المركز الوطني لتطوير المناهج
National Center for Curriculum Development

علوم الأرض والبيئة

الصف التاسع - كتاب الطالب

الفصل الدراسي الثاني

9

فريق التأليف

د. موسى عطا الله الطراونة (رئيسًا)

د. محمود عبد اللطيف حبوش د. مروة خميس عبد الفتاح سكينة محي الدين جبر (منسقًا)

لؤي أحمد منصور

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

يسرُّ المركز الوطني لتطوير المناهج استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العناوين الآتية:

06-5376262 / 237 06-5376266 P.O.Box: 2088 Amman 11941

@nccdjor feedback@nccd.gov.jo www.nccd.gov.jo

قـرّرت وزارة التربيـة والتعليـم تدريـس هـذا الكتـاب في مـدارس المملكـة الأردنيـة الهاشـمية جميعهـا، بنـاءً عـلى قـرار المجلس الأعـلى للمركز الوطنـي لتطـــوير المناهـــج في جلسـته رقـم (2022/8)، تاريـخ 2022/12/15 م، وقـرار مجلـس التربيـة والتعليـم رقـم (2022/139)، تاريـخ 2022/12/28 م، بـدءًا مـن العـام الـدراسي 2022 / 2023 م.

© HarperCollins Publishers Limited 2022.
- Prepared Originally in English for the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan
- Translated to Arabic, adapted, customised and published by the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan

ISBN: 978 - 9923 - 41 - 496 - 5

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(2023/5/2611)

بيانات الفهرس الأولية للكتاب:

عنوان الكتاب	علوم الأرض والبيئة: كتاب الطالب الصف التاسع الفصل الدراسي الثاني
إعداد / هيئة	الأردن. المركز الوطني لتطوير المناهج
بيانات النشر	عمان: المركز الوطني لتطوير المناهج ، 2023
رقم التصنيف	375.001
الواصفات	**/ تطوير المناهج/ / المقررات الدراسية/ / مستويات التعليم/ / المناهج/**
الطبعة	الأولى

يتحمَّل المُؤلِّف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مُصنَّفه، ولا يُعبِّر هذا المُصنَّف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, sorted in retrieval system, or transmitted in any form by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise , without the prior written permission of the publisher or a license permitting restricted copying in the United Kingdom issued by the Copyright Licensing Agency Ltd, Barnard's Inn, 86 Fetter Lane, London, EC4A 1EN.
British Library Cataloguing -in- Publication Data
A catalogue record for this publication is available from the Library.

الطبعة الأولى (التجريبية) 1443 هـ / 2022 م

أعيدت طباعته 2023 م – 2024 م

منهاجي
متعة التعليم الهادف

قائمةُ المحتوياتِ

المقدِّمةُ	5
الوحدةُ الثالثةُ: النظامُ الشمسيُّ	7
الدرسُ الأولُ: نشأةُ النظامِ الشمسيِّ	10
الدرسُ الثاني: مكوّناتُ النظامِ الشمسيِّ	15
الإثراءُ والتوسُّعُ: المذنَّباتُ	27
مراجعةُ الوحدةِ	28
الوحدةُ الرابعةُ: النفاياتُ الصُّلبةُ	31
الدرسُ الأولُ: مصادرُ النُّفاياتِ الصُّلبةِ	34
الدرسُ الثاني: التخلّصُ من النفاياتِ الصُّلبةِ	41
الإثراءُ والتوسُّعُ: النفاياتُ الإلكترونيّةُ	52
مراجعةُ الوحدةِ	53
الوحدةُ الخامسةُ: الغلافُ الجويُّ	55
الدرسُ الأولُ: خصائصُ الغلافِ الجويِّ	58
الدرسُ الثاني: تسخينُ الغلافِ الجويِّ	64
الإثراءُ والتوسُّعُ: الاحترارُ العالميُّ	70
مراجعةُ الوحدةِ	71
مسردُ المصطلحاتِ	73
قائمةُ المراجعِ	77

بسم الله الرحمن الرحيم

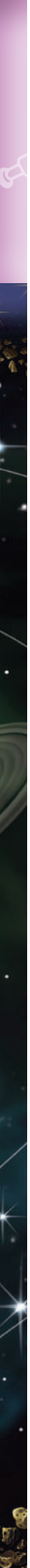
المقدّمة

انطلاقًا من إيمان المملكة الأردنية الهاشمية الراسخ بأهمية تنمية قدرات الإنسان الأردني، وتسليحه بالعلم والمعرفة؛ سعى المركز الوطني لتطوير المناهج، بالتعاون مع وزارة التربية والتعليم، إلى تحديث المناهج الدراسية وتطويرها؛ لتكون معينًا للطلبة على الارتقاء بمستواهم المعرفي، ومجاراة أقرانهم في الدول المتقدمة. يعدُّ هذا الكتاب واحدًا من سلسلة كتب المباحث العلمية التي تُعنى بتنمية المفاهيم العلمية، ومهارات التفكير وحلِّ المشكلات، ودمج المفاهيم الحياتية والمفاهيم العابرة للمواد الدراسية، والإفادة من الخبرات الوطنية في عمليات الإعداد والتأليف وَفق أفضل الطرائق المتَّبعة عالميًّا؛ لضمان انسجامها مع القِيَم الوطنية الراسخة، وتلبيتها لحاجات طلبتنا والكوادر التعليمية. جاء هذا الكتاب محقِّقًا مضامين الإطار العام والإطار الخاص للعلوم، ومعاييرها، ومؤشِّرات أدائها المتمثِّلة في إعداد جيل محيط بمهارات القرن الواحد والعشرين، وقادر على مواجهة التحديات، ومعتزٍّ – في الوقت نفسه – بانتمائه الوطني. وتأسيسًا على ذلك، فقد اعتمدت دورة التعلُّم الخماسية المنبثقة من النظرية البنائية التي تمنح الطلبة الدور الأكبر في العملية التعلُّمية التعليمية، وتوفِّر لهم فرصًا عديدة للاستقصاء، وحلِّ المشكلات، والبحث، واستخدام التكنولوجيا وعمليات العلم، فضلًا عن اعتماد المنحنى التكاملي STEAM في التعليم الذي يستعمل لدمج العلوم، والتكنولوجيا، والهندسة، والفن والعلوم الإنسانية، والرياضيات في أنشطة الكتاب المتنوعة، وفي قضايا البحث.

يحتوي الفصل الدراسي الثاني من كتاب علوم الأرض والبيئة للصف التاسع على ثلاث وَحدات دراسية هي: النظامُ الشمسيُّ، والنفاياتُ الصُّلبةُ، والغلافُ الجويُّ، وتحتوي كل وَحدة منها على تجربة استهلالية، وتجارب وأنشطة استقصائية متضمَّنة في الدروس، والموضوع الإثرائي في نهاية كل وَحدة. يضاف إلى ذلك الأسئلة التقويمية، بدءًا بالتقويم التمهيدي المتمثِّل في طرح سؤال في بداية كل وَحدة ضمن بند (أتأمَّل الصورة)، وانتهاءً بالأسئلة التكوينية المتنوعة في نهاية كل موضوع من موضوعات الدروس، فضلًا عن الأسئلة التقويمية في نهاية كل درس، والتقويم الختامي في نهاية كل وَحدة، التي تتضمَّن أسئلة تثير التفكير. وقد أُلحِقَ بالكتاب كتاب الأنشطة والتجارب العملية، الذي يحتوي على جميع التجارب والأنشطة الواردة في كتاب الطالب وأسئلة مثيرة للتفكير؛ لتساعده على تنفيذها بسهولة. ونحن إذ نقدم هذه الطبعة من الكتاب فإنا نأمل أن يسهِم في تحقيق الأهداف والغايات النهائية المنشودة لبناء شخصية المتعلم، وتنمية اتجاهات حب التعلُّم ومهارات التعلُّم المستمر، فضلًا عن تحسين الكتاب بإضافة الجديد إلى محتواه، وإثراء أنشطته المتنوعة، والأخذ بملاحظات الكوادر التعليمية.

واللّه وليّ التوفيق

المركز الوطني لتطوير المناهج



الوحدةُ 3

النظامُ الشمسيُّ
Solar System

قال تعالى:

﴿وَهُوَ ٱلَّذِى خَلَقَ ٱلَّيۡلَ وَٱلنَّهَارَ وَٱلشَّمۡسَ وَٱلۡقَمَرۖ كُلٌّ فِى فَلَكٍ يَسۡبَحُونَ﴾

(سورة الأنبياء : الآية 33)

أتأمَّلُ الصورةَ

تُعَدُّ الشمسُ مركزَ النظامِ الشمسيِّ، ويدورُ حولَها ثمانيةُ كواكبَ بمداراتٍ محدَّدةٍ، فما الخصائصُ التي تميّزُ الكواكبَ عن بعضِها؟ وما الفرضيّاتُ الأكثرُ قبولًا في تفسيرِ نشأتِها، ونشأةِ كلٍّ من الشمسِ والقمرِ؟

الفكرةُ العامةُ:

جاءتْ معرفتُنا اليومَ عن كيفيةِ نشأةِ النظامِ الشمسيِّ وخصائصِ مكوّناتِه نتيجةً لاكتشافاتٍ أنجزَها العلماءِ عبْرَ قرونٍ مضتْ.

الدرسُ الأولُ: نشأةُ النظامِ الشمسيِّ

الفكرةُ الرئيسةُ: تعدّدتِ الفرضيّاتُ، وظهرتْ تفسيراتٌ عدّةٌ من علماءِ الفلَكِ حولَ كيفيةِ نشأةِ الشمسِ، والكواكبِ، والقمرِ.

الدرسُ الثاني: مكوّناتُ النظامِ الشمسيِّ

الفكرةُ الرئيسةُ: يتكوّنُ النظامُ الشمسيُّ من الشمسِ، وأجرامٍ متنوعةٍ أخرى، مثلِ: الكواكبِ والكوَيكباتِ التي تدورُ حولَها في مداراتٍ محدَّدةٍ.

تجربةٌ استهلاليةٌ

مقارنةُ حجمِ كواكبِ النظامِ الشمسيِّ بحجمِ الأرضِ

تُعَدُّ الشمسُ إحدى النجومِ متوسّطةِ الحجمِ نسبةً إلى باقي نجومِ مجرّةِ دربِ التبّانةِ، وعلى الرغمِ من ذلكَ، فإنها أكبرُ حجمًا من كوكبِ المشتري الذي يُعَدُّ عملاقَ كواكبِ النظامِ الشمسيِّ بعشرةِ أضعافٍ تقريبًا. فما حجومُ كواكبِ النظامِ الشمسيِّ التقريبيّةِ؛ مقارنةً بحجمِ الأرضِ؟

الموادُّ والأدواتُ: معجونُ أطفالٍ بألوانٍ مختلفةٍ، مِسطرةٌ، بطاقاتٌ، مِقصٌّ، غِراءٌ أو شريطٌ لاصقٌ، جدولُ بياناتٍ يوضّحُ قطرَ الكوكبِ نسبةً لقطرِ الأرضِ.

الكوكبُ	قطرُ الكوكبِ نسبةً لقطرِ الأرضِ	الكوكبُ	قطرُ الكوكبِ نسبةً لقطرِ الأرضِ
عطاردُ	0.4	المشتري	11
الزُّهرةُ	1	زُحَلُ	9.5
الأرضُ	1	أورانوسُ	4
المرّيخُ	0.5	نبتونُ	3.9

إرشاداتُ السلامةِ: الحذرُ عندَ استخدامِ المِقصِّ، والاستعانةُ بمعلّمي/ معلّمتي عندَ الحاجةِ إلى ذلكَ.

خُطواتُ العملِ:

1. أصنعُ كُرةً من معجونِ الأطفالِ بقُطرِ (2 cm) لتمثّلَ كوكبَ الأرضِ، وأُلصقُ عليها بطاقةً باسمِ كوكبِ الأرضِ.
2. أحسُبُ طولَ قُطرِ كوكبِ عطاردَ بالاستفادةِ من المعلوماتِ المتوافرةِ في الجدولِ، فيكونُ طولُه $(0.4 \times 2 = 0.8\ \text{cm})$.
3. أصنعُ كرةً من معجونِ الأطفالِ بقُطرِ (0.8 cm) لتمثّلَ كوكبَ عطاردَ، وأُلصقُ عليها بطاقةً باسمِ الكوكبِ.
4. أكرّرُ الخطواتِ باستخدامِ معجونِ الأطفالِ؛ لصُنعِ كُراتٍ تمثّلُ باقيَ الكواكبِ: الزُّهرةِ، والمرّيخِ، والمشتري، وزُحَلَ، وأورانوسَ، ونبتونَ.

التّحليلُ والاستِنتاجُ:

1. **أرتّبُ** الكواكبَ حسبَ حجومِها تنازليًّا.
2. **أقارِنُ** بينَ حجمِ الكواكبِ الأربعةِ الأقربِ إلى الشمسِ وهي: عطاردُ، والأرضُ، والزُّهرةُ، والمرّيخُ، والكواكبِ الأربعةِ الأبعدِ عنها، وهي: المشتري، وزُحَلُ، وأورانوسُ، ونبتونُ.
3. **أستنتجُ** العلاقةَ بينَ حجمِ الكوكبِ، وبُعدِه عن الشمسِ.
4. **أتوقّعُ:** لماذا لا تتصادمُ الكواكبُ بعضُها ببعضٍ؟

نشأةُ النظامِ الشمسيِّ
Solar System Genesis

الدرسُ 1

الفكرةُ الرئيسةُ:
تعدّدتِ الفرضيّاتُ، وظهرتْ تفسيراتٌ عدّةٌ من علماءِ الفلَكِ حولَ كيفيةِ نشأةِ الشمسِ، والكواكبِ، والقمرِ.

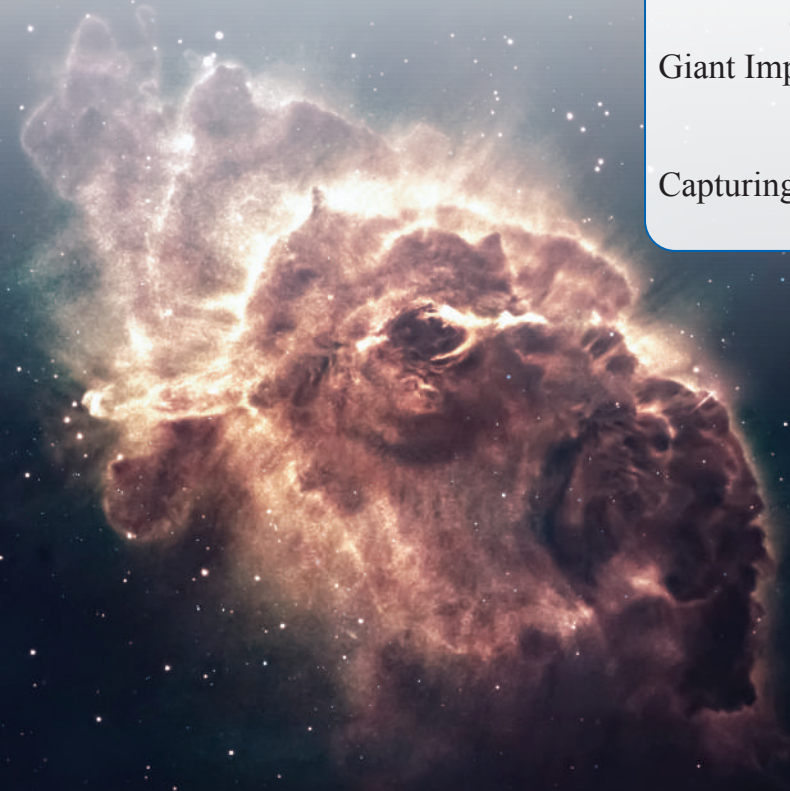
نتاجاتُ التعلُّمِ:
- أشرحُ مفهومَ السّديمِ ومكوناتِه.
- أتتبّعُ مراحلَ تكوُّنِ النظامِ الشمسيِّ من السّديمِ.
- أناقشُ أحدثَ فرضيّاتِ نشأةِ القمرِ.
- أتفكرُ في عظمةِ اللّهِ تعالى في نشأةِ النظامِ الشمسيِّ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:
السّديمُ Nebula
الفرضيّةُ السّديميّةُ Nebular Hypothesis
فرضيّةُ الانشطارِ Fission Hypothesis
فرضيّةُ الاصطدامِ العملاقِ Giant Impact Hypothesis
فرضيّةُ الالتقاطِ Capturing Hypothesis

نشأةُ الشمسِ والكواكبِ
Genesis of the Sun and Planets

تعلّمتُ في صفوفٍ سابقةٍ أن النجومَ أجسامٌ مضيئةٌ في الفضاءِ، أقربُها إلينا الشمسُ، ويفترضُ العلماءُ أنّ المادةَ الأوليّةَ التي تنشأُ منها النجومُ هي السّدُمُ الكونيّةُ التي تملأُ الفضاءَ الكونيَّ، ويُعرَّفُ **السّديمُ Nebula** بأنّهُ سحابةٌ كونيّةٌ من الغبارِ الكونيِّ، والغازاتِ التي يتكوّنُ معظمُها من غازَيِ الهيدروجينِ، والهيليومِ، ونسبةٍ ضئيلةٍ من العناصرِ الأخرى. أنظرُ الشكلَ (1). يفترضُ العلماءُ أنّ الشمسَ قد نشأتْ من سحابةٍ سديميّةٍ ذاتِ كثافةٍ أعلى من باقي المناطقِ السّديميّةِ المجاورةِ، وهذا ما تفترضُه الفرضيّةُ السّديميّةُ التي تُعَدُّ أكثرَ الفرضيّاتِ قبولًا في تفسيرِ نشأةِ النظامِ الشمسيِّ عندَ علماءِ الفلَكِ. فكيفَ فسّرتِ الفرضيّةُ السّديميّةُ نشأةَ الشمسِ والكواكبِ من مادةِ السّديمِ؟

الشكلُ (1): سديمٌ ونجومٌ في الفضاءِ.



تنصُّ **الفرضيّةُ السّديميّةُ** Nebular Hypothesis على أنّ "الأجرامَ السماويةَ جميعَها المكوِّنةَ للنظامِ الشمسيِّ، نشأتْ من مادةٍ أوليّةٍ واحدةٍ هي سحابةٌ ضخمةٌ تتكوّنُ في معظمِها من غازَي الهيدروجينِ، والهيليوم، وغبارٍ كونيٍّ، ومركّباتٍ هيدروجينيّةٍ مثلِ: الميثانِ، والأمونيا، وبخارِ الماءِ، انكمشتْ وتقلّصتْ تحتَ تأثيرِ الجاذبيةِ".

قالَ تعالى: ﴿ثُمَّ ٱسْتَوَىٰٓ إِلَى ٱلسَّمَآءِ وَهِيَ دُخَانٌ فَقَالَ لَهَا وَلِلْأَرْضِ ٱئْتِيَا طَوْعًا أَوْ كَرْهًا قَالَتَآ أَتَيْنَا طَآئِعِينَ﴾ (سورةُ فُصِّلَتْ: الآية 11).

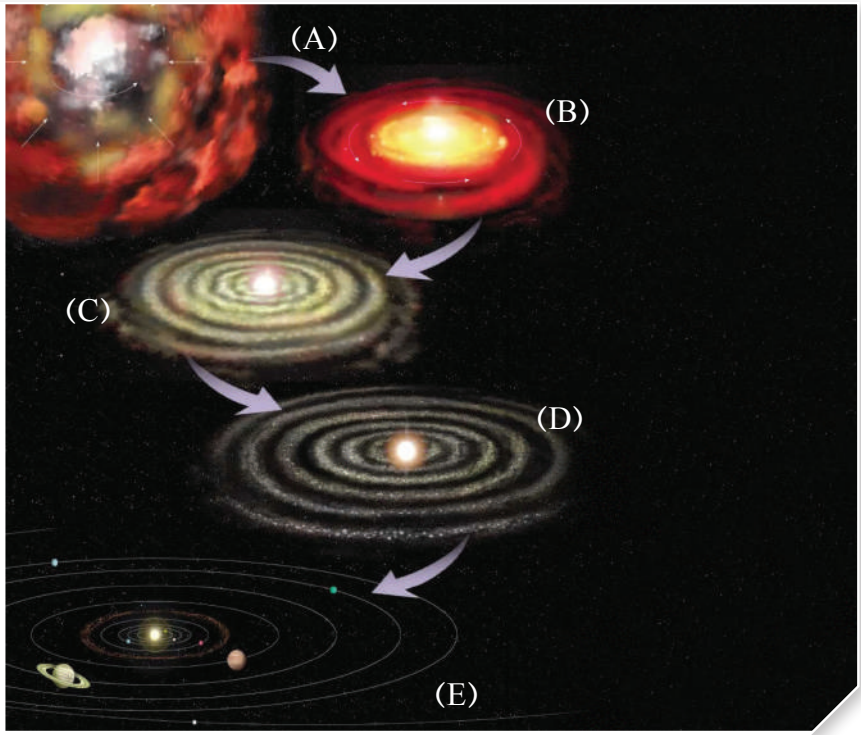
وقد تكوّنَ النظامُ الشمسيُّ نتيجةَ دورانِ السحابةِ السّديميّةِ الضّخمةِ حولَ نفسِها ببطءٍ، ما أدّى إلى انكماشِها نحوَ الداخلِ بتأثيرِ الجاذبيةِ، وزيادةِ سرعةِ دورانِها متّخذةً شكلَ القرصِ المفلطَحِ. ومعَ مرورِ الوقتِ، انفصلتْ بعضُ الموادِّ الغازيّةِ المكوِّنةِ للقرصِ المفلطَحِ على شكلِ حلقاتٍ شكّلتْ أنويةَ الكواكبِ في ما بعدُ، وحدثَ ذلكَ نتيجةً لاستمرارِ انكماشِ القرصِ، وزيادةِ سرعةِ دورانِه. أما الجزءُ الأكبرُ من القرصِ المفلطَحِ فقدِ انجذبَ إلى المركزِ مكوِّنًا ما يُعرفُ بالشمسِ البدائيةِ. وباستمرارِ انخفاضِ درجةِ الحرارةِ داخلَ القرصِ تشكّلتِ الكواكبُ معَ الزمنِ. أنظرُ الشكلَ (2).

✓ **أتحقّقُ:** أحدِّدُ مراحلَ نشأةِ النظامِ الشمسيِّ؛ وَفقَ الفرضيّةِ السّديميّةِ.

أبحثُ:

أستعينُ بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ لديَّ ومنها شبكةُ الإنترنت، وأبحثُ عن فرضيّةِ المدِّ الغازيِّ التي فسّرتْ نشأةَ النظامِ الشمسيِّ، وأصمّمُ عرضًا تقديميًّا، وأعرضُهُ أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

أفكّرُ أتوقعُ: في ضوءِ دراستيَ الفرضيةَ السّديميةَ؛ كيفَ تكوّنتِ الأجرامُ السماويةُ الصغيرةُ مثلُ: الكويكباتِ والمذنّباتِ؟



الشكلُ (2): نشأةُ النظامِ الشمسيِّ، بحسبِ الفرضيّةِ السّديميّةِ؛ وَفقَ المراحلِ الآتيةِ:

(A): سحابةٌ ضخمةٌ.

(B): قرصٌ مفلطَحٌ.

(C): حلقاتٌ غازيّةٌ داخلَ القرصِ.

(D): تكوُّنُ الشمسِ البدائيةِ.

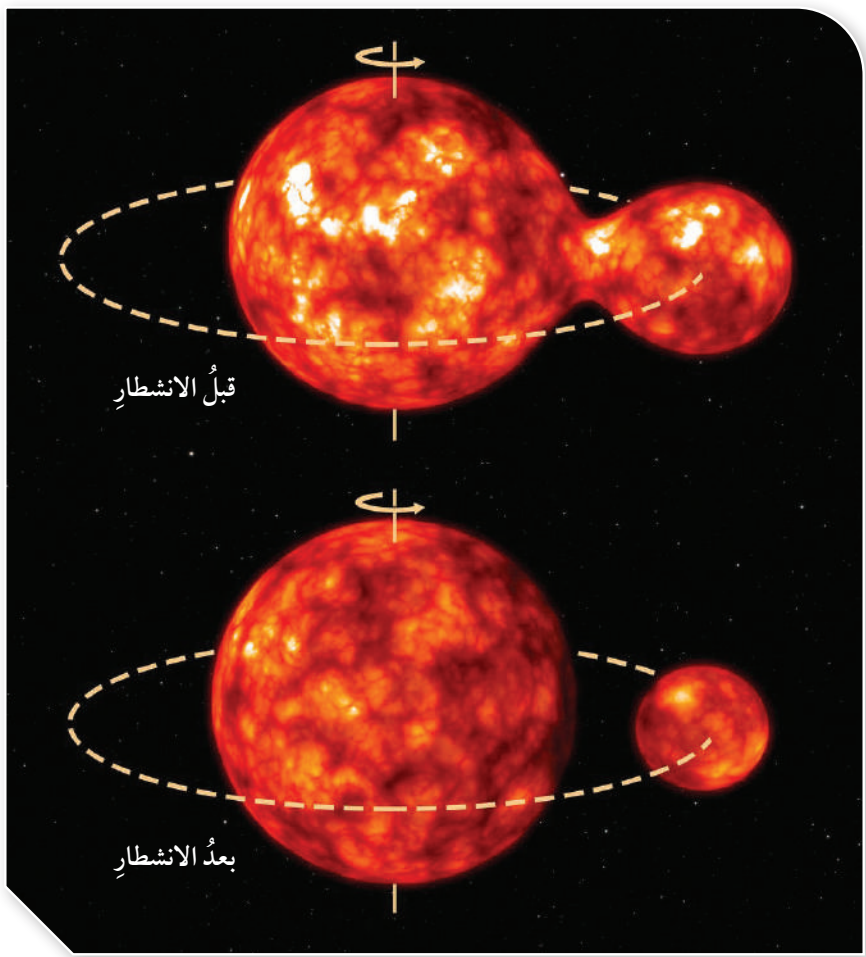
(E): تكوُّنُ الكواكبِ.

فرضيّاتُ نشأةِ قمرِ الأرضِ
Hypotheses of the Moon's Genesis

يُعَدُّ قمرُ الأرضِ من أوضحِ الأجرامِ السماويةِ التي يمكنُ مشاهدتُها بسهولةٍ ليلًا، وهو الجارُ الأقربُ إلى الأرضِ في الفضاءِ. وقبلَ حصولِ العلماءِ على عَيّناتٍ صخريّةٍ من سطحِ القمرِ، كانَ هناكَ فرضيّاتٌ عدّةٌ تبحثُ في كيفيةِ نشوءِ القمرِ، أهمُّها:

فرضيّةُ الانشطارِ Fission Hypothesis

تُسمّى الفرضيّةُ التي تنصُّ على أنّ "القمرَ كانَ جزءًا من الأرضِ، ثمّ بسببِ سرعةِ دوَرانِ الأرضِ قديمًا في بدايةِ تكوُّنِ النظامِ الشمسيِّ، انشطرَ عنها" **فرضيّةَ الانشطارِ Fission Hypothesis**. أنظرُ الشكلَ (3). وقدِ استندَ العلماءُ في هذهِ الفرضيّةِ على تشابُهِ خواصِّ كلٍّ من: سطحِ القمرِ، والقشرةِ الأرضيّةِ.



الشكلُ (3): نشأةُ القمرِ؛ بناءً على فرضيّةِ الانشطارِ.
أفسّرُ سببَ تشابهِ القمرِ والأرضِ بالتركيبِ في ضوءِ فرضيّةِ الانشطارِ.

أفكّرُ كيفَ تمكّنَ العلماءُ من الحصولِ على عَيّناتٍ صخريّةٍ من سطحِ القمرِ؟

الرّبطُ بالتكنولوجيا

تتّجهُ وكالةُ الفضاءِ الأمريكيةِ ناسا (NASA) إلى تشييدِ قاعدةٍ دائمةٍ يقيمُ فيها روّادُ الفضاءِ على سطحِ القمرِ، ومن المحتملِ أن تُقامَ هذه القاعدةُ بالقربِ من القطبِ الجنوبيِّ للقمرِ، وأن تُستخدمَ مركزًا علميًّا، وتأمينَ نقطةٍ للتزوُّدِ بالوقودِ في الفضاءِ، وقد تصبحُ خطوةَ البدايةِ على طريقِ الرحلاتِ المأهولةِ إلى كوكبِ المرّيخِ.

فرضيّةُ الاصطدامِ العملاقِ Giant Impact Hypothesis

تنصُّ **فرضيّةُ الاصطدامِ العملاقِ Giant Impact Hypothesis** على أنّ "جسمًا صخريًّا بحجمِ كوكبِ المرّيخِ يسمّى (ثِيا) Theia اصطدمَ بالأرضِ عندما كانتْ لا تزالُ منصهرةً بمعظمِها؛ مشكّلًا قرصًا من الحطامِ الصخريِّ يحيطُ بالأرضِ، ويتكوّنُ هذا القرصُ من موادَّ من ستارِ الأرضِ، إضافةً إلى جزءٍ من اللّبِّ الحديديِّ للجسمِ الصخريِّ الصادمِ. وتدريجيًّا تجمّعَ هذا الحطامُ معًا ليشكّلَ جسمًا صخريًّا واحدًا تابعًا للأرضِ، وهو القمرُ". أنظرُ الشكلَ (4).

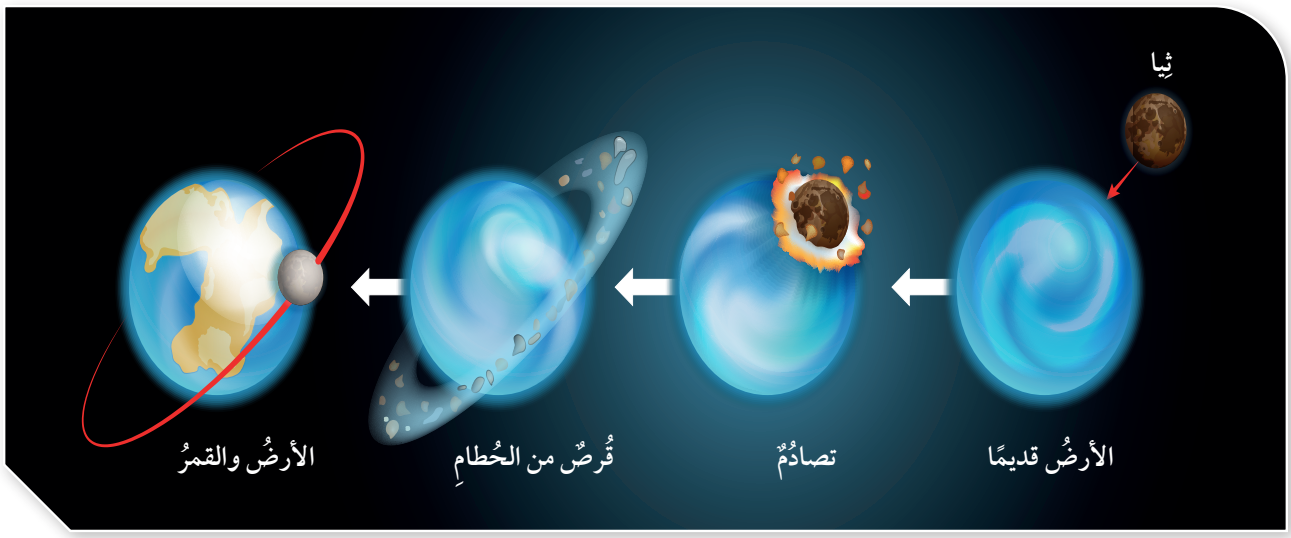
فرضيّةُ الالتقاطِ Capturing Hypothesis

تنصُّ **فرضيّةُ الالتقاطِ Capturing Hypothesis** على أنَّ " القمرَ تشكّلَ في جزءٍ ما من النظامِ الشمسيِّ، وفي أثناءِ حركتِه في الفضاءِ اقتربَ من الأرضِ، وأمسكتْ به بفعلِ قوّةِ الجَذبِ المتبادَلةِ، وما زالَ يدورُ حولَ الأرضِ حتى الآنَ".

