

Units

→ All Physical quantities have units, and it is essential to measure them.

* There is 3 fundamental Physical quantities:

→ Length (L) طول
→ Mass (M) كتلة
→ Time (T) زمن

→ دى عبارة عن كميات فيزيائية أساسية بتستخدم لاشتقاق أبعاد "dimensions" بعض الكميات الفيزيائية الأخرى.

* The three systems of units:

	Standard international MKS	Cgs النظام الفرنسى	British system.
length "L"	meter (m)	Cm	foot
Mass "M"	Kg	g	slug
Time "T"	Second (s)	s	s

Dimension

* Dimension equation: « معادلة الأبعاد »

It is the relation between the 3 fundamental physical quantities and any derivative physical quantity.

← علاقة تربط الـ 3 كميات الفيزيائية الأساسية بأي كمية مشتقة أخرى

→ Length - L

→ Mass - M

→ Time - T

Dimension equation of some quantities:

1- Area

→ Generally, Area is obtained by multiplying two lengths together.

∴ The dimensional equation is L^2

← المساحة عبارة عن حاصل ضرب طولين ووحدة

قياس الطول في النظام الدولي هي m

المساحة تُقاس بـ m^2

2-Density

→ The density of a substance is defined as the mass divided by its Volume.

$$\rightarrow \text{Density} = \frac{\text{mass}}{\text{Volume}}$$

$$\rightarrow \text{Dim of} \rightarrow \text{ML}^{-3}$$

الكثافة عبارة عن ناتج قسمة الكتلة على الحجم

→ الكتلة تقاس بالـ kg ← m
→ والحجم بالـ لتر³ ← L³

3-Velocity

→ Velocity is defined as the change of distance with respect to time

$$\rightarrow \text{Velocity} = \frac{\text{distance}}{\text{time}}$$

$$\rightarrow \text{Dim of} \rightarrow \text{LT}^{-1}$$

→ السرعة لقياس التغير في المسافة بالنسبة للزمن

L ← length ← المسافة

T ← Time ← الزمن

4. Acceleration → Acceleration is defined as the rate of change of velocity with respect to time.

$$\rightarrow \text{Acceleration} = \frac{\text{velocity} \rightarrow L T^{-1}}{\text{time} \rightarrow T}$$

$$\text{Dim } a \rightarrow L T^{-2} \quad L T^{-2}$$

↖ العجلة هي عبارة عن تغير السرعة بالنسبة للزمن
 $\downarrow$ $\downarrow$
 T $L T^{-1}$

5. Work → Work is defined as the force multiplied by the distance through which it acts

$$\rightarrow \text{Work} = \text{force} \times \text{distance}$$

$$\text{Dim } e \rightarrow M L^2 T^{-2}$$

$$\text{force} \rightarrow \text{acceleration} \times \text{mass}$$

$$M L T^{-2}$$

الـ Dim e
 نوع من energy
 $= M L^2 T^{-2}$

$$\text{then final } e = M L^2 T^{-2}$$

$$\text{distance} \rightarrow L$$

Notes

There are quantities have no dimensions, called non-dimensional quantities such angles or ratios.

من بعض الكميات الفيزيائية لها شأ أبعاد ← عبارة عن معادلات أو كميات غير بُعدية مثل الزوايا والتنسب

Some physical quantities have the same dimensions such as potential energy, works and any type of energy. ML^2T^{-2}

بعض الكميات الفيزيائية لها نفس الأبعاد مثل الطاقة والعمل وأي نوع من أنواع الطاقة.

مبدأ فحص أجمع معادلتين أبعاد جمع جبري

ex: $v = v_0 + at$

$$L \cdot T^{-1} = L \cdot T^{-1} + L T^{-2} T$$

$$\therefore L \cdot T^{-1} = L \cdot T^{-1} + L \cdot T^{-1}$$

كما الطرفين متساويين من حيث الأبعاد يعني

مبدأ فحص أول أنها يتساوى $2L \cdot T^{-1}$

* Applications of dimension equations:

" uses "

□ Testing the correctness of physical laws:

← يتقدر نحتر صفة القوانين الفيزيائية من خلال إيجاد معادلة لا يباد لطرف المتاحلة

□ The relation which gives the period of oscillation of simple pendulum.

$$* T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad \text{بالترتيب}$$

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{L}{g}$$

$$T^2 = T^2 \quad 4\pi^2 \frac{L}{g} = \frac{L}{LT^{-2}} = T^2$$

∴ Left Hand Side (L.H.S) = Right hand side (R.H.S)

∴ This ~~is~~ law is correct.

* $v = \sqrt{\frac{T}{m}}$ —————→ Tension in the string force
 —————→ mass per length « القوة الشرائطية »

$$v^2 = \frac{T}{m}$$

$$v^2 = (LT^{-1})^2 = L^2 T^{-2}$$

$$\frac{T}{m} = \frac{MLT^{-2}}{ML^{-1}} = L^2 T^{-2}$$

$$L.H.S = R.H.S$$

∴ The law is correct.

