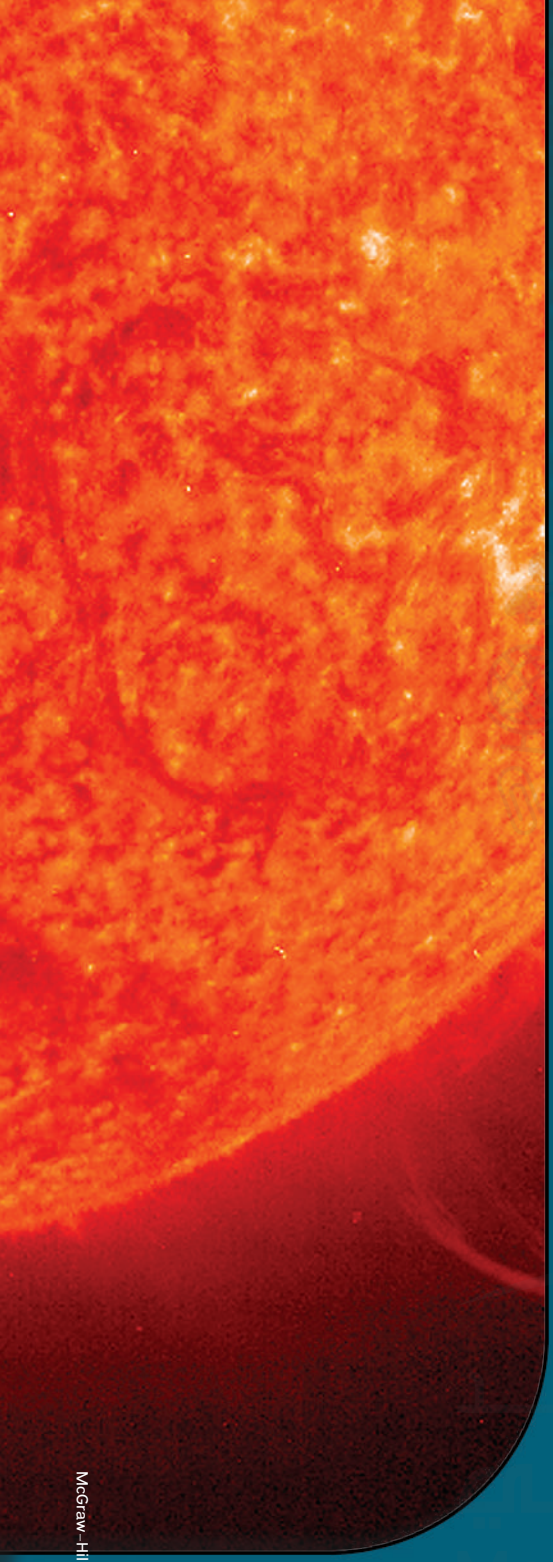


الوحدة 9

النشاط الإشعاعي والتفاعلات النووية

التجربة الاستهلالية

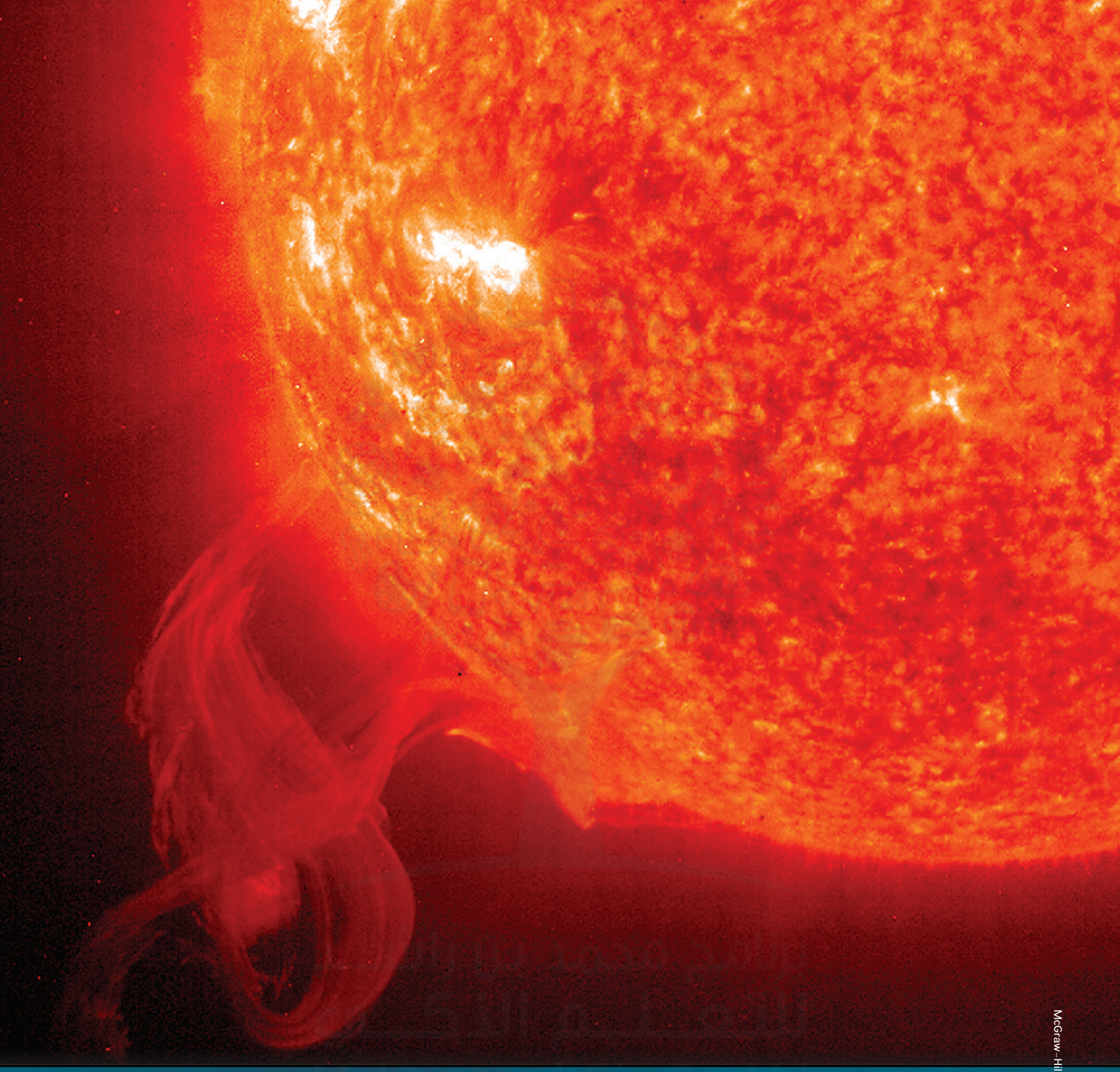
حجم النواة

هل تدرك أنّك تتكوّن من فراغ تقريبًا؟ فجسمك يتكوّن من ذرات والذرات تتكوّن من إلكترونات تدور بسرعة حول نواة صغيرة تتكوّن من بروتونات ونيوترونات. ويتمثّل حجم الذرة في حجم الفراغ الذي تتحرك فيه الإلكترونات حول النواة. في هذه التجربة، ستكتشف الفرق بين حجم الذرة وحجم النواة.

المطويات®

أنشئ مطوية على شكل كتاب مفتوح، وسَمِّها على النحو الموضّح. استخدمها لتنظيم ملاحظاتك عن النشاط الإشعاعي والتفاعلات النووية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



الفكرة الرئيسة يمكن أن تتسبب القوى الموجودة داخل النواة في حدوث تغيّرات تؤدي إلى انطلاق الجسيمات والطاقة.

القسم 1 • النواة

القسم 2 • الانحلال النووي والتفاعلات النووية

القسم 3 • تكنولوجيا الإشعاع وتطبيقاته

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Radioactivity and Nuclear Reactions, Chapter 20, from Physical Science, Student Edition ©2017

الأسئلة الرئيسة

- ما القوة التي تجعل أجزاء نواة الذرة متماسكة معًا؟
- ما أوجه الشبه والاختلاف بين القوة النووية الشديدة والقوة الكهربائية؟
- ما أوجه الاختلاف بين النواة المشعة والنواة المستقرة؟

مفردات للمراجعة

القوة الكهربائية Electric Force: قوة تنتج بين الشحنات الكهربائية مثل البروتونات والإلكترونات

مفردات جديدة

القوة النووية الشديدة
Strong Nuclear Force

النشاط الإشعاعي Radioactivity

النواة

الفكرة الرئيسة **تجعل القوة النووية الشديدة أجزاء نواة الذرة متماسكة معًا.**

رابط مع الحياة اليومية مع كل نفس تتنفسه، يمتص جسدك كمية صغيرة جدًا من الكربون-14 وهو مادة مشعة. تتواجد المواد المشعّة مثل الكربون-14 وغاز الرادون في كل مكان حولنا. ويمكن أن تساعدنا دراسة أساسيات النشاط الإشعاعي على فهم استخداماته المحتملة ومخاطره.

وصف النواة

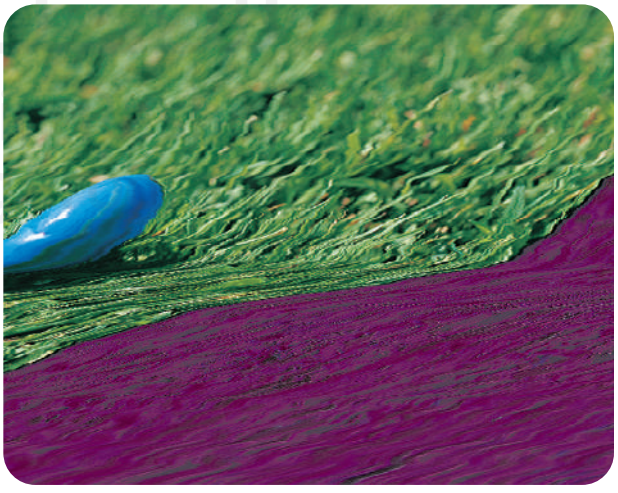
تذكّر أنَّ الذرة تتكوّن من بروتونات ونيوترونات وإلكترونات، وتتكوّن نواة الذرة من بروتونات ونيوترونات. تكون البروتونات موجبة الشحنة الكهربائية. أمّا النيوترونات فليس لها شحنة. بالتالي، إنَّ عدد البروتونات الموجودة في النواة هو ما يحدد الشحنة الكلية للنواة.

تنجذب الإلكترونات سالبة الشحنة إلى النواة موجبة الشحنة وتدور حولها. وتكون شحنة الإلكترون مساوية لشحنة البروتون في المقدار ومخالفة لها في النوع. وتحتوي الذرة على العدد نفسه من البروتونات والإلكترونات.

حجم النواة تكون البروتونات والنيوترونات التي تشكّل النواة متقاربة جدًا بعضها من بعض. وتُعدّ المنطقة الموجودة خارج النواة والتي تتحرّك فيها الإلكترونات كبيرة الحجم مقارنةً بالنواة. وكما يوضّح **الشكل 1**، لا تشغل النواة سوى حيز صغير جدًا من الذرة.

ففي حالة تكبير الذرة بحيث يكون قطرها 1 km، لن يكون قطر نواتها سوى بضعة سنتيمترات. ومع ذلك، إنَّ معظم كتلة الذرة تتركز في النواة. تزيد كتلة النيوترونات قليلًا عن كتلة البروتونات، لكنّ كتلتهما معًا أكبر من كتلة الإلكترونات بمقدار 2,000 مرة تقريبًا.

الشكل 1 يمكن تشبيه حجم النواة في الذرة بكرة زجاجية موجودة في منتصف ملعب كرة قدم فارغ. إنّ قطر الذرة أكبر من قطر النواة بمقدار 10,000 مرة تقريبًا.



■ **الشكل 2** تحتوي نواة نظيري الهيليوم على العدد نفسه من البروتونات، لكنهما تختلفان في عدد النيوترونات. تحتوي معظم نوى الهيليوم على اثنين من النيوترونات، لكنّ القليل منها يحتوي على نيوترون واحد.

احسب نسبة النيوترونات إلى البروتونات في نظائر الهيليوم هذه.

النظائر تحتوي جميع نوى ذرات العنصر الواحد على العدد نفسه من البروتونات. فعلى سبيل المثال، تحتوي كل نواة من نوى ذرات الكربون على ستة بروتونات. لكن تحتوي ذرات الكربون الموجودة في الطبيعة على ستة أو سبعة أو ثمانية نيوترونات.

تُعرف النظائر بأنّها نوى تحتوي على العدد نفسه من البروتونات لكنها تحتوي على أعداد مختلفة من النيوترونات. ويوجد لكل عنصر العديد من النظائر المختلفة. فعلى سبيل المثال، لعنصر الكربون ثلاثة نظائر توجد في الطبيعة. وتشترك كل ذرات نظائر العنصر الواحد في الخصائص الكيميائية نفسها، لكنّ لكلٍ منها خصائصها النووية. فبعض نظائر الكربون مثلًا، مشعة وبعضها ليس كذلك. يوضّح **الشكل 2** اثنين من نظائر الهيليوم.

أعداد النواة يمكنك أن تصف النواة من خلال أعداد البروتونات والنيوترونات التي تحتوي عليها. يُعرف عدد البروتونات الموجودة في النواة بالعدد الذري. وتشكّل الكتلة الكلية لكل البروتونات والنيوترونات الموجودة في النواة كتلة الذرة تقريبًا. لذلك، إنَّ مجموع عدد البروتونات وعدد النيوترونات يُسمى العدد الكتلي.

التأكد من فهم النص **عرِّف** العدد الذري.

يمكنك تمثيل النواة من خلال عددها الذري وعددها الكتلي ورمز العنصر الذي تنتمي إليه. ويوضّح المثال التالي تمثيل نواة أشهر نظائر الكربون.

