01 عرض نظري مفصل

الميكانيك و الطاقة

مقاربة كيفية لطاقة جملة و انحفاظها

الشعب : علوم تجريبية
رياضيات ، تقني رياضي

1- دراسة الظاهرة :

1- السلاسل الوظيفية :

- عند محاولتنا وصف تركيب أو ظاهرة ما يكون التعبير الطبيعي غير دقيق و قد يؤدي في كثير من الأحيان إلى تأويلات مختلفة لا تتماشى مع التعبير العلمي الدقيق . لذا نلجأ عند وصف هذه التراكيب إلى تمثيل يدعى **السلسلة الوظيفية** و فيه يستعمل ترميزا خاصا و ألفاظا معينة و بيانات محددة تقرب الفهم و تسهل الدراسة .

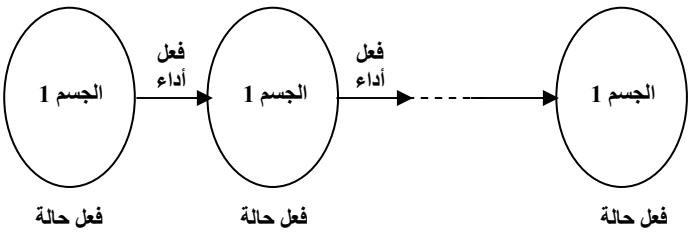
- يعتمد إنشاء السلسلة الوظيفية على ما يلي :

▪ نمثل الأجسام المكونة للتركيب المدروس على التسلسل داخل حلقات بداخلها اسم الجسم و نربط بينها بسهم موجه من الجسم الأول نحو الجسم الثاني .

▪ نرفق كل جسم بفعل حالة يعبر عن حالته و دوره في التركيب (يَدُور ، يُضِيء ، يَتحرك ...) .

▪ نرفق كل سهم يربط جسمين بفعل أداء يعبر عن ما يؤديه جسم في جسم آخر (يُدَور ، يُسَخن ، يُشِعُ ...) (الشكل-1) .

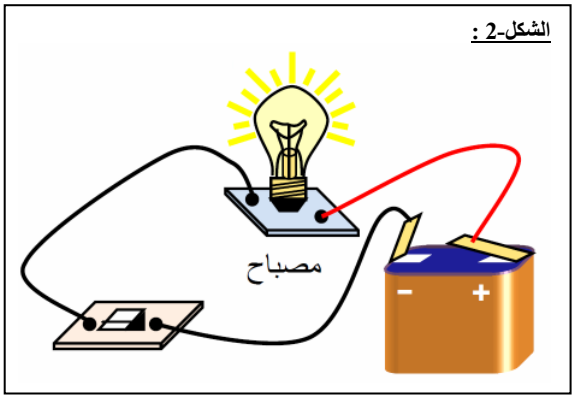
الشكل-1 :



مثال-1 : (اشتعال مصباح بواسطة عمود)

(الشكل-2) التالي يمثل التركيب الموافق لاشتعال مصباح كهربائي بواسطة عمود كهربائي (أو بطارية) .

الشكل-2 :



- وصف التركيب :

عند غلق القاطعة يتفرغ العمود الكهربائي فيغذي العمود المصباح الكهربائي ، و بعد مدة زمنية يتوهج المصباح و ترتفع درجة حرارته ، فيسخن المحيط المجاور له .

- السلسلة الوظيفية :

يمثل الشكل-3 التالي السلسلة الوظيفية للتركيب السابق :

ب- مفهوم الجملة :

- تمثل الجملة الجسم أو جزء من الجسم أو مجموعة الأجسام التي تكون محل الدراسة الفيزيائية .

- لكل جملة حدود تحيط بعناصرها فما بداخل الجملة يعتبر منتمي إلى الجملة و ما بخارجها يعتبر منتمي إلى الوسط الخارجي للجملة .

نشاط :

لدينا الوضعيات الإشكالية التالية :

1- اشتعال مصباح بواسطة حجر .

3- اشتعال مصباح موقد غاز .

المطلوب :

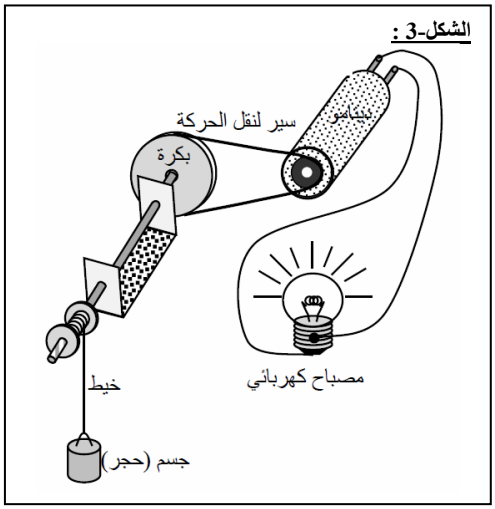
- حدد الإجسام اللازمة لحل الإشكالية و قدم مخططا للتركيبة اللازمة .
- مثل السلسلة الوظيفية لكل تركيب .

تحليل النشاط :

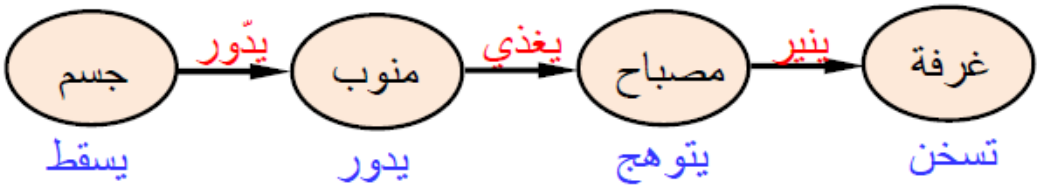
الوضعية-1: (اشتعال مصباح بواسطة حجر)

مخطط التركيبة اللازمة :

الشكل-3 :



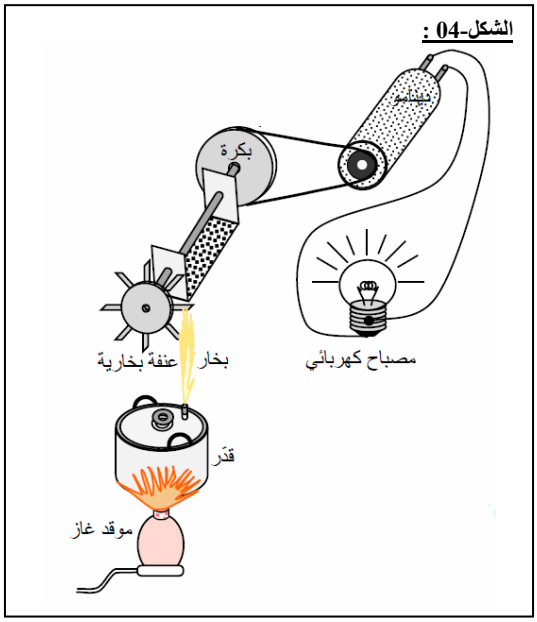
السلسلة الوظيفية :



الوضعية-2 : (اشتعال مصباح بواسطة موقد)

مخطط التركيبة اللازمة :

الشكل-04 :



السلسلة الوظيفية :

2- نموذج الطاقة و انحفاظها :

أ- أشكال الطاقة و انماط التحويل :

- للطاقة شكلان على المستوى العياني هما : طاقة حركية E_C و طاقة كامنة E_P ، و شكل واحد على المستوى المجهري هو الطاقة الداخلية E_i .
- نقول عن جملة أنها تمتلك طاقة حركية إذا كانت في حالة حركة بسرعة معينة في مرجع معين .
- يمكن لجملة مادية أن تمتلك طاقة داخلية و تتغير هذه الطاقة الداخلية عندما تتغير درجة حرارة هذه الجملة أو تتغير حالتها الفيزيائية (غليان ، انصهار ، تبخر ..) ، أو يحدث تغير في بنية مادة هذه الجملة على المستوي المجهري (كحدوث تفاعل كيميائي) .
- نقول عن الجملة أنها تملك طاقة كامنة إذا حدث لها تشوه أي حدث تغير في الأبعاد بين النقاط المادية المشكلة لها ، و الطاقة الكامنة نوعان ثقالية E_{PP} و مرونية E_{Pe} .
- الطاقة الكامنة الثقالية هي طاقة يخزنها جسم نتيجة وجوده بجوار الأرض أي على ارتفاع معين منها .
- الطاقة الكامنة المرونية هي طاقة تتعلق بمقدار تشوه الجسم المرن مثل النابض عندما يستطيل أو ينضغط بمقدار معين .
- تتحول الطاقة من شكل إلى آخر (كتحولها من الحركية إلى الكامنة أو العكس) عبر سبيل معين ندعوه **نمط التحويل** ، و أنماط التحويل أربع : تحويل ميكانيكي W_m ، تحويل كهربائي W_e ، تحويل حراري Q ، تحويل اشعاعي E_r .

- يتحقق التحويل الميكانيكي W_m بواسطة قوى عندما تنتقل نقاط تطبيقها من موضع إلى آخر ، فمثلا قوة الثقل عند سقوط الأجسام في الهواء تؤدي إلى تحول الطاقة الكامنة الثقالية إلى طاقة حركية وفق نمط تحويل هو التحويل الميكانيكي .
- يتحقق التحويل الكهربائي W_e عندما يعبر تيار كهربائي دارة كهربائية .
- يحدث التحويل الحراري Q عندما تتلامس أجسام ليس لها نفس درجة الحرارة .
- يحدث التحويل الإشعاعي E_r عندما يرسل أو يستقبل جسم (مثل الشمس أو مصباح كهربائيا) إشعاعا كهرومغناطيسيا (الضوء المرئي أو غير المرئي) .

أ- مفهوم السلسلة الطاقوية :

- لتمثيل السلاسل الطاقوية نلجأ إلى تعويض ما يلي في السلاسل الوظيفية :
  - أفعال الأداء بأنماط التحويل .
  - أفعال الحالة باشكال الطاقة .

نشاط :

لدينا الوضعيات الإشكالية التالية :

1- اشتعال مصباح بواسطة عمود كهربائي (الشكل-2) .
2- اشتعال مصباح بواسطة حجر (الشكل-3) .
3- اشتعال مصباح بواسطة موقد غاز (الشكل-4) .
4- تحريك عربة بواسطة مدخرة .
5- اشتعال مصباح بواسطة حوض مملوء بالماء .

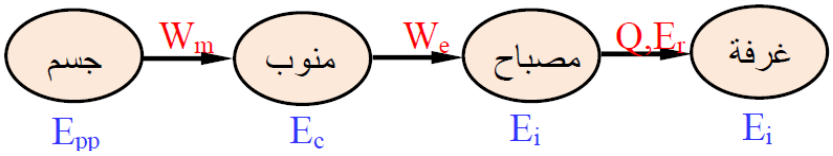
المطلوب :

مثل السلسلة الطاقوية لكل وضعية .

تحليل النشاط :

1- اشعال مصباح بواسطة عمود (الشكل-2)

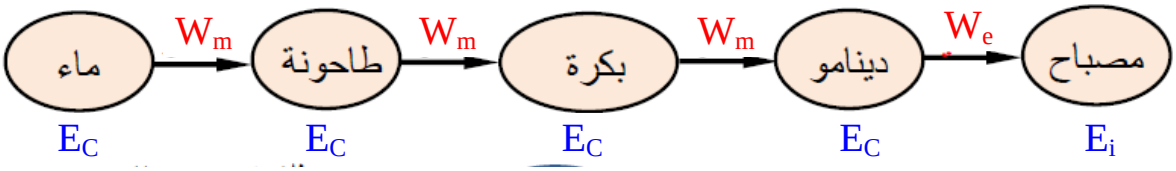
2- اشعال مصباح بواسطة حجر (الشكل-3) :



3- اشعال مصباح بواسطة موقد (الشكل-4) :

4- تحريك عربة صغيرة بواسطة مدخرة :

5- إشتعال مصباح بواسطة حوض مملوء بالماء (ماء الحنفية) :



جـ- استطاعة التحويل :

- تعرف **استطاعة التحويل** التي يرمز لها بـ P ووحدتها الواط (W) على أنها الطاقة المحولة خلال وحدة الزمن الثانية (s) و بالتالي هي حاصل قسمة مقدار الطاقة المحول E على زمن التحويل Δt و نكتب :

$$P = \frac{E}{\Delta t}$$

حيث : P استطاعة التحويل وحدتها الواط (W) ، E : الطاقة المحولة بالجول (J) ، Δt : مدة التحويل بالثانية (s) .

ملاحظة :

هناك وحدة أخرى لقياس الاستطاعة تدعى **الكيلواط الساعي (KWh)** حيث :

$$1\ KWh = 3600\ kJ$$

د- مبدأ انحفاظ الطاقة :

*** نص المبدأ :**

" الطاقة لا تستحدث و لا تزول ، إذا اكتسبت جملة ما طاقة أو فقدتها ، فإن هذه الطاقة تكون بالضرورة قد أخذتها من جملة (أو جمل) أخرى قدمتها لها "

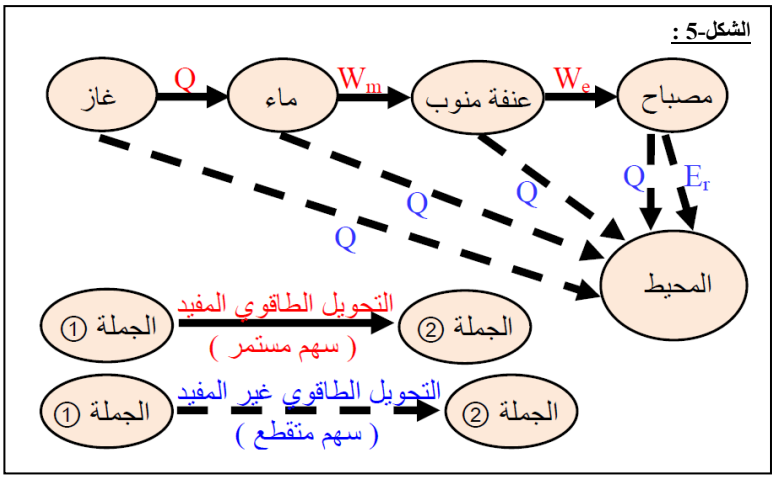
هـ- التحويل المفيد و التحويل غير المفيد :

إن مبدأ انحفاظ الطاقة لا ينطبق فقط على الطاقة المفيدة (غير الضائعة) و لكنه ينطبق على كل أشكال الطاقة بما فيها غير المفيدة (الطاقة الضائعة) ، و من أجل احترام هذا المبدأ يجب الأخذ بالحسبان تحويلات الطاقة نحو المحيط حتى و إن كانت غير معتبرة (طفيفة) مما يستوجب منا الترميز بفكرة التفرع للسلسلة الطاقوية .

مثال :

يتم إثراء الترميز الموافق للسلاسل الطاقوية كما موضح بالشكل المقابل بحيث يمثل التحويل الطاقوي المفيد بواسطة سهم متصل و يمثل التحويل الطاقوي غير المفيد بواسطة سهم متقطع كما يبينه النموذج المرفق التالي :

الشكل-5 :



ب- معادلة انحفاظ الطاقة :

- عندما تنتقل جملة معينة من الحالة (1) في اللحظة t_1 إلى الحالة (2) في اللحظة t_2 يمكن لطاقتها أن تتغير ، يكون هذا التغير ناتج عن تحويلات طاقوية بين الجملة و الوسط الخارجي .
- اعتمادا على مبدأ انحفاظ الطاقة تكتب معادلة انحفاظ الطاقة على النحو التالي :

الطاقة الإبتدائية للجملة + الطاقة المكتسبة– الطاقة المقدمة = الطاقة النهائية للجملة

و نكتب :

$$E_1 + E_{مكتسبة} - E_{مقدمة} = E_2$$

- الطاقة المستقبلة هي الطاقة التي تستقبلها الجملة خلال التحويل .
- الطاقة المقدمة هي الطاقة التي تفقدها الجملة خلال التحويل . فمثلا في حالة التحويل الميكانيكي تقاس هذه الطاقة بقيمة عمل القوى القوى الخارجية W_m أو في التحويل الحراري بقيمة التحويل Q .
- يعد التحويل الطاقوي موجب اذا اكتسبت الجملة طاقة للوسط الخارجي .
- يعد التحويل الطاقوي سالب اذا قدمت الجملة طاقة إلى الوسط الخارجي .
- إذا كانت الجملة لا تتبادل الطاقة مع الوسط الخارجي فإنها لا تستقبل و لا تقدم طاقة ، يقال عن الجملة في هذه الحالة **جملة معزولة طاقويا** ، و تكتب معادلة الطاقة في هذه الحالة كما يلي :

الطاقة الإبتدائية للجملة = الطاقة النهائية للجملة

ملاحظة-1 :

إذا كانت طاقة الجملة ثابتة ليس بالضرورة تكون معزولة أي لا تتبادل الجملة طاقة مع الوسط الخارجي ، فقد تستقبل و تقدم طاقة بقيمتين متساويتين ليكون مقدار التحويل الكلي معدوم .

ملاحظة-2 :

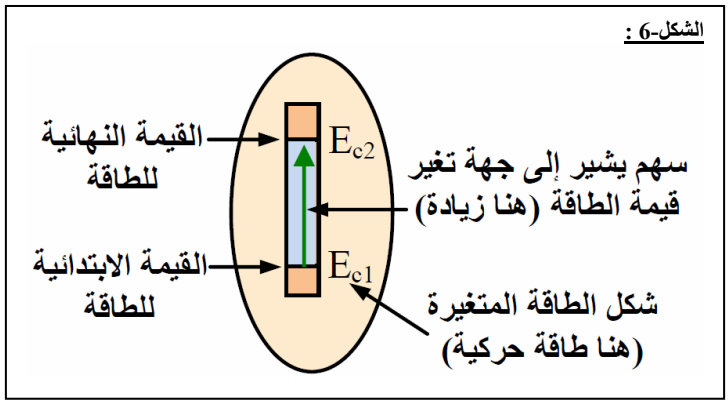
بالنسبة للجملة الميكانيكية تكتسب هذه الجملة طاقة من الوسط الخارجي بسبيل ميكانيكي من الوسط الخارجي إذا كانت خاضعة إلى قوة أو قوى خارجية في جهة الحركة ، بينما تقدم طاقة إلى الوسط الخارجي بنفس السبيل إذا كانت خاضعة إلى قوة أو قوى خارجية معاكسة لجهة الحركة .

و- الحصيلة الطاقوية :

يستعمل النموذج المبين بالمثال أدناه (الشكل-6) للتعبير عن تغير الطاقة بين الحالة الابتدائية (1) و الحالة النهائية (2) حيث :

- نمثل رمزيا الجسم أو الجملة بفقاعة .
- نمثل أشكال الطاقة في الجسم أو الجملة و التي تتغير بين حالتين 1 و 2 بعمود يوافق كل شكل من أشكال الطاقة مرسوم داخل الفقاعة و مملوءة جزئيا ، كما يرفق كل عمود بسهم يشير إلى جهة تغير الطاقة المخزنة في الجملة .

الشكل-6 :



ملاحظة :

- عدم تمثيل عمود في فقاعة يعني عدم تغير الطاقة المخزنة في الجملة و العكس صحيح ، بمعنى إذا كانت الطاقة المخزنة في الجملة ثابتة لا تمثل بأي عمود داخل الفقاعة .

مثال-1 :

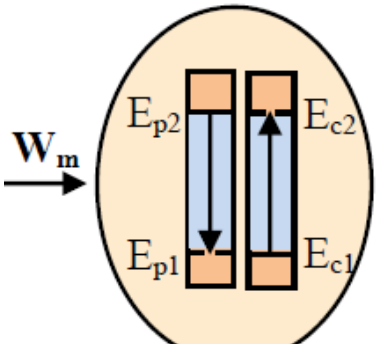
طفل في ساحة المدرسة يقذف كرة برجله نحو الأعلى (الشكل-7) .
باعتبار الجملة (كرة + أرض) مثل الحصيلة الطاقوية للجملة ثم أكتب معادلة انحفاظ الطاقة .

الشكل-7 :

الجواب :

الحصيلة الطاقوية :

- عند قذف الكرة من طرف الطفل تتحول طاقة من الطفل إلى الجملة (كرة + أرض) عن سبيل ميكانيكي W_m .
- خلال مرحلة الصعود تخضع الكرة إلى قوة الثقل المعاكسة لجهة حركتها ، مما يجعل حركة الكرة تكون متباطئة بسبب تقديم الجملة (جسم + أرض) طاقة إلى الوسط الخارجي بسبيل ميكانيكي W_m ، هذا ما يجعل الطاقة الحركية للجملة (كرة + أرض) في تناقص ، في الوقت نفسه يزداد ارتفاع الكرة بالنسبة للأرض و هذا يجعل الطاقة الكامنة الثقالية في ازدياد .



معادلة انحفاظ الطاقة :

بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة :

$E_1 + E_{مكتسبة} - E_{مقدمة} = E_2$

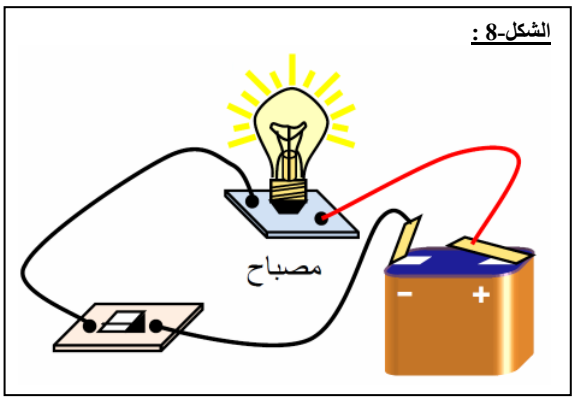
$E_{C1} + E_{PP1} + W_m = E_{C2} + E_{PP2}$

مثال-2 :

يغذي عمود كهربائي مصباح ذو سلك متوهج (الشكل-8) .

- باعتبار الجملة (عمود كهربائي) مثل الحصيلة الطاقوية للجملة ثم أكتب معادلة انحفاظ الطاقة .

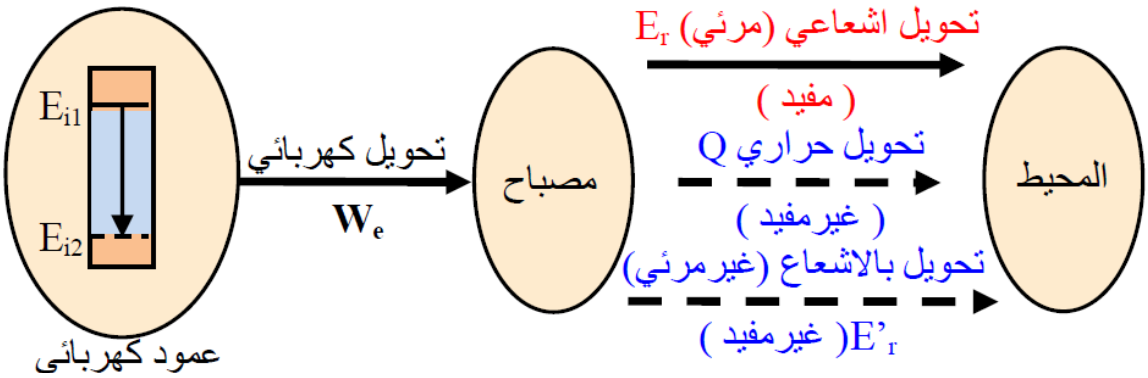
الشكل-8 :



الجواب :

الحصيلة الطاقوية :

عند اشتعال المصباح يتوهج و ترتفع درجة حرارته ، أثناء ذلك تنقص الطاقة الداخلية E_i للعمود الكهربائي بحدوث تحويل كهربائي للطاقة بين هذا الأخير و المصباح و الذي يدوره يحول الطاقة المستقبلة إلى الوسط الخارجي (المحيط) بشكل إشعاع مرئي E_r (طاقة مفيدة) و بشكل إشعاع غير مرئي E'r (طاقة غير مفيدة) و تحويل حراري Q (طاقة غير مفيدة) .



معادلة انحفاظ الطاقة للجملة (عمود كهربائي) :

بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة :

$E_1 + E_{مكتسبة} - E_{مقدمة} = E_2$

$E_{i1} = E_{C2} + W_e$

3- مقاربة للطاقة الداخلية :

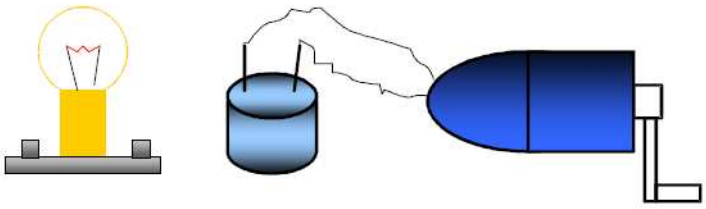
1- نفتل سلك من الحديد بين أصابع اليد حتى ينقطع .

أ- ما هي الأثار الملاحظة على سلك الحديد ؟

ب- أنجز مخطط للطاقة يشرح عملية فتل السلك .

2- لدينا مولد كهربائي يدوي مربوط إلى مكثفة عن طريق سلكين كهربائيين (الشكل-9) ، نشحن المكثفة ثم نفصلها عن المولد مع تفادي استقصار الدارة و نربطها بمصباح كهربائي .

الشكل-9 :

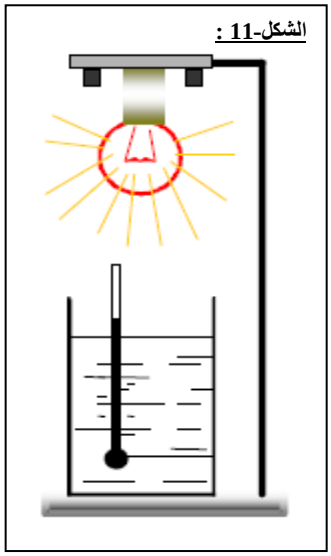


أ- ما هي الآثار الملاحظة على الجملة (مكثفة) ؟
ب- أنجز مخطط للطاقة يشرح انحفاظ الطاقة خلال مرحلة الشحن .
جـ- انجز مخطط للطاقة يوافق مرحلة ربط المكثفة بالمصباح باعتبار الجملة (مكثفة) .
3- لدينا محلول بارد في انبوب اختبار و كأس به ماء ساخن جدا (في حالة غليان) (الشكل-10) ، نضع الأنبوب داخل الكأس و عن طريق محرارين نتابع تغير درجة الحرارة في الماء و في المحلول .

الشكل-10 :

أ- ما هي الآثار الملاحظة ؟
ب- أنجز مخططا للطاقة يشرح التبادلات الطاقوية بين المحلول البارد في الأنبوب و الماء الساخن في الكأس .
4- نعرض ماءً باردًا للشمس أو لمصباح ذو استطاعة تحويل كبيرة (الشكل-11) .

الشكل-11 :



أ- ما هي الآثار الملاحظة ؟

ب- أنجز مخططا للطاقة يشرح التحويل الطاقوي بين المصباح و الماء .

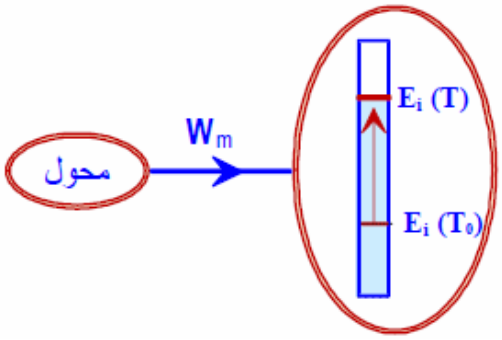
تحليل النشاط :

الوضعية-1 : (فتل سلك من الحديد بين أصابع اليد حتى ينقطع)

1- أ- الأثار الملاحظة :

نلاحظ ارتفاع درجة حرارة السلك و ذلك بتخزينه طاقة داخلية E_i بسبيل ميكانيكي W_m . .

ب- مخطط الطاقة :



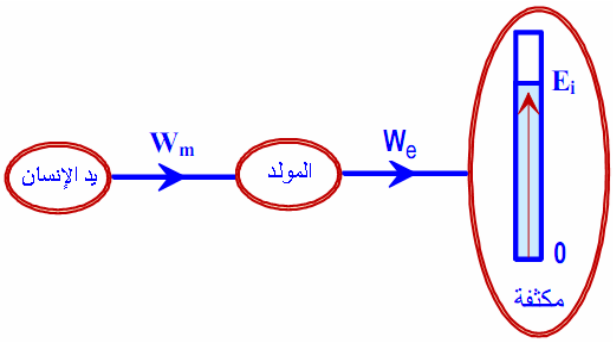
الوضعية-2 : (شحن و تفريغ مكثفة)

أ- الأثار الملاحظة :

نلاحظ أن المكثفة شحنت عند ربطها بالمولد و تفرغت عند ربطها بالمصباح . ، مما يدل على ازدياد الطاقة الداخلية للمكثفة أثناء الشحن و نقصانها أثناء التفريغ .

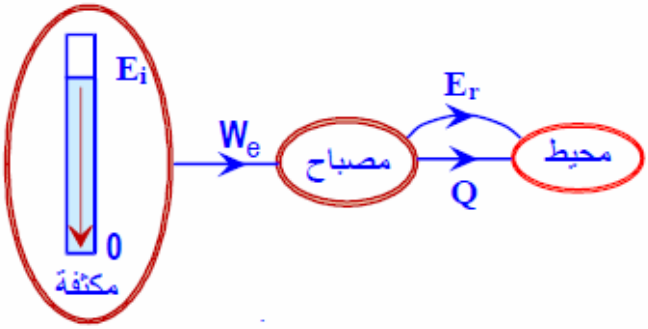
ب- ب- مخطط الطاقة الموافق لمرحلة شحن المكثفة حيث الجملة هي المكثفة:

أثناء الشحن تكتسب المكثفة من المولد طاقة بسبيل كهربائي W_e مما يؤدي إلى ازدياد طاقتها الداخلية E_i .



ب- مخطط الطاقة الموافق لمرحلة ربط المكثفة بالمصباح حيث الجملة هي المكثفة :

أثناء تفريغ المكثفة تقدم هذه الأخيرة إلى المصباح طاقة بسبيل كهربائي مما يؤدي إلى نقصان طاقتها الداخلية E_i .



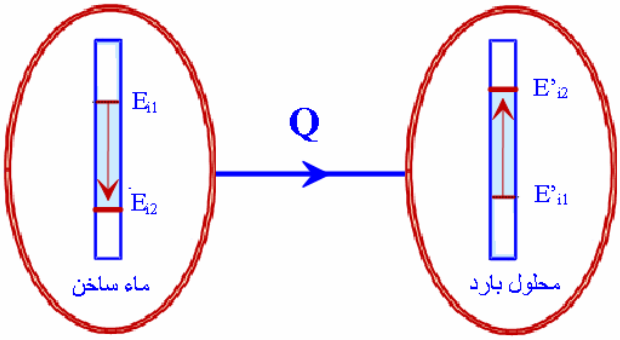
الوضعية-3 : (تغير درجة الحرارة في محلول بارد)

أ- الأثار الملاحظة :

نلاحظ ارتفاع درجة حرارة المحلول الموجود في أنبوب و انخفاظ درجة حرارة الماء البارد الموجود بالكأس .

ب- مخطط الطاقة :

عند وضع أنبوب الاختبار الحاوي على المحلول البارد في الكأس الحاوي على الماء البارد ، يحدث تبادل طاقوي بسبيل حراري Q من الماء الساخن إلى المحلول البارد مما يؤدي إلى نقصان الطاقة الداخلية E_i للماء الساخن و ازدياد الطاقة الداخلية E_i للمحلول البارد



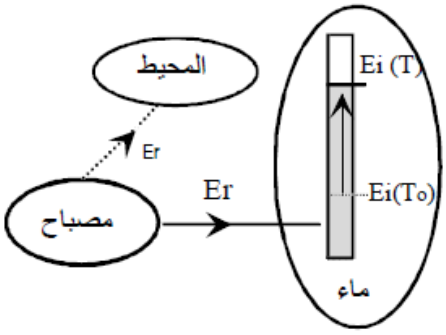
الوضعية-4 : (تعريض ماء بارد للشمس)

أ- الأثار الملاحظة :

نلاحظ ارتفاع درجة حرارة الماء المتواجد بالكأس .

ب- مخطط الطاقة :

عند تعريض الماء المتواجد بالكأس إلى أشعة الضوء الصادر عن المصباح ، يكتسب الماء طاقة بتحويل إشعاعي E_r مما يؤدي إلى ارتفاع طاقته الداخلية E_i .



نتيجة :

- إذا قدمنا طاقة لجملة ما على شكل عمل و لاحظنا أنه لم يحدث أي تأثير على الحالة الحركية للجملة أو على الإرتفاع الموجود عليه ، نقول أن الجملة خزنت طاقة داخلية .

4- المركبة الحرارية للطاقة الداخلية :

- الطاقة الداخلية E_i لجملة هي مجموع طاقات الدقائق المجهرية المكونة لهذه الجملة و تتمثل هذه الطاقات في الطاقة الحركية المجهرية الناتجة عن حركة هذه الأفراد الكيميائية ، و الطاقة الكامنة المجهرية الناتجة عن الأفعال الكهربائية المتبادلة بين الشحنات الموجبة و السالبة المكونة للأفراد الكيميائية .

