الطاقة النووية

الأسئلة الرئيسة

- ما المقصود بكلٍّ من الاندماج والانشطار؟
- كيف يُحوّل المفاعل النووي الطاقة النووية إلى طاقة حرارية؟
- ما مزايا وعيوب استخدام الطاقة النووية لتوليد الكهرباء؟

مفردات للمراجعة

المولّد generator: جهاز يستخدم الحث الكهرومغناطيسي لتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية

مفردات جديدة

الاندماج	fusion
الانشطار	fission
المفاعل النووي	nuclear reactor
النفايات النووية	nuclear waste

الفكرة الرئيسة تحوّل محطات توليد الطاقة النووية الطاقة النووية إلى طاقة كهربائية.

الربط مع الحياة اليومية افترض أنك مستلقٍ على الشاطئ تحت أشعة الشمس. يمكنك أن تشعر بطاقة الشمس التي يمتصها جلدك. هل يمكن استخدام تفاعلات نووية مشابهة لتلك التي تحدث في الشمس لتوليد الكهرباء على الأرض؟

الاندماج

إنّ الشمس عبارة عن مفاعل نووي ضخم في السماء. إنها تُحوّل الطاقة من خلال عملية تُسمى الاندماج. يحدث **الاندماج** باتحاد نوى الذرات عند درجات حرارة مرتفعة جدًا في هذه العملية. تتحوّل كمية صغيرة من الكتلة إلى كمية هائلة من الطاقة الحرارية.

إنّ محطات الطاقة الفائقة على الاندماج ليست عملية، إذ تتمثل إحدى مشكلات الاندماج في كونه يحدث عند درجة حرارة تبلغ ملايين الدرجات السيليزية. وفي ظل هذه الظروف، تستخدم المفاعلات كمية كبيرة من الطاقة. وثمة مشكلة أخرى وهي امكانية الاحتواء. فأي نوع من الغرف قد يتحمّل تفاعلاً في ظل ظروف بهذه القسوة؟

الانشطار

تنطلق طاقة عند انشطار نواة الذرة في عملية تُسمى **الانشطار**. وأثناء الانشطار، تتحوّل كمية صغيرة من الكتلة إلى كمية هائلة من الطاقة الحرارية. وعلى عكس الاندماج، فإن محطات الطاقة الفائقة على الانشطار تُعتبر عملية. توجد في الولايات المتحدة خمس وستون محطة طاقة. بما في ذلك تلك المبيّنة في **الشكل 10**. وهي تُحوّل الطاقة باستخدام تفاعلات الانشطار. تعمل هذه المحطات على تحويل الطاقة النووية إلى طاقة كهربائية مُنتجة 8% من إجمالي الطاقة المستهلكة في الولايات المتحدة.

الشكل 10 تولّد محطة طاقة نووية كهرباء باستخدام الطاقة الحرارية الناتجة من عملية الانشطار. هذا البرج الخرساني عبارة عن برج تبريد يعمل على إطلاق الحرارة المهدرة الناتجة عن تفاعل الانشطار.

محفوظة لصالح مؤسسة Addison-Wesley Education © حقوق الطبع والنشر

القسم 2

1 التركيز

الفكرة الرئيسة

الطاقة النووية قم بإدارة مناقشة بين الطلاب حول تاريخ الطاقة النووية. اشرح أنه تم توليد الطاقة الكهربائية من مفاعل نووي للمرة الأولى في ولاية إيداهو عام 1951. تسبب وقوع حادثين هما: حادث جزيرة ثري مايل في ولاية بنسلفانيا عام 1979 في الولايات المتحدة الأمريكية وحادث تشيرنوبيل في مدينة بريبيات في أوكرانيا عام 1986. في تراجع الاهتمام بالطاقة النووية. واليوم، يؤدي الاهتمام ببدائل الوقود الأحفوري إلى الاهتمام بالطاقة النووية مجددًا. اشرح للطلاب أنهم سيدرسون في هذا القسم مزايا الطاقة النووية وعيوبها.

الربط بالمعرفة السابقة

استخدامات الطاقة النووية اطلب من الطلاب ذكر طرائق استخدام الطاقة النووية. **الإجابات المحتملة:** تُستخدم الطاقة النووية في تشخيص وعلاج الأمراض وفي الأسلحة النووية وتُستخدم لتوليد الطاقة

التوقع اطلب من الطلاب تصفّح القسم وتحديد المفردات الجديدة. واقترح عليهم قراءة الأشكال والتعليقات التوضيحية للاستدلال على معانيها. اطلب منهم أيضًا توقع مواضع استخدام تلك الكلمات في الوحدات المقبلة.

سؤال عن النص **الإجابة المحتملة:** المجالات المغناطيسية القوية

Scanned by CamScanner

2 التدريس

استراتيجية القراءة

صوّر اقرأ القسم الذي يحمل العناوين التالية: **المفاعلات النووية والوقود النووي وقضبان الوقود والتفاعل النووي المتسلسل والمعدل الثابت** على الطلاب. خلال القراءة، اطلب من الطلاب غلق أعينهم وتصور ما يصفه النص. بعد الاستماع، اطلب منهم رسم ما تصوروه.

