك على القراءة.

قبل أن تقرأ

اقرأ كلاً من **الفكرة العامة** و **الفكرة الرئيسية** قبل قراءة الفصل أو في أثناءه؛ فهي تزودك بنظرة عامة تمهيدية لهذا الفصل.

الفكرة العامة تقدم صورة شاملة لكل فصل، ولكل موضوع من موضوعات الفصل.

الفكرة الرئيسية تصف الموضوع، وتدعم فكرته العامة.



طرائق أخرى للتصفح

- اقرأ عنوان الفصل لتتعرف موضوعاته.
- تصفح الصور والرسوم والجداول.
- ابحث عن المفردات البارزة والمظللة باللون الأصفر.
- اعمل مخططاً للفصل مستخدماً العناوين الرئيسية والعناوين الفرعية.

كيف نستفيد من كتاب علوم الأرض والفضاء ؟

عندما تقرأ

في كل جزء من الفصل ستجد أساليب لتعميق فهمك للموضوعات التي ستدرسها، واختبار مدى استيعابك لها.

➤ **الربط مع الحياة:** يصف ارتباط المحتوى مع حياتك.

1-1

الأهداف

- يعرف الكون.
- يشرح مراحل نشأة الكون.
- يحسب عمر الكون.

مراجعة المفردات

التلسكوب، آلة فلكية حديثة صنعت لتقريب الأجسام البعيدة وتوضيح الخافتة.

المفردات الجديدة

علم الفلك
الفيزياء الفلكية
علم الكون
علوم الفضاء
نظرية الانفجار العظيم
الطاقة المظلمة
عمر الكون

نشأة الكون

The Origin of the Universe

تعرف طبيعة الكون ونشأته وعرض طرائق فلكية لتحديد عمر الكون.

الربط مع الحياة طالما افتن الناس بروعة السماء وتساءلوا دومًا عن كيفية بداية الكون وعن مآله، ونتيجة لذلك فقد ابتدع العلماء المتخصصين بدراسة الكون يسانداهم علماء الفلك والفيزياء الفلكية نماذج تسعى إلى تفسير: كيف بدأ الكون وكيف يتغير بمرور الزمن؟ وماذا سيحل به في المستقبل؟

لماذا ندرس علم الكون؟ Why do we study cosmology?
حسب الوصف العلمي الحديث للكون فإنه ذلك الفضاء الشاسع الذي يحتوي على أعداد ضخمة لا حصر لها من المجرات والسدم والكواكب بالإضافة إلى الكويكبات والمذنبات والشهب الشكل 1-1. لفهم نشأة الكون يعمل على توسيع ادراكنا لما حولنا وخارج كوننا، فمثلاً يستفاد من فهم نشأة الكون وتطوره في فهم الظواهر الفيزيائية والكيميائية للكون. لقد اهتم البشر على مر الأزمنة والعصور بالظواهر المرتبطة بالكون مثل شروق الشمس وغروبها وتعاقب الليل والنهار وتعاقب فصول السنة المناخية وحسوف القمر وكسوف الشمس ومع مراقبتهم للسماء بنجومها المختلفة أعطوا للمجموعات النجمية مسميات مختلفة ترتبط بالبيئة المحيطة بهم مثل كوكبة الثور والعقرب والجبار والحمل والدب الأكبر والأصغر واستنتجوا العلاقة بين ظهور هذه المجموعات النجمية والفصول المناخية وما يرتبط بها من مواسم زراعية ومعظم العبادات في الإسلام مرتبطة بظواهر فلكية كأوقات الصلاة التي ترتبط بحركة الشمس الظاهرية فصلاة الفجر يبدأ وقتها من ظهور الشفق الأبيض ناحية الشرق إلى شروق الشمس وصلاة الظهر يبدأ وقتها حين نزول الشمس أي تبدأ في الانخفاض بعد أن وصلت أقصى ارتفاع لها في السماء وكما أن عبادتي الصيام والحج مرتبطتان بحركة القمر حول الأرض. والسفر في البحار بين البلدان يتطلب معرفة الاتجاهات والتي تتم بالاهتداء بالنجوم قال تعالى: ﴿ وَهُوَ الَّذِي يُمْسِكُ لَكُمْ أَنْتُمْ بِالنُّجُومِ لِلْهُدَىٰ بِهَا فِي الْغُلُبِ وَاللَّيْلِ وَنَحْنُ نَقُوتُهُ فَلَا الْكُفَّاءَ بَلْ يَتَذَكَّرُ ۚ ﴾ سورة الأنعام الآية: 97.



الشكل 1-1 كل شيء في الكون المنظر مكون من مادة، ومن ذلك المجرات والنجوم والكواكب والمذنبات والشهب.

14

تتمدد الكون Expansion of the Universe

أنجز عالم الفلك إدوين هابل في عشرينيات القرن الماضي اكتشافاً ثورياً يتعلق بالكون، وذلك باستخدام تلسكوب مرصد جبل ويلسون في لوس أنجلوس، حيث أثبت هابل أن الكون ليس ثابتاً وإنما يتمدد الشكل 1-7. بعد ذلك بقليل، وفي عام 1998 رصد التلسكوب هابل الفضائي - ذو النتائج الغريبة - مستعرات عظمى بعيدة supernova، ووجد أن الكون منذ زمن طويل كان يتمدد بشكل أسرع مما يفعله الآن، وهذا الاكتشاف كان مفاجئاً فالتمدد ولو بقي طويل بآن جاذبية مادة الكون ستبطئ من تمدده أو حتى تسبب تقلصه. ومن أسباب تمدد الكون الطاقة المظلمة Dark Energy وهي قوة خفية مجهولة المنشأ تشكل 65% من محتوى الكون. وهذه الطاقة هي واحدة من أكثر مواضيع النقاش جدلاً في علم الكون، قال تعالى: ﴿ وَاللَّهُ يَتَّبِعُهَا بِالْأَيْمُونِ وَالْأَلْمِيقُونَ ﴾ سورة الذاريات الآية: 47.

✓ **ماذا قرأت؟** هل علاقة الطاقة المظلمة بتمدد الكون؟



الشكل 1-7 يوضح تصور تمدد الكون.

تجربة مسبار الجاذبية: (ناسا)



تمكنت وكالة الفضاء الأمريكية ناسا من إثبات النظرية النسبية العامة للعلماء ألبرت أينشتاين من خلال إجراء تجربة علمية (مسبار الجاذبية) في 20 إبريل 2004 بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية. استمرت تجربة مسبار الجاذبية مدة تبلغ نحو خمسة عقود، بدءاً من طرح فكرتها الأولى، وانتهاءً بعملية التحليل لبياناتها العلمية وقد تطلب المشروع تطوير تقنيات متقدمة جداً. تعد النسبية العامة أفضل نظرية لدى العلم لتفسير آلية عمل قوة الجاذبية. لقد اعتقد الباحثون قبل عام 1916 أن المادة تتحرك بصورة غير مؤثرة عبر خلفيتي الزمان والمكان. ثم افترض أينشتاين أن الزمان والمكان يشكلان نسيجاً واحداً زمكان space-time بدلاً من الصورة السابقة. وقد جاءت النتائج مقارنة جداً للنتائج المتوقعة نظرياً لمبدأي النسبية. وقد أسهمت المدينة عبر التعاون التقني مع جامعة ستانفورد في تحليل البيانات الناتجة عن التجربة حيث تم إرسال عدد من المختصين في المدينة للعمل جنباً إلى جنب مع الباحثين في ستانفورد.

19

الروابط البيئية يتضمن محتوى علوم الأرض والفضاء أجزاء من فصول وفقرات تؤكد التطبيقات البيئية المرتبطة مع واقع الحياة: وعندما تشاهد هذه الأيقونة فكر في كيفية ربط المحتوى مع العالم من حولك.



✓ **ماذا قرأت؟ أسئلة تقوّم مدى فهمك لما درسته.**

كيف نستفيد من كتاب علوم الأرض والفضاء ؟

مهارات قرائية

- اسأل نفسك: ما **الفكرة** (العامة ؟ وما **الفكرة** (الرئيسية ؟
- فكر في الظواهر الطبيعية، والمواقع والمواقف التي مررت بها، وأثرها على المخلوقات الحية؛ هل بينها وبين دراستك لعلوم الأرض والفضاء علاقة؟
- اربط معلومات هذا الكتاب مع المجالات العلمية الأخرى.
- توقع نتائج باستخدام المعلومات التي لديك.
- غير توقعاتك حينما تقرأ معلومات جديدة.

بعدما قرأت

اقرأ الخلاصة وأجب عن الأسئلة لتقويم مدى فهمك لما درسته.

يتضمن كل جزء من الفصل أسئلة وخلاصة. تقدم الخلاصة مراجعة للمفاهيم الرئيسية، بينما تختبر الأسئلة فهمك لما درست.



توسع قاع المحيط Seafloor Spreading
وحدثت فرقة توسع قاع المحيط **seafloor spreading** بناء على بيانات تقاريس قاع المحيط ورسوبياته ومناطيسية القديماء وتفسر أصل أن القشرة المحيطية الجديدة تتشكل عند ظهور المحيطات، وتستهلك عند **الأخاديد البحرية Ocean trenches**. ويوضح الشكل 18-5 كيف أحدث عملية توسع قاع المحيط حيث تندفع الصهارة إلى أعلى في أثناء توسع قاع المحيط لأنها أسخن وأقل كثافة من الصخور التي حولها، وقلا الفراغات الناتجة عن إصعاد جاني ظهر المحيط أحدهما من الآخر، وعندما تصلب الصهارة تتشكل قشرة محيطية جديدة تضاف إلى سطح الأرض. وباستمرار عملية التوسع على طول ظهر المحيط تندفع صهارة أخرى إلى أعلى وتصلب. ويؤدي استمرار التوسع وانفلاق الصهارة إلى استمرار تكون قشرة محيطية تتحرك ببطء، مبتعدة عن ظهر المحيط. وأحدث عملية التوسع خلال أمت سطح البحر. أما في جزيرة أيسلندا - وهي جزء من ظهر المحيط الأطلسي - فيحدث التوسع فوق مستوى سطح البحر. انظر الشكل 18-5 الذي يبين تدفق الثلاثة على طول ظهر المحيط. وقد درست سابقاً أن فاجر جمع العديد من البيانات لدعم فكرة التغيرات القارات فوق سطح الأرض. إلا أنه لم يتمكن من تفسير كيف تغيرت القارات، وبسبب حركتها. لاحظ أن فكرة توسع قاع المحيط هي الحلقة المفقودة التي كان يحتاج إليها لإكمال نموذجهم عن التغيرات القارات. القارات لم تندفع فوق قشرة المحيط كما اقترح فاجر، بل تتحرك القشرة المحيطية ببطء مبتعدة بعضها عن بعض عند ظهور المحيطات بساحية معها القارات. وتستغرق في القسم التالي كيف أدت فرقة توسع قاع المحيط إلى فهم جديد لكيفية حركة كل من القشرة الأرضية وأصل التناثر الصلب بواسطة قطعة واحدة.



التقويم 2-5

- الخلاصة**
- توفر الدراسات التي أجريت على قيعان المحيطات أدلة على أنها ليست مستوية، وأنها تتغير باستمرار.
 - القشرة المحيطية عبارة عن صخر من الناحية الجيولوجية.
 - تتكون قشرة محيطية جديدة عند ظهر المحيط عندما ترتفع الصهارة وتصلب.
 - عندما تتشكل قشرة محيطية جديدة تتحرك القشرة المحيطية القديمة مبتعدة عن ظهر المحيط.
- فهم الأفكار الرئيسية**
1. صف لماذا تشبه عملية توسع قاع المحيط حركة الحزام الناقل (التحرك)؟
 2. وضع كيف توفر كل من صخور قاع المحيط ورسوبياته أدلة على توسع قاع المحيط؟
 3. متى بين مصطلحي: القطبية المغناطيسية العادية، والقطبية المغناطيسية المقلوبة.
 4. صف تقاريس قاع المحيط.
 5. التفكير الناقد: وضع كيف تدعم خريطة تقاريس العمر لقاع المحيط فرضية توسع قاع المحيط؟
 6. جلي لماذا يكون عرض الأشرطة المغناطيسية في شرق المحيط الهادئ أكبر من نظيرها في المحيط الأطلسي؟
 7. جلي الشكل 11-15، ما نسبة فترات القطبية المغناطيسية المقلوبة في آخر خمسة ملايين سنة؟

163

في نهاية كل فصل أسئلة التقويم، فضلاً عن أسئلة الاختبارات المقتنة.

طرائق أخرى للمراجعة

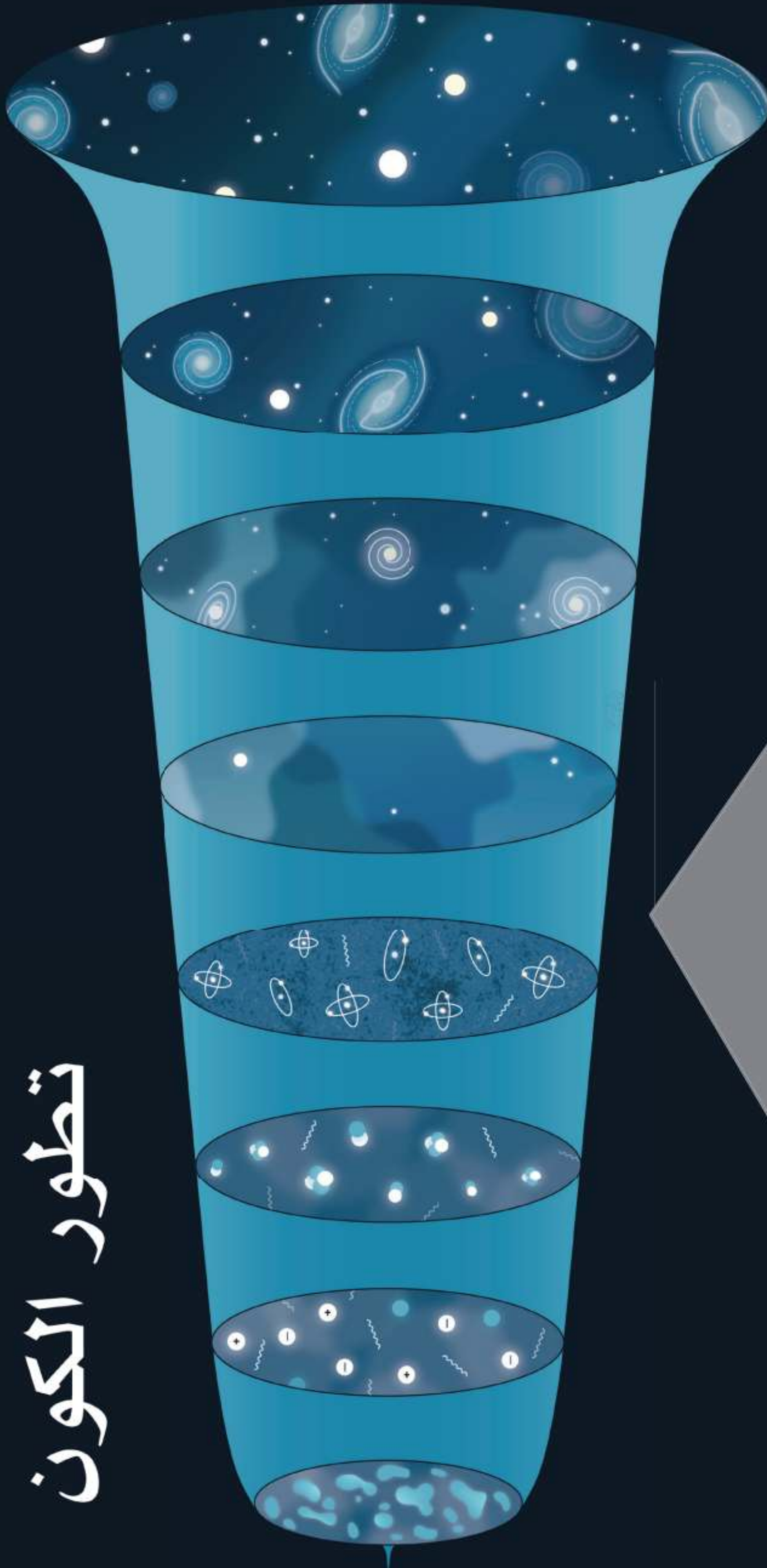
- حدّد **الفكرة** (العامة .
- اربط **الفكرة** (الرئيسية مع **الفكرة** (العامة .
- استخدم كلماتك الخاصة لتوضيح ما قرأت.
- وظّف المعلومات التي تعلمتها في المنزل، أو في موضوعات أخرى تدرسها.
- حدد المصادر التي يمكن أن تستخدمها للبحث عن مزيد من المعلومات حول الموضوع.

