مقرر مقدمة فى علم الفيزياء

فيز 101

المستوى الأول

الفصل الأول

الوحدات والأبعاد Units and dimensions

الوحدات والأبعاد - الكميات الفيزيائية - وحدات الكميات الفيزيائية - أبعاد الكميات الفيزيائية

علم الفيزياء هو علم قياس – فالكميات الفيزيائية يجب أن تكون قابلة للقياس ومن أهم عناصر القياس هى الوحدات

أمثلة على القياس

- المسافة بين مكة والمدينة مثلا 450 كيلو متر
- شدة التيار الكهربائى فى سلك معين 10 أمبير
- درجة حرارة السائل فى الإناء 30 درجة مئوية

كل قياس يتطلب عنصرين أساسيين:-

(1) العدد وهو يعبر عن الكمية المقيسة

(2) وحدة القياس ويعبر عن هوية أو نوعية الكمية الفيزيائية المقيسة

الكميات الفيزيائية Physical Quantities

وقد تم تقسيم الكميات الفيزيائية الى نوعين أساسيين:- **كميات أساسية وكميات مشتقة**.

إذن لكل كمية (أساسية أو مشتقة) وحدة قياس تستخدم للتعبير عن هوية أو نوعية هذه الكمية.

(1) **كميات أساسية:- basic quantity** هى الكمية التى لا يمكن إرجاعها أو التعبير عنها بصورة أبسط منها

يوجد ثلاث وحدات أساسية وهى كالتالى :-

a) وحدة قياس الطول (L) وتقاس فى النظام الدولى بالمتر

b) وحدة قياس الكتلة (M) وتقاس فى النظام الدولى بالكيلو جرام

c) وحدة قياس الزمن (T) وتقاس فى النظام الدولى بالثانية

ونستطيع أن نشتق باقى الكميات المشتقة من هذه الوحدات الثلاثة. ويوجد وحدات أساسية أخرى فى الفيزياء مثل درجة الحرارة وشدة الاستضاءة وكمية المادة والشحنة

❖ يوضح الجدول التالى وحدات القياس الأساسية

Quantity الكمية	**Dimension الأبعاد**	**SI Name اسم الوحدة**	**SI Symbol رمز الوحدة**
Length الطول	**L**	**Meter**	**m**
Time الزمن	**T**	**Second**	**s**
Mass الكتلة	**M**	**Kilogram**	**Kg**
Electric Current التيار الكهربى	**I**	**Ampere**	**A**
Temperature درجة الحرارة	**Θ**	**Kelvin**	**K**
Amount of Substance كمية المادة	**N**	**Mole**	**Mol**
Luminous Intensity شدة الاستضاءة	I_v	**Candela**	**Cd**

<u>(2)كميات مشتقة:-</u> **derivative quantity** هى الكمية التى يمكن إرجاعها أو التعبير عنها بصورة أبسط منها أو إعادة كتابتها كمشتقة من الكميات الأساسية

<u>أمثلة على الكميات المشتقة:-</u>

(1) **<u>السرعة:-</u>** عبارة عن المسافة على الزمن $v=x/t=L/T=LT^{-1}$ (T)

(2) **<u>العجلة أو التسارع:-</u>** هو السرعة على الزمن

السرعة كمية مشتقة يمكن تحليلها على أنها المسافة على الزمن وبالتالى يكون التسارع السرعة على الزمن

$$A=V/T=X/t/t=x/t^2=L/T^2=LT^{-2}$$

(3) **<u>القوة:-</u>** هى حاصل ضرب الكتلة فى التسارع والكتلة كمية أساسية ولذلك نحلل التسارع فقط وبذلك تكون أبعاد القوة كالآتى:

$$F=m\ a=m\ x/t^2=ML/T^2=MLT^{-2}$$

اذن الكميات المشتقة يمكن تحليلها الى الكميات الأساسية الثلاثة الطول والكتلة والزمن

<u>أنظمة القياس :</u>

(1) النظام الدولى SI:-

متر – كيلوجرام – ثانية (MKS System) وأحيانا يسمى بالنظام الفرنسى المطلق

سنتمتر – جرام – ثانية (C G S System)

(2) **النظام البريطانى:-** قدم – باوند – ثانية (F B S)

ويلاحظ أن الثانية مستخدمة فى كل من النظامين للتعبير عن الزمن

- يبين الجدول الآتى أجزاء أو مضاعفات الوحدة وذلك للتعبير عن الكميات الفيزيائية الكبيرة جدا أو الصغيرة جدا.

Fraction الكسر	Prefix المسمى	Symbol الرمز	Multiple عامل الضرب	Prefix المسمى	Symbol الرمز
10^{-1}	Deci	D	10	deka	da
10^{-2}	centi	c	10^{2}	hecto	h
10^{-3}	milli	m	10^{3}	kilo	k
10^{-6}	micro	μ	10^{6}	mega	M
10^{-9}	nano	n	10^{9}	giga	G
10^{-12}	pico	p	10^{12}	tera	T
10^{-15}	femto	f	10^{15}	peta	P
10^{-18}	atto	a	10^{18}	exa	E
10^{-21}	zepto	z	10^{21}	zetta	Z
10^{-24}	yocto	y	10^{24}	Yotta	Y

نظرية الأبعاد:- Theory of dimensions

تنص نظرية الأبعاد على:- " كل كمية فيزيائية مشتقة يمكن التعبير عنها بدلالة الكميات الأساسية مرفوعة الى قوى أو أسس تسمى أبعاد الكمية الفيزيائية المشتقة "

ويشترط أن تتساوى أبعاد أو أسس الكميات الفيزيائية الأساسية فى طرفى العلاقة الرياضية.

❖ أهمية نظرية الأبعاد:-

أ- التحقق من صحة القوانين الفيزيائية.

ب- اشتقاق وحدات الثوابت التي تعتمد عليها العلاقات الرياضية المختلفة.

ج- التحويل من وحدات النظام الدولي (النظام الفرنسي) إلى النظام البريطاني (النظام الإنجليزي).

❖ بعض القوانين الفيزيائية:-

وحدة القياس فى النظام الدولى SI	معادلة الأبعاد	القانون	الرمز	الكمية الفيزيائية
m/s or ms^{-1}	L/T or LT^{-1}	x/t	v	السرعة
m/s^2 or ms^{-2}	L/T^2 or LT^{-2}	v/t	a	التسارع
$Kg\ m/s^2$ or $Kg\ m\ s^{-2}$ =N (نيوتن)	ML/T^2 or MLT^{-2}	$m.\ a$	F	القوة
$Kg\ m^2/s^2$ or $Kg\ m^2s-^2$	ML^2/T^2 or ML^2T^{-2}	$F.\ x$	W	الشغل
$Kg\ m^2/s^2$ or $Kg\ m^2s-^2$	ML^2/T^2 or ML^2T^{-2}	$½\ mv^2$ or $m\ g\ h$	E	الطاقة
$Kg\ m/s$ or $Kg\ m\ s-^1$	ML/T or MLT^{-1}	$m.\ v$	P	كمية التحرك
N/m^2 or $Kgm^{-1}sec^{-2}$ N =نيوتن	M/LT^2 or $ML^{-1}T^{-2}$	F/A	P	الضغط
m^2	L^2	$l.l$	A	المساحة
m^3	L^3	$l.\ l.\ l$	V	الحجم
$Kg\ /\ m^3$ or $Kg\ m^{-3}$	M/L^3 or ML^{-3}	m/V	ρ	الكثافة

❖ **اختبار صحة القوانين**

لإثبات صحة أي معادلة يجب أن تكون أبعاد الطرف الأيسر تساوي أبعاد الطرف الأيمن ، فمثلاً قانون البندول البسيط هو:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \qquad (1\text{-}1)$$

فإذا كتبنا معادلة الأبعاد لهذا القانون فإننا نعتبر 2π عدد لا يعتمد على أي من الوحدات الأساسية و على ذلك فليس له وجود في معادلة الأبعاد.

أبعاد الطرف الأيمن هي:

$$\sqrt{\frac{L}{LT^{-2}}} = \sqrt{T^2} = T \qquad (1\text{-}2)$$

أي أن أبعاد الطرف الأيمن تساوي أبعاد الطرف الأيسر وعلى ذلك يكون القانون صحيحاً.

مثال (1):-

باستخدام نظرية الأبعاد اثبتى صحة المعادلة الآتية:- $x = 1/2\, at^2$

حيث **x هى المسافة و a العجلة و t الزمن؟**

الحل:-

الكمية x على الجانب الأيسر لها أبعاد الطول. ولكى تكون المعادلة صحيحة الأبعاد، لابد أن تكون الكمية على الجانب الأيمن لها أبعاد الطول.

- **الجانب الأيسر:-**

(1) $X = L$ حيث أبعاد المسافة هى L

- **الجانب الأيمن:-**

$at^2 = (L/T^2)\, T^2 = L$ (2)

من (1)، (2)

الجانب الأيمن = الجانب الأيسر ولذلك تكون المعادلة صحيحة.

مثال (2):-

وضحى أن التعبير $v = at$ صحيح الأبعاد حيث v تمثل السرعة و a تمثل العجلة و t تمثل الزمن عند أى لحظة؟

الحل:-

الجانب الأيسر $[v] = L/T$ (1)

الجانب الأيمن $[at] = (L/T^2)\,T$

$= L/T$ (2)

من (1) ، (2) نستنتج أن المعادلة صحيحة.

مثال 3:-

بإستخدام نظرية الأبعاد استنتجى المعادلة الآتية

$x \alpha a^n t^m$ حيث x المسافة و n ، m أسس يجب تعينيها والرمز (α) يمثل علامة التناسب ؟

الحل:-

بما أن أبعاد التسارع هو (L/T^2) وأبعاد الزمن هى (T) وبالتالى:-

$$(L/T^2)^n T^m = L^1T^0$$

$$(L^nT^{m-2n}) = L^1T^0 \qquad (1)$$

من المعادلة السابقة :-

$L^n = L^1$

اذن $n = 1$

$T^{m-2n} = T^0$

اذن $m-2n = 0$

$m = 2n$

$m = 2x1$

$m = 2$

بالتعويض عن قيمة الثوابت n و m فى المعادلة الأساسية $x \alpha a^n t^m$

اذن نستنتج أن المعادلة هى $x \alpha a t^2$

مثال 4:-

بإستخدام نظرية الأبعاد استنتجى المعادلة الآتية

$a \alpha r^n v^m$ حيث v هى السرعة و r هو نصف قطر الدائرة و a تمثل التسارع وتمثل

n و m اسس يجب تعينها.

الحل:-

$$\frac{L}{T^2} = L^n \left(\frac{L}{T}\right)^m$$

$L^1 T^{-2} = L^{n+m} T^{-m}$

L =

$1 = n+m \qquad (1)$

$T =$

$-2 = -m$

$\mathbf{m = 2} \qquad (2)$

from (1) and (2) $\quad 1 = n + 2$

$\mathbf{n = -1}$

$a \propto r^{-1} v^{2}$

$a \propto v^{2}/r$

مسائل على الفصل الأول

-1 جد أبعاد كل من السرعة (v) و العجلة (a) و القوة (F) و الشغل (W) و الكثافة (ρ) و الضغط (P).

-2 أثبت صحة العلاقة التالية من حيث الأبعاد.

$$v = v_0 + at$$

حيث v ، a ، t تمثل السرعة الخطية والعجلة والزمن على الترتيب.

-3 حدد ما إذا كانت العلاقة التالية صحيحة من حيث الأبعاد أم لا.

$$v^2 = v_0{}^2 + 2a$$

الوحدة الأولى : الفصل الثانى

Vectors and Scalars

المتجهات والضرب القياسى والإتجاهى

الكميات القياسية والكميات المتجهة

درسنا فيما سبق أن هناك نوعان من الكميات الفيزيائية وهى كميات أساسية مثل المسافة والزمن والكتلة وكميات مشتقة مثل السرعة والتسارع والقوة. أيضا يمكن تقسيم الكميات الفيزيائية إلى قسمين كميات قياسية وكميات متجهة .

(1) الكمية القياسية: Scalars Quantity

وهى الكميات التى يمكن تحديدها بالمقدار فقط ، مثل الكتلة والزمن ودرجة الحرارة. فمثلا يكفى أن نقول درجة الحرارة 50 درجة مئوية وبذلك يكون بمعلومية المقدار يكتمل المعنى المقصود. ويكفى أن نقول كتلة جسم 100 كيلوجرام. بهذا نكون قد حددنا الكمية الفيزيائية بمجرد ذكر مقدارها.

(2) الكمية المتجهة: Vectors Quantity

وهى الكمية التى لايكفى تحديدها بذكر مقدارها فقط ولكن يلزم معرفة الإتجاه أيضاً ، مثل عند الحديث عن السرعة مثلا يلزم ذكر المقدار والإتجاه فنقول السرعة 200 km/h واتجاهها شمالاً.

لاحظ هنا أنه احتجنا لتحديد المقدار أولاً ثم الاتجاه ثانياً.

تمثيل الكميات المتجهة:- **تمثل الكمية بخط مستقيم فى نهايته سهم طوله يمثل مقدار الكمية المتجهة والسهم يمثل اتجاه الكمية المتجهة.**

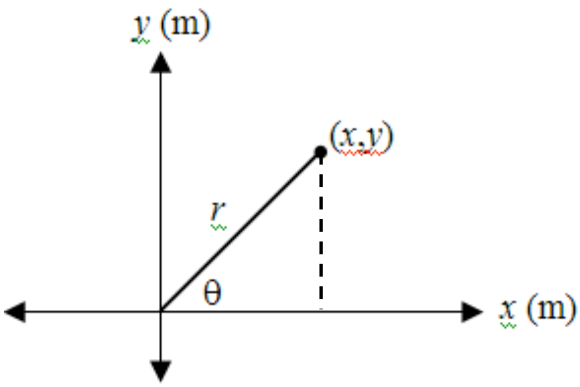
يرمز لكمية متجهة بالرمز $\underset{A}{\rightarrow}$ ومقداره $|A|$ أى القيمة المطلقة.

نظام الإحداثيات

غالبا ما نستخدم نظم عديدة لتمثيل المتجهات على الإحداثيات وذلك لحساب مقدار المحصلة وزاوية ميلها . ومن أشهر هذه النظم الكارتيزية والإسطوانية والقطبية. تستخدم النظم الكارتيزية فى النظم الميكانيكية البسيطة بينما نستخدم النظم القطبية فى قضايا فيزيائية أسهل تطبيقا.

الإحداثيات الكارتيزية

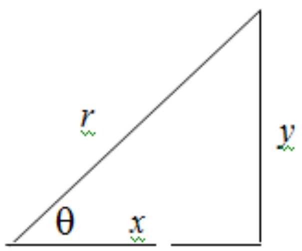
الشكل التالى يمثل الإحداثيات الكارتيزية في بعدين X Y.



الإحداثيات القطبية

في بعض الأحيان يكون من الأنسب استخدام نظام محاور آخر مثل نظام المحاور القطبية والذي يحدد بالمسافة (نصف القطر) r والزاوية θ التي يصنعها مع المحور الأفقي كما هو موضح بالشكل السابق.

العلاقة بين الاحداثيات الكارتيزية والقطبية



العلاقة بين الاحداثيات الكارتيزية (x,y) والاحداثيات القطبية (r,θ) موضحة في الشكل التالي:

$x = r \cos \theta$ وايضا $y = r \sin \theta$

بتربيع المعادليتن السابقتين وجمعهما نحصل على

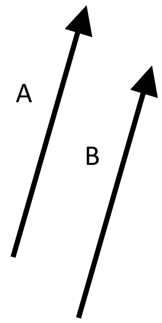
$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

وهذه المعادلة تعبر عن المحصلة لمركبتين في اتجاه محور x وفي اتجاه محورر y .

ولتعين الزاوية (θ) التي تصنعها المحصلة مع محور (X):

$$\tan \theta = \frac{y}{x}$$

خصائص المتجهات



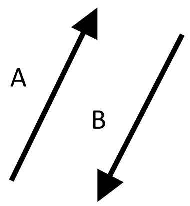
نفرض ان لدينا المتجهات (B , A) على الاحداثيات الكارتيزية كما بالشكل:

وفيما يلي أهم خصائص المتجهات:

أ) تساوي المتجهات:

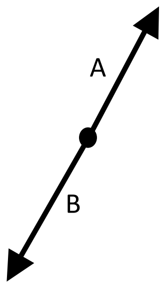
عند تساوي المتجهين في المقدار والاتجاه

يعبر عنهما بالعلاقة: **A = B**



اما اذا كانت في اتجاهين متعاكسين تكون المعادلة هي:

A = - B



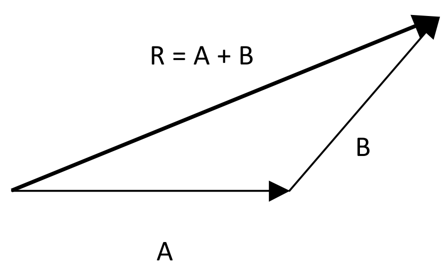
وعندما يكون خط عملهما واحد يكون العلاقة هي:

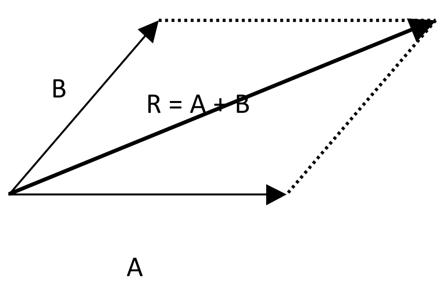
A + (-B) = 0

ب) جمع المتجهات : Vector Addition

يمكن جمع المتجهات التي تعبر عن كميات فيزيائية متشابهة مثل جمع متجهيين للسرعة، ولكن لا يمكن ان نجمع متجه قوة مع متجه إزاحة .ونستخدم قاعدة متوازي الاضلاع لايجاد المحصلة **R** كما بالشكل التالى:

لجمع متجه **A** مع متجه **B** تكون المحصلة المتجه **R**





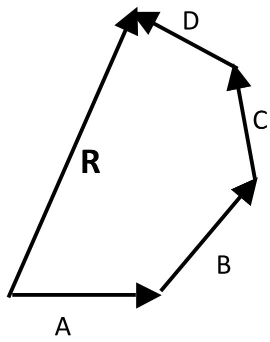
عملية الجمع تعتبر عملية تبادلية بمعنى **A + B = B + A**

ويمكن ان يكون لدينا متجهات (..... , A , B , C , D)

فإن المحصلة تمثل المتجه الناتج عن اغلاق المتجهات السابقة

كما بالرسم الموضح:

والمحصلة هي: $R = A + B + C + D$

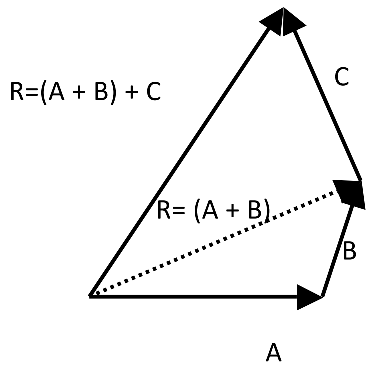


وفي الشكل التالي تكون المحصلة هي:

$$R = (A+B) +C$$

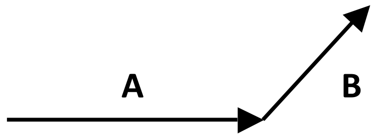
أو $$R = A + (B+C)$$

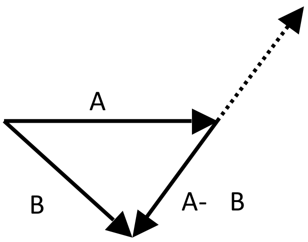
وهذه الخاصية تسمى بالخاصية التوزيعية



ج) طرح المتجهات:

وهي تتم كما في الجمع مع مراعاة رسم المتجه B في الاتجاه المعاكس باعتبار ان B هو المتجه المطروح من المتجه الاول A كما بالشكل التالي:





وتكون المحصلة: $R = A - B$

غير قابلة للتبديل أى أن $A - B \neq B - A$

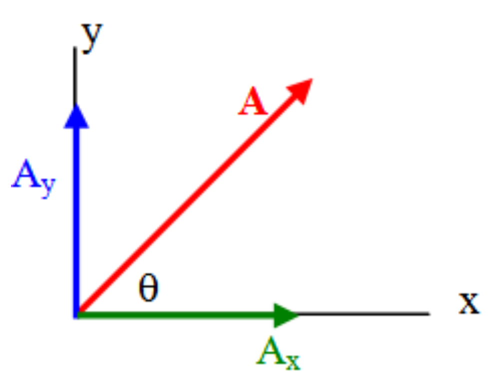
$$A - B = - (B- A)$$

متساويان فى المقدار ولكن مختلفان فى الاتجاه.