✓ **أتحقَّقُ:** أذكرُ نصَّ فرضيّةِ الانشطارِ.

الشكلُ (4): مراحلُ نشأةِ القمرِ؛ وفقًا لفرضيّةِ الاصطدامِ العملاقِ.

أتوقّعُ: ماذا يمكنُ أن يحدثَ لو كانَ الجسمُ الصخريُّ المصطدِمُ بالأرضِ بحجمِ الشمسِ؟



الرّبطُ بالتاريخِ

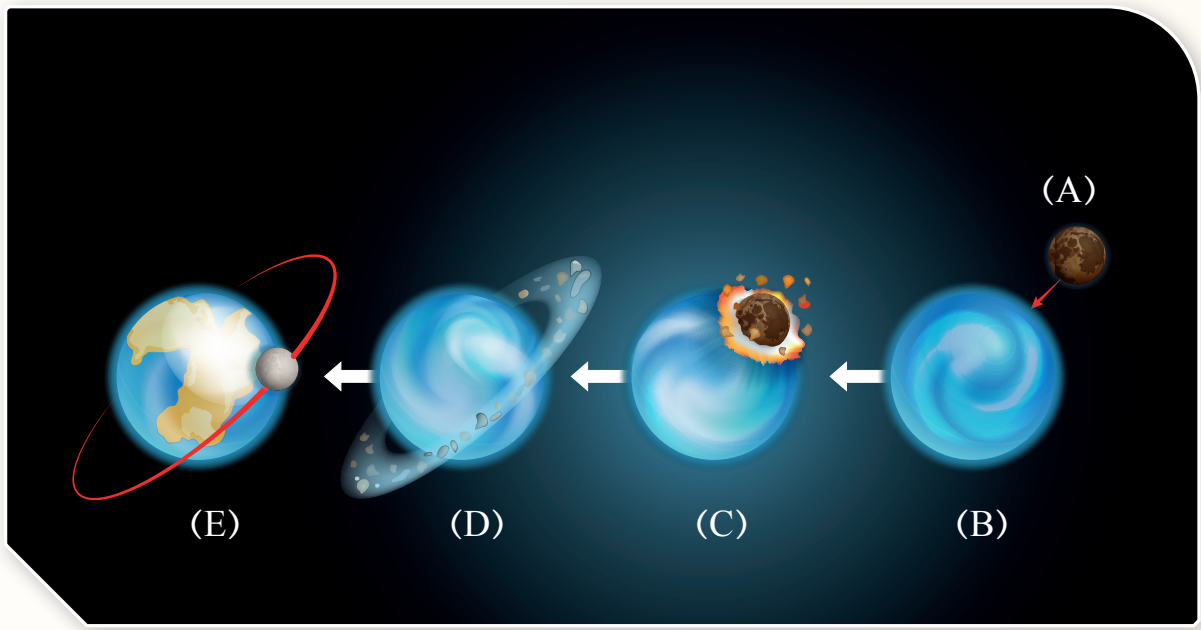
يُعرَفُ التقويمُ الهجريُّ بالتقويمِ القمريِّ؛ لأنّه يعتمدُ على دوَرانِ القمرِ حولَ الأرضِ، إذ يكتملُ الشهرُ الهجريُّ باكتمالِ دوَرانِ القمرِ حولَ الأرضِ، وذلك على عكسِ التقويمِ الميلاديِّ (الشمسيِّ) الذي يعتمدُ على دوَرانِ الأرضِ حولَ الشمسِ.

أبحثُ:

توجَدُ فرضيّاتٌ أخرى تفسّرُ نشأةَ القمرِ، ومنها: فرضيّةُ التراكمِ Accretion Hypothesis. أستعينُ بشَبَكةِ الإنترنت للوصولِ إلى مواقعَ إلكترونيّةٍ متخصّصةٍ بعلمِ الفلَكِ، وأبحثُ عن هذهِ الفرضيّةِ، وأصمّمُ عرضًا تقديميًّا، وأعرضُهُ أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

مراجعةُ الدرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ**: أصفُ المراحلَ التي نشأَ بها النظامُ الشمسيُّ.
2. أوضِّحُ الغازاتِ الرئيسةَ التي يتكوّنُ منها السّديمُ.
3. أتتبّعُ مراحلَ نشأةِ القمرِ؛ وفقًا لفرضيّةِ الانشطارِ.
4. **أتوقّعُ**: هل تتشابهُ خواصُّ القشرةِ الأرضيّةِ معَ خواصِّ سطحِ القمرِ؛ وفقًا لفرضيّةِ الالتقاطِ؛ مسوّغًا إجابتي؟
5. يمثِّلُ الشكلُ الآتي مراحلَ نشأةِ القمرِ؛ وفقًا لفرضيّةِ الاصطدامِ العملاقِ. أدرسُهُ جيدًا، ثمّ أجيبُ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:



أ – أذكرُ نصَّ فرضيّةِ الاصطدامِ العملاقِ.

ب– أحدِّدُ ما تشيرُ إليهِ الرموزُ الآتيةُ: (A, B, C, D, E).

ج– **أتوقّعُ**: هلْ يتشابهُ القمرُ والأرضُ بالتركيبِ في ضوءِ هذهِ الفرضيّةِ؟ لماذا؟

6. **السببُ والنتيجةُ**: لِماذا حدَثَ انكِماشٌ للسَديمِ المُكوِّنِ لِلنظامِ الشَمسيِّ بِحَسبِ الفرضيَّةِ السَّديميَّةِ.

الدرسُ 2

مكوناتُ النظامِ الشمسيِّ
Components of the Solar System

الفكرةُ الرئيسةُ:
يتكوّنُ النظامُ الشمسيُّ من الشمسِ، وأجرامٍ متنوعةٍ أخرى، مثلِ: الكواكبِ والكوَيكباتِ التي تدورُ حولَها في مداراتٍ محدَّدةٍ.

نتاجاتُ التعلُّمِ:
- أصفُ خصائصَ القمرِ والكواكبِ.
- أوضّحُ المقصودَ بالكوَيكباتِ وكيفيةَ نشأتِها.
- أصمّمُ نموذجًا للشمسِ وتوابعِها.
- أشرحُ قوانينَ كبلر لحركةِ الكواكبِ.
- أثمّنُ دورَ علماءِ الفلكِ في تعرُّفِ مكوناتِ النظامِ الشمسيِّ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:
الكواكبُ الأرضيّةُ
Terrestrial Planets
الكواكبُ العملاقةُ
The Giant Planets
الفوّهاتُ Craters
الكوَيكباتُ Asteroids
حزامُ الكوَيكباتِ Asteroids Belt
الأوجُ Aphelion
الحضيضُ Perihelion

كواكبُ النظامِ الشمسيِّ Planets of the Solar System

تعلمتُ في صفوفٍ سابقةٍ أنَّ الكواكبَ أجرامٌ سماويةٌ تستمدُّ ضوءَها منَ الشمسِ، وأنَّ النظامَ الشمسيَّ يتضمّنُ ثمانيةَ كواكبَ تدورُ حولَ الشمسِ بمداراتٍ محدَّدةٍ، وباتجاهٍ واحدٍ، وهذهِ الكواكبُ منها ما هو صغيرُ الحجمِ، ومنها ما هو كبيرٌ، وبعضُ تلكَ الكواكبِ يمتلكُ أقمارًا تدورُ حولَه، وبعضُها الآخرُ يفتقرُ لأيِّ قمرٍ، وبعضُها سطحُه ساخنٌ جدًّا؛ لقُربِه من الشمسِ، وبعضُها الآخرُ سطحُه باردٌ جدًّا؛ لبُعدِه عن الشمسِ؛ لذا، تُقسَمُ الكواكبُ إلى قسمينِ: الكواكبُ الأرضيّةُ، وهي: عطاردُ، والزُّهرةُ، والأرضُ، والمرّيخُ. والكواكبُ العملاقةُ، وهي: المشتري، وزُحَلُ، وأورانوسُ، ونبتونُ.

الكواكبُ الأرضيّةُ Terrestrial Planets

تُعرفُ **الكواكبُ الأرضيّةُ** Terrestrial Planets أيضًا بالكواكبِ الداخليّةِ، أوِ الكواكبِ الصخريةِ، وهي الكواكبُ التي تدورُ في المداراتِ الأقربِ إلى الشمسِ، وتُرتَّبُ بحسبِ بُعدِها عن الشمسِ، على النحوِ الآتي: عطاردُ، والزُّهرةُ، والأرضُ، والمرّيخُ.

عطاردُ Mercury: أصغرُ كواكبِ النظامِ الشمسيِّ وأقربُها للشمسِ، ويمكنُ رؤيتُه بالعينِ المجرَّدةِ في السماءِ. أنظرُ الشكلَ (5). يستغرقُ دورانُ كوكبِ عطاردَ حولَ الشمسِ 88 earth days، وتمثّلُ هذه المدّةُ سَنتَهُ، ويستغرقُ دورانُه حولَ نفسِه دورةً كاملةً قُرابَةَ 59 earth days، ما يؤدّي إلى انخفاضِ درجةِ حرارتِه ليلًا؛ لتصلَ قُرابَةَ (-180°C)، وارتفاعِها عندَ منتصفِ النهارِ؛ لتصلَ إلى (427°C).

الشكلُ (5): كوكبُ عطاردَ.

الشكلُ (6): كوكبُ الزُّهرةِ.

الزُّهـرةُ Venus: أقـربُ الكواكبِ إلى الأرضِ، ويشـبهُها مـن حيثُ الحجمُ والكثافـةُ إلـى حدٍّ كبيـرٍ. ويُعَدُّ من أسـطعِ الأجـرامِ السـماويةِ التي نشـاهدُها في السـماءِ بعدَ الشـمسِ والقمرِ، ويسـتغرقُ دورانُـه حولَ الشـمسِ 225 earth days وحـولَ نفسِـه 243 earth days، مـا يـدلُّ علـى أنه الكوكـبُ الوحيدُ الـذي يكونُ يومُـه أطولَ من سَـنَتِه. كمـا أنَّ درجةَ حرارتِه السـطحيةِ مرتفعةٌ جـدًّا، وتصلُ إلى (465 °C). وهـذا يعنـي أنّهـا أعلـى من درجةِ حـرارةِ كوكـبِ عطاردَ السـطحيةِ؛ حيـثُ يتكـوّنُ غلافُـه الجويُّ بنسـبةِ 95% من غازِ ثاني أكسـيدِ الكربـونِ؛ إضافةً إلـى أكاسـيدِ الكبريتِ والقليـلِ من بخارِ المـاءِ. أنظرُ الشـكلَ (6).

الأرضُ Earth: ثالثُ الكواكبِ بُعدًا عن الشمسِ، إذ يبعدُ عنِ الشمسِ وحدةً فلكيّةً واحدةً (1 au)، حيثُ إنّ الوحدةَ الفلكيةَ الواحدةَ (au) تمثّلُ بُعدَ الأرضِ عن الشمسِ، وتساوي (149.6 million km). ويُعدُّ الكوكبَ الوحيدَ في النظامِ الشمسيِّ الذي يتمتعُ بظروفٍ مناسبةٍ لدعمِ الحياةِ. أنظرُ الشكلَ (7).

✓ **أتحقَّقُ**: أقارِنُ بينَ كوكبَيْ عطاردَ والزُّهرةِ من حيثُ البُعدُ عن الشمسِ، ودرجةُ حرارةِ السطحِ.

الشكلُ (7): كوكبُ الأرضِ.

أفكّرُ

السببُ والنتيجةُ: لماذا يُطلَقُ على كوكبِ الزُّهرةِ اسمُ نجمةِ الصباحِ، ونجمةِ المساءِ؟

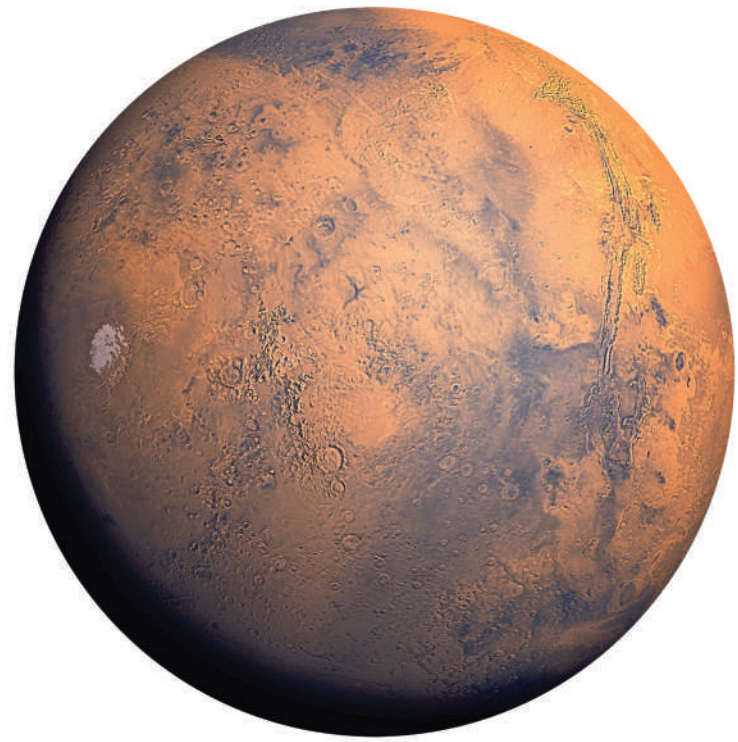
الرّبطُ بالبيئةِ

تُعَـدُّ الأمطـارُ الّتـي تسـقطُ علـى سـطحِ كوكـبِ الزُّهـرةِ أمطـارًا حمضيّـةً، ويعـودُ السـببُ فـي ذلـكَ إلـى احتـواءِ غلافِه الجويِّ السـميكِ علـى غـازِ ثانـي أكسـيدِ الكبريـتِ الـذي يتصـاعدُ مـن الـبراكينِ المنتشـرةِ على سـطحِ هذا الكوكبِ.

المرّيخُ Mars: رابعُ الكواكبِ بُعدًا عن الشمسِ، ويتميزُ بلَونِ تُربَتِهِ المائلِ إلى الحُمرةِ، وذلكَ لِغِناها بأكاسيدِ الحديدِ. ويمتازُ بأنَّ غلافَهُ الجويَّ رقيقٌ، ويتكوّنُ في معظمِه من غازِ ثاني أكسيدِ الكربونِ، وقليلٍ من غازَيِ الأرغونِ والنيتروجينِ، ونسبةٍ ضئيلةٍ جدًّا من غازِ الأكسجينِ، وبخارِ الماءِ، ويسودُ سطحَ المرّيخِ البردُ القارسُ؛ بسببِ بُعدِه عن الشمسِ. أنظرُ الشكلَ (8).

الكواكبُ العملاقةُ The Giant Planets

تُعرفُ **الكواكبُ العملاقةُ The Giant Planets** أيضًا بالكواكبِ الخارجيّةِ أو الكواكبِ الغازيةِ، وهي الكواكبُ الأبعدُ عن الشمسِ، وهي ذاتُ غُلفٍ جويّةٍ ضخمةٍ، وعميقةٍ تتكوّنُ في معظمِها من غازَيِ الهيدروجينِ والهيليومِ، وهي على الترتيبِ: المشتري، وزُحَلُ، وأورانوسُ، ونبتونُ. ودرجةُ حرارةِ سطحِ كلٍّ من هذهِ الكواكبِ تتراوحُ بين (140°C-) على المشتري، و(220°C-) على نبتونَ.



الشكلُ (8): كوكبُ المرّيخ.

الرّبطُ بالفيزياءِ

يقيسُ العلماءُ المسافاتِ بينَ الكواكبِ في الفضاءِ بطريقتينِ: إحداهُما استخدامُ الوحدةِ الفلكيةِ (au)، أمّا الطريقةُ الأخرى، فهيَ استخدامُ سرعةِ الضوءِ، إذ ينتقلُ الضوءُ في الفضاءِ بسرعةٍ تقدّرُ بحوالي 300,000 km/s تقريبًا.

الرّبطُ بالفلَكِ

أخرجَ علماءُ الفلَكِ كوكبَ بلوتو من كواكبِ النظامِ الشمسيِّ؛ لأنَّ من أهمِّ شروطِ الكوكبِ أن يكونَ حجمُهُ أكبرَ بكثيرٍ من حجمِ الأقمارِ التي تدورُ حولَه، ولم يحقِّقْ بلوتو هذا الشرطَ، ومعَ أنّه يُشبهُ الكواكبَ الأرضيّةَ من حيثُ التكوينُ الصخريُّ والكثافةُ، فهو قريبٌ من الكواكبِ العملاقةِ؛ لذلك، افترضَ العلماءُ بأنه قمرٌ تابعٌ لكوكبِ نبتونَ وليسَ كوكبًا.

الشكلُ (9): كوكبُ المشتري.

المشتري Jupiter: أكبرُ الكواكبِ حجمًا في النظام الشمسيِّ، ومن أكثرِ الظواهرِ التي يتميّزُ بها وجودُ البُقعـةِ الحمراءِ الكبرى بيضاويّـةِ الشكلِ على سطحِه، وتسمّى عينَ المشتري بسببِ شكلِها، وتدورُ هذهِ البقعةُ مع الكوكبِ محافِظةً على موقعِها من دونِ تغيّرٍ. ويفترضُ العلماءُ أنّها نظامٌ من العواصفِ الشديدةِ، وما يزالونَ غيرَ متأكدينَ من طبيعتِها. أنظرُ الشكلَ (9).

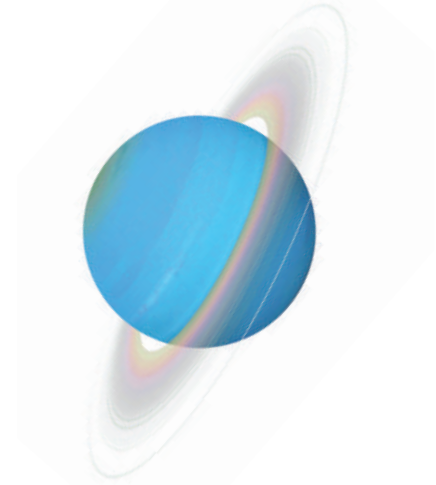
زُحَلُ Saturn: ثاني كوكبٍ عملاقٍ من حيثُ الحجمُ في النظامِ الشمسيِّ، ويمكِنُ رؤيتُه بسهولةٍ بالعينِ المجرَّدةِ إذا أمكنَ تحديدُ موقعِه في السماءِ؛ نظرًا لسطوعِهِ الشديدِ. يحيطُ بالكوكبِ حلقاتٌ عديدةٌ وسميكةٌ تتكوّنُ من رمالٍ وأتربةٍ وشظايا مغلَّفةٍ بطبقةٍ جليديّةٍ صغيرةِ الحجمِ. ويفترضُ العلماءُ أنّ أصلَ هذهِ الحلقاتِ أجزاءٌ من مخلّفاتِ تصادُمِ أقمارِ زُحَلَ بالمذنّباتِ، والكوَيكباتِ. أنظرُ الشكلَ (10).

أورانوسُ Uranus: يظهرُ كقُرصٍ أخضرَ مزرقٍّ، ويُعَدُّ الكوكبَ الوحيدَ الذي يضطجعُ على جانبِه، بمعنى أنّه في أثناءِ دوَرانِه حولَ الشمسِ، يواجِهُ أحدُ قطبَيهِ الشمسَ، ثمّ يواجهُها القطبُ الآخرُ في تعاقبٍ. أنظرُ الشكلَ (11).

نبتونُ Neptune: يظهرُ على شكلِ قرصٍ أزرقِ اللونِ، وهو أبعدُ الكواكبِ عن الشمسِ، ويلاحَظُ وجـودُ بقعةٍ داكنةٍ في النصفِ الجنوبيِّ منـهُ، يفترضُ العلماءُ أنّها عاصفةٌ دوَرانيةٌ. أنظرُ الشكلَ (12).

أتحقَّقُ: أفسِّرُ لماذا سُمّيَ كوكبُ المرّيخِ بالكوكبِ الأحمرِ.

الشكلُ (10): كوكبُ زُحَلَ.



الشكلُ (11): كوكبُ أورانوسَ.

أفكّرُ

أتوقّعُ: ما أثرُ التكوينِ الغازيِّ في حجمِ كلٍّ من: كوكبِ المشتري، وكوكبِ زُحَلَ؟

الشكلُ (12): كوكبُ نبتونَ.

أقمارُ الكواكبِ Moons Planets

يتبَعُ معظمَ الكواكبِ عددٌ من الأقمارِ تختلفُ في حجومِها وأعدادِها بحسَبِ قوّةِ جاذبيّةِ الكوكبِ وبُعدِه عنِ الشمسِ، وللكواكبِ العملاقةِ جميعِها أقمارٌ متعدّدةٌ، تدورُ في مداراتٍ شبْهِ دائريّةٍ حولَ كوكبِها. وبتطورِ العلمِ وتقنياتِ استكشافِ الفضاءِ، يُتوقّعُ أن يكتشفَ العلماءُ أقمارًا جديدةً.

أفكّرُ السَببُ والنتيجةُ: لماذا يظهرُ القمرُ بأطوارٍ مختلفةٍ في أثناءِ دورانِه حولَ الأرضِ؟

خصائصُ قمرِ الأرضِ Characteristics of the Earth's Moon

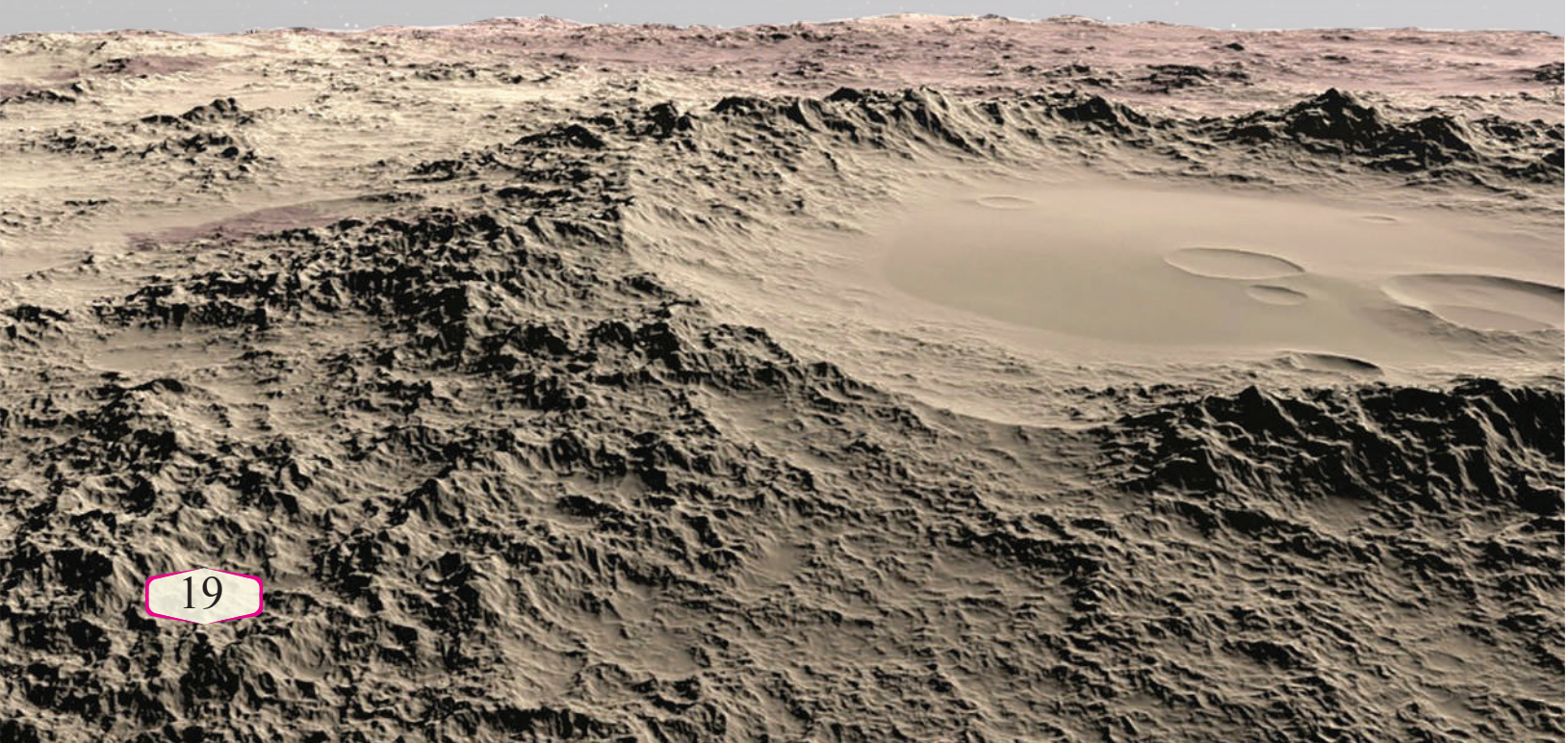
بدأتْ رحلاتُ استكشافِ القمرِ منذُ عامِ 1959م حتى الوقتِ الحالي، تزوّدَ العلماءُ فيها ببياناتٍ ومعلوماتٍ عن طبيعةِ صخورِه، وكثيرٍ من خصائصِه، ومن المَركباتِ الفضائيةِ التي هبطتْ على سطحِ القمرِ "سيرفيورُ1" التي كشفتْ أنّ سطحَ القمرِ صخريٌّ صُلبٌ يمكنُ الهبوطُ عليه.

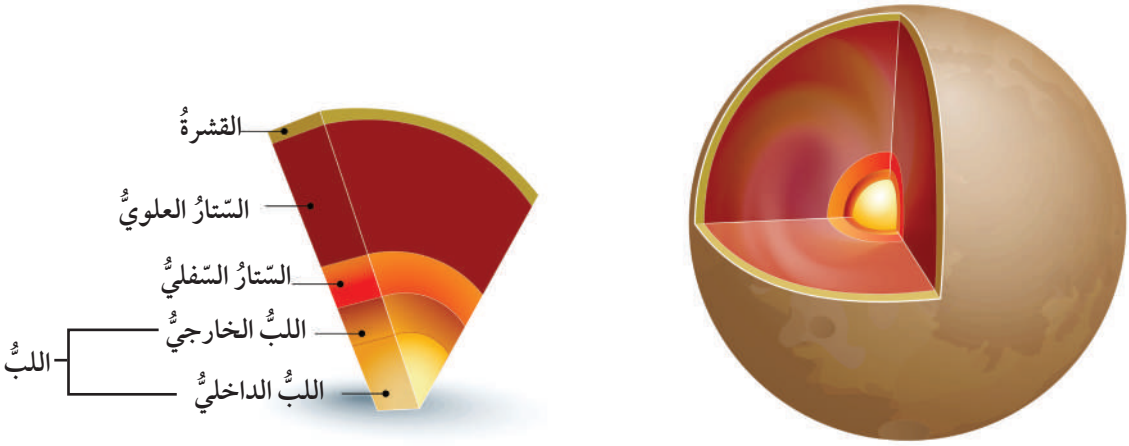
وقد كشفتِ الصوَرُ التي التقطتْها المَركبةُ الفضائيةُ "غاليليو" للقمرِ وهي في طريقِها إلى كوكبِ المشتري، أنّ سطحَهُ متنوّعُ التضاريسِ، مثلُهُ مثلُ سطحِ الأرضِ، ومنَ الأمثلةِ عليها: **الفوهاتُ Craters** التي تملأُ سطحَ القمرِ، وهيَ حُفَرٌ مستديرةٌ بأعدادٍ كبيرةٍ، وبحجومٍ مختلفةٍ، تكوّنتْ نتيجةَ خروجِ الحممِ البركانيةِ، أو نتيجةَ اصطدامِ النيازكِ بسطحِ القمرِ. ويقدَّرُ أنّ على سطحِه ما يزيدُ على 500 ألفِ فوّهةٍ، قُطرُ كلٍّ منها يتجاوزُ (1 km) . أنظرُ الشكلَ (13).

الرّبطُ بالتكنولوجيا

غاليليو مَركبةٌ فضائيّةٌ غيرُ مأهولةٍ، أرسلتْها وكالةُ ناسا (NASA) لدراسةِ كوكبِ المشتري وأقمارِه. وقد سمّيتْ على اسمِ عالِمِ الفلَكِ غاليليو غاليلي، أُطلِقتْ في العامِ 1989م من قِبَلِ مكوكِ الفضاءِ أتلانتيس الذي وصلَ إلى كوكبِ المشتري عامَ 1995م.

الشكلُ (13): بعضُ تضاريسِ سطحِ القمرِ.
أحدّدُ: ماذا تمثّلُ الحفرةُ المستديرةُ التي تظهرُ على سطحِ القمرِ؟





الشكلُ (14): مقطعٌ عرضيٌّ يوضّحُ طبقاتِ القمرِ (أنطقتَه).
أتوقّعُ: ممَّ تتكوّنُ قشرةُ القمرِ؟

أمّا تربةُ القمرِ، فتتكوّنُ من حُبيباتٍ ناعمةٍ مفكّكةٍ، معظمُها من الصخورِ البازلتيّةِ المكوِّنةِ لسطحِ القمرِ. ويفترضُ العلماءُ أنّ القمرَ يتركّبُ من ثلاثِ طبقاتٍ رئيسةٍ هي: اللبُّ، والسّتارُ، والقشرةُ. أنظرُ الشكلَ (14). ويتضمّنُ الجدولُ (1) بياناتٍ إحصائيةً عن قمرِ الأرضِ.

الجدولُ (1): بياناتٌ إحصائيةٌ عن قمرِ الأرضِ.

متوسّطُ بُعدِه عن الأرضِ	384,400 km
متوسّطُ درجةِ حرارةِ سطحِه	تتراوحُ بينَ (-272°C) و (127°C)
جاذبيّتُه	1/6 جاذبيّةِ الأرضِ
قُطرُه	3475 km تقريبًا
مَيلُ مِحورِه	1.5°

أفكّرُ
أتوقّعُ: ماذا يمكنُ أن يحدثَ لو أصبحتْ جاذبيةُ القمرِ نصفَ جاذبيةِ الأرضِ؟

أبحثُ:
أستعينُ بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ لديَّ، ومنها الموقعُ الإلكترونيُّ لوكالةِ الفضاءِ الدوليّةِ (ناسا) NASA، وأبحثُ في تقنياتِ استكشافِ القمرِ الحديثةِ، وأعرضُ ما توصلتُ إليه أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ بالطريقةِ التي أراها مناسبةً.

