University of Anbar – جامعة الانبار

اسم الكلية : كلية العلوم – قسم الفيزياء

اسم المحاضر: م.م. وسام ضاري جلال علي

المرحلة: الاولى علوم حياة / صباحي + مسائي

اسم المادة بالعربي: الفيزياء العامة

اسم المادة بالانكليزي: General Physics

المصادر:

1. https://nasainarabic.net/education/articles/view/temperature-and-thermometers
2. https://sites.google.com/site/hasanmaridi
3. كتاب اساسيات الفيزياء لبوش

المحاضرة الاولى : وحدات الكميات الفيزيائية

Units

تتحدد أي كمية طبيعية بعاملين اثنين هما العدد والوحدة . أي أنه لا يمكن ذكر أعداد أو أرقام مجردة دون تحديد الوحدة التي تقاس بها تلك الكمية.

فمثلاً لتحديد كتلة جسم نقول أن كتلته تساوي 20كيلوجرام و لكي نقول أن الكتلة تساوي 20000 جرام يجب أن يكون هناك علاقة بين الكيلوجرام و الجرام و هي 1كجم = 1000جرام.

الكميات الفيزيائية Physical quantities

هي التي تبني هيكل الفيزياء و بها نكتب المعادلات و القوانين الفيزيائية ، من هذه الكميات : القوة – الزمن – السرعة – الكثافة – درجة الحرارة – الشحنة و غير ذلك.

و تنقسم الكميات الفيزيائية إلى:

كميات فيزيائية أساسية: هي الكميات التي تكون معرفة بذاتها وبما تم الإصطلاح عليه ، مثل الكتلة و الطول و الزمن و يرمز لها (T , L , M) على الترتيب.

كميات فيزيائية مشتقه: هي الكميات التي يتم إشتقاقها من الكميات الأساسية ، مثل الحجم و السرعة و العجلة و غير ذلك من الكميات.

وحدات الكميات الفيزيائية Units of physical quantities

أي كمية فيزيائية يجب أن يكون لها وحدة قياس إلى جانب قيمتها العددية إذ أنه لا معنى لقولنا أن المسافة بين مدينة غزة ومدينة القدس هي 80 (دون ذكر وحدة القياس) لأن 80 كيلو متر تختلف عن 80 متر تختلف عن 80 ميل حيث أن الكيلو متر والمتر والميل هي وحدات قياس الطول.

أنظمة القياس

النظام الدولي للقياس ISU: متر – كيلوجرام – ثانيه (M K S system) و أحياناً يسمى بالنظام الفرنسي المطلق أو سنتيمتر – جرام – ثانيه (C G S system). وفيه يقاس الطول بالمتر (m) وتقاس الكتلة بالكيلوجرام (Kg) ويقاس الزمن بالثانية (S).

النظام البريطاني(الانجليزي) للقياس: قدم – باوند – ثانيه (F B S). حيث يقاس الطول بالقدم (Foot) وتقاس الكتلة بالرطل (Slug) ويقاس الزمن بالثانية (S).

جدول (1-1) أجزاء ومضاعفات وحدات القياس

الوحدة	الرمز	التمثيل الرياضي
تيرا	T	10^{12}
جيجا	G	10^{9}
ميجا	M	10^{6}
كيلو	k	10^{3}
هيكتو	h	10^{2}
ديكا	da	10
دسي	d	10^{-1}
سنتي	c	10^{-2}
مللي	mm	10^{-3}
ميكرو	µ	10^{-6}
نانو	n	10^{-9}
بيكو	p	10^{-12}
فيمتو	f	10^{-15}
أتو	a	10^{-18}

جدول (2-1) وحدات القياس الأساسية

الكمية	الوحدة بالنظام الدولي (ISU)	الوحدة بالنظام البريطاني (FBS)
الكتلة (Mass)	كيلوجرام (*Kg*)	باوند
الطول أو المسافة (Length)	متر (*M*)	قدم
الزمن (Time)	ثانية (*S*)	ثانية

جدول (3-1) وحدات القياس المشتقة

الكمية	الوحدة بالنظام الدولي (ISU)	الوحدة بالنظام البريطاني (FBS)
المساحه	متر ^{2} (m^2)	قدم ^{2}
الحجم	متر ^{3} (m^3)	قدم ^{3}
الكثافة = الكتلة / الحجم	Kg/m^3	باوند / قدم ^{3}
القوة	نيوتن (N)	ثقل باوند (LB)
الضغط = قوة / مساحة	N/m^3 (باسكال)	ثقل باوند / قدم ^{2}

المحاضرة الثانية : ابعاد الكميات الفيزيائية

Dimensions

أبعاد الكميات الفيزيائية Dimensions of physical quantities

بُعد أي كمية فيزيائية يحدِد طبيعة هذه الكمية فيما إذا كانت كتلة Mass أو طول Length أو زمن Time وتكتب أبعاد أي كمية طبيعيه بدلالة الكتلة (M) والطول (L) والزمن (T) والجدول (3-1) يوضح أبعاد بعض الكميات الفيزيائية.

جدول (1-4) حساب أبعاد بعض الكميات الفيزيائية

صيغة أبعاد بعض الكميات الفيزيائية :

الكميات الفيزيائية	علاقتها مع الكميات الأخرى	صيغة الأبعاد	وحدة القياس
المساحة (A)	الطول × العرض	$L \times L = L^2$	m^2
الحجم (V)	الطول × العرض × الارتفاع	$L \times L \times L = L^3$	m^3
الكثافة (ρ)	$\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$	$\frac{M}{L^3} = ML^{-3}$	kg/m^3
السرعة (v)	$\frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$	$\frac{L}{T} = LT^{-1}$	m/s
العجلة (a)	$\frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن}}$	$\frac{LT^{-1}}{T} = LT^{-2}$	m/s^2
القوة (F)	الكتلة × العجلة	$M \times LT^{-2} = MLT^{-2}$	N (نيوتن)

نظرية الأبعاد و تطبيقاتها (Dimensional theory and its applications):

تحتم نظرية الأبعاد على أن يكون طرفا المعادلات الرياضية متجانسين من حيث الأبعاد. لذلك نجد أن من فوائد الأبعاد ما يلي:

أ- التحقق من صحة القوانين الفيزيائية.

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

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

اختبار صحة القوانين

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

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

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

أبعاد الطرف الأيمن هي:

$$2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = \sqrt{\frac{L}{LT^{-2}}} = \sqrt{T^2} = T \dots\dots\dots\dots\dots..(1-2)$$

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

مثال : اثبت صحة العلاقة : طاقة الحركة تساوي ($KE = ½ mv^2$) إذا علمت أن معادلة أبعاد الطاقة $E = ML^2T^{-2}$.

الحل/

أبعاد الطرف الأيسر = ML^2T^{-2}

أبعاد الطرف الأيمن = الكتلة × مربع السرعة = $M \times (LT^{-1})^2 = ML^2T^{-2}$

أبعاد الطرف الأيمن = أبعاد الطرف الأيسر لذلك العلاقة صحيحة.

مثال : أحد الأشخاص أقترح أن حجم الاسطوانة يتعين من العلاقة ($V = \pi r h$) حيث r نصف قطر قاعدة الاسطوانة ، h ارتفاع الاسطوانة. هل المعادلة صحيحة ام لا ؟

الحل/

أبعاد الطرف الأيسر $V = L^3$

أبعاد الطرف الأيمن $\pi r h = L \times L = L^2$

أبعاد الطرف الأيمن ≠ أبعاد الطرف الأيسر لذلك العلاقة ليست صحيحة.

مســـــائل

1- جد أبعاد كل من السرعة (v) و العجلة (a) و القوة (F) و الشغل (W) و الكثافة (ρ) و الضغط (P).
2- اثبت صحة العلاقة التالية من حيث الأبعاد.

$$v = v_o + at$$

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

$$x = v_o t + 1/2at^2$$

المحاضرة الثالثة : المتجهات

Vectors

1.2 الكميات الفياسية والكميات المتجهة Scalars and vectors

الكميات الفيزيائية نوعان:

أ- الكميات القياسية: هي كميات فيزيائية غير متجهة يتم تعيينها تماماً إذا عرف مقدارها فقط .

ومن أمثلة الكميات الغير متجهه الكتلة ، الزمن ، الطول ، درجة الحرارة والطاقة وجميعها كميات قياسية.

ب- الكميات المتجهة: هي كميات فيزيائية متجهة يتم تعيينها تماماً إذا عرف مقدارها واتجاهها. ومن الأمثلة على الكميات المتجهة الازاحة والسرعة والعجلة والقوة وكمية الحركة.

يجب أن يكون معلوما لدينا أن التعامل مع الكميات القياسية يختلف عنه في الكميات المتجهة فمثلاً لإيجاد المحصلة للكميات القياسية يتم التعامل جبرياً فمثلاً شخص يمتلك 15 قطعة نقدية واكتسب 5 قطع اخرى ثم خسر 3 قطع منها فتكون محصلة ما معه 17 قطعة، أما في الكميات المتجهة يكون التعامل اتجاهياً فمثلا إذا كان هناك جسم اثرت عليه ثلاثة قوى فالمحصلة تعتمد على اتجاه كل قوة وقد نحتاج إلى عمل تحليل للمتجهات لإيجاد المركبات الرئيسية والمركبات الأفقية ثم نحسب المحصلة ونحدد اتجاهها، لذا فإن

التعامل مع الكميات المتجهة في الأغلب يكون أصعب قليلاً منها في التعامل مع الكميات القياسية.

خواص المتجهات Properties of Vectors

جمع المتجهات Vector addition

يمكن جمع المتجهات التي تعبر عن كميات فيزيائية متشابهة مثل جمع متجهيين للقوة، ولكن لا يمكن ان نجمع متجه قوة مع متجة سرعة.