رمز العنصر ← $^{12}_{6}C$ ← العدد الكتلي
العدد الذري ←

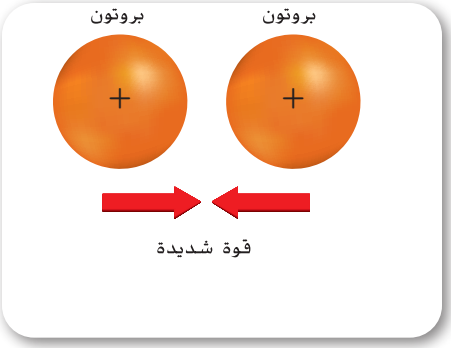
ويُسمى هذا نظير الكربون-12. يساوي عدد النيوترونات العدد الكتلي مطروحًا منه العدد الذري. إنّ عدد النيوترونات الموجودة في الكربون-12 هو 12 – 6 = 6. إذًا تتكوّن نواة الكربون-12 من ستة بروتونات وستة نيوترونات. انظر إلى **الشكل 2** مجددًا. ما عدد البروتونات في الهيليوم-4؟ ما عدد النيوترونات في الهيليوم-4؟ ما إجمالي مجموع البروتونات والنيوترونات؟

المفردات

أصل الكلمة

النظير ISOTOPE

مشتقة من الكلمة اليونانية *Isos*، والتي تعني "متساوٍ"، والكلمة اليونانية Topos، والتي تعني "مكان" تتفق النظائر في العدد الذري لكنها تختلف في العدد الكتلي.



الشكل 3 تنجذب الجسيمات الموجودة في النواة إلى بعضها بفعل القوة النووية الشديدة وهي إحدى القوى الأربعة الأساسية في الطبيعة. أما القوى الثلاثة الأخرى، فهي القوة النووية الضعيفة والقوة الكهرومغناطيسية وقوة الجاذبية.

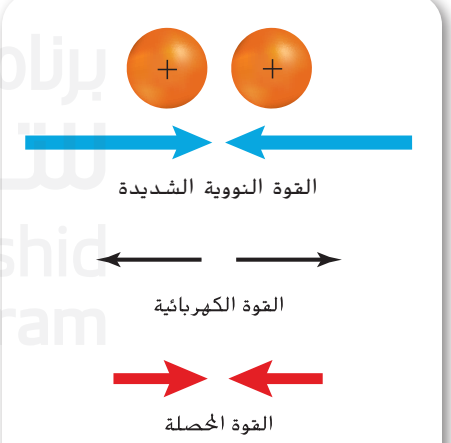
القوى داخل النواة

كيف تبقى البروتونات والنيوترونات التي تتكوّن منها النواة متماسكة ومتقاربة جدًا من بعضها؟ تتنافر الشحنات الكهربائية الموجبة مع بعضها، فلماذا لا تدفع البروتونات الموجودة في النواة بعضها بعيدًا؟ يعود ذلك إلى **القوة النووية الشديدة**، فهي ما يتسبب في انجذاب البروتونات والنيوترونات بعضها إلى بعض. يوضّح **الشكل 3** القوة النووية الشديدة الموجودة بين البروتونات والنيوترونات.

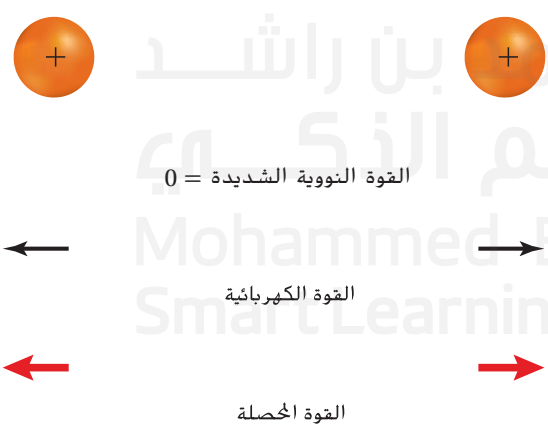
إنّ القوة النووية الشديدة هي إحدى القوى الأربعة الأساسية في الطبيعة، وهي أقوى من القوة الكهرومغناطيسية بمقدار 100 مرة تقريبًا. بالتالي، إنَّ قوى التجاذب الموجودة بين كل البروتونات والنيوترونات التي تتكوّن منها النواة هي ما يجعل النواة متماسكة مع بعضها.

مع ذلك، يجب أن تكون البروتونات والنيوترونات قريبة للغاية من بعضها حتى تؤثر فيها القوة النووية الشديدة، ذلك لأنَّ القوة النووية الشديدة قصيرة المدى حيث تصبح ضعيفةً للغاية إذا ما ابتعدت البروتونات والنيوترونات بعضها عن بعض. أما القوة الكهرومغناطيسية، فهي قوة طويلة المدى، لذا تتنافر البروتونات البعيدة عن بعضها بفعل القوة الكهربائية، كما يوضّح **الشكل 4**.

التأكد من فهم النص **حدّد** القوة التي تُنتج التجاذب بين البروتونات والنيوترونات.



عندما تكون البروتونات قريبة، تنجذب إلى بعضها. ويكون هذا التجاذب الناتج عن القوة النووية الشديدة قصيرة المدى أقوى كثيرًا من التنافر الناتج عن القوة الكهربائية طويلة المدى.

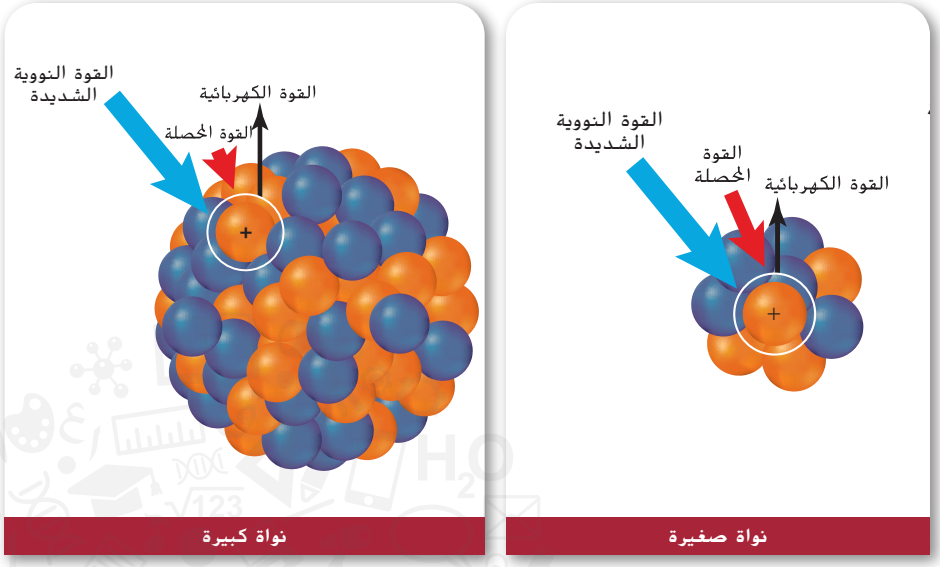


عندما تكون البروتونات بعيدة جدًا عن بعضها بحيث لا يمكن أن تؤدي القوة النووية الشديدة إلى انجذابها، تتنافر بفعل القوة الكهربائية الموجودة بينها. ومن ثمَّ تكون القوة المحصلة بينها هي التنافر.

الشكل 4 تعتمد القوة الإجمالية بين اثنين من البروتونات على المسافة بينهما. إنّ القوة النووية الشديدة قوية جدًا، لكنها قصيرة المدى. أما القوة الكهرومغناطيسية، فهي أضعف بكثير، لكن يمكن أن تؤثر خلال مسافات أكبر.

استدلّ على ما إذا كان من الممكن أن تكون القوة المحصلة بين اثنين من البروتونات صفرًا.

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program



■ **الشكل 5** في النوى التي تحتوي على عدد قليل من البروتونات، يكون مقدار قوة التنافر بين بروتون وآخر غيره صغيرًا. وفي النوى التي تحتوي على عدد كبير من البروتونات، لا تؤثر قوة الجذب النووية الشديدة إلا في البروتونات القريبة، لكن تبذل كل البروتونات قوة التنافر بعضها على بعض. بالتالي، يكون إجمالي مقدار قوة التنافر كبيرًا.

قارن بين القوة المحصلة التي تجعل النواة الأصغر حجمًا متماسكة والقوة المحصلة التي تجعل النواة الأكبر حجمًا متماسكة بعضها مع بعض.

النوى قليلة البروتونات يوضّح الجزء الأيمن في **الشكل 5** القوى داخل نواة صغيرة تحتوي على عدد قليل نسبيًا من البروتونات. إذا كانت النواة تحتوي على عدد قليل من البروتونات والنيوترونات، فإنَّها تكون جميعًا قريبةً من بعضها ولذا تنجذب إلى بعضها بفعل القوة النووية الشديدة. نظرًا إلى أنَّه لا يوجد سوى عدد قليل من البروتونات، تكون القوة الكهربائية التي تتسبب في تنافر البروتونات عن بعضها ضئيلة. ونتيجةً لذلك، فإنَّ القوة المحصلة بين البروتونات والنيوترونات تجعل النواة متماسكة بعضها مع بعض.

النوى عديدة البروتونات تتكوّن بعض النوى مثل نوى اليورانيوم من عدد كبير من البروتونات والنيوترونات. وفي هذه الحالات، ينجذب كل بروتون أو نيوترون إلى عدد قليل من البروتونات أو النيوترونات المحيطة به بفعل القوة النووية الشديدة، كما يوضّح الجزء الأيسر في **الشكل 5**. أما البروتونات والنيوترونات الأخرى، فتكون بعيدة جدًا. لذلك، يكون مقدار القوة النووية الشديدة التي تبقي البروتون أو النيوترون في مكانه في نواة كبيرة مساويًا تقريبًا لمقدار القوة النووية الشديدة في نواة صغيرة.

لكن كل البروتونات في النواة الكبيرة تبذل قوة تنافر كهربائية بعضها على بعض. لذلك، فإنَّ مقدار قوة التنافر الكهربائية في النواة التي تحتوي على عدد كبير من البروتونات يكون كبيرًا. ونتيجة لذلك، تكون النواة التي تحتوي على عدد كبير من البروتونات أقل تماسكًا من النواة التي تحتوي على عدد قليل من البروتونات.

نسب النيوترونات إلى البروتونات لا توجد قوى تنافر كهربائية بين النيوترونات. لماذا لا توجد نوى تتكوّن بكاملها من النيوترونات؟ لن تكون نسبة النيوترونات إلى البروتونات مستقرة في هذه النواة. ففي العناصر الأصغر حجمًا، يكون النظير مستقرًا عندما تكون النسبة 1:1 تقريبًا. وفي العناصر الأكبر حجمًا، يكون النظير مستقرًا عندما تكون نسبة النيوترونات إلى البروتونات 3:2 تقريبًا. أما النوى التي تحتوي على عدد كبير من النيوترونات مقارنةً بعدد البروتونات، فتكون غير مستقرة. وتكون نسبة النيوترونات إلى البروتونات أعلى في النوى الأكبر حجمًا نظرًا إلى أنَّ النيوترونات تساهم في قوة الجذب النووية الشديدة لكنها لا تساهم في قوة التنافر الكهربائية داخل النواة.

تجربة مصغرة

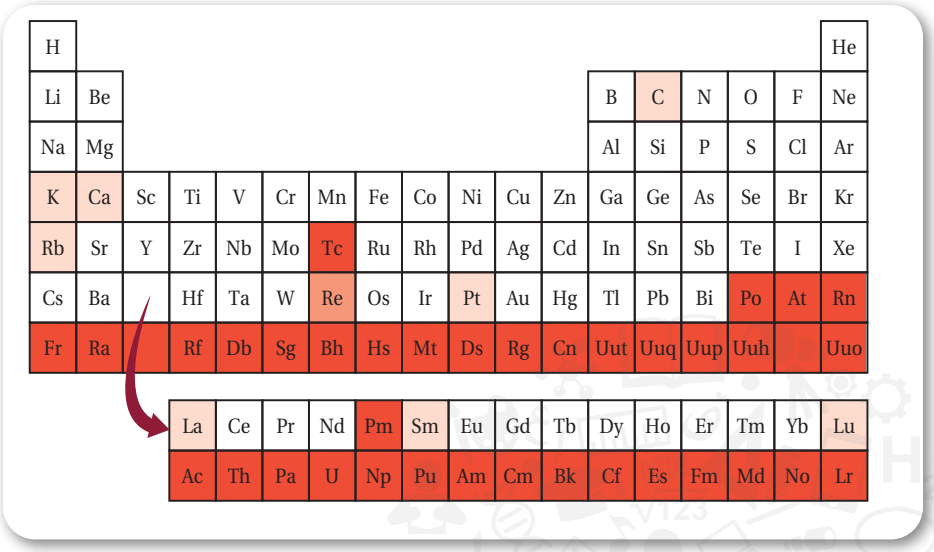
نمذجة القوى بين البروتونات

الإجراء

1. اقرأ الإجراء وحدّد المخاطر المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. غطِ الحواف الخارجية لمغناطيسين قرصيين باستخدام شريط لاصق مزدوج.
3. ضع المغناطيسين بحيث يكون القطبان الشماليان متقابلين. سيتنافر المغناطيسان معًا.
4. قرّب المغناطيسين من بعضهما ببطء إلى أن يتلامسا. وأثناء ذلك، لاحظ مقدار القوة الإجمالي بين المغناطيسين.

التحليل

1. **حدِّد** القوة الأساسية التي تمثّلها قوة التنافر بين المغناطيسين، ثم اشرح إجابتك.
2. **حدِّد** القوة الأساسية التي يمثّلها الشريط اللاصق المزدوج، ثم اشرح إجابتك.



الشكل 6 في هذا الرسم التخطيطي للجدول الدوري، كلما كان المربع الخاص بالعنصر أكثر احمرارًا، زادت احتمالية أن يكون أحد نظائر هذا العنصر مشعًا. وتشير المربعات البيضاء إلى عدم وجود نسبة مئوية يمكن قياسها للنظائر المشعة لهذه العناصر.

