جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

الطبيعيات

الصف الاول

الفرع الصناعي – فرع الحاسوب وتقنية المعلومات

المؤلفون

د. شهاب احمد زيدان الجبوري

د. محمد سعيد وحيد　　د. مفيد عبداللطيف الربيعي

عباس ناجي رشيد　　هدى صلاح كريم

انغام خاجيك تكلان

الطبعة الثامنة　　1447 هـ – 2025 م

المقدمة :-

عزيزي الطالب ..... عزيزتي الطالبة

أولت وزارة التربية أهتماماً خاصاً في تطوير مناهجها الدراسية ومنها مناهج التعليم المهني. وقد وضعت لجنة تأليف مادة الطبيعيات ـ للصف الاول ـ الفرع الصناعي – فرع الحاسوب وتقنية المعلومات نصب اهتمامها إثراء محتوى مفردات المنهج الجديد لمادة الطبيعيات بما يشجع الطالب ويشوقه لمتابعة الاستزادة من هذا العلم الحيوي آخذين بنظر الاعتبار المرحلة العمرية الحساسة للطالب ومايدرسه في السنوات السابقة من هذه المادة بالاضافة الى مواكبة التطورات العلمية في هذا المجال.

يضم هذا الكتاب (الباب الاول ـ الفيزياء ـ الفصل الاول ـ طبيعة المادة ـ الفصل الثاني ـ القياس والوحدات ـ الفصل الثالث ـ الحركة ـ الفصل الرابع ـ القوى ـ الفصل الخامس ـ الشغل والطاقة والقدرة ـ الفصل السادس ـ الحرارة ودرجة الحرارة ـ الفصل السابع ـ تأثير الحرارة في المادة ـ الفصل الثامن ـ الغازات (قوانين الغاز المثالي) ـ الباب الثاني ـ الكيمياء) . ويحتوي كل فصل على مفاهيم جديدة مثل هل تعلم، تذكر، سؤال، فكر، بالإضافة الى مجموعة من التدريبات والانشطة المتنوعة ليتعرف الطالب من خلالها على مدى ماتحقق من أهداف ذلك الفصل .

نقدم الشكر والتقدير الى الاستاذ الدكتور حازم لويس منصور لمراجعته الكتاب والسادة الاختصاصيين التربويين لمساهمتهم العلمية وملاحظاتهم القيمة في اخراج هذا الكتاب ونخص بالذكر كل من السيدة سميرة خالد عبد الرحمن والسيدة ذكرى محمد علي خليل والسيد حسين حسن حمزة والسيد عبدالله سلمان برهان والسيد كريم ابراهيم صالح والست ماجدة صخيل محمد، كما نقدم الشكر والتقدير للسادة المقوميين العلميين والمشرف اللغوي لمراجعتهم العلمية واللغوية للكتاب .

نسأل الله عز وجل أن تعم الفائدة من خلال هذا الكتاب ، وندعوه سبحانه أن يكون ذلك أساس عملنا والذي يصب في حب وطننا والانتماء اليه والله ولي التوفيق .

المؤلفون

فهرست الكتاب

المقدمة 3

الباب الاول - الفيزياء

الفصل الاول 14-6

طبيعة المادة

الفصل الثاني 26-15

القياس والوحدات

الفصل الثالث 40-27

الحركة

الفصل الرابع 66-41

القوى

الفصل الخامس 79-67

الشغل والطاقة والقدرة

الفصل السادس 88-80

الحرارة ودرجة الحرارة

الفصل السابع 105-89

تأثير الحرارة في المادة

الفصل الثامن 112-106

الغازات (قوانين الغاز المثالي)

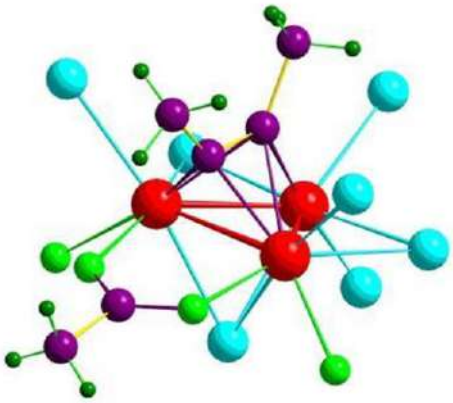
الباب الثاني - الكيمياء 151-113

الباب الاول

الفيزياء

الفصل الاول

طبيعة المادة



مفردات الفصل :

1-1 التركيب الجزيئي للمادة.
2-1 القوى المتبادلة بين الجزيئات.
3-1 قوى التماسك والتلاصق.
4-1 حالات المادة (الصلبة، السائلة، الغازية، البلازما).
الاسئلة.

الاغراض السلوكية :

ينبغي للطالب أن يكون قادراً على أن:-
1- يعرف معنى الجزيئة.
2- يدرك الحجم التقريبي للجزيئة الواحدة.
3- يفهم طبيعة القوى التي تربط الذرات (أو الجزيئات).
4- يعرف قوى التماسك.
5- يعرف قوى التلاصق.
6- يذكر حالات المادة.
7- يعطي أمثلة للمواد الصلبة والسائلة والغازية.
8- يتعرف على بعض الامثلة بحالة البلازما.

المصطلحات العلمية :

Molecular	جزيئي
Forces	قوى
Bond	آصرة
Vibrational motion	الحركة الاهتزازية
Diameter of a molecule	قطر الجزيئة
Elastic	مرن
Ionic bond	آصرة أيونية
Covalent bond	آصرة تساهمية
Metallic bond	آصرة معدنية
Molecular bond	آصرة جزيئية
Repulsion	تنافر
Attraction	تجاذب
Cohesion	تماسك
Adhesion	تلاصق

الفصل الاول

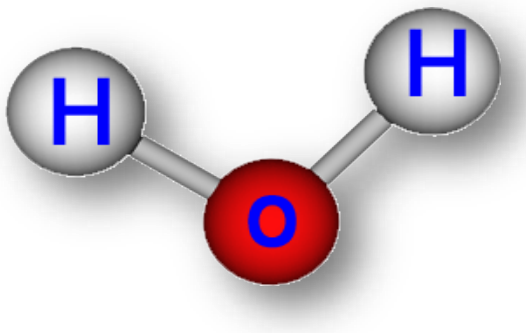
طبيعة المادة

1 - 1 التركيب الجزيئي للمادة

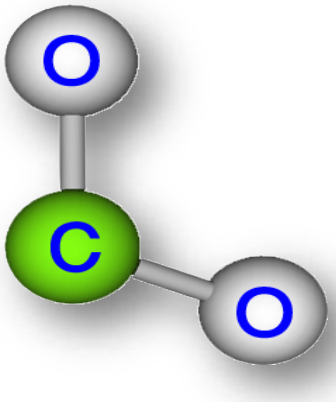
عزيزي الطالب، ماذا يحصل لو قطعت مكعباً من السكر الى نصفين فهل تحصل على قطعتين من السكر ايضاً ؟ أن جوابك سيكون بالايجاب طبعاً لان القطعتين تظلان محتفظتان بتركيبيهما الكيمياوي. ولكن ماذا يحدث لو استمريت بالتقطيع لمرات عديدة فهل ستكون القطع الاصغر فالاصغر سكراً دائماً ؟

لقد فكر العلماء القدماء في هذه المسألة وتوصل بعضهم الى أن هذه العملية ستنتهي حتماً عندما نحصل على أصغر جزء يحتفظ بكامل الخواص الطبيعية لمادة الجسم والذي يسمى بالجزيئة، فما المقصود بالجزيئة؟

الجزيئة هي اصغر جزء من المادة تظهر فيه الخواص الطبيعية للمادة (مثل السكر)، وجزيئة الماء (H_2O)، وجزيئة ثنائي أوكسيد الكاربون (CO_2)، كما مبين في الشكلين (1-1) و (1-2).



شكل 1-1 يبين جزيئة الماء H_2O



شكل 1-2 يبين جزيئة ثنائي أوكسيد الكاربون CO_2

ومن المعروف أن جزيئات أي مادة نقية تكون متساوية فيما بينها بالحجم والشكل وتختلف عن جزيئات مادة أخرى، وأن مجموع كتل جزيئات الجسم الواحد يساوي كتلة الجسم بكامله. ولكن ماهو حجم أو قطر الجزيئة؟

لنفهم الحجم أو القطر التقريبي للجزيئة الواحدة نفترض أن ($1\ cm^3$) من الماء انتفخت جزيئاته حتى أصبح حجمه بقدر حجم الكرة الارضية فعند ذلك فأن القطر التقريبي للجزيئة الواحدة سوف يصبح بحدود ($1\ m$) تقريباً (فهل كنت تتوقع هذه النتيجة؟). وعلى سبيل المثال فأن قطر جزيئة النيتروجين يساوي تقريباً ($3\times10^{-10}\ m$). فما بالك عزيزي الطالب اذا علمت أن الجزيئة الواحدة هي نفسها مكونة من ذرات، ولكن من اين اتت تسمية "ذرة" وماذا تعني؟ جاءت تسمية "ذرة" من قبل العلماء الاغريق القدامى من أمثال ديموكرتس (Democritus) حيث أن كلمة ذرة تعني باللغة الاغريقية (غير قابل للتقسيم)، فمثلاً جزيئة الاوكسجين (O_2) تتكون من ذرتي أوكسجين (O)، وجزيئة الماء (H_2O) تتكون

من ذرتي هيدروجين (H) وذرة أوكسجين (O) واحدة، وجزيئة ثنائي اوكسيد الكاربون (CO_2) تتكون من ذرتي اوكسجين وذرة كاربون واحدة، ومن المعروف أن الذرة متعادلة الشحنة.

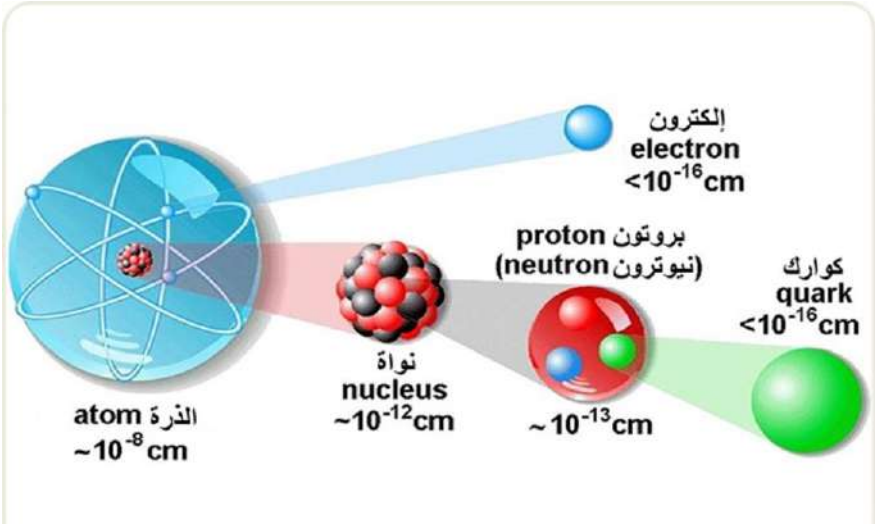
هل أن الذرة غير قابلة للتقسيم؟ لقد اثبت العلم بأن الذرة تتكون من جسيم مركزي يسمى النواة وفي داخلها البروتونات (p^+) تكـــون (موجبة الشحنة) والنيوترونات (n) (متعادلة الشحنة) وتدور من حولها الالكترونات (e^-) (سالبة الشحنة)، لاحظ الشكل (1-3).

هل تعلم !!!!!!

أن كلمة ذرة حرفياً ذكرت في عدة آيات من القرآن الكريم قبل أكثر من 1400 سنة.

هل تعلم !!!!!!

أن مقدار شحنة الكوارك أقل من مقدار شحنة الالكترون.



شكل 1-3 يبين مكونات الذرة

1 - 2 القوى المتبادلة بين الجزيئات:

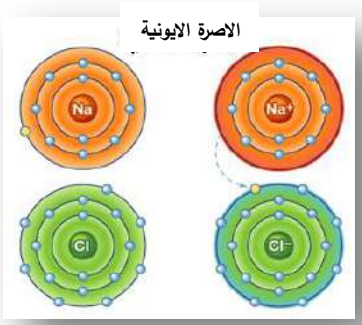
من المعروف أن الذرات قلما توجد بشكل منفرد ، حيث تكون معظم الذرات مرتبطة على شكل جزيئات ، فالمادة تتكون من ذرات أو جزيئات متماسكة بقوى تؤثر بعضها في البعض الاخر.

احد الاسئلة المهمة المطروحة من قبل الفيزيائيين والكيميائيين على حد سواء هو: ماهي طبيعة القوى التي تربط الذرات أو الجزيئات مع بعضها ؟ الجواب أن هذه القوى هي كهربائية في طبيعتها وتولد أواصر ذرية بكيفيات مختلفة تعتمد على الترتيب الالكتروني لهذه الذرات أو الجزيئات، فالذرات عندما تقترب من بعضها لتكوين جزيئات، فإن الألكترونات تعيد ترتيب نفسها بشكل يؤدي الى الحصول على ترتيب مستقر لها في الجزيئة. وهذا الترتيب الالكتروني يؤدي الى توليد أنواع من الاواصر التي تمسك

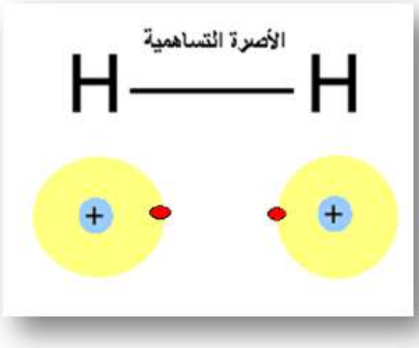
الذرات أو الجزيئات في الحالة الصلبة مثلاً، كما في الفضة. ولكن ماهي أنواع الاواصر أو (القوى) الموجودة في الحالة الصلبة ؟ فالجواب، توجد أنواع متعددة وهي :-

1- الآصرة الايونية.
2- الآصرة التساهمية.
3- الآصرة المعدنية (الفلزية).
4- الآصرة الثانوية أو (آصرة فاندرفالز Van der Waals' bond).

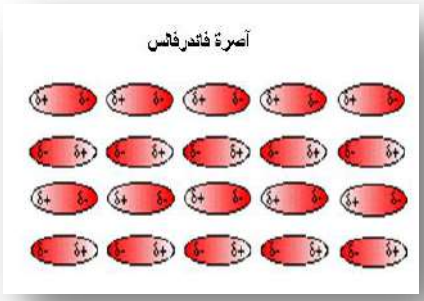
كما مبين بالاشكال (1-4) ، (1-5) ، (1-6) ، (1-7) .



شكل 1-4



شكل 1-5



شكل 1-6

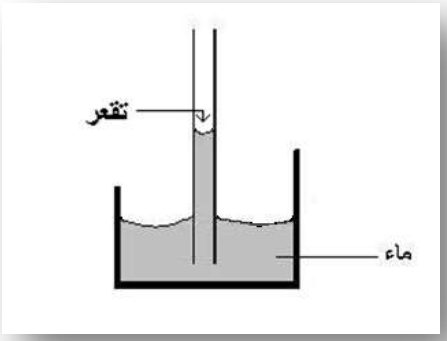
شكل 1-7

أن هذه القوى تجعل الجزيئات أو الذرات في حالة تجاذب مستمر، الى حد تظهر فيه قوى مضادة هي قوى التنافر. ونظراً لوجود هاتين القوتين، أي قوة (التجاذب و التنافر)، فأنه توجد مسافة أتزان أو مسافة توازن (Equilibrium Separation) بين الجزيئات أو الذرات. ففي الحالة الصلبة تكون بحدود قطر تلك الجزيئة أو الذرة. فعند تقارب الجزيئات أو الذرات، والتي نحاول أن نتصورها كأنها كرات شبه مرنة، الى مسافة أقل من مسافة التوازن (قطر الجزيئة أو قطر الذرة)، فمثلاً عند ضغط المادة فإن قوة تنافر تظهر فيما بينها تحاول أن تعيدها الى مسافة التوازن. والعكس صحيح أي عند تباعد الجزيئات أو الذرات الى مسافة أكبر من مسافة التوازن، وذلك عند سحب المادة بسبب مؤثر ميكانيكي أو حراري، فأن قوة تجاذب تظهر فيما بينها تحاول أن ترجعها الى مسافة التوازن.

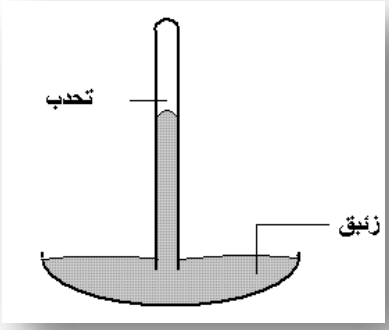
1 - 3 قوى التماسك والتلاصق:-

هل خطر ببالك يوماً، عزيزي الطالب، أن تنظر الى سطح سائل (ماء مثلاً) موجود في أنبوبة زجاجية؟ فتلاحظ عند النظر الى السطح الفاصل بين الماء والزجاج أن سطح الماء بقرب جدران الانبوبة الزجاجية يتقعر في حالة النظر اليه من مركز الانبوبة وبأتجاه الجدار الزجاجي (أي نحصل على حالة تقعر في سطح الماء)، كما مبين بالشكل (1-8). فهل هذه الحالة حالة التقعر تحدث لجميع أنواع السوائل؟ الجواب كلا. فلو أخذنا سائل زئبق ووضعناه في انبوبة زجاجية فإننا سنلاحظ في هذه الحالة بأن سطح الزئبق بقرب جدران الانبوبة الزجاجية يتحدب في حالة النظر من مركز الانبوبة وباتجاه الجدار الزجاجي (أي نحصل على حالة تحدب في سطح الزئبق)، لاحظ الشكل (1-9).

يمكن تفسير هذه التأثيرات السطحية بالرجوع الى القوى الموجودة بين الجزيئات، (القوى التي تسلطها جزيئات السائل فيما بينها) والقوى الموجودة بين جزيئات (السطح الزجاجي والسائل).



شكل 1-8 يبين حالة تقعر سطح الماء (قوى تلاصق)



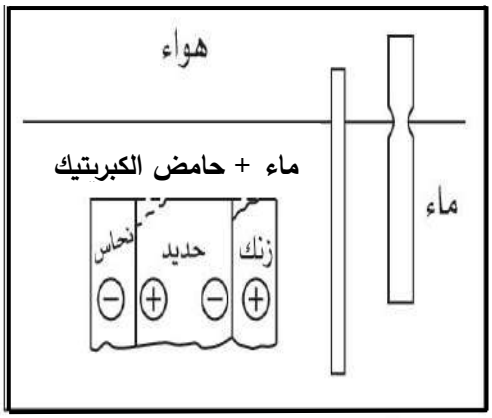
شكل 1-9 يبين حالة تحدب سطح الزئبق (قوى تماسك)

1- أن قوى التلاصق هي قوى تجاذب بين الجزيئات المختلفة ويختلف مقدارها بإختلاف المواد مثل التصاق الماء بالزجاج.

2- أن قوى التماسك هي قوى تجاذب بين جزيئات المادة نفسها أي جزيئات من النوع نفسه مثل الزئبق.

فالماء يتقعر بأتجاه الجدار الزجاجي بسبب قوى التلاصق الموجودة بين جزيئات الماء والزجاج والتي تكون اكبر من قوى تماسك جزيئات الماء مع بعضها (هنا السائل يبلل السطح الملامس له)، بينما يتحدب الزئبق بأتجاه الجدار الزجاجي بسبب قوى التماسك بين جزيئات الزئبق مع بعضها التي تكون أكبر من قوى التلاصق بين جزيئات الزئبق والزجاج (هنا السائل لايبلل السطح الملامس له) .

ومن الجدير بالذكر، وبصورة عامة، أنه عند كسر الجسم الصلب الى جزئين مثلاً، لايمكن التحامهما ثانية بقوة التماسك. فتصبح المسافة بين جزيئات السطحين المنفصلين كبيرة لدرجة انها تضعف قوة التماسك بينها. ومن الامثلة التطبيقية على قوة التلاصق في مجال الصناعة (طلاء السطوح)، لاحظ الشكل (1-10)، وكذلك التصاق المواد الصمغية بالاجسام المختلفة .



شكل 1-10 يبين طلاء السطوح

1- 4 حالات المادة (الصلبة والسائلة والغازية والبلازما):

تعتمد حالات المادة على طبيعة الاواصر بين الجزيئات او الذرات، وأن كل ماتراه من حولك أو تشمه أو تلمسه أو تتذوقه هو مادة، وجميعها تمتلك كتلة ولها حجم . وكما علمت سابقاً ، **فالمادة هي " كل مايشغل حيزاً في الكون وله كتلة "**، فما هي حالات المادة؟

توجد أربعة حالات للمادة وهي :-

1- الحالة الصلبة Solid state

2- الحالة السائلة Liquid state

3- الحالة الغازية Gaseous state

4- حالة البلازما Plasma state

1- الحالة الصلبة Solid state :-

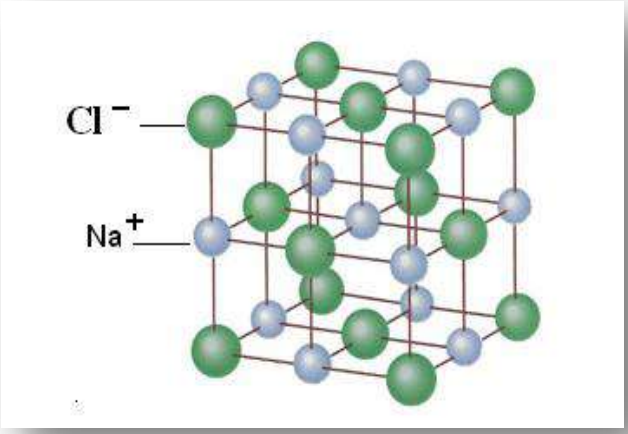
تمتاز الحالة الصلبة بأن لها حجم ثابت وشكل ثابت . فكيف تكون حركة الجزيئات في الحالة الصلبة ؟ تتحرك الجزيئات في الحالة الصلبة حركة اهتزازية حول مواضع استقرارها (موضعية مقيدة).

تذكر

حجم المادة هو الحيزُ الذي تشغله المادة في الكون. أي أن الحجم = الكتلة / الكثافة

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

والقوى الجزيئية تكون في الحالة الصلبة كبيرة جداً ، بينما تكون المسافات البينية بين الجزيئات صغيرة جداً، وتكون بعض جزيئات المواد الصلبة مرتبة بأنتظام مكونة ترتيب بلوري، مثال ذلك ملح الطعام (كلوريد الصوديوم)، لاحظ الشكل (1-11)، بينما تكون جزيئات أخرى مرتبة عشوائياً (غير بلورية) مثل الزجاج.



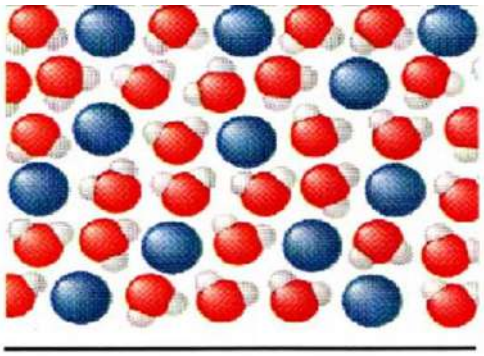
شكل 1-11 يبين جزيئة ملح الطعام (كلوريد الصوديوم)

2- الحالة السائلة Liquid state :

تمتاز الحالة السائلة بأن لها حجم ثابت وشكل متغير ، حيث يأخذ السائل شكل الاناء الذي يحتويه. مثل (الزئبق والنفط). فتكون حركة الجزيئات انتقالية بحرية أكبر من حركة جزيئات المادة الصلبة. وتكون القوى الجزيئية أقل مما هي عليه في الحالة الصلبة، اما المسافات البينية بين الجزيئات فتكون أكبر مما هي عليه في الحالة الصلبة، لاحظ الشكل (1-12).

هل تعلم ؟

أن منصهرات المواد الصلبة تعتبر من السوائل.



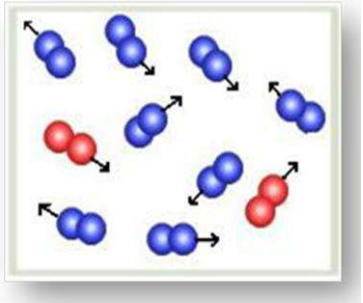
شكل 1-12 يبين المسافات البينية بين الجزيئات في الحالة السائلة.

3- الحالة الغازية Gaseous state:-

تمتاز الحالة الغازية بأن لها حجم وشكل متغيرين. فالغازات مثل السوائل تأخذ شكل الاناء الذي يحتويه، فالهواء مثلاً يتكون من مجموعة من الغازات وهي (الاوكسجين والنيتروجين وثنائي أوكسيد الكاربون والهيليوم) وغيرها. تكون حركة الجزيئات في الحالة الغازية حركة أنتقالية في جميع الاتجاهات وعشوائية وبخطوط مستقيمة فعند تصادمها يتغير أتجاهها، لاحظ الشكل (1-13). وتكون طبيعة القوى الجزيئية ضعيفة جداً، بينما تكون المسافات البينية بين الجزيئات كبيرة. وتسمى المواد السائلة والغازية بالموائع (fluids) وذلك لامتلاكها خاصية الجريان والانسياب ويعرف المائع بأنه المادة التي تكون فيها قوى التماسك ضعيفة وغير قادرة على حفظ شكل معين للمادة، لذا تتحرك الجزيئات وتأخذ المادة شكل الاناء الذي تحتويه.

هل تعلم

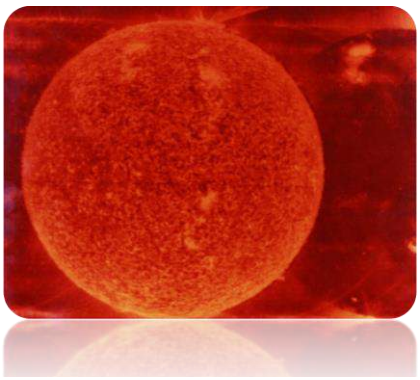
أن الزئبق هو معدن يوجد في الحالة السائلة ضمن درجة حرارة الغرفة ويعد مائعاً .



شكل 1-13 يبين حركةالجزيئات في الحالة الغازية

4- حالة البلازما Plasma state:-

البلازما هي الحالة الرابعة للمادة، وهي عبارة عن غاز متأين يحتوي على خليط من اعداد متساوية من الايونات موجبة الشحنة والكترونات سالبة الشحنة وهي غير مرتبطة بذرة او جزيء كالشمس، لاحظ الشكل (1-14)، والنجوم هي كرات هائلة من البلازما (حيث تكون درجة الحرارة عالية جداً حوالي (1.5×10^7 K). ويمكن أنتاجها مختبرياً وصناعياً وبدرجات حرارية عالية جداً واحتوائها بإستعمال المجالات الكهربائية والمغناطيسية. وتكون البلازما ذات صفات مقاربة للحالة الغازية ولكن ليس لها شكل محدد أو كتلة.



شكل 1-14 يبين كرات هائلة من البلازما داخل الشمس

من أمثلة استعمال الانسان للبلازما هي الأنارة، فالغاز المتفلور (المتوهج) في الانابيب المتفلورة (الفلورسنت) هو بلازما، وكذلك في اللحام والقطع، ويعتبر لهب مؤخرة الصاروخ مادة في حالة البلازما. حيث تكون المادة فيه موصلة للكهربائية وتتأثر بالمجالين (الكهربائي والمغناطيسي).

أسئلة الفصل

1- أختر العبارة الصحيحة لكل مما يأتي :-

1- أن حجم الجزيئة يكون

a - أصغر من حجم نواة الذرة　　b - يساوي حجم نواة الذرة

c - أكبر من حجم نواة الذرة　　d - ولا واحدة منها

2- أن شحنة البروتون هي

a - سالبة　　b - موجبة

c - تساوي صفراً　　d - ولا واحدة منها

3- تمتاز الحالة الغازية بأنها ذات

a - شكل ثابت وحجم متغير　　b - حجم ثابت وشكل متغير

c - شكل ثابت وحجم ثابت　　d - شكل وحجم متغيران

4- المادة في حالة البلازما تحوي على شحنات سالبة

a - أكثرمن عدد الشحنات الموجبة　　b - أقل من عدد الشحنات الموجبة

c - مساوية الى عدد الشحنات الموجبة　　d - ولا واحدة منها

2- أملأ الفراغات الآتية :-

a - .....هي كل مايشغل حيزاً في الكون وله كتلة .

b - لهب مؤخرة الصاروخ هو مادة في حالة ..... .

c - ..... هي قوة التجاذب بين جزيئات المادة نفسها ، أي جزيئات من النوع نفسه .

3- ضع كلمة (صح) أمام العبارة الصحيحة وكلمة (خطأ) أمام العبارة الخاطئة ثم صحح الخطأ ان وجد

a - ان الماء له حجم وشكل ثابتين .

b - تكون طبيعة القوى الجزيئية في غاز الاوكسجين ضعيفة جداً .

c - ان القوى التي تربط الجزيئات (أو الذرات) مع بعضها هي كهربائية في طبيعتها .

d - ان المادة في حالة البلازما لاتتأثر بالمجال المغناطيسي .

e - تكون المسافات البينية بين جزيئات مادة الحديد صغيرة جداً .

4- صنف المواد التالية طبقاً لحالتها (صلبة - سائلة - غازية- البلازما):

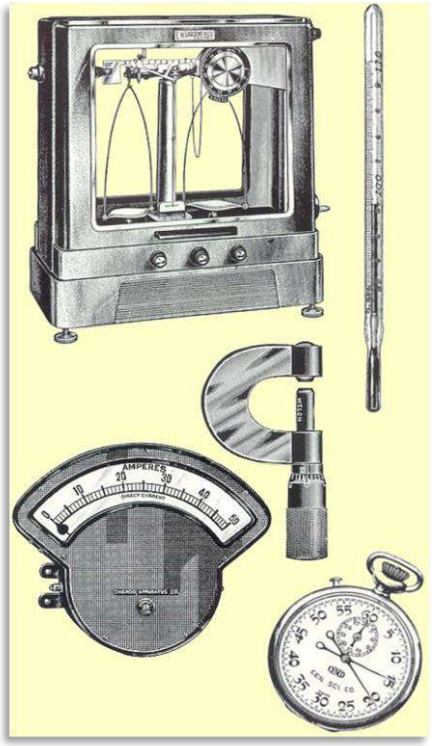
الزجاج، الهواء، الخشب، النفط، الماء، القلم، لهب مؤخرة الصاروخ.

5- ماهي (الحالة الرابعة للمادة)؟ عرفها .

6- قارن بين حركة الجزيئات في حالات المادة الاربعة ، الصلبة والسائلة والغازية والبلازما .

7- ما المقصود بقوة التلاصق وقوة التماسك ؟

الفصل الثاني
القياس والوحدات



مفردات الفصل:

2 - 1 القياس.
2 - 2 وحدات القياس.
2 - 3 النظام العالمي للوحدات (SI) units.
2 - 4 مقدمة للكميات المقدارية والكميات المتجهة.
الاسئلة والمسائل.

الاغراض السلوكية:

ينبغي للطالب أن يكون قادراً على أن:
1- يعرف المقصود بالقياس.
2- يتعرف على أخطاء القياس.
3- يميز بين الكميات الفيزيائية الاساسية و المشتقة.
4- يدرك الفرق بين الكميات المتجهة والكميات المقدارية.
5- يتعرف على الوحدات الاساسية في النظام الدولي للوحدات.
6- يفهم معنى سالب المتجه.
7- يعرف كيفية جمع وطرح المتجهات.
8- يحل المسائل.

المصطلحات العلمية:

Measurement	قياس
Units	وحدات
Temperature	درجة الحرارة
Luminous intensity	شدة الاضاءة
Electric current	التيار الكهربائي
Vector quantity	كمية متجهة
Scalar quantity	كمية مقدارية
Magnitude	مقدار
Direction	اتجاه
Displacement	ازاحة
Base units	الوحدات الاساسية
Derived units	وحدات مشتقة

الفصل الثاني
القياس والوحدات

2 - 1 القياس:

من المعروف أن علم الفيزياء يسمى علم الطبيعة وهو أحد العلوم الاساسية ويصف الظواهر الطبيعية بدلالة العلاقات الاساسية التي تربط قوانين الفيزياء وخواص المادة القابلة للقياس والعد، حيث تسمى هذه العلاقات الاساسية بقوانين الفيزياء.

أن من أبسط طرائق التقدير الكمي هو العد. وهذه الطريقة قابلة للتطبيق عند التعامل مع وحدات متميزة مستقلة مثل (الاقلام، السيارات، التفاح) وغيرها. وأما من حيث المبدأ يعتبر العد عملية مضبوطة للتقدير الكمي لأننا نستعمل أعداداً صحيحة للتعبير عن الكمية. ومن الطبيعي أن تكون هناك حدود عملية للضبط عندما تواجهنا أعداد كبيرة من الاشياء كعدد الجزيئات والذرات في مادة ما، وفي مثل هذه الحالات عادة يجب أن نرضى بمعرفة العدد في حدود مقبولة من عدم اليقين، ومع ذلك فأننا نعلم أنه يمكننا من حيث المبدأ معرفة العدد بالضبط .

كما وأن هناك طريقة أخرى للتقدير الكمي وهي القياس. ولكن يعتبر القياس عملية غير مضبوطة من حيث المبدأ. أذ أن قياس الكمية الفيزيائية يعني تحديد مقدارها بأداة القياس، والمقدار يعني رقماً ووحدة قياس.

هناك عدداً من أدوات القياس مثل، الورنية (القدمة)، المايكرومتر لقياس أقطار الانابيب والاسلاك لاحظ الشكل (2-1)، والمحرار لقياس درجة الحرارة، والساعة لقياس الزمن وغيرها الكثير.
كما وأنك قد تعرفت سابقاً ايضاً على أخطاء القياس ومنها :-

شكل 2-1 يبين الورنية ، المايكرومتر

1- أخطاء الاجهزة وأدوات القياس المستعملة:
وبصورة عامة تكون مرتبطة بالتصميم غير الصحيح أو المعايرة غير الصحيحة للجهاز تؤدي الى أن يكون القياس أكبر أو أصغر من القيمة الحقيقية بمقدار ثابت، ويوصف القياس حينئذ بأنه غير دقيق.

2- أخطاء شخصية : تنشأ عن القراءة غير الصحيحة للجهاز أو النتيجة من قبل الشخص نفسه.

3- الاخطاء العشوائية (الاحصائية): وهي أخطاء تسببها تغيرات الخاصية الفيزيائية المقاسة نفسها، كالتغير في درجة الحرارة. وتسمى هذه بالاخطاء بالاخطاء الاحصائية لايمكن التخلص منها تماماً ، ولكن يمكن تقليلها بزيادة عدد القياسات.

2 - 2 وحدات القياس:

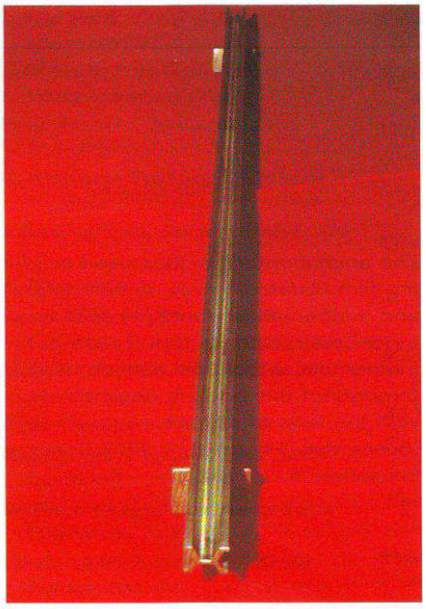
أذا أردت قياس كمية فيزيائية ما، عليك عزيزي الطالب، أن تحدد نوع الخاصية الفيزيائية التي تقوم بقياسها. هل تريد تعيين طول حديقة بيتك مثلاً ؟ أم تريد تعيين الزمن اللازم لقطع طول الحديقة مرة واحدة مشياً على الاقدام؟ فهناك كميات فيزيائية اساسية الابعاد اللازمة لوصف القياسات الفيزيائية. فما هي الكميات الفيزيائية الاساسية ؟ توجد سبعة كميات فيزيائية أساسية وهي **(الطول، الكتلة، الزمن، درجة الحرارة، التيار الكهربائي، كمية المادة، وشدة الاضاءة).**

كما أن هناك كميات فيزيائية (غير أساسية) تسمى (المشتقة) وهي **(القوة، الطاقة، الزخم)** ويطلق عليها الكميات الفيزيائية المشتقة ، اذ يمكن أشتقاقها من الكميات الفيزيائية الاساسية السبعة .

أن القوانين الفيزيائية يعبر عنها بدلالة كميات أساسية، فمثلاً في الميكانيك توجد ثلاث كميات أساسية وهي (الطول والكتلة والزمن). وسنعطي نبذة مختصرة لهذه الكميات الثلاثة:

a - الطول Length :

على مر السنين ظهرت نظم عديدة لمعيار الطول ، ففي سنة (1799) ميلادية في فرنسا أصبح المعيار الاساس للطول هو المتر (m) وعُرف بأنه يساوي جزء من عشرة مليون جزء (1/10000000) من المسافة بين خط الاستواء والقطب الشمالي. وحتى سنة (1960) عُرف المتر بأنه المسافة بين خطين موجودين عند نهايتي قضيب من سبيكة البلاتين والايريديوم (platinum–iridium) محفوظة في فرنسا. تحت شروط معينة وثابتة، لاحظ الشكل (2-2). هذا التعريف لم يعمل به بسبب أن قياس الفاصلة للخطين لم تكن بالدقة الكافية.



شكل 2-2 يبين المعيار الاساسي للطول

هل تعلم

أن طول ذبابة المنزل هي حوالي 5×10^{-3} (m)

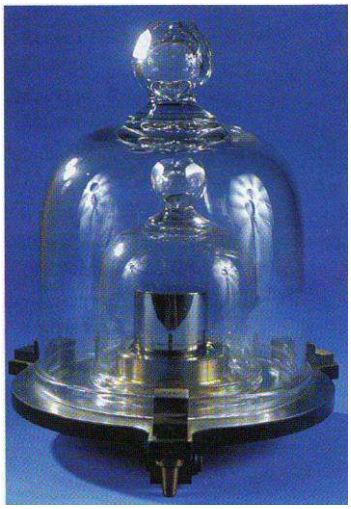
وفي سنة (1983) عُرف المتر بأنه المسافة التي يقطعها الضوء في الفراغ خلال فترة زمنية مقدارها ($\frac{1}{299792458}$ s). فهذا التعريف الاخير يعطي أن سرعة الضوء في الفراغ وهي 299792458 (m/s) او 3×10^{8} (m/s) تقريباً.

الجدول 2-1 يبين القيم التقريبية لبعض الاطوال المقاسة (للاطلاع)

	الطول (m)
المسافة من الارض الى أقرب نجم (بروكسيما سينتاوري) (Proximal Centauri)	$\sim 4 \times 10^{16}$
سنة ضوئية واحدة	$\sim 9 \times 10^{15}$
متوسط (معدل) نصف قطر مدار الارض حول الشمس	$\sim 2 \times 10^{11}$
متوسط المسافة من الارض الى القمر	$\sim 4 \times 10^{8}$
متوسط نصف قطر الارض	$\sim 6 \times 10^{6}$
الارتفاع النموذجي لقمر أصطناعي يدور حول الارض	$\sim 2 \times 10^{5}$
حجم الخلايا في معظم الكائنات الحية	$\sim 1 \times 10^{-5}$
قطر ذرة الهيدروجين	$\sim 1 \times 10^{-10}$
قطر نواة الذرة	$\sim 1 \times 10^{-14}$
قطر البروتون	$\sim 1 \times 10^{-15}$

b - الكتلة Mass :

المعيار الأساس للكتلة هو الكيلوغرام (kg) ويُعرف على أنه كتلة أسطوانة مصنوعة من سبيكة من البلاتين - ايريديوم (Platinum–iridium) محفوظة في المكتب الدولي للمقاييس والاوزان في مدينة سيفر في فرنسا، لاحظ الشكل (2-3).



شكل 2-3 يبين مقياس الكتلة

الجدول 2-2 يبين القيم التقريبية لبعض الكتل (للاطلاع)

	الكتلة (kg)
الشمس	$\sim 2 \times 10^{30}$
الارض	$\sim 6 \times 10^{24}$
القمر	$\sim 7 \times 10^{22}$
سمك القرش (Shark)	$\sim 1 \times 10^{2}$
الضفدع	$\sim 1 \times 10^{-1}$
البعوضة	$\sim 1 \times 10^{-5}$
البكتريا	$\sim 1 \times 10^{-15}$
ذرة الهيدروجين	$\sim 2 \times 10^{-27}$
الالكترون	$\sim 9 \times 10^{-31}$

c - الزمن Time :

قبل عام (1960 م) كان معيار الزمن يعرف عن طريق متوسط اليوم الشمسي.

فالوحدة الاساس للزمن هي الثانية (s) (Second)
وعرفت على انها تساوي

$$\left(\frac{1}{86400}\right) = \left(\frac{1}{60}\right)\left(\frac{1}{60}\right)\left(\frac{1}{24}\right)$$

من متوسط اليوم الشمسي.
وفي عام (1967) عُرفت الثانية بدقة كبيرة عن طريق جهاز يعرف بالساعة الذرية بأنها تساوي (9192631700) مرة قدر الزمن الدوري لتذبذب أشعاع منبعث من ذرة السيزيوم (Cesium – 133)، لاحظ الشكل (2-4).

شكل 2-4 ساعة ذرية

الجدول 2-3 يبين القيم التقريبية لبعض الفترات الزمنية (للاطلاع).

