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 ١٠ ^{٣٢} كلفن.
- جميع القوى الطبيعية كانت متحدة.

٢
- انخفضت درجة الحرارة إلى ١٠ ^{٢٧} كلفن.
- بدأت عملية التمدد السريع لحجم الكون [مرحلة التضخم].
- انفصلت القوى الطبيعية عن بعضها.

٣
- انخفضت درجة الحرارة إلى ١٥ x ١٠ ^{١٤} 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.

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

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

- **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

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

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

$$H_0 = \frac{71\ km/s}{3.26\ Mly}$$

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

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

$$H_o = \frac{71000\ m/s}{3.09\times10^{22}\ m} = 2.29\times10^{-18}\ s^{-1}$$

$$t = \frac{1}{2.29\times10^{-18}\ s^{-1}}$$

$$t = 4.36\times10^{17}\ s$$

$$t = \frac{4.36\times10^{17}}{60\times60\times24\times365}$$

$$t = 13.8\times10^{9}\ y$$

عمر الكون =

٢-١ 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 بالتكوّر (النجم الأولي).

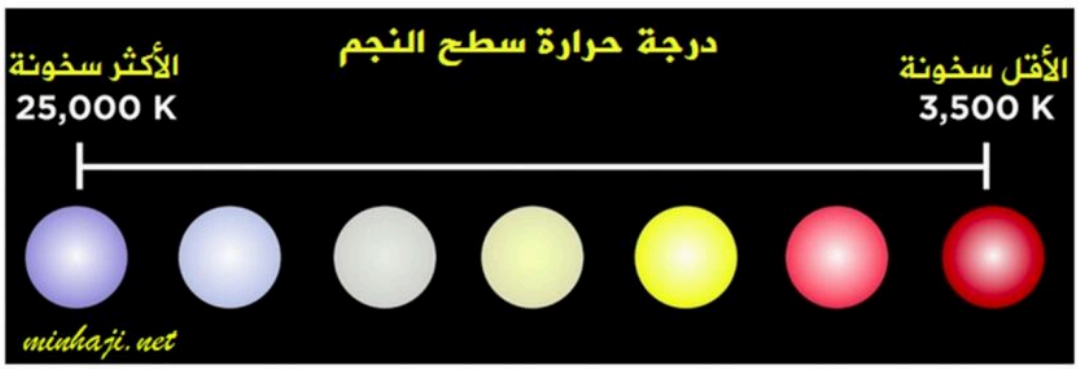
٣- يزداد الضغط على اللب فترتفع درجة حرارته.

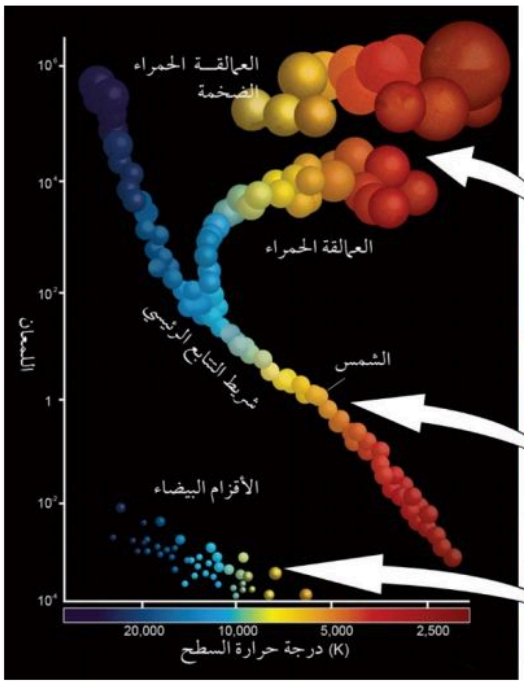
٤- تبدأ تفاعلات الاندماج النووي عند درجة حرارة ١٠ - ١٥ مليون درجة مئوية، فيتحول الهيدروجين إلى هيليوم وتبدأ حياة النجم.

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.

كتلة النجم المولود تحدد : ① درجة حرارته ② وحجمه ③ 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 ٢٠٠إلى 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.

بقايا النجوم : **املأ الفراغ بما يناسبه :** ثقب أسود – نجم متوسط – عملاق فوق أحمر – السديم الكوكبي

- 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 :

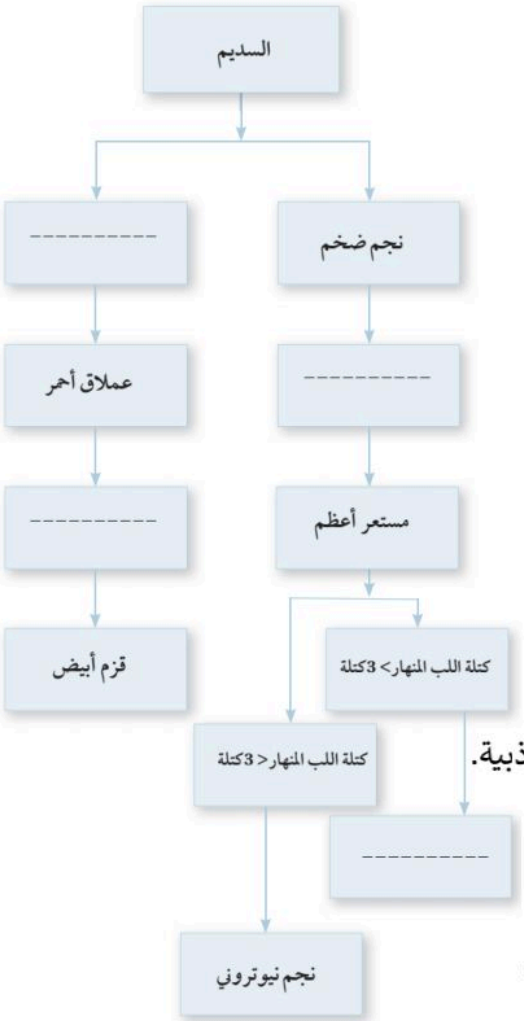
- تتوقف التفاعلات النووية.

- 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.

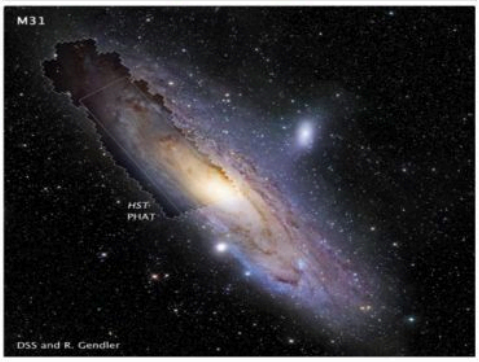


المجرات :

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

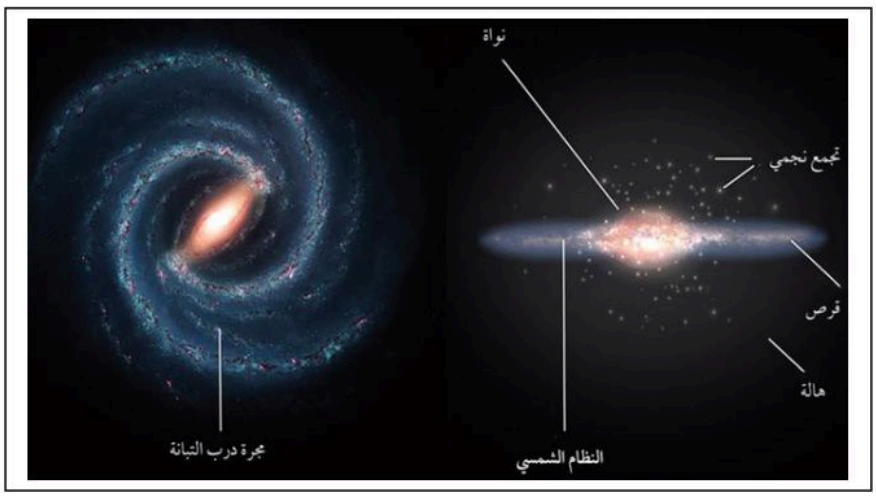
تأتي المجرات متنوعة مختلفة الأشكال والأحجام ، ويمكن تصنيفها إلى :

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

المجرات الحلزونية	المجرات البيضاوية	المجرات غير المنتظمة
		
• 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.	• تظهر على شكل هياكل بيضاوية. • انخفاض كثافة النجوم والغبار والغاز. • تكثر بها النجوم القديمة. • تشكل ١٠ - ١٥ % من المجرات.	• ليس لها بنية منتظمة. • يعتقد أن هذا الشكل الغير منتظم ناتج عن جاذبية المجرات المجاورة. • مجرة سحابة ماجلان الكبرى.

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 ٢٠٠مليون سنة.



نهاية الفصل الأول

الفصل الثاني : الميكانيكا السماوية

2-1 قانون الجاذبية وقوانين كبلر

أهداف الدرس :

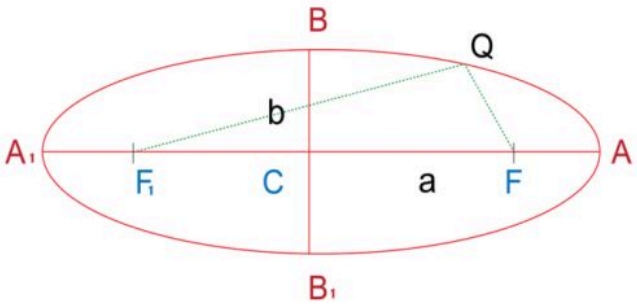
1- يحسب زمن دوران جرم حول الشمس. 2- يحسب وزن جسم ما على كوكب. 3- يحسب سرعة هروب قمر صناعي.

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]**

هو أقرب مسافة فاصلة بين الشمس والكوكب.

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

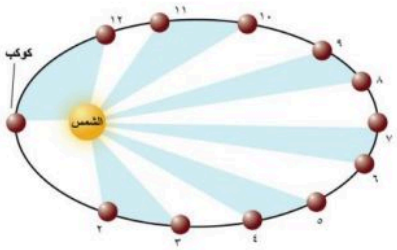
- **المسافة بين F,A1 تسمى البعد الأوجي (ra) .**

هو أبعد مسافة فاصلة بين الشمس والكوكب.

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

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 لمداره.

إذا كان :

مدة دورة الكوكب حول الشمس = T

نصف المحور الأكبر لمدار الكوكب = a

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.

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

$a^3 = T^2M$ لتحويل الكتلة إلى كتلة شمسية: يكون بقسمة الكتلة على كتلة الشمس.

$T^2 = \frac{a^3}{M}$ لتحويل البعد إلى وحدة فلكية: يكون بقسمة المسافة على مسافة الأرض عن الشمس.

