

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"قُلْ أَنْتُمْ لَتَكْفُرُونَ بِالَّذِي خَلَقَ الْأَرْضَ فِي يَوْمَيْنِ وَتَجْعَلُونَ لَهُ أُنْدَادًا ذَلِكَ رَبُّ الْعَالَمِينَ. وَجَعَلَ فِيهَا رَوَاسِيَ مِنْ فَوْقِهَا وَبَارَكَ فِيهَا وَقَدَّرَ فِيهَا أَقْوَاتَهَا فِي أَرْبَعَةِ أَيَّامٍ سَوَاءً لِّلسَّانِلِينَ. ثُمَّ اسْتَوَى إِلَى السَّمَاءِ وَهِيَ دُخَانٌ فَقَالَ لَهَا وَلِلْأَرْضِ ائْتِيَا طَوْعًا أَوْ كَرْهًا قَالَتَا أَتَيْنَا طَائِعِينَ. فَفَضَّاهُنَّ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ فِي يَوْمَيْنِ وَأَوْحَى فِي كُلِّ سَمَاءٍ أَمْرَهَا وَزَيْنَا السَّمَاءَ الدُّنْيَا بِمَصَابِيحٍ وَحِفْظًا ذَلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ" سورة فصلت، الايات 9 - 12.



"The Blue Marble"

صورة للأرض ألتقطتها بعثة أبولو 17 إلى القمر في عام 1972

الوحدة الأولى: نشأة الأرض وتطورها وتكوينها

الدرس الأول: نشأة الأرض وتطورها

مقدمة:

الأرض هي الكوكب الثالث الأقرب إلى الشمس، والكوكب الأكثر كثافةً في النظام الشمسي، والأكبر بين الكواكب الأرضية الأربعة لهذا النظام، وهي الجرم السماوي الوحيد الذي يستوعب الحياة.

ووفقاً لأدلة من التاريخ الإشعاعي (لتقدير عمر الارض) ومن مصادر أخرى، تشكلت الأرض قبل نحو 4.54 مليار سنة. وخلال المليار سنة الأولى من عمر الارض، ظهرت الحياة في المحيطات وبدأت تؤثر في غلافها الجوي وعلى سطحها، معززة انتشار الكائنات الهوائية واللاهوائية ومؤدية إلى تشكل طبقة الأوزون في الغلاف الجوي. وأعاققت هذه الطبقة بالاضافة الى المجال المغناطيسي الأرضي الأجزاء الأكثر خطراً على الحياة في الإشعاع الشمسي، مما سمح للحياة بالازدهار على اليابسة وفي المياه. ومنذ ذلك الحين، أدت عوامل بعد الأرض عن الشمس، وخصائصها الفيزيائية وتاريخها الجيولوجي مجتمعاً إلى ازدهار الحياة وتطورها.

تتفاعل الأرض بفعل الجاذبية مع أجرام أخرى في السماء، خصوصاً الشمس والقمر. وخلال دورة واحدة حول الشمس، تدور الأرض حول محورها 366.26 مرة، مما يولد 365.26 يوماً شمسياً أو سنةً فلكيةً واحدة. ويميل محور دوران الأرض 23.4° عن الخط العمودي لمستواها المداري، مما يؤدي إلى اختلافات في الفصول على سطح الأرض لمدة سنة مدارية واحدة (365.24 يوماً شمسياً). ويعتبر القمر التابع الطبيعي الوحيد الثابت للأرض. وقد بدأ بالدوران حول الأرض قبل نحو 4.53 مليار سنة. ويحفز التفاعل مع القمر بفعل الجاذبية حركة المدّ والجزر في المحيطات، ويؤدي إلى استقرار الميل المحوري ويبطئ دوران الكوكب تدريجاً.

وتبلغ كتلة الأرض حوالي 5.97×10^{24} كيلوغراماً، وهي تتألف بغالبيتها من الحديد والأكسجين والسيليكون والمغنيسيوم والكبريت والنيكل والكالسيوم والألومنيوم.

ويتألف سطح الأرض من حوالي 30% من اليابسة و70% من المياه، على عكس الكواكب المعروفة الأخرى. وسطح الأرض غير مستوي، بل له تضاريس بارتفاعات مختلفة.