	الفترة الزمنية (s)
سنة واحدة	$\sim 3 \times 10^{7}$
يوم واحد	$\sim 9 \times 10^{4}$
الزمن بين ضربات القلب الطبيعية	$\sim 8 \times 10^{-1}$
فترة تذبذب (period) الموجات الصوتية المسموعة	$\sim 1 \times 10^{-3}$
فترة تذبذب الموجات الراديوية النموذجية	$\sim 1 \times 10^{-6}$
فترة تذبذب ذرة في الحالة الصلبة	$\sim 1 \times 10^{-13}$
فترة تذبذب موجات الضوء المرئي	$\sim 2 \times 10^{-15}$
زمن التصادم النووي	$\sim 1 \times 10^{-22}$
الزمن الذي يستغرقه الضوء في عبور بروتون	$\sim 3 \times 10^{-24}$

2- 3 النظام الدولي للوحدات (SI units) International System of Units:

تم استعمال عدة أنظمة للوحدات للتعبير عن الكميات المقاسة. ففي النظام البريطاني للوحدات تم استعمال القدم (foot) (ft)، لقياس الطول. وفي النظام الكاوسي (Gaussian system) أو (نظام cgs -) تم استعمال السنتمتر (cm) لقياس الطول والغرام (g) لقياس الكتلة والثانية (s) لقياس الزمن وفي عام (1960) في مؤتمر دولي أقرت مجموعة معايير وهي (الطول، الكتلة، الزمن) وكميات أساسية أخرى ، فسمي بـالنظام الدولي للوحدات (SI units). ويشمل سبعة وحدات أساسية وهي: وحدة الطول متر (m)، وحدة الكتلة كيلوغرام (kg)، وحدة الزمن ثانية (s)، وحدة التيار الكهربائي أمبير (A)، وحدة درجة الحرارة كلفن (K)، وحدة كمية المادة مول (mol)، وحدة شدة (قوة) الاضاءة شمعة (cd). والجدول (2-4) والذي يبين وحدات الكميات الفيزيائية الاساسية في النظام الدولي للوحدات(SI).

أن هناك كميات فيزيائية أخرى يمكن أشتقاقها من الكميات الفيزيائية الاساسية فمثلاً يمكن إيجاد الانطلاق من معرفة المسافة بوحدة (m) مقسومة على الزمن بوحدة (s)، أي طول مقسوم على الزمن ($\frac{\mathbf{m}}{\mathbf{s}}$).

وان للنظام الدولي للوحدات (SI) صفة مميزة وهامة كونه نظام عشري فمثلاً ($\mathbf{10^{-3}\ m}$) تمثل ملليمتر (mm)، و ($\mathbf{10^{3}\ m}$) تمثل كيلومتر (km) و ($\mathbf{10^{-6}\ m}$) تمثل مايكرومتر، وبذلك فأن (4 µm) تعني ($\mathbf{4 \times 10^{-6}\ m}$) وهكذا.

جدول 2-4

الكمية الفيزيائية الاساسية	أسم الوحدة	رمز الوحدة
الطول	متر (meter)	m
الكتلة	كيلوغرام (kilogram)	kg
الزمن	ثانية (second)	s
التيار الكهربائي	أمبير (ampere)	A
درجة الحرارة	كلفن (kelvin)	K
كمية المادة	مول (mole)	mol
شدة الاضاءة	كانديلا (شمعة) (candela)	cd

الجدول 2-5 يبين اجزاء ومضاعفات (بادئات) النظام الدولي للوحدات

اسم البادئة (prefix)	رمز البادئة	قيمة العمل الأسي
بيتا (peta)	P	10^{15}
تيرا (tera)	T	10^{12}
كيكا (giga)	G	10^{9}
ميكا (mega)	M	10^{6}
كيلو (kilo)	k	10^{3}
مللي (milli)	m	10^{-3}
مايكرو (micro)	μ	10^{-6}
نانو (nano)	n	10^{-9}
بيكو (pico)	p	10^{-12}
فيمتو (femto)	f	10^{-15}

فكر

45 μm = 45×? …. (m)

تذكر

أنه يمكن استعمال النظام الدولي للوحدات (SI) لقياس الكميات الفيزيائية الصغيرة جداً والكبيرة جداً.

2 - 4 الكميات المقدارية والمتجهة:

عادة عند قياسك لكمية ما فأنك تعبر عن النتيجة بدلالة عدد ما. فلو سئلت ما هو طولك؟ فجوابك سيكون، مثلاً (170 cm)، أي أن مقدار طولك هو (170) ووحدة القياس هنا هي السنتمتر (cm). وكذلك بالنسبة للكميات الاخرى مثل حجم صندوق أو عدد حبات الحلوى في أناء زجاجي ، حيث لاترتبط بأي اتجاه ، فتسمى بالكميات المقدارية (Scalar quantities)، فماذا يقصد بالكميات المقدارية؟ هي تلك الكميات التي يلزم لمعرفتها وتحديدها تحديداً تاماً معرفة مقدارها فقط مثل الكتلة، الزمن، الحجم .. الخ.

كما أن هناك كميات أخرى ترتبط بالاتجاهات، فمثلاً شرطي المرور يهتم بمقدار سرعة سيارتك في الشارع وأتجاهها ايضاً ، لاحظ الشكل (2-5) وسوف يقلق قلقاً شديداً أذا كان أتجاه حركة سيارتك ليس صحيحاً. فالسرعة أذن لها أتجاه و مقدار .

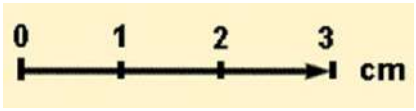
ولوصف الحركة وصفاً تاماً يجب تحديد اتجاهها ومقدارها فنقول مثلاً أن مقدار السرعة هو $(60\ \frac{\mathbf{km}}{\mathbf{h}})$ بأتجاه الغرب. وكذلك هناك كميات أخرى مثل القوة والتعجيل تسمى بالكميات المتجهة (vector quantities)، فماذا يقصد بالكميات المتجهة؟

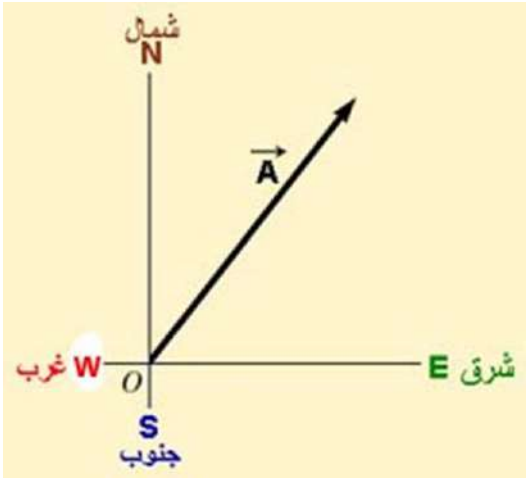
شكل 2-5 اشارة شرطي المرور

هي تلك الكميات التي يلزم لمعرفتها وتحديدها تحديداً تاماً معرفة كل من مقدارها واتجاهها، مثل الازاحة والعزم ..... الخ .

ولكن كيف يمكننا أن نمثل الكميات المتجهة بيانياً؟ وذلك برسم المتجه على شكل سهم يتناسب طوله مع مقدار الكمية المتجهة وذلك باستعمال مقياس معين ويشير اتجاه السهم الى اتجاه الكمية المتجهة وتمثل نقطة الاصل وهي نقطة تأثير المتجه (نقطة البداية). فمثلاً سيارة قطعت إزاحة مقدارها (30 km) شرقاً فلنفترض مقياس رسم مناسب، أن كل سنتمتر واحد بالرسم يمثل إزاحة مقدارها (10 km) يعني (1 cm = 10 km) وبذلك تمثل الازاحة بسهم ، فيكون طول السهم (3 cm) بإتجاه الشرق ، لاحظ الشكل (2-6).

ويمكننا أن نرمز للمتجه بأستعمال سهم فوق الحرف مثل المتجه ($\vec{\mathbf{A}}$) ، كما ويمكننا أن نكتب مقدار كمية المتجه $|\vec{\mathbf{A}}|$ بالرمز (A) .

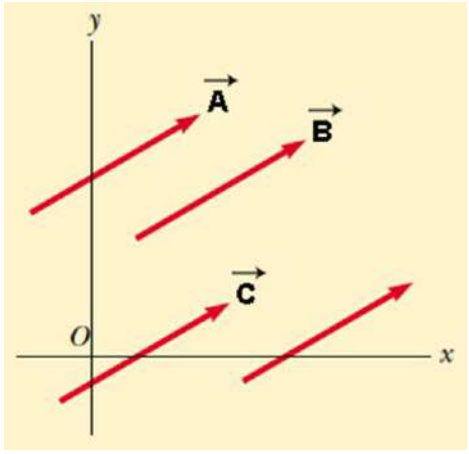




شكل 2-6 تمثيل المتجه بيانياً

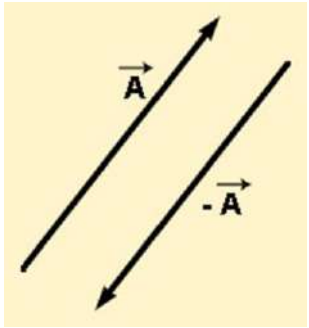
فمتى يكون المتجهان $(\vec{A}\ ,\ \vec{B})$ متساويان؟ والجواب اذا كان لهما المقدار نفسه والاتجاه نفسه (والوحدة نفسها أن وجدت)، بغض النظر عن نقطة بداية كل منهما، لاحظ الشكل (2-7) المتجهات $(\vec{A}\ ,\vec{B},\ \vec{C})$ هي متجهات متساوية وتكتب بالصيغة التالية $(\vec{A}=\vec{B}=\vec{C})$ والتي يمكن تمثيلها بالاحداثيات المتعامدة X-Y.

وأما بالنسبة لـ (سالب المتجه) فأن سالب المتجه هو متجه مساو له في المقدار ومعاكس له بالاتجاه، لاحظ الشكل (2-8)، أن سالب المتجه $(\vec{A})$ يمثل بالمتجه $(-\vec{A})$. والمتجهان $(\vec{A})$ و $(-\vec{A})$ أي أن المتجه وسالب المتجه يكونان متساويين بالمقدار ومتعاكسين في الاتجاه.



شكل 2-7 المتجهات $(\vec{A}، \vec{B}، \vec{C})$ متجهات متساوية

$$\vec{A}+(-\vec{A})=0$$



شكل 2-8 يمثل سالب المتجه

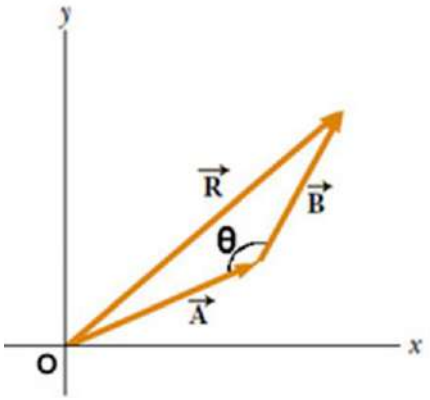
2 - 4 - 1 جمع المتجهات :

أن قواعد جمع المتجهات يمكن وصفها بسهولة بأستعمال الطريقة الهندسية، أولاً نرسم المتجه $(\vec{A})$ ثم نرسم المتجه $(\vec{B})$ بحيث تبدأ نهايته من رأس المتجه $(\vec{A})$ وتكون بينهما زاوية مقدارها (θ) فيكون متجه المحصلة (Resultant Vector) $(\vec{R})$ هو متجه مرسوم من نهاية المتجه $(\vec{A})$ الى رأس المتجه $(\vec{B})$، لاحظ الشكل (2-9).

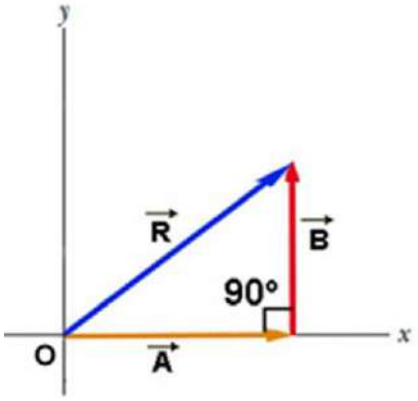
عندما يكون المتجهان ($\vec{A}$ و $\vec{B}$) متعامدين فالزاوية بينهما قائمة (90°)، لذا نستعمل نظرية فيثاغورس لايجاد المتجه المحصل ($\vec{R}$) الذي يمثل الوتر في المثلث، لاحظ الشكل (2-10)، وكما يأتي:

$$R^2=A^2+B^2$$

$$\therefore \mathbf{R = \sqrt{A^2 + B^2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1-2)$$



شكل 2-9 متجهان $\vec{A}$ و $\vec{B}$ بينهما زاوية θ



شكل 2-10

مثال (1):

يسير جسم (4 m) باتجاه الشرق ثم غير اتجاهه وقطع (3 m) شمالاً. على أي بعد يكون الجسم من نقطة بداية حركته؟

الحل :

نفرض أن كل (1 cm بالرسم يمثل ازاحة مقدارها (1 m). فتكون ازاحة (4 m) شرقاً تمثل بالمتجه ($\vec{A}$) طوله (4 cm) شرقاً وازاحة (3 m) شمالاً تمثل بالمتجه ($\vec{B}$) طوله (3 cm) شمالاً، ويكون المتجهان ($\vec{A}$) و($\vec{B}$) متعامدان (بينهما زاوية مقدارها 90°). وبتطبيق نظرية فيثاغورس نحصل على مقدار المتجه المحصل ($\vec{R}$):

$$R^2=A^2+B^2$$

$$\mathbf{R = \sqrt{A^2 + B^2}}$$

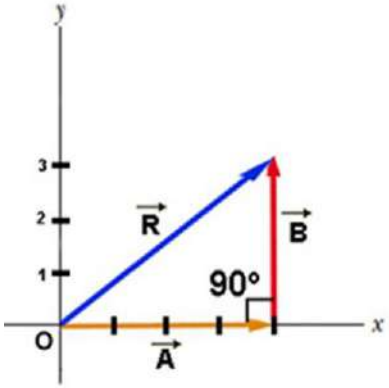
$$\therefore \mathbf{R = \sqrt{(4)^2 + (3)^2}}$$

$$\mathbf{R = \sqrt{16 + 9}}$$

$$\mathbf{R = \sqrt{25}}$$

$$\therefore \mathbf{R = 5\ m}$$

الجسم سيكون على بعد (5 m) من نقطة بداية الحركة.



2-4-2 طرح المتجهات :

اذا سرت (10 m) شرقاً ثم غيرت مسارك (6 m) غرباً فأنك تطرح ازاحة قدرها (6 m) من ازاحة قدرها (10 m). ويمكن ان تقول انك تجمع ازاحة قدرها (10 m) شرقاً وازاحة قدرها (6 m) غرباً. فأن الازاحة المحصلة (4 m) في اتجاه الشرق، لاحظ الشكل (2-11).

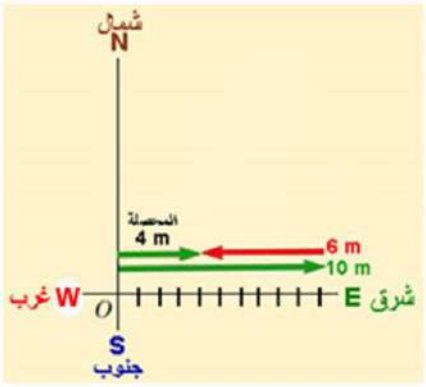
أن طرح متجه ما يكافيء جمع نفس المتجه مع عكس اتجاهه، ولذلك لطرح المتجه $(\vec{B})$ من المتجه $(\vec{A})$ نعكس اتجاه $(\vec{B})$ ثم نجمعه مع $(\vec{A})$ ، ويعبر هذا رياضياً كما يأتي :-

$$\vec{A} - \vec{B} = \vec{A} + (-\vec{B}) \dots\dots\dots\dots (2)$$

$$10\ m \longrightarrow + 6\ m \longleftarrow = 4\ m \longrightarrow$$

أو:

$$10\ m \longrightarrow - 6\ m \longrightarrow = 10\ m \longrightarrow + 6\ m \longleftarrow = 4\ m \longrightarrow$$



شكل 2-11

أسئلة الفصل

1- أختر العبارة الصحيحة لكل مما يأتي:

1- من الكميات المقدارية هي :

a - القوة　　b - الازاحة

c - الزخم　　d - المسافة

2 - من وحدات الطول :

cd - a　　K - b

m - c　　mol - d

3 - (1 mm) يساوي:

10^{3} m - a　　10^{-6} m - b

10^{6} m - c　　10^{-3} m - d

4- من الكميات المتجهة هي:

a - الكتلة　　b - العزم

c - الحجم　　d - درجة الحرارة

2 - أملأ الفراغات الآتية :

a - وحدة التيار الكهربائي في النظام الدولي للوحدات هي .....

b - ..... m = ... mm

c - وحدة الطول في النظام الكاوسي للوحدات هي .....

3 - ضع كلمة (صح) أمام العبارة الصحيحة وكلمة (خطأ) أمام العبارة الخاطئة، ثم صحح الخطأ ان وجد:

a - من أخطاء القياس هي أخطاء شخصية .

b - يعتبر الزخم من الكميات الفيزيائية المشتقة .

c - من الوحدات الاساسية في النظام الدولي للوحدات هي القدم (ft) .

d - يعتبر الزمن من الكميات الفيزيائية الاساسية.

4 - ما المقصود بالكميات المقدارية ؟

5 - في النظام الدولي للوحدات ، ما هي وحدة كل من : درجة الحرارة ، الكتلة ، كمية المادة

6 - متى يكون المتجهان ($\vec{\mathbf{A}}$) و ($\vec{\mathbf{B}}$) متساويان ؟

7 - ما المقصود بالكميات المتجهة ؟

مسائل الفصل

1 - سار جسم مسافة (6 m) باتجاه الشمال ثم غير اتجاهه وقطع (8 m) شرقاً. على أي بعد يكون الجسم من نقطة بداية حركته؟

الجواب: (10 m) شمال شرق

2 - سار جسم مسافة (25 m) غرباً ثم غير مساره (17 m) شرقاً. ماهي الازاحة المحصلة للجسم وفي أي اتجاه؟

الجواب: (8 m) غرباً

3 - إذا كان متوسط قطر الأرض يقارب (127.42 km)، أحسب محيط الأرض عند خط الاستواء مقدراً بالمتر؟

الجواب: (40×10^{8} m) تقريباً

الفصل الثالث

(الحركة)

المفردات :

3-1 تعريف الحركة.
3-2 الحركة على خط مستقيم (الحركة الخطية).
3-3 السرعة ومعدل السرعة.
3-4 الحركة بتعجيل.
3-5 التعجيل الثابت.
3-6 علاقات الحركة بتعجيل.
3-7 تعجيل الجاذبية.
3-8 السقوط الحر.
3-9 امثلة على السقوط الحر.
3-10 الدفع و الزخم.
3-11 قانون حفظ الزخم الخطي.
اسئلة ومسائل.

الاغراض السلوكية :

بعد اكمال هذا الفصل ينبغي للطالب ان يكون قادراً على أن :-

1- يميز بين الحركة، والحركة الخطية، والحركة بتعجيل.
2- يفهم الحركة بتعجيل وعلاقاتها والتعجيل الثابت.
3- يفهم السرعة، ومعدل السرعة، وإيجاد السرعة بالوسائل الرياضية والحسابية.
4- يستوعب مفهوم السقوط الحر.
5- يفهم قانون حفظ الزخم.

المصطلحات العلمية

Linear Motion	**حركة خطية**
Velocity	**سرعة**
Speed	**انطلاق**
Acceleration	**تعجيل**
Displacement	**إزاحة**
Gravitational Acceleration	**تعجيل ارضي**
Free Falling	**سقوط حر**
Impulse	**دفع**
Momentum	**زخم**

الفصل الثالث

الحركة الخطية

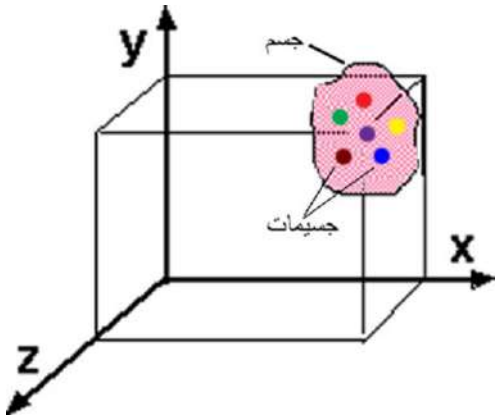
1-3 تعريف الحركة:

تعرف الحركة على انها التغير المستمر لموضع الجسم، وفي الحركات الحقيقية فإن مختلف نقاط الجسم تتحرك على طول مسارات مختلفة وكامل الحركة يمكن معرفته اذا ما عرفنا الكيفية التي تتحرك بها كل نقطة.

2-3 الحركة على خط مستقيم (الحركة الخطية):

لنتصور ان جسماً مكوناً من جسيمات (دقائق صغيرة جدا) وان موضع هذه الدقائق يمكن تحديده بوساطة مساقطها على المحاور الثلاثه المتعامدة (X-Y-Z) شكل (3-1). بحيث ان الجسيم عندما يتحرك على اي مسار في الفضاء، فأن مساقطه تتحرك على خطوط مستقيمة على طول المحاور الثلاثة .

وان الحركة الحقيقية يمكن ان توصف من حركة المساقط الثلاثة.



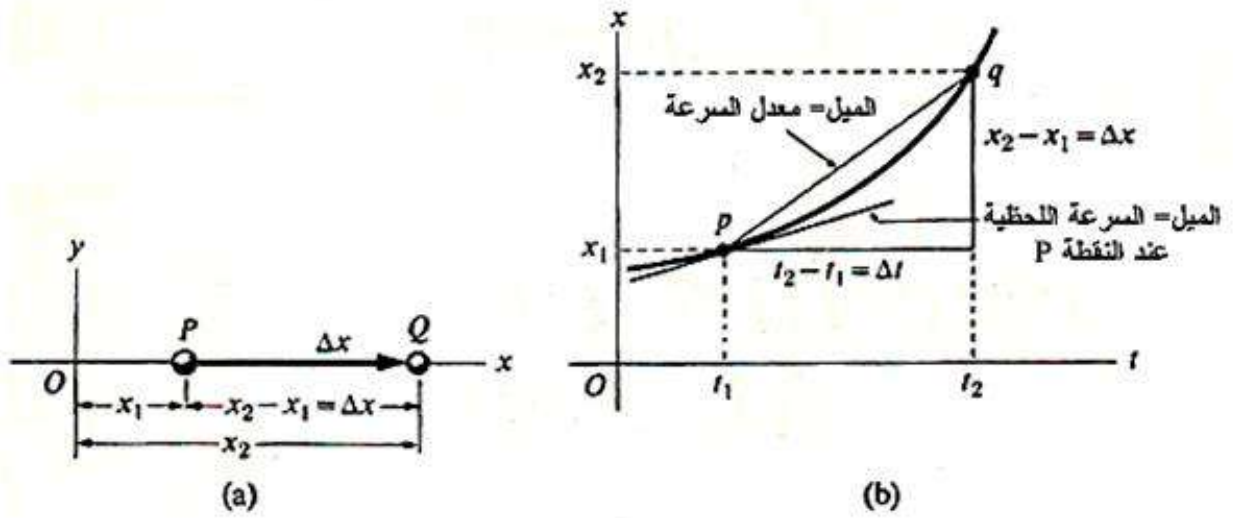
شكل 3-1 الجسم في الاحداثيات المتعامدة

وهنالك عدة أنواع من الحركة (الدائرية والدورانية والاهتزازية) وسيتم في هذه المرحلة الدراسية مناقشة حركة جسيم على طول خط مستقيم او ما يسمى بالحركة الخطية والحركة في مستوي X-Y والسقوط الحر للأجسام.

3-3 السرعة ومعدل السرعة:

لنفترض ان جسيما يتحرك على طول محور (x) كما في الشكل (3-2 a) الذي يمثل احداثي موقع الجسم x_1 في النقطة (P) عند الزمن t_1 ، وعند تحرك الجسم الى الموقع (Q) فان احداثي الموقع يصبح x_2 عند الزمن t_2. تلك الاحداثيات يمكن تمثيلها بيانياً كما في الشكل (3-2 b) .

ان ازاحة الجسيم عندما يتحرك من نقطة الى اخرى على مساره تعرف بالمتجه $\Delta\vec{x}$ والذي يرسم من النقطة الاولى الى النقطة الثانية. لذلك في الشكل (3-2 a) المتجه $\overrightarrow{PQ}$ قيمته $\Delta\vec{x} = \vec{x}_2 - \vec{x}_1$ ويمثل الازاحة.



الشكل 3–2 تغير احداثيات موقع الجسم مع الزمن

اما معدل السرعة للجسيم يعرف على انه النسبة بين الازاحة الى الفترة الزمنية $\Delta t = t_2 - t_1$ وتحسب من العلاقة:

$$\vec{v}_{av} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1-3)$$

ان معدل السرعه هو متجه طالما ان النسبة هي بين متجه وغير متجه. وان اتجاهها هو اتجاه الازاحة وان قيمة متجه السرعة هو :-

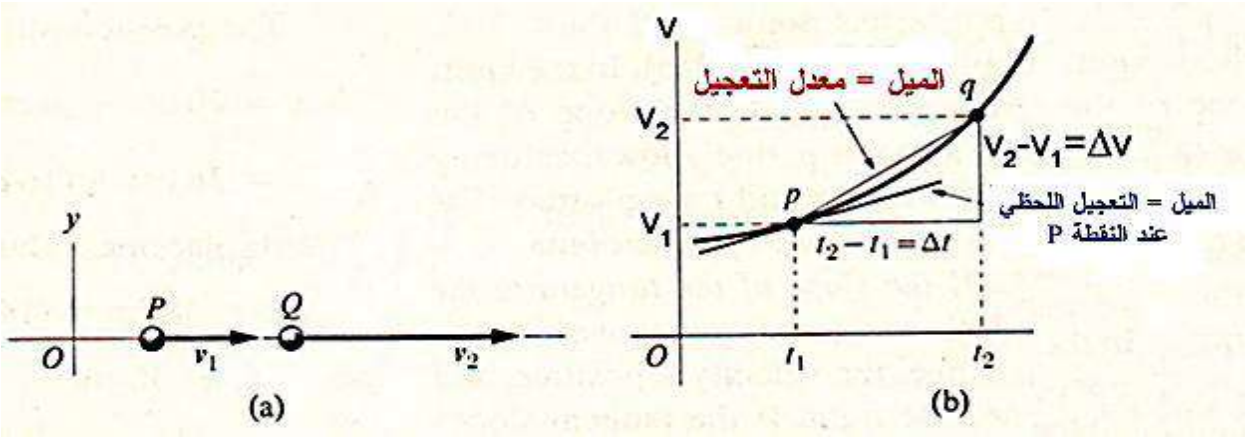
$$v_{av} = |\vec{v}_{av}| = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2-3)$$

وحدات السرعة: اذا قيست المسافة بوحدات المتر(m) والزمن بوحدات الثانية (s) فإن السرعة وحداتها m/s وهناك وحدات تستعمل في حركة المركبات هي (كيلومتر/ساعة) km/h مثلاً.

3-4 الحركة بتعجيل:

عندما تتغير سرعة الجسم المتحرك باستمرار مع الزمن اي كلما تقدمت الحركة يقال عندئذ للجسم انه يتحرك بتعجيل . والشكل (3-3 a) يوضح حالة جسيم يتحرك على امتداد المحور السيني . وان المتجه v_1 يمثل سرعته اللحظية عند النقطة p ، والمتجه v_2 يمثل سرعته اللحظية عند النقطة Q.

اما الشكل (3-3 b) فانه يمثل مخططاً لقيمة السرعة اللحظية (v) رسمت كدالة للزمن وكل من النقطتين p و q تمثلان P وQ في الجزء (a).



الشكل 3–3 تغير سرعة الجسم مع الزمن

ان معدل التعجيل للجسيم عندما يتحرك من P الى Q يعرف على انه نسبة تغير السرعة مع الزمن المستغرق، لذلك :

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3-3)$$

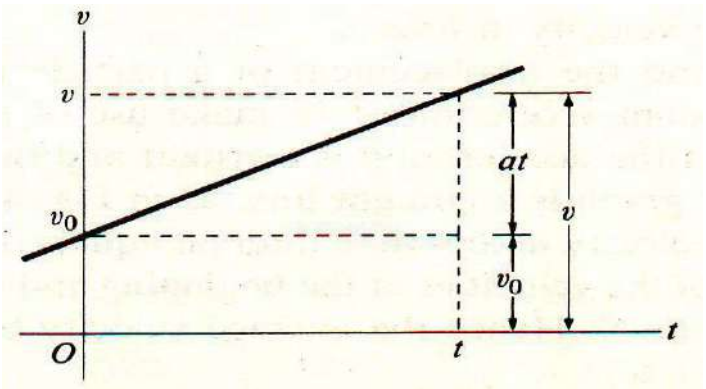
إذ ان t_1 و t_2 هما الزمنان اللذان يناظران السرعتان $\vec{v}_1$ و $\vec{v}_2$. وبما ان كل من $\vec{v}_1$ و $\vec{v}_2$ متجهات لذلك فان $\vec{v}_2 - \vec{v}_1$ تحسب بطريقة طرح المتجهات ونظرا لان الكلام يدور عن الحركة الخطية وان المتجهين يقعان في مستوٍ واحد فان الفرق بين قيمتهما هي ذاتها قيمة الفرق بينهما كمتجهين. في الشكل (3- 3 b)، معدل التعجيل يحدد بوساطة ميل الوتر pq .

3-5 التعجيل الثابت:

ان ابسط انواع الحركة المعجلة تلاحظ في الحركة الخطية حيث يكون التعجيل ثابت وان السرعة تتغير بمعدل ثابت خلال الحركة.

العلاقة بين السرعة والزمن هي خطية (علاقة طردية) كما في الشكل (3-4). أي أن التعجيل المنتظم (a)

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



الشكل 3–4 مخطط السرعة – الزمن في الحركة ذات التعجيل

ان السرعة تزداد بمقادير متساوية في فترات متساوية. وان ميل الوتر بين نقطتين على الخط هو نفسه ميل المماس عند تلك النقطة. وان معدل التعجيل اللحظي متساو. لذلك فان المعادلة (3-3) والتي يحسب منها معدل التعجيل تستبدل بالتعجيل الثابت a ، لذلك:

$$\mathbf{a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \ldots..(4-3)}$$

اذا كان $t_1=0$ وان t_2 هو الزمن في اي لحظة وليكن (t) . وان v_o تمثل السرعة الابتدائية عندما t=0. وكذلك لتكن (v) السرعه عند الزمن (t) . ولذلك ستصبح المعادلة كالتالي:

$$\mathbf{a = \frac{v - v_o}{t - t_o} \ldots\ldots\ (5-3)}$$

ويمكن اعادة صياغتها بالاتي ($t_o=0$):

$$\mathbf{v = v_o + a\,.\,t \ldots.(6-3)}$$

يعوض التعجيل بقيمة موجبة اذا كانت السرعة متزايدة (تسارع) وقيمة سالبة في حالة تناقص السرعة (تباطىء) وصفراً اذا كانت السرعة ثابتة. اما وحدات التعجيل بنظام (SI) هي (m/s^2) .

6-3 علاقات الحركة بتعجيل:

لحساب ازاحة جسيم يتحرك بتعجيل ثابت ، نلاحظ ان خط (السرعة – زمن) هو خط مستقيم كما في الشكل (4-3) وان معدل السرعة في الفترات الزمنية متساوي وقيمتها 1/2 مجموع السرعات عند بداية المدة ونهايتها .

لذلك فان معدل السرعة خلال الزمن المستغرق بين t=0 و t هو:

$$\mathbf{\bar{v} = \frac{v_o + v}{2} \ldots..(7-3)}$$

ومن التعريف، فإن معدل السرعة من المعادلة (2-3):

$$\mathbf{\bar{v} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}}$$

ليكن $x_1=x_o$ تمثل الموضع عند الزمن $t_1=0$ (الموضع الابتدائي) وان $x_2=x$ تمثل الموضع عند الزمن $t_2=t$ (الموضع في اي زمن). لذلك بمساواة المعادلتين (3-7) و (3-2) سوف نحصل على:

$$\mathbf{\frac{x - x_o}{t - 0} = \left(\frac{v_o + v}{2}\right)}$$

او:

$$x - x_o = \frac{1}{2}(v_o + v)t \ \ldots\ldots\ldots\ (8-3)$$

وبالتعويض عن v من المعادلة (6-3) في المعادلة (8-3) نحصل على:

$$x - x_o = v_o t + \frac{1}{2}at^2 \ \ldots\ldots\ldots\ (9-3)$$

وعند التعويض عن t من المعادلة (6-3) في المعادلة (8-3) سنحصل على:

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

وباعادة ترتيب المعادلة نحصل على:

$$v^2 = v_o^2 + 2a(x - x_o) \ \ldots\ldots\ldots\ (10-3)$$

مثال 1:

استعمل سائق سيارة الموقف فأعطاها تعجيل مقداره ($6\ m/s^2$) وعند تلك اللحظة كانت سرعة السيارة ($30\ m/s$):

(a) ما سرعة السيارة بعد ثانيتين؟

(b) ما مقدار الزمن اللازم لكي تتوقف السيارة؟

الجواب:

a) $v = v_o + at = 30\ m/s + (-6\ m/s^2)(2s)$

$= (30 - 12)\ m/s = 18\ m/s$

b) $v = 0 \rightarrow 0 = v_o + at \rightarrow at = -v_o$

$$t = -\frac{v_o}{a} = -\frac{30\ m/s}{-6\ m/s^2} = 5\ s$$

مثال 2:

ما مقدار الازاحة التي تقطعها السيارة قبل ان تتوقف؟ في المثال 1.

الجواب:

$v_o = 30\ m/s$, $a = -6\ m/s^2$, $t = 5\ s$

$$x = v_o t + \frac{1}{2} at^2 = \left(30 \frac{m}{s}\right)(5s) + \frac{1}{2}(-6\ m/s^2)(5s)^2$$

$$= 150\ m - 75\ m = 75\ m$$

مثال 3:

طائرة يراد لها الانطلاق في الجو من مدرج طوله (500 m) ما مقدار تعجيلها اذا استغرقت (20 s)؟
ما مقدار الانطلاق النهائي؟

الجواب:

الطائرة تنطلق من الصفر ، لذلك $v_o = 0$

$$x = v_o t + \frac{1}{2} at^2$$

$$x = 0 + \frac{1}{2} at^2$$

$$= \frac{2x}{t^2} = \frac{2(500m)}{(20\ s)^2}$$

$= 2.5\ m/s^2$ تعجيل الطائرة في نهاية المدرج.

الانطلاق النهائي قبل الاقلاع هو:

$$v = v_o + at$$

$$= 0 + \left(2.5\ \frac{m}{s^2}\right)(20\ s)$$

$$= 50\ m/s$$

هل تعلم!!!!!!

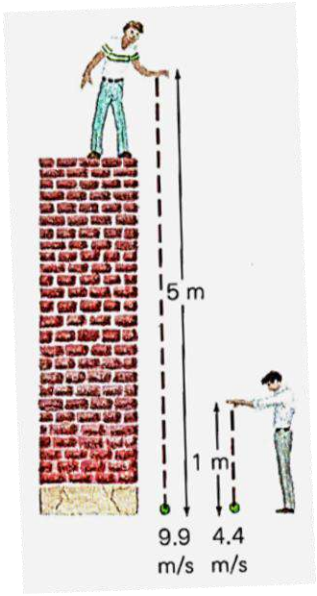
ان الخطوط الجوية العراقية من اقدم الخطوط الجوية في المنطقة حيث تأسست عام 1937 م.

3-7 تعجيل الجاذبية:

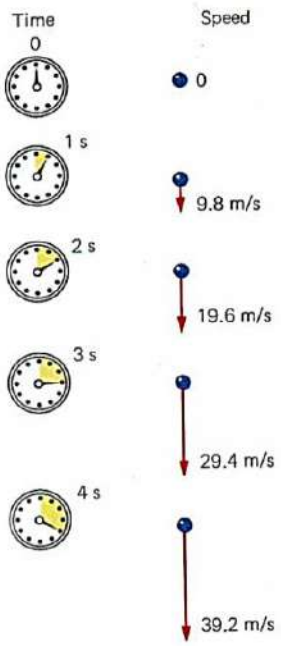
ان الشيء الذي يصعد الى الاعلى يجب ان يهبط الى الاسفل، من هذا المفهوم تقدم العالم الايطالي جاليلو بافكار جديدة عن حركة الاجسام الى الاعلى وحركتها الى الاسفل، فوجد ان الجسم الساقط يصل الى اعلى قيمة لسرعته عندما يصل الى الارض الشكل (3-5) والشكل (3-6). وان هذا معناه ان الجسم يعجل وان التعجيل نفسة لكل الاجسام الحرة . وان غاليلو قد قام بقياس هذا التعجيل بالاستفادة من السطح المائل وقد ثبت ان كلامه صحيح جدا .

هل تعلم؟

جاليليو جاليلي Galileo Galilei (15 فبراير 1564 - 8 يناير 1642) عالِم فلكي وفيلسوف وفيزيائي إيطالي، ولد في بيزا في إيطاليا. وفي ذلك الوقت كان العلماء يظنون أنه لو ألقي من ارتفاع ما بجسمين مختلفي الوزن فإن الجسم الأثقل وزنا يصل إلى الأرض قبل الآخر. لكن جاليليو أثبت بالنظرية الرياضية خطأ هذا الاعتقاد، ثم اعتلى برج بيزا وألقى بجسمين مختلفي الوزن فاصطدما بالأرض معا في نفس اللحظة. وأوضح أيضا خطأ عدة نظريات رياضية أخرى. كان ممن اتبع طرائق التجريبية في البحوث العلمية. وبحث في الحركة النسبية، وقوانين سقوط الأجسام، وحركة الجسم على المستوى المائل والحركة عند رمي شيء بزاوية مع الأفق واستعمل البندول في قياس الزمن.



الشكل 3–5



الشكل 3-6

لقد وجد غاليلو ان جميع الاجسام الساقطة قرب سطح الارض سوف تملك تعجيلا ويرمز لهذا التعجيل ($g = 9.8\ m/s^2$). وبعبارة اخرى الاجسام الساقطة سقوطاً حرً من ارتفاع معين بأهمال مقاومة الهواء عليها تبلغ نفس السرعة عند وصولها إلى الأرض بغض النظر عن كتلة هذه الاجسام هذا ما يدل ان جميع الاجسام تعاني تعجيلا ثابتاً.

8-3 السقوط الحر:

ان المعادلة ($v=v_o+at$) تعطينا قيمة انطلاق الجسم الساقط في اي زمن مثل (t) بعد سقوطه حرا من السكون شرط قبل اصطدامه بالأرض.

ولأجل حساب الارتفاع الذي سقط منه الجسم لابد من العودة الى المعادلة ($x = \frac{1}{2} a\, t^2$) والخاصة بالحركة المعجلة والتي تبدا من السكون.

فاذا رمزنا للارتفاع بالرمز h فانه يقوم مقام x وتعجيل الجاذبية g يقابل a في علاقات الحركة الخطية بتعجيل ثابت لذلك يمكن كتابة علاقة الارتفاع من استعمال العلاقة (3-9):

$$x - x_o = v_o\, t + \frac{1}{2} a\, t^2$$

$$(-h) - 0 = (0)\, t + \frac{1}{2} (-g)\, t^2$$

$$\mathbf{h = \frac{1}{2}\, g\, t^2 \ldots\ldots\ (11-3)}$$

هل تعلم؟

تتغير قيمة الجاذبية الظاهرية وبالتالي التعجيل الذي تمارسه الأرض على الأجسام باختلاف خطوط العرض تغيرا طفيفا بحيث تهبط إلى أدنى قيمة عند خط الاستواء وتبلغ حوالى $9.78\ m/s^2$، وأعلى قيمة عند القطبين $9.83\ m/s^2$ وسبب هذا التغير الطفيف يعود لدوران الأرض حول محورها مولدة قوى طرد مركزية طفيفة تبلغ أوجها عند دائرة خط الاستواء بينما تنعدم عند رأسي محور الدوران. كذلك تقل قيمة التسارع كلما ابتعدنا عن سطح الأرض أكثر وفقا لقانون التربيع العكسي.

تذكر!!

ان التعجيل الارضي من المقادير الفيزيائية الاتجاهية ويعوض عنه دائماً بقيمة سالبة ($-9.8\ m/s^2$) في حل المسائل لان اتجاهه دائماً باتجاه مركز الارض سواء كان الجسم الحر يرتفع الى الاعلى او ينزل الى الاسفل.

((تم التعويض عن الارتفاع باشارة سالبة لان الجسم ينزل الى الاسفل باتجاه محور Y السالب))

ان مربع الزمن يعني ان الارتفاع يزداد مع الزمن بسرعه اكبر من سرعه الجسم (v) والتي نحصل عليها من استعمال العلاقة (3-6):

$$\mathbf{v = v_o + a\, t}$$

$$(-\mathbf{v}) = \mathbf{0} + (-\mathbf{g})\, \mathbf{t}$$ **((الاشارة السالبة للسرعة لان اتجاه الحركة الى الاسفل))**

$$\mathbf{v = g \times t \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (12-3)}$$ **السرعة في اي لحظة**

9-3 امثلة على السقوط الحر:

1- سقط حجر من جسر فضرب الماء بعد (2.2 s). ما ارتفاع الجسر فوق الماء وماسرعة اصطدام الحجر بالماء؟

الجواب:

$$h = \frac{1}{2} g \times t^2 = \frac{1}{2} (-9.8\ m/s^2)(2.2\ s)^2 = -24\ m$$

$$v^2 = v_o^2 + 2a(x - x_o) = v_o^2 + 2(-g)(-h)$$

$$v^2 = 0 + 2(-9.8)(-24) = 470.4$$

$$v = \sqrt{470.4} = 21.69\ m/s$$

2- صامولة سقطت من شباك ارتفاعه (20 m) فوق سطح الارض.

(a) ما الزمن الذي تستغرقه الصامولة للوصول الى الارض ؟

(b) ما مقدار الانطلاق النهائي؟

$$h = \frac{1}{2} g \times t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times -20}{-9.8}} = 2.02\ s$$

$$v = v_o + (-g)t \quad , \quad v_o = 0$$

$$v = (-g)\ t = -9.8\ m/s^2 \times 2.02\ s = -19.8\ m/s$$

الاشارة السالبة تحدد اتجاه السرعة الى الاسفل

هل تعلم !!!!!

ان النمساوي فيليكس بومغارتنر (1969) كتب اسمه بحروف من ذهب في تاريخ الإنجازات البشرية القياسية، بعد نجاحه في القيام بسقوط حر من علو 39 كيلومترا بسرعة فاقت سرعة الصوت، كان ذلك في 14 أكتوبر 2012. حيث صعد بمنطاد مملوء بغاز الهيليوم الخفيف فصعد به إلى طبقة الستراتوسفير.