الكوَيكباتُ Asteroids

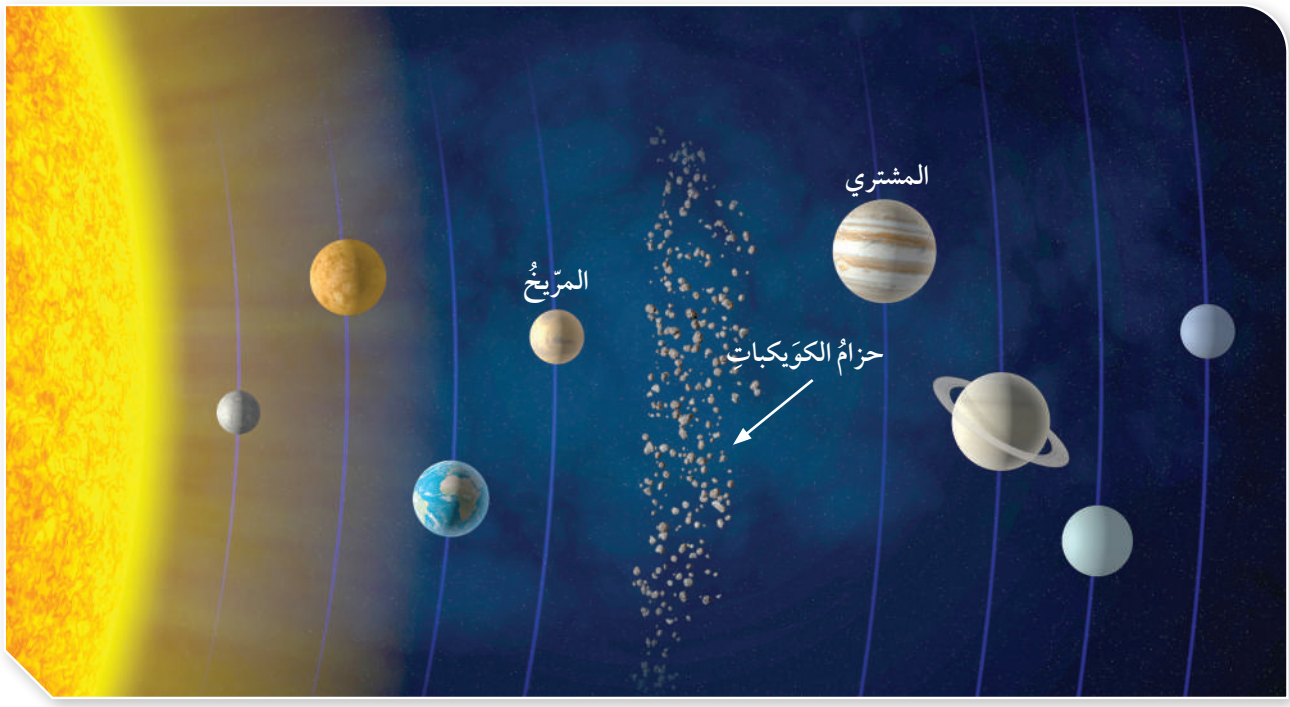
تعرَفُ **الكوَيكباتُ Asteroids** بأنّها أجرامٌ سماويةٌ صخريةٌ صغيرةُ الحجمِ، تدورُ حولَ الشمسِ بمداراتٍ إهليليجيةٍ، وتتجمّعُ بشكلٍ رئيسٍ في المدارِ المحصورِ بينَ كوكبَي المرّيخِ والمشتري ضمْنَ حزامٍ يضمُّ مئاتِ الآلافِ من الكوَيكباتِ يُطلقُ عليهِ اسمُ **حزام الكوَيكباتِ Asteroids Belt**. أنظرُ الشكلَ (15). ويفترضُ بعضُ العلماءِ أنّ أصلَ هذه الكوَيكباتِ هي بقايا كوكبٍ ضخمٍ، كانَ يقعُ بينَ المرّيخِ والمشتري، وانفجرَ لأسبابٍ غيرِ معروفةٍ، ونتجَ من ذلكَ هذا العددُ الكبيرُ من الكوَيكباتِ، ويفترضُ علماءُ آخرونَ أن تلكَ الكوَيكباتِ ما هي إلّا مادةٌ كانتْ تتجمّعُ؛ لكي تكوّنَ كوكبًا يقعُ بين المرّيخِ، والمشتري مثلَ الكواكبِ الأخرى؛ إلّا أنَّ تكوينَه لم يكتملْ. وتتفاوتُ حجومُ هذه الكوَيكباتِ تفاوُتًا كبيرًا، فأكبرُها الكوَيكبُ سيريسُ Ceres، الذي يبلغُ قطرُهُ (950 km)، وأصغرُها لا يتجاوزُ حجمَ قطعِ الحصى الصغيرةِ.

الرّبطُ بالفلَكِ

تنبّأَ الفلكيُّ جيرارد كايبرَ Gerard Kuiper عامَ 1951م بوجودِ حزامٍ يتكوّنُ من أجرامٍ سماويةٍ جليديةِ التركيبِ، وافترضَ أنّها من بقايا تكوُّنِ النظامِ الشمسيِّ، تقعُ خارجَ مدارِ كوكبِ نبتونَ. وقد سُمِّيَ هذا الحزامُ باسمِ حزامِ كايبرَ؛ تكريمًا له.

أبحثُ:
أستعينُ بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ لديَّ، وأبحثُ عن تركيبِ الكوَيكباتِ بحسبِ موقعِها ضمنَ حزامِ الكوَيكباتِ؛ وأعرضُ ما توصلتُ إليه أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

أتحقَّقُ: أُوضّحُ: ما المقصودُ بحزامِ الكوَيكباتِ؟



الشكلُ (15): موقعُ حزامِ الكوَيكباتِ.

نشاطٌ

نمذجةُ النظامِ الشمسيّ

تدورُ الكواكبُ حولَ الشمسِ في مداراتٍ شبْهِ دائريةٍ (إهليليجيةٍ)، وتشكّلُ معها نظامًا يُعرفُ بالنظامِ الشمسيِّ.

أصوغُ فرضيّةً بالتعاونِ معَ زُملائي/ زَميلاتي لتوْضيحِ العلاقةَ بينَ بُعدِ الكوكبِ عَنِ الشمسِ وسرعتهِ المداريّةِ.

أختبرُ فرضيّتي: أدرسُ الجدولَ الآتي ثمَّ أجيبُ عَن الأسئلةِ التي تليهِ:

الكوكبُ	بُعدُه عن الشمسِ (au)	زمنُ دوَرانِه حولَ الشمسِ (earth days)	زمنُ دوَرانِه حولَ نفسِه	السّرعةُ المداريّةُ (km/s)
عطاردُ	0.39	88	58d 16h	47.87
الأرضُ	1.00	365	23h 56min	29.78
زُحَلُ	9.54	10,759	10h 33min	9.69
أورانوسُ	19.2	30,687	17h 14min	6.81
المشتري	5.2	4,333	9h 55min	13.07
الزُّهرةُ	0.72	225	243d 26min	35.02
نبتونُ	30.06	60,190	16h	5.43
المرّيخُ	1.52	687	24h 36min	24.08

1. **أُقارنُ** بينَ بُعدِ كوكبِ الزُهرةِ وكوكبِ زُحل عنِ الشمسِ.
2. **أقارنُ** بينَ السرعةِ المداريّةِ لكوكبِ الزُهرةِ وكوكبِ زُحل.
3. أَختارُ كوكبينِ آخرينِ وأقارنُ بينَ بُعديْهما عنِ الشمسِ، وسُرعتيْهما المداريّةِ.

التّحليلُ والاستِنتاجُ:

1. **أضبطُ المتغيراتِ:** أحدّدُ المتغيّرَ التّابعَ، والمتغيّرَ المستقلَّ.
2. **أفسّرُ** العلاقةَ بين بُعدِ الكوكبِ عن الشمسِ، وزمنِ دوَرانِه حولَها.
3. **أستنتِجُ:** لماذا تقلُّ سرعةُ الكواكبِ المداريّةِ كلّما ابتعدْنا عن الشمسِ؟
4. **أتوقّعُ:** أيُّ الكواكبِ أكثرُ سرعةً في دوَرانِه حولَ نفسِه؟
5. **أصدرُ حُكمًا** عمّا إذا توافقتِ النتائجُ مع صحّةِ فرضيّتي.

قوانينُ كبلرَ لحركةِ الكواكبِ

Kepler's Laws of Planetary Motion

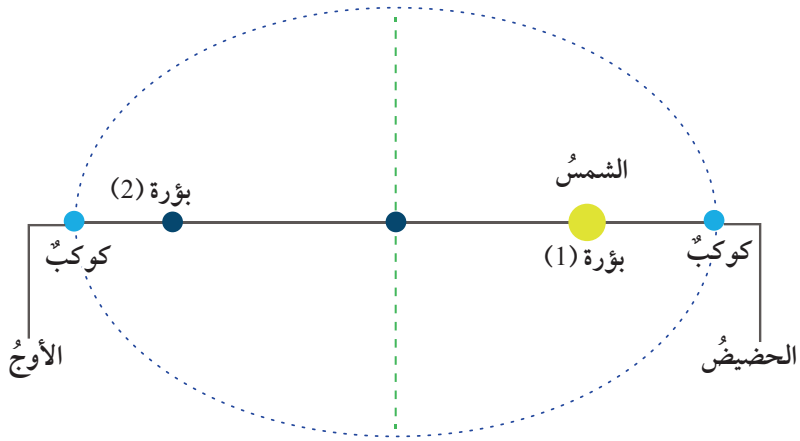
توصّلَ العالِمُ الألمانيُّ يوهانسُ كبلرُ Johannes Kepler في القرنِ السادسَ عشرَ عن طريقِ دراستِهِ التحليليةِ لبياناتِ حركةِ المرّيخِ إلى ثلاثةِ قوانينَ، تصفُ حركةَ الكواكبِ حولَ الشمسِ، وهي:

قانونُ كبلرَ الأولُ Kepler's First Law ينصُّ على أن "كلَّ كوكبٍ من كواكبِ النظامِ الشمسيِّ يتحرّكُ حولَ الشمسِ في مدارٍ إهليليجيٍّ، والمدارُ الإهليليجيُّ له نِصْفا قُطرٍ، أحدهُما طويلٌ، والآخرُ قصيرٌ، وله بؤرتانِ حيثُ تقعُ الشمسُ في إحدى بؤرتيهِ ". فالكوكبُ عندما يكونُ في أبعدِ نقطةٍ عن الشمسِ، فإنه يكونُ في **الأوجِ Aphelion**، وعندما يكونُ في أقربِ نقطةٍ إلى الشمسِ، فإنه يكونُ في **الحضيضِ Perihelion**. أنظرُ الشكلَ (16).

أتحقَّقُ: أوضِّحُ المقصودَ بكلٍّ من: الحضيضِ، والأوجِ.

الشكلُ (16): مدارٌ إهليليجيٌّ لكوكبٍ يدورُ حولَ الشمسِ.

أستنتِجُ: هلْ يختلفُ بُعدُ الكوكبِ عنِ الشمسِ في أثناءِ دوَرانِهِ حولَها؟

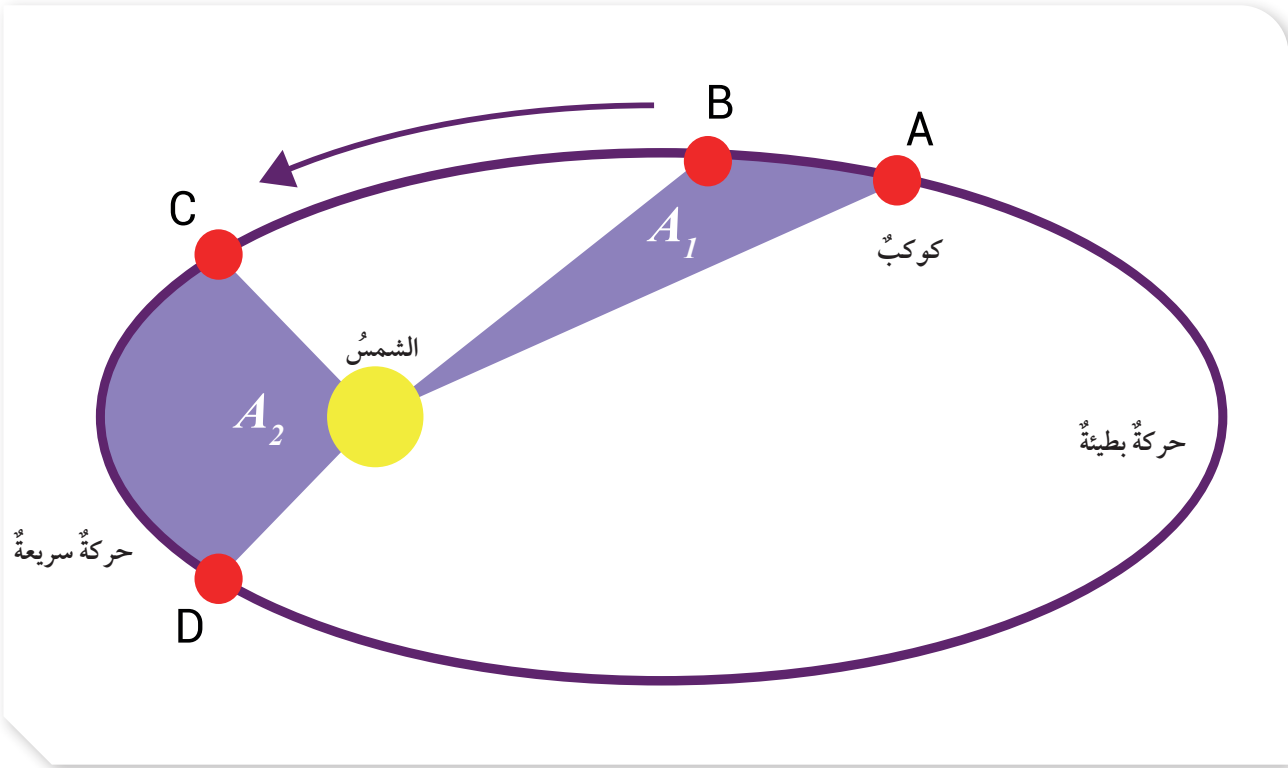


أبحثُ:

أستعينُ بمصادرِ المعرفةِ المختلفةِ، ومنها شبكةُ الإنترنت، وأبحثُ عن إنجازاتِ العلماءِ العربِ والمسلمينَ في دراسةِ كواكبِ المجموعةِ الشمسيّةِ، ثمّ أكتبُ تقريرًا وأعرضُ نتائجَهُ أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

الرّبطُ بالرياضياتِ

مدارُ الكوكبِ حولَ الشمسِ هو قطعٌ ناقصٌ، تقعُ الشمسُ في إحدى بؤرتَيهِ، ويُعرفُ القطعُ الناقصُ بأنه شكلٌ إهليليجيٌّ ثنائيُّ الأبعادِ، مجموعُ بُعدِ أيِّ نقطةٍ على هذا المنحَنى عن نقطتينِ ثابتتَينِ داخلَ (البؤرتينِ) يبقى ثابتًا.



الشكلُ (17): قانونُ كبلرَ الثاني.

أحسِبُ: متى تكونُ سرعةُ الكوكبِ أكبرَ، عندما يمرُّ في نقطةِ الأوجِ، أم في نقطةِ الحضيضِ؟

قانونُ كبلرَ الثاني Kepler's Second Law ينصُّ على أنّ "الخطَّ الوهميَّ الواصلَ بين مركزِ الكوكبِ، ومركزِ الشمسِ في أثناءِ دوَران الكوكبِ حولَ الشمسِ يمسحُ مساحاتٍ متساويةً في أزمنةٍ متساويةٍ". أيْ أنّ المساحاتِ الممسوحةَ في وحدةِ الزمنِ (s) ثابتةٌ دائمًا. أنظرُ الشكلَ (17). فإذا كانتِ المساحةُ (A_1) تساوي المساحةَ (A_2)؛ فإنّ الزمنَ الذي يحتاجُ الكوكبُ إليهِ لقطعِ المسافةِ (A-B)، يساوي الزمنَ الذي يحتاجُ الكوكبُ إليهِ لقطعِ المسافةِ (C-D)؛ لذلكَ، فإنَّ سرعةَ الكوكبِ تتناقصُ عندما يكونُ بعيدًا عنِ الشمسِ، وتزدادُ سرعتُهُ عندما يكونُ قريبًا منَ الشمسِ.

قانونُ كبلرَ الثالثُ Kepler's Third Law ينصُّ على أنّ "مربّعَ زمنِ دوَرانِ الكوكبِ حولَ الشمسِ دورةً كاملةً يتناسبُ طرديًّا مع مكعّبِ متوسّطِ بُعدِه عن الشمسِ". أيْ أنه كلّما زادَ بُعدُ الكوكبِ عن الشمسِ، يجبُ أن يزدادَ زمنُ دوَرانهِ حولَها. ويعبَّرُ عنه رياضيًّا بالعلاقةِ الآتيةِ:

$$P^2 = a^3$$

الرّبطُ بالتاريخِ

تبنّى العالِمُ البولنديُّ كوبرنيكوسُ (1473–1543)م نظريةَ مركزيةِ الشمسِ، أيْ أنّ الكواكبَ تدورُ حولَ الشمسِ في مداراتٍ تامّةٍ. واستطاعَ أن يحدّدَ المسافاتِ النسبيةَ بين الكواكبِ والشمسِ، وسرعتِها النسبيةِ، وزمنِ دوَرانِها حولَ الشمسِ، كما وجدَ أنّ سرعةَ الكوكبِ تزدادُ كلّما كانَ قريبًا من الشمسِ.

حيثُ إنَّ:

P : زمنَ دوَرانِ الكوكبِ حولَ الشمسِ (earth years).

a : متوسّطَ بُعدِ الكوكبِ عن الشمسِ (au).

✓ **أتحقَّقُ:** أوضِّحُ نصَّ قانونِ كبلرَ الأولِ، ونصَّ قانونِ كبلرَ الثاني.

مثالٌ

إذا كانتْ سنَةُ كوكبِ المشتري تساوي (11.9 earth years)؛ فما متوسّطُ بُعدِه عن الشمسِ بوَحدةِ (au)؟

الحلُّ:

$P^2 = 11.9 \times 11.9$

$= 141.61$ earth years

أُطبّقُ العلاقةَ:

$P^2 = a^3$

$141.61 = a^3$

$a = \sqrt[3]{141.61}$

$a \cong 5.2$ au

تمرين 1

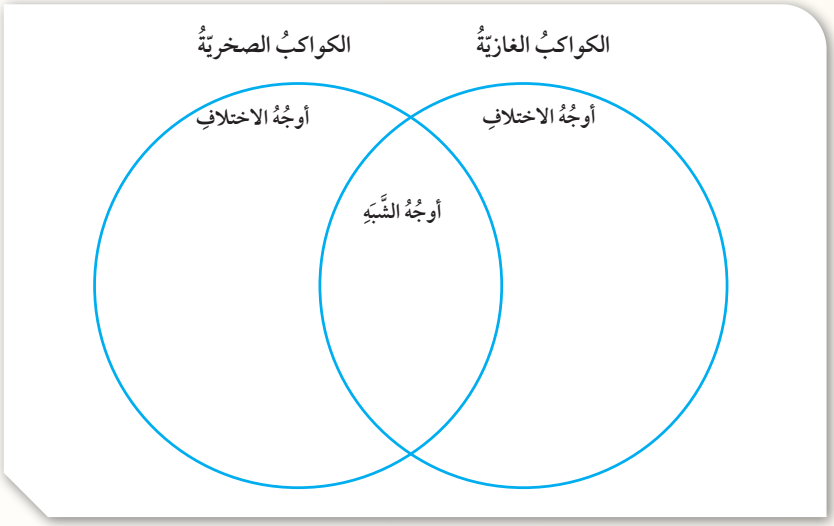
أحسُبُ متوسّطَ بُعدِ كوكبِ المرّيخِ عن الشمسِ بوَحدةِ (au)، إذا كانتْ سَنَتُه تساوي (1.88 earth years).

تمرين 2

أحسُبُ زمنَ دوَرانِ كوكبِ نبتونَ حولَ الشمسِ بوَحدةِ (earth days)، إذا كانَ متوسطُ بُعدِه عن الشمسِ يساوي (4515 million km).

مراجعةُ الدرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** أرسمُ مخططًا مفاهيميًّا يتضمّنُ كلًّا من: الكواكبِ الأرضيّةِ، والكواكبِ العملاقةِ، مرتّبةً من الأعلى درجةَ حرارةٍ سطحيةٍ، إلى الأقلِّ درجةَ حرارةٍ سطحيةٍ.
2. **أستخدمُ الأرقامَ:** أحسُبُ متوسّطَ بُعدِ كوكبٍ ما عن الشمسِ بوَحدةِ (au)، إذا كانَ زمنُ دورانِهِ حولَها يُقدَّرُ بحَوالَيْ (29 earth years).
3. **السَّببُ والنتيجةُ:** لِماذا يُعَدُّ كوكبُ الزُّهرةِ أكثرَ الكواكبِ سخونةً في النظامِ الشمسيِّ.
4. **أستنتجُ:** كيفَ ترتبطُ درجةُ الحرارةِ السطحيةِ لكلِّ كوكبٍ من كواكبِ النظامِ الشمسيِّ بمتوسّطِ بُعدِهِ عن الشمسِ؟
5. **أقارِنُ:** كيفَ يختلفُ تركيبُ الغلافِ الجويِّ الأرضيِّ عن تركيبِ الأغلفةِ الجويّةِ للكواكبِ العملاقةِ الغازيّةِ؟
6. **أتوقّعُ:** إذا أُتيحَ لي أن أقومَ برحلةٍ إلى سطحِ القمرِ، فأيُّ المظاهرِ يمكنُني مشاهدتُها بسهولةٍ؟
7. أذكرُ نصَّ قانونِ كبلرَ الأولِ.
8. أُكملُ الشكلَ الآتيَ الذي يوضّحُ أوجُهَ الشبهِ والاختلافِ بينَ الكواكبِ الغازيّةِ والكواكبِ الصخريّةِ في النظامِ الشمسيِّ:



المذنَّباتُ
Comets

يفترضُ العلماءُ أنّ أصلَ المذنَّباتِ يعودُ إلى السّديمِ الشمسيِّ الذي تكوّنَ منه النظامُ الشمسيُّ، وهذا السّديمُ كوّنَ سحابةَ أورت (Oort Cloud)؛ نسبةً إلى العالِمِ أورت، وهي تدورُ حاليًّا حولَ الشمسِ بمداراتٍ تأخذُ الشكلَ الإهليليجيَّ (توصَفُ بأنّها ممطوطةٌ جدًّا) في الاتجاهاتِ جميعِها، وبعضُ هذه المذنَّباتِ يقدَّرُ زمنُ دوَرانِه حولَ الشمسِ بعشراتِ السنواتِ، مثلِ مذنّبِ هالي الشهيرِ الذي يعودُ لنراهُ منَ الأرضِ كلَّ 76 years تقريبًا، وبعضُها يصلُ زمنُ دوَرانِه حولَ الشمسِ إلى ملايينِ السنينِ.

ويمكنُنا رؤيةُ بعضِ المذنَّباتِ بالعينِ المجرَّدةِ، في حينِ أنّ بعضَها الآخرَ لا يمكنُ رؤيتُه إلا بالمِقرابِ (التلسكوبِ) حينَ اقترابِها من الشمسِ؛ لأنها تعكسُ ضوءَ الشمسِ الساقطَ عليها لكونِها غيرَ مشعّةٍ للضوءِ. ومن العواملِ التي تساعدُ على رؤيتِها (رصدِها) زيادةُ طولِ ذنَبِها حينَ اقترابِها من الشمسِ بسببِ تطايُرِ الأجزاءِ المفكَّكةِ من نواتِها، فيعكسُ ضوءَ الشمسِ الساقطَ عليهِ فنَراهُ.

الكتابةُ في الجيولوجيا

أبحثُ في مصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ لديَّ، ومنْها شبكةُ الإنترنِت؛ عنْ بعضِ المذنَّباتِ التي أمكنَ رصدُها في سماءِ الأردنِّ، ثمّ أكتبُ فِقراتٍ متنوعةً حولَها أقدّمُها على شكلِ عرضٍ تقديميٍّ مدعَّمٍ بصورٍ متنوعةٍ تمثِّلُها، وأعرضُه أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

السؤالُ الأولُ:

أضعُ دائرةً حولَ رمزِ الإجابةِ الصّحيحةِ في ما يأتي:

1. يتكوّنُ السّديمُ في معظمِه من غازَي:

أ) الهيدروجينِ والهيليومِ.

ب) الهيدروجينِ والأكسجينِ.

ج) الهيليومِ والأكسجينِ.

د) الأكسجينِ وثاني أكسيدِ الكربونِ.

2. رابعُ الكواكبِ بُعدًا عن الشمسِ هو كوكبُ:

أ) الأرضِ.

ب) الزُّهرةِ.

ج) المرّيخِ.

د) المشتري.

3. تكوّنتْ تربةُ القمرِ في معظمِها من الصخورِ:

أ) الجيريّةِ. ب) الرمليّةِ.

ج) الغرانيتيّةِ. د) البازلتيّةِ.

4. يُعَدُّ كوكبُ عطاردَ من الكواكبِ:

أ) الغازيّةِ متوسّطةِ الحجمِ.

ب) الغازيّةِ صغيرةِ الحجمِ.

ج) الأرضيّةِ متوسّطةِ الحجمِ.

د) الأرضيّةِ صغيرةِ الحجمِ.

5. الكوكبُ الأكثرُ شبَهًا بالأرضِ من حيثُ الحجمُ والكثافةُ هو كوكبُ:

أ) المرّيخِ. ب) الزُّهرةِ.

ج) عُطاردَ. د) نبتونَ.

6. تمتازُ الكواكبُ الغازيّةُ مقارنةً بالكواكبِ الأرضيةِ بِـ:

أ) كِبَرِ حجمِها، وانخفاضِ درجةِ حرارتِها السطحيةِ.

ب) كِبرِ حجمِها، وارتفاعِ درجةِ حرارتِها السطحيةِ.

ج) صِغرِ حجمِها، وانخفاضِ درجةِ حرارتِها السطحيةِ.

د) صِغرِ حجمِها، وارتفاعِ درجةِ حرارتِها السطحيةِ.

7. وَفقًا لقانونِ كبلرَ الثاني؛ فإنَّ الكوكبَ في أثناءِ دوَرانِه:

أ) تزدادُ سرعته، عندما يكونُ قريبًا من الشمسِ.

ب) تزدادُ سرعتُهُ، عندما يكونُ بعيدًا عن الشمسِ.

ج) تتناقصُ سرعتُهُ، عندما يكونُ قريبًا من الشمسِ.

د) تثبتُ سرعتُهُ في أثناءِ دوَرانِه حولَ الشمسِ.

8. الكوكبُ الذي يظهرُ كقرصٍ أخضرَ مُزرَقٍّ هو كوكبُ:

أ) عُطاردَ. ب) أورانوسَ.

ج) الزُّهرةِ. د) الأرضِ.

9. الكوكبُ الذي يضطجِعُ على جانبِه في أثناءِ دوَرانِه حولَ الشمسِ هو:

أ) المشتري. ب) زُحَلُ.

ج) أورانوسُ. د) نبتونُ.

10. أوّلُ كوكبٍ من كواكبِ النظامِ الشمسيِّ يلي الأرضَ في بُعدِها عن الشمسِ هو:

أ) الزُّهرةُ. ب) المرّيخُ.

ج) المشتري. د) زُحَلُ.

السؤالُ الثاني:

أملأُ الفراغَ في ما يأتي، بما هو مناسبٌ من المصطلحاتِ:

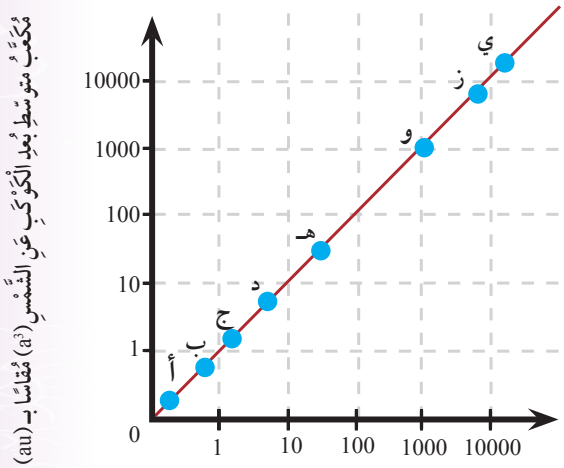
1. تُسمّى مجموعةُ الكواكبِ: (المشتري، وزُحَلُ، وأورانوسُ، ونبتونُ) بالكواكبِ .....
2. تُعرَفُ الكواكبُ الداخليّةُ بالكواكبِ.....
3. الكوكبُ الوحيدُ الذي يكونُ يومُه أطولَ من سَنَتِه هو كوكبُ.....
4. الفرضيّةُ التي تنصُّ على أنّ "القمرَ كانَ جزءًا من الأرضِ، ثمّ بسببِ سرعةِ دوَرانِ الأرضِ قديمًا في بدايةِ تكوُّنِ النظامِ الشمسيِّ، انشطرَ عنها" هي .....
5. تنصُّ الفرضيّةُ السّديميّةُ على أنّ الأجرامَ السماويةَ المكوِّنةَ للنظامِ الشمسيِّ جميعَها، كانتْ.....
6. أجرامٌ سماويّةٌ صخريّةٌ صغيرةُ الحجمِ، تدورُ حولَ الشمسِ بمداراتٍ إهليليجيّةٍ، وتتجمّعُ بشكلٍ رئيسٍ في المدارِ المحصورِ بين كوكبَي المرّيخِ، والمشتري، هي.....

السؤالُ الثالثُ:

أقارِنُ بينَ الكواكبِ الأرضيةِ والكواكبِ العملاقةِ من حيثُ: المكوناتُ، والحجمُ، وطولُ السَّنَةِ الأرضيّةِ، وسرعةُ الدوَرانِ حولَ الشمسِ؛ وأنظّمُ إجابتي في جدولٍ.

السؤالُ الرابعُ:

أدرسُ الشكلَ الآتيَ الذي يوضّحُ العلاقةَ بينَ مربّعِ زمنِ دوَرانِ الكواكبِ (أ، ب، ج، د، هـ، و، ز، ي) حولَ الشمسِ بالسّنواتِ الأرضيّةِ (P^2)، ومُكعَّبِ متوسّطِ بُعدِها عن الشمسِ (a^3) بالوحدةِ الفلكيّةِ (au)، ثمّ أُجيبُ عن الأسئلةِ التي تليه:



مربّعُ زمنِ دوَرانِ الكوكبِ حولَ الشمسِ (P^2) بوَحدةِ (earth years)

1. **أصِفُ** العلاقةَ بينَ زمنِ دوَرانِ الكواكبِ حولَ الشمسِ، ومتوسطِ بُعدِها عنها.
2. أُحدّدُ أسماءَ الكواكبِ التي يمثّلُها الرّمزانِ (هـ، ي).
3. **أُصنّفُ** الكواكبَ إلى كواكبَ صخريّةٍ، وغازيّةٍ.
4. **أقارِنُ** بينَ الكوكبِ (ب)، والكوكبِ (د)، من حيثُ السطوعُ ومكوناتُ الغلافِ الجويِّ المكوِّنِ لكلٍّ منهما.
5. **أَحسُبُ** بُعدَ كوكبِ زُحَلَ.

السؤالُ الخامسُ:

أفسِّرُ العباراتِ الآتيةَ تفسيرًا علميًّا دقيقًا:

1. سرعةُ الكوكبِ حولَ الشمسِ غيرُ ثابتةٍ.
2. يمكنُ تحديدُ موقعِ كوكبِ زُحَلَ بالعينِ المجرّدةِ في السماءِ؛ على الرّغمِ من بُعدِه الهائلِ.

3. درجةُ حرارةِ سطحِ كوكبِ الزُّهرةِ أعلى من درجةِ حرارةِ سطحِ كوكبِ عُطاردَ؛ على الرّغمِ من أنّه أبعدُ عن الشمسِ.