- تتغير الطاقة الداخلية لجملة ما يتغير أحد طاقتها المجهرية فالطاقة الحركية تتغير بتغير سرعة الدقائق المجهرية المكونة للجملة ، بينما الطاقة الكامنة المجهرية تتغير بتغير البعد بين الإلكترونات و النواة في الذرات المكونة للجملة .

أ- التفسير المجهري للمركبة الحرارية للطاقة الداخلية :

- المركبة الحرارية للطاقة الداخلية لجملة هي الطاقة المخزنة فيها على المستوى المجهري ، في شكل حركي أو كامن نتيجة درجة حرارتها يرمز لها بـ E_{th} .

ب- التفسير المجهري للحرارة :

- درجة الحرارة هي عامل يدخل في تغيير سرعة الدقائق المجهرية المكونة للجملة ، فكلما ارتفعت درجة حرارة جملة ازدادت سرعة الدقائق المجهرية المكونة لها مما يؤدي إلى ازدياد طاقتها الحركية المجهرية و بالتالي ازدياد طاقتها الداخلية .

د- التحويل الحراري و التوزان الحراري :

- يحدث تحويل حراري بين جملتين إذا كانت هاتان الجملتان متلامستان و تحت درجتين مختلفتين من الحرارة .
- التحويل الحراري يتم عفويا من الجسم الذي درجة حرارته مرتفعة نحو الجسم الذي درجة حرارته منخفضة .
- عندما تصبح الجملتان في نفس درجة الحرارة يتوقف التحويل الحراري . نقول ان الجملتين عندئذ ، **في توازن حراري** .

- عندما تتلامس جملتين مختلفتين في درجة الحرارة ، فعلى المستوي المجهري تقدم الأفراد الكيميائية للجملة الساخنة جزء من طاقتها الحركية لتحولها إلى طاقة حركية لأفراد الجملة الكيميائية الباردة ، ما يؤدي إلى نقصان في الطاقة الحركية المجهرية للجملة الساخنة و ارتفاع في الطاقة الحركية المجهرية للجملة الباردة ، عندها يحدث التوازن الحراري و يتوقف التبادل الطاقوي بين أفراد الجملة الساخنة و أفراد الجملة الباردة .

02

عرض نظري مفصل

الميكانيك و الطاقة

العمل و الطاقة الحركية الإنسحابية

الشعب : علوم تجريبية
رياضيات ، تقني رياضي

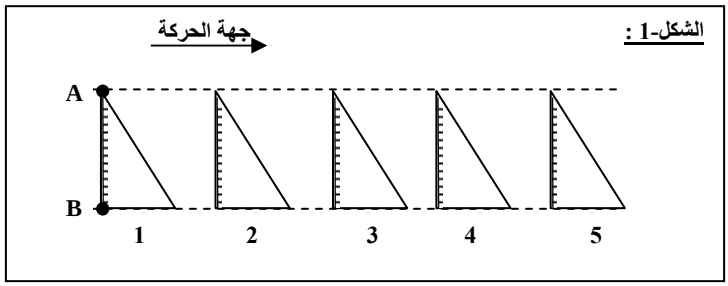
1- تذكير :

1- الحركة الإنسحابية لجسم صلب (تذكير) :

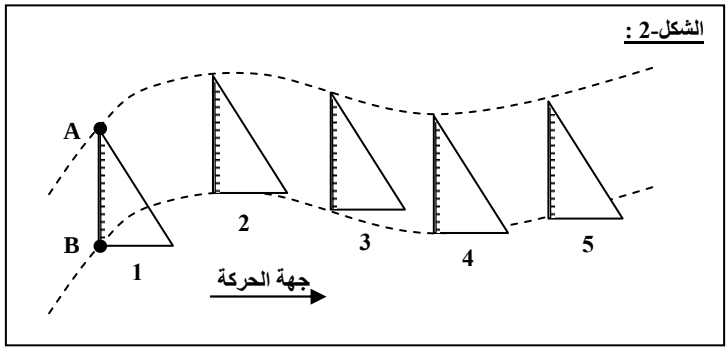
- نقول عن جسم أنه في حركة انسحابية بسرعة $\vec{v}$ في لحظة ما إذا كان لكل نقطة من نقاطه نفس شعاع السرعة $\vec{v}$.
- لدراسة حركة جسم صلب في حالة حركة انسحابية ، نختار نقطة كيفية منه و تعود دراسة هذا الجسم إلى دراسة حركة هذه النقطة .

مثال :

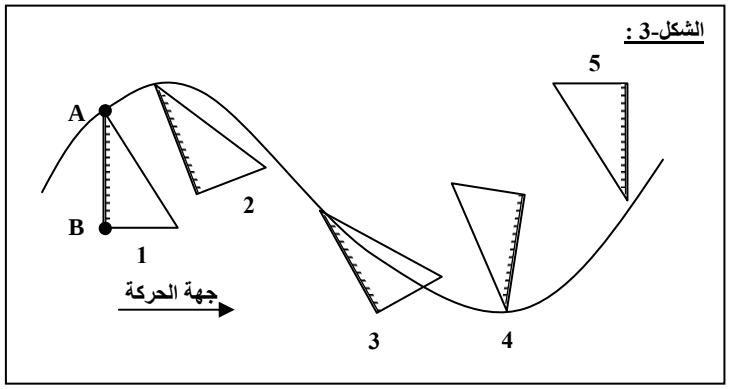
الشكل-1 :



الشكل-2 :



الشكل-3 :



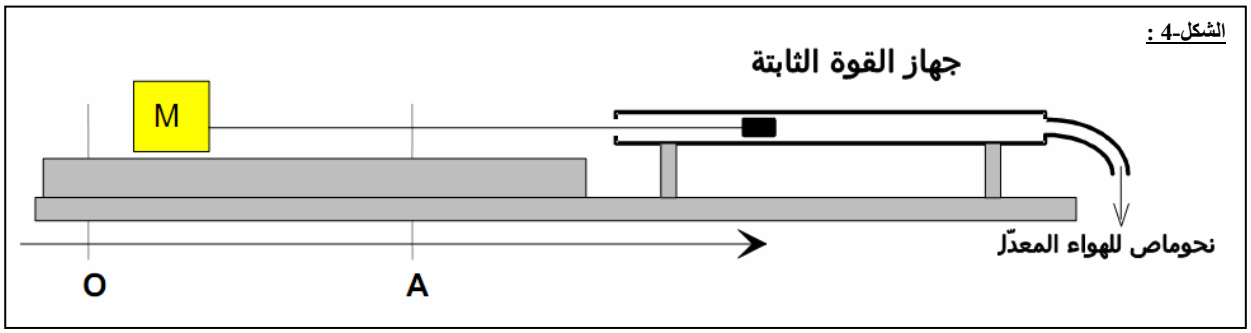
- ينسحب الضلع للكوس في (الشكلين-1، 2) موازيا لنفسه ، و مسارات كل نقاط الكوس متماثلة يمكن مطابقتها بالإزاحة : نقول أن للكوس **حركة انسحابية** .
- في (الشكل-3) مسار النقطة B يختلف عن مسار النقطة A و لايمكن مطابقتهما ، حركة الكوس في هذه الحالة ليست حركة انسحابية لأن الضلع المدرج لم يبق موازي لنفسه خلال الحركة .

ب- الطاقة الحركية :

نشاط :

نستعمل جهازا ندعوه جهاز القوة الثابتة وهو جهاز يسمح بالتأثير على حركة جسم صلب بقوة ثابتة خلال الزمن . لذا نعتبر متحركا يتحرك على مستوي أفقي بحيث تكون قوى الاحتكاك مهملة أمام القوة التي يؤثر بها الجهاز (الشكل).

الشكل-4 :



نشغل الجهاز و نترك المتحرك M بدون سرعة ابتدائية من النقطة O .

برأيك :

1- ما هو شكل التسجيل بالتصوير المتعاقب لحركة M ؟ مثل برسم و بصفة كيفية و دقيقة التصوير المتعاقب المفترض .

2- ما هي المقادير التي تتعلق بها سرعة M عند النقطة A ؟ كيف تؤثر هذه المقادير على قيمة السرعة ؟ علل .

3- نريد أن نعرف كيف تتغير قيمة السرعة v للمتحرك M في نقطة A بدلالة العمل W الذي تنجزه القوة بين النقطتين : O و A . من بين العبارات البسيطة المحتملة التالية و التي تربط W و M و v حيث a يمثل ثابت يطلب تحديده . ما هي التي تقبلها و بالتالي تتحقق منها تجريبيا ؟ أحذف الباقية مع التعليل .

4- اكتب برتوكولا تجريبيا يسمح بالتحقق من العبارات المحتملة .

نتيجة :

السرعة المكتسبة من طرف متحرك كتلته M ، راجعة إلى أن المتحرك M تلقى عملا من طرف قوة $\vec{F}$ واحدة مطبقة عليه ، و هذا العمل يعبر عنه بالعلاقة : $W = \frac{1}{2}Mv^2$.

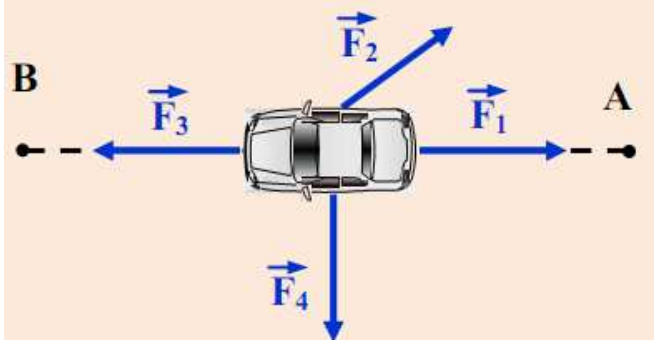
2- عمل قوة ثابتة :

أ- عمل قوة ثابتة في حركة انسحابية مستقيمة :

نشاط :

يمثل (الشكل-5) المقابل مساهمة أربعة أشخاص في نقل سيارة انطلاقا من السكون من الموضع A إلى الموضع B حيث يطبق كل واحد منهم قوة متساوية الشدة : F

الشكل-5 :



1- ما هي القوة من بين القوى الأربع التي تجعل العربة تصل إلى النقطة B بأقصى سرعة إذا إثرت لوحدها ؟

2- رتب القوى الأربع حسب فعالية كل منها في نقل العربة من A إلى B .

3- ما هي العلاقة من العلاقات التالية التي تميز احسن فعالية كل قوة و تسمح بشرح الترتيب السابق :

F.d.α ، F.d.sinα ، F.d.cosα ، F.d

تحليل النشاط :

1- القوة من بين القوى الأربع التي تجعل العربة تصل إلى النقطة B بأقصى سرعة إذا إثرت لوحدها هي القوة $\vec{F}_3$ لأنها تنجز أكبر عمل ممكن في نفس الزمن .

2- ترتيب القوى الأربع حسب فعالية كل منها في نقل العربة من A إلى B :

لدينا مما سبق حسب مفهوم العمل :

$$W(\vec{F}_3) = -W(\vec{F}_1) > 0 \quad , \quad W(\vec{F}_2) < 0 \quad , \quad W(\vec{F}_4) = 0$$

و بالتالي يكون :

$$W(\vec{F}_3) > W(\vec{F}_4) > W(\vec{F}_2) > W(\vec{F}_1)$$

3- العلاقة التي تميز احسن فعالية كل قوة و تسمح بشرح الترتيب السابق هي : $W(\vec{F}) = F.d.\cos\alpha$.

ب- مفهوم عمل القوة :

- نقول عن قوة أنها قامت بعمل إذا انتقلت نقطة تطبيقها من موضع إلى موضع آخر .

- عمل قوة $\vec{F}$ أثناء انتقال من موضع A إلى موضع B الذي يرمز له بـ $W_{AB}(\vec{F})$ وو حدته الجول هو مقدار جبري يكون موجب إذا كانت القوة $\vec{F}$ في جهة الحركة و يقال عنه **عمل محرك** بينما يكون سالبا إذا كانت القوة $\vec{F}$ معاكسة لجهة الحركة و يقال عنه في هذه الحالة **عمل مقاوم** .

جـ- عمل قوة ثابتة في حالة حركة انسحابية مستقيمة :

- عمل قوة $\vec{F}$ ثابتة عندما تنتقل نقطة تطبيقها وفق مسار مستقيم AB هو الجداء السلمي بين شعاع القوة $\vec{F}$ و شعاع الإنتقال $\overrightarrow{AB}$ أي :

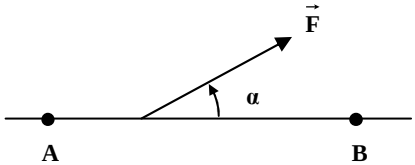
$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} . \overrightarrow{AB}$$

و هذا العلاقة تكافئ العلاقة التالية :

$$W_{AB}(\vec{F}) = F\ AB\ \cos\alpha$$

حيث α هي الزاوية التي يصنعها الشعاع $\overrightarrow{AB}$ مع شعاع القوة $\vec{F}$ (الشكل-6) .

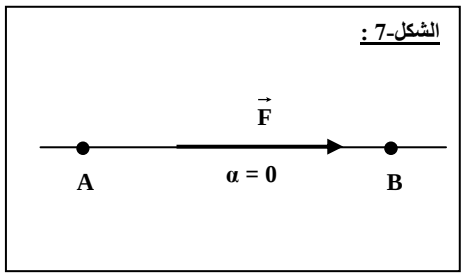
الشكل-6 :



- تقدر المسافة AB بالمتر (m) و شدة القوة $\vec{F}$ بالنيوتن (N) و العمل W بالجول (J) .

حالات خاصة :

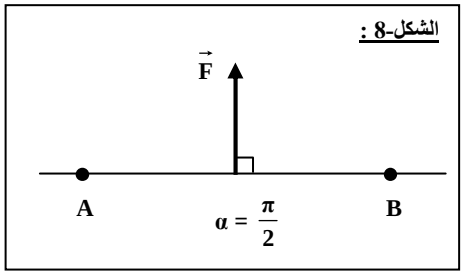
* القوة $\vec{F}$ أفقية في جهة الحركة(الشكل-7) :



- في هذه الحالة يكون : $\alpha = 0 \rightarrow \cos \alpha = 1$. ومنه تصبح عبارة العمل كما يلي :

$$W_{AB}(\vec{F}) = F\ AB$$

* القوة $\vec{F}$ عمودية على محور الحركة (الشكل-8) :

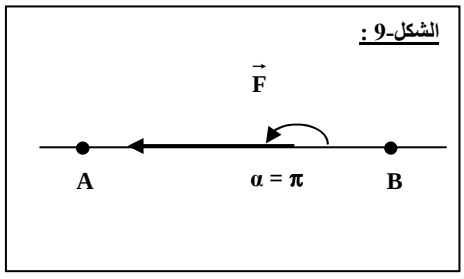


- في هذه الحالة يكون : $\alpha = \frac{\pi}{2} \rightarrow \cos \alpha = 0$. ومنه تصبح عبارة العمل كما يلي :

$$W_{AB}(\vec{F}) = 0$$

- نقول عن القوة في هذه الحالة أنها لا تعمل .

* القوة $\vec{F}$ أفقية و معاكسة لجهة الحركة (الشكل-9) :



- في هذه الحالة يكون : $\alpha = \pi \rightarrow \cos \alpha = -1$. ومنه تصبح عبارة العمل كما يلي :

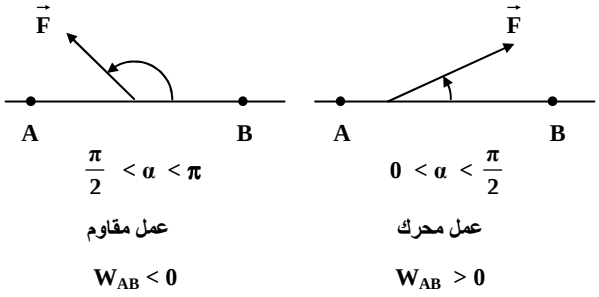
$$W_{AB}(\vec{F}) = -\ F\ AB$$

ملاحظة-1 :

- إذا كانت القوة المطبقة على متحرك في اتجاه الحركة ، أي $0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$ تكون إشارة عمل هذه القوة موجبة $W > 0$، و بالتالي العمل هذه الحالة أنه **محرك** .

- إذا كانت القوة المطبقة على متحرك في الإتجاه المعاكس للحركة ، أي $\frac{\pi}{2} < \alpha < \pi$ تكون إشارة عمل هذه القوة سالبة $W < 0$، و بالتالي العمل هذه الحالة أنه **مقاوم** .

الشكل-10 :



ملاحظة-2 :

عمل قوة $\vec{F}$ أثناء انتقال من موضع A إلى الموضع A_n مرورا بمواضع أخرى A_1 ، A_2 ، ..... مساوي لمجموع الأعمال لكل الانتقالات أي :

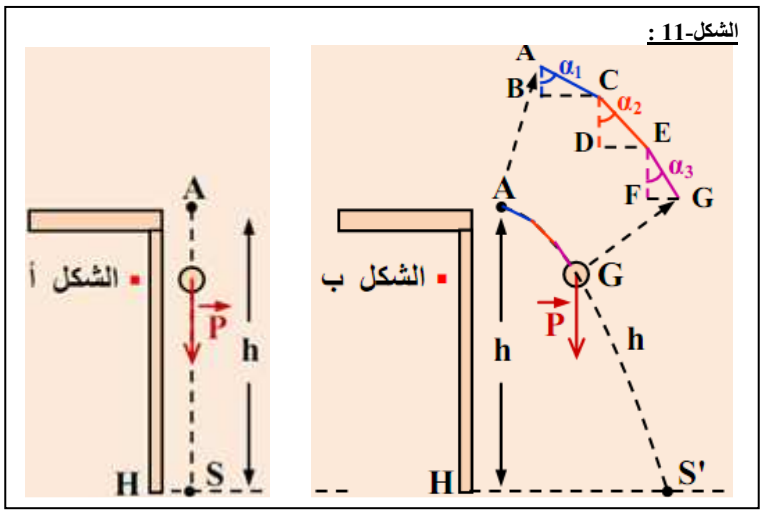
$$W_{A_1A_n}(\vec{F}) = W_{A_1A_2}(\vec{F}) + W_{A_2A_3}(\vec{F}) + W_{A_3A_4}(\vec{F}) + ... + W_{A_{n-1}A_n}(\vec{F})$$

د- عمل الثقل :

نشاط :

نترك كرية تسقط شاقوليا بدون سرعة ابتدائية من الموضع A إلى الموضع S (الشكل-11-أ) .

الشكل-11 :



1- جد عبارة عمل ثقل الكرية خلال السقوط .

2- كيف تكون هذه العبارة إذا قذفت الكرية أفقيا انطلاقا من نفس الموضع A لتسقط في الموضع S' (الشكل-ب) .

4- في رأيك هل عمل قوة الثقل يتعلق بالمسار ؟

تحليل النشاط :

1- عبارة عمل ثقل الكرية خلال السقوط :

$W_{A\text{-}S}(\vec{P}) = P.AS.\cos\alpha$

و كون أن قوة الثقل ثابتة في الشدة و موازية لشعاع الانتقال ($\alpha = 0 \rightarrow \cos\alpha = 1$) و في جهة الحركة يكون :

$W_{A\text{-}S}(\vec{P}) = P.h$

2- لإيجاد عبارة العمل عندما تقذف الكرية أفقيا انطلاقا من نفس الموضع A لتسقط في الموضع S' نقوم أولا بتقسيم المسار (AS') إلى مجموعة من الانتقالات العنصرية (AC ، CE ، EG ، ....) و التي نعتبرها مستقيمة. و يكون :

$W_{AS'}(\vec{P}) = \sum \delta W(\vec{P}) = P.(AC).\cos\alpha_1 + P.(CE).\cos\alpha_2 + P.(EG) + ...$

من (الشكل-11-ب) و خلال انتقال AC يكون :

$$\cos\alpha_1 = \frac{h_1}{AC} \rightarrow \cos\alpha_1.(AC) = h_1$$

و بالمثل خلال انتقالات الأخرى يكون :

$$\cos\alpha_2 = \frac{h_2}{CE} \rightarrow \cos\alpha_2.(CE) = h_2$$

$$\cos\alpha_3 = \frac{h_3}{EG} \rightarrow \cos\alpha_3.(EG) = h_3$$

حيث h_1 ، h_2 ، h_3 الفرق في الارتفاع بين الموضع الابتدائي و الموضع النهائي في كل انتقال عنصري ، كما يكون :

$$h = h_1 + h_2 + h_3 + ...$$

كما أن h يمثل الفرق في ارتفاع بين الموضعين (A) و (S') (الشكل-11-ب) .

يصبح لدينا :

$W_{AS'}(\vec{P}) = P.h_1 + Ph_2 + Ph_3 + ...$

$W_{AS'}(\vec{P}) = P\,(h_1 + h_2 + h_3 + ... \quad)$

$W_{AS'}(\vec{P}) = P\,h$

$W_{AS'}(\vec{P}) = m.g.h$

$W_{AS'}(\vec{P}) = P.h$

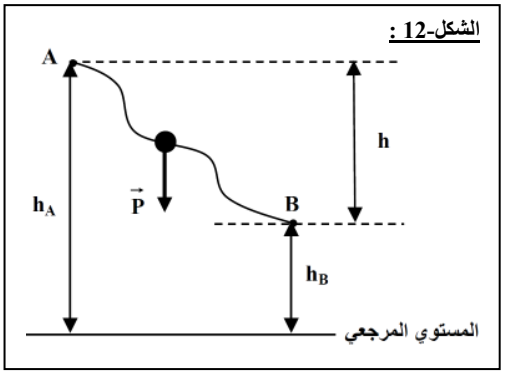
3- تعلق عمل الثقل بالمسار :

من خلال البرهان السابق نلاحظ يمكن أن نستنتج أن عمل الثقل لا يتحق بالمسار لأننا سنجد في كل الحالات :

$$(AC).\cos\alpha_1 + (CE).\cos\alpha_2 + (EG) + ... = h$$

حيث h هو الفرق في ارتفاع بين الموضع الابتدائي و الموضع النهائي .

الشكل-12 :



نتيجة :

عندما ينتقل مركز ثقل جسم من نقطة A الموجودة على ارتفاع z_A في معلم معين إلى نقطة B الموجودة على ارتفاع z_B فإن عمل ثقل هذا الجسم لا يتعلق بمسار مركز ثقله ، و إنما يتعلق بشدة الثقل و الفرق في ارتفاع $(z_A - z_B)$ و نكتب :

$$W_{A\text{-}B}(\vec{P}) = m.g\,(z_A - z_B)$$

و نكتب أيضا :

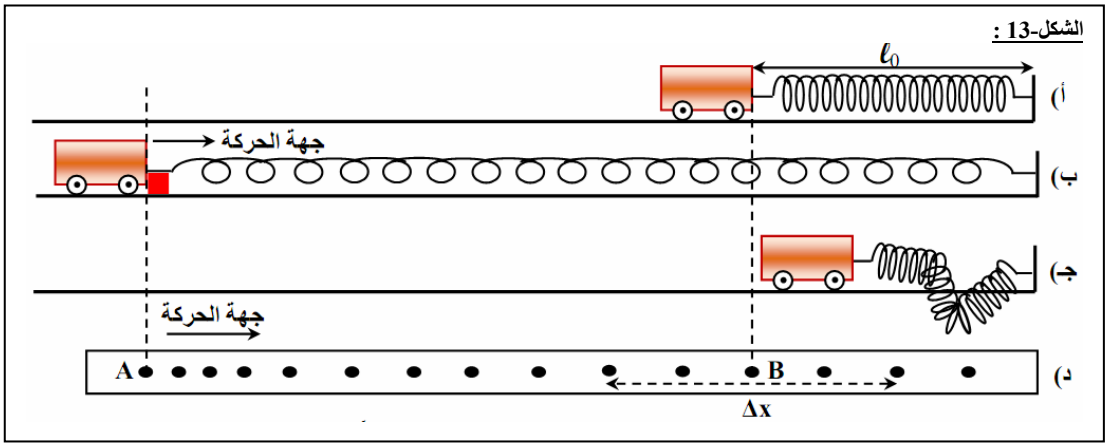
$W_{A-B}(\vec{P}) = +m.g.h$ (عمل الثقل محرك ، الجسم نازل)
$W_{A-B}(\vec{P}) = -m.g.h$ (عمل الثقل مقاوم ، الجسم صاعد)

3- الطاقة الحركية الانسحابية :

نشاط-1 :

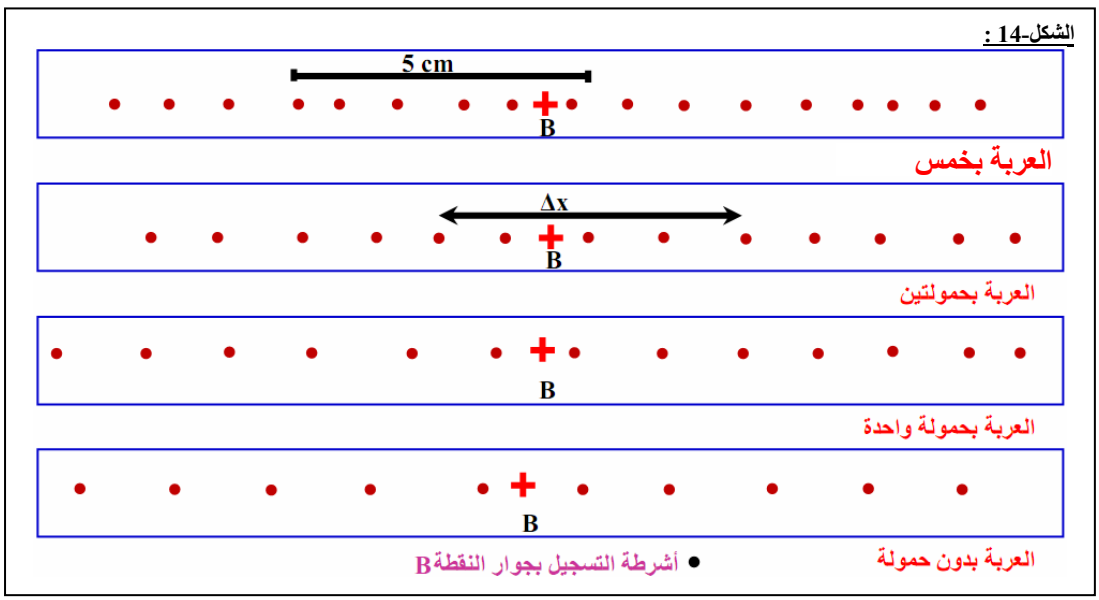
- نربط عربة كتلتها $M = 276\ g$ بنابض مرن طوله الأصلي ℓ_0 (الشكل-أ) ، ثم نسحبها على مستوي أفقي نعتبر الاحتكاك به معدوم تماما ، و نضع أمامها حاجزا (الشكل-ب) .
- نحرر العربة في لحظة معينة مع أخذ صور متعاقبة خلال حركتها . يمثل (الشكل-د) نموذج لتسجيل حركة العربة حيث المجال الزمني بين تسجيلي نقطتين متتاليتين هو ($\tau = 0.01\ s$) .
- نعلم على شريط التسجيل النقطتين A و B الموافقتين لموضع انطلاق العربة و موضع العربة عندما يكون النابض في وضع الراحة (غير مستطال وطوله مساوي لطوله الأصلي ℓ_0) .

الشكل-13 :



- نكرر نفس التجربة بتحميل العربة بحمولة واحدة ، ثم بحمولتين اثنتين ، ثم بخمس حمولات ، بعدها يسحب النابض بنفس الإستطالة في كل مرة . (الشكل-14) المرفق الموالي يبين التسجيلات المتحصل عليها :

الشكل-14 :



- نقيس على أشرطة التسجيلات المعطاة قيم المسافات Δx المقاسة باختيار أربعة مجالات بجوار النقطة B (الشكل-13- د) في مختلف الحالات الأربع ، ثم نحسب سرعة العربة في الموضع B عند كل حالة وكذلك المقادير M^2v ، Mv ، Mv^2 . الجدول التالي يمثل النتائج المتحصل عليها :

كتلة العربة		Δx (m)	سرعة العربة v (m/s)	M^2v	Mv	Mv^2
عربة بدون حمولة	0.276	0.066	$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{4\tau} = 1.650$	0.125	0.455	0.75
عربة بحمولة واحدة	0.376	0.056	1.400	0.199	0.530	0.74
عربة بحمولتين	0.476	0.050	1.250	0.283	0.595	0.74
عربة بخمس حمولات	0.776	0.039	0.975	0.590	0.760	0.74

1- في الموضع A هل تكتسب الجملة (عربة + نابض) طاقة ؟ ما هو شكل هذه الطاقة ؟
2- هل طاقة الجملة (عربة + نابض) في الموضع A نفسها في الحالات الأربع .
3- في الموضع B هل تكتسب الجملة (عربة + نابض) طاقة ؟ ما هو شكل هذه الطاقة ؟
4- هل طاقة الجملة (عربة + نابض) في الموضع B نفسها في الحالات الأربع ؟ اشرح .
5- ما هو نمط التحويل الطاقوي الذي حدث بين النابض و العربة أثناء الانتقال من الموضع A إلى الموضع B ؟
6- هل قيمة هذا التحويل الطاقوي هي نفسها في الحالات الأربع ؟ علل .
7- من بين هذه العبارات (M^2v ، Mv ، Mv^2) ما هي العبارة التي تناسب التحويل الطاقوي . الذي حدث في الجملة في مختلف الحالات ؟

8- تحقق من نتيجة السؤال السابق (7) برسم البيان $v^2 = f(\frac{1}{M})$.

9- استنتج علاقة حرفية للتحويل الطاقوي المذكور و علاقة حرفية للطاقة الحركية كل منهما بدلالة كتلة العربة M و سرعتها v .

تحليل النشاط :

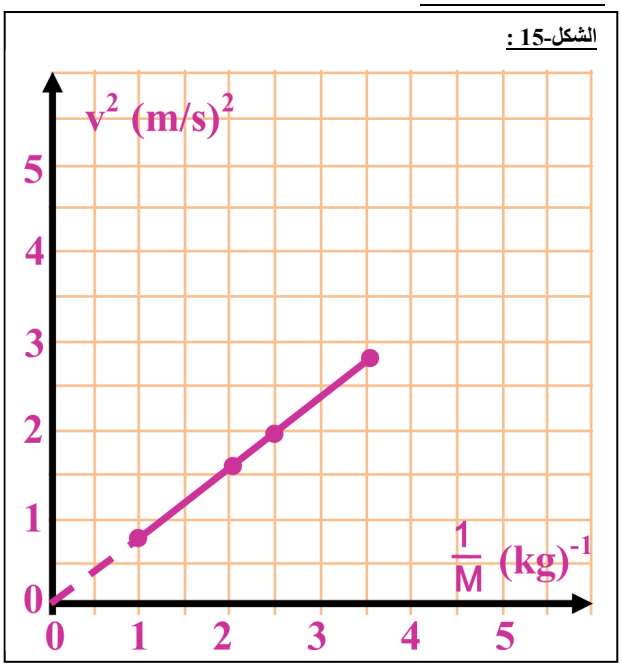
1- في الموضع A الجملة (عربة + نابض) تكتسب طاقة كامنة مرونية نتيجة استطالة النابض مع العلم أن الطاقة الحركية للعربة معدومة في هذا الموضع نتيجة انعدام سرعتها .
2- طاقة الجملة (عربة + نابض) نفسها في جميع الحالات الأربع لأن استطالة النابض نفسها في جميع هذه الحالات كما أن مقدار الطاقة الكامنة المرونية تتعلق بمقدار استطالة النابض ، و مقدار استطالة النابض نفسه في جميع الحالات الأربع .
3- في الموضع B الجملة (عربة + نابض) تكتسب طاقة حركية لأن للعربة سرعة في الموضع B مع العلم أن الطاقة الكامنة المرونية للجملة معدومة نتيجة وجود النابض في وضع الراحة (استطالته معدومة) .
4- باعتبار عدم ضياع الطاقة بفعل الاحتكاك (الاحتكاك مهمل) ، يكون مقدار النقصان في الطاقة الكامنة المرونية مساوي لمقدار الزيادة في الطاقة الحركية ، و كون أن الطاقة الكامنة المكتسبة في الموضع A تتحول كليا (حتى الانعدام) إلى طاقة حركية في الموضع B تكون الطاقة الحركية المكتسبة في الموضع (B) مساوية للطاقة الكامنة المكتسبة في الموضع A ، و كون أن الطاقة الكامنة المكتسبة في الموضع A هي نفسها في الحالات الأربع تكون الطاقة الحركية المكتسبة في الموضع B هي أيضا نفسها في الحالات الأربع .
5- نمط التحويل الطاقوي الذي حدث بين النابض و العربة أثناء الانتقال من الموضع A إلى الموضع B هو تحويل ميكانيكي W_m .

6- ذكرنا سابقا أن الطاقة الكامنة المكتسبة من طرف الجملة (عربة + نابض) في الوضع A تتحول كليا إلى طاقة حركية أثناء انتقال العربة من الموضع A إلى الموضع B ، و بما أن الطاقة الكامنة المكتسبة في الموضع A نفسها في جميع الحالات الأربع ، من المؤكد سيكون مقدار التحويل الميكانيكي نفسه في جميع الحالات الأربع .