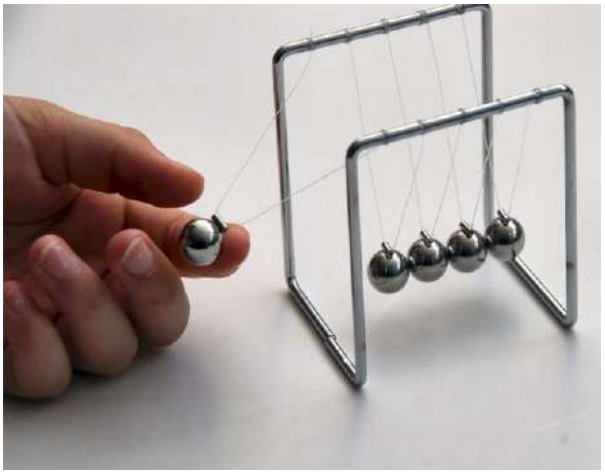
السرعة القصوى للمغامر النمساوي خلال قفزته هي أكثر من 1342 km/h، وهو ما يوازي 1.24 سرعة الصوت. الإنجاز يُمثل رقماً قياسياً في القفز الحر من حدود الغلاف الجوي. بومغارتنر حُمل في كبسولة معلّقة بمنطاد ضخم من غاز الهيليوم فوق صحراء ولاية نيو مكسيكو الأميركية استغرق صعود بومغارتنر في الكبسولة إلى طبقة الستراتوسفير ساعتين ونصف الساعة ، ليقفز في الفراغ مرتدياً ثوباً واقياً من الضغط.

هبوط فيليكس إلى الأرض استغرق حوالي تسع دقائق، فبعد عشر ثوان من قفزته اخترق حاجز الصوت ثم تمكن بعد أربع دقائق من سقوطه الحر من فتح مظلته، ليتهادى في سماء نيو مكسـيكو ويهبط بسلام على الأرض.

أثناء هبوطه، حطم فيليكس بومغارتنر رقمين قياسيين عالميين وهما أعلى صعود بمنطاد مأهول وصل إليه الإنسان واعلى قفزة بالمظلة كذلك اعلى سرعة للسقوط الحر .

الإنجاز الذي حققه المغامرالنمساوي سيساعد في تعزيز الأبحاث الطبية في مجال الطيران ورواد الفضاء.

10-3 الدفع و الزخم:



من المعروف انه تم الاستفادة من قوانين نيوتن في الحركة لحساب الشغل و الطاقة في الميكانيك, ولكن سنلاحظ ان هناك كميات اخرى تعتمد في اساسها على قوانين نيوتن و هذه الكميات هي الدفع و الزخم. حيث **يعرف الزخم بأنه كمية الحركة التي يمتلكها الجسم وينتج من حاصل ضرب الكتلة بالسرعة.**

لنتصور حالة جسيم كتلته (m) يتحرك على خط مستقيم. و لنتصور في نفس الوقت ان هناك قوة ثابتة مثل F تؤثر على الجسيم وعلى طول مساره اثناء الحركة.

فاذا كانت سرعة الجسيم عند البداية حيث $t = 0$ هي v_o , فان سرعة الجسيم في وقت لاحق مثل t تعطى بالعلاقة:

$$\mathbf{v = v_o + a\,t} \ldots\ldots\ldots (13-3)$$

ومن العلاقة: (القوة=الكتلة×التعجيل او F=m×a)(والتي سيتم استعراضها بشكل مفصل في الفصل الرابع)، فإذا عوضنا عن التعجيل في معادلة الحركة اعلاه نحصل على:

$$v = v_o + \frac{F}{m}\,t$$

و بضرب المعادلة بالمقدار m و ترتيب الحدود يكون لدينا :

$$\mathbf{m\,v - m\,v_o = F\,t} \ldots\ldots\ldots (14-3)$$

الطرف الايمن من المعادلة (14-3) هو **(القوة المؤثرة على جسم لتغيير زخمه خلال فترة زمنية معينة ويقاس بوحدات kg.m/s أو N.s أي ان هو حاصل ضرب القوة × الزمن وهذا المقدار يسمى الدفع** ويرمز له بالرمز (I_m) وهو مقدار اتجاهي. وطالما ان القوة ثابتة على طول الفترة الزمنية من t_1 الى t_2 لذلك الدفع يعطى بالعلاقة:

$$\mathbf{Impulse = F\,(t_2 - t_1)} \ldots\ldots\ldots (15-3)$$

اما الجانب الايسر من العلاقة (14-3) فان **حاصل ضرب الكتلة × السرعة ولزمنين مختلفين يعطينا مصطلحا جديدا هو الزخم ويسمى الزخم الخطي** تمييزا له عن الزخم الزاوي (الذي يحسب في الحركة الدائرية و الدورانية)، لذلك يعطى الزخم الخطي (Linear Momentum) بالعلاقة:

$$\textbf{Linear Momentum(L.M):}\ \vec{P} = m\ \vec{v} \ \ldots\ldots\ldots\ (16-3)$$

بعد ان تعلمنا الكميتين الجديدتين (الدفع والزخم) يلاحظ في المعادلة (16-3) ان دفع القوة F من الزمن صفر الى الزمن (t) يساوي التغير في الزخم خلال تلك الفترة. فاذا كانت سرعة الجسيم v_o عند البدء و v عند نهاية الفترة الزمنية يكون لدينا:

$$F\ (t_2 - t_1) = mv - mv_o \ \ldots\ldots(17-3)$$

ان وحدات الدفع هي حاصل ضرب وحدات قوة في وحدات زمن (N.s) و وحدات الزخم هي وحدات كتلة مضروبة في وحدات سرعة ($kg.m.s^{-1}$).

مثال: جسيم كتلته (2 kg) يتحرك على خط مستقيم يمتلك سرعة ابتدائية قيمتها (3 m/s). قوة مقدارها (- 6 N) تؤثر عليه لمدة زمنية قدرها (3 s). احسب السرعة النهائية للجسيم.

الجواب:

$F(t_2 - t_1) = mv - mv_o$

$(-6\ N)\ (3\ s) = 2\ kg\ (v) - (2kg)(3\ ms^{-1})$

$V = -6\ m/s$

11-3 قانون حفظ الزخم الخطي:

الزخم كمية فيزيائية مهمة جدا في حالة تهشم الجسم الى عدة اجزاء مثل حالة الانفجارات وحالات التصادم، حيث لا توجد قوى خارجية. لذا قيمة زخم هذه الاجسام والاتجاه سوف لا يتغير قبل وبعد الحدث ويمكن تلخيص ذلك بالنص الاتي:

(في غياب قوى خارجية, يكون مجموع الزخم لمجموعة من الاجسام نفسه دون الاهتمام بان هذه الاجسام تفاعلت ام لا) أو يمكن تعريفه بصورة اخرى (هو مجموع الزخوم لأجسام قبل التصادم تساوي مجموع الزخوم لنفس الاجسام بعد التصادم في غياب القوى الخارجية المؤثرة).

الشكل 3-7

ان هذا النص يسمى قانون حفظ الزخم, لذلك اذا كان لدينا جسمان متحركان ومن ثم يلتحمان فان زخمهما قبل الالتحام يساوي زخمهما بعد ذلك. الشكل (3–7) يوضح فتاة تركض باتجاه زلاقة، فاذا كانت كتلة الفتاة m_1 وسرعتها v_1 و كتلة الزلاقة m_2 مع اهمال سرعتها لا نها بطيئة جدا. و عندما تسيطر الفتاة على الزلاقة يكون:

$$m_1v_1 = (m_1 + m_2)\ v_2$$

ولو اخذنا حالة التصادم وتصورنا ان لدينا كرة كتلتها (m_1) وسرعتها (v_1) تصطدم بكتلة مستقرة كتلتها (m_2) وسرعتها (v_2).

عموماً في حالة التصادم فان قانون حفظ الزخم هو: الزخم قبل التصادم = الزخم بعد التصادم

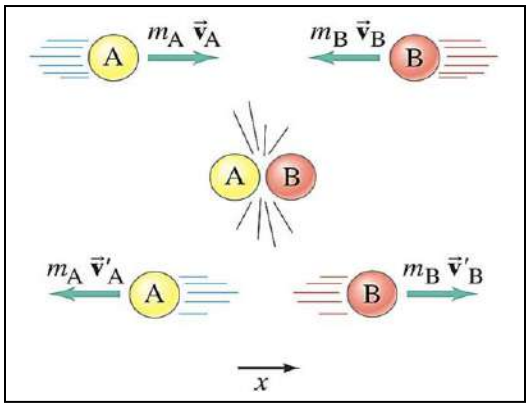
$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1\acute{v}_1 + m_2\acute{v}_2$$

اذ ان:

$\acute{v}_1$ تمثل السرعة بعد التصادم للجسم الاول

$\acute{v}_2$ تمثل السرعة للجسم الثاني بعد التصادم

مثال: تحرك جسم A بأتجاه المحور الموجب (X) كتلته (10 kg) وسرعته (5 m/s) ثم اصطدم بجسم (B) الذي كان يتحرك بالاتجاه السالب لمحور (X) كتلته (5 kg) وسرعته (4 m/s) فأصبحت سرعة الجسم (A) بعد التصادم (3 m/s) فما مقدار سرعة الجسم (B) بعد التصادم، كما في الشكل (3–8).



شكل 3–8

الجواب:

نفرض ان سرعة الجسم A بعد التصادم هي v'_A

و سرعة الجسم B بعد التصادم هي v'_B لذلك:

الزخم بعد التصادم = الزخم قبل التصادم

$$m_A \times v_A + m_B \times v_B = m_A \times v'_A + m_B \times v'_B$$

$$10 \times 5 + 5 \times (-4) = 10 \times (-3) + 5 \times v'_B$$

$$50 - 20 = -30 + 5v'_B \implies v'_B = 12\ m/s$$

((تعوض السرع بقيم موجبة عندما تكون باتجاه X الموجب وسالبة عندما تكون باتجاه X السالب))

هل تعلم !!!!

ان ألعالم الكبير البرت انشتاين (1879-1955) طور مفهوم النسبية في حركة الاجسام في السرع العالية من خلال تقديم النظرية النسبية الخاصة في عام 1905 التي بنيت على اساس ان جميع الاجسام المتحركة تسند الى أطر اسناد قصورية اي تتحرك بسرعة ثابتة نسبة لبعضها الاخر وان مجال الجاذبية يكون فيها ثانوياً اوضعيفاً. ثم طور اينشتاين نظريته الى النظرية النسبية العامة والتي حملت نفس الافكار السابقة ما عدا الاخذ بنظر الاعتبار مجال الجاذبية اي تتعامل مع الجاذبية وتأثيرها في الظواهر الفيزيائية الاخرى.واستنتج انه لا توجد مقادير فيزيائية ثابتة القيمة، مثل: الطول، السرعة، التعجيل، الكتلة، الزخم،..... وانما تتغير حسب السرعة بالنسبة لمرجع اسناد. واعتبر في الصيغ التي وضعها ان اقصى سرعة للأجسام المتحركة في الكون يجب ان لا تكون اسرع من سرعة الضوء في الفراغ (3×10^8 m/s)، مثال ذلك تتغير كتلة الجسم المقاسة m_o الى m اذا تحرك بسرعة v ويمكن ايجادها من العلاقة:

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

حيث c سرعة الضوء في الفراغ.

اسئلة الفصل

س1/ اختر الاجابة الصحيحة:

1- المقادير الفيزيائية غير الاتجاهية هي:
a) السرعة b) التعجيل الارضي c) الزخم d) الزمن .

2- يقال ان التعجيل ثابت عندما :
a) السرعة ثابتة b) المعدل الزمني لتغير السرعة ثابت
c) الزمن ثابت d) المعدل الزمني لتغير السرعة متغير.

3- جسمان مختلفان في الكتلة سقطا سقوطاً حراً، فإذا اهمل تأثير مقاومة الهواء فإن:
a) سرعتهما مختلفتان b) تعجيلهما مختلف
c) زخمهما ثابت d) زخمهما متغير.

4- سيارتان تسيران بسرعتين ثابتتين، كتلة الاولى 1000 kg وسرعتها 100 km/h والثانية كتلتها 2000 kg وسرعتها نصف سرعة الاولى، فيكون:
a) زخمهما مختلف b) زخمهما متساوي
c) تعجيلهما مختلف d) تعجيلهما يساوي التعجيل الارضي

5- واحدة من العلاقات التالية لا تمثل علاقة الدفع:
a) الكتلة × التغير في السرعة b) القوة × التعجيل
c) الكتلة × التعجيل × الزمن d) القوة × الزمن

س2/ اذكر وحدات الكميات الفيزيائية الاتية:-

1- السرعة 2- التعجيل 3- الدفع 4- الزخم

مسائل الفصل

1. حول سرعة الجسم البالغة (15 m/s) الى كيلومتر في الساعة (km/h).
(الجواب: 54 km/h)
2. جسم تحرك من السكون بتعجيل ثابت قدره ($10\ m/s^2$) على طول خط مستقيم. اوجد سرعة وازاحة الجسم بعد (4 s).
(الجواب: 40 m/s , 80m)
3. سيارة كتلتها 1000 kg تزداد سرعتها بشكل منتظم من (18 km/h) الى (72 km/h) بفترة زمنية قدرها (20 s). احسب (a) معدل السرعة (b) التعجيل (c) المسافة التي تقطعها السيارة (d) مقدار دفع المحرك. (جد النتائج بوحدات m/s).
(الجواب: (a)12.5 m/s,(b) 0.75 m/s^2,(c) 250 m,(d)15000 N.s)
4. حافلة تتحرك بسرعة (30 m/s) تبدأ بالتباطؤ بمعدل ($3\ m/s^2$) احسب المسافة التي تتحركها الحافلة قبل ان تتوقف.
(الجواب:150 m)

5. رصاصة كتلتها (8 g), اطلقت افقيا على صفيحة خشبية ساكنة كتلتها (9 kg) وغرزت بها. فاذا كانت الصفيحة حرة الحركة واصبحت سرعتها (40 cm/s) بعد الاصطدام احسب السرعة الابتدائية للرصاصة.
(الجواب: 450 m/s)

الفصل الرابع
(القوى)

مفردات الفصل :

4-1 المقدمة: تعريف القوى.
4-2 محصلة القوى المؤثرة.
4-3 محصلة القوى المائلة.
4-4 تحليل القوى المائلة.
4-5 عزم القوة.
4-6 قانون نيوتن الاول.
4-7 القصور الذاتي والكتلة.
4-8 قوى الاحتكاك.
4-9 قياس معامل الاحتكاك السكوني والحركي.
4-10 شروط الاتزان الاستاتيكي.
4-11 قانون نيوتن الثاني.
4-12 قانون نيوتن الثالث (الفعل ورد الفعل).
4-13 حل مسائل الاتزان.
4-14 المزدوج.
الاسئلة والمسائل.

الاغراض السلوكية :

بعد اكمال هذا الفصل ينبغي للطالب ان يكون قادراً على:
1- فهم القوى وكيفية تأثيرها على الاجسام المتحركة.
2- رسم القوى بمهارة وان يعرف اتجاهاتها ووحداتها.
3- تمييز بين القوى المتوازية والقوى المتعاكسة والتي بينهما زاوية.
4- تمثيل هذه القوى على الرسم وجمعها وتحليلها.
5- فهم العزم، والمزدوج، والتوازن، والاحتكاك، والفرق بين الاحتكاك ومعامل الاحتكاك.
6- التعرف على قوانين نيوتن الثلاثة، وكيفية تفسير الظواهر بدلالتها.
7- استعمال العلاقات الواردة في الفصل لحل مسائل حسابية متنوعة.

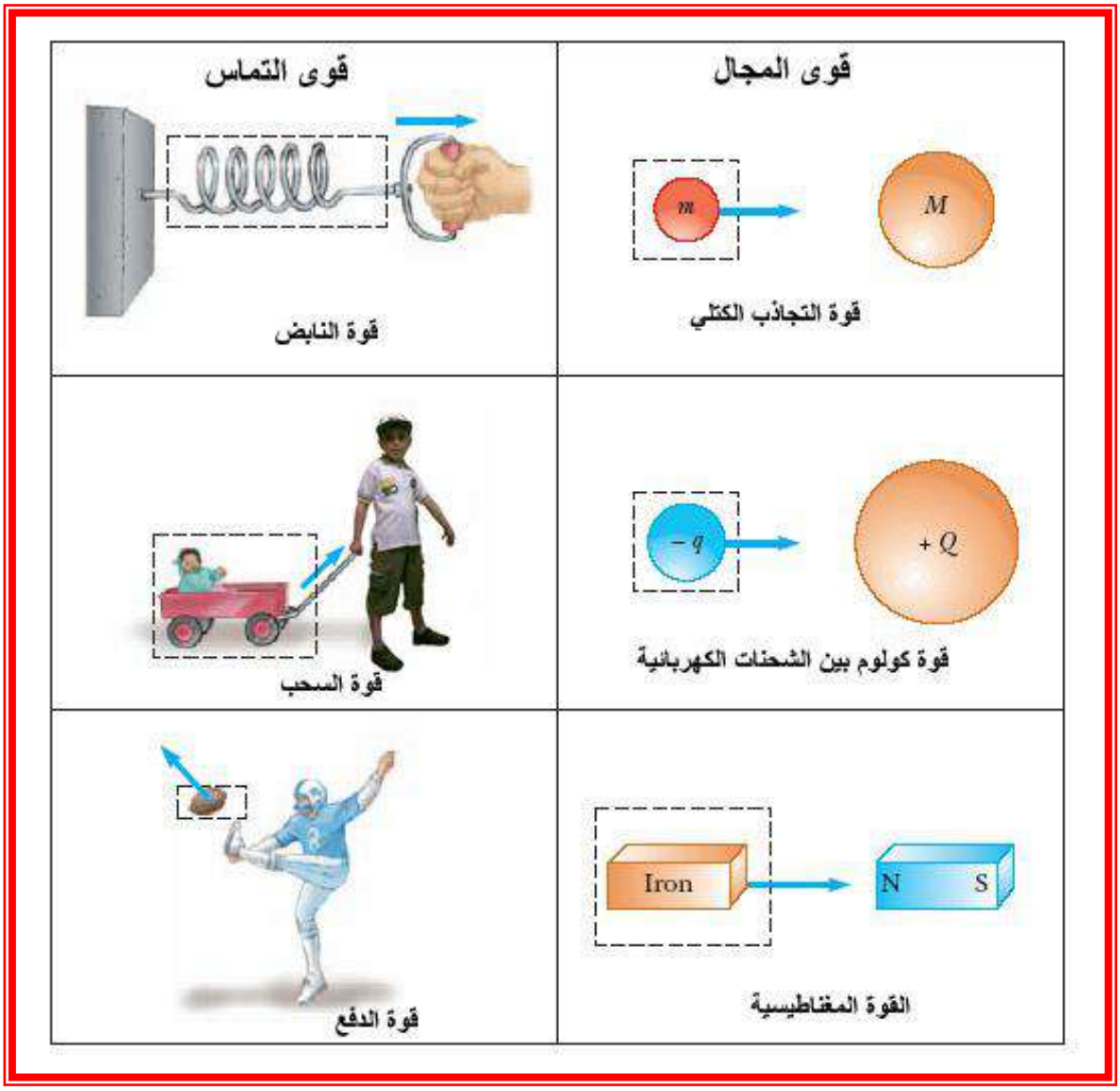
المصطلحات العلمية:

Force	**قوة**
Contact Force	**قوة تماس**
Field Force	**قوة المجال**
Torque	**عزم**
Friction Force	**قوة احتكاك**
Couple	**مزدوج**

الفصل الرابع
القوى

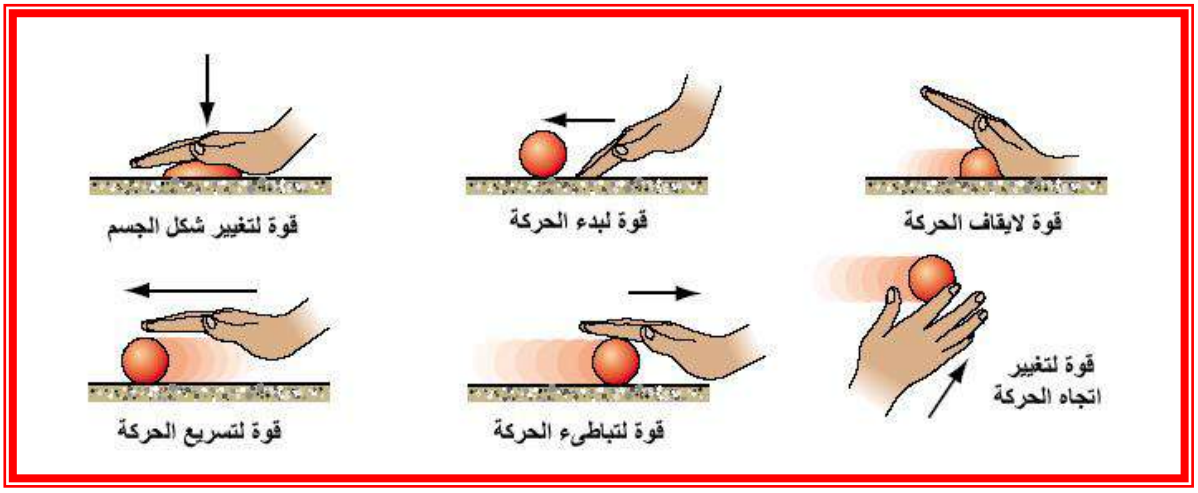
1-4 مقدمة- تعريف القوى:

تعرفت عزيزي الطالب في المراحل الدراسية السابقة على انواع مختلفة من القوى، منها ما يكون تأثيرها مباشر وتدعى قوى التماس مثل قوى السحب والمرونة والشد والدفع، وقوى أخرى غير مباشرة تدعى قوى المجال مثل قوى التجاذب بين الأجسام وقوى كولوم الكهربائية بين الشحنات والقوى المغناطيسية وقوى الربط النووي. الشكل (4-1) يوضح بعض تلك القوى.



شكل 4-1 انواع مختلفة من القوى

ان القوى المؤثرة على الأجسام يمكن ان تؤدي الى تغيير حالة الجسم (من السكون إلى الحركة وبالعكس) أو تغير شكل الجسم كما في الشكل (4-2).



شكل 4-2 تغير حالة الجسم نتيجة تأثير القوى

تعتبر القوة من المقادير الاتجاهية ويعبر عنها بالمتجه وتحدد $(\vec{F})$ بالمقدار والاتجاه.

ويعبر عن قوة وزن الجسم بحاصل ضرب الكتلة في التعجيل الأرضي أي أن:

$$\text{Weight}\ (\vec{F_g}) = m\,\vec{g}$$

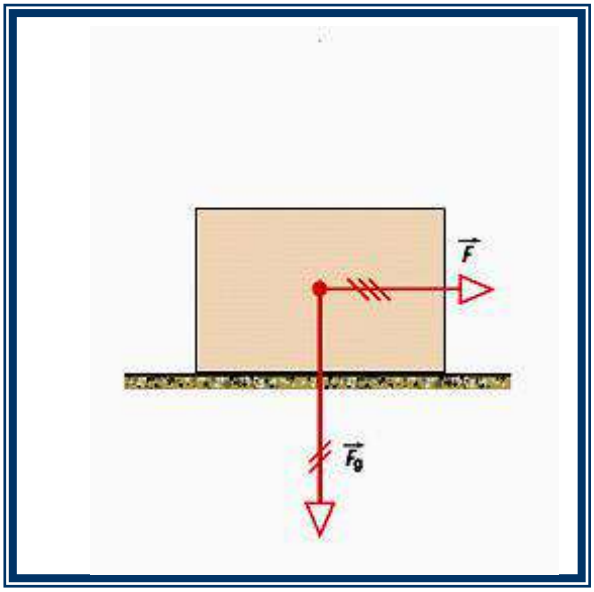
اذ ان m: كتلة الجسم بوحدات kg،

g: التعجيل الأرضي $(9.8\ m/s^2)$.

الشكل (4-3) يبين تأثير القوة الخارجية $(\vec{F})$ وقوة وزن الجسم $(\vec{F_g})$

تذكر!!!!!!

وحدة قياس القوة هي النيوتن (N) بوحدات $(kg.m/s^2)$، ويعادل (100000 dyne) بوحدات $(gm.cm/s^2)$.



شكل 4-3 تأثير القوة الخارجية وقوة وزن الجسم

2-4 محصلة القوى المؤثرة:

بما أن القوى مقادير اتجاهية إذن يمكن تحليلها في المحاور الديكارتية (X-Y) وفي الحالات التالية:

1-القوى الموازية للمحورين X-Y ، تجمع جمعاً اتجاهياً:

$$\overrightarrow{F_{net}} = \overrightarrow{F_1} + \overrightarrow{F_2} + \overrightarrow{F_3} + \cdots = \sum \vec{F} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1-4)$$

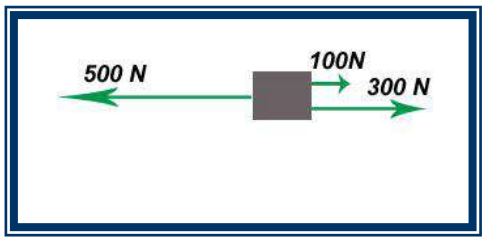
وعند تطبيق ذلك على كل محور من المحاور الاتجاهية (X-Y) فانها تجمع جمعا عدديا :

$$R_x = F_{(x)net} = \sum F_{x_1} + F_{x_2} + F_{x_3} + \cdots (2-4)$$

$$R_y = F_{(y)net} = \sum F_{y_1} + F_{y_2} + F_{y_3} + \cdots (3-4)$$

مثال:

احسب مقدار واتجاه محصلة القوى المؤثرة على جسم كما في الشكل (a-4-4)



شكل a-4-4

الجواب:

يمكن تمثيل القوى المؤثرة على جسم اتجاهيا كما في الشكل (b-4-4) لإيجاد المحصلة نستخدم العلاقة:

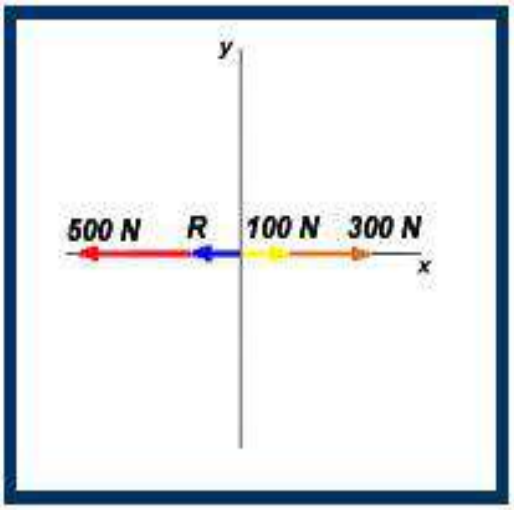
$$R_x = F_{(x)net} = F_{x_1} + F_{x_2} + F_{x_3}$$

نضع إشارة موجبة للقوى باتجاه المحور الموجب وسالبة باتجاه المحور السالب:

$$R_x = (+100) + (+300) + (-500)$$

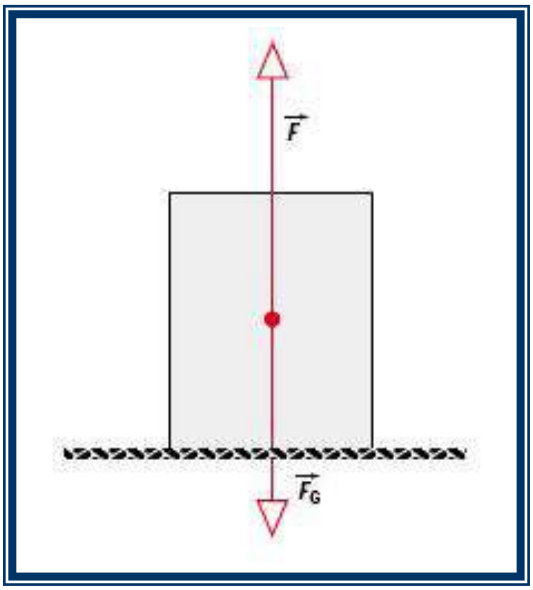
$$= -100\,N$$

الإشارة السالبة لقيمة المحصلة تعني انها باتجاه X السالب.

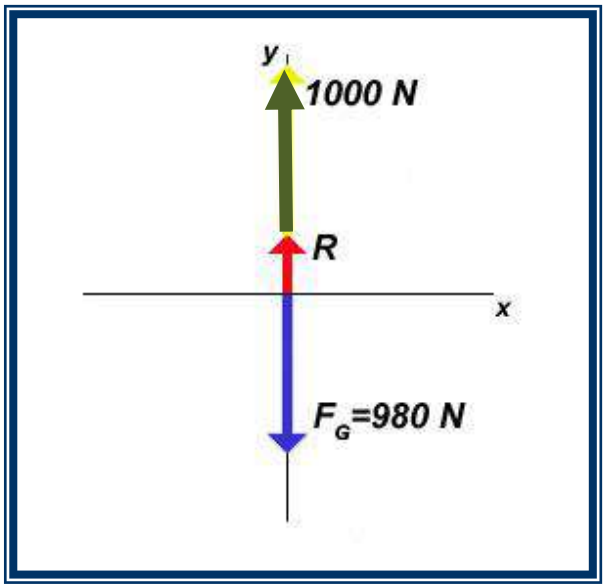


شكل b-4-4

مثال:
صندوق كتلته (100 kg) ، أثرت عليه قوة مقدارها (1000 N) كما في الشكل (4-5- a) وباتجاه الأعلى، هل سيرتفع الصندوق إلى الأعلى؟



a-5-4 شكل



b-5-4 شكل

الجواب:
قوة الوزن الناشئة عن الكتلة يكون اتجاهها شاقولي نحو الأسفل دائما (اتجاه الجذب الأرضي)، ومقدار قوة وزن الجسم هي:

$$F_g = m\,g = (100)(9.8) = 980\ N$$ نحو الأسفل

يمكن رسم مخطط القوى كما في الشكل (4-5- b) ويمكن منه حساب المحصلة:

$$R_y = F_{(y)net} = F_{y_1} + F_{y_2} = F_y + F_g$$
$$R_y = (+1000) + (-980) = +20\ N$$

الإشارة الموجبة تعني أن المحصلة باتجاه Y الموجب ، لذلك يرتفع الجسم إلى الأعلى.

3-4 محصلة القوى المائلة:

تحلل القوى المائلة إلى المركبات باتجاه محور X ومحور Y ، وتختلف قيمة محصلة القوى المؤثرة بشكل مائل عن تلك المؤثرة بشكل متوازي، كما في الشكل (4-6) حيث نلاحظ:

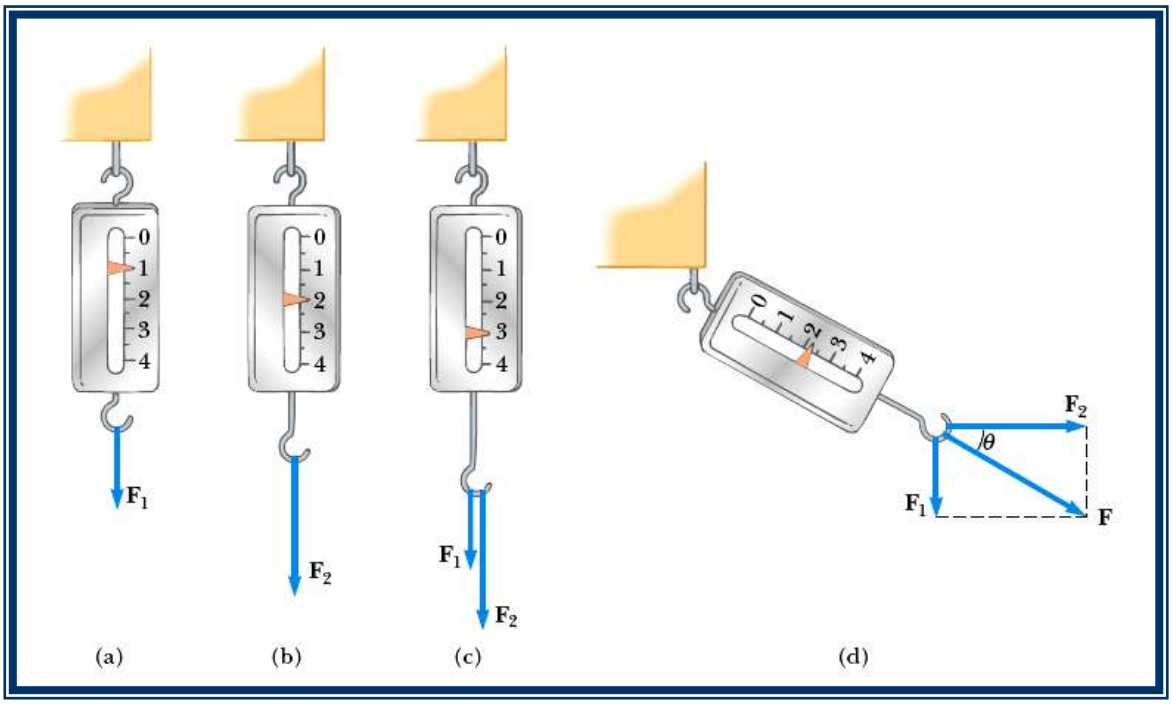
(a) القوة F_1 ازاحت النابض مسافة 1 . cm اي ان قيمة (F_1=1 N)

(b) القوة F_2 ازاحت النابض مسافة 2 . cm اي ان قيمة (F_2=2 N)

(c) إذا أثرت كلتا القوتين F_1 ، F_2 وباتجاه واحد فان المحصلة تمثل حاصل جمعهما الجبري أي أن إزاحة النابض 3 . cm قيمة محصلة القوى تكون (F_{net}=3 N)

(d) إذا أثرت القوى F_1 , F_2 باتجاهين متعامدين فان محصلة القوة F_{net} تكون اقل من الحالة (c) ويمكن حينها إيجاد المحصلة بتطبيق نظرية فيثاغورس كما يلي:

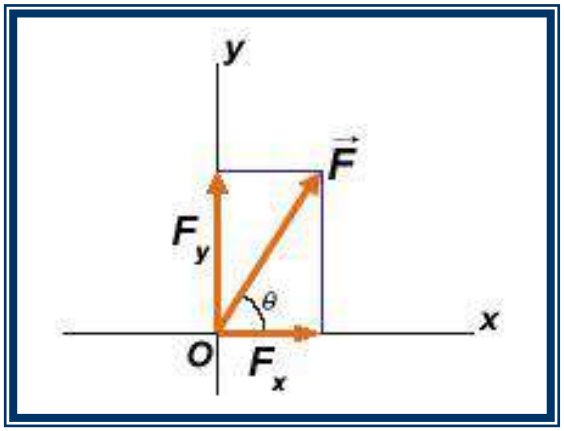
$$F_{(y)net} = \sqrt{(1)^2 + (2)^2} = 2.24\ N$$



شكل 4-6 تأثيرات القوى المتوازية والمائلة

4-4 تحليل القوى المائلة:

لنفرض قوة مقدارها F أثرت على جسم في حالة اتزان عند النقطة (O) وبزاوية مع محور X كما في الشكل (4-7):



شكل 4-7

مركبات القوة هي:

$$Fx = F\cos\theta \quad .....(4\text{-}4)$$

$$Fy = F\sin\theta \quad .....(5\text{-}4)$$

وان محصلة تلك المركبتين العدديتين هو مقدار القوة F العددي:

$$|\vec{F}| = F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \quad \ldots\ldots (6-4)$$

وبنفس الطريقة اذا كانت هناك قوتين F_1 أثرت باتجاه X وأخرى F_2 أثرت باتجاه Y فان مقدار محصلتهما هو:

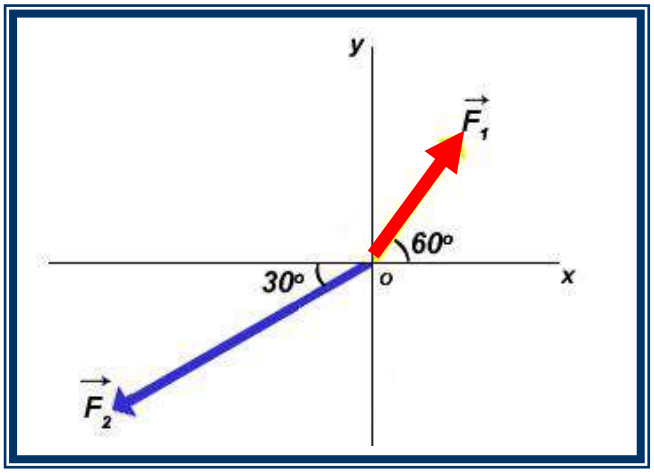
$$R = F_{net} = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \ldots\ldots (7-4)$$

وزاوية ميل المحصلة مع محور X تمثل اتجاه المحصلة وتحسب من ظل الزاوية:

$$\tan\theta = \frac{y}{x} \quad or \quad \tan\theta = \frac{F_2}{F_1} \quad or \quad \tan\theta = \frac{F_y}{F_x}$$

مثال:

جد محصلة واتجاه القوى المتلاقية في نقطة (O) والمبينة في الشكل (a-8-4) اذا كانت F_1=200 N, F_2=400 N



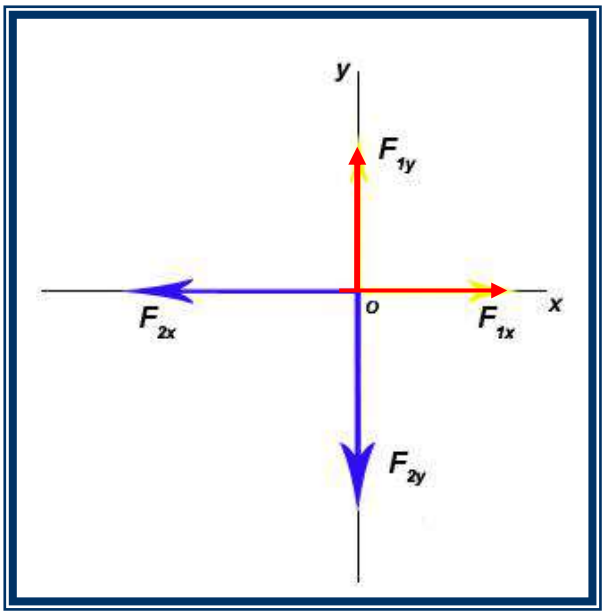
شكل a-8-4

الجواب:

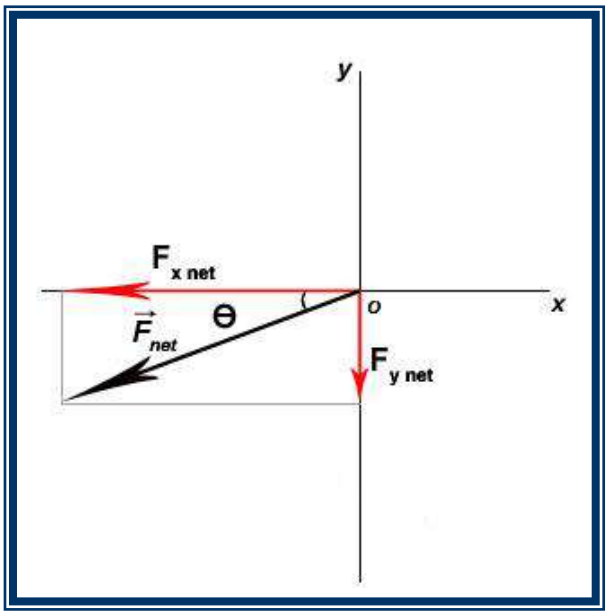
يمكن تحليل القوى باتجاه X و Y ووضعها في الجدول التالي:

القوة	مركبات X	مركبات Y
F_1	$F_1 \cos 60$	$F_1 \sin 60$
F_2	$-F_2 \cos 30$	$-F_2 \sin 30$

ويمكن رسم هذه المركبات في الشكل (b-8-4) .



شكل b-8-4



شكل c-8-4

محصلة القوى باتجاه X هي:

$F_{(x)\,net} = (F_1 \cos 60) + (-F_2 \cos 30)$

$= 200 \cos 60 - 400 \cos 30 = 200\,(0.5) - 400\,(0.87)$

$= 100 - 348 = -248$ N باتجاه محور X السالب

ومحصلة القوى باتجاه Y هي:

$F_{(y)\,net} = (F_1 \sin 60) + (-F_2 \sin 30)$

$= 200 \sin 60 - 400 \sin 30 = 200\,(0.87) - 400\,(0.5)$

$= 174 - 200 = -26$ N باتجاه محور Y السالب

ويمكن رسم محصلة القوى باتجاه X و Y كما في الشكل (c 8-4).

بتطبيق نظرية فيثاغورس:

$$F_{(x)net} = \sqrt{(F_{(x)\,net})^2 + (F_{(y)net})^2}$$

$$= \sqrt{(-248)^2 + (-26)^2} = \sqrt{(61504) + (676)} = \sqrt{62180} = 249.36 \text{ N}$$

واتجاه المحصلة:

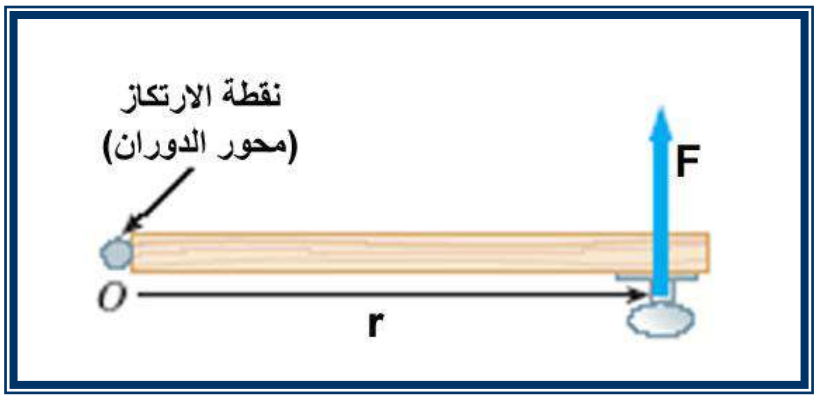
$$\tan\theta = \frac{F_{(y)net}}{F_{(x)net}} = \frac{-26}{-248} \rightarrow \theta = 6°$$

مع محور X السالب

بما أن $F_{(x)\ net}$ باتجاه محور (X) السالب و $F_{(y)\ net}$ باتجاه محور (Y) السالب ايضاً، إذن المحصلة الكلية تقع في الربع الثالث ولذلك فان ظل الزاوية المحصلة يكون موجباً.

