

تم تحميل وعرض المادة من

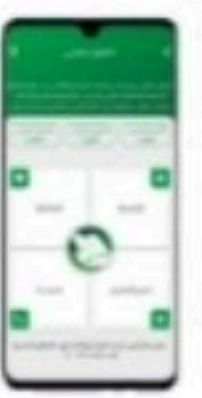
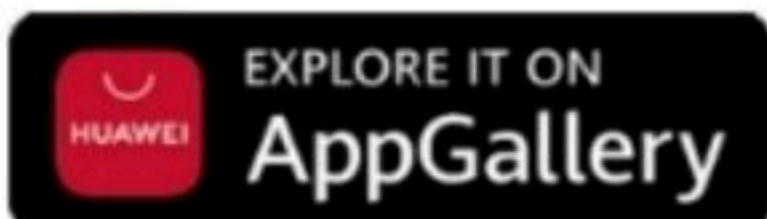
منهجي

mnhaji.com



موقع منهجي منصة تعليمية توفر كل ما يحتاجه المعلم
والطالب من حلول الكتب الدراسية وشرح للدروس
بأسلوب مبسط لكافة المراحل التعليمية وتوازيح
المناهج وتحاضير وملخصات ونماذج اختبارات وأوراق
عمل جاهزة للطباعة والتحميل بشكل مجاني

حمل تطبيق منهجي ليصلك كل جديد



الفصل الأول : تطور الكون

١-١ نشأة الكون

أهداف الدرس : ١- يعرف الكون. ٢- يشرح مراحل نشأة الكون. ٣- يحسب عمر الكون.

- **الكون** هو ذلك الفضاء الشاسع الذي يحتوي على أعداد ضخمة من المجرات والسدم والكواكب والكويكبات والمذنبات والشهب.

نظرية الانفجار العظيم

تعد هذه النظرية الأكثر قبولاً بين علماء الفلك. لماذا؟

لأنها نجحت في تفسير كثير من تساؤلات العلماء مثل : وفرة الهيدروجين والهيليوم وإشعاع الخلفية الكوني.

وتنص على أنه : في لحظة معينة منذ حوالي ١٤ مليار سنة كانت المادة والطاقة الموجودة مركزة في منطقة متناهية في الصغر، وجميع قوى الطبيعة متحدة (النووية - الكهرومغناطيسية - الجاذبية). ثم بدأ الكون في التمدد وتناقص درجة الحرارة بمعدل سريع جداً.

خلال الدقيقة الأولى من الانفجار العظيم

المراحل الأولى من حياة الكون

١ • درجة الحرارة تزيد عن 10^{32} كلفن.
• جميع القوى الطبيعية كانت متحدة.

٢ • انخفضت درجة الحرارة إلى 10^{27} كلفن.
• بدأت عملية التمدد السريع لحجم الكون [مرحلة التضخم].
• انفصلت القوى الطبيعية عن بعضها.

٣ • انخفضت درجة الحرارة إلى $10^{15} \times 10^{14}$ كلفن
• كانت المادة الأولية عبارة عن كواركات.
• أصبحت القوى الطبيعية الأربع منفصلة.

٤ • تمدد الكون إلى ١٠٠٠ مرة عن حجمه الأول [حجم المجموعة الشمسية].
• بدأت الكواركات تندمج لتكون النيوترونات والبروتونات.

٥ • تمدد الكون إلى ١٠٠٠ مرة أكبر من حجم المجموعة الشمسية.
• اندمجت النيوترونات والبروتونات لتكون نويات ذرات الهيليوم والهيدروجين.

بعد ٣٠٠ ألف سنة

٦ • تمدد الكون إلى حجم أصغر ١٠٠٠ مرة من حجمه الحالي.
• أصبحت درجة الحرارة مناسبة لتكون الذرات ← سحب من الغاز ← نجوم.

٧ • حجم الكون خمس حجمه الحالي.
• تكونت النجوم وتجمعت في حشود نجمية مشكلة فيما بعد مجرات.

٨ • حجم الكون نصف حجمه الحالي.
• التفاعلات النووية الاندماجية في النجوم أنتجت معظم العناصر الثقيلة.
• قبل ٥ مليار سنة تشكل نظامنا الشمسي (حجم الكون ثلثي حجمه الحالي).

- اكتشف عالم الفلك "إدوين هابل" اكتشافات عظيمة متعلقة بالكون ، أهمها :
- أن الكون ليس ثابتاً وإنما يتمدد.
- أن الكون كان يتمدد بشكل أبطأ مما يفعل الآن.

- من أسباب تمدد الكون ما يعرف بـ الطاقة المظلمة
هي : طاقة خفية مجهولة المصدر تشكل ٦٥٪ من محتوى الكون.

قانون هابل في تمدد الكون :

ينص هذا القانون على أن : السرعة التي تتباعد بها المجرات عن الأرض تتناسب طردياً مع المسافة بين الأرض والمجرات.

$$H_0 = \frac{v}{d}$$

هابل ثابت = $\frac{\text{الأرض عن المجرة تباعد سرعة}}{\text{والمجرة الأرض بين المسافة}}$

- **عمر الكون** هو : الزمن المنقضي منذ حدوث الانفجار العظيم.
ولأن تمدد الكون يسير بمعدل ثابت، فإننا نستطيع القول أن عمر الكون هو معكوس ثابت هابل.

كيفية حساب عمر الكون

$$t = \frac{1}{H_0}$$

بأخذ ثابت هابل ليكون 71 كيلومتراً في الثانية لكل ميغا فرسخ حيث يمثل 1 فرسخ فلكي (الفرسخ الفلكي يساوي 3.26 سنة ضوئية).

الكيلومتر = 1000 متر والميغا فرسخ = 3.09×10^{22} متر

$$H_0 = \frac{v}{d}$$

$$H_0 = \frac{71000 \text{ m/s}}{3.09 \times 10^{22} \text{ m}} = 2.29 \times 10^{-18} \text{ s}^{-1}$$

$$t = \frac{1}{2.29 \times 10^{-18} \text{ s}^{-1}}$$

$$t = 4.36 \times 10^{17} \text{ s}$$

$$t = \frac{4.36 \times 10^{17}}{60 \times 60 \times 24 \times 365}$$

$$t = 13.8 \times 10^9 \text{ y}$$

= عمر الكون

١-٢ النجوم والمجرات

أهداف الدرس : ١- يشرح دورة حياة النجوم. ٢- يصنف أنواع المجرات. ٣- يوضح تركيب مجرة درب التبانة.

النجم : عبارة عن جرم غازي متألق تتولد الطاقة في باطنه بواسطة تفاعلات الاندماج النووي.

النجوم المزدوجة : نجمان مرتبطان بالجاذبية يدوران حول بعضهما.

الحشود النجمية : تحتوي على مئات الألوف من النجوم.

الوسط بين النجوم : يتكون هذا الوسط من الغاز والغبار بكثافة مختلفة.

ولادة النجوم :

١- تنكمش السحابة الجزيئية تحت تأثير جاذبيتها.

٢- يبدأ الغاز والغبار بالتكوير (النجم الأولي).

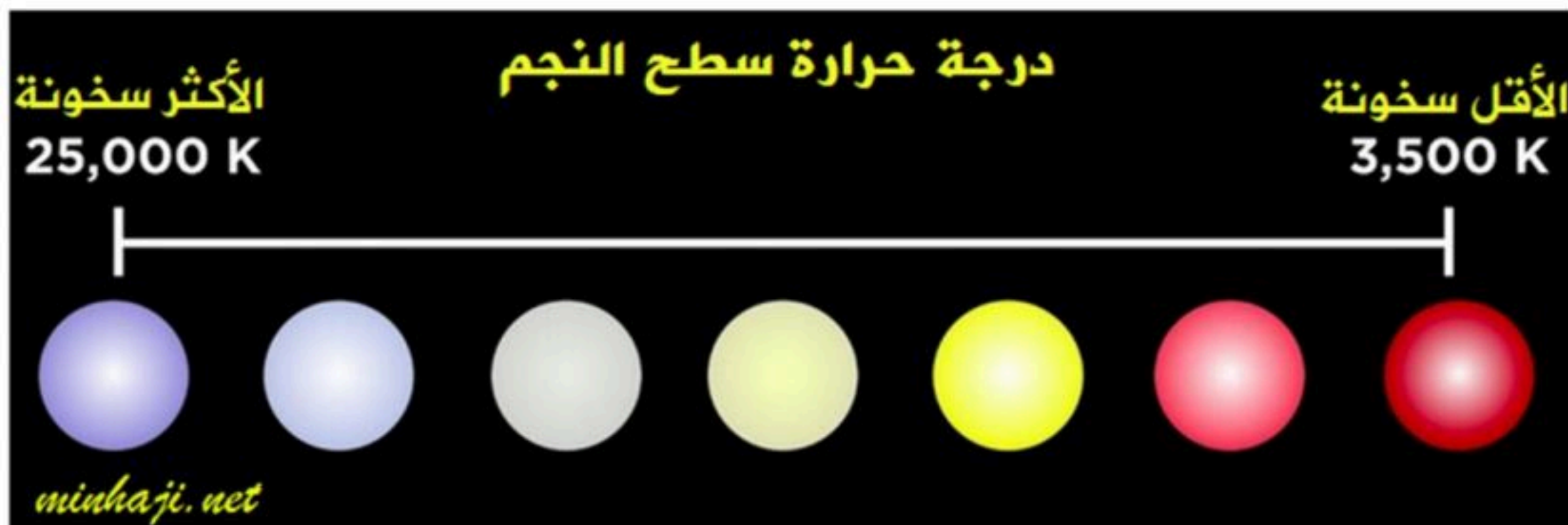
٣- يزداد الضغط على اللب فترتفع درجة حرارته.

٤- تبدأ تفاعلات الاندماج النووي عند درجة حرارة ١٠ - ١٥ مليون درجة مئوية، فيتحول الهيدروجين إلى هيليوم وتبدأ حياة النجم.

٥- ترتفع درجة الحرارة ويتكون ضغط حراري عالي في اللب يدفع الطاقة إلى الخارج ويقابل هذه القوة قوة معاكسة لها تدفع إلى الداخل وهي قوة الجاذبية.

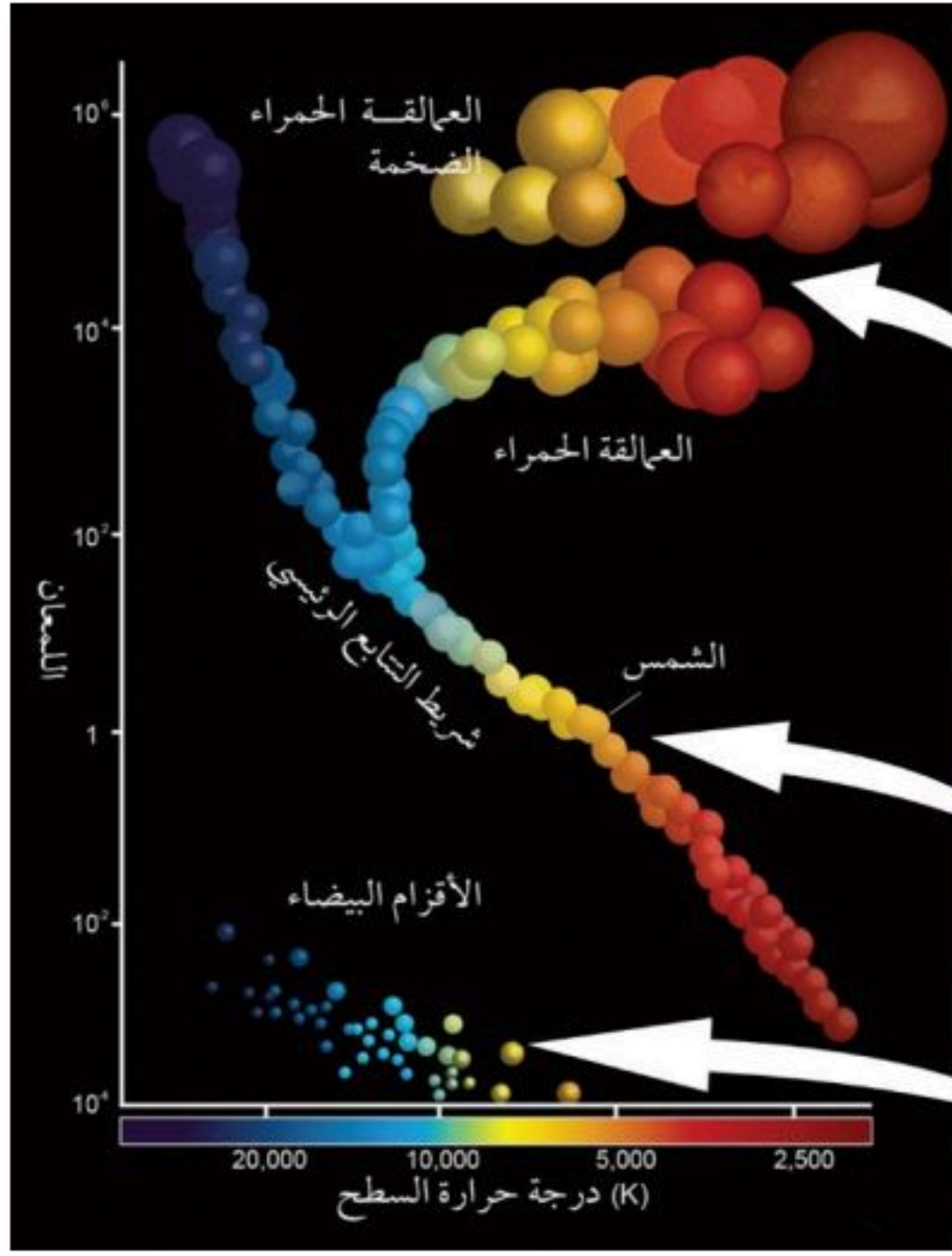
٦- يستقر النجم عند موازنة القوتين وهذا التوازن يسمى التوازن الهيدروستاتيكي.

١ ٢ ٣
كتلة النجم المولود تحدد : درجة حرارته وحجمه ولونه



مخطط التتابع الرئيسي

يتيح هذا المخطط فهم دورة حياة النجم عند تحديد موضعه في المخطط



* منطقة العمالقة الحمراء ومنطقة العمالقة الحمراء الضخمة:
- نجوم ذات حجم هائل [أكبر من الشمس بـ ٢٠٠ إلى ٨٠٠ مرة].
- تعتبر أسطع النجوم ولكنها أبرد بسبب انتهاء الاندماج النووي.

* منطقة شريط التتابع الرئيسي:
- معظم النجوم موجودة ضمن هذا الشريط ومنها الشمس.
- بمجرد أن يبدأ الاندماج يصل النجم لهذا الشريط، وهي المرحلة الأولى من التطور، ويقضي النجم ٩٠% من حياته فيها.

* منطقة الأقزام البيضاء:
- نجوم ذات حرارة شديدة ولمعان منخفض وحجم صغير.

ثقب أسود - نجم متوسط - عملاق فوق أحمر - السديم الكوكبي

املاً الفراغ بما يناسبه :

بقايا النجوم :

- تعيش النجوم ملايين- مليارات- مئات المليارات من السنين.
- كتلة النجم تحدد كيفية نهاية حياته.
- كتلة النجوم المنخفضة = ١,٤ كتل شمسية أو أقل.
- عندما ينتهي الهيدروجين في لب النجم :
- تتوقف التفاعلات النووية.
- يبدأ اللب بالانهيار.

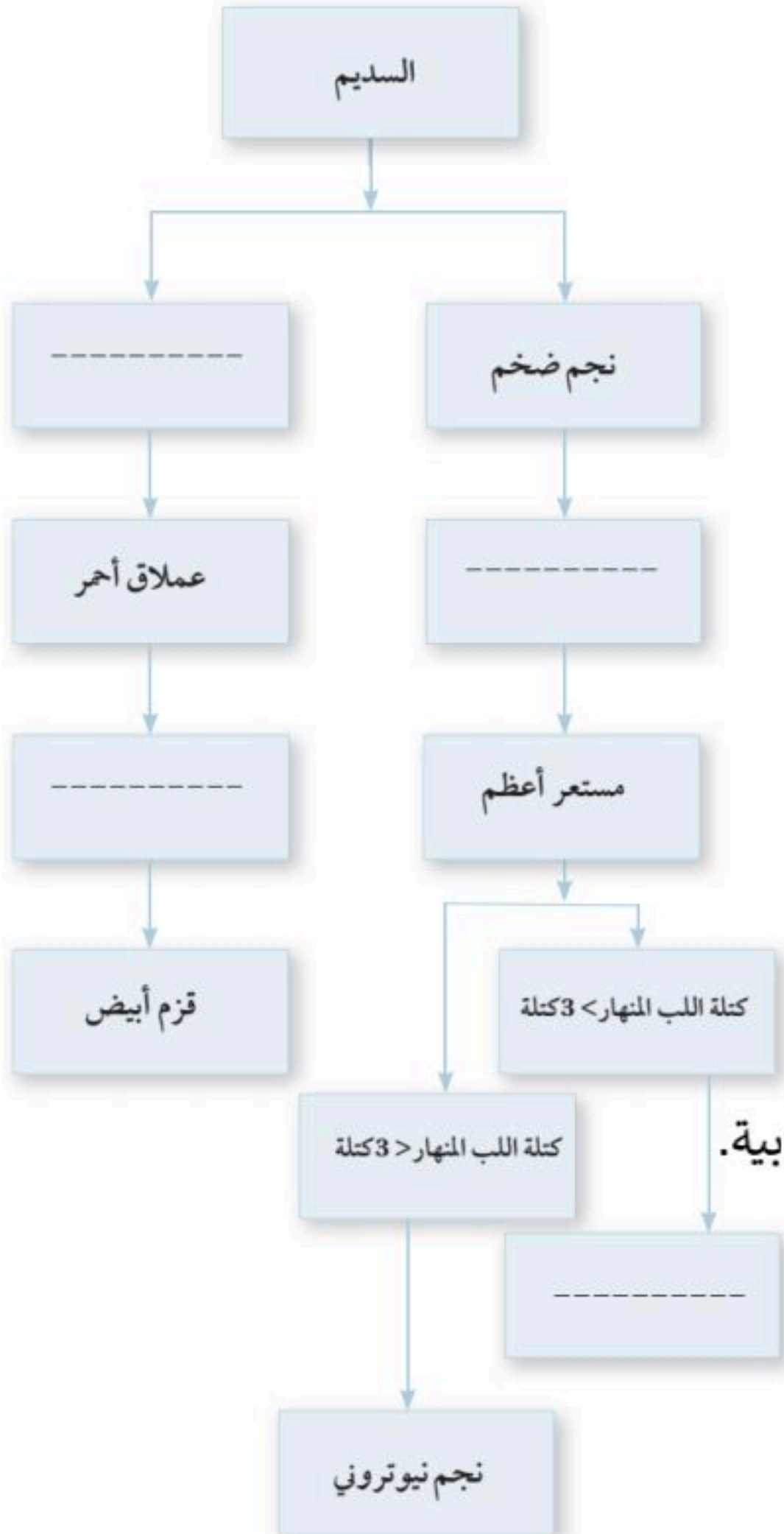
- طرد الطبقات الخارجية إلى الخارج فيتمدد النجم ويكبر حجمه.
- يؤدي ذلك إلى تبريد الطبقات الخارجية ويصبح النجم عملاقاً أحمر.
- مثل : الدبران - السماك الرامح - قلب العقرب - منكب الجوزاء.

المجرات :

عبارة عن مجموعات هائلة من النجوم والغاز والغبار المرتبطة ببعضها بفعل الجاذبية.

تأتي المجرات متنوعة مختلفة الأشكال والأحجام ، ويمكن تصنيفها إلى :

- ١- المجرات الحلزونية
- ٢- المجرات البيضاوية
- ٣- المجرات غير المنتظمة

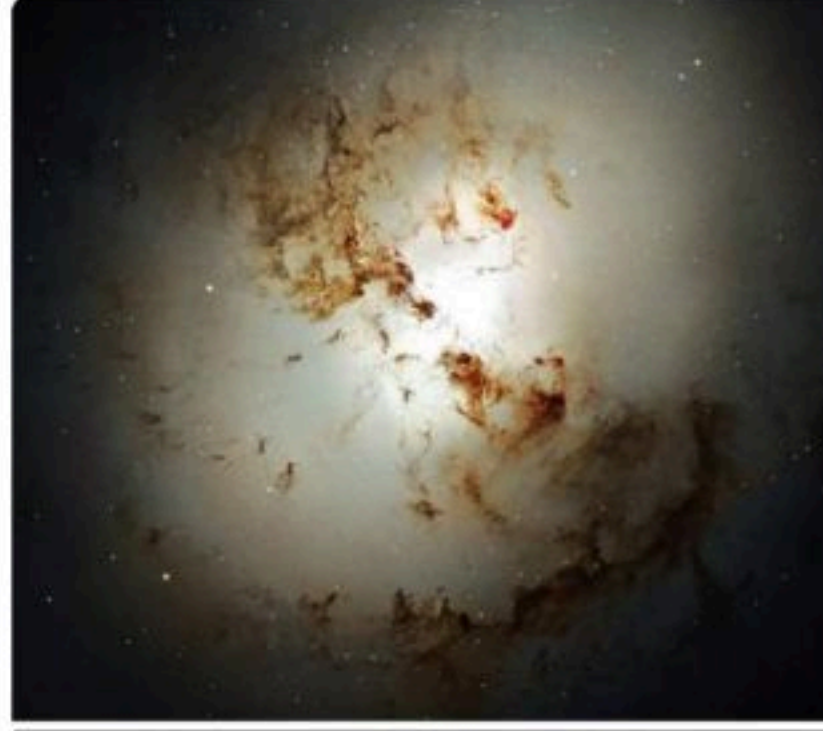


المجرات غير المنتظمة



- ليس لها بنية منتظمة.
- يعتقد أن هذا الشكل الغير منتظم ناتج عن جاذبية المجرات المجاورة.
- مجرة سحابة ماجلان الكبرى.

المجرات البيضاوية



- تظهر على شكل هياكل بيضاوية.
- انخفاض كثافة النجوم والغبار والغاز.
- تكثر بها النجوم القديمة.
- تشكل ١٠ - ١٥ % من المجرات.

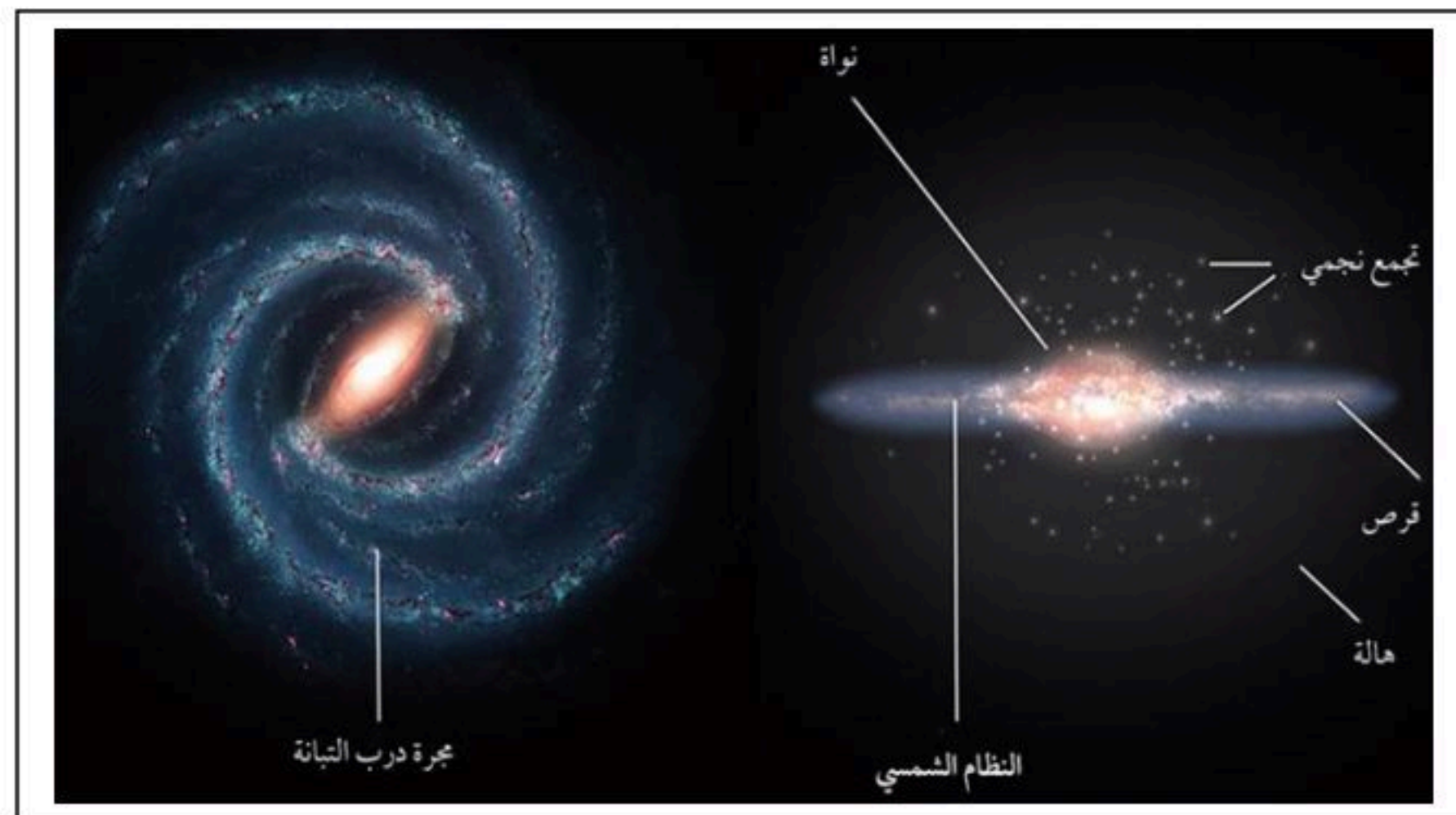
المجرات الحلزونية



- تظهر على شكل أقراص مسطحة مع انتفاخات صفراء في الوسط.
- ذات تركيز عالٍ من النجوم [الصغيرة].
- أكثر ما يميزها هو الأذرع الحلزونية والتي تتميز بكثافة الغاز والغبار.
- مجرة درب التبانة والمرأة المسلسلة.

مجرة درب التبانة

- مجرة حلزونية تحتوي على أكثر من ٢٠٠ مليار نجم.
- تتكون المجرة من : قرص رقيق ونواة كثيفة النجوم وهالة ضخمة تحيط بالنواة.
- توجد على هذه الأذرع النجوم حديثة الولادة لذلك فهي شديدة اللمعان.
- تقع الشمس على الحافة الداخلية لذراع الجبار، وتتحرك بسرعة ٢٠٠ كلم / ث، وبذلك فهي تكمل دورة كاملة حول مركز المجرة كل ٢٠٠ مليون سنة.



نهاية الفصل الأول

الفصل الثاني : الميكانيكا السماوية

1-2 قانون الجاذبية وقوانين كبلر

أهداف الدرس :

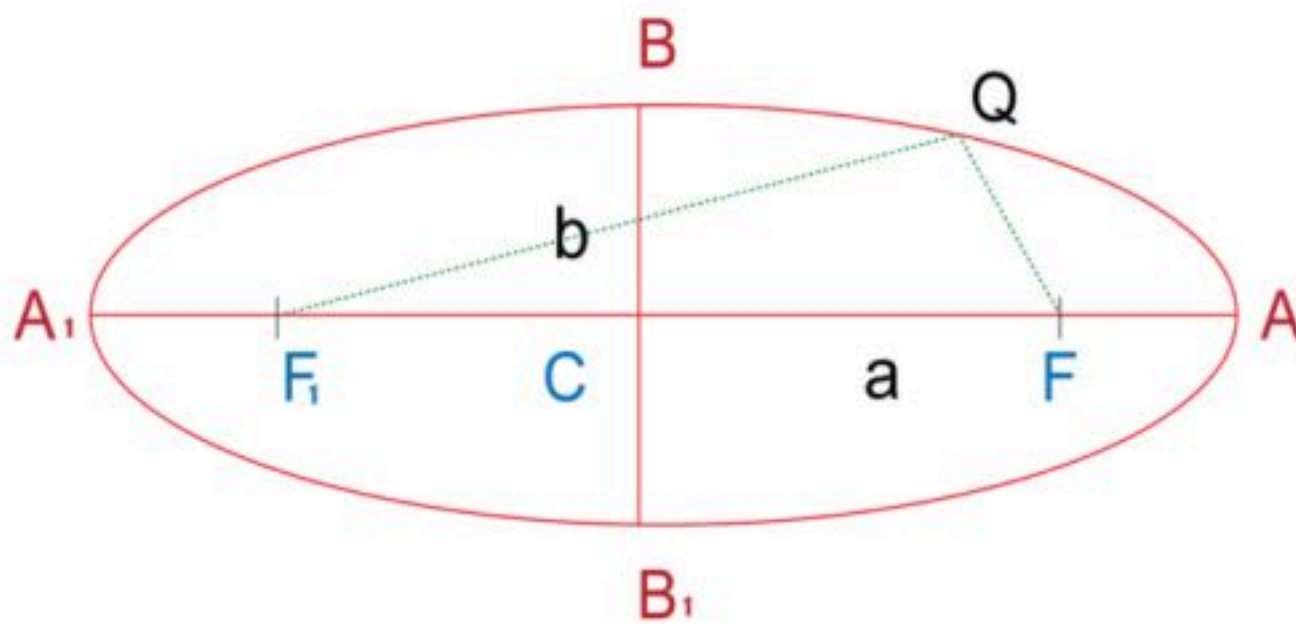
1- يحسب زمن دوران جرم حول الشمس. 2- يحسب وزن جسم ما على كوكب. 3- يحسب سرعة هروب قمر صناعي.