إيجاد كتلة كوكب له تابع

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

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

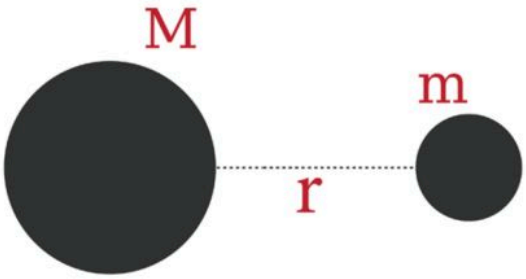
M = كتلة الشمس

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 :

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

سرعة الجرم (السرعة المدارية) = V

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

	القانون – المطلوب حسابه	الصيغة الرياضية	المثال	الكتاب ص
1	**قانون كبلر الأول** البعد الحضيضي - البعد الأوجي	$r_p = a\ (1\text{-}e)$ $r_a = a\ (1\text{+}e)$	مثال 1 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. المعلوم: $r_p=0.45\,AU$، $e=0.97$ المجهول: $T=?$ $T=a\sqrt{a}$ إيجاد الكمية المجهولة: حل قانون البعد الحضيضي لإيجاد نصف قطر المحور الأكبر $r_p=a(1-e)$ $a=\frac{r_p}{1-e}$ $a=\frac{0.45}{1-0.97}=15\,AU$ $T=a\sqrt{a}$ $T=15\sqrt{15}$ $T=58.1\,Year$	45
2	**قانون كبلر الثالث** مدة دورة الكوكب حول الشمس	$T= a\sqrt{a}$		
3	**قانون كبلر الثالث المعدل** مدة دورة تابع حول الأرض	$a^3 = T^2 M$	مثال 2 مركبة فضائية تدور حول الأرض في مدار يضاري، على متوسط بعد يساوي 10 أضعاف نصف قطر الأرض، احسب مدة دورتها حول الأرض. علماً بأن نصف قطر الأرض $R_e=6378\,km$ وكتلة الأرض $Me=6\times10^{24}\,kg$ وكتلة الشمس $Ms=2\times10^{30}\,kg$. الحل: المعلوم: $a=10\,R_e$، $a=63780\,km$، $M_e=6\times10^{24}\,kg$ المجهول: $T=?$ إيجاد الكمية المجهولة: بقسمة بعد المركبة على 15×10⁷ (متوسط بعد الأرض عن الشمس) لإيجاد بعد المركبة بالوحدة الفلكية AU: $a=\frac{63780}{15\times10^7}=4.25\times10^{-4}\,AU$ بقسمة كتلة الأرض على كتلة الشمس لإيجاد كتلة الأرض بدلالة كتلة الشمس: $M=\frac{M_e}{M_s}=\frac{6\times10^{24}}{2\times10^{30}}=3\times10^{-6}M_s$ $a^3=T^2M$ $T^2=\frac{a^3}{M}=\frac{(4.25\times10^{-4})^3}{3\times10^{-6}}=\frac{7.67\times10^{-11}}{3\times10^{-6}}=2.55\times10^{-5}$ $T^2=2.55\times10^{-5}$ $T=\sqrt{2.55\times10^{-5}}$ $T=5.1\times10^{-3}$ سنة (التحويل إلى الأيام) مدة دورة المركبة الفضائية حول الأرض $T=5.1\times10^{-3}\times365.25=1.84$ يوم لابد من تحويل الوحدات.	46
4	**إيجاد كتلة كوكب له تابع**	$m = M\left(\frac{a_2}{a_1}\right)^3\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$	مثال 3 يبعد القمر كارون عن مركز بلوتو 19700 km، فإذا كانت مدة دورانه حول بلوتو هي 6.4 أيام أوجد كتلة بلوتو. علماً بأن الفترة المدارية لبلوتو هي 248 سنة وبعده عن الشمس 40 AU. الحل: تحليل المسألة ورسمها: المعلوم: $T_1=248\,year$، $T_2=6.4\,day$، $a_1=40\,AU$، $a_2=19700\,km$، $M=2\times10^{30}\,kg$ المجهول: $m_{بلوتو}=?$ إيجاد الكمية المجهولة: بقسمة الفترة المدارية لكارون على 365.25 لتكون بوحدة السنة: $T_2=\frac{6.4}{365.25}=1.75\times10^{-2}\,year$ بقسمة بعد كارون عن بلوتو على 15×10^7 لتكون بوحدة (الوحدة الفلكية AU): $a_2=\frac{19700}{15\times10^7}=1.3\times10^{-4}\,AU$ $m=M\left(\frac{a_2}{a_1}\right)^3\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2=2\times10^{30}\left(\frac{1.3\times10^{-4}}{40}\right)^3\left(\frac{248}{1.75\times10^{-2}}\right)^2$ $m=2\times10^{30}\times3.4\times10^{-13}\times2\times10^4=1.3\times10^{22}\,kg$ ← كتلة بلوتو	47
5	**قانون الجذب العام لنيوتن** حساب وزن جسم على كوكب	$F = G\frac{Mm}{r^2}$ $w = w_e\ \frac{g}{g_e}$	مثال 4 كوكب كتلته تساوي 0.01 من كتلة الشمس ونصف قطره يساوي نصف قطر الأرض. 1. احسب جاذبية مقاربة بجاذبية الأرض. 2. افترض أن رائد فضاء وزنه على الأرض يساوي 100 N هبط على هذا الكوكب فكم يبلغ وزنه بعد هبوطه عليه؟ الحل: تحليل المسألة ورسمها: المعلوم: $W_e=100\,N$، $m_p=0.01\,M_s=2\times10^{28}kg$ المجهول: $W_p=?$ إيجاد الكمية المجهولة: بحساب كتلة الكوكب بالنسبة لكتلة الأرض: $m_p=\frac{m_s}{m_e}=\frac{2\times10^{28}}{6\times10^{24}}=3333m_e$ $g=3333\,g_e$ حل قانون وزن جسم على كوكب بدلالة وزنه على الأرض: $W=\frac{g}{g_e}W_e$ بالتعويض تكون جاذبية الكوكب: $W=3333\,W_e$ بحساب وزن رائد الفضاء على الكوكب: $W=3333\times100=33.3\times10^4\,N$ • تقويم الجواب: هل الوحدات صحيحة؟ وحدة وزن رائد الفضاء بالنيوتن N هل الجواب منطقي؟ نعم لأن وزنه على هذا الكوكب ضعف وزنه على الأرض بمقدار 3333 مرة.	49
6	**السرعة المدارية لجرم سماوي**	$v = 30\sqrt{\left(\frac{2}{r}-\frac{1}{a}\right)}$	مثال 5 في المثال 1 السابق كم يبلغ أدنى سرعة للمذنب؟ حيث قيمة الاختلاف المركزي 0.97 ونصف قطر المحور الأكبر 15 AU؟ الحل: تحليل المسألة ورسمها: المعلوم: $e=0.97$، $a=15\,AU$ المجهول: $V=?$ إيجاد الكمية المجهولة: حل قانون البعد الأوجي r_a: $r_a=a(1+e)$ $r_a=15(1+0.97)=29.55\,AU$ حل قانون السرعة المدارية لجرم سماوي: $V=30\sqrt{\left(\frac{2}{r_a}-\frac{1}{a}\right)}$ بالتعويض لإيجاد أدنى سرعة للمذنب: $V=30\sqrt{\left(\frac{2}{29.55}-\frac{1}{15}\right)}=0.94\,Km/s$ • تقويم الجواب: هل الوحدات صحيحة؟ وحدة السرعة المدارية للمذنب km/s هل الجواب منطقي؟ نعم يمكن أن هذه السرعة للمذنب وهو في نقطة الأوج	50
7	**سرعة الهروب**	$v_{es} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$ Km/sec	مثال 6 أوجد سرعة الهروب لكوكب كتلته $7.5\times10^{22}\,kg$ ونصف قطره $1.5\times10^6\,m$. علماً بأن ثابت الجذب العام $6.67\times10^{-11}\,N.m^2/kg^2$. الحل: تحليل المسألة ورسمها: المعلوم: $M=7.5\times10^{22}\,kg$، $R=1.5\times10^6\,km$ المجهول: $V_{es}=?$ إيجاد الكمية المجهولة: حل قانون سرعة الهروب: $V_{es}=\sqrt{\frac{2GM}{R}}$ بالتعويض لإيجاد سرعة الهروب للكوكب: $V_{es}=\sqrt{\frac{2\times6.67\times10^{-11}\times7.5\times10^{22}}{1.5\times10^6}}$ $V_{es}=2.5\,km/s$ • تقويم الجواب: هل الوحدات صحيحة؟ وحدة سرعة الهروب للكوكب بوحدة km/s.	51

2-2 التقنية الفضائية

أهداف الدرس :

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.

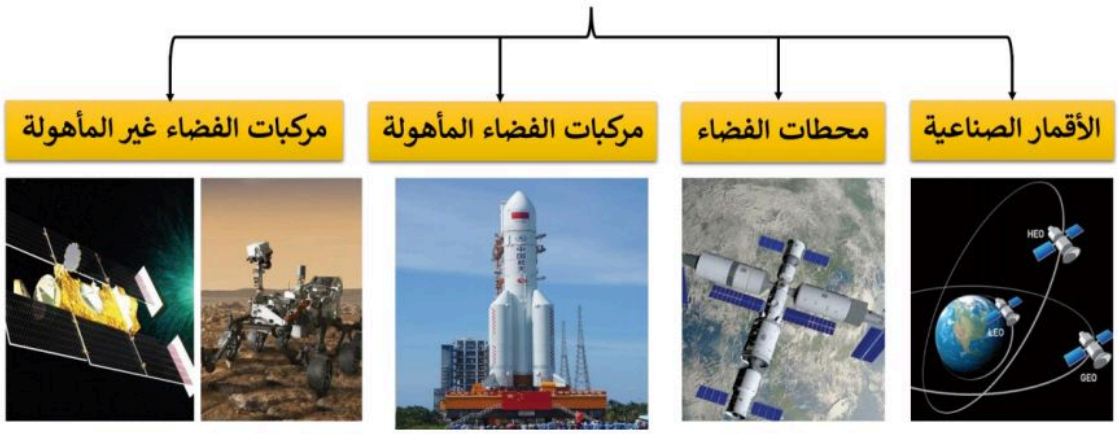
- **أرسلت عدة مركبات فضائية لاستكشاف المجموعة الشمسية :**

- 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
- محطة الفضاء الصينية TSS

وهي بالتعاون مع :
[وكالة الفضاء الأمريكية - وكالة الفضاء الروسية - وكالة الفضاء الأوروبية - وكالة الفضاء اليابانية - كندا]

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

3-1 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 SiO2).

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 معدنًا فقط هي الأكثر شيوعاً في صخور القشرة الأرضية .
- تُشكل 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 :**

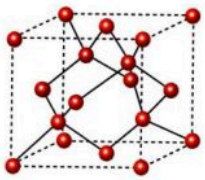
- تذوب الأملاح في المحيط فيتكون محلول ملحي ومع استمرار العملية يصل إلى درجة التشبع ثم فوق المشبع وعندها تترابط الذرات لتكون بلورات معادن.

- 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 :



تركيب الألماس

1- الشكل البلوري :

شكل هندسي يوضح طريقة ترتيب الذرات في المعدن.

2- البريق :

كيفية انعكاس الضوء الساقط على سطح المعدن.

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

3- القساوة :

مقياس لقابلية المعدن للخدش.

هذا المقياس طوره الجيولوجي الألماني فريدريك موهس.

الجدول 1–3	مقياس موهس للقساوة	
المعدن	القساوة	قساوة بعض المواد الشائعة
التلك	1	
الجبس	2	ظفر الأصبع = 2.5
الكالسيت	3	قطعة نحاسية = 3.5
الفلوريت	4	مسمار حديدي = 4.5
الأباتيت	5	الزجاج = 5.5
الفلسبار	6	نصل السكين = 6.5
الكوارتز	7	قطعة بورسلان = 7
التوباز	8	
الكورندوم	9	
الألماس	10	

4- الانفصام والمكسر :

الانفصام	المكسر
انقسام المعدن بشكل متساوٍ في اتجاه واحد أو أكثر	انكسار المعدن بحواف خشنة متعرجة
الكالسيت له ثلاثة مستويات انفصام	مكسر محاري مكسر متعرج © geology.com

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 تعرّف المعدن.