مركبات المتجه:

أي متجه A يقع في الاحداثيات الكارتيزية x , y يمكن تحليله إلى مركبتين المركبة الأولي في اتجاه محور x وتسمى المركبة الأفقية والمركبة الثانية في اتجاه المحور y وتسمى المركبة الرأسية.

في الشكل التالى المتجه A تم تحليله إلى مركبتين وقيمة كل مركبة هي على النحو التالي:



المركبة الرأسية $A_x = A\cos\theta$

المركبة الافقية $A_y = A\sin\theta$

وتحسب المحصلة من القانون التالي

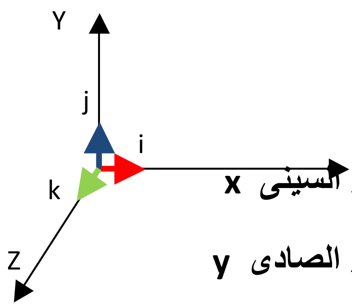
$$A = \sqrt{Ax^2 + Ay^2}$$

ويكون اتجاه المتجه $\vec{A}$ بالنسبة للمحاور X,Y هو $\tan\theta = \dfrac{Ay}{Ax}$

متجه الوحـــدة : Unit Vector

يعرف متجه الوحدة بمتجه طوله الوحدة وليس له وحدة قياس ويستخدم للتعبير عن الاتجاه لإي كمية فيزيائية متجهة.

كذلك يمكن تمثيل متجهات الوحدة (i, j, k) لمحاور الاحداثيات الكارتيزية (x, y, z) على الترتيب كما في الشكل التالي:-



متجهه الوحدة i يعمل فى الإتجاه الموجب للمحور السينى x

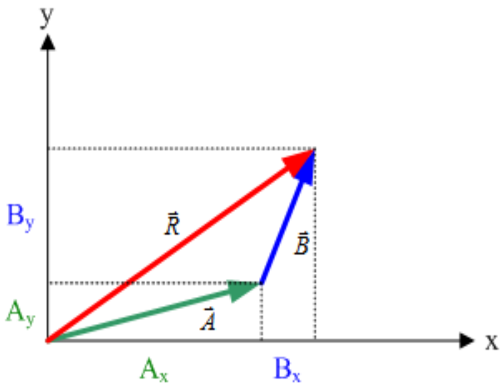
متجهه الوحدة j يعمل فى الإتجاه الموجب للمحور الصادى y

متجهه الوحدة k يعمل فى الإتجاه الموجب للمحور العينى z

- الشكل السابق يعبر عن الاحداثيات الكارتيزية في الثلاث ابعاد وبذلك يمكن كتابة أي متجه بدلالة مركباته ومتجهات الوحدة، كما فى المثال التالى نفرض متجه A يقع في مستوى x , y يمكن التعبير عنه بالمعادلات الإتجاهية التالية:

$$A = Ax\, i + Ay\, j$$

$$B = B_x\, i + B_y\, j$$



وتكون محصلة جمع المتجهين على الشكل التالى:

$$R = A + B = (Ax+Bx)\, i + (Ay+By)\, j$$

أما إذا كان المتجهين فى الثلاث أبعاد

$$A = Ax\, i + Ay\, j + Az\, k$$

$$B = Bx\, i + By\, j + By\, k$$

تكون المحصلة على الشكل التالى: $R = A + B = (Ax+Bx)\, i + (Ay+By)\, j + (Az+Bz)\, k$

مثال (1) :-

أوجدى معادلة المتجه $C=2A+3B$ و كذلك قيمته اذا كان:

$$A = (2\,\hat{i} + \hat{j} - \hat{k}) \text{ and } B = (-\,\hat{i} + 2\,\hat{j} + 2\,\hat{k})$$

الحل:-

فى البداية يجب حساب كل من 2A و 3B

$$2A = 2(2\,\hat{i} + \hat{j} - \hat{k}) = (4\,\hat{i} + 2\,\hat{j} - 2\,\hat{k})$$

$$3B = 3(-\,\hat{i} + 2\,\hat{j} + 2\,\hat{k}) = (-3\,\hat{i} + 6\,\hat{j} + 6\,\hat{k})$$

$$C = 2A + 3B$$

$$= (4\,\hat{i} + 2\,\hat{j} - 2\,\hat{k}) + (-3\,\hat{i} + 6\,\hat{j} + 6\,\hat{k})$$

$$= 4\,\hat{i} + 2\,\hat{j} - 2\,\hat{k} - 3\,\hat{i} + 6\,\hat{j} + 6\,\hat{k}$$

$$= \hat{i} + 8\,\hat{j} + 4\,\hat{k}$$

القيمة:-

$$|C| = \sqrt{C_x^2 + C_y^2 + C_z^2} = \sqrt{1^2 + 8^2 + 4^2} = \sqrt{81} = 9$$

مثال (2)

اوجد مجموع المتجهين A ، B حيث: B = 2i – 4j , A = 2i + 2j

الحــــل:

من المعطيات نجد ان: By = -4 , Bx = 2 , Ay = 2 , Ax = 2

R = A + B = 2i + 2j +2i -4j = (2+2) i + (2-4) j = 4i -2j

ومنها يكون: Ry = -2 , Rx = 4

وبالتالي يكون:

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{(4)^2 + (-2)^2} = \sqrt{20} = 4.47$$

مثال (3)

اوجد مقدار محصلة المتجهات التالية:

d1 = 1.5i + 3j – 1.2k cm

d2 = 2.3i – 1.4j – 3.6k cm

d3 = -1.3i + 1.5j cm

الحــــل:

R = d1 + d2 + d3

= (1.5+2.3-1.3) I + (3-1.4+1.5) j +(-1.2 +3.6+0) k

R = 2.5 I + 3.1 j – 4.8 k

وبالتالي: Rz = -4.8 , Ry = 3.1 , Rx = 2.5

$$\therefore R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2} = \sqrt{(2.5)^2 + (3.1)^2 + (-4.8)^2} = \sqrt{38.9} = 6.25 \text{ cm}$$

ضرب المتجهات: Vector Multiplication

من المعروف ان الكمية المتجهة تشمل عنصرين هما المقدار والاتجاه وتكون قواعد ضرب المتجهات هي:

1) ضرب المتجه فى كمية قياسية:

اذا كان المتجه هو A وكانت α كمية قياسية فيكون حاصل الضرب هو كمية متجهة ومقداره ويساوي $|A| \ \alpha$

$$\alpha\ (A+B) = \alpha A + \alpha B$$

2) ضرب متجه في متجه آخر :

يوجد نوعين في هذه الحالة هما:

1- الضرب القياسي 2- الضرب الاتجاهي

أولا: الضرب القياسى : Dot Product

يعرف الضرب القياسي لمتجهين بحاصل ضرب مقدار المتجه الأول في مقدار المتجه الثاني في جيب تمام الزاوية المحصورة بينهما ويكتب على الصورة A.B

$$A.B = |A| \, . \, |B| \, . \cos\theta$$

خواص الضرب القياسى:-

(1) خاصية التبادل $A \, . \, B = B \, . \, A$

(2) خاصية التوزيع $A \, . \, (B+C) = A \, . \, B + A \, . \, C$

(3) الضرب القياسى لإى متجه فى نفسه يعطى مربع القيمة العددية للمتجه نفسه

$$A \, . \, B = A \ A \cos(0) = A^2$$

(4) الضرب القياسى لإى متجه فى نفسه =1

$$i.i = j.j = k.k = 1 \qquad \cos(0)=1$$

(5) الضرب القياسى لإى متجه فى متجه أخر = صفر

$$i.j = j.k = k.i = 0 \qquad \cos(90)=0$$

❖ **<u>يمكن إيجاد قيمة الضرب القياسى لمتجهين باستخدام مركبات كل متجه كما يلى:</u>**

$$\mathbf{A}\cdot\mathbf{B} = (A_x\,\hat{\mathbf{i}} + A_y\,\hat{\mathbf{j}} + A_z\,\hat{\mathbf{k}})\cdot(B_x\,\hat{\mathbf{i}} + B_y\,\hat{\mathbf{j}} + B_z\,\hat{\mathbf{k}})$$

$$\mathbf{A}\cdot\mathbf{B} = A_x B_x\ (\hat{i}\cdot\hat{i}) + A_x B_y\ (\hat{i}\cdot\hat{j}) + A_x B_z\ (\hat{i}\cdot\hat{k}) +$$

$$A_y B_x\ (\hat{j}\cdot\hat{i}) + A_y B_y\ (\hat{j}\cdot\hat{j}) + A_y B_z\ (\hat{j}\cdot\hat{k}) +$$

$$A_z B_x\ (\hat{k}\cdot\hat{i}) + A_z B_y\ (\hat{k}\cdot\hat{j}) + A_z B_z\ (\hat{k}\cdot\hat{k})$$

وتبعا للضرب القياسي: $i.i = j.j = k.k = 1$ □□□□□ $i.j = j.k = k.i = 0$

بالتعويض فى المعادلة السابقة

$$\mathbf{A}\cdot\mathbf{B} = A_xB_x + A_yB_y + A_zB_z$$

لذلك

$$\mathbf{A}\cdot\mathbf{A} = AA\cos 0^\circ = A_xA_x + A_yA_y + A_zA_z$$

$$A^2 = A_x^{\,2} + A_y^{\,2} + A_z^{\,2}$$

مثال (4)

ليكن لدينا متجهان ، حيث:

A = 2 I + 3 j , B = - I + 2 j

اوجد ناتج الضرب القياسي بينهما ثم أوجدى الزاوية بينهما ؟

<u>الحـــــل:</u>

$$A \cdot B = (2i + 3j) \cdot (-i + 2j)$$

$$A \cdot B = -2\, i.i + 2\, i.\, 2j - 3j.i + 3j.2j = -2 + 6 = 4$$

من المعطيات نجد ان: $Ax = 2 \quad , \quad Ay = 3 \quad , \quad Bx = -1 \quad , \quad By = 2$

ويمكن تعين الزاوية θ بين المتجهين A ، B

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2} = \sqrt{2^2 + 3^2} = \sqrt{13}$$

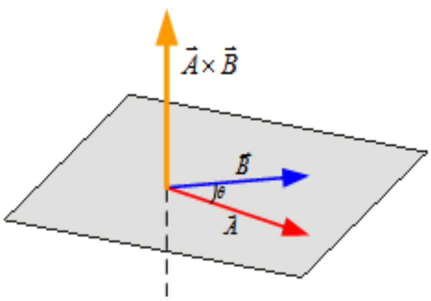
$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2} = \sqrt{-1^2 + 2^2} = \sqrt{5}$$

$$\cos\theta = \frac{A.B}{A.B} = \frac{4}{\sqrt{13}.\sqrt{5}} = \frac{4}{\sqrt{65}}$$

ومنها تكون: $\theta = 60\ o$

ثانيا: الضرب الاتجاهي : Cross Product

نتيجة الضرب الاتجاهي لمتجهين A ، B تكون كمية متجهة. ويكتب هذا النوع من الضرب كما يلي : A × B



$$A \times B = |A| \,.\, |B| \,\sin\theta\, .n$$

حيث ان n هي متجه الوحدة وهو عمودي على المتجهين A ، B

خواص الضرب الاتجاهي:-

1- ليس تبادلى لإن $A \times B \neq B \times A$

$$A \times B = -B \times A$$

2- خاصية التوزيع $A \times (B + C) = (A \times B) + (A \times C)$

3- الضرب الإتجاهى لأى متجه فى نفسه = صفر $\mathbf{A} \times \mathbf{A} = 0$

-4 $\hat{\mathbf{i}} \times \hat{\mathbf{i}} = \hat{\mathbf{j}} \times \hat{\mathbf{j}} = \hat{\mathbf{k}} \times \hat{\mathbf{k}} = (1)(1)(\sin 0°) = 0$

- 5 $\hat{\mathbf{i}} \times \hat{\mathbf{j}} = \hat{\mathbf{k}} \quad , \quad \hat{\mathbf{j}} \times \hat{\mathbf{k}} = \hat{\mathbf{i}} \quad , \quad \hat{\mathbf{k}} \times \hat{\mathbf{i}} = \hat{\mathbf{j}}$

$\hat{\mathbf{j}} \times \hat{\mathbf{i}} = -\hat{\mathbf{k}} \quad , \quad \hat{\mathbf{k}} \times \hat{\mathbf{j}} = -\hat{\mathbf{i}} \quad , \quad \hat{\mathbf{i}} \times \hat{\mathbf{k}} = -\hat{\mathbf{j}}$

❖ للحصول على $A \times B$ بدلالة المركبات نعوض عن المتجهين A ، B كما يلى:

$$\mathbf{A} \times \mathbf{B} = (A_x \hat{\mathbf{i}} + A_y \hat{\mathbf{j}} + A_z \hat{\mathbf{k}}) \times (B_x \hat{\mathbf{i}} + B_y \hat{\mathbf{j}} + B_z \hat{\mathbf{k}})$$

$$\begin{aligned} \mathbf{A} \text{ x } \mathbf{B} = {} & A_x B_x \; (\hat{\imath} \times \hat{\imath}) + A_x B_y \; (\hat{\imath} \times \hat{\jmath}) + A_x B_z \; (\hat{\imath} \times \hat{k}) + \\ & A_y B_x \; (\hat{\jmath} \times \hat{\imath}) + A_y B_y \; (\hat{\jmath} \times \hat{\jmath}) + A_y B_z \; (\hat{\jmath} \times \hat{k}) + \\ & A_z B_x \; (\hat{k} \times \hat{\imath}) + A_z B_y \; (\hat{k} \times \hat{\jmath}) + A_z B_z \; (\hat{k} \times \hat{k}) \end{aligned}$$

$$\mathbf{A} \text{ x } \mathbf{B} = A_x B_y \; (\hat{k}) + A_x B_z \; (-\hat{\jmath}) + A_y B_x \; (-\hat{k}) + A_y B_z \; (\hat{\imath}) + A_z B_x \; (\hat{\jmath}) + A_z B_y \; (-\hat{\imath})$$

وتبعا للضرب الاتجاهي:

i×i = j×j = k×k = 0

وايضا: **k×i = j , j×k = i , i×j = k**

i× k = - j , k× j = - i , j× i = - k

بالتعويض في معادلة الضرب الاتجاهي ينتج ما يلي:

$$\boxed{\mathbf{A} \text{ x } \mathbf{B} = (A_y B_z - A_z B_y) \hat{\imath} - (A_x B_z - A_z B_x) \hat{\jmath} + (A_x B_y - A_y B_x) \hat{k}}$$

❖ **يمكن استخدام المحددات لتسهيل حساب الضرب الاتجاهى**

$$A \times B = \begin{vmatrix} i & j & k \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{A \times B} = (A_y B_z - A_z B_y)\, \hat{i} - (A_x B_z - A_z B_x)\, \hat{j} + (A_x B_y - A_y B_x)\, \hat{k}$$

مثال (5)

أوجدى الضرب الإتجاهى لكلا من :-

$$\mathbf{A} = (2\,\hat{i} + 3\,\hat{j}) \text{ and } \mathbf{B} = (6\,\hat{i} - 8\,\hat{j})$$

الحل:

$$A \times B = \begin{vmatrix} i & j & k \\ 2 & 3 & 0 \\ 6 & -8 & 0 \end{vmatrix}$$

$$A \times B = \left[(2 \times -8) - (3 \times 6)\right] = -16 - 18 = -34\hat{k}$$

مثال (6)

أوجدى الزاوية بين المتجهين A, B

A = (2 î - 2 ĵ + k̂) and B = (î + 2 ĵ - 2 k̂)

الحل:-

الضرب الإتجاهى يكون:-

$$A \times B = \begin{vmatrix} i & j & k \\ 2 & -2 & 1 \\ 1 & 2 & -2 \end{vmatrix}$$

$$= \left(\left[(-2 \times -2) - (1 \times 2) \right] \hat{i} - \left[(2 \times -2) - (1 \times 1) \right] \hat{j} + \left[(2 \times 2) - (1 \times -2) \right] \hat{k} \right.$$

$$= \left(\left[4 - 2 \right] \hat{i} - \left[-4 - 1 \right] \hat{j} \left[4 + 2 \right] \hat{k} \right)$$

$$= \left(2\hat{i} + 5\hat{j} + 6\hat{k} \right)$$

لكى نحصل على الزاوية يجب أن نجد قيمة كلا من :- .A × B , A , B

$$|A \times B| = \sqrt{2^2 + 5^2 + 6^2} = \sqrt{65}$$

$$|A| = \sqrt{2^2 + (-2)^2 + 1^2} = \sqrt{9} = 3$$

$$|B| = \sqrt{1^2 + 2^2 + (-2)^2} = \sqrt{9} = 3$$

$$\sin\theta = \frac{|A \times B|}{|A||B|} = \frac{\sqrt{65}}{3 \times 3} = 0.895$$

$$\theta = \sin^{-1}(0.895) = 63.5^o$$

الباب الثالث

الميكانيكا

الحركة الخطية

الإزاحة

فى البداية يجب أن نفرق بين مفهوم المسافة والإزاحة.

المسافة كمية قياسية تمثل مسافة الجسم خلال رحلته.

أما الإزاحة هى كمية متجهة تحدد المسافة التى يقطعها الجسم المتحرك خلال فترة زمنية معينة. ويمكن كتابتها على الشكل التالى

$$\Delta X = X_2 - X_1$$

حيث X_1 المسافة الإبتدائية ، X_2 المسافة النهائية.

السرعة:-

يتحرك الجسم بسرعة منتظمة:- أى يقطع مسافات متساوية فى خلال أزمنة متساوية

$$v = \frac{x}{t}$$

السرعة المتوسطة :-

يتحرك الجسم بسرعة غير منتظمة:- أى يقطع الجسم مسافة x_1 فى زمن t_1 ثم مسافة x_2 فى زمن t_2. فتكون السرعة المتوسطة هى:-

هى مقدار الإزاحة خلال فترة زمنية

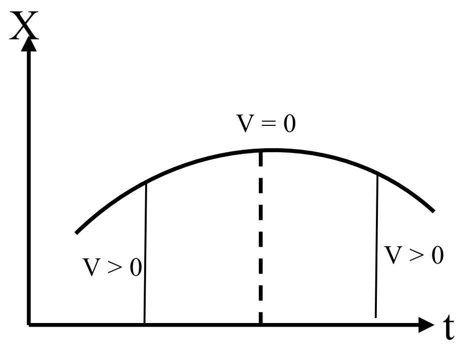
$$v = \frac{\Delta X}{\Delta t} = \frac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1}$$

السرعة اللحظية :-تعرف السرعة اللحظية لدقيقة مادية بأنها سرعة هذه الدقيقة فى لحظة معينة أو عند نقطة على مسارها. (أى سرعة فى أى لحظة).

يمكن حساب السرعة اللحظية من السرعة المتوسطة إذا صغرت الفترة الزمنية واقتربت من الصفر . وتكون السرعة اللحظية هى مشتقة المسافة بالنسبة للزمن

$$v_{in} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta X}{\Delta t} = \frac{dX}{dt}$$

ويمكن تمثيل المعادلة السابقة بالرسم التالى . ومن هذا الرسم قد تكونالسرعة اللحظية موجبة إذا كانت سرعة الجسم تزداد مع الزمن ، وتكون سالبة إذا كانت سرعة الجسم تناقصية مع الزمن ، بينما تكون صفر إذا كانت السرعة ثابتة مع الزمن.



<u>التسارع:-</u>هو معدل تغير السرعة بالنسبة للزمن

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

حيث v_1 السرعة الإبتدائية عند اللحظة t_1 ، v_2 السرعة النهائية عند اللحظة t_2 . والتسارع كمية متجهة ووحداتها m / s^2 .

