

بسم الله الرحمن الرحيم

الباب الأول

الميكانيكا والموجات

1-1 الوحدات والأبعاد Unit and dimensions

تتعرف الكميات الطبيعية بمقدار الوحدات التي تقاس بها، وكذلك العدد الذي تتكرر به الوحدة داخل

الكمية. وتعتمد القياسات الطبيعية على ثلاث وحدات أساسية هي (متر - كجم - ثانية).

وحدات (الطول ، الكتلة والزمن) ، ويوجد خلاف هذه الوحدات الأساسية وحدات مشتقة منها ، مثل

وحدة الحجم وهي مشتقة من الوحدات الطولية .

1-1-1 Fundamental units الوحدات الأساسية

أولاً : الطول Length

وحدة الطول هي المتر ، وكانت تعرف سابقا بأنها المسافة في درجة الصفر المئوي بين نهايتي

قضيب عيارى محفوظ في باريس ، وأيضاً يؤخذ الأساس العيارى للطول طول موجة اللون البرتقالي

– الأحمر لذرة كربتون 86 . وتوجد وحدات عملية للطول مثل السنتيمتر وهو 0.01 متر والكيلومتر

وتستعمل هذه الوحدات في المسافات الملائمة ، فمثلاً إذا كانت المسافة المقاسة صغيرة جداً لا

نستعمل الكيلومتر بل المليمتر أو الميكرون ، وإذا كانت كبيرة جداً تستخدم السنة الضوئية وهي

المسافة التي يسيرها الضوء بسرعة $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ خلال عام كامل ، كما يشتق من وحدة

الطول وحدات أخرى مثل وحدة المساحة ووحدة الحجم .

ثانيًا: الكتلة Mass

كتلة أى جسم هى كمية المادة الموجودة فيه ، والأساس العيارى للكتلة هو الكيلوجرام ، وهى كمية المادة فى اشابة من البلاتين 90 % والايريديوم 10% محفوظة فى باريس ، والكيلوجرام وحدة كبيرة بها 1000 جرام ، ويعرف الجرام بأنه كمية المادة الموجودة فى 1 سم³ من ماء نقى فى درجة حرارة 4⁰ مئوية .

ثالثًا : الزمن Time

تستخدم الحركة الدورانية للأرض حول نفسها كمقياس للزمن ، ومن المعروف أن الدورة الكاملة تتم فى زمن يوم كامل وهذا يقسم الى 24 ساعة ، وتقسم الساعة الى 60 دقيقة ، والدقيقة الى 60 ثانية ، وتؤخذ الثانية وحدة الزمن .

1-1-2 النظام العالمي للقياس (SI)

توجد نظم قياس مختلفة فى العالم منها النظام الفرنسى للوحدات c.g.s وقد كان سائدا حتى وقت قريب . ويتبع النظام الانجليزى وحدات قياسية أخرى هى القدم للطول ويساوى 12 بوصة ، والبوصة تساوى 2.54 سم ، والباوند للكتلة وتساوى 454 جرام ، والثانية للزمن .
واتفق العلماء فى الوقت الحاضر على استخدام النظام الدولى SI وهو مشتق من النظام الفرنسى ووحداته الاساسية هي متر - كيلوجرام - ثانية ، وذلك رغبة منهم فى التوحيد القياسى فى جميع أنحاء العالم .

1-1-3 الوحدات المشتقة Derived units

لكل كمية طبيعية وحدة مشتقة من الوحدات الاساسية السابقة ولكي نعين الوحدات المشتقة يجب العودة الى تعريف الكمية الطبيعية المراد تعيين وحداتها، السرعة مثلا هي المعدل الزمني الذي يقطع به الجسم المتحرك المسافات ،وتكون وحدة السرعة بذلك متر/ ثانية ، أما العجلة فهي معدل تغير السرعة بالنسبة للزمن وتكون وحدتها هي متر/ث² وهكذا .

يطلق على وحدة القوة في النظام الدولي SI النيوتن وهي القوة التي تسبب تسارع قدره متر/ث² لكتلة كيلوجرام واحد ، والدائن هو وحدة القوة في نظام سم. جم . ث والعلاقة العددية بينها 1 نيوتن = 10⁵ دابن .

وحدة الطاقة أو الشغل في نظام SI هو الجول وهو الشغل المبذول عندما تتحرك قوة قدرها 1 نيوتن مسافة متر واحد في اتجاه تأثيرها وتسمى هذه الوحدة في نظام c.g.s بالأرج والعلاقة بينهما 1 جول = 10⁷ أرج .

عند تعيين وحدات اى كمية طبيعية بدلالة الوحدات الاساسية سوف يرمز لها بالرمز L للطول ، M للكتلة ، T للزمن ، وعلى ذلك تكون وحدات الطاقة مثلا ML²T⁻² وهكذا .

يبين الجدول (1) أذناه أسماء ورموز بعض الوحدات الاساسية والمشتقة في النظام الدولي SI كما يبين الجدول (2) معادلات الأبعاد لبعض الكميات الفيزيائية والميكانيكية الهامة .

جدول (1-1) أسماء ورموز بعض الوحدات الاساسية والمشتقة في النظام الدولي

الكمية	الوحدة	الرمز	الكمية	الوحدة	الرمز
الطول	متر Meter	m	الجهد الكهربى	فولت Volt	V
الكتلة	كيلوجرام Kilogram	kg	السعة الكهربائية	فاراد Farad	F

Ω	أوم Ohm	المقاومة الكهربائية	s	الثانية Second	الزمن
Wb	وير Weber	الفيض المغنطيسي	A	أمبير Ampere	التيار الكهربى
T	تسلا Tesla	كثافة الفيض المغنطيسى	K	كلفن Kelvin	درجة الحرارة المطلقة
H	هنرى Henry	معامل الحث	cd	كانديلا شمعة Candella	شدة النصوص
rad	راديان Radian	زاوية مستوية	Hz	هيرتز Hertz	التردد
Sr	ستريديان Steradian	زاوية مجسمة	N	نيوتن Newton	القوة
Lm	ليومن Lumen	الفيض الضوئى	pa	باسكال Pascal	الضغط (الاجهاد)
LX	لكس Lux	الاستضاءة	J	جول Joule	الطاقة (الشغل) كمية الحرارة
			W	واط Watt	القدرة
			C	كولوم Coulomb	كمية الكهرباء

جدول (1-2) معادلات الوحدات لبعض الكميات الفيزيائية والميكانيكية الهامة

الكمية	المعادلة البعدية	الكمية	المعادلة البعدية
المساحة	L^2	السرعة الزاوية	T^{-1}

MLT^{-1}	كمية الحركة	L^3	الحجم
T^{-2}	العجلة الزاوية	ML^{-3}	الكثافة
ML^2T^{-2}	الازدواج أو عزم القوة	LT^{-1}	السرعة الخطية
MT^{-2}	التوتر السطحي	LT^{-2}	العجلة الخطية
$ML^{-1}T^{-1}$	اللزوجة	MLT^{-2}	القوة
$ML^{-1}T^{-2}$	الاجهاد	$ML^{-1}T^{-2}$	الضغط
$ML^{-1}T^{-2}$	معامل المرونة	ML^2T^{-2}	الطاقة (الشغل)
$M^{-1}L^3T^{-2}$	ثابت الجاذبية الارضية	ML^2T^{-3}	القدرة
		T^{-1}	التردد

4-1-1 نظرية الابعاد وتطبيقاتها Theory of dimensions

تتص نظرية الابعاد على وجوب التجانس من ناحية الابعاد لكل طرف من أطراف المعادلات

الرياضية ، وتكمن أهمية ذلك فى يلى :

1- يمكننا التحقق من صحة القوانين الفيزيائية والميكانيكية .

2- استنباط بعض القوانين بسهولة .

3- اشتقاق وحدات الثوابت التى تعتمد عليها العلاقات الرياضية .

4- التحويل من وحدات نظام معين الى نظام آخر .

مثال (1) : تحقق من أن تردد قطرة سائل كروية (v) تتذبذب حول شكل الاتزان يتوقف على التوتر

السطحي (σ) والكثافة (ρ) ونصف قطر (r) وفقا للمعادلة :-

$$v = k \sqrt{\sigma / \rho r^3} \quad \text{حيث } k \text{ ثابت}$$

الحل :

توجد وحدات كل طرف فى المعادلة لنرى ان كانت المعادلة متجانسة بعديا

$$T^{-1} = \sqrt{MT^{-2} / ML^{-3} L^3} = T^{-1}$$

2-1 المتجهات Vectors

تنقسم الكميات الطبيعية الى قسمين:

1- الكميات القياسية Scalars quantities

الكمية القياسية هي الكمية التى تعرف بمقدارها فقط وتحدد برقم فقط.

ومن أمثلة الكميات القياسية : الكتلة 10 كجم ، الطول 5 متر ، الزمن 5 ساعات ، المسافة 20

كيلومتر والكثافة 10 كجم/م³.

2- الكميات المتجه Vector quantities

الكمية المتجهة هي الكمية التى تعرف بمقدارها واتجاهها وتحدد برقم واتجاه. ومن أمثلة

الكميات المتجهة : السرعة 50 كيلومتر / الساعة في اتجاه الجنوب ، والقوة 10 نيوتن في اتجاه

عامودي. ويمكن تمثيل الكمية المتجهة بسهم مرسوم بمقياس رسم . طول السهم يتناسب مع مقدار

الكمية المتجهة . اتجاه السهم يمثل اتجاه الكمية المتجهة .

مركبة متجه ما The component of a vector

مركبة متجه ما هي قيمته الفعالة في اتجاه معين . فعلى سبيل المثال ، مركبة الازاحة في الاتجاه x هي الازاحة الموازية للمحور x . ويمكن اعتبار أى متجه في الفراغ (ثلاثى الابعاد) على أنه محصلة مركباته في أ ي ثلاث اتجاهات متعامدة . بالمثل يمكن تحليل متجه ما في اتجاهين متعامدين . كما مبين في الشكل أدناه.

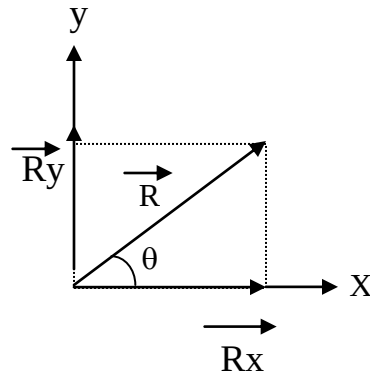
$$|\vec{R}_y| = |\vec{R}| \sin \theta \quad \dots\dots(1-1)$$

$$|\vec{R}_x| = |\vec{R}| \cos \theta \quad \dots\dots(1-2)$$

وتكتب ايضا على الصورة :

$$R_y = R \sin \theta \quad \dots\dots\dots(1-3)$$

$$R_x = R \cos \theta \quad \dots\dots\dots(1-4)$$



شكل (1-1) مركبة متجه ما

متجهات الوحدة الاساسية Basic unit vectors

لها مقدار يساوى الواحد وتمثل برمز أسود ثقيل فوقه علامة (^) يرمز لمتجهات الوحدة

الخاصة في الاتجاهات x, y, z على الصورة $\hat{i}, \hat{j}, \hat{k}$ على الترتيب .

المتجه $3\hat{i}$ يمثل متجه مقداره ثلاث وحدات فى الاتجاه $+X$ ، بينما يمثل $-5\hat{k}$ بمتجه مقداره

خمس وحدات فى الاتجاه $-Z$ يمكن كتابة المتجه $\vec{R}$ الذى له المركبات القياسية R_x, R_y, R_z

فى الاتجاهات x, y, z على الترتيب بالصورة التالية :

$$\vec{R} = R_x \hat{i} + R_y \hat{j} + R_z \hat{k} \dots\dots\dots(1-5)$$

الإزاحة Displacement

عندما يتحرك جسم ما من نقطة الى أخرى فى الفراغ فإن الإزاحة تمثل بمتجه من الوضع الابتدائى

الى الوضع النهائى. الإزاحة لا تعتمد على المسافة الفعلية المقطوعة .

العمليات الجبرية للمتجهات

تجرى على المتجهات العمليات الجبرية مثل الجمع، الطرح، الضرب وسوف نتطرق لكل منها:

افترض ان لدينا متجهان $\vec{A}, \vec{B}$:

$$\vec{A} = iA_x + jA_y + kA_z$$

$$\vec{B} = iB_x + jB_y + kB_z$$

الجمع والطرح بالتحليل

$$\vec{A} \pm \vec{B} = i(A_x \pm B_x) + j(A_y \pm B_y) + k(A_z \pm B_z)$$

والناتج متجه ايضاً ويمكن اجراء الجمع والطرح بالرسم:

$$|\vec{A} \pm \vec{B}| = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB \cos \theta}$$

$$|\vec{A} \pm \vec{B}| = \sqrt{A^2 + B^2} \quad \text{فإن } \theta = 90^\circ$$

وهذا هو قانون فيثاغورس.

وايضاً يمكن ايجاد الزوايا و الأطوال بطرق الهندسة التحليلية.

الزاوية بين $\vec{A}$ و $\vec{A+B}$ هي α (في حالة أن الزاوية بينهما تساوي 90 درجة)

$$\tan \alpha = \frac{B}{A}$$

ويمكن إستعمال قانون الجيب ايضاً في الحالة العامة:

$$\frac{A}{\sin \beta} = \frac{B}{\sin \alpha} = \frac{A+B}{\sin \theta}$$

ضرب المتجهات

يوجد نوعين من الضرب للمتجهات:

1-ضرب قياسي(نقطي) Scalar(Dot) Product

ويعرف بأنه حاصل ضرب القيمة المطلقة للمتجهين A و B وجيب تمام الزاوية بينهما:

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = AB \cos \theta$$

θ الزاوية بين المتجهين $\vec{A}$ و $\vec{B}$ والناتج كمية قياسية.

ومثال لذلك الشغل W يساوي ضرب نقطي للقوة والازاحة وكلاهما كمية متجهه:

$$\begin{aligned} W &= \vec{F} \cdot \vec{S} \\ &= F \cdot S \cos \theta \end{aligned}$$

والمحصلة F_x في اتجاه الازاحة هي التي تقوم بالشغل وتساوي :

$$F_x = F \cos \theta$$

ونضرب في الازاحة S كما هو مبين أعلاه.

ويمكن إيجاد حاصل الضرب بالتحليل:

$$\begin{aligned}\vec{A} \cdot \vec{B} &= (iA_x + jA_y + kA_z)(iB_x + jB_y + kB_z) \\ &= i \cdot i A_x B_x + i A_x j B_y + i A_x k B_z + j \cdot j A_y B_y + \dots + k k A_z B_z \\ i \cdot i &= 1 \times 1 \cdot \cos \theta = 1 = k \cdot k = j \cdot j\end{aligned}$$

$$0 = \theta$$

أما في حالة :

$$i \cdot j = j \cdot k = k \cdot i = 0, \quad 1.1. \cos 90^\circ = 0$$

لأن $\theta = 90^\circ$ درجة ويكون حاصل الضرب :

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z$$

والناتج كمية قياسية.

2- الضرب المتجهي (التقاطعي) Vector Product(cross)

ويعرف بأنه حاصل ضرب القيمة المطلقة للمتجهين A و B وجيب الزاوية بينهما. والناتج كمية

متجهه واتجاهها عامودي على A و B :

$$\vec{A} \times \vec{B} = AB \sin \theta$$

θ هي الزاوية بين A و B

وقيمة الحاصل تساوي مساحة متوازي الاضلاع واتجاهه عامودي على A و B : إذا تحركت من

A الى B ضد عقارب الساعة باصابعك الاربعة فإن الاصبع الكبير يعطي اتجاه $A \times B$ (يتجه

عامودي من الصفحة الى القارئ) (قانون اليد اليمنى).

ويمكن ايجاد المحصلة بالتحليل للضرب المتجهي للمتجهين A و B :

$$\vec{A} \times \vec{B} = (iA_x + jA_y + kA_z)(iB_x + jB_y + kB_z)$$

والنتيجة للضرب الجبري لما بين القوسين كما بيناه أعلاه في الضرب النقطي. ولكن الاختلاف في

ناتج ضرب متجهات الوحدة:

ففي الضرب المتجه:

$$i \times i = j \times j = k \times k = 1.1 \sin \theta = 0$$

$$i \times j = k, j \times k = i, k \times i = j$$

$$j \times i = -k, k \times j = -i, i \times k = -j$$

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

ويمكن كتابة الحاصل بطريقة المصفوفات:

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

ومن أمثلة الضرب المتجه للمتجهات:

الدفع (عزم القوة) τ وهو كمية متجهه تعتمد على القوة $\vec{F}$ و الذراع $\vec{R}$

$$\vec{\tau} = \vec{R} \times \vec{F}$$

الرسم التخطيطي لجمع المتجهات (طريقة متعدد الأضلاع)

تتلخص هذه الطريقة لإيجاد المحصلة $\vec{R}$ لعدة متجهات $(\vec{A}, \vec{B}, \vec{C})$ بالبداية عند أية نقطة

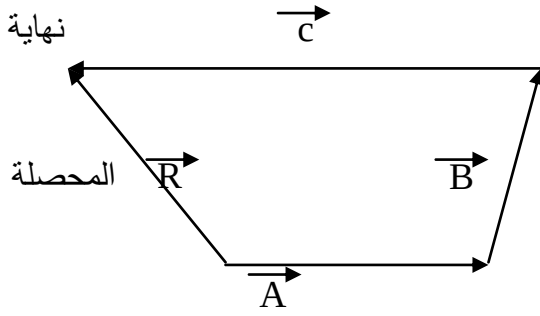
برسم سهم كل متجهه (بمقياس رسم مناسب وفي الاتجاه المحدد) طبقا لاي ترتيب :

$$\vec{A} + \vec{B} + \vec{C} = \vec{C} + \vec{A} + \vec{B} = \vec{R}$$

تتصل بداية كل سهم بنهاية السهم الذي يمثل المتجه الذي يسبقه ، كما هو موضح في الشكل .

تمثل المحصلة بسهم يبدأ من نقطة البدء ويقع رأسه عند نهاية المتجه الاخير . اذا كانت R هي

المحصلة فان $R = |R|$ هو مقدار المحصلة .



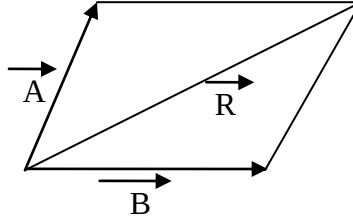
شكل (2-1) جمع المتجهات

طريقة متوازي الاضلاع لجمع متجهين

يمكن تمثيل محصلة متجهين بينهما زاوية ما بقطر متوازي أضلاع . يمثل المتجهان بضلعى متوازي

الاضلاع وتكون المحصلة ممثلة بقطره ، كما هو مبين فى الشكل . تتجه المحصلة منطلقة من

نقطة الاصل للمتجهين .



شكل (3-1)

الطريقة التحليلية لجمع المتجهات

يتم تحليل كل متجه الى مركباته فى الاتجاهات x, y, z مع اعتبار المركبات فى الاتجاهات

المعاكسة سالبة . المركبة القياسية للمحصلة R فى الاتجاه x ، أى (R_x) هي حاصل الجمع

الجبرى لكل المركبات القياسية فى الاتجاه x . بنفس الطريقة يتم ايجاد المركبتين القياسيتين

للمحصلة فى الاتجاهين y, z يحسب مقدار المحصلة بمعلومية المركبات من المعادلة .

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2} \quad (1-6)$$

فى حالة بعدين نحسب زاوية ميل المحصلة على المحور x من العلاقة :

$$\tan \theta = \frac{R_y}{R_x}$$

طرح المتجهات Vector subtraction

ل طرح متجه $\vec{B}$ من $\vec{A}$ ، اعكس اتجاه $\vec{B}$ واجمعه مع المتجه A ، أى أن :

$$\vec{A} - \vec{B} = \vec{A} + (-\vec{B})$$

مسائل محلولة:

1 يساوي قطر الارض $7.89 \times 10^3 \text{ mile}$ تقريباً. حول هذا القطر للوحدات الدولية ؟

الحل:

$$7.89 \times 10^3 \times 1.61 \times 1000 = 1.27 \times 10^7 \text{ m}$$

2- يجري سباق 100 متر على مسار دائري محيطه 200 متر ينطلق المتسابقون أولاً نحو الشرق

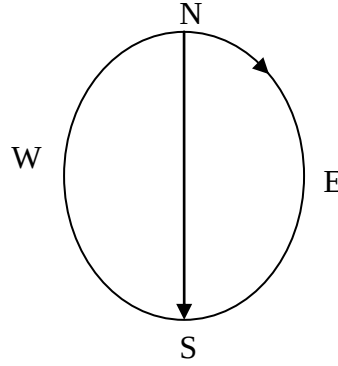
ثم ينعطفون نحو الجنوب. ماهي إزاحة نقطة النهاية بالنسبة لنقطة البدء ؟

الحل:

يتحرك المتسابقون كما هو موضح في الشكل ادناه ويتم السباق على نصف المسار. هكذا تكون

الازاحة مساوية لقطر المسار الدائري.

$$200/\pi = 63.7 \text{ m} \quad \text{باتجاه الجنوب}$$



3- أوجد المركبتين x و y لازاحة تساوي 25 متر بزاوية 210° .