لجمع متجه A مع متجه B تكون المحصلة المتجه R

$$\mathbf{R = A + B} \qquad (2.1)$$

لاحظ ان جمع المتجهات لها خاصية التبديل فمثلا

$$\mathbf{A + B = B + A} \qquad (2.2)$$

مركبات المتجه Component of vector

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

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

$$A_x = A\cos\theta$$

$$A_y = A\sin\theta$$

عند التعامل مع عدة متجهات A, B, C, D ، .... فإننا نحتاج إلى تحليل كل متجه منهم على حدى إلى مركباته بالنسبة إلى المحاور (x,y) مما سيسهل علينا إيجاد المحصلة حيث سنقوم بعد اجراء التحليل بتجميع المركبات في اتجاه المحور x ومن ثم تجميع المركبات في اتجاه المحور y ثم تطبق قانون المحصلة الذي ينص على ان المحصلة تساوي الجذر التربيعي لمجموع مربع مركبات x ومربع مركبات y، أو كما في المعادلة التالية

متجه الوحدة The unit vector

عرف متجه الوحدة بمتجه طوله الوحدة ويستخدم للتعبير عن الاتجاه لإي كمية فيزيائية متجهة.

المتجه A يمكن تمثيله بمقدار المتجه A ضرب متجه الوحدة a كالتالي:

$$A = a\,A \qquad (2.3)$$

كذلك يمكن تمثيل متجهات وحدة (i, j, k) لمحاور الاحداثيات الكارتيزية rectangular coordinate system x, y, z

ضرب المتجهات

Multiplication of Vectors

وهناك نوعان من ضرب المتجهات :

النوع الأول : الضرب العددي Dot of Scalar Product ويمكن تعريفه بالعلاقة التالية $\bar{A}\bullet\bar{B}=|\bar{A}||\bar{B}|\cos\theta$ أي ن الضرب العددي يساوي حاصل ضرب القيمة العددية للمتجه الأول في القيمة العددية للمتجه الثاني في جيب تمام الزاوية بينهما ، ومن خصائص هذا النوع من الضرب :

1. إن ناتج الضرب يكون كمية قياسية لها مقدار فقط .
2. ناتج الضرب يساوي صفرا إذا كان أحدهما عموديا على الآخر .
3. إذا كان ناتج الضرب يساوي صفرا فهذا يعني إما أن أحدهما عمودي على الآخر أو أن أحدهما يساوي صفرا .
4. هناك عدة قواعد للضرب العددي أهمها :

$$\bar{A}\bullet\bar{B}=\bar{B}\bullet\bar{A}$$
$$\bar{A}\bullet(\bar{B}+\bar{C})=\bar{A}\bullet\bar{B}+\bar{A}\bullet\bar{C}$$
$$p(\bar{A}\bullet\bar{B})=(p\bar{A})\bullet\bar{B}=\bar{A}\bullet(p\bar{B})=(\bar{A}\bullet\bar{B})p$$
$$\bar{i}\bullet\bar{i}=\bar{j}\bullet\bar{j}=\bar{k}\bullet\bar{k}=1$$
$$\bar{i}\bullet\bar{j}=\bar{j}\bullet\bar{k}=\bar{i}\bullet\bar{k}=0$$
$$B^2=B_x^2+B_y^2+B_z^2$$
$$\bar{A}\bullet\bar{B}=A_xB_x+A_yB_y+A_zB_z$$

النوع الثاني :الضرب الاتجاهي Cross Product of Vector Product ويمكن تعريفه بالعلاقة التالية $\bar{A}\wedge\bar{B}=AB\sin\theta\ \ \bar{n}\quad ,0<\theta<\pi$ وهندسيا تعني أنها مساحة متوازي الأضلاع الذي فيه المتجهين A,B ضلعان متجاوران ، ويساوي الضرب العددي حاصل ضرب القيمة العددية لكل من المتجهين في جيب الزاوية بينهما في متجه الوحدة العمودي على المستوى الذي يوجد فيه المتجهان . ومن خصائص الضرب الاتجاهي :

$$\bar{A} \wedge \bar{B} = -\bar{B} \wedge \bar{A}$$
$$\bar{A} \wedge (\bar{B} + \bar{C}) = \bar{A} \wedge \bar{B} + \bar{A} \wedge \bar{C}$$
$$p(\bar{A} \wedge \bar{B}) = (p\bar{A}) \wedge \bar{B} = \bar{A} \wedge (p\bar{B}) = (\bar{A} \wedge \bar{B})p$$
$$\bar{i} \wedge \bar{i} = \bar{j} \wedge \bar{j} = \bar{k} \wedge \bar{k} = 0$$
$$\bar{i} \wedge \bar{j} = \bar{k}, \quad \bar{j} \wedge \bar{k} = \bar{i} \quad ,\bar{k} \wedge \bar{i} = \bar{j}$$
$$\bar{A} \wedge \bar{B} = \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

ويمكن إضافة أخرى لعمليات الضرب على المتجهات وهي الضرب الثلاثي للمتجهات Multiple Products of Vectors ويمكن تقسيمه أيضا إلى نوعين وهما :

الضرب الثلاثي الاتجاهي :ويعطى بالشكل التالي

$$(\bar{A} \bullet \bar{B})\bar{C} = m\bar{C}$$
$$\text{where} \quad m = \bar{A} \bullet \bar{B}$$

ويمكن أن يأخذ حاصل الضرب الاتجاهي الثلاثي الشكل التالي $(\bar{A} \wedge \bar{B}) \wedge \bar{C} = (\bar{C} \bullet \bar{A})\bar{B} - (\bar{C} \bullet \bar{B})\bar{A}$

الضرب الثلاثي العددي ويعطى بالصورة

$$\bar{A} \bullet (\bar{B} \wedge \bar{C}) = \begin{vmatrix} A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \\ C_x & C_y & C_z \end{vmatrix}$$

ويعني ذلك هندسيا حجم متوازي الأوجه الذي فيه A وB وC ثلاث أضلاع متجاورة ويجب أن نلاحظ فيه ضرورة ضرب cross أولا ثم dot ويكون حاصل الضرب في هذه الحالة قياسيا أيضا ويسمى Triple scalar product .

مثال :

أوجدي الزاوية بين المتجهين

$$\bar{A} = \bar{i} - 3\bar{j} + 2\bar{k}$$
$$\bar{B} = -2\bar{i} + 4\bar{j} - \bar{k}$$

الحل

$$\bar{A} \bullet \bar{B} = AB\cos\theta$$
$$A = \sqrt{(1)^2 + (-3)^3 + (2)^2} = \sqrt{14}$$
$$B = \sqrt{(-3)^2 + (4)^3 + (-1)^2} = \sqrt{26}$$
$$\bar{A} \bullet \bar{B} = -3 - 12 - 2 = -17 = AB\cos\theta$$
$$\cos\theta = \frac{\bar{A} \bullet \bar{B}}{AB} = \frac{-17}{\sqrt{364}} = -0.89$$
$$\theta = 153.00$$

المحاضرة الخامسة : الحركة الخطية

Linear Motion

الحركة (Motion)

يُمكن تعريف الحركة بصورة عامة بكونها تغيّر موقع الجسم بالنسبة إلى نقطة معينة ، وتُعتبر الحركة الخطية أبسط أنواع الحركة .

الإزاحة والسرعة والتعجيل (Displacement, Velocity and Acceleration)

إذا تحرّك جسم على مسار معين من النقطة (a) إلى النقطة (b) فالمتجه الواصل بينهما يسمى بالإزاحة (Displacement) ويرمز لها (ΔX) وهي كمية متجهة .

أما السرعة (Velocity) في أي نقطة على مسار الجسم فهي المعدّل الزمني للإزاحة أو تغيّر الإزاحة مع الزمن ويعبّر عنها بالعلاقة التفاضلية الآتية :-

$$\boxed{\vec{v} = \frac{d\vec{x}}{dt} m/s \ldots(3-1)}$$

حيث أن ($d\vec{x}$) هو عنصر الإزاحة الذي يقطعها الجسم خلال الفترة الزمنية القصيرة (dt) .

يُطلق على السرعة ($\vec{v}$) بالسرعة الآنية (Instantaneous Velocity) لأنها تُمثل السرعة عند لحظة زمنية قصيرة (dt) وتكون السرعة كمية متجهة لأنها تنتج من حاصل قسمة كمية متجهة (الإزاحة) على كمية عددية (الزمن) .

إذا بقى مقدار وإتجاه السرعة ($\vec{v}$) ثابتيين أثناء الحركة سُميت السرعة (سرعة منتظمة) (Uniform Velocity)

، أما إذا تغيّر مقدار السرعة أو إتجاهها أو كلاهما أثناء الحركة سُميت السرعة (سرعة غير منتظمة) (Non-Uniform Velocity) وعندئذٍ تكون الحركة معجّلة (Accelerated) ويُعرف تعجيلها ($\vec{a}$) وفقا للعلاقة الآتية :-

$$\boxed{\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{d\vec{x}}{dt}\right) = \frac{d^2\vec{x}}{dt^2}\, m/s^2 \ldots (3-2)}$$

أنواع الحركة الخاصة (Types of Special Motion)

الحركة ذات السرعة المنتظمة على خط مستقيم (Motion Of Uniform Velocity On Straight Line)

عندما يكون الجسم في حركة ذات سرعة منتظمة على خط مستقيم تكون سرعته ثابتة ، أي أن :

$$\vec{v} = constant$$

أي أن تعجيل الجسم = صفرا لأن سرعته تكون ثابتة .

