جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الانبار – كلية العلوم
قسم الفيزياء

اسم المادة: الفيزياء العامة

المستوى الدراسي: الدراسات الاولية (البكالوريوس)

المرحلة: الاولى

المحاضرة رقم (5)

اسم المحاضرة: المرونة Elasticity

مدرس المادة

م. احمد مظفر احمد

Elasticity المرونة

1-5 المرونة Elasticity

إذا أثرت قوة خارجية على جسم، فإنه يستجيب لهذه القوة فيتحرك تحت تأثيرها بسرعة وتسارع ما ويقطع مسافة معينة خلال زمن معين.

ولكن في بعض الأحيان يكون الجسم مثبتاً بطريقة أو بأخري، فعندما تؤثر عليه قوة خارجية لا تحركه ولكن تغير من شكله.

التغير الحادث في شكل الجسم يتناسب مع القوة المسببة لذلك.

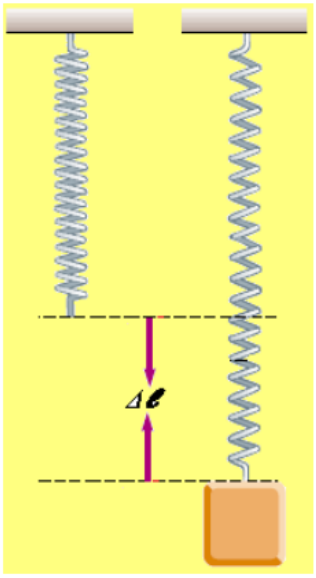
وهذا التغير يكون إما في طول الجسم أو في شكله أو حجمه.

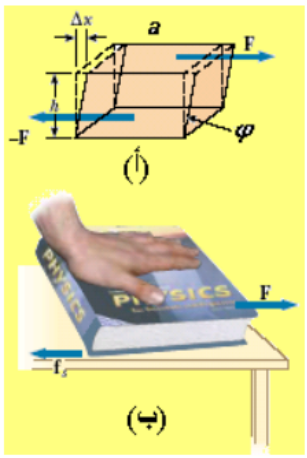
مثال ذلك:

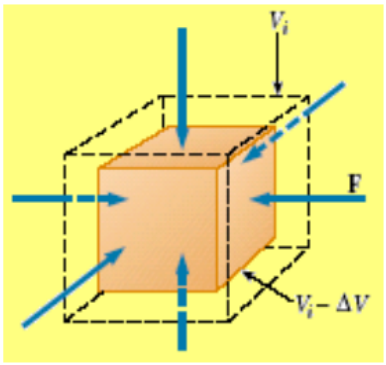
عند التأثير على زنبرك مثبت في حائط بقوة شد فإنه لا ينتقل من مكانه ولكنه يستطيل.

عند التأثير على وجهين متقابلين لمكعب أو كتاب بإزدواج فإن شكل المكعب أو الكتاب سيتغير.

عند التأثير على جميع أوجه مكعب بضغط P فإن حجم المكعب سيتناقص.







وعند زوال القوة المؤثرة علي الجسم يكون هناك ثلاثة احتمالات وهي:

1- يستعيد الجسم حالته السابقة تماماً، أي يستعيد شكله وحجمه الأصلي تماماً ونقول عليه جسم تام المرونة.
2- يستعيد الجسم جزء من حالته السابقة أي يستعيد شكله وحجمه جزئيا ونقول عليه جسم مرنً.
3- لا يستعيد الجسم لا شكله ولا حجمه الأصلي ويحتفظ بتغيرهما دائماً ونسميه جسم عديم المرونة أو لدن.

أي يمكن تقسيم الأجسام من حيث خاصيتها للمرونة إلي:

1- أجسام تامة المرونة
2- أجسام مرنة
3- أجسام غير مرنة أو لدنة

والآن يمكن تعريف **المرونة (Elasticity)** بأنها خاصية للأجسام تمكنها من استعادة شكلها وحجمها الأصلي بعد زوال القوة المؤثرة عليها.