الحل:

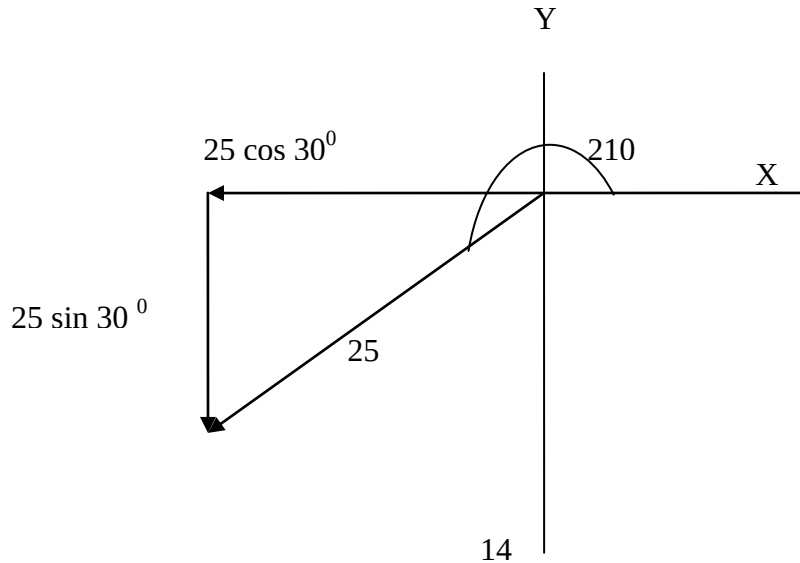
يبين الشكل ادناه الازاحة ومركبتها . تحسب من المركبتان من العلاقات :

$$\text{مركبة } x = -25 \cos 30^\circ = -21.7 \text{ m}$$

$$\text{مركبة } y = -25 \sin 30^\circ = -12.5 \text{ m}$$

لاحظ على نحو خاص أن كلاً من المركبتين تشير إلى الاتجاه السالب للمحور الاحداثي لذا تعتبر

كل منهما سالبة.



4- أوجد محصلة قوتين قيمتهما 4 نيوتن و 3 نيوتن تؤثران عند نقطة O بزاوية بينهما قمتيها

(أ) 90° (ب) 60°

الحل:

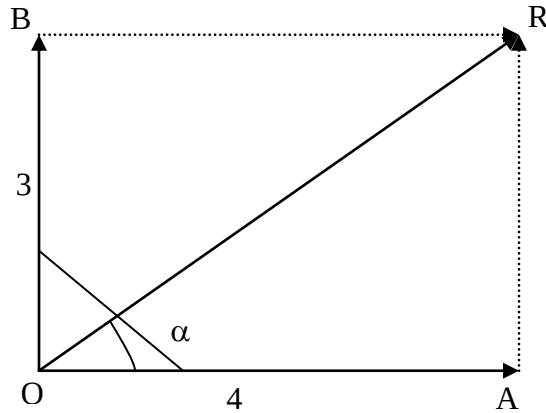
(أ) المثلث OAR مثلث قائم الزاوية

$$OR^2 = OA^2 + AR^2 = 4^2 + 3^2 = 25$$

$$\therefore OR = 5 \text{ N}$$

$$\tan \alpha = AR/OA = \frac{3}{4} = 0.75$$

$$\alpha = \tan^{-1} 0.75 = 37^\circ$$



(ب) الزاوية OAR قيمتها 120°

$$OR^2 = OA^2 + AR^2 - 2(OA)(AR)\cos 120^\circ$$

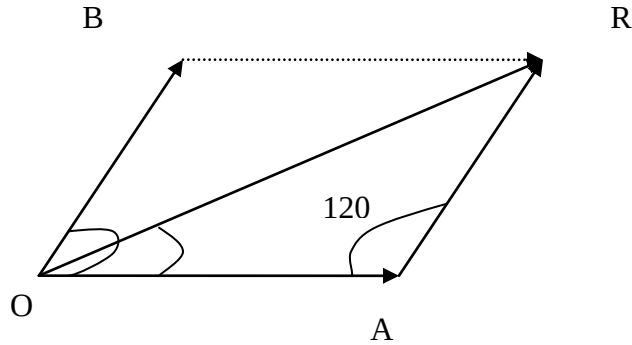
$$4^2 + 3^2 - 2(4 \times 3) - 0.5 = 37$$

$$\therefore OR = 6.1 \text{ N}$$

ولاستنتاج قيمة الزاوية α استخدم قانون جيب الزوايا المثلثية

$$\frac{\sin \alpha}{AR} = \frac{\sin 120}{OR} \text{ or } \frac{\sin \alpha}{3} = \frac{0.866}{6.1}$$

$$\sin \alpha = 0.43 \text{ and } \alpha = \sin^{-1} 0.43 = 25^\circ$$



5- اذا كانت محصلة قوتين متعامدتين هي 100 نيوتن . فأوجد قهية القوة التي تصنع زاوية 30° مع

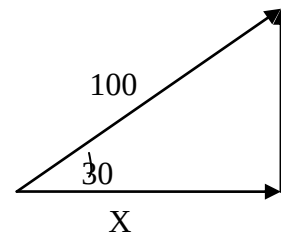
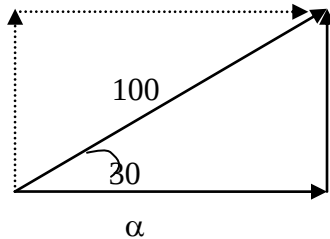
المحصلة ؟

الحل:

ارسم مستطيلاً يصنع قطره زاوية مقدارها 30° مع الأفقي. ويمثل القوة المحصلة 100 نيوتن.

أو ارسم مثلث قائم الزاوية بحيث يضع وتره زاوية 30° مع الافقي ويمثل القوة 100 نيوتن.

$$X = 100 \cos 30^\circ = 100 \times 0.866 = 86.6 \text{ N}$$



3-1 الحركة ذات العجلة المنتظمة

مقدار السرعة كمية قياسية . اذا استغرق جسم ما فترة زمنية t ليقطع مسافة d ، فان:

$$\text{مقدار السرعة المتوسطة} = \frac{\text{المسافة الكلية المقطوعة}}{\text{الفترة الزمنية}}$$

الفترة الزمنية

$$V_{av} = \frac{d}{t} \dots\dots(1-7) \quad \text{أو}$$

المسافة هنا هي الطول الكلى المقطوع (على طول المسار)

1-3-1 السرعة : كمية متجهة . اذا أزيح جسم ما ازاحة s خلال فترة زمنية t فان :

$$\text{السرعة المتوسطة} = \frac{\text{متجه الازاحة}}{\text{الزمن}}$$

$$V_{av} = \frac{s}{t} \dots(1-8) \quad \text{الزمن}$$

اتجاه متجه السرعة هو نفس اتجاه متجه الازاحة . وحدات السرعة (ومقدار السرعة) هي وحدة

المسافة مقسومة على الزمن . مثل m/s أو Km/h .

العجلة أيضا كمية متجه ، تقيس المعدل الزمنى لتغير السرعة .

$$\text{العجلة المتوسطة} = \frac{\text{التغير فى متجه السرعة}}{\text{الزمن}}$$

الزمن

$$\vec{a}_{av} = \frac{(\vec{V}_f - \vec{V}_i)}{t} \dots\dots(1-9)$$

حيث V_i السرعة الابتدائية ، V_f السرعة النهائية و t الفترة الزمنية التى حدث خلالها التغير ،

وحدات العجلة هي وحدات السرعة مقسومة على الزمن . الامثلة النموذجية لهذه الوحدات هي m/s^2

1-3-2 الحركة بعجلة منتظمة فى خط مستقيم

تعتبر هذه الحالة مهمة ، وفيها يكون متجه العجلة ثابتا ويقع على طول خط متجه الازاحة

بحيث يمكن تمييز اتجاهى $\vec{v}$ و $\vec{a}$ ، بإشارة موجبة أو سالبة . اذا عبرنا عن الازاحة بالرمز s

(يكون موجبا اذا كانت فى الاتجاه الموجب ، وسالبا اذا كانت فى الاتجاه السالب) فان الحركة يمكن

وصفها ((بخمسة معادلات)) تميز الحركة ذات العجلة المنتظمة .

$$S = V t \quad \dots\dots\dots(1-10)$$

$$S = V t + \frac{1}{2} a t^2 \quad \dots\dots\dots(1-11)$$

$$V_f^2 = V_i^2 + 2aS \quad \dots\dots\dots(1-12)$$

$$a = \frac{V_f - V_i}{t} \quad \dots\dots\dots(1-13)$$

$$V_{av} = \frac{(V_f + V_i)}{2} \quad \dots\dots\dots(1-14)$$

الاتجاه مهم ويجب أن يختار الاتجاه الموجب عند تحليل الحركة على طول خط . ويمكن اختيار أى

اتجاه بحيث يكون موجبا . اذا كانت الازاحة أو السرعة أو العجلة فى عكس الاتجاه فيجب أن تكون

سالبة .

1-3-3 السرعة اللحظية : هى السرعة المتوسطة المقدرة خلال فترة زمنية تقترب من الصفر .

وهكذا ، اذا أزيح جسم ما ازاحة $\vec{\Delta S}$ فى زمن Δt فان السرعة اللحظية لذلك الجسم تكون .

$$V = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{\Delta S}}{\Delta t} \quad \dots\dots\dots(1-15)$$

مثال:

يتحرك جسم من السكون بعجلة منتظمة 8 m/s^2 أوجد : (أ) السرعة اللحظية بعد خمس ثواني.
(ب) السرعة المتوسطة خلال فترة الثواني الخمس (ج) المسافة المقطوعة في خلال خمس ثواني
من السكون ؟

الحل:

$$\begin{aligned}v &= v_0 + at = 0 + 8\text{ms}^{-2} \times 5\text{s} = 40\text{ms}^{-1} \\ \bar{v} &= \frac{1}{2}(v_0 + v) = \frac{1}{2}(0 + 40)\text{ms}^{-1} = 20\text{ms}^{-1} \\ s &= v_0 t + \frac{1}{2}at^2 = 0 + \frac{1}{2}(8\text{ms}^{-2})(5\text{s})^2 = 100\text{m}\end{aligned}$$

مثال:

تتزلق عربة انزلاق من السكون إلى أسفل مستوى مائل بعجلة منتظمة وتقطع مسافة 9 متر في 3 ثوان. ما هو الزمن مقاساً من بدأ الحركة من السكون الذي تكتسب عنده عربة الانزلاق سرعة قدرها 24 m/s أسفل المستوى ؟

الحل:

$$\begin{aligned}S &= \frac{1}{2}at^2, a = \frac{2S}{t^2} = \frac{2 \times 9}{3 \times 3} = 2 \text{ m/s}^2 \\ a &= \frac{v-v_0}{t}, t = \frac{v-v_0}{a} = \frac{24-0}{2} = 12\text{s}\end{aligned}$$

1-3-4 التفسيرات البيانية

- السرعة اللحظية لجسم ما عند زمن معين هي ميل الخط الذي يمثل العلاقة بين الازاحة والزمن عند ذلك الزمن . ويمكن أن يكون هذا الميل موجبا أو سالبا أو مساويا للصفر .

- العجلة اللحظية لجسم ما عند زمن معين هي ميل الخط الذى يمثل العلاقة بين السرعة والزمن عند ذلك الزمن .
- بالنسبة للحركة بسرعة ثابتة تكون العلاقة بين x و t خطا مستقيم .
- عموما (أى حركة فى بعد واحد ، أو بعدين ، أو ثلاثة أبعاد) ميل الخط الذى يمثل العلاقة البيانية بين المسافة والزمن عند أى لحظة يعطى مقدار السرعة عند هذه اللحظة.

5-3-1 عجلة الجاذبية الأرضية (التثاقل الكوني)(g)

- عجلة جسم ما يتحرك فقط تحت تأثير قوة الجاذبية هي g ، المسماة عجلة الجاذبية (أو السقوط الحر) التى تتجه رأسيا الى أسفل .
- على الارض $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ تتغير القيمة قليلا من مكان الى اخر .

على القمر تكون عجلة السقوط الحر مساوية 1.6 m/s^2

6-3-1 مركبتا السرعة Velocity Components

- افترض أن جسما ما يتحرك بسرعة v عند زاوية ما θ مقاسة الى أعلى من المحور x ، كما هو الحال بالنسبة لكرة مقذوفة فى الهواء .
- هذه السرعة اذن لها مركبتان اتجاهيتين $\vec{V}_x$ و $\vec{V}_y$ فى الاتجاهين x و y . القيمتان المناظرتان لمركبتى السرعة القياسيتين هما :

$$V_x = V \cos \theta \quad \dots (1-16) \quad \text{و} \quad V_y = V \sin \theta \quad \dots (1-17)$$

مثال:

حلل قوة مقدارها 1000 نيوتن تميل على المحور السيني بزاوية 53° إلى مركبتها الأفقية والرأسية ؟

الحل:

المركبة الأفقية:

$$F_x = 1000 \cos 53^\circ = 1000 \times 0.6018 = 602 \text{ N}$$

المركبة الرأسية:

$$F_y = 1000 \sin 53^\circ = 1000 \times 0.798 = 799 \text{ N}$$

4-1 علم الحركة Mechanics

مقدمة:

الحركة صفة ملازمة للمادة. وكل شيء في الكون في حالة حركة مستمرة: الأرض تدور حول نفسها وحول الشمس، وكذلك الكواكب، والقمر والشمس تجري وتتحرك حول مركز المجرة، والمجرة تتحرك حول مركز السدم. كل ما في سطح الأرض في حركة حتى الذرات في الأجسام الصلبة المختلفة في حركة اهتزازية وفي السوائل والغازات حركة خطية عشوائية (غير منتظمة).
وعلم الحركة علم يتطرق لدراسة حركة الأجسام: مسارها، سرعتها، تسارعها والقوى المؤثرة وارتباطها بالمكان والزمان. وأيضاً يتطرق للطاقة والشغل والقدرة والاندفاع الخطي والزواوي والحركة الاهتزازية والموجات. ولتسهيل الدراسة يقسم علم الحركة الى ثلاث أقسام:

1- علم الحركة المجردة Kinetics

2- علم التحريك Dynamics

3- علم التوازن Statics

سننتطرق للقسمين الأولين كل علم على حده والثالث في معرض الشرح كل ما دعى اليه الحال.

في علم الحركة المجردة نعتبر أن الاجسام التي نتطرق لدراسة حركتها اجسام نقطية. وندرس تغير وضعها في المكان و ارتباطه بالزمان (المسار): نتطرق للازاحة، السرعة، التسارع والعلاقة بينهما وارتباطها بالزمان.

أما علم التحريك ففيه نتطرق لدراسة حركة الاجسام واضعين في الاعتبار القوة المؤثرة.

وعلم التوازن ينظر في الشروط التي تنعدم عندها حركة الاجسام وتوازن القوى.

نعلم ان المسلمين نقلوا التراث العلمي الاغريقي والروماني وزادوا عليه. ففي مجال علم الحركة: فقد عرف المسلمون قانون التثاقل الكوني وقوانين الحركة التي تنسب الى العالم الانجليزي اسحق نيوتن. وقد عرفت الحركة "بتبدل حال الذات" وتسمى النقلة وأنواعها انتقالية ووضعية وطبيعية وقسرية. وأيضاً هناك الدورانية والمستقيمة.

وعرف أن الحركة ترتبط بالزمن ويستحيل ان تجري حركة في غير فترة زمنية.

وحللت الحركة الى مركبتين متعامدتين. وعرف الاندفاع: فقد قال عنه ابن الهيثم: "أنه معنى كمي في المتحرك يتوقف على سرعة الجسم وكمية المادة فيه".

أما قوانين الحركة الثلاث التي تنسب الى العالم اسحق نيوتن التي نشرها في كتابه: الأصول الرياضية الاساسية للحركة للفلسفة الطبيعية فان السبق في هذه القوانين يرجع الى العلماء المسلمين.

القوانين الاساسية للتحريك (قوانين نيوتن Newton Laws)

1-4-1 الكتلة Mass

كتلة جسم ما هي مقياس لقصوره الذاتي . القصور الذاتي هو ميل جسم ما ساكن ليظل على حالته من السكون ، وميل جسم ما متحرك ليوصل الحركة بسرعة ثابتة .

Force 2-4-1 القوة

بصورة عامة ، هى وسيلة التغيير . وهى فى الميكانيكا الدفع أو الجذب الذى يغير سرعة جسم ما . القوة كمية متجهة لها مقدار واتجاه ((القوة الخارجية)) هى التى يكون مصدرها من خارج النظام قيد الاعتبار . القوة الخارجية الكلية أو المحصلة ، المؤثرة على جسم ما تجعل الجسم يتسارع بعجلة فى اتجاه القوة .

وهذه العجلة تتناسب طرديا مع القوة وعكسيا مع كتلة الجسم .

النيوتن هو وحدة القوة فى النظام الدولى للوحدات (SI) .

النيوتن الواحد (1N) هو القوة المحصلة التى تكسب كتلة كيلوجرام واحد عجلة مقدارها 1 m/s^2 .
الباوند يساوى 4.45 N .

3-4-1 قانون نيوتن الاول ((الجسم الساكن يظل فى حالة سكون ، الجسم المتحرك يواصل

الحركة بسرعة ثابتة ما لم تؤثر عليه قوة خارجية .)) القوة هى المغيرة للحركة .

4-4-1 قانون نيوتن الثانى : اذا كانت القوة المحصلة (أو الكلية) F المؤثرة على جسم ما كتلته

m لا تساوى صفرا . فان الجسم يكتسب عجلة فى اتجاه القوة . العجلة a تتناسب طرديا مع القوة

وعكسيا مع كتلة الجسم . باستخدام وحدات النيوتن لقياس F والكيلوجرام لقياس m ، m/s^2 لقياس a

، يمكن كتابة هذا القانون على الصورة :

$$\vec{F} = m\vec{a} \dots\dots\dots(1-18)$$
$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

العجلة $\vec{a}$ لها نفس اتجاه القوة المحصلة $\vec{F}$.

المعادلة الاتجاهية $F = m a$ يمكن كتابتها بدلالة المركبات كما يلي :

$$\text{حيث } \sum F_x = m a_x , \sum F_y = m a_y , \sum F_z = m a_z$$

القوة هي مركبات القوة الخارجية المؤثرة على جسم .

1-4-5 قانون نيوتن الثالث : المادة تتفاعل مع المادة _ القوى تأتي أزواجا . ((لكل قوة مؤثرة

على جسم ما ، توجد قوة مساوية لها في المقدار وفي عكس الاتجاه تؤثر على جسم آخر متفاعل

معها .)) ويعبر عن هذا غالبا بعبارة ((قانون الفعل ورد الفعل)) .

لاحظ أن قوتي الفعل ورد الفعل تؤثران على جسمين مختلفين بينهما تأثير متبادل .

1-4-6 قانون الجاذبية الكونية (التثاقل) The Law of Universal Gravitation

عندما تؤثر كتلتان m و m' على بعضهما تأثيرا جاذبيا متبادلا فان كل كتلة منهما

تجذب الاخرى بقوة مساوية في المقدار . بالنسبة للكتل النقطية (أو الاجسام المتماثلة كرويا)

تعطى قوة التجاذب F_G بالمعادلة :

$$F_G = G \frac{mm'}{r^2} \dots\dots(1-19)$$

حيث r المسافة بين مركزي الكتلتين ، $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{Kg}^2$ ، عندما تكون F_G وحدات

النيوتن ، m و m' بالكيلوجرام ، و r بالامتر .

1-4-7 الوزن Weight

وزن جسم ما (F_w) هو قوة شد الجاذبية المؤثرة على هذا الجسم الى أسفل . على الارض

يكون الوزن هو قوة الجاذبية التي يبذلها كوكب الارض على الجسم . وحدات الوزن هي النيوتن (في

النظام الدولي). الجسم ذو الكتلة m الساقط بحرية نحو الارض يتعرض لقوة واحدة فقط . هي قوة

شد الجاذبية الارضية التى نسميها وزن الجسم F_w . عجلة الجسم نتيجة F_w هي عجلة السقوط الحر g . اذن المعادلة $F_w = ma$ تمدنا بالعلاقة $F = F_w$ ، $a = g$ و m ، أى أن $F_w = mg$.
 وحيث أن $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ فى المتوسط على الارض ، فان جسما كتلته كيلوجرام واحد يكون وزنه 9.8 نيوتن عند سطح الارض .

5-1 نماذج نوعية من القوة Specific Types of Force

1-5-1 قوة الشد (F_T) Tensile Force : المؤثرة على وتر أو سلسلة أو خيط هي التي

تحاول أن تحدث فيه استطالة . مقدار قوة الشد هو (الشد) (F_T) .

2-5-1 القوة العمودية (F_N) Normal Force : على جسم ما محمل بواسطة سطح هي مركبة

قوة التحميل العمودية على السطح .

3-5-1 قوة الاحتكاك (F_f) Friction Force :

هي القوة المماسية المؤثرة على جسم وتقاوم انزلاق هذا الجسم على السطح الملامس له. قوة

الاحتكاك توازى سطح التلامس وتكون فى عكس اتجاه الحركة أو الحركة وش يكة الحدوث . يبدأ

جسم ما فى الانزلاق فقط عندما تزيد القوة المماسية عن القوة العظمى للاحتكاك الاستاتيكي

(الساكن).