7- الوزن النوعي :

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

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

الجدول 2–3	صفات خاصة ببعض المعادن				
الخاصية	الانكسار المزدوج يحدث عندما يمر شعاع ضوئي عبر معدن وينقسم إلى شعاعين.	الفلوران يحدث عندما يتفاعل حمض الهيدروكلوريك مع الكالسيت فتصاعد الفقاعات محدثة صوتًا للفوران.	المغناطيسية تحدث بين المعادن المحتوية على الحديد.	تعدد الألوان سببه انكسار الأشعة الضوئية.	التضوء (الفلورة) يحدث عندما تتعرض بعض المعادن للأشعة فوق البنفسجية التي تجعلها تتوهج في الظلام.
المعدن	سبار آيسلند (كالسيت شفاف).	الكالسيت	الماجنيتيت البيروتيت	لابرادورايت	الفلوريت الكالسيت
مثال					

8- النسيج :

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

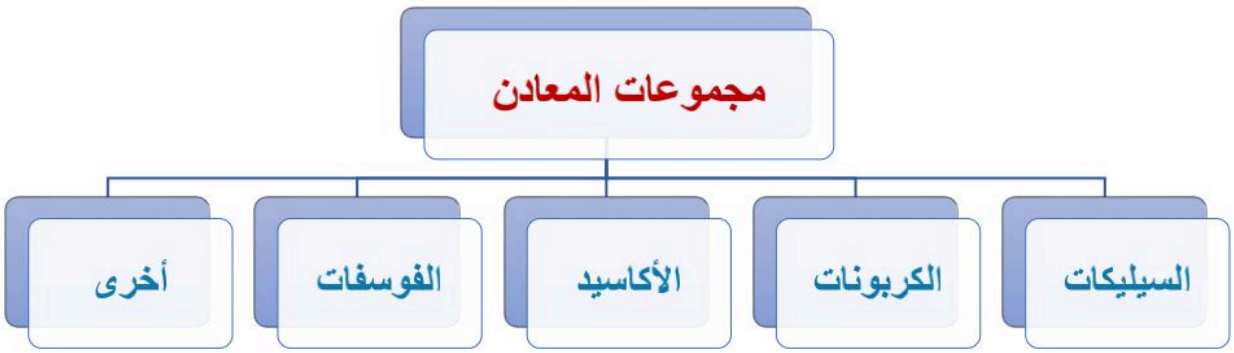
2-3 أنواع المعادن وأهميتها

أهداف الدرس :

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.

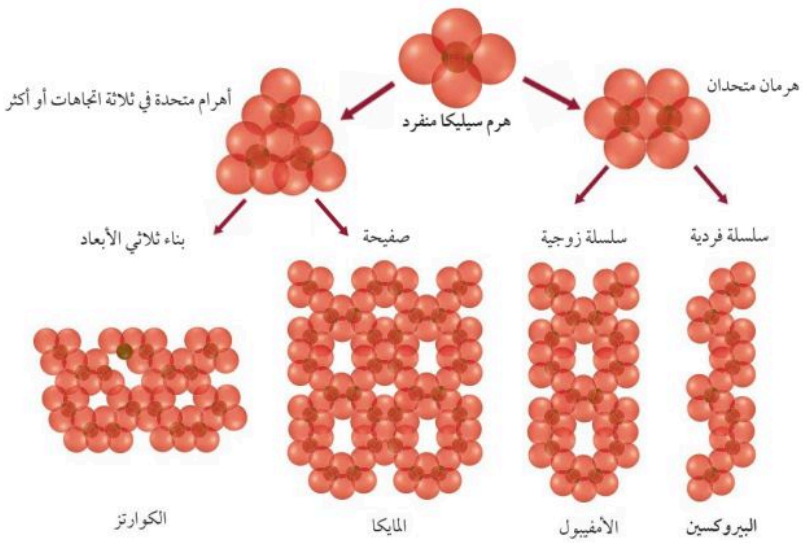


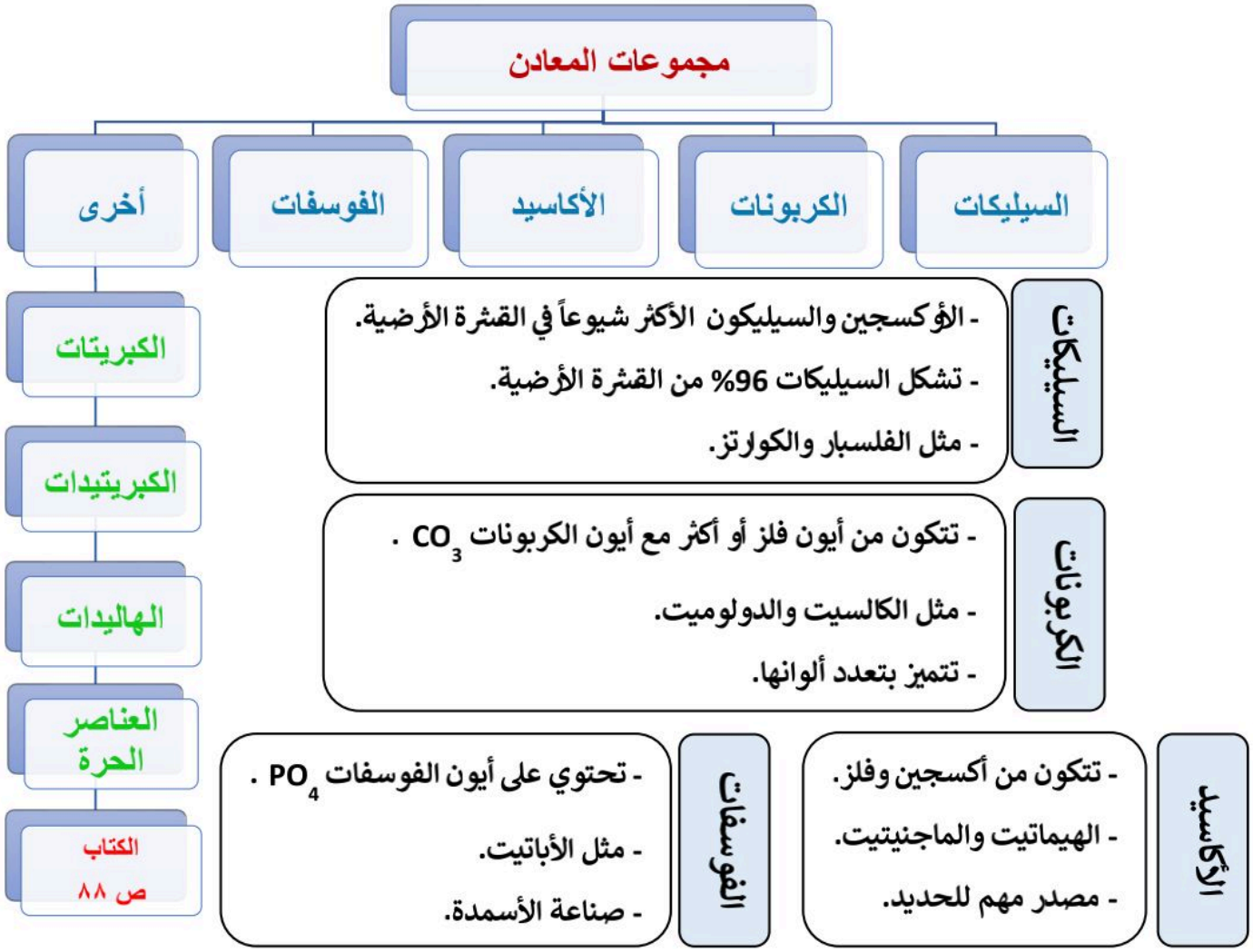
السيليكات :

- 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





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.

الجدول 3–3	مجموعات المعادن الرئيسة	
المجموعة	الأمثلة	الاستعمالات الاقتصادية
السيليكات	المايكا (بيوتيت) أوليفين Mg_2SiO_4 الكوارتز SiO_2 الفيرميكيوليت	نوافذ الأفران الأحجار الكريمة (بيرودوت) صناعة الزجاج يضاف لتربة الأصص
الكبريتيدات	البيريت FeS_2 المركزيت FeS_2 الجالينا PbS السفاليريت ZnS	صناعة حمض الكبريتيك مجوهرات خام الرصاص خام الزنك
الأكاسيد	الهيماتيت Fe_2O_3 الكورندم Al_2O_3 اليورانينيت UO_2 الإلمنيت $FeTiO_3$ الكروميت $FeCr_2O_4$	خام حديد، صبغة حمراء حجر جلخ، مجوهرات (الياقوت، زفير) مصدر لليورانيوم مصدر للتيتانيوم، صبغة، يستعاض به عن الرصاص في الدهانات مصدر للكروم، وصلات سباكة، إضافات للسيارات.
الكبريتات	الجبس $CaSO_4 . 2H_2O$ الأنهيدريت $CaSO_4$	أعمال المسح، مثبط 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 $Ca_5(PO_4)_6(OH,F,CI)_2$	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

أ. محمد عتيق

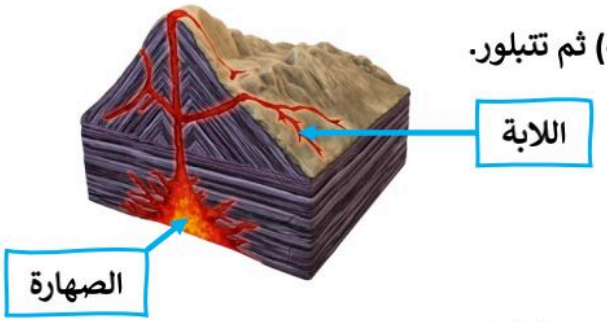
الفصل الرابع : الصخور

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 مصهورة توجد تحت سطح الأرض.

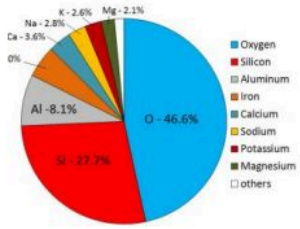
الصخور النارية: هي الصخور المتكونة من تبرّد الصهارة أو اللابة وتبلور معادنها.

- 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.

الجدول 1 – 4 أنواع الصهارة

نوع الصهارة	المحتوى من السيليكا	مثال
بازلتية	42 – 52%	حرات المدينة المنورة
أنديزيتية	52 – 66%	جبال الأنديز
ريولايتية	أكثر من 66%	متنزه يلوستون - 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 الطبقية 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- تصنف الصخور النارية وفق مكوناتها المعدنية وأنسجتها. 2- تتعرف أثر معدلات التبريد في حجم البلورات في الصخور النارية.
3- تصف بعض استخدامات الصخور النارية.

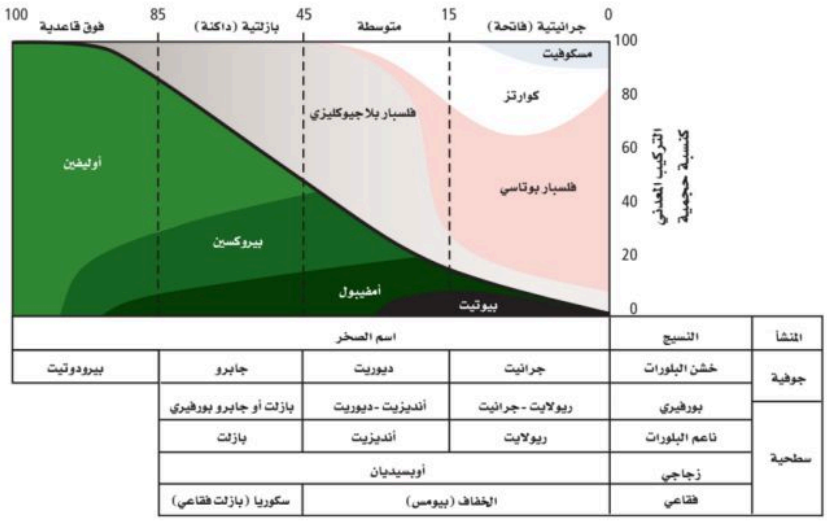
المكونات المعدنية للصخور النارية

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 - فلسبار بوتاسي - بلاجوكليز
المتوسطة	ديورايت	متوسطة	متوسطة	بلاجوكليز – هورنبلند
البازلتية	الجابرو	غامقة	منخفضة	بلاجوكليز – بيروكسين
فوق القاعدية	البيرودوتيت	داكنة		أوليفين – بيروكسين (الغنية بالحديد)

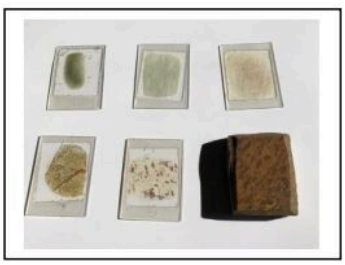


المنشأ	النسيج	اسم الصخر			
جوفية	خشن البلورات	جرانيت	ديوريت	جابرو	بيرودوتيت
سطحية	بورفيري	ريولايت - جرانيت	أنديزيت - ديوريت	بازلت أو جابرو بورفيري	
	ناعم البلورات	ريولايت	أنديزيت	بازلت	
	زجاجي	أوبسيديان			
	فقاعي	الخفاف (بيومس)		سكوريا (بازلت فقاعي)	

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

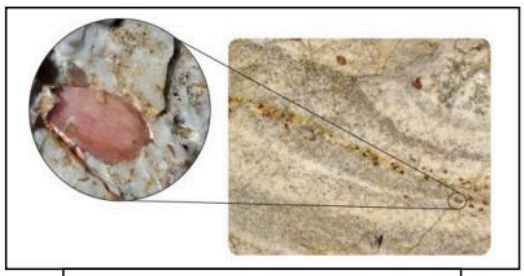
يستخرج الذهب والكوارتز معاً
من المناجم ثم يفصلان لاحقاً

البيجماتيت :

- هي الصخور التي تتكون من بلورات خشنة جداً .
- توجد على شكل عروق تحتوي على العديد من الفلزات والعناصر القيمة.
- قد تحتوي ايضاً 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 البيرودوتيت).
- 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.



