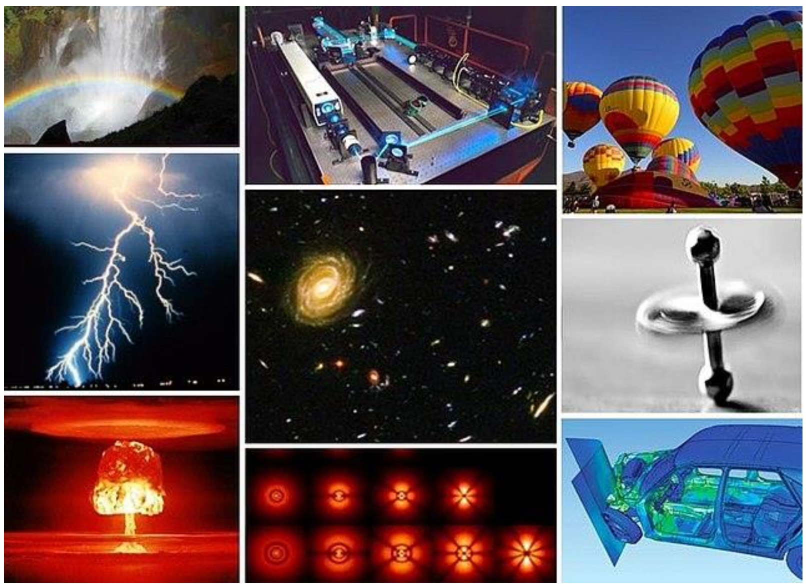
الفيزياء والكميات الفيزيائية

الفيزياء كلمة يونانية الأصل معناها معرفة الطبيعة، ولذلك فهي علم يسعى لدراسة الكون بما فيه من مادة matter وطاقة energy وتفاعلاتهما، وما ينتج عن ذلك من ظواهر متكررة. ويعتمد علم الفيزياء على الملاحظة والتجربة والتفكير النظري بهدف صياغة نظريات تساعد في فهم مكونات هذا الكون وتفسير سلوك هذه المكونات ومحاولة التحكم من أصغر جزء في الكون مثل مكونات نواة الذرة إلى الأجرام السماوية والمجرات.على سبيل المثال: أدى فهم طبيعة الكهرباء والمغناطيسية والعلاقة بينهما إلى إنتاج العديد من الأجهزة مثل المحركات الكهربائية والمولدات الكهربائية وأدوات الإنارة وأجهزة الاتصالات، وكذلك أدت نظرية ميكانيكا الكم التي ساعدت في فهم وتفسير سلوك مكونات الذرة إلى إنتاج المجهر الإلكتروني والأجهزة المساعدة في التشخيصات الطبية.



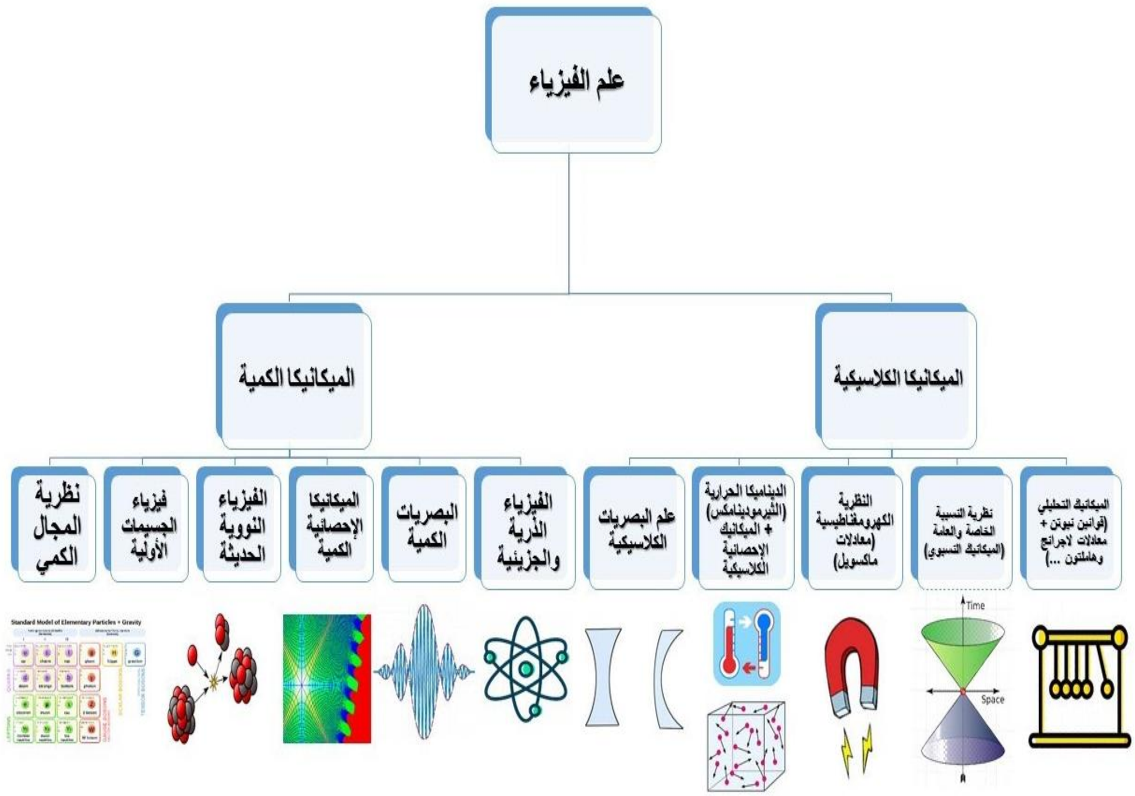
شكل (1.1) مجموعة من الصور تبين ما دور علم الفيزياء في تفسير هذه الظواهر الطبيعية

ينقسم مجال عمل الفيزياء إلى مجالين هما الفيزياء الكلاسيكية، والفيزياء الحديثة.

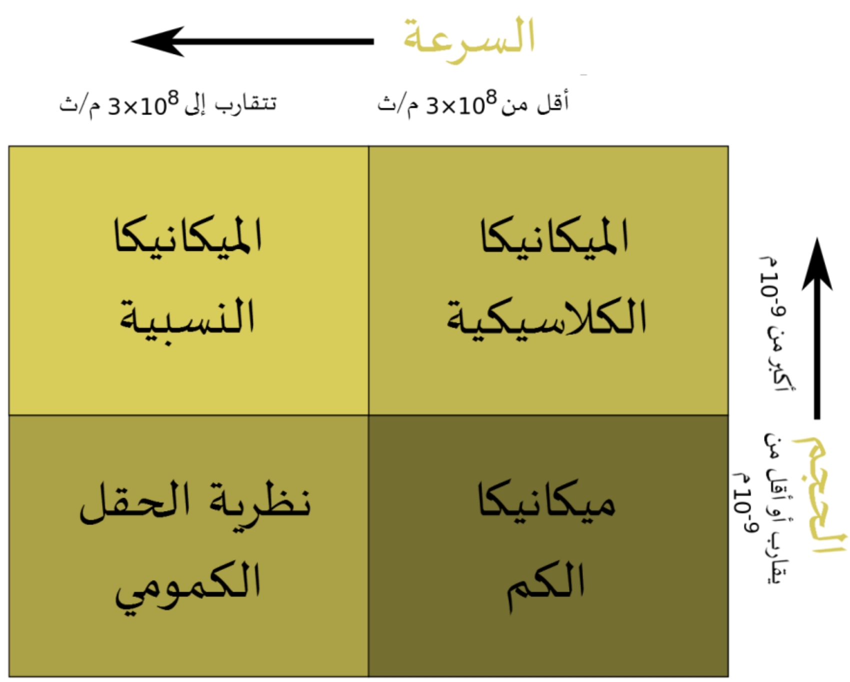
الفيزياء الكلاسيكية تدرس المادة والطاقة وتفاعلاتهما على المستوى الكبير، وتدرس أيضا حركة الأجسام المادية بسرعات معتدلة أقل بكثير جدا من سرعة الضوء، وتشتمل على مواضيع مثل دراسة حركة الأجسام الصلبة، والسائلة، ودراسة طبيعة الصوت وسلوكه، وسلوك الضوء، والكهرباء والمغناطيسية، والحرارة. أما الفيزياء الحديثة، فتتضمن نظريتين، هما نظرية فيزياء الكم، والنظرية النسبية. تدرس نظرية

فيزياء الكم المادة والطاقة وتفاعلاتهما على المستوى المجهري مثل حركة الالكترونات، التركيب الذري، والجسيمات الأولية، والفيزياء النووية.

بينما تدرس النظرية النسبية المادة والطاقة وتفاعلاتهما عندما يتعلق الأمر بحركة الأجسام بسرعات قريبة من سرعة الضوء.