قوانين كبلر

قانون كبلر الأول :

ينص على أن الكواكب تدور حول الشمس في مدارات على شكل قطع ناقص، وتقع الشمس في إحدى بؤرتيه.

خصائص القطع الناقص :



- المسافة A1,A = المحور الأكبر.
- الرمز a = نصف المحور الأكبر.
- المسافة B1,B = المحور الأصغر.
- الرمز b = نصف المحور الأصغر.
- النقطة C = مركز القطع الناقص.
- النقطتين F1,F = بؤرتا القطع الناقص.

كلما صغرت المسافة بين F1,F اقترب شكل القطع من شكل الدائرة.

كلما زادت المسافة بين F1,F زاد تفلطح (بيضاوية) القطع ونرمز له بالرمز e .

المسافة بين F,A تسمى **البعد الحضيضي** (rp) . [بافتراض أن الشمس تقع عند F]

$$r_p = a(1 - e)$$

هو أقرب مسافة فاصلة بين الشمس والكوكب.

المسافة بين F,A1 تسمى **البعد الأوجي** (ra) .

$$r_a = a(1 + e)$$

هو أبعد مسافة فاصلة بين الشمس والكوكب.

قانون كبلر الثاني :

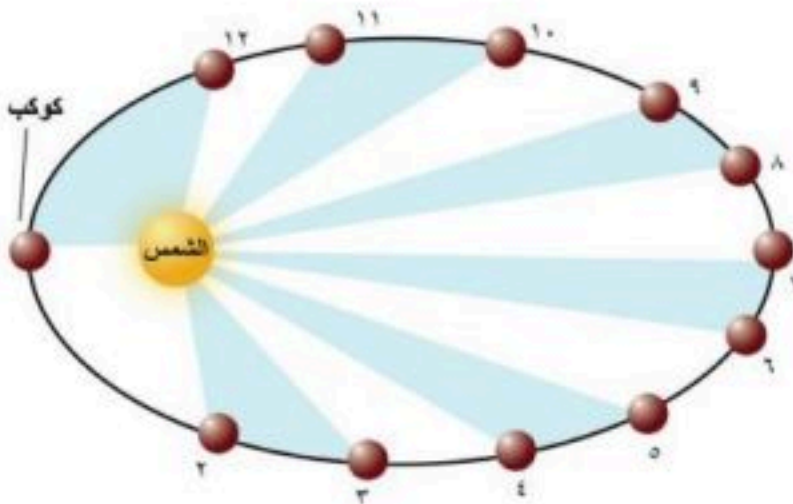
ينص على أن : الخط الوهمي الواصل بين الكوكب والشمس يرسم مساحات متساوية في الفضاء في أزمنة متساوية.

ويشير القانون إلى أن :

- سرعة الكوكب حول الشمس متغيرة.

- سرعة الكوكب تتناسب عكسياً مع بعده عن الشمس.

[سرعة الكوكب تصل أقصاها عند الحضيض وأدناها عند الأوج]



قانون كبلر الثالث :

ينص على أن : مربع مدة دورة الكوكب حول الشمس تتناسب مع مكعب نصف طول المحور الأكبر لمدراه.

إذا كان :

T = مدة دورة الكوكب حول الشمس

a = نصف المحور الأكبر لمدار الكوكب

فإن :

$$T^2 \propto a^3$$

حيث T تقاس بالسنة النجمية.

و a بالوحدة الفلكية [متوسط المسافة بين الشمس والأرض = ١٥٠ مليون كلم].

وبالتالي فإن :

$$T^2 = a^3$$

$$T = a \sqrt{a}$$

قانون كبلر الثالث المعدل :

عام 1687م قام نيوتن بتعديل قانون كبلر الثالث وفقاً لقوانينه الخاصة للحركة وقانون الجذب العام.

حيث M كتلة الشمس ، m كتلة الجرم (تُهمل m لأنها صغيرة جداً مقارنة بكتلة الشمس) $a^3 = T^2(M + m)$

$$a^3 = T^2 M$$

لتحويل الكتلة إلى كتلة شمسية: يكون بقسمة الكتلة على كتلة الشمس.

لتحويل البعد إلى وحدة فلكية: يكون بقسمة المسافة على مسافة الأرض عن الشمس.

$$T^2 = \frac{a^3}{M}$$

إيجاد كتلة كوكب له تابع

من الممكن إيجاد كتلة كوكب له تابع إذا عُلم نصف المحور الأكبر ومدة الدوران للكوكب وتابعه كالاتي:

$$m = M \left(\frac{a_2}{a_1} \right)^3 \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^2$$

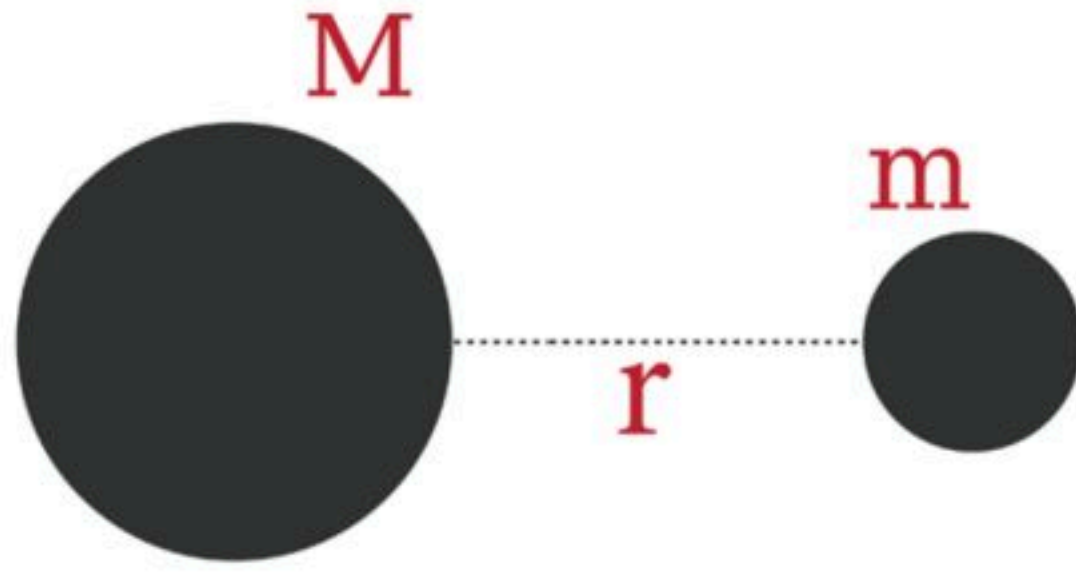
M = كتلة الشمس

m = كتلة الكوكب

قانون الجذب العام لنيوتن

• ينص قانون الجذب العام الذي وضعه العالم إسحاق نيوتن على أن :

[قوة الجاذبية F بين جسمين تتناسب طردياً مع كتلتيهما وعكسياً مع مربع المسافة بينهما]



$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

▪ وزن جسم كتلته m_1 على سطح كوكب = قوة جذب الكوكب لهذا الجسم

$$W = m_1 g$$

▪ وزن هذا الجسم بدلالة وزنه على الأرض :

$$W = W_e \frac{g}{g_e}$$

W = وزن الجسم على الكوكب g = جاذبية الكوكب

W_e = وزن الجسم على الأرض g_e = جاذبية الأرض

السرعة المدارية لجرم سماوي

وهي تمثل سرعة جرم حول جرم آخر.

$$V = 30\sqrt{M} \sqrt{\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)}$$

إذا كان الجرم يدور حول الشمس فإن $M =$ كتلة الشمس وتساوي 1 فتصبح المعادلة كالتالي :

$$V = 30 \sqrt{\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)}$$

$V =$ سرعة الجرم (السرعة المدارية)

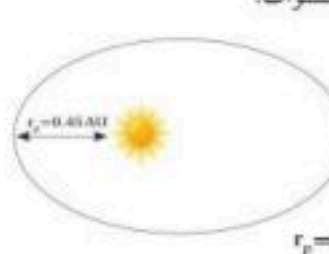

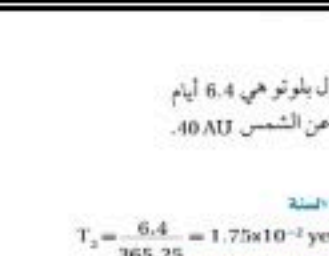
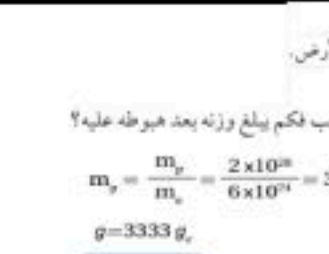
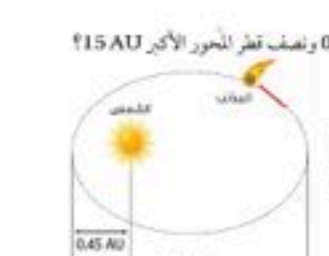
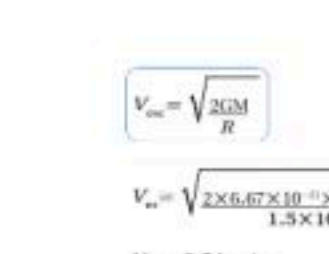

سرعة الهروب

سرعة الهروب : هي السرعة اللازمة لجسم ما للدخول في مسار على شكل قطع مكافئ حول كوكب ما ثم الهروب من جاذبيته.

$$ves = \sqrt{\frac{2GM}{R}} \text{ km.sec}$$

القوانين والمسائل المطلوبة في الفصل الثاني

قوانين كبلر وقانون الجاذبية

الكتاب ص	المثال	الصيغة الرياضية	القانون - المطلوب حسابه	
45	<p>مثال 1</p> <p>مذنب يدور حول الشمس في مدار قطع ناقص تفلطحه 0.97، وصل إلى أقرب نقطة للشمس على بعد 0.45 وحدة فلكية. احسب مدة دورة هذا المذنب حول الشمس بالسنوات.</p>  <p>المعلوم $r_p = 0.45 \text{ AU}$ $e = 0.97$</p> <p>المجهول $T = ?$</p> <p>إيجاد الكمية المجهولة: حل قانون كبلر لإيجاد نصف قطر المحور الأكبر: $r_p = a(1 - e)$ $a = \frac{r_p}{1 - e} = \frac{0.45}{1 - 0.97} = 15 \text{ AU}$ حل قانون كبلر لإيجاد مدة دورة الكوكب حول الشمس: $T = a\sqrt{a} = 15\sqrt{15} = 58.1 \text{ Year}$</p>	$r_p = a(1 - e)$ $r_a = a(1 + e)$	<p>قانون كبلر الأول البعد الحضيضي - البعد الأوجي</p>	1
45	<p>مثال 2</p> <p>مركبة فضائية تدور حول الأرض في مدار بيضاوي، على متوسط بعد يساوي 10 أضعاف نصف قطر الأرض، احسب مدة دورتها حول الأرض. علمًا بأن نصف قطر الأرض $R_e = 6378 \text{ km}$ وكتلة الأرض $M_e = 6 \times 10^{24} \text{ kg}$ وكتلة الشمس $M_s = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$.</p>  <p>المعلوم $a = 10 R_e$ $a = 63780 \text{ km}$ $M_e = 6 \times 10^{24} \text{ kg}$</p> <p>المجهول $T = ?$</p> <p>إيجاد الكمية المجهولة: حل قانون كبلر لإيجاد مدة دورة المركبة حول الأرض: $T^2 = \frac{4\pi^2 a^3}{GM}$ $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 a^3}{GM}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 (63780 \times 10)^3}{6.67 \times 10^{-11} \times 2 \times 10^{30}}}$ $T = 2.55 \times 10^4 \text{ s} = 7.08 \text{ يوم}$</p>	$T = a\sqrt{a}$	<p>قانون كبلر الثالث مدة دورة الكوكب حول الشمس</p>	2
46	<p>مثال 3</p> <p>يبعد القمر كايرون عن مركز بلوتو 19700 km، فإذا كانت مدة دورته حول بلوتو هي 6.4 أيام أوجد كتلة بلوتو. علمًا بأن الفترة المدارية للماريا لبلوتو هي 248 سنة وبعده عن الشمس 40 AU.</p>  <p>المعلوم $T_1 = 248 \text{ year}$ $T_2 = 6.4 \text{ day}$ $a_1 = 40 \text{ AU}$ $a_2 = 19700 \text{ km}$ $M = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$</p> <p>المجهول $m = ?$</p> <p>إيجاد الكمية المجهولة: تحليل المسألة ورسمها: المعلوم $T_1 = 248 \text{ year}$ $T_2 = 6.4 \text{ day}$ $a_1 = 40 \text{ AU}$ $a_2 = 19700 \text{ km}$ $M = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$</p> <p>المجهول $m = ?$</p> <p>إيجاد الكمية المجهولة: تحليل المسألة ورسمها: المعلوم $T_1 = 248 \text{ year}$ $T_2 = 6.4 \text{ day}$ $a_1 = 40 \text{ AU}$ $a_2 = 19700 \text{ km}$ $M = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$</p> <p>المجهول $m = ?$</p> <p>إيجاد الكمية المجهولة: تحليل المسألة ورسمها: المعلوم $T_1 = 248 \text{ year}$ $T_2 = 6.4 \text{ day}$ $a_1 = 40 \text{ AU}$ $a_2 = 19700 \text{ km}$ $M = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$</p> <p>المجهول $m = ?$</p>	$m = M \left(\frac{a_2}{a_1} \right)^3 \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^2$	<p>قانون كبلر الثالث المعدل مدة دورة تابع حول الأرض</p>	3
47	<p>مثال 4</p> <p>كوكب كتلته تساوي 0.01 من كتلة الشمس ونصف قطره يساوي نصف قطر الأرض. احسب جاذبيته مقارنة بجاذبية الأرض.</p> <p>2. افترض أن رائد فضاء وزنه على الأرض يساوي 100 N، احسب وزن الكوكب فكم يبلغ وزنه بعد هبوطه عليه؟</p>  <p>المعلوم $M_p = 0.01 M_s$ $R_p = 0.5 R_e$ $W_p = 100 \text{ N}$ $m_p = 0.01 M_s = 2 \times 10^{28} \text{ kg}$</p> <p>المجهول $W_p = ?$</p> <p>إيجاد الكمية المجهولة: تحليل المسألة ورسمها: المعلوم $M_p = 0.01 M_s$ $R_p = 0.5 R_e$ $W_p = 100 \text{ N}$ $m_p = 0.01 M_s = 2 \times 10^{28} \text{ kg}$</p> <p>المجهول $W_p = ?$</p>	$F = G \frac{Mm}{r^2}$ $W = W_e \frac{g}{g_e}$	<p>قانون الجذب العام لنيوتن حساب وزن جسم على كوكب</p>	4
49	<p>مثال 5</p> <p>في المثال السابق كم تبلغ أثن سرعة المذنب؟ حيث قيمة الاختلاف المركزي 0.97 ونصف قطر المحور الأكبر 15 AU.</p>  <p>المعلوم $e = 0.97$ $a = 15 \text{ AU}$</p> <p>المجهول $v = ?$</p> <p>إيجاد الكمية المجهولة: تحليل المسألة ورسمها: المعلوم $e = 0.97$ $a = 15 \text{ AU}$</p> <p>المجهول $v = ?$</p>	$v = 30 \sqrt{\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)}$	<p>السرعة المدارية لجرم سماوي</p>	5
50	<p>مثال 6</p> <p>أوجد سرعة الهروب لكوكب كتلته $7.5 \times 10^{22} \text{ kg}$ ونصف قطره $1.5 \times 10^6 \text{ m}$ علمًا بأن ثابت الجذب العام $6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$.</p>  <p>المعلوم $M = 7.5 \times 10^{22} \text{ kg}$ $R = 1.5 \times 10^6 \text{ m}$</p> <p>المجهول $V_{es} = ?$</p> <p>إيجاد الكمية المجهولة: تحليل المسألة ورسمها: المعلوم $M = 7.5 \times 10^{22} \text{ kg}$ $R = 1.5 \times 10^6 \text{ m}$</p> <p>المجهول $V_{es} = ?$</p>	$V_{es} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$	<p>سرعة الهروب</p>	6
51	<p>مثال 7</p> <p>أوجد سرعة الهروب لكوكب كتلته $7.5 \times 10^{22} \text{ kg}$ ونصف قطره $1.5 \times 10^6 \text{ m}$ علمًا بأن ثابت الجذب العام $6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$.</p>  <p>المعلوم $M = 7.5 \times 10^{22} \text{ kg}$ $R = 1.5 \times 10^6 \text{ m}$</p> <p>المجهول $V_{es} = ?$</p> <p>إيجاد الكمية المجهولة: تحليل المسألة ورسمها: المعلوم $M = 7.5 \times 10^{22} \text{ kg}$ $R = 1.5 \times 10^6 \text{ m}$</p> <p>المجهول $V_{es} = ?$</p>	$V_{es} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$	<p>سرعة الهروب</p>	7

1- يصنف أنواع المركبات الفضائية. 2- يذكر أنواع مدارات الأقمار الصناعية. 3- يقارن بين أنواع المركبات المأهولة وغير المأهولة.

رحلات الفضاء

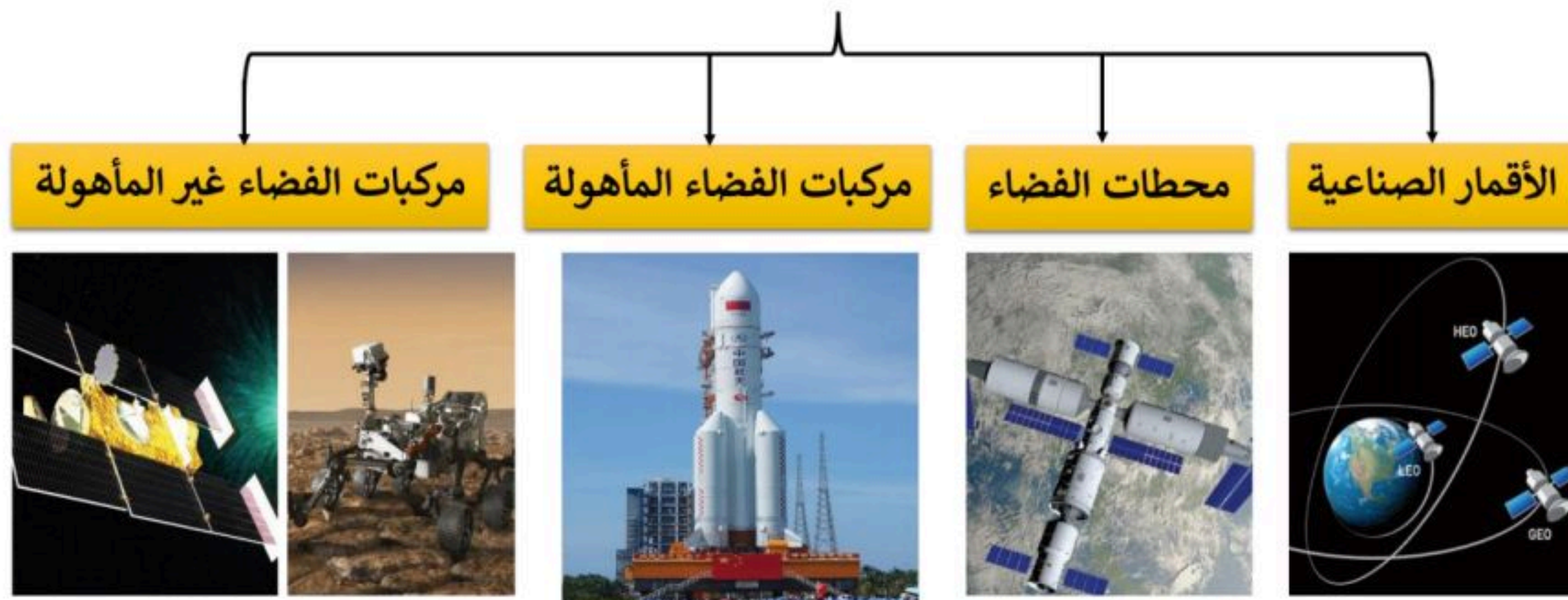
- بدأت التقنية الفضائية في منتصف الخمسينات من القرن الماضي.
- أطلق الاتحاد السوفيتي اول قمر صناعي للاتصالات [سبوتنيك 1].
- أول رحلة لرائد فضاء كانت لرائد الفضاء الروسي جاجارين عام 1961 م.

سباق الفضاء :

- تم إرسال مركبات فضائية إلى القمر وتصوير الجانب المظلم فأرسلت مجموعة من الأقمار الروسية والأقمار الأمريكية.
- برنامج أبوللو الأمريكي :
- بدأ في أواخر الستينات من القرن الماضي ويهدف إرسال رائد فضاء والهبوط على القمر.
- رحلة [أبوللو 11] هي أول رحلة ناجحة بواسطة رائد الفضاء نيل أرموسترونج عام 1969 م.
- استمر برنامج "أبوللو" حتى عام 1974 م.
- أرسلت عدة مركبات فضائية لاستكشاف المجموعة الشمسية :
- فايكنج هبطت على سطح المريخ في منتصف السبعينات.
- فويجر 1 و فويجر 2 أرسلت لاستكشاف كواكب المجموعة الشمسية.

المركبات الفضائية

المركبات الفضائية : هي أنظمة مصممة ومبنية للعمل في الفضاء، تختلف أنواعها باختلاف مهامها. وتصنف كالتالي :



الأقمار الصناعية

تعريف: هي مركبات صممت لتدور حول الجرم السماوي ولها عدة وظائف بحسب مداراتها.
- يدور القمر الصناعي حول الأرض عندما تتوازن سرعته مع الجاذبية الأرضية.

تصنف حسب مداراتها إلى:

المدار الأرضي المنخفض

- مدار قريب من سطح الأرض بارتفاع أقل من 2000 كلم.
- المدار الأكثر استخداماً لتصوير الأقمار الصناعية.
- تتحرك فيه الأقمار بسرعة 7.8 كلم/ث، يكمل دوره كاملة خلال 90 دقيقة.

المدار الأرضي المتوسط

- يقع على ارتفاع 2000 إلى 35000 كلم.
- مثالي للملاحة والاتصالات.
- يكمل دوره كاملة خلال 12 ساعة.

المدار الثابت للأرض

- يقع فوق خط الاستواء على ارتفاع 35786 كلم.
- مناسب لأقمار مراقبة الطقس والاتصالات والقنوات الفضائية.
- يدور بنفس سرعة دوران الأرض أي أنه يغطي منطقة ثابتة.

المدار القطبي الأرضي

- يقع على ارتفاع منخفض 200 إلى 1000 كلم.
- تستخدم أقماره للتنبؤ بالطقس والعواصف وحرائق الغابات والفيضانات.
- تتحرك أقماره من الشمال إلى الجنوب مروراً بالقطبين.

محطات الفضاء

تعريف: هي مركبة مصممة من عدة وحدات معملية ومعيشية يتناوب على العمل فيها رواد فضاء لعدة أشهر، وتدور حول الأرض في المدار الأرضي المنخفض.

محطة الفضاء الدولية ISS

وهي بالتعاون مع :

[وكالة الفضاء الأمريكية - وكالة الفضاء الروسية - وكالة الفضاء الأوروبية - وكالة الفضاء اليابانية - كندا]

محطة الفضاء الصينية TSS

مركبات الفضاء المأهولة

تعريف: هي مركبات فضاء يقودها رواد فضاء، ويقومون بعدة تجارب عبر معامل صممت لعدة أغراض، وعند اكتمال مهمتهم يعودون إلى الأرض عن طريق نفس المركبة.

مركبات الفضاء غير المأهولة

تتنوع المركبات غير المأهولة فبعضها للاستطلاع والتصوير وبعضها لجمع العينات المتناثرة في الفضاء الناتجة مثل مخلفات المذنبات وهناك مركبات تهبط على سطح الكوكب وتتجول لجمع العينات ودراستها وإرسال النتائج لمحطات المراقبة الأرضية.

مثل : مركبة ستاردست - مركبة برسفيرنس

نهاية الفصل الثاني

الفصل الثالث : المعادن

1-3 ما المعدن

أهداف الدرس :

1- تتعرف على المعدن. 2- تصف كيف تتكون المعادن. 3- تصنف المعادن حسب خصائصها الكيميائية والفيزيائية.

المعدن : مادة صلبة غير عضوية، توجد في الطبيعة، لها تركيب كيميائي ، وشكل بلوري ثابت.

س / حدد المعادن من المواد التالية :

الذهب - الماء - الثلج (إذا تكون بشكل طبيعي) - الملح الصخري - الفحم الحجري - النفط

الخصائص العامة للمعادن :

تتكون القشرة الأرضية من 3000 معدن تقريباً.

- يتكون المعدن بشكل طبيعي وغير عضوي.
- له بناء بلوري محدد (ذراته تترتب بشكل هندسي خاص).
- مادة صلبة ذات تركيب محدد. (الكوارتز SiO_2).

البلورة : جسم صلب تترتب فيه الذرات بنمط متكرر.

التغيرات في المكونات الكيميائية

- عندما تتغير ظروف التبلور للمعادن تختلف المكونات الكيميائية لها.

مثلاً : معادن الفلسبار البلاجوكليزي :



- تختلف المكونات الكيميائية لهذه المعادن باختلاف درجة حرارة تبلورها.

فيتغير التركيب تغيراً طفيفاً ومعه تتغير خصائص المعدن المتكون، كالفرق بين معدن الألبيت والأنورثيت.

الصخور تتكون من معادن

- رغم وجود ثلاثة آلاف معدن تقريباً في الطبيعة، إلا أن ثلاثين معدناً فقط هي الأكثر شيوعاً في صخور القشرة الأرضية.

- تشكل ثمانية عناصر فقط النسبة الأعظم لتكوين المعادن في القشرة الأرضية، وهي كالتالي :

الأكسجين - السيلكون - الألمنيوم - الحديد - الكالسيوم - الصوديوم - البوتاسيوم - الماغنسيوم

تبلور المعادن :

تتبلور المعادن بعدة طرق أهمها :

▪ تبلور المعادن من الصهارة :

- عند انخفاض حرارة الصهارة فإنها تبدأ بالتبلور، وهناك علاقة بين عمق تبلور الصهارة وحجم الحبيبات للمعدن المتكون.
- **في الأعماق البعيدة** من القشرة يكون التبريد للصهارة **بطيء** مما يسمح بتكون حبيبات **كبيرة** وتتكون البلورات بشكل أوضح.
- إذا كان التبلور **قريباً من السطح** كان التبريد **أسرع** وكان حجم الحبيبات **أصغر** وتشوهت البلورات.

▪ تبلور المعادن من المحاليل :

- تذوب الأملاح في المحيط فيتكون محلول ملحي ومع استمرار العملية يصل إلى درجة التشبع ثم فوق المشبع وعندها تترابط الذرات لتكون بلورات معادن.
- إذا تبخر ماء البحر تترسب المعادن المذابة فيه وتسمى متبخرات (المعادن المتكونة من تبخر السوائل).

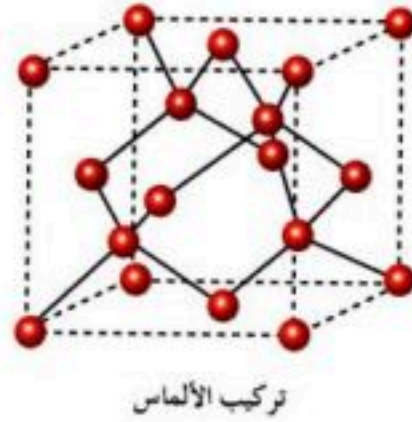
تعرف المعادن

كيف نتعرف على المعادن ؟

يتم التعرف على المعادن من خلال خواصها الفيزيائية والكيميائية. ومنها :

1- الشكل البلوري :

شكل هندسي يوضح طريقة ترتيب الذرات في المعدن.



