ARABIC EDITION
EARTH AND SPACE SCIENCES
FRIDAY, JANUARY 23, 2026
9:15 A.M. TO 12:15 P.M., ONLY

The University of the State of New York
REGENTS HIGH SCHOOL EXAMINATION

علوم الأرض والفضاء

الجمعة، 23 يناير/كانون الثاني، 2026 — 9:15 صباحًا إلى 12:15 ظهرًا، فقط

اسم الطالب (ة) _____

اسم المدرسة _____

يُحظر تمامًا حيازة أو استخدام أي أجهزة اتصالات أثناء تأدية هذا الامتحان. إذا كانت لديك أي أجهزة اتصالات أو كنت تستخدمها، بغض النظر عن مدى قِصر مدة حيازتك أو استخدامك لها، فسيُلغى امتحانك ولن تُحتَسَب أي نتيجة لك.

اكتب اسمك واسم مدرستك على السطور أعلاه.

استخدم معرفتك **بعلوم الأرض والفضاء** للإجابة عن جميع الأسئلة في هذا الامتحان. قبل أن تبدأ هذا الامتحان، يجب أن يتم تزويدك ***بإصدار عام 2024 للجداول المرجعية لمادة علوم الأرض والفضاء***. قد تحتاج إلى استخدام هذه الجداول المرجعية للإجابة عن بعض الأسئلة.

تتعين عليك الإجابة عن جميع الأسئلة في هذا الامتحان. يمكنك استخدام ورقة مسودة لتحديد الإجابات عن الأسئلة، ولكن تأكد من كتابة إجاباتك على ورقة إجابتك وفي كتيب الامتحان الخاص بك. تم تزويدك بورقة إجابة منفصلة للأسئلة ذات الاختيارات المتعددة. اتبع تعليمات مراقب الامتحان لإكمال بيانات الطالب(ة) على ورقة إجابتك. سجل إجاباتك عن أسئلة الإجابة المركبة في كتيب الامتحان الخاص بك.

يجب أن تكون جميع الإجابات في كتيب الامتحان مكتوبة بالقلم الحبر الجاف، باستثناء الرسوم البيانية والرسوم التوضيحية، يجب أن تكتب بالقلم الرصاص.

عند الانتهاء من الامتحان، يجب عليك التوقيع على البيان المطبوع على ورقة الإجابة المنفصلة الخاصة بك، مع الإشارة إلى أنه ليس لديك أي معرفة غير قانونية بالأسئلة أو الإجابات قبل خوض هذا الامتحان وأنك لم تقدم أو تتلقَّ مساعدة على الإجابة عن أي من الأسئلة خلال خوض الامتحان. لن يتم قبول ورقة الإجابة وكتيب الامتحان الخاصين بك إذا لم تقم بالتوقيع على هذا البيان.

ملحوظة...

يجب أن تتوفر لك آلة حاسبة ذات أربع وظائف أو آلة حاسبة علمية ونسخة من ***إصدار عام 2024 للجداول المرجعية لمادة علوم الأرض والفضاء*** لتستخدمها في أثناء إجراء هذا الامتحان.

لاحظ أن الرسوم البيانية ليست مرسومة بالأبعاد الحقيقية ما لم تتم الإشارة إلى خلاف ذلك.

لا تفتح كتيب الامتحان هذا حتى يتم إعطاء إشارة بذلك.

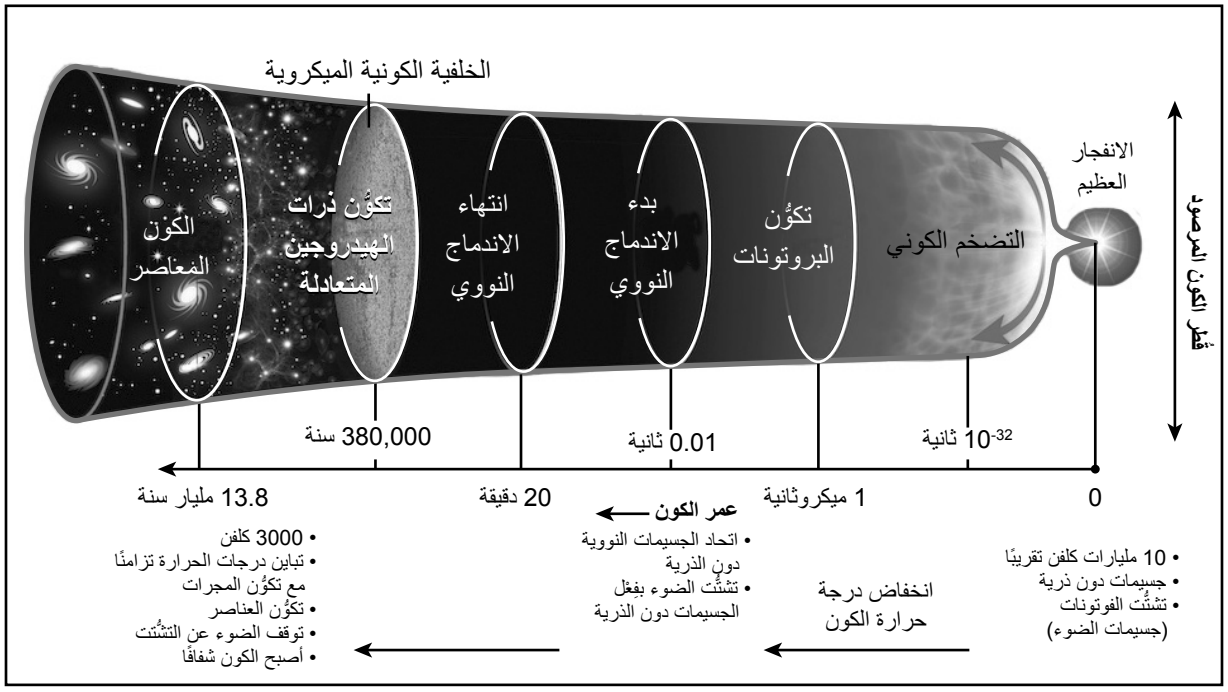
اجعل إجابتك عن الأسئلة من 1 إلى 5 مبنية على المعلومات أدناه، وعلى معرفتك بعلوم الأرض والفضاء. قد تتطلب بعض الأسئلة استخدام ***إصدار عام 2024 للجداول المرجعية لمادة علوم الأرض والفضاء***. تأكد من تسجيل أسئلة الاختيار من متعدد على ورقة إجابة منفصلة تم تزويدك بها. سجِّل إجاباتك عن أسئلة الإجابة المركبة في كتيب الامتحان الخاص بك.

الدليل على نظرية الانفجار العظيم

نظرية الانفجار العظيم هي نظرية فيزيائية تصف كيف تمدَّد الكون من حالة أوَّلية تتسم بارتفاع الكثافة ودرجة الحرارة. تحاول هذه النظرية شرح كيفية تغيُّر الكون بمرور الزمن. وتُستخدَم ثلاثة أدلة لتأييد هذه النظرية؛ إذ تؤيد هذه النظرية كميات العناصر المَقيسة في الكون. ويدل عليها أيضًا ما يُلاحَظ من تسارُع تمدُّد الفضاء، كما يؤيدها اكتشاف أشعة الخلفية الكونية الميكروية.

يوضح النموذج أدناه بعض المعلومات حول كيفية تغيُّر الكون منذ وقوع الانفجار العظيم. درجات الحرارة المُبيَّنة على النموذج مَقيسة بوحدة الكلفن (K).

نموذج تطور نشأة الكون منذ الانفجار العظيم



1 أكمل كلاً من العبارات الثلاث أدناه على نحو يصف بشكل صحيح أشعة الخلفية الكونية الميكروية بوضع علامة **X** في المربع للإشارة إلى المرحلة التي تُكمِل بشكل صحيح كل عبارة. [1]

العبارة 1:

تقدم أشعة الخلفية الكونية الميكروية دليلاً على الانفجار العظيم لأنها

☐ طاقة تنبأ بها العلماء، وموزَّعة في جميع أنحاء الكون

☐ مادة تنبأ بها العلماء، واندمجت لتكوّن العناصر

العبارة 2:

يمكن رصد أشعة الخلفية الكونية الميكروية لأن الكون

☐ تمدَّد بسرعة نظرًا إلى الارتفاع الهائل في درجة حرارته

☐ انخفضت درجة حرارته وأصبح شفافًا

العبارة 3:

تشير التغيُّرات في أشعة الخلفية الكونية الميكروية الناتجة عن أوجه التفاوت في الكثافة إلى أن

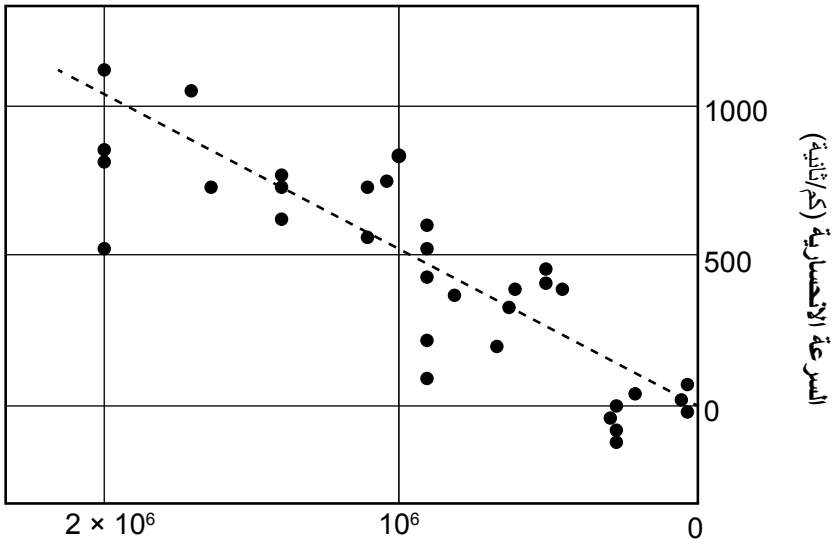
☐ المجرَّات قد تكوَّنت في مناطق أعلى كثافة

☐ المجرَّات قد تكوَّنت في مناطق أقل كثافة

في عشرينيات القرن الماضي، درس عالم الفلك إدوين هابل المجرات مستخدمًا نوعًا من النجوم يُسمَّى متغير قيفاوي. يسطُع هذا النوع من النجوم ويخفُت ضوءُه بنمط يمكن توقُّعه. وقد رصد هابل هذه النجوم لتحديد بعدها، وبُعْد المجرة التي تقع فيها، عن الأرض.

يتم توضيح نسخة من مخطط هابل لعام 1929. السرعة الانحسارية للمجرة (السرعة بالنسبة إلى الأرض) مُمثَّلة باعتبارها دالة في المسافة ما بين الأرض والمجرة. وهي مَقيسة بوحدة الفرسخ الفلكي (الفرسخ الفلكي الواحد = 3.26 سنوات ضوئية). للمجرات التي تتحرك في اتجاه الأرض سرعات انحسارية ذات قِيَم سالبة.

نسخة من مخطط هابل



البُعد عن الأرض (بوحدة الفرسخ الفلكي)

يتم توضيح عدة عبارات حول العمل الذي أداه هابل فيما يتعلق بالمجرات أدناه.

العبارة 1: يبين مخطط هابل أنه لا توجد علاقة بين المسافة من أي مجرة إلى الأرض والسرعة الانحسارية للمجرة.

العبارة 2: من المرجح أن الدليل على سرعات معظم المجرات الممثلة على مخطط هابل تم الحصول عليه من بيانات الإزاحة الحمراء (الانزياح نحو اللون الأحمر) لكل مجرة.

العبارة 3: كانت المجرات التي قاسها هابل، والتي كانت على بُعْد 2×10^6 فرسخ فلكي من الأرض، جميعها ذات سرعة انحسارية أكبر من 500 كيلومتر/ثانية.

العبارة 4: يوضح مخطط هابل وجود علاقة تناسب بين المسافة من أي مجرة إلى الأرض والسرعة الانحسارية للمجرة.

العبارة 5: بعض المجرات المُوضَّحة على مخطط هابل تتحرك بسرعة أبطأ كلما ابتعدت عن الأرض.

العبارة 6: من المرجح أن الدليل على سرعات معظم المجرات الممثلة على مخطط هابل تم الحصول عليه من بيانات الإزاحة الزرقاء (الانزياح نحو اللون الأزرق) لكل مجرة.

2 أيٌّ من العبارات السابقة تلخص بشكل صحيح بيانات هابل باعتبارها دليلاً يدعم نظرية الانفجار العظيم؟

(1) العبارات 1، و5، و6
(2) العبارات 2، و3، و4
(3) العبارات 3، و1، و6
(4) العبارات 4، و2، و5

3 كيف تؤيد البيانات الواردة في المخطط تفسير نظرية الانفجار العظيم؟

(1) للمجرات الأبعد مسافةً عن الأرض سرعات انحسارية أكبر؛ وهذا يدل على تمدُّد الكون.
(2) للمجرات الأقرب مسافةً من الأرض سرعات انحسارية ذات قِيَم سالبة؛ وهذا يدل على أن معدل تمدُّد الكون لا يحدث إلا في محيط المجرات البعيدة.
(3) المجرات الواقعة على مسافة مليون (10^6) فرسخ فلكي تقريبًا من الأرض تتحرك قربًا وبُعدًا عن الأرض؛ وهذا يدل على أن الكون لا يتمدَّد إلا في نطاق هذه المسافة.
(4) تتحرك المجرات بُعدًا عن الأرض بسرعات ثابتة؛ وهذا يدل على أن الكون يتمدد بمعدل ثابت.

يوضح الجدول أدناه بعض المعلومات حول نجمَيْن في مجرة دَرْب التَبّانة.

النجم	**العناصر التي يتكوَّن منها النجم**	**الكتلة** (بالكيلوجرام)
منكب الجوزاء	الهيليوم، والكربون، والأكسجين، والنيون، والمغنيسيوم، والصوديوم، والحديد	3.28×10^{31}
الشمس	الهيدروجين والهيليوم	1.99×10^{30}

4 أيٌّ من العبارات توضح بشكلٍ صحيح الاختلاف بين العناصر التي يتكوَّن منها كلا النَجمَيْن، وتقارن بين عُمرَيْهما؟

(1) في نجم منكب الجوزاء، اندمج الهيليوم ليتحول إلى عناصر أثقل وزنًا، كما أن عمر منكب الجوزاء أقصر من عمر الشمس.

(2) في نجم منكب الجوزاء، لم يتكوَّن الهيدروجين حتى الآن من اندماج العناصر الأثقل وزنًا، كما أن عمر منكب الجوزاء أطول من عمر الشمس.

(3) في الشمس، اندمجت العناصر الأثقل وزنًا تمامًا لتكوّن الهيليوم، كما أن عمر الشمس أقصر من عمر منكب الجوزاء.

(4) في الشمس، لم يتكوَّن الهيدروجين حتى الآن من اندماج العناصر الأثقل وزنًا، كما أن عمر الشمس أطول من منكب الجوزاء.

5 اشرح كيف أن كتلتَي منكب الجوزاء والشمس تُعَدَّان عاملاً يُسهِم في تبايُن معدل التخليق النووي بين كلا النَّجمَيْن. [1]

اجعل إجابتك عن الأسئلة من 6 إلى 9 مبنية على المعلومات أدناه، وعلى معرفتك بعلوم الأرض والفضاء. قد تتطلب بعض الأسئلة استخدام ***إصدار عام 2024 للجداول المرجعية لمادة علوم الأرض والفضاء***.

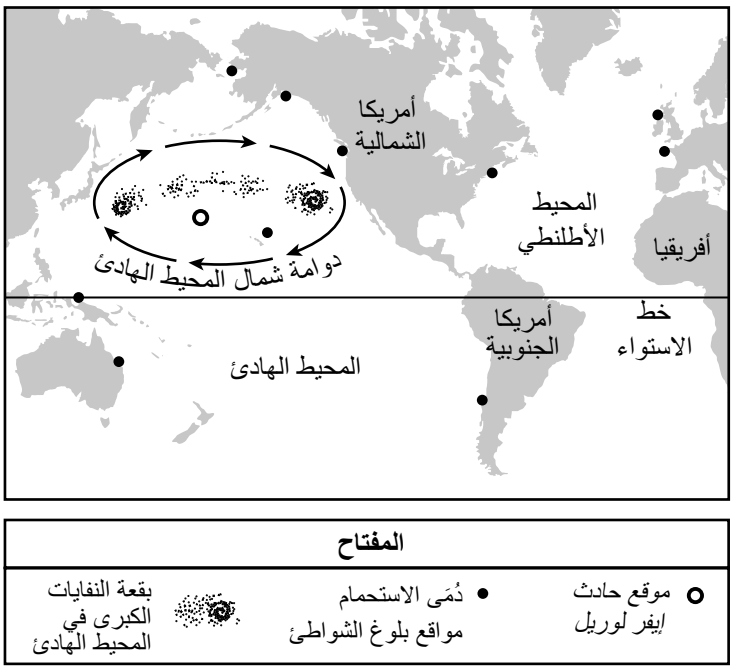
البط المطاطي ومخلفات المحيط الهادئ

في 10 يناير/كانون الثاني 1992، فقدت سفينة شحن الحاويات *إيفر لوريل* اثنتي عشرة حاوية، طول كلٍ منها 40 قدمًا، نتيجة تعرُّضها إلى عاصفة في البحر. انكسرت إحدى الحاويات وتسرَّب من حمولتها في البحر ما يزيد على 28,000 لعبة من لُعَب الاستحمام المصنوعة من البلاستيك (دُمَى بط مطاطية). وطفت تلك اللُّعَب فوق سطح البحر لسنوات، ثم جرفتها المياه إلى الشواطئ في مختلف أنحاء العالم.

وتوجد في المحيط الهادئ جزيرة عائمة من النفايات تُعرَف باسم بقعة النفايات الكبرى في المحيط الهادئ (GPGP). تبلغ مساحة هذه الجزيرة العامة من نفايات البلاستيك 1.6 مليون كيلومتر مربع؛ أي تقريبًا ضعف مساحة ولاية نيويورك بمقدار 11 مرة. وقد عُثِر على تجمعات النفايات في مختلف أنحاء العالم في نطاق الدوامات المحيطية حيث تكون حركة المياه ضعيفة. عكف العلماء على دراسة قِطَع نفايات البلاستيك العائمة في مُجمَّع النفايات، والمواد التي تتألف منها، وأعمارها بهدف تحديد مصدر البلاستيك للتخفيف من حدة مشكلة زيادة تلوث الأنظمة البيئية في المحيط الناتج عن نفايات البلاستيك.

تتضمن الخريطة أدناه بعض المعلومات حول حادثة تسرُّب شحنة السفينة *إيفر لوريل*، والمواقع التي عُثِر فيها على نفايات دُمى الاستحمام المطاطية، وبقعة النفايات الكبرى في المحيط الهادئ.