ذكرنا في المحاضرة الأولي أنه عند دراسة ظاهرة فيزيائية فإن مجرد الملاحظة لا تكفي، حتى تؤدى إلى معلومات كمية وعلاقة رياضية تصف هذه الظاهرة.

وللحصول على علاقة رياضية للمرونه نعرف كل من الإجهاد والإنفعال.

2-5 الإجهاد (Stress):

يعرف الإجهاد بأنه القوة المؤثرة عمودياً على وحدة المساحات. ويكتب على الصورة:

$$\sigma = F/A \qquad (5\text{-}1)$$

وحدة قياس الإجهاد في النظام الدولي هي نيوتن/متر^2 (N/m^2) وتسمى أيضا باسكال (Pa).

يوجد ثلاثة أنواع من الإجهاد وهي:

1- إجهاد شد (اجهاد عمودي)
2- اجهاد قص (اجهاد مماسي)
3- اجهاد الضغط (اجهاد حجمي)

3-5 الانفعال (Strain):

الانفعال بشكل عام هو النسبة بين التغير الحادث في الجسم عند التأثير عليه بقوى خارجية إلي أبعاد الجسم الأصلية. والانفعال ليس له وحدات لأنه نسبة.

وتوجد للانفعال ثلاثة أنواع:

1- الانفعال الطولي: وهو النسبة بين التغير في طول الجسم $\Delta\ell$ والطول الأصلي ℓ_0.
ويكتب على الصورة:

$$\varepsilon = \Delta\ell / \ell_o \qquad (5\text{-}2)$$

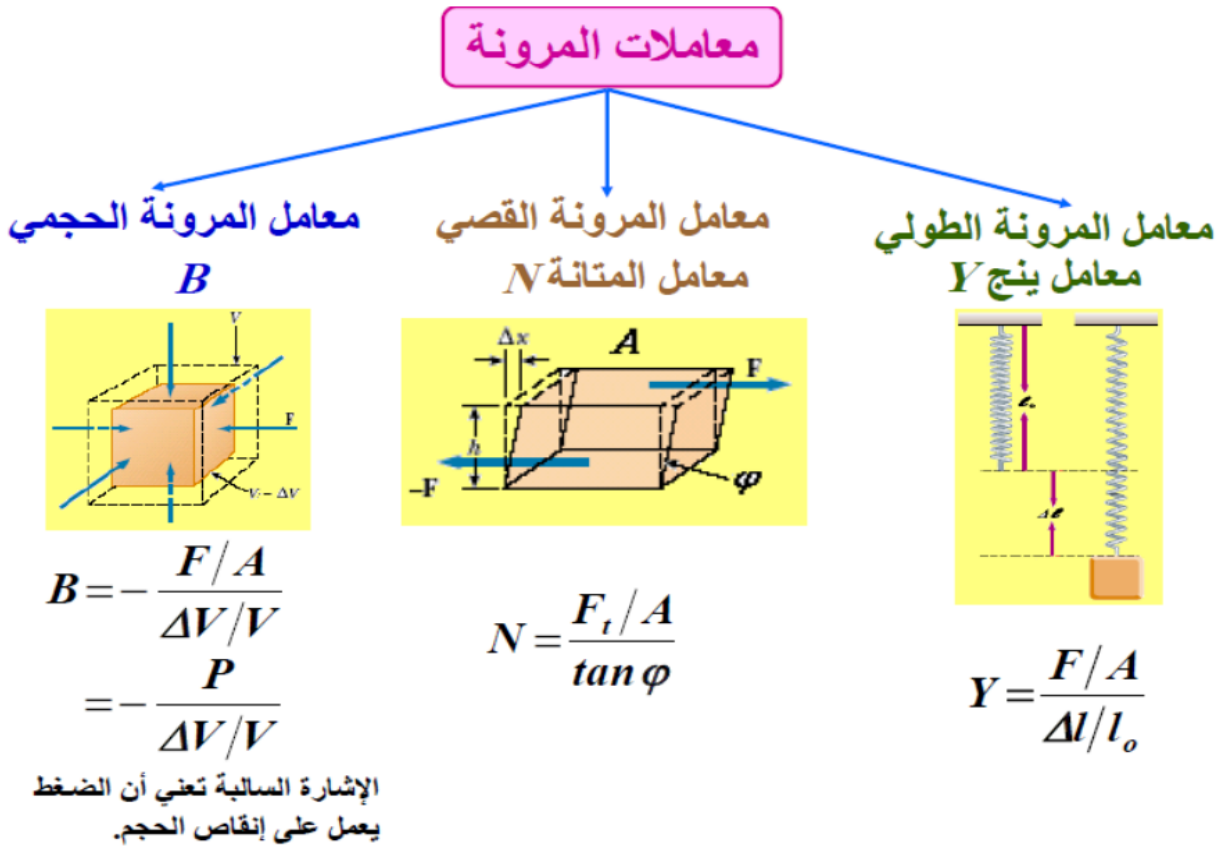
2- الانفعال القصي: يساوى ظل الزاوية φ الناشئة من التأثير على الجسم بقوي مماسية.
3- الانفعال حجمي: هو عبارة عن التغير في الحجم ΔV إلى الحجم الأصلي V.