تركيب الألماس

2- البريق :

كيفية انعكاس الضوء الساقط على سطح المعدن.

بريق لا فلزي	بريق فلزي
باهت (مطفي)	لامع
الكولرتز - الجبس - الكالسيت	الذهب - الفضة - النحاس

3- القساوة :

مقياس لقابلية المعدن للخدش.

هذا المقياس طوره الجيولوجي الألماني

فريدريك موهس.

الجدول 3-1	مقياس موهس للقساوة	المعدن
	القساوة	الثلث
	القساوة بعض المواد الشائعة	الجبس
	ظفر الأصبع = 2.5	الكالسيت
	قطعة نحاسية = 3.5	الفلوريت
	مسمار حديدي = 4.5	الآباتيت
	الزجاج = 5.5	الفلسبار
	نصل السكين = 6.5	الكوارتز
	قطعة بورسلان = 7	التوباز
		الكورندوم
		الأماس

4- الانقسام والمكسر :

المكسر	الانقسام
انكسار المعدن بحواف خشنة متعرجة	انقسام المعدن بشكل متساوٍ في اتجاه واحد أو أكثر
	

5- المخدش :

هو لون المسحوق الناعم للمعدن.

- مخدش المعادن اللافلزية يكون في العادة أبيض، لذا يكون المخدش مفيداً للتعرف على المعادن الفلزية أكثر من اللافلزية.

- مخدش المعادن الفلزية قد يختلف عن لون المعدن الخارجي.

6- اللون :

يتعبر من أهم الخصائص الملاحظة في المعادن. لكنه أقلها في تعرف المعدن.

7- الوزن النوعي :

هو النسبة بين كتلة المادة إلى كتلة حجمها من الماء في درجة حرارة 4°م.

$$D = \frac{M}{V} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}} = \text{الكثافة}$$

8- النسيج :

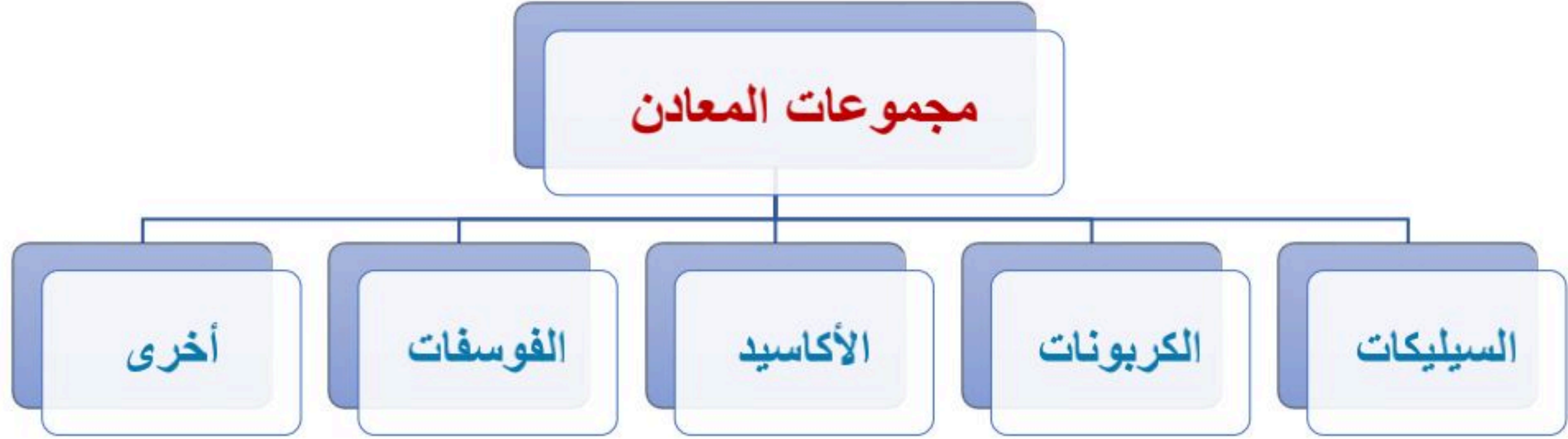
هو ملمس المعدن (ناعم - خشن أو متعرج - صابوني).

الجدول 3-2	صفات خاصة ببعض المعادن
الخاصية	الانكسار المزدوج يحدث عندما يمر شعاع ضوئي عبر معدن ويتقسم إلى شعاعين.
المعدن	سبار أيسلند (كالسيت شفاف).
مثال	

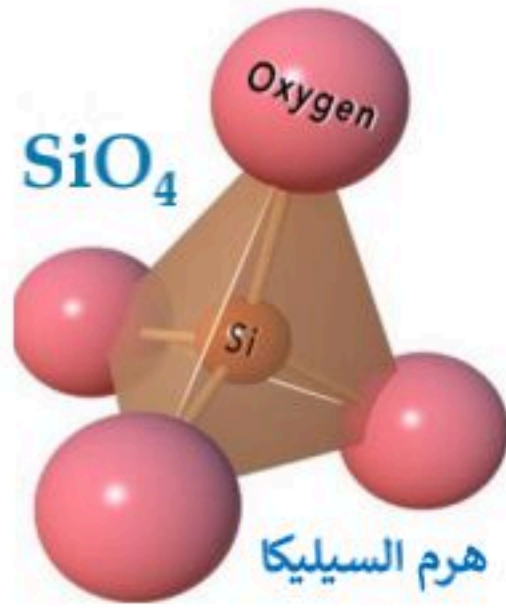
- 1- تتعرف مجموعات المعادن المختلفة. 2- توضح مجسم السيليكا الرباعي الأوجه. 3- تناقش كيف تستعمل المعادن.

مجموعات المعادن

لتسهيل دراسة المعادن وفهم خواصها صنفها الجيولوجيون إلى مجموعات، ولكل مجموعة طبيعة كيميائية وخصائص مميزة.

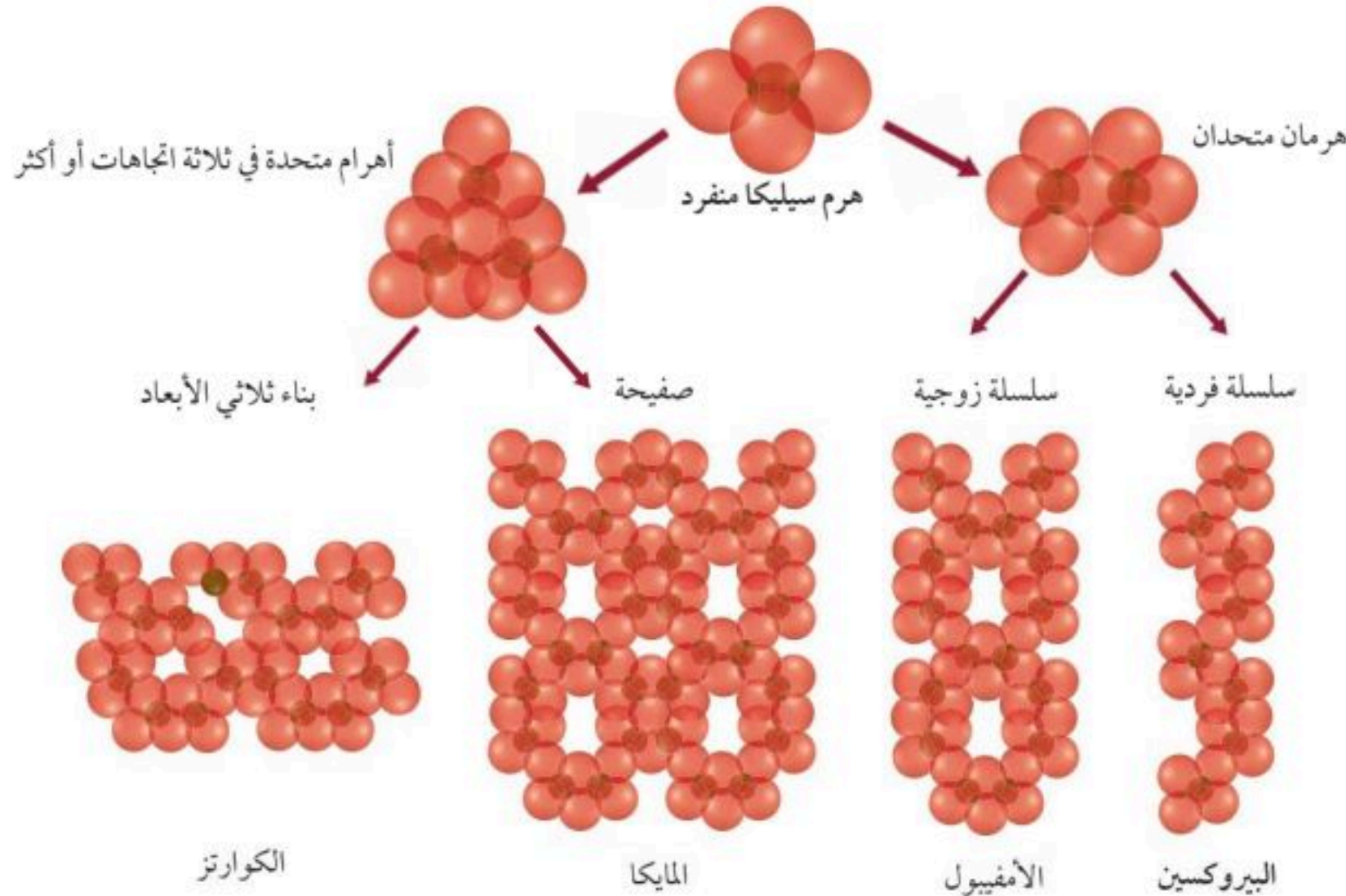


السيليكات :



- أكثر عناصر القشرة الأرضية انتشاراً هو **الأكسجين** يليه **السيليكون**.
- **السيليكات** هي : المعادن المحتوية على الأكسجين والسيليكون + عنصر آخر أو أكثر (غالباً).
- تشكل السيليكات حوالي **96%** من معادن القشرة الأرضية.
- المعدنان الأكثر شيوعاً في القشرة الأرضية (**الفلسبار - الكوارتز**) يتبعان مجموعة السيليكات.

الوحدة البنائية الأساسية لمعادن السيليكات هي: سيليكا الهرم الرباعي الأوجه وهو جسم صلب محاط بأربعة أوجه من مثلثات متساوية الأضلاع على شكل هرم.



أهرامات السيليكا

مجموعات المعادن



المعادن الاقتصادية

تستعمل المعادن في الكثير من الصناعات مثل السيارات والحواسيب والدهانات والتلفزيونات وغيرها.

الخامات :

الخام هو : معدن يمكن استخلاص فلز أو أكثر منه وتكون مجدية اقتصادياً.

أمثلة :

[الحديد مصدره خام الهيماتيت - الألمنيوم مصدره خام البوكسيت - التيتانيوم مصدره خام الإلمنيت]

- يتم استكشاف الخامات المعدنية بطرق مختلفة منها :

[الاستشعار عن بعد] عن طريق الأقمار الاصطناعية أو طائرات خاصة.

- يوجد في المملكة العديد من الخامات الاقتصادية مثل:

الذهب والفضة والنحاس والنيكل والكروم والزنك.

الأحجار الكريمة :

هي معادن ثمينة نادرة وجميلة. وتتميز بقساوتها ومقاومتها للخدش.

مثل الألماس والياقوت والزفير والجمشت وغيرها.

المجموعة	الأمثلة	الاستعمالات الاقتصادية
السيليكات	المايكا (بيوتيت) أوليفين Mg_2SiO_4 الكوارتز SiO_2 الفيرميكيوليت	نوافذ الأفران الأحجار الكريمة (بيرودوت) صناعة الزجاج يضاف لتربة الأرص
الكبريتيدات	البيريت FeS_2 المركزيت FeS_2 الجالينا PbS السفاليريت ZnS	صناعة حمض الكبريتيك مجوهرات خام الرصاص خام الزنك
الأكاسيد	الهيماتيت Fe_2O_3 الكوروندم Al_2O_3 اليورانينيت UO_2 الإلمنيت $FeTiO_3$ الكروميت $FeCr_2O_4$	خام حديد، صبغة حمراء حجر جليخ، مجوهرات (الياقوت، زفير) مصدر لليورانيوم مصدر للتيتانيوم، صبغة، يستعاض به عن الرصاص في الدهانات مصدر للكروم، وصلات سباكة، إضافات للسيارات.
الكبريتات	الجبس $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ الأنهيدريت $CaSO_4$	أعمال المسح، مثبت لتصلب الأسمنت أعمال المسح الجيولوجية.
الهاليدات	الهاليت $NaCl$ الفلوريت CaF_2 السلفيت KCl	ملح الطعام، علف للمواشي، قاتل للأعشاب، إعداد الأطعمة وحفظها صناعة الفولاذ، صناعة أدوات الطهي صناعة الأسمدة
الفوسفات	الأباتيت $Ca_5(PO_4)_3(OH, F, Cl)_2$	صناعة الأسمدة
الكربونات	الكالسيت $CaCO_3$ الدولوميت $CaMg(CO_3)_2$	صناعة الأسمنت والجير والطباشير صناعة الأسمنت والجير، مصدر للكالسيوم والماغنسيوم في الفيتامينات
العناصر الحرة الطبيعية (الأصلية)	الذهب Au النحاس Cu الفضة Ag الكبريت S الجرافيت C	العملات المعدنية والمجوهرات العملات المعدنية والأسلاك الكهربائية والمجوهرات العملة والمجوهرات والتصوير الأدوية والصناعات الكيميائية (أعواد الثقاب والألعاب النارية) أقلام الرصاص والتشحيم

نهاية الفصل الثالث

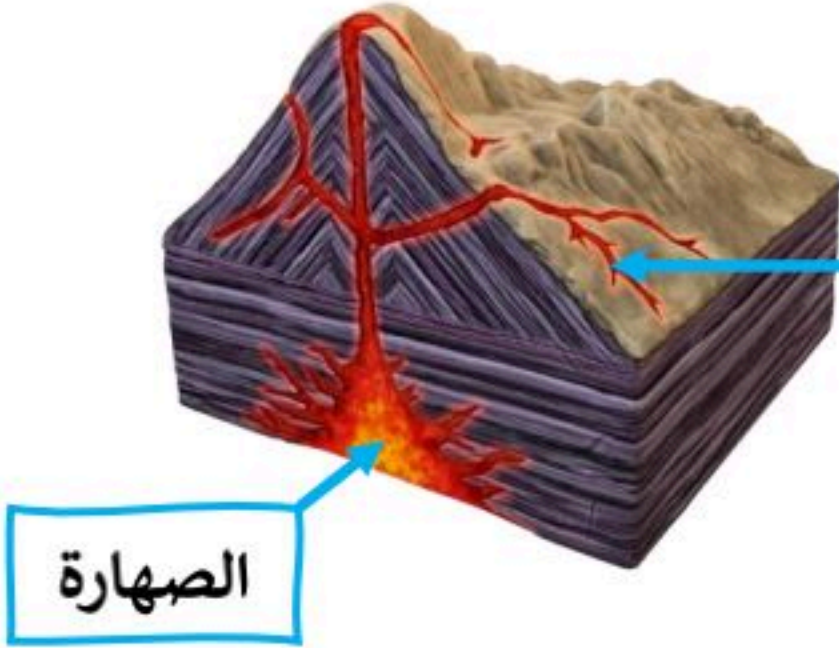
الفصل الرابع : الصخور

1-4 ما الصخور النارية

أهداف الدرس :

1- تلخص تكون الصخور النارية. 2- تصف مكونات الصهارة. 3- تتعرف العوامل التي تؤثر في كيفية انصهار الصخور وتبلورها

تكون الصخور النارية



تتكون الصخور النارية عندما تبرد المواد المنصهرة (الصهارة أو اللابة) ثم تتبلور.

اللابة : هي صهارة تتدفق على سطح الأرض.

الصهارة : هي صخور منصهرة توجد تحت سطح الأرض.

الصخور النارية: هي الصخور المتكونة من تبرّد الصهارة أو اللابة وتبلور معادنها.

➤ تنصهر الصخور في درجات حرارة تتراوح بين 800 و 1200° م .

➤ هذا المستوى من الحرارة موجود في :

- الجزء السفلي من القشرة الأرضية.
- الجزء العلوي من الستار.

➤ مصدر هذه الحرارة :

- الطاقة المتبقية من تكون الأرض من الصهير الأولي.
- طاقة التحلل الإشعاعي للعناصر.

مكونات الصهارة :

- يعتمد نوع الصخر الناري المتكون على : **مكونات الصهارة**.

- **الصهارة خليط من** : صخر مصهور + غازات مذابة + بلورات معدنية.

- العناصر الشائعة في الصهارة : هي نفسها الشائعة في القشرة الأرضية.

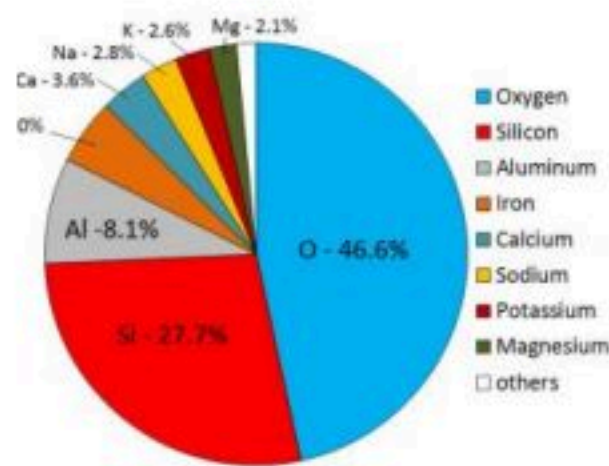
- أكثر المركبات شيوعاً وتأثيراً في خصائص الصهارة : هي السيليكا SiO_4 .

- تعد مركبات **السيليكا** أكثر المركبات شيوعاً في الصهارة وتأثيراً في خصائصها.

- تصنف الصهارة اعتماداً على محتواها من **السيليكا**.

- يظهر تأثير المحتوى من السيليكا بشكل واضح على سرعة جريان اللابة ،

فكلما كانت نسبة السيليكا عالية كلما كانت اللابة أكثر لزوجة.



أنواع الصهارة	الجدول 1-4	
نوع الصهارة	المحتوى من السيليكا	مثال
بازلتية	42 – 52%	حرات المدينة المنورة
أنديزيتية	52 – 66%	جبال الأنديز
ريولايتية	أكثر من 66%	متنزه بلوستون - أمريكا

- تتكون الصهارة بانصهار قشرة الأرض أو مادة الستار.
- هناك أربعة عوامل رئيسية تؤثر في تكون الصهارة :

١	درجة الحرارة	تزداد الحرارة بزيادة العمق (الممال الحراري).
٢	الضغط	يزداد الضغط بزيادة العمق، وكلما زاد الضغط زادت درجة الانصهار.
٣	المحتوى المائي	كلما زاد المحتوى المائي قلت درجة الانصهار .
٤	المحتوى المعدني	درجة انصهار الجرانيت أقل من درجة انصهار البازلت لأنه : يحتوي على ماء أكثر، ولمعادنه درجات انصهار أقل.



التبلور الجزئي

هو عملية تصلب بلورات المعادن وانفصالها.

الانصهار الجزئي:

عملية انصهار بعض المعادن عند درجات حرارة منخفضة مع بقاء معادن أخرى صلبة.

آلية التبلور الجزئي :

- مع بدء تبريد الصهارة تتكون البلورات وتستقر في القاع وتسمى هذه الطبقة في توزيع البلورات التبلور الجزئي.
- باستمرار انفصال بلورات أخرى من المعادن تصبح الصهارة أغنى بالسيليكا وعناصر الألمنيوم والبوتاسيوم، وبذلك يكون الفلسبار والكوارتز آخر المعادن تشكلاً، فيتشكل الكوارتز بسبب اندفاع ما تبقى من صهارة داخل الشقوق الصخرية ويتكون على شكل عروق تسمى عروق الكوارتز.

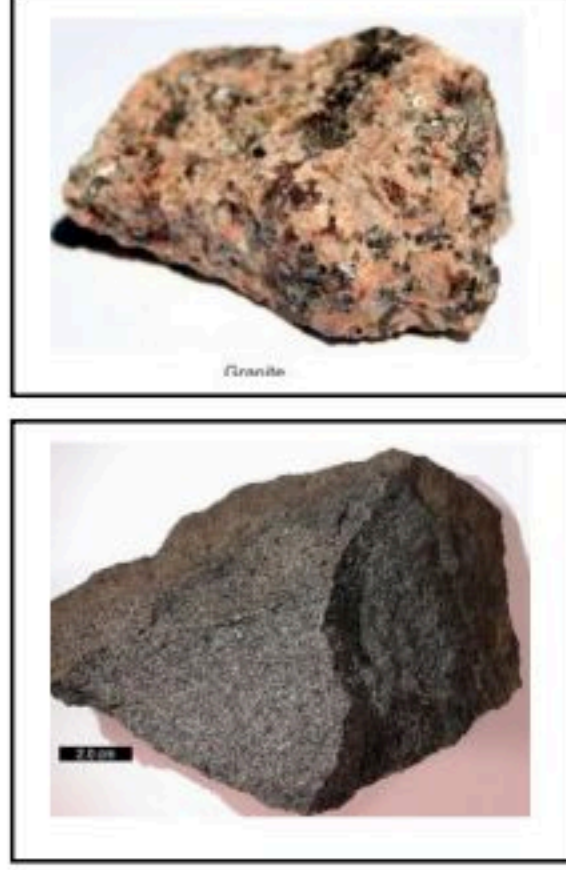
2-4 تصنيف الصخور النارية

أهداف الدرس :

- 1- تصنيف الصخور النارية وفق مكوناتها المعدنية وأنسجتها. 2- التعرف أثر معدلات التبريد في حجم البلورات في الصخور النارية.
- 3- تصف بعض استخدامات الصخور النارية.

المكونات المعدنية للصخور النارية

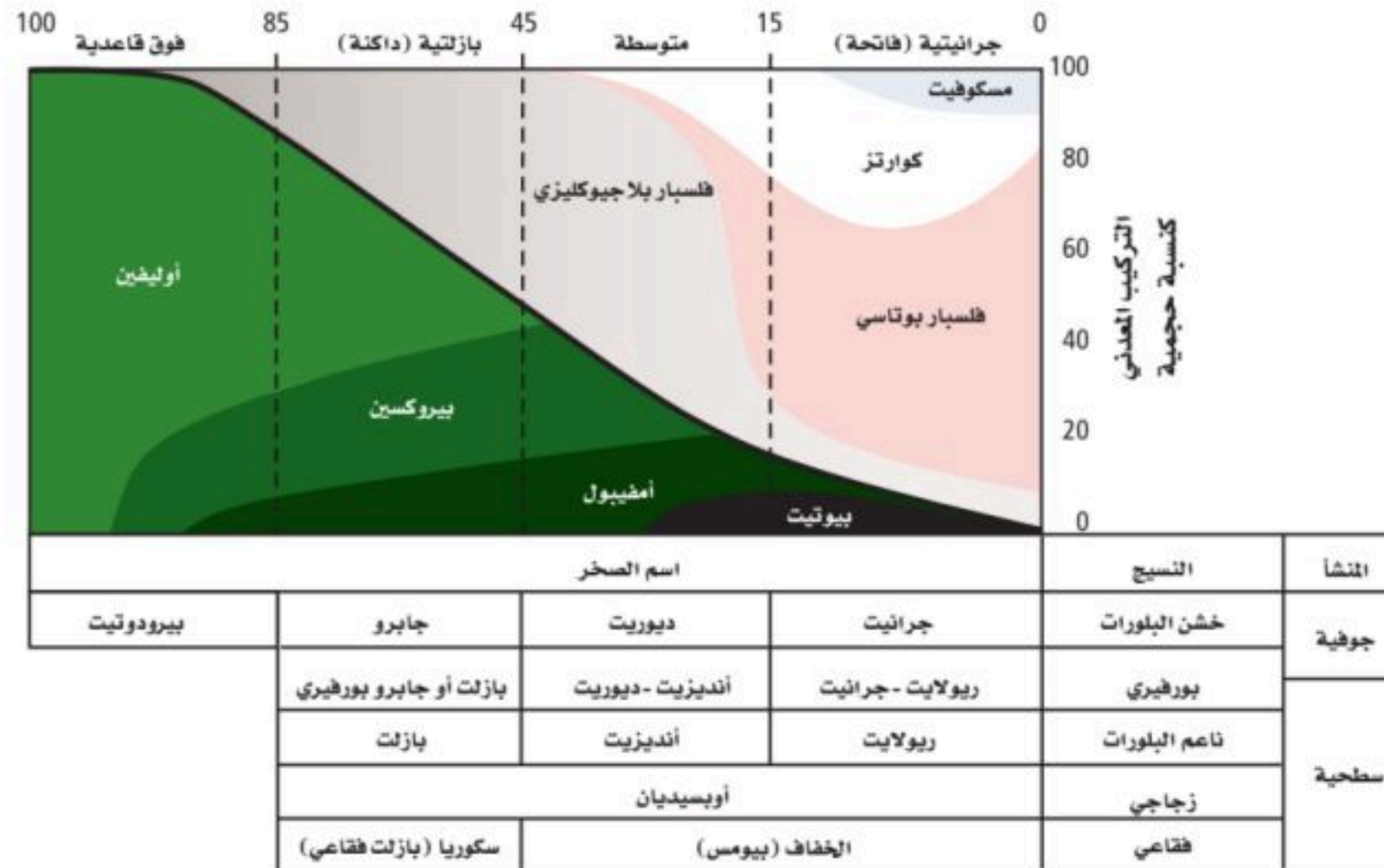
تصنف الصخور النارية عموماً إلى :



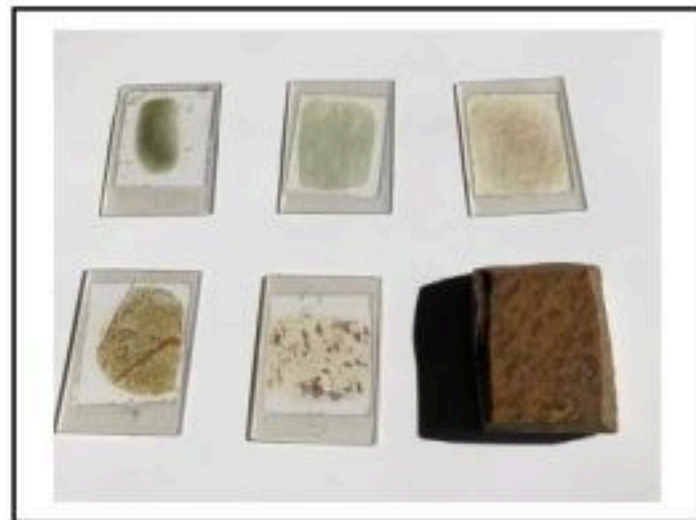
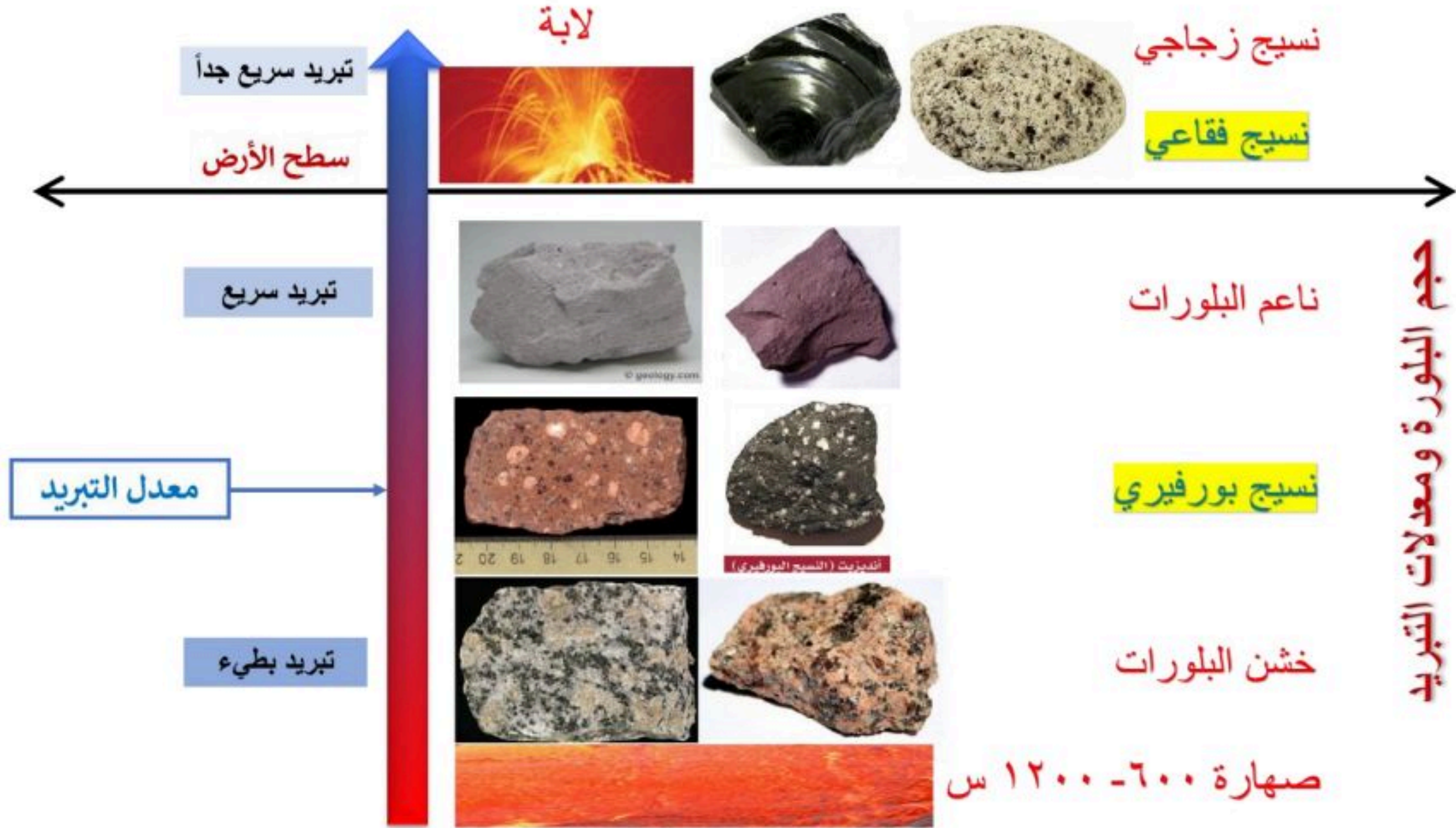
المنشأ	النسيج (حجم الحبيبات)
جوفية	حبيبات كبيرة (يمكن رؤيتها بالعين المجردة)
سطحية	حبيبات صغيرة (يصعب رؤيتها بالعين المجردة)

تصنف الصخور النارية حسب مكوناتها المعدنية إلى :

الصخور	مثال	اللون	نسبة السيليكا	المعادن المكونة
الجرانيتية	الجرانيت	فاتحة	عالية	كوارتز - فليساير بوتاسي - بلاجوكليز
المتوسطة	ديورايت	متوسطة	متوسطة	بلاجوكليز - هورنبلند
البازلتية	الجابرو	غامقة	منخفضة	بلاجوكليز - بيروكسين
فوق القاعدية	البيرودوتيت	داكنة		أوليفين - بيروكسين (الغنية بالحديد)



النسيج	النسيج : هو جم البلورات التي يتكون منها الصخر.	مثال
نسيج زجاجي	يحدث للصحارة تبريد بسرعة كبيرة جداً فيتكون زجاج بركاني يسمى أوبسيديان.	الأوبسيديان
نسيج فقاعي	تترك الغازات المحبوسة في الصحارة ثقوباً في الصخر أثناء تكونه على شكل فقاعات.	الخفاف (بيومس)
نسيج دقيق الحبيبات	قريباً من السطح يتم تبريد الصحارة بشكل سريع فيتكون الصخر بحبيبات صغيرة.	ريولايت
نسيج بورفيرى	توجد في الصخر حبيبات كبيرة وتحيط بها حبيبات صغيرة ويدل ذلك على أنه تم تبريد جزء من الصحارة ببطء ثم دُفعت لمكان آخر وتم تبريد ما تبقى منها بشكل أسرع.	أنديزيت بورفيرى
نسيج كبير الحبيبات	في الأعماق يتم تبريد الصحارة ببطء ففتتياً الفرصة لتشكيل بلورات كبيرة.	الجرانيت



الشرائح الدقيقة :

هي قطعة من الصخر سمكها 0.03 ملم مثبتة على قطعة زجاجية بحيث تسمح بمرور الضوء من خلالها.