تقويم الفصل

4

- مراجعة المفردات**
- أصل الجمل الآتية مسجلاً المقدمات التالية:
1. يحس السنج الشاري يتناثر باحتوائه على بلورات كثيرة في الرخية من البلورات الصخرية.
 2. يقال عن الصخور النارية التي تتكون في ظروف تبريد سريعة إنها
 3. يقال عن الصخور النارية المسكونة ذات البلورات كثيرة الحجم إنها
 4. ينتج عن ترانس الرسوبيات التفاضلية والتجانسها
 5. تدعى طبقات الصخور الرسوبية التي ترتب مائل على السطح الأمامي
 6. تصاعد الغازات من الصهارة مع اندفاعها على سطح الأرض.
 7. يصف تقاريس موريس للصفحة الترتيب الذي تتطور على أساسه المعادن.
 8. تتميز الصخور البركانية بلونها الغامق وهندامها القليل من السيليكات.
 9. تتكون اللائحة في الأعماق تحت القشرة الأرضية.
 10. أحدث الصدع في أثناء استقرار الرسوبيات بتأثير طاقة المياه.
 11. تتكون الصخور المتحولة الصدئية من بلورات تشبه التكتل.
- تدرب جذاً تشمل فيها زوج الكلمات في كل جملة:**
12. النامية، الصخر الرسوبي الفتاتي
 13. الترسيب، الطلي
 14. فتاتي، المتغيرات
- تدرب المفاهيم الرئيسية**
15. ما أثر ألي المعادن التي تتكون عندما تبرد الصهارة؟
 16. افسر الدوران
 17. افسر الدوران
 18. افسر الدوران
 19. افسر الدوران
 20. افسر الدوران
 21. افسر الدوران
 22. افسر الدوران
 23. افسر الدوران
 24. افسر الدوران
 25. افسر الدوران
 26. افسر الدوران
 27. افسر الدوران
 28. افسر الدوران
 29. افسر الدوران
 30. افسر الدوران
 31. افسر الدوران
 32. افسر الدوران
 33. افسر الدوران
 34. افسر الدوران
 35. افسر الدوران
 36. افسر الدوران
 37. افسر الدوران
 38. افسر الدوران
 39. افسر الدوران
 40. افسر الدوران
 41. افسر الدوران
 42. افسر الدوران
 43. افسر الدوران
 44. افسر الدوران
 45. افسر الدوران
 46. افسر الدوران
 47. افسر الدوران
 48. افسر الدوران
 49. افسر الدوران
 50. افسر الدوران
 51. افسر الدوران
 52. افسر الدوران
 53. افسر الدوران
 54. افسر الدوران
 55. افسر الدوران
 56. افسر الدوران
 57. افسر الدوران
 58. افسر الدوران
 59. افسر الدوران
 60. افسر الدوران
 61. افسر الدوران
 62. افسر الدوران
 63. افسر الدوران
 64. افسر الدوران
 65. افسر الدوران
 66. افسر الدوران
 67. افسر الدوران
 68. افسر الدوران
 69. افسر الدوران
 70. افسر الدوران
 71. افسر الدوران
 72. افسر الدوران
 73. افسر الدوران
 74. افسر الدوران
 75. افسر الدوران
 76. افسر الدوران
 77. افسر الدوران
 78. افسر الدوران
 79. افسر الدوران
 80. افسر الدوران
 81. افسر الدوران
 82. افسر الدوران
 83. افسر الدوران
 84. افسر الدوران
 85. افسر الدوران
 86. افسر الدوران
 87. افسر الدوران
 88. افسر الدوران
 89. افسر الدوران
 90. افسر الدوران
 91. افسر الدوران
 92. افسر الدوران
 93. افسر الدوران
 94. افسر الدوران
 95. افسر الدوران
 96. افسر الدوران
 97. افسر الدوران
 98. افسر الدوران
 99. افسر الدوران
 100. افسر الدوران

140



تطور الكون

الفكرة العامة خلق الله - سبحانه وتعالى - الكون بما فيه من مجرات ونجوم وكواكب، وهو في حالة توسع دائم.

1-1 نشأة الكون

الفكرة الرئيسية تعرف طبيعة الكون ونشأته وعرض طرائق فلكية لتحديد عمر الكون.

1-2 النجوم والمجرات

الفكرة الرئيسية وصف مراحل دورة حياة النجوم، وتحديد موقعنا في مجرة درب التبانة.

حقائق فلكية

- يقع كوكب الأرض ضمن النظام الشمسي الذي يقع في مجرة درب التبانة والتي تعد واحدة من مئات بلايين المجرات .
- وزن ملعقة واحدة من المادة الخاصة بالنجم النيوتروني تساوي وزن جبل شاهق على سطح الأرض.

نشاطات تمهيدية

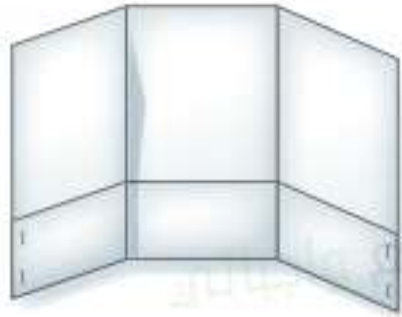
اصنع المطوية الآتية لتساعدك على تنظيم المعلومات وترتيب الأفكار الرئيسية المتعلقة بالمجرات وأنواعها.

المطويات

منظمات الأفكار



الخطوة 1 اثن الطرف السفلي للورقة طولياً بمقدار 3 cm، ثم اضغط على الجزء المطوي إلى أعلى.



الخطوة 2 اثن الورقة إلى ثلاثة أجزاء متساوية.



الخطوة 3 ألصق الجزء المثني من الورقة من الجوانب لعمل ثلاثة جيوب، وعَنونها بأنواع المجرات: البيضاوية، الحلزونية، وغير المنتظمة.

استخدم هذه المطوية في أثناء دراستك القسم 1-2، لتتعرف على مميزات بنية كل نوع.

تجربة استهلاكية

هل يتمدد الكون كتمدد البالون؟

التمدد يصف الحالة التي تبتعد بها الجزيئات عن بعضها بعضاً، في حين يمثل الانكماش الحالة العكسية للتمدد حيث تقترب فيها الجزيئات من بعضها بعضاً.



الخطوات

1. أحضر بالون مفرغ من الهواء.
2. بواسطة قلم ملون ضع على البالون مجموعة من النقاط على مسافات مختلفة.
3. ابدأ في نفخ البالون إلى أقصى حجم ممكن.

التحليل

1. قارن بين حجم البالون قبل وبعد النفخ.

يزداد حجم البالون كلما زادت كمية الهواء به.

2. ما ملاحظاتك حول تغير المسافة بين نقاط البالون قبل النفخ وبعده؟

تزداد المسافة بين النقاط السوداء على سطح البالون كلما زادت كمية الهواء في البالون.

3. قارن بين النقاط على البالون و المجرات في الكون.

يتمدد الكون وتبتعد المجرات فيه بعضها نتيجة لتمدده، وذلك يشبه ما يحدث للنقاط المرسومة على البالون عند نفخه.

4. استنتج ما يحدث للكون.

يتمدد الكون وهذا ما يدل على أنه ليس ثابتاً.



1-1

نشأة الكون

The Origin of the Universe

الأهداف

- يعرف الكون.
- يشرح مراحل نشأة الكون.
- يحسب عمر الكون.

الفكرة الرئيسية

تعرف طبيعة الكون ونشأته وعرض طرائق فلكية لتحديد عمر الكون.

الربط مع الحياة طالما افتنن الناس بروعة السماء و تساءلوا دومًا عن كيفية بداية الكون و عن مآله، و نتيجة لذلك فقد ابتدع العلماء المتخصصين بدراسة الكون يسانداهم علماء الفلك و الفيزياء الفلكية نماذج تسعى الى تفسير: كيف بدأ الكون و كيف يتغير بمرور الزمن؟ و ماذا سيحل به في المستقبل؟

لماذا ندرس علم الكون؟ Why do we study cosmology?

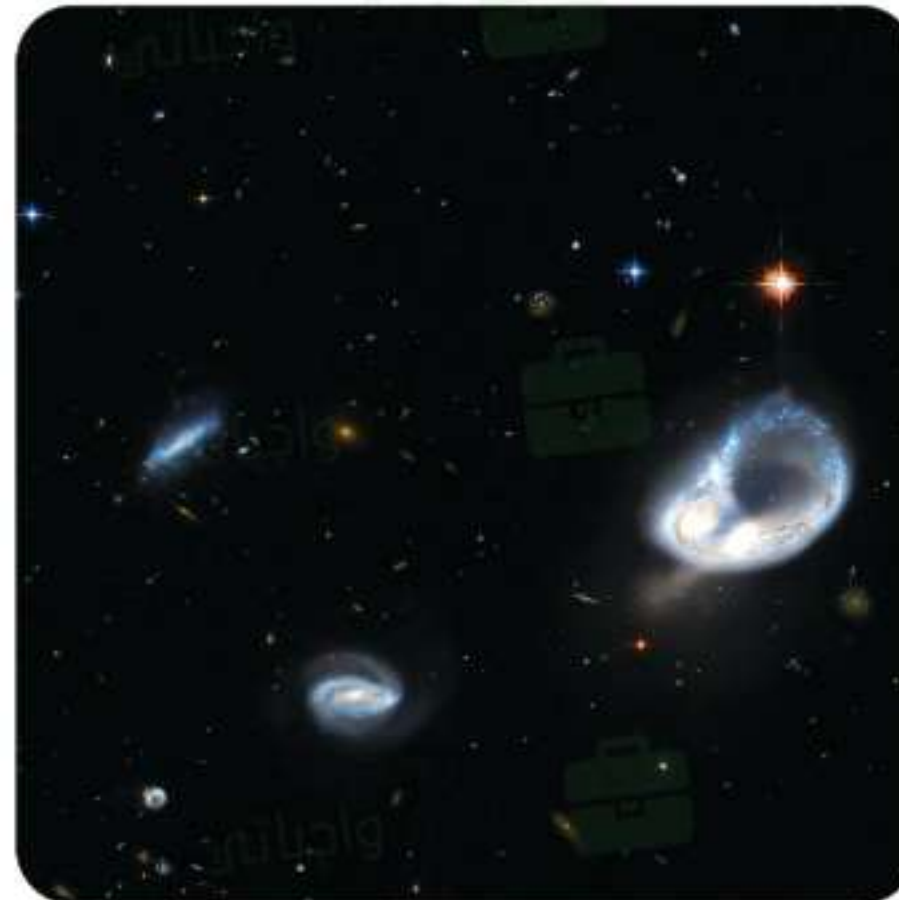
حسب الوصف العلمي الحديث للكون فإنه ذلك الفضاء الشاسع الذي يحتوي على أعداد ضخمة لا حصر لها من المجرات والسدم والكواكب بالإضافة إلى الكويكبات والمذنبات و الشهب الشكل 1-1. فهم نشأة الكون يعمل على توسيع ادراكنا لما حولنا وخارج كوكبنا، فمثلاً يستفاد من فهم نشأة الكون وتطوره في فهم الظواهر الفيزيائية والكيميائية للكون. لقد اهتم البشر على مر الازمنة والعصور بالظواهر المرتبطة بالكون مثل شروق الشمس وغروبها وتعاقب الليل والنهار وتعاقب فصول السنة المناخية وخسوف القمر وكسوف الشمس ومع مراقبتهم للسماء بنجومها المختلفة اعطوا للمجموعات النجمية مسميات مختلفة ترتبط بالبيئة المحيطة بهم مثل كوكبة الثور والعقرب والجبار والحمل والدب الأكبر والأصغر واستنتجوا العلاقة بين ظهور هذه المجموعات النجمية والفصول المناخية وما يرتبط بها من مواسم زراعية ومعظم العبادات في الإسلام مرتبطة بظواهر فلكية كأوقات الصلاة التي ترتبط بحركة الشمس الظاهرية فصلاة الفجر يبدأ وقتها من ظهور الشفق الأبيض ناحية الشرق إلى شروق الشمس وصلاة الظهر يبدأ وقتها حين تزول الشمس أي تبدأ في الانخفاض بعد أن وصلت أقصى ارتفاع لها في السماء وكما أن عبادتي الصيام والحج مرتبطتان بحركة القمر حول الأرض. والسفر في البحار بين البلدان يتطلب معرفة الاتجاهات والتي تتم بالاهتداء بالنجوم قال تعالى: ﴿وَهُوَ الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ النُّجُومَ لِتَهْتَدُوا بِهَا فِي ظُلُمَاتِ اللَّيْلِ وَالْبَحْرِ قَدْ فَصَّلْنَا الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ﴾ سورة الأنعام الآية: 97.

مراجعة المفردات

التلسكوب: آلة فلكية حديثة صنعت لتقريب الأجسام البعيدة و توضيح الخافته.

المفردات الجديدة

- علم الفلك
- الفيزياء الفلكية
- علم الكون
- علوم الفضاء
- نظرية الانفجار العظيم
- الطاقة المظلمة
- عمر الكون



الشكل 1-1 كل شيء في الكون المنظور مكون من مادة، ومن ذلك المجرات والنجوم والكواكب والمذنبات والشهب.

مهنة في علم الفضاء

يركز الفلكي في مجال مهنته على رصد الأجرام السماوية كتحري اهلة الشهور القمرية أو كفني تحليل البيانات في وكالات الفضاء . ويمكن للفلكي أن يمارس مهنته في القبة الفلكية لتثقيف الناس بمجال الفلك والفضاء عبر تقديمه عروضاً محاكية للسماء.

وقبل أن نبدأ في دراسة تمدد الكون وكيفية تقدير عمر الكون سوف نوضح الاختلافات الرئيسية بين علم الفلك **Astronomy**، علم الفيزياء الفلكية **Astrophysics**، علم الكون **Cosmology** وعلوم الفضاء **Space science** في جدول 1-1.

مقارنة بين العلوم المهمة بدراسة الكون		
الجدول 1-1	الفرع	مجال الدراسة
أمثلة		
المجرات، النجوم، الشمس، الكواكب، أقمار الكواكب، الكواكب القزمة، الكويكبات، المذنبات، الشهب.	علم الفلك Astronomy	العلم المعني بدراسة الأجرام السماوية.
النشاط الشمسي، تغيرات مظاهر سطوح وأغلفة الكواكب، مادة ما بين الكواكب، مادة ما بين النجوم، تغير لمعان النجوم، نشاط المجرات، النجوم النيترونية، الثقب السوداء.	الفيزياء الفلكية Astrophysics	مجال فرعي لعلم الفلك. يستخدم قوانين الفيزياء لوصف التغير في طبيعة الأجرام السماوية وأنشطتها المختلفة في جميع أطوال الطيف الكهرومغناطيسي.
نشأة الكون وتطوره حتى صار كما نراه اليوم.	علم الكون Cosmology	دراسة نشأة الكون وتطوره.
إطلاق الصواريخ وإنزال الحمولات منها في مدارات محددة أو باتجاه جرم سماوي كالمسابير.	علوم الفضاء Space science	يعنى باستكشاف الفضاء والمهام الفضائية.

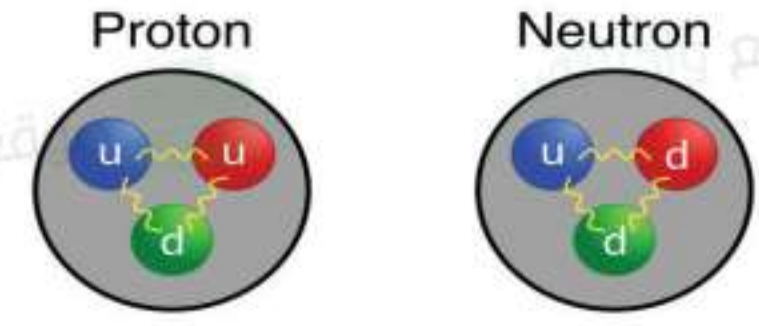
الكون : علم أساسي Cosmology: The Central science

تم تفسير نشأة الكون عبر عدة مراحل تاريخية ظهرت خلالها العديد من النظريات الكونية التي بين أصحابها آلية نشأة الكون وتمدده وكان من أبرزها نظرية الانفجار العظيم التي حازت على قبول معظم علماء الفلك. وكان من أبرز أسباب قبولها بين أوساط العلماء هو نجاحها أيضًا في تفسير بعض من أرصاد العلماء مثل: وفرة الهيدروجين والهيليوم وإشعاع الخلفية الكوني.

نظرية الانفجار العظيم The Big Bang Theory

تعد نظرية الانفجار العظيم **Big Bang Theory** الأكثر قبولاً بين علماء الفلك من بين عدة نظريات حيث نصت نظرية الانفجار العظيم على أنه في لحظة معينة منذ ما يقرب من أربعة عشر مليار سنة كانت المادة والطاقة الموجودة مركزة في منطقة حجمها متناهٍ في الصغر وجميع قوى الطبيعة متحدة وهي القوة النووية والقوة الكهرومغناطيسية وقوة الجاذبية. ثم بدأ الكون في التمدد وتناقص درجة الحرارة بمعدل سريع جدًا.

ومع مرور الزمن، انخفضت درجة الحرارة إلى $15 \times 10^{14} \text{ K}$ ، واكتسبت القوة الطبيعية خصائصها الحالية. كما أن الجسيمات الأولية (وتعرف باسم الكواركات والليبتونات) وهي وحدات البناء الأساسية للمادة، تتحرك في درجات حرية مختلفة في مستويات الطاقة. وعندما تمدد الكون وأصبح بحجم المجموعة الشمسية، امتلأ الكون بكل المادة التي يمكن قياسها. وفي هذه المرحلة اندمجت الكواركات وكونت نيوترونات وبروتونات كما هو موضح في الشكل 1-2.



الشكل 1-2 يوضح شكل النيوترونات والبروتونات من الكواركات.

البروتون جسيم أولي شحنته موجبة، ويتكون من كواركين علويين (u) (الأحمر والأزرق)، وكوارك سفلي (d) (الأخضر)، النيوترون جسيم أولي متعادل الشحنة، ويتكون من كواركين سفليين (d) (الأخضر والأحمر)، وكوارك علوي (u) (الأزرق).

الربط مع الفيزياء

إن نقطة الصفر في مقياس كلفن تعرف بأنها الصفر المطلق. ووفقاً لمقياس كلفن فإن نقطة تجمد الماء (0°C) هي 273K تقريباً، ونقطة غليان الماء هي 373K تقريباً. وتسمى الدرجة الواحدة على هذا المقياس كلفن، وتساوي 1°C ، لذا يكون $T_K = 273 + T_C$.

إرشادات للدراسة

إشعاع الخلفية الكونية CMB

هو الإشعاع الحراري الذي خلفه الانفجار العظيم، ويعتبره العلماء بمثابة صدى للانفجار العظيم، ومع مرور الوقت برد هذا الضوء البدائي وضعف إلى حد كبير، ونكتشفه في الوقت الحاضر في مدى الموجات الميكروية (Microwaves).

المراحل الأولى من حياة الكون

The first stages of the universe's life

يمكن تقسيم المراحل الأولى، بعد الانفجار العظيم، من حياة الكون إلى فترات زمنية كما يلي:

المرحلة الأولى

خلال 10^{-43} ثانية كانت درجة الحرارة تزيد عن 10^{32} K، وكانت جميع القوى الطبيعية متحدة وهي القوة النووية والقوة النووية الضعيفة والقوة الكهرومغناطيسية وقوة الجاذبية.

المرحلة الثانية

خلال 10^{-35} ثانية انخفضت الحرارة إلى 10^{27} K وبدأت عملية التمدد السريع في حجم الكون في هذه الفترة والتي تعرف بمرحلة التضخم (inflation)؛ حيث انفصلت القوى الطبيعية عن بعضها وأصبح لكل قوة خصائصها المميزة لها.

المرحلة الثالثة

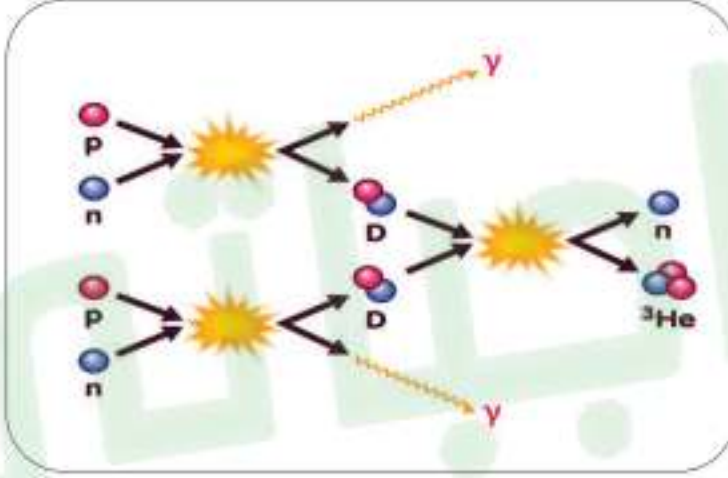
انخفضت الحرارة إلى 15×10^{14} K، وكانت المادة الأولية عبارة عن كواركات تتحرك في مجال من الطاقة، ثم انفصلت القوى النووية والنووية الضعيفة والكهرومغناطيسية والجاذبية وأصبحت القوى الأربع منفصلة.