1. نظريات علم الأرض

علم الأرض عبارة شاملة تشير إلى مجالات العلوم التي تعنى بكوكب الأرض. ويمكن أن يتضمن الفرع التخصصي الأكاديمي لعلوم الأرض دراسة الغلاف الجوي والغلاف المائي والغلاف الصخري والغلاف الحيوي. ويستخدم علماء الأرض عادةً أدوات من الفيزياء، والكيمياء، وعلم الأحياء، والرياضيات لبناء فهم كمي لكيفية عمل نظام الأرض وكيفية تطوره إلى وضعيته الحالية. كانت مدرستا تفكير رئيسيتين تسيطران على التفكير الجيولوجي: الكارثية والنسقية. الكارثية هي النظرية القائلة إن الأرض قد تأثرت في الماضي بأحداث مفاجئة وقصيرة المدى وعنيفة، ربما على نطاق العالم ككل. وأقترحت هذه النظرية أن تضاريس الأرض كانت نتيجة كوارث كبيرة. وكان يُعتقد بأن كوارث وقعت في حقبة ما قبل التاريخ على غرار طوفان سفينة نوح، كانت هي المسؤولة عن خصائص وأشكال تضاريس سطح الأرض.

النموذج السائد للجيولوجيا الحديثة هي نظرية النسقية (توصف أحياناً بالندرجية) التي أدت فيها التغييرات البطيئة التراكمية كالتآكل إلى ظهور شكل وتضاريس الأرض. وبدأت الجيولوجيا الحديثة بهذا المفهوم. ونشر الدكتور جايمس هوتون الإسكوتلندي الجنسية نظرية الأرض هذه في عام 1785 معتبراً أن القوانين الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية القائمة اليوم كانت هي نفسها قائمة بالطريقة نفسها في الماضي الجيولوجي. كما أن هذه الفكرة تلخصت عادة كما يلي: "الحاضر هو مفتاح الماضي". ونشر تشارلز لييل نظرية النسقية، وهو المعروف عالمياً بصاحب كتاب "مبادئ الجيولوجيا" (1830). وفي هذا الكتاب، قدم أمثلة أكثر إقناعاً لتبرير مبدأ النسقية. وعنى قبول النسقية القبول أن عمر الأرض طويل جداً. وكانت تلك فكرة ثورية بما أن غالبية العلماء في ذلك الوقت كانوا يعتقدون بأن عمر الأرض بضعة آلاف من السنين فقط!

أسئلة للمراجعة:

1. تفترض النظرية الكارثية أن:
 - أ) أشكال الأرض كانت نتيجة عمليات طويلة
 - ب) أشكال الأرض كانت نتيجة الأنشطة البشرية
 - ج) أشكال الأرض كانت نتيجة كوارث كبيرة
 - د) لا شيء مما سبق
2. عني قبول نظرية النسقية:
 - أ) القبول أن عمر الأرض طويل جداً.
 - ب) أن عمر الأرض بضعة آلاف من السنين فقط
 - ج) أن الأرض منسقة أينما كان
 - د) لا شيء مما سبق
3. يقدر عمر الأرض بحوالي:
 - أ) 4.6 مليون سنة
 - ب) 4.6 مليار سنة
 - ج) 14 مليار سنة
 - د) 14 مليون سنة

2. أصل الارض وتطورها



يعود تاريخ أقدم مادة وجدت في النظام الشمسي إلى نحو 4.5672 ± 0.0006 مليار سنة، مما يدل على أن الأرض يجب أن تكون قد تشكلت بالتنامي (تجمع المادة الأولية) في ذلك الوقت. وقبل نحو 4.54 ± 0.04 سنة، تشكلت الأرض البدائية.

ظهرت أول حياة على الأرض قبل نحو 3.5 مليار سنة على الأقل. وتوسع التنوع البيولوجي للأرض باستمرار باستثناء الفترات التي أُنقِطع فيها ذلك بفعل الانقراضات الجماعية. ورغم أن العلماء يقدرون أن أكثر من 99 في المئة من جميع أنواع الحياة (أكثر من خمسة مليارات) والتي عاشت على الأرض قد انقرضت، ما زال هناك حوالي 10-14 مليون نوعاً موجوداً، من بينها 1.2 مليوناً تم توثيقها وأكثر من 86 في المئة لم يتم وصفها بعد. ويعيش أكثر من 7.3 مليار نسمة على الأرض ويعتمدون في معيشتهم على غلافها الحيوي ومعادنها.

