

٢ - خواص المادة:

الكثافة (d): تعرف الكثافة للمادة بأنها حاصل قسمة كتلتها على حجمها، أي أن:

$$d = \frac{m}{V}$$

حيث m: كتلة المادة،

V: حجم المادة

ووحدة الكثافة هي: $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ في النظام العالمي للوحدات.

مثال:

كثافة الألمنيوم هي $2.7 \frac{\text{gm}}{\text{cm}^3}$ ، فما هي كثافته في النظام العالمي للوحدات؟

الحل:

$$\begin{aligned} d_{(\text{Al})} &= 2.7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 2.7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{g}}}{10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{cm}^3}} \\ &= 2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \end{aligned}$$

$$= 2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

مثال:

كم هي كتلة ووزن الهواء في غرفة مربعه ضلعها 4 m وارتفاعها 3 m إذا علمت أن كثافة

الهواء هي $1.28 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ عند مستوى سطح البحر؟

الحل:

حجم الغرفة $V = 4 \times 4 \times 3$

$$= 48 \text{m}^3$$

$$m = dV = 1.28 \times 48 = 61.44 \text{ kg}$$

$$w = mg = 61.44 \times 9.8 = 602 \text{ N}$$

الإجهاد:

هو القوة المطبقة على وحدة المساحات من السطح الذي تطبق عليه القوة.

$$\frac{F}{A} = \frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}} = \text{الإجهاد}$$

ووحدة الإجهاد هي باسكال (Pa) حيث أن: $1\text{Pa} = \frac{1\text{N}}{\text{m}^2}$

الانفعال الطولي:

هو التغير النسبي الحاصل في طول قضيب ما بسبب تأثير الإجهاد.

$$\text{الانفعال} = \frac{\Delta L}{L}$$

والانفعال ليس له وحدة.

حيث ΔL هو التغير الحاصل في الطول ، L هو الطول الأصلي .

معامل المرونة:

يعرف معامل المرونة بالنسبة بين الإجهاد (الانضغاط أو الشد أو القص) إلى الانفعال بالعلاقة:

$$\frac{\text{الاجهاد}}{\text{الانفعال}} = \text{معامل المرونة}$$
$$\text{معامل المرونة} = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta L}{L}}$$

ووحده هي باسكال (Pa).

وإذا كان الإجهاد ناتج عن قوة شد أو انضغاط، فإن معامل المرونة يسمى بمعامل يونج Y، أي أن:

$$\frac{\text{الاجهاد الطولي}}{\text{الانفعال الطولي}} = \text{معامل يونج}$$
$$Y = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta L}{L}}$$

ومعامل يونج يعتمد على نوع مادة الجسم ولا يعتمد على شكله أو حجمه.

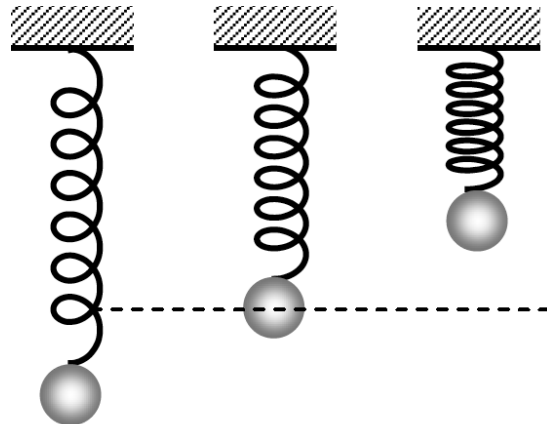
قانون هوك:

يوضح هذا القانون العلاقة بين القوة الخارجية المطبقة على جسم مرن F والاستطالة الحاصلة في ذلك الجسم x كالتالي:

$$F = kx \quad \text{قانون هوك}$$

حيث k هو ثابت التناسب (أو ثابت القوة أو ثابت النابض).