خريطة حادث *إيفر لوريل*



6 أكمِل كل عبارة من العبارات الثلاث أدناه بوضع علامة **X** لتصف بشكل صحيح العامل المسؤول عن أنماط دوران التيارات الجوية والمحيطة عالميًا التي أسهمت في توزيع لُعَب الاستحمام على مواقع مختلفة على سطح الأرض. [1]

العبارة 1:

الدليل على نمط توزيع لُعَب الاستحمام المصنوعة من البلاستيك من موقع الحادث إلى الساحل الشمالي الغربي لأمريكا الشمالية هو

- ☐ حركة اللُّعَب مع تيار كوروشيو متبوعةً بحركتها مع تيار كاليفورنيا
- ☐ حركة اللُّعَب مع تيار شمال المحيط الهادئ متبوعةً بحركتها مع تيار ألاسكا

العبارة 2:

من أسباب أنماط دوران تيارات المحيط عالميًا

- ☐ موقع الكُتَل الأرضية وتوزيعها
- ☐ البُعْد عن خط الاستواء

العبارة 3:

بخلاف التيارات المحيطية، فالأنماط العالمية التي أسهمت في توزيع تلك اللُّعَب تأثرت أيضًا بـ

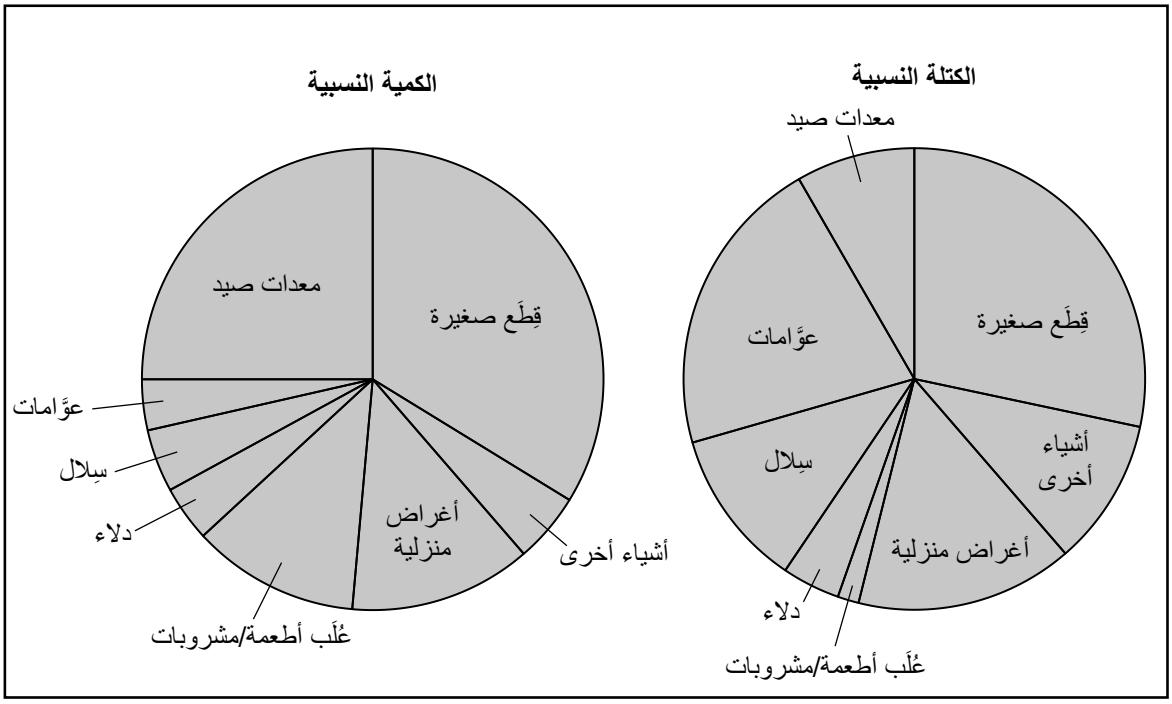
- ☐ معدلات تركيز غازات الاحتباس الحراري
- ☐ الفروق في الكثافة والطاقة الحرارية

7 بخلاف التيارات المحيطية، ما العامل الآخر الذي يحدد نمط الدوران العالمي لتلك اللُّعَب البلاستيكية؟

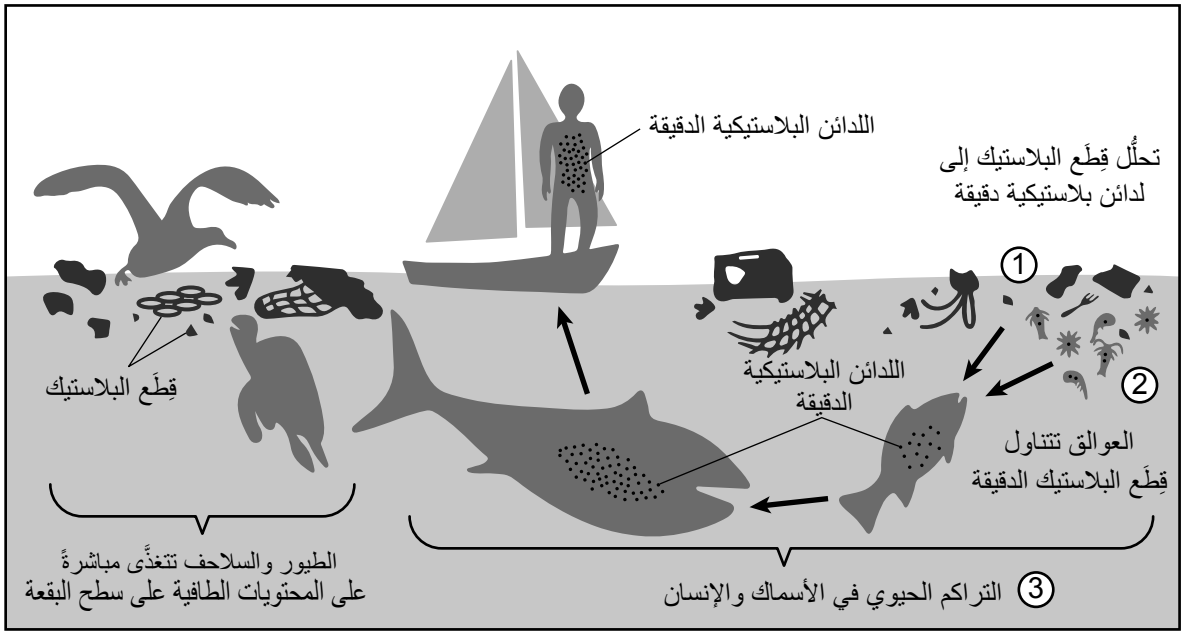
(1) الحِمْل الحراري في طبقة الستراتوسفير
(2) الرياح السائدة
(3) الارتفاع
(4) الغطاء السحابي

توجد في المحيطات أنواع متعددة من البلاستيك. يوضح المخططان البيانيان الدائريان والرسم التوضيحي أدناه بعض المعلومات حول البلاستيك الموجود في المحيطات على سطح الأرض. وتمثل الأسهم الموجودة على الرسم التوضيحي انتقال قِطَع البلاستيك عبر مختلف الكائنات الحية.

مصادر البلاستيك التي عُثِر عليها في بقعة النفايات الكبرى في المحيط الهادئ أكبر من 5 سم



انتقال قِطَع البلاستيك في بقعة النفايات الكبرى في المحيط الهادئ عبر السلسلة الغذائية البحرية إلى الإنسان



عادةً ما تتغذى السلاحف البحرية التي تعيش في بقعة النفايات الكبرى في المحيط الهادئ على الأكياس والصفائح المصنوعة من البلاستيك. ويرجع ذلك إلى أن تلك السلاحف لا تميّز بين البلاستيك وفريستها المعتادة، قنديل البحر.

8 أيُّ عبارة تشرح كيف يؤدي التخلص من أكياس البلاستيك الموجودة في بقعة النفايات الكبرى في المحيط الهادئ إلى استقرار التنوع البيولوجي في هذه المنطقة؟

(1) سيؤدي انخفاض أعداد أكياس البلاستيك في بقعة النفايات الكبرى في المحيط الهادئ إلى زيادة أعداد قنديل البحر؛ لأن سلاحف البحر ستتغذى بدرجة أكبر على أكياس البلاستيك.

(2) سيؤدي انخفاض أعداد أكياس البلاستيك في بقعة النفايات الكبرى في المحيط الهادئ إلى زيادة أعداد السلاحف؛ لأن السلاحف ستتغذى بدرجة أكبر على قنديل البحر.

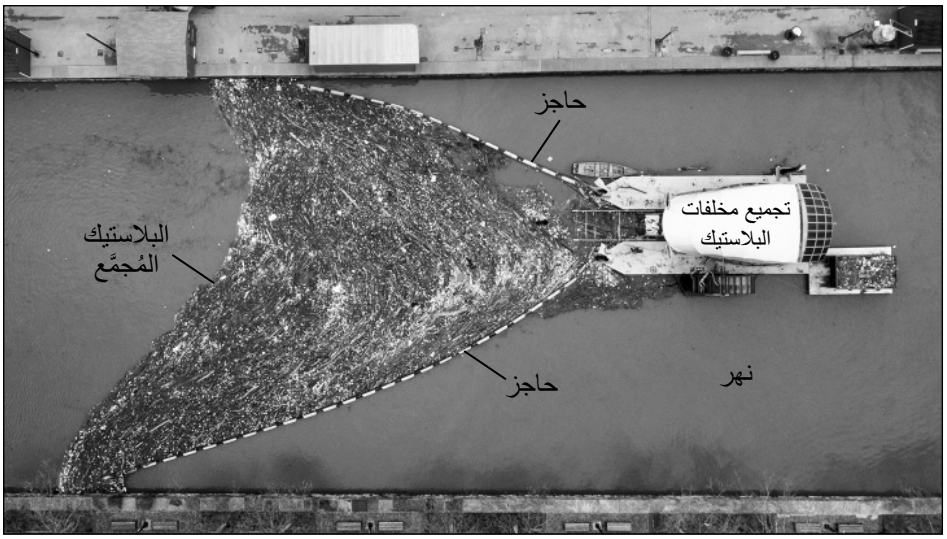
(3) سيؤدي انخفاض أعداد أكياس البلاستيك في بقعة النفايات الكبرى في المحيط الهادئ إلى انخفاض أعداد قنديل البحر؛ لأن السلاحف ستتغذى بدرجة أقل على قنديل البحر.

(4) سيؤدي انخفاض أعداد أكياس البلاستيك في بقعة النفايات الكبرى في المحيط الهادئ إلى انخفاض أعداد السلاحف؛ لأن السلاحف ستتغذى بدرجة أقل على قنديل البحر.

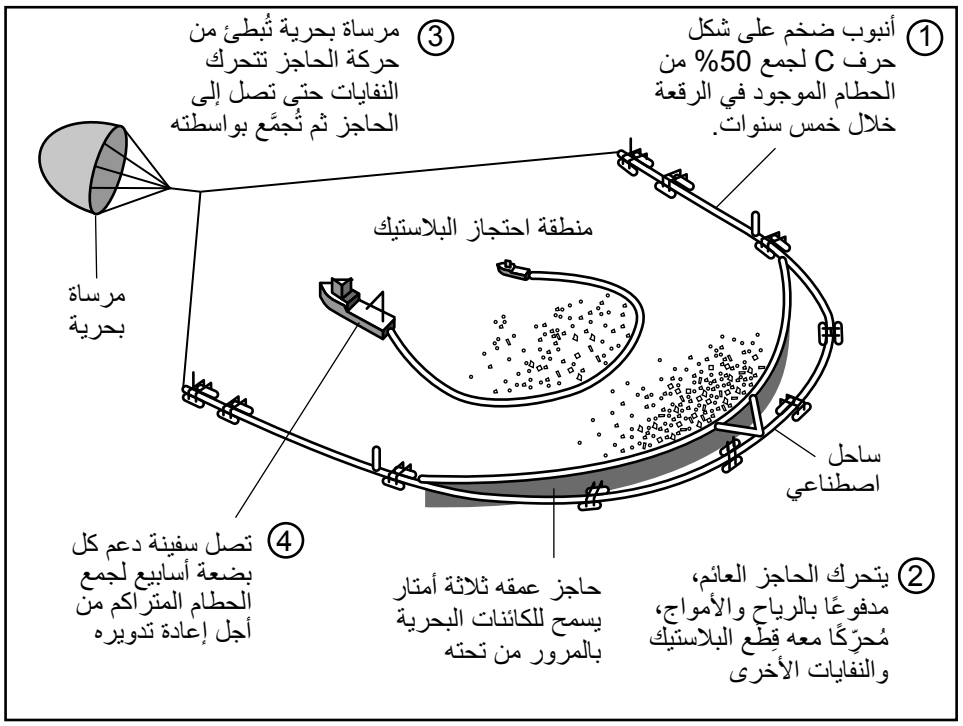
درست العديد من المنظمات والهيئات الحكومية طرقًا لمعالجة تفاقُم مشكلة التلوث بنفايات البلاستيك. ومن تلك الطرق تقليل استخدام منتجات البلاستيك، وإعادة تدويرها، والمشاركة في عمليات تنظيف الممرات المائية.

ومن الحلول المُعقَّدة المستخدمة تنظيف الأنهار والمحيطات. فبالنسبة إلى الأنهار، يؤدي وجود الحواجز على مصب النهر إلى توجيه نفايات البلاستيك إلى منطقة تجميع يتم فيها التخلص من البلاستيك يدويًا، وسحبه بعيدًا لإعادة تدويره بعد ذلك. وبالنسبة إلى المحيطات، يستخدم العلماء جهازًا لتجميع نفايات البلاستيك العائمة، ثم إعادتها إلى الشاطئ لإعادة تدويرها. توضح الصورة والنموذج أدناه بعض المعلومات حول طريقتَي التخلص من البلاستيك هاتين.

طريقة تنظيف مياه الأنهار



نموذج طريقة تنظيف مياه المحيط



يوضح المخطط أدناه بعض المعلومات حول طرق تطهير المياه من نفايات البلاستيك.

مزايا طريقتَي تطهير المياه من نفايات البلاستيك وعيوبهما

	المزايا	العيوب
مياه الأنهار	• تطفو أداة التطهير فوق الماء، وتسمح بتغيُّر مستوى الماء • الأداة تُصنَّع محليًا، ومنخفضة التكلفة • تحقِّق نتائج مُرضية فيما يتعلق باحتجاز نفايات البلاستيك الطافية على السطح • يتم احتجاز النفايات قبل وصولها إلى المحيط	• يجب التخلص من نفايات البلاستيك المُجمَّعة يدويًا • تراجُع معدلات احتجاز النفايات عند ضعف جريان المياه • غير فعَّالة في احتجاز اللدائن البلاستيكية الدقيقة (التي يقل قطرها عن 1 ملليمتر) أو نفايات البلاستيك المغمورة تحت سطح الماء • يمكن أن يؤثر الحاجز في التنوع البيولوجي
مياه المحيطات	• فعَّالة في التخلص من كميات كبيرة من نفايات البلاستيك الموجودة في منطقة كبيرة • تؤدي المؤسسات الخاصة العمل • يبقى أي منظر بغيض أو رائحة كريهة للنفايات في المحيط، ولا يتأذى منه المجتمع • يمكن أن توفِّر استخدام الطاقة	• لا تحتجز اللدائن البلاستيكية الدقيقة (التي يقل قطرها عن 1 ملليمتر) أو نفايات البلاستيك المغمورة تحت سطح الماء • ارتفاع تكاليف الصيانة وتوقُّف عمليات التطهير بصورة متكررة بسبب تعطُّل المعدات • تؤثر في الأحياء المائية التي تعيش بالقرب من السطح حتى عمق خمسة أمتار • يجب أن تقوم سفينة ثانوية بإزالة نفايات البلاستيك المُجمَّعة كل بضعة أسابيع.

9 يزعم أحد الطلاب أن طريقة تنظيف مياه الأنهار تُعَد حلا تصميميًا أشد فعاليةً من طريقة تنظيف مياه المحيطات؛ لأن تلك الأولى تحد من تأثير التلوث بفعل نفايات البلاستيك. باستخدام المعلومات المُقدَّمة، أيُّ عبارة تقدم الدليل الأصح الذي يؤيد ما يزعمه الطالب؟

(1) طريقة تنظيف مياه الأنهار أقل تكلفةً من طريقة تنظيف مياه المحيطات، وتحتجز نفايات البلاستيك قبل دخولها إلى مياه المحيط؛ وهذا يؤدي إلى الحفاظ على التنوع البيولوجي في مياهَي النهر والمحيط.

(2) طريقة تنظيف مياه الأنهار تُجمِّع البلاستيك في منطقة كبيرة، وذات تكاليف صيانة أقل مقارنةً بطريقة تنظيف مياه المحيطات.

(3) يمكن من خلال طريقة تنظيف مياه الأنهار احتجاز نفايات البلاستيك، على اختلاف أحجامها، سواء العائمة أو الموجودة تحت الماء. أما طريقة تنظيف مياه المحيطات، فلا تُجمِّع إلا قطع البلاستيك الكبيرة.

(4) تحتجز طريقة تنظيف مياه الأنهار عددًا أكبر من نفايات البلاستيك مقارنةً بطريقة تنظيف مياه المحيطات؛ إذ إن نفايات البلاستيك الموجودة في المحيط أكثر من تلك الموجودة في الأنهار.

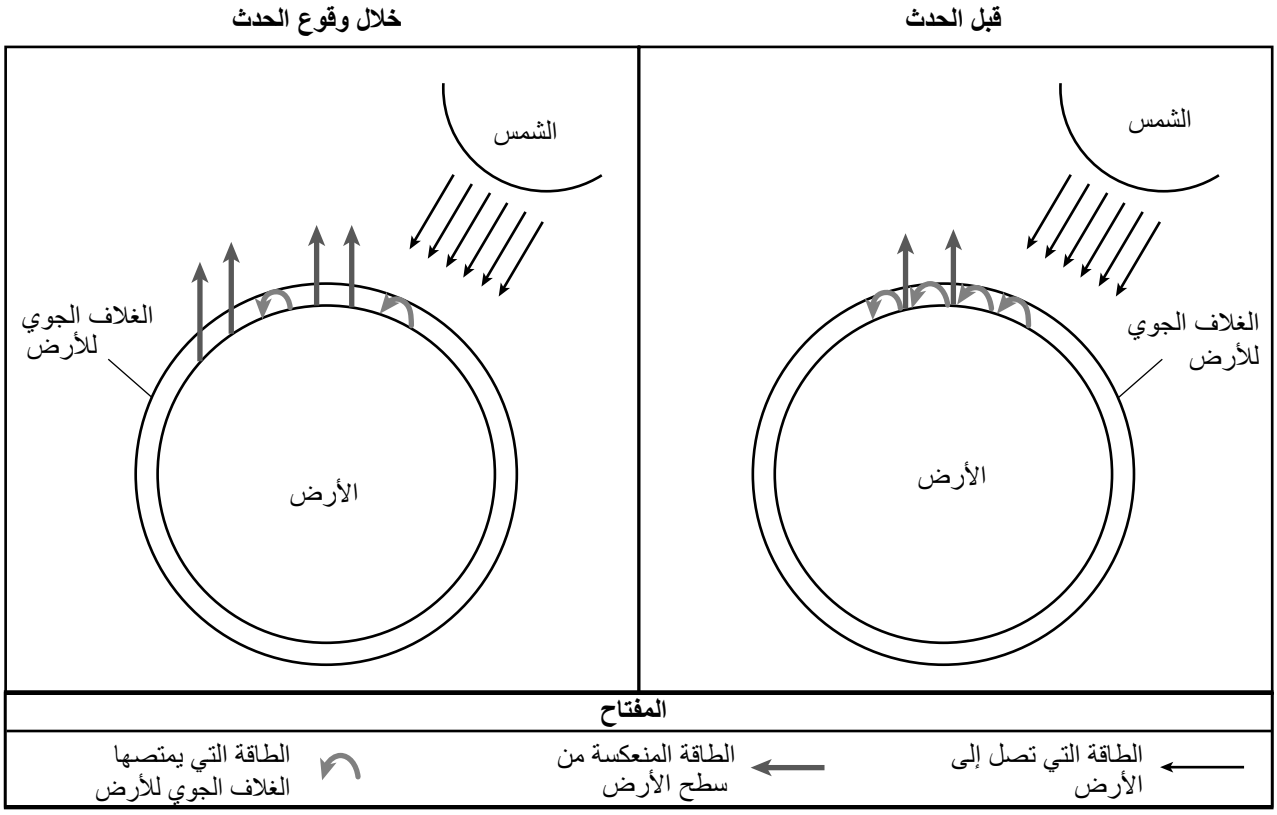
اجعل إجابتك عن الأسئلة من 10 إلى 13 مبنية على المعلومات أدناه، وعلى معرفتك بعلوم الأرض والفضاء. قد تتطلب بعض الأسئلة استخدام ***إصدار عام 2024 للجداول المرجعية لمادة علوم الأرض والفضاء***.

تطوُّر أنظمة الأرض الأولى

منذ قرابة 2.7 ب.س (مليار سنة)، تطوَّرت في المحيط كائنات ميكروبية تُسمَّى البكتيريا الزرقاء (الستروماتوليت) (التي كوَّنت رقائق كلسية طحلبية). كانت تلك الميكروبات تؤدي عملية البناء الضوئي. وكانت قادرة على استخدام الماء باعتباره "وقودًا" لإنتاج الأكسجين. وبعد ذلك، كانت تُطلِق الأكسجين إلى مياه البحار. زاد معدل ذلك الأكسجين تدريجيًّا على مدار فترة تتراوح ما بين 200 و300 مليون سنة تقريبًا. وفي نهاية المطاف، تسرَّب إلى الغلاف الجوي حيث تفاعَل مع الميثان. أدَّى هذا التفاعل إلى انخفاض مستويات الميثان، وزيادة مستويات الأكسجين. وقد حدث ذلك على مدار فترة تتراوح تقريبًا ما بين 2.4 و2.1 مليار سنة. وتُسمَّى زيادة الأكسجين في الغلاف الجوي الناتجة عن ذلك التفاعل "حدث الأكسدة العظيم". وقد أدَّى تغيُّر مستويات الأكسجين على الأرض بصورة غير مباشرة إلى تغيُّر المناخ.

يمثل النموذج أدناه الكميات النسبية لأنواع مختلفة من الطاقة تصل إلى سطح الأرض، ثم تنعكس منه، ثم يمتصها الغلاف الجوي للأرض خلال فترتين زمنيتين مختلفتين.

نموذجا حدث الأكسدة العظيم



10 أيُّ صفٍ في الجدول أدناه يصف بشكل صحيح الدليل على حدوث تطوُّر مشترك لأنظمة الأرض نتيجةً لحدث الأكسدة العظيم؟

الصف	تغيُّر الغاز الموجود في الغلاف الجوي	الاستجابة للتغيُّر	التأثير في المناخ
(1)	انخفاض مستويات الميثان وزيادة مستويات الأكسجين	امتصاص الغلاف الجوي كمية أقل من الطاقة	أدَّى ذلك إلى ظهور أول عصر جليدي؛ نظرًا إلى زيادة انعكاس الطاقة
(2)	زيادة مستويات الميثان وانخفاض مستويات الأكسجين	امتصاص الغلاف الجوي كمية أكبر من الطاقة	أدَّى ذلك إلى ظهور أول عصر جليدي؛ نظرًا إلى انخفاض انعكاس الطاقة
(3)	زيادة مستويات الميثان وانخفاض مستويات الأكسجين	امتصاص الغلاف الجوي كمية أقل من الطاقة	أدَّى ذلك إلى ظهور أول عصر جليدي؛ نظرًا إلى زيادة انعكاس الطاقة
(4)	انخفاض مستويات الميثان وزيادة مستويات الأكسجين	امتصاص الغلاف الجوي كمية أكبر من الطاقة	أدَّى ذلك إلى ظهور أول عصر جليدي؛ نظرًا إلى انخفاض انعكاس الطاقة

انقسمت فترات العصر الجليدي الهوروني إلى ثلاثة أحداث جليدية متمايزة وقعت في فترة تتراوح ما بين 2.4 و2.1 مليار سنة. وكانت تلك الفترات من بين أول العصور الجليدية في التاريخ الجيولوجي للأرض. وخلال تلك الفترات، كانت معظم أجزاء سطح كوكب الأرض متجمدة.

