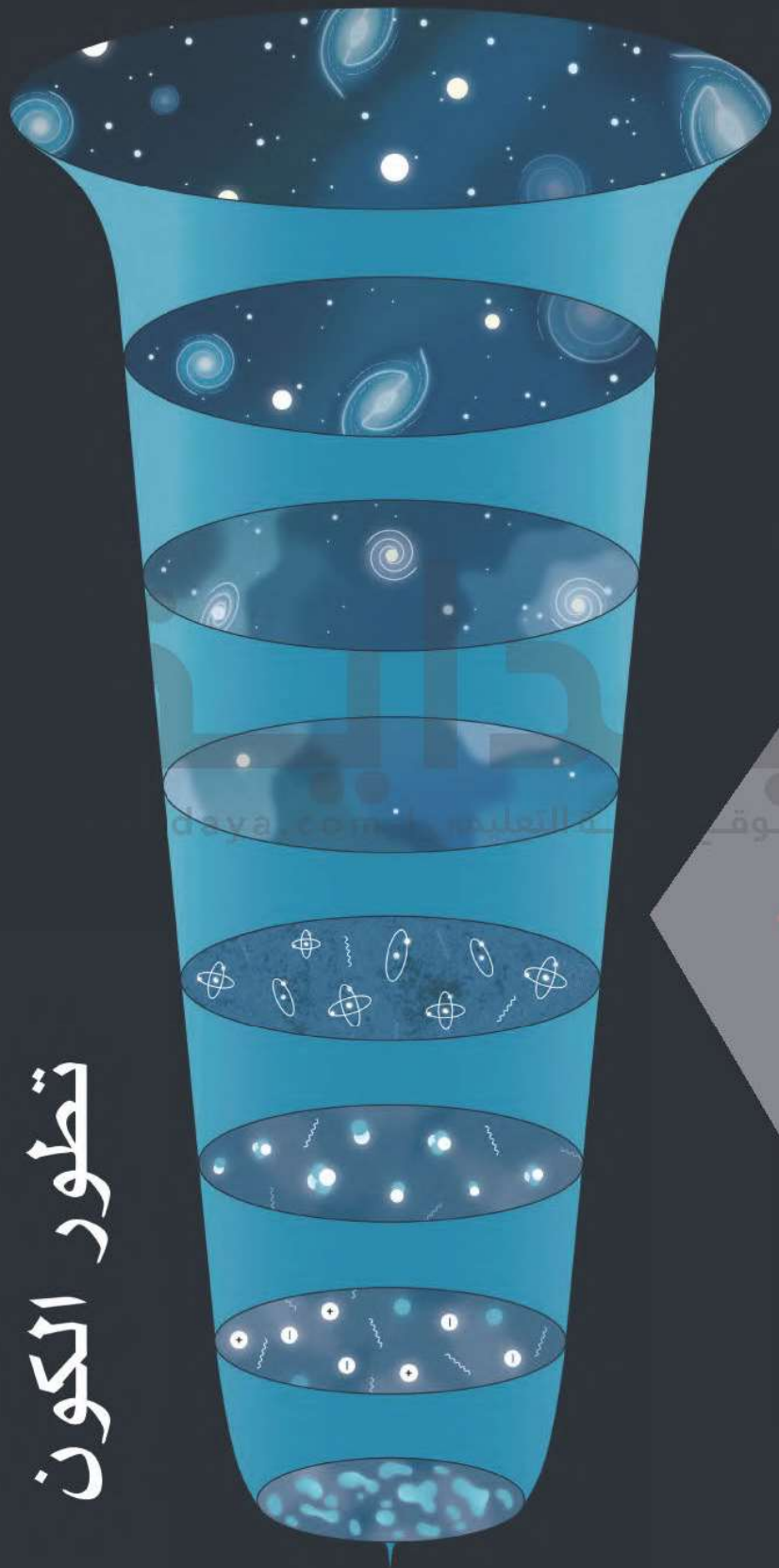
الفصل 1

تطور الكون
Evolution of the Universe



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 الرئيسة تعرف طبيعة الكون ونشأته وعرض طرائق فلكية لتحديد عمر الكون.

1-2 النجوم والمجرات

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

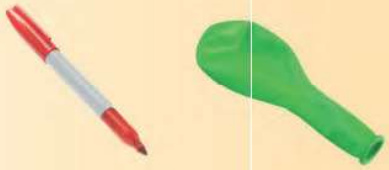
حقائق فلكية

- 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 النيتروني تساوي وزن جبل شاهق على سطح الأرض.

تجربة استهلالية

هل يتمدد الكون كتمدد البالون ؟

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



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.

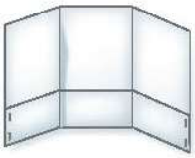
التحليل

1. قارن بين حجم البالون قبل وبعد النفخ.
2. ما ملاحظاتك حول تغير المسافة بين نقاط البالون قبل النفخ وبعده؟
3. قارن بين النقاط على البالون و المجرات في الكون.
4. استنتج ما يحدث للكون.

المطويات منظمات الأفكار

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

الخطوة 1 اثن الطرف السفلي للورقة طوليًّا 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.

جواب 1:

قبل النفخ: البالون صغير والنقاط قريبة من بعضها. بعد النفخ البالون يكبر ويزداد حجمه.

جواب 2:

عندما تنفخ البالون، تلاحظ أن المسافة بين النقاط تزداد؛ كلما اتسع البالون، ابتعدت النقاط عن بعضها أكثر.

جواب 3:

النقاط على البالون تمثل المجرات في الكون. كما تبتعد النقاط عن بعضها عند تمدد البالون، تبتعد المجرات عن بعضها في الكون المتمدد.

جواب 4:

الكون يتمدد باستمرار، والمجرات تبتعد عن بعضها البعض، تمامًا كما تبتعد النقاط على البالون عند نفخه.

موقع بداية

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

1-1

نشأة الكون

The Origin of the Universe

الأهداف

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

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

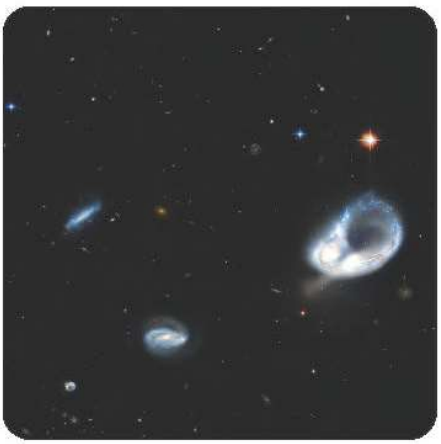
عمر الكون

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

الربط مع الحياة طالما افتتن الناس بروعة السماء و تساءلوا دومًا عن كيفية بداية الكون و عن مآله، و نتيجة لذلك فقد ابتدع العلماء المتخصصين بدراسة الكون يساندهم 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**. لفهم نشأة الكون يعمل على توسيع ادراكنا لما حولنا وخارج كوكبنا، فمثلًا 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 واستنتجو 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 ٱلَّذِى جَعَلَ لَكُمُ ٱلنُّجُومَ لِتَهْتَدُوا۟ بِهَا فِى ظُلُمَٰتِ ٱلْبَرِّ وَٱلْبَحْرِ ۗ قَدْ فَصَّلْنَا ٱلْءَايَٰتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ ﴾ سورة الأنعام الآية:97.



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

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.

مهن 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 القبب الفلكية لتثقيف الناس بمجال الفلك والفضاء عبر تقديمه عروضًا محاكيه للسماء.

الجدول 1–1 مقارنة بين العلوم المهتمة بدراسة الكون

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

بداية
موقع دارة التعليم

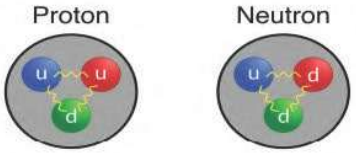
الكون: علم أساسي
Cosmology: The Central science

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 قبولًا 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 1500 تريليون 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 و أصبح بحجم المجموعة الشمسية، امتلأ الكون بكل المادة التي يمكن قياسها. وفي هذه المرحلة اندمجت الكواركات وكونت نيوترونات وبروتونات كما هو موضح في **الشكل 2–1**.



الشكل 2–1 يوضح تشكل النيوترونات والبروتونات من الكواركات.