شكل (1.2) مجال عمل الفيزياء



شكل (1.3) أنواع الميكانيك في الفيزياء

الكميات الفيزيائية Physical Quantities

إن أول عمل الذي يقوم فيه الباحث في عملية الملاحظة هو أخذ القياسات الكمية المتكونة من أرقام أو من أرقام ووحدات لوصف الظاهرة المدروسة. إن أي شيء يمكن أن يقاس بإعطائه رقما، أو رقما ووحدة نسميه في الفيزياء كمية فيزيائية. فالمسافة والكتلة والزمن والحجم والسرعة والشحنة الكهربائية والقوة ومعامل الاحتكاك ومعامل الانكسار كلها كميات فيزيائية.

بعض الكميات الفيزيائية تعد أساسية وتشكل عوامل مميزة لأجسام بحيث نستطيع وصفها بصورة طبيعية ونقيسها بمقارنتها بوحدات قياس نسميها وحدات قياس أساسية . والبعض الآخر لا نستطيع وصفها وقياسها إلا بواسطة أكثر من وحدة قياس أساسية، وهذه الكميات نسميها كميات فيزيائية مشتقة ووحداتها نسميها وحدات مشتقة وهذه التسمية جاءت اعتمادا على أن تلك الكميات صيغت بقوانين فيزيائية على شكل علاقات رياضية تربط ما بين كميات فيزيائية أساسية لتفسير سلوك الظواهر الطبيعية.

وقد تم اعتماد سبع كمييات تشكل كميات أساسية في الفيزياء حسب النظام العالمي للوحدات أو النظام الدولي للوحدات SI units.

جدول (1.1) الوحدات الأساسية في النظام الدولي للوحدات

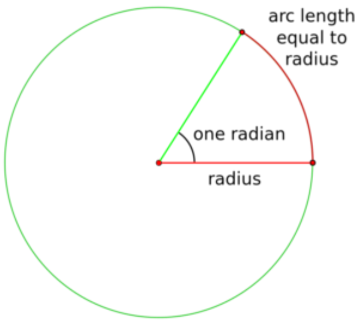
الكمية	الوحدة	رمز الوحدة
الطول Length	meter متر	m
الزمن Time	second ثانية	s
الكتلة (كمية المادة بالكيلوغرام) Mass (Amount of Matter)*	kilogram كيلوغرام	kg
التيار الكهربائي Electric current	amper أمبير	A
درجة الحرارة Temperature	Kelvin كلفن	K
كمية المادة بالمول Amount of substance (mole)	mole مول	mol
شدة الإضاءة Luminous intensity	candela شمعة	cd

الجدول (1.2) الوحدات التكميلية للنظام الدولي Supplementary Unites

Quantity	Unit	symbol	الوحدة التكميلية
plane angle	radian	rad	الزاوية المستوية
solid angle	steradian	sr	الزاوية المجسمة

الزاوية النصف القطرية (rad): هي الزاوية المركزية المقابلة لقوس طوله يساوي نصف قطر الدائرة.

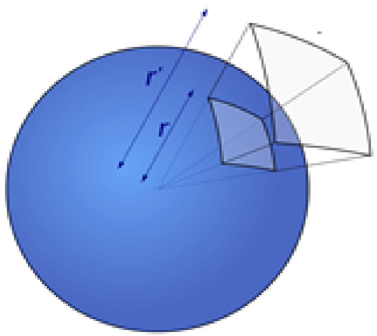
محيط الدائرة يقابل زاوية نصف قطرية



$$\theta = \frac{Arc\ length}{radius} = \frac{2\pi r}{r} = 2\pi\ (rad)$$

$$1\ (rad) = \frac{360}{2\pi} = \frac{360}{6.28} = 57.3$$

الزاوية المجسمة :هي الزاوية المركزية المجسمة التي تقابل جزء من السطح الكروي مساحته يقدر مربع نصف قطر تلك الدائرة وتقدر بوحدات (SI)



$$Solid\ angle = \frac{4\pi r^2}{r^2} = 4\pi\ (sr)$$

mks- system

سنكون معنين بهذا النظام، وبثلاث كميات أساسية منه هي الطول (Length) لقياس المسافة و وحدة قياسه هي المتر (m) والكتلة (mass) ووحدة قياسها هي كيلوغرام (kg) و الزمن (time) و وحدة قياسه هي الثانية (sec) . ويرمز لهذا النظام في بعض الاحيان بالرمز mks- system . وتنبع أهمية هذا النظام كونه يستعمل النظام العشري لقياس الطبول والكتلة، فالنظام العشري تسهيل عملية الحسابات لاستخدامه الصيغة الاسية للرقم عشرة للتعبير عن الارقام ويعمل على تسهيل تغيير الوحدة الكبيرة إلى صغيرة؛ أو الصغيرة إلى كبيرة. وإضافة الى ذلك فهو يستعمل مختصرة ألفاظا وحروفا تسمى بادئات للدلالة على الأرقام الصغيرة؛ أو الكبيرة كما هو مبين في الجدول (1.3).

جدول (1.3) بعض بادئات النظام العالمي للصيغة الأسية للرقم عشرة مع أمثلة توضيحية

الرقم	الصيغة الأسية	البادئة واختصارها	مثال
0.000000000001	10^{-12}	pico p بيكو	1PF=1picofarad=10^{-12} farad
0. 000000001	10^{-9}	nano n نانو	1ns=1nanosecond=10^{-9} sec
0. 000001	10^{-6}	micro µ ميكرو	1µA=1microamper=10^{-6} A
0. 001	10^{-3}	milli m ملي	1mm=1millimeter=10^{-3} m
0. 01	10^{-2}	centi c سنتي	1cm=1centimeter=10^{-2} m
1000	10^{3}	kilo k كيلو	1kg=1kilogram=10^{3}grams(g)
1000000	10^{6}	mega M ميغا	1MW=1megawatt=10^{6}watts
1000000000	10^{9}	giga G غيغا	1GHz=1gigaHertz=10^{9} Hz
1000000000000	10^{12}	tera T تيرا	1THz=1teraHertz=10^{6}Hz

يوجد نظام آخر لقياس تلك الكميات وهو يستعمل وحدات القياس الفرعية الأصغر للطول والكتلة ويرمز له بالرمز cgs –system حيث c تشير إلى السنتيمتر cm و g تشير إلى الغرام وs تشير الى النظام والنظام الهندسي البريطاني British engineering system وهذا النظام يستعمل وحدة القدم (ft) (foot) لقياس الطول، ووحدة السلاق slug لقياس الكتلة، أو الباوند pound لقياس القوة.

الجدول (1.4) يبين بعض وحدات النظام البريطاني وما يقابلها في النظام العالمي لاستخدامها في عملية التحويلات

الوحدة في النظام البريطاني	علاقة الوحدات ببعضها	ما يقابلها في النظام العالمي
البوصة inche (in)		1in=2.54cm
القدم foot (ft)	1ft=12in	1ft=30.45cm
اليارد yard (yr)	1yr=3ft	1yr=91.44cm
الميل mile (mi)	1mi=1760yr	1mi=1.6093km
الأونصة* ounce (oz)		1oz≡28.35gram
الباوند* pound(lb)	1lb=16oz	1lb≡453.6gram
السلاق* slug	1slug≡32.2lb	1slug=14.6kg

إن الكميات الأساسية التي نستخدمها في علم الميكانيكا هي الكتلة، والطول، والزمن. فهذه الكميات تشكل وعينا وإحساسنا بالحركة

يوجد في الفيزياء بعض الكميات لها وحدات مكونة من الوحدات الأساسية ولكنها تشتهر بأسماء خاصة ، ومثال على هذه الكميات الطاقة energy ووحدتها $\frac{kg.m^2}{sec^2}$ ولكنها تشتهر بوحدة خاصة هي الجول joule وتختصر بالحرف J .

الجدول (1.5) بعض الكميات الفيزيائية التي تشتهر بوحدات خاصة

الكمية	الوحدة	الوحدة الخاصة ورمزها
الطاقة energy	$kg.m^2/s^2$	Joule (J)
القوة force	$kg.m/s^2$ (in mks-system) $g.cm/s^2$ (in cgs-system)	newton (N) in mks-system dyne in cgs- system
التردد frequency	cycles/s	hertz (Hz) هيرتز
القدرة power	$J/s= kg.m^2/s^3$	watt (W)
الشحنة charge	A.s	coulomb (C) كولوم
اللزوجة viscosity	$dyne.s/cm^2$ in cgs- system	poise (P) in cgs- system (بواز)
الضغط pressure	N/m^2 in mks-system	Pascal (Pa) in mks-system (باسكال)

تحويل الوحدات : Converting Units

يتطلب في بعض الأحيان تحويل الوحدات من نظام إلى نظام آخر، أو من وحدات صغيرة إلى وحدات كبيرة أو العكس في نفس النظام . إن تحويل الوحدات يُعد من الأولويات الاستراتيجية لحل المسألة. ويتم التحويل ببساطة على اعتبار أن أي رقم؛ أو أي تعبير رياضي يمكن أن نضربه بمعامل ضرو يساوي واحد دون أن تتغير قيمته. معامل الضرو يسمى معامل تحويل الوحدة unit factor او conversion factor .