المرحلة الرابعة

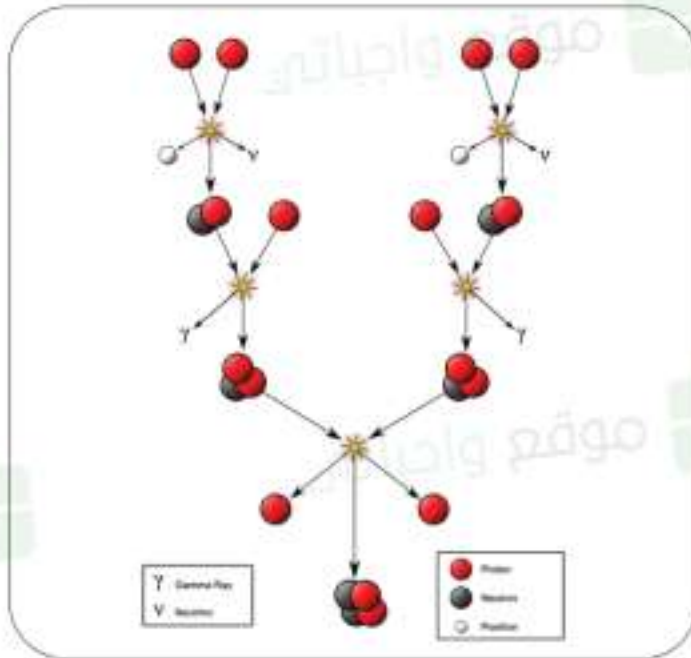
عندما تمدد الكون إلى ألف مرة عن حجمه الأول فإن حجمه الجديد أصبح في حجم المجموعة الشمسية، وعندها بدأت الكواركات تندمج لتكون النيوترونات والبروتونات كما هو موضح في الشكل 1-2.

المرحلة الخامسة

تمدد الكون إلى ألف مرة أكبر من حجم المجموعة الشمسية، ومن ثم اندمجت النيوترونات والبروتونات لتكون نويات ذرات الهيليوم والديوتيريوم (وأحياناً يسمى «الهيدروجين الثقيل»، وهو الذرة التي تحتوي نواتها على بروتون واحد ونيوترون واحد، وتسمى نواة الديوتيريوم) كما هو موضح في الشكل 1-3. كل هذا حدث خلال الدقائق الأولى من عمر الكون من تمدد واتساع وانخفاض في درجة الحرارة وفي الكثافة. ومع ذلك، كانت الظروف لا تزال شديدة الحرارة بحيث لا تستطيع النوى الذرية التقاط الإلكترونات لتكون باقي العناصر الكيميائية.



الشكل 1-3 اتحاد النيوترونات والبروتونات لتكوين ذرات الديوتيريوم والتي تندمج لتكون ذرات الهيليوم.



الشكل 1-4 يوضح التفاعلات النووية الاندماجية لتكوين العناصر والتي تعرف بسلسلة بروتون-بروتون.

المرحلة السادسة

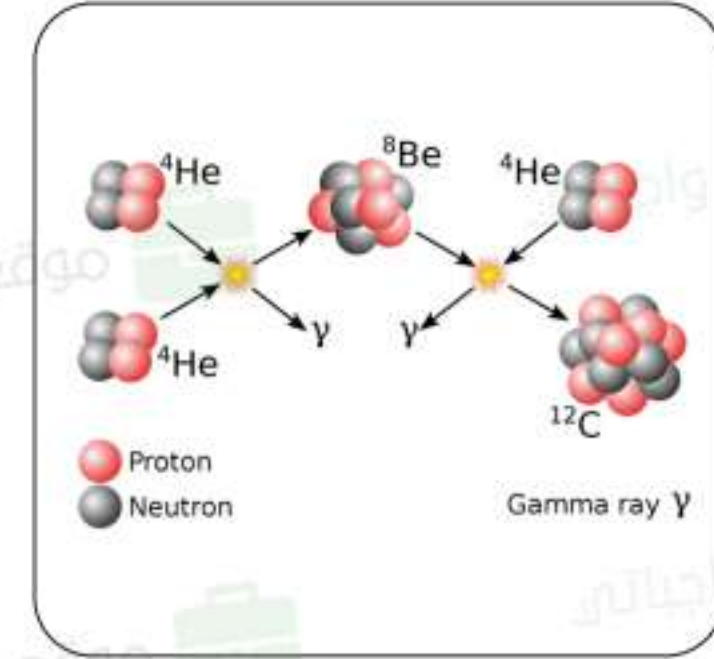
بعد 300 ألف سنة من نشأة الكون كان حجم الكون أصغر من حجمه الحالي بنحو ألف مرة، ومع انخفاض درجة حرارة الكون أصبحت الظروف مهيأة لتكون الذرات الشكل 1-4، ومن ثم تجمعت الذرات مكونة سحب من الغاز والتي تطورت بعد ذلك لتكون النجوم.

المرحلة السابعة

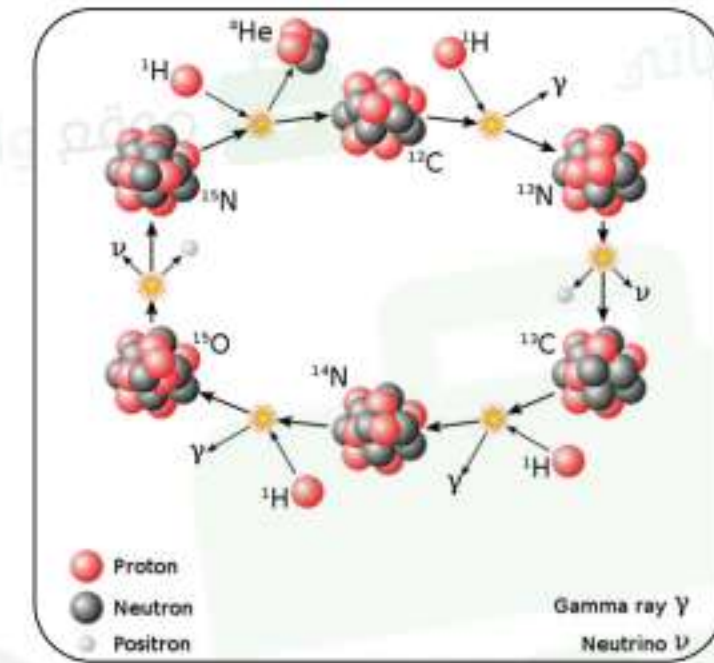
حينما وصل حجم الكون لخمس حجمه الحالي تكونت النجوم وتجمعت في حشود نجمية كروية وتجمعت الحشود النجمية مكونة فيما يمكن أن يسمى مجرات حديثة الولادة.

المرحلة الثامنة

عندما أصبح الكون يبلغ نصف حجمه الحالي، أنتجت التفاعلات النووية الاندماجية في النجوم معظم العناصر الثقيلة التي تتكون منها الكواكب الأرضية كما في الجدول 1-2 والأشكال 1-4، 1-5، 1-6. وقبل خمسة مليار سنة تشكل نظامنا الشمسي، عندما كان حجم الكون ثلثي حجمه الحالي. وبمرور الوقت، استهلك تكوين النجوم إمدادات الغاز في المجرات، وبالتالي تضاعف عدد النجوم من الجيل الأول. ويتوقع أنه بعد خمسة عشر مليار سنة من الآن، ستكون النجوم مثل شمسنا الحالية.



الشكل 1-5 يوضح التفاعلات النووية الاندماجية لتكوين العناصر والتي تعرف بعملية ثلاثية ألفا.



الشكل 1-6 يوضح التفاعلات النووية الاندماجية لتكوين العناصر والتي تعرف بدورة كربون نيتروجين أو كسجين.

الجدول 1-2		
يوضح التفاعلات النووية الاندماجية وتكون العناصر ودرجات الحرارة التي يتم عندها الاندماج النووي.		
نوع الاندماج	التفاعل الاندماجي	درجة الحرارة (كلفن)
(1-4) سلسلة بروتون - بروتون	$4H \rightarrow {}^4He$	10×10^6
(1-5) عملية ثلاثية ألفا	${}^4He + {}^4He \rightarrow {}^8Be$	100×10^6
(1-5) عملية ثلاثية ألفا	${}^8Be + {}^4He \rightarrow {}^{12}C$	600×10^6
(1-6) دورة كربون نيتروجين أو كسجين	${}^{12}C + {}^1H \rightarrow {}^{13}N$ ${}^{13}N \rightarrow {}^{13}C$ ${}^{13}C + {}^1H \rightarrow {}^{14}N$ ${}^{14}N + {}^1H \rightarrow {}^{15}O$ ${}^{15}O \rightarrow {}^{15}N$	1500×10^6

تجربة مسبار الجاذبية : (ناسا)



تمكنت وكالة الفضاء الأمريكية ناسا من اثبات النظرية النسبية العامة للعالم ألبرت أينشتاين من خلال إجراء تجربة علمية (مسبار الجاذبية) في 20 إبريل 2004 بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية. استمرت تجربة مسبار الجاذبية مدةً تبلغ نحو خمسة عقود، بدءاً من طرح فكرتها الأولى، وانتهاءً بعمليات التحليل لبياناتها العلمية وقد تطلب المشروع تطوير تقنيات متقدمة جداً. تعد النسبية العامة أفضل نظرية لدى العلم لتفسير آلية عمل قوة الجاذبية. لقد اعتقد الباحثون قبل عام 1916 أن المادة تتحرك بصورة غير مؤثرة عبر خلفيتي الزمان والمكان. ثم افترض أينشتاين أن الزمان والمكان يشكلان نسيجاً واحداً زمكان space-time بدلاً من الصورة السابقة. وقد جاءت النتائج مقارنة جداً للنتائج المتوقعة نظرياً لمبدأي النظرية النسبية. وقد أسهمت المدينة عبر التعاون التقني مع جامعة ستانفورد في تحليل البيانات الناتجة عن التجربة حيث تم إرسال عدد من المختصين في المدينة للعمل جنباً إلى جنب مع الباحثين في ستانفورد.



سر الثقوب السوداء

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

تمدد الكون Expansion of the Universe

أنجز عالم الفلك إدوين هابل في عشرينيات القرن الماضي اكتشافاً ثورياً يتعلق بالكون، وذلك باستخدام تلسكوب مرصد جبل ويلسون في لوس أنجلوس، حيث أثبت هابل أن الكون ليس ثابتاً وإنما يتمدد الشكل 1-7. بعد ذلك بعقود، وفي عام 1998 رصد التلسكوب هابل الفضائي -ذو النتائج الغزيرة- مستعراتٍ عظمى بعيدةً supernova، ووجد أن الكون منذ زمن طويل كان يتمدد بشكل أبطأ مما يفعل الآن، وهذا الاكتشاف كان مفاجئاً فالمعتقد ولوقتٍ طويل بأن جاذبية مادة الكون ستبطئ من تمدده أو حتى تسبب تقلصه. ومن أسباب تمدد الكون الطاقة المظلمة Dark Energy وهي قوة خفيه مجهولة المنشأ تشكل 65% من محتوى الكون. وهذه الطاقة هي واحدة من أكثر مواضيع النقاش جدلاً في علم الكون، قال تعالى: ﴿وَالسَّمَاءَ بَيْنَهُمَا بِأَيِّدٍ وَإِنَّا لَمُوسِعُونَ﴾ سورة الذاريات الآية: 47.

✓ ماذا قرأت؟ فسر علاقة الطاقة المظلمة بتمدد الكون؟

تعد الطاقة المظلمة من الأغاز الكونية المحيرة التي مازالت قيد الدراسة من العلماء ، وهي أحد أشكال الطاقة مجهولة المنشأ التي تشكل ٦٥% من محتوى الكون ، فهي تملأ الفضاء وتدفعه للتوسع ، مسببة ابتعاد المجرات واندفاعها بعيداً عن بعضها.



الشكل 1-7 يوضح تصور تمدد الكون.

قانون هابل في تمدد الكون Hubble's Law in Expansions of Universe

وينص هذا القانون الذي توصل إليه عالم الفلك الشهير هابل على أن السرعة التي تتباعد بها المجرات عن الأرض تتناسب طرديًا مع المسافة بين الأرض والمجرات؛ أي أن المجرات في كل الاتجاهات في الكون تتباعد بسرعات عالية، وكلما كانت المجرات أبعد فإنها تتباعد بسرعات أكبر. ومن ملاحظات هابل أن نسبة السرعة إلى المسافة ثابتة، وفي هذا الحساب نفترض أن الكون تمدد منذ الانفجار العظيم مع تحرك جميع المكونات بسرعات ثابتة بالنسبة لبعضها بعضًا.

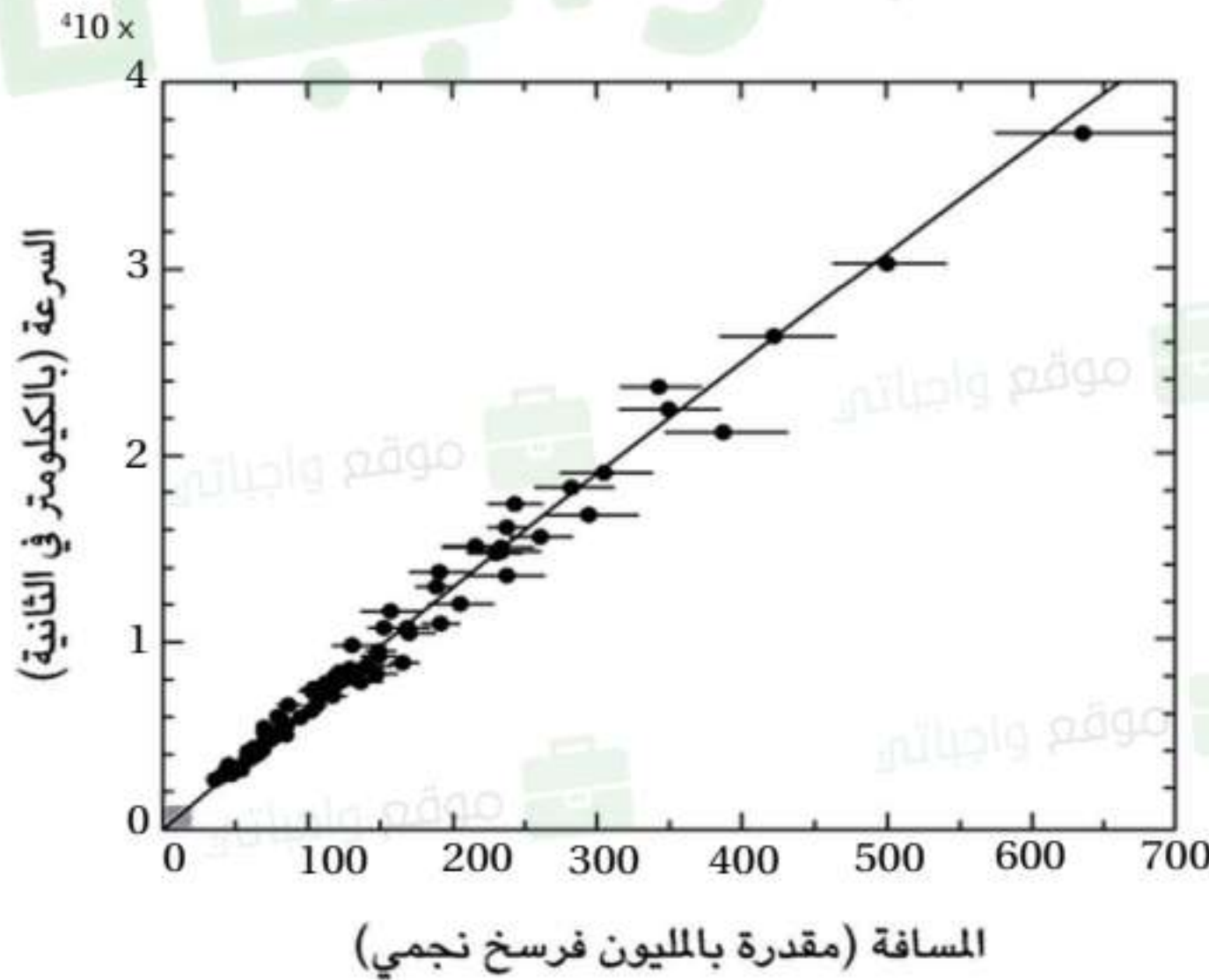
حساب ثابت هابل

Hubble's constant calculation

من خلال الشكل 8-1 الذي يوضح علاقة المسافة بين المجرات والأرض وسرعة التباعد إذ إن النسبة بين السرعة والمسافة تعطي مقدارًا ثابتًا وهو ما يسمى بثابت هابل H_0 .

$$H_0 = \frac{v}{d}$$

حيث (H_0) هو ثابت هابل، و (d) هي المسافة بين الأرض والمجرة، و (v) هي سرعة تباعد المجرة عن الأرض.



الشكل 8-1 ثمة علاقة خطية بين معدل التمدد الكوني (المقدر هنا بالكيلومتر في الثانية) والمسافة (المقدرة بالمليون فرسخ نجمي، حيث يعادل الفرسخ النجمي 3.26 سنة ضوئية).

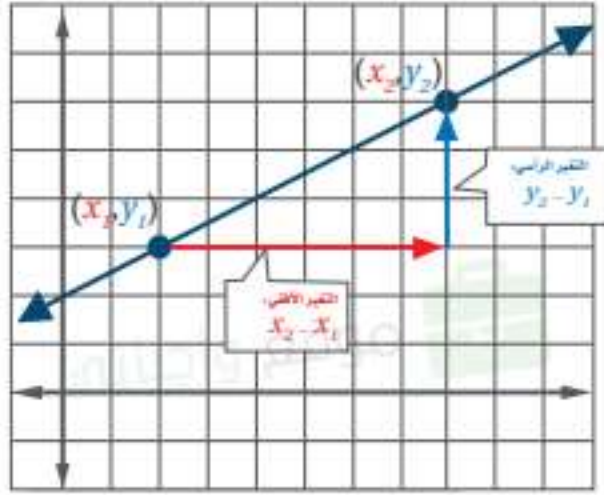
الربط مع الفيزياء

توصل هابل إلى إثبات توسع الكون وحساب عمر الكون عن طريق تأثير دوبلر وهو تغير ظاهري للطول الموجي عندما ترصد من قبل راصد متحرك بالنسبة لمصدر الموجات.