عرق بيجماتيت في صخر الجرانيت

الألماس في صخور الكمبرليت

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.

3-4 تشكل الصخور الرسوبية

أهداف الدرس :

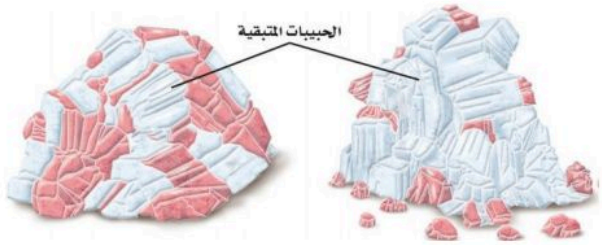
1- تتبع تشكّل الصخور الرسوبية. 2- توضح عملية التصخّر. 3- تصف مظاهر الصخور الرسوبية.

التجوية والتعرية :

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

التجوية :

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



تقسم التجوية إلى :

التجوية الفيزيائية

تتكسر الصخور إلى قطع وحبيبات أصغر، دون أن تتغير كيميائياً

التجوية الكيميائية

تذوب أو تتغير معادن الصخر الأقل استقراراً كيميائياً

التعرية :

هي عملية إزالة الرسوبيات ونقلها.

للتعرية أربعة عوامل :

الرياح والمياه الجارية والجاذبية 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.

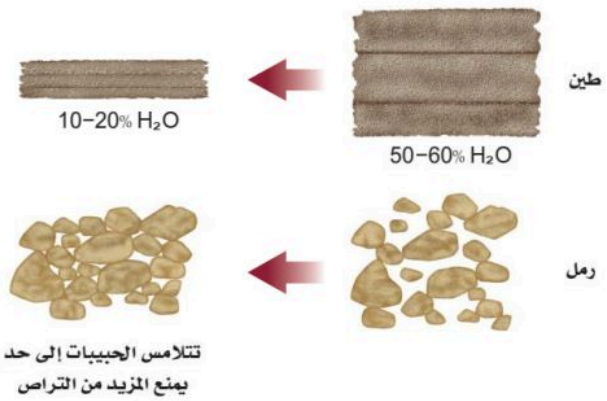
التصخر :

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

التراص :

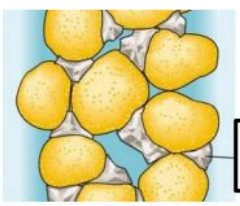
عملية التصخر تتم بعدة عمليات تبدأ بعملية التراص.

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



التراص :

- السمنتة 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 صخراً صلباً.
- وقد تلتحم الحبيبات أيضاً بترسب مواد لاحمة مثل الكالسيت $CaCO_3$ وأكسيد الحديد Fe_2O_3.



تتكون مادة لاحمة بين الحبيبات

معالم الصخور الرسوبية

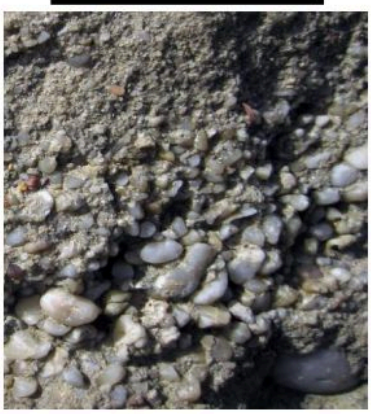
تحتوي الصخور الرسوبية على معالم وخصائص تفسر نشأتها وتاريخ المنطقة التي تشكلت فيها.

التطبق :

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

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

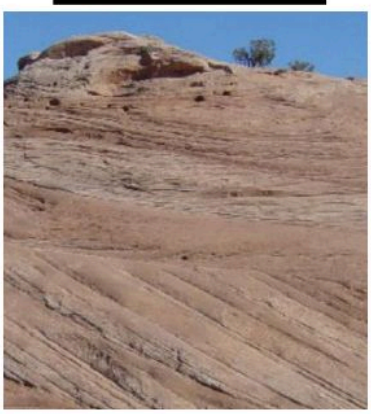
التطبق المتدرج



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

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

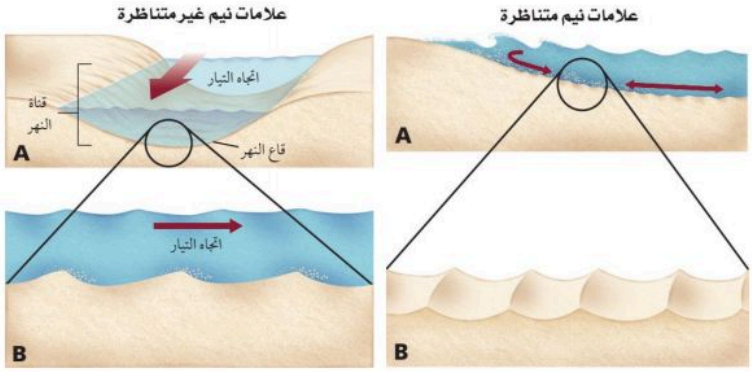
التطبق المتقاطع



تترسب الطبقات مائلة نسبة إلى بعضها البعض

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.

عندما تتكسر الصخور يكون لحواف القطع في بادئ الأمر زوايا حادة

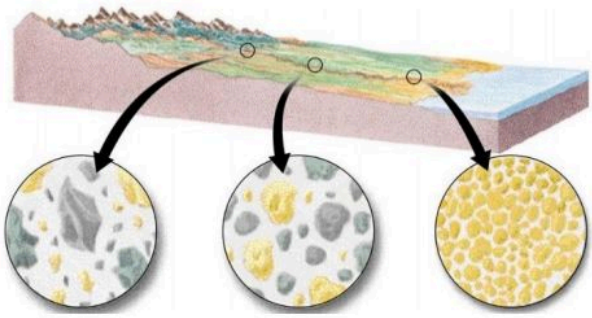
بعد فترة من الزمن ومع ظروف انتقال القطع تستدير الحواف نوعاً ما

مع الزمن تصبح القطع الصخرية ذات حواف مستديرة

تتأثر درجة الاستدارة بعاملين :

1- مسافة نقل الرسوبيات.

2- قساوة معادن الصخر



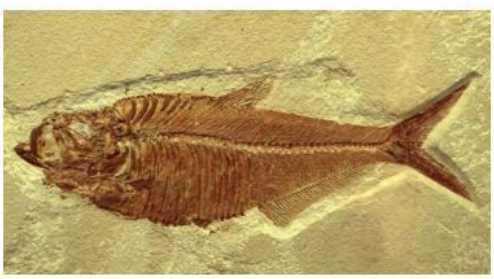
أدلة من الماضي (الأحافير) :

- 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 تشكّل 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 بناءاً على حجم حبيباتها إلى :

خشنة الحبيبات
- مكونة من فتات بحجم الحصباء >2mm
- تحتاج عامل نقل ذو طاقة عالية.
- مثال : الكنجلوميريت – البريشيا.

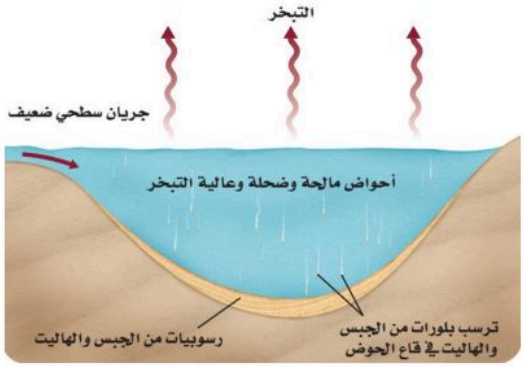
متوسطة الحبيبات
- مكونة من فتات بحجم حبيبات الرمل.
- الصخور الرملية تتميز بعدة معالم منها : [علامات النيم - التطبق المتقاطع - المياه الجوفية].
- مثال : الحجر الرملي.

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

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

الصخور الرسوبية الكيميائية والكيميائية الحيوية

- يتطلب تشكل الصخور الكيميائية والكيميائية الحيوية اشتراك عمليتي التبخر 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].



ثانيًا / 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].

ثالثًا / 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.

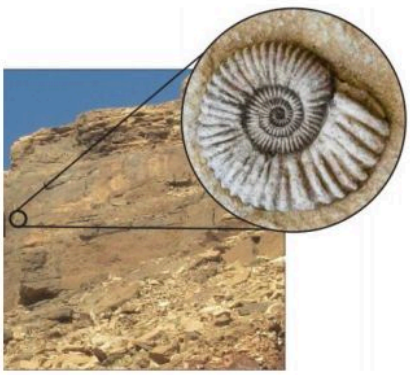
أمثلة :

- الحجر الجيري ويستخرج من :

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

- صخور الفوسفات وتستخرج من :

[حزم الجلاميد].



راجع الجدول 4-2 في الكتاب ص 124

5-4 الصخور المتحولة

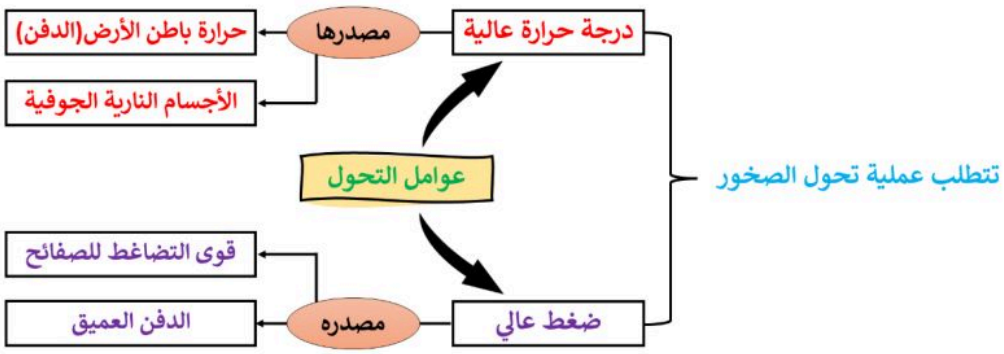
أهداف الدرس : 1- تقارن بين أنواع الصخور المتحولة وأسباب تشكلها. 2- تميز بين أنسجة التحول 3- تفسر كيفية حدوث التغيرات المعدنية والنسيجية في أثناء عملية التحول.

تعرُّف 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) .