تشكل الغلاف الجوي والمحيطات نتيجة نشاط بركانيّ تضمّن تبخّر المياه. ويعود أصل المحيطات في العالم إلى عمليات التكاثف بالإضافة إلى المياه والجليد من المزود من الكويكبات والكواكب الأولية والمذنبات. وطبقاً لهذا النموذج، حافظت "غازات مفعول الدفيئة" الجوية على المحيطات من التجمّد عندما كانت نسبة ضوء الشمس المشكّلة حديثاً 70% فقط مما هي عليه الآن. وقبل نحو 3.5 مليار سنة، وجد الحقل المغناطيسي للأرض، ممّا ساهم في الحؤول دون سلخ الرياح الشمسية للغلاف الجوي. وتشكلت قشرة الأرض عندما بردت الطبقة الخارجية المنصهرة من الأرض لتشكل مجسماً بعدما بدأ بخار الماء المتراكم بالعمل في الغلاف الجوي. وتشكلت القارات بفعل الصفائح التكتونية، وهي عملية تحركها بشكل رئيسي الفقدان والخسارة المستمرة للحرارة من داخل الأرض باتجاه السطح. وعلى مدى مئات ملايين السنوات، تشكلت القارات العملاقة وتفكّكت ثلاث مرّات. وقبل حوالي 750 مليون سنة، بدأت واحدة من أوائل القارات المعروفة وهي رودينيا بالتفكك. واجتمعت القارات من جديد لاحقاً لتشكل بانوتيا قبل 600-540 مليون سنة، ومن ثمّ وأخيراً بانجيا التي تفكّكت هي أيضاً قبل نحو 180 مليون سنة. وبدأ النموذج الحالي للعصور الجليدية قبل حوالي 40 مليون سنة ومن ثمّ تكثّف خلال العصر الحديث الأقرب قبل نحو 3 ملايين سنة. وخضعت المناطق العالية (البعيدة عن خط الاستواء) منذ ذلك الحين لحقبات متكرّرة من التجلّد وذوبان الجليد كلّ 40 إلى 100000 سنة. وانتهى آخر تجمّد قاريّ قبل حوالي 10,000 سنة.

أسئلة للمراجعة:

- كم تبعد الأرض عن الشمس؟
- كم تستغرق الأرض لتدور حول الشمس؟
- ما هو قطر الأرض؟
- كم تبعد الأرض عن الشمس بالوحدات الفلكية؟
- يمكننا أيضاً القول إنَّ الأرض تبعد وحدة فلكية واحدة عن الشمس. ويستخدم علماء الفلك (من يدرس الكواكب والنجوم) قياساً يعرف بالوحدة الفلكية. وتؤخذ قياسات الأرض كمعيار لهذا النظام. لذلك فإنَّها بعيدة وحدة فلكية واحدة عن الشمس، فيما يبعد الزهرة عنها 0.72 وحدة فلكية والمريخ 1.52 وحدة فلكية. أما بلوتو فهو الأبعد مع 39.5 وحدة فلكية عن الشمس. كم يبعد بلوتو عن الشمس بملايين الأميال؟

الوحدة الأولى: نشأة الأرض وتطورها وتكوينها

الدرس الثاني: تكوين الأرض

1. المواد المكونة للأرض

تبلغ كتلة الأرض حوالي 5.97×10^{24} كيلو غراماً، وتتسكّل بغالبيتها من الحديد (32.1%)، والأكسجين (30.1%)، والسيليكون (15.1%)، والمغنيسيوم (13.9%)، والكبريت (2.9%)، والنيكل (1.8%)، والكالسيوم (1.5%)، والألومنيوم (1.4%)، بينما تتسكّل نسبة 1.2% المتبقّية من كمّيات محدودة من مواد أخرى. ونظراً إلى الانفصال الشّامل للمادة، يُعتقد بأنّ قلب الأرض قد تتسكّل أساساً من الحديد (88.8%)، مع كمّيات أقل من النيكل (5.8%)، والكبريت (4.5%)، وأقل من 1% من المواد الأخرى.