تُعَد المجموعة الهورونية العظمى مجموعة من التكوينات الجيولوجية يبلغ سُمكها 12 كيلومترًا. وهذه التكوينات دليلٌ على أولى الفترات الجليدية الكبرى. قِيسَ عمر تلك التكوينات باستخدام النسبة بين اليورانيوم والرصاص في الصخور. تكوَّنت هذه المجموعة العظمى عندما كانت تلك الكتلة الأرضية المغطاة بالثلج أقرب إلى خط الاستواء مما هي عليه في الوقت الحالي، وذلك عندما وصل منسوب الجليد إلى مستوى سطح البحر.

تُعَد المجموعة الهورونية العظمى نموذجًا للرواسب المتكونة في البيئة البحرية. وتتألف من الصخور الرسوبية التي تحتوي على الأحجار الساقطة (شظايا بركانية أو رسوبية مندمجة في تلك الصخور). تُعَد الأحجار الساقطة دليلاً على وجود فترات العصور الجليدية؛ لأن الأنهار الجليدية تحمل أحجامًا مختلفة من الرواسب داخل الثلج. وتنقل تلك الأنهار هذه الأحجار بعد ذلك إلى البحار، ثم تندمج في الرواسب البحرية التي تكوّن في النهاية الصخور الرسوبية.

11 أيُّ عبارة تصف الدليل المُستخدَم لتحديد وقت العصر الجليدي الهوروني؟

(1) استُخدِم التأريخ الإشعاعي للعناصر الموجودة في الصخور لقياس أعمار الصخور الموجودة في المجموعة الهورونية العظمى.

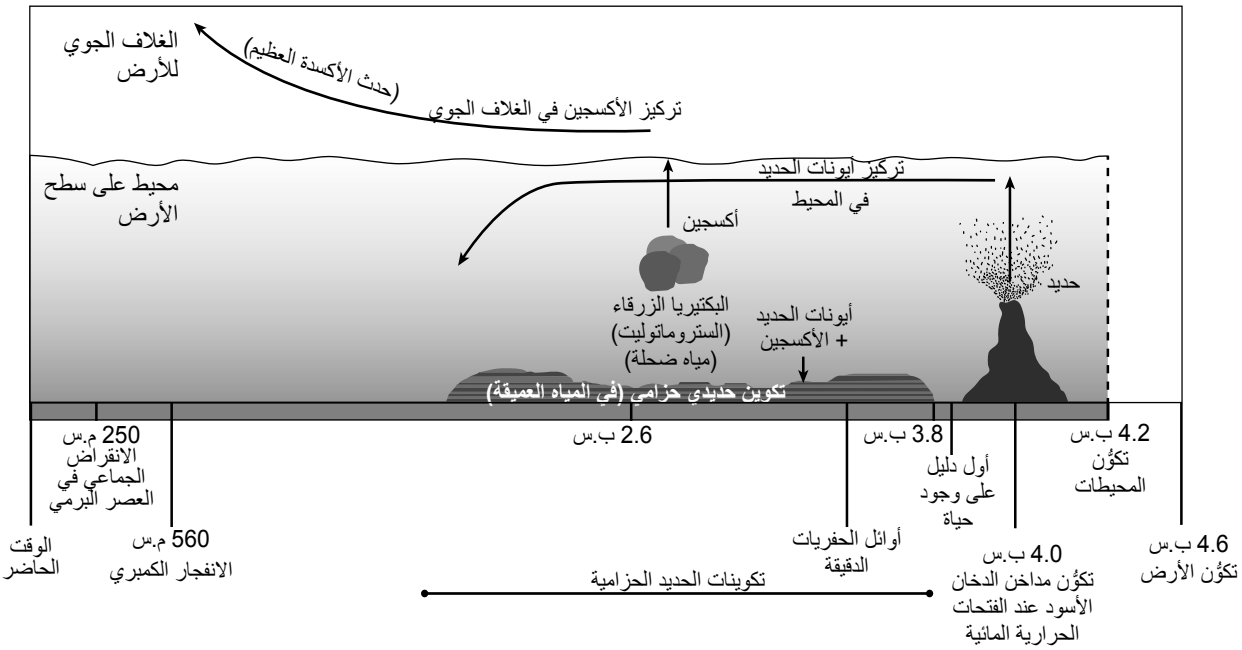
(2) تم تحديد هوية الحفريات الدليلية الموجودة في المجموعة الهورونية العظمى لقياس أعمار الصخور.

(3) تم تأريخ الصخور الموجودة في المجموعة الهورونية العظمى باستخدام الكربون لقياس عمر تلك الصخور.

(4) الأحجار الساقطة الموجودة في الصخور الرسوبية أحدث عمرًا من الحبيبات التي تتألف منها تلك الصخور.

تُعَد الصخور الرسوبية المعروفة باسم تكوينات الحديد الحزامية (المُشرَّطة) من بين أقدم الصخور عمرًا على سطح الأرض. تكوَّنت هذه الصخور في المحيطات التي كانت تحتوي أول أكسجين حر متوفِّر على سطح الأرض. يوضح النموذج أدناه بعض المعلومات حول المحيط والغلاف الجوي في المراحل المبكرة من عمر الأرض. جميع الأزمنة الجيولوجية تقريبية. تُمثَّل مليارات السنين بالاختصار ب.س، وتُمثَّل ملايين السنين بوحدة م.س.

نموذج المحيط والغلاف الجوي في المراحل المبكرة من عمر الأرض



12 أيُّ عبارة تستخدم بشكل صحيح المعلومات والفقرات الواردة في النموذج دليلاً يؤيد الرأي القائل بأنه خلال نهاية العصر الجليدي الهوروني أدَّت التغيُّرات في غلاف الأرض المائي إلى تغيُّر في الغلاف الأرضي؟

(1) كوَّنت الحفريات الدقيقة، التي عُثِر عليها في تكوينات الحديد الحزامية، الحديد الموجود في المحيطات.

(2) استُخدِم الحديد الموجود في المحيطات لتوليد الطاقة من خلال البكتيريا الزرقاء التي كانت تؤدي عمليات البناء الضوئي في الأجزاء الضحلة من المحيط.

(3) أدَّى وجود غازَي ثاني أكسيد الكربون والميثان في المحيط إلى تكوين مداخن للدخان الأسود على صخر الأساس الموجود في قاع المحيط.

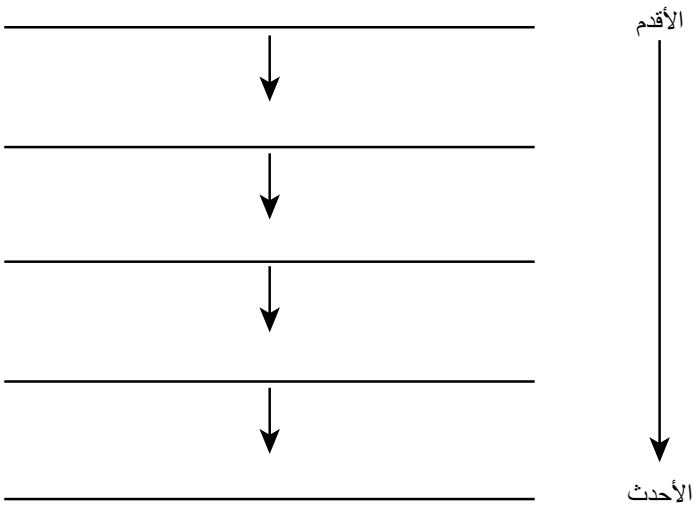
(4) أدَّى وجود الحديد والأكسجين في المحيطات إلى تكوُّن طبقات صخرية حزامية تحتوي على الحديد في قاع المحيط.

13 تُحدِث العمليات التي تجري على سطح الأرض تغييرات في سطحها وغلافها الجوي. وقد أدت التغيُّرات السابقة إلى ظروف نتجت عنها أحداث مستقبلية.

باستخدام المعلومات المُقدَّمة في النموذج، ضع قائمة الأحداث أدناه في الترتيب الزمني الصحيح لإكمال أداة التخطيط البيانية. [1]

الأحداث

- تكوُّن المحيطات الأولى
- حدث الأكسدة العظيم
- ظهور تكوينات الحديد الحزامية أول مرة
- دخول الحديد إلى المحيطات عن طريق مداخن الدخان الأسود
- تكوُّن الأرض



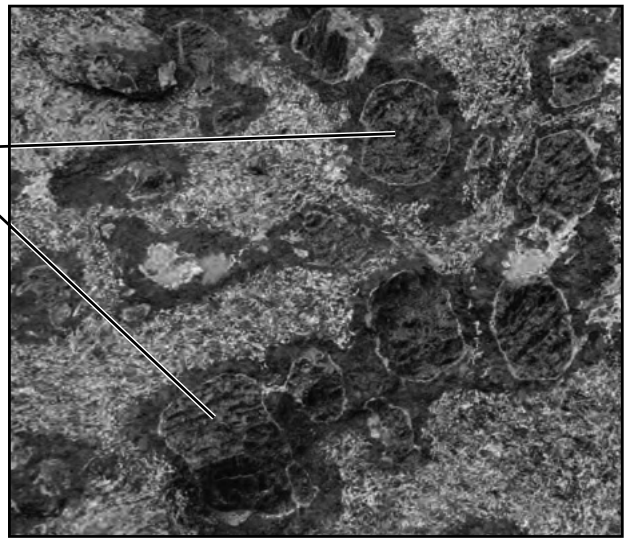
اجعل إجابتك عن الأسئلة من 14 إلى 18 مبنية على المعلومات أدناه، وعلى معرفتك بعلوم الأرض والفضاء. قد تتطلب بعض الأسئلة استخدام ***إصدار عام 2024 للجداول المرجعية لمادة علوم الأرض والفضاء***.

الموارد المعدنية والموارد المستخرجة من المناجم في ولاية نيويورك

كان طلاب أحد الفصول يستقصون الموارد المعدنية والموارد المستخرجة من المناجم في ولاية نيويورك. وخلال خروجهم في رحلة إلى جبال آديروندالك، أخبر المعلم الطلاب بأن البلورات المعدنية المطمورة في العديد من الصخور التي عُثر عليها في منطقة جبال آديروندالك كانت في الحقيقة المعدن الرسمي لولاية نيويورك. وكان هذا المعدن مصدرًا مهمًا للمواد الساحجة.

عثر أحد التلاميذ على العديد من تلك الأحجار خلال الرحلة. سجَّل التلميذ ملاحظاته حول الخواص الفيزيائية محاولاً التعرُّف على هذه المعادن الكبيرة المطمورة في الصخور. والتقط صورة فوتوغرافية للصخور، وهي الصورة المبينة أدناه، ثم دوَّن ملاحظاته، وهي مُوضَّحة في الصفحة التالية.

صخور جبال آديروندالك تحتوي على بلورات معدنية



الملاحظات:

A. المكتنفات الصخرية باللون الأحمر الداكن وذات مظهر لامع.

B. البلورات الصخرية مطمورة في صخر تتداخل فيه معادن داكنة وأخرى فاتحة اللون.

C. البلورات المعدنية قادرة على خدش الزجاج، ومخدَشها عديم اللون.

D. وُجِد هذا الصخر على ارتفاع كبير.

E. تفتَّتت البلورات المعدنية الموجودة في الصخر إلى قطع غير مستوية وذات حواف حادة.

F. كانت الصخور التي تحتوي على هذه المعادن ذات كثافة عالية.

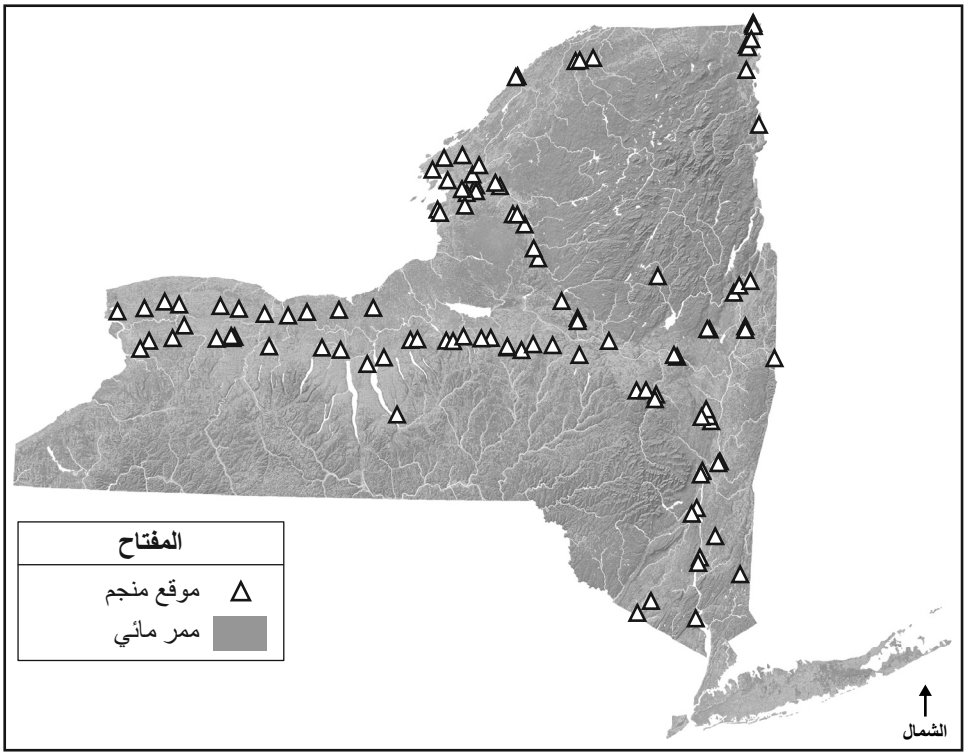
14 بناءً على ملاحظات الطالب، ما مجموعة الملاحظات واسم المعدن الذي يحدد بشكلٍ صحيح البلورات المعدنية الموجودة في الصورة؟

(1) الملاحظات A، وB، وC تحدد المغنيتيت.
(2) الملاحظات D، وE، وF تحدِّد الزبرجد الزيتوني.
(3) الملاحظات A، وC، وE تحدد الجارنيت (العقيق).
(4) الملاحظات B، وD، وF تحدد الهيماتيت.

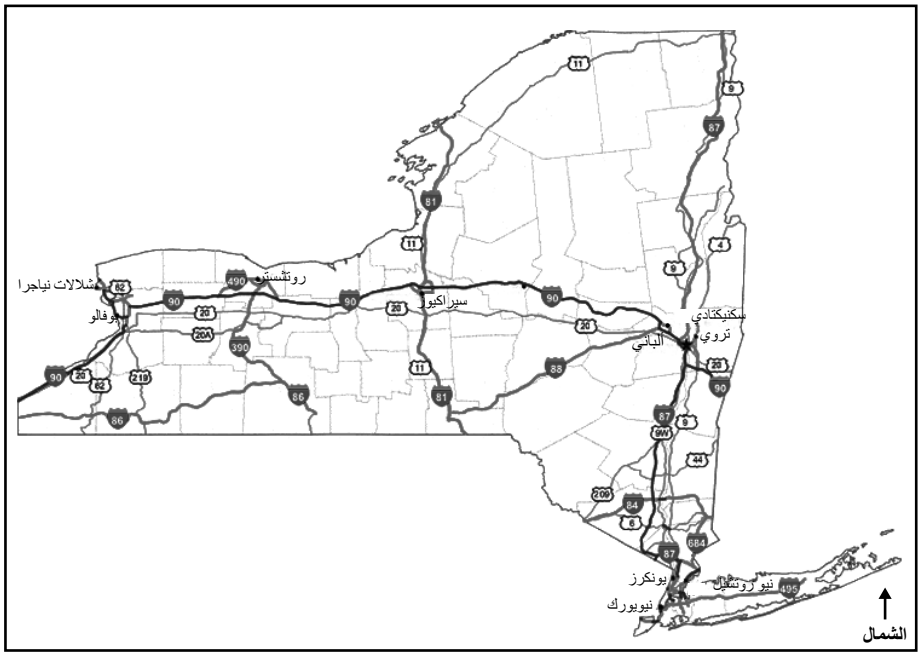
تُعَد مناجم الحجر الجيري والدولوميت ثالث أكبر مناجم في ولاية نيويورك. ويُستخدَم هذان النوعان من الأحجار باعتبارهما كُسارة أحجار في مجال الإنشاءات.

توضح الخريطتان أدناه بعض المعلومات حول المناجم والطرق السريعة الرئيسية في ولاية نيويورك.

مناجم الحجر الجيري والدولوميت عام 2020



الطرق السريعة الرئيسية في ولاية نيويورك



15 باستخدام الأدلة الواردة في الخريطتين، اكتب شرحًا يصف كيف كان النشاط البشري سيتأثر بتوفُّر الحجر الجيري وأحجار الدولوميت في ولاية نيويورك. [1]

يجب "استصلاح" مناطق المناجم في ولاية نيويورك عند توقف أعمال التعدين فيها؛ وهذا يعني أنه يجب تبديل الآثار التي خلَّفها المنجم على البيئة من خلال إعادة أرض المنجم إلى حالة صالحة للاستخدام من الناحيتين البيئية والاقتصادية.

توضح الصورتان أدناه مرحلتين من مراحل استصلاح منجم وودبيرن فلاتس في مقاطعة سوليفان في ولاية نيويورك. توضح *الصورة 1* جزءًا من نهر نيفرسينك وعلى ضفته غُرسَت حديثًا 600 شجرة من أشجار الصفصاف الأسود المحلية. توضح *الصورة 2* بركة اصطناعية مساحتها 35 فدانًا. وتحيط البركة نباتات مزروعة من الأنواع المحلية في تلك المنطقة.

الصورة 1

الصورة 2

16 اكتب الحروف الصحيحة من الخيارات أدناه على الخط الموجود في نهاية كل عبارة لإكمالها بالجُمَل الواردة حول استصلاح منجم وودبيرن فلاتس. [1]

خيارات إكمال العبارة 1:

A– تحقِّق استقرار ضفتَي النهر، وتقلل من تراكُم الرواسب على امتدادهما

B– تحقِّق استقرار النظام البيئي على ضفتَي النهر، وتقلل من تأثير الفيضانات

خيارات إكمال العبارة 2:

C– يحتجز مياه الأمطار المُحمَّلة بالرواسب لاستخدامها مصدرًا لمياه الشُرب في المجمعات السكنية القريبة

D– يحتجز المياه الجارية على السطح من المنطقة المحيطة، ويقلل من كمية الرواسب التي تُطلَق في النهر القريب من البركة

خيارات إكمال العبارة 3:

E– تعمل على تثبيت المنحدرات، واستعادة موئل النظام البيئي الأصلي

F– تعمل على تثبيت المنحدرات، وإدخال نباتات غير واطنة إلى النظام البيئي الأصلي

العبارة 1: زراعة أشجار الصفصاف الأسود سوف _____.

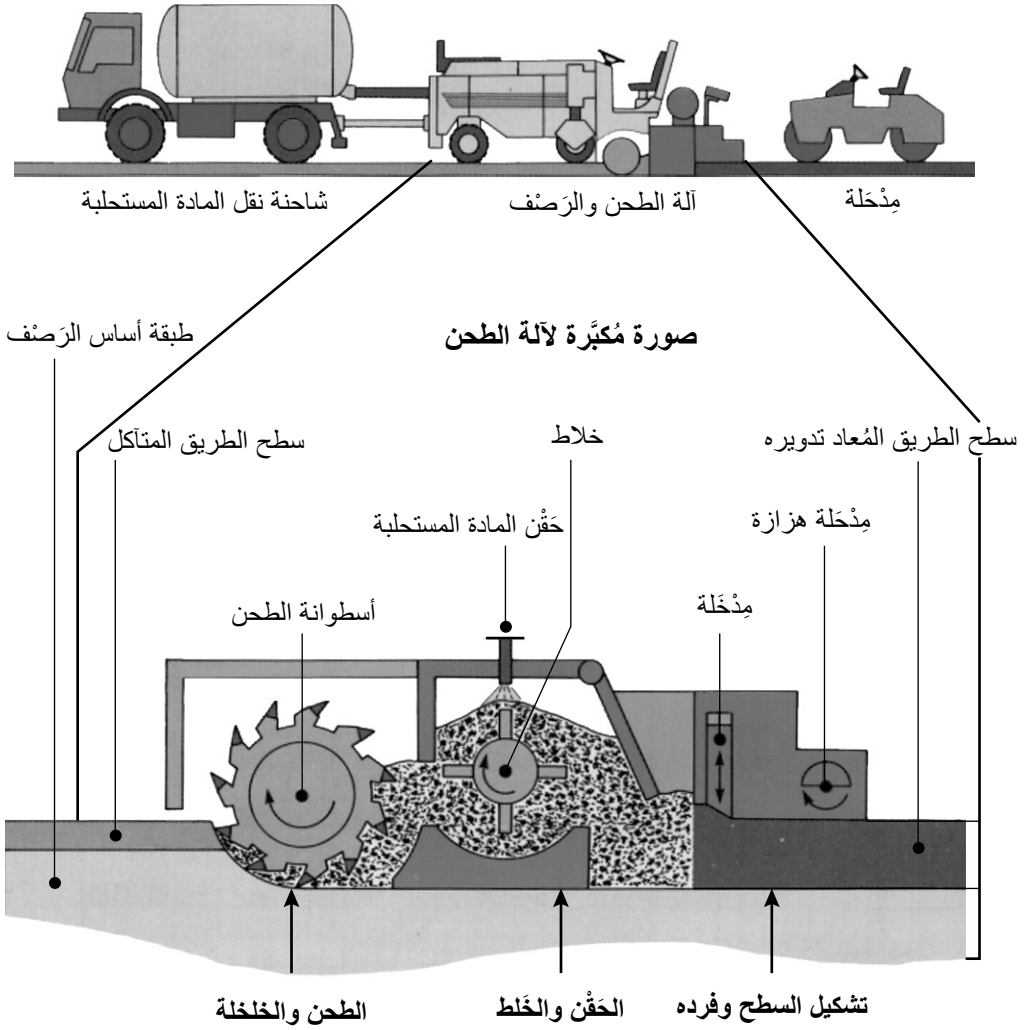
العبارة 2: إنشاء بركة اصطناعية مساحتها 35 فدانًا سوف _____.

