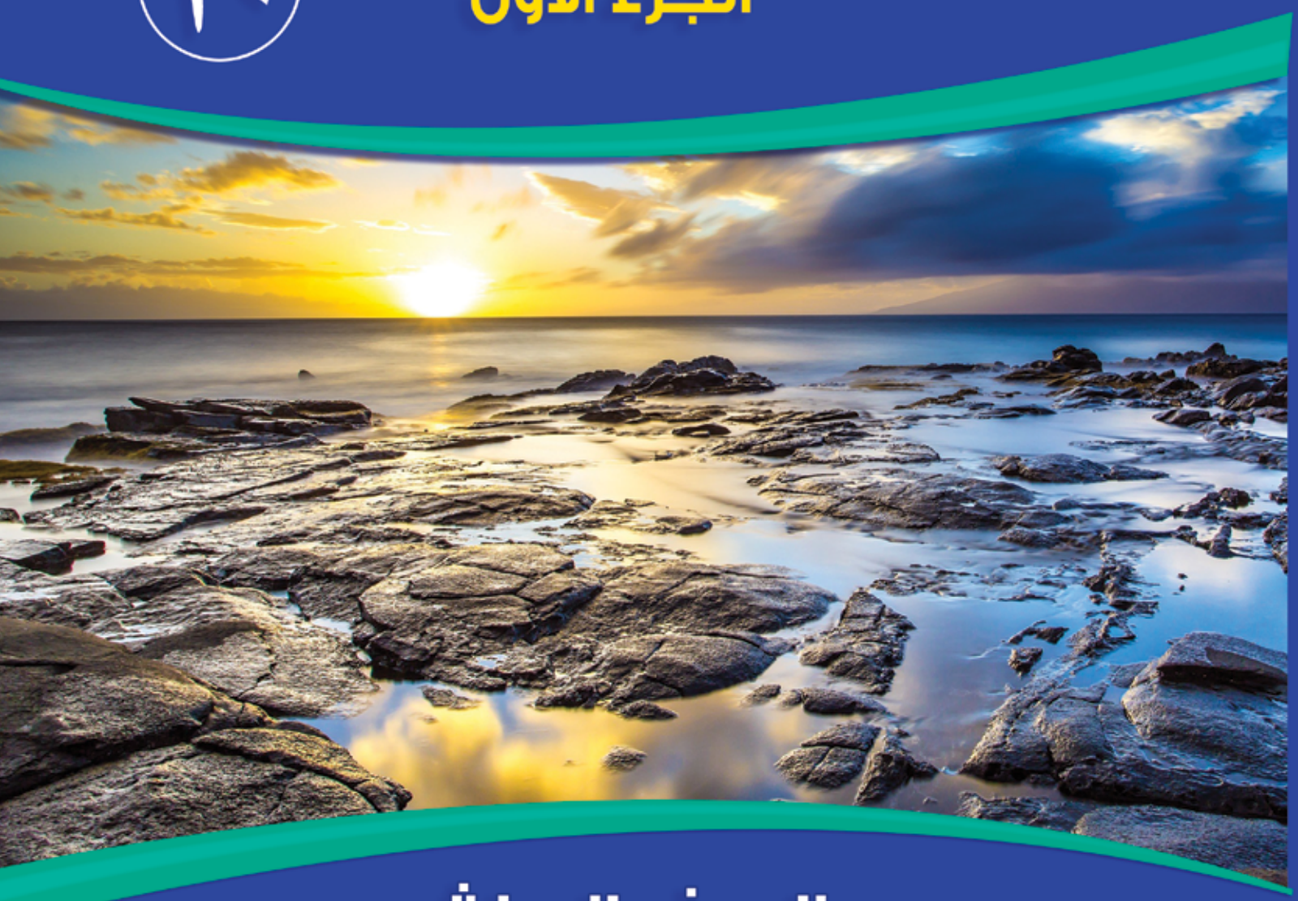
المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

علوم الأرض والبيئة

١٠

الجزء الأول



الصف العاشر

ISBN: 978-9957-84-721-0

المطبعة الوطنية

المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

علوم الأرض والبيئة

١٠

الجزء الأول

الصف العاشر

الناشر
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

يسر إدارة المناهج والكتب المدرسية استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العناوين الآتية:
هاتف: ٨-٥/٤٦١٧٣٠٤ فاكس: ٤٦٣٧٥٦٩ ص.ب (١٩٣٠) الرمز البريدي: ١١١١٨
أو بواسطة البريد الإلكترونيّ: E-mail: Scientific.Division@moe.gov.jo

قرّرت وزارة التّربية والتّعليم تدريس هذا الكتاب في مدارس المملكة الأردنية الهاشميّة جميعها، بناءً على قرار مجلس التّربية والتّعليم رقم ٢٠١٦/٥٣ تاريخ ٢٠١٦/٣/٦م، بدءًا من العام الدراسيّ ٢٠١٦/٢٠١٧م.

الحقوق جميعها محفوظة لوزارة التّربية والتّعليم

عمّان – الأردن ص.ب (١٩٣٠)

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنيّة

(٢٠١٦/٣/١٢٤٦)

ISBN: 978 - 9957 - 84 - 721 - 0

أشرف على تأليف هذا الكتاب كل من:

أ.د. عبد القادر محمد عابد (رئيسًا)، أ. د. أحمد حامد أبو هلال، د. موفق إبراهيم فريوان،

د. خلدون عبد الكريم القضاة، د. مروة خميس عبد الفتاح (مقررًا)

وقام بتأليفه كل من:

علي سميح الخطيب، فتوح عبد الرحمن خريطة، د. نايف محمد الشرفات

التحرير العلمي: د. مروة خميس عبد الفتاح

التصميم: عائد فؤاد سمور — الرسم: إبراهيم محمد شاكر

التحرير اللغوي: محمد حميدي الشعرات — التصوير: أديب أحمد عطوان

التحرير الفني: نرمين داود العزة — الإنتاج: د. عبدالرحمن سليمان ابو صعيليك

دقق الطباعة: لؤي منصور — راجعها: سكينة محي الدين جبر

الطَّبْعَةُ الأُوْلَى ١٤٣٧هـ/ ٢٠١٦م

اعيدت طباعته ٢٠١٧–٢٠١٩م

قائمةُ المحتوياتِ

الموضوعُ	الصّفحةُ
المقدّمةُ	٥
الوحدةُ الأولى: الأرصادُ الجويةُ	٦
الفصلُ الأوّلُ ١ عناصرُ الطقسِ	٨
أوّلًا: درجةُ الحرارةِ	١٠
ثانيًا: الضغطُ الجويُّ	١٧
ثالثًا: الرياحُ	٢٢
الفصلُ الثّاني ٢ خرائطُ الطقسِ	٢٩
أوّلًا: خرائطُ الحرارةِ	٣٠
ثانيًا: خرائطُ الضغطِ الجويِّ	٣٢
ثالثًا: أنظمةُ الضغطِ الجويِّ	٣٣
رابعًا: الكتلُ الهوائيةُ	٣٥
خامسًا: الجبهاتُ الهوائيةُ	٣٨
سادسًا: تحرّكُ الكتلِ الهوائيةِ	٤٠
سابعًا: أساسياتُ التنبؤِ الجويِّ	٤٢
الوحدةُ الثانيةُ: العملياتُ الجيولوجيةُ الداخليةُ	٤٦
الفصلُ الأوّلُ ١ الزلازلُ	٤٨
أوّلًا: حدوثُ الزلازلِ	٤٩
ثانيًا: الأمواجُ الزلزاليةُ	٥٢
ثالثًا: قياسُ الأمواجِ الزلزاليةِ	٥٦
رابعًا: قوةُ الزلزالِ وشدّتُهُ	٥٩
خامسًا: زلزاليةُ الأردنِّ	٦٣
سادسًا: أضرارُ الزلازلِ والتنبؤُ بها	٦٥
قائمةُ المصطلحاتِ	٧١

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمةُ

هذا كتابُ علومِ الأرضِ والبيئةِ للصفِ العاشرِ الأساسيِّ جاءَ متمّمًا لما بُدِئَ بهِ في صفوفِ مرحلةِ التعليمِ الأساسيِّ، ومنسجمًا معَ فلسفةِ التربيةِ والتعليمِ. ويتضمّنُ الكتابُ بجزأيهِ ثلاثَ وحداتٍ دراسيةٍ مقسّمةٍ إلى ستةِ فصولٍ؛ يحتوي الجزءُ الأولُ منهُ على وحدةِ الأرصادِ الجويةِ، بالإضافةِ إلى الفصلِ الأولِ منْ وحدةِ العملياتِ الجيولوجيةِ الداخليةِ. وأمَّا الجزءُ الثاني منَ الكتابِ فيحتوي الفصلَ الثاني منْ وحدةِ العملياتِ الجيولوجيةِ الداخليةِ، ويتضمّنُ أيضًا وحدةَ المحيطاتِ.

ولتحقيقِ الرؤيةِ الجديدةِ للمنهاجِ، فقدْ نوَّعنا في استخدامِ استراتيجياتِ التدريسِ، التي تجعلُ منَ الطالبِ المحورَ الرئيسَ في العمليةِ التعلّميةِ التعليميةِ، كاستراتيجيةِ التفكيرِ الناقدِ، وحلِّ المشكلاتِ، والعملِ التعاونيِّ، والتعلمِ بالنشاطِ، لتنميةِ معارفِ الطلبةِ ومهاراتِهمْ واتجاهاتِهمْ، وجعلِهمْ قادرينَ على صنعِ القرارِ، والتعاملِ بإيجابيةٍ مع جميعِ القضايا المحيطةِ بهمْ.

ويتضمّنُ الكتابُ عددًا منَ الأنشطةِ المتنوعةِ، بالإضافةِ إلى الصناديقِ الجانبيةِ، والخرائطِ المفاهيميةِ، والرسومِ البيانيةِ، وقضايا البحثِ والمناقشةِ، وصناديقَ أخرى جانبيةٍ تتضمنُ معلوماتٍ إضافيةً للطالبِ، علمًا بأنَّ المعلوماتِ الواردةَ في صناديقِ (أضفْ إلى معلوماتِك) يدرسُها الطالبُ ذاتيًّا، ولا يُسألُ عنها في اختباراتِهِ التحصيليةِ، وترِدُ في الكتابِ بعضُ الإحصاءاتِ التي يُطلبُ إلى الطالبِ تحليلُها وتوظيفُها، ولا يُطلبُ إليهِ حفظُها.

١

الوحدةُ الأولى

الأرصادُ الجويَّةُ (Meteorology)

النتاجاتُ

يُتوقّعُ منكَ بعدَ دراستِكَ هذهِ الوحدةَ أنْ:

- توضّحَ المقصودَ بكلٍّ منْ درجةِ الحرارةِ، والطقسِ، والمناخِ، ومحطةِ الرصدِ الجويِّ، والتغيرِ اليوميِّ لدرجةِ الحرارةِ، والضغطِ الجويِّ، وقوةِ تحدُّرِ الضغطِ الجويِّ، وقوةِ (كوريوليس)، وقوةِ الاحتكاكِ، وخرائطِ الحرارةِ، وخرائطِ الضغطِ الجويِّ، وخطوطِ تساوي الضغطِ الجويِّ، وأنظمةِ الضغطِ الجويِّ (المنخفضاتُ الجويةُ والمرتفعاتُ الجويةُ)، والكتلِ الهوائيةِ، والجبهاتِ الهوائيةِ.
- تصفَ بعضَ عناصرِ الطقسِ كدرجةِ الحرارةِ والضغطِ الجويِّ والرياحِ، وطرائقَ قياسِها.
- توضّحَ آليةَ تكوّنِ كلٍّ منَ المنخفضاتِ، والمرتفعاتِ الجويةِ، والكتلِ والجبهاتِ الهوائيةِ.
- تصفَ تأثيرَ كلٍّ منَ المنخفضاتِ، والمرتفعاتِ الجويةِ، والكتلِ والجبهاتِ الهوائيةِ في حالةِ الطقسِ.
- تُمثّلَ خطوطَ تَساوي الضغطِ الجويِّ على خريطةِ الطقسِ.
- تشرحَ العواملَ المؤثرةَ في الضغطِ الجويِّ كالارتفاعِ، والكثافةِ، ودرجاتِ الحرارةِ.
- تحسبَ التغيرَ في كلٍّ منَ الضغطِ الجويِّ، ودرجةِ الحرارةِ باختلافِ الارتفاعِ عنْ سطحِ البحرِ.
- توضّحَ آليةَ تكوّنِ الرياحِ على سطحِ الأرضِ، وعلاقتَها بالمنخفضاتِ الجويةِ والمرتفعاتِ الجويةِ.
- تشرحَ القوى المؤثرةَ في الرياحِ كقوةِ تحدّرِ الضغطِ الجويِّ، وقوةِ (كوريوليس)، وقوةِ الاحتكاكِ.
- تفسّرَ الخرائطَ الجويةَ المتعلقةَ بالظواهرِ الجويةِ، كالجبهاتِ الهوائيةِ، والمنخفضاتِ والمرتفعاتِ الجويةِ.
- تقدّرَ دورَ التقدمِ التقنيِّ في تقديمِ أساليبَ جديدةٍ ترتقي بمستوى التنبؤاتِ الجويةِ.
- تقدّرَ عظمةَ الخالقِ ـ عزَّ وجلَّ ـ في نشأةِ الظواهرِ الجويةِ وعناصرِ الطقسِ وتقلُّبِها.

قالَ اللهُ تعالى:

﴿ وَهُوَ ٱلَّذِى يُرۡسِلُ ٱلرِّيَٰحَ بُشۡرَۢا بَيۡنَ يَدَىۡ رَحۡمَتِهِۦٓۖ حَتَّىٰٓ إِذَآ أَقَلَّتۡ سَحَابًا ثِقَالًا سُقۡنَٰهُ لِبَلَدٖ مَّيِّتٖ فَأَنزَلۡنَا بِهِ ٱلۡمَآءَ فَأَخۡرَجۡنَا بِهِۦ مِن كُلِّ ٱلثَّمَرَٰتِۚ كَذَٰلِكَ نُخۡرِجُ ٱلۡمَوۡتَىٰ لَعَلَّكُمۡ تَذَكَّرُونَ ﴾

(سورةُ الأعرافِ، الآيةُ ٥٧).

- لماذا تتغيَّرُ الكثيرُ منَ الأنشطةِ الحيويةِ التي نقومُ بها في فصلَي الصيفِ والشتاءِ؟ وكيفَ يعملُ شراعُ السفينةِ على تسييرِها في البحرِ؟ ولماذا نشعرُ بألمٍ في الأذنِ عندَ ذهابِنا إلى الأماكنِ المنخفضةِ كالبحرِ الميتِ؟

الفصلُ الأوّلُ

عناصرُ الطقسِ

(Weather Elements)

1

تتغيَّرُ حالةُ الطقسِ باستمرارٍ خاصةً في فصلِ الشتاءِ، إذْ يكونُ صحوًا مشمسًا مرةً، وغائمًا مرةً ثانيةً، وماطرًا مرةً ثالثةً. فما أهميةُ معرفتَنا بأحوالِ الطقسِ وتقلُّباتِهِ؟ وكيفَ يُمكنُنا معرفتُها؟ ولماذا تختلفُ قيمُ عناصرِ الطقسِ منْ منطقةٍ إلى أخرى، ومنْ وقتٍ إلى آخرَ؟

مفهومُ الطقسِ والمناخِ (Weather and Climate Concept)

منَ المؤكدِ أنَّكَ لاحظتَ توقفَ بعضِ الأعمالِ التي نقومُ بها بسببِ هطولِ الأمطارِ، أوْ سمعتَ بتأجيلِ رحلةٍ جويةٍ بسببِ حدوثِ الضبابِ. ولعلَّهُ قدْ مرَّ بِكَ في صفوفٍ سابقةٍ كيفَ كانَ البحارةُ ينظمونَ رحلاتِهِمْ حسبَ اتجاهِ الرياحِ في المواسمِ المختلفةِ، ولماذا يلجأُ المزارعونَ لإطلاقِ الدخانِ بينَ مزروعاتِهِمْ أيامَ الصقيعِ. هذهِ الأمثلةُ وغيرُها الكثيرُ منَ الأنشطةِ الحياتيةِ للإنسانِ تتأثرُ بالطقسِ، فما الطقسُ؟ وكيفَ يؤثرُ في الأنشطةِ التي يقومُ بها الإنسانُ؟

يُعرَّفُ **الطقسُ** (Weather) بأنَّهُ وصفُ حالةِ الجوِّ السائدةِ منْ درجةِ حرارةٍ ورطوبةٍ وأمطارٍ ورياحٍ وضغطٍ جويٍّ وغيرِها في أثناءِ مُدّةٍ زمنيةٍ قصيرةٍ قدْ تدومُ ساعاتٍ أوْ أيامًا أوْ أسابيعَ في منطقةٍ جغرافيةٍ محدّدةٍ، مثلِ مدينةٍ ما. أما **المناخُ** (Climate) فيُعرّفُ بأنَّهُ متوسطُ حالةِ الجوِّ في أثناءِ مُدّةٍ زمنيةٍ طويلةٍ؛ فصولٍ أوْ سنواتٍ أوْ عقودٍ عدّةٍ في منطقةٍ جغرافيةٍ واسعةٍ، مثلِ بلدٍ ما.

للطقسِ عناصرُ مختلفةٌ؛ منها درجةُ الحرارةِ، والرطوبةِ، والرياحِ، يقيسُها أشخاصٌ متخصصونَ هُمُ الراصدونَ الجويّونَ، ويرصدونَها، ويتابعونَها في محطاتِ الرصدِ الجويِّ. ويقومُ الراصدُ الجويُّ بمتابعةِ تغيّراتِ الأحوالِ الجويةِ منْ ساعةٍ إلى أخرى، ومنْ يومٍ إلى آخرَ، ومنْ فصلٍ إلى آخرَ، مدوّنًا وموثقًا.

وتُعرفُ **محطةُ الرصدِ الجويِّ** بأنها المكانُ الذي تُقاسُ فيهِ عناصرُ الطقسِ المختلفة بانتظامٍ. وتوضع بعضُ أجهزةِ الرصدِ الجويِّ في مساحةٍ محددةٍ وبترتيبٍ معيَّنٍ خارجَ المحطةِ تُدعى **حديقةَ الرصدِ الجويِّ**، كما هوَ مُوضّحٌ في الشكلِ (١-١). ويُثبَّتُ بعضُها الآخرُ داخلَ مبنى المحطةِ.

الشكلُ (١-١): حديقةُ الرصدِ الجويِّ وما تحتويهِ منْ أجهزةٍ لقياسِ عناصرِ الطقسِ.

وهناكَ أوقاتٌ محددةٌ متفقٌ عليها عالميًّا لقياسِ عناصرِ الطقسِ، وتدوينِها في سجلاتٍ مناخيةٍ للرجوعِ إليها عندَ الحاجةِ. ويتمُّ تبادلُ بياناتِ الرصدِ الجويِّ الوطنيةِ وبياناتِ الرصدِ الجويِّ في أنحاءٍ مختلفةٍ منَ العالمِ من أجلِ استخدامِها في رسمِ خرائطِ الطقسِ التي سندرسُها لاحقًا. وتُرصدُ عناصرُ الطقسِ لهذهِ الغايةِ ثماني مراتٍ كلَّ أربعٍ وعشرينَ ساعةً؛ أيْ مرَّةً كلَّ ثلاثِ ساعاتٍ بدءًا منَ الساعةِ (٠٠:٠٠) وحتى الساعةِ (٢١:٠٠) بتوقيتِ غرينتش. وكذلكَ تُرصدُ عناصرُ الطقسِ في محطاتِ الرصدِ الجويِّ الموجودةِ في المطاراتِ كلَّ ساعةٍ أوْ كلَّ نصفِ ساعةٍ، وتُستخدمُ بياناتُ الرصدِ الجويِّ هذهِ في إعدادِ تقاريرَ خاصةٍ يعتمدُ عليها الطيّارونَ في عملياتِ الهبوطِ والإقلاعِ والطيرانِ.

أولًا: درجةُ الحرارةِ (Temperature)

يتزايدُ اهتمامُ الناسِ بمعرفةِ تغيّراتِ درجةِ الحرارةِ منْ وقتٍ إلى آخرَ، ومنْ يومٍ إلى آخرَ، لما لها منْ تأثيرٍ في حياتِهمُ اليوميةِ. اقرأ النصَّ الآتيَ الذي يمثلُ نشرةً عنِ الحالةِ الجويةِ، ودرجاتِ الحرارةِ الصغرى والعظمى المتوقعةِ في أثناءِ (٢٤) ساعةً لأحدِ أيامِ شهرِ أيلولَ لعامِ (٢٠١٥) م، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:

"يطرأُ انخفاضٌ قليلٌ على درجاتِ الحرارةِ اليومَ الأحدَ معَ بقائِها أعلى منْ معدّلاتِها بحوالي (٣-٥) درجاتٍ مئويةٍ، ويكونُ الطقسُ حارًّا نسبيًّا في عمانَ والمناطقِ الجبليةِ، وحارًّا في باقي مناطقِ المملكةِ معَ ظهورِ الغيومِ على ارتفاعاتٍ مختلفةٍ، ويُحتملُ سقوطُ زخاتٍ محليةٍ خفيفةٍ متفرقةٍ منَ المطرِ بإذنِ اللهِ تعالى خاصةً في جنوبِ وشرقِ المملكةِ، وتكونُ الرياحُ بشكلٍ عامٍّ شماليةً غربيةً معتدلةَ السرعةِ تنشطُ بعدَ الظهرِ. وتتراوحُ درجاتُ الحرارةِ الصغرى والعظمى في عمانَ ما بينَ (٢٦- ٣٥) درجةً مئويةً، وفي المناطقِ الشماليةِ (٢٥-٣٤)، والمناطقِ الوسطى (٢١-٣٣)، والمناطقِ الجنوبيةِ (٢١- ٣٧)، وفي خليجِ العقبةِ (٣٢ - ٣٩) درجةً مئويةً".

(منقولٌ بتصرُّفٍ عن جريدةِ الرأيِ الأردنيةِ، بتاريخِ ٢٠١٥/٩/١٣).

- ما عناصرُ الطقسِ الواردةُ في النصِّ؟
- كيفَ تتغيّرُ درجاتُ الحرارةِ الواردةُ في النصِّ؟ وأينَ تتوقَّعُ أن يتمَّ قياسُها؟
- ما المقصودُ بدرجةِ الحرارةِ العظمى، ودرجةِ الحرارةِ الصغرى الواردتينِ في النصِّ؟
- هلْ توجدُ فروقٌ في درجاتِ الحرارةِ بينَ منطقةٍ وأخرى؟ ولماذا؟

تُمثِّلُ **درجةُ الحرارةِ** (Temperature) المُشارُ إليها في النصِّ درجةَ حرارةِ الهواءِ المقيسةِ أوْ المتوقعةِ في الظلِّ على ارتفاعِ مترينِ عنْ سطحِ الأرضِ، إذْ تعملُ أشعةُ الشمسِ على تسخينِ سطحِ الأرضِ الذي يقومُ بدورهِ بتسخينِ الهواءِ الملامسِ لهُ بفعلِ عمليةِ التوصيلِ، فترتفعُ درجةُ حرارةِ الهواءِ في أثناءِ النهارِ. وعندما يبردُ سطحُ الأرضِ في أثناءِ الليلِ نتيجةَ الإشعاعِ الأرضيِّ الصادرِ منَ الأرضِ، يبردُ الهواءُ الملامسُ لسطحِ الأرضِ فتنخفضُ درجةُ الحرارةِ ليلًا.

وتُعرَّفُ **درجةُ الحرارةِ** بأنَّها خاصيةٌ للجسمِ تحدِّدُ مدى اكتسابِهِ الحرارةَ أوْ فقدانِهِ إيّاها عندَ اتصالِهِ بأجسامٍ أخرى. وتُعدُّ درجةُ الحرارةِ منْ أهمِّ عناصرِ الطقسِ؛ لما لها منْ تأثيرٍ مباشرٍ أوْ غيرِ مباشرٍ في العناصرِ الأخرى، مثلِ الضغطِ الجويِّ والرياحِ، كما ستدرسُ لاحقًا.

أضفْ إلى معلوماتِكَ

يتراوحُ المناخُ السائدُ في الأردنِّ بينَ الجافِّ وشبهِ الجافِّ. ومنْ أهمِّ ما يميزُ مناخَ الأردنِّ التفاوتُ في درجاتِ الحرارةِ؛ إذْ يكونُ حارًّا جافًّا صيفًا، وباردًا رطبًا شتاءً. وتقسمُ المملكةُ الأردنيةُ الهاشميةُ إلى عدّةِ مناطقَ مناخيةٍ منها المناطقُ الجافةُ كالمناطقِ الشرقيةِ والجنوبيةِ الشرقيةِ منَ الأردنِّ، أوِ الباردةُ كالمناطقِ الجبليةِ، والمناطقِ شبهِ الجافةِ كالمناطقِ الشماليةِ الغربيةِ منَ المملكةِ. وتتباينُ درجاتُ الحرارةِ في الأردنِّ؛ إذْ تكونُ حارّةً صيفًا ودافئةً شتاءً في الأغوارِ، ومعتدلةً صيفًا وباردةً شتاءً في المرتفعاتِ الجبليةِ.

التغيّرُ اليوميُّ لدرجةِ الحرارةِ (Diurnal Temperature Variation)

لتعرّفِ مقدارِ تسخينِ الأرضِ للهواءِ، نفِّذِ النشاطَ الآتيَ:

نشاطٌ تحليليٌّ (١ - ١): التغيّرُ اليوميُّ لدرجةِ الحرارةِ

ادرسِ الجدولَ (١-١)، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:

الجدول (١-١): درجاتُ الحرارةِ المقيسةِ في محطةِ رصدٍ جويٍّ في غورِ الصافي كلَّ ساعةٍ مدةَ ثلاثةِ أيامٍ منْ شهرِ شباطَ منْ عامِ (٢٠١٥) م.

الوقتُ	٢/٢٤	٢/٢٥	٢/٢٦	الوقتُ	٢/٢٤	٢/٢٥	٢/٢٦
٠٠ ليلا	١٠,٦٣	١٢,٩٢	١٢,٨٥	١٢ ظهرًا	١٩,١٩	١٩,٧٣	٢٠,٨٧
٠١	١٠,٤٣	١١,١٣	١٢,٤٢	١٣	٢٠,٠٩	٢٠,٩٣	٢١,٧٩
٠٢	٩,١١	١٠,٠٦	١٢,٢٢	١٤	٢٠,٤٨	٢٢,٣٣	٢٢,٧
٠٣	٩,٣١	٩,٧٢	١٢,٥٦	١٥	٢٠,٩٥	٢٢,٩١	٢٢,٩٤
٠٤	٩,٥٥	١٠,٤٧	٩,٨٩	١٦	٢١,١٨	٢٢,٥٧	٢٤,٢٢
٠٥	١٠,٦٧	٨,٩٤	١٠,١٦	١٧	٢١,٣٥	٢٢,٩٧	٢٣,٦٨
٠٦	٨,٤٧	٩,٠٨	١٠,٠٩	١٨	١٩,٨٥	٢٠,٠١	٢٠,٥١
٠٧	٧,٩	٧,٣٩	١٠,٩٧	١٩	١٤,٦٤	١٦,١٢	١٨,٥٥
٠٨	٨,٥٥	٨,٣٨	١٢,١٢	٢٠	١٣,٩٥	١٤,٤٥	١٦,٥
٠٩	١٢,٧٣	١٢,٩٤	١٣,٣٧	٢١	١٣,٩	١٣,٤٨	١٦,٠٧
١٠	١٥,٥١	١٥,٧٨	١٦,١١	٢٢	١٤,٢٤	١٣,٧٩	١٧,٦٧
١١	١٧,١٤	١٧,٦٨	١٩,١٣	٢٣	١٢,٤٨	١٣,٧٦	١٦,١٨

- هلْ تُسخِّنُ الأرضُ الهواءَ بالمقدارِ نفسِهِ في أثناءِ اليومِ الواحدِ؟
- هلْ يحدثُ التغيُّرُ في درجاتِ الحرارةِ بشكلٍ منتظمٍ في أثناءِ اليومِ الواحدِ؟ لماذا؟
- في أيِّ وقتٍ كانتْ درجةُ الحرارةِ أعلى ما يمكنُ في كلِّ يومٍ منَ الأيامِ الثلاثةِ؟ وفي أيِّ وقتٍ كانتْ درجةُ الحرارةِ أدنى ما يمكنُ؟
- ارسمْ مستخدمًا برمجيةَ (إكسل)، أوْ يدويًّا التغيُّرَ في درجةِ الحرارةِ في كلِّ يومٍ منَ الأيامِ الثلاثةِ، ثمَّ صِفْ هذا التغيُّرَ.

توصلتَ منَ الجدولِ السابقِ إلى أنَّ درجةَ الحرارةِ تنخفضُ في أثناءِ اليومِ الواحدِ لتصلَ إلى أدنى قيمةٍ لها في ساعاتِ الصباحِ الباكرِ بُعَيْدَ شروقِ الشمسِ بدقائقَ قدْ تصلُ إلى (٣٠) دقيقةً، وتُسمّى **درجةَ الحرارةِ الصغرى** (Minimum Temperature). ثمَّ تبدأُ درجةُ الحرارةِ بالارتفاعِ تدريجيًّا لتصلَ أعلى قيمةٍ لها بعدَ ظهرِ اليومِ نفسِهِ نحوَ ساعتينِ إلى ثلاثِ ساعاتٍ، وتُسمّى **درجةَ الحرارةِ العظمى** (Maximum Temperature).