السؤالُ السادسُ:

أُصدرُ حُكمًا على صحّةِ ما وردَ في العبارةِ الآتيةِ: " تشتركُ الأجرامُ السماويةُ جميعُها في أصلِ النشأةِ".

السؤالُ السابعُ:

أرسُمُ مخطّطًا مفاهيميًّا يوضّحُ كيفيّةَ نشأةِ الشمسِ، والكواكبِ بحسَبِ الفرضيّةِ السّديميّةِ.

السؤالُ الثامنُ:

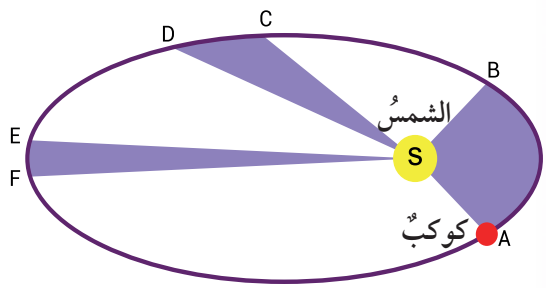
أتوقّعُ: ماذا يمكنُ أن يحدُثَ، لو أنّ كلَّ كوكبٍ من كواكبِ النظامِ الشمسيِّ، له مدارٌ يختلفُ شكلُه عن مدارِ الكوكبِ الآخرِ؟

السؤالُ التاسعُ:

أستخدمُ الأرقامَ: أحسُبُ متوسّطَ بُعدِ كوكبِ الزُّهرةِ عن الشمسِ بوَحدةِ (km)، إذا كان زمنُ دورانِه حولَ الشمسِ يساوي (224.7 earth days).

السؤالُ العاشرُ:

أدرسُ الشكلَ الآتيَ الذي يوضّحُ مدارَ الكوكبِ حولَ الشمسِ خلالَ أزمنةٍ ومِساحاتٍ متساويةٍ، ثمّ أُجيبُ عن الأسئلةِ التي تليهِ:



أ- **أستنتِجُ:** هلِ المساحاتُ الثلاثُ (ABS, EFS, DCS) متساويةٌ؟ أسوّغُ استنتاجِي.

ب- أصِفُ شكلَ مدارِ الكوكبِ حولَ الشمسِ.

ج- أُحدّدُ: أينَ يقعُ الكوكبُ؛ في نقطةِ الحضيضِ، أمِ الأوجِ؟

د- **أتوقّعُ:** ماذا سيحدثُ لسرعةِ الكوكبِ لو كانَ مدارُ الكوكبِ حولَ الشمسِ دائريًّا؟

السؤالُ الحادي عشرَ:

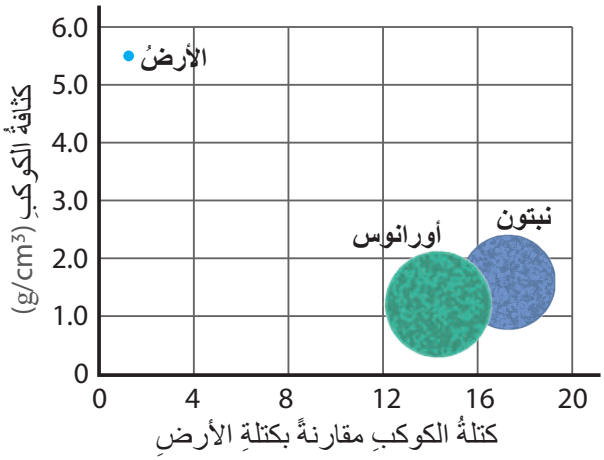
أُوضّحُ سببَ تكوّنِ الفوّهاتِ على سطحِ القمرِ.

السؤالُ الثاني عشرَ:

لماذا يُسمّى قانونُ كبلرَ الأولُ بقانونِ المداراتِ؟

السؤالُ الثالث عشرَ:

يوضّحُ الرسمُ البيانيُّ الآتي العلاقةَ بينَ الكثافةِ والكتلةِ لكلٍّ مِنَ الأرضِ وأورانوسَ ونبتونَ. أدرسُهُ جيّدًا، ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:



1. أرتّبُ تنازليًّا الكواكبَ في الرسمِ البيانيِّ اعتمادًا على كُتَلِها.

2. **السببُ والنتيجةُ:** كيفَ يمكنُ أنْ تكونَ الأرضُ أكثرَ كثافةً منْ أورانوسَ ونبتونَ، على الرغمِ منْ أنَّهُما يمتلكانِ كتلةً أكبرَ منها.

الوحدةُ 4

النفاياتُ الصُّلبةُ
Solid Waste

قال تعالى:

﴿كُلُوا۟ وَٱشْرَبُوا۟ مِن رِّزْقِ ٱللَّهِ وَلَا تَعْثَوْا۟ فِى ٱلْأَرْضِ مُفْسِدِينَ﴾

(سورة البقرة: الآيةُ 60)

أتأمَّلُ الصورةَ

تُشكّلُ النفاياتُ الصُّلبةُ تهديدًا على البيئةِ، ما يجعلُ عمليةَ فرزِها، وتدويرِها، والتخلّصِ منها مسؤوليّةَ كلِّ فردٍ في المجتمعِ. فما أنواعُ النفاياتِ الصُّلبةِ؟ وما مكوّناتُها؟ وما الطرُق الحديثةُ المتّبَعةُ في التخلّصِ منها؟

الفكرةُ العامةُ:

تتعدّدُ أشكالُ النفاياتِ الصُّلبةِ ومصادرُها ومكوّناتُها، وقد اتُّبِعتْ طرائقُ عدّةٌ في التخلّصِ منها، أو الاستفادةِ منها؛ للتقليلِ من آثارِها السلبيةِ في البيئةِ.

الدرسُ الأولُ: مصادرُ النفاياتِ الصُّلبةِ

الفكرةُ الرئيسةُ: تنتُجُ النفاياتُ الصُّلبةُ من الاستخداماتِ البشريةِ المختلفةِ، وتتنوّعُ مصادرُها ومكوّناتُها، ويؤثّرُ تراكمُها سلبًا في البيئةِ.

الدرسُ الثاني: التخلّصُ من النفاياتِ الصُّلبةِ

الفكرةُ الرئيسةُ: يتمُّ التخلّصُ من النفاياتِ الصُّلبةِ بطرُقٍ تضمنُ الاستفادةَ منها، مثلِ: التدويرِ، أو تقليلِ خطرِها على البيئةِ؛ عن طريقِ المعالجةِ الحراريّةِ والطّمرِ الصحيِّ.

تحلُّلُ النفاياتِ الصُّلبةِ

يبلغُ معدّلُ الإنتاجِ السنويِّ للنفاياتِ الصُّلبةِ في الأردنِّ (2.7 million tons) تقريبًا، ويمكنُ أن تمكثَ بعضُ أنواعِ هذه النفاياتِ الصُّلبةِ في مِكبّاتِ النفاياتِ، أو البيئةِ المحيطةِ سنواتٍ عدّةً قبلَ أن تتحلّلَ. يوضّحُ الجدولُ الآتي بياناتٍ عن المدّةِ الزمنيةِ اللازمةِ لتحلّلِ أنواعٍ مختلفةٍ من النفاياتِ الصُّلبةِ، أتأمّلُهُ جيّدًا، ثم أجيبُ عن الأسئلةِ التي تليهِ.

النفاياتُ الصُّلبةُ	المدّةُ الزمنيةُ للتحلّلِ
قِشرُ البرتقالِ	6 months
قطعةٌ من الصوفِ	1 – 5 years
قِشرُ الموزِ	30 days
كيسٌ ورقيٌّ	2 – 6 weeks
عودٌ خشبيٌّ	10 – 15 years
أعقابُ السجائرِ	10 – 12 years

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. **أفسِّرُ** سببَ قِصَرِ المدّةِ الزمنيةِ اللازمةِ لتحلّلِ كلٍّ من: قِشرِ الموزِ، والكيسِ الورقيِّ، وقِشرِ البرتقالِ؛ نسبةً إلى النفاياتِ الأخرى.
2. **أقترحُ** طرائقَ يمكنُ أن تسهمَ في التقليلِ من كميةِ النفاياتِ التي تُطرَحُ في مِكبّاتِ النفاياتِ.
3. أشرحُ العلاقةَ بين المدّةِ الزمنيةِ اللازمةِ لتحلّلِ الأنواعِ المختلفةِ من النفاياتِ، وتأثيرِها في البيئةِ.
4. **أقترحُ** طريقةً عمليّةً يمكنُ الاستفادةُ فيها من قِشرِ الموزِ.
5. **أصوغُ فرضيّةً**: إذا علِمتُ أنَّ الأكياسَ البلاستيكيةَ تحتاجُ لسنواتٍ عديدةٍ حتّى تتحلّلُ، أصوغُ فرضيّةً توضّحُ العلاقةَ بينَ نوعِ النفاياتِ والمدّةِ الزمنيّةِ اللازمةِ لِتحلّلِها.

الدرسُ 1

مصادرُ النفاياتِ الصُّلبةِ
Solid Waste Sources

الفكرةُ الرئيسةُ:

تنتُجُ النفاياتُ الصُّلبةُ من الاستخداماتِ البشريّةِ المختلفةِ، وتتنوعُ مصادرُها ومكوّناتُها، ويؤثّرُ تراكمُها سلبًا في البيئةِ.

نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أوضّحُ المقصودَ بمفهومِ النفاياتِ الصُّلبةِ.
- أصِفُ مصادرَ النفاياتِ الصُّلبةِ ومكوّناتِها.
- أشرحُ الآثارَ السلبيةَ الناتجةَ من تراكمِ النفاياتِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

النفاياتُ	Waste
النفاياتُ الصُّلبةُ	Solid Waste
النفاياتُ الصُّلبةُ المنزليّةُ	Domestic Solid Waste
النفاياتُ الصُّلبةُ الصناعيةُ	Industrial Solid Waste
النفاياتُ الصُّلبةُ الزراعيّةُ	Agricultural Solid Waste
الحمأةُ	Sludge
النفاياتُ الصُّلبةُ الطبيّةُ	Medical Solid Waste

مفهومُ النفاياتِ الصُّلبةِ Concept of Solid Waste

أدّى ازديادُ عددِ السكّانِ في العالمِ، والتطوّرُ الصناعيُّ والزراعيُّ، إلى زيادةِ كميّةِ النفاياتِ التي يطرحُها الإنسانُ في البيئةِ. وتُعرفُ **النفاياتُ Waste** بأنّها المخلّفاتُ الناتجةُ من الأنشطةِ البشريّةِ المنزليّةِ، والزراعيّةِ والصناعيّةِ. ويؤثّرُ تراكمُها في الصحّةِ والبيئةِ. وتقسَمُ النفاياتُ بشكلٍ عامٍّ؛ اعتمادًا على حالتِها الفيزيائيّةِ، إلى: النفاياتِ الصُّلبةِ، والنفاياتِ السائلةِ، والنفاياتِ الغازيّةِ. وسأتعرّفُ في هذا الدرسِ مفهومَ النفاياتِ الصُّلبةِ. فما النفاياتُ الصُّلبةُ؟ وما مصادرُها؟ وما الآثارُ السلبيّةُ الناتجةُ من تراكمِها؟

يعرِّفُ قانونُ البيئةِ الأردنيُّ لعام 2006م **النفاياتِ الصُّلبةَ Solid Waste** بأنّها الموادُّ الصُّلبةُ القابلةُ للنقلِ، التي يرغبُ مالكُها في التخلّصِ منها، حيثُ يكونُ جمعُها ونقلُها ومعالجتُها من مصلحةِ المجتمعِ. أنظرُ الشكلَ (1).

الشكلُ (1): أنواعٌ مختلفةٌ من النفاياتِ الصُّلبةِ ملقاةٌ بشكلٍ عشوائيٍّ في مِكبّاتٍ مكشوفةٍ.

تختلفُ النفاياتُ الصُّلبةُ في طبيعتِها، فقدْ تكونُ عضويّةً، وقدْ تكونُ غيرَ عضويّةٍ، ومنها ما يكونُ قابلًا للتحلّلِ العضويِّ، أو غيرَ قابلٍ للتحلّلِ العضويِّ. وبعضُ النفاياتِ الصُّلبةِ قابلٌ للحرقِ، وبعضُها غيرُ قابلٍ للحرقِ.

✓ **أتحقَّقُ:** أوضّحُ المقصودَ بالنفاياتِ الصُّلبةِ.

مصادرُ النفاياتِ الصُّلبةِ Sources of Solid Waste

أصبحتِ النفاياتُ الصُّلبةُ مشكلةً تعانيها المجتمعاتُ كافةً؛ بسببِ الكمياتِ الهائلةِ والمتزايدةِ منها، وما تحويهِ أحيانًا من عناصرَ سامّةٍ. وحتّى يتمكّنَ المختصونَ من التخلّصِ منها بطريقةٍ آمِنةٍ، لا بدَّ من معرفةِ مصادرِها ومكوّناتِها. ويمكنُ تقسيمُ النفاياتِ الصُّلبةِ حسبَ مصدرِها كالآتي:

النفاياتُ الصُّلبةُ المنزليّةُ Domestic Solid Waste

يقصَدُ **بالنفاياتِ الصُّلبةِ المنزليّةِ Domestic Solid Waste** المخلَّفاتُ التي تطرحُها المنازلُ، والمطاعمُ، والفنادقُ وغيرُها، وتتكوّنُ هذه النفاياتُ من موادَّ معروفةٍ غيرِ متجانسةٍ في كميتِها مثلِ فضلاتِ الطعامِ، والورقِ، والزجاجِ، والكرتونِ، والبلاستيكِ، والموادِّ الفلزيّةِ. أنظرُ الشكلَ (2).

الشكلُ (2): بعضُ النفاياتِ الصُّلبةِ المنزليّةِ.

أبحثُ

أستعينُ بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ لديَّ، ومنها شبكةُ الإنترنت، وأبحثُ عن أنواعِ النفاياتِ الصُّلبةِ المنزليّةِ: (نفاياتِ المطابخِ، والنفاياتِ التجاريّةِ)، ثمّ أنشئُ جدولًا أقارنُ فيه مكوّناتِها، وقابليتَها للتحلّلِ، وقابليتَها للحرقِ.

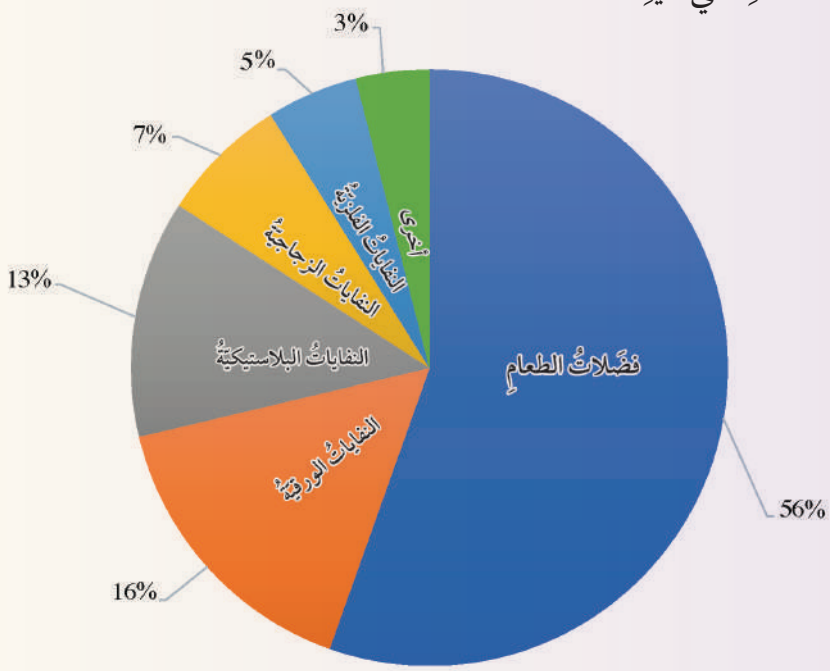
الرّبطُ بالصحّةِ

يسبّبُ تراكمُ النُّفاياتِ المنزليّةِ أمراضًا عديدةً للإنسانِ، منها أمراضُ الجهازِ التنفسيِّ، والأمراضُ الجلديّةُ، كما تُعَدُّ مكانًا لتكاثرِ الحشراتِ الناقلةِ للأمراضِ.

نشاطٌ

النفاياتُ الصُّلبةُ المنزليّةُ

تختلفُ كميّةُ النفاياتِ الصُّلبةِ المنزليّةِ من مكانٍ إلى آخرَ؛ اعتمادًا على عددِ السكانِ، وارتفاعِ مستوى المعيشةِ، والوعيِ البيئيِّ، والفصلِ من السَّنةِ. أدرسُ الشكلَ الآتيَ الذي يبيّنُ النسبةَ المئويّةَ للنفاياتِ الصُّلبةِ المنزليّةِ في الأردنِّ، ثمّ أجيبُ عن الأسئلةِ التي تليهِ.



التحليلُ والاستنتاجُ:

1. أذكرُ مكوّناتِ النفاياتِ الصُّلبةِ المنزليّةِ.
2. **أقارِنُ** بينَ مكوّناتِ النفاياتِ الصُّلبةِ المنزليّةِ من حيثُ الكميّاتُ المنتَجةُ.
3. **أرتِّبُ تصاعديًّا** النفاياتِ الصُّلبةَ المنزليّةَ؛ اعتمادًا على نسبتِها المئويّةِ.
4. **أقترحُ** حلولًا للتقليلِ من كمّيةِ فضلاتِ الطعامِ الناتجةِ من المنازلِ والمطاعمِ والفنادقِ وغيرِها.
5. **أتوقّعُ**: كيفَ يؤثّرُ كلٌّ من الوعيِ البيئيِّ، والفصلِ من السَّنَةِ في كميّةِ النفاياتِ الصُّلبةِ المنزليّةِ؟
6. أبيّنُ أثرَ بنوكِ الطعامِ التي تؤسَّسُ من أجلِ جمعِ الموادِّ الغذائيّةِ الضروريةِ للأشخاصِ الذين لا يملكونَ ما يكفيهمْ من طعامٍ، في كمّيةِ الطعامِ الزائدةِ عن حاجتنا ونرغبُ في التخلّصِ منها.

يجبُ التخلّصُ من النفاياتِ الصُّلبةِ المنزليّةِ بسرعةٍ؛ لوجودِ موادَّ عضويّةٍ فيها تتحلّلُ تحلّلًا سريعًا، وينتُجُ من تحلّلِها عصارةٌ ذاتُ سُمِّيّةٍ عاليةٍ، إضافةً لتصاعُدِ روائحَ كريهةٍ منها، كما تتسبّبُ في تكاثرِ الحشراتِ والقوارضِ.

وغالبًا لا تسبّبُ النفاياتُ الصُّلبةُ المنزليّةُ أضرارًا في أثناءِ عمليّةِ التخلّصِ منها؛ مقارَنةً مع الأنواعِ الأخرى من النفاياتِ الصُّلبةِ، إذ يمكنُ جمعُها ونقلُها ومعالجتُها بعدّةِ طرُقٍ بكفايةٍ عاليةٍ جدًّا، سأتعرّفُ عليها لاحقًا، من دونِ أيِّ أضرارٍ بالصّحةِ والسّلامةِ.

أُفكّرُ **أتنبّأُ:** ما الآثارُ السلبيّةُ التي يمكنُ أن تنتُجَ من تراكُمِ النفاياتِ الصُّلبةِ الصناعيّةِ في البيئةِ؟

النفاياتُ الصُّلبةُ الصناعيّةُ Industrial Solid Waste

تعرَفُ **النفاياتُ الصُّلبةُ الصناعيّةُ** Industrial Solid Waste بأنّها النفاياتُ الناتجةُ من الصناعاتِ المختلفةِ، وتعتمدُ مكوّناتُها على نوعِ الصناعةِ، وطريقةِ الإنتاجِ، وتسهمُ التقنياتُ الحديثةُ المستخدَمةُ في الصناعاتِ في تقليلِ كميّةِ النفاياتِ الصُّلبةِ الناتجةِ منها، عن طريقِ اتّباعِ الطرُقِ الحديثةِ في التصنيعِ.

تصنَّفُ النفاياتُ الصُّلبةُ الصناعيّةُ إلى: نفاياتِ صُلبةٍ صناعيّةٍ غيرِ خطِرةٍ تشبهُ النفاياتِ المنزليّةَ مثلَ الورقِ، والبلاستيكِ، والمطّاطِ، والزجاجِ، والخشبِ، ونفاياتِ صُلبةٍ صناعيّةٍ خطِرةٍ مثلِ الموادِّ الحمضيّةِ والموادِّ القاعديّةِ، والعناصرِ الكيميائيّةِ السامّةِ بطيئةِ التحلّلِ مثلِ: الرّصاصِ، والزئبقِ، والموادِّ السريعةِ الاشتعالِ، والموادِّ المشعّةِ.

النفاياتُ الصُّلبةُ الزراعيّةُ Agricultural Solid Waste

تتضمّنُ **النفاياتُ الصُّلبةُ الزراعيّةُ** Agricultural Solid Waste النفاياتِ الزراعيّةَ جميعَها الناتجةَ من الأنشطةِ الزراعيّةِ، أنظرُ الشكلَ (3). ونفاياتِ المسالخِ، والدواجنِ، والنفاياتِ البلاستيكيّةَ الناتجةَ من البيوتِ البلاستيكيّةِ التالفةِ، وجيَفَ الحيواناتِ، وبقايا الأعلافِ.

الرّبطُ بالبيئةِ

أنشأتْ وزارةُ البيئةِ الأردنيةِ مركزًا خاصًّا لمعالجةِ النفاياتِ الصناعيةِ الخطِرةِ في منطقةِ سواقةَ، ويبعدُ 125 km جنوبَ شرقِ العاصمةِ عمّانَ، إذ يستقبلُ النفاياتِ الخطِرةَ الصناعيّةَ جميعَها.

الشكلُ (3): نفاياتٌ صلبةٌ زراعيّةٌ ناتجةٌ من بعضِ الأنشطةِ الزراعيّةِ.

يختلفُ نوعُ النفاياتِ الصُّلبةِ الزراعيةِ اعتمادًا على نوعِ الزراعةِ، والطريقةِ المتّبعةِ في ذلك، مثلًا في منطقةِ غورِ الأردنِّ، يُستغَلُّ كلُّ مترٍ من التربةِ الزراعيّةِ أو حظيرةِ الحيواناتِ لزيادةِ كميّةِ الإنتاجِ النباتيِّ، والإنتاجِ الحيوانيِّ، ما يؤدّي إلى إنتاجِ كميّةٍ كبيرةٍ من النفاياتِ الزراعيّةِ الصُّلبةِ.

ينتُجُ من هذهِ النفاياتِ رائحةٌ كريهةٌ، كما تتسبّبُ في تلوّثِ مصادرِ المياهِ القريبةِ منها، ما يؤدّي إلى استهلاكِ الأكسجينِ المذابِ فيها؛ نتيجةَ تحلّلِها، ومَخاطرُ تؤثّرُ في صحّةِ الإنسانِ؛ نتيجةَ مسبّباتِ الأمراضِ.

النفاياتُ الصُّلبةُ الناجمةُ عن معالجةِ المياهِ العادمةِ (الحمأةِ)
Solid Waste from Wastewater Treatment (Sludge)

يقصَدُ **بالحمأةِ Sludge** الموادُّ الصُّلبةُ العضويّةُ، وغيرُ العضويّةِ الممزوجةُ بنسبةٍ عاليةٍ من المياهِ، وتنتُجُ من معالجةِ المياهِ العادمةِ في محطاتِ المعالجةِ. أنظرُ الشكلَ (4). يعتمدُ نوعُ الحمأةِ على درجةِ كفايةِ محطةِ المعالجةِ، ومصدرِ المياهِ العادمةِ (المنزليّةِ، أو الصناعيّةِ)، ودرجةِ تركيزِ الملوّثاتِ في المياهِ العادمةِ.

الرّبطُ بالزراعةِ

أجريَتْ في الأردنِّ دراساتٌ وبحوثٌ عدّةٌ حولَ إمكانيةِ الاستفادةِ من الحمأةِ الناتجةِ من المياهِ العادمةِ المنزليّةِ، التي أثبتتْ سلامةَ استعمالِها في زراعةِ الشعيرِ، وأعلافِ الحيواناتِ.

الشكلُ (4): حمأةٌ مجفّفةٌ ناتجةٌ من معالجةِ المياهِ العادمةِ.

أبحثُ

تُعَدُّ نفاياتُ التعدينِ Mining Waste، ونفاياتُ الهدمِ والبناءِ Construction and Demolition Waste من مصادرِ النفاياتِ الصُّلبةِ. أستعينُ بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ لديَّ، وأبحثُ عن مكوّناتِ كلٍّ منهما وآثارِهما السلبيّةِ على البيئةِ، وأصمّمُ عرضًا تقديميًّا، وأعرضُهُ أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

الرّبطُ بالبيئةِ

تسعى وزارةُ المياهِ والريِّ في الأردنِّ إلى الاستفادةِ من الحمأةِ الناتجةِ من معالجةِ المياهِ العادمةِ في عدّةِ محطاتٍ لمعالجةِ المياهِ العادمةِ، بطريقةِ التخميرِ الهوائيِّ لإنتاجِ الغازِ الحيويِّ الذي يُعدُّ أحدَ مصادرِ الطاقةِ المُتجدّدةِ، ويُستخدَمُ لتوليدِ الطاقةِ الكهربائيّةِ، وذلك يضمنُ توفيرَ مصادرَ ذاتيّةٍ للطاقةِ في هذه المحطاتِ، والتخلّصَ من الحمأةِ بطريقةٍ آمنةٍ.

النفاياتُ الصُّلبةُ الطبيّةُ Medical Solid Waste

تعرَفُ **النفاياتُ الصُّلبةُ الطبيّةُ** **Medical Solid Waste** بأنها النفاياتُ الصُّلبةُ جميعُها التي تطرحُها المستشفياتُ والمراكزُ الصحيّةُ، وتشملُ: نفاياتِ المطابخِ (مثلَ: بقايا الطعامِ)، والنفاياتِ المُعديةِ التي تحتوي على مسبّباتِ الأمراضِ المُعديةِ مثلِ البكتيريا، والفيروساتِ، والنفاياتِ الحادةِ (مثلِ الإبرِ، والمشارطِ الناتجةِ من العملياتِ الجراحيّةِ)، والنفاياتِ الكيميائيّةِ الناتجةِ من عملياتِ التعقيمِ، والنفاياتِ الدوائيّةِ (مثلِ الأدويةِ منتهيةِ الصلاحيّةِ). أنظرُ الشكلَ (5/ أ، ب، ج).

أتحقَّقُ: أوضِّحُ المقصودَ بالنفاياتِ الصُّلبةِ الصناعيّةِ.

أعملُ فيلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلامِ (movie maker) يوضِّحُ مصادرَ النفاياتِ الصُّلبةِ، وأحرصُ على أنْ يشملَ الفيلمُ صوَرًا توضيحيّةً، ثمّ أشاركهُ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

الشكلُ (5) : بعضُ أشكالِ النفاياتِ الصُّلبةِ الطبيّةِ.
أ : النفاياتُ الدوائيةُ. ب: النفاياتُ المُعديةُ. ج: النفاياتُ الحادّةُ.

مراجعةُ الدرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** أذكرُ مصادرَ النفاياتِ الصُّلبةِ.

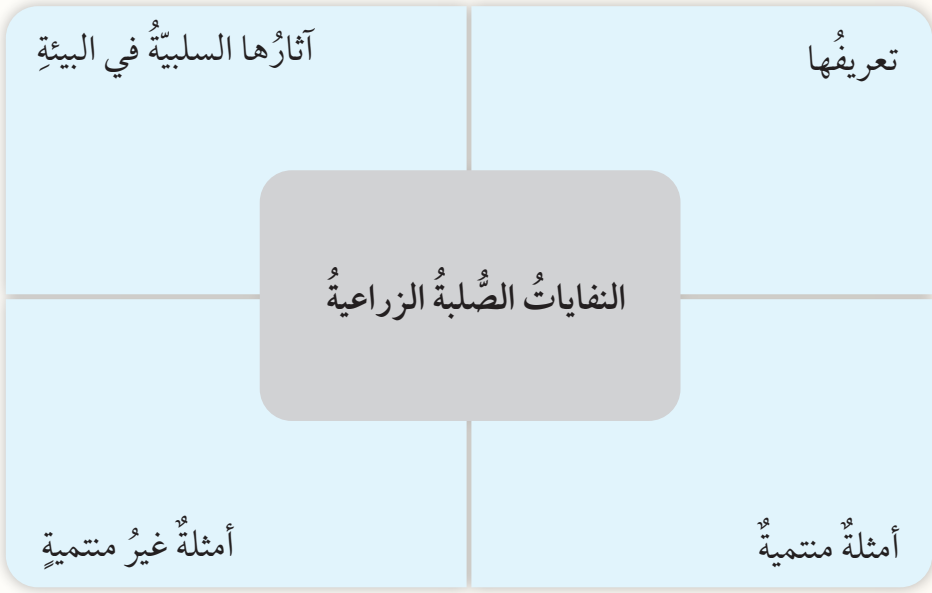
2. **أقارِنُ** بينَ النفاياتِ الصُّلبةِ المنزليّةِ، والنفاياتِ الصُّلبةِ الصناعيّةِ من حيثُ: مصدرُها، ومكوّناتُها.

3. **أصنِّفُ** النفاياتِ الصُّلبةَ الآتيةَ إلى مصادرِها: منزليةٍ، صناعيةٍ، زراعيةٍ، طبيةٍ، نفاياتٍ ناجمةٍ عن معالجةِ المياهِ العادمةِ.

أدويةٌ منتهيةُ الصلاحيةِ، بقايا أعلافٍ، مطّاطٌ، موادُّ سريعةُ الاشتعالِ، عطورٌ، بقايا طعامٍ، كرتونٌ، حمأةٌ، فضلاتُ الحيواناتِ، مشارطُ، عناصرُ سامّةٌ، زجاجٌ.

4. **أفسِّرُ:** يجبُ التخلّصُ من النفاياتِ الصُّلبةِ المنزليّةِ تخلّصًا سريعًا.

5. أكمِلُ المخطّطَ الآتيَ:



6. **أصوغُ فرضيّةً** توضِّحُ كيفَ يؤثّرُ مصدرُ المياهِ العادمةِ ودرجةُ كفاءةِ محطةِ المعالجةِ على نوعيةِ الحمأةِ الناتجةِ؟

التخلّصُ من النفايات الصُّلبة
Solid Waste Disposal

الدرسُ 2

الفكرةُ الرئيسةُ:
يتمُّ التخلّصُ من النفاياتِ الصُّلبةِ بطرُقٍ تضمنُ الاستفادةَ منها، مثلِ: التدويرِ أو تقليلِ خطرِها على البيئةِ؛ عن طريقِ المعالجةِ الحراريّةِ، والطّمرِ الصحيِّ.