4-5 معامل المرونة (Elasticity modulus):

النسبة بين الإجهاد والانفعال تسمى معامل المرونة.

وحدة قياس معامل المرونة هي نفس وحدة قياس الإجهاد، وتكون في النظام الدولي نيوتن/متر^2 (N/m^2).

يوجد ثلاثة أنواع من معاملات المرونة وهي:



جدول (5-1) معاملات المرونة الثلاثة لبعض المواد 10^{10} N/m^2

المادة	Y	S	B
الألمنيوم	7.1	2.5	7
النحاس الأصفر	9.1	3.5	6.1
النحاس	11	4.2	14
الفولاذ	20	8.4	16
التنغستين	35	14	20
الزجاج	6.5-7.8	2.6-3.2	5-5.5
الكوارتز	5.6	2.6	2.7
الماء	_	_	0.21
الزئبق	_	_	2.8

5-5 قانون هوك وثابت الزنبرك (النابض):

ينص قانون هوك على أن مقدار الاستطالة الحادثة في قضيب أو زنبرك يتناسب طردياً مع مقدار قوة الشد المؤثرة ما لم نتعدى حد المرونة. ويكتب على الصورة:

$$F = k\,\Delta\ell \qquad (5\text{-}3)$$

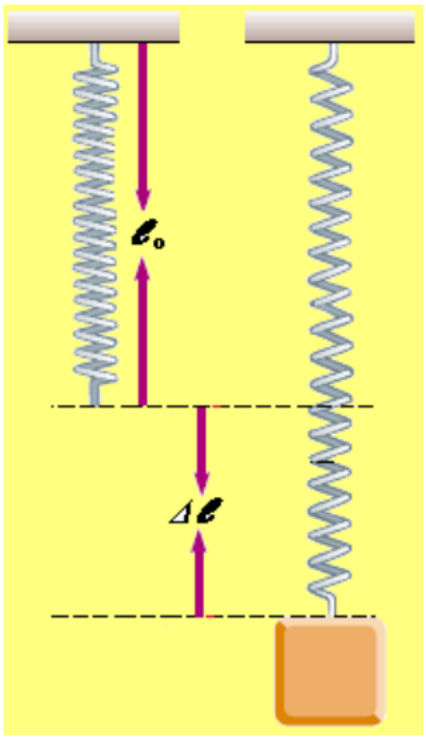
ويسمى الثابت k بثابت الزنبرك وهو عبارة عن القوة اللازمة لإحداث تغير في الطول مقداره الوحدة. ويسمى أيضا بمعامل الصلابة ووحدة قياسه هي N/m