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

الربط مع الفيزياء

إن نقطة الصفر في مقياس كلفن تعرف بأنها الصفر المطلق. ووفقًا لمقياس كلفن فإن نقطة تجمد الماء (0°C) هي 273K تقريبًا، ونقطة غليان الماء هي 373K تقريبًا. 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 لنظرية الانفجار 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

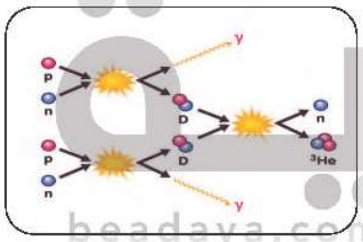
خلال 10^{-43} ثانية كانت درجة الحرارة تزيد عن 10^{32} K، وكانت جميع القوى الطبيعية متحدة وهي القوة النووية والقوة النووية الضعيفة والقوة الكهرومغناطيسية وقوة الجاذبية.

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.



الشكل 3–1 اتحاد النيوترونات والبروتونات لتكوين ذرة الهيليوم.

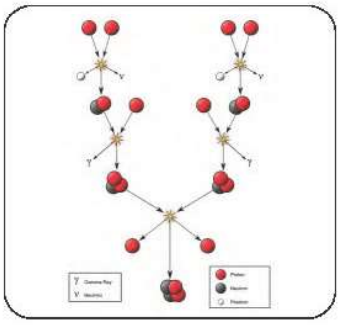
بداية
موقع بداية التعليمي
beadaya.com

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 2–1**.

المرحلة الخامسة

تمدد الكون إلى ألف مرة أكبر من حجم المجموعة الشمسية، ومن ثم اندمجت النيوترونات والبروتونات لتكون نويات ذرات الهيليوم والديوتيريوم (وأحيانًا يسمى «الهيدروجين الثقيل»، وهو الذرة التي تحتوي نواتها على بروتون واحد ونيوترون واحد، وتسمى نواة الديوتريوم) كما هو موضح في **الشكل 3–1**. كل هذا حدث خلال الدقيقة 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 4–1 يوضح التفاعلات النووية الاندماجية لتكوين العناصر والتي تعرف بسلسلة برتون–برتون.

المرحلة السادسة

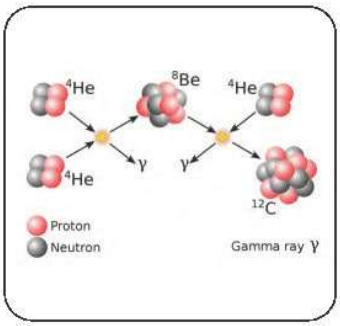
بعد 300 ألف سنة من نشأة الكون ينكمش ألف مرة من حجمه الحالي، ومع انخفاض درجة حرارة الكون أصبحت الظروف مهيأة لتكون الذرات **الشكل 4–1**، ومن ثم تجمعت الذرات مكونة سحب من الغاز والتي تطورت بعد ذلك لتكون النجوم.

المرحلة السابعة

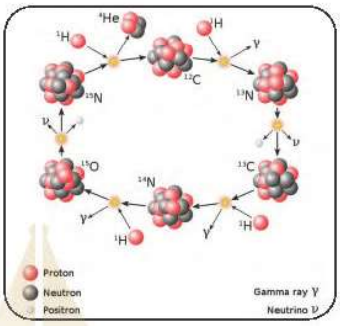
حينما وصل حجم الكون لخُمس حجمه الحالي تكونت النجوم وتجمعت في حشود نجمية كروية وتجمعت الحشود النجمية مكونة فيما يمكن أن يسمى مجرات حديثة الولادة.

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 2–1 والأشكال 4–1، 5–1، 6–1**. وقبل خمسة مليار سنة تشكل نظامنا الشمسي، عندما كان حجم الكون ثلثي حجمه الحالي. وبمرور الوقت، استهلك تكوين النجوم إمدادات الغاز في المجرات، وبالتالي تضاءل عدد النجوم من الجيل الأول. ويتوقع أنه بعد خمسة عشر مليار سنة من الآن، ستكون النجوم مثل شمسنا الحالية.



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



الشكل 6–1 يوضح التفاعلات النووية الاندماجية لتكوين العناصر والتي تعرف بدورة كربون نيتروجين أوكسجين.

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

الجدول 2–1

يوضح التفاعلات النووية الاندماجية وتكون العناصر ودرجات الحرارة التي يتم عندها الاندماج النووي.

نوع الاندماج	التفاعل الاندماجي	درجة الحرارة (كلفن)
(1–4)سلسلة برتون – برتون	$H \rightarrow {}^{4}He$	$10x10^{6}$
(1–5)عملية ثلاثية ألفا	${}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{12}_{6}C$	$100x10^{6}$
(1–5)عملية ثلاثية ألفا	${}^{12}_{6}C \rightarrow {}^{16}_{8}O$	$600x10^{6}$
(1–6) دورة كربون نيتروجين أوكسجين	${}^{16}_{8}O \rightarrow {}^{20}_{10}Ne$ ${}^{16}_{8}O \rightarrow {}^{32}_{16}Si$	$1500x10^{6}$

تمدد الكون Expansion of the Universe

أنجز عالم الفلك إدوين هابل في عشرينيات القرن الماضي اكتشافًا ثوريًّا يتعلق بالكون، وذلك باستخدام تلسكوب مرصد جبل ويلسون في لوس أنجلوس، حيث أثبت هابل أن الكون ليس ثابتًا وإنما يتمدد **الشكل 7–1**. بعد ذلك بعقودٍ، وفي عام 1998 رصد التلسكوب هابل الفضائي -ذو النتائج الغزيرة- مستعراتٍ عظمى بعيدةً supernova، ووجد أن الكون منذ زمنٍ طويلٍ كان يتمدد بشكلٍ أبطأ مما يفعل الآن، وهذا الاكتشاف كان مفاجِئًا فالمعتقد ولوقتٍ طويلٍ بأن جاذبية مادة الكون ستُبطِئ 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 جدلًا في علم الكون، قال تعالى: ﴿ وَالسَّمَاءَ بَنَيْنَاهَا بِأَيْدٍ وَإِنَّا لَمُوسِعُونَ﴾ سورة الذاريات الآية:47.

ماذا قرأت؟ فسر علاقة الطاقة المظلمة بتمدد الكون؟

الشكل 7–1 يوضح تصور تمدد الكون.

الطاقة المظلمة هي شكل غامض من الطاقة يُعتقد أنه يشكل حوالي 65% من محتوى الكون. تُعزى إليها الخاصية المسؤولة عن تسريع تمدد الكون. على الرغم من أن طبيعتها لا تزال غير مفهومة بشكل كامل، يُعتقد أنها تعمل عكس الجاذبية، دافعةً المجرات للابتعاد عن بعضها بمعدل متزايد بدلاً من جذبها نحو بعضها.

تجربة مسبار الجاذبية : (ناسا)

تمكنت وكالة الفضاء الامريكية 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 آينشتاين أن الزمان والمكان يشكلان نسيجاً واحداً زمكان space-time بدلاً من الصورة السابقة. وقد جاءت النتائج مقاربة 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 جنبا إلى جنب مع الباحثين في ستانفورد.

قانون هابل في تمدد الكون
Hubble's Law in Expantions 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.

الربط مع الفيزياء

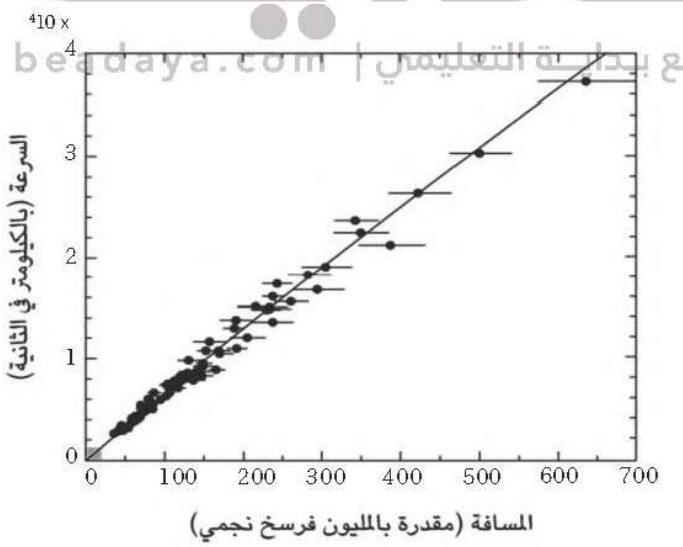
توصل هابل إلى إثبات توسع الكون و حساب عمر الكون عن طريق تأثير دوبلر وهو تغير ظاهري للطول الموجي عندما ترصد من قبل راصد متحرك بالنسبة لمصدر الموجات .

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_o.

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

حيث (H_o) 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 النجمي3.26 سنة ضوئية).

بداية
موقع بداية التعليمي | bedaya.com

عمر الكون Age of the Universe

إذا كان تمدد الكون يسير بمعدل ثابت، فسيكون من اليسير للغاية الربط بين ثابت هابل وبين عمر الكون؛ فجميع المجرات يبتعد بعضُها 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.

