



جمهورية العراق

وزارة التربية

المديرية العامة للتعليم المهني

الطبيعيات

الصف الاول

الفرع الصناعي – فرع الحاسوب وتقنية
المعلومات

المؤلفون

د. شهاب احمد زيدان الجبوري

د. مفيد عبداللطيف الربيعي

هدى صلاح كريم

انغام خاجيك تكلان

د. محمد سعيد وحيد

عباس ناجي رشيد

المقدمة :-

عزيزي الطالب عزيزتي الطالبة

أولت وزارة التربية اهتماماً خاصاً في تطوير مناهجها الدراسية ومنها مناهج التعليم المهني. وقد وضعت لجنة تأليف مادة الطبيعيات - للصف الاول - 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 وما يدرسه في السنوات السابقة من هذه المادة بالإضافة الى مواكبة التطورات العلمية في هذا المجال.

يضم هذا الكتاب (الباب الاول - الفيزياء - الفصل الاول - طبيعة المادة - الفصل الثاني - القياس والوحدات - الفصل الثالث - الحركة - الفصل الرابع - القوى - الفصل الخامس - الشغل والطاقة والقدرة - الفصل السادس - الحرارة ودرجة الحرارة - الفصل السابع - تأثير الحرارة في المادة - الفصل الثامن - الغازات (قوانين الغاز المثالي) - الباب الثاني - 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 لمساهماتهم العلمية وملاحظاتهم القيمة في اخراج هذا الكتاب ونخص بالذكر كل من السيدة سميرة خالد عبد الرحمن والسيدة ذكري 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 والمشررف 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

3	المقدمة
	الباب الاول - الفيزياء
14-6	الفصل الاول طبيعة المادة
26-15	الفصل الثاني القياس والوحدات
40-27	الفصل الثالث الحركة
66-41	الفصل الرابع القوى
79-67	الفصل الخامس الشغل والطاقة والقدرة
88-80	الفصل السادس الحرارة ودرجة الحرارة
105-89	الفصل السابع تأثير الحرارة في المادة
112-106	الفصل الثامن الغازات (قوانين الغاز المثالي)
151-113	الباب الثاني - الكيمياء

الباب الأول

القيزياء

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 :

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

الفصل الاول

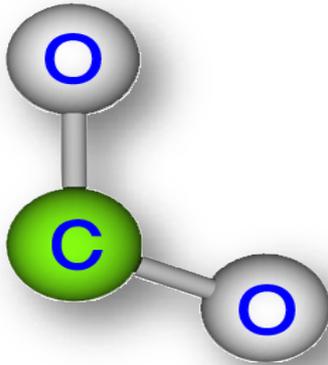
طبيعة المادة

1-1 التركيب الجزيئي للمادة

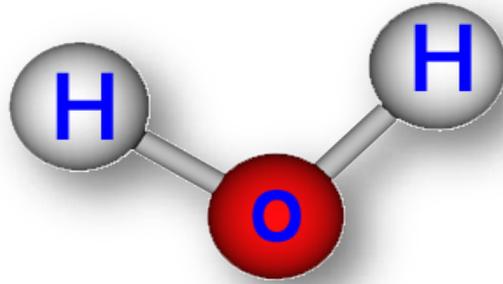
عزيزي الطالب، ماذا يحصل لو قطعت مكعباً من السكر الى نصفين فهل تحصل على قطعتين من السكر ايضاً؟ أن جوابك سيكون بالاجاب طبعاً لان القطعتين تظلان محتفظتان بتركيبهما الكيميائي. ولكن ماذا يحدث لو استمررت بالتقطيع لمرات عديدة فهل ستكون القطع الاصغر فالاصغر سكرًا دائماً؟

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 (H₂O)، وجزيئة ثنائي أوكسيد الكربون (CO₂)، كما مبين في الشكلين (1-1) و (2-1).



شكل 2-1 يبين جزيئة ثنائي أوكسيد الكربون CO₂



شكل 1-1 يبين جزيئة الماء H₂O

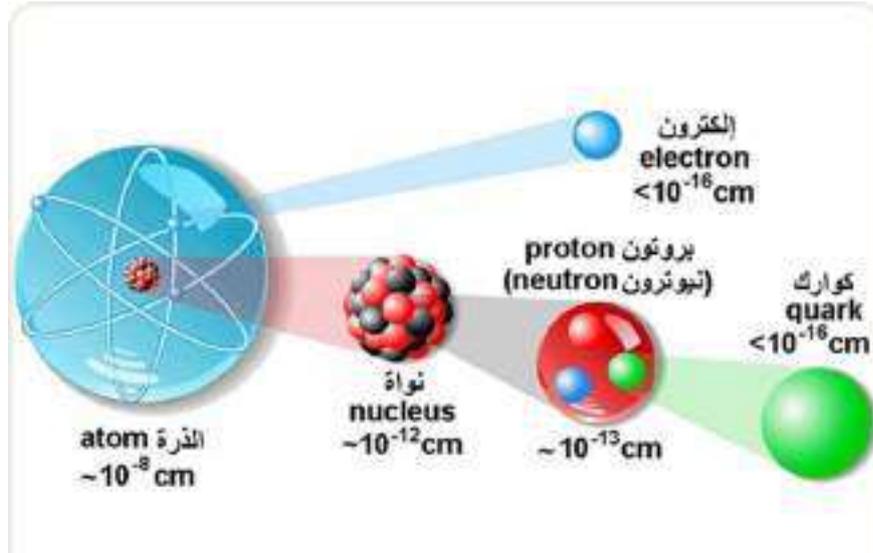
ومن المعروف أن جزيئات أي مادة نقية تكون متساوية فيما بينها بالحجم والشكل وتختلف عن جزيئات مادة أخرى، وأن مجموع كتل جزيئات الجسم الواحد يساوي كتلة الجسم بكامله. ولكن ماهو حجم أو قطر الجزيئة؟

لنفهم الحجم أو القطر التقريبي للجزيئة الواحدة نفترض أن (1 cm³) من الماء انتفخت جزيئاته حتى أصبح حجمه بقدر حجم الكرة الارضية فعند ذلك فإن القطر التقريبي للجزيئة الواحدة سوف يصبح بحدود (1 m) تقريباً (فهل كنت تتوقع هذه النتيجة؟). وعلى سبيل المثال فإن قطر جزيئة النيتروجين يساوي تقريباً (3×10⁻¹⁰ m). فما بالك عزيزي الطالب اذا علمت أن الجزيئة الواحدة هي نفسها مكونة من ذرات، ولكن من اين انت 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 (O₂) تتكون من ذرتي أوكسجين (O)، وجزيئة الماء (H₂O) تتكون

من ذرتي هيدروجين (H) وذرة أكسجين (O) واحدة، وجزيئة ثنائي اوكسيد الكربون (CO₂) تتكون من ذرتي اوكسجين وذرة كربون 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⁺) تكون (موجبة الشحنة) والنيوترونات (n) (متعادلة الشحنة) وتدور من حولها الالكترونات (e⁻) (سالبة الشحنة)، لاحظ الشكل (1-3).

هل تعلم !!!!!
أن مقدار شحنة الكوارك أقل من مقدار شحنة الالكترون.

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



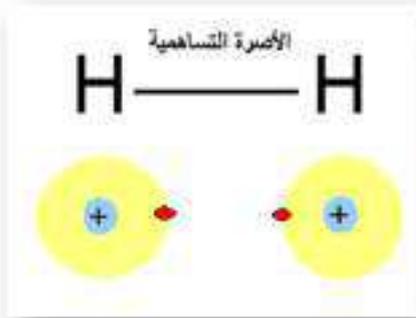
شكل 1-3 يبين مكونات الذرة

1- 2 القوى المتبادلة بين الجزيئات:

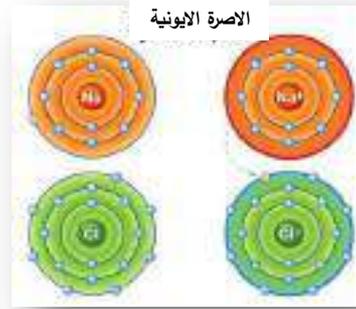
من المعروف أن الذرات قلما توجد بشكل منفرد ، حيث تكون معظم الذرات مرتبطة على شكل جزيئات ، فالمادة تتكون من ذرات أو جزيئات متماسكة بقوى تؤثر بعضها في البعض الاخر.
 احد الاسئلة المهمة المطروحة من قبل الفيزيائيين والكيميائيين على حد سواء هو: **ماهي طبيعة القوى التي تربط الذرات أو الجزيئات مع بعضها ؟** الجواب 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- الأصرة الايونية.
 - 2- الأصرة التساهمية.
 - 3- الأصرة المعدنية (الفلزية).
 - 4- الأصرة الثانوية أو (أصرة فاندرفالز Van der Waals' bond).
- كما ميبين بالاشكال (4-1) ، (5-1) ، (6-1) ، (7-1) .



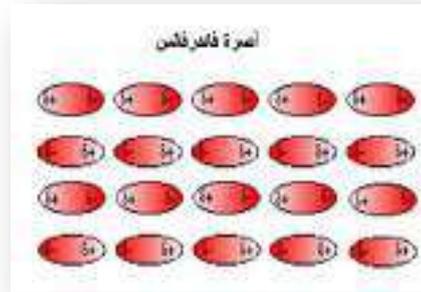
شكل 5-1



شكل 4-1



شكل 7-1



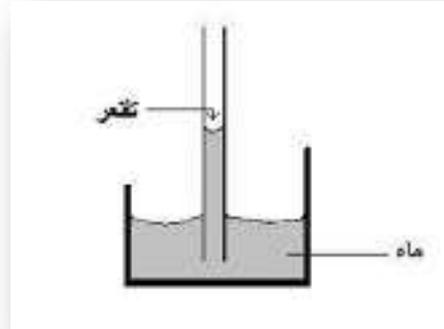
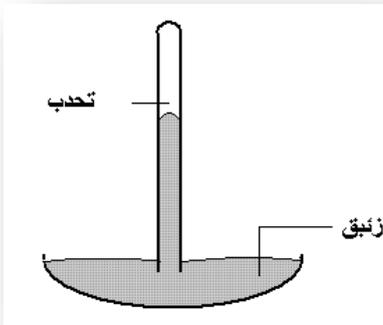
شكل 6-1

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)، فإنه توجد مسافة أوازن 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، فإن 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 وبأتجاه الجدار الزجاجي (أي نحصل على حالة تحدب في سطح الزئبق)، لاحظ الشكل (1-9).

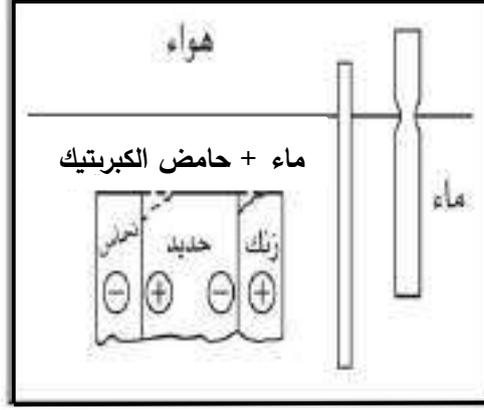
يمكن تفسير هذه التأثيرات السطحية بالرجوع الى القوى الموجودة بين الجزيئات، (القوى التي تسلطها جزيئات السائل فيما بينها) والقوى الموجودة بين جزيئات (السطح الزجاجي والسائل).



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 باختلاف 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 يبيلل 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 لايبيلل 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 :-

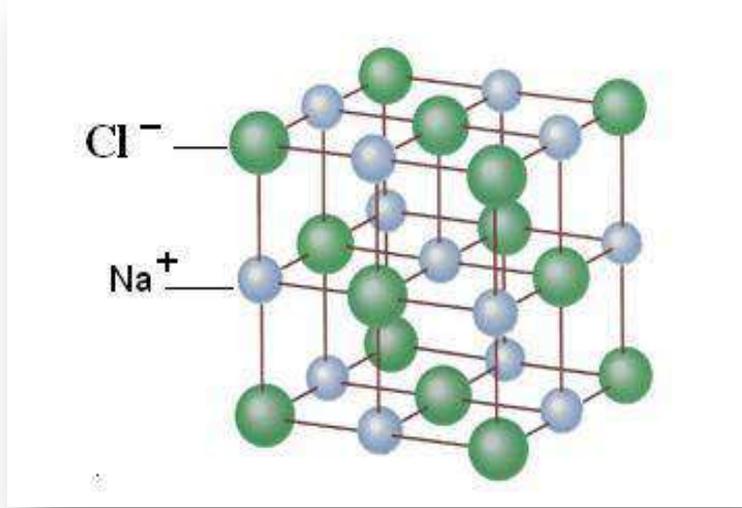
- | | |
|-------------------|---------------|
| 1- الحالة الصلبة | Solid state |
| 2- الحالة السائلة | Liquid state |
| 3- الحالة الغازية | Gaseous state |
| 4- حالة البلازما | Plasma state |

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 الحيز الذي تشغله المادة في الكون. أي أن الحجم = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الكثافة}} = \frac{m}{\rho}$

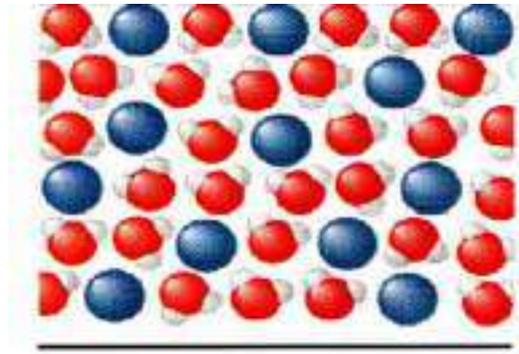
والقوى الجزيئية تكون في الحالة الصلبة كبيرة جداً ، بينما تكون المسافات البينية بين الجزيئات صغيرة جداً، وتكون بعض جزيئات المواد الصلبة مرتبة بأنظمة مكونة ترتيب بلوري، مثال ذلك ملح الطعام (كلوريد الصوديوم)، لاحظ الشكل (1-11)، بينما تكون جزيئات أخرى مرتبة عشوائياً (غير بلورية) مثل الزجاج.



شكل 11-1 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 (12-1).



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

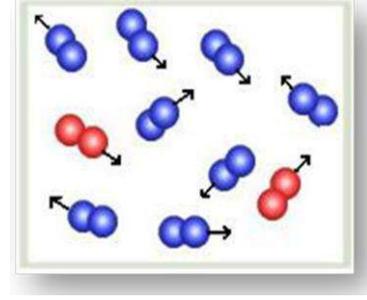
3. الحالة الغازية Gaseous state :-:

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 الكربون والهيليوم) وغيرها. تكون حركة الجزيئات في الحالة الغازية حركة أنتقالية في جميع الاتجاهات وعشوائية وبخطوط مستقيمة فعند تصادمها يتغير اتجاهها، لاحظ الشكل (13-1). وتكون طبيعة القوى الجزيئية ضعيفة جداً، بينما تكون المسافات البينية بين الجزيئات كبيرة. وتسمى المواد السائلة والغازية بالموائع (fluids) وذلك لاملاكها 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 الإناء الذي تحتويه.

هل تعلم

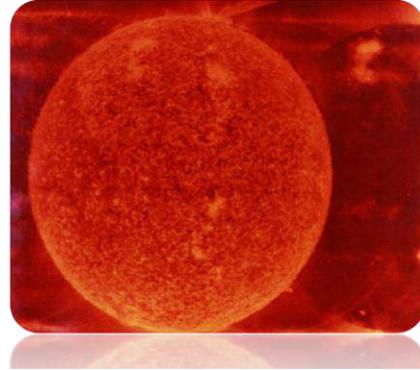
أن الزئبق هو معدن يوجد في الحالة السائلة ضمن درجة حرارة الغرفة ويعد مائعاً .



شكل 13-1 يبين حركة الجزيئات في الحالة الغازية

4- حالة البلازما Plasma state:-

البلازما هي الحالة الرابعة للمادة، وهي عبارة عن غاز متأين يحتوي على خليط من أعداد متساوية من الأيونات موجبة الشحنة والكترونات سالبة الشحنة وهي غير مرتبطة بذرة أو جزيء كالشمس، لاحظ الشكل (14-1)، 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 وأحتوائها باستخدام المجالات الكهربائية والمغناطيسية. وتكون البلازما ذات صفات مقاربة للحالة الغازية ولكن ليس لها شكل محدد أو كتلة.



شكل 14-1 يبين كرات هائلة من البلازما داخل الشمس

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

أسئلة الفصل

1- اختر 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 - أكثر من 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 لا تتأثر 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 ؟

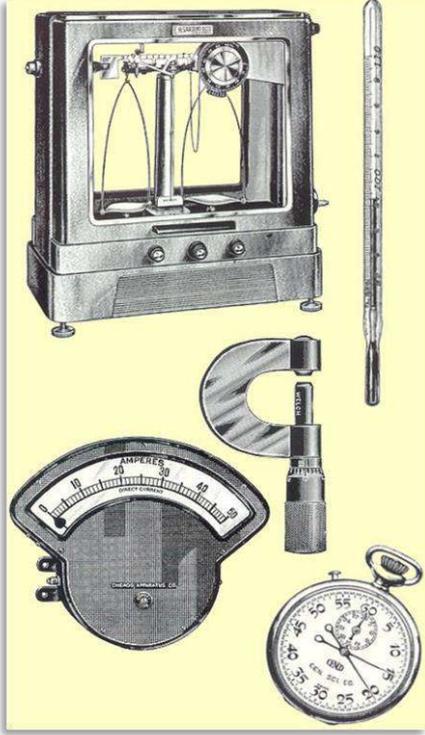
الفصل الثاني القياس والوحدات

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.

الاعراض السلوكية:

- ينبغي للطالب أن يكون قادراً على أن:
- 1- يعرف المقصود بالقياس.
 - 2- يتعرف على أخطاء القياس.
 - 3- يميز بين الكميات الفيزيائية الأساسية والمشتقة.
 - 4- يدرك الفرق بين الكميات المتجهة والكميات المقدارية.
 - 5- يتعرف على الوحدات الأساسية 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 الأساسية
Derived units	وحدات مشتقة

الفصل الثاني القياس والوحدات

2-1 القياس:

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

أن من أبسط طرائق التقدير الكمي هو العد. وهذه الطريقة قابلة للتطبيق عند التعامل مع وحدات متميزة مستقلة مثل (الأقلام، 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 الأشياء كعدد الجزيئات والذرات في مادة ما، وفي مثل هذه الحالات عادة يجب أن نرضى بمعرفة العدد في حدود مقبولة من عدم اليقين، ومع ذلك فأنا 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. إذ أن قياس الكمية الفيزيائية يعني تحديد مقدارها بأداة القياس، والمقدار يعني رقماً ووحدة قياس.



شكل 1-2 يبين الورنية ، المايكرومتر

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

1- أخطاء الاجهزة وأدوات القياس المستعملة:
وبصورة عامة تكون مرتبطة بالتصميم غير الصحيح أو المعايير 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 بالاطء بالاطء الاحصائية لا يمكن 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 الأقدام؟ فهناك كميات فيزيائية أساسية الأبعاد اللازمة لوصف القياسات الفيزيائية. فما هي الكميات الفيزيائية الأساسية؟ توجد سبعة كميات فيزيائية أساسية وهي **(الطول، الكتلة، الزمن، درجة الحرارة، التيار الكهربائي، كمية المادة، وشدة الإضاءة).**

كما أن هناك كميات فيزيائية (غير أساسية) تسمى (المشتقة) وهي **(القوة، الطاقة، الزخم)** ويطلق عليها الكميات الفيزيائية المشتقة، إذ يمكن اشتقاقها من الكميات الفيزيائية الأساسية 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 الأساس 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 والاييريديوم (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 الأساسي للطول

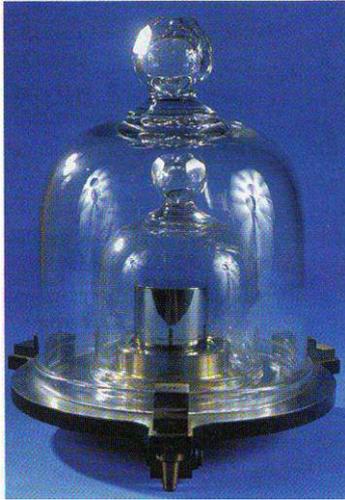
هل تعلم

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 الأخير يعطي أن سرعة الضوء في الفراغ وهي 299792458 (m/s) أو 3×10^8 (m/s) تقريباً.

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

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



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

c - الزمن Time :

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



فالوحدة الأساس للزمن هي الثانية (Second) (s) وعرفت على أنها 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 (133 - Cesium)، لاحظ الشكل (4-2).

شكل 4-2 ساعة ذرية

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

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

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 (ft) (foot)، لقياس الطول. وفي النظام الكاوسي (Gaussian system) أو (نظام - cgs) تم استعمال السنتيمتر (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 بالنظام 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 (4-2) والذي يبين وحدات الكميات الفيزيائية الأساسية في النظام الدولي للوحدات (SI).

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

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

جدول 4-2

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

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

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

تذكر

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

فكر

$$45 \mu\text{m} = 45 \times ? \dots (\text{m})$$

2- 4 الكميات المقدارية والمتجهة:

عادة عند قياسك لكمية ما فأنتك 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 السنتيمتر (cm). وكذلك بالنسبة للكميات الأخرى مثل حجم صندوق أو عدد حبات الحلوى في أناء زجاجي ، حيث لا ترتبط بأي اتجاه ، فتسمى بالكميات المقدارية (Scalar quantities)، فماذا يقصد بالكميات المقدارية؟ هي تلك الكميات التي يلزم لمعرفة مقدارها تحديداً تماماً معرفة مقدارها فقط مثل الكتلة، الزمن، الحجم .. الخ.



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

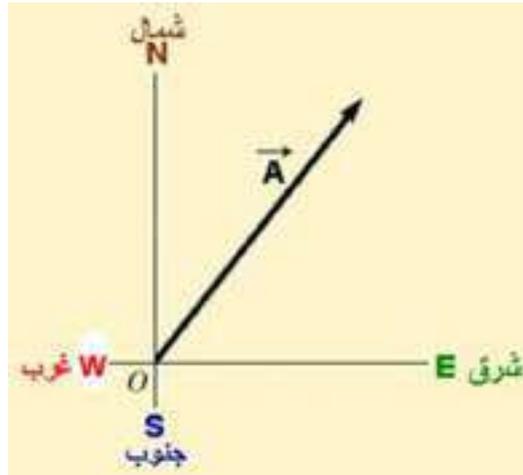
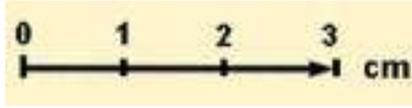
ولوصف الحركة وصفاً تماماً يجب تحديد اتجاهها ومقدارها فنقول مثلاً أن مقدار السرعة هو $(60 \frac{\text{km}}{\text{h}})$ باتجاه الغرب. وكذلك هناك كميات أخرى مثل القوة والتعجيل تسمى بالكميات المتجهة (vector quantities)، فماذا يقصد بالكميات المتجهة؟

شكل 2-5 اشارة شرطي المرور

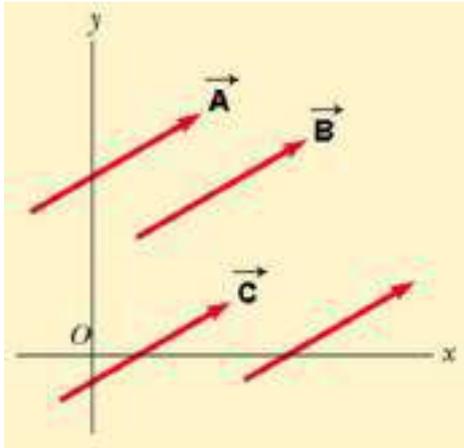
هي تلك الكميات التي يلزم لمعرفة مقدارها واتجاهها، مثل الازاحة والعزم الخ .

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 سنتيمتر واحد بالرسم يمثل إزاحة مقدارها (10 km) يعني $(1 \text{ cm} = 10 \text{ km})$ وبذلك تمثل الازاحة بسهم ، فيكون طول السهم (3 cm) باتجاه الشرق ، لاحظ الشكل (2-6).

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

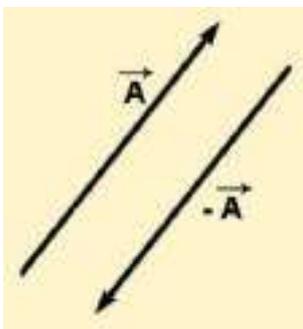


شكل 6-2 تمثيل المتجه بيانياً



شكل 7-2 المتجهات (A, B, C) متجهات متساوية

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



شكل 8-2 يمثل سالب المتجه

فمتى يكون المتجهان (\vec{B}, \vec{A}) متساويان؟
والجواب اذا كان لهما المقدار نفسه والاتجاه نفسه
(والوحدة نفسها أن وجدت)، بغض النظر عن نقطة بداية
كل منهما، لاحظ الشكل (7-2) 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) فإن سالب المتجه
هو متجه مساو له في المقدار ومعاكس له بالاتجاه، لاحظ
الشكل (8-2)، 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.

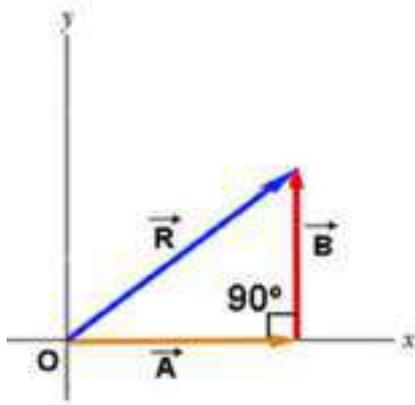
1-4-2 جمع المتجهات :

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 (9-2).

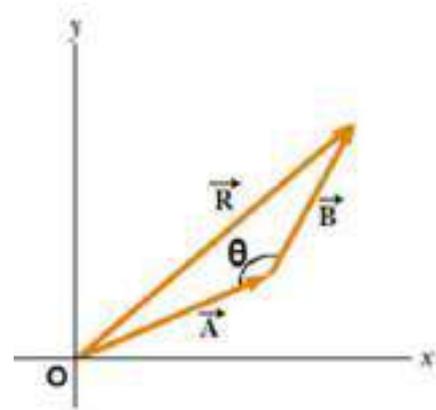
عندما يكون المتجهان (\vec{A} و \vec{B}) متعامدين فالزاوية بينهما قائمة (90°)، لذا نستعمل نظرية فيثاغورس لإيجاد المتجه المحصل (\vec{R}) الذي يمثل الوتر في المثلث، لاحظ الشكل (2-10)، وكما يأتي:

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

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



شكل 2-10



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

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}):

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

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

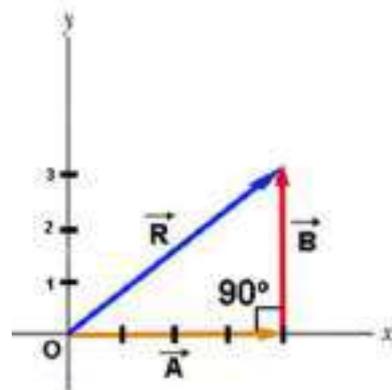
$$\therefore R = \sqrt{(4)^2 + (3)^2}$$

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

$$R = \sqrt{25}$$

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

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



2-4-2 طرح المتجهات :

إذا سرت (10 m) شرقاً ثم غيرت مسارك (6 m) غرباً فأنتك 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 (11-2).

أن طرح متجه ما يكافئ 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 :-

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

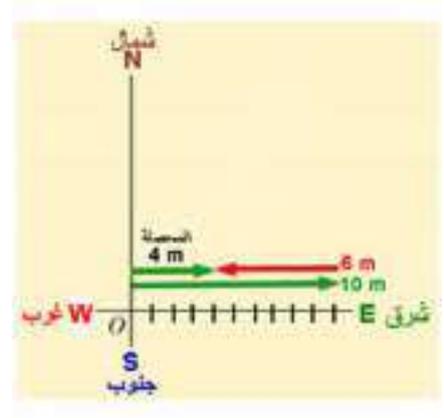
$$10 \text{ m} \quad 6 \text{ m} \quad 4 \text{ m}$$

$$\longrightarrow + \longleftarrow = \longrightarrow$$

أو:

$$10 \text{ m} \quad 6 \text{ m} \quad 10 \text{ m} \quad 6 \text{ m} \quad 4 \text{ m}$$

$$\longrightarrow - \longrightarrow = \longrightarrow + \longleftarrow = \longrightarrow$$



شكل 11-2

أسئلة الفصل

1- اختر العبارة الصحيحة لكل مما يأتي:

1- من الكميات المقدرية هي :

- a - القوة
b - الازاحة
c - الزخم
d - المسافة

2 - من وحدات الطول :

- a - cd
b - K
c - m
d - mol

3 - (1 mm) يساوي:

- a - 10^3 m
b - 10^{-6} m
c - 10^6 m
d - 10^{-3} m

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 - $mm = \dots\dots\dots m$
- 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 المقدرية ؟
5 - في النظام الدولي للوحدات ، ما هي وحدة كل من : درجة الحرارة ، الكتلة ، كمية المادة
6 - متى يكون المتجهان (\vec{A}) و (\vec{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 مقدرًا بالمتر؟

الجواب: (40×10^8 m) تقريباً

الفصل الثالث

(الحركة)

الاجراض السلوكية :

- بعد اكمال هذا الفصل ينبغي للطالب ان يكون قادراً على أن :-
- 1- يميز بين الحركة، والحركة الخطية، والحركة بتعجيل.
 - 2- يفهم الحركة بتعجيل وعلاقتها والتعجيل الثابت.
 - 3- يفهم السرعة، ومعدل السرعة، وإيجاد السرعة بالوسائل الرياضية والحسابية.
 - 4- يستوعب مفهوم السقوط الحر.
 - 5- يفهم قانون حفظ الزخم.

المفردات :

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

المصطلحات العلمية



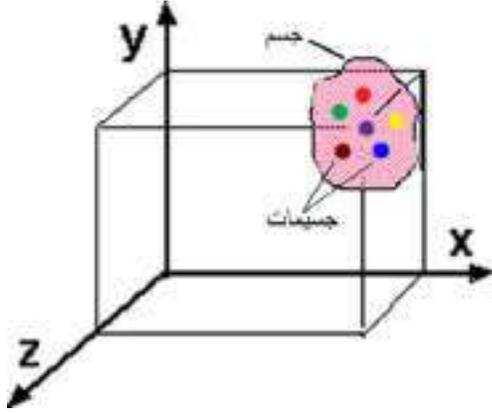
Linear Motion	حركة خطية
Velocity	سرعة
Speed	انطلاق
Acceleration	تعجيل
Displacement	إزاحة
Gravitational Acceleration	تعجيل ارضي
Free Falling	سقوط حر
Impulse	دفع
Momentum	زخم

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 الثلاثة المتعامدة (X-Y-Z) شكل (1-3). بحيث ان الجسيم عندما يتحرك على اي مسار في الفضاء، فإن مساقطه تتحرك على خطوط مستقيمة على طول المحاور الثلاثة.

وان الحركة الحقيقية يمكن ان توصف من حركة المساقط الثلاثة.

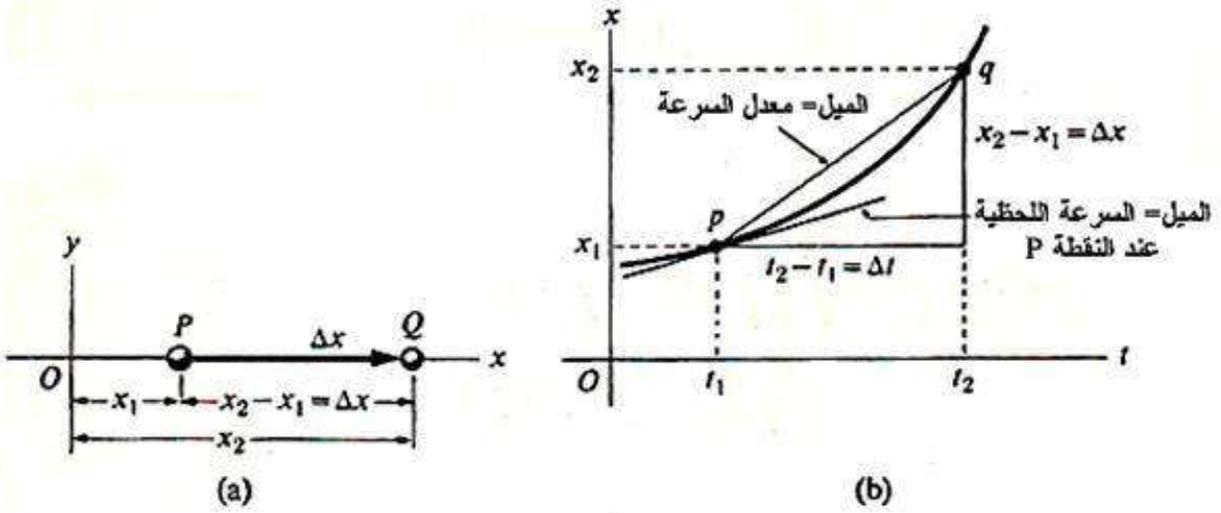
شكل 1-3 الجسم في الاحداثيات المتعامدة

وهناك 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 جسماً يتحرك على طول محور (x) كما في الشكل (a 2-3) 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 (b 2-3) .

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 (a 2-3) 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:

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

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

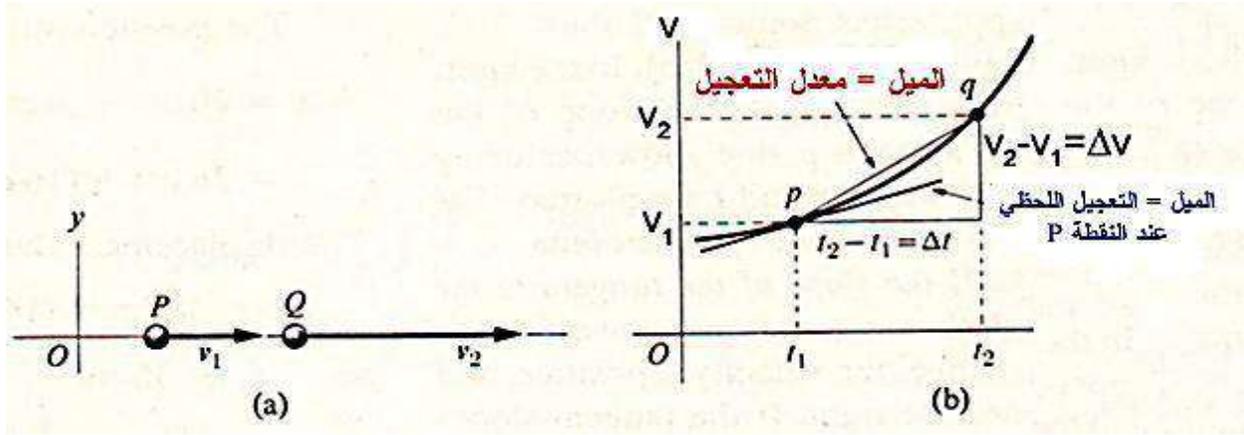
$$v_{av} = |\vec{v}_{av}| = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \dots \dots \dots (2-3)$$

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.

4-3 الحركة بتعجيل:

عندما تتغير سرعة الجسم المتحرك باستمرار مع الزمن اي كلما تقدمت الحركة يقال عندئذ للجسم انه يتحرك بتعجيل . والشكل (a 3-3) 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 (b 3-3) فانه يمثل مخططاً لقيمة السرعة اللحظية (v) رسمت كدالة للزمن وكل من النقطتين p و q تمثلان P و Q 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 :

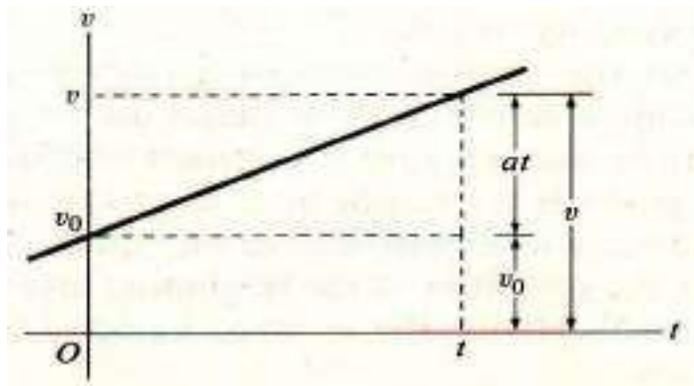
$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \dots \dots \dots (3 - 3)$$

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

5-3 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:

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

اذا كان $t_1=0$ وان t_2 هو الزمن في اي لحظة وليكن (t) . وان v_0 تمثل السرعة الابتدائية عندما $t=0$. وكذلك لتكن (v) السرعة عند الزمن (t) . ولذلك ستصبح المعادلة كالتالي:

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0} \dots\dots (5 - 3)$$

ويمكن اعادة صياغتها بالاتي $(t_0=0)$:

$$v = v_0 + a \cdot t \dots\dots (6 - 3)$$

يعوض التعجيل بقيمة موجبة اذا كانت السرعة متزايدة (تسارع) وقيمة سالبة في حالة تناقص السرعة (تباطؤ) وصفرأ 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:

$$\bar{v} = \frac{v_0 + v}{2} \dots\dots (7 - 3)$$

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

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

ليكن $x_1=x_0$ 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 المعدلتين (7-3) و (2-3) سوف نحصل على:

$$\frac{x - x_0}{t - 0} = \left(\frac{v_0 + v}{2} \right)$$

او:

$$x - x_0 = \frac{1}{2}(v_0 + v)t \dots \dots \dots (8 - 3)$$

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

$$x - x_0 = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \dots \dots \dots (9 - 3)$$

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

$$x - x_0 = \frac{1}{2}(v_0 + v) \left(\frac{v - v_0}{a} \right) = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

وباعادة ترتيب المعادلة نحصل على:

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0) \dots \dots \dots (10 - 3)$$

مثال 1:

استعمل سائق سيارة الموقف فأعطاهها 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:

$$\begin{aligned} \text{a) } v &= v_0 + at = 30 \text{ m/s} + (-6 \text{ m/s}^2)(2\text{s}) \\ &= (30 - 12) \text{ m/s} = 18 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\text{b) } v = 0 \rightarrow 0 = v_0 + at \rightarrow at = -v_0$$

$$t = -\frac{v_0}{a} = -\frac{30 \text{ m/s}}{-6 \text{ m/s}^2} = 5 \text{ s}$$

مثال 2:

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

الجواب:

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

$$x = v_o t + \frac{1}{2} at^2 = \left(30 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) (5\text{s}) + \frac{1}{2} (-6 \text{ m/s}^2) (5\text{s})^2$$
$$= 150 \text{ m} - 75 \text{ m} = 75 \text{ m}$$

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 $v_o = 0$

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

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

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

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

هل تعلم!!!!!!