الربط مع الرياضيات

في المستوى الإحداثي، ميل المستقيم هو نسبة التغير في الإحداثي x بين أي نقطتين عليه. ويعطي الميل m لمستقيم يحوي نقطتين إحداثييهما (x_1, y_1) و (x_2, y_2) بالصيغة:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$



مجسات النجوم المتفجرة

آدم ريس هو عالم أمريكي في علم الفلك في جامعة جونز هوبكنز ومعهد علوم تلسكوب الفضاء وهو معروف بأبحاثه في مجال استخدام مجسات النجوم المتفجرة. حصل على جائزة نوبل في الفيزياء لعام 2011 مناصفة مع سول بيرلموتر وبريان شميدت، كما حصل في العام ذاته - مع سول بيرلموتر على قلادة ألبرت أينشتاين -.

Age of the Universe

عمر الكون

إذا كان تمدد الكون يسير بمعدل ثابت، فسيكون من اليسير للغاية الربط بين ثابت هابل وبين عمر الكون؛ فجميع المجرات يبتعد بعضها عن بعض في وقتنا الحالي، لكن لا بد أنها كانت في البداية في الموضع ذاته. وكل ما نحتاج إليه هو حساب ذلك الوقت الذي كانت فيه المجرات في الموضع ذاته؛ ومن ثم يكون **عمر الكون Age of the Universe** هو الزمن المنقضي منذ وقوع ذلك الحدث. إن عمر الكون ما هو إلا معكوس ثابت هابل - عملية حسابية بسيطة-. وفي ضوء التقديرات الحالية لثابت هابل، فإن عمر الكون يبلغ نحو 13.8 مليار عام.

ميل خط الرسم البياني في الشكل 8-1 هو $\frac{v}{D}$ وهو ثابت هابل.

$$H_0 = \frac{v}{d} \quad 1.$$

والمسافة مقسومة على السرعة تساوي الزمن أي:

$$t = \frac{d}{v} \quad 2.$$

من معادلة (1)

$$v = dH_0 \quad 3.$$

وباستبدال معادلة 3 في معادلة 2 نحصل على:

$$t = \frac{1}{H_0} \quad 4.$$

بأخذ ثابت هابل ليكون 71 كيلومترًا في الثانية لكل ميغا فرسخ حيث يمثل 1 فرسخ فلكي (الفرسخ الفلكي يساوي 3.26 سنة ضوئية).

لذلك: الكيلومتر = 1000 متر والميغا فرسخ = 3.09×10^{22} متر

$$H_0 = \frac{71000 \text{ m/s}}{3.09 \times 10^{22} \text{ m}} = 2.29 \times 10^{-18} \text{ s}^{-1}$$

وبالتعويض عن قيمة ثابت هابل في معادلة 4

$$t = \frac{1}{2.29 \times 10^{-18} \text{ s}^{-1}} \quad 5.$$

$$t = 4.36 \times 10^{17} \text{ s}$$

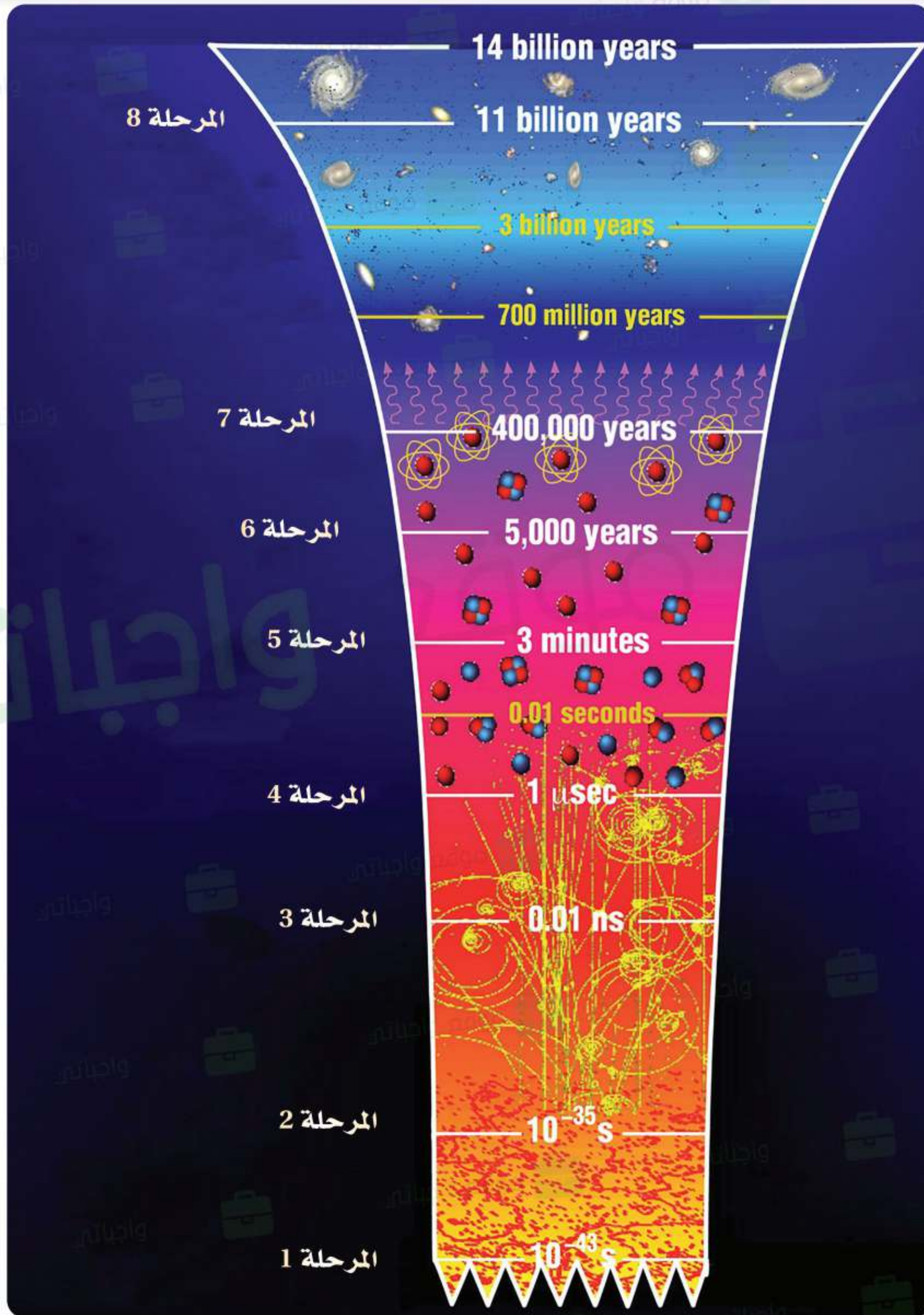
وبتحويل الثواني إلى سنوات نحصل على:

$$t = \frac{4.36 \times 10^{17}}{60 \times 60 \times 24 \times 365}$$

$$t = 13.8 \times 10^9 \text{ y}$$

أي أن عمر الكون يصل إلى 13.8 مليار سنة.

مخطط يوضح مراحل تطور الكون



الربط مع التقويم :

JUNE						
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

يُعجُّ الفضاء بمليارات الأجرام السماوية، منها أجسام صخرية صغيرة تدور حول الشمس يطلق عليها "كويكبات"، وقد اعتمدت الأمم المتحدة يوم 30 يونيو ليكون اليوم العالمي للكويكبات، إذ يعتقد العلماء أن الكويكبات تشكّلت منذ نشأة الكون وتطورت من بقايا تكوين نظامنا الشمسي قبل حوالي 4.6 مليار سنة؛ حيث منعت ولادة كوكب المشتري أي كواكب من التكون في الفجوة بينه وبين المريخ، مما تسبب في اصطدام الأجسام الصغيرة التي كانت هناك مع بعضها البعض وتفتتها لتشكل الكويكبات التي نعرفها اليوم.

الحل في الصفحة التالية

التقويم 1-1

الخلاصة

- الكون في حالة توسع وتمدد دائم وتم رصد تمدد الكون من قبل العالم هابل
- نصت نظرية الانفجار العظيم على أنه في لحظة معينة منذ ما يقرب من أربعة عشر مليار سنة كانت المادة والطاقة الموجودة مركزة في منطقة حجمها متناهي في الصغر

فهم الأفكار الرئيسية

- هل يمكن اعتبار التجمع النجمي عبارة عن مجرة وليدة؟ ولماذا؟
- ما مدى أهمية الفيزياء الفلكية في دراسة نشأة الكون وتطوره؟

التفكير الناقد

- لماذا حازت نظرية الانفجار العظيم على قبول معظم العلماء عن غيرها من النظريات التي تتناول نشأة الكون؟

الرياضيات في الفلك

- تبعد مجرة الدوامة 23 Mly عن كوكب الأرض. باستعمال القيمة 20.8 km /s /Mly لثابت هابل. أوجد سرعة تباعد هذه المجرة؟

التقويم 1-1

فهم الأفكار الرئيسية

1. هل يمكن اعتبار التجمع النجمي عبارة عن مجرة وليدة؟ ولماذا؟
نعم؛ لأن النجوم تجمعت في حشود نجمية كروية ، ثم تجمعت هذه الحشود معاً مكونة ما يُسمى مجرات حديثة الولادة.

2. ما مدى أهمية الفيزياء الفلكية في دراسة نشأة الكون وتطوره؟
للفيزياء الفلكية أهمية كبيرة؛ لأنها تستخدم قوانين الفيزياء لدراسة طبيعة الأجرام السماوية والتغيرات التي تطرأ عليها، مما يساعد العلماء على تفسير نشأة الكون ومراحل تطوره والظواهر الفيزيائية والكيميائية التي تحدث فيه.

التفكير الناقد

3. لماذا حازت نظرية الانفجار العظيم على قبول معظم العلماء عن غيرها من النظريات التي تتناول نشأة الكون؟
لأنها قدمت تفسيراً علمياً منطقياً لنشأة الكون وتمدده، وأثبتت صحة ما قدمه العلماء من ملاحظات وتجارب مختلفة متعلقة بنشوء الكون وتكون المجرات، والنجوم والكواكب والعناصر المختلفة.

الرياضيات في الفلك

4. تبعد مجرة الدوامة 23 Mly عن كوكب الأرض. باستعمال القيمة 20.8 km /s /Mly لثابت هابل. أوجد سرعة تباعد هذه المجرة؟

حساب سرعة تباعد مجرة الدوامة

المعطيات:

- المسافة: $d = 23 \text{ Mly}$

- ثابت هابل: $H_0 = 20.8 \text{ km/s/Mly}$

نستخدم قانون هابل:

$$v = H_0 \times d$$

$$v = 20.8 \times 23 = 478.4 \text{ km/s}$$

الإجابة :

تتبعد مجرة الدوامة عن الأرض بسرعة ٤٧٨,٤ كيلو متراً في الثانية.



1-2

النجوم والمجرات

Stars and Galaxies

الأهداف

- يشرح دورة حياة النجوم.
- يصنف أنواع المجرات.

- يوضح تركيب مجرة درب التبانة.

المفردات الجديدة

- النجم
- النجوم المزدوجة
- الحشود النجمية
- الوسط بين النجوم
- التوازن الهيدروستاتيكي
- العملاقة الحمراء
- سديم كوكبي
- قزم أبيض
- قزم أسود
- مستعر أعظم
- النجم النيوتروني
- ثقب أسود
- المجرة

الفكرة الرئيسية

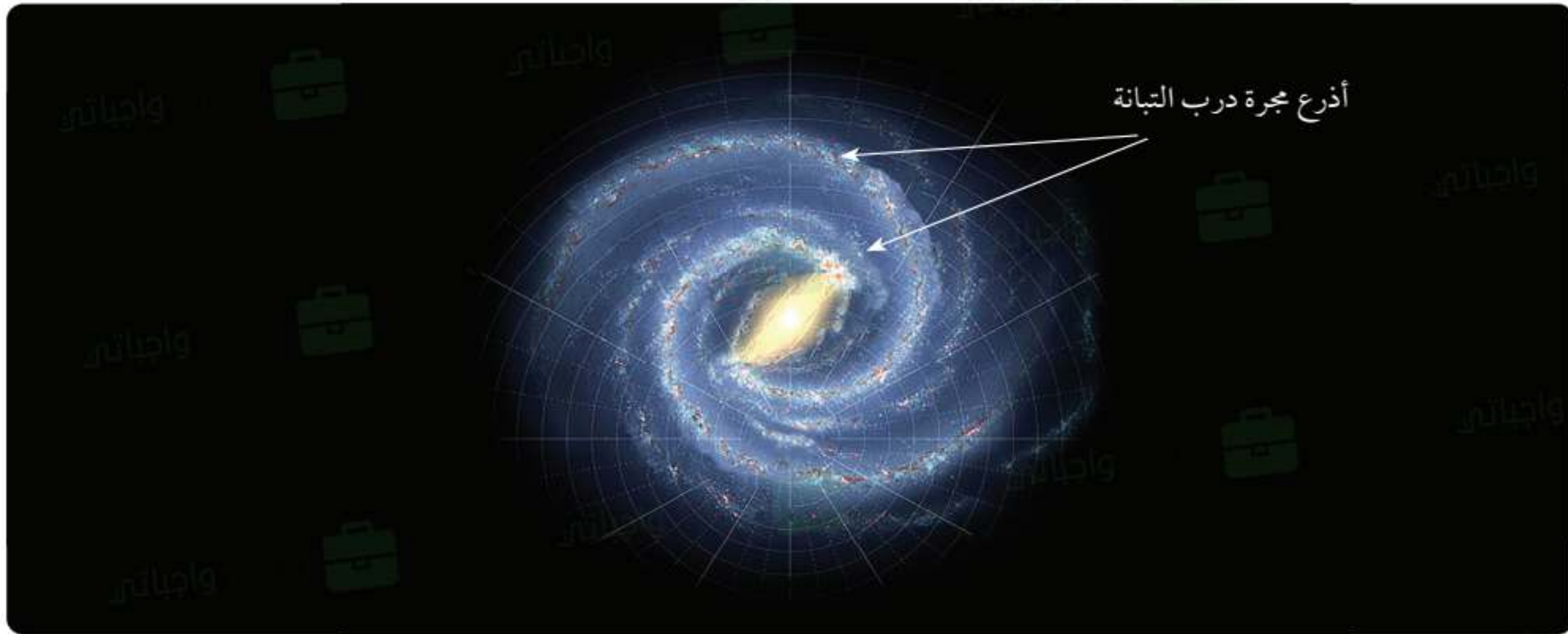
وصف مراحل دورة حياة النجوم، وتحديد موقعنا في مجرة درب التبانة.

الربط مع الحياة تعد النجوم اللبنة الأساسية للمجرات منذ نشأة الكون وتطوره، وهي من أبرز الأجرام السماوية التي حازت على اهتمام الإنسان منذ القدم، وكانت العرب تستخدمها قديماً للاستدلال بالاتجاهات وفصول السنة، قال تعالى: ﴿وَهُوَ الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ النُّجُومَ لِتَهْتَدُوا بِهَا فِي ظُلُمَاتِ اللَّيْلِ وَالْبَحْرِ﴾ سورة الأنعام الآية: 97.

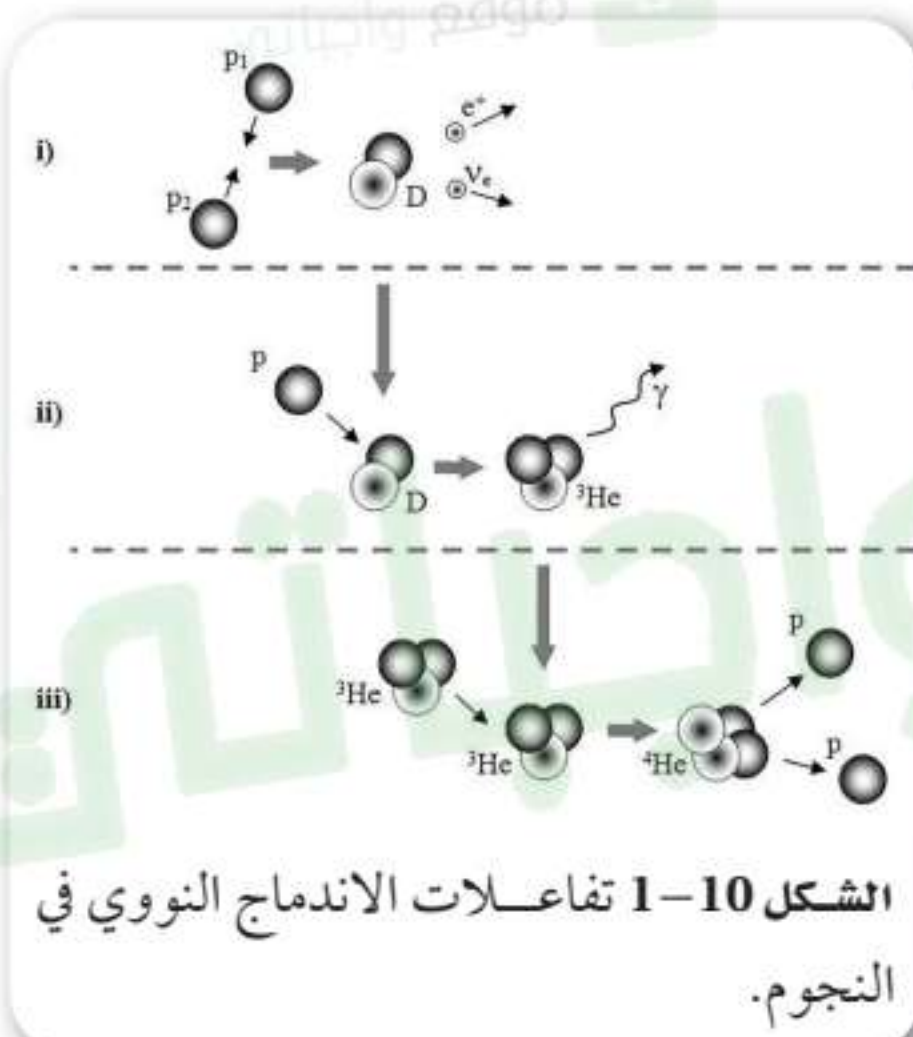
النجم star عبارة عن جرم غازي متألق تتولد الطاقة في باطنه بواسطة تفاعلات الاندماج النووي، وتمر النجوم بدورة حياة تمتد إلى مليارات السنين؛ فهي تولد وتتطور وتموت ومن ثم تولد نجوم أخرى، وتميل النجوم إلى التكون في مجموعات مثل: النجوم المزدوجة **Binary star**، وهما نجمان مرتبطان جاذبياً، يدوران حول بعضهما، والحشود النجمية **Star Cluster** التي تحتوي على مئات الألوف من النجوم، ويمكن أن يولد النجم مفرداً.