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

والمسافة مقسومة على السرعة تساوي الزمن أي:

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

من معادلة (1)

$$v = dH_o \quad .3$$

وباستبدال معادلة 3 في معادلة 2 نحصل على:

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

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

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

$$H_o = \frac{71000\ m/s}{3.09\times10^{22}\ m} = 2.29\times10^{-18}\ s^{-1}$$

وبالتعويض عن قيمة ثابت هابل في معادلة 4

$$t = \frac{1}{2.29\times10^{-18}\ s^{-1}} \quad .5$$

$$t = 4.36\times10^{17}\ s$$

وبتحويل الثواني إلى سنوات نحصل على:

$$t = \frac{4.36\times10^{17}}{60\times60\times24\times365}$$

$$t = 13.8\times10^{9}\ y$$

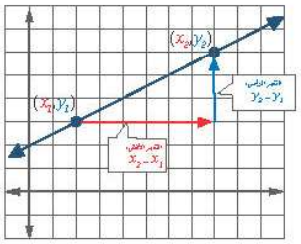
أي أن عمر الكون يصل إلى 13.8 مليار سنة.

الربط مع الرياضيات

في المستوى الإحداثي، ميل المستقيم هو نسبة التغير في الإحداثي x بين أي نقطتين عليه.

ويعطى الميل m لمستقيم يحوي نقطتين إحداثياهما (x_1, y_1) و (x_2, y_2) بالصيغة:

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

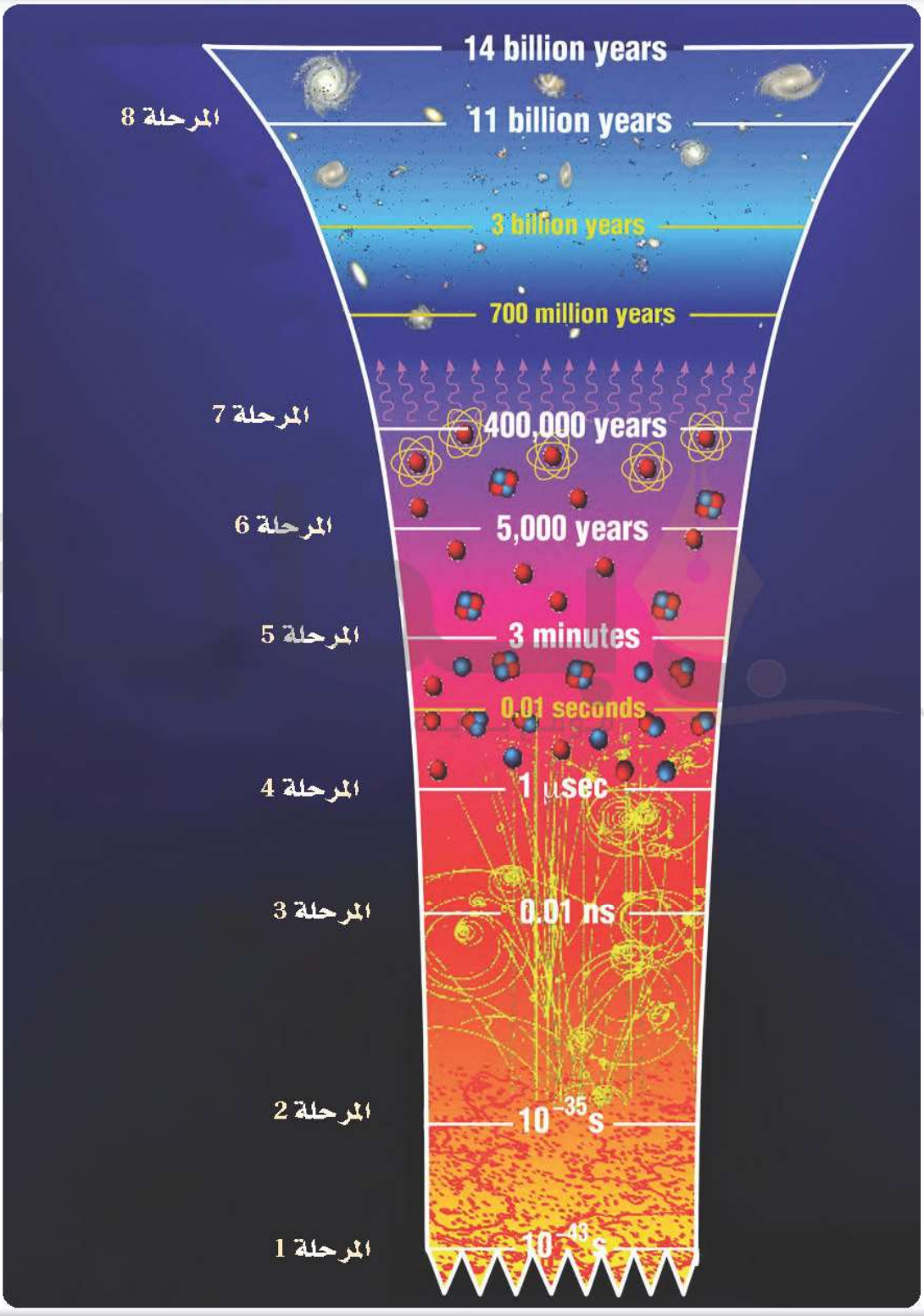


مجسات النجوم المتفجرة

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–.

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

مخطط يوضح مراحل تطور الكون



الربط مع التقويم:

يعجُّ 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 يَعتقد 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.

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 اربعة عشر مليار سنة كانت المادة والطاقة الموجودة مركزة في منطقة حجمها متناهي في الصغر

فهم الأفكار الرئيسة

1. هل يمكن اعتبار التجمع النجمي عبارة عن مجرة وليدة؟ ولماذا؟
2. ما مدى أهمية الفيزياء الفلكية في دراسة نشأة الكون و تطوره؟

التفكير الناقد

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

الرياضيات في الفلك

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

جواب 1:

لا، لأن النجم عبارة عن جرم غازي متألق تتولد الطاقة في باطنه بواسطة تفاعلات الاندماج النووي، و تمر النجوم بدورة حياة تمتد إلى مليارات السنين ؛ فهي تولد وتتطور وتموت. أما المجرات فهي عبارة عن مجموعات هائلة من النجوم والغاز والغبار المرتبطة ببعضها بفعل الجاذبية وهي مصدر كل النجوم؛ لأن النجوم لا تولد خارج المجرات.

جواب 2:

تستخدم قوانين الفيزياء الفلكية لوصف التغير في طبيعة الأجرام السماوية وأنشطتها المختلفة في جميع أطوال الطيف الهرومغناطيسي.

جواب 3:

أسباب قبولها بين أوساط العلماء هو نجاحها في تفسير بعض من أرصاد العلماء مثل: وفرة الهيدروجين والهيليوم وإشعاع الخلفية الكوني.

جواب 4:

$$V = d \times H_0$$
$$= 23 \times 20.8 = 478.4 \text{ km/s}$$

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

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
العمالقة الحمراء
سديم كوكبي
قزم أبيض
قزم أسود
مستعر أعظم
النجم النيتروني
ثقب أسود
المجرة

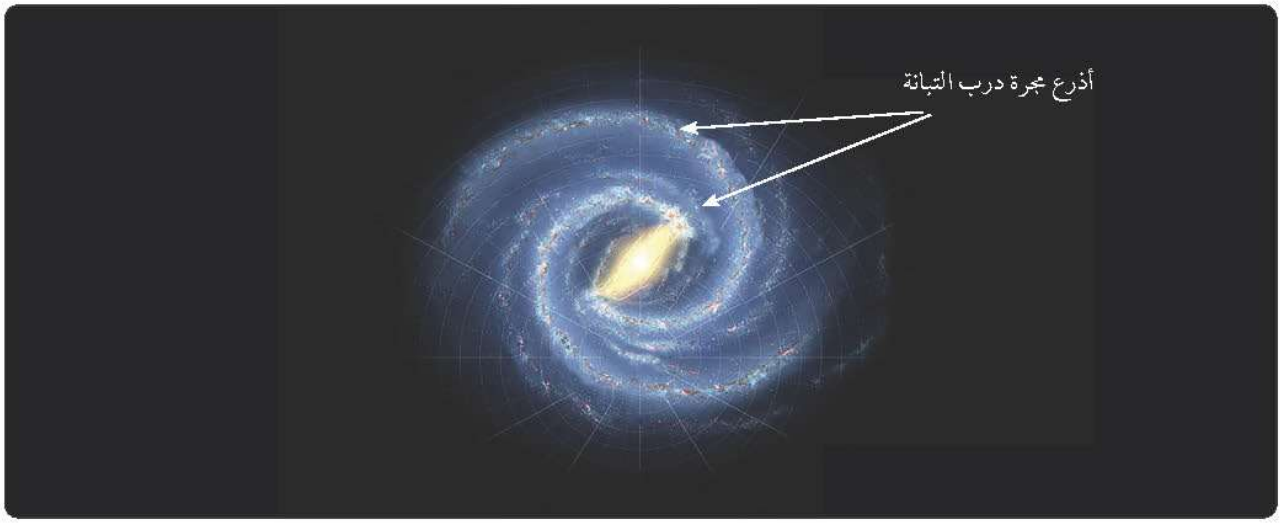
الفكرة الرئيسة وصف مراحل دورة حياة النجوم، وتحديد موقعنا في مجرة درب التبانة.