العبارة 3: زراعة النباتات حول البركة سوف _____.

تُشيَّد أسطح الطرق المُمهَّدة من مزيج من الركام (الرمال، والحصى، وكُسارة الحجارة). وتُثبَّت معًا باستخدام مادة مُسْتَحْلِبة. والمادة المُستَحلِبة هي مادة لزجة شبيهة بالقطران تُصنَع من النفط. استُخدِمت الموارد الطبيعية (الحجارة المستخرجة من المحاجر) في السابق في تشييد الطرق، ثم ظهرت طريقة أحدث لإعادة رصف الطرق أُطلِق عليها "الرصف باستخدام الأسفلت المُعاد تدويره"، واستُخدِمَت بعد ذلك في مشروعات إعادة رصف الطرق. يوضح الجدول أدناه بعض أوجه الاختلاف بين طريقتَي إعادة رصف الطرق هاتين. ويوضح النموذج أدناه المعدات المستخدمة في أحد مشروعات إعادة رصف الطرق باستخدام الأسفلت المُعاد تدويره.

	مواد الرَصف الطبيعية	مواد الرَصْف باستخدام الأسفلت المُعاد تدويره
مصدر الركام	تُفجَّر الصخور المحجرية من سطح الأرض، ثم تُنقَل باستخدام الشاحنات إلى مصانع المعالَجَة.	تقوم آلات الطحن بسحق أسطح الطرق الموجودة لاستخدامها في الموقع.
معالجة الركام	تُسحَق الحجارة، ثم تُفرَز، ثم تُجفَّف قبل خلطها بنسبة تتراوح ما بين 3 و7% من المادة المستحلِبة.	يُخلَط الركام الناتج عن طحن سطح الطريق بنسبة تتراوح ما بين 1 و3% من المادة المستحلِبة.
نقل المواد	تُنقَل مواد الرَصف الطبيعية عن طريق الشاحنات من المحجر إلى الموقع الذي يوجد عادةً على بعد عدة أميال.	لا تتطلب المواد الناتجة عن طحن الأسفلت نقلها إلى موقع إعادة رصف الطريق.
آثار الاستخراج من المحاجر	تُستخرَج الحجارة المحجرية من المحاجر السطحية التي تتطلب استصلاحها.	لا يلزم استخراج المواد المعاد تدويرها، ولا يلزم إجراء استصلاح.

نموذج الرصف باستخدام الأسفلت المُعاد تدويره



17 أيٌّ من العبارات أدناه تحدد بشكل صحيح فائدةً تعود على المجتمع المحلي عند المقارنة بين هذين الحلَّين التصميميَّين المُستخدَمين في إعادة رصف الطرق؟

(1) ستستهلك المحاجر المحلية التي توفِّر مواد الرَصف الطبيعية المزيد من الوقود خلال عمليتَي النقل بالشاحنات والمعالجة.

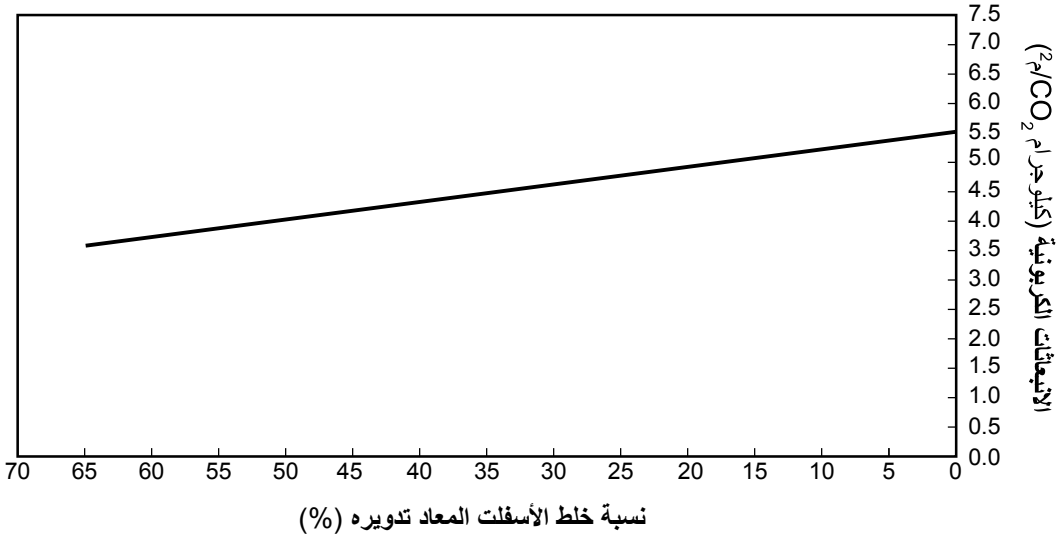
(2) سيستهلك الرَصْف باستخدام الأسفلت المُعاد تدويره المزيد من منتجات النفط في شكل وقود ومادة مستحلِبة.

(3) لا يتطلب الرَصف باستخدام الأسفلت المعاد تدويره استصلاح موقع المحجر، وسيُطيل فترة استخدام المحاجر الموجودة.

(4) تصبح تكاليف عمليات التفجير، والسحق، والمعالجة أعلى عند الرصف باستخدام الأسفلت المعاد تدويره.

تُخلَط المواد الطبيعية في مصنع الأسفلت أحيانًا بمواد الرَصف باستخدام الأسفلت المعاد تدويره. وتُسمَّى نسبة مواد الرصف بالأسفلت المعاد تدويره التي تُخلَط بالمواد الطبيعية نسبة الخَلْط. يوضح الرسم البياني أدناه بعض المعلومات حول إعادة تدوير مواد الرَصْف.

تأثير نسبة خلط الأسفلت المعاد تدويره في الانبعاثات الكربونية الصادرة عن جميع مراحل إعادة تدوير مواد الرصف



18 أيُّ صف في الجدول أدناه يحدد بدقة تأثير استخدام مواد الرصف بالأسفلت المُعاد تدويره لرصف الطرق في مستويات CO_2 في الغلاف الجوي، وتأثيره في المناخ؟

الصف	نسبة خلط مواد الرصف بالأسفلت المعاد تدويره (%)	الانبعاثات الكربونية (كيلو جرام CO_2/م^2)	التأثير في المناخ
(1)	تزيد	تزيد	زيادة الاحتباس الحراري
(2)	تنخفض	تزيد	انخفاض الاحتباس الحراري
(3)	تزيد	تنخفض	انخفاض الاحتباس الحراري
(4)	تنخفض	تنخفض	زيادة الاحتباس الحراري

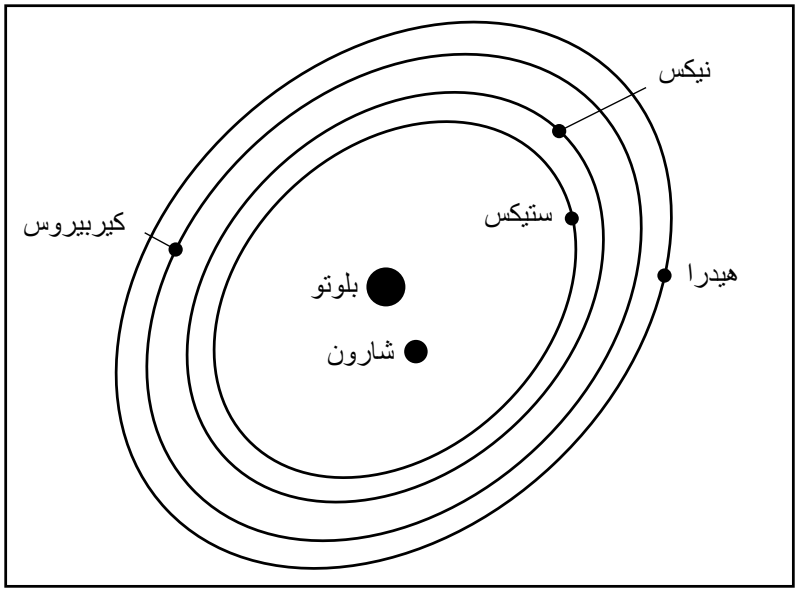
اجعل إجابتك عن الأسئلة من 19 إلى 23 مبنية على المعلومات أدناه، وعلى معرفتك بعلوم الأرض والفضاء. قد تتطلب بعض الأسئلة استخدام ***إصدار عام 2024 للجداول المرجعية لمادة علوم الأرض والفضاء***.

أقمار بلوتو

بالإضافة إلى الكواكب الثمانية، يتكون نظامنا الشمسي من أجسام سماوية أخرى، ومنها الكواكب القِزمة. ويُعَد كوكب بلوتو، المُكتَشف عام 1930، أحد أكبر الكواكب القِزمة في نظامنا الشمسي. لكوكب بلوتو خمسة أقمار، وأكبرها هو شارون. يبلغ حجم القمر شارون نصف حجم كوكب بلوتو تقريبًا؛ وقد دفع هذا بعض العلماء إلى الإشارة إلى هذه الأجرام السماوية على أنها نظام كوكب قزم مزدوج.

يوضح النموذج أدناه بعض المعلومات حول نظام بلوتو-شارون الثنائي. مدار القمر شارون حول كوكب بلوتو غير موضح على النموذج.

نموذج مدارات أقمار بلوتو – 7 يوليو/تموز، 2012



أقمار بلوتو

اسم القمر	متوسط المسافة المدارية (بالكيلومتر)	الاختلاف المركزي
شارون	19,640	0.0022
هيدرا	64,738	0.0059
كيربيروس	57,783	0.0033
نيكس	48,694	0.0020
ستيكس	42,656	0.0058

19 باستخدام النموذج وجدول البيانات، أكمل *قائمة الأقمار* أدناه لترتيب الأقمار ترتيبًا تصاعديًا حسب فتراتها المدارية حول بلوتو. عِلّل إجابتك مستخدمًا أحد قوانين كيبلر. [1]

قائمة الأقمار

أقصر فترة مدارية

أطول فترة مدارية

التعليل: _____

_____

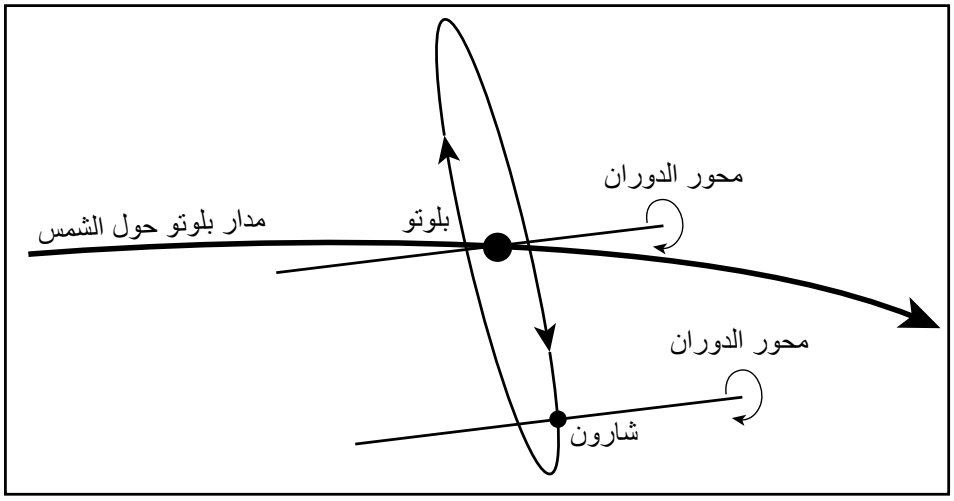
_____

20 بناءً على المعلومات الواردة في جدول بيانات *أقمار بلوتو*، أيُّ صفٍ في جدول البيانات أدناه يصف بشكل صحيح السرعة المدارية للقمر ستيكس، وقوة الجاذبية التي يؤثر بها بلوتو في القمر ستيكس خلال دورانه حوله؟

الصف	السرعة المدارية	قوة الجاذبية
(1)	ثابتة	ثابتة
(2)	غير ثابتة	ثابتة
(3)	ثابتة	غير ثابتة
(4)	غير ثابتة	غير ثابتة

يوضح النموذج أدناه بعض المعلومات عن مدار كوكب بلوتو حول الشمس، ومدار القمر شارون حول كوكب بلوتو.

نموذج نظام بلوتو-شارون



يوضح الجدول أدناه بعض المعلومات حول كوكب بلوتو والقمر شارون.

الجرم السماوي	**القُطْر** (بالكيلومتر)	**فترة الدورانية (حول المحور)** (بالأيام الأرضية)	**الفترة المدارية** (بالأيام الأرضية)
بلوتو	2377	6.4	90,560
شارون	1214	6.4	6.4

21 أيُّ الأدلة الموضحة في النموذج وجدول البيانات يدعم القول بأن منازل القمر شارون، عند رصده من فوق كوكب بلوتو، تتغير بصورة دورية؟

(1) يدور بلوتو حول الشمس مرة كل 90,560 يومًا أرضيًا.

(2) يدور شارون حول الشمس مرة كل 90,560 يومًا أرضيًا.

(3) يدور شارون حول بلوتو مرة كل 6.4 أيام أرضية.

(4) يدور شارون حول الشمس مرة كل 6.4 أيام أرضية.

22 زعم أحد الطلاب ما يلي:

يبدو للراصد من فوق سطح كوكب بلوتو نفس جانب قمر شارون المواجه دائمًا لكوكب بلوتو، تمامًا كما يرى الراصد من فوق سطح الأرض نفس جانب القمر المواجه دائمًا للأرض.

ضع علامة الاختيار (✓) في مربع "تؤيد الرأي" أو مربع "تدحض الرأي" أدناه للإشارة إلى ما إذا كانت المعلومات المُعطاة تؤيد ادعاء الطالب أو تدحضه. علِّل إجابتك باستخدام دليل من المعلومات المُقدَّمة. [1]

☐ تؤيد الرأي

☐ تدحض الرأي

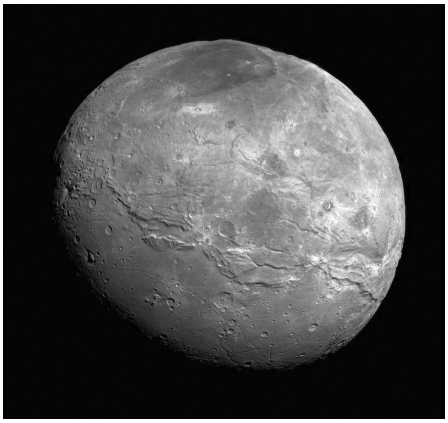
التعليل: _____

_____

_____

اكتُشِف القمر شارون أول مرة عام 1978 في المرصد البحري للولايات المتحدة. واكتُشفت أقمار بلوتو الأربعة الأصغر منه بعد ذلك في الفترة ما بين عامَي 2005 و2012 باستخدام تلسكوب هابل الفضائي. وأشار بعض الباحثين إلى أن الأقمار الخمسة يمكن أن تكون قد تكوَّنت من حطام حدث بفِعْل اصطدام جسم ما بكوكب بلوتو. وافترض باحثون آخرون أن الأقمار الأربعة الأصغر حجمًا من شارون نشأت عن اصطدام جسمٍ ما بالقمر شارون.

صورة مُكبَّرة لشارون



صورة بلوتو

23 أيُّ عبارة يمكن أن تقدم دليلاً على تكوُّن الأقمار الأربعة الأصغر حجمًا من شارون نتيجة احتمال اصطدام جسمٍ ما بكوكب بلوتو أو بالقمر شارون؟

(1) سطح بلوتو مُغطَى بجليد الميثان.

(2) توجد على سطح القمر شارون فوهات يبلغ طول قطرها 240 كيلومترًا.

(3) تدور الأقمار الأربعة الأصغر حجمًا بسرعة أكبر حول محاورها مقارنةً بدوران بلوتو أو شارون حول محوريهما.

(4) توجد على سطح بلوتو وشارون براكين جليدية نشأت من تكوُّر الجليد تحت السطح.

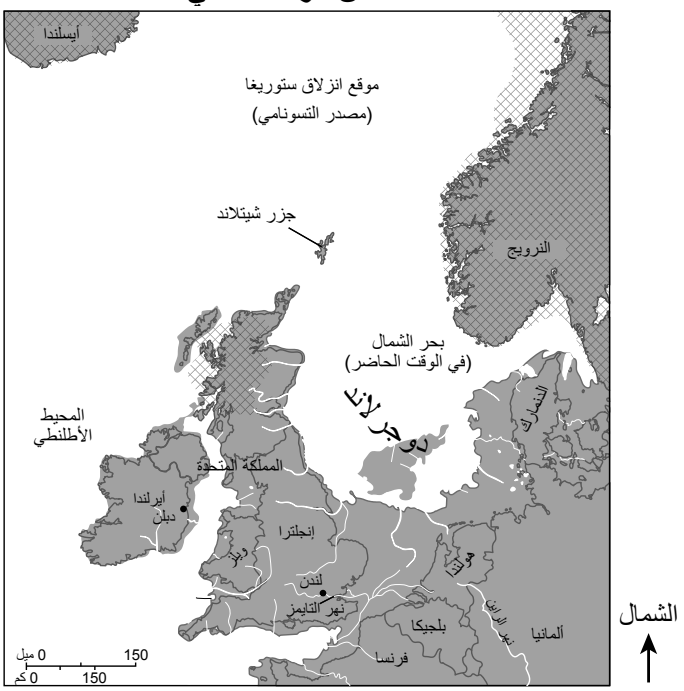
اجعل إجابتك عن الأسئلة من 24 إلى 27 مبنية على المعلومات أدناه، وعلى معرفتك بعلوم الأرض والفضاء. قد تتطلب بعض الأسئلة استخدام ***إصدار عام 2024 للجداول المرجعية لمادة علوم الأرض والفضاء***.

دوجرلاند

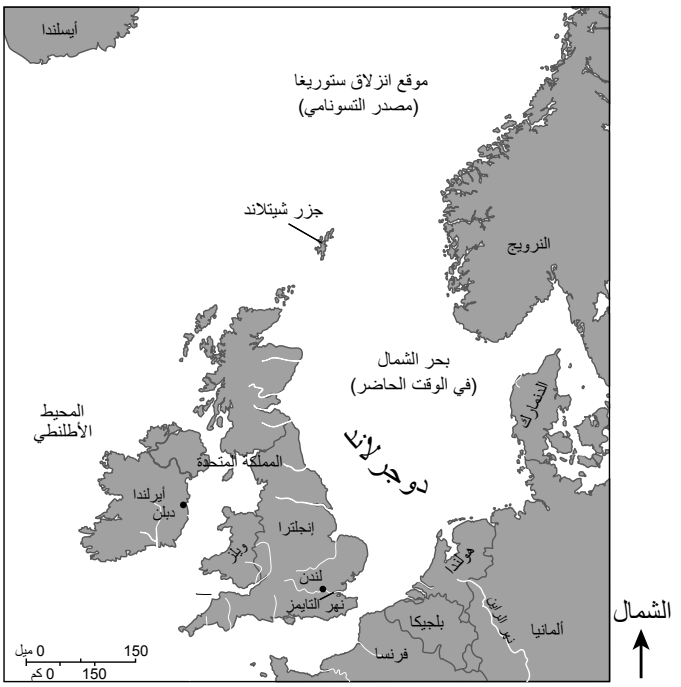
كانت دوجرلاند أرض يقطنها الإنسان قديمًا. وكانت الأنهار الجليدية تغطي تلك الأرض، ولكنها ذابت خلال فترة امتدت من 20,000 سنة إلى 9000 قبل الوقت الحاضر. كانت أرض دوجرلاند تربط فرنسا الحالية بإنجلترا. توضح الخريطتان أدناه بعض المعلومات حول دوجرلاند.