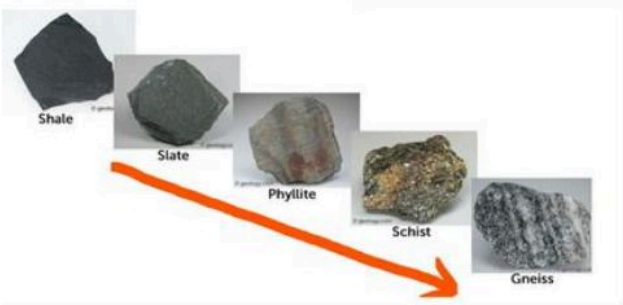
تتميز بوجود المعادن في صفائح وأحزمة (خطوط)، وهذا ناتج عن الضغط العالي الذي تعرضت له أثناء التحول. مثل الشيست والنايس.

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.



تزيد درجة التحول باتجاه السهم

درجة التحول :

تتفاوت درجة التحول من صخر إلى آخر اعتماداً على :

1- درجة الحرارة والضغط [مرتفعة - منخفضة]

2- نوع الصخر الأصلي [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 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.

التحول الإقليمي

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

- تغير معدني.
- تغير نوع الصخر.
- طي وتشويه للطبقات.

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]

الأهمية الاقتصادية للصخور والمعادن المتحولة

موارد المعادن الفلزية :

ينتج الكثير من الموارد المعدنية الاقتصادية من عمليات التحول ومن بينها : الذهب والفضة والنحاس وغيرها.

- توجد الموارد الفلزية على شكل خامات بعضها نقي والكثير منها غير نقي.
- تترسب من المحاليل الحرارية المائية وتتركز على هيئة عروق وقد تكون منتشرة في الكتل الصخرية.

- الذهب والفضة والنحاس.
- خامات الكبريتيدات [الجالينا - البيريت]
- خامات الحديد [الهيماتيت - الماجنتيت]

الجالينا

الهيماتيت

موارد المعادن اللافلزية :

- هناك الكثير من المعادن غير الفلزية ناتجة عن تحول الصخور النارية وذات أهمية اقتصادية.

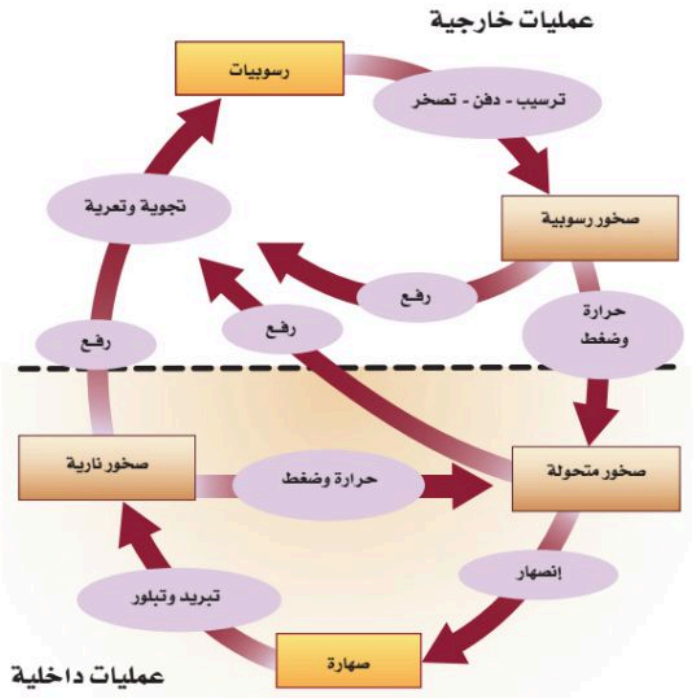
- التلك يستخدم في صناعة: [مساحيق - بودرة - مشحم - الدهانات].
- الأسبستوس يستخدم في صناعة: [مواد العزل - مضاد للحريق - البناء] مسبب للسرطان.
- الجرافيت يستخدم في صناعة: [أقلام الرصاص]

الأسبستوس

الجرافيت

دورة الصخور

قد يتغير أي صخر إلى صخر آخر، وتسمى عملية التغير وإعادة التشكل المستمرتان دورة الصخر



نهاية الفصل الرابع

أ. محمد عتيق

الفصل الخامس : الصفائح الأرضية وآثارها

1-5 انجراف القارات

أهداف الدرس :

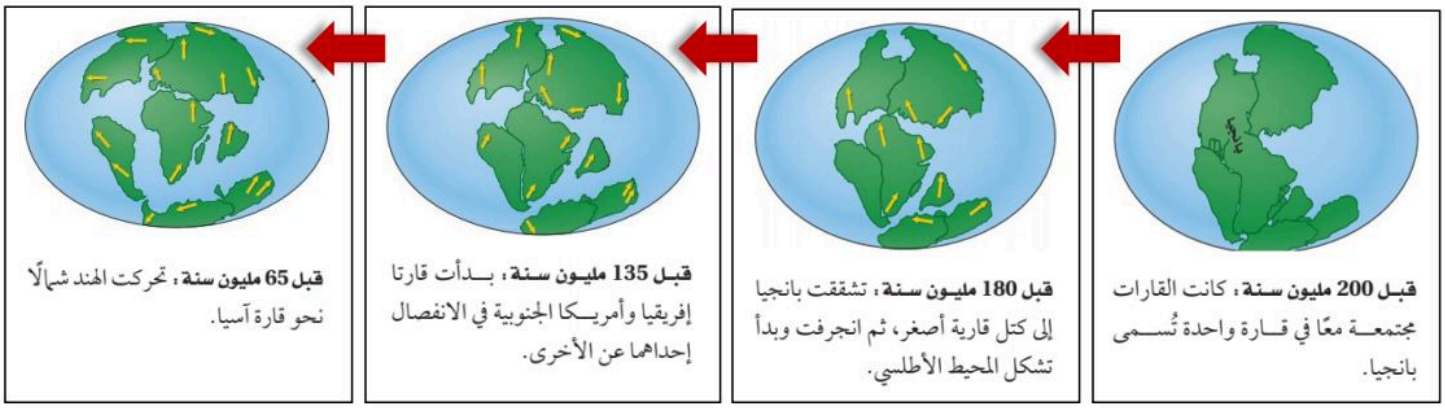
1- تتعرف الأدلة التي جعلت فاجنر يقترح أن القارات قد تحركت. 2- تناقش كيف دعم دليل المناخ القديم فرضية انجراف القارات.
3- توضح لماذا لم تحظ فرضية انجراف القارات بالقبول في البداية.

الملاحظات القديمة

في نهاية القرن الخامس عشر لاحظ الرسام الهولندي إبراهام أورتيليوس تطابقاً بين حافات القارات على جانبي المحيط الأطلسي، فاقترح أن القارتين الأمريكيتين الشمالية والجنوبية قد انفصلتا عن قارتي أوربا 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.**



قبل 200 مليون سنة، كانت القارات مجتمعة معًا في قارة واحدة تُسمى بانجيا.

قبل 180 مليون سنة، تشققت بانجيا إلى كتل قارية أصغر، ثم انجرفت وبدأ تشكل المحيط الأطلسي.

قبل 135 مليون سنة، بدأت قارتا إفريقيا وأمريكا الجنوبية في الانفصال إحداهما عن الأخرى.

قبل 65 مليون سنة، تحركت الهند شمالًا نحو قارة آسيا.

حاليًا، اصطدمت الهند بآسيا وكوّنت جبال الهملايا، وانفصلت أستراليا عن القارة القطبية الجنوبية، وتشكلت حفرة انهدام في شرقي إفريقيا، وما زالت القارات تواصل حركتها.

أدلة فاجنر على الانجراف القاري :

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

التكوينات الصخرية	لاحظ فاجنر تشابه العديد من الطبقات الصخرية التي يزيد عمرها عن 200 مليون سنة في جبال الأبلاش في أمريكا الشمالية مع الطبقات التي في جرينلاند وأوروبا.
الأحافير	وجد فاجنر أدلة أحفورية كأحفورة الميزوسورس على جانبي شواطئ الأطلسي. الميزوسورس نوع من الزواحف التي تعيش في المياه العذبة.
المناخ القديم	وجد فاجنر أحفورة جلاسابتروس (نبات يعيش في مناخ معتدل) في أماكن متباعدة ذات مناخ مختلف أي أن هذه الأماكن المتباعدة كانت متقاربة وذات مناخ واحد.
الفحم الحجري	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.
الترسبات الجليدية	اقترح فاجنر احتمالين لتفسير ترسبات الجليد: 1- أن القطب الجنوبي قد غيّر موقعه. 2- أن هذه القارات كانت في موقع القطب الجنوبي وغيرت مواقعها.

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

وقد رجّح الاحتمال الثاني ←

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 إلّا أن فرضيته لم تُقبل في المجتمع العلمي آنذاك. وذلك لأنه لم يستطع تفسير ما يلي بشكل مقنع :

أولاً : لم توضح الفرضية على نحوٍ 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).

2-5 توسع قاع المحيط

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 مستوٍ.
- القشرة المحيطية لا تتغير وهي أقدم عمراً من القشرة القارية.

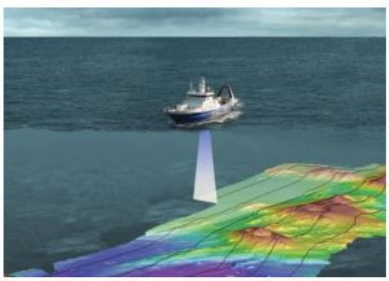
أظهر تقدم التقنية فيما بعد أن هذه الاعتقادات غير صحيحة.

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 المرسلة 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

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.

الأخاديد البحرية

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

صخور ورسوبيات المحيطات

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

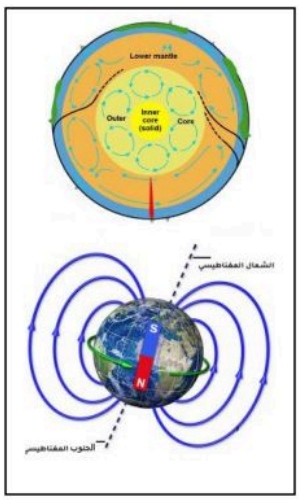
الاكتشاف الأول — مرتبط بـ أعمار الصخور

- 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.
- 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.

الاكتشاف الثاني — مرتبط بـ سمك الرسوبيات

- سُمك رسوبيات المحيطات يصل إلى بضع مئات من الأمتار عادة : وهذا قليل جداً مقارنة بسُمك الصخور الرسوبية على القارات الذي يصل إلى 20 كلم.
- سمك رسوبيات المحيطات يزداد مع زيادة البعد عن ظهر المحيط، وبصورة متناظرة على جانبيه : أي أن سمك 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.

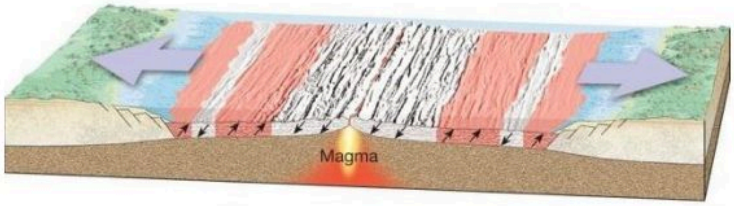
السلم الزمني للقطبية المغناطيسية :

- **المغناطيسية القديمة** : هي دراسة لتاريخ المجال المغناطيسي للأرض.
- عندما تتبلور المعادن الغنية بالحديد (الماجنيتيت) 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.

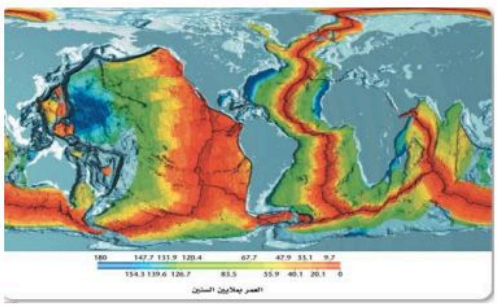
التماثل المغناطيسي :

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.