* $v_f^2 = v_0^2 - 2gt \sin \alpha + g^2 t^2$

$$L.H.S = v_f^2 = L^2 T^{-2}$$

$$R.H.S = v_0^2 = L^2 T^{-2}$$

$$2gt \sin \alpha = LT^{-2} T = LT^{-1}$$

$$g^2 t^2 = L^2 T^{-4} T^2 = L^2 T^{-2}$$

$$\therefore L.H.S \neq R.H.S$$

∴ This law is incorrect

[2] Decide the nature of any constant in any physical laws:

$$* f = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$G = \frac{f r^2}{m_1 m_2} = \frac{M L T^{-2} L^2}{M \cdot M}$$

$$G = \frac{L^3 T^{-2}}{M} = \underset{\substack{\downarrow \\ \text{kg}}}{M^{-1}} \underset{\substack{\downarrow \\ \text{m}}}{L^3} \underset{\substack{\downarrow \\ \text{s}}}{T^{-2}}$$

$$G = \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$$

$$* T = k \sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$T^2 = k^2 \frac{L}{g}$$

$$k^2 = \frac{T^2 g}{L} = \frac{\cancel{T^2} \cdot \cancel{L} \cdot \cancel{T^{-2}}}{L}$$

$$= [1]$$

"Dimensionless"

معناها ان الثابت "k" كان عبارة عن رقم

[3] Determination the dimension of an known physical quantity

$$F = k \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

$$f = k \frac{q^2}{d^2} \Rightarrow q^2 = \frac{f \cdot d^2}{k}$$

$$= \frac{MLT^{-2}L^2}{k} = k^{-1} ML^3 T^{-2}$$

[4] Discovery of new physical laws:

T = periodic time.

→ $T \propto L$ (length of the fork)

→ $T \propto D$ (Density of its material).

→ $T \propto E$ (Young modulus of its material)

$$T \propto L^x \cdot D^y \cdot E^z \quad T \Rightarrow \text{const} \cdot L^x \cdot D^y \cdot E^z$$

$$M^0 L^0 T^1 = \text{const} L^x \cdot (ML^{-3})^y \cdot (ML^{-1}T^{-2})^z$$

$$M^0 L^0 T^1 = \text{const} L^x M^y L^{-3y} M^z L^{-z} T^{-2z}$$

$$M^0 L^0 T^1 = \text{const} L^{x-3y-z} M^{y+z} T^{-2z}$$

$$1 = -2z \Rightarrow z = -\frac{1}{2}$$

$$y + z = 0 \Rightarrow y = \frac{1}{2}$$

$$x - 3y - z = 0 \Rightarrow x = 1$$

بالتحويل من المعادلة الأساسية ←

$$T = \text{const} \cdot L \cdot D^{\frac{1}{2}} \cdot E^{-\frac{1}{2}}$$

$$T = \text{const} \cdot L \cdot \sqrt{\frac{D}{E}}$$

Elasticity

* Elasticity → IS a property of a materials which return their shaped and volume after removing the force affected on it.

← خاصية بتأثر على الاجسام ، بتغير في شكلها الاصلي وعند زوال تأثير القوة تعود الاجسام ل شكلها الاصلي.

* plasticity → IS the ability of a material to undergo permanent deformation without breaking when subjected to an external force.

← قدرة المادة على انهما تتشكل أو تتغير عند التأثير عليها بقوة سواء بالسحب أو بالشد عنغير ما يتكسر الجسم لكم هيترجعش ل شكلها الاصلي.

Elastic body

plastic body

جسم عند التأثير عليه بقوة وإزالتها هيترجع لوضعه الاصلي قبل الشد عند إزالة القوة ← هيترجع للوضع الاصلي	جسم عند التأثير عليه بقوة وإزالتها هيترجعش لشكلة الاصلي قبل الشد ← هيترجعش للوضع الاصلي
--	--

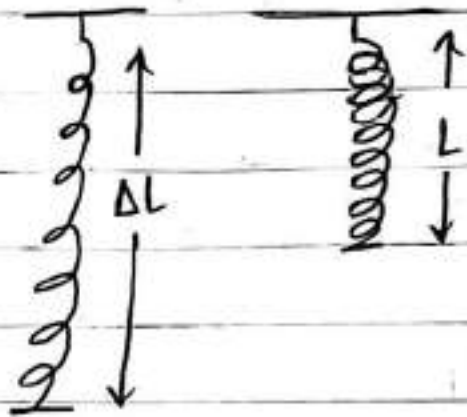
Hook's Law

Within the limit of elasticity the extension in length is directly proportional to the force which affected on the body.

$$F \propto \Delta L$$

$$F = \ominus k \Delta L$$

عند عودة الزنبرك الى وضعه الاصلي
يسير في عكس اتجاه استطاده
بما ان من قوة مختزنه هناك
عكس اتجاه الشد من الب

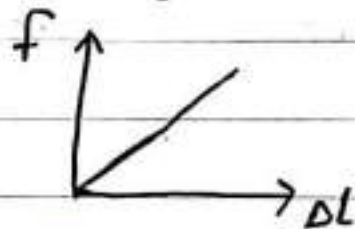


* Tensile stress → force per unit area.

$$\text{stress} = \frac{F \rightarrow \text{force}}{A \rightarrow \text{Area}} \quad \text{N/m}^2 \text{ or dyne/cm}^2$$