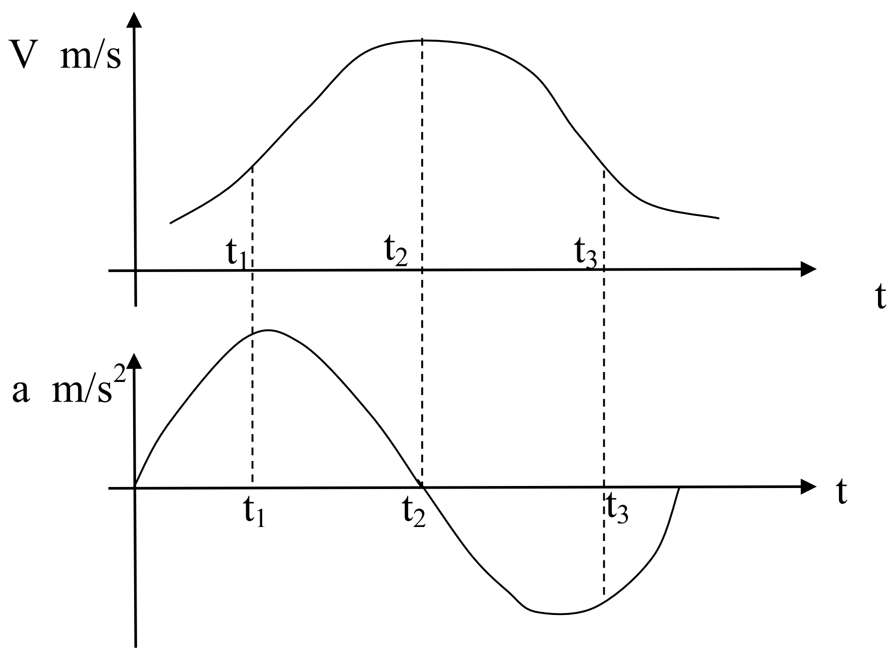
التسارع اللحظى :-

هو متوسط التسارع بين نقطتين قريبتين جداً بحث يؤول الزمن الفاصل إلى الصفر، وتعطى بالعلاقة التالية

$$a = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$

ويكون التسارع موجب إذا كانت سرعة الجسم تزداد مع الزمن وتوصف الحركة بأنها حركة متسارعة ، بينما يكون التسارع سالب إذا كانت سرعة الجسم تناقصية مع الزمن وتوصف الحركة بأنها حركة تباطئية. وعندما تكون السرعة ثابتة مع الزمن فإن التسارع يكون معدوماً.

<u>الرسم التالى يوضح كيفية الحصول على التسارع اللحظى من منحنى السرعة بالنسبة للزمن.</u>



<u>الحركة الخطية بتسارع ثابت:-</u>تسارع ثابت أى لا يتغير مع الزمن و يمكن الحصول على معادلات الحركة من خلال التعريف البسيط للتسارع

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_\circ}{t - t_\circ}$$

حيث أن $v_\circ$هى السرعة الإبتدائية عند $t=0$ و v هى السرعة عند الزمن t وبما أن الزمن ثابت

إذن
$$a = \frac{v - v_\circ}{t}$$

$$v - v_\circ = at$$

$$\underline{v = v_\circ + at \rightarrow (1)}$$

المعادلة الأولى تعين سرعة الجسم v

المعادلة (2) تعين مكان الجسم x عند الزمن t

$$x = v' \; t \quad v' = \frac{x}{t}$$

$$v' = = \frac{1}{2}(v_\circ + v)$$

$$\text{t}\,x = \frac{1}{2}(v_\circ + v)$$

بالتعويض عن قيمة v من معادلة رقم (1)

$$x = \frac{1}{2}(v_\circ + v_\circ + at)\text{t}$$

$$= \frac{1}{2}(2v_\circ + at)\text{t}$$

$$\underline{x = v_\circ t + \frac{1}{2}at^2 \rightarrow (2)}$$

بحذف t من المعادلة (1) ، (2)

$$\frac{v - v_\circ}{a} = t \quad v = v_\circ + at \rightarrow (1)$$

بالتعويض عن قيم (t) فى المعادلة رقم (2)

$$x = v_\circ t + \frac{1}{2}at^2 \rightarrow (2)$$

$$x = v_\circ\left(\frac{v - v_\circ}{a}\right) + \frac{1}{2}a\left(\frac{v - v_\circ}{a}\right)^2$$

$$= \left(\frac{v - v_\circ}{a}\right)\left[v_\circ + \frac{1}{2}a\left(\frac{v - v_\circ}{a}\right)\right]$$

$$= \left(\frac{v - v_\circ}{a}\right)\left[v_\circ + \frac{1}{2}v - \frac{1}{2}v_\circ\right]$$

$$= \left(\frac{v - v_\circ}{2a}\right)[v + v_\circ]$$

$$2ax = (v - v_\circ)(v + v_\circ)$$

$$2ax = v^2 - v_\circ^2$$

$$\underline{v^2 = v_\circ^2 + 2ax \rightarrow (3)}$$

السقوط الحر للأجسام:-

- من أهم الأمثلة على الحركة الخطية بتسارع ثابت (حركة منتظمة) هو حركة الأجسام الساقطة سقوطا حرا فى غياب مقاومة الهواء.جميع الأجسام بغض النظر عن حجمها أوشكلها أوكتلتها تسقط بنفس التسارع ويكون ثابت ويسمى تسارع الجاذبية الأرضية.
- إذا كان الجسم ساقط سقوط حرا فإن سرعته الإبتدائية ($v_\circ=0$) وتسارعه يساوى (9.8 m/sec2)
- إذا قذف الجسم رأسيا الى أعلى فإن سرعته الإيتدائية ($v_\circ$) تسمى سرعة القذف أو الإطلاق وتتناقص هذه السرعة كلما ارتفع الجسم الى أعلى بمقدار ثابت (g=-9.8 m/sec2) ويستمر تناقص السرعة حتى يصل الجسم الى أقصى ارتفاع حبث تصبح سرعته النهائية ($v=0$).بعد هذه اللحظة يبدأ الجسم السقوط ويسمى سقوط حر وتتزايد سرعته بمعدل (g) حتى يصل الى الأرض بنفس سرعة اطلاقه.
- حركة الأجسام سقوط حر يستبدل التسارع (a) بعجلة الجاذبية الأرضية (g) ويستبدل الإزاحة فى الاتجاه (x) بالإزاحة فى الاتجاه (y) فى معادلات الحركة

الحركة الأفقية بتسارع ثابت	الحركة الرأسية فى مجال الجاذبية الأرضية	
	السقوط الحر $v_\circ=0$ $g=9.8m/sec^2$	المقذوف لأعلى $v=0$ $g=-9.8m/sec^2$
$v = v_\circ + at$	$v = gt$	$0 = v_\circ - gt$
$x = v_\circ t + \frac{1}{2}at^2$	$y = \frac{1}{2}gt^2$	$y = v_\circ t - \frac{1}{2}gt^2$
$v^2 = v_\circ^2 + 2ax$	$v^2 = 2gy$	$0 = v_\circ^2 - 2gy$

درسنا حركة الأجسام من (سرعة – تسارع) ندرس مسببات هذه الحركة وتكون تحت تأثير قوى.

<u>قوانين نيوتن:-</u>أهمية قوانين نيوتن الثلاث فى الحركة هى دراسة حركة الأجسام تحت تأثير القوى.

<u>قانون نيوتن الأول:-</u> (يختص بدراسة الأجسام الساكنة أو المتحركة بسرعة ثابتة)

"كل جسم يبقى على حالته من السكون أو الحركة بسرعة منتظمة (ثابتة) ما لم تؤثر عليه قوة خارجية تغير من حالته".

<u>قانون نيوتن الثانى:-</u>(يختص بدراسة الأجسام تحت تأثير قوة خارجية)

"إذا أثرنا بقوة F على جسم ما فإنها تحدث أو تحاول أن تحدث تغير فى حالة الجسم عن حالة سكونه أو حركته الخطية بسرعة منتظمة".

<u>الكتلة والوزن:-</u>

نفرض أن جسم كتلته Kg (m) يسقط سقوط حرا فيكون تسارعه مساويا لتسارع الجاذبية الأرضية وعند تطبيق قانون نيوتن الثانى عليه

$$F=mg$$

حيث أن القوة المؤثرة عليه هى وزنه (W) لذلك فإن تعريف الوزن :- هو قوة جذب الأرض له أى أن $W=mg$

الوزن كمية متجهة ولكن الكتلة كمية قياسية.

<u>قانون نيوتن الثالث:-</u>

"لكل فعل (F) رد فعل ('F) مساو له فى المقدار ومضاد له فى الاتجاه".

أى أنه إذا أثر جسم بقوة ما (F) على جسم أخر فإن هذا الجسم الثانى يؤثر بقوة ('F) مساوية فى المقدار ومضاد فى الاتجاه للقوة الأولى.

الإحتـــكاك:-

تنشأ قوة الإحتكاك بين سطحى جسمين صلبين إذا أنزلق أحدهما على الأخر نتيجة لخشونة سطحى التلامس.

أهمية الإحتكاك:

1. سهولة السير على الطريق
2. الإمساك بالأشياء

يوجد نوعين من الإحتكاك:

(1)قوى الإستاتيكي الإحتكاك الإستاتيكي:- هى قوى الإحتكاك التى تؤثر بين السطوح فى حالة السكون

وجد عمليا ان: قوة الاحتكاك الإستاتيكى العظمى (f_s) لا تعتمد على مساحة السطح وأنها تتناسب طرديا مع القوة العمودية (N) المؤثرة على مساحة السطح (قوة الوزن)

$$f_s \ \alpha \ N$$

$$f_s=\mu_s N$$

حيث μ_sمعامل الإحتكاك الإستاتيكى

(2) قوى الإحتكاك الديناميكي:- هى قوى الاحتكاك المتبادلة بين سطحين فى حالة حركة

وجد عمليا ان: قوة الإحتكاك الديناميكية (f_k) لا تعتمد على مساحة السطح ولا على السرعة وذلك فى حدود معينة ، بل تتناسب طرديا مع القوة العمودية بين سطحى التماس (N).

$$f_k \ \alpha \ N$$

$$f_k=\mu_k N$$

حيث μ_kمعامل الإحتكاك الحركى

$\underline{\mu_k > \mu_s}$

مثال (1):

يتحرك جسم على طول المحور (x) بدأ من $x_1 = 12$ m عند اللحظة $t_1 = 1$ s ويصل الى $x_2 =$ 4 m بعد مرور $t_2 = 3$ s احسب:

أ) الازاحة ب) متوسط السرعة ج) معدل الحركة

الحـــل

أ) الازاحة: $\Delta x = x_2 - x_1 = 4 - 12 = -8$ m

ب) متوسط السرعة: $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{4-12}{3-1} = \frac{-8}{2} = -4 m/s$

ج) معدل الحركة = 4 m/s وهي قيمة السرعة المتوسطة لان المسافة تساوي الإزاحة

مثـــال (2):

سيارة سباق تبدأ بتسارع من السكون لتصل الى السرعة 12 m/s بعد 8 s فإذا اعتبرنا ان التسارع ثابت فاحسب:

أ) التسارع ب) المسافة التي تقطعها السيارة ج) السرعة النهائية

الحـــل

أ) التسارع: $a = \frac{v - v_\circ}{t} = \frac{12-0}{8} = 1.5\ m/s^2$

ب) المسافة: $x = \frac{1}{2}(v + v_\circ).t = \frac{1}{2}(0+12)\times 8 = 48m$

ج) السرعة النهائية: $v^2 = v_\circ^2 + 2a.x = 0 + 2(1.5).(48) = 144$

$v = 12$ m/s

مثـــال (3):

سقطت كرة من السكون من سطح مبنى مرتفع فإذا اهملنا تأثير مقاومة الهواء الاحتكاكية فاحسب المسافة التي تقطعها الكرة وسرعتها وذلك للازمنة 1 s ، 2 s ، 3 s

الحـــل

باستخدام معادلات السقوط الحر: حيث , $v_{\circ} = 0$ $t_{\circ} = 0$, $y_{\circ} = 0$

$v = - g.t = - 9.8\ t$

$$y = -\frac{1}{2}.g.t^2 = -\frac{1}{2}\times 9.8\,t^2$$

وعندما (t = 1 s) يكون: $v = - 9.8\times 1 = - 9.8\ m/s$

$$y = -\frac{1}{2}\times 9.8\times 1^2 = -4.9\ \ m/s^2$$

وعندما (t = 2 s) يكون: $v = - 9.8\times 2 = - 19.6\ m/s$

$$y = -\frac{1}{2}\times 9.8\times 2^2 = -19.6\ \ m/s^2$$

وعندما (t = 3 s) يكون: $v = - 9.8\times 3 = - 29.4\ m/s$

$$y = -\frac{1}{2}\times 9.8\times 3^2 = -44.1\ \ m/s^2$$

الباب الرابع

الشغل والطاقة

الشغل الناتج عن قوة ثابتة

إذا أثرت قوة ثابتة على جسم ونتج عن ذلك إزاحة هذا الجسم فإنه يمكن القول أنه قد نتج عن هذه القوة شغلاً. هذا الشغل عبارة عن كمية قياسية لأنه حاصل ضرب كميتين متجهتين ضرباً قياسياً.

ويعطى الشغل فى هذه الحالة بالمعادلة $W = F.S$

حيث F هى القوة المؤثرة على الجسم ، S هى الإزاحة الناتجة من القوة F

وحدة الشغل:- جول

هو الشغل الذى تبذله قوة ثابتة مقدارها 1 نيوتن لتحرك جسما مسافة 1 متر فى إتجاه خط عملها

الجول = نيوتن x متر

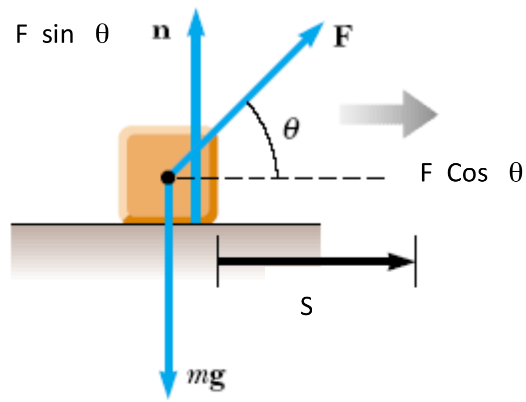
حيث القوة بالنيوتن و الإزاحة بالمتر والشغل بالجول

ملحوظة :-

الشغل يكون موجب إذا كان إتجاة الإزاحة فى نفس إتجاه القوة

الشغل يكون سالب إذا كان إتجاة الإزاحة عكس إتجاه القوة

ويمكن حساب الشغل إذا كانت القوة F تصنع زاوية مقدارها θ مع إتجاه الحركة كما يلى :-



وبتحليل القوة F فى الإتجاه X وهو أتجاه الحركة والإتجاه Y وهو الإتجاه العمودى على الحركة تكون القوة كالتالى :-

القوة فى الإتجاه X تعطى بالعلاقة $F.\cos\theta$

القوة فى الإتجاه Y تعطى بالعلاقة $F.\sin\theta$

وحيث أن الإزاحة الناتجة عن القوة تكون فى الإتجاه X كما هو موضح بالرسم فإن القوة المؤثرة هى $F.\cos\theta$ وبذلك تكون معادلة الشغل كالتالى:-

$$\begin{aligned} W &= F \,.\, S \\ &= F \cos\theta \,.\, S \\ &= F \; S \cos\theta \end{aligned}$$

<u>يوجد ثلاث حالات:-</u>

1) $\theta=0$ $\cos 0=1$ $w=FS$ أكبر تأثير للشغل المبذول

2) $\theta=90$ $\cos 90=0$ $w=0$ القوة لا تبذل شغل على الجسم (قوة عمودية)

3) $\theta=180$ $\cos 180=-1$ $w=-FS$ الشغل الذى تبذله قوة معاكسة لإتجاه الإزاحة ويعتبر شغل سالب

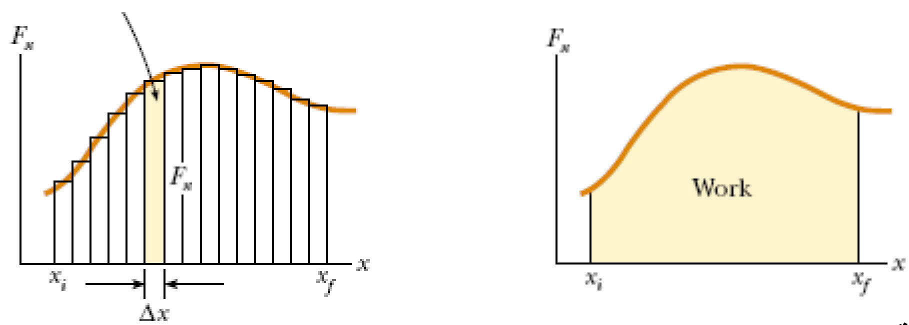
ملحوظة :-

إذا كان الشغل ناتج عن مجموعة من القوى (F1, F2, F3, …….) فإن الشغل يساوى مجموع هذه القوى مضروبا فى الإزاحة الناتجة عن هذه القوى.

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + \dots\dots\dots\dots$$
$$= F_1 . S + F_2 . S + F_3 . S$$
$$= \left(\sum F \right) . S$$

الشغل الناتج عن قوة متغيرة

وعندما تكون القوة المؤثرة متغيرة اثناء الازاحة الناتجة هذا يولد بالتالي شغل متغير ويمكن تمثيل الشغل الناتج بيانيا بعلاقة بين القوة (Fx) والازاحة (X) ويمثل الشغل الكلي المساحة الكلية تحت المنحنى الناتج أو تكامل العنصر من المساحة كما بالشكل:



وتكون العلاقة على الشكل التالي:

$$\mathbf{W} = \sum_{x_i}^{x_f} \mathbf{F_x} . \Delta \mathbf{x} = \int_{x_i}^{x_f} \mathbf{F_x} . \mathbf{dx}$$

الشغل المبذول بواسطة زنبرك:-

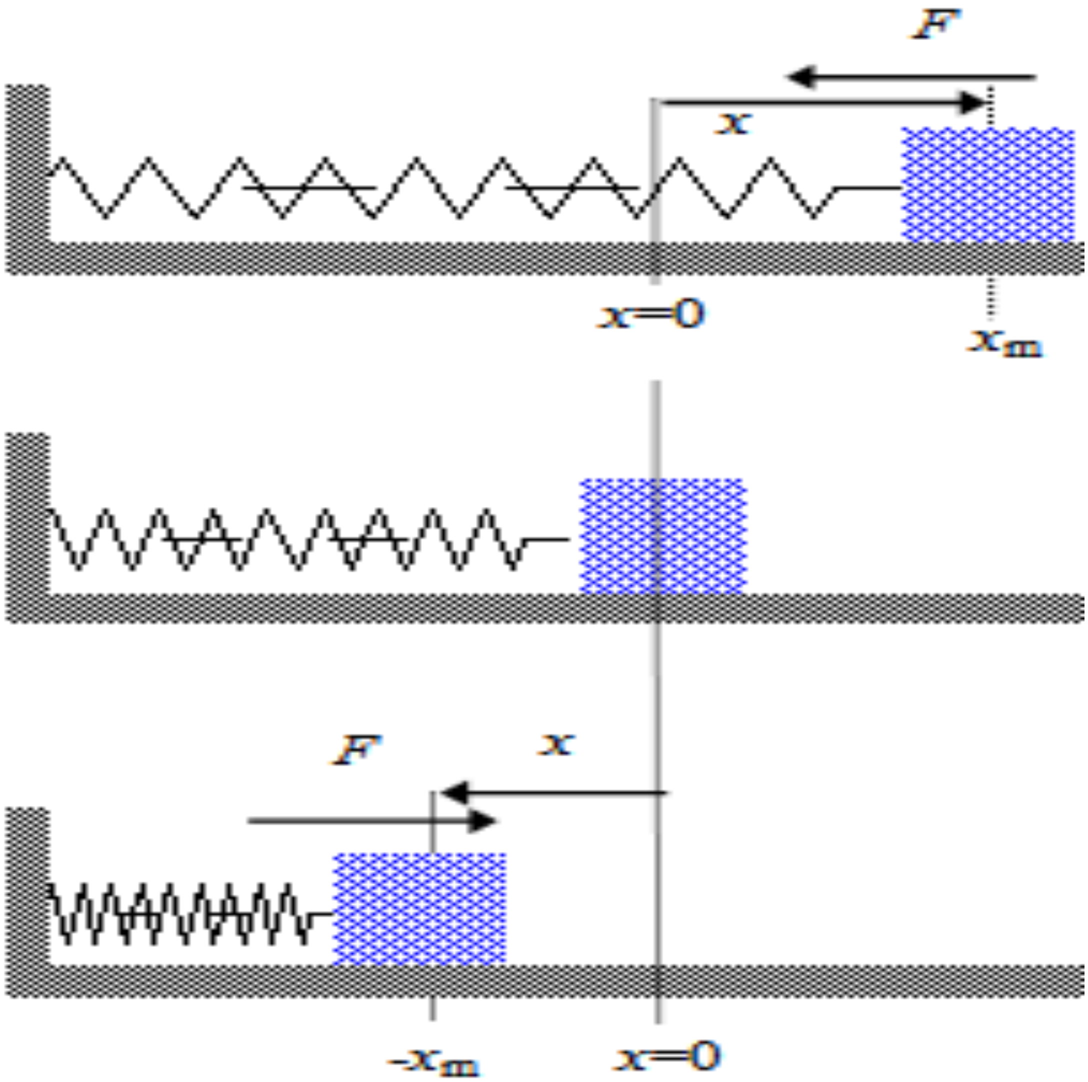
من التطبيقات الهامة على القوة المتغيرة:- هو القوة المؤثرة بواسطة زنبرك مشدود أو مضغوط