الصخور النارية موارد طبيعية

للصخور النارية أهمية اقتصادية كبيرة في حياتنا.

العروق :

تحتوي الموائع المتبقية من تبلور الصهارة على نسبة عالية من السيليكا والماء بالإضافة إلى شوائب أو عناصر غير شائعة في الصخور النارية مثل الذهب والفضة والنحاس، وتتحلل هذه العناصر (الاقتصادية) في نهاية تبلور الصهارة حيث تملأ السيليكا الغنية بهذه العناصر الشقوق والفراغات في الصخور المجاورة، وتتصلب على هيئة عروق غنية بمعادن اقتصادية.

مثل : عروق الكوارتز الحاملة للذهب.

يستخرج الذهب والكوارتز معاً
من المناجم ثم يفصلان لاحقاً



البيجماتيت :

- هي الصخور التي تتكون من بلورات خشنة جداً .

- توجد على شكل عروق تحتوي على العديد من الفلزات والعناصر القيمة.

- قد تحتوي أيضاً على عناصر نادرة مثل الليثيوم والبيريليوم وكذلك أحجار كريمة.

الكمبرليت :

• هي صخور نارية جوفية فوق قاعدية.

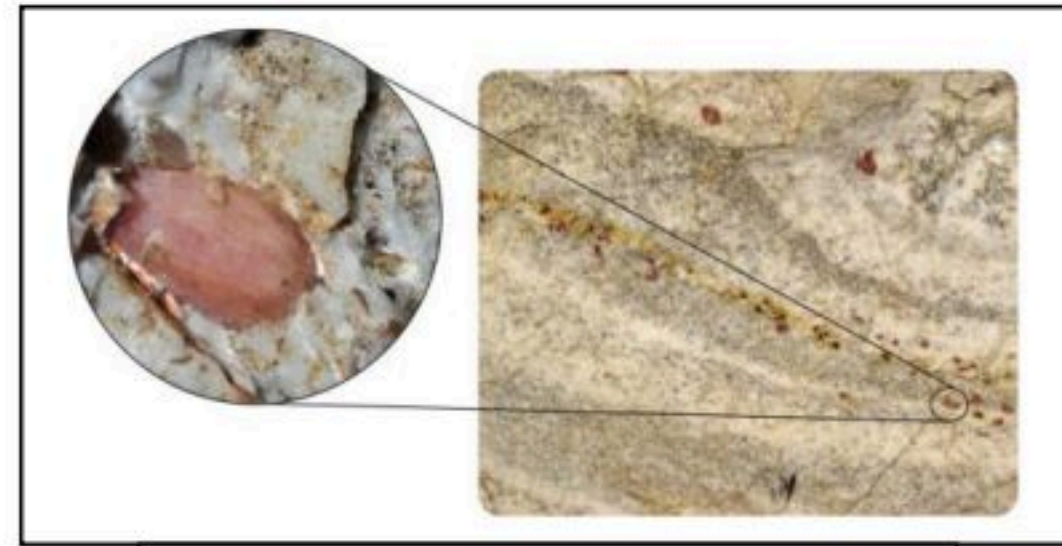
• الألماس معدن ثمين نادر الوجود ويوجد في الكمبرليت (أحد أنواع صخور البيروودوتيت).

• عادة يتكون على أعماق تتراوح بين 150 – 300 كلم، لأنه لا يتكون الا تحت ضغط عالٍ جداً.

• سمي بهذا الاسم نسبة إلى مدينة كيمبرلي في جنوب إفريقيا.



الألماس في صخور الكمبرليت



عرق بيجماتيت في صخر الجرانيت

الصخور النارية في البناء :

- قوة الصخور النارية ومقاومتها للتجوية تجعلها مناسبة جداً للبناء.
- تستخدم في صناعة البلاط وفي أسطح المكاتب والمطابخ وتزيين واجهات المباني.
- تستخدم الصخور النارية (الجرانيت والجابرو) في المملكة كأحجار زينة.
- تستخرج من مناطق الدرع العربي غربي المملكة.

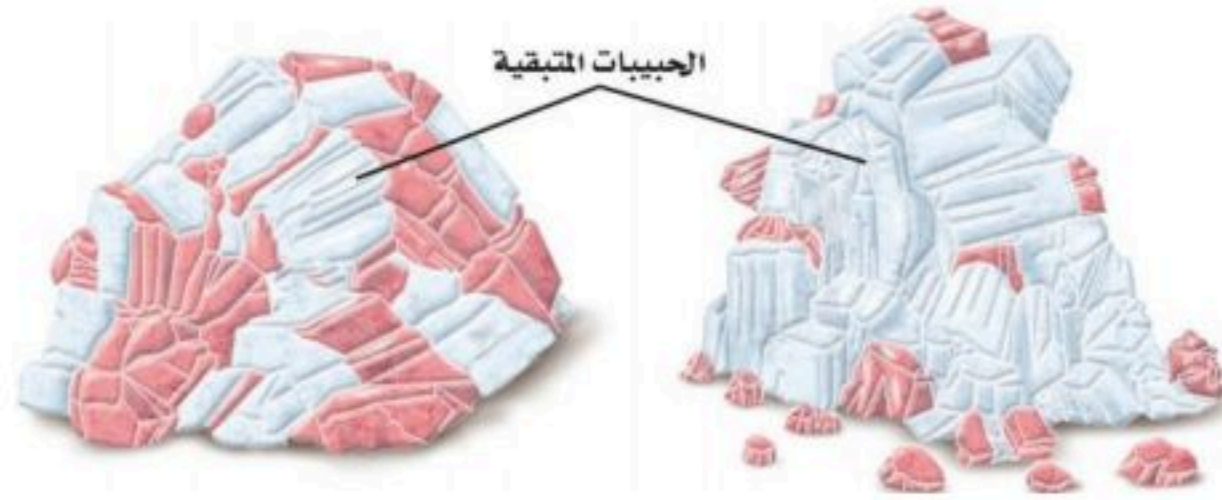
- 1- تتبع تشكّل الصخور الرسوبية. 2- توضح عملية التصخّر. 3- تصف مظاهر الصخور الرسوبية.

التجوية والتعرية :

- تؤدي عمليات التجوية والتعرية إلى تكون الرسوبيات.
- **الرسوبيات** : قطع صغيرة من الصخر انتقلت وترسبت بفعل المياه والرياح والجليديات والجازبية.
- تتجمع الرسوبيات وتتراكم وتلتحم معاً وتتصلب لتكون صخوراً رسوبية.

التجوية :

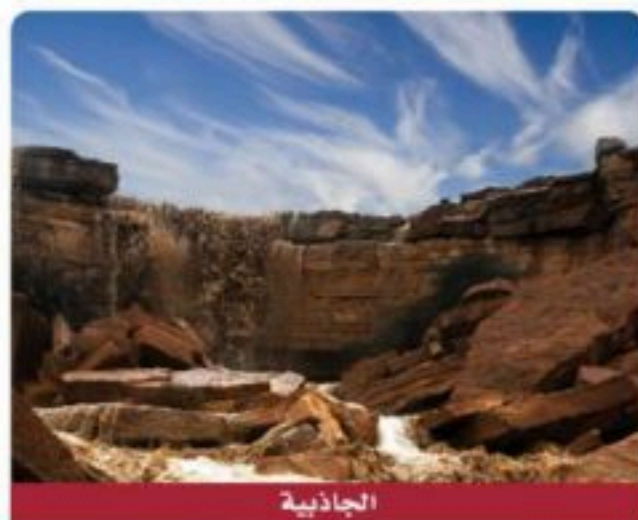
تنتج التجوية فتات من الصخور والمعادن (رسوبيات)، أحجامها بين كتل ضخمة وحببيبات مجهرية.



تقسم التجوية إلى :

التجوية الكيميائية

تذوب أو تتغير معادن الصخر
الأقل استقراراً كيميائياً



التجوية الفيزيائية

تتكسر الصخور إلى قطع وحببيبات أصغر،
دون أن تتغير كيميائياً

التعرية :

هي عملية إزالة الرسوبيات ونقلها.

للتعرية أربعة عوامل :

الرياح والمياه الجارية والجازبية والجليديات.

الترسيب :

- يحدث عندما تستقر الرسوبيات المنقولة على سطح الأرض، أو تهبط في قاع حوض مائي.
- تترسب الرسوبيات في الطبيعة عندما يتوقف عامل النقل أو تقل سرعته.

طاقة عوامل النقل :

فرز فتات الصخور يعتمد على عامل النقل المؤثر :

المياه الجارية إذا قلت سرعتها	تترسب الحبيبات حسب حجمها [الأكبر حجماً في الأسفل والأصغر حجماً في الأعلى]
الرياح	لا تحرك إلا الحبيبات الصغيرة ، لذلك نرى الكثبان الرملية مكونة من فتات ناعم
الثلاجات	تحمل جميع المواد على اختلاف حجومها بالقدر نفسه

التصخر :

عندما تستقر الرسوبيات في المناطق المنخفضة وتتراكم فوق بعضها البعض يزداد الضغط على الطبقات السفلى، فتزداد درجة حرارتها، مما يؤدي إلى تصخر الرسوبيات.

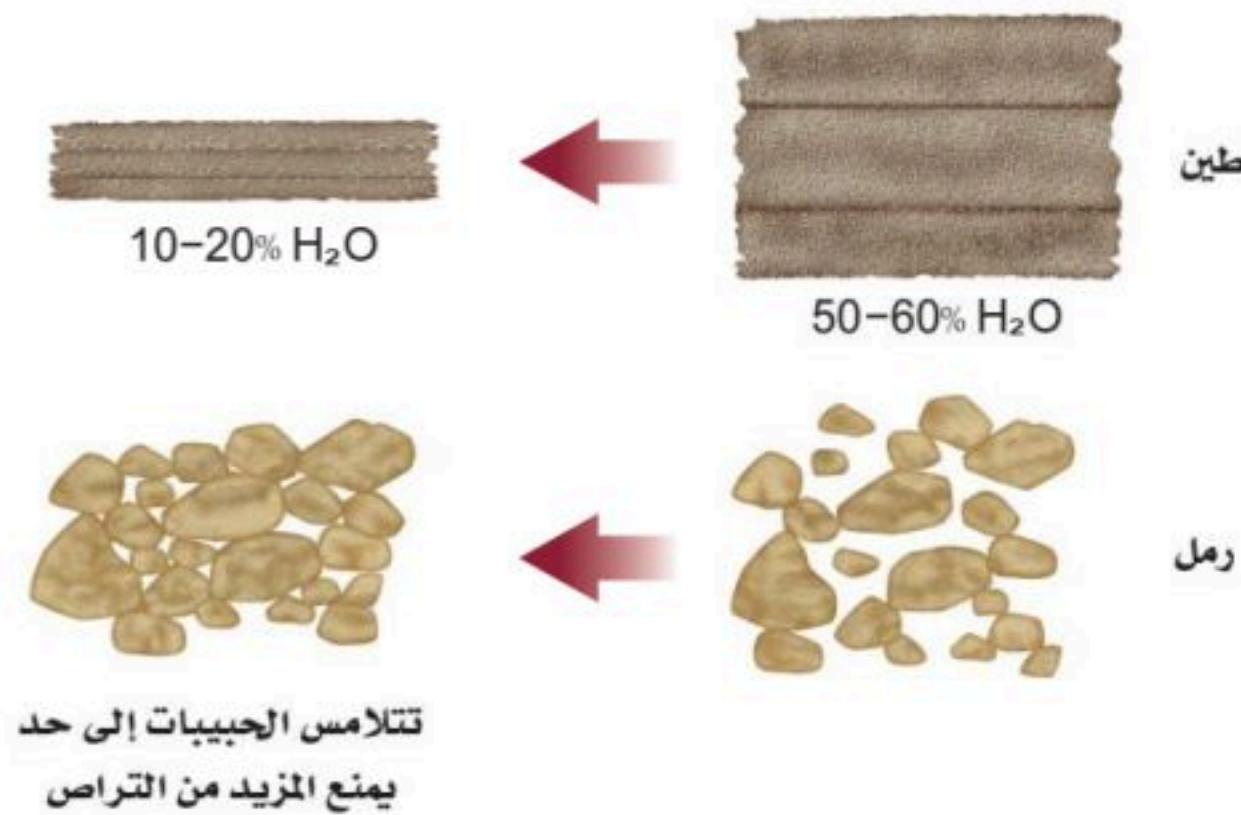
التصخر :

هو عمليات فيزيائية وكيميائية تؤدي إلى تماسك الرسوبيات وتكون صخر رسوبي.

التراص :

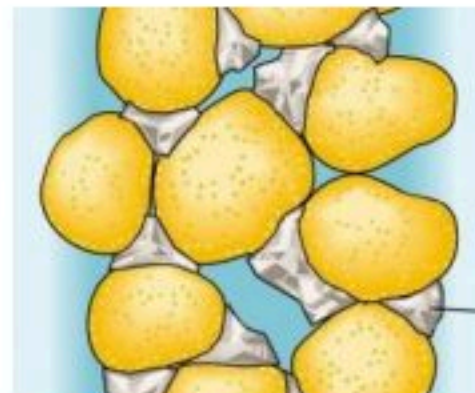
عملية التصخر تتم بعدة عمليات تبدأ بعملية التراص.

وهي تقارب حبيبات الرسوبيات بسبب الضغط الناتج عن وزن الرسوبيات التي تعلوها، ويترتب على ذلك تغيرات فيزيائية.



التراص :

- السمننة هي : عملية يتم فيها ترسب معادن جديدة كانت مذابة ضمن المياه الجوفية بين الحبيبات الرسوبية.
- ترسب هذه المعادن يؤدي إلى التحام حبيبات الرسوبيات معاً مشكلةً صخوراً صلباً.
- وقد تلتحم الحبيبات أيضاً بترسب مواد لائحة مثل الكالسيت $CaCO_3$ وأكسيد الحديد Fe_2O_3 .



تتكون مادة لائحة بين الحبيبات

معالم الصخور الرسوبية

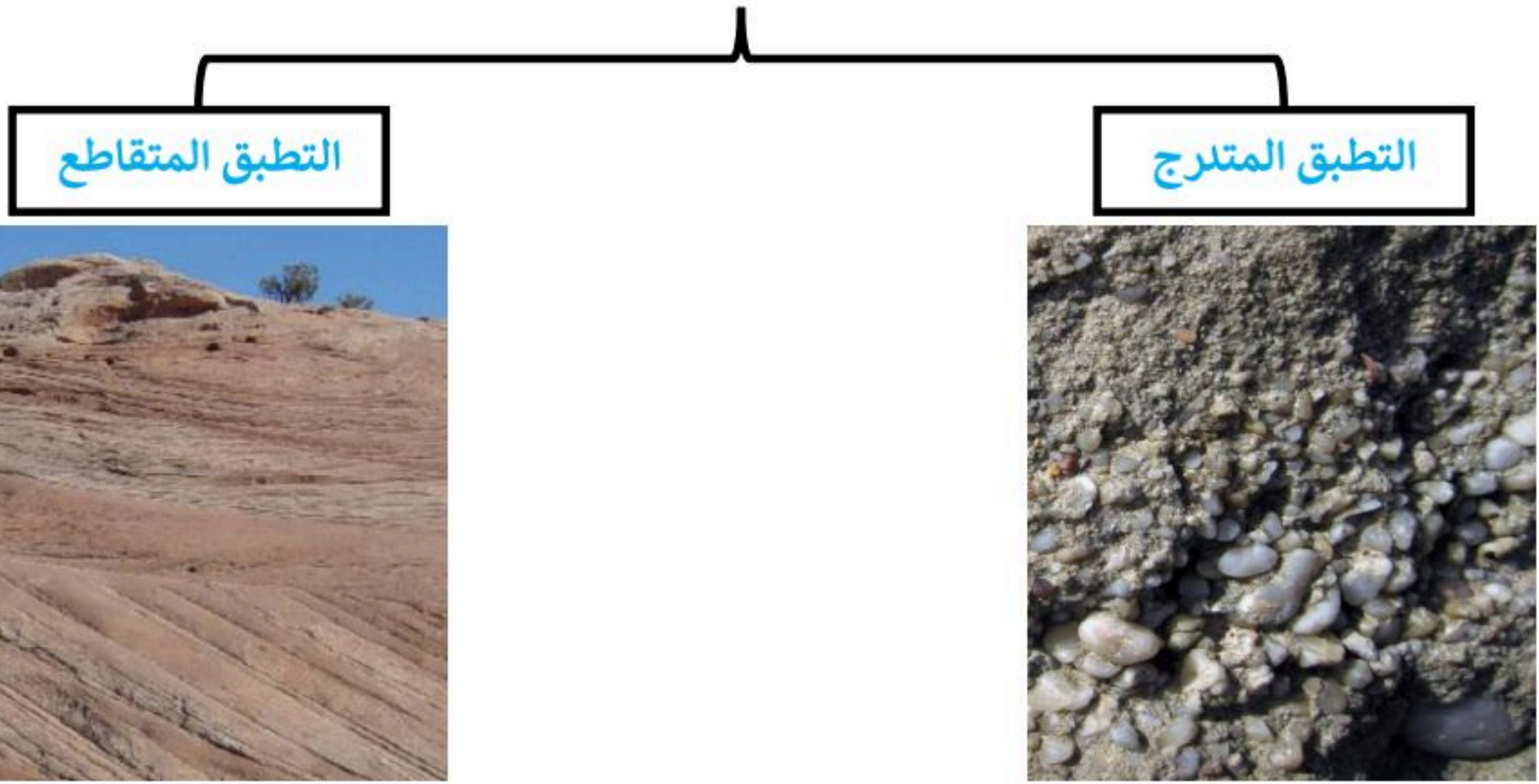
تحتوي الصخور الرسوبية على معالم وخصائص تفسر نشأتها وتاريخ المنطقة التي تشكلت فيها.



التطبيق:

- ترتب الصخور على هيئة طبقات أفقية يسمى **التطبيق**.
- التطبيق الأفقي هو الغالب والشائع في الصخور الرسوبية. **لماذا؟**
- يتراوح سمك الطبقة الواحدة بين مليمترات وعدة أمتار.

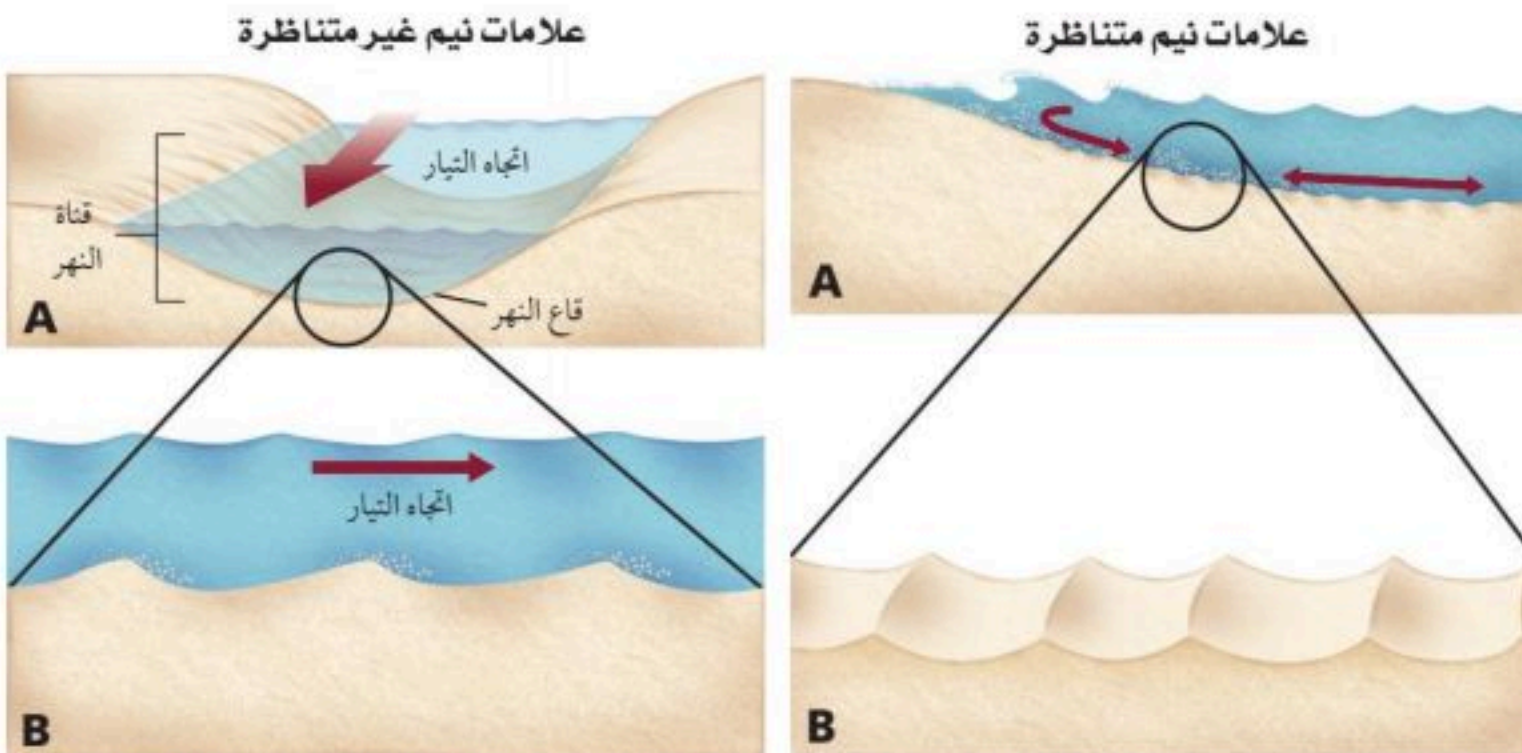
- هناك نوعان مختلفان من التطبيق، يعتمد كل منهما على طريقة النقل.



تترسب الطبقات مائلة نسبة إلى بعضها البعض

تترسب الحبيبات متدرجة في الحجم والوزن، فكلما اتجهنا إلى الأسفل زاد حجم الحبيبات.

يحدث في البيئات البحرية بسبب انخفاض سرعة التيارات الحاملة للفتات الصخري.



علامات النيم:

تتشكل عندما تترسب الرسوبيات في تموجات صغيرة بفعل الرياح أو الأمواج أو التيارات النهرية.

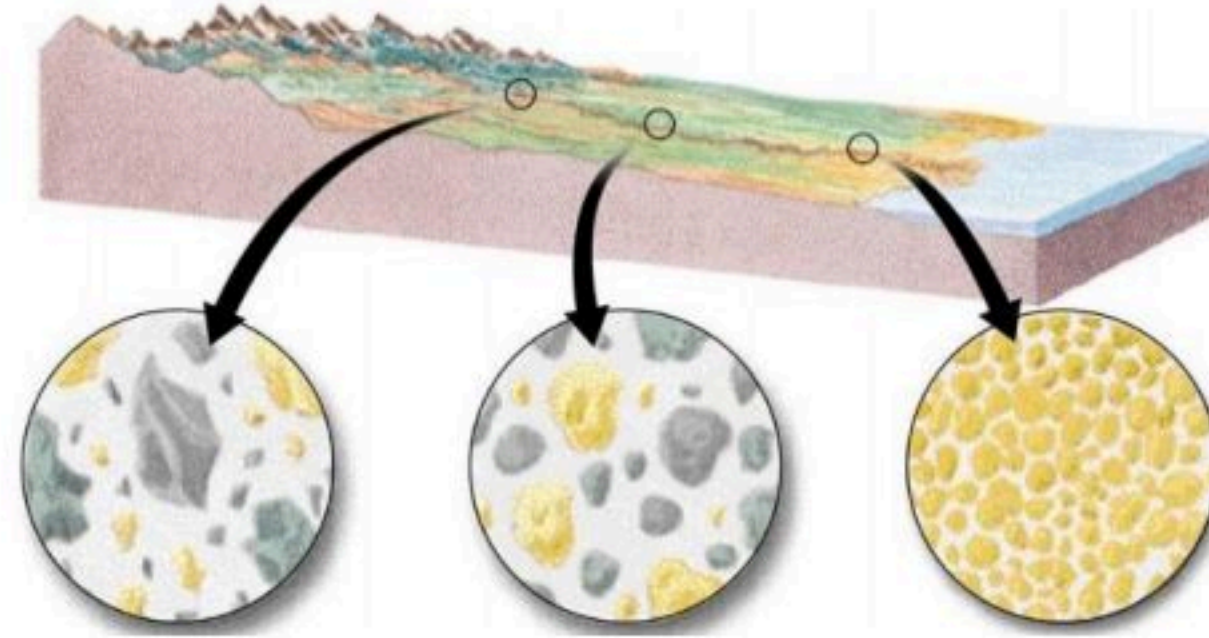
الفرز والاستدارة :

عند دراسة حواف حبيبات الرمل مثلاً نجد أن بعضها مدبب الحواف والبعض الآخر مستدير.