5-4 عزم القوة:

ليس بالضرورة أن تؤدي القوة الخارجية الى تغير في موقع الجسم من خلال كسبه تعجيلا خطيا ولكن يمكن أن تؤدي القوة المؤثرة على جسم ما الى تدوير الجسم حول نقطة ثابتة أو محور معين تدعى نقطة الارتكاز أو محور الدوران الذي يدور حولها الجسم بتأثير القوة الخارجية وهذا ما يدعى بعزم القوى. ولذلك فان **المسافة العمودية من نقطة الارتكاز إلى خط تأثير القوة تدعى ذراع القوة**، الشكل (9-4) يوضح مقطع رأسي لباب خشبي يرتكز على احد طرفيه في النقطة (O) (الرزة) .



شكل 4-9

فإذا أثرت قوة مقدارها F على الصرب ،حر وسى بعد r من نقطة الارتكاز (O) فستعمل على تدوير الباب حول النقطة (O) ويدعى التأثير الدوراني لقوة حول محورٍ ما بعزم الدوران حول ذلك المحور ويعرف كما يأتي:

عزم الدوران حول محور معين والناتج عن تأثير قوة مقدارها F يساوي حاصل ضرب القوة في ذراع القوة (r).

أي أن:

$\tau = r.F \dots\dots\dots (8-4)$ عددياً

$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \dots\dots (9-4)$ اتجاهياً

$\tau = r.F \sin\theta$ عددياً اذا كانت بينهما زاوية (θ)

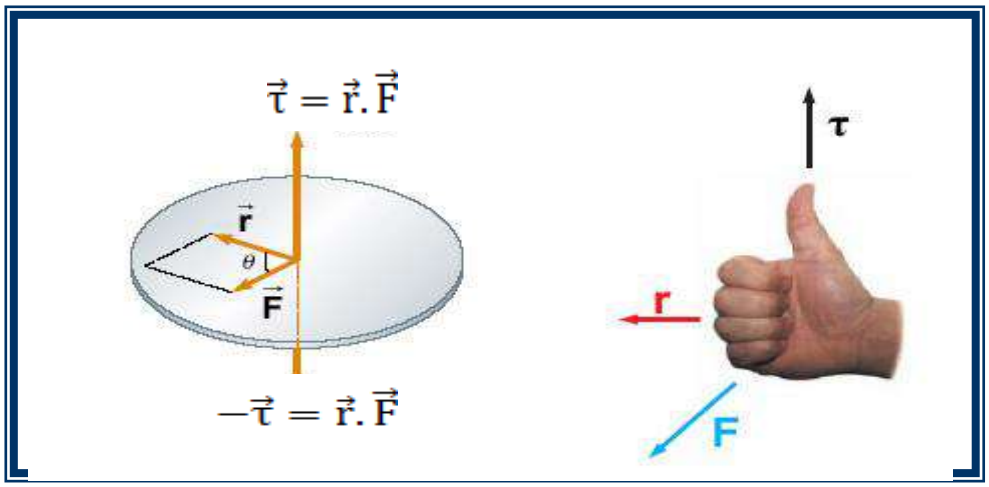
هذا يعني أن العزم مقدار اتجاهي يمكن تحديد اتجاهه باستعمال قاعدة كف اليد اليمنى حيث تشير نقطة الأصابع إلى متجه الموضع r بينما اتجاه لفة الأصابع تشير للقوة F فيكون اتجاه الإبهام مشيرا لاتجاه عزم القوة كما في الشكل (10-4).

مثال: يدفع شخص باباً بقوة مقدارها (20 N) تؤثر عمودياً عن نقطة تبعد (80 cm) من مفصل الباب. أوجد عزم هذه القوة؟

الجواب:

$$\tau = r \times F$$

$$\tau = \frac{80}{100} \times 20 \rightarrow \tau = 16\ N.m$$



شكل 4-10 تحديد اتجاه العزم باستعمال قاعدة كف اليد اليمنى

وبما ان تغير اتجاه القوة المؤثرة سيؤدي الى تغير اتجاه الدوران بالاتجاه المعاكس، لذلك يجب ان نعتبر أحد الاتجاهات موجب والآخر سالب، ويمكن ان نتفق على اعتبار عزوم الدوران التي تميل الى احداث دوران عكس اتجاه دوران عقارب الساعة موجبة القيمة، اما عزوم الدوران التي تميل الى احداث دوران باتجاه عقارب الساعة فتعتبر سالبة القيمة.

مثال :

أوجد ذراع القوة وعزم الدوران حول نقطة (O) لكل من القوى المؤثرة في الشكل (4-11).

الجواب :

1- القوة F_1: تؤثر هذه القوة باتجاه يمر من نقطة محور الدوران وبالتالي فان ذراع القوة يساوي صفر (عزم القوة يساوي صفرا إذا كان اتجاه القوة او امتداداتها يمر من مركز الدوران)، أي أن:

$$\tau_1 = r_1 \times F_1 = (0) \times (F_1) = 0$$

2- القوة F_2: حسب تعريف ذراع القوة فان المسافة a تمثل ذراع القوة F_2 وبما أن هذه القوة ستعمل على تدوير الجسم حول (O) وباتجاه عكس عقارب الساعة، إذن العزم موجب:

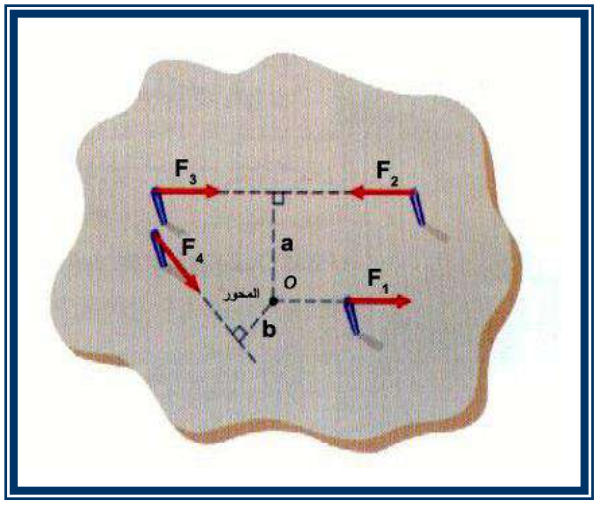
$$\tau_2 = r_2 \times F_2 = (a) \times F_2 = + a \times F_2$$

3- القوة F_3 : ايضا ذراع هذه القوة هو (a) ولكن ستعمل على تدوير الجسم باتجاه عقارب الساعة حول النقطة (O) فيكون العزم سالب:

$$\tau_3 = r_3 \times F_3 = - (a) \times F_3 = - a \times F_3$$

4- القوة F_4: حسب تعريف ذراع القوة فان المسافة b تمثل ذراع هذه القوة وبما أنها ستدور الجسم حول نقطة (O) وباتجاه عكس عقارب الساعة ، إذن هذه القوة يكون عزمها موجبا:

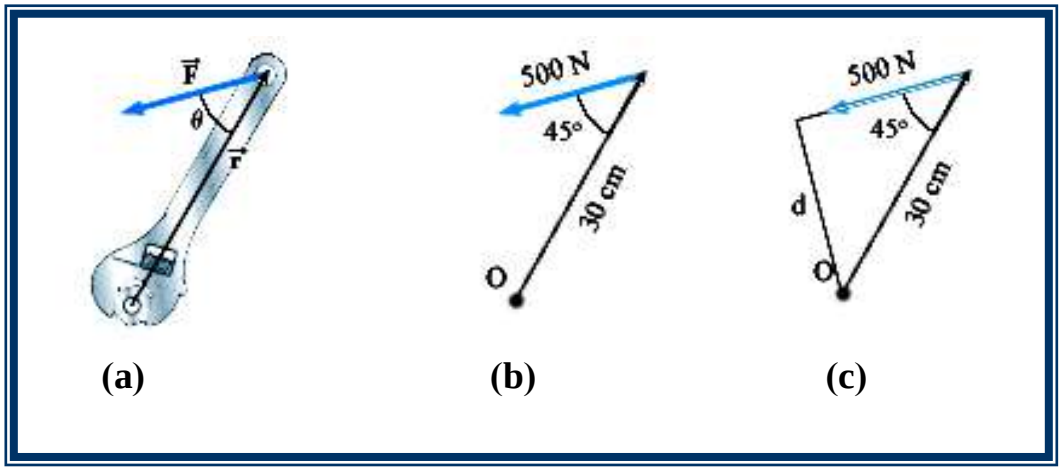
$$\tau_4 = r_4 \times F_4 = (b) \times F_4 = + b \times F_4$$



شكل 4-11

مثال :

مفتاح صامولات (Nut) طوله r = 30 cm كما مبين في الشكل (a-12-4)، سلطت قوة مقدارها 500 N وبزاوية 45^o لفتح الصامولة ، احسب العزم المؤثر.



شكل 12-4

الجواب :

يمكن توضيح القوة المؤثرة وذراعها كما في الشكل (b-12-4) ، وبما أن القوة المؤثرة مائلة ، يمكن تحليلها الى مركبتين:

$F_\perp = F \sin 45 = (500) \sin 45 = 500 \times 0.707 = 354$ N

$F_\parallel = F \cos 45 = (500) \cos 45 = 500 \times 0.707 = 354$ N

القوة الموازية ($F_\parallel$) تمر من المرتكز ولا تولد عزما، أما القوة العامودية ($F_\perp$) فتولد عزم مقداره:

$\tau = r \times F_\perp = (0.3)(354) = 106$ N.m

طريقة ثانية :نأخذ امتداد القوة F ونرسم قطعة مستقيم عمودية على F وتمر من المرتكز (O) فيكون ذراع القوة d كما في الشكل (c-12-4):

$d = (0.3) \sin 45 = 0.212$ m ذراع القوة

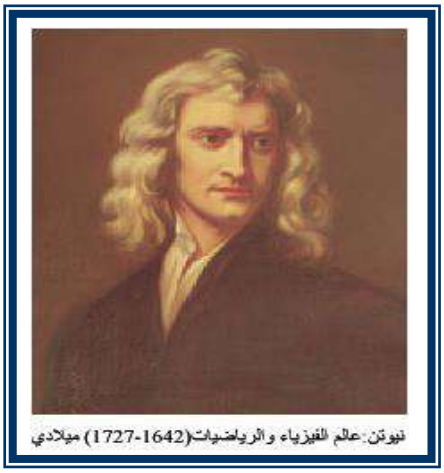
$\tau = r \times F = d \times F = (0.212)(500) = 106$ N.m

6-4 قانون نيوتن الاول:

يختص قانون نيوتن الأول في الحركة بالحالات التي تكون فيها محصلة القوى المؤثرة على جسم ما تساوي صفر، فقد يكون الجسم واقعا تحت تأثير عدة قوى ولكن المجموع ألاتجاهي لهذه القوى يساوي صفرا .

لذلك يبقى الجسم في حالة السكون إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة عليه تساوي صفرا، استنتج ذلك العالم نيوتن شكل (4-13). من خلال مناقشة كتاب موضوع على منضدة، شكل (4-15)، نلاحظ أن الكتاب يبقى ساكن لان صافي القوة المؤثرة عليه تساوي صفر، فإذا أعطي الكتاب دفعة أفقية فانه يتحرك في اتجاه تأثير القوة الأفقية (القوى الرأسية تبقى متزنة) ، وبعد قطع الكتاب مسافة معينة سيتوقف عن الحركة، هذا يعني أن هناك قوة أفقية غير متزنة تعوق حركة الكتاب تدعى قوة الاحتكاك، فإذا جعلنا

السطح الذي ينزلق عليه الكتاب أكثر نعومة فان الكتاب سيقطع مسافة أطول، وبغياب هذه القوة المعيقة فان الكتاب سيستمر بالحركة دون توقف. ومن هذا استنتج نيوتن قانونه الاول ونصه:


نيوتن: عالم الفيزياء والرياضيات(1642-1727) ميلادي

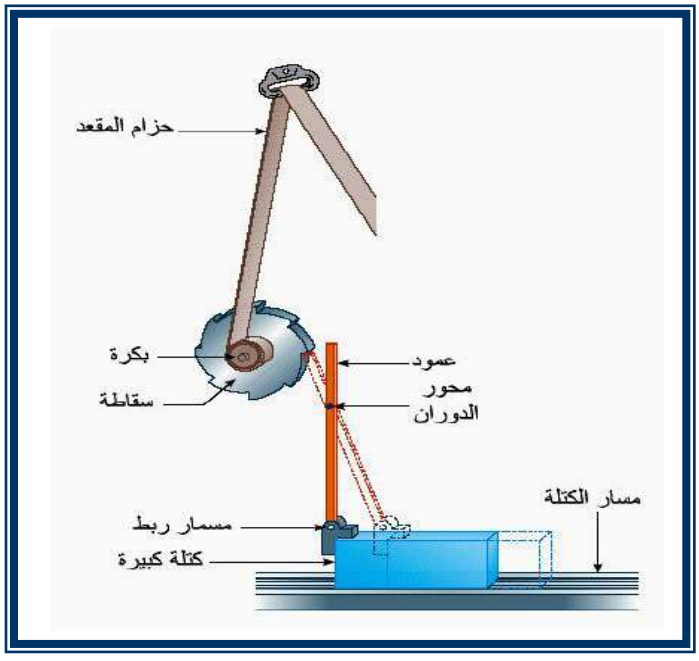
شكل 4-13

((يبقى الجسم في حالة السكون والمتحرك يستمر في حركته وبسرعة ثابتة إذا كان المجموع ألاتجاهي للقوى الخارجية المؤثرة عليه تساوي صفرا)).

4-7 القصور الذاتي والكتلة:

يعرف القصور الذاتي **بأنه ميل الجسم الساكن للاستمرار في السكون وميل الجسم المتحرك للاستمرار في الحركة بسرعته الأصلية.** تعتبر الكتلة مقياسا لمقاومة الأجسام لتغير الحركة بسبب تأثير القوة، أي أن الكتلة الكبيرة للجسم تعطي اقل تعجيلا لحركة الجسم تحت تأثير قوة خارجية.

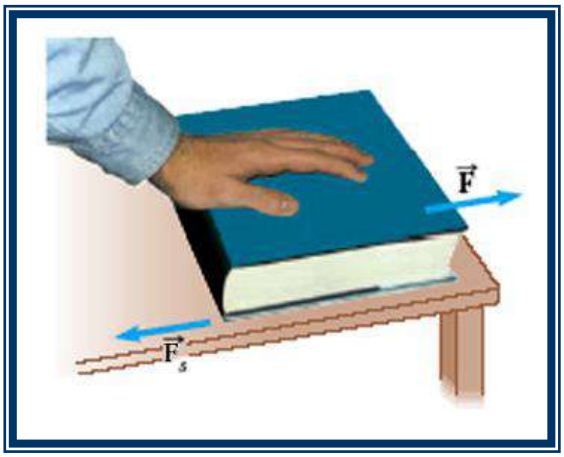
أن التطبيقات التي يمكن تفسيرها إعتماداً على خاصية القصور الذاتي كثيرة جداً فهنالك السيارة التي تسير بخط مستقيم وبسرعة ثابتة، ثم تتوقف بشكل مفاجئ فأن الراكب في السيارة يندفع بشدة نحو الامام، وتفسير ذلك يعتمد على مفهوم القصور الذاتي حيث كان جسم الراكب متحركاً بسرعة السيارة فعندما توقفت السيارة فجأة بفعل الكوابح بقي متحركاً بالسرعة والاتجاه نفسه محافظاً على حالته الحركية عاجزاً على ايقاف نفسه من هذا تظهر أهمية حزام الامان، كذلك انتشر حديثاً استعمال وسائل أمان أخرى في السيارات الحديثة وهي الوسادة الهوائية التي تنتفخ عند وقوع حادث فتقلل من سرعة الراكب وتمنع اندفاعه للأمام. ومن هنا نستنتج أن أي جسم له كتلة يملك قصوراً ذاتياً تجعله يمانع التغيير في الحركة.



شكل 4-14 منظومة حزام الامان في المركبات

فكر!!!! ايهما أكبر القصور الذاتي لشاحنة محملة بالسمنت أم عربة الأطفال ؟

8-4 قوى الاحتكاك:

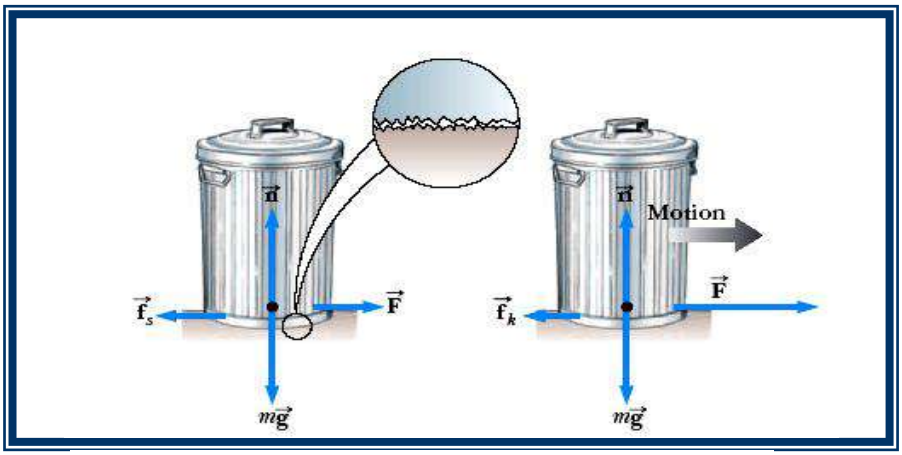


شكل 4-15

إذا أثرت بقوة قليلة على كتاب موضوع على سطح منضدة كما موضح في الشكل (4-15) تلاحظ أن الكتاب لا يتحرك ويبقى ساكنا ونستنتج أن صافي القوة يساوي صفرا ($F_{net} = 0$) وهذا يعني أنه توجد قوة واحدة على الأقل تؤثر عكس قوة تأثيرك على الكتاب. وهذه القوة المضادة توفرها المنضدة حيث تتلامس مع الكتاب وهي القوة F_S وسنسميها قوة الاحتكاك الاستاتيكي.

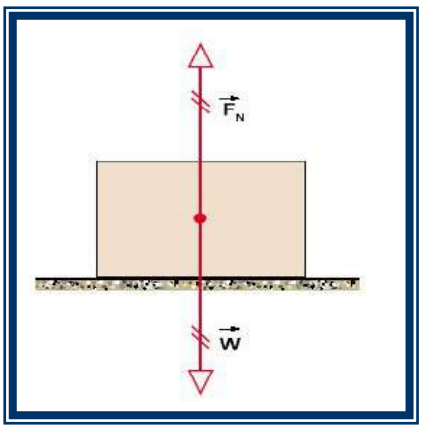
وتتميز بأنها تعاكس محاولة الجسم للانزلاق، واتجاهها موازي لسطح التلامس .

عند زيادة القوة المؤثرة على الكتاب إلى قيمة حرجة معينة F_c فان الكتاب سيبدأ فجأة بالحركة ، ولكي يستمر الكتاب بالحركة فانه يحتاج الى قوة أصغر من F_c ومقدارها F_k . يمكن تفسير قوى الاحتكاك بين جسمين متلامسين على أساس أن جميع السطوح وحتى المصقولة منها تحتوي على نتوءات وتجاويف سطحية ، فتدخل نتوءات احد السطوح في تجاويف السطح الآخر وهذا يسبب مقاومة السطحين للانزلاق، وما أن يبدأ الجسم بالانزلاق والحركة فلن يجد السطحان وقتا كافيا لتلاحم أحدهما مع الآخر تلاحما كاملا فتكون القوة اللازمة للاستمرار بالحركة أقل من القوة اللازمة لبدأ الحركة، كما في الشكل (4-16).



شكل 4-16 النتوءات بين السطحين المسببة للاحتكاك.

توصف قوة الاحتكاك بدلالة القوة العمودية المسلطة على السطحين المتلامسين (F_N) وفي حالة قالب موضوع على سطح فأنها تعادل وزن ذلك القالب (F_g) كما في الشكل (4-17-a) وبصورة عامة إذا رمزنا إلى قوة الاحتكاك بالرمز F_f فان القوة المؤثرة على القالب يمكن توضيحها بالشكل (4-17-b) .



شكل 4-17-a

يمكن وصف العلاقة بين قوة الاحتكاك F_f والقوة العمودية F_N بالعلاقة:

$$F_f \alpha F_N \rightarrow F_f = \mu . F_N \quad .....(10\text{-}4)$$

إذ ان μ يمثل معامل الاحتكاك (Coefficient of friction).

في حالة الاحتكاك السكوني فان قوة الاحتكاك هي:

$$F_{s(max)} = F_c \rightarrow F_c = \mu_s \times F_N$$

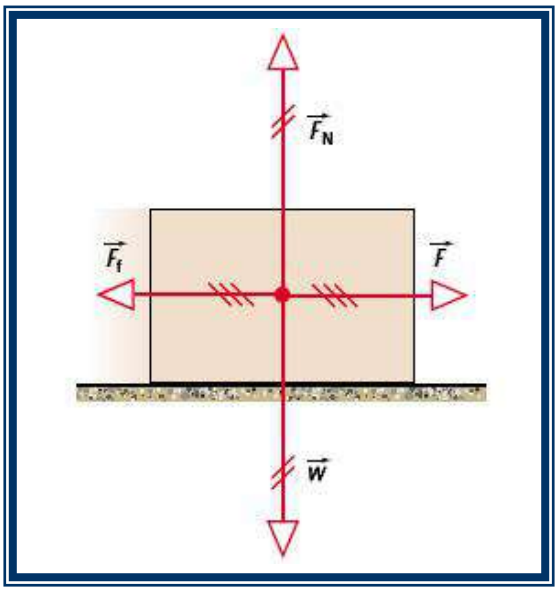
وفي حالة الاحتكاك الحركي فان قوة الاحتكاك هي:

$$F_k = \mu_k \times F_N$$

حيث : μ_k معامل الاحتكاك الحركي أو الانزلاقي.

ويعتبر معامل الاحتكاك أحد خصائص السطوح المتلامسة ويعتمد على طبيعة مادة السطحين المتلامسين ودرجة نظافتهما وجفافهما.

يمثل الجدول (4-1) قيم معاملات الاحتكاك لبعض السطوح المتلامسة. وبصورة عامة فان معامل الاحتكاك الحركي أقل من معامل الاحتكاك السكوني . ($\mu_k < \mu_s$)



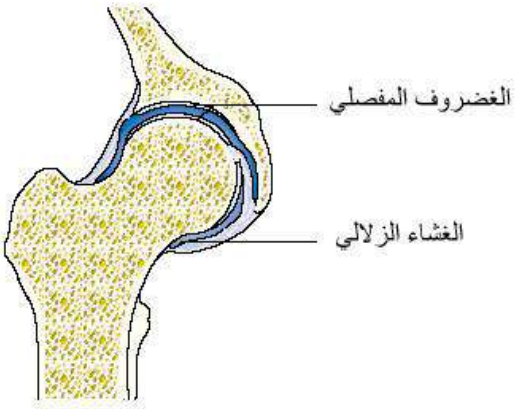
شكل 4-17-b

جدول 4-1 قيم معاملات الاحتكاك لبعض السطوح المتلامسة

المواد المتلامسة	معامل الاحتكاك ألسكوني μ_s	معامل الاحتكاك الحركي μ_k
مطاط على خرسانة جافة	0.9	0.7
مطاط على خرسانة رطبة	0.7	0.5
خشب على جليد	0.08	0.06
حديد صلب على تفلون	0.04	0.04
حديد صلب على حديد صلب	0.75	0.57
حديد صلب على حديد صلب (مشحم)	0.15	0.09
مطاط على ثلج	0.006	0.005
حديد صلب على ثلج	0.02	0.01
خشب على خشب	0.4	0.3
زجاج على زجاج	0.9	0.4

فكر!!!!!

هل من الممكن أن يكون معامل الاحتكاك اكبر من الواحد؟ فسر إجابتك

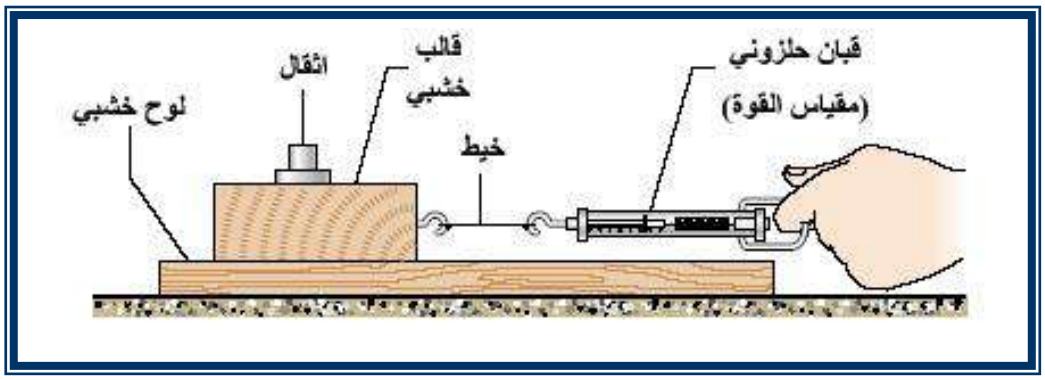


هل تعلم!!!!

الاحتكاك في مفاصل ورك جسم الإنسان يمنع الجسم من الهبوط إلى الأرض وهذه المفاصل مزيتة بغشاء زلالي لكي يستطيع الشخص الحركة وعندها يقلل هذا السائل معامل الاحتكاك السكوني إلى 0.003 ويُمتص هذا السائل الزلالي إلى ظهر الغضروف ليزداد الاحتكاك فيتمكن الشخص من الوقوف .

9-4 قياس معامل الاحتكاك السكوني والحركي:

الشكل (4-18) يوضح تجربة لقياس معامل الاحتكاك بين سطح لوح خشبي موضوع عليه قالب من الخشب ايضا وزنه (F_{g1}) مربوط بخيط إلى قبان حلزوني لقياس القوة. فإذا وضعت أثقال مختلفة (F_2) وتم سحب القالب على السطح الخشبي بوساطة القبان الحلزوني عندها تسجل أقصى قوة في القبان والتي يبدأ عندها القالب بالحركة وهي ($F_{(s)max}$) وبعد أن يتحرك القالب بسرعة ثابتة يتم تسجيل قوة السحب أثناء الحركة F_k ونلاحظ ان: ($F_s > F_k$). تستبدل أثقال مختلفة على القالب وتكرر الخطوات السابقة وينظم جدول (4-2) للقراءات كما في ادناه وعلى فرض بعض القيم للأثقال وقوى السحب.



شكل 4-18 تجربة قياس معامل الاحتكاك

جدول 4-2 قراءات معامل الاحتكاك السكوني والحركي

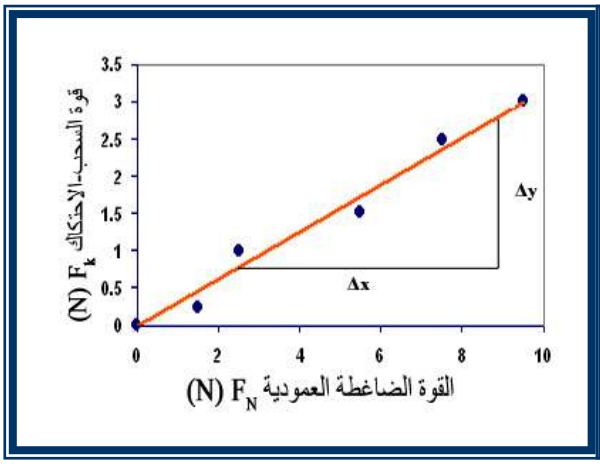
القوة العمودية $F_N=(F_{g1}+F_{g2})$ (N)	أقصى قوة لبدء الحركة $F_{(s)max}$ (N)	قوة السحب أثناء الحركة بسرعة ثابتة F_k (N)
1.5	0.5	0.25
2.5	1.5	1
5.5	2.25	1.5
7.5	3	2.5
9.5	3.5	3

وبرسم النتائج في الجدول (4-2) بين العمود الأول والثالث كما في الشكل (4-19) يمكن حساب معامل الاحتكاك الحركي من ميل الخط المستقيم كما يلي:

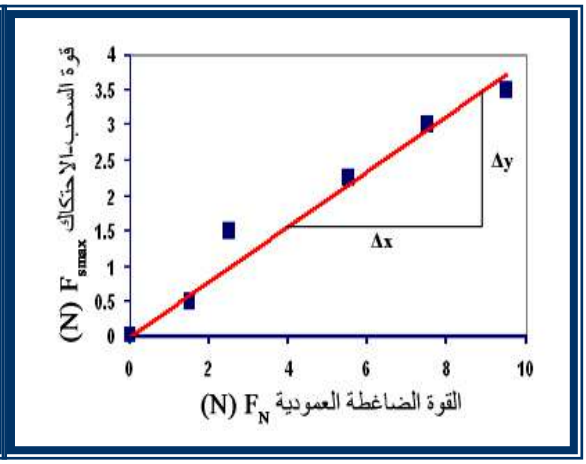
$$\mu_k = \frac{F_k}{F_N} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{2.75 - 0.75}{9 - 2.5} = 0.3$$

أما معامل الاحتكاك السكوني فيمكن إيجاده من رسم النتائج في الجدول أعلاه بين العمود الأول والثاني كما في الشكل (4-20) ومن ميل الخط المستقيم يمكن إيجاد معامل الاحتكاك السكوني كما يلي:

$$\mu_s = \frac{F_{(s)\max}}{F_N} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{3.5 - 1.5}{9 - 4} = 0.4$$



شكل 4-19



شكل 4-20

مثال:

شاحنة كتلتها (1640 kg) تسير على شارع خرساني رطب توقفت إطاراتها المطاطية الأربعة عن الحركة فجأة، احسب مقدار قوة الاحتكاك عندما تنزلق بسرعة ثابتة على الشارع.

الجواب :

من الجدول (1) نلاحظ أن معامل الاحتكاك الحركي للمطاط مع الخرسانة الرطبة هو: $\mu_k=0.5$

$F_k = \mu_k \times F_N$

$F_N = m \times g = (1640)(9.8) = 1.61\times10^4$ N

$F_k = (0.5)(1.61\times10^4) = 8\times10^3$ N

ويكون اتجاهها عكس اتجاه انزلاق الشاحنة.

10-4 شروط الاتزان الاستاتيكي:

لاحظت عزيزي الطالب من خلال مناقشة قانون نيوتن الأول أن السكون واحدة من حالات الاتزان وكذلك يكون الجسم متزنا إذا كان متحركا وبسرعة ثابتة (التعجيل يساوي صفر)، من ذلك يمكن استنتاج شرط الاتزان الأول ونصه:

((لكي يبقى الجسم في حالة الاتزان يجب أن يكون المجموع ألاتجاهي للقوى المؤثرة عليها يساوي صفر)).

رياضيا يمكن أن يكتب شرط الاتزان الأول كما يلي:

$$\sum F = 0$$

وعبارة المجموع الاتجاهي تعني أن مجموع مركبات القوى باتجاه محور X تساوي صفر وباتجاه محور Y تساوي صفر ايضا . ولذلك:

$$\sum F_X = 0 \quad , \quad \sum F_Y = 0$$

أما الشرط الثاني للاتزان الاستاتيكي هو أن تتوازن عزوم الدوران المؤثرة على الجسم باتجاه دوران عقارب الساعة مع عزوم الدوران في عكس اتجاه عقارب الساعة. ذلك يمكن صياغة الشرط الثاني للاتزان كما يلي:

((لكي يبقى الجسم في حالة الاتزان يجب أن يكون المجموع الجبري لعزوم الدوران على الجسم يساوي صفرا)). أي أن:

مجموع الجبري للعزوم بأتجاه عقرب الساعة = مجموع الجبري للعزوم بأتجاه عكس عقرب الساعة

ويعبر عن ذلك رياضيا:

$$\sum \tau = 0$$

أو

$$\Longrightarrow \quad \sum \tau^{-} + \sum \tau^{+} = 0 \ \ldots\ldots\ldots (11-4)$$

اتفقنا سابقا بأن العزوم عكس عقارب الساعة موجبة والعزوم باتجاه عقارب الساعة سالبة.

11-4 قانون نيوتن الثاني:

من خبرتك عزيزي الطالب تعلم بأن الكتل الكبيرة بحاجة إلى قوة كبيرة لغرض تحريكها بتعجيل معين وكلما زادت كتلة الجسم ازدادت تلك القوة ، أي أن:

$$F \ \alpha \ m$$

أذ أن m تمثل كتلة الجسم.

كذلك فان تعجيل الجسم a يزداد مع زيادة القوة المؤثرة ولذلك:

$$F \ \alpha \ a$$

وعند دمج العلاقتين أعلاه نحصل على صيغة قانون نيوتن الثاني الرياضية:

$$F = m \times a \quad \ldots\ldots\ldots (12-4)$$

وهذا يعني أنه إذا أثرت مجموعة من القوى على جسم وحركته بتعجيل a أي أن الجسم غير متزن ولذلك مجموع القوى يكون:

$$\sum F = m \times a$$

ويمكن صياغة العبارة أعلاه بالشكل التالي:

((إذا كان المجموع ألاتجاهي للقوى المؤثرة على جسم لا يساوي صفرا، فان الجسم سيتحرك بتعجيل مقداره a)) وهذا هو نص قانون نيوتن الثاني.

أي أن إذا أثرت على جسم ما قوة فأنه سيكسب تعجيلاً (a) مقداره يتناسب طردياً مع القوة المؤثرة (F) وعكسياً مع كتلة الجسم(m).

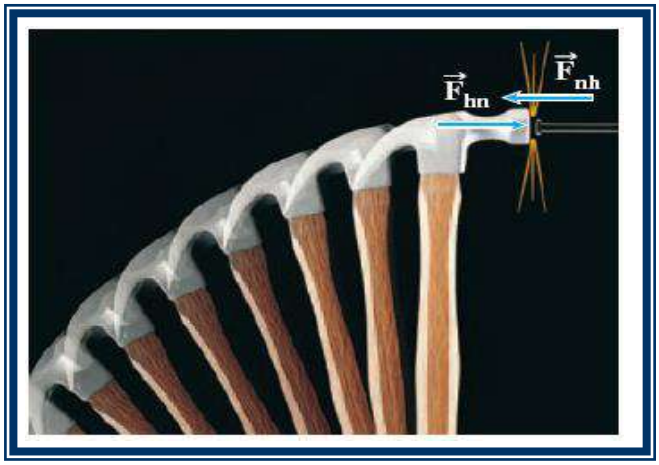
12-4 قانون نيوتن الثالث (الفعل ورد الفعل):

ينص قانون نيوتن الثالث على:

((إذا أثر جسم A بقوة مقدارها (F) على جسم آخر B فان الجسم B يؤثر بقوة (-F) على الجسم A وهذه القوة تساوي F في المقدار وتعاكسها في الاتجاه)). أي أن لكل فعل (F_A) رد فعل (F_B) يساويه في المقدار ويعاكسه بالاتجاه.

وتسمى إحدى هاتين القوتين بقوة الفعل والأخرى بقوة رد الفعل، فالمطرقة (h) (Hammer) التي تدق مسمارا (n) (Nail) تؤثر بقوة فعل على المسمار (F_{hn}) بينما المسمار يؤثر بقوة رد فعل على المطرقة (F_{nh}) وهاتين القوتين متساويتين في المقدار ولكن متعاكستين بالاتجاه، انظر الشكل (4-21). وحسب قانون نيوتن الثالث فان:

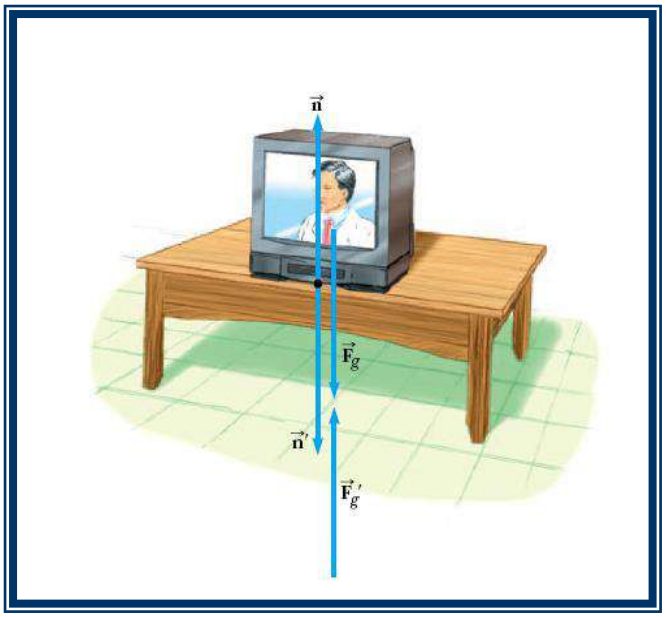
$$F_{hn} = - F_{nh}$$



شكل 4-21 قوى الفعل ورد الفعل في المطرقة

يرتبط قانون نيوتن الثالث بالجاذبية الأرضية من خلال تأثير الأرض على جميع الأجسام بقوة F_g، لذلك التلفاز الموضوع على منضدة شكل (4-22) يؤثر بقوة وزنه على الأرض ومقدارها F_g والأرض تؤثر بقوة رد الفعل على التلفاز ومقدارها F'_g، ايضاً يؤثر التلفاز بقوة n على المنضدة والمنضدة تؤثر بقوة رد فعل n' على التلفاز تمنعه من السقوط على الأرض، وحسب قانون نيوتن الثالث:

$$F_g = - F'_g \iff n = - n'$$



شكل 4-22

13-4 حل مسائل الاتزان:

لتبسيط حل مسائل اتزان القوى يمكن إتباع الخطوات التالية:

1- عزل الجسم الذي تؤثر عليه القوى.

2- رسم القوى في مخطط بياني يدعى مخطط الجسم الحر.

3- تحليل القوى إلى مركباتها الاتجاهية F_X , F_Y .

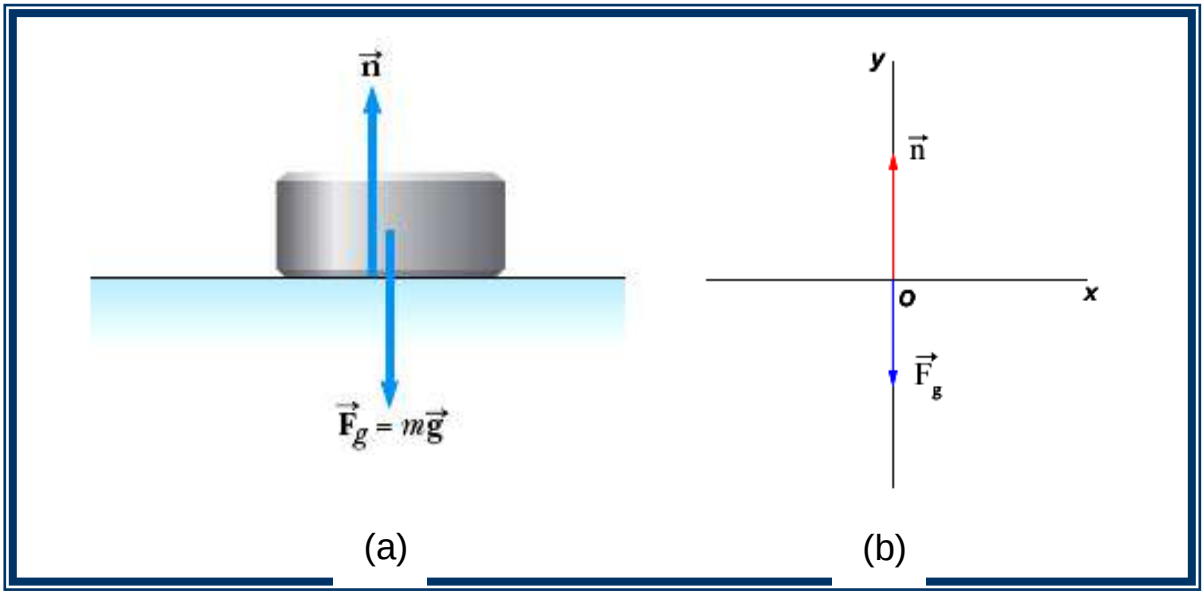
4- تطبيق شرط الاتزان الأول على القوى.

5- في حال وجود مجهولين في شرط الاتزان الأول يصار إلى تطبيق شرط الاتزان الثاني.

6- حل المعادلات بالنسبة للمجاهيل.

مثال:

جد جميع القوى المؤثرة على قالب ساكن كتلته 10 kg موضوع على سطح أملس كما في الشكل (a-23-4).



