الفصل الرابع
خواص المادة وشغل الطاقة

٤ـ١ الكتلة
٤ـ٢ الكثافة
٤ـ٣ مفهوم القوة
٤ـ٤ قوة الجاذبية (الوزن)
٤ـ٥ المرونة
٤ـ٦ درجة الحرارة
٤ـ٧ المقاييس الحرارية
٤ـ٨ التمدد الحراري
٤ـ٩ التمدد الطولي
٤ـ١٠ التمدد الحجمي
٤ـ١١ بعض الأمثلة على تمدد الاجسام الجامدة
٤ـ١٢ الشغل
٤ـ١٣ الطاقة واشكلها

خواص المادة وشغل الطاقة

٤ـ١ الكتلة

لنفرض ان لديك مكعبين من الخشب احدهما حجمه $1cm^3$ والأخر $8\ cm^3$ ، فأي المكعبين أثقل من الأخر . من الواضح أن المكعب الكبير أثقل من الصغير لأن كمية المادة فيه أكثر من المكعب الصغير . وبشكل عام يمكننا القول بأنه : كلما كبر حجم الجسم فإن كمية المادة فيه تزداد ، ولقد اتفق على تسمية كمية المادة ب يخة الجسم بالكتلة ، ونعرفها كما يلى

الكتلة : هي مقدار ما يحتويه الجسم من المادة

ولقد اتفق العلماء على وحدة لقياس الكتلة هي الكيلو جرام (kg) وهي عبارة عن كمية المادة الموجودة اية اسطوانة مصنوعة من البلاتين محفوظة à فرنسا ، والكتل التي تراها يخة المختبرات والمحلات التجارية هي نسخ عن الكيلوجرام المعياري ، ولكنها مصنوعة من مواد أرخص من الكيلوجرام المعياري

٤ـ٢ الكثافة :

إذا كان لدينا مكعبات مصنوعة من المواد التالية : ذهب و حديد خشب و حجم كل منها $1cm$ فهل كتل هذه المواد متساوية ؟

اليس من الصعب عليك أن تلاحظ أن مكعب الذهب أثقل من مكعب الحديد في حين أن مكعب الحديد أثقل من مكعب الخشب ، ومن هذا المثال يتبين لك أنه عند مقارنة كتل مواد مختلفة يجب أن نقارن كتل وحدة حجم متساوية من هذه المواد لكي تكون المقارنة صحيحة . ولقد أطلق على المفهوم اسم الكثافة ونعرفها كما يلي :

الكثافة : هي كتلة وحدة حجوم المادة

و يمكن حساب كثافة المادة من خلال العلاقة الرياضية التالية:

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

و نكتب هذه المعادلة اختصاراً على النحو الاتي :

$$p = \frac{m}{v} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4\text{-}1)$$

حيث m: كتلة الجسم بوحدة kg

V: حجم الجسم بوحدة m^3
P: كثافة الجسم بوحدة kg/m^3
الجدول التالي يبين كثافة بعض المواد بوحدة kg/m^3

جدول (١-٤) كثافة بعض المواد (بوحدة kg/m^3)

المادة	الكثافة kg/m^3	المادة	الكثافة kg/m^3
هواء	1.2	ثلج	٩٢٠
ثاني أكسيد الكربون	1.98	المونيوم	٢٧٠٠
ماء	1000	النحاس	٨٨٩٠
ماء البحر	1025	حديد	٧٨٦٠
الغول الاثيلي	790	ذهب	١٩٣٠٠
الجلسرين	1260	فضة	١٠٥٠٠
الزئبق	13600	الخشب	١٠٠٠-٥٠٠

مثال (١-٤)

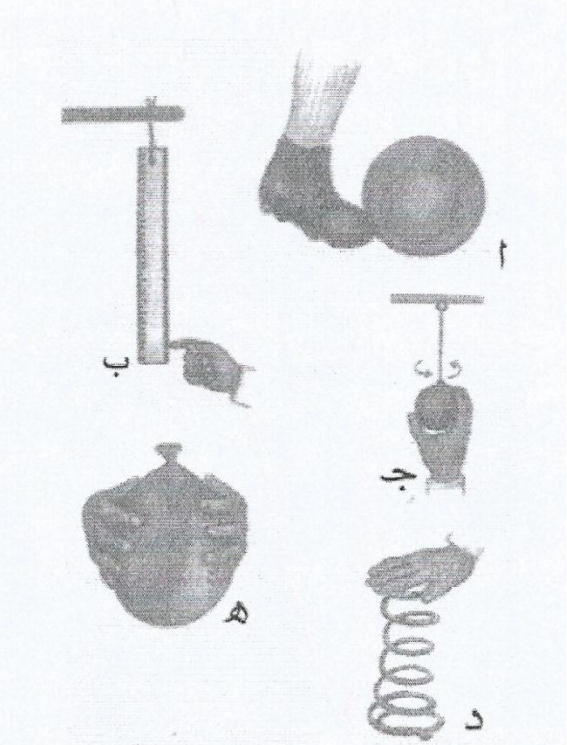
قطعة من الألمونيوم حجمها . $0.5\ m^3$، إذا كانت كتلها هي 1350 kg، احسب كثافتها

$$p = \frac{m}{v}$$

$$p = \frac{1350}{0.5} = 2700\ kg\ /m^3$$

4-3 مفهوم القوة

إن إحساسنا بالقوة ينتج من خلال ملاحظتنا للأثر الذي تحدثه القوة عندما تؤثر على الأجسام المختلفة . انظر إلى الشك ل (١- ٢) وحاول أن تتعرف على كيفية تأثر الأجسام بالقوى التي تؤثر عليها



الشكل (1-2)

إن القوة تحدث في الجسم تأثيرا واحدا أو أكثر من التاتيرات التالية :

١ – قد تتسبب اية حركة الجسم فتنقله من موضعه أو تحدث فيه دورانا
٢ – قد تغير من شكل الجسم
٣ – قد تغير من حجم الجسم أو من أحد أبعاده .