يتكون **الوسط بين النجوم interstellar medium** من الغاز والغبار بكثافة مختلفة؛ فنجد مناطق كثافتها عالية ومناطق أخرى ذات كثافة منخفضة، يحتوي الغاز في غالبيته على الهيدروجين والهيليوم وأيضاً بعض العناصر الأثقل مثل ذرات الكربون، والأوكسجين والنيوتروجين والسليكون. يتواجد الهيدروجين في الوسط بين النجوم إما في الحالة الذرية H^1 أو المتأينة H^+ أو الجزيئية H_2 ، وعند وجوده في الحالة الجزيئية يطلق على سحب الغاز والغبار بالسحب الجزيئية وهي سحب تتكون من جزيئات الهيدروجين والهيليوم والكربون والنيوتروجين والأوكسجين. تتميز هذه السحب بكثافة عالية ودرجات حرارة أعلى وتتواجد بكثرة في أذرع مجرة درب التبانة، وهي أذرع لولبية تمتد من مركز المجرات الحلزونية الشكل 1-9.

تولد النجوم في السحب الجزيئية وتمر بعدة مراحل تمتد لملايين السنين، تنكمش السحابة تحت تأثير جاذبيتها ثم يبدأ الغاز والغبار بالتكوير ويسمى النجم حينها بالنجم الأولي، ومع زيادة الضغط تبدأ حرارة اللب المنكمش بالارتفاع، وعند ارتفاع درجة الحرارة ما بين 10-15 مليون درجة مئوية تبدأ تفاعلات الاندماج النووي وتحول الهيدروجين إلى هيليوم في تفاعلات موضحة في الشكل 10-1 لتبدأ بذلك حياة النجم.



الشكل 9-1 صورة افتراضية لأذرع مجرة درب التبانة.



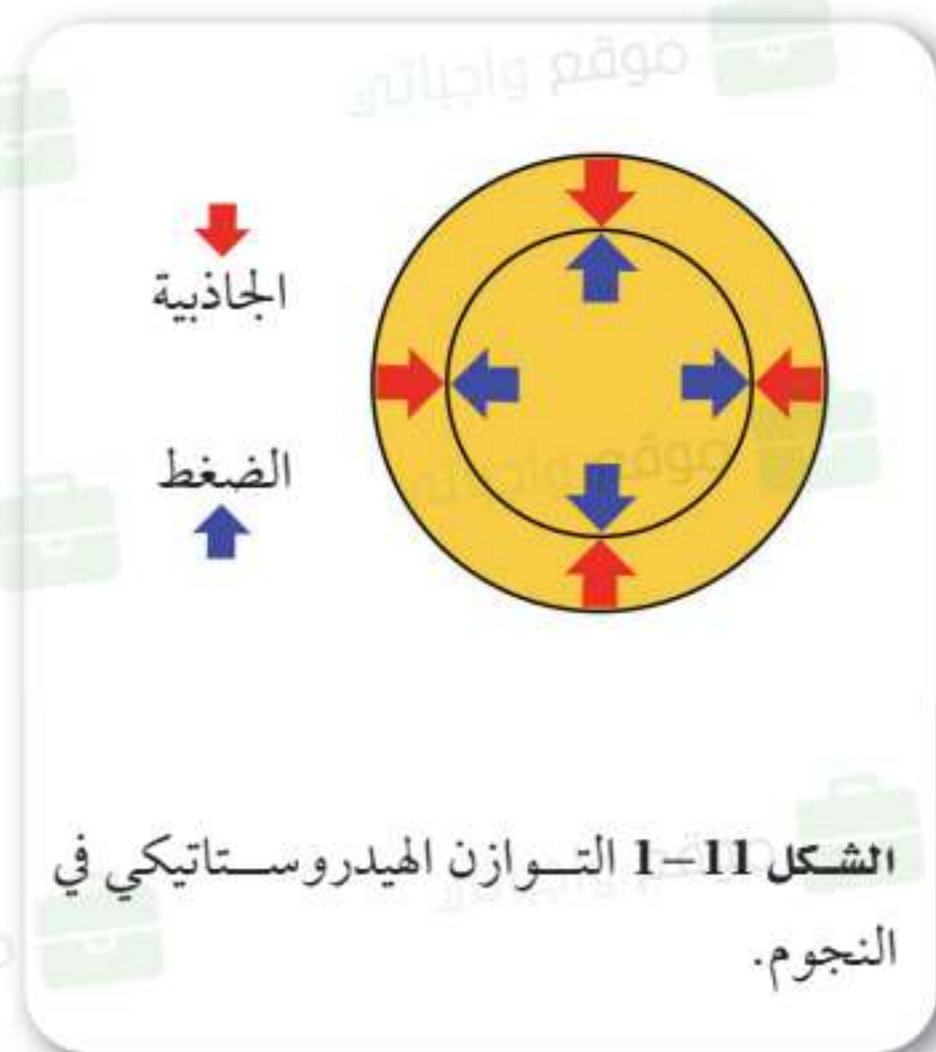
بعد تفاعلات الاندماج النووي وهي تفاعلات يتم فيها دمج نواتين خفيفتان لتكوين نواة أثقل مع إطلاق كميات هائلة من الطاقة، ترتفع درجة الحرارة ويتكون ضغط حراري عالي في اللب يدفع الطاقة الى الخارج، ويواجه النجم في المقابل قوة معاكسة وهي قوة الجاذبية التي تدفع الى الداخل، يستقر النجم عند موازنة قوة الجاذبية الداخلية بواسطة قوة الضغط الخارجية ويسمى هذا التوازن بالتوازن الهيدروستاتيكي **Hydrostatic Equilibrium** الشكل 11-1. تحدد كتلة النجم المولود درجة حرارته وحجمه ولونه حيث أن النجم الأقل سخونة يكون باللون الأحمر ثم الأصفر ثم الأبيض وأخيراً عند درجات الحرارة العالية جداً يكون النجم أزرق.

مخطط التتابع الرئيسي

Main sequence diagram

حاول العلماء فهم العلاقة بين درجة حرارة النجوم ولمعانها والتصنيف الطيفي بعد توفر بيانات هائلة لها، وتوصلوا الى اكتشاف مخطط التتابع الرئيسي Hertzsprung-Russell diagram يتيح هذا المخطط فهم دورة حياة النجم عند تحديد موضعه في المخطط. يوضح الشكل 12-1 أن المحور الأفقي يمثل درجة الحرارة، ويمثل المحور الرأسي اللمعان، ويعد هذا المخطط من أهم الوسائل التي تساعد في معرفة بعض المعلومات المهمة عن النجوم. ويمكن تقسيم المخطط إلى عدة مناطق:

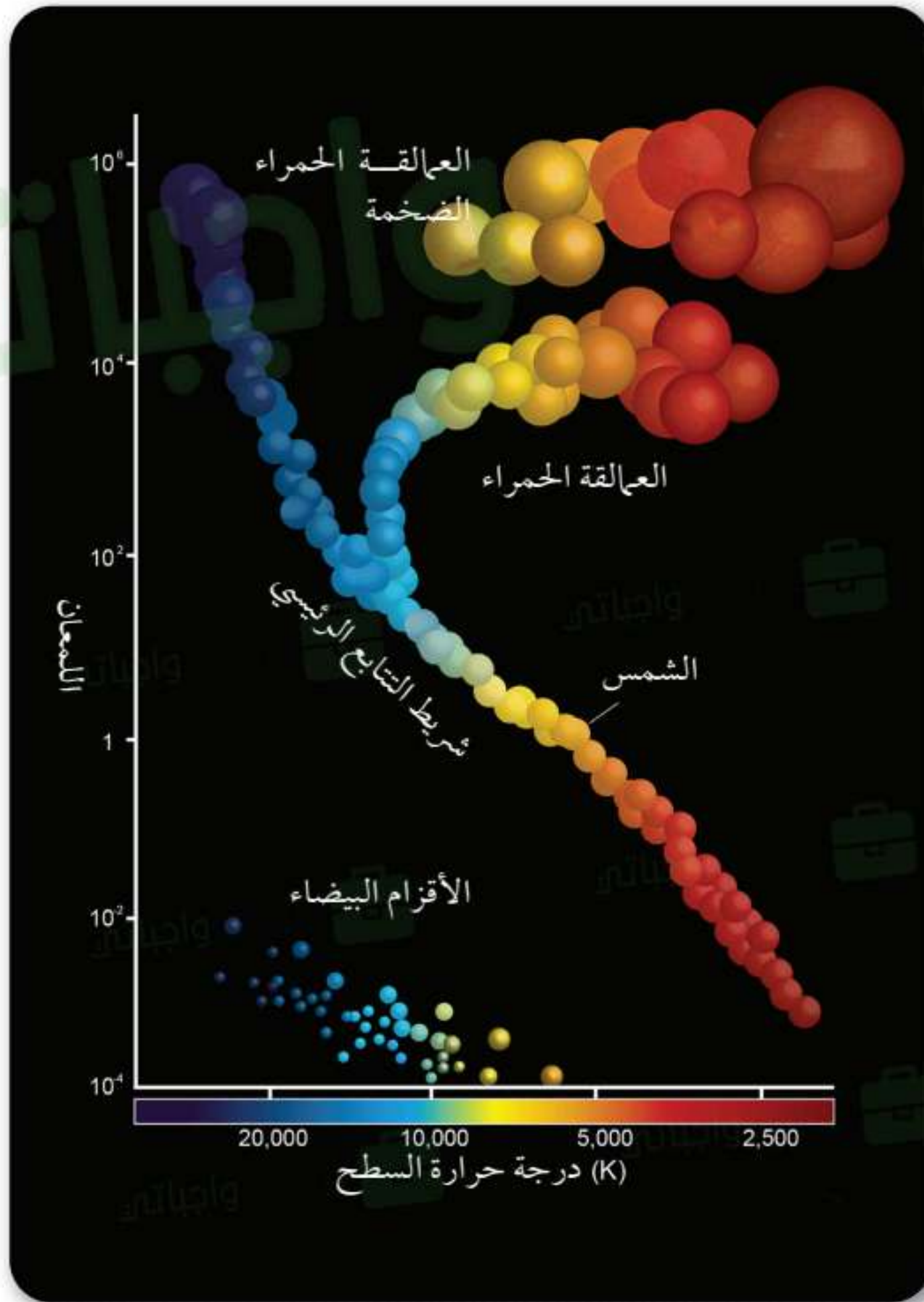
منطقة شريط التتابع الرئيسي: لو رسمنا درجات الحرارة أو اللمعان مع النوع الطيفي للنجوم لوجدنا أن غالبية النجوم تنتظم في شريط يمتد من أعلى اليسار إلى أسفل اليمين، سمي هذا الشريط بالتتابع الرئيسي Main Sequence، ونلاحظ أن الشمس تقع عليه، وهي المرحلة الأولى من التطور، يصل النجم إلى التسلسل الرئيسي بمجرد أن يبدأ الاندماج، وهذا ما يفسر سبب تواجد معظم النجوم على شريط التتابع الرئيسي.



خلال هذه المرحلة تتولد طاقة النجم عن طريق عمليات الاندماج التي تحول الهيدروجين إلى هيليوم ويقضي النجم 90% من حياته في هذه المرحلة. ويحتوي الشريط على نجوم مختلفة اللون والحرارة والسطوع، حيث تقع النجوم الحمراء ذات السطوع المنخفض والحرارة المنخفضة في أسفل يمين الشريط وتقع النجوم الزرقاء ذات الحرارة العالية والسطوع العالي في أعلى يسار الشريط.

منطقة العمالقة الحمراء والعمالقة الضخمة: نجد العمالقة الحمراء Red giant والعمالقة الحمراء الضخمة Red supergiant في أعلى يمين المخطط وهي نجوم ذات حجم هائل، بقطر أكبر من الشمس ب 200 إلى 800 مرة، ولذا هي أسطع من نجوم التتابع الرئيسي، ولكن أبرد بسبب انتهاء عمليات الاندماج النووي وإطلاق الطاقة.

منطقة الأقزام البيضاء: أخيراً، نرى مجموعة من النجوم ذات درجات حرارة شديدة ولمعان منخفض وحجم صغير جداً بقطر يتراوح من عدة آلاف إلى 10 آلاف كيلومتر، تقع هذه النجوم في أسفل يسار المخطط وتسمى الأقزام البيضاء.



الشكل 1-12 مخطط H-R الذي يوضح مواقع النجوم بحسب درجة الحرارة واللمعان.



تجربة
عملية

نمذجة اختلاف ألوان النجوم

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

Star Remnants

بقايا النجوم



الشكل 13-1 سديم هيليكس الكوكبي.

تعيش النجوم لملايين، ومليارات، بل وحتى مئات المليارات من السنين، وتحدد كتلة النجم كيفية انتهاء حياته. كتل النجوم المنخفضة التي تساوي 1.4 كتل شمسية أو أقل عندما ينتهي الهيدروجين في لبه تتوقف التفاعلات النووية ويتقلص اللب وينهار على نفسه ويترد الطبقات الخارجية إلى الخارج مما يسبب تمدد وتوسع النجم إلى أضعاف نصف قطر النجم الأصلي، وهذا التمدد يؤدي إلى تبريد الطبقات الخارجية ويصبح النجم عملاقاً أحمر، هناك عدة عمالقة حمراء يمكن مشاهدتها في السماء ليلاً، مثل: الدبران Aldebarán والسمالك الرامح Arcturus وقلب العقرب Antares ومنكب الجوزاء Betelgeuse.

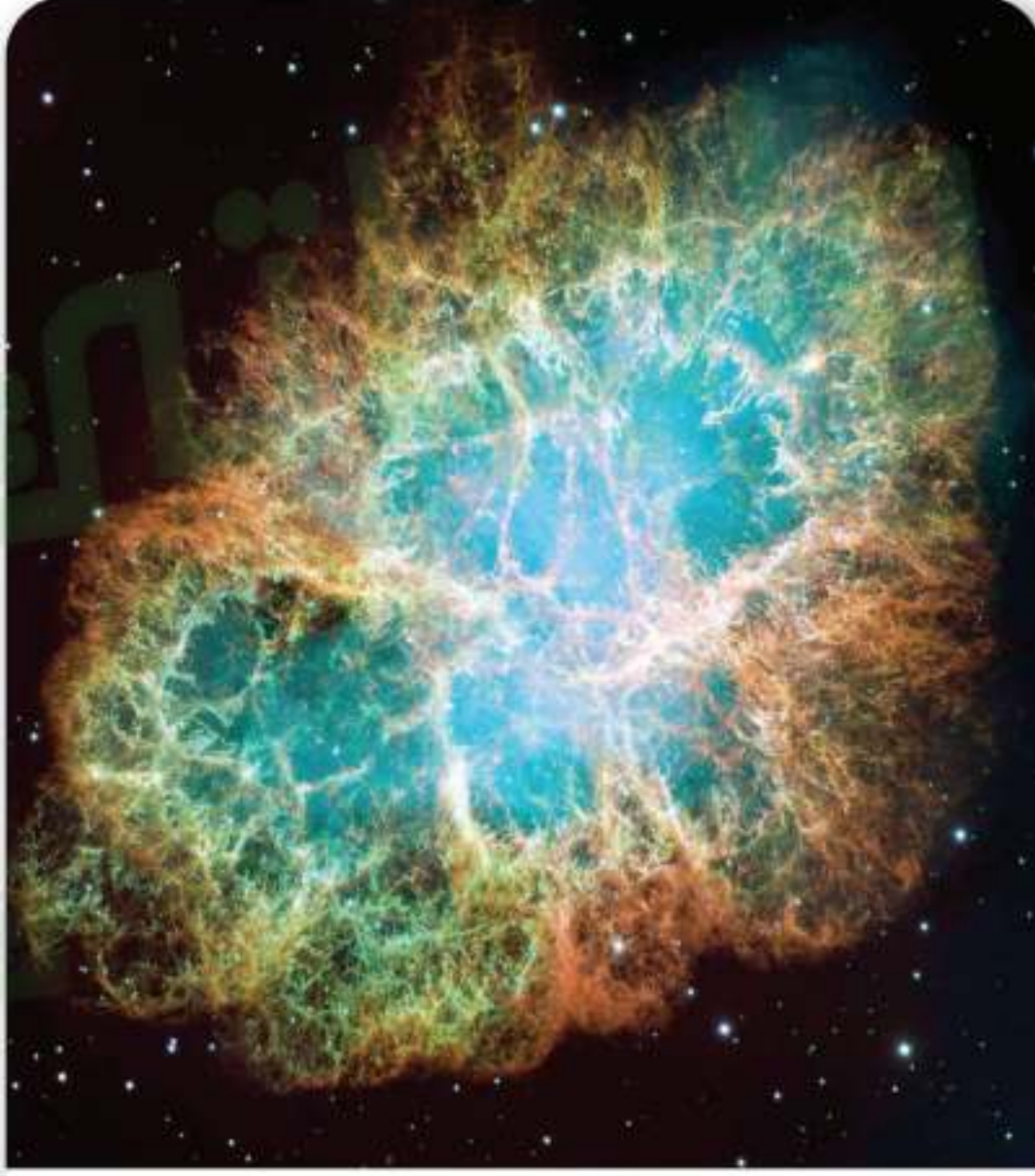
إذا كان النجم ذا كتلة كافية، يصبح اللب المنهار ساخناً بدرجة كافية لبدء سلسلة تفاعلات لعناصر أثقل من الهيدروجين وتنتج عناصر أثقل فتبدأ تفاعلات الهيليوم، ثم تفاعلات الكربون، ثم تفاعلات النيون إلى أن تصل إلى الحديد في اللب وتتوقف التفاعلات النووية وتبدأ نقطة النهاية للنجم منخفض الكتلة حيث يطرد طبقاته الخارجية إلى الفضاء مشكلاً منظراً جميلاً مضيئاً يعرف بالسديم الكوكبي الشكل 13-1 وسمي سديم كوكبي Planetary Nebula: لأنه عندما كان يرى من تلسكوب صغير كان يشبه إلى حد ما الكواكب الغازية.

بعد طرد الطبقات الخارجية للنجم يبقى اللب فقط ويصبح قرماً أبيض White Dwarf، وهو نجم شديد الحرارة بسبب الحرارة المتبقية من التفاعلات النووية، وذو كثافة عالية جداً حيث إن كتلته تساوي كتلة الشمس وحجمه بحجم الأرض.