الهدف: هو حساب الشغل المبذول بواسطة هذا الزنبرك

(1) زنبرك مشدود الى اليمين   سالبة   = F(x) , x موجبة

(2) زنبرك فى وضعه الطبيعى   F(x) =0 , x=0

(3) زنبرك مضغوط الى اليسار موجبة   = F(x) , x سالبة



- كتقريب جيد لكثير من الزنبركات فإن القوة F(x) المخزونة فى الزنبرك تتناسب مع x (الإستطالة فى الزنبرك)

$$F(x) = -kx$$

حيث k :- ثابت الشد فى الزنبرك

<u>مثال :- لو أن الزنبرك تغير من x_i الى x_f فما هو الشغل المبذول بواسطة قوة الزنبرك؟</u>

$$W= \int_{x_i}^{x_f} F(x)dx = \int_{x_i}^{x_f}(-kx)dx = -k\int_{x_i}^{x_f} xdx$$

$$= \left(-\frac{1}{2}K\right)[x^2]_{x_i}^{x_f} = \left(-\frac{1}{2}k\right)(x_f^2 - x_i^2)$$

- **إذا كان الزنبرك فى الحالة الابتدائية فى وضع الارتخاء فإن $x_i=0$ ثم شد (سحب) أو (ضغط) لمسافة x فإن الشغل المبذول بواسطة الزنبرك يساوى**

$$W= -\frac{1}{2}kx^2$$

<u>مثال (1):-</u>

أحسبى الشغل المبذول بواسطة زنبرك شدته (408 N/m) سحب من وضع اتزانه مسافة قدرها (17 mm)

<u>الحل:-</u>

$$W= -\frac{1}{2}kx^2$$

$$= \left(-\frac{1}{2}\right)\left(408\frac{N}{m}\right)(17\times10^{-3}\ m)^2 = -5.9\times10^{-2}\ J$$

<u>مثال (2):</u>

احسب الشغل الذي تبذله قوة مقدارها 50 N تميل بزاوية 30o على الافقي لتحريك جسم مسافة قدرها 3 m

<u>الحـــل</u>

WF = (F.cos θ). S = 50× cos 30× 3 = 130 N.m = 130 J

مثـــال (3):

إذا كانت الازاحة والقوة هما: $S = 2i + 3j \quad m \quad , \quad F = 5i + 2j \quad N$

فاحسب: أ) مقدار الازاحة والقوة ب) الشغل النـاتج ج) الزاوية بين الازاحة والقوة

الحـــل

أ) من المعادلتين نجد ان: $Fy = 2 \quad , \quad Fx = 5 \quad , \quad y = 3 \quad , \quad x = 2$ ومنها يكون:

$$S = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{2^2 + 3^2} = 3.6 \text{ m}$$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{5^2 + 2^2} = 5.4 \text{ N}$$

ب) $W = F.S = (2i + 3j).(5i + 2j) = 10 + 6 = 16$ جول

ج) لحساب الزاوية بين الازاحة والقوة

$$\cos\theta = \frac{F.S}{|F|.|S|} = \frac{(2i+3j).(5i+2j)}{\sqrt{F_x^2 + F_y^2} \times \sqrt{x^2 + y^2}} = \frac{16}{3.6 \times 5.4} = 0.823$$

θ = cos -1 (0.823) = 34.6o

القدرة :-

تعرف القدرة بأنها معدل بذل الشغل بالنسبة للزمن أو (الشغل المبذول فى وحدة الزمن)

القدرة = الشغل/ الزمن = جول / ثانية

$$P = \frac{w}{t} = F.\frac{s}{t} = F.v$$

الوات:- هى قدرة آلة كهربية تبذل شغلا بمعدل 1 جول فى الثانية

مثال:-

قوة ثابتة مقدراها 12 N تؤثر على جسم فتحركه بإتجاهها بسرعة 10 m/s أوجدى قدرة مصدر هذه القوة؟

$$P=F.v$$

$$P=12 \times 10 =120 \text{ watt}$$

طاقة الحركة:-

- **نفرض أن لدينا جسما كتلته (m) يقع تحت تأثير قوة محصلة (F) فى اتجاه الإزاحة**

إذن الشغل المبذول بواسطة هذه القوة يعطى بالعلاقة

$$W=F.S \quad \rightarrow (1)$$

- **لإيجاد العلاقة بين الشغل والتغير فى حركة الجسم الناتجة من هذه القوة**

$$F=ma \quad \rightarrow (2)$$

حيث a هو تسارع الجسم

- **بالتعويض عن قيمة F فى معادلة رقم (1)**

$$W=m.a\ .\ s \quad \rightarrow (3)$$

- **بفرض أن الجسم سرعته الابتدائية (V_o) وسرعته النهائية (V) – بعد بذل الشغل ومن قوانين الحركة فى خط مستقيم وبتسارع ثابت (a)**

$$V^2 = V_o^2 + 2\,a\,x$$

حيث أن x=s= الإزاحة

$$V^2 - V_o^2 = 2\,a\,s$$

- **بالتعويض عن قيمة (as) فى معادلة (3)**

$$W = m.\ \tfrac{1}{2}\,(v^2-v_o^2)$$

$$= \frac{1}{2} m.v^2 - \frac{1}{2} m.v_o^2$$

إذن الشغل المبذول بواسطة القوة = التغير فى طاقة الحركة

إذن طاقة حركة جسم ما = $1/2\ mv^2$

طاقة الحركة : كمية قياسية وتعتمد على كتلة الجسم وسرعته ولا تعتمد على اتجاه الحركة.

إذن نظرية الشغل وطاقة الحركة

$$W = K_f - K_i = \Delta K$$

مثال:-

يتحرك جسم كتلته 2 Kg بسرعة مقدارها $3ms^{-1}$ إذا أثرت عليه قوة حتى أصبحت سرعته 5 ms^{-1} فأوجدى طاقة حركته (أ) الابتدائية (ب) النهائية (ج) أوجدى الشغل الذى تبذله القوة؟

الحل:-

(أ) طاقة الحركة الابتدائية

$$K_1 = \frac{1}{2} mv_1^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 3^2 = 9\ J$$

(ب) طاقة الحركة الابتدائية

$$K_2 = \frac{1}{2} mv_2^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 5^2 = 25\ J$$

(ج) لإيجاد الشغل الذى تبذله القوة

$$W = k_2 - k_1 = 25 - 9 = 14$$

طاقة الوضع :-

إذا كان لدينا جسم كتلته (m) وموضوع على ارتفاع (h) وأردنا إنزال هذا الجسم من هذا الارتفاع فإننا يجب أن نبذل شغل أو إذا سقط جسم من ارتفاع (h) فإنه يبذل شغل مقداره

$$W=mg.h \qquad (N.m)=Joule$$

هذا الشغل يسمى طاقة الوضع U(x)=W أى أن طاقة الوضع تعطى بالعلاقة

$$U(x) = mg\,h$$

طاقة الوضع هى مقدار الشغل الذى يستطيع الجسم بذله بسبب موضعه

وتعرف الطاقة الميكانيكية للجسم بأنها مجموع طاقة الحركة وطاقة الوضع

$$E_{mech} = K + U$$

$$E_{mech} = \frac{1}{2} mv^2 + mgh$$

مثال :-

جسم كتلته 100 g يرفع لأعلى بحيث أصبح ارتفاعه عن سطح الأرض (5m). أحسبى طاقة وضعه عند هذا الارتفاع ثم أحسبى التغير فى طاقة وضعه عندما يهبط لأسفل بحيث يصبح ارتفاعه 3 m

اعتبرى تسارع الجاذبية الأرضية = $10\ m/sec^2$ ومستوى الإسناد هو سطح الأرض

الحل:-

$$U_1(x) = mg\,y = 10/1000 \times 10 \times 5 = 5\ J$$

طاقة الوضع عند 3m

$$U_2(x) = mg\,y = 10/1000 \times 10 \times 3 = 3\ J$$

التغير فى طاقة الوضع = $U_1(x) - U_2(x) = 5 - 3 = 2\ J$

نظرية الشغل والطاقة:-

تنص النظرية على " إن المجموع الجبرى للأشغال المبذولة على الجسم يساوى مقدار التغير فى طاقته الحركية مضافا إلى مقدار التغير فى طاقة وضعه

$$\sum W = \Delta K + \Delta U$$

استنتاج القانون:-

- **الطاقة الكلية (الميكانيكية) = طاقة الحركة + طاقة الوضع**

$$E = \frac{1}{2} mv^2 + mgh$$

- **الشغل المبذول بسبب التغير = التغير فى طاقة الحركة + التغير فى طاقة الوضع**

$$W = (1/2\ mv^2_2 - \frac{1}{2} mv^2_1) + (mgh_2 - mgh_1)$$

- **ومنها يمكن كتابة المعادلة المعدلة فى الصورة الآتية:-**

$$W = (1/2\ mv^2_2 + mgh_2) - (\frac{1}{2} mv^2_1 + mgh_1)$$

إذن المجموع الجبرى للأشغال المبذولة على الجسم يساوى مقدار التغير فى طاقته الكلية الميكانيكية حسب العلاقة

$$W = E_2 - E_1$$

$$E_2 = 1/2\ mv^2_2 + mgh_2 \qquad E_1 = \frac{1}{2} mv^2_1 + mgh_1$$

- **وهذه الصورة تدل على أن التغير فى الطاقة الميكانيكية لجسم ما يساوى المجموع الجبرى للأشغال المبذولة عليه أو نقول إن الشغل المبذول على جسم ما يظهر على صورة تغير فى طاقته الميكانيكية.**

  إذن لا يوجد تغير فى الطاقة إلا بشغل مبذول ، ولا شغل إلا بتغير فى الطاقة

- **وإذا كان الشغل الكلى المبذول = صفرا فإن التغير فى الطاقة الكلية يساوى صفر فى هذه الحالة أن الطاقة محفوظة: أى أن**

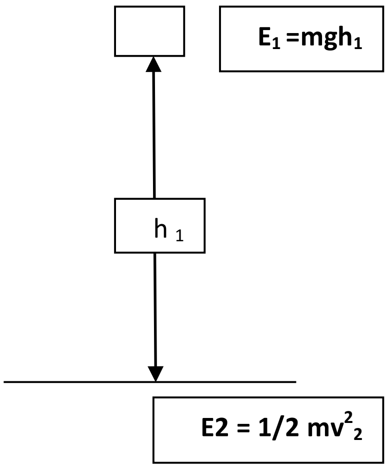
  الطاقة الكلية النهائية = الطاقة الكلية الإبتدائية $E_2 = E_1$

  ومنها يمكن كتابة هذه المعادلة فى الصورة:

$$1/2\ mv^2_2 + mgh_2 = \frac{1}{2} mv^2_1 + mgh_1$$

<u>مثال:-</u>

سقط جسم كتلته 3 kg مسافة قدرها 4 m . ما هى سرعة الجسم قبل أن يصطدم بالأرض مباشرة $(g = 10\ m/s^2)$



الحل:-

يمكن حل هذه المسألة باستخدام نظرية الشغل والطاقة

$$\sum W = E_2 - E_1$$

حيث أن الشغل يساوى صفرا لأن الجسم سقط سقوطا حرا

إذن $E_2 - E_1 = 0$

$$½\ mv^2_2 - mgh_1 = 0$$

$$1/2\ V_2 = 4 \times 10 = 8.9\ m/s$$

الباب الخامس

المرونة

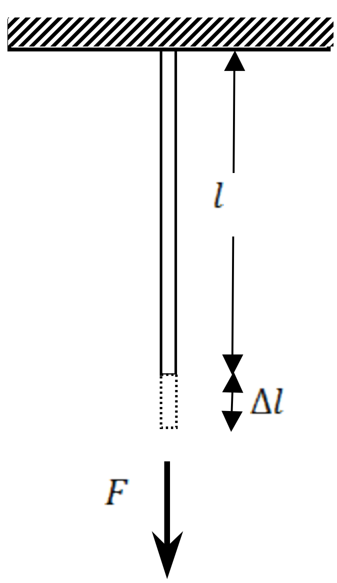
المرونة:- هى مقاومة الأجسام الصلبة لأى تغيير يحدث فى حجمها أو شكلها.

عند تأثير قوة على جسم ذو شكل معين ونتج عنها تغير فى شكل الجسم فإنه عند استبعاد هذه القوة فإن الجسم يميل إلى استرداد شكله الأصلى ويعرف هذا الميل من الجسم بمرونة الجسم.

- إذا استعاد الجسم شكله الأصلى يقال أن الجسم مرن.
- إذا احتفظ الجسم بشكله الجديد يقال أن الجسم عديم المرونة.

قانون هوك :-

لقد درس هوك هذه الظاهرة:- ووجد أن أنه إذا أثرت قوة مقدارها (F) على قضيب طوله (l) ومساحة مقطعه العرضى (A) وكانت الإستطالة الحادثة هى (Δl) (كما بالشكل) – فإن الإستطالة النسبية (Δl/l) تتناسب مع القوة (F) تناسبا طرديا وعكسيا مع المقطع العرضى للقضيب أى (A) وهكذا فإن:-



الإجهاد (σ) :-

يعرف الإجهاد على أنه القوة (F) المؤثرة على وحدة المساحة (A) ويقاس بوحدة (N/m^2)

$$\therefore \text{الإجهاد } (\sigma) = \frac{F}{A} \frac{(\text{القوة})}{(\text{المساحة})} = \frac{N}{m^2}$$

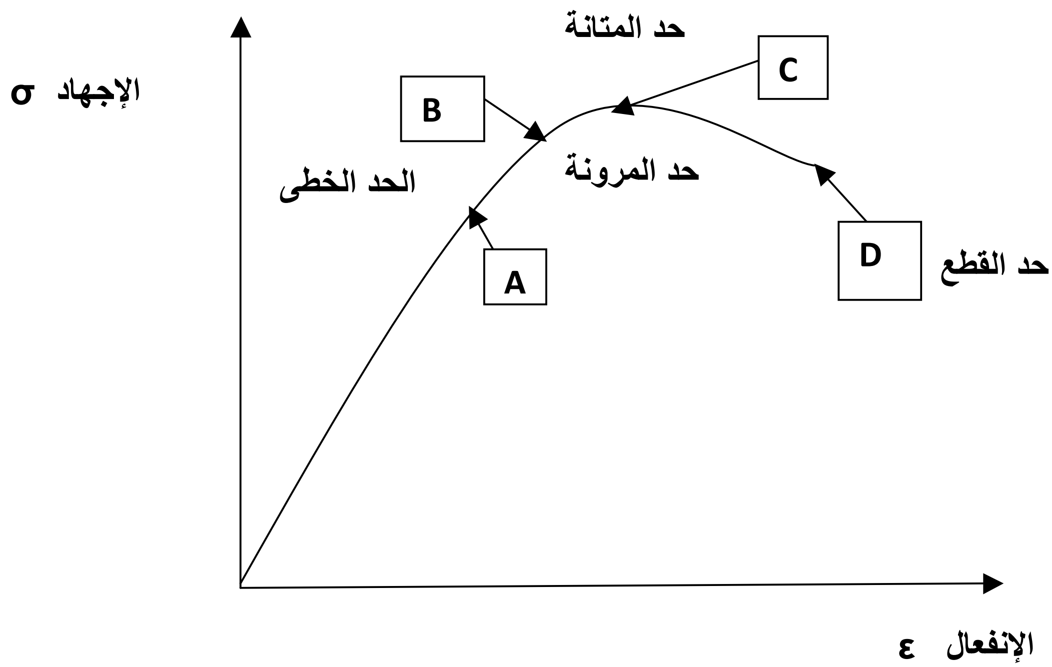
<u>الانفعال (ε) :-</u> **يعرف الانفعال بأنه الاستطالة النسبية الحادثة أى أن:**

$$\text{الانفعال } (\varepsilon) = \frac{\Delta l \quad (\text{الإستطالة})}{l \quad (\text{الطول})}$$

وبما أنه نسبة فليس له وحدة بشرط تساوى وحدة (l) و (Δl) و لا يعتمد على طول الجسم الأصلى.

<u>العلاقة بين الإجهاد والانفعال:</u>

إن العلاقة بين الإجهاد والانفعال يمكن استنتاجها عمليا برسم العلاقة بين الإجهاد والانفعال وذلك بزيادة ثقل معلوم فى سلك معلوم الطول وتعيين الزيادة فى الطول ومن ثم حساب الإجهاد والانفعال. نجد العلاقة كما بالشكل:-



1- **عند قيم صغيرة للإجهاد نجد أن الإجهاد (σ) يتناسب خطيا مع الانفعال (ε) وهذه المنطقة تسمى بالمنطقة الخطية.**
2- **وبعد الحد الخطى A لم يعد الإجهاد يتناسب خطيا مع الانفعال. وحتى حد المرونة B يكون الجسم تام المرونة بمعنى أن الجسم يسترد طوله الأصلى بزوال القوة.**

3- فإذا زادت القوة (أى الإجهاد) بعد B. فإن الانفعال يزداد باضطراد. فإذا زالت القوة فى هذه المنطقة لا يسترد الجسم طوله الأصلى ويحدث تشوه فى شكل الجسم.
4- أعلى نقطة فى المنحنى C تسمى بحد المتانة وهى أعلى إجهاد يتحمله الجسم.
5- وبعد هذه النقطة فإن الانفعال يزداد حتى بعد تخفيض القوة حتى ينقطع الجسم عند النقطة D وهى نقطة القطع. فمن النقطة B وحتى D نقول أن الجسم حدث له تشوه غير مرن

<u>معامل يونج (E) :-</u> يعرف معامل يونج بأنه النسبة بين الإجهاد والانفعال:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$E = \frac{F/A}{\Delta l/l} = \frac{F.l}{A.\Delta l}$$

من هذا التعريف يكون معامل يونج للمعادن ومعظم المواد الصلبة كبير جدا. إن معامل يونج لمادة ما يعتمد على نوع المادة فقط ويعمل فى المنطقة الخطية والجدول التالى يبين قيم معامل يونج لبعض المواد.

<u>جدول :- يوضح معاملات المرونة لبعض المواد</u>

المادة	معامل يونج (N/m^2)
الألمونيوم	7×10^{10}
النحاس	13×10^{10}
الحديد	20×10^{10}
الصلب	20×10^{10}
الرصاص	1.6×10^{10}
التنجستن	40×10^{10}
الزجاج	5.5×10^{10}
عضلة الإنسان	0.16×10^{10}

من الخواص الميكانيكية الهامة ليس فقط معامل يونج وإنما ما يسمى " بحد المتانة " حيث أنه عندما تؤثر قوة شد على قضيب معدنى مثبت طرفه الأخر فإن القضيب يقع تحت تأثير هذه القوة وتحدث به استطالة إلى حد معين. بعده ينقطع عند النقطة "D" وتسمى النقطة D أيضا بحد المتانة.

وجد أن قانون هوك صحيح فى المرحلة الأولى فقط من هذه العملية حين تكون العلاقة بين الإجهاد والانفعال خطية. وتسمى المنطقة الخطية "بمنطقة قانون هوك".

الإجهادات الحرارية:-

نتيجة للتغييرات فى درجة الحرارة تتولد فى المنشأت المختلفة مثل الكبارى والطرق وقضبان السك الحديدية وأجزاء الماكينات إجهادات ميكانيكية مختلفة نتيجة للتمدد أو الانكماش الحراريين.

مثلا فى المتشأت:-

- هذه الإجهادات قد تكون كبيرة بدرجة تؤثر على متانة هذه المنشأت وتحملها. لذلك توضع هذه الاجهادات فى الاعتبار عند تصميم وتنفيذ مثل تلك المنشأت.
- فمثلا تترك فراغات صغيرة بين قضبان السكك الحديدية حتى تتمدد فى الحيز الفاصل بينها عندما ترتفع درجة الحرارة،
- كذلك تصمم خطوط الضغط العالى التى تنقل الكهرباء بحيث تكون مرتخية فى الصيف حتى تنكمش فى الشتاء ولا يسبب الانكماش اجهادات ميكانيكية فتنقطع. ويوجد امثلة أخرى مماثلة.

