Chapter 3

الحرارة وخصائص المادة

Heat and Properties of Matter

الحرارة

خصائص

المادة

Chapter 3: Heat and Properties of Matter

الحرارة — خصائص — المادة

* سوف ندرس في هذا الفصل موضوعين وهما: ① الحرارة ودرجة الحرارة ② خصائص المادة.

- Temperature and Heat
  درجة الحرارة — الحرارة
  - Conversion of heat into useful work
    تحول — الحرارة — مفيد — شغل
  - Specific heat
    النوعية — الحرارة
  - Change of phase
    تغير — الحالة
- Properties of matter
  خصائص — المادة
  - Solid, liquid, gas
    الصلب (الجامد) — السائل — الغاز
  - Elasticity
    المرونة
  - Stress
    الاجهاد

Temperature:

درجة الحرارة .

تعريف

- Basically temperature is *a measure* of ***hotness*** or ***coldness*** of an object
- Properly measured with instrumental ***thermometer***. (not by hand which is not sensitive enough nor precise)

* درجة الحرارة هي مقياس لسخونة أو برودة الأجسام.
* تقاس درجة الحرارة بالثيرمومتر وليس باليد التي هي ليست حساسة كفاية ودقيقة.

Thermometer example:

مثال لمقياس الحرارة (ثيرمومتر) .

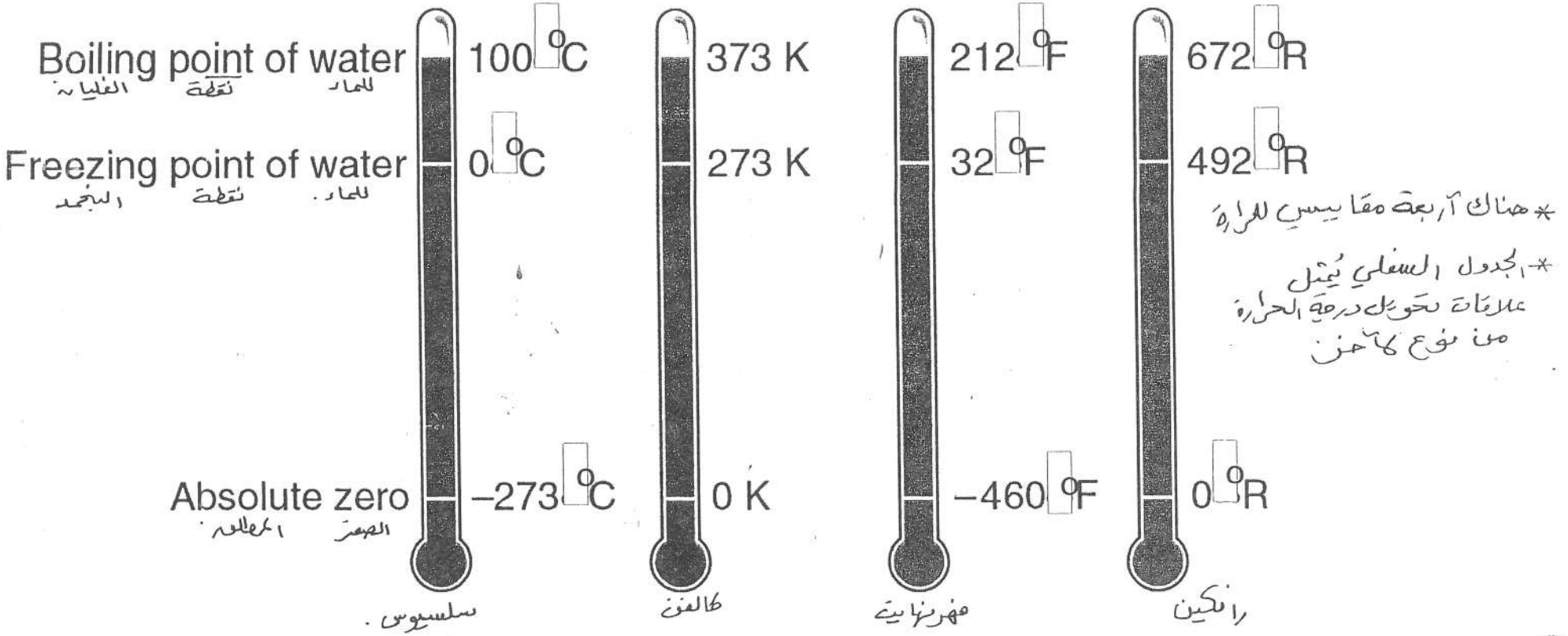
Common thermometer

شائع

مقياس حرارة

Four basic temperature scales

أربعة الأساسية لدرجة الحرارة مقاييس



* هناك أربعة مقاييس للحرارة
* الجدول السفلي يمثل علاقات تحويل درجة الحرارة من نوع لآخر

Conversion التحويل From من	To إلى	Formula القانون
Celsius	Fahrenheit	°F = °C × 1.8 + 32
Celsius	Kelvin	K = °C + 273.15
Celsius	Rankine	°Ra = °C × 1.8 + 32 + 459.67
Celsius	Réaumur	°R = °C × 0.8

Conversions between different scales

التحويلات بين المختلفة المقاييس

EXAMPLE 3.1

TF ⟶ TC

The human body average temperature is 98.6°F. What is it in degrees Celsius?

جسم الانسان متوسط درجة حرارة ما هي السلسيوس بدرجات

Data:

$T_F = 98.6°F$

$T_C = ?$

$$F = C^\circ \times 1.8 + 32$$

$$\frac{F-32}{1.8} = \frac{C^\circ \times 1.8}{1.8} \Rightarrow C^\circ = \frac{F-32}{1.8}$$

$$= \frac{98.6-32}{1.8}$$

Basic Equation:

$$T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32°)$$

$$T_C = \frac{5}{9}(TF-32)$$

$$T_C = \frac{5}{9}(98.6-32)$$

$$= 37^\circ C$$

Working Equation: Same

Substitution:

$$T_C = \frac{5}{9}(98.6° - 32°)$$

$$= \frac{5}{9}(66.6°)$$

$$= 37.0°C$$

Conversions between different scales

تحويلات بين المقاييس المختلفة

* يقصد بالمقاييس المطلقة ① الكالفن ② الرانكين. لأن أقل درجة عليها هي الصفر

يقصد بها الكالفن والرانكين

Sometimes it is necessary to use the *absolute temperature scales*, which are the Kelvin scale and the Rankine scale. These are called absolute scales because 0 on either scale refers to the lowest limit of temperature, called *absolute zero*.

The **Kelvin scale** is the metric absolute temperature scale on which absolute zero is 0 K and is closely related to the Celsius scale. The relationship is*

* مقياس كالفن هو مقياس درجة الحرارة في النظام الدولي (المتري).

$$T_K = T_C + 273$$

The **Rankine scale** is the U.S absolute temperature scale on which absolute zero is 0°R and is closely related to the Fahrenheit scale. The relationship is

* مقياس الرانكين هو مقياس درجة الحرارة المطلقة في النظام الأمريكي.

$$T_R = T_F + 460°$$

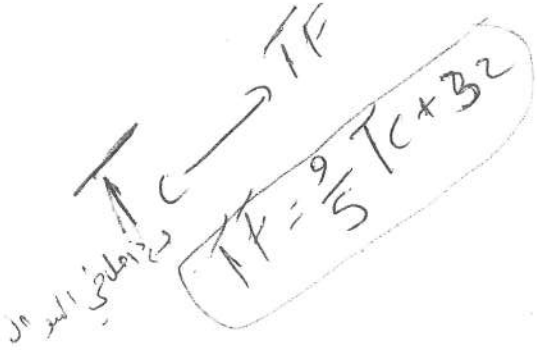
* ملاحظة: احفظ مع العلاقتين السابقتين العلاقة التالية لتمكنك من التحويل من أي واحدة للأخرى.

$$T_F = T_c \times 1.8 + 32$$

ex:

Change 18°C to Kelvin.

تغيير



Data:

$T_C = 18°C$

$T_K = ?$

Basic Equation:

$$T_K = T_C + 273$$

Working Equation: Same

Substitution:

$T_K = 18 + 273$

$= 291\ K$

$\Delta T_F = \Delta T_C$

$\Delta T_F = 1.8\,\Delta T_C$

$\Delta T_C = \Delta T_K$

absolute zero = -273

T : units

SI → °C → Temprature → درجة الحرارة

K → absolute → الحرارة المطلقة

~~FSI~~ not SI → °F

Change 535°R to degrees Fahrenheit.

تغییر درجات فہرنہائیٹ

Data:

$$T_R = 535°R$$
$$T_F = ?$$

Basic Equation:

$$\boxed{T_R = T_F + 460°}$$

Working Equation:

$$T_F = T_R - 460°$$

Substitution:

$$T_F = 535° - 460°$$
$$= 75°F$$

Heat

* الحرارة: هي شكل من طاقة (الركض) والطاقة الكامنه والمحتواه في الجسم بسبب حركة ذراته أو جزيئاته ويمكن أن تنتقل من جسم درجة حرارته مرتفعة الى ذلك الذي له درجة حراره منخفضه.

Heat is a form of *internal kinetic* and *potential energy* contained in an object associated with the *motion of its atoms or molecules* and may be *transferred* from an object at a *higher temperature* to one at a *lower temperature*.

Heat cannot be stored. Heat is a transformed energy (example: work by friction force transforms into heat)

* الحرارة لايمكن أن تخزن, فالحرارة هي طاقة متحولة ومثال ذلك الشغل من قبل الاحتكاك يتحول الى حرارة.

Units:

SI system → Joule (J)

~~British~~ system → ft lb

Other units:

Metric/SI system → kilocalorie (kcal)

British system → Btu (British thermal unit)

Conversation factors:

1 kcal = 4190 J ; 1 Btu = 778 ft lb

1 Cal = 4,19 KJ

1 Kcal = 4,19 KJ
4,190 J

1 Food Cal = 1 Kcal

British = Btu = british thermal unit

* تعريف الكيلو كالوري: هو كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة (1Kg) من الماء (1 °C)

Definition: The **kilocalorie** (kcal) is the amount of heat necessary to raise the temperature of 1 Kg of water 1°C.

Friction causes a rise in temperature of the drill and plate.

(تحويل الحرارة الى شغل مفيد.)

Conversion of heat into useful work

تحويل الحرارة الى شغل مفيد

EXAMPLES:

امثلة

* من الامثلة على تحوّل الطاقة الحرارية الى شغل.

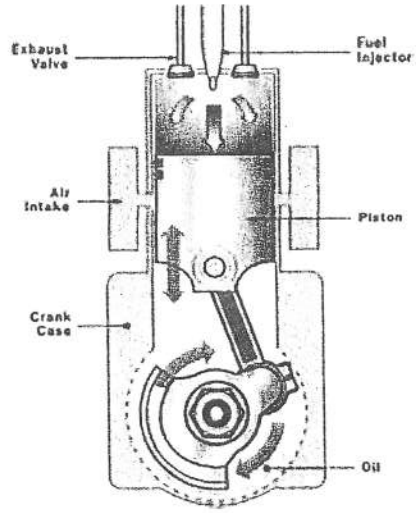
In our bodies:

في اجسامنا

Food → Heat → muscular energy (~ 25 % of the heat) → work

طعام حرارة عظلية طاقة من الحرارة شغل

① في داخل اجسامنا.
الطعام ← حرارة ← شغل في العضلات
حيث (25%) من الحرارة تتحول الى شغل



Internal combustion engine

By burning gases:

حرقه الغازات

Heat → gas expansion → work

حرارة الغاز تمدد شغل

(example: internal combustion engine in cars)

مثال الداخلي الاحتراق آلة في السيارات

② عند طريق حرق الغازات.
حرارة ← تمدد للغازات ← شغل
كما في محركات السيارات.