قدّر العالم الكيميائي الجيولوجي ف. دبليو. كلارك أنّ أكثر من 47% بقليل من قشرة الأرض تتألّف من الأكسجين. وتتألّف مكّونات القشرة الأكثر شيوعاً من أكسيدات بصورة شبه كاملة. ويشكّل الكلورين والكبريت والفلورين استثناءات مهمّة على هذا الأمر، وتقلّ نسبتها الإجمالية في أي صخرة عادةً عن 1%. أمّا الأكسيدات الرئيسيّة فهي السيليكا والألومينا وأكسيدات الحديد والجير والمغنيسيا والبوتاس والصودا. ويعمل السيليكا بشكل أساسي كحمض مشكّلاً السيليكات، علماً بأنّ المعادن الأكثر شيوعاً للصّخور الناريّة هي من هذه الطّبيعة. ومن عمليّة حسابيّة مرتكزة على 1,672 تحليلاً لجميع أنواع الصّخور، أستنتج كلارك أنّ 99.22% تتألّف من 11 أكسيداً (أنظر الجدول أدناه)، مع ظهور المكوّنات الأخرى بكمّيات ضئيلة.

التركيبية الكيميائية للقشرة الأرضية			
التركيب		الصيغة	المركّب
محيطي	قاري		
48.6%	60.2%	SiO ₂	السيليكا
16.5%	15.2%	Al ₂ O ₃	الألومينا
12.3%	5.5%	CaO	الجير
6.8%	3.1%	MgO	المغنيسيا
6.2%	3.8%	FeO	أكسيد الحديد (II)

%2.6	%3.0	Na ₂ O	أكسيد الصوديوم
%0.4	%2.8	K ₂ O	أكسيد البوتاسيوم
%2.3	%2.5	Fe ₂ O ₃	أكسيد الحديد (III)
%1.1	%1.4	H ₂ O	المياه
%1.4	%1.2	CO ₂	ثاني أكسيد الكربون
%1.4	%0.7	TiO ₂	ثاني أكسيد التيتانيوم
%0.3	%0.2	P ₂ O ₅	خامس أكسيد الفوسفور
%99.9	%99.6		المجموع

أسئلة للمراجعة:

1. القمر والكواكب الداخليّة:

- أ) مشابهة للشمس في التركيبة والهيكلية
- ب) مشابهة للأرض في التركيبة والهيكلية
- ج) التركيبات مختلفة
- د) لا شيء مما سبق

2. تتألف الأرض من الهياكل الطبقيّة المترابطة الرئيسيّة التاليّة:

- أ) النواة الداخليّة والوشاح والقشرة
- ب) النواة الداخليّة والنواة الخارجيّة والوشاح والقشرة
- ج) الوشاح والقشرة
- د) لا شيء مما سبق

3. زحل وأورانوس يتكونان بشكل رئيسي من الجليد والغاز:
- أ) لأنهما تشكلا في مرحلة مبكرة جداً في النظام الشمسي
 - ب) لأن تركيبتهما تقتصر على هاتين المادتين
 - ج) لأنهما تشكلا في الأجزاء الخارجية الأبرد لسديم الشمس
 - د) لا شيء مما سبق

4. يشكل الوشاح أكثر من:

- أ) 82% من كتلة الأرض
- ب) 82% من حجم الأرض
- ج) 95% من حجم الأرض
- د) لا شيء مما سبق

5. تشكل النواة حوالي:

- أ) ثلثي كتلة الأرض
- ب) ثلث كتلة الأرض
- ج) ثلث حجم الأرض
- د) لا شيء مما سبق

6. بدأ الأكسجين بالتواجد على الأرض بسبب:

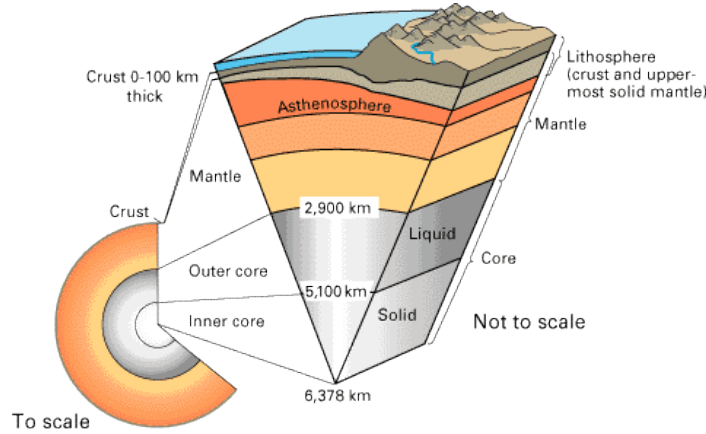
- أ) التركيب الضوئي قبل أكثر من مليوني سنة
- ب) حصول البشر عليه من كواكب أخرى قبل ألفي سنة
- ج) تواجد الماء دائماً على الأرض
- د) لا شيء مما سبق