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = 0$$

$$\vec{v} = \frac{d\vec{x}}{dt} \Rightarrow d\vec{x} = \vec{v}dt$$

$$\int_{\vec{x}_o}^{\vec{x}} d\vec{x} = \int_{t_o}^{t} \vec{v}dt$$

$$\vec{x} - \vec{x}_o = \vec{v}\int_{t_o}^{t} dt \Rightarrow \vec{x} - \vec{x}_o = \vec{v}(t - t_o)$$

$$\boxed{\vec{x} = \vec{x}_o + \vec{v}(t - t_o) \ldots (3-3)}$$

الحركة ذات التعجيل المنتظم على خط مستقيم (Motion Of Uniform Acceleration On Straight Line)

عندما يكون الجسم في حركة ذات تعجيل منتظم على خط مستقيم يكون تعجيله ثابتا ، أي أن :

$$\vec{a} = constant$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \Rightarrow d\vec{v} = \vec{a}dt$$

$$\int_{\vec{v}_o}^{\vec{v}} d\vec{v} = \int_{t_o}^{t} \vec{a}dt$$

$$\vec{v} - \vec{v}_o = \vec{a}\int_{t_o}^{t} dt \Rightarrow \vec{v} - \vec{v}_o = \vec{a}(t - t_o)$$

$$\boxed{\vec{v} = \vec{v}_o + \vec{a}(t - t_o) \ldots (3-4)}$$

عندما $t_o = 0$ تصبح المعادلة (3 -4) كالآتي :

$$\vec{v} = \vec{v}_o + \vec{a}t$$

$$\vec{x} = \vec{x}_o + \int_{t_o}^{t} \vec{v}dt = \vec{x}_o + \int_{t_o}^{t} [\vec{v}_o + \vec{a}(t - t_o)]dt$$

$$\vec{x} = \vec{x}_o + v_o\int_{t_o}^{t} dt + \vec{a}\int_{t_o}^{t} (t - t_o)dt$$

$$\boxed{\vec{x} = \vec{x}_o + \vec{v}_o(t - t_o) + \frac{1}{2}\vec{a}(t - t_o)^2 \ldots (3-5)}$$

عندما $t_o = 0$ تصبح المعادلة (3 -5) كالآتي :

$$\vec{x} = \vec{x}_o + \vec{v}_o t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2$$

عندما $x_o = 0$

$$\boxed{\vec{x} = \vec{v}_o t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2 ...(3-6)}$$

وكما نعلم أن :

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_o}{t - t_o}$$

$$\boxed{t = \frac{\vec{v} - \vec{v}_o}{\vec{a}} ...(3-7)}$$

نعوّض قيمة (t) في المعادلة (6 – 3) فنحصل على :

$$\vec{x} = \frac{\vec{v}^2 - \vec{v}_o{}^2}{2\vec{a}}$$

ومنها نحصل على :

$$\boxed{\vec{v}^2 = \vec{v}_o{}^2 + 2\vec{a}\vec{x} ...(3-8)}$$

مثال : يبدأ جسم الحركة من السكون بتعجيل ثابت مقداره $(8m/s^2)$ في خط مستقيم . أوجد :

1- مقدار السرعة بعد خمس ثواني ؟

2- الإزاحة المقطوعة خلال خمس ثواني ؟

الحل :-

قبل البدء بحل المثال يتم كتابة المعطيات والمجاهيل الواردة في منطوق المثال .

$$\vec{x} = ? ، \ \vec{v} = ? ، \ \vec{a} = 8m/s^2 ، \ t_o = 0 ، \ \vec{v}_o = 0$$

1- من المعادلة (3 – 4) :

$$\vec{v} = \vec{v}_o + \vec{a}(t - t_o) ... (3-4)$$

$$\vec{v} = 0 + 8(5-0) \Rightarrow \vec{v} = 8x5$$

$$\boxed{\vec{v} = 40 m/s}$$

2- من المعادلة (3 – 6) :

$$\vec{x} = \vec{v}_o t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2 ... (3-6)$$

$$\vec{x} = (0)(5) + \frac{1}{2}(8)(5)^2 \Rightarrow \vec{x} = \frac{200}{2}$$

$$\boxed{\vec{x} = 100 m}$$

السقوط الحر (Free Fall)

خير مثال على الحركة ذات التعجيل المنتظم هو حركة الجسم الساقط حيث أن هذه الأجسام الساقطة بالقرب من سطح الأرض تتحرك بتعجيل ثابت يسمى بالتعجيل الأرضي (Gravitational Acceleration) ويُرمز له بالرمز (g) ومقداره حوالي $(9.8 m/s^2)$ ويتجه دائما شاقوليا نحو مركز الأرض .

فإذا إعتبرنا الإتجاه الشاقولي نحو الأعلى هو الإتجاه الموجب ، بذلك يُمكن تطبيق معادلات الحركة ذات التعجيل المنتظم على الجسم الساقط بعد إبدال ($\vec{a}$) بالتعجيل الأرضي (-g) وتصبح كالآتي :

$$\boxed{\vec{v} = \vec{v}_o - gt ... (3-8)}$$

$$\boxed{\vec{y} = \vec{y}_o + \vec{v}_o t - \frac{1}{2}gt^2 ... (3-9)}$$

$$\boxed{\vec{v}^2 = \vec{v}_o^{\,2} - 2g\vec{y} \ldots (3-10)}$$

مثال : أطلقت رصاصة عمودية نحو الأعلى بسرعة $(98m/s)$ من على سطح بناية إرتفاعها $(100m)$ ، أوجد :

1- الزمن اللازم لبلوغ الرصاصة أعلى إرتفاع من سطح الأرض ؟

2- أعلى إرتفاع يمكن أن تصله الرصاصة من سطح الأرض ؟

3- الزمن اللازم لكي تصل الرصاصة الأرض ؟

4- سرعة الرصاصة لحظة إرتطامه بالأرض ؟

الحل :-

قبل البدء بحل المثال يتم كتابة المعطيات والمجاهيل الواردة في منطوق المثال .

$t_{(down)} = ?$ ، $\vec{v}_{(down)} = ?$ ، $t_{(up)} = ?$ ، $\vec{y}_{(up)} = ?$ ، $\vec{y}_o = 100m$ ، $\vec{v}_o = 98m/s$

1- عند أقصى إرتفاع $\boxed{\vec{v} = 0}$:

من المعادلة (3 – 8) :

$$\vec{v} = \vec{v}_o - gt \ldots (3-8)$$

$$0 = 98 - (9.8)t \Rightarrow 98 = 9.8t$$

$$\Rightarrow t_{(up)} = \frac{98}{9.8}$$

$$\boxed{\therefore t_{(up)} = 10s}$$

2- من المعادلة (3 – 9) :

$$\vec{y} = \vec{y}_o + \vec{v}_o t - \frac{1}{2} g t^2 \ldots (3-9)$$

$$\vec{y}_{(up)} = 100 + (98)(10) - \frac{1}{2}(9.8)(10)^2$$

$$\vec{y}_{(up)} = 100 + 980 - \frac{1}{2} 980 \Rightarrow \vec{y}_{(up)} = 1080 - 490$$

$$\boxed{\therefore \vec{y}_{(up)} = 590m}$$

3 - عندما تصل الرصاصة إلى الأرض $\boxed{\vec{y} = 0}$:

من المعادلة (3 – 9) :

$$\vec{y} = \vec{y}_o + \vec{v}_o t - \frac{1}{2} g t^2 \ldots (10-2)$$

$$0 = 100 + 98t - \frac{1}{2}(9.8) t^2 \Rightarrow 100 + 98t - 4.9t^2 = 0$$

$$\boxed{\therefore t_{(down)} = 20.96s}$$

4 - من المعادلة (3 – 8) :

$$\vec{v} = \vec{v}_o - g t \ldots (3-8)$$

$$\vec{v}_{(down)} = 98 - (9.8)(20.96) \Rightarrow \vec{v}_{(down)} = 98 - 205.408$$

$$\boxed{\therefore \vec{v}_{(down)} = -107.4 m/s}$$

يُلاحظ الإشارة السالبة للسرعة دلالة على أن الجسم يتحرك للأسفل .

مسائل

1 : أسقطت كرة من السكون عند إرتفاع $(50m)$ فوق سطح الأرض ، أوجد
:

a- مقدار سرعة الكرة قبل إرتطامها مباشرة بالأرض ؟

b- الزمن الذي تستغرقه الكرة لتصل إلى الأرض ؟

2 : سيارة مُتحركة بسرعة مقدارها $(30m/s)$ تتباطأ بإنتظام إلى $(10m/s)$ في زمن مقداره خمس ثواني ، أوجد :

a- تعجيل (عجلة ، تسارع) السيارة ؟

b- الإزاحة التي تتحركها السيارة في الثانية الثالثة ؟

المحاضرة السادسة : القوة وقوانين الحركة

Force and Newton's law of motion

القوة

تعرف القوة في الفيزياء على أنها مؤثر يؤثر على الأجسام فيسبب تغييرا في حالة الجسم أو اتجاهه أو موضعه أو حركته. يمكن للقوة أن تتسبب في تغيير سرعة الجسم الذي يمتلك كتلة (وكذلك تحريك الأجسام الساكنة) وهذا يعني إكساب الجسم تعجيلًا.

القوة هي كمية متجهة (لها مقدار واتجاه)، وتقاس في نظام الوحدات الدولي بوحدة نيوتن ويرمز لها بالرمز F.

قوانين نيوتن للحركة هي ثلاثة قوانين فيزيائية تُأسس علم حركة الأجسام ، وتربط هذه القوانين القوى المؤثرة على الجسم بحركته. إسحاق نيوتن هو من وضع هذه القوانين، وقد استخدم هذه القوانين في تفسير العديد من الأنظمة والظواهر الفيزيائية.

هذه القوانين الثلاثة نشرها إسحاق نيوتن لأول مره في كتابه "الأصول الرياضية للفلسفة الطبيعية" Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica في عام 1687 والذي يعد أساس الميكانيكا الكلاسيكية. استعمل نيوتن هذه القوانين ليُفسر ويتحرى كثير من الظواهر الفيزيائية، أظهر نيوتن أن هذه القوانين بالإضافة لقانون الجذب العام قادرة على تفسير قوانين كيبلر لحركة الكواكب و لازالت هذه القوانين من أهم القوانين الفيزيائية حتى الآن.