معامل الاحتكاك الديناميكي أو الحركي Coefficient of kinetic friction

μ_k يعرف فى حالة سطح ينزلق على سطح آخر بسرعة ثابتة بأنه :

$$\mu_k = \frac{\text{قوة الاحتكاك}}{F_N} = \frac{F_f}{F_N}$$

القوة العمودية F_N

معامل الاحتكاك الاستاتيكي أو الساكن Coefficient of static friction

μ_s يعرف لحالة سطح يكاد ينزلق على سطح آخر بأنه :

$$\mu_s = \frac{\text{قوة الاحتكاك العظمى}}{\text{القوة العمودية}} = \frac{F_{f(max)}}{F_N}$$

حيث تحدث القوة العظمى للاحتكاك عندما يكون الجسم ساكنا في اللحظة التي تسبق الانزلاق (أي على وشك الانزلاق).

6-1 الاتزان تحت تأثير قوى متلاقية في نقطة

1-6-1 القوى المتلاقية في نقطة :

هي القوى التي تمر خطوط عملها جميعا بنقطة مشتركة . القوى المؤثرة على جسم نقطى تعتبر متلاقية في نقطة لأنها تمر جميعا بنفس النقطة ، وهي الجسم النقطى .

2-6-1 التوازن Equilibrium

يكون جسم ما في حال اتزان تحت تأثير قوى متلاقية في نقطة بشرط أن لا يكون متحركا بعجلة . شرط الاتزان تحت تأثير قوى متلاقية في نقطة أن يكون $\sum F = 0$. أو بصيغة المركبات تكون :

$$\sum F_x = \sum F_y = \sum F_z = 0$$

أى أن محصلة جميع القوى الخارجية المؤثرة على الجسم يجب أن تساوى صفرا .

3-6-1 توازن جسم مصمت تحت قوى أحادية المستوى

اللى (أو العزم) (Torque (or moment حول محور ، نتيجة قوة

هو مقياس مدى فعالية القوة لحدث دوران حول ذلك المحور . ويعرف كما يلى :

$$\tau = rF \sin \theta \quad \text{.....(1-20)}$$

حيث r المسافة النصف قطرية من المحور الى نقطة تأثير القوة و θ الزاوية الحادة بين خطى

عمل $\vec{r}$ و $\vec{F}$

هذا التعريف يكتب غالبا فى صورة (ذراع الرافعة) للقوة وهو المسافة العمودية من المحور الى خط عمل القوة .

وحدات عزم القوة هى نيوتن. متر (N.m) يمكن تمييز العزوم باشارات موجبة وسالبة.

على سبيل المثال العزم الذى يميل الى احداث حركة حول المحور فى عكس عقارب الساعة

يكون موجبا ، بينما العزم الذى يحدث دورانا فى اتجاه عقرب الساعة يكون سالبا .

1-6-4 شرط التوازن

شرطا الاتزان لجسم مصمت تحت تأثير قوى فى مستوى واحد (احادية المستوى) هما:

(1) الشرط الاول للاتزان وهو (شرط القوة)

المجموع المتجهى لجميع القوى المؤثرة على جسم يجب أن يساوى الصفر .

$$\sum F_x = 0 , \quad \sum F_y = 0$$

حيث يؤخذ المستوى xy ليكون المستوى الذى تؤثر فيه القوى .

(2) الشرط الثانى للاتزان هو (شرط اللي)

خذ محورا عموديا على المستوى الذى تؤثر فيه القوى ، واجعل العزوم التى تسبب دورانا

حول المحور فى اتجاه عقربى الساعة سالبة ، والعزوم فى عكس اتجاه عقربى الساعة موجبة ، ومن

ثم يكون حاصل جمع كل العزوم المؤثرة على الجسم مساويا للصفر . $\sum \tau = 0$

إذا كان المجموع الجبرى للعزوم مساويا للصفر حول محور واحد بالنسبة لجسم يخضع لشرط القوة ، فإنه يساوى الصفر حول جميع المحاور الاخرى الموازية للاول .

يمكننا اختيار المحور بحيث يمر خط تاثير قوة ما مجهولة خلال تقاطع المحور ومستوى القوى . عندئذ تكون الزاوية θ بين $\vec{r}$ و $\vec{F}$ مساوية للصفر ، ومن ثم فإن تلك القوة المجهولة على وجه الخصوص تبذل عزما مساويا للصفر ، ولذا فانها لا تظهر فى معادلة العزم .

5-6-1 مركز الثقل Center of Gravity

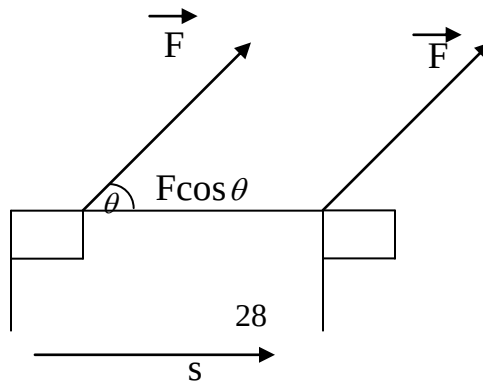
مركز الثقل لجسم ما هى النقطة التى يمكن اعتبار أن وزن الجسم بأكمله مركز عندها ، أى أن خط تاثير وزن الجسم يمر خلال مركز الثقل وإذا أثرت قوة مساوية لوزن الجسم فى المقدار رأسيا الى أعلى مروراً بمركز ثقله فيظل الجسم فى حالة اتزان .

7-1 الشغل - الطاقة - القدرة Work , Energy and Power

1-7-1 الشغل Work

يعرف الشغل المبذول بواسطة قوة بأنه حاصل ضرب تلك القوة فى المسافة الموازية التى اثرت خلالها . اعتبر الحالة البسيطة الموضحة فى الشكل ادناه لحركة فى خط مستقيم ، حيث تؤثر القوة F على جسم يتحرك فى نفس الوقت بمقدار متجه الازاحة S . مركبة F فى اتجاه S هى $F \cos \theta$

الشغل W المبذول بواسطة القوة F يعرف بأنه مركبة F فى اتجاه الازاحة ، مضروبة فى الازاحة :



شكل (1-4)

$$W = F S = FS \cos \theta \quad \dots\dots(1-21)$$

لاحظ أن θ هي الزاوية بين متجهي القوة والازاحة . الشغل كمية قياسية . وحدة الشغل في النظام الدولي للوحدات هي (نيوتن. متر). وتسمى (ال جول) J . الجول الواحد هو الشغل الذي تبذله قوة مقدارها نيوتن واحد لتزيح جسما مسافة متر واحد في اتجاه القوة . تستخدم أحيانا وحدات اخرى للشغل هي (الارج) حيث $1\text{erg} = 10^{-7}\text{J}$ (وقدم- باوند) حيث $1\text{ft} - 1\text{b} = 1.355\text{ J}$.

إذا كانت F و s في نفس الاتجاه ، فإن $\cos 0 = 1$ ويكون $W = Fs$ إذا كانت F و S في اتجاهين متضادين فإن $\cos 180 = -1$ ويكون $W = -Fs$. أى أن الشغل يكون سالبا . بعض القوى ، مثل قوى الاحتكاك تعمل على إبطاء حركة الجسم ومن ثم فإنها تكون في عكس اتجاه الازاحة . مثل هذه القوى عادة يكون شغلها سالبا .

الشغل هو انتقال الطاقة من مكان الى آخر عن طريق تأثير قوة مطبقة على طول مسافة الانتقال . يجب أن تتحرك نقطة تطبيق القوة اذا كان لابد من شغل يبذل .

2-7-1 الطاقة Energy

الطاقة هي مقياس التغير الطارىء على نظام ما . وتعطى الطاقة لجسم ما اذا بذلت قوة شغلا على الجسم . كمية الطاقة للجسم تساوى الشغل المبذول . أيضا عندما يبذل جسم ما شغلا ، فإنه يفقد كمية طاقة مساوية للشغل الذى بذله . الطاقة والشغل لهما نفس الوحدات الجول . الطاقة ، مثل الشغل ، كمية قياسية . الجسم القادر على بذل شغل يمتلك طاقة .

1-2-7-1 طاقة الحركة Kinetic Energy (KE)

هى الطاقة التى يمتلكها جسم فى حالة حركة . اذا تحرك جسم كتلته m بسرعة مقدارها v ، فانه يمتلك طاقة حركة انتقالية تعطى بالمعادلة :

$$KE = \frac{1}{2} mv^2 \quad \dots\dots\dots(1-22)$$

عندما تكون وحدات m بالكيلوجرام و v بالمتري فى الثانية تكون وحدات طاقة الحركة بالجول .

2-2-7-1 Gravitational Potential Energy(GPE) الطاقة الثقالية

هى الطاقة التى يمتلكها جسم ما بسبب تاثير الجاذبية . فى حالة السقوط مسافة راسية h تبذل الكتلة شغلا مقداره mgh . نحن نعرف طاقة الوضع الثقالية لجسم ما بالنسبة لمستوى صفري اختيارى ، غالبا ما يكون هذا المستوى هو سطح الارض . اذا كان الجسم على ارتفاع h فوق المستوى الصفري أو المرجعى ، فانه :

$$GPE = mgh \quad \dots\dots\dots(1-23)$$

حيث g هى عجلة الجاذبية الارضية . لاحظ ان mg هو وزن الجسم وحدات طاقة الوضع الثقالية هى الجول عندما تكون m بالكيلوجرام و g بوحدات m/s^2 . و h بالمتري .

3-2-7-1 نظرية شغل - طاقة

عندما يبذل شغل على جسم نقطى أو جسم مصمت ولا يحدث تغير فى طاقة الوضع فان الطاقة الطارئة يمكن أن تظهر فقط كطاقة حركة . لكن ، طالما كان الجسم غير مصمت (أو غير جامد) كلية فان الطاقة يمكن أن تنتقل الى اجزائه ولن يكون الشغل المبذول عليه مساويا تماما للتغير فى طاقة الحركة.

4-2-7-1 قانون حفظ الطاقة Conservation of Energy

طاقة نظام ما مغلق لا تفنى ولا تستحدث ، ولكن يمكن فقط أن تتحول من صورة الى أخرى .

3-7-1 القدرة Power

القدرة هي المعدل الزمني لبذل شغل .

$$\text{معدل القدرة} = \frac{\text{الشغل المبذول بواسطة القوة}}{\text{الزمن اللازم لبذل ذلك الشغل}} = \text{القوة} \times \text{السرعة}$$

الزمن اللازم لبذل ذلك الشغل

حيث تقاس السرعة في اتجاه القوة المطبقة على الجسم . عموما القدرة هي معدل نقل الطاقة . في

النظام الدولي للوحدات ، (SI) تقاس القدرة بوحدة الواط (W)

و $1W = 1 J/s$. تستخدم غالبا وحدة أخرى لقياس القدرة هي الحصان $1hp = 746 W$.

4-7-1 الاندفاع وكمية التحرك Impulse and Momentum

كمية الاندفاع الخطي Linear Momentum

كمية التحرك الخطي (P) لجسم ما هي حاصل ضرب كتلته (m) وسرعته (V) :

كمية التحرك الخطية = (كتلة الجسم) $\times$ (سرعة الجسم)

$$\vec{P} = m\vec{V} \quad \dots\dots(1-24)$$

وكمية التحرك كمية متجهة وتأخذ اتجاه السرعة . وحدات كمية التحرك في النظام العالمي للوحدات

هي Kg.m/s

1-4-7-1 الدفع Impulse

الدفع هو حاصل ضرب القوة (F) والفترة الزمنية (Δt) التي تؤثر خلالها القوة :

الدفع = (القوة) $\times$ (الزمن الذي تؤثر خلاله القوة)

الدفع كمية متجهة تأخذ اتجاه القوة . وحدات الدفع في النظام العالمي للوحدات هي N.s .

الدفع يسبب تغيراً في كمية التحرك . التغير في كمية التحرك نتيجة دفع ما يكون مساوياً للدفع في المقدار والاتجاه . وهكذا ، إذا أثرت قوة ثابتة F لفترة زمنية Δt على جسم كتلته m وغيّرت سرعته من قيمة ابتدائية V_i إلى قيمة نهائية V_f ، فإن :

الدفع = التغير في كمية التحرك

$$\vec{F} \Delta t = m (\vec{V}_f - \vec{V}_i) \quad \dots\dots(1-25)$$

1-4-7-2 قانون الاندفاع الخطي

إذا كانت القوة الخارجية المحصلة المؤثرة على مجموعة أجسام تساوي صفراً، فإن المجموع المتجهي لكميات تحرك الأجسام سوف يظل ثابتاً . قانون نيوتن الثاني، كما وضعه، هو

$$\vec{F} = \Delta \vec{P} / \Delta t \quad \dots\dots(1-26)$$

و منه ينتج أن : $\vec{F} \Delta t = \Delta \vec{P}$ أيضاً $\vec{F} \Delta t = \Delta(m\vec{V})$.
و إذا كانت m ثابتة فإن :

$$\vec{F} \Delta t = m(\vec{V}_f - \vec{V}_i) \quad \dots\dots(1-27)$$

1-4-7-3 التصادمات و الانفجارات Collisions and Explosions

في حالة التصادمات و الانفجارات يكون المجموع المتجهي لكميات التحرك قبل الحدث مباشرة

مساويا للمجموع المتجهي لكميات التحرك بعد الحدث مباشرة . و علي ذلك، فإذا تصادم جسمان

كتلتاهما m_1 ، m_2 فإن :

كمية التحرك الكلية قبل التصادم =كمية التحرك الكلية بعد التصادم.

$$m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2 = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 \dots\dots(1-28)$$

حيث $\vec{u}_1$ و $\vec{u}_2$ هما سرعتا الجسمين قبل التصادم، و $\vec{v}_1$ و $\vec{v}_2$ هما سرعتا

الجسمين بعد التصادم. و في بعد واحد تكون المركبات في المعادلة علي الصورة:

$$m_1u_{1x} + m_2u_{2x} = m_1v_{1x} + m_2v_{2x} \dots\dots(1-29)$$

و بالمثل نحصل علي المعادلة في حالة مركبات y , z . تذكر أن الكميات المتجهة يعبر عنها

دائما بحروف ثقيلة، و أن السرعة كمية متجهة. من ناحية أخرى

$u_{1x}, u_{2x}, v_{1x}, v_{2x}$ هي القيم القياسية للسرعات (يمكن أن تكون موجبة

أو سالبة). يتم إختيار الإتجاه الموجب منذ البداية و المتجهات التي في عكس اتجاهه يكون لها قيم

قياسية عددية سالبة.

التصادم المرن Elastic Collision

هو ذلك التصادم الذي لا يتغير خلاله مجموع طاقات الحركة الإنتقالية للأجسام. و في حالة

جسمين يكون:

$$\frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 \dots\dots(1-30)$$

معامل الارتداد Coefficient of Restitution

يعرف معامل الارتداد e في أي تصادم بين جسمين يتحركان فقط علي طول خط مستقيم (علي سبيل المثال المحور x) برقم يعطي من المعادلة:

$$e = \frac{v_{2x} - v_{1x}}{u_{1x} - u_{2x}} \dots\dots(1-31)$$

حيث u_{1x}, u_{2x} هما قيمتا السرعة قبل التصادم، و v_{1x} و v_{2x} هما

قيمتا السرعة بعد التصادم. لاحظ أن $|u_{1x} - u_{2x}|$ يعطي مقدار السرعة النسبية

للإقتراب، و $|v_{1x} - v_{2x}|$ هو مقدار السرعة النسبية للترجع. في حالة التصادم المرن

تماما يكون المعامل $e = 1$ ، و بالنسبة للتصادمات الغير مرنة يكون $e < 1$. و إذا التصق

الجسمان معا بعد التصادم فإن $e = 0$.

مسائل محلولة:-

1- رصاصة كتلتها 2 جرام بسرعة 2820 متر / ث تصدم كتلة خشبية معلقة بخيط خفيف، أوجد

السرعة التي تكتسبها كتلة الخشب علماً بأن كتلتها 280 جراماً، وأن الرصاصة استقرت بداخلها.

الحل:

كمية الحركة قبل التصادم = كمية الحركة بعد التصادم

السرعة الابتدائية لكتلة الخشب v_1 تساوي صفراً، كما أن السرعة النهائية للرصاصة تصير نفس

السرعة النهائية لكتلة الخشب حيث إنهما أصبحا جسماً واحداً.

كتلة الرصاصة m وكتلة الخشب M .

$$mv_1 + mv_2 = mv'_1 + mv'_2$$

$$v_2 = 0,$$

$$v'_2 = \frac{m}{M+m} v_1 = \frac{2}{280+2} \times 2820 = 20 \text{ m/s}$$

2- سلم طوله 5 أمتار وكتله 25 كيلوجرام مركز ثقله يبعد مسافة 2 متر من طرفه السفلي. ويحمل

السلم كتلة مقدارها 5 كيلوجرام في طرفه العلوي. أحسب الشغل اللازم لرفع السلم من وضع أفقي

على الأرض إلى وضع عمودي ؟

الحل:-

وزن السلم = الكتلة $\times$ عجلة الجاذبية الأرضية

$$W = 25 \text{ kg} \times 9.8 = 245 \text{ N}$$

وزن الكتلة 5 كيلوجرام

$$W = 5 \text{ kg} \times 9.8 = 49 \text{ N}$$

الشغل المبذول لرفع مركز ثقل السلم مسافة 2 متر = وزن السلم $\times$ المسافة

$$W = 245 \times 2 = 490 \text{ J}$$

الشغل المبذول لرفع الثقل 49 نيوتن مسافة 5 أمتار = الوزن $\times$ المسافة

$$49 \times 5 = 245 \text{ J}$$

الشغل الكلي المبذول =

$$W = 490 + 245 = 735 \text{ J}$$

3- كتلتان غير مرنتين قيمتهما 4 كيلوجرام و 16 كيلوجرام تتحركان نحو بعضيهما في اتجاهين متضادين بسرعة 5 m/s و 3 m/s على الترتيب. أحسب قيمة السرعة المحصلة عند التصادم إذا ما إلتصقتا معاً نتيجةً لذلك ؟

الحل:-

بتطبيق قانون بقاء كمية التحرك للمجموعة المكونة من الكتلتين نجد أن:- كمية تحرك المجموعة

قبل التصادم = كمية تحرك المجموعة بعد التصادم

$$16 \times 3 - 4 \times 5 = (16 + 4) \times v$$

$$48 - 20 = 20 v$$

$$\therefore v = 28/20 = 1.4 \text{ m/s}$$

وهي في نفس اتجاه سرعة كتلة ال 16 كلوجرام.

مركز الكتلة Center of Mass

مركز الكتلة لجسم (كتلته m) هو النقطة الوحيدة التي تتحرك بنفس الطريقة التي تتحرك بها

كتلة نقطية (كتلتها m) عندما تتعرض لنفس القوى الخارجية المؤثرة علي الجسم. أي أنه إذا كانت

$\vec{F}$ هي القوة المحصلة المؤثرة علي جسم ما كتلته m (أو مجموعة أجسام كتلتها m) ، فإن

عجلة مركز الكتلة (أو النظام) تعطي بالعلاقة:

$$\vec{a}_{cm} = \vec{F} / m \quad \dots\dots(1-32)$$

و إذا اعتبرنا الجسم مكوناً من كتل دقيقة $m_1, m_2, m_3, \dots$ و هكذا، عند إحداثيات

$(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), \dots$ و هكذا، فإن إحداثيات مركز الكتلة تعطي من

$$x_{cm} = \frac{\sum x_i m_i}{\sum m_i}, y_{cm} = \frac{\sum y_i m_i}{\sum m_i}, z_{cm} = \frac{\sum z_i m_i}{\sum m_i}$$

حيث تمتد عمليات الجمع لتشمل جميع الكتل المكونة للجسم. في وجود مجال جاذبية منتظم ينطبق مركز الكتلة و مركز الجاذبية.

8-1 الحركة الزاوية في مستوي Angular Motion in a Plane

1-8-1 الإزاحة الزاوية:

يعبر عن الإزاحة الزاوية (θ) عادة بالزوايا نصف القطرية، أو بالدرجات أو بالدورات.

$$1 \text{ rev} = 360^\circ = 2\pi \text{ rad} \quad \text{أو} \quad 1 \text{ rad} = 57.3^\circ$$

وحدة الزاوية نصف القطرية هي الزاوية المركزية المقابلة لقوس مساوٍ في الطول لنصف قطر الدائرة.

و من ثم فإن زاوية ما θ بوحدات الزوايا نصف القطرية تعطي بدلالة طول القوس L الذي تقابله

غلي دائرة نصف قطرها r من العلاقة:

$$\theta = \frac{L}{r} \quad \dots\dots(1-33)$$

مقياس الزاوية بالتقدير الدائري و هو عدد بلا أبعاد. الزوايا القطرية مثل الدرجات، ليست وحدة فيزيائية. الزاوية نصف القطرية مثل الدرجات، ليست وحدة فيزيائية: الزاوية نصف القطرية لا يمكن التعبير عنها بوحدات المتر أو الكيلو جرام أو الثانية و مع ذلك فإننا سوف نستخدم الاختصار rad لذكرنا بأننا نتعامل مع زوايا نصف قطرية.