* Tensile strain → The change in length to original length

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



* No dimension
عشانها نسبة

* Modulus of elasticity

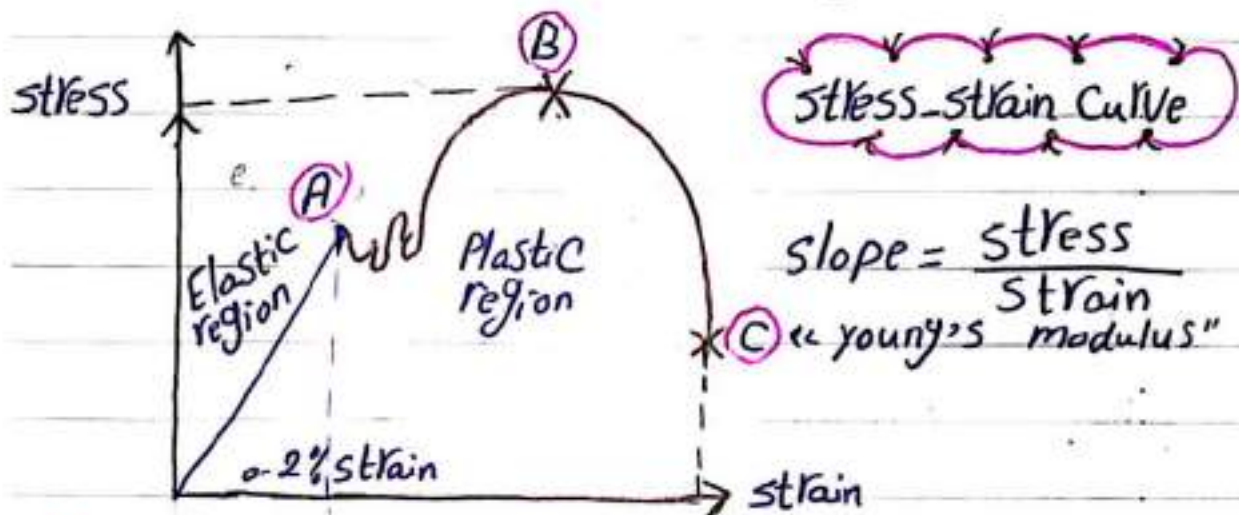
Stress $\propto$ strain $\rightarrow$

$$\text{stress} = \text{modulus of elasticity} \times \text{strain}$$

$$\text{Modulus of elasticity} = \frac{\text{stress}}{\text{strain}}$$

$$\text{Dim eq} \rightarrow ML^{-1}T^{-2}$$

$$\text{unit} \rightarrow (\text{SI}) - N/m^2 \quad (\text{cgs}) - \text{dyne}/cm^2$$



* Elastic region $\rightarrow$ Applicable to Hooke's law.

(A) $\rightarrow$ yield stress = 0.2% strain

$\leftarrow$ بداية الاجهاد المرن؛ حيث يكون التشوه قابل للعودة إلى حالته الأصلية عند إزالة الاجهاد؛ ويمكن تطبيق قانون هوك حتى النقطة (A)

حتى النقطة (A)

Yield point $\rightarrow$ is the point that caused the onset of plastic deformation

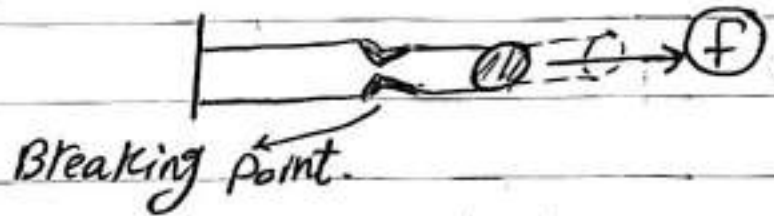
النقطة التي يبدأ عندها التشوه

وهي نقطة بداية ترجيع الحالة إلى أصلها.

(B) → ultimate tensile strength (u.T.S) is the maximum stress in the stress strain curve.

النقطة التي تحصل زيادة منطقة الإجهاد حيث تبدأ
عندما يتشقق المعدن من زيادة ولا يعود الجسم لحالته الأصلية
عند إزالة الإجهاد.

(C) → Breaking point نقطة لقطع



~~Young's modulus~~
Young's modulus

It is the ratio of tensile stress to tensile strain.

$$E = \frac{\text{stress}}{\text{strain}} = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

$$= \frac{F \cdot L}{\Delta L \cdot A} \quad \text{N/m}^2$$

Bulk modulus (B) or (K)

Pressure = stress.

$$\text{stress} = \frac{f}{A} = p$$

$$\text{Bulk strain} = \frac{-\Delta V}{V}$$

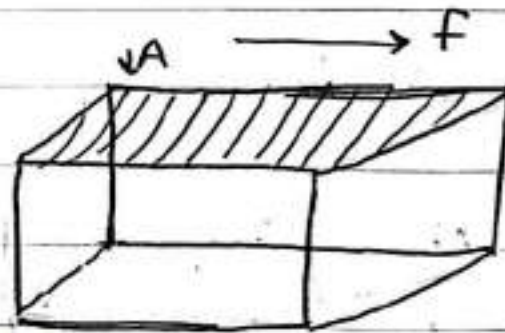
$$\text{Bulk modulus} = \frac{\text{Bulk stress}}{\text{Bulk strain}} = \frac{f/A}{-\Delta V/V}$$

$$= \frac{f \cdot V}{A \cdot \Delta V} = \frac{\Delta p \cdot V}{\Delta V}$$

Shear modulus

$f \rightarrow$ tangential force
قوة مماسية أو موازية

$$f \parallel A$$



$$\bullet \text{ shear stress} = \frac{\text{tangential force}}{\text{Area}} \quad \bullet \text{ shear strain} = \frac{\Delta x}{L}$$

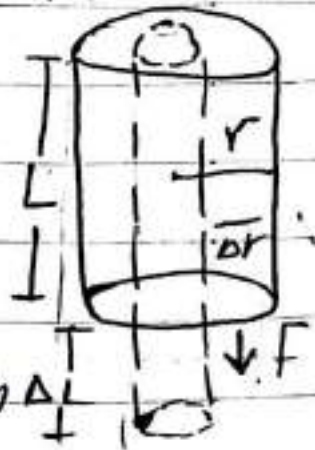
$$= \tan \theta = \theta_{\text{rad}}$$

$$\text{shear modulus} = \frac{f/A}{\Delta x/L}$$

$$= \frac{f \cdot L}{\Delta x \cdot A} \quad \text{or} \quad \frac{f}{A \cdot \theta_{\text{rad}}}$$