قانون نيوتن الأول وتطبيقاته

نص القانون وتفسيره والتعبير الرياضي عنه:

" الجسم الساكن يبقى ساكناً، و الجسم المتحرّك يبقى متحركاً، مالم تؤثر عليه قوى ما"

هذا يعني أن الحركة لا يمكن أن تتغير أو تنقص بدون تأثير قوة غير متوازنة. إذا لم يحدث لك شيء ولم يحدث شيء، فلن تذهب إلى أي مكان أبدًا. إذا كنت تسير في اتجاه معين -ما لم يحدث لك شيء ما- فستذهب دائمًا في هذا الاتجاه إلى الأبد.

أي أن إذا كانت القوة المحصلة (المجموع الاتجاهي للقوى المؤثرة على الجسم) تساوي صفر، فإن سرعة الجسم تكون ثابتة.

تعتبر السرعة كمية متجهة حيث يتم التعبير عنها مقداراً (وهي سرعة الجسم) واتجاهاً (وهو اتجاه حركة الجسم). عندما نقول أن سرعة الجسم ثابتة فإننا نعني أن كلا من المقدار والاتجاه ثابتين.

والان سنعرض لك مثال جيد للتوضيح، عندما ترى فيديو لرواد الفضاء. هل سبق لك أن لاحظت أن أدواتهم تطفو؟ يمكنهم فقط وضعها في الفضاء ويبقون في مكان واحد. حيث لا توجد قوة تدخل لتغيير هذا الوضع. وينطبق الشيء نفسه عندما يرمون أشياء للكاميرا، هذه الأشياء تتحرك في خط مستقيم. بمعنى انهم إذا ألقوا شيئًا ما أثناء السير في الفضاء، فسيستمر هذا الجسم في التحرك في نفس الاتجاه وبنفس السرعة ما لم يتم التدخل فيه.

التعبير الرياضي للقانون الأول

$$v = \text{constante}$$

$$\sum F = 0 \quad \text{then} \quad \frac{dv}{dt} = 0$$

يث أن :

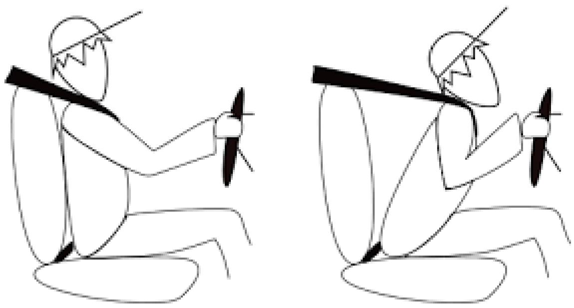
V هي سرعة الجسم

t هو الزمن

F هي القوة

هذا يعني أن يمكننا القول أن الجسم الساكن سيظل ساكن ما لم تؤثر عليه قوى خارجية، و الجسم المتحرك لا تتغير سرعته طالما لم تؤثر عليه قوة خارجية.

القصور الذاتي



يعد مبدأ القصور الذاتي أحد المبادئ الأساسية في الفيزياء الكلاسيكية التي لا تزال تستخدم حتى اليوم لوصف حركة الأشياء وكيف تتأثر بالقوى المطبقة عليها.

القصور الذاتي هو مقاومة أي جسم مادي لأي تغيير في سرعته. يتضمن ذلك التغييرات في سرعة الكائن أو اتجاه حركته. أحد

جوانب هذه الخاصية هو ميل الأشياء إلى الاستمرار في التحرك في خط مستقيم بسرعة ثابتة ، عندما لا تؤثر عليها قوى.

عرّف إسحاق نيوتن القصور الذاتي على أنه :

(القوة الجوهرية للمادة هي قوة المقاومة التي يسعى من خلالها كل جسم بقدر ما يكمن فيه، إلى الحفاظ على حالته الحالية، سواء كان ذلك في حالة سكون أو التحرك بشكل موحد للأمام في خط مستقيم)

و قد يشار الى مصطلح القصور الذاتي ب "مقدار مقاومة الجسم للتغيير في السرعة" أو "مقاومة التغير في الحركة"

ومن أمثلة القصور الذاتي في حياتنا :

استمرار حركة المروحة الكهربية لفترة بعد فصل الكهرباء عنها.

الميل إلى الوراء عندما تبدأ الحافلة الثابتة في التحرك.

تطبيقات قانون نيوتن الأول

في حياتنا اليومية يمكن تفسير حدوث الأشياء حولنا طبقًا لـ قانون نيوتن الأول، على سبيل المثال:

الوسائد الهوائية الخاصة بالسيارات

وظيفة الوسادة هي الانتفاخ عند وقوع حادث ومنع ارتطام رأس السائق بالزجاج الأمامي. عندما تتعرض سيارة فيها وسادة هوائية لحادث، فإن التباطؤ الفجائي في سرعتها يؤدي إلى تشغيل مفتاح كهربائي، وذلك يعمل على بدء تفاعل كيميائي تنتج منه مادة غازية تعمل على ملئ الوسادة وحماية رأس السائق.

الكتاب على المنضدة يظل موضوعًا في مكانه ما لم يتم إزاحته.

يندفع الدم من رأسك إلى قدميك بينما يتوقف سريعًا عند ركوب المصعد النازل.

يمكن شد رأس المطرقة على المقبض الخشبي عن طريق ضرب الجزء السفلي من المقبض على سطح صلب.

أثناء ركوب لوح تزلج (أو عربة أو دراجة) ، فإنك تطير إلى الأمام بعيدًا عن اللوح عندما تصطدم برصيف أو صخرة أو أي شيء آخر يوقف حركة لوح التزلج فجأة.

تغيير حركة الطائرة الورقية بحسب التغيرات الجوية.

وصف حركة الطائرة عند تغيير الطيار لوضع دواسة الوقود.

قانون نيوتن الثاني للحركةوتطبيقاته

نص القانون وتفسيره والتعبير الرياضي له

"إذا أثرت قوة على جسم ما فإنها تكسبه تسارعاً ، يتناسب طردياً مع قوته وعكسياً مع كتلته"

يدرس قانون نيوتن الثاني حركة الجسم عند تأثير قوى خارجية عليه، فعندما تؤثر قوة ثابتة على جسم ضخم، فإنها تتسبب في تسارعه، أي تغيير سرعته، بمعدل ثابت.

في أبسط الحالات، تؤدي القوة المؤثرة على جسم في حالة السكون إلى تسارعه في اتجاه القوة ، ومع ذلك، إذا كان الكائن متحركًا بالفعل فقد يبدو أن هذا الجسم يسرع أو يبطئ أو يغير اتجاهه

اعتمادًا على اتجاه القوة والاتجاهات التي يتخذها الكائن والإطار المرجعي الذي يتحرك فيه بالنسبة لبعضهما البعض.

يُمكن التعبير رياضيًا عن القانون الثاني لنيوتن من خلال المعادلة التالية :

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

حيث F هي القوة المحصلة، m هي كتلة الجسم و a هي تسارع الجسم.

تطبق هذه العلاقة مبدأ الحفاظ على كمية التحرك وهو أنه عندما تكون مجموع القوى المحصلة المؤثرة على الجسم تساوي صفر فإن كمية الحركة للجسم تظل ثابتة. وتساوي القوة المحصلة معدل التغير في كمية التحرك.

هذا القانون يعني أيضًا أنه عندما تؤثر قوتين متساويتين على جسمين مختلفين فإن الجسم الذي كتلته أكبر سيكون تسارعه أقل وحركته أبطأ والجسم ذو الكتلة الأقل تسارعه أكبر، فعلى سبيل المثال للتوضيح، اذا كان لدينا محركين متشابهين احداهما لسيارة كبيرة والاخر لسيارة صغيرة فالصغيرة ستملك تسارعاً أكبر لأن كتلتها أقل والكبيرة ستملك تسارعاً أقل لأن كتلتها أكبر.

تطبيقات قانون نيوتن الثاني في حياتنا

- نشاهد دائمًا تطبيق القانون الثاني عندما نحاول تحريك جسم ما، مثل إيقاف كرة متحركة تتدحرج على الأرض، أو دفع كرة لجعلها تتحرك.
- تقليل وزن السيارات المخصصة للسباق لزيادة سرعتها.

فمثلًا في سباقات السيارات، يحاول المهندسون إبقاء كتلة السيارات عند أدنى مستوى ممكن، إذ إنّ الكتلة المنخفضة تعني المزيد من التسارع، وكلما زاد التسارع زادت فرص الفوز بالسباق.

أمثلة على قانون نيوتن الثاني

- دفع عربة

من الأسهل دفع عربة فارغة في سوبر ماركت بدلاً من دفع عربة محملة. المزيد من الكتلة يتطلب المزيد من القوة للتسريع.

- ركل الكرة

عندما نركل الكرة فإننا نبذل القوة في اتجاه معين، وهو الاتجاه الذي ستسير فيه الكرة. بالإضافة إلى ذلك، كلما تم ركل الكرة بقوة زادت القوة التي نضعها عليها وكلما ابتعدت الكرة.

- شخصان يمشيان

من بين الشخصين السائرين ، إذا كان أحدهما أثقل من الآخر ، فإن الشخص الذي يزن أثقل يمشي أبطأ لأن تسارع (عجلة) الشخص الذي يزن أخف وزناً أكبر.

قانون نيوتن الثالث للحركة وتطبيقاته

نص القانون وتفسيره والتعبير الرياضي له

"لكل فعل رد فعل، مساوٍ له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه"

أي أن القوة المؤثرة هي قوى متبادلة على الأجسام المختلفة وهذا يعني أنه عندما تؤثر قوة على جسم فلابد من وجود قوة أخرى مصاحبة لها مساوية لها في المقدار ومضادة لها في الاتجاه.