شكل 23-4

الجواب:

نرسم مخطط الجسم الحر للقوى المؤثرة على القالب بإحداثيات (X-Y) شكل (b-23-4) وبما أن القالب في حالة اتزان فإن:

$\sum F = 0$

$\sum F_X = 0$ لا توجد مركبات للقوة باتجاه X

$\sum F_Y = 0 \quad \Longrightarrow \quad n - F_g = 0 \quad \Longrightarrow \quad n = F_g$

قوة وزن القالب هي: $Fg = m \times g = (10)(9.8) = 98\ N$

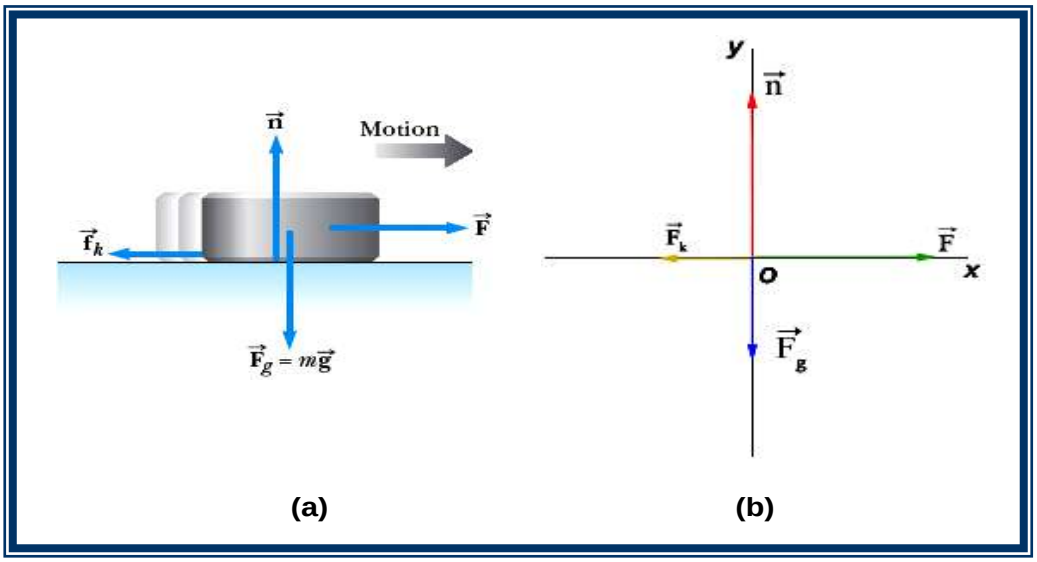
لذلك: $n = 98\ N$

مثال:

إذا تم سحب القالب في المثال السابق بتأثير قوة خارجية مقدارها (50 N) شكل (a-24-4) وتحرك القالب على سطح خشن بسرعة ثابتة، احسب معامل الاحتكاك الانزلاقي بين القالب والسطح.

الجواب :

نرسم مخطط الجسم الحر للقوى المؤثرة على القالب شكل (b-24-4) بما أن القالب يتحرك بسرعة ثابتة هذا يعني أنه في حالة اتزان:



شكل 4-24

من شرط الاتزان الأول

$\sum F_x = 0 \implies F - F_k = 0$ .....(1)

$\sum F_y = 0 \implies n - F_g = 0$ .....(2)

من معادلة (2)

$n = Fg = m \times g = 98\ N$

من معادلة (1)

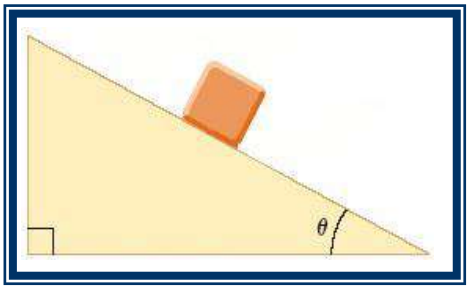
$F_k = F \implies \mu_k \times F_N = F$

بما ان: $F_N = n = 98\ N$ لذلك:

$$\mu_k = \frac{F}{n} = \frac{50}{98} = 0.51$$

مثال:

افترض قالب كتلته (2.5 kg) ساكن على منصة متغيرة الميل (Ramp) كما في الشكل (a-25-4) ، اذا كان معامل الاحتكاك السكوني بين القالب والمنصة (0.35)، ما مقدار اكبر زاوية ميل للمنصة مع الافق قبل أن يبدأ القالب بالانزلاق إلى الأسفل.



شكل 4-25-a

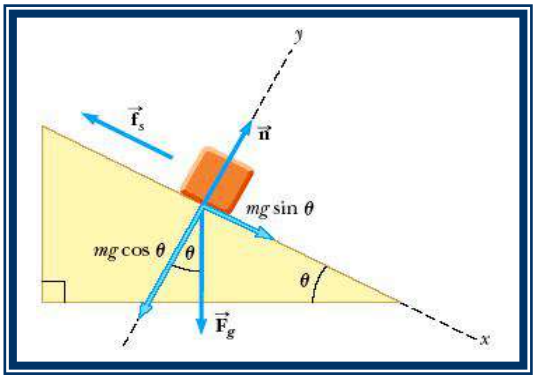
الجواب:

بما أن الجسم في حالة سكون إذن هو في حالة الاتزان

نرسم مخطط الجسم الحر شكل (b-25-4) ونطبق الشرط الأول في الاتزان:

$\sum F_x = (m \times g) \sin\theta - \mu_s \times n = 0$ .....(1)

$\sum F_y = n - (m \times g) \cos\theta = 0$ .....(2)



شكل b-25-4

من المعادلة (2) : $n = (m \times g) \cos\theta$ ، نعوض n في معادلة (1) ، نحصل على:

$(m \times g) \sin\theta - \mu_s \times (m \times g) \cos\theta = 0$

$(m \times g) \sin\theta = \mu_s \times (m \times g) \cos\theta$

$$\mu_s = \frac{\sin\theta}{\cos\theta}$$

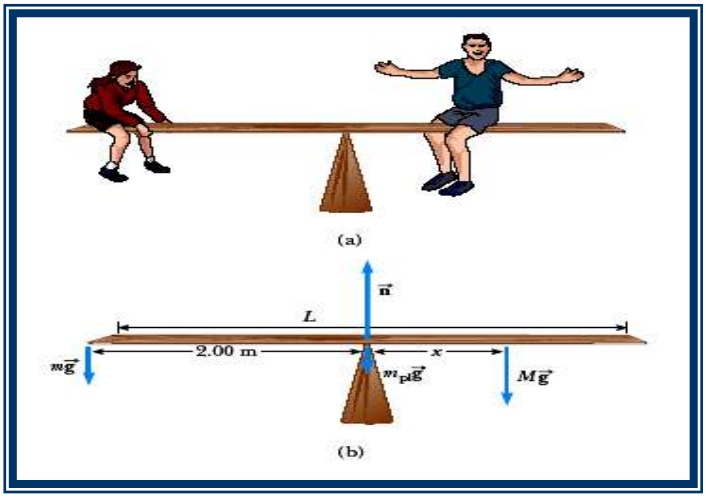
$\mu_s = \tan\theta \Rightarrow \tan\theta = 0.35 \Rightarrow \theta = 19.3^o$

مثال:

فتاة كتلتها (55 kg) تجلس على الطرف الأيسر من أرجوحة التوازن طولها (4 m) وترتكز من المنتصف شكل (a-26-4)، أحسب المسافة من المنتصف والتي يجب أن يجلس فيها فتى كتلته (75 kg) لكي يحصل توازن في الأرجوحة. ثم أحسب رد فعل نقطة الارتكاز على منصة الأرجوحة، إذا علمت أن كتله منصة الارجوحة (12 kg).

الجواب :

نرسم مخطط الجسم الحر ونحدد القوى المؤثرة على الأرجوحة شكل (b-26-4) وبما أن الأرجوحة في حالة توازن إذن نطبق شروط التوازن.



شكل 26-4

نلاحظ أن هناك أربعة قوى تؤثر على منصة الأرجوحة وهي:

$m\times g$: وزن الفتاة وتأثيرها على الطرف الأيسر.

$M\times g$: وزن الفتى وتأثيرها على بعد X من المنتصف.

$m_p\times g$: وزن منصة الأرجوحة وتأثيرها في المنتصف.

n: قوة رد فعل مرتكز الأرجوحة على المنصة وتأثيرها في المنتصف.

بما أن المطلوب ذراع قوة وزن الفتى (x) إذن نطبق شرط الاتزان الثاني:

$$\sum \tau = 0$$

بما أن هناك أربعة قوى مؤثره، إذن هناك أربعة عزوم هي:

τ_w : عزم وزن الفتاة.

τ_m : عزم وزن الفتى.

τ_p : عزم وزن المنصة.

τ_n : عزم قوة رد فعل المرتكز على المنصة، ولذلك:

$$\sum \tau = \tau_w + \tau_m + \tau_p + \tau_n = 0$$

نطبق علاقة العزم = القوة × ذراعها

((نلاحظ أن القوة n مجهولة لذلك نختار نقطة تأثير n هي نقطة الارتكاز أو محور الدوران ونحسب العزم حولها فيكون عزم القوة n صفرا، وكذلك عزم وزن الأرجوحة صفرا لأنه ذراعها يساوي صفر))

$$\tau_w + \tau_m + 0 + 0 = 0 \quad \rightarrow \quad \tau_w + \tau_m = 0$$

بما أن قوة وزن الفتاة تدور العتلة عكس عقرب الساعة، إذن عزمها موجب أما قوة وزن الفتى فإنها تدور العتلة باتجاه عقرب الساعة، إذن عزمها سالب ولذلك:

$$\tau_w + \tau_m = (m\times g)(\frac{L}{2}) - (M\times g)(x) = 0$$

$$\therefore \ x = \frac{m\times(\frac{L}{2})}{M} = \frac{(55)(2)}{75} = 1.47m$$

وتمثل المسافة التي يجب أن يجلس عندها الفتى لحصول التوازن.

أما لإيجاد قوة رد الفعل فنطبق شرط التوازن الاول:

$\sum F_x = 0$ لا توجد قوى باتجاه x

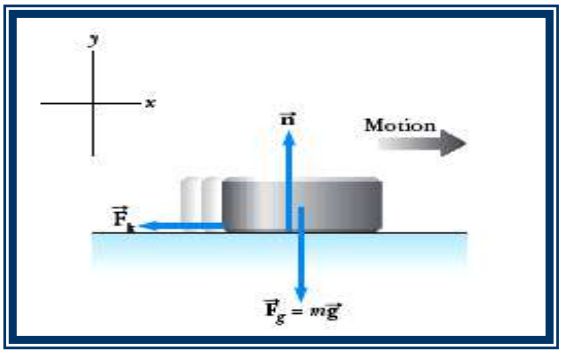
$\sum F_y = 0 \quad \rightarrow \quad -M\times g - m\times g - m_p\times g + n = 0$

$$\therefore n = (M + m + m_p)(g) = (75+55+12)(9.8)$$

$$\Rightarrow \quad n = 1.39\times10^3 \ N$$

مثال:

يتحرك الجسم في الشكل (4-27) بسرعة ابتدائية (20 m/s) على سطح خشن قاطعاً مسافة (120 m) قبل ان يتوقف، احسب معامل الاحتكاك بين الجسم والسطح.



شكل (4-27)

الجواب:

$$\mu_k = \frac{F_k}{n} \quad \rightarrow \quad F_k = \mu_k \times n$$

$\sum F_y = n - F_g = n - (m \times g) = 0$ لا توجد حركة باتجاه y

$\therefore n = mg$

$$\rightarrow \qquad \mu_k = \frac{F_k}{m \times g}$$

لإيجاد قوة الاحتكاك F_k نطبق قانون نيوتن الثاني باتجاه x :

$\sum F_x = m \times a \longrightarrow - F_k = m \times a$

ولإيجاد التعجيل a نطبق معادلة الحركة الخطية:

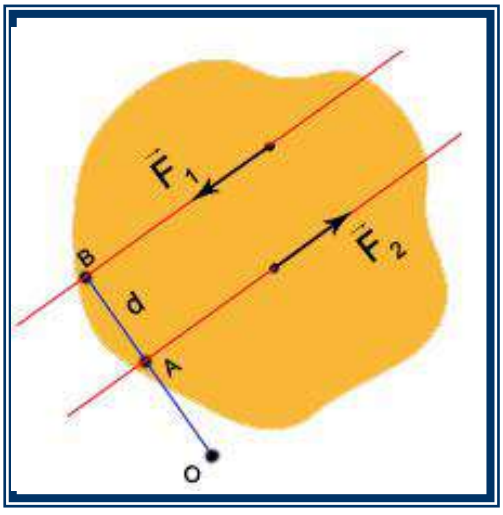
$$v^2 = v_o^2 + 2\,a\,\Delta x \longrightarrow a = \frac{v^2 - v_o^2}{2\Delta x} = \frac{0-(20)^2}{2(120)} = -1.67 \ m/s^2$$

$$\therefore F_k = -m(-1.67) = 1.67 \ m$$

لذلك يصبح معامل الاحتكاك :

$$\mu_k = \frac{F_k}{m \times g} = \frac{1.67\ m}{m(9.8)} = \frac{1.67}{9.8} = 0.17$$

14-4 المزدوج :



شكل 4-28

عبارة عن قوتين متساويتين بالقيمة ومتعاكستين بالاتجاه، تؤثران على خطين متوازيين كما في الشكل (4-28).
محصلة هاتين القوتين يساوي صفر، أي أن:

$$\sum F = F_1 + F_2 = 0$$

هذا يعني أن المزدوج ليس له تأثير انتقالي. كمثل لذلك مسك يدي السائق لمقود السيارة وكذلك عند فتح صنبور الماء باليد.

ومن ناحية مجموع العزوم المؤثرة حول نقطة معينة مثل (O) فهي:

$\sum \tau = \tau_1 + \tau_2$

$\sum \tau = F_1\,(OB) + F_2\,(OA)$

وإذا أخذنا بنظر الاعتبار أن $F_1 = - F_2$ ، لذلك:

$\sum \tau = F_1\,(OB) - F_1\,(OA) = F1\,(OB - OA)$

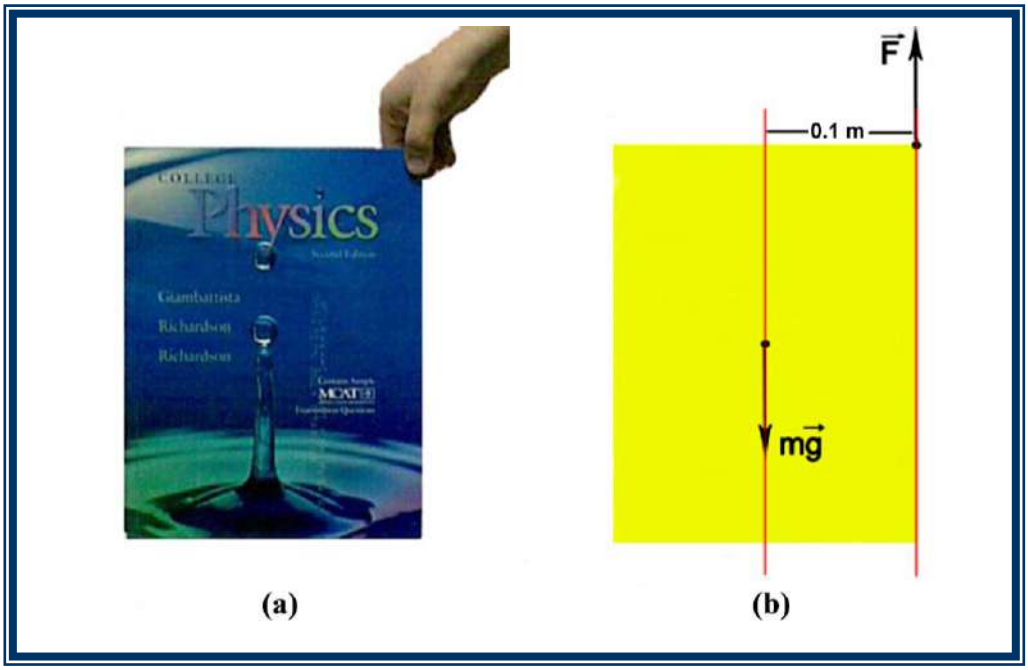
$\longrightarrow$ **$\sum \tau = F_1 \times d$ ..... (13-4)** **عزم المزدوج**

حيث d يمثل ذراع المزدوج وهو المسافة العمودية بين خطي تأثير قوتي المزدوج.

وبما أن مجموع عزوم المزدوج لا تساوي صفر لذلك فإن هناك تأثير دوراني للمزدوج، ومن الملاحظ أن قيمة d لا تتأثر بموضع النقطة (O)، لذلك لا يعتمد عزم المزدوج على نقطة المرتكز (محور الدوران) التي يتم حساب العزم حولها. وإنما يعتمد على مقدار أحدى القوانين والبعد العمودي بينهما (ذراع القوة).

مثال :

كتاب كتلته (1 kg) وعرضه (20 cm)، مسكه شخص من إحدى حافتيه العلويتين شكل (4-29-a)، احسب عزم الدوران لهذا الكتاب إذا كان الكتاب في حالة دوران فقط (أهمل جميع قوى الاحتكاك).



شكل 4-29

الجواب:

هناك قوة وزن الكتاب (mg) تقابلها قوة مسك اليد للكتاب ومقدارها (-mg) كما في الشكل (4-29-b)، اذن الحالة هي مزدوج بحيث المسافة بين القوتين هي:

$$d = \frac{1}{2}(0.2) = 0.1 \ \text{m}$$

$$\tau = F \times d = (1)(9.8)(0.1) = 0.98 \ \text{N.m}$$ العزم

أسئلة الفصل

س1/ أختر ما يناسب العبارات التالية:

1- الجسم الذي يتحرك بسرعة ثابتة يجب أن:

a- تؤثر عليه محصلة قوى معينة. b- يتوقف بسبب الجاذبية.

c- محصلة القوى التي تؤثر عليه تساوى صفر. d- لا تؤثر عليه قوة الاحتكاك.

2- النيوتن هو قوة

a- جاذبية جسم كتلته 1 kg. b- تكسب جسم كتلته 1 g تعجيل $1\ cm/s^2$.

c- تكسب جسم كتلته 1 kg تعجيل $1\ m/s^2$. d- تكسب جسم كتلته 1 kg تعجيل $9.8\ m/s^2$.

3- يعتمد عزم المزدوج على:

a- الكتلة b- مقدار القوتين c- مقدار احدى القوتين والبعد بينهما d- نقطة المركز

4- التعجيل يكون دائماً باتجاه:

a- الإزاحة b- السرعة الابتدائية c- محصلة القوى d- عكس قوة الاحتكاك

5- مصطلح (الكتلة) يشير الى نفس مفهوم :

a- الوزن b- القصور الذاتي c- القوة d- التعجيل

6- القصور الذاتي للجسم يؤدي الى جعل الجسم:

a- تزداد سرعته b- تتباطىء سرعته c- يقاوم التغير في الحركة d- يسقط نحو الأرض

7- قوتان متساويتان أثرتا على جسمين A و B ، الكتلة B اكبر ثلاث مرات من الكتلة A ، مقدار تعجيل الجسم A هو:

a- ثلاث أضعاف تعجيل الجسم B b- ثلث تعجيل الجسم B

c- مساوي لتعجيل الجسم B d- تسعة أمثال تعجيل الجسم B

8- سيارة تتحرك شرقاً بسرعة ثابتة، محصلة القوى المؤثرة عليها تكون:

a- باتجاه الشرق b- تساوي صفراً c- باتجاه الغرب d- الى الاعلى

9- معامل الاحتكاك الحركي يكون:

a- باتجاه قوة الاحتكاك b- باتجاه القوة العمودية

c- باتجاه محصلة القوى d- ولا واحدة منها.

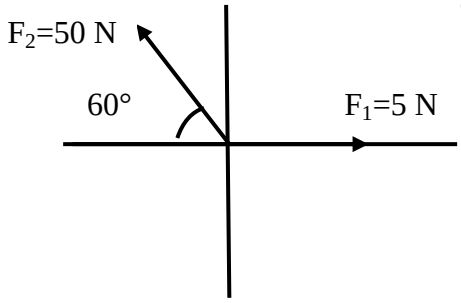
10- كل جسم في حالة اتزان تحت تأثير قوى خارجية، يجب ان:

a- تمر جميع خطوط تأثير القوى من مركز ثقل الجسم b- تتزن كل قوتين مع قوة ثالثة

c- يكون مجموع العزوم حول أي نقطة يساوي صفر d- تكون جميع القوى تؤثر في نفس النقطة

مسائل الفصل

1- أوجد مقدار واتجاه محصلة القوى في الشكل (4-30)،
اعتبر cos60=0.8



الجواب:(F=25 N) باتجاه الشمال الشرقي بزاوية 53°

2- جسم كتلته (10 kg) موضوع على سطح افقي أثرت عليه قوة أفقية مقدارها (60 N) فحركته من السكون، فإذا علمت ان معامل الاحتكاك بين الجسم والسطح (0.3). أحسب مقدار واتجاه التعجيل الذي سوف يتحرك به الجسم؟

الجواب:($3\ m/s^2$)

3- أحسب مقدار عزم قوة يدي سائق مركبة مؤثرة على عملية المقود في نقطة تبعد عن مركز دورانه بـ (15 cm) اذا كان مقدار تلك القوة (50 N)؟

الجواب:(3 N.m)

إعادة تدوير أي منتج في نهاية عمره الافتراضي وتحويله إلى مادة خام قابلة للاستخدام كمنتج آخر هو أفضل طريقة لجعل الأشياء من حولنا صديقة للبيئة.

الفصل الخامس

(الشغل والطاقة والقدرة)

مفردات الفصل :

5-1 تمهيد.
5-2 الشغل.
5-3 الشغل والطاقة الحركية.
5-4 القدرة.
5-5 الآلات البسيطة.
5-6 كفاءة الآلة.
الأسئلة والمسائل.

الاغراض السلوكية:

بعد اكمال هذا الفصل ينبغي للطالب ان يكون قادراً على أن:

1- يفهم (الشغل والطاقة) والتمييز بين الشغل والطاقة.
2- يتعود الطالب على الاستعمال الصحيح لمهارات استخراج (الشغل، الطاقة، الطاقة الحركية) باستعمال المعادلات الرياضية.
3- يفهم معنى (القدرة، السرعة، الشغل) والربط بين هذه المفاهيم.
4- يتعرف على الآلات، وكفاءتها، وكيفية عملها.

المصطلحات العلمية:

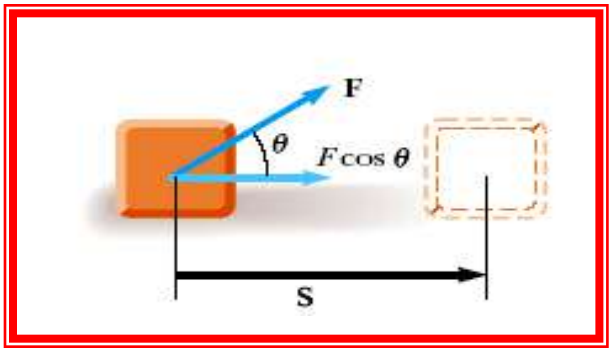
Work	شغل
Energy	طاقة
Power	قدرة
Kinetic Energy	طاقة حركية
Force Constant	ثابت القوة
Simple Machine	آلة بسيطة
Efficiency of machine	كفاءة الآلة
Actual mechanical advantage	فائدة ميكانيكية

1-5 تمهيد:

توصف جميع أنواع الحركة بدلالة القوى المسببة لها، ولكن مفهومي الشغل والطاقة اللذين نقدمهما في هذا الفصل يمكنهما تبسيط وصف الحركة تبسيطاً كبيراً، وأحد أسباب ذلك أن الشغل والطاقة كميتان عدديتان (غير متجهتين) ولذلك التعامل معهما رياضياً أسهل بكثير من التعامل مع متجهات القوى والاهم من ذلك سنرى أن للطاقة اشكالاً عديدة وأنها توجد في كل فروع الفيزياء.

2-5 الشغل :

يمثل الشكل (1-5) جسم تحرك نتيجة تأثير قوة خارجية مقدارها F باتجاه يصنع زاوية θ مع اتجاه الحركة قاطعاً إزاحة مقدارها S (في علاقة الشغل يرمز الى الازاحة في اي اتجاه بالرمز S بدلاً من X و Y المستعملة في حالة الحركة).



شكل 1-5

يعرف الشغل W الذي تنجزه القوة F بأنه حاصل ضرب مركبة القوة (باتجاه الحركة) (F cosθ) في الإزاحة (S) ويعطى بالعلاقة:

$$W = (F \cos\theta) \times S \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1\text{-}5)$$

لاحظ أن θ هي الزاوية المحصورة بين متجه القوة والإزاحة، وأن الشغل كمية عددية. فإذا كانت F بنفس اتجاه S فإن:

$$\cos\theta = \cos 0^\circ = 1$$

ويكون الشغل:

$$W = F \times S \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2\text{-}5)$$

تعمل هذه القوة على تسارع حركة الجسم.

أما إذا كانت F بعكس اتجاه S فإن:

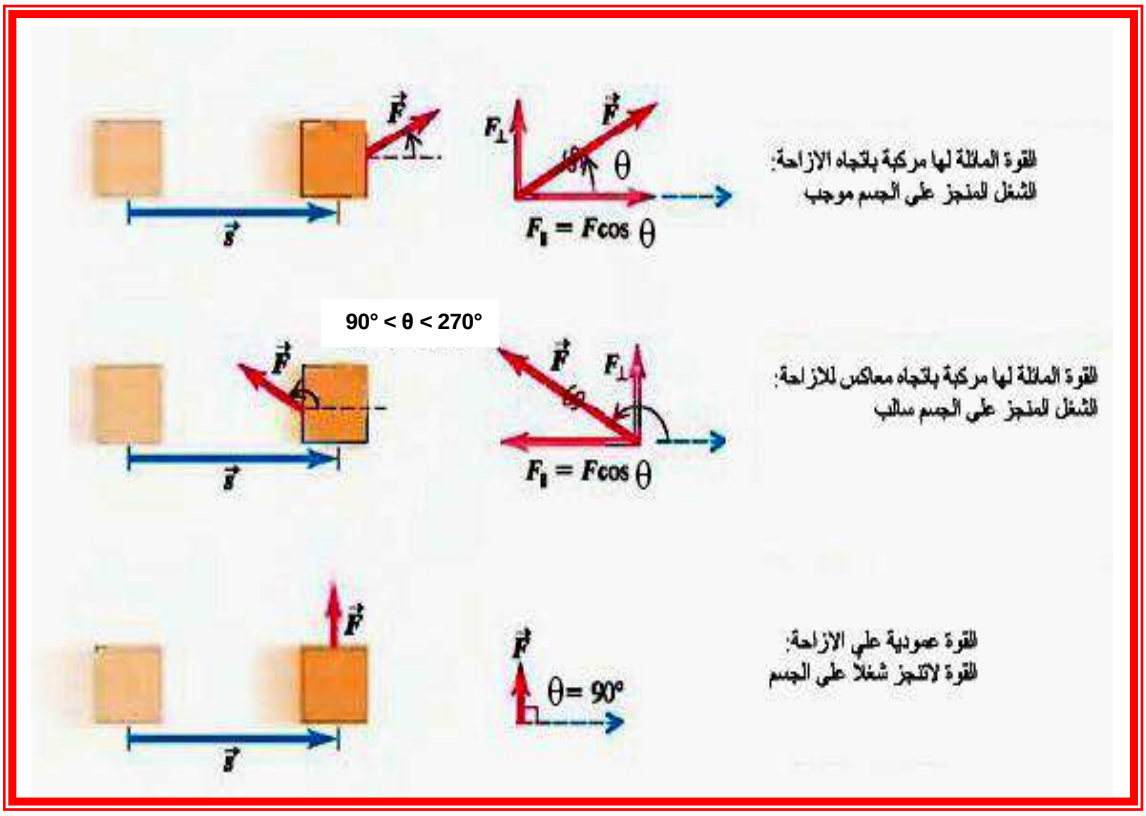
$$\cos\theta = \cos 180^\circ = -1$$

ويكون الشغل:

$$W = -(F \times S) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3\text{-}5)$$

ومعنى الشغل سالب أن القوة المؤثرة تعمل على إبطاء حركة الجسم وهذا ما يحصل في قوى الاحتكاك.

أما الشغل فانه يساوي صفر عندما تكون الإزاحة أو القوة تساوي صفراً، او عندما تكون الزاوية بين متجه القوة ومتجه الإزاحة تساوي 90° أي لا يمكن انجاز الشغل كما في الشكل (2-5).



شكل 5-2

وحدات الشغل:

في النظام الدولي للوحدات تعطى وحدة الشغل بالجول حيث:

1 Joule = N.m

والجول الواحد هو الشغل الذي تبذله قوة مقدارها نيوتن لإزاحة جسماً مسافة متر واحد باتجاه القوة ، وهناك وحدة صغيرة للشغل تدعى erg حيث:

1 erg = dyne . cm

$1\ J = 10^7$ erg

مثال:

في الشكل (5-1) افترض ان الجسم قد سحب على الأرض بقوة مقدارها (80 N) باتجاه (60°) مع الأفق. احسب الشغل الذي تبذله القوة عندما يتحرك الجسم مسافة (8 m).

الجواب:

$$W = (F\cos\theta) \times S$$
$$= (80\ N)(\cos 60°)(8\ m) = (80)(0.5)(8) = 320\ J$$

مثال:

احسب مقدار الشغل المبذول على جسم وزنه (mg) عند رفعه رأسياً: (a) إلى الاعلى ولمسافة قدرها (h) بسرعة ثابتة. (b) عند خفضه لنفس المسافة بسرعة ثابتة ايضاً كما في الشكل (5-3) .

الجواب:

(a) لكي ترفع جسماً يجب أن تجذبه رأسياً إلى الأعلى بقوة تساوي وزنه (mg) وبما أن الإزاحة (h) في الاتجاه الرأسي إلى الأعلى وباتجاه القوة الرافعة، إذن من تعريف الشغل:

$$W = (F\cos\theta)(S) = mg\times\cos0°)\times(h)$$

$$\Longrightarrow W = mg\times h$$

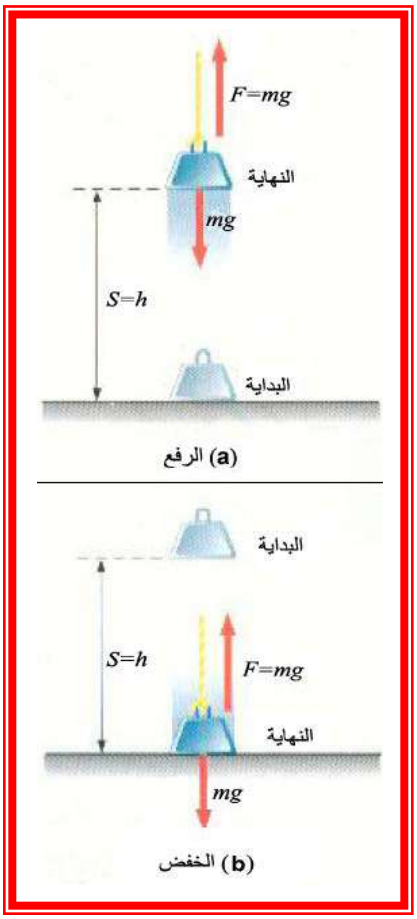
ويمثل الشغل المبذول لرفع جسم مسافة قدرها (h).

(b) أما في حالة خفض الجسم فإن F و S تكونان باتجاهين متعاكسين والزاوية بينهما (180°) لذلك يكون الشغل :

$$W = (F\cos\theta)\times(S) = F\cos180°)\times(h)$$

$$\Longrightarrow W = (mg)(-1)(h) = -mg\times h$$

والشغل السالب يعني إنه مبذول عليك وليس من قبلك.



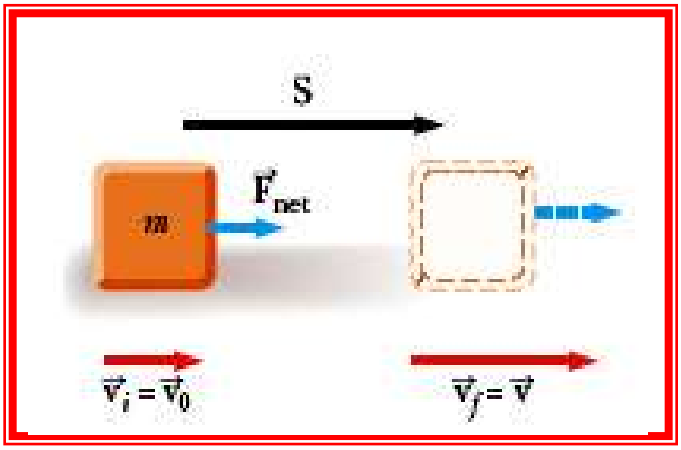
شكل 5-3

5-3 الشغل والطاقة الحركية:

يقال أن للجسم طاقة عندما يكون قادراً على بذل شغل، لذلك فإن ربط الطاقة بالشغل مازال مقيداً، وهناك أنواع من الطاقة ولكننا نبدأ بمناقشة الطاقة الحركية.

من الممكن لكرة أن تكسر نافذة عند اصطدامها بها ومطرقة متحركة أن تُدخل مسماراً في الخشب ،انظر الشكل (5-4) وايضاً حجر متحرك إلى الأعلى أن يرتفع ضد قوة الجاذبية.

شكل 5-4



شكل 5-5

إذ ان من الواضح أن الأجسام المتحركة لها قدرة على بذل الشغل، أي أن لها طاقة، وتسمى الطاقة التي يمتلكها جسم بسبب حركته بالطاقة الحركية (K.E).

لنفرض أن قوة مقدارها F أثرت أفقيا على جسم كتلته m موضوع على سطح أفقي أملس، كما في الشكل (5-5) فإنها تكسبه تعجيلاً مقداره a.
لذلك فإن سرعة الجسم تزداد من v_i (السرعة الابتدائية) إلى v_f (السرعة النهائية) وفي هذه الحالة تنجز القوة شغلاً مقداره :

$$W_{net} = F \times S \ldots\ldots\ldots (4\text{-}5)$$

وحسب قانون نيوتن الثاني فإن القوة:

$$F = m \times a$$

لذلك يكون الشغل:

$$W_{net} = (ma) \times (S) \ldots\ldots\ldots (5\text{-}5)$$

ومن علاقات الحركة الخطية:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2aS$$

$$a \cdot S = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2} \ldots\ldots\ldots (6-5)$$

بتعويض المعادلة (6-5) في المعادلة (5-5) نحصل على:

$$W_{net} = m \times \frac{v_f^2 - v_i^2}{2}$$

أو:

$$W_{net} = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = (K.E)_f - (K.E)_i$$

هذا يعني ان القوة انجزت شغلاً لزيادة الكمية $\frac{1}{2}mv^2$ من قيمتها الاصلية $(K.E)_i$ الى قيمتها النهائية $(K.E)_f$ وتسمى هذه الكمية بالطاقة الحركية حيث :

$$K.E = \frac{1}{2}mv^2 \ldots\ldots\ldots (7-5)$$

تمثل الطاقة الحركية خاصية من خصائص الجسم وذلك لان مقدارها في أي لحظة يعتمد فقط على كتلة الجسم وانطلاقه في تلك اللحظة وهي لا تعتمد على الاتجاه الذي يتحرك فيه الجسم او الطريقة التي يكتسب بها سرعته، وهي كمية عددية ليس لها اتجاه وموجبة دائماً او صفر وتقاس بوحدات الشغل نفسها، **ففي نظام (SI) اذا قيست الكتلة بالكيلوغرام والسرعة بالمتر في الثانية فإن وحدات الطاقة هي الجول (Joule).**

فكر!!
ايهما اكبر الطاقة الحركية لباخرة تسير بسرعة بطيئة أم الطاقة الحركية لإطلاقة بندقية سريعة.

أما إذا كان السطح خشناً بحيث تعمل قوة الاحتكاك (f_r) على الجسم فإن قانون نيوتن الثاني يصبح:

$$F - f_r = m \times a$$

وبالتالي فإن الشغل المنجز هو :

$$W_{net} = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 + f_r \times S$$

أي أن:

$$= \Delta K.E + W_{fr}$$

حيث W_{fr} هو الشغل المنجز ضد الاحتكاك ، اي ان الشغل الذي انجزته القوة تحول الى زيادة في الطاقة الحركية وشغل ضد الاحتكاك.

مثال:

أثرت قوة مقدرها (1.5 N) على عربة صغيرة ساكنة كتلتها (200 g) فتحركت بتعجيل باتجاه القوة، احسب سرعة العربة بعد قطعها مسافة (30 cm) إذا أهملت قوة الاحتكاك.

الجواب : الشغل المبذول بوساطة القوة هو:

$$W = \Delta K.E = (K.E)_f - (K.E)_i$$

أو:

$$W = (F\cos\theta)(S) = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

$$(1.5\cos 0^\circ)(0.3) = \frac{1}{2}(0.2)v_f^2 - \frac{1}{2}(0.2)(0)^2$$

$$v_f = 2.12 \ \ m/s$$

هل تعلم:

إذا سحب نابض حلزوني بقوة F_{app} فإن استطالة مقدارها x_{max} ستظهر عليه الشكل (a-6-5)، وهناك قوة مضادة في النابض مقدارها ($-F_s$) تحاول إرجاع النابض الى موضعه الأصلي، أذ ان ($F_{app}=-F_s$) (الاشارة السالبة تعني ان اتجاه القوة المضادة المعيدة عكس اتجاه الازاحة).

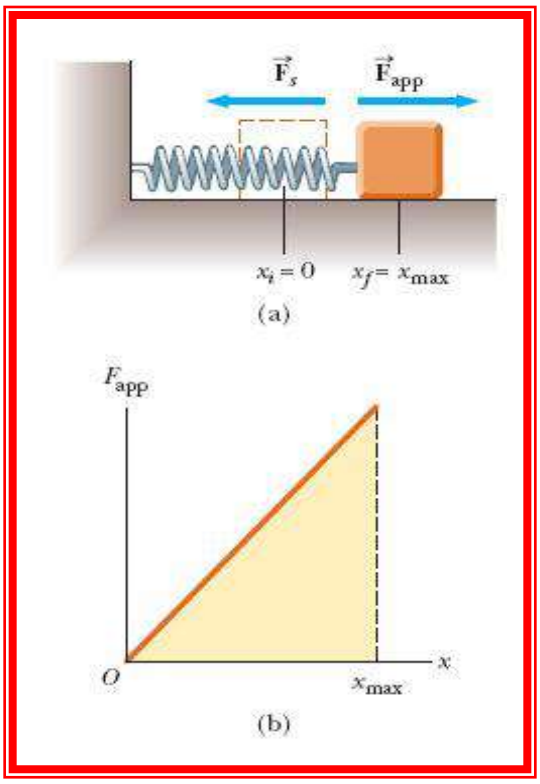
وجد العالم روبرت هوك (Robert Hooke) عام 1678ميلادية أن مقدار الاستطالة x يتناسب مع القوة المؤثرة (F_{app}) أي أن : $F_{app} = Kx$

اذ ان: K ثابت التناسب ويدعى (ثابت القوة) ووحداته (N/m) ويطلق على هذه العلاقة بقانون هوك (Hooke's law).

وعند رسم العلاقة بين القوة المؤثرة F_{app} والازاحة x شكل (b-6-5)، فإن المساحة المظللة تحت خط المستقيم تمثل الشغل المنجز على النابض بفعل القوة (Kx) اي ان :

$$W = \frac{1}{2}(\text{القاعدة}) \times (\text{الارتفاع}) = \frac{1}{2}(x) \times (kx)$$

$$\longrightarrow \quad W = \frac{1}{2}kx^2$$



شكل 5-6

وبشكل عام فإن التغير في الشغل نتيجة استطالة النابض بين موضعين x_2 ، x_1 هو:

$$\Delta W = \frac{1}{2}k(x_2)^2 - \frac{1}{2}k(x_1)^2$$

ويطلق على هذا التغير بالطاقة الكامنة المخزونة في النابض اي أن :

$$\Delta W = \frac{1}{2}k(x_2^2 - x_1^2)$$

مثال: أحسب الشغل المنجز على نابض حلزوني اذا أثرت عليه قوة فأزاحته باتجاهها بمقدار (10 cm) وكان ثابت القوة لهذا النابض (2.8 N/m) ؟

الجواب:

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

$$W = \frac{1}{2} \times 2.8 \times (\frac{10}{100})^2 \rightarrow W = 0.014 \text{ Joul}$$

4-5 القدرة :

تعرف القدرة (P) بأنها المعدل الزمني لتغير الشغل ، أي أن:

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} \dots\dots\dots (8-5)$$

اذ ان ΔW التغير في الشغل، Δt الزمن المستغرق.

تعتبر القدرة من المقادير الفيزيائية العددية لان الشغل والزمن عددين، اي ان لا معنى للاتجاه في تحديد القدرة. وتقاس القدرة في النظام الدولي (SI) بوحدات (Watt) اذ أن :

1Watt = 1 J/S

وتعرف وحدة قياس القدرة (Watt) بانها القدرة الناشئة عن إنجاز شغل مقداره جول واحد خلال ثانية واحدة ، وفي النظام الانكليزي تقاس بوحدات القدرة الحصانية (Horse Power) (hp) أذ أن :

1hp = 746 W

وهناك علاقة مفيدة للقدرة يمكن استنتاجها بدلالة القوة والسرعة كما يلي:

قد علمت بأن التغير في الشغل يعطى بالعلاقة:

$$\Delta W = (F \cos\theta) \times (\Delta S)$$

لذلك فان القدرة ستكون:

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{(F \cos\theta) \times (\Delta S)}{\Delta t}$$

بما ان المقدار $\frac{\Delta S}{\Delta t}$ يمثل معدل السرعة الخطية ، لذلك:

$$P = v \times (F \cos\theta)$$

عندما تكون السرعة بنفس اتجاه الإزاحة والقوة فإن $\theta = 0$ وعندها:

$$P = \vec{v}.\vec{F} \dots\dots\dots (9-5)$$

وبالرغم من كون السرعة V والقوة F مقدارين اتجاهين إلا أن القدرة تبقى كمية عددية.

مثال :

تمكن لاعب رفع الاثقال (رباع) من رفع كتلة مقدارها (112.5 kg) شكل (5-7) وبزمن قدرة (2.1 s) لمسافة عمودية مقدارها (2 m)، احسب القدرة المبذولة لرفع هذه الاثقال.

الجواب:

$m = 112.5\ kg\ ,\ S = 2\ m\ ,\ \Delta t = 2.1\ s$

وزن الاثقال المرفوعة هي :

$F = mg = 112.5 \times 9.8 = 1.1 \times 10^3\ N$

والشغل الذي ينجزه رافع الاثقال:

$W = F \times S = (1.1\times10^3)(2) = 2.2\times10^3\ J$

شكل 5-7

ولذلك قدرة رافع الاثقال هي:

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{2.2\times10^3}{2.1} = 10^3\ W = 1\ kW$$

مثال:

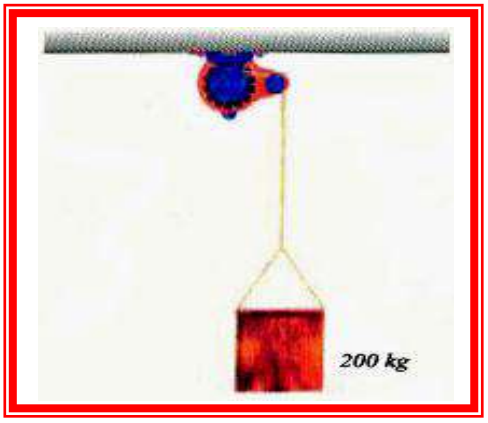
محرك كهربائي شكل (5-8) يستطيع رفع صندوق كتلته (200 kg) بسرعة ثابتة مقدارها (3 cm/s)، احسب قدرة المحرك الحصانية؟

الجواب :

$P = v \times (F \cos\theta)$

اذ ان: θ تمثل الزاوية المحصورة بين قوة الشد في الحبل F واتجاه حركة الصندوق ومقدارها صفر .