وبناء على ما سبق يمكن تعريف القوة على النحو الآتي :

القوة : هي ذلك المؤثر الذي إذا أثر على جسم ما فإنه يسبب تغيراً في شكل الجسم أو موضعه أوفي اتجاهه أو حركته
هناك أنواع مختلفة من القوى مثل الشد و الضغط والدفع والسحب والاحتكاك . . . . . إلخ
وقد اتسع مفهوم القوة يخة علم الفيزياء ليشمل أنواعا مختلفة كالقوى الكهربائية والمغناطيسية وقوى الجاذبية و القوى النووية . وتقاس القوة بوحدة النيوتن (N) في النظام العالمى للوحدات .

٤-٤ قوة الجاذبية الأرضية (الوزن) :

إذا أمسكت حجرا أو أي جسم آخر وتركته يفلت من يدلك دون أن تدفعه تلاحظ أنه يسقط نحو الأرض باتجاه عمودي وتزداد سرعته تدريجيا مع مرور الزمن ، وهذا ما يقودنا إلى الاستنتاج التالي : أن هناك قوة تحدث هذه الحركة أو هذا السقوط ، وهذه القوة هى قوة الجاذبية الأرضية ولها مسميات أخرى منها : الثقل – الوزن . ويعرف وزن الجسم على النحو الآتي : ويحسب عن طريق المعادلة التالية :

الوزن : هو مقدار قوة جذب الأرض للجسم

و يحسب عن طريق المعادلة الاتية

الوزن = تسارع الجاذبية الأرضية x كتلة الجسم

ونكتب ذلك اختصارا على النحو الآتى

$$w = mg \qquad \text{. . . . . :(٢ - ٢)}$$

حيث : W وزن الجسم وتقاس بوحدة نيوتن (N)

g تسارع الجاذبية الأرضية = $9.8\ m/s^2$

mكتلة الجسم بوحدة kg

تغير وزن الاجسام

. يختلف وزن جسم ما على سطح الأرض اختلافاً طفيفا جدا ولذا فإننا سنهمله . وكلما بعد الجسم عن مركز الأرض (أي كلما ازداد ارتفاعه عن سطح الأرض إلى الأعلى في الجو) يقل وزنه ، في حين تبقى كمية الكتلة ثابتة لا تتغير

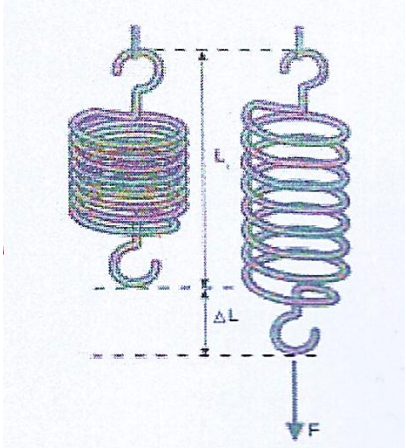
مثال (٢ -4) :

احسب وزن جسم 50 kg
الحل

m= 50 kg
g = 9.8 m/s^2
w= M x G
w=50x9.8=490N

(٤-٦) التعرف على المرونة

ستكون دراستا يخة هذا الموضوع سلوك المادة عندما يطرأ عليها تغيرية شكلها وحجمها بسبب القوى المؤثرة عليها ، يتميز كثير من الأجسام كالسلك الزنبركي ، كما ي à الشكل (٢-٤) ، أو القضيب المعدني بخاصية تسمى المرونة



الشكل (2-2)

ويمكن التعرف على المرونة من خلال الإجابة على السؤالين التاليين :

س١ :ماذا يحدث للزنبرك عندما تؤثر عليه بقوة شد ؟
ج١ : يستطيل أي يزيد طوله

س٢ : ماذا يحدث للزنبرك عند زوال هذه القوة ؟

ج٢: سيعود إلى حالته الأصلية، هذه الظاهرة تعرف باسم المرونة ونعرفها كما يلي

المرونة : هي ميل المادة للعودة الى حالتها الاصلية بعد زوال القوى المؤثرة عليها

ولقد لوحظ أن الأجسام الجامدة تتفاوت في مرونتها إلى ثلاثة أقسام هي :

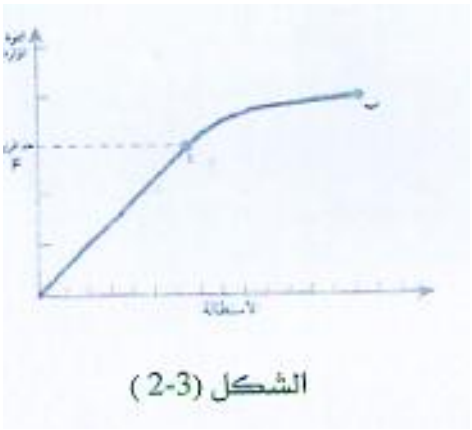
١- مادة تامة المرونة : وهي التي تميل للعودة إلى حالتها الأصلية بعد زوال القوة المؤثرة عليها مثل الزنبرك

٢ - مادة مرنة : وهي التي تميل للعودة إلى حالة قريبة من حالتها الأصلية بعد زوال القوة المؤثرة عليها وتحتفظ ، مثل : المطاط والإسفنج .

٣ - مادة غير مرنة : وهي التي لا تبدي أي ميل للعودة إلى حالتها الأصلية وتحتفظ بكل التشوه الحاصل فيها ، مثل : الصلصال.