7- مما سبق التحويل الميكانيكي ثابت ، و من خلال النتائج المدونة في الجدول تكون العبارة المناسبة لهذا التحويل هي Mv^2 .

8- التحقق من النتيجة برسم البيان $v^2 = f(\frac{1}{M})$:

الشكل-15 :



البيان $v^2 = f(\frac{1}{M})$ عبارة عن مستقيم عبارته من الشكل : $v^2 = a \frac{1}{M}$ حيث K_c ثابت يمكن حسابه ، و بالتالي يمكن كتابة العبارة $Mv^2 = a$ ، و هي نفس النتيجة المتحصل عليها في السؤال السابق .

9- العبارة الحرفية للتحويل الطاقوي و كذا الطاقة الحركية :

- بما أن التحويل الميكانيكي W_m بين النابض و العربة ثابت ، و من الجدول المقدار Mv^2 ثابت و كل من التحويل الميكانيكي و العبارة متعلق بالسرعة ، ليس بالضرورة يكون التحويل الميكانيكي مساوي للعبارة Mv^2 لكن يكونان متناسبان أي : $W_m = K_C Mv^2$ حيث K_C هو ثابت التناسب .

- بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة بين الموضع A و موضع كيفي M نعتبر عندها الطاقة الحركية عنده هي E_C .

$E_A + E_{مكتسبة} - E_{مقدمة} = E_M$

$E_{CA} + W_m = E_{CM}$

$W_m = E_C$

$E_C = W_m \rightarrow E_C = K_C Mv^2$

نتيجة :

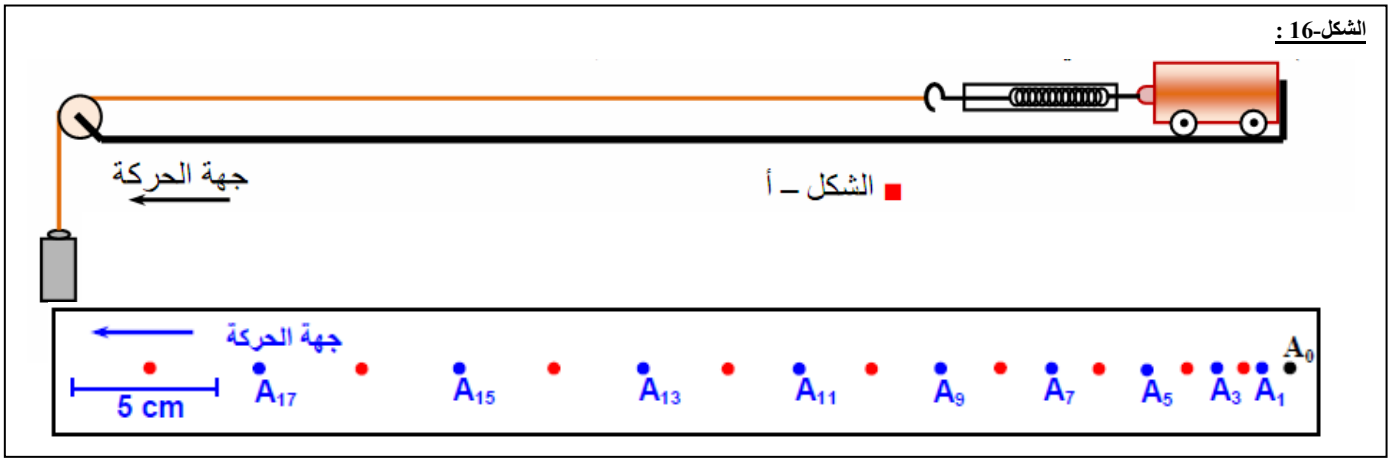
تتعلق الطاقة الحركية لجسم متحرك بسرعته و كتلته ، كما أنها تتناسب طرديا مع المقدار Mv^2 ، و تكون عبارتها من الشكل : $E_C = K_C\ Mv^2$ حيث : K_c قيمة ثابتة تمثل معامل التناسب .

نشاط-2 :

لتحديد الثابت K_c نقوم بالتجربة التالية :

يجر جسم عربة كتلتها M = 0.60 Kg بواسطة خيط عديم الامتطاط مرتبط بربيعة تطبق قوة ثابتة على العربة (قوة ثقل الجسم المعلق) ، فتسحب العربة على مستوى أفقي (الشكل16-أ) .
ندرس حركة العربة باستعمال التصوير المتعاقب ، فنحصل على التسجيل الممثل في (الشكل-ب) حيث المجال الزمني الفاصل بين تسجيلين متتاليين هو $\tau = 0.04$ s .

الشكل-16 :

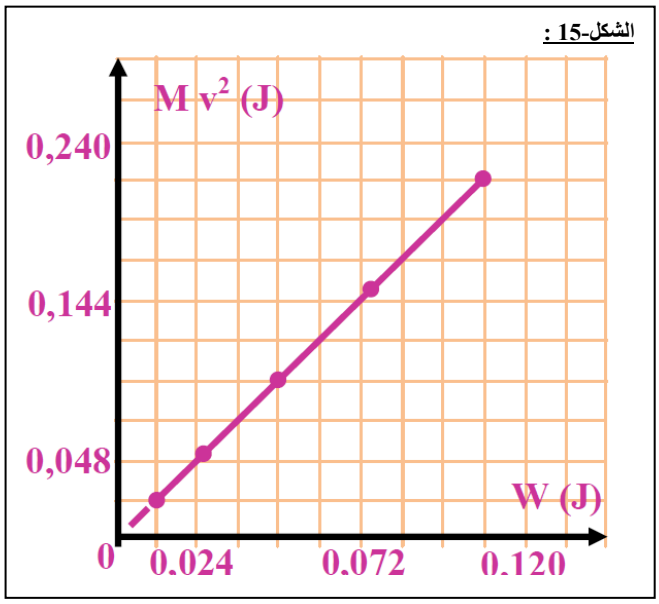


- نحسب سرعة العربة في المواضع A_2 ، A_4 ، A_6 ، .....، و بحساب المسافات d_i الموافقة لانتقالات العربة من نقطة الانطلاق A_0 إلى الموضع A_i المعتبر ، نحسب عمل القوة الموافق لكل الانتقالات المذكورة علما أن الربيعة تشير إلى القيمة 0.67 N خلال حركة العربة و اعتمادا على ذلك نحصل على النتائج المدونة في الجدول التالي :

الموضع	v(m/s)	d(m)	Mv^2 (J)	W = Fd (J)
2	0.2	0.018	0.024	0.0120
4	0.3	0.038	0.054	0.0254
6	0.4	0.070	0.096	0.0470
8	0.5	0.110	0.150	0.0737
10	0.6	0.153	0.216	0.1025

1- أرسم المنحنى الممثل لتغيرات المقدار Mv^2 بدلالة W . ماذا تلاحظ .
2- أحسب ميل المنحنى .
3- استنتج قيمة الثابت K_c و كذلك العبارة النهائية للطاقة الحركية .

الشكل-15 :



تحليل النشاط :

1- البيان $Mv^2 = f(W)$:

الملاحظة :

البيان $Mv^2 = f(W)$ عبارة عن مستقيم يمر من المبدأ معادلته من الشكل $Mv^2 = a\,W$ ، نستنتج من ذلك أن المقدار Mv^2 يتناسب طرديا مع العمل

2- حساب ميل المنحنى :

من البيان :

$$a = \frac{0.096 - 0}{0.048 - 0} = 2$$

3- قيمة K_C :

من جهة (البيان) لدينا :

$$Mv^2 = 2\,W \rightarrow Mv^2 = 2\,E_C$$

و من جهة أخرى (مما سبق في النشاط-1) لدينا :

$$E_C = K_C\,Mv^2 \rightarrow Mv^2 = \frac{1}{K_C}E_C$$

بالمطابقة نجد :

$$\frac{1}{K_C} = 2 \rightarrow K_C = \frac{1}{2}$$

نتيجة :

- عندما ينسحب جسم ذو كتلة M بسرعة v فإن طاقته الحركية Ec مقدرة بالجول عند كل لحظة تعطى بالعبارة التالية :

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

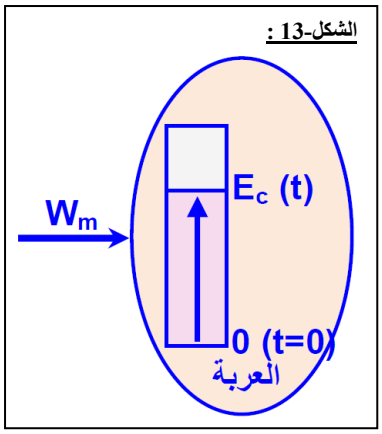
ملاحظة-1 :

الطاقة الحركية لجملة تتكون من عدة أجسام (S_1) ، (S_2) ..... مساوية لمجموع الطاقات الحركية لهذه الأجسام أي :

$$E_C = E_C(S_1) + E_C(S_2) + ...$$

ملاحظة-2:

الشكل-13 :



إذا كانت طاقة الجملة الابتدائية هي E_1 و حدث تغير في طاقتها بسبيل ميكانيكي W (مجموع عمل القوى الخارجية)

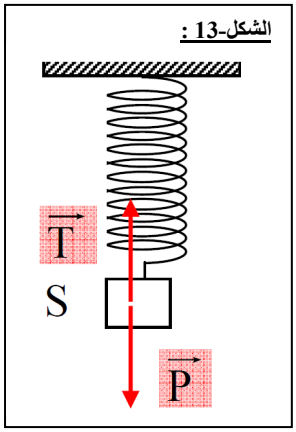
لتصبح طاقة الجملة E_2 يمكن كتابة معادلة انحفاظ الطاقة كما يلي :

$$E_1 + W_m = E_2$$

و حيث أن : $W_m = \sum W(\vec{F}_{ext})$ يمكن كتابة معادلة انحفاظ الطاقة في الجملة الميكانيكية كما يلي :

$$E_1 + \sum W(\vec{F}_{ext}) = E_2$$

الشكل-13 :



ملاحظة-3: (تذكير مفهوم القوى الداخلية و الخارجية)

في جملة ميكانيكية تكون القوة داخلية إذا كان الجسمين المؤثر و المتاثر بهذه القوة ينتميان إلى هذه الجملة ، و تكون قوة خارجية إذا كان أحد هذين الجسمين (المؤثر و المتأثر) ينتمي إلى الجملة الميكانيكية و الآخر خارجها أو كلاهما خارج الجملة الميكانيكية المعتبرة .

مثال :

في الشكل المقابل يخضع الجسم (S) إلى تأثير قوتين الأولى قوة الثقل $(\vec{P})$ الناتجة عن تأثير (جذب) الأرض للجسم (S) و الثانية قوة توتر النابض $(\vec{T})$ الناتجة عن تأثير النابض على الجسم (S) ، يمكن للقوتين المذكورتين أن تكون داخلية أو خارجية و ذلك حسب الجملة المختارة كما يبينه الجدول التالي :

الجملة	قوة الثقل $\vec{P}$	قوة التوتر $\vec{T}$
(جسم)	خارجية	خارجية
(نابض)	خارجية	خارجية
(أرض)	خارجية	خارجية
(جسم + أرض)	داخلية	خارجية
(جسم + نابض)	خارجية	داخلية
(جسم + نابض + أرض)	داخلية	داخلية

سلسلة دروس و تمارين في مادة العلوم الفيزيائية- ثانية ثانوي

03 عرض نظري مفصل

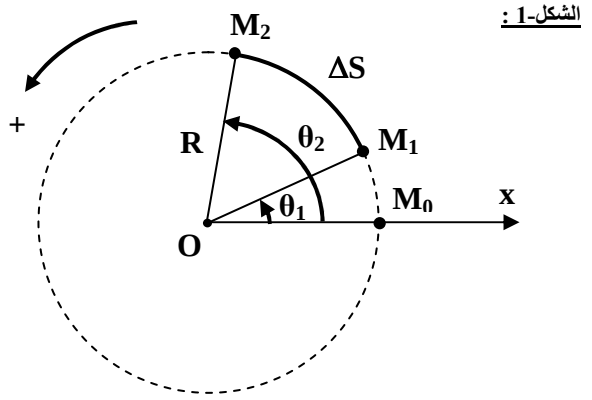
الميكانيك و الطاقة

العمل و الطاقة الحركية الدورانية

الشعب : علوم تجريبية
رياضيات ، تقني رياضي

1- الفاصلة الزاوية و السرعة الزاوية (تعاريف) :

الشكل-1 :



- نعتبر جسم نقطي (أبعاده مهملة) ينتقل على مسار دائري نصف قطره R و مركزه O مارًا بالمواضع M_1 ، M_2 ، ..... عند اللحظات t_1 ، t_2 ، ..... (الشكل-1)
- الفاصلة المنحنية التي نرمز لها بـ s و تقدر بالمتر (m) هي المسافة المنحنية (على المحيط) بين الموضع M_i و موضع M_0 نعتبره مبدأ للفواصل المنحنية .
- الفاصلة الزاوية التي نرمز لها بـ θ و تقدر بالراديان (rad) هي الزاوية التي يصنعها نصف القطر (OM_i) المار من الموضع M_i مع نصف القطر (OM_0) المار من O و الذي يعتبر مبدأ للفواصل الزاوية .
- يعبر عن الفاصلة الزاوية θ بدلالة الفاصلة المنحنية s بالعلاقة :

$$\theta = \frac{s}{R} \leftrightarrow s = R\,\theta$$

- السرعة الخطية المتوسطة التي نرمز لها بـ v_m و وحدتها المتر/الثانية (m/s) بين لحظتين t_1 ، t_2 هي حاصل قسمة المسافة الخطية المقطوعة بين هاتين اللحظتين على المدة الزمنية Δt الموافقة أي :

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$

- السرعة الزاوية المتوسطة التي نرمز لها بـ ω_m و وحدتها الراديان/الثانية (rad/s) بين لحظتين t_1 ، t_2 هي حاصل قسمة الزاوية الممسوحة بين هاتين اللحظتين على المدة الزمنية Δt الموافقة أي :

$$\omega_m = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1}$$

- السرعة الخطية اللحظية التي يرمز لها بـ v و وحدتها المتر/الثانية (m/s) هي سرعة المتحرك الخطية عند لحظة ما .
- السرعة الزاوية اللحظية التي يرمز لها بـ ω و وحدتها الراديان/الثانية (rad/s) هي السرعة الزاوية للمتحرك عند لحظة ما .
- يعبر عن السرعة الزاوية اللحظية ω بدلالة السرعة الخطية اللحظية v بالعلاقة :

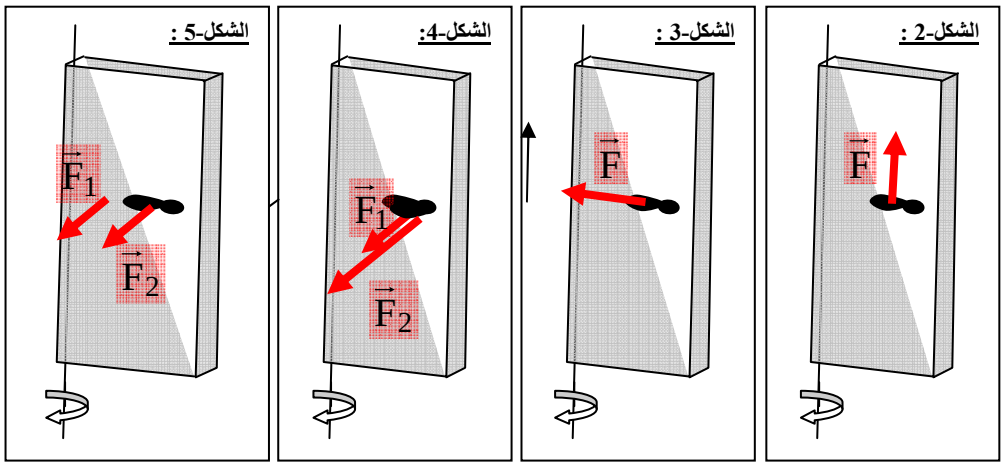
$$\omega = \frac{v}{R} \leftrightarrow v = R\,\omega$$

2- عزم قوة بالنسبة لمحور دوران ثابت :

أ- مفهوم العزم :

نشاط :

نعلم أن الأبواب تدور حول محور ثابت نعتبره Δ يمر من مفاصلها .



1- أمسك بابا من مقبضه و طبق عليه قوة $\vec{F}$ نحو الأعلى بحيث يكون حامل هذه القوة موازيا لمحور دوران الباب (الشكل-2) . هل يدور الباب ؟

2- غير الآن اتجاه القوة $\vec{F}$ بحيث يقطع حاملها محور دوران هذا الباب (أي موازية للباب) (الشكل-3) . هل يدور الباب في هذه الحالة .

3- في رأيك كيف يجب أن تكون عليه القوة $\vec{F}$ حتى يكون لها فعل على دوران الباب (فتحه أو غلقه) .

4- أمسك الباب مرة ثانية من مقبضه و طبق عليه قوة $\vec{F}$ ذات شدات مختلفة و تكون عمودية على الباب (الشكل-4) . ماذا يمكن قوله عن سهولة دوران الباب ؟

5- طبق في نفس الظروف على الباب من مقبضه بقوة عمودية على مستوى الباب ثم بقوة أخرى عمودية على الباب و مساوية للقوة الأولى في الشدة و مارة من نقطة قريبة من محور الدوران (الشكل-5) . ماذا يمكن قوله عن سهولة دوران الباب ؟

6- إذا قلنا أن للقوة عزم أكبر عندما يكون لهذه القوة أثر أكبر على دوران الباب . بماذا يتعلق هذا العزم ؟

تحليل النشاط :

1- عندما نمسك بابا من مقبضه و نطبق عليه قوة نحو الأعلى بحيث يكون حامل القوة موازيا لمحور دوران الباب ، الباب لا يدور .

2- عندما نغير اتجاه القوة بحيث يقطع حاملها محور دوران هذا الباب ، الباب كذلك لا يدور .
3- حتى يكون للقوة فعل على دوران الباب (فتحه أو غلقه) يجب التأثير عليه بقوة حاملها لا يوازي محور الدوران و لا يمر منه .
4- عندما نمسك الباب و نطبق على مقبضه قوة $\vec{F}$ ذات شدات مختلفة بحيث لا يقطع حامل هذه القوة محور دوران الباب و لا تكون موازية له (الشكل-6) ، يكون دوران الباب أسهل كلما كانت شدة القوة أكبر .
5- عندما نطبق قوة عمودية على مستوى الباب مرة على مقبضه و مرة في نقطة قريبة من محور دورانه ، نلاحظ أن دوران الباب يكون أسهل عندما تكون القوة مارة من مقبض الباب و عمودية على مستواه ، نستنتج من ذلك أن دوران الباب يكون أسهل كلما كانت نقطة تأثير القوة أبعد عن محور الدوران .
6- إذا قلنا أن للقوة عزم عندما يكون لهذه القوة أثر أكبر على دوران الجسم ، يتعلق هذا العزم إذن بشدة هذه القوة و بعد نقطة تأثيرها عن محور دوران هذا الجسم .

نتيجة :

- حتى يكون لقوة مطبقة على جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت Δ أثر دوراني على حركته يجب أن لا تكون هذه القوة موازية لمحور الدوران و لا مارة منه .
- يتعلق عزم قوة بالنسبة لمحور الدوران بشدة هذه القوة و بعد نقطة تأثيرها عن محور الدوران .

تعريف :

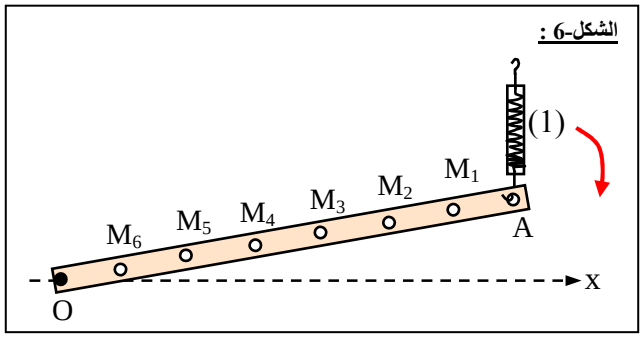
عزم القوة $\vec{F}$ بالنسبة لمحور دوران Δ و الذي يرمز له بـ $M_{/\Delta}(\vec{F})$ و وحدته النيوتن في المتر $(N.m)$ هو مقدار جبري يعبر عن شدة الفعل الدوراني لجسم ، حيث كلما كان مقدار العزم أكبر كان أثر الفعل الدوراني أكبر .

ب- عبارة عزم قوة بالنسبة لمحور Δ :

نشاط :

نحقق التركيب الموضح (الشكل-6) و المتكون من ساق خشبية قابلة للدوران حول النقطة O بها ثقوب و مهملة الكتلة معلقة من النقطة B بواسطة نابض (1) .

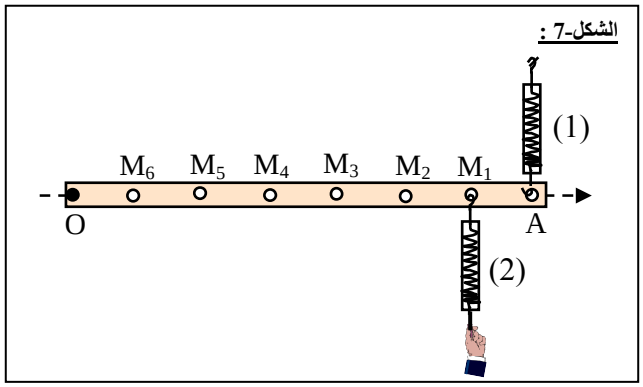
الشكل-6 :



الجزء (أ) :

نعلق ربيعة ثانية في النقطة M_1 ثم نسحب باليد حتى تصبح الساق منطبقة مع المحور الأفقي (ox) الذي نختاره وضعا مرجعيا (الشكل -7) . تصبحان الربيعتان في هذه الحالة شاقوليتان .

الشكل-7 :



نسجل قيمة القوة المطبقة التي تشير إليها كل من الربيعتين F_2 , F_1 ، ثم نعيد التجربة بتعليق الربيعة الثانية في المواضع M_2 ، M_3، M_4 ... و نسجل في كل مرة شدة القوة F_{2i} التي من أجلها تكون الساق أفقية . الجدول التالي يبين النتائج المتحصل عليها .

$F_1(N)$	$OA(m)$	$F_1.OA(Nm)$
5	0,5	**2,500**

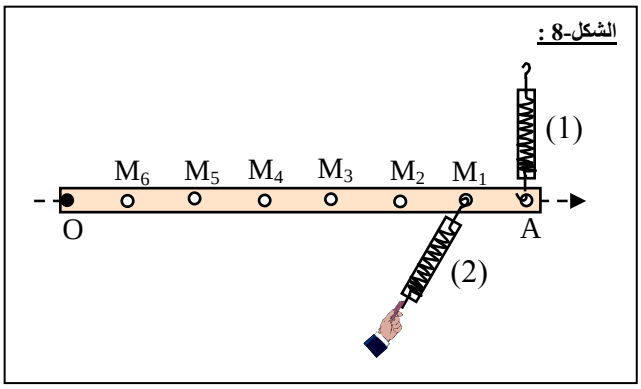
$F_{2i}(N)$	$OM_i(m)$	$F_{2i}.OM_i(Nm)$
6,25	0,4	**2,500**
8,33	0,3	**2,499**
12,5	0,2	**2,500**

1- قارن قيم جداء شدة القوة F_{2i} المطبقة من طرف الربيعة الثانية على المسطرة في البعد OM_i ، ماذا تلاحظ ؟
2- قارن هذه القيمة مع الجداء ($F_1.OA$) المتعلق بالربيعة الأولى .
3- ما هو أثر القوة المطبقة من طرف الربيعة الأول على المسطرة ؟
4- ما هو أثر القوة المطبقة من طرف الربيعة الثانية على المسطرة ؟
5- ماذا تستنتج ؟

الجزء (ب) :

نميل الربيعة الثانية بحيث يصنع منحاها زاوية ($\alpha = 30^0$) مع المسطرة ثم نسحبها حتى ترجع المسطرة إلى الوضع الأفقي المحدد (الشكل -8).

الشكل-8 :



1- ما هي شدة القوة التي تطبقها الربيعة الثانية في هذه الحالة ؟
2- أحسب الجداء ($F_2.OM_1$) و قارنه مع ($F_1.OA$). ماذا تلاحظ ؟
3- أرسم القوة المطبقة من طرف الربيعة (2) ثم حللها إلى مركبتين (أفقية و شاقولية). بماذا تتميز كل مركبة ؟
4- أي المركبتان لها أثر تدويري؟ قارن قيمتها مع القيمة F_2 في الحالة السابقة.
5- أحسب الجداء ($F_2.d$) حيث $d = OH$ و H هو المسقط العمودي للنقطة O على حامل القوة F_2 (الشكل-13) ، ماذا تلاحظ ؟ و ماذا تستنتج ؟

تحليل النشاط :

1- نلاحظ أن الجداء ($F_{2i}.OM_i$) يبقى تقريبا ثابتا في جميع الحالات .
2- الجداء ($F_{2i}.OM_i$) يساوي الجداء ($F_1.OA$).

3- الربيعة (1) تدير المسطرة في الاتجاه المعاكس للاتجاه الموجب.
4- الربيعة (2) تدير المسطرة في نفس الاتجاه الموجب
5- نستنتج أن المجموع الجبري لعزوم القوى المطبقة على المسطرة معدوم عند التوازن.

الجزء (ب) :

1- نلاحظ أن شدة القوة التي تطبقها الربيعة (2) في هذه الحالة تتضاعف ، حيث تصبح قيمتها $F_2 = 12.5\ N$.

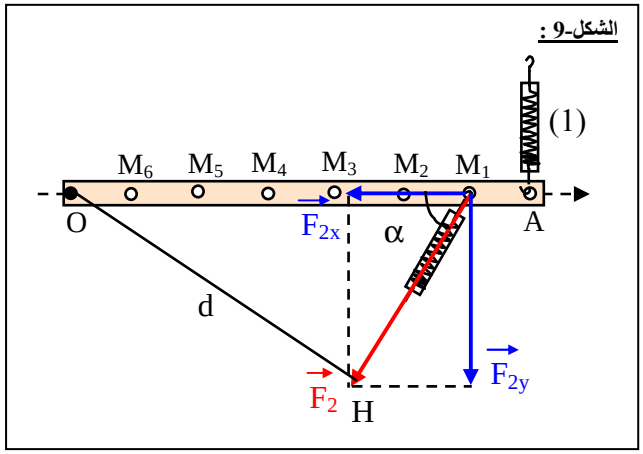
2- حساب الجداء $(F_2.OM_1)$ و مقارنته مع الجداء $(F_1.OA)$:

$$F_2.OM_1 = 12{,}5 \times 0{,}4 = 5Nm$$

نلاحظ ان الجداء $(F_2.OM_1) < (F_1.OA)$ بخلاف ما كان عليه سابقا.

3- تحليل القوة المطبقة من طرف الربيعة (2):

الشكل-9 :



4- المركبة F_{2x} ليس لها أثر دوراني لأن حاملها يمر من محور الدوران ، بينما المركبة F_{2y} لها أثر دوراني على المسطرة ، كما نلاحظ أن : شدة مركبة القوة $\vec{F}_2$ على المحور oy هي نفسها قيمة F_2 في الحالة السابقة (قبل ميلان الربيعة) .

5- حساب الجداء $(F_2.d)$:

$$d = OM_1 \sin\alpha = 0.4 \,.\, 0.5 = 0.2\ m$$
$$F_2.\ d = 12.5 \,.\, 0.2 = 2.5\ N.m$$

نلاحظ أن : $F_2.d = F_1.OM_1$

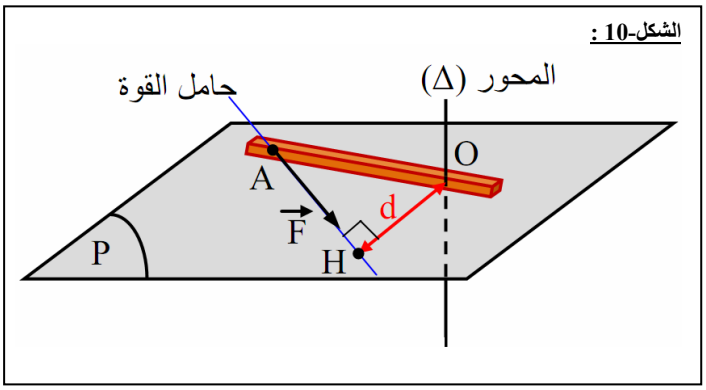
و بأخذ شرط التوازن المذكور في النشاط السابق بعين الاعتبار يمكن أن نستنتج أن عبارة عزم القوة الذي تدير المسطرة يعبر عنه بالعلاقة : F.d حيث d هو البعد العمودي بين حامل القوة و محور الدوران .

نتيجة:

- عزم القوة $\vec{F}$ بالنسبة لمحور دوران Δ و الذي يرمز له بـ $M_{/\Delta}(\vec{F})$ و وحدته النيوتن في المتر $(N.m)$ هو مقدار جبري يعبر عن شدة الفعل الدوراني لجسم ، حيث كلما كان مقدار العزم أكبر كان أثر الفعل الدوراني أكبر .

- يحسب عزم قوة $\vec{F}$ بالنسبة لمحور دوران Δ ، بجداء شدة هذه القوة في الذراع d الذي يمثل البعد العمودي بين حامل هذه القوة و محور الدوران Δ (الشكل-10) .

الشكل-10 :



- بعد اختيار اتجاه موجب للدوران يكون عزم القوة موجبا إذا كانت القوة $\vec{F}$ تدير الجسم في الإتجاه الموجب و نكتب في هذه الحالة :

$$M_{/\Delta}(\vec{F}) = +F.d$$

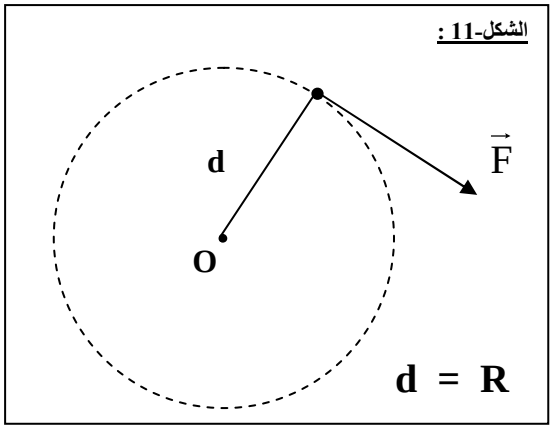
و يكون سالبا إذا كانت القوة $\vec{F}$ تدير الجسم في الاتجاه السالب و نكتب في هذه الحالة :

$$M_{/\Delta}(\vec{F}) = -F.d$$

حالة خاصة :

إذا كانت القوة مماسية للمسار يكون الذراع d مساوي لنصف القطر R (d = R) (الشكل-11) .

الشكل-11 :



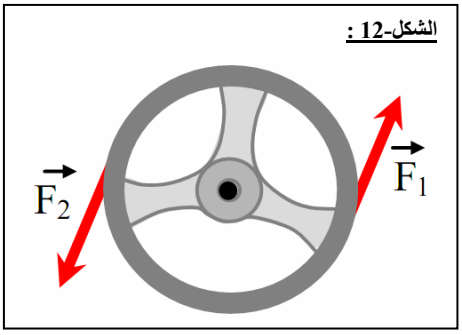
ملاحظة :

عندما يخضع جسم قابل للدوران حول محور ثابت إلى قوتين متعاكستين (وفق جهة الدوران) فإن الجسم لا يتحرك في جهة الشدة الأكبر و إنما يتحرك في جهة القوة ذات العزم الأكبر ، و بالمثل إذا كان الجسم يخضع إلى عدة قوى (منها في الجهة الموجبة و الآخر في الجهة السالبة) فالجسم يتحرك في الجهة التي يكون فيها مجموع العزوم أكبر .

جـ- عزم المزدوجة :

- تدعى جملة قوتين $(\vec{F_1}, \vec{F_2})$ محصلتهما معدومة و ليس لهما نفس الحامل **بالمزدوجة** ، كمثال على ذلك نذكر المزدوجة التي تؤثر بها يدي السائق على مقود السيارة (الشكل-12) :

الشكل-12 :



- يرجع حساب عزم مزدوجة قوتين $(\vec{F_1}$ ، $\vec{F_2})$ تؤثر على جسم صلب يدور حول محور Δ إلى حساب المجموع الجبري لـعزمي القوتين أي إذا رمزنا لعزم المزدوجة بـ M نكتب :

$$M = M_{/\Delta}(\vec{F_1}) + M_{/\Delta}(\vec{F_2})$$
$$M = F_1 . R + F_2 . R$$

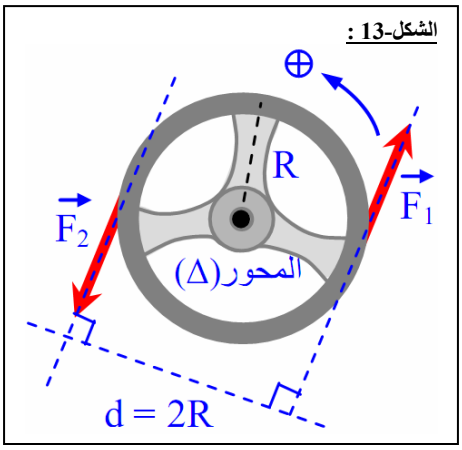
و حيث أن القوتين المشكلتين للمزدوجة متساويتين في الشدة أي $F_1 = F_2$ يصبح :

$$M = F . R + F . R = 2 R F$$

يمثل 2R قطر المسار و نعتبره مساوي لـ d أي d = 2R حيث d يسمى في هذه الحالة ذراع المزوجة و منه تكون عبارة عزم المزدوجة كما يلي :

$$M = \pm Fd$$

الشكل-13 :



ملاحظة :

من خلال عبارة المزدوجة المتحصل عليها نلاحظ أن عزم المزدوجة لا يتعلق بموضع بمحور الدوران ، و إنما يتعلق فقط بالبعد بين حاملي القوتين المشكلتين للمزدوجة ، و بالتالي عندما نتكلم عن عزم المزدوجة لا داعي لذكر محور الدوران خلافا عن عزم القوة التي يجب دائما ذكر المحور الذي يحسب بالنسبة إليه العزم .