ومنْ ثمَّ ستجدُ في أثناءِ متابعتِكَ النشرةَ الجويةَ اليوميةَ، قيمتينِ مختلفتينِ لدرجةِ الحرارةِ لكلِّ منطقةٍ في أثناءِ اليومِ والليلةِ، إحداهما تُمثِّلُ درجةَ الحرارةِ الصغرى، والأخرى تُمثِّلُ درجةَ الحرارةِ العظمى. ويُسمّى الفرقُ بينَ درجتَي الحرارةِ العظمى والصغرى لليومِ نفسِهِ **المدى اليوميَّ لدرجةِ الحرارةِ** (Diurnal Temperature Variation).

أتأمّلُ.. أفكرُ.. ثمَّ أجيبُ

- يكونُ المدى اليوميُّ لدرجةِ الحرارةِ كبيرًا في المناطقِ الصحراويةِ، وقليلًا في المناطقِ الساحليةِ، فسِّرْ ذلكَ.

يستخدمُ الراصدُ الجويُّ **ميزانَ الحرارةِ** أوِ **الثيرموميتر** (Thermometer) لقياسِ درجاتِ الحرارةِ العظمى والصغرى؛ أمّا العظمى فيُستخدمُ لقياسِها ميزانٌ خاصٌّ يحتوي الزئبقَ يُسمّى ميزانَ الحرارةِ الزئبقيَّ، وأمّا الصغرى فيُستخدمُ لقياسِها ميزانٌ آخرُ خاصٌّ يحتوي الكحولَ يُسمّى ميزانَ الحرارةِ الكحوليَّ.

أطوّرُ معرفتي

يُستخدمُ الزئبقُ في موازينِ الحرارةِ التي تقيسُ درجاتِ الحرارةِ العظمى، بينما يُستخدمُ الكحولُ في الموازينِ التي تقيسُ درجاتِ الحرارةِ الصغرى، فسِّرْ سببَ ذلكَ.

ولقياسِ درجةِ حرارةِ الهواءِ بصورةٍ صحيحةٍ لا بدَّ منْ وضعِ موازينِ الحرارةِ في المكانِ

المناسبِ، فما صفاتُ هذا المكانِ؟ انظرِ الشكلَ (١-٢) ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:

الشكلُ (١- ٢): الكشكُ الخشبيُّ الذي توضعُ فيهِ أجهزةُ قياسِ درجةِ الحرارةِ الصغرى والعظمى.

- لماذا تُزوَّدُ جوانبُ الصندوقِ الخشبيِّ بفتحاتٍ؟
- يرتفعُ كشكُ الرصدِ الجويِّ عنْ سطحِ الأرضِ مترين تقريبًا، فسِّرِ السببَ.
- في أيِّ اتجاهٍ تتوقّعُ أنْ يُفتحَ الصندوقُ بالنسبةِ للشمسِ؟ ولماذا؟
- ما موازينُ الحرارةِ التي تُوضعُ في هذا الصندوقِ الخشبيِّ؟ ولماذا تُوضعُ؟

تُعلّقُ موازينُ الحرارةِ في صندوقٍ خشبيٍّ يُدعى **كشكَ الرصدِ الجويِّ** (Stevenson Screen)؛ ليمنعَ وصولَ أشعةِ الشمسِ إليها، فلا يتمدَّدُ السائلُ في الميزانِ بسببِ سقوطِ هذهِ الأشعةِ المباشرةِ عليهِ، فيُعطي عندَ ذلكَ قراءةً لدرجةِ الحرارةِ أعلى منَ القراءةِ الحقيقيةِ. كما تُجعلُ لهذا الصندوقِ فتحاتٌ جانبيةٌ تُؤمِّنُ لهُ التهويةَ الجيدةَ، بحيثُ تكونُ درجةُ حرارةِ الهواءِ داخلَ الصندوقِ هيَ نفسَها درجةَ حرارةِ الهواءِ في الخارجِ. ويُوضعُ هذا الصندوقُ على ارتفاعِ مترينِ فوقَ سطحِ الأرضِ ليمنعَ تأثرَ موازينِ الحرارةِ بالحرارةِ المنبعثةِ منْ سطحِ الأرضِ. وعادةً يكونُ بابُ الصندوقِ في عكسِ اتجاهِ الشمسِ حتى لا تدخلَ أشعةُ الشمسِ المباشرةُ إلى الصندوقِ فتزيدَ منْ قيمِ قراءاتِ الموازينِ بداخلِهِ وذلكَ عندَ فتحِ الصندوقِ منْ قِبَلِ الراصدِ الجويِّ لأخذِ القراءاتِ.

أتأمّلُ .. أفكرُ .. ثمَّ أجيبُ

١– قدَّرَ المتنبئُ الجويُّ أنَّ درجةَ الحرارةِ لأحدِ الأيامِ المشمسةِ هيَ (٢٠)°س. ولدى خروجِكَ منَ البيتِ تحتَ أشعةِ الشمسِ المباشرةِ لاحظتَ أنَّ درجةَ الحرارةِ تقدّرُ بأعلى مما سمعتَهُ في النشرةِ الجويةِ. فما السببُ في ذلكَ؟

٢– تكونُ درجةُ حرارةِ الهواءِ التي يتمُّ قياسُها داخلَ كشكِ الراصدِ الجويِّ، هيَ نفسَها درجةَ حرارةِ الهواءِ تحتَ أشعةِ الشمسِ، فسِّرْ ذلكَ.

تغيّرُ درجاتِ الحرارةِ معَ الارتفاعِ

علمتَ أنَّ درجةَ الحرارةِ تتغيّرُ منْ وقتٍ إلى آخرَ في المنطقةِ نفسِها، فهلْ تتغيّرُ منْ منطقةٍ إلى أخرى؟ وما العواملُ التي تُؤثِّرُ في ذلك؟ للإجابةِ عنْ ذلكَ، نفِّذِ النشاطَ التحليليَّ الآتِيَ:

نشاطٌ تحليليٌّ (١ – ٢): تغيّرُ درجةِ الحرارةِ معَ الارتفاعِ

ادرسِ البياناتِ الواردةَ في الجدولِ (١–٢)، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ.

الجدولُ (١–٢): معدّلُ درجةِ الحرارةِ الشهريةِ (مئويةً) في خمسِ محطاتِ رصدٍ جويٍّ في الأردنِّ لعامِ (٢٠٠٠) م.

المحطةُ / الشهرُ	الارتفاعُ (م)	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	المعدّلُ السنويُّ
دير علا	–٢٢٤	١٤,٨	١٥,٦	١٧,٩	٢٢,٢	٢٦,٢	٢٩,٤	٣١,٠	٣١,٥	٢٩,٩	٢٦,٩	٢١,٧	١٦,٦	٢٣,٦
مطارُ العقبةِ	٥١	١٤,٧	١٦,٢	١٩,٣	٢٣,٨	٢٧,٩	٣١,٠	٣٢,٣	٣٢,٣	٢٩,٩	٢٦,٣	٢١,٠	١٦,٠	٢٤,٢
إربدُ	٦١٦	٨,٩	٩,٧	١٢,١	١٦,٤	٢٠,٥	٢٣,٧	٢٥,١	٢٥,٥	٢٤,٠	٢٠,٩	١٥,٥	١٠,٧	١٧,٨
مطارُ عمانَ	٧٨٠	٨,٠	٩,٠	١١,٧	١٦,١	٢٠,٧	٢٣,٧	٢٥,٣	٢٥,٥	٢٣,٦	٢٠,٤	١٤,٩	٩,٨	١٧,٤
الشوبكُ	١٣٦٥	٤,٠	٤,٨	٧,٥	١١,٩	١٥,٤	١٨,٤	٢٠,٣	٢٠,٢	١٦,٢	١٤,٨	٩,٧	٥,٨	١٢,٨

- في أيِّ شهرٍ تكونُ درجاتُ الحرارةِ في أدنى معدَّلٍ لها في المنطقةِ الواحدةِ؟ حدِّدِ المنطقةَ التي لها القيمةُ الأدنى، والمنطقةَ التي لها القيمةُ الأعلى؟

- في أيِّ شهرٍ تكونُ درجاتُ الحرارةِ في أعلى معدَّلٍ لها في المنطقةِ الواحدةِ؟ حدِّدْ كذلكَ المنطقةَ التي لها القيمةُ الأدنى، والمنطقةَ التي لها القيمةُ الأعلى؟
- قارنْ بينَ درجةِ حرارةِ أعلى منطقةٍ وأخفضِ منطقةٍ في شهريْ كانونِ الثاني وآبَ.
- استنتجِ العلاقةَ بينَ درجةِ الحرارةِ والارتفاعِ.

توصلتَ منَ النشاطِ السابقِ إلى أنَّ الأماكنَ الجبليةَ المرتفعةَ تتميّزُ بأجواءٍ لطيفةٍ، ودرجاتِ حرارةٍ معتدلةٍ صيفًا وباردةٍ شتاءً، كما في منطقةِ الشوبكِ مثلًا، في حينِ تتميّزُ الأماكنُ المنخفضةُ بأجوائِها الحارةِ صيفًا والدافئةِ شتاءً، كما في منطقةِ العقبةِ والأغوارِ والبحرِ الميتِ، فسِّرْ ذلكَ.

وكلما ارتفعنا عن سطحِ الأرضِ تناقصتْ درجةُ حرارةِ الهواءِ بسببِ ابتعادِنا عنْ مصدرِ التسخينِ. ومع أنَّ معدَّلَ تناقصِ درجةِ الحرارةِ معَ الارتفاعِ ليسَ ثابتًا إلا أنه لتقديرِ درجاتِ الحرارةِ يتمُّ استخدامُ العلاقةِ الرياضيةِ الآتيةِ:

تتناقصُ درجةُ الحرارةِ معَ الارتفاعِ بمعدَّلِ (٦,٥) °س لكلِّ (١) كيلومتر.

مثالٌ

احسبْ درجةَ الحرارةِ عندَ قمةِ جبلٍ ارتفاعُهُ (١٢٠٠) م عنْ سطحِ البحرِ، إذا علمتَ أنَّ درجةَ الحرارةِ عندَ محطةٍ مجاورةٍ ارتفاعُها (٠) م عنْ سطحِ البحرِ (١٤) °س.

الحلُّ

- فرقُ الارتفاعِ = ١٢٠٠ – ٠ = ١٢٠٠ م = ١,٢ كم.
- الفرقُ في درجةِ الحرارةِ بينَ المحطةِ وقمةِ الجبلِ = ١,٢ كم × ٦,٥ °س/ كم
  = ٧,٨ °س.
- درجةُ الحرارةِ عندَ قمةِ الجبلِ = ١٤ – ٧,٨ = ٦,٢ °س.

أتأمّلُ .. أفكرُ .. ثمَّ أجيبُ

١- إذا كانتْ درجةُ الحرارةِ عندَ قمةِ جبلٍ (١٢)°س، وارتفاعُهُ (٢٠٠٠) م عنْ سطحِ البحرِ، احسبْ درجةَ الحرارةِ عندَ محطةٍ قريبةٍ ترتفعُ عنْ سطحِ البحرِ (٥٠٠) م.

٢- تتأثرُ درجاتُ الحرارةِ بالموقعِ منْ حيثُ الارتفاعُ ودائرةُ العرضِ، كما هوَ موضَّحٌ في الجدولِ الآتي. ادرسِ البياناتِ الموضَّحةَ في الجدولِ، ثم أجبْ عن السؤالينِ بعدَهُ:

المنطقةُ	الارتفاعُ (متر)	دائرةُ العرضِ
١	١٠٠٠	٢٠° شمالًا
٢	١٥٠٠	٢٠° شمالًا
٣	٢٥٠٠	٣٠° شمالًا
٤	٢٥٠٠	٤٠° شمالًا

- في أيِّ المنطقتين؛ (١، ٢) تكونُ درجةُ الحرارةِ أعلى؟
- كيفَ يمكنُ أنْ نصِفَ درجاتِ الحرارةِ في المنطقةِ (٤)، بالنسبة إلى باقي المناطقِ (١، ٢، ٣). علمًا بأنّها المنطقةُ الأكثرُ بُعدًا عن دائرةِ الاستواءِ؟ ماذا تتوقّعُ أنْ يكونَ شكلُ الهطلِ فيها؟

أطوّرُ معرفتي

- تعلمتَ سابقًا أنَّ درجةَ الحرارةِ تتغيّرُ على مدارِ اليومِ الواحدِ، كما أنَّها تتغيّرُ بتغيّرِ الارتفاعِ عنْ سطحِ الأرضِ. فهلْ هناكَ عواملُ أخرى تؤثرُ في درجةِ الحرارةِ؟ ابحثْ عنها، وتناقشْ ومعلمَكَ وزملاءَكَ فيها.
- تتغيّرُ درجاتُ الحرارةِ منْ وقتٍ إلى آخرَ على مدارِ السنةِ، لماذا؟

ثانيًا: الضغطُ الجويُّ (Atmospheric Pressure)

تعلمتَ سابقًا أنَّ الهواءَ له وزنٌ على الرغمِ منْ كثافتِهِ المنخفضةِ، وعليهِ فإنَّ الهواءَ يُولّدُ ضغطًا على جميعِ الأجسامِ، إلا أننا لا نشعرُ بالضغطِ الناجمِ عنْ وزنِ الهواءِ على أجسادِنا لأننا اعتدنا عليهِ، ولأنهُ يؤثرُ في أجسادِنا بشكلٍ دائمٍ، ويتغيّرُ ببطءٍ وبشكلٍ تدريجيٍّ. وقدْ نشعرُ بهِ عندَ التغيّرِ الكبيرِ والمفاجئِ في الارتفاعِ صعودًا أوْ هبوطًا. ويُدعى الضغطُ الناجمُ عنْ وزنِ عمودٍ منَ الهواءِ يمتدُّ رأسيًّا منْ سطحِ الأرضِ إلى نهايةِ الغلافِ الجويِّ على وحدةِ المساحةِ **الضغطَ الجويَّ**.

ويُعدُّ الضغطُ الجويُّ العنصرَ الثاني منْ عناصرِ الطقسِ، وستتعرّفُ لاحقًا تأثيرَهُ في الحالةِ الجويةِ.

ويستخدمُ الراصدُ الجويُّ جهازًا لقياسِ الضغطِ الجويِّ يُدعى **البارومتر** (Barometer)، انظرِ الشكلَ (١-٣). ويُقاسُ الضغطُ الجويُّ بوحدةِ الهكتوباسكال أوِ المليبار، حيثُ تبلغُ قيمةُ الضغطِ الجويِّ عندَ سطحِ البحرِ (١٠١٣) هكتوباسكال (مليبار).

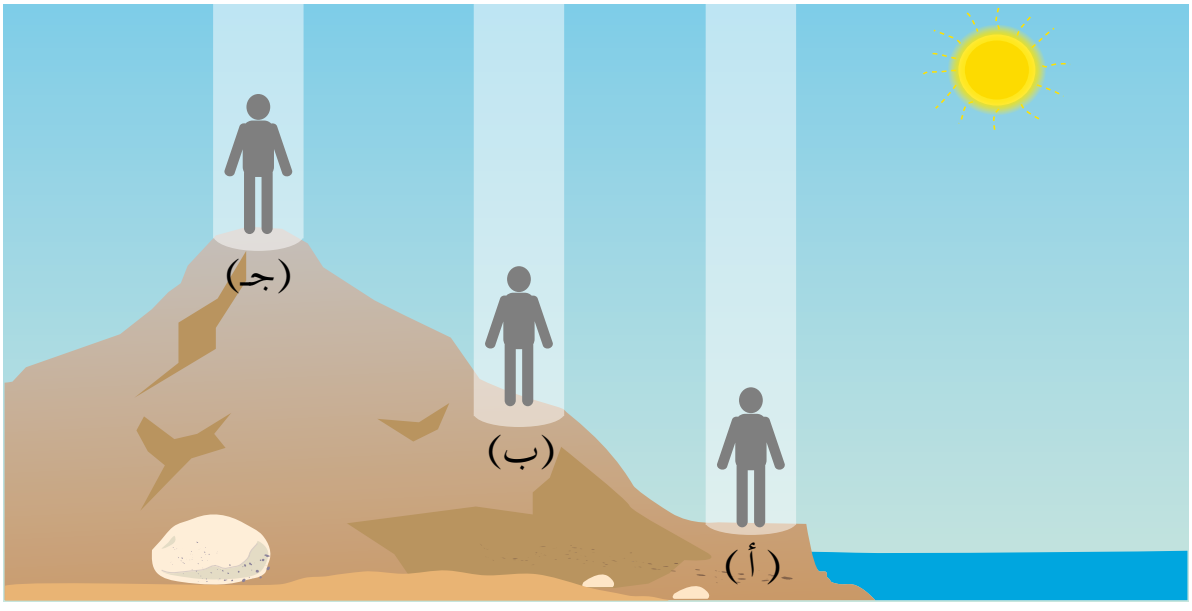
الشكلُ (١-٣): جهازُ قياسِ الضغطِ الجويِّ.

(١) هكتوباسكال = (١٠٠) باسكال = (١) مليبار.

والآنَ، بعدَ أنْ كوّنتَ فكرةً عنِ الضغطِ الجويِّ، هلْ تتوقَّعُ أنْ تكونَ قيمُ الضغطِ الجويِّ متساويةً في كلِّ الأماكنِ على سطحِ الأرضِ؟ أمْ متغيِّرةً؟ وما العواملُ المؤثرةُ في الضغطِ الجويِّ؟

العواملُ المؤثرةُ في الضغطِ الجويِّ (Factors Influencing Atmospheric Pressure)

أ - الارتفاعُ (Elevation): لمعرفةِ العلاقةِ بينَ الضغطِ الجويِّ والارتفاعِ، ادرسِ الشكلَ (١-٤) ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:



الشكلُ (١-٤): اختلافُ قيمِ الضغطِ الجويِّ على ارتفاعاتٍ مختلفةٍ عن سطحِ الأرضِ.

◄ في أيٍّ منَ المحطاتِ: (أ، ب، جـ) يكونُ طولُ عمودِ الهواءِ أكبرَ؟

◄ في أيٍّ منَ المحطاتِ: (أ، ب، جـ) يكونُ وزنُ عمودِ الهواءِ أكبرَ؟ وما تأثيرُ ذلكَ في الضغطِ الجويِّ؟

توصلتَ مما سبقَ إلى أنَّ عمودَ الهواءِ فوقَ المنطقةِ (أ) هوَ الأطولُ، ومنْ ثمَّ سيكونُ وزنُهُ هوَ الأكبرَ؛ أيْ أنَّ قيمةَ الضغطِ الجويِّ فوقَ المنطقةِ (أ) هيَ الأكبرُ (وَفْقَ تعريفِ الضغطِ الجويِّ سابقًا). في المقابلِ كلما قلَّ طولُ عمودِ الهواءِ الممتدِّ منْ سطحِ الأرضِ فوقَ منطقةٍ ما حتى نهايةِ الغلافِ الجويِّ، انخفضَ الضغطُ الجويُّ؛ أيْ أنَّ الضغطَ الجويَّ عندَ النقطةِ (ب) أقلُّ منهُ عندَ النقطةِ (أ). وعندَ النقطةِ (جـ) فوقَ قمةِ الجبلِ يكونُ الضغطُ الجويُّ هوَ الأقلَّ.

ويكونُ معدَّلُ تناقصِ الضغطِ الجويِّ معَ الارتفاعِ غيرَ ثابتٍ، ولتقديرِ قيمةِ الضغطِ الجويِّ عندَ أيِّ ارتفاعٍ على سطحِ الأرضِ نستخدمُ العلاقةَ الرياضيةَ الآتيةَ:

يتناقصُ الضغطُ الجويُّ بمعدَّلِ (١) هكتوباسكال لكلِّ (١٠) م.

مثالٌ

إذا كانَ الضغطُ الجويُّ المقيسُ على شاطئِ البحرِ في أحدِ الأيامِ يساوي (١٠١٣) هكتوباسكال، والضغطُ الجويُّ على رأسِ أحدِ الجبالِ المجاورةِ يساوي (٩٦٠) هكتوباسكال. ما ارتفاعُ هذا الجبلِ فوقَ سطحِ البحرِ؟ [على فرضِ أنَّ سطحَ البحرِ هوَ النقطةُ المرجعيةُ، ويكونُ ارتفاعُها (٠) م].

الحلُّ

- فرقُ الضغطِ الجويِّ بينَ النقطتينِ = ١٠١٣ – ٩٦٠ = ٥٣ هكتوباسكال.
- فرقُ الارتفاعِ بينَ النقطتينِ = ٥٣ × ١٠ = ٥٣٠ م.
- ارتفاعُ الجبلِ عنْ سطحِ البحرِ = ٠ + ٥٣٠ = ٥٣٠ م.

أتأمّلُ .. أفكرُ .. ثمَّ أجيبُ

تطيرُ طائرةُ ركابٍ على ارتفاعِ (٩٠٠٠) م فوقَ سطحِ البحرِ، إذا علمتَ أنَّ الضغطَ الجويَّ عندَ سطحِ البحرِ يساوي (١٠١٣) مليبار:

١- قدِّر قيمةَ الضغطِ الجويِّ خارجَ الطائرةِ عندَ ارتفاعِ (٩٠٠٠) م.

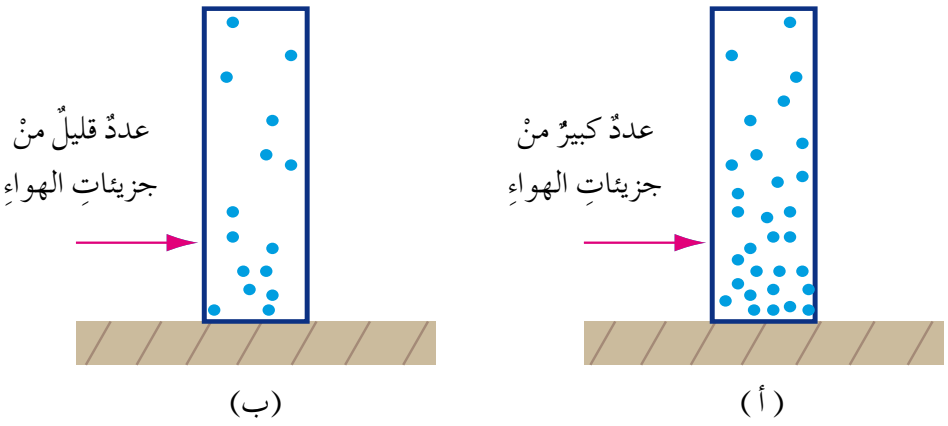
٢- قدِّر قيمةَ الضغطِ الجويِّ عندَ ارتفاعِ (٢٠٠٠) م.

٣- إذا علمتَ أنَّ الضغطَ الجويَّ داخلَ الطائرةِ هوَ تقريبًا مساوٍ للضغطِ الجويِّ على ارتفاعِ (٢٠٠٠) م فوقَ سطحِ البحرِ، فماذا تتوقَّعُ أنْ يحدثَ إذا فُتحَ بابُ الطائرةِ؟ وماذا تتوقَّعُ أنْ يحدثَ إذا خُرِقَ هيكلُها؟ وكيفَ يتأثرُ الركابُ بالضغطِ الجويِّ الذي حسبتَهُ عندَ ذلكَ الارتفاعِ؟

ب- الكثافةُ (Density): مرَّ بكَ أنَّ **الكثافةَ** تساوي الكتلةَ مقسومةً على الحجمِ، أيْ أنَّ **الكثافةَ** تساوي كتلةَ وحدةِ الحجمِ، فهلْ هناكَ علاقةٌ بينَ كثافةِ الهواءِ والضغطِ الناتجِ منهُ؟ وما العواملُ المؤثرةُ في الكثافةِ؟ للإجابةِ عنْ هذينِ السؤالينِ نفِّذِ النشاطَ التحليليَّ الآتيَ:

نشاطٌ تحليليٌّ (١-٣): العلاقةُ بينَ درجةِ الحرارةِ وكثافةِ الهواءِ والضغطِ الجويِّ

ادرسِ الشكلَ (١-٥)، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:



الشكلُ (١-٥): العلاقةُ بينَ درجةِ الحرارةِ والكثافةِ والضغطِ.

- فوقَ أيِّ المنطقتينِ: (أ) أمْ (ب) تكونُ درجةُ حرارةِ الهواءِ أعلى؟ فسِّرْ إجابتَكَ.

- فوقَ أيِّ المنطقتينِ: (أ) أمْ (ب) تكونُ جزيئاتُ الهواءِ متباعدةً أكثرَ؟ وعليهِ، في أيِّ المنطقتينِ تكونُ كثافةُ الهواءِ فيهِ أكبرَ؟
- فوقَ أيِّ المنطقتينِ تتوقَّعُ أنْ يكونَ الضغطُ الجويُّ أعلى؟ فسِّرْ إجابتَكَ.
- ما تأثيرُ درجةِ الحرارةِ في الكثافةِ، وماذا تتوقَّعُ أنْ يكونَ تأثيرُهما في الضغطِ الجويِّ؟

يؤدّي ارتفاعُ درجةِ الحرارةِ إلى تمدُّدِ الهواءِ؛ أيْ ازديادِ حجمِهِ، حيثُ تتوزّعُ جزيئاتُ الهواءِ على حجمٍ أكبرَ، ومنْ ثَمَّ تنخفضُ كثافتُهُ (كتلةُ الهواءِ في وحدةِ الحجمِ)، وفي هذهِ الحالِ يصبحُ الهواءُ أقلَّ وزنًا، فيقلُّ ضغطُهُ؛ أيْ أنّ درجةَ الحرارةِ تتناسبُ عكسيًّا معَ الكثافةِ.

أمّا إذا انخفضتْ درجةُ الحرارةِ فإنَّ جزيئاتِ الهواءِ تنحصرُ في حجمٍ أصغرَ، ما يؤدّي إلى تقلُّصِهِ وصِغَرِ حجمِهِ، ووفقَ التعريفِ فإنّ كثافتَهُ تزدادُ ومنْ ثَمَّ يزدادُ ضغطُهُ؛ أيْ أنَّ الكثافةَ تتناسبُ طرديًّا معَ الضّغطِ وعكسيًّا معَ درجةِ الحرارةِ.

أتأمّلُ .. أفكرُ .. ثمَّ أجيبُ

١- ادرسِ البياناتِ الواردةَ في الجدولِ الآتي؛ ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:

الرقمُ	المنطقةُ	درجةُ الحرارةِ (°س)	الرطوبةُ (٪)
١	معانُ	١٧,٤	٥
٢	الصفاويُ	١٩,١	٥
٣	عمانُ	١٧,٤	٢٠
٤	العقبةُ	٢٤,٢	٥٠

- حدِّدِ المنطقةَ ذاتَ الضغطِ الجويِّ الأعلى معَ بيانِ السببِ.
- ماذا يحدثُ لقيمةِ الضغطِ الجويِّ إذا ازدادتْ قيمةُ كلٍّ منْ درجةِ الحرارةِ والرطوبةِ؟

٢- هلْ توجدُ عواملُ أخرى تؤثرُ في قيمِ الضغطِ الجويِّ؟ ما هيَ؟ وما تأثيرُها؟ تناقشُ ومعلمَكَ وزملاءَكَ في ذلكَ.

ثالثًا: الرياحُ (Winds)

يكونُ الهواءُ ساكنًا أحيانًا، ومتحركًا أحيانًا أخرى، وتكونُ حركتُهُ خفيفةً أحيانًا، وقويةً أوْ عاصفةً أحيانًا أخرى. وهناكَ نوعانِ لحركةِ الهواءِ؛ الأولُ هوَ انتقالُ الهواءِ أفقيًّا منْ منطقةِ الضغطِ المرتفعِ إلى منطقةِ الضغطِ المنخفضِ ويُدعى **الرياحُ**؛ والثاني هوَ انتقالُ الهواءِ رأسيًّا على شكلِ **تياراتٍ هوائيةٍ هابطةٍ** أوْ **تياراتٍ هوائيةٍ صاعدةٍ**. فالتياراتُ الهوائيةُ الصاعدةُ إلى الأعلى تنشأُ في مناطقِ الضغطِ الجويِّ المنخفضِ؛ لأنَّ كثافةَ الهواءِ الساخنِ أقلُّ ولذا يرتفعُ للأعلى، أما التياراتُ الهوائيةُ الهابطةُ فتنشأُ في منطقةِ الضغطِ الجويِّ المرتفعِ؛ لأن الهواء الباردَ أكثرُ كثافةً.

أتأمّلُ.. أفكرُ.. ثمَّ أجيبُ

- وضِّحْ دورَ التياراتِ الهوائيةِ في عمليةِ الاتزانِ الحراريِّ في الغلافِ الجويِّ.

١- قياسُ سرعةِ الرياحِ (Measurement of Wind Velocity)

بما أنَّ **الرياحَ** قيمةٌ متجهةٌ فهيَ تُوصفُ **بسرعتِها** (Speed) **واتجاهِها** (Direction). فمنْ حيثُ **السرعةُ** يمكنُ أنْ تتدرَّجَ منْ رياحٍ خفيفةٍ إلى نشطةٍ إلى قويةٍ إلى شديدةٍ إلى عاصفةٍ إلى إعصاريةٍ. ويستخدمُ الراصدُ الجويُّ وحدةَ العقدةِ (Knot) لوصفِ سرعةِ الرياحِ، وتعادلُ العقدةُ ميلًا بحريًّا في الساعةِ؛ وتعادلُ ٠,٥١٥ م/ث، والميلُ البحريُّ يساوي ١٨٦٠م. أما **اتجاهُ الرياحِ** فيُنسبُ إلى الجهةِ التي تهبُّ منها، فالرياحُ الغربيةُ مثلًا هيَ الرياحُ التي تهبُّ منْ جهةِ الغربِ، والرياحُ الجنوبيةُ هيَ الرياحُ التي تهبُّ منْ جهةِ الجنوبِ.