By steam.:

بـ البخار

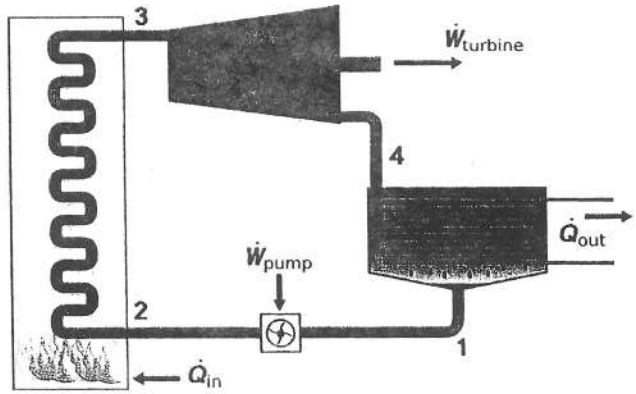
Heat → energetic steam → work

حرارة ناشط (مضغوط) بخار شغل

(example: steam turbine)

مثال. البخار توربينات

③ في الآلة البخارية.
حرارة ← بخار مضغوط ← شغل
كما في التوربينات البخارية.



Steam generator & turbine

بخار مولد توربين

ex1

What is the difference between temperature and heat?

ما هو الفرق بين درجة الحرارة وكمية الحرارة

A	Temperature is a total thermal energy, heat is a measure of hotness درجة الحرارة هي الكلية الحرارية الطاقة كمية الحرارة مقياس للسخونة
B	Heat is a total thermal energy, temperature is a measure of hotness كمية الحرارة الكلية الحرارية الطاقة درجة الحرارة هي مقياس للسخونة
C	Heat can be stored, temperature cannot الحرارة يمكن أن تخزن درجة الحرارة لا يمكنها
D	Temperature can be stored, heat cannot درجة الحرارة يمكن أن تخزن كمية الحرارة لا يمكنها

* الصحيح أن كمية الحرارة (heat) هي مجموع الطاقة الحرارية لكل جزيئات المادة .
أما درجة الحرارة فهي تعبير عن السخونة .

EXAMPLES

3.4 Find the amount of work (in J) that is equivalent to 4850 cal of heat.

$$4850 \text{ cal} \times \frac{4.19 \text{ J}}{1 \text{ cal}} = 20{,}300 \text{ J} \quad \text{or} \quad 20.3 \text{ kJ}$$

3.5 How much work must a person do to offset eating a 775-Calorie breakfast?

First, note that one food Calorie equals one kilocalorie.

$$775 \text{ keal} \times \frac{4190 \text{ J}}{1 \text{ keal}} = 3.25 \times 10^6 \text{ J} \quad \text{or} \quad 3.25 \text{ MJ}$$

3.6 A given coal gives off 7150 kcal/kg of heat when burned. How many joules of work result from burning one metric ton, assuming that 65.0% of the heat is lost?

First, note that one metric ton equals 1000 kg.

$$7150 \frac{\text{keal}}{\text{kg}} \times \frac{4190 \text{ J}}{\text{keal}} \times 1000 \text{ kg} \times 0.350 = 1.05 \times 10^{10} \text{ J}$$

Specific Heat

The **specific heat** of a substance is the amount of heat necessary to change the temperature of 1 kg of it 1°C (1 lb of it 1°F in the **British system** By formula,

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} \quad \text{(metric)} \qquad c = \frac{Q}{w\Delta T} \quad \text{(U.S.)}$$

$$Q = cm\Delta T \quad \text{(metric)} \qquad Q = cw\Delta T \quad \text{(U.S.)}$$

c = specific heat

Q = heat

m = mass

~~w~~ = weight

ΔT = change in temperature

* الحرارة النوعيه للمادة : هي كمية الحرارة اللازمة لتغيير درجة حرارة (1 kg) من المادة (1 °c)

* ملاحظة : هنا له فرق بين النظام المتري والأمريكي.
حيث [w ← m]

$$c_w = \frac{1\ Kcal}{1\ Kg.°c} = \frac{1\ cal}{g.°c} = \frac{4,19\ J}{g.°c} = \frac{4,19\ KJ}{Kg.°c}$$

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$4,19 \frac{4190\ J}{Kg.°c}$$

EXAMPLE

How many kilocalories of heat must be added to 10.0 kg of steel to raise its temperature 150°C?

Data:

$m = 10.0\ \text{kg}$

$\Delta T = 150°\text{C}$

$c = 0.115\ \text{kcal/kg°C}$ (from Table 15 of Appendix C) Page 188

$Q = ?$

Basic Equation:

$$Q = cm\Delta T$$

Working Equation: Same

Substitution:

$$Q = \left(0.115\frac{\text{kcal}}{\text{kg}\,°\text{C}}\right)(10.0\ \text{kg})(150°\text{C})$$

$$= 173\ \text{kcal}$$

EXAMPLE

How many joules of heat must be absorbed to cool 5.00 kg of water from 75.0°C to 10.0°C?

Data:

$$m = 5.00 \text{ kg}$$

$$\Delta T = 75.0^\circ\text{C} - 10.0^\circ\text{C} = 65.0^\circ\text{C}$$

$$c = 4190 \text{ J/kg°C} \quad \text{(from Table 15 of Appendix C)}$$

$$Q = ?$$

Basic Equation:

$$Q = cm\Delta T$$

Working Equation: Same

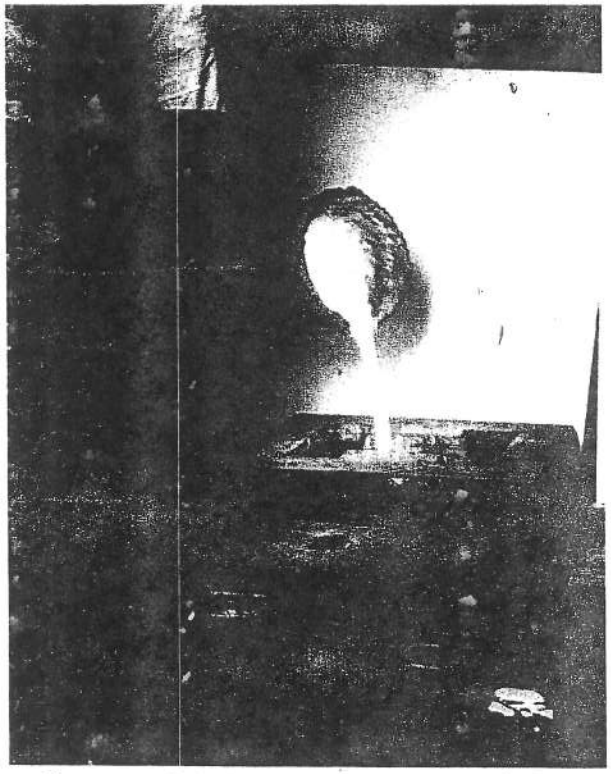
Substitution:

$$Q = \left(4190 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right)(5.00 \text{ kg})(65.0^\circ\text{C})$$

$$= 1.36 \times 10^6 \text{ J} \quad \text{or} \quad 1.36 \text{ MJ}$$

Change of Phase

Change of phase (sometimes called *change of state) is a change in a substance from one form of matter (solid, liquid, or gas) to another.*



Molten iron at about 2900F is poured from a bucket into an open mold by a person in protective clothes and gloves.

* تغيّر الحالة تعني تحوّل المادة من حالة الى حالة .

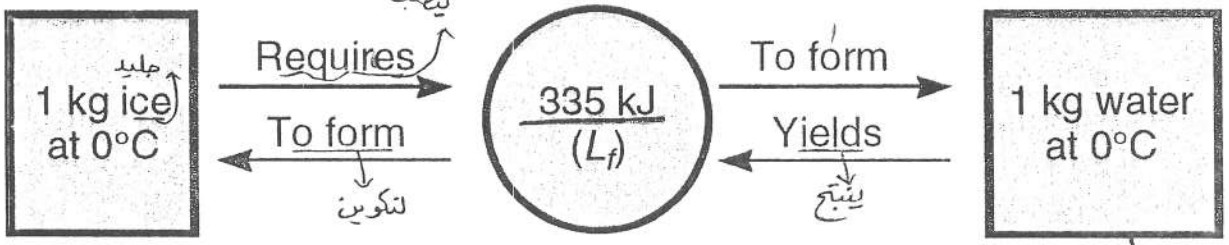
* هذا مثال على عملية صب حديد ذائب في قالب .

Change of Phase

FUSION

The change of phase from solid to liquid is called **melting or fusion.**
The change from liquid to solid is called **freezing or solidification.**

EXAMPLE



The amount of heat required to melt 1 g or 1 kg or 1 lb of a liquid is called its **heat of fusion**, designated L_f:

$$L_f = \frac{Q}{m} \quad \text{(metric)} \qquad L_f = \frac{Q}{w} \quad \text{(U.S.)}$$

L_f = heat of fusion (see Table 15 in Appendix C)
Q = quantity of heat
m = mass of substance (metric system)
w = weight of substance (U.S. system)

No temperature change during change of phase

L_f = fusion, melting
L_v = vaporization, (liquid ⇄ gas)
condensation (⟵)

* نلاحظ أنه عند تحوّل الجامد (جليد) درجة حرارته صفر الى ماء درجة حرارته صفر. فإن الحرارة التي يمتصها الماء لكي يؤدي الى ارتفاع درجة حرارته وانما الى تكسير الروابط. لذلك هذه الحرارة تُسمى حرارة الانصهار (أو الحرارة الكامنة للانصهار).

* تعريف (L_f): كمية الحرارة اللازمة لتحويل (إذابة) (1 Kg) من المادة من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة. عند درجة الذوبان لتلك المادة.

EXAMPLE 3.9

If 1340 kJ of heat is required to melt 4.00 kg of ice at 0°C into water at 0°C, what is the heat of fusion of water?

Data:

$$Q = 1340 \text{ kJ}$$
$$m = 4.00 \text{ kg}$$
$$L_f = ?$$

latent heat / Latent heat

Basic Equation:

$$L_f = \frac{Q}{m}$$

Working Equation: Same

Substitution:

$$L_f = \frac{1340 \text{ kJ}}{4.00 \text{ kg}}$$

$$= 335 \text{ kJ/kg}$$

heat of fusion (water) = 80 cal/g, or 80 kcal/kg, or 335 kJ/kg, or 144 Btu/ll

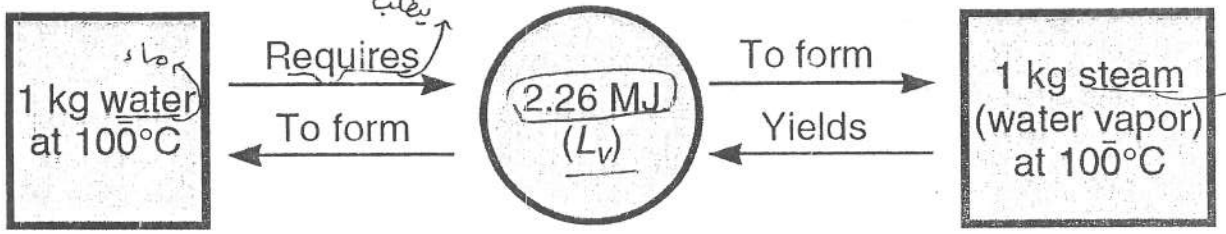
Change of Phase

VAPORIZATION

The change of phase from liquid to a gas or vapor is called **vaporization.**

The reverse process is called **condensation (gas → liquid).**

EXAMPLE



The amount of heat required to vaporize 1 g or 1 kg or 1 lb of a liquid is called its **heat of vaporization**, designated L_v.