Poisson's Ratio

longitudinal force



Longitudinal strain

$$\rightarrow \frac{\Delta L}{L}$$

transverse strain

$$\frac{-\Delta r}{r}$$

* Poisson's Ratio (ν)

→ The ratio between the transverse strain to longitudinal strain.

$$\nu = \frac{-\Delta r / r}{\Delta L / L} = \frac{-\Delta r \cdot L}{r \cdot \Delta L}$$

→ dimensionless

→ unitless

→ Δr → Change in radius

→ r → original radius

→ ΔL → Change in length

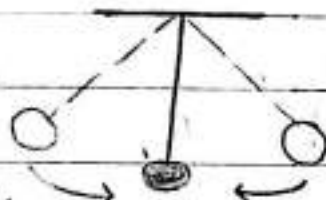
→ L → original length

→ Types of motion:

- Transitional motion
- Circular
- Simple harmonic motion. (S.H.M)

II Periodic motion:

The repeating motion of an object in which it continues to return to a given position after a fixed time interval.



→ Simple harmonic motion: S.H.M.

S.H.M

→ A special kind of periodic motion

→ When a force acting on an object the motion occurs in mechanical systems which proportional to the position of the object, relative to some equilibrium position.

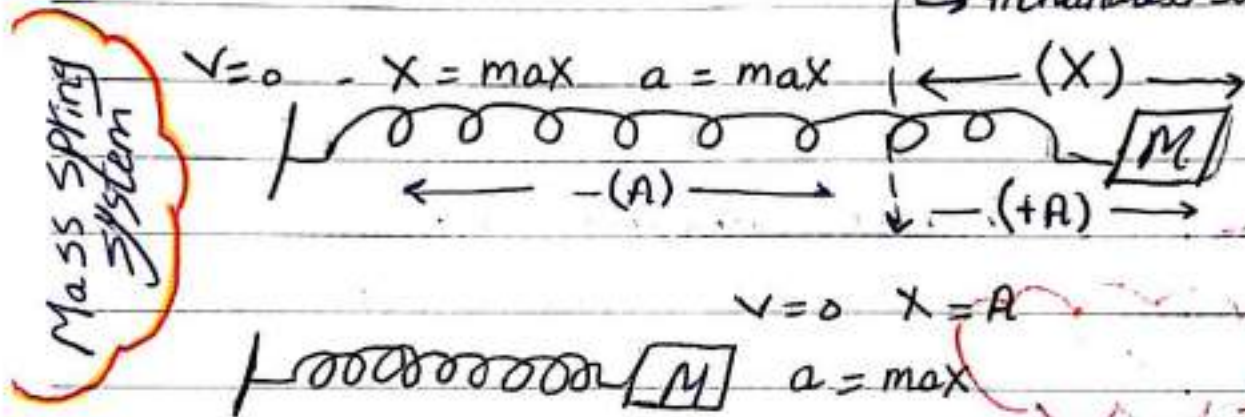
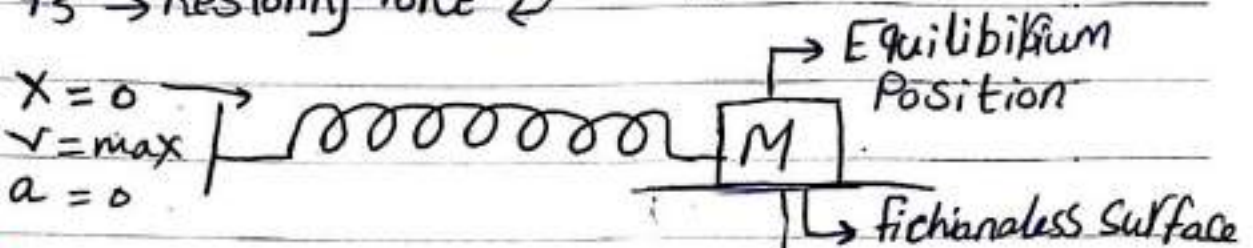
بمعنى آخر: إن الحركة التوافقية البسيطة هي نوع من الحركة دورية أو عند وجود لجسم من حالة الحركة التوافقية البسيطة يكون له نقطة اتزان يعود إليها والقوة التي تعيد الجسم إلى هذه النقطة تناسب عكسياً مع إزاحة الجسم.

* The force acting on the body is directly proportional to the displacement.

← القوة المؤثرة على الجسم تتناسب طردياً مع إزاحة الجسم.
المركبة الجسم "نتيجة لقوة".

$$F \propto X \quad \therefore F = -kX$$

$F_s \rightarrow$ Restoring force



~~Restoring force~~ ← $F = -kX$
 ← spring constant ← $X \rightarrow$ position displacement
 ← k ← spring constant

ليه اسمها Restoring force?

← لانها بتحاول ترجع الجسم لو وضعه الاصلى لا
 "Equilibrium position".

$$F = ma \quad f = -kx$$

$$\therefore ma = -k \cdot x \rightarrow (1)$$

$$\therefore ma + kx = 0 \rightarrow (2)$$

$$a + \frac{k}{m}x = 0$$

$$\therefore \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0 \rightarrow (3)$$

بعد (2) حتمًا على
(kx)

المشتقة $\frac{d^2x}{dt^2} \rightarrow$
التانية للمساواة

العجلة = المشتقة
التانية للمساواة

$$L \rightarrow X = A \cos(\omega t + \phi) \rightarrow (1)$$

المعادلة التي يتحدد ال position يتابع الجسم عند أي وقت.