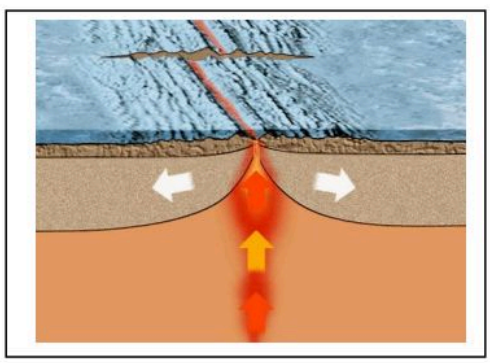
توسع قاع المحيط

وُضعت فرضية توسع قاع المحيط بناءًا على بيانات تضاريس قاع المحيط ورسوبياته ومغناطيسيته القديمة.
وتنص على أن : القشرة المحيطية الجديدة تتشكل عند ظهور المحيطات، وتُستهلك 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 علمية 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.



3-5 حدود الصفائح وأسباب حركتها

أهداف الدرس :

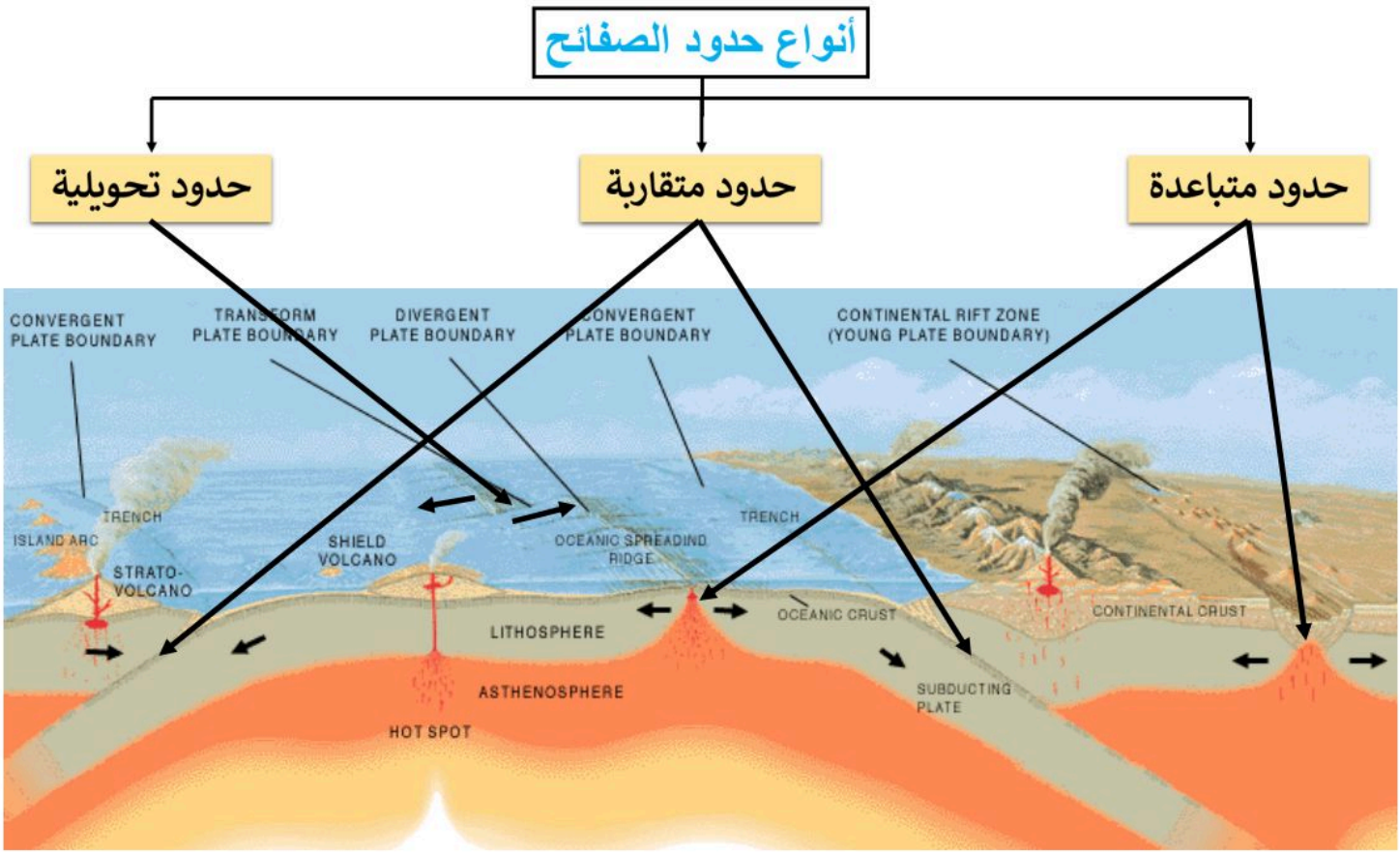
1- تصف كيف تتشكل معالم الأرض بفعل حركة الصفائح الأرضية. **2-** تقارن بين أنواع حدود أنواع الصفائح الأرضية الثلاث والمعالم المرتبطة بها. **3-** توضح العمليات الجيولوجية المصاحبة لنطاقات الطرح. **4- تلخص كيف ترتبط حركة الصفائح مع تيارات الحمل.** **5-** تقارن بين عمليتي الدفع عند ظهر المحيط والسحب للصفيحة.

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 متباعدة

الحدود المتباعدة :

هي المناطق التي تبتعد عندها الصفائح بعضها عن بعض.

- توجد معظمها على امتداد قاع المحيط في حفر الانهدام.

هي منخفض 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 لتشكل حوض محيط جديد.

حدود متقاربة

الحدود المتقاربة

هي المناطق التي تقترب عندها الصفائح من بعضها

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

محيطي - محيطي

ينتج عنها :

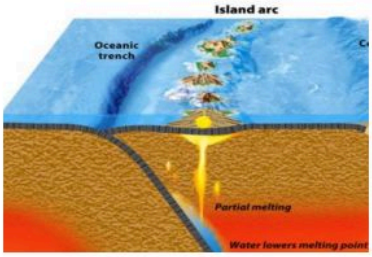
- أخاديد بحرية.
- جزر وكانية.

مثل :

أخدود وجزر ماريانا

أخدود وجزر ألوشيان

غرب وشمال المحيط الهادي



محيطي - قاري

ينتج عنها :

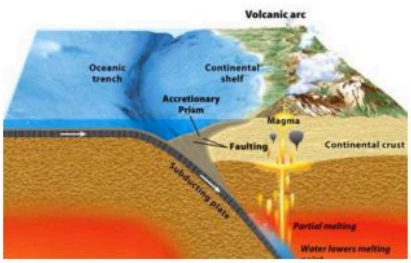
- أخاديد بحرية.
- سلسلة جبال وكانية.

مثل :

جبال الأنديز

أخدود بيرو - تشيلي

جانبي ساحل أمريكا الجنوبية



قاري - قاري

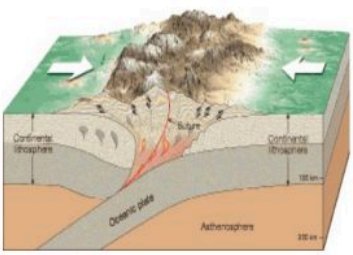
ينتج عنها :

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

مثل :

جبال الهملايا

منطقة التبت شمال الهند



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 وتتكسر القشرة على طول هذه الحدود.

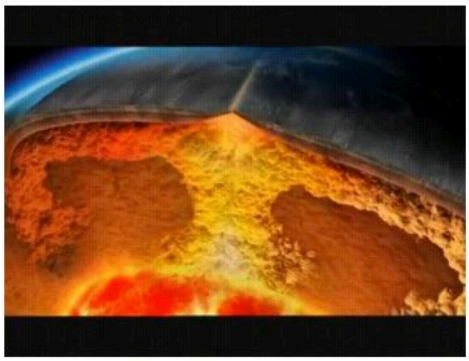
أسباب حركة الصفائح

وضع العلماء الكثير من الفرضيات لتفسير أسباب حوكة الصفائح. ومن هذه الفرضيات :

تيارات الحمل :

يعتقد العلماء أن تيارات الحمل في الستار هي المسئولة 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 محوكاً معه الصفائح التي تعلوه.



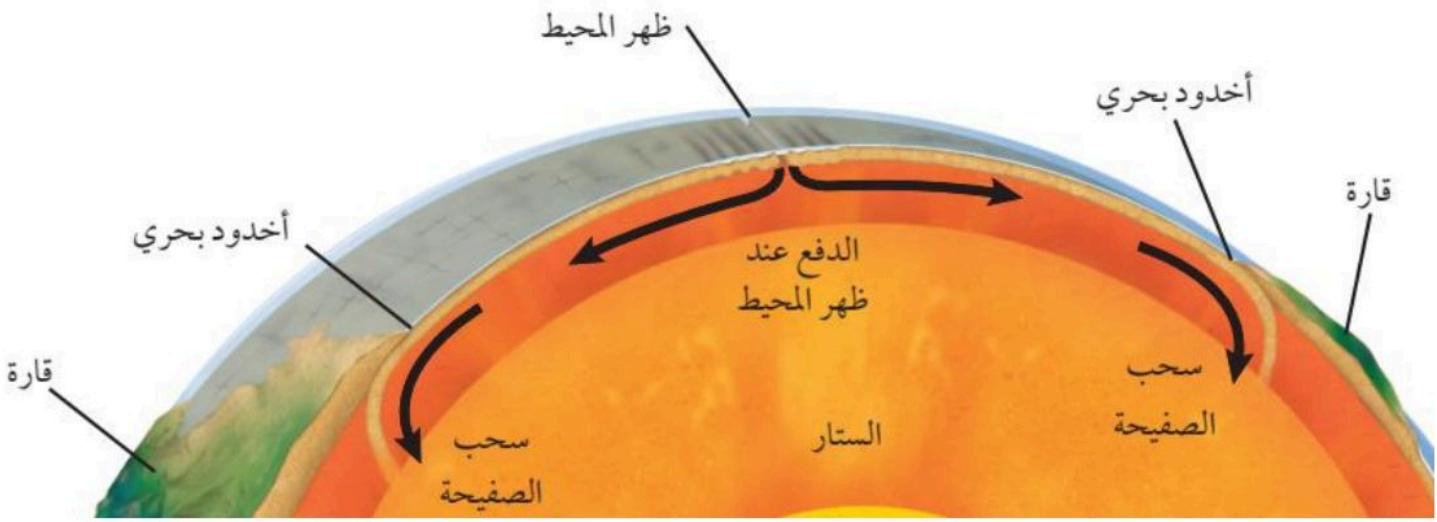
- تتدفق تيارات الحمل بمعدلات تصل إلى بضعة سنتيمترات في السنة.

ويعتقد العلماء أنها تبدأ الحوكة بسحب الصفيحة الغاطسة إلى أسفل في الستار.

الدفع والسحب :

هناك عمليات تحدد كيف تؤثر تيارات الحمل في حركة الصفائح.

العملية الأولى	الدفع عند ظهر المحيط	نتيجة لزيادة وزن الجزء المرتفع والمنحدر لظهر المحيط تُدفع الصفيحة المحيطية نحو الأخدود عند نطاق الطرح.
العملية الثانية	سحب الصفيحة	يؤدي وزن الجزء الغاطس من الصفيحة إلى سحب الجزء المتبقي منها نحو نطاق الطرح.



نهاية الفصل الخامس

أ. محمد عتيق

الفصل السادس : البراكين والزلازل

6-1 ما البركان ؟

أهداف الدرس :

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

مناطق النشاط البركاني

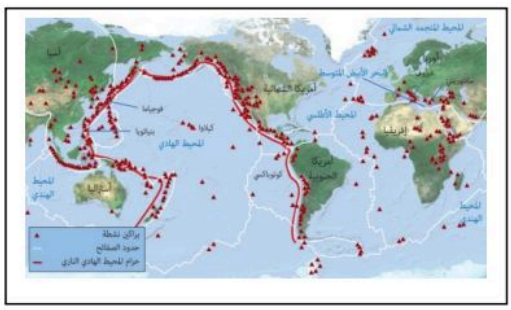
الصهارة [Magma] :

هي مخلوط من الصخور المصهورة والبلورات المعدنية والغازات.