تأثر درجة الاستدارة بعاملين :

- 1- مسافة نقل الرسوبيات.
- 2- قساوة معادن الصخر



أدلة من الماضي (الأحافير) :

- تتميز الصخور الرسوبية بوجود الأحافير أحياناً ضمن طبقاتها.

الأحافير : هي كل ما يحفظ من بقايا أو آثار لمخلوقات عاشت في الماضي.

س/ لماذا يهتم علماء الأرض بدراسة الأحافير ؟

ج/ لأنها تزودهم بأدلة على أنواع المخلوقات التي عاشت في الماضي البعيد والبيئات القديمة.



4-4 أنواع الصخور الرسوبية

- أهداف الدرس : 1- تصف أنواع الصخور الرسوبية الفتاتية. 2- توضح كيفية تشكل الصخور الرسوبية الكيميائية. 3- تصف الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية

تصنيف الصخور الرسوبية

- تصنف الصخور الرسوبية إلى :
- الصخور الرسوبية الفتاتية.
 - الصخور الرسوبية الكيميائية.
 - الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية.

أولاً / الصخور الرسوبية الفتاتية :

- أكثر أنواع الصخور الرسوبية شيوعاً.
- تتشكل من تراكم الرسوبيات المفككة على سطح الأرض.
- كلمة فتاتي **Clastic** مأخوذة من الكلمة اليونانية [klastos] وتعني مكسرة.

- تصنف هذه الصخور بناءً على حجم حبيباتها إلى :



- مكونة من فتات بحجم الحصباء $>2\text{mm}$
- تحتاج عامل نقل ذو طاقة عالية.
- مثال : الكنجلوميريت - البريشيا.

خشنة الحبيبات



- مكونة من فتات بحجم حبيبات الرمل.
- الصخور الرملية تتميز بعدة معالم منها :
[علامات النيم - التطبق المتقاطع - المياه الجوفية].

متوسطة الحبيبات

- مثال : الحجر الرملي.

ملاحظة :

الحجر الرملي يتميز بمسامية عالية تجعله طبقة مهمة لاختزان المياه الجوفية.
المسامية : النسبة المئوية للفراغات الموجودة بين الحبيبات.

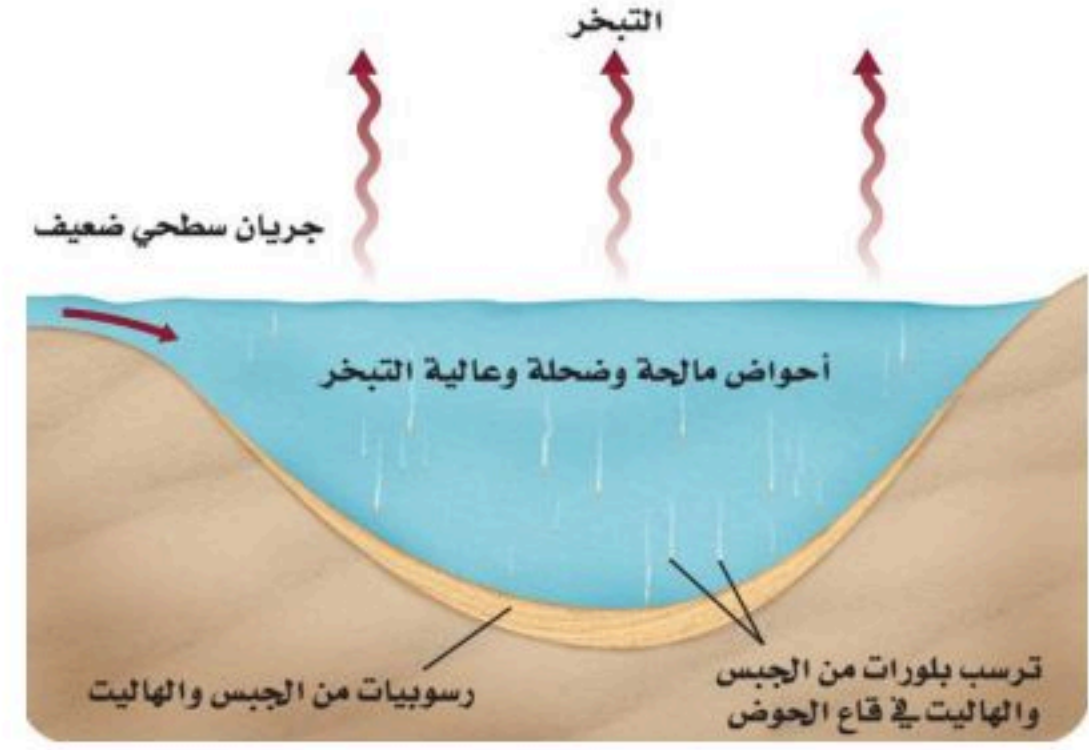


- مكونة من فتات بحجم حبيبات الطين.
- تتكون في بيئات ساكنة : البرك والمستنقعات.
- مثال : الحجر الطيني (طبقة عزلة).

ناعمة الحبيبات

الصخور الرسوبية الكيميائية والحيوية

- يتطلب تشكل الصخور الكيميائية والحيوية اشتراك عمليتي التبخّر و ترسيب المعادن.
- أثناء عملية التجوية تذوب المعادن في الماء وتُحمل إلى البحيرات والمحيطات.
- وعندما تتبخر المياه منها تبدأ المعادن المذابة بالترسب.
- في المناطق الجافة يزيد معدل التبخر فيزيد تركيز المعادن المترسبة [سبخة القصب غرب الرياض].



ثانياً / الصخور الرسوبية الكيميائية :

- عندما يزيد تركيز المعادن الذائبة في مسطح مائي عن حد الإشباع تترسب بلورات المعادن من المحلول، وتهبط إلى القاع ونتيجة لذلك تتشكل طبقات من الصخور الرسوبية الكيميائية تسمى **المتبخرات**.
- مثل طبقات الجبس الموجودة في عدة مناطق من المملكة [**مقنا - الخرج - بريدة**].

ثالثاً / الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية :

- تتكون من بقايا مخلوقات كانت تعيش في الماضي. أكثرها شيوعاً هو الحجر الجيري [**مكون من معدن الكالسيت**]. تستعمل بعض المخلوقات التي تعيش في المحيط معدن الكالسيت [**كربونات الكالسيوم**] المذاب في الماء لبناء أصدافها. إذا ماتت هذه المخلوقات ترسبت أصدافها في القاع لتدخل في تكوين طبقات الحجر الجيري.

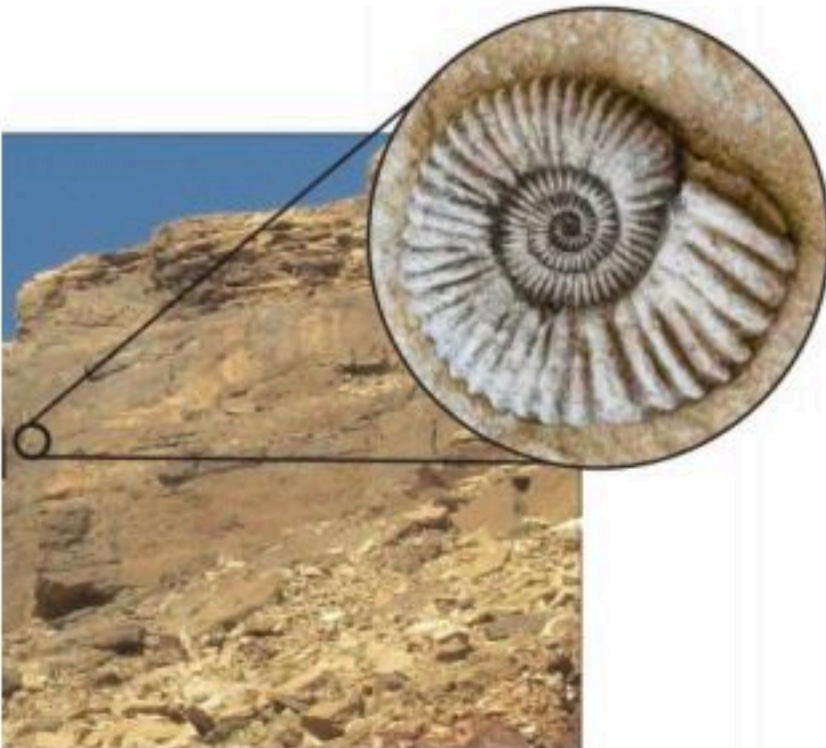
أمثلة :

- **الحجر الجيري ويستخرج من :**

[**أم الغربان - سدوس - الدرعية - الشعب المرجانية في البحر الأحمر**].

- **صخور الفوسفات وتستخرج من :**

[**حزم الجلاميد**].



راجع الجدول 2-4 في الكتاب ص 124

5-4 الصخور المتحولة

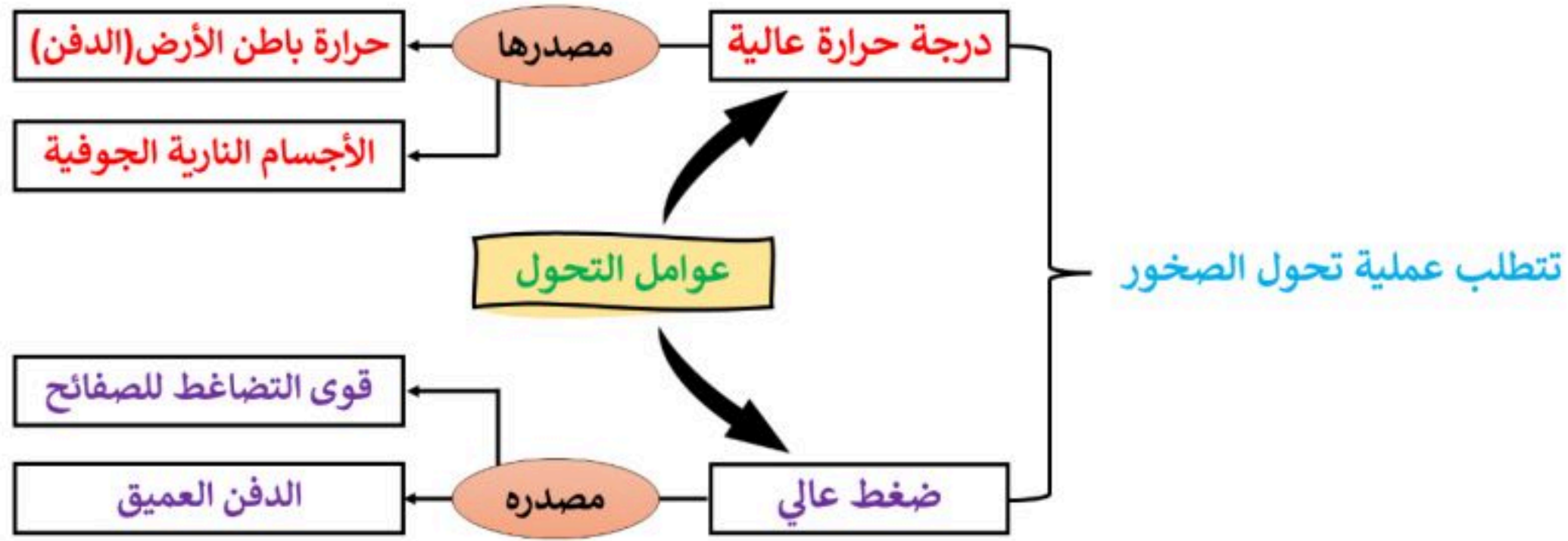
أهداف الدرس : 1- تقارن بين أنواع الصخور المتحولة وأسباب تشكلها. 2- تميز بين أنسجة التحول 3- تفسر كيفية حدوث التغيرات المعدنية والنسيجية في أثناء عملية التحول.

تعرف الصخور المتحولة

ترتفع درجة الحرارة ويزداد الضغط كلما تعمقنا في جوف الأرض وعندما ترتفع بالقدر الكافي فإن الصخور تنصهر.

س/ ماذا لو لم تنصهر الصخور تحت هذه الحرارة المرتفعة والضغط العالي؟

- إذا تعرض الصخر الناري أو الرسوبي إلى حرارة وضغط عاليين دون أن ينصهر (مرحلة ما قبل الانصهار) فإن نسيجه يتغير ومكوناته المعدنية أو الكيميائية تتغير.
- هذه العملية تسمى **تحول الصخر**.



معادن متحولة توجد بلوراتها بألوان وأشكال وأحجام متعددة وألوانها بين القاتم والفاتح

أنسجة المعادن المتحولة :

تصنف الصخور المتحولة إلى مجموعتين اعتماداً على النسيج.

1- صخور متحولة متورقة (صفائحية) .

تتميز بوجود المعادن في صفائح وأحزمة (خطوط)، وهذا ناتج عن الضغط العالي الذي تعرضت له أثناء التحول. مثل الشيست والنائيس.



2- صخور متحولة غير متورقة (غير صفائحية) .

تتميز الصخور المتحولة غير المتورقة بمعادن ذات بلورات كتلية الشكل. مثل الرخام والكوارتزيت.



- نادراً ما تُحفظ الأحافير في الصخور المتحولة. **لماذا** ؟

- الرخام من أهم الصخور المستخدمة في البناء [أرضيات المنازل] ويستخرج من عدة أماكن في المملكة، مثل :

- جبل خنوقة شمال شرق عفيف.

- جبل غرور ودمخ شمال غرب حلبان.

درجة التحول :

تفاوتت درجة التحول من صخر إلى آخر اعتماداً على :

1- درجة الحرارة والضغط

2- نوع الصخر الأصلي

[مرتفعة - منخفضة]

[المعادن المكونة له + النسيج]

أنواع التحول

- من خلال دراسة المعادن التي تشكلت والتغيير الذي حدث في الصخر يمكننا معرفة نوع التحول ودرجته.
- للتحول ثلاثة أنواع رئيسية :

التحول الحراري المائي

* يحدث عندما تتفاعل مياه ساخنة جداً مع الصخور وينتج عنه :

- تغير معدني.

- تغير كيميائي.

- تغير النسيج.

▪ يصاحبه تكون الخامات الاقتصادية.

[الذهب والنحاس]

التحول الإقليمي

* ينشأ عندما تتعرض مناطق واسعة من القشرة الأرضية لحرارة وضغط مرتفعين وينتج عنه :

- تغير معدني.

- تغير نوع الصخر.

- طي وتشويه للطبقات.

التحول التماسي

* عندما تكون الصهارة في تماس مع صخور صلبة يحدث تأثير محلي (محدود) بفعل حرارة عالية وضغط متوسط إلى منخفض.

* تنخفض درجة التحول كلما ابتعدنا من الجسم الناري.

الفصل الخامس : الصفائح الأرضية وآثارها

1-5 انجراف القارات

أهداف الدرس :

- 1- تتعرف الأدلة التي جعلت فاجنر يقترح أن القارات قد تحركت. 2- تناقش كيف دعم دليل المناخ القديم فرضية انجراف القارات.
- 3- توضح لماذا لم تحظ فرضية انجراف القارات بالقبول في البداية.

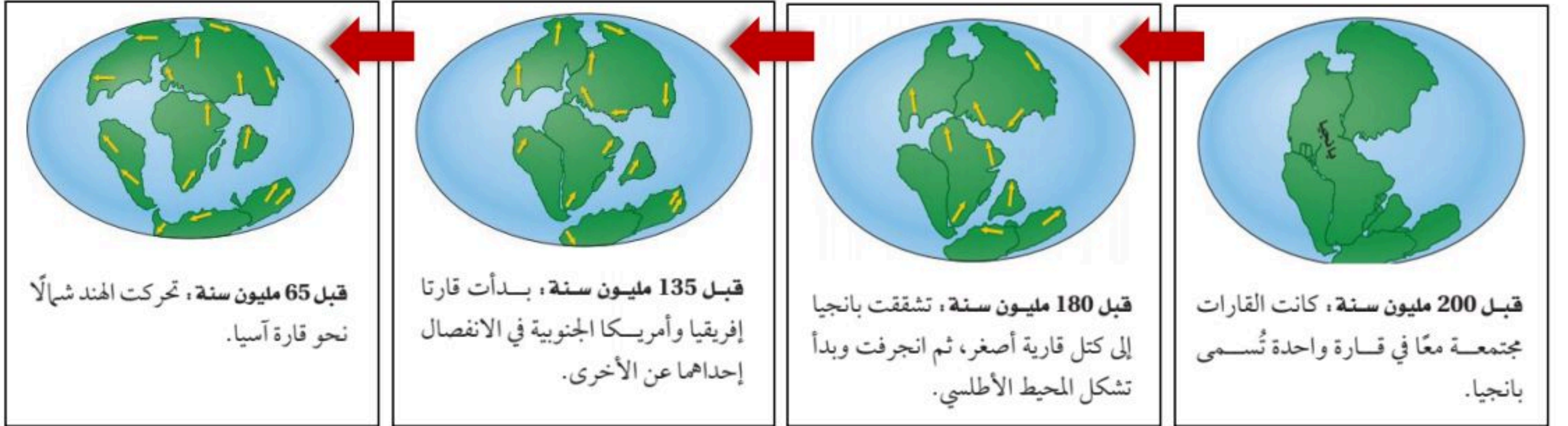
الملاحظات القديمة



في نهاية القرن الخامس عشر لاحظ الرسام الهولندي إبراهيم أورتيليوس تطابقاً بين حافات القارات على جانبي المحيط الأطلسي، فاقترح أن القارتين الأمريكيتين الشمالية والجنوبية **قد انفصلتا** عن قارتي أوروبا وإفريقيا بسبب الزلازل والفيضانات.

أول من اقترح فكرة حركة القارات هو العالم الألماني ألفريد فاجنر في فرضيته التي قدمها عام 1912م . حيث طور فكرة تسمى **الانجراف القاري**، وفيها :

- القارات كانت مجتمعة معاً في قارة واحدة ضخمة أسماها **بانجيا** [كلمة من أصل إغريقي تعني جميع اليابسة].
- بدأت بانجيا بالانقسام قبل حوالي 200 مليون سنة.
- انفصل بعضها عن بعض إلى أجزاء ثم انجرفت واستمرت في الحركة ببطء حتى وصلت مواقعها الحالية.



أدلة فاجنر على الانجراف القاري :

قدّم العالم فاجنر أدلة صخرية وأحفورية ومناخية على تطابق شواطئ القارات على جانبي المحيط الأطلسي.



الشكل 4-5 كانت القارات متصلة مع بعضها البعض قبل 200 مليون سنة وقد سميت بانجيا.



وقد رَجَّح الاحتمال الثاني

لاحظ فاجنر تشابه العديد من الطبقات الصخرية التي يزيد عمرها عن 200 مليون سنة في جبال الأبالاش في أمريكا الشمالية مع الطبقات التي في جرينلاند وأوروبا.

التكوينات
الصخرية

وجد فاجنر أدلة أحفورية كأحفورة الميزوسورس على جانبي شواطئ الأطلسي. الميزوسورس نوع من الزواحف التي تعيش في المياه العذبة.

الأحافير

وجد فاجنر أحفورة جلاسايتروس (نبات يعيش في مناخ معتدل) في أماكن متباعدة ذات مناخ مختلف أي أن هذه الأماكن المتباعدة كانت متقاربة وذات مناخ واحد.

المناخ
القديم

اعتبر فاجنر أن وجود طبقة من الفحم الحجري (بيئة مستنقعات) في القارة الجنوبية يدل قطعاً على أن القارة القطبية الجنوبية كانت تقع عند خط الاستواء أو قريباً منه.

الفحم
الحجري

اقترح فاجنر احتمالين لتفسير ترسبات الجليد: 1- أن القطب الجنوبي قد غيّر موقعه. 2- أن هذه القارات كانت في موقع القطب الجنوبي وغيرت مواقعها.

الترسبات
الجليدية

قصور في فرضية الانجراف القاري :

كانت الفكرة السائدة في المجتمع العلمي في مطلع القرن العشرين أن القارات وقيعان المحيطات هي معالم ثابتة لا تتغير مع الزمن، ورغم أن فاجنر حصل على عدة أدلة لدعم فرضيته وتغيير تلك الفكرة السائدة إلا أن فرضيته لم تُقبل في المجتمع العلمي آنذاك. وذلك لأنه لم يستطع تفسير ما يلي بشكل مقنع :

أولاً: لم توضح الفرضية على نحو مقنع القوة التي يتطلبها دفع الكتل الكبيرة من القارات ونقلها مسافات بعيدة.

رد فاجنر: دوران الأرض حول نفسها قد يكون هو القوة المسؤولة عن ذلك.

ثانياً: تساءل العلماء عن آلية حركة القارات؟

رد فاجنر: اقترح أن القارات تحركت فوق قيعان المحيطات الثابتة (كان يعتقد أن طبقة الستار صلبة).

أهداف الدرس:

- 1- تلخص الأدلة التي أدت إلى اكتشاف توسع قاع المحيط.
- 2- توضح أهمية الأنماط المغناطيسية في قاع المحيط.
- 3- توضح عملية توسع قاع المحيط.

رسم خرائط لقاع المحيط

اعتقد معظم الناس والعلماء حتى منتصف القرن الماضي أن :
- سطح قاع المحيطات عمومًا مستوي.
- القشرة المحيطية لا تتغير وهي أقدم عمراً من القشرة القارية.
أظهر تقدم التقنية فيما بعد أن هذه الاعتقادات **غير صحيحة**.

س/ ما التقنيات التي استخدمها العلماء لدراسة قاع المحيط؟

□ جهاز قياس المغناطيسية :

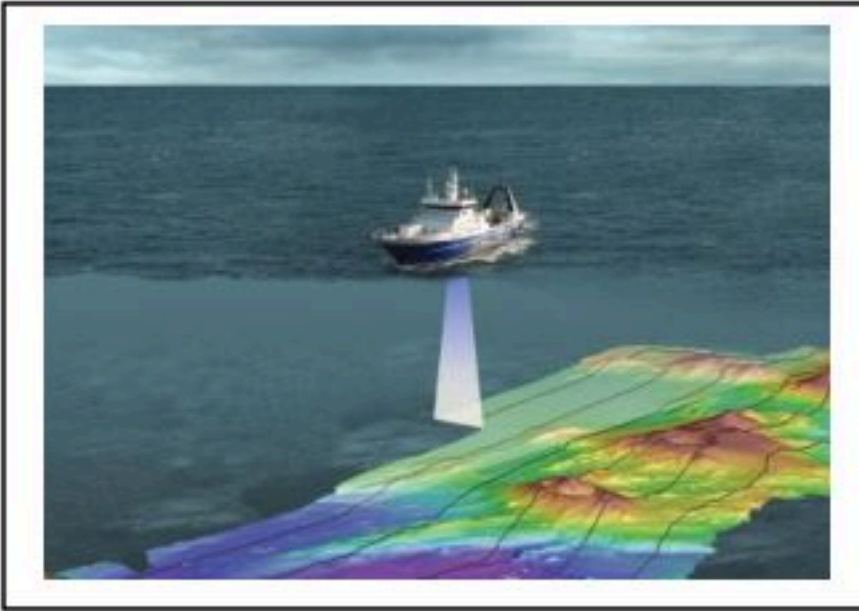
هو جهاز صغير يُستعمل للكشف عن التغيرات الطفيفة في المجالات المغناطيسية. يوصل خلف السفينة لتسجيل المجالات المغناطيسية لصخور قاع المحيط.



□ السونار :

أحد أدوات السبر الصوتي وهو جهاز يستعمل الموجات الصوتية لتحديد المسافات عن طريق قياس الزمن الذي تستغرقه الموجات المرسله من السفينة إلى قاع البحر حتى ارتدادها وعودتها إلى السفينة.

وبذلك يتم : - قياس عمق المياه. - رسم خريطة لتضاريس قاع المحيط.



تضاريس قاع المحيط

س/ كيف تصف تضاريس قيعان البحار والمحيطات؟

ساعدت الخرائط التي رُسمت باستعمال بيانات جهازي المغناطيسية والسونار في اكتشاف أن :
للمحيطات تضاريس كما لليابسة، فهناك الجبال والمرتفعات والمناطق المستوية والأخاديد العميقة.

من أهم هذه التضاريس التي أثارت فضول العلماء

الأخاديد البحرية

تعريف : أخاديد ضيقة عميقة تمتد طويلاً في قاع البحر آلاف الكيلومترات.
مثل : **أخدود ماريانا** (المحيط الهادي) : هو أعمق أخدود بحري إذ يزيد عمقه على 11 كلم.

ظهر المحيط

تعريف : سلسلة جبلية ضخمة تمتد تحت الماء على طول قيعان المحيطات في جميع أنحاء الأرض. **وتعتبر أطول سلسلة جبلية على كوكب الأرض.**
- **طولها :** 80 ألف كلم . - **ارتفاعها :** 3 كلم فوق قاع المحيط.
- تحدث الزلازل والبراكين على امتدادها بصورة مستمرة.

صخور ورسوبيات المحيطات

جمع العلماء عينات من صخور قاع المحيط ورسوبياته وحللوها وتوصلوا إلى اكتشافات مهمة، منها :

اختلاف أعمار الصخور عبر قاع المحيط وفق نمط معين يمكن توقعه : تزداد أعمار صخور القشرة المحيطية كلما ابتعدنا عن ظهر المحيط نحو القارات، وبصورة متناظرة على جانبيه.

الاكتشاف الأول

مرتبط بـ
أعمار الصخور

أقدم صخور قاع المحيط لا يزيد عمرها على 180 مليون سنة تقريباً : وهو عمر قصير مقارنة بعمر أقدم صخور القشرة القارية الذي لا يقل عن 3.5 مليار سنة.

سُمك رسوبيات المحيطات يصل إلى بضع مئات من الأمتار عادة : وهذا قليل جداً مقارنة بسُمك الصخور الرسوبية على القارات الذي يصل إلى 20 كلم.

الاكتشاف الثاني

مرتبط بـ
سُمك الرسوبيات

سُمك رسوبيات المحيطات يزداد مع زيادة البعد عن ظهر المحيط، وبصورة متناظرة على جانبيه : أي أن سُمك الرسوبيات مرتبط مع عمر القشرة المحيطية.

المغناطيسية

- يتكون اللب الخارجي معظمه من مصهور الحديد والنيكل، ويتحرك هذا المصهور مولداً تياراً كهربائياً للأرض، ينشأ عنه مجال مغناطيسي، ويؤدي ذلك إلى تكون قطبين مغناطيسيين [شمالي وجنوبي].

- يسمى اتجاه قطبي المجال المغناطيسي القطبية المغناطيسية العادية عندما يكون اتجاه قطبي الأرض المغناطيسيين نفسه كما هو في الوقت الحاضر.

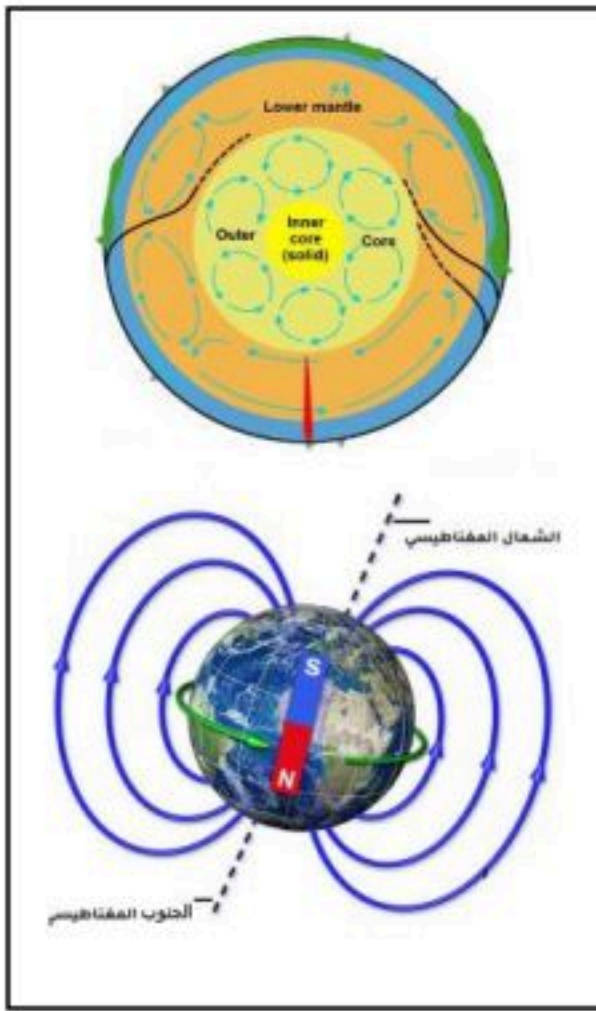
- عندما يتغير اتجاه حركة مصهور الحديد والنيكل في اللب الخارجي يتغير معه اتجاه سريان التيار الكهربائي، وبالتالي تتغير الأقطاب المغناطيسية الأرضية وتصبح قطبية مغناطيسية مقلوبة.