(٤-٧)العلاقة بين التشوه الحاصل والقوة المؤثرة :

تعلمنا في الجزء السابق أن للمادة مرونة تخضع للقوى التي تشوهها خضوعاً مؤقت يزول بزوال هذه قوى المؤثرة دون حد أعلى من القوى يعرف بحد المرونة . يتاثرالتشو والسؤال الآن : كيف الحاصلي الجسم الجامد بالقوة المؤثرة عليه
لفرض مثلا أن الزنبرك المبين بين الشكل السابق (٢ - ٤) طوله الأصلي L_1 وانه قد استطال بمقدارΔL تحت تأثير القوة المسلطة . F بدراسة هذا السلوك وجد هوك أن الاستطالة تتضاعف مرتين إذا ضاعفت القوة المسلطة مرتين ، وأيضاً تتضاعف ثلاث مرات إذا تضاعفضت القوة المسلطة ثلاث مرات يوضح الشكل (٣-٤) العلاقة البيانية بين القوة المؤثرة F والاستطالة ΔL



الشكل (3-2)

وكما تلاحظ فان هناك جزاين متميزين هما

(١) جزء من المنحنى (م ا) خطأ مسقيا أي ان هناك تناسبا طرديا بين القوة و الاستطالة الحاصلة وتمثل النقطة (أ) حد المرونة للمادة و تعريفها هو

حد المرونة : هي اكبر قوة يمكن ان نؤثر بها على المادة دون ان تفقد مونتها.

(٢) جزء من المنحنى(أ ب) لا يمثل خطا مستقيما أي ان المادة فقدت مرونتها في هذه تالحالة لم يعد هناك تناسب طردي بين القوة المؤثرة و الاستطالة ، و تمثل النقطة (ب) النقطة التي تنكسر عندها المادة المعدنية و قد وضع هوك اكتشافاته هذه في صورة قاعدة تعرف الان بقانون هوك

تحت حد المرونة فان الاستطالة تتناسب طرديا مع قوة الشد المؤثرة عليها

بصيغة رياضية على النحو التالي :

القوة المؤثرة = معامل الصلابة × الاستطالة

$$F=K\,\Delta L \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٣-٤)$$

حيث F : القوة المؤثرة بوحدة N

K ثابت القوة و في حالة الزنبرك يسمى بمعامل الصلابة و وحدته N/m

ΔL الستطالة الحاصلة بوحدة m

مثال (٣-٤)

اثرت قوة مقدارها ٩.٨ على الزنبرك فكم يستطيل هذا الزنبرك اذا علمت ان معامل الصلابة له 980 n/m

الحل :

$F=9.8\ N$, $K=980\ N/m$

$$\Delta L = \frac{F}{M}$$

$$\Delta L = \frac{9.8}{980} = 0.01m$$

مثال(٣-٤)

علقت كتلة مقدارها 400 g بزنبرك فستطال بمقدار 0.3 cm اوجد معامل الصلابة الحل

$$\Delta L = 0.3 \text{ cm} = \frac{0.3}{100} = 0.003\ m$$

$$M = 400g = \frac{400}{1000} = 0.4\ kg$$

$$F = m\ g$$

$$F = 0.4 \times 9.8 = 3.92 \text{ N}$$

$$\therefore k = \frac{f}{\Delta l}$$

$$\therefore k = \frac{3.92}{0.003} = 1306.66 \frac{N}{m}$$

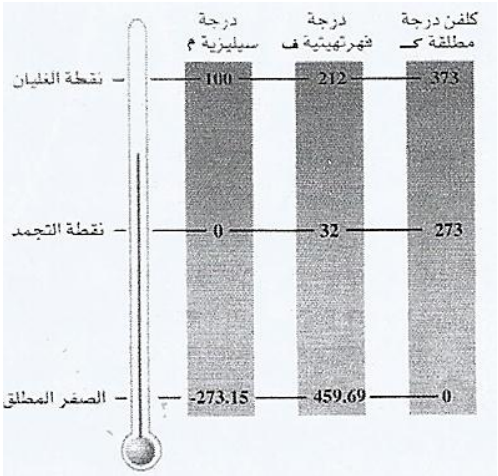
(٤-٨) درجة الحرارة :

نستعمل مفهوم درجة الحرارة للتعبير عن برودة الأجسام أو سخونتها أي أنها تعد مقياسا للطاقة الداخلية للجسم ، وبواسطتها يمكن أن تحدد انتقال الحرارة بين جسمين مختلفين في حرارتهما فمثلاً لو وصلنا جسماً حاراً (أ) لجسم بارد (ب) ، ستلاحظ أن الحرارة انتقلت من الجسم (أ) إلى الجسم (ب) ، وخلاصة القول يمكن أن نعرف درجة الحرارة بأنها :

الخاصية التى تحدد اتجاه انتقال الحرارة بين الأجسام عند تلامسها أو وصلها ببعضها وتعد مقياسا للطاقة الداخلية للجسم .

(٤-٩) المقاييس الحرارية :

تسمى الأجهزة المستخدمة لقضايا سر درجة الحرارة بالترمومترات وهى تعتمد اية عملها على خاصية فيزيائية تتغير بتغير درجة الحرارة تغيراً واضحاً ومعلوماً كالتمدد الحراري للمادة أو التغيرية المقاومة الكهربائية ، على سبيل المثال . ويمثل الشكل (٤ - ٤)أكثر أنواع الترمومترات استعمالا وانتشارا وهو الترمومتر الزئبقي ، ويتركب من أنبوبة شعرية زجاجية مغلقة يتصل أحد طرفيها بمستودع صغير مملوء بسائل مثل الزئبق أو الكحول . ومبدأ عملها هو ارتفاع مستوى السائل في الأنبوبة بارتفاع درجة الحرارة (لأن السوائل تتمدد بزيادة درجة الحرارة) .



شكل (4-2) الترمومتر

وعليه تعلم على الترمومتر نقطتان أساسيتان ، النقطة الأولى تمثل موضع مستوى سطح السائل في الأنبوبة الشعرية عندما يكون الترمومتر في درجة حرارة انصهار الثلج (أو تجمد الماء) وهذا هو مستوى التجمد أما النقطة الثانية فهي موضع مستوى سطح السائل في الأنبوبة عندما يكون الترمومترية نقطة غليان الماء ، وهذا هو مستوى الغليان .