الخريطة 1: دوجرلاند منذ 18,000 سنة من الوقت الحالي

الخريطة 2: دوجرلاند منذ 9000 سنة من الوقت الحالي



الخريطة 3: دوجرلاند فى الوقت الحاضر



المفتاح

الموقع التقريبي للغطاء الجليدي

24 ما الرأي الذي يلخص تغيُّر المناخ الذي حدث غالبًا في دبلن، عاصمة أيرلندا، على مدار الـ 18,000 الماضية؟

(1) أدى تيار شرق جرينلاند إلى زيادة درجات الحرارة وانخفاض نسبة الرطوبة في أيرلندا.

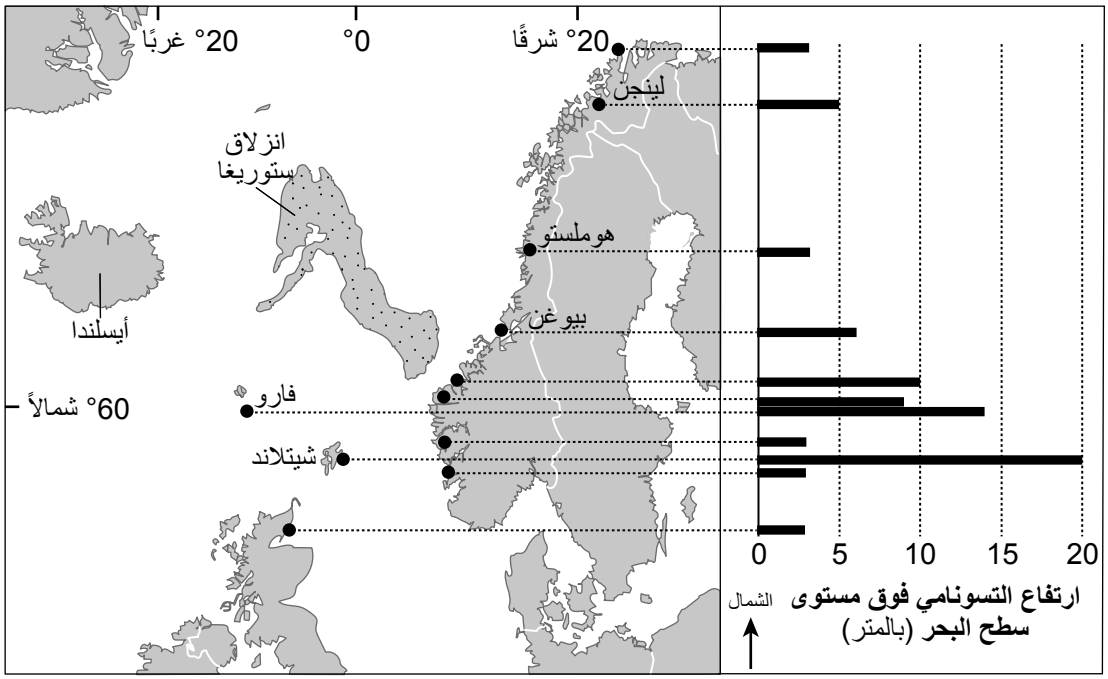
(2) أدى التيار النرويجي إلى انخفاض درجات الحرارة ونسبة الرطوبة في أيرلندا.

(3) أدى تيار الأطلنطي الشمالي إلى زيادة درجات الحرارة ونسبة الرطوبة في أيرلندا.

(4) أدى تيار الكناري إلى انخفاض درجات الحرارة وزيادة نسبة الرطوبة في أيرلندا.

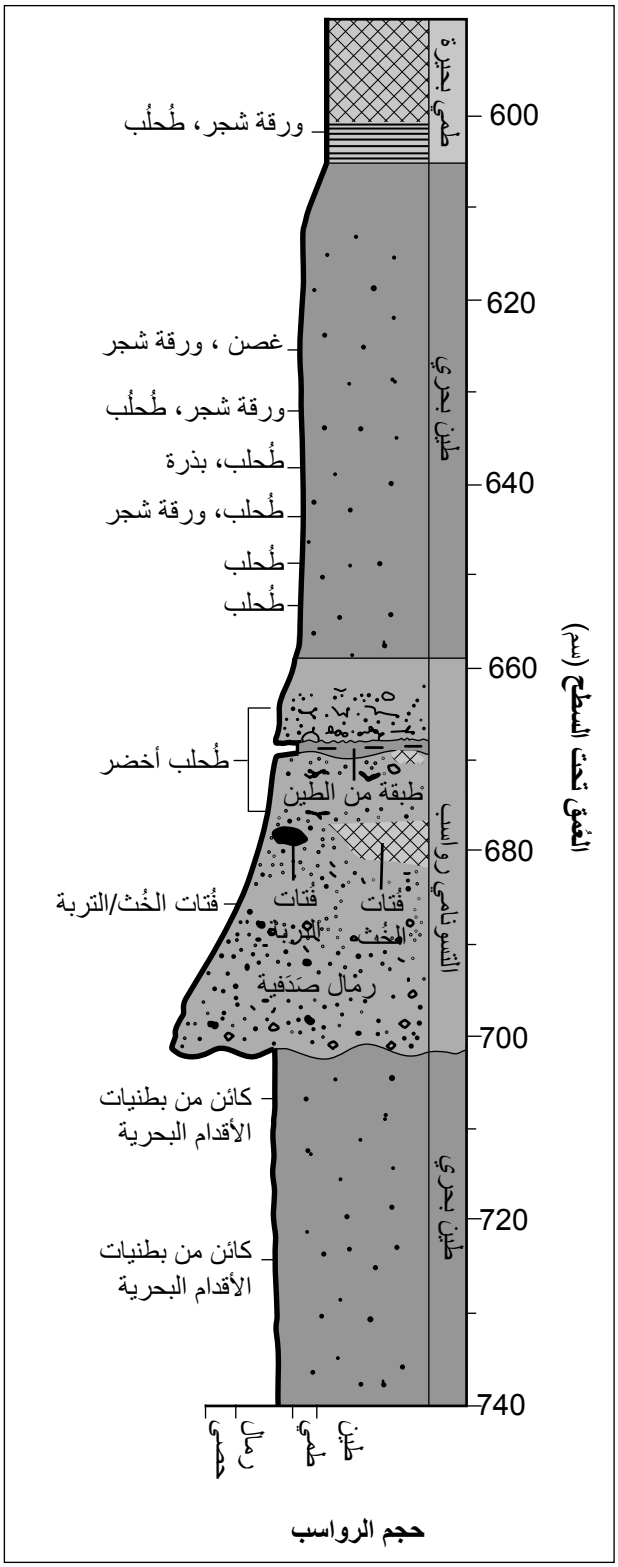
تأثر انزلاق ستوريغا الأرضي تحت الماء أيضًا بمنطقة دوجرلاند. توضح الخريطة أدناه بعض المعلومات عن انزلاق ستوريغا الأرضي والتسونامي الذي ارتبط وقوعه منذ 8200 سنة بذلك الانزلاق.

خريطة انزلاق ستوريغا



رُسِم *المقطع العرضي لطبقات الرواسب* في هوملستو بعد تحليل طبقات الرواسب التي تراكمت بفعل زلزال التسونامي في قرية هوملستو في النرويج.

الرواسب في هوملستو المقطع العرضي لطبقات



25 أيُّ صفٍ يُكمل بصورة صحيحة الفقرة أدناه؟

عندما أدَّى انزلاق ستوريغا الأرضي إلى حدوث زلزال تسونامي، تسبَّبت أولى الموجات الزلزالية في حدوث عملية ___A___ لساحل جزر شيتلاند. وكان سيحدث للساحل ___B___. وقد كان موقع ___C___ أقل تأثرًا بزلزال التسونامي؛ حيث ضربته موجه زلزالية يبلغ ارتفاعها حوالي ___D___.

الصف	A	B	C	D
(1)	بنائية	تعرية	فارو	14 مترًا
(2)	بنائية	ترسيب	لينجن	متران
(3)	هدمية	تعرية	هوملستو	3 أمتار
(4)	هدمية	ترسيب	بيوغن	6 أمتار

قدم الطلاب الذين حلَّلوا *المقطع العرضي لطبقات الرواسب* في *هوملستو* الآراء الخمسة أدناه.

الآراء

I – بقايا بطنيات الأقدام البحرية هي أقدم بقايا للمادة العضوية.

II – تتضمن الرواسب التي تكوَّنت بفِعل زلزال التسونامي أكبر الرواسب حجمًا.

III – لا يوجد فُتات الخُث والتربة إلا على عمق 640 سنتيمترًا.

IV – تحتوي الأغصان، وأوراق النباتات، والطحالب الموجودة في هذه الرواسب على أكثر من 75% من كمية نظير الكربون-14 التي كانت موجودة فيها في البداية.

V – الرواسب والمادة العضوية الموجودة على عمق 600 سنتيمتر هي في الغالب رواسب المياه العذبة.

26 ما الآراء الثلاثة التي تقدم التفسيرات الصحيحة من البيانات المُجمَّعة في *هوملستو*؟

(1) الآراء I، وII، وIII

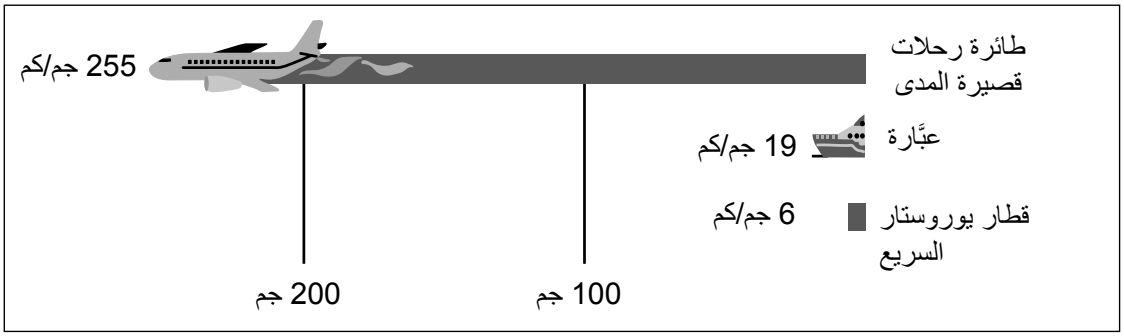
(2) الآراء II، وIV، وV

(3) الآراء III وIV، وV

(4) الآراء I، وII، وV

منذ عام 1994، اتصلت إنجلترا مرة أخرى بفرنسا، ولكن ليس عن طريق معبر بري مثل منطقة دوجرلاند، بل استخدم قطار يوروستار السريع نفق القَنال الإنجليزي لنقل 11 مليون مسافر سنويًا أسفل تلك القنال. وكان المسافرون قبل عام 1994 يعتمدون غالبًا في عبور القنال الإنجليزي على الطائرات والعبَّارات. يوضح الرسم التوضيحي أدناه بعض المعلومات عن الانبعاثات الكربونية لوسائل نقل مختلفة.

متوسط مقدار الانبعاثات الكربونية (جم/كم) لكل راكب



27 حدِّد نظام الأرض ***الأقل*** تأثرًا بقطار يوروستار. استخدم دليلاً عدديًا لتفسير كيف يقلل هذا الحل من التأثير في النظام. [1]

نظام الأرض: _____

التفسير: _____

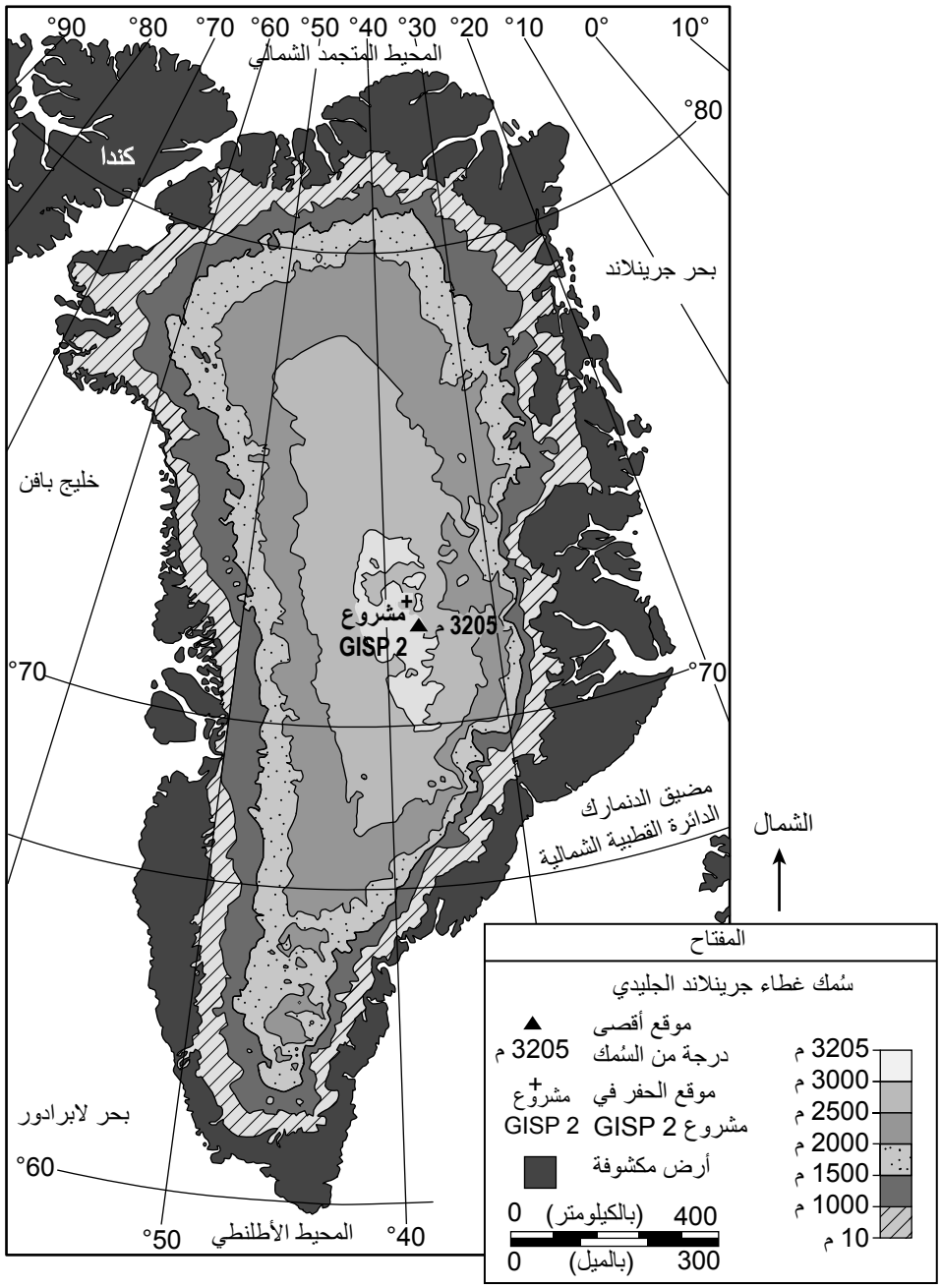
_____

اجعل إجابتك عن الأسئلة من 28 إلى 32 مبنية على المعلومات أدناه، وعلى معرفتك بعلوم الأرض والفضاء. قد تتطلب بعض الأسئلة استخدام ***إصدار عام 2024 للجداول المرجعية لمادة علوم الأرض والفضاء***.

كتل جرينلاند الجليدية

يُعَد غطاء جرينلاند الجليدي أكبر كتلة جليدية تكسو ما يقرب من 80% من الكتلة الأرضية. ويمثل الجليد جزءًا كبيرًا من مخزون المياه العذبة في الأرض، ويؤدي دورًا مهمًا في مناخ الأرض؛ ومن ثَمَّ، عكف العلماء على دراسة كيفية تغيُّر هذا الغطاء الجليدي على مر عقودٍ عديدة.

خريطة غطاء جرينلاند الجليدي



28 بناءً على الخريطة، أيُّ ادعاء مبني على دليل يحدد بشكل صحيح كيف أنه من المرجح أن يكون حدوث تغيُّر في المناخ قد أثَّر في النمط الحالي لسُمْك الجليد الذي يكسو جرينلاند؟

(1) أدَّى المناخ البارد في المناطق القطبية إلى عدم وجود جليد، وظهور مساحات من اليابسة بالقرب من خليج بافن أكبر من المساحات الموجودة على امتداد مضيق الدنمارك.

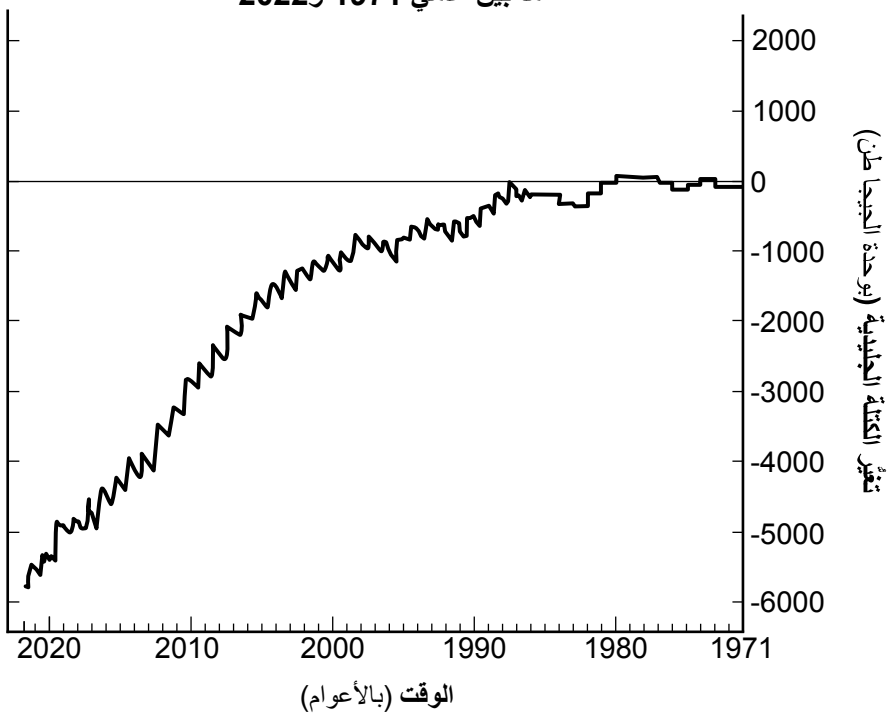
(2) أدَّى المناخ الدافئ في الارتفاعات المنخفضة إلى وصول الكتلة الجليدية إلى أقصى سُمْك لها بالقرب من وسط جرينلاند ليصل إلى ما يزيد على 3000 متر، ويقل سُمْكها تدريجيًا حتى يصل إلى صفر متر على امتداد السواحل.

(3) أدَّى المناخ البارد إلى تراوح سُمك الجليد ما بين صفر متر على الأطراف وما يزيد على 2500 متر بالقرب من موقع الحفر في مشروع غطاء جرينلاند الجليدي (GISP 2).

(4) لم يتسبب المناخ الدافئ في ظهور نمط عام لسُمك الجليد؛ فاليابسة مكشوفة على امتداد أطراف منطقة الساحل بأكملها.

يوضح الرسم البياني أدناه بعض المعلومات حول تغيُّر الكتلة الجليدية مَقيسًا بوحدة الجيجا طن (الجيجا طن = مليار طن) الموجودة في غطاء جرينلاند الجليدي.

تغيُّر الكتلة الجليدية الموجودة في غطاء جرينلاند الجليدي في الفترة ما بين عامَي 1971 و2022



29 باستخدام المعلومات الواردة في الرسم البياني، قدِّم رأيًا يصف رد فعل حدث نتيجة تغيُّر في الكتلة الجليدية على جرينلاند تسبَّب بدوره في تغيُّر محيطات الأرض. [1]

30 بناءً على الاتجاه المُوضَّح على الرسم البياني، ما الرأي الذي يصف بشكلٍ صحيح معدل تغيُّر الكتلة الجليدية في الفترة ما بين عامَي 2010 و2022؟

(1) سجَّلَ معدل تغيُّر الكتلة الجليدية انخفاضًا بمقدار 250 جيجا طن كل سنة.