على مدى عدة مليارات من السنين، ستنخفض درجة حرارة ولمعان القزم الأبيض وينتهي حياته على شكل رماد بارد داكن من الكربون يُعرف باسم القزم الأسود Black Dwarf.

أما إذا كان النجم بكتلة عالية تصل إلى 8-10 أضعاف كتلة الشمس، تتغلب قوة الجاذبية على قوة الضغط فينهار النجم على نفسه في ثوانٍ معدودة مما يسبب انفجار النجم بمشهد عظيم قاذفاً جميع العناصر إلى الفضاء ويسمى مستعر أعظم Supernova الشكل 14-1.

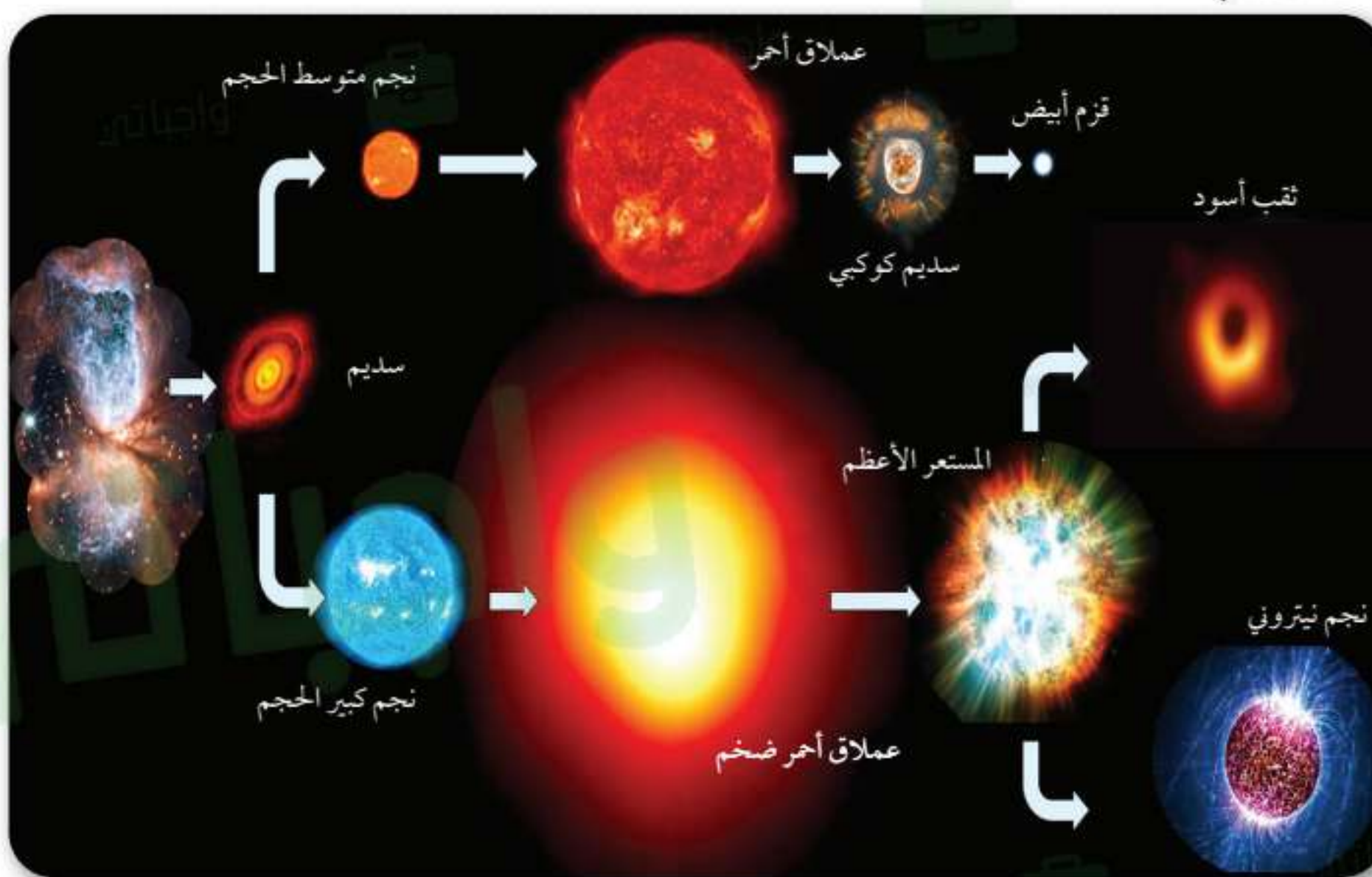
المستعر الأعظم يخلف وراءه إما نجماً نيوترونياً أو ثقباً أسود بحسب كتلة اللب المنهار، إذا كانت كتلة لب النجم ما بين 1.5 إلى 3 كتل شمسية، يستمر الانهيار حتى تتحد الإلكترونات والبروتونات لتشكيل النيوترونات وينتج النجم النيوتروني Neutron Stars، وهي نجوم كثيفة جداً يبلغ قطرها المتبقي حوالي 16 كيلومتراً فقط، وتدور بسرعة حول محورها، عادةً من 20 إلى 50 مرة في الثانية مكونة مجالاً



الشكل 14-1 سديم السرطان، وهو بقايا نجم ضخم من مجرتنا، تمت رؤية انفجاره في عام 1054.

مغناطيسيًا قويًا يسرع الجسيمات الذرية حول الأقطاب المغناطيسية وتنتج حزم إشعاع قوية يتم رصدها بالتلسكوبات الراديوية، إذا كان النجم بزاوية مناسبة لرصد تلك الإشعاعات فإنها تكون كنضات بسبب دوران النجم السريع ويسمى في هذه الحالة النجم النيتروني بالنجم النابض، أما إذا كان اللب المنهار أكبر من 3 كتل شمسية فإنه ينهار تمامًا ليشكل ثقبًا أسودًا **Black Hole**، وهو جسم كثيف بشكل هائل وتكون جاذبيته قوية جدًا وكما يوحي اسمه، لا يمكن للمادة أو الإشعاع الهروب منه.

يمتزج الغبار والغاز الذي خلفه المستعر الأعظم في النهاية مع الغاز والغبار بين النجوم، مما يزودها بالعناصر الثقيلة والمركبات الكيميائية الناتجة أثناء الموت النجمي. في النهاية يتم إعادة تدوير هذه المواد، مما يوفر للبنات الأساسية لجيل جديد من النجوم الشكل 1-15 يلخص دورة حياة النجوم.



الشكل 1-15 دورة حياة النجوم.

تجربة

2. أحضر مصباحًا كهربائيًا آخر.
3. سلط ضوء كل من المصباحين على شاشة بيضاء كلاً على حده، وبنفس البعد عن الشاشة.
4. راقب حجم ضوء كلا المصباحين.
- التحليل **الحل في الصفحة التالية**
5. أي المصباحين سطوعه أكبر؟
6. ما العوامل التي ترى أن لها دورًا في تغير سطوع المصباحين؟ وهل الأمر ينطبق على النجوم أيضًا؟

العلاقة بين سطوع النجوم وحجمها

نلاحظ أن النجوم لها سطوع في الليل بإضاءات مختلفة. فهل هناك عوامل تؤثر في كمية إضاءة النجوم؟

خطوات العمل

1. غطِ عدسة أحد المصابيح الكهربائية برقاقة قصدير، وقم بثقب مركز الرقاقة.

التحليل

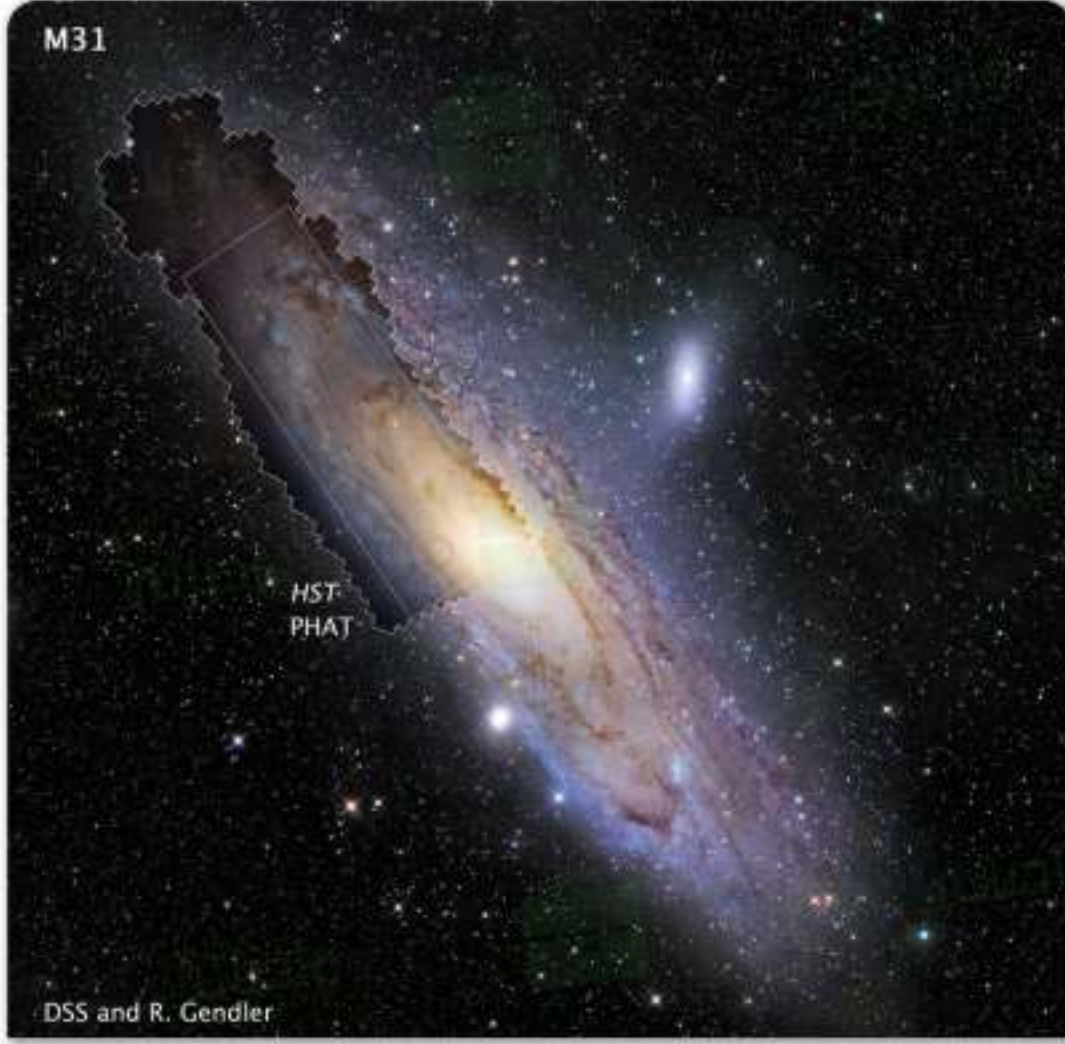
5. أي المصباحين سطوعه أكبر؟

للمصباح غير المغطى سطوعاً أكبر من المصباح المغطى برفافة القصدير.

6. ما العوامل التي ترى أن لها دوراً في تغير سطوع المصباحين؟ وهل الأمر ينطبق على النجوم أيضاً؟

القطر: طول قطر فتحة المصباح، والأمر ينطبق على قطر النجم، فكلما كان أكبر كان سطوعه أكبر.

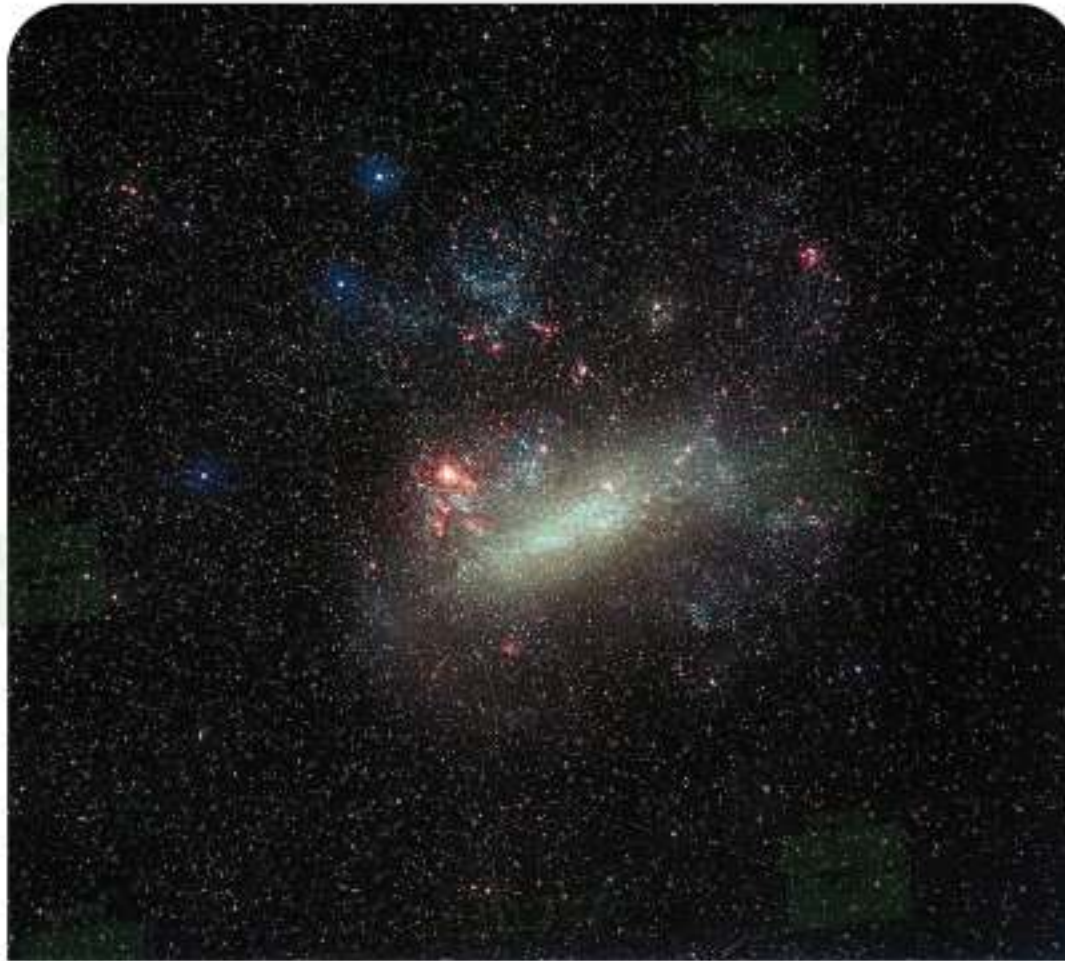
المسافة: كلما كان بعد المصباح عن الشاشة أكبر قل سطوعه، والأمر ينطبق كذلك على بعد النجم عن الأرض، فكلما زادت المسافة بين النجم والأرض قل سطوعه.



الشكل 16-1 مجرة المرأة المسلسلة إحدى المجرات الحلزونية.



الشكل 17-1 مجرة NGC 1316 البيضاوية.



الشكل 18-1 مجرة سحابة ماجلان الكبرى غير المنتظمة.

المجرات Galaxies

المجرات Galaxies عبارة عن مجموعات هائلة من النجوم والغاز والغبار المرتبطة ببعضها بفعل الجاذبية وهي مصدر كل النجوم؛ لأن النجوم لا تولد خارج المجرات. ويختلف عدد النجوم في المجرات اختلافاً كبيراً، على سبيل المثال، في بعض المجرات العملاقة، قد يكون هناك أكثر من تريليون نجم وفي المجرات القزمة الصغيرة قد يكون هناك بضع مئات من الآلاف فقط.

تأتي المجرات في مجموعات متنوعة من الأشكال والأحجام، ويمكن تصنيف المجرات إلى ثلاث فئات رئيسية:

1. المجرات الحلزونية Spiral Galaxy

هي مجرات تظهر على شكل أقراص مسطحة مع انتفاخات صفراء في مركزها ذات تركيز عالٍ جداً من النجوم. منطقة القرص تكون ممتلئة بالغبار والغاز كما هو الحال في درب التبانة. أكثر ما يميزها هو الأذرع الحلزونية، تتميز هذه الأذرع بكثافة أعلى من الغاز والغبار وهي مواقع ولادة النجوم وتبدو أكثر سطوعاً مقارنةً ببقية القرص بسبب النجوم الساطعة المتكونة حديثاً. المجرات الحلزونية لديها نسبة أعلى بكثير من النجوم الصغيرة بالعمر على عكس المجرات البيضاوية التي تكثر فيها النجوم القديمة. وتنتمي مجرتنا (مجرة درب التبانة) وأيضاً مجرة المرأة المسلسلة الشكل 16-1 إلى المجرات الحلزونية.

2. المجرات البيضاوية Elliptical Galaxy

تظهر المجرات البيضاوية على شكل هياكل بيضاوية الشكل 17-1 مع انخفاض في كثافة النجوم والغاز والغبار، وبالتالي لا يوجد تكوين نجمي جديد. هذه المجرات تكثر فيها النجوم القديمة ذات الكتلة المنخفضة واللون الأصفر والأحمر. وتشكل المجرات البيضاوية 10% إلى 15% من المجرات. وتميل النجوم في المجرات البيضاوية إلى التحرك بطريقة عشوائية أكثر من تلك الموجودة في المجرات الحلزونية.

3. المجرات غير المنتظمة Irregular Galaxy

هناك أيضاً فئة من المجرات تعرف بالمجرات غير المنتظمة، والتي ليس لها بنية منتظمة. ويعتقد علماء الفلك أن الأشكال المشوهة للمجرات غير المنتظمة قد تكون ناجمة عن جاذبية المجرات المجاورة مثل سحابتي ماجلان Magellanic Clouds، وهما مجرتان قزمتان غير منتظمتان، تعد إحدى أقرب المجرات لمجرة درب التبانة الشكل 18-1.

مجرة درب التبانة Milky Way Galaxy

مجرة درب التبانة مجرة حلزونية تحتوي على أكثر من 200 مليار نجم، المكونات الرئيسة لمجرة درب التبانة كما في الشكل 1-19 هي: القرص الرقيق، ونواة تبدو ككتلة واحدة من شدة تقارب النجوم، ويحيط بالنواة أذرع حلزونية الشكل بالإضافة إلى هالة ضخمة. وتحتوي الأذرع على سحب كثيفة من الغاز والغبار؛ لذلك لا نشاهد النجوم حديثة الولادة إلا على أذرع المجرة، وهذا يفسر اللمعان الشديد لها.

تقع الشمس على الحافة الداخلية لذراع الجبار الشكل 1-20 وتتحرك الشمس بسرعة 200 km/s وبالتالي تكمل دورة كاملة حول مركز المجرة كل 200 مليون سنة.