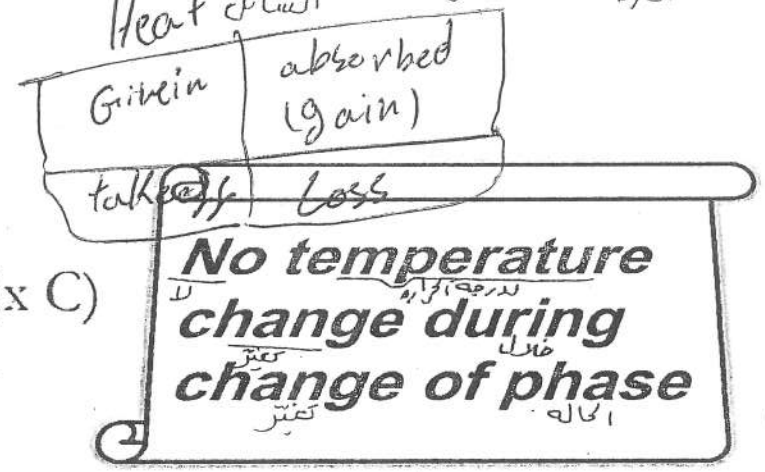
$$L_v = \frac{Q}{m} \quad \text{(metric)} \qquad L_v = \frac{Q}{w} \quad \text{(U.S.)}$$

L_v = heat of vaporization (see Table 15 in Appendix C)

Q = quantity of heat

m = mass of substance (metric system)

w = weight of substance (U.S. system)



EXAMPLE

3.10 If 135,000 cal of heat is required to vaporize 250 g of water at 100 °C, what is the heat of vaporization of water

A	540 cal/g
B	135 cal/g
C	250 cal/g
D	100 cal/g

Data: Q = 135,000 cal

m = 250 g

L_v = ?

Basic Equation: $L_v = \frac{Q}{m}$

Substitution gives: $L_v = \frac{135{,}000 cal}{250 g}$

$= 540 cal/g$

heat of vaporization (water) = 540 cal/g, or 540 kcal/kg, or 2.26 MJ/kg, or 970 Btu/lb

EXAMPLE

3.11 If 15.8 MJ of heat is required to vaporize 18.5 kg of ethyl alcohol at 78.5°C (its boiling point), what is the heat of vaporization of ethyl alcohol?

A	8.54×10^3 J/Kg
B	8.54×10^5 J/Kg
C	8.54×10^7 J/Kg
D	8.54×10^9 J/Kg

Data: Q = 15.8 MJ

m = 18.5 Kg

L_v = ?

Basic Equation: $L_v = \frac{Q}{m}$

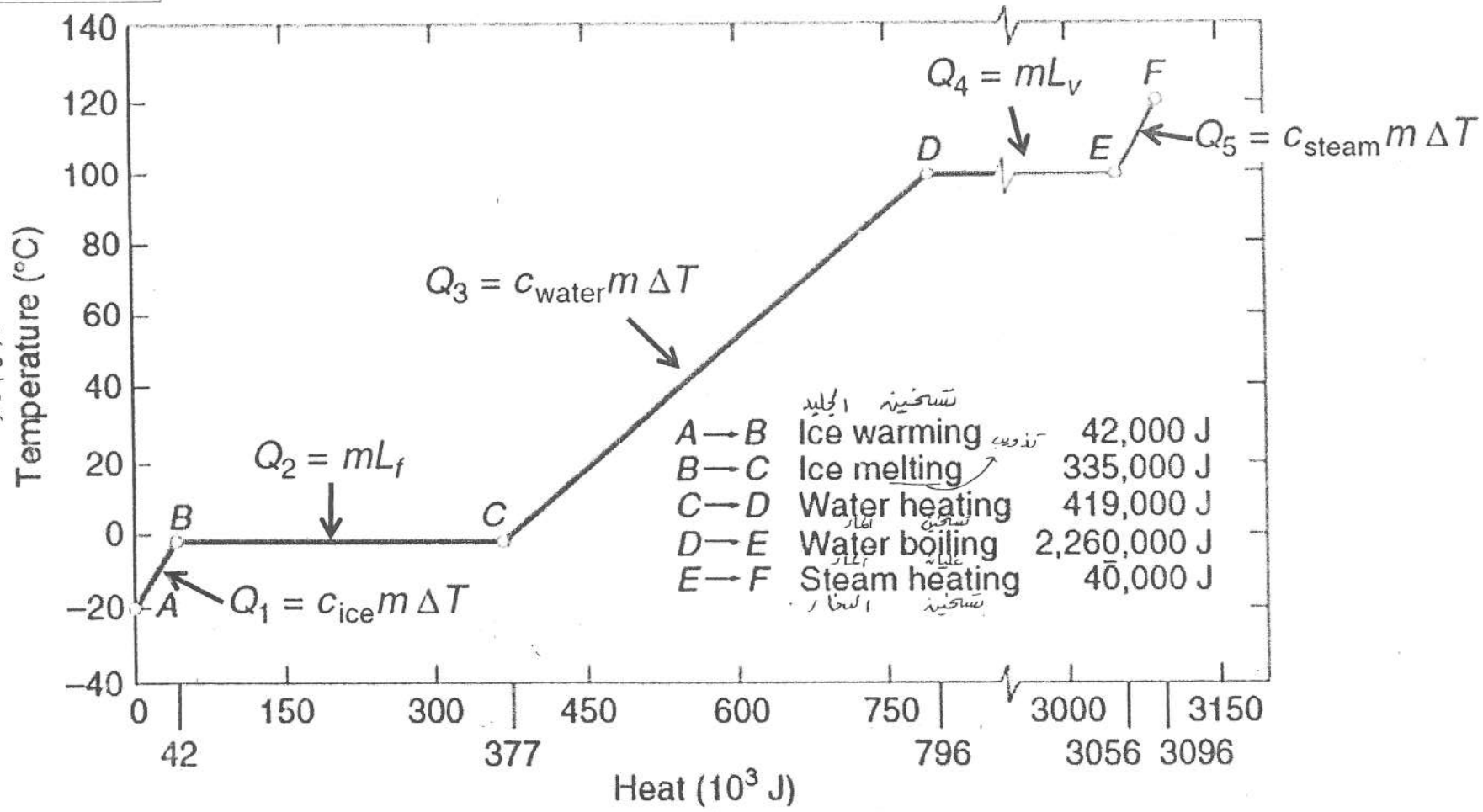
Substitution gives: $L_v = \frac{15{,}8MJ}{18.5Kg}$

$= \frac{0.854MJ}{Kg}$

$= 8.54 \times 10^5$ J/Kg

* هذه رسمة بيانية توضح علاقة درجة الحرارة مع كمية الحرارة ، اثناء تحوّل الماء
و الشكل العام نفسه لاي مادة ، مع اختلاف درجات الحرارة .
حيث : ① تسخين ② تحوّل ③ تسخين ④ تحوّل ⑤ تسخين

EXAMPLE:
Figure 3.8



Heat gained by one kilogram of ice at −20°C as it is converted to steam at 120°C
الجليد من كيلوجرام واحد المكتسبة الحرارة عندما يتحوّل بخار الى

EXAMPLE How many Btu of heat are released when 4.00 lb of steam at 222°F is cooled to water at 82°F?

To find the amount of heat released when steam at a temperature above its vaporization point is cooled to water below its boiling point, we need to consider three amounts (see Fig. **3.12**):

$Q_5 = c_{\text{steam}} w \Delta T$ (amount of heat released as the steam changes temperature from 222°F to 212°F)

$Q_4 = wL_v$ (amount of heat released as the steam changes to water)

$Q_3 = c_{\text{water}} w \Delta T$ (amount of heat released as the water changes temperature from 212°F to 82°F)

So the total amount of heat released is $Q = Q_5 + Q_4 + Q_3$

Data: $w = 4.00$ lb T_i of steam $= 222°F$ T_f of water $= 82°F$ $\boxed{Q = ?}$

Basic Equation: $Q = Q_5 + Q_4 + Q_3$

Working Equation: $Q = c_{\text{steam}} w \Delta T + wL_v + c_{\text{water}} w \Delta T$

Substitution:

$$Q = \left(0.48 \frac{\text{Btu}}{\text{lb} \cdot °F}\right)(4.00 \text{ lb})(10°F) + (4.00 \text{ lb})\left(970 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}}\right)$$

$$+ \left(1.00 \frac{\text{Btu}}{\text{lb} \cdot °F}\right)(4.00 \text{ lb})(130°F) = 4420 \text{ Btu}$$

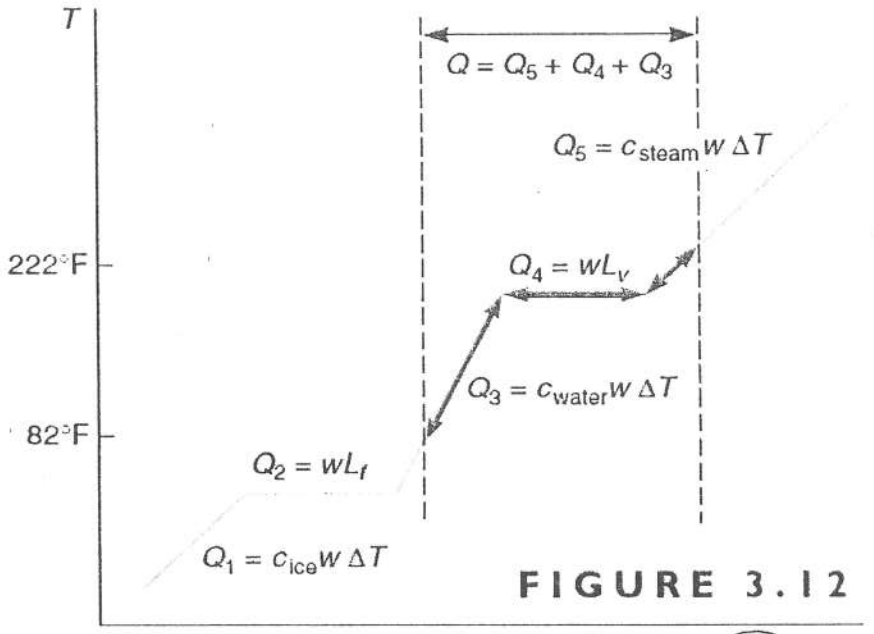
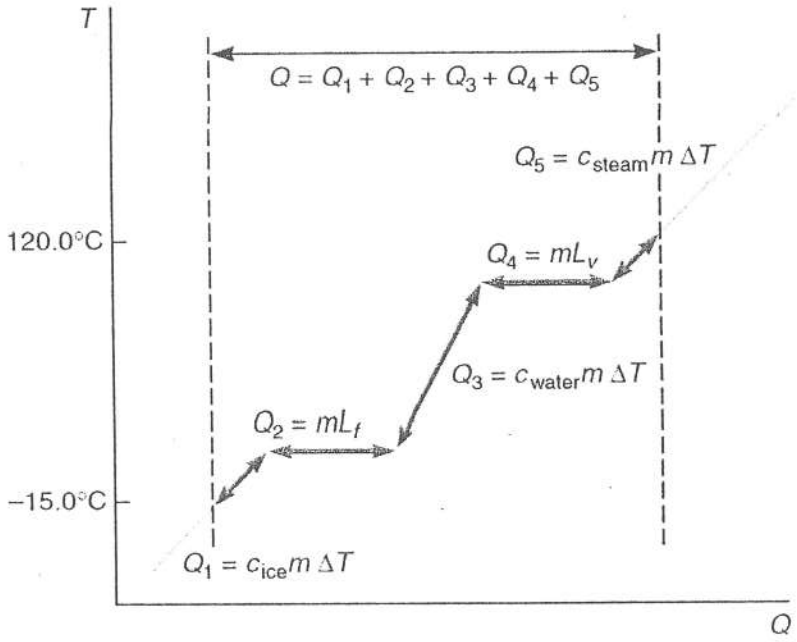


FIGURE 3.12

EXAMPLE

How many joules of heat are needed to change 3.50 kg of ice at −15.0°C to steam at 120.0°C?



Data: $m = 3.50\ \text{kg}$ T_i of ice $= -15.0°\text{C}$

T_f of steam $= 120.0°\text{C}$ $\boxed{Q = ?}$

Basic Equation:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

Working Equation:

$$Q = c_{\text{ice}} m\Delta T + mL_f + c_{\text{water}} m\Delta T + mL_v + c_{\text{steam}} m\Delta T$$

Substitution:

$$Q = \left(2100 \frac{\text{J}}{\text{kg}\,°\text{C}}\right)(3.50\ \text{kg})(15.0°\text{C}) + (3.50\ \text{kg})\left(335 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right) \times \frac{10^3\ \text{J}}{1\ \text{kJ}} \quad \text{(Change to joules.)}$$

$$+ \left(4190 \frac{\text{J}}{\text{kg}\,°\text{C}}\right)(3.50\ \text{kg})(100.0°\text{C}) + (3.50\ \text{kg})\left(2.26 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}\right) \times \frac{10^6\ \text{J}}{1\ \text{MJ}}$$

$$+ \left(2000 \frac{\text{J}}{\text{kg}\,°\text{C}}\right)(3.50\ \text{kg})(20.0°\text{C})$$

$$= 1.080 \times 10^7\ \text{J} \quad \text{or} \quad \boxed{10.80\ \text{MJ}}$$

Properties of Matter

Matter is anything that occupies space and has mass.