ويكون اختياره حسب طبيعة التحويل. فعلى سبيل المثال:

$$1\,\text{inch} = 2.54\,\text{cm}$$

$$\text{conversion factor or unit factor} = \frac{1\,\text{inch}}{2.54\,\text{cm}} = \frac{2.54\,\text{cm}}{1\,\text{inch}}$$

$$1\,\text{m} = 1000\,\text{mm}$$

$$\text{unit factor} = \frac{1\,\text{m}}{1000\,\text{mm}} = \frac{1000\,\text{mm}}{1\,\text{m}}$$

هناك بعض الأمثلة على تحويل الوحدات :

Examples 1 :
Change the following measurement
(a) 6.5 Km to mm
(b) 2.5 mm to cm
(c) 4.7 mm to m
Solution :

(a) $$6.5\,\text{km} = 6.5\,\cancel{\text{km}} \times \frac{1000\,\cancel{\text{m}}}{1\,\cancel{\text{km}}} \times \frac{1000\,\text{mm}}{1\,\cancel{\text{m}}} = 6.5 \times 10^{6}\,\text{mm}.$$

(b) $$2.5\,\text{mm} = 2.5\,\cancel{\text{mm}} \times \frac{1\,\text{cm}}{10\,\cancel{\text{mm}}} = 0.25\,\text{cm}.$$

(c) $$4.7\,\text{mm} = 4.7\,\cancel{\text{mm}} \times \frac{1\,\text{m}}{1000\,\cancel{\text{mm}}} = 4.7 \times 10^{-3}\,\text{m}$$

Examples 2
Change the following measurement
(a) 6.0 in to centimeters .
(b) 2.4 ft to inches
(c) 4.7 m to feed

Solution :

(a) $$6.00\,\text{in} = 6.00\,\cancel{\text{in}} \times \frac{2.54\,\text{cm}}{1\,\cancel{\text{in}}} = 15.2\,\text{cm}$$

(b) $$2.4\ \text{ft} = 2.4\ \cancel{\text{ft}} \times \frac{12\,\text{in}}{1\,\cancel{\text{ft}}} = 29\,\text{in}$$

(c) $$4.70\,\text{m} = 4.70\,\cancel{\text{m}} \times \frac{100\,\cancel{\text{cm}}}{1\,\cancel{\text{m}}} \times \frac{1\,\cancel{\text{in}}}{2.54\,\cancel{\text{cm}}} \times \frac{1\,\text{ft}}{12\,\cancel{\text{in}}} = 15.4\,\text{ft}$$

Example 3

If the posted limit is 90 km/hr. what is this speed
(a) in meters per second m/s.
(b) In mile per hour mil/hr.

Solution:

(a)

$$90\,\text{km/hr} = \frac{90\cancel{\text{km}}}{1\cancel{\text{hr}}} \times \frac{1000\,\text{m}}{1\cancel{\text{km}}} \times \frac{1\cancel{\text{hr}}}{3600\,\text{s}}$$
$$= 25\,\text{m/s}$$

(b)

$$90\,\text{km/hr} = \frac{90\cancel{\text{km}}}{1\,\text{hr}} \times \frac{1\,\text{mi}}{1.6\cancel{\text{km}}}$$
$$= 56\,\text{mi/hr}$$

Example 4

The density of mercury is 13.6 g/cm^3 in cgs-system. What is the density of mercury in mks –system.

Solution :

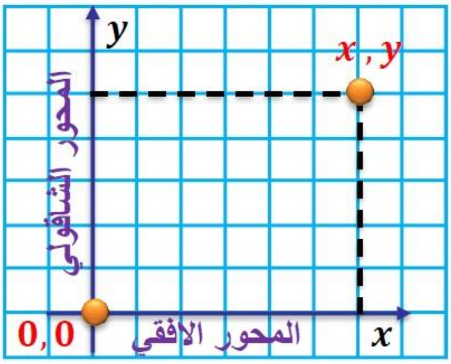
$$\rho_{Hg} = \frac{13.6\,\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{(100\,\text{cm})^3}{(1\,\text{m})^3} \times \frac{1\,\text{kg}}{1000\,\text{g}}$$
$$= \frac{13.6\cancel{\text{g}}}{\cancel{\text{cm}^3}} \times \frac{1\times10^6\cancel{\text{cm}^3}}{1\text{m}^3} \times \frac{1\,\text{kg}}{1000\cancel{\text{g}}}$$
$$= 1.36\times10^4\,\text{kg/m}^3$$

نظام الإحداثيات Coordinate system

نحتاج في حياتنا العملية إلى تحديد موقع جسم ما في الفراغ سواءً كان ساكناً أم متحركاً، ولتحديد موقع هذا الجسم فإننا نستعين بما يعرف بالإحداثيات Coordinates، وهناك نوعان من الإحداثيات التي سوف نستخدمها وهما Rectangular coordinates و polar coordinates

الاحداثيات الكارتيزية The rectangular coordinates

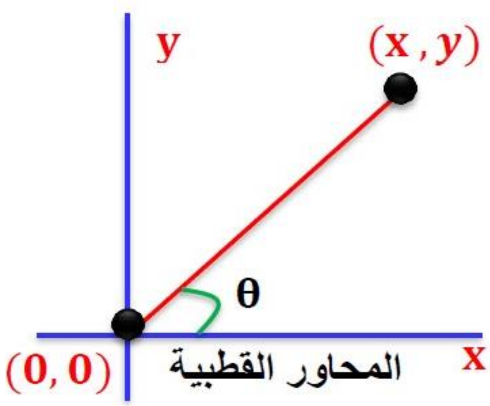
الإحداثيات الكارتيزية في بعدين موضحة في الشكل التالي. وتتكون الاحداثيات هذه من محورين x و y متعامدين ومتقاطعين عند النقطة (0,0) والتي تسمى نقطة الأصل origin point يتم وضع اسم كل محور ليدل على الكمية الفيزيائية التي يحددها والوحدة المستخدمة للقياس. تحدد اية نقطة على هذه الاحداثيات بـ (x,y).



شكل (1.1) الاحداثيات الكارتيزية

الإحداثيات القطبية The polar coordinates

في بعض الأحيان يكون من الأنسب استخدام نظام محاور آخر مثل نظام المحاور القطبية والذي يحدد بالمسافة r والزاوية θ التي يصنعا مع المحور الأفقي. وتتحدد أي نقطة على هذه الإحداثيات بــ(r,θ) .



شكل (1.2) الاحداثيات القطبية

العلاقة بين الاحداثيات الكارتيزية والقطبية The relation between coordinates

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

$$x = r\cos\theta \qquad \text{.......................(1.1)}$$

و

$$y = r\sin\theta \qquad \text{....................... (1.2)}$$

لتحويل الاحداثيات الكارتيزية الى القطبية نطبق ما يلي و لا يجاد قيمة (r) المعادلة (1.3) وجمعهما نحصل على

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \qquad \text{..........................(1.3)}$$

و لا يجاد الزاوية θ

$$\tan\theta = \frac{y}{x} \qquad \text{..........................(1.4)}$$

مثال : حول الإحداثيات القطبية إلى إحداثيات ديكارتية، للنقطة $\left(4 \text{ ، } \frac{\pi}{6}\right)$:

الحل : يمكن تحويل من خلال (r , θ) حيث ان $r = 4$ و $\theta = \frac{\pi}{6}$

$$x = r\cos\theta \quad \Rightarrow \quad x = 4\cos(30) \quad \Rightarrow x = 3.4\ unit$$

$$y = r\sin\theta \quad \Rightarrow \quad y = 4\sin(30) \quad \Rightarrow y = 2\ unit$$

$$\therefore (x,y)\ is\ (3.4\,,2)$$

مثال : حول الاحداثيات ديكارتية الى الاحداثيات القطبية للنقطة (3 , 6) :

الحل : يمكن تحويل من خلال (x , y) حيث ان $y = 6$ و $x = 3$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad \Rightarrow \quad r = \sqrt{(3)^2 + (6)^2} \quad \Rightarrow r = \sqrt{9+36} \quad \Rightarrow r = \sqrt{45}$$

$$\therefore r = 6.7\ unit$$

لايجاد الزاوية θ

$$\tan\theta = \frac{y}{x} \Rightarrow \tan\theta = \frac{6}{3} \Rightarrow \tan\theta = 2 \Rightarrow \theta = \tan^{-1}(2)$$

$$\therefore \theta = 63^o$$

اذن الاحداثيات القطبية تساوي (63^o ، 6.7)

الكميات الفيزيائية

تنقسم الكميات الفيزيائية (سواء أساسية أو مشتقة) إلى نوعين أساسيين: كميات قياسية وكميات متجهة.