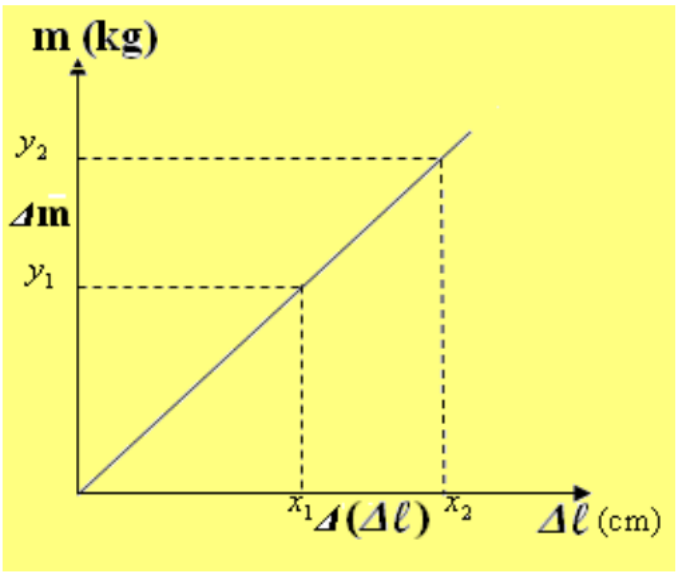
وهو يرتبط بمعامل ينج بالعلاقة: $k = \dfrac{Y\,A}{l_o}$

وعادةً ما يكتب قانون هوك بواسطة قوة الارجاع على الصورة: $F = -\,k\,\Delta\ell$

ومعني الإشارة السالبة أنه بزيادة الاستطالة تزيد قوة الارجاع التي تحاول أن تعيد الجسم إلي وضعه الأصلي.

تحقيق قانون هوك عملياً وتعيين ثابت الزنبرك:





نعلق كتلاً مختلفة m في طرف الزنبرك ثم نحدد في كل مرة استطالة الزنبرك عند الاتزان.

نرسم العلاقة بين الكتلة علي المحور الرأسي وبين الإستطالة $\Delta\ell$ علي المحور الأفقي، فنحصل علي خط مستقيم يمر بنقطة الأصل وميله يساوي k/g. ومن ميل الخط الناتج نحسب ثابت الزنبرك k.

مثال (5-1):

أثرت قوة قدرها 900N على زنبرك فكم يستطيل هذا الزنبرك اذا علمت أن معامل الصلابة له 980N/m

الحل:

$$F = 9.8 \text{ N} \quad , \quad k = 980 \text{ N/m}$$

$$\Delta L = \frac{F}{m}$$

$$\Delta L = \frac{9.8}{980} = 0.01 \text{ m}$$

مثال (5-2):

علقت كتلة مقدارها 400g بزنبرك فاستطال بمقدار 0.3 cm ، أوجد معامل الصلابة (ثابت الزنبرك)

الحل:

$$\Delta L = 0.3 \text{ cm} = \frac{0.3}{100} = 0.003 \text{ m}$$

$$m = 400 \text{ g} = \frac{400}{1000} = 0.4 \text{ kg}$$

$$F = m \ g$$

$$F = 0.4 \times 9.8 = 3.92 \text{ N}$$

$$\because k = \frac{F}{\Delta L}$$

$$\therefore k = \frac{3.92}{0.003} = 1306.66 \text{ N/m}$$

مثال (5-3):

في تجربة لقياس معامل ينج للفولاذ، علق جسم وزنه 10kN بسلك من الفولاذ طوله 4m ومساحة مقطعه 1cm^2 فزاد طول الجسم بمقدار 0.1cm احسب كل من:

1- الإجهاد 2- الانفعال 3- معامل ينج

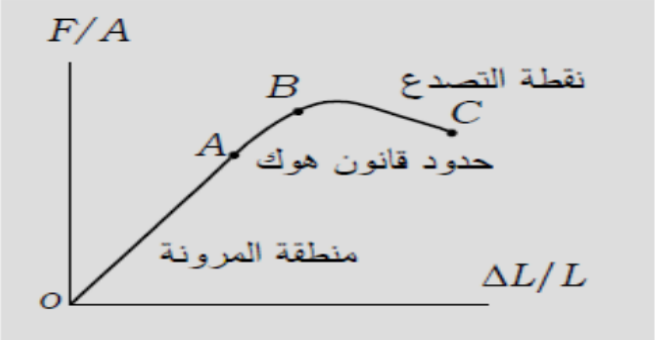
الحل:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{10 \times 10^3}{1 \times 10^{-4}} = 10^8 \text{ N/m}^2$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell_o} = \frac{0.1 \times 10^{-2}}{4} = 2.5 \times 10^{-4}$$

$$\therefore Y = \frac{10^8}{2.5 \times 10^{-4}} = 4 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

6-5 منحني الاجهاد- الانفعال (Stress vs. Strain Curve):



العلاقة بين الإجهاد الطولي والانفعال الطولي لمادة مرنة من الأمور الهامة في الفيزياء لمعرفة طبيعة المواد وخواصها الميكانيكية. ويمكن تقسيم شكل هذه العلاقة إلي عدة مناطق كالآتي:

1- **منطقة المرونة:** في المنطقة (OB) يكون السلك في هذه المنطقة تام المرونة. وتنقسم تلك المنطقة في بعض المواد إلي منطقتين:
   - a- **منطقة التناسب:** في المنطقة (OA) يتبع السلك قانون هوك. وتسمى النقطة A **بحد التناسب**.
   - b- في المنطقة (AB)عند زيادة الإجهاد عن حد التناسب A يظل السلك تام المرونة ولكن لا يتبع قانون هوك أي أن العلاقة بين الإجهاد والانفعال تكون غير خطية.
2- **منطقة التشوه اللدن:** إذا زاد الإجهاد عن إجهاد النقطة B التي تسمي بنقطة الإذعان أو الخضوع نجد أن السلك يفقد مرونته. وتسمى المنطقة (BC) بالمنطقة اللدنة (plastic region)
3- وقبل النقطة C يبدأ السلك في الاختناق فتتناقص مساحة مقطعه سريعاً في منطقه عند منتصف السلك تقريباً، ويستمر النقص في مساحة المقطع حتى ينكسر السلك عند **نقطة الكسر**أو التصدع C.

مسائل على الفصل الخامس

1- سلك طوله 10cm، ومساحة مقطعه $0.01\ m^2$ تؤثر فيه قوة شد قدرها 1000 N ، احسب مقدار الاستطالة اذا علمت أن معامل المرونة للسلك يساوي $5\times10^{10}\ N/m^2$.

2- يعلق جسم كتلته 0.25Kg بنهاية سلك فولاذي طوله 3m ومساحة مقطعه $0.15\ m^2$ ما مقدار استطالته؟

3- زنبرك أثرت عليه قوة مقدارها 0.009 N فاستطال بمقدار 3cm ثم أزيلت القوة فعاد الزنبرك الى وضعه الأصلي تماما، احسب ما يلي:

أ- معامل الصلابة للزنبرك

ب-اذا أثرنا عليه بقوة مقدارها 0.08 N بحيث لا يفقد مرونته فكم يستطيل هذا الزنبرك.

References:

1- Physics for Scientists and Engineers (with PhysicsNOW and InfoTrac), Raymond A. Serway - Emeritus, James Madison University , Thomson Brooks/Cole © 2004, 6th Edition, 1296 pages.

2- مبادئ الفيزياء العامة، د. عقيل مهدي كاظم، الطبعة الأولى، 2009

3- محاضرات فيزياء عامة، الدكتور عبدالحي صلاح، جامعة الملك سعود

http://faculty.ksu.edu.sa/AbdelhaySalah/Arabic/Documents/Forms/AllItems.aspx

4- محاضرات فيزياء عامة 102 للدكتور محمد مرسي،

http://faculty.ksu.edu.sa/elmorsy/Pages/102physics.aspx