7. القشرة الارضية:

- (أ) أكثر سماكةً للمحيطات منها لليابسة
(ب) أكثر سماكةً لليابسة منها للمحيطات
(ج) (سماكة 3-15 كيلومتر) للمحيطات و(10-70 كيلومتر) للقارّات
(د) لا شيء مما سبق

2. هيكلية الأرض وطبقاتها

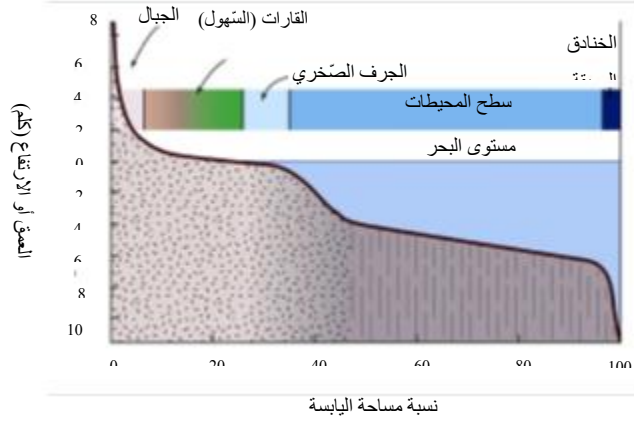
الهيكلية الداخليّة للأرض مقسّمة إلى طبقات من الهياكل الكروية كالبصلة. ويمكن تعريف هذه الطبقات إما بحسب خصائصها الكيميائية أو الفيزيائية. وللأرض قشرة صلبة خارجيّة من السيليكات، وغطاء عالي اللزوجة، ونواة خارجيّة سائلة أقل لزوجة بكثير من الغطاء، بالإضافة إلى نواة داخلية صلبة. ويرتكز الفهم العلمي للهيكلية الداخليّة للأرض على ملاحظات التّضاريس وقياس الأعماق، وملاحظات الصّخور الظّاهرة، وعيّنات تخرج إلى السّطح من أعماق أكبر كنتيجة للنّشاط البركاني، وتحليل الموجات الزلزالية التي تمرّ عبر الأرض، وقياسات حقل الجاذبيّة والحقل المغناطيسي للأرض، وتجارب المواد الصلبة البلورية على درجات ضغط وحرارة مشابه للظروف المعيارية لباطن الأرض.



يشبه شكل الأرض كرة مفلطحة عند القطبين، (جسم كروي مسطح عند المحاور من القطب الأول إلى القطب الثاني بشكل يؤدي إلى أنتفاخ حول خطّ الاستواء). وينجم هذا الانتفاخ عن دوران الأرض، مما يعطي زيادة في القطر عند خطّ الاستواء يصل إلى 43 كيلومتر (27 ميلاً) أكبر منه بين القطبين. وهكذا فإنّ أبعد نقطة على السّطح عن وسط كتلة الأرض هي قمة بركان سيمبوراو الاستوائي في الإكوادور (أنظر الشكل أدناه). ويبلغ متوسط قطر الجسم شبه الكروي حوالي 12,742 كيلومتر (7,918 ميلاً).

تنحرف التّضاريس المحليّة عن هذا الجسم شبه الكروي المثالي، رغم أنّ هذه الانحرافات تعتبر على مقياس عالمي صغيرة مقارنةً بنصف قطر الأرض: الانحراف الأقصى بنسبة 0.17% هو خندق ماريانا (10,911 مترًا تحت سطح البحر)، في حين أنّ جبل إيفرست (8,848 مترًا فوق سطح البحر) يمثّل أنحرافًا نسبته 0.14%. ولو افترضنا تقلص حجم الأرض إلى كرة صغيرة، فإنّ

بعض مناطقها كسلاسل الجبال والخنادق المحيطية قد تظهر على شكل نتوءات صغيرة جدا على سطح الكرة الصغيرة، في حين أن الاختلاف مع الجزء الأكبر من الكوكب، بما في ذلك الربع الخالي في الجزيرة العربية، سوف يختفي. وإذا أهملنا المحيطات، فإنه يسود على سطح الأرض ارتفاعان مختلفان: غالبية اليابسة هي على علو 0-2 كيلومتر فوق سطح البحر، بينما غالبية سطح البحر هو بين 3 و5 كيلومترات تحت مستوى البحر (أنظر الشكل أدناه).