حدّد الأماكن التي توجد فيها النظائر المشعة غالبًا في الجدول الدوري.

النشاط الإشعاعي

في معظم النوى، تستطيع القوة النووية الشديدة الحفاظ على النواة متماسكة مع بعضها دائمًا، وتكون هذه النوى مستقرة. وعندما يكون مقدار القوة النووية الشديدة ليس كبيرًا بدرجة كافية ليحافظ على النواة متماسكة مع بعضها، يمكن أن تتحلل النواة وينبعث منها المادة والطاقة. ويُعرف ذلك باسم **النشاط الإشعاعي** وهو عملية انحلال النواة وانبعاث المادة والطاقة منها.

تُعدّ كل النوى التي تحتوي على أكثر من 83 بروتونًا من النوى المشعة. وبعض النوى التي تحتوي على أقل من 83 بروتونًا من النوى المشعة كذلك، مثل الكربون-14. كما أنّه لا توجد في الطبيعة نوى تحتوي على أكثر من 92 بروتونًا، إذ لن تكون مستقرة بدرجة كافية. لكن يمكن للبشر تصنيع هذه العناصر، ويتم ذلك في المختبرات عادةً. يوضّح **الشكل 6** العناصر التي يوجد لنظائرها المشعة نسبة مئوية يمكن قياسها.

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- تتمتع نظائر عنصر ما بالعدد نفسه من البروتونات ولكنها تختلف في أعداد النيوترونات.
- إنّ العدد الذري هو عدد البروتونات الموجودة في النواة. إنّ العدد الكتلي هو عدد البروتونات والنيوترونات الموجودة في النواة.
- يمكن أن تتحلل النواة بسبب نسبة النيوترونات إلى البروتونات فيها.
- إنّ النشاط الإشعاعي هو عملية الانحلال النووي.

1. الفكرة الرئيسة **قارن** بين خصائص القوة النووية الشديدة وخصائص القوة الكهرومغناطيسية.
2. **قارن** بين القوى داخل النواة الصغيرة والقوى داخل النواة الكبيرة.
3. **اشرح** السبب في أنَّ الأنوية الكبيرة تكون مشعة في الغالب.
4. **التفكير الناقد** اشرح هل تتوقع أن يكون الهيليوم-6 مشعًا أم مستقرًا.

تطبيق مفاهيم رياضية

5. **حساب النسبة** ما نسبة النيوترونات إلى البروتونات تقريبًا في نواة الرادون-222؟

الأسئلة الرئيسة

- ما المقصود بجسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعة جاما؟
- ما الفرق بين الانشطار النووي والاندماج النووي؟
- ما العلاقة بين الكتلة والطاقة؟

مفردات للمراجعة

أشعة جاما Gamma Rays: موجة كهرومغناطيسية عديمة الكتلة والشحنة، تنتقل بسرعة الضوء

مفردات جديدة

جسيم ألفا	Alpha Particle
جسيم بيتا	Beta Particle
تحول نووي	Transmutation
تفاعل متسلسل	Chain Reaction

الانحلال النووي والتفاعلات النووية

الفكرة الرئيسة **خلال الانحلال النووي والتفاعلات النووية، تنطلق جسيمات تتميّز بدرجة عالية جدًا من الطاقة.**

رابط مع الحياة اليومية هل سبق أن سمعت عن كيميائيّي العصور الوسطى الذين كانوا يحاولون تحويل الفلزات الشائعة إلى ذهب؟ في الواقع، يمكننا أن نحقق هذا الإنجاز في عصرنا الحالي من خلال التفاعلات النووية. للأسف، فإنّ عملية تحويل الفلزات الشائعة إلى ذهب مكلفة للغاية، وبالتالي غير مربِحة.

الانحلال النووي

عند انحلال النواة، تنبعث منها الجسيمات والطاقة. يُعرف هذا الانبعاث باسم الإشعاع النووي. ثمّة أنواع ثلاثة من الإشعاع النووي، هي أشعة ألفا وأشعة بيتا وأشعة جاما. تتكوّن أشعة ألفا وأشعة بيتا من جسيمات. أمّا أشعة جاما، فتتكوّن من موجات كهرومغناطيسية.

جسيمات ألفا عندما لا تكون القوة النووية الشديدة قوية بدرجة كافية كي تجعل النواة متماسكة، تنبعث من تلك النواة جسيمات ألفا. إنّ **جسيم ألفا** مكوّن من اثنين من البروتونات واثنين من النيوترونات. إنّ جسيم ألفا هو نفسه نواة الهيليوم -4.

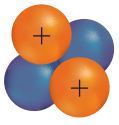
التأكد من فهم النص **حدِّد** مكوّنات جسيم ألفا.

تُعدّ جسيمات ألفا كبيرة للغاية إذا ما تمت مقارنتها بغيرها من أنواع الإشعاع النووي. فعلى سبيل المثال، يزيد حجم جسيم ألفا عن جسيم بيتا بمقدار 7,000 مرة. ويبلغ مقدار شحنة جسيمات ألفا مِثليّ مقدار شحنة جسيمات بيتا. غالبًا ما تتفاعل جسيمات ألفا مع غيرها من المواد، بسبب شحنة وكتلة ألفا الكبيرتين.

نتيجةً لذلك، تنقل جسيمات ألفا الطاقة إلى المواد المحيطة بها بسرعة كبيرة، خلال انتقالها عبر المواد الصلبة والسائلة والغازية. إنّ جسيمات ألفا هي أقل أنواع الإشعاع النووي قدرةً على الاختراق، يمكن لورقة واحدة أن توقف معظم جسيمات ألفا. يلخّص **الجدول 1** خصائص جسيمات ألفا.

الجدول 1 جسيم ألفا

الوصف	نواة الهيليوم-4 عالية الطاقة
الرمز	^4_2He
الكتلة	4 ذرات هيدروجين تقريبًا
الشحنة	+2
يمكن إيقافها بواسطة...	ورقة



برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الجدول 2	جسيم بيتا
الوصف	إلكترون عالي الطاقة
الرمز	$^{0}_{-1}e$
الكتلة	1/7000 من كتلة جسيم ألفا
الشحنة	−1
يمكن إيقافها بـــ...	صفيحة من الألمنيوم سمكها 3 mm

جسيمات بيتا والقوة النووية الضعيفة تعرّفت حتى الآن على ثلاثٍ من القوى الأساسية في الطبيعة، هي قوّة الجاذبيّة والقوة الكهرومغناطيسية والقوة النووية الشديدة. أمّا القوة الرابعة والأخيرة، فهي القوة النووية الضعيفة التي تتسبب في حدوث انحلال بيتا.

إنّ القوة النووية الضعيفة قصيرة المدى، مثلها في ذلك مثل القوة النووية الشديدة، وهي أضعف من القوى الأساسية الأخرى في ما عدا قوة الجاذبية. مع ذلك، يمكن أن تتسبب القوة الضعيفة في انحلال النيوترونات وتحوّلها إلى بروتونات، عندما تكون نسبة النيوترونات إلى البروتونات في النواة مرتفعة للغاية. عندما يحدث هذا الانحلال، ينطلق من النواة إلكترون واحد. إنّ **جسيم بيتا** إلكترون عالي الطاقة ينطلق عندما يتحول أحد النيوترونات إلى بروتون.

إنّ جسيمات بيتا أسرع بكثير من جسيمات ألفا وأكثر منها قدرةً على الاختراق. تكفي صفيحة ألمنيوم بسماكة 3 mm لامتصاص معظم جسيمات بيتا. يلخّص **الجدول 2** خصائص جسيمات بيتا.

أشعة جاما إنّ أشعة جاما هي موجات كهرومغناطيسية تتميّز بطاقة عالية للغاية، حيث يتطلب الأمر وجود قوالب الرصاص أو غير ذلك من الفلزات الثقيلة لإيقاف أشعة جاما. تنطلق هذه الأشعة عادةً من النواة خلال انحلال ألفا وانحلال بيتا. تنتقل أشعة جاما بسرعة الضوء وهي عديمة الكتلة والشحنة. خلال انحلال جاما، تفقد النواة جزءًا من الطاقة لكنها لا تفقد أيًا من الجسيمات. يلخّص **الجدول 3** خصائص أشعة جاما.

المفردات

مفردات أكاديمية

أساسي Fundamental

كل ما هو ذو تركيب أو وظيفة أو حقائق أساسية أو له علاقة بها يدرس بعض العلماء القوانين الأساسية للطبيعة ويحاولون فهمها.

الجدول 3	أشعة جاما
الوصف	موجة كهرومغناطيسية عالية الطاقة وعالية التردد
الرمز	γ
الكتلة	0
الشحنة	0
يمكن إيقافها بـــواسطة...	قوالب سميكة من الرصاص

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed bin Rashid Smart Learning Program

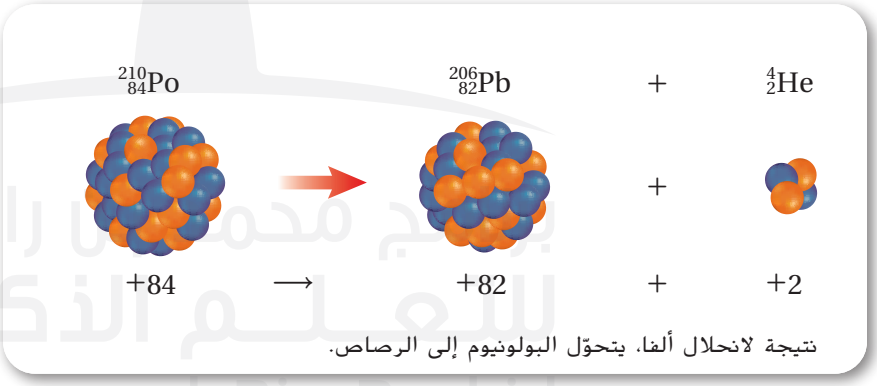
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الضرر الناتج عن الانحلال الإشعاعي يمكن أن يشكّل كل من أشعة ألفا وأشعة بيتا وأشعة جاما خطرًا على أنسجة الإنسان. فالجزيئات الحيوية الموجودة داخل جسمك كبيرة ويمكن أن تتلف بسهولة. إذ يمكن لجسيم واحد من جسيمات ألفا أو بيتا أو شعاع واحد من أشعة جاما أن يتلف العديد من الجزئيات الحيوية الضعيفة. قد يؤدي التلف الناتج عن الإشعاع إلى عمل الخلايا بشكل غير سليم فينتج عن ذلك الإصابة بالأمراض.

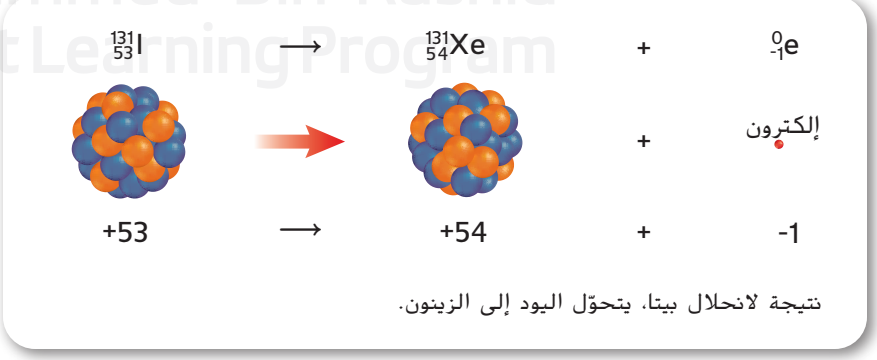
التحول النووي ينتج عن الانحلال النووي أيضًا ما يُعرف بالتحول النووي. يحدث التحوّل النووي خلال انحلال ألفا وبيتا إنّ **التحول النووي** هو عملية تغيّر عنصر معيّن ليصبح عنصرًا آخر.

خلال انحلال ألفا، تفقد النواة اثنين من البروتونات واثنين من النيوترونات. نتيجةً لذلك، يقلّ عدد البروتونات والنيوترونات في النواة الناتجة بمقدار اثنين من كل منهما، فتتحول النواة إلى عنصر مختلف تمامًا. ويقل العدد الذري للعنصر الجديد عن العدد الذري للعنصر الأصلي بمقدار اثنين. أما العدد الكتلي للعنصر الجديد، فيقل عن العدد الكتلي للعنصر الأصلي بمقدار أربعة. يبيّن الجزء العلوي في **الشكل 7** التحول النووي الناتج عن انحلال ألفا.

خلال انحلال بيتا، يطلق أحد النيوترونات إلكترونًا واحدًا ويتحول إلى بروتون. وبذلك تحتوي النواة الناتجة على بروتون إضافي، وتتحول إلى عنصر جديد عدده الذري أعلى من العدد الذري للعنصر الأصلي بمقدار واحد. لكنّ العدد الإجمالي للبروتونات والنيوترونات لا يتغيّر خلال انحلال بيتا، بالتالي، لا يتغيّر العدد الكتلي للعنصر الجديد عن العدد الكتلي للعنصر الأصلي. يوضّح الجزء السفلي في **الشكل 7** التحوّل النووي الناتج عن انحلال بيتا.



نتيجة لانحلال ألفا، يتحوّل البولونيوم إلى الرصاص.



نتيجة لانحلال بيتا، يتحوّل اليود إلى الزينون.

■ **الشكل 7** عندما تنبعث من العناصر جسيمات ألفا أو جسيمات بيتا، تتحول إلى عناصر جديدة. إنّ أشعة جاما عديمة الكتلة والشحنة. بالتالي، لن تتحوّل النواة إلى نواة أخرى إذا انبعثت منها أشعة جاما فقط. مع ذلك، فغالبًا ما تنبعث أشعة جاما خلال انحلال جسيمات ألفا أو بيتا.