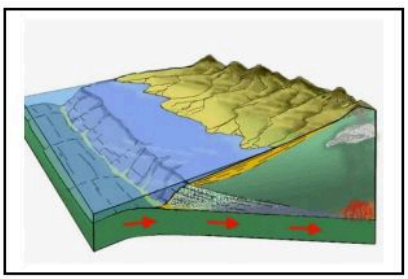
- تعتبر مصدر البراكين إذ تصعد إلى أعلى نحو سطح الأرض بسبب انخفاض كثافتها مقارنة بصخور الستار والقشرة الأرضية.
- عندما تخرج الصهارة إلى سطح الأرض تسمى اللابة [Lava].

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.



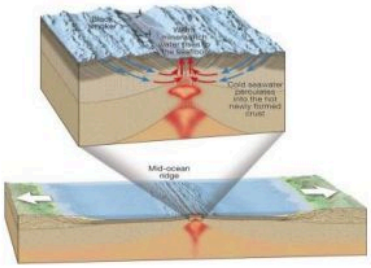
*** النشاط البركاني عند الحدود المتقاربة :**

- 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 المحيط الهادي	حزام حوض البحر المتوسط
يحيط بسواحل المحيط الهادي ويعرف بـ حلقة النار مثل : بركان بيناتوبو في الفلبين.	يمتد على حدود صفائح أوراسيا وإفريقيا والعربية مثل : بركان فيزوف في إيطاليا.



*** النشاط البركاني عند الحدود المتباعدة :**

- عند تباعد صفيحتين تصعد الصهارة لتملأ الفراغ الناجم عن هذا التباعد مشكّلة قشرة محيطية جديدة.

- تأخذ اللابة عند ظهور المحيطات شكل وسائد ضخمة تسمى **وسائد اللابة**.

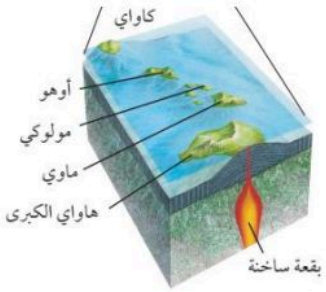
- تشكل براكين التباعد (تحت الماء) حوالي ثلثي براكين العالم وتمتاز بأنها هادئة وتنساب اللابة فيها دون انفجارات.

*** البقع الساخنة :**

- تتشكل بعض البراكين بعيداً عن حدود الصفائح فوق مناطق تسمى **البقع الساخنة** .

وهي مناطق ساخنة بصورة غير عادية في ستار الأرض. حيث يصعد عمود من الصهارة العالية الحرارة إلى سطح الأرض.

براكين البقع الساخنة وعلاقتها بحركة الصفيحة



تشكلت جزر هاواي قبل ملايين السنين؛ نتيجة حركة صفيحة المحيط الهادي البطيئة فوق بقعة ساخنة ثابتة الموقع؛ حيث تقع حالياً أسفل جزيرة هاواي الكبرى.

طفوح البازلت (الحرات)

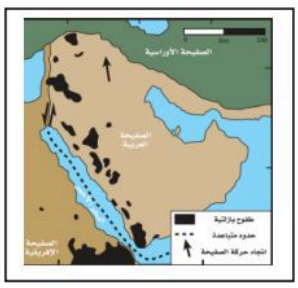
- تتكون **طفوح البازلت** من بقع ساخنة تحت القشرة القارية.

وهي عبارة عن لابة تتدفق من كسور طويلة في قشرة الأرض. هذه الكسور تسمى **الشقوق**.

- بعد مرور مئات أو آلاف السنين تؤدي ثورانات هذه الشقوق إلى تكوين سهول منبسطة تسمى الهضاب.

طفوح البازلت في الجزيرة العربية

امتدادها : تغطي مساحة كبيرة من المنطقة الغربية للصفيحة العربية تصل إلى 180 ألف كلم^2 على شكل حزام يمتد من اليمن جنوباً على طول ساحل البحر الأحمر مروراً بالأردن حتى يصل إلى سوريا شمالاً.



سبب تكونها : يعود تشكل هذا الحزام إلى الشقوق والصدوع المصاحبة لتكون البحر الأحمر.

آخر ثوران لها : أحدث براكين الجزيرة العربية ثوراناً وتدفقاً هو بركان حليات اللابة (جبل الملساء).
حدث ذلك عام 654 هـ .
يقع جنوب شرق المدينة المنورة على بعد 15 كلم تقريباً.

تركيب البركان

أجزاء 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

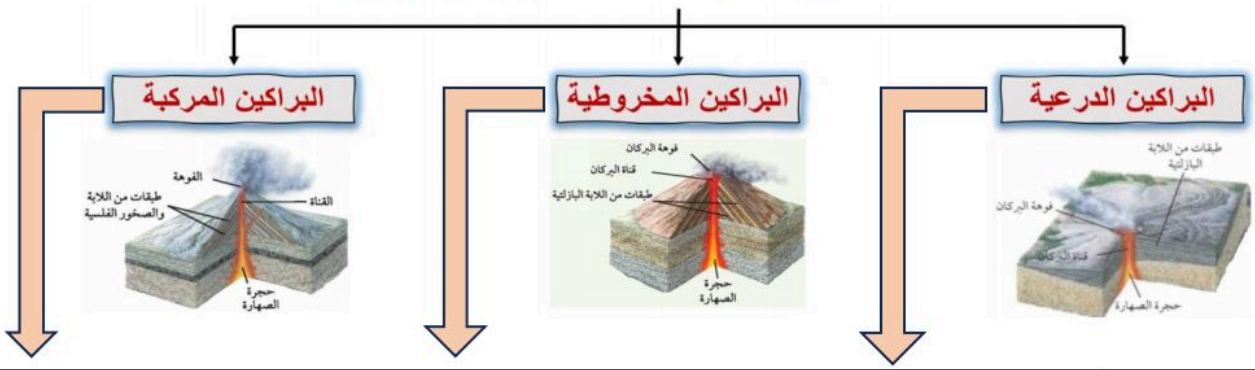
باستمرار انسياب اللابة وتراكمها مع الزمن يتكون جبل يسمى البركان.

- 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 الثورانات البركانية التي تحدث.

وبناءًا 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	لابة بازلتية في العادة	طبقات متعاقبة من اللابة
مثال	جبل الملساء – حرة رهاط	حرة الشاقة – مدينة العيص	جبل القِدر – 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 أحيانًا 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

درجة الحرارة

تنصهر معظم الصخور
تحت حرارة 800 - 1200 س

ويعتمد ذلك على كلٍ من

- مكونات الصخور
- الضغط الواقع عليها
- وجود الماء فيها

الضغط

يزداد الضغط بزيادة العمق وزيادة وزن الصخور

زيادة الضغط يؤدي إلى رفع درجة الانصهار

مثال : صخر الألبيت
درجة انصهاره

- على السطح 1100 ° C
- على عمق 6 كلم 1150 ° C
- على عمق 100 كلم 1440 ° C

مكونات الصهارة

العوامل التي تحدد مكونات الصهارة:
- تفاعلها مع صخور القشرة
- درجة حرارتها
- الضغط الواقع عليها
- كمية الغازات الذائبة فيها
- محتواها من السليكا ← الأكثر تأثيرًا

تساعدنا على معرفة سلوك الصهارة وتوقع شدة الثورانات البركانية

ملاحظة : محتوى الصهارة من السيليكا 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.

تتأثر اللزوجة بكلٍ من :

- درجة حرارة الصهارة.
- محتوى الصهارة من السيليكا.

زيادة نسبة السيليكا في الصهارة ينتج عنه :	انخفاض نسبة السيليكا في الصهارة ينتج عنه :
- زيادة اللزوجة (كثافة القوام مثل العسل). - احتفاظ الصهارة بالغازات الذائبة.	- انخفاض اللزوجة (سائلة مثل الماء). - ثورانات هادئة وسرعة في تدفق الصهارة.

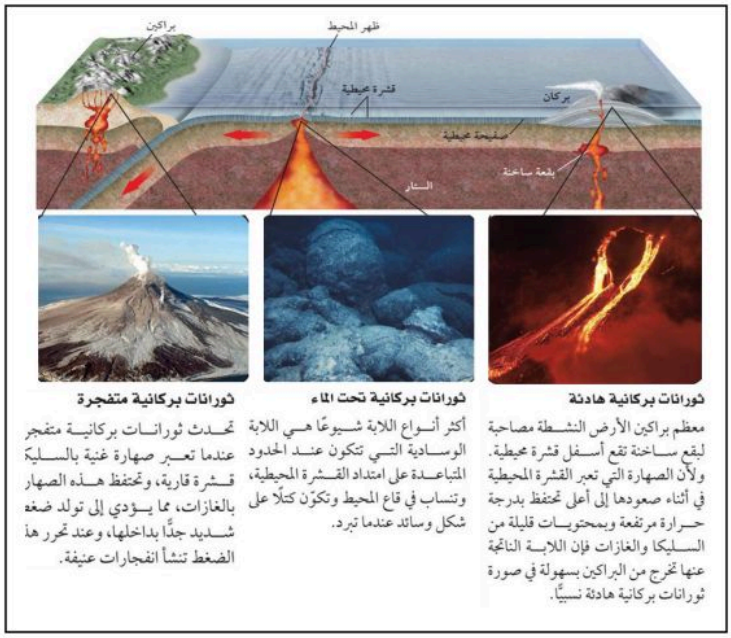
محتوى الصهارة من السيليكا يحدد :

- لزوجة الصهارة وبالتالي كيفية تدفق اللابة.
- شدة ثوران البركان.
- نوع الصخر البركاني الذي سيتشكل حينما تبرد الصهارة.

أنواع الصهارة

الصهارة	بازلتية	أنديزيتية	ريوليتية
نسبة السيليكا	أقل من ٥٠%	٥٠ - ٦٠%	أعلى من ٦٠%
اللزوجة	منخفضة	متوسطة	مرتفعة
التدفق	سريع (سائلة)	متوسط	بطيء (لزجة)
شدة الثوران	هادئة	متوسطة	شديدة (متفجرة)
الغازات الذائبة المحصورة	كمية بسيطة	كمية متوسطة	كمية عالية
مثال	حرّة كشب	تامبورا (اندونيسيا)	جبل حرة شامة
صورة			

الثورانات البركانية :



الثورانات البركانية المتفجرة

عندما تكون اللابة غنية بالسيليكا (لزجة) فإنها :

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

الأمواج الزلزالية

تنتج معظم الزلازل نتيجة للصدوع التي تتعرض لها الصخور.

أنواع الأمواج الزلزالية :

عندما يحدث زلزال في منطقة ما فإنه يُطلِق 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 ٦-١٤ كلم/ث	تضاغطات وتخلخلات	تسمى الموجات الجسمية .. لماذا ؟ تنشأ من بؤرة الزلزال
الموجات الثانوية S	لأنها ثاني الموجات وصولاً لمركز الرصد	أبطأ من الأولية ٣-٧ كلم/ث	أعلى وأسفل متعامدة مع اتجاه الحركة	
الموجات السطحية L	لأنها تنتقل على سطح الأرض	أبطأها متوسط ٤ كلم/ث	حركة جانبية إلى أعلى وإلى أسفل	الأكثر تدميراً لماذا ؟ تنشأ من المركز السطحي للزلزال

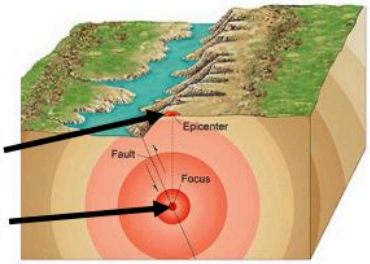
ملاحظة : سرعة الأمواج غير موجودة في الكتاب ذكرتها لتتضح المعلومة

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

نشأة الأمواج الزلزالية :

الأمواج الجسمية [الأولية - الثانوية]
- تنشأ في نقطة الكسر في صخور القشرة الأرضية.
- تنتشر في جميع الاتجاهات.
- تنطلق من بؤرة الزلزال الموجودة غالباً على عمق عدة كيلومترات.