(A) $\rightarrow$ Amplitude $\rightarrow$ أقصى إزاحة « السعة »

(ω) $\rightarrow \sqrt{\frac{k}{m}} \rightarrow$ Angular frequency rad/s unit
 $\rightarrow 2\pi f$ or $\frac{2\pi}{T} \rightarrow$ periodic time.
 Frequency $\downarrow$

(ϕ) $\rightarrow$ phase angle $\rightarrow$ يتحدد مكان بداية الحركة

العجلة هي المشتقة التانية للمساواة

السرعة هي المشتقة الاولى

انظر للترجمة

Velocity

distance
time

تغير المسافة بالسبة للزمن

$$v = \frac{dx}{dt}$$

$$v = -A\omega \sin(\omega t + \phi) \quad \text{②}$$

لو افهمتش في اشتقاق X المعادلة رقم (1)
من تغير في الزاوية ... بسرعة متغيرة

تحدث عند نقطة الاتزان $v_{max} = A\omega$

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$$

$$a = -A\omega^2 \cos(\omega t + \phi) \quad \text{③}$$

اشتقنا بسرعة

$$a_{max} = A\omega^2$$

Energy of a Simple Harmonic motion

$$K.E = \frac{1}{2} m v^2 \rightarrow \text{"طاقة حركية"}$$

$$P.E = \frac{1}{2} k x^2 \rightarrow \text{"طاقة مرونية"}$$

$\rightarrow$ Elastic potential energy.

$$E_{total} = K.E + P.E$$

$$= \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2 \rightarrow (1)$$

$$= \frac{1}{2} m (A \omega \sin(\omega t + \phi))^2 + \frac{1}{2} k (A \cos(\omega t + \phi))^2$$

$$= \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 \sin^2(\omega t + \phi) + \frac{1}{2} k A^2 \cos^2(\omega t + \phi)$$

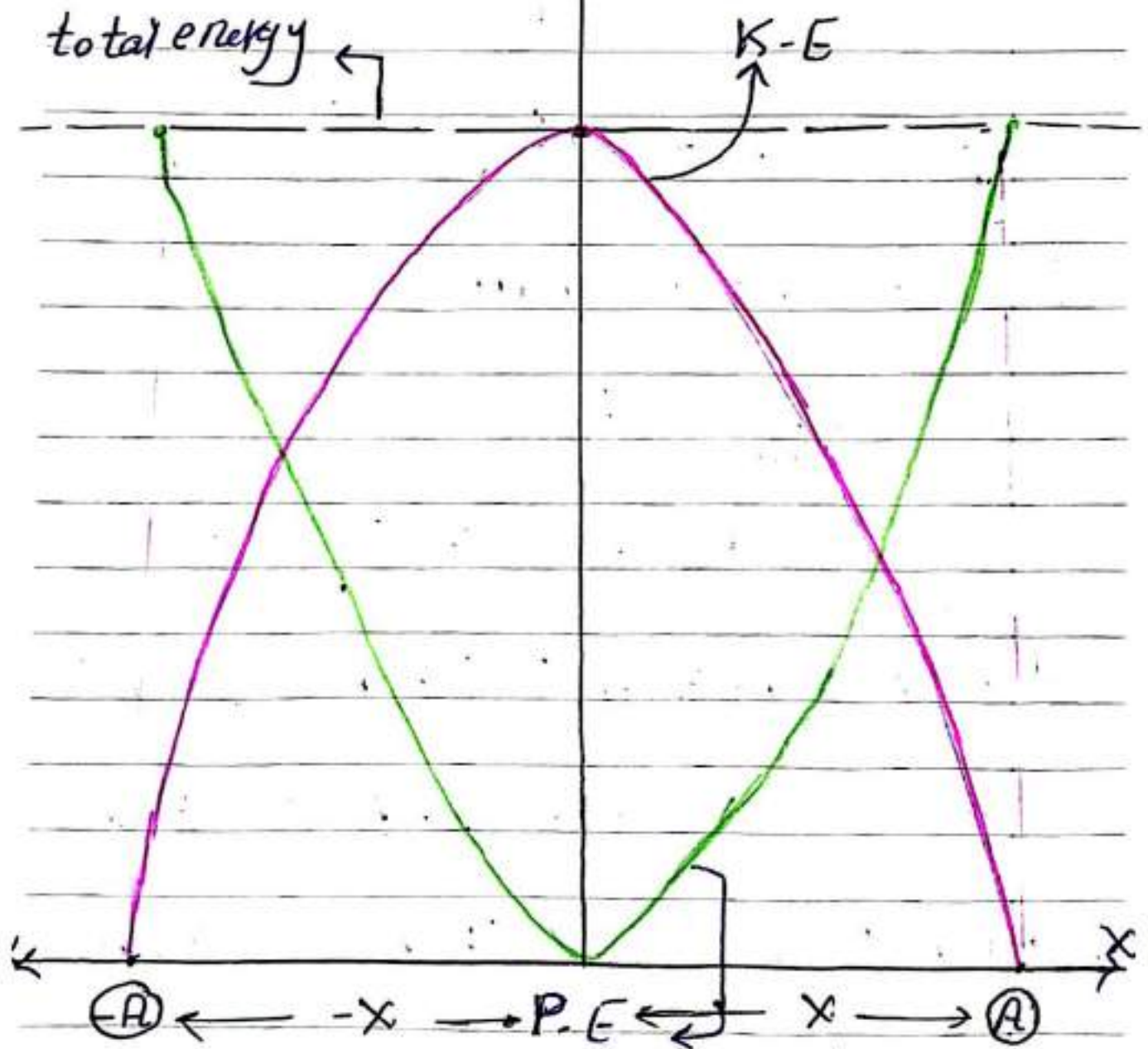
$$= \frac{1}{2} m A^2 \frac{k}{m} \sin^2(\omega t + \phi) + \frac{1}{2} k A^2 \cos^2(\omega t + \phi)$$