قارن بين الشحنة الكلية قبل حدوث الانحلال الإشعاعي والشحنة الكلية بعد حدوث الانحلال الإشعاعي.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

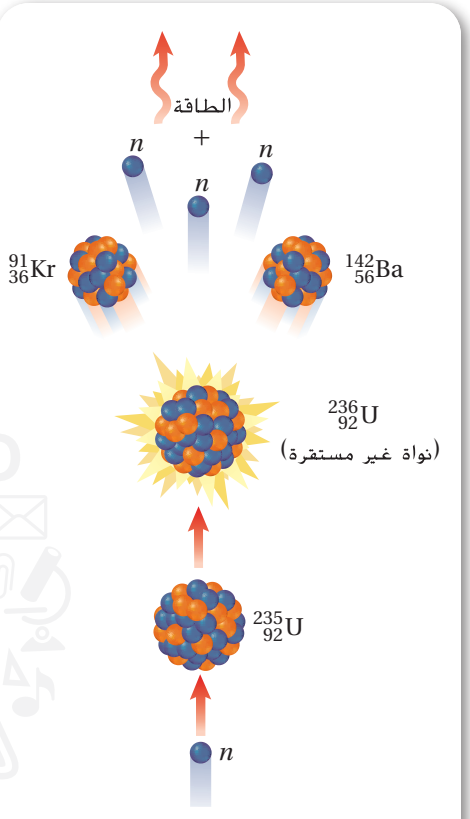
الانشطار النووي

عندما ينبعث من النواة إشعاع نووي، ينطلق منها مقدار من الطاقة. مع ذلك، فإنّ مقدار الطاقة المنطلقة خلال الانحلال النووي صغير جدًا، مقارنةً بمقدار الطاقة المنطلقة خلال الانشطار النووي.

تذكّر أنَّ الانشطار النووي هو عملية انقسام النواة إلى نواتين أو أكثر، وتكون النوى الناتجة أصغر حجمًا. يمكن للعلماء فعل ذلك من خلال قصف النواة الكبيرة بالنيوترونات. يبيّن **الشكل 8** تفاعل انشطار نَوَوِيّ لنواة اليورانيوم-235. تخضع نظائر أخرى، منها البلوتونيوم-239 واليورانيوم-233 لتفاعل الانشطار النووي. كانت طاقة القنبلة النووية التي سقطت على هيروشيما خلال الحرب العالمية الثانية مستمدة من الانشطار النووي لعنصر اليورانيوم-235.

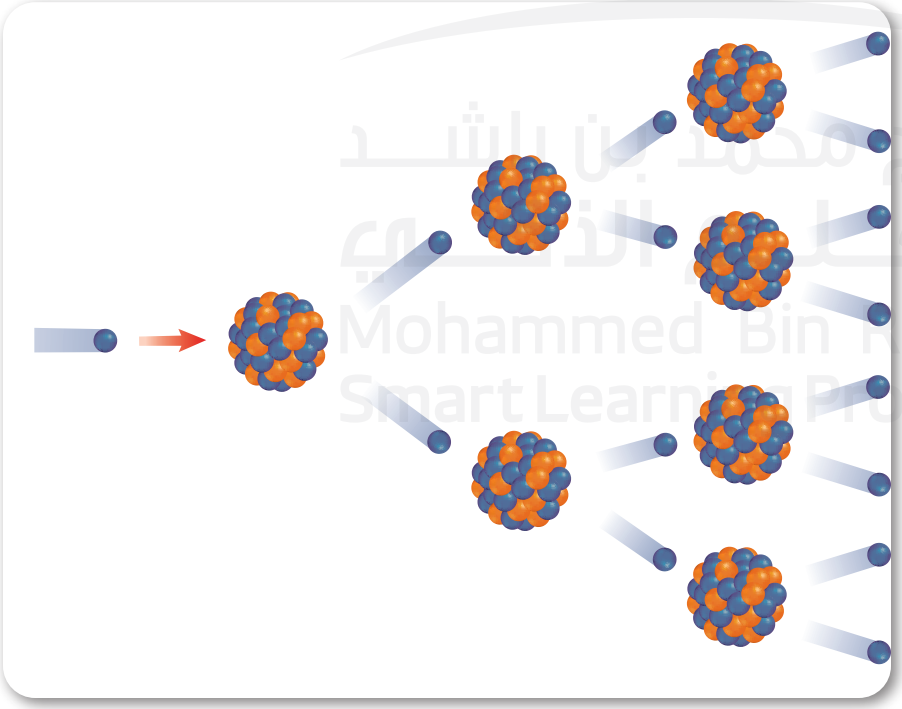
التفاعلات المتسلسلة تتضمن نواتج الانشطار النووي في العادة عدة نيوترونات بالإضافة إلى نوى أصغر حجمًا. بالتالي، يصبح بإمكان تلك النيوترونات الاصطدام بالنوى الأخرى الموجودة في العيّنة، فتؤدي كذلك إلى انشطارها. ينتج عن هذه التفاعلات المزيد من النيوترونات التي تتسبب في انشطار المزيد من النوى. إنّ **التفاعل المتسلسل** سلسلة من تفاعلات الانشطار النووي المتكررة، التي تنتج عن انطلاق المزيد من النيوترونات عند كل انشطار. إنّ أحد التفاعلات المتسلسلة مبيَّن في **الشكل 9**.

إذا لم يتم التحكم بالتفاعل المتسلسل، فستنطلق كمية هائلة من الطاقة في لحظة. هذا ما يحدث عندما تُفجَّر قنبلة الانشطار النووي. رغم ذلك، فإنّ بالإمكان التحكم بالتفاعلات المتسلسلة، من خلال إضافة المواد التي تمتص النيوترونات. في حال امتصاص مقدار كافٍ من النيوترونات، يتمّ التحكم بالتفاعل المتسلسل. تلك هي الطريقة التي تعمل بها محطات الطاقة النووية.



■ **الشكل 8** تنشطر بعض النوى الكبيرة عندما تمتص أحد النيوترونات. في هذا المثال، يتسبب أحد النيوترونات في انشطار نواة اليورانيوم-235 إلى نواتين أصغر حجمًا وثلاثة نيوترونات إضافية.

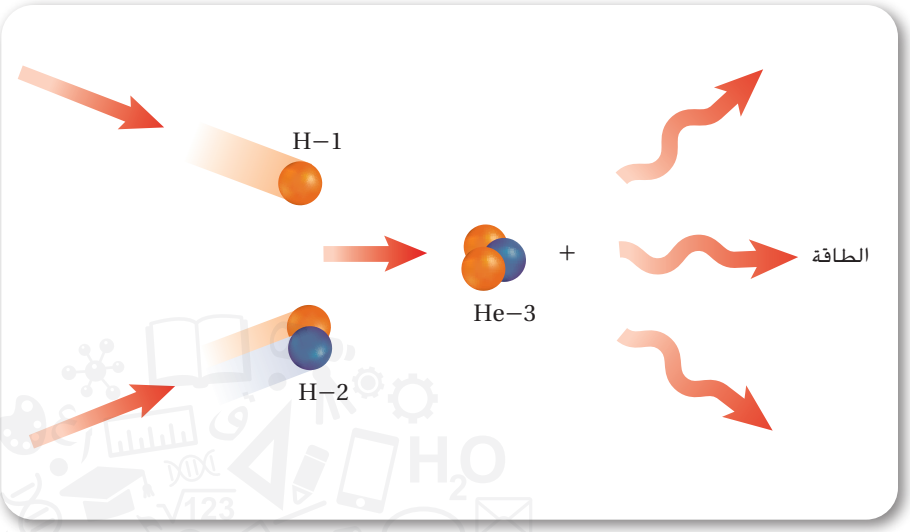
توقّع ما إذا كان من الممكن أن يحدث انشطار نَوَوِيّ للكربون-12.



■ **الشكل 9** يحدث التفاعل المتسلسل عندما تتسبب النيوترونات المنطلقة من النواة المنشطرة في انشطار النوى الأخرى وانطلاق المزيد من النيوترونات. يحدث تفاعل متسلسل غير متحكم به عند انفجار قنبلة الانشطار النووي. أما في محطات الطاقة النووية، فيتم ضبط التفاعل المتسلسل باستخدام قضبان من المواد التي تمتص بعضًا من النيوترونات.

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 10** إنّ أحد أشكال الاندماج مبيَّن هنا. ينتج الهيليوم-3 عندما يتّحد نظير الهيدروجين-1 مع الهيدروجين-2. إنّ هذا التفاعل شائع داخل الشمس.

الاندماج النووي

إنّ مقدار الطاقة التي تنتج عن تفاعلات الاندماج النووي أكبر من مقدار الطاقة الذي ينتج عن تفاعلات الانشطار النووي. لعلك تتذكر أنَّ الاندماج النووي هو عملية اتحاد نواتين أو أكثر، لتكوين نواة واحدة ذات كتلة أكبر. يبيّن **الشكل 10** مثالًا على الاندماج النووي الذي يحدث داخل الشمس. يؤدي الانشطار إلى انقسام النوى. أما الاندماج فيؤدي إلى اتحادها.

المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

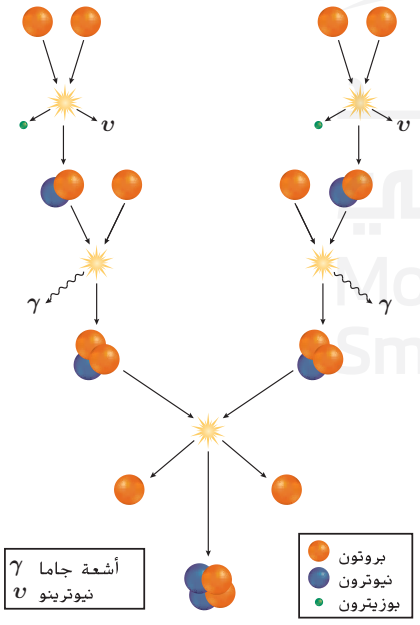
الاندماج ودرجة الحرارة لكي يحدث الاندماج النووي، يجب أن تكون النوى قريبة من بعضها. مع ذلك فإنّ كل النوى موجبة الشحنة، وبالتالي فإنَّها تتنافر. يجب أن تحتوي النوى على مقدار كافٍ من الطاقة الحركية يمكّنها من التغلّب على هذا التنافر، من أجل أن يحدث الاندماج.

تذكَّر أنّ الطاقة الحركية للذرات تزداد بازدياد درجة حرارتها. لا تتحرّك النوى بالسرعة التي تجعلها قريبة من بعضها بدرجة تكفي لحدوث الاندماج، إلا في حرارة تصل إلى ملايين الدرجات السيليزية. إنّ درجات الحرارة البالغة الارتفاع موجودة في مراكز النجوم ومنها الشمس.

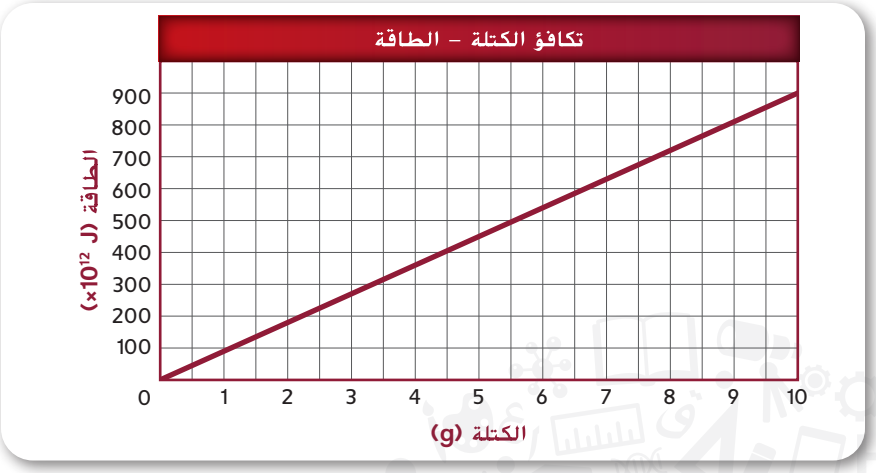
لقد تكوّنت كل الذرات الموجودة، باستثناء الهيدروجين-1، من خلال الاندماج النووي. يحدث هذا الاندماج النووي في قلب النجوم وخلال انفجارها. إضافةً إلى ذلك، حدث الاندماج النووي في اللحظات الأولى التي تلت الانفجار الكبير، حيث كانت الطاقة الحرارية ودرجة الحرارة مرتفعتان للغاية في كلتا الحالتين.

الاندماج والشمس يبلغ مقدار الطاقة المنبعثة من الشمس 3.8×10^{26} J في كل ثانية. تنتج هذه الطاقة الإشعاعية في البداية من نوى الهيدروجين الموجودة في لب الشمس، من خلال سلسلة من تفاعلات الاندماج النووي. يبيّن **الشكل 11** أهم سلسلة من تفاعلات الاندماج التي تحدث داخل الشمس. وينتشر حدوث هذه السلسلة في النجوم التي تكون كتلتها قريبة من كتلة الشمس. أما النجوم الأكثر ضخامةً، فتحدث فيها سلسلة أخرى من التفاعلات.

■ **الشكل 11** تنتج طاقة الشمس من سلسلة تفاعلات الاندماج التي تحدث في لبّها. إنّ النيوترينو جسيم ضئيل عديم الكتلة تقريبًا، والبوزيترون جسيم له شحنة البروتون وكتلة الإلكترون.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 12** إنّ مقدارًا صغيرًا من الكتلة يمثّل قدرًا هائلًا من الطاقة. لقد فسّر ألبرت أينشتاين علاقة التكافؤ بين الكتلة والطاقة أول مرة في العام 1905، رغم أنّ غيره من العلماء اقترح هذا الرابط بين الكتلة والطاقة قبل ذلك.

حدِّد مقدار الطاقة التي تعادل 2 g من الكتلة.