2-8-1 السرعة الزاوية Angular Velocity

السرعة الزاوية (ω) لجسم ما محور دورانه ثابت هي المعدل الذي تتغير به إحداثياته الزاوية أي إزاحته الزاوية θ مع الزمن. إذا تغيرت θ من θ_i إلى θ_f خلال زمن t ، فإن متوسط السرعة الزاوية يكون

$$\omega_{av} = \frac{\theta_f - \theta_i}{t} \quad \dots\dots(1-34)$$

وحدات ω_{av} هي علي وجه الحصر rad/s . وحيث أن كل لفة كاملة أو دورة للنظام الدوار تحمله خلال $2\pi rad$ فإن:

$$\omega = 2\pi f \quad \dots\dots(1-35)$$

حيث f التردد مقاساً بعدد الدورات في الثانية، أو اللفات في الثانية. و طبقاً لذلك فإن ω تسمى أيضاً التردد الزاوي. يمكننا أن نجعل ω مصحوبة بإتجاه، و بذلك يكون لدينا كمية متجهة

هي $\vec{\omega}$ ، و هكذا، إذا أشارت أصابع اليد اليمنى إلى اتجاه الدوران فإن الإبهام يشير إلى محور الدوران في اتجاه $\vec{\omega}$ ، متجه السرعة الزاوية.

3-8-1 العجلة الزاوية Angular Acceleration α

العجلة الزاوية لجسم ما محور دورانه ثابت هي المعدل الذي به تتغير السرعة الزاوية مع

الزمن. إذا كانت السرعة الزاوية تتغير بانتظام من ω_i إلى خلال ω_f زمن t فإن العجلة الزاوية تكون ثابتة و تعرف بالمعادلة:

$$\alpha = \frac{\omega_f - \omega_i}{t} \quad \dots\dots(1-36)$$

وحدات نموذجياً هي $\frac{rad}{s^2}$ ، $\frac{rev}{s^2}$ ، و ما شابه ذلك.

4-8-1 معادلات الحركة الزاوية بعجلة منتظمة

معادلات الحركة الزاوية بعجلة منتظمة تماثل تماماً معادلات الحركة الخطية بعجلة منتظمة.

بإستخدام الرموز يكون لدينا:

الحركة الخطية	الحركة الزاوية
$V_{av} = \frac{1}{2} (V_i + V_f)$	$\omega_{av} = \frac{1}{2} (\omega_i + \omega_f)$
$S = V_{av}t$	$\theta = \omega_{av}t$
$V_f = V_i + at$	$\omega_f = \omega_i + \alpha t$

$V_f^2 = V_i^2 + 2aS$	$\omega_f^2 = \omega_i^2 + 2\alpha\theta$
$S = V_i t + \frac{1}{2} a t^2$	$\theta = \omega_i t + \frac{1}{2} \alpha t^2$

1-8-5 العلاقات بين الكميات الزاوية و المماسية

عندما تدور عجلة نصف قطرها r حول محورها ذي الإتجاه الثابت، فإن نقطة علي حافة العجلة توصف بدلالة المسافة المحيطية l ، التي تحركتها، سرعتها المماسية V ، و عجلتها المماسية a_T . هذه الكميات ترتبط بالكميات الزاوية θ ، ω ، α التي تصف دوران العجلة من خلال العلاقات:

$$l = r\theta \quad V = r\omega \quad a_T = r\alpha$$

بشرط إستخدام مقياس الزاوية نصف القطرية لكل من θ ، ω ، α .

بتفسير بسيط، يمكن إيضاح أن l هي طول السير الملفوف علي العجلة أو المسافة التي ستدورها العجلة (بدون إنزلاق) إذا كانت تستطيع الحركة بحرية. في مثل هذه الحالات ، V و a_T تشير إلي السرعة المماسية و العجلة المماسية لنقطة علي السير أو في مركز العجلة.

1-8-6 التسارع المركزي Centripetal Acceleration

تنشأ عجلة لحركة جسم نقطي كتلته m عندما يتحرك بسرعة ثابتة V حول دائرة نصف قطرها r . و بالرغم من أن مقدار سرعته الخطية غير متغير إلا أن إتجاه السرعة

متغير باستمرار. هذا التغير في السرعة هو الذي يسبب عجلة الجسم a_c في إتجاه مركز الدائرة. تسمى هذه العجلة ((العجلة الجاذبة المركزية)) و تعطي قيمتها بالعلاقة:

$$a_c = \frac{(\text{tangential speed})^2}{\text{radius of circular path}} = \frac{V^2}{r} \quad (1-37)$$

حيث V هي سرعة الكتلة المتحركة حول محيط الدائرة.

و بما أن $V = r\omega$ ، فإن لدينا أيضاً $a_c = r\omega^2$ ، حيث يجب أن تكون ω

بوحدة rad/s . لاحظ أن كلمة ((عجلة)) تستخدم عادة في الفيزياء علي أنها كمية قياسية أو

كمية متجهة. و لحسن الحظ لا يحدث في العادة أي لبس.

7-8-1 القوة المركزية الجاذبة Centripetal Force

القوة المركزية الجاذبة $\vec{F}_c$ هي القوة التي يجب أن تؤثر علي كتلة متحركة في

مسار دائري نصف قطره r لتكسبها عجلة جاذبية V^2/r . من القانون يكون لدينا:

$$F_c = \frac{mV^2}{r} = mr\omega^2 \quad \dots\dots(1-38)$$

حيث تتجه $\vec{F}_c$ نحو مركز المسار الدائري.

9-1 دوران الأجسام المصمتة Rigid-Body Rotation

1-9-1 عزم دوام الحال Momoent of Inertia

عزم القصور الذاتي I لجسم هو مقياس القصور الدوراني للجسم. إذا تحرك جسم ما حراً ليدور حول محور، و كان من الصعب أن يبدأ في الدوران، فإن عزم قصوره الذاتي حول ذلك المحور يكون كبيراً، الجسم الذي له عزم قصور ذاتي I صغير يكون قصوره الدوراني ضئيلاً. فإذا ما اعتبرنا أن جسماً ما يتكون من كتل صغيرة m_1 ، m_2 ، m_3 ، تبعد كل منها علي التوالي r_1 ، r_2 ، r_3 عن محور معين فإن عزم قصوره الذاتي I حول هذا المحور هو:

$$I = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + m_3 r_3^2 + \dots = \sum m_i r_i^2 \quad \text{..(1-39)}$$

وحدات I هي $kg.m^2$.

اصطلاح علي تعريف نصف قطر التدويم k لجسم ما حول محور بالمعادلة:

$$I = Mk^2 \quad \text{، حيث } M \text{ الكتلة الكلية للجسم. إذن } k \text{ هي بعد كتلة نقطية}$$

M عن المحور إذا كان لها نفس القصور الذاتي I للجسم.

2-9-1 عزم القوة و العجلة الزاوية

Torque and Angular Acceleration_

العزم المؤثر على جسم قصوره الذاتي I يكسبه عجلة زاوية تعطى بالمعادلة

$$L = I\alpha \quad \text{.....(1-40)}$$

هنا وحدات L هي $N.m$ ، وحدات I هي $Kg.m^2$ ، وحدات α هي $rad S^{-1}$

3-9-1 طاقة الحركة الدورانية Kinetic Energy of Rotation

طاقة الحركة الدورانية (K_{Er}) لكتلة ما قصورها الذاتي حول محور هو I ، ودورانها حول المحور بسرعة زاوية ω ، هي:

$$K_{Er} = \frac{1}{2} I \omega^2 \quad \dots\dots\dots(1-41)$$

حيث يعبر عن الطاقة بوحدة الجول والسرعة الزاوية ω بوحدة rad/s

4-9-1 Combined Rotation and Translation الانتقال بين الدوران والانتقال

طاقة حركة كرة متدحرجة أو أى جسم متدحرج أو كتلة M هي حاصل جمع:

1. طاقة حركة (الدورانية) حول محور يمر بمركز كتلة

2. طاقة الحركة (الانتقالية) ككتلة نقطية مكافئة تتحرك مع مركز الكتلة . باستخدام الرموز .

$$KE_{total} = \frac{1}{2} I \omega^2 + \frac{1}{2} M v^2 \quad \dots\dots\dots(1-42)$$

لاحظ ان I هو عزم القصور الذاتي للجسم حول محور يمر بمركز الكتلة.

5-9-1 Rotational Work الشغل الدورى

الشغل (W) المبذول على جسم حركته دورانية أثناء إزاحة زاوية بواسطة عزم ثابت يعطى بالمعادلة:

$$W = \tau \theta \quad \dots\dots\dots(1-43)$$

حيث يعبر عن W بوحدة الجول و بوحدة نصف قطرية .

6-9-1 Rotational power القدرة الدورانية

القدرة (P) المنقولة إلى جسم بواسطة عزم تعطى بالمعادلة:

$$P = \tau \omega \quad \dots\dots\dots(1-44)$$

حيث τ العزم المطبق حول محور الدوان، و ω السرعة الزاوية حول نفس المحور.

1-9-7 الدفع الزاوى Angular Impuse

مقدار الدفع الزاوى هو τt ، حيث t الزمن الذى يؤثر خلال العزم الثابت على الجسم . بالتناظر مع الحالة الخطية فإن الدفع الزاوى على جسم يحدث تغيرا فى كمية التحرك الزاوى للجسم يعطى بالمعادلة:

$$\tau t = I\omega_f - I\omega_i \quad \dots\dots\dots(1-45)$$

1-9-8 الاندفاع الزاوي Angular Momentum

كمية التحرك الزاوى هى كمية متجهة لها المقدار $I\omega$ وتتجه على طول محور الدوران. إذا كان العزم المحصل على جسم يساوى صفرا، فإن كمية تحرك ه الذاتى سوف تظل ثابتة فى المقدار والاتجاه . وهذا هو قانون حفظ الاندفاع الزاوي.

1-9-9 نظرية المحور الموازى Parallel .Axi Theorem

عزم القصور الذاتى I لجسم حول محور موازى لمحور مار بمركز الكتلة هو:

$$I = I_{cm} + Mh^2 \quad \dots\dots\dots(1-46)$$

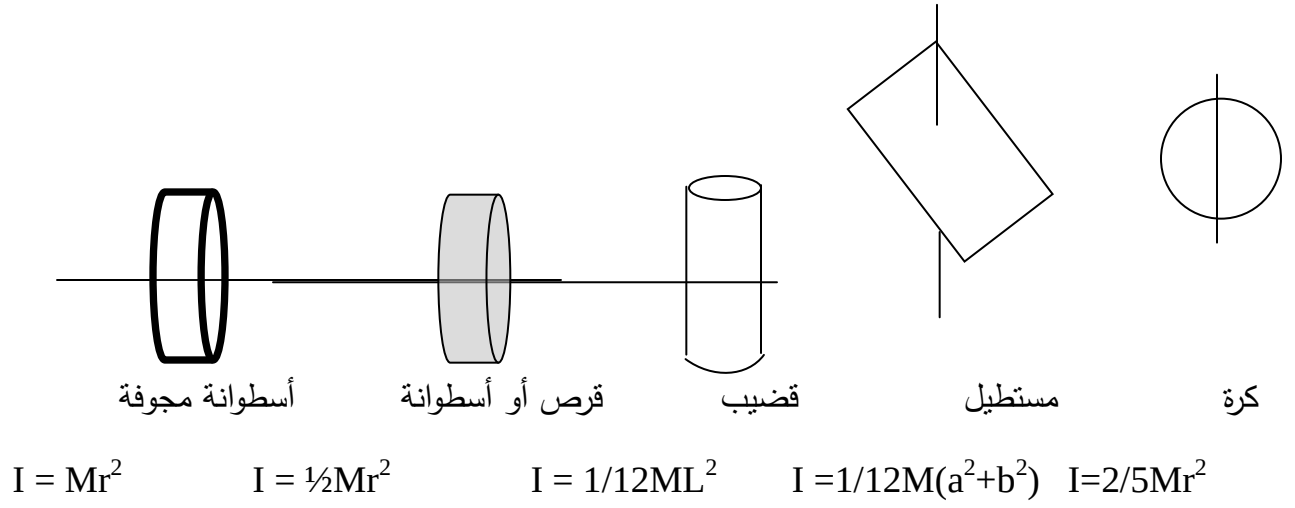
حيث I_{cm} = عزم القصور الذاتى (دوام الحال) حول محور مار بمركز الكتلة.

M = الكتلة الكلية للجسم.

H = المسافة العمودية بين المحورين المتوازيين

عزم القصور الذاتى (حول محور مار بمركز الكتلة) لعدة أجسام منتظمة، كل منها كتلة M موضحة

فى الشكل أدناه:



شكل (1-5)

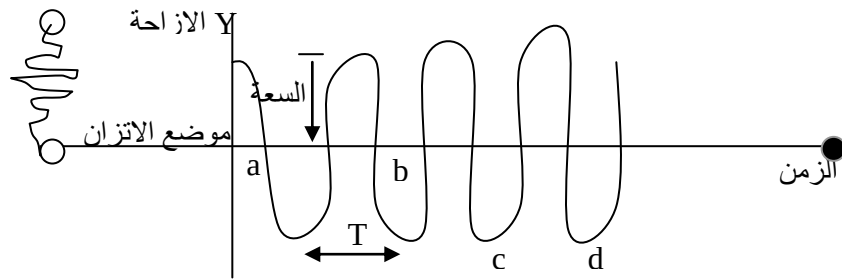
10-1 الحركة التوافقية البسيطة Simple Harmonic Motion

1-10-1 الزمن الدورى Period

الزمن الدورى (T) لنظام دورى ما، أى النظام الذى يتذبذب أو يدور على نمط تكرارى، هو الزمن اللازم لذلك النظام لى يكمل دورة كاملة. وفى حالة التذبذب يكون الزمن الدورى هو الزمن الكلى لحركة النظام ذهابا وإيابا.

2-10-1 التردد Frequency

التردد (f) هو عدد الذبذبات لكل وحدة زمنية، أو عدد الدورات فى الثانية وحيث أن (t) هو زمن ذبذبة واحدة، فإن $f=1/t$. وحدة التردد الهيرتز. حيث أن الهيرتز (Hz) الواحدة = ذبذبة واحدة/ث. التمثيل البيانى للحركة التذبذبية الموضح فى الشكل أدناه يبين إهتزازات كتلة ما إلى أعلى وإلى أسفل عند طرف زنبرك. الذبذبة الواحدة الكاملة تبدأ من a وتنتهى عند b، او من c إلى d . الزمن الذى يستغرقه ذبذبة واحدة هو الزمن الدورى T .



شكل (1-6)

3-10-1 الازاحة Displacement

الازاحة (y أو x) هى المسافة التى يقطعها الجسم المتذبذب من موضع إترانه (وضع السكون المادى)، أى من مركز مسارة الاهتزازى. أقصى إزاحة تسمى (السعة).

1-10-4 قوة رد الفعل Restoring Force

قوة الاسترجاع هى تلك القوة التى تعمل فى عكس إزاحة النظام، وهى ضرورية لحدوث الاهتزاز. بعبارة أخرى ، قوة الاسترجاع تتجه دائما بحيث تدفع او تجذب النظام ليرجع إلى موضع إترانه (السكون العادى). بالنسبة لكتلة فى طرف زنبرك مشدود ، الزنبرك يجذب الكتلة إلى الوراء أو نحو موضع الاتزان ، بينما الزنبرك المضغوط يدفع الكتلة إلى الامام نحو موضع الاتزان .

1-10-5 الحركة التوافقية البسيطة

الحركة التوافقية البسيطة (SHM) هى الحركة التذبذبية التى يتحركها جسم ي خضع لقانون هوك. وتسمى بالحركة الجيبية ونظامها يتذبذب بتردد ثابت وحيد. وهذا ما يجعلها توافقية بسيطة.

1-10-6 قانون هوك Hooke's law

النظام الهوكى (زنبرك ، قضيب ، سلك، ..) هو ذلك النظام الذى يعود إلى هيئته الاصلية بعد تشويبه ثم تركه .

فضلا عن ذلك ، عندما تحدث إستطالة X فى مثل هذا النظام (عند الانضغاط تكون X سالبة) فإن قوة الاسترجاع المبذولة بواسطة الزنبرك تعطى بقانون هوك :

$$F = -k x \quad \dots\dots\dots (1-47)$$

الاشارة السالبة تعنى ان قوة الاسترجاع تكون دائما فى عكس إتجاه الازاحة. وحدات ((ثابت الزنبرك))

K هى نيوتن لكل متر (N/M) وهو مقياس لصلابة الزنبرك . كل زنبرك تقريبا يخضع لقانون هوك

فى حالة التشوهات الصغيرة. من المفيد أحيانا التعبير عن قانون هوك بدلالة F_{ext} ، أى القوة

الخارجية اللازمة لاستطالت الزنبرك كمية معينة X . هذه القوة هي سالب قوة الاسترجاع وبهذا

$$F_{\text{ext}} = kx \quad , \text{ يكون}$$

7-10-1 طاقة الوضع المرنة Elastic potential Energy

طاقة الوضع المرونية المخزنة في زنبرك هوكي تعرضت لتشويه على هيئة إستطالة x ، تساوى

$$\frac{1}{2} KX^2 \quad \text{إذا كانت سعة الحركة هي } x_0 \text{ بالنسبة لكتلة عند طرف زنبرك ، فإن طاق ة النظام}$$

المتذبذب هي $\frac{1}{2} KX_0^2$ فى جميع الاوقات. لكن هذه الطاقة تكون مخزنة بالكامل فى الزنبرك فقط

عندما تكون $X = \pm x_0$ ، أى عندما تكون الكتلة عند أقصى إزاحة لها.

8-10-1 حفظ الطاقة Conservation of Energy

التبادل الطاقى بين طاقتى الحركة والوضع يحدث على نحو ثابت فى النظام التذبذبى. عندما يمر

النظام بموضع الاتزان تكون طاقة الحركة أكبر مايمكن وطاقة الوضع تساوى صفرا. وعندما يكون

النظام عند أقصى إزاحة له فإن طاقة الحركةتساوى صفرا بينما تكون طاقة الوضع أكبر مايمكن .

ومن قانون حفظ الطاقة فى عدم وجود فقد من الاحتكاكى،تكون:

طاقة الحركة+طاقة الوضع المرونية=مقدار ثابت

بالنسبة لكتلة m في طرف زنبرك(كتلته الخاصة يمكن إهمالها)، هذه المعادلة تصبح:

$$\frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} kx_0^2 \dots\dots\dots(1-48)$$

حيث x_0 هي سعة الحركة(الازاحة من نقطة التوازن).

مقدار السرعة في الحركة التوافقية البسيطة تحدد بواسطة قانون هوك، $F = ma$ ، $F = -KX$

بمجرد إزاحة النظام وتركه فإنه يعمل تحت تأثير قوة الاسترجاع. مساواة هاتين المعادلتين بالنسبة

إلى F تؤدي إلى :

$$a = -\frac{K}{m} X \dots\dots\dots(1-49)$$

الإشارة السالبة تعني أن اتجاه a و F يكون دائماً معاكساً لاتجاه الإزاحة X . تذكر أن كلاً من

a و F ليست ثابتة.

9-10-1 دائرة المرجع أو الإسناد Reference Circle

افترض أن نقطة P تتحرك بسرعة ثابتة V_0 حول دائرة كما في الشكل (2.3). هذه الدائرة تسمى

دائرة المرجع أو دائرة الاسناد للحركة التوافقية البسيطة.

النقطة A هي مسقط النقطة P على المحور X الذي ينطبق على القطر الأفقي للدائرة.

حركة النقطة A الى الخلف والى الامام حول نقطة المركز O هي حركة توافقية بسيطة. سعة

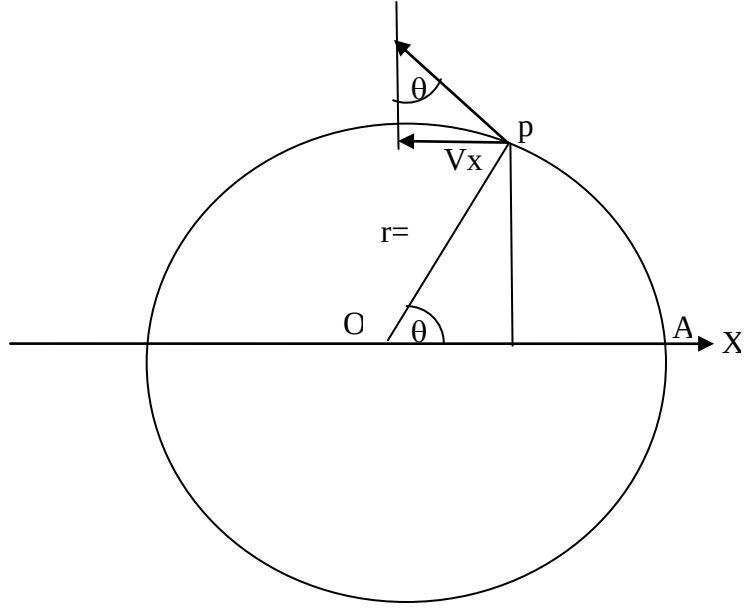
الحركة هي x_0 وهو نصف قطر الدائرة . الزمن اللازم لكي تدور P مرة واحدة حول الدائرة هو

الزمن الدوري T للحركة، السرعة V_0 للنقطة A لها مركبة قياسية في اتجاه X .

$$V_X = - V_0 \sin \theta \dots\dots\dots(1-50)$$

عندما تكون هذه الكمية موجبة. فان V_X تتجه في الاتجاه الموجب للمحور X ، وعندما تكون سالبة

فان V_X تتجه في الاتجاه السالب للمحور X .