إذ شاء نموذج

قلـ ب المفاعل طلب من الطلاب العمل في مجموعات ثنائية لتصميم نماذج لقلب مفاعـ ل نووي. يجب أن تتضمن النماذج بعض قضبان الوقود وبعض قضبان التحكّم وسائلا مبردا. يستخدم أحد النماذج أنابيب اختبار مملوءة بمواد مختلفة لتمثيل قضبان الوقود وقضبان التحكم مع استخدام طول أنابيب الاختبار لتمثيل قلب المفاعل والماء لتمثيل السائل المبرّد.

عرض عملي سريع

كريات الوقود النووي

المواد حلوى الخطمي الصغيرة، أنابيب اختبار (ذات قطر أكبر من حلوى الخطمي)، شريط مطاطي

الزمن المقدر 5 دقائق

الإجراء استخدم حلوى الخطمي الصغيرة لتمثل وقود ثاني أكسيد اليورانيوم.

تحذير: تجنب تناول الطعام المُستخدَم في نشاط مختبري.

استخدم أنابيب الاختبار لتمثيل قضبان المفاعل. ثم ضع حلوى الخطمي الصغيرة داخل أنابيب الاختبار. احزم عدة أنابيب اختبار معًا باستخدام الشريط المطاطي لتمثيل حزم قضبان الوقود.

التدريس المتمايز

الطلاب دون المستوى استخدم المحاة الملونة الخاصة بأقلام الرصاص الميكانيكية لتمثيل كريات الوقود. امنح الطلاب وقتًا لتخيل شكل كريات الوقود. يمكن أيضًا استخدام شفاطة لتمثيل قضبان الوقود. يمكن للطلاب وضع الحبر في الشفاطة لتمثيل حزم قضبان الوقود.

دعم محتوى المعلّم

إمدادات الطاقة في حياة الفرد الإنسان العادي، من الضروري توفر ما يزيد عن مليون kg من الفحم لسد كل احتياجاته من الطاقة. وإذا استُخدمت المفاعلات النووية بدلًا من الفحم، من الضروري توفر 1,100 من كريات وقود اليورانيوم لإنتاج كمية الطاقة نفسها التي ينتجها الفحم.

تراص كريات الوقود النووي جنبًا إلى جنب لتشكّل قضبان الوقود. وتُحزم قضبان الوقود معًا وتُغمَّس بسبيكة فلزية.

يتم إدخال الحزم في قلب المفاعل حيث يتخلّص السائل المبرّد من الحرارة الناتجة عن تفاعل الانشطار.

■ **الشكل 11** يحتوي قلب المفاعل النووي على حزم قضبان الوقود. ويتم إدخال قضبان التحكم التي تتخلل اليورونات بينها.

المفاعلات النووية

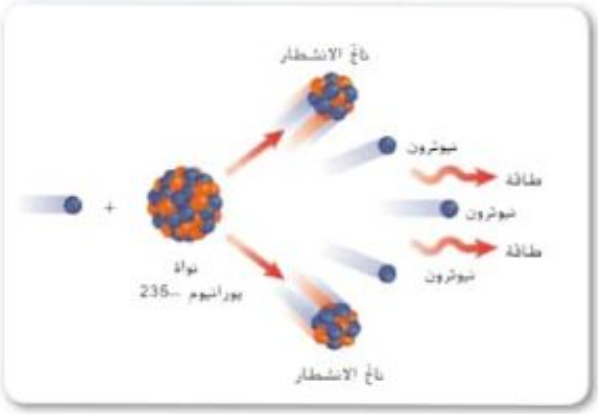
يستخدم **المفاعل النووي** الطاقة الناتجة عن التفاعلات النووية المحكومة لتوليد كهرباء. وعلى الرغم من اختلاف المفاعلات النووية من حيث التصميم، إلا أنها تشترك في بعض أوجه الشبه إذ إنّ لجميع المفاعلات وقودًا يمكن أن يمرّ بعملية الانشطار وقضبان تحكم يمكن استخدامها للتحكم بالتفاعلات النووية. إضافةً إلى أنّ لها نظام تبريد يحافظ على المفاعل من التلف الذي يمكن أن يحدث نتيجة إطلاق كمية هائلة من الحرارة. يحدث الانشطار الفعلي للوقود الإشعاعي في جزء صغير نسبيًا من المفاعل يُعرف بقلب المفاعل. مبيّن في **الشكل 11**.

الوقود النووي تتمتع بعض العناصر فقط بنوى يمكن أن تمرّ بعملية الانشطار. يحتوي اليورانيوم الطبيعي على نظير اليورانيوم-235 مع نوى يمكنها الانشطار. كما يحتوي اليورانيوم الطبيعي عادةً على 0.72% من نظير اليورانيوم-235. ويُخصَّب اليورانيوم المُستخدم في المفاعل بحيث يحتوي على 3%-5% من اليورانيوم-235. ويُستخدم ثاني أكسيد اليورانيوم عادةً كوقود في المفاعل النووي.