ولتحديدِ سرعةِ الرياحِ واتجاهِها يُستخدمُ **جهازُ قياسِ الرياحِ** (Anemometer)، انظرِ الشكلَ (١-٦). حيثُ يتمُّ القياسُ عادةً على ارتفاعِ (١٠) م فوقَ سطحِ الأرضِ، فسِّرْ ذلكَ. ولأنَّ سرعةَ الرياحِ لا تبقى ثابتةً، فإننا نحسُبُ متوسطَ سرعةِ الرياحِ في فترةٍ زمنيةٍ مدَّتُها (١٠) دقائقَ، لوصفِ سرعتِها في أيِّ وقتٍ منَ الأوقاتِ.

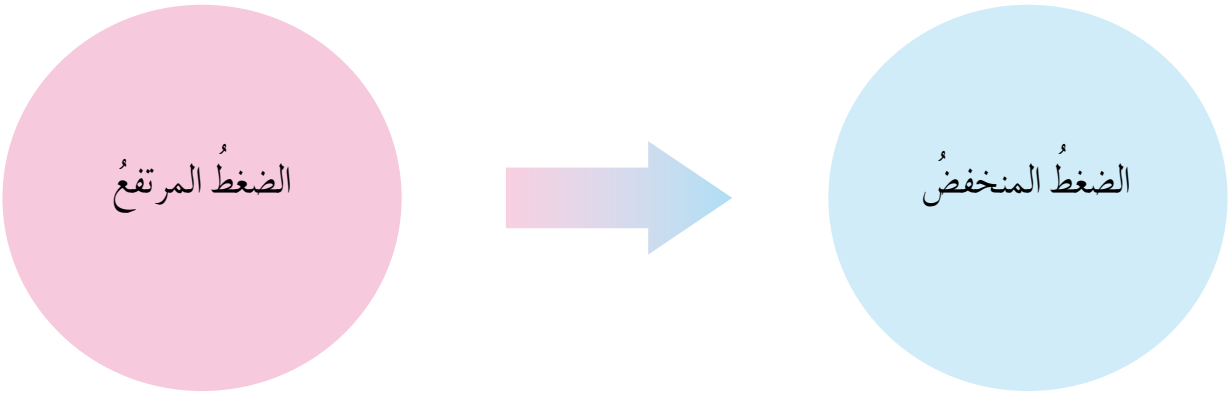
الشكلُ (١-٦): جهازُ قياسِ الرياحِ.

والسؤالُ الذي يتبادرُ لأذهانِنا لماذا تتغيَّرُ سرعةُ الرياحِ منْ وقتٍ إلى آخرَ، فتكونُ مرَّةً خفيفةً، ومرَّةً عاصفةً؟ وما القوى التي تؤثرُ في الرياحِ؟

٢- القوى المؤثرةُ في الرياحِ (Factors Influencing Wind)

أ - **قوةُ تحدُّرِ الضغطِ الجويِّ (Pressure Gradient Force)**: لو نفختَ بالونًا، ثمَّ تركتَهُ حرًّا فماذا تلاحظُ؟ لماذا يندفعُ الهواءُ منْ داخلِ البالونِ إلى خارجِهِ؟ وما علاقةُ ذلكَ بضغطِ الهواءِ داخلَهُ؟

توصلتَ إلى أنَّ قيمةَ الضغطِ داخلَ البالونِ أكبرُ منْ قيمتِهِ خارجَهُ، وهذا يؤدي إلى اندفاعِ الهواءِ منْ منطقةِ الضغطِ المرتفعِ إلى منطقةِ الضغطِ المنخفضِ، كما في الشكلِ (١-٧). وتُسمّى القوةُ الناتجةُ من فرقِ الضغطِ **قوةَ تحدُّرِ الضغطِ الجويِّ**، وهيَ دائمًا تتجهُ منَ الضغطِ المرتفعِ إلى الضغطِ المنخفضِ. إنَّ القوةَ المؤثرةَ في الهواءِ، تتناسبُ طرديًّا معَ شدَّةِ تحدُّرِ الضغطِ الجويِّ وحركةِ الرياحِ، فكلما كانَ الفرقُ كبيرًا بينَ الضغطِ الجويِّ المرتفعِ، والضغطِ الجويِّ المنخفضِ كانتِ القوةُ أكبرَ، ودفعتِ الهواءَ بسرعةٍ أكبرَ، وتُعدُّ هذهِ القوةُ المحرِّكَ الرئيسَ للهواءِ، إذ يستمرُّ هبوبُ الرياحِ طالما هناك فرقٌ في الضغطِ الجويِّ بينَ الموقعينِ.

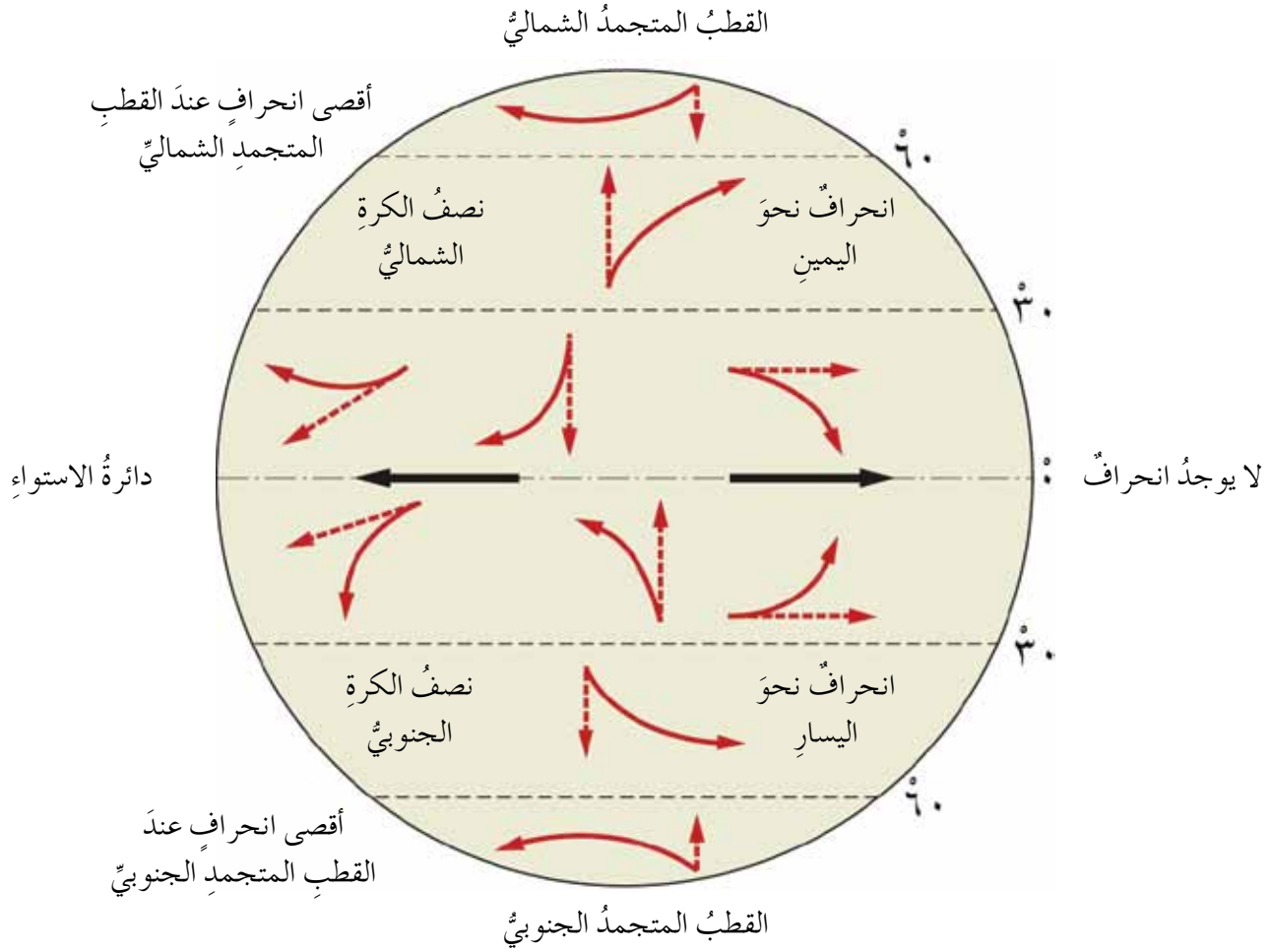


الشكلُ (١– ٧): حركةُ الرياحِ منْ منطقةِ الضغطِ المرتفعِ إلى منطقةِ الضغطِ المنخفضِ.

ب– قوةُ (كوريوليس) (Coriolis Force): تتأثرُ كلُّ الأجسامِ المتحرِّكةِ ذاتيًّا كالرياحِ بقوةٍ تحرفُها عنْ مسارِها تُسمّى **قوةَ (كوريوليس)**، وهيَ قوةٌ تنتجُ بسببِ دورانِ الأرضِ حولَ محورِها منَ الغربِ إلى الشرقِ، وتؤثرُ هذهِ القوةُ في جميعِ الأجسامِ التي تتحرَّكُ ذاتيًّا كالماءِ والهواءِ.

تعملُ قوةُ (كوريوليس) على تغييرِ اتجاهِ الهواءِ عندَ تحرّكِهِ بفعلِ قوةِ تحدُّرِ الضغطِ الجويِّ، بحيثُ ينحرفُ نحوَ يمينِ حركتِهِ في النصفِ الشماليِّ للكرةِ الأرضيةِ، ونحوَ يسارِ حركتِهِ في النصفِ الجنوبيِّ. وتتناسبُ هذهِ القوةُ طرديًّا معَ سرعةِ الرياحِ (سرعةُ الجسمِ المتحرِّكِ) ومعَ دائرةِ العرضِ. حيثُ تساوي قيمتُها (صفرًا) عندَ دائرةِ الاستواءِ، وتزدادُ تدريجيًّا معَ دوائرِ العرضِ حتى تصلَ أكبرَ قيمةٍ لها عندَ القطبينِ، وهذا ما يوضِّحُهُ الشكلُ (١–٨).

وتستمرُّ قوةُ (كوريوليس) بحرفِ اتجاهِ الرياحِ حتى يصبحَ موازيًا تقريبًا لخطوطِ تَساوي الضغطِ الجويِّ، أيْ أنَّ قوةَ (كوريوليس) تحولُ دونَ تحرُّكِ الهواءِ في خطٍّ مستقيمٍ منَ الضغطِ المرتفعِ إلى الضغطِ المنخفضِ بفعلِ دورانِ الأرضِ حولَ محورِها، وإنما تهبُّ الرياحُ في النصفِ الشماليِّ للكرةِ الأرضيةِ بحيثُ يكونُ المنخفضُ الجويُّ على يسارِ الرياحِ، والمرتفعُ الجويُّ على يمينِها.

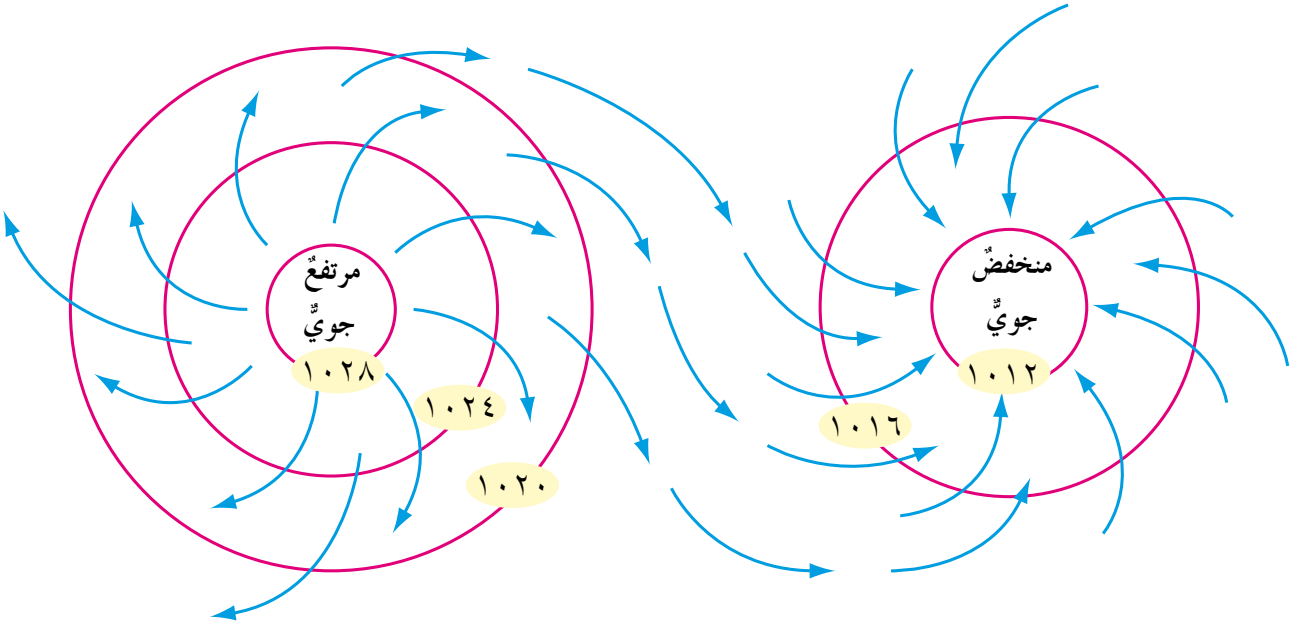


الشكلُ (١-٨): اتجاهُ انحرافِ الرياحِ ومقدارهُ بسببِ قوةِ (كوريوليس).

جـ- قوةُ الاحتكاكِ (Friction Force): تنتجُ هذهِ القوةُ بفعلِ احتكاكِ الرياحِ السطحيةِ بتضاريسِ الأرضِ، الأمرُ الذي يقلِّلُ منْ سرعةِ الرياحِ. وبما أنَّ هناكَ سطوحًا خشنةً مثلَ اليابسةِ، وسطوحًا أقلَّ خشونةً مثلَ سطحِ مياهِ المحيطاتِ، تكونُ قوةُ الاحتكاكِ فوقَ المحيطاتِ أقلَّ، وعليهِ تكون سرعةُ الرياحِ أكبرَ.

تعلَّمتَ أنَّ قوةَ تحدُّرِ الضغطِ الجويِّ تُحرِّكُ الهواءَ منَ الضغطِ الجويِّ المرتفعِ إلى الضغطِ الجويِّ المنخفضِ، ثمَّ تحرفُهُ قوةُ (كوريوليس) حتى يصبحَ موازيًا لخطوطِ تَساوي الضغطِ الجويِّ، (ستدرسُها بشيءٍ من التفصيلِ في الفصل اللاحقِ) بحيثُ يكونُ المنخفضُ الجويُّ على يسارِ حركةِ الرياحِ، والمرتفعُ الجويُّ على يمينها في نصفِ الكرةِ الشماليِّ، أما قوةُ الاحتكاكِ فتقلِّلُ منْ سرعةِ الرياحِ؛ الأمرُ الذي يُضعفُ قوةَ (كوريوليس)، ويُجبرُ الرياحَ على

الانحرافِ نحوَ القوةِ الأكبرِ، وهيَ قوةُ تحدُّرِ الضغطِ الجويِّ؛ أيْ نحوَ المنخفضِ الجويِّ؛ وهذا يجعلُ الرياحَ في النصفِ الشماليِّ للكرةِ الأرضيةِ تدورُ عكسَ حركةِ عقاربِ الساعةِ حولَ المنخفضِ الجويِّ قاطعةً خطوطَ تَساوي الضغطِ الجويِّ بزاويةٍ (١٥°–٣٠°) باتجاهِ مركزِ المنخفضِ، ومعَ حركةِ عقاربِ الساعةِ حولَ المرتفعِ الجويِّ قاطعةً خطوطَ تَساوي الضغطِ الجويِّ بزاويةٍ (١٥°–٣٠°) مبتعدةً عنْ مركزِ المرتفعِ. انظرِ الشكلَ (١–٩).



(أ) اتجاهُ حركةِ الرياحِ حولَ المنخفضِ الجويِّ. (ب) اتجاهُ حركةِ الرياحِ حولَ المرتفعِ الجويِّ.

الشكلُ (١–٩): اتجاهُ حركةِ الرياحِ حولَ المنخفضِ الجويِّ والمرتفعِ الجويِّ في النصفِ الشماليِّ للكرةِ الأرضيةِ.

أتأمّلُ.. أفكرُ.. ثمَّ أجيبُ

- هلْ يمكنُ أنْ تتأثرَ حركةُ السُحُبِ التي تسوقُها الرياحُ بقوةِ الاحتكاكِ؟ وضِّحْ إجابتكَ.

١- اختَرْ رمزَ الإجابةِ الصحيحةِ لكلٍّ مما يأتي:

(١) تزدادُ درجةُ الحرارةِ في منطقةٍ ما كلما:

أ - ازدادَ الارتفاعُ عنْ سطحِ البحرِ، واقتربْنا منْ دائرةِ الاستواءِ.

ب- ازدادَ الارتفاعُ عنْ سطحِ البحرِ، وابتعدْنا عنْ دائرةِ الاستواءِ.

جـ- قلَّ الارتفاعُ عنْ سطحِ البحرِ، واقتربْنا منْ دائرةِ الاستواءِ.

د - قلَّ الارتفاعُ عنْ سطحِ البحرِ، وابتعدْنا عنْ دائرةِ الاستواءِ.

(٢) تزدادُ قيمةُ الضغطِ الجويِّ في منطقةٍ ما كلما:

أ - ازدادتْ درجةُ الحرارةِ، وازدادَ الارتفاعُ.

ب- ازدادتْ درجةُ الحرارةِ، وقلَّ الارتفاعُ.

جـ- انخفضتْ درجةُ الحرارةِ، وازدادَ الارتفاعُ.

د - انخفضتْ درجةُ الحرارةِ، وقلَّ الارتفاعُ.

(٣) قوةُ (كوريوليس) هي قوةٌ:

أ - تتناسبُ طرديًّا معَ سرعةِ دورانِ الجسمِ المتحركِ، وعكسيًّا معَ دوائرِ العرضِ.

ب- تتناسبُ طرديًّا معَ سرعةِ دورانِ الجسمِ المتحركِ، وطرديًّا معَ دوائرِ العرضِ.

جـ- تنشأُ منْ دورانِ الأرضِ، وتؤثرُ في جميعِ الأجسامِ الثابتةِ على سطحِ الأرضِ.

د - تحرفُ الأجسامَ المتحركةَ على سطحِ الأرضِ نحوَ اليمينِ دائمًا.

(٤) في يومٍ ما بلغتْ درجةُ الحرارةِ العظمى (١٧)°س في مدينةِ عمانَ، في حينِ بلغتْ فيها درجةُ الحرارةِ الصغرى (٤)°س، المدى اليوميُّ لدرجاتِ الحرارةِ في هذا اليومِ هوَ:

أ - (١٠,٥)°س.

ب- (١٣)°س.

جـ- (٢١)°س.

د - (٦٨)°س.

٢- أعطِ تفسيرًا علميًّا دقيقًا لكلٍّ مما يأتي:

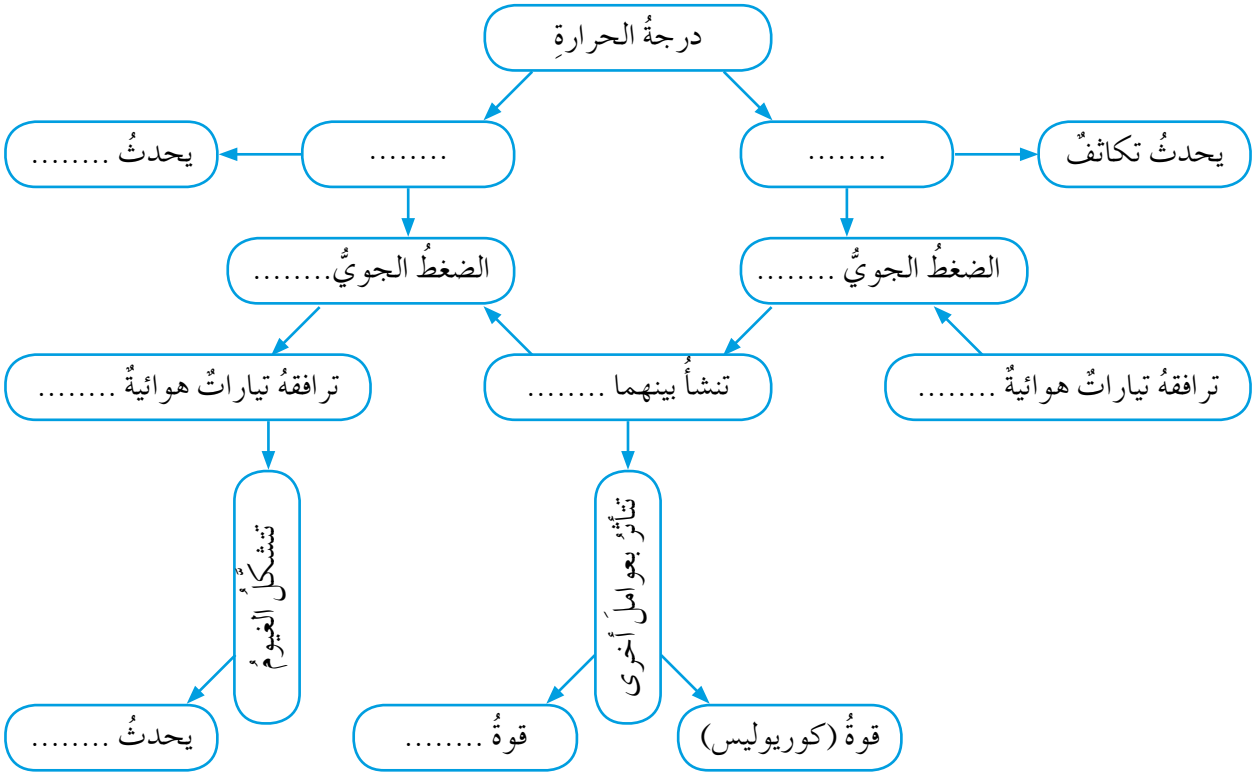
أ - انخفاضُ درجاتِ الحرارةِ عندَ ازديادِ سرعةِ الرياحِ.

ب- تبدو حركةُ السُحُبِ المنخفضةِ القريبةِ منْ سطحِ الأرضِ فوقَ البحارِ والمحيطاتِ أسرعَ منها فوقَ اليابسةِ.

٣- إذا كانتْ درجةُ الحرارةِ (١٢)°س في الشوبكِ التي ترتفعُ (١٥٠٠) م عنْ سطحِ البحرِ، فقدِّرْ درجةَ الحرارةِ في غورِ الصافي التي تنخفضُ (٤٠٠) م عن سطحِ البحرِ.

٤- قدِّرِ ارتفاعَ ناطحةِ سحابٍ إذا كانتْ قيمةُ الضغطِ الجويِّ عندَ سطحِها (٩١٣) هكتوباسكال، وقيمتُهُ على سطحِ الأرضِ (١٠١٣) هكتوباسكال.

٥- أكملِ المخططَ الآتيَ بوضعِ الكلمةِ المناسبةِ منَ الكلماتِ الآتيةِ في الفراغِ المناسبِ: (الهطلُ - مرتفعةٌ - صاعدةٌ - منخفضٌ - الاحتكاكُ - منخفضةٌ - الرياحُ - مرتفعٌ - التبخرُ - هابطةٌ).



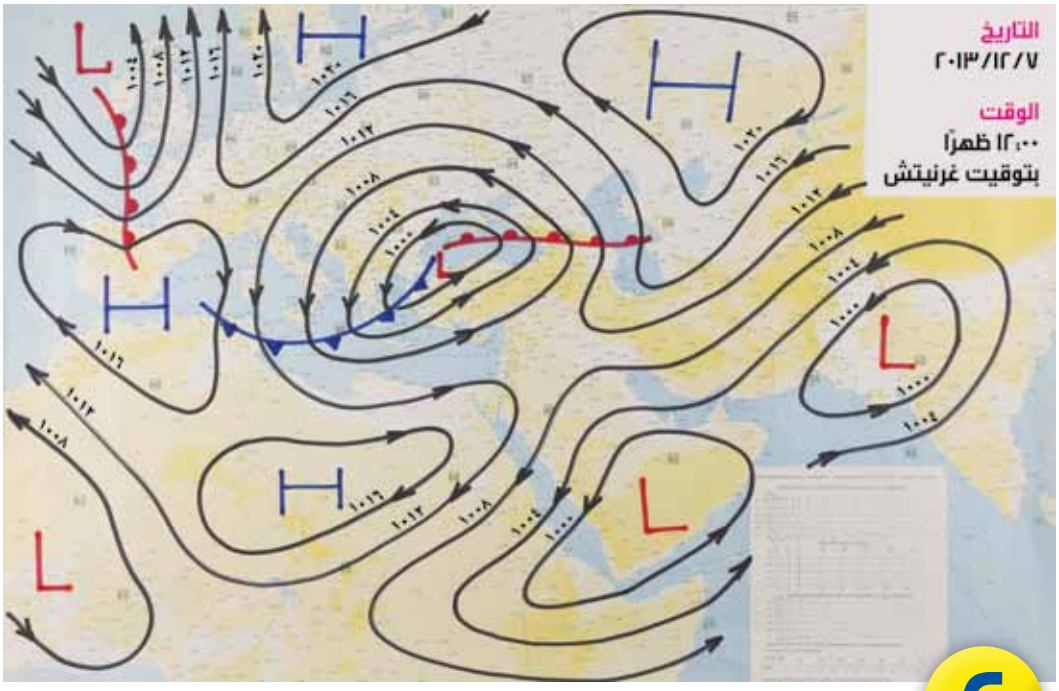
مخططٌ مفاهيميٌّ خاصٌّ بالسؤالِ (٥).

الفصلُ
الثاني

خرائطُ الطقسِ
(Weather Maps)

قالَ اللهُ تعالى: ﴿ وَمِنْ ءَايَـٰتِهِۦ يُرِيكُمُ ٱلْبَرْقَ خَوْفًا وَطَمَعًا وَيُنَزِّلُ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً فَيُحْىِۦ بِهِ ٱلْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَآ ۚ إِنَّ فِى ذَٰلِكَ لَـَٔايَـٰتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴾

(سورةُ الروم، الآيةُ ٢٤).



٢

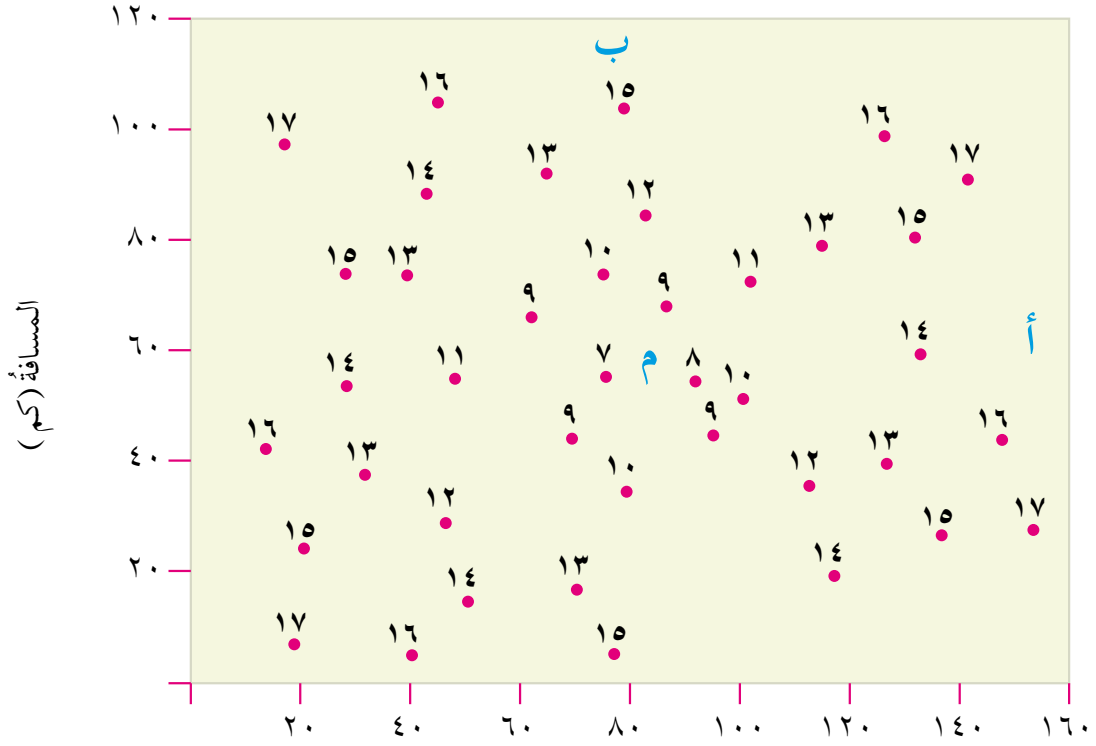
يؤثرُ الطقسُ في معظمِ فعالياتِ الإنسانِ في حياتِهِ اليوميةِ، وتؤثرُ التقلباتُ الجويةُ في العديدِ منَ المجالاتِ، كالملاحةِ الجويةِ والبحريةِ، والنقلِ البريِّ، والزراعةِ، والسياحةِ، والإنشاءاتِ، وغيرِها. فكيفَ تُعدُّ النشرةُ الجويةُ؟ وكيفَ تُسخّرُ بياناتُ عناصرِ الطقسِ المرصودةِ أوِ المقيسةِ في محطاتِ الرصدِ الجويِّ بوقتٍ ما للتنبؤِ بقيمِ هذهِ العناصرِ المستقبليةِ وبالحالةِ الجويةِ ليومٍ ما أو عدةِ أيامٍ لاحقةٍ؟

أولًا: خرائطُ الحرارةِ (Temperature Charts)

تعلمتَ في صفوفٍ سابقةٍ أنواعَ الخرائطِ؛ فمنها الخرائطُ الطبيعيةُ، ومنها السياسيةُ، ومنها خرائطُ الموارِدِ الطبيعيةِ وتوزّعِها، وغيرُها. لكنْ، هلْ سمعتَ عنْ خرائطِ الطقسِ؟ وماذا يُقصدُ بها؟ وما أهميتُها؟ وكيفَ تُعدُّ؟

نشاطٌ تحليليٌّ (١-٤): إعدادُ مخطَّطِ تحليلِ درجةِ الحرارةِ

تأمَّلِ الشكلَ (١-١٠)(*) الذي يُمثِّلُ مجالًا لدرجةِ حرارةِ الهواءِ (°س) مقيسةً في الوقتِ نفسِهِ فوقَ منطقةٍ جغرافيةٍ واسعةٍ (١٦٠كم × ١٢٠كم) كما تمَّ قياسُها في أحدِ الأيامِ. نفِّذِ النشاطَ حسبَ الخطواتِ الآتيةِ، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليه:



الشكلُ (١-١٠): مجالُ درجةِ الحرارةِ المقيسةِ في الوقتِ نفسِهِ في أحدِ الأيامِ فوقَ منطقةٍ جغرافيةٍ واسعةٍ.