في بعض الأحيان مقدار واتجاه القوة يتحدد عن طريق جسم واحد فقط من الجسمين، فمثلا عندما يؤثر جسم A على جسم آخر B بقوة فإنه يسمى بالفعل ويؤثر الجسم B على الجسم A بقوة لها نفس المقدار ولكنه في اتجاه مضاد ويسمي برد الفعل.

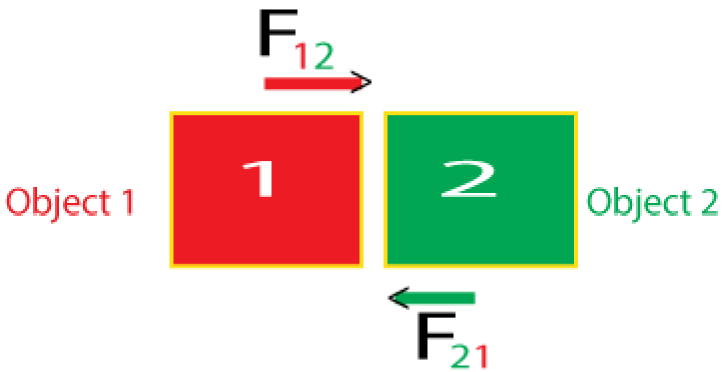
هذا القانون عادة يُسمى قانون الفعل ورد الفعل. في مواقف أخرى يتم حساب مقدار واتجاه القوة عن طريق الجسمين معا وفي هذه الحالة لا نستخدم لفظ الفعل ورد الفعل. كلا القوتين يمكن تسميتها

بالفعل ورد الفعل لأنهما قوتين منفصلتين ولا يمكن وجود واحدة دون الأخرى.

في القانون الثالث تكون القوتين من نفس النوع فمثلا عندما يؤثر الطريق على السيارة بقوة احتكاك فإن السيارة أيضا تؤثر على الطريق بقوة احتكاك أخرى.

يُمكن التعبير رياضيًا عن القانون الثالث لنيوتن من خلال المعادلة التالية :

F = Net force applied on the object



Therefore, $\boxed{F_{12} = F_{21}}$

جسم 1 يؤثر بقوة F1 على جسم آخر 2 والذي يؤثر بقوة F2 على الجسم 1

تطبيقات قانون نيوتن الثالث

- يطبق المهندسون قانون نيوتن الثالث عند تصميم الصواريخ وأجهزة القذائف الأخرى، فمثلا اندفاع الغازات الناتجة من الصاروخ لأعلى عند اشتعاله تسبب زيادة سرعته.

- عندما يسير شخص فإنه يؤثر على الأرض بقوة وتؤثر عليه الأرض بقوة أيضا لذلك كل من الأرض والشخص يؤثرون على بعضهما البعض.
- عندما تقفز تطبق رجليك قوة على الأرض، وتطبق الأرض قوة رد فعل مساوية ومعاكسة تدفعك إلى الهواء.
- عندما يكون الشخص بالماء فإن الماء يدفع الشخص للأمام بينما يدفع الشخص الماء للخلف فكلاهما يؤثر على بعضهما.
- تخلق المروحيات قوة الرفع عن طريق دفع الهواء لأسفل، وبالتالي تتعرض لقوة رد فعل تصاعدية.
- تطير الطيور والطائرات أيضًا عن طريق ممارسة القوة على الهواء في اتجاه معاكس لأي قوة يحتاجونها. على سبيل

المثال، أجنحة الطائر تدفع الهواء للأسفل وللخلف من أجل رفع الحركة للأمام.

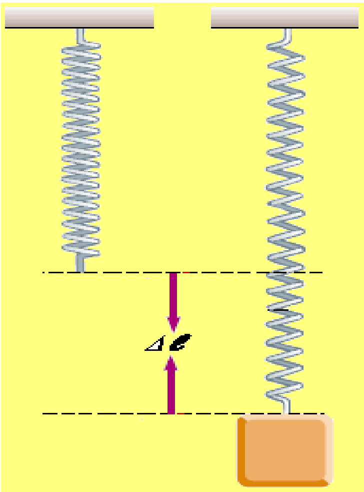
المحاضرة السابعة : المرونة

Elasticity

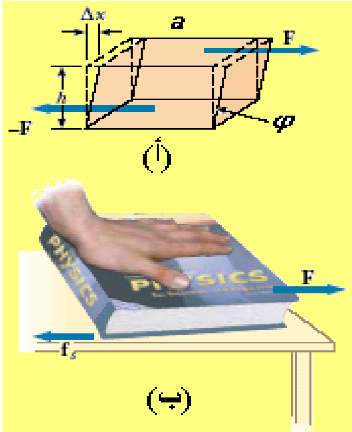
إذا أثرت قوة خارجية على جسم، فإنه يستجيب لهذه القوة فيتحرك تحت تأثيرها بسرعة وتسارع ما ويقطع مسافة معينة خلال زمن معين. ولكن في بعض الأحيان يكون الجسم مثبتاً بطريقة أو بأخري، فعندما تؤثر عليه قوة خارجية لا تحركه ولكن تغير من شكله.

التغير الحادث في شكل الجسم يتناسب مع القوة المسببة لذلك. وهذا التغير يكون إما في طول الجسم أو في شكله أو حجمه. مثال على ذلك:

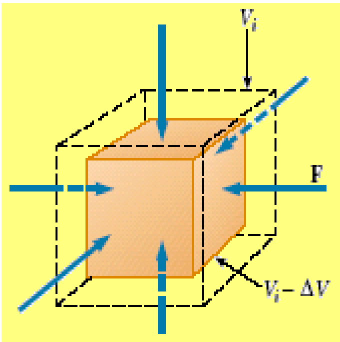
عند التأثير على زنبرك مثبت في حائط بقوة شد فإنه لا ينتقل من مكانه ولكنه يستطيل.



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



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

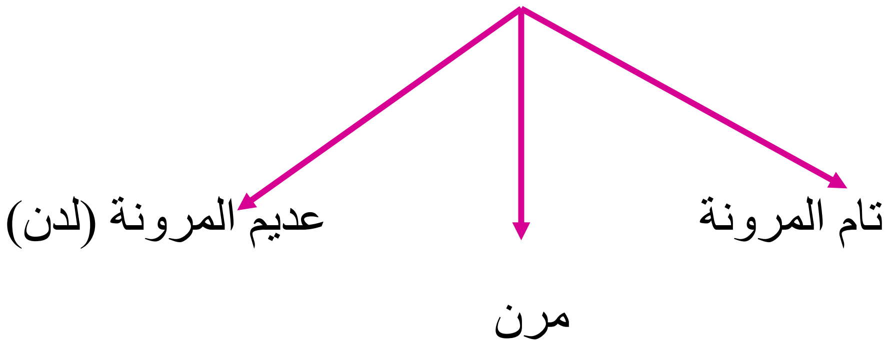


وعند زوال القوة المؤثرة علي الجسم يكون هناك ثلاثة إحتمالات وهي:

1- يستعيد الجسم حالته السابقة تماماً، أي يستعيد شكله وحجمه الأصلي تماماً ويطلق عليه جسم تام المرونة.
2- يستعيد الجسم جزء من حالته السابقة أي يستعيد شكله وحجمه جزئياً ويطلق عليه جسم مرن.
3- لا يستعيد الجسم لا شكله ولا حجمه الأصلي ويحتفظ بتغيرهما دائماً ويطلق عليه جسم عديم المرونة (لدن).

أي يمكن تقسيم الأجسام من حيث خاصيتها للمرونة إلي:

أنواع الأجسام



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

ذكرنا في المحاضرة الأولي أنه عند دراسة ظاهرة فيزيائية فإن مجرد الملاحظة لا تكفي، حتى تؤدى إلى معلومات كمية وعلاقة رياضية تصف هذه الظاهرة. وللحصول على علاقة رياضية للمرونه نعرف كل من الإجهاد والإنفعال.

الإجهاد:

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

$$\sigma = F/A$$

وحدة قياس الإجهاد في النظام الدولي هي (N/m^2).

يوجد ثلاثة أنواع من الإجهاد وهي:

أنواع الاجهاد

اجهاد شد (اجهاد عمودي)   اجهاد مماسي (اجهاد قص)   اجهاد الضغط (اجهاد حجمي)

الانفعال:

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

وتوجد للانفعال ثلاثة أنواع:

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

$$\varepsilon = \Delta\ell/\ell_0$$

2- الانفعال القصي: يساوى ظل الزاوية φ الناشئة من التأثير على الجسم بقوي مماسية.

3- الانفعال الحجمي: هو عبارة عن التغير في الحجم ΔV إلى الحجم الأصلي V.

أنواع الانفعال

انفعال طولي انفعال حجمي

انفعال قصي

المحاضرة الثامنة : معامل المرونة

Elasticity modulus

معامل المرونة:

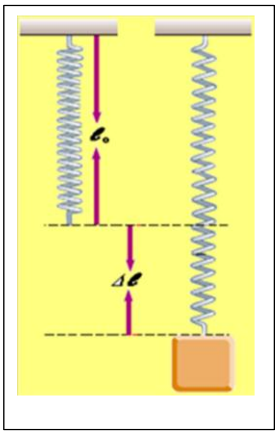
النسبة بين الإجهاد والانفعال تسمى معامل المرونة.