قضبان الوقود يحتوي قلب المفاعل على وقود ثاني أكسيد اليورانيوم في صورة كريات صغيرة جدًا كالمبيّنة في **الشكل 11**. يبلغ حجم الكريات حجم مماحاة القلم الرصاص تقريبًا وتصطف طرفًا إلى طرف في قضيب الوقود. ثم تُحزم قضبان الوقود وتُغمَّس بسبيكة فلزية. لقلب المفاعل التقليدي، المبيّن في **الشكل 12**، 100,000 kg تقريبًا من اليورانيوم داخل قضبان الوقود. وكل كيلوجرام من اليورانيوم يمر بعملية الانشطار في قلب المفاعل، يحوّل 1 g من المادة إلى طاقة. بالتالي، ستضطر إلى حرق أكثر من 3 ملايين kg من الفحم لتوليد مقدار طاقة مماثل.

■ **الشكل 12** يبين قلب المفاعل الذي يشتمل على حزم قضبان الوقود في حجرة شريد.

Scanned by CamScanner



■ **الشكل 13** عندما يصطدم أحد النيوترونات بنواة ذرة اليورانيوم-235 ، تنشطر النواة إلى نواتين أصغر حجمًا في هذه العملية. ينبعث أيضًا نيوترونان أو ثلاثة. وتُسمى النوى الأصغر حجمًا نواتج الانشطار.

اشرح ما يحدث للنيوترونات التي تنطلق في هذا التفاعل.

التفاعل النووي المتسلسل كيف تسير عملية تفاعل الانشطار في قلب المفاعل؟ أثناء مرور نوى اليورانيوم-235 بعملية الانشطار، تنطلق النيوترونات وتصطدم نوى يورانيوم-235 أخرى. وعندما تمتص نواة اليورانيوم-235 نيوترونًا، تنشطر إلى نواتين صغيرتين ونيوترونين أو ثلاثة نيوترونات حرة. كما هو مبيّن في **الشكل 13**. تصطدم هذه النيوترونات بنوى يورانيوم-235 أخرى. لتمهيد الطريق أمام إطلاق المزيد من النيوترونات. فيستمر الانشطار.

تُسمى هذه العملية التفاعل النووي المتسلسل. لأنّ كل ذرة يورانيوم تنشطر تُطلق نيوترونات حرة تؤدي إلى انشطار ذرات يورانيوم أخرى. وفي التفاعل المتسلسل، يمكن أن يرتفع عدد النوى التي تنشطر إلى أكثر من الضعف في كل مرحلة من مراحل العملية. لذا، يمكن أن ينشطر عدد هائل من النوى بعد عدد قليل فقط من المراحل. فعلى سبيل المثال، إذا بدأت بنواة يورانيوم واحدة وتضاعف عدد النوى في كل مرحلة، فبعد 50 مرحلة فقط، قد ينشطر أكثر من كوادريليون نواة (الكوادريليون = الف مليون مليون).

تحدث التفاعلات النووية المتسلسلة في فترة تستغرق ملّي ثوان. وفي حال لم تتمّ السيطرة على العملية، فإنّ بإمكان التفاعل المتسلسل أن يُطلق كمية هائلة من الطاقة في صورة انفجار.

المعدل الثابت للتحكم التفاعل المتسلسل، يجب منع التصادم بين بعض النيوترونات التي تنطلق عندما ينشطر اليورانيوم-235 ، ونوى يورانيوم-235 أخرى. وتُمتص قضبان التحكم التي تحتوي على البورون أو الكادميوم المُدخلين في قلب المفاعل، هذه النيوترونات. كما هو مبيّن في **الشكل 11**. يؤدي تحرك قضبان التحكم هذه في المفاعل بشكل أعمق إلى امتصاصها للمزيد من النيوترونات وإبطاء التفاعل المتسلسل. وفي نهاية المطاف، يصطدم نيوترون واحد فقط من النيوترونات الناتجة عن انشطار كل نواة من نوى اليورانيوم-235 بنواة يورانيوم-235 أخرى. لذا تنطلق الطاقة بمعدل ثابت.

المفردات
تأكد من أن معلوماتك من هذا القسم.

التعلم بالو سائل البصرية

الشكل 13 تتحو ل كميات الطاقة الهائلة الناتجة عن عملية الانشطار الموضّحة في **الشكل 13** غالبًا إل ى أنوية أصغر حجمًا ونيوترونات. لكنّ جز ءًا من هذه الطاقة ينبعث في صورة إش عاعات. ما الطريقتان اللتان يمكن استخدام ها لتجنب حدوث تفاعل نووي متسلسل؟

من خلال إدخال المواد التي تمتص النيوترونات أو من خلال تقليل كمية U-235 بحيث لا يتبقى من الذرات ما يكفي لاستمرار العملية.

سؤال الشكل 13 تصطدم النيوترونات بأنوية U-235 الأخرى فتفكك تلك الأنوية وتحولها إلى نواتج انشطار ونيوترونات حرة، أو تُمتص من خلال قضبان التحكم.