- تغير قطبية المجال المغناطيسي للأرض من عادية إلى مقلوبة يسمى: **الانقلاب المغناطيسي**.

- حدث الانقلاب المغناطيسي عبر تاريخ الأرض عدة مرات.

السلم الزمني للقطبية المغناطيسية :

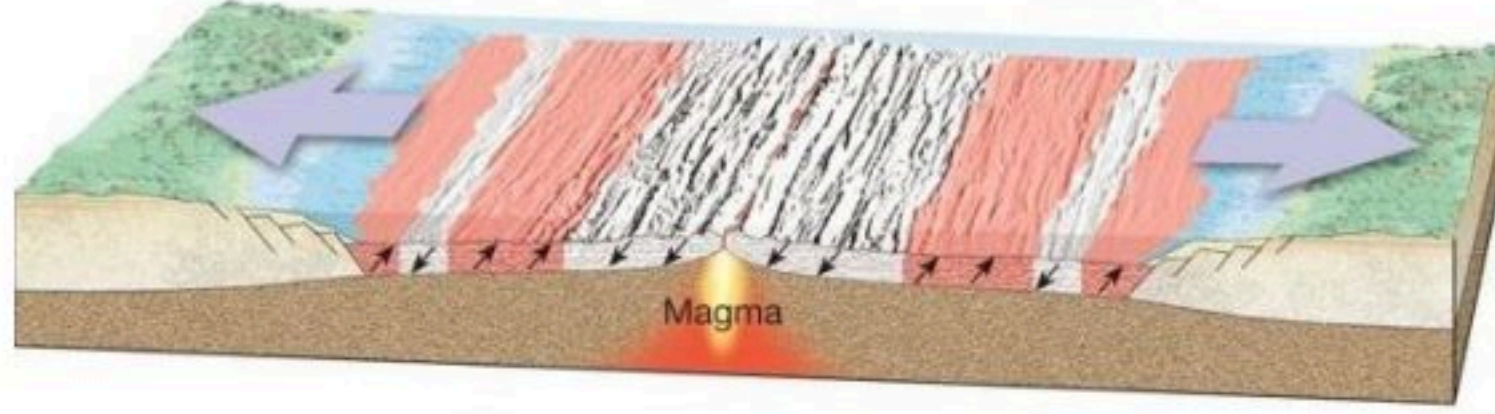
- **المغناطيسية القديمة** : هي دراسة لتاريخ المجال المغناطيسي للأرض.
- عندما تتبلور المعادن الغنية بالحديد (الماجنتيت) فإنها تتصرف أثناء تبلورها مثل البوصلة أي أنها تتخذ اتجاه المجال المغناطيسي للأرض.
- من خلال دراسة العديد من عينات الصخور حول العالم ومعرفة المغناطيسية القديمة استطاع العلماء بناء **السلم الزمني المغناطيسي**.



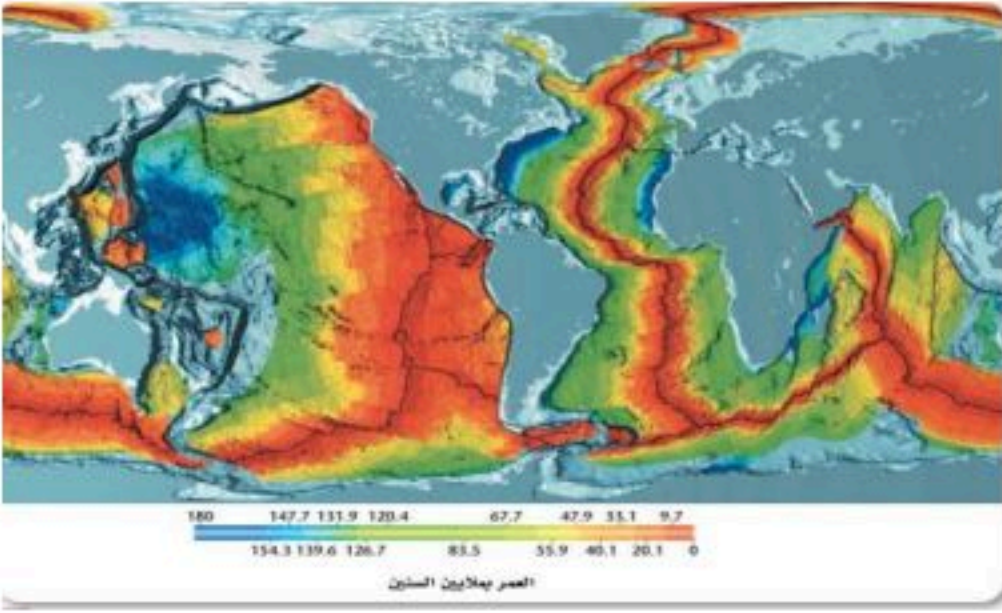
التمائل المغناطيسي :

معظم القشرة المحيطية مكونة من صخور بازلتية وتحتوي على كميات كبيرة من الحديد لذلك افترض العلماء أن هذه الصخور تحتفظ بسجلات للانقلابات المغناطيسية. وقاموا باستخدام جهاز قياس المغناطيسية وحصلوا على نتائج مذهلة :

- وجود سلسلة من أشرطة مغناطيسية موازية لظهر المحيط.
- هذه الأشرطة ذات قطبية مغناطيسية عادية ومقلوبة بصورة متعاقبة ومتوازية.
- أعمار هذه الأشرطة المغناطيسية وعرضها متماثلة على جانبي ظهر المحيط.



استطاع العلماء تحديد عمر قاع المحيط من خلال مقارنة الأنماط المغناطيسية المقلوبة في قاع المحيط بمثيلاتها المعروفة على اليابسة. وقد مكنتهم هذه الطريقة من إعداد خرائط تساوي العمر لجميع قيعان المحيطات.



خط تساوي العمر : خط وهمي على الخريطة يصل بين نقاط لها نفس العمر.

القشرة المحيطية الحديثة توجد قريباً من ظهور المحيطات والقديمة تكون على طول الأخاديد البحرية.

توسع قاع المحيط

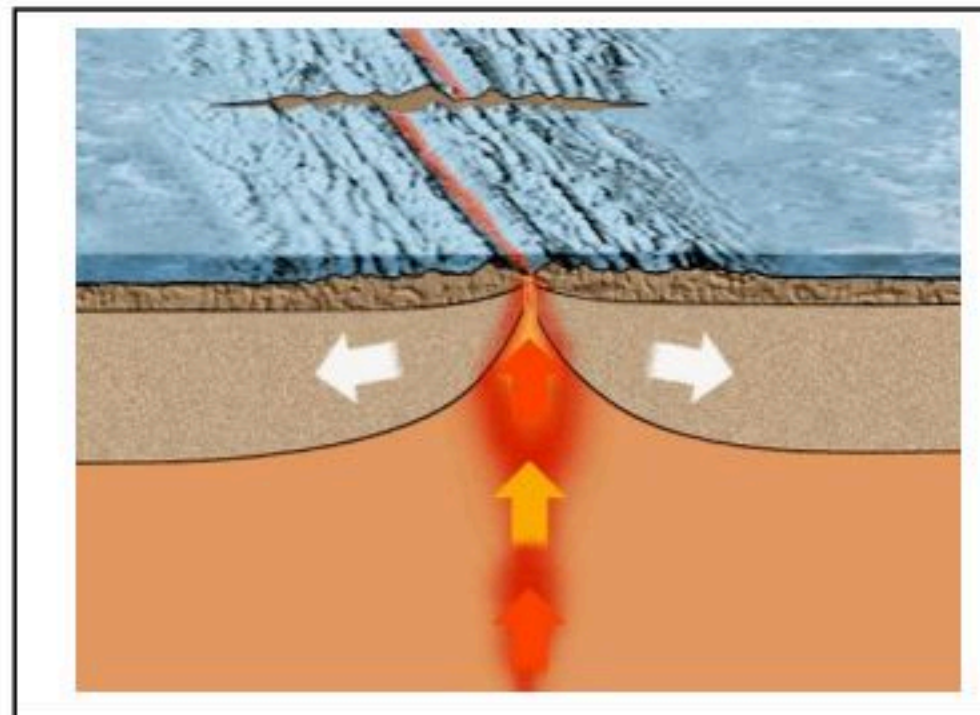
وُضعت فرضية **توسع قاع المحيط** بناءً على بيانات تضاريس قاع المحيط ورسوبياته ومغناطيسيته القديمة. وتنص على أن : القشرة المحيطية الجديدة تتشكل عند **ظهور المحيطات**، وتستهلك عند **الأخاديد البحرية**.

س / كيف تحدث عملية توسع قاع المحيط؟

ج / تندفع الصهارة إلى أعلى لأنها أسخن وأقل كثافة من الصخور التي حولها وتملأ الفراغات الناتجة عن ابتعاد جانبي ظهر المحيط، وعندما تتصلب الصهارة تتشكل قشرة محيطية جديدة تضاف إلى سطح الأرض. مع استمرار اندفاع الصهارة إلى الأعلى تستمر عملية تكوين قشرة جديدة وبالتالي اتساع قاع المحيط.

العالم ألفرد فاجنر لم يستطع تفسير كيف تحركت القارات وسبب حركتها.

والإجابة تكمن في فرضية توسع قاع المحيط وليس كما اقترح فاجنر عندما قال أن القارات تندفع فوق قشرة المحيط.



أهداف الدرس:

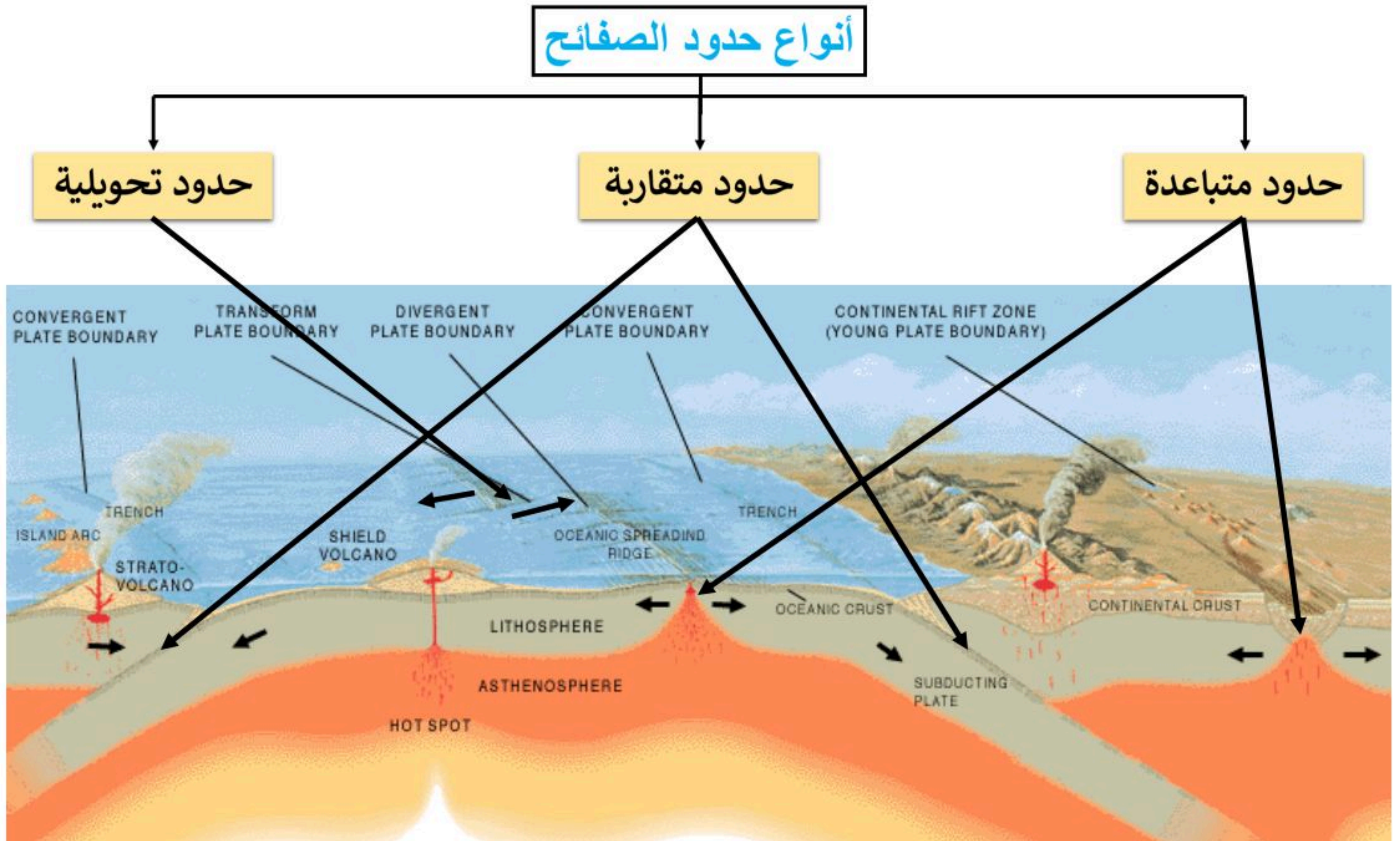
- 1- تصف كيف تتشكل معالم الأرض بفعل حركة الصفائح الأرضية.
- 2- تقارن بين أنواع حدود أنواع الصفائح الأرضية الثلاث والمعالم المرتبطة بها.
- 3- توضح العمليات الجيولوجية المصاحبة لنطاقات الطرح.
- 4- تلخص كيف ترتبط حركة الصفائح مع تيارات الحمل.
- 5- تقارن بين عمليتي الدفع عند ظهر المحيط والسحب للصفحة.

نظرية حركية الصفائح

القشرة القارية والقشرة المحيطية مكونة من صفائح ضخمة تسمى: [الصفائح الأرضية] هي قطع ضخمة من الغلاف الصخري الذي يتكون من القشرة الأرضية وأعلى الستار الصلب، تتطابق حوافها مع بعض لتغطي سطح الأرض.

- تتكون الصفائح الأرضية من عدد من الصفائح الرئيسة ومجموعة من الصفائح الصغيرة.
- تتحرك هذه الصفائح حركة بطيئة جداً (بضعة سنتيمترات في السنة).
- تتحرك في اتجاهات مختلفة وبمعدلات مختلفة.

س/ ما هي أنواع حدود الصفائح؟ وماذا ينتج عن حركة كل نوع؟



أنواع حدود الصفائح

حدود تحويلية

الحدود التحويلية (جانبية) :

- هي المناطق التي تتحرك عندها صفيحتان أفقياً إحداهما بجانب الأخرى.
- تحدث على صدوع طويلة قد تمتد لمئات الكيلومترات.
- ينتج عنها حدوث زلازل ضحلة على طول هذه الصدوع.
- مثل : **صدع البحر الميت - صدع سان أندرياس في أمريكا**.
- تتشوه وتتكرر القشرة على طول هذه الحدود.

حدود متقاربة

الحدود المتباعدة :

- هي المناطق التي تبعد عندها الصفائح بعضها عن بعض.
- توجد معظمها على امتداد قاع المحيط في **حفر الانهدام**.
- هي منخفضة طولي ضيق يتكون نتيجة تباعد الصفائح.
- عند هذه الحدود تبدأ عملية توسع المحيط.
- تحدث عندها البراكين والزلازل والتدفق الحراري.
- إذا حدثت في **القارات** نتج عنها حفر انهدام وتتطور فيما بعد لتشكيل حوض محيط جديد.

الحدود المتقاربة

هي المناطق التي تقترب عندها الصفائح من بعضها

عند اصطدام صفيحتان ذات كثافة مختلفة فإن الصفيحة الأعلى كثافة **تنزلق (تغوص) تحت الأقل كثافة** وهذه العملية تسمى **الطرح**.

قاري - قاري

ينتج عنها :

ارتفاع الصخور وطبها في منطقة التصادم وبالتالي تتشكل سلسلة جبال ضخمة.

مثل :

جبال الهملايا

منطقة التبت شمال الهند

محيطي - قاري

ينتج عنها :

- أخاديد بحرية.
- سلسلة جبال وكانية.

مثل :

جبال الأنديز

أخدود بيرو - تشيلي

جانبى ساحل أمريكا الجنوبية

محيطي - محيطي

ينتج عنها :

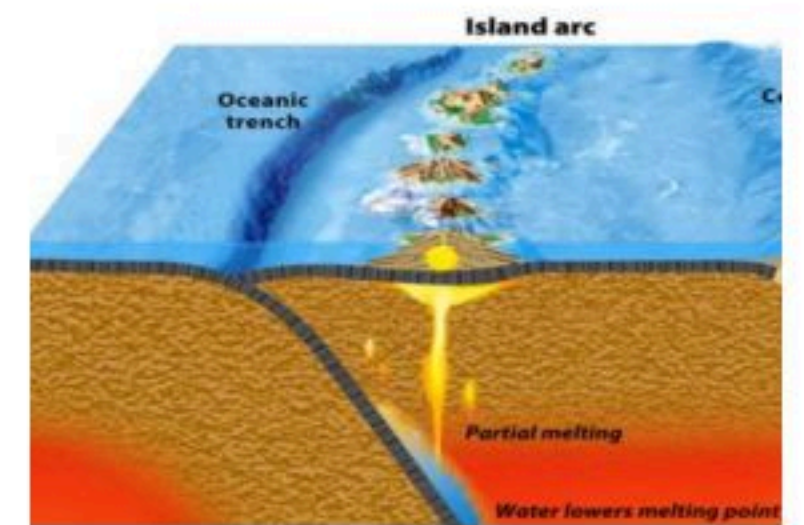
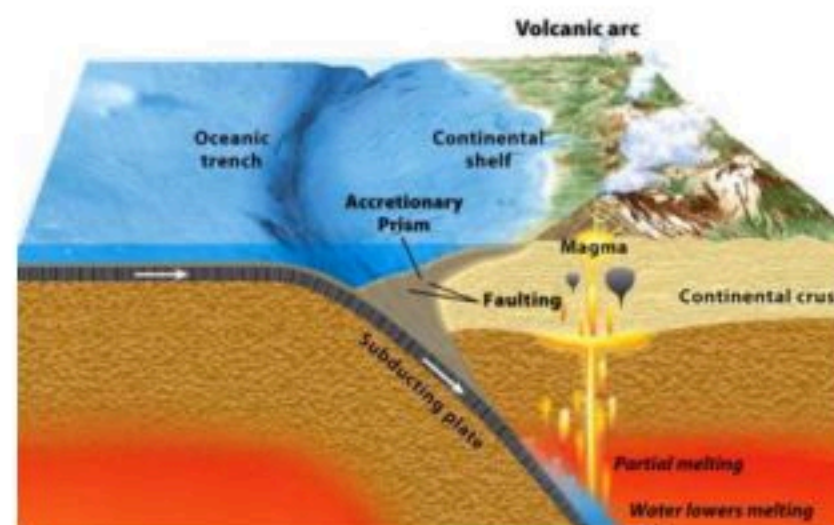
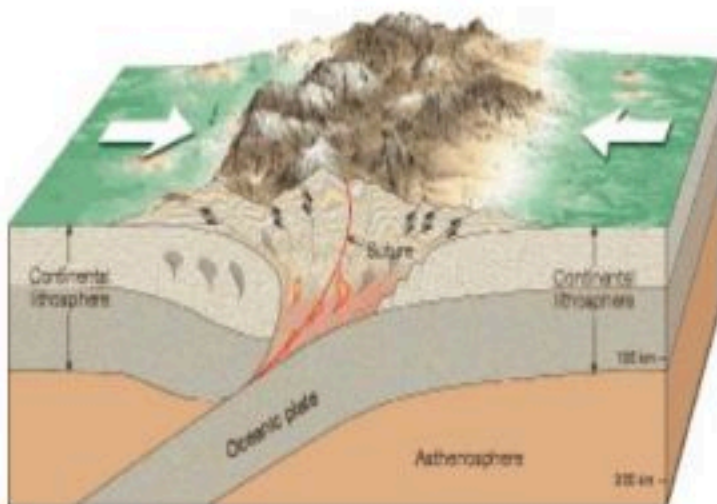
- أخاديد بحرية.
- جزر وكانية.

مثل :

أخدود وجزر ماريانا

أخدود وجزر ألوشيان

غرب وشمال المحيط الهادي



أسباب حركة الصفائح

وضع العلماء الكثير من الفرضيات لتفسير أسباب حركة الصفائح. ومن هذه الفرضيات :
تيارات الحمل :

يعتقد العلماء أن **تيارات الحمل في الستار هي المسؤولة عن تحريك الصفائح.**

وتحدث بسبب اختلاف درجة الحرارة وبالتالي الكثافة بين مناطق معينة في الستار. فإذا ارتفعت درجة حرارة منطقة معينة تنخفض كثافة المواد المكونة لها فترتفع إلى أعلى وتحل محلها المواد الأقل حرارة والأعلى كثافة، وتأتي على شكل تيار يتحرك تحت الصفائح ثم يغوص ببطء إلى أسفل محرراً معه الصفائح التي تعلوه.



- تتدفق تيارات الحمل بمعدلات تصل إلى بضعة سنتيمترات في السنة.
ويعتقد العلماء أنها تبدأ الحركة بسحب الصفائح الغاطسة إلى أسفل في الستار.

الدفع والسحب :

هناك عمليات تحدد كيف تؤثر تيارات الحمل في حركة الصفائح.

نتيجة لزيادة وزن الجزء المرتفع والمنحدر لظهر المحيط تُدفع الصفائح المحيطية نحو الأخدود عند نطاق الطرح.

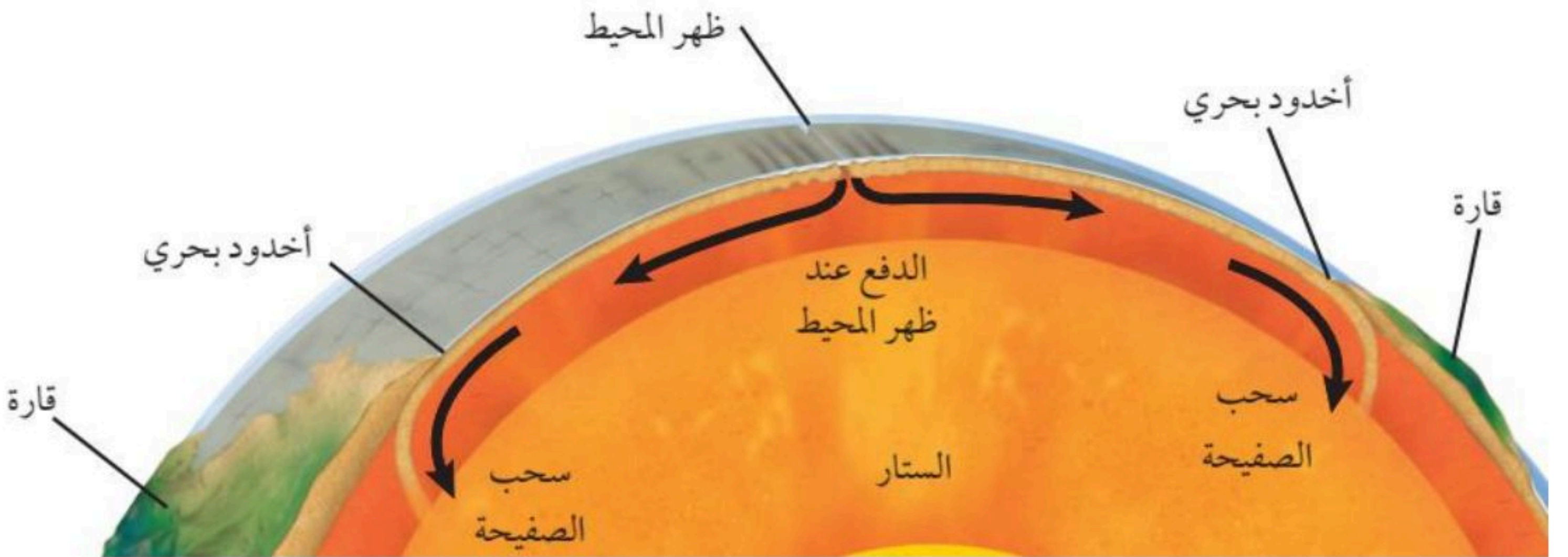
الدفع عند
ظهر المحيط

العملية
الأولى

يؤدي وزن الجزء الغاطس من الصفائح إلى سحب الجزء المتبقي منها نحو نطاق الطرح.

سحب
الصفائح

العملية
الثانية



نهاية الفصل الخامس

أ. محمد عتيق

الفصل السادس : البراكين والزلازل

1-6 ما البركان ؟

أهداف الدرس :

- 1- تصف كيف تؤثر حركة الصفائح في تشكل البراكين.
- 2- تحدد المناطق الرئيسية للنشاط البركاني.
- 3- تتعرف أجزاء المركان.
- 4- تميز بين التضاريس البركانية.
- 5- تقارن بين أنواع البراكين.

مناطق النشاط البركاني

الصهارة [Magma] :

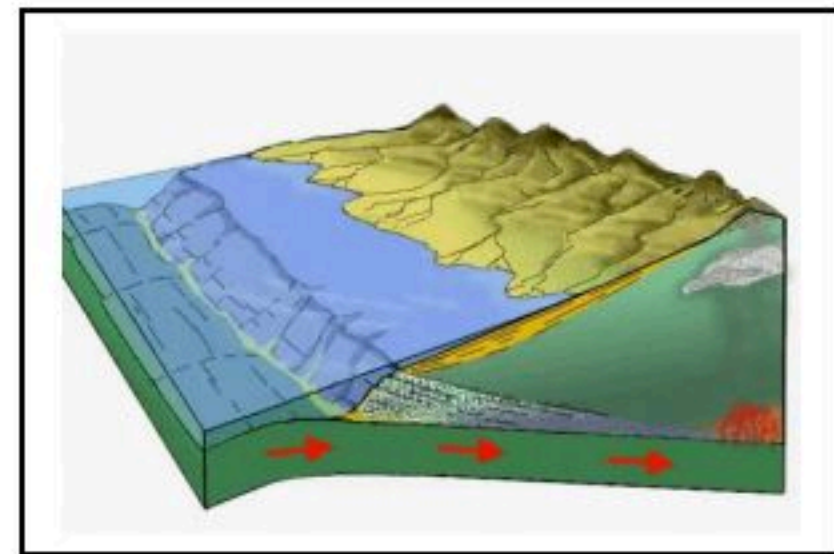
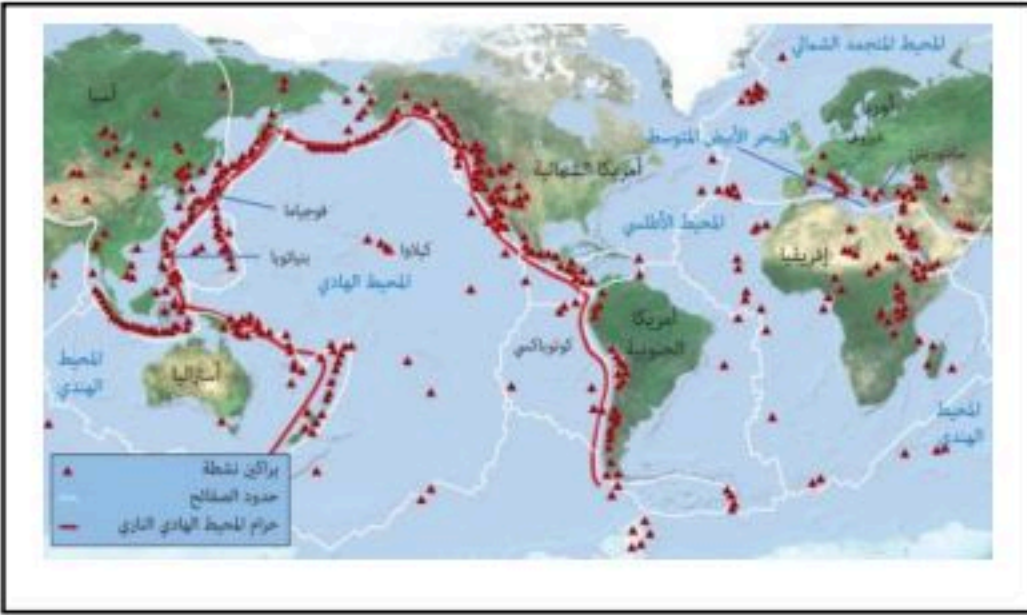
هي مخلوط من الصخور المصهورة والبلورات المعدنية والغازات.

- تعتبر مصدر البراكين إذ تصعد إلى أعلى نحو سطح الأرض بسبب انخفاض كثافتها مقارنة بصخور الستار والقشرة الأرضية.
- عندما تخرج الصهارة إلى سطح الأرض تسمى **اللابة [Lava]**.

النشاط البركاني :

هو جميع العمليات المصاحبة لخروج الصهارة والسوائل الساخنة والغازات من سطح الأرض.