لنفرض أن الجسم المرن عبارة عن نابض حلزوني معلق كما في الشكل (أ). ثم نقوم بتطبيق قوة خارجية عليه عن طريق تثبيت أثقال مختلفة في طرفه الطليق كما في الشكل (ب)، ثم الشكل (ج). وإن زيادة الأثقال تؤدي إلى زيادة الاستطالة في النابض بصورة خطية طالما أن النابض لا زال مرناً (أي يرجع إلى وضعه الأصلي بعد إزالة الثقل).



ويمكن تعميم العلاقة السابقة لقانون هوك لتشمل أي جسم مرن، وليس بالضرورة أن يكون نابضاً حلزونياً. كما يمكن كتابة صياغة أخرى لقانون هوك كالتالي:

$$S = eY$$

صياغة أخرى لقانون هوك

حيث S الإجهاد

e الانفعال

Y معامل يونج

مثال:

علق ثقل قدره 45 N بنابض، وعند قياس طول النابض وُجد أنه 32 cm . وبعد تغيير الثقل بثقل آخر وزنه 55 N ، فاستطال النابض بمقدار 13 cm .

احسب:

(أ) ثابت النابض.

(ب) الطول الأصلي للنابض.

الحل:

(أ) من قانون هوك: $F = k x$

و بتطبيق القانون على الثقل الثاني:

$$k = \frac{F_2}{x_2}$$

$$k = \frac{55}{0.13} = 423 \text{ N/m}^2$$

(ب) نطبق القانون بالنسبة للثقل الأول:

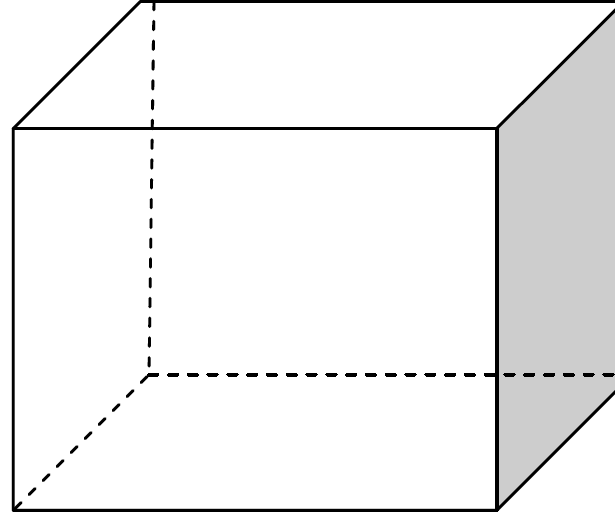
$$F_1 = k x_1$$
$$\therefore x_1 = \frac{F_1}{k} = \frac{45}{423} = 0.106 \text{ m} = 10.6 \text{ cm}$$

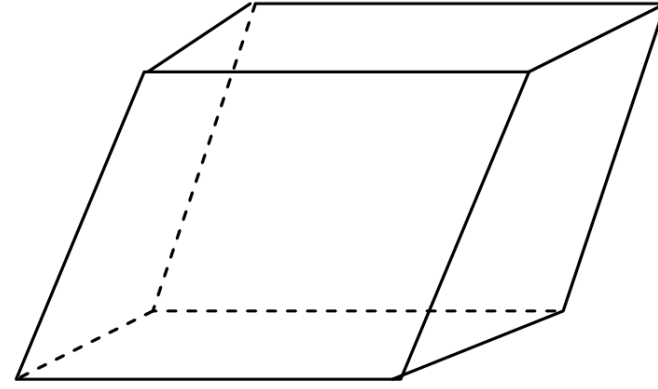
فيكون طول النابض الأصلي:

$$L_0 = 32 - 10.6 = 21.4 \text{ cm}$$

إجهاد القص: Shear Stress (S_s)

لنفرض الشكل ABCD الذي مساحته A ويتعرض لقوة قص F ضمن المرونة كما في الشكل المبين.