"شيمبورازو" في الإكوادور، النقطة على سطح الأرض الأبعد عن مركزها.

أسئلة للمراجعة: (يتم تشجيع الطلاب على البحث في مصادر الإنترنت والمصادر الأخرى للإجابة على بعض الأسئلة)

1. للأرض ما يُسمّى "الصّفائح". فما هي هذه الصّفائح؟

2. أي طبقة من الأرض مصهورة؟

أ) النّواة الدّاخلية

ب) النّواة الخارجيّة

ج) الغطاء

د) القشور

هـ) الغلاف الصّخري

3. أي طبقات تشكّل الغلاف الصّخري؟

أ) القشرة والغطاء والنّواة

ب) الجزء الأدنى من الغطاء الأعلى

ج) القشرة والجزء الأعلى من الغطاء

د) القشرة لوحدها

هـ) لا وجود للغلاف الصّخري.

4. أي طبقات تشكّل الغلاف المائع؟

أ) القشرة والغطاء والنّواة

ب) الجزء الأدنى من الغطاء الأعلى

ج) القشرة والجزء الأعلى من الغطاء

د) القشرة لوحدها

هـ) لا وجود للغلاف المائع.

5. ما هي الطبقة الدّاخلية الأعمق للأرض؟

أ) النّواة الدّاخلية

ب) النّواة الخارجيّة

ج) الغطاء

د) القشرة

هـ) الغلاف المائع

6. ما هي الطبقة الخارجية الاعلى للأرض؟

- أ) النواة الداخليّة
- ب) النواة الخارجيّة
- ج) الغطاء
- د) القشرة

7. أي طبقة تقع مباشرة فوق النواة الداخليّة؟

- أ) الغطاء
- ب) القشرة
- ج) النواة الخارجيّة
- د) الغلاف الصّخري

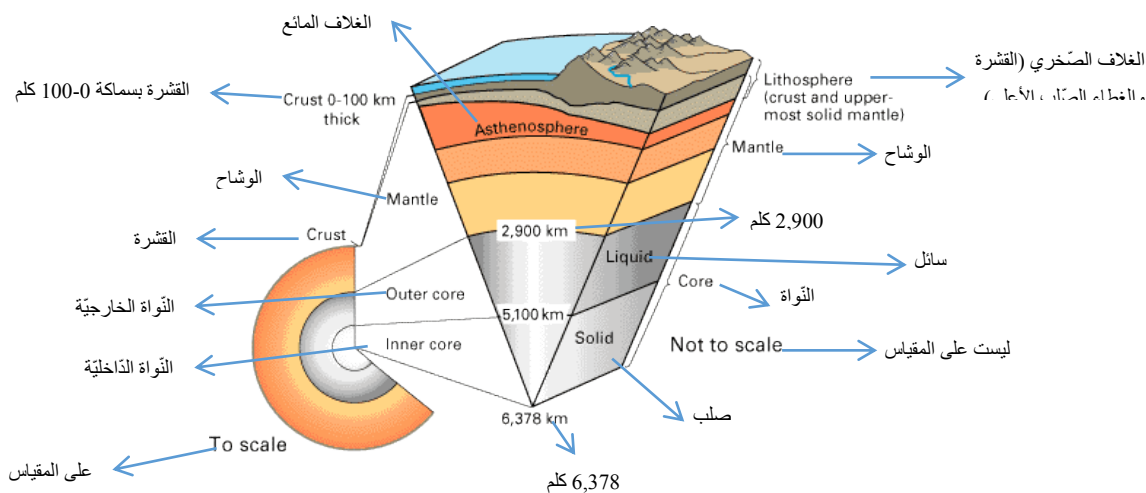
8. أي طبقة تقع مباشرة فوق النواة الخارجيّة؟

- أ) الغلاف المائع
- ب) القشرة
- ج) الغطاء
- د) النواة الداخليّة
- هـ) كل ما ورد أعلاه