الإجراءاتُ

١- تمعّنِ الشكلَ (١-١٠) بدقةٍ، ثمَّ حدِّدْ أماكنَ وجودِ الأرقامِ الصغيرةِ التي تُمثِّلُ درجاتِ الحرارةِ المنخفضةَ، وأماكنَ وجودِ الأرقامِ الكبيرةِ التي تُمثِّلُ درجاتِ الحرارةِ المرتفعةَ.

(*) ضرورةُ نسخِ الشكلِ (١-١٠) لتنفيذِ النشاطِ.

٢- ارسمْ منحنىً مغلقًا يمرُّ بالرقمِ (٨) بحيثُ تكونُ الأرقامُ الأصغرُ منهُ داخلَ هذا المنحنى، والأرقامُ الأكبرُ منهُ خارجَهُ، ثمَّ اكتبْ عليهِ (٨).

٣- ارسمْ منحنىً آخرَ خارجَ المنحنى الأولِ يمرُّ بالرقمِ (٩) تاركًا الأرقامَ الأصغرَ منهُ داخلَهُ والأرقامَ الأكبرَ منهُ خارجَهُ، ثمَّ اكتبْ عليهِ الرقمَ (٩).

٤- كرِّرِ الخطوتينِ السابقتينِ برسمِ منحنياتٍ تمثلُ درجاتِ الحرارةِ (١٠، ١١، ١٢، ١٣، ١٤، ١٥، ١٦، ١٧) (°س) معَ الحرصِ على عدمِ تقاطعِ هذهِ الخطوطِ. لاحظْ أنهُ ليسَ شرطًا أنْ تكونَ هذهِ الخطوطُ مغلقةً.

٥- بقلمِ الرصاصِ ظلِّلِ المنطقةَ التي تقعُ داخلَ الخطِ (١٠) كاملةً:

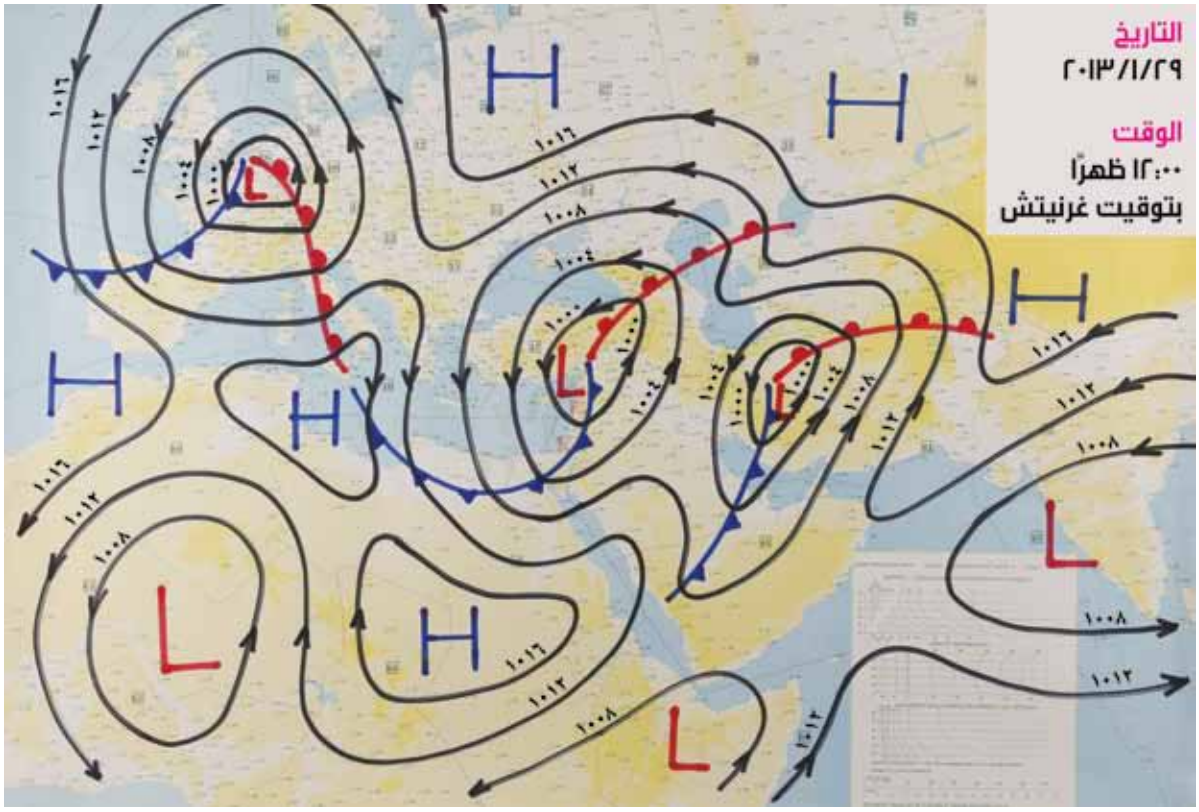
- ماذا تُسمّى الخطوطُ التي رسمتَها؟
- كيفَ تصفُ الهواءَ في المنطقةِ المظللةِ؟
- كيفَ تتغيَّرُ درجةُ الحرارةِ كلما ابتعدتْ عنْ مركزِ المنطقةِ في النقطةِ (م) إلى النقطةِ (أ) أولًا، ثمَّ إلى النقطةِ (ب) ثانيًا؟

إنَّ ما قمتَ بهِ هوَ تحويلُ الأرقامِ المبعثرةِ التي تُمثِّلُ درجاتِ الحرارةِ المقيسةَ في محطاتِ رصدٍ جويٍّ موزّعةً على منطقةٍ جغرافيةٍ واسعةٍ إلى مخطَّطٍ واضحِ المعالمِ تسهلُ قراءتُهُ، ويسهلُ وصفُهُ، يُسمّى **مخطَّطَ تحليلِ درجةِ الحرارةِ** لتلكَ المنطقةِ، أوْ **خريطةَ الحرارةِ السطحيةِ** (Surface Temperature Chart). وتُسمّى الخطوطُ التي رسمتَها **خطوطَ تَساوي الحرارةِ** (Isotherms).

وتساعدُ خرائطُ الحرارةِ على تحديدِ المناطقِ الباردةِ والمناطقِ الدافئةِ؛ أيْ أماكنَ وجودِ الكتلِ الهوائيةِ الباردةِ، والكتلِ الهوائيةِ الدافئةِ أوِ الحارّةِ. ولأنَّ درجةَ الحرارةِ تتغيَّرُ بشكلٍ مستمرٍّ فإننا نتوقَّعُ أنْ يتغيّرَ هذا المخططُ بحيثُ تتحوّلُ المنطقةُ الباردةُ إلى منطقةٍ دافئةٍ أوْ حارّةٍ. وتشكّلُ هذهِ المخططاتُ إحدى خرائطِ الطقسِ التي يستخدمُها المتنبئُ الجويُّ في عملِهِ اليوميِّ للتنبؤِ بحركةِ الكتلِ الهوائيةِ والتنبؤِ بدرجاتِ الحرارةِ، والحالةِ الجويةِ لليومِ التالي، أوِ الأيامِ اللاحقةِ.

ثانيًا: خرائطُ الضغطِ الجويِّ (Atmospheric Pressure Chart)

لعلكَ تابعتَ النشرةَ الجويةَ في التلفازِ، وشاهدتَ المتنبئَ الجويَّ وخلفَهُ خريطةٌ وُضعَ عليها رموزٌ ومصطلحاتٌ شارحًا حالةَ الطقسِ المتوقعةَ في أثناءِ مُدَّةٍ زمنيّةٍ قصيرةٍ. ولتعرُّفِ هذهِ الخرائطِ تأمَّلِ الشكلَ (١–١١) الذي يُمثِّلُ خريطةَ طقسٍ لمنطقةٍ جغرافيةٍ واسعةٍ، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:



الشكلُ (١–١١): خريطةُ طقسٍ لمنطقةٍ جغرافيةٍ واسعةٍ موضَّحٌ عليها خطوطُ تَساوي الضغطِ الجويِّ، وأنظمةِ الضغطِ الجويِّ، والجبهاتِ الهوائيةِ.

- ماذا تشاهدُ على هذهِ الخريطةِ؟
- ماذا تعني الخطوطُ المنحنيةُ التي تظهرُ في الشكلِ؟
- ماذا تعني الرموزُ الموضحةُ في الشكلِ؟

لاحظتَ أنَّ الشكلَ السابقَ يُمثِّلُ خريطةً منْ **خرائطِ الطقسِ** كالتي نتابعُها منْ خلالِ النشراتِ الجويةِ، يظهرُ عليها رموزٌ مختلفةٌ، ولكلِّ رمزٍ منها معنًى محدَّدٌ، يساعدُ المتنبئَ الجويَّ في معرفةِ الحالةِ الجويةِ السائدةِ التي يعتمدُ عليها لتوقُّعاتِ حالةِ الطقسِ في أثناءِ مُدَّةٍ زمنيّةٍ قادمةٍ

محددةٍ لمنطقةٍ ما، ولا سيّما أنَّ مثلَ هذهِ الخرائطِ متغيِّرةٌ زمانيًّا ومكانيًّا بسببِ تغيّرِ البياناتِ المتعلقةِ بعناصرِ الطقسِ، ويتمُّ الحصولُ عليها منْ محطاتِ الرصدِ الجويِّ. وعادةً تُرسمُ هذهِ الخرائطُ وتُحلّلُ (٤) مراتٍ يوميًّا، وفي حالاتٍ خاصةٍ (٨) مراتٍ يوميًّا في أثناءِ التغيّراتِ السريعةِ على الطقسِ. وتُسمّى الخطوطُ السوداءُ المتعرّجةُ أو المنحنيةُ خطوطَ تَساوي الضغطِ الجويِّ. ويُعرّفُ **خطُّ تساوي الضغطِ الجويِّ** (Isobar) بأنَّهُ الخطُّ الواصلُ بينَ محطاتِ الرصدِ الجويِّ ذاتِ قيمِ الضغطِ الجويِّ المتساويةِ.

وتُرسمُ هذهِ الخطوطُ يدويًّا أوْ بواسطةِ الحاسوبِ، حيثُ تُكوِّنُ هذهِ الخطوطُ بعدَ رسمِها على الخريطةِ الجغرافيةِ **خريطةَ الضغطِ الجويِّ** لتلكَ المنطقةِ. وتُعدُّ هذهِ المخططاتُ أهمَّ خرائطِ الطقسِ التي تُمكّنُ المتنبئَ الجويَّ منَ التنبؤِ بالحالةِ الجويةِ لتلكَ المنطقةِ في مُدَّةٍ زمنيّةٍ محدّدةٍ.

ثالثًا: أنظمةُ الضغطِ الجويِّ (Atmospheric Pressure Systems)

لاحظتَ سابقًا وجودَ رموزٍ تظهرُ بألوانٍ مختلفةٍ على خريطةِ الطقسِ، وأرقامٍ تبيِّنُ قيمًا معينةً للضغطِ الجويِّ. فما هذهِ الرموزُ؟ وعلى ماذا تدلُّ هذهِ القيمُ؟

نشاطٌ تحليليٌّ (١-٥): تحديدُ أنظمةِ الضغطِ الجويِّ

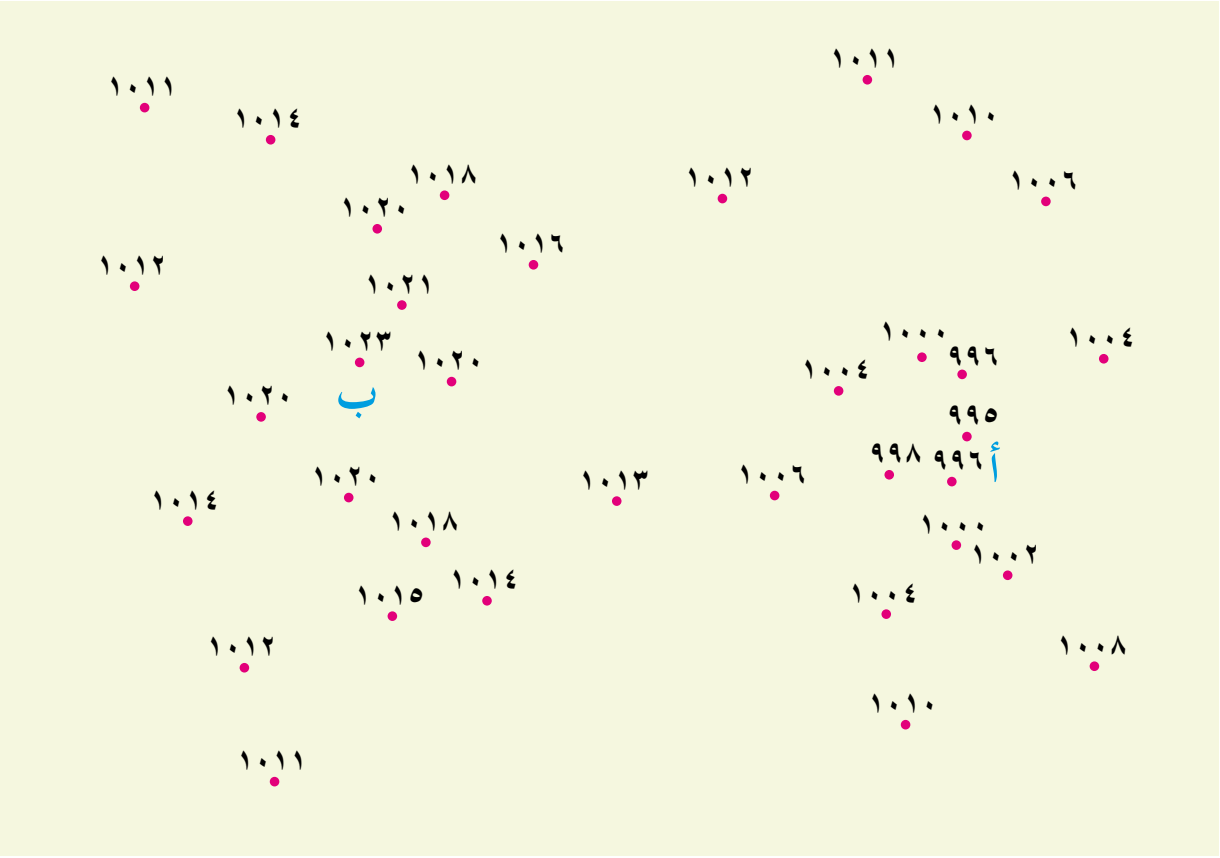
نفِّذِ النشاطَ وفقَ الخطواتِ الآتيةِ، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:

الإجراءاتُ

١- تأمّلْ قيمَ الضغطِ الجويِّ التي قيستْ في منطقةٍ جغرافيةٍ معينةٍ وتوزَّعتْ على المنطقةِ كما في الشكلِ (١-١٢)(*).

٢- ارسمْ خطوطَ تَساوي الضغطِ الجويِّ؛ وذلكَ بوصلِ النقاطِ التي لها قيمُ الضغطِ الجويِّ نفسُها بخطوطٍ منحنيةٍ مغلقةٍ أوْ مفتوحةٍ مبتدأً بالخطِّ الذي يحملُ القيمةَ (٩٩٥) ثم (١٠٠٠)، ثمَّ (١٠٠٤)، ثمَّ (١٠٠٨)، ثمَّ (١٠١٢)، ثمَّ (١٠١٦)، ثمَّ (١٠٢٣).

٣- اكتبْ على كلِّ خطٍ قيمةَ الضغطِ الذي يُمثِّلُهُ.



الشكلُ (١–١٢): قراءاتُ الضغطِ الجويِّ في محطاتِ الرصدِ الجويِّ فوقَ منطقةٍ جغرافيةٍ ما.

- كيفَ تتغيّرُ قيمُ الضغطِ الجويِّ كلما اقتربنا منَ النقطةِ (أ)؟ وماذا تقترحُ تسميةً لهذهِ المنطقةِ؟
- كيفَ تتغيّرُ قيمُ الضغطِ الجويِّ كلما اقتربنا منَ النقطةِ (ب)؟ وماذا تقترحُ تسميةً لهذهِ المنطقةِ؟

لاحظتَ أنَّ قيمَ الضغطِ الجويِّ تتوزّعُ في المخططِ بشكلٍ منتظمٍ، إذْ تكونُ أقلَّ ما يمكنُ في منطقةٍ ما، ثمَّ تتزايدُ في جميعِ الاتجاهاتِ كلما ابتعدتْ عنْ مركزِ هذهِ المنطقةِ، كما في المنطقةِ المحصورةِ بخطٍّ تَساوي الضغطِ الجويِّ (٩٩٥) هكتوباسكال عندَ النقطةِ (أ). وتُسمّى هذهِ المنطقةُ **المنخفضَ الجويَّ** (Low Pressure) ويُرمزُ لها على خريطةِ الضغطِ الجويِّ بالحرفِ (L)، ويُوضعُ في مركزِ المنخفضِ الجويِّ. ويُصاحبُ المنخفضَ الجويَّ تياراتٌ صاعدةٌ للأعلى تنخفضُ درجةُ حرارةِ الهواءِ فيها حتى درجةِ الإشباعِ، حيثُ يتكاثفُ بخارُ الماءِ مكوّنًا الغيومَ التي بدورِها تُفضي إلى الهطلِ بأنواعِهِ المختلفةِ.

(*) ضرورةُ نسخِ الشكلِ (١–١٢) لتنفيذِ النشاطِ.

لاحظتَ أيضًا أنَّ قيمَ الضغطِ الجويِّ في منطقةٍ أخرى أعلى ما يمكنُ، ثمَّ تتناقصُ في جميعِ الاتجاهاتِ كلما ابتعدتْ عنِ المركزِ، كما في المنطقةِ المحصورةِ بخطٍّ تَساوي الضغطِ الجويِّ (١٠٢٣) هكتوباسكال عندَ النقطةِ (ب). حيثُ تُسمّى هذهِ المنطقةُ **المرتفعَ الجويَّ** (High Pressure) ويُرمزُ لها على خريطةِ الضغطِ الجويِّ بالحرفِ (H)، ويُوضعُ في مركزِ المرتفعِ الجويِّ. ويُصاحبُ المرتفعَ الجويَّ تياراتٌ هابطةٌ للأسفلِ تُفضي إلى ارتفاعِ درجةِ حرارةِ الهواءِ وانخفاضِ رطوبتِهِ النسبيةِ، حيثُ يخلو المرتفعُ الجويُّ منَ الغيومِ وما يتبعُها منْ هطلٍ.

رابعًا: الكتلُ الهوائيةُ (Air Masses)

تتعرّضُ منطقةُ حوضِ البحرِ المتوسطِ إلى أحوالٍ مختلفةٍ منَ الطقسِ؛ ففي فصلِ الصيفِ تتأثرُ المنطقةُ بموجاتٍ حارّةٍ، إذْ يكونُ الجوُّ في أثنائِها حارًّا وجافًّا. أما في فصلِ الشتاءِ فتتأثرُ المنطقةُ بموجاتٍ باردةٍ تنخفضُ في أثنائِها درجةُ حرارةِ الجوِّ وتزدادُ نسبةُ رطوبةِ الهواءِ.

إنَّ هذهِ الأنماطَ المختلفةَ منَ الطقسِ هيَ نتيجةُ تحرّكِ كتلٍ هوائيةٍ ضخمةٍ منْ فوقِ المنطقةِ. فما المقصودُ بالكتلِ الهوائيةِ؟ وما مصدرُها؟ وما خصائصُها؟ وما أنواعُها؟ وكيفَ تؤثرُ في الأحوالِ الجويةِ في منطقةٍ ما؟ للإجابةِ عنْ هذهِ الأسئلةِ اقرأ النصَّ الآتيَ الذي يمثلُ نشرةً جويةً لأحدِ الأيامِ:

«تتأثرُ المملكةُ في أثناءِ الأيامِ الأربعةِ المقبلةِ بكتلةٍ هوائيةٍ حارّةٍ وجافةٍ، مصدرُها شمالُ الهندِ مرورًا بشبهِ الجزيرةِ العربيةِ والعراقِ. ونظرًا لاستمرارِ تأثيرِ الكتلةِ الهوائيةِ الحارّةِ أيامَ الخميسِ والجمعةِ والسبتِ والأحدِ وما يصحبُها منِ ارتفاعٍ واضحٍ في درجاتِ الحرارةِ عنْ معدّلاتِها بما يزيدُ على (٥) درجاتٍ مئويةٍ فإنَّ موجةَ الحرِّ هذهِ تُعدُّ الأولى التي تؤثرُ في المملكةِ في صيفِ عامِ ٢٠١٥م».

(منقولٌ بتصرُّفٍ عن جريدةِ الرأيِ الأردنيةِ، بتاريخِ ٢٠١٥/٧/٢٢).

تتغيّرُ درجةُ حرارةِ الهواءِ بشكلٍ مستمرٍّ. ويكونُ هذا التغيرُ ناتجًا منِ اكتسابِ الهواءِ صفاتِ المناطقِ الجغرافيةِ الواسعةِ التي يوجدُ فيها. فمثلًا يكونُ الهواءُ باردًا فوقَ المناطقِ القطبيةِ، ودافئًا

فوقَ المناطقِ الاستوائيةِ، بينَما يكونُ الهواءُ رطبًا فوقَ البحارِ والمحيطاتِ وجافًّا فوقَ المناطقِ القاريةِ.

وعندما يمكثُ حجمٌ كبيرٌ منَ الهواءِ فوقَ منطقةٍ جغرافيةٍ واسعةٍ متجانسةٍ فإنَّهُ يكتسبُ خواصَّ تلكَ المنطقةِ، ويُسمّى هذا الحجمُ منَ الهواءِ الكتلةَ الهوائيةَ. وتُعرّف **الكتلةُ الهوائيةُ** (Air Mass) بأنّها كميةٌ ضخمةٌ منَ الهواءِ متجانسةٌ أفقيًّا منْ حيثُ درجةُ الحرارةِ والرطوبةُ. وتمتدُّ رأسيًّا إلى ارتفاعاتٍ عاليةٍ قدْ تصلُ إلى عدةِ كيلومترات.

أنواعُ الكتلِ الهوائيةِ (Types of Air Masses)

يمكنُ تصنيفُ الكتلِ الهوائيةِ حسبَ منشئِها؛ أيْ حسبَ المناطقِ الواسعةِ التي يمكثُ فوقَها الهواءُ ساكنًا مدةً طويلةً تُقدّرُ بالأسابيعِ أوْ بالأشهرِ، وتكتسبُ خصائِصُها وتُسمَّى باسمِها. فمثلًا، إذا تكوّنتِ الكتلةُ الهوائيةُ فوقَ المناطقِ القطبيةِ سُمّيتْ **كتلةً هوائيةً قطبيةً** (Polar Air Mass). وإذا تكوّنتْ فوقَ المناطقِ المداريةِ سُمّيتْ **كتلةً هوائيةً مداريةً** (Tropical Air Mass). ويُمكنُ تصنيفُ كلٍّ منَ الكتلتينِ؛ القطبيةِ والمداريةِ حسبَ سطحِ الأرضِ في هاتينِ المنطقتينِ إلى قسمينِ ثانويينِ؛ قاريٍّ وبحريٍّ كما يأتي:

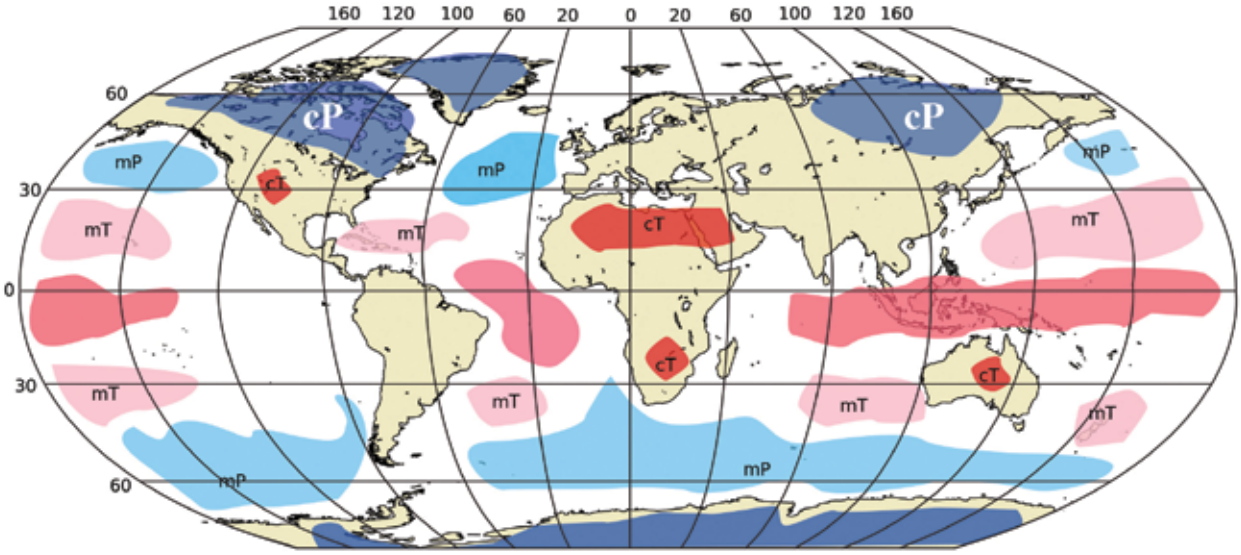
أ – **كتلةٌ هوائيةٌ قطبيةٌ قاريةٌ (Polar Continental Air Mass)**؛ وذلكَ إذا نشأتْ وتكوّنتْ فوقَ المناطقِ القطبيةِ القاريةِ، وتكونُ باردةً جافةً، ويُرمزُ لها بالرمزِ (**cP**).

ب– **كتلةٌ هوائيةٌ قطبيةٌ بحريةٌ (Polar Maritime Air Mass)**؛ وذلكَ إذا نشأتْ وتكوّنتْ فوقَ المحيطاتِ، وتكونُ باردةً ورطبةً، ويُرمزُ لها بالرمزِ (**mP**).

جـ– **كتلةٌ هوائيةٌ مداريةٌ قاريةٌ (Tropical Continental Air Mass)**؛ وذلكَ إذا نشأتْ وتكوّنتْ فوقَ المناطقِ المداريةِ القاريةِ، وتكونُ دافئةً وجافةً، ويُرمزُ لها بالرمزِ (**cT**).

د – **كتلةٌ هوائيةٌ مداريةٌ بحريةٌ (Tropical Maritime Air Mass)**؛ وذلكَ إذا نشأتْ وتكوّنتْ فوقَ المناطقِ المداريةِ البحريةِ فوقَ المحيطاتِ، وتكونُ دافئةً ورطبةً، ويُرمزُ لها بالرمزِ (**mT**).

والآنَ، تأمّلِ الشكلَ (١–١٣) الذي يوضِّحُ أنواعَ الكتلِ الهوائيةِ، وأماكنَ تكوّنِها، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:



الشكلُ (١–١٣): أنواعُ الكتلِ الهوائيةِ، وأماكنُ توزُّعِها في نصفَي الكرةِ الأرضيةِ؛ الشماليِّ والجنوبيِّ.

- كيفَ تختلفُ خصائصُ الكتلِ الهوائيةِ الموضّحةِ في الشكلِ بعضُها عنْ بعضٍ؟
- ماذا تتوقَّعُ أنْ يحدثَ لخصائصِ كتلةٍ هوائيةٍ قطبيةٍ قاريةٍ عندَ تحرّكِها باتجاهِ المناطقِ المداريةِ البحريةِ؟
- ماذا تتوقَّعُ أنْ يحدثَ لخصائصِ كتلةٍ هوائيةٍ مداريةٍ إذا تحرّكتْ نحوَ دوائرِ العرضِ ذاتِ القيمِ الكبيرةِ باتجاهِ القطبِ؟

منَ المؤكدِ أنَّكَ لاحظتَ أنهُ عندَما تتحرّكُ الكتلُ الهوائيةُ بعيدًا عنْ مصادرِها تمرُّ فوقَ مناطقَ مختلفةٍ عنْ منطقةِ تكوّنِها فتتغيّرُ خصائصُها. فمثلًا، عندَما تتحرّكُ كتلةٌ هوائيةٌ قطبيةٌ قاريةٌ باتجاهِ المناطقِ المداريةِ البحريةِ ترتفعُ درجةُ حرارةِ الطبقةِ السفلى فيها، وهذا يُقلّلُ منِ استقرارِها، وتزيدُ رطوبتُها. وأما إذا تحرّكتْ كتلةٌ هوائيةٌ مداريةٌ بحريةٌ نحوَ دوائرِ العرضِ ذاتِ القيمِ الكبيرةِ باتجاهِ القطبِ، فإنَّ درجةَ حرارتِها في الطبقةِ السفلى ستنخفضُ، وتستقرُّ أكثرَ، وتقلُّ فيها رطوبةُ الهواءِ.