أولاً: الكميات القياسية:

في هذا النوع من الكميات، تتحد من خلال قيمتها (مقدارها) فقط وليس لها اتجاه. مثل: الكتلة، الكثافة، درجة الحرارة، الزمن، والقدرة.

مثلا: شخص كتلته (60) كجم (كمية فقط)

ثانياً: الكميات المتجهة:

هنا يهمنا معرفة قيمتها (مقدارها) وكذلك اتجاهها، أي أن لها مقداراً واتجاهاً. مثال: الوزن (الثقل) – الإزاحة - السرعة المتجهة - القوة - العجلة.

مثلاً لو قلنا: إنّ سيارة تتحرك بعجلة 5m/sec فهنا نتساءل في أي اتجاه تتحرك؟

ونعبر عن المتجهات بحرف يعلوه سهم أو بخط أسود عريض (A) حيث إن: $|\hat{A}|$

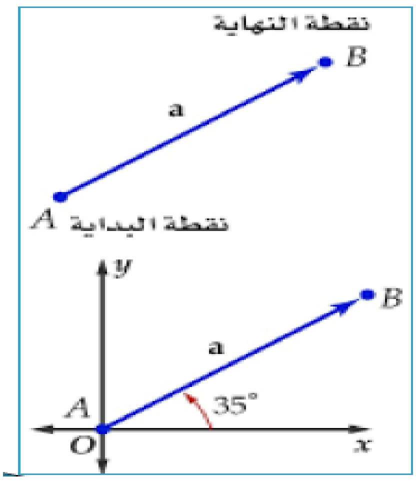
Ax تعبر عن قيمة المتجه في المحور x

Ay تعبر عن قيمة المتجه في المحور y

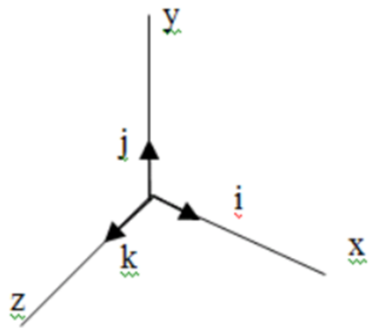
المتجه :يمُثل بالرمز $\hat{A}, \vec{A}$

المتجه: له طول محدد ومسار واتجاه ونقطة تأثير وزاوية ميل. وقيمة موجبة أو سالبة حسب اتجاهه أما قيمته المطلقة فتمثل مقداره فقط ويمثل بالرمز:

$$|\hat{A}|$$



شكل (2.1) يمثل المتجه



i ≡ a unit vector along the *x*-axis
j ≡ a unit vector along the *y*-axis
k ≡ a unit vector along the *z*-axis

شكل (2.2) يوضح المتجه للوحدات

$$\bar{A} = iA_x + jA_y + kA_z$$
$$\bar{B} = iB_x + jB_y + kB_z$$

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. فمثلاً لجمع متجه A مع متجه B تكون المحصلة المتجه R.

- **طرح المتجهات Subtraction vector**

تتم عملية طرح المتجهات بصورة مشابهة للجمع مع مراعاة رسم المتجه في المقدار و الاتجاه حيث ان متجه (A) هو المتجه (–A) و لكن في الاتجاه المعاكس.

- **ضرب المتجهات Multiplication of Vectors**

وهناك نوعان من ضرب المتجهات :

النوع الأول : الضرب العددي Dot of Scalar Product

ويمكن تعريفه بالعلاقة التالية $\bar{A}.\bar{B} = |\bar{A}||\bar{B}|\cos\theta$

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.

$$\hat{i}\cdot\hat{j} = |\hat{i}|\,|\hat{j}|\cos 90^\circ = (1)(1)(0) = 0$$
$$\hat{i}\cdot\hat{k} = |\hat{i}|\,|\hat{k}|\cos 90^\circ = (1)(1)(0) = 0$$
$$\hat{k}\cdot\hat{j} = |\hat{k}|\,|\hat{j}|\cos 90^\circ = (1)(1)(0) = 0$$

4. اذا كان الضرب يساوي واحد فهذا يعني احداهما موازي للأخر أي ان الزاوية بينهما صفر.

$$\hat{\imath}\,.\,\hat{\imath} = |\hat{\imath}||\hat{\imath}|\,cos\,0 = (1)(1)(1) = 1$$
$$\hat{\jmath}\,.\,\hat{\jmath} = |\hat{\jmath}||\hat{\jmath}|\cos 0 = (1)(1)(1) = 1$$
$$\hat{k}\,.\,\hat{k} = |\hat{k}||\hat{k}|\cos 0 = (1)(1)(1) = 1$$

5. هناك عدة قواعد للضرب العددي أهمها:

$$\overline{A}.\overline{B} = \overline{B}.\overline{A}$$
$$\overline{A}.(\overline{B}+\overline{C}) = \overline{A}.\overline{B}+\overline{A}.\overline{C}$$
$$p(\overline{A}.\overline{B}) = (p\overline{A}).\overline{B} = \overline{A}.(p\overline{B}) = (\overline{A}.\overline{B})p$$
$$\bar{i}.\bar{i} = \bar{j}.\bar{j} = \bar{k}.\bar{k} = 1$$
$$\bar{i}.\bar{j} = \bar{j}.\bar{k} = \bar{i}.\bar{k} = 0$$
$$B^2 = B_x^2 + B_y^2 + B_z^2$$
$$\overline{A}.\overline{B} = A_x.B_x + A_y.B_y + A_z.B_z$$

مثال : جد الزاوية بين المتجهين .

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

الحل

$$\bar{A} \bullet \bar{B} = AB\cos\theta$$
$$A = \sqrt{(1)^2 + (-3)^3 + (2)^2} = \sqrt{14}$$
$$B = \sqrt{(-3)^2 + (4)^3 + (-1)^2} = \sqrt{26}$$
$$\bar{A} \bullet \bar{B} = -3 - 12 - 2 = -17 = AB\cos\theta$$
$$\cos\theta = \frac{\bar{A} \bullet \bar{B}}{AB} = \frac{-17}{\sqrt{364}} = -0.89$$
$$\theta = 153^o$$

مثال: جد الزاوية بين المتجهين مستعملا ضربا نقطياً.

$$\vec{A} = \hat{\imath} + \hat{\jmath} + \hat{k}$$
$$\vec{B} = 2\hat{\imath} - \hat{\jmath} - 3\hat{k}$$

$$\cos\theta = \frac{(\hat{\mathbf{i}} + \hat{\mathbf{j}} + \hat{\mathbf{k}}) \cdot (2\hat{\mathbf{i}} - \hat{\mathbf{j}} - 3\hat{\mathbf{k}})}{|\hat{\mathbf{i}} + \hat{\mathbf{j}} + \hat{\mathbf{k}}| \cdot |2\hat{\mathbf{i}} - \hat{\mathbf{j}} - 3\hat{\mathbf{k}}|}$$
$$= \frac{1(2) + (1)(-1) + (1)(-3)}{\sqrt{1^2 + 1^2 + 1^2}\sqrt{2^2 + (-1)^2 + (-3)^2}}$$
$$= \frac{-2}{\sqrt{3}\sqrt{14}} = \frac{-2}{\sqrt{42}}.$$

مثال: جد حاصل ضرب بين المتجهين $\hat{A}$ و $\hat{B}$ اذا كانت الزاوية بين المتجهين $\theta = 90^o$.

$$\hat{A} = 3i - j + k$$
$$\hat{B} = 2i + j - k$$
$$\hat{A}.\hat{B} = |\hat{A}||\hat{B}|cos\theta$$
$$|\hat{A}| = \sqrt{(3)^2 + (-1)^2 + (1)^2} = \sqrt{11} = 3.3$$
$$|\hat{B}| = \sqrt{(2)^2 + (1)^2 + (-1)^2} = \sqrt{6} = 2.4$$
$$\hat{A}.\hat{B} = (3.3)(2.4)cos90$$
$$\hat{A}.\hat{B} = 0$$

النوع الثاني :الضرب الاتجاهي Cross Product of Vector Product

ويمكن تعريفه بالعلاقة التالية:

$$\bar{A} \times \bar{B} = AB \sin\theta \quad \bar{n}$$

$$\mathbf{a} \times \mathbf{b} = \begin{bmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{bmatrix}$$

هندسيا 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.