استخدم التشبيه

لا توجد مفترسات إذا كانت الأرانب تعيش وتتكاثر في بيئة يتوفر فيها الغذاء وتنعدم المفترسات، فإنّ الجماعة الأحيائية للأرانب ستزداد بسرعة. ينطبق الأمر نفسه على التفاعل النووي المتسلسل غير المُتحكّم به الذي يمكن أن يحدث داخل المفاعل النووي، حيث يساعد إدخال الثعالب إلى بيئة الأرانب على التحكم بحجم الجماعة الأحيائية للأرانب مثلما يساعد إدخال قضبان التحكم في السيطرة على عدد النيوترونات المتوفرة للمشاركة في التفاعل النووي.

على مستوى المقرّر ككلّ

علم الأرض يُستخدم اليورانيوم - 235 في تحديد عمر العمليات الجيولوجية، مثل تكوّن الصخور. حيث يتحلل اليورانيوم - 235 بمعدل ثابت ليتحول إلى الرصاص - 207. فيمكننا من حساب عمر صخرة من خلال المقارنة بين نسبة اليورانيوم ونسبة الرصاص فيها. يستخدم العلماء التأريخ باليورانيوم - الرصاص لتأريخ الصخور التي يبلغ عمرها 4.6 مليارات سنة. ابحث عن الطرائق الأخرى التي تُستخدم لتحديد عمر الصخور.

اليوتاسيوم - 40 إلى الأرجون - 40، اليورانيوم - 234 إلى الثوريوم - 230

Scanned by CamScanner

تحديد المفاهيم غير الصحيحة

الماء المَلوث يتلوث الماء الذي يُستخدم كسائل مُبرّد داخل قلب المفاعل النووي بفعل المادة المشعة. وهذا ليس الماء نفسه الذي يُبرّد ويُطلق إلى الجداول والأنهار. فالماء الذي يُطرح في البيئة لا يكون على اتصال مباشر بقلب المفاعل أو بالماء الذي يُبرّده. فهو يستبدل الماء المَلوث بالحرارة من خلال مبادل حراري.

على مستوى العالم ككلّ

العلوم الاجتماعية لطالما كان استخدام الذ فاعلات النووية في محطات تولي د الطاقة التجارية لإنتاج الكهرباء موضوعًا مثيرًا للجدل. نظّم الصف الدراسـ ي في فريقين وافتح لهم مجال المناظرة حول مزايا الطاقة النووية ومخاطر ها. تشمل الحجج المؤيدة للطاقة النووية ما تتمتع به الطاقة النوو ية من كفاءة إلى جانب عدم اعت مادها على الوقود الأحفوري. بينما تشمل الحجج التي تعارض الطاقة ا لنووية فـ ينتج عن هذه الطاقة من مخاطر السلامة إلى جانب عبء التخلص من النفايات النووية.

محطات توليد الطاقة النووية

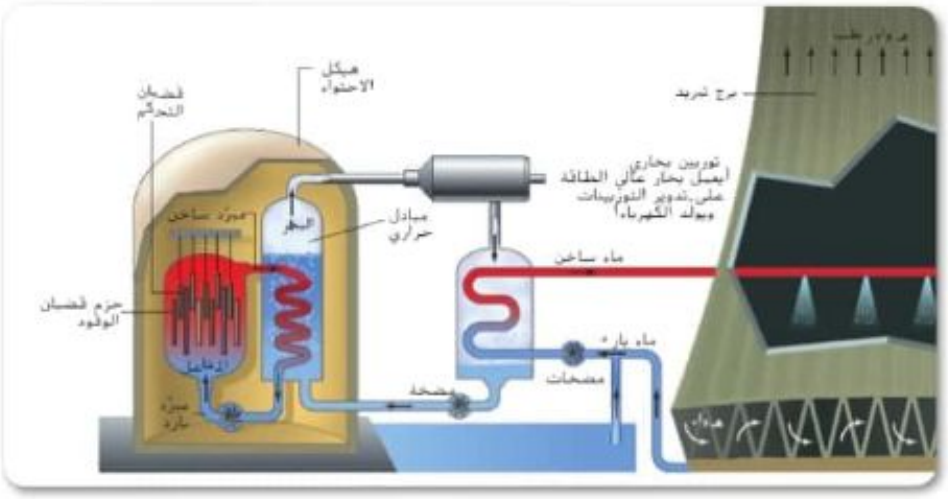
تُنتج محطات توليد الطاقة النووية تيارًا كهربائيًا على غرار محطات توليد الطاقة عبر حرق الوقود الأحفوري. وكما هو مبيّن في **الشكل 14**، تُستخدم الطاقة الحرارية الناتجة عن الانشطار في تسخين الماء وإنتاج بخار مرتفع الضغط. ولنقل الطاقة الحرارية من قلب المفاعل، يحتوي القلب على سائل مبرّد يُطلق التبريد الساخن في مبادل حراري. وفي المبادل الحراري، تنتقل الطاقة الحرارية من السائل المبرّد الساخن إلى الماء فتؤدي إلى غليانها وإنتاج بخار مرتفع الضغط يُدير التوربين. وعندما يخرج البخار من التوربين، يدخل حجرة يتكثّف فيها ويعود ماءً سائلًا بمتطلِماء البارد الطاقة الحرارية المتطلفة أثناء التكثيف، ثم تُنقل الطاقة الحرارية إلى برج التبريد حيث تنطلق من خلاله إلى البيئة. تُقدّر الفاعلية الإجمالية لمحطات توليد الطاقة النووية بنحو 35%. وهي نسبة مماثلة لفاعلية محطات توليد الطاقة عبر حرق الوقود الأحفوري.