وتختلف المقاييس (السلالم) الحرارية باختلاف الطريقة التي يتم بها تدريج المقياس ، ويتميز كل منها كما كما الشكل (٢-٤) بقراءة تقابل تجمد الماء وأخرى تقابل غليان الماء .

ومن هذه المقاييس المشهورة ثلاثة هي :

١ - مقياس سلزيوس والمشهور بالمئوى (سنتيجراد) ، وفيه تعد نقطة تجمد الماء النقى عند الدرجة ٠ ونقطة الغليان عند 100^o c

2– مقياس فهرنهيت ، وفيه تعد نقطة تجمد الماء النقى عند ٣٢F° ودرجة غليانه ٢١٢F° . والعلاقة التي تربط بين المقياسين المئوي والفهرنهيت كما يلي :

$$9(T_c + 40)\ 5(T_f + 40) \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٤ - ٤)$$

حيث : T_c درجة الحرارة على التدريج المئوي (C^o)

T_Fدرجة الحرارة على التدريج الفهرنهيت (f˚)

وباستخدام هذه المعادلة نستطيع التحويل من درجة مئوية إلى درجة فهرنيت والعكس

٣ – مقياس كلفن أو المقياس المطلق يستخدم في المجال العلمي ووحدة درجة الحرارة بية النظام الدولي SI هى كلفن . . وبية هذا المقياس فإن نقطتى تجمد وغليان الماء هما : 273 k و 373 k على الترتيب
ملحوظة : لا نقول درجة كلفن بل كلفن فقط ، ولا يكتب مع رمزها إشارة درجة (˚)

والعلاقة التي تربط بين المقياسر المئوي ومقياس كلفن هي : :

$$T = T_C + 273$$ ..... (٢-٥)

حيث : Tدرجة الحرارة في مقياس كلفن (K)

T_C درجة الحرارة في المقياس المئوي. (^{O}C)

اما التحويل بين المقياسين الفهرنهايتي و الكلفن فهي على النحو التالي

$$\frac{T_F-32}{180} = \frac{T-273}{100}$$ ..... (٤-٦)

مثال (٢-٥) :
احسب درجة الحرارة على تدريج الفهرنهيت عندما تكون على المئوي 30^OC

$$T_C = 30^O C$$
$$5(T_F + 40) = 9(T_C + 40)$$
$$5(T_F + 40) = 9(30 + 40)$$
$$5T_F + 200 = 630$$
$$T_F = \frac{630 - 200}{9} = 86F^O$$

مثال (٢-٦)
ما قراءة المقياس المئوي المقابلة 61^OF

$$T_F = 61^O F$$
$$9(T_C + 40) = 5(T_F + 40)$$
$$9(T_C + 40) = 5(61 + 40)$$
$$9T_C + 360 = 505$$

$$T_C = \frac{505 - 360}{9} = 16.11C^O$$

مثال (٧-٤)

إذا كانت درجة الحرارة بي المقياس المئوى 25^0C ن، فكم تكون على مقياس المطلق ؟

الحل :

$$T_C = 25^OC$$
$$T = T_C + 273$$
$$T = 25 + 273$$
$$T = 298\ K$$

(١٠-٤) التمدد الحراري :

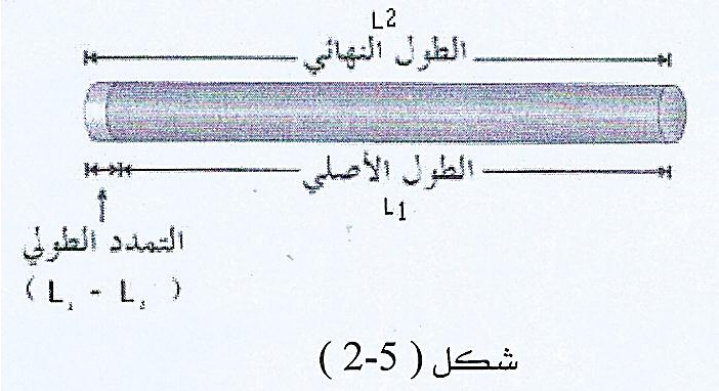
من الظواهر الطبيعية التي أوجدها الله سبحانه وتعالى في الكون ظاهرة التمدد وهي أن المادة بجميع أشكالها تتمدد بفعل الحرارة ، وسوف نتعرف على بعض التطبيقات التي تعتمد على هذه الظاهرة في نهاية هذا الموضوع

وسوف تقتصر دراستنا لهذه الظاهرة على الأجسام الجامدة فقط . قام العلماء بتجارب منتظمة على تمدد الأجسام الجامدة بتأثير الحرارة وتوصلوا بالقياسات الدقيقة إلى كشف العوامل التى يتوقف عليها مقدار التمدد وهذه العوامل لقضيب معدني مثلا الشكل (٥- ٤) هي ما يلى

١ - الطول الأصلي لهذا القضيب L_1 يتناسب طرديا مع التمدد .

٢ - مقدار الارتفاع بية درجة الحرارة يتناسب طردا مع التمدد

٣- . نوع مادة القضيب



شكل (5-2)

ومن المعلوم لديك أن الجسم الجامد له طول ومساحة سطح وحجم ، لذا فإن دراسة تمدد الأجسام الجامدة تنقسم إلى ثلاثة أقسام

١ – **التمدد الطولي**: للأجسام التي يكون طولها كبيرا جدا بالمقارنة مع عرضها وارتفاعها، مثل أسلاك الكهرباء وقضبان السكك الحديدية ... إلخ

٢ - التمدد السطحي: للأجسام المسطحة التي يكون طولها وعرضها كبيرين بالمقارنة مع ارتفاعها مثل الأبواب والنوافذ والصفائح المعدنية.. إلخ

٣ – التمدد الحجمي: للأجسام التي يكون لها طول وعرض وارتفاع متناسب مثل الأجسام ذات الشكل الكروي أو الأسطواني أو المكعب.. إلخ.