- يثور 60 بركان تقريباً في مواقع مختلفة على الأرض في السنة الواحدة.
- تتجمع معظم البراكين في مناطق حدود الصفائح المتقاربة والمتباعدة.



* النشاط البركاني عند الحدود المتقاربة :

- عند التقاء صفيحة محيطية بصفيحة أخرى أقل منها كثافة فإن الصفيحة المحيطية تغوص تحت الأخرى.
- تتشكل الصهارة بفعل الانصهار الجزئي للصفيحة الغاطسة.
- تصعد الصهارة إلى الأعلى وتختلط بصخور ومعادن الصفيحة العلوية مكونة البراكين.

- معظم البراكين على اليابسة ناتجة عن تقارب صفيحة قارية مع أخرى محيطية، وتتميز هذه البراكين بشدة انفجاراتها.

تتركز معظم البراكين عند الحدود المتقاربة في حزامين رئيسيين

حزام حوض البحر المتوسط

حزام المحيط الهادي

يمتد على حدود صفائح أوراسيا وإفريقيا والعربية مثل : بركان فيزوف في إيطاليا.

يحيط بسواحل المحيط الهادي ويعرف بـ **حلقة النار** مثل : بركان بيناتوبو في الفلبين.

تركيب البركان



باستمرار انسياب اللابة وتراكمها مع الزمن يتكون جبل يسمى البركان.

قناة البركان

تندفع الصهارة من حجرة الصهارة باتجاه السطح مروراً بتركيب يشبه الأنبوب يسمى **قناة البركان**.

فوهة البركان

تخرج الصهارة إلى السطح من خلال **فوهة البركان**. هي المنخفض الذي يوجد في قمة البركان.

جبل البركان

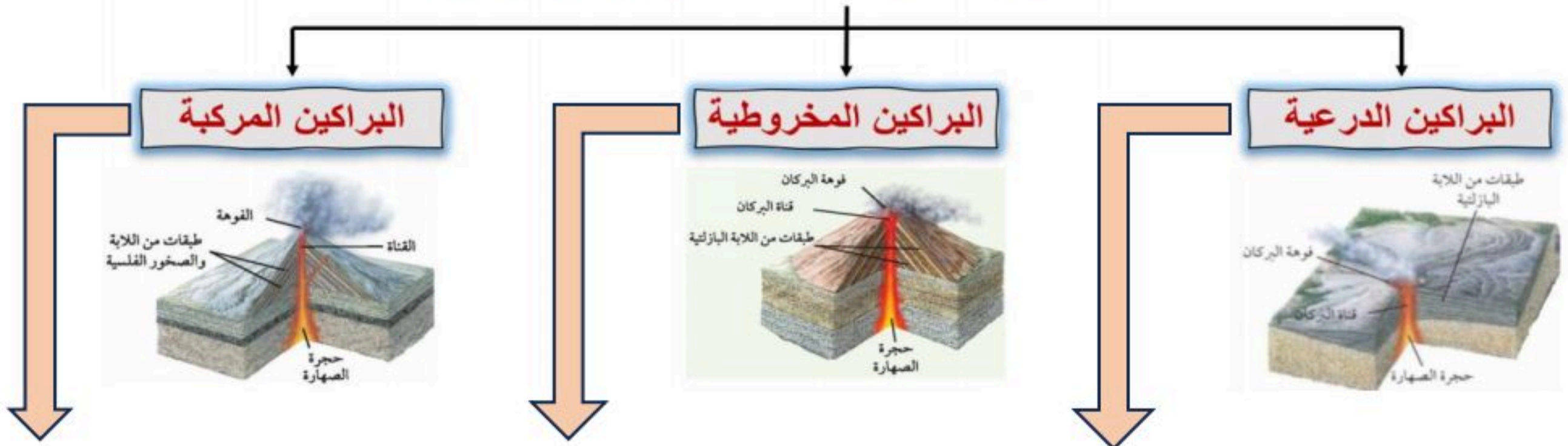
أجزاء البركان

- عند انهيار قمة البركان أو جوانبه - بعد إفراغ حجرة الصهارة من مكوناتها - تتكون فوهة بركانية جديدة تسمى **الفوهة البركانية المنهارة**. وفيما بعد قد تمتلئ هذه الفوهة بالمياه.
- **قطر فوهة البركان**: لا يتجاوز 1 كلم.
- **قطر فوهة البركان المنهارة**: قد يصل إلى 50 كلم.

أنواع البراكين

يعتمد مظهر البركان على عاملين: 1- نوع المواد المكونة للبركان. 2- نوع الثورات البركانية التي تحدث.

وبناءً عليها هناك ثلاثة أنواع من البراكين



الحجم	أضخم الأنواع الثلاثة	أصغر الأنواع الثلاثة	أكبر من البراكين المخروطية
شدة الثوران	هادئة	عنيفة	تعاقب بين العنيفة والهادئة
الشكل	قليلة الانحدار- تمتد مسافات طويلة	شديدة الانحدار وشكلها مخروطي	تشكل جبال طويلة شامخة
التركيب	طبقات متعاقبة من اللابة البازلتية	لاية بازلتية في العادة	طبقات متعاقبة من اللابة
مثال	جبل الملساء - حرة رهاط	حرة الشاقة - مدينة العيص	جبل القدر - حرة خيبر

2-6 الثورانات البركانية

أهداف الدرس :

- 1- توضح كيف يؤثر نوع الصهارة في النشاط البركاني.
- 2- تصف دور الضغط والغازات الذائبة في الثورانات البركانية.
- 3- تتعرف المواد التي تقذفها الثورانات البركانية.

تشكل الصهارة

س / لماذا تختلف البراكين في قوة ثورانها (هادئة أحياناً وشديدة الانفجار أحياناً أخرى)؟
ج/ يعتمد النشاط البركاني وخصائص اللابة على : مكونات الصهارة.

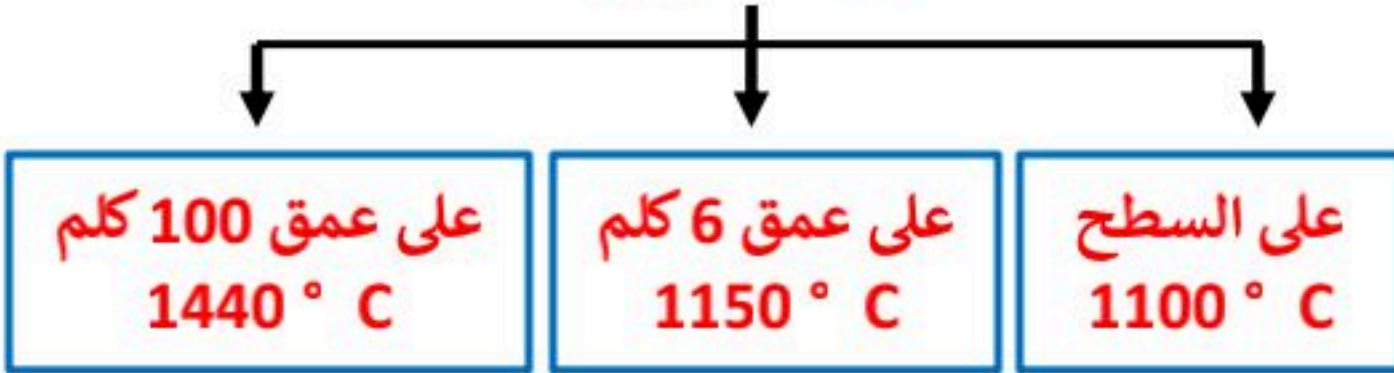
لفهم سبب اختلاف الثورانات البركانية، لابد من معرفة كيف تنصهر الصخور لتشكيل الصهارة.

هناك عاملين لهما تأثير كبير على انصهار الصخور

الضغط

يزداد الضغط بزيادة العمق وزيادة وزن الصخور
زيادة الضغط يؤدي إلى رفع درجة الانصهار

مثال : صخر الألبيت
درجة انصهاره



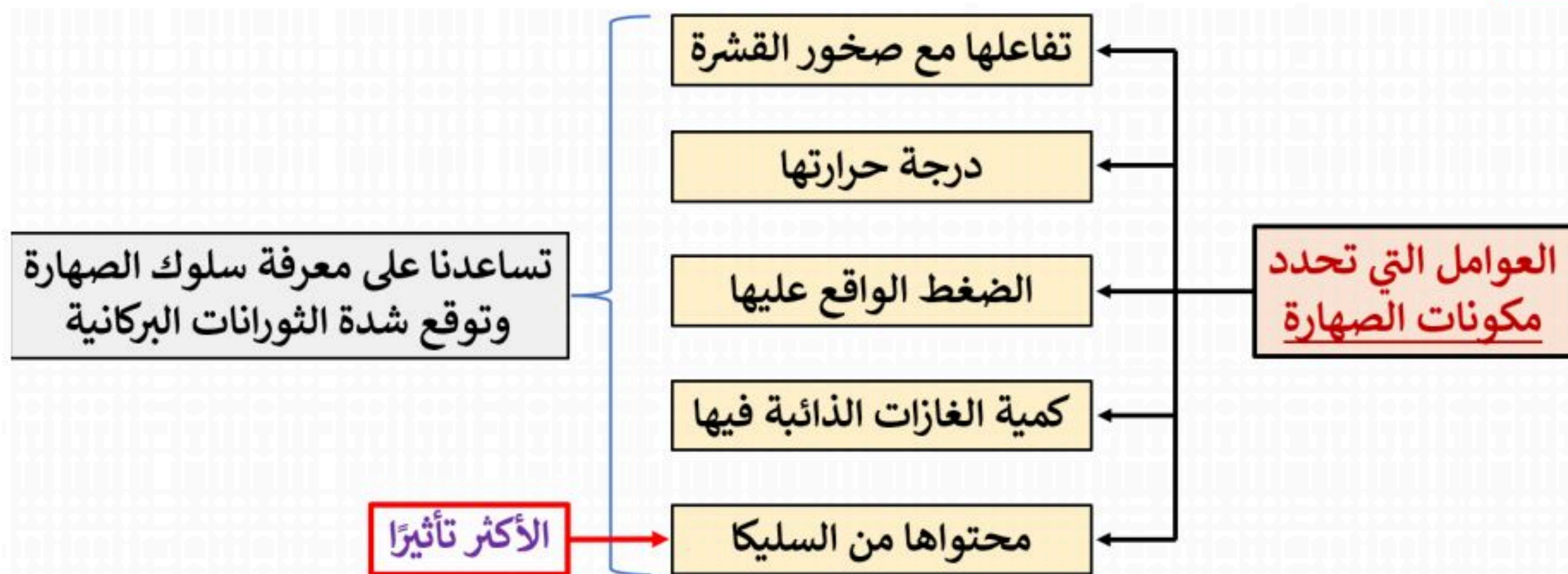
درجة الحرارة

تنصهر معظم الصخور
تحت حرارة 800 - 1200 س

ويعتمد ذلك على كلٍ من



مكونات الصهارة



ملاحظة : محتوى الصهارة من السليكا يحدد درجة اللزوجة.

الغازات الذائبة : تزداد شدة الانفجار البركاني بزيادة الغازات الذائبة في الصهارة.

أهم الغازات الذائبة في الصهارة :

- بخار الماء (أكثرها أهمية .. لماذا ؟ لأنه يحدد أين يمكن أن تتكون الصهارة).
- ثاني أكسيد الكربون.
- ثاني أكسيد الكبريت.
- كبريتيد الهيدروجين.

اللزوجة : اللزوجة هي خاصية فيزيائية تصف مقاومة المواد للتدفق.

- درجة حرارة الصهارة.

- محتوى الصهارة من السيليكا.

تتأثر اللزوجة بكلٍ من :

انخفاض نسبة السيليكا في الصهارة ينتج عنه :

- انخفاض اللزوجة (سائلة مثل الماء).
- ثورانات هادئة وسرعة في تدفق الصهارة.

زيادة نسبة السيليكا في الصهارة ينتج عنه :

- زيادة اللزوجة (كثافة القوام مثل العسل).
- احتفاظ الصهارة بالغازات الذائبة.

- **لزوجة الصهارة وبالتالي كيفية تدفق اللابة.**

- **شدة ثوران البركان.**

- **نوع الصخر البركاني الذي سيتشكل حينما تبرد الصهارة.**

محتوى الصهارة من السيليكا يحدد :

أنواع الصهارة

ريوليتية	أنديزيتية	بازلتية	الصهارة
أعلى من 60%	50 - 60%	أقل من 50%	نسبة السيليكا
مرتفعة	متوسطة	منخفضة	اللزوجة
بطيء (لزجة)	متوسط	سريع (سائلة)	التدفق
شديدة (متفجرة)	متوسطة	هادئة	شدة الثوران
كمية عالية	كمية متوسطة	كمية بسيطة	الغازات الذائبة المحصورة
جبل حرة شامة	تامبور (اندونيسيا)	حرة كشب	مثال

ريوليتية	أنديزيتية	بازلتية	صورة
<ul style="list-style-type: none">• مصدرها مواد القشرة القارية.• نسبة محتواها من السيليكا يزيد على 60%.• تتورق بصورة الفجارات عالية.  <p>صهارة ريوليتية ، لزوجتها كبيرة</p>	<ul style="list-style-type: none">• مصدرها مواد القشرة المحيطية والرسوبية.• يتراوح محتواها من السيليكا بين 50-60%.• تتورق بصورة الفجارات.  <p>صهارة أنديزيتية ، لزوجتها متوسطة</p>	<ul style="list-style-type: none">• تتفاعل بكميات قليلة مع صخور القشرة الأرضية العلوية.• محتواها من السيليكا قليل، لذا لتدفق بسهولة.• تتورق بصورة هادئة دون الفجارات.  <p>صهارة بازلتية ، لزوجتها منخفضة</p>	

الثورانات البركانية :

الثورانات البركانية المتفجرة

عندما تكون اللابة غنية بالسليكا (لزجة) فإنها :

لا تتدفق اللابة بحرية عبر فوهة البركان، بل تتراكم وبسبب تجمع الغازات تخرج في صورة انفجارات عنيفة، حيث تُقذف اللابة والصخور في الهواء.



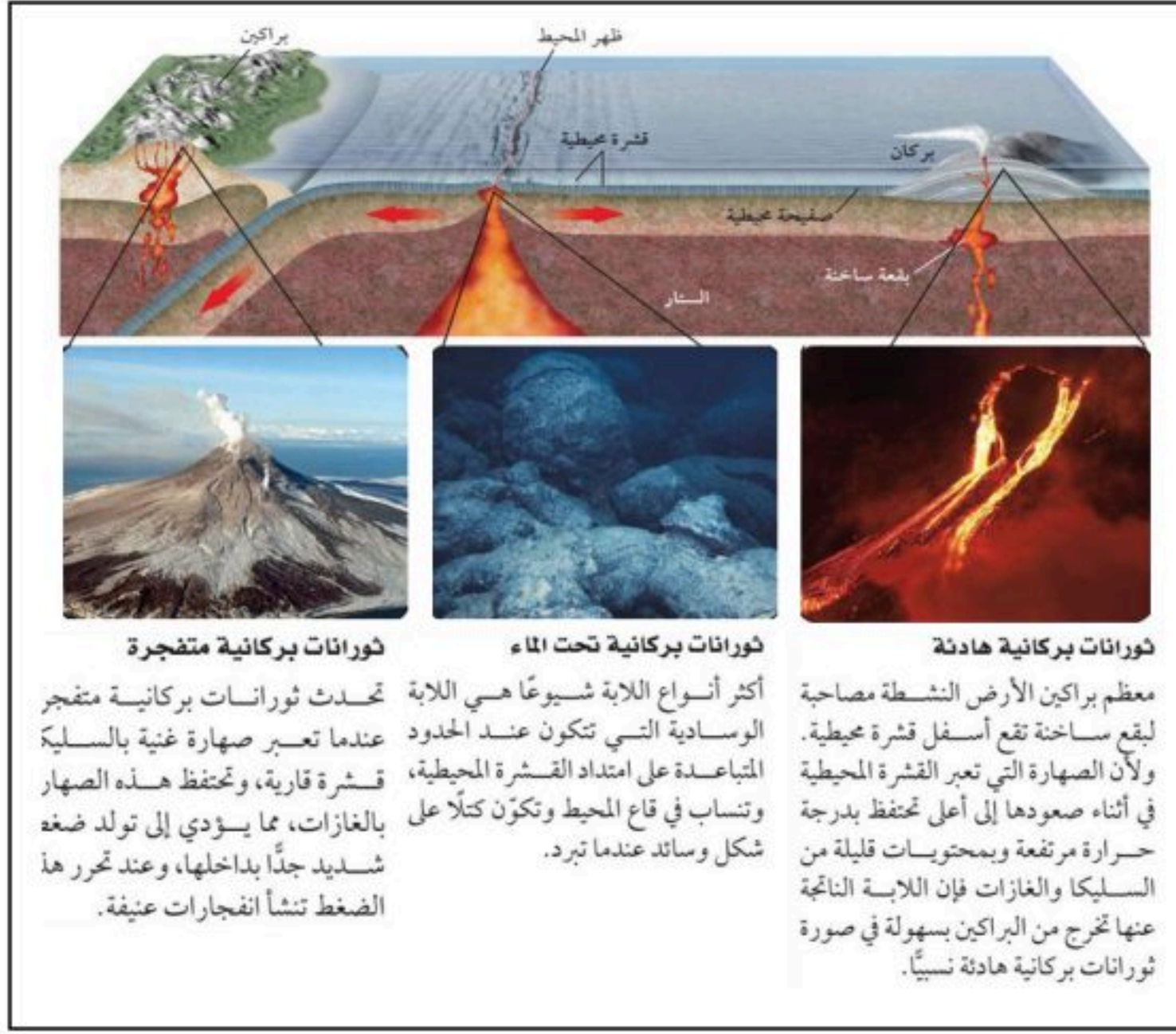
المقذوفات البركانية الصلبة

هي شظايا من الصخور قذفت في الهواء أثناء الثوران البركاني.

وتصنف بحسب حجمها إلى :

- رماد بركاني [حجمها أقل من 2 ملم].

- كتل بركانية [حجمها أكبر من 2 ملم].



- قد يصل الرماد البركاني إلى ارتفاع 40 كلم في الغلاف الجوي أثناء الثوران البركاني وهذا ما يشكل خطراً على الطائرات، كما يمكن أن يغير حالة الطقس.

- تسمى الغيوم المكونة من المقذوفات البركانية الصلبة الممزوجة بالغازات الساخنة **تدفق الفتات البركاني**.
- قد تُقذف هذه المواد نحو المنحدر بسرعة 200 كلم/ ساعة، وقد تزيد درجة حرارتها الداخلية على 700 س.

3-6 الأمواج الزلزالية وبنية الأرض

أهداف الدرس :

- 1- تقارن بين أنواع الأمواج الزلزالية الثلاثة.
- 2- تصف كيف يعمل مقياس الزلازل (السيزمومتر).
- 3- تفسر كيف استعملت الأمواج الزلزالية في معرفة مكونات باطن الأرض وتكوينها.

الأمواج الزلزالية

تنتج معظم الزلازل نتيجة للصدوع التي تتعرض لها الصخور.

أنواع الأمواج الزلزالية :

عندما يحدث زلزال في منطقة ما فإنه يُطلق أمواج تنتشر في الأرض، تسمى **الأمواج الزلزالية**.
ولها ثلاثة أنواع :

النوع	سبب التسمية	السرعة	طريقة الانتشار	ملاحظات
الموجات الأولية P	لأنها أول الموجات وصولاً لمركز الرصد	أسرعها ١٤-٦ كلم/ث	تضاغطات وتخلخلات	تسمى الموجات الجسمية .. لماذا ؟ تنشأ من بؤرة الزلزال
الموجات الثانوية S	لأنها ثاني الموجات وصولاً لمركز الرصد	أبطأ من الأولية ٧-٣ كلم/ث	أعلى وأسفل متعامدة مع اتجاه الحركة	الأكثر تدميراً لماذا ؟ تنشأ من المركز السطحي للزلزال
الموجات السطحية L	لأنها تنتقل على سطح الأرض	أبطأها متوسط ٤ كلم/ث	حركة جانبية إلى أعلى وإلى أسفل	

ملاحظة : سرعة الأمواج غير موجودة في الكتاب ذكرتها لتتضح المعلومة

الموجات الأولية والثانوية تنتشر في داخل الأرض لذلك سميت بالموجات الجسمية.
الموجات السطحية تنتشر على سطح الأرض لذلك فهي تشكل الخطر الأكبر على المنشآت العمرانية.

نشأة الأمواج الزلزالية :

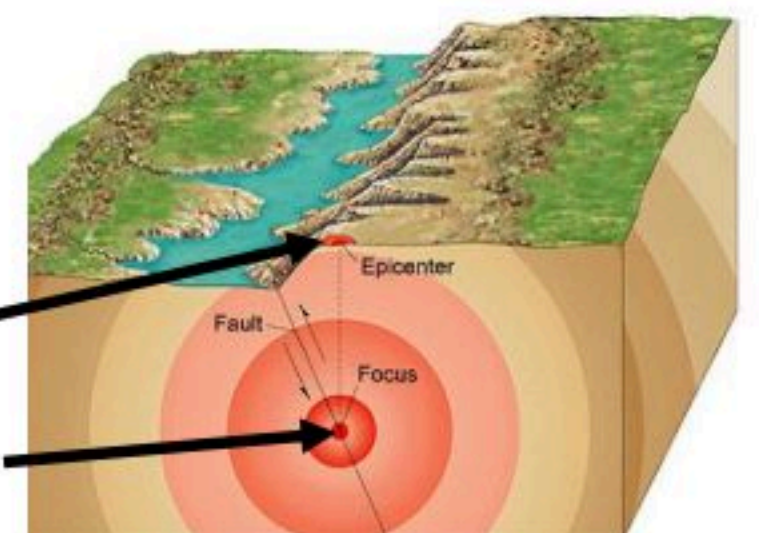
تنشأ في نقطة الكسر في صخور القشرة الأرضية.
تنتشر في جميع الاتجاهات.
تنطلق من **بؤرة الزلزال** الموجودة غالباً على عمق عدة كيلومترات.

الأمواج الجسمية
[الأولية - الثانوية]

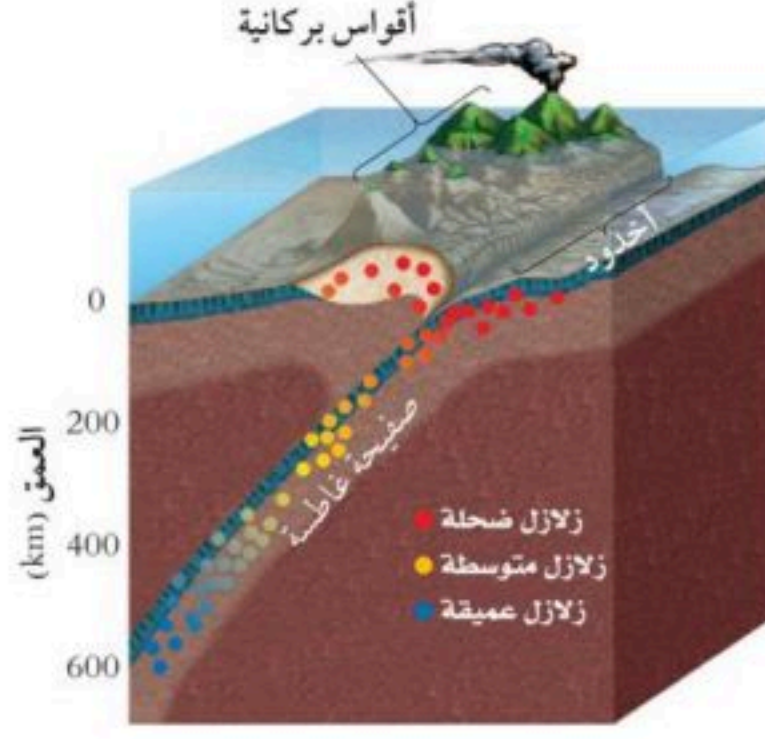
تنتشر قريباً من سطح الأرض.
تنطلق من **المركز السطحي للزلزال** الموجود فوق بؤرة الزلزال مباشرة.

الأمواج السطحية

المركز السطحي للزلزال : هو نقطة على سطح الأرض تقع مباشرة فوق بؤرة الزلزال.
بؤرة الزلزال : نقطة الكسر في صخور القشرة الأرضية التي تنشأ منها الأمواج الزلزالية الجسمية.



تصنيف الزلازل حسب عمق البؤرة إلى :

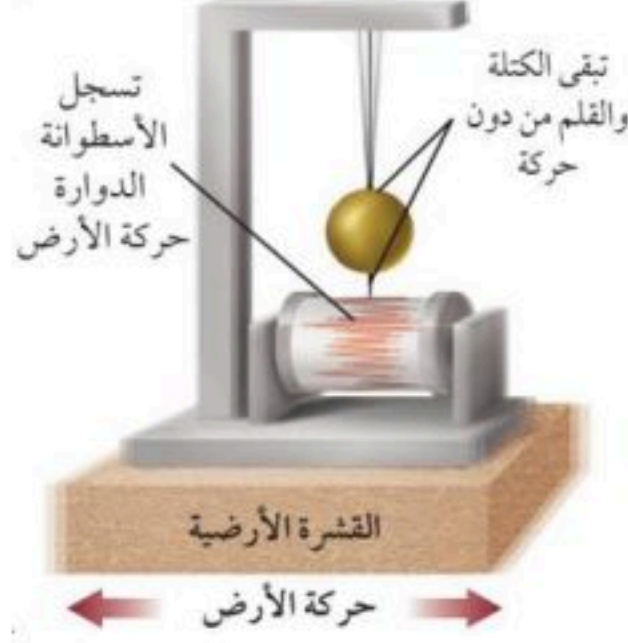


1- الزلازل الضحلة : تنشأ على عمق أقل من 70 كلم (الأكثر تدميراً).

2- الزلازل المتوسطة : تنشأ على عمق 70 - 300 كلم.

3- الزلازل العميقة : تنشأ على عمق 300 - 700 كلم.

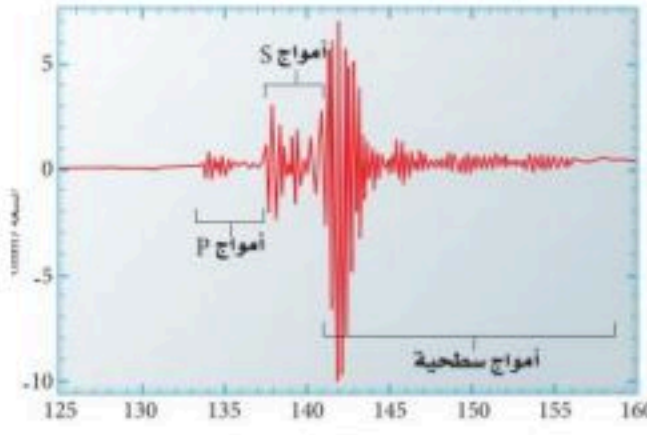
مقياس الزلازل ومخططه



- كلما ابتعدنا عن بؤرة الزلازل قلت قوة الأمواج الزلزالية.
- لا يمكن الإحساس بالاهتزازات الناتجة عن الأمواج الزلزالية على مسافات بعيدة عن المركز السطحي، ولكن يمكن اكتشافها عن طريق جهاز مقياس الزلازل (السيزمومتر).

- يتم تسجيل حركة الأرض على أداة للتسجيل كالورقة.

- يسمى السجل الناتج عن جهاز السيزمومتر : مخطط الزلازل (السيزموجرام).



البعد عن المركز السطحي للزلازل :

الفارق الزمني بين وصول الأمواج الزلزالية لمحطة الرصد :

◀ يزيد كلما زاد البعد عن مركز الزلازل السطحي.

◀ يكون أكبر في محطات الرصد البعيدة.

◀ يستعمل لحساب بُعد المركز السطحي عن محطة الرصد.

أدلة على بنية الأرض الداخلية

توفر الأمواج الزلزالية معلومات قيمة للعلماء تمكنهم من بناء نموذج عن بنية الأرض الداخلية.

* مكونات الأرض :

الأمواج الزلزالية تغير مسارها وسرعتها عندما تواجه حدوداً فاصلة بين طبقتين مختلفتين في مكوناتها.