مثال:-

أوجدى القوة اللازمة لكى يستطيل سلك من الحديد طوله 1 m مسافة قدرها 0.3 cm إذا كانت مساحة مقطعه العرضى هى $0.04\ cm^2$ ومعامل يونج للحديد هو $2 \times 10^{11}\ N/m^2$

الحل:-

$$E = \frac{F.l}{A.\Delta l}$$

$$F = \frac{E.A.\Delta l}{l}$$

$$F = \frac{(2 \times 10^{11}\ \ Nm^{-2}).(0.04 \times 10^{-4} m^2)(0.003\ m)}{(1\ m)}$$

$$F = 2.4\ \ x\ 10^3\ N$$

مثال:-

إذا كانت عضلة تستطيل 5 cm تحت تأثير قوة قدرها 25 N أوجدى معامل يونج لأنسجة هذه العضلة إذا اعتبرناها على شكل اسطوانى نصف القطر قاعدته 4 cm وطولها 20 cm

الحل:-

$$E = \frac{F.l}{A.\Delta l}$$

$$E = \frac{(25\ N).(0.2\ m)}{(5 \times 10^{-3} m^2).(0.05\ m)}$$

$$= 2\ x\ 10^4\ Nm^{-2}$$

الباب السادس

خواص الموائع الساكنة

يمكن تقسيم المواد المتواجدة فى الطبيعة إلى قسمين: المواد الصلبة والموائع، أما المواد الصلبة فهى التى تحافظ على شكلها أينما وضعت كالحديد والخشب والجليد الخ. والموائع هى التى لا تملك خاصية المحافظة على شكلها. إذ تأخذ شكل الإناء أو الحيز الذى تشغله. تشمل الموائع المواد السائلة كالماء والزيت والزئبق الخ. والمواد الغازية كالهواء وبخار الماء وغاز الوقود الخ. ولقد درسنا فى الأبواب السابقة ميكانيكا الأجسام الصلبة. وندرس فى هذا الباب ميكانيكا الموائع الساكنة وندرس ميكانيكا الموائع المتحركة فى الباب القادم.

- كثافة مادة متجانسة:- ρ

هى كتلة وحدة الحجوم من هذه المادة: وهى خاصية فيزيائية للمادة فلا تعتمد على شكل الجسم. أى أن

$$\rho = \frac{\text{كتلة المادة } (\mathbf{m})}{\text{حجم المادة } (v)}$$

و تقاس الكثافة بوحدة (kg/m^3) وأبعادها (ML^{-3})

مثال:-

إذا علمت أن كثافة الرصاص (11.3×10^3 Kg. m^{-3}) فما هى كتلة كرة من الرصاص نصف قطرها (0.5 m)؟

الحل:-

$$m = \rho \cdot V = (11.3 \times 10^3 \text{ Kg. } m^{-3}) \times \frac{4}{3} \times \pi \times (0.5 \text{ m})^3 = 5917 \text{ kg}$$

- <u>الكثافة النسبية لمادة (الوزن النوعى لها)</u>

الكثافة النسبية لمادة هى النسبة بين كثافة المادة إلى كثافة الماء فى نفس درجة الحرارة (وباعتبارها نسبة بين كميتين متماثلتين فليس لها وحدة) ويمكن تعريف الكثافة النسبية أيضا بأنها النسبة بين كتلة المادة إلى كتلة نفس الحجم من الماء فى نفس درجة الحرارة.

<u>مثال:-</u>

برميل يسع 90 Kg من الماء أو 72 Kg من الزيت فى نفس درجة الحرارة. أحسبى:-

أ) الكثافة النسبية للزيت ب) سعة البرميل بالمتر المكعب

<u>الحل:-</u>

أ) $$\rho_r = \frac{\text{كتلة الزيت}}{\text{كتلة نفس الحجم من الماء}} = \frac{72}{90} = 0.8$$

ب) سعة البرميل (حجم البرميل) = الكتلة / الكثافة

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{90}{1000} = 0.09\ m^3$$

- **<u>الضغط فى باطن السائل:-</u>**

إذا أثرت قوة ثابتة مقدارها (F) عموديا على سطح مستو مساحته (A) فإن:-

$$\text{الضغط } (P) = \frac{\text{القوة } (F)}{\text{المساحة } (A)} = N.\ m^{-2}\ (\text{pascal})$$

<u>مثال:-</u>

أحسبى الضغط المؤثر على دبوس رسم دفع بقوة 25 N خلال سبورة خشبية علما بأن مساحة رأس الدبوس $0.1\ mm^2$

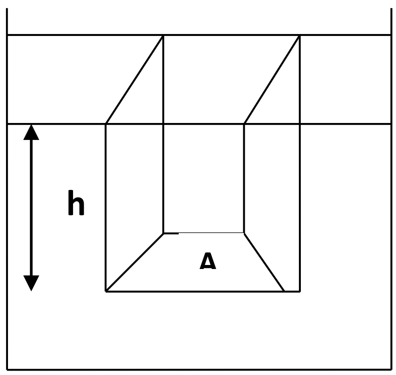
<u>الحل:-</u>

$$P = \frac{F}{A} = \frac{25\ N}{0.1 \times 10^{-6}\ m^2} = 2.5 \times 10^8\ N\ m^{-2}$$

❖ والضغط عند نقطة فى باطن السائل يقدر بالقوة المؤثرة عموديا على وحدة المساحات المحيطة بتلك النقطة وأبعاد الضغط

$$P_a = \rho\, g\, h = M\, L^{-3} L\, T^{-2} L = M\, L^{-1} T^{-2}$$

- **<u>قياس الضغط فى باطن السائل:-</u>**



<u>أولا:- حساب الضغط عند نقطة فى باطن السائل:-</u>

نفرض أن سائل كثافته ρ وفى باطن السائل لوح أفقى مساحته A على عمق h تحت سطح السائل.

وأن السائل يؤثر على اللوح بقوة F تساوى وزن عمود السائل W الذى ارتفاعه h ومساحة مقطعه A

$$F = W = (Ah)(\rho)(g)$$

ومن تعريف ضغط السائل P

$$P = \frac{F}{A} = \frac{(Ah)(\rho)(g)}{A}$$

$$P = \rho\, g\, h$$

<u>ثانيا:- حساب الضغط الكلى عند نقطة فى باطن السائل:</u>

نفرض أن السطح الخالص للسائل معرض لضغط جوى (p_a) وبذلك يتعين الضغط الكلى عند نقطة فى باطن سائل فى العلاقة:

$$P = P_a + \rho\, g\, h$$

- نلاحظ من المعادلة السابقة أن من العوامل التى يتوقف عليها الضغط الكلى عند نقطة فى باطن سائل:

1. عمق النقطة أسفل السطح الخالص للشكل (h)
2. كثافة السائل (ρ)
3. عجلة الجاذبية الأرضية (g)
4. الضغط الجوى (p_a)

- **ونستنتج أيضا من المعادلة السابقة أن جميع النقاط التى تقع فى مستو أفقى واحد فى باطن سائل متجانس يكون لها نفس الضغط مهما كان اتجاه الضغط المؤثر.**

• الضغط الجوى:-

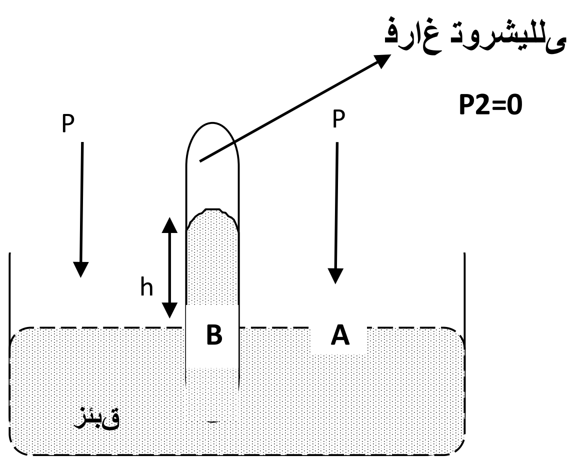
يحيط الهواء بالكرة الأرضية إحاطة تامة (بسمك 60 km) وبالرغم من صغر كثافة الهواء عند سطح الأرض (1.29 Kg/m3) إلا أن له وزنا يجعل الضغط الناشئ عنه محسوسا.
وتتغير قيمة الضغط الجوى تبعا لتغير سمك الطبقة الهوائية وعجلة الجاذبية أى يتغير :-

1- الإرتفاع عن سطح الأرض　　　2- موقع المكان على خط العرض

3-درجة الحرارة　　　4- التيارات الهوائية وكمية بخار الماء

• بارومتر تورشيللى:-

قام العالم تورشيللى باختراع مقياس للضغط الجوى (بارومتر زئبقى) عبارة عن أنبوبة زجاجية طويلة (100 cm) مملوءة بالزئبق ونكسها فى حوض به زئبق كما بالشكل المقابل ومنه يتضح أن:



أ) سطح الزئبق يستقر داخل الأنبوبة على ارتفاع رأسى معين تاركا فوقه فراغا يسمى (فراغ تورشيللى) والضغط داخل الفراغ (P_2) يساوى الصفر مع اهمال ضغط بخار الزئبق

ب) الضغط عند نقطة مثل (A) على سطح الزئبق فى الحوض هو الضغط الجوى (p_a).

أما الضغط عند نقطة مثل (B) داخل الأنبوبة وفى نفس المستوى الأفقى لنقطة (A) فهو ضغط عمود الزئبق الذى كثافته (ρ) وإرتفاعه الرأسى (h) يعلوه فراغ تورشيللى.

ت) بما أن النقطتين B , A فى مستو أفقى واحد داخل سائل ساكن. فإن الضغط عندهما متساوى

$$Pa = \rho g h + 0 \quad \rightarrow (1)$$

أى أن: الضغط الجوى = ضغط عمود الزئبق + الضغط داخل فراغ تورشيللى

❖ اذكرى السبب

أختير الزئبق للاستخدام فى بارومتر تورشيللى لأنه:-

- ذو كثافة عالية فيكون عموده مناسبا، ولو اختير الماء مثلا لاحتجنا إلى أنبوبة بارومترية طولها 10 m تقريبا – أى خارج الحدود العملية للقياس
- ضغط بخاره فى درجات الحرارة العالية صغير فيمكن إهماله.

• الضغط الجوى المعتاد:

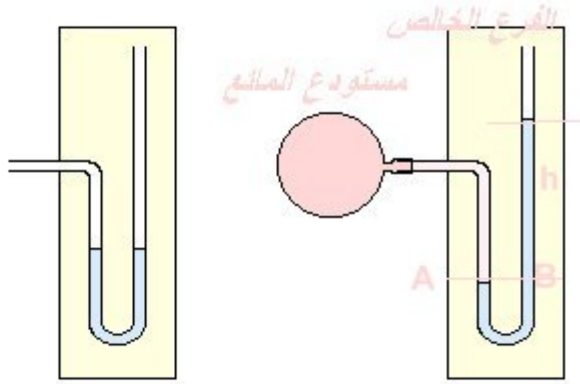
هو ضغط عمود من الزئبق الذى كثافته ($13595\ kg/m^3$) وارتفاعه 0.76 m عن سطح البحر عند درجة صفر سيلزيوس وخط عرض 45° حيث تسارع الجاذبية عنده 9.81 m/S^2 ومن المعادلة (1) يمكن حساب الضغط الجوى المعتاد (pa).

$$Pa = \rho g h = (13595)\ (9.81)\ (0.76) = 1.013 \times 10^5\ N/m^2$$

• المانومترات:-

هى أجهزة لقياس ضغوط الغازات وأبسطها المانومتر المفتوح الطرف

المانومتر عبارة عن أنبوبة ذات شعبتين على شكل حرف U تحتوى على كمية من سائل مناسب كثافته ρ معروفة. تتصل إحدى شعبتيه بمستودع الغاز المراد قياس ضغطه (P) ،



❖ **<u>قياس ضغط غاز محبوس:-</u>**

(1) عندما يكون ضغط الغاز P > الضغط الجوى Pa:-

وعندما نفتح الصمام يرتفع مستوى السائل فى الفرع الخالص للمانومتر. من الشكل (1) حيث (h) فرق ارتفاع سطحى السائل فى الفرعين.

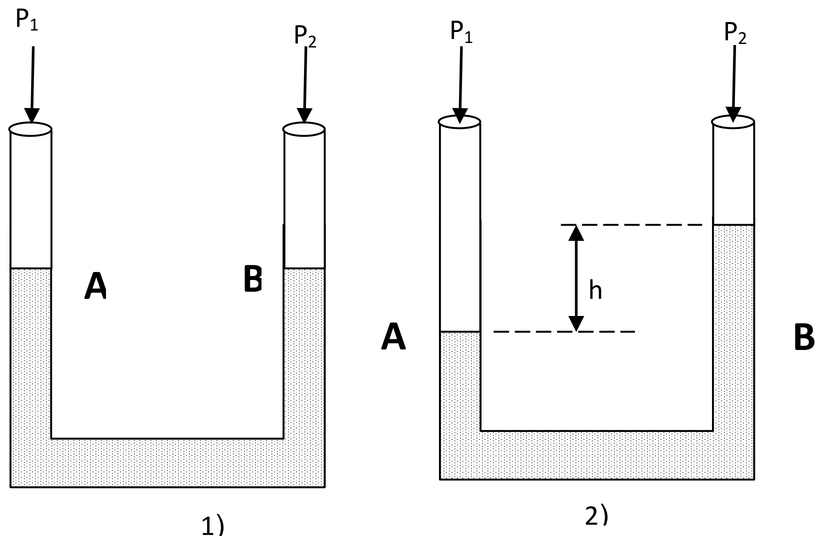
∴ ضغط الغاز (P) = الضغط عند نقطة (A) = الضغط عند نقطة (B)

لأن النقطتين B, A فى مستوى أفقى واحد يكون $P = P_a + \rho g h$

∴ h تكون موجبة

- **فى كثير من التطبيقات العملية يلزم مقارنة ضغط الغاز المطلق (P) يالضغط الجوى (Pa) أى نحتاج لقياس فرق الضغطتين ΔP**

$$\Delta P = P - P_a = h \rho g$$



(2) عندما يكون ضغط الغاز P < الضغط الجوى Pa:- يرتفع مستوى السائل فى الفرع القصير وينخفض فى الفرع الطويل ويصبح المقدار h سالبا كما بالشكل.

$$P = P_a - \rho g h$$

يوجد حدود عملية لطول الأنبوبة h فى المانومتر

عند قياس ضغوط عالية بالمانومتر ← نستعمل سائل ذى كثافة عالية كالزئبق ليصبح الإرتفاع h مناسب.

عند قياس ضغط مقارب للضغط الجوى ← نستعمل سائل ذى كثافة قليلة كالزيت وذلك لإن فرق الضغط ΔP

حيث ΔP هو الفرق بين الضغط الجوى Pa والضغط المطلق للغاز P

$$\Delta P = h \rho g$$

مثال:-

أوجدى الضغط الكلى وكذلك القوى الضاغطة الكلية المؤثرة على قاع حوض به ماء مالح كثافته $1030\ kg/m^3$ إذا كانت مساحة مقطع الحوض $1000\ cm^2$ وارتفاع الماء به واحد متر، وكان سطح الماء فى الحوض معرضا للهواء الجوى، وعجلة الجاذبية $10\ m/S^2$ والضغط الجوى $1.013 \times 10^5\ N/m^2$

الحل:-

أ- الضغط الكلى:

$$P = P_a + \rho g h$$

$$= 1.013 \times 10^5 + 1030 \times 10 \times 1 = 1.116 \times 10^5\ N/m^2$$

ب- القوة الضاغطة الكلية

$$F = P \times A = 1.116 \times 10^5 \times 1000 \times 10^{-4} = 1.116 \times 10^4\ N$$

مثال:-

غواصة مصممة بحيث تتحمل ضغطا أقصاه $11.793 \times 10^5\ N/m^2$ أوجدى لأقصى عمق يمكن أن تغوص إليه دون أن تتجاوز حد الضغط الأقصى. ثم أوجدى القوة التى يتأثر بها باب القمرة التى أبعاده $80\ cm \times 50\ cm$ عند هذا العمق. (الضغط الجوى $1.013 \times 10^5\ N/m^2$، كثافة الماء $1000\ kg/m^3$، تسارع الجاذبية $9.8\ m/S^2$)

الحل:-

$$P = P_a + \rho g h$$

$$11.793 \times 10^5 = 1.013 \times 10^5 + 1000 \times 9.8 \times h$$

$$h = 110\ m$$

$$F = P A = (11.793 \times 10^5) \times (50 \times 80 \times 10^{-4}) = 4.7 \times 10^5\ N$$

مثال:-

فى الأنبوبة الموضحة بالرسم كان إرتفاع الماء فى الفرع المتسع فوق السطح الفاصل 16 cm أوجدى ارتفاع الزيت فى الفرع الضيق عند الإتزان علما بأن كثافة الماء $1000\ kg.m^{-3}$ وكثافة الزيت $800\ kg.m^{-3}$ ومساحة مقطع الفرع المتسع ضعف مساحة مقطع الفرع الضيق.

الحل:-

$$P = \rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2$$

$$\therefore \quad \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h_2}{h_1}$$

$$\therefore \frac{1000}{800} = \frac{h_2}{0.16}$$

$$h_2 = 0.2\ m = 20\ cm$$

الباب السابع

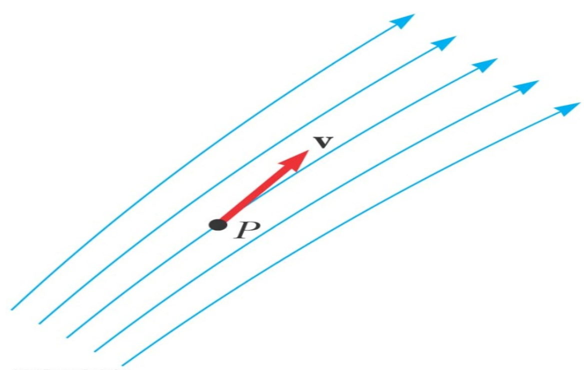
خواص الموائع المتحركة

تسرى الموائع بطريقتين السريان الهادئ (الإنسيابى المستقر) والسريان المضطرب (الدوامى).

السريان الهادئ (الإنسيابى المستقر):-

وفيه يسرى السائل بحيث تنزلق طبقاته بنعومة ويسر سريانا هادئا منتظما(مستقرا) وتتحرك جزيئاته فى مسارات متوازية تسمى خطوط الإنسياب.

يمكننا تصور سريان السائل فى أنبوبة حقيقية أو افتراضية برسم محموعة من خطوط الانسياب. وذلك بتتبع مسارات أجزاء السائل المختلفة كما بالشكل.



تعريف خط الإنسياب:-

هو خط تخيلى يوضح المسار الذى يتخذه أى جزء من السائل داخل أنبوبة أثناء انتقاله بين طرفى الأنبوبة. وأهم ما يميز خطوط الإنسياب أنها لا تتقاطع. كما أن المماس لأى نقطة على خط الإنسياب يحدد اتجاه السرعة اللحظية لكل كمية صغيرة من السائل عند تلك النقطة.

معدل سريان السائل عند نقطة:-

يقدر بعدد خطوط الآنسياب التى تمر عموديا بوحدة المساحات المحيطة عند نقطة معينة (كثافة خطوط الانسياب) سرعة سريان السائل عند تلك النقطة. ولهذا تتزاحم خطوط الانسياب فى السرعات الكبيرة وتتباعد فى السرعات المنخفضة.

❖ **شروط السريان الهادئ :-**

1- أن يملأ السائل الأنبوبة تماما.

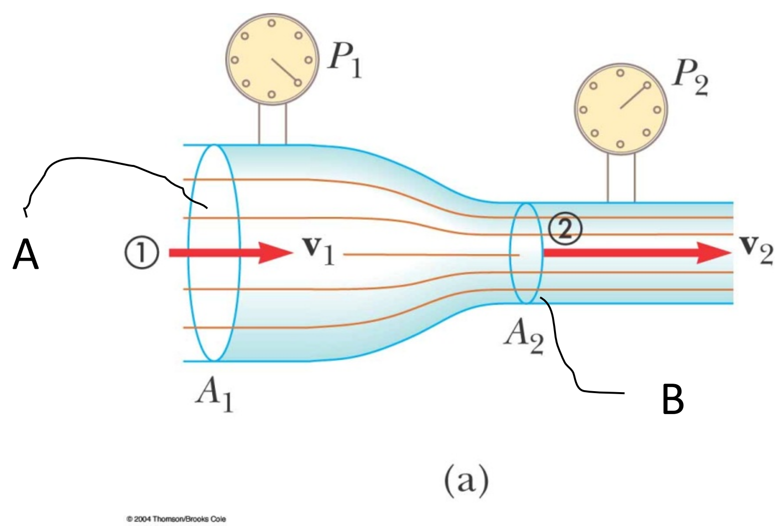
2- أن يكون معدل السريان ثابتا على طول مساره (بمعنى أن تكون كمية السائل التى تدخل من أحد طرفى الأنبوبة مساوية لكمية السائل التى تغادرها عند الطرف الآخر فى نفس الزمن) أى أن سرعة سريان السائل عند أى نقطة ثابتة و لا تتغير مع الزمن.