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

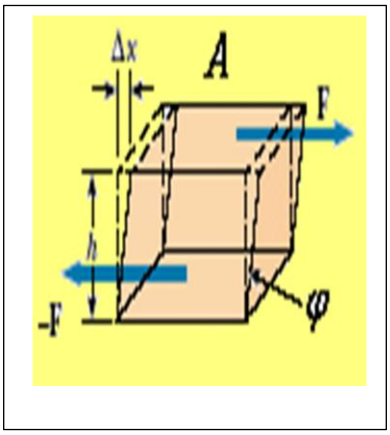
يوجد ثلاثة أنواع من معاملات المرونة وهي:

معاملات المرونة

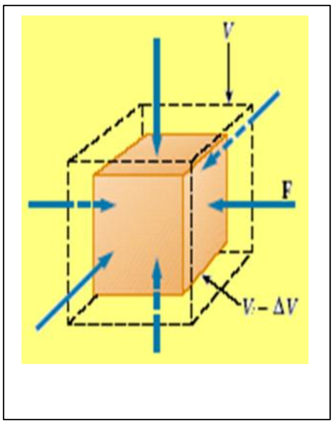
- معامل المرونة الطولي (معامل يونج)
- معامل المرونة القصي (معامل المتانة N)
- معامل المرونة الحجمي B



$$Y = \frac{F/A}{\Delta l / l_o}$$



$$N = \frac{F_t/A}{\tan\varphi}$$



$$B = -\frac{F/A}{\Delta V/V} = -\frac{P}{\Delta V/V}$$

الإشارة السالبة تعني أن الضغط يعمل على إنقاص الحجم.

قانون هوك وثابت الزنبرك (النابض)

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

$$\mathbf{F = k\, \Delta\ell}$$

ويسمى الثابت k بثابت الزنبرك وهو عبارة عن القوة اللازمة لإحداث تغير في الطول مقداره الوحدة. وهو يرتبط بمعامل يونج بالعلاقة:

$$k = \frac{Y\,A}{l_o}$$

وعادةً ما يكتب قانون هوك بواسطة قوة الارجاع على الصورة:

$$\mathbf{F = -\, k\, \Delta\ell}$$

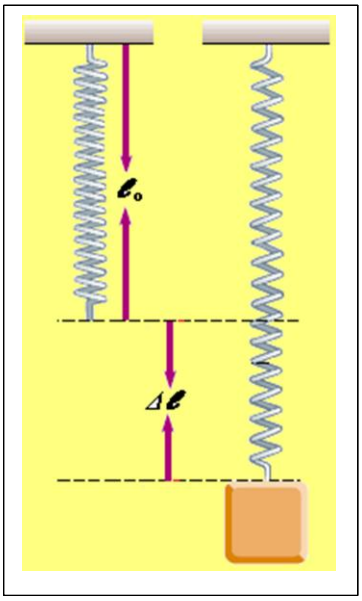
ومعني الإشارة السالبه أنه بزيادة الاستطالة تزيد قوة الارجاع التي تحاول أن تعيد الجسم إلي وضعه الأصلي.

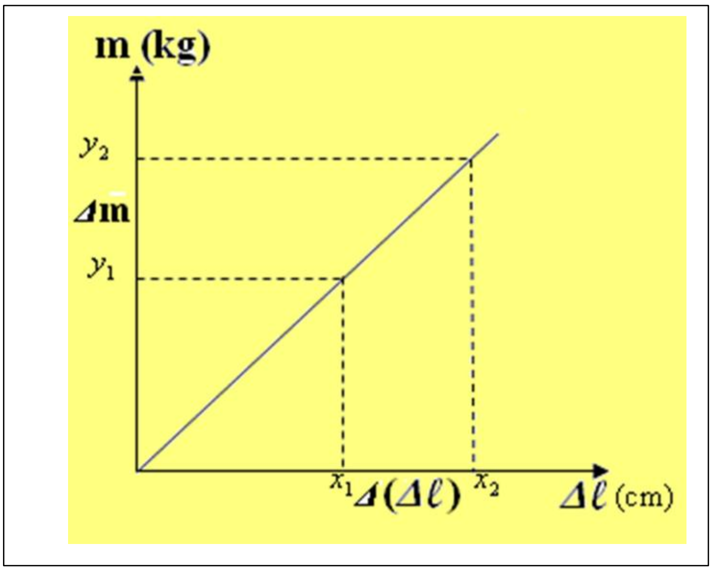
تحقيق قانون هوك عملياً وتعيين ثابت الزنبرك:

لتحقيق قانون هوك عمليا نعلق كتلاً مختلفة m في طرف الزنبرك ثم نحدد في كل مرة استطالة الزنبرك عند الاتزان.

نرسم العلاقة بين الكتلة علي المحور الرأسي وبين الإستطالة $\Delta\ell$ علي المحور الأفقي، فنحصل علي خط مستقيم يمر بنقطة الأصل وميله يساوي k/g.

من ميل الخط الناتج نحسب ثابت الزنبرك k.





مثال: في تجربة لقياس معامل ينج للفولاذ، علق جسم وزنه 10 كيلو نيوتن بسلك من الفولاذ طوله 4 متر ومساحة مقطعه 1 سم^2 فزاد طول الجسم بمقدار 0.1 سم احسب كل من:

1- الإجهاد 2- الانفعال 3- معامل يونج

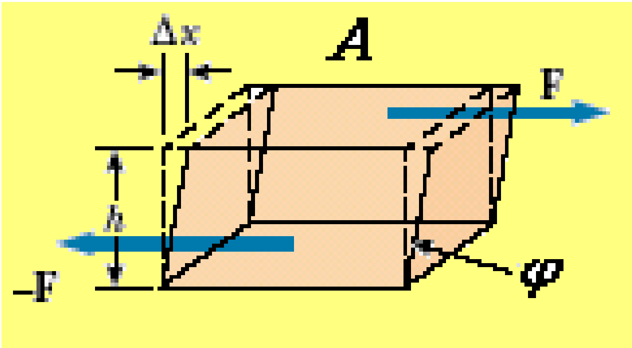
الحل:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{10\times10^{3}}{1\times10^{-4}} = 10^{8}\ \ N/m^{2}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta\ell}{\ell_o} = \frac{0.1\times10^{-2}}{4} = 2.5\times10^{-4}$$

$$\therefore\ Y = \frac{10^{8}}{2.5\times10^{-4}} = 4\times10^{11}\ \ N/m^{2}$$

مثال: مكعب طول ضلعه 10 سم، تؤثر فيه قوة قص قدرها 1000 كيلو نيوتن، مما سبب إزاحة قدرها 0.03 سم للجانب العلوي بالنسبة للجانب السفلي. احسب قيمة معامل القص.



الحل:

$$\sigma = \frac{F_t}{A} = \frac{1000 \times 10^3}{0.1 \times 0.1} = 10^8 \ \mathrm{N/m^2}$$

$$Strain = \tan\varphi = \frac{0.03}{10} = 0.003$$

$$N = \frac{10^8}{0.003} = 3.33 \times 10^{10} \ \mathrm{N/m^2}$$

المحاضرة التاسعة : الحرارة

Heat

درجة الحرارة وأجهزة قياسها

لدى جميعنا نفس الشعور حول ماهية درجة الحرارة. لدينا أيضا لغة مشتركة نستخدمها حين نصف درجة الحرارة نوعياً. الماء في حوض الاستحمام أو الدوش يشعرنا بالبرودة أو السخونة او الدفء. الطقس في الخارج سواء كان بارداً أو مشبعاً بالبخار.

ولدينا أيضاً شعور جيد حول كيفية اختلاف درجة حرارة ما عن درجة حرارة أخرى. قد لا نتفق دائماً فيما إذا كانت درجة حرارة الغرفة مرتفعة جداً أو منخفضة جداً أو مناسبة. لكن من المحتمل أن نتفق جميعاً على امتلاكنا مقاييس درجة حرارة داخلية لإجراء محاكمات نوعية حول درجات الحرارة النسبية.

ما هي درجة الحرارة

على الرغم من شعورنا الداخلي بدرجة الحرارة، فإنها تبقى من تلك المفاهيم العلمية التي يصعب تحديدها وهنا بعض التعاريف الخاصة بدرجة الحرارة:

- درجة برودة أو سخونة الجسم أو المحيط.
- قياس برودة أو سخونة جسم أو مادة بالرجوع الى بعض القيم المرجعية.

- مقياس لمتوسط الطاقة الحركية للجزيئات في عينة من المادة، معبراً عنها بوصف من الوحدات أو درجة معينة على مقياس معياري.
- مقياس لقدرة المادة أو العديد من المواد عادة ، في أي نظام فيزيائي، على نقل الطاقة الحرارية إلى نظام فيزيائي آخر.
- أي من مختلف المقاييس الرقمية المرجعية لهذه القدرة، مثل مقياس كلفن أو مقياس فهرنهايت أو سيليزيوس.

كيف يعمل مقياس درجة الحرارة؟

اليوم ، يوجد أنماط عدة من مقاييس درجة الحرارة، النمط الذي يألفه معظمنا من درس العلوم هو ذلك النمط المؤلف من سائل موجود في عمود زجاجي ضيق. استخدم الزئبق السائل في النمط الأقدم من هذه المقاييس. واستجابة لوعينا بالمخاوف الصحية المرافقة للتعرض للزئبق، استخدمت هذه الأنماط من مقاييس درجة الحرارة نوعاً معيناً من الكحول السائل. يصنع هذا النوع من مقاييس درجة الحرارة السائلة اعتماداً على مبدأ التمدد الحراري. عندما ترتفع درجة حرارة المادة، تتمدد لتصبح ذات حجم أكبر. معظم المواد تقريباً تبدي هذا السلوك من التمدد الحراري، هذا هو الأساس في تصميم وتشغيل مقاييس درجة الحرارة.