كذلك F تعادل وزن الصندوق ولذلك:



$$P = v \times F = v \times (mg)$$

$$= (0.03)\ (200)(9.8)$$

$$P = 58.8\ W$$

وبوحدات القدرة الحصانية:

$$(58.8W)\left(\frac{1\ hp}{746\ W}\right) = 0.0788\ hp$$

8-5 الآلات البسيطة:

شكل 5-8

الآلات هي أجهزة تستخدم لمساعدتنا في إنجاز الشغل،

والآلة البسيطة هي جهاز ميكانيكي يمكنه أن يؤثر على جسم بقوة معينة في نقطة معينة عندما تؤثر على الجهاز قوة خارجية في نقطة أخرى.

تستعمل الآلات لأغراض عدة منها:

1- تحويل الطاقة: مثال ذلك المولد الكهربائي الذي يحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية وكذلك المحرك الكهربائي الذي يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية.

2- نقل الطاقة: العتلات والعجلات المسننة والمحاور التي تربط محركات السيارات بالعجلة حيث تقوم بنقل الطاقة من الماكنة إلى العجلات ، دون أن يحصل تغير في نوع الطاقة ، كذلك النطاق (القايش) الذي يربط بكرة المحرك الكهربائي ببكرة مروحة مبردة الهواء الكهربائية وكذلك السلاسل (الزنجيل) التي تربط عجلات الدراجة وسرفة الدبابة.

3- مضاعفة القوة: مثال ذلك مجموعة البكرات التي يستعملها الميكانيكي لرفع محرك السيارة داخل الكراج حيث يبذل قوة صغيرة بالمقارنة مع وزن الماكنة. ولكن تعمل على مسافة أطول بكثير من المسافة التي تحركها الماكنة وبالتالي فإن الماكنة تتحرك بسرعة اقل بكثير من سرعة تحرك السلسلة التي تؤثر عليها القوة. إذ ان هذه الآلة هي مجموعة من البكرات نستطيع بواسطتها الحصول على قوة اكبر ولكن على حساب السرعة.

4- مضاعفة السرعة: يمكن الحصول على سرعة عالية ولكن بوساطة قوة كبيرة ومثال ذلك الدراجة الهوائية.

ومن الامثلة السابقة يمكن الاستنتاج بان الآلات البسيطة لا تخلق طاقة، حسب قانون حفظ الطاقة فإن الآلة لا تعطي شغل خارج اكبر من الشغل الداخل. الشكل (5-9) يوضح امثلة على بعض الآلات البسيطة.

وبسبب وجود قوى الاحتكاك في الآلات فإن الشغل الخارج يكون اقل من الشغل الداخل بمقدار يساوي كمية الطاقة الحرارية المتولدة.

شكل 5-9 امثلة على الآلات البسيطة

الآلات البسيطة ستة انواع هي: العتلة (Lever)، البكرة (Pulley)، العجلة والمحور (Wheel and Axle)، السطح المائل (Inclined Plane)، البريمة (Jackscrew)، الاسفين (Wedge)، كما في الشكل (5-10) .

شكل 5-10 انواع الآلات البسيطة

5-9 كفاءة الآلة :

تمثل كفاءة ألاله (η) المقياس لدرجة تحول الشغل الداخل إلى الشغل الخارج أي أن:

$$\text{Efficincy}\ (\eta) = \frac{W_{out}}{W_{in}} \times 100\% \ldots\ldots\ldots\ldots (10-5)$$

وبدلالة الطاقة:

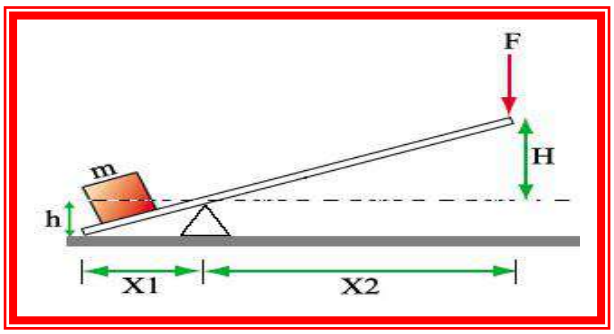
$$\text{Efficincy}\ (\eta) = \frac{E_{out}}{E_{in}} \times 100\%$$

وبدلالة القدرة:

$$\text{Efficiency} = \frac{W_{out}}{W_{in}} \times 100\% = \frac{P_{out} \times t}{P_{in} \times t} \times 100\% = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\text{Efficincy}\ (\eta) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

عملياً فإن الشغل الخارج (W_{out}) دائماً يكون اصغر من الشغل الداخل (W_{in}) ولذلك فإن الكفاءة دائماً تكون اقل من 100%. الشكل (5-11) يوضح آلة بسيطة، فإذا أهمل الاحتكاك في المرتكز (آلة مثالية) وعند تسليط قوة F لمسافة H نحو الأسفل فإن الشغل الداخل هو:



شكل 5-11

work (energy) input = F × H

ونتيجة لذلك يرتفع الثقل (mg) مسافة قدرها (h) فيكون الشغل الخارج:

work (energy) output = (mg) ×h

وإذا فرضنا أن الآلة مثالية فإن :

work input = work output

لذلك: F × H = (mg) × h

مثال:

تطلب رفع صندوق كتلته (20 kg) لارتفاع مقداره (3 m) استعمال منصة متحركة وبذل شغل مقداره (980 J) ، أحسب كفاءة المنصة.

الجواب:

الشغل الداخل: $W_{in}=980\ J$

الشغل الخارج يمثل التغير في الطاقة الكامنة للصندوق الذي ارتفع مسافة (3 m) أي أن:

$$W_{out} = (mg)(\Delta h) = (20)(9.8)(3) = 588\ J$$

ولذلك فإن الكفاءة:

$$\text{Efficiency} = \frac{W_{out}}{W_{in}} \times 100\%$$

$$\text{Efficiency} = \frac{588}{980} \times 100\% = 60\%$$

مثال:

قدرة محرك كهربائي (0.5 kW) ، أفرض ان كفاءة المحرك (88%)، ما مقدار القدرة الحصانية التي يمكن أن يعطيها المحرك.

الجواب:

$$\text{Power} = \frac{W}{t}$$

t : الزمن المستغرق لدخول الشغل الى المحرك وهو نفسه لخروج الشغل من المحرك

$$W_{out} = P_{out} \times t\ , \quad W_{in} = P_{in} \times t$$

$$\therefore \text{Efficiency} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$0.88 = \frac{P_{out}}{0.5} \times 100\% \quad \rightarrow \quad P_{out} = (0.88)(0.5) = 0.44\ kW$$

$$P_{out} = \frac{(0.44\ kW)(1000\ W/kW)}{746\ W/hp} = 0.59\ hp$$

اسئلة الفصل

1- أختر العبارة الصحيحة مما يأتي:-

1- أي من التعبير التالية لا يمثل الطاقة:

$$(a)\ \frac{1}{2}mv^2 \qquad (b)\ F \times \Delta x \qquad (c)\ mg \times \Delta h \qquad (d)\ \frac{F}{\Delta t}$$

2- شخص يمشي أفقياً ويحمل صندوق بيديه فأن مقدار الشغل الذي يبذله

a- صفر b- أكبر ما يمكن c- أقل ما يمكن

3- أن وحدة الجول الواحد هو الشغل الذي تبذله قوة مقدارها نيوتن لإزاحة جسماً مسافة

a- أكبر ازاحة b- إزاحة معاكسة c- متر واحد باتجاه القوة

4- يعتبر الشغل من الكميات الفيزيائية

a- العددية b- الاتجاهية c- ليس له وحدات

5- أن القوة التي تنجز شغلاً لزيادة الكمية $\frac{1}{2}mv_1^2$ الى قيمتها النهائية $\frac{1}{2}mv_2^2$ تسمى هذه الكمية

a- التغير في الطاقة الحركية b- الطاقة الكامنة c- القدرة المنجزة

6- ان وحدة قياس القدرة هي:

a- الواط b- الجول c- الفولت

7- تستعمل الآلات لأغراض عدة منها

a- تحول الطاقة ونقلها b- مضاعفة القوة والسرعة c- كل مما سبق

8- أن الشغل الخارج من الالة يكون أقل من الشغل الداخل بمقدار يساوي كمية

a- الطاقة الحركية b- الطاقة الاهتزازية c- الطاقة الحرارية المتولدة

2- أي من الوحدات التالية لا تمثل وحدات الشغل او الطاقة؟

$$(a)\ N.m \qquad (b)\ kg.\frac{m^2}{s^2} \qquad (c)\ J \qquad (d)\ kg.\frac{m}{s}$$

3- هل هناك آلة يمكن بواسطتها الحصول على قوة كبيرة وسرعة عالية في آن واحد ؟

4- لماذا لا يمكن ان تكون كفاءة الآلة 100% وإذا تحقق ذلك فماذا يعني؟

5- اذكر خمساً من أنواع الآلات التي عرفتها في حياتك اليومية.

6- ما المقصود بكل من: 1- الشغل 2- الجول 3- القدرة 4- كفاءة الالة.

7- أملأ الفراغات الآتية:

1- اذا تضاعفت سرعة جسم وتناقصت كتلته فأن طاقته الحركية سوف ----------.

2- يمكن الحصول على قوة كبيرة في الآلة ولكن بنقصان ----------.

3- أن وحدة الجول بالنظام الدولي تساوي ----------.

4- لا يمكن أن تكون كفاءة الآلة ---------- الا اذا كان ----------.

5- أن أي جسم متحرك له قدرة على بذل ----------.

8- علل ما يأتي:

1- لا تنجز القوة العمودية على متجه الازاحة شغلاً.

2- دائماً يكون الشغل الخارج أقل من الشغل الداخل في الالة.

3- لا توجد وحدة قياس لكفاءة الآلة.

4- تصبح مقدمة المركبات الفضائية ساخنة جداً عندما تدخل الغلاف الجوي للأرض.

مسائل الفصل

1- أحسب كفاءة محرك كهربائي قدرته (1/4 hp) ويستهلك (300 W) من القدرة.

(الجواب: % 62)

2- أحسب كفاءة محرك كهربائي قدرته (3000 W) خلال (4 s) والشغل الخارج منه (4000 J).

(الجواب: % 66)

3- أحسب الشغل الذي يمكن لرفع صندوق وزنه (500 N) وأزاحته مقدارها (10 m) للاعلى؟

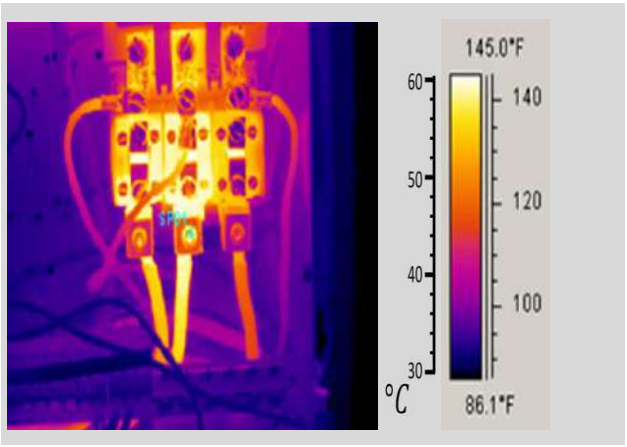
(الجواب: W=5000 J)

4- استعملت مضخة لرفع الماء من بئر الى ارتفاع (3 m) بمعدل (0.6 kg/min) ما قيمة اقل قدرة للمضخة بالواط والقدرة الحصانية.

(الجواب: 0.294 W, 3.9×10^{-4} hp)

الفصل السادس

الحرارة ودرجة الحرارة



مفردات الفصل:

1-6 درجة الحرارة
2-6 مقاييس درجة الحرارة
3-6 انظمة تدريج درجة الحرارة
4-6 كمية الحرارة
5-6 الاتزان الحراري والمخاليط الحرارية الاسئلة و المسائل

الاغراض السلوكية :

بعد اكمال هذا الفصل ينبغي للطالب ان يكون قادراً على أن :

1- يفهم (الحرارة، درجة الحرارة، السعة الحرارية).
2- يميز بين درجة الحرارة والمقاييس المستخدمة في قياسها.
3- يقارن بين كمية الحرارة والسعة الحرارية.

المصطلحات العلمية

Temperature	درجة الحرارة
Thermometers	مقاييس درجة الحرارة
Thermocouple	المزدوج الحراري
Resistance thermometer	محرار المقاومة
Optical Pyrometer	البايرومتر البصري
Melting Point	درجة حرارة الانصهار
Boiling Point	درجة حرارة الغليان
Sublimation Point	درجة حرارة التسامي
Triple Point	النقطة الثلاثية
Celsius Scale	النظام المئوي
Kelvin Scale	النظام المطلق
Fahrenheit Scale	النظام الفهرنهايتي
Quantity of Heat	كمية الحرارة
Heat Capacity	السعة الحرارية
Thermal Equilibrium	الاتزان الحراري

1-6 درجة الحرارة

مفهوم درجة الحرارة: لغرض وصف جسم في حالة سكونه أو حركته لابد من معرفة الكميات الأساسية، وهي الطول والكتلة والزمن وكل الكميات الفيزيائية الأخرى التي تتطلبها عملية الوصف مثل السرعة والتعجيل والزخم والطاقة (الحركية والكامنة). وكذلك نحتاج لمعرفة درجة الحرارة، التي تمثل حالة الجسم اذا كان ساخناً او بارداً.

فتعرف *درجة الحرارة* بانها عدد او رقم يشير الى شدة سخونة الجسم بالنسبة الى مقياس معين.

عزيزي الطالب لغرض التوصل الى وصف درجة الحرارة، نلجأ الى مراقبة تأثيرات تغير بعض مواصفات الجسم بسبب سخونته او برودته، ومن متغيرات الأبعاد (الطول مثلاً) وهذا ما يحصل لخيط زئبقي أو كحولي محفوظ في مستودع يتصل بانبوبة شعرية. يلاحظ عندما نضع علامة محددة على ساق الانبوب أن طول خيط الزئبق يزداد طولاً أو يقصر حسب حالة محيطه ساخن أم بارد.

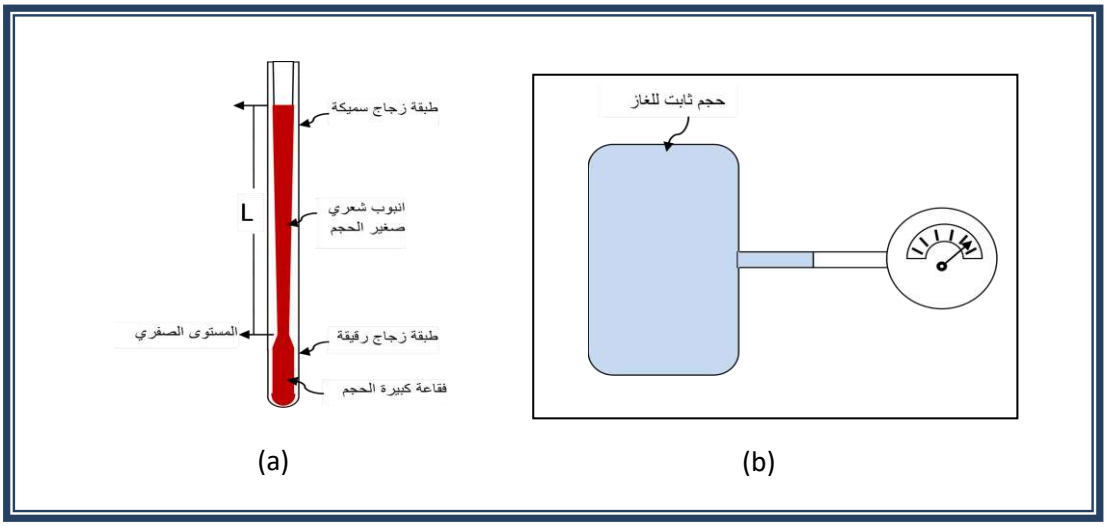
ويمكن الاستدلال على حالة السخونة من خلال تغير ضغط كمية غاز محصور في وعاء أو تغير مقاومة سلك فلزي نتيجة لتسخينه أو تبريده وفي بعض الاحيان نستعمل الكثافة واللون كخواص يعتمد عليها لتعريف درجة الحرارة.

2-6 مقاييس درجة الحرارة:

عزيزي الطالب لكي تصور لشخص مقدار كمية فيزيائية لابد أن نحدد ذلك برقم أو عدد ولهذا يطلق على علم الفيزياء احياناً علم القياس. ان الرقم أو العدد لا يمكن الحصول عليه إلا باستعمال ميزان أو جهاز اخر، ومثال ذلك فإن لدرجة الحرارة مقاييس تستعمل لغرض تحديد رقم أو عدد يشير الى مدى سخونة الجسم. وكذلك عن طريق اللمس يمكن أن تعطي تصوراً معيناً لكنه غير دقيق، لذلك لابد من استخدام جهاز. ومن هذه الاجهزة:

1- الثرموميتر (المحرار):

ان الأجهزة المستخدمة تعتمد في قياسها لدرجة الحرارة على المواصفات أو الخصائص التي سبق أن ذكرناها مثل تغير الطول، وضغط الغاز، ومقاومة السلك وتولد قوة دافعة كهربائية بسبب وجود فرق بدرجة الحرارة ومن اسهل هذه الأجهزة هو جهاز الثرموميتر (المحرار) الذي يلاحظ له مخطط بسيط كما في الشكل (6-1).



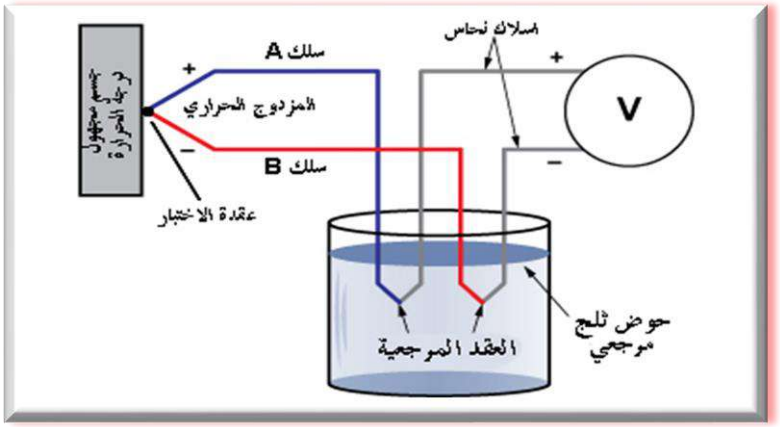
شكل 6-1 مخطط الثرموميتر

ان أهم المواصفات التي يتطلبها الاعتماد على الجهاز هي:

- الحساسية وهي التغير الدقيق في الصفة المعتمدة مقابل تغير بسيط بدرجة الحرارة.
- الدقة في قياس التغير في الصفة المعتمدة كالطول مثلاً. والصفة المهمة هي تشابه التغير عند حالة اعادة القياس.

2- المزدوج الحراري:

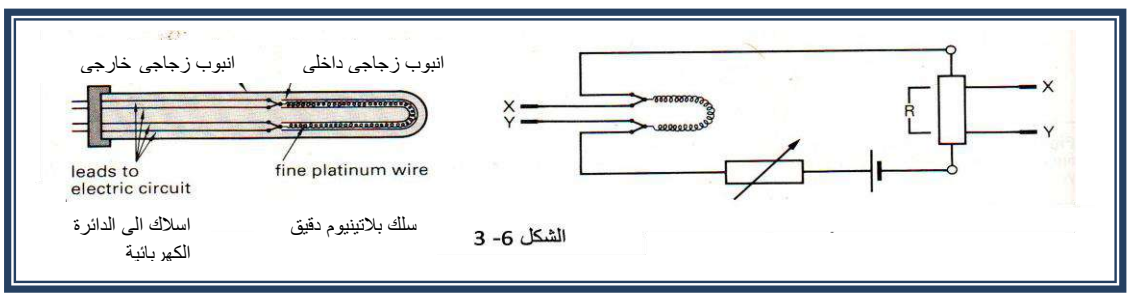
ان من المحارير المشهورة وذات الاستعمال الواسع في مجالات البحث والمختبرات هو المزدوج الحراري والذي يتألف من عقدة لفلزين أو سبيكتين مختلفين مثل A وB وهي عقدة الاختبار وتوضع في المكان المطلوب لقياس درجة الحرارة. وتوضع عقدة ثانية في المكان المرجعي أي موقع ذا درجة حرارة معروفة، وبسبب الظاهرة الفيزيائية المشهورة وهي انه بسبب حصول فرق بدرجة الحرارة بين نهايتي السلكين الطليقين فإن قوة دافعة كهربائية ستتولد بحيث تتناسب مع مقدار (ΔT) وقد اعدت جداول مرجعية للقياس وقامت الشركات المصنعة للاجهزة بالمعايرة لكي يظهر رقم يشير الى درجة الحرارة المجهولة مباشرة بعد أن يقوم الجهاز بتحويل القوة الدافعة الكهربائية الى قراءة لدرجة الحرارة. والشكل (6-2) يوضح الترتيب المبسط لهذا المقياس.



شكل 6-2 مخطط المزدوج الحراري

3- محرار المقاومة:

يتألف من سلك دقيق من البلاتين وعلى الأغلب محفوظ في علبة. ويفصل سلكان نحاسيان يتصلان بمنظومة قياس المقاومة ويعتبر هذا الجهاز من المقاييس الدقيقة لدرجة الحرارة والشكل (6-3) يبين ترتيباً لهذا المقياس, أما عند قياس درجات الحرارة الواطئة فإن اسطوانة صغيرة من الكاربون أو قطعة صغيرة من الجرمانيوم تستخدم بدلاً من سلك البلاتين.



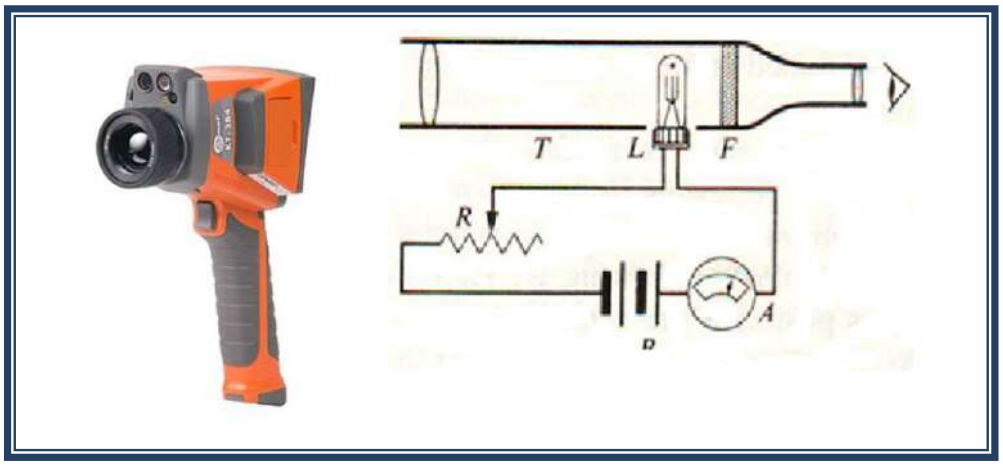
شكل 6-3 تركيب محرار المقاومة

4- البايرومتر البصري:

يقيس مدى من درجات الحرارة اعلى من الدرجات التي تقاس بالمزدوج الحراري أو محرار المقاومة وخاصة درجات الحرارة لمواقع يصعب الوصول اليها بسبب الخطورة من التماس مع هذه

الاماكن كالأفران حيث يتألف من انبوبة تليسكوب T في بدايتها مرشح Filter من زجاج أحمر ومصباح كهربائي مثل حرف L، لاحظ شكل (6-4).

عند استخدام هذا الجهاز يوجه التليسكوب نحو الفرن مثلاً، يلاحظ سطوع السطح الداخلي للفرن والمصباح غير مضيء لكن بإمرار تيار كهربائي بشكل تدريجي الى المصباح فأنه يبدأ بالتوهج حتى يحصل تطابق بين توهج المصباح وسطوع السطح المراد قياس درجة حرارته. ومن خلال المعايرة اللونية وقيمة التيار المستعمل يمكن قياس درجة حرارة الفرن وعن بعد دون تماس مع الفرن.



شكل 6-4 البايرومتر البصري

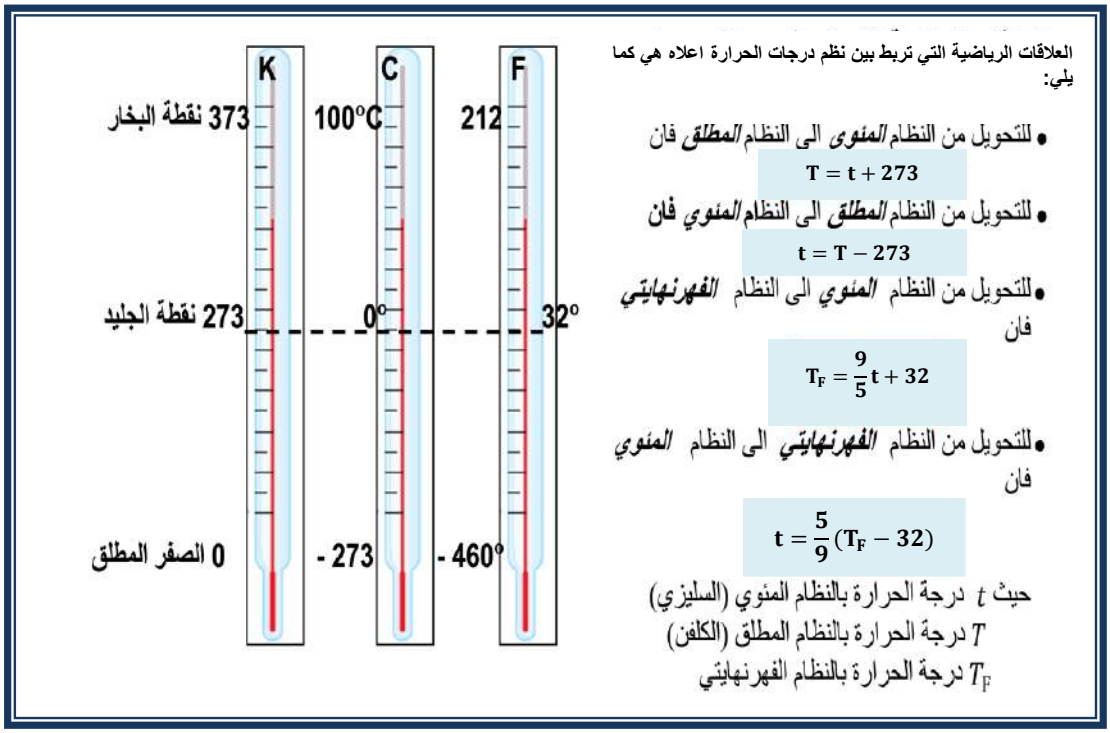
3-6 انظمة تدريج درجة الحرارة Temperature scale systems:

تم اعتماد انظمة متعددة لقياس درجات الحرارة بناءً على ثوابت تتعلق بطور المادة وحالتها ومن هذه الثوابت:

1- نقطة الانصهار الاعتيادية: وهي الدرجة التي يتواجد فيها الصلب وسائله في حالة اتزان.
2- نقطة الغليان الاعتيادية Normal Boiling Point (NBP): وهي الدرجة التي يتواجد فيها السائل وبخاره في حالة اتزان.
3- نقطة التسامي الاعتيادية Normal Sublimation Point (NSP): وهي الدرجة التي يتواجد فيها الصلب وبخاره في حالة اتزان.
4- النقطة الثلاثية Triple Point: وهي الدرجة التي يتواجد فيها السائل والصلب والبخار في حالة اتزان وبالنسبة للماء فإن قيمتها (0.01°C).

ان النقاط السابقة تعتبر ثابتة ولكن تم الاعتماد الاكثر على النقطة الثلاثية للماء، ونظرا لأهميتها وضعت انظمة تدريج درجات الحرارة وهي كما يلي: (المئوية والمطلق والفهرنهايتي).

- النظام المئوي (السيليزي) Celsius Scale: في هذا النظام التدريج يبدأ من الصفر المئوي وهي نقطة انصهار الجليد وانجماد الماء النقي تحت الظروف الاعتيادية. والنقطة العليا هي نقطة غليان الماء النقي تحت الضغط الجوي الاعتيادي وقيمتها (100 °C) والمسافة بين النقطة الصغرى والنقطة العليا تقسم الى 100 قسم متساوي لكل قسم درجة حرارية واحدة.
- النظام المطلق Kelvin Scale: وهو النظام المعتمد في الاستعمالات العلمية خاصة وهذا النظام يمتد من درجة الصفر المطلق (-273 °C) وكل درجة مئوية يضاف لها 273 لكي تتحول الى التدريج المطلق.
- النظام الفهرنهايتي Fahrenheit Scale: في هذا التدريج درجة حرارة الجليد والتي تساوي 0°C تقابل 32°F ونقطة البخار والتي تساوي (100 °C) تقابل (212 °F).



العلاقات الرياضية التي تربط بين نظم درجات الحرارة اعلاه هي كما يلي:

- للتحويل من النظام ***المئوي*** الى النظام ***المطلق*** فان

$$T = t + 273$$

- للتحويل من النظام ***المطلق*** الى النظام ***المئوي*** فان

$$t = T - 273$$

- للتحويل من النظام ***المئوي*** الى النظام ***الفهرنهايتي*** فان

$$T_F = \frac{9}{5}t + 32$$

- للتحويل من النظام ***الفهرنهايتي*** الى النظام ***المئوي*** فان

$$t = \frac{5}{9}(T_F - 32)$$

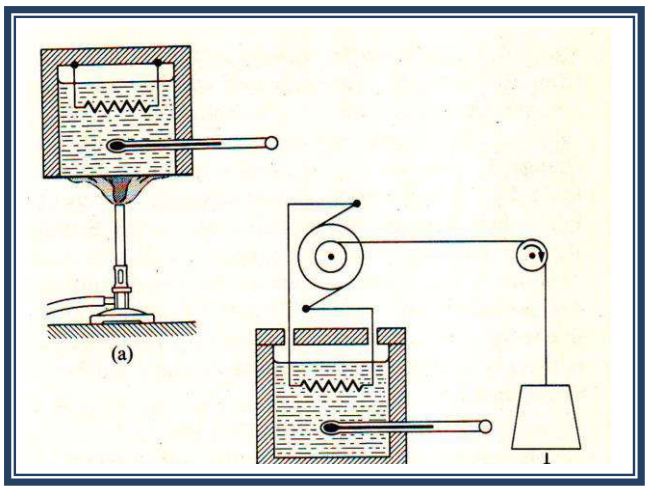
حيث t درجة الحرارة بالنظام المئوي (السليزي)
T درجة الحرارة بالنظام المطلق (الكلفن)
T_F درجة الحرارة بالنظام الفهرنهايتي

4-6 كمية الحرارة:

هل حاولت ملامسة النار المشتعلة في عود الثقاب؟ فماذا يحصل؟ سوف تجد صعوبة وربما استحالة القيام بهذا العمل، لأن النار المتقدة ستحرق اصابع اليد. ولو حاولت ايضا ان تغمر اصابعك في إناء يحوي ماء دافئ، فتلاحظ ان وضع الاصابع لا يخلق سبباً للمضايقة بل الى راحة وخاصة اذا كان الجو بارد.

فلو حاولنا التفريق بين عود الثقاب المشتعل والماء الدافيء وأثرهما على حاسة اللمس. سنجد بعد معرفتنا لدرجة الحرارة، ان درجة حرارة عود الثقاب المشتعل عالية جداً وقد تسبب الحرق لكن درجة حرارة الماء الدافيء اقل بكثير من درجة حرارة عود الثقاب وان كتلة الماء أكبر بكثير من كتلة عود الثقاب وإذا تتبعنا ما تحويه الجزيئة الواحدة من الماء من طاقة وجمعنا هذه الطاقة سنلاحظ أنه أكبر بكثير مما تحويه كتلة رأس عود الثقاب.

فان كمية الحرارة هنا تمثل مجموع الطاقة التي تمتلكها الجزيئات, بينما درجة الحرارة تمثل معدل الطاقة التي تمتلكها الجزيئات.



شكل 5-6

فهذا يعني أن كمية الحرارة التي تنتقل الى جزء مادي محدد سوف تقاس بكتلة هذا الجزء وبمقدار التغير بدرجة الحرارة وبكمية سوف نأتي على ذكرها وهي السعة الحرارية. وإن كمية الحرارة المجهزة يمكن ان تنقل بوساطة مصدر حراري كالمصباح الغازي أو امرار تيار كهربائي في سلك مقاومة، وكما مبين في الشكل (5-6).

منذ القرن الثامن عشر كانت الوحدة الاساسية المستعملة لقياس أو تحديد كمية الحرارة **هي السعرة (Calorie) (وتعرف بانها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من الماء درجة حرارية واحدة).**

وقد وجد أن هذا التعريف ليكون دقيقاً، فإن كمية الحرارة المجهزة لرفع درجة حرارة غرام واحد من الماء من درجة (14.5 °C) الى درجة (15.5 °C). توجد ايضاً وحدة لقياس كمية الحرارة ويتم تداولها في النظام الانكليزي وهي الوحدة الحرارية البريطانية Btu.

ان الحرارة صورة من صور الطاقة لذلك عندما نتكلم عن السعرة الحرارية يعني نتكلم عن الطاقة، أي أن السعرة الحرارية ترتبط بوحدة قياس الطاقة الميكانيكية وهي الجول (Joule) ووجد أن العلاقة بينهما هي

السعرة الواحدة = 4.186 Joule

لكن في النظام الدولي للوحدات تم استعمال الجول كوحدة لقياس كمية الحرارة كونها هي الوحدة العامة لقياس الطاقة.

6-4-1 السعة الحرارية:

نتصور ان كمية محدودة من الحرارة مثل (ΔQ) انتقلت من المحيط الى نظام معين. فإذا ارتفعت درجة حرارة النظام بمقدار (ΔT). فإن مصطلح السعة الحرارية النوعية للنظام (C) يعرف على النحو الآتي:

السعة الحرارية النوعية:

هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلوغرام واحد من المادة درجة حرارية واحدة وتقاس بوحدات (Joule/kg. ^{0}C)

$$C = \frac{\Delta Q}{m\Delta T} \qquad (1-6)$$

او انها النسبة بين (ΔQ) وحاصل ضرب الكتلة (m) في مقدار التغير بدرجة الحرارة (ΔT). حيث يمكن حساب كمية الحرارة (ΔQ) من خلال العلاقة التالية:-

$$\therefore \Delta Q = mC(T_2 - T_1) \quad (2-6)$$

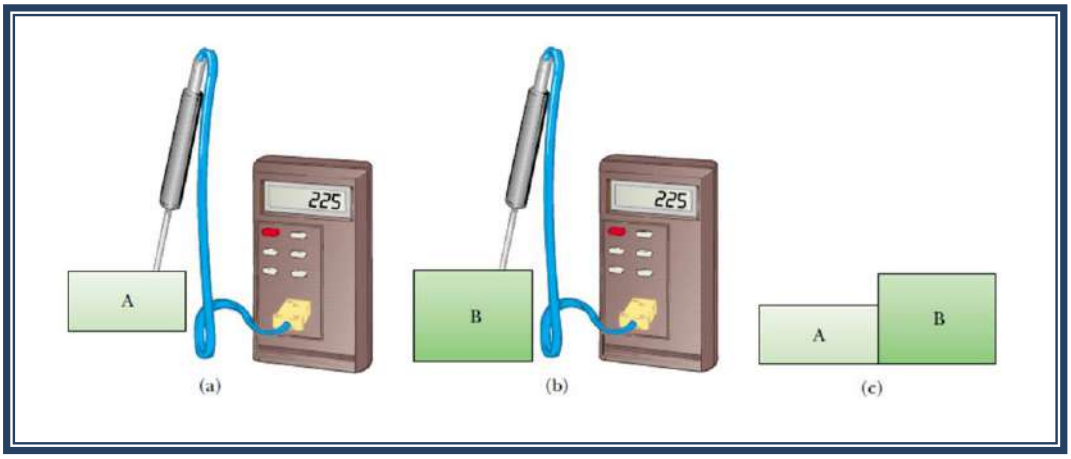
حيث (T_1) درجة الحرارة الابتدائية (T_2) درجة الحرارة النهائية (m) الكتلة. وفي الكيمياء يستعملون المول بدلاً من وحدة الكتلة، لذلك تعرف السعة الحرارية النوعية المولية على النحو التالي:-

السعة الحرارية النوعية المولية:

كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة مول واحد من المادة درجة حرارية واحدة.

6-5 الاتزان الحراري والمخاليط الحرارية:

عندما نضع جسم مثل A على تماس مع جسم ثاني B ويفصل بينهما جدار موصل وكان أحد الجسمين اسخن من الجسم الثاني سنلاحظ بعد فترة من الزمن أن الجسمين يصلان الى نفس درجة الحرارة أي ان انتقالاً للحرارة حصل من الجسم الساخن الى الجسم البارد بمعدل زمني معين. اي تتساوى درجة حرارة الجسمين ويحدث اتزان حراري, كما مبين بالشكل (6-6).



شكل 6-6 عملية الاتزان

ان مبدأ التوازن الحراري يقودنا الى الكثير من المشاهدات اليومية والعملية، فمثلا يتم تبريد محرك السيارة بوساطة دورة المياه التي تبدأ من المشعة الحرارية في مقدمة السيارة وخلط المياه الباردة مع الساخنة للحصول على درجة حرارة معتدلة. كذلك ما يحصل في المبادلات الحرارية في الصناعة حيث يوجد ممران الأول بدرجة حرارة منخفضة والثاني بدرجة حرارة مرتفعة للموائع. يقتربان في النهاية بدرجة الحرارة بعد حصول التبادل الحراري وصولاً الى الإتزان الحراري.

المخاليط الحرارية:

تستعمل في حياتنا كثيراً عند رفع درجة حرارة جزء من مادة بوضعها على تماس مع جزء مادي بدرجة حرارة اعلى أو لتبريد كتلة معينة من معدن وهي ساخنة جداً باستعمال وسط مبرد كالماء أو الزيت مثلاً، فيحصل ذلك بسبب انتقال كمية الحرارة من الجسم الساخن الى الجسم البارد حتى تتساوى درجة الحرارة.

فمثلا لو تصورنا ان لدينا قطعة معدنية كتلتها (m_1) ودرجة حرارتها (T_1) والسعة الحرارية النوعية لمادة القطعة (C_1). والقيت هذه القطعة في ماء كتلته (m_2) ودرجة حرارته (T_2) والسعة الحرارية النوعية للماء (C_2) بحيث $T_1>T_2$، فإن الحرارة سوف تنتقل من القطعة المعدنية الى الماء ويستمر هذا الانتقال الى ان تتساوى درجة حرارة الجسمين, وتسمى الدرجة النهائية أو درجة حرارة الخليط.

وبتطبيق معادلة موازنة الطاقة، لابد أن نتذكر ان الطاقة التي تفقدها القطعة المعدنية تساوي الطاقة التي يكتسبها الماء. لذلك فيمكن حساب الدرجة النهائية للخليط (T).

1- كمية الحرارة التي فقدتها القطعة المعدنية = كتلة القطعة (m_1) × السعة الحراية النوعية (C_1) × الفرق في درجات الحرارة (T_1 - T).

2- كمية الحرارة التي اكتسبها الماء = كتلة الماء (m_2) × السعة الحراية النوعية للماء (C_2) × الفرق في درجات الحرارة ($T - T_2$).