السريان المضطرب (الدوامى):

وفيه تزداد سرعة انسياب السائل عن حد معين يتحول السائل الهادئ إلى سريان مضطرب يتميز بوجود دوامات صغيرة دائرية ويحدث نفس الشئ بالنسبة للغازات أيضا.

سنقصر هنا على دراسة السريان الهادئ وتوجد علاقة تربط معدل سريان السائل بسرعته ومساحة مقطع الأنبوبة وتسمى هذه المعادلة بمعادلة الإستمرارية.

معادلة الإستمراية:-



نأخذ فى الاعتبار انسياب سائل خلال أنبوبة منتظمة المقطع

(A), (B) يمثلان مقطعان متعامدان على خط المسار ولنفرض أن مساحة مقطع كل منهما ,(A_1) (A_2) وسرعة سريان السائل عندها هى (V_2) , (V_1) على الترتيب.

.·.كمية السائل Q_1 التى تمر خلال المقطع (A) فى زمن (t) ثانية يمكن كتابتها على الصورة

$$Q_1 = A_1 V_1 t \rho_1 \qquad \rightarrow (1)$$

حيث ρ_1 كثافة السائل عند المقطع (A)

وبالمثل فإن كمية السائل المارة Q_2 خلال المقطع (B) فى نفس الفترة هى

$$Q_2 = A_2 V_2 t \rho_2 \qquad \rightarrow (2)$$

حيث ρ_2 كثافة السائل عند المقطع (B)

- **الشرط اللازم لكى يكون السريان منتظم هو أن كتلة السائل عبر المقطع (A) فى زمن معين مساوية لكتلة السائل التى تمر عبر المقطع (B) فى نفس الفترة الزمنية. وعلى ذلك فإن معدل الإنسياب الكتلى ثابت فى حالة السريان الهادئ $Q1 = Q2$ فإن:-**

$$A_1 V_1 t \rho_1 = A_2 V_2 t \rho_2$$

بالنسبة لسائل عير قابل للإنضغاط فإن $\rho_1 = \rho_2$

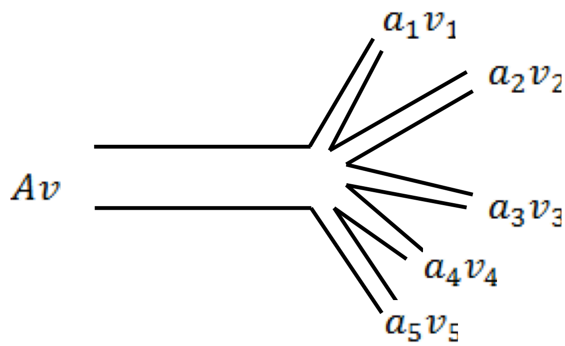
$$A_1 V_1 = A_2 V_2 \quad \text{--------------} \ (3)$$

$$AV = \text{ثابت}$$

وهذه هى معادلة الإستمرارية أى أن:-

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{A_1}{A_2} \qquad \text{--------------} \ (4)$$

ومن هذه العلاقة نتبين أن سرعة السائل عند أى نقطة فى الأنبوبة تتناسب عكسيا مع مساحة المقطع عند تلك النقطة. فالسائل ينساب ببطء شديد فى الأنبوبة عندما تكون مساحة مقطعها كبيرة. وينساب بسرعة أكبر عندما تكون مساحة مقطعها صغيرة.



إذا كان أنبوبة مقسمة الى عدة تفرعات كما بالشكل:- تكون معادلة الإستمرارية

$$Av = a_1v_1 + a_2v_2 + a_3v_3 + a_4v_4 + a_5v_5$$

إذا كانت الأفرع متماثلة $Av = n(av)$

<u>مثال (1):-</u>

أنبوبة تغذى حقلا بالماء مساحة مقطعها $4\ cm^2$ ينساب الماء فيها بسرعة $10\ m/s$ تنتهى بمائة ثقب مساحة فوهة كل منهما $1mm^2$ كم تكون سرعة انسياب الماء من كل ثقب؟

<u>الحل:-</u>

من معادلة الاستمرارية $\mathbf{A_1\ V_1 = A_2\ V_2}$

$$\mathbf{4 \times 10^{-4} \times 10 = 100\ (1 \times 10^{-6})\ V_2}$$

$$\mathbf{V_2 = 40\ m/s}$$

مثال (2):-

يتوزع الدم المتدفق من الشريان الأورطى لشخص بالغ بسرعة متوسطة 0.35 m/s . أحسبى عدد الشرايين إذا علمتى أن سرعة الدم فيها 0.044 m/s ونصف قطر كل منهما 0.35 cm . علما بأن نصف قطر الأورطى 0.7 cm؟

الحل:-

نفرض أن مساحة مقطع الأورطى (A_1) ، ونصف قطره (r_1)

$$A_1 = \pi r_1^2 = \pi (0.007)^2 = \pi\, 49 \times 10^{-6}\ m^2$$

ونفرض أ عدد الشرايين (n) ومساحة مقطعها كلها (nA) ونصف قطر كل منهما (r_2)

$$A_2 = n\, \pi(0.35 \times 10^{-2})^2 = n\pi \times 1.225 \times 10^{-5}\ m^2$$

$$\mathbf{A_1 V_1 = A_2 V_2}$$

$$\pi \times 49 \times 10^{-6} \times 0.33 = n\, \pi \times 1.225 \times 10^{-5} \times 0.044$$

$n = 30$ شريان

مثال (3):-

أنبوبة مياه رئيسية قطرها 6 cm وسرعة انسياب الماء فيها 0.27 m/s فإذا كان قطر أنبوبة التوصيل منها إلى أحد المنازل 1.8 cm إحسبى:-

(1) سرعة تدفق الماء فى الوصلة (2) حجم الماء المنساب فى الدقيقة

(3) معدل الكتلة المنسابة $(\rho=1000\ kg/m^3)$ للماء

الحل:-

(1) حساب سرعة تدفق الماء (V_2)

$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

$$\pi . (0.03)^2 \times 0.27 = \pi . (0.009)^2 \times V_2$$

$$V_2 = 3 \text{ m/s}$$

(2) حساب حجم الماء المنساب فى الدقيقة (V)

$$V = A_1V_1t = \pi(0.03)^2 \times 0.27 \times 60 = 0.046 \text{ m}^3/\text{min}$$

(3) حساب معدل الكتلة المنسابة (m)

$$M = V . \rho$$

$$m = 0.046/60 \times 1000 = 0.76 \text{ kg/s}$$

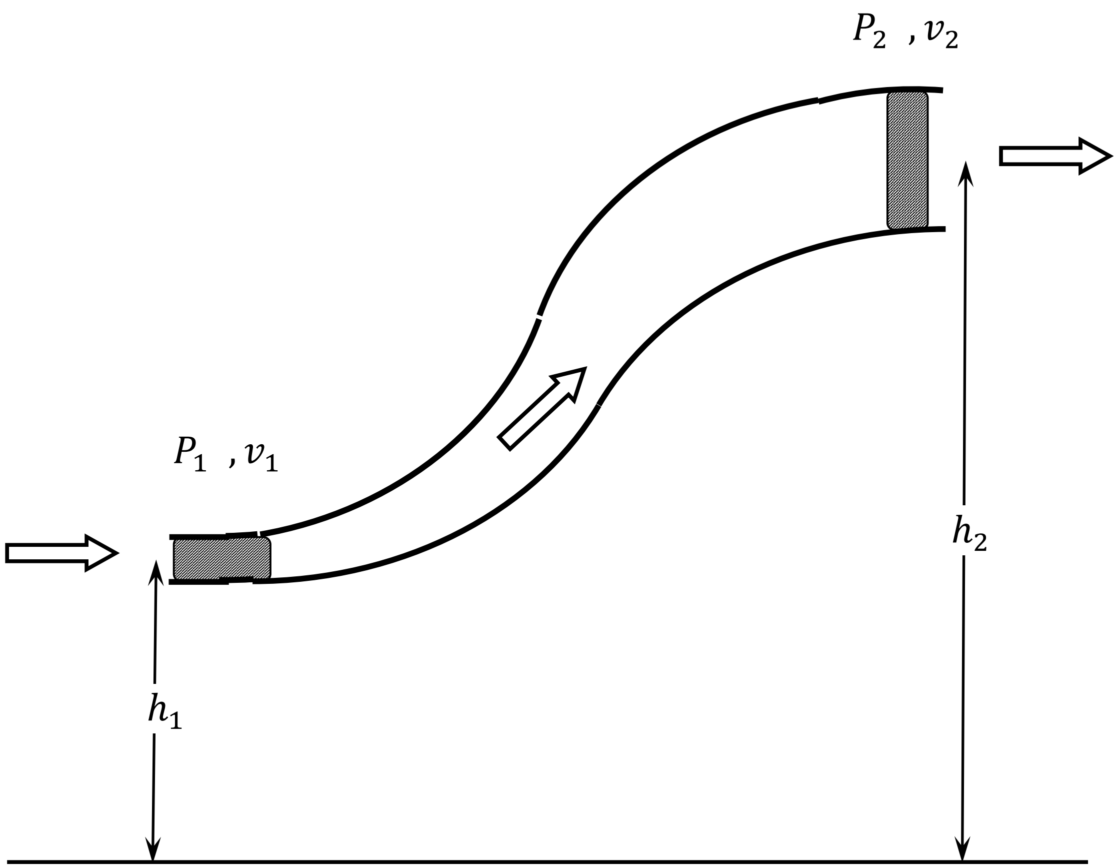
❖ معادلة برنولى لسريان السوائل المثالية:

معادلة برنولى نسبة إلى أول من صاغها وطورها دانيل برنولى عام 1738 وهى لا تعد اكتشافا جديدا ولكنها صيغة لحفظ الطاقة فى معادلة تجعلها مفيدة لحل مسائل الموائع.

شروط سائل انسيابى مثالى مستقر:-

(1) سريان منتظم (سرعة ثابتة مع الزمن)
(2) سريان انسيابى
(3) غير قابل للإنضغاط (كثافة ثابتة مع الزمن)

(4) غير لزج (لايوجد احتكاك بين طبقات السائل)



فى الشكل يمثل أنبوبة ينساب فيها سائل انسيابا مثاليا مستمرا وخلال الفترة الزمنية Δt

(1) نفرض أن حجم السائل ΔV يدخل الأنبوبة من الطرف الأيسر ويخرج من الطرف الأخر نفس الحجم وذلك لآن السائل غير قابل للإنضغاط و ذو كثافة ثابتة ρ.

(2) نفرض أن p_1, v_1, h_1 هى على الترتيب – ارتفاع، سرعة ، ضغط السائل عند دخول الأنبوبة. وأن P_2, V_2, h_2 هى نفس القيم عند طرف الخروج.

(3) بتطبيق قانون بقاء طاقة السائل نجد أن معادلة برنولى هى:-

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 \text{---------} \textbf{(5)}$$

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h = const \quad \text{--------------} \textbf{(6)}$$

<u>تنص معادلة برنولى على أن</u> :-

(بالنسبة لسريان السوائل الغير قابلة للإنضغاط فإن طاقة وحدة الكتلة من السائل تظل ثابتة). أى أن محموع الضغط وطاقة حركة وحدة الحجوم وطاقة وضع وحدة الحجوم منه يساوى مقدارا ثابتا عند أى نقطة من نقاط السائل.

<u>ملاحظة</u> :- إذا كانت الأنبوبة أفقية فإن $h_1=h_2$ وتأخذ معادلة برنولى الصورة:

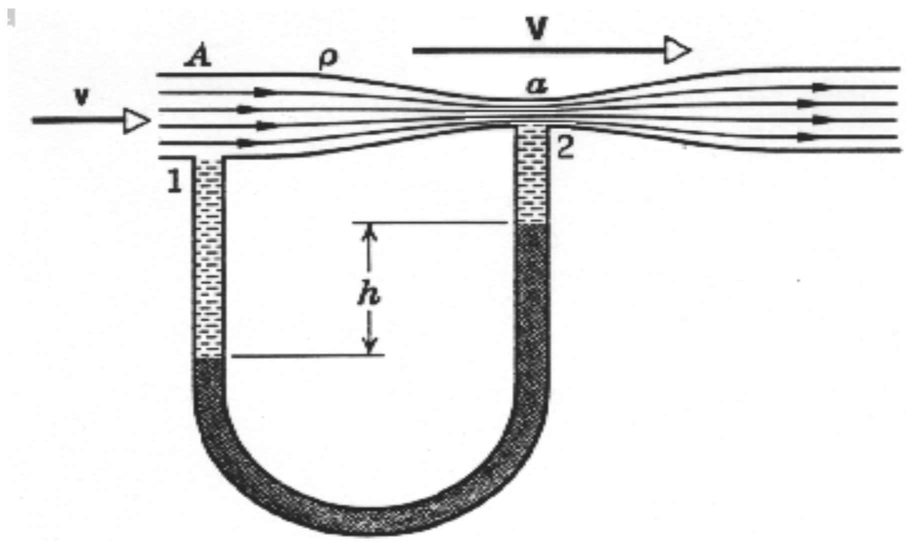
$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad \text{--------------} \textbf{(7)}$$

وهذا يفيد بأنه:- **إذا كانت سرعة السائل تزدادا عبر الأنبوبة فإن الضغط لابد وأن يتناقص، والعكس صحيح.**

تطبيقات على معادلة برنولى

مقياس فينتورى:-

يستخدم مقياس فينتورى فى قياس سرعة تدفق سائل فى أنبوبة أنظر الشكل



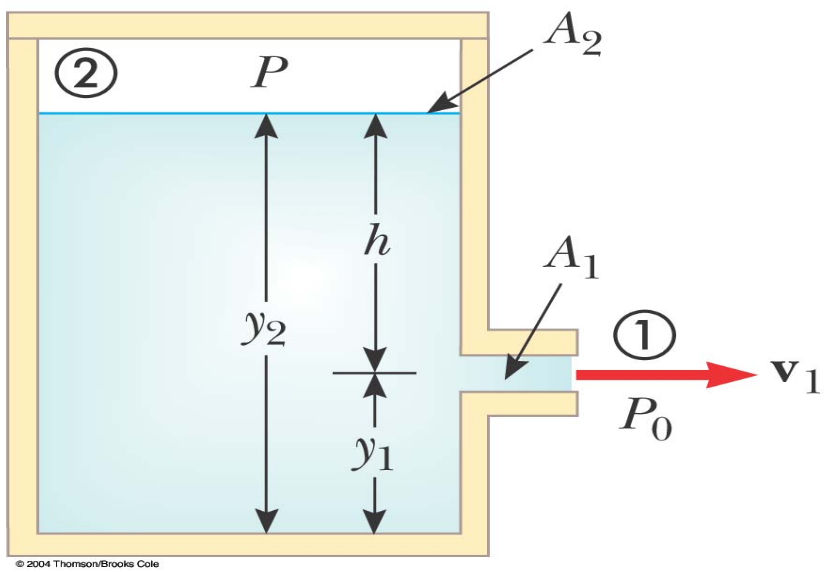
- عند الإختناق تضيق مساحة المقطع من A_1 إلى A_2 وتزداد السرعة من V_1 إلى V_2
- عند الإختناق (حيث السرعة تأخذ أكبر قيمة لها) فإن الضغط يكون أقل ما يمكن. كما تنص معادلة برنولى. ويمكن بإستخدام معادلة برنولى ومعادلة الإستمرارية إثبات أن:-

$$v_1 = A_2 \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho\left(A_1^2 - A_2^2\right)}} \quad \text{-------------- (8)}$$

حيث أن ρ هى كثافة السائل والمعدل الحجمى لانسياب السائل يمكن حسابه من $Q = A_1 V_1$ وهذا الجهاز يمكن معايرته بحيث يقرأ ويسجل معدل الإنسياب مباشرة.

خزان الماء المثقوب:-

ما هى سرعة تدفق الماء من ثقب فى خزان يقع أسفل مستوى الماء بمسافة h ؟



1- خذ مستوى الماء بالثقب على أنه مستوى القياس h1=0 ونحن نعلم أن الضغط أعلى الخزان وعلى الثقب متساو ويساوى الضغط الجوى p_a .

2- بتطبيق معادلة برنولى

$$P_a + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + 0 = P_a + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h$$

نفرض مساحة مقطع الخزان أكبر بكثير من مساحة الثقب وبالتالى إذا كانت سرعة الماء المندفع من الثقب V_1 وسرعة هبوط سطح الماء من الخزان V_2 (V,A) علاقة عكسية ∴ V_2 تكون صغيرة جدا ويمكن إهمالها $(V_2=0)$

$V_1 >>> V_2$

$$\frac{1}{2}\rho V_1^2 = \rho g h$$

$$V_1 = \sqrt{2gh} \qquad \text{-------------- } \mathbf{(9)}$$

وهى نفس السرعة التى يكتسبها جسم سقط سقوط حرا من إرتفاع h.

مثال (4):-

أوجدى معدل انسياب سائل فى أنبوبة مساحة مقطعها $20\ cm^2$ بسرعة 10 m/s ؟

الحل:-

معدل الإنسياب

$$Q = AV = (20 \times 10^{-4}\ m^2)(10\ ms^{-1}) = 0.02\ m^3/s$$

مثال (5):-

إذا كان قلب الإنسان منخفضا عن مستوى المخ بمسافة قدرها 30 cm كم يكون ضغط الدم فى القلب أعلى منه فى المخ حتى يصل الدم إلى المخ. علما بأن كثافة الدم هى $1100\ kg/m^3$

الحل:-

إذا اعتبرنا h_1 ارتفاع القلب عن مستوى الأرض، h_2 هى ارتفاع المخ عن مستوى الأرض، و P_1 ضغط الدم عند القلب، P_2 ضغط الدم عند المخ،

من معادلة برنولى ينتج أن:

$$P_1 - P_2 = \rho\ g\ (h_2 - h_1)$$

$$= (1100)(9.8)(0.3) = 3230\ N/m^2$$

مثال (6):-

إذا مر سائل كثافته $400\ kg/m^3$ فى أنبوبة نصف قطرها 1.8 cm بسرعة قدرها 2m/s عبر اختناق نصف قطره 0.98 cm أوجدى سرعة السائل وكذلك ضغطه فى الإختناق.

الحل:-

من معادلة الإستمرارية

$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

حيث A_1 مساحة مقطع الأنبوبة، V_1 سرعة السائل فى الأنبوبة

حيث A_2 مساحة مقطع الاختناق ، V_2 سرعة السائل فى الاختناق

$$A_1 = \pi r_1^2 = 10\ cm^2 = 10 \times 10^{-4}\ m^2$$

$$A_2 = \pi r_2^2 = 3\ cm^2 = 3 \times 10^{-4}\ m^2$$

وبالتعويض فى معادلة الإستمرارية:

$$(10 \times 10^{-4}\ m^2)(2\ m/s) = (3 \times 10^{-4}\ m^2)\ V_2$$

$$V_2 = 6.66\ m/s$$

ومن علاقة برنولى:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \quad \text{--------------} \ \mathbf{(7)}$$

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2)$$

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\left(400\frac{kg}{m^3}\right)(6.66^2 - 2^2)$$

$$P_1 - P_2 = 8.07 \times 10^3\ \ {}^{N}/_{m^2}$$

مثال (7):-

يندفع الماء فى أنبوب قطره 4 cm بسرعة 8 m/s وينخفض الماء فى الأنبوب مسافة 2m عندما يزداد قطر الأنبوب إلى 8cm - أوجدى (أ) سرعة الماء عند النقطة (2)، (ب) إذا كان مقدار الضغط عند النقطة (1) = 1.5 x 105 N/m2 فما هو الضغط عند النقطة (2) ، (ج) حجم الماء المتدفق خلال 4/3 ساعة.