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

الانطلاق النهائي قبل الاقلاع هو:

$$v = v_o + at$$

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

$$= 50 \text{ m/s}$$

7-3 تعجيل الجاذبية:

ان الشيء الذي يصعد الى الاعلى يجب ان يهبط الى الاسفل، من هذا المفهوم تقدم العالم الايطالي جاليليو 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 نفسه لكل الاجسام الحرة . وان غاليليو قد قام بقياس هذا التعجيل بالاستفادة من السطح المائل وقد ثبت ان كلامه صحيح جدا .

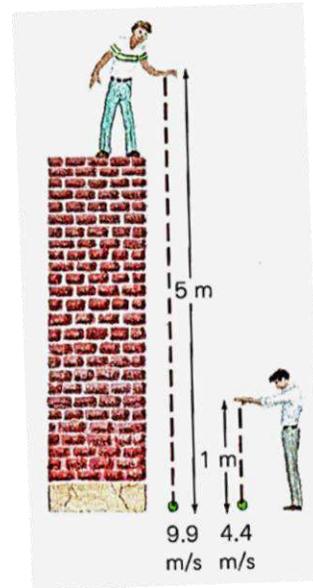
هل تعلم؟



جاليليو جاليلي Galileo Galilei (15 فبراير 1564 - 8 يناير 1642) عالم فلكي وفيلسوف وفيزيائي إيطالي، ولد في بيزا في إيطاليا. وفي ذلك الوقت كان العلماء يظنون أنه لو ألقى من ارتفاع ما جسمين مختلفي الوزن فإن الجسم الأثقل وزناً 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 3-6



الشكل 3-5

لقد وجد غاليليو ان جميع الاجسام الساقطة قرب سطح الارض سوف تملك تعجيلا ويرمز لهذا التعجيل $(g = 9.8 \text{ m/s}^2)$. وبعبارة اخرى الاجسام الساقطة سقوطاً حرّاً 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:

هل تعلم؟

تتغير قيمة الجاذبية الظاهرية وبالتالي التعجيل الذي تمارسه الأرض على الأجسام باختلاف خطوط العرض تغيراً طفيفاً بحيث تهبط إلى أدنى قيمة عند خط الاستواء وتبلغ حوالي 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 وفقاً لقانون التربيع العكسي.

ان المعادلة ($v=v_0+at$) تعطينا قيمة انطلاق الجسم الساقط في اي زمن مثل (t) بعد سقوطه حراً من السكون شرط قبل اصطدامه بالأرض.

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

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

$$x - x_0 = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

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

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

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 بإشارة 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 (6-3):

$$v = v_0 + a t$$

$$(-v) = 0 + (-g) t \quad \text{((الإشارة السالبة للسرعة لان اتجاه الحركة الى الاسفل))}$$

$$v = g \times t \dots \dots \dots (12 - 3)$$

السرعة في اي لحظة

9-3 امثلة على السقوط الحر:

1- سقط حجر من جسر ف ضرب الماء بعد (2.2 s). ما ارتفاع الجسر فوق الماء وما سرعه اصطدام الحجر بالماء؟
الجواب:

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

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0) = v_0^2 + 2(-g)(-h)$$

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

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

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؟

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

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

$$v = v_0 + (-g)t \quad , \quad v_0 = 0$$

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

الإشارة السالبة تحدد اتجاه السرعة الى الاسفل

هل تعلم !!!!!



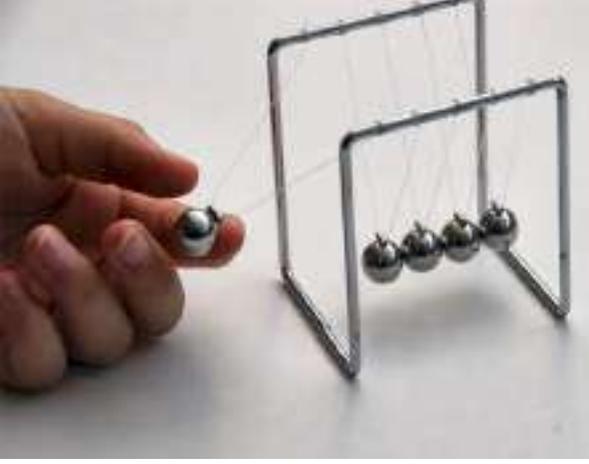
ان النمساوي فيليكس بومغارتنر (1969) كتب اسمه بحروف من ذهب في تاريخ الإنجازات البشرية القياسية، بعد نجاحه في القيام بسقوط حر من علو 39 كيلومترا بسرعة فاقت سرعة الصوت، كان ذلك في 14 أكتوبر 2012. حيث صعد بمنطاد مملوء بغاز الهيليوم الخفيف فصعد به إلى طبقة الستراتوسفير.

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 حُمِل في كبسولة معلقة 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، ليتهدى في سماء نيو مكسيكو ويهبط بسلام على الأرض.

أثناء هبوطه، حطم فيليكس بومغارتنر رقمين قياسيين عالميين وهما أعلى صعود بمنطاد مأهول وصل إليه الإنسان وأعلى قفزة بالمظلة كذلك أعلى سرعة للسقوط الحر .
الإنجاز الذي حققه المغامر النمساوي 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_0 , فان سرعة الجسيم في وقت لاحق مثل t تعطى بالعلاقة:

$$v = v_0 + a t \dots \dots (13 - 3)$$

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

$$v = v_0 + \frac{F}{m} t$$

و بضرب المعادلة بالمقدار m و ترتيب الحدود يكون لدينا :

$$m v - m v_0 = F t \dots \dots (14 - 3)$$

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 \times 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:

$$\text{Impulse} = F (t_2 - t_1) \dots \dots (15 - 3)$$

اما الجانب الايسر من العلاقة (14-3) فان حاصل ضرب الكتلة \times 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:

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

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_0 عند البدء و v عند نهاية الفترة الزمنية يكون لدينا:

$$F (t_2 - t_1) = mv - mv_0 \dots \dots (17 - 3)$$

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:

$$F(t_2 - t_1) = mv - mv_0$$

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

$$V = -6 m/s$$

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 7-3

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 (7-3) يوضح فتاة تركض باتجاه زلافة، فاذا كانت كتلة الفتاة m_1 وسرعتها v_1 و كتلة الزلافة m_2 مع اهمال سرعتها لا نها بطيئة جدا. و عندما تسيطر الفتاة على الزلافة يكون:

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v_2$$

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

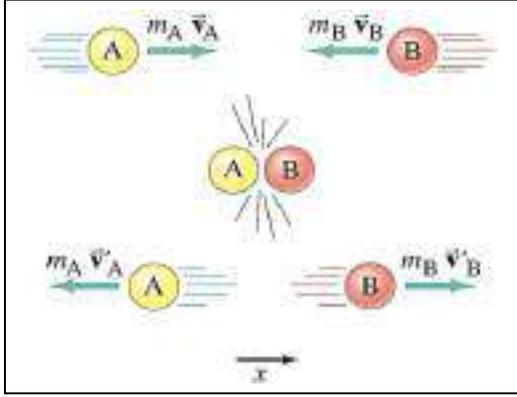
عموماً في حالة التصادم فان قانون حفظ الزخم هو: الزخم قبل التصادم = الزخم بعد التصادم

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2$$

اذ ان:

v'_1 تمثل السرعة بعد التصادم للجسم الاول

v'_2 تمثل السرعة للجسم الثاني بعد التصادم



شكل 3-8

مثال: تحرك جسم A باتجاه 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).

الجواب:

نفرض ان سرعة الجسم A بعد التصادم هي v'_A وسرعة الجسم B بعد التصادم هي v'_B لذلك:

الزخم بعد التصادم = الزخم قبل التصادم

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

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

$$50 - 20 = -30 + 5v'_B \Rightarrow v'_B = 12 \text{ m/s}$$

((تعوض السرعة بقيمة موجبة عندما تكون باتجاه X الموجب وسالبة عندما تكون باتجاه X السالب))

هل تعلم !!!!

ان العالم الكبير البرت انشتاين (1879-1955) طور مفهوم النسبية في حركة الاجسام في السرعة 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 اضعيفاً. 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 ($3 \times 10^8 \text{ m/s}$)، مثال ذلك تتغير كتلة الجسم المقاسة m_0 الى m اذا تحرك بسرعة v ويمكن ايجادها من العلاقة:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

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 أهمل 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 \times التغير في السرعة
(b) القوة \times التعجيل
(c) الكتلة \times التعجيل \times الزمن
(d) القوة \times 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/s²) على طول خط مستقيم. اوجد سرعة وازاحة الجسم بعد (4 s).
(الجواب: 80m , 40 m/s)
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/s², (c) 250 m, (d) 196000 N.s)
4. حافلة تتحرك بسرعة (30 m/s) تبدأ بالتباطؤ بمعدل (3 m/s²) احسب المسافة التي تتحركها الحافلة قبل ان تتوقف.
(الجواب: 150 m)
5. رصاصة كتلتها (8 g), اطلقت افقياً 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 :

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

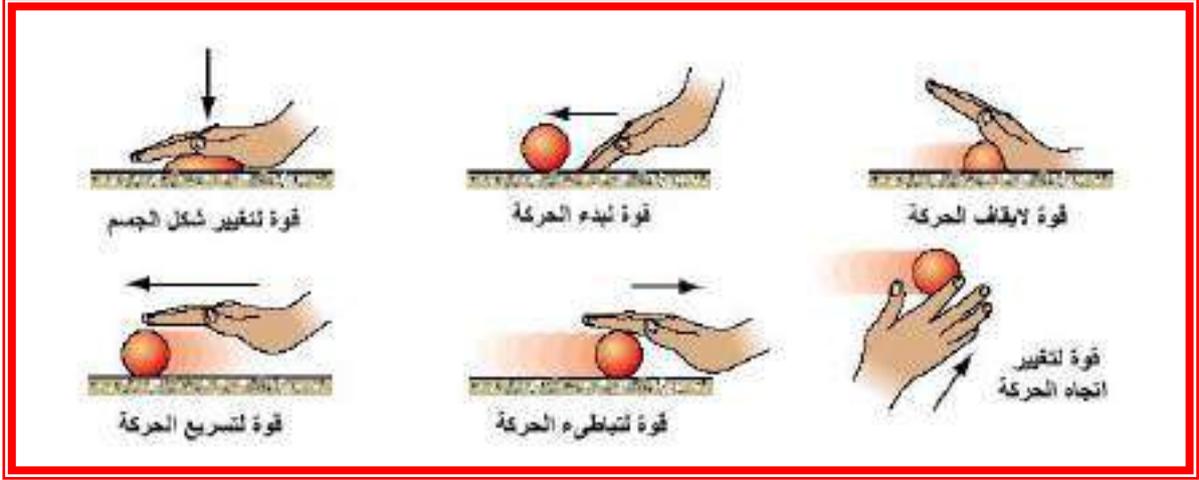
1-4 مقدمة- تعريف القوى:

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 (1-4) يوضح بعض تلك القوى.



شكل 1-4 انواع مختلفة من القوى

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



شكل 2-4 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:

$$\text{Weight } (\vec{F}_g) = m \vec{g}$$

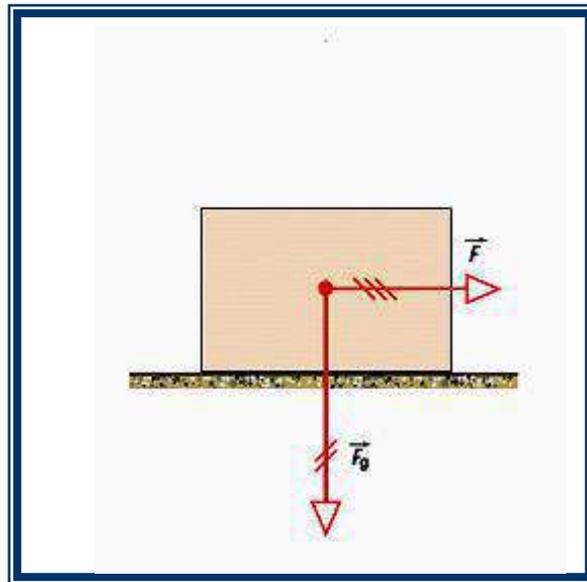
اذ ان m : كتلة الجسم بوحدات kg،

g : التعجيل الأرضي (9.8 m/s^2).

الشكل (3-4) 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 3-4 تأثير القوة الخارجية وقوة وزن الجسم

2-4 محصلة القوى المؤثرة:

بما أن القوى مفادير اتجاهية إذن يمكن تحليلها في المحاور الديكارتية (X-Y) وفي الحالات التالية:
1- القوى الموازية للمحورين X-Y ، تجمع جمعاً اتجاهياً:

$$\vec{F}_{\text{net}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = \sum \vec{F} \dots\dots\dots (1-4)$$

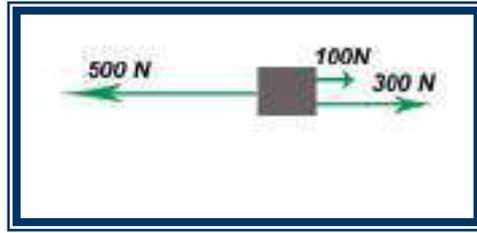
وعند تطبيق ذلك على كل محور من المحاور الاتجاهية (X-Y) فإنها تجمع جمعاً عددياً :

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

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

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 اتجاهياً كما في الشكل (b-4-4) لإيجاد المحصلة نستخدم العلاقة:

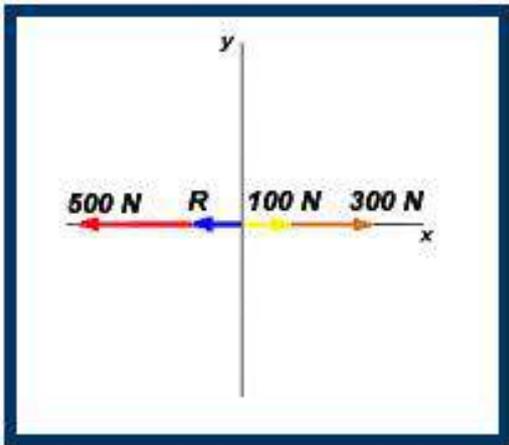
$$R_x = F_{(x)\text{net}} = F_{x_1} + F_{x_2} + F_{x_3}$$

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

$$R_x = (+100) + (+300) + (-500) \\ = -100 \text{ N}$$

الإشارة السالبة لقيمة المحصلة تعني أنها باتجاه

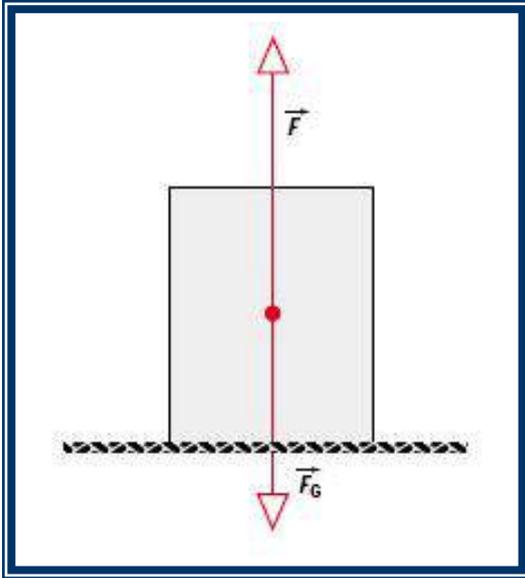
X السالب.



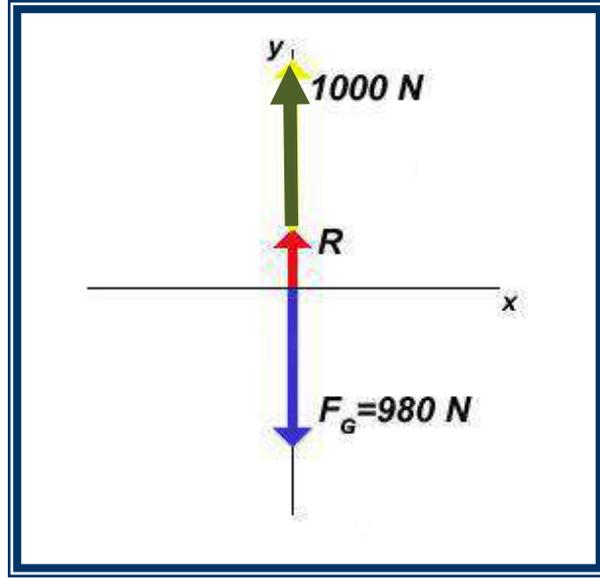
شكل b-4-4

مثال:

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



شكل 4-5- a



شكل 4-5- b

الجواب:

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

$$F_g = m g = (100)(9.8) = 980 \text{ N} \quad \text{نحو الأسفل}$$

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

$$R_y = F_{(y)\text{net}} = F_{y_1} + F_{y_2} = F_y + F_g$$

$$R_y = (+1000) + (-980) = +20 \text{ N}$$

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 $(F_1=1 \text{ N})$

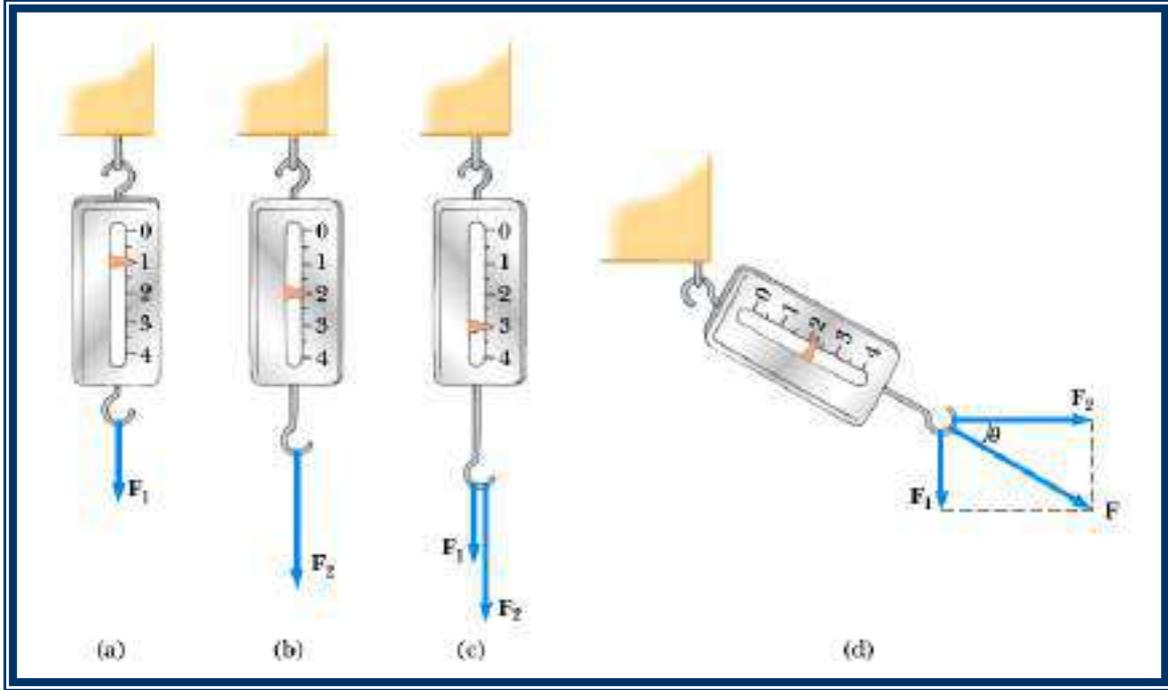
(b) القوة F_2 ازاحت النابض مسافة 2 cm . اي ان قيمة $(F_2=2 \text{ N})$

(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 $(F_{\text{net}}=3 \text{ N})$

(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:

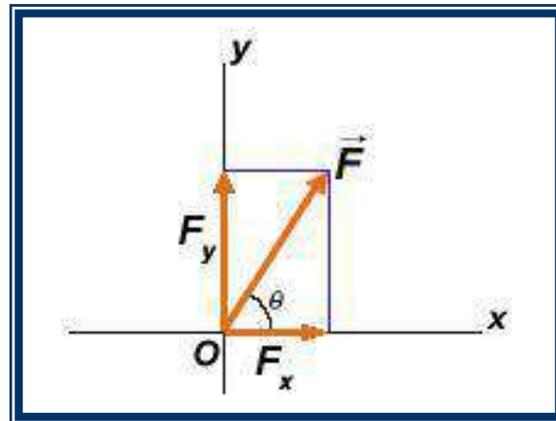
$$F_{(y)net} = \sqrt{(1)^2 + (2)^2} = 2.24 \text{ N}$$



شكل 6-4 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 (7-4):



شكل 7-4

مركبات القوة هي:

$$F_x = F \cos\theta \quad \dots\dots(4-4)$$

$$F_y = F \sin\theta \quad \dots\dots(5-4)$$

وان محصلة تلك المركبتين العدديتين هو مقدار القوة F العددي:

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

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

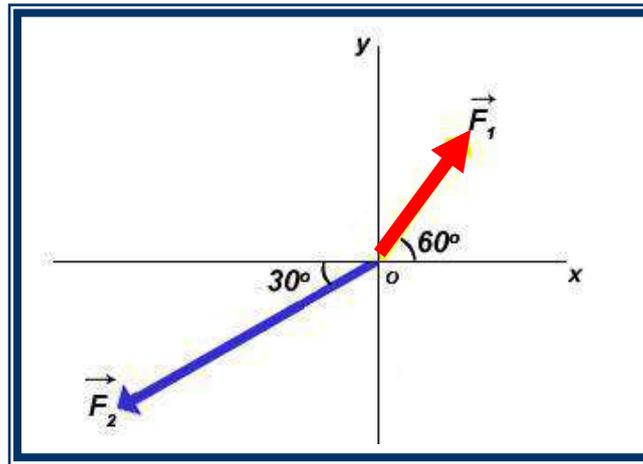
$$R = F_{\text{net}} = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \quad \dots\dots (7-4)$$

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

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

مثال:

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



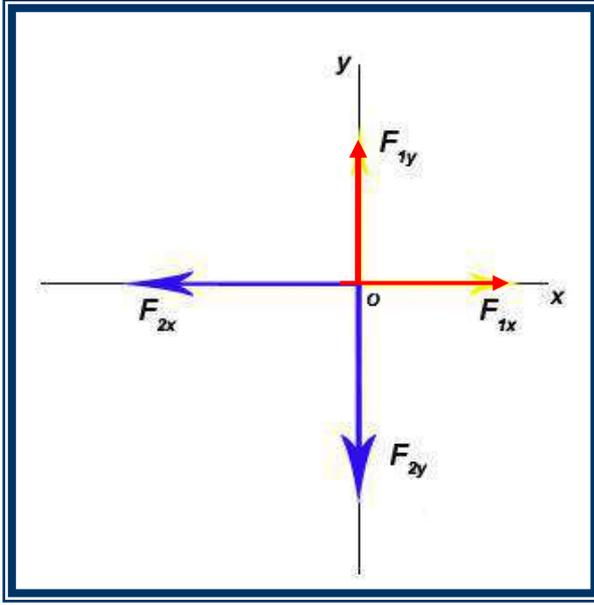
شكل a-8-4

الجواب:

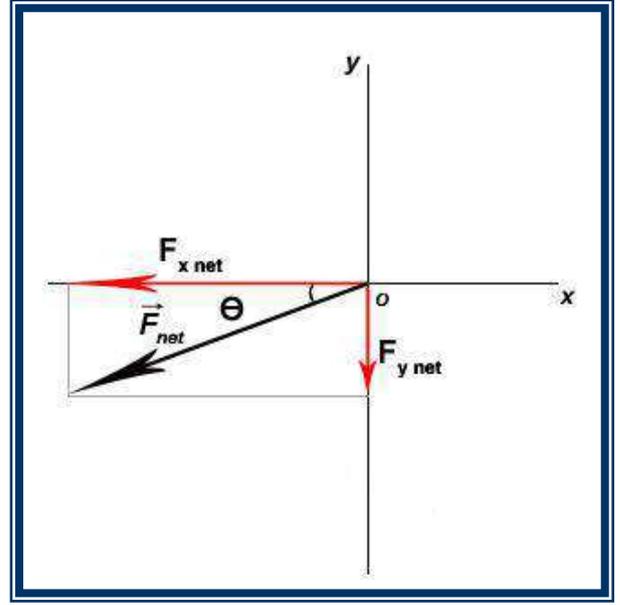
يمكن تحليل القوى باتجاه X و Y ووضعها في الجدول التالي:

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:

$$\begin{aligned} F_{(x) \text{ net}} &= (F_1 \cos 60) + (-F_2 \cos 30) \\ &= 200 \cos 60 - 400 \cos 30 = 200 (0.5) - 400 (0.87) \\ &= 100 - 348 = -248 \text{ N} \end{aligned}$$

السالب X باتجاه محور

ومحصلة القوى باتجاه Y هي:

$$\begin{aligned} F_{(y) \text{ net}} &= (F_1 \sin 60) + (-F_2 \sin 30) \\ &= 200 \sin 60 - 400 \sin 30 = 200 (0.87) - 400 (0.5) \\ &= 174 - 200 = -26 \text{ N} \end{aligned}$$

السالب Y باتجاه محور

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

بتطبيق نظرية فيثاغورس:

$$\begin{aligned} F_{(x) \text{ net}} &= \sqrt{(F_{(x) \text{ net}})^2 + (F_{(y) \text{ net}})^2} \\ &= \sqrt{(-248)^2 + (-26)^2} = \sqrt{(61504) + (676)} = \sqrt{62180} = 249.36 \text{ N} \end{aligned}$$

واتجاه المحصلة:

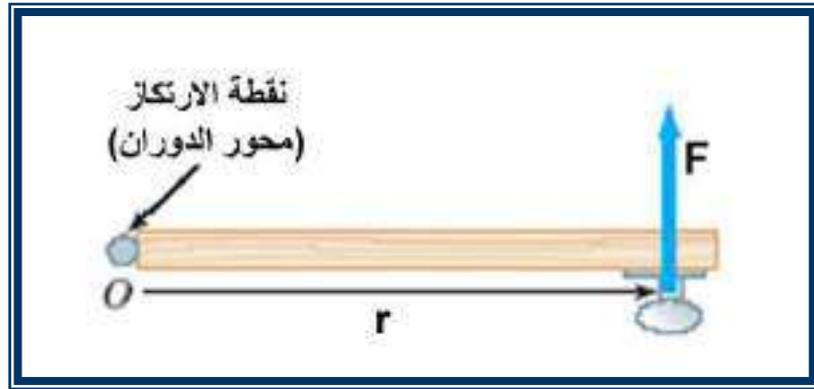
$$\tan \theta = \frac{F_{(y) \text{ net}}}{F_{(x) \text{ net}}} = \frac{-26}{-248} \rightarrow \theta = 6^\circ$$

مع محور X السالب

بما أن $F_{(x) \text{ net}}$ باتجاه محور (X) السالب و $F_{(y) \text{ net}}$ 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 تعجيلاً خطياً 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 9-4

فإذا أثرت قوة مقدارها F على الصر، r حُر وسمى بعد r من نقطة الارتكاز (O) فستعمل على تدوير الباب حول النقطة (O) ويدعى التأثير الدوراني لقوة حول محور 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:

$$\tau = r \cdot F \dots \dots \dots (8 - 4) \text{ عددياً}$$

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

$$\tau = r \cdot F \sin \theta \text{ عددياً } (\theta) \text{ إذا كانت بينهما زاوية}$$

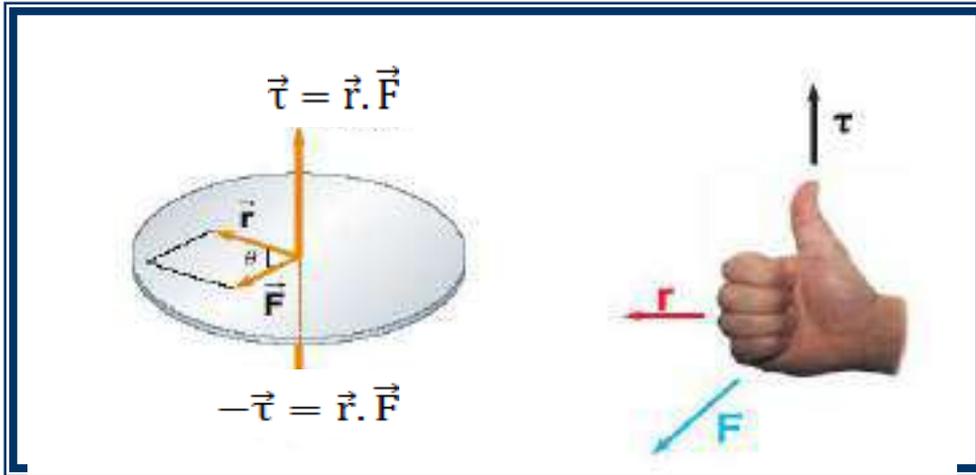
هذا يعني أن العزم مقدار اتجاهي يمكن تحديد اتجاهه باستعمال قاعدة كف اليد اليمنى حيث تشير نقطة الأصابع إلى متجه الموضع r بينما اتجاه لفة الأصابع تشير للقوة F فيكون اتجاه الإبهام مشيراً لاتجاه عزم القوة كما في الشكل (10-4).

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

الجواب:

$$\tau = r \times F$$

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



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

وبما ان تغيير اتجاه القوة المؤثرة سيؤدي الى تغيير 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:

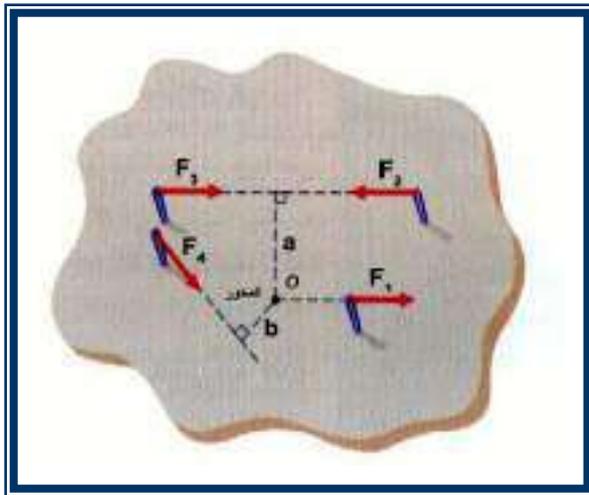
$$\tau_2 = r_2 \times F_2 = (a) \times F_2 = + a \times F_2$$

3- القوة F_3 : أيضا 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:

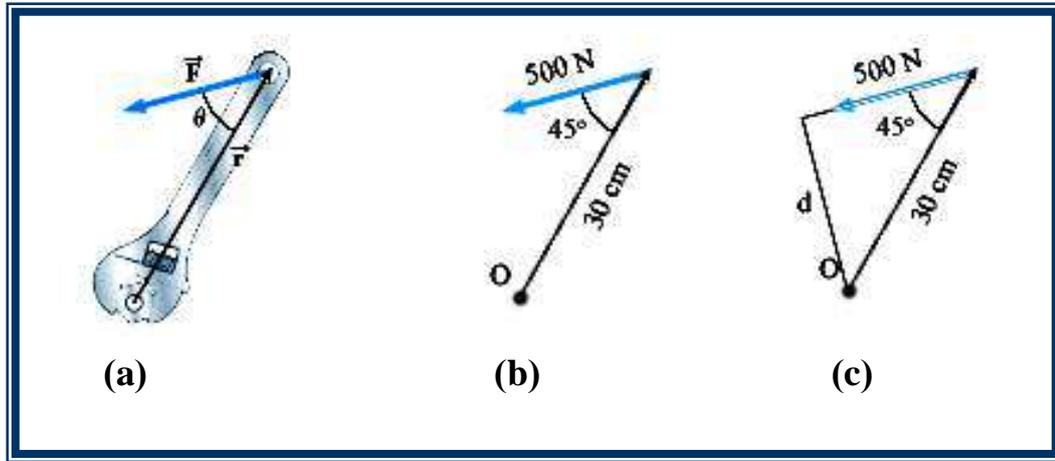
$$\tau_4 = r_4 \times F_4 = (b) \times F_4 = + b \times F_4$$



شكل 4-11

مثال :

مفتاح صامولات (Nut) طوله $r = 30 \text{ cm}$ كما مبين في الشكل (a-12-4)، سلطت قوة مقدارها 500 N وبزاوية 45° 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:

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

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

القوة الموازية (F_{\parallel}) تمر من المركز ولا تولد عزمًا، أما القوة العمودية (F_{\perp}) فتولد عزم مقداره:

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

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

$$d = (0.3) \sin 45 = 0.212 \text{ m} \quad \text{ذراع القوة}$$

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

6-4 قانون نيوتن الأول:

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 الأتجاهي لهذه القوى يساوي صفرًا .

لذلك يبقى الجسم في حالة السكون إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة عليه تساوي صفرًا، 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 فإنه 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 الأول ونصه:



سير إيزاك نيوتن: معلم الفيزياء والرياضيات (1642-1727) هولندي

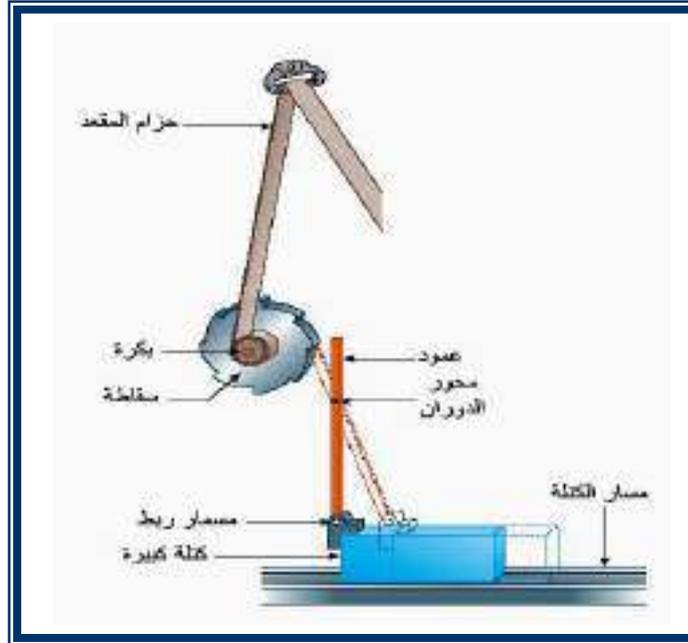
((يبقى الجسم في حالة السكون والمتحرك يستمر في حركته وبسرعة ثابتة إذا كان المجموع الاتجاهي للقوى الخارجية المؤثرة عليه تساوي صفراً)).

7-4 القصور الذاتي والكتلة:

يعرف القصور الذاتي بأنه ميل الجسم الساكن للاستمرار في السكون وميل الجسم المتحرك للاستمرار في الحركة بسرعه الأصلية. تعتبر الكتلة مقياساً لمقاومة الأجسام لتغير الحركة بسبب تأثير القوة، أي أن الكتلة الكبيرة للجسم تعطي أقل تعجيلاً لحركة الجسم تحت تأثير قوة خارجية.

شكل 4-13

أن التطبيقات التي يمكن تفسيرها اعتماداً على خاصية على خاصة القصور الذاتي كثيرة جداً فهناك السيارة التي تسير بخط مستقيم وبسرعة ثابتة، ثم تتوقف بشكل مفاجئ فإن 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 إيقاف 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:

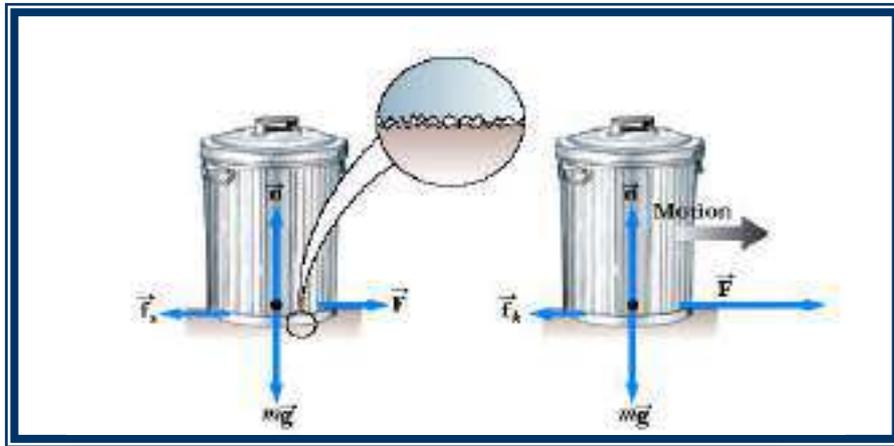


إذا أثرت بقوة قليلة على كتاب موضوع على سطح منضدة كما موضح في الشكل (4-15) تلاحظ أن الكتاب لا يتحرك ويبقى ساكنا ونستنتج أن صافي القوة يساوي صفرا ($F_{net} = 0$) وهذا يعني أنه توجد قوة واحدة على الأقل تؤثر عكس قوة تأثيرك على الكتاب. وهذه القوة المضادة توفرها المنضدة حيث تتلامس مع الكتاب وهي القوة F_s وسنسميها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

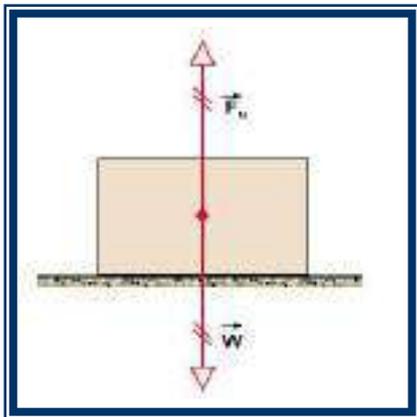
وتتميز بأنها تعاكس محاولة الجسم للانزلاق، واتجاهها موازي لسطح التلامس .