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 قديمًا للاستدلال بالاتجاهات وفصول السنة، قال تعالى: ﴿وَهُوَ ٱلَّذِى جَعَلَ لَكُمُ ٱلنُّجُومَ لِتَهْتَدُوا۟ بِهَا فِى ظُلُمَٰتِ ٱلْبَرِّ وَٱلْبَحْرِ﴾ سورة الأنعام الآية: 97.

النجم star عبارة عن جرم غازي متألق تتولد الطاقة في باطنه بواسطة تفاعلات الاندماج النووي، و تمر 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 جاذبيًا ، يدوران حول بعضهما، و**الحشود النجمية Star Cluster** التي تحتوي على مئات الألوف من النجوم، ويمكن أن يولد النجم مفردًا.

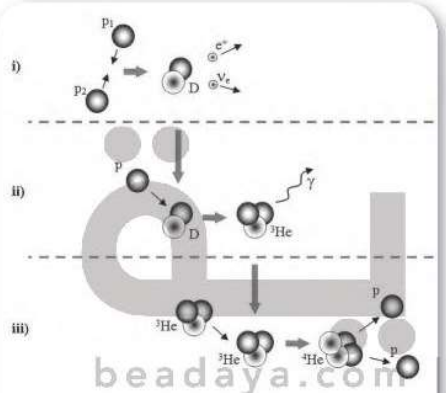
يتكون **الوسط بين النجوم interstellar medium** من الغاز والغبار بكثافة مختلفة؛ فنجد مناطق كثافتها عالية ومناطق أخرى ذات كثافة منخفضة، يحتوي الغاز في غالبيته على الهيدروجين والهيليوم وأيضًا بعض العناصر الأثقل مثل ذرات الكربون، والأوكسجين والنيتروجين والسليكون. يتواجد الهيدروجين في الوسط بين النجوم إما في الحالة الذرية H^1 أو المتأينة H^{+1} أو الجزيئية H_2 ، وعند وجوده في الحالة الجزيئية يطلق على سحب الغاز والغبار بالسحب الجزيئية وهي سحب تتكون من جزيئات الهيدروجين والهيليوم والكربون والنيتروجين 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 9–1**.

تولد النجوم في السحب الجزيئية وتمر بعدة مراحل تمتد لملايين السنين، تنكمش السحابة تحت تأثير جاذبيتها ثم يبدأ الغاز والغبار بالتكور 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 و يتكون 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 وأخيرًا عند درجات الحرارة العالية جدًا يكون النجم أزرق.



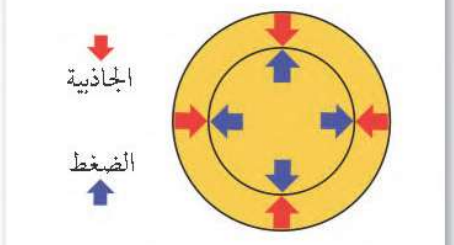
الشكل 10–1 تفاعلات الاندماج النووي في النجوم.

beadaya.com موقع بداية التعليمي

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.

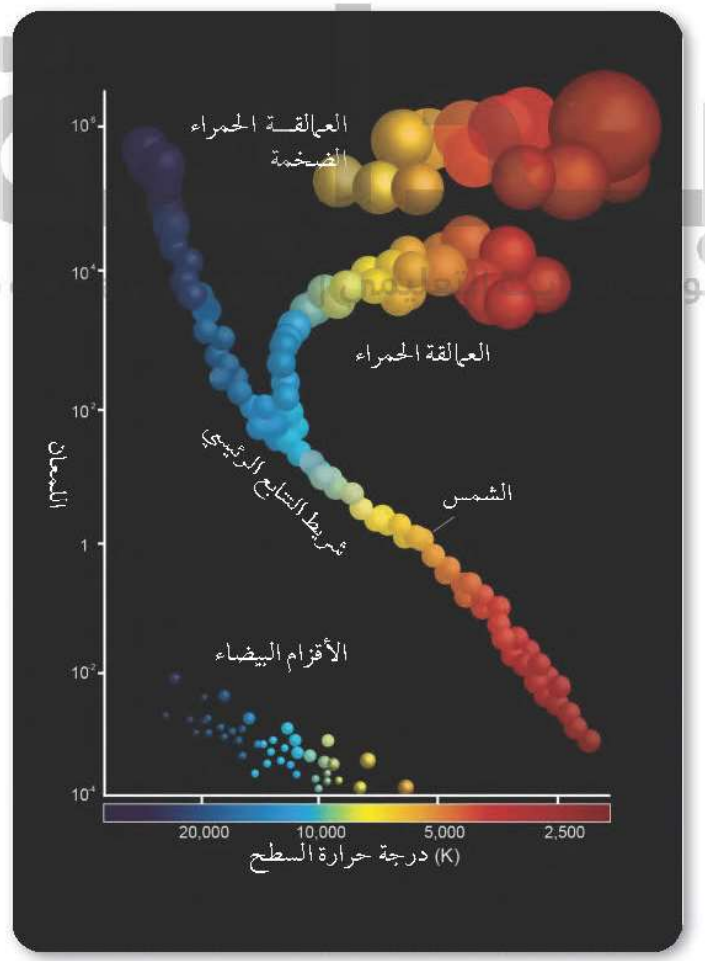


الشكل 11–1 التوازن الهيدروستاتيكي في النجوم.

خـــلال هذه المرحلة تتولد طاقة النجم عن طريق عمليات الاندماج التي تحـــول الهيدروجين إلى هيليوم ويقضي النجم 90% من حياته في هذه المرحلة. ويحتـــوي الشريط على نجـــوم مختلفة اللون والحرارة والســـطوع، حيث تقع النجوم الحمراء ذات الســـطوع المنخفض والحرارة المنخفضة في أسفل يمين الشريط وتقع النجوم الزرقاء ذات الحرارة العالية والســـطوع العالي في أعلى يسار الشريط.

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

منطقـــة الأقزام البيضاء: أخيرًا، نرى مجموعة مـــن النجوم ذات درجات حرارة شـــديدة ولمعان منخفض وحجم صغير جدًا بقطـــر يتراوح من عدة آلاف إلى 10 آلاف كيلومتر، تقع هذه النجوم في أسفل يسار المخطط وتسمى الأقزام البيضاء.



الشكل 12 – 1 مخطط H – R الذي يوضح مواضع النجوم بحسب درجة الحرارة واللمعان.

بقايا النجوم Star Remnants

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 ويطرد الطبقات الخارجية إلى الخارج مما يسبب تمدد وتوسع النجم إلى أضعاف نصف قطر النجم الأصلي، وهذا التمدد يؤدي إلى تبريد الطبقات الخارجية ويصبح النجم عملاقًا أحمر، هناك عدة عمالقة حمراء يمكن مشاهدتها في السماء ليلًا، مثل: الدبران Aldebarán والسماك الرامح Arcturus وقلب العقرب Antares ومنكب الجوزاء Betelgeuse.

إذا كان النجم ذا كتلة كافية، يصبح اللب المنهار ساخنًا 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 مشكلًا منظرًا جميلًا مضيئًا 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.

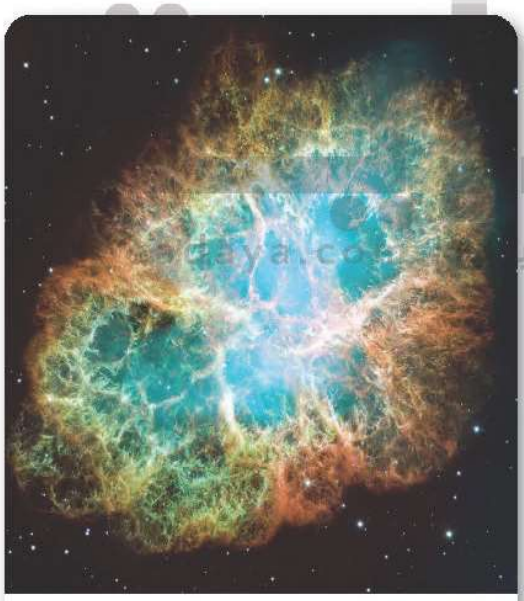
بعد طرد الطبقات الخارجية للنجم يبقى اللب فقط ويصبح **قزمًا أبيض White Dwarf**، وهو نجم شديد الحرارة بسبب الحرارة المتبقية من التفاعلات النووية، وذو كثافة عالية جدًا حيث إن كتلته تساوي كتلة الشمس وحجمه بحجم الأرض.