* المادة: هي أي شيء يشغل (يملأ) الفراغ (الفضاء) وله كتلة.

Matter (substance)

Element
a substance that cannot be separated into simpler substances.

العنصر: المادة التي لا يمكن فصلها الى مواد أبسط.

Compound
a substance containing two or more elements.

المركب: هو المادة التي تحتوي على عنصرين أو أكثر.

Atom
is the smallest stable particle of an element.

H, Na, Fe, ...

Molecule
(= 1 or more similar atoms)
is the smallest particle of an element that retains the characteristics of that element.

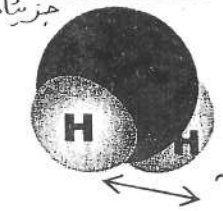
H_2, Cl_2, N_2, O_2

Molecule
(= 1 or more different atoms)
is the smallest particle of a compound that retains the characteristics of that compound.

H_2O, CO_2, NH_3, ...

H (most abundant):
smallest (6×10^{-11} m)
lightest (1.67×10^{-27} kg)
U (Uranium):
Quite heavy (3.95×10^{-25} kg)

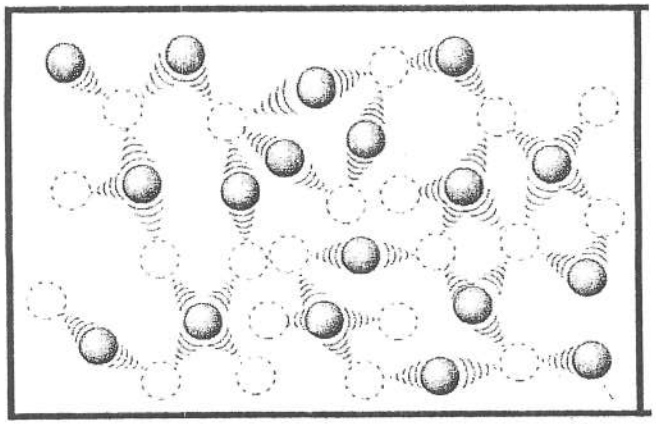
Water Molecule



$\sim 10^{-10}$ m

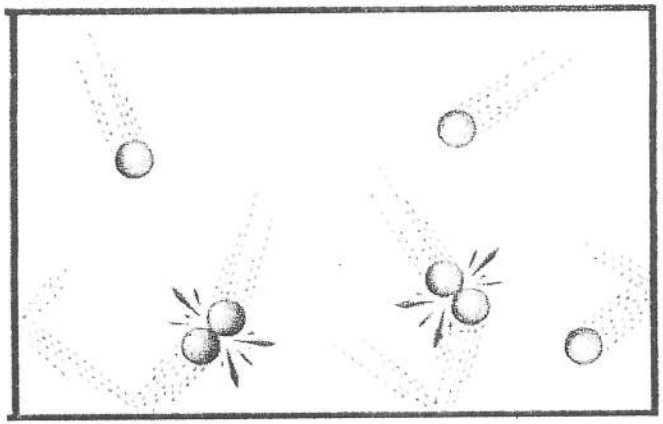
Solid, liquid and gas

الجامد السائل الغاز



(a) Solid molecules vibrate in fixed positions.

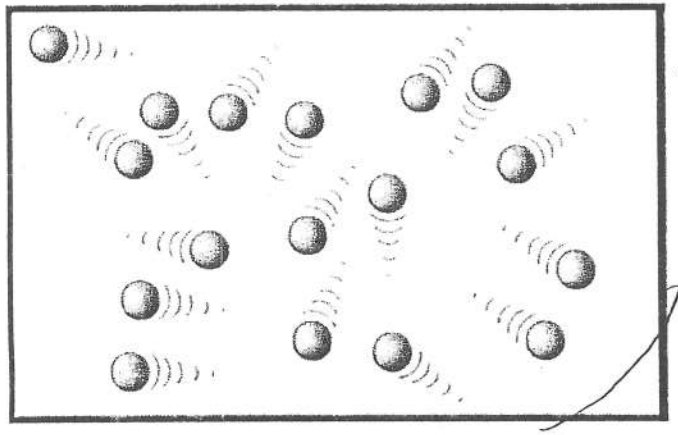
* جزيئات الجامد تهتز في مواضع ثابتة



(c) Gas molecules move rapidly in all directions and collide.

Gas takes the shape of its container

* جزيئات الغاز تتحرك بسرعة في كل الاتجاهات وتتصادم مع بعض.
* الغاز يأخذ شكل الحاوي له.



* جزيئات السائل تتدفق فوق بعضها البعض

(b) Liquid molecules flow over each other.

Comparing the three states

مقارنة حالات الثلاثة

Elasticity

المرونة

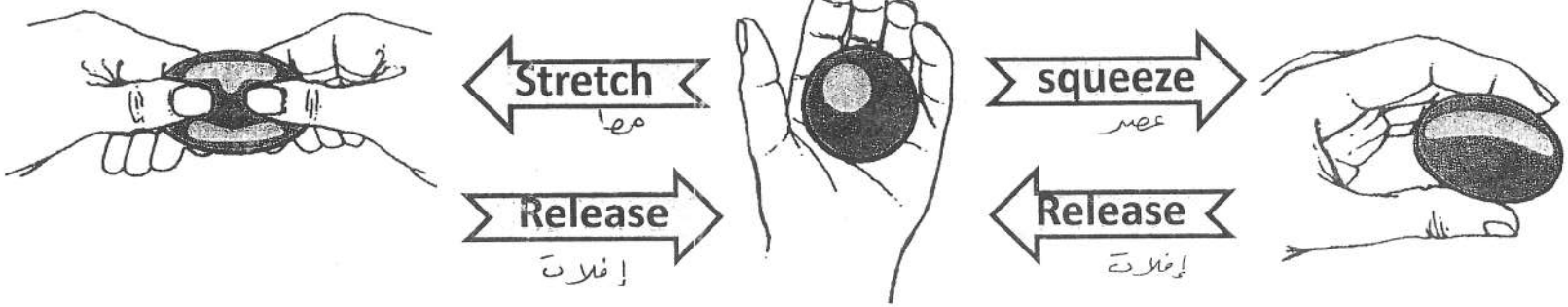
is a measure of a deformed object's ability to return to its original size and shape once the outside forces are removed.

هي مقياس الأجسام المشوهة مقدرة للعودة الى حجمها الأصلي وشكلها حالما تزال القوى الخارجية

* المرونة : هي مقدرة الأجسام المشوهة للعودة الى حجمها وشكلها الاصلي حالما تُزال القوة الخارجية المؤثرة عليها.

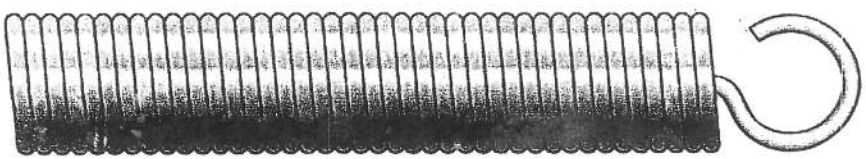
EXAMPLE: Elasticity in a rubber ball

مثال المرونة في كرة المطاط



The elastic limit

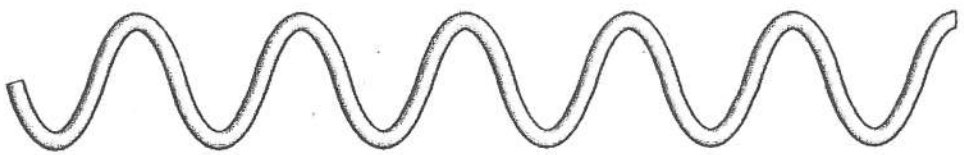
حَدّ المرونة



(a) Spring before stretching

زنبرك، نابض — قبل — المط

* النابض قبل مطه



(b) Spring stretched near its elastic limit

النابض — ينمط — قرب — حد مرونية

* مط النابض قبل حد المرونه

(c) Spring stretched beyond its elastic limit

الزنبرك — ينمط — خلف — حد مرونية

* عملية مط النابض بعد تجاوز حد المرونة

(d) Spring stretched much beyond its elastic limit ... break occurs!

نابض — ينمط — الكثر — بعد، خلف — مرونته — حد — بعدة — قطع

* عندما يتم تجاوز حد المرونه بكثير. ينقطع الجسم

* حد المرونه: هي نقطة اثناء مط الجامد. ~~بعدها~~ فإن الجسم لا يرجع الى حالته وشكله الاصلي.

هو الذي

The elastic limit of a solid is the point beyond which a deformed object *cannot* return to its original shape.

حد المرونه — للجامد — هو — النقطة — خلفها — حيث — المشوه

الجسم — لا يرجع — الى — الاصلي — شكله

* الاجهاد : هو نسبة القوة المطبقة الخارجية المؤدية للتشوه الى المساحة حيث القوة تؤثر

Stress

الاجهاد

تعريف

Stress is the ratio of the outside applied force, which tends to cause a distortion, to the area over which the force acts. In other words,

هو نسبة الخارجية المطبقة القوة والتي تميل لتسبب تشوه الى المساحة الى تؤثر القوة عليها بكلمات أخرى

$$\text{stress} = \frac{\text{applied force}}{\text{area over which the force acts}}$$

الاجهاد — المطبقة القوة — المساحة الى حيث القوة تؤثر

Or $S = \frac{F}{A}$ ← اجهاد ، F ← قوة ، A ← مساحة

S = stress, usually in N/m^2 (Pa) or lb/in^2 (psi)

الاجهاد عادة باسكال

$\Rightarrow$ **Pa ≡ Pascal (SI pressure unit) $\Rightarrow$ 1 Pa = 1 N/m²**

باسكال في النظام الدولي الضغط وحدة

F = force applied, N or lb, perpendicular to the surface to which it is applied

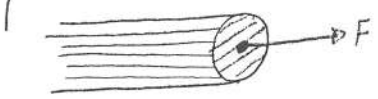
القوة المطبقة عامودة الى السطح حيث حيث هي مطبقة

A = area, m^2 or in^2

المساحة

* وحدة قياس الاجهاد Pa ← N/m^2

* ملاحظة : القوة يجب أن تكون عمودية على السطح الذي يتشوه



EXAMPLE:

مثال

ملاحظة: القوة المؤثرة هي وزن الجسم.