نتاجاتُ التعلُّمِ:
- أوضِّحُ طرُقَ التخلّصِ من النفاياتِ الصُّلبةِ.
- أناقشُ المستجداتِ العلميّةَ والتكنولوجيّةَ في تصميمِ مِكبّاتِ النفاياتِ الصُّلبةِ.
- أصمِّمُ نموذجًا لمكبِّ نفاياتٍ صُلبةٍ؛ أراعي فيه آخرَ المستجداتِ العلميةِ والتكنولوجيّةِ.
- أناقشُ إمكانيّةَ الاستفادةِ من النفاياتِ الصُّلبةِ.
- أُشاركُ في عملياتِ جمعِ النفاياتِ وفرزِها في البيتِ والمدرسةِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

تدويرُ النفاياتِ	Waste Recycling
التحلّلُ الحيويُّ	Biodegradation
الطّمرُ الصحيُّ	Sanitary Landfill
المعالجةُ الحراريّةُ	Thermal Treatment

طرُقُ التخلّصِ من النفاياتِ الصُّلبةِ
Solid Waste Disposal Methods

ازدادتْ كميّةُ النفاياتِ الصُّلبةِ، وتعدّدتْ أشكالُها وأنواعُها بازديادِ عددِ السكّانِ على سطحِ الأرضِ، وتغيّرِ أنماطِ حياتِهمْ واستهلاكِهمْ، واتّبعتْ دولُ العالَمِ، ومنها الأردنُّ طرُقًا عديدةً في التخلّصِ منها، مثلَ الطريقةِ العشوائيّةِ التي يتمُّ فيها نقلُ النفاياتِ بأنواعِها جميعِها، من دونِ فصلٍ، أو عزلٍ للموادِّ إلى خارجِ المدنِ، وجمعُها في أماكنَ مخصّصةٍ، وتُحرَقُ أو تُترَكُ لتتحلّلَ مع الوقتِ في الهواءِ. أنظرُ الشكلَ (6). وللحدِّ من خطورةِ النفاياتِ الصُّلبةِ، وتقليلِ أثرِها السّلبيِّ في البيئةِ، اتّجهتْ دولُ العالَمِ لاتّباعِ طرُقٍ وتقنياتٍ حديثةٍ في التخلّصِ منها، تعتمدُ على طبيعةِ النفاياتِ من حيثُ تكوينُها وكمّيتُها ومصدرُها. فما هذهِ الطرُقُ؟ وكيفَ يمكنُ أن تعودَ بالفائدةِ على الإنسانِ؟

الشكلُ (6): نفاياتٌ ملقاةٌ عشوائيًّا في أحدِ المواقعِ.
أُوضِّحُ تأثيرَ هذهِ النفاياتِ في البيئةِ.

التدويرُ Recycle

تُعرَفُ عمليّةُ **تدويرِ النفاياتِ** **Waste Recycling** بأنّها عمليّةُ إعادةِ تصنيعِ النفاياتِ، وإنتاجِ منتجاتٍ جديدةٍ، ما يؤدّي إلى تقليلِ استخدامِ الموادِّ الخامِ. وتُعدُّ هذهِ الطريقةُ من أكثرِ الطرُقِ أمانًا من الناحيةِ البيئيّةِ؛ لأنها لا تُخلّفُ وراءَها أيَّ نفاياتٍ، وتقلّلُ من كميّةِ النفاياتِ التي يجبُ حرقُها أو دفنُها. كما أنّها تُقلّلُ الضّغطَ على مواردِ البيئةِ الطبيعيّةِ.

ومن أكثرِ النفاياتِ القابلةِ للتدويرِ: الموادُّ العضويّةُ، والبلاستيكُ، والورقُ، والزجاجُ، والفلزاتُ، مثلُ الحديدِ والألمنيومِ. وتمرُّ عمليّةُ تدويرِ النفاياتِ بعدّةِ مراحلَ تبدأُ بعمليّةِ فرزِ النفاياتِ من المصدرِ، وجمعِها في حاوياتٍ خاصّةٍ ذاتِ ألوانٍ مختلفةٍ. أنظرُ الشكلَ (7). وتتطلّبُ عمليّةُ الفرزِ وعيًا بيئيًّا لدى الأفرادِ عامّةً بأهميّةِ هذهِ المرحلةِ في التخلّصِ من النفاياتِ، ما يدفعهُمْ للمشاركةِ الفاعلةِ.

الشكلُ (7): حاوياتٌ ملوّنةٌ تحتوي على نفاياتٍ مختلفةٍ مناسبةٍ لعمليّةِ تدويرِ النفاياتِ. أُصنّفُ النفاياتِ في الحاوياتِ إلى نفاياتٍ قابلةٍ للتحلّلِ، ونفاياتٍ غيرِ قابلةٍ للتحلّلِ.

أُفكّرُ يمثّلُ الشكلُ أدناهُ حلقةَ موبيوسَ Mobius Loop التي تمثّلُ الرمزَ العالميَّ لتدويرِ النفاياتِ التي تتكوّنُ من ثلاثةِ أسهُمٍ تُشيرُ إلى الخطواتِ المتّبعةِ في عمليةِ التدويرِ. أُفكّرُ: ماذا تَعني هذهِ الخطواتُ الثلاثُ؟

أبحثُ:

من إجراءاتِ الخطّةِ الوطنيّةِ لإدارةِ النفاياتِ في الأردنِّ للأعوامِ (2022-2026)م التي أقرّتْها وزارةُ البيئةِ الأردنيّةِ؛ لمعالجةِ مشكلةِ عدمِ فصلِ النفاياتِ من المصدرِ، هو إنشاءُ مناطقَ خاصّةٍ للنفاياتِ الخاصّةِ جميعِها، مثلِ النفاياتِ الإلكترونيّةِ والخطرةِ في بلدياتِ المملكةِ كافةً التي تسمّى (النقاطَ الخضراءَ). أبحثُ في إجراءاتٍ أخرى تضمّنتْها الخطّةُ الوطنيّةُ لمعالجةِ هذهِ المشكلةِ بالرجوعِ إلى الموقعِ الإلكترونيِّ لوزارةِ البيئةِ الأردنيّةِ، وأعدُّ تقريرًا بذلكَ، وأعرضُه على زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

الشكلُ (8): السّمادُ العضويُّ (الكومبوست).
أفسِّرُ سببَ ظهورِ السّمادِ العضويِّ باللّونِ الغامقِ.

تُدَوَّرُ النفاياتُ العضويّةُ عن طريقِ عمليّةِ **التحلّلِ الحيويِّ Biodegradation**، التي تُحوَّلُ فيها النفاياتُ العضويّةُ إلى سمادٍ عضويٍّ يُطلَقُ عليه اسمُ الكومبوستِ بوساطةِ الكائناتِ الحيّةِ الدقيقةِ، مثلِ البكتيريا. ويُستخدَمُ هذا السّمادُ في زيادةِ خصوبةِ التربةِ، وتحسينِ بنيتِها، وإرجاعِ المغذّياتِ إليها. أنظرُ الشكلَ (8). وتُسهمُ عمليّةُ التحلّلِ الحيويِّ في تقليلِ حجمِ النفاياتِ بنسبةِ 50 % تقريبًا.

أمّا باقي النفاياتِ القابلةِ للتدويرِ، فتُنقَلُ إلى مصانعِ التدويرِ؛ ليُعادَ تصنيعُها بحسَبِ نوعِها؛ فعلى سبيلِ المثالِ، يدخلُ الألمنيومُ في صناعةِ عُلبِ المشروباتِ الغازيّةِ، وهو قابلٌ للتدويرِ بنسبةِ 100 %، ما يعني أنّهُ يمكِنُ إعادةُ استخدامِه بالكاملِ مرارًا، وتكرارًا؛ لصنعِ عُلبٍ جديدةٍ. أنظرُ الشكلَ (9). ويُعَدُّ الزّجاجُ من أسهلِ الموادِّ التي يمكِنُ تدويرُها؛ لأنّه يمكِنُ صهرُه مراتٍ عدّةً، كما أنّ صنعَ الأواني الزّجاجيةِ من الزّجاجِ المُعادِ تدويرُه يُعَدُّ أقلَّ تكلفةً من صنعِه من الموادِّ الخامِ (الأوليّةِ)؛ لأنَّ الزّجاجَ المعادَ تدويرُه يمكِنُ صهرُه عندَ درجةِ حرارةٍ منخفضةٍ. أمّا النفاياتُ الإلكترونيّةُ مثلُ البطارياتِ الجافّةِ، فيُعادُ استعمالُ الخارصينِ، والكربونِ الموجودِ فيها في صناعةِ بطارياتٍ جديدةٍ، كما يُعادُ استعمالُ الذهبِ والرّصاصِ الموجودِ في شاشاتِ الحاسوبِ في صناعاتٍ أخرى.

أتحقَّقُ: أوضِّحُ المقصودَ بعمليّةِ تدويرِ النفاياتِ.

أبحثُ:

يتكوّنُ البلاستيكُ من سلاسلَ طويلةٍ من الهيدروكربوناتِ تُسمّى البوليماراتِ. أستعينُ بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ لديَّ، وأبحثُ عن الرابطِ بينَ تكوينِ البلاستيكِ الكيميائيِّ والتقنياتِ الحديثةِ المتَّبعةِ في تدويرِه، وأصمّمُ عرضًا تقديميًّا، وأعرضُه أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

الشكلُ (9): علبُ مشروباتٍ غازيّةٍ مصنوعةٌ من الألمنيومِ، تمَّ رصُّها وتقليلُ حجمِها؛ تمهيدًا لتدويرِها.

الطّمرُ الصحيُّ Sanitary Landfill

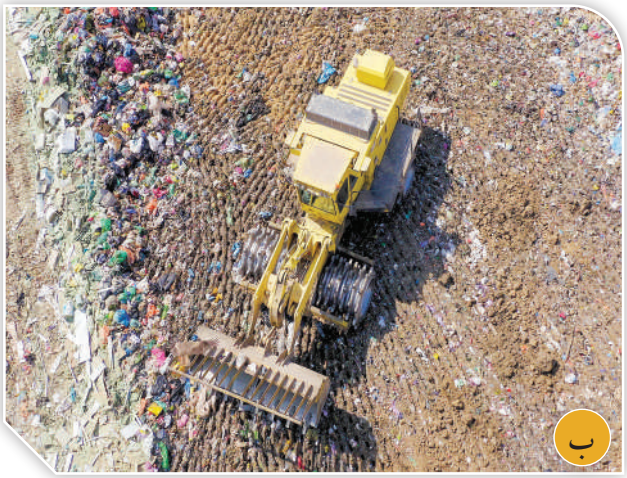
تُعَدُّ طريقـةُ **الطّمرِ الصحيِّ Sanitary Landfill** أكثرَ الطرُقِ شيوعًا في التخلّصِ من النفاياتِ الصُّلبـةِ، وتُعرَفُ بأنّها طريقـةٌ حديثةٌ للتخلّصِ من النفاياتِ في مكبٍّ هندسيٍّ، تمَّ إنشاؤُه وتشغيلُه وفقًا لتعليماتٍ معتمدَةٍ عالميًّا لحمايـةِ البيئـةِ. تُحفَرُ حفرةٌ كبيرةٌ في الأرضِ، وتُعـزَلُ جوانبُها وقاعدتُها عن الصخورِ، والتربةِ المجاورةِ بطبقةٍ عازلةٍ من الطينِ، أو الأسمنتِ، أو البلاستيكِ، أو يمكنُ أنْ تُدمَجَ أكثرُ من مادّةٍ عازلةٍ؛ لمنعِ تسرّبِ العُصارةِ الناتجةِ من تحلّلِ بقايا النفاياتِ إلى المياهِ الجوفيّةِ، ثمَّ تُلقى النفاياتُ في الحفرةِ على شكلِ طبقاتٍ متتاليـةٍ، وتُرَصُّ كلُّ طبقـةٍ بنوعٍ خاصٍّ من المداحِلِ وتغطّى بطبقـةٍ من الترابِ ثمَّ تُرَصُّ مرةً أُخرى. أنظرُ الشكلَ (10). وبعدَ مَلءِ المكبِّ الصحيِّ كاملًا، يُغطّى بطبقةٍ من التربةِ، ويمكِنُ زراعةُ الأرضِ بأنواعٍ معيّنةٍ من الأشجارِ.

أبحثُ:

يوجدُ في الأردنِّ 18 مكبًّا رسميًّا للتخلّصِ من النفاياتِ الصُّلبـةِ، وأكبرُ هذه المِكبّاتِ هو مكبُّ الغبـاوي. أبحـثُ في مصـادرِ المعرفـةِ المتوافـرةِ لـديَّ عـن موقعِـه، وحجمِ النفاياتِ التي يستقبلُها يوميًّا، وتصميمِـه الهندسـيِّ، وكيفيّةِ التخلّصِ مـن النفاياتِ داخلَهُ، وأُعِـدُّ عرضًا تقديميًّا بذلكَ، وأعرِضُهُ أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

الرّبطُ بالجيولوجيا التركيبيّةِ

توجدُ اشتراطاتٌ جيولوجيّةٌ لا بدَّ من مراعاتِها عندَ اختيارِ الموقعِ الملائمِ؛ لإقامةِ مكبِّ النفاياتِ مثلِ عدمِ وجودِ صدوعٍ، أو شقوقٍ في الصخورِ التي يُقامُ عليها المكبُّ؛ حتّى لا يتعرّضَ للانهيارِ، وأن تكونَ صخورُه كتيمةً؛ حتّى لا تسمحَ للعُصارةِ بالنفاذِ إلى المياهِ الجوفيّةِ فتلوّثَها.



الشكلُ (10):

(أ) : مرحلةُ تغليفِ أرضيّةِ المكبِّ الصحيِّ بالبلاستيكِ؛ لمنعِ تسرّبِ العُصارةِ للمياهِ الجوفيّةِ.

(ب): آلةٌ تَرَصُّ الترابَ الذي غطّى إحدى طبقاتِ النفاياتِ.

أفسّرُ: لماذا تُرَصُّ طبقاتِ النفاياتِ؟

تُـزوَّدُ مِكبّـاتُ الطَّمـرِ الصحـيِّ بشـبكةٍ لتجميـعِ العُصـارةِ الناتجةِ مـن تحلّلِ المـوادِّ العضويّـةِ، أو مـن تفاعُلِ النفايـاتِ مع ميـاهِ الأمطارِ المتسـرّبةِ إلـى النفايـاتِ المتراكمـةِ فـي المكبِّ، حيـثُ يتـمُّ التخلّصُ منهـا. كمـا يـزوَّدُ المكـبُّ بشـبكةٍ لتجميـعِ غـازِ الميثـانِ الناتـجِ مـن التحلّـلِ اللاهوائـيِّ للنفايـاتِ العضويّـةِ، فـي أسـطواناتٍ خاصّـةٍ لاسـتخدامِه كمصـدرِ طاقـةٍ مُتجـدّدةٍ فـي توليـدِ الكهربـاءِ.

أفكّرُ **أتوقّعُ:** كيفَ يتمُّ التخلّصُ من العصـارةِ التي تُجمَـعُ في مكبِّ الطّمرِ الصحيِّ؟

المعالجةُ الحراريّةُ Thermal Treatment

تُعـرَفُ **المعالجـةُ الحراريّـةُ** **Thermal Treatment** بأنهـا تقنيـةٌ مـن تقنيـاتِ معالجـةِ النفايـاتِ الصُّلبـةِ، وينتجُ منهـا طاقةٌ على شـكلِ كهربـاءٍ، أو حـرارةٍ، أو كليهمـا معًـا، وتُسـتخدمُ هـذهِ التكنولوجيـا فـي كثيـرٍ مـن دولِ العالَـمِ، خاصّـةً فـي اليابـانِ، ومـن الطُرُقِ الشـائعةِ للمعالجـةِ الحراريّـةِ عمليـةُ حـرقِ النفايـاتِ غيـرِ القابلـةِ للتدويـرِ في أفـرانٍ، أو محـارقَ علـى درجـاتِ حـرارةٍ تزيـدُ علـى (850°C). أنظرُ الشـكلَ (11). وتُعَـدُّ هـذهِ الطريقـةُ مكمّلـةً لطريقـةِ الطّمـرِ الصحـيِّ؛ لأنهـا تقلّـلُ من حجـمِ النفايـاتِ الصُّلبةِ بنسـبةِ 90 %، ما يُسـهّلُ عمليةَ طمرِهـا فـي مِكبّـاتِ النفايـاتِ.

أبحثُ:

تُعَـدُّ طريقـةُ تحويـلِ النفايـاتِ إلـى غـازٍ مـن طرائـقِ المعالجـةِ الحراريّـةِ للنفايـاتِ العضويّـةِ، وغيـرِ العضويّـةِ. أسـتعينُ بمصـادرِ المعرفـةِ المتوافـرةِ لـديَّ، وأبحـثُ فـي أهميـةِ هـذهِ الطريقـةِ وكيفيّـةِ معالجـةِ النفايـاتِ، وأُعِـدُّ تقريـرًا بذلـكَ، وأعرضُـه أمـامَ زملائـي/ زميلاتـي فـي الصـفِّ.

الشكلُ (11): محطةٌ لحرقِ النفاياتِ.
أوضّحُ تأثيرَ حرقِ النفاياتِ في البيئةِ.

الشكلُ (12): نفاياتٌ طبيّةٌ تُعقَّمُ بإحدى مشتقاتِ الكلورِ قبلَ التخلّصِ منها.

التخلّصُ من النفاياتِ الخطِرةِ Disposal of Hazardous Waste

تُشكّلُ النفاياتُ الخطِرةُ تهديدًا على صحّةِ الكائناتِ الحيّةِ، كونُها غيرَ قابلةٍ للتحلّلِ، وذاتَ سُمّيّةٍ عاليةٍ؛ لذلكَ تعالَجُ النفاياتِ الطبيّةِ الخطِرةِ قبلَ التخلّصِ النهائيِّ منها؛ بهدفِ تعقيمِها حتّى لا تكونَ مصدرًا للأمراضِ، والفيروساتِ والعدوى. أنظرُ الشكلَ (12).

وبعدَ الانتهاءِ من معالجتِها، يتمُّ التخلّصُ منها بطرُقٍ عدّةٍ منها: الحرقُ في محارقَ خاصّةٍ، أو داخلَ حُفَرٍ عميقةٍ، ثمّ تغطيةُ الرمادِ الناتجِ بالتربةِ، أو طمرُها في مِكبّاتِ نفاياتٍ مخصّصةٍ للنفاياتِ الطبيّةِ، حيثُ تُدفَنُ لأعماقٍ كبيرةٍ؛ شريطةَ أن تكونَ بعيدةً عن المياهِ الجوفيّةِ.

أمّا الأنواعُ الأخرى من النفاياتِ الخطِرةِ مثلُ النفاياتِ الإشعاعيّةِ الناتجةِ من محطّاتِ توليدِ الطاقةِ، والموادِّ الكيميائيّةِ سريعةِ التطايُرِ والاشتعالِ مثلِ المذيباتِ العضويّةِ، فيتمُّ التخلّصُ منها بطرُقٍ عدّةٍ منها: دفنُها في براميلَ محكَمةِ الإغلاقِ لأعماقٍ كبيرةٍ في الأرضِ. أنظرُ الشكلَ (13).

أتحقَّقُ: أُوضِّحُ طرُقَ التخلّصِ من النفاياتِ الطبيّةِ المعالَجةِ.

أبحثُ:

توجدُ تشريعاتٌ عدّةٌ تنظّمُ العملياتِ المختلفةَ لإدارةِ النفاياتِ الطبيّةِ في الأردنِّ، مثلِ المادةِ (46) من الفصلِ العاشرِ التي عرّفتِ النفاياتِ الطبيّةَ على أنّها مكرَهةٌ صحيّةٌ إذا لم تتمَّ مناولتُها بطريقةٍ آمنةٍ وسليمةٍ. أستعينُ بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ لديَّ، وأبحثُ في تشريعاتٍ أخرى مماثلةٍ تتعلقُ بالنفاياتِ الطبيّةِ بالرجوعِ إلى موقعِ وزارةِ البيئةِ الأردنيّةِ الإلكترونيِّ، وأُعِدّ عرضًا تقديميًّا بذلك، وأعرضُه أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

الشكلُ (13): براميلُ تحتوي على نفاياتٍ كيميائيّةٍ خطِرةٍ.
أفسِّرُ: لماذا تُدفنُ هذهِ البراميلُ لأعماقٍ كبيرةٍ داخلَ الأرضِ؟

التجربةُ 1

تصميمُ مكبِّ نفاياتٍ صحيٍّ

يُصمِّمُ المهندسونَ مِكبّاتِ النفاياتِ لاحتواءِ أكبرِ كميّةٍ من النفاياتِ متعدّدةِ الأشكالِ والمصادرِ، ويشكّلُ حجمُ المكبِّ التّحديَ الرئيسَ لهم عندَ تصميمِ مِكبّاتٍ ذاتِ كفايةٍ عاليةٍ في التخلّصِ من النفاياتِ، وألا تُشكّلَ خطرًا على الصحّةِ والبيئةِ.

الموادُّ والأدواتُ: حوضٌ بلاستيكيٌّ شفّافٌ، أبعادُه (30 cm × 15 cm × 12 cm)، طينٌ أو صلصالٌ، رملٌ، حصًى، ماءٌ، بقايا موادَّ (ورقٌ، قشورُ فواكهَ)، مجسّماتٌ كرتونيّةٌ تُمثّل البناياتِ السكنيّةَ، ملوِّنُ طعامٍ، شرائطُ بلاستيكيّةٌ، ماصّةٌ بلاستيكيّةٌ، وعاءٌ.

إرشاداتُ السلامةِ: الحذرُ عندَ استخدامِ ملوِّنِ الطعامِ.

خطواتُ العملِ:

1. أفرِدُ طبقةً من الرّملِ بسُمكِ (3cm) في قاعِ الحوضِ البلاستيكيِّ الشفّافِ، وأُشكّلُ الطينَ على شكلِ صندوقٍ أبعادُه (15 cm × 7 cm × 8 cm) تقريبًا، وأفرِدُ في أرضيّتِه الحصى، ثم أفرِدُ شرائطَ البلاستيكِ فوقَ الحصى، وأضعُه في إحدى زوايا الحوضِ البلاستيكيِّ.
2. أضيفُ الرّملَ في الحوضِ البلاستيكيِّ حولَ الصندوقِ الطينيِّ إلى ارتفاعٍ يساوي تقريبًا ارتفاعَ الصندوقِ الطينيِّ، وأضعُ المجسّماتِ الكرتونيّةَ التي تُمثّلُ البناياتِ مقابلَ الصندوقِ الطينيِّ؛ للإشارةِ إلى السكّانِ الذينَ يستخدمونَ المياهَ الجوفيّةَ.
3. أحضّرُ النفاياتِ عن طريقِ خلطِ الورقِ، وقشورِ الفواكهِ بالماءِ وملوِّنِ الطعامِ في وعاءٍ، ثم أملأُ الوعاءَ الطينيَّ بها.
4. أُشكّلُ قطعةً من الصّلصالِ على شكلِ غطاءٍ أُغطّي بها النفاياتِ في الصندوقِ الطينيِّ بإحكامٍ.
5. أسكبُ الماءَ على الصندوقِ الطينيِّ من أعلى، ثم أهزُّ الصندوقَ البلاستيكيَّ كاملًا.
6. أغرسُ الماصّةَ البلاستيكيّةَ في الرمالِ خارجَ الصندوقِ الطينيِّ، وبالقربِ من مجسّماتِ البناياتِ؛ للبحثِ عن أيِّ ملوِّناتٍ غذائيّةٍ متسرّبةٍ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. أُحدِّدُ: ماذا تمثّلُ الملوِّناتُ الغذائيّةُ المتسرّبةُ إن وُجدتْ؟
2. **أفسِّرُ:** لماذا استُخدمتِ الحصى، والشرائطُ البلاستيكيّةُ في تغطيةِ أرضيّةِ الوعاءِ الطينيِّ قبلَ وضعِ النفاياتِ فيهِ؟
3. **أقترِحُ** موادَّ أخرى غيرَ الشرائطِ البلاستيكيّةِ، يمكنُ استخدامُها لتغطيةِ أرضيّةِ الصندوقِ الطينيِّ.
4. أشرحُ الإجراءَ الذي يجبُ القيامُ به في حالِ حدثَ تسرّبٌ للملوِّناتِ الغذائيّةِ إلى البناياتِ السكنيّةِ.
5. **أتوقّعُ** التحسيناتِ التي يمكنُ أن أُجريَها على إجراءاتِ التجربةِ، لو كانتِ النفاياتُ التي ستُطَمَرُ نفاياتٍ خطرةً.

طرُقُ الاستفادةِ من النفاياتِ الصُّلبةِ

Methods of Utilizing Solid Waste

تُعَدُّ النفاياتُ الصُّلبةُ ثروةً اقتصاديّةً، إذا استُفيدَ منها بطريقةٍ علميّةٍ صحيحةٍ. فتدويرُ النفاياتِ يُوفّرُ كميّاتٍ هائلةً من الطاقةِ والمياهِ، إضافةً إلى توفيرِ الموادِّ الأوليّةِ التي تدخلُ في الصناعاتِ المختلفةِ. فعلى سبيلِ المثالِ، إنتاجُ طنٍّ واحدٍ من الورقِ من النفاياتِ الورقيّةِ سيوفّرُ (4100 kWh) من الطاقةِ تقريبًا، وسيوفّرُ ($28\ m^3$) من المياهِ تقريبًا، فضلًا عن توفيرِ فرَصِ عملٍ جديدةٍ.

ويُستفادُ من الطاقةِ الحراريّةِ الناتجةِ من حرقِ النفاياتِ في تسخينِ أنابيبِ المياهِ المستخدَمةِ في شبكاتِ التدفئةِ المركزيّةِ، وفي إنتاجِ بخارِ الماءِ الذي يُمكِنُ استغلالُه في توليدِ الكهرباءِ. ويُستفادُ أيضًا من الغازِ الحيويِّ الناتجِ في مِكبّاتِ الطّمرِ الصحيِّ نتيجةَ عمليّةِ التحلّلِ اللاهوائيِّ للموادِّ العضويّةِ في إنتاجِ الكهرباءِ، إذ يولّدُ المترُ المكعبُ الواحدُ منه (1.25 kWh) من الطاقةِ الكهربائيّةِ تقريبًا، فضلًا عن السّمادِ العضويِّ المتبقّي. أنظرُ الشكلَ (16).

أصمّمُ باستخدامِ برنامجِ السكراتش (Scratch) عرضًا يُبيّنُ بعضَ الأفكارِ الإبداعيّةِ في كيفيّةِ إعادةِ استخدامِ النفاياتِ الناتجةِ من المنزلِ، والمدرسةِ واستِخدامِها في الصفِّ، أو المدرسةِ، ثمّ أُشاركُه مع زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

✓ **أتحقّقُ**: كيفَ يُستفادُ من الطاقةِ الحراريّةِ الناتجةِ من حرقِ النفاياتِ؟

الشكلُ (16): أنابيبُ تجميعِ الغازِ الحيويِّ في أحدِ مِكبّاتِ النُّفاياتِ.

أتوقّعُ: ماذا يمكِنُ أن يحدُثَ لو لم يُجَمَّعِ الغازُ في مواقعِ مِكبّاتِ النفاياتِ؟

النّفاياتُ الصُّلبةُ في الأردنِّ Solid Waste in Jordan

بلغَ إنتاجُ النفاياتِ الصُّلبةِ في الأردنِّ 3.7million tons تقريبًا في عام 2018، ويتمُّ إعادةُ تدويرِ أوِ استخدامِ 7% إلى 10% فقطْ منْ تلكَ النّفاياتِ. ويتمُّ التخلّصُ منَ الباقي في 18 مكبًّا للنّفاياتِ معظمُها يفتقرُ إلى وجودِ طبقاتِ عزلٍ مناسبةٍ وشبكاتِ تجميعِ العصارةِ وشبكاتِ تجميعِ غازِ الميثانِ.

يُعَدُّ مكبُّ الغباوي الذي يقعُ على بُعدِ 40km إلى الشرقِ منْ عمّانَ مكبَّ الطمرِ الصحيِّ الوحيدَ في الأردنِّ، ويستقبلُ 50% منَ النّفاياتِ المُنتَجةِ في عمّانَ والزرقاءِ، أنظرُ الشكلَ (14). في حينِ يُستخدَمُ مكبُّ سواقةَ، الذي يقعُ على بُعدِ 125km جنوبَ شرقِ عمّانَ، لِمعالجةِ النّفاياتِ الخطرةِ، وتشرفُ عليهِ وزارةُ البيئةِ، ويحتوي على مركزٍ مخصّصٍ للتخلّصِ الآمنِ منَ النفاياتِ الكهربائيةِ والإلكترونيةِ.

وقد تمَّ إنشاءُ محطةٍ لإنتاجِ غازِ الميثان الحيويِّ بقدرةِ 1MW في مكبِّ الرصيفةِ بالقربِ منْ عمّان في عامِ 1999م. تحتوي المحطةُ على اثنتَيْ عشرةَ بئرًا للغازِ في مكبِّ النّفاياتِ ومحطةٍ للتحلّلِ اللاهوائيِّ للنّفاياتِ العضويةِ.

الشكلُ (14) يتمُّ التخلّصُ منَ النّفاياتِ الصُّلبةِ بطريقةِ الطمرِ الصحيِّ في مكب الغباوي.

أستنتج: لماذا يعدُّ مكبُّ الغباوي مكبُّ طمرٍ صحيٍّ؟

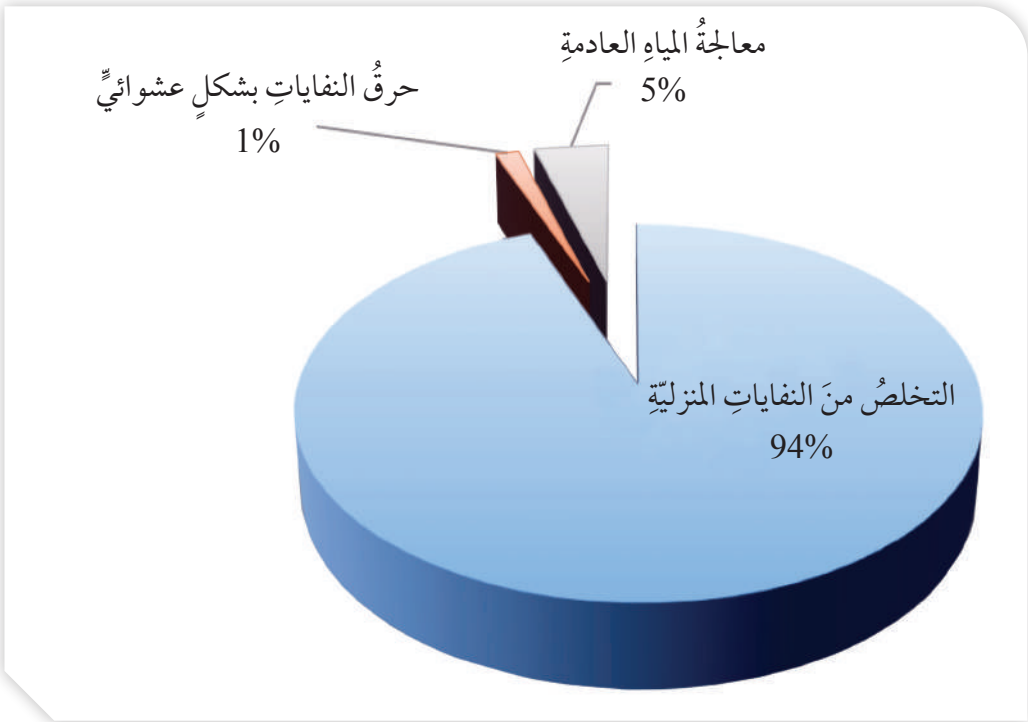
النّفاياتُ الصُّلبةُ والتغيّرُ المناخيُّ

Solid Waste and Climate Change

بلغَتْ نسبةُ انبعاثاتِ غازاتِ الدفيئةِ الناتجةِ منْ قطاعِ النّفاياتِ 12% منْ إجماليِّ انبعاثاتِ غازاتِ الدفيئةِ في الأردنِّ في عام 2017م. وقدْ تمَّ توليدُ معظمِ تلكَ الانبعاثاتِ عنْ طريقِ التخلّصِ منَ النفاياتِ الصُّلبةِ المنزليةِ، الّتي شكّلَتْ حوالَيْ 94% تقريبًا منَ النّفاياتِ.