عندما ترتفع درجة حرارة السائل في مقياس درجة الحرارة، يزداد حجمه. يكون السائل محصوراً في عمود طويل وضيق من الزجاج أو البلاستيك ذي مقطع عرضي ثابت. بالتالي يؤدي التغير في حجم السائل إلى تغير في ارتفاع السائل في العمود. يتناسب التغير في الحجم وبالتالي التغير في ارتفاع عمود السائل مع ارتفاع درجة

الحرارة. لنفترض أن ارتفاع درجة الحرارة بمقدار عشر درجات يسبب زيادة بمقدار 1 سم في ارتفاع عمود السائل. عندها ستسبب الزيادة بمقدار 20 درجة تغيراً بمقدار 2 سم في ارتفاع عمود السائل. وارتفاع درجة الحرارة بمقدار 30 درجة سيسبب زيادة بمقدار 3 سم في ارتفاع العمود. تكون العلاقة بين درجة الحرارة وارتفاع العمود خطية ضمن المجالات الضيقة من درجة الحرارة التي يستخدم عندها مقياس درجة الحرارة. هذه العلاقة الخطية تجعل معايرة مقياس درجة الحرارة مهمة سهلة نسبياً.

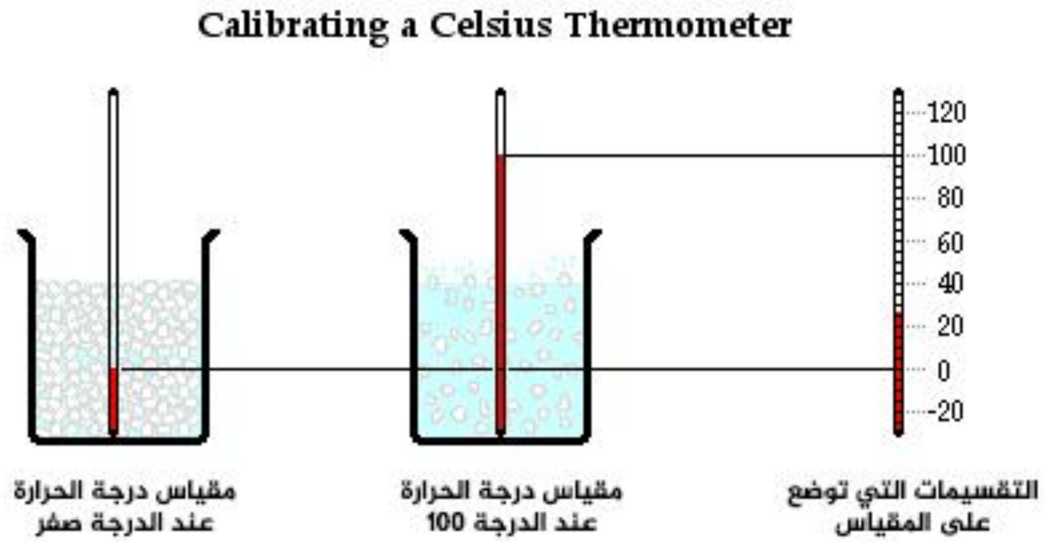
تتضمن معايرة أي أداة للقياس وضع تقسيمات أو علامات على الأداة للقياس الكمي بدقة بالمقارنة مع مقياس معروف (معياري). أي أداة للقياس- حتى العصا المترية- يجب أن تتم معايرتها. تتطلب الأداة تقسيمات أو علامات- فعلى سبيل المثال- للعصا المترية علامة كل 1 سم على حدى أو كل 1 مم على حدى، ينبغي وضع هذه العلامات بدقة ويمكن الحكم على دقة وضعها فقط لدى مقارنتها مع جسم آخر معروف طوله على وجه التحديد.

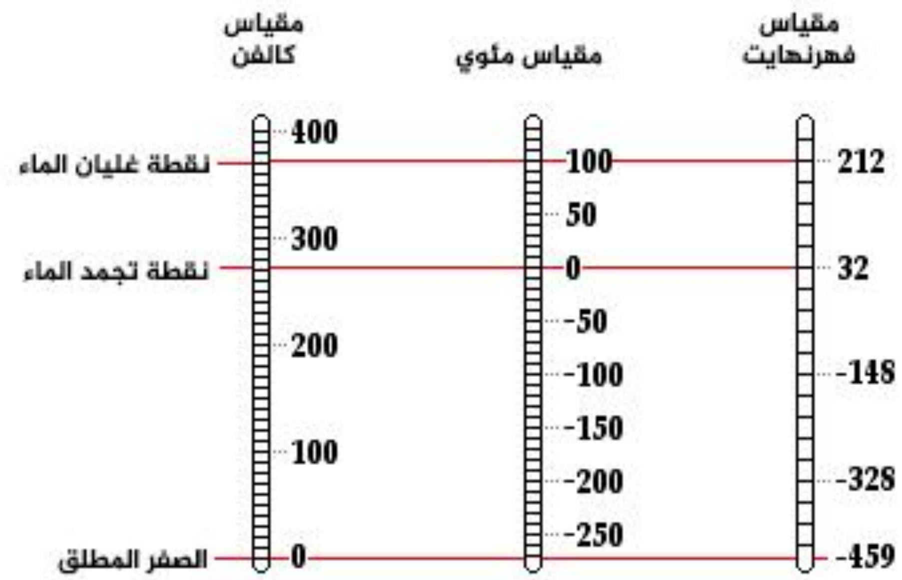
يعاير مقياس درجة الحرارة باستخدام جسمين لهما درجتي حرارة معروفتين. يتضمن الإجراء النموذجي استخدام درجة تجمد ودرجة غليان الماء النقي . من المعروف أن الماء يتجمد عند الدرجة $0°C$ ويغلي عند الدرجة $100°\ C$ عند الضغط الجوي (1 atm). بوضع مقياس درجة الحرارة في مزيج من الماء المتجمد وترك سائل المقياس يصل إلى ارتفاع مستقر، يمكن وضع علامة الصفر على مقياس درجة الحرارة.

بشكل مماثل، بوضع المقياس في ماء يغلي عند الضغط الجوي ويسمح للسائل بالوصول إلى مستوى مستقر، يمكن أن توضع

علامة الـ100 على المقياس. مع هاتين العلامتين اللتين توضعان على المقياس، يمكن أن توضع بينها 100 تقسيمة متساوية البعد فيما بينها بحيث تمثل كل منها درجة واحدة.

وبما أنه توجد علاقة خطية بين درجة الحرارة والارتفاع ، يمكن أن توضع الأقسام بين 0 و 100 بشكلٍ متساوٍ. بوجود مقياس درجة حرارة معاير، يمكن أن تؤخذ قياسات دقيقة لدرجة حرارة أي مادة بمجال درجة الحرارة الذي تمت معايرته ضمنه.



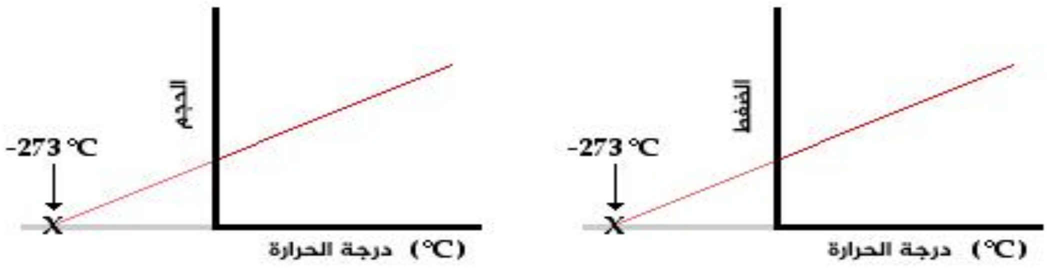


نقطة الصفر على مقياس كلفن تعرف بالصفر المطلق. إنها درجة الحرارة الأكثر انخفاضاً على الإطلاق. عزز مفهوم درجة الحرارة الأدنى المطلقة من قبل عالم الفيزياء الاسكتلندي ويليام تومسون المعروف أيضاً باسم اللورد كلفن Scottish physicist (William Thomson (a.k.a. Lord Kelvin في عام 1848. بنيت نظرية تومسون على مبادئ الترموديناميك (الديناميكا الحرارية) حيث أن أقل درجة حرارة تم الوصول اليها هي الدرجة 273.15- .

وقبل تومسون ،كان التجريبيون كروبرت بويل (Robert Boyle في أواخر القرن السابع عشر) مدركين للملاحظة أن الحجم (وكذلك الضغط) لعينة غازية يعتمد على درجة حرارتها. يمكن قياس تغيرات الضغط و الحجم مع تغير درجة الحرارة وتعيينها. منحنيات الحجم مع درجة الحرارة (في ضغط ثابت) ومنحنيات الضغط مع درجة الحرارة في حجم ثابت تعكس النتيجة ذاتها، يتناقص حجم وضغط الغاز إلى الصفر عند درجة الحرارة −273.15 . −273.15°C°Cوبما أن هذه القيم هي القيم الأكثر

انخفاضاً للضغط والحجم الممكنة، فمن المنطقي الاستنتاج $-273.15°C$ $-273.15°C$ هي درجة الحرارة الأخفض التي كانت ممكنة.

الصفر المطلق



الحجم مقابل درجة الحرارة والضغط مقابل درجة الحرارة لكل منهما بداية محددة عند 273– درجة مئوية. يبدو أن حجم وضغط الغاز يتناقصان إلى الصفر عند درجة حرارة محددة على افتراض بقاء الغاز بالطور الغازي.