على مدى عدة مليارات من السنين، ستنخفض درجة حرارة ولمعان القزم الأبيض وينهي 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 قاذفًا جميع العناصر إلى الفضاء ويسمى **مستعر أعظم Supernova الشكل 14–1**.

المستعر الأعظم يخلف وراءه إما نجمًا نيترونيًا أو ثقبًا أسود بحسب كتلة اللب المنهار، إذا كانت كتلة لب النجم ما بين1.5إلى 3 كتل شمسية، يستمر الانهيار حتى تتحد الإلكترونات والبروتونات لتشكل النيترونات وينتج **النجم النيتروني Neutron Stars**، وهي نجوم كثيفة جدًا يبلغ قطرها المتبقي حوالي 16 كيلومترًا فقط، وتدور بسرعة حول محورها، عادةً من 20 إلى 50 مرة في الثانية مكونة

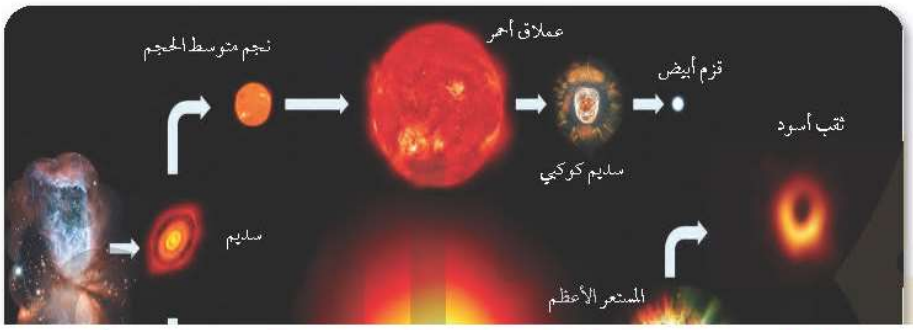
الشكل 13–1 سديم هيليكس الكوكبي.



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

مجالًا مغناطيسيًا قويًا يسرع الجسيمات الذرية حول الأقطاب المغناطسية وتنتج حزم إشعاع قوية يتم رصدها بالتلسكوبات الراديوية، إذا كان النجم بزاوية مناسبة لرصد تلك الإشعاعات فإنها تكون كنبضات 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 اللبنات الأساسية لجيل جديد من النجوم **الشكل 15–1** يلخص دورة حياة النجوم.



الشكل 15–1 دورة حياة النجوم.

جواب 5: المصباح الذي لم يُغطى برقاقة القصدير سيكون سطوعه أكبر.

جواب 6: العوامل التي تؤثر في سطوع المصباحين تشمل قوة الضوء (الواط) ومساحة الفتحة التي يخرج منها الضوء. نعم، الأمر ينطبق على النجوم أيضًا؛ حيث يعتمد سطوع النجم على حجمه ودرجة حرارته ومسافته عنا. النجوم الأكبر حجمًا والأكثر حرارة تكون عادةً أكثر سطوعًا من النجوم الأصغر والأبرد. كما أن النجوم الأقرب إلينا تبدو أكثر سطوعًا من تلك البعيدة، حتى لو كانت النجوم البعيدة أكبر حجمًا أو أكثر حرارة.

تجربة

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.
2. أحضِر مصباحًا كهربائيًا آخر.
3. سلط ضوء كل من المصباحين على شاشة بيضاء كلًا على حده، وبنفس البعد عن الشاشة.
4. راقب حجم ضوء كلا المصباحين.

التحليل

5. أي المصباحين سطوعه أكبر؟
6. ما العوامل التي ترى أن لها دورًا في تغير سطوع المصباحين؟ و هل الأمر ينطبق على النجوم أيضًا؟

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 اختلافًا كبيرًا، 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 رئيسة:

1. المجرات الحلزونية SpiralGalaxy

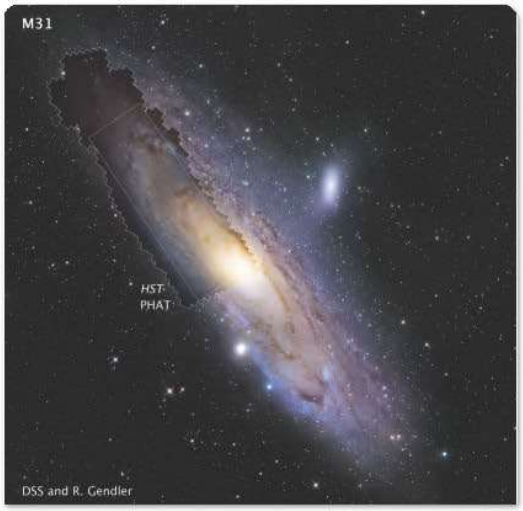
هي مجرات تظهر على شكل أقراص مسطحة مع انتفاخات صفراء في مركزها ذات تركيز عالٍ جدًا من النجوم. منطقة القرص تكون ممتلئة بالغبار والغاز كما هو الحال في درب التبانة. أكثر ما يميزها هو الأذرع الحلزونية، تتميز هذه الأذرع بكثافة أعلى من الغاز والغبار وهي مواقع ولادة النجوم وتبدو أكثر سطوعًا مقارنةً ببقية القرص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

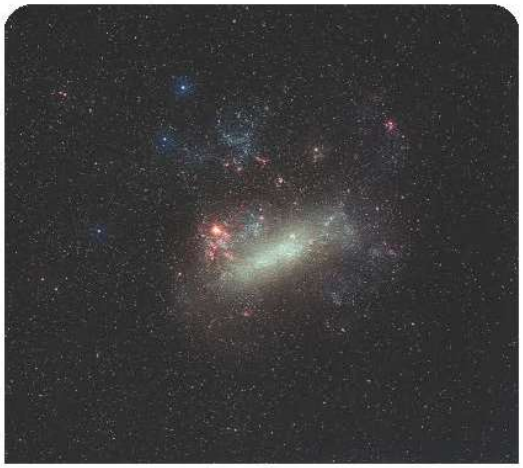
3. المجرات غير المنتظمة Irregular Galaxy

هناك أيضًا 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**.



الشكل 16–1 مجرة المرأة المسلسلة احدى المجرات الحلزونية.

الشكل 17–1 مجرة NGC 1316 البيضاوية.



الشكل 18–1 مجرة سحابة ماجلان الكبرى غير المنتظمة.

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 19–1** 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 20–1** وتتحرك الشمس بسرعة 200km /s وبالتالي تكمل دورة كاملة حول مركز المجرة كل 200 مليون سنة.

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

نظامنا الشمسي يقع في أحد الأذرع الحلزونية لمجرة درب التبانة، وتحديدًا في الذراع الجانبية المعروفة باسم ذراع الجبار (Orion Arm)، وهو يبعد حوالي 27,000 إلى 28,000 سنة ضوئية عن مركز المجرة.

تركيب مجرة درب التبانة
Structure of Milky Way Galaxy

تتركب مجرة درب التبانة من:

1. قرص المجرة Galaxy Disk

هو قرص بقطر يساوي 100ألف سنة ضوئية يحتوي على نجوم صغيرة نسبيًا 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 30سنة ضوئية من مركزها على حافة ذراع الجبار.

2. نواة المجرة Galaxy Bulge

تحتوي منطقة نواة المجرة على كثافة عالية من النجوم وبقايا 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.