تنبعثُ غازاتُ الدفيئةِ الناتجةُ منَ النّفاياتِ الصُّلبةِ بعمليّاتٍ عدّةٍ، هيَ: التخلّصُ منَ النّفاياتِ المنزليةِ، وحرقُ النفاياتِ في أماكنِ التجميعِ العشوائيِّ ومعالجةِ المياهِ العادمةِ، أنظرُ الشكلَ (15). يمثّلُ غازُ الميثانِ أكثرَ غازاتِ الدفيئةِ انبعاثًا منْ قطاعِ النّفاياتِ الصُّلبةِ والذي يُنتَجُ في مكابِّ النّفاياتِ. ومنَ الغازاتِ الأخرى الّتي تُنتَجُ بكميةٍ أقلَّ أكاسيدُ النيتروجينِ وثاني أكسيدِ الكربونِ. ويؤدّي تراكمُ تلكَ الغازاتِ الدفيئةِ في الغلافِ الجويِّ وخاصّةَ غازَ الميثانِ الناتجَ منَ التحلّلِ اللاهوائيِّ للموادِّ العضويةِ في مكابِّ النّفاياتِ معَ الزمنِ إلى رفعِ درجةِ حرارةِ سطحِ الأرضِ، ما يسهمُ في حدوثِ التغيّرِ المناخيِّ.

✓ **أتحقّقُ:** أحدّدُ أكثرَ غازاتِ الدفيئةِ إنتاجًا منَ النّفاياتِ الصُّلبةِ.



الشكل (15) تنتجُ غازاتُ الدفيئةُ منَ النّفاياتِ الصُّلبةِ بعمليّاتٍ عدّةٍ.

أرتّبُ مصادرَ إنتاجِ غازاتِ الدفيئةِ منَ النّفاياتِ في الأردنِّ بحسبِ الكمّياتِ المُنتَجةِ.

مراجعةُ الدرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** أُعدّدُ طرُقَ التخلّصِ من النفاياتِ الصُّلبةِ.
2. **أفسِّرُ:** تُعَدُّ طريقةُ التدويرِ من أكثرِ الطرُقِ فاعليةً في التقليلِ من الآثارِ السلبيّةِ؛ لتراكمِ النفاياتِ الصُّلبةِ في البيئةِ.
3. **أقارِنُ** بينَ طريقتَي المعالجةِ الحراريّةِ والتحلّلِ الحيويِّ من حيثُ: آليّةُ حدوثِ كلٍّ منها، ونسبةُ مساهمتِها في تقليلِ حجمِ النفاياتِ الصُّلبةِ.
4. **أصدِرُ حكمًا:** لماذا يكونُ ثمنُ الزّجاجِ المعادِ تدويرُه أقلَّ من ثمنِ الزّجاجِ غيرِ المعادِ تدويرُه؟
5. **أتوقّعُ:** ماذا يمكِنُ أن يحدثَ لو أُقيمَ مكبُّ النفاياتِ على تربةٍ رمليّةٍ، من دونِ وجودِ نظامِ مراقبةٍ؟
6. أصِفُ طريقةَ التخلّصِ المناسبةَ لكلٍّ من النفاياتِ الآتيةِ: القفافيزُ المستخدَمةُ في العمليّاتِ الجراحيّةِ، وأوراقُ الأشجارِ، والأكياسُ البلاستيكيّةُ، والموادُّ المشعّةُ.
7. يوضِّحُ الجدولُ الآتي أماكنَ مختلفةً داخلَ منطقةٍ ذاتِ مساحةٍ كبيرةٍ وأقلَّ مسافةٍ يُفترَضُ أن تكونَ بينَها وبينَ موقعِ مكبِّ النُّفاياتِ (m). أدرسُ البياناتِ الواردةَ في الجدولِ جيّدًا، ثمّ أُجيبُ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:

المكانُ	أقلُّ مسافةٍ عن موقعِ مكبِّ النفاياتِ (m)
المناطقُ السكنيّةُ	300
المؤسّساتُ التعليميّةُ	500
المَرافقُ الصحيّةُ	500
المسطّحاتُ المائيّةُ مثلُ الأنهارِ، والبِركِ	300
الأراضي الزراعيّةُ	200

أ- **أتوقّعُ:** في ضوءِ المعلوماتِ المتوافرةِ في الجدولِ، كمْ تكونُ المسافةُ بينَ المناطقِ التجاريّةِ وموقعِ المكبِّ؟

ب- **أستنتِجُ:** لماذا يجبُ أن يبعُدَ مكبُّ النفاياتِ عن المدارسِ والمستشفياتِ مسافةً أكثرَ من الأمكنةِ الأخرى؟

ج- أربطُ بينَ سرعةِ الرياحِ وكميّةِ الأمطارِ في المنطقةِ، وبينَ محاذيرِ السلامةِ والصحّةِ البيئيّةِ التي يوفّرُها مكبُّ النفاياتِ.

النفاياتُ الإلكترونيّةُ
E-WASTE

تتطـوّرُ التكنولوجيـا تطـوّرًا سـريعًا، وينتـجُ مـن ذلكَ كميـاتٌ كبيـرةٌ مـن النفايـاتِ الإلكترونيّةِ على مـدارِ السـاعةِ. وتعـرَفُ النفايـاتُ الإلكترونيّـةُ بأنهـا المعـدّاتُ الكهربائيّـةُ، والإلكترونيّـةُ المسـتهلَكةُ والتالفـةُ، وملحقاتُهـا، وأجزاؤُهـا الفرعيّـةُ التـي يتـمُّ التخلّصُ منهـا، مثلُ أجهـزةِ الحاسـوبِ، والهواتفِ المحمولـةِ، والبطاريـاتِ، والأجهـزةِ المنزليّـةِ؛ مثـلِ الميكروويـفِ، والثلاجةِ.

تحتـوي النفايـاتُ الإلكترونيّـةُ علـى مـوادَّ سـامّةٍ تضـرُّ بالإنسـانِ والبيئـةِ، وعنـدَ التخلّصِ مـن هذهِ الأجهـزةِ بطريقـةٍ عشـوائيّةٍ تتسـرّبُ مكوّناتُها مثـلُ العناصرِ السّـامّةِ إلى المـواردِ الطبيعيّةِ من مـاءٍ وهواءٍ وتربـةٍ، وتصلُ عبـرَ السّلسـلةِ الغذائيّةِ؛ لـذا، أصبحتِ النفايـاتُ الإلكترونيّةُ مشـكِلةً بيئيّةً عالميّـةً. ويقدّرُ الإنتـاجُ العالميُّ منهـا بيـن (20 - 50 million tons).

وفـي الأردنِّ اتخـذتْ وزارةُ البيئـةِ الأردنيّـةِ مجموعـةً مـن الإجـراءاتِ للتعامـلِ مـع هـذا النـوعِ من النفايـاتِ مثـلِ تخصيـصِ مخـزنٍ للنفايـاتِ الإلكترونيّـةِ في مركـزِ معالجـةِ النفايـاتِ الخطِرةِ فـي مِنطقةِ سـواقةَ، وسـتنفّذُ مشـروعًا للتخلّصِ مـن النفايـاتِ الإلكترونيّةِ عـن طريقِ برنامـجِ الأممِ المتحـدةِ للبيئةِ – اتفاقيّـةُ بـازلَ –؛ للتحكّـمِ بنقـلِ النفاياتِ الخطِـرةِ عبْرَ الحدودِ (مبادرةُ الشـراكةِ من أجـلِ التخلّصِ من النفايـاتِ الإلكترونيّةِ (PACE)).

الكتابةُ في الجيولوجيا

أبحـثُ فـي مصـادرِ المعرفـةِ المتوافـرةِ لـديَّ، ومنْهـا شـبكةُ الإنترنـت؛ عـن مبـادرةِ الشـراكةِ من أجـلِ التخلّـصِ مـن النفاياتِ الإلكترونيّـةِ (PACE)، وأعـرضُ نتائـجَ بحثـي أمـامَ زملائـي/ زميلاتـي فـي الصـفِّ.

مراجعةُ الوحدةِ

السؤالُ الأولُ:

أضعُ دائرةً حولَ رمزِ الإجابةِ الصحيحةِ في ما يأتي:

1. أكثرُ الطرُقِ أمانًا من الناحيةِ البيئيّةِ في التخلّصِ من النفاياتِ الصُّلبةِ هي:

أ) الطّمرُ الصحيُّ. ب) التدويرُ.

ج) المعالجةُ الحراريّةُ. د) التعقيمُ.

2. تُسهمُ عمليّةُ التحلّلِ الحيويِّ في تقليلِ حجمِ النفاياتِ الصُّلبةِ بنسبةِ:

أ) 5% ب) 10%

ج) 50% د) 90%

3. أكثرُ الطرُقِ شيوعًا في التخلّصِ من النفاياتِ الصُّلبةِ:

أ) الطّمرُ الصحيُّ. ب) التدويرُ.

ج) المعالجةُ الحراريّةُ. د) التحلّلُ الحيويُّ.

4. أوّلُ مرحلةٍ في عمليةِ تدويرِ النفاياتِ هي:

أ) المعالجةُ الحراريّةُ.

ب) الفرزُ من المصدرِ.

ج) التطهيرُ والتعقيمُ بمشتقاتِ الكلورِ.

د) التقطيعُ لأجزاءٍ صغيرةٍ.

5. يتمُّ التخلّصُ من النفاياتِ الكيميائيّةِ الخطِرةِ بوساطةِ:

أ) حرقِها في محارقَ خاصّةٍ.

ب) دفنِها في براميلَ محكمَةِ الإغلاقِ لأعماقٍ كبيرةٍ في الأرضِ.

ج) طَمرِها في مِكبّاتِ الطّمرِ الصحيِّ.

د) طَمرِها في مِكبّاتٍ مخصّصةٍ للنفاياتِ الكيميائيّةِ.

6. إحدى العباراتِ الآتيةِ صحيحةٌ في ما يتعلقُ بالنفاياتِ الصُّلبةِ المنزليّةِ:

أ) تتكوّنُ النفاياتُ الصُّلبةُ المنزليّةُ في معظمِها من نفاياتٍ مُعديةٍ تحتوي على مسبّباتِ الأمراضِ مثلِ البكتيريا، والفيروساتِ.

ب) يجبُ التخلّصُ من النفاياتِ الصُّلبةِ المنزليّةِ بسرعةٍ؛ لوجودِ موادَّ عضويّةٍ فيها تتحلّلُ تحلّلًا سريعًا.

ج) يُستفادُ من النفاياتِ المنزليّةِ الصُّلبةِ بعدَ معالجتِها في زراعةِ الشعيرِ، والقمحِ، وأعلافِ الحيواناتِ.

د) تتكوّنُ النفاياتُ الصُّلبةُ المنزليّةُ من عناصرَ كيميائيّةٍ سامّةٍ سريعةَ التحلّلِ.

7. إحدى الآتيةِ **لا** تُعَدُّ من النفاياتِ الصُّلبةِ الزراعيةِ:

أ) جِيَفُ الحيواناتِ. ب) بقايا الأعلافِ.

ج) نفاياتُ المسالخِ. د) الورَقُ.

8. إحدى الآتيةِ تُعَدُّ من النفاياتِ الصناعيّةِ الخطِرةِ:

أ) الورَقُ. ب) الأدويةُ التالفةُ.

ج) الموادُّ الحمضيّةُ. د) بقايا الأعلافِ.

السؤالُ الثاني:

أملأُ الفراغَ في ما يأتي بما هو مناسبٌ من المصطلحاتِ:

1. أكثرُ النفاياتِ قابليّةً للتدويرِ هي .....
2. المادةُ الناتجةُ من عمليّةِ التحلّلِ الحيويِّ تُسمّى ...

.....

3. طريقةُ التخلّصِ من النفاياتِ الصُّلبةِ التي يتمُّ فيها توليدُ الكهرباءِ.....
4. الغازُ المتشكّلُ في مواقعِ الطّمرِ الصحيِّ يُسمّى ..

.....

5. الموادُّ الصُّلبةُ العضويّةُ، وغيرُ العضويّةِ الممزوجةُ بنسبةٍ عاليةٍ من المياهِ، التي تنتُجُ من معالجةِ المياهِ العادمةِ في محطاتِ المعالجةِ هي .....
6. من النفاياتِ الحادّةِ الناتجةِ من العملياتِ الجراحيّةِ ..... و.....
7. تصنَّفُ النفاياتُ الصناعيّةُ إلى: .....، و.....

السؤالُ الثالثُ:

أقارِنُ بين طريقتَي التخلّصِ من النفاياتِ الصُّلبةِ الطبيّةِ، والنفاياتِ الصُّلبةِ العضويّةِ من حيثُ آليّةُ حدوثِ كلٍّ منها.

السؤالُ الرابعُ:

أفسِّرُ العباراتِ الآتيةَ تفسيرًا علميًّا دقيقًا:

1. يُعَدُّ الزّجاجُ من أسهلِ الموادِّ التي يمكِنُ تدويرُها.
2. تُعَدُّ طريقةُ حرقِ النفاياتِ مكمّلةً لطريقةِ الطّمرِ الصحيِّ.
3. تتكوّنُ العُصارةُ في قاعدةِ النفاياتِ الصُّلبةِ في موقعِ الطّمرِ الصحيِّ.

السؤالُ الخامسُ:

أستنتِجُ: ماذا يمكِنُ أن يحدثَ لو لم تعالَجِ النفاياتُ الطبيّةُ الخطِرةُ، قبلَ التخلّصِ النهائيِّ منها في مواقعِ الطّمرِ الصحيِّ؟

السؤالُ السادسُ:

أتوقّعُ: ماذا يمكِنُ أنْ يحدثَ، إذا لم تُرصَّ طبقاتُ النفاياتِ الصُّلبةِ بالمداحلِ؟

السؤالُ السابعُ:

أكتبُ في الصندوقِ المجاورِ لكلِّ شكلٍ ممّا يأتي مصدرَ النفاياتِ الصُّلبةِ؛ باستخدامِ المفاهيمِ الآتيةِ: (النفاياتُ الصُّلبةُ الزراعيّةُ، النفاياتُ الصُّلبةُ الناجمةُ عن معالجةِ المياهِ العادمةِ، النفاياتُ الصُّلبةُ الطبيّةُ، النفاياتُ الصُّلبةُ الصناعيّةُ).

السؤالُ الثامنُ:

أذكرُ اثنينِ من أوجُهِ الاختلافِ بينَ النفاياتِ الصُّلبةِ المنزليّةِ، والنفاياتِ الصُّلبةِ الصناعيّةِ.

السؤالُ التاسعُ:

أصِفُ الآثارَ السلبيّةَ الناتجةَ من تراكُمِ النفاياتِ الصُّلبةِ المنزليّةِ في البيئةِ.

السؤالُ العاشرُ:

أوضِّحُ: كيفَ يراقَبُ موقعُ الطّمرِ الصحيِّ؛ للحفاظِ على صحّةِ الإنسانِ وسلامتِه؟

السؤالُ الحادي عشرَ:

أشرَحُ: كيفَ يتمُّ التخلّصُ من النفاياتِ الكيميائيّةِ الخطِرةِ؟

السؤالُ الثاني عشرَ:

أقدّمُ دليلًا حولَ ضرورةِ تزويدِ مكبّاتُ الطَّمرِ الصحيِّ بشبكةٍ لتجميعِ العُصارةِ الناتجةِ من تحلّلِ الموادِّ العضويّةِ.

الوحدةُ 5

الغلافُ الجويُّ
Atmosphere

قال تعالى:

﴿ وَجَعَلْنَا ٱلسَّمَآءَ سَقْفًا مَّحْفُوظًا وَهُمْ عَنْ ءَايَٰتِهَا مُعْرِضُونَ ﴾

(سورة الأنبياء : الآيةُ 32)

أتأمَّلُ الصورةَ

يحيطُ الغلافُ الجويُّ بالأرضِ من الجهاتِ جميعِها، ويتكوّنُ من طبقاتٍ عِدّةٍ، فما طبقاتُ الغلافِ الجويِّ؟ وما خصائصُ كلِّ طبقةٍ من هذه الطبقاتِ؟

الفكرةُ العامةُ:

يحيطُ الغلافُ الجويُّ بالأرضِ، وله أهميةٌ كبيرةٌ للحياةِ على سطحِها، وتحدثُ فيه مجموعةٌ من العملياتِ التي تؤثّرُ في مقدارِ الطاقةِ الشمسيّةِ التي يكتسبُها.

الدرسُ الأولُ: خصائصُ الغلاف الجويِّ

الفكرةُ الرئيسةُ: يتكوّنُ الغلافُ الجويُّ من طبقاتٍ عِدّةٍ، لكلٍّ منها مكوّناتُها وخصائصُها.

الدرسُ الثاني: تسخينُ الغلافِ الجويِّ

الفكرةُ الرئيسةُ: تعملُ مكوّناتُ الغلافِ الجويِّ على امتصاصِ جزءٍ من الإشعاعِ المنبعثِ من الشمسِ، وجزءٍ من الإشعاعِ المنبعثِ من سطحِ الأرضِ، ما يؤدي إلى تسخينِ الغلافِ الجويِّ.

الهواءُ في الغلافِ الجويِّ

يحيطُ بالأرضِ ما يُعرفُ بالغلافِ الجويِّ، ويتكوّنُ من خليطٍ من الغازاتِ التي تسمّى الهواءَ، فكيفَ نستدلُّ على وجودِ الهواءِ؟

الموادُّ والأدواتُ: بَرْطَمانٌ زُجاجيٌّ ذو فوّهةٍ واسعةٍ من الأعلى، كيسٌ بلاستيكيٌّ مناسبٌ لحجمِ البَرْطَمانِ، شريطٌ مطاطيٌّ عريضٌ.

خطواتُ العملِ:

1. أضَعُ حوافَّ الكيسِ البلاستيكيِّ فوقَ فتحةِ البَرْطَمانِ الزجاجيِّ من الخارجِ، وأثبّتُه بإحكامٍ باستخدامِ الشريطِ المطاطيِّ.
2. أحاولُ بلطفٍ دفْعَ الكيسِ البلاستيكيِّ إلى داخلِ البَرْطَمانِ بأطرافِ أصابعي، وأسجّلُ ملاحظاتي.
3. أزيلُ الشريطَ المطاطيَّ من حولِ حوافِ الكيسِ.
4. أُبطّنُ البَرْطَمانَ من الداخلِ باستخدامِ الكيسِ البلاستيكيِّ، وأثني حوافَهُ على البَرْطَمانِ من الخارجِ، وأثبّتُ حوافَهُ بإحكامٍ فوقَ حافةِ البَرْطَمانِ باستخدامِ الشريطِ المطاطيِّ .
5. أحاولُ بلطفٍ سحْبَ الكيسِ من البَرْطَمانِ بأطرافِ أصابعي، وأسجّلُ ملاحظاتي.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. **أفسِّرُ** النتيجةَ التي حصلتُ عليها في الخطوةِ 2.
2. **أناقِشُ** زملائي/ زميلاتي في النتيجةِ التي حصلتُ عليها في الخطوةِ 5.
3. **أستنتِجُ:** هل ضغطُ الهواءِ أعلى داخلَ الكيسِ، أم خارجَه في الحالتينِ؟ أسوّغ إجابتي.

خصائصُ الغلافِ الجويِّ
Properties of the Atmosphere

الدرسُ 1

الفكرةُ الرئيسةُ:

يتكوّنُ الغلافُ الجويُّ من طبقاتٍ عِدّةٍ، لكلٍّ منها مكوّناتُها وخصائصُها.

نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أحدّدُ مكوّناتِ الغلافِ الجويِّ.
- أصِفُ طبقاتِ الغلافِ الجويِّ وخصائصَها وأهميتَها.
- أرسُمُ مقطعًا رأسيًّا لطبقاتِ الغلافِ الجويِّ.
- أفسِّرُ لماذا يوصَفُ الغلافُ الجويُّ بأنّه سقفٌ حافظٌ للحياةِ على كوكبِ الأرضِ.
- أُقدِّرُ أهميّةَ الغلافِ الجويِّ في دعمِ الحياةِ على سطحِ الأرضِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

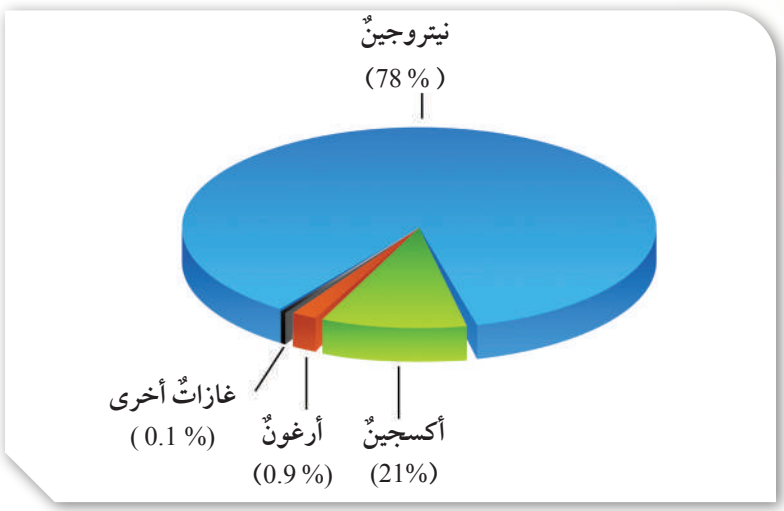
الغلافُ الجويُّ	Atmosphere
الهباءُ الجويُّ	Aerosols
تروبوسفيرُ	Troposphere
ستراتوسفيرُ	Stratosphere
ميزوسفيرُ	Mesosphere
ثيرموسفيرُ	Thermosphere
الإكسوسفيرُ	Exosphere

مكوّناتُ الغلافِ الجويِّ
Composition of the Atmosphere

يحيطُ **الغلافُ الجويُّ** Atmosphere بالأرضِ، وهو مزيجٌ من الغازاتِ والهباءِ الجويِّ، يمتدُّ من سطحِ الأرضِ إلى ارتفاعِ 10000 km تقريبًا، ويؤثّرُ في معظمِ العملياتِ الحيويةِ، والتفاعلاتِ الكيميائيّةِ والفيزيائيّةِ التي تجري عليها، ويختلفُ الغلافُ الجويُّ اليومَ كثيرًا عمّا كانَ عليه عندما نشأتِ الأرضُ. ويتميّزُ الغلافُ الجويُّ لكوكبِ الأرضِ عن أغلفةِ باقي كواكبِ المجموعةِ الشمسيّةِ؛ بوجودِ غازِ الأكسجينِ، والعديدِ من الخصائصِ المهمّةِ لاستمرارِ الحياةِ على كوكبِ الأرضِ مثلِ درجةِ الحرارةِ.

الغازاتُ في الغلافِ الجويِّ Gases in the Atmosphere

يُعَدُّ غازُ النيتروجينِ (N_2) أكثرَ الغازاتِ وفرةً في الغلافِ الجويِّ، إذ يشكّلُ تقريبًا 78 % من غازاتِ الغلافِ الجويِّ. يليه غازُ الأكسجينِ (O_2) الذي يشكّلُ 21 % من غازاتِ الغلافِ الجويِّ، في حينِ يشكّلُ غازُ الأرغونِ (Ar) 0.9 % تقريبًا من غازاتِ الغلافِ الجويِّ. وتتكوّنُ نسبةُ 0.1 % المتبقيةُ من غازاتٍ أخرى، منها: غازُ ثاني أكسيدِ الكربونِ (CO_2) وبخارُ الماءِ (H_2O) وغازُ النيونِ (Ne) وغازُ الهيليومِ (He). أنظرُ الشكلَ (1).



الشكلُ (1): يتكوّنُ الغلافُ الجويُّ الأرضيُّ من غازاتٍ عدّةٍ.
أحدّدُ الغازاتِ الرئيسةَ التي يتكوّنُ منها الغلافُ الجويُّ الأرضيُّ.

الغازاتُ ثابتةُ التركيزِ والغازاتُ متغيّرةُ التركيزِ
Permanent Concentration Gases and Variable Concentration Gases

تغيّرت نِسَبُ مكوّناتِ الغلافِ الجويِّ، وما تزالُ تتغيّر في الوقتِ الحاضرِ من وقتٍ لآخرَ، ومن مكانٍ إلى مكانٍ آخرَ. ومن هذهِ الغازاتِ: بخارُ الماءِ، والأوزونُ، وثاني أكسيدِ الكربونِ، والميثانُ. أمّا النيتروجينُ والأكسجينُ، فتُعَدُّ نِسَبُهُما ثابتةً إلى حدٍّ ما. وتسهمُ ظروفٌ طبيعيةٌ متعدّدةٌ، مثلُ ثوَرانِ البراكينِ، والأنشطةِ البشريّةِ مثلِ إزالةِ الغاباتِ، وحرقِ الوقودِ الأحفوريِّ، في تغييرِ نِسَبِ تلكَ الغازاتِ.

الهباءُ الجويُّ Aerosols

بالإضافةِ إلى الغازاتِ، يحتوي الغلافُ الجويُّ للأرضِ على **الهباءِ الجويِّ Aerosols** وهو موادُّ صُلبةٌ مثلُ الغبارِ والأملاحِ وحبوبِ اللقاحِ، وموادُّ سائلةٌ مثلُ القطيراتِ الحمضيّةِ. تسمحُ الحركاتُ التي تحدثُ في الغلافِ الجويِّ لكميّةٍ كبيرةٍ من تلك الجسيماتِ الصُّلبةِ، والسائلةِ بأن تصبحَ معلّقةً بداخلِه، وتُبقي العديدَ منها معلّقةً مُدَدًا زمنيّةً طويلةً في الغلافِ الجويِّ. وتشملُ هذه الجسيماتُ أملاحَ البحرِ من الأمواجِ المتكسّرةِ، ودقائقِ التربةِ التي تتطايرُ بفعلِ الرياحِ، والدخانِ الصادرِ من الحرائقِ، وحبوبِ اللقاحِ، والكائناتِ الحيةِ الدقيقةِ التي تحملُها الرياحُ، والأغبرةُ المنبعثةُ من البراكينِ. أنظرُ الشكلَ (2).

✓ **أتحقَّقُ:** أحدِّدُ مكوّناتِ الغلافِ الجويِّ.

أبحثُ:
أستعينُ بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ لديَّ ومنها شبكةُ الإنترنت، أبحثُ عن كيفيةِ تشكُّلِ الغلافِ الجويِّ في بدايةِ نشأةِ كوكبِ الأرضِ، وأعرضُ نتائجَ بحثي أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

الشكلُ (2): الأغبرةُ المنبعثةُ من البراكينِ إلى الغلافِ الجويِّ.

يتكوّنُ الغلافُ الجويُّ من غازاتٍ عدّةٍ، كيفَ يمكنُني الاستدلالُ على أنَّ الغلافَ الجويَّ مكوَّنٌ من غازاتٍ توصَفُ بأنَّ لها كتلةً؟ أنفّذُ التجربةَ الآتيةَ لمعرفةِ ذلكَ.

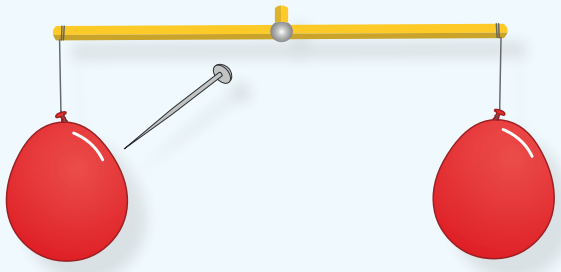
التجربةُ 1

كتلةُ الهواءِ

تعلّمْتُ سابقًا أنَّ للمادةِ كتلةً، فهلْ للهواءِ في الغلافِ الجويِّ كتلةٌ؟ وكيفَ يمكنُني التحقّقُ من ذلكَ؟

أَصوغُ فَرضيّتي: أصوغُ فرضيّةً بالتعاونِ معَ زملائي/ زميلاتي للإجابةِ عن السؤالِ الآتي: هلْ توجدُ كتلةٌ للهواءِ في الغلافِ الجويِّ.

المـوادُّ والأدواتُ: عصًـا خشـبيّةٌ طولُهـا 40 cm، خيـطٌ، بالونـانِ فارغـانِ منَ الهـواءِ (بالحجـمِ والنوعِ أنفسِـهما)، دبـوسٌ، دبوسُ تثبيـتٍ، منفـاخُ بالوناتٍ.



إرشاداتُ السلامةِ:

- الحذرُ من انفجارِ البالونِ في أثناءِ نفخِه.
- الحذرُ من جرحِ اليدينِ في أثناءِ استخدامِ الدبوسِ.

أختبرُ فرضيّتي:

1. أثبّتُ أحدَ طرفي الخيطِ في منتصفِ العصا الخشبيّةِ عن طريقِ لفِّه حولَ العصا الخشبيّةِ أو تثبيتِه بدبوسٍ.
2. أنفخُ البالونينِ باستخدامِ المنفاخِ، حيثُ أحصلُ على بالونَينِ لهما الحجمُ نفسُه تقريبًا.
3. أربطُ فوّهةَ البالونِ بطريقةٍ جيدةٍ بالخيطِ، بحيثُ يكونُ طولُ الخيطِ المتبقي في كلا البالونَينِ متساويًا.
4. أربطُ الخيطَ المتصلَ بالبالونِ الأولِ بأحدِ طرفي العصا الخشبيّةِ، وأربطُ الخيطَ المتصلَ بالبالونِ الثاني بالطرفِ الآخرِ للعصا الخشبيّةِ.
5. ألاحظُ العصا الخشبيّةَ، هل هي في وضعٍ أفقيٍّ، أم مالتْ للأسفلِ نحوَ أحدِ البالونَينِ؟
6. أثقبُ أحدَ البالونينِ بالدبوسِ، وألاحظُ العصا الخشبيّةَ، هل مالتْ للأسفلِ نحوَ أحدِ البالونَينِ؟

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. **أضبطُ المتغيّراتِ:** أحدّدُ المتغيّرَ المستقلَّ والمتغيّرَ التّابعَ.
2. **أفسّرُ:** لماذا استُخدِمَ بالونانِ لهما الحجمُ والنوعُ أنفسُهُما؟
3. **أستنتِجُ:** لماذا مالتِ العصا الخشبيّةُ للأسفلِ في الطرفِ الذي يحتوي على البالونِ المملوءِ بالهواءِ؟
4. **أصدرُ حكمًا** عمّا إذا كانتِ النتائجُ تتّفقُ معَ فرضيّتي أم لا.

الشكلُ (3): يقسَمُ الغلافُ الجويُّ إلى طبقاتٍ عِدّةٍ.
أحدّدُ الطبقةَ التي تشهدُ أعلى درجةِ حرارةٍ فيها.

طبقاتُ الغلافِ الجويِّ Layers of the Atmosphere

يُقسَمُ الغلافُ الجويُّ رأسيًّا اعتمادًا على التغيّرِ في درجةِ الحرارةِ مع الارتفاعِ إلى خمسِ طبقاتٍ رئيسةٍ، تتميزُ كلٌّ منها بخصائصَ محدّدةٍ، وهي من الأسفلِ إلى الأعلى كالآتي: التروبوسفيرُ، والستراتوسفيرُ، والميزوسفيرُ، والثيرموسفيرُ، والإكسوسفيرُ. أنظرُ الشكلَ (3).