الكتلة والطاقة

خلال تفاعلات الاندماج التي تحدث داخل الشمس، لا تنطلق أي مادة من الشمس. مع ذلك، فإنّ الكتلة الكلية لكل الجسيمات المشتركة في هذا التفاعل، تكون أكبر قبل التفاعل منها بعد التفاعل. كيف يمكن أن تكون الكتلة أقل بعد التفاعل إذا لم يغادر الشمس أي مقدار من المادة؟ ألا يتم حفظ الكتلة؟

وفقًا لنظرية النسبية الخاصة، فإنّ مقدارًا هائلًا من الطاقة يوازي مقدارًا صغيرًا من الكتلة. إنّ الكتلة هي الطاقة، والطاقة هي الكتلة. يبيّن **الشكل 12** هذه العلاقة. إنّ جرام واحد من الكتلة هو طاقة كافية لإطلاق نصب تذكاري في المدار.

مع ذلك، ليس بالإمكان ملاحظة العلاقة بين الكتلة والطاقة، إلا إذا كان مقدار الطاقة هائلًا جدًا. إنّ كمية الطاقة التي تشترك في تفاعلات الانشطار وتفاعلات الاندماج كبيرة جدًا، ما يتيح ملاحظة الفرق بين المقدار الكلي للمادة قبل التفاعل والمقدار الكلي لها بعد التفاعل. يحدث هذا التغيّر في المقدار الكلي للمادة حتى عندما يظل إجمالي عدد البروتونات والنيوترونات ثابتًا.

إنّ التحويل الذي يحدث بين الكتلة والطاقة هو مجرّد تحويل للوحدات، مثل التحويل من كيلومتر في الساعة إلى متر في الثانية. للتحويل من وحدات الكتلة إلى وحدات الطاقة، اضرب في مربع سرعة الضوء في الفراغ (c^2).

معادلة الكتلة والطاقة

وحدات الطاقة (الجول) =

[**وحدات الكتلة** (kg)] × [**سرعة الضوء في الفراغ** (m/s)]^2

$$E = mc^2$$

تبلغ سرعة الضوء في الفراغ 300,000,000 m/s. سيساعدك المثال الوارد في الصفحة التالية على استكشاف العلاقة بين الكتلة والطاقة بمزيد من التعمّق.

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

مثال 1

حوّل وحدات الطاقة إلى وحدات الكتلة يبلغ مقدار الطاقة الإشعاعية الذي ينبعث من الشمس في كل ثانية 3.8×10^{26} J تقريبًا. ما مقدار الكتلة التي تفقدها الشمس في كل ثانية بسبب انبعاث هذه الطاقة؟

المجهول: الكتلة: m

المعلوم: الطاقة: $E = 3.8 \times 10^{26}$ J

سرعة الضوء في الفراغ: $c = 3.0 \times 10^{8}$ m/s

القانون المستخدم: $E = mc^2$

حل المسألة:

$$3.8 \times 10^{26}\ \text{J} = m(3.0 \times 10^{8}\ \text{m/s})^2$$

$$m = \frac{3.8 \times 10^{26}\ \text{J}}{(3.0 \times 10^{8}\ \text{m/s})^2}$$

$$m = 4.2 \times 10^{9}\ \text{kg}$$

تقييم الإجابة: ضع إجابتك مرة أخرى في المعادلة $E = mc^2$. إذًا،
$E = 4.2 \times 10^{9}\ \text{kg} \times (3.0 \times 10^{8}\ \text{m/s})^2 = 3.8 \times 10^{26}\ \text{J}$. وهو مقدار الطاقة نفسه الوارد في المسألة، إذًا فالمفاهيم الرياضية المستخدمة في هذه المسألة صحيحة.

تطبيقات

1. ما مقدار الطاقة الذي يعادل 1 kg من الكتلة؟
2. **تحدي:** يبلغ مقدار الطاقة الذي ينطلق نتيجة حرق سكان الولايات المتحدة للجازولين كوقود للشاحنات والسيارات كل عام 17×10^{18} J تقريبًا. فما مقدار الكتلة التي تعادل ذلك تقريبًا؟

القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

- يمكن أن ينتج عن النشاط الإشعاعي جسيمات ألفا أو جسيمات بيتا أو أشعة جاما.
- يحدث الانشطار النووي عندما يصطدم أحد النيوترونات بالنواة فيؤدي إلى انقسامها إلى نوى أصغر حجمًا.
- يحدث الاندماج النووي عند اتحاد نواتين لتكوين نواة أخرى.
- يوازي المقدار الصغير من الكتلة قدرًا هائلًا من الطاقة.

1. الفكرة الرئيسة **قابل** بين الطاقة التي يمكن أن تنطلق خلال تفاعل الانشطار النووي والطاقة التي يمكن أن تنطلق خلال تفاعل الاندماج النووي.
2. **قابل** بين جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعة جاما.
3. **اشرح** السبب في كون التكافؤ بين الكتلة والطاقة لا يكون واضحًا في التفاعلات الكيميائية.
4. **التفكير الناقد** اشرح سبب ضرورة توفّر درجات حرارة مرتفعة من أجل حدوث تفاعلات الاندماج النووي وعدم ضرورة توفرها لحدوث تفاعلات الانشطار النووي.

تطبيق مفاهيم رياضية

5. **احسب عدد الأنوية** في أحد التفاعلات المتسلسلة، تمرّ كل نواة تعرضت للانشطار بتفاعلي انشطار إضافيين. فإذا انشطرت نواة واحدة في الخطوة الأولى من التفاعل، كم يكون عدد النوى التي ستكون قد انشطرت بعد الخطوة الخامسة؟

برنامج محمد بن راشد للتعليم الذكي Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تجربة
تفاعل متسلسل

الأهداف

- **نمذجة** تفاعل متسلسل متحكم به.
- **نمذجة** تفاعل متسلسل غير متحكم به.
- **المقارنة** بين نوعيّ التفاعلات المتسلسلة.

الخلفية: **في التفاعل المتسلسل غير المتحكم به، يزداد عدد التفاعلات كلما تسببت النيوترونات الإضافية في انشطار المزيد من النوى. أما في التفاعل المتسلسل المتحكم به، فتُمتص بعض النيوترونات، فيستمر التفاعل بمعدّل ثابت.**

السؤال: كيف يمكنك نمذجة تفاعل نووي متحكم به وآخر غير متحكم به في غرفة الصف؟

التحضير

المواد

قطع الدومينو
ساعة توقيت

الإجراء

1. اقرأ الإجراء وحدد المخاطر المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. أنشِىء خط واحد من قطع الدومينو، بحيث تقف القطع عموديًا. عند دفع القطعة الأولى من الدومينو، يجب أن تصطدم بالقطعة التالية، فتصطدم كل قطعة بالأخرى التي تليها.
3. استخدم ساعة التوقيت في حساب المدة التي يستغرقها سقوط قطع الدومينو، بدءًا من القطعة الأولى حتى الأخيرة، وسجّل المدة.
4. شكّل العدد نفسه من قطع الدومينو على شكل حرف Y كما هو مبيّن أعلاه. تأكد من أنَّ قطعتي الدومينو في بداية تشعّب حرف Y ستسقطان إثرَ سقوط القطع الأخرى.
5. كرر الخطوة 3.

استنتج وطبّق

1. **قارن** بين مقدار المدة الزمنية التي استغرقها سقوط كل قطع الدومينو في كل من التشكيلين.
2. **حدّد** متوسط عدد القطع التي سقطت في الثانية في كل من التشكيلين.
3. **اشرح** طريقة تمثيل النماذج التي صممتها لكل من التفاعل المتسلسل المتحكم به وغير المتحكم به.
4. **اشرح** الطريقة التي يمكن من خلالها لإضافة المزيد من التفرّعات إلى نموذجك، أن تؤثّر في متوسط عدد قطع الدومينو التي ستسقط في الثانية. ما الذي قد تمثّله إضافة المزيد من تفرعات قطع الدومينو إلى نموذجك، من حيث عدد النيوترونات المنطلقة في كل تفاعل انشطار؟
5. **توقّع** على افتراض أنّ مقدار المواد متساوٍ في كل من التفاعل المتسلسل المتحكم به والتفاعل المتسلسل غير المتحكم به، فأيّ منهما سينتهي بشكلٍ أسرع؟

إيصال

معلوماتك

أنشئ موقع ويب يشرح طريقة استخدام التفاعل النووي المتسلسل المتحكم به في محطات الطاقة النووية لتوليد الكهرباء.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تكنولوجيا الإشعاع وتطبيقاته

النكرة الرئيسة **يمكن أن يُشكِّل الإشعاع النووي خطرًا، لكن له تطبيقات مفيدة أيضًا.**

رابط مع الحياة اليومية هل سبق أن سمعت عن أطباء يستخدمون الإشعاع لتشخيص الأمراض؟ أحيانًا يُعطي الأطباء المختصون الأصباغ المشعّة لمرضاهم، ما يتيح لهم تتبُّع تقدُّم الصبغة عبر جسم المريض.

الأسئلة الرئيسة

- كيف يمكن اكتشاف النشاط الإشعاعي؟
- اذكر بعض المصادر الشائعة لإشعاع الخلفية.
- ما عمر النصف للمادة المشعة؟
- كيف يمكن استخدام النشاط الإشعاعي للمساعدة على معرفة عمر جسم ما؟

مفردات للمراجعة

التيار الكهربائي Electric Current: صافي حركة الشحنات الكهربائية في اتجاه واحد

مفردات جديدة

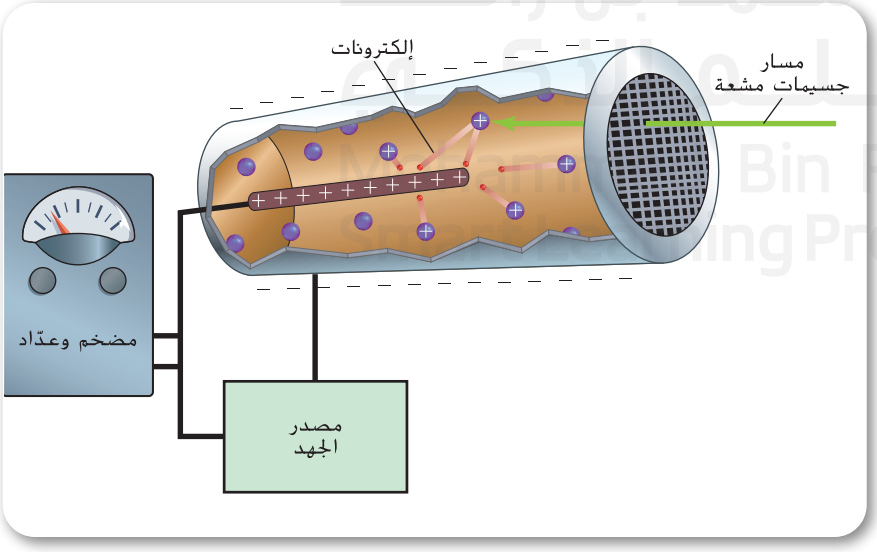
المتتبِّع	Tracer
عمر النصف	Half-Life

اكتشاف الإشعاع النووي

يجب توفر أدوات خاصة لاكتشاف الإشعاع النووي ودراسته. إنّ إحدى هذه الأدوات هي عدّاد جايجر. إنّ لهذه الأداة سلكًا مشحونًا بشحنة موجبة، يمرّ عبر مركز أنبوب فلزي مشحون بشحنة سالبة كما هو مبيّن في **الشكل 13**. وهذا الأنبوب مملوء بغاز منخفض الكثافة.

عندما يدخل الإشعاع إلى الأنبوب من أحد الطرفين، يصطدم بالإلكترونات الموجودة في جزيئات الغاز. ثم تصطدم هذه الإلكترونات بالمزيد من الإلكترونات الموجودة في جزيئات أخرى للغاز وتفصلها، يجذب السلك الموجب هذه الإلكترونات، مما يُحدِث تيارًا في هذا السلك يتضخَّم هذا التيار ويُنتِج صوت نقر. ويشير عدد النقرات في كل ثانية إلى شدة الإشعاع.

يرغب العلماء، كثيرًا، بالقيام بأكثر من مجرد اكتشاف الإشعاع النووي. على عكس عداد جايجر، يمكن للغرفة السلكية تتبُّع مسارات الجسيمات دون الذرية وكذلك اكتشاف وجود هذه الجسيمات. تشبه الغرفة السلكية في طريقة أدائها، عداد جايجر إلى حد كبير. إلا أنّ الغرفة السلكية تحتوي على مجموعة من الأسلاك المشحونة بشحنة موجبة بدلًا من سلك واحد فقط.



الشكل 13 إنّ بالإمكان اكتشاف الجسيمات دون الذرية، بما فيها جسيمات ألفا وبيتا، بواسطة عدّاد جايجر. كلما كانت كمية الإشعاع أكبر، صار الانهمار الإلكتروني أكبر وعدد النقرات أكبر. يتضمن الكثير من عدادات جايجر أيضًا مقياسًا بإبرة يقيس الإشعاع الوارد.

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

إشعاع الخلفية

قد تتفاجأ حين تعلم أنّ الإنسان مغمور بالإشعاع منذ ملايين السنين. يُطلَق على هذا الإشعاع إسم إشعاع الخلفية.لا يُنتج الإنسان هذا الإشعاع، بل ينبعث بشكل أساسي من النظائر المشعّة الموجودة في الصخور والتربة والغلاف الجوي لكوكب الأرض. يتّسِم إشعاع الخلفية بمستوى إشعاعي منخفض، لكن اكتشافه يبقى ممكنًا.

تحتوي مواد البناء، مثل الطوب والخشب والأحجار على مقدار ضئيل من المواد الإشعاعية. ثمّة مقدار ضئيل من النظائر المشعة الطبيعية في الطعام والماء والهواء أيضًا. كذلك، فإنّ إشعاع الخلفية ينبعث من داخل أجسامنا. على سبيل المثال، تحتوي أجسامنا على نظيريّ الكربون-14 والبوتاسيوم-40. وهما نظيران مشعان.