تؤدي قوة القص F إلى تغير شكله ليصبح $A'B'C'D'$ ، وبالتالي نعرف إجهاد القص
: (S_s)

$$S_s = \frac{F}{A}$$

ونعرف انفعال القص e_s :

$$e_s = \frac{x}{h}$$

ومن الشكل نجد أن:

$$\tan \phi = \frac{x}{h}$$

وعندما تكون: $x \ll h$ ، فإنه يمكن أن نكتب:

$$\tan \phi \cong \phi = \frac{x}{h} = e_s$$

حيث ϕ هي زاوية القص وتقاس بوحدة الراديان (Radian).

كما يمكن تعريف معامل القص G (أو معامل الصلابة) كالتالي:

$$G = \frac{\text{اجهاد القص}}{\text{انفعال القص}}$$

$$G = \frac{F/A}{x/h} = \frac{F}{A\phi}$$

معامل الحجم (B):

عندما تؤثر قوة انضغاطية على جميع السطح لجسم ما، فإن حجمه يقل. وإذا كانت القوة المطبقة لوحة المساحة F/A هي منتظمة، فإن الإجهاد في هذه الحالة هو الضغط المطبق P ، وبالتالي نعرف معامل الحجم:

$$\text{معامل الحجم} = \frac{\text{الإجهاد الحجمي}}{\text{الانفعال الحجمي}}$$

$$B = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta V}{V_0}} = \frac{P}{\frac{\Delta V}{V_0}} = \frac{PV_0}{\Delta V}$$

أي أن معامل الحجم يعتبر مقياساً لدرجة الصعوبة التي تنضغط بها المادة. ووحدة معامل الحجم هي باسكال (Pa).

مثال:

سلك طوله 2.5 m. بمساحة مقطع 6 mm^2 تعلّق نهايته بكتلة 45 kg فتحصل فيه استطالة مقدارها 1.27 mm.

احسب:

١ - الإجهاد على السلك.

٢ - الانفعال.

٣ - معامل يونج لمادة السلك.

الحل:

$$\text{الإجهاد} = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} \quad - ١$$

$$= \frac{45 \times 9.8}{6 \times 10^{-6}} = 7.35 \times 10^7 \text{ Pa}$$

$$\text{الانفعال} = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{1.27 \times 10^{-3}}{2.5} = 5.08 \times 10^{-4} \quad - ٢$$

$$Y = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta L}{L_0}} = \frac{7.35 \times 10^7}{5.08 \times 10^{-4}} = 1.44 \times 10^{11} \text{ Pa} \quad -3$$

مثال:

سلك الألمنيوم قطره 3mm وطوله 4m يستخدم لإسناد كتله مقدارها 50 kg. ما هي الاستطالة في السلك؟ (معامل يونج للألمنيوم يساوي: $7 \times 10^{10} \text{ Pa}$).

الحل:

$$A = \pi r^2$$

$$A = 3.14 \times \left(\frac{3}{2} \times 10^{-3}\right)^2 = 7.07 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$F = mg = 50 \times 9.8 = 490 \text{ N}$$

$$\therefore Y = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta L}{L_0}}$$

$$\Delta L = \frac{L_0}{Y} \times \frac{F}{A}$$

$$= \frac{4 \times 490}{7 \times 10^{10} \times 7.07 \times 10^{-6}} = 3.96 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$= 3.96 \text{ mm}$$

مثال:

يسلط ضغط مقداره 2×10^6 Pa على عينة من الزئبق فيقلص بمقدار 0.008%. احسب المعامل الحجمي للزئبق.

الحل:

$$\begin{aligned} B &= \frac{P}{\frac{\Delta V}{V_0}} \\ &= \frac{2 \times 10^6}{0.008/100} \\ &= 2.5 \times 10^{10} \text{ Pa} \end{aligned}$$