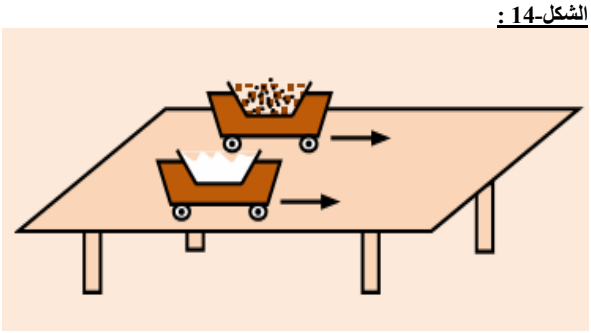
3- عزم عطالة جسم صلب بالنسبة لمحور ثابت :

أ- مفهوم عطالة الأجسام الصلبة :

نشاط-1 :

1- خذ عربتين متماثلتين وضع عليهما إنائين متماثلين فارغين ثم إملأ أحد الإنائين بالرمل و الآخر بالصوف (الشكل-14) .

الشكل-14 :



ادفع بيدك العربة الأولى ثم أدفع بنفس الكيفية العربة الثانية (أي بتطبيق قوة مماثلة للحالة الأولى) .

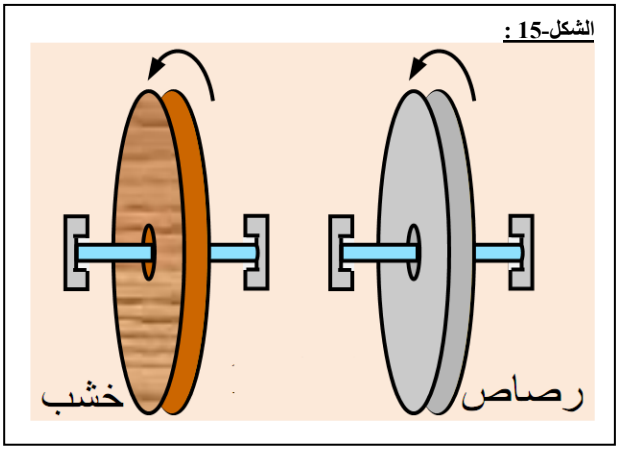
أ- ما هي العربة التي أحسست أنها " تسارعت " حركتها أكثر عند الإقلاع ؟

ب- ما هي العربة التي أحسست أنها تقاوم أكثر التغير في السرعة ؟ هل هي العربة الثقيلة أم الخفيفة ؟

2- خذ قرصين متماثلين (نفس القطر و نفس السمك) واحدا من خشب و الآخر من رصاص مثلا (الشكل-15) .

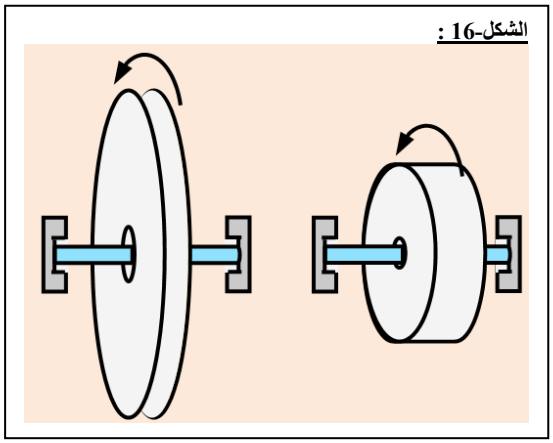
اجعل كل قرص يدور حول محور أفقي يمر من مركزه ثم طبق على حافة كل قرص و بنفس الكيفية قوة لها نفس القيمة تجعلهما يدوران حول هذين المحورين .

الشكل-15 :



أ- أي قرص يبدي مقاومة أكبر للأثر الدوراني لهذه القوة .
ب- في رأيك بماذا تتعلق هذه المقاومة للأثر الدوراني ؟
3- خذ كمية من الجبس ، امزجه بالماء ثم اقسمه إلى نصفين متساويين ، اصنع بهما قرصين أحدهما قطره R و الآخر قطره 2R تقريبا (الشكل-16) .

الشكل-16 :



طبق على حافة كل قرص و بنفس الكيفية قوة لها نفس القيمة تجعلهما يدوران حول محوريهما .
أ- أي قرص يبدي مقاومة أكبر للأثر الدوراني للقوة المطبقة عليه ؟
ب- في رأيك بماذا تتعلق هذه المقاومة للأثر الدوراني ؟

تحليل النشاط :

نشاط-1 :

1- أ- العربة التي تسارعت حركتها أكثر عند الإقلاع هي العربة المعبأة بالصوف .
ب- العربة التي تقاوم أكثر التغير في السرعة هي العربة الثقيلة المعبأة بالرمل .
2- أ- القرص الذي يبدي مقاومة أكبر للأثر الدوراني لهذه القوة هو قرص الرصاص .
ب- تتعلق المقاومة التي يبديها كل قرص تجاه محاولة تدويره بمادة القرص أي بالكتلة الحجمية لمادته ، و بما أن للقرصين نفس الأبعاد (نفس الشكل و نفس الحجم) فإن مقاومة الأثر الدوراني للقوة المطبقة على القرص تتعلق بكتلة القرص .
3- أ- القرص الذي يبدي مقاومة أكبر للأثر الدوراني للقوة المطبقة عليه هو القرص الذي نصف قطره 2R أي القرص ذو نصف القطر الأكبر
ب- تتعلق المقاومة التي يبديها كل قرص للأثر الدوراني بشكل القرص .

نتيجة :

تبدي الأجسام الصلبة المتحركة حول محور Δ مقاومة للأثر الدوراني ندعوها العطالة الدورانية ، تتعلق هذه العطالة في الأجسام الصلبة بكتلة و شكل الجسم .

- تقاس العطالة الدورانية لجسم صلب يتحرك بالنسبة لمحور Δ ثابت بمقدار فيزيائي يدعى **عزم عطالة الجسم بالنسبة لمحور الدوران Δ** .

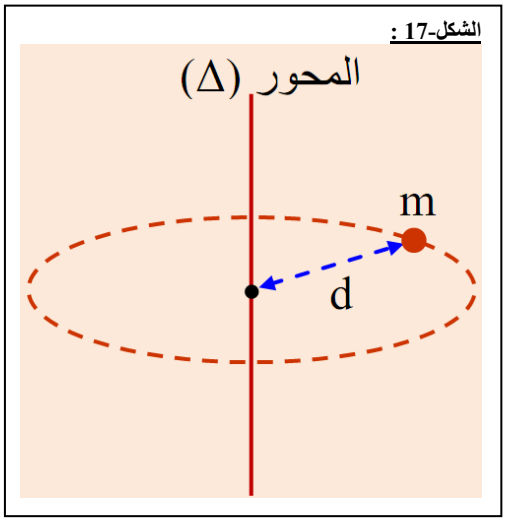
تعريف :

- يعرف عزم العطالة $J_{/\Delta}$ بالنسبة لمحور Δ لجسم نقطي m و يبعد مسافة d عن هذا المحور بالعبارة التالية :

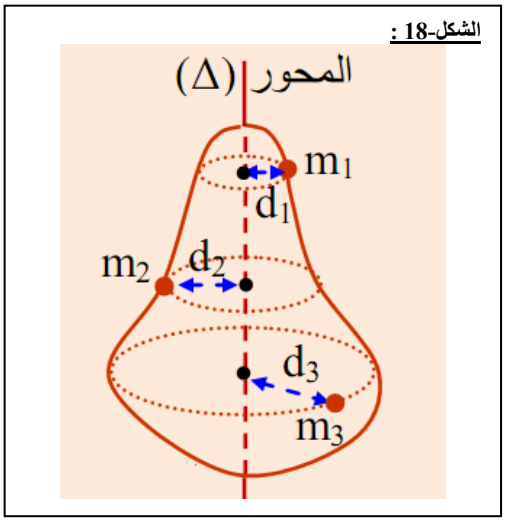
$$J_{/\Delta} = m\, d^2$$

- وحدة عزم العطالة في النظام الدولي هي $kg\ m^2$.

الشكل-17 :



الشكل-18 :



- يحسب عزم عطالة جملة نقاط مادية كتلة كل نقطة m_1 ، m_2 ، m_3 ..... تبعد كل منها عن محور الدوران على التوالي مسافة d_1 ، d_2 ، d_3 ..... (الشكلين-11، 12) بمجموع عزوم عطالة كل نقطة بالنسبة لنفس المحور :

$$J_{/\Delta} = \Sigma\, m_i\, d_i^{\,2}$$

مثال :

لحساب عزم عطالة حلقة نصف قطرها R و كتلتها M (الشكل-19) نتبع الخطوات التالية :

- نقسم الحلقة إلى عناصر صغيرة كتلها m_i يمكن اعتبارها نقاطا مادية تبعد كلها نفس المسافة R عن المحور Δ .

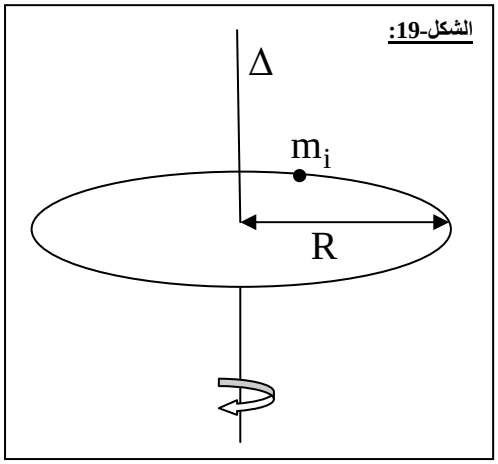
- تعتبر الحلقة جملة نقاط مادية و يحسب عزم عطالتها بالعبارة التالية :

$$J_{/\Delta} = m_1 R^2 + m_2 R^2 + m_3 R^2 + \ldots\ldots$$

$$J_{/\Delta} = \Sigma\, m_i\, R^2 = (\Sigma\, m_i)\, R^2 = MR^2$$

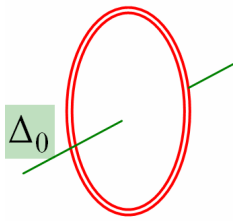
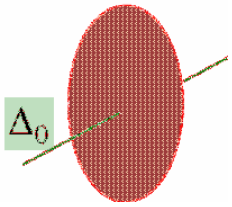
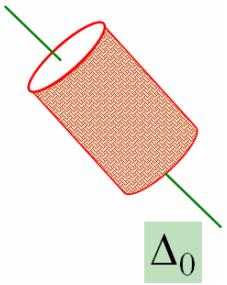
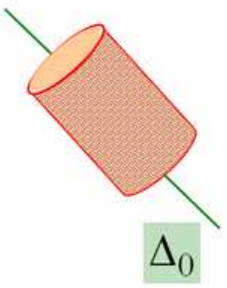
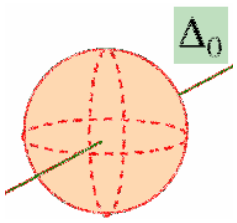
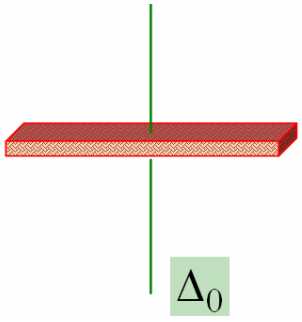
$$J_{/\Delta} = MR^2$$

الشكل-19:



حيث : $\Sigma\, m_i = M$ هي كتلة الحلقة و المساوية لمجموع كتل النقاط المادية المشكلة للحلقة .

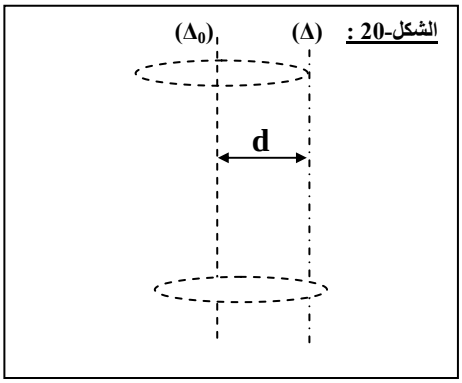
* عزوم عطالة بعض الأجسام الصلبة المتجانسة :

الجسم	عبارة عزم العطالة	الشكل
عزم عطالة حلقة كتلتها M و نصف قطرها R بالنسبة لمحورها Δ_0 المار من مركزها	$j_{/\Delta_0} = M R^2$	
عزم عطالة قرص كتلته M و نصف قطره R بالنسبة لمحوره Δ_0 المار من مركزه	$j_{/\Delta_0} = \frac{1}{2} M R^2$	
عزم عطالة اسطوانة مجوفة كتلتها M و نصف قطرها R بالنسبة لمحورها Δ_0 المار من مركزها	$j_{/\Delta_0} = M R^2$	
عزم عطالة اسطوانة مملوءة كتلتها M و نصف قطرها R بالنسبة لمحورها Δ_0 المار من مركزها و الموازي لها	$j_{/\Delta_0} = \frac{1}{2} M R^2$	
عزم عطالة كرة مملوءة كتلتها M و نصف قطرها R بالنسبة لمحورها Δ_0 المار من مركزها	$j_{/\Delta_0} = \frac{2}{5} M R^2$	
عزم عطالة ساق كتلتها M و طولها L بالنسبة لمحورها Δ_0 المار من منصفها و عمودي عليها	$j_{/\Delta_0} = \frac{1}{12} M L^2$	

ي- نظرية هويجنز :

- لحساب عزم عطالة جسم صلب كتلته m يدور حول محور Δ غير منطبق على محوره Δ_0 (الشكل-20) ، نستعين بنظرية هويجنز .

الشكل-20 :



- تنص نظرية هيوغنز على ما يلي :

" عزم عطالة جسم صلب بالنسبة للمحور Δ غير منطبق على محور الجسم Δ_0 مساوي لعزم عطالة هذا الجسم بالنسبة لمحوره Δ_0 مضاف إليه جداء كتلة هذا الجسم في مربع البعد بين محور الجسم Δ_0 و محور الدوران Δ " أي :

$$J_{/\Delta} = J_{/\Delta 0} + m\, d^2$$

ملاحظة :

- عزم عطالة جملة ميكانيكية تتكون من عدة أجسام صلبة بالنسبة لمحور (Δ) مساوي لمجموع عزوم عطالة هذه الأجسام بالنسبة لنفس المحور Δ .

4- توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت :

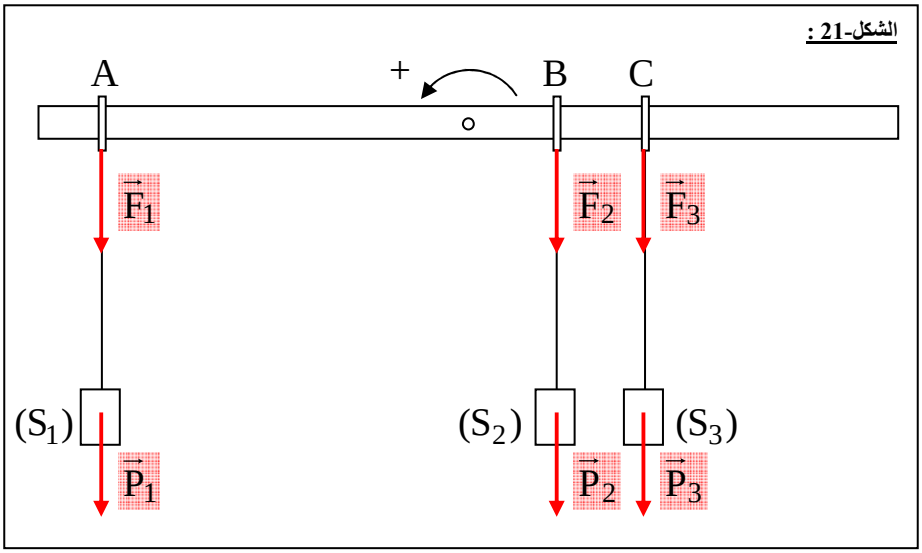
نشاط :

- حسب مبدأ العطالة يتوازن جسم صلب خاضع إلى قوى خارجية إذا كان المجموع الشعاعي لهذه القوى معدوم أي :

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$$

و لمعرفة شرط توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت و خاضع إلى قوى خارجية ، نثبت مسطرة خفيفة من مركزها (o) بمسمار أفقي حيث يمكنها الدوران حوله بحرية (الشكل-21) .

الشكل-21 :



- نعلق بواسطة خيط عديم الامتطاط جسم (S_1) كتلته $m_1 = 50\ g$ في النقطة (A) من المسطرة تبعد بمقدار d_1 عن محور الدوران (o) و بالمثل نعلق جسمين آخرين (S_2) ، (S_3) كتلتهما $m_2 = 200\ g$ ، $m_3 = 100\ g$ في نقطتين (B) و (C) من نفس المسطرة تبعدان عن محور الدوران (o) بالمقدارين d_2 ، d_3 على الترتيب (الشكل) .
- نختار الإتجاه الموجب في الجهة المعاكسة لحركة عقارب الساعة .
- نلاحظ أن المسطرة تكون متوازنة في وضع أفقي من أجل : $d_1 = 16\ cm$ ، $d_2 = 4\ cm$ ، $d_3 = 2\ cm$.
- يعطى : $g = 10\ N/kg$ ، و تهمل كل قوى الاحتكاك .

1- يؤثر كل جسم على المسطرة بقوة $\vec{F} = \vec{P}$. أحسب شدة القوة التي تؤثر بها الأجسام (S_1) ، (S_2) ، (S_3) على المسطرة .

2- أحسب عزم كل قوة من هذه القوى بالنسبة لمحور الدوران Δ المار من (O) . ماذا تستنتج ؟

3- غير مواضع الأجسام في نقاط أخرى حيث تكون المسطرة متوازنة ثم اعد حساب المجموع الجبري لعزوم القوى . ماذا تلاحظ ز

4- استنتج شرط توازن المسطرة .

تحليل النشاط :

1- حساب شدة القوى :

- $F_1 = P_1 = m_1\ g = 0.05\ .\ 10 = 0.5\ N$
- $F_2 = P_2 = m_2\ g = 0.2\ .\ 10 = 2\ N$
- $F_3 = P_3 = m_3\ g = 0.1\ .\ 10 = 1\ N$

2- عزوم القوى :

- $M_{/\Delta}(\vec{F}_1) = +\ F_1\ .\ d_1 = +\ 0.5\ .\ 0.16 = +\ 0.08\ N.m$
- $M_{/\Delta}(\vec{F}_2) = -\ F_2\ .\ d_2 = -\ 2\ .\ 0.02 = -\ 0.04\ N.m$
- $M_{/\Delta}(\vec{F}_3) = -\ F_3\ .\ d_3 = -1\ .\ 0.02 = -\ 0.02\ N.m$

3- نلاحظ ان المجموع الجبري لعزوم القوى $\vec{F}_1$ ، $\vec{F}_2$ ، $\vec{F}_3$ يكون دوما معدوما عندما تكون المسطرة متوازنة .

4- الاستنتاج :

نلاحظ :

$$M_{/\Delta}(\vec{F}_1) + M_{/\Delta}(\vec{F}_2) + M_{/\Delta}(\vec{F}_3) = 0$$

و هو شرط توازن المسطرة .

نتيجة :

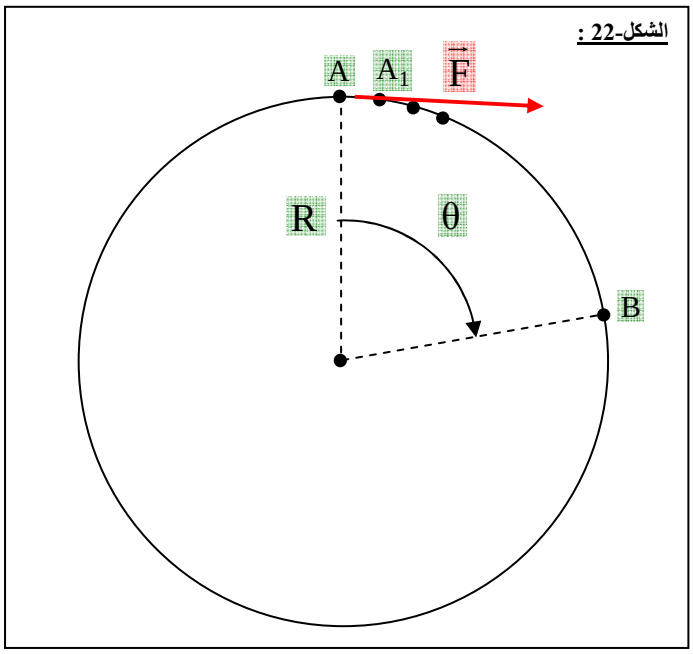
يتوازن جسم صلب قابل للدوران حول محور Δ ثابت و خاضع إلى تأثير قوى خارجية عندما يكون المجموع الجبري لعزوم هذه القوى معدوم أي :

$$\boxed{\sum M_{/\Delta}(\vec{F}_{ext}) = 0}$$

- نذكر أنه حسب مبدأ العطالة يكون الجسم الصلب متوازنا إذا كان المجموع الشعاعي للقوى الخارجية المؤثرة عليه معدوم أي : $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$

5- عمل قوة ثابتة في مسار دائري :

نشاط :



الشكل-22 :

- نعتبر جسم (S) خاضع إلى تأثير قوة $\vec{F}$ ينتقل من موضع (A) نحو موضع (B) على مسار دائري نصف قطره R و أثناء ذلك يقطع مسافة منحنية AB و يمسح زاوية θ حيث : $AB = R\theta$.

- لحساب عمل القوة $\vec{F}$ أثناء الانتقال AB نقسم هذا الانتقال إلى انتقالات عنصرية AA_1 ، AA_2 ، ..... ، A_iB نعتبرها مستقيمة (الشكل-22) .

1- بتطبيق عبارة عمل قوة في حركة مستقيمة أوجد عبارة عمل القوة $\vec{F}$ أثناء الإنتقال العنصري AA_i .

2- استنتج عبارة عمل هذه القوة أثناء الانتقال الكلي AB بدلالة نصف قطر المسار R و الزاوية الممسوحة θ أثناء هذا الانتقال .

3- ماذا يمثل المقدار R في الحلقة ، و كذلك المقدار Rθ ؟

استنتج العبارة النهائية لعمل القوة $\vec{F}$ أثناء الانتقال من الموضع A إلى الموضع B .

تحليل النشاط :

1- عبارة عمل القوة $\vec{F}$ أثناء الإنتقال العنصري AA_i :

القوة $\vec{F}$ ثابتة و باعتبار الانتقال العنصري مستقيما تكون عبارة عمل القوة $\vec{F}$ أثناء هذا الانتقال كما يلي :

$$W_{AA_i}(\vec{F}) = F\,AA_i$$

1- عبارة عمل القوة $\vec{F}$ أثناء الإنتقال الكلي AB :

- عمل القوة $\vec{F}$ أثناء الانتقال AB مساوي لمجموع الانتقالات العنصرية أي :

$$W_{AB}(\vec{F}) = W_{AA_1}(\vec{F}) + W_{AA_2}(\vec{F}) + ... + W_{A_iB}(\vec{F})$$

$$W_{AB}(\vec{F}) = F\,AA_1 + F\,AA_2 + ... + F\,A_iB$$

$$W_{AB}(\vec{F}) = F\,(AA_1 + AA_2 + ... + A_iB)$$

$$W_{AB}(\vec{F}) = F\,AB$$

و حيث أن $AB = R\theta$ كما ذكرنا سابقا يكون :

$$W_{AB}(\vec{F}) = F\,R\,\theta$$

3- المقدار R يمثل ذراع القوة $\vec{F}$ و بالتالي يمثل المقدار (Rθ) عزم القوة بالنسبة لمحور الدوران ، و بالتالي يمكن كتابة العلاقة التالية : $W_{AB}(\vec{F}) = M_{/\Delta}(\vec{F})\,\theta$

نتيجة :

عمل قوة $\vec{F}$ ثابتة أثناء الانتقال على مسار دائري نصف قطره R من موضع A إلى موضع B يعبر عنه بالعلاقة :

$$\boxed{W_{AB}(\vec{F}) = M_{/\Delta}(\vec{F}).\theta}$$

حيث : $M_{/\Delta}$ عزم القوة $\vec{F}$ مقدر بالنيوتن في المتر (N.m) ، θ الزاوية الممسوحة أثناء الانتقال من الموضع A إلى الموضع B و التي تقدر بالراديان (rad) .

ملاحظة :

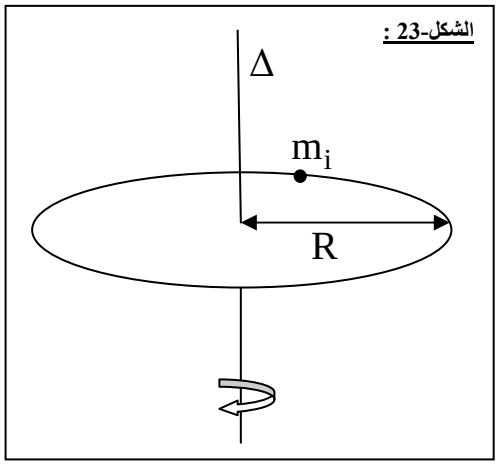
يمكن أيضا تطبيق نفس عبارة العمل السابقة في حالة المزدوجة حيث يعبر عن عمل هذه الأخيرة بالعبارة التالية :

$$W = M\,\theta$$

حيث : W عمل المزدوجة تقدر بالجول (J) ، M عزم المزدوجة تقدر بالنيوتن في المتر (N.m) ، θ الزاوية الممسوحة تقدر بالراديان (rad) .

6- عبارة الطاقة الحركية الدورانية :

نشاط :



الشكل-23 :

- لإيجاد عبارة الطاقة الحركية الدورانية لجسم صلب (S) يدور حول محور (Δ) نبحث عن عبارة الطاقة الحركية الدورانية لحلقة كتلتها M ونصف قطرها R تدور حول محور (Δ) مار من مركزها و عمودي على سطحها بسرعة زاوية ثابتة ω (الشكل-23) . ثم نعمم ذلك على بقية الأجسام .

- الحلقة المذكورة تتكون من نقاط مادية كتلها m_1 ، m_2 ، .... ، m_i تدور كلها حول محور الحلقة Δ بسرعة زاوية ثابتة ω المساوية لسرعة الحلقة الزاوية .

- إذا علمت أن الطاقة الحركية لنقطة مادية كتلتها m تتحرك بسرعة v في مسار كيفي يعبر عنها بالعلاقة التالية : $E_{Ci} = \frac{1}{2} m_i\, v_i^2$ ، أوجد بدلالة السرعة الزاوية ω للحلقة و عزم عطالتها $j_{/\Delta}$ عبارة الطاقة الحركية للحلقة .

تحليل النشاط :

- الطاقة الحركية لكل نقطة مادية يعبر عنها بالعلاقة التالية :

$$E_{Ci} = \frac{1}{2} m_i\, v_i^2$$

- الطاقة الحركية للحلقة مساوية لمجموع الطاقات الحركية لجميع النقاط المادية المشكلة للحلقة و بما أن لكل نقطة مادية من الحلقة كتلتها m_i و سرعتها v طاقة حركية عبارتها $E_{Ci} = \frac{1}{2} m_i\, v_i^2$ يعبر عن الطاقة الحركية للحلقة كما يلي :

$$E_C = \frac{1}{2} m_1\, v_1^2 + \frac{1}{2} m_2\, v_2^2 + ... + \frac{1}{2} m_i\, v_i^2$$

و حيث أن : $v = R\omega$ يكون :

$$E_C = \frac{1}{2} m_1\, R_1^2 \omega_1^2 + \frac{1}{2} m_2\, R_2^2 \omega_2^2 + ... + \frac{1}{2} m_i\, R_i^2 \omega_i^2$$

كما ذكرنا سابقا لكل النقاط المادية نفس السرعة الزاوية ω التي تساوي السرعة الزاوية للحلقة أي :

$\omega_1 = \omega_2 = \ldots\ldots = \omega_i = \omega$

ومنه تصبح عبارة الطاقة الحركية الدورانية كما يلي :

$$E_C = \frac{1}{2} m_1 R_1^2 \omega^2 + \frac{1}{2} m_2 R_2^2 \omega^2 + \ldots\ldots\ldots + \frac{1}{2} m_i R_i^2 \omega^2$$

المقدار $(m_1 R_1^2 + \frac{1}{2} m_2 R_2 + \ldots\ldots\ldots + \frac{1}{2} m_i R_i^2)$ يمثل عزم العطالة $j_{/\Delta}$ للحلقة بالنسبة لمحورها Δ

و بالتالي تكون عبارة الطاقة الحركية الدورانية كما يلي : $E_C = \frac{1}{2} j_\Delta \omega^2$

نتيجة :

الطاقة الحركية الدورانية لجسم صلب يدور حول محور ثابت Δ هو جداء عزم عطالة هذا الجسم بالنسبة لنفس المحور في مربع السرعة الزاوية (السرعة الدورانية) لهذا الجسم :

$$E_C = \frac{1}{2} J_\Delta \omega^2$$

ملاحظة :

- إذا كان للجسم الصلب (S) حركة انسحابية و دورانية في آن واحد كتدحرج كرة على مستوي مائل تساوي الطاقة الحركية لهذا الجسم لمجموع طاقتيه الحركية الانسحابية و الدورانية أي :

$$E_C = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} J_\Delta \omega^2$$

- الطاقة الحركية لجملة تتكون من عدة أجسام (S_1) ، (S_2) ..... مساوية لمجموع الطاقات الحركية لهذه الأجسام أي :

$$E_C = E_C(S_1) + E_C(S_2) + \ldots\ldots\ldots$$

** الأستاذ : فرقاني فارس **
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم
الخروب - قسنطينة
Fares_Fergani@yahoo.Fr
Tel : 0771998109

نرجو إبلاغنا عن طريق البريد الإلكتروني بأي خلل في الدروس أو التمارين و حلولها .
وشكرا مسبقا

لتحميل نسخة من هذه الوثيقة و للمزيد . أدخل موقع الأستاذ ذو العنوان التالي :

www.sites.google.com/site/faresfergani

سلسلة دروس و تمارين في مادة العلوم الفيزيائية- ثانية ثانوي

إعداد الأستاذ : فرقاني فارس

04 عرض نظري مفصل

الميكانيك و الطاقة

الطاقة الكامنة

الشعب : علوم تجريبية
رياضيات ، تقني رياضي

****

www.sites.google.com/site/faresfergani

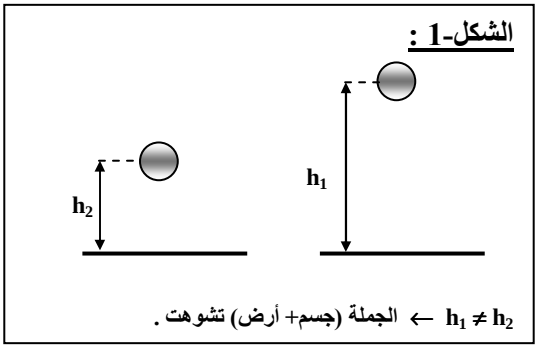
تاريخ آخر تحديث : 2013/03/22

1 – الجملة القابلة للتشوه و الطاقة الكامنة :

- نقول عن جملة أنها قابلة للتشوه ، إذا تغيرت المسافة بين مختلف أجزائها و مختلف النقاط المادية المكونة لها ، و بتشوه الجملة تكتسب هذه الأخيرة طاقة تدعى طاقة كامنة يرمز لها بـ E_P و وحدتها الجول (J) .
- أهم الجمل الميكانيكية القابلة للتشوه و التي ستكون محول الدراسة في برنامجنا هي :

● الجملة (جسم + أر ض) :

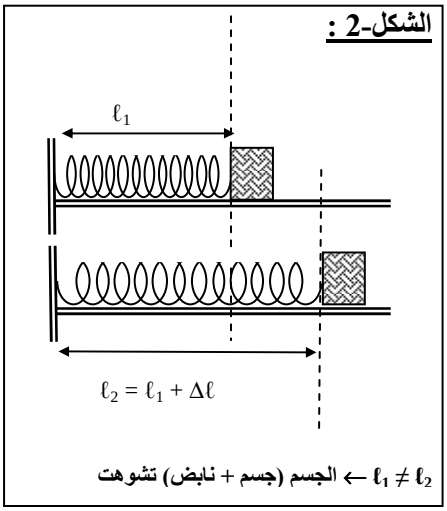
الشكل-1 :



- تتشوه الجملة (جسم + أرض) إذا تغير البعد بين الجسم و الأرض .
- عندما تتشوه الجملة (جسم + أرض) تكتسب طاقة كامنة ثقالية يرمز لها بـ E_{PP} .