شكل 4-15

عند زيادة القوة المؤثرة على الكتاب إلى قيمة حرجة معينة F_c فإن الكتاب سيبدأ فجأة بالحركة ، ولكي يستمر الكتاب بالحركة فإنه يحتاج إلى 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.



شكل 4-17-a

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

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

$$\mathbf{F}_f \propto \mathbf{F}_N \rightarrow \mathbf{F}_f = \mu \cdot \mathbf{F}_N \text{(10-4)}$$

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

في حالة الاحتكاك السكوني فإن قوة الاحتكاك هي:

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

وفي حالة الاحتكاك الحركي فإن قوة الاحتكاك هي:

$$F_k = \mu_k \times F_N$$

حيث: μ_k معامل الاحتكاك الحركي أو الانزلاقي.

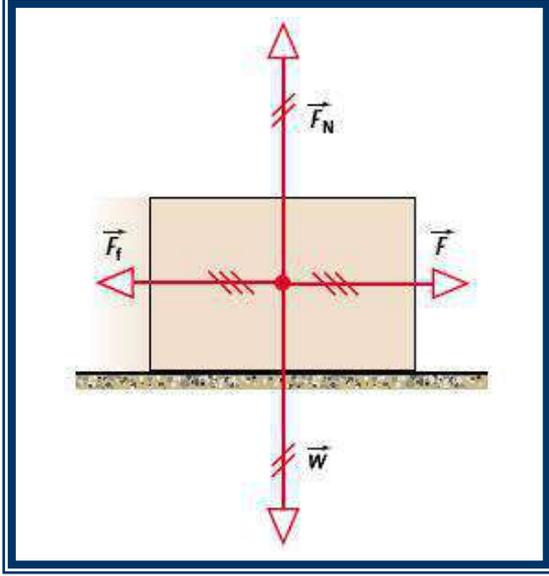
ويعتبر معامل الاحتكاك أحد خصائص السطوح المتلامسة ويعتمد على طبيعة المادة السطحيين المتلامسين ودرجة نظافتها وجفافهما.

يمثل الجدول (1-4) قيم معاملات الاحتكاك لبعض

السطوح المتلامسة. وبصورة عامة فإن معامل

الاحتكاك الحركي أقل من معامل الاحتكاك السكوني

$$. (\mu_k < \mu_s)$$



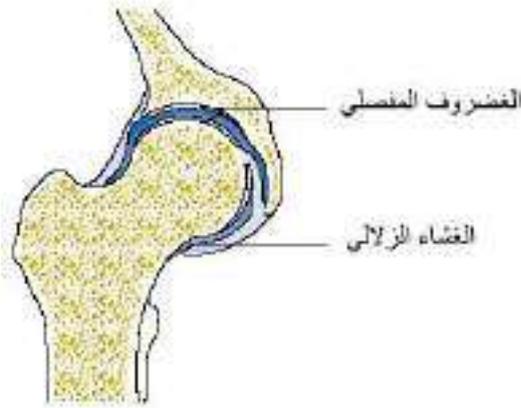
شكل 4-17-b

جدول 1-4 قيم معاملات الاحتكاك لبعض السطوح المتلامسة

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

فكر!!!!

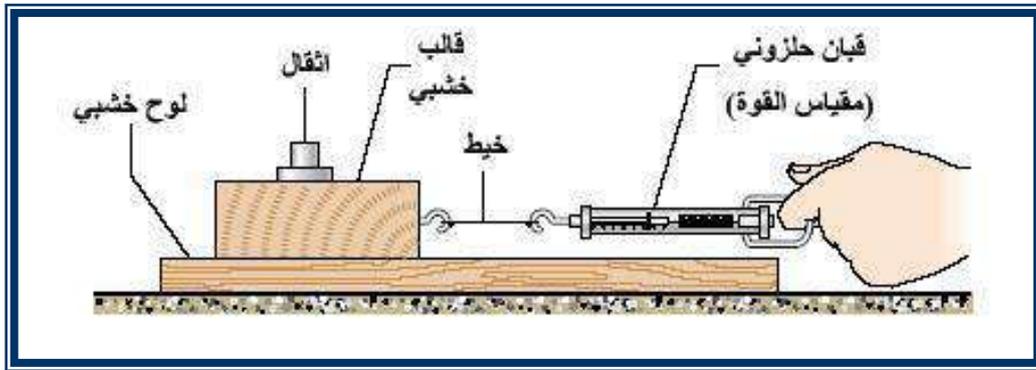
هل من الممكن أن يكون معامل الاحتكاك أكبر من الواحد؟ فسر إجابتك



هل تعلم!!!!
 الاحتكاك في مفاصل ورك جسم الإنسان يمنع الجسم من الهبوط إلى الأرض وهذه المفاصل مزينة بغشاء زلالي لكي يستطيع الشخص الحركة وعندها يقلل هذا السائل معامل الاحتكاك السكوني إلى 0.003 ويُمْتَص هذا السائل الزلالي إلى ظهر العضروف ليزداد الاحتكاك فيتمكن الشخص من الوقوف .

4-9 قياس معامل الاحتكاك السكوني والحركي:

الشكل (4-18) يوضح تجربة لقياس معامل الاحتكاك بين سطح لوح خشبي موضوع عليه قالب من الخشب أيضا وزنه (F_{g1}) مربوط بخيط إلى قبان حلزوني لقياس القوة. فإذا وضعت أثقال مختلفة (F_2) وتم سحب القالب على السطح الخشبي بواسطة 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

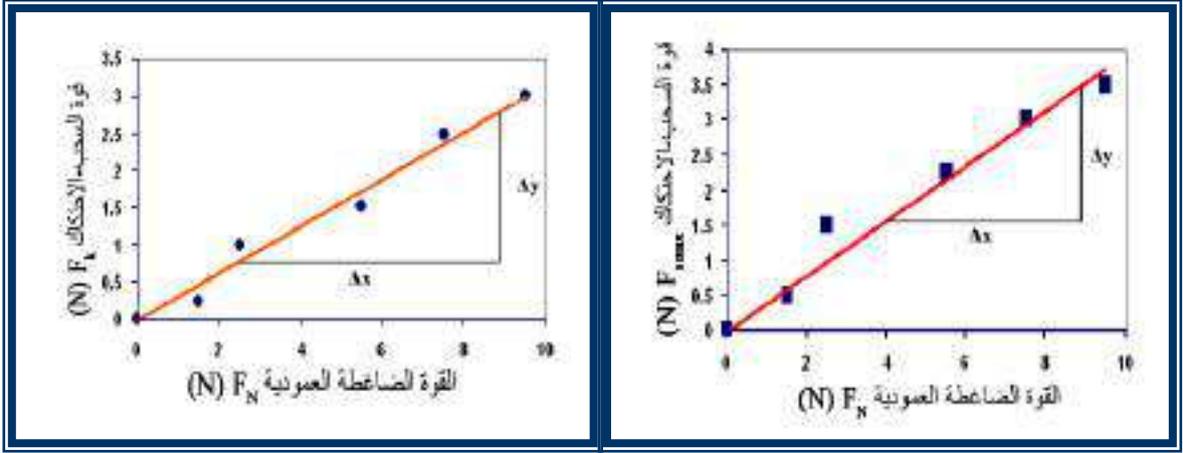
القوة العمودية $F_N=(F_{g1} + F_{g2})$ (N)	أقصى قوة لبدء الحركة $F_{(s)max}$ (N)	قوة السحب أثناء الحركة بسرعة ثابتة F_k (N)
1.5	0.5	0.25
2.5	1.5	1
5.5	2.25	1.5
7.5	3	2.5
9.5	3.5	3

ويرسم النتائج في الجدول (2-4) 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 19-4

شكل 20-4

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: $\mu_k=0.5$

$$F_k = \mu_k \times F_N$$

$$F_N = m \times g = (1640)(9.8) = 1.61 \times 10^4 \text{ N}$$

$$F_k = (0.5)(1.61 \times 10^4) = 8 \times 10^3 \text{ N}$$

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 متزنًا إذا كان متحركًا وبسرعة ثابتة (التعجيل يساوي صفر)، من ذلك يمكن استنتاج شرط الاتزان الأول ونصه:

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

رياضيا يمكن أن يكتب شرط الاتزان الأول كما يلي:

$$\sum \mathbf{F} = 0$$

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

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

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 باتجاه عقرب الساعة = مجموع الجبري للعزوم باتجاه عكس عقرب الساعة ويعبر عن ذلك رياضيا:

$$\sum \tau = 0$$

أو

$$\Rightarrow \sum \tau^- + \sum \tau^+ = 0 \dots\dots\dots (11-4)$$

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:

$$\mathbf{F} \propto \mathbf{m}$$

أذ أن m تمثل كتلة الجسم.

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

$$\mathbf{F} \propto \mathbf{a}$$

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

$$\mathbf{F} = \mathbf{m} \times \mathbf{a} \dots\dots\dots (12-4)$$

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

$$\sum \mathbf{F} = \mathbf{m} \times \mathbf{a}$$

ويمكن صياغة العبارة أعلاه بالشكل التالي:

((إذا كان المجموع الاتجاهي 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 فإنه سيكسب تعجيلاً (a) مقداره يتناسب طردياً مع القوة المؤثرة (F) وعكسياً مع كتلة الجسم (m).

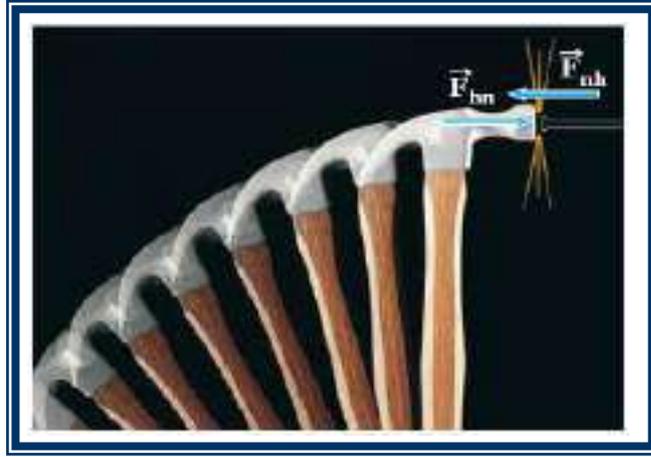
12-4 قانون نيوتن الثالث (الفعل ورد الفعل):

ينص قانون نيوتن الثالث على:

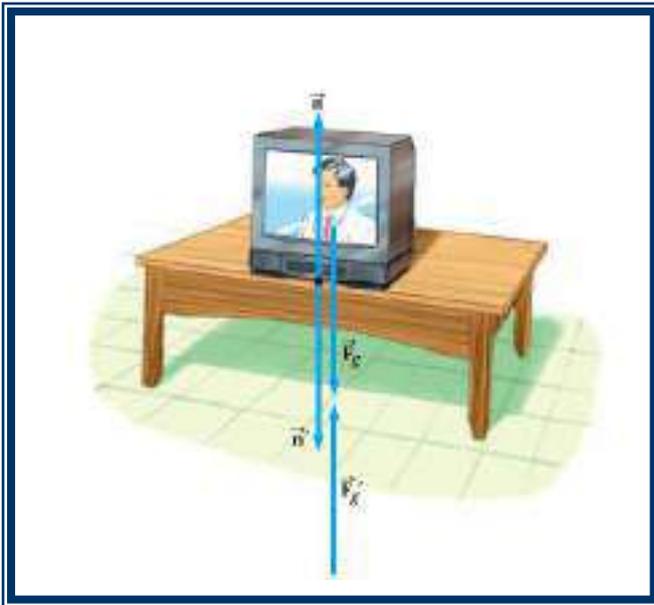
((إذا أثر جسم A بقوة مقدارها (F) على جسم آخر B فان الجسم B يؤثر بقوة (-F) على الجسم A وهذه القوة تساوي F في المقدار وتعاكسها في الاتجاه)). أي أن لكل فعل (F_A) رد فعل (F_B) يساويه في المقدار ويعاكسه بالاتجاه.

وتسمى إحدى هاتين القوتين بقوة الفعل والأخرى بقوة رد الفعل، فالمطرقة (h) (Hammer) التي تدق مسماراً (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 21-4 قوى الفعل ورد الفعل في المطرقة



شكل 22-4

يرتبط قانون نيوتن الثالث بالجاذبية الأرضية من خلال تأثير الأرض على جميع الأجسام بقوة F_g، لذلك التفاضل الموضوع على منضدة شكل (4-22) يؤثر بقوة وزنه على الأرض ومقدارها F_g والأرض تؤثر بقوة رد الفعل على التفاضل ومقدارها F_g¹، أيضاً يؤثر التفاضل بقوة n على المنضدة والمنضدة تؤثر بقوة رد فعل n¹ على التفاضل تمنعه من السقوط على الأرض، وحسب قانون نيوتن الثالث:

$$F_g = - F_g^1 \iff n = - n^1$$

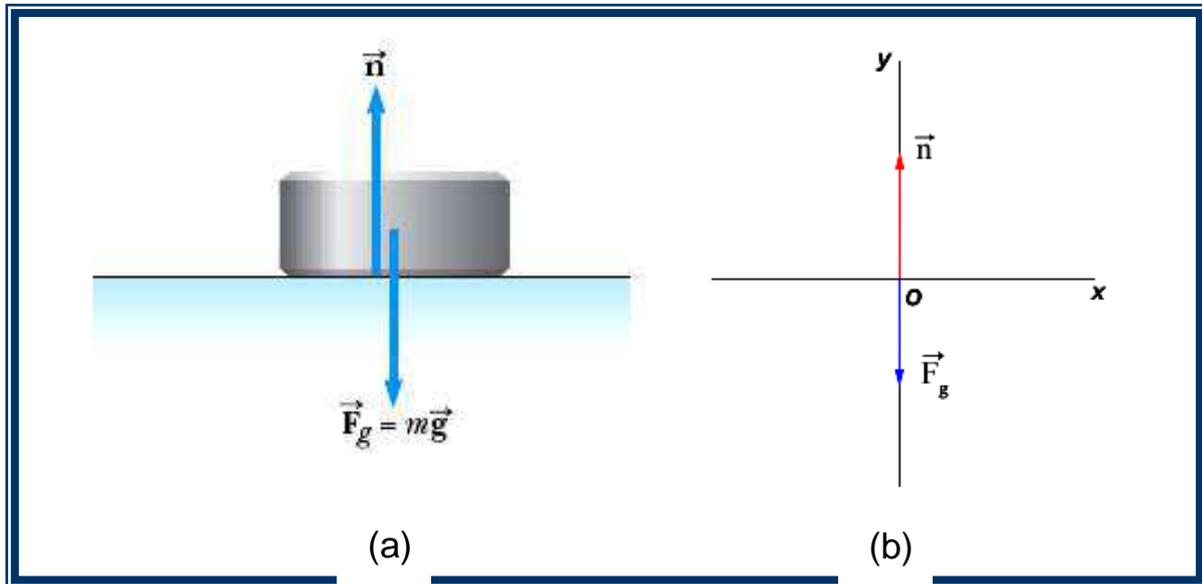
13-4 حل مسائل الاتزان:

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 للمجهيل.

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

$$\sum F_y = 0 \implies n - F_g = 0 \implies n = F_g$$

$$F_g = m \times g = (10)(9.8) = 98 \text{ N}$$

$$n = 98 \text{ N}$$

قوة وزن القالب هي:

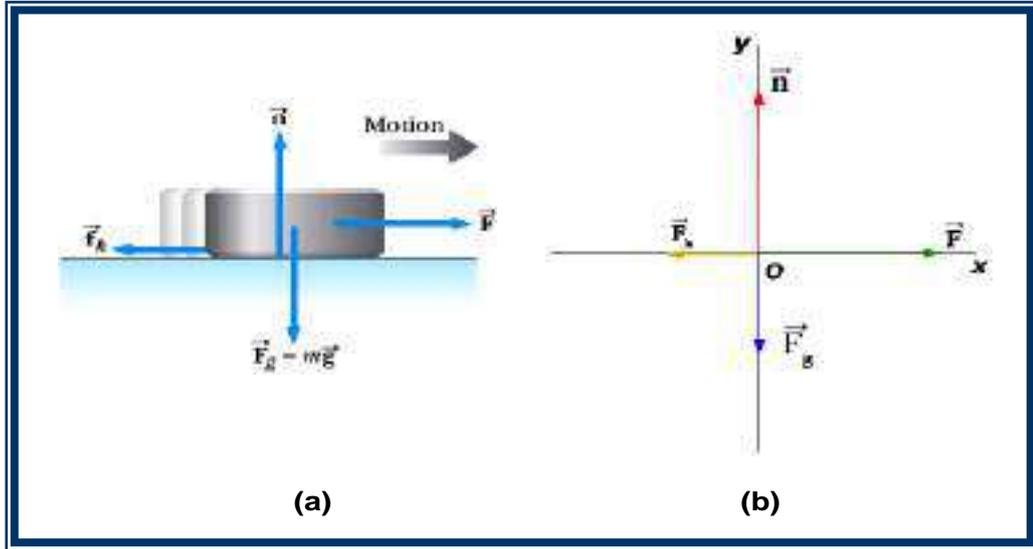
لذلك:

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 24-4

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

من شرط الاتزان الأول

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

$$n = F_g = m \times g = 98 \text{ N}$$

من معادلة (2)

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

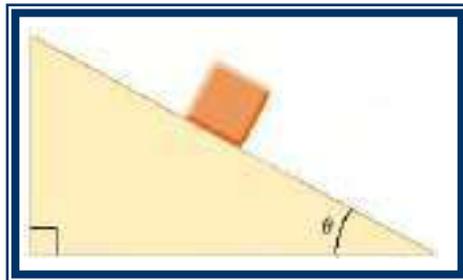
من معادلة (1)

بما ان: $F_N = n = 98 \text{ N}$ 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)، إذا كان معامل الاحتكاك السكوني بين القالب والمنصة (0.35)، ما مقدار أكبر زاوية ميل للمنصة مع الأفق قبل أن يبدأ القالب بالانزلاق إلى الأسفل.



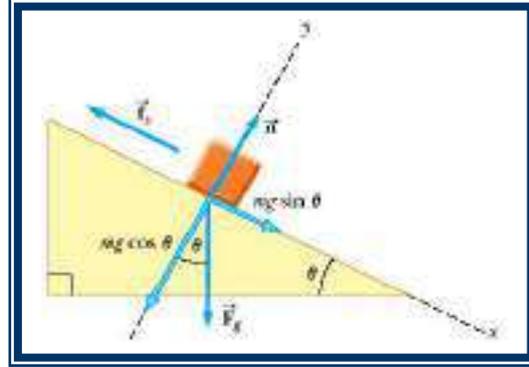
شكل a-25-4

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:

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

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



شكل b-25-4

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

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

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

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

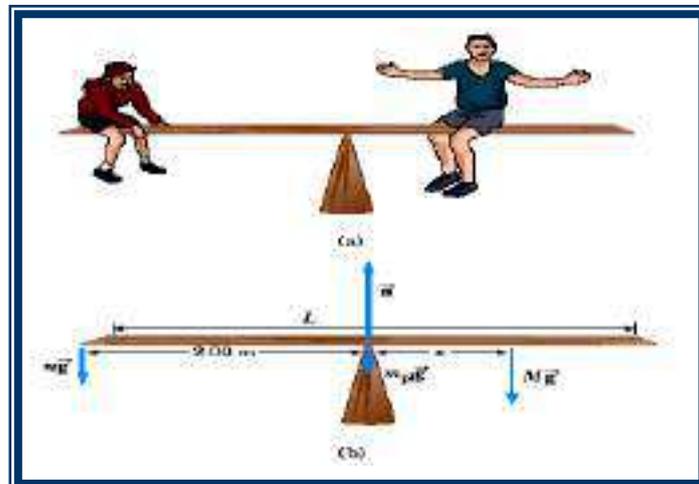
$$\mu_s = \tan \theta \implies \tan \theta = 0.35 \implies \theta = 19.3^\circ$$

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 الأرجوحة (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 \times ذراعها

((نلاحظ أن القوة n مجهولة لذلك نختار نقطة تأثير n هي نقطة الارتكاز أو محور الدوران ونحسب

العزم حولها فيكون عزم القوة n صفراً، وكذلك عزم وزن الأرجوحة صفراً لأنه ذراعها يساوي صفراً))

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

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:

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

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

وتمثل المسافة التي يجب أن يجلس عندها الفتى لحصول التوازن.

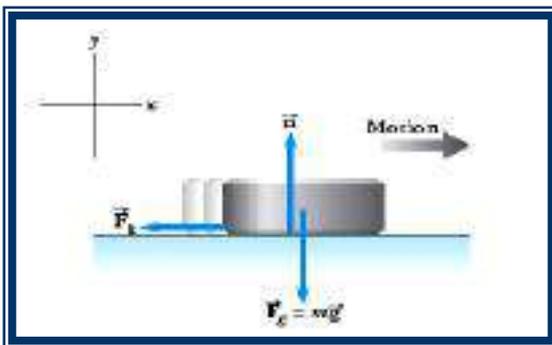
أما لإيجاد قوة رد الفعل فنطبق شرط التوازن الأول:

$$\sum F_x = 0 \quad \text{لا توجد قوى باتجاه } x$$

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

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

$$\Rightarrow n = 1.39 \times 10^3 N$$



شكل (27-4)

مثال:

يتحرك الجسم في الشكل (27-4) بسرعة

ابتدائية (20 m/s) على سطح خشن قاطعاً

مسافة (120 m) قبل ان يتوقف، احسب

معامل الاحتكاك بين الجسم والسطح.

الجواب:

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

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

$$\therefore n = mg$$

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

لإيجاد قوة الاحتكاك F_k نطبق قانون نيوتن الثاني باتجاه x :

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

ولإيجاد التعجيل a نطبق معادلة الحركة الخطية:

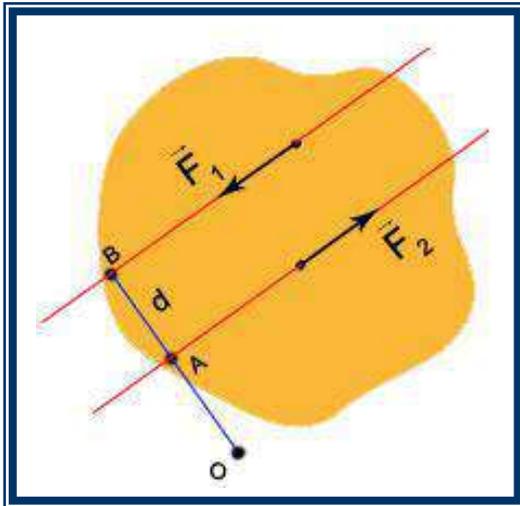
$$v^2 = v_0^2 + 2 a \Delta x \rightarrow a = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \Delta x} = \frac{0 - (20)^2}{2(120)} = -1.67 \text{ m/s}^2$$

$$\therefore F_k = -m(-1.67) = 1.67 \text{ m}$$

لذلك يصبح معامل الاحتكاك:

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

14-4 المزدوج:



شكل 28-4

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 صنوبر 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:

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

$$\rightarrow \sum \tau = F_1 \times d \dots\dots (13-4)$$

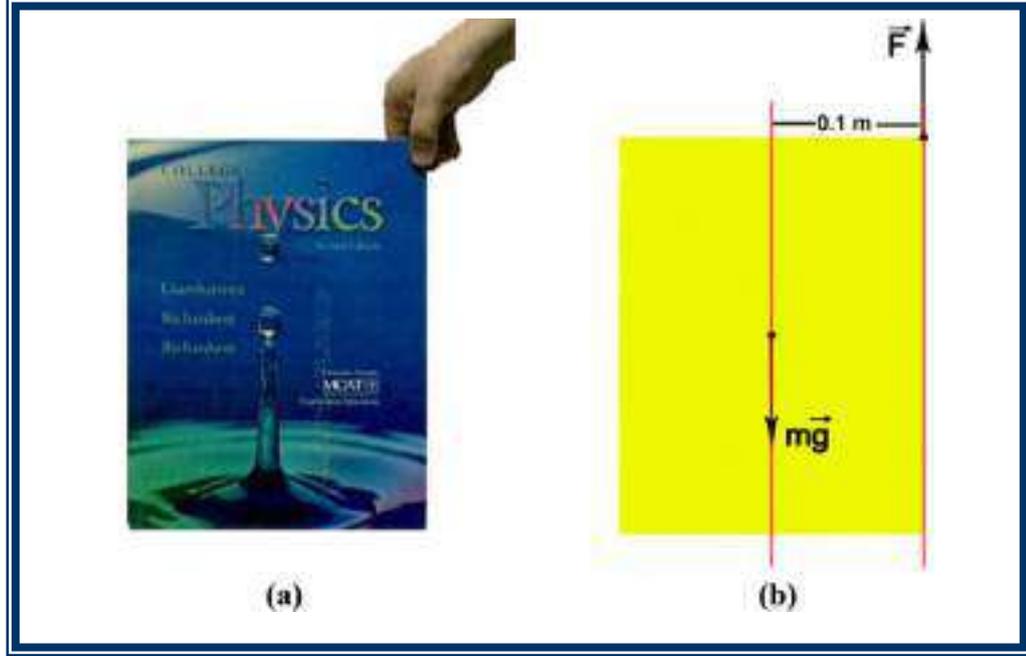
عزم المزدوج

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 المركز (محور الدوران) التي يتم حساب العزم حولها. وإنما يعتمد على مقدار إحدى القوائين والبعد العمودي بينهما (ذراع القوة).

مثال :

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



شكل 29-4

الجواب:

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

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

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

أسئلة الفصل

س1/ أختز 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 احدي 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 أضعاف 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

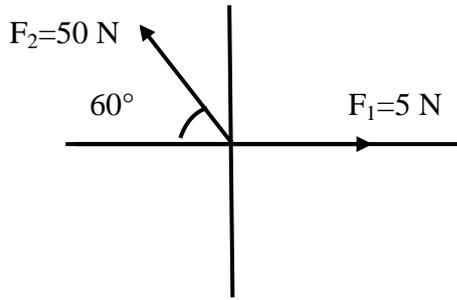
9- معامل الاحتكاك الحركي يكون:

- 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- تنزن 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 $\cos 60 = 0.8$

الجواب: ($F = 25 \text{ N}$) 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 :

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

الاجراض السلوكية:

- بعد اكمال هذا الفصل ينبغي للطلاب 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:

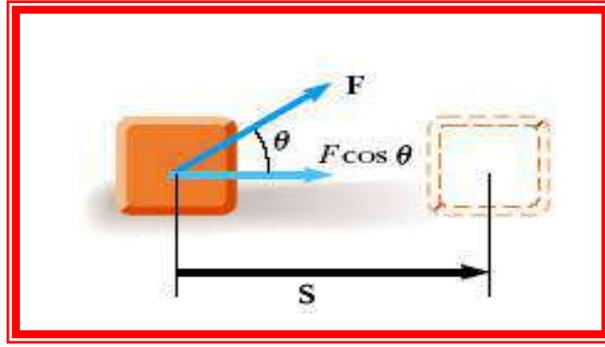
Work	شغل
Energy	طاقة
Power	قدرة
Kinetic Energy	طاقة حركية
Force Constant	ثابت القوة
Simple Machine	آلة بسيطة
Efficiency of machine	كفاءة الآلة
Actual mechanical advantage	فائدة ميكانيكية

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 الإزاحة 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) $(F \cos \theta)$ في الإزاحة (S) ويعطى بالعلاقة:

$$W = (F \cos \theta) \times S \quad \dots\dots (1-5)$$

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:

$$W = F \times S \quad \dots\dots (2-5)$$

تعمل هذه القوة على تسارع حركة الجسم. أما إذا كانت F بعكس اتجاه S فإن:

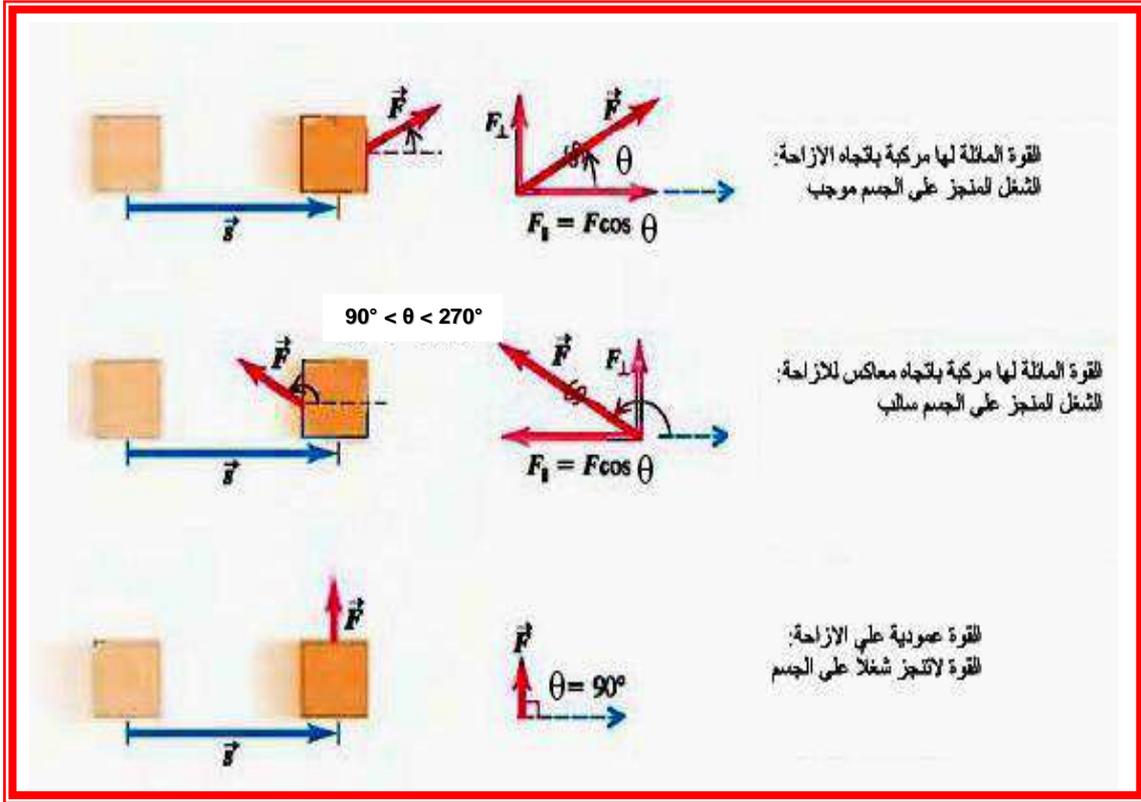
$$\cos \theta = \cos 180^\circ = -1$$

ويكون الشغل:

$$W = - (F \times S) \quad \dots\dots (3-5)$$

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 صفرًا، او عندما تكون الزاوية بين متجه القوة ومتجه الإزاحة تساوي 90° أي لا يمكن انجاز الشغل كما في الشكل (2-5).



شكل 2-5

وحدات الشغل:

في النظام الدولي للوحدات تعطى وحدة الشغل بال جول حيث:

$$1 \text{ Joule} = \text{N} \cdot \text{m}$$

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

$$1 \text{ erg} = \text{dyne} \cdot \text{cm}$$

$$1 \text{ J} = 10^7 \text{ erg}$$

مثال:

في الشكل (1-5) 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:

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

$$= (80 \text{ N})(\cos 60^\circ)(8 \text{ m}) = (80)(0.5)(8) = 320 \text{ J}$$

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 (3-5) .

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:

$$W = (F \cos\theta) (S) = mg \times \cos 0^\circ \times (h)$$

$$\Rightarrow W = mg \times h$$

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:

$$W = (F \cos\theta) \times (S) = F \cos 180^\circ \times (h)$$

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

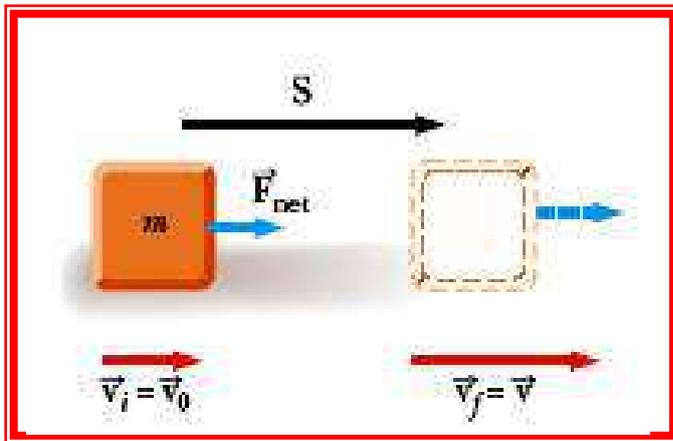
والشغل السالب يعني إنه مبذول عليك وليس من قبلك.



شكل 3-5

3-5 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 مساميراً في الخشب، انظر الشكل (4-5) وايضاً حجر متحرك إلى الأعلى أن يرتفع ضد قوة الجاذبية.



شكل 5-5



شكل 4-5

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

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

وحسب قانون نيوتن الثاني فإن القوة:

$$F = m \times a$$

لذلك يكون الشغل:

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

ومن علاقات الحركة الخطية:

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

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

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 :

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

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

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).**

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 :

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

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 بواسطة القوة هو:

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

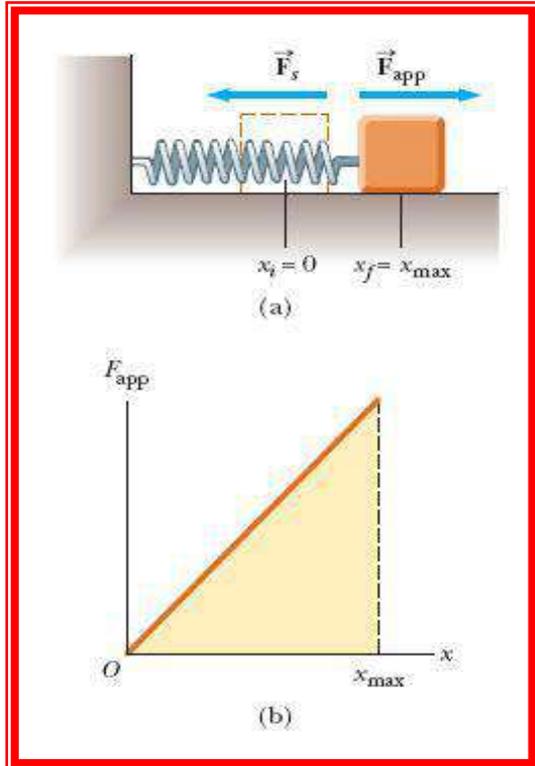
$$W = (F \cos \theta)(S) = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

أو:

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

$$v_f = 2.12 \text{ m/s}$$

هل تعلم:



شكل 6-5

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

وجد العالم روبرت هوك (Robert Hooke) عام 1678 ميلادية أن مقدار الاستطالة x يتناسب مع القوة

$$F_{app} = Kx$$

المؤثرة (F_{app}) أي أن: 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 (5-6-b)، فإن المساحة المظللة تحت خط المستقيم تمثل الشغل المنجز على النابض بفعل القوة (Kx) اي ان :

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

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

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

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

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

4-5 القدرة :

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

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

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 :

$$1 \text{ Watt} = 1 \text{ J/S}$$

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) اذ أن :

$$1 \text{ hp} = 746 \text{ W}$$

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:

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

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:

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

وزن الاثقال المرفوعة هي :

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

والشغل الذي ينجزه رافع الاثقال:

$$W = F \times S = (1.1 \times 10^3)(2) = 2.2 \times 10^3 \text{ J}$$

ولذلك قدرة رافع الاثقال هي:

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

مثال:



شكل 5-7

محرك كهربائي شكل (5-8) يستطيع رفع صندوق كتلته

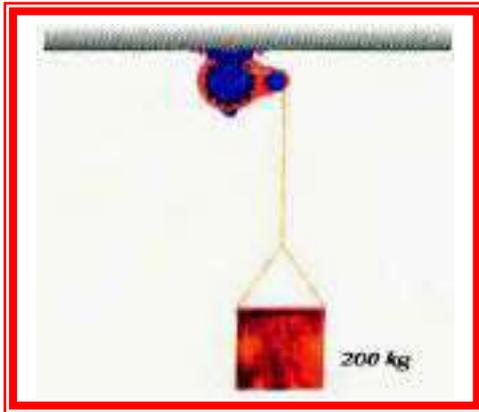
(200 kg) بسرعة ثابتة مقدارها (3 cm/s)، احسب قدرة

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 .



شكل 5-8

كذلك F تعادل وزن الصندوق ولذلك:

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

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

$$P = 58.8 \text{ W}$$

ويوحدها القدرة الحصانية:

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

8-5 الآلات البسيطة:

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 الماكينة إلى العجلات ، دون أن يحصل تغير في نوع الطاقة ، كذلك النطاق (الفايش) الذي يربط بكرة المحرك الكهربائي ببكرة مروحة مبردة الهواء الكهربائية وكذلك السلاسل (الزنجيل) التي تربط عجلات الدراجة وسرعة الدبابة.

3- مضاعفة القوة: مثال ذلك مجموعة البكرات التي يستعملها الميكانيكي لرفع محرك السيارة داخل الكراج حيث يبذل قوة صغيرة بالمقارنة مع وزن الماكينة. ولكن تعمل على مسافة أطول بكثير من المسافة التي تحركها الماكينة وبالتالي فإن الماكينة 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 (10-5).