فعندما يحدث اتزان حراري في النظام المعزول اي تكون:-

كمية الحرارة المكتسبة (الماء) = كمية الحرارة المفقودة (القطعة المعدنية)

اي ان:

$$m_1 C_1 (T_1-T) = m_2 C_2 (T-T_2) \ldots\ldots\ldots (3\text{-}6)$$

مثال :

كوب من النحاس كتلته (0.1 kg) ودرجة حرارته (20 °C) ملئ بمقدار (0.2 kg) من القهوة درجة حرارتها (70 °C). ما مقدار الدرجة النهائية للخليط؟ إذا علمت أن السعة الحرارية النوعية للقهوة تساوي السعة الحرارية النوعية للماء. وان السعة الحرارية للنحاس تساوي ($380\ \frac{J}{kg.℃}$)، علماً ان السعة الحرارية النوعية للماء تقريباً (4200 J/kg. °C)

الجواب :

كتلة كوب النحاس (m_1) = (0.1 kg)

درجة حرارة النحاس (T_1°C) =(20 °C)

كتلة القهوة (m_2) = (0.2 kg)

درجة حرارة القهوة (T_2°C) =(70 °C)

نفرض أن درجة الحرارة النهائية للخليط =(T °C)

كمية الحرارة التي اكتسبها كوب النحاس = $m_2c_2(T - T_1)$

كمية الحرارة التي فقدها سائل القهوة =$m_1c_1(T_2 - T)$

بمساواة الكميتين نجد أن الدرجة النهائية للخليط

$$m_1c_1(T_2 - T) = m_2c_2(T - T_1)$$

$$0.2\ kg\ X\ 4200\frac{J}{kg\ ℃}(70\ ℃ - T) = 0.1\ kg\ X\ 380\frac{J}{kg\ ℃}(T - 20\ ℃)$$

840(70-T)=38(T-20)

58800-840 T=38 T-760

58800+760=878 T

$\therefore T = \frac{59560}{878} = 67.8\ ℃$ درجة الخليط النهائية

اسئلة الفصل

1- صحح العبارات التالية:
   a- الصفر المئوي يقابل 39° على النظام الفهرنهايتي.
   b- الصفر المطلق يقابل 273° على النظام المئوي.
   c- درجة غليان الماء النقي (150 °C).
2- ما المبدأ الذي يقوم عليه استخدام المزدوج الحراري لقياس درجة الحرارة؟
3- لماذا يعتبر البايروميتر جهازا مناسبا لقياس درجة الحرارة العالية؟
4- كيف يتم حساب السعة الحرارية لجسم؟
5- عرف النقطة الثلاثية وما قيمتها بالنسبة للماء.
6- هل كلما زادت درجة حرارة جسم تكون كمية حرارته اكبر؟ ام ان هناك كمية اخرى تعتمد عليها كمية الحرارة.
7- جسمان اسودان الاول من النحاس والاخر من الحجر بدرجة حرارة (150 °C) موجودان في بيئة واحدة. كيف تعرف ايهما نحاس؟
8- خلط جسمان الاول درجة حرارته (T_1) والثاني درجة حرارته (T_2) وهي اعلى من (T_1) وعند الاتزان الحراري كانت درجة الحرارة النهائية (T) اذكر الدرجات الثلاث من الصغرى الى الكبرى.
9- ايهما اكبر الجول ام السعرة؟
10- لماذا نشعر ان عمود الحديد ابرد من عمود الخشب في يوم بارد؟
11- مالوحدة الاساسية لدرجة الحرارة في النظام الدولي (SI)؟
12- على ماذا تعتمد كمية الحرارة المتولدة في الاجسام عددها وأذكر العلاقة الرياضية لها؟
13- ما المقصود بكل من (النقطة الثلاثية، نقطة التسامي الاعتيادية، البارومتر البصري، السعة الحرارية، السعرة)

مسائل الفصل

1- درجة حرارة ماء الحنفية في يوم بارد (50 °F)، كم تكون درجة حرارة الماء بالدرجات المئوية؟
(الجواب:10 °C)
2- درجة حرارة الصبة الكونكريتية في يوم ساخن (45 °C)، كم هي درجة حرارة الصبة بالدرجات الفهرنهايتية؟
(الجواب: 113 F)
3- درجة حرارة غاز (27 °C)، ما مقدار هذه الدرجة بالنظام المطلق؟
(الجواب: 300 K)
4- قنينة ثرموس تحوي (150 g) ماء بدرجة (4 °C). اسقطت فيها قطعة فلزية كتلتها (90 g) وبدرجة (100 °C). وبعد الاستقرار الحراري وجد أن درجة الحرارة النهائية (12 °C). احسب السعة الحرارية النوعية للقطعة الفلزية؟
علماً ان السعة الحرارية النوعية للماء تقريباً (4200 J/kg. °C)
(الجواب: 636.36 J/kg.°C)

الفصل السابع
(تأثير الحرارة في المادة)

مفردات الفصل

7-1 التمدد الحراري
7-1-1 تمدد الاجسام الصلبة
7-1-2 تمدد السوائل
7-1-3 تمدد الغازات
7-2 الاجهاد الحراري
7-3 طرائق انتقال الحرارة
7-3-1 التوصيل الحراري
7-3-2 الحمل
7-3-3 الإشعاع
7-4 تغير الحالة
7-4-1 السوائل والمواد الصلبة
7-4-2 التبخر والغليان
7-4-3 حرارة التبخر
7-4-4 الانصهار
7-4-5 التسامي
7-4-6 الحرارة الكامنة للانصهار والتبخر.
7-5 المكائن الحرارية.
الاسئلة والمسائل.

الاغراض السلوكية :

بعد اكمال هذا الفصل ينبغي للطالب ان يكون قادراً على أن:

1- يستوعب مفاهيم التمدد والاجهاد الحراري والتمييز بينهما.
2- يتعرف على أنواع تمددات الاجسام الصلبة والمقارنة بينها.
3- يفهم تغير الحالة (الانصهار والانجماد، التكثيف، التبخير، التسامي).
4- يتعرف على عمل الماكنة والثلاجة والمضخة الحرارية وأجزاء وتركيب كل واحدة منها.
5- يتعرف على طرق انتقال الحرارة (التوصيل، الحمل، الاشعاع).

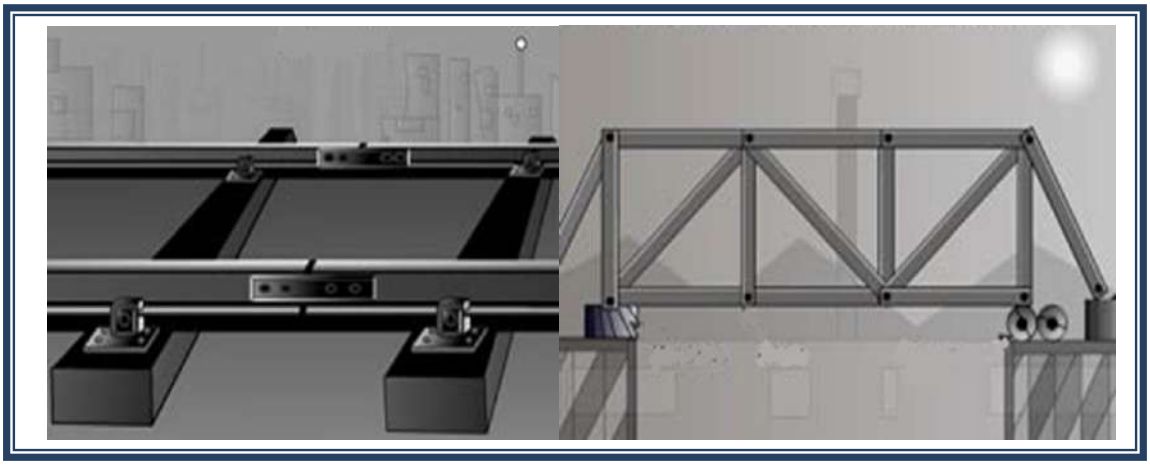
المصطلحات العلمية:

Thermal stress	الإجهاد الحراري
Expansion	التمدد
Thermal conduction	التوصيل الحراري
Thermal Convection	الحمل الحراري
Radiation	الاشعاع
Melting	الانصهار
Sublimation	التسامي
Heat Engine	المكائن الحرارية
Refrigerator	الثلاجة

1-7 التمدد الحراري :

السؤال الذي يطرح نفسه هو لماذا تترك النهاية الثانية لجسر ضخم تنزلق على عجلات بينما النهاية الاولى مثبتة؟ ولماذا تترك فراغات بين قطع الانابيب الطويلة او صبات الكونكريت لاحظ شكل (1-7)؟

الاجابة تتركز على ظاهرة التمدد (Expansion) للأجسام بسبب ارتفاع درجة الحرارة وان المسافة الفاصلة بين الجزيئات سوف تزداد بسبب اتساع سعة اهتزاز الجزيئات عند ارتفاع درجة الحرارة وان هذه الزيادة بالمسافة ستكون لجميع الجزيئات وبالتالي سوف يؤثر في جميع ابعاد الجسم.



شكل 7-1 معالجة التمدد في الجسور والسكك الحديدية

1-1-7 تمدد الاجسام الصلبة:

ان حجم الاجسام يزداد بزيادة درجة الحرارة عندما يبقى الضغط ثابتا. فاذا تصورنا ان مقدارا من صلب يزداد حجمه بمقدار (ΔV) عندما تتغير درجة حرارته بمقدار (ΔT).

معامل التمدد الحجمي (β) يعرف انه مقدار الزيادة الحاصلة في وحدة الحجم من المادة عند ارتفاع درجة حرارته درجة سيليزية ويقاس بوحدة ($^{\circ}C^{-1}$). ويعطى بالعلاقة:-

$$\beta = \frac{1}{V}\frac{\Delta V}{\Delta T} \quad \ldots.(1-7)$$

اذ ان: β: معامل التمدد الحجمي، V: الحجم (m^3)، ΔV : التغير بالحجم (m^3)

ΔT : التغير بدرجة الحرارة ($^{\circ}C$)

وان معامل التمدد الحجمي تتغير قيمته مع تغير درجة الحرارة, و مقداره للمواد ذات نقطة الانصهار العالية اصغر من مقداره للمواد ذات نقطة الانصهار الواطئة.

في التطبيقات العملية تستخدم قيمة لـ (β) فيما تسمى قيمة المتوسط وهي ($\bar{\beta}$).ويزداد حجم المادة (V) بمقدار (ΔV) لارتفاع درجة الحرارة (ΔT) فيعطى بالعلاقة التالية:

$$\Delta V = \beta V_{\circ} \Delta T$$

اذ ان: $V_{\circ}$: الحجم الاولي (m^3).

مثال (1):

قطعة معدنية حجمها ($200\ cm^3$) ودرجة حرارتها ($30°C$) سُخنت الى درجة حرارة ($80°C$). ما مقدار معامل التمدد الحجمي لها إذا أصبح حجمها بعد التسخين ($200.1\ cm^3$).

الجواب:

مقدار الزيادة في حجم الاناء:

$$\beta = \frac{1}{V}\frac{\Delta V}{\Delta T}$$

$$\beta = \frac{1}{200} \times \frac{(200.1 - 200)}{(200 - 80)}$$

$$\beta = 1 \times 10^{-5}\ \frac{1}{°C}$$

معامل التمدد الطولي: يعرف بانه مقدار الزيادة الحاصلة في وحدة الاطوال في المادة عند تسخينها درجة سليليزية واحدة ويقاس بوحدة ($1/℃$) ويختلف باختلاف المواد. ويعطى بالعلاقة التالية:

$$\boldsymbol{\alpha = \frac{1}{L}\frac{\Delta L}{\Delta T} \ldots.\ (2-7)}$$

اذا انه: α: معامل التمدد الطولي

L: الطول (m).

ΔL : التغير بالطول (m)

ΔT : التغير بدرجة الحرارة ($^{\circ}C$)

مثال (2):

قضيب طوله ($3\ m$) وجد انه يتمدد بمقدار ($0.091\ cm$) عندما ترتفع درجة الحرارة بمقدار ($60°C$) احسب معامل التمدد الطولي لمادة القضيب؟

الجواب:

الطول الاصلي : $L_o=3m$ ، الزيادة في الطول: $\Delta L=0.091\ cm$، التغير في درجة الحرارة: $\Delta T = 60\ ^oC$

$$\alpha = \frac{1}{L}\frac{\Delta L}{\Delta T} = \frac{0.091\ cm}{(300\ cm)(60\ ℃)} = 5.05 \times 10^{-6}\ ℃^{-1}$$

ان التغير في الطول يتناسب طرديا مع التغير في درجات الحرارة والطول الاصلي ونوع المادة لاحظ الشكل (2-7). ويمكن كتابة معادلة التغير في الطول على النحو الاتي:

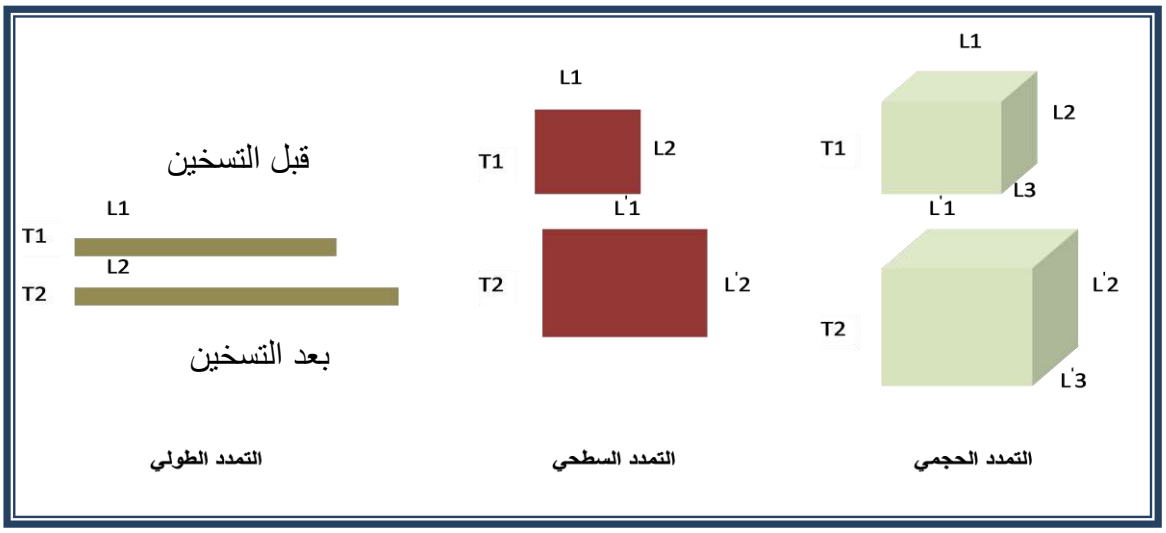
$$\boldsymbol{\Delta L = L_\circ\, \bar{\alpha} \Delta T}$$

اذ ان: ΔT التغير بدرجة الحرارة.

$L_\circ$ الطول الاصلي و $\bar{\alpha}$ متوسط معامل التمدد الحراري الطولي.

$$\boldsymbol{L = L_\circ + \Delta L = L_\circ(1 + \alpha \Delta T) \ldots\ldots\ (3-7)}$$

L الطول الجديد بعد تغير الطول الاصلي.



شكل 7-2 التمدد الحراري الطولي والسطحي والحجمي للمواد الصلبة.

ان معامل التمدد الحجمي يربط بعلاقة مع معامل التمدد الطولي. ولأجل الحصول على العلاقة تتصور ان لدينا جسم متوازي مستطيلات ابعاده L_1 و L_2 و L_3 فالحجم V يساوي

$$V= L_1 \times L_2 \times L_3$$

عند حساب تغير الحجم بالنسبة لدرجة الحرارة يكون لدينا من المعادلة (7-1):

$$\boldsymbol{\beta = \frac{\Delta V}{V\,\Delta T}}$$

فاذا كان الجسم يمتلك الخواص نفسها بالاتجاهات الثلاثة يمكن صياغة علاقة تربط بين معامل التمدد الطولي ومعامل التمدد الحجمي:

$$\boldsymbol{\beta = 3\frac{\Delta L}{L\Delta T} = 3\alpha \ldots\ldots\ldots (4-7)}$$

لذا يكون التمدد السطحي للمادة هو ضعف التمدد الطولي كما في المعادلة:

$$\boldsymbol{\gamma = 2\alpha}$$

$$\boldsymbol{\Delta A = \gamma A_\circ \Delta T}$$

$$\boldsymbol{\gamma = \frac{\Delta A}{A_\circ \Delta T} \ldots\ldots\ldots (5-7)}$$

اذ ان (γ) هي معامل التمدد السطحي، (ΔA) والزيادة الحاصلة في وحدة المساحة عندما تتغير درجة الحرارة درجة سليزية واحدة هو التغير في المساحة (m^2) ، ($A_\circ$) هي المساحة الاصلية (m^2) وان (ΔT) هو التغير في درجة الحرارة ($^\circ C$).

مثال (3):

صحيفة معدنية مساحتها ($100\ m^2$) في درجة الحرارة بمقدار ($20°C$) سُخنت الى درجة حرارة ($120°C$) احسب الزيادة الحاصلة في مساحتها، إذا علمت أن معامل التمدد الطولي للنحاس $(17 \times 10^{-6}\ \frac{1}{^\circ C})$؟

الجواب:

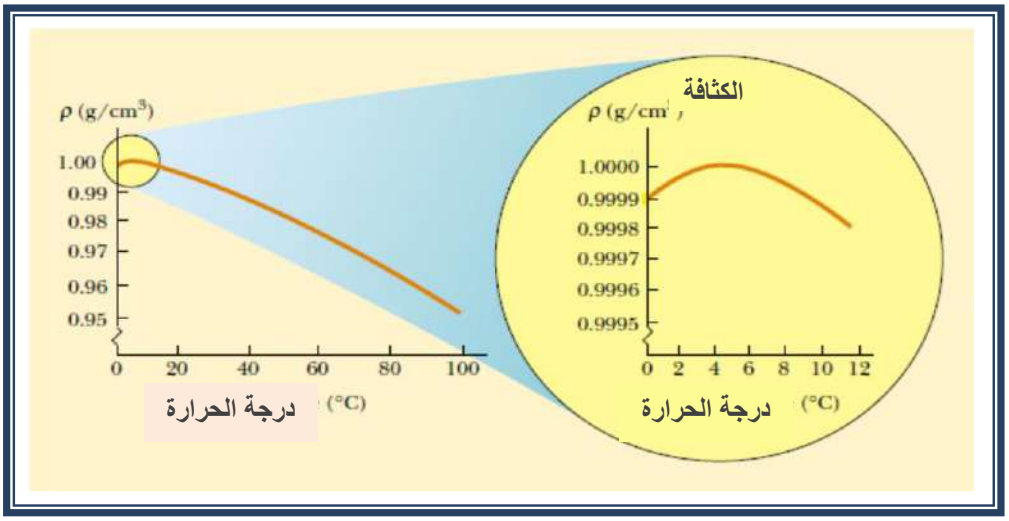
$\because\ \Delta A = \gamma A_\circ \Delta T$

$\therefore \Delta\gamma = 2(17 \times 10^{-6}) = 34 \times 10^{-6}\ C^{-1}$

$\therefore \Delta A = 100 \times 34 \times 10^{-6} \times (120-20) = 0.34\ \ cm^2$

2-1-7 تمدد السوائل:

تتمدد السوائل كما تتمدد المواد الصلبة والغازية ولكن معامل تمدد السوائل هو معامل تمدد حجمي وقيمته اكبر بكثير من معامل التمدد الحجمي للمواد الصلبة اذ تبلغ حوالي عشرة امثال التمدد الحجمي للمواد الصلبة، فمثلا معامل التمدد الحجمي للكحول ($75\times10^{-5}\ ^{\circ}C^{-1}$), بينما للألمنيوم ($7.2\times10^{-5}{}^{\circ}C^{-1}$) وبالنسبة للسوائل ذات التمدد الحجمي القليل مثل الزئبق يبلغ معامل التمدد الحجمي له ($18\times10^{-5}{}^{\circ}C^{-1}$). اما بالنسبة للماء فان سلوكه شاذ نسبيا اذ ان حجمه يقل وكثافته تزداد كلما ارتفعت درجة حرارته من درجة حرارة (0°C) الى درجة (4°C)، لاحظ شكل (3-7) لكن بعدها يعود الى السلوك الاعتيادي للسائل اذ يزداد حجمه كلما ارتفعت درجة حرارته. وان لهذه الحالة اهمية كبيرة في حياة النباتات والحيوانات المائية اذ يمكن ان يكون سطح المسطح المائي قد تحول الى جليد بينما الطبقة التي تحته تبقى بالحالة السائلة مما يسهل على الكائنات الحية الاستمرار بالحياة.



شكل 7-3 تغير الكثافة مع تغير درجة الحرارة.

3-1-7 تمدد الغازات:

ان الغازات تتمدد ويتغير حجمها بمقدار كبير كلما تغيرت درجة حرارتها لاحظ الشكل (7-4)، لذلك فان معامل التمدد الحجمي للغازات كبير جدا مقارنة بالمواد السائلة و الصلبة. ونلاحظ ذلك على الهواء المحصور في اطار السيارة في الصيف كيف يتمدد ويسلط ضغطا اضافيا على جدار الاطار. ويستفاد من تمدد الهواء بطريقة الحمل في مبدا التدفئة والتبريد اذ كلما قلت كثافة الغاز ارتفع الى الاماكن المرتفعة وبذلك يستطيع ان يحل محله الغاز ذو الكثافة الاعلى وهكذا.

شكل 7-4 يزداد حجم البالون نتيجة تمدد الغاز فيه بسبب التسخين.

ان لتغيير حجم الغاز وسيلتين، اما بتغيير درجة الحرارة فيتولد لدينا ما يسمى التمددية ($\bar{\beta}$) (معامل التمدد الحجمي)، اذ يتغير الحجم بتغير درجة الحرارة عند ثبوت الضغط وفقا للعلاقة الاتية:

$$\bar{\beta} = \frac{1}{V}\frac{\Delta V}{\Delta T}$$

ويمكن تغيير حجم الغاز بتغيير الضغط مع ثبوت درجة الحرارة لذلك ينتج لدينا تعريف لما يسمى بالانضغاطية (K):

$$K = \frac{1}{V}\frac{\Delta V}{\Delta P} \quad \ldots . (6-7)$$

اذ ان:

K: متوسط الانضغاطية.

ΔP: التغير بالضغط.

ΔV: التغير بالحجم.

2-7 الاجهاد الحراري:

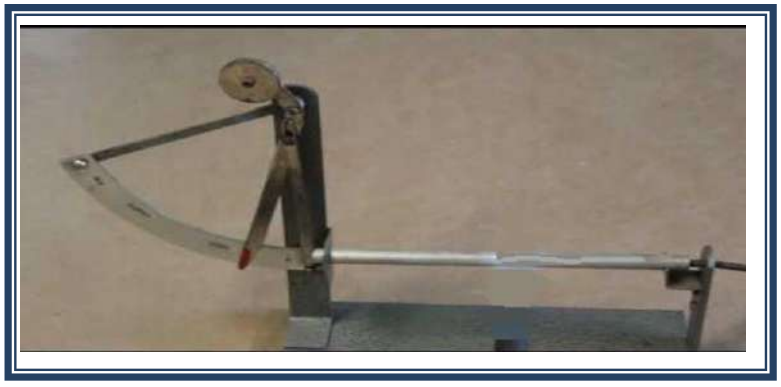
عندما تتغير درجة حرارة الجو، سيؤثر ذلك على قضيب مثبت من النهايتين فيؤدي الى ظهور اجهادات شدية او كبسية تسمى **(الاجهادات الحرارية)** تؤثر في هذا القضيب. ولتلافي هذه الاجهادات اذا كانت كبيرة بما فيه الكفاية فانها سوف تكون اكبر من حد المرونة او من متانة الكسر.

لذلك فإن المصمم سوف يضع في حسبانه تغيرات درجات الحرارة للجو لذلك يجب وضع ترتيب خاص لتلافي هذا التغير لاحظ الشكل (5-7) الذي يوضح تأثير تغير درجة الحرارة على سكة القطار.

شكل 7-5 انحناء خطوط السكك الحديدية بسبب التمدد الحراري.

ولمحاولة حساب الاجهاد الحراري لقضيب مقيد شكل (6-7) يتعرض لتغير بدرجة الحرارة، نفترض التالي :-

لتكن درجة حرارة القضيب (T) وبينما يكون القضيب مثبتا نتصور ان درجة الحرارة تقل الى (T_o) سيكون التغير الجزئي في طول القضيب عندما يكون القضيب حر الحركة.



شكل 7-6 تجربة حساب الاجهاد الحراري لقضيب مقيد.

فإذا كان ΔL التغير بالطول وان L_o الطول الاصلي و α معامل التمدد الطولي فإنه من معادلة (3-7):

$$\frac{\Delta L}{L_\circ} = \alpha(T - T_\circ) = \alpha \Delta T$$

واذا كان القضيب غير حر الحركة للتقلص لابد ان يحصل به شد لتغطية التغير الجزئي بالطول.

هل تعلم:
يمكن معرفة قيمة اجهاد الشد من تعريف (معامل يونك)(Y)

$$Y = \frac{F/A}{\Delta L/L_\circ} \Rightarrow F = AY\alpha\Delta T$$

ان ظاهرة الإجهاد الحرارية يمكن ملاحظتها بسهولة في تكسر الاواني الزجاجية السميكة عندما يسكب فيها ماء حار, وهناك نوع اخر من الزجاج يدعى (البايريكس) (pyrex), يكون جداره رقيقاً وله مقاومة حرارية عالية ويمتلك معامل تمدد طولي صغير فيتحمل التغيرات السريعة في درجات الحرارة دون ان ينكسر.

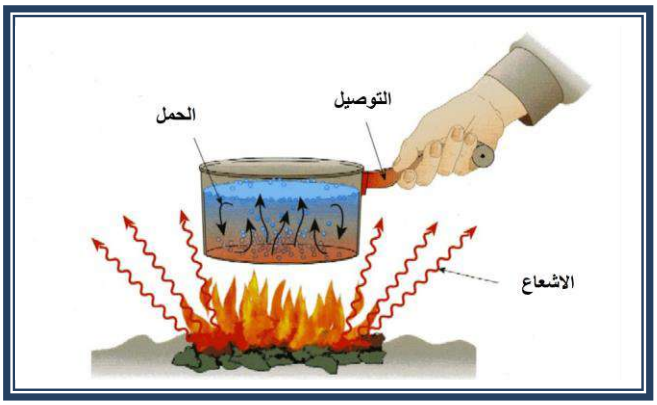
3-7 طرائق انتقال الحرارة:

لو وجهنا لأنفسنا الاسئلة التالية:- لماذا نشعر بالسخونة عندما نجلس على مسافة من موقد حراري؟ ولماذا نشعر ان مقبض الباب او الاجزاء المعدنية تكون باردة جدا ايام الشتاء, وتكون حارة ايام الصيف، ولماذا نستعمل المدفأة وعادة ما توضع على ارضية الغرفة ونشعر بعد فترة بأن جو الغرفة اصبح ساخنا؟ هذه الاسئلة تدلنا على طرائق انتقال الحرارة ومنها ما يحتاج الى وسط مادي ومنها لا يحتاج الى وسط مادي.

ان الطرائق التي تنتقل بها الحرارة ثلاث :-

1- التوصيل 2- الحمل 3- الاشعاع

وفي كل هذه الطرائق لابد من وجود فرق بدرجات الحرارة حتى يحصل انتقال للحرارة، لاحظ الشكل (7-7).



شكل 7-7 الانواع الثلاثة لانتقال الحرارة.

1-3-7 التوصيل الحراري:

يحصل التوصيل الحراري في المواد وخاصة الصلبة. وان هناك مواد جيدة للتوصيل الحراري مثل الفلزات وتعتبر اجود المواد توصيلا للحرارة, في حين توجد مواد رديئة التوصيل للحرارة و تسمى بالعوازل منها الخشب والمواد البلاستيكية، وقد وجد ان التوصيل يعتمد على طبيعة المادة وعلى شكل الجسم حيث لوحظ ان التوصيل يعتمد على:

1- الفرق بين درجتي حرارة الطرفين الاول والثاني ΔT
2- زيادة مساحة المقطع الذي يعبر منه التيار الحراري A .
3- انقاص طول الممر الذي يسلكه التيار الحراري ℓ .

7-3-2 الحمل الحراري:

هو انتقال الحرارة من مكان الى اخر بسبب حركة جزيئات المادة نفسها. مثال ذلك هواء الفرن الساخن, الماء الساخن لمنظومة تسخين، وكذلك جريان الدم. ويوجد نوعان من الحمل وهما:- اذا اجبرت المادة الساخنة على الانتقال بسبب اداة مثل المضخات فان هذا النوع من الحمل يسمى بالحمل القسري (او الاضطراري) Forced convection.

اما اذا انتقلت المادة بسبب فرق الكثافة فان العملية يسمى (الحمل الطبيعي الحر free convection)، كما يحصل في توزيع الحرارة بانتقال الهواء خلال جو الغرفة بسبب فرق الكثافة.

7-3-3 الاشعاع:

ان الاشعاع يطلق على الانبعاث المستمر للطاقة من كل الاجسام، وان هذه الطاقة تسمى بالطاقة المشعة ، وهي على شكل موجات كهرومغناطيسية . وان هذه الموجات تنتقل بسرعة الضوء ولا تحتاج الى وسط مادي لانتقالها ويمكن ان تنتقل في الفراغ ايضا كما يحصل لطاقة الشمس عندما تصل الى الارض عبر ملايين الكيلومترات.

ان الطاقة المشعة تنبعث من السطح بالنسبة لوحدة الزمن والمساحة. وتعتمد على طبيعة السطح وعلى مقدار درجة حرارة الجسم.

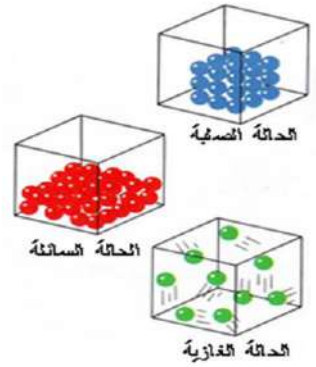
كما اثبت ستيفان – بولتزمان انه عند درجات الحرارة الواطئة يكون معدل الانبعاث صغيرا والطول الموجي للانبعاث طويلا وان هذا الاشعاع يزداد بشدة وبسرعة كبيرة يتناسب مع الاس الرابع لدرجة الحرارة المطلقة للجسم يسمى بالإشعاع الحراري، وكمثال على ذلك فان لوحا من النحاس بدرجة حرارية (100 °C) يشع بمقدار ($0.03\ J/s\ cm^2$) من سطح اللوح. اما اذا ارتفعت درجة الحرارة الى (500 °C) فإنه سوف يشع حوالي ($0.54\ J/s.cm^2$) من وجه اللوح، وعندما تصل درجة الحرارة الى (1000 °C) يكون معدل الاشعاع ($4\ J/s.cm^2$).

7-4 تغير الحالة (الانصهار والانجماد، التكثيف، التبخر، التسامي):

7-4-1 السوائل والمواد الصلبة:

القوى الداخلية التي تجمع الجزيئات معاً: ان جزيئات السائل تشبه الى حد ما النحل في خليتها تدب الواحدة فوق الاخرى. وان السوائل تجري بسبب انزلاق الجزيئات الواحدة فوق الاخرى بسهولة. ومع ذلك فان سريانها اقل حرية من حركة الغازات بسبب قوة الجذب بين الجزيئات والتي تؤثر لمسافات قصيرة.

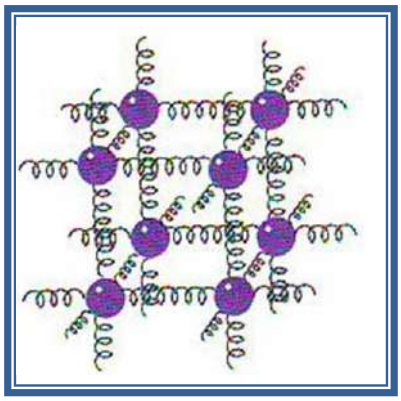
بينما القوى بين الجزيئات في الحالة الصلبة اكثر من تلك التي في السوائل وانها من الكبر بحيث ان جزيئاتها غير حرة الحركة والشكل (7-8) يبين حالة الجزيئات في الحالات الثلاث (الصلبة, السائلة, الغازية) لذلك فان هذه الجزيئات تكون مستقرة .



الشكل 7-8 الجزيئات في الحالات الثلاثة للمادة.

ويمكن تصورها على انها ممسوكة في موقعها مع بعضها بوساطة نوابض متصلة مع بعضها البعض. وكل جزيئة تهتز الى الامام والخلف بسرعة لاحظ الشكل (7-9).

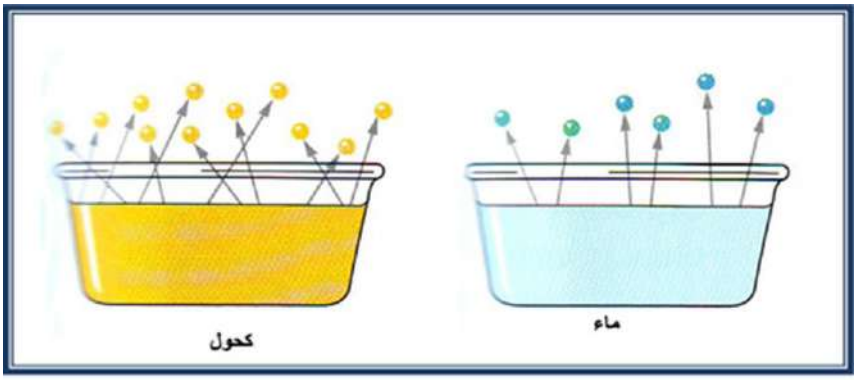
ان كل نابض يمثل اصرة بين جزيئتين متجاورتين. هذه الاواصر تكون كهربائية في طبيعتها. ان المادة الصلبة تعتبر مرنة، وذلك لان جزيئاتها تعود الى وضعها الاصلي بعد سحبها او دفعها بوساطة قوى وذلك بعد ازالة هذه القوة. وعندما تكون هذه القوى كبيرة فان الصلب ربما يتشوه بشكل دائمي. وفي هذه الحالة فان الجزيئات تنتقل الى مواضع جديدة وتجد تجمعا جديدا لقوى التجاذب. وعندما تتعاظم القوى المؤثرة فإنها تسبب الكسر.



شكل 7-9 تصور الجزيئات في المادة مرتبطة بنوابض

7-4-2 التبخر والغليان:

تحول السائل الى غاز: تصور لدينا سائلان وهما الماء والكحول. بأوعية مكشوفة كما في الشكل (7-10).



الشكل 7-10 هروب الجزيئات من سطح السائل نتيجة التبخر

عند ازدياد درجة الحرارة تتحرك الجزيئات في كل وعاء بكل الاتجاهات وبانطلاقات مختلفة. وبسرعة تكفي لهروبها من السائل الى الهواء المحيط بالرغم من وجود قوة التجاذب بين الجزيئات. وبهذا الفقدان السريع للجزيئات يحصل التبخر للسائل. فالكحول يتبخر اسرع من الماء لذلك اثر التبريد يظهر لان قوى التجاذب بين جزيئات الكحول اقل من الماء وبالنتيجة عددا اكبر من الجزيئات يمكن ان يهرب.

عند زيادة درجة الحرارة فالجزيئات تتغلب على القوى التي تربطها مع بعضها فتتكون فقاعات الغاز خلال السائل ثم يبدا السائل بالغليان. هذه الدرجة تسمى نقطة الغليان للسائل، ان نقطة الغليان للكحول (78 ˚C) وهي اصغر من نقطة غليان الماء التي تبلغ (100 ˚C).

لذلك فان التبخر يختلف عن الغليان بنقطتين:-

1- التبخر يحصل عند سطح السائل فقط . بينما الغليان يحصل بكامل حجم السائل.
2- التبخر يحصل في جميع درجات الحرارة بينما الغليان يحصل عند نقطة الغليان أو درجة حرارة اعلى.

7-4-3 حرارة التبخر

ان التبخر اذا حصل بوساطة التسخين يكون غازاً. والتبخر الذاتي يتم تجهيز الطاقة من داخل السائل (ولهذا فيكون السائل ابرد). اما عند تجهيز الحرارة فإن الطاقة تأتي من الخارج. بالنسبة للماء

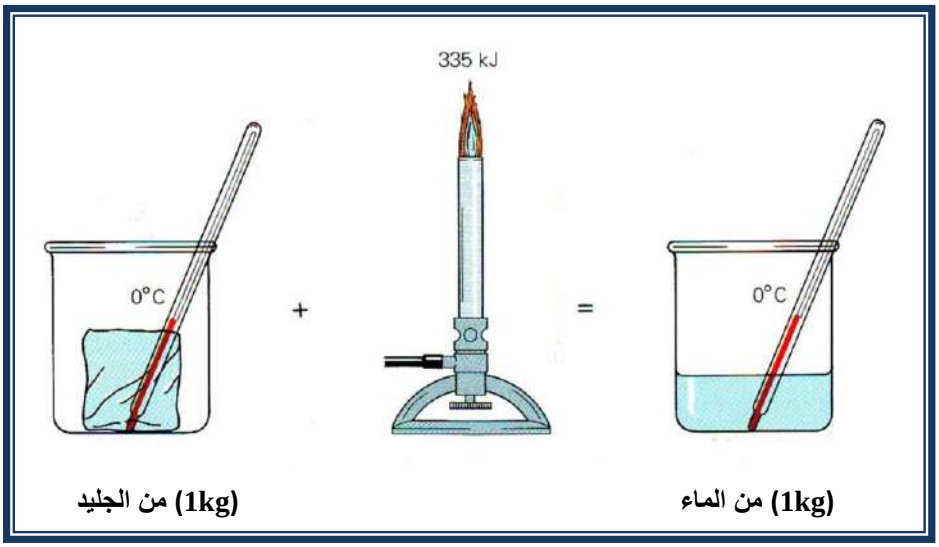
والذي نقطة غليانه (100 ˚C) فان كل كيلوغرام منه يحتاج الى (2260 kJ) من اجل تحويله الى بخار بدون وجود فرق (بدرجة الحرارة بين السائل والغاز ومتوسط الطاقة الحركية الجزيئية).

يتبادر السؤال التالي الى الذهن. اذا لم تتحول الطاقة المجهزة الى طاقة حركية فألى اي شكل من اشكال الطاقة تتحول الـ (2260 kJ) لكل كيلو غرام؟ ان القوى ما بين الجزيئات هي التي تعطي الجواب. وفي الحالة السائلة هذه القوى تكون قوية لان الجزيئات مشدودة بعضها لبعض. ولأجل فصل هذه الجزيئات وجعلها شبيهة لما في الغاز لابد من التغلب على هذه القوى. كل جزيئة يجب ان تتحرك ضد الجزيئة المجاورة لها الى موقع جديد يكون فيه الجذب ضعيف جدا. فمثلما يكتسب الحجر الذي يرمى الى الاعلى على طاقة جهد أو (طاقة كامنة) كذلك فإن هذه الجزيئات سوف تحصل على طاقة جهد وعندما يتحول البخار الى سائل فان العملية تنعكس. ان الجزيئات تسقط الواحدة نحو الاخرى تحت تأثير الجذب المتبادل. وان طاقتها الكامنة تؤخذ على هيئة حرارة من المحيط.

4-4-7 الانصهار:

تحويل الصلب الى سائل: ان مقدارا من الحرارة يضاف عند نقطة الغليان لأجل تحويل السائل الى غاز. كذلك فان مقدارا من الحرارة عند نقطة الانصهار يجب ان تجهز الى الصلب لتحويله الى سائل.

ان كمية الحرارة اللازمة لتحويل (1kg) من الصلب عند نقطة انصهاره الى سائل تسمى حرارة الانصهار Heat of Fusion للمادة. وبنفس المقدار من الحرارة يسحب من المادة عند نقطة الانصهار لتحويله من سائل الى صلب لاحظ الشكل (7-11).

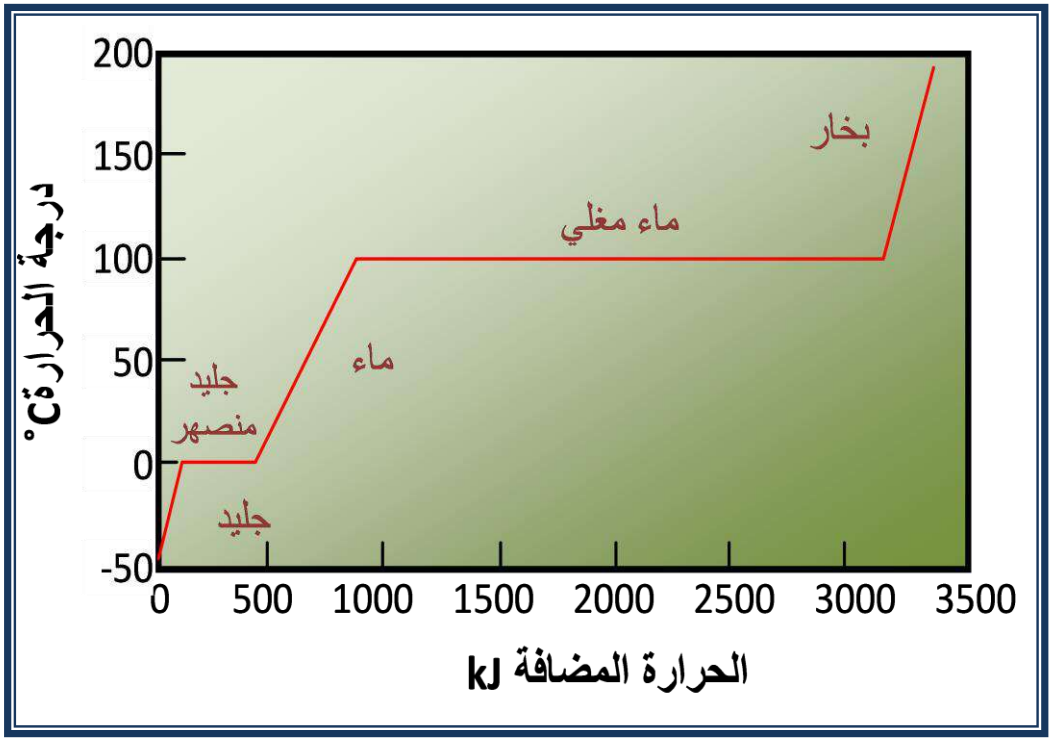


الشكل 7-11 تحول الجليد من الطور الصلب الى الماء (الطور السائل) بنفس درجة الحرارة.

ان حرارة انصهار المادة تكون اقل من حرارة تبخرها، وان جزيئات الصلب تترتب بشكل ثابت، فالقوى التي تمسك الجزيئة الى جيرانها تكون كبيرة جدا. وللتغلب على هذه القوى واعطاء الجزيئات حريتها، يحصل انحراف في ترتيب السائل لذلك يجب ان تجهز طاقة اضافية لاحظ الشكل (7-12) وان جزيئات السائل تبقى قريبة معاً بما فيه الكفاية لتحديد حجم السائل, ولأجل تحويل السائل الى غاز لابد من زيادة الطاقة لغرض سحب الجزيئات عن بعضها, إن جزيئات الغاز يمكن ان تتحرك حول مواقعها بحرية تامة، ولهذا فان الغاز يتمدد.

الشكل 7-12 حصول عدم الانتظام في جزيئات المادة عند التحول من الطور الصلب الى السائل.

عند الضغط الجوي الاعتيادي فان لتر واحد من الماء يصبح (later 1680) من البخار, اما في الفراغ فأنه يتمدد الى مقدار غير محدود. الشكل (7-13) يبين ما يحصل عند تجهيز حرارة الى (1kg) من الجليد عند درجة (-50˚C).



الشكل 7-13 تغير درجة حرارة الماء نتيجة الحرارة المضافة.

ان الجليد يسخن حتى يصل الى درجة (0˚C) فيبدأ بالانصهار. وعندها تبقى درجة الحرارة مستقرة عند درجة الـ (0˚C) حتى يتم صهر كل الجليد. وعندما يتحول كل الجليد الى ماء يلاحظ ارتفاع درجة الحرارة. وعندما تصل درجة الحرارة الى (100 ˚C). يبدا بالتحول الى بخار. والذي ياخذ كمية كبيرة من الحرارة. اكثر مما يحتاجه الجليد حتى ينصهر. وفي النهاية كل الماء يتحول الى بخار عند درجة (100˚C) وان درجة الحرارة للبخار تزداد كلما تم اضافة كمية حرارة اخرى.