خصائص الضرب الاتجاهي:

1. إن ناتج الضرب يكون كمية اتجاهية لها مقدار واتجاه.
2. ناتج الضرب لا يساوي صفرا إذا كان أحدهما عموديا على الآخر.
3. إذا كان ناتج الضرب يساوي صفرا فهذا يعني إما أن أحدهما موازي على الآخر.

$$\hat{\imath} \,.\, \hat{\imath} = |\hat{\imath}||\hat{\imath}| \, sin\, 0 = (1)(1)(0) = 0$$
$$\hat{\jmath} \,.\, \hat{\jmath} = |\hat{\jmath}||\hat{\jmath}| \sin 0 = (1)(1)(0) = 0$$
$$\hat{k} \,.\, \hat{k} = |\hat{k}||\hat{k}| \sin 0 = (1)(1)(0) = 0$$

.4

$$\bar{A} \wedge \bar{B} = -\bar{B} \wedge \bar{A}$$
$$\bar{A} \wedge (\bar{B} + \bar{C}) = \bar{A} \wedge \bar{B} + \bar{A} \wedge \bar{C}$$
$$p(\bar{A} \wedge \bar{B}) = (p\bar{A}) \wedge \bar{B} = \bar{A} \wedge (p\bar{B}) = (\bar{A} \wedge \bar{B})p$$
$$\bar{i} \wedge \bar{i} = \bar{j} \wedge \bar{j} = \bar{k} \wedge \bar{k} = 0$$
$$\bar{i} \wedge \bar{j} = \bar{k}, \quad \bar{j} \wedge \bar{k} = \bar{i} \quad , \bar{k} \wedge \bar{i} = \bar{j}$$

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

مثال توضيحي لضرب الاتجاهي

يمكن حساب هذا المحدد باستخدام توسيع العامل المساعد

$$\mathbf{a}\times\mathbf{b}=\begin{vmatrix}a_2 & a_3\\ b_2 & b_3\end{vmatrix}\mathbf{i}-\begin{vmatrix}a_1 & a_3\\ b_1 & b_3\end{vmatrix}\mathbf{j}+\begin{vmatrix}a_1 & a_2\\ b_1 & b_2\end{vmatrix}\mathbf{k}$$
$$=(a_2b_3-a_3b_2)\mathbf{i}-(a_1b_3-a_3b_1)\mathbf{j}+(a_1b_2-a_2b_1)\mathbf{k},$$

الناتج يكون كمية اتجاهية

مثال :- جد حاصل ضرب الاتجاهي للمتجهات التالية :

$$\vec{a}=3i+7j-k$$
$$\vec{b}=i+j+3k$$

الحل :-

$$\vec{a}\times\vec{b}=\begin{vmatrix}\hat{\imath} & \hat{\jmath} & \hat{k}\\ 3 & 7 & -1\\ 1 & 1 & 3\end{vmatrix}$$

$$\vec{a}\times\vec{b}=[(7*3)-(1*-1)]i-[(3*3)-(-1*1)]j+[(3*1)-(7*1)]k$$

$$\vec{a}\times\vec{b}=[21+1]i-[9+1]j+[3-7]k$$

$$\vec{\mathbf{a}}\times\vec{\mathbf{b}}=\mathbf{22i-10j-4k}$$

مثال : جد حاصل ضرب الاتجاهي للمتجهات التالية :

$$\vec{A}=2i+j-k$$

$$\vec{B}=i-j+2k$$

الحل :

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

$$\vec{a}\times\vec{b}=[(1*2)-(-1*-1)]i-[(2*2)-(-1*1)]j+[(2*-1)-(1*1)]k$$

$$\vec{a}\times\vec{b}=[2-1]i-[4+1]j+[-2-1]k$$

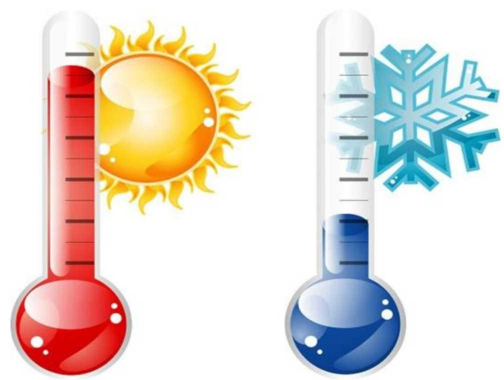
$$\vec{\mathbf{a}} \times \vec{\mathbf{b}} = \mathbf{i} - 5\mathbf{j} \quad - 3\mathbf{k}$$

مفهوم الحرارة ودرجة الحرارة

إن الإحساس بالحرارة و تأثيرها مألوف لنا جميعا ، في الواقع ، يوجد اختلاف كبير بين مصطلح درجة الحرارة ومصطلح الحرارة في عالم الفيزياء , بالرغم من أن هذا الاختلاف ليس واضح بالكامل.

درجة الحرارة : تتعلق بطاقة ذرات وجزيئات الجسم

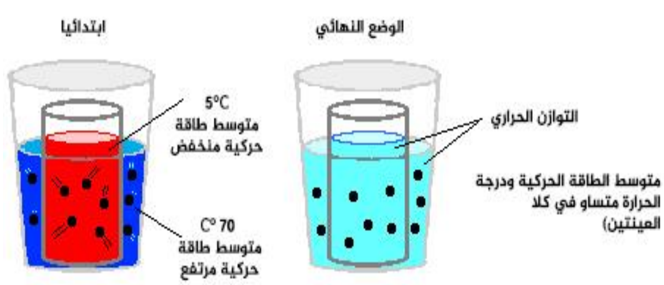
الحرارة : هي الطاقة التي تتدفق من جسم إلى آخر عندما يكون هناك اختلاف بين درجات حرارتهما



شكل (1) يوضح الدرجات الحرارة

من التجربة تعرف أنه عندما يتلامس جسمين أحدهما ساخنا والأخر باردا ، فإن الجسم الأكثر سخونة سوف يبرد والجسم الأكثر برودة سوف يسخن ويستمر ذلك حتى تصبح درجة حرارة الجسمين هي نفسها. إن ما قد انتقل من الجسم الساخن إلى الجسم بارد يسمى **الحرارة**.

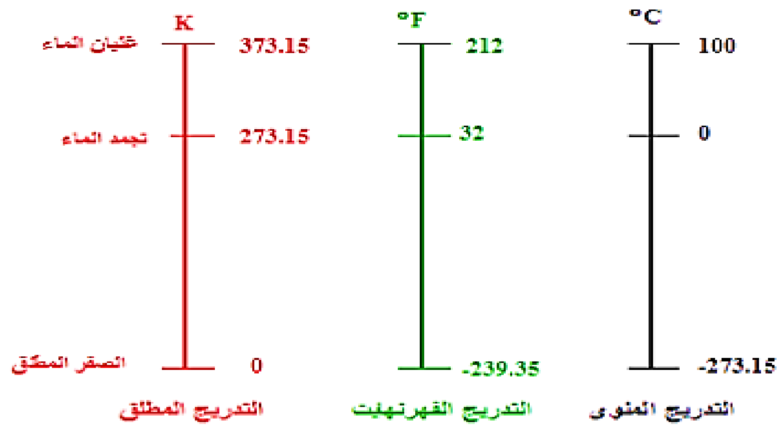
يمكن تحويل الحرارة إلى شغل أيضا ، وبالتالي فالحرارة هي شكل من أشكال الطاقة ، الماء الساخن ، على سبيل المثال ، يمكن أن يتحول إلى بخار ، والبخار يمكنه أن يضغط على مكبس. في الواقع ، يمكن **تعريف الحرارة** بانها الطاقة المنقولة من جسم أكثر سخونة إلى جسم أكثر برودة ، بينما **درجة الحرارة** في حالة دفء الجسم التي معها تنتقل حرارة إليه أو منه عندما يتلامس مع جسم آخر.



شكل (2) يوضح التوازن الحراري بين جسمين

مقياس درجة حرارة

كما هو الحال في أي قياس ، يتم تدريج مقياس درجة حرارة إلى وحدات ، وتوجد عدة مقاييس مختلفة لدرجة الحرارة ، إن المقاييس الأكثر شيوعا هي المقياس السيليزي (المئوي) $({}^{o}C)$ والفهرنهايتي (F^{o}) ، والكلفن أو المقياس المطلق (K) . والتي سميت على اسم أندرس سيلزيوس ، غابرييل فهرنهايت ووليام تومسن (اللورد كلفن) ، على التوالي ، وهم من طورها أولا ، تستعمل الدرجة الفهرنهايتية في الولايات المتحدة ، بينما أغلب بقية العالم فإنهم يستعملون المقياس المئوي.



الشكل (3) يظهر مقارنة بين مقاييس المختلفة.