Case 1

$F = 12.0\ \text{N}$

$A = 8.00\ \text{cm} \times 16.0\ \text{cm} = 128\ \text{cm}^2$

$$S = \frac{F}{A} = \frac{12.0\ \text{N}}{128\ \text{cm}^2} \times \left(\frac{100\ \text{cm}}{1\ \text{m}}\right)^2$$

$$= 938\ \text{N/m}^2 = 938\ \text{Pa}$$

$S = F/A$

$S \propto \frac{1}{A}$

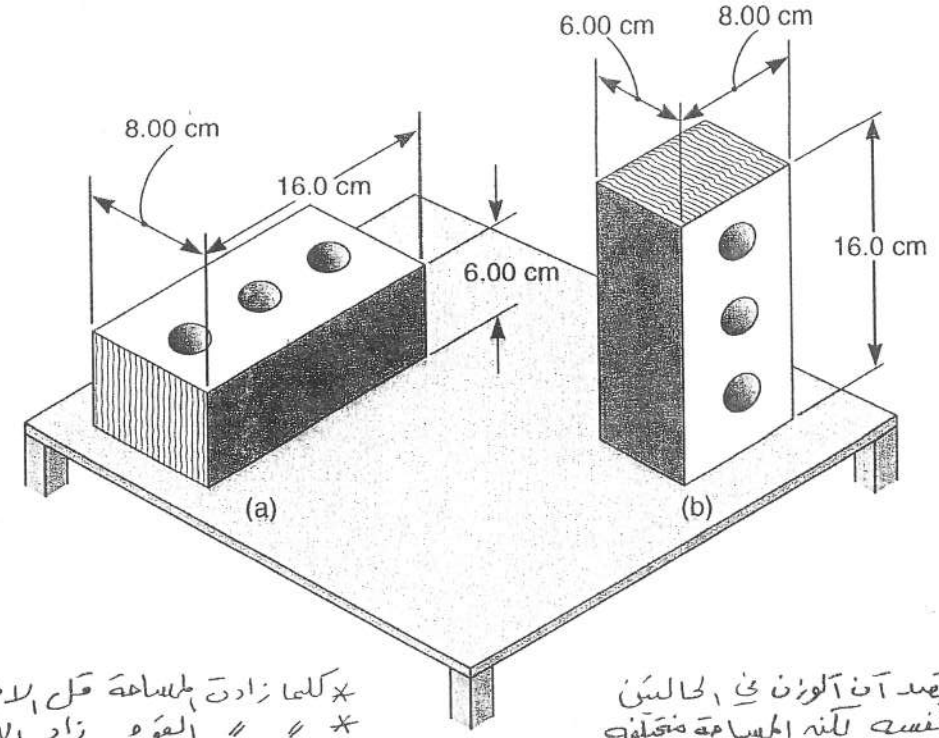
Case 2

$F = 12.0\ \text{N}$

$A = 6.00\ \text{cm} \times 8.00\ \text{cm} = 48.0\ \text{cm}^2$

$$S = \frac{F}{A} = \frac{12.0\ \text{N}}{48.0\ \text{cm}^2} \times \left(\frac{100\ \text{cm}}{1\ \text{m}}\right)^2$$

$$= 2500\ \text{N/m}^2 = 2500\ \text{Pa}$$



* كلما زادت المساحة قل الاجهاد
* " " القوة زاد الاجهاد.

* يقصد أن الوزن في الحالتين نفسه لكنه المساحة مختلفة لذلك الاجهاد مختلف.

The weight of the brick is constant, but the stress on the table in part (b) is greater.

وزن — الطوبة — ثابت — تكون — الاجهاد — على — الطاولة — في — جزء — هو — أكثر

Stress, basic types:

الاجهاد الاساسيّه الأنواع

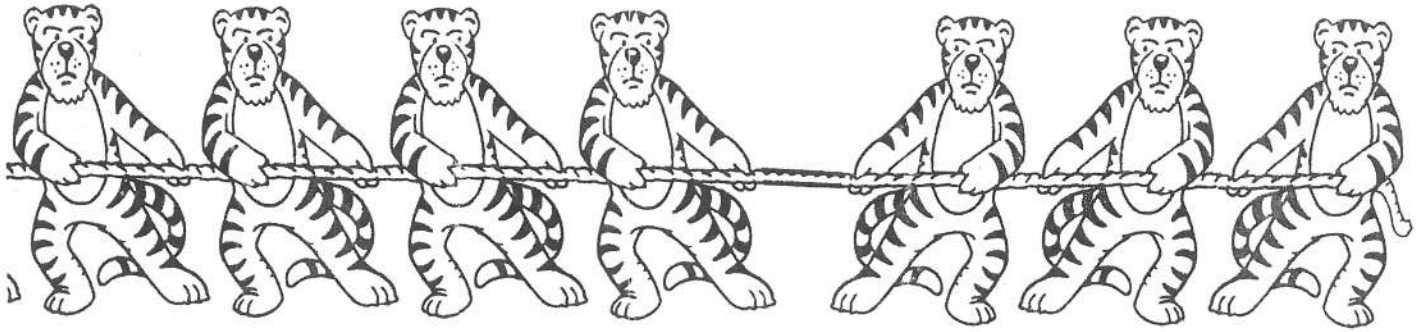
1. Tension
الشد
2. Compression
انضغاط
3. Shear
قص
4. Torsion
التواء
5. bending
إنحناء / تقويس

* يقصد أنه هناك:
① اجهاد شد
② اجهاد انضغاط
③ اجهاد قص
④ اجهاد التواء
⑤ اجهاد تقويس .

* هذا مثال على إجهاد الشد

1. Tension

الشد



The rope in a tug-of-war competition is in constant tension.

الحبل في لعبة شد الحبل مسابقة في ثابتة شد

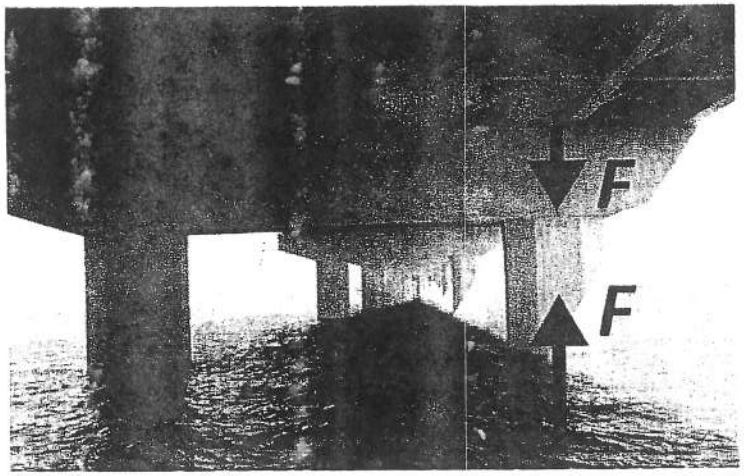
$$Tension = \frac{F}{A}$$

الشد

2. Compression

الانضغاط

* هذا مثال على إجهاد الانضغاط



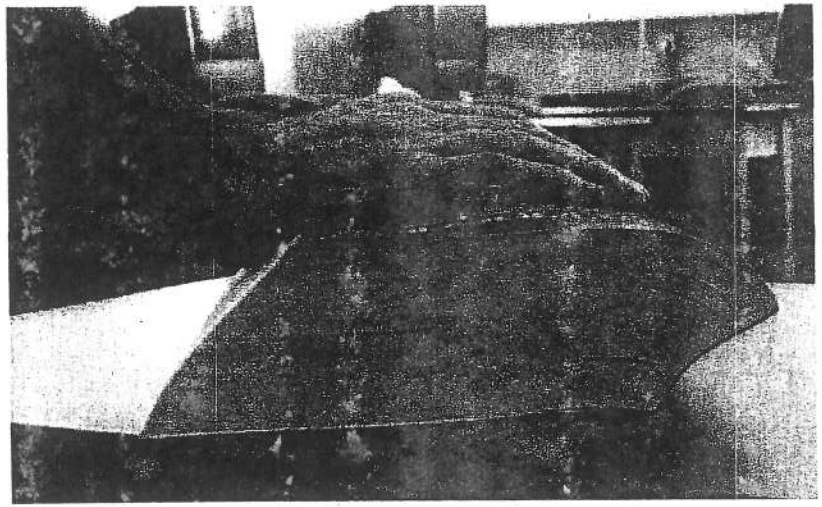
A column under the New Clark Bridge crossing the Mississippi River is in ***compression***.

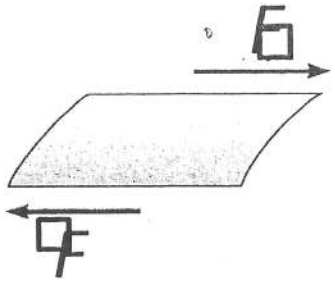
العمود تحت اسم مكان يقطع (جسر) المسيبي نهر انضغاط

* حيث يتعرض العمود الذي تحت الجسر الى إجهاد انضغاطي.

3. Shear

* هذا مثال: على إجهاد القص.





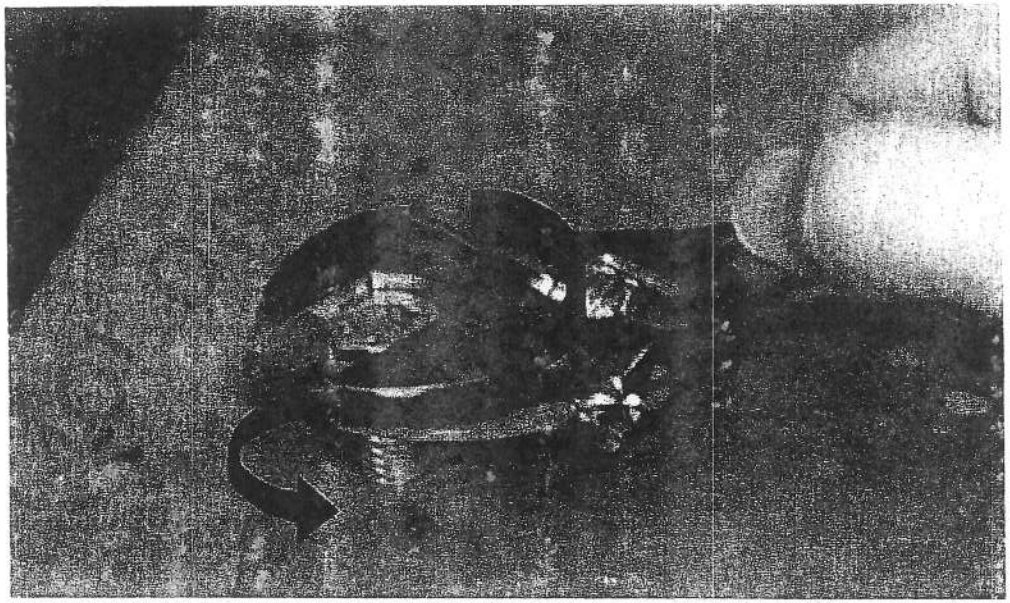
A book being pushed in this way is undergoing ***shear***.

كتاب يدفع مدفوع بهذه الطريقة يتعرض قص

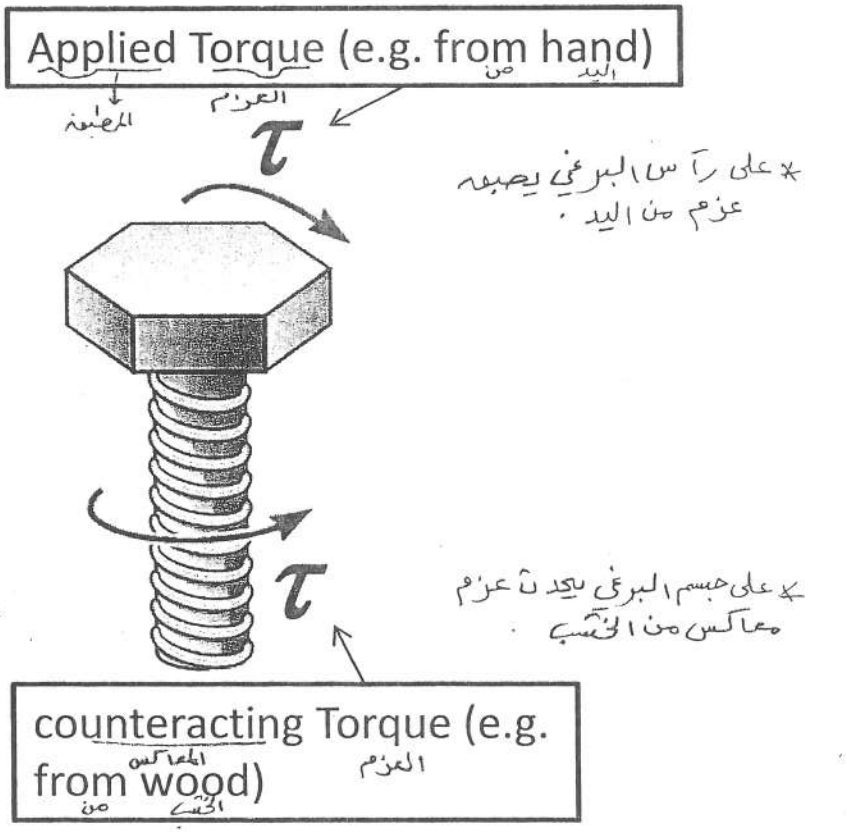
* هذا امثال على إجهاد الالتواء.