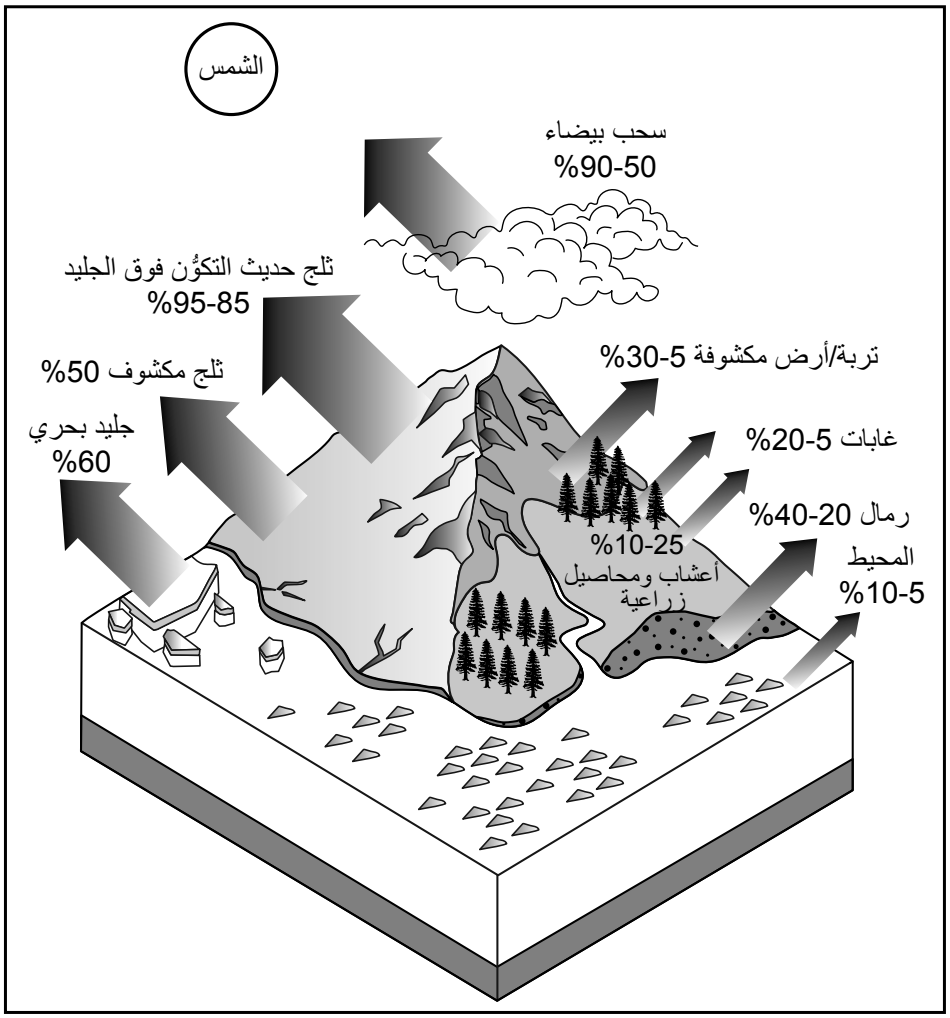
(2) سجَّلَ معدل تغيُّر الكتلة الجليدية انخفاضًا بمقدار 250 جيجا طن خلال 12 عامًا.

(3) كان الانخفاض المُسجَّل في معدل تغيُّر الكتلة الجليدية أقل في الفترة ما بين عامَي 2010 و2022 مقارنةً بالانخفاض المُسجَّل في الـ 12 عامًا التي سبقت تلك الفترة.

(4) في الفترة ما بين عامَي 2010 و2022، بلغ انخفاض الكتلة الجليدية 3000 جيجا طن سنويًا.

يوضح النموذج أدناه بعض المعلومات حول التأثير الانعكاسي. وهو تأثير مُختَلف أنواع أسطح الأرض في قدرتها على عَكْس الإشعاع الشمسي؛ فإذا كان الجليد البحري يعكس 60% من الطاقة الشمسية، فإن هذا الجليد يمتص 40% من هذه الطاقة.

نموذج نِسَب أشعة الشمس المنعكسة من أسطح مختلفة



31 باستخدام المعلومات الواردة في النموذج والرسم البياني، اكتب الحرف الصحيح، من بين الخيارات أدناه، في الفراغ لإكمال كل عبارة حول التأثير الانعكاسي. [1]

خيارات إكمال العبارة 1:	خيارات إكمال العبارة 2:	خيارات إكمال العبارة 3:
A. إشعاع إضافي بمقدار 20%	D. التي تنتقل إلى سطح الأرض	G. انخفاض درجات الحرارة على المستويَيْن الإقليمي والعالمي، وتغيُّر مستوى سطح البحر
B. إشعاع إضافي بمقدار 60%	E. التي تنعكس من سطح الأرض	H. ارتفاع درجات الحرارة على المستويَيْن الإقليمي والعالمي، وتغيُّر مستوى سطح البحر
C. إشعاع إضافي بمقدار 80%	F. التي تخرج من زيادة كمية الجليد المكشوف	I. عدم تغيُّر المناخ القطبي ومستوى سطح البحر الحاليَّين

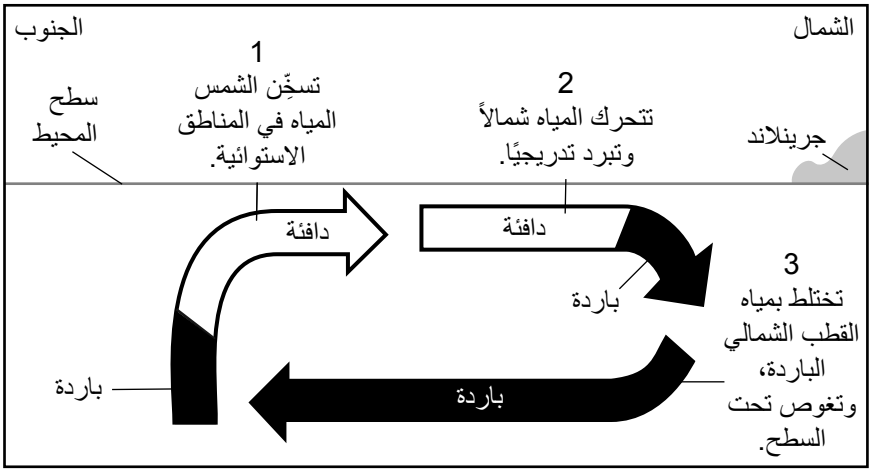
العبارة 1: باستخدام القيم القصوى الواردة في النموذج، فإنه مقارنةً بالثلج المكشوف الذي يذوب فوق غطاء جرينلاند الجليدي، كلما انكشفت التربة/الأرض، امتصت التربة المنكشفة _____ تقريبًا.

العبارة 2: سيؤدي انكشاف المزيد من التربة الموجودة في كتلة جرينلاند الأرضية إلى زيادة الطاقة _____ خلال ساعات النهار.

العبارة 3: سيؤدي التأثير الناتج في مناخ جرينلاند إلى _____.

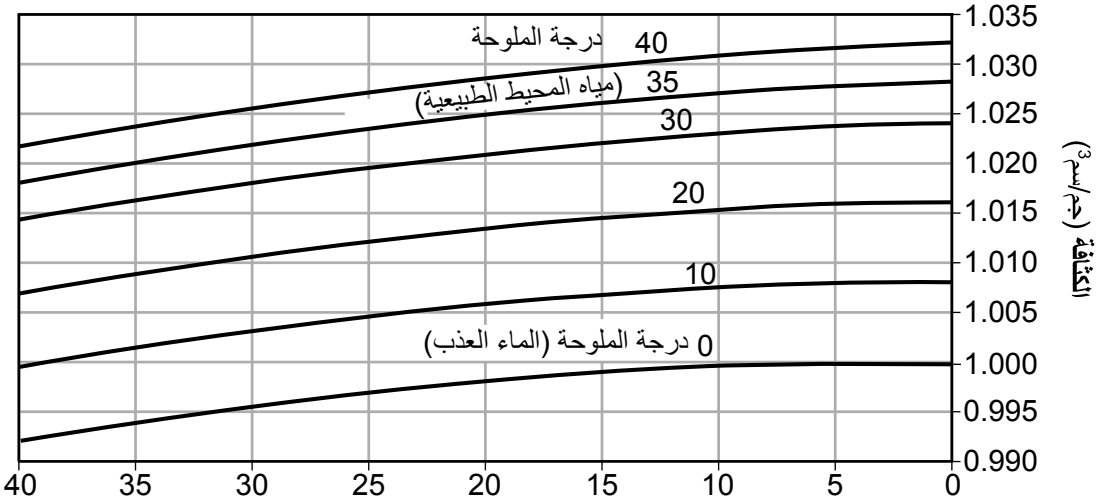
يوضح النموذج أدناه بعض المعلومات حول دوران التيارات المحيطية.

نموذج كيفية حركة التيارات المحيطية



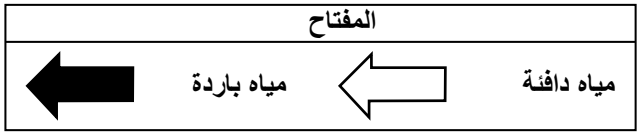
يوضح الرسم البياني التالي معلومات حول بعض خصائص مياه البحر. تُقاس درجة الملوحة بعدد جرامات الأملاح (مركبات الكلوريد) في كل كيلوجرام من الماء، أو بحساب التركيز بوحدة أجزاء من الألف.

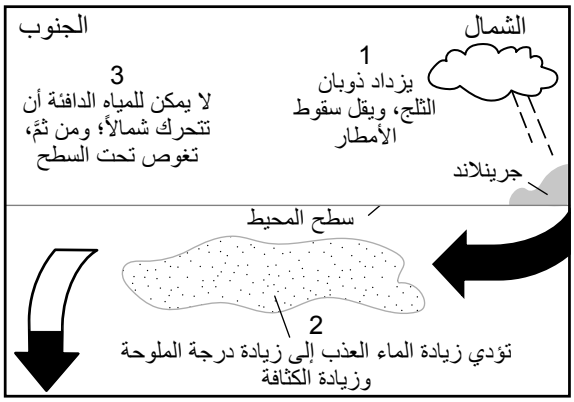
كثافة مياه البحر عند درجات حرارة مختلفة ودرجات ملوحة مختلفة



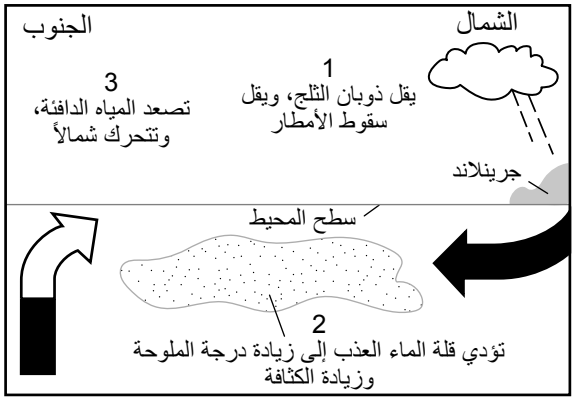
درجة الحرارة بالدرجة المئوية (°C)

32 بناءً على النموذج والرسم البياني، أيٌّ من النماذج أدناه يلخص بشكل صحيح التغيُّرات التي تطرأ على نظام الأرض قبالة ساحل جرينلاند؟

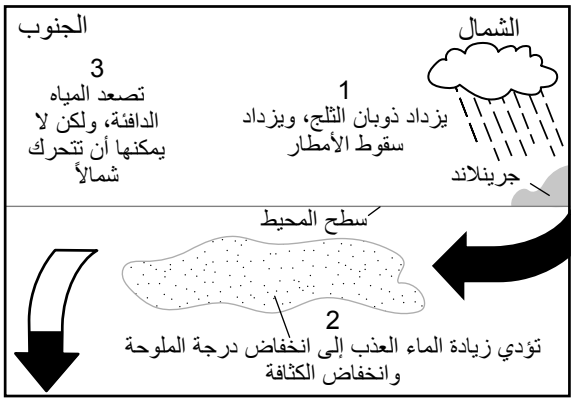




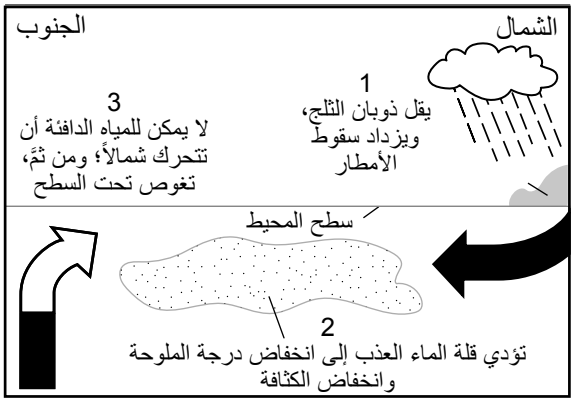
(1)



(3)



(2)



(4)

اجعل إجابتك عن الأسئلة من 33 إلى 37 مبنية على المعلومات أدناه، وعلى معرفتك بعلوم الأرض والفضاء. قد تتطلب بعض الأسئلة استخدام ***إصدار عام 2024 للجداول المرجعية لمادة علوم الأرض والفضاء***.

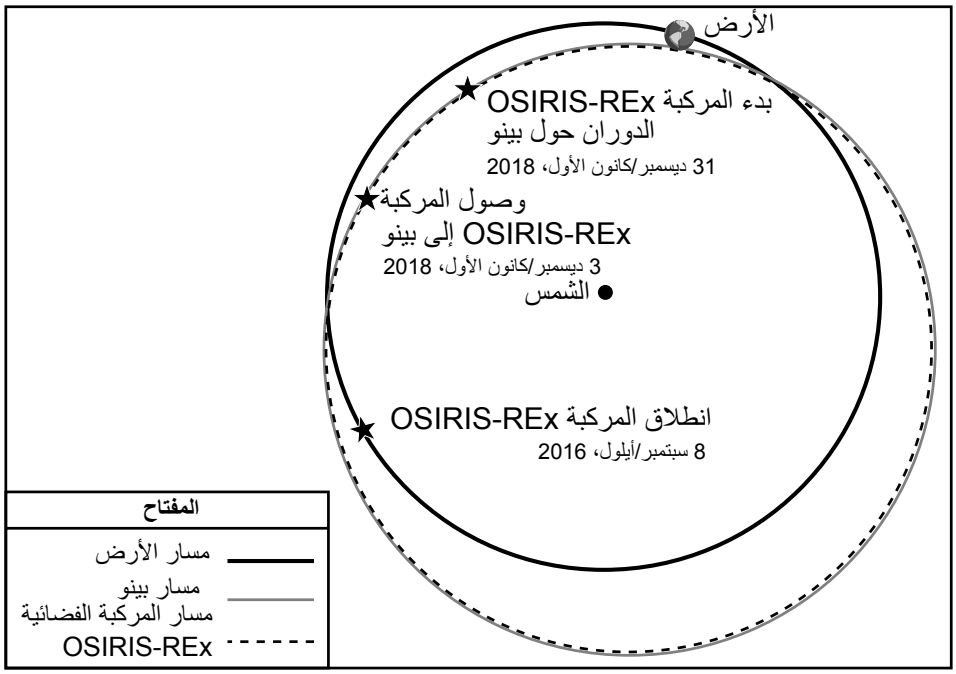
بينو

بينو كويكب صغير يبلغ عمره حوالي 4.6 مليارات سنة. ويدور في الوقت الحالي حول الشمس من مسافة يبلغ متوسطها حوالي 1.1 وحدة فلكية. والوحدة الفلكية تعادل متوسط المسافة بين الأرض والشمس. ويميل مدار بينو بمقدار خمس درجات بالنسبة إلى مدار الأرض.

في عام 2016، أرسلت وكالة الفضاء الأمريكية (NASA) المركبة الفضائية أوزيريس-ريكس لدراسة الكويكب بينو. ورُسِمَت خريطة لسطح الكويكب عام 2018. جُمِعَت عينة من مواد الكويكب عام 2020، وأُرسِلَت إلى الأرض عام 2023. وتشير الدراسات الأوَّلية للعينة إلى أن المصدر الأساسي للكويكب بينو كان يحتوي على الماء، والثلج، وثلج أول أكسيد الكربون. يتكوَّن ثلج أول أكسيد الكربون على بُعْد 4500 مليون كيلومتر (30 وحدة فلكية) تقريبًا من الشمس.

يوضح النموذج أدناه بعض المعلومات حول مسارات كوكب الأرض، والكويكب بينو، والمركبة الفضائية أوزيريس-ريكس.

مسارات الأرض، وبينو، والمركبة الفضائية OSIRIS-REx



33 أراد أحد الطلاب تحديد البيانات الرياضية والحسابية المطلوبة لتقدير وقت هبوط المركبة الفضائية أوزيريس-ريكس على سطح بينو. أيُّ جدول يسرد بيانات فترة الدوران ومتوسط المسافة المطلوبة لتوقُّع الوقت الذي ستعبر فيه المركبة الفضائية أوزيريس-ريكس مدار بينو؛ وهذا يتيح لها الهبوط على سطحه؟

فترة دوران الأرض (بالأيام الأرضية)	365.26
متوسط مسافة بُعْد الأرض عن الشمس (مليون كيلومتر)	149.6
فترة دوران بينو (بالأيام الأرضية)	365.26
متوسط مسافة بُعْد بينو عن الشمس (مليون كيلومتر)	169.0

(1)

فترة دوران الأرض (بالأيام الأرضية)	365.26
متوسط مسافة بُعْد الأرض عن الشمس (مليون كيلومتر)	149.6
فترة دوران بينو (بالأيام الأرضية)	370.26
متوسط مسافة بُعْد بينو عن الشمس (مليون كيلومتر)	149.6

(2)

فترة دوران الأرض (بالأيام الأرضية)	365.26
متوسط مسافة بُعْد الأرض عن الشمس (مليون كيلومتر)	149.6
فترة دوران بينو (بالأيام الأرضية)	436.65
متوسط مسافة بُعْد بينو عن الشمس (مليون كيلومتر)	169.0

(3)

فترة دوران الأرض (بالأيام الأرضية)	365.26
متوسط مسافة بُعْد الأرض عن الشمس (مليون كيلومتر)	149.6
فترة دوران بينو (بالأيام الأرضية)	436.65
متوسط مسافة بُعْد بينو عن الشمس (مليون كيلومتر)	299.2

(4)

34 أيُّ عبارة تقدم دليلاً على تكوُّن الكويكب بينو وحركته في النظام الشمسي؟

(1) تكوَّن بينو داخل مدار الأرض عندما حدث انقراض جماعي للديناصورات، ثم اقترب من مدار المريخ.
(2) تكوَّن بينو بالقرب من مدار زُحَل عندما حدثت ثورة الأكسجين على الأرض، ثم اقترب من نبتون.
(3) تكوَّن بينو في حزام الكويكبات عندما كانت البكتيريا الزرقاء منتشرة على الأرض، ثم اقترب من زُحَل.
(4) تكوَّن بينو بالقرب من مدار نبتون بالتزامن مع تكوُّن النظام الشمسي، ثم اقترب من الأرض.

قدَّر العلماء أن هناك احتمالاً طفيفًا أن يصطدم بينو بالأرض عام 2182. وقد أدى هذا الاحتمال إلى إجراء دراسات تهدف إلى منعه. ومن ثمَّ، اقتُرِحَت ثلاثة خيارات لعلاج هذا الشاغل.

الخيار الأول هو استخدام "صاروخ صادم ذي قوة حركية". اختبرت وكالة ناسا هذا الخيار من خلال برنامج يُسمَّى اختبار إعادة توجيه الكويكب المزدوج (DART). أجرت الوكالة تجربة الاختبار من خلال صدم الكويكب ديمورفوس بمركبة فضائية صغيرة تسير بسرعة 6.6 كيلومترات/ثانية. وكان ذلك الاصطدام كافيًا لتغيير سرعة ديمورفوس المدارية ومسار حركته.

والخيار الثاني هو إطلاق رأس نووي وتفجيره بالقرب من بينو. ومن ثمَّ، فقد تؤدي قوة الانفجار إلى تغيير مسار بينو المداري.

والخيار الثالث هو تأثير ياركوفيسكي. وهذا التأثير هو ظاهرة طبيعية تحدث على سطح الكويكبات الصغيرة؛ وذلك عندما يسقط الإشعاع الشمسي على جسم عندما يدور حول محوره؛ فيتغير مداره بمرور الوقت. يمكن للعلماء زيادة قوة ذلك التأثير من خلال طلاء السطح بورق معدني أو وضع رقائق معدنية فوقه لزيادة التأثير الانعكاسي للكوكيب.

35 بناءً على الحركات الدورية لكلٍ من بينو والأرض، صِف الظروف اللازم توفُّرها لاصطدام بينو بالأرض. [1]

36 أيُّ عبارة تفسر سبب تغيُّر سرعة المركبة الفضائية، التي أُطلِقَت خلال اختبار إعادة توجيه الكويكب المزدوج، قبل أن تصطدم بالكويكب ديمورفوس؟

(1) زادت سرعتها بسبب قوة جاذبية الشمس.

(2) زادت سرعتها بسبب قوة جاذبية ديمورفوس.

(3) انخفضت سرعتها بسبب قوة جاذبية الأرض.

(4) انخفضت سرعتها بسبب قوة جاذبية ديمورفوس.