شكل (1-7)

10-10-1 الزمن الدوري في الحركة التوافقية البسيطة Period in Motion

الزمن الدوري T لحركة توافقية بسيطة هو الزمن الذي تستغرقه النقطة P لتدور مرة واحدة حول دائرة المرجع:

$$T = \frac{2\pi}{V_0} = \frac{2\pi X_0}{V_0} \quad (1-51)$$

لكن V_0 هي أقصى سرعة للنقطة A في الشكل السابق، أي أن V_0 هي قيمة $|V_x|$ في الحركة التوافقية البسيطة عندما تكون $X=0$ ، أي أن:

$$|V_x| = \sqrt{(X_0^2 - X^2) \frac{K}{m}} \quad |V_0| = X_0 \sqrt{\frac{K}{m}} \quad \text{تعطي} \quad (1-52)$$

وينتج أن الزمن الدوري للحركة التوافقية البسيطة يعطي من المعادلة:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}} \quad (1-53)$$

وذلك بالنسبة لنظام يتذبذب طبقاً لقانون هوك.

بحذف الكمية $\frac{K}{m}$ بين المعادلتين $a = -(\frac{K}{m})X$ و $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$ نحصل على:

$$a = -\frac{4\pi^2}{T^2} X \quad (1-54)$$

1 10 14 البندول البسيط Simple Pendulum

البندول البسيط من نماذج الحركة التوافقية البسيطة، ويتركب من كتلة صلبة معلقة في خيط، إذا

أزيحت جانباً ثم تركت حرة فإنها تتذبذب في حركة توافقية تحت تأثير الجاذبية الأرضية.

البندول البسيط تكون حركته قريبة جداً من الحركة التوافقية البسيطة إذا لم تكن زاوية تأرجحه كبيرة.

بالنسبة لبندول طوله L في موضع به عجلة الجاذبية g يكون الزمن الدوري للتذبذب هو

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \quad (1-55)$$

الحركة التوافقية البسيطة يمكن التعبير عنها في صورة تحليلية بالرجوع إلى الشكل السابق حيث نرى

أن الازاحة الأفقية للنقطة P تعطى بالمعادلة $X = X_0 \cos \theta$ ، وبما أن $\theta = \omega t = 2\pi f t$ ، حيث

التردد الزاوي $\omega = 2\pi f$ هو السرعة الزاوية لنقطة المرجع على الدائرة . فان:

$$X = X_0 \cos 2\pi f t = X_0 \cos \omega t \quad (1-56)$$

بالمثل المركبة الرأسية لحركة P تعطى بالمعادلة :

$$\begin{aligned} Y &= Y_0 \sin 2\pi f t = Y_0 \sin \omega t \\ V_x &= V_0 \sin 2\pi f t \end{aligned} \quad (1-57)$$

مثال:

لمبة معلقة في سقف عالي بخيط طوله 3.6 m أوجد الزمن الدوري للتذبذب؟

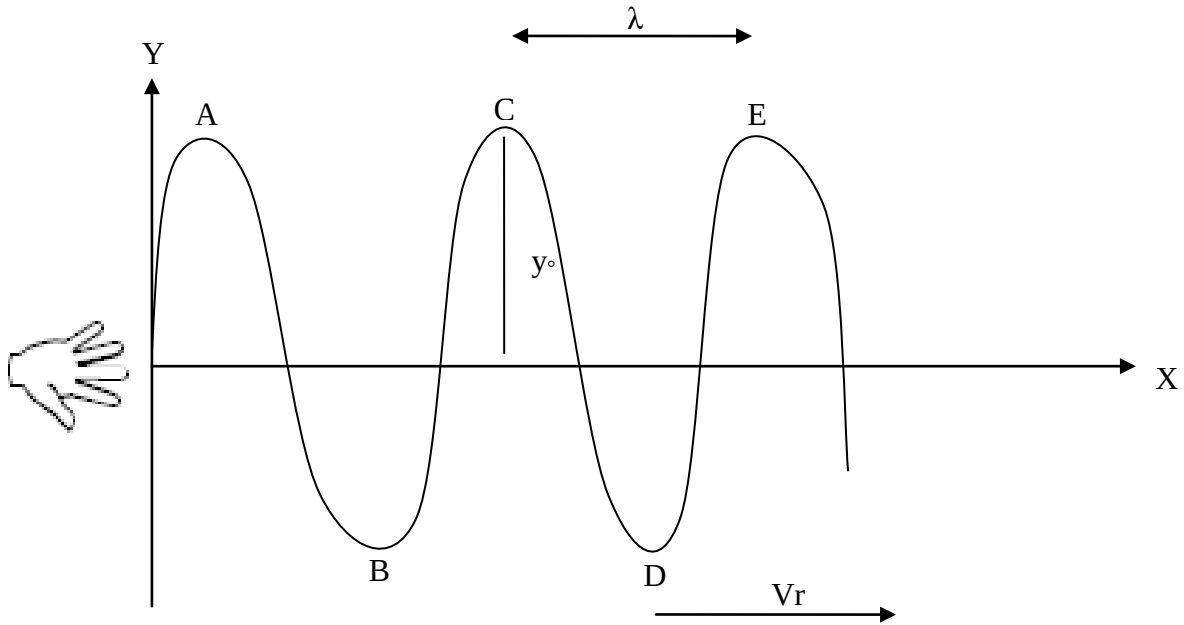
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{3.6}{9.8}} = 3.85s$$

11-1 الموجات Waves

1-11-1 Transvers Waves الموجات المستعرضة

الموجات المنتشرة Propagation Waves

هي إنتقال الطاقة والاندفاع الخطي من مكان الى آخر من غير إنتقال جزيئات الوسط بالحركة الاهتزازية. الموجات الميكانيكية هي ظواهر كلية تنشأ من حركة الجسيمات المكونة للوسط. الموجة تتقدم، لكن جسيمات الوسط تتذبذب فقط في أماكنها. تولدت الموجة على الوتر الموضح في الشكل أدناه بواسطة اهتزاز اليد اهتزازاً جيبياً عند طرفه. الموجة تزيد عدد الاهتزازات السابقة للمصدر. تحمل الطاقة بواسطة الموجة من المصدر إلى اليمين على طول الوتر. هذا الاتجاه، اتجاه إنتقال الطاقة يسمى اتجاه أو خط انتشار الموجة



شكل (1-8)

كل جسيم من الحبل (مثل ذلك الذي عند النقطة C) يهتز إلى أعلى و إلى أسفل، عمودياً على خط الانتشار. أي موجة يكون فيها اتجاه الاهتزاز عمودياً على اتجاه الانتشار تسمى (موجة مستعرضة). في مقابل ذلك بالنسبة للموجات الصوتية يكون اتجاه الاهتزاز موازياً لاتجاه الانتشار وتسمى هذه الموجة بالطولية أو التضاغطية.

2-11-1 مصطلحات الموجة:-

1-2-11-1 الزمن الدوري (T) :

الزمن الدوري لموجة هو الزمن الذي تستغرقه الموجة لعمل دورة كاملة واحدة.

2-2-11-1 التردد (f) :

التردد لموجة هو عدد الدورات لكل ثانية . ويكون $f = \frac{1}{T}$. أعلى نقاط على الموجة مثل A و C تسمى قمم الموجة والنقاط السفلى مثل B و D تسمى قيعان وبمرور الزمن تتحول القمم والقيعان إلى اليمين بسرعة (V) وهي سرعة الموجة.

Amplitude السعة 3-2-11-1

السعة لموجة هي أقصى إضطراب لها أثناء دورة اهتزازية هي المسافة Y_0 في الشكل أعلاه.

4-2-11-1 الطول الموجي (λ) :

الطول الموجي هو المسافة على طول اتجاه الانتشار بين نقطتين متناظرتين على الموجة.

$$S = vt \text{ أو } \lambda = vT = \frac{v}{f}, v = f\lambda \quad (1-58)$$

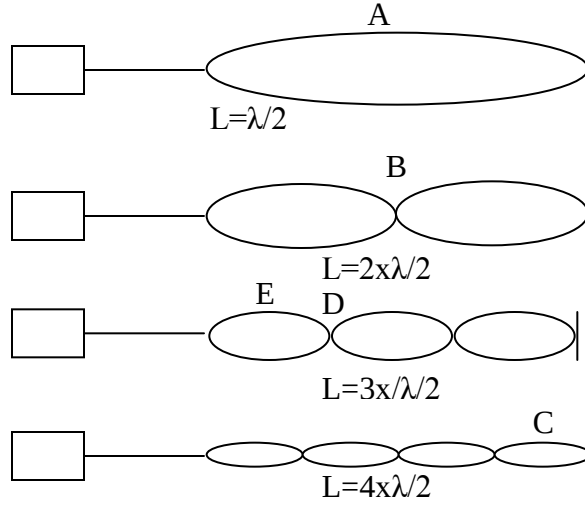
هذه العلاقات صحيحة لجميع الموجات.

3-11-1 الاهتزازات المتطاورة In-phase Vibrations

توجد عند نقطتين على الموجة اذا كانت هاتان النقطتان تصدران ذبذبات في نفس الاتجاه، مثل ذلك عند A و C في الشكل السابق تتذبذب متطاورة، حيث أنها تتحرك إلى أعلى معاً وإلى أسفل معاً. تكون الذبذبات متطاورة إذا كانت النقط تفصلهما مضاعفات صحيحة للطول الموجي. الجزءان من الوتر عند A و B يتذبذبان عكس بعضهما، ويقال للذبذبات عندئذ أنها خارجة عن الطور بمقدار 180^0 أو نصف دورة.

4-11-1 الموجات الموقوفة Standing Waves

يكون النظام في حالة رنين عند ترددات تذبذبية معينة. أي أنه يستطيع أن يمتص الطاقة بكفاءة من مصدر دافع في وسطه المحيط الذي يهتز بذات التردد كما في الشكل أدناه . هذه النماذج التذبذبية وما يماثلها تسمى ((موجات موقوفة أو مستقرة)) مقارنة بالموجات المنتشرة المذكورة من قبل. وربما يكون من الافضل أن لا نسميها موجات على الإطلاق، نظراً لأنها لا تنقل طاقة ولا كمية تحرك. النقاط الموقوفة (في الشكل 2-4 مثل B و D تسمى عقداً Nodes) والنقط التي تتحرك أكبر مايمكن (مثل A و C و E) تسمى بطوناً Antinodes . المسافة بين عقدتين متجاورتين (أو بطنين متجاورين) تساوي $\frac{\lambda}{2}$. نطلق على الجزء من الوتر فيما بين عقدتين متجاورتين أسم (عروة أو فلكة أو قطعة) ويكون طول العروة هو أيضاً $\frac{\lambda}{2}$.



شكل (1-9)

5-11-1 الرنين Resonance

يكون الوتر في حالة رنين فقط عند قيم خاصة معينة للطول الموجي، إذ يجب أن يكون الطول الموجي بحيث يحقق مضاعفات صحيحة لعروات الموجة (كل عروة طولها $\frac{\lambda}{2}$). توافق طول الوتر تماماً. ويحدث التوافق التام عندما توجد عقد وبطنون في الأماكن التي تتطلبها قيود الحركة على الوتر. وبصورة خاصة النهايتان الثابتتان للوتر يجب أن تكون عقدتين. وتكون العلاقة بين الطول الموجي λ وطول الوتر الرنان L هي: $L = n(\lambda/2)$ ، حيث n هي أي عدد صحيح. وبما أن $\lambda = VT = V/f$ فإنه كلما كان طول العروة قصيراً عند الرنين كلما كان تردد الرنين أعلى. فإذا كان التردد الأساسي للرنين هو f_1 فمن الشكل 2-4 ان ترددات الرنين الأعلى تعطي بالمعادلة:

$$F_n = n f_1 \quad (1-59)$$

1-11-6 الموجات الطولية Longitudinal Waves

الموجات الطولية (التضاغطية) هي الموجات التي يكون فيها إتجاه الذبذبة وإتجاه إنتشار الموجة واحد. تحدث على هيئة ذبذبات متحركة بطول أعمدة هوائية، وقضبان صلبة ومايشابهما . عند الرنين توجد عقد عند النقطة المثبتة، مثل الطرف المغلق لعمود هواء في أنبوبة، أو موضع ماسك على قضيب.

1-11-7 موجات الصوت Sound Waves

موجات الصوت عبارة عن موجات ميكانيكية تضاغطية في وسط مادي مثل الهواء أو الماء أو الصلب. عندما ترتطم تضاغطات وتخلخلات الموجات بطبلة الأذن فإنها تسبب الإحساس بالصوت، شريطة أن يكون تردد الموجات بين 20Hz و 20KHz . الموجات ذات الترددات الأعلى من 20KHz تسمى (موجات فوق صوتية Ultrasound) وتلك التي تردداتها أقل من 20Hz تسمى (موجات تحت سمعية Infrasound) .

1-11-8 معادلات سرعة الصوت

في غاز مثالي كتلته الجزيئية M ودرجة حرارته المطلقة T تعطى سرعة الصوت بالمعادلة:

$$V = \sqrt{\frac{YRT}{M}} \quad (1-60) \quad (\text{غاز مثالي})$$

حيث R هو ثابت الغاز و Y هي نسبة الحرارتين النوعيتين $\frac{C_p}{C_v} Y$ تساوي حوالي 1.67 للغازات

أحادية الذرة (Ar, He, Ne) . وحوالي 1.4 للجزيئات ثنائية الذرة (H₂, O₂, N₂) . سرعة موجات

التضاغط في المواد الأخرى تعطى بالمعادلة:

$$\text{سرعة الصوت} = \sqrt{\text{معامل المرونة} / \text{الكثافة}}$$

إذا كانت المادة على هيئة قضيب، فإنه يستخدم معامل يونج Y ، في حالة السوائل يجب استخدام معامل المرونة الحجمية.

9-11-1 سرعة الصوت في الهواء

سرعة الصوت في الهواء عند درجة الصفر المئوي هي 331 m/s تزداد السرعة مع درجة الحرارة بحوالي 0.61 m/s لكل ارتفاع قدره 0.1°C . وبدقة أكبر ترتبط سرعتا الصوت V_1 و V_2 عند درجتى الحرارة المطلقة T_1 و T_2 بالعلاقة:

$$\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} \quad (1-61)$$

لا تعتمد سرعة الصوت بصورة أساسية على الضغط والتردد والطول الموجي.

10-11-1 الشدة Intensity

الشدة (I) لأي موجة هي كمية الطاقة التي تمر في وحدة مساحة في الثانية . وعملياً هي متوسط القدرة المحمولة بواسطة الموجة خلال وحدة المساحة المقامة عمودياً على اتجاه إنتشار الموجة. افترض أن كمية طاقة ΔE حملت خلال فترة زمنية Δt عبر مساحة ΔA عمودياً على اتجاه انتشار الموجة، أذن:

$$I = \frac{\Delta E}{\Delta A \Delta t} = \frac{P_{av}}{\Delta A} \quad (1-62)$$

يمكن إثبات أن الشدة I لموجة صوتية سعتها A_0 وتردها f تنتشر بسرعة V في مادة كثافتها ρ هي:

$$I = 2\pi^2 f^2 \rho V A_0^2 \quad (1-63)$$

إذا كانت وحدات f هي Hz و ρ هي kg/m^3 و V هي m/s و A_0 هي أقصى إزاحة لذرات أو جزيئات الوسط بالمتري ، فإن وحدات I تكون W/m^2 .

11-11-1 الجهارة (الاحساس بالصوت) Loudness

الجهارة هي مقياس الاحساس البشري بالصوت. ومع ان موجة الصوت ذات الشدة العالية يتم استقبالها كصوت أعلى من الموجه ذات الشدة الأقل، إلا أن العلاقة بين الشدة والجهارة بعيدة عن الخطية . ذلك أن الاحساس بالصوت يتناسب على وجه التقريب مع لوغاريثم شدة الصوت لكن العلاقة الصحيحة بين الجهارة والشدة علاقة معقدة وليست واحدة لجميع الأشخاص.

منسوب الشدة (أو الجهارة) β

يعرف بواسطة مقياس إختياري يناظر على وجه التقريب الإحساس بالجهارة . يؤخذ الصفر على هذا المقياس عند شدة موجه صوتية $I_0 = 1.0 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$ وهي تناظر على وجه التقريب أضعف صوت مسموع (عتبة السمع) . وبذلك يعرف منسوب الشدة بوحدات ديسبل بالمعادلة:

$$\beta = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \quad (1-64)$$

مثال:

سرعة الصوت في ماء البحر هي 1531 m/s . أوجد الطول الموجي لموجة صوت في ماء البحر ترددها 256 Hz ؟

الحل:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1531 \text{ m/s}}{256 \text{ Hz}} = 5.98 \text{ m}$$

الباب الثاني

خواص المادة

1-2 الكثافة Density

الكثافة لمادة ما هي الكتلة لوحدة الحجم.

$$\rho = \frac{\text{كتلة الجسم}}{\text{حجم الجسم}} = \frac{m}{V} \quad (2-1)$$

وحدة الكثافة في النظام الدولي للوحدات هي Kg/m^3 ، مع أن وحدة gm/cm^3 تستخدم أيضاً .

كثافة الماء هي 1000kg/m^3 أو 1 gm/cm^3 .

الكثافة النوعية (الوزن النوعي):

الكثافة النوعية لمادة ما هو النسبة بين كثافة المادة وكثافة مادة أخرى عيارية. يعتبر الماء عادة

المادة المعيارية (عند درجة حرارة 4°C) للسوائل و الجوامد ، بينما يعتبر الهواء عادة المادة

المعيارية للغازات.

$$\text{Sp gm} = \rho / \rho_{\text{standard}}$$

حيث أن الوزن النوعي نسبة لا أبعاد لها ، فإن له نفس القيمة في كل نظم الوحدات.

2-2 المرونة

هي الخاصية التي بواسطتها يعود جسم إلى حجمه وشكله الأصليين بعد إزالة القوى التي تؤثر

عليه.

الإجهاد (σ)

الإجهاد الذي يعتري جسمًا صلباً هو مقدار القوة المؤثرة (F) مقسوماً على المساحة (A) التي أثرت عليها.

الإجهاد = القوة / مساحة السطح الواقع تحت تأثير القوة

$$\sigma = F/A \quad (2-2)$$

وحدات الإجهاد هي (الباسكال) Pa ، حيث $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ ، إذا حمل قضيب ثقلاً فإن الإجهاد عند أي نقطة فيه يساوي الثقل مقسوماً على مساحة المقطع عند تلك النقطة، المناطق الأضيق تتعرض لإجهاد أكبر.

الإنفعال (ϵ)

الإنفعال هو التشوه الجزئي الحادث من الإجهاد. ويقاس بالنسبة بين التغير في بعض أبعاد الجسم وبين القيمة الأصلية لهذه الأبعاد التي حدث بها التغير.

الإنفعال = التغير في الإبعاد / الأبعاد الأصلية

وهكذا يكون الإنتقال العادي تحت ثقل محوري هو التغير في الطول (ΔL) على الطول الأصلي L_0 .

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2-3)$$

الإنفعال ليست له وحدات لأنه نسبة بين كميتين متشابهتين.

الحد المرن لجسم ما هو قيمة أقل إجهاد يلزم لإحداث تشويه (إنفعال) دائم في الجسم . عندما يزيد الإجهاد عن هذا الحد المرن فإن الجسم لن يعود تماماً إلى حالته الأصلية بعد زوال الإجهاد.

3-2 معامل يونج (γ)

يطلق عليه معامل المرونة ويعرف بالمعادلة التالية:

معامل المرونة = الإجهاد / الإنفعال

وحدات معامل يونج هي نفس وحدات الإجهاد. القيمة الكبيرة للمعامل تعني أن إجهاداً كبيراً يلزم

لإحداث الإنفعال المطلوب ويعتبر الجسم عندئذ صلباً.

$$\gamma = \frac{F/A}{\Delta L/L_0} = \frac{FL_0}{A\Delta L} \quad (2-4)$$

وحده في النظام الدولي هي الباسكال Pa . بخلاف الثابت في قانون هوك، قيمة γ تعتمد فقط على

مادة السلك أو القضيب وليس على أبعاده أو شكله. وتبعاً لذلك ، فإن معامل يونج يعتبر مقياساً

أساسياً مهماً للسلوك الميكانيكي للمواد.

4-2 معامل المرونة الحجمية (β)

يصف المرونة الحجمية للمادة. افترض أن قوة ضغط موزعة بانتظام تؤثر على سطح جسم في اتجاه

عمودي على السطح عند جميع نقاطه. عندئذ إذا كانت F هي القوة المؤثرة على المساحة A

والعمودية عليها، فإننا نعرف:

$$P = \frac{F}{A} = \text{الضغط على} \quad (2-5)$$

وحدة الضغط في النظام الدولي للوحدات هي الباسكال.