● الجملة (جسم + نابض)

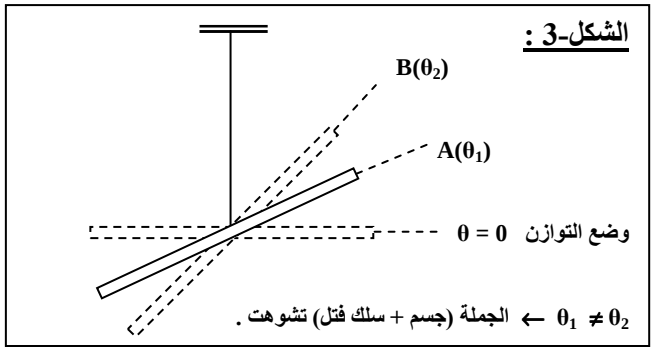
الشكل-2 :



- تتشوه الجملة (جسم + نابض) عندما يتغير طول النابض (استطالة أو انضغاط) .
- عندما تتشوه الجملة (جسم + نابض) تكتسب طاقة كامنة مرونية يرمز لها بـ E_{Pe} .

● الجملة (جسم + سلك فتل)

الشكل-3 :



- تتشوه الجملة (جسم + سلك فتل) عندما يفتل السلك بزاوية معينة θ .
- عندما تتشوه الجملة (جسم + سلك فتل) تكتسب طاقة كامنة فتلية θ يرمز لها بـ E_{Pe} .

ملاحظة :

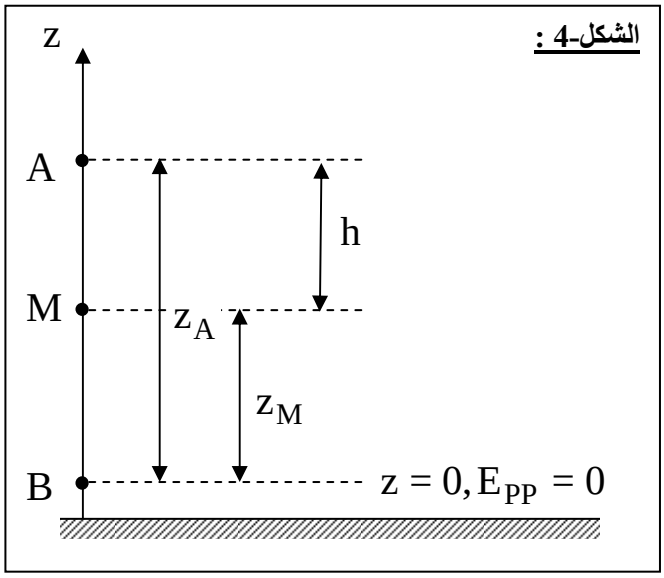
- في الحقيقة الطاقة الكامنة لجملة مادية هي مقدار موجب ، لكننا معها كمقدار جبري ، حيث تقاس بالنسبة لمرجع نعتبر عنده الطاقة الكامنة معدومة . علما أن التغير في الطاقة الكامنة لا يتغير بتغير المرجع .
- بالنسبة للطاقة الكامنة المرونية و الطاقة الكامنة الفتلية عادة نعتبر وضع التوازن مرجعا لحساب الطاقة الكامنة المرونية ($x = 0$) و الطاقة الكامنة الفتلية ($\theta = 0$) .

2 – الطاقة الكامنة الثقالية :

نشاط-1 :

- جسم نقطي (S) كتلته m يسقط حرا (بدون سرعة ابتدائية) ابتداءا من موضع A باتجاه موضع B مرورا بموضع كيفي M (تهمل تأثيرات الهواء على الجسم) .
- نعتبر المستوي الأفقي المار من الموضع B مرجعا لحساب الطاقة الكامنة الثقالية ، و في هذه الحالة نعتبر z_A هو بعد الموضع A عن المستوي المرجعي ، z_M بعد الموضع الكيفي M عن المستوي المرجعي (الشكل-4) .

الشكل-4 :

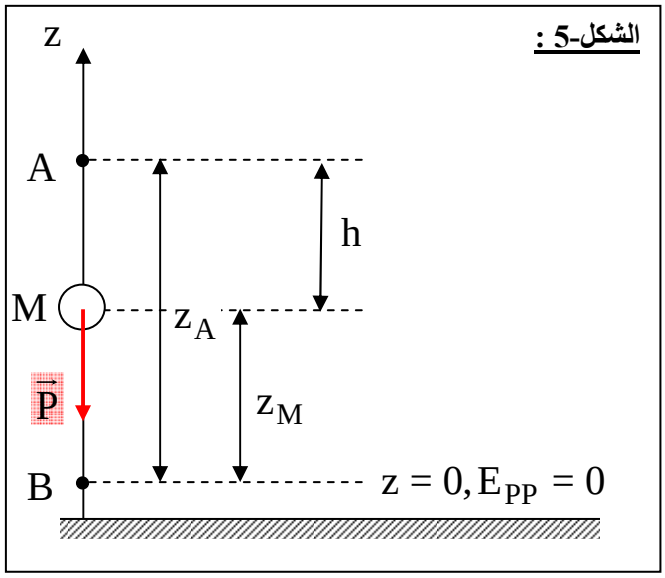


1- بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة و باعتبار الجملة (جسم + أرض) أوجد عند الموضع M عبارة الطاقة الحركية E_{CM} بدلالة E_{PPA} الطاقة الكامنة الثقالية عند الموضع A و E_{PPM} الطاقة الكامنة الثقالية عند الموضع M .
2- بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة على الجملة (جسم) أوجد عند الموضع M عبارة الطاقة الحركية E_C بدلالة z_A ارتفاع الموضع A عن المستوي المرجعي و z_M ارتفاع الموضع M عن المستوي المرجعي .
3- اعتمادا على العبارتين السابقتين استنتج عبارة الطاقة الكامنة الثقالية عند الموضع A و الموضع الكيفي M .

تحليل النشاط :

1- عبارة الطاقة الحركية E_{CM} بدلالة E_{PPA} ، E_{PPM} :

الشكل-5 :



- الجملة المدروسة : (جسم + أرض)
- مرجع الدراسة : سطحي أرضي نعتبره غاليلي .
- لا توجد قوى خارجية .
- بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة على الجملة بين الموضعين A و M :

$E_A + E_{مكتسبة} - E_{مقدمة} = E_M$

$E_{CA} + E_{ppA} = E_{CM} + E_{ppM}$

▪ $E_{CA} = 0$ $(v_A = 0)$

و منه يصبح :

$E_{ppA} = E_{CM} + E_{ppM}$

$E_{CM} = E_{ppA} - E_{ppM}$ ..... (1)

1- عبارة الطاقة الحركية E_{CM} بدلالة z_A ، z_M :

- الجملة المدروسة : (جسم S)
- مرجع الدراسة : سطحي أرضي نعتبره غاليلي .
- القوى الخارجية المؤثرة : الثقل $\vec{P}$.
- بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة على الجملة بين الموضعين A و M :

$E_A + E_{مكتسبة} - E_{مقدمة} = E_M$

▪ $E_{CA} = 0$ $(v_A = 0)$

▪ $W_{A-M}(\vec{P}) = m.g.h = m.g(z_A - z_M) = m.g.z_A - m.g.z_M$

و منه يصبح :

$0 + m.g.z_A - m.g.z_M = E_{CM}$

$E_{CM} = m.g.z_A - m.g.z_M$ ..... (2)

3- عبارة الطاقة الكامنة الثقالية عند الموضع A و الموضع الكيفي M :

مما سبق لدينا :

$E_{CM} = E_{ppA} - E_{ppM}$ ..... (1)

$E_{CM} = m.g.z_A - m.g.z_M$ ..... (2)

بالمطابقة نجد :

$E_{ppA} = m.g.z_A$

$E_{ppM} = m.g.z_B$

نتيجة :

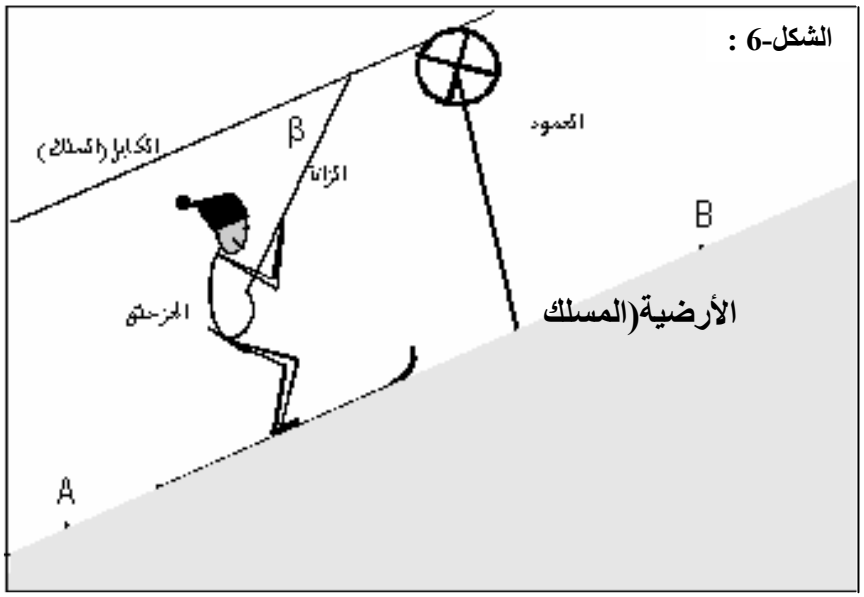
عندما يكون جسم (S) على ارتفاع z من مستوي مرجعي فإن الجملة (جسم S + أرض) تمتلك طاقة كامنة ثقالية يعبر عنها بالعلاقة :

$$E_{pp} = m.g.z$$

نشاط-2 : (هل الطاقة الكامنة الثقالية طاقة مخزنة أم تحويل طاقوي ؟

- مصعد يتحرك بسرعة ثابتة، على جزء مستقيم AB من المسلك (الشكل-6) .
- نريد دراسة التحويلات الطاقوية بين المتزحلق والأجسام المحيطة به وذلك خلال صعود المتزحلق على الطول AB من المسلك.

الشكل-6 :



1- مثل القوى المطبقة على المتزحلق أثناء صعوده ، ثم مثل الحصيلة الطاقوية للجملة (المتزحلق) بين موضعه الإبتدائي و موضع كيفي و أكتب معادلة إنحفاظ الطاقة .

2- في رأيك، هل المتزحلق يستقبل أو يقدّم الطاقة ، أثناء قطعه الجزء AB من المسلك ؟

- في حالة الإجابة بنعم، ما هي الأجسام التي قدّمت له هذه الطاقة (و/أو) ما هي الأجسام التي أخذت الطاقة منه؟

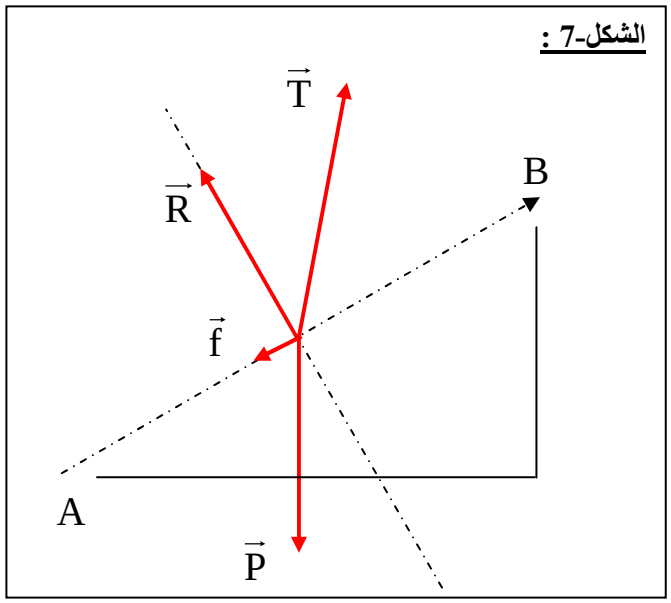
- في حالة الإجابة بلا، لماذا؟

3- هل توجد في رأيك، طاقة مخزّنة من طرف المتزحلق والتي يمكن أن تسترجع عند الهبوط مثلا؟
4- هل توجد في رأيك، طاقة ضائعة من طرف المتزحلق والتي لا يمكن أن يسترجعها؟
تصنف الإجابات على ثلاث: الطاقة المستقبلة، الطاقة المخزنة(التي يمكن استرجاعها)، الطاقة الضائعة(لا يمكن استرجاعها) .

تحليل النشاط :

1- تمثيل القوى :

الشكل-7 :



الحصيلة الطاقوية للجملة (جسم) :

- القوى الخارجية المؤثرة على الجملة :

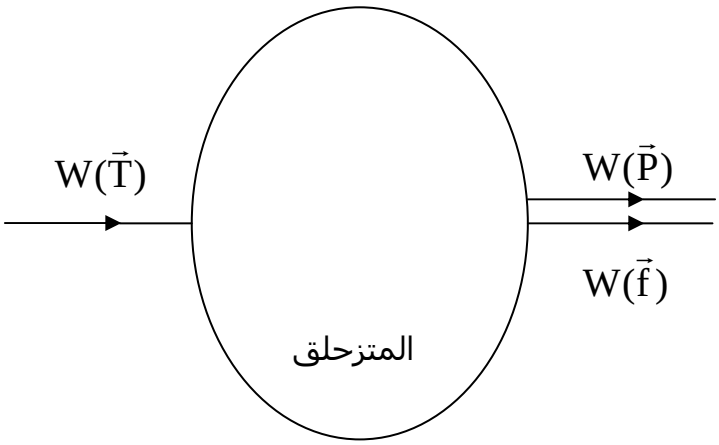
▪ قوة توتر الخيط $\vec{T}$ ← جهتها في جهة الحركة ← $W_{A-B}(\vec{T}) > 0$. أي عملها طاقة مكتسبة .

▪ قوة الثقل $\vec{P}$ ← جهتها معاكسة لجهة الحركة ← $W_{A-B}(\vec{P}) < 0$. أي عملها طاقة مقدمة .

▪ قوة الاحتكاك $\vec{f}$ ← جهتها معاكسة لجهة الحركة ← $W_{A-B}(\vec{f}) < 0$. أي عملها طاقة مقدمة .

- أشكال الطاقة : حركية ثابتة أثناء الإنتقال من A إلى B لأن سرعة المتزحلق ثابتة أثناء هذا الانتقال .

و عليه تكون الحصيلة الطاقوية للجملة (متزحلق) كما يلي :



معادلة إنحفاظ الطاقة :

بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة على الجملة (متزحلق) بين الموضعين A و B يكون :

$E_A + E_{مكتسبة} - E_{مقدمة} = E_B$

$$E_{CA} + W_{A-B}(\vec{T}) - (|W_{A-B}(\vec{P})| + |W_{A-B}(\vec{f})| = E_{CB}$$

و كون أن الطاقة الحركية ثابتة أثناء الانتقال من A إلى B أي $E_{CA} = E_{CB}$ يصبح :

$$W_{A-B}(\vec{T}) - |W_{A-B}(\vec{P})| - |W_{A-B}(\vec{f})| = 0$$

2- أثناء قطع المسافة AB يستقبل المتزحلق طاقة مساوية لعمل قوة التوتر $W(\vec{T})$ ، يُترك للمحيط بسب الاحتكاك جزءا من هذه الطاقة المساوي لعمل قوة الإحتكاك $|W(\vec{f})|$ ، أما الجزء المتبقي المساوي لعمل قوة الثقل $|W(\vec{P})|$ يُخزّن من طرف المتزحلق عندما يكون في تأثير متبادل مع الأرض .

3- نعم توجد طاقة مخزّنة من طرف المتزحلق والتي يمكن أن تسترجع عند الهبوط ، هذه الطاقة هي الطاقة اللازمة لرفع المتزحلق من A إلى B و التي تكون مساوية لعمل قوة التوتر $W_{A-B}(\vec{T})$ ، يمكن استرجاع هذه الطاقة عند هبوط المتزحلق على شكل طاقة ناتجة عن تأثير متبادل بين الأرض و المتزحلق و قيمة هذه الطاقة مساوية لقيمة عمل قوة الثقل $|W_{A-B}(\vec{P})|$.

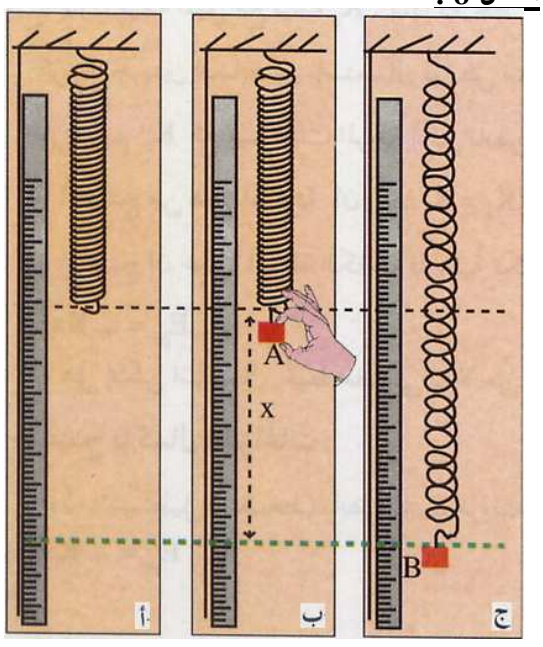
4- نعم توجد طاقة ضائعة من طرف المتزحلق والتي لا يمكن أن يسترجعها هي الطاقة الضائعة بفعل الاحتكاك قيمتها مساوية لعمل قوة الاحتكاك $|W(\vec{f})|$ و التي نجدها على شكل تغير في الطاقة الداخلية للثلج والمتزحلق .

3 – الطاقة الكامنة المرونية :

نشاط :

نربط جسم كتلته M إلى أحد طرفي نابض مرن طويل ثابت مرونته K = 50 N/m ، ثم نتركه يسقط من الموضع A بدون سرعة ابتدائية فيستطيل النابض حتى الموضع B أين تنعدم سرعة الجسم و يستطيل عندئذ النابض بالمقدار x (الشكل-8) .

الشكل-8 :



1- بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة على الجملة (جسم + أرض + نابض) بين الموضعين A و B و باعتبار المستوي الأفقي المار من الموضع B مرجعا لحساب الطاقة الكامنة الثقالية ، أثبت أن الطاقة الكامنة المرونية للجملة (جسم + نابض + أرض) عند الموضع B أين يكون النابض مستطالا بالمقدار x يعبر عنها بالعلاقة : $E_{pe} = m.g.x$.

2- كررنا التجربة من أجل قيم مختلفة للكتلة M و قمنا في كل مرة بقياس الاستطالة x للنابض تحصلنا على النتائج المدونة في الجدول التالي :

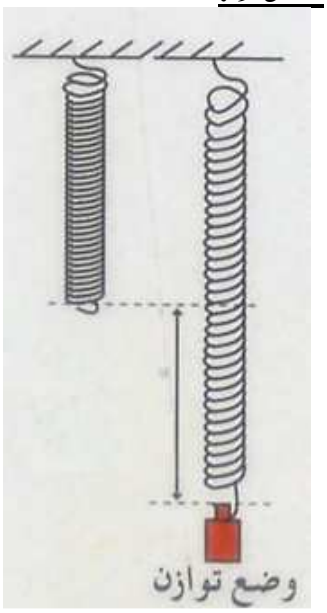
M(kg)	x(m)	$E_{pe} = Mgx$ (J)	$x^2(m^2)$
0.100	0.04		
0.150	0.06		
0.200	0.08		
0.250	0.10		

أ- أكمل الجدول . نعتبر $g = 10\ m/s^2$.

ب- أرسم البيان $E_{Pe} = f(x^2)$ ، ثم بين أن معادلة هذا البيان من الشكل $E_{Pe} = K_e\ x^2$ حيث K_e هو ميل البيان يطلب حسابه .

3- لتعيين الثابت K_e قم بمعايرة النابض السابق و ذلك بتعليق أجسام مختلفة في نهايته و قمنا بقياس استطالته في كل مرة عندما تتزن الجملة المتكونة من النابض و الجسم .

الشكل-9 :



الجدول التالي يمثل النتائج المتحصل عليها :

M(kg)	x(m)	T = M.g (N)
0.100	0.02	
0.150	0.03	
0.200	0.04	
0.250	0.05	

ب- اعتماد على شرط التوازن أثبت أن توتر النابض يعبر عنه بالعلاقة : $T = M.g$ و اعتمادا على هذه العلاقة أكمل الجدول السابق .

ب- أرسم البيان $T = f(x)$ ، ثم بين أنه معادلته من الشكل $T = K_e' x$ حيث K_e' هو ميل هذا البيان يطلب حسابه .

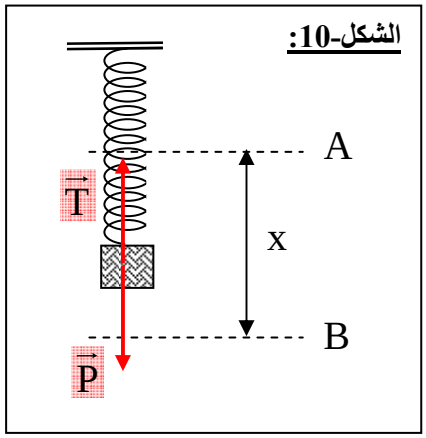
3- قارن قيمتي K_e ، K_a' بقيمة K ثابت مرونة النابض .

5- كررنا التجربة باستعمال نوابض أخرى مختلفة تحصلنا على نفس المقارنة . استنتج إذن عبارة قوة توتر النابض و عبارة الطاقة الكامنة المرونية .

تحليل النشاط :

1- إثبات أن $E_{pe} = m.g.x$:

الشكل-10:



- الجملة المدروسة : (جسم + أرض + نابض)
- مرجع الدراسة : سطحي أرضي نعتبره غاليلي .
- لا توجد قوى خارجية مؤثرة على الجملة .
- بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة بين الموضعين A و B :

$E_A + E_{مكتسبة} - E_{مقدمة} = E_B$

$E_{CA} + E_{ppA} + E_{peA} = E_{CB} + E_{ppB} + E_{peB}$

- $E_{CA} = 0$ $(v_A = 0)$
- $E_{ppA} = m.g.z_A = m.g.x$
- $E_{peA} = 0$ $(x = 0)$
- $E_{CB} = 0$ $(v_B = 0)$
- $E_{ppB} = 0$ (المستوي المرجعي)

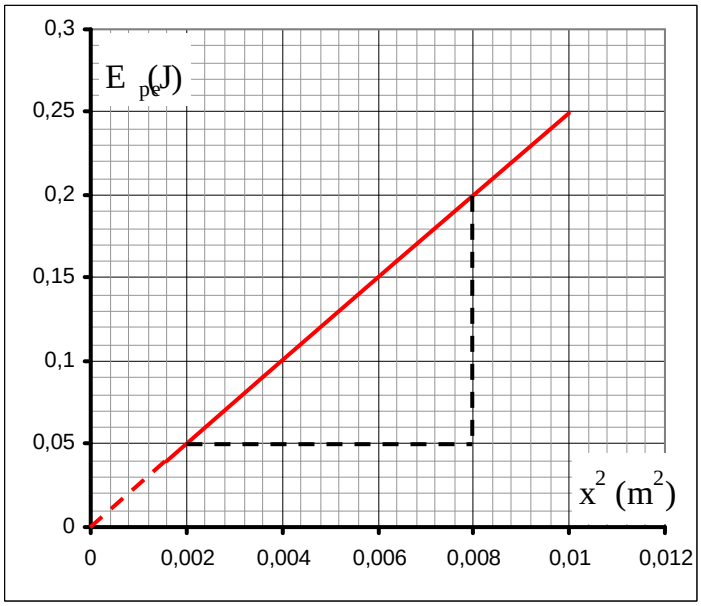
يصبح لدينا :

$E_{peB} = m.g.x$

2- أ- إكمال الجدول :

M(kg)	x(m)	$E_{pe} = Mgx$ (J)	$x^2(m^2)$
0.100	0.04	0.04	$1.6 . 10^{-3}$
0.150	0.06	0.09	$3.6 . 10^{-3}$
0.200	0.08	0.16	$6.4 . 10^{-3}$
0.250	0.10	0.25	10^{-2}

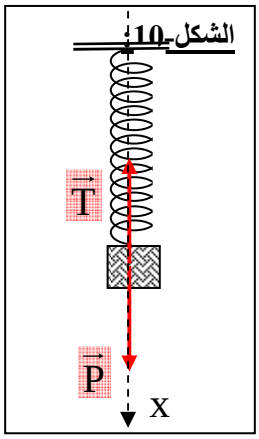
ب- البيان $E_{pe} = f(x^2)$:



- البيان $E_{pe} = f(x^2)$ عبارة عن مستقيم معادلته من الشكل $E_{pe} = K_e\, x^2$ حيث K_e هو ميل هذا البيان .
- من البيان :

$$K_e = \frac{3.0.05}{3.0.002} = 25$$

3- إثبات أن توتر النابض يعبر عنه بالعلاقة $T = M.g$ في حالة التوازن :



- الجملة المدروسة : جسم (S) .
- مرجع الدراسة : سطحي أرضي نعتبره غاليلي .
- القوى الخارجية المؤثرة على الجملة : الثقل $\vec{P}$ ، توتر النابض $\vec{T}$.
- شرط توازن الجملة :

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$$
$$\vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$$

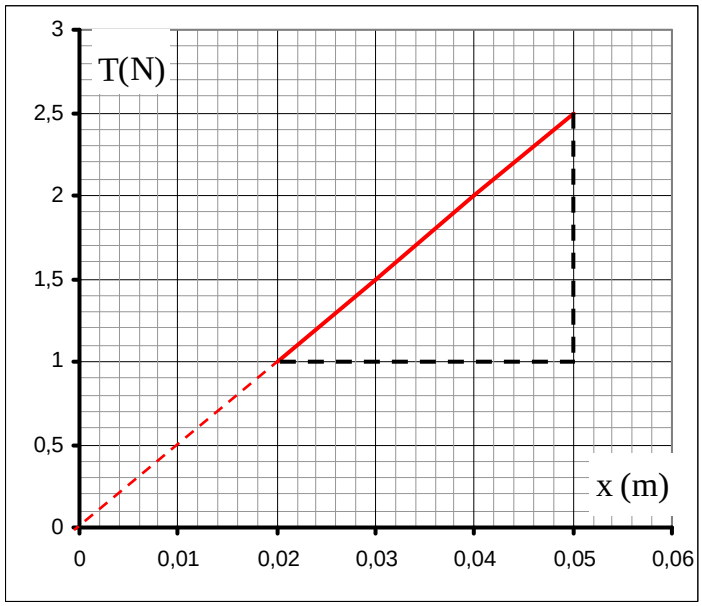
بتحليل العلاقة الشعاعية وفق المحور ox الشاقولي نحو الأسفل :

$$P - T = 0$$
$$M.g - T = 0 \rightarrow T = M.g$$

- إكمال الجدول :

M(kg)	x(m)	T = M.g (N)
0.100	0.02	1.0
0.150	0.03	1.5
0.200	0.04	2.0
0.250	0.05	2.5

ب- البيان T = f(x) :



البيان T = f(x) عبارة عن مستقيم يمر من المبدأ معادلته من الشكل $T = K_e' x$ حيث K_e' هو ميل هذا البيان .
- من البيان :

$$K_e' = \frac{3.0.5}{3.0.01} = 50$$

3- مقارنة قيمتي K_e ، K_a' بقيمة K :

$$K = 50$$

$$K_e = 25 \rightarrow K_e = \frac{K}{2}$$

$$K_e' = 50 \rightarrow K_e' = K$$

4- عبارة شدة قوة التوتر T و الطاقة الكامنة المرونية E_{pe} :
مما سبق :

$$E_{Pe} = K_e x^2$$

$$T = Ke' x$$

و حيث أن : $K_e = \frac{K}{2}$ ، $K_e' = K$ يكون :

$$E_{Pe} = \frac{1}{2} K x^2$$

$$T = K x$$

نتيجة :

- عندما يستطيل نابض مرن ثابت مرونته K أو ينضغط بمقدار x ، يؤثر على الجسم المرتبط به بقوة توتر T شدتها يعبر عنها بالعلاقة :

$$\boxed{T = K x}$$

- عندما يستطيل النابض أو ينضغط بمقدار x فإن الجملة (جسم + نابض) عندئذ تملك طاقة كامنة مرونية يعبر عنها بالعلاقة :

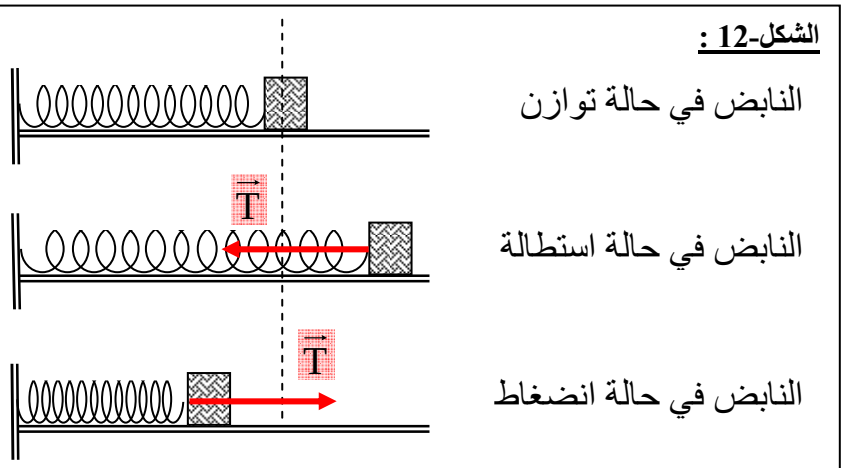
$$\boxed{E_{pe} = \frac{1}{2} K x^2}$$

- يقدر ثابت مرونة النابض k بـ N/m

ملاحظة :

جهة قوة توتر النابض تكون باتجاه داخل النابض عندما يكون النابض مستطالا و يكون في اتجاه خارج النابض عندما يكون منضغطا ، أما حاملها يكون منطبق على محور النابض في الحالتين (الشكل) .

الشكل-12 :

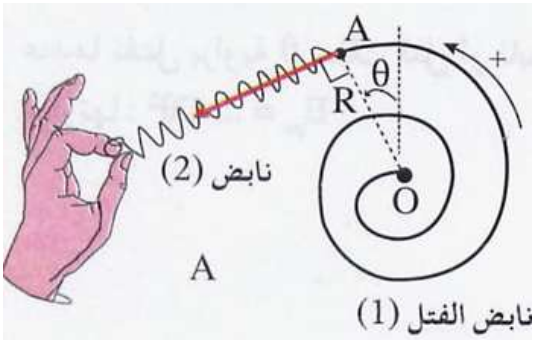


3 – الطاقة الكامنة الفتلية :

نشاط :

- نابض حلزوني مسطح ندعوه **نابض فتل** (1) ثابت فتله C = 0.125 N.m/rad يثبت من طرفه الداخلي في النقطة O ، و باستعمال نابض (2) معاير ثابت مرونته K = 12.5 N/m نطبق على الطرف الحر لنابض الفتل (1) قوة عمودية على AO نختاره مرجعا لقياس زاوية دوران نقطة تطبيق القوة (الشكل) .

الشكل-6 :



1- غيرنا في الشدة القوة المطبقة و قسنا في كل مرة الاستطالة x للنابض (2) و زاوية الدوران θ لنابض الفتل (1) الجدول التالي يمثل النتائج المتحصل عليها بأخذ R = 10 cm :

x(cm)	θ (rd)	F (N)	$M = M_{/o}(\vec{F}) = F.R$
4	0.4	0.5	
8	0.8	1.0	
12	1.2	1.5	

أ- أكمل الجدول .

ب- أرسم البيان M = f(θ) ، الذي يمثل تغيرات عزم مزدوجة الفتل و المساوي لعزم القوة $\vec{F}$ ، ثم بين أن معادلته من الشكل $M = C_e\,\theta$ حيث C_e هو ميل هذا البيان يطلب حسابه .

2- لحساب الطاقة المخزنة في نابض الفتل المستعمل في (النشاط-1) نقبل أن الطاقة المخزنة في نابض الفتل (1) تساوي في كل وضع الطاقة المخزنة في النابض (2) . باستعمال النتائج المدونة في الجدول السابق أملأ الجدول التالي :

x(cm)	θ (rd)	الطاقة المخزنة في النابض (1) $E_{Pe} = 1/2Kx^2(J)$	$\theta^2(rd)^2$
4	0.4		
8	0.8		
12	1.2		

أ- أرسم منحنى تغيرات الطاقة E_{pe} المخزنة في النابض (1) بدلالة مربع الزاوية θ^2 ثم بين أن معادلته من الشكل $E_{pe} = C_e'\,\theta^2$ حيث K_c' هو ميل هذا البيان يطلب حسابه .

ب- قارن بين قيمتي C_e ، C_e' و قيمة C ثابت قتل السلك .