تحويلات في مقياس الحرارة

1. لتحويل درجة الحراة من السلسيوس $({}^{o}C)$ الى الكلفن (K) من خلال المعادلة التالية:

$$T(K) = T\ ({}^{o}C) + 273.15$$

2. لتحويل درجة الحراة من السلسيوس $({}^{o}C)$ الى الفهرنهايت (F) من خلال المعادلة التالية:

$$T(F) = [(T\ {}^{o}C \times 1.8) + 32]$$

3. لتحويل درجة الحراة من الكلفن (K) الى الفهرنهايت (F^{o}) من خلال المعادلة التالية:

$$T(F) = [T\ (K) \times 1.8] - 459.67$$

مثال : حول الدرجات الحرارة التالية من الدرجة السلسيوس (^{o}C) الى الكلفن (K) ؟

1) T = 10^{o}C
2) T= 50 ^{o}C

الحل :

(1)

$$T(K) = T\ (^{o}C) + 273.15$$
$$T(K) = 10 + 273.15$$
T= 283.15 K

(2)

$$T(K) = T\ (^{o}C) + 273.15$$
$$T(K) = 100 + 273.15$$
T= 383.15 K

مثال : حول الدرجات الحرارة التالية من الدرجة السلسيوس (^{o}C) الى الفهرنهايت (F) ؟

1) T = 0^{o}C
2) T= 100 ^{o}C

الحل :

(1)

$$T(F^{o}) = [(T\ ^{o}C \times 1.8) + 32]$$
$$T(F^{o}) = \left(0 \times 1.8\right) + 32$$
T= 32 F^{o}

(2)

$$T(F^{o}) = [(T\ ^{o}C \times 1.8) + 32]$$
$$T(F^{o}) = (100 \times 1.8) + 32$$
T= 212 F^{o}

مثال : حول الدرجات الحرارة التالية من الدرجة الكلفن (K) الى الفهرنهايت (F) ؟

1) T = 2 K
2) T= 60 K

الحل :

(1)

$$\boldsymbol{T(F^{o}) = [T(\ K) \times 1.8] - 459.67}$$
$$T(F^{o}) = (2 \times 1.8) - 459.67$$
T= - 456 F^{o}

(2)

$$\boldsymbol{T(F) = [T(\ K) \times 1.8] - 459.67}$$
$$T(F^{o}) = (60 \times 1.8) - 459.67$$
T= - 351.67 F^{o}

الحرارة النوعية والحرارة الكامنة

الحرارة النوعية: هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة واحد جرام من مادة بمقدار درجة مئوية واحدة.

الحرارة الكامنة لتحويل المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة عند نفس درجة الحرارة أو لتحويل سائل إلى غاز يجب إعطاء طاقة حرارية للمادة تسمى **بالحرارية الكامنة** .

الحرارة الكامنة للانصهار بأنها كمية الطاقة اللازمة لتحويل جرام واحد من المادة الصلبة إلى سائلة عند نفس درجة الحرارة . و **الحرارة الكامنة للتبخير** بأنها كمية الحرارة اللازمة لتحويل جرام واحد من السائل إلى غاز عند نفس درجة الحرارة .

يتكون جسم الإنسان من الماء وبروتينات ، ودهون ، ومعادن ، إن الحرارة النوعية للجسم تعكس هذه التركيبة ، مع 75% ماء و % 25 من البروتين ، فإن الحرارة النوعية للجسم تكون .

$$\text{Specific heat} = 0.75\times1+0.25\times0.4 = 0.85\,\text{cal/g.}^\circ\text{C}$$

والحرارة النوعية لجسم الإنسان العادي تكون أقرب إلى (0.85) سعرة/ جرام. درجة مئوية بسبب محتوى الدهون والمعادن فيه .

الجدول (1) الحرارة النوعية لبعض المواد

المادة	الحرارة النوعية (سعر/جرام.درجة مئوية)
الماء	1
الثلج	0.83
التربة	0.2 إلى 0.8. اعتمادا على محتوى الماء
الألومنيوم	0.214
البروتين	0.4

انتقال الحرارة

تنتقل الحرارة من منطقة إلى أخرى بثلاثة طرق هي : التوصيل ، والحمل والاشعاع . كما يتضح في الشكل التالي

1 . التوصيل عند وضع إحدى طرقي جسم الصلب بالقرب من مصدر حراري مثل النار

2 . الحمل الحراري في المواد الصلبة ، يحدث انتقال الحرارة عن طريق التوصيل ، بينما في المواقع (السوائل والغازات) .

3. الإشعاع تبعث الجسيمات المهتزة المشحونة كهربائيا إشعاع كهرومغناطيسي ، ينتشر بعيدا عن مصدر بسرعة الضوء . الإشعاع الكهرومغناطيسي هو في حد ذاته طاقة (تسمى الطاقة الكهرومغناطيسية) ، والتي في حالة الشحنة المتحركة يتم الحصول عليها من الطاقة الحركية للجسيم المشحونة.

الشكل (4) تنتقل الحرارة من منطقة إلى أخرى بالتوصيل ، أو بالحمل ، أو بالإشعاع .

الديناميكا الحرارية

الديناميكا الحرارية هو دراسة العلاقة بين الحرارة والشغل والتدفق المرتبط للطاقة ، بعد عقود طويلة من الخبرة مع الظواهر الحرارية ، صـاغ العلماء اثنين من القوانين الأساسية كأساس للديناميكا الحرارية

- **القانون الأول للديناميكا الحرارية**

هو تعبير لمبدأ حفظ الطاقة أي أن الطاقة تتغير من حالة إلى أخرى ومن طاقة كامنة إلى طاقة نشطة ، وبتعبير آخر أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث وإنما تتحول من صورة إلى أخرى.

إن مبدأ حفظ الطاقة موجود ضمنا في كل حساباتنا لتوازن الطاقة في الأنظمة الحية , افترض ، على سبيل المثال ، نشـاط حيوان يسعى كما في الشكل (5).

الشكل (5) مخطط طاقة الجسم

يحتوي جسم الحيوان على طاقة حرارية داخلية ، عبارة عن حاصل ضرب الكتلة والحرارة النوعية ، وطاقة كيميائية مختزنة في أنسجة الجسم . بدلالة الطاقة ، تتكون أنشطة الحيوان من تناول طعام ، وشغل ، ورفض الحرارة الزائدة عن طريق آليات تبريد مختلفة (إشعاع ، حمل حراري ، وما إلى ذلك).

إذا بقيت درجة الحرارة الداخلية ووزن الحيوان ثابتين على مدى فترة معينة من الزمن فإن الطاقة الداخلة يجب أن تساوي بالضبط مجموع الشغل المبذول والحرارة المفقودة بواسطة الجسم . إن اختلال التوازن بين كمية الطاقة المأخوذة والطاقة الخارجة ينطوي على تغيير في المجموع .

- **القانون الثاني للديناميكا الحرارية**

وهو أكثر تعقيدا من القانون الأول ، يمكن أن يصاغ بعدد من الطرق ، التي على الرغم من أنها قد تبدو مختلفة إلا انها متكافئة . لعل أبسط بيان للقانون الثاني للديناميكا الحرارية هو أن التغيير العفوي في الطبيعة يحدث من حالة من النظام (الترتيب) إلى حالة من الفوضى .

الحرارة والحياة

إن درجة الدفء أو درجة الحرارة هي واحدة من العوامل البيئية الأكثر أهمية في حياة الكائنات الحية . تعتمد معدلات عمليات التمثيل الغذائي الضرورية للحياة ، مثل الانقسامات الخلوية وتفاعلات الانزيم ، على درجة الحرارة ، وبشكل عام تزداد المعدلات بزيادة درجة الحرارة ، إن تغيير 10 درجات في درجات الحرارة قد يغير المعدل بعامل 2 . الماء السائل هو عنصر أساسي للكائنات الحية كما نعرفها ، فإن عمليات التمثيل الغذائي تعمل فقط ضمن نطاق ضيق نسبيا من درجات الحرارة ، من حوالي 2 درجة مئوية إلى 120 درجة مئوية . يكون أداء معظم الأنظمة الحية والنباتات والحيوانات مقتصرا بشدة على التغيرات الموسمية في درجة الحرارة

حيث من خلال حرارة الجسم تتم عمليات الأيض في الكائنات الحية على سبيل المثال ، تتباطئ العمليات الحيوية عند الحيوانات في الطقس البارد لدرجة انها تتوقف أساسا على العمل ، بينما في الأيام المشمسة الساخنة يجب على هذه الحيوانات أن تجد مأوى مظلل للحفاظ على درجة حرارة الجسم منخفضة. هناك للحيوانات عدة وسائل للحفاظ على درجة حرارة الجسم الداخلية ، عند مستويات ثابتة تقريبا ، كنتيجة لذلك ، تكون الحيوانات ذوات الدم الحار قادرة على العمل عند مستوى أمثل على نطاق واسع من درجات الحرارة الخارجية .

احتياجات الانسان من الطاقة

تحتاج جميع الأنظمة الحية إلى الطاقة للعمل. في الانسان و في الحيوانات ، تستخدم هذه الطاقة لتسير الدم ، والحصول على الأكسجين ، وإصلاح الخلايا. نتيجة لذلك ، حتى في الراحة التامة في البيئة المريحة ، يحتاج الجسم للطاقة للحفاظ على وظائف حياته . على سبيل المثال ، الرجل الذي يزن 70 كجم ومستلقي بهدوء يستهلك حوالي 70 كيلو سعرة / الساعة : (1 سعرة = 4.18 جول)

تعتمد كمية الطاقة التي يستهلكها الشخص على وزن الشخص وبنية الجسم ، مع ذلك ، قد وجد أن كمية الطاقة التي يستهلكها الشخص خلال نشاط معين مقسوما على المساحة السطحية لجسم الشخص تكون هي نفسها تقريبا بالنسبة لمعظم الناس. تزداد استهلاك الطاقة مع زيادة النشاط.