37 ضع علامة اختيار **واحدة** في كل صف لتحديد الخيار (الخياران 1 و2 *أو* الخيار 3) الذي يلبي المعايير والضوابط الواردة في جدول البيانات. [1]

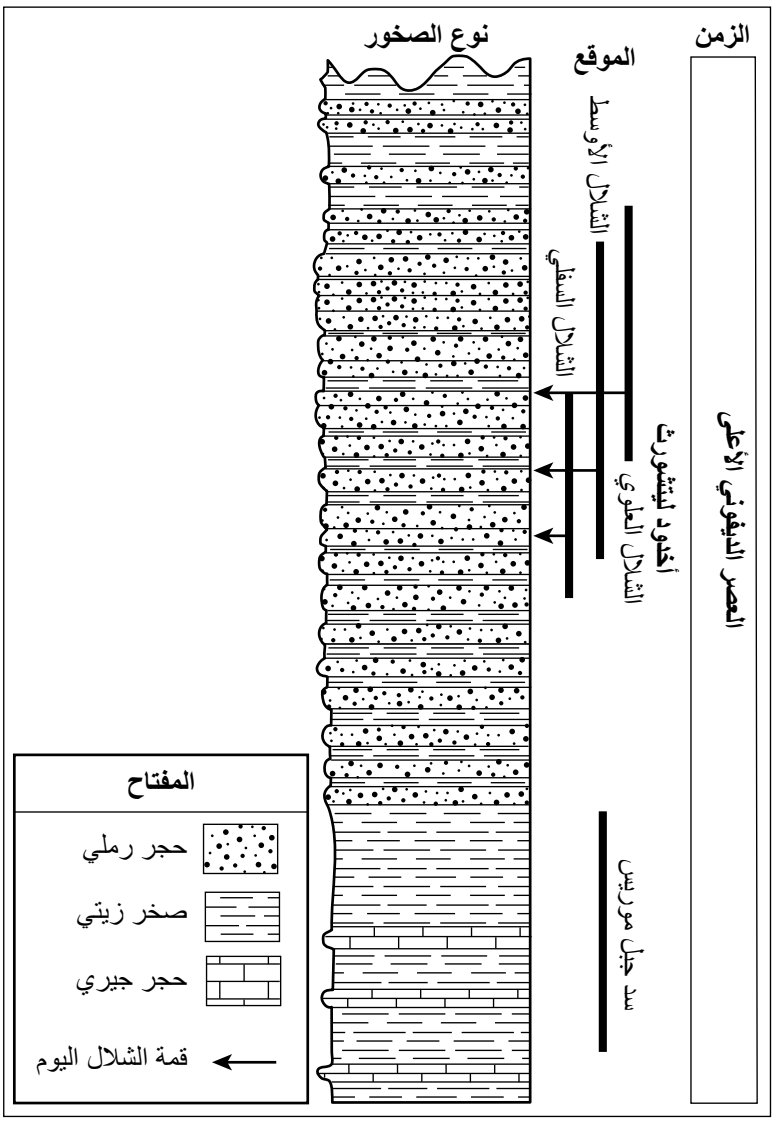
المعيار/الضابط	الخياران 1 و2 (اختبار إعادة توجيه الكويكب المزدوج/الخيار النووي)	الخيار 3 (تأثير ياركوفيسكي)
يحدث باستمرار		
الإشعاع الشمسي		
مخاطر اصطدام الحطام بالأرض		
يؤدي إلى تغيُّر سريع في المدار		

اجعل إجابتك عن الأسئلة من 38 إلى 41 مبنية على المعلومات أدناه، وعلى معرفتك بعلوم الأرض والفضاء. قد تتطلب بعض الأسئلة استخدام ***إصدار عام 2024 للجداول المرجعية لمادة علوم الأرض والفضاء***.

سد جبل موريس في متنزه ليتشورث الحكومي

يقع أخدود ليتشورث جنوب غرب روتشستر في نيويورك، حيث يمر نهر جينيسي متدفقًا عبر هذا المعلم الطبيعي المحلي. ويُعرَف هذا الأخدود أحيانًا باسم أخدود الشرق العظيم (Grand Canyon of the East)؛ نظرًا إلى ارتفاع جوانبه العمودية. تتألف الصخور المُشاهَدة في هذا الأخدود غالبًا من الصخور الزيتية والأحجار الرملية. وقد تكوَّنت تلك الصخور خلال العصر الديفوني المتأخر. يقع سد جبل موريس أقصى شمال أخدود ليتشورث.

نموذج أنواع الصخور لجزء من أخدود ليتشورث



(ليس مرسومًا بالأبعاد الحقيقية)

38 في أخدود ليتشورث، يَحُتُّ نهر جينيسي الأحجار الرملية والصخور الزيتية بمعدلات متفاوتة. ضع علامة اختيار في المربع للإشارة إلى الصخور الأشد مقاومةً لتأثير نهر جينيسي. ادعم اختيارك بدليل **واحد** من النموذج. [1]

☐ صخر زيتي ☐ حجر رملي

الدليل: _____

_____

_____

توضح الصورة أدناه الأخدود الموجود في متنزه ليتشورث الحكومي على امتداد نهر جينيسي. تمت تسمية موقعين في الأخدود بالحرفين X وY.

أخدود ليتشورث

كُلِّف طلاب أحد الفصول بتحديد مسار جديد للسير على الأقدام على امتداد طرف جزء نهر جينيسي الموضَّح في الصورة.

قدَّم أحد الطلاب الرأي التالي:

يجب أن يكون أسلمُ مسار للسير على الأقدام قريبًا من الموقع ___A___؛ لأنه عند الموقع ___B___ تزداد احتمالية حدوث التجوية والتعرية؛ نظرًا إلى ___C___؛ وهذا يزيد من خطورة حدوث ___D___ على امتداد المسار.

الخيارات:

A	**B**	**C**	**D**
X أو Y	X أو Y	الرياح أو الجاذبية	الفيضانات أو الانزلاقات الأرضية

39 أيُّ تسلسل من المصطلحات يُكمِل الرأي على أفضل وجه؟

(1) **A:** X **B:** Y **C:** الجاذبية **D:** الانزلاقات الأرضية
(2) **A:** X **B:** Y **C:** الجاذبية **D:** الفيضانات
(3) **A:** Y **B:** X **C:** الرياح **D:** الانزلاقات الأرضية
(4) **A:** Y **B:** X **C:** الرياح **D:** الفيضانات

40 ما العمليات البنائية المسؤولة غالبًا عن توزيع طبقات الصخور في أخدود ليتشورث؟

(1) إعادة تبلور الصخور، وترسيبها، وتجويتها

(2) تصلُّب الرواسب، وتبريدها، وانبعاث الغازات منها

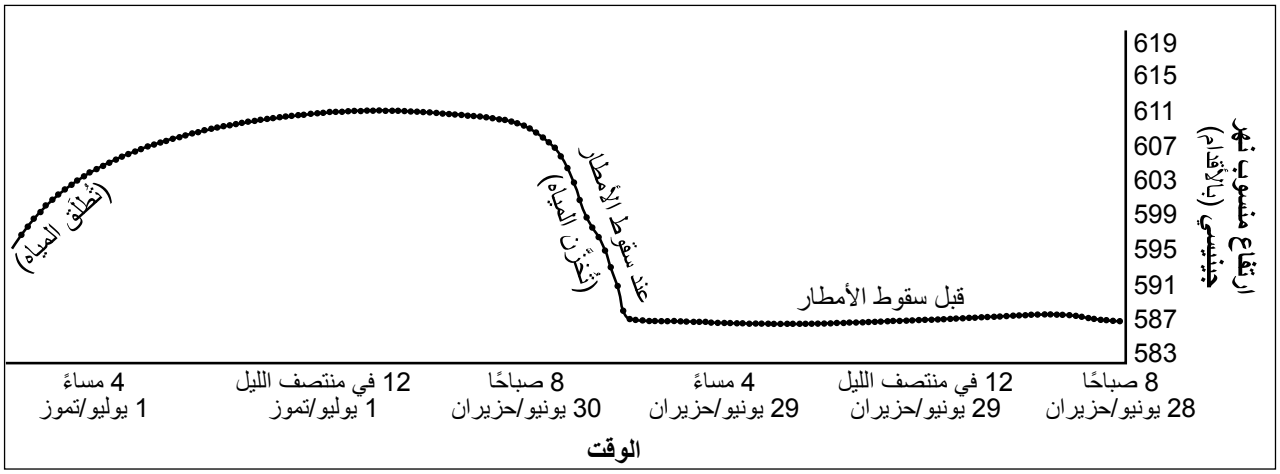
(3) تعرية الصخور وترسُّب المعادن فيها، وتكوُّن الطيَّات الصخرية

(4) اندفان الرواسب، وانضغاطها، وترسُّب المعادن فيها

توجد عدة محطات لرصد المجاري المائية على امتداد نهر جينيسي وفي منطقة سد جبل موريس لتجميع البيانات المتعلقة بمستوى النهر.

يوضح الرسم البياني أدناه بعض المعلومات حول نهر جينيسي خلال سقوط الأمطار.

سقوط الأمطار عند سد جبل موريس



41 أيُّ عبارة تحدد كيف تأثر بناء سد جبل موريس بالقدرة على إدارة تأثير مياه الأمطار؟

(1) أدَّى بناء السد إلى التحكم في مناسيب النهر لزيادة توفُّر المياه العذبة لسكان مدينة روتشستر.

(2) أدَّى بناء السد إلى التحكم في مستويات المياه في نهر جينيسي؛ فحدَّ ذلك من احتمال حدوث الفيضانات وخسائر ممتلكات سكان مدينة روتشستر.

(3) أدَّى بناء السد إلى التحكم في مناسيب النهر لإتاحة إنشاء المزيد من المناطق المخصصة للسباحة في متنزه ليتشورث الحكومي.

(4) أدَّى بناء السد إلى التحكم في مقدار التعرية الذي يحدث في نهر جينيسي؛ فنتج عن ذلك تراكُم المزيد من الرواسب في أنظمة روتشستر المائية.

اجعل إجابتك عن الأسئلة من 42 إلى 45 مبنية على المعلومات أدناه، وعلى معرفتك بعلوم الأرض والفضاء. قد تتطلب بعض الأسئلة استخدام ***إصدار عام 2024 للجداول المرجعية لمادة علوم الأرض والفضاء***.

الطاقة والمصادر المعدنية

يشهد التوجُّه نحو استخدام مصادر الطاقة المتجددة زيادةً في مختلف أنحاء العالم؛ ومن ثَمَّ، تُعَد المصادر المعدنية، مثل النحاس، والنيكل، والزنك، ومعادن الأرض النادرة ذات أهمية؛ فهي ضرورية لإنتاج مصادر الطاقة التقليدية والمتجددة وتوزيعها.

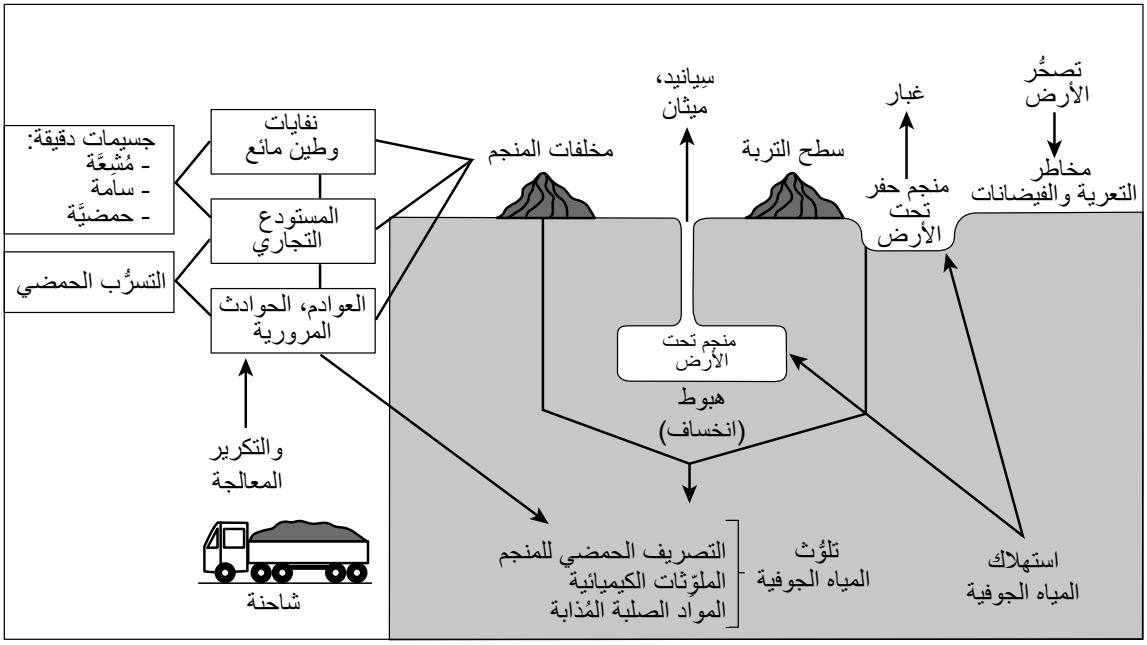
تستورد الولايات المتحدة المصادر المعدنية بمعدل يفوق حجم إنتاجها لتلك المعادن. وتسعى بلدان أخرى نحو التحوُّل إلى استخدام الطاقة النظيفة. ومن ثَمَّ، سيتحتم على الولايات المتحدة منافسة البلدان الأخرى على الحصول على المصادر المعدنية.

توضح الصورة أدناه منجم حفر مفتوحًا (مكشوفًا) يقع بالقرب من مدينة سولت ليك في ولاية يوتا.

منجم النحاس كينيكوت يوتاه

لعملية تعدين النحاس تأثيرات بيئية في أنظمة الأرض. يوضح النموذج أدناه بعض المعلومات حول الخطوات التي يتضمنها تعدين النحاس تحت سطح الأرض.

نموذج التعدين وآثاره المحتملة على البيئة



42 يزعم أحد الطلاب أن مناجم النحاس تؤثر سلبًا في سطح الأرض؛ وهذا يؤدي إلى تغيير أنظمة الأرض. حدد المعلومات الواردة في النموذج التي تقدم دليلاً على وجود تأثير سلبي في سطح الأرض، والتغيُّر الذي يطرأ على **أحد** أنظمة الأرض، بما يدعم هذا الادعاء. [1]

التأثير السلبي: _____

التغيُّر الذي يطرأ على أحد أنظمة الأرض: _____

_____

_____

يُستخدَم ما يزيد على 50 كيلوجرامًا من النحاس في صناعة معظم السيارات الكهربائية. وقد أجرى الطلاب بحثًا عن المعلومات حول أوجه الاختلاف بين السيارات الكهربائية والسيارات التي تعمل بوقود البنزين. والمعلومات التي توصلوا إليها مُلخَّصة أدناه.

المقارنة بين السيارات الكهربائية والسيارات التي تعمل بوقود البنزين

السيارة التي تعمل بوقود البنزين	السيارة الكهربائية
• يحتاج مُصنِّعها إلى معدنَيْن مختلفين • تطلق 411 جرامًا من غاز CO_2 في كل ميل تسيره • محركها أثقل وزنًا (يزن حوالَي 184 كيلوجرامًا) • يتطلب تصنيعها توفُّر 22.3 كيلوجرامًا من النحاس • متوسط مدى القيادة 403 أميال لكل خزان ممتلئ بالوقود • متوسط تكلفة قيادتها 1117 دولارًا أمريكيًا في السنة	• يحتاج مُصنِّعها إلى سبعة معادن مختلفة • تطلق 32 جرامًا من غاز CO_2 في كل ميل تسيره • يزن المحرك 76 كيلوجرامًا • وزنها أثقل بمقدار 340 كيلوجرامًا من السيارات التي تعمل بوقود البنزين (في المتوسط) • تحتوي البطارية على 185 كيلوجرامًا من المعادن • تحتوي على توصيلات أسلاك من النحاس المستخرَج من المناجم يبلغ طولها أكثر من ميل واحد (تزن حوالَي 53.2 كيلوجرامًا)؛ وذلك لتحويل الطاقة الكهربية إلى طاقة ميكانيكية • متوسط مدى القيادة 234 ميلاً لكل شَحنة • متوسط تكلفة قيادتها 485 دولارًا أمريكيًا في السنة

43 عند المقارنة بين السيارات التي تعمل بوقود البنزين والسيارات الكهربائية، أيُّ عبارة تلخص بشكل صحيح فئة السيارات ذات التأثير البيئي الأخف فيما يتعلق بمجال التعدين، مع توفيرها وسيلة نقل يُعتَمد عليها في المسافات الطويلة؟

(1) السيارة الكهربائية أثرها البيئي الناجم عن التعدين أخف؛ لأن وزن محركها 76 كيلوجرامًا فقط، ويبلغ متوسط مدى قيادتها 234 ميلاً.

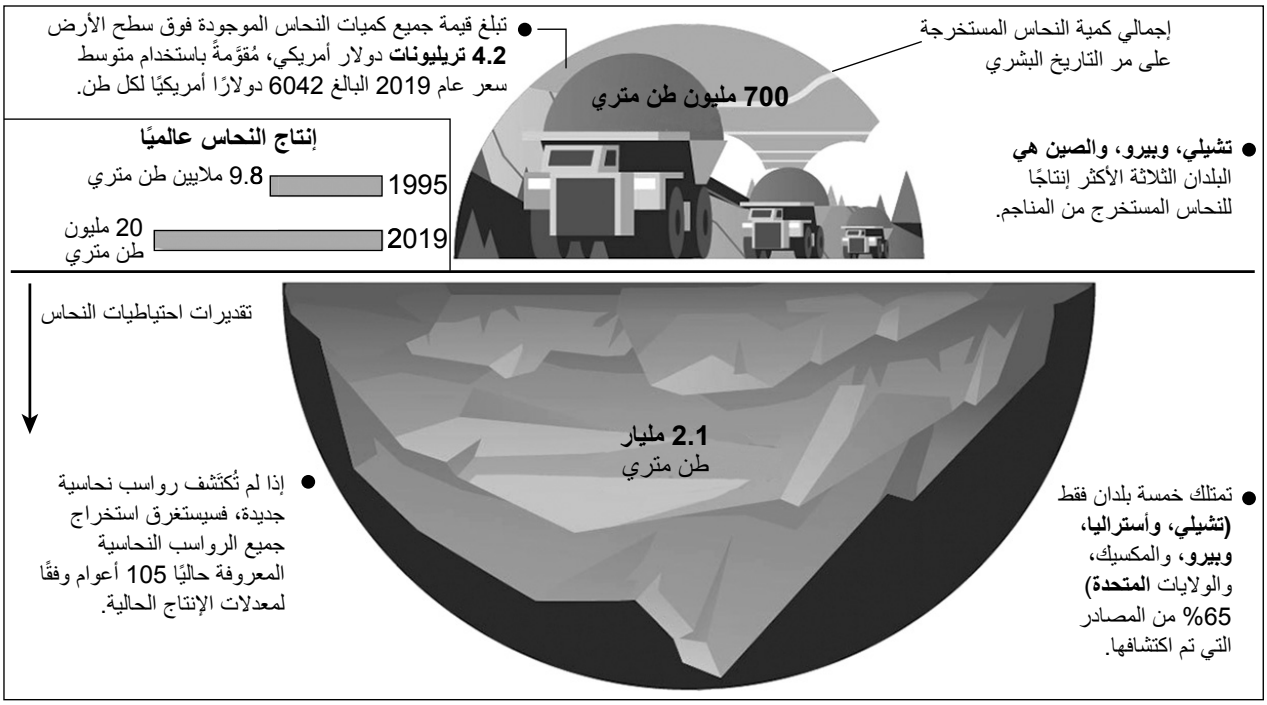
(2) السيارة الكهربائية أثرها البيئي أخف؛ لأنها تُطْلِق 32 جرامًا فقط من ثاني أكسيد الكربون في كل ميل تسيره، ويستهلك تصنيعها 53.2 كيلوجرامًا من النحاس فقط.

(3) السيارة التي تعمل بوقود البنزين أثرها البيئي أخف؛ لأن تصنيعها يستهلك 22.3 كيلوجرامًا من النحاس فقط، ومتوسط مدى قيادتها 403 أميال.

(4) السيارة التي تعمل بوقود البنزين أثرها البيئي أخف؛ لأن تكلفة تشغيلها أعلى بمقدار 500 دولار أمريكي مقارنةً بالسيارة الكهربائية، وتُطلق 411 جرامًا فقط من ثاني أكسيد الكربون (CO_2) في كل ميل تسيره.

يُعَد النحاس معدنًا ميسور التكلفة وذا استخدامات متعددة. وهو معدن ضروري للتنمية الاقتصادية. يتضمن الرسم التوضيحي أدناه معلومات حول كمية النحاس المُستخرجة على سطح الأرض حتى عام 2019، وتقديرات احتياطيات النحاس المتبقية على سطح الأرض.

هل تنفد منا موارد النحاس؟



44 أيُّ تفسير يستخدم دليلاً من الرسم التوضيحي ليبين على نحوٍ أصح تأثُّر النشاط البشري بتوفُّر النحاس المستخدم في تصنيع السيارات الكهربائية الجديدة؟

(1) كلما نضبت احتياطيات النحاس، اضطرت الشركات إلى تخفيض سعر النحاس إلى ما دون متوسط سعر عام 2019 البالغ 6042 دولارًا أمريكيًا لكل طن في البلدان التي لديها مناجم نحاس.

(2) ستحتاج البلدان الخمسة التي تمتلك 65% من احتياطيات النحاس إلى تقليل إنتاج النحاس للحفاظ على الموارد من أجل صناعة المزيد من السيارات الكهربائية.