مصادر إشعاع الخلفية يأتي إشعاع الخلفية من عدة مصادر، كما هو مبيّن في **الشكل 14**. يمكن أن يتسرَّب غاز الرادون، وهو مصدر إشعاع الخلفية الأكثر شيوعًا، إلى المنازل والطوابق الأرضية، من التربة والصخور المحيطة. بالإضافة إلى ذلك، يأتي بعض إشعاع الخلفية من الجسيمات العالية السرعة التي تدخل إلى الغلاف الجوي للأرض من الفضاء الخارجي. تُسمى هذه الجسيمات العالية السرعة الأشعة الكونية.

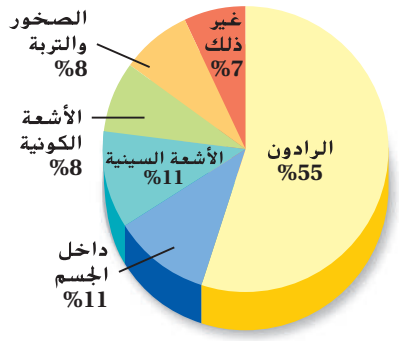
يمكن لكمية إشعاع الخلفية التي يتلقاها الشخص، أن تتفاوت بصورة كبيرة. تعتمد الكمية على أنواع الصخور الموجودة تحت سطح الأرض وأنواع المواد المُستخدمة في بناء منزل الشخص والارتفاع الذي يعيش عليه الشخص، بالإضافة إلى أشياء أخرى. مع ذلك، يتوافر بعض إشعاع الخلفية للجميع ولطالما كان متوافرًا على مر عصور التاريخ وما قبل التاريخ.

استخدام الإشعاع النووي في الطب

قد يسهُل عليك العثور على صديقك في منطقة مزدحمة، إذا ما أخبرك أنّه سيرتدي قبعة حمراء. بطريقة مماثلة، يستطيع العلماء العثور على جزيء واحد ضمن مجموعة كبيرة من الجزيئات في حال كان "يرتدي" شيئًا فريدًا من نوعه. ليس باستطاعة الجزيء أن يرتدي قبعة حمراء، لكن العثور عليه يصبح سهلًا إذا كان يتضمن ذرة مشعة، إذ ينبعث من الذرة إشعاع يمكّن الأطباء من اكتشافها.

إنّ **المُتتبِّع** نظيرٌ مشعٌّ يستخدمه الأطباء لتحديد موقع الجزيئات في الكائن الحي. يستخدم الأطباء المتتبِّعات لمتابعة حركة جزيئات معيَّنة في جسم الإنسان ولدراسة طريقة عمل الأعضاء. قد يبدو هذا الأمر ضارًا، لكن مستويات الإشعاع تكون منخفضة جدًا بحيث لا تكون ضارة أو خطِرة. يستخدم علماء الزراعة أيضًا المتتبِّعات في الزراعة، لمراقبة امتصاص المغذِّيات والأسمدة. تتضمن المتتبعات الشائعة التكنيشيوم-99 واليود-131. إنّ هذه المتتبِّعات مفيدة، إذ تنبعث منها أشعة جاما التي يمكن أن تكتشفها أدوات التصوير الطبية بسهولة.

مصادر إشعاع الخلفية



الشكل 14 يبيّن هذا التمثيل بالقطاعات الدائرية مصادر إشعاع الخلفية. يأتي معظم الإشعاعات التي تنشأ داخل أجسامنا من البوتاسيوم-40، الذي نستهلكه في غذائنا. إنّ مصدر معظم الأشعة السينية التي يتعرّض الإنسان، هو الأشعة السينية الطبية.

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

المتتبِّع Tracer

الاستخدام العلمي
مادة تُستخدم لمتابعة مسار عملية كيميائية أو حيوية
يمكن أن يتتبَّع الأطباء تحرك المواد عبر جهازك الهضمي، باستخدام المتتبِّعات.

الاستخدام العام
شخص يبحث عن أشخاص مفقودين أو ممتلكات مفقودة
لقد استأجرت الفتاة متتبِّعًا للمساعدة في العثور على قطّتها المفقودة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

متتبِّعات اليود في الغدة الدرقية يمكن استخدام المتتبعات لاكتشاف المشكلات الموجودة في غدَّتك الدرقية، التي تساعد على تنظيم العديد من عمليات الجسم، منها النمو. يتراكم اليود في الغدة الدرقية. تنبعث أشعة جاما من اليود-131، وهو نظير اشعاعي لليود. يمكن أن يبتلع المريض كبسولة تحتوي على اليود-131، الذي يمكن أن تمتصه الغدة الدرقية للمريض بسهولة.

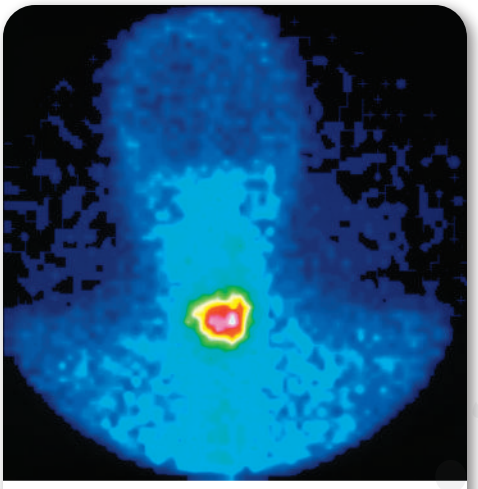
تخترق أشعة جاما التي تأتي من اليود-131 الجلد. يستطيع الأطباء اكتشاف أشعة جاما، فيُنتجون صورة تشبه تلك المبيّنة في **الشكل 15**. إذا لم يكن الإشعاع المُكتشَف شديدًا، فإنّ ذلك يعني أن الغدة الدرقية لم تمتص اليود-131 بشكل صحيح. قد يكون السبب في ذلك وجود ورمٍ ما.

التأكد من فهم النص **صِف** الاستخدام الطبي لليود-131.

علاجات السرطان عندما يكون الشخص مصابًا بمرض السرطان، تصبح مجموعة من الخلايا داخل جسم هذا الشخص خارجة عن السيطرة. فالسرطان مرض مُضِرّ وفي أغلب الأحيان مميت. يُبيّن الجزء الأيمن من **الشكل 16** خليتين سرطانيتين. ويُبيِّن الجزء الأيسر من **الشكل 16** مريض سرطان يخضع للعلاج بالإشعاع. يستطيع الأطباء استخدام الإشعاع لمنع نمو وانقسام بعض أنواع الخلايا السرطانية.

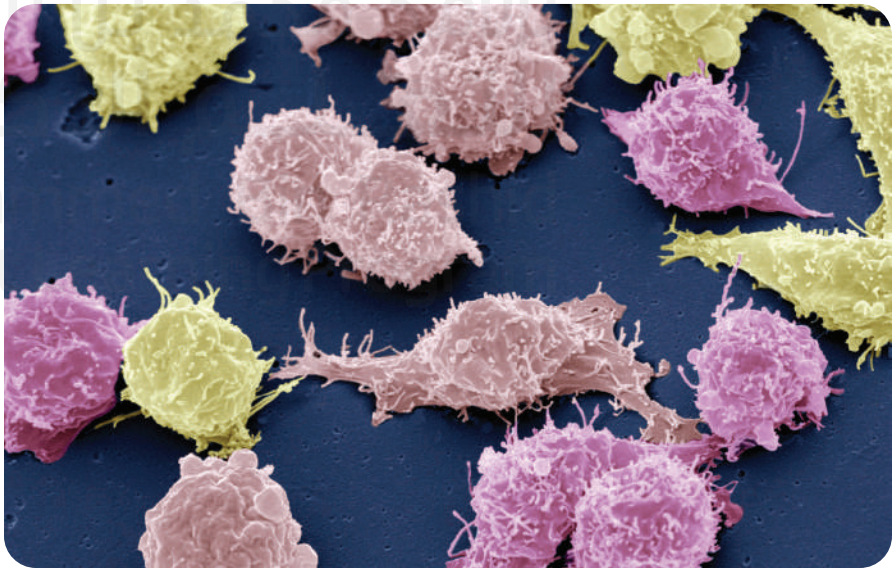
تذكّر أنّ بإمكان الإشعاع أن يؤيّن الذرات المجاورة. إذا وُضِع مصدر إشعاع بالقرب من الخلايا السرطانية، يصبح بالإمكان أن تتأيّن الذرات الموجودة في هذه الخلايا. إذا كانت الذرات المتأيّنة موجودة في جزيء مهم مثل الحمض النووي DNA أو الحمض النووي الرايبوزي (RNA)، فقد لا يعمل الجزيء بشكل سليم بعد ذلك. وبالتالي قد يتوقف نمو الخلية أو قد تموت.

إنّ من الممكن أن تتلف الخلايا غير السرطانية أيضًا، أثناء العلاج بالإشعاع. لهذا السبب، يجب أن يتوخى الأطباء الحذر فيركّزوا الإشعاع على الخلايا السرطانية بقدر الإمكان. مع ذلك، لا يزال العلاج بالإشعاع يضر بالخلايا السليمة في الكثير من الأحيان. غالبًا ما يعاني مرضى السرطان من آثار جانبية حادّة إثر تلقّيهم العلاج بالإشعاع.



الشكل 15 يتراكم اليود-131 المشِع في الغدّة الدرقية، وتنبعث منه أشعة جاما، التي يمكن اكتشافها لتشكيل صورة الغدة الدرقية لمريض السرطان هذا.

الشكل 16 أثناء العلاج بالإشعاع، يُوضَع مصدر إشعاعي بالقرب من الورم. يهدف هذا الإجراء إلى إتلاف الورم بقدر الإمكان، مع الحد من التلف الواقع على الأنسجة المحيطة.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

عمر النصف

كيف يمكنك معرفة ما إذا كان النظير الإشعاعي في طريقه إلى الانحلال؟ افترض أنّك تهز صندوقًا مملوءًا بمئات الدراهم المعدنية، ثم تُخرِج كل الدراهم التي تظهر الكتابة. قد تُخرج حوالي نصف الدراهم كلّما أعدت الكرّة.

ليس بإمكانك التوقُّع بدقّة أي الدراهم ستظهر الكتابة في كل مرة. لكنّك تستطيع أن تتوقع بالتقريب، عدد الدراهم التي ستظهر الكتابة بعد كل هزة. يمكنك أيضًا توقُّع كم مرة يجب تكرار هذه العملية حتى تتمكن من إخراج كل الدراهم من الصندوق.

يعمل الانحلال الإشعاعي بطريقة مماثلة. فلا يمكنك معرفة متى ستنحل نواة معيّنة تتميز بنشاط إشعاعي. لكنّ بإمكانك أن تتوقع بدقة عدد النوى المشّعة التي ستنحل في فترة معينة من الزمن.

عند وجود عدد كبير من النوى الإشعاعية في إحدى العينات، يمكنك تقدير عمر النصف لهذه العيّنة. إنّ **عمر النصف** هو مقدار الزمن المستغرَق لانحلال نصف النوى الموجودة في عيّنة النظير، وهو مماثل لمقدار الزمن الفاصل بين هزّات الدراهم في الصندوق.

تُسمى النواة المشعة النواة الأصل، في حين تُسمى النواة التي تتبقّى بعد انحلال النظير، النواة الوليدة. يبيّن **الشكل 17** نسبة النوى المتبقية بعد كل عمر نصف. لاحظ بقاء نصف النوى الأصلية فقط بعد عمر نصف واحد، وبقاء ربع النوى الأصلية بعد عمرَيّ نصف.

تتباين فترات أعمار النصف بشكل كبير. إنّ عمر النصف للبولونيوم-214 هو أقل من واحد من ألف من الثانية، أمّا عمر النصف للكربون-14 فهو أقل من 6,000 سنة بقليل. في حين يبلغ عمر النصف لليورانيوم-238 4.5 مليار سنة. يستطيع العلماء استخدام معرفتهم بعمر نصف النظير لاحتساب أعمار الصخور والأحافير والقطع الأثرية.

التأكد من فهم النص **عرِّف** النواة الوليدة.

تجربة مصغرة

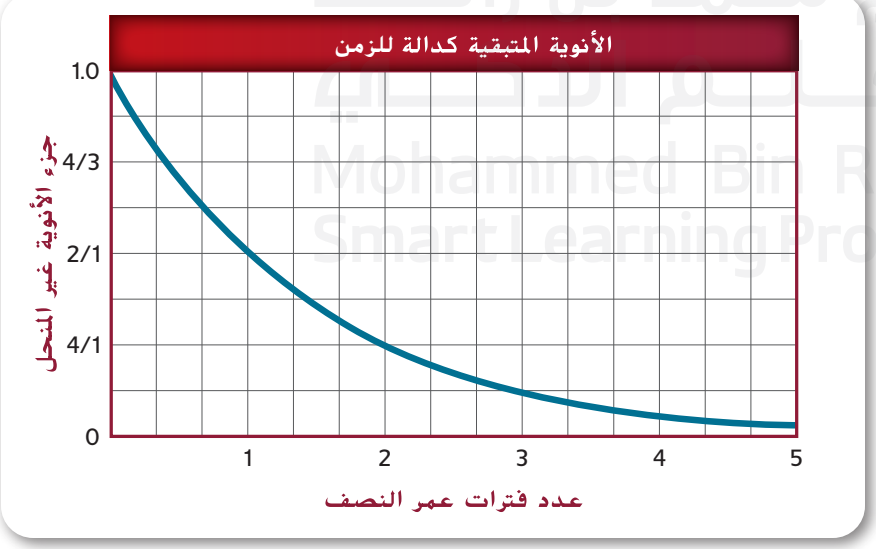
تصميم نموذج للانحلال الإشعاعي

الإجراء

1. اقرأ الإجراء وحدّد المخاوف المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. ضع 200 درهم معدني في صندوق أحذية.
3. أغلق الصندوق، وهُزه لمدة 3 s مع إمساك الغطاء بإحكام.
4. افتح صندوق الأحذية، وأخرِج كل الدراهم المعدنية التي تظهر الكتابة الآن. احسب عدد الدراهم المتبقية وسجِّلها.
5. كرّر الخطوتين 3 و 4 حتى تُخرِج كل الدراهم من الصندوق.