افترض أن الضغط على جسم حجمه الأصلي V_0 قد زيد بكمية ΔP ، زيادة الضغط سببت تغيراً

في الحجم ΔV ، حيث ΔV سيكون سالباً. إذن نعرف كلاً من :

$$\Delta P = \text{الإجهاد الحجمي} \quad \text{والإنفعال الحجمي} = \Delta V/V_0$$

معامل المرونة الحجمي = الإجهاد / الإنفعال

$$\beta = \frac{\Delta P}{\Delta V/V_0} = \frac{V_0 \Delta P}{\Delta V} \quad (2-6)$$

مقلوب معامل المرونة الحجمية يسمى الإنضغاطية K للمادة.

5-2 معامل القص (S)

يصف مرونة شكل المادة . افترض أن زوجاً من القوة F المماسية المتساوية في المقدار والمضادة في الاتجاه يؤثر على جسم مستطيل الشكل . هاتان القوتان القصيتان تشوهان شكل الجسم كما مبين لكن حجم الجسم لا يتغير . والان نعرف:

إجهاد القص = القوة المماسية المؤثرة / مساحة السطح الذي تعرض للقص

$$\sigma_s = \frac{F}{A} \quad (2-7)$$

إنفعال القص = مسافة القص / المسافة بين السطحين

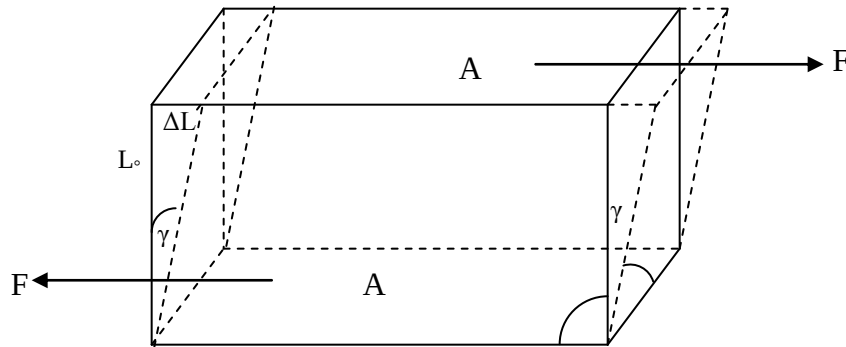
$$\varepsilon_s = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2-8)$$

إذن معامل القص = الإجهاد / الإنفعال

$$S = \frac{F/A}{\Delta L/L_0} = \frac{FL_0}{A\Delta L} \quad (2-9)$$

وبما أن ΔL تكون عادة صغيرة جداً، فإن النسبة $\frac{\Delta L}{L_0}$ تساوي تقريباً زاوية القص γ بالقياس

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



شكل (2-1)

مسائل محلولة:-

1- أحسب الكثافة والوزن النوعي للجازولين إذا كان 51 جرام منه يشغل 75 سم³ ؟

الحل:

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$$

$$\frac{0.051 \text{ kg}}{75 \times 10^{-6} \text{ m}^3} = 6.8 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{الكثافة النوعية} = \frac{\text{كثافة الجازولين}}{\text{كثافة الماء}}$$

$$\frac{6.8 \times 10^2 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.68$$

$$\text{الوزن النوعي} = \frac{\text{كتلة 75 سم}^3 \text{ من الجازولين}}{\text{كتلة 75 سم}^3 \text{ من الماء}}$$

$$\frac{51 \text{ g}}{75 \text{ g}} = 0.68$$

2- ما هو الحجم الذي تشغله كمية من الزئبق مقدارها 300 جرام ؟ (كثافة الزئبق هي 13600

$$\text{kg/m}^3)$$

الحل:

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0.30 \text{ kg}}{13600 \text{ kg/m}^3} = 2.21 \times 10^{-5} \text{ m}^3 = 22.1 \text{ cm}^3$$

$$\text{الحجم يساوي } 22.1 \text{ سم}^3$$

3- الوزن النوعي للحديد الزهر هو 7.20 . أحسب كثافته وكتلة 60.0 سم³ منه؟

الحل:

$$\text{الوزن النوعي} = \frac{\text{كثافة المادة}}{\text{كثافة الماء}} \quad \text{و} \quad \text{الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$$

$$\text{كثافة الحديد} = 1000 \times 7.2 = 7200 \text{ kg/m}^3$$

$$\therefore 0.432 \text{ kg} = 60 \times 10^{-6} \times 7200$$

4- كتلة قارورة مدرجة مقدارها 25 g وهي فارغة، و 75 g وهي مملوءة بالماء، و 88 g وهي مملوءة بالجلسرين. احسب الوزن النوعي للجلسرين ؟

الحل:

$$\text{كتلة الجلسرين} = 88 - 25 = 63 \text{ جرام}$$

$$\text{كتلة الماء} = 75 - 25 = 50 \text{ جرام}$$

إذن : الوزن النوعي للجلسرين = كتلة الجلسرين / كتلة الماء

$$\frac{63g}{50g} = 1.26$$

5- قارورة مدرجة كتلتها 30 جرام وهي فارغة، و 81 جرام وهي مملوءة بالماء، و 68 جرام وهي مملوءة

بالزيت، أحسب كثافة الزيت؟

الحل:

نوجد أولاً حجم القارورة من العلاقة $\rho = \frac{m}{V}$. باستخدام بيانات الماء.

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{(81-30)}{1000 \text{ kg/m}^3} \times 10^{-3} \text{ kg} = 51 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

إذن، بالنسبة للزيت يكون:

$$\rho_{oil} = \frac{m}{V} = \frac{(68-30) \times 10^{-3} \text{ kg}}{51 \times 10^{-6}} = 745 \text{ kg/m}^3$$

إذن كثافة الزيت تساوي 745 kg/m³

6- مكعب صلب من الالومنيوم طول ضلعه 2سم وكثافة الألومنيوم هي 2700 kg/m^3 . أحسب كتلة المكعب؟

الحل:

$$\text{كتلة المكعب} = \text{حجم المكعب} \times \text{كثافته}$$

$$2700 \text{ kg/m}^3 \times (0.02 \text{ m})^3 = 0.0216 \text{ kg} = 21.6 \text{ g}$$

7- ما هي كتلة لتر واحد (1000 cm^3) من زيت بذرة القطن. اذا كانت كثافته 926 kg/m^3 ؟ وما مقدار وزنه؟

الحل:

$$m = \rho V = 926 \text{ kg/m}^3 \times (1000 \times 10^{-6} \text{ m}^3) = 0.926 \text{ kg}$$

$$w = mg = (0.926 \text{ kg}) \times (9.81 \text{ m/s}^2) = 9.08 \text{ N}$$

8- في عملية التحليل الكهربائي بالقصدير تكونت طبقة من القصدير سمكها $7.50 \times 10^{-5} \text{ cm}$ ، ما هي المساحة التي يمكن طلاؤها بكمية 0.500 kg من القصدير؟ كثافة القصدير 7300 kg/m^3

الحل:

حجم كتلة من القصدير مقدارها 0.500 kg يعطى من العلاقة $v = m/\rho$ ويكون:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{0.500 \text{ kg}}{7300 \text{ kg/m}^3} = 6.85 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

حجم طبقة طلاء رقيقة مساحتها A وسمكها t هو $V = At$

$$A = \frac{V}{t} = \frac{6.85 \times 10^{-5} \text{ m}^3}{7.50 \times 10^{-7} \text{ m}} = 91.3 \text{ m}^2$$

إذن المساحة التي يمكن تغطيتها هي 91.3 m^2

9- شريحة رقيقة من رقاقة ذهب مساحتها 3.12 cm^2 وكتلتها 6.50 mg . أحسب سمك الشريحة؟ (كثافة الذهب هي 19300 kg/m^3)

الحل:

المليجرام الواحد = 10^{-6} kg ، وكتلة الشريحة = $6.50 \times 10^{-6} \text{ kg}$ ، وحجمها = المساحة $\times$ السمك

$$(3.12 \times 10^{-4} \text{ m}^2) \times (\tau) =$$

حيث τ هو سمك الشريحة. بالمساواة مع معادلة الحجم نحصل على :

$$(3.12 \times 10^{-4} \text{ m}^2) \times (\tau) = \frac{6.50 \times 10^{-6} \text{ kg}}{19300 \text{ kg/m}^3}$$

$$\tau = 1.08 \times 10^{-6} \text{ m} = 1.08 \mu\text{m} = \text{سمك}$$

10- كتلة لتر من اللبن تساوي 1.023 kg وكثافة ما به من قشدة تساوي 865 kg/m^3 عندما

يكون نقياً، وهذا يشكل 4% بالضبط من نسبة حجم اللبن. ما هي كثافة اللبن المقشود الخالي من

الدهن؟

الحل:

$$40.0 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ cm}^3 \times 4\% = \text{حجم القشدة في } 1000 \text{ cm}^3 \text{ من اللبن}$$

$$V\rho = \text{كتلة } 40.0 \text{ cm}^3 \text{ قشدة}$$

$$0.0346 \text{ kg} = (40.0 \times 10^{-6} \text{ m}^3) \times (865 \text{ kg/m}^3) =$$

كثافة اللبن المقشود = الكتلة / الحجم

$$\frac{(1.032 - 0.0346) \text{ kg}}{(1000 - 40) \times 10^{-6} \text{ m}^3} = 1.04 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$1040 \text{ kg/m}^3 = \text{إن كثافة اللبن المقشود الخالي من الدهن}$$

2-6 الموائع الساكنة

متوسط الضغط على سطح مساحته A يساوي القوة مقسومة على المساحة، حيث يشترط أن تكون القوة عمودية على السطح.

متوسط الضغط =

القوة المؤثرة عمودياً على مساحة معينة/ المساحة التي يتوزع عليها تأثير القوة

$$P = \frac{F}{A} \quad (2-10)$$

الضغط الجوي العياري أو المثالي يساوي $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ وهذا يكافئ 14.7 lb/in^2

تستخدم وحدات أخرى للضغط هي:

$$1 \text{ atmosphere(atm)} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ torr} = 1 \text{ mm of mercury(mmHg)} = 133.32 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ lb/in}^2 = 6.895 \text{ Kpa}$$

الضغط الهيدروستاتيكي نتيجة عمود من مائع ارتفاعه h وكثافة الكتلة له ρ يعطى بالمعادلة:

$$P = \rho gh \quad (2-11)$$

2-7 قاعدة باسكال

عندما يتغير الضغط على أي جزء من مائع محجوز (سائل أو غاز) فإنه يتغير كذلك بنفس القدر على كل جزء آخر من أجزاء المائع .

2-8 قاعدة أرخميدس

إذا غمر جسم ما جزئياً أو كلياً في أحد الموائع فإنه يدفع إلى أعلى بقوة مساوية لوزن المائع المزاح. وتؤثر قوة الدفع رأسياً إلى أعلى خلال مركز ثقل المائع المزاح. أي أن:

$$F_B = \text{قوة الدفع} = \text{وزن المائع المزاح}$$

قوة الدفع على جسم ما حجمه V مغمور كلية في مائع كثافته ρ_f هي $\rho_f V g$ ووزن الجسم هو $\rho_0 V g$ ، حيث ρ_0 كثافة الجسم. وبذلك تكون القوة المحصلة المؤثرة على الجسم المغمور إلى أعلى هي:

$$F_{\text{net}} = (\text{upward}) = V g (\rho_f - \rho_0) \quad (2-12)$$

9-2 حركة الموائع Fluids Motion

عند سريان السوائل (الموائع عموماً) في الأنابيب . فإن سريانها ينقسم إلى :

1- السريان الهادئ (الطبقي أو المستقر):

وفيه تتزلق طبقات المائع المتجاورة في نعومة ويسر .

مميزات السريان الهادئ :

1. كل جزء من السائل يتخذ مساراً متصلاً يسمى (خط الانسياب) .

2. يحدث عندما تكون سرعة سريان المائع صغيرة .

3. فيه تتزلق طبقات المائع المتجاورة في نعومة ويسر .

السريان الهادئ

هو ذلك السريان الذي تتزلق فيه طبقات السائل المتجاورة بعضها فوق بعض بنعومة ويسر

خط الانسياب:-

هو المسار الذي يتخذه جزء السائل الصغير أثناء سريانه داخل الأنبوبة من طرف لآخر.

خواص خطوط الانسياب:

1. لا تتقاطع .

2. تتخذ مقياسا لكل من سرعة سريان السائل ومعدل الانسياب.

3. المماس لأي نقطة علي خط الانسياب يحدد اتجاه السرعة اللحظية لجزء السائل عند تلك النقطة.

4. تتزاحم خطوط الانسياب في السرعات الكبيرة وتتباعد في السرعات الصغيرة.

معدل سريان السائل في نقطة (كثافة خطوط الانسياب) :

يقاس بعدد خطوط الانسياب التي تمر عموديا بوحدة المساحات عند تلك النقطة.

شروط السريان الهادئ (الانسيابي) :

1. أن يكون معدل السريان السائل ثابتا علي طول مساره .لأن السائل غير قابل للانضغاط

وكثافة السائل لا تتغير مع المسافة أو الزمن

2. سرعة السائل عند كل نقطة لا تتوقف علي الزمن .

3. لا توجد دوامات أي السريان غير دوار .

4. لا توجد قوي احتكاك بين طبقات السائل.

السريان المضطرب:

ويحدث عندما تزيد سرعة انسياب المائع عن حد معين ويتميز بوجود دوامات دائرية صغيرة ,ويظهر

ذلك في الغازات نتيجة انتشار الغاز من حيز صغير إلي حيز كبير أو من ضغط عال إلي ضغط

أقل .فإن الغاز يتحرك حركة دوامية.

صفات السريان الهادئ:

1. السائل يملأ الأنبوبة تماما (أنبوبة سريان).

2. كمية السائل التي تدخل أحد طرفي الأنبوبة تساوي كمية السائل التي تخرج من الطرف الآخر في نفس الزمن لأن السائل غير قابل للانضغاط .

3. لا تتغير سرعة سريان السائل عند أي نقطة في الأنبوبة مع الزمن.

معدل الانسياب الحجمي :

هو حجم السائل الذي ينساب في وحدة الزمن عند أي مقطع في أنبوبة سريان مستقر، ووحده m^3/s وهو يكون ثابتا في السريان الهادئ.

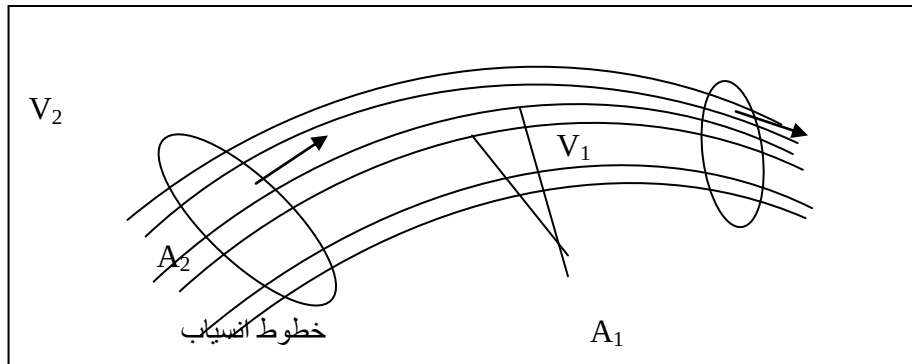
معدل الانسياب الكتلي :

هو كتلة السائل التي تنساب في وحدة الزمن عند أي مقطع في أنبوبة سريان مستقر، ووحده kg/s وهو يكون ثابتا في السريان الهادئ.

ما معني أن معدل الانسياب الكتلي لسائل $2kg/s$ ؟

أن كتلة السائل التي تنساب عند أي مقطع من الأنبوبة خلال ثانية واحدة = $2kg$

معادلة الاستمرارية (العلاقة بين سرعة سريان المائع ومساحة مقطع الأنبوبة):



1. نفرض أنبوبة انسياب يسري بها سائل كثافته . وكان سريان السائل بها سريانا هادئا..

2. نفرض مستويين عموديين عند أ, ب مساحة مقطعيهما A_1, A_2 وكانت سرعة سريان

المائع عندهما v_1, v_2 علي الترتيب:

حجم المائع المنساب خلال المساحة A_1 في وحدة الزمن $Q_v = A_1 v_1$

كتلة المائع المنساب خلال المساحة A_1 في وحدة الزمن

$$Qm = \rho A_1 v_1$$

بالمثل كتلة المائع المنساب خلال المساحة A_2 في وحدة الزمن

$$Qm = \rho A_2 v_2$$

∴ السريان هادئ ∴ يكون معدل الانسياب ثابتا.

$$\rho A_1 V_1 = \rho A_2 V_2 \therefore$$

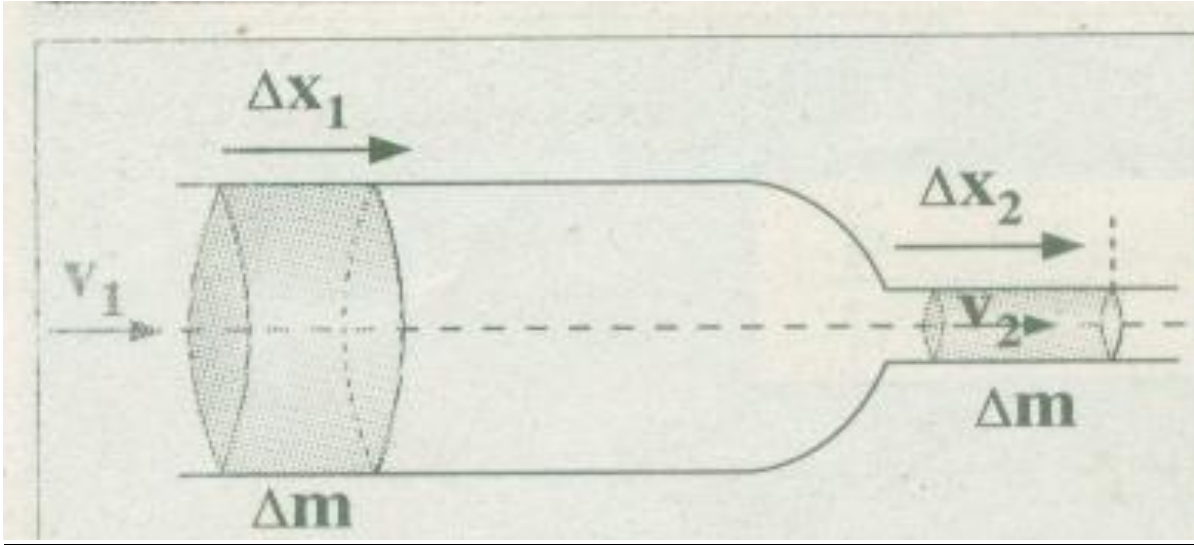
$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{A_2}{A_1} \therefore$$

معادلة الاستمرارية :

سرعة المائع عند أي نقطة في أنبوبة سريان هادئ تتناسب عكسيا مع مساحة المقطع عند

تلك النقطة.

تفسير معادلة الاستمرارية :



1- نتصور سائلا ونعتبر كتلة صغيرة منه Δm يمكن حسابها من العلاقة $\Delta m = \rho \Delta V_{OL}$ حيث ΔV_{OL} التغير في حجم السائل،

ولكن التغير في حجم السائل يتعين من العلاقة:

$$\Delta V_{OL} = A_1 \Delta X_1 \quad \dots 1$$

حيث ΔX_1 هي المسافة التي يتحركها السائل في زمن Δt وتتعين هذه المسافة من العلاقة:

$$\Delta X_1 = v_1 \Delta t \rightarrow 2$$

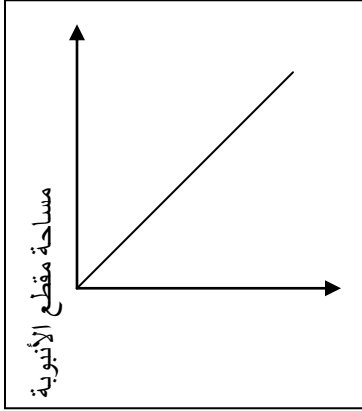
حيث v_1 السرعة بالتعويض من 2 في 1 عن قيمة ΔX_1

$$\Delta V_{OL} = A_1 v_1 \Delta t \rightarrow 3$$

2- بما أن السائل غير قابل للانضغاط، لذلك لا بد أن ينتقل في الجانب الآخر من الأنبوبة أي أن :

$$\Delta V_{OL} = A_2 v_2 \Delta t \rightarrow 4$$

3- من المعادلتين 3, 4 نجد أن معدل الانسياب للسائل:



هو معدل انسياب حجمي Q_v ووحدته

$$m^3/s$$

أو هو معدل انسياب كتلي Q_m ووحدته kg/s .

وكلاهما مقدار ثابت , لأي مساحة مقطع.

وهذا يسمى قانون بقاء الكتلة الذي يؤدي إلى معادلة الاستمرارية

$$\frac{1}{v} \text{ مقلوب سرعة الانسياب}$$

ملاحظات:

1 سرعة الانسياب تتناسب عكسيا مع مساحة مقطع الأنبوبة .