شكل 10-5 انواع الآلات البسيطة

9-5 كفاءة الآلة :

تمثل كفاءة الآلة (η) المقياس لدرجة تحول الشغل الداخلى إلى الشغل الخارج أى أن:

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

وبدلالة الطاقة:

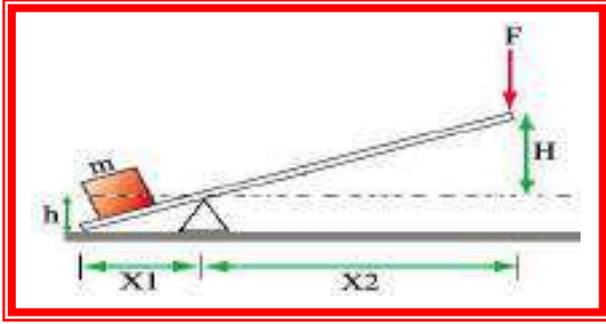
$$\text{Efficiency } (\eta) = \frac{E_{\text{out}}}{E_{\text{in}}} \times 100\%$$

وبدلالة القدرة:

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

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

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



شكل 11-5

$$\text{work (energy) input} = F \times H$$

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

$$\text{work (energy) output} = (mg) \times h$$

وإذا فرضنا أن الآلة مثالية فإن:

$$\text{work input} = \text{work output}$$

$$F \times H = (mg) \times h \quad \text{لذلك:}$$

مثال:

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

الجواب:

$$W_{in} = 980 \text{ J} \quad \text{الشغل الداخل:}$$

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

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

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

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

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

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

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

اسئلة الفصل

- 1- اختر العبارة الصحيحة مما يأتي:-
 1- أي من التعبير التالية لا يمثل الطاقة:
 (a) $\frac{1}{2} mv^2$ (b) $F \times \Delta x$ (c) $mg \times \Delta h$ (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 جسمًا مسافة
 a- أكبر إزاحة 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 الآلة 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 (b) $kg \cdot \frac{m^2}{s^2}$ (c) J (d) $kg \cdot \frac{m}{s}$
- 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 عرفتھا في حياتك اليومية.
- 6- ما المقصود بكل من: 1- الشغل 2- الجول 3- القدرة 4- كفاءة الآلة.
- 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:

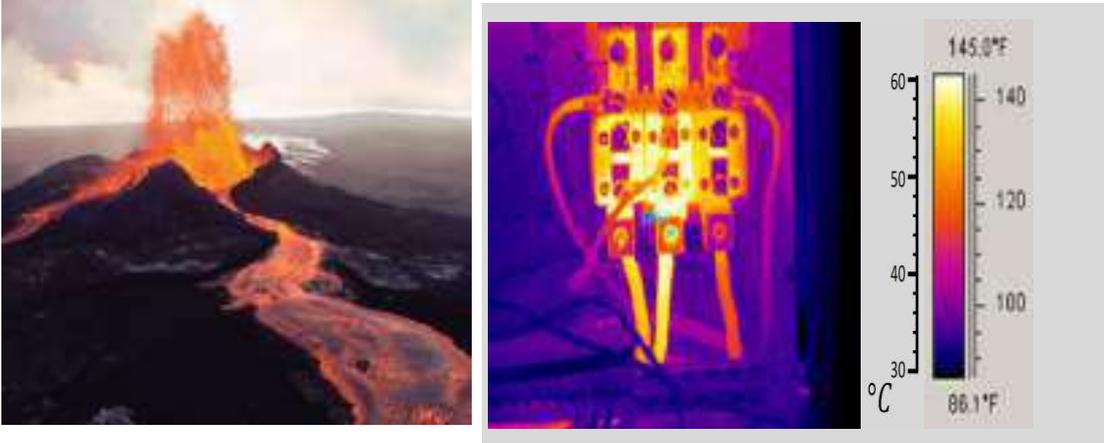
- 1- لا تنجز القوة العمودية على متجه الازاحة شغلاً.
- 2- دائماً يكون الشغل الخارج أقل من الشغل الداخل في الآلة.
- 3- لا توجد وحدة قياس لكفاءة الآلة.
- 4- تصبح مقدمة المركبات الفضائية ساخنة جداً عندما تدخل الغلاف الجوي للأرض.

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, 3.9x10⁻⁴ hp)



الفصل السادس الحرارة ودرجة الحرارة



الإغراض 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.

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

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 لا بد 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.

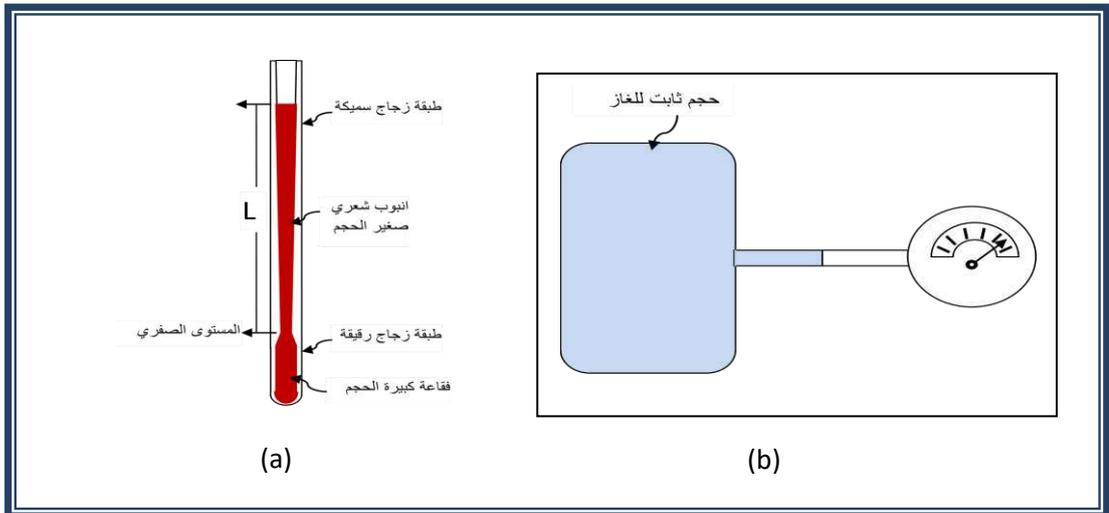
عزيزي الطالب لغرض التوصل الى وصف درجة الحرارة، نلجأ الى مراقبة تأثيرات تغير بعض مواصفات الجسم بسبب سخونته او برودته، ومن متغيرات الأبعاد (الطول مثلاً) وهذا ما يحصل لخليط زئبقي أو كحولي محفوظ في مستودع يتصل بانبوبة شعيرية. يلاحظ عندما نضع علامة محددة على ساق الانبوب أن طول خليط الزئبق يزداد طولاً أو يقصر 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 لا بد 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 لا بد من استخدام جهاز. ومن هذه الاجهزة:

1- الترموميتر (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 الترموميتر (المحرار) الذي يلاحظ له مخطط بسيط كما في الشكل (1-6).

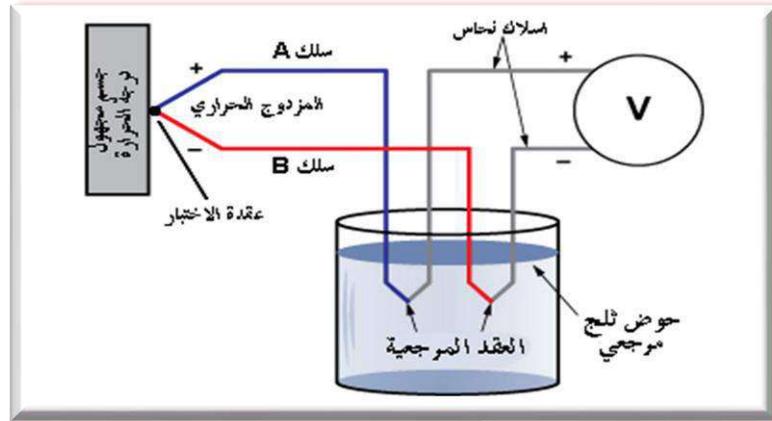


شكل 1-6 مخطط الترموميتر

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 كالتطول مثلاً. والصفة المهمة هي تشابه التغير عند حالة اعادة القياس.

2- المزدوج الحراري:

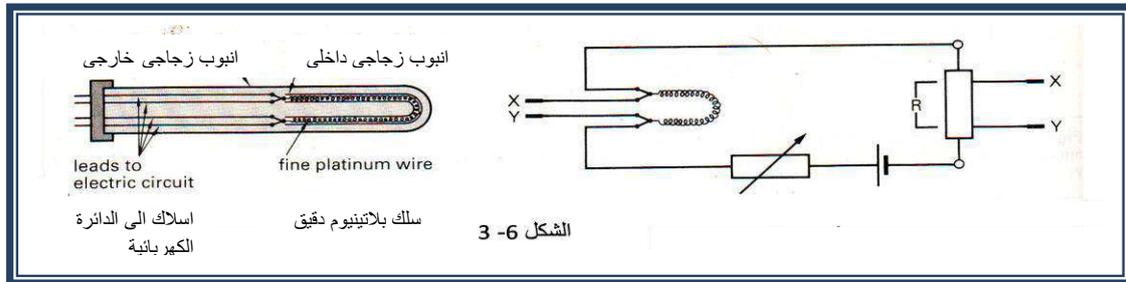
ان من المحارير المشهورة وذات الاستعمال الواسع في مجالات البحث والمختبرات هو المزدوج الحراري والذي يتألف من عقدة لفلزين أو سبيكتين مختلفين مثل A و B وهي عقدة الاختبار وتوضع في المكان المطلوب لقياس درجة الحرارة. وتوضع عقدة ثانية في المكان المرجعي أي موقع ذا درجة حرارة معروفة، وبسبب الظاهرة الفيزيائية المشهورة 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 (2-6) يوضح الترتيب المبسط لهذا المقياس.



شكل 2-6 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 (3-6) يبين ترتيباً لهذا المقياس، أما عند قياس درجات الحرارة الواطئة فإن اسطوانة صغيرة من الكربون أو قطعة صغيرة من الجرمانيوم تستخدم بدلاً من سلك البلاتين.



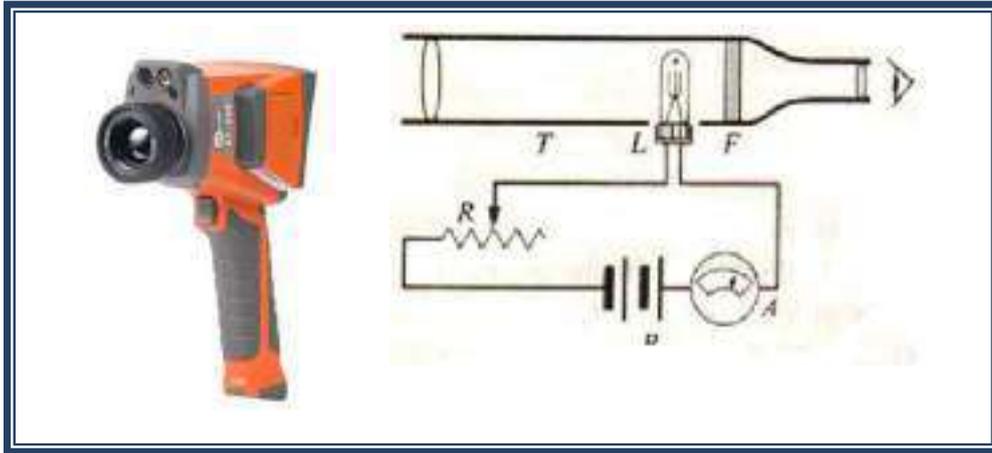
شكل 3-6 تركيب محرار المقاومة

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 مصفاة Filter من زجاج أحمر ومصباح كهربائي مثل حرف L، لاحظ شكل (4-6).

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 فإنه 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.

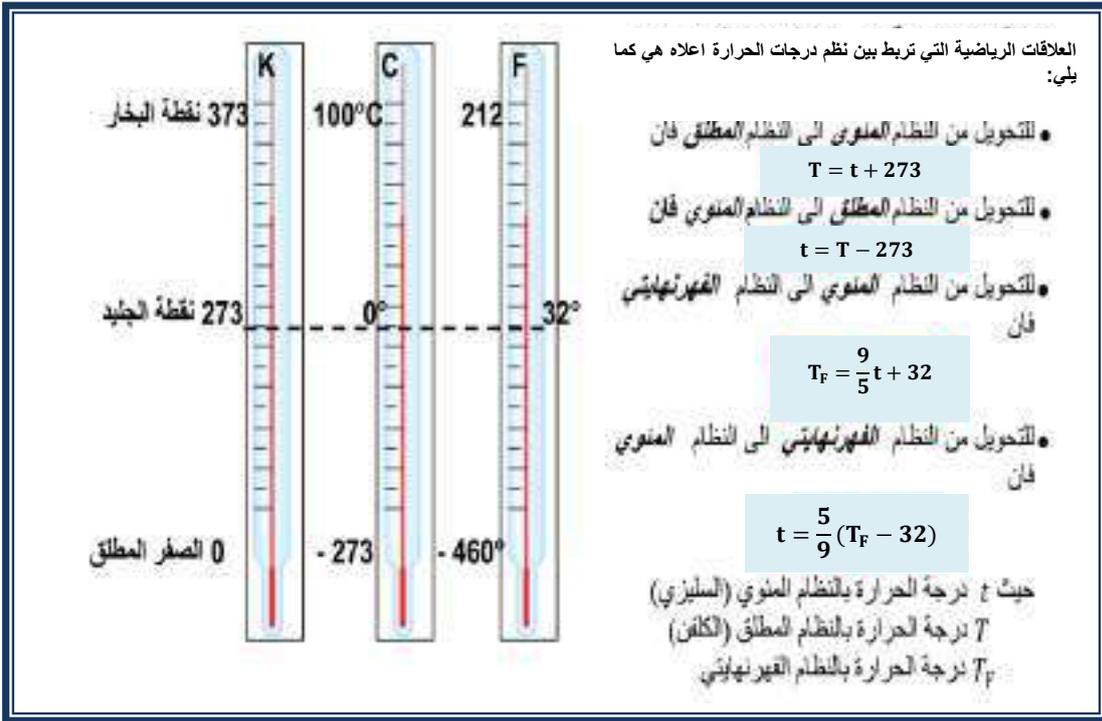


شكل 4-6 البايرومتر البصري

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) .

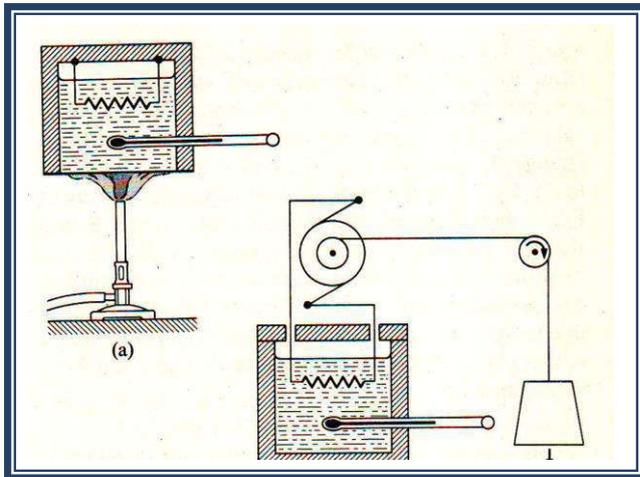


4-6 كمية الحرارة:

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 الدافئ وأثرهما على حاسة اللمس. سنجد بعد معرفتنا لدرجة الحرارة، ان درجة حرارة عود الثقاب المشتعل عالية جداً وقد تسبب الحرق لكن درجة حرارة الماء الدافئ 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 تأتي 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 السعة الحرارية يعني نتكلم عن الطاقة، أي أن السعة الحرارية ترتبط بوحدة قياس الطاقة الميكانيكية وهي الجول (Joule) ووجد أن العلاقة بينهما هي

$$\text{السعة الواحدة} = 4.186 \text{ Joule}$$

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

1-4-6 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 ($\text{Joule/kg. } ^\circ\text{C}$)

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

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:-

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

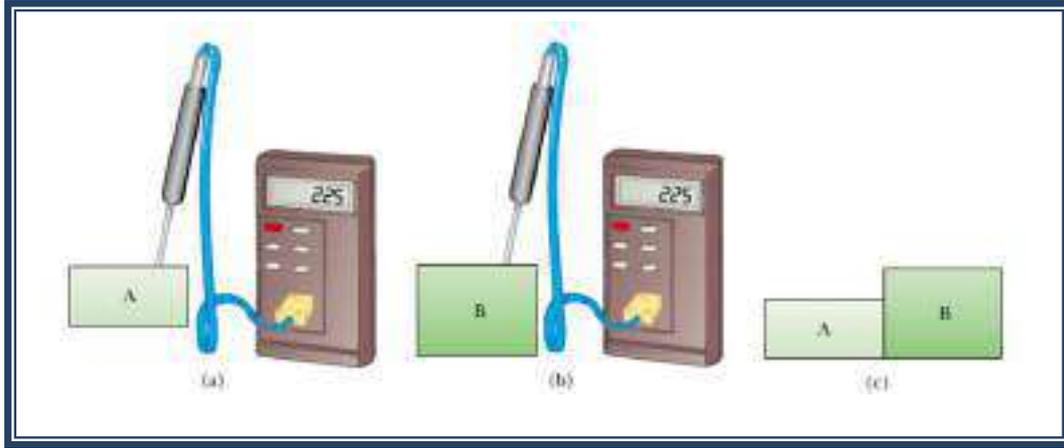
حيث (T_1) درجة الحرارة الابتدائية (T_2) درجة الحرارة النهائية (m) الكتلة. وفي الكيمياء يستعملون المول بدلاً من وحدة الكتلة، لذلك تعرف السعة الحرارية النوعية المولية على النحو التالي:-

السعة الحرارية النوعية المولية:

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

5-6 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 وخط 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، لا بد أن نتذكر ان الطاقة التي تفقدها القطعة المعدنية تساوي الطاقة التي يكتسبها الماء. لذلك فيمكن حساب الدرجة النهائية للخليط (T).

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

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

فعندما يحدث اتزان حراري في النظام المعزول اي تكون:-

$$\text{كمية الحرارة المكتسبة (الماء) = كمية الحرارة المفقودة (القطعة المعدنية)}$$

اي ان:

$$m_1 C_1 (T_1 - T) = m_2 C_2 (T - T_2) \dots\dots (3-6)$$

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 $\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$)، علماً أن السعة الحرارية النوعية للماء تقريباً (4200 J/kg. °C)

الجواب :

كتلة كوب النحاس (m₁) = (0.1 kg)

درجة حرارة النحاس (T₁ °C) = (20 °C)

كتلة القهوة (m₂) = (0.2 kg)

درجة حرارة القهوة (T₂ °C) = (70 °C)

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

كمية الحرارة التي اكتسبها كوب النحاس = m₂c₂(T - T₁)

كمية الحرارة التي فقدها سائل القهوة = m₁c₁(T₂ - T)

بمساواة الكميتين نجد أن الدرجة النهائية للخليط

$$m_1 c_1 (T_2 - T) = m_2 c_2 (T - T_1)$$

$$0.2 \text{ kg} \times 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{C}} (70^\circ \text{C} - T) = 0.1 \text{ kg} \times 380 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{C}} (T - 20^\circ \text{C})$$

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

$$58800-840 T=38 T-760$$

$$58800+760=878 T$$

$$\therefore T = \frac{59560}{878} = 67.8^\circ \text{C}$$

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 مناسباً 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 والآخر 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: 300K)
- 4- قنينة ثرموس تحوي (150g) ماء بدرجة (4°C). اسقطت فيها قطعة فلزية كتلتها (90g) 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 ($4200\text{J/kg}\cdot^\circ\text{C}$)
(الجواب: $636.36\text{J/kg}\cdot^\circ\text{C}$)

الفصل السابع (تأثير الحرارة في المادة)

مفردات الفصل

- الاعراض السلوكية :**
- بعد اكمال هذا الفصل ينبغي للطلاب ان يكون قادراً على أن:
- 1- يستوعب مفاهيم التمدد والاجهاد الحراري والتميز 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).
- 1-7 التمدد الحراري
 - 1-1-7 تمدد الاجسام الصلبة
 - 2-1-7 تمدد السوائل
 - 3-1-7 تمدد الغازات
 - 2-7 الاجهاد الحراري
 - 3-7 طرائق انتقال الحرارة
 - 1-3-7 التوصيل الحراري
 - 2-3-7 الحمل
 - 3-3-7 الإشعاع
 - 4-7 تغير الحالة
 - 1-4-7 السوائل والمواد الصلبة
 - 2-4-7 التبخر والغليان
 - 3-4-7 حرارة التبخر
 - 4-4-7 الانصهار
 - 5-4-7 التسامي
 - 6-4-7 الحرارة الكامنة للانصهار والتبخر.
 - 5-7 المكائن الحرارية.
 - الاسئلة والمسائل.

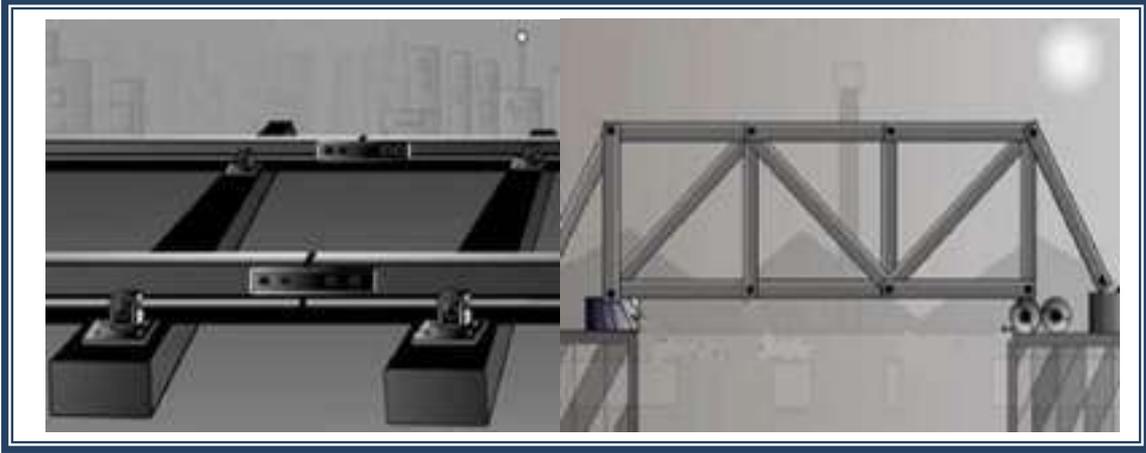
المصطلحات العلمية:

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 1-7 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 مقداراً 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:-

$$\beta = \frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta T} \dots (1 - 7)$$

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

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T$$

اذ ان: V_0 : الحجم الاولي (m^3).

مثال (1):

قطعة معدنية حجمها (200 cm³) ودرجة حرارتها (30°C) سُخنت الى درجة حرارة (80°C). ما مقدار معامل التمدد الحجمي لها إذا أصبح حجمها بعد التسخين (200.1 cm³).

الجواب:

مقدار الزيادة في حجم الاناء:

$$\beta = \frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta T}$$
$$\beta = \frac{1}{200} \times \frac{(200.1 - 200)}{(200 - 80)}$$
$$\beta = 1 \times 10^{-5} \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

معامل التمدد الطولي: يعرف بأنه مقدار الزيادة الحاصلة في وحدة الاطوال في المادة عند تسخينها درجة سلييزية واحدة ويقاس بوحددة (1/°C) ويختلف باختلاف المواد. ويعطى بالعلاقة التالية:

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

إذا انه: α : معامل التمدد الطولي

L: الطول (m).

ΔL : التغير بالطول (m)

ΔT : التغير بدرجة الحرارة (°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 : $L_0 = 3\text{m}$ ، الزيادة في الطول: $\Delta L = 0.091 \text{ cm}$ ، التغير في درجة الحرارة: $\Delta T = 60^\circ\text{C}$

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

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:

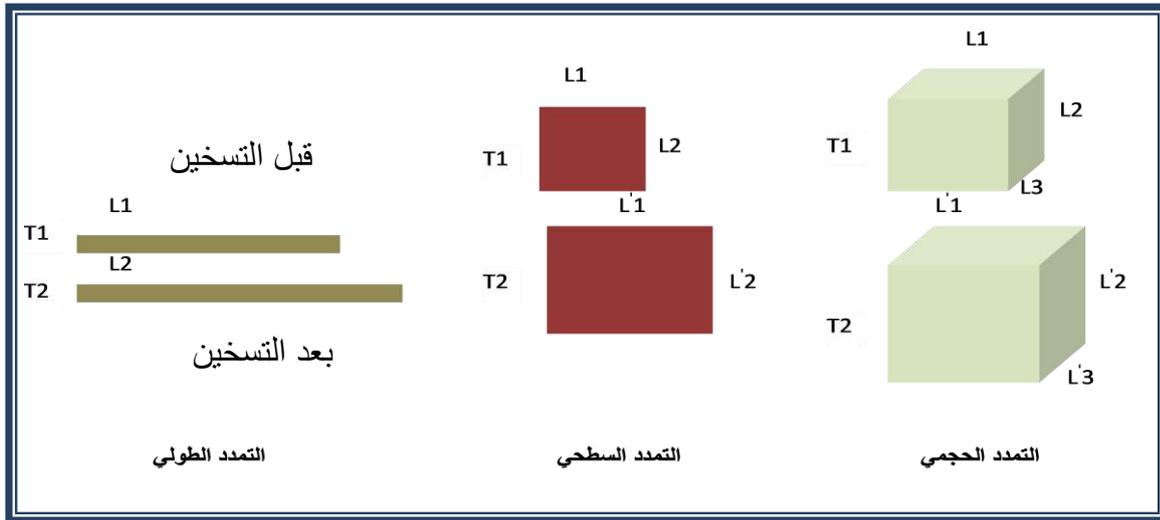
$$\Delta L = L_0 \bar{\alpha} \Delta T$$

اذ ان: ΔT التغير بدرجة الحرارة.

L_0 الطول الاصلي و $\bar{\alpha}$ متوسط معامل التمدد الحراري الطولي.

$$L = L_0 + \Delta L = L_0(1 + \alpha \Delta T) \dots \dots (3 - 7)$$

L الطول الجديد بعد تغير الطول الاصلي.



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

ان معامل التمدد الحجمي يربط بعلاقة مع معامل التمدد الطولي. ولأجل الحصول على العلاقة نتصور 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 (1-7):

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

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

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

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

$$\gamma = 2\alpha$$

$$\Delta A = \gamma A_0 \Delta T$$

$$\gamma = \frac{\Delta A}{A_0 \Delta T} \dots \dots \dots (5 - 7)$$

اذ ان (γ) هي معامل التمدد السطحي، و (ΔA) والزيادة الحاصلة في وحدة المساحة عندما تتغير درجة الحرارة درجة سليزية واحدة هو التغير في المساحة (m^2) ، (A_0) 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 $(20^\circ C)$ سُخنت الى درجة حرارة $(120^\circ C)$ احسب الزيادة الحاصلة في مساحتها، إذا علمت أن معامل التمدد الطولي للنحاس $(\frac{1}{^\circ C} \times 10^{-6} \times 17)$ ؟

الجواب:

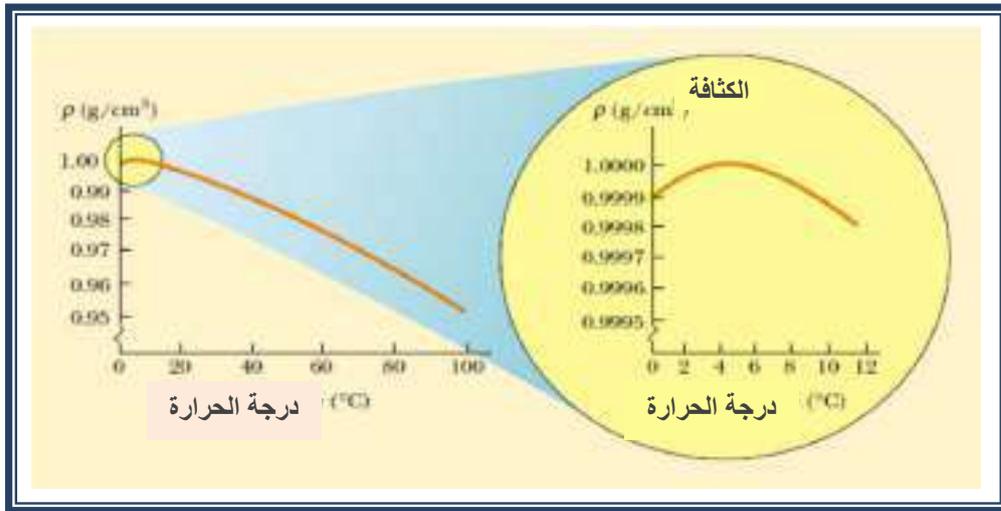
$$\therefore \Delta A = \gamma A_0 \Delta T$$

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

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

7-1-2 تمدد السوائل:

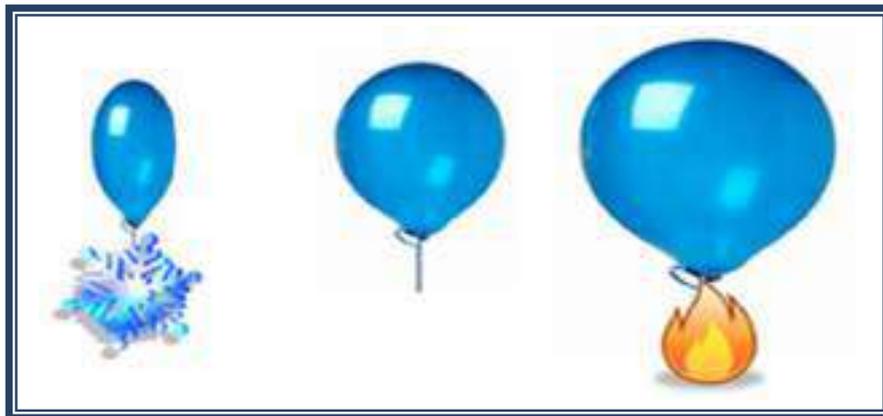
تتمدد السوائل كما تتمدد المواد الصلبة والغازية ولكن معامل تمدد السوائل هو معامل تمدد حجمي وقيمته اكبر بكثير من معامل التمدد الحجمي للمواد الصلبة اذ تبلغ حوالي عشرة امثال التمدد الحجمي للمواد الصلبة، فمثلا معامل التمدد الحجمي للكحول ($75 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$)، بينما للألمنيوم ($7.2 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$) وبالنسبة للسوائل ذات التمدد الحجمي القليل مثل الزيتيق يبلغ معامل التمدد الحجمي له ($18 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$). 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 (7-3) 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.

7-1-3 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):

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

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 شديدة او كسبية 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 حسبانته 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 5-7 انحناء خطوط السكك الحديدية بسبب التمدد الحراري.

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

لنكن درجة حرارة القضيب (T) وبينما يكون القضيب مثبتا نتصور ان درجة الحرارة تقل الى (T_0) سيكون التغير الجزئي في طول القضيب عندما يكون القضيب حر الحركة.



شكل 6-7 تجربة حساب الاجهاد الحراري لقضيب مقيد.

فإذا كان ΔL التغير بالطول وان L_0 الطول الاصيلي و α معامل التمدد الطولي فإنه من معادلة (3-7):

$$\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha(T - T_0) = \alpha\Delta T$$

وإذا 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)

$$Y = \frac{F/A}{\Delta L/L_0} \Rightarrow F = AY\alpha\Delta T$$

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

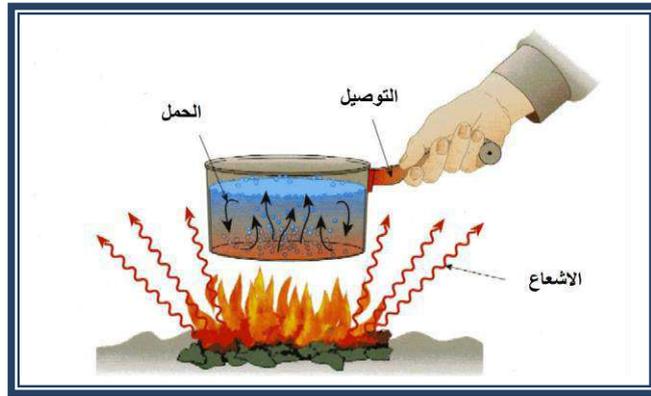
3-7 طرائق انتقال الحرارة:

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

2-3-7 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 الاضطرابي) **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.

3-3-7 الاشعاع:

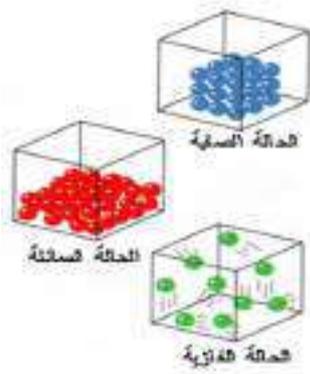
ان الاشعاع يطلق على الانبعاث المستمر للطاقة من كل الاجسام، وان هذه الطاقة تسمى بالطاقة المشعة، وهي على شكل موجات كهرومغناطيسية. وان هذه الموجات تنتقل بسرعة الضوء ولا تحتاج الى وسط مادي لانتقالها ويمكن ان تنتقل في الفراغ ايضا كما يحصل لطاقة الشمس عندما تصل الى الارض عبر ملايين الكيلومترات.

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 بالاشعاع الحراري، وكمثال على ذلك فان لوحا من النحاس بدرجة حرارية (100 °C) يشع بمقدار (0.03 J/s cm²) من سطح اللوح. اما اذا ارتفعت درجة الحرارة الى (500 °C) فإنه سوف يشع حوالي (0.54 J/s.cm²) من وجه اللوح، وعندما تصل درجة الحرارة الى (1000 °C) يكون معدل الاشعاع (4 J/s.cm²).

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

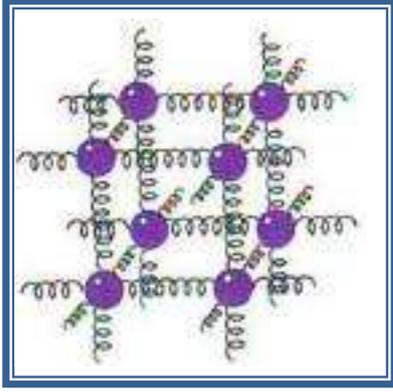
1-4-7 السوائل والمواد الصلبة:



الشكل 7-8 الجزيئات في الحالات الثلاثة للمادة.

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 سرعتها 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 .



شكل 7-9 تصور الجزيئات في المادة مرتبطة بنوابض

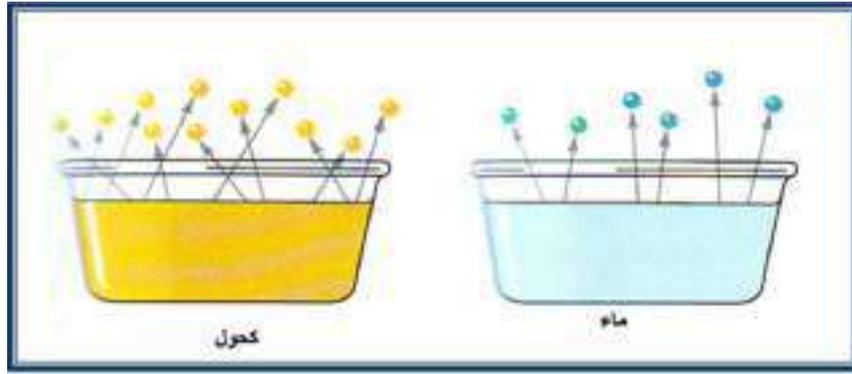
ويمكن تصورها على انها ممسوكة في موقعها مع بعضها بوساطة نوابض متصلة مع بعضها البعض. وكل جزيئة تهتز الى الامام والخلف بسرعة لاحظ الشكل (7-9).

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 دائم. وفي هذه الحالة فان الجزيئات تنتقل الى مواضع جديدة وتجد تجمعا جديدا لقوى التجاذب. وعندما تتعاضم القوى المؤثرة فإنها تسبب الكسر.

2-4-7 التبخر والغليان:

تحول السائل الى غاز: تصور لدينا سائلان وهما الماء والكحول. بأوعية مكشوفة كما في الشكل

(10-7).



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 يبدأ 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.

3-4-7 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

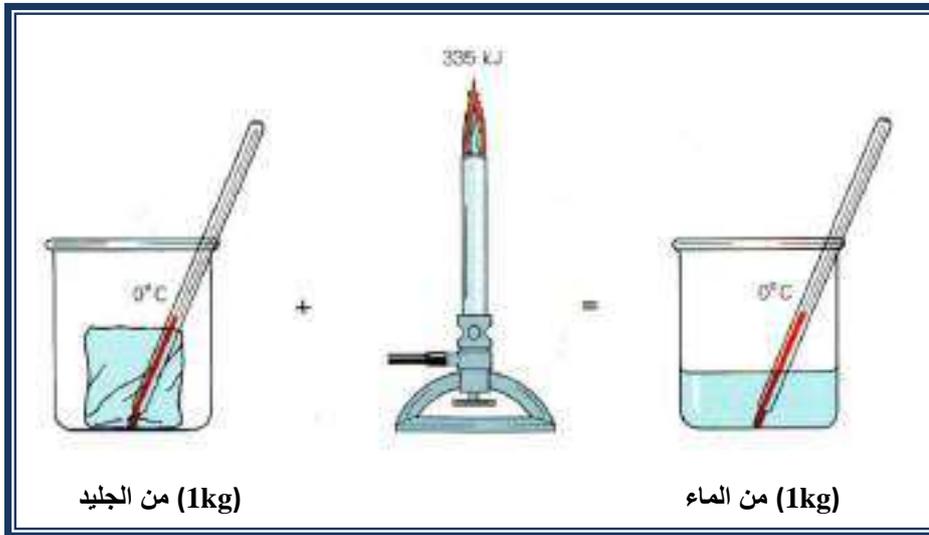
والذي نقطة غليانه (100°C) فان كل كيلو غرام منه يحتاج الى (2260 kJ) من اجل تحويله الى بخار بدون وجود فرق (بدرجة الحرارة بين السائل والغاز ومتوسط الطاقة الحركية الجزيئية).

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 لا بد من التغلب على هذه القوى. كل جزيئة يجب ان تتحرك ضد الجزيئة المجاورة لها الى موقع جديد يكون فيه الجذب ضعيف جدا. فمثلا 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 مقداراً من الحرارة يضاف عند نقطة الغليان لأجل تحويل السائل الى غاز. كذلك فان مقداراً 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).