$$= \frac{1}{2} k A^2$$

$(K-E)$ ← تبدأ عندما $A \leftarrow 2\alpha_0$ وتنتهي عند أقصى طاقة
الموضوع: ← المنحنى تربيعي حيث $(2) K-E = \frac{1}{2} m v^2$ التاريخ: / /

$(P-E)$ ← هي مقلوب منحنى طاقة الحركة

لذلك مجموع طاقتي E الوضعية والحركة دائماً ثابت



$(T-E)$ ← تمثل بلفظ ثابت عند نقطة كينيسية
لأنها عبارة عن مجموع الطاقيتين

Simple pendulum

$$F = -mg \sin \theta$$

Restoring force.

$$\rightarrow F = ma$$

$$\therefore -mg \sin \theta = ma$$

$$-g \sin \theta = a$$

$$a + g \sin \theta = 0 \text{ or } a + g \theta_{\text{rad}} = 0$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + g \theta = 0$$

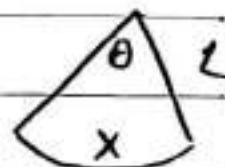
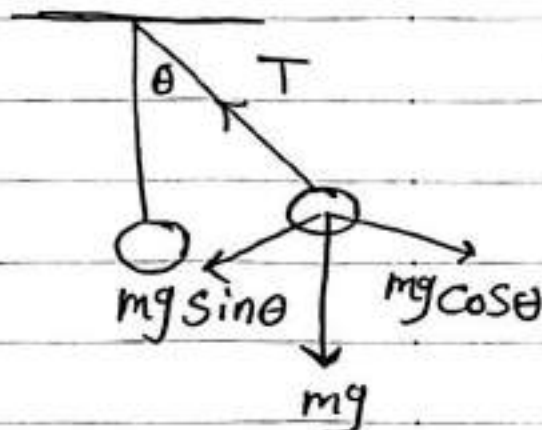
$$L \frac{d^2\theta}{dt^2} + g \theta = 0 \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \quad x = L \theta_{\text{rad}}$$

$$\therefore \frac{d^2\theta}{dt^2} + \omega^2 \theta = 0$$

$$\theta = \theta_0 \cos(\omega t + \phi) \rightarrow \text{rad}$$

$$\dot{\theta} = -\theta_0 \sin \omega \sin(\omega t + \phi) \rightarrow \text{rad/s}$$

$$\ddot{\theta} = -\theta_0 \omega^2 \cos(\omega t + \phi) \rightarrow \text{rad/s}^2$$



$$x = L \theta_{\text{rad}}$$

$$\Rightarrow \omega = 2\pi f = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

$$\therefore \omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \rightarrow \omega^2 = \frac{g}{L}$$

$$\therefore \frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{g}{L}$$

$$\therefore gT^2 = 4\pi^2 L$$

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} \quad \text{or} \quad 4\pi^2 L \cdot f^2$$

$$\therefore T^2 = \frac{4\pi^2 L}{g}$$

$$T = 2\pi \cdot \frac{\sqrt{L}}{\sqrt{g}}$$

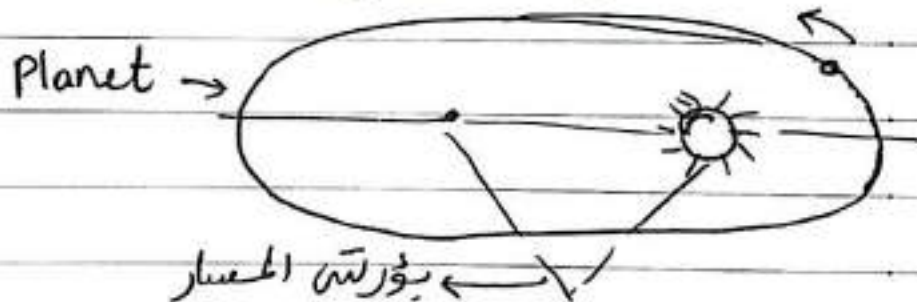
Kepler's laws

عالم فلك ألماني أهتم بالفلك ووضع قوانين حركة الكواكب.

1] Kepler's 1st law: «law of orbits»

All planets move in elliptical orbits with the sun at one focus of the ellipse

الكواكب تتحرك في مسارات بيضاوية؟ بحيث تكون الشمس في أحد بؤرتي البيضاوي



2] Kepler's Second law: «law of Areas»

The line joining the sun and planet sweeps out equal areas in equal time

الخط الواصل بين الشمس والكواكب لقطع مساحات متساوية في أزمنة متساوية

$$A_{12} = A_{23}$$

$$\Delta t_{12} = \Delta t_{23}$$



[3] Kepler's third law « Law of periods »

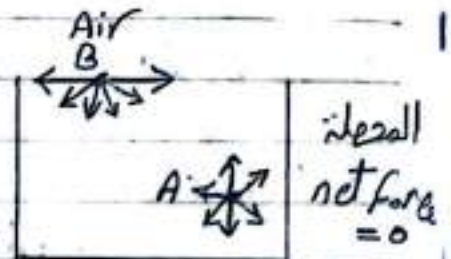
The ratio of the cube of the radius of the orbit to the square of the time for the planet to make a complete cycle around the sun is a const for all planets

النسبة بين مكعب نصف قطر المدار ومربع الزمن
اللازم لقطع الكوكب دورة كاملة حول الشمس ستاوي
مقدار ثابت لكل الكواكب.

$$\frac{r^3}{T^2} = \text{const (k)}$$

5 "Surface tension"

* "Surface tension": is a physical. which occurs in a liquid. The liquid surface as elastic stretched membrane.