4. Torsion

الالتواء



The twisting of the bolt in one direction is counteracted by the force of the wood resisting the turning motion.



* على رأس البرغي يصبح عزم من اليد.

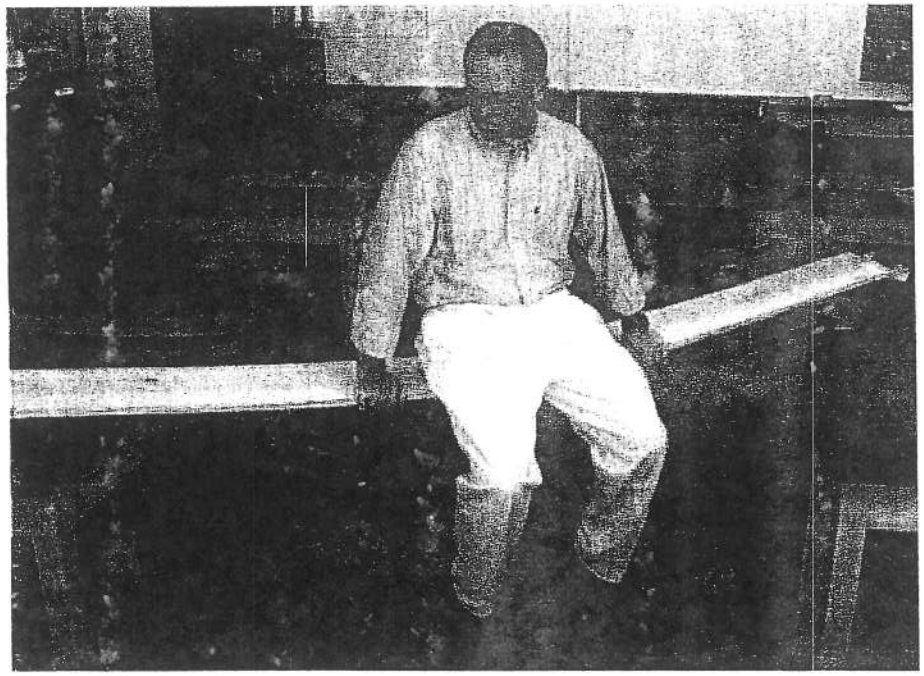
* على جسم البرغي يحدث عزم معاكس من الخشب.

$\tau = F \times d$ (Lever arm)

* هذا مثال على إجهاد التقويس.

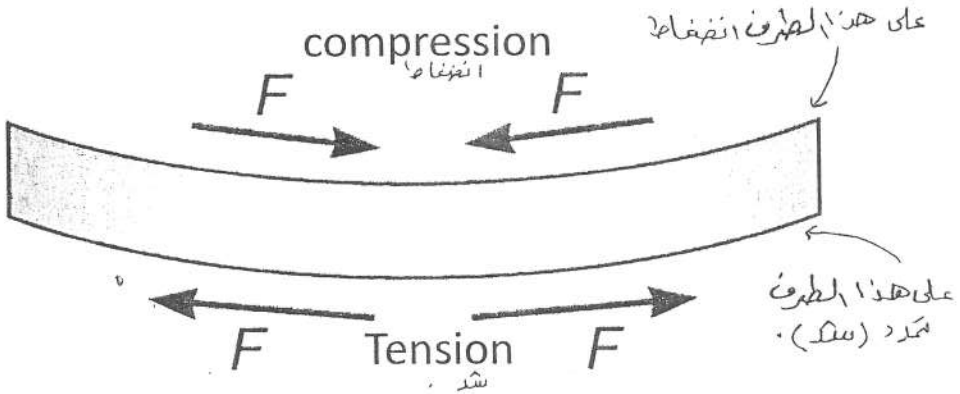
4. Bending

* آن آن التقويس يتكون من:
① انضغاط ② تمدد (شد).



A beam that is bending
يقوّس الذي القضيب

$$\underset{\text{التقويس}}{Bending} \equiv \underset{\text{انضغاط}}{Compression} \oplus \underset{\text{شد}}{Tension}$$



Important for thin & light but strong aircraft body. (See documentary by Richard Hammond, engineering connection, Airbus A380)
مهم رفيعة خفيف قوي
الطائرة جسم

* آي آن جسم الطيارة يصنع من طبقتين
بينهما حشوة. لتكون قوية و خفيفة

Stress causes strain

الاجهاد يسبب الانفعال.

* عندما يؤثر اجهاد يحدث انفعال.

التعريف

Strain:

* الانفعال: هو تشوه الجسم بسبب القوة المؤثره.
* هناك انفعال طولي وكذلك انفعال حجمي.

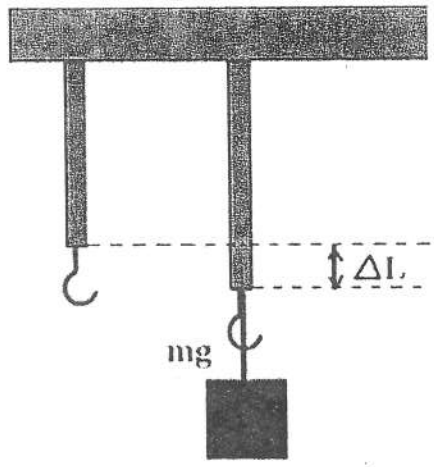
is the deformation of an object due to an applied force.

هو تشوه الجسم بسبب القوة المطبقة

$$\text{Strain} \equiv \frac{\text{change in length}}{\text{Original length}}$$

(i.e., change in length per unit length)

الاستطالة = التغير في الطول / الطول الاصلي



Or

$$\text{Strain} \equiv \frac{\text{change in volume}}{\text{Original volume}}$$

الاستطالة = التغير في الحجم / الحجم الاصلي

EXAMPLE:

A steel column in a building has a cross-sectional area of $25\bar{0}0\ cm^2$ and supports a weight of 1.50×10^5 N. Find the stress on the column.

Data:

$$A = 25\bar{0}0\ cm^2 \times \left(\frac{1\ m}{100\ cm}\right)^2 = 0.250\ m^2$$

$$F = 1.50 \times 10^5\ N$$

$$S = ?$$

Basic Equation:

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

Working Equation: Same

Substitution:

$$S = \frac{1.50 \times 10^5\ N}{0.250\ m^2}$$

$$= 6.00 \times 10^5\ N/m^2$$

$$= 6.00 \times 10^5\ Pa \quad \text{or} \quad 60\bar{0}\ kPa$$

* نص قانون هوك: إن نسبة القوة المطبقة على التغير في الطول بسبب القوة . هو مقدار ثابت . مالم يتم تجاوز حد المرونة .

Hook's Law

هوك . قانون

Hooke's Law

قانون هوك

The ratio of the force applied to an object to its change in length (resulting in its being stretched or compressed by the applied force) is constant as long as the elastic limit has not been exceeded.

نسبة القوة المطبقة الى الجسم التغير في الطول الناتج من مطه او ضغطه القوة المطبقة مادام ثابت لم يتجاوز حد المرونة

$$\frac{F}{\Delta l} = k$$

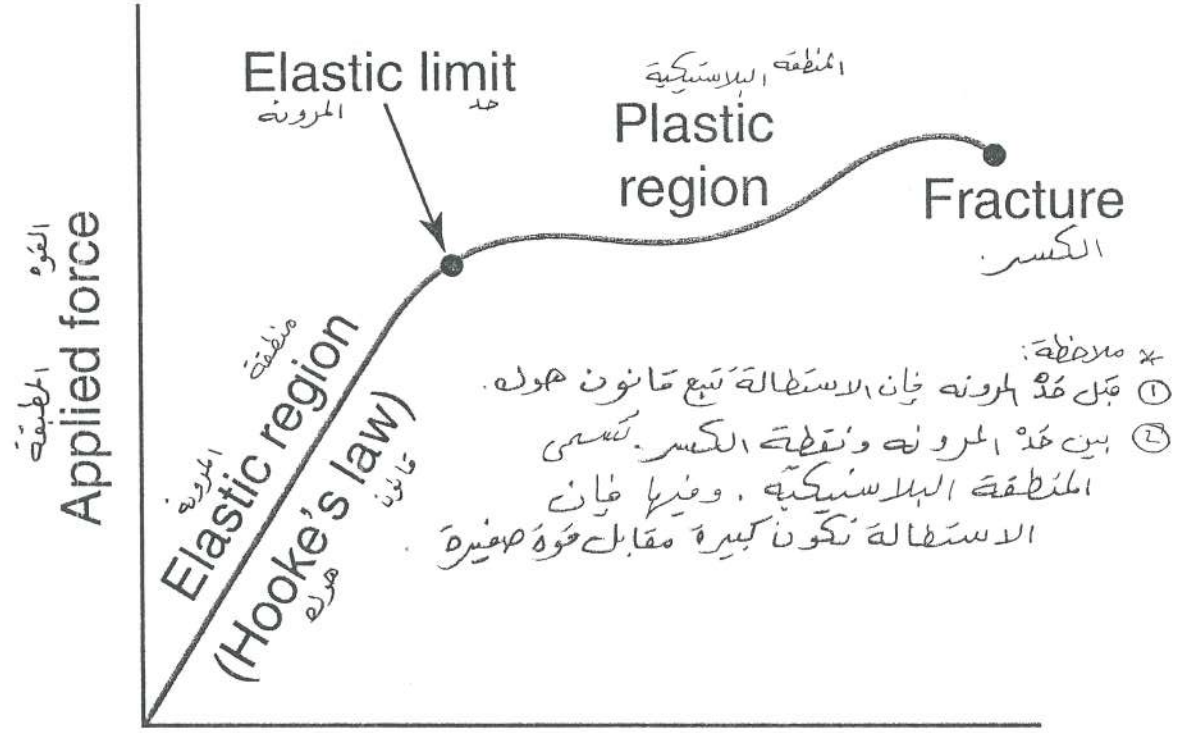
F ← القوة . Δl ← تغير الطول . k ← ثابت المرونة

F = applied force (القوة المطبقة)

k = elastic constant (ثابت المرونة)

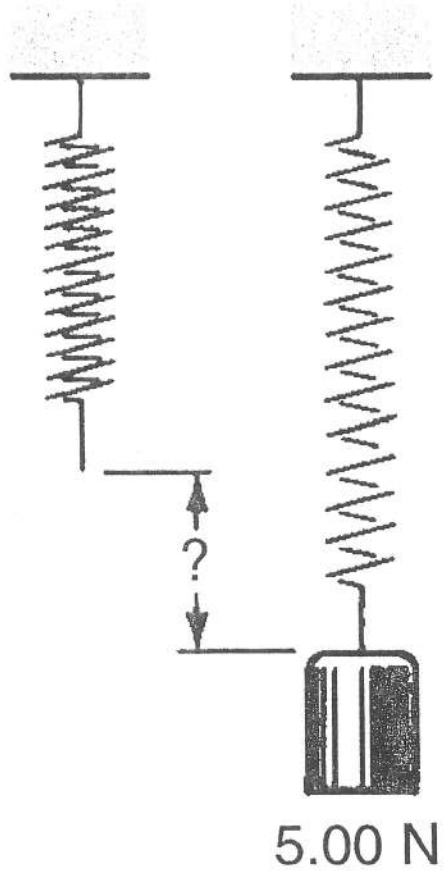
Δl = change in length (تغير الطول)

Δ (the Greek letter delta) = "change in." (الحرف الاغريقي دلتا)



* ملاحظة:
① قبل حد المرونة فإن الاستطالة تتبع قانون هوك.
② بين حد المرونة ونقطة الكسر تسمى المنطقة البلاستيكية . وفيها فإن الاستطالة تكون كبيرة مقابل قوة صغيرة .

A force of 5.00 N is applied to a spring whose elastic constant is 0.250 N/cm. Find its change in length.