✓ **ماذا قرأت؟ ما موقع نظامنا الشمسي من مجرة درب التبانة؟**

يقع نظامنا الشمسي في مجرة درب التبانة على الحافة الداخلية لذراع الجبار ، على بعد حوالي ٣٠ سنة ضوئية من مركز المجرة.

تركيب مجرة درب التبانة

Structure of Milky Way Galaxy

تركيب مجرة درب التبانة من:

1. قرص المجرة Galaxy Disk

هو قرص بقطر يساوي 100 ألف سنة ضوئية يحتوي على نجوم صغيرة نسبياً مقارنة بالنجوم الموجودة في الهالة. كما أنه يحتوي على كمية كبيرة من الغاز والغبار والعديد من مناطق التكوين النشط للنجوم. تقع المجموعة الشمسية على بعد 30 سنة ضوئية من مركزها على حافة ذراع الجبار.

2. نواة المجرة Galaxy Bulge

تحتوي منطقة نواة المجرة على كثافة عالية من النجوم وبقيايا المستعر الأعظم والغاز والغبار، وتبين ملاحظات الراديو والأشعة السينية على وجود ثقب أسود في نواة المجرة، ويحيط بالنواة سحب كثيفة تخفي ما يدور بداخلها.

3. هالة المجرة Galaxy Halo

هي هالة معتمة تحيط بالقرص وتشكل نسبة عالية من كتلة المجرة، تحتوي الهالة على غاز وغبار ضئيل، وبالتالي لا يوجد تكوين نجمي ؛ لذا تكثر فيها النجوم الكبيرة بالعمر والقديمة.



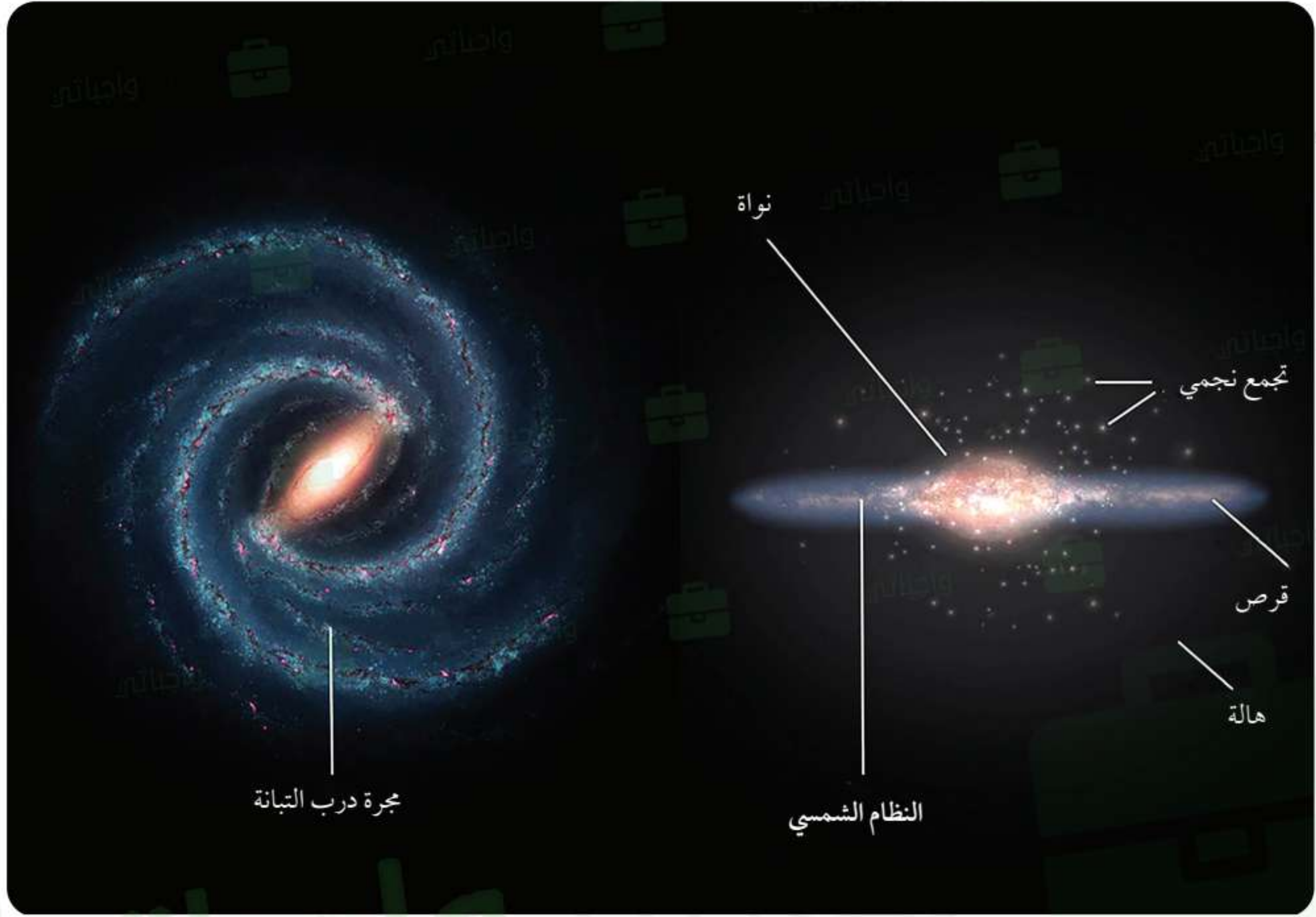
تمكن الروسي راشد سنييف الفائز بجائزة الملك فيصل في العلوم لعام 2009 م من ابتكار نموذج لدراسة كتلة الثقوب السوداء.



الربط مع تاريخ علماء الإسلام



كان للعلماء المسلمين دور بارز في اكتشاف المجرات لأول مرة؛ حيث لاحظ الفلكي عبدالرحمن الصوفي مجرة أندروميديا Andromeda في كوكبة المرأة المسلسلة وسماها لطخة سديمية.



الشكل 19-1 تركيب مجرة درب التبانة.

رؤية 2030 للتقليل من تلوث البيئة

Vision 2030 to reduce light pollution

أفاد مجموعة من علماء البيئة مؤخراً أن أكثر من ثلث سكان العالم لم يعودوا قادرين على رؤية نجوم درب التبانة حتى في أكثر الليالي صفاء، وذلك بعد أن تسبب الإنسان في إحاطتها بغيمة مضيئة مصدرها المصابيح الموجهة للسماء. ولذلك لجأت بعض الدول كالسعودية إلى إعداد متنزهات للاستمتاع بنجوم درب التبانة كما في مدينة (تروجينا) بمشروع نيوم.



الشكل 20-1 صورة افتراضية لموقع الشمس في مجرة درب التبانة.



تجربة رحلة صاحب السمو الملكي الأمير سلطان بن سلمان
لرصد الأشعة السينية في الفضاء
تم ذلك بواسطة المركبة "سبارتان" التي كانت مهمتها إعداد
خارطة توضح مدى انتشار أشعة إكس وتوزيعها، والمنبعثة من
مصادر كونية موجودة في مركز درب التبانة. وكان من ضمن
المهمة أيضاً دراسة خصائص الثقب الأسود المتواجد بمركز
مجرتنا.

التفكير الناقد

علاقة تمدد الكون بالمجرات

أثبت هابل أن الكون ليس ثابتاً؛ وإنما يتمدد. بعد
ذلك بعقودٍ رصد التلسكوب هابل الفضائي
مستعراتٍ عظمى بعيدة (السوبرنوفا) تتباعد عن
بعضها، ووجد أن الكون منذ زمنٍ طويلٍ كان
يتمدد.

التحليل

ما أبرز الاحداث المتوقعة التي يمكن أن تطرأ بين
مجرتنا ومجرة إندروميديا نظراً لكونها أقرب مجرة إلينا؟



نظراً لقرب مجرة درب التبانة والإندروميديا من بعضهما ، توجد العديد من
الاحتمالات المستقبلية والأحداث المتوقعة بينهما، ومنها:

١. **تداخل مدارات المجرتين:** من المتوقع أن تتداخل مدارات النجوم في كلا
المجرتين بعد مليارات السنين، وقد تؤدي هذه الظاهرة إلى تشوهات في
هياكل النجوم وتغيرات في توزيع الكتل، مما قد يؤدي في النهاية إلى تشكيل
هياكل جديدة لكلا المجرتين.

٢. **اندماج المجرتين:** يتوقع أن تندمج مجرة الإندروميديا ومجرة درب التبانة،
ويختلط الغاز في كلا المجرتين، وعندها ستقذف نجوم من المجرة، وستتدمر
نجوم أخرى أثناء اصطدامها بالثقوب السوداء الهائلة المندمجين للمجرتين،
وستتدمر البنية الحلزونية لكلا المجرتين أثناء تحولهما إلى مجرة واحدة
علاقة بيضاوية الشكل.

التقويم 2-1

فهم الأفكار الرئيسية

1. قارن بين المراحل الثلاثة الرئيسية لولادة نجم .

المرحلة	ما يحدث فيها
الأولى	تنكمش سحابة الغاز والغبار بفعل الجاذبية، ويتكون النجم الأولي .
الثانية	يزداد الضغط وترتفع درجة حرارة اللب المنكمش.
الثالثة	عندما تبلغ الحرارة نحو 10-15 مليون درجة مئوية تبدأ تفاعلات الاندماج النووي، فيتحول الهيدروجين إلى هيليوم وتبدأ حياة النجم.

2. ما هو مصدر الطاقة الرئيسي الذي يجعل نجماً من التسلسل الرئيسي يضيء في الفضاء؟

تفاعلات الاندماج النووي في لب النجم؛ حيث تندمج نوى الهيدروجين لتكوين الهيليوم، وتنطلق كميات هائلة من الطاقة.

3. ما أهمية المستعر الأعظم في توليد نجم جديد؟

يمتزج الغاز والغبار الذي يقذفه المستعر الأعظم مع المادة الموجودة بين النجوم ويزودها بالعناصر الثقيلة والمركبات الكيميائية؛ فتعاد هذه المواد إلى الفضاء لتكون **اللبات الأساسية لتكوين جيل جديد من النجوم.**

4. كم عدد أذرع مجرة درب التبانة؟ وعلى أي أذرعها تقع شمسنا؟

تتكون مجرة درب التبانة - وفق النموذج المعتمد في الكتاب - من أربعة أذرع، وتقع الشمس على الحافة الداخلية لأذرع الجبار.

التفكير الناقد

5. كيف يتحقق علماء الفلك من صحة نظرية في التطور النجمي؟

يرصد علماء الفلك أعداداً كبيرة من النجوم في مراحل وأعمار مختلفة، ويحددون درجات حرارتها ولمعانها وأنواعها الطيفية ومواقعها على **مخطط هرتزبرونغ - راسل (H-R)**، ثم يقارنون هذه المشاهدات بما تتنبأ به النظرية؛ فإذا تطابقت النتائج دعمت صحة النظرية.

التقويم 2-1

الكتابة في علم الفلك

6. ابحث في كيفية استطاعة الفلكيين -مستقبلاً- تطوير معداتهم لتصبح قادرة على رصد الثقوب السوداء وتصويرها بسهولة؟

يمكنهم إضافة مزيد من التلسكوبات الراديوية في مناطق متباعدة من العالم وربطها بتقنية التداخل ذي القاعدة الطويلة جداً (VLBI)؛ لتعمل معاً كتلسكوب افتراضي بحجم الأرض.

كما يمكن تطوير مستقبلات أكثر حساسية تعمل بأطوال موجية قصيرة، وزيادة سرعة تسجيل البيانات ونقلها، واستخدام تلسكوبات فضائية وخوارزميات معالجة أكثر تطوراً.

وتعمل خطة تلسكوب أفق الحدث من الجيل الجديد (ngEHT) بالفعل على زيادة عدد الهوائيات، والرصد عند طولين موجيين، وتطوير معالجة البيانات لإنتاج صور أوضح، بل ومقاطع متحركة للثقوب السوداء.

تنبيه علمي: لا يُصوّر الثقب الأسود نفسه؛ لأنه لا يسمح للضوء بالهروب، وإنما تصوّر منطقة الظل والغاز المضيء المحيط به. وقد أمكن ذلك باستخدام مجموعة تلسكوبات راديوية مترابطة تعمل كتلسكوب بحجم الأرض.

التقنية والفضاء

Technology and astronomy

عدة أيام في أبريل / نيسان 2017، وتم تركيز ثمانية تلسكوبات راديوية في هاواي وأريزونا وإسبانيا والمكسيك وتشيلي والقطب الجنوبي على الثقبين الأسودين ساجيتارياس أو M87، حيث شكلت هذه التلسكوبات المجتمععة تلسكوباً افتراضياً واحداً بقطر 12000 كيلومتر، أي بقطر كوكب الأرض. في النهاية، كان M87 الخيار الأفضل للتصوير، ولا يرصد التلسكوب الثقب الأسود في حد ذاته، ولكنه يرصد المادة التي يجمعها والتي تشكل قرصاً لامعاً من الغازات الساخنة والبلازما البيضاء المعروفة باسم قرص التراكم **accretion disk**.



كيف تم تصوير الثقب الأسود؟

كشف علماء الفلك عام 2019 عن أول صورة حقيقية لثقب أسود تم التقاطها عبر تلسكوب أفق الحدث EHT. وتبدو صورة النواة المظلمة المحاطة بهالة برتقالية اللون من الغاز الأبيض الساخن والبلازما مثل العديد من الصور الفنية التي تم نشرها على مدار الثلاثين عاماً الماضية، لكن في هذه المرة كانت الصورة حقيقية. تعود هذه الصورة لثقب أسود هائل الكتلة تبلغ كتلته 6,5 مليار ضعف كتلة الشمس، ويقع في قلب مجرة M87 التي تبعد عن الأرض مسافة 50 مليون سنة ضوئية. تركزت معظم التكهنات على المرشح الآخر المستهدف من قبل تلسكوب أفق الحدث، وهو الثقب الأسود الموجود في مركز مجرتنا درب التبانة والمسمى ساجيتارياس أو **Sagittarius A***، والذي يبعد عن الأرض مسافة 26000 سنة ضوئية.



استنتج لماذا كان تصوير الثقب الأسود مهماً؟

تعد دراسة الثقوب السوداء وتصويرها جزءاً من دراسة الكون وتطوره وتمدده عبر الزمن، فوجود هذه الثقوب مرتبط بنشوء المجرات وتطورها، ولها تأثير كبير على كافة مكونات المنظومة الكونية.

تشابه صعوبة تصوير الثقب الأسود الهائل الخاص بمجرة M87 من على بعد هذه المسافة صعوبة تصوير قطعة من الحصى على القمر، وبدلاً من بناء تلسكوب عملاق من شأنه أن ينهار تحت ثقله الخاص، قام العلماء بدمج العديد من المراصد حول العالم على مدار

مختبر الفضاء

قانون هابل في القرن وفي الكون!

6. ما نوع علاقة الخط المستقيم بين سرعة القطع والمسافات؟ وبماذا يمكن تفسيره؟

يمثل معدل تمدد الكعك بميل الخط المستقيم الذي رسمته، ويمكنك حساب الميل من قياسات أي نوعين من القطع على سبيل المثال (القطع B)، F، كالآتي:

$$\text{الميل} = \frac{B \text{ السرعة} - F \text{ السرعة}}{B \text{ المسافة} - F \text{ المسافة}}$$

7. احسب ميل الخط الآن، وسجل إجابتك في ورقة العمل. ونظراً لأن الكعك هو بديل لكوننا، يمكنك اختبار التوسع المنتظم للكون بوسائل مماثلة، بمعنى آخر عن طريق قياس وتخطيط سرعات ومسافات المجرات، كما فعل أدوين هابل في عشرينات القرن الماضي. لاحظ الجدول التالي الذي يحتوي على بيانات ذات الصلة بالعديد من المجرات.

مسافة وسرعة عدة مجرات		
اسم المجرة	المسافة (مليون فرسخ)	السرعة (كيلومتر / ثانية)
العذراء	19	1,200
الدب الأكبر	300	15,000
الأكليل الشمالي	430	21,600
العواء	770	39,300
الشجاع	1,200	61,200

8. مثل بيانات الجدول السابق لمسافات المجرات وسرعاتها.

التحليل والاستنتاج

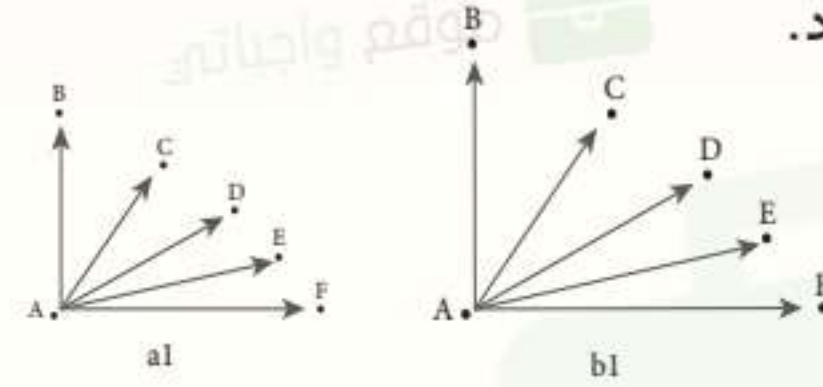
1. ارسم الخط المستقيم الذي يناسب نقاط البيانات على أفضل وجه (ليس من الضروري أن يمر الخط عبر جميع النقاط).
2. كما ترى عندما يتم رسم سرعات المجرات مقابل مسافات ابتعادها فإنها تظهر علاقة خط مستقيم، وقد أطلق العلماء على النتيجة اسم قانون هابل $H_0 = \frac{V}{D}$
3. وبجانب تشبيه الكعك بالكون، ما الذي يشير إليه قانون هابل بشأن الحالة العامة للكون؟

يشير الى توسع ثابت للكون.

4. احسب معدل تمدد الكون والذي يسمى ثابت هابل عن طريق حساب ميل قانون هابل.

$$H = \frac{39300 - 15000}{700 - 300} = 60.7$$

خلفية علمية لفهم طريقة إثبات العالم هابل ما إذا كان الكون ثابتاً أو في حالة حركة معينة، سنبدأ بتشبيه الكون كالكعك الذي عليه قطع شوكولاتة. الشكل (a1) يمثل الكعك قبل إدخاله الفرن والشكل (b1) يمثل الكعك بعد خبزه بالفرن بعد مرور ساعة واحدة، حيث يظهر الشكلين مسافة قطع الشوكولاتة B، C، D، E، F عن القطعة A قبل وبعد إدخاله الفرن. لنفرض أنه تغير موقع القطع. أُعطي التغير مسافة بوحدة cm، حيث يتضاعف حجم الكعك إلى ضعف حجمه الأصلي، أي أن كل مسافة تضاعفت إلى ضعف ما كانت عليه من قبل، وسنسمي هذه الزيادة في المقياس الكلي عامل التمدد.