3- قارن قيمة C_e مع قيمة ثابت فتل النابض C . ماذا تلاحظ ؟

4- استنتج أن عبارة الطاقة الكامنة المرونية لنابض الفتل تكتب على الشكل : $E_{pe} = \frac{1}{2}C\theta^2$.

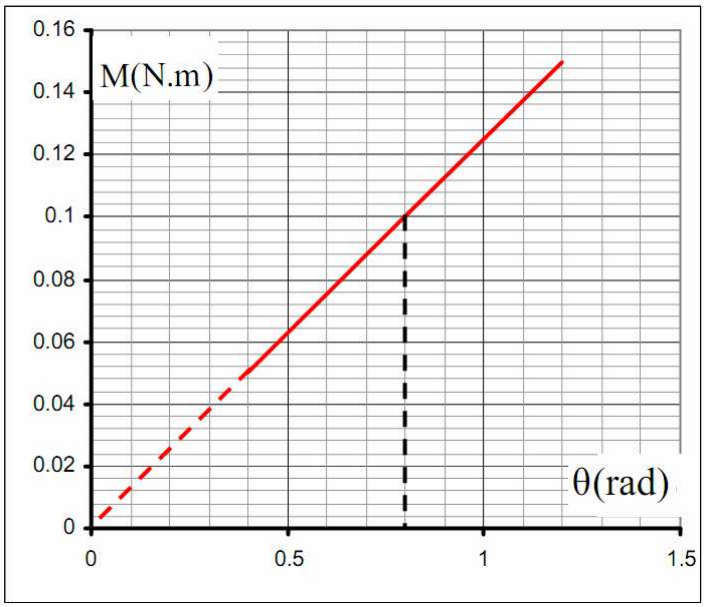
5- كررنا التجربة باستعمال نوابض فتل أخرى مختلفة تحصلنا على نفس المقارنة . استنتج إذن عبارة عزم مزدوجة القتل و عبارة الطاقة الكامنة الفتلية .

تحليل النشاط :

1- أ- إكمال الجدول :

x(cm)	θ (rd)	F (N)	$M = M_{/o}(\vec{F}) = F.R$
4	0.4	0.5	0.05
8	0.8	1.0	0.10
12	1.2	1.5	0.15

ب- البيان $M = f(\theta)$:



البيان $M = f(\theta)$ عبارة عن مستقيم يمر من المبدأ معادلته $M = C_e\ \theta$ عبارة عن مستقيم يمر من المبدأ معادلته $M = C_e\ \theta$ حيث C_e هو ميل هذا البيان .

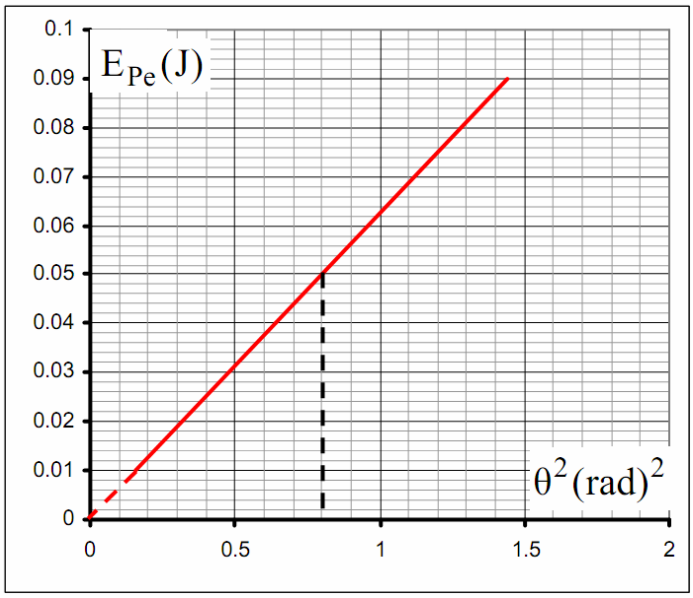
- من البيان :

$$C_e = \frac{5 . 0.02}{1.6\ . 0.5} = 0.125$$

2- أ - إكمال الجدول :

x(cm)	θ (rd)	الطاقة المخزنة في النابض (1) $E_{Pe} = 1/2Kx^2(J)$	$\theta^2(rd)^2$
4	0.4	0.01	0.16
8	0.8	0.04	0.64
12	1.2	0.09	1.44

ب- البيان $E_{pe} = f(\theta^2)$:



البيان $E_{pe} = f(\theta)$ عبارة عن مستقيم يمر من المبدأ معادلته من الشكل $E_{pe} = C_e' \theta^2$ حيث C_e' هو ميل هذا البيان .

$$C_e = \frac{5 . 0.01}{1.6 \ . 0.5} = 0.0625$$

جـ- المقارنة بين C_e و C_e' مع C :

$C = 0.125$

$C_e = 0.125 \rightarrow C_e = C$

$C_e = 0.125 \rightarrow C_e = \frac{C}{2}$

4- عبارة شدة قوة التوتر T و الطاقة الكامنة المرونية E_{pe} :

مما سبق :

$M = C_e \theta$

$E_{Pe} = C_e' \theta^2$

و حيث أن : $C_e = C$ ، $C_e' \frac{C}{2}$ يكون :

$M = C\theta$

$E_{Pe} = \frac{1}{2} C \theta^2$

نتيجة :

- عندما يفتل نواس فتل ثابت فتله C بمقدار ، يؤثر على الجسم المرتبط به بمزدوجة فتل عزمها M يعبر عنها بالعلاقة :

$$M = C \theta$$

- عندما يفتل نواس فتل بمقدار θ فإن الجملة (جسم + سلك فتل) عندئذ تملك طاقة كامنة فتلية يعبر عنها بالعلاقة :

$$E_{pe} = \frac{1}{2} C \theta^2$$

يقدر ثابت الفتل بـ N.m/rad .

** الأستاذ : فرقاني فارس **
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم
الخروب - قسنطينة
Fares_Fergani@yahoo.Fr
Tel : 0771998109

نرجو إبلاغنا عن طريق البريد الإلكتروني بأي خلل في الدروس أو التمارين و حلولها .
وشكرا مسبقا

لتحميل نسخة من هذه الوثيقة و للمزيد . أدخل موقع الأستاذ ذو العنوان التالي :

www.sites.google.com/site/faresfergani

سلسلة دروس و تمارين في مادة العلوم الفيزيائية- ثانية ثانوي

إعداد الأستاذ : فرقاني فارس

عرض نظري مفصل

05

المادة و تحولاتها

نموذج الغاز المثالي

الشعب : علوم تجريبية
رياضيات ، تقني رياضي

****

www.sites.google.com/site/faresfergani

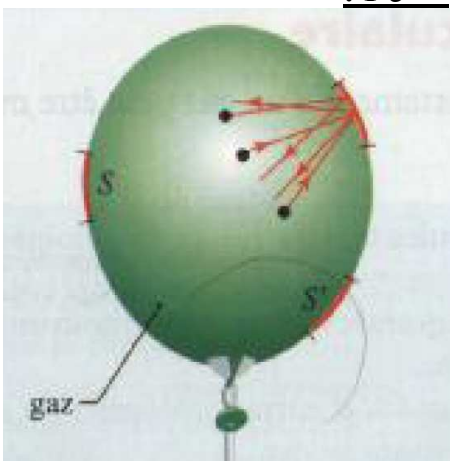
تاريخ آخر تحديث : 2013/03/17

1 – مفهوم ضغط غاز و قياسه :

1- مفهوم ضغط غاز و قياسه :

1- نملأ بالونة بلاستيكية بالهواء ثم نسدها .

الشكل-1 :



أ- لماذا البالونة تأخذ هذا الشكل ؟ بماذا تفسر ذلك .

ب- ما هي الغازات المحجوزة داخل البالونة ؟ ماذا تستنتج ؟

جـ- هل جزيئات الغاز الموجودة داخل البالونة ساكنة أم متحركة ؟ ماذا تستنتج .

2- نغمر البالونة السابقة و هي مملوءة بالهواء في وعاء يحتوي على ماء ، ثم نحدث فيها ثقبا بواسطة إبرة .

أ- ماذا تلاحظ .

ب- ماذا تستنتج فيما يخص القوى الضاغطة من طرف الهواء على كل نقطة من الغشاء الداخلي للبالونة .

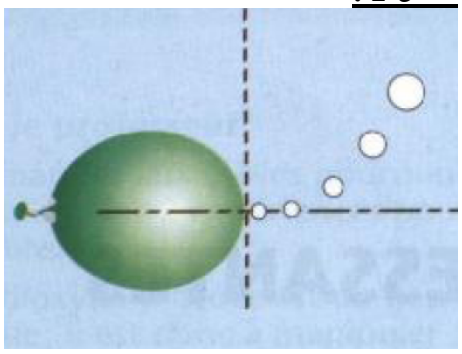
تحليل النشاط :

1- أ- تأخذ البالونة الشكل التي هي عليه لأنها تحتوي على غاز متوازن ، و ذلك بسبب وجود قوى ضاغطة تؤثر بها جزيئات الغاز على سطح البالون .

ب- الغازات المحجوزة في البالونة هي غاز الأزوت و غاز الأكسجين المكونين للهواء الموجود أصلا بالبالونة ؟ نستنتج أن القوى الضاغطة سببها إصطدام جزيئات الغاز بالسطح الداخلي لغشاء البالونة المضغوط .

2-أ- نلاحظ خروج الهواء من الثقب بشكل عمودي على سطح البالونة (الشكل-2) .

الشكل-2 :



ب- نستنتج أن القوى الضاغطة على نقطة من الغشاء تكون عمودية على الغشاء في هذه النقطة .

تعريف :

- الضغط هو مقدار فيزيائي ماكروسكوبي (عياني) يعبر عن شدة القوة $\vec{F}$ المطبقة من طرف الغاز على سطح (S) -
- نرمز للضغط بـ P و يعبر عنه بالعلاقة :

$$P = \frac{F}{S}$$

F : شدة القوة المطبقة من طرف الغاز على سطح ما ، تقدر بالنيوتن (N) .
S : مساحة السطح المضغوط من طرف الغاز ، يقدر بالمتر مربع (m^2) .
- وحدة الضغط في جملة الوحدات الدولية هي الباسكال ، يرمز لها بـ Pa .
- هناك وحدات أخرى لقياس الضغط نذكر منها :

- البار bar حيث : $1bar = 10^5$ Pa .
- الضغط الجوي atm حيث : $1atm = 1.013 . 10^5$ Pa .
- السنتيمتر زئبق cm Hg حيث : 1 atm = 76 cm Hg .

ب- الضغط الجوي :

نشاط :

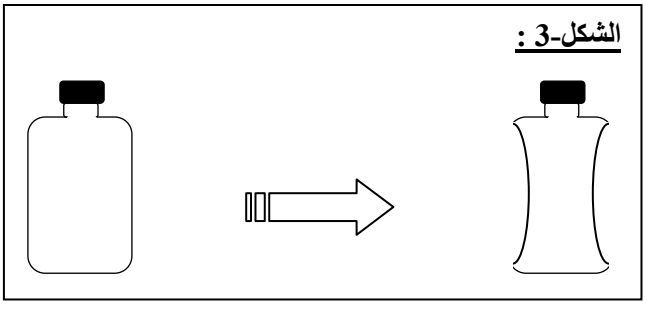
قم بتسخين الماء جيدا (قبل الغليان قليلا) ثم افتح قارورة بلاستيكية (الخاصة بالمياه المعدنية) و افرغ كمية من الماء الساخن بداخلها ، و عندما تشاهد بخار الماء بدأ يتصاعد من فوهة القارورة قم بغلقها ، ثم ضع القارورة البلاستيكية بما فيها تحت حنفية يسيل منها ماء بارد ، أو في ثلاجة ثم أخرجها منها بعد 10 دقائق .

1- ماذا تلاحظ ؟ كيف تفسر ذلك ؟
2- ماذا تستنتج ؟

تحليل النشاط :

1- نلاحظ انكماش القارورة (الشكل-3) .

الشكل-3 :



التفسير :

قبل وضع القارورة تحت سيل المياه الباردة ، كان سطح هذه القارورة متوازن تحت تأثير ضغطين الأول داخل القارورة ناتج عن الهواء المتواجد بالقارورة و الثاني خارج القارورة ناتج عن ضغط هواء الجو ، و عندما وضعت القارورة تحت

سيل المياه الباردة انخفض ضغط الهواء داخل القارورة حيث أصبح ضغط الهواء خارج القارورة أكبر قيمة من ضغط الهواء داخل القارورة و هذا ما أدى إلى انكماش هذه الأخيرة .

2- الاستنتاج :

هواء الجو بضغطه يؤثر بقوى على الأجسام المجوفة (المملوءة بالهواء) التي تلامسه مما يؤدي إلى تشوهها عندما ينخفض الضغط داخل هذه الأجسام في ظروف معينة .

تعريف :

- الهواء في الجو خليط غازي يطبق قوة ضاغطة عل كل سطح يلامسه ، نسمي الضغط الناتج عن الهواء بالضغط الجوي .

- يقاس الضغط الجوي بعد أجهزة ، منها البارومتر الذي يستعمل في الصناعات و المخابر على نوعيه التفاضلي و المطلق .

- مقياس الضغط التفاضلي هو مقياس يقيس الضغط بالنسبة للضغط الجوي أي قبل القياس يشير إلى الصفر و هو تحت الضغط الجوي و ما يقيسه هو الفرق بين ضغط الغاز و الضغط الجوي ، و كمثال على مقياس الضغط التفاضلي نذكر مقياس الضغط المستعمل في محلات تصليح العجلات (الشكل-4) .

- مقياس الضغط المطلق هو جهاز إلكتروني رقمي مزود بمسبار حساس يشير مباشرة إلى قيمة ضغط الغاز الذي يغمر فيه المسبار (الشكل-5) .

الشكل-4 :

الشكل-5 :

2- مفهوم درجة الحرارة و قياسها :

أ- قياس درجة الحرارة :

نشاط-1 : (الحالة الحرارية للماء)

- نضع في وعاء ماء ساخن (40°C) و في وعاء ثاني ماء دافئ (15°C) و في وعاء ثالث ماء بارد (0°C) ؟

- نغمس اليد اليسرى في الماء البارد و اليد اليمنى في الماء الساخن ، بعد دقيقة نخرج اليدين و نضعهما معا في الوعاء الدافئ (الشكل-6) .

1- ما هو إحساسك ؟

2- هل هذا الإحساس يعبر عن الحالة الحرارية للماء .

3- كيف تفسر التبادل الحراري بين الماء و اليدين ؟

4- ماذا تستنتج من هذه التجربة .

الشكل-6 :

تحليل النشاط :

1- عند وضع اليدين في الماء الدافي ، اليد اليسرى التي كانت في الماء البارد تبدو ساخنة و اليد اليمنى التي كانت في الماء الساخن تبدو باردة .

2- هذا الإحساس لا يعبر عن الحالة الحرارية لأن للماء في الوعاء الدافئ نفس درجة الحرارة في كلتا اليدين .

3- اليد اليسرى اكتسبت حرارة من الماء الدافئ و اليد اليمنى قدمت حرارة إلى الماء الدافئ .

4- نستنتج أن حاسة اللمس غير كافية لتعيين الحالة الحرارية للماء .

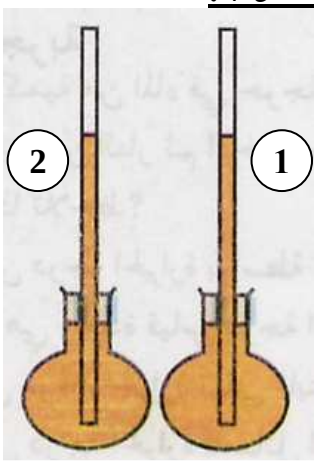
نشاط-2 : (مؤشرات الحالة الحرارية للماء)

- نضع في بالونين زجاجيتين (1) ، (2) مزدودتين بأنبوبين رقيقين ماء ملون بحيث مستوى الماء متماثل في كل من البالونتين (الشكل-7) .
- نضع البالون (1) في الماء الساخن و البالون (2) في الماء البارد .

1- ماذا تلاحظ ؟

2- ماذا تستنتج ؟

الشكل-7 :



تحليل النشاط :

1- نلاحظ ارتفاع طفيف مستوى الماء في الأنبوب (1) مما يدل على زيادة حجم الماء الملون في هذا الأنبوب ، كما نلاحظ انخفاض طفيف مستوي الماء في الأنبوب (2) مما يدل على نقص حجم الماء في هذا الأنبوب .

2- ارتفاع درجة حرارة الماء تؤدي إلى ازدياد حجمه و بالتالي تزداد المسافة بين جزيئاته .

نتيجة تعميم :

- عندما تلمس غازا و نحس بأنه ساخنا لا يعني أن درجة حرارته مرتفعة و كذلك إذا أحسسنا به باردا ليس يعني هذا أن درجة حرارته منخفضة ، إذن حاسة اللمس غير كافية لتعيين الحالة الحرارية للغازات .
- ارتفاع درجة حرارة الغاز تؤدي إلى ازدياد حجمه .
- تقاس درجة الحرارة بواسطة المحرار (الترمومتر) على نوعيه الزئبقي (الشكل-8) و الإلكتروني (الشكل-9) .

الشكل-8 :

الشكل-9 :

ملاحظة :

عند إجراء القياس يجب أخذ الوقت اللازم حتى يحدث التوازن بين المحرار و الجسم الذي نريد قياس درجة حرارته كما يجب الإشارة إلى أن المحرار يتميز بمجال لقياس درجة الحرارة .

ب- التفسير المجهري لدرجة الحرارة :

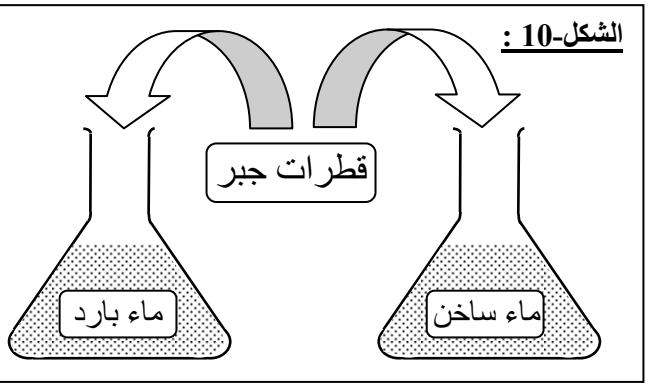
نشاط-1 :

إملأ كأسا بماء بارد و آخر بماء ساخن (في حالة غليان) ثم ضع في كل واحد منهما قطرات حبر (الشكل-10) .

1- قارن (كيفيا) سرعة انتشار الحبر في الكأسين .

2- ماذا تستنتج ؟

الشكل-10 :



تحليل النشاط :

1- نلاحظ أن سرعة انتشار قطرات الحبر في الماء الساخن تكون أكبر من سرعة انتشارها في الماء البارد .

2- نستنتج أن درجة حرارة الوسط تؤثر على سرعة الأفراد الكيميائية .

نشاط-2 :

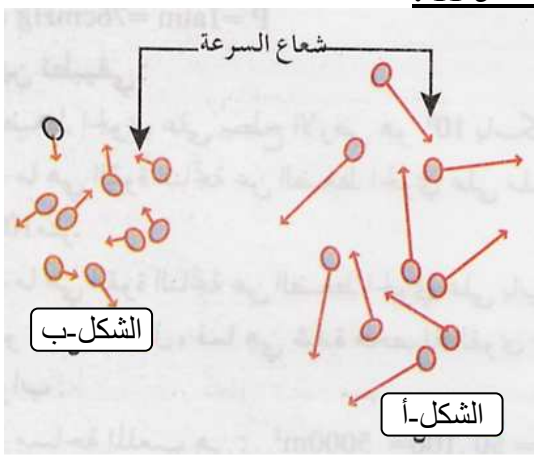
خذ بالونا مطاطيا و املأه بالهواء ثم اربطه بإحكام حتى لا يتسرب الهواء ، لاحظ حجمه ، أدخله في غرفة الثلج داخل الثلاجة ، انتظر 10 دقائق ثم أخرجه .

1- ماذا تلاحظ ؟

2- ضعه الآن في مكان مشمس أو قرب مدفئة و انتظر بعض اللحظات . ماذا تلاحظ ؟

3- إذا كان الشكلين (1-أ) ، (1-ب) يمثلان نموذجا لعدد من جزيئات المادة في درجة حرارة منخفضة θ_1 و أخرى مرتفعة θ_2 . أرفق كل شكل بدرجة الحرارة الموافقة لكل نموذج معللا إجابتك .

الشكل-11 :



تحليل النشاط :

1- نلاحظ تقلص حجم البالونة بسبب انخفاض درجة الحرارة .

2- عند وضع البالون في مكان مشمس أو قرب مدفئة نلاحظ بعد مدة زمنية تمدد البالون بسبب ارتفاع درجة الحرارة .

3- ازدياد حجم البالون بفعل ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى ازدياد المسافة بين جزيئات الغاز المتواجد بالبالون ، و عليه (الشكل-1-أ) يمثل جزئيات الغاز في درجة الحرارة المنخفضة و (الشكل-2-ب) يمثل جزيئات الغاز في درجة الحرارة المرتفعة .

نتيجة- تعميم :

في الأجسام الساخنة تتحرك جزيئات المادة بسرعة كبيرة ، و منه فإن حركتها العشوائية تزداد كلما كانت درجة الحرارة أكبر .

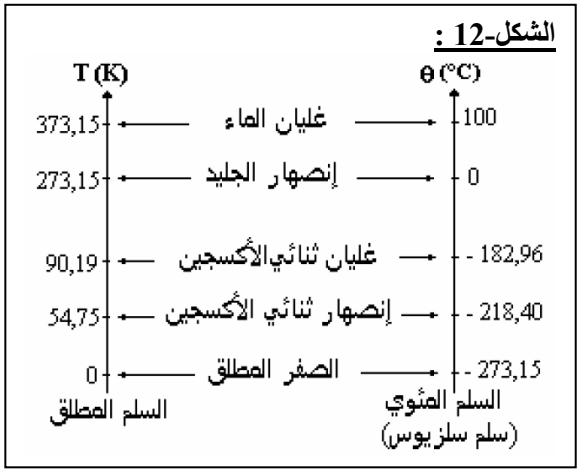
جـ- درجة الحرارة المطلقة :

نظرا لأنه لا يمكن لأي جسم أن تصل درجة حرارته في السلم المئوي إلى قيمة تكون أقل من (-273°C) ، وكذلك لا يكون في هذه الدرجة تأثير متبادل بين جزيئات غاز ، اختار **العالم كلفن** الصفر المطلق (0°K) في سلمه يقابل الدرجة (-273°C) في السلم المئوي . و منه تكون العلاقة بين درجة الحرارة المئوية (θ°C) ودرجة الحرارة المطلقة التي يرمز لها بـ T ووحدتها **الكلفن** (°K) كما يلي :

$$T°K = \theta°C + 273$$

أمثلة :

الشكل-12 :



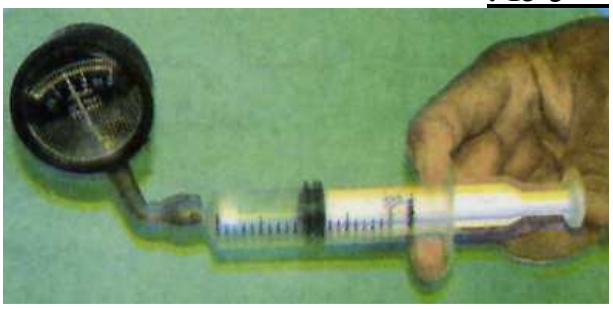
3- دراسة العوامل المؤثرة في الغاز :

أ- علاقة الضغط P لغاز متوازن بحجمه V عند درجة حرارة ثابتة (قانون بويل-ماريوط) :

نشاط :

خذ مقياس ضغط تفاضلي و حقنة 20ml ، ثم اسحب 5mL من الهواء بالحقنة و أوصلها بمقياس الضغط بحيث لا يمكن للهواء أن يتسرب للخارج (الشكل-13)

الشكل-13 :



- اضغط على مكبس الحقنة و قس قيمة الضغط في أوضاع مختلفة (حجوم مختلفة) ، ثم دون النتائج في الجدول التالي :

V (mL)	50	46	42	38	34	30	26	22	20
P (kPa)									
$\frac{1}{V}(mL^{-1})$									

1- أكمل الجدول .

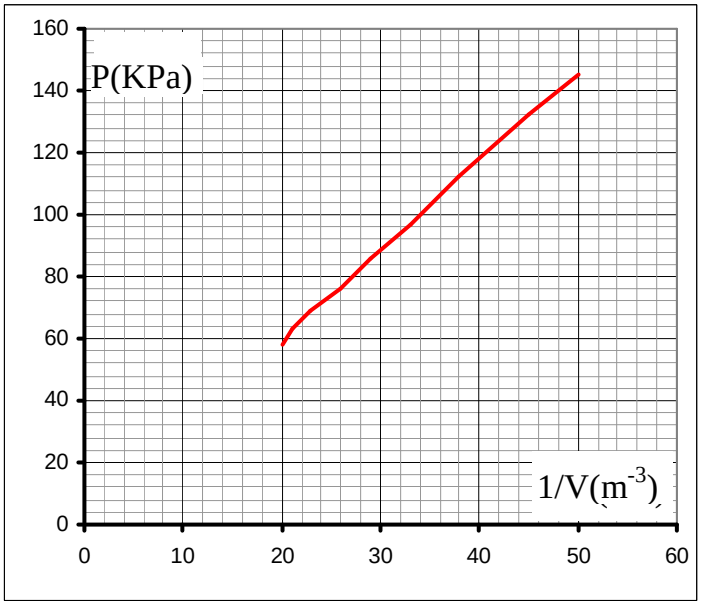
2- أرسم البيان $P = f(\frac{1}{V})$. ماذا تستنتج ؟

تحليل النشاط :

1- إكمال الجدول :

V (mL)	0.50	0.46	0.42	0.38	0.34	0.30	0.26	0.22	0.20
P (kPa)	58	63	69	76	86	97	112	132	145
$\frac{1}{V}(mL^{-1})$	20	21	23	26	29	33	38	45	50

2- البيان $P = f(\frac{1}{V})$:



الاستنتاج :

البيان $P = f(\frac{1}{V})$ عبارة عن مستقيم معادلته من الشكل $P = a\frac{1}{V}$ أي أن $PV = a$ حيث a ثابت التناسب ، نستنتج أن ضغط غاز يتناسب عكسيا مع حجمه .

نتيجة (قانون بويل - ماريوط) :

- عند درجة حرارة ثابتة يتناسب الضغط P لكمية من غاز عكسيا مع الحجم V لهذه الكمية . أي :

$$P\,V = C^{te}$$

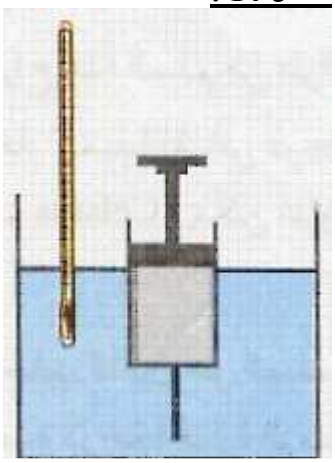
بعبارة أخرى عندما يخضع غاز تحت درجة حرارة ثابتة إلى سلسلة من تحولات معرفة بـ (V_1 , P_1) ، (V_2 , P_2) ، (V_3 , P_3) ، ..... يكون :

$$P_1\,V_1 = P_2\,V_2 = P_3\,V_3 = \ldots\ldots\ldots = C^{te}$$

ب- علاقة الحجم V لغاز متوازن بدرجة حرارته المطلقة T عند ضغط ثابت (قانون غي لوساك) :

نشاط :

الشكل-14 :



- حضر حمام مائي تكون درجة حرارته 25°C عند القياس .
- اسحب 10mL من الهواء بواسطة حقنة ، ثم أدخل هذه الحقنة في الحمام المائي و انتظر قليلا حتى يتم التوازن الحراري بين الغاز في الحقنة و الحمام المائي .
- قس الحجم الجديد للغاز في الحقنة ، ثم أعد نفس التجربة باستخدام درجات حرارة مختلفة و سجل النتائج في الجدول التالي :

θ°C	30	50	70	90
V(mL)				
T°K				

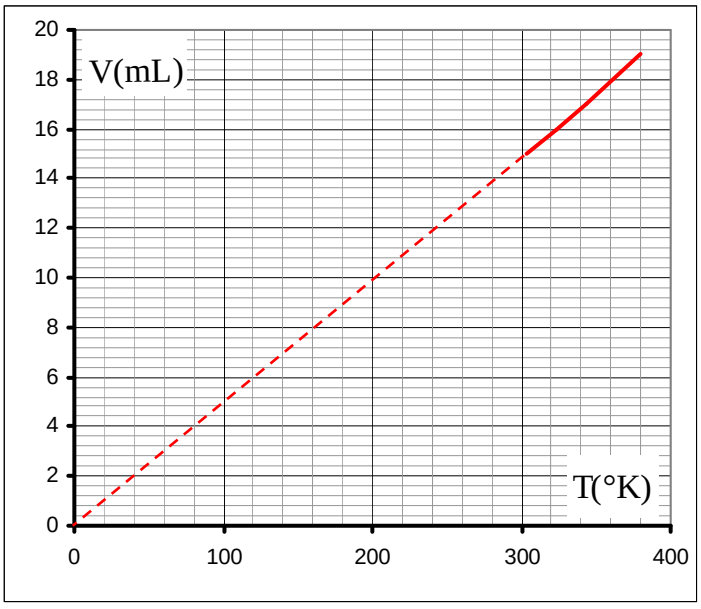
1- املأ الجدول .
2- أرسم البيان V = f(t) . ماذا تستنتج ؟

تحليل النشاط :

1- أكمال الجدول :

θ°C	30	50	70	90
V(mL)	15	16	17	19
T°K	303	323	343	380

2- البيان V = f(T) :



البيان V = f(T) عبارة عن مستقيم يمر من المبدأ معادلته من الشكل V = aT ، نستنتج أن حجم غاز V يتناسب طرديا مع درجة حرارته المطلقة T .

نتيجة : (قانون غي لوساك) :

- عند ضغط ثابت يتناسب الحجم V لكمية من غاز طرديا مع درجة الحرارة المطلقة T لهذا الغاز أي :

$$\frac{V}{T} = C^{te} \rightarrow V = C^{te}\, T$$

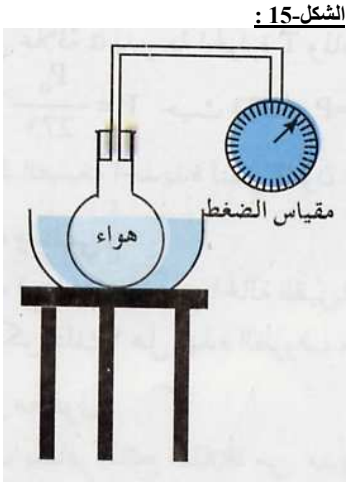
بعبارة أخرى عندما يخضع غاز تحت ضغط ثابت إلى سلسلة من تحولات معرفة بـ (V_1 , T_1) ، (V_2 , T_2) ، (V_3 , T_3) ..... يكون :

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} = \ldots\ldots\ldots\ldots = C_{te}$$

ب- علاقة الضغط P لغاز متوازن بدرجة حرارته المطلقة T عند حجم ثابت (قانون شارل) :

نشاط :

الشكل-15 :



- خذ البالون المملوء بالهواء و أوصله مع مقياس الضغط بأنبوب مطاطي ، ثم أدخل البالون في حمام مائي و انتظر قليلا حتى يتم التوازن الحراري بين الغاز و الحمام المائي عند درجة حرارة قدرها 25°C .
- سجل قيمة ضغط الغاز في هذه الحالة (25°C) . ثم كرر التجربة بأخذ درجة الحرارة عند التوازن القيم المقترحة في الجدول التالي :

θ(°C)	25	50	75	100
P(10^5 Pa)				
T(°K)				

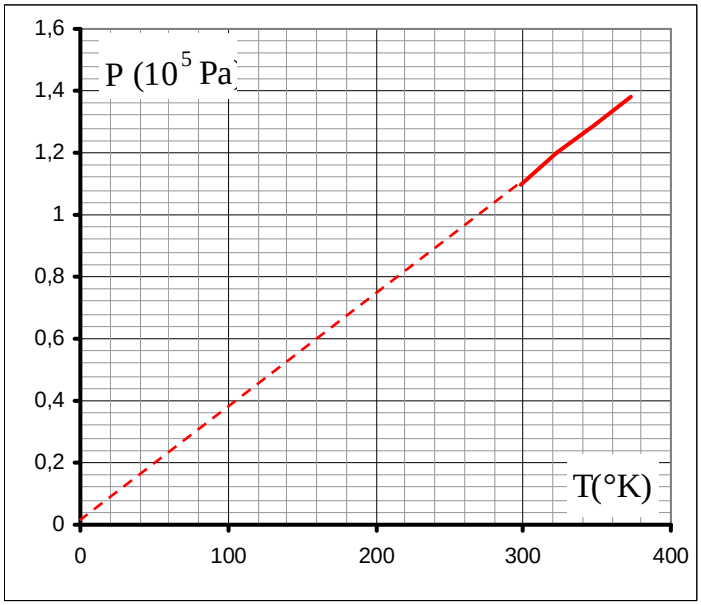
1- أكمل الجدول .
2- ارسم البيان P = f(T) . ماذا تستنتج ؟

تحليل النشاط :

1- إكمال الجدول :

θ(°C)	25	50	75	100
P(10^5 Pa)	1.10	1.20	1.29	1.38
T(°K)	298	323	348	373

2- البيان P = f(T) :



- البيان P = f(T) عبارة عن مستقيم يمر من المبدأ معادلته من الشكل P = aT ، نستنتج أن ضغط غاز يتناسب طرديا مع درجة حرارته المطلقة .