التحليل

1. **تمثيل بياني** عدد الدراهم المعدنية المتبقية مقابل الزمن. سجِّل كل خطوة «هزة وإخراج»، بفاصل زمني 3 s.
2. **صِف** طريقة تمثيل هذه التجربة للانحلال الإشعاعي.
3. **توقّع** عدد الهزات الإضافية اللازمة لانحلال كل الدراهم المعدنية إذا بدأت بـ 400 درهم بدلًا من 200.



الشكل 17 ينحلّ نصف العيّنة التي تتميّز بنشاط إشعاعي كل عمر نصف.

حدّد عدد فترات أعمار النصف اللازمة لانحلال ثلاثة أرباع عيّنة مشعة.

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

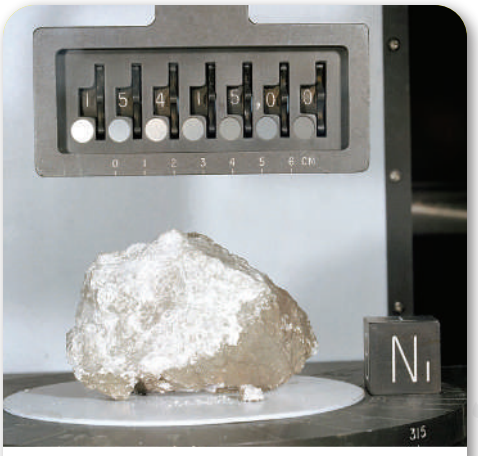
McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

التأريخ الإشعاعي

إنّ الصخرة المبيّنة في **الشكل 18** هي من القمر ويبلغ عمرها أكثر من 4 مليارات سنة. كيف يمكن أن يعرف العلماء عمر شيء يعود إلى آلاف أو ملايين أو حتى مليارات السنين؟ يستخدم العلماء الكثير من الطرق المختلفة لتحديد عمر العيّنات. تتضمن إحدى الطرق الأكثر فعالية لتأريخ العينات، فهم النشاط الإشعاعي وعمر النصف. يُطلِق العلماء على هذه الطريقة اسم **التأريخ الإشعاعي**.

في البداية، يقيس العلماء كمية النظير الإشعاعي والنظير الوليد في العيّنة. ثم يحسبون عدد فترات أعمار النصف التي يجب المرور بها لإعطاء الكميات التي تم قياسها. بعد ذلك يمكن ضرب عدد فترات أعمار النصف في طول كل عمر نصف. يُعطي هذا مقدار الزمن الذي مرَّ منذ أن بدأ النظير في الانحلال. يكون هذا عادةً قريبًا من إجمالي مقدار الزمن الذي مرَّ منذ أن تكوَّن الجسم.

إنَّ النظائر المختلفة مفيدة في تأريخ أنواع مختلفة من المواد. فيمكن استخدام الكربون-14 لتأريخ أحافير الكائنات الحية التي عاشت منذ عشرات الآلاف من السنين. مع ذلك، لا يمكن استخدام الكربون-14 لتأريخ المواد التي لم تكن يومًا جزءًا من كائن حي أو مواد يبلغ عمرها أكثر من 60,000 سنة تقريبًا. إنّ بالإمكان استخدام اليورانيوم-235، الذي له عمر نصف أطول، لتأريخ الصخور والمعادن التي تبلغ من العمر مليارات السنين. ثمّة نظائر أخرى تُستخدم في التأريخ الإشعاعي، هي البوتاسيوم-40 والروبيديوم-87 والسمريوم-147.



الشكل 18 تُعرف هذه الصخرة عمومًا باسم صخرة الأصل. وقد أُحضرت من القمر أثناء بعثة أبولو 15. لقد بيَّنَت تقنيات التأريخ الإشعاعي أنّ عمر هذه الصخرة أكثر من 4 مليارات سنة.

القسم 3 مراجعة

ملخص القسم

- يمكن اكتشاف جسيمات ألفا وبيتا باستخدام عدادات جايجر أو الغرف السلكية.
- إنّ إشعاع الخلفية عبارة عن إشعاع منخفض المستوى ينبعث بشكل أساسي من النظائر الإشعاعية الموجودة في الصخور والتربة والغلاف الجوي لكوكب الأرض.
- يستخدم الأطباء النظائر الإشعاعية كمتتبِّعات في التشخيص الطبي وكذلك لقتل خلايا السرطان.
- إنّ عمر النصف للنظير هو الزمن الذي يستغرقه انحلال نصف عيّنة هذا النظير.

1. الفكرة الرئيسة **اشرح** طريقة مساعدة عمر النصف على تحديد النظير الذي قد يكون مفيدًا في الفحص الطبي.
2. **صِف** ما يحدث عندما تمرّ جسيمات بيتا عبر عدّاد جايجر.
3. **اشرح** سبب تعذّر القضاء على إشعاع الخلفية بالكامل.
4. **التفكير الناقد** لماذا ليس بمقدور عالم الآثار استخدام الكربون-14 لتأريخ عمر هيكل عظمي يعود إلى ملايين السنين؟

تطبيق مفاهيم رياضية

5. **استخدم النسب المئوية** ما النسبة المئوية للنوى الإشعاعية المتبقية بعد مرور 3 فترات من أعمار النصف؟
6. **استخدم الكسور** إذا كان عمر النصف لليود-131 هو 8 أيام، فما المقدار المتبقّي من عيّنة مقدارها 5.0 g بعد مرور 32 يومًا؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

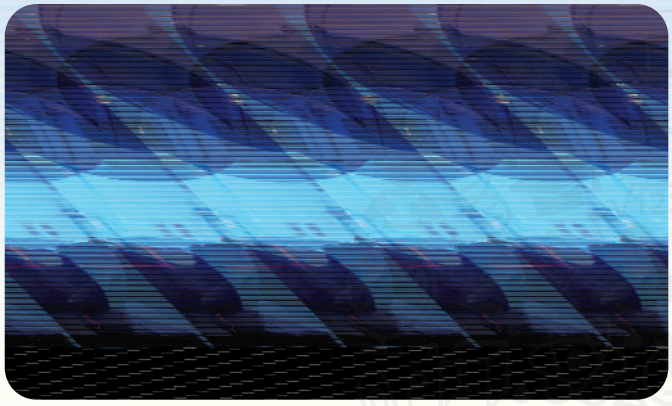
تجربة

التحول النووي

مثِّل وابتكر

الأهداف

- **مثِّل** انحلال النظير الاشعاعي إلى نظير مستقر.



الخلفية: **تخيّل ما قد يحدث إذا ما بدأت ذرات الأكسجين من حولك في التحوُّل إلى ذرات نيتروجين. لن تتمكن غالبية الكائنات الحية، بما فيها الإنسان، من العيش من دون الأكسجين. لحسن الحظ، فإنّ نسبة مئوية ضئيلة جدًا من ذرات الأكسجين هي إشعاعية وقابلة للإنحلال. في العادة، عندما تنحلّ نواة غير مستقرة، ينبعث جسيم ألفا أو بيتا من نواتها، وتُصبح الذرة عنصرًا جديدًا. تمرّ ذرة اليورانيوم-238، على سبيل المثال، بثمانية انحلالات ألفا وستة انحلالات بيتا لتصبح رصاصًا. تُسمى العملية التي يتحوّل فيها عنصر إلى عنصر آخر التحول النووي.**

السؤال: كيف يمكنك إنشاء نموذج لذرة يورانيوم-238 وعملية الانحلال التي تمرّ بها خلال التحول النووي؟

التحضير

المواد المحتملة

أرز بني
أرز أبيض
حلوى ملونة
حبوب فاصولياء جافة
بذور جافة
غراء
لوحة ملصقات

احتياطات السلامة

تحذير: تجنب تناول الأطعمة المُستخدمة في التجربة.

اصنع نموذجًا

1. اقرأ الإجراء وحدد المخاطر المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. اختر مادتين تختلفان من حيث اللون والشكل، لتمثّلا البروتونات والنيوترونات في نموذج النواة.
3. اختر مادة لجسيم بيتا المشحون بشحنة سالبة.
4. حدّد طريقة لتمثيل عملية التحول النووي. هل ستُنشئ لكل عنصر جديد نموذج نواة جديدًا؟ كيف ستمثل جسيم ألفا أو بيتا أثناء مغادرته النواة؟
5. أنشئ جدولًا مثل ذلك المبيّن في الصفحة التالية لتوضيح نتائج كل خطوة من خطوات التحول النووي لذرة يورانيوم-238 إلى ذرة رصاص-206. يمكن أن تمرّ ذرة اليورانيوم-238 بخطوات الانحلال التالية لكي تتحوّل نوويًا إلى ذرة الرصاص-206: انحلال ألفا، انحلال بيتا، انحلال بيتا، انحلال ألفا، انحلال ألفا، انحلال ألفا، انحلال ألفا، انحلال ألفا، انحلال بيتا، انحلال بيتا، انحلال ألفا، انحلال بيتا، انحلال بيتا، انحلال ألفا.
6. صِف خطة النموذج وجدول التحوّل النووي لمعلمك، واسأل عن طريقة تحسينهما.
7. اعرض خطتك على الصف الدراسي. كلّف الزملاء اقتراح تحسينات.

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

جدول البيانات

الخطوة	هوية العنصر	العدد الذري	العدد الكتلي	نوع الإشعاع المنبعث
0	اليورانيوم	92	238	جسيم ألفا
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				

اختبر نموذجك

1. أنشئ نموذجك لنواة اليورانيوم-238، مُبيِّنًا العدد الصحيح للبروتونات والنيوترونات.
2. استخدم نموذج النواة، لتبيّن التحول النووي لنواة اليورانيوم-238 إلى نواة الرصاص-206 من خلال اتّباع تسلسل الانحلال المبيَّن في الخطوة 5 من القسم السابق. املأ جدول التحول النووي أثناء تقدمك في التجربة.
3. بيّن انبعاث جسيم ألفا أو جسيم بيتا بين كل خطوة من خطوات التحول النووي.

حلّل بياناتك

1. **قارن** كيف يُغيِّر انحلال ألفا وانحلال بيتا العدد الذري للذرة.
2. **قارن** كيف يُغيِّر انحلال ألفا وانحلال بيتا العدد الكتلي للذرة.

استنتج وطبّق

1. **قارن وقابل** نموذجك بانحلال حقيقي لليورانيوم-238 وتحوله إلى رصاص-206. ما مدى دقة نموذجك في تمثيل انحلال اليورانيوم-238؟ كيف يختلف نموذجك عن انحلال اليورانيوم-238؟
2. **احسب** نسبة النيوترونات إلى البروتونات في الرصاص-206 واليورانيوم-238. في أي نواة تقترب النسبة من 3:2؟
3. **حدّد** أمضى كيميائيّو العصور الوسطى وقتًا طويلًا في محاولة تحويل الرصاص إلى ذهب. حدّد عمليات الانحلال اللازمة لتنفيذ هذه المهمة.

معلوماتك

حدِّد كيفيّة تمثيل نموذجك للتحول النووي لليورانيوم-238 إلى رصاص-206 أمام الصف الدراسي.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 9 دليل الدراسة

الفكرة الرئيسة **يمكن أن تتسبب القوى الموجودة داخل النواة في حدوث تغيّرات تؤدي إلى انطلاق الجسيمات والطاقة.**

القسم 1 النواة

النشاط الإشعاعي Radioactivity
القوة النووية الشديدة Strong Nuclear Force

الفكرة الرئيسة **تجعل القوة النووية الشديدة أجزاء نواة الذرة متماسكة معًا.**

- تتمتع نظائر عنصر ما بالعدد نفسه من البروتونات، لكنها تختلف في أعداد النيوترونات.
- إنّ العدد الذري هو عدد البروتونات الموجودة في النواة. إنّ العدد الكتلي هو عدد البروتونات والنيوترونات الموجودة في النواة.
- يمكن أن تتحلل النواة بسبب نسبة النيوترونات إلى البروتونات فيها.
- إنّ النشاط الإشعاعي هو عملية الانحلال النووي.

القسم 2 الانحلال النووي والتفاعلات النووية

جسيم ألفا Alpha Particle
جسيم بيتا Beta Particle
تفاعل متسلسل Chain Reaction
تحول نووي Transmutation

الفكرة الرئيسة **خلال الانحلال النووي والتفاعلات النووية، تنطلق جسيمات تتميّز بدرجة عالية جدًا من الطاقة.**

- يمكن أن ينتج عن النشاط الإشعاعي جسيمات ألفا أو جسيمات بيتا أو أشعة جاما.
- يحدث الانشطار النووي عندما يصطدم أحد النيوترونات بالنواة فيؤدي إلى انقسامها إلى نوى أصغر حجمًا.
- يحدث الاندماج النووي عند اتحاد نواتين لتكوين نواة أخرى.
- يمثّل المقدار الصغير من الكتلة قدرًا هائلًا من الطاقة.

القسم 3 تكنولوجيا الإشعاع وتطبيقاته

عمر النصف Half-Life
المتتبِّع Tracer

الفكرة الرئيسة **يمكن أن يُشكِّل الإشعاع النووي خطرًا، لكن له تطبيقات مفيدة أيضًا.**

- يمكن اكتشاف جسيمات ألفا وبيتا باستخدام عدادات جايجر أو الغرف السلكية.
- إنّ إشعاع الخلفية عبارة عن إشعاع منخفض المستوى ينبعث بشكل أساسي من النظائر الإشعاعية الموجودة في الصخور والتربة والغلاف الجوي لكوكب الأرض.
- يستخدم الأطباء النظائر الإشعاعية كمتتبعات في التشخيص الطبي وكذلك لقتل خلايا السرطان.
- إنّ عمر النصف للنظير هو الزمن الذي يستغرقه انحلال نصف عيّنة من هذا النظير.