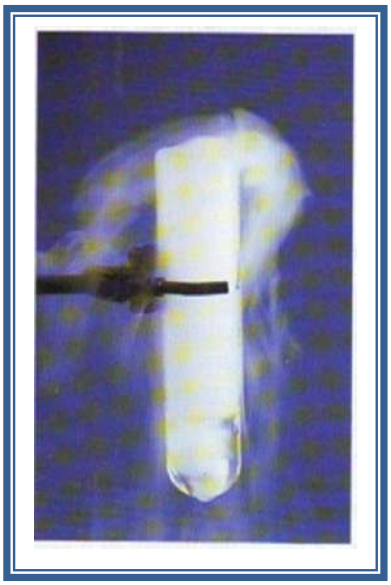
7-4-5 التسامي:

يعرف بانه تحول مباشر من الحالة الصلبة الى بخار، وذلك تحت ظروف محددة من درجة حرارة وضغط. على ان يكون الضغط اقل من الضغط الجوي.

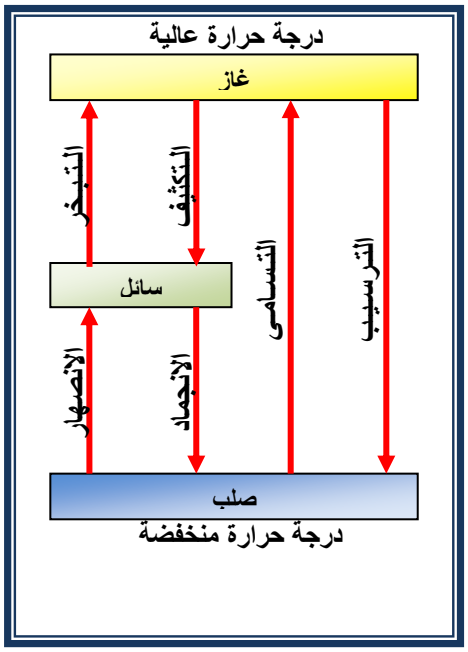
ومن الامثلة الشائعة تحول صلب ثنائي اوكسيد الكربون والذي يسمى الجليد الجاف (Dry Ice) والذي يتحول الى غاز دون المرور بالحالة السائلة وذلك عند درجات حرارة فوق درجة (-79 ˚C)، حتى عند الضغط الجوي لاحظ الشكل (7-14).

وكذلك النفثالين واليود. والتجفيف بالتجميد يستعمل للحفاظ على مواد اخرى ذات اصل حيوي مثل بلازما الدم .

الشكل(7-15) يلخص كل التحولات للحالة التي تم مناقشتها.



شكل 7-14) تسامي الجليد الجاف (CO_2) الصلب.



الشكل 7-15 حالات تحول المادة من الاطوار الثلاثة.

7-4-6 الحرارة الكامنة للانصهار والتبخر:

1- **الحرارة الكامنة للانصهار:** تنصهر بلورات الثلج المرتبة بشكل منتظم بدرجة حرارة 0 ^{o}C وعندها تفقد ترتيبها البلوري المنتظم وتستمر عملية التحول اذا ما زودت البلورات بطاقة حرارية وبيطيء شديد بحيث تبقى المادة بدرجة حرارة ثابتة الى ان يتم انصهار جميع البلورات وهذه الحالة تنطبق عل جميع المواد الصلبة البلورية.

وهذه الحرارة تسمى الحرارة الكامنة للانصهار حيث تعرف على انها:-

((كمية الحرارة اللازمة لتحويل وحدة الكتلة من المادة مقدارها m من الطور الصلب الى الطور السائل بنفس درجة الحرارة ويرمز لها بالرمز L_m)).

كمية الطاقة الحرارية اللازمة للانصهار Q تعطى بالعلاقة:

$$Q = m \times L_m \ldots\ldots \quad (7\text{-}7)$$

2- **الحرارة الكامنة للتبخر:** تكتسب بعض جزيئات السائل على سطحه طاقة تمكنها من ترك السائل متحولةً من الحالة السائلة الى الحالة الغازية وبما ان جزيئات السائل تملك طاقة اذ ان من المتوقع ان يحصل انخفاض في درجة حرارة السائل نتيجة التبخر ولكن هذه العملية من البطيء بحيث لا يلاحظ هذا التغير في درجة الحرارة. وهذه الحرارة تسمى الحرارة الكامنة للتبخر وتعرف على انها:

((الطاقة اللازمة لتحويل وحدة الكتلة من المادة مقدارها m من طور السائل الى طور البخار بالحرارة الكامنة للتبخر ويرمز لها بالرمز L_v)).

كمية الطاقة الحرارية اللازمة للتبخر تعطى بالعلاقة:

$$Q = m \times L_v \ldots\ldots \quad (8\text{-}7)$$

قيم درجات حرارة الانصهار والغليان والحرارة الكامنة للانصهار والتبخر لبعض المواد معطاة في الجدول (7-1).

الجدول 7-1 درجات حرارة الانصهار والغليان والحرارة الكامنة للانصهار والتبخر لبعض المواد.

المادة	درجة حرارة الانصهار ^oC	الحرارة الكامنة للانصهار J/kg	درجة حرارة الغليان ^oC	الحرارة الكامنة للتبخر J/kg
الهيليوم	-269.65	5.23×10^3	-268.93	2.09×10^4
النيتروجين	-209.97	2.55×10^4	-195.81	2.01×10^5
الاوكسجين	-218.79	1.38×10^4	-182.97	2.13×10^5
الماء	0	3.33×10^5	100	2.26×10^6
الرصاص	327.3	2.45×10^4	1750	8.7×10^5
الالمنيوم	660	3.97×10^5	2450	1.14×10^7
النحاس	1083	1.34×10^5	1187	5.06×10^6

مثال (3):

ما مقدار الحرارة التي: 1- تجهز الى (2 L) من الماء بدرجة (100 °C) لكي يتبخر؟ 2- الحرارة المأخوذة من (0.5 kg) من الماء بدرجة الصفر لتجميدها؟

الجواب:

ان كتلة المادة = الكثافة × الحجم، وان كثافة الماء= $1000\ kg/m^3$

1- $m = \rho \times V = (1000\ kg/m^3) \times (2L \times 10^{-3}\ m^3/L)$

$= 2\ kg$ كتلة الماء

$Q = m \times L_v = (2\ kg) \times (2.26 \times 10^6\ J/kg)$

$= 452 \times 10^4\ J$ الحرارة المجهزة لتحويل الماء الى بخار

2- $Q = m \times L_m = (0.5\ kg) \times (3.33 \times 10^5\ J/kg)$

$= 166.5 \times 10^3\ J$ الحرارة المأخوذة من الماء ليتحول الى جليد بالدرجة نفسها.

مثال (4):

احسب الدرجة النهائية لخليط من (150 g) من الجليد عند درجة الصفر المئوي و (300 g) ماء عند درجة (50 °C) علما ان الحرارة الكامنة لانصهار الجليد ($336 \times 10^3\ J/kg$) والسعة الحرارية النوعية للماء ($4200\ J/kg.^oC$).

الجواب:

الحرارة التي يكتسبها الجليد = الحرارة التي يفقدها الماء

نفرض ان الدرجة النهائية للخليط = T

التغير في درجة حرارة الماء = $\Delta T_w = 50 - T$

التغير في درجة حرارة الجليد = $\Delta T_i = T - 0$

كمية الحرارة $\Delta Q = m \times C \times \Delta T$

$m_1\ C\ \Delta T_w = m_2 \times L_m + m_2\ C\ \Delta T_i$

$(300 \times 10^{-3})(4180)(50-T) = (150 \times 10^{-3})(333 \times 10^3) + (150 \times 10^{-3})(4180)(T-0)$

$62700 - 1254T = 49950 + 627\ T$

$T = 6.78\ ^oC$

مثال (5):

قارن بين الحرارة التي يتعرض لها جلد شخص عندما يتعرض الشخص الى(1 g) من الماء عند درجة حرارة (100 ˚C) و (1 g) من البخار عند (100 ˚C). علما ان السعة الحرارية النوعية للماء (C=4.2 kJ/kg.˚C) والحرارة الكامنة للتبخر (2260 kJ/kg)، درجة الحرارة الطبيعية لجلد الانسان (37 ˚C).

الجواب:

(ان الحرارة العالية لبخار الماء تجعل البخار خطراً).

$\Delta T = 100-37 = 63\ ^\circ C$

$Q_1 = mC\Delta T = (0.001kg)\ (4.2KJ/kg.^\circ C)(63^\circ C)$

$= 0.26\ kJ$

الحرارة المعطاة من قبل البخار يضاف اليها الحرارة التي تأتي بسبب التبريد من درجة 100 ^oC الى 37 ^oC.

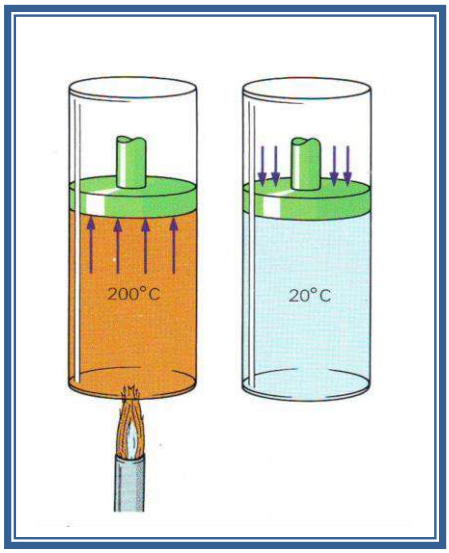
$Q_2 = (0.001\ kg)\ (2260\ kJ/kg) = 2.26\ kJ$

مجموع الحرارة المجهزة $Q_1+Q_2 = 2.52\ kJ$

وهذه تقريبا تعادل 10 مرات ما يجهز فيما لو كان الماء ساخن فقط.

5-7 المكائن الحرارية:

تُعد الحرارة نوع من انواع الطاقة عندما نقوم بحرق نوع معين من الوقود. وان الاداة التي تستعمل لغرض تحويل الحرارة الى طاقة ميكانيكية هي الماكنة الحرارية Heat Engine. ومنها مكائن الديزل والكازولين للسيارات والمكائن النفاثة للطائرات والتوربينات البخارية للبواخر ومحطات الطاقة. اذ انها جميعها تعمل على مبدا تسخين غاز والسماح له بالتمدد ضد مكبس او نصل التوربين فالشكل (7-16) يبين تسخين غاز في اسطوانة تحتوي على مكبس.

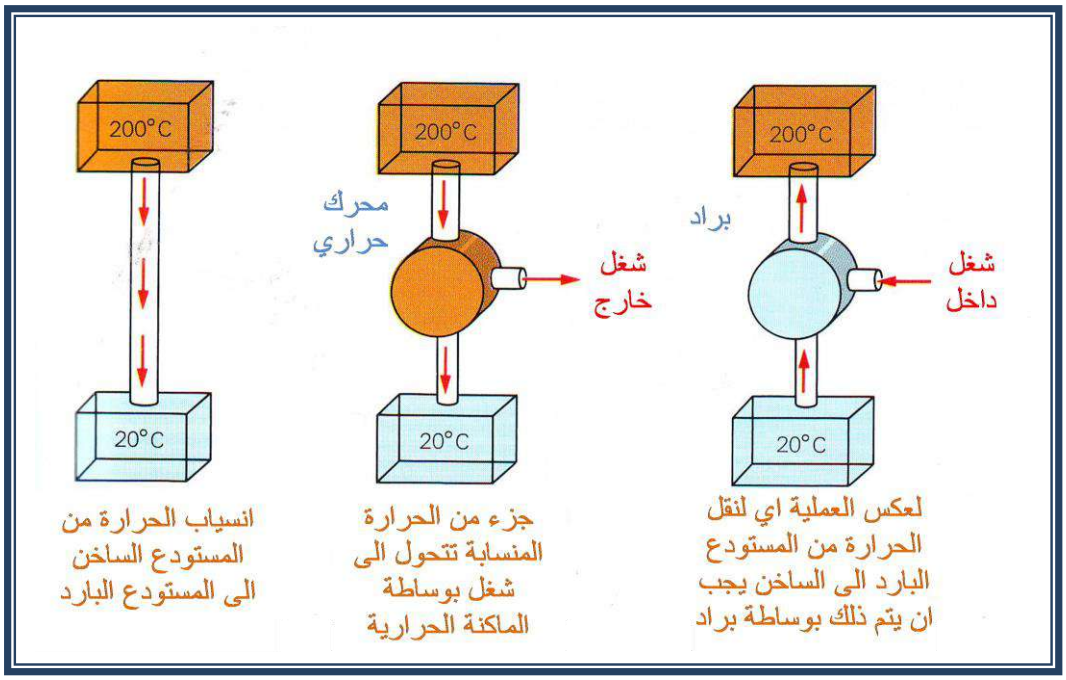


الشكل 7-16 تسخين الغاز في اسطوانة تحتوي على مكبس

فكلما زادت درجة حرارة الغاز يزداد ضغطه ويدفع المكبس الى الاعلى، فالطاقة التي تدفع المكبس الى الاعلى يمكن ان تستعمل لتشغيل سيارة او لتشغيل مولد، وعندما يصل المكبس الى اعلى مكان ممكن يتوقف وتتحول الحرارة الى شغل، ولأجل استمرار الماكنة في العمل، لابد من دفع المكبس الى الاسفل لكي تعود عملية تحويل الطاقة فاذا تم دفع المكبس الى الاسفل والغاز الذي في الاسطوانة لازال ساخنا. نجد انه لابد من انجاز شغل بقدر الشغل الذي انجزه الغاز وبذلك سوف لا نحصل على شغل، ولأجل جعل الماكنة تنجز شغلا في كل دورة، لابد من ان نقوم بتبريدها بحيث لا يتطلب الا شغل قليل لكبس الغاز.

فيجب ان تطرح الماكنة كمية من الحرارة الى المحيط فمثلا الى الانهار او المحيطات او الجو العام من اجل ديمومة عمل الماكنة الحرارية.

ان ما يحصل في الماكنة الحرارية هو سريان حرارة داخل وخارج الماكنة حيث تستطيع الماكنة بتحويل جزء من الحرارة الى طاقة ميكانيكية كما في الشكل (7-17).



الشكل 7-17 مخطط عمل الماكنة الحرارية.

ان سريان الحرارة يكون من الخزان الساخن الى الخزان البارد، وان جزءاً منها يتحول الى شغل ميكانيكي لذلك لابد من وجود الخزانين والمحرك لكي تعمل الماكنة.

في ماكنة الكازولين والديزل، الخزان الساخن يحصل فيه اشتعال الغاز والخزان البارد هو المحيط.

اما الثلاجة (Refrigerator) فيمكن اعتبارها ماكنة حرارية تشتغل بالاتجاه المعاكس فالماكنة الحرارية تأخذ الحرارة من مستودع درجة حرارته عالية ويحوَل قسماً منها الى شغل ميكانيكي وتلفظ الباقي على شكل حرارة الى مستودع درجة حرارته واطئة. اما الثلاجة فإنها تأخذ الحرارة في درجة حرارة واطئة بواسطة شغل ميكانيكي يجهزه الضاغط ثم تلفظ الى المحيط الخارجي ذي درجة حرارة مرتفعة.

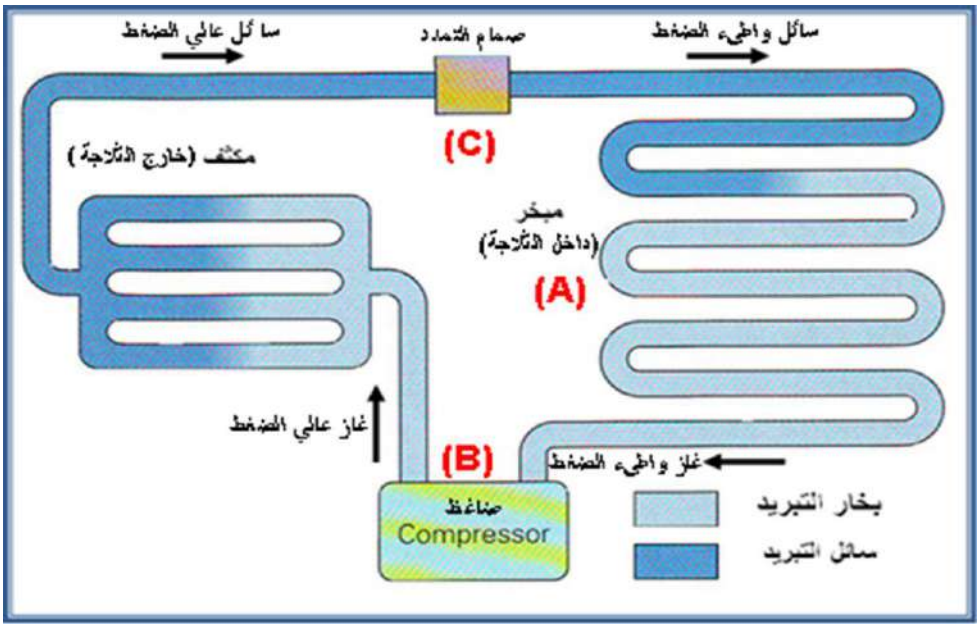
دورة عمل الثلاجة: الشكل (7-18) يبين مخطط عمل الثلاجة، تقوم الثلاجة بالتبريد بصفة مستمرة لمحتوياتها الداخلية من خلال تكرار عملية تحويل السائل إلى غاز داخل الثلاجة فتأخذ حرارة من داخل الثلاجة وتكون النتيجة تبريد محتوياتها وتحويل الغاز إلى سائل خارج الثلاجة عن طريق ضغطه وتبديد الحرارة إلى خارج الثلاجة وتتكرر العملية باستمرار لسحب الحرارة من داخل الثلاجة حيث درجة الحرارة منخفضة نسبةً إلى خارج الثلاجة حيث درجة الحرارة مرتفعة ولكي تؤدي الثلاجة هذه الوظيفة فإن لها دورة تعمل من خلال عدة مراحل هي على النحو التالي:

(1) يقوم الضاغط Compressor بضغط غاز الأمونيا مما يرفع درجة حرارته وضغطه كما هو موضح في الجزء (B) في الشكل (7-18)، وبالتالي فإن أنابيب التبادل الحراري الخارجية تسمح بتبديد الحرارة الناتجة عن الضغط إلى الخارج.

(2) عند تلك المرحلة وخلال فقدان الحرارة للوسط الخارجي من خلال الأنابيب السوداء التي تكون خلف الثلاجة، فإن غاز الامونيا يتكثف في الجزء الباقي من أنابيب التبادل الحراري الخارجية ويتحول إلى سائل ليمر عبر صمام التمدد الموضح في الشكل (7-18) بالرمز (C).

(3) يعمل صمام التمدد على الفصل بين منطقتين مختلفتين في الضغط وعند مرور سائل الأمونيا من خلال صمام التمدد فإنه ينتقل من منطقة ضغط مرتفع إلى منطقة ضغط منخفض فيتمدد ويتبخر سائل الأمونيا ويتحول إلى غاز مرة أخرى عن طريق امتصاص الحرارة من الوسط الداخلي للثلاجة وتنخفض درجة الحرارة بها.

(4) يمرر غاز الأمونيا عبر انابيب التبادل الحراري الداخلية والتي تكون على شكل التفافي كما موضح في الشكل (7-18) بالرمز (A) لتغطي اكبر مساحة ممكنة وتعطي الفرصة لامتصاص اكبر قدر ممكن من الحرارة من داخل الثلاجة لتبقى باردة إلى أن يصل غاز الأمونيا إلى الضاغط الذي يقوم بضغط الغاز مرة أخرى ويحوله إلى سائل عند الرمز (B) وتتكرر العملية.



الشكل 7-18 مخطط عمل الثلاجة

هل تعلم ؟

ان غاز الفريون يستعمل في اجهزة التبريد وهو مركب كيميائي يعرف بأنه ثنائي كلور وثنائي فلور وميثان CF_2Cl_2 ويدعى تجارياً فريون 12 وآخر ثلاثي كلور وفلور وميثان $CFCl_2$ ويدعى تجارياً فريون 11.

الغازات المنبعثة من السيارات والمداخن واجهزة التبريد تؤدي الى تحول الامطار الى امطار حامضية ضارة بالصحة والبيئة.

اسئلة الفصل

1- ماهي فكرة التمدد بسبب التسخين؟
2- ما هي ظاهرة شذوذ الماء؟ وما فائدتها.
3- ما الفائدة العملية لان تكون اعلى كثافة للماء بدرجة حرارة ($4^{\circ}C$)؟
4- رتب قيم القوى بين الجزيئات حسب حالات المادة الثلاثة؟
5- ما الطرائق التي بوساطتها يتم تدفئة هواء غرفة جلوس العائلة؟
6- لماذا لا يحتاج شعاع الشمس الى وسط مادي لانتقاله؟
7- (1 kg) من الجليد و (1 kg) من الماء المغلي الاول يراد تحويله الى ماء والثاني يراد تحويله الى بخار ايهما يحتاج الى طاقة اعلى؟
8- ما مبدأ عمل المكائن الحرارية؟ أعط ثلاث أمثلة للمكائن الحرارية.
9- لماذا يكون التعرض الى الماء المغلي اهون من التعرض الى بخار الماء المغلي؟
10- اذكر بعض المواد التي تحصل فيها ظاهرة التسامي؟
11- يمتص الماء المغلي كمية من الحرارة ليتحول الى بخار. ما مقدار الفرق بدرجة حرارة السائل والبخار في تلك الحالة؟
12- أشرح عمل الثلاجة، مع رسم المخطط؟
13- مالمقصود لكل من: (الحرارة الكامنة للانصهار، التبخر، التسامي، معامل التمدد الطولي، الحمل الحراري، الحرارة الكامنة للتبخر، الانضغاطية)

مسائل الفصل

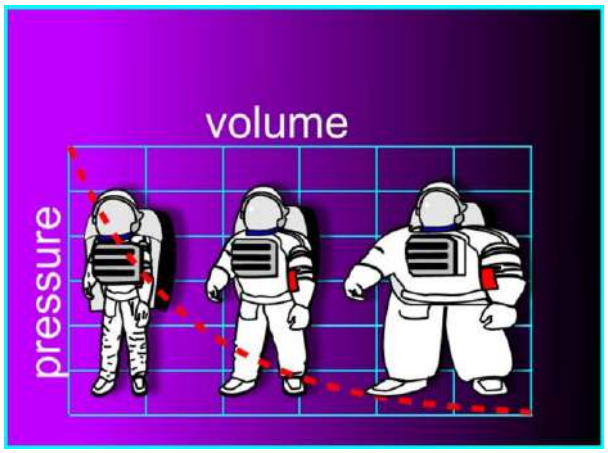
1- عارضة نحاسية طولها (0.8 m) بدرجة (15 °C). ما مقدار الزيادة في طولها عندما تسخن الى (35 °C) ؟ معامل التمدد الطولي للنحاس ($1.7\times10^{-5}\ ^{\circ}C^{-1}$) ؟
(الجواب: 27.2×10^{-5} m)

2- احسب التغير بحجم قطعة من حديد الصلب ابعادها (5cm×6cm×10cm)عندما تتغير درجة الحرارة من (15 °C) الى (50 °C). علما ان معامل التمدد الطولي لحديد الصلب ($1\times10^{-5}\ ^{\circ}C^{-1}$).
(الجواب: $0.312\ cm^3$)

3- ما مقدار كتلة الماء الساخن والذي هو بدرجة (90 °C) والتي يجب ان تسكب على (0.4 kg) من الجليد عند درجة الصفر المئوي لصهرها؟ علماً ان الحرارة الكامنة للانصهار الجليد (336×10^3 J/kg)
(الجواب: 0.355 kg)

الفصل الثامن

الغازات (قوانين الغاز المثالي)



المفردات :

8-1 قوانين الغازات.
8-2 قانون بويل.
8-3 قانون شارل.
8-4 قانون غايلوساك .
8-5 المعادلة العامة للغازات.
الاسئلة والمسائل.

الاغراض السلوكية :

بعد اكمال هذا الفصل ينبغي للطالب ان يكون قادراً على أن:

1- يفهم عملية التمدد في الغازات والعوامل المؤثرة فيه.
2- يفهم ويستوعب المعادلة العامة للغازات.
3- يتعرف على قانون بويل، وقانون شارل واستعملاتها.

المصطلحات العلمية

Absolute temperature	درجة الحرارة المطلقة
Atmosphere	الضغط الجوي
Gauge	مقياس
Ideal gas	الغاز المثالي
Rotary Pump	المضخة الدوارة

1-8 قوانين الغازات:

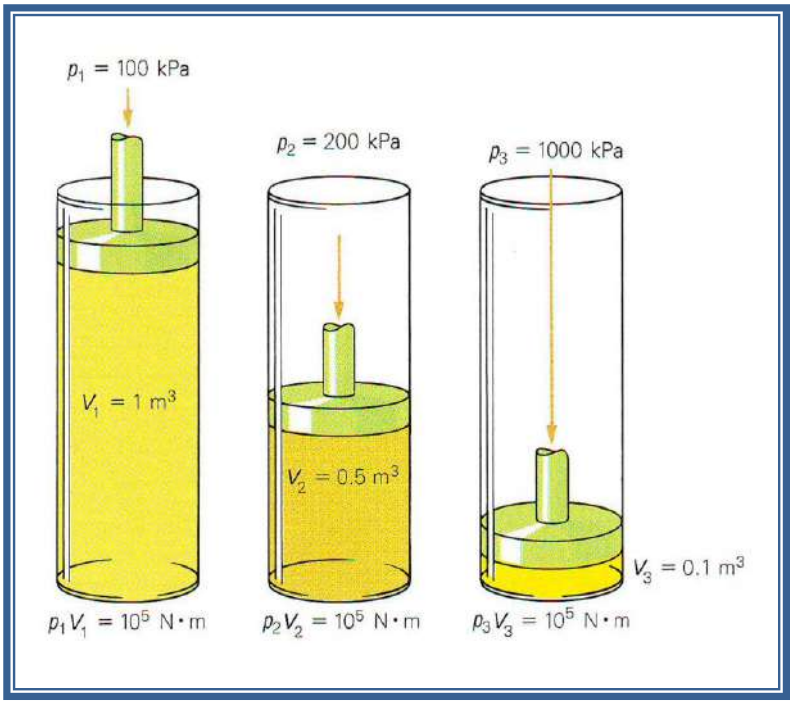
يمكن وصف الحالة الغازية بسهولة، وعند الاستدلال على حالة الغاز يمكن الاستفادة من الضغوط والحجوم ودرجات الحرارة وذلك بربط هذه الكميات بعلاقات رياضية بسيطة.

ان اكتشاف هذه العلاقات والتي سنأتي على شرحها لاحقاً قادت الى فهم الطبيعة الاساسية للغازات. والتي ادت الى فهم النظرية الحركية للغازات.

2-8 قانون بويل Boyle's law:

تصور ان لدينا كمية من غاز موجود في اسطوانة كما مبين بالشكل (1-8) ضغطه (100 kPa) (كيلوباسكال) والحجم ($1\ m^3$) فعند مضاعفة الضغط المسلط الى (200 kPa) سيلاحظ ان المكبس لابد ان يتحرك الى الاسفل حتى يصبح ($0.5\ m^3$) وهذا المقدار هو نصف الحجم الاصلي على شرط ثبوت درجة الحرارة. والآن إذا جعلنا الضغط (10) مرات اكبر من الحالة الاولى، يلاحظ ان المكبس يهبط حتى يصبح الحجم ($0.1\ m^3$) مع ثبوت درجة الحرارة. وهذا ما اتى به بويل والذي ينص قانونه على **((ان حجم كمية من غاز يتناسب عكسيا مع الضغط الواقع عليه شرط ثبوت درجة الحرارة))**, وحسب العلاقة الرياضية الاتية:-

$$V \propto \frac{1}{P} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1-8)$$



الشكل 1-8 تغير الضغط مع تغير الحجم عند ثبوت درجة الحرارة (قانون بويل)

اذ ان P: الضغط (Pa)، إذ ان:($Pa=N/m^2$)

V: الحجم (m^3)

PV= مقدار ثابت

والان إذا تصورنا مقدار الغاز موجود في الحالة الاولى بحيث ان حجمه

تذكر !!!!!!

يعرف الضغط بأنه القوة العمودية المسلطة على وحدة المساحة ويرمز له بالرمز P ويحسب من العلاقة التالية:

$$P = \frac{F}{A} \quad (\frac{N}{m^2})$$

حيث F القوة العمودية المسلطة، A المساحة.

روبرت بويل (1691-1627)
Robert Boyle

عالم ايرلندي اختص بدراسة الطب والفيزياء ومن افضل اكتشافاته قانون بويل للغازات وله الفضل في تطوير الغرف المفرغة من الهواء ومضخات الهواء.

شكل 2-8 العالم بويل

V_1 وضغطه P_1 تم تغير الضغط الى P_2 والحجم الى V_2 مع بقاء درجة الحرارة ثابته سيكون

$$P_1V_1 = P_2V_2 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2-8)$$

وهذا ما يسمى بقانون بويل هو عالم فيزيائي ايرلندي، شكل (2-8).

الجدول (1-8) يبين الوحدات الاخرى المستعملة في حساب الضغط

جدول 1-8 وحدات الضغط وتحويلاتها

Pa (N/m^2)	bar	Atmosphere (atm)	mm Hg	mm H_2O	kg/cm^2
1	10^{-5}	9.87×10^{-6}	0.0075	0.1	1.02×10^{-5}

مثال: جهاز التنفس لغطاس حجم خزانه (12 Liter) ملئ بالهواء تحت ضغط (150 atm) فاذا غطس الشخص تحت عمق (15 m) حيث ضغط الماء (2.5 atm) فاذا كان معدل استهلاك الهواء (30 L/min) عند الضغط المذكور للماء كم من الوقت سوف يستطيع الغطاس المكوث عند الضغط المذكور؟

الحل : نستعمل قانون بويل $P_1V_1 = P_2V_2$

لحساب الحجم الثاني عند الضغط (2.5 atm)

$$V_2 = \frac{P_1V_1}{P_2} = \frac{(150\ \text{atm})(12)\text{L}}{2.5\ \text{atm}} = 720\ \text{L}$$

واذا افترضنا ان لابد من بقاء (12 Liter) (تمثل حجم الخزان) في الخزان، فهذا معناه ان الكمية المستخدمة.

$$720\text{L} - 12\text{L} = 708\text{L}$$

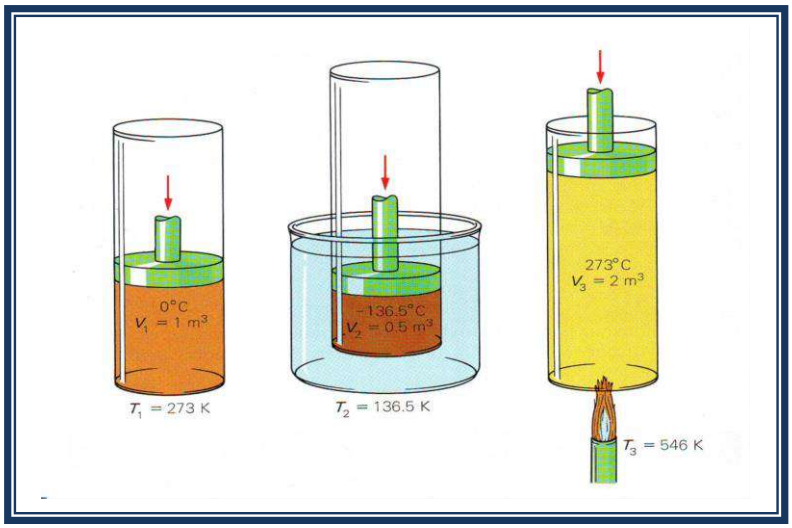
وان معدل الاستهلاك وهو (30L/min)

$$\therefore \frac{708\ \text{L}}{30\text{L/min}} = 23.6\ \text{min}$$

الوقت الذي يستطيع الغواص ان يمكث في الماء تحت عمق (15 m)

3-8 قانون شارل Charles law:

ان تغير حجم الغاز يرتبط بدرجة حرارته. فاذا تم المحافظة على ضغط كمية من الغاز ثابتة وتم تبريد هذه الكمية بخطوات بدءاً من (0^oC). سيلاحظ ان الحجم سيقل بمقدار ($\frac{1}{273}$) من حجمه لكل درجة حرارية واحده. إما اذا سخن الغاز فان الحجم يزداد وبنفس النسبة شرط ثبوت الضغط لاحظ الشكل (3-8).



الشكل 8-3 تغير حجم الغاز مع تغير درجة حرارته عند ثبوت الضغط

إما اذا تم المحافظة على حجم ثابت، فان الضغط يزداد بنفس النسبة عند ارتفاع درجة الحرارة درجة حرارية واحده, ويقل الضغط اذا انخفضت درجة الحرارة وبنفس النسبة والتي هي $(\frac{1}{273})$ لكل درجة حرارية واحدة.

ولكن ماذا يحصل اذا انخفضت درجة الحرارة الى ($-273^{o}C$) مع بقاء الحجم ثابتا؟ ان الضغط عند هذه الدرجة يساوي صفرا.

ان الوصول الى درجة حرارة واطئة ليست عملية سهلة عمليا كما ان الغازات تتحول الى سوائل قبل الوصول الى الدرجات الواطئة. ولو تم التدرج بالنسبة $(\frac{1}{273})$ حتى الوصول الى ($-273^{o}C$) نجد ان الرقم الاخير هو رقم خاص سمي بالصفر المطلق. ولكثير من الاغراض العملية فقد تم اعتماد الصفر المطلق كنقطة بداية تدريج حراري سمي بـ (النظام المطلق) والدرجة الحرارية تسمى بـ (الدرجة المطلقة).

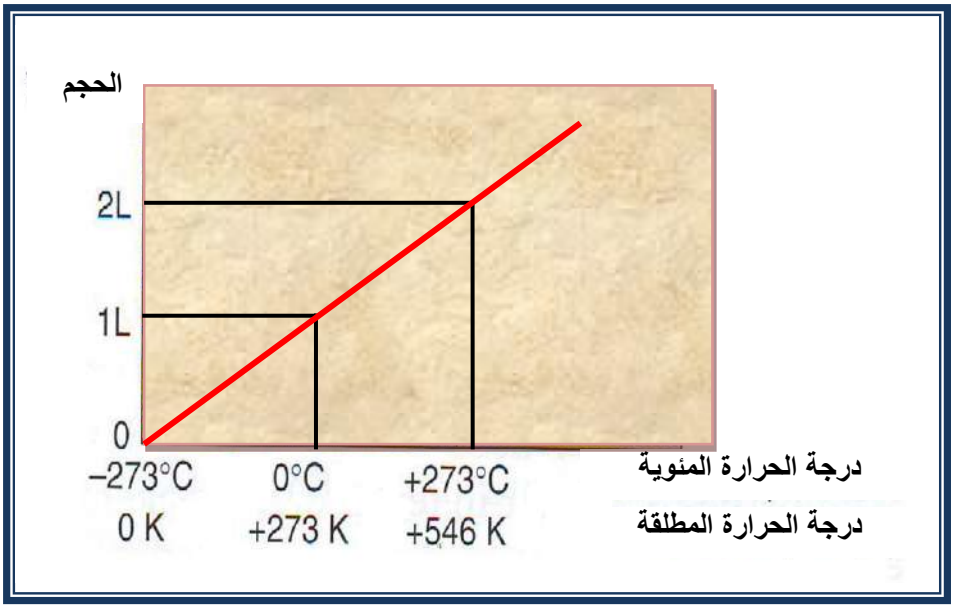
ان نقطة تجمد الماء النقي (273 K) **(رمز الوحدة K هو تكريما للعالم الفيزيائي الانكليزي كلفن (Kelvin)** ونقطة غليان الماء النقي تحت الضغط الجوي الاعتيادي (373 K) وللحصول على درجة الحرارة المطلقة يتم اضافة الرقم (273) الى قيمة الدرجة المئوية.

باستعمال التدريج المطلق يمكن وضع علاقة تربط بين الحجم ودرجة الحرارة بسهولة . ويمكن صياغة ذلك بنص ((**حجم الغاز يتناسب طرديا مع درجة حرارته المطلقة عند ثبوت الضغط**)) الشكل (4-8) والصيغة الرياضية تكون على النحو الاتي :-

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \dots \quad (3-8)$$

اذا ان: V_1 الحجم الاول عند درجة الحرارة المطلقة الاولى T_1 .

V_2 الحجم الثاني عند درجة الحرارة المطلقة الثانية T_2 .



الشكل 8-4 تغير درجة الحرارة مع تغير الحجم

مثال:

يشغل غاز حجماً مقداره (6 liter) في درجة حرارة (27 °C) فأذا رفعت درجة حرارته الى (77 °C) فما الحجم الذي يشغله في هذه الدرجة. افرض ان الضغط ثابت.

الجواب:

الحجم الابتدائي = V_1 = 6 liter

درجة الحرارة الابتدائية = T_1 (27 °C + 273)= 300 K

درجة الحرارة النهائية = T_2 (77 °C + 273)= 350 K

V_2 = ?

بما ان الضغط ثابت نطبق قانون شارل

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1} = \frac{6\times350}{300} = 7 \text{ liter}$$

4-8 قانون غايلوساك Gay-Lussac law:

ان العلاقة التي تربط بين الضغط ودرجة الحرارة بثبوت الحجم تكون على النحو الاتي **(ضغط الغاز يتناسب تناسبا طرديا مع درجة الحرارة المطلقة عند ثبوت الحجم)** والصيغة الرياضية تكون على النحو الاتي :-

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4-8)$$

اذ ان: P_1 الضغط الاول عند درجة حرارة المطلقة الاولى T_1.

P_2 الضغط الثاني عند درجة حرارة المطلقة الثانية T_2.

5-8 القانون العام للغاز المثالي Ideal gas law:

ان المتغيرات الثلاثة الضغط (P) ودرجة الحرارة المطلقة (T) والحجم (V) يمكن جمعها بعلاقة واحدة وهي جمع لقوانين بويل وشارل وغايلوساك فتكون على النحو الاتي:

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \quad \ldots\ldots \quad (5-8)$$

عند ثبوت درجة الحرارة ($T_1=T_2$) نحصل على قانون بويل وعند ثبوت الضغط ($P_1=P_2$) نحصل على قانون شارل وعند ثبوت الحجم ($V_1=V_2$) نحصل على قانون غايلوساك ان العلاقة الاخيرة يمكن اعادة كتابتها بالصيغة الاتية

$$\frac{PV}{T} = K \quad \ldots\ldots \quad (6-8)$$

اذ ان: K: ثابت

ان المعادلة الاخيرة هي المعادلة العامة للغازات تخضع لها تقريبا كل الغازات.

وتعريف الغاز المثالي، **انه الغاز الذي يخضع للمعادلة العامة للغازات**، ولا بد من التأكيد على عدم وجود غاز مثالي. وان النظرية الحركية للغازات لها القدرة على تفسير قوانين الغازات فبذلك تعتبر الدليل الاساسي لشرح طبيعة الغازات.

مثال:

قنينة فيها غاز الهيليوم سعته ($0.1\ m^3$) والغاز تحت ضغط ($1000\ kPa$) وبدرجة حرارة ($20\ ^\circ C$)، فاذا ملئ كيس مطاطي (بالون) بهذا الغاز, علما ان الغاز قد تمدد وانخفضت درجة حرارته الى (-40 $^\circ C$) ونقص ضغطه الى ($100\ kPa$)، احسب حجم البالون؟

الجواب: من القانون العام للغازات $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

اذ ان: P_1 ضغط الغاز الابتدائي $(1000\ kPa) = (1000\times10^3\ Pa)$

P_2 ضغط الغاز بعد النقصان $(100\ kPa) = (100\times10^3\ Pa)$

V_1 حجم قنينة غاز الهيليوم $(0.1\ m^3)$

V_2 الحجم الجديد (حجم البالون المطلوب)

T_1 درجة الحرارة الابتدائية $(T_1 = 20\ ^\circ C + 273 = 293\ K)$

T_2 درجة الحرارة النهائية $(T_2 = -40\ ^\circ C + 273 = 233\ K)$

$$V_2 = \frac{P_1V_1T_2}{P_2T_1} = \frac{1000X10^3 \times 0.1X233}{100X10^3 \times 293} = 0.8\ m^3$$

ان سعة القنينة $(0.1\ m^3)$، لذلك حجم البالون $0.8\ m^3 - 0.1\ m^3 = 0.7\ m^3$

اسئلة الفصل

1- اختر الجواب الصحيح:

1- عندما يزداد الضغط المسلط على الغاز مع ثبوت درجة الحرارة يحصل الاتي:

a- ينقص حجم الغاز. b- يزداد حجم الغاز. c- يبقى الحجم كما هو عليه.

2- التبخر يحصل من سطح السائل وبحرية بدرجة حرارة:

a- متغيرة. b- درجة حرارة ثابتة تسمى درجة حرارة التبخر.

c- درجة حرارة تساوي درجة حرارة الغليان.

3- عندما يزداد الضغط المسلط على الغاز والحجم ثابت يحصل الاتي:

a- ترتفع درجة الحرارة. b- تنخفض درجة الحرارة. c- تبقى درجة الحرارة على حالها.

2- عدد قوانين الغاز المثالي؟

3- ما الكميتان الفيزيائيتان اللتان تؤثران على حجم الغاز؟ أذكر العلاقة التي تربط بينهما.

مسائل الفصل

1- ضغط الهواء في اطار سيارة مقداره (270 kPa) وبعد قطع مسافة معينة اصبح (300 kPa) على فرض ان حجم الهواء في الاطار لم يتغير، وان درجة الحرارة عند القياس الاول (12 ℃) ما مقدار درجة الحرارة الجديدة؟

(الجواب: 316.66 K)

2- اسطوانة يتحرك فيها مكبس عديم الاحتكاك فيها غاز حجمه ($0.1\ m^3$). والضغط الذي يسلطه (101 kPa) فاذا سمح للغاز بالتمدد ليصبح حجمه ($0.3\ m^3$). افرض ان درجة حرارته ثابتة, كم يصبح ضغطه؟

(الجواب:33.66 kPa)

3- خزان فولاذي فيه غاز الاوكسجين بدرجة ($0\ ^oC$) والضغط (12 atm). احسب ضغط الغاز عندما يسخن الخزان الى ($100\ ^oC$), افرض ان الحجم ثابت؟

(الجواب: 16.39 atm)