فوائد الطاقة النووية ومخاطرها

لاستخراج الطاقة من نوى الذرات إيجابيات. فمحطات توليد الطاقة النووية لا تُنتج مواد ملوّثة للهواء كتلك التي تنطلق في الغلاف الجوي من محطات توليد الطاقة عبر حرق الوقود الأحفوري. كما إنّ محطات توليد الطاقة النووية لا تطلق ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.

لكن لمحطات توليد الطاقة النووية سلبيات أيضًا. على سبيل المثال، بناء محطات توليد طاقة نووية مُكلف جدًا. كما إنّ عملية إتمام البناء نفسها يمكن أن تستغرق 10 سنوات أو أكثر. إلى جانب أنّ محطات توليد الطاقة النووية تُنتج نفايات إشعاعية يمكن أن تضر بالكائنات الحية وبالبيئة.

الشكل 14 تحوّل محطة توليد الطاقة النووية الماء إلى بخار مرتفع الضغط يُدير التوربين وتولّد الكهرباء.



302 الوحدة 10 • مصادر الطاقة والبيئة

Scanned by CamScanner

على مستوى المقرّر ككلّ

العلوم الإجتماعية أسفر انفجار محطة توليد الطاقة النووية تشيرنوبيل في أوكرانيا عام 1986 عن أسوأ حادث نووي في شهده التاريخ. وقد أصيب الكثير من الأشخاص في المنطقة المحيطة بتشيرنوبيل بداء الإشعاع. اكتب فقرة عن الحياة في مدينة بريبيات في أوكرانيا قبل وبعد حادث تشيرنوبيل. س م

دعم محتوى المعلّم

تشيرنوبيل بعد وقوع حادث تشيرنوبيل عام 1986، بدأت المخاوف المتعلقة بأمان المفاعلات النووية تساور الأفراد في كل أنحاء العالم. وبالرغم من وجود المخاطر في كل المفاعلات النووية، فإنّ المفاعلات في هذه الأيام أكثر أمانًا من مفاعل تشيرنوبيل بدرجة كبيرة. والأهم من ذلك: أن مفاعل تشيرنوبيل لم يكن يحتوي على قذيفة الاحتواء التي يمكنها منع تسرب المواد الإشعاعية.

أثناء أجراء فحص السلامة في 26 أبريل 1986، أسفر انفجار مفاعل نووي في محطة توليد الطاقة النووية تشيرنوبيل بالقرب من مدينة مأهولة بالسكان، إلا أنّه من الممكن الحصول على تصريح لزيارة المنطقة المتضررة من الانفجار.

تخريبيات بعد الانفجار. وعلى الرغم من أنّها لا تزال غير

تسرب النشاط الإشعاعي

تعمل محطات توليد الطاقة النووية بطريقة آمنة كل يوم حول العالم. ومع ذلك، يُعدّ تسرب الإشعاع الضار من محطات توليد الطاقة أحد المخاطر الجسيمة للطاقة النووية. فقضبان الوقود تحتوي على عناصر إشعاعية. ويمكن لبعض هذه العناصر الإشعاعية أن تضرّ بالكائنات الحية في حال تسرّبها من قلب المفاعل في محطة توليد الطاقة النووية. ولتفادي وقوع الحوادث، تحمي المفاعلات النووية بأنظمة دقيقة من وسائل الحماية واحتياطات السلامة الصارمة إلى جانب عمال مُدربين على أعلى مستوى. على الرغم من ذلك، استمر وقوع الحوادث.

على سبيل المثال، وقع حادث عندما ازدادت درجة حرارة قلب أحد المفاعلات في محطة توليد الطاقة النووية تشيرنوبيل بالقرب من مدينة بريبيات في أوكرانيا أثناء اختبار السلامة المعتاد في 26 أبريل 1986. حيث تسبّبت النيران في المواد الموجودة في قلب المفاعل وتسببت في انفجار كيميائي نتج عنه فتحة في المفاعل. كما هو مبيّن في **الشكل 15**، وهذا أدى إلى إطلاق مواد إشعاعية حملتها الرياح وترسبت على مساحة واسعة. ونتيجة للحادث، توفي 50 شخصًا بسبب داء الإشعاع الحاد وثبت حوالي 4,000 حالة مرتبطة بالسرطان إلى تسرب النشاط الإشعاعي الناجم عن الانفجار. الجدير بالذكر أنّ منظمة الصحة العالمية تُقدّر أنّ ما يقارب 600,000 شخص قد تعرضوا لمستويات إشعاع لا زالت تُشكّل خطرًا على صحتهم. وعلى الرغم من تصميم محطات توليد الطاقة النووية الجديدة بحيث تتجنب وقوع حوادث كتلك التي وقعت في تشيرنوبيل، إلا أنّ إمكانية وقوع حادث قائم دائمًا.