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

استخدام المفردات

قارن وقابل بين أزواج المصطلحات التالية.

1. النشاط الإشعاعي — التحول النووي
2. المتتبع — جسيم بيتا
3. النشاط الإشعاعي — عمر النصف
4. جسيم ألفا — جسيم بيتا
5. جسيم بيتا — التحول النووي
6. القوة النووية الشديدة — النشاط الإشعاعي

إتقان المفاهيم

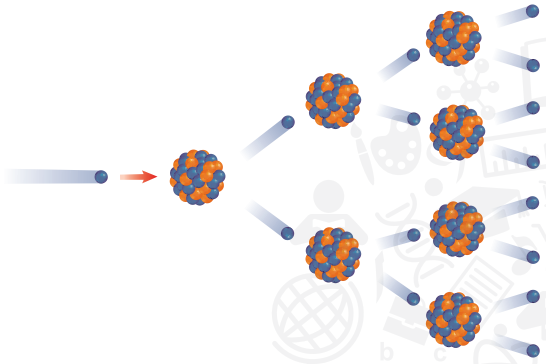
7. **النكرة الرئيسة** ما الذي يجعل جسيمات النواة مرتبط بعضها ببعض؟
   - **A)** القوة النووية الشديدة
   - **B)** القوة النووية الضعيفة
   - **C)** القوة الكهرومغناطيسية
   - **D)** الجاذبية

8. ما الذي يدفع الجسيمات التي تُكوِّن النواة؟
   - **A)** القوة النووية الشديدة
   - **B)** القوة الكهرومغناطيسية
   - **C)** الجاذبية
   - **D)** التنافر الذري

9. أي مما يلي يصف عمر النصف للنظير؟
   - **A)** فاصل زمني ثابت
   - **B)** فاصل زمني عشوائي
   - **C)** فاصل زمني متزايد
   - **D)** فاصل زمني متناقص

10. لأي من الأشياء التالية يمكن استخدام التأريخ بالكربون-14؟
    - **A)** جزء من خشب من منزل ذي طراز من عهد الاستعمار
    - **B)** عمود رخام من عصر الصين القديمة
    - **C)** أحافير ديناصورات تبلغ من العمر ملايين السنين
    - **D)** صخور تبلغ من العمر مليارات السنين

استخدم الشكل أدناه للإجابة عن السؤالين *11* و *12*.



11. ماذا يبيّن الرسم التخطيطي أعلاه؟
    - **A)** تفاعل انحلال
    - **B)** تفاعل متسلسل
    - **C)** انبعاث بيتا
    - **D)** انبعاث ألفا

12. ما نوع التفاعل الظاهر؟
    - **A)** انحلال ألفا
    - **B)** انحلال بيتا
    - **C)** انشطار نووي
    - **D)** اندماج نووي

13. ما العملية المسؤولة عن الطاقة الهائلة الصادرة عن الشمس؟
    - **A)** الانحلال النووي
    - **B)** الانشطار النووي
    - **C)** الاندماج النووي
    - **D)** انحلال ألفا

14. أي مما يلي يصف كل النوى التي تحتوي على أكثر من 82 بروتونًا؟
    - **A)** إشعاعية
    - **B)** متنافرة
    - **C)** اصطناعية
    - **D)** مستقرة

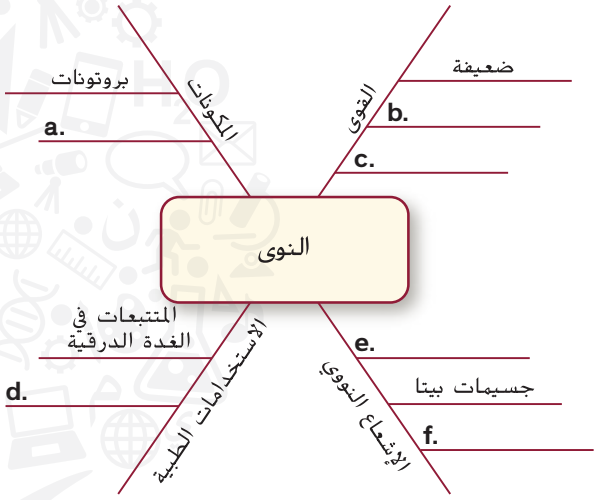
15. أي مما يلي يصف الذرات التي تحتوي على العدد نفسه من البروتونات لكنها تحتوي على عدد مختلف من النيوترونات؟
    - **A)** غير مستقرة
    - **B)** اصطناعية
    - **C)** إشعاعية
    - **D)** نظائر

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 9 مراجعة

تفسير المخططات

16. انسخ خريطة المفاهيم التالية المتعلقة بالنشاط الإشعاعي وأكملها.



17. انسخ الجدول التالي وأكمله.

التفاعلات النووية			
	الانحلال الإشعاعي	الانشطار النووي	الاندماج النووي
العملية	a.	d.	g.
تغيّرات الطاقة	b.	e.	h.
قضايا السلامة	c.	f.	i.

استخدم الجدول أدناه للإجابة عن السؤال *18*.

فترات أعمار النصف للنظير		
النظير	العدد الكتلي	عمر النصف
الرادون–222	222	4 أيام
الثوريوم–234	234	24 يومًا
اليود–131	131	8 أيام
البزموت–210	210	5 أيام
البولونيوم–210	210	138 يومًا

18. مثّل البيانات الموجودة في الجدول أعلاه بيانيًا بحيث يمثّل المحور *x* العدد الكتلي والمحور *y* عمر النصف. استدلّ من التمثيل البياني ما إذا كانت توجد علاقة بين عمر النصف والعدد الكتلي. وإذا كان الأمر كذلك، فكيف يعتمد عمر النصف على العدد الكتلي؟

التفكير الناقد

19. **اشرح** طريقة مساعدة إحكام غلق الطابق الأرضي للمنزل بشكل صحيح في تقليل إشعاع الخلفية في هذا المنزل.

20. **استدلّ** على طريقة تغيُّر كتلة النواة عندما ينبعث منها إشعاع جاما فقط.

21. **قارن** يصبح تكافؤ الكتلة والطاقة واضحًا أثناء التفاعلات النووية لكن ليس أثناء التفاعلات الكيميائية. علامَ يدل هذا بالنسبة إلى وجه المقارنة بين الطاقة المتضمنَة في التفاعلات النووية والتفاعلات الكيميائية؟

22. الموضوع المحوري **استدلّ** على نوع الإشعاع النووي الذي ينبعث في كل تحول من التحولات النووية التالية.

a. تحوُّل اليورانيوم–238 إلى ثوريوم–234

b. تحوُّل البورون–12 إلى كربون–12

c. تحوُّل السيزيوم–130 إلى سيزيوم–130

d. تحوُّل الراديوم–226 إلى رادون–222

23. **توقّع** كيفية تأثّر حركة جسيم ألفا إذا مرَّ بين قطب مشحون بشحنة موجبة وقطب مشحون بشحنة سالبة. وكيف ستتأثر حركة شعاع جاما؟

24. **استدلّ** على طريقة تغيّر الإشعاع الذي يتلقاه الشخص من الأشعة الكونية عندما يذهب إلى رياضة القفز من الطائرة.

تطبيق مفاهيم رياضية

25. **احسب عدد فترات أعمار النصف** كم عدد فترات أعمار النصف التي تنقضي عند تقليل كمية النظير المشع للعيّنة إلى 3.125 بالمئة من الكمية الأصلية في العينة؟

26. **حوّل الوحدات** حوّل 75 kg إلى جول.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تدريب على الاختبار المعياري

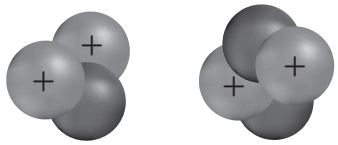
الاختيار من متعدد

دوّن إجابتك في ورقة الإجابات التي زوّدك بها المعلّم أو أي ورقة عادية.

1. أي من العبارات التالية صواب بالنسبة إلى كل نظائر عنصر ما؟
   A. تحتوي على العدد الكتلي نفسه.
   B. تحتوي على أعداد مختلفة من البروتونات.
   C. تحتوي على عدد البروتونات نفسه.
   D. تحتوي على عدد النيوترونات نفسه.

2. ماذا يحدث في النواة أثناء انحلال بيتا؟
   A. يزداد عدد البروتونات.
   B. يزداد عدد النيوترونات.
   C. يقل عدد البروتونات.
   D. يقل مجموع عدد البروتونات وعدد النيوترونات.

استخدم الشكل أدناه للإجابة على السؤالين 3 و 4.



الهيليوم-4 الهيليوم-3

3. ما الذي يعرضه الرسم التوضيحي؟
   A. جسيمات بيتا
   B. الانحلال النووي
   C. النظائر
   D. فترات أعمار النصف

4. أي من العبارات التالية ينطبق على كلتا النواتين؟
   A. تحتويان على العدد الذري نفسه.
   B. تحتويان على العدد الكتلي نفسه.
   C. تحتويان على أعداد مختلفة من الإلكترونات.
   D. تحتويان على أعداد مختلفة من البروتونات.

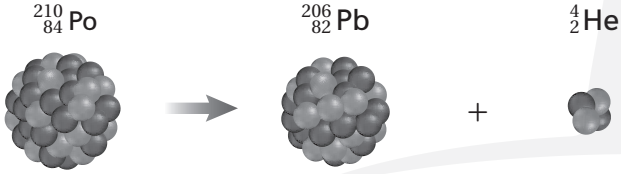
5. العدد الذري للكربون ستة، فكم عدد النيوترونات في الكربون-13؟
   A. 6 **C.** 12
   B. 7 **D.** 13

6. إذا كان عمر النصف لمادة إشعاعية y 10، فما الجزء الذي سيتبقى من المادة بعد y 30؟
   A. نصف
   B. ثلث
   C. ربع
   D. ثُمن

7. ما العنصر الذي تُستخدم نظائره الإشعاعية لدراسة الغدة الدرقية؟
   A. اليورانيوم **C.** اليود
   B. الكربون **D.** الكادميوم

8. أي مما يلي يساوي العدد الذري للنواة؟
   A. عدد النيوترونات
   B. عدد البروتونات
   C. عدد النيوترونات والبروتونات
   D. عدد النيوترونات مطروحًا منه عدد البروتونات

استخدم الشكل أدناه للإجابة عن السؤال 9.



9. ما العملية المبيَّنة في هذا الرسم التوضيحي؟
   A. الاندماج النووي
   B. التفاعل المتسلسل
   C. انحلال ألفا
   D. انحلال بيتا

10. في أي من العمليات التالية لا يتغيّر العدد الكتلي للنظير؟
    A. انحلال ألفا
    B. انحلال بيتا
    C. الانشطار النووي
    D. الاندماج النووي

برنامج محمد بن راشد للتعليم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

أسئلة ذات إجابات قصيرة

دوّن إجابتك في ورقة الإجابات التي زوّدك بها المعلّم أو في أي ورقة عادية.

11. ما العملية التي تساهم أكثر من غيرها في إشعاع الخلفية الذي يتلقاه الشخص في الولايات المتحدة؟

12. ما الكتلة التي تساوي 9 مليارات J من الطاقة؟

استخدم الجدول أدناه للإجابة عن الأسئلة 13–15.

فترات أعمار النصف للنظائر

النظير	عمر النصف
الكربون–14	5,730 عامًا
البوتاسيوم–40	1.28 مليار سنة
اليود–131	8.04 أيام
الرادون–222	4 أيام

13. احسب المقدار الذي سيتبقى من عينة كربون–14 كتلتها 80 g بعد 17,190 سنة.

14. يتحلل البوتاسيوم–40 إلى الأرجون–40. ما عمر الصخرة التي ينحلّ فيها 87.5 بالمئة من ذرات البوتاسيوم–40 وتحولت إلى الأرجون–40؟

15. ما النظير الإشعاعي الذي ستتضمنه العيّنة والذي سيتبقى منه حوالي الربع بعد 16 يومًا؟

16. يبلغ عمر النصف للمتتبع المشع 2 h. توقّع هل سيمكن اكتشاف المتتبع بعد 24 h.

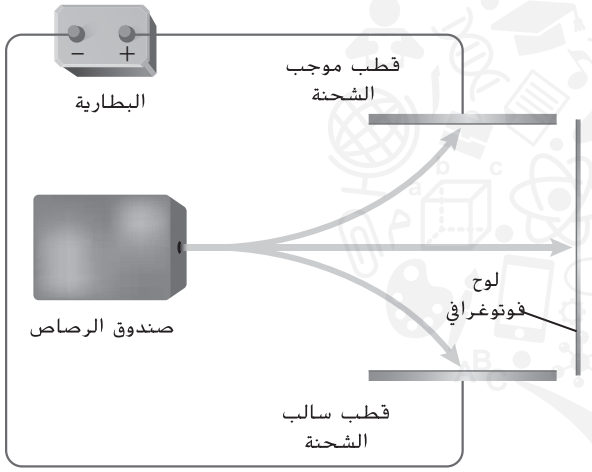
17. ما النظير الناتج عندما ينبعث جسيم بيتا من الكربون–14؟

أسئلة ذات إجابات مفتوحة

سجّل إجاباتك على ورقة.

18. قارن بين قوة القوة النووية الشديدة في البروتون وقوة القوة الكهرومغناطيسية في البروتون في نواة صغيرة ونواة كبيرة.

استخدم الشكل أدناه للإجابة عن السؤالين 19 و 20.



19. في الشكل أعلاه، يتسرّب الإشعاع النووي من فتحة صغيرة في صندوق الرصاص. فما نوع الإشعاع النووي الذي ينحرف نحو القطب المشحون بشحنة موجبة؟ ولماذا ينحرف هذا الإشعاع نحو هذا القطب؟

20. اشرح سبب عدم انحراف الإشعاع الذي ارتطم باللوح الفوتوغرافي بسبب القطبين.

21. صِف تسلسل الأحداث أثناء التفاعل المتسلسل.

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education