نتيجة (قانون شارل) :

- عند حجم ثابت يتناسب الضغط P لكمية من غاز طرديا مع درجة الحرارة المطلقة T لهذا الغاز أي :

$$P = C^{te}\ T \rightarrow \frac{P}{T} = C_{te}$$

بعبارة أخرى عندما يخضع غاز تحت حجم ثابت إلى سلسلة من تحولات معرفة بـ $(P_1\ ,\ T_1)$ ، $(P_2\ ,\ T_2)$ ، $(P_3\ ,\ T_3)$ ..... يكون :

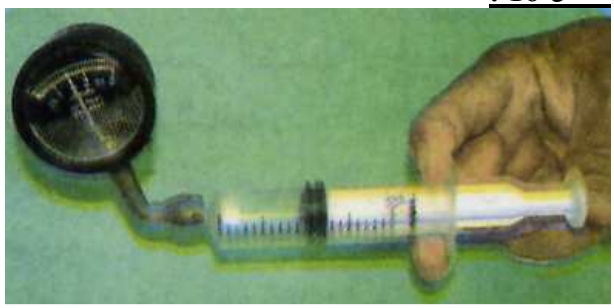
$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3} = \text{.....} = C_{te}$$

ب- علاقة الضغط P لغاز متوازن بكمية مادته n :

نشاط :

- اسحب 50mL من الهواء بواسطة حقنة ، أوصلها بمقياس الضغط دون تحريك المكبس ثم قم بقياس الضغط داخل الحقنة .

الشكل-16 :



- اسحب الآن 5mL إضافية ليصبح حجم الهواء داخل الحقنة ، ليصبح حجم الهواء داخل الحقنة 10mL ، أوصلها بمقياس الضغط و ادفع المكبس ببطيء إلى أن يصبح الحجم الجديد للغاز 5mL (حجم ثابت) ، انتظر قليلا ليحدث التوازن الحراري مع الوسط الخارجي . ثم قس ضغط الغاز من جديد .
أعد نفس خطوات التجربة بإضافة 5mL من الهواء في كل مرة ، ثم دون النتائج في الجدول التالي باعتبار الحجم المولي في شروط هذه التجربة هو $V_M = 25\ L/mol$.

حجم الهواء (cm^3) قبل الضغط	5	10	15	20
حجم الهواء (cm^3) بعد الضغط	5	5	5	5
كمية المادة للهواء المضغوط n (mol)				
ضغط الهواء بعد التوازن الحرراي P(10^5 Pa)				

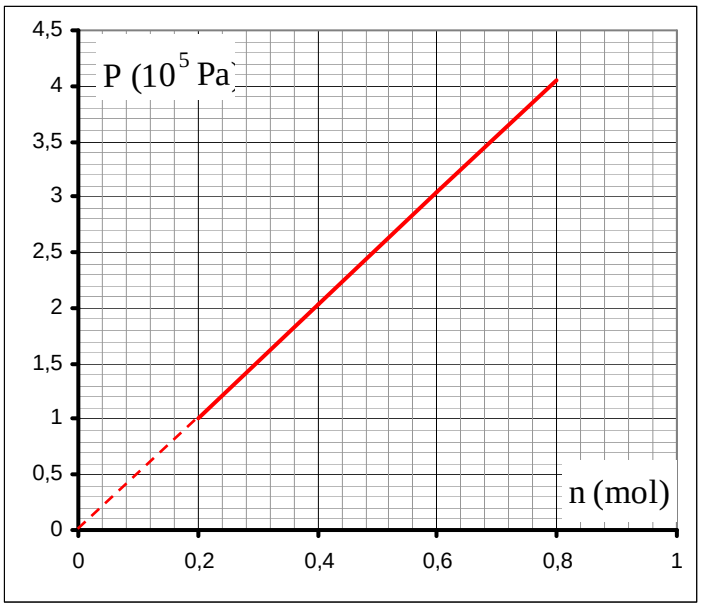
1- أكمل الجدول .
2- أرسم البيان P = f(n) . ماذا تستنتج ؟

تحليل النشاط :

1- إكمال الجدول :

حجم الهواء (cm^3) قبل الضغط	5	10	15	20
حجم الهواء (cm^3) بعد الضغط	5	5	5	5
كمية المادة للهواء المضغوط n (mol)	0.20	0.40	0.60	0.80
ضغط الهواء بعد التوازن الحرراي P(10^5 Pa)	1.013	2.026	3.039	4.052

2- البيان P = f(n) :



البيان P = f(n) عبارة عن مستقيم يمر من المبدأ معادلته من الشكل P = a n ، نستنتج من ذلك أن ضغط غاز يتناسب طرديا من كمية مادته .

نتيجة :

يزداد ضغط غاز في حجم ثابت و درجة حرارة ثابتة كلما ازداد عدد المولات n ، بحيث يتناسب P طرديا مع كمية المادة n هذا الغاز .

5 – الغازات المثالية :

أ – تعريف الغاز المثالي :

الغاز المثالي هو غاز تنطبق عليه قوانين : بويل ماريوط ، غي لوساك ، شارل في كل الدرجات و تحت أي ضغط ، و هو يتميز بالخواص التالية :

- جزيئاته متماثلة و بعيدة عن بعضها ، و بالتالي فإن التأثيرات المتبادلة بينهما تكون معدومة باستثناء التصادم .
- لا يتميع الغاز المثالي إلا عند درجة الصفر المطلق ($T = 0°K$) ، حيث تصبح جزيئاته في هذه الدرجة عديمة الحركة وكل من الحجم و الضغط يكون معدوم .

ملاحظة :

إن الغازات الحقيقية بعيدة الشبه عن الغاز المثالي ، و يمكن جعلها قريبة الشبه منه إذا أخذت عند ضغوط ضعيفة جدا أو عند درجات عالية ، بحيث تصبح بعيدة عن حالة تمييعها بعدا كبيرا مهما كان الضغط المسلط عليها .

ب – قانون الغاز المثالي :

- يمكن وضع علاقة للغاز المثالي إعتمادا على قوانين : بويل ماريوط ، غي لوساك ، شارل ، بتطبيقها على كمية مادة معينة من غاز ثابتة أثناء التحول ، من حالة ابتدائية معرفة بـ (P_1 , V_1 , T_1) إلى حالة النهائية معرفة بـ : (P_2 , T_2 , V_2) ، حيث يكون :

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

إذا أخذنا كمية من غاز قدرها 1 mol تبقى ثابتة أثناء تحول من الحالة العامة المعرفة بـ (P , V , T) إلى حالة الشروط النظامية المعرفة بـ (P_0 , V_0 , T_0) يكون بتطبيق العلاقة السابقة :

$$\frac{P\,V}{T} = \frac{P_0\,V_0}{T_0}$$

وحيث أن :

$P_0 = 1\ atm = 1.013 . 10^5\ P$
$T_0 = 0^{\circ}C = 273°K$
$V_0 = 22.4\ L = 22.4 . 10^{-3}\ m^3$

يصبح :

$$\frac{P\,V}{T} = \frac{1.013.10^5 . 22.4.10^{-3}}{273} \rightarrow \frac{P\,V}{T} = 8.31$$

المقدار 8.31 هو ثابت يميز الغازات المثالية يدعى الثابت العام للغازات المثالية يرمز له بـ R ونكتب : $\frac{P\,V}{T} = R$

و بنفس الطريقة إذا أخذنا n مول من غاز مثالي نحصل في النهاية على العلاقة $\frac{P\,V}{T} = n\,R$ ومنه :

$$P\,V = n\,R\,T$$

تسمى هذه العلاقة بقانون الغاز المثالي ، حيث R الثابت العام للغازات المثالية و المقدر بـ 8.31 .

جـ- تطبيق قانون الغاز المثالي في تحدد الحجم المولي لغاز في شروط كيفية من الضغط و درجة الحرارة :

● تعيين الحجم المولي لغاز نظريا (بتطبيق قانون الغاز المثالي):

الحجم المولي V_M هو حجم $1\ mol$ ($n = 1$) من أي غاز ، بالتعويض في قانون الغاز المثالي نجد $P\,V_M = R\,T$ ومنه :

$$V_M = \frac{R\,T}{P}$$

و هي عبارة الحجم المولي V_M للغاز المثالي في شرطين كيفيين $(P\ ,\ V)$.

مثال :

نقيس الحجم المولي لغاز في شروط يكون فيها الضغط $P = 2\ atm$ ، و درجة الحرارة $27°C$.

$$V_M = \frac{8.31(27+273)}{2\ .\ 1.013.10^5} = 1.23.10^{-2}\ m^3 = 12.3\ L/mol$$

● تعيين الحجم المولي لغاز تجريبيا :

نشاط :

الشكل-13 :

- نريد تعيين الحجم المولي لغاز ثنائي الهيدروجين H_2 باستعمال تفاعل حمض الكبريت $(2H_3O^+ + SO_4^{2-})$ مع كتلة $m_0 = 0.90\ g$ معدن الزنك المنمذج بالمعادلة الكيميائية التالية :

$$Zn_{(s)} + 2H^+_{(aq)} = Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$$

- عند توقف التفاعل (H^+ متفاعل محد) وجدنا كتلة الزنك المتبقية هي $m = 0.25\ g$ ، و حجم غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق هو $V(H_2) = 250\ mL$ ، علما أن شرطي التجربة هما :

$P = 1\ Bar = 10^5\ Pa$.

$T = 25°C + 273 = 298°K$

يعطى : $M(Zn) = 65\ g/mol$

1- أكتب عبارة الحجم المولي للغاز بدلالة كمية مادة الغاز و حجمه .

2- أوجد عدد مولات الزنك المتفاعلة (المختفية) و كذلك عدد مولات غاز ثنائي الهيدروجين الناتجة في التجربة .

4- استنتج قيمة الحجم المولي V_M في شروط التجربة .

تحليل النشاط :

1- عبارة الحجم المولي للغاز بدلالة كمية مادة و الغاز و حجمه :

$$n(H_2) = \frac{V(H_2)}{V_M} \rightarrow V_M = \frac{V(H_2)}{n(H_2)}$$

2- عدد مولات الزنك المتفاعلة (المختفية) :

- نحسب أولا كتلة الزنك المتفاعلة (المختفية) و لتكن 'm و من ثم نحسب عدد مولات الزنك المتفاعلة (المختفية) :

$$m' = m_0 - m = 0.90 - 0.25 = 0.65\ g$$

$$n'(Zn) = \frac{m'(Zn)}{M(Zn)} = \frac{0.65}{65} = 0.01mol$$

عدد مولات غاز ثنائي الهيدروجين الناتجة في التجربة :

- من المعادلة الكيميائية يتضح أنه كلما اختفى 1 mol من الزنك يتشكل 1 mol من غاز الهيدروجين ، و من ثم إذا احتفى n mol من الزنك يتشكل n mol من غاز ثنائي الهيدروجين H_2 ، إذن في كل لحظة من التفاعل يكون عدد مولات غاز ثنائي الهيدروجين H_2 مساوي لعدد مولات الزنك Zn المتفاعلة (المختفية) ، و منه :

$$n(H_2) = n(Zn) = 0.01\ mol$$

يمكن أيضا استنتاج أن عدد مولات غاز ثنائي الهيدروجين مساوي لعدد مولات الزنك المتفاعلة (المختفية) من خلال جدول تقدم التفاعل .

3- استنتج قيمة الحجم المولي في شروط التجربة :

مما سبق :

$$V_M = \frac{V(H_2)}{n(H_2)} \rightarrow V_M = \frac{0.25}{0.01} = 25\,L/mol$$

** الأستاذ : فرقاني فارس **
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم
الخروب - قسنطينة
Fares_Fergani@yahoo.Fr
Tel : 0771998109

نرجو إبلاغنا عن طريق البريد الإلكتروني بأي خلل في الدروس أو التمارين و حلولها .
وشكرا مسبقا

لتحميل نسخة من هذه الوثيقة و للمزيد . أدخل موقع الأستاذ ذو العنوان التالي :

www.sites.google.com/site/faresfergani

سلسلة دروس و تمارين في مادة العلوم الفيزيائية- ثانية ثانوي

إعداد الأستاذ : فرقاني فارس

عرض نظري مفصل

06

الميكانيك و الطاقة

الطاقة الداخلية

الشعب : علوم تجريبية
رياضيات ، تقني رياضي

****

www.sites.google.com/site/faresfergani

تاريخ آخر تحديث : 2013/03/22

1- تعريف الطاقة الداخلية :

- عندما يحدث تغير في البنية الداخلية للمادة على المستوى المجهري أو يحدث تغير في الحالة الفيزيائية (انصهار ، تجمد ، .....) على المستوى العياني ، أو يحدث تغير في درجة الحرارة على المستوى المجهري ، نقول أنه حدث تغير في الطاقة الداخلية لهذه المادة .
- يرمز للطاقة الداخلية بـ Ei و وحدتها الجول .
- للطاقة الداخلية مركبتين :
  - مركبة حرارية يرمز لها بـ E_{th} .
  - مركبة منسوبة للحالة الفيزيائية – الكيميائية .

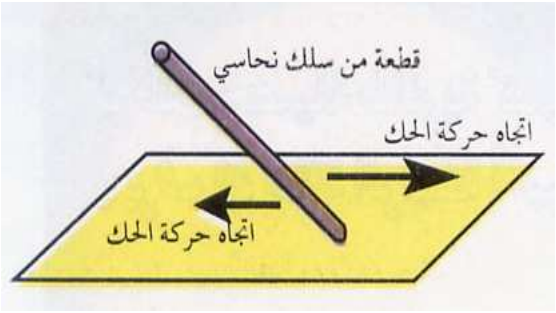
2- المركبة الحرارية للطاقة الداخلية :

أ- التغير في الطاقة الداخلية و التحويل الحراري :

نشاط :

- خذ قطعة من سلك معدني ثم أدلك أحد طرفيه على سطح خشن لمدة كافية (الشكل-1) .

الشكل-1 :



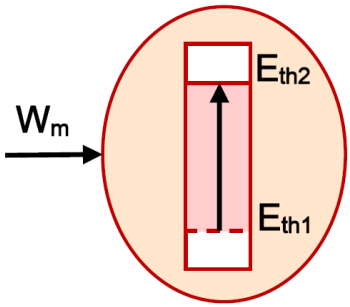
1- ألمس (بحذر) بيدك طرف السلك قبل و بعد عملية الدلك . ماذا تلاحظ ؟
2- هل تغيرت الطاقة الداخلية للسلك بعد عملية الدلك ؟ لماذا ؟
3- مثل الحصيلة الطاقوية للسلك بين بداية و نهاية الدلك .
4- اعط تفسيرا على المستوى المجهري لتغير الطاقة الداخلية للسلك .

تحليل النشاط :

1- نلاحظ ارتفاع ملحوظ في درجة حرارة السلك .

2- نعم بدليل ارتفاع درجة حرارة السلك .

3- الحصيلة الطاقوية :



4- التفسير على المستوى المجهري لتغير الطاقة الداخلية للسلك :

بعد مرور بضع دقائق على الدلك تتعادل درجة حرارة السلك ، إذ أن الجسيمات المكونة للسلك الموجودة عند طرفه تكتسب طاقة حركية نتيجة الاحتكاكات مع السطح الخشن ، هذه الجسيمات تقدم جزءا من طاقتها الحركية للجسيمات التي تجاورها ، و بدورها هذه الأخيرة تحول جزءا من طاقتها إلى الجزيئات التي بالقرب منها ، ... و هكذا يستمر التحويل إلى أن يصبح لكل الجزيئات في المتوسط نفس الطاقة الحركية ، و تصبح لكل نقطة من السلك نفس درجة الحرارة نقول حينئذ على الجملة (سلك) أنها في حالة توازن حراري .

نتيجة :

- يدل ارتفاع درجة حرارة الجملة على تغيير طاقتها الداخلية ΔE_{th} .
- ارتفاع الطاقة الداخلية للجملة ناتج عن زيادة الطاقة الحركية المجهرية لجسيمات الجملة .
- يقاس هذا التغير في الطاقة الداخلية بقيمة التحويل الحراري Q بين الجملة و الوسط الخارجي .

ب- العوامل التي يتعلق بها التحويل الحراري :

نشاط-1 : (علاقة التحويل الحراري بتغير درجة الحرارة)

الجزء الأول :

ضع كمية من ماء بارد (200g مثلا) درجة حرارته $\theta_1 = 20^0C$ في وعاء و أضف له نفس الكمية من ماء ساخن درجة حرارته $\theta_2 = 60^0C$.

اعتبر الجملة المكونة من كميتي الماء معزولة حراريا أي نهمل التحويل الحراري الذي يحدث مع الوسط الخارجي (المحيط+الوعاء) .

1- مثل الحصيلة الطاقوية للماء البارد بين الحالة الإبتدائية و الحالة النهائية .

2- ماذا يمثل التحويل الحراري Q بين الماء البارد و الماء الساخن ؟

3- هل يمكنك تقدير درجة حرارة الجملة عند التوازن الحراري في هذه الحالة ؟

4- قس درجة حرارة الماء بعد التوازن الحراري ، ماذا تلاحظ ؟

5- استنتج الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية .

الجزء الثاني :

أعد التجربة بأخذ نفس كمية الماء البارد السابقة (الكتلة 200g و درجة الحرارة $\theta = 20^0C$) ثم أضف لها نفس الكمية من ماء ساخن درجة حرارته $\theta_2 = 80^0C$. اعتبر دائما الجملة المكونة من كميتي الماء معزولة حراريا .

1- قس درجة حرارة الجملة عند التوازن الحراري في هذه الحالة ، هل لها نفس القيمة السابقة ؟

2- استنتج الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية .

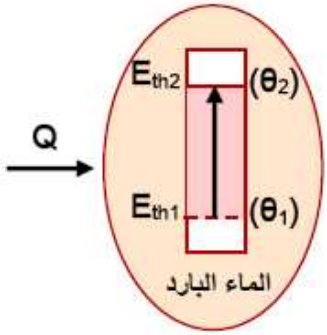
3- مثل الحصيلة الطاقوية للماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية .

4- هل قيمة التحويل الحراري Q هي نفسها القيمة السابقة ؟
5- بماذا تتعلق قيمة التحويل الحراري ؟

تحليل النشاط :

الجزء الأول :

1- الحصيلة الطاقوية :



2- يمثل التحويل الحراري Q بين كميتي الماء مقدار التغير الحادث في الطاقة الداخلية لكل منهما (الزيادة في الطاقة الداخلية للماء البارد مساوية للنقصان في الطاقة الداخلية للماء الساخن) .
3- بما أن كميتي الماء الممزوجتين متساويتين فإن درجة حرارتهما عند بلوغ التوازن الحراري تأخذ معدل درجتي حرارتهما الإبتدائيتين تقريبا أي : $\theta = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2}$.
4- بعد حدوث التوازن الحراري تثبت درجة حرارة الماء عند القيمة $\theta = 40°C$.
5- الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية هي :

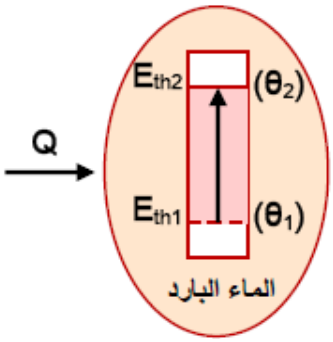
$$\Delta\theta = \theta - \theta_0 = 40 - 20 = 20°C$$

الجزء الثاني :

1- لا يكون لدرجة حرارة الماء النهائية عند بلوغ التوازن الحراري نفس القيمة السابقة $\theta = 40°C$ و إنما لها قيمة مختلفة قدرها في هذه الحالة $\theta = 50°C$.
2- الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية :

$$\Delta\theta = \theta - \theta_0 = 50 - 20 = 30°C$$

3- الحصيلة الطاقوية :



4- لا يكون للتحويل الحراري في هذه الحالة نفس القيمة كما في الحالة السابقة .
5- تتعلق قيمة التحويل الحراري Q بالفرق في درجة الحرارة النهائية و الابتدائية : $\Delta\theta = \theta - \theta_0$.

نشاط-2 : (علاقة التحويل الحراري بكمية المادة)

- أعد التجربة و خذ نفس كمية الماء البارد في نفس درجة الحرارة (الكتلة 200g و درجة الحرارة $\theta = 20^0C$) و أضف لها ضعف الكمية من الماء الساخن درجة حرارته $\theta_2 = 60^0C$.
1- هل يكون للجملة نفس درجة حرارة التوازن السابقة ، الجزء الأول من النشاط السابق ؟

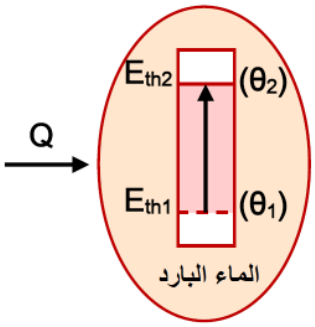
2- قس درجة حرارة الماء بعد التوازن الحراري ، ماذا تلاحظ ؟
3- استنتج الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية .
4- مثل الحصيلة الطاقوية للماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية .
5- قارن بين قيمة التحويل Q لهذا النشاط و قيمته في الجزء الأول من النشاط السابق .

تحليل النشاط :

1- لا يكون للجملة نفس درجة التوازن كما هو الحال في الجزء الأول من النشاط السابق .
2- درجة حرارة الماء تثبت عند قيمتها النهائية بعد حدوث التوازن الحراري و تقدر في هذه الحالة تقريبا $\theta \approx 46.6°C$.
3- الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية :

$$\Delta\theta = \theta - \theta_0 = 46.6 - 20 = 26.6°C$$

4- الحصيلة الطاقوية للماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية :



5- بما أن كمية الماء البارد هي نفسها في الجزء الأول من النشاط السابق و كذلك في هذا النشاط بينما التغير الحادث في درجة حرارة الماء مختلفة في الحالتين ($\Delta\theta \approx 20°C$ في الحالة الأولى) و ($\Delta\theta \approx 26.6°C$ في الحالة الثانية) فإن التحويل الحراري Q غير متساوي في الحالتين .

نشاط-3 : (علاقة التحويل الحراري بنوع المادة)

- أعد التجربة و خذ نفس كمية الماء البارد في نفس درجة الحرارة (الكتلة 200g و درجة الحرارة $\theta = 20^0C$) و أضف لها نفس الكمية لسلك من النحاس ($m_{Cu} = 200\ g$) في درجة حرارة $\theta_2 = 60^0C$ (اقترح طريقة عملية ملائمة تجعل فيها السلك في هذه الدرجة) .

1- قس درجة حرارة الجملة عند التوازن الحراري في هذه الحالة ، هل لها نفس القيمة التي حصلت عليها في الجزء الأول من النشاط الأول .؟
2- استنتج الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية .
3- بماذا تتعلق قيمة التحويل الحراري ؟

تحليل النشاط :

1- عند التوازن الحراري للجملة نقيس درجة حرارتها النهائية فنجدها $\theta \approx 23.3°C$ و بالتالي ليس لها نفس القيمة المقاسة في الجزء الأول من النشاط الأول .
2- الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الابتدائية و الحالة النهائية :

$$\Delta\theta = \theta - \theta_0 = 23.3 - 20 = 3.33°C$$

3- تتعلق قيمة التحويل الحراري Q بطبيعة (أو نوع) المادة المستقبلة أو الفاقدة للتحويل الحراري الحادث في الجملة المتوازنة .

نتيجة :

تتعلق قيمة الطاقة المحولة Q بين كميتين من المادة بكتلة و نوع كل مادة و الفرق بين درجتي الحرارة النهائية و الابتدائية لكل مادة تفقد و تستقبل طاقة بتحويل حراري حيث يساوي هذا التحويل التغير في الطاقة الداخلية لكل مادة أي : $Q = \Delta E_{th}$.

جـ- عبارة التحويل الحراري :

- إذا ارتفعت (أو انخفضت) درجة حرارة جملة ، تكون الجملة حتما اكتسبت (أو فقدت) طاقة بتحويل حراري Q ، يعبر عن مقدار هذا التحويل بالعلاقة :

$$Q = mc\,(\theta_f - \theta_i) = C\,(\theta_f - \theta_i)$$

Q : مقدار التحويل الحرراي (J) .
m : كتلة المادة (kg)
θ_i : درجة الحرارة الابتدائية (^0C) .
θ_f : درجة الحرارة النهائية (^0C) .
c : السعة الحرارية الكتلية للمادة ($J/(kg\,.^0C)$) أو $J/(kg\,.^0K)$) .
$C = mc$: السعة الحرارية للمادة ووحدتها ($J/(^0C)$) أو $J/(kg\,.^0K)$) .

- إذا كانت درجة الحرارة النهائية للجملة أكبر من درجة الحرارة الابتدائية ($\theta_f > \theta_i$) يكون $Q > 0$ و هذا يعني أن الجملة تكتسب طاقة بتحويل حراري عندما ترتفع درجة حرارتها .
- إذا كانت درجة الحرارة النهائية للجملة أقل من درجة الحرارة الابتدائية ($\theta_f < \theta_i$) يكون $Q < 0$ و هذا يعني أن الجملة تقدم طاقة بتحويل حراري عندما تنخفض درجة حرارتها .

- تعرف السعة الحررارية C لجملة تتكون من عدة مواد كتلها $m_1 , m_2 , m_3 , \ldots\ldots m_n$ و سعاتها الحرارية الكتلية $c_1 , c_2 , c_3 , \ldots\ldots , c_n$ بأنها مجموع السعات الحرارية لمختلف هذه المواد أي :

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots\ldots\ldots + C_n$$

و حيث أن $C = mc$ يكون :

$$C = m_1c_1 + m_2c_2 + m_3c_3 + \ldots\ldots + m_nc_n$$

● قيم السعة الحرارية الكتلية لبعض المواد :

الحالة	المادة	C J/(kg.K)
الصلبة	الألمنيوم (Al)	890
	النحاس (Cu)	380
	الجليد	2090
	الخشب	1700
السائلة	الماء	4185
الغازية	الأكسجين (O_2)	0.94

ملاحظة :

- إذا حدثت تحولات طاقوية Q_1 ، Q_2 ، ..... بين مجموعة من الأجسام تنتمي إلى نفس الجملة ، يكون مجموع هذه التحويلات الطاقوية مساوي لمقدار التحويل الطاقوي Q بين الجملة المتكونة من الأجسام المذكورة و الوسط الخارجي أي :

$$Q_1 + Q_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = Q$$

و كحالة خاصة إذا كانت هذه الجملة معزولة يكون مجموع التحويلات الطاقوية الحادثة بين الأجسام المكونة للجملة معدوم أي :

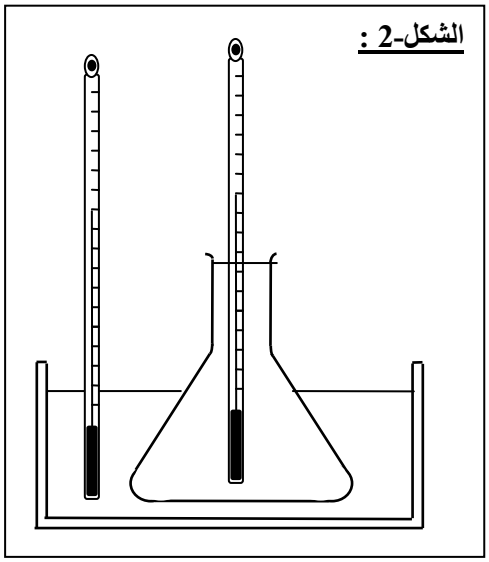
$$Q_1 + Q_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = 0$$

جـ- التوازن الحراري :

نشاط :

نأخذ وعاء به ماء ذو درجة حرارة 80°C ثم نغمر به دورق مملوء بماء بارد درجة حرارته 5°C ، نتابع تغيرات درجتي حرارة كل من الماء الموجود بالوعاء و الماء الموجود بالدورق بواسطة محرارين (شكل-2) .

الشكل-2 :



1- ماذا تلاحظ ؟ بماذا تفسر ذلك .

تحليل النشاط :

نلاحظ الماء ذو درجة الحرارة الأكبر تنخفض درجة حرارته بينما الماء درجة الحرارة الأقل ترتفع درجة حرارته ، يفسر ذلك بأن الماء ذو درجة الحرارة الأكبر قدم طاقة إلى الماء ذو درجة الحرارة الأقل بتحويل حراري ، و بعد مدة زمنية تستقر درجة الحرارة في قيمة ثابتة في كل من الماء ذو درجة الحرارة الأكبر و الماء ذو درجة الحرارة الأقل .

نتيجة- تعريف :

- عندما نمزج جسمين سائلين (أو جسم سائل مع جسم صلب) مختلفين في درجة الحرارة ، فإن الجسم ذو درجة الحرارة الأكبر يقدم طاقة بتحويل حراري للجسم ذو درجة الحرارة الأقل فتنخفض درجة حرارة الجسم الأول و ترتفع درجة حرارة الجسم الثاني إلى أن تصبح متساويتين ، نقول عندئذ أنه حدث **توازن حراري** و عندها تبقى درجة الحرارة الجملة المكونة من الجسمين المذكورين ثابتة .

- نفس القول عند مزج عدة أجسام مختلفة في درجة الحرارة .

د- فعل جول :

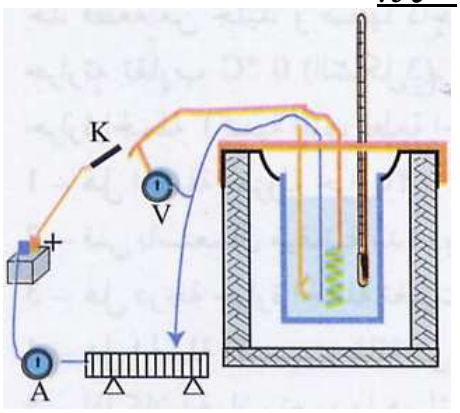
*** تعريفه :**

فعل جول هو التحويل الحرراي الذي يرفق مرور تيار كهربائي في ناقل .

*** التحقق من مفعول جول :**

نشاط :

الشكل-3 :



حقق التركيب المبين في (الشكل-3) المكون من مسعر حرراي و لواحقه ، معدلة كهربائية ، آمبير متر ، فولط متر ، مقاومة لتسخين الماء .

- ضع كمية من ماء كتلتها $m = 300g$ في المسعر و قس درجة الحرارة الابتدائية .
- اغلق القاطعة و قس الزمن اللازم لرفع درجة حرارة الماء داخل المسعر بـ 10^0C .
- قس في نفس الوقت شدة التيار الماء في المقاومة و فرق الكمون بين طرفيه .
- غير في شدة التيار و ذلك بتغيير قيمة مقاومة المعدلة ، و قس شدة التيار و فرق الكمون و الزمن اللازم لرفع درجة حرارة الماء داخل المسعر بـ 10^0C .
- كرر العملية عدة مرات بتغيير شدة التيار . ثم دون نتائجك في الجدول التالي :

I (A)	t (s)	$I^2 t$ (A^2s)

1- اكتب عبارة الطاقة المكتسبة من الماء .
2- اكتب عبارة الطاقة الكهربائية المحولة إلى المقاومة .
3- باعتبار المسعر معزولا حراريا و أن المقاومة تحول كل الطاقة الكهربائية التي تستقبلها ، اكتب معادلة انحفاظ الطاقة .
4- هل نتائج التجربة تحقق قانون جول ؟

تحليل النشاط :

جدول القياسات :

المقاومة : $R = 500\ \Omega$		
I (A)	Δt (s)	$I^2 \Delta t$ (A^2s)
0.5	100	25
1.0	25	25
1.5	11.1	25
2.0	6.25	25

1- عبارة الطاقة المكتسبة من الماء :

بإهمال السعة الحرارية للمسعر و لواحقه فإن الطاقة المكتسبة من الماء بالتحويل الحراري Q يعبر عنها بالعلاقة :

$$Q = mc\,(\theta_f - \theta_i) = C.\Delta\theta$$

2- عبارة الطاقة الكهربائية المحولة إلى المقاومة :

$$E_e = R.I^2.\Delta t$$

3- مما سبق و حسب مبدأ انحفاظ الطاقة باعتبار الجملة معزولة :

$$E_e = Q \rightarrow R.I^2.\Delta t = mc(\theta_f - \theta_i) \rightarrow RI^2.\Delta t = mc\,(\theta_f - \theta_i)$$

4- نتائج التجربة محققة لقانون جول أم لا :

لدينا : $m = 300\ g$ ، $\Delta\theta = 10°C$ و نعلم أن : $c = 4185\ J/g.°C$ (الحرارة الحرارية الكتلية للماء) بالتالي :

$$Q = mc(\theta_f - \theta_i) = 300 \,.\, 4.185 \,.\, 10 = 12555\ J$$

و هي الطاقة المكتسبة من طرف الماء من المقاومة الكهربائية .