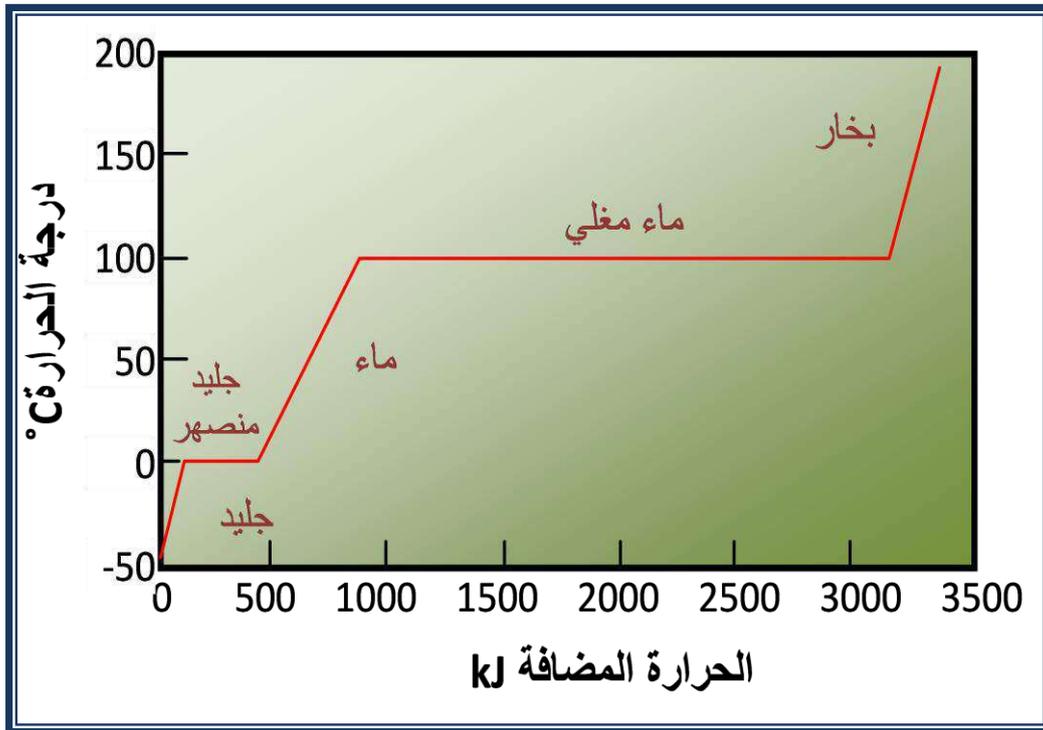
الشكل 7-11 تحول الجليد من الطور الصلب الى الماء (الطور السائل) بنفس درجة الحرارة.

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 لا بد من زيادة الطاقة لغرض سحب الجزيئات عن بعضها، إن جزيئات الغاز يمكن ان تتحرك حول مواقعها بحرية تامة، ولهذا فان الغاز يتمدد.



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

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



الشكل 13-7 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). يبدأ بالتحول الى بخار. والذي يأخذ 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.

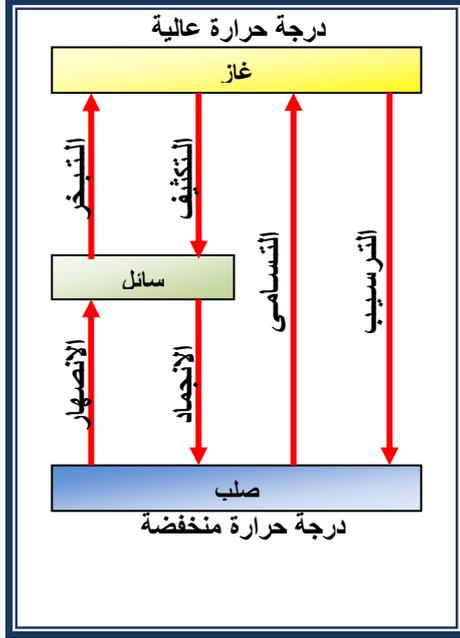
5-4-7 التسامي:

يعرف بأنه 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 النفتالين واليود. والتجفيف بالتجميد يستعمل للحفاظ على مواد اخرى ذات اصل حيوي مثل بلازما الدم .

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



الشكل 7-15 حالات تحول المادة من الاطوار الثلاثة.



شكل 7-14 تسامي الجليد الجاف (CO₂) الصلب.

6-4-7 الحرارة الكامنة للانصهار والتبخر:

1- الحرارة الكامنة للانصهار: تنصهر بلورات الثلج المرتبة بشكل منتظم بدرجة حرارة 0 °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 على جميع المواد الصلبة البلورية. وهذه الحرارة تسمى الحرارة الكامنة للانصهار حيث تعرف على انها:-

((كمية الحرارة اللازمة لتحول 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:

$$Q = m \times L_m \dots\dots (7-7)$$

2- الحرارة الكامنة للتبخير: تكتسب بعض جزيئات السائل على سطحه طاقة تمكنها من ترك السائل متحولة 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 للتبخير وتعرف على انها:
((الطاقة اللازمة لتحول وحدة الكتلة من المادة مقدارها m من طور السائل الى طور البخار بالحرارة الكامنة للتبخير ويرمز لها بالرمز L_v)).
كمية الطاقة الحرارية اللازمة للتبخير تعطى بالعلاقة:

$$Q = m \times L_v \dots\dots (8-7)$$

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

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

المادة	درجة حرارة الانصهار °C	الحرارة الكامنة للانصهار J/kg	درجة حرارة الغليان °C	الحرارة الكامنة للتبخير 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
الايوكسجين	-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

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

$$= 2 \text{ kg} \quad \text{كتلة الماء}$$

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

$$= 452 \times 10^4 \text{ J} \quad \text{الحرارة المجهزة لتحويل الماء الى بخار}$$

$$2- Q = m \times L_m = (0.5 \text{ kg}) \times (3.33 \times 10^5 \text{ J/kg})$$

$$= 166.5 \times 10^3 \text{ J} \quad \text{الحرارة المأخوذة من الماء ليتحول الى جليد بالدرجة نفسها.}$$

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 ($336 \times 10^3 \text{ J/kg}$) والسعة الحرارية النوعية للماء ($4200 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$).

الجواب:

الحرارة التي يكتسبها الجليد = الحرارة التي يفقدها الماء

نفرض ان الدرجة النهائية للخليط = T

$$\Delta T_w = 50 - T = \text{التغير في درجة حرارة الماء}$$

$$\Delta T_i = T - 0 = \text{التغير في درجة حرارة الجليد}$$

$$\Delta Q = m \times C \times \Delta T \quad \text{كمية الحرارة}$$

$$m_1 C \Delta T_w = m_2 \times L_m + m_2 C \Delta T_i$$

$$(300 \times 10^{-3})(4180)(50 - T) = (150 \times 10^{-3})(333 \times 10^3) + (150 \times 10^{-3})(4180)(T - 0)$$

$$62700 - 1254T = 49950 + 627T$$

$$T = 6.78 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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).

$$\Delta T = 100 - 37 = 63 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_1 = mC\Delta T = (0.001\text{kg}) (4.2\text{KJ/kg.}^\circ\text{C})(63^\circ\text{C})$$

$$= 0.26 \text{ kJ}$$

الحرارة المعطاة من قبل البخار يضاف اليها الحرارة التي تأتي بسبب التبريد من درجة 100 °C الى 37 °C.

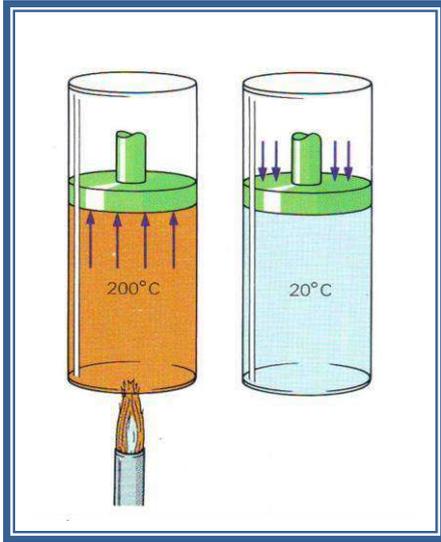
$$Q_2 = (0.001 \text{ kg}) (2260 \text{ kJ/kg}) = 2.26 \text{ kJ}$$

$$Q_1 + Q_2 = 2.52 \text{ kJ}$$

مجموع الحرارة المجهزة

وهذه تقريبا تعادل 10 مرات ما يجهز فيما لو كان الماء ساخن فقط.

5-7 المكين الحرارية:



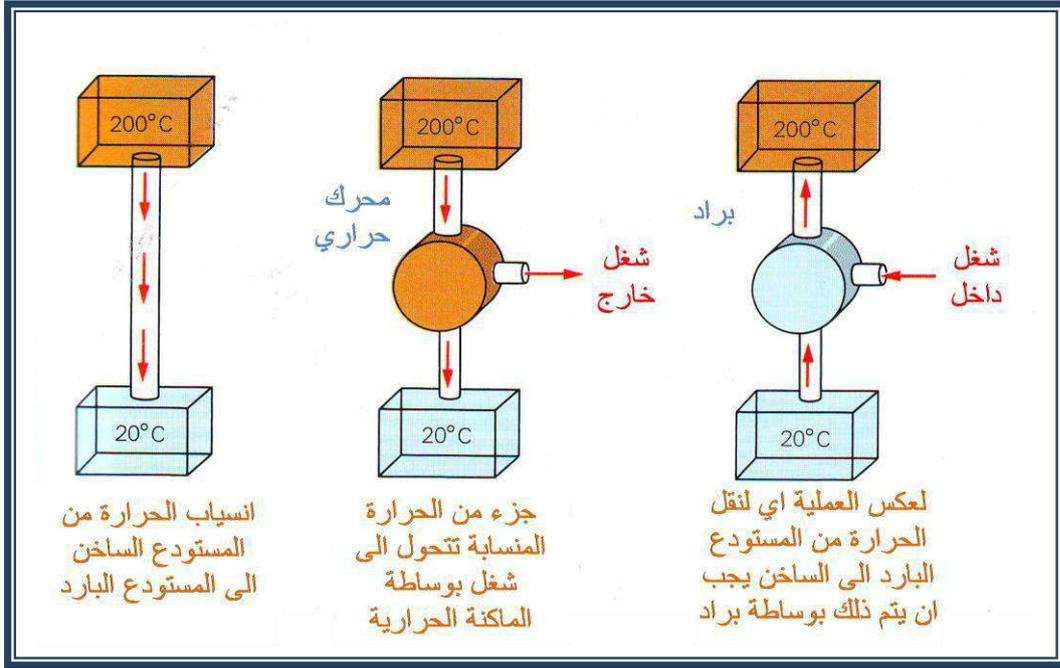
الشكل 7-16 تسخين الغاز في اسطوانة تحتوي على مكبس

تعد الحرارة نوع من انواع الطاقة عندما نقوم بحرق نوع معين من الوقود. وان الاداة التي تستعمل لغرض تحويل الحرارة الى طاقة ميكانيكية هي الماكينة الحرارية Engine. ومنها مكائن الديزل والكازولين للسيارات والمكائن النفاثة للطائرات والتوربينات البخارية للبوخر 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.

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 الماكينة 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

لا بد من انجاز شغل بقدر الشغل الذي انجزه الغاز وبذلك سوف لا نحصل على شغل، ولأجل جعل الماكينة تنجز شغلا في كل دورة، لابد من ان نقوم بتبريدها بحيث لا يتطلب الا شغل قليل لكبس الغاز. فيجب ان تطرح الماكينة كمية من الحرارة الى المحيط فمثلا الى الانهار او المحيطات او الجو العام من اجل ديمومة عمل الماكينة الحرارية.

ان ما يحصل في الماكينة الحرارية هو سريان حرارة داخل وخارج الماكينة حيث تستطيع الماكينة بتحويل جزء من الحرارة الى طاقة ميكانيكية كما في الشكل (7-17).



الشكل 17-7 مخطط عمل الماكينة الحرارية.

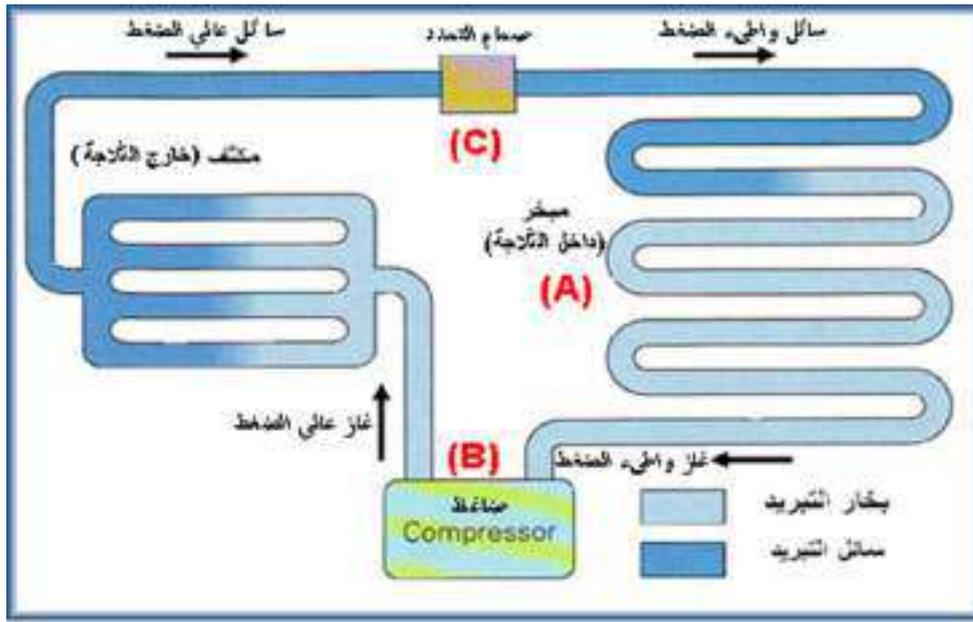
ان سريان الحرارة يكون من الخزان الساخن الى الخزان البارد، وان جزءاً منها يتحول الى شغل ميكانيكي لذلك لا بد من وجود الخزائين والمحرك لكي تعمل الماكينة. في ماكينة الكازولين والديزل، الخزان الساخن يحصل فيه اشتعال الغاز والخزان البارد هو المحيط. اما الثلاجة (Refrigerator) فيمكن اعتبارها ماكينة حرارية تشتغل بالاتجاه المعاكس فالماكينة الحرارية تأخذ الحرارة من مستودع درجة حرارته عالية ويحول قسماً منها الى شغل ميكانيكي وتلفظ الباقي على شكل حرارة الى مستودع درجة حرارته واطنة. اما الثلاجة فإنها تأخذ الحرارة في درجة حرارة واطنة بواسطة شغل ميكانيكي يجهزه الضاغط ثم تلفظ الى المحيط الخارجي ذي درجة حرارة مرتفعة.

دورة عمل الثلاجة: الشكل (18-7) 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 وتبريد الحرارة إلى خارج الثلاجة وتتكسر 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 (18-7)، وبالتالي فإن أنابيب التبادل الحراري الخارجية تسمح بتبريد 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 الأمونيا يتكثف في الجزء الباقي من أنابيب التبادل الحراري الخارجية ويتحول إلى سائل ليمر عبر صمام التمدد الموضح في الشكل (18-7) 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 (18-7) 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 ويحوّله إلى سائل عند الرمز (B) وتكرر العملية.



الشكل 18-7 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°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 اهدون 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)

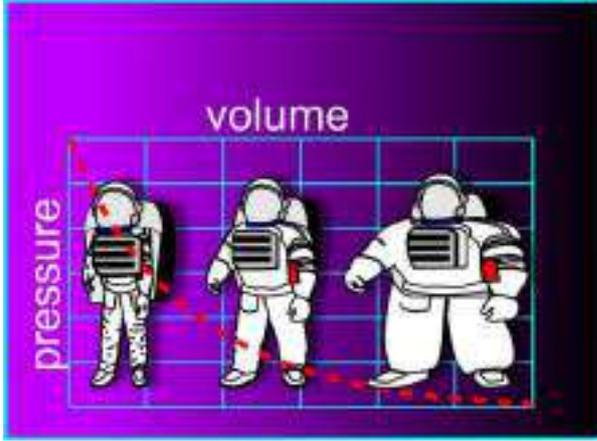
مسائل الفصل

- 1- عارضة نحاسية طولها (0.8 m) بدرجة (15 °C). ما مقدار الزيادة في طولها عندما تسخن الى (35 °C)؟ معامل التمدد الطولي للنحاس ($1.7 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)؟
(الجواب: $27.2 \times 10^{-5} \text{ m}$)
- 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 ($1 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$).
(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 لصرها؟ علماً ان الحرارة الكامنة للانصهار الجليد ($336 \times 10^3 \text{ J/kg}$)
(الجواب: 0.355 kg)



الفصل الثامن

الغازات (قوانين الغاز المثالي)



المفردات :

- 1-8 قوانين الغازات.
- 2-8 قانون بويل.
- 3-8 قانون شارل.
- 4-8 قانون غايوساك .
- 5-8 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 m³) فعند مضاعفة الضغط المسلط الى (200 kPa) سيلاحظ ان المكبس لا بد ان يتحرك الى الاسفل حتى يصبح (0.5 m³) 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 m³) 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:-

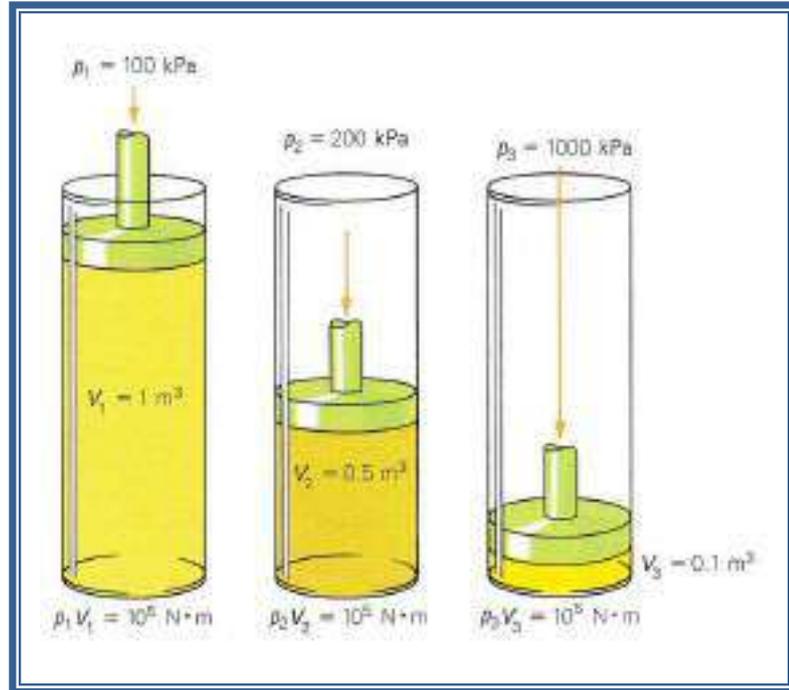
تذكر !!!!!

يعرف الضغط بأنه القوة العمودية المسلطة على وحدة المساحة ويرمز له بالرمز P ويحسب من العلاقة التالية:

$$P = \frac{F}{A} \left(\frac{N}{m^2} \right)$$

حيث F القوة العمودية المسلطة، A المساحة.

$$V \propto \frac{1}{P} \dots \dots (1 - 8)$$



الشكل 1-8 تغير الضغط مع تغير الحجم عند ثبوت درجة الحرارة (قانون بويل)



روبرت بويل (1627-1691)

Robert Boyle

عالم ايرلندي اخص بدراسة الطب والفيزياء ومن افضل اكتشافاته قانون بويل للغازات وله الفضل في تطوير الغرف المفرغة من الهواء ومضخات الهواء.

اذ ان P: الضغط (Pa)، إذ ان: (Pa=N/m²)

V: الحجم (m³)

PV = مقدار ثابت

شكل 2-8 العالم بويل

والان إذا تصورنا مقدار الغاز موجود في الحالة الاولى بحيث ان حجمه

V_1 وضغطه P_1 تم تغير الضغط الى P_2 والحجم الى V_2 مع بقاء درجة الحرارة ثابتة سيكون

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad \dots \dots \dots \quad (2 - 8)$$

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 وتحولاتها

Pa (N/m ²)	bar	Atmosphere (atm)	mm Hg	mm H ₂ O	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 $P_1 V_1 = P_2 V_2$
لحساب الحجم الثاني عند الضغط (2.5 atm)

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} = \frac{(150 \text{ atm})(12) \text{L}}{2.5 \text{ atm}} = 720 \text{ L}$$

وإذا افترضنا ان لا بد من بقاء (12 Liter) (تمثل حجم الخزان) في الخزان، فهذا معناه ان الكمية المستخدمة.

$$720 \text{L} - 12 \text{L} = 708 \text{L}$$

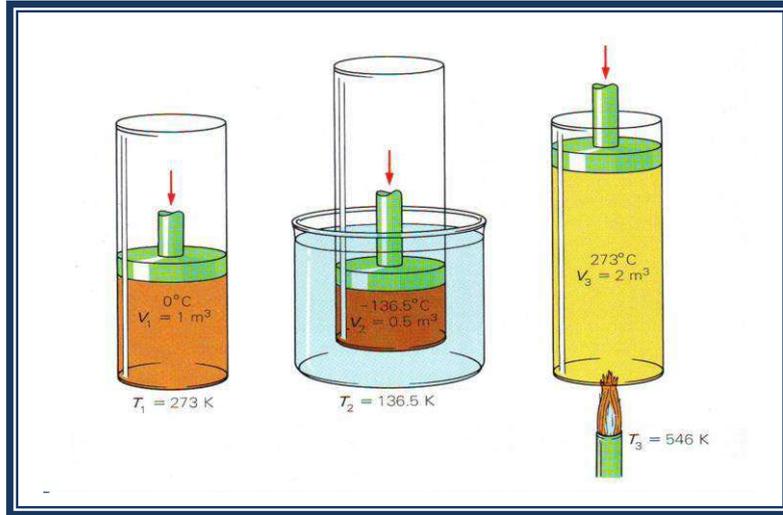
وان معدل الاستهلاك وهو (30L/min)

$$\therefore \frac{708 \text{ L}}{30 \text{L/min}} = 23.6 \text{ min}$$

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°C). سيلاحظ ان الحجم سيقبل 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 3-8 تغير حجم الغاز مع تغير درجة حرارته عند ثبوت الضغط

إما إذا تم المحافظة على حجم ثابت، فإن الضغط يزداد بنفس النسبة عند ارتفاع درجة الحرارة درجة حرارية واحدة، ويقل الضغط إذا انخفضت درجة الحرارة وبنفس النسبة والتي هي $(\frac{1}{273})$ لكل درجة حرارية واحدة.

ولكن ماذا يحصل إذا انخفضت درجة الحرارة الى (-273°C) مع بقاء الحجم ثابتاً؟ ان الضغط عند هذه الدرجة يساوي صفراً.

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°C) نجد ان الرقم الاخير هو رقم خاص سمي بالصفير المطلق. ولكثير من الاغراض العملية فقد تم اعتماد الصفير المطلق كنقطة بداية تدرج حراري سمي بـ (النظام المطلق) والدرجة الحرارية تسمى بـ (الدرجة المطلقة).

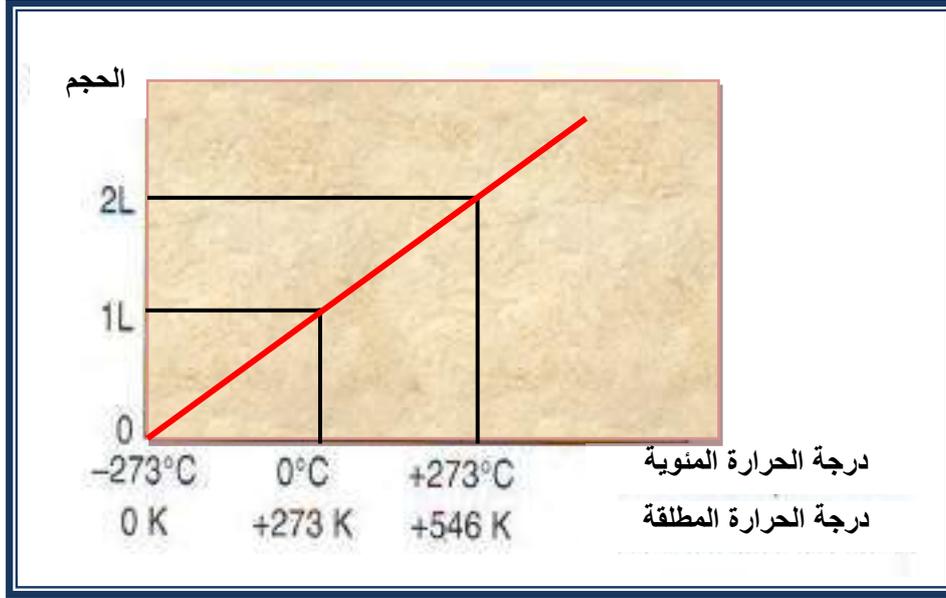
ان نقطة تجمد الماء النقي (273 K) (رمز الوحدة **K** هو تكريماً للعالم الفيزيائي الانكليزي **كلفن Kelvin**) ونقطة غليان الماء النقي تحت الضغط الجوي الاعتيادي (373 K) وللحصول على درجة الحرارة المطلقة يتم اضافة الرقم (273) الى قيمة الدرجة المئوية.

باستعمال التدرج المطلق يمكن وضع علاقة تربط بين الحجم ودرجة الحرارة بسهولة . ويمكن صياغة ذلك بنص ((**حجم الغاز يتناسب طردياً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبوت الضغط**)) الشكل (4-8) والصيغة الرياضية تكون على النحو الاتي :-

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \dots \quad (3 - 8)$$

إذا ان: V_1 الحجم الاول عند درجة الحرارة المطلقة الاولى T_1 .

V_2 الحجم الثاني عند درجة الحرارة المطلقة الثانية T_2 .



الشكل 4-8 تغير درجة الحرارة مع تغير الحجم

مثال:

يشغل غاز حجماً مقداره (6 liter) في درجة حرارة (27 °C) فإذا رفعت درجة حرارته الى (77 °C) فما الحجم الذي يشغله في هذه الدرجة. افرض ان الضغط ثابت.

الجواب:

الحجم الابتدائي = $V_1 = 6 \text{ liter}$

درجة الحرارة الابتدائية = $T_1 (27 \text{ °C} + 273) = 300 \text{ K}$

درجة الحرارة النهائية = $T_2 (77 \text{ °C} + 273) = 350 \text{ K}$

$V_2 = ?$

بما ان الضغط ثابت نطبق قانون شارل

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1} = \frac{6 \times 350}{300} = 7 \text{ liter}$$

4-8 قانون غايوساك Gay-Lussac law:

ان العلاقة التي تربط بين الضغط ودرجة الحرارة بثبوت الحجم تكون على النحو الاتي (**ضغط الغاز يتناسب تناسباً طردياً مع درجة الحرارة المطلقة عند ثبوت الحجم**) والصيغة الرياضية تكون على النحو الاتي :-

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \dots \dots \dots (4 - 8)$$

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 وغايولوساك فنكون على النحو الاتي:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \dots \dots (5 - 8)$$

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 غايولوساك ان العلاقة الاخيرة يمكن اعادة كتابتها بالصيغة الاتية

$$\frac{PV}{T} = K \dots \dots (6 - 8)$$

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°C)، فاذا ملئ كيس مطاطي (بالون) بهذا الغاز، علما ان الغاز قد تمدد وانخفضت درجة حرارته الى (-40°C) ونقص ضغطه الى (100 kPa)، احسب حجم البالون؟

الجواب: من القانون العام للغازات $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$

اذ ان: P_1 ضغط الغاز الابتدائي (1000 kPa) = $(1000 \times 10^3 \text{ Pa})$

P_2 ضغط الغاز بعد النقصان (100 kPa) = $(100 \times 10^3 \text{ Pa})$

V_1 حجم قنينة غاز الهيليوم (0.1 m^3)

V_2 الحجم الجديد (حجم البالون المطلوب)

T_1 درجة الحرارة الابتدائية ($T_1 = 20^\circ \text{C} + 273 = 293 \text{ K}$)

T_2 درجة الحرارة النهائية ($T_2 = -40^\circ \text{C} + 273 = 233 \text{ K}$)

$$V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{P_2 T_1} = \frac{1000 \times 10^3 \times 0.1 \times 233}{100 \times 10^3 \times 293} = 0.8 \text{ m}^3$$

ان سعة القنينة (0.1 m^3)، لذلك حجم البالون $0.8 \text{ m}^3 - 0.1 \text{ m}^3 = 0.7 \text{ m}^3$

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 °C) ما مقدار درجة الحرارة الجديدة؟
(الجواب: 316.66 K)
- 2- اسطوانة يتحرك فيها مكبس عديم الاحتكاك فيها غاز حجمه (0.1 m³). والضغط الذي يسلطه (101 kPa) فاذا سمح للغاز بالتمدد ليصبح حجمه (0.3 m³). افرض ان درجة حرارته ثابتة، كم يصبح ضغطه؟
(الجواب: 33.66 kPa)
- 3- خزان فولاذي فيه غاز الاوكسجين بدرجة (0 °C) والضغط (12 atm). احسب ضغط الغاز عندما يسخن الخزان الى (100 °C)، افرض ان الحجم ثابت؟
(الجواب: 16.39 atm)

الباب الثاني الكيمياء

المفردات:

- 1-1 علم الكيمياء وفروعه.
- 2-1 منهج البحث العلمي في الكيمياء.
- 1-2-1 الكيمياء التجريبية.
- 3-1 البناء الذري والواصر الكيميائي.
- 1-3-1 مفهوم الاصرة الكيميائي.
- 2-3-1 انواع الاواصر الكيميائية .
- 4-1 المحاليل والعوالق والانظمة الغروية.
- 5-1 النشاط الاشعاعي.
- 1-5-1 النظائر.
- 2-5-1 أنواع النشاط الاشعاعي
- 3-5-1 تطبيقات النظائر المشعة.
- 4-5-1 خواص العناصر المشعة.
- 5-5-1 الكشف عن الاشعاع.
- 6-5-1 التصوير بالاشعة.
- 7-5-1 إرشادات الوقاية من الاشعاع.
- الاسئلة والمسائل.

الاغراض السلوكية:

- بعد اكمال هذا الفصل ينبغي للطالب ان يكون قادراً على أن:
- 1- يفهم علم الكيمياء، أقسامه وفروعه.
 - 2- يتعرف على أهم العلماء في مجال الكيمياء ودورهم في رقد الانسانية بالمعرفة العلمية.
 - 3- يفهم الأصرة الكيميائية والبناء الذري وكيفية الارتباط بين العناصر المختلفة.
 - 4- يتعرف على المحاليل والعوالق والانظمة الغروية، والمعادلات والحسابات الكيميائية.
 - 5- يتعرف على النشاط الاشعاعي أسبابه وطرق اكتشافه.

المصطلحات العلمية:

Atomic Number	العدد الذري	Molecular Formula	الصيغة الجزيئية
Mass Number	العدد الكتلي	Avogadro`s Number	عدد أفوكادرو
Insoluble	غير ذائب	Reactants	المتفاعلات
Metal	فلز	Products	النواتج
Saturated solution	محلول مشبع	Aqueous Solution	المحلول المائي
Isotopes	نظائر	Solve	المذاب
Proton	بروتون	Solvent	المذيب
Neutron	نيوترون	Electron	إلكترون
Atom	ذرة	Alloy	سبيكة

a- علم الكيمياء

تعرفت من دراستك السابقة ان علم الكيمياء يتميز ببنيته التي تظهر في تركيب محتواه وفي الاساليب التي تستعمل للوصول إلى المعرفة والطرائق التي تستعمل في تعليمه وتعلمه. اذ يعرف علم الكيمياء بأنه علم دراسة الجزيئات، وتصبح دراسة الجزيء مستحيلة من غير فهم الذرة سواء في حالتها المفردة أو في حالة اتحادها مع غيرها من الذرات. وهناك الكثير من المعلومات الخاصة بالكيمياء مثل: التركيب الذري للمادة، والتركيب الجزيئي، وحركة الجزيئات في حالات المادة (الصلبة، السائلة، الغازية). فعلم الكيمياء هو العلم الذي يُعنى بطبيعة المادة وتركيبها وما يتناولها من تغيرات، أو هو: الدراسة العلمية لخصائص المادة وتركيبها وبنيتها، والتغيرات التي تحدث في بنية المادة وتكوينها، والتغيرات المصاحبة في الطاقة.

وتكمن أهمية الكيمياء في أنها تدخل في جميع نشاطات الكائنات الحية، وتسهم في كافة نشاطات الحياة، بواسطة علم الكيمياء يتم تحويل المواد الطبيعية الخام إلى مواد تلبي احتياجات الإنسان، فمثلا يستطيع الكيميائي أن ينتج من الفحم والنفط بعض المواد الجديدة كالأصباغ والعقاقير والعطور واللدائن (البلاستيك) والمطاط الصناعي، وكذلك في المجال الزراعي فإن الكيمياء أسهمت في إنتاج الأسمدة الكيميائية والمبيدات الحشرية، وقد أمكن أيضا بواسطة علم الكيمياء إنتاج الألياف الصناعية، تلك التي ساهمت في مجال الكساء والمنسوجات، هذا وغيره من المجالات الأخرى الكثيرة التي تساهم بها الكيمياء في حياتنا اليومية لتجعلها أكثر راحة.



شكل 2-1 مختبر



شكل 1-1 معمل



شكل 4-1 مصفاة النفط



شكل 3-1 صيدلية

b- فروع علم الكيمياء

علم الكيمياء يشتمل على عدة فروع للدراسة والبحث وهذه الفروع ترتبط مع بعضها البعض وتتداخل فيما بينها ويكمل كل منها الآخر وهي:

1- الكيمياء العضوية Organic Chemistry

تبحث في دراسة تركيب وخواص وتفاعلات المركبات العضوية والتي تشمل المركبات التي يدخل في تركيبها عنصري الكربون والهيدروجين وتدخل المواد الكيميائية العضوية باختلاف مجموعاتها الوظيفية في كثير من استخدامات الإنسان اليومية وخاصة أن هذه المواد مصدرها الأساسي هو أجسام الكائنات الحية ولذلك سميت بالمركبات العضوية.

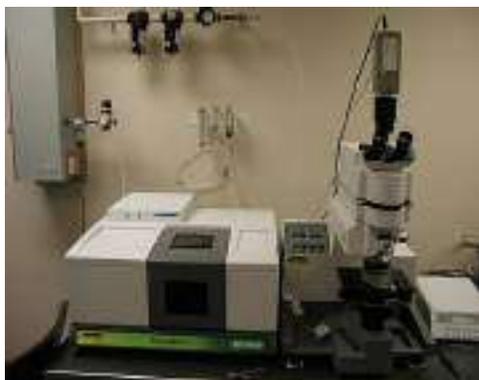
ان تطور هذا الفرع وتوسعه قد زودنا بالكثير من المركبات المهمة كأنواع الوقود المختلفة ومواد مثل رباعي كلوريد الكربون والكلوروفورم ($CHCl_3$) كمذيبات عضوية لبعض المواد والاصباغ والادوية ومبيدات الحشرات والمطاط الصناعي والمواد البلاستيكية والكثير من المركبات التي لها استعمالات في حياتنا اليومية.

2- الكيمياء اللاعضوية Inorganic Chemistry

يبحث في خواص وتفاعلات العناصر والمركبات عدا العضوية وكيفية ترابط الذرات في جزيئات هذه المركبات، وزيادة الانتفاع بالمركبات الفلزية واللافلزية في الادوية والاصباغ وطلاي المعادن ولحمها.

3- الكيمياء التحليلية Analytical Chemistry

فرع يستعين بالطرائق الحجمية والوزنية والطيفية والكهربائية على معرفة مكونات المواد ونسبها . وهناك العديد من الاجهزة الخاصة بالتحليل لمعرفة وتشخيص مكونات المواد ومنها جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء “ Infrared Spectroscopy “ كما في الشكل (5-1).



شكل 5-1 جهاز طيف الاشعة تحت الحمراء (IR)

جهاز طيف الرنين النووي المغناطيسي NMR وأجهزة التحليل الحراري كجهاز:

- Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS). وجهاز الفصل الكروماتوغرافي HPLC ، شكل (6-1) واجهزة اخرى عديدة، شكل (7-1).



شكل 6-1 جهاز الفصل الكروماتوغرافي (HPLC)



الشكل 1-8 جهاز الكروماتوغرافيا الأيونية
IC لتحديد الأيونات الموجبة والسالبة في المياه



شكل 1-7 جهاز التحليل الحراري DTG
لدراسة تحولات المادة بتأثير درجة الحرارة

الشكل (1-8) يقوم جهاز الكروماتوغرافيا السائلة (HPLC) عالية الاداء يقوم بعملية فصل لمكونات المواد ومبدأ الفصل يتم توزع العينة بين طورين: طور ثابت وطور متحرك (ويستعمل لقياس السكريات والفيتامينات والهرمونات).

4- الكيمياء الفيزيائية Physical Chemistry

تبحث في التغيرات الكمية للخواص الفيزيائية والخواص الكيميائية وما بين هذه الخواص من علاقة كمية ان وجدت، ولها الفضل في تفسير الظواهر الكيميائية بموجب اسس رياضية وفيزيائية دقيقة، وهي الجسر الذي يربط الكيمياء بالفيزياء.

5- الكيمياء الحياتية Biochemistry

تشمل دراسة جميع التفاعلات الكيميائية التي تجري في خلية الكائن الحي وقد ساعدت في الكشف عن تركيب المواد المكونة لجسم الكائن الحي من حيوان أو نبات، وعن اسرار التفاعلات التي تحدث فيها عند الهضم والامتصاص والتمثيل والتنفس والشيخوخة والمرض، وقد ساهمت مع الكيمياء العضوية في دراسة وتحضير الفيتامينات والهرمونات والادوية، وفي اتقان تشخيص الامراض بالطرائق التحليلية، وساعدت العدالة في كشف القضايا الجنائية من تسمم وغيرها.