يشير تومسون إلى هذه الدرجة الأدنى من الحرارة على أنها الصفر المطلق ويجادل بأنه تم اعتماد مقياس درجة حرارة يحتوي على الصفر المطلق كالقيمة الأكثر انخفاضاً على المقياس. اليوم، يحمل مقياس درجة الحرارة اسمه. كان العلماء والمهندسون قادرون على تبريد المادة إلى درجات حرارة قريبة من -273.15، ولكنهم لم يصلوا إلى ما هي أبرد منها. في عملية تبريد المادة إلى درجة حرارة قريبة من الصفر المطلق، لوحظ العديد من الخصائص الغير اعتيادية. تضمنت هذه الخصائص الناقلية الفائقة ، السيولة الفائقة وحالة من المادة تعرف بمتكاثف بوس-اينشتاين Bose-Einstein condensate

درجة الحرارة هي ما يقيسه مقياس درجة الحرارة، ولكن ما هو الانعكاس الذي تمثله درجة الحرارة تلك؟ مفهوم درجة حرارة الصفر المطلق في غاية الأهمية ومشاهدة الخصائص الفيزيائية الاستثنائية لعينات من المادة تقترب من الصفر المطلق تجعل المرء يفكر ملياً وبعمق أكبر في هذا الموضوع. هل هناك ما يحصل على المستوى الجزيئي الذي يتصل بالمشاهدة التي تتم على مستوى مجهري؟

المحاضرة العاشرة : موازين درجة الحرارة

موازين درجة الحرارة

ينتج عن معايرة مقياس درجة الحرارة التي وصفت أعلاه ما يعرف بميزان السينتيغراد .centigrade thermometer أو ميزان درجة الحرارة المئوية. لمقياس درجة الحرارة المئوية 100 قسم أو فاصل بين درجة حرارة التجمد الطبيعية ونقطة غليان الماء الطبيعية.

يعرف اليوم ميزان درجة الحرارة المئوي بمقياس سيليزيوس Celsius scale, نسبة لاسم الفلكي السويدي أندرياس سيليزيوس Anders Celsius الذي ينسب إليه الفضل في تطورها. مقياس سيليزيوس هو مقياس درجة الحرارة الأكثر قبولاً في جميع أنحاء العالم. إنه الوحدة المعيارية لقياس درجة الحرارة تقريباً في كل العالم. كانت الولايات المتحدة هي أكبر استثناء معروف . باستخدام هذا المقياس نختصر درجة الحرارة 28 درجة سيليزيوس بالقول .28°C كما هي العادة في بطئها في اعتماد النظام المتري وواحدات القياس الأخرى المقبولة، تستخدم الولايات المتحدة بشكل أكثر شيوعاً نظام مقياس درجة الحرارة فهرنهايت Fahrenheit temperature scale. يمكن معايرة مقياس درجة الحرارة الذي يستخدم معيار فهرنهايت بطريقة مماثلة لما شرحناه في الأعلى. الاختلاف هو أنه يتم تعيين درجة التجمد الطبيعية للماء على مقياس فهرنهايت ب 32 درجة ودرجة غليان الماء الطبيعية تعين ب 212 درجة على مقياس فهرنهايت. على هذا النحو، يكون هناك 180 تقسيم أو فاصل بين هاتين الدرجتين من الحرارة عند استخدام مقياس فهرنهايت. سمي مقياس فهرنهايت على شرف الفيزيائي الألماني دانيال فهرنهايت German physicist Daniel Fahrenhei. تختصر درجة الحرارة 76 درجة فهرنهايت بـ . F76°F76°استبدل مقياس درجة الحرارة فهرنهايت باستخدام مقياس

سيليزيوس في معظم البلدان حول العالم.يمكن أن تحول درجة حرارة المأخوذة بالفهرنهايت إلى ما يكافئها على مقياس سيليزيوس باستخدام هذه المعادلة:
يمكن أن تحول درجة حرارة المأخوذة بالفهرنهايت إلى ما يكافئها على مقياس سيليزيوس باستخدام هذه المعادلة:

$$C = (F - 32^{o})/1.8$$

وبالمثل فإن درجة الحرارة التي نعبر عنا بالسيليزيوس يمكننا تحويلها إلى ما يكافئها على مقياس فهرنهايت باستخدام هذه المعادلة:

$$F = 1.8 . C + 32^{o}$$

مقياس درجة الحرارة (كلفن)

في حين أن مقاييس درجة الحرارة سيليزيوس وفهرنهايت هي المقاييس الأوسع انتشاراً ، هناك العديد من المقاييس الأخرى التي استخدمت عبر التاريخ. فعلى سبيل المثال كان هناك مقياس رانكن ومقياس نيوتن ومقياس رومر اللذان يستخدمان في حالات نادرة.

أخيراً، هناك مقياس كلفن لدرجة الحرارة، والذي هو النظام القياسي المتري المعياري لقياس درجة الحرارة وربما المقياس الأوسع انتشاراً بين العلماء. مقياس درجة الحرارة كلفن . يشبه مقياس كلفن مقياس سيليزيوس من حيث وجود 100 درجة من تقسيم متساوٍ بين درجة التجمد الطبيعية ودرجة الغليان الطبيعية للماء. مع ذلك، فإن علامة الدرجة صفر على مقياس كلفن هي 273.15 وهي أقل بـ 273.15 مما هي عليه على مقياس سيليزيوس. بالتالي درجة الصفر على مقياس كلفن مكافئة لدرجة 273.15°C . لاحظ أنه لا يستخدم رمز الدرجة في هذا المقياس. بالتالي يشار إلى درجة الحرارة 300 وحدة فوق الصفر على مقياس كلفن بـ 300 كلفن وليس 300 درجة كلفن؛ وتختصر مثل هذه الدرجة بـ 300 . k التحويلات بين درجات الحرارة على مقياس سيليزيوس ودرجات الحرارة

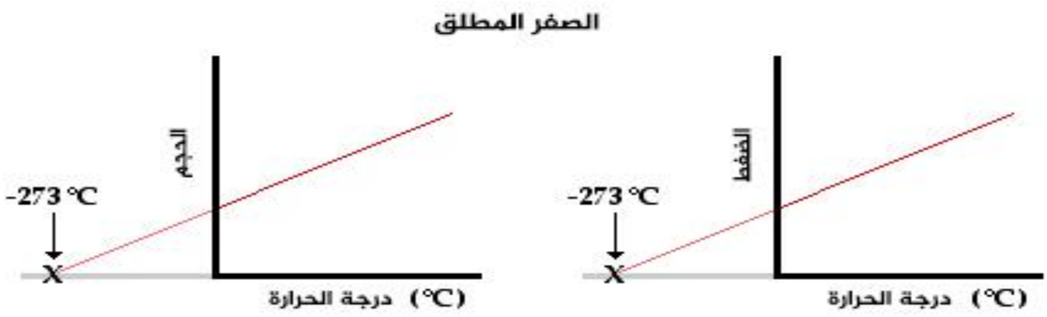
على مقياس كلفن (والعكس بالعكس) يمكن إنجازها باستخدام إحدى المعادلتين..بالأسفل

$$C^{o} = K - 273.15^{o}$$
$$K = C^{o} + 273.15^{o}$$

نقطة الصفر على مقياس كلفن تعرف بالصفر المطلق. إنها درجة الحرارة الأكثر انخفاضاً على الإطلاق. عزز مفهوم درجة الحرارة الأدنى المطلقة من قبل عالم الفيزياء الاسكتلندي ويليام تومسون المعروف أيضاً باسم اللورد كلفن Scottish physicist (William Thomson (a.k.a. Lord Kelvin في عام 1848. بنيت نظرية تومسون على مبادئ الترموديناميك (الديناميكا الحرارية) حيث أن أقل درجة حرارة تم الوصول اليها هي الدرجة 273.15- .

وقبل تومسون ،كان التجريبيون كروبرت بويل (Robert Boyle في أواخر القرن السابع عشر) مدركين للملاحظة أن الحجم (وكذلك الضغط) لعينة غازية يعتمد على درجة حرارتها. يمكن قياس تغيرات الضغط و الحجم مع تغير درجة الحرارة وتعيينها. منحنيات الحجم مع درجة الحرارة (في ضغط ثابت) ومنحنيات الضغط مع درجة الحرارة في حجم ثابت تعكس النتيجة ذاتها، يتناقص حجم وضغط الغاز إلى الصفر عند درجة الحرارة −273.15 . °C−273.15°C وبما أن هذه القيم هي القيم الأكثر انخفاضاً للضغط والحجم الممكنة، فمن المنطقي الاستنتاج −273.15 °C−273.15°C هي درجة الحرارة الأخفض التي كانت

ممكنة.



الحجم مقابل درجة الحرارة والضغط مقابل درجة الحرارة لكل منهما بداية محددة عند 273- درجة مئوية. يبدو أن حجم وضغط الغاز يتناقصان إلى الصفر عند درجة حرارة محددة على افتراض بقاء الغاز بالطور الغازي.

يشير تومسون إلى هذه الدرجة الأدنى من الحرارة على أنها الصفر المطلق ويجادل بأنه تم اعتماد مقياس درجة حرارة يحتوي على الصفر المطلق كالقيمة الأكثر انخفاضاً على المقياس. اليوم، يحمل مقياس درجة الحرارة اسمه. كان العلماء والمهندسون قادرون على تبريد المادة إلى درجات حرارة قريبة من -273.15، ولكنهم لم يصلوا إلى ما هي أبرد منها. في عملية تبريد المادة إلى درجة حرارة قريبة من الصفر المطلق، لوحظ العديد من الخصائص الغير اعتيادية. تضمنت هذه الخصائص الناقلية الفائقة ، السيولة الفائقة وحالة من المادة تعرف بمتكاثف بوس-اينشتاين Bose-Einstein condensate

درجة الحرارة هي ما يقيسه مقياس درجة الحرارة، ولكن ما هو الانعكاس الذي تمثله درجة الحرارة تلك؟ مفهوم درجة حرارة الصفر المطلق في غاية الأهمية ومشاهدة الخصائص الفيزيائية الاستثنائية لعينات من المادة تقترب من الصفر المطلق تجعل المرء يفكر ملياً وبعمق أكبر في هذا الموضوع. هل هناك ما يحصل على المستوى الجزيئي الذي يتصل بالمشاهدة التي تتم على مستوى مجهري؟