التمدد الطولي: لأي نوع من المواد زيادة خاصة به تسمى هذه الزيادة بـ معامل التمدد الطولي ويرمز له بالرمز ٠ انظر الجدول (٢ - ٢) ويعرف بأنه:

مقدار الزيادة في وحدة الاطوال من المادة عند رفع درجة الحرارتها $C^0$١

ويقاس بوحدة مقلوب درجة الحرارة أي ($1/^{O}C$)

المادة	معامل التمدد الطولي(C^{0}١) a	معامل التمدد الحجمي (C^{0}١)$\propto$
النحاس	$1.7X10^{-5}$	$5.1X10^{-5}$
الالمنيوم	$2.4X10^{-5}$	$7.2X10^{-5}$
الرصاص	$2.9X10^{-5}$	$8.7X10^{-5}$
الحديد	$1.2X10^{-5}$	$3.6X10^{-5}$
الصلب	$1.1X10^{-5}$	$3.3X10^{-5}$
الذهب	$1.4X10^{-5}$	$4.2X10^{-5}$
الفضة	$1.9X10^{-5}$	$5.7X10^{-5}$
البلاتين	$8.9X10^{-6}$	$26.7X10^{-6}$
الزجاج العادي	$9X10^{-6}$	$27X10^{-6}$
زجاج البيركس	$3.2X10^{-6}$	$9.6X10^{-6}$

جدول (٢-٤) معامل التمدد الطولي و الحجمي لبعض المواد

(١١-٤) قانون التمدد الطولي

لنفرض ان سلكا معدنيا طوله الأصلي L_1 مترا وسخناه من T_1C^0الى درجة أخرى ولنرمز لها بالرمز T2C˚ ١ فانه يتمدد ويصبح طوله في هذه الدرجة L_2مترا ومقدار التمدد L_2-L_1 يعطي حسب العلاقة التالية

$$L_2 - L_1 = L_1 a(T_2 - T_1)$$

و للاختصار نعبر عن المقدارين L2-L_1 و T_2-T_1 بالتعبير الاتي ΔL و ΔT على الترتيب حيث Δ حرف لاتيني يقرا دلتا و تعني رياضيا الفرق او التغير و تصبح المعادلة السابقة على النحو التالي

$$\Delta L = a l_1 \Delta T \quad \text{.....} \quad (٤\text{-}٧)$$

مثال (٨-٤):

سلك من النحاس طوله 20 M عند درجة الحرارة $25^{O}C$ اذا سخن السلك الى درجة $100^{O}C$ احسب مقدار التمدد طولي للنحاي علما ان معامل التمدد الطولي للنحاس $1.7X10^{-5}/^{O}C$

$$T_2 = 100^o c$$
$$T_1 = 25^o c$$
$$a = 1.7x10^{-5}/^0 c$$

$$\Delta L = L_2\, a\, \Delta T$$
$$\Delta l = 20x1.7x10^{-5}(100 - 25)$$
$$\Delta L = 0.0255 \text{ m}$$

التمدد الحجمي :
اذا سخن جسم صلب حجمه الأصلي V1 من درجة T1^{O}C فانه يتمدد بمقدار V2-V1 حيث V2 حجمه النهائي بعد التسخين و قياسا على ما سبقة ذكره في التمدد الطولي فان مقدار التمدد الحجمي يعطى حسب العلاقة التالية

$$\Delta V = v_1 a \Delta T \qquad (٤-٨)$$

حيث Δv مقدار التمدد الحجمي و يساوي V_2-V_1

Y معامل التمدد الحجمي)^{O}C/1

مثال (٩-4)
وعاء من الامنيوم حجمه 1500 cm^3 عند درجة الحرارة 25^{o}c ماهو مقدار التمدد الحجمي له اذا سخن الى درجة 85^{o}c علما ان معامل التمدد الحجمي للالمنيوم 7.2x10^{-5}/ c^{o}

الحل

$$V_1 = 1500CM^3$$
$$T_1 = 25^{O}C$$
$$T_2 = 85^{O}C$$
$$\gamma = 7.2X10^{-5}/^{0}C$$
$$\Delta V = V_1 a \Delta T$$
$$\Delta V = 1500X7.2X10^{-5}X(85-25)$$
$$\Delta V = 6.48\ cm^3$$

(٤-١١)

بعض التطبيقات على تمدد الأجسام الجامدة :

إن لخاصية تمدد الأجسام الجامدة بتأثير الحرارة وانكماشها عندما تبرد تطبيقات هامة ية الصناعة والمنشآت المختلفة . ومن ذلك ما يلى :

١ – عند مد قضبان السكك الحديدية تترك مسافات صغيرة بين طرفي كل قضيبين متجاورين كى تسمح بتمدد القضبان بي فصل الصيف .

٢ – تمد أسلاك الكهرباء على الأعمدة بحيث تكون مرتخية قليلا حتى لا تؤثر على الأعمدة أو تنقطع عندما ينكمش طولها يخة فصل الشتاء .

٣ - عند إقامة الجسور الفولاذية الطويلة يراعى ترك مسافات صغيرة بين أطراف الجسور والدعامات التي ترتكز عليها وتكون إحدى نهايتي الجسر محمولة على عجلات تسمح للفولاذ بالتمدد .

٤ – وبية البناء يراعى أن يكون معامل تمدد الحديد مساويا لمعامل تمدد المزيج المكون من الأسمنت والرمل والحجر وإلا تفتت الأسمنت بسبب التمدد والانكماش .