6- الكيمياء الصناعية Industrial Chemistry

وتختص بالناحية التطبيقية لمختلف معلومات الفروع الكيميائية وغيرها من العلوم لغرض إنتاج مختلف المواد على مقياس تجاري. ان صناعات النفط والورق والسمنت والسكر والزيوت وطرائق التعدين وسك المعادن والعطريات والصابون هي من تطبيقات الكيمياء الصناعية في الحياة اليومية.

7- الكيمياء النظرية Theoretical Chemistry

تختص بدراسة المبادئ التي تكمن وراء السلوك الكيميائي للمركبات وتتنبأ بمركبات جديدة ودراسة خواصها.

يجمع مؤرخو العلوم على أن فضل العلماء العرب والمسلمين على العلوم في تبنيهم لمبدأ "التجربة والمشاهدة قبل إصدار الرأي"، وكان جابر بن حيان يوصي تلاميذه بالاهتمام بالتجارب العملية وعدم التعويل إلا عليها، مع التدقيق في الملاحظة، ومن وصاياه في ذلك: " يجب أن تعمل وتجري التجارب؛ لأن من لا يعمل ويجري التجارب لا يصل إلى أدنى مراتب الإتقان، فعليك يا بني بالتجربة لتصل إلى المعرفة". ولعلنا نجد اهتمام ابن حيان بمنهج علمي له خطوات ثابتة دليلاً على أهمية التنظيم في العمل المعلمي، حتى إنه كان يحرص كل الحرص على مراقبة ومشاهدة العمليات الكيميائية بنفسه التي يقرأ عنها لأي باحث.

تتضمن الكيمياء كما في العلوم طرح السؤالين كيف ولماذا؟ ويتطلب الاجابة عن تلك الاسئلة مهارات خاصة يتميز بها الكيميائي. فمنهج البحث العلمي هو طريقة عملية (تتألف من عدة خطوات) مبنية على المقاربة المنطقية لحل المشكلات من خلال الملاحظة وجمع البيانات وتسجيلها وصياغة الفرضيات واختيارها لوضع النظريات المدعومة بالبيانات، ولقيام بأي بحث عليك القيام بالخطوات التالية لانجازه:

1- الملاحظة والتسجيل

هناك العديد من الظواهر الطبيعية التي تحيط بالانسان والتي اكتشف البعض منها بالصدفة او بالملاحظة ومن ثم تسجيل البيانات حولها. قد تبدو هاتين المهارتين بسيطتان، ولكن يتطلب تسجيل الاكتشافات بدقة وحيادية تدريباً، بالاضافة الى الصبر.

2- تنظيم وتفسير البيانات

بعد جمع البيانات والمعلومات حول ظاهرة معينة او مشكلة معينة فيتم اجراء بعض التجارب لحلها ويتضمن ذلك تطبيق المعرفة الكيميائية وتنظيم النتائج التي تم جمعها من تلك التجارب.

3- تقييم وتحليل المعلومات

وهذه مهارة اخرى يجب ان يتحلى بها الكيميائي، وتتضمن اتخاذ قرارات بشأن ارتباط المعلومات مع بعضها، وتعتبر القدرة على اتخاذ القرارات مهمة مطلوبة حيث يتوقف حل أي مشكلة على تعيين العوامل التي تؤثر على المشكلة. قد تتغير بعض العوامل مع الظروف، ومن ثم يطلق عليها متغيرات. من المهم استقصاء عامل واحد فقط من هذه المتغيرات في كل مرة، مع الاحتفاظ بالعوامل الاخرى ثابتة او تحت السيطرة او التحكم.

نجد مع المهارات السابقة من المهم ان يكون الشخص قادراً على توصيل الافكار والنتائج الشخصية، وان يحسن المناقشة مع الاخرين ويجيد مهارات التواصل. قد يتضمن التواصل كتابة التقارير عن تجارب متعددة، وقد يتضمن تلك التقارير رسوماً بيانية وجداول ومخططات بيانية وأشكالا توضيحية.

4- صياغة الفرضية

يمكن ربط كل تلك المهارات من خلال الاسلوب العلمي بافتراض (الفرضية) وهي كلمة كبيرة كما هو في الحقيقة (تخمين) ولكن الالهم هو (التخمين الذكي) الذي يستهدف تفسير كيف او لماذا يحدث أمر ما.

5- النظرية

وتبدأ بعد التخمين فترة طويلة من التجريب لكافة الفرضيات واختبارها، اذا ثبتت صحة فرضية معينة تحت أي شروط فيسمى ذلك مع استثناءات قليلة نظرية، واذا لم تثبت صحة الفرضية فيتم إما تغييرها او رفضها، الشكل (9-1) يبين مخطط منهج البحث العلمي.



شكل 9-1 مخطط منهج البحث العلمي

3-1-1 الكيمياء التجريبية

الكيمياء علم اساسه التجريب يعتمد على الخبرة والتجربة وتتضمن مثل كل العلوم قياس كميات متنوعة، وكثيراً ما نحتاج قياس كميات من مواد كيميائية بدقة، وقد تكون تلك المواد صلبة (مساحيق وبلورات) او سوائل (احماض، قواعد، محاليل) أو غازات. حيث تقاس كميات المواد الصلبة بالكتلة، وتقاس كميات المواد السائلة والغازات بالحجم.

في الكيمياء نحتاج الى قياس الكتلة بطريقة أكثر دقة من طريقة قياسها في الحياة اليومية التي تعتمد على كميات مثل قليل من الملح او ملعقة سكر او استعمال موازين تقريبية مثل الميزان ذي الكفة الواحدة شكل (10-1-a)، فنستعمل لقياس الكتلة بدقة موازين منها الميزان الالكتروني والميزان الحساس شكل (10-1-b,c) ويمكن القياس بها بدقة الى مرتبتين عشريتين بعد الفارزة 0.01 g او حتى الى اربعة مراتب عشرية بعد الفارزة 0.0001g وبسرعة كبيرة. ان وحدة قياس الكتلة هي الغرام (g) للكميات الصغيرة والكيلو غرام (kg) للكميات الكبيرة.



(c)



(b)



(a)

شكل 10-1 انواع الموازين

اما السوائل فتقاس الحجم التقريبية لها باستعمال بيكر وتستعمل الاسطوانة المدرجة (المخبر المدرج) للحصول على دقة كبيرة، ويستعمل دورق الحجم الثابتة للسائل لتحضير محاليل قياسية معلومة التركيز. عند قياس حجم سائل يكون من المهم قراءة الحجم عند قاعدة السطح المنحني (المقعر) للسائل في الاسطوانة المدرجة، ويمكن ايضاً قياس الحجم باستخدام المحاقن، اذ تستعمل محاقن بلاستيك صغيرة لقياس الحجم الصغيرة من السوائل مثل المحاقن التي يستعملها الاطباء للحقن وتستعمل المحاقن الاكبر لقياس حجم الغازات. فيقاس الحجم عادة بالسنتيمتر المكعب (cm^3) او الملي لتر (ml) وتقاس الحجم الاكبر باللتر (L)، كما في الشكل (11-1).



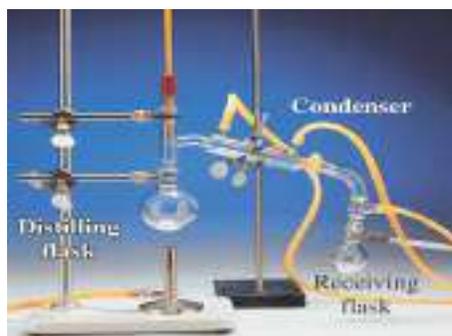
شكل 11-1 انواع الاوعية والدوارق المستعملة لقياس الحجم

وكثير من التجارب التي تجرى في المختبر تتحدد بفترة زمنية حيث تتأثر بعامل الوقت وتقاس الفترة الزمنية بأستعمال ساعة او عداد ايقاف الشكل (1-12) ويقاس الزمن بوحدة الثانية (s) تقيس معظم ساعات الايقاف الزمن لأقرب ثانية، ولكن توجد ساعات ايقاف أدق تقيس الوقت لأقرب (0.01 s).



الشكل 12-1 ساعة توقيت

وتتأثر الكثير من التفاعلات الكيميائية بدرجة الحرارة للوسط الذي يجرى فيه التفاعل فيما اذا كان يحتاج الى تسخين او تبريد ويمكن فصل مجموعة سوائل بالاعتماد على درجة غليانها وبعملية التقطير، كما في الشكل (1-13) اذ يمكن قياس درجة حرارة السائل او الغاز باستخدام المحرار. ومن المحارير الشائعة الاستخدام في المختبرات المدرسية المحرار الزئبقي والمحرار الكحولي ، وحالياً تستخدم المحارير الالكترونية بكثرة للحد من خطورة التسمم بالزئبق في حالة انكسار المحرار الزئبقي أثناء الاستخدام. وتقاس درجة الحرارة بوحدة الدرجة السيليزية ($^{\circ}C$) والمطلقة بوحدة الكلفن ($^{\circ}K$) والتي تساوي ($^{\circ}C + 273$) ، لاحظ الجدول (1-1).



شكل 13-1 جهاز تقطير لفصل مجموعة من السوائل بالاعتماد على درجة غليانها.

يمكن تسجيل درجات الحرارة لسائل على مدار فترة زمنية معينة وتخزينها في جهاز الحاسوب وعرضها على شكل رسم بياني لدرجة الحرارة مقابل الزمن، كنتائج تم التوصل اليها بعد اجراء التجارب العملية، ويمكن الحصول على هذه النتائج باستخدام اجهزة تدعى اجهزة تسجيل البيانات Data – loggers.

وعند إجراء أي تجربة الغرض منها تحضير غاز معين يجب مراعاة الطريقة التي يتم فيها جمع الغاز وبالاعتماد على خواص الغاز ما اذا كان أثقل او أخف من الهواء او اذا كان الغاز يذوب او لا يذوب في الماء. الجدول (1-2) يبين كثافة وقابلية ذوبان بعض الغازات.

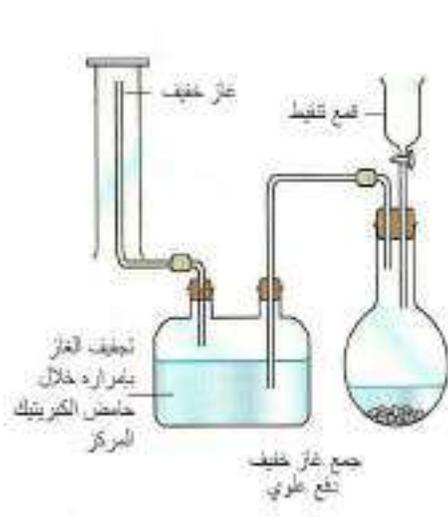
أغلب الغازات تكون عديمة اللون يمكن ملاحظتها من خلال فقاعات تدفع الماء إلى الاسفل وتتجمع اعلى سطحه ولكن هذه الطريقة لا يمكن استخدامها مع الغازات التي تذوب في الماء . وهناك غازات يمكن جمعها بإزاحة الهواء الى الاسفل وهي غازات أخف من الهواء كغاز(الهيدروجين والامونيا)، اما الغازات الاثقل من الهواء كغاز (ثنائي اوكسيد الكربون والكلور) فيمكن جمعها بإزاحة الهواء الى الاعلى، ويبين الشكل (1-14-a) جمع غاز ثقيل بإزاحة الهواء الى الاعلى، (1-14-b) جمع غاز خفيف بإزاحة الهواء الى الاسفل و(1-14-c) جمع غاز عديم الذوبان فوق سطح الماء.

الجدول 1-1 انواع ادوات القياس مع وحداتها.

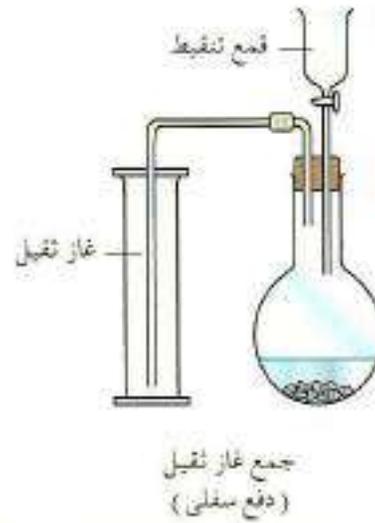
نوع القياس	الوحدة	أداة القياس
الكتلة	ملغ mg غرام g كيلو غرام kg 1 g = 1000 mg 1 kg = 1000 g 1 tan = 1000 kg	1- الميزان الالكتروني 2- الميزان الالكتروني الحساس.
الحجم	سنتمتر مكعب cm^3 1L = 1000 cm^3 1L = 1000 ml	1- بيكر 2- مخبار مدرج (اسطوانة مدرجة). 3- ماصة 4- سحاحة 5- دورق حجمي 6- محاقن
الزمن	ثانية sec 1ment = 60 s 1hour = 3600s	1- ساعة ايقاف 2- عداد ايقاف
درجة الحرارة	درجة سيليزي C° كلفن K	1- محرار زئبقي 2- محرار الكتروني

الجدول 1-2 كثافة وقابلية ذوبان بعض الغازات

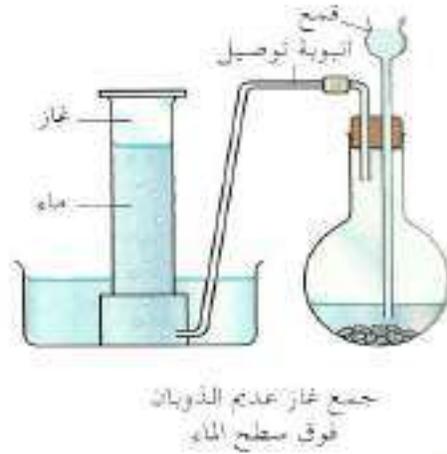
الغاز	اللون	الكثافة (مقارنة بالهواء)	الذوبانية في الماء
الامونيا NH_3	عديم اللون	أخف	شديد الذوبان
ثنائي أكسيد الكربون CO_2	عديم اللون	أثقل	قليل الذوبان
الكلور Cl_2	أخضر مصفر	أثقل كثيراً	يذوب
الهيدروجين H_2	عديم اللون	أخف كثيراً	عديم الذوبان
الاوكسجين O_2	عديم اللون	(تقريباً) نفس الكثافة	قليل الذوبان
كلوريد الهيدروجين HCl	عديم اللون	أثقل قليلاً	سريع الذوبان



(b)



(a)



(c)

شكل 14-1 طرائق جمع الغازات

3-1 البناء الذري والواصر الكيميائية

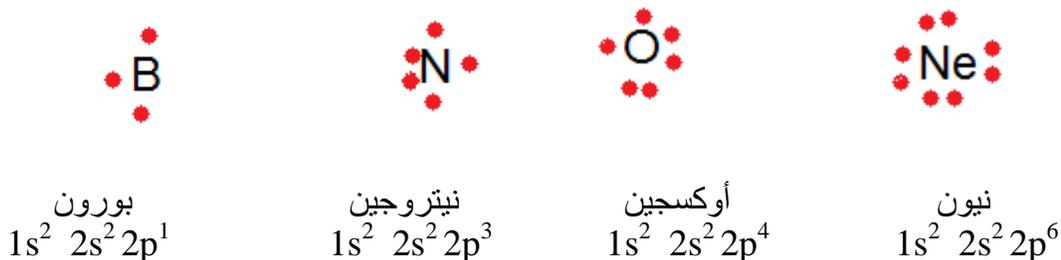
1-3-1 مفهوم الواصر الكيميائية

تعلمت من دراستك في المرحلة المتوسطة مفهوم البناء الذري وتطوره وما اقترحه العلماء من نماذج مختلفة لتركيبة الذرة والكثير من الملاحظات والنتائج التي ادت الى قبول او رفض هذه النماذج وتطورها كنموذج دالتون للذرة واثومسن وذر فورد ونموذج بور ومستويات الطاقة للذرة وامكانية انتقال الالكترون بين هذه المستويات في حالة اكتسابه او فقده طاقة.

ثم توصل العلماء الى نظرية تعرف بنظرية الكم والتي تنص على احتمال وجود الالكترون في حيز محدد من الفضاء المحيط بالنواة وليس في مدارات محددة الابعاد، كانموذج بور (واطلق عليه اسم الاوربييتال) سمي الغلاف الالكتروني سابقاً، ويعبر عن مستويات الطاقة بعدد الكم الرئيسي (n) والذي يكون عدد صحيح لايساوي صفر.

وهناك مستويات طاقة ثانوية (f,d,p,s) وعرفت ان لكل ذرة عنصر ترتيب الالكترون خاص بها تنتظم فيه الالكترونات في الذرة بحيث تكون الطاقة الكلية اقل مايمكن، ويكون امتلاء مستويات الطاقة الثانوية بالالكترونات حسب تسلسل طاقتها من الاوطأ الى الاعلى وبحسب مبدأ اوفباو، وقاعدة هوند التي تنص على انه (لايحدث ازدواج بين الالكترونين في مستوى الطاقة الثانوي الا بعد ان تشغل اوربييتالاته فراداً).

وتعرفت كذلك الى ترتيب لويس (رمز لويس) ، كما في الجدول (1-3) والافادة منه في معرفة كتابة الصيغ الكيميائية للمركبات المختلفة، حيث يكتب رمز العنصر الكيميائي ويحاط بنقاط تمثل كل نقطة الالكتروناً واحداً غير مزدوج وتمثل كل نقطتين متجاورتين مزدوجاً الالكترونياً ويتم توزيع هذه النقاط بحيث لايزيد عددها في كل جهة من الجهات الاربعة المحيطة بالرمز الى نقطتين، كما موضح في الشكل (1-15) وهذا الرمز يشير فقط الى الالكترونات الخارجية الموجودة في مستوى الطاقة الثانوي s الذي يستوعب الالكترونين، ومستوى الطاقة الثانوي p الذي يستوعب ستة الالكترونات، وبذلك يكون المجموع ثمانية الالكترونات تحيط بالرمز.



شكل 1-15 رموز لويس لبعض ذرات العناصر

ولكل ذرة الالكترونات تدعى (الالكترونات التكافؤ) وهذه الالكترونات تحدد طبيعة الاواصر المتكونة بين الذرات عند اتحادها مع بعضها لتكوين المركبات الكيميائية.

وهذه الاواصر هي قوى فيزيائية ذات طبيعة كهربائية تجاذبية تربط بين الذرات لتكوين الجزيئات، وان نشوء الاواصر بين الذرات يعتمد كثيراً على الترتيب الالكتروني لهذه الذرات، اي موقعها من الجدول الدوري وكهروسلبية هذه الذرات ومدى استعدادها لفقدانها او اكتسابها او المساهمة بالالكترونات. وهناك انواع من الاواصر يختلف تأثيرها وطبيعتها على الخواص الفيزيائية والكيميائية للمواد المتكونة او الناتجة.

جدول 3-1 رموز لويس لتمثيل العناصر

Group	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
<i>Number of electrons in valence shell</i>	1	2	3	4	5	6	7	8 (except He)
Period 1	H·							He :
Period 2	Li·	Be :	B·	C·	N·	O·	F·	:Ne :
Period 3	Na·	Mg :	Al·	Si·	P·	S·	Cl·	:Ar :
Period 4	K·	Ca :	Ga·	Ge·	As·	Se·	Br·	:Kr :
Period 5	Rb·	Sr :	In·	Sn·	Sb·	Te·	I·	:Xe :
Period 6	Cs·	Ba :	Tl·	Pb·	Bi·	Po·	At·	:Rn :
Period 7	Fr·	Ra :						

2-3-1 انواع الاواصر الكيميائية:

تصنيف الاواصر حسب طرائق تكونها:

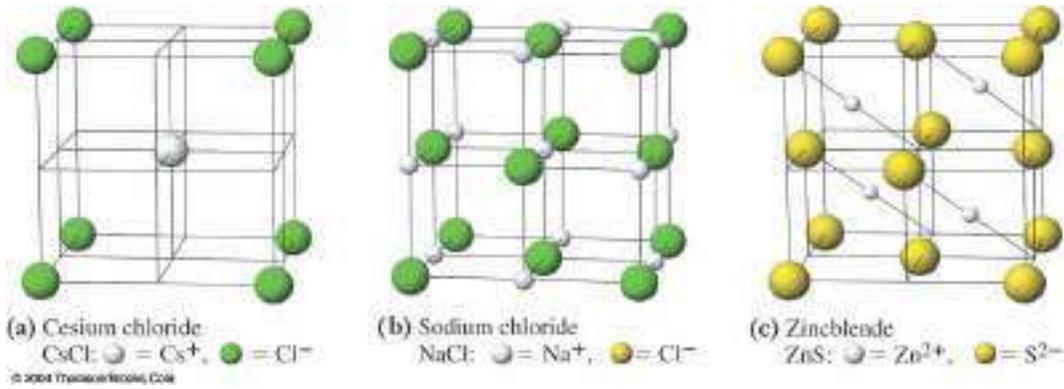
1- الاصرة الايونية

تحصل نتيجة التجاذب الكهربائي لذرات العناصر الواقعة في الطرف الايسر من الجدول الدوري المتمثلة بالفلزات مع تلك الواقعة في الطرف الايمن منه عدا العناصر النبيلة والمتمثلة باللافلزات. ان لذرات العناصر الفلزية طاقة تأين منخفضة مقارنة بذرات العناصر اللافلزية مما يجعلها اكثر قدرة على فقد الالكترونات وتكوين ايونات موجبة، اما العناصر اللافلزية فتكون ذات طاقة تأين عالية وكهروسلبية عالية فلها القدرة على اكتساب الالكترونات وتكوين ايونات سالبة ، عندها يحصل انتقال الالكترونات والتكافؤ من الفلزات الى اللافلزات وتكوين مركب اينيوني. كما في بلورات كلوريد الصوديوم NaCl، كما في الشكل (1-16) وبلورات بروميد البوتاسيوم KBr وبلورات اوكسيد الكالسيوم CaO وغيرها، لاحظ الشكل (1-17).



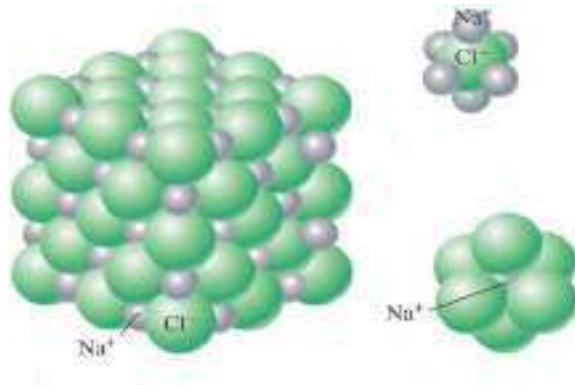


شكل 16-1 بلورة كلوريد الصوديوم



شكل 17-1 أصرة أيونية

تتميز المركبات الأيونية بأنها تكون على هيئة بلورات صلبة وليس جزيئات تترتب فيها الأيونات بشكل منتظم متخذة اشكالاً هندسية مختلفة حيث تتجمع الأيونات السالبة والموجبة بنسب عددية تعتمد على شحنة الأيونات في البلورة، وان صيغة المركب الأيوني تمثل النسبة بين عدد الأيونات الموجبة والسالبة في البلورة ولا تمثل جزيئات مكونة من ارتباط عدد محدد من الذرات كما في بلورة كلوريد الصوديوم الشكل (18-1).

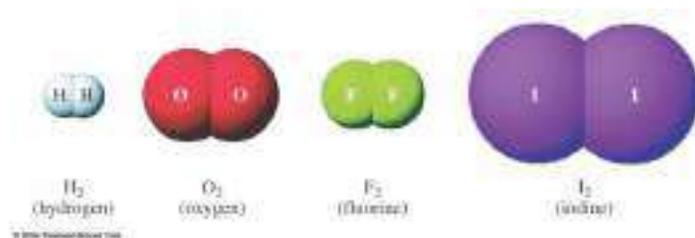


شكل 18-1 بلورة كلوريد الصوديوم

وتتمتاز المركبات الايونية بانها صلبة نتيجة هذا الترتيب المنتظم والثابت على شكل طبقات، وهذا الترتيب البلوري يتطلب تسخين الى درجات حرارة عالية جداً للحصول على كمية كافية من الطاقة لتكسير الاواصر الايونية بين الايونات وتحطيم الشبكة البلورية، لذا تتمتاز هذه المركبات بارتفاع درجات انصهارها وغلوانها.

وتعتبر المركبات الايونية الصلبة غير موصلة للتيار الكهربائي ولكن محاليلها المائية ومنصهراتها لها القابلية على التوصيل للتيار الكهربائي.

2- الاصرة التساهمية:

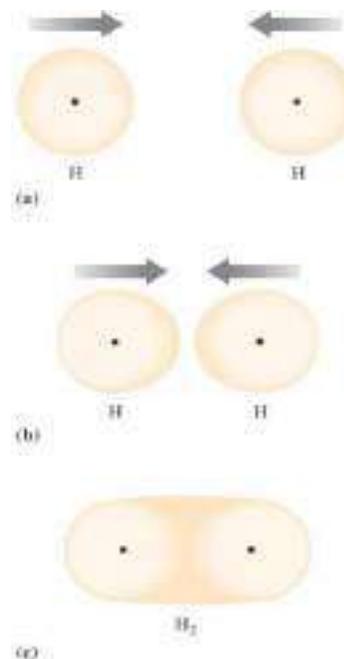
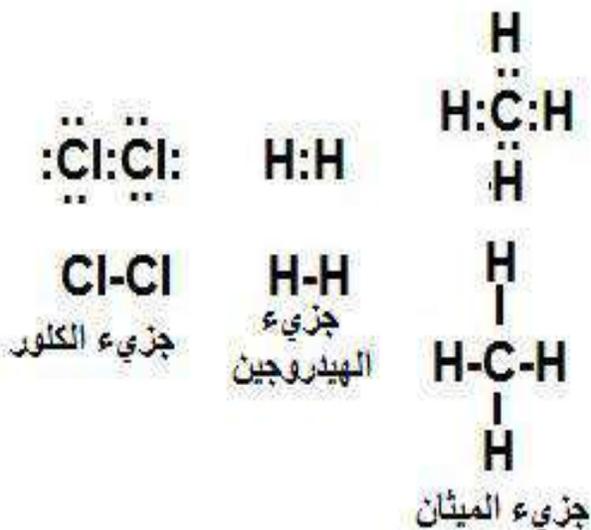


شكل 19-1 امثلة على جزيئات فيها اصرة تساهمية

ماذا تتوقع عند اقتراب ذرتين لعنصرين لهما طاقة تأين مرتفعة نسبياً او التي تتساوى كهروسليبيتها او تختلف اختلافاً قليلاً، ولا تميل اي منهما الى فقدان الالكترونات. عند تفاعل ذرات هذه العناصر فان اتحادها يكون بوساطة المشاركة بالكتروناتها الخارجية، حيث تقدم كل ذرة الكترونا واحدا او اكثر وتشارك الذرتان بهذا الزوج الالكتروني او ازواج الكترونية فتنشأ الاصرة التساهمية كما في الشكلين (1019) و(1-20). كمثال الاصرة المتكونة بين ذرتي الهيدروجين في جزيء H_2 ، حيث يتكون جزيء الهيدروجين من ارتباط ذرتي هيدروجين، كل ذرة تمتلك الكترون تكافؤ واحد فقط .



فعند اقتراب ذرتي الهيدروجين من بعضهما فان نواة كل ذرة منهما تجذب الكترون الذرة الاخرى نحوها وينشأ تجاذب الالكترونين ونواتي الذرتين يؤدي الى خفض طاقتهم مما يجعلهما اكثر استقراراً ويبقى الالكترونان منجذبان نحو كلا الذرتين في آن واحد. ويطلق عليهما زوج الكتروني مشترك، والذي يبقى يتحرك في الفراغ المحيط بنواتي الذرتين على شكل سحابة الكترونية تغلف النواتين معاً.

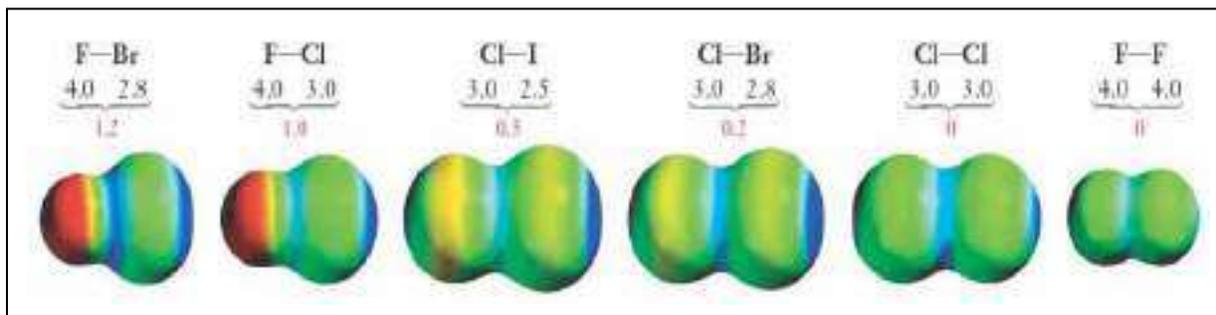


شكل 1-20 الاصرة المتكونة بين ذرتي الهيدروجين في جزيء H_2

شكل 1-21 جزيء الميثان والكلور

3- الاصرة التساهمية المستقطبة

ومثال اخر على الاصرة التساهمية، جزيء الميثان وجزيء الكلور، كما في الشكل (1-21). امثلة على الاصرة التساهمية المستقطبة (1-22). وتنشأ هذه الاصرة بين نوعين من الذرات يكون الفرق في الكهروسلبية بينهما كبير نسبياً فاذا علمت ان الكهروسلبية لبعض الذرات كما في الجدول (1-4)



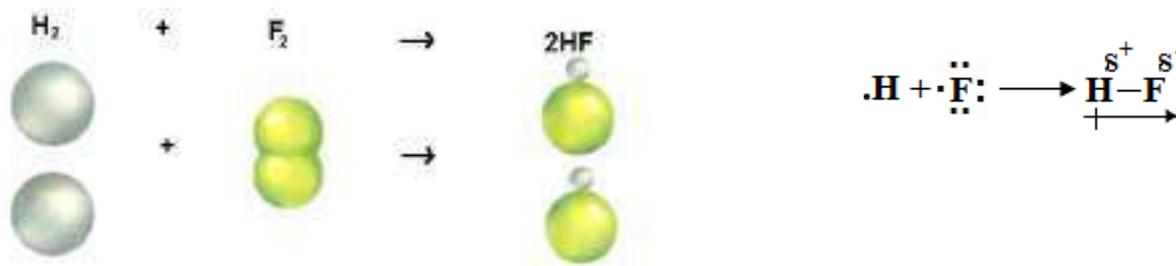
شكل 1-22 امثلة على الاصرة التساهمية المستقطبة

الجدول 4-1 الكهروسلبية لبعض الذرات

الذرة	F	O	Cl	N	I	C	H
الكهروسلبية	4.00	3.50	3.00	3.00	2.50	2.40	2.20

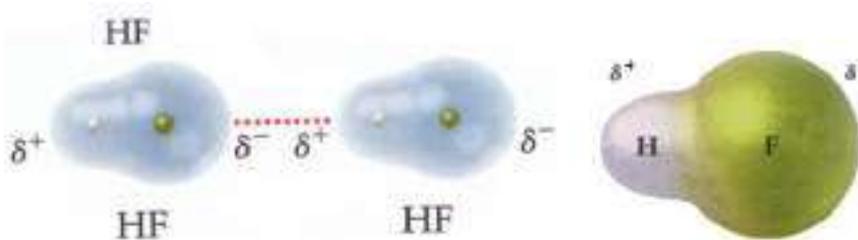


فالاصرة المتكون بين ذرتي الفلور والهيدروجين لتكوين جزيء فلوريد الهيدروجين ستكون شديدة القطبية كما في الشكل (23-1).



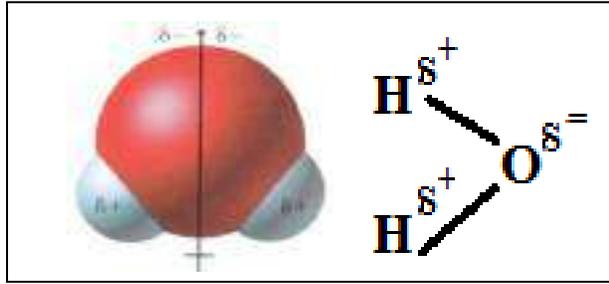
شكل 23-1 فلوريد الهيدروجين

الرمز (δ) يشير الى شحنة كهربائية جزئية غير محددة المقدار, حيث يدل السهم على انزياح الزوج الالكتروني المكون للاصرة الى ذرة الفلور(اي انه يقضي معظم الوقت متحركاً حول ذرة الفلور) الذرة ذات الكهروسلبية الاعلى فتتولد شحنة جزئية سالبة ويرمز لها (δ^-) بينما يكون ابعدها نسبياً عن الذرة ذات الكهروسلبية الاوطأ ذرة الهيدروجين فتتولد شحنة جزئية موجبة (δ^+)، كما في الشكل (24-1).



شكل 24-1 يبين تمثيل الرمز (δ) في ذرة فلوريد الهيدروجين

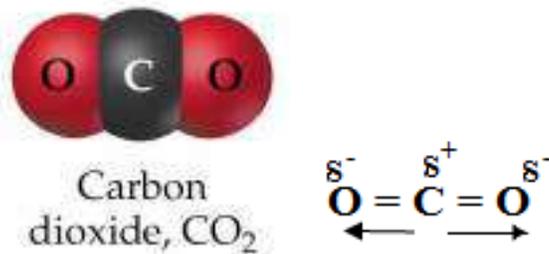
ان ظهور الشحنات الكهربائية على ذرتي الجزيء يكون قطبين كهربائيين مختلفين حول الجزيء ائدهما موجب والاخر سالب ومن هنا جاءت تسمية الاصرة المستقطبة حيث تشبه بذلك قطبي المغناطيس.



شكل 1-25 جزيء الماء

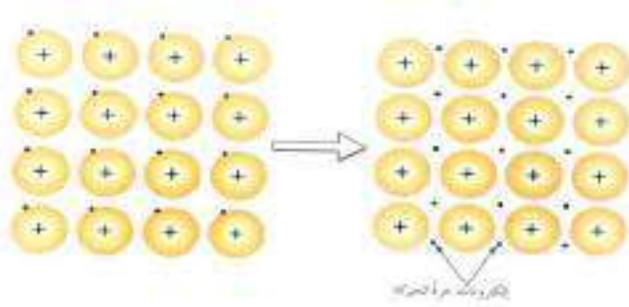
ولان الجزيء متعادل كهربائياً فان مجموعة الشحنات الكهربائية الجزئية السالبة مساويا الى مجموع الشحنات الكهربائية الجزئية الموجبة، ففي جزيء الماء يجب ان تتعادل الشحنتين الكهربائيتين الجزئيتين السالبتين على ذرة الاوكسجين مع الشحنتين الكهربائيتين الجزئيتين الموجبتين على ذرتي الهيدروجين، الشكل (1-25).

وفي كثير من المركبات التي فيها اواصر تساهمية مستقطبة (قطبية) يكون للجزيء ايضا صفة قطبية كما في مثال جزيء فلوريد الهيدروجين HF، غير ان بعض المركبات الحاوية للأواصر المستقطبة لا يكون فيها صفة قطبية ويعزى ذلك الى ان تعدد الأواصر التساهمية المستقطبة في الجزيء نفسه قد يولد محصلة عزوم استقطاب مقدارها صفر مما يمنع ظهور اقطاب كهربائية على الجزيء بأكمله، ومن اشهر الامثلة على ذلك جزيء ثنائي اوكسيد الكربون CO₂ الذي يحوي اصرتين تساهميتين مستقطبة الا ان احدهما أبطلت مفعول الاخرى لانهما متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه فكانت محصلة عزومهما الكهربائية تساوي صفر كما يوضحه الشكل (1-26) تساوي مقدارهما وتعاكس اتجاههما فتلاشى تأثيرهما على الجزيء.



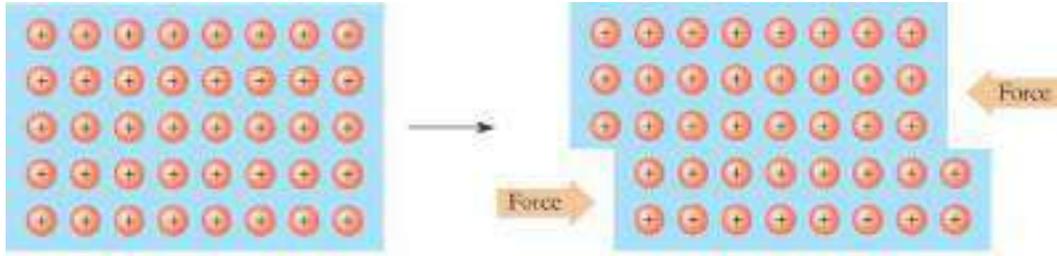
شكل 1-26 جزيء CO₂

4 - الأصرة الفلزية:



شكل 1-27 أاصرة الفلزية

ان جميع الفلزات المألوفة في الطبيعة صلبة (عدا الزئبق فهو سائل) معظمها ينصهر عند درجة حرارة مرتفعة. وأغلبها يكون ذا كهروسلبية واطئة نسبيًا، والواصر التي تربط ذراتها هي من نوع يختلف عما ذكر سابقا وتسمى بالواصر الفلزية، كما في الشكل (1-27). ونتيجة لانخفاض طاقة تأين الفلزات، أي ان الكترولونات المستوى الخارجي لذراتها لا ترتبط بقوة مع الانوية الموجبة لتلك الذرات فعندما تقترب ذرات الفلز من بعضها فانها تفقد هذه الالكترولونات (الكترولونات التكافؤ) وبالتالي فان هذه الالكترولونات تصبح ملكا لجميع الذرات، كما في الشكل (1-28).