Data: $F = 5.00\ \text{N}$

$k = 0.250\ \text{N/cm}$

$\Delta l = ?$

Basic Equation:

$$\frac{F}{\Delta l} = k$$

Working Equation:

$$\Delta l = \frac{F}{k}$$

Substitution:

$$\Delta l = \frac{5.00\ \text{N}}{0.250\ \text{N/cm}}$$

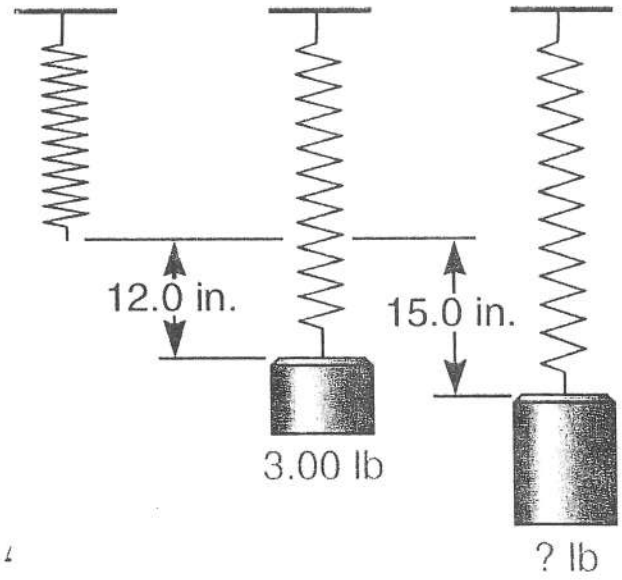
$$= 20.0\ \text{cm}$$

$$\frac{\text{N}}{\text{N/cm}} = \text{N} \div \frac{\text{N}}{\text{cm}} = \cancel{\text{N}} \cdot \frac{\text{cm}}{\cancel{\text{N}}} = \text{cm}$$

A force of 3.00 lb stretches a spring 12.0 in. What force is required to stretch the spring 15.0 in.?

Data:

$$F_1 = 3.00 \text{ lb}$$
$$l_1 = 12.0 \text{ in.}$$
$$l_2 = 15.0 \text{ in.}$$
$$F_2 = ?$$



Basic Equation:

$$\frac{F}{\Delta l} = k$$

Working Equations:

$$\frac{F}{\Delta l} = k \quad \text{and} \quad F = k(\Delta$$

Substitution: There are two substitutions, one to find k and one to find the second force F_2:

$$\frac{3.00 \text{ lb}}{12.0 \text{ in.}} = k$$

$$0.250 \text{ lb/in.} = k$$

$$F_2 = (0.250 \text{ lb/in.})(15.0 \text{ in.})$$
$$= 3.75 \text{ lb}$$

EXAMPLE

مثال

A support column is compressed 3.46×10^{-4} m under a weight of 6.42×10^5 N. How much is the column compressed under a weight of 5.80×10^6 N?

First find *k*:

Data:

$F_2 = 6.42 \times 10^5\ \text{N}$ $\quad \Delta l_2 = 3.46 \times 10^{-4}\ \text{m}$ $\quad k = ?$

Basic Equation:

$$\frac{F_2}{\Delta l_2} = k$$

Working Equation: Same

Substitution:

$$k = \frac{6.42 \times 10^5\ \text{N}}{3.46 \times 10^{-4}\ \text{m}} = 1.86 \times 10^9\ \text{N/m}$$

Then:

Data:

$k = 1.86 \times 10^9\ \text{N/m}$ $\quad F_1 = 5.80 \times 10^6\ \text{N}$ $\quad \Delta l_1 = ?$

Basic Equation:

$$\frac{F_1}{\Delta l_1} = k$$

Working Equation:

$$\Delta l_1 = \frac{F_1}{k}$$

Substitution:

$$\Delta l_1 = \frac{5.80 \times 10^6\ \text{N}}{1.86 \times 10^9\ \text{N/m}} = 3.12 \times 10^{-3}\ \text{m or } 3.12\ \text{mm}$$

Properties of Liquids

خصائص السوائل

* من الخصائص الاساسية للسوائل:
① لها حجم غير معدد لانها تأخذ شكل الوعاء الذي توضع فيه
② جزيئاتها متقاربة من بعضها وتتحرك في حركة تدفقية (انزلاقية)
③ ضغطها صعب جداً. أي لا تنكمش مثل الهواء.

Basic properties:

الأساسية خصائص

- Has definite volume (takes shape of its container)

له غير معدد حجم يأخذ شكل الحاوي له

- Molecules are close together and move in a flowing motion

الجزيئات متقاربة من بعض تتحرك تدفقية (تتابعية) حركة

- Difficult to compress

يصعب ضغطة

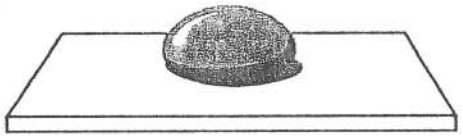
صحذوف

Properties of Liquids

Properties shared by most liquids:

1- Surface tension:

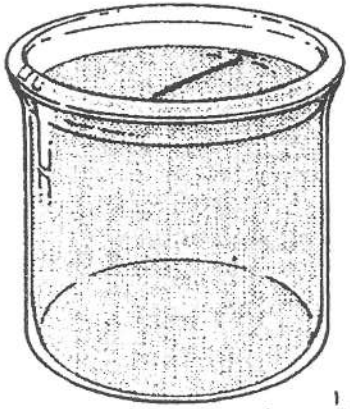
The ability of the surface of a liquid to act like a thin, flexible film.



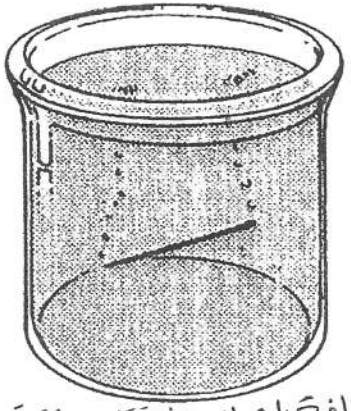
(a) Mercury drop on a surface

(b) Liquid drop in space

(c) Falling raindrop



(a) Water



(b) Soap added

(a) The surface tension of water will support a needle.

(b) Adding soap reduces surface tension.

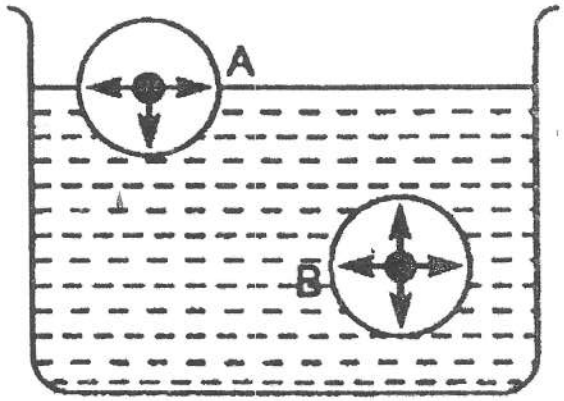
(a) Surface tension causes a drop of mercury to be more spherical.

(b) Surface tension causes a liquid drop to hold together.

(c) The shape of a falling raindrop is due to the friction with air.

Surface tension in nature

في الطبيعة التوتر السطحي



Phenomenon of surface tension

ظاهرة التوتر السطحي

محذوف

* التوتر السطحي: هو قدرة (استطاعة) سطح السائل ليعمل وكأنه غشاء مرن رقيق .

تعريف

Surface tension: is the ability of the surface of a liquid to act like a thin, flexible film.

التوتر السطحي قدرة (استطاعة) السطح للسائل ليلعب مشابهًا رقيق مرن فلم

Surface tension causes a raindrop to hold together and small drop of mercury to keep an almost spherical shape.

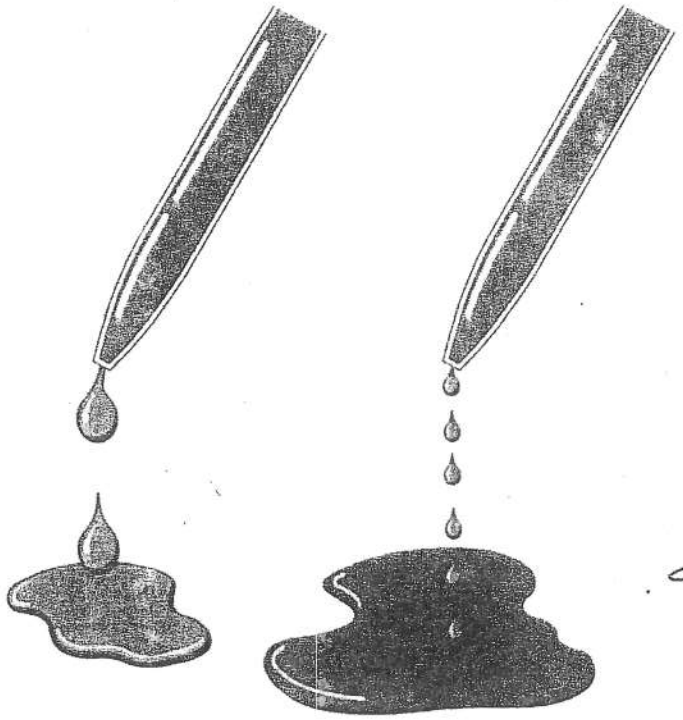
السطحي التوتر يجعل قطرة المطر لتماسك مع بعض صغيرة قطرة من الزئبق لتحتفظ تقريبًا الدائري بالشكل

* التوتر السطحي: يسبب ① بقاء قطرة الماء متماسكة ② جعل قطرة الزئبق تأخذ الشكل الكروي تقريبًا .

Properties shared by most liquids:

2- Viscosity:

Viscosity is the internal friction of a fluid caused by molecular attraction, which makes it resist a tende:



Cold oil

Hot oil

Cold oil is more viscous than hot oil.

* اللزوجة: هي ناتجة عن الاحتكاك الداخلي لطبقات السائل بسبب التجاذب بين جزيئاته والتي تجعله يقاوم

* كلما زادت درجة حرارة السائل قلت لزوجته.

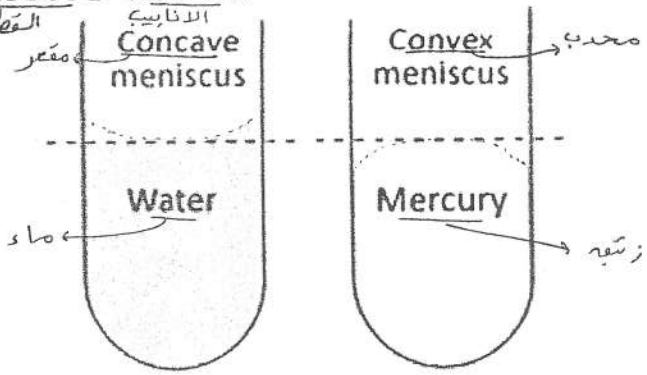
Properties shared by most liquids:

3- Capillary action:

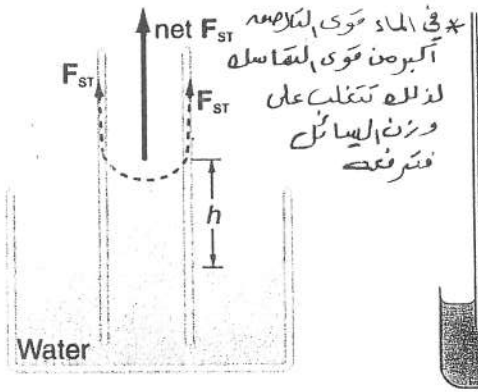
* الخاصية الشعرية: هو تصرف السوائل بحيث تجعل مستوى السائل في الانابيب الاقل قطراً مختلف عن مستوى السائل في الانابيب كبيرة القطر.

Capillary action is the behavior of liquids that causes the liquid level in very small-diameter tubes to be different than that in larger-diameter tubes.