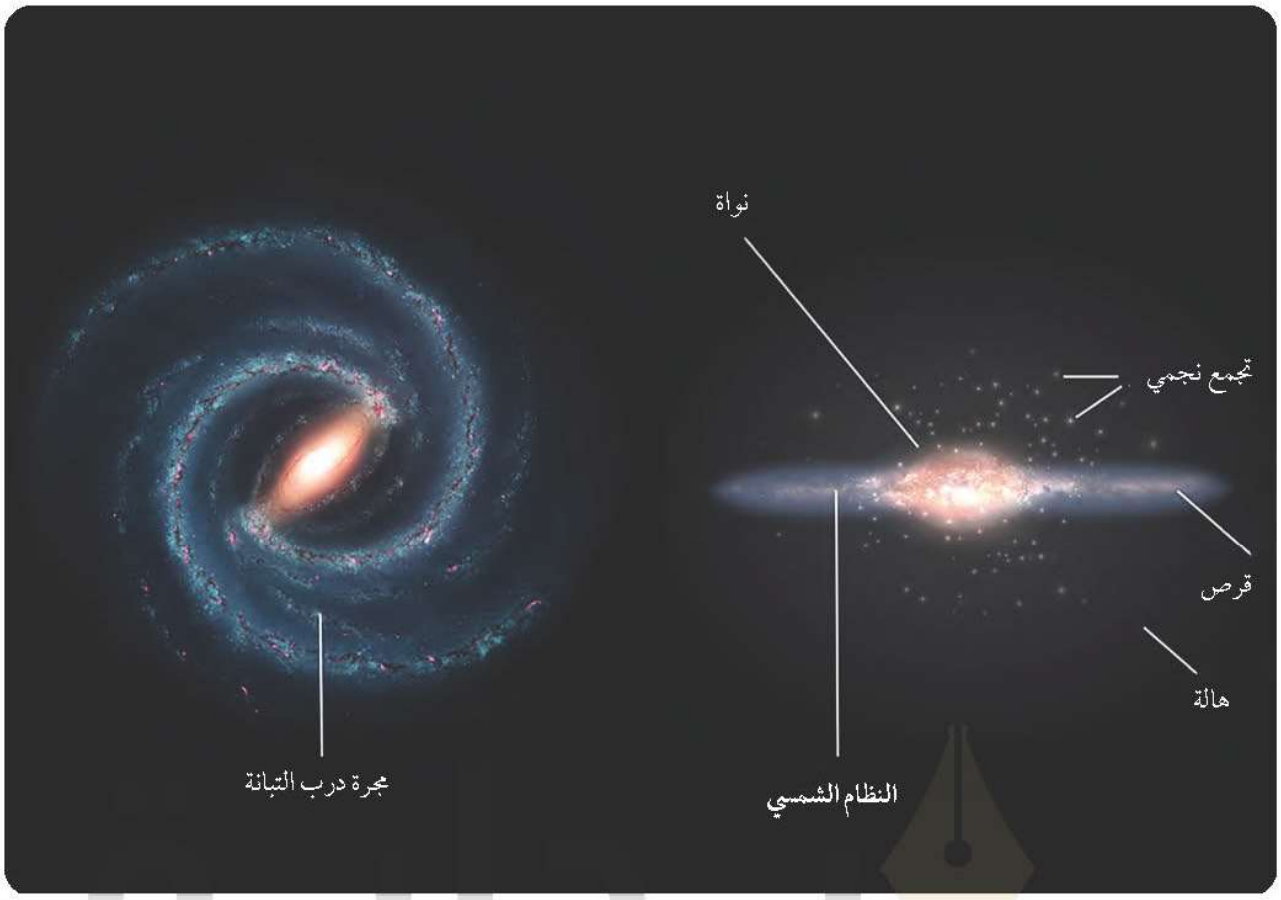
King Faisal PRIZE

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 أندروميدا Andromeda في كوكبة المرأة المسلسلة وسماها لطخة سديمية.

موقع إقرأ التعليمي | iqraaedu.com



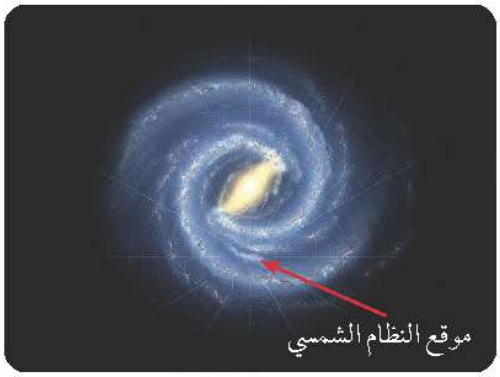
الشكل 19–1 تركيب مجرة درب التبانة.

بداية
موقع بداية التعليمي | beadaya.com

رؤية 2030 للتقليل من تلوث البيئة

Vision 2030 to reduce light pollution

أفاد مجموعة من علماء البيئة مؤخرًا 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.

KACST
مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

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 أيضًا دراسة خصائص الثقب الأسود المتواجد بمركز مجرتنا.

التفكير الناقد

علاقة تمدد الكون بالمجرات

أثبت هابل أن الكون ليس ثابتًا؛ 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 إندروميدا نظرًا لكونها أقرب مجرة إلينا؟

من أبرز الأحداث المتوقعة هو اصطدام مجري متوقع أن يحدث بعد حوالي 4.5 بليون سنة. على الرغم من أن معظم المجرات تبتعد عنا بسبب توسع الكون، إلا أن مجرة إندروميدا تتجه نحو مجرتنا بسرعة تبلغ 120 كيلومتر/ الثانية. عندما يحدث الاصطدام، من المتوقع أن يُقذف النظام الشمسي إلى مدارات جديدة، وقد تندمج المجرتان لتكوين مجرة إهليلجية هائلة. هذا الحدث سيؤدي إلى تغييرات جذرية في بنية المجرتين.

بداية
bedaya.com | موقع بداية التعليمي

التقويم 2-1

الخلاصة

- تولد النجوم في السحب الجزيئية وتمر بعدة مراحل أهمها :
  - التقلص التثاقلي لسحابة غاز وغبار.
  - ارتفاع درجة الحرارة الداخلية والضغط الداخلي.
  - الاندماج النووي.
- يتيح مخطط التتابع الرئيسي فهم دورة حياة النجم عند تحديد موضعه في المخطط.
- تتكون مجرة درب التبانة من نواة تحوي كثافة نجمية عالية يحيط بها هالة تحوي نجومًا كبيرة وقديمة، و قرصًا به عدد من النجوم الصغيرة.
- تم تقسيم المجرات إلى ثلاثة أنواع بحسب شكلها: حلزونية، بيضاوية وغير منتظمة.

فهم الأفكار الرئيسة

1. قارن بين المراحل الثلاثة الرئيسة لولادة نجم .
2. ما هو مصدر الطاقة الرئيسي الذي يجعل نجمًا من التسلسل الرئيسي يضيء في الفضاء؟
3. ما أهمية المستعر الأعظم في توليد نجم جديد؟
4. كم عدد أذرع مجرة درب التبانة ؟ وعلى أي أذرعها تقع شمسنا؟

التفكير الناقد

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

الكتابة في علم الفلك

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

بداية

جواب 1:

تولد النجوم في السحب الجزيئية وتمر بعدة مراحل أهمها:

التقلص التثاقلي لسحابة غاز وغبار: في هذه المرحلة، تبدأ سحابة الغاز والغبار بالتقلص تحت تأثير الجاذبية الذاتية، مما يؤدي إلى تكون كرة كثيفة من الغاز.

ارتفاع درجة الحرارة الداخلية والضغط الداخلي: مع استمرار الانكماش، ترتفع درجة الحرارة والضغط داخل الكرة الغازية حتى تصل إلى مستويات عالية جدًا، مما يمهد الطريق لبدء الاندماج النووي.

الاندماج النووي: هذه هي المرحلة النهائية حيث تبدأ الذرات المتأينة للهيدروجين بالاندماج لتكوين الهيليوم، مما ينتج عنه طاقة كبيرة ويجعل النجم يضيء ويصبح نجمًا كاملًا.

جواب 2: تتولد طاقة النجم عن طريق عمليات الاندماج التي تحول الهيدروجين إلى هيليوم.

جواب 3: المستعر الأعظم يخلف وراءه إما نجماً نيترونياً أو ثقباً أسود بحسب كتلة اللب المنهار. فإذا كانت كتلة لب النجم ما بين 1.5 إلى 4 كتل شمسية، يستمر الانهيار حتى تتحد الإلكترونات والبروتونات لتشكل النيترونات وينتج النجم النيتروني، أما إذا كان اللب المنهار أكبر من 3 كتل شمسية فإنه ينهار تماماً ليشكل ثقباً أسوداً.

جواب 4: تتكون مجرة درب التبانة من أربعة أذرع تقع الشمس على الحافة الداخلية لذراع الجبار.

جواب 5: من خلال مخطط التتابع الرئيسي يتيح هذا المخطط فهم دورة حياة النجم عند تحديد موضعه في المخطط، ويعد هذا المخطط من أهم الوسائل التي تساعد في معرفة بعض المعلومات المهمة عن النجوم.

جواب 6: يستخدم علماء الفلك التلسكوبات عبر طيف الضوء بأكمله، من موجات الراديو إلى الأشعة السنية إلى أشعة جاما. دراسة سقوط المادة - التي تسمى "التراكم" - على الثقوب السوداء باستخدام شاندرا للأشعة السينية التابع لناسا.