إذنْ، تعرّفتَ الآنَ أحدَ أهمِّ أسبابِ تغيّرِ درجةِ الحرارةِ، والحالةِ الجويةِ منْ رياحٍ، ورطوبةٍ، وأمطارٍ، وغيرِها في منطقةٍ ما.

أتأمّلُ .. أفكرُ .. ثمَّ أجيبُ

- تحرّكتْ كتلةٌ هوائيةٌ قطبيةٌ بحريةٌ لتستقرَّ فوقَ منطقةِ شرقيِّ البحرِ المتوسطِ، استنتجِ التغيّراتِ التي ستطرأُ على الأحوالِ الجويةِ في هذهِ المنطقةِ.

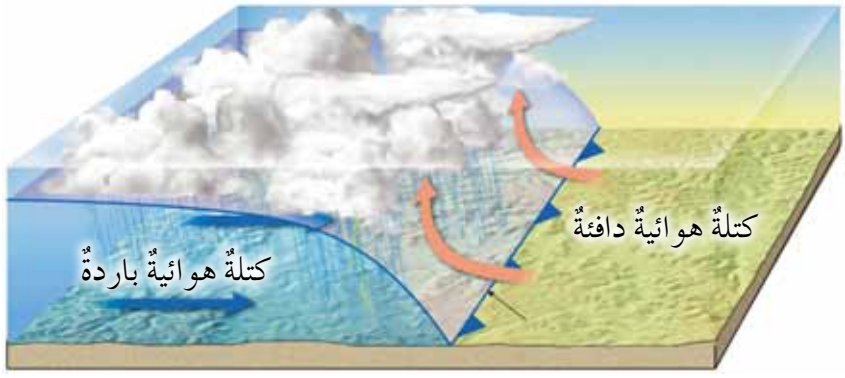
خامسًا: الجبهاتُ الهوائيةُ (Weather Fronts)

تعلّمتَ سابقًا مفهومَ الجبهاتِ الهوائيةِ إضافةً إلى الكتلِ الهوائيةِ، كما في النشرةِ الجويةِ الآتيةِ:

«تتأثرُ المملكةُ بكتلةٍ هوائيةٍ باردةٍ تستمرُّ حتى مساءِ يومِ الأحدِ المقبلِ. حيثُ تشهدُ أيامُ الخميسِ والجمعةِ والسبتِ تعرّضَ المملكةِ لعددٍ من الجبهاتِ الهوائيةِ الباردةِ، وتساقطَ الثلوجِ في معظمِ المناطقِ، ويبدأُ المنخفضُ الجويُّ بالانحسارِ مساءَ يومِ الأحدِ».

(منقولٌ بتصرُّفٍ عن وكالةِ الأنباءِ الأردنيةِ، بتاريخِ ٢٠١٥/١/٧).

فما الجبهاتُ الهوائيةُ؟ وما تأثيرُها في الحالةِ الجويةِ؟ للإجابةِ عنْ هذهِ الأسئلةِ، تأمّلِ الشكلَ (١-١٤) الذي يوضّحُ التقاءَ كتلتينِ هوائيتينِ مختلفتينِ في الخصائصِ، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:



الشكلُ (١-١٤): مقطعٌ ثلاثيُّ الأبعادِ يُمثِّلُ جبهةً هوائيةً وعندَها تلتقي كتلةٌ هوائيةٌ باردةٌ بأخرى دافئةٍ.

◄ ماذا يحدثُ عندَ التقاءِ كتلتينِ هوائيتينِ مختلفتينِ في خصائصِهما؟

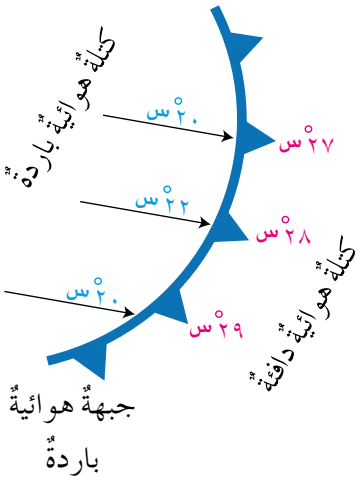
◄ ماذا يُسمّى السطحُ الفاصلُ بينَ الكتلتينِ؟

استنتجتَ منَ الشكلِ (١–١٤) أنهُ عندَ التقاءِ كتلتينِ هوائيتينِ مختلفتينِ في درجةِ الحرارةِ يصعدُ الهواءُ الدافئُ إلى الأعلى؛ لأنَّ كثافتَهُ أقلُّ، ويبقى الهواءُ الباردُ ذو الكثافةِ الأعلى في الأسفلِ، ويُسمّى السطحُ الفاصلُ بينَهما **الجبهةَ الهوائيةَ**، وهناكَ أنواعٌ منَ الجبهاتِ الهوائيةِ؛ منها الجبهةُ الهوائيةُ الباردةُ، والجبهةُ الهوائيةُ الدافئةُ.

١– الجبهةُ الهوائيةُ الباردةُ (Cold Front)

تتكوّنُ **الجبهةُ الهوائيةُ الباردةُ** عندَما تتحرّكُ كتلةٌ هوائيةٌ باردةٌ نحوَ كتلةٍ هوائيةٍ دافئةٍ، حيثُ تُمثِّلُ الجبهةُ الهوائيةُ الباردةُ مُقدّمةَ الكتلةِ الهوائيةِ الباردةِ المتحرّكةِ. ولأنَّ الهواءَ الباردَ أثقلُ منَ الهواءِ الدافئِ، تندفعُ الكتلةُ الباردةُ تحتَ الدافئةِ مجبرةً الهواءَ الدافئَ على الارتفاعِ للأعلى على امتدادِ الجبهةِ، فيبردُ، ويتكاثفُ بخارُ الماءِ فيهِ مكوّنًا سُحُبًا ركاميةً سميكةً، وتسقطُ زخّاتٌ منَ الهطلِ (كالمطرِ أو الثلجِ أو البردِ). وتُرسمُ الجبهةُ الباردةُ على خريطةِ الطقسِ على شكلِ قوسٍ باللونِ الأزرقِ تبرزُ منهُ مثلثاتٌ صغيرةٌ تشيرُ إلى اتجاهِ حركةِ الجبهةِ والهواءِ الباردِ منْ خلفِها، انظرِ الشكلَ (١–١٥).

(أ) مقطعٌ ثلاثيُّ الأبعادِ يُمثِّلُ الجبهةَ الهوائيةَ الباردةَ، والكتلَ الهوائيةَ المصاحبةَ، وحركتَها، وأحوالَ الطقسِ المرافقةَ لها.



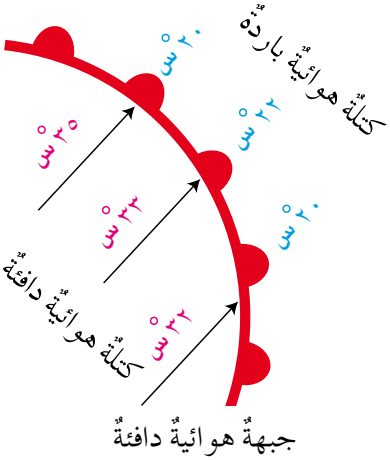
(ب) تمثيلُ الجبهةِ الهوائيةِ الباردةِ على خريطةِ الطقسِ.

الشكلُ (١–١٥): الجبهةُ الهوائيةُ الباردةُ، وتمثيلُها على خريطةِ الطقسِ.

٢- الجبهةُ الهوائيةُ الدافئةُ (Warm Front)

تتكوّنُ **الجبهةُ الهوائيةُ الدافئةُ** عندَما تتحرّكُ كتلةٌ هوائيةٌ دافئةٌ باتجاهِ كتلةٍ هوائيةٍ باردةٍ فتتكوّنُ جبهةٌ هوائيةٌ دافئةٌ في مُقدّمةِ الكتلةِ الهوائيةِ الدافئةِ المتحرّكةِ على السطحِ الفاصلِ بينَ الكتلتينِ. ويتمُّ تمثيلُها على خريطةِ الطقسِ على شكلِ قوسٍ باللونِ الأحمرِ تبرزُ منهُ أنصافُ دوائرَ تشيرُ إلى اتجاهِ حركةِ الجبهةِ الدافئةِ والهواءِ الدافئَ منْ خلفِها، ولأنَّ الهواءَ الدافئَ أقلُّ كثافةً منَ الهواءِ الباردِ يتصعّدُ الهواءُ الدافئُ ببطءٍ فوقَ الهواءِ الباردِ على امتدادِ الجبهةِ الهوائيةِ مكوّنًا سُحُبًا طبقيةً رقيقةً تُفضي إلى هطلٍ متواصلٍ، انظرِ الشكلَ (١-١٦).

(أ) مقطعٌ ثلاثيُّ الأبعادِ يُمثِّلُ الجبهةَ الهوائيةَ الدافئةَ، والكتلَ الهوائيةَ المصاحبةَ، وحركتَها، وأحوالَ الطقسِ المرافقةَ لها.

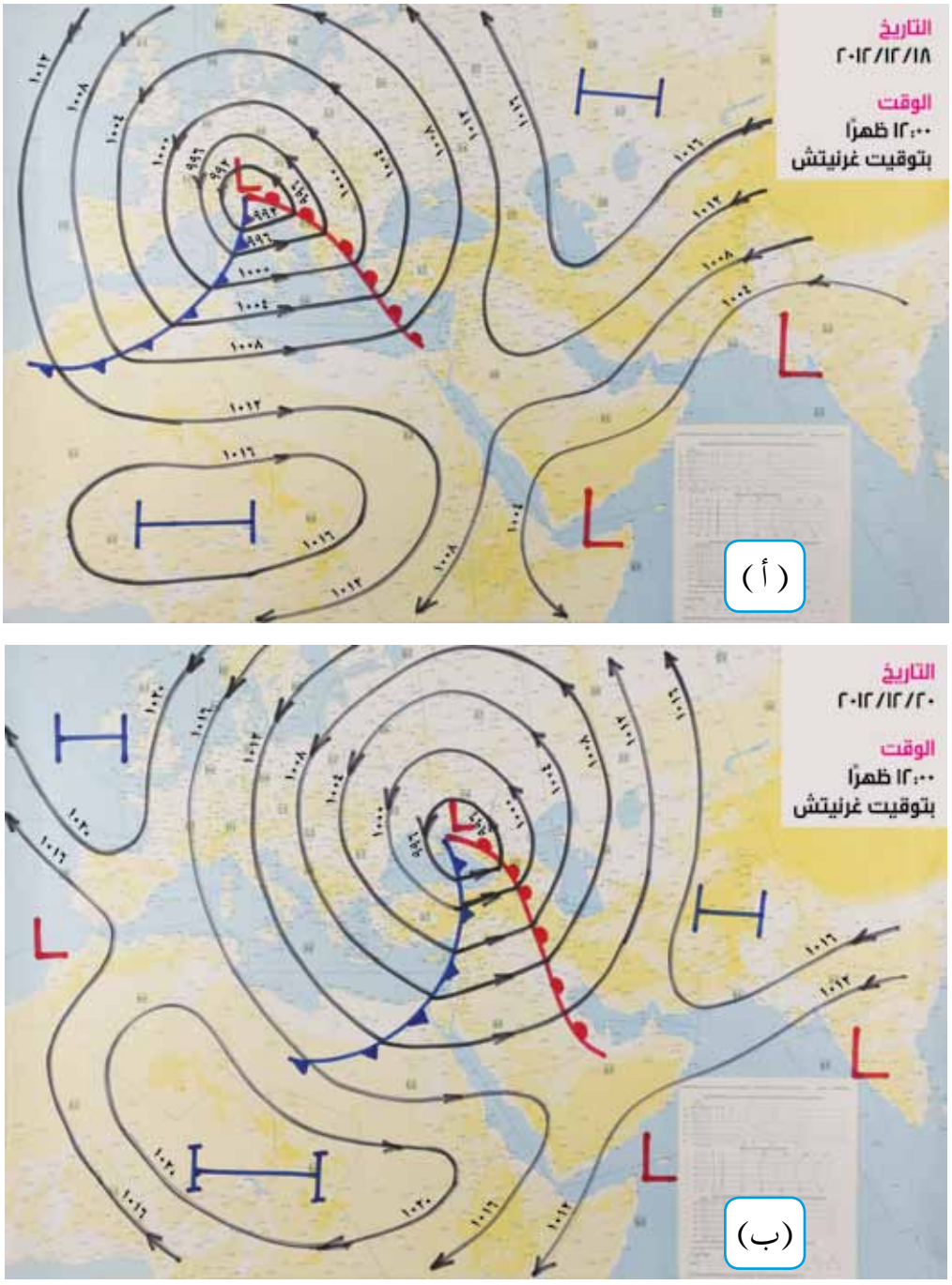


(ب) تمثيلُ الجبهةِ الهوائيةِ الدافئةِ على خريطةِ الطقسِ.

الشكلُ (١-١٦): الجبهةُ الهوائيةُ الدافئةُ، وتمثيلُها على خريطةِ الطقسِ.

سادسًا: تحرّكُ الكتلِ الهوائيةِ (Movement of Air Masses)

تعلّمتَ أنَّ الكتلَ الهوائيةَ تتحرّكُ باستمرارٍ. ولمعرفةِ كيفَ تتحرّكُ هذهِ الكتلُ، تأمّلِ الصورتينِ الموضّحتينِ في الشكلِ (١-١٧)، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليه:



الشكلُ (١–١٧): خريطةٌ تبيّنُ مركزَ المنخفضِ الجويِّ والجبهاتِ المصاحبةَ لهُ، وأخرى تبيّنُ مواقعَها بعدَ يومينِ.

- حدِّدْ مكانَ مركزِ المنخفضِ الجويِّ في كلٍّ منَ الخريطتينِ.
- حدِّدْ مكانَ الجبهتينِ؛ الباردةِ والدافئةِ في كلٍّ منَ الخريطتينِ.
- إذا علمتَ أنَّ المسافةَ التي قطعتْها الجبهاتُ (٢٥٠٠) كم خلالَ (٤٨) ساعةً، فكمْ تقدِّرُ سرعتَها؟

◄ هلْ تتوقَّعُ أنْ تستمرَّ هذهِ الجبهاتُ بالتحرّكِ، وأنْ يتغيّرَ موقعُها منْ يومٍ إلى آخرَ؟ وما العواملُ التي يمكنُ أنْ تُسهِمَ في ذلكَ؟

توصلتَ ممّا سبقَ إلى أنَّ الكتلَ الهوائيةَ تتحرّكُ منْ منطقةٍ إلى أخرى نتيجةَ اختلافِ الضغطِ الجويِّ بينَ هذهِ المناطقِ، وتنتقلُ الكتلُ الهوائيةُ مسافاتٍ كبيرةً قدْ تصلُ لآلافِ الكيلومتراتِ.

وتعملُ المنخفضاتُ الجويةُ على تحريكِ الكتلِ الهوائيةِ تحتَ تأثيرِ القوى الثلاثِ – كما تعلمتَ في الفصلِ السابقِ – حيثُ يتحرّكُ الهواءُ بعكسِ اتجاهِ حركةِ عقاربِ الساعةِ في نصفِ الكرةِ الشماليِّ، فيندفعُ الهواءُ الدافئُ نحوَ الهواءِ الباردِ فيحلُّ محلَّهُ، ويُفضي إلى ارتفاعِ درجاتِ الحرارةِ معَ تحرّكِ الجبهةِ الهوائيةِ الفاصلةِ بينَ الكتلتينِ وتغيّرِ الحالةِ الجويةِ تبعًا لذلكَ. ومعَ استمرارِ اندفاعِ الكتلةِ الهوائيةِ الباردةِ وتدفقِ الهواءِ الباردِ نحوَ المناطقِ الدافئةِ، يحلُّ الهواءُ الباردُ محلَّ الهواءِ الدافئِ في هذهِ المناطقِ، فتنخفضُ درجةُ الحرارةِ وتتغيّرُ حالةُ الطقسِ فيها.

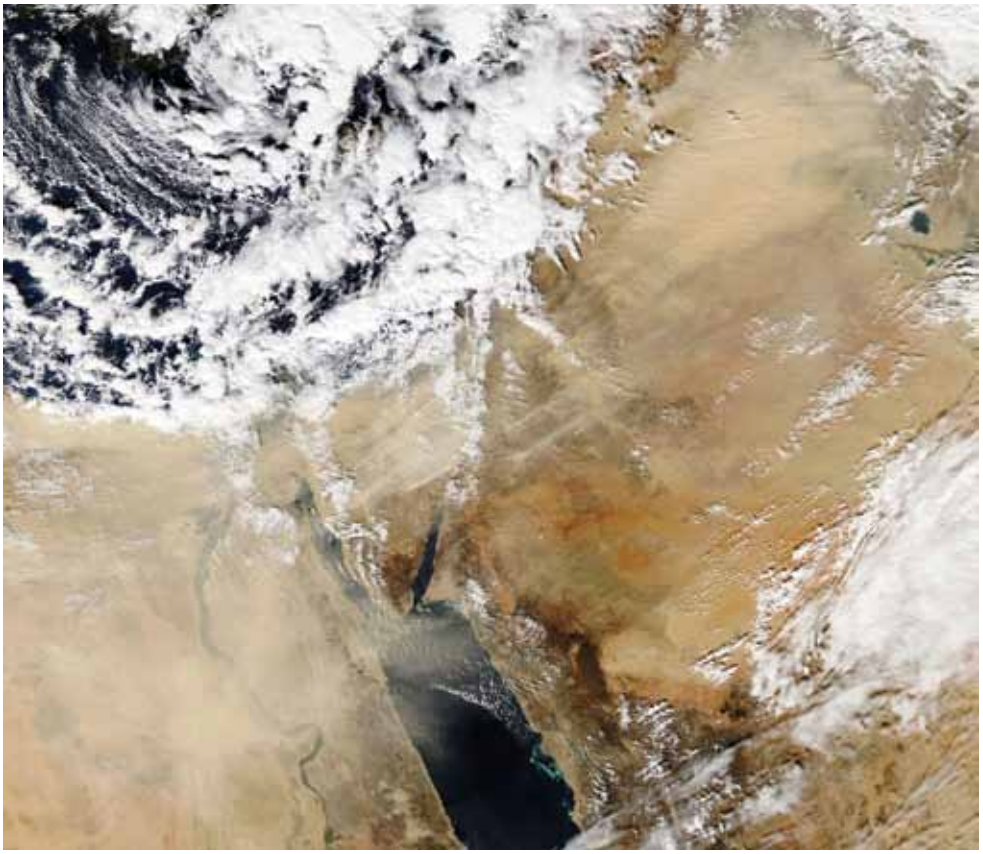
سابعًا : أساسياتُ التنبؤِ الجويِّ (The Basics of Weather Forecasting)

التنبؤُ الجويُّ هوَ علمٌ يستخدمُ النظرياتِ العلميةَ والتكنولوجيا لوصفِ الطقسِ المتوقعِ في أثناءِ فترةٍ زمنيةٍ محددةٍ. برأيكَ، ما متطلباتُ عمليةِ التنبؤِ الجويِّ؟

حتى يتمكّنَ المتنبئُ الجويُّ منَ التنبؤِ بالطقسِ، وإصدارِ نشرةٍ جويةٍ، يجبُ أنْ يكونَ لديهِ خرائطُ الطقسِ السطحيةُ، وخرائطُ طبقاتِ الجوِّ العليا موضَّحًا عليها المرتفعاتُ، والمنخفضاتُ الجويةُ، والكتلُ والجبهاتُ الهوائيةُ التي تمَّ قياسُها حديثًا فوقَ منطقةٍ جغرافيةٍ واسعةٍ في الوقتِ نفسِهِ.

وباستخدامِ النظرياتِ العلميةِ والمعادلاتِ الرياضيةِ يقومُ المتنبئُ الجويُّ بحسابِ بياناتِ الطقسِ المختلفةِ، وحسابِ سرعةِ حركةِ أنظمةِ الضغطِ الجويِّ، والكتلِ والجبهاتِ الهوائيةِ، واتجاهِها، لتقديرِ مواقعِها بعدَ فترةٍ زمنيةٍ محددةٍ، ثمَّ التنبؤُ بالأحوالِ الجويةِ التي تنتجُ منها.

وتُعدُّ صورُ الغيومِ الملتقطةُ بواسطةِ الأقمارِ الصناعيةِ منْ أهمِّ الأدواتِ التي يعتمدُ عليها المتنبئُ الجويُّ في عمليةِ التنبؤِ بالطقسِ، انظرِ الشكلَ (١–١٨).



الشكلُ (١–١٨): صورةٌ ملتقطةٌ بواسطةِ الأقمارِ الصناعيةِ تُظهرُ تشكيلاتِ الغيومِ المصاحبةِ لمنخفضٍ جويٍّ.

تقومُ الأقمارُ الصناعيةُ بالتقاطِ صورٍ متتاليةٍ للغيومِ المصاحبةِ للمنخفضاتِ الجويةِ وتحديدِ سرعةِ حركةِ هذهِ الغيومِ، واتجاهِها، ونوعِها، وحجمِها، وأنواعِ الهطلِ، والأحوالِ الجويةِ الناجمةِ عنها.

ويعتمدُ المتنبئُ الجويُّ أيضًا على معطياتِ (رادار) الطقسِ ليتمكّنَ منَ تعرّفِ أنواعِ الهطلِ، وأماكنِ توزّعِهِ. ويقومُ مبدأُ عملِ (رادار) الطقسِ على إرسالِ موجاتٍ كهرمغناطيسيةٍ في جميعِ الاتجاهاتِ، فتصطدمُ هذهِ الموجاتُ بقطراتِ الماءِ كبيرةِ الحجمِ التي تشكّلُ الغيومَ الماطرةَ أوِ المطرَ الهاطلَ منها، وتنعكسُ ثانيةً إلى الرادارِ. وتعتمدُ الأمواجُ المنعكسةُ على كثافةِ الغيومِ ونوعِها وحجمِ قطراتِها، وعلى غزارةِ المطرِ الهاطلِ أو الثلوجِ المتساقطةِ. ويقومُ الرادارُ بالتقاطِ هذهِ الأمواجِ المنعكسةِ، ويُحلّلُها، ويوفرُ بذلكَ وسيلةً جيدةً للمتنبئِ الجويِّ لتعرُّفِ مكوّناتِ الغيومِ المتحرّكةِ قبلَ وصولِها. ويستخدمُ المتنبئُ الجويُّ الحاسوبَ، والنماذجَ العدديةَ (Models) في رسمِ خرائطِ الطقسِ، وتحليلِها، وإصدارِ التنبؤاتِ الجويةِ.

١- اختَرْ رمزَ الإجابةِ الصحيحةِ لكلٍّ مما يأتي:

(١) يكونُ المرتفعُ الجويُّ في النصفِ الشماليِّ للكرةِ الأرضيةِ مصحوبًا بـِ:

أ - تياراتِ هواءٍ هابطةٍ.
ب- تياراتِ هواءٍ صاعدةٍ.
جـ- درجاتِ حرارةٍ مرتفعةٍ.
د - درجاتِ حرارةٍ منخفضةٍ.

(٢) تتميّزُ الكتلةُ الهوائيةُ المتكوّنةُ فوقَ المناطقِ الصحراويةِ بأنَّها:

أ - باردةٌ وجافةٌ.
ب- دافئةٌ ورطبةٌ.
جـ- باردةٌ ورطبةٌ.
د - دافئةٌ وجافةٌ.

(٣) تعتمدُ خصائصُ الكتلةِ الهوائيةِ بشكلٍ رئيسٍ على:

أ - دورانِ الأرضِ حولَ نفسِها.
ب- سطحِ الأرضِ الذي تتكوّنُ فوقَهُ الكتلةُ الهوائيةُ.
جـ- ارتفاعِ الكتلةِ الهوائيةِ عنْ سطحِ الأرضِ.
د - الفصلِ منَ السنةِ التي تتشكّلُ منْ خلالِهِ.

(٤) عندَ التقاءِ كتلتينِ هوائيتينِ مختلفتينِ في الخصائصِ فإنَّ الهواءَ الباردَ:

أ - يصعدُ إلى الأعلى، ويغوصُ الهواءُ الساخنُ إلى الأسفلِ.
ب- يغوصُ إلى الأسفلِ، ويغوصُ الهواءُ الساخنُ إلى الأسفلِ.
جـ- يصعدُ إلى الأعلى، ويصعدُ الهواءُ الساخنُ إلى الأعلى.
د - يغوصُ إلى الأسفلِ، ويصعدُ الهواءُ الساخنُ إلى الأعلى.

٢- أعطِ تفسيرًا علميًّا دقيقًا لكلٍّ مما يأتي:

أ - يكونُ الجوُّ صحوًا، والسماءُ صافيةً عند تأثيرِ المرتفعِ الجويِّ.
ب- تنوّعُ خصائصِ الكتلِ الهوائيّةِ.

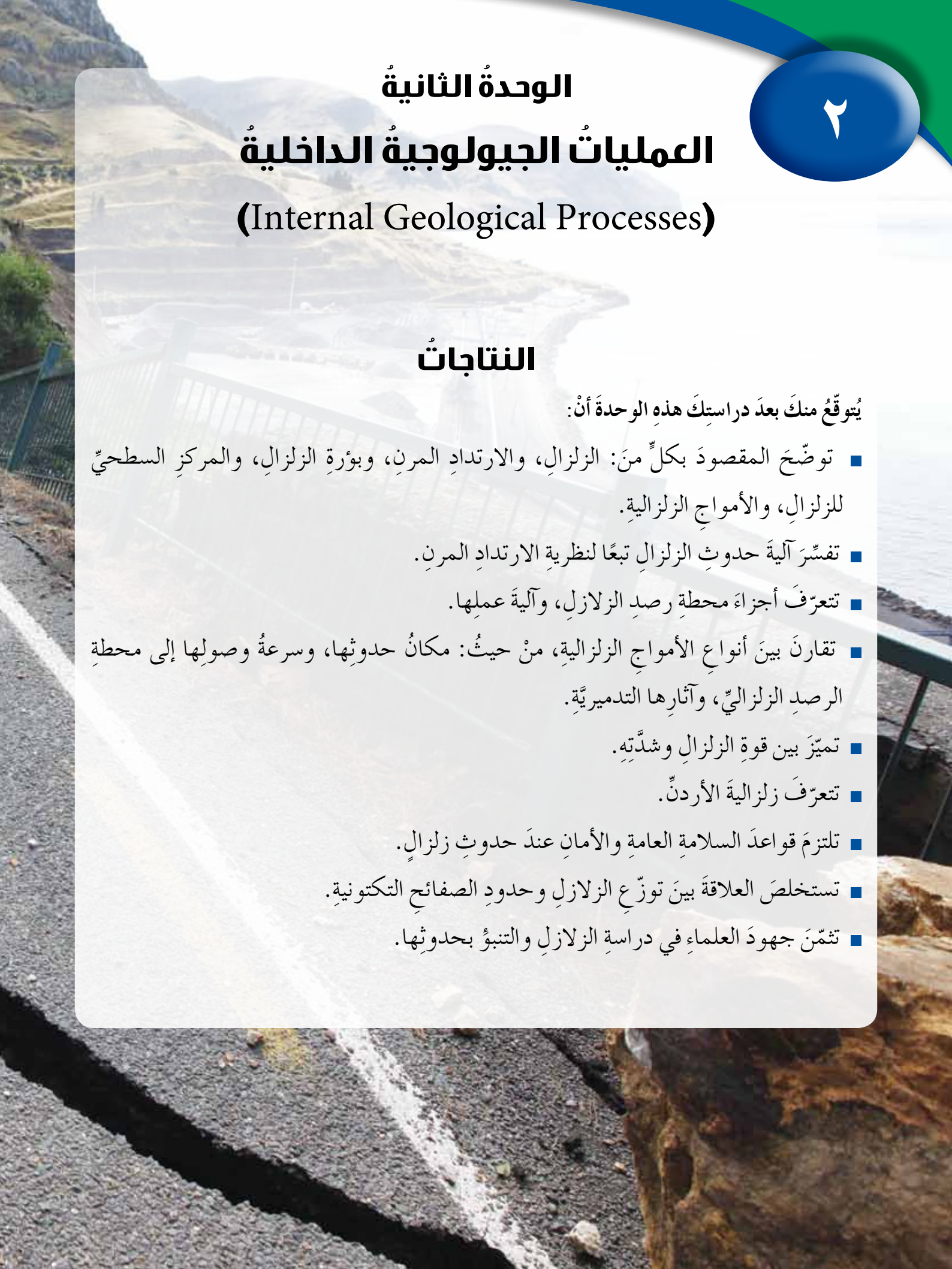
٣- اعتمادًا على حركةِ التياراتِ الهوائيةِ واتجاهِها في أنظمةِ الضغطِ الجويِّ، قارنْ بينَ المرتفعِ الجويِّ والمنخفضِ الجويِّ حسبَ الجدولِ الآتي:

وجهُ المقارنةِ / نظامُ الضغطِ الجويِّ	المرتفعُ الجويُّ	المنخفضُ الجويُّ
قيمةُ الضغطِ الجويِّ في مركزِهِ		
رمزُهُ على خريطةِ الطقسِ		
اتجاهُ التياراتِ المرافقةِ		
اتجاهُ هبوبِ الرياحِ حولَ المركزِ		

٤- اعتمادًا على أنواعِ الكتلِ الهوائيةِ وخصائصِها، أكملِ الجدولَ الآتيَ:

اسمُ الكتلةِ	النوعُ	خصائصُها
قطبيةٌ	قاريةٌ	
	بحريةٌ	
مداريةٌ	قاريةٌ	
	بحريةٌ	

٥- تتحرّكُ نحوَ منطقةِ شرقيِّ البحرِ المتوسطِ كتلتانِ هوائيتانِ؛ الأولى قطبيةٌ بحريةٌ قادمةٌ من الشمالِ الغربيِّ، والثانيةُ مداريةٌ قاريةٌ قادمةٌ منَ الجنوبِ الشرقيِّ، قارنْ في جدولٍ بينَ هاتينِ الكتلتينِ منْ حيثُ نوعُ الكتلةِ، والرطوبةُ النسبيةُ، ودرجاتُ الحرارةِ، ومصدرُ الكتلةِ، واتجاهُ الريحِ، ثم حدِّد رمزَ كلِّ كتلةٍ هوائيةٍ منها.