2 عند رسم علاقة بيانية بين مقلوب سرعة الانسياب $\frac{1}{v}$ ومساحة المقطع A نحصل على

العلاقة الموضحة

ويكون ميل الخط المستقيم = معدل الانسياب الحجمي Q_v

3 معدل الحجم المناسب = حجم السائل المناسب في الثانية $Q_v = A_1 V_1$

4 معدل الكتلة المناسبة = كتلة السائل المناسبة في الثانية

5 حجم السائل المناسب في زمن $\pi r^2 v_1 t = t$

6 كتلة السائل المناسب في زمن $\pi r^2 v_1 t \rho = t$

7 إذا كانت مساحة مقطع الأنبوبة دائرية يكون $A = \pi r^2$

$$\pi r^2 v_1 = \pi r^2 v_2$$

سرعة الانسياب تتناسب عكسيا مع مربع نصف قطر الأنبوبة.

8 إذا تفرع السائل المار في أنبوبة مساحة مقطعها A_1 إلى عدد من الفروع المتساوية

مساحة مقطع كل منها A_2 فإن: $A_1 v_1 = n A_2 v_2$

أما إذا تفرعت إلى فروع غير متساوية في مساحة المقطع يكون

$$A v = A_1 v_1 + A_2 v_2 + A_3 v_3$$

سرعة سريان الدم في الشعيرات الدموية ذات مساحة المقطع الصغير صغيرة عنها في

الشريان الرئيسي:

لأن الشريان الرئيسي يتفرع إلى عدد كبير من الشعيرات الدموية مساحة المقطع الكلي لها

أكبر من مساحة مقطع الشريان الرئيسي وطبقا لمعادلة الاتصال أو الاستمرار. فإن سرعة

سريان المائع تتناسب تناسبا عكسيا مع مساحة المقطع لذا تكون سرعة الدم في الشعيرات

الدموية أقل وهذا يتيح حدوث عمليات تبادل الغازات وتزويد الخلايا بالمواد الغذائية.

اللزوجة

هي خاصية للمادة تتسبب في وجود مقاومة أو احتكاك بين طبقات السائل تقاوم كلا من انزلاقها فوق بعضها وحركة الأجسام فيها.

ويمكن إدراك مفهوم اللزوجة من التجارب الآتية:

- 1 - عند صب حجمين متساويين من الماء والجلسرين في قمعين متماثلين وقياس سرعة الانسياب نجد أن سرعة انسياب الماء تكون أكبر منها للجلسرين.
- 2 - إذا كان لدينا كأسان متماثلان يحويان حجمين متساويين من الماء والعسل نلاحظ أنه عند تقليب كل من السائلين بساق زجاجية نجد أن حركة الساق في الماء تكون أسهل , وهذا يعني أن مقاومة الماء لحركة الساق أقل من العسل , كما يستمر الماء في الحركة لمدة أطول بعد رفع الساق.
- 3 - عند إسقاط كرتين معدنيتين متماثلتين كل منهما علي حدة في مخبرين متماثلين بهما حجامان متساويان من الماء والجلسرين , وحساب الزمن الذي تستغرقه كل منهما للوصول للقاع . نجد أن الزمن في حالة الماء يكون أقل , وهذا يعني أن الجلسرين يقاوم حركة الكرة خلاله أكبر من الماء.

الاستنتاج:

- (أ) بعض السوائل كالماء و الكحول قابليتها للانسياب ,بينما مقاومتها لحركة الأجسام فيها صغيرة ,لأن لزوجتها صغيرة.
- (ب) بعض السوائل كالعسل و الجلسرين قابليتها للانسياب صغيرة, بينما مقاومتها لحركة الجسام فيها كبيرة ,لأن لزوجتها كبيرة.

كيف نفسر خاصية اللزوجة؟

- 1- نتصور طبقة من السائل محصورة بين لوحين مستويين أحدهما ساكن بسرعة (v) .
- 2- السائل الملامس للوح الساكن يكون ساكنا أما السائل الملامس للوح المتحرك , فإنه يتحرك بسرعة v , أما باقي السائل بين اللوحين فيتحرك بسرعات تتراوح بين صفر , v يمكن تصور أن السائل يتحرك في طبقات بحيث تكون سرعة كل طبقة أقل من سرعة الطبقة التي تعلوها.

3- سبب الاختلاف النسبي في السرعة :

- (أ) وجود قوى احتكاك بين طبقة السائل الملامسة للوح السفلي , وسببها قوى الالتصاق بين السطح الصلب , وجزيئات السائل اللاصقة لها فتعوق انزلاقها فتبدو هذه الطبقة ساكنة.
- (ب) وجود قوى شبيهة بقوى الاحتكاك بين كل طبقتين متجاورتين للسائل تعوق انزلاقها فوق بعضها , وهذا يعمل علي وجود الفرق النسبي في السرعة بين كل طبقتين متجاورتين يسمى هذا النوع من السريان , السريان الطبقي أو السريان اللزج.

4- لكي نجعل اللوح المتحرك يبقو متحركا بسرعة ثابتة , وجد عمليا أنه لابد من التأثير عليه

بقوة (F) مماسية لطبقة السائل , هذه القوة تتوقف علي العوامل التالية:

- (أ) مساحة اللوح المتحرك (A) (1) $F \propto A$.. طرديا عند ثبوت باقي العوامل .
- (ب) فرق السرعة بين الطبقتين (V) (2) $F \propto V$.. طرديا عند ثبوت باقي العوامل.
- (ج) البعد العمودي بين الطبقتين (D) (3) $F \propto D$ عكسيا عند ثبوت باقي العوامل.

من العلاقات السابقة :

هذا الثابت يسمى معامل اللزوجة

ملحوظة : يسمى المقدار ..باسم منحدر السرعة.

معامل اللزوجة لمائع:

يقدر بالقوة المماسية المؤثرة علي وحدة المساحات بحيث ينتج عنها فرق في السرعة مقداره الوحدة

بين طبقتين من السائل المسافة العمودية بينهما الوحدة.

ملاحظات:

1- وحدة معامل اللزوجة kg/m.s

2- معادلة أبعاد معامل اللزوجة $ML^{-1} T^{-1}$

3- ما معني أن معامل لزوجة سائل أن مقدار القوة المماسية المؤثرة علي وحدة المساحات

من هذا السائل , بحيث ينتج عنها فرق في السرعة قدره الوحدة بين طبقتين البعد العمودي بينهما

الوحدة=....

4- معامل اللزوجة خاصية فيزيائية تتوقف علي:

أ - نوع مادة المائع.

ب -درجة الحرارة.

ج - إضافة بعض الشوائب للمادة.

تطبيقات علي خاصية اللزوجة

1- التزييت و التشحيم

فائدته:

(أ) تقليل كمية الحرارة المتولدة نتيجة احتكاك أجزاء الآلة ببعضها.

(ب) حماية أجزاء الآلة من التآكل.

المواد المستخدمة في التزييت و التشحيم يجب أن تتميز بصفات منها:

(1) أن تكون ذات لزوجة كبيرة.

(2) لها قدرة علي الالتصاق بأجزاء الآلة.

(3) لا تتساق بعيدا عن أجزاء الآلة.

علل: لا يصلح الماء في عملية التزييت و التشحيم ؟

أ - لزوجته صغيرة.

ب - ضعف قوة التصاقه بالأجزاء المعدنية .

ج - ينساب بعيدا عن اجزاء الآلة.

2- تحديد سرعة السيارات (المركبات المتحركة) لتوفير استهلاك الوقود:

أ - في السرعات الصغيرة والمتوسطة:

تكون مقاومة الهواء للأجسام المتحركة فيه والناجمة عن لزوجة الهواء تتناسب طرديا مع سرعة

الأجسام المتحركة خلاله.

ب - في السرعات الكبيرة :

فإن مقاومة الهواء والناجمة عن اللزوجة تتناسب طرديا مع مربع السرعة ,وهذا يعني زيادة الشغل

الكلي الذي تبذله الآلة وبالتالي زيادة استهلاك الوقود ,وذلك إذا زادت سرعة السيارة عن حد معين

,لذا ينصح سائقو السيارات بالحد من السرعة لتوفير استهلاك الوقود.

3- في الطب (لقياس سرعة ترسيب الدم):

هدفه: معرفة إذا كان حجم كرات الدم الحمراء طبيعيا أو غير طبيعي.

الأساس العلمي لقياس سرعة ترسيب الدم : هو أن السرعة النهائية التي تكتسبها كرات الدم الحمراء

عند سقوطها خلال البلازما نتيجة لزوجتها تزداد بزيادة نصف قطرها ,حيث من المعلوم أنه عند

سقوط كرة سقوطا حرا رأسيا في سائل ,فإنها تتأثر بثلاث قوى,هى:

(1) وزنها لأسفل .

(2) قوة دفع السائل لها إلى أعلى.

(3) قوة الاحتكاك بينها وبين السائل لأعلى نتيجة لزوجة السائل

وبحساب محصلة القوي وجد أنها تتحرك بسرعة نهائية تزداد بزيادة نصف قطرها.

(أ) في بعض الأمراض: مثل : الحمى الروماتيزمية وروماتيزم القلب و النقرس تتلاصق كرات الدم

الحمراء فيزيد حجمها و بالتالي تزيد سرعة ترسيبها عن المعدل الطبيعي.

(ب) في أمراض أخرى . مثل: فقر الدم(الأنيميا) و اليرقان تتكسر كرات الدم الحمراء أي يقل حجمها

وتقل بالتالي سرعة ترسيبها عن المعدل الطبيعي.

(ج) المعدل الطبيعي لسرعة الترسيب لدم الإنسان 15m m بعد ساعة 30m m بعد ساعتين.

بقياس سرعة الترسيب يمكن تشخيص بعض الأمراض.

ملاحظات:

(1) قطرات المطر تكون سرعتها بالقرب من الأرض ثابتة :

لاتزيد بتأثير عجلة الجاذبية الأرضية باستمرار)، وذلك لأن القوة الناتجة عن لزوجة الهواء و المؤثرة عليها لأعلي بالإضافة إلي قوة دفع الهواء عليها لأعلي تتعادل مع وزنها (قوة جذب الأرض لها) لأسفل عند اقترابها من الأرض.

(2) إذا تحرك جسم صلب خلال المائع، فإن كمية تحركه تقل:

وسبب ذلك هو وجود لزوجة للمائع ينتج عنها قوي احتكاك بين سطح هذا الجس الصلب وجزيئات السائل الملامسة له تعوق حركته، فتقل سرعته و بالتالي تقل كمية تحركه (كمية الحركة لجسم × سرعته mv).

(3) عندما تنتقل أمواج الماء من نقطة عميقو إلي نقطة ضحلة تقل سرعتها:

لأن القوة المماسية الناتجة عن لزوجة الماء تزيد لنقص البعد العمودي d ..

(4) تنوهج النيازك عند دخولها الغلاف الجوي للأرض، واقترابها منها :

لأن سرعتها تزيد باقترابها من الأرض فتزيد المقاومة الناتجة عن لزوجة الهواء حيث تتناسب مع مربع السرعة، فتزيد كمية الحرارة المتولدة نتيجة الاحتكاك فتتوهج.

انسياب المائع Fluid Flow

انسياب المائع أو التفريغ (J) عندما ينساب مائع خلال أنبوبة بسرعة متوسطة V ، فإن الانسياب أو التفريغ يعرف بالمعادلة:

$$J = AV \quad (2-13)$$

حيث A هي مساحة مقطع الانبوبة. وحدات J هي m^3/s في النظام الدولي للوحدات، و ft^3/s في الوحدات العادية. أحياناً تسمى J (معدل الانسياب) أو معدل التفريغ.

معادلة الاستمرارية Equation of continuity

افترض أن مائعاً غير قابل للانضغاط، ثابت الكثافة ، يملا أنبوبة وينساب خلالها. افترض أيضاً أن مساحة مقطع الأنبوبة هـ A_1 عند نقطة ما و A_2 عند نقطة أخرى. بما أن الانسياب خلال A_1 يجب أن يساوي الانسياب خلال A_2 فإن:

$$J = A_1 V_1 = A_2 V_2 \quad (2-14)$$

حيث V_1 و V_2 هما متوسط سرعة المائع عند A_1 و A_2 على الترتيب.

معدل القص Shear Rate

معدل القص لمائع ما هو المعدل الذي عنده يكون إنفعال القص داخل المائع متغيراً . وحيث أن الإنفعال لا وحدات له، فإن وحدة معدل القص في النظام الدولي هي S^{-1} .

اللزوجة Viscosity

اللزوجة (η) لمائع ما هي مقياس لمقدار إجهاد القص اللازم لإحداث وحدة معدل القص. وحدات اللزوجة هي وحدات الإجهاد لكل وحدة معدل قص أو $Pa.s$ في النظام الدولي. هناك وحدة أخرى في النظام الدولي هي $N.s / m^2$ (أو $Kg/m.s$) وتسمى بوازيه PI . $1 PI = 1 Kg/m.s = 1 N.s / m^2$. $PI.s$.

قانون بوازيه Poiseuilles

إنسياب المائع خلال أنبوبة أسطوانية طولها L ونصف قطر مقطعها R يعرف بالمعادلة:

$$J = \frac{\pi R^4 (P_i - P_o)}{8\eta L} \quad (2-15)$$

حيث $P_i - P_o$ هو فرق الضغط بين طرفي الأنبوبة (الدخل ناقص الخرج).

الشغل المبذول بواسطة مكبس Work done by pressure

الشغل المبذول بواسطة ضغط P يؤثر على سطح مساحته A أثناء حركة السطح مسافة Δx عمودياً على السطح (بذلك يزيح حجماً $\Delta v = A\Delta x$ هو :

$$PA\Delta x = P\Delta v = \text{الشغل} \quad (2-16)$$

معادلة برنولي Bernoulli

معادلة برنولي للإنسياب المنتظم لتيار مستمر من مائع:

اعتبر نقطتين مختلفتين على طول مسار التيار. لتكن النقطة 1 على ارتفاع h_1 ولتكن V_1 هي سرعة المائع و P_1 هي ضغطه و ρ_1 هي كثافته عند تلك النقطة. وبالمثل تكون ρ_2, P_2, V_2, h_2 هي الكميات المناظرة عند النقطة 2. ونفرض ان المائع لا إنضغاطي ويمكن إهمال لزوجته، فإن:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 + h_1\rho g = P_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^2 + h_2\rho g \quad (2-17)$$

حيث $\rho = \rho_1 = \rho_2$ و g هي عجلة الجاذبية.

التوتر السطحي

أي جزء داخل سائل ما يقع تحت تأثير قوى تجاذب في جميع الاتجاهات ويكون المجموع الاتجاهي لجميع هذه القوى = صفراً. ولكن أي جزئ على سطح السائل يقع تحت تأثير قوة تماسك اتجاهها نحو الداخل وعمودية على السطح. وعلى ذلك فإنه لابد من بذل شغل لتحريك الجزيئات من الداخل نحو سطح السائل في اتجاه عكس هذه القوة المضادة ولذلك فإن جزيئات سطح السائل تملك طاقة أكبر من مثيلاتها داخل السائل ويعرف التوتر السطحي لسائل بأنه الشغل الذي يجب بذله لتحريك جزيئات من داخل السائل إلى سطحه لتكوين مساحة سطحية جديدة مقدارها الوحدة. وهذا الشغل يساوي عددياً قوة الانقباض المماسية التي تؤثر على خط افتراضي طوله الوحدة في سطح السائل.

ويُقاس التوتر السطحي في نظام الوحدات بالنيوتن لكل متر (Nm^{-1}) وهو يكافئ وحدات الشغل لوحدة المساحات جول لكل متر مربع (Jm^{-2}).

الضغط الناشئ عن التوتر السطحي:

يسبب التوتر السطحي زيادة في قيمة الضغط داخل قطرة من سائل أو فقاعة من غاز عنه خارجها.

$$(a) \text{ بالنسبة لقطرة على شكل كرة تكون زيادة الضغط } p = 4\sigma/r$$

$$(b) \text{ بالنسبة لفقاعة على شكل كرة ممتلئة بغاز تكون زيادة الضغط } p = 4\sigma/r \text{ حيث:}$$

$$\sigma = \text{التوتر السطحي للسائل.}$$

$$r = \text{نصف قطر القطرة أو الفقاعة.}$$

$$P = \text{الضغط داخل القطرة أو الفقاعة} - \text{الضغط خارج القطرة أو الفقاعة.}$$

ارتفاع السوائل إلى ارتفاع h في الانابيب الشعرية:

ينشأ عن وجود التوتر السطحي ارتفاع أو انخفاض السوائل داخل الانابيب الشعرية.

$$(2-18) h = \frac{2\sigma}{r\rho g} \cos \alpha$$

$$\text{حيث } \sigma = \text{التوتر السطحي للسائل.}$$

$$r = \text{نصف قطر الانبوبة الشعرية.}$$

$$\rho = \text{كثافة السائل.}$$

$$\alpha = \text{زاوية التلامس بين السائل وجدار الانبوبة.}$$

مسائل محلولة:-:

1- سلك أفقي دائري قطره = 8cm غمر في عينة من زيت خام. فإذا كانت القوة المضافة نتيجة للتوتر السطحي واللازمة لشد السلك الدائري خارج السائل هي $N = 0.0092$ فاحسب قيمة التوتر السطحي لهذا الزيت الخام.

الحل:

عند شد السلك الدائري خارج السائل، يلتصق به غشاء أسطواني رقيق من السائل له سطح داخلي و سطح خارجي خطوط تلامس هذين السطحين بالسلك تكون دوائر مركزية معه لها تقريباً نفس قطر السلك.

$$\text{محيط إطار السلك} = \pi \times \text{القطر} = \pi \times (0.08\text{m}) = 0.251 \text{ m}$$

ويصبح التوتر السطحي $\sigma = \text{القوة} / \text{الطول الكلي لخط التلامس}$

$$\sigma = \text{Force} / \text{Total length of line of contact} = 0.0092 \text{ N} / 2(0.251 \text{ m}) = \underline{\underline{0.0183 \text{ Nm}^{-1}}}$$

2- قطعة من أنبوبة زجاجية قطرها الخارجي 4cm وقطرها الداخلي 3.5 cm تستقر رأسياً وأحد

طرفيها منغمس في الماء. أحسب قيمة قوة الشد نحو الداخل الواقعة على الانبوبة والناشئة عن

التوتر السطحي إذا علمت أن التوتر السطحي للماء هو 0.074 Nm^{-1} ؟

الحل:

القوة = التوتر السطحي $\times$ الطول الكلي لخط التلامس

$$F = \sigma \times \text{total length of line of contact} \\ = 0.074 \text{ Nm}^{-1} \times (0.04 + 0.035)\pi = \underline{\underline{0.0174 \text{ N}}}$$

3- عين قيمة الشغل اللازم لزيادة قطر فقاعة من الصابون كرية الشكل من 5 cm إلى 15 cm

إذا علمت أن التوتر السطحي هو 0.04 Nm^{-1} ؟

الحل:

الفقاعة لها سطحان أحدهما داخلي والآخر خارجي ومساحة سطح الكرة $= 4\pi r^2$

الشغل المبذول = الزيادة في مساحة السطح $\times$ التوتر السطحي

$$= 2 \times 4\pi(0.075^2 - 0.025^2) \times 0.04 = \underline{5.03 \times 10^{-3} \text{ J}}$$

البنية الجزيئية للمادة:-

قد يظن من النظرة الاولى أن المادة بناءها مستمر وإذا صح ذلك فكيف نفسر ظاهرة تمدد وانكماش الاجسام . ولكن يكون ذلك سهلا اذا افترضنا ان بناء المادة من الاجسام صغيرة متشابهة وهى الذرات أو الجزيئات : ولتفسير ظاهرة التمدد أو الانكماش نفترض ان المسافة بين الذرات أو الجزيئات تتغير . وقوى التفاعل بين الجزيئات تتأثر كانت أو تجاذبا تعتمد على المسافة بينها . فاذا اردنا استئالة قطعه معدنيه فان المانع يكون قوى التجاذب وإذا اردنا ضغطها فان قوى التناثر تقاوم الضغط وتحول دون ذلك . فالجوامد تحتفظ بشكلها والسوائل تحتفظ بحجمها . والغاز ليس له هاتان الصفتان . فاذا وضع الغاز فى ماعون فانه ينتشر ويملا الماعون وهذا يشير لحركة الجزيئات فى كل الاتجاهات وتعرف هذه الحركة بالحركة الحرارية Thermal Motion . والجزيئة فى العناصر هى الذرة وأبعادها 10^{-10} متر . كيف نحدد حجم الجزيئة ؟

نأخذ مولا من معدن (عنصر) أو مركب . ونحدد حجمه , ونعلم أن عدد الجزيئات فى المول من أى عنصر أو مادة يحتوى على رقم أفقادرو $= 6.02 \times 10^{23}$.

∴ حجم الجزيئة = حجم 1 مول من المادة / رقم افقادرو .

والحجم V يساوي M الوزن الجزيئي بالكيلوجرام على الكثافة:

$$V = \frac{M}{\rho}$$

$$\therefore \text{حجم الجزيئة} = \frac{V}{N_0} = \frac{M}{\rho N_0}$$

وهذه الجزيئات في حركة دائمة مستمرة. وهي أساس بناء المادة من أصغر الاجسام التي نراها الى المجرة. وعند دراستنا للنظرية الحركية للغازات سنتطرق لصلة الحركة بدرجة الحرارة وعلى الضغط في الغازات. وأما طبيعيات الذرات والجزيئات فتحكم حركتها ميكانيكا الكم.