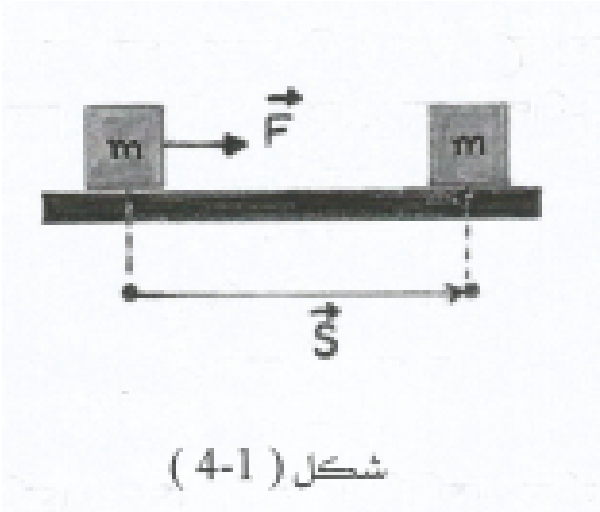
٥ – صناعة الترموستات (الازدواج المعدني) وهو عبارة عن قضيبين مختلفين في النوع متلاصقين يختلف الواحد منها عن الآخر بمعامل تمدده ، فعندما يسخن الازدواج المعدني يتمدد أحد القضيبين أكثر من الآخر فينحني القضيب ، لذلك يستخدم الترموستات (الازدواج المعدني) في الكهرباء مثلا في وصل التيار الكهربائي أو قطعة.

(٤-١٢)

الشغل

نستعمل كلمة الشغل كمصطلح اجتماعي في التعبير عن قيام عمل يتطلب مجهودا جسديا او عقليا او اليا

اما الشغل كمصطلح فيزيائي فله دلالة خاصة ، فنقول : ان القوة ثابته أحدثت شغلا اذا اثرت على جسم ما و ازاحته في اتجاه خط عملها (محورها) كما في الشكل (٦-٤)



شكل (4-1)

ويعرف الشغل بانه : حاصل ضرب القوة في الازاحة التي في اتجاه محور القوة

و نكتب ذلك بصورة رياضية على النحو الاتي

$$W=FS \qquad (4\text{-}9)$$

حيث W الشغل و تقاس بوحدة جول (J) في نظام العالمي للوحدات (SI)
F: القوة المؤثرة بوحدة (N)
S: الازاحة بوحدة m

(٤-١٠) تؤثر قوة أفقية ثابتة مقدارها 50 N على جسم ، فازاحته بمقدار 10 M احسب شغل هذه القوة

$$F=50\ N \quad , \quad S=10\ m$$
$$W=FS$$
$$W = 50 \times 10 = 500\ J$$

مثال (٤-٢)
ما هو الشغل الذي يقوم به رجل كتلته 80 kg تسلق جبلا ارتفاعه 50 m بسرعة ثابتة

الحل
بما أن الرجل يتسلق الجبل بسرعة ثابتة فإن القوة التي يبذلها الرجل على جسمه اثناء الصعود = وزنه اسفل أي ان

$$F= m\ g$$
$$F= 80 \times 9.8 = 784\ N$$
$$S= 50\ m$$
$$W= F\ S$$
$$W= 784 \times 50 = 39200J$$

لنفرض أننا كلفنا بناءين يحملان أكياسا من الرمل من الطابق الأول إلى الطابق الرابع من بناء مرتفع ، فوجدنا أن العامل الأول يرفع ٢٤٠ كيسا خلال ساعة بي حين أن الآخر يرفع ١٥٠ كيساً خلال خمسين دقيقة تأتي البناء بين اكبر قدرة . لعلك ترى أن الإجابة على هذا السؤال مباشرة صعب دقيقة . فأي البناءين أكبر قدرة الشيء ، ولكن لو قارنا الشغل (عدد الأكياس التي يرفعها الواحد منهما) خلال دقيقة مثلا

فالبناء الاول سيرفع : $\frac{340}{60}$= ٤ أكياس / دقيقة

و البناء الثاني سيرفع : $\frac{150}{50}$=3 أكياس / دقيقة

اذا البناء الأول ذو قدرة اكبر على العمل

لذلك نعرف **القدرة** بانها : مقدار الشغل المنجز خلال وحدة الزمن

أي ان

$$P = \frac{W}{T} \text{.. (٤-٢)}$$

حيث P: القدرة و تقاس بوحدة جول \ثانية (J/S) و تسمى واط (W) نسبة الى العالم جيمس وات مخترع المحرك البخاري

W: الشغل بوحدة الجول (J)

T: الزمن بوحدة الثانية (S)

و هناك وحدات اكبر من الوات (W) منها

١- كيلو وات (KW) حيث

$1KW = 10^3 \ W$

٢- ميغا وات (MW) حيث

$1 \ m W = 10^6 \ W$

٣- الحصان الميكانيكي (hp) و تستخدم لقياس قدرة محركات السيارات و المحركات و الالات بشكل عام .

و يعادل الحصان الميكانيكي (hp) الواط (w) حسب العلاقة التالية

$1 \ hp = 746 \ w$

مثال (٤-١٢) مضخة ترفع كمية من الماء بمقدار 24500 N من عمق 40 m الى سطح الأرض خلال دقيقة احسب قدرة هذه المضخة بالحصان الميكانيكي بفرض ان الشغل الذي تبذله لا يفقد منه شيء.