التروبوسفيرُ Troposphere

تمتدُّ طبقةُ **التروبوسفيرِ** Troposphere من سطحِ الأرضِ وحتى ارتفاعٍ يصلُ إلى 12 km ، وتحتوي على معظمِ كتلةِ الغلافِ الجويِّ. تُسمّى طبقةُ التروبوسفيرِ بالطبقةِ المتغيّرةِ، أو الطبقةِ المناخيةِ، وتحدثُ فيها أحوالُ الطقسِ المختلفةُ. تقلُّ درجةُ الحرارةِ في هذهِ الطبقةِ مع زيادةِ الارتفاعِ بمعدلِ (6.5 °C) لكلِّ 1 km. وتصلُ درجةُ الحرارةِ في أعلى طبقةِ التروبوسفيرِ إلى (- 50 °C) تقريبًا.

أفكّرُ أوضّحُ هل يختلفُ سُمكُ طبقةِ التروبوسفيرِ من مكانٍ إلى آخرَ؟ لماذا؟

الرّبطُ بالكيمياءِ

يتكوّنُ الأوزونُ (O_3) من اتحادِ ذرّةِ أكسجينٍ نَشطةٍ (O) معَ جزيءِ أكسجينٍ (O_2). إذ تعملُ الأشعةُ فوقَ البنفسجيّةِ على تكسيرِ الرابطةِ التساهميةِ الثنائيةِ في جزيءِ الأكسجينِ. فينتجُ من ذلكَ ذرّتا أكسجينٍ نشطتانِ، وتتّحدُ كلُّ ذرّةٍ منهما مع جزيءِ أكسجينٍ (O_2)، ويتكوّنُ الأوزونُ كما في المعادلَتَينِ الآتيتَينِ:

$$O_2 \xrightarrow{UV} O + O$$

$$O_2 + O \longrightarrow O_3$$

الرّبطُ بالصحةِ

لطبقةِ الأوزونِ أهميةٌ كبيرةٌ للإنسانِ؛ لأنها تحمي الأرضَ من وصولِ الأشعةِ فوقَ البنفسجيّةِ الضارةِ إليها، فهي تسبّبُ عند وصولِها إلى سطحِ الأرضِ حدوثَ سرطاناتِ الجلدِ، وإضعافَ الجهازِ المناعيِّ في الجسمِ، وتدميرَ المادةِ الوراثيةِ (DNA)، كما أنها تسبّبُ مرضَ تليّفِ عدسةِ العينِ.

أفكّرُ أبيّنُ ما سببُ تأيُّنِ الذرّاتِ في طبقةِ الأيونوسفيرِ؟

أبحثُ:

أستعينُ بمصادرِ المعرفةِ المختلفةِ ومنْها شبكةُ الإنترنت، أبحثُ عن أسبابِ ثقبِ طبقةِ الأوزونِ، ثمَّ أُعِدُّ عرضًا تقديميًّا مدعّمًا بالصورِ يوضّحُ تلكَ الأسبابَ، وأعرضُه أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

الستراتوسفيرُ Stratosphere

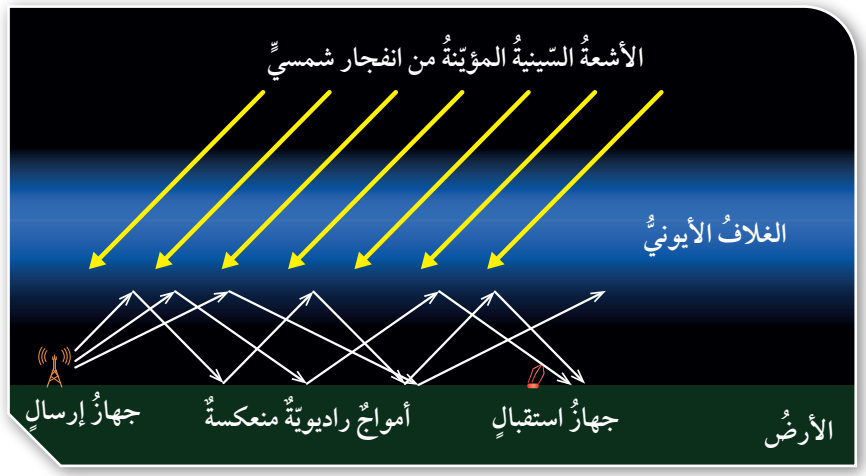
تمتدُّ طبقةُ **الستراتوسفيرِ Stratosphere** من نهايةِ طبقةِ التروبوسفيرِ إلى ارتفاعٍ يصلُ إلى 50 km فوقَ سطحِ الأرضِ. يتميّزُ الجزءُ السفليُّ من طبقةِ الستراتوسفيرِ بانخفاضِ درجةِ الحرارةِ التي تصلُ إلى (55 °C -) تقريبًا، في حينِ يتميّزُ الجزءُ العلويُّ منها بارتفاعِ درجةِ الحرارةِ التي قد تصلُ إلى (0 °C)، ويرجعُ سببُ ذلكَ إلى وجودِ طبقةٍ تحتوي على غازِ الأوزونِ تقعُ بينَ (15 - 30) km ضِمنَ طبقةِ الستراتوسفيرِ، إذ يمتصُّ الأوزونُ الأشعةَ فوقَ البنفسجيّةِ من الشمسِ، ما يؤدّي إلى ارتفاعِ درجةِ الحرارةِ.

الميزوسفيرُ Mesosphere

تقعُ طبقةُ **الميزوسفيرِ Mesosphere** أو (**الطبقةُ الوسطى**) فوقَ طبقةِ الستراتوسفيرِ عندَ ارتفاعِ 50 km، حيثُ تبدأُ عندَها درجةُ الحرارةِ بالانخفاضِ مع الارتفاعِ حتى تصلَ إلى (90 °C -) تقريبًا، وتستمرُّ هذه الطبقةُ حتى ارتفاعِ 80 km تقريبًا فوقَ سطحِ الأرضِ. وتتميزُ هذه الطبقةُ بالانخفاضِ الكبيرِ في درجاتِ الحرارةِ، وبقلّةِ تركيزِ الغازاتِ. ولهذهِ الطبقةِ أهميةٌ كبيرةٌ، فهي تحمي سطحَ الأرضِ من سقوطِ النيازكِ عليه.

الثيرموسفيرُ Thermosphere

تسمّى الطبقةُ الرابعةُ من الغلافِ الجويِّ **الثيرموسفيرَ Thermosphere** أو (**الطبقةَ الحراريةَ**)، وهي طبقةٌ ذاتُ تركيزٍ قليلٍ من الغازاتِ؛ لذلكَ تشكّلُ نسبةً قليلةً من كتلةِ الغلافِ الجويِّ. تقعُ طبقةُ الثيرموسفيرِ بينَ (80-700) km تقريبًا، وتتميزُ بارتفاعِ درجةِ حرارتِها، إذ تزدادُ درجةُ حرارتِها؛ لتصلَ إلى (1700 °C) تقريبًا. وتوجدُ في نهايةِ طبقةِ الميزوسفيرِ، وداخلَ طبقةِ الثيرموسفيرِ طبقةٌ من الجسيماتِ المشحونةِ كهربائيًّا تُسمّى الأيونوسفيرَ Ionosphere أو (الطبقةَ المتأيّنةَ)، ولطبقةِ الأيونوسفيرِ أهميةٌ كبيرةٌ؛ لأنها تقومُ بعكسِ أمواجِ الراديو وإبقائِها داخلَ الغلافِ الجويِّ. أنظرُ الشكلَ (4). كذلكَ تحمي الأرضَ من وصولِ الأشعةِ السينيّةِ الضارّةِ إليها.



الشكلُ (4): تُعَدُّ طبقةُ الأيونوسفيرِ مُهمةً في الاتصالاتِ؛ لأنها تعملُ على عكسِ الأشعةِ الراديويّةِ الصادرةِ من أجهزةِ الإرسالِ نحوَ أجهزةِ الاستقبالِ الموجودةِ على سطحِ الأرضِ.

الإكسوسفيرُ Exosphere

تمتدُّ طبقةُ **الإكسوسفيرِ Exosphere** أو (**الطبقةُ الخارجيَّةُ**)، من نهايةِ طبقةِ الثيرموسفيرِ إلى أكثرَ من 10000 km فوقَ سطحِ الأرضِ، حيثُ تتلاشى عندَ حدودِ الفضاءِ الخارجيِّ، وتحتوي طبقةُ الإكسوسفيرِ على تركيزٍ قليلٍ من ذرّاتِ عنصرَيِ: الهيدروجينِ، والهيليومِ، ويقلُّ عددُ الذرّاتِ مع زيادةِ الارتفاعِ.

✓ **أتحقَّقُ:** أفسِّرُ: لماذا تُسمّى طبقةُ التروبوسفيرِ بالطبقةِ المناخيةِ؟

أبحثُ

ينظرُ عددٌ من العلماءِ إلى طبقةِ الإكسوسفيرِ على أنها ليست من طبقاتِ الغلافِ الجويِّ، أستعينُ بمصادرِ المعرفةِ المختلفةِ ومنْها شبكةُ الإنترنِت، وأبحثُ عن أسبابِ ذلكَ، ثمَّ أعِدُّ عرضًا تقديميًّا مدعّمًا بالصورِ يوضّحُ تلكَ المسوّغاتِ، وأعرضُه أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

مراجعةُ الدرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** أرتّبُ طبقاتِ الغلافِ الجويِّ من الأسفلِ إلى الأعلى.
2. أرتّبُ الغازاتِ الآتيةَ من الأكثرِ وفرةً، إلى الأقلِّ وفرةً في الغلافِ الجويِّ (الأكسجينُ، ثاني أكسيدِ الكربونِ، الأرغونُ، النيتروجينُ).
3. **أُقارِنُ** بين طبقةِ الميزوسفيرِ والثيرموسفيرِ من حيثُ درجةُ الحرارةِ.
4. **السَّببُ والنتيجةُ:** ما سببَ ارتفاعِ درجةِ حرارةِ الجزءِ العُلويِّ من طبقةِ الستراتوسفيرِ؛ نسبةً إلى الجزءِ السُّفليِّ منها.
5. **أُصدرُ حُكمًا** على صحّةِ ما وردَ في العبارةِ الآتيةِ: (ترتفعُ درجةُ حرارةِ طبقةِ التروبوسفيرِ كلّما ارتفعنا من سطحِ الأرضِ إلى أعلى).
6. أحدّدُ في أيِّ طبقاتِ الغلافِ الجويِّ توجدُ طبقةُ الأوزونِ.
7. **أفسِّرُ** أهميةَ طبقةِ الثيرموسفيرِ في الاتصالاتِ.

تسخينُ الغلافِ الجويِّ
Atmospheric Heating

الدرسُ 2

الفكرةُ الرئيسةُ:

تعملُ مكوّناتُ الغلافِ الجويِّ على امتصاصِ جزءٍ من الإشعاعِ المنبعثِ من الشمسِ، وجزءٍ من الإشعاعِ المنبعثِ من سطحِ الأرضِ، ما يؤدي إلى تسخينِ الغلافِ الجويِّ.

نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أتوصّلُ إلى أنّ الشمسَ هي المصدرُ الرئيسُ للطاقةِ في الغلافِ الجويِّ.
- أشرحُ كيفيةَ تسخينِ الغلافِ الجويِّ.
- أقدّرُ أهميّةَ الطاقةِ الشمسيّةِ؛ بوصفِها مصدرًا رئيسًا للطاقةِ على سطحِ الأرضِ.
- أحسُبُ التدفُّقَ المنبعثَ من الشمسِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

موجاتٌ كهرمغناطيسيّةٌ Electromagnetic Waves

إشعاعٌ Radiation

الطاقةُ الشمسيّةُ Sun Energy

تُعَدُّ الشمسُ مصدرَ الطاقةِ الرئيسَ على سطحِ الأرضِ، وتشعُّ الشمسُ طاقتَها في الاتجاهاتِ جميعِها، على شكلِ **موجاتٍ كهرمغناطيسيّةٍ Electromagnetic Waves** تسمّى الإشعاعَ الشمسيَّ. أنظرُ الشكلَ (5). وكما تعلمتُ سابقًا، فإنّ الموجاتِ الكهرمغناطيسيّةَ شكلٌ من أشكالِ الطاقةِ، تنتقلُ عبْرَ الفراغِ، ولا تحتاجُ إلى وسطٍ ناقلٍ حتى تصلَ إلى الأرضِ، وهي موجاتٌ مستعرِضةٌ تكونُ على شكلِ قمّةٍ وقاعٍ، لها تردّداتٌ وأطوالٌ موجيّةٌ مختلفةٌ. ويُعرَّفُ الطولُ الموجيُّ للموجةِ بأنه المسافةُ بين قمّتينِ متتاليتينِ، أو قاعينِ متتاليينِ. وتسمّى الطاقةُ التي تنتقلُ على شكلِ موجاتٍ كهرمغناطيسيّةٍ إلى الأرضِ **الإشعاعَ Radiation**.

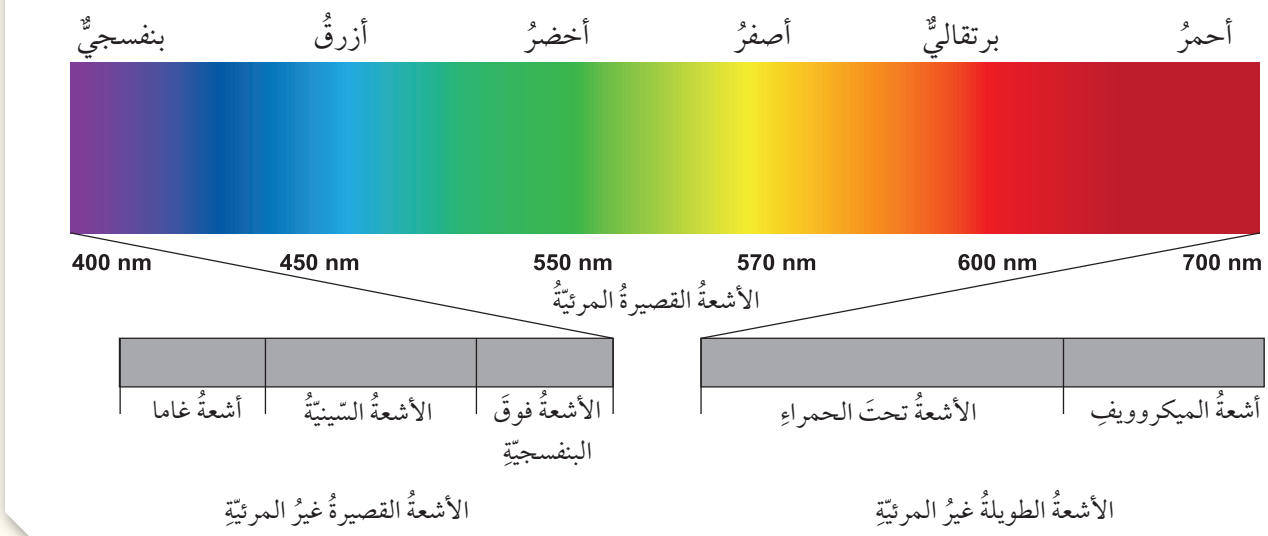
يسمّى النطاقُ الكاملُ للموجاتِ الكهرمغناطيسيةِ الطيفَ الكهرمغناطيسيَّ، وتختلفُ الموجاتُ الكهرمغناطيسيّةُ بأطوالِها الموجيّةِ، وتردّداتِها، ولكنْ ما الأطوالُ الموجيّةُ التي تصلُ من الشمسِ إلى الأرضِ؟ وهل جميعُها متشابهةٌ؟

الشكلُ (5): تشعُّ الشمسُ طاقتَها في الاتجاهاتِ جميعِها، وتسمّى المساراتُ التي تسلكُها الطاقةُ الإشعاعَ الشمسيَّ.

نشاطٌ

الإشعاعُ الشمسيُّ

تختلفُ موجاتُ الطيفِ الكهرمغناطيسيِّ للإشعاعِ الشمسِيِّ في أطوالِها الموجيّةِ، وتردّداتِها، وكذلكَ كميّةُ الطاقةِ التي تحملُها. ولتعرُّفِ أنواعِ الموجاتِ الكهرمغناطيسيّةِ المكوِّنةِ للإشعاعِ الشمسِيِّ، أدرسُ الشكلَ الآتيَ، ثمّ أجيبُ عن الأسئلةِ التي تليه:



التحليلُ والاستنتاجُ:

1. أوضِّحُ: ما أنواعُ الأشعةِ المكوِّنةِ للطيفِ الكهرمغناطيسيِّ الشمسِيِّ؟
2. أحدِّدُ الأطوالَ الموجيّةَ للأشعةِ المرئيّةِ بوحدةِ (nm) علمًا بأنَّ كلَّ $1\,nm = 10^{-9}\,m$
3. **أقارِنُ** بينَ الأشعةِ الطويلةِ غيرِ المرئيّةِ، والأشعةِ القصيرةِ غيرِ المرئيّةِ من حيثُ الطولُ الموجيُّ.
4. أذكرُ أمثلةً على كلٍّ من: الأشعةِ الطويلةِ غيرِالمرئيّةِ، والأشعةِ القصيرةِ غيرِ المرئيّةِ.
5. **أستنتِجُ:** إذا علمتُ أن العلاقةَ بين تردّدِ الموجاتِ وطولِها الموجيِّ علاقةٌ عكسيةٌ؛ فأيُّ الموجاتِ ذاتُ ترددٍ أكبرَ؟
6. **أتوقّعُ:** إذا علمْتُ أنَّ الطاقةَ تزدادُ بنقصانِ الطولِ الموجيِّ، فأيُّ الموجاتِ تحملُ طاقةً أكبرَ؟

الطيفُ الكهرمغناطيسيُّ الشمسِيُّ

Solar Electromagnetic Spectrum

يتكوّنُ الطيفُ الكهرمغناطيسيُّ للشمسِ من أنواعٍ متعددةٍ من الأشعةِ، منها الأشعةُ المرئيّةُ وتحتَ الحمراءِ وفوقَ البنفسجيّةِ، ويمكنُ تقسيمُ الإشعاعِ في الطيفِ الكهرمغناطيسيِّ إلى قسمينِ رئيسينِ هما:

الأشعةُ المرئيّةُ (الضوءُ المرئيُّ) Visible Radiation

تتكوّنُ الأشعةُ المرئيّةُ من ألوانٍ متعددةٍ هي: الأحمرُ، والبرتقاليُّ، والأصفرُ، والأخضرُ، والأزرقُ، والبنفسجيُّ. ولكلِّ لونٍ منها طولٌ موجيٌّ خاصٌّ به، إذ يتراوحُ الطولُ الموجيُّ للأشعةِ المرئيّةِ بينَ nm (400 - 700)، ويُعَدُّ اللّونُ الأحمرُ أكثرَ الموجاتِ طولًا موجيًّا، ويقلُّ الطولُ الموجيُّ كلّما اتّجهنا نحوَ اللّونِ البنفسجيِّ. أنظرُ الشكلَ (6).

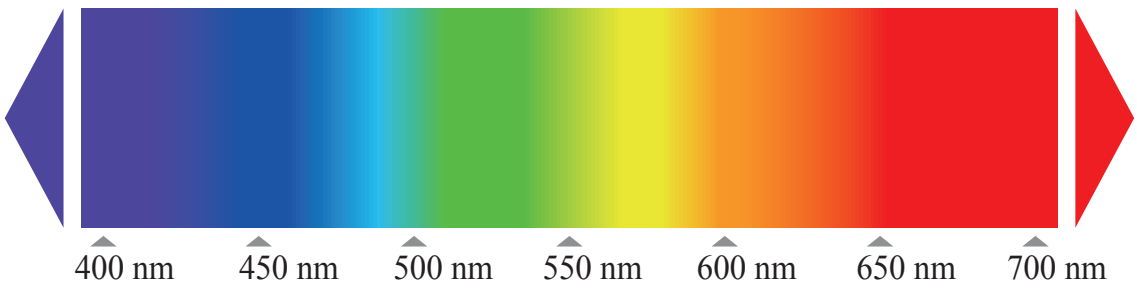
الأشعةُ غيرُ المرئيّةِ Non-Visible Radiation

تقسَمُ الأشعةُ غيرُ المرئيّةِ إلى قسمينِ؛ اعتمادًا على الطولِ الموجيِّ، وهما:

- الأشعةُ الطويلةُ غيرُ المرئيّةِ: يزيدُ طولُها الموجيُّ على 700 nm، ومن أمثلتِها الأشعةُ تحتَ الحمراءِ وأشعةُ الميكروويفِ.
- الأشعةُ القصيرةُ غيرُ المرئيّةِ: يقلُّ طولُها الموجيُّ عن 400 nm، ومن أمثلتِها الأشعةُ فوقَ البنفسجيّةِ، والأشعةُ السّينيّةُ، وأشعةُ غاما.

الرّبطُ بالصحّةِ

يسبّبُ التعرّضُ المستمرُّ لأشعةِ الشمسِ الإصابةَ بسرطاناتِ الجلدِ، وقد تتسبّبُ في حدوثِ أضرارٍ في العيونِ؛ لذا ينصَحُ الأطباءُ بعدمِ التعرّضِ لأشعةِ الشمسِ المباشرةِ مُدَدًا طويلةً خاصةً في وقتِ الذّروةِ.

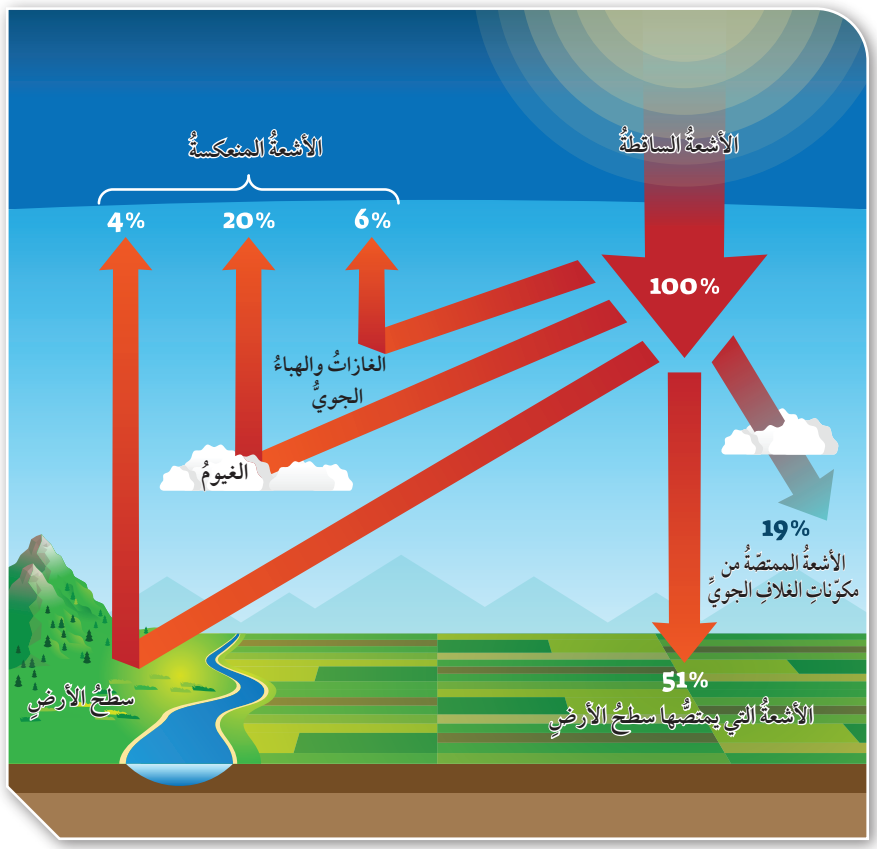


الشكلُ (6): الأشعةُ المرئيّةُ (الضوءُ المرئيُّ).

أحدّدُ على الشكلِ موقعَ كلٍّ من الأشعةِ الطويلةِ غيرِ المرئيّةِ، والأشعةِ القصيرةِ غيرِ المرئيّةِ.

عندما يصلُ الإشعاعُ الشمسيُّ إلى الغلافِ الجويِّ، فإنّ الغيومَ تعكسُ 20% منهُ، في حينِ تعكسُ الغازاتُ والهباءُ الجويُّ الموجودُ في الغلافِ الجويِّ 6% تقريبًا منهُ إلى الفضاءِ الخارجيِّ، بينما تمتصُّ بعضُ مكوّناتِ الغلافِ الجويِّ 19% تقريبًا من ذلكَ الإشعاعِ. ويصلُ 55% من الإشعاعِ الشمسيِّ إلى سطحِ الأرضِ، فَيمتصُّ سطحُ الأرضِ 51% منه، ويعكسُ 4% إلى الغلافِ الجويِّ. أنظرُ الشكلَ (7).

يتكوّنُ معظمُ الإشعاعِ المنبعثِ من الشمسِ الذي يصلُ إلى الغلافِ الجويِّ من موجاتٍ مرئيةٍ وأشعةٍ تحتَ الحمراءِ، وأشعةٍ فوقَ البنفسجيةِ، في حينِ يتكوّنُ الإشعاعُ المنبعثُ من الأرضِ من أشعةٍ تحتَ حمراءَ. تعملُ الأشعةُ المنبعثةُ من الشمسِ، والأشعةُ المنبعثةُ من سطحِ الأرضِ على تسخينِ الغلافِ الجويِّ، إذ يمتصُّ غازُ الأوزونِ في طبقةِ الستراتوسفيرِ الأشعةَ فوقَ البنفسجيّةِ، كما تمتصُّ غازاتُ كلٍّ من ثاني أكسيدِ الكربونِ والميثانِ وبخارِ الماءِ في الغلافِ الجويِّ الأشعةَ تحتَ الحمراءِ المنبعثةَ من الشمسِ، وسطحِ الأرضِ.



الشكلُ (7): يعكسُ الغلافُ الجويُّ جزءًا من الإشعاعِ الشمسيِّ، ويمتصُّ جزءًا منه.

أحدِّدُ نسبةَ الإشعاعِ الشمسيِّ الذي ينعكسُ بفعلِ الغيومِ.

أفكّرُ تمتصُّ الغازاتُ والأبخرةُ في الغلافِ الجويِّ جزءًا من الطيفِ الكهرمغناطيسيِّ المنبعثِ من الشمسِ إلى الأرضِ، ما يعملُ على تسخينِ الغلافِ الجويِّ. أفكّرُ بالاستعانةِ بالشكلِ (7) إن كانَ لسطحِ الأرضِ دَورٌ في عمليةِ تسخينِ الغلافِ الجويِّ، وأسوّغ إجابتي.

أعملُ فيلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلامِ (movie maker) يوضّحُ مكوناتِ الطيفِ الكهرمغناطيسيِّ، وأحرصُ على أنْ يشملَ الفيلمُ صوَرًا توضيحيّةً، ثُمّ أشاركهُ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

الطاقةُ في الغلافِ الجويِّ Energy in the Atmosphere

ينبعـثُ مـن المترِ المربّـعِ الواحـدِ من السـطحِ الخارجيِّ للشـمسِ في ثانيـةٍ واحدةٍ طاقـةٌ مقدارُهـا (6.5×10^7) W/m² ، ويُطلَقُ على هـذهِ الطاقةِ تدفُّـقُ الأشـعةِ المنبعثـةِ من الشـمسِ، ويحسَـبُ من العلاقـةِ الآتيةِ:

$$\Phi = P / A$$

Φ : تدفُّقُ الأشعةِ المنبعثةِ من الشمسِ (W/m²).

P : القدرةُ الإشعاعيّةُ للشمسِ (W).

A : مساحةُ سطحِ الشمسِ (m²).

وتُعرفُ القدرةُ الإشعاعيةُ للشمسِ بأنّها المعدّلُ الزمنيُّ لانتقالِ الطاقةِ من كاملِ مساحةِ السطحِ الخارجيِّ للشمسِ، وتساوي (4×10^{26}) W تقريبًا. ويمكنُ حسابُ مساحةِ السطحِ الخارجيِّ للشمسِ عن طريقِ العلاقةِ الآتية:

$$\text{surface area of the sun} = 4 \times \pi \times r^2$$

حيثُ إنّ:

r : نِصفُ القطرِ

π : (3.14).

أتحقَّقُ: أوضّحُ المقصودَ بالقدرةِ الإشعاعيّةِ للشمسِ؟

الرّبطُ بالبيئةِ

تُعـدُّ الشـمسُ مـن أهـمّ مصادرِ الطّاقـةِ المُتجـدّدةِ علـى سـطحِ الأرضِ. فهـي تَمدّنـا بالطّاقـةِ بشـكلٍ مسـتمرٍّ ودونَ انقطـاعٍ، ويمكـنُ تحويـلُ الطاقـةِ المنبعثةِ من الشـمسِ إلـى طاقـةٍ كهربائيّـةٍ أو طاقـةٍ حراريّـةٍ باسـتخدامِ تقنيـاتٍ مختلفـةٍ مثـلَ الألـواحِ الشمسـيّةِ. وتعتبـرُ الطاقـةُ الشمسـيةُ خيـارًا مثاليًّـا لمواجهـةِ تحدياتِ اسـتهلاكِ الوقـودِ الأحفـوريِّ والحفـاظِ على المـواردِ الطبيعيّـةِ.

مثالٌ

أحسُـبُ التدفّـقَ المنبعـثَ مـن سـطحِ الشـمسِ، إذا علمـتُ أن مسـاحةَ سـطحِ الشـمسِ $(608 \times 10^{10}$ km²)، وقدرتَهـا الإشـعاعيّةَ $(4 \times 10^{26}$ W).

أولًا: أُحوّلُ وحدةَ مساحةِ سطحِ الشمسِ من km² إلى m²:

$$608 \times 10^{10} \times 10^6$$
$$= 608 \times 10^{16} \text{ m}^2$$

ثانيًا: لحسابِ التدفّقِ المنبعثِ من سطحِ الشمسِ أطبّقُ العلاقةَ

$$\Phi = P / A$$

$$= \frac{4 \times 10^{26}}{608 \times 10^{16}} = 6.6 \times 10^7 \text{ W/m}^2$$

تمرينٌ

أحسُـبُ قـدرةَ الشـمسِ الإشـعاعيّةَ إذا علمـتُ أن مسـاحةَ سـطحِها $(608 \times 10^{10}$ km²) وتدفّـقَ الأشـعةِ المنبعثـةِ منهـا $(6.6 \times 10^7$ W/m²).

مراجعةُ الدرسِ

1. **الفكـرةُ الرئيسـةُ:** أحـدِّدُ أنواعَ الأشـعةِ التـي يمتصُّها الغـلافُ الجويُّ من الإشـعاعِ الشمسِـيِّ، وتعملُ على تسـخينِه.

2. أتتبّعُ: ماذا يحصلُ للأشعةِ الشمسِيّةِ عندما تصلُ إلى الغلافِ الجويِّ للأرضِ؟

3. **أقارِنُ** بينَ الإشعاعِ المنبعثِ من الأرضِ والإشعاعِ المنبعثِ من الشمسِ من حيثُ الأطوالُ الموجيّةُ لكلٍّ منها.

4. أحدِّدُ أيَّ مكوّناتِ الغلافِ الجويِّ لها القدرةُ على امتصاصِ الأشعةِ فوقَ البنفسجيّةِ بكفايةٍ عاليةٍ.

5. أحدِّدُ نوعَ الأشعةِ التي يمتصُّها بخارُ الماءِ H_2O في الغلافِ الجويِّ.