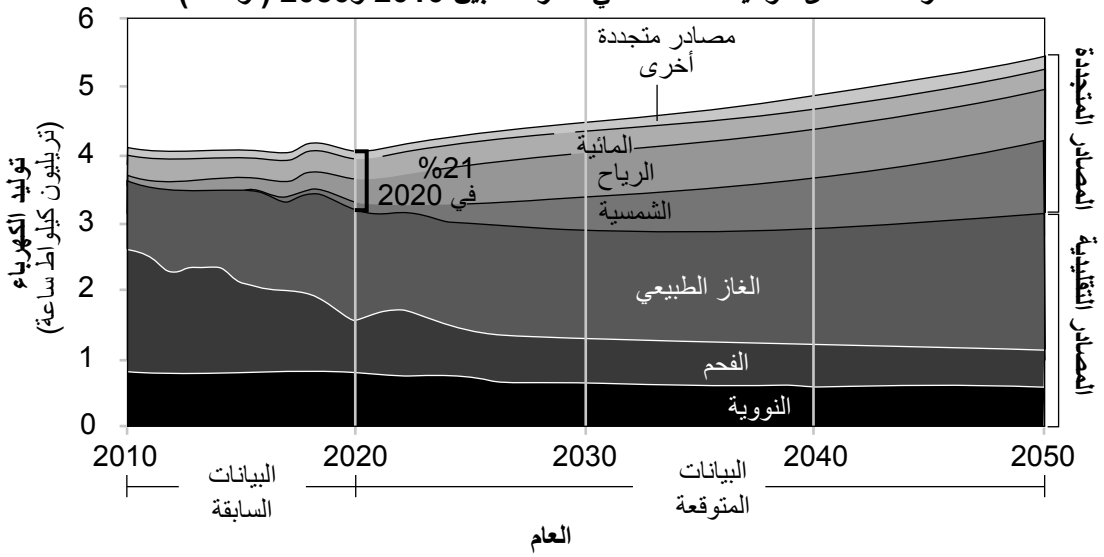
(3) نظرًا إلى زيادة إنتاج النحاس عالميًا بمقدار أكثر من ضعفين في الفترة ما بين عامَي 1995 و2019، ستحتاج جميع البلدان التي تملك احتياطيات نحاس إلى فتح مناجم جديدة لتلبية الطلب على صناعة السيارات الكهربائية.

(4) ستكون هناك حاجة إلى زيادة معدل إعادة تدوير النحاس لتلبية الطلب على تصنيع السيارات الكهربائية بعد 105 سنوات من الوقت الحاضر.

أدركت المجتمعات البشرية أن مصادر الطاقة التقليدية محدودة؛ ومن ثمَّ، تعكف البلدان على تطوير مصادر الطاقة المتجددة. في عام 2020، كانت مصادر الطاقة المتجددة تمثل 21% من جميع مصادر توليد الكهرباء في الولايات المتحدة.

يوضح الرسم البياني أدناه بعض المعلومات حول مصادر توليد الطاقة الكهربية في الولايات المتحدة.

مصادر الطاقة لدى الولايات المتحدة في الفترة ما بين 2010 و2050 (توقعات)



45 أيُّ عبارة قائمة على دليل تصف بشكلٍ صحيح كيف يُتوقَّع حدوث تغيير في مصادر توليد الطاقة الكهربية في الولايات المتحدة مع تزايد الطلب على الكهرباء؟

(1) بحلول عام 2030، سيتجاوز معدل توليد الكهرباء من الطاقة المائية معدل توليدها من الطاقة النووية.

(2) بحلول عام 2050، ستسبق مصادر الطاقة المتجددة الغاز الطبيعي لتكون أكبر مصدر لتوليد الكهرباء.

(3) من المتوقع أن يزداد معدل توليد الطاقة من الفحم بحلول عام 2035.

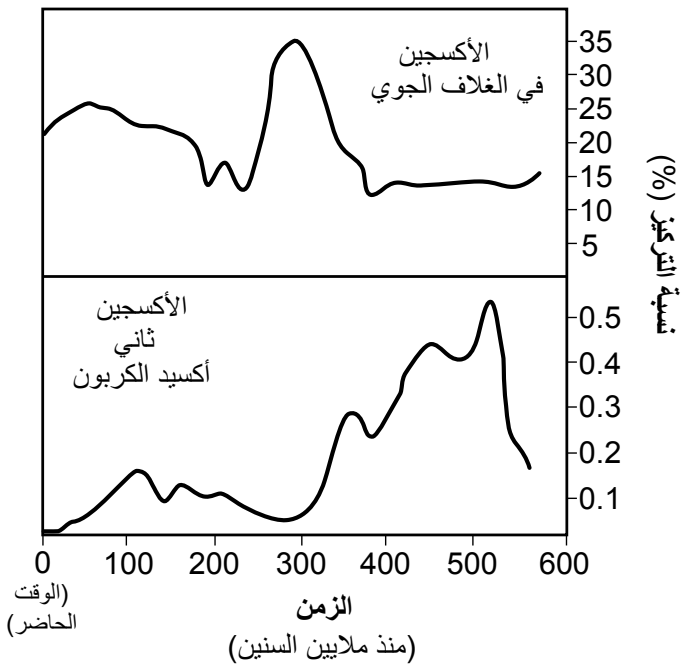
(4) خلال الفترة ما بين عامَي 2020 و2050، من المتوقع أن يزداد الإقبال على استخدام طاقة الرياح أكثر من استخدام الطاقة الشمسية.

اجعل إجابتك عن الأسئلة من 46 إلى 50 مبنية على المعلومات أدناه، وعلى معرفتك بعلوم الأرض والفضاء. قد تتطلب بعض الأسئلة استخدام ***إصدار عام 2024 للجداول المرجعية لمادة علوم الأرض والفضاء***.

العصر الكربوني

تثبَّتت جذور النباتات في اليابسة وانتشرت خلال العصر الكربوني. وقد عُثِر على أدلة على وجود غابات كبيرة ومستنقعات ضخمة يعود تاريخها إلى أواخر العصر الكربوني. وأدَّى ذلك إلى تغيير تركيز غازَي الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. يوضح الرسم البياني أدناه التغيُّرات التي طرأت على تركيزَي كلا الغازين في الغلاف الجوي بمرور الوقت.

نسبة تركيز الأكسجين وثاني أكسيد الكربون مع مرور الزمن في الغلاف الجوي



46 ما الرأي الذي يحدد بدقة حدوث تغيُّر طرأ على مستويات الأكسجين في الغلاف الجوي نتيجة تغيُّر الغلاف الحيوي للأرض خلال العصر الكربوني؟

(1) زادت مستويات الأكسجين نتيجة انحسار الغابات الموجودة في الغلاف الحيوي.

(2) زادت مستويات الأكسجين نتيجة انخفاض معدل التنفس في الغلاف الحيوي.

(3) زادت مستويات الأكسجين نتيجة زيادة معدل البناء الضوئي في الغلاف الحيوي.

(4) زادت مستويات الأكسجين نتيجة انخفاض معدل النتح في الغلاف الحيوي.

47 يرى العلماء أن درجة حرارة الهواء السطحي على الأرض قد تغيَّرت في أواخر العصر الكربوني. حلِّل البيانات المُقدَّمة لدعم هذا الرأي من خلال تحديد التغيُّر الذي طرأ على تركيب الغلاف الجوي للأرض، ومن المحتمل أن يكون قد أدَّى إلى حدوث تغيُّر في درجة الحرارة. وصِف أيضًا هذا التغيُّر في درجة حرارة الهواء. [1]

التغيُّر في تركيب الغلاف الجوي: _____

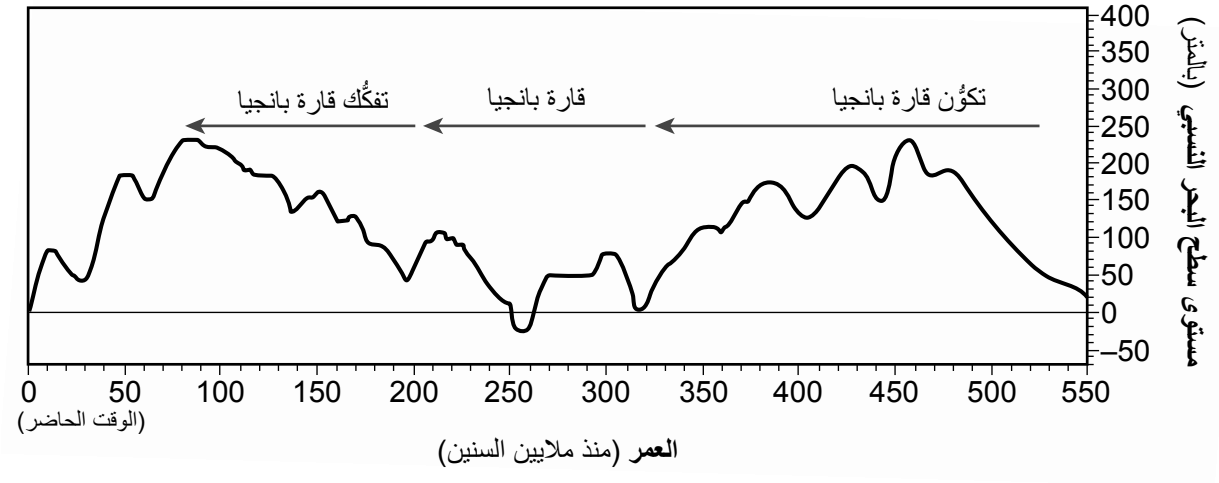
_____

التغيُّر في درجة حرارة الهواء السطحي: _____

_____

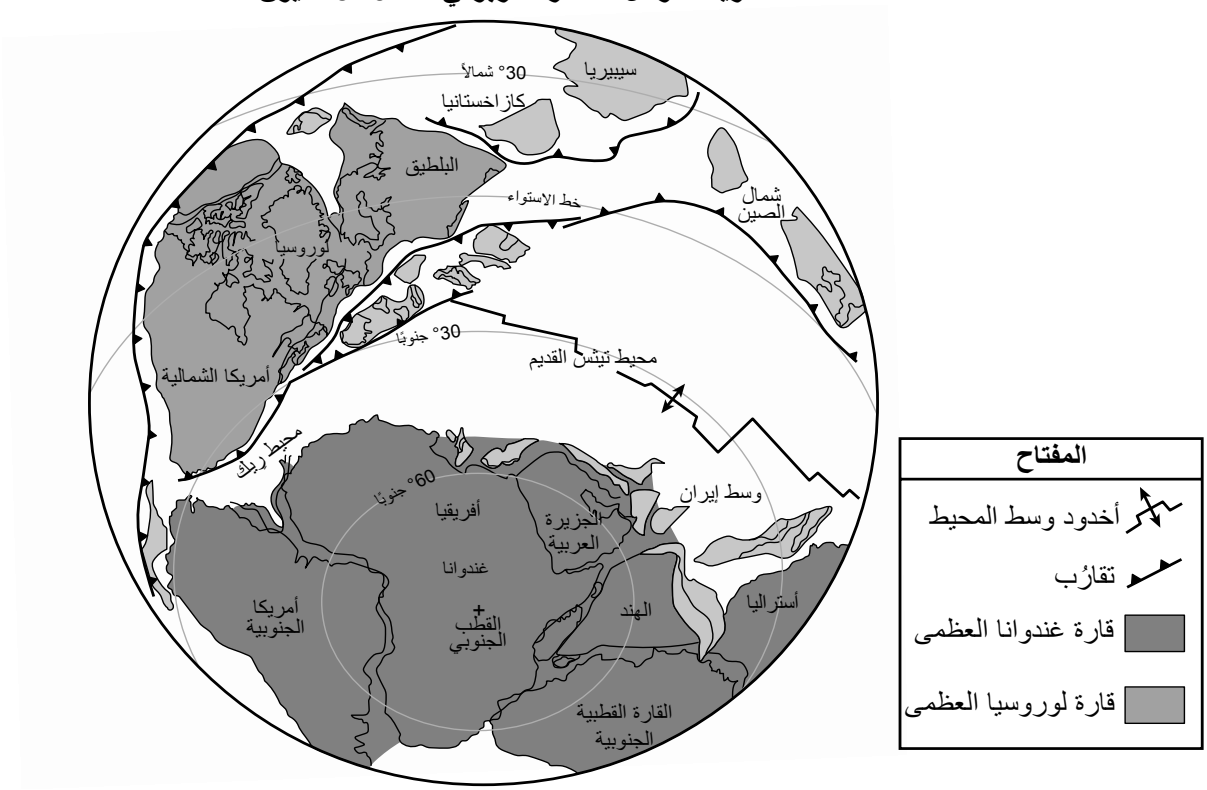
لاحظ طلاب يدرسون الحفريات البحرية التي يعود تاريخها إلى فترة تتراوح ما بين أوائل وأواخر العصر الكربوني انخفاضًا شديدًا في أعداد الأنواع الحية البحرية المتحجرة في الصخور. وضع الطلاب خلال تقصِّيهم هذه الظاهرة في اعتبارهم عدة عوامل، منها تغيُّر مستوى سطح البحر، وتغطية الأرض بالجليد، وحركة الصفائح التكتونية. يوضح الرسم البياني معلومات حول التغيُّرات التي طرأت على مستوى سطح البحر، وعلى قارة بانجيا في تلك الفترة الزمنية.

تغيُّر مستوى سطح البحر النسبي على مدار الـ 550 مليون سنة الماضية

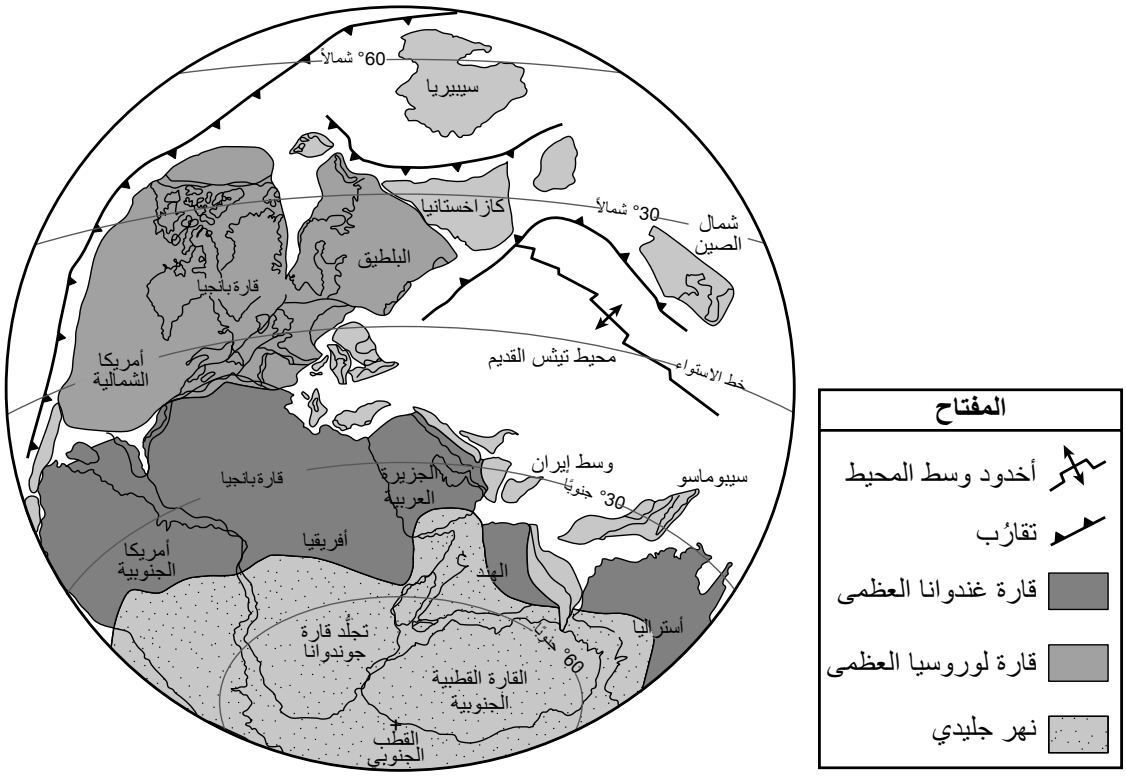


حلَّل الطلاب أيضًا المعلومات الواردة في خريطتَي العصرين الكربونيَّيْن الأول والمتأخر.

خريطة أوائل العصر الكربوني منذ 340 مليون سنة



خريطة أواخر العصر الكربوني: منذ 310 ملايين سنة



تحتوي بعض صخور العصر الكربوني على حفريات حشرة يعسوب *الميغانيورا*، وهي حشرة منقرضة تنتمي إلى أنواع حشرات اليعسوب المعاصرة.

مقارنة بين الأحجام النسبية لليعاسيب المعاصرة ويعاسيب العصر الكربوني

(ليس مرسومًا بالأبعاد الحقيقية)

يقارن جدول البيانات بين أوجه الاختلاف الملاحظة بين حشرات اليعسوب المعاصرة ويعاسيب *الميغانيورا* في العصر الكربوني، والتي تُعزَى إلى اختلاف معدلات تركيز غازات الغلاف الجوي.

تأثير أكسجين الغلاف الجوي في حجم جسم حشرات اليعسوب

الموئل الجوي	**أطول باع للجناحين** (بالسنتيمتر)
موئل اليعاسيب المعاصرة (21% من أكسجين الغلاف الجوي)	19.0 سم
موئل يعاسيب العصر الكربوني (31% من أكسجين الغلاف الجوي)	65 سم

48 قدِّم حجة تتوقع بها طول باع جناح حشرة يعسوب لو كانت تعيش في ظروف الغلاف الجوي التي كانت موجودة منذ 200 مليون سنة، مقارنةً بأنواع اليعاسيب المعاصرة *أو* اليعاسيب التي عاشت في العصر الكربوني. [1]

لخَّص الطلاب بحثهم من الرسم البياني والخريطتين لتقديم الرأي التالي: "يرجع انخفاض الكائنات الحية البحرية في الفترة ما بين أوائل وأواخر العصر الكربوني إلى تغيُّر مستوى سطح البحر وتغطية الأرض بالجليد".

49 ما الأدلة الموجودة في الخريطتين والرسم البياني التي تؤيد رأي الطلاب؟

(1) أدت زيادة الغطاء الجليدي إلى زيادة الثلج في الغلاف الجليدي، وتقليل مستويات الماء في المحيطات الموجودة في الغلاف المائي.

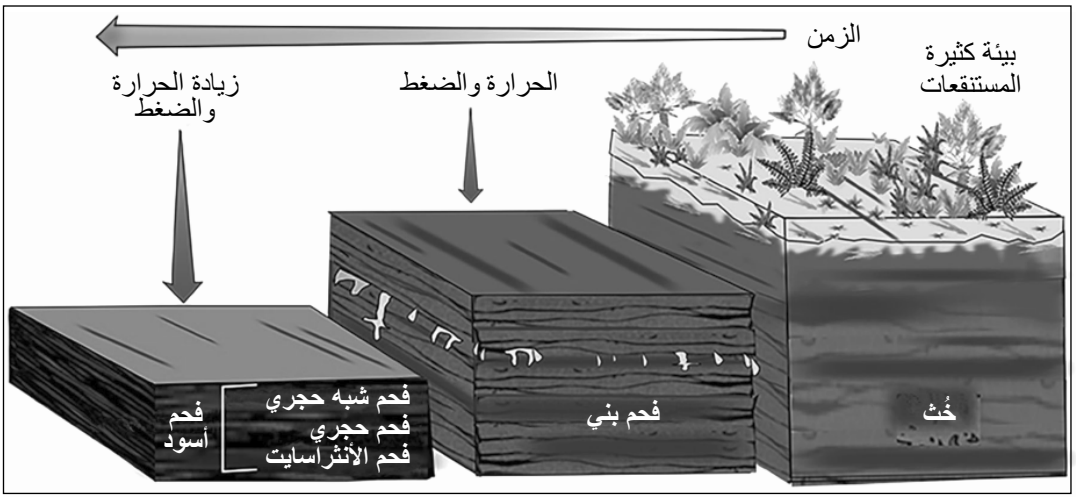
(2) نتجت زيادة مستويات الماء في الغلاف المائي عن ذوبان الجليد من الغلاف الجليدي.

(3) زادت مستويات الماء في غلاف الأرض المائي ومقدار الثلج الموجود في الغلاف الجليدي.

(4) انخفضت مستويات الماء في غلاف الأرض المائي ومستويات الثلج الموجود في الغلاف الجليدي.

توجد رواسب الفحم التي تعود إلى العصر الكربوني في جميع أنحاء العالم؛ فقد تراصَّت النباتات التي كانت موجودة في غابات ذلك العصر في طبقات في المناطق ذات المستنقعات الكبيرة، ثم اندفنت تلك الكتلة الحيوية وتحوَّلت إلى طبقات من الخُث. يوضح النموذج أدناه بعض المعلومات حول كيفية تكوُّن الفحم.

نموذج تكوُّن الفحم



50 تؤدي دورة الكربون عبر أغلفة الأرض إلى تكوُّن الفحم على مراحل مختلفة. ما الدليل الذي يمكن أن يدعم الادعاء بأن البيئات التي تكوَّن فيها الفحم في العصور الأولى يمكن العثور عليها في ولاية نيويورك؟

(1) يوجد في مدينة ووترتاون، التي تقع في منطقة إيري أونتاريو لولاندز، صخر كربوناتي سيتحول بعد ذلك إلى فحم بني.

(2) يوجد في مدينة جلينز فولز، التي تقع في وادي نهر هدسون، إسمنت يتكوَّن من الفحم الحجري.

(3) يوجد في مدينة جينيفا، التي تقع في منطقة هضبة تاغ هيل، خُث تكوَّن من فحم شبه حجري.

(4) يوجد في مدينة بينغامتون، التي تقع في منطقة هضبة أليجيني، خُث تحوَّل إلى فحم بني.

طُبع على ورق معاد تدويره

EARTH AND SPACE SCIENCES ARABIC EDITION