الحل

مقدار القوة الذي تبذله المضخة لرفع كمية الماء تساوي وزن هذه الكمية من الماء أي ان

$$F= 24500\ N$$
$$t= 1\ min = 1X\ 60 = 60\ s$$
$$minS = 40\ m$$
$$P = \frac{W}{t} = \frac{FS}{t}$$
$$P = \frac{24500X40}{60} = 16333.3\ W$$
$$P = \frac{16333.3}{746} = 21.89\ hp$$

الطاقة : درسنا في الفصل السابق العلاقة بين حركة جسم والمسبب لهذه الحركة وهي القوة . وفي هذا الموضوع سوف ندرس المصدر الذي تستمد منه القوة تحريك في الأجسام وهذا المصدر هو الطاقة . ويمكننا أن نعرف الطاقة بأنها :

المقدرة على إنجاز شغل ما . وهي كمية قياسية وتقاس بالجول

أشكال الطاقة :
تظهر الطاقة في حياتنا العملية في عدة صور منها :
١ – الطاقة الميكانيكية المتمثلة في حركة الأجسام .
٢ - الطاقة الكهربائية المتمثلة في التيار الكهربائي .
٣ - الطاقة الضوئية والموجات الكهرومغناطيسية .
٤ -الطاقة الصوتية ، المتمثلة في موجات الصوت .
٥ - الطاقة الكيميائية والمتمثلة في التفاعلات الكيميائية
٦ - الطاقة النووية والمتمثلة في تحول الكتلة إلى طاقة .
٧- الطاقة الحرارية والمتمثلة في حركة جزئيات المادة .

وسوف ندرس في هذا الموضوع الطاقة الميكانيكية فقط وهي نوعان :

١ - الطاقة الحركية ٢ - الطاقة الكامنة الطاقة الحركية :

طاقة الحركة

هى الطاقة التى يكتسبها جسم نتيجة لحركته . فانتقال الكرة وسقوط قطرات الماء في الشلال وحركة الإلكترونات في السلك ... ... إلخ كلها تمثل طاقة و حركية ، إذا تعرف الطاقة الحركية على النحو الآتي : هي طاقة الجسم الناشئة عن حركته وتعطى بالعلاقة الآتية:

$$k\frac{1}{2}\ m\ v^2 \qquad 4\text{-}11$$

m: كتلة الجسم (kg) كيلو جرام
V: سرعة الجسم (m/s) متر/ ثانية
K: الطاقة الحركية (j) جول

مثال (13-٤)
جسم كتلته 50 kg يسير بسرعة 10 m/s احسب طاقته الحركية
الحل

$m = 50kg \qquad v = 10\ m/s$

$K = \frac{1}{2} mv^2$

$= \frac{1}{2} x50x\ 10^2 = 2500\ j$

الطاقة الكامنة :
هي الطاقة الناشئة عن موضع الجسم او شكله او تركيبه الكيمائي او النووي
وسوف ندرس فقط الطاقة الكامنة الناشئة عن الجاذبية الأرضية و التي تعطي بلاعلاقة التالية

$$U = mg\ h \qquad \text{.....} \qquad (٤\text{-}١٢)$$

حيث
U: طاقة الوضع الكامنة (j) جول
m: كتلة الجسم (kg) كيلو جرام
h: ارتفاع الجسم عن سطح الأرض (m) متر
g: تسارع الجاذبية الأرضية ، $g=9.8\ m/s^2$
مثال (١٤-٤)
جسم كتلته 5 kg موضوع على سطح طاولة احسب الطاقة الكامنة للجسم بالنسبة لسطح الأرض علما بان ارتفاع سطح الطاولة 0.75 m؟

الحل

$m= 5\ kg \qquad h= 0.75$

$U= mgh$

$= 5x9.8x0.75 =36.75\ j$

قانون حفظ الطاقة :

عرفنا سابقا أن الطاقة هي المقدرة على بذل شغل ،وهناك صوراً عديدة للطاقة ، فالفحم والبنزين وغير ذلك وهنالك كيميائيا إلى شغل غير ذلك من أنواع الوقود تحتوي على طاقة كيميائية كامنة يمكن أن تتحول بعد أن تحترق احتراقاً في ميكانيكي متمثلة حركة السيارات والقطارات ... إلخ

وكذلك تتحول الطاقة الكهربائية في المصباح إلى حرارية وضوئية في المذياع طاقة صوتية إلى طاقة وتتحول الطاقة الكامنة يخة شلال الماء إلى طاقة ميكانيكية حركية ثم إلى طاقة كهربائية .
وهناك أمثلة عديدة لتحول الطاقة من شكل إلى آخر ، وتخضع مثل هذه التحولات لقانون الآتي :
الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم ، إنما يمكن أن تتحول من شكل الآخر
لقد تحقق العلماء من صحته بالتحليل الرياضي وبإجراء التجارب العملية . ولكن هذا القانون ينطبق فقط على قدرة الإنسان المحدودة ، فهو لا يستطيع إفناء الطاقة ولا خلقها ولكن يستطيع أن يحولها من شكل إلى آخر بأمر الله ، والله سبحانه وتعالى يخلق ما يشاء ويفعل ما يريد ويوجد من العدد ويفني م إلى العدم وهو سبحانه على كل شيء قدير .
يمكن كتابة قانون حفظ الطاقة الميكانيكية بصورة رياضية على النحو الآتي :

$$\Delta k+\Delta U=w \qquad (٤-١٣)$$

أي أن المجموع الجبري الأشغال القوي المبذولة على جسم كالشد والدفع والاحتكاك . . . . . إلخ ماعدا قوة لجاذبية يساوى مقدار التغيرفي طاقته الحركية والتفير في طاقته الكامنة .