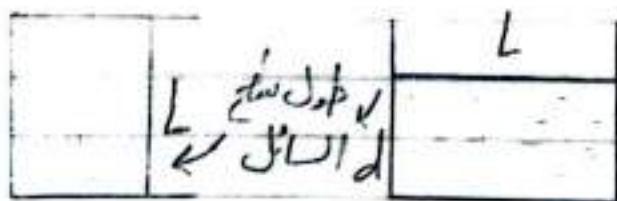
* "العوامل المؤثرة عليه"

① Temperature $\downarrow$ ^{علانية} $\uparrow$ Surface tension:

② Type of liquid.

③ Area decrease in surface tension.

④ Impurities in a liquid.



"Surface Tension Coefficient" (γ) "معامل التوتر السطحي"

$$\gamma = \frac{W}{A} = \frac{F \cdot d}{F \cdot d} = \frac{F}{L} \leftarrow \text{"length of the surface liquid"}$$

$$N/m \quad \text{or} \quad \text{dyne/cm} \quad \underline{\underline{(MT^{-2})}}$$

* "Cohesive force قوَى التماسك"

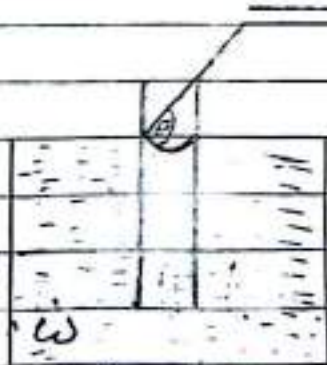
is the attraction force between the molecules of the liquid.

* "Adhesive force قوَى الالتصاق"

is the attraction force between the molecules of the liquid and the molecules of the solid surface.

* "Contact angle زاوية التماس" (θ)

is the angle inside the liquid between the molecules of the liquid and the molecules of the solid surface.

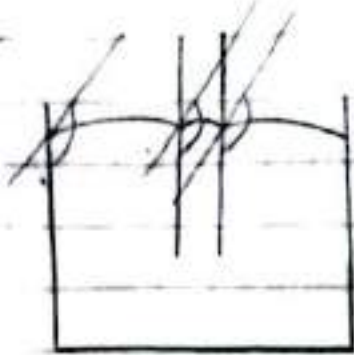


* Cohesive < adhesive

* Contact angle < 90° "acute angle" حادة

water

* Shape of surface $\rightarrow$ concave
(جيدة البلبل) مقعرة
(good watability)

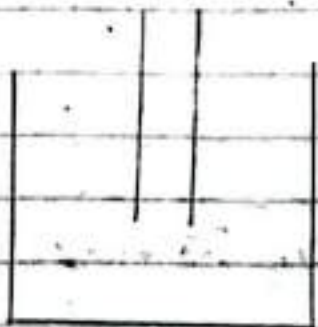


زئبق
mercury

* Cohesive > adhesive

* Contact angle > 90° "obtuse angle"
منفرجه

* Shape of liquid $\rightarrow$ Convex
(Bad watability سيئ قابلية)

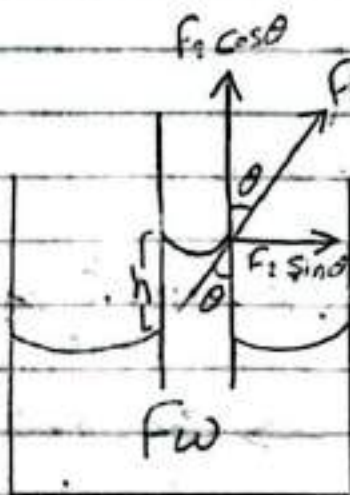


Pure water

* Cohesive = adhesive

* Contact angle = 90°

* Shape Plane



"Capillary Tube"

$$* F_w = m \cdot g = \rho \cdot V \cdot g = \rho \cdot \pi r^2 \cdot h \cdot g$$

$$* F_2 \cos \theta = \gamma L \cos \theta = \gamma 2\pi r \cos \theta$$

$$\therefore \text{eq ①} = \text{eq ②}$$

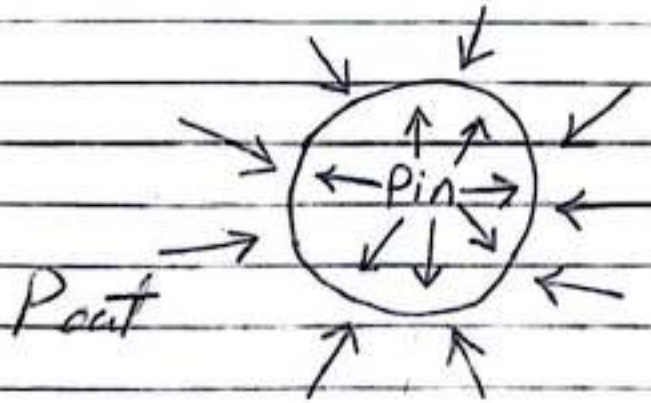
$$\rho \pi r^2 h g = \gamma 2\pi r \cos \theta$$