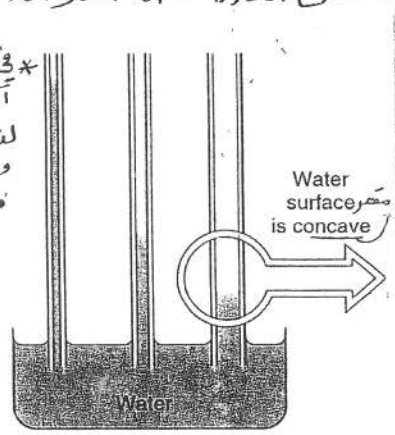
Adhesive force (molecules-tube wall interaction) + cohesive force (molecule-molecule interaction) ⇒ **Capillary action**

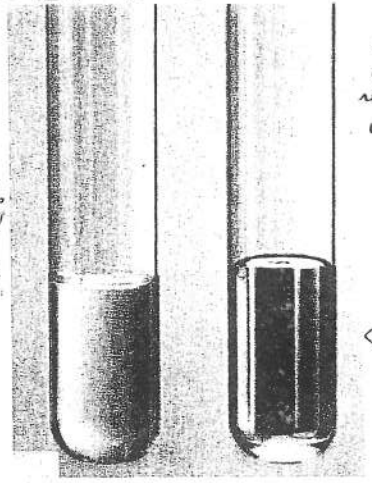


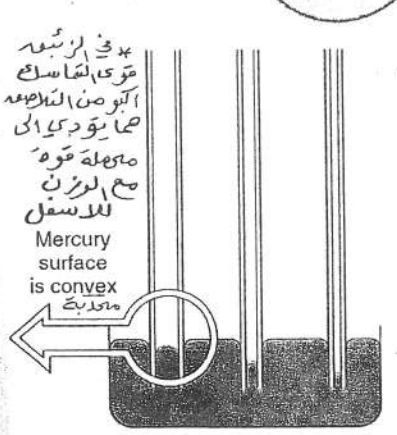
* آي آن الخاصية الشعرية ناتجة عن تفاعل قوى التماسك وكذلك قوى اللاصقة.
* قوى التماسك تكون بين جزيئات نفس المادة، أما اللاصقة فهي بين جزيئات مواد مختلفة.



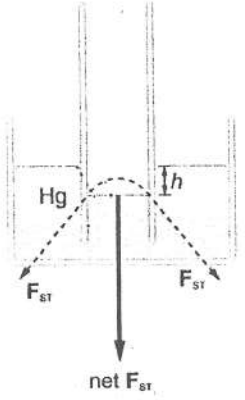
* في الماء قوى اللاصقة أكبر من قوى التماسك لذلك تتغلب على وزن السائل فترتفع







* في الزئبق قوى التماسك أكبر من اللاصقة مما يؤدي الى محصلة قوة مع الوزن للاسفل



وزن
تماسك

Weight = surface tension ⇒ equilibrium height

الوزن = الشد = متزن = ارتفاع

Water:

Adhesion > cohesion ⇒ Raised level

اللاصقة > التماسك ⇒ مرتفع

Mercury:

Adhesion < cohesion ⇒ depressed level

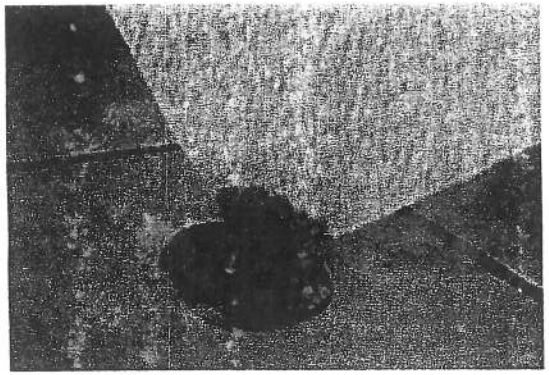
اللاصقة < التماسك ⇒ منخفض

Capillary action: *experimental findings*

Experimentally, scientists have found that:

1. Liquids rise in capillary tubes they tend to wet and are depressed in tubes they tend not to wet.
2. Elevation or depression in the tube is inversely proportional to the diameter of the tube.
3. The elevation or depression decreases as the temperature increases.

Capillary action causes the rise of oil (or kerosene) in the wick of an oil lamp. Towels also absorb water because of capillary action.



صحذوف

(1) السوائل ترتفع في الأنابيب الشعرية والتي تميل الى الترطيب وتنخفض في السوائل في الأنابيب والشعرية والتي تميل لا تميل للترطيب.

(2) ارتفاع أو انخفاض السوائل في الانبوب يتناسب عكسيًا مع قطر الانبوب

(3) الارتفاع أو الانخفاض يقل كلما زادت درجة الحرارة.

* الخاصية الشعرية تسبب ارتفاع الزيت أو الكيروسين في فتيلة لمبة الزيت. وكذلك المناشف تمتص الماء بناءً على الخاصية الشعرية.

Properties of Gases

خصائص الغازات

* المائع: هو أي مادة تأخذ شكل الوعاء الحاوي لها. مثل السوائل والغازات.

Fluid

المائع

تعريف ← (a substance that takes its containers shape)

المادة تأخذ شكل المائع الحاوي لها.

Gas:

غازات

Properties: خصائصها

- ***Expansion:*** Gas molecules move rapidly and randomly to completely fill the volume of the container.

التمدد: جزيئات الغاز تتحرك بسرعة وعشوائية لتملأ تماماً حجم الوعاء الحاوي لها.

- ***Diffusion***: is the process by which molecules of a gas mix with the molecules of a solid, a liquid, or another gas.

الانتشار: هو العملية التي تختلط فيها جزيئات الغاز مع جزيئات الجامد أو السائل أو الغازات الأخرى.

EXAMPLE: *Gas in a balloon*

مثال: غاز في بالون

- Molecules collide with balloon's wall ⇒ producing gas pressure, ***P***

جزيئات الغاز تصطدم مع جدار البالون مولدة ضغط

- Blowing more air inside the balloon ⇒ increases number of molecules ⇒ ***P*** increases.

نفخ الهواء داخل البالون يزيد عدد الجزيئات لذلك يزداد الضغط

- Heating balloon's air ⇒ [1] increases temperature, ***T*** [2] increases molecular kinetic energy ⇒ higher ***P***.

تسخين هواء البالون يؤدي الى زيادة الطاقة الحركية للجزيئات مما يؤدي الى زيادة التصادم وكذلك زيادة الضغط.

Liquid

سوائل

* من خصائص الغازات:

① التمدد: وتعني أن جزيئات الغاز تتحرك بسرعة وعشوائية لتملأ تماماً حجم الوعاء الحاوي لها.

② الانتشار: وتعني اختلاط جزيئات الغاز مع جزيئات الجامد أو السائل أو الغازات الأخرى.

* مثال: الغاز داخل بالون.
* حيث تتصادم جزيئات الهواء (الغاز) مع جدار البالون مولدة الضغط
* نفخ الهواء داخله يزيد عدد الجزيئات لذلك يزداد الضغط.
* تسخين هواء البالون يؤدي الى زيادة الطاقة الحركية للجزيئات مما يؤدي الى زيادة التصادم وكذلك زيادة الضغط.

Density
الكثافة

Density is a property of all three states of matter. **Mass density**, D_m, is defined as mass per unit volume. **Weight density**, D_w, is defined as weight per unit volume, or

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

$$D_w = \frac{F_w}{V}$$

where D_m = mass density
m = mass
V = volume

D_w = weight density
F_w = weight
V = volume

* الكثافة: هي خاصية للمادة في الثلاث حالات لها.
* هناك نوعان من الكثافة:
① كثافة كتلة (D_m): وهي كتلة وحدة الحجوم.
② كثافة وزنية (D_w): وهي وزن وحدة الحجوم.

العوامل المؤثرة:
① كلما زادت الكتلة زادت الكثافة
② كلما زاد الحجم قلت الكثافة

Densities for Various Substances

Substance	Mass Density (kg/m^3)	Weight Density (lb/ft^3)
Solids		
Aluminum	2,700	169
Brass	8,700	540
Concrete	2,300	140
Liquids		
Oil	870	54.2
Seawater	1,025	64.0
Water	1,000	62.4
Gases*	At 0°C and 1 atm pressure	At 32°F and 1 atm pressure (1 atm ~ 10^5 Pa)
Air	1.29	0.081
Helium	0.178	0.011
Hydrogen	0.0899	0.0056

(*) ملاحظة: كلما قلت درجة الحرارة زادت الكثافة.
* لذلك نتوقع أن كثافة الجليد أكثر من الماء. وهذا غير صحيح. لكن كثافة الماء تزداد عندما تقل درجة الحرارة عن (4°C). لذلك يتجمد الماء على السطح. وتبقى الأسماك تسبح في الأسفل.

Note:
Generally, density increases with decreasing temperature. Exception is water for which ice is less dense than liquid water ⇒ **Fish swim peacefully beneath floating ice in frozen Antarctica lakes** (وسبحان الخالق) (50)

EXAMPLE 3.18

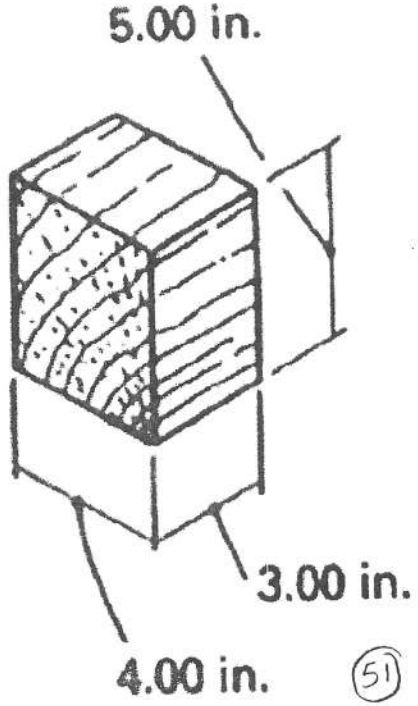
Find the weight density of a block of wood 3.00 in. × 4.00 in. × 5.00 in. with weight 0.700 lb.

Data:

$l = 4.00$ in. $\quad w = 3.00$ in. $\quad h = 5.00$ in. $\quad F_w = 0.700$ lb $\quad D_w = ?$

Basic Equations:

$$V = lwh \quad \text{and} \quad D_w = \frac{F_w}{V}$$



Working Equations: Same

Substitutions:

$$V = (4.00 \text{ in.})(3.00 \text{ in.})(5.00 \text{ in.})$$
$$= 60.0 \text{ in}^3$$

$$D_w = \frac{0.700 \text{ lb}}{60.0 \text{ in}^3}$$
$$= 0.0117 \frac{\text{lb}}{\text{in}^3} \times \left(\frac{12 \text{ in.}}{1 \text{ ft}}\right)^3$$
$$= 20.2 \text{ lb/ft}^3$$

EXAMPLE 3.19

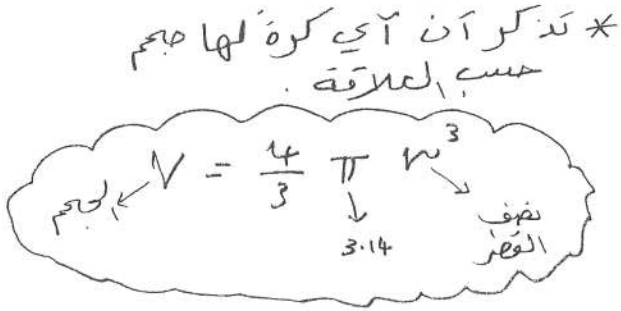
Find the mass density of a ball bearing with mass 22.0 g and radius 0.875 cm.

Data:

$r = 0.875$ cm

$m = 22.0$ g

$D_m = ?$



Basic Equations:

$$V = \tfrac{4}{3}\pi r^3 \qquad \text{and} \qquad D_m = \frac{m}{V}$$

Working Equations: Same

Substitutions:

$$V = \tfrac{4}{3}\pi\,(0.875\text{ cm})^3$$
$$= 2.81\text{ cm}^3$$

$$D_m = \frac{22.0\text{ g}}{2.81\text{ cm}^3}$$
$$= 7.83\text{ g/cm}^3$$
$$= 7.83\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \left(\frac{100\text{ cm}}{1\text{ m}}\right)^3 \times \frac{1\text{ kg}}{10^3\text{ g}} = 7830\text{ kg/m}^3$$