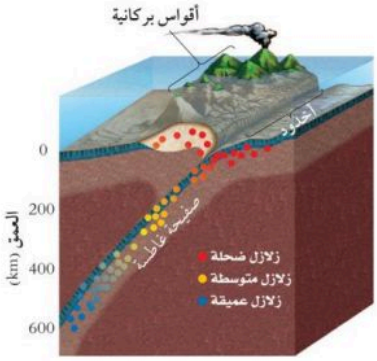
الأمواج السطحية
- تنتشر قريباً من سطح الأرض.
- تنطلق من المركز السطحي للزلزال الموجود فوق بؤرة الزلزال مباشرة.



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.

تصنف الزلازل حسب عمق البؤرة إلى :

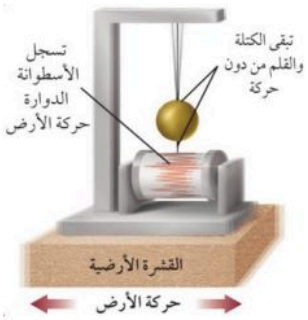


1- الزلازل الضحلة : تنشأ على عمق أقل من 70 كلم (الأكثر تدميراً).

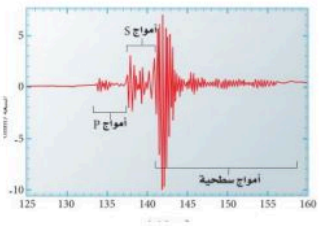
2- الزلازل المتوسطة : تنشأ على عمق 70 - 300 كلم.

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

مقياس الزلزال ومخططه



- كلما ابتعدنا عن بؤرة الزلزال 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 الزلزال (السيزمومتر).



- يتم تسجيل حركة الأرض على أداة للتسجيل كالورقة.
- يسمى السجل الناتج عن جهاز السيزمومتر : مخطط الزلزال (السيزموجرام).

البعد عن المركز السطحي للزلزال :

الفارق الزمني بين وصول الأمواج الزلزالية لمحطة الرصد :

- **يزيد كلما زاد البعد عن مركز الزلزال 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.

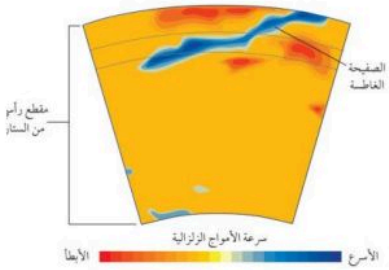
* مكونات الأرض :

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 البيرودوتيت.**
- **اللب الخارجي يتكون من مصهور الحديد والنيكل.**
- **اللب الداخلي صلب ويتكون من الحديد والنيكل.**

* تصور باطن الأرض :

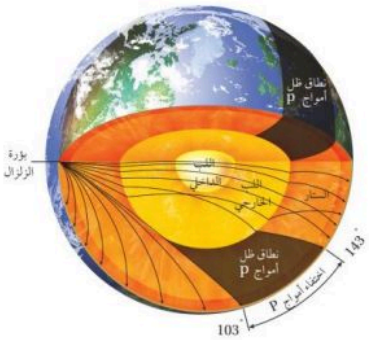


تتأثر سرعة الأمواج الزلزالية بعوامل أخرى غير العمق منها درجة الحرارة كما في الصورة المقابلة التي تُظهر زيادة في سرعة الأمواج أثناء عبورها الصفيحة الغاطسة.

* بنية الأرض الداخلية :

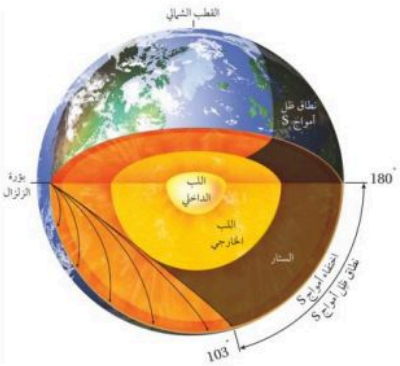
تتغير سرعة الأمواج الزلزالية واتجاهها عندما تواجه مواد مختلفة في باطن الأرض.

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 :

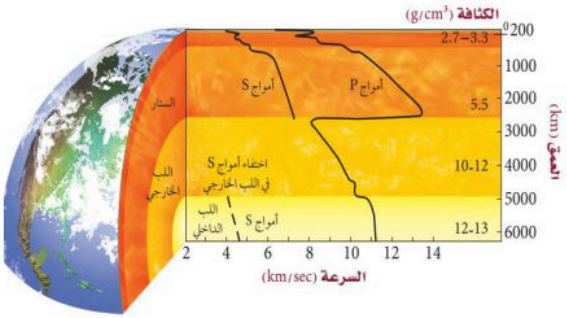


تتميز الأمواج الثانوية S أنها لا تمر عبر الأوساط السائلة .

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

مقياس رختر

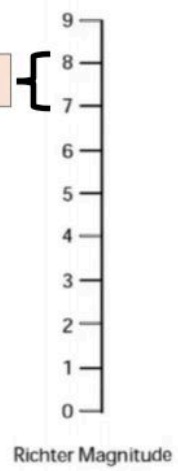
- مقياس رختر هو مقياس عددي يقيس طاقة أكبر الأمواج الزلزالية المنبعثة من الزلزال.
- مقدار هذه الطاقة يسمى قوة الزلزال .

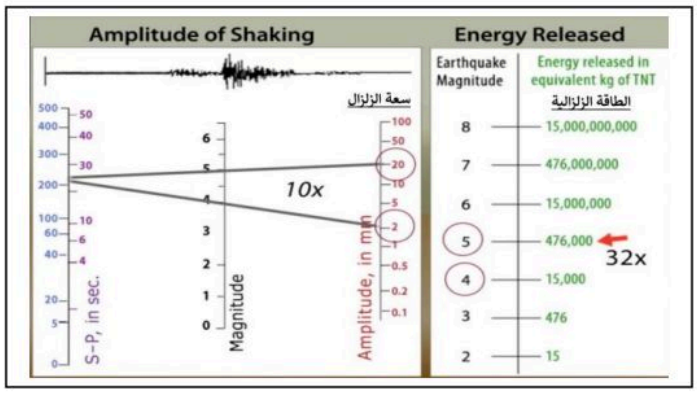
س/ كيف نقيس قوة الزلزال ؟

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

تشير كل درجة إلى زيادة في
- سعة الزلزال قدرها ١٠ أضعاف
- الطاقة الزلزالية بحوالي ٣٢ مرة

عن الدرجة التي قبلها





مقياس العزم الزلزالي

- رغم أن مقياس رختر 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 يُحدثه 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 .

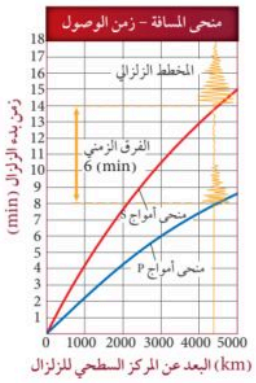
الجدول 2–6	مقياس ميركالي المعدل
I	لا يمكن الإحساس به إلا تحت ظروف غير عادية.
II	يشعر به عدد قليل من الأشخاص. يمكن أن تهتز بعض الأجسام المعلقة.
III	يشعر به الناس داخل البيوت. ينتج عنه اهتزازات كالتي تنتج عن حركة شاحنة ضخمة قريبة.
IV	يشعر به كثير من الناس داخل البيوت وقليل من خارجها، ويهتز زجاج النوافذ 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. ينقلب الأثاث الثقيل داخل البيوت. قد تتهدم المباني العادية بصورة جزئية.
IX	تدمير عام للمباني. تتحرك المباني عن أساساتها. تتشقق الأرض. تتكسر أنابيب المياه.
X	تدمير معظم المباني العادية. والطرق المعبدة. تحدث انزلاقات أرضية. تلتوي السكك الحديدية والأسوار.
XI	قلة من المباني تبقى قائمة. تتهدم الجسور. تتقطع 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 رختر قد يولد شدة زلزالية أعلى من زلزال عميق قوته 8 .



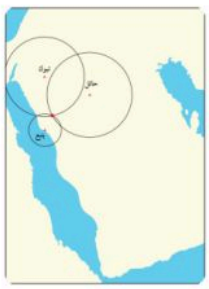
تحديد موقع الزلزال

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 ؟

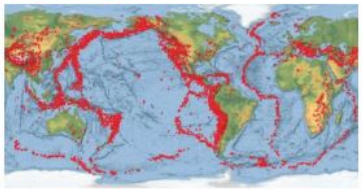
بُعد المركز السطحي للزلزال الذي تم تحديده يمكن التعبير عنه بدائرة مركزها محطة الرصد ونصف قطرها بُعد المركز السطحي عن المحطة.



ولكي نعرف اتجاه المركز السطحي للزلزال لابد 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 قطعتها 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 زلزال العالم.

مناطق انزلاق صفيحة تحت الأخرى

3- أحزمة ظهور المحيطات ويحدث فيها ما تبقى من زلازل. ← مناطق تباعد الصفائح

5-6 الزلازل والمجتمع

أهداف الدرس :

1- تناقش العوامل التي تؤثر في حجم الدمار الذي يُحدثه 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 متراصة.

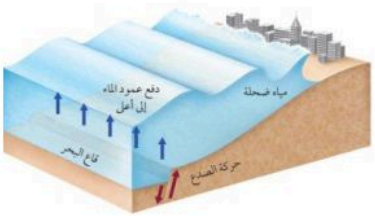
2- انهيار المباني المرتفعة :

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 :**



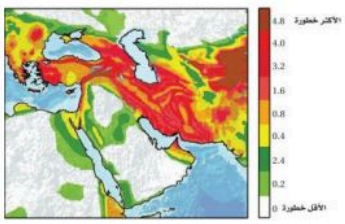
هي موجة محيطية كبيرة تتولد بفعل حركات رأسية لقاع البحر أثناء حدوث زلزال.
- تسبب هذه الحركة إزاحة المياه الواقعة فوق الصدع إلى أعلى، فتتكون قمم ومنخفضات على سطح الماء.
- تكون الأمواج في البداية في صورة موجة طويلة ارتفاعها أقل من متر، وعندما تصل للشاطئ قد يتجاوز ارتفاعها 30 متر بسرعة تتراوح بين 500 - 800 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 :



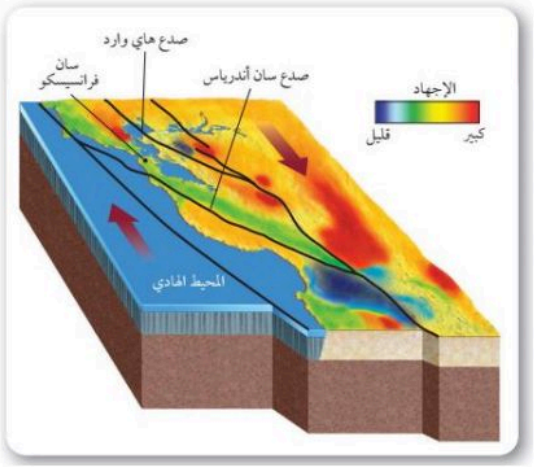
معظم الزلازل توجد في منطقة الأحزمة الزلزالية، لذا فإن احتمال وقوع زلازل في المستقبل يكون أكبر في هذه الأحزمة. ويمكن استعمال تاريخ النشاط الزلزالي لإعداد خرائط الخطر الزلزالي.

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