فإن الطاقة المستهلكة لمختلف الأنشطة عادة ما تقاس بوحدات الكيلو سعر / م^2.ساعة ، يعرف هذا المعدل بمعدل الأيض.

الجدول (2) معدلات الأيض لبعض الأنشطة البشرية

النشاط	معدل الايض (كيلوسعر/م2.ساعة)
النوم	35
الاستلقاء متيقظ	40
الجلوس عمودي	50
الوقوف	60
المشي (3 م/س)	140
مجهود رياضي متوسط	150
ركوب الدراجة	250
العدو	600
الارتعاش	250

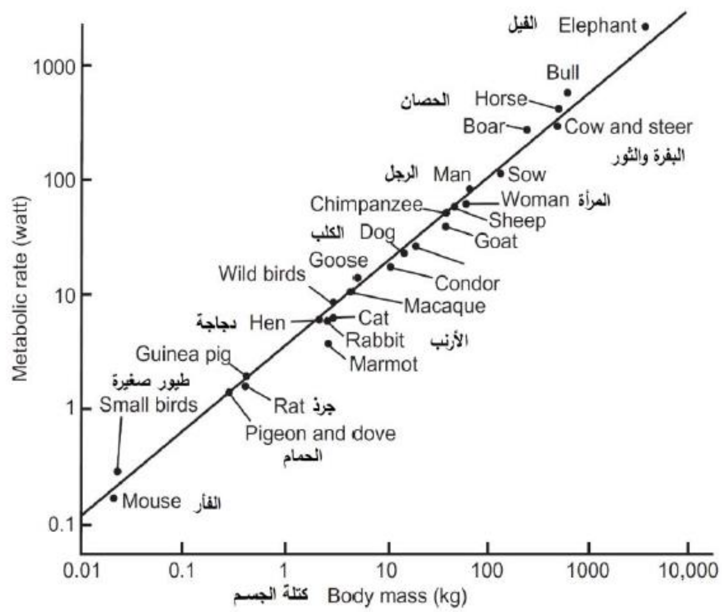
معدل الأيض الأساسي وحجم الجسم

تملك الحيوانات الكبيرة المزيد من الخلايا والتي تتطلب المزيد من الطاقة للحفاظ عليها ، ولذلك ، فإننا نتوقع أن معدل التمثيل الغذائي يزداد مع حجم الحيوان . في عام 1883م اقترح عالم الأحياء ماكس روبنر أن الأيض الأسـاسـي ، وهو الطاقة التي يستهلكها الحيوان في الراحة ، ينتهي على شكل حرارة .

لوحظ عالميا أن الحيوانات الكبيرة تعيش أطول من الحيوانات الصغيرة على سبيل المثال قدر عمر الفأر يكون من سنة الى 3 سنوات في حين يكون عمر الفيل حتى 70 عاما. إن قانون الرتبة يلقي بعض الضوء على هذه الملاحظة وإن كان نصف كمية فقط . من الأفضل بدلالة مسألة العمر معدل الأيض النوعي والذي هو عبارة عن الطاقة المحروقة لكل وحدة كتلة يتم الحصول على هذا المتغير بقسمة معدل الايض الأساسي على كتلة الحيوانات وهذا يعني أن معدل الأيض النوعي يتناسب ($\frac{M^{3/4}}{M} = M^{\frac{1}{4}}$) في مرحلة معينة.

اذا تم حساب كتلة الفيل على كتلة الفار يتم تقديرها تقريبا (10^5) اي يعني كتلة الفيل اكبر من كتلة الفار 10^5 مرة فمن المتوقع أن يكون عمره أ طول بمعامل . $18 = (10^5)^{1/4}$

هذا التقدير يعطي عمر للفيل بين 18 و 54 عاما. وهو غير دقيق مع انه في النطاق الصحيح.



شكل (6) معدلات الأيض لثدييات وطيور ، مرسومة كدالة في وزن الجسم على المقياس اللوغاريتمي

متطلبات الطاقة والغذاء

يتم الحصول على الطاقة الكيميائية التي تستخدمها الحيوانات من أكسدة جزيئات الطعام ، على سبيل المثال ، يتأكسد جزيء سكر الجلوكوز على النحو التالي :

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{energy}$$

لكل جرام من السكر يتناوله الجسم ، يتم تحريرها 3.81 كيلو سعرة من الطاقة للاستخدام في الأيض. **تكون قيمة السعرات الحرارية لكل وحدة وزن مختلفة للأطعمة المختلفة .** أكسدا المواد الغذائية التي تحرر الطاقة لا تحدث بشكل عفوي في درجات حرارة البيئة الطبيعية لكي تحدث الاكسدة في درجة حرارة الجسم . لا بد من حافز لتعزيز التفاعل في الانظمة الحية تقوم جزيئات معقدة تسمى الانزيمات بتوفير هذه الوظيفة.

يعرض الجدول (3)عينة جدول زمني مع نفقات طاقة الأيض المرتبطة للمتر المربع . على افتراض ، كما كان من قبل ، أن المساحة السطحية للشخص الذي له الأنشطة المبينة في الجدول (3) هو 1.7 متر مربع. فإن مجموع استهلاك للطاقة يكون 3940 كيلو سعرة/ يوم .إذا أمضى الشخص نصف اليوم في النوم ونصفه مسترخي في السرير ، فإن استهلاكه للطاقة اليومية ستكون 1530 كيلو سعرة فقط.

الجدول (3) يوم واحد من إنفاق التمثيل الغذائي (الأيض) للطاقة .

النشاط	الطاقة المستهلكة
8 ساعات نوم (35 كيلوسعر/م^2.ساعة)	280 (كيلوسعر/م^2)
8 ساعات العمل البدني المعتدل (150 كيلوسعر/م^2.ساعة)	1200 (كيلوسعر/م^2)
4 ساعات من قراءة وكتابة ومشاهدة تلفزيون (60 كيلوسعر/م^2.ساعة)	240 (كيلوسعر/م^2)
ساعة واحد ممارسة رياضة ثقيلة (300 كيلوسعر/م^2.ساعة)	300 (كيلوسعر/م^2)

فإن الجسم يستهلك الأنسجة الخاصة به لتعويض النقص عندما ينتهي التوريد

- يقوم الجسم أو باستخدام دهونه المخزونة. لكل 9 كيلو سعرة عجز في الطاقة يستخدم حوالي 1 جرام من الدهون. عند الجوع الشديدة
- بمجرد استهلك الدهون يبدأ الجسم في استهلك البروتين الخاص به.
- يعطي كل جرام بروتين مستهلك حوالي 4 كيلو سعرة. بطبيعة الحال يودي استهلك بروتين الجسم إلي تدهور وظائفه.
- بالنسبة للمرآة تزداد متطلبات الطاقة إلى حد ما خلال الحمل بسبب نمو والتمثيل الغذائي للجنين.

التبادل الحراري خلال الجسم

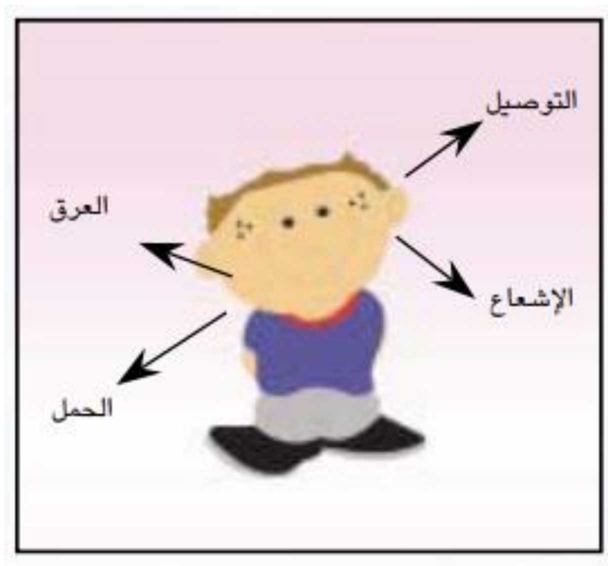
توفر الطاقة المنطقة أثناء عمليات التمثيل الغذائي (الأيض) الحرارة اللازمة لجسم الإنسان والمحافظة عليها عند درجة (37 م) ، ويمكن تمثيل ذلك بالمتساوية (المعادلة) الآتية :

الطاقة الناشئة من أيض الغذاء = الطاقة اللازمة لتشغيل أعضاء الجسم المختلفة + الطاقة اللازمة لحفظ درجة حرارة الجسم عند المستوى الطبيعي له.

يقدر معدل استهلاك الطاقة في الجسم بوحدة تسمى المت (Met)، تعرف بانها معدل استهلاك طاقة مقدارها عند الرجال 2.1×10^5جول / م 2 و عند النساء 3.85×10^5 جول / م 2 .