■ **الشكل 15** أدى انفجار البخار في المفاعل النووي في محطة توليد الطاقة النووية تشيرنوبيل إلى انصهار قضبان الوقود واشتعال غطاء الجرافيت للمفاعل مما أشعل النيران في المنشأة بأكملها.

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

النظام system

الاستخدام العلمي
تفاعل محدد أو عملية محددة تجري دراستها يتألف الكون من النظام وبيئته المحيطة.

الاستخدام العام
إجراء منظّم أو مرتّب لعدد منسّق نظامًا يسمح للأشخاص بالتمتع بفرص متساوية للحصول على زيادة في رواتبهم.

التدريس المتمايز

فوق المستوى في 28 مارس 1979، وقع حادث محطة الطاقة النووية في جزيرة الأميال الثلاثة بالقرب من هاريسبيرغ في ولاية بنسلفانيا. طلب الطلاب إجراء بحث عن هذا الحادث وتقديم النتائج التي توصلوا إليها إلى الصف الاحتواء. سيطرت أنظمة الاحتياطية على المشكلة، لكنّ ذلك لم يمنع تسرب بعض المواد الإشعاعية. وبسبب هذا الحادث، اتخذت دول العالم على مخاطر المفاعلات النووية. وبعد 12 عامًا من التنظيف والتخلص من المفاعل، أصبح صرامة من أي وقت مضى. ف م

Scanned by CamScanner

التخلص من النفايات النووية

بعد مرور ما يقارب ثلاث سنوات من الاستخدام، تصبح كمية اليورانيوم-235 في كريات الوقود في قلب المفاعل قليلة جدًا وغير كافية لاستمرار التفاعل المتسلسل. ويشار في هذه المرحلة إلى كريات الوقود المتبقية باسم الوقود المستنفد. يتضمن الوقود المستنفد نواتج الانشطار الإشعاعي بالإضافة إلى بعض بقايا اليورانيوم-235. يُعدّ الوقود المستنفد شكلًا من أشكال **النفايات النووية** وهي مادة إشعاعية تنتج عند استخدام المواد الإشعاعية.

تأكد من فهم النص هـ تكوّن الوقود المستنفد.

على الرغم من دعم البعض لفكرة استخدام الطاقة النووية كبديل للوقود الأحفوري، إلا أنهم قد لا يؤيدون بالضرورة فكرة التخلص من النفايات النووية في بلادهم. ويُطلق الكثير من الأشخاص على هذا الموقف المناهض لاستخدام الطاقة النووية متلازمة "ليس في عقر داري". كان موضوع التخلص من الطاقة النووية مثيرًا للجدل ولا يزال يؤجج النقاش حول استخدام الطاقة النووية.

النفايات ذات المستوى الإشعاعي المنخفض تحتوي النفايات النووية ذات المستوى الإشعاعي المنخفض عادةً على كمية قليلة من المادة الإشعاعية. إلى جانب أنّ النفايات ذات المستوى الإشعاعي المنخفض تحتوي عادةً على مواد إشعاعية ذات عمر نصف قصير. وتُعتبر هذه النفايات ناتجًا ثانويًا لتوليد الكهرباء، والأبحاث الطبية والعلاجات وصناعة الأدوية وتحضير الغذاء. كما تتضمن النفايات ذات المستوى الإشعاعي المنخفض أيضًا فلاتر المياه والهواء التي تستخدمها محطات توليد الطاقة النووية وأجهزة كشف الدخان التي تم التخلص منها. تُحفظ هذه النفايات بعيدًا عن الأفراد والبيئة، فهي تُعامل كمادة خطرة وتُخزّن في حاويات مانعة للتسرب تحت سطح الأرض.

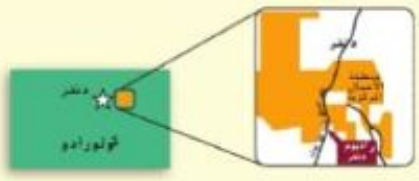
تطبيق مفاهيم علمية

هل يمكن إعادة إصلاح الأماكن التي لوثها الإشعاع؟

مع اكتشاف الراديوم في بدايات القرن العشرين، اتخذ التنقيب عن العنصر نطاقًا أوسع وبدأ في منطقة دنفر بتولورادو. والراديوم هو عنصر إشعاعي كان يُستخدم لصناعة أوجه الساعات ولوحات أجهزة القياس التي تتوهج في الظلام. بعد الحرب العالمية الأولى، انهارت صناعة الراديوم، وتُركت المنطقة مُلوثة بحوالي 97,000 طن من التربة الإشعاعية والحطام المشتمل على فلزات ثقيلة وراديوم، والذي يُعتقد الآن بأنّه أحد مسببات السرطان. وقد استُخدمت التربة كمادة حشو أو أساس، وتُركت في مكانها أو أُسيء استعمالها.