٢

الوحدةُ الثانيةُ

العملياتُ الجيولوجيةُ الداخليةُ

(Internal Geological Processes)

النتاجاتُ

يُتوقّعُ منكَ بعدَ دراستِكَ هذهِ الوحدةَ أنْ:

- توضّحَ المقصودَ بكلٍّ منَ: الزلزالِ، والارتدادِ المرنِ، وبؤرةِ الزلزالِ، والمركزِ السطحيِّ للزلزالِ، والأمواجِ الزلزاليةِ.
- تفسِّرَ آليةَ حدوثِ الزلزالِ تبعًا لنظريةِ الارتدادِ المرنِ.
- تتعرّفَ أجزاءَ محطةِ رصدِ الزلازلِ، وآليةَ عملِها.
- تقارنَ بينَ أنواعِ الأمواجِ الزلزاليةِ، منْ حيثُ: مكانُ حدوثِها، وسرعةُ وصولِها إلى محطةِ الرصدِ الزلزاليِّ، وآثارِها التدميريَّةِ.
- تميّزَ بين قوةِ الزلزالِ وشدَّتِهِ.
- تتعرّفَ زلزاليةَ الأردنِّ.
- تلتزمَ قواعدَ السلامةِ العامةِ والأمانِ عندَ حدوثِ زلزالٍ.
- تستخلصَ العلاقةَ بينَ توزّعِ الزلازلِ وحدودِ الصفائحِ التكتونيةِ.
- تثمّنَ جهودَ العلماءِ في دراسةِ الزلازلِ والتنبؤِ بحدوثِها.

قالَ اللهُ تعالى:

﴿ إِذَا زُلْزِلَتِ ٱلْأَرْضُ زِلْزَالَهَا ۝١ وَأَخْرَجَتِ ٱلْأَرْضُ أَثْقَالَهَا ﴾

(سورةُ الزلزلةِ، الآيتانِ ١-٢).

- استطاعتْ نظريةُ تكتونيةِ الصفائحِ تفسيرَ الكثيرِ منَ الظواهرِ الجيولوجيةِ التي تحدثُ على سطحِ الأرضِ وفي باطنِها؛ فعمليةُ انصهارِ الصخورِ التي تحدثُ في باطنِ الأرضِ، وعملياتُ تشوُّهِ الصخورِ نتيجةَ الإجهاداتِ المسلَّطةِ عليها تُعدُّ منْ أهمِّ العملياتِ الجيولوجيةِ التي تُفضي إلى أخطارٍ طبيعيَّةٍ تنتجُ منْ حركةِ الصفائحِ التكتونيةِ. وما الزلازلُ والبراكينُ إلا نتاجُ هذهِ العملياتِ الجيولوجيةِ. ولا بدَّ أنَّكَ تسألُ: كيفَ يحدثُ هذا؟

الفصلُ الأوّلُ

الـزلازلُ

(Earthquakes)

قالَ اللهُ تعالى: ﴿ يَوْمَ تَرْجُفُ ٱلْأَرْضُ وَٱلْجِبَالُ وَكَانَتِ ٱلْجِبَالُ كَثِيبًا مَّهِيلًا ﴾

(سورةُ المزملِ، الآيةُ ١٤).

١

تُعدُّ الزلازلُ منْ أكثرِ الأخطارِ الطبيعيةِ التي تُحدِثُ تغييرًا في معالمِ سطحِ الأرضِ، وتشكّلُ خطرًا على الإنسانِ وممتلكاتِهِ. فما الزلازلُ؟ وما علاقتُها بتكتونيةِ الصفائحِ؟ وهلْ منَ الممكنِ التنبّؤُ بها؟

أولًا: حدوثُ الزلازلِ (Occurrence of Earthquakes)

لقدْ كانَ لعلمِ الزلازلِ (Seismology) أهميةٌ كبيرةٌ في تحديدِ نُطُقِ الأرضِ الرئيسةِ؛ القشرةِ والستارِ واللبِّ، وتحديدِ حالاتِها الفيزيائيةِ، وسماكاتِها، وذلكَ اعتمادًا على تغيّرِ سرعةِ الأمواجِ الزلزاليةِ الذي يعتمدُ بدورِهِ على كثافةِ الصخورِ في باطنِ الأرضِ ومعاملاتِ المرونةِ لها.

وللزلازلِ أضرارٌ كبيرةٌ على أشكالِ الحياةِ المختلفةِ على سطحِ الأرضِ؛ منْ مبانٍ ومنشآتٍ وكائناتٍ حيةٍ، ولعلَّكَ سمعتَ بالزلزالِ القويِّ الذي حدثَ عامَ (٢٠٠٤) م بالقربِ منْ شاطئِ سومطرةَ في أندونيسيا في المحيطِ الهنديِّ، الذي أفضى إلى مقتلِ مئاتِ الآلافِ منَ الأشخاصِ، وتسبّبَ في أضرارٍ ماديّةٍ قُدِّرتْ قيمتُها في ذلكَ الوقتِ بملياراتِ الدولاراتِ لعدّةِ دولٍ في جنوبِ شرقِ آسيا، مثلِ أندونيسيا وماليزيا والهندِ وغيرِها. ولمْ تكنْ بلادُنا بمنأًى عنِ الزلازلِ حيثُ ضربتْ عدّةُ زلازلَ منطقةَ البحرِ الميتِ وخليجِ العقبةِ.

والآنَ، بعدَ قراءتِكَ للفقرةِ السابقةِ، قدْ يتبادرُ إلى ذهنِكَ السؤالانِ الآتيانِ: ما الزلزالُ؟ ولماذا يحدثُ؟ للإجابةِ عنْ هذينِ السؤالينِ نفِّذِ النشاطَ الآتيَ:

نشاطٌ تجريبيٌّ (٢-١): سلوكُ الموادِّ تحتَ تأثيرِ الإجهادِ

الموادُّ والأدواتُ: عصًا خشبيةٌ رقيقةٌ.

الإجراءاتُ

١- أمسكِ العصا منْ طرفيها، وحاولْ ثَنيها بقوةٍ، ماذا تلاحظُ؟ انظرِ الشكلَ (٢-١).

٢- ما شكلُ الطاقةِ المختزنةِ في العصا في أثناءِ ثنيِها؟

٣- أثِّرْ بقوةِ ضغطٍ على العصا مرةً أخرى حتى تنكسرَ، هلْ صاحبَ عمليةَ كسرِ العصا اهتزازُ الطرفينِ المكسورينِ؟ وهلْ سمعتَ صوتًا لانكسارِ العصا؟

٤- كيفَ أصبحَ شكلُ الطرفينِ المكسورينِ؟ هلْ بقيا منحنيينِ أمْ عادا إلى الوضعِ المستقيمِ؟

الشكلُ (٢-١): فتىً يمسكُ بعصا محاولًا ثَنْيَها.

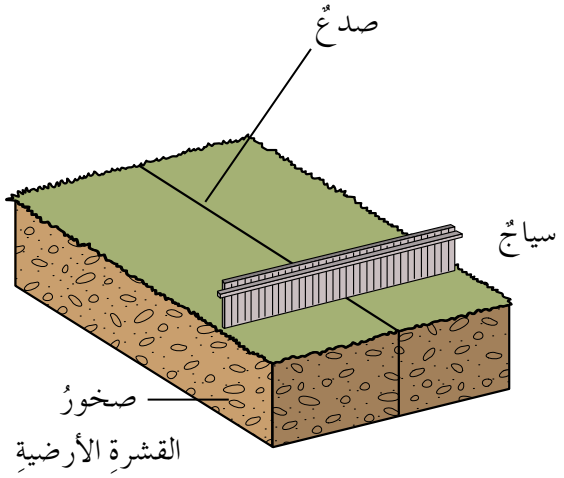
لاحظتَ أنَّ العصا في أثناءِ تعرُّضِها للإجهادِ (الضغطُ على طرفيها) تنثني ويتغيّرُ شكلُها، وبذلكَ تكونُ قدِ احتفظتْ بطاقةِ وضعٍ معينةٍ، وعندَ زيادةِ الضغطِ على طرفَي العصا فإنَّ طاقةَ الوضعِ المختزنةَ تزدادُ، وعندَ اللحظةِ التي يصلُ فيها الإجهادُ المسلطُ على العصا أكبرَ منْ قوةِ تحمُّلِها فإنَّ العصا تنكسرُ عندَ أضعفِ نقطةٍ فيها، وتتحرَّرُ طاقةُ الوضعِ المختزنةُ في داخلِها، وتتحوَّلُ إلى طاقةٍ حركيةٍ تُفضي إلى اهتزازِ طرفَي العصا بالإضافةِ إلى أمواجٍ صوتيةٍ.

وهذا يشبهُ ما يحدثُ لصخورِ الأرضِ، فعندما تتعرَّضُ الصخورُ إلى الضغطِ فإنَّها تتشوَّهُ وتنثني، وعندما يتجاوزُ الإجهادُ حدَّ قوةِ تحمُّلِ الصخرِ فإنها تنكسرُ وتتحرَّكُ على طولِ مناطقِ الضعفِ في الصخرِ التي تُدعى **الصدوعَ** (Faults). ونتيجةً لذلكَ يحدثُ اهتزازٌ مفاجئٌ لسطحِ الأرضِ، وتنتشرُ الأمواجُ الزلزاليةُ نتيجةً لتحرّرِ الطاقةِ المختزنةِ في الصخورِ عندَ تكسُّرِها على أعماقٍ مختلفةٍ في باطنِ الأرضِ، وهذا هوَ **الزلزالُ** (Earthquake).

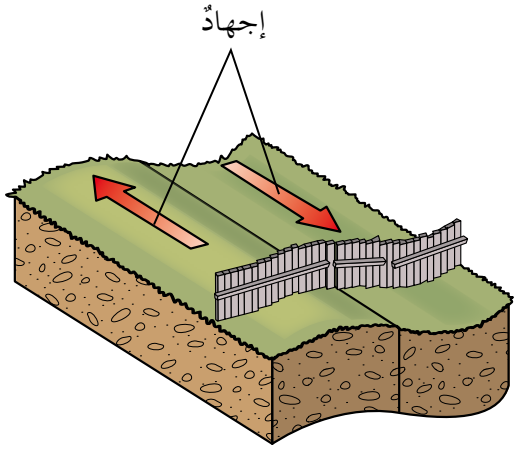
وقدِ اعتمدَ العلماءُ **نظريةَ الارتدادِ المرنِ** (Elastic Rebound Theory)، وواضعُها العالمُ (هاري ريد) (Harry Reid) عامَ (١٩١٠) م لتفسيرِ آليةِ حدوثِ الزلزالِ، فما مراحلُ حدوثِ الزلزالِ وفقَ هذهِ النظريةِ؟ للإجابةِ عنْ هذا السؤالِ، نفِّذِ النشاطَ التحليليَّ الآتيَ:

نشاطٌ تحليليٌّ (٢-٢): مراحلُ حدوثِ الزلزالِ وفقَ نظريةِ الارتدادِ المرنِ

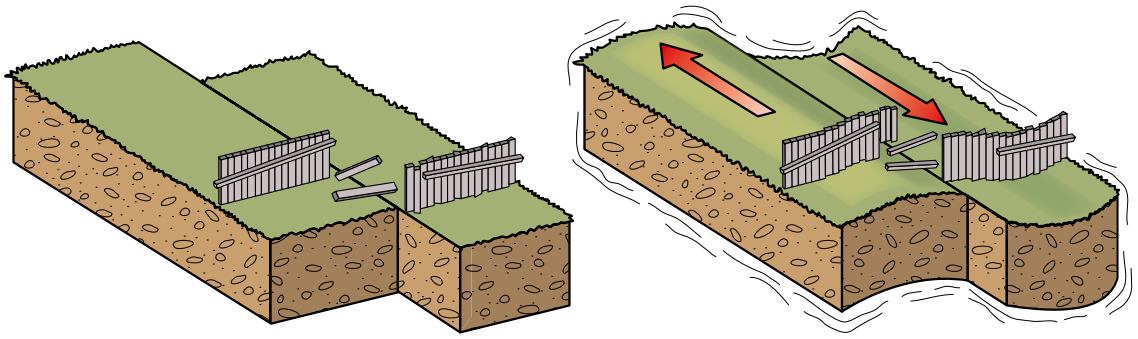
ادرسِ الشكلَ (٢-٢)، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:



(١) الوضعُ الطبيعيُّ.



(٢) تشوّهُ الصخورِ وتراكمُ الطاقةِ.



(٣) تكسُّرُ الصخورِ وتحرُّرُ الطاقةِ. (٤) عودةُ الصخورِ إلى وضعِ السكونِ (الاستقرارُ).

الشكلُ (٢-٢): مراحلُ حدوثِ الزلزالِ وفقَ نظريةِ الارتدادِ المرنِ.

- ما اسمُ التركيبِ الجيولوجيِّ الذي يُمثِّلُ كسرًا في الطبقاتِ الصخريةِ المتحرِّكةِ على امتدادِهِ الصخورُ في المرحلةِ (١)؟
- ماذا حدثَ للصخورِ في المرحلةِ (٢)؟
- ماذا نتجَ من الإجهادِ المتراكمِ والمتزايدِ للصخورِ في المرحلةِ (٣)؟
- ماذا حدثَ في المرحلةِ (٤)؟
- هلْ حدثَ الزلزالُ ما بينَ المرحلةِ (١) و (٢)؟ أم المرحلةِ (٢) و (٣)؟ كيفَ عرفتَ؟

توصلتَ إلى أنَّ **الارتدادَ المرنَ** (Elastic Rebound) هوَ عودةُ الصخورِ المتكسّرةِ إلى حالةِ الاستقرارِ بعدَ تحريرِ الطاقةِ المختزنةِ فيها تدريجيًّا؛ إذْ تتعرّضُ الصخورُ – وخاصةً التي تحتوي مناطقَ ضعفٍ (الصدوعُ) بمرورِ الوقتِ – لقوًى مختلفةٍ (إجهاداتٌ) تعملُ على تشويهِ الصخورِ (تغييرُ شكلِها الأصليِّ) وتخزينِ كميةٍ كبيرةٍ منَ الطاقةِ فيها على شكلِ طاقةٍ كامنةٍ (طاقةُ وضعٍ) كما في المرحلةِ (٢)، ولكنْ ماذا يحدثُ لهذهِ الصخورِ عندَ زيادةِ الإجهادِ الذي تتعرَّضُ لهُ؟

عندَ زيادةِ الإجهادِ على هذهِ الصخورِ فإنَّ كميةَ طاقةِ الوضعِ المختزنةِ في الصخورِ تصبحُ أكبرَ منْ قدرةِ تحمّلِها، فتنكسرُ الصخورُ، وتتحرَّكُ فجأةً على امتدادِ الصدعِ، ويصاحبُ ذلكَ تحرّرُ الطاقةِ المختزنةِ في الصخورِ على شكلِ أمواجٍ زلزاليةٍ تنتشرُ في جميعِ الاتجاهاتِ، ثمَّ تعودُ الصخورُ بعدَها إلى وضعِ السكونِ (الاستقرارِ).

وقدْ تعلمتَ سابقًا أنَّ الغلافَ الصخريَّ يتكوَّنُ منْ عدّةِ صفائحَ أرضيةٍ تتحرَّكُ ببطءٍ، وقدْ تكونُ الحركةُ بينَ هذهِ الصفائحِ حركةً تباعديةً، أوْ حركةً تقاربيةً، أوْ حركةً جانبيةً، وتحدثُ معظمُ الزلازلِ عندَ حدودِ الصفائحِ الأرضيةِ، إذْ تُفضي حركةُ الصفائحِ إلى تراكمِ الإجهاداتِ عندَ حدودِ التقائِها، إلى أنْ يتمَّ تحرُّرُها على شكلِ زلازلٍ، تُسمّى **زلازلَ تكتونيةً** (Tectonic Earthquakes). أما **الزلازلُ البركانيةُ** (Volcanic Earthquakes) فتحدثُ نتيجةً لاندفاعِ الماغما للأعلى فتسبِّبُ إجهاداتٍ على الطبقاتِ الصخريةِ فوقَها ويُفضي ذلكَ إلى تكسُّرِها، وحدوثِ زلازلَ.

أتأمّلُ.. أفكرُ.. ثمَّ أجيبُ

١- تتعرَّضُ عدةُ دولٍ تحيطُ بالمحيطِ الهادي وتمتدُّ منْ نيوزيلندا والفلبين واليابان، ثمَّ شرقًا إلى ألاسكا وكاليفورنيا والمكسيك والسواحلِ الغربيةِ لأمريكا الجنوبيةِ، لزلازلَ قويةٍ بشكلٍ متكرِّرٍ. فما أسبابُ ذلكَ؟

٢- كيفَ يمكنُ أنْ يتكرَّرَ حدوثُ زلزالٍ في منطقةٍ معينةٍ؟

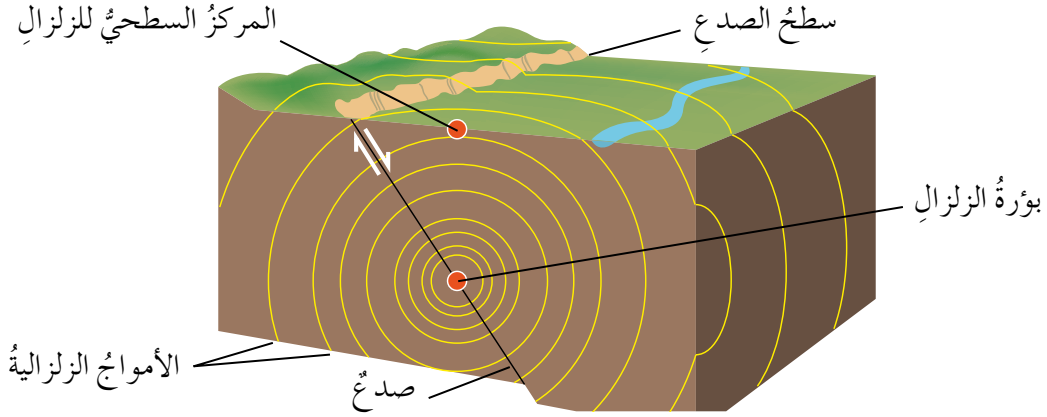
ثانيًا: الأمواجُ الزلزاليةُ (Seismic Waves)

تعلمتَ سابقًا أنَّ **الموجةَ** (Wave) هي اضطرابٌ يتحرَّكُ خلالَ الوسطِ الناقلِ، ويعملُ على نقلِ الطاقةِ. وتُصنفُ الأمواجُ منْ حيثُ طبيعةُ اهتزازِ دقائقِ الوسطِ الناقلِ لها بالنسبةِ لاتجاهِ الانتشارِ الموجيِّ إلى **أمواجٍ مستعرضةٍ** (Transverse Waves) تهتزُّ فيها دقائقُ الوسطِ الناقلِ بشكلٍ عموديٍّ بالنسبةِ لاتجاهِ الانتشارِ الموجيِّ مثلِ أمواجِ الحبلِ المثبّتِ على جدارٍ عندَ تحريكِهِ، و**أمواجٍ طوليةٍ** (Longitudinal Waves) تهتزُّ فيها دقائقُ الوسطِ الناقلِ بالاتجاهِ نفسِهِ الذي ينتقلُ فيهِ الانتشارُ الموجيُّ مثلُ أمواجِ الصوتِ، أوِ النابضِ في مستوًى أفقيٍّ عندَ تحريكِهِ للأمامِ والخلفِ. وتُعدُّ الأمواجُ الزلزاليةُ منْ هذهِ الأمواجِ (المستعرضةُ والطوليةُ)، فما الأمواجُ الزلزاليةُ؟ وما أنواعُها؟ وما خصائصُها؟

تنطلقُ الأمواجُ الزلزاليةُ في باطنِ الأرضِ من نقطةٍ محددةٍ، فما هذهِ النقطةُ؟ وماذا يحدثُ عندَها؟ لمعرفةِ ذلكَ نفِّذِ النشاطَ (٢-٣).

نشاطٌ تحليليٌّ (٢-٣): بؤرةُ الزلزالِ وعلاقتُها بالمركزِ السطحيِّ للزلزالِ

ادرسِ الشكلَ (٢-٣)، ثمَّ أجبْ عن الأسئلةِ التي تليهِ:



الشكلُ (٢-٣): بؤرةُ الزلزالِ والمركزُ السطحيُّ للزلزالِ.

- أينَ تقعُ بؤرةُ الزلزالِ؟
- كيفَ تنتشرُ الأمواجُ الزلزاليةُ منَ البؤرةِ؟
- ماذا تُسمّى النقطةُ التي تقعُ على سطحِ الأرضِ وفوقَ البؤرةِ مباشرةً؟
- أينَ تتوقعُ أنْ تكونَ كميةُ الطاقةِ المتحرِّرةِ أعلى ما يمكنُ، في البؤرةِ أم في المركزِ السطحيِّ للزلزالِ؟ فسِّرْ إجابتَكَ.

توصلتَ إلى أنَّ **بؤرةَ الزلزالِ** (Focus) تمثلُ نقطةً تقعُ في باطنِ الأرضِ على امتدادِ مستوى صدعٍ يحدثُ عندَها تحرُّرُ الطاقةِ المختزنةِ على شكلِ أمواجٍ زلزاليةٍ تنتشرُ في جميعِ الاتجاهاتِ، وتسبِّبُ اهتزازَ الأرضِ، في حينِ تُدعى النقطةُ التي تقعُ على سطحِ الأرضِ فوقَ البؤرةِ مباشرةً **المركزَ السطحيَّ للزلزالِ** (Epicenter).

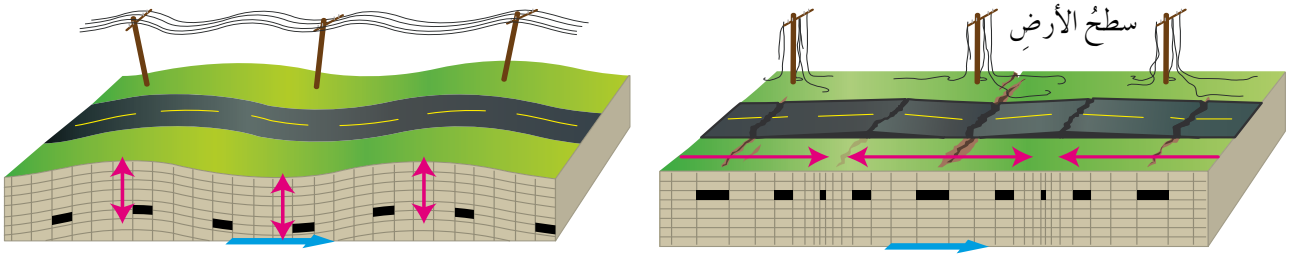
أضفْ إلى معلوماتِكَ

تُصنفُ الزلازلُ حسبَ عمقِ البؤرةِ الزلزاليةِ إلى: **الزلازلِ الضحلةِ**، وهيَ الزلازلُ التي لا يتجاوزُ عمقُ بؤرةِ الزلزالِ فيها (٧٠) كم، و**الزلازلِ المتوسطةِ**، وهيَ الزلازلُ التي ينحصرُ عمقُ بؤرةِ الزلزالِ فيها بينَ (٧١ – ٣٠٠) كم، و**الزلازلِ العميقةِ**، وهيَ الزلازلُ التي ينحصرُ عمقُ بؤرةِ الزلزالِ فيها بينَ (٣٠١ – ٦٦٠) كم.

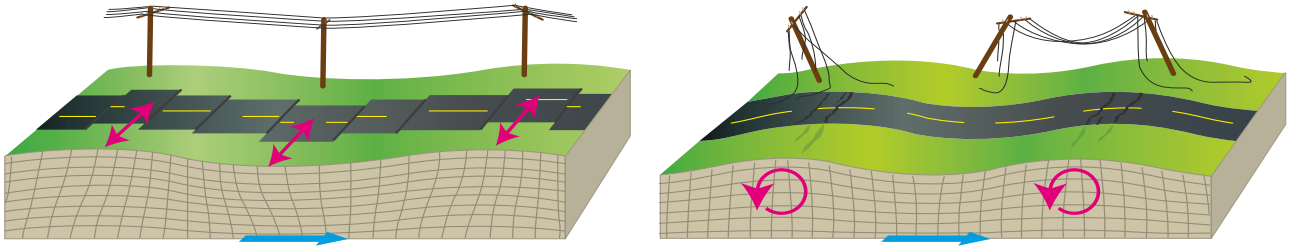
ولمعرفةِ أنواعِ الأمواجِ الزلزاليةِ وخصائصِها، نفِّذِ النشاطَ (٢–٤).

نشاطٌ تحليليٌّ (٢–٤): أنواعُ الأمواجِ الزلزاليةِ

تأمَّلِ الشكلَ (٢–٤)، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:



(أ) الأمواجُ الداخليةُ (الباطنيةُ).



(ب) الأمواجُ السطحيةُ.

الشكلُ (٢–٤): أنواعُ الأمواجِ الزلزاليةِ، ويشيرُ اتجاهُ السهمِ الأحمرِ إلى اتجاهِ حركةِ دقائقِ المادةِ (صخورُ القشرةِ الأرضيةِ).

- عدِّدْ أنواعَ الأمواجِ الزلزاليةِ الموضّحةِ في الشكلِ (٢–٤).
- صفِ اتجاهَ حركةِ جزيئاتِ المادةِ بالنسبةِ لاتجاهِ حركةِ الأمواجِ الداخليةِ.
- ما الأمواجُ التي تجعلُ الموادَّ تتحرَّكُ رأسيًّا إلى الأعلى والأسفل، وجانبيًّا على شكلِ تضاغطاتٍ وتخلخلاتٍ ؟
- أيُّ الأمواجِ الزلزاليةِ يمكنُ أنْ تكونَ الأكثرَ تدميرًا؟ لماذا؟

توصلتَ مما سبق إلى أنَّ الأمواجَ الزلزاليةَ تُقسمُ إلى نوعينِ رئيسين هما:

١- الأمواجُ الداخليةُ (الباطنيةُ) (Body Waves)

وهي أمواجٌ تنتقلُ في باطنِ الأرضِ، وتُقسمُ إلى قسمينِ هما:

أ - **الأمواجُ الأوليةُ (Primary Waves):** هيَ أمواجٌ طوليةٌ تسيرُ في جميعِ الأوساطِ (الصُّلبةِ، والسائلةِ، والغازيةِ)، وقدْ سُمِّيتْ بهذا الاسمِ لأنها أولُ الأمواجِ الزلزاليةِ وصولًا إلى محطةِ الرصدِ الزلزاليِّ، ويبلغُ متوسطُ سرعةِ هذهِ الأمواجِ في القشرةِ الأرضيةِ (٦,٠) كم/ ث.

ب- **الأمواجُ الثانويةُ (Secondary Waves):** هيَ أمواجٌ مستعرضةٌ تنتشرُ في الوسطِ الصُّلبِ فقطْ، ويبلغُ متوسطُ سرعةِ هذهِ الأمواجِ في القشرةِ الأرضيةِ (٣,٥) كم/ ث.
باعتقادِكَ، لماذا سُمِّيتْ هذهِ الأمواجُ بهذا الاسمِ؟

٢- الأمواجُ السطحيةُ (Surface Waves)

وهيَ أمواجٌ تنشأ وتتحرَّكُ قربَ سطحِ الأرضِ، وهيَ أقلُّ سرعةً منَ الأمواجِ الداخليةِ، وتَجْمَعُ الأمواجُ السطحيةُ في حركتِها بينَ الأمواجِ المستعرضةِ والأمواجِ الطوليةِ؛ إذْ تتحرَّكُ فيها رأسيًّا إلى الأعلى وإلى الأسفلِ، وجانبيًّا على شكلِ تضاغطاتٍ وتخلخلاتٍ، وتسبِّبُ دمارًا كبيرًا للمباني والمنشآتِ.