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 عامًا الماضية، لكن في هذه المرة كانت الصورة حقيقية. تعود هذه الصورة لثقبٍ أسودٍ 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 والمُسمى ساجيتاريوس أ* **Sagittarius A**، والذي يبعد عن الأرض مسافة 26000 سنة ضوئية.

تُشابه صعوبة تصوير الثقب الأسود الهائل الخاص بمجرة **M87** من على بعد هذه المسافة صعوبة تصوير قطعةٍ من الحصاة على القمر، وبدلاً من بناء تلسكوبٍ عملاق من شأنه أن ينهار تحت ثقله الخاص، قام العلماء بدمج العديد من المراصد حول العالم على مدار عدة أيام في أبريل/ نيسان 2017، وتم تركيز ثماني تلسكوبات راديوية في هاواي وأريزونا وإسبانيا والمكسيك وتشيلي والقطب الجنوبي على الثقبين الأسودين ساجيتاريوس أو**M87**، حيث شكلت هذه التلسكوبات المجتمعة تلسكوبًا افتراضيًا واحدًا 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 قرصًا لامعًا من الغازات الساخنة والبلازما البيضاء المعروفة باسم قرص التراكم **accretion disk**.

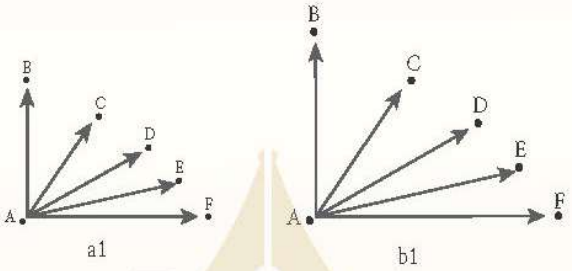
استنتج لماذا كان تصوير الثقب الأسود مهمًا؟

تصوير الثقب الأسود كان مهمًا لأنه:
أكد نظرية أينشتاين حول الجاذبية والثقوب السوداء.
حول الفرضيات إلى واقع ملموس، حيث كانت الثقوب السوداء موضوعًا نظريًا فقط.
ساعد في فهم الكون، وخاصة الأجسام ذات الكثافة العالية مثل الثقوب السوداء.
فتح الباب لمزيد من الاكتشافات حول ما يحدث داخل الثقوب السوداء والمجهولات في الكون.

بداية
beadaya

قانون هابل في الفرن وفي الكون!

خلفية علمية لفهم طريقة إثبات العالم هابل ما إذا كان الكون ثابتًا أو في حالة حركة معينة، حيث 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 يُظهر الشكلين مسافة قطع الشوكولاتة B،C،D،E،F عن القطعه A قبل وبعد إدخاله الفرن. لنفرض أنّ تغير موقع القطع أُعطيَ بوحدة cm، حيث يتضاعف حجم الكعك إلى ضعف حجمه الاصلي، أي أن كل مسافة تضاعفت إلى ضعف ما كانت عليه من قبل، وسنسمي هذه الزيادة في المقياس الكلي عامل التمدد.



1. ما مسافة القطعة B عن القطعة A بعد ساعة من خبز الكعك؟ (لا تستخدم المسطرة لقياس المسافة). استخدم الأرقام وعامل التمدد المعطى مسبقًا 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 C-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 بيانيًا.
5. هل تقع نقاط البيانات الخاصة بك تقريبًا بمحاذاة خط مستقيم؟ إذا كان الأمر كذلك ارسم الخط المستقيم في الرسم البياني الذي يناسب البيانات بشكل أفضل.
6. ما نوع علاقة الخط المستقيم بين سرعة القطع والمسافات؟ و بماذا يمكن تفسيره؟
7. يُمثل معدل تمدد الكعك بميل الخط المستقيم الذي رسمته، ويمكنك حساب الميل من قياسات أي نوعين من القطع على سبيل المثال (القطع B،F) كالآتي:

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

8. احسب ميل الخط الآن، وسجل إجابتك في ورقة العمل.

ونظرًا 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
الاكليل الشمالي	430	21,600
العواء	770	39,300
الشجاع	1,200	61,200

beadaya.com | بوابة البداية التعليمي

9. مثل بيانات الجدول السابق لمسافات المجرات وسرعاتها.

خطوات العمل

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 **Ho=V / D**.
3. وبجانب تشبيه الكعك بالكون، ما الذي يشير إليه قانون هابل بشأن الحالة العامة للكون؟
4. احسب معدل تمدد الكون والذي يسمى ثابت هابل عن طريق حساب ميل قانون هابل.

الفصل 1 دليل مراجعة الفصل

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

المفردات	المفاهيم الرئيسة
1-1 نشأة الكون	
علم الفلك الفيزياء الفلكية علم الكون علوم الفضاء نظرية الانفجار العظيم الطاقة المظلمة عمر الكون	**الفكرة الرئيسة** 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 جزءًا واحدًا عند نشأته. • يتم حساب عمر الكون بواسطة: حساب ثابت هابل الذي ينص على أن السرعة التي تبتعد بها مجرة تتناسب طرديًا مع مسافتها عن الأرض: $Ho=V/D$.
1-2 النجوم والمجرات	
النجم النجوم المزدوجة الحشود النجمية الوسط بين النجوم التوازن الهيدروستاتيكي العملاقة الحمراء سديم كوكبي قزم أبيض قزم أسود مستعر أعظم النجم النيتروني ثقب أسود المجرة	**الفكرة الرئيسة** وصف مراحل دورة حياة النجوم، وتحديد موقعنا في مجرة درب التبانة. • تولد النجوم في السحب الجزيئية وتمر بعدة مراحل أهمها : التقلص التثاقلي 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 نجومًا كبيرة وقديمة، وقرص به عدد من النجوم الصغيرة. • تم تقسيم المجرات إلى ثلاثة أنواع بحسب شكلها: حلزونية. بيضاوية. غير منتظمة.

بيداية beadaya.com | بوابتك نحو التعليم

جواب 14:

على الرغم من أن محتواه غير مرئي، يمكن استنتاج وجود ثقب أسود من خلال تأثيره على المواد الأخرى والإشعاع الكهرومغناطيسي مثل الضوء المرئي. يمكن للمادة التي تسقط في الثقب الأسود أن تشكل قرص تراكم خارجي يتم تسخينه عن طريق الاحتكاك، مما يؤدي إلى تشكيل بعض من أشد الأجسام بريقا في الكون. إذا كان هناك نجوم اخرى تدور حول ثقب أسود، فيمكن استخدا كل من مداراتها وكتلتها لتحديد كتلة الثقب الأسود وموقعه.

مراجعة المفردات

في الصفحة التالية

قارن بين المفردات الآتية:

1. علم الكون وعلوم الفضاء.
2. الثقب الأسود والقزم الأسود.
3. النجم النيوتروني والقزم الابيض.
4. المجرة البيضاوية والمجرة الحلزونية.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

5. كرة ضخمة مضيئة من الغاز، تتكون في معظمها من الهيدروجين والهيليوم.

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

6. سحب تتكون من جزيئات الهيدروجين والهيليوم.

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

7. نجوم ذات قطر صغير ودرجات حرارة شديدة ولمعان منخفض.

a. الأقزام البيضاء. c. النيترونية.
b. العمالقة الحمراء. d. المستعر الأعظم.

8. نجوم ذات كثافة عالية يبلغ قطرها المتبقي حوالي 16 كيلومترًا فقط، وتدور بسرعة حول محورها.

a. النجم النيتروني . c. الأقزام البيضاء.
b. العمالقة الحمراء. d. الثقوب السوداء.

9. جسم ذو كثافة هائلة وجاذبيته قوية جدًّا، ولا يمكن للمادة أوالإشعاع الهروب منه.

a. الأقزام البيضاء. c. الثقب الأسود.
b. العمالقة الحمراء. d. القزم الأسود.

أسئلة بنائية

في الصفحة التالية

10. **تتبع** تحول المستعر الأعظم إلى نجم نيتروني.
11. **فسر** كيف يتحول العملاق الأحمر إلى نجم قزم أبيض.
12. **وضح** بالرسم تركيب مجرة درب التبانة.
13. **عدد** أنواع المجرات مع ذكر الاختلافات بينهم.

التفكير الناقد

14. دلت القياسات والأرصاد على وجود ثقب أسود في نواة المجرة، وضح كيف تم اكتشاف ذلك؟ في الأعلى
15. هناك عدة عمالقة حمراء يمكن مشاهدتها في السماء ليلًا، مثل: الدبران Aldebarán والسماك الرامح Arcturus. حسب ملاحظاتك لمخطط H-R هل ستظل هذه العمالقة على حالها لملايين السنين القادمة؟ وكيف تفسر رأيك.