آلية التوازن الحـــراري

لكي يتسنى للعمليات الأيضية أن تتم على أكمل وجه ، وبالتالي يقوم الإنسـان بجميع وظائفه فإنه يجب أن تكون درجة حرارة الجسم عند 37 °C ، وهذا يعني أن التوازن ضروريا بين العمليات الأيضية المنتجة للطاقة الحرارية اللازمة للجسم وبين الطرق التي يتبعها الجسم في اكتساب أو فقد هذه الحرارة ، مثل الإشعاع (Radiation)، والحمل (Convection)، والتوصيل (Conduction) و العرق (Perspiration).

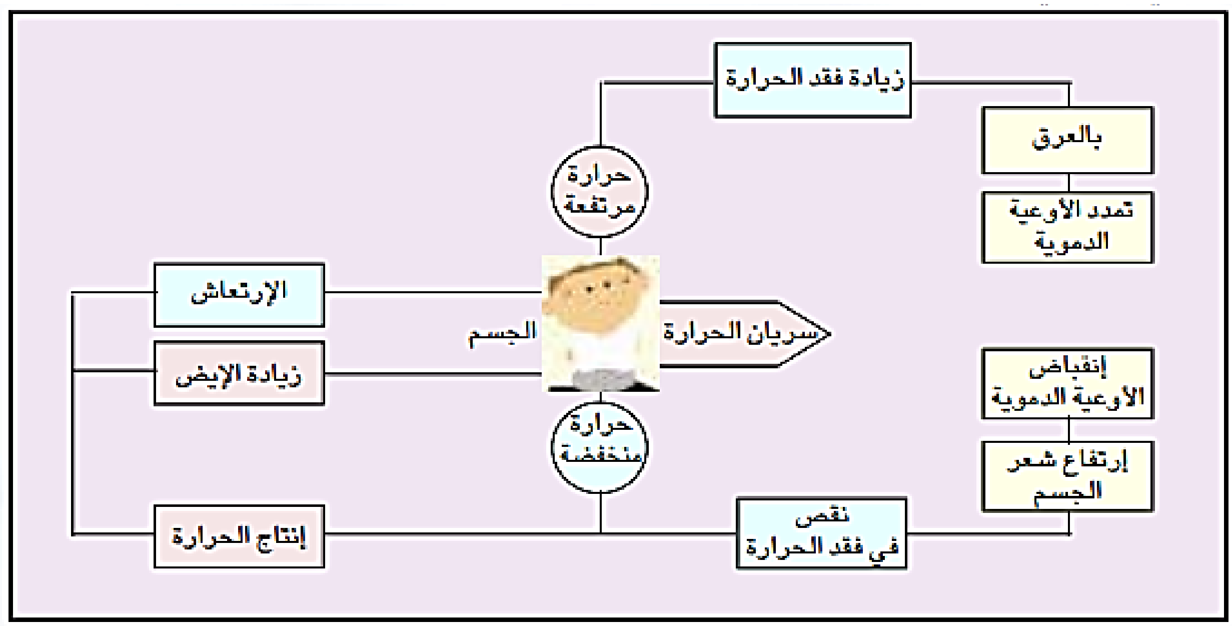


شكل (7) طرق فقد واكتساب درجة الحرارة عند الانسان

يقوم المخ بعمل التوازن الحراري داخل الـجسـم ، وذلك بالسيطرة على جميع عمليات فقد أو كسب الحرارة من طريق منطقة (Hypothalamus) التي تحتوي على مكونات حرارة الجسم (The Body's Thermostat) حيث تتصل تلك المنطقة بجميع سطح الجسم عن طريق شبكة من الأعصاب الحسية لرصد حرارة الجلد (Thermo receptors of Skin) . فإذا زادت درجة حرارة الجسم زادت درجة حرارة منطقة الهيبوثلمس - تسمى درجة حرارة القلب Temperature Core فتقوم بتحفيز خلايا العرق على افراز العرق ، فيؤدي تبخره إلى خفض درجة حرارة الجلد. يقوم المخ بتنبيه الأوعية الدموية للتمدد (Vasodilation) مما يزيد من تدفق الدم ونشره على مساحة كبيرة ، وبالتالي تزداد الحرارة المفقودة بالإشعاع أولا وبالطرق الأخرى سالفة الذكر.

وبالمثل إذا حدث انخفاض في درجة الحرارة فإن المخ يقوم بإعطاء الأوامر إلى الأوعية الدموية بالانقباض (Vasoconstriction) وإلى العضلات بالارتعاش (Shivering)) توليد حرارة وارتفاع في شعر الجسم لزيادة المنطقة العازلة ، إضافة إلى زيادة في الأيض كما هو موضح في شكل (8).

يمكن تمثيل تعدد الأوعية الدموية هنا لزيادة السطح المشع ، كما هو الحال في مشع الحرارة في السيارة (Radiator) الذي يحتوي على أنابيب رفيعة متجاورة لزيادة السطح المشع ، وبذلك يسهل التخلص من حرارة محرك السيارة.



شكل (8) يوضح الية التوازن الحراري للجسم

دور الدم في التوازن الحراري

أن فقد الحرارة من الجسم وانتقالها إلى الوسط المحيط به يعتمد على درجة حرارة الجلد الذي يؤثر بدوره على حركة سريان الدم في الشرايين والأوردة ، فعند سريان الدم في الأطراف فإن الجسم يتبع طريقة حاذقة للسريان من شأنها زيادة كفاءة التبادل الحراري وفي نفس الوقت الاقتصاد في الطاقة ففي الجو البارة لكي يمنع الجسم المزيد من الفقد في الحرارة يسير الدم القادم من الأطراف إلى القلب في الأوردة العميقة (البعيدة عن سطح الجلد) والقريبة من الدم القادم من الشرايين ، وهذا يقلل من الفقد في الحرارة وفي نفس الوقت

يكسب الدم بعض الحرارة نتيجة قربه من الشرايين فيذهب إلى القلب بدرجة حرارة مناسبة ، وتكون النتيجة انخفاض في درجة حرارة الأطراف.

أما في الجو الحار فإن الدم يغير مساره ويسلك الأوردة السطحية ، وبذلك يزيد من مساحة السطح المشع ، مما يؤدي إلى فقد جزء كبير من حرارته ، وبالتالي يذهب باردا بعض الشيء الى القلب ويسبب بنفس الوقت ارتفاع حرارة الاطراف.

أثر حرارة الوسط على الجسم

يؤدي تعرض الجسم البشري إلى أجواء ذات درجات حرارة ورطوبة عالية إلى ارتفاع درجة حرارته إلى درجات عالية لا تفلح عندها وسائله المختلفة (تمدد الأوردة والشرايين والعرق وخفض إنتاج الطاقة الحرارية والتغير في السلوك مثل شرب الماء والتخفيف من الملابس أو التحري إلى مكان بارد) في خفضها . من اهم العوامل التي تسببها الحرارة على الجسم الانسان منها :

- يؤدي إلى إجهاد هائل على القلب يجعله يعمل بمقدار أربع مرات عن الحالة العادية.
- يزداد معدل التنفس قد يصل إلى 50 مرة في الدقيقة .
- ومما يجدر ذكره أن زيادة درجة الحرارة بمقدار درجة مئوية واحدة يؤدي إلى زيادة استهلاك الأكسجين بمقدار 13 ٪ . ويصاب الجسم في هذه الحالة بما يسمى ضربة الشمس.

مقاومة الجسم للبرد

في البيئة المريحة حراريا ، تتم وظائف الجسم بالحد الأدنى لاستهلاك الطاقة ، كلما بردت البيئة المحيطة . يتم الوصول إلى نقطة حيث يزداد معدل الأيض القاعدي للحفاظ على درجة حرارة الجسم عند المستوى المناسب ، تسمى درجة الحرارة التي يحدث عندها هذا بدرجة الحرارة الحرجة ، هذه الحرارة هي مقياس لقدرة الجسم على تحمل البرد. درجة الحرارة الحرجة للبشر هي حوالي 30 درجة مئوية ، وعلى النقيض من ذلك ، تكون درجة الحرارة الحرجة للثعلب القطب الشمالي ذي الفراء الغزير هي 40 درجة مئوية .

يحمي الجسم نفسه ضد البرد بخفض تدفق الحرارة الخارجة وزيادة توليد الحرارة. عندما تبدأ درجة حرارة الجسم في الانخفاض ، تصبح الشعيرات الدموية المؤدية إلى الجلد ضيقة ، الأمر الذي يحد من تدفق الدم إلى الجلد ، هذا يؤدي عزل حراري سميك للجسم ، في الشخص العاري ، تستخدم هذه الآلية بشكل كامل عندما

تنخفض درجة الحرارة الوسط المحيطة إلى حوالي 19 درجة مئوية . في هذه المرحلة . لا يمكن للعزل الطبيعي أن يزيد أكثر من ذلك.