شكل 1-28

تتكون بلورات الفلزات من صفوف من الايونات الموجبة المتمثلة بالنواة مع الالكترولونات الداخلية مغمورة في بحر من الالكترولونات حرة الحركة من ناحية ومنجذبة الى جميع الفلز من ناحية اخرى، مما يكسبها تماسكا وصلابة بالاضافة الى قابليتها للطرق الى صفائح والسحب الى أسلاك وقابلية توصيلها للتيار الكهربائي من خلال سير تيار من الالكترولونات في السلك الفلزي (أي يسري التيار الكهربائي نتيجة لسهولة حركة الالكترولونات خلال السلك الفلزي) وكذلك الحال بالنسبة للتوصيل الحراري للفلزات، حيث ان تسخين احدى نهايتي السلك يسبب زيادة في الطاقة الحركية للالكترولونات فتنتقل هذه الطاقة الى النهاية الباردة معطية لالكترولونات طاقة حركية عالية اي رفع درجة حرارة هذه النهاية من السلك الفلزي.

وهناك أنواع اخرى من الواصر تنشأ بين جزيئات المادة وهي:

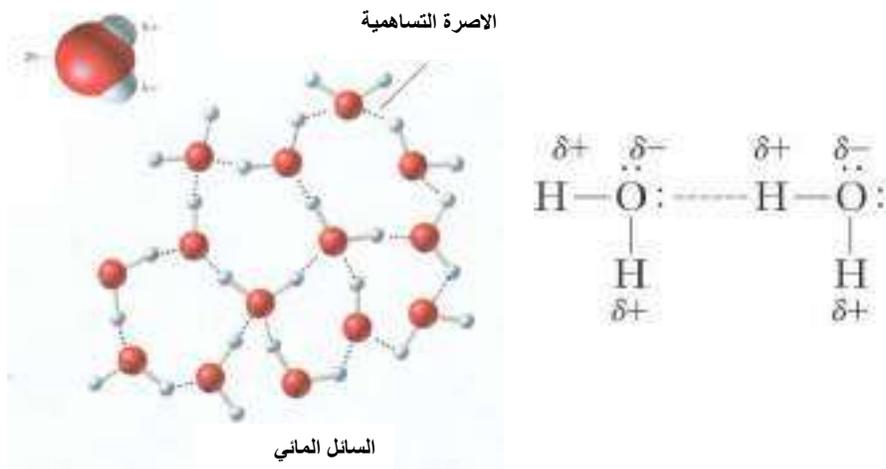
5- الأصرة الهيدروجينية:

عند استعراض الجدول الدوري وتحديد العناصر التي لها أعلى قيم الكهروسلبية مثل (N,O,F) وهذه العناصر عند اتحادها مع الهيدروجين باصرة تساهمية تكون هذه الاصرة ذات قطبية عالية اي تنتج جزيئات عالية القطبية، وفي هذه الجزيئات H-F و H-O و H-N ونظرا للفارق الكبير في الكهروسلبية فان الكثافة الاكترونية للأصرة التساهمية تنزاح بشدة نحو الذرة الأعلى كهروسلبية (N,O,F) مما يكسب هذه الذرات شحنة جزئية سالبة (δ^-) مكونة قطبا سالبا، وعلى ذرة الهيدروجين شحنة جزئية موجبة (δ^+) مكونة قطبا موجبا.

δ^-	δ^+	δ^-	δ^+	δ^-	δ^+
N	- H	O	- H	F	- H
3.0	2.1	3.5	2.1	4.0	2.1

القيم الكهروسلبية للذرات

فتنشأ أصرة ذات استقطاب كبير، وبسبب هذه القطبية العالية فان احد طرفي الجزيء المستقطب سوف يجذب الى طرف جزيء مجاور يحمل شحنة جزئية مغايرة وهكذا الحال بالنسبة لبقية اطراف الجزيئات الاخرى فتتكون نوع من الاواصر يدعى بـ (الاواصر الهيدروجينية) يرمز لها بخط منقط (.....). لتمييزها عن الأصرة التساهمية، وهذا النوع من الاواصر تعتبر اواصر ضعيفة اذا ما قورنت بالاصرة التساهمية أو الايونية . لاحظ ان كل ذرة هيدروجين تتوسط ذرتي أكسجين في جزيئان متجاوران وتحاط باصرتين أحدهما تساهمية والأخرى هيدروجينية وهذا يدعى بـ (الجسر الهيدروجيني). ولهذه الاصرة اهمية في ابراز الخاصية المميزة للماء (تذوذ الماء) في تمدد الماء عند انجماده ولها اهمية حيوية بالغة حيث انها تعمل على ترابط شريطي الاحماض النووية (DNA, RNA) وهي الجزيئات المسؤولة عن وراثة الصفات وتنظيم كافة العمليات الحيوية في الجسم، كما في الشكل (1-29).



شكل 1-29 أصرة هيدروجينية

6- قوى فاندرفالز:

توجد هذه القوى بين الذرات او الجزيئات غير المستقطبة مثل Br_2, I_2, N_2 Ne. واقترح هذا النوع من قوى التجاذب العالم فاندرفالز. عند دوران الالكترونات في الذرة أو الجزيء يحدث تأثير على الالكترونات في الذرات او الجزيئات المجاورة، هذا الدوران لالكترونات الذرة او الجزيء الاول يؤثر بطريقة تؤدي الى ابتعاد الالكترونات لاحدى الذرتين الى الجهة التي يتواجد بها الكترونات الذرة الاخرى. مما يسبب نوع من الاستقطاب الانى بين هذه الذرات او الجزيئات وكنتيجة لهذا الاستقطاب الانى يحدث تجاذب ضعيف ناتج عن قوى فاندرفالز.



هذه القوى ضعيفة عند مقارنتها بالأواصر الهيدروجينية او الاواصر الايونية وتزداد قوتها بأزدياد حجم الذرة او الجزيء، وتكون في المواد الصلبة اقوى منها في السائلة وضعيفة جدا في الحالة الغازية.

جرت دراسة حول كيفية تثبيت العناكب بالأسقف متحديّة جاذبية الأرض، وكانت على نوع العنكبوت القافز اذ ومن خلال المجهر الالكتروني وجد ان كل شعرة على قدم العنكبوت يغطيها عدد هائل من الهديبات يصل الى 624 الف هديبية، وعندما تكون كل هديبية في تماس مع السطح ينشأ التصاق ناتج عن قوى فاندرفالز التي تكون قوة تجاذب ساكنة بين الهديبات والسطح وهي تعتمد على المسافة بينهما ولا تتأثر بظروف البيئة المحيطة او بالخصائص المادية لكل منهما.

7- قوى التجاذب بين الجزيئات ثنائية القطب:

ينشأ الجزيء القطبي عندما يكون توزيع الكثافة الالكترونية غير المتجانس في جميع اجزائه وذلك نتيجة وجود محصلة لاستقطاب الاواصر في الجزيء بحيث تكون الكثافة الالكترونية على احد طرفي الجزيء اعلى منها على الطرف الاخر، فيحمل هذا الطرف شحنة جزئية سالبة (s^-) اما الطرف الاخر ذا الكثافة الالكترونية الاقل فيحمل شحنة جزئية موجبة (s^+)، وتسمى هذه الجزيئات بـ (ثنائية القطب).

4-1 المحاليل والعوالق والانظمة الغروية

عرفت من دراستك السابقة ان المحلول خليط متجانس من مادتين او اكثر يتعذر فيه التمييز بين الدقائق الممتزجة بالعين المجردة. تعتبر المادة الاكبركمية هي المذيب اما الاقل كمية فهي المذاب. ويعتبر الماء مذيبا جيدا لمعظم المواد (الماء مذيب قطبي) وهناك مذيبات اخرى كالبنزين والايثر ورباعي كلوريد الكربون وتصنف على انها مذيبات عضوية غير قطبية وكثير من السوائل تصلح ان تكون مذيبات، كما وان هناك مواد صلبة وغازية ممكن ان تكون مذيبات فالسبائك هي محاليل مواد صلبة ، والهواء محلول لعدد من الغازات ومنها الاوكسجين والنتروجين وغيرها.

ولكن هل المحاليل تختلف فيما بينها، وهل هناك اوجه اختلاف او يمكن التمييز بينها او تصنيفها اعتمادا على بعض الصفات الفيزيائية. لذا يمكن تصنيف المحاليل بحسب حجم دقائق مكوناتها الى:

1- المحلول الحقيقي Solution

محلول شفاف لا تسبب فيه دقائق المذاب (جزيء او ايون او مجموعة ذرات مشحونة) تشتت الضوء الساقط عليه، وتبلغ هذه الدقائق من الصغر بحيث يتعذر فصلها بالترشيح او رؤيتها بالمجهر وهي لقلة كتلتها لا تترسب بالترسيد. ولا يقتصر المحلول الحقيقي على المواد الصلبة المذابة في السوائل ، ويكون الطور النهائي سائلا بل قد يكون الطور النهائي صلبا او غازيا ايضا.

2- النظام الغروي Colloidal System

الدقائق في النظام الغروي ليست كبيرة الى حد رؤيتها بالعين المجردة او صغيرة الى حد لا يمكن رؤيتها بالمجهر الالكتروني او الوسائل الحديثة حيث يتراوح قطر الدقائق هذه (10^{-5} - 10^{-7} cm) ويطلق على هذه الدقائق المنتشرة في النظام الغروي (بالطور المنتشر) Dispersed phase يناظر المذاب في المحلول الحقيقي ووسط الانتشار Dispersion medium فيناظر المذيب في المحلول الحقيقي . وتمتاز دقائق الانظمة الغروية بانها تمر خلال ورقة الترشيح وهي بذلك تشبه دقائق المحلول الحقيقي من حيث مرورها من خلال ورقة الترشيح.

وتتمتاز دقائق الانظمة الغروية (بظاهرة تندال) وهي ظاهرة تشتت الضوء من قبل الدقائق الغروية. فعند تسليط حزمة ضوئية على نظام غروي بصورة افقية وباستعمال المجهر الخارق (Ultramicroscopes) والنظر الى النظام من الاعلى، لوحظ ان الضوء المنعكس على سطح الدقائق الغروية له حركة مضطربة يومض باستمرار دلالة على حركة الدقائق الغروية والتي توصف بالحركة البروانية وهي ناتجة عن اصطدام الطور المنتشر بدقائق وسط الانتشار.

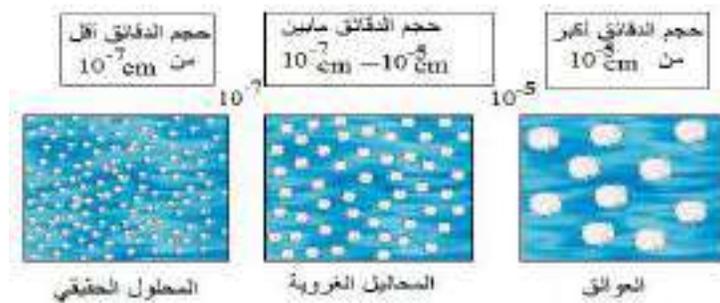
وتتمتاز الدقائق الغروية بعدم تكتلها او ترسبها ويعود السبب في ذلك الى وجود تنافر بين هذه الدقائق لكونها تحمل شحنة من نوع واحد عكس المحلول الحقيقي الذي يتأين فيه المذاب الى نوعين مختلفين من الايونات (السالبة والموجبة) كما في كلوريد الصوديوم في الماء. ولكون هذه الشحنات من نوع واحد فيحصل تنافر بين هذه الشحنات المتشابهة داخل النظام الغروي فيحول دون تكتلها او ترسبها . والجدول (5-1) يبين انواع الانظمة الغروية.

الجدول 5-1 امثلة على الانظمة الغروية

الطور المنتشر	وسط الانتشار	الامثلة
صلب	غاز	الدخان
	سائل	محلول كلوريد الفضة
	صلب	الزجاج الملون (تنتشر الدقائق المعدنية الملونة فيه)
سائل	غاز	السحاب والضباب
	سائل	الحليب
	صلب	الجلي والمحلي
غاز	سائل	رغوة الصابون
	صلب	بعض انواع الاحجار التي تحتوي على فقاعات غازية منتشرة

3- العوالق Suspensions

تمتاز بكون حجم دقائق المادة المذابة ، اذ يزيد قطر هذه الدقائق عن 10^{-5} cm وهي قابلة للتمييز بعكس دقائق المذاب في المحلول الحقيقي. والجدول (6-1) يوضح مقارنة بسيطة بين المحاليل الحقيقية والانظمة الغروية والعوالق.



شكل 1-30 يبين حجم الجزيئات في المحاليل المختلفة

الجدول 1-6 مقارنة بين المحاليل الحقيقية والأنظمة الغروية والعوالق.

العوالق	الانظمة الغروية	المحلل الحقيقي
1- يمكن رؤية الدقائق بالعين المجردة والمجهر العادي.	1- يمكن رؤية الدقائق الغروية بالمجهر الخارق.	1- دقائق المذاب لا يمكن رؤيتها.
2- يمكن رؤية حركتها لكنها لا تتميز بالحركة البراونية (ظاهرة تندرل)	2- تمتاز الدقائق بحركة براونية بما يسمى (ظاهرة تندرل)	2- لا يمكن رؤية حركتها او تتبعها.
3- لا تمر الدقائق خلال ورقة الترشيح.	3- تمر الدقائق (الطور المنتشر) خلال ورق الترشيح	3- تمر دقائق المذاب خلال ورق الترشيح .
4- تركد الدقائق العالقة بعد مرور فترة من الزمن.	4- لا تركد دقائق الطور المنتشر بل تبقى في النظام الغروي	4- تبقى دقائق المذاب في المحلول ولا تركد.

أنواع المحاليل الحقيقية Type of Solution:

من الجدير بالذكر ان المادة المذابة تؤثر في الخواص الفيزيائية للمذيب فتعمل على خفض حرارته، وتكون درجة انجماد المحلول اقل من درجة انجماد المذيب النقي، ودرجة غليان المحلول اعلى من درجة غليان المذيب النقي . فالماء الحاوي على اية مادة مذابة كالسكر او ملح الطعام ينجمد في درجة اوطا من $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ويغلي في درجة اعلى من $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ فالماء عند التسخين يتبخر وتقل كميته تدريجيا اثناء الغليان فتزداد تبعا لذلك المادة المذابة (سكر او ملح الطعام). ومع مرور الوقت مما يؤدي الى استمرار ارتفاع درجة الغليان وهذا الارتفاع لا يعتمد على طبيعة المذاب ولكن يعتمد على تركيز المذاب (عدد الدقائق) وان هذا الارتفاع يتناسب طرديا مع تركيز المذاب في المحلول.

فدرجة غليان المحلول الناتج من 1 mole من السكر في 1 Kg من الماء هي $100.522\text{ }^{\circ}\text{C}$ اي بزيادة $0.522\text{ }^{\circ}\text{C}$ عن درجة غليان الماء النقي . وقد وجد ان الانخفاض في درجة الانجماد - كالارتفاع في درجة الغليان- لا يعتمد على طبيعة المواد المذابة في المحلول وانما على تركيز هذه المواد . فالمثال السابق لمحلول السكر والماء سيتجمد عند ($1.86\text{ }^{\circ}\text{C}$ -) بينما الماء النقي يتجمد عند $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. وهناك تطبيقات كثيرة لظاهرة الانخفاض بدرجة انجماد الماء ومنها اضافة مادة الايثيلين كليكول الى الماء في محرك السيارة لخفض درجة انجماد الماء في فصل الشتاء وكذلك نثر الاملاح مثل NaCl و CaCl_2 على الطرقات لمنع حدوث الانجماد وتجنب الانزلاقات عليها او في عملية التبريد لأنتاج الثلجات مثل الايس كريم، كما في الشكل (1-31).

بما ان المذيب يمثل الجزء الاكبر من المحلول فان حالة المحلول تكون شبيهة بحالة المذيب فمثلا عند اذابة غاز ثنائي اوكسيد الكربون في الماء يعد المحلول سائلاً لان المذيب سائل في حين ان المذاب غاز، وعلى هذا الاساس تم تصنيف المحاليل حسب الحالة الفيزيائية للمذيب (محاليل صلبة و محاليل سائلة ومحاليل غازية). والجدول (1-7) يبين انواع المحاليل وبعض الامثلة عليها:



اضافة مادة الاثيلين كلايكول الى
الماء في محرك السيارة لخفض
درجة انجماد الماء في فصل الشتاء



نثر الاملاح مثل $NaCl$ و $CaCl_2$ على
عملية التبريد لانتاج الايس كريم

شكل 1-31 يبين تأثير اضافة المادة المذابة في خفض درجة انجماد المذيب

الجدول 1-7 أنواع المحاليل والامثلة عليها

المحلول	حالة المذاب	حالة المذيب	الامثلة
سائل	غاز	سائل	غاز الاوكسجين في الماء
	سائل	سائل	كحول الايثانول في الماء
	صلب	سائل	السكر او الملح في الماء
غاز	غاز	غاز	غاز الاوكسجين في الهواء
	سائل	غاز	قطرات الماء في الجو
	صلب	غاز	حببيبات الغبار في الهواء
صلب	غاز	صلب	غاز الهيدروجين في البلاطين
	سائل	صلب	الزئبق في الفضة
	صلب	صلب	السبائك (الفولاذ)

أولاً: المحاليل السائلة

وتتضمن محاليل المواد الصلبة أو السائلة أو الغازية في السوائل.

a- محاليل المواد الصلبة في السوائل

يعتبر الماء مذيباً جيداً للكثير من المواد كما في محلول السكر في الماء او ملح الطعام في الماء وهناك مذيبات أخرى كالبنزين والايثر ورباعي كلوريد الكربون تستعمل لأذابه المواد العضوية، وقابلية ذوبان مادة صلبة في سائل هي كمية تلك المادة الصلبة اللازمة لإشباع كمية من ذلك السائل في درجة حرارة معينة. وان هناك مواد قابلة للذوبان في السوائل (مذيبات) ومواد غير قابلة للذوبان، وعملية الذوبان هذه تنتج عن كسر الاواصر الكيميائية التي تربط ذرات او جزيئات او ايونات (سالبة او موجبة) للمادة

المذابة وانتشارها بين جزيئات المذيب. كما في مثال إذابة كلوريد الصوديوم NaCl في الماء، حيث تبدأ بلورات الملح بالانتشار بين جزيئات الماء وتتصادم معها فتكتسب كمية من الطاقة تكون كافية للتغلب على الاواصر الايونية التي تربط بلورة كلوريد الصوديوم، فتبدأ جزيئات الماء بالإحاطة بأيونات الصوديوم Na^+ من جهة وايونات الكلوريد Cl^- من جهة اخرى والموجودة على سطح البلورة، أي نشوء عدد كبير من قوى التجاذب بين الاقطاب الموجبة للماء والايون السالب في البلورة وبين الاقطاب السالبة للماء والايون الموجب في البلورة، فتعمل هذه القوى على فصل الايونات السالبة والموجبة من البلورة فتتفكك البلورة الى ايونات سالبة وايونات موجبة تتحرك بحرية في الماء، فيتكون محلول كلوريد الصوديوم. والشكل (1-32- a) يبين ذوبان بلورة كلوريد الصوديوم في الماء.



(a) ذوبان كلوريد الصوديوم في الماء



(b) ذوبان السكر في الشاي



(c) اتحاد ايونات المذاب مع المذيب في اثناء عملية الذوبان

شكل 1-32 عملية الذوبان

تتوقف قابلية ذوبان المواد الصلبة في الماء على عدة عوامل اهمها درجة الحرارة، حيث تزداد قابلية الذوبان بزيادة درجة الحرارة، فالسكر يذوب بزيادة درجة الحرارة مما يزيد من احتمالية تصادم جزيئات الماء بسطح بلورات السكر فيساعد على سرعة ذوبانه، كذلك يساعد الرج او التقليب على اذابة بلورات المادة المذابة بسرعة اكبر لان عملية الرج تتضمن ملامسة البلورات بالماء بصورة اكبر لان عملية الذوبان ظاهرة تتعلق بالسطح المعرض للذوبان، فكلما تعرض سطح المادة المذابة للتلامس مع كمية جديدة من المذيب زادت عملية الذوبان وهذا ما يحدث عند الرج ومثال ذلك تقليب الشاي بعد وضع السكر فيه، كما في الشكل (1-32- b) وعملية الرج او التقليب تؤثر فقط على زيادة معدل ذوبان المادة المذابة وليس على كميتها، كما وان حجم دقائق المادة المذابة كلما كان صغيرا كلما ازدادت سرعة ذوبانها في المذيب، فبلورات السكر الناعمة تذوب اسرع من قطع السكر (المكعبات) عند عمل الشاي المتلججات او عصير الليمون.

عند إذابة الملح في الماء تنفصل جزيئات جديدة منه وتذهب الى المحلول. ولكن في نفس الوقت تتبلور (تترسب) من المحلول عدد متساوٍ من جزيئات الملح التي انفصلت (ايونات ذائبة) وهكذا تكون حركة الجزيئات في المحلول. وحالة التوازن هذه التي تحدث بين المحلول والمادة الصلبة غير المذابة عند درجة حرارة معينة تعطي نوع من المحاليل يدعى **(المحلول المشبع) Saturated solution وهو المحلول الذي يحتوي على اكبر كمية من المذاب في كمية معينة من المذيب عند درجة حرارة معينة.**

أما إذا احتوى المحلول على كمية من المذاب زائدة عن الحد المسموح به نظرياً أي إن كمية المذاب في المحلول اكبر مما يجب ان تكون عليه عند التشبع عند درجة حرارة معينة (المحلول فوق المشبع) super saturated solution ، كما في الشكل (1-33). وفي هذا النوع من المحاليل يلاحظ انه عند ارتفاع درجة الحرارة للمحلول المشبع الذي يحتوي زيادة قليلة من المادة الصلبة (المذاب) فان جزء من المادة الصلبة الزائدة او جميعها يذوب في المحلول، وعند ترك المحلول ليبرد ببطء الى درجة حرارته الأصلية،

فإن الكمية الزائدة من المادة المذابة لا تتبلور دائما في الحال بالمحلول، ويمكن بدء عملية التبلور للمحلول فوق المشبع بإضافة بلورة صغيرة جدا من المادة المذابة في المحلول تسمى (بلورة بدء التبلور) في المحلول فوق المشبع، وهنا تترسب الكمية الزائدة من المذاب بسرعة كبيرة على سطح البلورة، ويمكن اجراء عملية التبلور ايضا بخدش (حك) السطح الداخلي للبيكر او الاناء الذي يحوي المحلول فوق المشبع بساق زجاجية.



(c) (b) (a)

شكل 1-33 المحلول فوق المشبع

b- محاليل سوائل في سوائل

ان بعض من السوائل تمتزج بشكل تام مع سوائل اخرى فتكون خليطا متجانسا رائقا ومنها محلول الكحول الايثيلي مع الماء وحامض الكبريتيك مع الماء وبأية نسبة كانت وتدعى سوائل (تامة الامتزاج). وهناك سوائل جزئية الامتزاج مثل الفينول والماء او الايثر والماء، فلو اضفنا قليلا من الايثر الى حجم معين من الماء لذاب في الحال وامتزج معه مكونا مزيجا متجانسا، لكن الاستمرار في اضافة الايثر الى الماء يؤدي الى تعكر المحلول وبعدها سينفصل الى طبقتين، طبقة عليا (ايثر مشبع بالماء) وطبقة سفلى (ماء مشبع بالايثر)، وتعتمد درجة امتزاج هذان السائلان على درجة الحرارة، فكلما ارتفعت درجة الحرارة كلما ازدادت قابلية ذوبان الايثر في الماء، حتى اذا بلغت درجة الحرارة درجة حرارة معينة اصبح السائلان تامي الامتزاج ببعضهما بعد ان كانا جزئي الامتزاج وتسمى درجة الحرارة هذه بدرجة حرارة المحلول الحرجة والتي يمكن من خلالها تحضير محاليل تامة الامتزاج من الايثر والماء مهما كانت كمية أي منهما في المحلول، وكذلك الحال للفينول مع الماء.

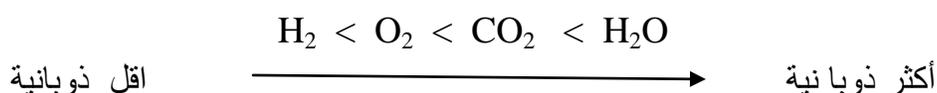
اما في السوائل عديمة الامتزاج فلا يحصل امتزاج بين سائلين مهما كانت نسبة كل منهما، اذ يحتفظ كل سائل في الخليط بخواصه بشكل مستقل عن الآخر، مثال ذلك سائل الزئبق والماء.

c- محاليل الغازات في السوائل

تتوقف قابلية ذوبان الغاز في سائل على عدة عوامل منها طبيعة الغاز وطبيعة المذيب ودرجة الحرارة والضغط.

1- طبيعة الغاز

حيث كلما كان الغاز سهل الاسالة بتأثير الضغط ازدادت قابلية ذوبانه في مذيب معين وعند درجة حرارة معينة، فالمثال الاتي يوضح ان قابلية ذوبان الغازات تقل حسب الترتيب من اليمين الى اليسار.



2- طبيعة المذيب

تختلف قابلية ذوبان الغازات حسب طبيعة المذيب فهناك غازات تذوب في الكحول اكثر منها في الماء وهكذا...

3- درجة الحرارة

تقل قابلية ذوبان الغازات عموماً بارتفاع درجة الحرارة للمحلول او المذيب فمثلاً غاز الاوكسجين يذوب في الماء بدرجة 0°C لكن قابلية ذوبانه هذه تكون اكثر بثلاث مرات من قابلية ذوبانه في 100°C .

4-الضغط

تزداد قابلية ذوبان الغاز في المذيب كلما ازداد الضغط المسلط والعكس صحيح حيث تتناسب كتلة حجم معين من غاز ذائب في حجم معين من مذيب طردياً مع ضغط الغاز الموجود فوق سطح السائل وعند ثبوت درجة الحرارة.

مثال ذلك انبعاث غاز CO_2 ثنائي اوكسيد الكربون عند فتح قناني مشروب الصودا لانه غاز قليل الذوبان في الماء تحت الضغط الاعتيادي ولكن عند تسليط ضغط نحصل على محلول مركز من الغاز في الماء.

ثانياً: المحاليل الغازية

مثل الهواء الجوي ، حيث تمتزج الغازات ببعضها امتزاجاً تاماً متجانساً مكونة محلولاً حقيقياً على شرط عدم حصول تفاعل كيميائي بحيث يحتفظ كل غاز في المحلول الغازي على ضغطه، وهو مثال على محاليل غازات في غازات.

ثالثاً: المحاليل الصلبة

محاليل المواد الصلبة في الصلبة وتدعى هذه (المحاليل الصلبة) اي ان المحلول كله يكون بحالة صلبة اي اذابة مادة صلبة (المذاب) في مادة صلبة اخرى (المذيب) مكونة محلولاً بحالة صلبة وهذا نجده في **السبائك (هو عبارة عن خليط من فلز وعنصر واحد على الاقل)** كسبائك الفولاذ، **Stanless steel** ، كما في الشكل (1-34). وسبيكة البرونز ذات اللون الأصفر (لونها محصلة للون النحاس الاحمر والقصدير الفضي اللون).



شكل 1-34 سبيكة الفولاذ



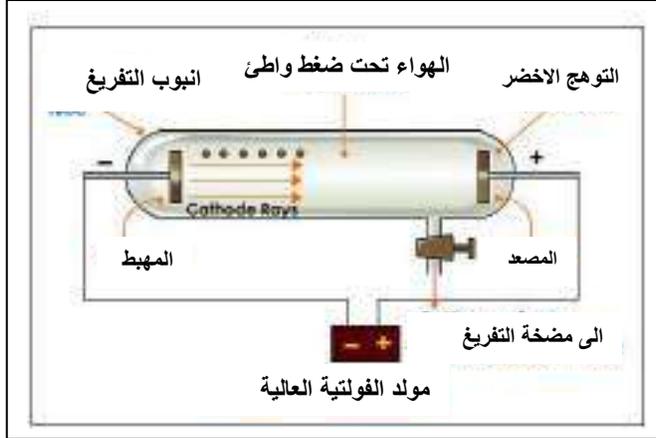
شكل 1-35 مول واحد من كل مادة

تذكر

ان المول الواحد هو عدد معين لايتغير من الدقائق سواء كانت هذه الدقائق ذرات أو جزيئات أو ايونات أو جسيمات وهذا العدد هو عدد أفوكادرو ويمثل مقدار 6.02×10^{23} من الدقائق.

5-1 النشاط الإشعاعي

تمهيد:



شكل 1- 36 انتاج الاشعة المهبطية (الكاثودية)



شكل 1- 37

أثبتت العديد من التجارب وجود جسيمات صغيرة في الذرة مشحونة كهربائياً ومنها تجارب التفريغ الكهربائي خلال الغازات، ومن هذه التجارب ما قام به العالم ثومسن (Thomson) من إمرار تيار كهربائي عبر أنابيب تفريغ مختلفة، كما في الشكل (1-37). (عبارة عن أنابيب زجاجية مغلقة) يوجد في طرفيها صفيحتين فلزيتين (قطبين) وتحتوي في داخلها على غاز مثل الهيدروجين أو الهيليوم تحت ضغط واطئ جداً ، فعند توصيل القطبين بمصدر كهربائي ذي فرق جهد عالي ، يسري تيار كهربائي خلال الغاز فيحدث تفريغ للشحنات الكهربائية فتنبعث من القطب السالب (الكاثود) أشعة تتجه نحو القطب الموجب (الانود) تعرف بالأشعة الكاثودية (Cathode Ray) وهي مكونة من سيل من الإلكترونات المنتزعة من ذرات الغاز، كما في الشكل (1-36).

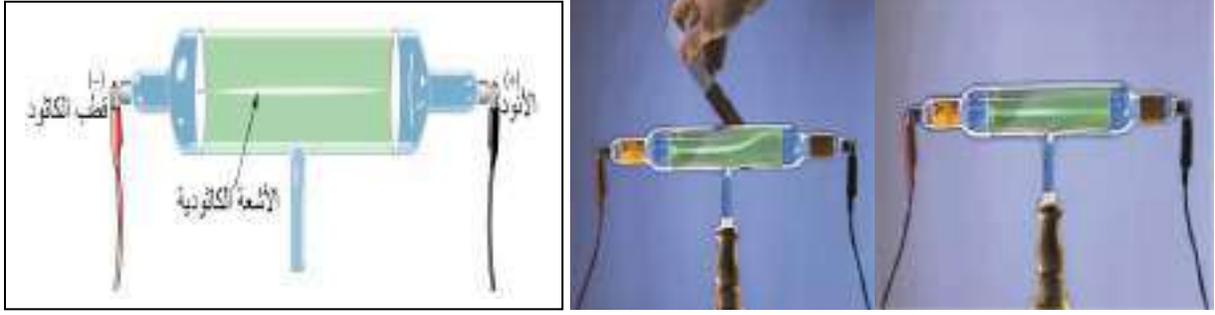
نشاط (2)

التفريغ الكهربائي وخصائص الأشعة الكاثودية
المواد والأدوات المطلوبة

- ملف رومكورف
- أنابيب تفريغ مختلفة مصممة لدراسة خصائص الأشعة
- مغناطيس
- أسلاك توصيل
- مصدر للتيار الكهربائي.

خطوات العمل

- 1- يركب الجهاز (تحت اشراف مباشر من المدرس او مشرف المختبر) لاحظ الشكل (1-38).
- 2- توصيل القطبين بمصدر كهربائي ذي فرق جهد عالٍ.
- 3- دراسة خصائص الأشعة المتكونة باستعمال أنابيب التفريغ من حيث مصدرها وطبيعتها وامتلاكها للطاقة.



شكل 1-38

الاستنتاج

- نلاحظ من النشاط أعلاه انبعثت أشعة ملونة من القطب السالب (الكاثود) باتجاه القطب الموجب (الأنود)، ولهذه الأشعة المتكونة عدد من الصفات وهي:
- 1- تسير بخطوط مستقيمة منبعثة من القطب السالب الى القطب الموجب.
 - 2- تتكون من دقائق مادية ذات كتلة متناهية في الصغر وتسير بسرعة كبيرة سميت فيما بعد (بالإلكترونات).
 - 3- تتأثر بالمجال المغناطيسي.
 - 4- تتأثر بالمجال الكهربائي وتنجذب نحو القطب الموجب فهي ذات شحنة سالبة.
 - 5- تؤين الوسط الذي تمر خلاله.

تم الاستنتاج، ان هذه الأشعة ليست ضوئية وإنما جسيمات مادية لها طاقة حركية تجعلها تسير بخطوط مستقيمة مصدرها القطب السالب (الكاثود).

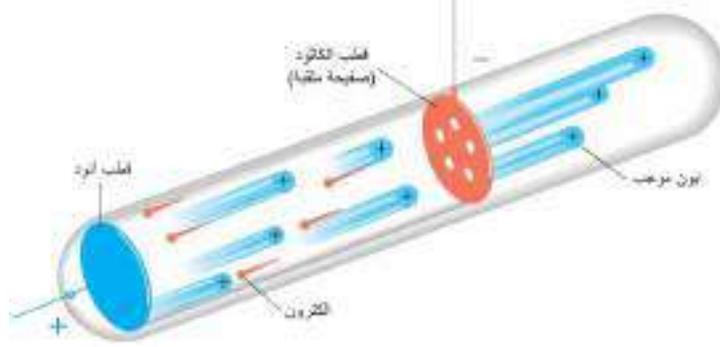
تحتفظ بالخواص نفسها دائماً مهما كان نوع مادة القطب السالب او نوع الغاز الموجود في انبوبة التفريغ. فبذلك تم التأكيد على ان الالكترونات هي مكون اساسي من مكونات اي ذرة وتوالت التجارب لقياس شحنة وكتلة هذه الجسيمات وقد تحقق فعلا في تجارب اجريت لاحقا.

ونظرا لان الذرة متعادلة الشحنة، فقد حاول العلماء البحث عن مكون موجب الشحنة في الذرة يعادل الشحنة السالبة فيها. فلاحظ العلماء عند استخدام كاثود مثقب في انبوب التفريغ الكهربائي الذي يحوي غاز تحت ضغط منخفض، وامرار التيار الكهربائي فيه ظهور اشعة اخرى ملونة تسري خلف الكاثود (اضافة الى الاشعة الكاثودية السابقة الذكر والتي تمر بين القطبين) على شكل قنوات تخترق ثقوب الكاثود ، لذلك سميت هذه الاشعة باشعة القناة (Canal Ray) وقد وجد انها متكونة من ايونات موجبة هي ذرات الغاز التي فقدت الكتروناتها .

ومن خصائص اشعة القناة انها:

- 1- دقائق مادية لها كتلة اكبر بكثير جدا من كتلة الإلكترون وتختلف كتلتها باختلاف الغاز المستعمل وتسير بخطوط مستقيمة.
- 2- هي دقائق موجبة الشحنة تنجذب نحو القطب السالب.

وكان اول من اجرى التجارب باستعمال كاثود به ثقب هو العالم غولدشتاين عام 1886 م ويظهر الشكل (1-39) رسم تخطيطي لهذا النمط من التفريغ الكهربائي.



شكل 1-39 الأشعة الكاثودية

اثبتت التجارب التي اجريت على اشعة القناة ان اصغر كتلة لايون موجب تكون لايون الهيدروجين. فعند استخدام غاز الهيدروجين في انبوبة التفريغ، امكن الحصول على اخف دقيقة موجبة ذات شحنة تعادل شحنة الالكترون لكنها تختلف بالاشارة سميت فيما بعد بالبروتون وان كتل باقي الايونات الموجبة هي من مضاعفات كتلة ايون الهيدروجين (عند استخدام غازات مختلفة في انابيب التفريغ الكهربائي) لذا تم اعتبار ايون الهيدروجين مكونا أساسيا لذرات العناصر الاخرى سمي بالبروتون (proton) وتعني المكون الأولي ويعتبر البروتون وحدة بناء للذرة في جميع العناصر .

1-5-1 النظائر

ان النواة تتكون من البروتونات والنيوترونات وتحاط بالالكترونات التي تدور حولها ومن المعروف ان الالكترونات (e^-) ذات شحنة سالبة وان البروتونات (p^+) ذات شحنة موجبة، اما النيوترونات فهي متعادلة الشحنة (n). ويمثل عدد الالكترونات او عدد البروتونات في الذرة المتعادلة، العدد الذري لتلك الذرة يرمز له بالرمز (Z) ، اما مجموع عدد البروتونات والنيوترونات (مكونات نواة الذرة) يسمى عدد الكتلة (العدد الكتلي) او الكتلة الذرية ويرمز له بالرمز (A) ويمكن الحصول على عدد النيوترونات من العلاقة الآتية:

$$n = A - Z$$

فمثلا اليود $^{131}_{53}\text{I}$ يعد العدد 131 هو عدد الكتلة الذي يعبر عن ان النواة فيها 78 نيوترون و 53 بروتون اي ان :

$$131 - 53 = 78$$

ان الذرة للعنصر نفسه والتي تحتوي على نفس العدد من البروتونات لكنها تختلف في عدد النيوترونات تدعى بالنظير ISOTOPE ومنها المستقر وغير المستقر او المشع RADIOACTIVE او النظير المشع RADIOISOTOPE ، واطلق على هذه النظائر اسم isotopes ، من اليونانية iso وتعني نفسه، وtopes وتعني (مكان) اي انها تحتل المكان نفسه في الجدول الدوري للعناصر. وقد اعطى اكتشاف النيوترون عام 1932 م تفسيراً جديداً لتركيب النواة، وان **التعريف الجديد للنظائر على انها الذرات التي تضم العدد نفسه من الالكترونات والبروتونات، ولكنها تختلف في عدد نيوترونها، وان لهذا الاختلاف في عدد النيوترونات نتائج هامة في الكيمياء النووية، اذ تتغير به بنية النواة، وتتبدل خصائصها واستقرارها**

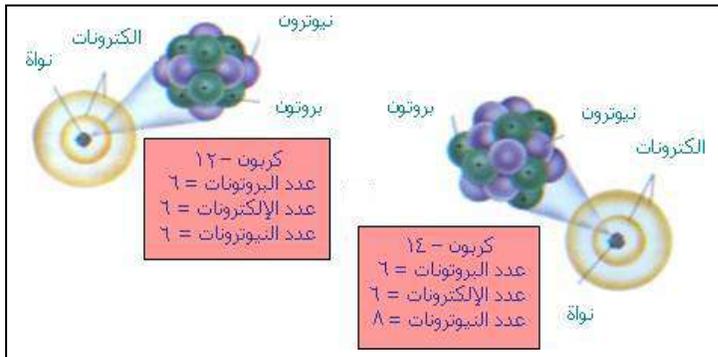
بإضافة نيوترون واحد أو بحذفه منها، فتصبح غير مستقرة فتصدر إشعاعات مختلفة، وتسمى العناصر التي لها مثل هذه الذرات الهائجة بالنظائر المشعة ومثالنا على ذلك اليود الذي سبق ذكره فالذرة المستقرة لليود هي التي تحتوي على 53 بروتون و 74 نيوترون (اليود 127) أما غير ذلك فكل نظائره مشعة (اليود 131 واليود 125). وهناك بعض العناصر لا تحتوي على نظير مستقر بل كلها نظائر مشعة. وقد بينت التجارب على أن الأوكسجين في الطبيعة هو مزيج من ثلاث نظائر مستقرة الأوكسجين 16 و17 و18 .