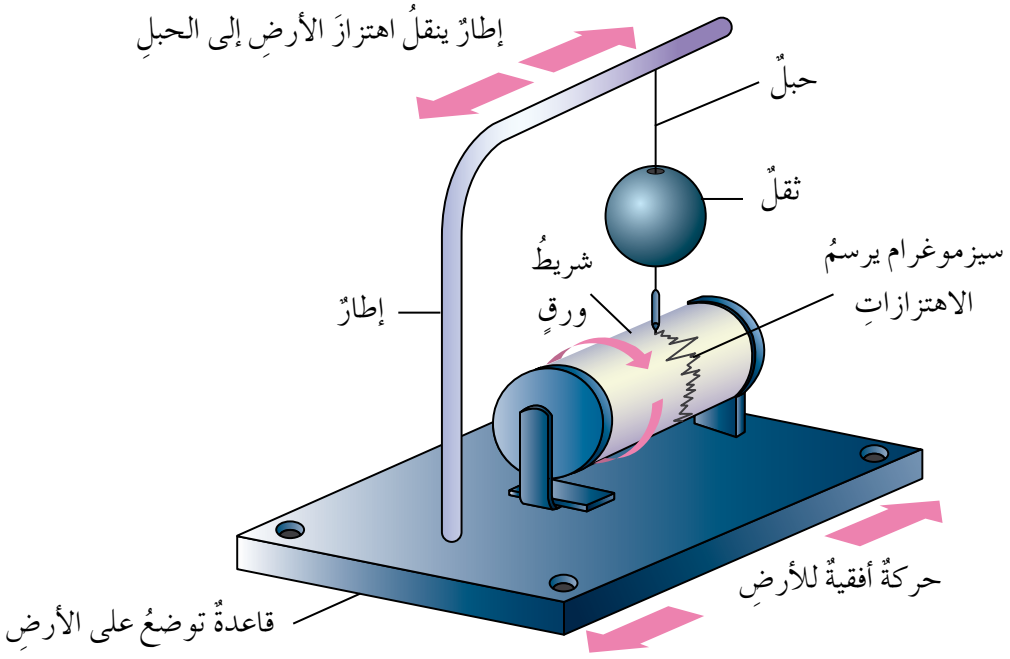
أتأمّلُ.. أفكرُ.. ثمَّ أجيبُ

- هبْ أنهُ قدْ حدثَ زلزالانِ في منطقتينِ مختلفتينِ في وقتٍ واحدٍ، وكانَ الزلزالُ الأولُ ذا قوةٍ مرتفعةٍ، وتَسبَّبَ بدمارٍ محدودٍ، في حين أحدثَ الزلزالُ الثاني دمارًا كبيرًا على الرغمِ من أنَّ قوتَهُ متوسطةٌ، فما تفسيرُ ذلكَ؟

ثالثًا: قياسُ الأمواجِ الزلزاليةِ (Measurement of Seismic Waves)

يَنتجُ مِنَ الزلزالِ لحظةَ حدوثِهِ في أعماقِ الأرضِ أمواجٌ زلزاليةٌ تصلُ محطةَ الرصدِ الزلزاليِّ التي تقومُ بتسجيلِ هذهِ الأمواجِ بواسطةِ أجهزةٍ وأدواتٍ خاصةٍ على شكلِ مخططاتٍ زلزاليةٍ، فما الجهازُ الذي يقومُ بتسجيلِ هذهِ الأمواجِ؟ وكيفَ يتمُّ تحليلُ المخططاتِ الزلزاليةِ؟

يُسمّى الجهازُ الذي يُسجِّلُ الأمواجَ الزلزاليةَ **السيزموغراف** (Seismograph)، فما مبدأُ عملِهِ؟ ومِمَّ يتكوَّنُ؟ للإجابةِ عنْ هذينِ السؤالينِ، تأمَّلِ الشكلَ (٢–٥)، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:



الشكلُ (٢–٥): جهاز السيزموغراف الذي يُسجِّلُ الأمواجَ الزلزاليةَ.

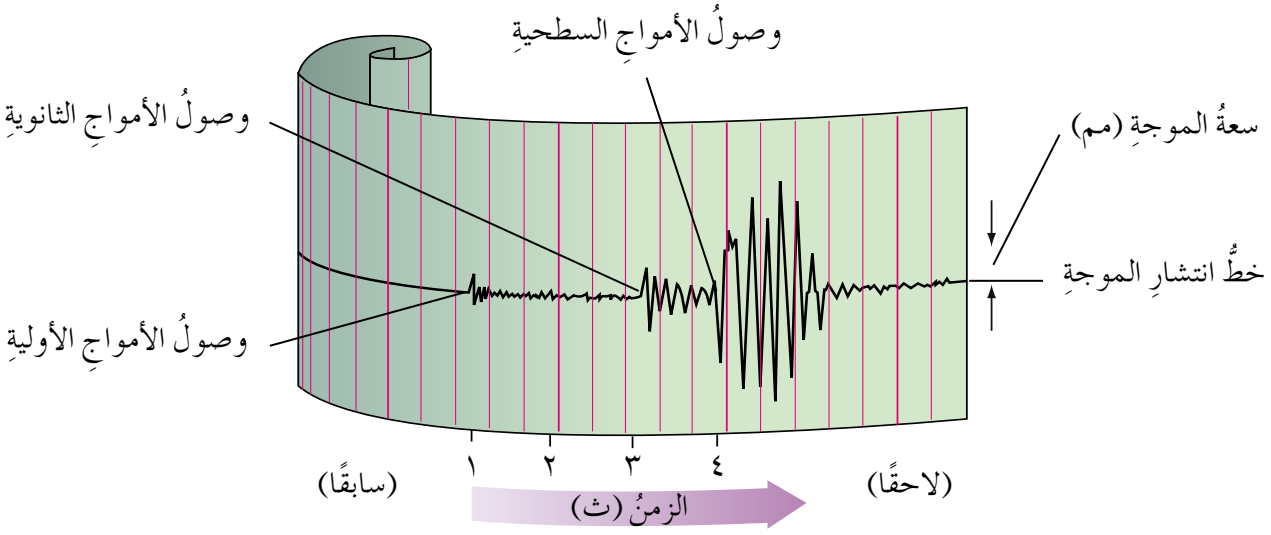
- أينَ يُوضعُ جهازُ السيزموغرافِ؟
- كيفَ يُسجِّلُ السيزموغرافُ الأمواجَ الزلزاليةَ التي تصلُ إليهِ في أثناءِ اهتزازِ سطحِ الأرضِ؟
- ماذا تُسمّى الورقةُ التي يتمُّ رسمُ الاهتزازاتِ الزلزاليةِ عليها؟

يعتمدُ مبدأُ عملِ **جهازِ السيزموغرافِ** على وجودِ كتلةٍ معلقةٍ بشكلٍ حرٍّ داخلَ صندوقٍ مثبتٍ فوقَ الصخرِ، وعندَما تصلُ الأمواجُ الزلزاليةُ الناجمةُ عنِ اهتزازِ الأرضِ إلى السيزموغرافِ، فإنَّهُ يقومُ بتسجيلِ هذهِ الاهتزازاتِ على شريطٍ يدورُ حولَ إسطوانةٍ متحرِّكةٍ، فماذا يُسمّى هذا الشريطُ؟ وكيفَ يتمُّ تحليلُ البياناتِ الزلزاليةِ التي يسجِّلُها؟

للإجابةِ عنْ هذينِ السؤالينِ، نفِّذِ النشاطَ التحليليَّ الآتيَ:

نشاطٌ تحليليٌّ (٢-٥): شريطُ المخططِ الزلزاليِّ

يُبيّنُ الشكلُ (٢-٦) مخططًا زلزاليًّا تمَّ تسجيلُهُ في أثناءِ حدوثِ زلزالٍ على شريطٍ ورقيٍّ في إحدى محطاتِ الرصدِ الزلزاليِّ في الأردنِ، ادرسْهُ جيدًا، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:



الشكلُ (٢-٦): شريطُ المخططِ الزلزاليِّ.

- ماذا يُسمّى هذا المخططُ الزلزاليُّ؟
- رتِّبِ الأمواجَ الزلزاليةَ حسبَ سرعةِ وصولِها لمحطةِ الرصدِ الزلزاليِّ.
- احسبِ الفرقَ بينَ زمنِ وصولِ الأمواجِ الأوليةِ (P)، والأمواجِ الثانويةِ (S) لمحطةِ الرصدِ الزلزاليِّ.
- ما الأمواجُ الزلزاليةُ الأكثرُ سعةً؟

يُسمّى الشريطُ الورقيُّ (المخططُ الزلزاليُّ) الذي يتمُّ تسجيلُهُ في أثناءِ حدوثِ الزلزالِ **السيزموغرام** (Seismogram)، ويُمثِّلُ المصدرَ الرئيسَ للبياناتِ اللازمةِ لدراسةِ الزلازلِ، ويمكنُ منْ خلالِ دراسةِ السيزموغرامِ الحصولُ على بياناتٍ تتعلَّقُ بزمنِ وصولِ الأمواجِ الزلزاليةِ إلى محطةِ الرصدِ، وسعةِ الأمواجِ الزلزاليةِ.

ويمكنُ أنْ تُستخدمَ **سعةُ الموجةِ** (Amplitude) دليلًا على مقدارِ الطاقةِ التي تحملُها الموجةُ الزلزاليةُ وما ينجمُ عنها منْ دمارٍ للمنشآتِ. وتتناقصُ سرعةُ الموجةِ الزلزاليةِ؛ الأوليةِ والثانويةِ معَ تحرُّرِ الطاقةِ الزلزاليةِ عندَ حدوثِ الزلزالِ، وكلما ابتعدتِ الموجةُ أكثرَ عنْ مركزِ الزلزالِ حدث لها إخمادٌ.

وتمتلكُ الأمواجُ الثانويةُ سعةً أكبرَ قليلًا منَ الأمواجِ الأوليةِ، في حينِ أنَّ الأمواجَ السطحيةَ تُظهرُ سعةً أكبرَ، كما تحتفظُ الأمواجُ السطحية بسعتِها القصوى مدَّةً أطولَ منَ الأمواجِ الأوليةِ والثانويةِ. ونتيجةً لذلكَ، تُسبِّبُ الأمواجُ السطحيةُ اهتزازًا أرضيًّا كبيرًا، ومنْ ثمَّ تُسبِّبُ دمارًا أكبرَ ممَّا تُسبِّبُهُ الأمواجُ الأوليةُ والثانويةُ.

يُستخدمُ السيزموغرامُ لتحديدِ بُعد الزلزالِ عنْ محطةِ الرصدِ الزلزاليِّ، حيثُ يُستخدم الفرقُ بينَ سرعةِ وصولِ الأمواجِ الأوليةِ والأمواجِ الثانويةِ لمحطةِ الرصدِ الزلزاليِّ في تحديدِ المركزِ السطحيِّ للزلزالِ، ومبدأُ تحديدِ هذا المركزِ يشبهُ إلى حدٍّ كبيرٍ سيارتيْ سباقٍ، إحداهما أسرعُ منَ الأخرى، فكلما كانتْ مسافةُ السباقِ أطولَ، كانَ الفرقُ في زمنِ الوصولِ إلى خطِّ النهايةِ أكبرَ (جهازُ الرصدِ). وكلما كانَ الفرقُ في زمنِ الوصولِ بينَ الأمواجِ الأوليةِ والأمواجِ الثانويةِ أكبرَ، كان المركزُ السطحيُّ للزلزالِ أبعدَ.

ويستخدمُ الراصدُ الزلزاليُّ في الوقتِ الحاليِّ برمجياتٍ متخصصةً لتسجيلِ الأمواجِ الزلزاليةِ وتحليلِها لتحديدِ المركزِ السطحيِّ للزلزالِ، وعمقِ بؤرةِ الزلزالِ، وقوتِهِ.

رابعًا: قوةُ الزلزالِ وشدَّتُهُ (Magnitude and Intensity of Earthquake)

تأمّلِ الصورَ الواردةَ في الشكلِ (٢–٧)، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:

(أ) (ب)

الشكلُ (٢–٧): آثارٌ تدميريةٌ ناتجةٌ منْ زلازلَ مختلفةٍ في العالمِ.

- ماذا تلاحظُ في الشكلِ (٢–٧)؟
- هلْ تعتقدُ أنَّ الطاقةَ الزلزاليةَ الناتجةَ منْ هذهِ الزلازلِ متساويةٌ؟ لماذا؟
- هلْ يمكنُ أنْ تتشابهَ الآثارُ التدميريةُ للزلازلِ جميعِها؟ لماذا؟
- كيفَ يمكنُ تصنيفُ الزلازلِ بناءً على قوتِها؟ وشدَّتِها؟

عرفتَ سابقًا أنَّ زيادةَ الإجهادِ على طبقاتِ صخورِ الأرضِ تُسبِّبُ كسرَها، ويرافقُ ذلكَ تحرُّرُ الطاقةِ المختزنةِ فيها على شكلِ أمواجٍ زلزاليةٍ، ويُسمَّى مقدارُ الطاقةِ المتحررةِ نتيجةً لحدوثِ الزلزالِ **قوةَ الزلزالِ** (Magnitude)، فالزلازلُ الخفيفةُ تُحرِّرُ طاقةً قليلةً؛ لذا فإنَّ قوتَها تكونُ قليلةً، والزلازلُ القويةُ تُحرِّرُ طاقةً هائلةً.

ولكنْ، ما المقياسُ المستخدمُ لقياسِ قوةِ الزلازلِ؟

يُعدُّ **مقياسُ (ريختر)** (Richter Scale) أولَ مقياسٍ طوَّرَهُ العالمُ (ريختر) في عامِ (١٩٣٥) م لقياسِ مقدارِ الطاقةِ التي تتحرَّرُ منَ الزلزالِ، وهوَ عبارةٌ عنْ معادلةٍ رياضيةٍ، أوْ مقياسٍ لوغاريتميٍّ. ويتمُّ تحديدُ قوةِ الزلزالِ بقياسِ سعةِ أكبرِ موجةٍ زلزاليةٍ مُسجّلةٍ على السيزموغرامِ.

وتزيدُ كلُّ درجةٍ منْ درجاتِ قوةِ الزلزالِ في مقياسِ ريختر على الدرجةِ التي تسبقُها بمقدارِ (٣٢) ضعفًا في الطاقةِ، فمثلًا زلزالٌ قوتُهُ (٦) درجاتٍ يُحرِّرُ طاقةً تزيدُ في مقدارِها على زلزالٍ قوتُهُ (٥) درجات بمقدارِ (٣٢) ضعفًا تقريبًا.

مثالٌ

قارنِ الطاقةَ المتحرِّرةَ منْ زلزالٍ قوتُهُ (٤) درجاتٍ بالطاقةِ المتحرِّرةِ منْ زلزالٍ قوتُهُ (٧) درجاتٍ، أعطِ الجوابَ لأقربِ ألفٍ.

الحلُّ

- قوةُ الزلزالِ : ٤ ← ٥ ← ٦ ← ٧
- الطاقةُ المتحرِّرةُ منْ الزلزالِ: ٣٢ × ٣٢ × ٣٢ = ٣٢٧٦٨ ضعفٍ.

لقدْ توصلتَ إلى أنَّ الزلزالَ الذي قوتُهُ (٧) درجاتٍ يُحرِّرُ طاقةً تعادلُ تقريبًا (٣٣٠٠٠) ضعفًا لطاقةِ زلزالٍ قوتُهُ (٤) درجاتٍ على مقياسِ (ريختر).

أتأمّلُ .. أفكرُ .. ثمَّ أجيبُ

- ما قوةُ الزلزالِ الذي يُحرِّرُ طاقةً تعادل (١٠٠٠) ضعفٍ لزلزالٍ قوتُهُ (٧) درجاتٍ على مقياسِ (ريختر) تقريبًا؟

أضفْ إلى معلوماتِكَ

يُذكرُ أنَّ أقوى زلزالٍ تمَّ تسجيلُهُ حتى هذهِ اللحظةِ هوَ زلزالُ تشيلي عامَ (١٩٦٠) م، وبلغتْ قوتُهُ (٩,٥) على مقياسِ (ريختر)، وأفضى إلى وفاةِ (٥٠٠٠) شخصٍ.

يُسمّى مقدارُ الدمارِ الذي يحدثُهُ الزلزالُ في البيئةِ والمنشآتِ والكائناتِ الحيةِ **شدَّةَ الزلزالِ** (Intensity)، ويُعدُّ **مقياسُ (ميركالي) المُعدَّلُ** (Modified Mercalli Scale) منَ المقاييسِ التي تُقدِّرُ شدَّةَ الزلازلِ، حيثُ تتدرَّجُ شدَّةُ الزلزالِ منْ (١–١٢) درجةً. والآنَ، ادرسِ الجدولَ (٢–١)، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:

الجدولُ (٢-١): مقياسُ (ميركالي) المعدَّلُ.(*)

الشدَّةُ الزلزاليةُ	وصفُ التأثيراتِ الزلزاليةِ
I	يشعرُ بالهزةِ عددٌ قليلٌ جدًّا منَ الأشخاصِ في ظروفٍ محدّدةٍ.
II	يشعرُ بالهزةِ عددٌ قليلٌ منَ الأشخاصِ خاصة في أثناءِ فترةِ الاستراحةِ في الطوابقِ العلويةِ منَ المباني، وقدْ تتأرجحُ الأشياءُ الدقيقةُ المعلّقةُ.
III	يشعرُ بالهزةِ العديدُ منَ الأشخاصِ خاصةً في الطوابقِ العلويةِ منَ المباني، وقد تهتزُّ السياراتُ الواقفةُ اهتزازًا بسيطًا.
IV	يشعرُ بالهزةِ العديدُ منَ الأشخاصِ داخلَ المباني، والقليلُ منهمْ خارجَ المباني، ويُسمعُ أصواتُ اهتزازِ الأبوابِ والنوافذِ والأواني، وتتأرجحُ السياراتُ الواقفةُ تأرجحًا ملحوظًا.
V	يشعرُ بالهزةِ معظمُ الناسِ، والعديدُ منهمْ يستيقظونَ منْ نومِهِمْ، وتتكسّرُ بعضُ النوافذِ، والأطباقُ الزجاجيةُ، وتنقلبُ الأشياءُ غيرُ الثابتةِ، وتتوقّفُ بعضُ الساعاتِ البندوليةِ عنِ الحركةِ.
VI	يُصابُ الناسُ بالذعرِ، ويُهرعونَ إلى خارجِ المبنى، وتتحرَّكُ الأشياءُ الثقيلةُ منْ مكانِها، وأحيانًا تتشقّقُ الجدرانُ، وتحدثُ أضرارٌ بسيطةٌ في المنشآتِ.
VII	يركضُ الجميعُ إلى خارجِ المبنى، ويكونُ حجمُ الأضرارِ محدودًا في المباني المصمّمةِ والمنفّذةِ جيدًا، وبسيطًا إلى متوسطٍ في المباني العاديةِ، وتحدثُ أضرارٌ ملحوظةٌ في المباني ذاتِ التصميمِ السّيِّءِ، ويشعرُ بالهزةِ السائقونَ في أثناءِ قيادتِهِمُ السياراتِ على الطرقاتِ.
VIII	تحدثُ أضرارٌ في المباني المصمّمةِ والمنفّذةِ جيدًا، وأضرارٌ ملحوظةٌ في المباني العاديةِ، معَ حدوثِ بعضِ الانهياراتِ، وأضرار كبيرةٌ في المباني ذاتِ التنفيذِ السّيِّءِ، وتُقذفُ قطعُ الجدرانِ الإنشائيةِ خارجَ المنشآتِ.
IX	أضرارٌ ملحوظةٌ في المباني ذاتِ التصميمِ والتنفيذِ الجيدينِ.
X	تنهارُ المباني ذاتُ التصميمِ والتنفيذِ الجيدينِ، وتُدّمرُ معظمُ منشآتِ المباني والمنشآتِ الهيكليةِ معَ أساساتِها، وتتشقّقُ الأرضُ تشقّقًا يُفضي إلى حدوثِ أضرارٍ عديدةٍ، وتنثني خطوطُ السككِ الحديديةِ، وتنزلقُ الأشياءُ في المنحدراتِ، وتنهارُ الحواجزُ الترابيةُ، ويرتفعُ منسوبُ المياهِ السطحيةِ.
XI	تنهارُ جميعُ منشآتِ المباني وتُدمّرُ الجسورُ، ويتشقّقُ سطحُ الأرضِ، وتُدمَّرُ شبكاتُ مياهِ الصرفِ الصحّيِّ، وتنثني خطوطُ السككِ الحديديةِ انثناءً واضحًا.
XII	دمارٌ شاملٌ، وتغيّرٌ تامٌّ في طبوغرافيةِ الأرضِ، وتناثرُ الأشياءِ وقطعِ المنشآتِ في الهواءِ.

(*) المعلوماتُ الواردةُ في الجدولِ للإطلاعِ، وليسَ للحفظِ.

◄ قدِّرْ شدَّةَ الزلزالِ لكلِّ حالةٍ منَ الحالاتِ الآتيةِ تبعًا لمقياسِ (ميركالي) المُعدّلِ :

– شعرَ جميعُ سكانِ مدينةٍ ما بالهزّةِ، وتأرجحتْ مصابيحُ الإنارةِ (الثريات).

– تهدَّمَ عددٌ قليلٌ منَ المنازلِ، وتشقَّقَ الكثيرُ منَ الجدرانِ.

– تدمَّرتِ الأنفاقُ والجسورُ والكهوفُ والمباني.

– شعرَ عددٌ قليلٌ منَ المزارعينَ والرعاةِ بالهزّةِ.

◄ أشيرَ سابقًا إلى الخسائرِ البشريةِ والماديةِ التي رافقتْ زلزالَ سومطرةَ الذي حدثَ في عامِ (٢٠٠٤) م، قدِّرْ شدَّةَ هذا الزلزالِ وفقَ مقياسِ (ميركالي) المُعدّلِ.

◄ لماذا طُوِّرَ مقياسُ (ميركالي)، ولمْ يُعتمدْ على مقياسِ (ريختر) فقطْ؟

تعتمدُ شدَّةُ الزلازلِ على قوةِ الزلزالِ ومُدَّتِهِ الزمنيةِ، إلا أنَّهُ قدْ تحدثُ أحيانًا زلازلُ بالقوة نفسِها لمنطقتينِ مختلفتينِ، غيرَ أنَّ الدمارَ الناتجَ قدْ يكونُ شديدًا في منطقةٍ وخفيفًا في منطقةٍ أخرى.

تعتمدُ كميةُ الدمارِ الذي تسبِّبُهُ الزلازلُ على عدةِ عواملَ، نذكرُ منها:

١– **جيولوجيةُ المنطقةِ التي تنتقلُ منْ خلالِها الأمواجُ الزلزاليةُ؛** وعمومًا تتأثرُ الرسوبياتُ والتربةُ الرخوةُ المشبعةُ بالماءِ أكثرَ منْ غيرِها بالزلازلِ.

٢– **تصميمُ الأبنيةِ؛** فالمباني المصممةُ لمقاومةِ الزلازلِ تكونُ أقلَّ عرضةً للدمارِ منْ غيرِها. ويوجدُ في الأردنِّ مدوَّنةُ (كود) البناءِ المقاومِ للزلازلِ للتخفيفِ منْ آثارِ الزلازلِ التدميريةِ.

٣– **البُعدِ عنِ المركزِ السطحيِّ للزلزالِ؛** تعلّمتَ سابقًا عنِ المركزِ السطحيِّ للزلزالِ، ماذا تتوقّعُ أنْ تكونَ العلاقةُ بينَ شدَّةِ تأثيرِ الزلزالِ والبُعدِ عنِ المركزِ السطحيِّ للزلزالِ؟

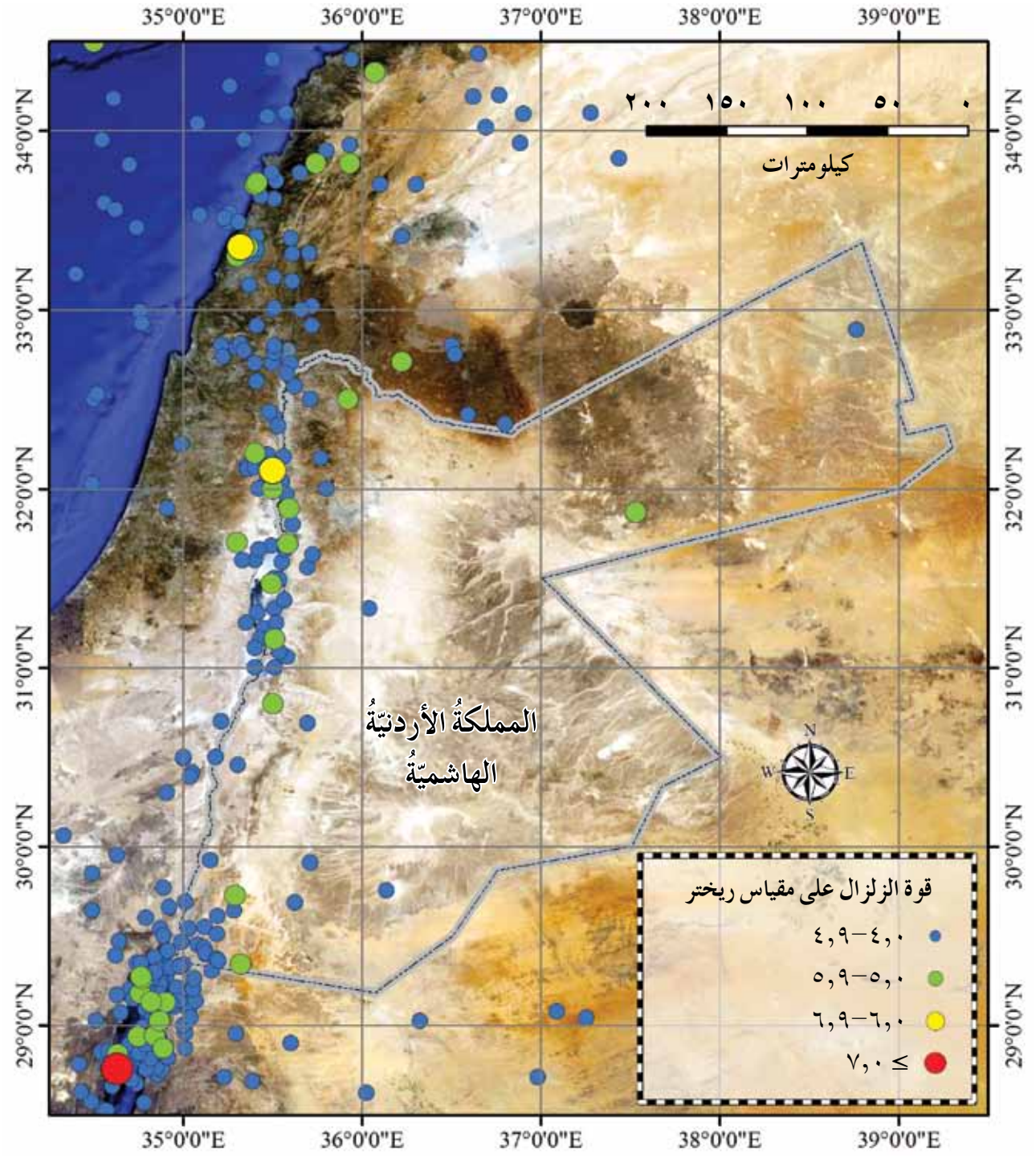
أتأمّلُ .. أفكرُ .. ثمَّ أجيبُ

١– هلْ يمكنُ لزلزالٍ قوتُهُ (٥) درجاتٍ على مقياسِ (ريختر) أنْ يُحدِثَ دمارًا أكبرَ منْ زلزالٍ بقوةِ (٧) درجاتٍ على هذا المقياسِ؟ فسِّرْ إجابتَكَ.

٢– لو طُلبَ إليكَ تطويرُ مقياسٍ آخرَ لوصفِ شدَّةِ الزلازلِ، فهلْ تكتفي بوصفِ مقياسِ (ميركالي) المُعدَّلِ؟ أمْ تقومُ بتعديلِ هذا المقياسِ؟ وما الأسسُ التي سوفَ تعتمدُ عليها؟ دوِّنْ ما تتوصلُ إليهِ وتناقشْ ومعلمَكَ وزملاءَكَ في ذلكَ.

خامسًا: زلزاليةُ الأردنِّ (Seismicity of Jordan)

تعرَّضَ الأردنُّ في الماضي وما زالَ يتعرَّضُ للعديدِ منَ الزلازلِ، ولتتعرَّفَ الوضعَ الزلزاليَّ في الأردنِّ تأمَّلِ الشكلَ (٢–٨)، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليه:



الشكلُ (٢–٨): توزُّعُ الزلازلِ في الأردنِّ والمناطقِ المجاورةِ في الأعوامِ (١٩٠٠م – ٢٠١٥م).

- أيُّ مناطقِ الأردنِّ أقلُّ تعرُّضًا للزلازلِ؟
- ما المناطقُ الأكثرُ تعرُّضًا لحدوثِ الزلازلِ في الأردنِّ؟ لماذا؟
- تُعدُّ منطقتا البحرِ الميتِ وخليجِ العقبةِ منَ المناطقِ النشطةِ زلزاليًّا، لماذا؟

تعودُ معظمُ الأنشطةِ الزلزاليةِ في الأردنِّ إلى أسبابٍ تكتونيةٍ مرتبطةٍ بحركةِ الصفيحةِ العربيةِ على امتدادِ صدعِ البحرِ الميتِ التحويليِّ، وقدْ تعرَّضتْ عدةُ مناطقَ قريبةٍ منْ هذا الصدعِ لعددٍ كبيرٍ منَ الزلازلِ ذاتِ القوةِ الصغيرةِ، في حينِ حدثتْ بعضُ الزلازلِ ذاتِ القوةِ المعتدلةِ كالزلزالِ الذي كانُ مركزُهُ في غورِ الأردنِّ بالقربِ منْ جسرِ داميةَ بتاريخِ (١٩٢٧/٧/١١) م بقوةِ (٦,٢٥) درجاتٍ على مقياسِ (ريختر)، وتشيرُ التقديراتُ إلى أنهُ قدْ أودى بحياةِ (٥٠٠) شخصٍ، وجرحِ (١٠٠٠) شخصٍ منَ الأردنِّ وفلسطينَ، وتسبَّبَ في انهيارِ العديدِ منَ المباني القديمةِ.