$$\therefore \gamma = \frac{\rho r h g}{2 \cos \theta}$$



Pure water

$$\gamma = \frac{\rho r h g}{2}$$



$$\Delta P = P_{in} - P_{out}$$

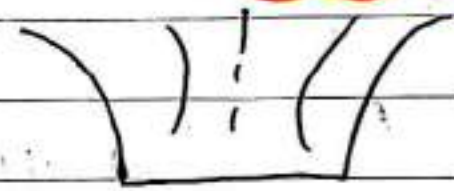
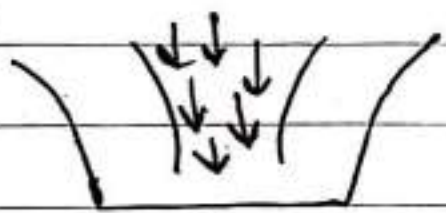
$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = P \cdot \pi r^2$$

viscosity

* It is the resistance of fluid to flow due to the frictional force between layers of fluid.

هي مقاومة السائل للتدفق بسبب لقوة الاحتكاك بين طبقات السائل.

الترجمة



لزوجة منخفضة جداً - تدفق سريع

لزوجة عالية - تدفق بطيء

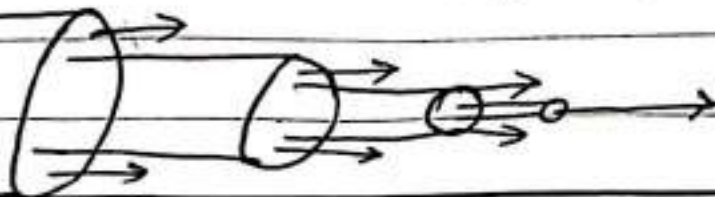
① "Ideal flow"



السائل عبارة عن طبقات، وإذا كان السائل مثالي فكل الطبقات تتحرك مع بعضها بنفس السرعة.

② "Real flow"

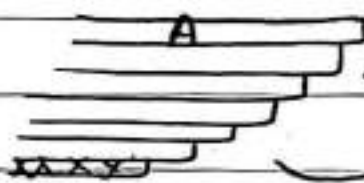
كل ما يبعد عن الجدار السرعة تزداد



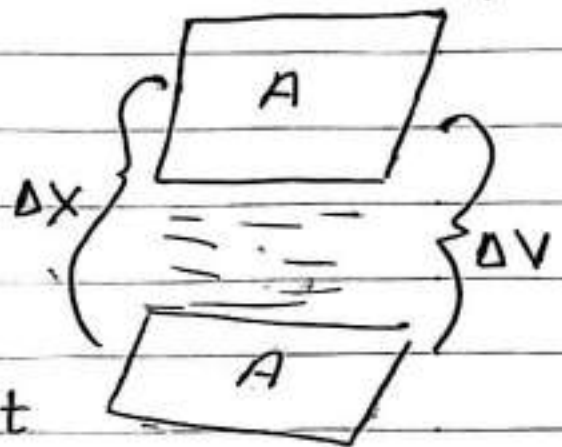
Viscosity Coefficient (η)

* The frictional tangential force between two layers of the fluid of unit per area separated by unit distance, and velocity gradient equal unity.

$$\begin{cases} F \propto A \\ f \propto \Delta V \\ f \propto \frac{1}{\Delta x} \end{cases}$$



velocity gradient



$$\therefore f \propto \frac{A \cdot V}{d} \quad \text{then } F = \eta \frac{A \cdot V}{d}$$

$$\eta = \frac{f \cdot d}{A \cdot V}$$

dimension

$$ML^{-1}T^{-1}$$

unit

$$N \cdot s / m^2$$

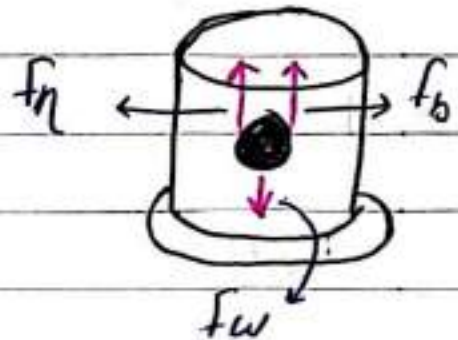
$$\text{dyne} \cdot s / cm^2$$

$$Pa \cdot s$$

Stok's Law

When a solid object "ball" is allowed to fall into viscous liquid, it's subjected to 3 forces.

f_w → Due to the weight of ball to downward.



$$f_w = mg = \rho_s V g$$

$$= \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_s g$$

ρ_s → Density of solid ball

V → Volume of sphere = $\frac{4}{3} \pi r^3$

r → Radius of the sphere.

f_b → upthrust force "upward"

$$f_b = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_l g$$

ρ_l → Density of liquid.

f_η → force due to viscosity.

$$f_\eta = 6 \pi r \eta v$$

v → velocity of sphere

η → viscosity coefficient

At equilibrium:

$$f_w = f_b + f_\eta$$

$$\frac{4}{3} \pi r^3 \rho g = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho g + 6 \pi r \eta v$$

$$\frac{2}{3} r^2 \rho g = \frac{2}{3} r^2 \rho g + 3 \eta v$$

$$\therefore 3 \eta v = \frac{2}{3} r^2 (\rho - \rho) g$$

$$\boxed{\eta = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2}{v} (\rho - \rho) g}$$