الحل:-

(أ) $A_1 V_1 = A_2 V_2$

$$\pi \cdot (2\times10^{-2})^2 \times 8 = \pi \cdot (4\times10^{-2})^2 \times V_2$$

$$V_2 = 2 \text{ m/s}$$

(ب) لحساب الضغط عند النقط (2) نستخدم معادلة برنولى

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$

$$1.5\times10^5 + \frac{1}{2}\times1000\times64 + 1000\times10\times2$$

$$= P_2 + \frac{1}{2}\times1000\times4 + 0$$

$$P_2 = 2\times10^5 \quad {}^{\mathrm{N}}/_{\mathrm{m}^2}$$

(ج) حجم الماء المتدفق خلال 4/3 ساعة

$$Q = A\,V\times\frac{3}{4}\times60\times60$$

$$Q = \pi(2\times10^{-2})^2\times8\times\frac{3}{4}\times60\times60$$

$$Q = 3.14\times4\times10^{-4}\times8\times0.75\times60\times60 = 27 \text{ m}^3\text{/hr}$$

اللزوجة:-

تعريف اللزوجة:-

هى خاصية للمادة تعوق بها قابليتها للانسياب، وتنشأ عن مقاومة الاحتكاك الداخلية التى تبديها الموائع ضد حركتها أو ضد حركة الأجسام الأخرى فيها.

تجارب توضح معنى اللزوجة:-

1- عند تعليق قمعين متماثلين كلا فى حامل، ونضع أسفل كل منهما كأسا فارغا ونصب فى أحد القمعين حجما معينا من الكحول ونصب فى الأخر حجما مماثلا من الجلسرين نلاحظ أن سرعة انسياب الكحول أكبر من سرعة إنسياب الجلسرين .

2- نقلب الماء فى كأس بساق من الزجاج ونقلب العسل فى كأس آخر بالساق الزجاجية نلاحظ أن الساق تتحرك فى الماء بسهولة أكبر مما يدل على أن مقاومة الماء لحركة ساق الزجاج أقل من مقاومة العسل لها. وأيضا حركة العسل تتوقف بعد إخراج الساق بفترة وجيزة فى حين تستمر حركة الماء فترة أكبر.

3- نأخذ مخبارين متماثلين طويلين. ونملأ المخبار الأول بالماء والثانى بالجلسرين. ثم نلقى كرتين معدنيتين متماثلتين من الصلب أحدهما برفق فى الماء والآخرى فى الجلسرين. نجد أن الزمن الذى تستغرقه الكرة لتصل إلى قاع المخبار خلال الماء أقل من الزمن الذى تستغرقه خلال الجلسرين مما يدل على أن الجلسرين يقاوم حركة الكرة بمقدار أكبر من مقاومة الماء لها.

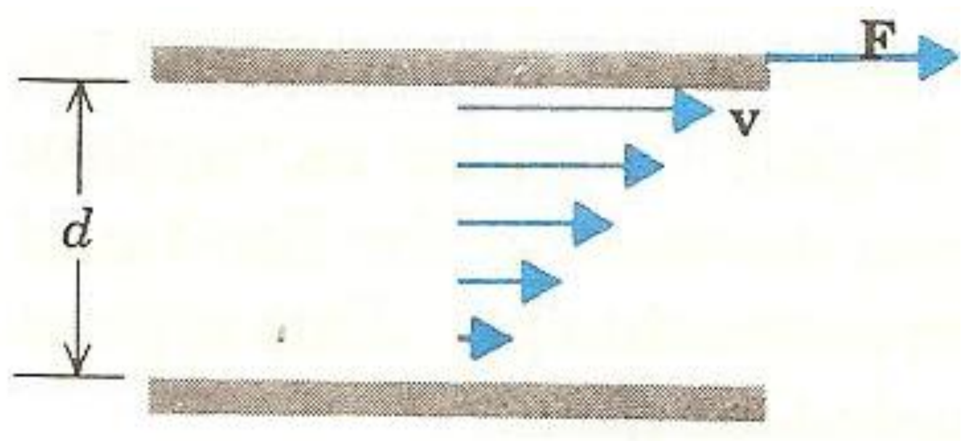
<u>ومما سبق يمكن استخلاص ما يلى:-</u>

1- بعض السوائل (كالماء والكحول) تكون قابليتها للانسياب أو الحركة كبيرة فى حين أن مقاومتها لحركة الجسم داخلها صغيرة فيقال أنها ذات لزوجة صغيرة.

2- بعض السوائل (كالعسل والجلسرين) تكون قابليتها للانسياب أو الحركة صغيرة فى حين أن مقاومتها لحركة الأجسام داخلها كبيرة فيقال أن لزوجتها كبيرة.

<u>تفسير خاصية اللزوجة</u>

نتصور طبقة من السائل محصورة بين لوحين مستويين أحدهما ساكن والآخر يتحرك بسرعة v وأن السائل الموجود بين اللوحين مكون من كثير من الطبقات الرقيقة. أنظر الشكل



طبقة السائل الملامس للوح الساكن يكون ساكنا بينما يتحرك طبقة السائل الملامس للوح المتحرك بنفس سرعته وهى v وتتحرك طبقات السائل بين اللوحين بسرعات تتراوح من الصفر إلى v تتزايد من اللوح الساكن إلى اللوح المتحرك. حيث تكون سرعة كل طبقة أقل من سرعة الطبقة التى تعلوها. <u>ويرجع هذا الإختلاف النسبى فى السرعة إلى مما يلى:-</u>

1- بسبب قوى الالتصاق بين السطح المستوى للوح وطبقة السائل الملاصقة له. تبدو الطبقة الملاصقة للوح الساكن ساكنة والملاصقة للوح المتحرك متحركة بنفس السرعة.

2- توجد قوى شبيهة بقوى الإحتكاك (قوة مماسية) بين كل طبقة من طبقات السائل والطبقة التى تعلوها فتعوق انزلاق بعضها فوق بعض مما ينشأ عنه فرق نسبى فى السرعة بين كل طبقة والتى تعلوها. ويسمى هذا النوع من السريان الطبقى أو السريان اللزج حيث اللزوجة هى تلك الخاصية التى تتسبب فى وجود مقاومة أو إحتكاك بين طبقات السائل بحيث تعوق إنزلاق بعضها فوق بعض.

استنتاج قيمة معامل اللزوجة لمائع:-

بالرجوع إلى الشكل السابق نجد أنه لكى يحتفظ اللوح المتحرك بسرعة ثابتة، فلا بد من وجود قوة F هذه القوة تتناسب طرديا مع كل من السرعة V ومساحة اللوح المتحرك A وتتناسب عكسيا مع المسافة الفاصلة بين اللوحين d

$$F \; \alpha \; \frac{A\,V}{d}$$

وبالتالى يكون:

$$F = \eta \, \frac{A\,V}{d}$$

حيث η ثابت التناسب ويعرف بمعامل اللزوجة

$$\eta = \frac{Fd}{A\,V} = \frac{F}{A\,V/d}$$

عندما يصبح المقدار (v/d) مساوى واحد صحيح والمساحة A=1 يكون معامل اللزوجة η =1

ويمكن من هذه العلاقة تعريف معامل اللزوجة كما يلى:-

معامل اللزوجة لسائل:-

هو القوة المماسية المؤثرة على وحدة المساحات فى طبقة فى المائع لينتج عنها فرق فى السرعة قدره الوحدة والمسافة العمودية بينهما الوحدة

وحدة قياس معامل اللزوجة

(kg/ m s) وتقاس أيضا بوحدة البواز (gm / cm s)

تطبيقات لخاصية اللزوجة

للزوجة تطبيقات عملية منها:-

(أ) التزييت والتشحيم

ينبغى تشحيم وتزييت الآلات المعدنية من وقت لآخر حيث تؤدى عملية التشحيم إلى:

1- نقص كمية الحرارة المتولدة أثناء الإحتكاك.

2- حماية أجزاء الآلة من التآكل.

وتتم عملية التزييت باستخدام أنواع من الزيوت تتميز بلزوجتها الكبيرة. إذ أننا لو استخدمنا الماء فى عملية التزييت وهو من المواد ذات اللزوجة الصغيرة فإنه سرعان ما ينساب بعيدا عن أجزاء الآلة لضعف قوة التصاقه بها أثناء حركتها. لذلك من الطبيعى أن نستخدم سوائل تتميز بقدرتها على الإلتصاق بأجزاء الآلة وعدم انسيابها بسرعة رغم الحركة الدائبة لتلك الأجزاء. ومن هنا كانت ضرورة استخدام مواد ذات لزوجة كبيرة فى عملية التزييت.

(ب) المركبات المتحركة:-

عندما تبلغ السيارة سرعتها القصوى فإن الشغل الكلى الذى تبذله الآلة والمستمد من الوقود المستهلك يعمل معظمه ضد مقاومة الهواء للسيارة أثناء حركتها خلاله وأيضا ضد قوة الإحتكاك بين إطارات السيارة والأرض. وفى السرعات الصغيرة نسبيا أو المتوسطة فإن مقاومة الهواء

للأجسام المتحركة فيه والناتجة عن لزوجة الهواء تتناسب طرديا مع سرعة الأجسام المتحركة خلاله وعندما تزداد سرعة السيارة عن حد معين فإن مقاومة الهواء لا تتناسب مع سرعتها فقط وإنما مع مربع السرعة. ويعنى هذا أن استهلاك الوقود يزداد معدله مع زيادة السرعة عن هذا الحد المذكور ولذلك يلجأ قائد السيارة الخبير إلى الحد من سرعتها لتوفير استهلاك الوقود.

(ج) فى الطب: لقياس سرعة ترسيب الدم

من المعلوم أنه عند سقوط كرة سقوطا حرا رأسيا فى سائل فإنها تتأثر بثلاث قوى وهى: وزنها لأسفل وقوة دفع السائل لها لأعلى وقوة الإحتكاك بينها وبين السائل لأعلى نتيجة لزوجة السائل.

و بحساب محصلة القوى وجد أنها تتحرك بسرعة نهائية تزداد بزيادة نصف قطرها. ويمكن استخدام ذلك فى الطب بأخذ عينة من الدم وقياس سرعة ترسيبها. وبذلك يمكن للطبيب معرفة إذا كان حجم كرات الدم طبيعيا أم لا. فعلى سبيل المثال فى حالة الإصابة بالحمى الروماتيزمية فإنه يحدث زيادة فى سرعة ترسيب الدم. وذلك نتيجة لالتصاق كرات الدم الحمراء. فيزداد حجمها ونصف قطرها. وبالتالى سرعة الترسيب. أما فى حالة الإصابة بالأنيميا فتقل سرعة الترسيب عن المعدل الطبيعى حيث أنه يحدث تكسير لكرات الدم الحمراء فيقل حجمها ونصف قطرها.

الباب الثامن(مبادئ الحرارة)

أساسيات علم الحرارة

(1) كمية الحرارة:-

هى كمية الطاقة الحرارية التى تنتقل تحت تأثير فرق فى درجة الحرارة وتقاس بالجول وكانت تقاس بالسعر

السعر :-

هو كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة بين 14.5 ، 15.5 درجة مئوية.

$$1 \text{ cal} = 4.18 \text{ Joule}$$

(2) درجة الحرارة:-

هى مقياس الاتزان الحرارى ومعناه أنه عندما نقول أن هناك نظام متزنا حراريا نعنى بذلك أن درجة الحرارة فى كل نقاط هذا النظام متساوية.

أما إذا اختلفت درجة الحرارة فى بعض نقاطه لابد من وجود تيارات حرارية من النقاط الأعلى درجة إلى النقاط الأقل درجة حرارية وحين تتساوى درجات الحرارة يتوقف سريان الحرارة ويتزن النظام حراريا.

(3) الحرارة النوعية: $Cal/gm. {}^0C$

هى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من المادة درجة مئوية واحدة (من تعريف السعر فإن الحرارة النوعية للماء هى 1 سعر لكل جرام . درجة)

$\therefore$ كمية الحرارة Q اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة M من مادة من T_1 الى T_2

$$Q = Mc\,(T_2-T_1) = Mc\,.\ \Delta T \text{ ---------------------(1)}$$

حيث (c) هى الحرارة النوعية للمادة ، $T_2-T_1 = \Delta T$ (الفرق فى درجة الحرارة)

(4) السعة الحرارية:

هى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جسم ما درجة مئوية واحدة

$\therefore$ المعادلة (1) يمكن كتابتها على الصورة $Q = c\,\Delta T$ ---------------(2)

حيث (c) تكافئ السعة الحرارية للجسم (وحدة السعة الحرارية $cal/{}^oC$)

(5) المكافئ المائى:

هو كمية الماء التى إذا امتصت نفس كمية الحرارة مثل المادة ارتفعت درجة حرارتها بنفس المقدار (وحدة المكافىء المائى هى gm)

والسعة الحرارية لمادة = المكافئ المائى لنفس المادة عدديا

Mc = (السعة الحرارية) c = المكافئ المائى

(6) الحرارة الكامنة للإنصهار: Cal/gm

هى كمية الحرارة اللازمة لتحويل واحد جرام من المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة عند نفس درجة الحرارة

(7) الحرارة الكامنة للتبخر: Cal/gm

هى كمية الحرارة اللازمة لتحويل واحد جرام من المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية عند نفس درجة الحرارة.

طرق قياس درجات الحرارة: "الترمومترات"

تقاس درجات الحرارة بطرق عديدة منها:-

(1) الترمومتر السائلى:-

نستخدم فى هذا النوع من الترمومترات خاصية تغير طول عمود السائل مع تغير درجة حرارته. ولقد استخدم أنواع أخرى من السوائل مثل الكحول والأثير وغيره من السوائل حسب مدى درجات الحرارة المطلوب قياسها.

(2) الترمومتر الغازى:-

يستبدل السائل فى هذا النوع من الترمومترات بغاز خامل كالهيليوم أو الأرجون ويستخدم هذا النوع من الترمومترات فى المختبرات لقياس درجات الحرارة المنخفضة جدا.
يوجد نوعان من الترمومتر الغازى حسب الخاصية الترمومترية والتى تتغير تغير منتظم مع درجة الحرارة

حجم الغاز يتغير تغيرا منتظما مع درجة الحرارة عند ثبوت الضغط وبالتالى يمكن قياس حجم الغاز عند درجة الصفر (انصهار الجليد) V_0 وعند درجة غليان الماء V_{100} وعند درجة حرارة الوسط المجهول V_t .

$$t = \frac{V_t - V_0}{V_{100} - V_0} \times 100\ °C$$

ضغط الغاز يتغير تغير منتظما مع درجة الحرارة عند ثبوت الحجم وبالتالى يمكن قياس ضغط الغاز عند درجة الصفر P_0 وعند درجة غليان الماء P_{100} وعند درجة الحرارة المجهولة P_t.

$$t = \frac{P_t - P_0}{P_{100} - P_0} \times 100\ °C$$

(3) <u>الترمومتر البلاتينى:-</u>

تتغير مقاومة أى سلك معدنى بتغير درجة حرارته لذا أمكن استخدام هذه الخاصية فى القياسات الدقيقة لدرجات الحرارة حيث يمكن قياس مقاومة سلك من البلاتين عند وضعه فى الوسط المراد قياس درجة حرارته ولتكن R_t .

وكذلك تقاس المقاومة عند انصهار الجليد R_0 وعند درجة غليان الماء R_{100} .

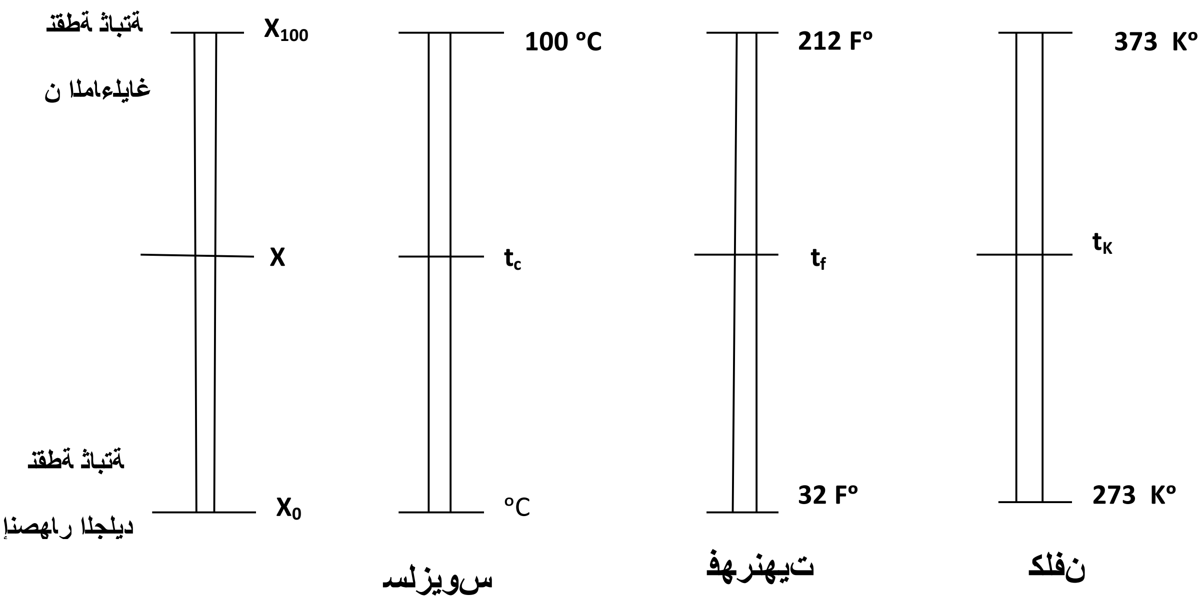
$$t = \frac{R_t - R_0}{R_{100} - R_0} \times 100\ \ °C$$

<u>التدريجات الحرارية:-</u>

هناك تدريجات عديدة يمكن بواسطتها قياس درجة الحرارة أهمها:-

(1) التدريج السلزيوس (المئوى) (2) اللتدريج الفهرنهيت (3) التدريج المطلق

لإيجاد العلاقة بين التدريجيات المختلفة نستخدم الرسم التالى والذى يعتمد على قياس الخاصية X عند النقطتين الثابتيين (X_o)و (x_{100}). وقياس الخاصية عند الدرجة المجهولة X_t:



$$\frac{X_t - X_0}{X_{100} - X_0} = \frac{t_c - 0}{100 - 0} = \frac{t_f - 32}{212 - 32} = \frac{t_K - 273}{373 - 273}$$

- العلاقة بين التدريج السلزيوس والفهرنهيت: بإستخدام الرسم:-

$$\frac{t_c}{100} = \frac{t_f - 32}{180}$$

$$\therefore\ t_c = \frac{5}{9}(t_f - 32)\ °C$$

- العلاقة بين التدريج السلزيوس والكلفن :-

$$\frac{t_c}{100} = \frac{t_k - 273}{100}$$

$$\therefore\ t_c = (t_k - 273)\ °C$$

- العلاقة بين التدريج السلزيوس والتدريج X حيث X أى تدريج آخر:-

$$t_c = \frac{X_t - X_0}{X_{100} - X_0} \times 100\ °C$$

طرق انتقال الحرارة:-

(1) بالتوصيل

(2) بالحمل

(3) بالإشعاع

(1) انتقال الحرارة بالتوصيل

تنتقل الحرارة عبر المواد الموصلة للحرارة من خلال انتقال الطاقة الحرارية من الأماكن الساخنة إلى الباردة عن طريق اهتزاز جزيئات المادة.

فعند تسخين أحدى طرفى قضيب معدنى (مثلا) فإن جزيئات هذ الطرف تتذبذب بتردد عالى وينتقل هذا التذبذب (الطاقة) خلال المادة حتى يسخن الطرف الآخر.

وجد أن الحرارة تنتقل من الطرف الساخن (T_2) الى الطرف البارد (T_1) من خلال العلاقة:-

$$Q = \frac{K\,A\,(T_2 - T_1)}{L}\ t$$

حيث:-

t = زمن انتقال الحرارة

A = *مساحة مقطع القضيب*

L = *طول القضيب*

K = معامل التوصيل الحرارى: (بالتوصيل)

هو كمية الحرارة التى تمر عمودية على وحدة المساحات من سطح المادة فى وحدة الزمن إذا كان سمك القطاع للمادة يساوى الوحدة وفرق درجات الحرارة بين طرفى هذا القطاع يساوى درجة سلزيوس واحدة.

(2) انتقال الحرارة بالحمل:-

تنتقل الحرارة فى السوائل والغازات بصورة أساسية بواسطة تيارات الحمل. ويوجد نوعان من تيارات الحمل – تيارات الحمل الحرة وتيارات الحمل القسرية.