من بذلك استطاع العلماء أن يستنتجوا معلومات هامة منها :

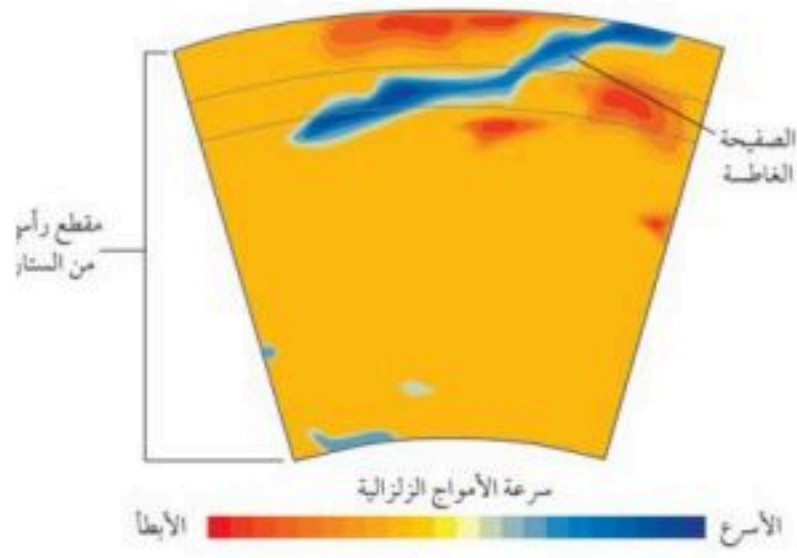
- تحديد سمك طبقات الأرض.

- الستار العلوي يتكون من صخر البيروكسينيت.

- اللب الخارجي يتكون من مصهور الحديد والنيكل.

- اللب الداخلي صلب ويتكون من الحديد والنيكل.

* تصور باطن الأرض :

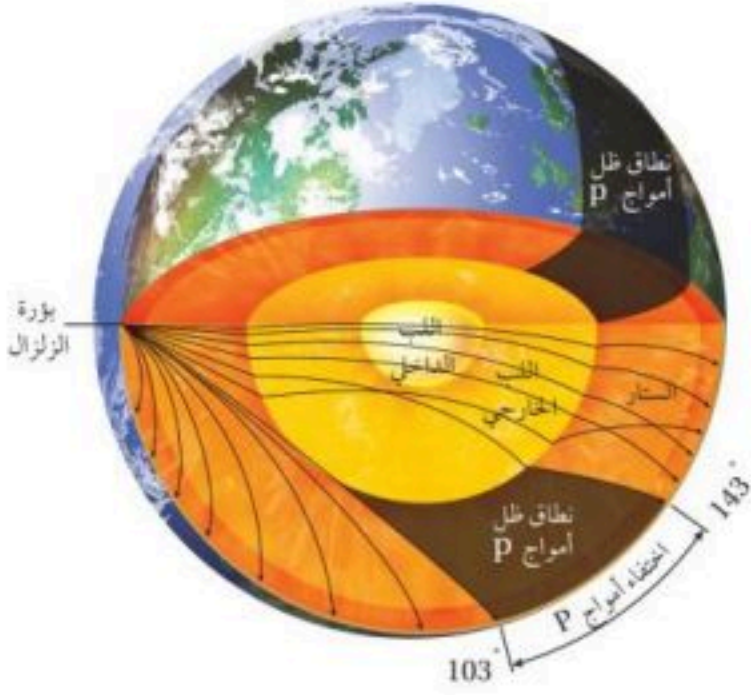


تتأثر سرعة الأمواج الزلزالية بعوامل أخرى غير العمق منها درجة الحرارة كما في الصورة المقابلة التي تُظهر زيادة في سرعة الأمواج أثناء عبورها الصفيحة الغاطسة.

* بنية الأرض الداخلية :

تتغير سرعة الأمواج الزلزالية واتجاهها عندما تواجه مواد مختلفة في باطن الأرض.

انتشار الأمواج الأولية P :

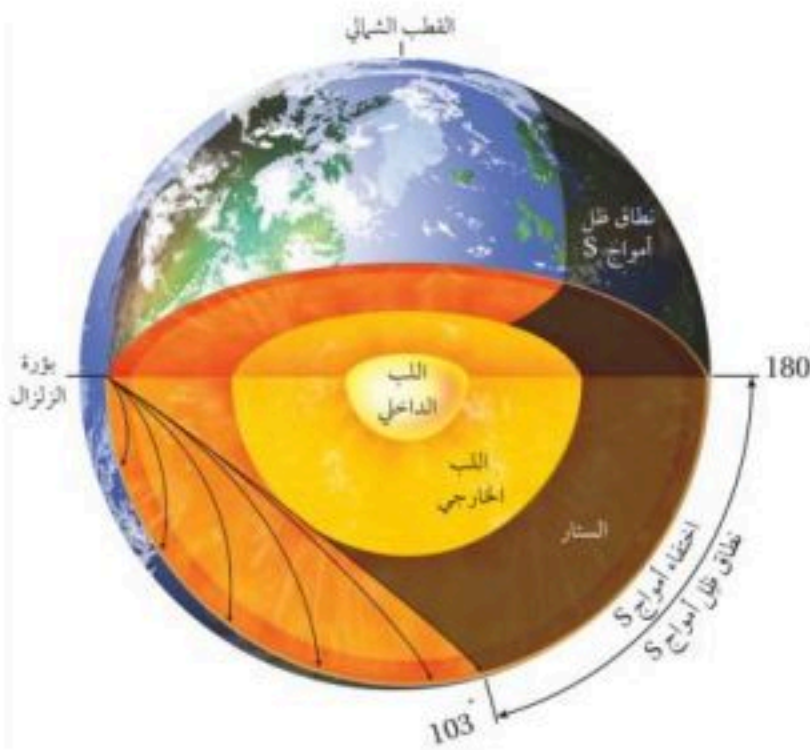


يؤدي انكسار أمواج P عند اللب الخارجي إلى تكوين نطاق ظل على سطح الأرض، بحيث لا تظهر أمواج P على السيزموجرام على البعد الزاوي بين 103 و 143 درجة عن المركز السطحي للزلزال، ثم تظهر مرة أخرى في الجانب المقابل بين 143 إلى 180 درجة.

انتشار الأمواج الثانوية S :

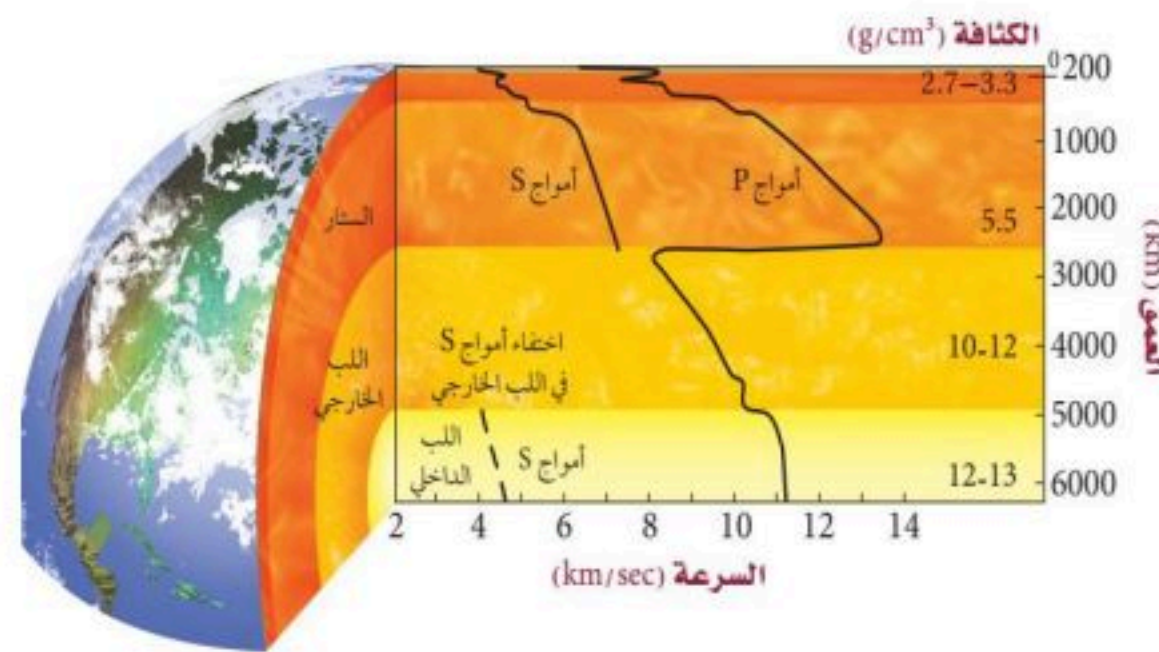
تتميز الأمواج الثانوية S أنها لا تمر عبر الأوساط السائلة .

لا تظهر ضمن نطاق البعد الزاوي ما بين 103 - 180 درجة عن المركز السطحي للزلزال، لذلك استنتج العلماء أن جزء من باطن الأرض يوجد في الحالة السائلة القليلة اللزوجة.



من خلال دراسة سلوك الأمواج الزلزالية عند عبورها جوف الأرض توصل العلماء إلى أن :

- لب الأرض الخارجي سائل.
- اللب الداخلي صلب.



4-6 قياس الزلازل وتحديد أماكنها

أهداف الدرس :

- 1- تقارن بين قوة الزلزال وشدته استنادًا إلى المقاييس المختلفة.
- 2- تصف أحزمة زلازل الأرض.
- 3- تفسر لماذا نحتاج إلى ثلاث محطات رصد لتحديد موقع المركز السطحي للزلزال.

قوة الزلزال وشدته

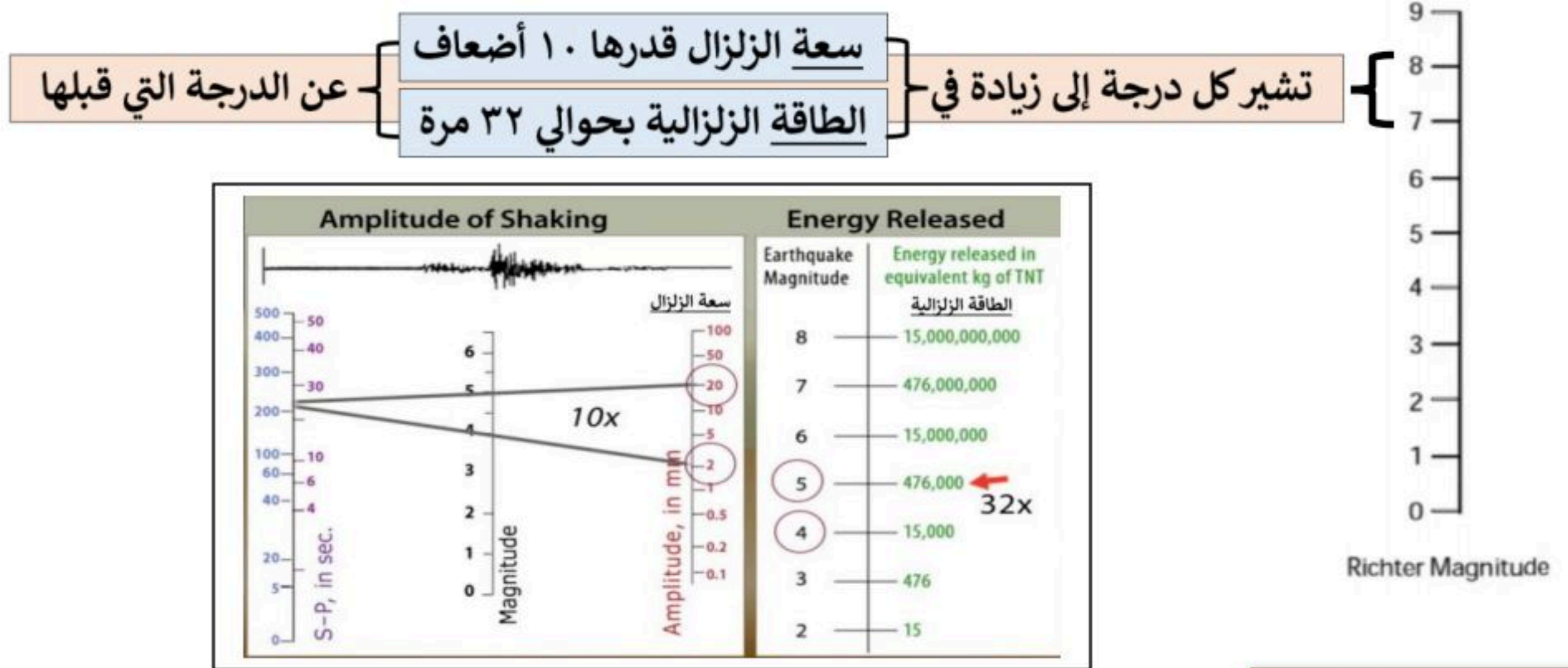
- يحدث سنويًا أكثر من مليون زلزال يُمكن الإحساس به. وقد طوّر العلماء عدة طرق لوصف قوة الزلزال، أهمها :

مقياس ريختر

- مقياس ريختر هو مقياس عددي يقيس طاقة أكبر الأمواج الزلزالية المنبعثة من الزلزال.
- مقدار هذه الطاقة يسمى قوة الزلزال .

س / كيف نقيس قوة الزلزال ؟

ج / نقيس قوة الزلزال بإيجاد سعة الموجة الزلزالية، وهي ارتفاع الموجة الزلزالية الأكبر.



مقياس العزم الزلزالي

- رغم أن مقياس ريختر يُستعمل لوصف قوة الزلزال، إلا أن معظم العلماء يستعملون مقياس العزم الزلزالي. وهو مقياس رقمي يشير إلى الطاقة المتحررة من الزلزال.

ويأخذ في الاعتبار :

- 1- حجم الجزء المتمزق من الصدع.
- 2- مقدار الحركة على طول الصدع.
- 3- قساوة الصخر.

مقياس ميركالي المعدل

- يعتمد مقياس ميركالي المعدل على مقدار الضرر الذي يحدثه الزلزال، ومدى إحساس الناس به، ولا يعبر عن قوة الزلزال.
- شدة الزلزال فيه مقسمة إلى 12 درجة، باستعمال الأرقام الرومانية.
- كل درجة تصف آثار معينة .

الجدول 2-6	مقياس ميركالي المعدل
I	لا يمكن الإحساس به إلا تحت ظروف غير عادية.
II	يشعر به عدد قليل من الأشخاص. يمكن أن تهتز بعض الأجسام المعلقة.
III	يشعر به الناس داخل البيوت. ينتج عنه اهتزازات كالتي تنتج عن حركة شاحنة ضخمة قريبة.
IV	يشعر به كثير من الناس داخل البيوت وقيل من خارجها، ويهتز زجاج النوافذ والأواني والسيارات الواقفة بصورة ملحوظة.
V	يشعر به معظم الناس. يتكسر بعض الزجاج والأواني.
VI	يشعر به جميع الناس. يتحرك الأثاث. قد تتضرر بعض المآذن.
VII	يهرب جميع الناس من المباني. وقد تتضرر المباني الضعيفة بصورة كبيرة ولكن المباني القوية قد تصاب بأضرار خفيفة.
VIII	تسقط المآذن. يتقلب الأثاث الثقيل داخل البيوت. قد تهدم المباني العادية بصورة جزئية.
IX	تدمر عام للمباني. تتحرك المباني عن أساساتها. تتشقق الأرض. تتكسر أنابيب المياه.
X	تدمر معظم المباني العادية. والطرق المعبدة. تحدث انزلاقات أرضية. تتحني السكك الحديدية والأسوار.
XI	قلة من المباني تبقى قائمة. تهدم الجسور. تقطع السكك الحديدية والأسوار. وتتشكل شقوق كبيرة في الأرض.
XII	دمار شامل. تقذف الأجسام في الهواء.

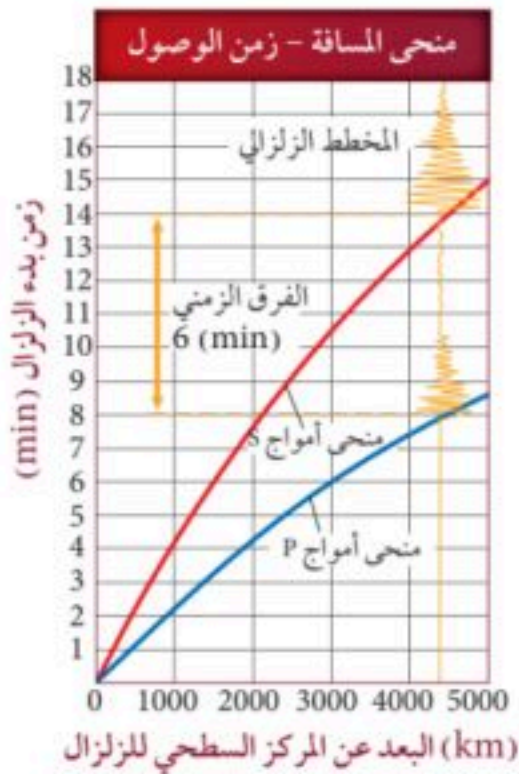
شدة الزلزال :

- تعتمد شدة الزلزال على :

- 1- سعة الأمواج الزلزالية.
- 2- البعد عن المركز السطحي للزلزال.
- 3- عمق بؤرة الزلزال.

- الزلازل التي تسبب الكوارث هي في الغالب زلازل ضحلة.

- يعتبر مقياس ميركالي المعدل أفضل لقياس تأثير الزلزال على الناس. **لماذا؟ لأنه يعتمد على شدة الزلزال بدلاً من طاقته.**
- زلزال **ضحل** قوته 6 درجات على مقياس ريختر قد يولد شدة زلزالية **أعلى** من زلزال **عميق** قوته 8 .



تحديد موقع الزلزال

بعد الزلزال :

- أمواج P تصل محطات الرصد قبل أمواج S ، والفارق الزمني بين وصوليهما يزيد بزيادة المسافة المقطوعة.
- نستطيع معرفة **بُعد مركز السطحي للزلزال** بقياس الفرق بين زمن وصول الموجتين في السيزموجرام، ثم تحديده على منحنى [المسافة - زمن الوصول] ، ومن ثم استخراج بُعد الزلزال.

إذا عرفنا بُعد المركز السطحي للزلزال، فكيف نعرف اتجاهه ؟

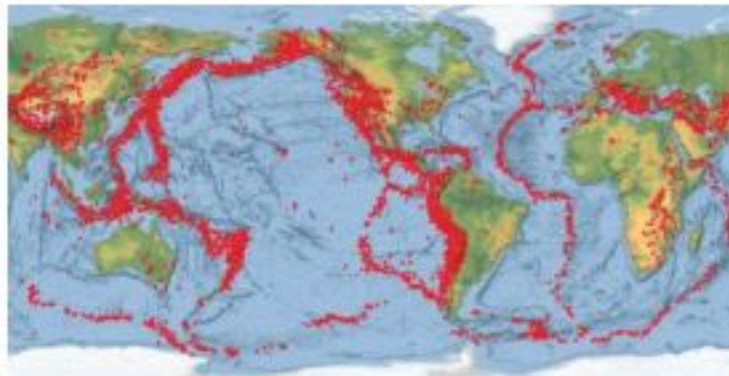
بُعد المركز السطحي للزلزال الذي تم تحديده يمكن التعبير عنه بدائرة مركزها محطة الرصد ونصف قطرها بُعد المركز السطحي عن المحطة.



ولكي نعرف اتجاه المركز السطحي للزلزال لا بد أن يكون لدينا **ثلاث** محطات لرصد الزلزال وبالتالي **ثلاث دوائر تتقاطع في نقطة** وتمثل موقع المركز السطحي للزلزال.

زمن حدوث الزلزال :

يتم تحديد زمن حدوث الزلزال من خلال السيزموجرام وذلك بمعرفة زمن وصول أمواج P والمسافة التي قطعها خلال هذا الزمن.



الأحزمة الزلزالية

- تنتشر الزلازل في مناطق معينة من العالم تسمى **أحزمة الزلازل** ، وهي كالتالي :

- 1- حزام المحيط الهادي ويحدث فيه 80% من زلازل العالم.
- 2- حزام البحر الأبيض المتوسط ويحدث فيه 15% من زلازل العالم.
- 3- أحزمة ظهور المحيطات ويحدث فيها ما تبقى من زلازل.

مناطق انزلاق صفيحة تحت الأخرى

مناطق تباعد الصفائح

أهداف الدرس :

- 1- تناقش العوامل التي تؤثر في حجم الدمار الذي يحدثه الزلزال.
- 2- تتعرف كيف تتأثر المنشآت المختلفة بالزلازل.
- 3- توضح بعض العوامل التي تؤخذ في الاعتبار في دراسات احتمالية وقوع الزلازل.

الخطر الزلزالي

تعتمد حدة الأضرار الناجمة عن الزلزال على مجموعة من العوامل التي تسمى مخاطر الزلزال مثل : تصميم المباني.

* انهيار المنشآت :

تنهار المنشآت عند حدوث الزلزال بسبب اهتزاز الأرض من تحتها، ولهذا الانهيار عدة أشكال، منها :

1- تراص الألواح :

تنهار الجدران الداعمة في الطابق الأرضي فتسبب انهيار الطوابق العليا فوقها على شكل ألواح مترابطة.

2- انهيار المباني المرتفعة :

المباني التي يتراوح ارتفاعها بين 5 و 15 طابق وينتج عنه تدمير تام للمباني.

* انهيار اليابسة والتربة :

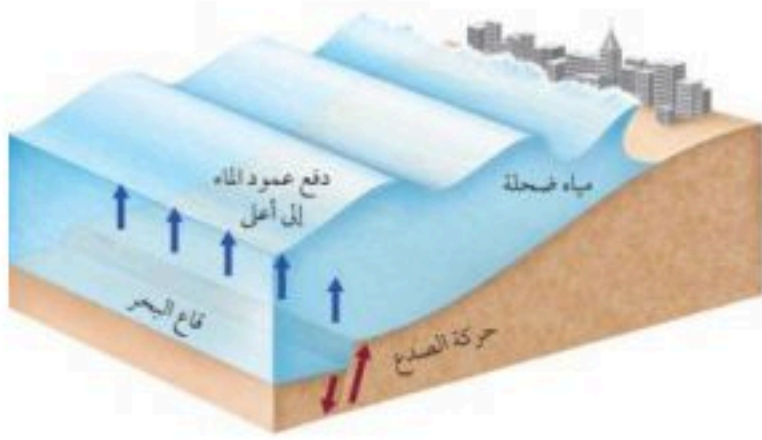
الاهتزازات الزلزالية تجعل المناطق الرملية المشبعة بالماء تسلك سلوك السائل عندما تسير فيها، وتسمى هذه الظاهرة **تسييل التربة**، وقد يسبب ذلك انهيارات أرضية ضخمة.

* تسونامي :

هي موجة محيطية كبيرة تتولد بفعل حركات رأسية لقاع البحر أثناء حدوث زلزال.

- تسبب هذه الحركة إزاحة المياه الواقعة فوق الصدع إلى أعلى، فتتكون قمم ومنخفضات على سطح الماء.

- تكون الأمواج في البداية في صورة موجة طويلة ارتفاعها أقل من متر، وعندما تصل للشاطئ قد يتجاوز ارتفاعها 30 متر بسرعة تتراوح بين 500 - 800 كلم / ساعة.



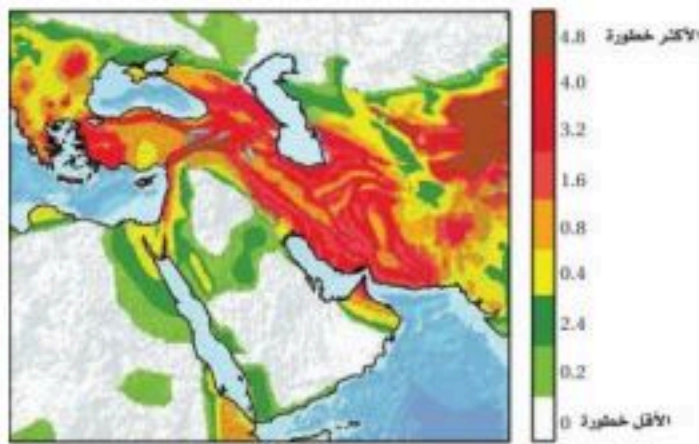
توقع الزلزال

للحد من الأضرار والوفيات الناتجة عن الزلازل يبحث العلماء عن عدة طرائق لتوقع حدوث الزلازل. ويعتمد هذا التوقع حالياً على حساب احتمال وقوع الزلزال والذي يعتمد على عاملين :

1. **تاريخ الزلازل في المنطقة.**
2. **معدل تراكم الجهود في صخور المنطقة.**

الخطر الزلزالي :

معظم الزلازل توجد في منطقة الأحزمة الزلزالية، لذا فإن احتمال وقوع زلازل في المستقبل يكون أكبر في هذه الأحزمة. ويمكن استعمال تاريخ النشاط الزلزالي لإعداد خرائط الخطر الزلزالي.

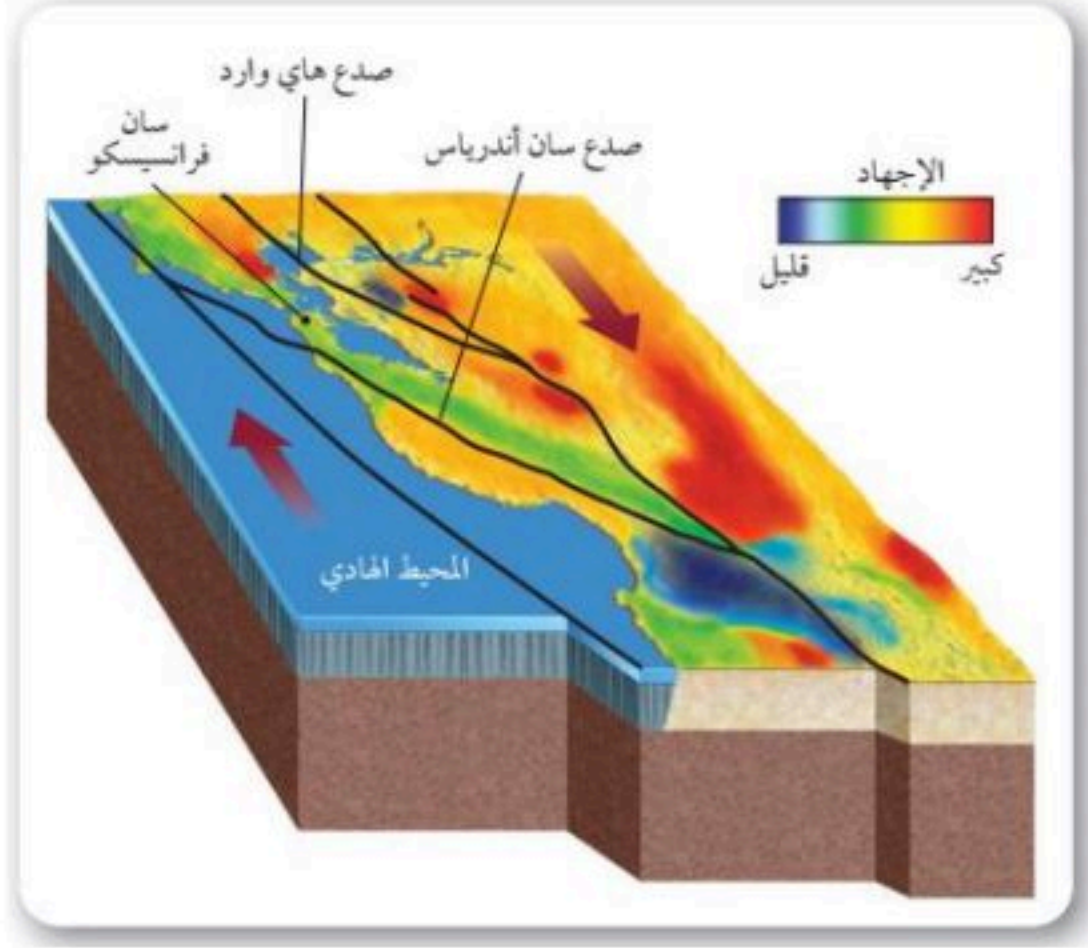


معدلات التكرار :

قد تشير معدلات تكرار الزلازل على طول الصدع إلى ما إذا كان الصدع يولد زلازل مماثلة على فترات منتظمة أم لا .

الفجوات الزلزالية :

يعتمد توقع احتمال وقوع الزلزال أيضًا على موقع الفجوات الزلزالية وهي أجزاء نشطة تقع على امتداد صدع، لم تتعرض لزلزال في فترة طويلة من الزمن.



تراكم الجهد :

- **تراكم الجهد** : هو أحد عوامل تحديد احتمال وقوع زلزال على طول مقطع الصدع، حيث تتراكم الإجهادات ثم تتحرر مسببة حدوث الزلزال.

- يستخدم العلماء الأقمار الصناعية لتحديد مواقع تراكم الجهود وتوزيعها على طول الصدع، ويتم أيضًا رصد الجهود المتحررة ورسم خرائط للزلازل في المناطق المعنية بالدراسة.

نهاية الفصل السادس

أ. محمد عتيق

لمزيد من الملخصات وعروض البوربوينت امسح الرمز وتابع قناتي على التليجرام



نهاية الفصل الدراسي الثاني