6. **أحسُبُ** التدفّقَ المنبعثَ من سطحِ الشمسِ، إذا علمتُ أن قُطرَ الشمسِ (1,392,684 km)، وقدرتَها الإشعاعيّةَ (4×10^{26} W).

7. **أقارِنُ** بينَ أجزاءِ الطيفِ الكهرمغناطيسيِّ من حيثُ: الطولُ الموجيُّ، والأشعةُ المكوِّنةُ منها.

8. يمثّلُ الجدولُ المجاورُ نسبةَ الإشعاعِ الشمسيِّ المُنعكِسِ والمُمتَصِّ لسطوحٍ مختلفةٍ على سطحِ الأرضِ. أدرسُ الجدولَ، ثمَّ أجيبُ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:

السطحُ	نسبةُ الإشعاعِ الشمسيِّ	
	المُنعكِسُ	المُمتصُّ
الصحراءُ	20-40	60-80
الأعشابُ	5-25	75-95
الثلوجُ	50-90	10-50
المياهُ	5-10	90-95

أ. **أقارِنُ** بينَ نسبةِ الإشعاعِ الشمسيِّ المُمتَصِّ منَ المناطقِ المُغطّاةِ بالثلوجِ والمُسطَّحاتِ المائيةِ.

ب. أحدّدُ أيَّ السطوحِ أكثرُ عكسًا للإشعاعِ الشمسيِّ. وأيُّها الأقلُّ عَكسًا؟

جـ. **أتوقّعُ:** ماذا يمكنُ أنْ يحدثَ لكمّيةِ الأشعّةِ المُمتصَّةِ منْ سطحِ الأرضِ إذا حدثَ انصهارٌ للجليدِ بفعلِ التغيُّرِ المناخيِّ.

الإثراءُ والتوسُّعُ

الاحترارُ العالميُّ
Global Warming

يحتـوي الغلافُ الجويُّ وبشـكلٍ طبيعـيٍّ على غازاتٍ عديدةٍ تمتصُّ الأشـعةَ تحتَ الحمـراءِ المنبعثةَ مـن الأرضِ، منهـا: ثانـي أكسـيدِ الكربونِ، وبخـارُ المـاءِ، والميثـانُ، والأوزونُ، وتسـمّى هـذهِ الغازاتُ غـازاتِ الدفيئـةِ. ولكـنْ في الوقـتِ الحاضـرِ أدّتْ زيادةُ عمليـاتِ حرقِ الوقـودِ الأحفوريِّ في الأنشـطةِ الصناعيّـةِ، ووسـائلِ النقـلِ المختلفـةِ إلـى زيـادةِ كميـاتِ تلـكَ الغـازاتِ في الغـلافِ الجـويِّ، وخاصةً ثانـيَ أكسـيدِ الكربونِ، وهـذا أدّى إلى امتصاصِ الأشـعةِ المنبعثةِ مـن الأرضِ وعدمِ تمريرِهـا إلى خارجِ الغـلافِ الجـويِّ، مـا أدى إلى زيـادةِ درجةِ حرارةِ الغـلافِ الجويِّ، وظهرتْ مشـكلةُ الاحتـرارِ العالميِّ، وهـي الزيـادةُ التدريجيـةُ فـي متوسـطِ درجةِ حـرارةِ الغـلافِ الجـويِّ، وخاصةً في طبقـةِ التروبوسـفيرِ، بسـببِ امتصاصِ الأشـعةِ تحـتَ الحمـراءِ المنبعثةِ من سـطحِ الأرضِ.

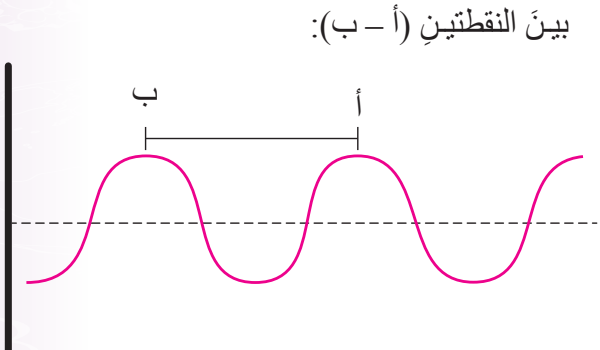
الكتابةُ في الجيولوجيا

أبحـثُ في مصـادرِ المعرفـةِ المتوافرةِ لـديَّ، ومنها شـبكةُ الإنترنت عـن مفهومِ الاحترارِ العالميِّ، وأسـبابِ تشـكُّلِه، وكيفيّـةِ التقليلِ من آثـارِه، ثمّ أصمِّـمُ عرضًـا تقديميًّا، وأعرضُـه أمـامَ زملائي/ زميلاتي فـي الصفِّ.

السؤالُ الأوّلُ:

أضَعُ دائرةً حولَ رمزِ الإجابةِ الصحيحةِ في ما يأتي:

1. الغازُ الأكثرُ وفرةً في الغلافِ الجويِّ هوَ:
   أ) الأكسجينُ. ب) ثاني أكسيدِ الكربونِ.
   ج) النيتروجينُ. د) الأوزونُ.
2. الغازُ الذي يُعدُّ منَ الغازاتِ ثابتةِ التركيزِ في الغلافِ الجويِّ هو:
   أ) الأوزونُ. ب) الأكسجينُ.
   ج) بخارُ الماءِ. د) ثاني أكسيدِ الكربونِ.
3. طبقةُ الغلافِ الجويِّ الأقلُّ في درجةِ حرارتِها هي:
   أ) التروبوسفيرُ. ب) الستراتوسفيرُ.
   ج) الميزوسفيرُ. د) الثيرموسفيرُ.
4. طبقةُ الغلافِ الجويِّ التي تحتوي على طبقةِ الأيونوسفيرِ هي:
   أ) التروبوسفيرُ. ب) الستراتوسفيرُ.
   ج) الثيرموسفيرُ. د) الإكسوسفيرُ.
5. واحدةٌ ممّا يأتي إحدى أنواعِ الأشعةِ طويلةِ الموجةِ، وهيَ:
   أ) فوقَ البنفسجيّةِ.
   ب) تحتَ الحمراءِ.
   ج) غاما.
   د) السّينيّةُ.
6. أيُّ الأطوالِ الموجيّةِ الآتيةِ تمثّلُ الطولَ الموجيَّ للأشعةِ المرئيّةِ بوحدةِ (nm):
   أ) أقلُّ من 400 ب) 400 - 700
   ج) 700 - 950 د) أكبرُ من 950
7. تقدَّرُ النسبةُ المئويةُ التي تمثّلُ كميّةَ الطاقةِ الشمسيّةِ التي يمتصُّها سطحُ الأرضِ بـ:
   أ) 4% ب) 15%
   ج) 31% د) 51%
8. يبيّنُ الشكلُ الآتي موجةً مستعرِضةً، تمثّلُ المسافةَ بينَ النقطتينِ (أ – ب):



   أ) التردّدُ. ب) القمّةُ.
   ج) القاعُ. د) الطولُ الموجيُّ.
9. الأشعةِ التي تُعدُّ مثالًا على الأشعةِ القصيرةِ المرئيّةِ هي:
   أ) أشعةُ الميكروويفِ.
   ب) الأشعةُ تحتَ الحمراءِ.
   ج) اللّونُ الأحمرُ.
   د) الأشعةُ السّينيّةُ.

السؤالُ الثاني:

أملأُ الفراغَ في ما يأتي، بما هو مناسبٌ منَ المصطلحاتِ:

أ - مزيجٌ من الغازاتِ والهباءِ الجويِّ، يحيطُ بالأرضِ، يمتدُّ من سطحِها إلى الفضاءِ الخارجيِّ .....

ب- موادُّ صلبةٌ مثلُ: الغبارِ والأملاحِ وحبوبِ اللقاحِ، وموادُّ سائلةٌ مثلُ: القطيراتِ الحمضيّةِ.

.....

ج- طبقةٌ ذاتُ تركيزٍ قليلٍ من الغازاتِ، يتراوحُ ارتفاعُها ما بينَ km (80-700) تقريبًا، وتتميزُ بارتفاعِ درجةِ حرارتِها نسبةً إلى باقي طبقاتِ الغلافِ الجويِّ.....

د- تتكوّنُ الأشعةُ المرئيّةُ من ألوانٍ متعددةٍ، منها: .....، .....، .....

هـ - المعدّلُ الزمنيُّ لانتقالِ الطاقةِ من كاملِ مساحةِ السطحِ الخارجيِّ للشمسِ وتساوي (4×10^{26} W) تقريبًا.....

ز- تقسَمُ الأشعةُ غيرُ المرئيّةِ إلى قسمينِ؛ اعتمادًا على الطولِ الموجيِّ، هما: .....

و.....

السؤالُ الثالثُ:

أُصدرُ حُكمًا على صحّةَ ما وردَ في العبارتينِ الآتيتينِ:

1. يُعَدُّ الحدُّ الفاصلُ بينَ طبقةِ الإكسوسفيرِ، والفضاءِ الخارجيِّ حدًّا يسهُلُ تمييزُه بسهولةٍ.
2. يمتصُّ الغلافُ الجويُّ الجزءَ الأكبرَ من الإشعاعِ الشمسيِّ الساقطِ عليهِ.

السؤالُ الرابعُ:

أقارِنُ بينَ كلٍّ من الثنائيّاتِ الآتيةِ:

1. الجزءُ العُلويُّ، والجزءُ السفليُّ في طبقةِ التروبوسفيرِ من حيثُ درجةُ الحرارةِ.
2. الأشعةُ تحتَ الحمراءِ، والأشعةُ فوقَ البنفسجيّةِ من حيثُ الطولُ الموجيُّ.
3. اللّونُ الأحمرُ، واللّونُ البنفسجيُّ من حيثُ التردّدُ.

السؤالُ الخامسُ:

أستخدمُ الأرقامَ: أحسبُ درجةَ حرارةِ الغلافِ الجويِّ على ارتفاعِ 3500 m إذا كانتْ درجةُ حرارةِ الغلافِ الجويِّ عندَ سطحِ البحرِ تساوي (20 °C).

السؤالُ السادسُ:

أوضّحُ أهميّةَ طبقةِ الميزوسفيرِ للكائناتِ الحيّةِ على سطحِ الأرضِ.

السؤالُ السابعُ:

أصِفُ ما يحدثُ للطاقةِ الشمسيّةِ التي يمتصُّها سطحُ الأرضِ.

السؤالُ الثامنُ:

أتتبّعُ كيفَ يسخُنُ الغلافُ الجويُّ للأرضِ عن طريقِ المخطّطِ المفاهيميِّ الآتي:

تشِعُّ الشمسُ طاقتَها في الاتجاهاتِ جميعِها.

↓

تنتقلُ الطاقةُ إلى الأرضِ على شكلِ موجاتٍ كهرمغناطيسيّةٍ، تُسمّى الإشعاعَ الشمسيَّ.

↓

↓

↓

↓

السؤالُ التاسعُ:

السببُ والنتيجةُ: تشيرُ الدراساتُ العلميّةُ إلى وجودِ تآكلٍ في طبقةِ الأوزونِ وخاصةً فوقَ المناطقِ القطبيةِ، أبيّنُ لماذا لا يتمُّ تعويضُ هذا التآكلِ في الطبقةِ نفسِها.

السؤالُ العاشرُ:

أصوغُ فرضيةً توضّحُ ماذا يحدثُ للحياةِ على سطحِ الأرضِ إذا فَقدتْ أحدَ أغلفَتِها.

(أ)

الإشعاعُ Radiation: الطاقةُ التي تنتقلُ من الشمسِ على شكلِ موجاتٍ كهرمغناطيسيّةٍ إلى الأرضِ.

الإكسوسفيرُ Exosphere: إحدى طبقاتِ الغلافِ الجويِّ، وتُعَدُّ الطبقةُ الخارجيّةُ منها، وتمتدُّ منْ نهايةِ طبقةِ الثيرموسفيرِ إلى أكثرَ من 10000 km فوقَ سطحِ الأرضِ، وتتلاشى عندَ حدودِ الفضاءِ الخارجيِّ.

الأوجُ Aphelion: أبعدُ نقطةٍ للكوكبِ في مدارِهِ الإهليليجي عن الشمسِ.

(ت)

التحلّلُ الحيويُّ Biodegradation: عمليةُ تحويلِ النفاياتِ العضويّةِ إلى سمادٍ عضويٍّ، يُطلقُ عليهِ اسمُ الكومبوستِ؛ بوساطةِ الكائناتِ الحيّةِ الدقيقةِ مثلِ البكتيريا. ويُستخدَمُ هذا السمادُ في زيادةِ خصوبةِ التربةِ، وتحسينِ بنيتِها، وإرجاعِ المغذّياتِ إليها.

تدويرُ النفاياتِ Waste Recycling: عمليةُ إعادةِ تصنيعِ النفاياتِ لصُنعِ منتجاتٍ جديدةٍ؛ من أجلِ تقليلِ استخدامِ الموادِّ الخامِ.

التروبوسفيرُ Troposphere: إحدى طبقاتِ الغلافِ الجويِّ، وتمتدُّ من سطحِ الأرضِ، وحتّى ارتفاعٍ يصلُ إلى 12 km، وتحتوي على معظمِ كتلةِ الغلافِ الجويِّ، وتسمّى بالطبقةِ المتغيّرةِ، أو الطبقةِ المناخيةِ، حيثُ تحدثُ فيها أحوالُ الطقسِ المختلفةُ.

(ث)

الثيرموسفيرُ Thermosphere: الطبقةُ الرابعةُ من طبقاتِ الغلافِ الجويِّ للأرضِ، تقعُ على ارتفاعٍ يتراوحُ بينَ (80-700) km تقريبًا، وتُعَدُّ ذاتَ تركيزٍ قليلٍ من الغازاتِ؛ لذلكَ تشكّلُ نسبةً قليلةً من كتلةِ الغلافِ الجويِّ. وتتميّزُ بارتفاعِ درجةِ حرارتِها، حيثُ تزدادُ درجةُ حرارتِها؛ لتصلَ إلى (1700 °C) تقريبًا.

(ح)

حزامِ الكوَيكباتِ Asteroids Belt: حزامٍ يضمُّ مئاتِ الآلافِ من الكوَيكباتِ التي تتجمّعُ في مدارٍ محصورٍ بينَ كوكبَيِ المرّيخِ والمشتري.

الحضيضِ Perihelion: أقربُ نقطةٍ للكوكبِ في مدارِهِ الإهليليجي عن الشمسِ.

الحمأةُ Sludge: الموادُّ الصُّلبةُ العضويّةُ، وغيرُ العضويّةِ الممزوجةُ بنسبةٍ عاليةٍ من المياهِ، وتنتُجُ من معالجةِ المياهِ العادمةِ في محطاتِ المعالجةِ.

(س)

الستراتوسفيرُ Stratosphere: إحدى طبقاتِ الغلافِ الجويِّ، تمتدُّ من نهايةِ طبقةِ التروبوسفيرِ، إلى ارتفاعٍ يصلُ إلى 50 km فوقَ سطحِ الأرضِ. يتميّزُ الجزءُ السّفليُّ منها بانخفاضِ درجةِ الحرارةِ التي تصلُ إلى (−55 °C) تقريبًا، بينما يتميّزُ الجزءُ العُلويُّ منها بارتفاعِ درجةِ الحرارةِ التي قد تصلُ إلى (0 °C).

السّديمُ Nebula: سحابةٌ كونيّةٌ مكوَّنةٌ أساسًا من الغبارِ الكونيِّ، والغازاتِ التي يتكوّنُ معظمُها من غازَيِ الهيدروجينِ والهيليومِ، ونسبةٍ ضئيلةٍ من العناصرِ الأخرى؛ تبعًا لعُمرِ السّديمِ.

(ط)

الطّمرُ الصحيُّ Sanitary Landfill: طريقةٌ حديثةٌ للتخلّصِ من النفاياتِ في مكبٍّ هندسيٍّ، تمّ إنشاؤُهُ وتشغيلُه؛ وفقًا لتعليماتٍ معتمدَةٍ عالميًّا لحمايةِ البيئةِ.

(غ)

الغلافُ الجويُّ Atmosphere: غلافٌ يحيطُ بالأرضِ، يتكوّنُ من مزيجٍ من الغازاتِ، والهباءِ الجويِّ، يمتدُّ من سطحِ الأرضِ إلى الفضاءِ الخارجيِّ، ويؤثّرُ في معظمِ العملياتِ الحيويّةِ، والتفاعلاتِ الكيميائيّةِ، والفيزيائيّةِ التي تجري عليها.

(ف)

فرضيّةُ الاصطدامِ العملاقِ Giant Impact Hypothesis: تنصُّ على أنّ "جسمًا صخريًّا بحجمِ كوكبِ المرّيخِ يسمّى ثِيا، اصطدمَ بالأرضِ عندما كانتْ لا تزالُ منصهرةً بمعظمِها، مشكّلًا قرصًا من الحطامِ الصخريِّ يحيطُ بالأرضِ، ويتكوّنُ هذا القرصُ من موادَّ من ستارِ الأرضِ، إضافةً إلى جزءٍ من اللّبِّ الحديديِّ للجسمِ الصخريِّ الصادمِ، وتدريجيًّا تجمّعَ هذا الحطامُ معًا؛ ليشكّلَ جسمًا صخريًّا واحدًا تابعًا للأرضِ وهو القمرُ".

فرضيّةُ الالتقاطِ Capturing Hypothesis: تنصُّ على أنّ "القمرَ تشكّلَ في جزءٍ ما من النظامِ الشمسِيِّ، وفي أثناءِ حركتِهِ في الفضاءِ اقتربَ من الأرضِ، وأمسكتْ به بفعلِ قوّةِ الجذبِ المتبادَلةِ، وما زالَ يدورُ حولَ الأرضِ حتّى الآنَ".

فرضيّةُ الانشطارِ Fission Hypothesis: تنصُّ على أنّ "القمرَ كانَ جزءًا من الأرضِ، ثمّ بسببِ سرعةِ دوَرانِ الأرضِ قديمًا، انشطرَ عنها في بدايةِ تكوّنِ النظامِ الشمسِيِّ".

الفرضيّةُ السّديميّةُ Nebular Hypothesis: تنصُّ على أنّ " الأجرامَ السماويةَ المكوِّنةَ للنظامِ الشمسِيِّ جميعَها، كانتْ سحابةً سديميّةً ضخمةً من الغازاتِ والغبارِ، ناتجةً من انفجارِ نجمٍ ما. وبفعلِ قُوًى خارجيةٍ أثّرتْ في أجزاءِ تلكَ السحابةِ أدّى إلى زيادةِ كثافتِها في عدّةِ مناطقَ، فتولّدتْ قوّةٌ جاذبيةٌ أدتْ إلى زيادةِ

سرعتِها ودوَرانِها حولَ محورِها، فأصبحتْ بفعلِ هذا الدّوَرانِ مثلَ الصفيحةِ الغازيّةِ، حيثُ تكوّنَ في مركزِها كتلةٌ متكثّفةٌ كبيرةٌ شكّلتِ الشمسَ البدائيّةَ".

الفوّهاتُ البركانيّةُ Craters: وهيَ حُفَرٌ مستديرةٌ بأعدادٍ كبيرةٍ، وبحجومٍ مختلفةٍ، تكوّنتْ نتيجةَ خروجِ الحممِ البركانيةِ، أو نتيجةَ اصطدامِ النيازكِ بسطحِ القمرِ.

(ك)

الكواكبُ الأرضيّةُ Terrestrial Planets: تسمّى أيضًا بالكواكبِ الداخليةِ، أو الكواكبِ الصخريةِ، وهي الكواكبُ التي تدورُ في المداراتِ الأقربِ إلى الشمسِ، وتُرتّبُ بحسبِ بُعدِها عن الشمسِ، على النحوِ الآتي: عطاردُ، والزّهرةُ، والأرضُ، والمرّيخُ.

الكواكبُ العملاقةُ The Giant Planets: كواكبُ تمتازُ باحتوائِها على غُلُفٍ جويّةٍ ضخمةٍ، وعميقةٍ، تتكوّنُ في معظمِها من غازَيِ الهيدروجينِ والهيليومِ. وتقعُ مداراتُ هذه الكواكبِ بعيدًا عن الشمسِ، وهي على الترتيبِ: المشتري، وزُحَلُ، وأورانوسُ، ونبتونُ. ودرجةُ حرارتِها تتراوحُ بينَ (-140 °C) على المشتري، و (-220 °C) على نبتونَ.

الكوَيكباتُ Asteroids : أجرامٌ سماويةٌ صخريةٌ صغيرةُ الحجمِ، تدورُ حولَ الشمسِ بمداراتٍ إهليليجيةٍ.

(م)

المعالَجةُ الحراريةُ Thermal Treatment: عمليةُ توليدِ الطاقةِ على شكلِ كهرباءٍ، أو حرارةٍ، أو كليهما معًا من المعالجةِ الأوليةِ للنفاياتِ الصُّلبةِ، وتُستخدَمُ هذه التكنولوجيا في الكثيرِ من دولِ العالمِ، خاصّةً في اليابانِ.

الميزوسفيرُ Mesosphere: إحدى طبقاتِ الغلافِ الجويِّ تسمّى (الطبقةَ الوسطى)، تقعُ فوقَ طبقةِ الستراتوسفيرِ عندَ ارتفاعِ 50 km ، تتميزُ بالانخفاضِ الكبيرِ في درجاتِ الحرارةِ، وبِقلّةِ تركيزِ الغازاتِ، ولها أهميةٌ كبيرةٌ، فهي تحمي سطحَ الأرضِ من سقوطِ النيازكِ عليه.

الموجاتُ الكهرمغناطيسيةُ Electromagnetice Waves: شكلٌ من أشكالِ الطاقةِ، تنتقلُ عبْرَ الفراغِ، ولا تحتاجُ إلى وسطٍ ناقلٍ حتّى تصلَ إلى الأرضِ، وهي موجاتٌ مستعرِضةٌ تكونُ على شكلِ قمّةٍ وقاعٍ، لها تردّداتٌ، وأطوالٌ موجيّةٌ مختلفةٌ.

(ن)

النفاياتُ Waste: المخلّفاتُ الناتجةُ من الأنشطةِ البشريةِ المنزليةِ والزراعيةِ والصناعية، ويؤثرُ تراكمُها في الصحّةِ والبيئةِ.

النفاياتُ الصُّلبةُ Sold Waste: الموادُّ الصُّلبةُ القابلةُ للنقلِ، والتي يرغبُ مالِكُها في التخلّصِ منها، حيثُ يكونُ جَمْعُها ونَقْلُها ومعالَجتُها من مصلحةِ المجتمعِ.

النفاياتُ الصُّلبةُ الزراعيةُ Agricultural Solid Waste: جميعُ النفاياتِ الزراعيةِ الناتجةِ من الأنشطةِ الزراعيةِ، ونفاياتِ المسالخِ، والدواجنِ، والنفاياتِ البلاستيكيّةِ الناتجةِ من البيوتِ البلاستيكيّةِ التالفةِ، وجِيَفِ الحيواناتِ، وبقايا الأعلافِ.

النفاياتُ الصُّلبةُ الصناعيةُ Industrial Solid Waste: النفاياتُ الناتجةُ من الصناعاتِ المختلفةِ، وتعتمدُ مكوّناتُها على نوعِ الصناعةِ، وطريقةِ الإنتاجِ.

النفاياتُ الصُّلبةُ المنزليةُ Domestic Solid Waste: المخلّفاتُ التي تطرحُها المنازلُ والمطاعمُ والفنادقُ وغيرُها، وتتكوّنُ هذه النفاياتُ من موادَّ معروفةٍ غيرِ متجانسةٍ في كمّيتِها مثلِ فضَلاتِ الطعامِ، والورقِ، والزجاجِ، والكرتونِ، والبلاستيكِ، والموادِّ الفلزيّةِ.

النفاياتُ الصُّلبةُ الطبيّةُ Medical Solid waste: جميعُ النفاياتِ الصُّلبةِ التي تطرحُها المستشفياتُ والمراكزُ الصحيّةُ، وتشملُ نفاياتِ المطابخِ مثلَ: بقايا الطعامِ، والنفاياتِ المُعديةَ التي تحتوي على مسبّباتِ الأمراضِ المُعديةِ مثلِ البكتيريا، والفيروساتِ، والنفاياتِ الحادّةِ مثلِ الإبرِ، والمشارطِ الناتجةِ من العملياتِ الجراحيةِ، والنفاياتِ الكيميائيةِ الناتجةِ من عملياتِ التعقيمِ، والنفاياتِ الدوائيةِ مثلِ الأدويةِ منتهيةِ الصلاحيةِ.

(هـ)

الهباءُ الجويُّ Aerosols: موادُّ صُلبةٌ مثلُ الغبارِ، والأملاحِ، وحبوبِ اللقاحِ، وموادُّ سائلةٌ مثلُ القطيراتِ الحمضيةِ توجدُ في الغلافِ الجويِّ، وتكونُ معلّقةً بداخلِه، ويبقى العديدُ منها معلّقًا مُدَدًا زمنيّةً طويلةً فيه.

قائمةُ المراجعِ

أوّلًا- المراجع العربية

1. برنامج الأمم المتحدة للبيئة (2015): **الاستراتيجيةُ وخطةُ العملِ الوطنيةِ لأغراضِ تعميمِ الاستهلاكِ والإنتاجِ المستدامينِ (SCP) في قطاعاتِ الزراعةِ/ الإنتاجُ الغذائيُّ والنقلُ وإدارةُ النفاياتِ في الأردنِّ (2016-2025)**، برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP)، وزارة البيئة، المملكة الأردنية الهاشمية.
2. البطاينة، بركات (2009): **مقدمةٌ في علمِ الفلكِ**، ط (1)، عمان: دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة.
3. دريس، عمار سيدي (2016):**استراتيجيةُ إدارةِ النفاياتِ الطبيةِ**، مجلة التواصل في العلوم الإنسانية والاجتماعية، العدد 47: 95-84، سبتمبر 2016.
4. سفاريني، غازي؛ وعابد، عبد القادر (2019): **أساسياتُ علمِ البيئة**، عمان: دار وائل للطباعة والنشر.
5. سفاريني، غازي؛ وعابد، عبد القادر (2012): **أساسياتُ علمِ الأرضِ**، ط (1)، عمان: دار الفكر.
6. السعدي، مرتضى (2018): **النفاياتُ الصُّلبةُ وطرقُ الاستفادةِ منها في الصناعاتِ العراقيةِ**، مجلة أهل البيت، 14(23): 673 - 648.
7. الشاعر، ضحى أحمد (2018): **تقنياتُ إعادةِ التدويرِ في موادِّ البناءِ كأداةٍ لحمايةِ البيئةِ وتحقيقِ الاستدامةِ في المناطقِ الحارّةِ**، مجلة كلية الهندسة، جامعة الفيوم، 1(2): 66-43.
8. صوالحة، حكم (2019): **الجيولوجيا العامةُ**، ط (2)، عمان: دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة.
9. الصوفي، ماهر (2008): **الموسوعةُ الكونيةُ الكبرى**، بيروت: شركة أبناء شريف الأنصاري للطباعة والنشر والتوزيع.
10. عبد الجليل، محمد علي وصبح، محمود محمد، والغيطاني، شوقي الشحات، ومحمد، طه عبد العظيم (2021): **استخدامُ تكنولوجيا حديثةٍ للحدِّ من تراكمِ المخلّفاتِ الصُّلبةِ (دراسةٌ تطبيقيةٌ على محافظةِ القاهرةِ)**، مجلة العلوم البيئية، معهد الدراسات والبحوث البيئية، جامعة عين شمس، 50 (6): 468-429، الجزء الرابع، يونيو 2021.
11. عطا الله، ميشيل (2009): **أساسياتُ الجيولوجيا**، ط (1)، عمان: دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة.

12. ابن عمر، الحاج عيسى (2021): **الطرُقُ البيئيةُ للتخلّص من النفاياتِ الخطِرةِ**، مجلة آفاق علمية، 13 (1): 525-543.

13. غرايبة، سامح؛ والفرحان، يحيى(2000): **المدخل إلى العلوم البيئية**، رام الله: دار الشروق للنشر والتوزيع.

14. بن غضبان، فؤاد (2015): **إدارةُ النفاياتِ الحضريّةِ الصُّلبةِ وطرُقُ معالجتِها**، ط(2)، عمان: دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع.

15. المجلس الأردني للأبنية الخضراء (2016): **دليلك المعتمَدُ لإدارةِ النفاياتِ في الأردنِّ: الكتيبُ التعليميُّ لفرزِ النفاياتِ**، عمان، الأردن.

ثانيًا- المراجع الأجنبية

1. Al-Ghazawi, Z., & Zboon, O., (2021): **Environmental and Economic Evaluation of Municipal Solid Waste Composting Facility in Irbid Greater Municipality**, Jordan Journal of Civil Engineering, 15 (4): 611-622.
2. Aldayyat, E., Saidan, M., Hamdan, S., & Colette Linton, C., (2019): **Solid Waste Management in Jordan: Impacts and Analysis**, Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 54 (2): 454-462.
3. Alouran, N. et. al, (2022): **Jordan's Fourth National Communication on Climat Change Ministry of Environment,** Jordan.
4. Gill, A., Foxford, H., & Warren, D., (2017): **Cambridge Lower Secondary Science**, **STAGE 9: WORKBOOK, Chapter (3): Ecology, (section 3.3 & section 3.4),** HarperCollins Publishers, London, pages: (32-35).
5. Hawkins, L., Eardley, F., Lloyd, S., Young, G., & Tarpey, S., (2017): Cambridge Lower Secondary Science, **STAGE 9: Student's Book, chapter (3): Ecology, (section 3.4: Human influences on the environment),** HarperCollins Publishers, London, pages: (55-56), (59-62).
6. Hawkins, L., Eardley, F., Lloyd, S., Young, G., & Tarpey, S., (2017): Cambridge Lower Secondary Science, **STAGE 9: Teacher's Guide, Chapter (3): Ecology, (section 3.4: Human influences on the environment),** HarperCollins Publishers, London, pages: (72-75).
7. Levesley, M., Meunier, C., Eardley, F., & Young, G., (2017): Collins Cambridge Lower Secondary Science, **Stage 7: Student's Book, Chapter (9): Beyond the Earth**, HarperCollins Publishers, London, pages: (180-188).
8. Lutgens, K. and Tarbuck. (2014): **Foundations of Earth Science**, Pearson; 7th Edition.
9. Tarbuck, E.J. & Lutgens, F.K. (2017): **Earth. An Introduction to Physical Geology**, 12th ed., Pearson Education Limited.

ثالثًا: المواقع الإلكترونية

1. http://www.moenv.gov.jo/Default/Ar
2. https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends_in_solid_waste_management.html
3. https://www.cmap.illinois.gov/documents/10180/62950/Waste+Disposal_PDF.pdf/b10b29c7-1543-41d3-abe2-fcb914e97cbc
4. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/252/4/042028/pdf
5. https://www.epa.gov/recycle/recycling-basics
6. https://www.sydney.edu.au/research/research-impact/a-new-plastic-recycling-technology-converts-liability-into-asset.html
7. https://www.space.com/18645-mercury-temperature.html
8. https://www.jpl.nasa.gov/edu/pdfs/scaless_reference.pdf
9. https://spaceplace.nasa.gov/years-on-other-planets/en/
10. https://public.nrao.edu/ask/which-planet-orbits-our-sun-the-fastest
11. https://sos.noaa.gov/catalog/datasets/planet-rotations/

تمَّ بحمدِ اللّهِ تعالى