ووقعَ أيضًا في خليجِ العقبةِ (٨٠ كم جنوبَ مدينةِ العقبةِ) بتاريخِ (١٩٩٥/١١/٢٢) م زلزالٌ عُرفَ بزلزالِ نويبعَ بلغتْ قوتُهُ (٧,٣) درجاتٍ على مقياسِ (ريختر)، وعلى عمقِ (١٨) كم تحتَ سطحِ الأرضِ. أما على مقياسِ (ميركالي) المُعدَّلِ فبلغتْ شدَّتُهُ (٨) درجاتٍ، وقدْ كانتْ مُدّةُ الاهتزازِ لهذا الزلزالِ دقيقةً واحدةً، وقدْ شعرَ بهذا الزلزالِ سكانُ السعوديةِ ومصرَ وسوريا ولبنانَ، وقدْ أحدثَ الزلزالُ تشقّقاتٍ في جدرانِ بعضِ المنشآتِ، وتصدَّعتْ بعضُ الشوارعِ في مدينةِ العقبةِ، ولمْ تحدثْ حالاتُ وفاةٍ في الأردنِّ، في حينِ توفيَ (٨) أشخاصٍ في الجانبِ المصريِّ والسعوديِّ، وتسبَّبَ الزلزالُ في جرحِ نحوِ (٣٠) شخصًا، وتضرَّرتْ بعضُ منشآتِ مدينةِ نويبعَ المصريةِ أضرارًا واضحةً. فما تفسيرُكَ لمحدوديةِ هذهِ الأضرارِ في مدينةِ العقبةِ؟

وقد سجّلتْ محطاتُ رصدِ الزلازلِ الأردنيةُ زلزالًا بتاريخِ (٢٠٠٤/٢/١١) م في منطقةِ شمالِ شرقِ البحرِ الميتِ، بلغتْ قوتُهُ (٤,٩) درجاتٍ على مقياسِ (ريختر)، وقدْ أحدثَ الزلزالُ تشققاتٍ في بعضِ المنشآتِ في مأدبا وعمانَ والمناطقِ المجاورةِ لهُ، ولمْ تُسجَّلْ حالاتُ وفاةٍ بسببِ هذا الزلزالِ.

للزلازلِ العديدُ منَ الأضرارِ، **فالاهتزازاتُ** (Shaking or Vibration) الناتجةُ منَ الأمواجِ الزلزاليةِ تُدمِّرُ المبانيَ والجسورَ والمنشآتِ، وتتلفُ أنابيبَ المياهِ والغازِ، بالإضافةِ إلى أضرارٍ عديدةٍ أخرى. إنَّ معظمَ الإصاباتِ والوفياتِ التي تحدثُ في أثناءِ الزلازلِ أوْ بعدَها ناتجٌ منِ انهيارِ المباني والمنشآتِ، بالإضافةِ إلى أضرارِ الحرائقِ، وتسرُّبِ الغازِ، والإشعاعاتِ منَ المحطاتِ النوويةِ، وتلوثِ مصادرِ المياهِ.

وقدْ يكونُ مستوى سطحِ المياهِ الجوفيةِ أحيانًا في بعضِ المناطقِ قريبًا منْ سطحِ الأرضِ، ويعلو هذا الخزانَ الجوفيَّ طبقاتٌ منَ الرسوبياتِ الطينيةِ والرمليةِ، وعندَ حدوثِ زلازلٍ في هذهِ المناطقِ تندفعُ المياهُ الجوفيةُ إلى الأعلى فتعملُ على خلطِ المياهِ بالرسوبياتِ والتربةِ فتصبحُ كالوحلِ (Mud)، الأمرُ الذي يعملُ على انهيارِ المنشآتِ في الوحلِ وتدميرِها، وهذا ما يُسمّى **التميُّعَ** (Liquefaction).

ينتجُ منِ الزلازلِ التي تحدثُ تحتَ قاعِ مياهِ المحيطِ سلسلةٌ منَ الأمواجِ المائيةِ الضخمةِ التي تنتقلُ في جميعِ الاتجاهاتِ بسرعةٍ قدْ تصلُ إلى (٨٠٠) كم/ ساعة، ويُطلقُ على هذهِ الأمواجِ اسمَ **أمواجِ التسونامي** (Tsunami Waves) وتسبِّبُ دمارًا كبيرًا لمناطقِ الشواطئِ والمدنِ القريبةِ منها، ومثالٌ عليها زلزالُ سومطرةَ الذي حدثَ عامَ (٢٠٠٤) م بالقربِ منْ شواطئِ جزيرةِ سومطرةَ (أندونيسيا) في المحيطِ الهنديِّ، لاحظِ الشكلَ (٢-٩). وأدَّتْ أمواجُ التسونامي التي بلغَ ارتفاعُها (١٥) م إلى مقتلِ أكثرَ منْ (٢٣٠) ألفَ شخصٍ منْ عدةِ دولٍ تقعُ على شواطئِ المحيطِ الهنديِّ.

الشكلُ (٢-٩): دمارٌ بفعلِ تسونامي سومطرةَ (أندونيسيا) عامَ (٢٠٠٤) م. حيثُ بلغتْ قوةُ الزلزالِ (٩) درجاتٍ على مقياسِ (ريختر).

تحدثُ بعدَ الزلزالِ الرئيسِ وللمنطقةِ نفسِها مجموعةٌ منَ الزلازلِ الخفيفةِ (ذاتِ القوةِ الأقلِّ

منَ الزلزالِ الرئيسِ) تُسمّى **الزلازلَ الارتداديةَ** أوِ **الزلازلَ الرادفةَ** (Aftershocks)، وهيَ التي تحدثُ في أثناءِ محاولةِ الصخرِ العودةَ إلى وضعِ الاستقرارِ، وقدْ تستمرُّ هذهِ الزلازلُ عدّةَ ساعاتٍ أوْ أيامٍ أوْ أشهرٍ، وتُسبِّبُ بعضَ الأضرارِ لسطحِ الأرضِ وحياةِ الإنسانِ.

وتتميّزُ الزلازلُ التي تحدثُ في خليجِ العقبةِ بأنَّها زلازلُ يعقبها زلازلُ ارتداديةٌ، فزلزالُ نويبعَ الذي حدثَ بتاريخِ (١٩٩٥/١١/٢٢م) في جنوبِ العقبةِ تبعَهُ عاصفةٌ منَ الزلازلِ الارتداديةِ قُدِّرتْ بنحوِ (١٠٠٠) زلزالٍ دامتْ مدّةَ شهرٍ بعدَ الزلزالِ الرئيسِ.

ومنْ أضرارِ الزلازلِ الأخرى حدوثُ الانزلاقاتِ الأرضيةِ (Landslides)، والتدفّقِ الطينيِّ (Lahar)، ويمكنُ أنْ ينتجَ منها خسائرُ اقتصاديةٌ كبيرةٌ جدًّا تُقدَّرُ بملياراتِ الدولاراتِ.

أتأمّلُ .. أفكرُ .. ثمَّ أجيبُ

- هبْ أنكَ عضوٌ في اللجنةِ الوطنيةِ لإدارةِ الكوارثِ الطبيعيةِ، فما الاقتراحاتُ التي تتبنّاها وتُقدِّمُها لمؤسساتِ الدولةِ والأفرادِ للتقليلِ منْ أضرارِ الزلازلِ وأخطارِها في حالِ وقوعِها؟

أطوّرُ معرفتي

قدْ يحدثُ زلزالٌ وأنتَ في منزلِكَ، أوْ في مدرستِكَ، أوْ في أثناءِ مراجعتِكَ للمشفى، أوْ معَ أبيكَ في السيارةِ، وبعدَ انتهاءِ الزلزالِ، قدْ تشمُّ رائحةَ غازٍ، أوْ تسمعُ فرقعةَ تماسٍ كهربائيٍّ، وقدْ تشاهدُ تسرُّبَ الماءِ منَ الأنابيبِ، وقدْ تجدُ نفسَكَ قريبًا منْ بناءٍ يؤولُ للسقوطِ، فماذا تعملُ في مثلِ هذهِ الحالاتِ؟ ابحثْ عنْ وسائلِ السلامةِ الملائمةِ التي يجبُ اتباعُها في أثناءِ حدوثِ الزلزالِ وبعدَ حدوثِهِ، وقدِّمْ فيها عرضًا تقديميًّا لمعلمِكَ وزملائِكَ

التنبؤُ بالزلازلِ (Earthquakes Prediction)

عرفتَ أنَّ الزلازلَ تُسبِّبُ أضرارًا كبيرةً جدًّا، فهلْ يمكنُ التنبؤُ بقربِ حدوثِ الزلازلِ؟ تُفيدُ دراسةُ الأنشطةِ الزلزاليةِ التي تحدثُ في مناطقَ معينةٍ، ومراقبةُ التغيُّراتِ التي تطرأُ على سطحِ الأرضِ في التنبؤِ بحدوثِ زلازلٍ، فما البياناتُ التي يستخدمُها علماءُ الزلازلِ للتنبؤِ بالزلزالِ؟

يمكنُ الاستعانةُ بدراسةِ البياناتِ الآتيةِ في التنبؤِ أوِ الاسترشادِ بقُرْبِ حدوثِ الزلازلِ:

أ – **غازُ الرادونِ المشعُّ:** ينتجُ غازُ الرادونِ منَ التحللِ الإشعاعيِّ لليورانيومِ في الصخورِ، وعندَ زيادةِ الإجهاداتِ على هذهِ الصخورِ تبدأُ بالتشقّقِ، ويُفضي ذلكَ إلى تسرُّبِ غازِ الرادونِ عبرَ هذهِ الشقوقِ إلى المياهِ الجوفيةِ، أوْ إلى سطحِ الأرضِ، ويُقاسُ تركيزُهُ في منطقةٍ ما وعلى مددٍ زمنيةٍ متلاحقةٍ، ويُلاحَظُ زيادةُ تركيزِهِ، كلُّ ذلكَ قدْ يدلُّ على اقترابِ حدوثِ الزلزالِ.

ب– **تغيّرُ مستوى سطحِ المياهِ الجوفيةِ:** يُفضي تغيُّرُ الضغطِ الواقعِ على الصخورِ إلى تغيُّرِ مستوى سطحِ المياهِ الجوفيةِ الذي يملأُ مساماتِها أوْ إلى تكسُّرِها، وعليهِ فإنَّ مراقبةَ التغيُّراتِ في مستوى سطحِ المياهِ الجوفيةِ يساعدُ في التنبؤِ بالزلازلِ.

جـ– **السلوكُ غيرُ الطبيعيِّ للحيواناتِ:** تمتلكُ بعضُ الحيواناتِ حاسيَّةً عاليةً لاستشعارِ الهزاتِ الأرضيةِ؛ لذا، فإنها تقومُ ببعضِ السلوكاتِ غيرِ الطبيعيةِ قبلَ حدوثِ الزلازلِ مثلِ: خروجِ الثعابينِ منْ جحورِها، ونباحِ الكلابِ بصورةٍ غيرِ طبيعيةٍ، وهروبِ الفئرانِ منْ جحورِها، وصهيلِ الخيولِ بصورةٍ غيرِ اعتياديةٍ، وغيرِ ذلكَ منْ سلوكاتٍ. وقدْ حدثَ قبلَ زلزالِ هايتشنج – الصين المُدمِّرِ عامَ (١٩٧٥) م أنْ تركتِ الثعابينُ جحورَها قبلَ الزلزالِ، وكذلكَ أخذتِ الكلابُ تنبحُ نباحًا غيرَ طبيعيٍّ، وقدْ أمكنَ الاستفادةُ منْ هذهِ الظاهرةِ بإجلاءِ سكانِ المنطقةِ تحسُّبًا لحدوثِ الزلزالِ الذي حدثَ بعدَ ذلكَ بمدَّةٍ قصيرةٍ.

ويوجدُ طريقةٌ أخرى للتنبؤِ بالزلازلِ تُسمّى **التنبؤَ بالزلازلِ طويلَ الأمدِ** (Long–Term Prediction) يتمُّ فيها التنبؤُ بزلزالٍ بقوةٍ معينةٍ لمنطقةٍ معينةٍ، ودراسةُ الزلازلِ الموثقةِ التي حدثتْ في هذهِ المنطقةِ عبر مدَّةٍ زمنيةٍ كبيرةٍ، ويتمُّ حسابُ المتوسطِ الزمنيِّ لحدوثِ زلزالٍ بهذهِ القوةِ. فمثلًا، وُجدَ أنَّ زلزالًا بقوةِ (٦,٠–٦,٥) درجاتٍ على مقياسِ (ريختر) يحدثُ في غورِ الأردنِّ كلَّ (٨٠–١٠٠) سنةٍ، وتُسمّى هذهِ **فترةَ تكرارِ الزلزالِ** (Re–Currence Interval).

أتأمّلُ .. أفكرُ .. ثمَّ أجيبُ

- حدثَ زلزالٌ بقوةِ (٦,٢٥) درجاتٍ عامَ (١٩٢٧) م في غورِ الأردنِّ، فمتى يُتوقّعُ حدوثُ الزلزالِ القادمِ؟

على الرغمِ منْ توفرِ هذهِ الوسائلِ لمْ يتمكّنْ علماءُ الزلازلِ حتى الآنَ منَ التنبؤِ الدقيقِ بزمانِ الزلزالِ ومكانِهِ، وقوتِهِ التي قدْ تحدثُ في منطقةٍ ما. وقدْ توجَّهتْ جهودُ العلماءِ في وقتِنا الحاليِّ نحوَ التقليلِ منْ أخطارِ الزلازلِ.

ويسعى الأردنُّ لتطبيقِ (كود) البناءِ المقاومِ للزلازلِ (مدوَّنةُ البناءِ) ولاسيّما في المباني العامةِ مثلِ المدارسِ والمشافي، ويتضمّنُ (كود) البناءِ المقاومِ للزلازلِ مجموعةً منَ القواعدِ الهندسيةِ التي يجبُ اتباعُها لتصميمِ المباني، وذلكَ تجنبًا لانهيارِها الكاملِ في أثناءِ حدوثِ الزلازلِ.

أضفْ إلى معلوماتِكَ

يتضمّنُ (كود) البناءِ المقاومِ للزلازلِ الأسسَ والمتطلباتِ اللازمةَ لتصميمِ المنشآتِ، وتنفيذِها، وصيانتِها، لمقاومةِ الاهتزازاتِ الأرضيةِ. ويتعلّقُ جزءٌ منهُ بالأحمالِ الناتجةِ منْ أفعالِ الزلازلِ وتأثيرِها في المباني لتحقيقِ الحدِّ الملائمِ منَ السلامةِ العامةِ للسكانِ والمنشآتِ.

أتأمّلُ .. أفكرُ .. ثمَّ أجيبُ

- هبْ أنَّ والدَكَ يمتلكُ قطعةَ أرضٍ، وأرادَ أنْ يبنيَ بيتًا، وعندَ الشروعِ بالعملِ عَلِمَ أنَّ هذهِ القطعةَ تقعُ على صدعٍ نشطٍ زلزاليًّا، فما النصائحُ التي تُقدِّمُها لوالدِكَ؟ لماذا؟

١- اختَرْ رمزَ الإجابةِ الصحيحةِ لكلٍّ مما يأتي:

(١) تعودُ معظمُ الزلازلِ التي تحدثُ في العالمِ لأسبابٍ:

أ - بركانيةٍ. ب- تكتونيةٍ. جـ- تأثيريةٍ. د - انزلاقيةٍ.

(٢) حدثَ زلزالٌ في منطقةٍ ما بقوةِ (٧) درجاتٍ على مقياسِ (ريختر) ولكنَّهُ لمْ يُحدِثْ أيَّ أضرارٍ بالمنشآتِ أوِ الناسِ، فما القيمةُ المتوقعةُ لشدَّةِ الزلزالِ:

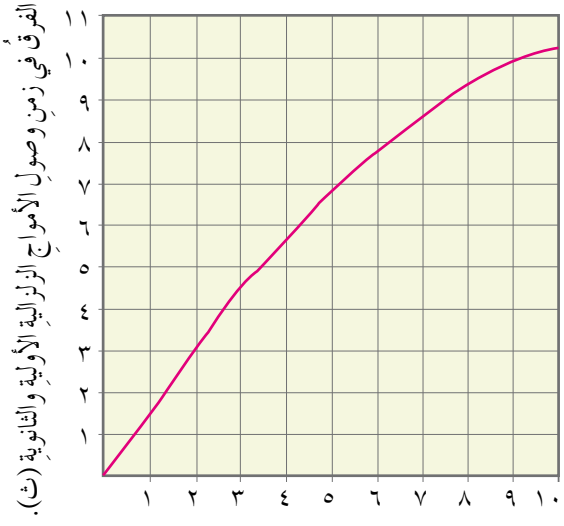
أ - (٢). ب- (٥). جـ- (٩). د - (١٢).

(٣) تُسمّى النقطةُ على سطحِ الأرضِ التي تقعُ مباشرةً فوقَ النقطةِ التي تنتشرُ منها الأمواجُ الزلزاليةُ:

أ - البؤرةَ الزلزاليةَ. ب- الفجوةَ الزلزاليةَ.

جـ- المركزَ السطحيَّ للزلزالِ. د - الموجةَ الزلزاليةَ.

٢- يُمثِّلُ الشكلُ (٢-١٠) منحنى العلاقةِ ما بينَ الفرقِ في زمنِ وصولِ الأمواجِ الأوليةِ والأمواجِ الثانويةِ إلى محطةِ رصدٍ زلزاليٍّ وبُعدِ المركزِ السطحيِّ للزلزالِ، ادرسْهُ جيدًا، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:



البعدُ عنِ المركزِ السطحيِّ للزلزالِ (١٠٠٠) كم.

الشكلُ (٢-١٠): السؤالُ الثاني.

أ - كمْ تبعدُ محطةُ الرصدِ الزلزاليِّ عنِ المركزِ السطحيِّ للزلزالِ، إذا علمتَ أنَّ الفرقَ في زمنِ وصولِ الأمواجِ الزلزاليةِ لهذهِ المحطةِ (٣) ثوانٍ؟

ب- ما الفرقُ في زمنِ وصولِ الأمواجِ الزلزاليةِ الأوليةِ والثانويةِ لمحطةٍ تبعدُ (٩٠٠٠) كم عنْ مركزِ الزلزالِ؟

جـ- صفِ العلاقةَ بينَ بُعدِ المركزِ السطحيِّ للزلزالِ، والفرقِ في زمنِ وصولِ الأمواجِ الأوليةِ والأمواجِ الثانويةِ إلى محطةِ الرصدِ الزلزاليِّ.

٣- اقرأ النصَّ الآتيَ، ثمَّ أجبْ عنِ السؤالِ الذي يليهِ:

"استضافَ مُقدمُ أحدِ البرامجِ الإعلاميةِ ضيفًا للحديثِ في أمرِ الزلازلِ. بعدَ الترحيبِ بالضيفِ استفتحَ المذيعُ البرنامجَ قائلًا: نشاهدُ عبرَ محطاتِ التلفازِ العالميةِ زلازلَ تحدثُ في بعضِ البلدانِ وتُسبِّبُ الكثيرَ منَ الأضرارِ، فما الزلزالُ؟

الضيفُ: الزلزالُ هوَ كسرٌ مفاجئٌ في صخورِ الأرضِ تتحرَّرُ منهُ طاقةٌ على شكلِ أمواجٍ زلزاليةٍ.

المذيعُ: ما المقصودُ بقوةِ الزلزالِ؟

الضيفُ: نُسمِّي الدمارَ الذي يُحدِثهُ الزلزالُ في بعضِ المنشآتِ والمنازلِ القديمةِ قوةَ الزلزالِ.

المذيعُ: وماذا بخصوصِ شدَّةِ الزلزالِ؟

الضيفُ: أخبرتُكَ أنَّ الزلزالَ تتحرَّرُ منهُ طاقةٌ هائلةٌ، هذهِ الطاقةُ نُسمّيها شدَّةَ الزلزالِ، التي تصلُ إلى مناطقَ واسعةٍ على شكلِ أمواجٍ زلزاليةٍ، وتقاسُ بمقياسِ (ريختر) الذي يتكوَّنُ من (٧) درجاتٍ".

هبْ أنكَ خبيرٌ في مجالِ الزلازلِ، وطُلبَ إليكَ التعقيبُ على مدى دقّةِ المفاهيمِ الواردةِ في هذا اللقاءِ الحواريِّ وصحَّتِها، فما تعقيبُكَ العلميُّ؟

٤- أ - هلْ توجدُ علاقةٌ بينَ الكثافةِ السكانيةِ وشدَّةِ الزلازلِ التدميريةِ؟ وضّحْ إجابتَكَ.

ب- ما علاقةُ الزلازلِ بالصدوعِ؟ وكيفَ ترتبطُ كلٌّ منَ الصدوعِ والبؤرِ الزلزاليةِ والمراكزِ السطحيةِ بالزلازلِ؟

جـ- ما الذي يجعلُ الزلازلَ في اليابانِ وأندونيسيا وتشيلي أقوى وأشدَّ منَ الزلازلِ في الأردنِّ؟

د - صفْ بإيجازٍ كيفَ يمكنُ استخدامُ الزلازلِ دليلًا لنظريةِ تكتونيةِ الصفائحِ.

قائمةُ المصطلحاتِ

- **الأمواجُ الأوليةُ** (Primary Waves)

أمواجٌ زلزاليةٌ طوليةٌ تسيرُ في جميعِ الأوساطِ (الصُّلبةِ، والسائلةِ، والغازيةِ)، وهيَ أسرعُ الأمواجِ وصولًا إلى محطاتِ الرصدِ الزلزاليِّ، ويبلغُ متوسطُ سرعةِ هذهِ الأمواجِ في القشرةِ الأرضيةِ (٦,٠) كم/ث.

- **الأمواجُ الثانويةُ** (Secondary Waves)

أمواجٌ مستعرضةٌ تنتشرُ في الوسطِ الصُّلبِ فقطْ، ويبلغُ متوسطُ سرعةِ هذهِ الأمواجِ في القشرةِ الأرضيةِ (٣,٥) كم/ث.

- **الأمواجُ السطحيةُ** (Surface Waves)

أمواجٌ تتحرَّكُ قربَ سطحِ الأرضِ، وتجمعُ الأمواجُ السطحيةُ في حركتِها بينَ الأمواجِ المستعرضةِ والطوليةِ، حيثُ تتحرَّكُ الموادُّ فيها رأسيًّا إلى الأعلى والأسفلِ وجانبيًّا على شكلِ تضاغطاتٍ وتخلخلاتٍ.

- **الإجهادُ** (Stress)

هوَ القوةُ المؤثرةُ في وحدةِ المساحةِ للصخرِ.

- **بؤرةُ الزلزالِ** (Focus)

نقطةٌ تقعُ في باطنِ الأرضِ على امتدادِ مستوى سطحٍ جيولوجيٍّ يحدثُ عندَها تحرُّرُ الطاقةِ المختزنةِ على شكلِ أمواجٍ زلزاليةٍ تنتشرُ في جميعِ الاتجاهاتِ، وتسبِّبُ اهتزازَ الأرضِ.

- **الجبهةُ الهوائيةُ** (Weather Front)

السطحُ الفاصلُ بينَ كتلتينِ هوائيتينِ مختلفتينِ في درجةِ الحرارةِ والرطوبةِ، حيثُ يصعدُ الهواءُ الدافئُ إلى الأعلى لأنَّ كثافتَهُ أقلُّ، ويبقى الهواءُ الباردُ ذو الكثافةِ الأعلى في الأسفلِ.

- **درجةُ الندى** (Dew Point)

هيَ الدرجةُ التي يجبُ أنْ يصلَ إليها تبريدُ الهواءِ حتى يصبحَ مشبعًا.

- **الرطوبةُ** (Humidity)

كميةُ بخارِ الماءِ الموجودةُ في الهواءِ، ومصدرُهُ التبخرُ منَ المسطحاتِ المائيةِ. وتتأثرُ الرطوبةُ بعدةِ عواملَ؛ منها درجةُ الحرارةِ، ومساحةُ الغطاءِ النباتيِّ والمائيِّ، والضغطُ الجويُّ، وسرعةُ الرياحِ.

- **الرطوبةُ النسبيةُ** (Relative Humidity)

النسبةُ بينَ ضغطِ بخارِ الماءِ الفعليِّ لعينةٍ منَ الهواءِ وضغطِ بخارِ الإشباعِ على درجةِ حرارةٍ معينةٍ. وتُعدُّ الرطوبةُ النسبيةُ مؤشرًا لقربِ الهواءِ أوْ بعدِهِ عنِ الإشباعِ، ولا تدلُّ على المحتوى المائيِّ للهواءِ.

- **زلازلُ ارتداديةٌ** (Aftershocks)

مجموعةٌ منَ الزلازلِ الخفيفةِ تستمرُّ عدةَ ساعاتٍ أَوْ أيامٍ أَوْ أشهرٍ، وتسبِّبُ بعضَ الأضرارِ لسطحِ الأرضِ ولحياةِ الإنسانِ، وتحدثُ بعدَ الزلزالِ الرئيسِ ولنفسِ المنطقةِ.

- **زلازلُ تكتونيةٌ** (Tectonic Earthquakes)

زلازلُ تحدثُ عندَ حدودِ الصفائحِ الأرضيةِ، إذ تُفضي حركةُ الصفائحِ إلى تراكمِ الإجهاداتِ إلى أنْ يتمَّ تحرُّرُها على شكلِ زلازلَ.

- **السُحُبُ الركاميةُ** (Cumulonimbus Clouds)

مجموعةُ السُحُبِ ذاتِ الامتدادِ الرأسيِّ التي تكونُ قاعدتُها عندَ الغيومِ المنخفضةِ، وتمتدُّ إلى الارتفاعاتِ المتوسطةِ والعاليةِ، وبعضُ هذهِ الغيومِ كبيرةٌ منتفخةٌ لها قاعدةٌ مستويةٌ ومظهرٌ علويٌّ كالقبابِ أوِ الأبراجِ، وإذا زادَ امتدادُها الرأسيُّ تتسبَّبُ في نزولِ المطرِ. وغالبًا ما تكونُ مصحوبةً بالمطرِ الشديدِ والبردِ والعواصفِ الرعديةِ.

- **السُحُبُ الطبقيةُ** (Cirrus Clouds)

مجموعةُ السُحُبِ الرقيقةِ التي قدْ تكونُ منخفضةً، يقلُّ ارتفاعها عنْ (٢٠٠٠) م، وهيَ ناعمةٌ، ولونُها رماديٌّ، تمتدُّ أفقيًّا، وقدْ تغطي معظمَ السماءِ أوْ كلَّها، ويتساقطُ منها الرذاذُ أوِ المطرُ الخفيفُ. وقدْ تكونُ متوسطةَ الارتفاعِ رقيقةً رماديةً منتظمةً تُفضي إلى سقوطِ أمطارٍ خفيفةٍ. وهناكَ نوعٌ آخرُ منْ هذهِ المجموعةِ عبارةٌ عنْ طبقةٍ سميكةٍ منْ الغيومِ لونُها رماديٌّ داكنٌ تغطي السماءَ كليًّا، وعادةً ما تكونُ مصحوبةً بتساقطٍ متواصلٍ للمطرِ أو الثلجِ.

- **السيزموغرام** (Seismogram)

شريطٌ ورقيٌّ يتمُّ تسجيلُهُ في أثناءِ حدوثِ الزلزالِ، ويمثلُ المصدرَ الرئيسَ للبياناتِ اللازمةِ لدراسةِ الزلازلِ، ويمكنُ منْ خلالِ دراسةِ شريطِ السيزموغرامِ الحصولُ على بياناتٍ تتعلقُ بزمنِ وصولِ الأمواجِ الزلزاليةِ إلى محطةِ الرصدِ وسعةِ الأمواجِ الزلزاليةِ وترددِها.

- **قوةُ الاحتكاكِ (Friction Force)**

قوةٌ تنتجُ بفعلِ احتكاكِ الرياحِ السطحيةِ بتضاريسِ الأرضِ، تُقللُ منْ سرعةِ الرياحِ، وتحرفُ اتجاهَها نحوَ المنخفضِ الجويِّ.

- **قوةُ تحدُّرِ الضغطِ الجويِّ (Pressure Gradient Force)**

القوةُ الناتجةُ منْ فرقِ الضغطِ الجويِّ، في وحدة المسافةِ، وهيَ قوةٌ تسبِّبُ انتقالَ الهواءِ دائمًا منْ منطقةِ الضغطِ الجويِّ المرتفعِ إلى منطقةِ الضغطِ الجويِّ المنخفضِ.

- **الكتلُ الهوائيةُ (Air Masses)**

كميةٌ ضخمةٌ منَ الهواءِ متجانسةٌ أفقيًّا منْ حيثُ درجةُ الحرارةِ والرطوبةِ، تغطي آلافَ الكيلومترات المربعة وتمتدُّ رأسيًّا إلى ارتفاعاتٍ عاليةٍ قدْ تصلُ إلى عدةِ كيلومترات.

- **المرتفعُ الجويُّ (High Pressure)**

منطقةٌ تمتازُ بأنَّ قيمَ الضغطِ الجويِّ فيها أعلى ما يمكنُ مقارنةً بالمناطقِ المحيطةِ، ثمَّ تتناقصُ فيها قيمةُ الضغطِ الجويِّ في جميعِ الاتجاهاتِ كلما ابتعدتْ عنْ مركزِ المنطقةِ، ويُرمزُ لها على خريطةِ الضغطِ الجويِّ بالحرفِ (H)، ويُوضعُ في مركزِ المرتفعِ الجويِّ.

- **مركزُ الزلزالِ السطحيِّ (Epicenter)**

النقطةُ التي تناظرُ بؤرةَ الزلزالِ على سطحِ الأرضِ.

- **المنخفضُ الجويُّ (Law Pressure)**

منطقةٌ تمتازُ بأنَّ قيمَ الضغطِ الجويِّ فيها أقلُّ ما يمكنُ مقارنةً بالمناطقِ المحيطةِ، ثمَّ تتزايدُ فيها قيمةُ الضغطِ الجويِّ في جميعِ الاتجاهاتِ كلما ابتعدتْ عنْ مركزِ المنطقةِ، ويُرمزُ لها على خريطةِ الضغطِ الجويِّ بالحرفِ (L)، ويوضعُ في مركزِ المنخفضِ الجويِّ.

تم بحمد الله تعالى