تحديد المشكلة

في ثمانينيات القرن العشرين، وُضعت إحدى المناطق بموقع دنفر الممتاز لوجود الراديوم ونظمتها وكالة حماية البيئة. ثم أُعيد إصلاح الأرض من قبل مؤسسة تجارية محلية.



حل المشكلة

1. وُضعت التربة الملوثة في منطقة واحدة ووُضع فوقها غطاء واقٍ، وتم حظر استخدام هذه المنطقة أيضًا لإنشاء منازل سكنية. اشرح سبب اعتبار الغطاء الواقي أمرًا مهمًا وسبب منع إنشاء منازل في هذه المنطقة.
2. لتنظيف هذا الموقع إيجابيات اقتصادية وبيئية واجتماعية. اذكر مثالًا على كلٍ منها.

محفوظة لصالح مؤسسة ماكجرو هيل للتعليم © حقوق النشر والتأليف

النشاط

التخلص من النفايات النووية اطلب من الطلاب تقديم أفكار للتخلص من النفايات النووية. وذكرهم بمراعاة الآثار طويلة المدى وقصيرة المدى للتخلص من النفايات النووية إلى جانب الأنواع المختلفة لتلك النفايات. اطلب إلى الطلاب مشاركة أفكارهم في مجموعات صغيرة والتوصل مع طلاب الصف جميعًا إلى اتفاق في الرأي حول أفضل طريق للتخلص من النفايات النووية. مهم

تأكد من فهم النص

عند انتهاء التفاعل النووي المتسلسل، تتبقى نواتج الانشطار المشعة وبقايا اليورانيوم 235.

مناقشة

مواقع النفايات النووية ما بعض المشكلات التي يجب معالجتها عند تحديد موقع معين للتخلص من النفايات النووية؟ النقل الآمن من المواقع الأخرى، السعة التخزينية المناسبة، تجنب خطر تسرب المواد الإشعاعية إلى البيئة مهم

تطبيق مفاهيم علمية

1. يجب الحفاظ على الغطاء لتجنب وصول التربة الملوثة إلى الأشخاص. كما يحظر بناء المنازل في هذه المنطقة لأنه من المحتمل ألا يكون قد تم التخلص من التربة الملوثة بشكل نهائي وقد تصل بعض هذه الملوثات إلى الماء الجوفي.
2. المزايا الاقتصادية: توفير فرص عمل وتحقيق الإيرادات للمجتمع المحلي والدولة وزيادة قيمة العقارات؛ المزايا البيئية: التخلص من المخاطر طويلة المدى للمواد الملوثة ومنع انتقال الملوثات وحماية الجمهور من الموارد الطبيعية المتضررة؛ المزايا الاجتماعية: تحسين الخصائص الجمالية للأرض وإنشاء مبانٍ تجارية

عرض توضيحي

تأثير المواد الواقية

الهدف توضيح طريقة تقليل المواد الواقية من مستويات الإشعاع

المواد مصدر لأشعة ألفا، عداد جايجر، عدد 3 من أوراق الرصاص

الإجراء ضع مصدر أشعة ألفا بالقرب من عداد جايجر. لاحظ شدة الإشعاع التي يقيسها العداد. ضع ورقة رصاص بين مصدر أشعة ألفا وعداد جايجر ولاحظ التغيّر في شدة الإشعاع.

النتائج المتوقعة تحجب ورقة رصاص واحدة إشعاع ألفا.

التقويم كيف تأثرت القياسات بمقدار المواد الواقية؟ أدت زيادة المواد الواقية إلى تقليل مقدار الإشعاع الذي تم قياسه.

Scanned by CamScanner

النفايات ذات المستوى الإشعاعي العالي تولّد النفايات النووية ذات المستوى الإشعاعي العالي في محطات توليد الطاقة النووية ومن خلال برامج الأسلحة النووية. بعد إزالة الوقود المستهلَك من المفاعل، يُخزّن هذا الوقود في برك خرسانية مبطنة بالفولاذ مملوءة بالماء، كما هو مبيّن في **الشكل 16**، أو في فولاذ محكم أو حاويات من الخرسانة والفولاذ.

إنّ العديد من المواد الإشعاعية في النفايات النووية ذات المستوى الإشعاعي العالي يتحوّل إلى مواد غير إشعاعية بعد فترة قصيرة نسبيًا من الزمن. مع ذلك، يحتوي الوقود المستهلَك أيضًا على مواد تظل إشعاعية لعشرات الآلاف من السنين. ولهذا السبب، يجب التخلص من النفايات ذات المستوى الإشعاعي العالي في حاويات ثابتة وآمنة ومتينة للغاية.

التأكد من فهم النص **قارن** ما أوجه الاختلاف بين النفايات النووية ذات المستوى الإشعاعي العالي والمنخفض؟

تتمثّل إحدى الطرق المقترحة للتخلص من النفايات ذات المستوى الإشعاعي العالي في وضعها داخل الزجاج الخزفي الموجود في حاويات معدنية واقية وسدّه، ثم طمر هذه الحاويات في التكوينات الصخرية الثابتة أو في الرواسب الملحية على مسافة مئات الأمتار تحت سطح الأرض.