النظرية الحركية للغازات: The Kinetic Theory of Gases

الغاز المثالي: يعرف الغاز المثالي بالصفات الآتية:

أ- حجم الجزيئات يعتبر نقطي إذا ما قورن بحجم الماعون الذي يحويه.

ب- الجزيئات لا تتفاعل فيما بينها جذباً أو تنافراً.

ج- التصادم بين الجزيئات مرن.

وهذا يكون صحيحاً في الغازات إذا كانت تحت ضغط منخفض، ودرجة حرارة عالية.

الحرارة Heat

مقاييس درجات الحرارة

يعتبر التدرج المطلق أو الديناميكي الحراري لقاس درجات الحرارة هو التدرج الأساسي الذي تعتمد عليه كل التدرجات الاخرى. وفيه تقاس درجات الحرارة بالكلفن ويرمز لها بالرمز (K) ونجد أن:

درجة تجمد الماء تحت ضغط 1.013×10^5 باسكال هي 273.15 درجة كلفن.

درجة غليان الماء تحت ضغط 1.013×10^5 باسكال هي 373.15 درجة كلفن.

أما التدرج الشائع الأستعمال في حياتنا اليومية هو التدرج المئوي ($^{\circ}C$) ويحتوي على مائة درجة

تقع ما بين درجتَي تجمد وغليان الماء. ويقابل صفر هذا التدرج درجة تجمد الماء. ولذا :

درجة تجمد الماء تحت ضغط 1.013×10^5 باسكال هي درجة الصفر المئوي $^{\circ}C$.

درجة غليان الماء تحت ضغط 1.013×10^5 باسكال هي درجة 100 درجة مئوية.

العلاقة بين التدرجين المطلق والمئوي هي:

$$\text{درجة الحرارة المئوية } C^0 = \text{درجة الحرارة المطلقة بالكلفن} - 273.15$$

ويقرب 273.15 الى 273 .

العلاقة بين التدرجين المئوي والفهرنهايتي هي:

$$C^0 = (F - 32) \times \frac{5}{9}$$

مثال:

إذا علم أن الزئبق يغلي عند 630 K ويتجمد عند 234 K تحت ضغط يساوي واحد ضغط جوي.

أوجد القيم المقابلة بالدرجات المئوية؟

الحل:

$$\text{درجة الحرارة بالمئوي} = \text{درجة الحرارة بالكلفن} - 273$$

$$\text{درجة الغليان} = 630 - 273 = 357 \text{ درجة مئوية}$$

$$\text{درجة التجمد} = 234 - 273 = -39 \text{ درجة مئوية}$$

التمدد الطولي للأجسام الصلبة بالحرارة

عندما ترفع درجة حرارة مادة ما فإن مقدار التمدد في طولها (ΔL) يتناسب مع طولها الأصلي

ومقدار الارتفاع في درجة حرارتها (Δt) فإذا كان الطول الأصلي (L_1) والطول النهائي (L_2)

وكان ثابت التناسب هو (α) فإن التغير في الطول أو مقدار التمدد الحادث (ΔL) يعطى

بالعلاقة:

$$\Delta L = L_2 - L_1 = \alpha L_1 \Delta t \quad (2-19)$$

وعليه فإن الطول النهائي (L_2) هو :

$$L_2 = L_1 + \alpha L_1 \Delta t = L_1 (1 + \alpha \Delta t) \quad (2-20)$$

حيث يسمى (α) بمعامل التمدد الطولي وهو يعتمد على طبيعة أو نوع المادة.

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta t} \quad \text{ومن المعادلة السابقة نجد أن}$$

لذلك فإن (α) هي مقدار التغير في الطول لكل وحدة طول لكل تغير في درجات حرارة المادة مقداره درجة واحدة.

فعلى سبيل المثال إذا تغير قضيب من النحاس طوله 1.0 متر إلى طول جديد 1.000019 متر عند رفع درجة حرارته بمقدار درجة واحدة كلفن. فإن :

$$\text{معامل التمدد الطولي للنحاس} = \frac{0.000019}{1 \times 1.0} = 19 \times 10^{-6} K^{-1}$$

مثال:

قضيب من النحاس طوله 2.5 m عند درجة حرارة $15^\circ C$ ، أوجد الزيادة في طوله عند تسخينه إلى درجة $35^\circ C$ علماً بأن معامل التمدد الطولي للنحاس هو $17 \times 10^{-6} K^{-1}$ ؟

الحل:

$$\Delta l = \alpha l_1 \Delta t = 17 \times 10^{-6} K^{-1} \times 2.5 \text{ m} \times (35 - 15) K = 0.00085 \text{ m} = \mathbf{0.85 \text{ mm}}$$

مثال:

شريط حديدي يقيس طول قضيب من النحاس فيعطي قيمة $90^\circ C$ سم عند $10^\circ C$ ، فماذا ستكون قراءته عند $30^\circ C$ ، علماً بأن معامل التمدد الطولي للنحاس هو $\alpha_c = 17 \times 10^{-6} K^{-1}$ و الحديد هو $\alpha_s = 11 \times 10^{-6} K^{-1}$ ومع الفرض بأن المقياس الحديدي يعطي قراءات صحيحة عند $10^\circ C$ ؟

الحل:-

التمدد الظاهري للقضيب النحاسي = تمدد القضيب - تمدد الشريط

$$\begin{aligned}\alpha_c L_1 \Delta t - \alpha_s L_1 \Delta t &= (\alpha_c - \alpha_s) L_1 \Delta t \\ &= 6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \times 90 \times 20 = 10800 \times 10^{-6} = 0.0108 \text{ cm} \\ \text{الطول عند } 30^\circ \text{C} &= 90 + 0.0108 = 90.01 \text{ سم}\end{aligned}$$

التمدد الحجمي

إذا تمدد حجم (V_1) إلى حجم (V_2) عند تعرضه لارتفاع في درجة حرارته بمقدار (Δt) فإن

التغير في الحجم ΔV :

$$\Delta v = V_2 - V_1 = \beta V_1 \Delta t \quad (2-21)$$

وعليه فإن الحجم النهائي V_2 :

$$V_2 = V_1 + \beta V_1 \Delta t = V_1 (1 + \beta \Delta t) \quad (2-22)$$

حيث يسمى β بمعامل التمدد الحجمي أو معامل التمدد المكعب في حالة الاجسام الصلبة.

$$\text{نجد أن : } 3\alpha = \beta \quad \times 3 = \beta \quad \text{معامل التمدد الطولي تقريباً} \quad 3\alpha = \beta$$

مثال:

إذا كانت درجة حرارة غليان الكحول الإيثيلي هي 79°C ودرجة تجمده هي -117°C ، تحت

الضغط الجوي، حول هذه الدرجات إلى ما يقابلها بالتدريج المطلق؟

الحل:

الدرجات بالمطلق = الدرجات بالمئوي + 273

$$\text{درجة الغليان للكحول الايثيلي} = 273 + 79 = 352 \text{ K}$$

$$156 \text{ K} = -117 + 273 = \text{درجة التجمد للكحول الايثيلي}$$

مثال:

سدادة من الحديد قطرها 10.0 cm عند 30°C فعند أي درجة حرارة يمكن لها أن تسد بالضبط فتحة ذات قطر ثابت قيمته 9.997 cm؟ علماً بأن معامل التمدد الطولي للحديد هو $11 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

الحل:

$$\Delta l = l_2 - l_1 = \alpha l_1 \Delta t = (9.997 - 10.0) = 11 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \times 10 \times \Delta t$$

$$\Delta t = 0.003 / 11 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \times 10 = -27.3^\circ \text{C}$$

$$2.7^\circ \text{C} = 30^\circ \text{C} + (-27.3^\circ \text{C}) = \text{درجة الحرارة التي تسد عندها الفتحة}$$

تمدد الغازات

قوانين الغازات

تمتاز الغازات بقابليتها الكبيرة للانضغاط والتمدد الكبير إذا ما قورنت بالسوائل والاجسام الصلبة. لذلك نجدها تشغل أحجاماً تعتمد إلى مدى بعيد على العوامل الخارجية المحيطة مثل الضغط ودرجة الحرارة . لذلك كان هناك إهتمام كبير بدراسة العوامل المؤثرة على حجوم الغازات. وقد وجد أن جميع الغازات تخضع لقوانين بسيطة تحت قيم منخفضة للضغط وعند درجات حرارة عالية. هذه القوانين تعبر عن العلاقة بين حجم الغاز والضغط الواقع عليه ودرجة حرارته. ويطلق على الغاز الذي يخضع لهذه القوانين أسم الغاز المثالي.

ولهذا سميت تلك القوانين بقوانين الغاز المثالي كما سيلي شرحها الان. ويمكن تطبيقها فقط في حالة تلك الغازات التي لا يتغير تركيبها الكيميائي عندما يتغير الضغط الواقع عليها أو درجة حرارتها.

قانون بويل:

يتناسب حجم كتلة معينة من الغاز المثالي تناسباً عكسياً مع الضغط الواقع عليها عند درجة الحرارة الثابتة.

لذلك فإن حاصل ضرب الضغط $\times$ حجم كتلة معينة من الغاز يظل ثابتاً. وعلى هذا فإنه لأي كتلة معينة من غاز مثالي نجد أن :

$$PV = \text{Constant at constant temperature} \quad (2-23)$$

حيث P هي قيمة الضغط ، V هي حجم تلك الكتلة.

قانون شارل:

يتمدد حجم كتلة معينة من غاز مثالي تحت ضغط ثابت بمقدار $1/273$ من حجمه عند درجة صفر مئوية إذا ما رفعت درجة حرارته بمقدار درجة واحدة مطلقة (درجة واحدة كلفن 1 K). وبالمثل ينكمش الحجم بمقدار $1/273$ من الحجم عند درجة صفر مئوية لكل إنخفاض في درجة الحرارة مقداره درجة واحدة مطلقة 1 K تحت ضغط ثابت. وهكذا نجد أن:

$$V_t = V_0 \left(1 + \frac{1}{273}t\right) = \frac{V_0}{273}(273 + t) = K_1 T \quad (2-24)$$

حيث V_0 هي الحجم عند درجة صفر مئوية.

V_t هي حجم نفس الكتلة من الغاز عند درجة حرارة $t^\circ\text{C}$.

$$K_1 = V_0/273 = \text{ثابت}$$

$$T = 273 + t = \text{درجة الحرارة المطلقة.}$$

وتكون T هي درجة الحرارة على التدرج الديناميكي الحراري أي درجة الحرارة المطلقة ويصاغ

قانون شارل على النحو التالي:

((يتناسب حجم كتلة معينة من الغاز المثالي تحت ضغط ثابت تناسباً طردياً مع درجة حرارته المطلقة)).

تعريفات:

الحرارة هي إحدى صور الطاقة (تعتمد على الطاقة الحركية للجزيئات) ولذلك فوحدات قياسها هي السرعات الحرارية والجول في النظام (SI).

السعة الحرارية النوعية لمادة هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة الكتلة من هذه المادة درجة واحدة مطلقة أي درجة واحدة كلفن (1 K). ووحدات السعة الحرارية النوعية في النظام الدولي هي جول لكل كيلوجرام واحد لكل درجة مطلقة واحدة $\text{JKg}^{-1}\text{K}^{-1}$.

السعة الحرارية النوعية للماء هي 4190 جول لكل كيلوجرام لكل درجة مطلقة. السعة الحرارية لأي جسم هي الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارته درجة واحدة مطلقة أي درجة كلفن واحدة ووحدتها قياسها في النظام الدولي هي جول لكل درجة كلفن JK^{-1} .

المكافئ المائي لأي جسم هو كتلة الماء التي لها نفس قيمة السعة الحرارية لهذا الجسم . وقيمتها بالكيلوجرام تساوي عددياً قيمة السعة الحرارية JK^{-1} .

الحرارة المكتسبة أو المفقودة لأي جسم لا يطرأ على حالته أي تغيير =

الكتلة × الحرارة النوعية × التغير الحادث في درجة الحرارة.

الحرارة الكامنة النوعية للإنصهار لأي جسم صلب هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لصهر وحدة

الكتل من هذا الجسم الصلب بدون تغيير درجة حرارته ووحدتها قياسها هي جول لكل كيلوجرام JKg^{-1} .

الحرارة الكامنة لانصهار الجليد $= 3.3 \times 10^5 \text{ J Kg}^{-1}$

وذلك عند 273 K وتحت ضغط $(1.013 \times 10^5 \text{ Pa})$

الحرارة الكامنة النوعية لتبخير أي سائل هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لتبخير وحدة الكتلة من هذا السائل بدون تغيير حرارته. ووحداتها J Kg^{-1} .

الحرارة الكامنة النوعية لتبخير الماء $= 2.26 \times 10^6 \text{ J Kg}^{-1}$

عند 237 K و ضغط $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$

الرطوبة المطلقة هي كتلة بخار الماء الموجود في وحدة الحجم من الهواء الجوي في درجة حرارة معينة ، ووحداتها Kg m^{-3} .

الرطوبة النسبية = كتلة بخار الماء في وحدة الحجم الموجودة في الهواء / كتلة بخار

الماء في وحدة الحجم الموجودة في الهواء المشبع عند نفس درجة الحرارة

= ضغط بخار الماء في الهواء / ضغط بخار الماء في الهواء المشبع عند نفس درجة الحرارة.

(وذلك لان الضغط الناشئ عن بخار الماء يقاس تقريباً مع كتلة البخار في وحدة الحجم).

درجة التشبع : هي درجة الحرارة التي يصبح عندها الهواء الجوي مشبعاً بما يحتويه من بخار الماء.

نقطة الندى (درجة التكاثف): هي درجة الحرارة التي يتحول عندها جزء من بخار الماء العالق بالهواء

الجوي الى قطرات مائية.

مثال:

كم عدد السعرات اللازمة لتسخين 100g من النحاس من 10°C الى 100°C ؟ وإذا أعطيت نفس كمية الحرارة إلى 100 g من الألمونيوم عند 10°C فأيهما يكون أكثر سخونة النحاس أم الألمونيوم ؟

الحل:

الحرارة اللازمة = الكتلة $\times$ السعة الحرارية النوعية $\times$ التغير في درجة الحرارة

$$0.1 \text{ Kg} \times 385 \text{ JKg}^{-1}\text{K}^{-1} \times (100-10)\text{K} = 3.47\text{KJ}$$

بما ان السعة الحرارية النوعية للنحاس أقل منها للألمونيوم فإن كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة من النحاس درجة مطلقة واحدة تكون أقل من تلك اللازمة لرفع درجة كتلة مساوية من الألمونيوم درجة واحدة مطلقة. ولذلك فإن النحاس يكون أكثر سخونة في هذا المثال من الألمونيوم.

الطاقة الداخلية Internal Energy

المادة تتكون من جسيمات متناهية في الصغر، وهذه الجسيمات توجد في حالة حركة دائمة في إتجاهات عشوائية. مجموع طاقتي الحركة والوضع لهذه الجسيمات يسمى بالطاقة الداخلية للجسم. أما متوسط الطاقة الداخلية لجسيمات وحدة الكتل فيسمى بالطاقة الداخلية النوعية.

درجة الحرارة

درجة الحرارة لجسم ما تعرف بأنها مقياس للطاقة الداخلية النوعية المتاحة لهذا الجسم ووحدة قياسها هي الكلفن (K) . وهناك أيضاً الدرجة المئوية ($^{\circ}\text{C}$) والدرجة الفهرنهايتية (F).

كمية الحرارة Quantity of Heat(Q)

كمية الحرارة ترتبط ارتباطاً وثيقاً بدرجة الحرارة ويمكن اعتبارها الطاقة الداخلية في الحالة الإنتقالية. ويظهر إنتقال الحرارة بالفقد أو الكسب في صورة نقصان أو زيادة في درجة حرارة الجسم.

الحرارة الكامنة (Latent Heat(L)

إذا قمنا بتسخين كمية من الثلج وقد غمرنا فيه تيرموماً فإننا نلاحظ أن الثلج يبدأ في الانصهار وهذا يدل على أنه قد اكتسب كمية من الحرارة، ولكننا نلاحظ أن قراءة التيرموتر تظل ثابتة لفترة من الزمن (عند الصفر المئوي) وهذا يعني أن هناك كمية من الحرارة لا يظهر إمتصاصها في شكل تغير في درجة الحرارة.

تعرف الحرارة الكامنة بأنها كمية الحرارة اللازمة لتحويل وحدة الكتلة من المادة من حالة إلى أخرى دون تغير في درجة الحرارة. فإذا تحولت المادة من حالة الصلابة لحالة السيولة تسمى بالحرارة الكامنة للانصهار، أما إذا تحولت المادة من السيولة للغازية تسمى الحرارة الكامنة للتبخير. ووحدة الحرارة الكامنة هي JKg^{-1} .

وتعطى كمية الحرارة هنا بالعلاقة: $Q = mL$

مسائل محلولة:-

1- ما مقدار الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 250 ml من الماء من 20°C إلى 35°C وما مقدار الحرارة المفقودة بالماء أثناء تبريده ثانية إلى 20°C ؟

الحل:-

حيث أن 250 ml من الماء كتلتها 250 g وبما أن الحرارة النوعية للماء $= 1.0 \text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$ يكون لدينا:-

$$\begin{aligned}\Delta Q &= mc\Delta T = (250 \text{ g}) (1.0 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C})(15^{\circ}\text{C}) \\ &= 3750 \text{ cal} = 15.7 \text{ KJ} \\ \Delta Q &= mc\Delta T = (250 \text{ g}) (1.0 \text{ cal/g }^{\circ}\text{C})(-15^{\circ}\text{C})\end{aligned}$$

$$= -3750 = -15.7 \text{ KJ}$$

2- ما مقدار الحرارة التي يفقدها 25 g من الألمونيوم أثناء تبريده من 100°C إلى 20°C ، علماً بأن (الحرارة النوعية للألمونيوم $= 880 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$)

الحل:-

$$\Delta Q = mc\Delta T = (0.025 \text{ kg}) (880 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}) (-80^\circ\text{C})$$

$$= 1.8 \text{ KJ} = -0.42 \text{ K mol}$$

3- ثيرمس يحتوي على 150 جرام من الماء عند 4°C وضع فيه 90 جرام من فلز عند 100°C ، وبعد استقرار الإتزان أصبحت درجة الحرارة للماء والفلز 21°C . ما هي الحرارة النوعية للفلز ؟

الحل:

$$mc\Delta T \text{ للماء} = mc\Delta T \text{ للفلز}$$

$$(90\text{g})(c)(-79^\circ\text{C}) + (150\text{g}) (1.0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}) (17^\circ\text{C}) = 0$$

$$-7110 c + 2550 = 0$$

$$c = 2550 / 7110 = 0.36 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$$

4- إذا كانت درجة حرارة الهواء 25°C ونقطة الندى 15°C فما هي الرطوبة النسبية ؟ علماً بأن ضغط بخار الماء المشبع عند 25°C هو 3200 Pa وعند 15°C هو 1700 Pa .

الحل:

الرطوبة النسبية = ضغط بخار الماء المشبع في الهواء عند نقطة الندى / ضغط بخار الماء في الهواء المشبع عند 25°C

$$= \frac{1700\text{Pa}}{3200\text{Pa}} = 0.53 = 53\%$$

المراجع

- 1 - دانييل شوم ، ترجمة: د. عمر الفاروق بدوي و د. أحمد فؤاد باشا، فيزياء السنة الأولى الجامعية، الدار الدولية للنشر والتوزيع - القاهرة - مصر 1997م.
- 2 - د. رأفت كامل واصف ، أساسيات الفيزياء الكلاسيكية والمعاصرة، دار النشر للجامعات، القاهرة 2003م.
- 3 - فريدريك ج بوش وهشت، ترجمة : أ.د. أحمد فؤاد باشا ، الفيزياء الجامعية 2000م.
- 4 - بوش هشت، ترجمة: أحمد فؤاد باشا، الفيزياء العامة 2000م.
- 5 - ألقت هالبرت، ترجمة: فايز فوق العادة ، الفيزياء، أكاديمية انترناشونال، بيروت، لبنان 1996م.
- 6 - بوش ، أساسيات البصريات.
- 7 - ايجن هيكيث ، ترجمة: د. محمد عبد الحميد عثمان و د. علي عبد الحميد عثمان، البصريات. الدار الدولية للإستثمارات الثقافية- مصر 2000م.
- 8 - معجم الفيزياء، اعداد لجنة النشر، مجموعة النيل العربية، مراجعة: د. محمود محمد النحاس و د. أحمد يونس غالي، 2004م.
- 9 - عذاب طاهر الكناني، الفيزياء النووية والطبية، دار الفجر للنشر والتوزيع 2009م.
- 10- Serway Jewett, Physics for scientists and engineers, Thomson Brooks, 2004, 6th edition.
- 11- Benjamin Crowell. The Modern Revolution in Physics.
- 12- Benjamin Crowell. Optics.
- 13- Benjamin Crowell. Vibration & Wave.
- 14- F. Tyler, A laboratory Manual of Physics, fifth edition, 1981.