سؤال كيف يستطيع العلماء حساب تمدد الكون والذي يسمى ثابت هابل باستخدام قانون هابل؟

الأدوات

- خليط كيك للخبز .
- ورق .
- عدد من قطع الشوكولاته .
- أقلام .

إجراءات السلامة خطوات العمل

1. ما مسافة القطعة B عن القطعة A بعد ساعة من خبز الكعك؟ (لا تستخدم المسطرة لقياس المسافة). استخدم الأرقام وعامل التمدد المعطى مسبقاً لصياغة المقياس الخاص بك. سجل إجابتك في ورقة العمل ثم اكتب كل مسافة بجانب السهم المقابل لها في الجزء b1.
2. كرر العملية (مع القطع من C إلى F).
3. قم بحساب سرعة كل قطعة شوكولاتة بأخذ المسافة التي تحركتها القطع، وقسمتها على الفترة الزمنية التي تبلغ ساعة واحدة. سجل سرعة كل قطعة على ورقة العمل.
4. مثل السرعة والمسافة المقطوعة بيانياً.
5. هل تقع نقاط البيانات الخاصة بك تقريباً بمحاذاة خط مستقيم؟ إذا كان الأمر كذلك ارسم الخط المستقيم في الرسم البياني الذي يناسب البيانات بشكل أفضل.

دليل مراجعة الفصل

1

الفكرة العامة خلق الله سبحانه وتعالى الكون، وما به من مجرات، ونجوم، وكواكب. وهو في حالة توسع دائم.

المفردات	المفاهيم الرئيسية
1-1 نشأة الكون	الفكرة الرئيسية تعرف طبيعة الكون ونشأته وعرض طرائق فلكية لتحديد عمر الكون. • يمكن وصف الكون بأنه فضاء شاسع يحتوي على أعداد ضخمة لا حصر لها من الأجرام السماوية. • تعتمد نظرية الانفجار العظيم على أن الكون كان بالماضي في حالة شديد الكثافة والحرارة فتمدد وكان جزءاً واحداً عند نشأته. • يتم حساب عمر الكون بواسطة: حساب ثابت هابل الذي ينص على أن السرعة التي تبتعد بها مجرة تناسب طردياً مع مسافتها عن الأرض: $H_0 = \frac{V}{D}$
1-2 النجوم والمجرات	الفكرة الرئيسية وصف مراحل دورة حياة النجوم، وتحديد موقعنا في مجرة درب التبانة. • تولد النجوم في السحب الجزيئية وتمر بعدة مراحل أهمها: - التقلص الثقالي لسحابة غاز وغبار. - ارتفاع درجة الحرارة الداخلية والضغط الداخلي. - الاندماج النووي. • يتيح مخطط التتابع الرئيسي فهم دورة حياة النجم عند تحديد موضعه في المخطط. • دورة حياة نجم ما هو تطور يطرأ على النجم بمرور الزمن. • تتكون مجرة درب التبانة من نواة تحوي كثافة نجمية عالية تحيط بها هالة تحوي نجوماً كبيرة وقديمة، وقرص به عدد من النجوم الصغيرة. • تم تقسيم المجرات إلى ثلاثة أنواع بحسب شكلها: - حلزونية. - بيضاوية. - غير منتظمة.

مراجعة المفردات

قارن بين المفردات الآتية:

1. علم الكون وعلوم الفضاء.
علم الكون: دراسة نشأة الكون وتطوره وبنيته منذ نشأته حتى الوقت الحاضر.
علوم الفضاء: دراسة استكشاف الفضاء والمهمات الفضائية، مثل إطلاق الصواريخ والمسابير والأقمار الاصطناعية.
2. الثقب الأسود والقزم الأسود.
الثقب الأسود: جسم شديد الكثافة والجاذبية، لا تستطيع المادة ولا الإشعاعات الهروب منه، وينتج عن انهيار لب نجم ضخم.
القزم الأسود: البقايا الباردة والمظلمة التي يتوقع أن يصل إليها القزم الأبيض بعد أن يفقد حرارته ولمعانه خلال مليارات السنين.
3. النجم النيوتروني والقزم الأبيض.
النجم النيوتروني: بقايا شديدة الكثافة لنجم ضخم انفجر مستعراً أعظم، ويبلغ قطره نحو ١٦ كيلومتراً ويتكون معظمه من النيوترونات.
القزم الأبيض: اللب الساخن المتبقي من نجم منخفض الكتلة بعد طرده طبقاته الخارجية، ويكون حجمه قريباً من حجم الأرض.
4. المجرة البيضاوية والمجرة الحلزونية.
المجرة الحلزونية: لها قرص مسطح وأذرع حلزونية غنية بالغاز والغبار، وتكثر فيها النجوم الحديثة.
المجرة البيضاوية: بيضاوية الشكل، قليلة الغاز والغبار، وتكثر فيها النجوم القديمة، ويقل أو ينعدم فيها تكون النجوم الجديدة.

أسئلة بنائية

10. تتبع تحول المستعر الأعظم إلى نجم نيوتروني.

نجم ضخم ← عملاق أحمر ضخم ←
انهيار اللب وانفجار مستعر أعظم ←
إذا كانت كتلة اللب المنهار بين ١,٥ و ٣ كتل
شمسية تتحد الإلكترونات والبروتونات لتكوين
النيوترونات فينشأ نجم نيوتروني.

11. فسر كيف يتحول العملاق الأحمر إلى نجم قزم
أبيض.

عندما تتوقف التفاعلات النووية في العملاق
الأحمر، يطرد طبقاته الخارجية مكوناً سديماً
كوكبياً، ويبقى لبه الساخن والكثيف على
هيئة قزم أبيض.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

5. جرم غازي متألق تتولد الطاقة في باطنه بواسطة

تفاعلات الاندماج النووي.

- a. النجم. b. السديم.
c. الكوكب. d. المجرة.

6. سحب تتكون من جزيئات الهيدروجين والهيليوم.

- a. السحب الذرية. b. السحب المتأينة.
c. السحب الجزيئية. d. السحب الغبارية.

7. نجوم ذات قطر صغير ودرجات حرارة شديدة

ولمعان منخفض.

- a. الأقزام البيضاء. b. العملاقة الحمراء.
c. النيوترونية. d. المستعر الأعظم.

8. نجوم ذات كثافة عالية يبلغ قطرها المتبقي حوالي 16

كيلومتراً فقط، وتدور بسرعة حول محورها.

- a. النجم النيوتروني. b. العملاقة الحمراء.
c. الأقزام البيضاء. d. الثقوب السوداء.

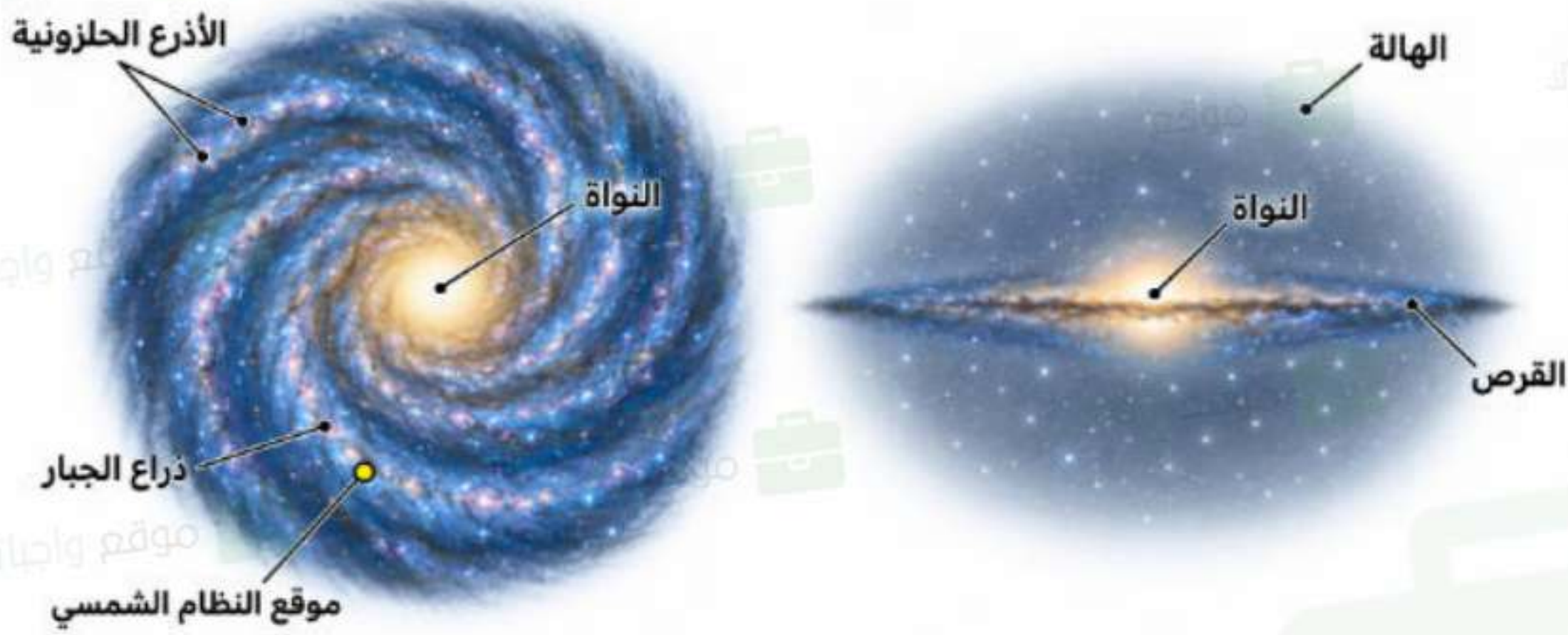
9. جسم ذو كثافة هائلة وجاذبيته قوية جداً، ولا يمكن

للمادة أو الإشعاع الهروب منه.

- a. الأقزام البيضاء. b. العملاقة الحمراء.
c. الثقب الأسود. d. القزم الأسود.

12. وضح بالرسم تركيب مجرة درب التبانة.

تركيب مجرة درب التبانة



13. عدد أنواع المجرات مع ذكر الاختلافات بينهم.

النوع	أهم الخصائص
الحلزونية	قرص وأذرع حلزونية غنية بالغاز والغبار والنجوم الحديثة.
البيضاوية	بيضاوية الشكل، قليلة الغاز والغبار، وتكثر فيها النجوم القديمة.
غير المنتظمة	ليس لها شكل أو بنية منتظمة ، وقد ينتج شكلها عن تأثير جاذبية المجرات المجاورة.

التفكير الناقد

14. دلت القياسات والأرصاء على وجود ثقب أسود في نواة المجرة، وضح كيف تم اكتشاف ذلك؟

من خلال أرصاد **الموجات الراديوية والأشعة السينية**، وملاحظة حركة النجوم والغاز بسرعات كبيرة حول جسم غير مرئي ذي كتلة وجاذبية هائلتين في مركز المجرة.

15. هناك عدة عمالقة حمراء يمكن مشاهدتها في السماء ليلاً، مثل: الدبران Aldebarán والسماك الرامح Arcturus. حسب ملاحظتك لمخطط H-R هل ستظل هذه العمالقة على حالها لملايين السنين القادمة؟ وكيف تفسر رأيك.

لا؛ لأن العمالق الأحمر مرحلة متقدمة وغير دائمة من حياة النجم.

ومع استهلاك الوقود النووي سيطرد النجم طبقاته الخارجية مكوناً سديماً كوكبياً، ثم يتحول ليه إلى **قزم أبيض**.

تقويم الفصل

1

سؤال تحفيز

17. ابحث بشكل مختصر في علاقة الكوازارات بالثقوب السوداء.

الكوازارات هي النوى شديدة السطوع في المجرات البعيدة، وتوجد في مراكزها ثقوب سوداء فائقة الكتلة.

وعندما تسقط المادة نحو الثقب الأسود تسخن في قرص التراكم وتطلق كميات هائلة من الطاقة والإشعاع ؛ لذلك يظهر الكوازار شديد اللمعان.

بحسب مخطط H-R اجب عن الآتي:

18. حدد موقع الشمس في المخطط ؟

تقع الشمس في منطقة شريط التتابع الرئيس، بالقرب من منتصف المخطط؛ فهي نجم أصفر متوسط الحرارة واللمعان.

19. أين تقع النجوم ذات درجات الحرارة المنخفضة واللمعان العالي، وماذا تسمى؟

تقع في أعلى يمين مخطط H-R ، وتسمى العمالقة الحمراء والعمالقة الضخمة.

20. أين تقع النجوم ذات درجات الحرارة العالية واللمعان المنخفض، وماذا تسمى؟

تقع في أسفل يسار مخطط H-R ، وتسمى الأقزام البيضاء.

خريطة مفاهيمية

16. أكمل خريطة المفاهيم التي توضح دورة حياة النجوم بالأجرام التالية:

ثقب أسود - نجم متوسط - عملاق فوق أحمر - السديم الكوكبي.



اختبار مقنن

الأرض، يُلاحظ انضغاط طول موجات الضوء، مما يجعلها تبدو أكثر زرقة، وهذا يُعرف بـ "الانزياح الأزرق". من خلال قياس هذا الانزياح، يمكن لعلماء الفلك حساب سرعة واتجاه حركة المجرة، ومن ثم تقدير المسافات بين المجرات وأبعادها النسبية في الكون. ويمكن للفلكيين باستخدام تأثير دوبلر قياس السرعة الشعاعية للأجرام السماوية (السرعة في اتجاه خط الرؤية). ويستطيع الفلكيون باستخدام تأثير دوبلر أيضًا الكشف عن الكواكب الخارجية بملاحظة التذبذب في حركة النجم الأم. فعندما يدور كوكب حول نجم، فإنه يتسبب في تذبذب النجم بشكل طفيف، ورصد هذا التذبذب من خلال التغيرات في الطيف الضوئي للنجم. باختصار، تأثير دوبلر يلعب دوراً حيوياً في دراسة حركة الأجرام السماوية وفهم ديناميكيات الكون، هذا يساعد في فهم حركة النجوم داخل المجرات وحركة المجرات نفسها داخل الكون.

10. يُستخدم تأثير دوبلر في علم الفلك:

- لتحديد كمية الغبار في الفضاء
- لتحديد أنواع النجوم المختلفة
- لقياس درجات الحرارة في الفضاء
- لقياس سرعة واتجاه حركة الأجسام السماوية مثل المجرات

11. يقصد بالانزياح الأزرق

a. انضغاط في طول موجات الضوء المنبعثة من المجرة التي تتحرك نحو الأرض

b. زيادة في طول موجات الضوء المنبعثة من المجرة التي تتحرك بعيداً عن الأرض

c. تغيير في لون النجوم نتيجة التفاعلات النووية

d. ظاهرة تحدث عند مغادرة المجرات لمجرتها الأم

12. يمكن لعلماء الفلك استخدام تأثير دوبلر لتقدير المسافات بين المجرات بقياس:

a. درجة الحرارة الناتجة عن الضوء المنبعث

b. سرعة واتجاه حركة المجرة بناءً على الانزياح في موجات الضوء

c. التغيرات في لون المجرة بمرور الوقت

d. درجة لمعان النجوم المجاورة

اختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. في مجرة درب التبانة تقع الشمس :

- على حافة ذراع الجبار. c. في هالة المجرة.
- بالقرب من نواة المجرة. d. داخل نواة المجرة.

2. تقع النجوم الصغيرة في العمر في المجرة:

- هالة. b. ذراع. c. قرص. d. نواة.

3. أي النجوم هي الاسخن:

- النجوم الصفراء. c. النجوم الحمراء.
- النجوم الزرقاء. d. النجوم البرتقالية.

4. ما أنواع المجرات الثلاثة؟

a. حلزونية، بيضاوية، دائرية.

b. حلزونية، بيضاوية، وغير المنتظم.

c. دائرية، بيضاوية، وغير المنتظم.

d. كروية، منتظمة، حلزونية.

أسئلة الإجابات القصيرة

5. ماذا يحدث للنجوم ذات الكتل العالية التي تصل الى 10-8 كتل شمسية؟

6. صف طريقة حركة النجوم في المجرات البيضاوية.

7. اذكر حالات تواجد الهيدروجين في الوسط بين النجوم.

8. اذكر بعض الظواهر التي يتم الاستفادة منها من مراقبة الكون.

9. ما التجربة الإقليمية السعودية للتقليل من التلوث الضوئي؟

إجابة سؤال 5 ، 6 ، 7 ، 8 ، 9

في الصفحة التالية

القراءة والاستيعاب

تأثير دوبلر وحركة الاجرام السماوية

في علم الفلك، يُستخدم تأثير دوبلر لقياس سرعة وحركة الأجسام السماوية، بما في ذلك المجرات. عندما تتحرك المجرة بعيداً عن الأرض، يُلاحظ زيادة في طول موجات الضوء المنبعثة منها، مما يجعلها تبدو أكثر احمراراً، وهو ما يُعرف بـ "الانزياح الأحمر". وعلى العكس، عندما تتحرك المجرة نحو

أسئلة الإجابات القصيرة

5. ماذا يحدث للنجوم ذات الكتل العالية التي تصل الى 8-10 كتل شمسية ؟

تتغلب الجاذبية على الضغط داخلها، فينهار النجم على نفسه خلال وقت قصير وينفجر على هيئة **هبة مستعر أعظم**، مخلفاً نجماً نيوترونياً أو ثقباً أسود بحسب كتلة اللب المتبقي.

6. صف طريقة حركة النجوم في المجرات البيضاوية.

تتحرك النجوم فيها **بطريقة عشوائية** أكثر من حركة النجوم في المجرات الحلزونية.

7. اذكر حالات تواجد الهيدروجين في الوسط بين النجوم.

حالات وجود الهيدروجين في الوسط بين النجوم:

- الحالة الذرية H.

- الحالة المتأينة: H⁺.

- الحالة الجزيئية H₂.

8. اذكر بعض الظواهر التي يتم الاستفادة منها من مراقبة الكون.

بعض الظواهر التي يستفاد منها بمراقبة الكون:

شروق الشمس وغروبها ، وتعاقب الليل والنهار ، وتحديد فصول السنة،
ومراحل القمر، والخسوف والكسوف، وتحديد الاتجاهات ومواقيت العبادات.

9. ما التجربة الإقليمية السعودية للتقليل من التلوث الضوئي ؟

إعداد مناطق ومنتزهات ذات سماء مظلمة للاستمتاع برؤية نجوم درب التبانة،
مثل مدينة تروجينا في مشروع نيوم، مع الحد من الإضاءة الموجهة نحو السماء.