لا، بسبب انتهاء عمليات الاندماج النووي واطلاق الطاقة.

موقع بداية التعليمي

قارن بين المفردات الآتية:

1- علم الكون وعلوم الفضاء.

جواب 1: علوم الكون: يهتم بدراسة نشأة الكون وتطوره، وعلوم الفضاء تعنى باستكشاف الفضاء والمهمات الفضائية.

.

2- الثقب الأسود والقزم الأسود.

جواب 2: الثقب الأسود هو جسم كثيف بشكل هائل، ذو جاذبية شديدة لدرجة أن لا شيء، حتى الضوء، يمكن أن يفلت منه. يتكون عادةً من انهيار نجم ضخم بعد انتهاء دورة حياته. أما القزم الأسود هو مرحلة نهائية تنظيرية لتطور نجم، يتشكل عندما يبرد القزم الأبيض (بقايا نجم متوسط الحجم) بمرور الوقت ويفقد كل حرارته، لكن هذه العملية تستغرق وقتًا طويلاً جدًا لدرجة أنه لم يتم مشاهدة أي قزم أسود حتى الآن.

.

3- النجم النيوتروني والقزم الأبيض

جواب 3: النجم النيوتروني: جسم فلكي شديد الكثافة يتكون من انهيار نواة نجم كبير بعد انفجاره كمستعر أعظم ويتكون بشكل أساسي من النيوترونات. أما القزم الأبيض: بقايا نجم متوسط الحجم، أقل كثافة من النجم النيوتروني، يبرد تدريجياً ويتلاشى بمرور الوقت ويتكون من مادة متحللة بالإلكترون.

.

4- المجرة البيضاوية والمجرة الحلزونية.

جواب 4: تظهر المجرات البيضاوية على شكل هياكل بيضاوية 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.
هي مجرات تظهر على شكل أقراص مسطحة مع انتفاخات صفراء في مركزها ذات تركيز عال جدا من النجوم. منطقة القرص تكون ممتلئة بالغبار والغاز. أكثر ما يميزها هو الأذرع الحلزونية. تكون لديها نسبة أعلى بكثير من النجوم الصغيرة بالعمر.

.

10- تتبع تحول المستعر الأعظم إلى نجم نيتروني

جواب 10: المستعر الأعظم يخلف وراءه إما نجما نيترونياً 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 لتشكل النيترونات وينتج النجم النيتروني.

.

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

جواب 11: معد طرد الطبقات الخارجية للنجم يبقى اللب فقط ويصبح قزماً أبيصا.

.

13- عدد أنواع المجرات مع ذكر الاختلافات بينهم.

جواب 13:

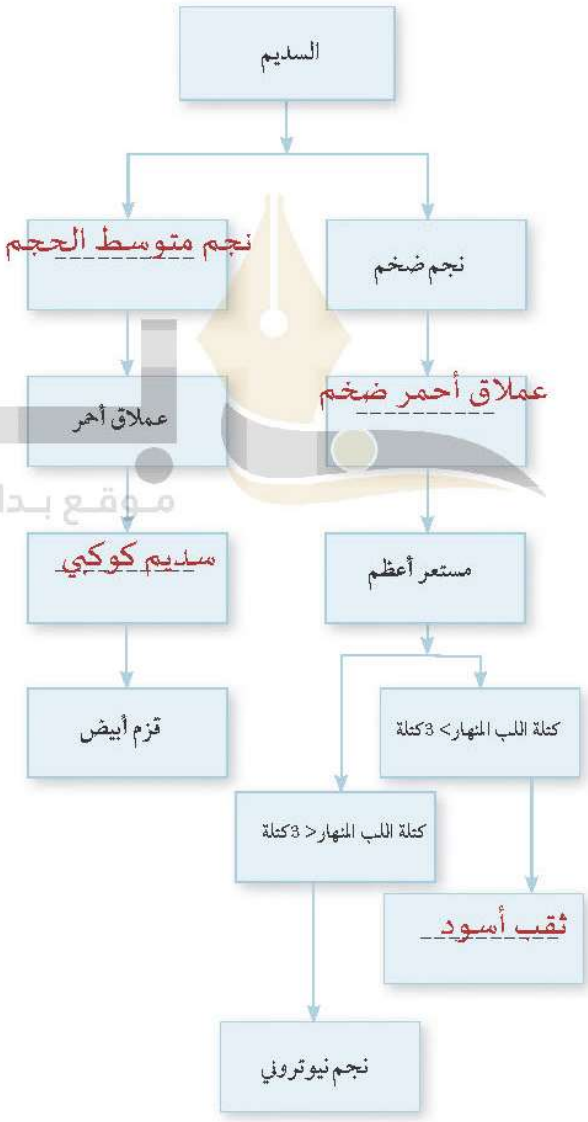
- المجرات البيضاوية:تظهر المجرات البيضاوية على شكل هياكل بيضاوية مع انخفاض في كثافة النجوم والغاز والغبار، وبالتالي لا يوجد تكوين نجمي جديد. هذه المجرات تكثر فيها النجوم القديمة ذات الكتلة المنخفضة واللون الأصفر والأحمر.
- المجرات الحلزونية: هي مجرات تظهر على شكل أقراص مسطحة مع انتفاخات صفراء في مركزها ذات تركيز عال جدا من النجوم. منطقة القرص تكون ممتلئة بالغبار والغاز. أكثر ما يميزها هو الأذرع الحلزونية. تكون لديها نسبة أعلى بكثير من النجوم الصغيرة بالعمر.
- المجرات غير المنتظمة: هناك أيضا 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.

تقويم الفصل 1

خريطة مفاهيمية

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

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



سؤال تحفيز

17. ابحث بشــكل مختصر في علاقة الكوازارات بالثقوب السوداء.

بحسب مخطط H-R اجب عن الآتي:

18. حدد موقع الشمس في المخطط ؟

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

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

جواب 17:

الكوازارات هي نوى مجرية نشطة تعتبر من أكثر الأجسام سطوعاً في الكون. يُعتقد أنها تدار بواسطة ثقوب سوداء هائلة الكتلة في مراكز المجرات. الطاقة الهائلة المنبعثة من الكوازارات تأتي من المادة التي تسقط في الثقب الأسود وتسخن بشدة.

جواب 18:

أسفل يسار المخطط.

جواب 19:

أعلى يسار المخطط. وتسمى بالنجوم الزرقاء.

جواب 20:

أسفل يسار المخطط، وتسمى الأقزام البيضاء.

موقع بداية

اختبار مقنن

اختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. في مجرة درب التبانة تقع الشمس :
   a. على حافة ذراع الجبار.
   b. بالقرب من نواة المجرة.
   c. في هالة المجرة.
   d. داخل نواة المجرة.
2. تقع النجوم الصغيرة في العمر في ..... المجرة:
   a. هالة.
   b. ذراع.
   c. قرص.
   d. نواة.
3. أي النجوم هي الاسخن:
   a. النجوم الصفراء.
   b. النجوم الزرقاء.
   c. النجوم الحمراء.
   d. النجوم البرتقالية.
4. ما أنواع المجرات الثلاثة؟
   a. حلزوني، بيضاوية، دائرية.
   b. حلزوني، بيضاوية، وغير المنتظم.
   c. دائرية، بيضاوية، وغير المنتظم.
   d. كروية ، منتظمة ، حلزوني.

أسئلة الإجابات القصيرة

5. ماذا يحدث للنجوم ذات الكتل العالية التي تصل الى 8–10 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 ؟

جواب 5:
تتغلب قوة الجاذبية على قوة الضغط فينهار النجم على نفسه في ثوان معدودة مما يسبب انفجار النجم بمشهد عظيم قاذفا جميع العناصر إلى الفضاء ويسمى مستعر أعظم.

جواب 6:
تميل النجوم في المجرات البيضاوية إلى التحرك بطريقة عشوائية أكثر من تلك الموجودة في المجرات الحلزونية.

جواب 7:
يتوجد الهيدروجين في الوسط بين النجوم إما في الحالة الذرية H1 أو المتأينة H+1 أو الجزيئية H2.

جواب 8:
اهتم البشر على مر الأزمنة والعصور بالظواهر المرتبطة بالكون مثل شروق الشمس وغروبها وتعاقب الليل والنهار وتعاقب فصول السنة المناخية وخسوف القمر وكسوف الشمس.

جواب 9:
لجأت بعض الدول كالسعودية إلى إعداد متنزهات للاستمتاع بنجوم درب التبانة كما في مدينة (تروجينا) بمشروع نيوم.

موقع بداية