ويمثل أوكسجين 16 حوالي 99.76% من الأوكسجين الموجود في الطبيعة أي أنه النظير السائد، ويوجد للكبريت أربع نظائر هي:



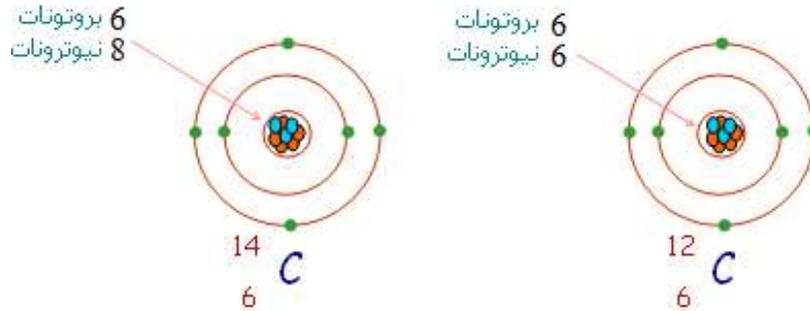
ويمثل النظير ^{32}S أكثر من 95% من الكبريت في الطبيعة، أما النظير ^{34}S فيشكل أكثر 4.2% وتوجد كميات ضئيلة جدا من النظيرين الآخرين خاصة النظير ^{36}S . وقد يصل عدد نظائر العنصر الواحد إلى عشرة نظائر. وللزئبق له تسعة نظائر.



مثال:

العدد الذري للكربون يساوي 6 .
العدد الكتلي لذرة الكربون 12 يساوي 12.
العدد الكتلي لذرة الكربون 14 يساوي 14.
ارسم مخططا لنظيري الكربون .

الحل:



لاحظ أن النظيرين متماثلان في العدد الذري (6) أي في عدد البروتونات وعدد الإلكترونات، فكل نظير منهما يمثل عنصر الكربون. أما الفرق بينهما فيمكننا أن نشير إليه بـ واحدة من العبارات الآتية:
1- يختلفان في عدد النيوترونات. فعدد النيوترونات في نواة النظير الأول 6، وعددها في نواة النظير الثاني 8.

2- يختلف النظيران الواحد عن الاخر في عدد الكتلة فالاول عدد الكتلة له 12 والثاني 14.

فالنظائر المشعة عناصر كيميائية مشعة تكون أنويتها غير مستقرة لها نفس عدد البروتونات لكنها تختلف بعدد النيوترونات اي انها تختلف بالخواص النووية ولكنها تتماثل بالخواص الكيميائية. واكتشفت بعض النظائر المشعة في الطبيعة مثل الراديوم، ولكن اكثر الذرات المشعة تنتج في المفاعلات النووية او في المسرعات (المعجلات)، وقد تمكن العلماء من تحضير نظائر مشعة لاغلب العناصر الطبيعية وعند فصلها عن مزيجها.

1-5-2 انواع النشاط الإشعاعي



شكل 1-40 النشاط الإشعاعي



ماري كوري (1867-1934)



بير كوري (1859-1909)

نتيجة لتطور وسائل البحث والتجربة والتقدم في المعرفة العلمية المتعلقة بالذرة، ادى اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي الى حدوث تطور نوعي في التصور العلمي للذرة. فقد اكتشف العالم الفرنسي هنري بيكرل ان احد املاح عنصر اليورانيوم يطلق اشعاعات تسود اللوحات الفوتوغرافية، وقد اثار هذا التأثير فضوله وقرر ان يقوم بعدة تجارب لمعرفة طبيعة ما يجري، فوجد هذا التأثير لا يتغير اذا تعرض هذا الملح لضوء خافت او لضوء الشمس او اذا تم تحضيره واجريت عليه التجربة في الظلام. كما وجد ان لهذا الاشعاع قدرة على اختراق الورق الاسود والزجاج، ثم قام بعد ذلك بدراسة املاح اليورانيوم الاخرى ومحاليله فوجد نفس الظاهرة وان شدة التأثير تتناسب طرديا مع كمية عنصر اليورانيوم الموجودة في العينة المدروسة، ولاحظ ان لهذه الاشعاعات قدرة على ازالة الشحنة من كشاف كهربائي مشحون سابقا. بعد ذلك تابع العلماء دراساتهم لفهم ما يحدث، وفي عام 1898م توصل العالمان ماري وزوجها بير كوري، كما في الشكل (1-40) الى ان اشعاعات اليورانيوم هي ظاهرة نووية خاصة بعنصر اليورانيوم ولا تتأثر بالطبيعة الكيميائية والفيزيائية له. وسميت هذه بظاهرة النشاط الإشعاعي. وان لبعض خامات اليورانيوم الطبيعية نشاط اشعاعي اعلى من اليورانيوم النقي وعينات محضرة مختبريا لها المكونات الكيميائية نفسها. وان التحليل الكيميائي لخامات اليورانيوم الطبيعية قد شكل بداية الكيمياء والفيزياء النووية والذي ادى الى اكتشاف عنصر البولونيوم المشع وعنصر الراديوم المشع.

فالنشاط الإشعاعي للمواد المشعة Radioactivity هو التحلل الذاتي لنواة ذرة مادة مشعة (فتتحول النواة غير المستقرة الى نواة مستقرة). ويختلف هذا التحلل من مادة لاخرى ليعطي انواع مختلفة من الاشعاعات النووية، وهناك ثلاثة انواع رئيسية من الاشعاعات النووية مثل دقائق الفا ودقائق بيتا واشعة كاما.

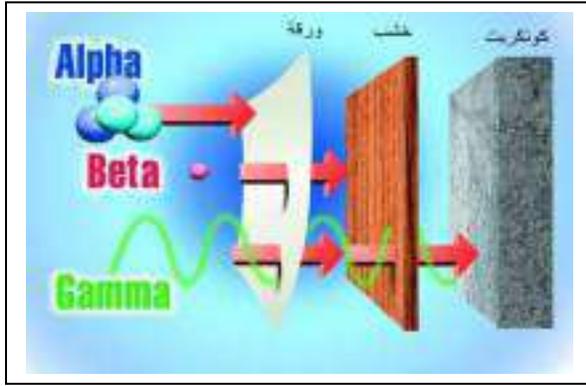
1- دقائق الفا (α) Alpha particales

تتألف كل دقيقة من بروتونين ونيوترونين وهي تمثل نوى ذرات الهيليوم، لها شحنتين موجبتين وكتلة كبيرة تقترب من اربعة امثال ذرة الهيدروجين وتكون ذات سرعة لا تزيد على عشر سرعة الضوء لذا فقابلية نفوذها ليست كبيرة يمكن ايقافها بواسطة ورقة رقيقة من الالمنيوم او ورق الكتابة الاعتيادي. ونتيجة لشحنتها الكبيرة فأينما تمر في الهواء تؤين جزيئاته.

2- دقائق بيتا (β^-) Beta particals

عبارة عن دقائق سالبة الشحنة (سيل من الالكترونات) يرمز لها (e^-) او (β^-) تتميز بمدى اكبر لاخترق المواد لان كتلتها صغيرة جدا مقارنة بكتلة دقيقة الفا . ولها سرعة عالية مقاربة لسرعة الضوء لذا لايمكن ايقافها بقطعة من الورق بل يمكن ايقافها بقطعة من الخشب.

3- اشعة كاما (γ) Gamma Ray

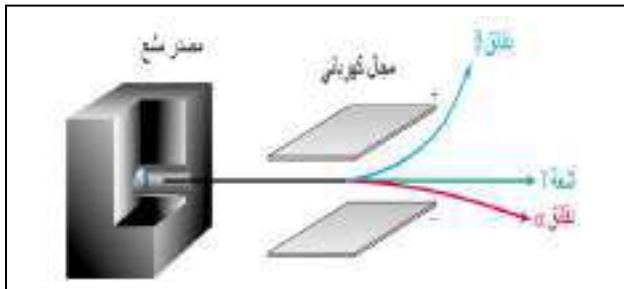


هي موجات كهرومغناطيسية عديمة الشحنة ذات طاقة عالية وسرعة مساوية لسرعة الضوء في الفراغ وهي اكثر الاشعاعات المنبعثة قدرة على اختراق المواد والمرور خلالها الى مدى اكبر من دقائق الفا وبيتا لذلك تعتبر من اخطر انواع الاشعاعات. يمكن اضعاف او تقليل سريانها بواسطة حاجز من الكونكريت (خرسانة مسلحة)، كما في الشكل (1-41).

شكل 1-41 اختراق الاشعة

الجدول 10-1 انواع الاشعاعات النووية وخواصها

الخاصية	الفا α^{2+}	بيتا β^-	كاما γ
الشحنة	+2	-1	متعادلة
الكتلة السكونية	$6.64 \times 10^{-27} \text{kg}$	$9.11 \times 10^{-31} \text{kg}$	صفر
طبيعتها	دقائق مادية	دقائق مادية	أشعة كهرومغناطيسية
تأثرها بالمجال الكهربائي	تتأثر	تتأثر	لا تتأثر
القدرة النسبية على اختراق الاجسام	قليلة	عالية	عالية جدا



شكل 1-42 انواع الاشعاع

للمجال الكهربائي تأثير على الاشعاعات الصادرة من المصدر المشع (كمية صغيرة من مادة مشعة) اذ ان دقائق الفا الثقيلة تنحرف قليلا باتجاه الصفيحة السالبة اما دقائق بيتا الخفيفة فتتحرف انحرافا كبيرا باتجاه الصفيحة الموجبة في حين لا تتأثر اشعة كاما بالمجال الكهربائي لانها متعادلة الشحنة، كما في الشكل (1-42).

1-5-3 تطبيقات النظائر المشعة

للنظائر المشعة استخدامات علمية وصناعية متعددة حيث لها تطبيقات عديدة في الطب في تشخيص الكثير من الامراض وفي معالجة الاورام السرطانية. وتستخدم في اعمال الفحوصات الصناعية في المصانع والبحوث الزراعية وفي مجال الجيولوجيا وعلم الاثار في تقدير اعمار الصخور والمتحجرات، وهي كالآتي:



شكل 1-43 الطب النووي

1- اقتصاف سير التفاعلات الكيمائية ودراسة تحركها.

2- استعمال المواد المشعة في التشخيص

تستخدم المواد المشعة في الطب النووي في تقدير نسبة الهرمونات وبعض المواد الاخرى في الدم وكذلك في حالات المسح الاشعاعي لاجزاء كثيرة في جسم الانسان، وفي معالجة الاورام السرطانية وذلك من خلال اعطاء المريض مادة مشعة تقضي على الورم، كما في الشكل (1-43).

3- في تقدير عمر الاشياء القديمة

فقد قدر عمر الارض من معرفة معدل الاشعاع في اليورانيوم والرصاص ، كما قدرت اعمار المتحجرات وذلك من الاشعاع الناتج من الكربون 14 المتبقي على قطعة خشب او قماش أو أعمار الموميا، كما في الشكل (1-44).

4- في مجال البيئة

للكشف عن تلوثات البيئة وتحليلها ومراقبتها المستمرة حتى لا تتاثر مياه الشرب بكمية غير مسموح بها من النترات المتسربة من الازمدة او من مبيدات الحشرات او من الفضلات السائلة ، اضافة الى استعمال الاشعة في تطهير مياه المجاري وفي معالجة فضلات الصناعة.

5- في مجال الغذاء والزراعة

استعملت لتحسين الانتاج الزراعي من خلال تحديد كمية الازمدة اللازمة ، لانتاج اصناف تعطي محصولين او ثلاثة في العام ، وفي مكافحة الحشرات الضارة والناقلة للعدوى، وكذلك استعملت في مراقبة الهرمونات التي تتحكم في تكاثر الحيوانات بتقصير المدة بين الولادات، والزيادة في عددها وتحسين نوعيتها، اضافة الى استعمالها في تعقيم الاغذية (حبوب، فواكه، لحوم، سمك) وحفظها من التعفن والتلف.

هل تعلم؟

في البداية جرى الكشف عن النظائر المشعة بواسطة جهاز بسيط متكون من وريقات ذهب ، واول من فكر في استعمال هذا المكشاف في اقتصاف اثر المادة المشعة هو (هيفزي) الحاصل على جائزة نوبل عام 1943 م عندما كان طالبا ومعيدا في مانسستر عام 1911 م، فقد كان يتناول طعاما مطبوخا منذ ايام واسابيع ، تقدمه له ربة المنزل المتواضع الذي كان يسكنه لتناسبه مع حالته المادية ، فتشكك فيه وتكدر منه ولم يكن لديه دليل على اثبات قدمه ، فما كان منه الا ان وضع مادة مشعة في الطعام المتبقي من العشاء ، وبعد ايام قدمت له الجارة الطعام نفسه ، فقرب منه مكشاف الاشعاع البسيط فشهد حالا انفراج وريقات الذهب، ولم تدرك ربة المنزل مرماه من هذه التجربة ، وحدث اعماله ضربا من السحر، وطلبت منه مغادرة منزلها .

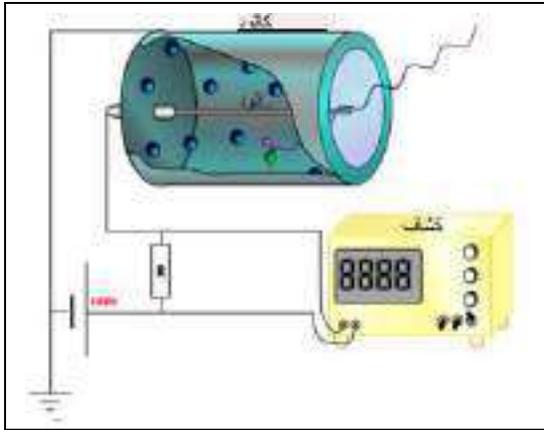
1-5-4 خواص العناصر المشعة

- 1- انها تؤين الهواء المحيط بها: لان الاشعاعات المنبعثة منها تكون ذات طاقة عالية لها القدرة على تاين المواد التي تمر بها فتعمل على انفصال الالكترونات من ذرات الهواء المحيط بها فتصبح تلك الذرات ايونات بعد فقدها لالكتروناتها لذلك تعتبر اشعاعات مؤينة.
- 2- تؤثر على الالواح الفوتوغرافية الحساسة للضوء: لو قمت بلف احد الالواح الفوتوغرافية الحساسة للضوء بورق اسود وحفظته في الظلام فان الاشعاعات المنبعثة من المصدر المشع تخترق الغلاف الاسود وتؤثر على الالواح. وعند غسله واضهاره تظهر بقع سوداء تمثل مكانات تصادم الاشعاعات غير المنظورة باللوح. وهذا عمل التصوير الاشعاعي وهو دليل على قابلية اختراق الاشعة للمواد.
- 3- تسبب تفلورا في بعض المركبات: بعض المركبات تنبعث منها اشعاعات تسبب انبعاث سلسلة من الومضات مثلا عند مزج كبريتيد الخارصين مع بروميد الراديوم فان الاول يتاثر بالمركب الثاني ويعطي توهجا في الظلام. ويفاد من هذا المزيج في صناعة الصبغات المضيئة.
- 4- للعناصر المشعة تأثيرات فسيولوجية ومخاطر جسمية ووراثية: حيث تقتل الحبوب النباتية والبكتريا والحيوانات الصغيرة وتؤثر في خلايا جسم الكائن الحي فتسبب امراضا كسرطان الدم وغيرها وتضعف قابلية الجسم على مقاومة الامراض وتؤدي الى تشوهات وراثية وطفرات ، حيث ثبت ان الجنين المتعرض للاشعاع يكون عرضة للاصابة بسرطان الدم بعد الولادة.

1-5-5 الكشف عن الاشعاع

- يتم الاستدلال على وجود نشاط اشعاعي للمواد باستخدام كاشفات لقياس انواع الاشعاع دقائق الفا اوبيتا اواشعة كاما والاشعة السينية تبعا لنوع العداد ومنها
- a- عداد كايرك Geiger –Mueller counter
 - b- الفيلم باج film badge
 - c- عداد الوميض scintillation counter
 - d- العداد التناسبي proportional counter
 - e- الغرفة الفقاعية Bubble chamber

ولتوضيح الكيفية التي تعمل بها هذه العدادات نأخذ عداد كايرك والفيلم باج كطريقة للكشف والقياس عن الاشعاع :-



شكل 1-45 عداد كايرك

a- عداد كايرك Geiger – Muller counter :-

يتكون هذا العداد من انبوب زجاجي رقيق الجدار مملوء بالغاز (غاز الاركون) تحت ضغط منخفض، فيه قطبان يرتبطان بعداد الكتروني مناسب يتكون احد قطبي الجهاز من اسطوانة معدنية (الكاثود) معدنية والقطب الاخر هو سلك رفيع (الانود). يوضع بين قطبي الجهاز فرق جهد اوطا قليلا من فرق الجهد اللازم لاجداث التفريغ الكهربائي في الانبوب، كما في الشكل (1-45).

عند دخول الاشعاع الى الانبوب يتاين الغاز فتتكون ايونات الغاز وعندها يمر تيار كهربائي بسرعة كبيرة ولفترة قصيرة من الزمن فيسجل هذا التيار في الدائرة الالكترونية المتصلة بالكشاف.

-b الفيلم باج film badge

عند العمل في اماكن ممكن ان يتواجد فيها النشاط الاشعاعي ، تعلق في ملابس العاملين علبة خاصة تحفظ فيها شريحة من مادة بلاستيكية يغطي احد وجهيها او كلاهما بطبقة جيلاتينية متجانسة تحتوي على حبيبات متناهية الصغر لمركبات الفضة وخاصة بروميد الفضة (AgBr). وتتأثر هذه الشريحة بكمية الاشعاع المار خلالها (جسيمات الفا او بيتا او غيرها) فاذا غسل الجزء المتأثر من اللوح الفوتوغرافي بعناية ثم اظهر بانث عليه مسارات تلك الدقائق حيث يمكن قياس كمية الاشعاع من شدة تأثير هذه الشريحة بالمواد المشعة.



شكل 1-46 فيلم باج

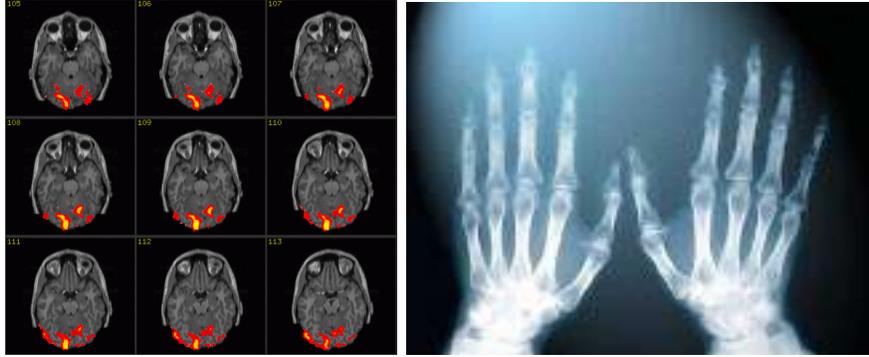
ان لهذه العدادات اهمية في الكشف عن نسبة الاشعاع في منطقة معينة ويفاد منها في كثير من التطبيقات الصناعية. ومنها الكشف عن نسبة الرطوبة في المعاجين ، كنسبة الماء في معجون المواد الاولية للاسمنت والكشف عن تركيز العناصر في المواد الخام والمنتجات المختلفة مثل الكبريت والرصاص في المنتجات النفطية والكالسيوم والحديد في مادة ماء، وكذلك الكشف عن سمك الصفائح المعدنية وطلائها، بالاضافة الى استعمالها في تجارب التقنية الاقفاائية الشعاعية (طريقة للحصول على معلومات حول منظومة او جزء منها باستعمال مقنن مشعا تزودنا بمعلومات لايمكن الحصول عليها بالطرائق الاعتيادية او تستغرق وقتا طويلا) كمنط الجريان للمواد المختلفة في منظومة إنتاجية وكفاءة الخباطات وغيرها.

1-5-6 التصوير بالأشعة

وضع جسم بين مصدر اشعاعي وفلم فوتوغرافي ظهرت صورة تفصيلية على الفلم بعد عملية الغسل الكيميائي، والمصدر الاشعاعي في هذه الحالة اما ان يكون مولد الاشعة السينية واما نظير مشع وفي اغلب الاحيان تستعمل النظائر المشعة الباعثة لاشعة كما في التصوير الاشعاعي بسبب قابلية هذه الاشعة على اختراق الاجسام.

فالتصوير الاشعاعي هو فحص بطريقة غير اتلافية (Non- Destructive Testing) يستعمل فيه الاشعاع النفاذ للكشف عن تراكم الاجسام غير المرئية والتي يمكن مشاهدتها على فيلم موضوع على الجانب الاخر من الجسم بعد اظهار الصورة وتثبيتها.

يقوم التصوير الشعاعي على قانون امتصاص الاجسام للاشعاع، فالاشعاع النفاذ ينتقل خلال الجسم المراد فحصه بدرجات متفاوتة في الشدة طبقا لسمك وكثافة الجسم المصور. واثناء مرور الاشعاع بالفيلم ينتج تغير في مستحلب الفيلم، وعند غسل الفيلم كيميائيا فان المساحات المعرضة للاشعاع تظهر معتمة او سوداء وشدة هذا الاسوداد يعتمد بصورة رئيسية على شدة التعرض للاشعاع، تسمى الصورة الناتجة بالصورة الإشعاعية (Radiograph) ومصدر الاشعاع كبسولة حافظة للنظير المشع مثل الكوبلت 60 او الاريديوم 192.



شكل 1-47 صورة باستعمال اشعة X (الاشعة السينية)

فالاشعاع المنبعث من المصدر ينتشر في خطوط مستقيمة في جميع الاتجاهات، وعند مروره خلال الجسم المراد فحصه يحصل انخفاض في شدته نظرا لامتصاص بعضه من قبل الجسم او تشتته عنه وفي حالة وجود تجاوزات داخلية في الجسم او اختلافات في كثافته فان شدة الاشعاع النافذ من هذه المناطق تكون اكثر من بقية اجزاء الجسم المحيطة به.

وتظهر هذه المناطق في الصورة الاشعاعية كمناطق سوداء او داكنة اللون، لذا يمكن اعتبار الصورة الاشعاعية صورة تفصيلية لجسم ما، حيث تبين المناطق الاكثر اسودادا اجزاء الجسم الاكثر سماحا لنفوذ الاشعاع والمناطق الفاتحة اللون الاجزاء الاكثر كثافة او سمكا. ومن اجل الحصول على صورة شعاعية حقيقية واضحة يجب ان تتوفر الشروط الاتية:



شكل 1-48 جهاز الرنين

- a- حجم النظير المشع صغير جدا قدر الامكان.
- b- المسافة بين المصدر والجسم ابعد ما يمكن.
- c- الفلم ملاصق للجسم بقدر الامكان.
- d- سطحي الجسم والفلم متوازيين.
- e- الاشعة موجهة عموديا على الجسم وفي مركزه.
- f- إبعاد الاجسام المشتتة للاشعاع عن منطقة التصوير.

ومن اهم التطبيقات في هذا المجال، فحص لحام الانابيب، عند مد انابيب جديدة يتحتم لحام نهاياتها بعضها ببعض، وللتأكد من جودة اللحام، تؤخذ صورة شعاعية لكل لحام ويصلح اي خطأ يعثر عليه قبل اللحام لمسافات بعيدة.

والطريقة المتبعة في التصوير هي تثبيت مصدر لاشعة كما على عربة صغيرة توضع داخل الانبوب الى ان يكون المصدر في نفس مقطع اللحم بفلم مغلف تغليفا جيدا ضد الضوء، وبعد ذلك يخرج المصدر من حاويته وتؤخذ صورة كاملة للحام على الفلم، وتسمى هذه الطريقة بالتقنية المركزية وعندما يتعد ادخال المصدر داخل الانبوب، يوضع خارجا ومنحرفا قليلا عن مقطع اللحم ثم تؤخذ الصورة وتسمى هذه الطريقة بتقنية الجدارين.

1-5-7 إرشادات الوقاية من الإشعاع

ان الإشعاعات تسبب تغييرات في عمل الخلايا الحية الاعتيادية يؤدي الى نتائج مؤذية لمن يتعرضون لها وتتجم مخاطر الإشعاع عن التعرض الخارجي للإشعاع الصادر عن النظائر المشعة عند استخدامها خلال العمل، او التعرض الداخلي الذي يحدث عندما تستقر بعض هذه النظائر داخل الجسم عن طريق التنفس او الهضم.

ومما تجدر الإشارة اليه ان الاشعاعات المؤذية موجودة في الطبيعة صادرة عن الشمس وموجودة في الماء والتربة والمواد الانشائية وحتى في جسم الكائن الحي ، وكذلك تصدر عن الساعات ذات اللوحات المضيفة ومن الشاشات التلفزيونية واجهزة الاشعة السينية للفحص الطبي. وفيما يلي اساليب الحماية من الاشعاع:

1- استعمال الدرع الواقي

ويصنع الدرع الواقي من مادة عددها الذري صغير مثل المطاط السميك الذي يمتص دقائق الفا او بيتا اما الدرع الواقي من الاشعة الكهرومغناطيسية بشكل عام واشعة كما بشكل خاص فيصنع عادة من الرصاص حيث تقل شدة الإشعاع المار مع زيادة سمك الحاجز.

2- البعد عن مصدر الإشعاع

ان جرعة الإشعاع تتناسب عكسيا مع مربع البعد عن المصدر فيمكن الابتعاد عن المصدر باستعمال ماسكات ميكانيكية باطوال مناسبة لنقله من مكان الى اخر اثناء العمل دون التعرض الى جرعة عالية من الإشعاع.

3- السيطرة على تشتت الإشعاع

لتقليل الإشعاع المشتت المرتد على العاملين يجب اخلاء منطقة العمل من الاجسام المحيطة التي تسبب هذا التشتت نتيجة سقوط الإشعاع المباشر عليها.

4- مدة التعرض

لتقليل جرعة الإشعاع يجب تقصير او اختزال مدة التعرض للإشعاع الى الحد الأدنى لان الإشعاع الممتص من قبل الجسم يتضاعف مع مضاعفة المدة.

هل تعلم؟

يستعمل اليورانيوم الطبيعي لانتاج اليورانيوم المخصب من خلال عمليات كيميائية، وذلك لاستخدامه كوقود نووي في محطات توليد الكهرباء بالطاقة النووية، او لاستخدامه في الاسلحة النووية، ويعتبر اليورانيوم المنضب (بالانجليزية: depleted uranium) نتيجة ثانوية او عادماً لعمليات انتاج هذا اليورانيوم المخصب. واليورانيوم المنضب له خواص اليورانيوم الطبيعي نفسها الا انه يحتوي على 6% من اشعاع اليورانيوم الطبيعي، ويتكون من ثلاثة نظائر من اليورانيوم هي يورانيوم 234، يورانيوم 235، يورانيوم 238، الا ان نسب يورانيوم 234، ويورانيوم 235 في اليورانيوم المنضب هي اقل من مثيلاتها في اليورانيوم الطبيعي، وذلك بسبب ان عمليات تخصيب اليورانيوم تزيل جزئياً بعضاً من هذه النظائر من اليورانيوم الطبيعي. وتعرف لجنة التنظيم النووي الامريكية اليورانيوم المنضب بانه ذلك اليورانيوم الذي تقل فيه نسبة اليورانيوم 235 عن 0.711% واذا ان اليورانيوم المنضب هو ناتج ثانوي من عمليات تخصيب اليورانيوم، ومنافسة للمواد الاخرى ذات الكثافة العالية مثل التنجستين، ومن اجل ذلك نجد له تطبيقات تجارية وعسكرية كثيرة ويجدر بنا ان نذكر ان اليورانيوم المنضب يستخرج ايضاً من الوقود المستنفد، والذي يتم استخدامه في المفاعلات النووية، وذلك عند فصل البلوتينيوم. ومن المؤسف ان الدول النووية المتقدمة ولغرض التخلص من اليورانيوم المنضب تقوم بادخاله في صناعة القذائف الحربية لقدرته العالية على اختراق الاهداف المحصنة والدروع الا ان هناك اثار بيئية بعيدة المدى على حياة الكائنات الحية خصوصاً صحة الانسان.

أسئلة الكيمياء

1- ما الخطوات التي يجب اتباعها في البحث العلمي؟

2- اختر العبارة الصحيحة لكل مما يأتي:

- a- أي أدوات القياس التالية تستعمل لقياس (25 cm³) بالضبط في سائل؟
1- بيكر 2- سحاحة 3- ورق حجمي قياسي 4- ماصة
- b- أي الغازات التالية أثقل من الهواء ويمكن جمعها بازاحة الهواء للاعلى؟
1- الامونيا 2- ثنائي اوكسيد الكربون 3- الهيليوم 4- الهيدروجين
- c- حول درجات الحرارة التالية الى التدرج السيليزي؟
0 K - 1 298 K - 2
323 K - 3 423 K - 4

3- عرف ما يأتي :

- 1- الاصرة الايونية 2- الاصرة الفلزية 3- المواد الالكتروليتيية 4- المحلول المشبع
5- المحاليل الصلبة 6- المحلول 7- العوالق 8- ظاهرة تبدال 9- قابلية الذوبان
10- السبائك

4- أكتب رمز لويس للمركبات الاتية : Li_2O H_2S Si Cl_4 علما بان عدد الكترونات

المستوى الخارجي لذرات كل من $Cl=7$, $H=1$, $S=6$, $Li=1$, $O=16$

5- أملأ الفراغات التالية قي كل مما ياتي :-

- a- تسمى الاصرة التي تحصل بانتقال الالكترونات بين الذرات المرتبطة بـ _____ .
b- اذا فقدت ذرة ثلاثة الكترونات فتكون شحنتها _____ .
c- رمز لويس لذرة Li الليثيوم, العدد الذري لها 3 هو _____ .
d- تكون المحاليل المائية للمركبات الايونية أو منصهراتها قابلة _____ .
e- قوى فاندرفالز ضعيفة, تزداد قوتها بأ زدياد _____ .

6- أعط أربع صفات للفلزات.

7- بين نوع الاصرة المتكونة في كل من المركبات الاتية:

H_2O - c $NaCl$ - b CO_2 - a

8- اختر من المواد التالية كمثل من الامثلة المذكورة ما يناسبها.

$CHCl_3$ $NaCl$ Mg CH_3OH

- a - شبكة بلورية.
b - قابلة للطرق والسحب.
c - تكون اواصر هيدروجينية.
d - ثنائية القطب.

9- علل ما يأتي:

- a - يتجمد ماء البحر في درجة حرارة أقل من الدرجة التي يتجمد فيها ماء النهر.
b - تمتاز الانظمة الغروية بظاهرة تبدال.

- c- انبعاث غاز CO_2 عند فتح قناني الصودا.
d- انحراف دقائق ألفا الثقيلة باتجاه الصفيحة السالبة في مجال كهربائي.
e- تعتبر أشعة كاما أخطر أنواع الإشعاعات.
f- استعمال شريحة بلاستيكية مغطاة بمادة بروميد الفضة في علبة الفلم باج.

10- ضع علامة صح أو خطأ أمام العبارات الآتية وضح الخطأ أن وجد.

- a- لا يمكن تحضير محاليل تامة الامتزاج من الايثر والماء لانهما سائلان جزئيا الامتزاج.
b - عند ذوبان مادة صلبة في الماء يصاحبه تغير حرارة, فيحصل ان يبرد المحلول نتيجة انبعاث حرارة مصاحبة لتكون المحلول.
c - في المحاليل يمكن المذاب ان يكون سائلا ولا يمكن ان يكون غازا أو صلبا.
d - تتأثر قابلية الذوبان للمادة المذابة في المحلول بارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة.
e- لا تمر الدقائق (المذاب أو الطور المنتشر) في المحاليل الحقيقية خلال ورقة الترشيح بل تتركز.

11- عند إضافة كمية معينة من مذاب صلب الى الماء وتحريك المزيج جيدا استقرت كمية قليلة من المذاب في قاع الإناء, ما العبارة التي تفسر عدم ذوبان جميع كمية المذاب.

- a- المحلول غير مشبع.
b - المذاب لا يذوب في الماء.
c - المذاب مادة أيونية.
d - أصبح المحلول مشبعا.

12 - أحسب عدد البروتونات والنيوترونات والالكترونات في كل من الذرات الآتية:

- 1) $^{64}_{29}Cu$ 2) $^{56}_{26}Fe$ 3) $^{108}_{47}Ag$ 4) $^{207}_{82}Pb$

13 - ما النظير, وما النظير المشع ؟

14 - اختر ما يناسب مما يأتي:

- 1- نظائر العنصر نفسه تمتلك:
a - العدد نفسه من البروتونات.
b - العدد نفسه من النيوترونات.
c - العدد الكتلي نفسه.
2- نواة الذرة تحتوي دائما على:
a- الكترونات. b- بروتونات ونيوترونات. c- بروتونات والكترونات. d- بروتونات فقط.

15 - ما النشاط الإشعاعي، وما أنواعه، وهل هناك اختلافات بين الأنواع.

16 - قارن بين دقائق ألفا ودقائق بيتا وأشعة كاما من حيث:

- 1- التركيب .
2- الشحنة.
3- السرعة.
4- تأثيرها بالمجال الكهربائي .
5- قابلية اختراقها للمواد.

17- عدد أساليب الحماية من الأشعاع؟

الدوال المثلثية للزوايا

Angle	Sine	Cosine	Tangent	Angle	Sine	Cosine	Tangent
1°	0.0175	0.9998	0.0175	46°	0.7193	0.6947	1.0355
2°	0.0349	0.9994	0.0349	47°	0.7314	0.6820	1.0724
3°	0.0523	0.9986	0.0524	48°	0.7431	0.6691	1.1106
4°	0.0698	0.9976	0.0699	49°	0.7547	0.5661	1.1504
5°	0.0872	0.9962	0.0875	50°	0.7660	0.6428	1.1918
6°	0.1045	0.9945	0.1051	51°	0.7771	0.6293	1.2349
7°	0.1219	0.9925	0.1228	52°	0.7880	0.6157	1.2799
8°	0.1392	0.9903	0.1405	53°	0.7986	0.6018	1.3270
9°	0.1564	0.9877	0.1584	54°	0.8090	0.5878	1.3764
10°	0.1736	0.9848	0.1763	55°	0.8192	0.5736	1.4281
11°	0.1908	0.9816	0.1944	56°	0.8290	0.5592	1.4826
12°	0.2079	0.9781	0.2126	57°	0.8387	0.5446	1.5399
13°	0.2250	0.9744	0.2309	58°	0.8480	0.5299	1.6003
14°	0.2419	0.9703	0.2493	59°	0.8572	0.5150	1.6643
15°	0.2588	0.9659	0.2679	60°	0.8660	0.5000	1.7321
16°	0.2756	0.9613	0.2867	61°	0.8746	0.4848	1.8040
17°	0.2924	0.9563	0.3057	62°	0.8829	0.4695	1.8807
18°	0.3090	0.9511	0.3249	63°	0.8910	0.4540	1.9626
19°	0.3256	0.9455	0.3443	64°	0.8988	0.4384	2.0503
20°	0.3420	0.9397	0.3640	65°	0.9063	0.4226	2.1445
21°	0.3584	0.9336	0.3839	66°	0.9135	0.4067	2.2460
22°	0.3746	0.9272	0.4040	67°	0.9205	0.3907	2.3559
23°	0.3907	0.9205	0.4245	68°	0.9272	0.3746	2.4751
24°	0.4067	0.9135	0.4452	69°	0.9336	0.3584	2.6051
25°	0.4226	0.9063	0.4663	70°	0.9397	0.3420	2.7475
26°	0.4384	0.8988	0.4877	71°	0.9455	0.3256	2.9042
27°	0.4540	0.8910	0.5095	72°	0.9511	0.3090	3.0777
28°	0.4695	0.8829	0.5317	73°	0.9563	0.2924	3.2709
29°	0.4848	0.8746	0.5543	74°	0.9613	0.2756	3.4874
30°	0.5000	0.8660	0.5774	75°	0.9659	0.2588	3.7321
31°	0.5150	0.8572	0.6009	76°	0.9703	0.2419	4.0108
32°	0.5299	0.8480	0.6249	77°	0.9744	0.2250	4.3315
33°	0.5446	0.8387	0.6494	78°	0.9781	0.2079	4.7046
34°	0.5592	0.8290	0.6745	79°	0.9816	0.1908	5.1446
35°	0.5736	0.8192	0.7002	80°	0.9848	0.1736	5.6713
36°	0.5878	0.8090	0.7265	81°	0.9877	0.1564	6.3138
37°	0.6018	0.7986	0.7536	82°	0.9903	0.1392	7.1154
38°	0.6157	0.7880	0.7813	83°	0.9925	0.1219	8.1443
39°	0.6293	0.7771	0.8098	84°	0.9945	0.1045	9.5144
40°	0.6428	0.7660	0.8391	85°	0.9962	0.0872	11.4301
41°	0.6561	0.7547	0.8693	86°	0.9976	0.0698	14.3007
42°	0.6691	0.7431	0.9004	87°	0.9986	0.0523	19.0811
43°	0.6820	0.7314	0.9325	88°	0.9994	0.0349	28.6363
44°	0.6947	0.7193	0.9657	89°	0.9998	0.0175	57.2900
45°	0.7071	0.7071	1.0000	90°	1.0000	0.0000	