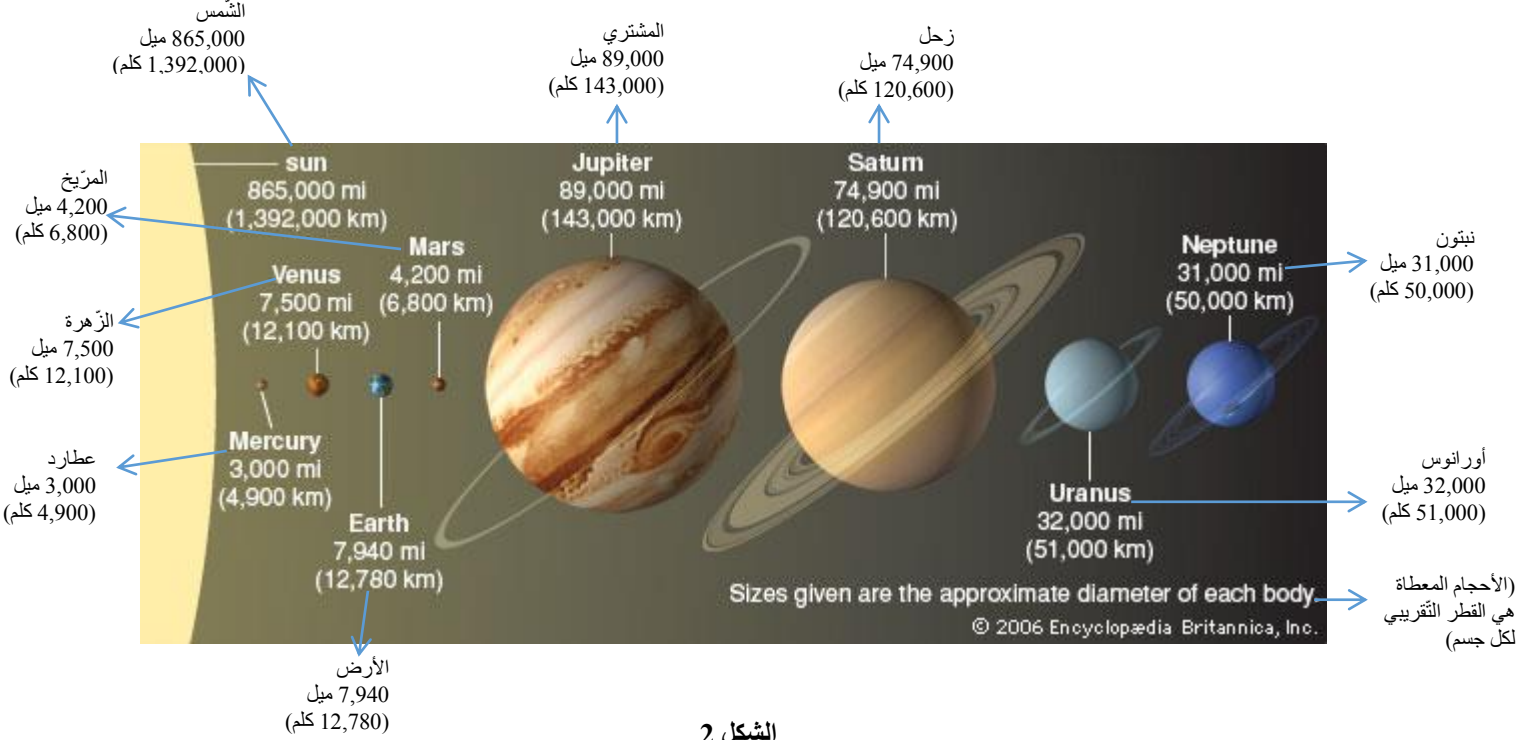
المراجع

- The Good Earth by Mc Connel et al., 2008, McGraw-Hill, USA
- Origin and Evolution of Earth: Research Questions for a Changing Planet. Committee on Grand Research Questions in the Solid-Earth Sciences. Board on Earth Sciences and Resources. Division on Earth and Life Studies. National Academy of Sciences. The (National Academies Press, Washington. (2008
- ([/http://space-facts.com/earth](http://space-facts.com/earth))
- (<https://en.wikipedia.org/wiki/Earth>)
- ([/http://theplanets.org/earth](http://theplanets.org/earth))
- (<http://www.planetsforkids.org/planet-earth.html>)
- <http://regentsprep.org/regents/core/questions/questions.cfm?Course=ESCI&TopicCode=01>
- http://jersey.uoregon.edu/~mstrick/geology/geo_glossary_page.html

الملحق 3



الشكل 1



الشكل 2