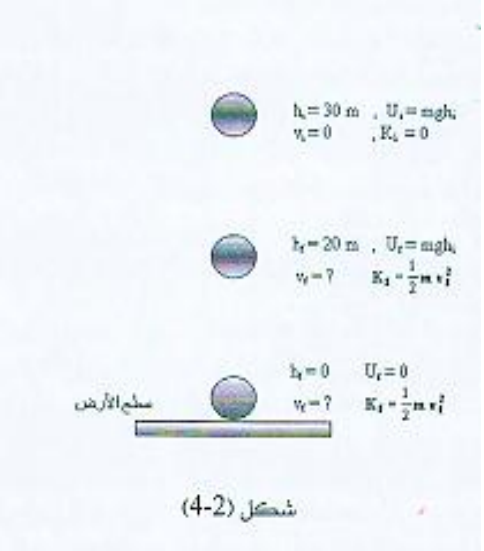
أما إذا كان الجسم واقع تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية مثل السقوط الحر مع إهمال قوة الاحتكاك فان الجسم يعد معزولاً فيزيائياً أي لا تؤثر فيه أى قوى خارجية وبالتالي فإن : W= ٠ وتصبح المعادلة(١٣ - ٤) على النحو الأتى

$$\Delta k-\Delta u=0 \qquad (٤ - ٥)$$

* ملحوظة على تطبيق المعادلة (٤-١٤)
عند التعويض عن القيم الاشغال نراعي إشارة الشغل بحيث يكون الشغل المساعد على الحركة موجبا و الشغل المقاوم للحركة سالبا
مثال (٤-٦)

جسم كتلته 5 kg ترك يسقط من اعلى نقطة في مبنى ارتفاعه 30 m اوجد ما يلي مع اهمال الاحتكاك بالهواء
١- سرعة الجسم عند ارتفاع 20m عن سطح الأرض
٢- سرعة الجسم لحضة اصطدامه بالأرض

الحل



شكل (2-4)

١- سرة الجسم عند الارتفاع 20 m
الجسم معزول اذا

$\Delta k - \Delta U = 0$

$$(k_f - k_i) + (U_f + U_i) = 0$$

$$\left({}^1/_2\, m\, v_f^2 - 0\right) + \left(mgh_f - mgh_i\right) = 0$$

باختصار كتلتة الجسم فانه

$${}^1/_2\, v_f^2 + g\left(h_f - h_i\right) = 0$$

$${}^1/_2\, v_f^2 - g\left(h_f - h_i\right) = g\left(h_i - h_f\right)$$

$$V_F = \sqrt{2g(h_i - h_f)}$$

$$V_F = \sqrt{2X9.8(30 - 20)}$$

$$V_f = 14 \text{ m/s}$$

٢- سرعة الجسم لحظة الاصطدام بالأرض :

$$\Delta k+\Delta U=0$$

$$\left({}^{1}/_{2}\, m\ v^2-0\right)+(0-m\ g\ h_i\ )=0$$

$${}^{1}/_{2}\, m\ v^2=m\ g\ h_i$$

أي ان :
الطاقة الكامنة للجسم في اعلى المبنى = الطاقة الحركية للجسم لحظة الاصطدام بالأرض

$$v_f^2=2\ ghi$$

$$v\ _f=\sqrt{2x9.8x30}$$

$$=24.25\ \mathrm{m/s}$$

مثال (١٦-٤)
سيارة كتلتها 900 kg متحركة في الطريق افقي ضغط السائق على الفرامل فتزحلقت السيارة مسافة قدرها 30 m قبل ان تتوقف تماما اذا كانت قوة الاحتكاك بين إطارات السيارة و الطريق 6000 N احسب السرعة التي كانت تسير بها قبل الضغط على الفرامل
الحل

M=900 kg s=30 m f= 6000 N V_F V_i= ?

الجسم غير معزول أي تؤثر عليه قوة خارجية اذا :

$$\Delta k=\Delta u=w$$

و لكن
صفر =Δu لان الحركة على مستوى افقي .

$$0-{}^{1}/_{2}\, mv_i^2=f_s$$

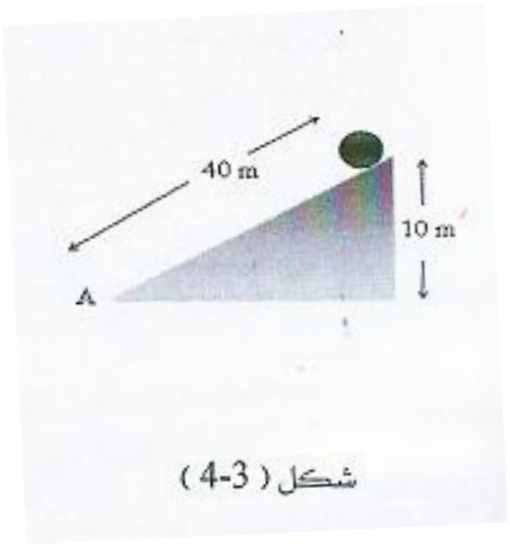
$$v_i^2=\frac{2f_s}{m}$$

$$v_i=\sqrt{\frac{2x6000x30}{900}}$$

$$v_i=20\ m/s$$

مثال (١٧-٤)
وضع جسم كتلته 15 kg عند قمة مستوى مائل طوله 40 m و ارتفاعه 10 m كما في الشكل (٤-٣) ، احسب سرعته عند قاعدة المستوى النقطة (A) باهمال قوة الاحتكاك (٢) اذا كانت قوة الاحتكاك هي 12N احسب سرعته عند A

الحل :



شكل (3-4)

m= 15 kg h_i=10 m s= 40m f= 12n

V=0 v_f=? h_f= 0

١- في حالة الاحتكاك مهمل فان الجسم معزول اذا :

$$\Delta k+\Delta U =$$

$$\left({}^{1}/_{2}\, mv_f^2 - 0\right) + (0 - mgh_i) = 0$$

$${}^{1}/_{2}\, mv_i^2 = mgh_i$$

باختصار m و ترتيب المعادلة لحساب v_f فان

$$v_f\sqrt{2ghi}$$

$$=\sqrt{2x9.8x10} = 14\ m/s$$

في حالة قوة الاحتكاك f=12 N فان الجسم غير معزول اذا

$$\Delta k+\Delta U = w$$

$$\left({}^{1}/_{2}\, m_f^2 - 0\right) + (0 - mgh_i) = -f_s$$

$$V_f = \sqrt{\frac{2(mgh_i - f_s)}{m}}$$

$$V_f \sqrt{\frac{2x(15x9.8x10 - 12x40)}{15}}$$

$$V_f = 11.48 \text{ m/s}$$