الشكل 16 يُخزّن الوقود المستهلَك في حاويات مائعة للتبريد في محطات توليد الطاقة النووية ويُقيم غالبًا في برك مُصممة خصيصًا لهذا الغرض.

القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

تنتج محطات توليد الطاقة النووية حوالي 13% من إجمالي الطاقة المستخدمة في العالم كل عام.

تستخدم المفاعلات النووية الطاقة المنطلقة في انشطار اليورانيوم-235 لتوليد الكهرباء.

تستخدم الطاقة المنطلقة في تفاعل الانشطار في إنتاج البخار ويُدير البخار التوربين الذي يُشغّل المولّد الكهربائي.

ينتج عن توليد الطاقة النووية نفايات نووية ذات مستوى إشعاعي عالٍ.

1. **قارن وقابل** بين إيجابيات وسلبيات محطات توليد الطاقة النووية والمحطات التي تحرق الوقود الأحفوري.
2. **فسّر** الانشطار النووي وطريقة التحكم في التفاعل المتسلسل في المفاعل النووي.
3. **فسّر** الاندماج النووي والمشكلات المتعلقة باستخدام تفاعلات الاندماج النووي كمصدر للطاقة.
4. **اشرح** سبب حدوث التفاعل المتسلسل عندما يمتصّ اليورانيوم-235 بعملية الانشطار.
5. **التفكير الناقد** أطلق مشروع بحثي 10 g من النفايات النووية ذات عمر نصف قصير. كيف لك أن تصنّف هذه النفايات. وكيف يمكن التخلص منها؟

تطبيق مفاهيم رياضية

6. **احسب** يحتوي اليورانيوم الطبيعي على 0.72% من نظير اليورانيوم-235. فما كتلة اليورانيوم-235 الموجودة في 2,000 kg من اليورانيوم الطبيعي؟

بعد القراءة

مناظرة عن الطاقة النووية اطلب من الطلاب تحديد مزايا وعيوب استخدام الطاقة النووية كبديل للوقود الأحفوري. ثم أشرك الصف الدراسي في مناقشة عن الموضوع، وشجعهم على إجراء مناظرة عن استخدام الطاقة النووية.

التأكد من فهم النص

تحتوي النفايات ذات المستوى الإشعاعي المنخفض على مواد إشعاعية تتميز بقصر عمر النصف، بينما يمكن أن تظل النفايات ذات المستوى الإشعاعي العالي مشعة لعشرات الآلاف من الأعوام.

3 التقويم

التأكد من الفهم

الانشطار مقابل الاندماج اطلب من الطلاب المقارنة والمقابلة بين الاندماج النووي والانشطار النووي. يجب أن يحدّد الطلاب المواد المتفاعلة والنواتج في كل تفاعل منهما وكذلك نوع الذرة التي تمر بكل عملية.

إعادة التدريس

المفاعلات النووية اطلب من كل طالب تصميم رسم بسيط لمفاعل نووي، مع توضيح الأجزاء الرئيسية للمفاعل ووصف وظيفة كل جزء منها.

التقويم

رسم تخطيطي إنّ الانشطار عبارة عن تفاعل نووي متسلسل. اطلب من الطلاب إنشاء رسوم تخطيطية توضح التفاعل النووي المتسلسل وكيفية السيطرة عليه في محطات توليد الطاقة النووية.

القسم 2 مراجعة

1. الإيجابيات: لا تُطلق محطات الطاقة النووية مواد ملوّثة للهواء. السلبيات: قد يتسبب تعدين اليورانيوم في الإضرار بالبيئة. كما أنّ احتمال انبعاث الإشعاع الضار والتخلص من النفايات النووية من العيوب الإضافية للطاقة النووية.
2. تنشطر ذرات U-235 وينتج عنها طاقة. تُستخدم قضبان التحكم في السيطرة على التفاعل النووي المتسلسل. وتوضع قضبان التحكم هذه بين قضبان الوقود وهي مُصمّمة لامتصاص النيوترونات الزائدة للتحكم في معدل تفاعل الانشطار.
3. يحتاج الاندماج النووي إلى حرارة تُقدّر بملايين الدرجات المئوية. تحتاج المفاعلات البحثية إلى المزيد من الطاقة للحفاظ على درجات الحرارة هذه أعلى من الطاقة الناتجة عن التفاعل نفسه. كما يصعب السيطرة على تفاعل الاندماج في ظل هذه الظروف القاسية.
4. تتحرر النيوترونات عند مرور U-235 بالانحلال. تصطدم هذه النيوترونات بذرات U-235 أخرى، مما يؤدي إلى استمرار عملية الانحلال.
5. قد ينتج عن هذا التفاعل نفايات ذات مستوى إشعاعي منخفض، وستوضع في حاويات مُحكمة الغلق وتُطمر.

تطبيق مفاهيم رياضية

6. $0.0072 \times 2{,}000\text{kg} = 14.4\text{ kg}$

Scanned by CamScanner