يتم انتقال الحرارة بواسطة تيارات الحمل الحرة نتيجة لتأثير الجاذبية الأرضية.

فعندما يسخن الماء فى إناء من أسفل فإن طبقة السائل عند القاع تسخن وتقل كثافتها وترتفع إلى أعلى لتحل محلها طبقة غيرها. وهكذا تنشأ فى السائل حركة تقليب (وذلك قبل حدوث الغليان).

ويمكن كتابة قانون انتقال الحرارة بواسطة تيارات الحمل الحرة

$$Q = \alpha\,(T_2 - T_1)$$

حيث T_2 هو درجة حرارة المنطقة الساخنة

T_1 هو درجة حرارة المنطقة الباردة

α معامل التوصيل الحرارى بالحمل

فى حالة التيارات القسرية:- يتم تحريك السائل قسرا بواسطة مراوح أو مضخات

(3) انتقال الحرارة بالإشعاع:-

يتم انتقال الحرارة بالإشعاع دون الحاجة إلى وسط على الإطلاق إذ أن الإشعاع الحرارى عبارة عن موجات كهرومغناطيسية. ومن أهم قوانين الإشعاع الحرارى القانون الذى يربط بين كمية الحرارة التى ينقلها الإشعاع ودرجة الحرارة. وهو **قانون ستيفان بولتزمان:-**

ينص على: "تتناسب كمية الحرارة التى يشعها الجسم الأسود من وحدة المساحات فى وحدة الزمن مع الأس الرابع لدرجة الحرارة المطلقة"

مثال لذلك : الدفاية حيث الحرارة تنتقل للجسم عن طريق الإشعاع وليس التوصيل أو الحمل.

الجسم الأسود حسب التعريف الفيزيائى:- الجسم الذى يمتص كل الأشعة التى تسقط عليه وذلك لأن معظم الأجسام تعكس جزءا من الإشعاع الساقط عليها.(فمثلا المرآة تعكس النسبة الأكبر وتمتص الجزء الأقل).

القدرة الإشعاعية:-

هى كمية الإشعاع التى تصدر من وحدة السطوح فى وحدة الزمن.

$E = \sigma T^4$ للجسم الأسود

$E = \varepsilon \sigma T^4$ لأى جسم فيزيائى

كمية الحرارة التى ينقلها الإشعاع الحرارى من الجسم المشع إلى الوسط المحيط

$$Q = \varepsilon \sigma (T^4 - T_0^4)$$

T_0 : درجة حرارة الوسط ، T : درجة حرارة الجسم المشع

σ : ثابت ستيفان - ε: ثابت يعتمد على السطح ويسمى ثابت الإنبعاث

القدرة الإمتصاصية:-

هى النسبة بين كمية الإشعاع التى يمتصها الجسم **e** وكمية الإشعاع الساقطة عليه ونرمز لها بالرمز α

$$e/\alpha = E$$

الباب التاسع(الكهـــــــــرباء)

قانون كولوم والكهرباء الساكنة :-

يتم قياس وإثبات وجود شحنة كهربائية بواسطة القوة التى تؤثر بها هذه الشحنة على شحنة أخرى، هذه القوة تكون قوة تجاذب أو تنافر. الشحنات المتشابهة تتنافر والشحنات المختلفة تتجاذب

$$F = K\ \frac{Q_1 Q_2}{r^2} - - - - - - (1)$$

- حيث K ثابت التناسب $9 \times 10^9\ N\ m^2/C^2$ - r = المسافة بين الشحنتين
- F = مقدار القوة التى تؤثر بين شحنتين Q_1 ، Q_2 وتقاس بالنيوتن.
- وحدات الشحنة الكهربية Q :- الكولوم (C)
- استطاع العالم ميليكان أن يثبت عمليا أن أصغر شحنة سالبة يمكن قياسها هى شحنة الإلكترون وتساوى $e = 1.6 \times 10-19\ \ c$

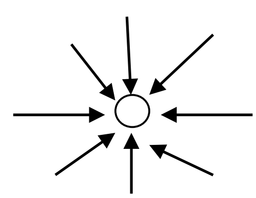
شدة المجال الكهربائى:-

يعرف شدة المجال الكهربائى $(\vec{E})$ بأنه:- الحيز من الفراغ الذى يظهر فيه أثر الشحنة Q

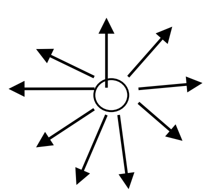
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q} = K\frac{Q}{r^2}\ \hat{r}\ - - - - - - - (4)$$

ويكون اتجاهه هو نفس اتجاه القوة $\vec{F}$ التى تؤثر بها الشحنة Q على وحدة الشحنات الموجبة (شحنة الإختبار) .وحدة شدة المجال نيوتن لكل كولوم (N/c)

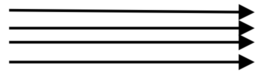
يمكن تمثيل المجال الكهربائى بيانيا بمتجه يشير اتجاه السهم (خط المجال) إلى اتجاه القوة المؤثرة على وحدة الشحنات الموجبة ويكون اتجاه خطوط المجال إلى الخارج للشحنة الموجبة وإلى الداخل بالنسبة للشحنة السالبة.



شحنة سالبة



شحنة موجبة



مجال

وتقاس شدة المجال أيضا:- بعدد خطوط المجال المارة من وحدة المساحات المتعامدة معها فكلما كان عدد الخطوط كبيرا كان المجال كبيرا.

الجهد (الكمون) الكهربائى وفرق الجهد

القوة الكهربائية $\vec{F}$ التى تؤثر بها على الشحنة q الموجودة فى مجال شدته $\vec{E}$ تعطى بالعلاقة :-

$$\vec{F} = q\ \vec{E}\ -------(6)$$

يعرف الجهد بأنه الشغل المبذول فى نقل وحدة الشحنات الموجبة من ∞ إلى النقطة r

$$V = \frac{W}{q} = K\ \frac{Q}{r} -------(7)$$

يقاس الجهد بالفولت (V) أو (الجول/ كولوم) J/C - وتكون محصلة الجهد الناتج من توزيع عشوائى لشحنات نقطية هو:-

$$V = \sum_{i=1}^{N} V_i\ \ -------(9)$$

حيث Vi هو جهد الشحنة i حيث $V_i = K\ \frac{Q_i}{r}$ i

والجهد كمية قياسية (غير متجهة) والمقصود بالجمع فى المعادلة (9) بأنه جمع جبرى.

مثال (1):-

أحسبى قوة التنافر الإلكتروستاتيكى بين جسمين من جسيمات ألفا (α) تفصلهما مسافة (10^{-13})

الحل:- الشحنة على جسيم α = ضعف شحنة الإلكترون

$$Q_\alpha = 2\times 1.6\times 10^{-19}\ C = 3.2\times 10^{-19}\ C$$

$$F = K\ \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$= \left(9\times 10^9\ \frac{N\ m^2}{\mathrm{c}^2}\right) \frac{(3.2\times 10^{-19}\ \mathrm{C})^2}{(10^{-15}\ \mathrm{m})^2} = 9.21\times 10^2$$

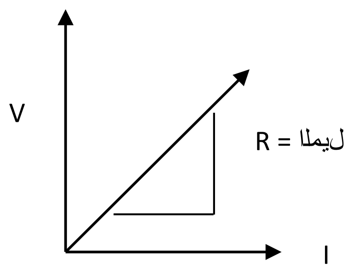
المقاومة الكهربية R :- هى فرق الجهد بين طرفى المقاومة ، I شدة التيار المار.

إذا كانت V تقاس بالفولت – I تقاس بالأمبير فإن R تقاس بالأوم $R = \frac{V}{I} \quad \Omega$

قانون أوم:- ينص على " تتناسب شدة التيار المار فى موصل تناسب طرديا مع فرق الجهد بين طرفيه عند ثبوت درجة الحرارة"

برسم العلاقة بين V ، I نحصل على الرسم المجاور

ويكون ميل الخط المستقيم هو مقاومة الموصل



المقاومة النوعية: ρ :- تعرف بإنها مقاومة سلك طوله الوحدة ومساحة مقطعه الوحدة وتعتمد على مادة الموصل

R = ρL/A

حيث L = طول الموصل، A = مساحة مقطع الموصل، ρ = المقاومة النوعية وحدتها (Ω .m)

مثال 3 :-

قضيب من النحاس اسطوانى الشكل طوله 1m ونصف قطر مقطعه 1 mm وإذا كان فرق الجهد بين طرفيه 2 V أحسبى:-

(أ) شدة المجال الكهربى داخل القضيب بالإتجاه الموازى لطوله.

(ب) القوة المؤثرة على الكترون حر داخل القضيب

(ج) مقاومة القضيب علما بأن $\rho = 1.6 \times 10^{-8}$ Ω.m

(ء) شدة التيار المار فى القضيب

الحل:- شدة المجال E $E = K\frac{q}{r^2} = \frac{V}{r} = \frac{V}{L} = \frac{V}{1m} = 2\ V/m$

القوة F F = q E = -e E

$= (-1.6 \times 10^{-19}\ C) \cdot 2\ V/m = -3.2 \times 10^{-19}\ N$

المقاومة النوعية R = ρL/A

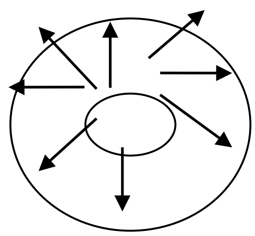
$$= \frac{1.6 \times 10^{-8} \times 1}{3.14\ (1 \times 10^{-3})^2} = 0.005\ \ ohm$$

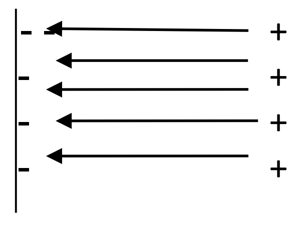
شدة التيار i

$$i = \frac{V}{R} = 400\ A$$

السعة الكهربية والمكثفات:-

عند وضع سطحين يحملان شحنات كهربائية مختلفة النوع فإن خطوط المجال تنحصر بينهما





تنطلق خطوط المجال من الشحنات الموجبة وتنتهى على الشحنات السالبة، و تنحصر بين السطحين سواء أكان المجال متجانسا (ثابتا) أم متغيرا. وتسمى المنطقة فى الفراغ والتى تنحصر فيها خطوط المجال الكهربائى بالمكثف الكهربائى ويرمز له بالرمز "C".

العلاقة بين الشحنة الكهربائية Q على أى من السطحين وفرق الجهد بينهما V هى علاقة خطية، فكلما زادت الشحنة Q زاد فرق الجهد بينهما. أى أن النسبة بينهما تبقى مقدارا ثابتا دوما.

$$\frac{Q}{V} = \text{مقدار ثابت} = C$$

يسمى هذا الثابت "C" بالسعة الكهربائية للمكثف. وتقاس بوحدة الكولوم / فولت وهى التى تعرف بوحدة الفاراد "F" . ونظرا لكبر هذه الوحدة بالمقارنة مع السعات المستخدمة فى المختبر، لذلك فسوف نستخدم مشتقات وحدة الفاراد وهى:-

ميكروكولوم $\mu\ c = 10^{-6}\ c$

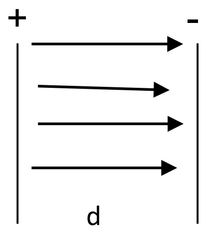
نانوكولوم $n\ c = 10^{-9}\ c$

بيكوكولوم $p\ c = 10^{-12}\ c$

وتعتمد السعة "C" على شكل السطوح المكونة للمكثف فهناك:

أ) مكثف متوازى السطحين ب) مكثف كروى ج) مكثف اسطوانى

أ) **المكثف متوازى السطحين:**



فرق الجهد "V" تعطى بالعلاقة $V= E\,d$

حيث d المسافة بين سطحيه وE شدة المجال الكهربى

بين السطحين.

ب) **المكثف الكروى:-**

$$C = \frac{4\pi \in_{\circ} R^2}{d}$$

$$K = \frac{1}{4\pi \in_{\circ}}$$ حيث

ولأن مساحة سطح الكرة هو $4\,\pi\, R^2$ حيث R نصف قطرها فإن $C = \frac{\in_{\circ} A}{d}$

الطاقة المخزونة داخل المكثف:-

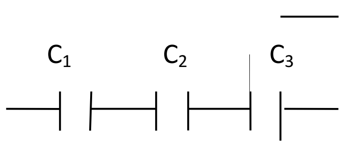
الطاقة المخزونة تكون علي هيئة شغل $W=1/2\ CV^2$

حيث C السعة و V فرق الجهد و W مقدار الشغل المبذول

توصيل المكثفات:-

يوجد طريقتان لوصل المكثفات أحدهما الربط على التوالى والأخرى على التوازى.

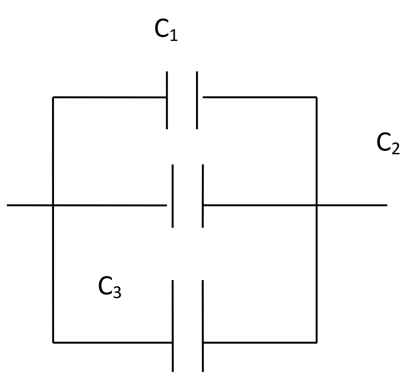
أ) **الربط على التوالى:**



وتكون السعة المكافئة C_e

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

الربط على التوازى:-



وتكون السعة المكافئة C_e

$$= C_1 + C_2 + C_3$$

الباب العاشر(الصوت)

- الصوت عبارة عن اهتزازات (موجات) ميكانيكية دورية للوسط تنتقل من خلالها الطاقة الصوتية عبر الوسط إلى أذن المستمع محدثة اهتزازات فى غشاء الطبل داخل الأذن مما يؤدى إلى سماع الصوت.
- يوجد ثلاثة أنواع للموجات الصوتية وفقا لترددها هى:-

(1) موجات صوتية مسموعة:- وهى موجات طولية يسطيع الإنسان سماعها ويقع ترددها بين 20 هرتيز و 20 كيلو هرتز.

(2) موجات تحت صوتية:- وهى موجات طولية لا يستطيع الإنسان سماعها وترددها أقل من 20 هرتز.

(3) موجات فوق صوتية:- وهى موجات طولية لا يستطيع الإنسان سماعها وترددها أكبر من 20 كيلو هرتز.

- سرعة الصوت أقل من سرعة انتشار الضوء بمئات الآلاف من المرات ومثال على ذلك (فى العاضفة الرعدية نرى وميضا ثم نسمع بعد مرور فترة زمنية صوت الرعد.)

العوامل المؤثرة فى سرعة الموجات الصوتية:-

1. كثافة الوسط المادى الناقل.
2. حركة جزيئات الوسط المادى الناقل.
3. مساحة السطح المهتز.

شدة الصوت:

هى مقدار الطاقة الصوتية خلال وحدة الزمن عبر وحدة المساحات العمودية على إتجاه انتشار الموجة الصوتية. ووحدة شدة الصوت هى (J/m^2) أو (W/m^2).

يقاس مستوى شدة الصوت (L) بمقياس الديسبل ويرمز له بالرمز dB

يعبر عن مستوى شدة الصوت بالعلاقة $L = \log\left(\frac{I}{I_\circ}\right)$

حيث :- $I_\circ = 10^{-12} \ {}^{W}/_{m^2}$ هى أدنى شدة تستطيع أن تسمعه الأذن البشرية الطبيعية.

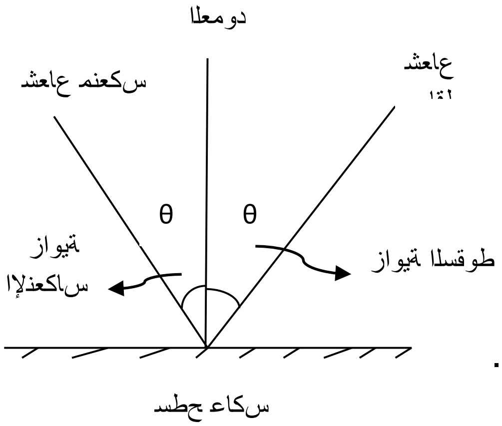
الضوء

الطول الموجى للضوء المرئى يتراوح بين $4000\ A^o \leftarrow 7000\ A^o$

حيث $1\ A^o = 10^{-8}\ cm = 10^{-10}\ m$

ينتشر الضوء فى الوسط المتجانس فى خطوط مستقيمة فى جميع الاتجاهات

قوانين إنعكاس الضوء:



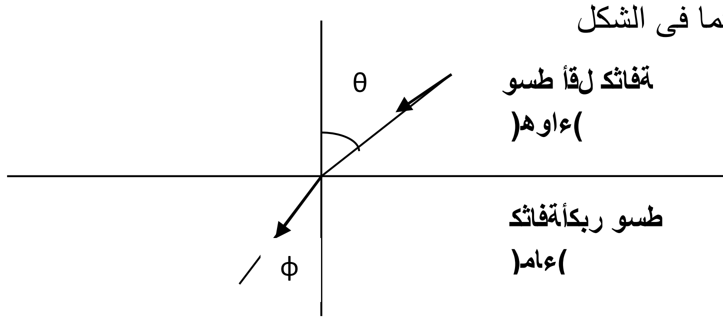
عندما ينعكس الضوء فإنه يخضع لقانونين هما:-

(1) زاوية السقوط = زاوية الإنعكاس

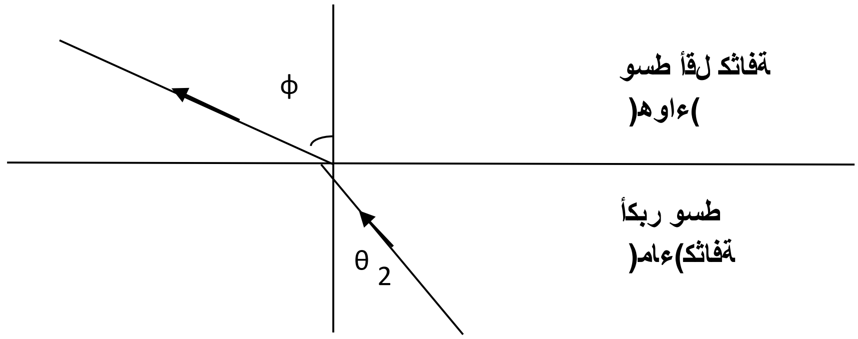
(2) الشعاع الضوئى الساقط والشعاع الضوئى المنعكس والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح العاكس تقع جميعها فى مستو واحد عمودى على السطح العاكس.

انكسار الضوء:-

- إذا انتقل شعاع ضوئى من وسط أقل كثافة ضوئية (مثل الهواء) إلى وسط أكبر كثافة ضوئية (مثل الماء) فإنه يجتاز السطح الفاصل بين الوسطين ويغير إتجاهه ويقال أنه انكسر مقتربا من العمود كما فى الشكل



- إذا انتقل شعاع ضوئى من وسط أكبر كثافة (ماء) إلى وسط أقل كثافة (هواء) فإنه ينكسر مبتعدا عن العمود كما فى الشكل.



قوانين الإنكسار:-

القانون الأول:-

النسبة بين جيب زاوية السقوط فى الوسط الأول وجيب زاوية الإنكسار فى الوسط الثانى نسبة ثابتة لهذين الوسطين وتسمى معامل الإنكسار من الوسط الأول إلى الوسط الثانى ويرمز له بالرمز $(1n_2)$

القانون الثاني:-

الشعاع الضوئى الساقط والشعاع الضوئى المنكسر والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح الفاصل تقع جميعا فى مستوى واحد عمودى على السطح الفاصل.

$$1n_2 = \frac{\sin\theta}{\sin\varphi}$$

$1n_2$ = معامل الانكسار النسبى بين الوسطين

إذا كان الوسط الأول هو الفراغ أو الهواء فإن (n) تسمى معامل الإنكسار المطلق.

n= هو النسبة بين جيب زاوية السقوط فى الفراغ أو الهواء وجيب زاوية الإنكسار فى الوسط.

$$n = {}^{\sin\theta}/_{\sin\varphi}$$ معامل الانكسار المطلق فى الوسط

$$n = {}^{C}/_{V}$$

حيث c = سرعة الضوء فى الفراغ - V = سرعة الضوء فى الوسط

الإنعكاس الكلى:

إذا انتقل شعاع ضوئى من وسط أكبر كثافة ضوئية إلى وسط أقل كثافة ضوئية وكانت زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة فإن الشعاع لا ينفذ إلى الوسط الأقل كثافة بل يرتد إلى نفس الوسط الأول بحيث تكون زاوية السقوط = زاوية الإنعكاس.