لدينا كذلك : $R = 500\ \Omega$ و بالرجوع إلى جدول القياسات نجد :

$$I^2.\Delta t = C^{te} = 25\ u.I$$

و بالتالي :

$$E_e = R.I^2.\Delta t = 500 \,.\, 25 = 12500\ J$$

و هي الطاقة الكهربائية المحولة إلى المقاومة .

واضع أن : $Q \approx E_e$ أي أن : نتائج التجربة تحقق قانون جول في حدود أخطاء القياس . إذن :

نتيجة :

- فعل جول هو التحويل الحرراي الذي يرفق مرور تيار كهربائي في ناقل .
- عند يجتاز تيار كهربائي شدته I ناقل أومي مقاومته R خلال فترة زمنية Δt ، يقدم هذا الأخير في هذه الفترة الزمنية طاقة بتحويل حراري Q قدره :

$$Q = P \,.\, \Delta t = U\, I\, \Delta t = R\, I^2\, \Delta t$$

P : استطاعة التحويل الحرارة (الواط : W) .

Δt : زمن التحويل الحراري (s) .

U : التوتر (فرق الكمون) بين طرفي الناقل الأومي (الفولط : V) .

I : شدة التيار التي تجتاز الناقل الأومي (أمبير : A) .

R : مقاومة الناقل الأومي (أوم Ω) .

3- مركبة الطاقة الداخلية المنسوبة إلى الحالة الفيزيائية :

أ- تغيرات الحالة الفيزيائية :

- تتكون المادة في كل حالاتها على المستوي المجهري من ذرات و جزيئات ، و حالة المادة تتعلق بشدة التأثير المتبادل بين هذه الجسيمات ، هذا التأثير يمكن تمييزه إلى نوعين :

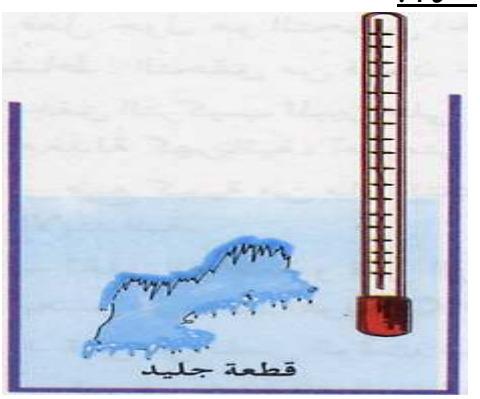
- تأثير بين الجزيئات و ينتج عنه طاقة التماسك .
- تأثير بين الذرات المكونة للجزيئات ينتج عنه طاقة الرابطة الكيميائية .

- عندما يحدث تغير في الحالة الفيزيائية للمادة (ذوبان قطعة جليد تحت تأثير اشعة الشمس مثلا) يصحب هذا التغير امتصاص أو فقدان طاقة نتيجة تغير في التأثيرات المتبادلة بين جسيمات المادة . كذلك التفاعلات الكيميائية يمكنها امتصاص أو فقدان الطاقة . في كلتا الحالتين تعتبر الطاقة المحولة عبارة عن تغير في الطاقة الداخلية للمادة .
- تتعلق حالة المادة بشدة التأثير المتبادل بين الجزيئات المكونة لها (الشكلين7و8/99) و نميز ثلاث حالات .
▪ الحالة الصلبة : هي الحالة التي تتوزع فيها جزيئات المادة على شبكة بلورية حيث تكون شديدة الارتباط فيما بينها . تؤمن هذه الروابط تماسك البنية البلورية للمادة .
▪ الحالة السائلة : و هي الحالة التي تكون فيها جزيئات المادة ضعيفة الارتباط فيما بينها حيث يكون التأثير بين جزيئات المادة ضعيف الشدة .
▪ الحالة الغازية : هي الحالة التي تكون فيها شدة التأثير المتبادل بين جزيئات المادة مهملة .

ب- طاقة التماسك (التحول الفيزيائي) :

نشاط :

الشكل-4 :



خذ قطعة من جليد و ضعها داخل وعاء معدني فيه كمية من ماء بارد درجة حرارته تقارب 0^0C (الشكل-4) . راقب لمدة كافية ، باستعمال محرار ، درجة حرارة الجملة (كمية الماء ، قطعة الجليد و الوعاء) .
1- هل الجملة معزولة حراريا ؟
2- هل درجة حرارة الجملة تغيرت خلال مدة ذوبان الجليد ؟
3- هل الجملة اكتسبت طاقة من الوسط الخارجي خلال مدة ذوبان الجليد ؟
4- إذا كان الجواب نعم ، ما هو أثر الطاقة المكتسبة على الجملة ؟

تحليل النشاط :

1- نعم لأنها درجة حرارتها تبقى ثابتة تقريبا في حدود $0°C$.
2- لا تتغير و تبقى ثابتة تقريبا في حدود $0°C$.
3- باعتبار الجملة (قطعة جليد) نعم اكتسبت هذه الجملة طاقة من الوسط الخارجي .
4- يذوب الجليد بفك ارتباط جزيئات الماء فيما بينها و جعلها ضعيفة الارتباط و يتطلب ذلك طاقة يقدمها الوسط الخارجي بتحويل حراري Q تزداد به الطاقة الحركية المجهرية لجزيئات الماء .

نتيجة :

تمتص قطعة الجليد تحويلا حراريا من الوسط الخارجي حتى تتحول من قطعة جليدية عند درجة حرارة 0^0C إلى ماء سائل عند نفس درجة الحرارة .

جـ- عبارة التحويل الحراري Q في حالة تغير الحالة الفيزيائية للمادة :

• الإنصهار :

عند تحول مادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة (انصهار) ، تكتسب هذه المادة طاقة بتحويل حراري قدره Q حيث :

$$Q = m\,L_f$$

Q : التحويل الحراري يقدر بالجول (J) .
m : كتلة الجسم يقدر بالكيلوغرام (kg) .
L_f : السعة الكتلية للإنصهار وحدتها (J/kg) .

● التجمد :
عند تحول مادة من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة (تجمد) ، تقدم هذه المادة طاقة بتحويل حراري قدره Q حيث :

$$Q = - m L_f$$

L_f : السعة الكتلية للتجمد و هي مساوية للسعة الكتلية للإنصهار عند نفس المادة ، وحدتها (J/kg) .

● التبخر :
عند تحول مادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية (تبخر) عند درجة حرارة ثابتة ، تكتسب هذه المادة طاقة بتحويل حراري قدره Q حيث :

$$Q = m L_v$$

L_v : السعة الكتلية لتغير للتبخر وحدتها (J/kg) .

● التميع :
عند تحول مادة من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة (تمييع) ، تقدم هذه المادة طاقة بتحويل حراري قدره Q حيث :

$$Q = - m L_v$$

L_v : السعة الكتلية للتميع و هي مساوية للسعة الكتلة للتبخر عند نفس المادة ، وحدتها (J/kg) .

3- مركبة الطاقة الداخلية المنسوبة إلى الحالة الكيميائية للجملة :

أ- طاقة التماسك الداخلي للجزئ :

- طاقة التماسك الداخلي للجزيء و التي يرمز لها بـ E_{coh} و وحدتها الجول هي الطاقة الضرورية لتفكيك 1 mol من هذا الجزيء في الحالة الغازية إلى ذرات في الحالة الغازية كما مبين في المعادلة :

$$A_xB_{y\,(g)} \rightarrow x\,A_{(g)} + y\,B_{(g)}$$

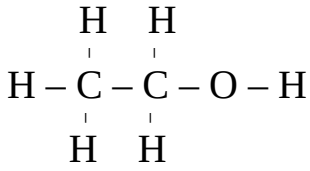
- يعبر عن طاقة التماسك للجزيء بالعلاقة :

$$E_{coh} = \Sigma\, D_{A-B}$$

حيث D_{A-B} تدعى طاقة الرابطة في الجزيء و هي تختلف باختلاف نوع الرابطة و باختلاف العنصر أو العنصرين الكيميائيين المشكل أو المشكلين لهذه الرابطة ، كما مبين في الأمثلة التالية :

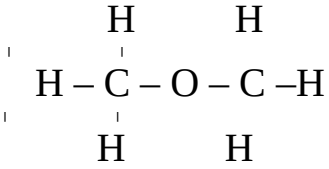
$D_{C-H} = 415$ kJ/mol
$D_{C-C} = 345$ kJ/mol
$D_{C=C} = 615$ kJ/mol
$D_{C\equiv C} = 812$ kJ/mol
$D_{O-H} = 463$ kJ/mol
$D_{C-O} = 356$ kJ/mol

مثال : (طاقة التماسك الداخلي لجزئ C_2H_6O)
لهذا الجزيء صيغتان مفصلتان .
الصيغة الأولى :



$$E_{coh1} = \Sigma D_{A-B} = 5 D_{C-H} + D_{C-C} + D_{C-O} + D_{H-O}$$

الصيغة الثانية :



$$E_{coh2} = \Sigma D_{A-B} = 6 D_{C-H} + 2 D_{C-O}$$

بعد التطبيق العددي نجد أن : $E_{coh1} \neq E_{coh2}$ ، نستنتج من ذلك أننا يمكن التمييز بين المماكبات من خلال طاقة التماسك الداخلي للجزيء .

ب- طاقة التفاعل :
- عندما يحدث تحول كيميائي في جملة كيميائية تكتسب هذه الأخيرة طاقة ، و أثناء ذلك و على المستوى المجهري تنكسر روابط تكافئية و تتشكل روابط تكافئية أخرى .
- تدعى الطاقة التي تكتسبها الجملة أو تفقدها عند حدوث تفاعل كيميائي بطاقة التفاعل يرمز لها بـ $E_{Réa}$ و يعبر عنها بالعلاقة :

$$E_{Réa} = \Sigma D_{A-B}(\text{متفاعلات}) - \Sigma D_{A-B}(\text{نواتج})$$

- إذا كان $E_{Réa} > 0$ يكون التفاعل ماص للحرارة و في هذه الحالة تكون الجملة اكتسبت طاقة بتحويل حراري .
- إذا كان $E_{Réa} < 0$ يكون التفاعل ناشر للحرارة و في هذه الحالة تكون الجملة قدمت طاقة بتحويل حراري .

** الأستاذ : فرقاني فارس **
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم
الخروب - قسنطينة
Fares_Fergani@yahoo.Fr
Tel : 0771998109

نرجو إبلاغنا عن طريق البريد الإلكتروني بأي خلل في الدروس أو التمارين و حلولها .
وشكرا مسبقا

لتحميل نسخة من هذه الوثيقة و للمزيد . أدخل موقع الأستاذ ذو العنوان التالي :

www.sites.google.com/site/faresfergani

سلسلة دروس و تمارين في مادة العلوم الفيزيائية- ثانية ثانوي

إعداد الأستاذ : فرقاني فارس

08 عرض نظري مفصل

الشعب : علوم تجريبية
رياضيات ، تقني رياضي

الظواهر الكهربائية

مفهوم الحقل المغناطيسي

****

www.sites.google.com/site/faresfergani

تاريخ آخر تحديث : 2013/03/22

1- مفاهيم عامة :

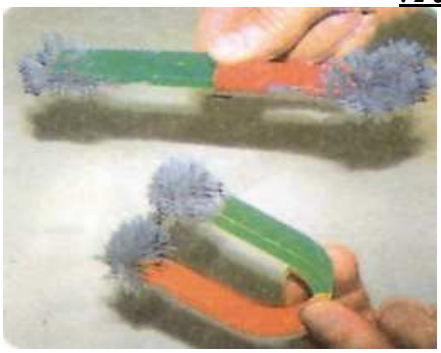
أ- تعريف المغناطيس :

- المغناطيس هو كل جسم يمتاز بخاصية جذب برادة الحديد و يجذب أيضا الحديد و الفولاذ و النيكل و الكوبالت و كل السبائك التي تحتوي على هذه المعادن .

- يمتاز المغناطيس مهما كان شكله (الشكل-1) بمنطقتين تتمركز فيها برادة الحديد عند تقريبه منها ، نسمي هاتين المنطقتين قطبي المغناطيس (الشكل-2) .

الشكل-1 :

الشكل-2 :



ب- المغانط الدائمة و المغانط المؤقتة :

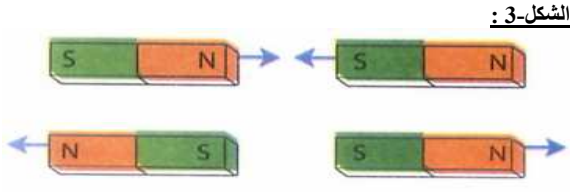
- المغناطيس الدائم هو كل جسم يمتلك خاصية المغانط (جذب برادة الحديد) و يحافظ عليها .

- المغناطيس المؤقت هو كل جسم يكتسب خاصية المغانط في ظروف معينة أو تحت تأثير مغناطيس و يفقد هذه الخاصية عند غياب هذه الظروف أو زوال التأثير .

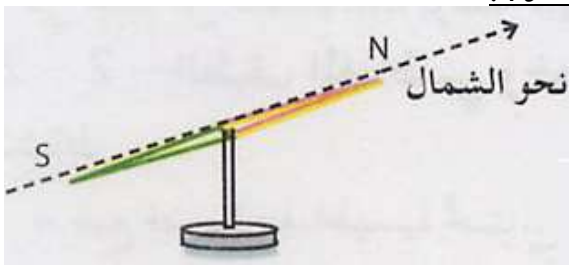
جـ- قطبا المغناطيس :

- للمغناطيس قطبين من نوعين مختلفين شمالي (N) و جنوبي (S) ، حيث أن قطبين من نفس النوع يتنافران و قطبين من نوعين مختلفين يتجاذبان .

الشكل-3 :



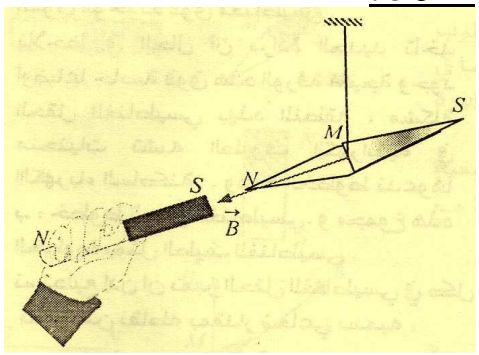
الشكل-4 :



د- تعيين قطبي المغناطيس :

- الإبرة المغناطيسية عبارة عن إبرة فولاذية ممغنطة يمكنها الدوران حول محور .
- عندما تكون الإبرة المغناطيسية بعيدة عن كل التأثيرات المغناطيسية ، مثل مغناطيس بجوارها أو قطعة حديدية ، أو تيار كهربائي فإن الإبرة تأخذ وضعا موازيا تقريبا للخط الجغرافي (شمال- جنوب) لذا اصطلح تسمية قطبها الموجه نحو الشمال بالقطب الشمالي N و الآخر الموجه نحو الجنوب بالقطب الجنوبي .

الشكل-5 :



ملاحظة :

- عند وضع إبرة مغناطيسية أمام مغناطيس تأخذ الإبرة وضع تكون فيه مع المغناطيس في نفس الحامل ، كما يتجه دوما وجهها الشمالي إلى القطب الجنوبي للمغناطيس ، وعليه يمكن تحديد قطبي مغناطيس من خلال الإبرة المغناطيسية حيث يتجه القطب الجنوبي للإبرة إلى القطب الشمالي للقضيب المغناطيسي (الشكل-5) .

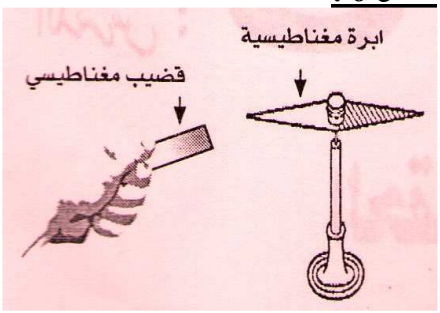
2- مفهوم الحقل المغناطيسي :

أ- تعريف الحقل المغناطيسي :

نشاط :

1- نقرب من إبرة مغناطيسية حرة الحركة و قابلة للدوران حول محورها قضيبا مغناطيسيا . ماذا تلاحظ ؟ بماذا تفسر ذلك .

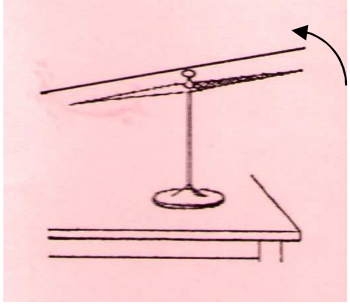
الشكل-6 :



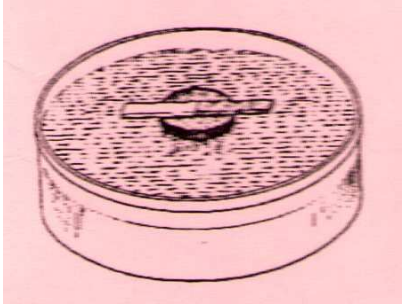
2- نجعل تيارا كهربائيا يجتاز سلكا ناقلا موازيا لمحور إبرة مغناطيسية بعد استقرارها . ماذا تلاحظ ؟ بماذا تفسر ذلك ؟

3- نضع مغناطيس فوق قطعة فلين تسبح على سطح الماء و نتركها حرة ، ماذا تلاحظ ؟ بماذا تفسر ذلك ؟

الشكل-7 :



الشكل-8 :



تحليل النشاط :

1- نلاحظ أن الإبرة المغناطيسية تتحرك و تدور حول محورها محاولة الاقتراب من المغناطيس ، يدل هذا على أن الإبرة المغناطيسية موجودة ضمن حقل مغناطيسي .

2- نلاحظ حالا انحراف هذه الإبرة في جهة معينة ، مما يدل على أن الإبرة المغناطيسية موجودة ضمن حقل مغناطيسي ناتج عن مرور التيار الكهربائي .

3- نلاحظ أن قطعة الفلين تدور بزاوية معينة حتى يصبح المغناطيس في اتجاه الشمال فتستقر في هذه الوضعية ، يدل هذا على أن المغناطيس موجودة ضمن حقل مغناطيسي ناتج عن الأرض .

نتيجة- تعريف :

- الحقل المغناطيسي هو حيز من الفراغ ، لو يوضع في جسم ممغنط مثل إبرة مغناطيسية أو جسم قابل للتمغنط مثل برادة الحديد يخضع إلى قوة تسمى قوة مغناطيسية .

- للحقل المغناطيسي ثلاث مصادر أساسية .

- مغناطيس طبيعي .
- تيار كهربائي .
- الأرض (حقل مغناطيسي أرضي) .

- نكشف عن وجود حقل مغناطيسي في منطقة ما بواسطة إبرة مغناطيسية أين تأخذ وضع مستقر معين ، بمعنى لو نحرك إبرة مغناطيسية في حالة توازن تعود إلى وضع توازنها الأصلي .

ب- خطوط الحقل المغناطيسي :

نشاط :

1- ضع قضيبا مغناطيسيا تحت ورق شفاف أو ورق مقوى . ذر كمية من برادة الحديد حول موضع المغناطيس ثم انقر على الورقة بلطف ، ماذا تلاحظ ؟

2- خذ إبرة ممغنطة صغيرة و ضعها في نقاط مختلفة بجانب المغناطيس ، ثم قم بتجويلها وفق أحد الخطوط المتشكلة . ماذا تلاحظ ؟ قارن تجاه الإبرة المغناطيسية بالنسبة لقطبي المغناطيس .

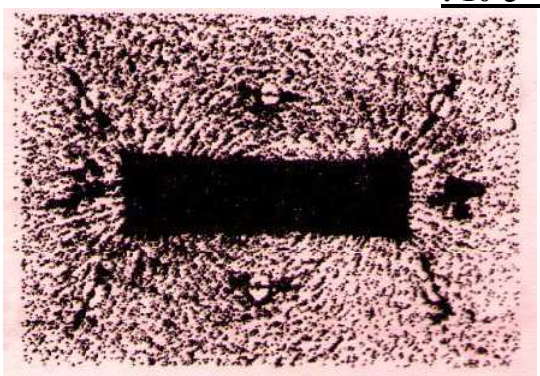
3- أعد نفس خطوات التجربة باستعمال مغناطيسي على شكل الحرف U و أجب على نفس الأسئلة . ماذا تستنتج ؟

تحليل النشاط :

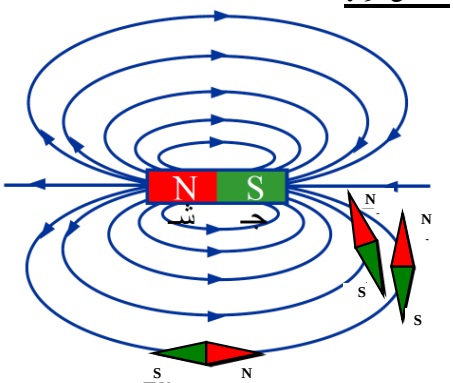
1- نلاحظ اصطفاف و ترتيب البرادة وفق خطوط وهمية منحنية متوازية بين القطبين و متباعدة عندهما مشكلة أشكالا مميزة كما في (الشكل-10)

2- نلاحظ أن الإبرة المغناطيسية تستقر دوما في وضع تكون فيه مماسية للخط الذي تشكله برادة الحديد ، و هي متجهة دوما بشكل يكون فيه الخط الخارج من القطب الشمالي N للمغناطيس داخل من قطبها الشمالي و خارج من قطبها الجنوبي متجها نحو القطب الجنوبي S للمغناطيس (الشكل-9) .

الشكل-10 :

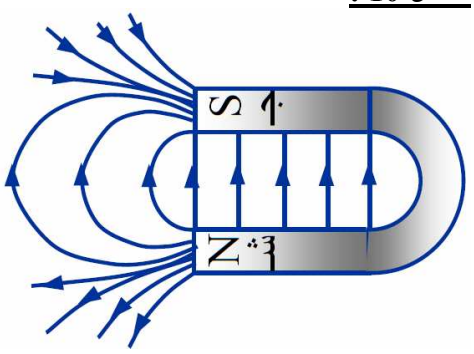


الشكل-9 :

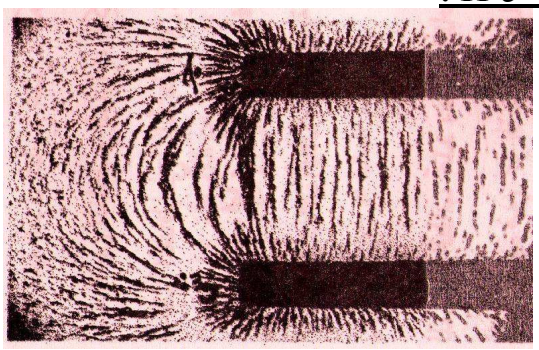


3- عند إعادة التجربة باستعمال مغناطيس على شكل حر U نحصل على نفس الملاحظة السابقة مما يدل على أن لخطوط الحقل المغناطيسي اتجاه معين يتعلق بقطبي المغناطيس المولد لهذا الحقل .

الشكل-10 :



الشكل-11 :



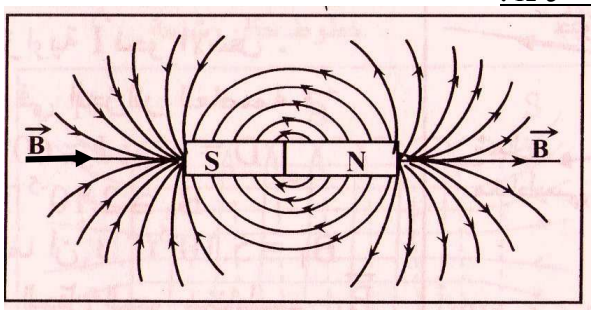
نتائج :

- عند ذر برادة الحديد على سطح يحتوي تحته مغناطيسيا ، نلاحظ توزيع حبيبات البرادة وفق خطوط وهمية تربط بين القطبين و شكل هذه الخطوط يتغير بتغير مصدر الحقل المغناطيس .
- من مميزات هذه الخطوط استقرار إبرة مغناطيسية صغيرة ، موضوعة في إحدى نقاطها في وضع مماسي للخط المار من تلك النقطة .
- عند تغيير موضع الإبرة المغناطيسية على نفس الخط تبقى هذه الأخيرة دائما مماسية له محافظة على نفس الإتجاه .

تعريف :

- عند ذر برادة الحديد على سطح يحتوي تحته مغناطيسيا ، نلاحظ توزيع حبيبات البرادة وفق خطوط وهمية تربط بين القطبين تسمى **خطوط الحقل المغناطيسي** أو **طيف الحقل المغناطيسي** ، و شكل هذه الخطوط يتغير بتغير مصدر الحقل المغناطيس .
- لخطوط الحقل المغناطيسي جهة تكون بشكل تخرج فيه من القطب الشمالي للمغناطيس و تدخل من القطب الجنوبي له ، (الشكل-12)

الشكل-12 :



د- الحقل المغناطيسي مقدار شعاعي :

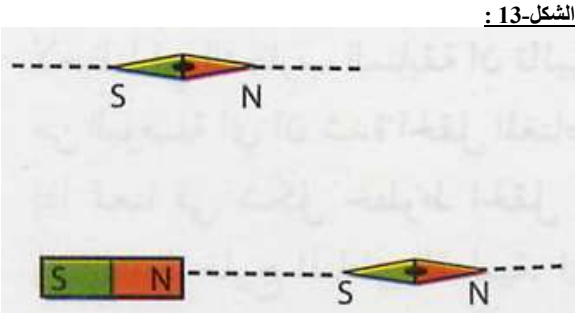
نشاط :

1- ضع ابرة مغناطيسية صغيرة بعيدة عن كل تأثير مغناطيسي و دعها تستقر ، ثم قرب منها وفق محورها S-N القطب الشمالي لقضيب مغناطيسي (الشكل-13) . ماذا يحدث ؟

2- قرب من الإبرة المغناطيسية وفق محورها S-N القطب الجنوبي للقضيب . ماذا يحدث ؟

3- أبعد القضيب و اترك الإبرة المغناطيسية تستقر ثم قرب منها القطب الشمالي للمغناطيس وفق خط يصنع زاوية كيفية مع محورها S-N . ماذا تلاحظ ؟ وقف القضيب عندما ينطبق محور الإبرة المغناطيسية على محوره . علم هذا الوضع .

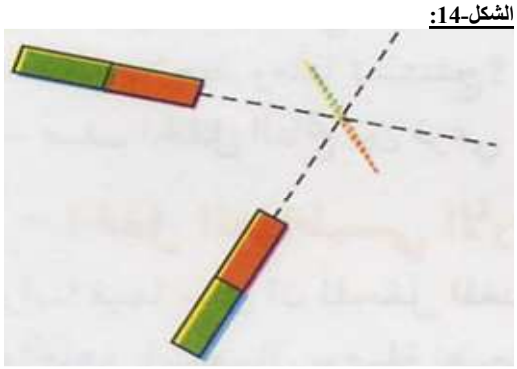
الشكل-13 :



4- أبعد القضيب الأول ثم أعد التجربة بتقريب القطب الشمالي لقضيب آخر وفق خط كيفي يختلف عن السابق ، ماذا تلاحظ ؟ علم الوضع الذي عنده ينطبق محور البوصلة على محوره .

5- ضع الآن القضيبين في الموضعين المحددين سابقا ليؤثرا معا على البوصلة (الشكل-14) . كيف يكون وضع الإبرة المغناطيسية في هذه الحالة ؟

الشكل-14:



تحليل النشاط :

1- تتوجه الإبرة المغناطيسية وفق محور المغناطيس بحيث يتجه قطبها الجنوبي S نحو قطبها الشمالي N للمغناطيس كما في (الشكل-13) .

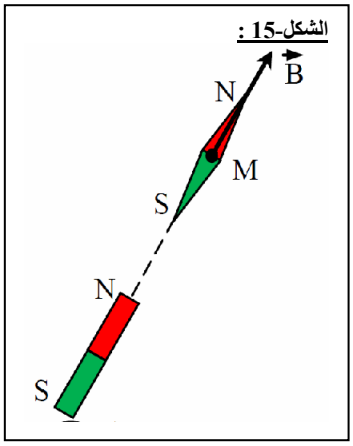
2- تدور الإبرة ليتجه قطبها الشمالي باتجاه القطب الجنوبي للمغناطيس .

3- تدور الإبرة بمقدار الزاوية الكائنة بين محورها و محور القضيب لتستقر في الوضع الذي ينطبق فيه محورها مع محور القضيب المغناطيسي (الشكل-15) .

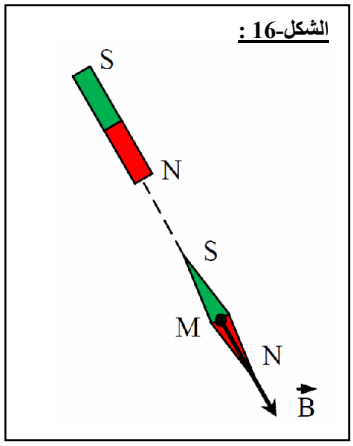
4- تدور الإبرة بمقدار الزاوية الكائنة بين محورها و محور القضيب لتستقر في الوضع الذي ينطبق فيه محورها مع محور القضيب المغناطيسي (الشكل-16)

5- يكون وضع الإبرة المغناطيسية في هذه الحالة وفق محصلة التأثيرين السابقين (الشكل-17) .

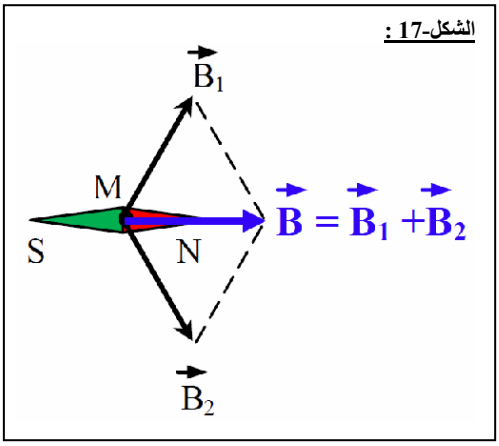
الشكل-15 :



الشكل-16 :



الشكل-17 :



نتيجة :

للحقل المغناطيسي شدة و حامل و جهة ومنه يمكن نمذجته في نقطة من نقاط الفضاء بشعاع ، هذا ما تبينه نتائج التجربة الأخيرة حيث لا يمكن تفسير الوضع الذي تأخذه البوصلة تحت تأثير حقلين مغناطيسيين إلا باعتبار أنها خاضعة لحقل واحد ناتج عن المجموع الشعاعي لحقلي القضيبين .

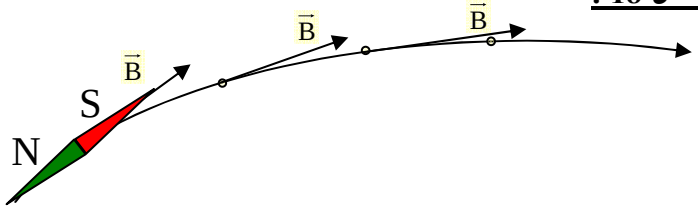
تعريف :

- يتميز الحقل المغناطيسي في كل نقطة M من نقاطه بشعاع يسمى شعاع الحقل المغناطيسي يرمز له بـ $\vec{B}$ و وحدة طويلته التسلا يرمز لها بـ T ، يتميز بالخواص التالية :

- نقطة تطبيقه هي النقطة M المعتبرة .
- حامله منطبق على حامل إبرة مغناطيسية موضوعة في النقطة المعتبرة .
- جهته من جنوب نحو شمال الإبرة المغناطيسية (S→N) .

- شعاع الحقل المغناطيسي يكون مماسي لخط الحقل المغناطيسي في كل نقطة من نقاطع ، كما أن جهته هي جهة الحقل المغناطيسي .

الشكل-18 :



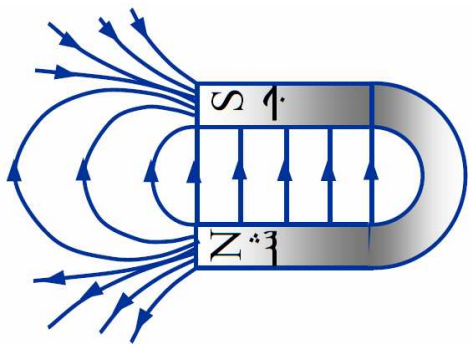
هـ- الحقل لمغناطيسي المنتظم :

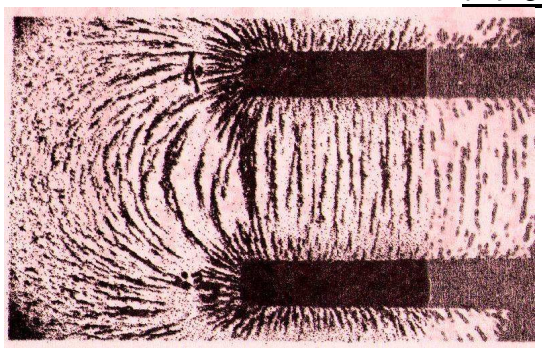
- يكون الحقل المغناطيسي منتظما ، عندما تكون خطوطه متوازية ، و عندها تنطبق أشعة الحقل المغناطيسي على خطوطه و يكون لها نفس الشدة في جميع النقاط .

مثال :

بين فكي مغناطيس على شكل حرف U يكون الحقل المغناطيسي منتظم (الشكل-19) .

الشكل-19 :





3- الحقل المغناطيسي الأرضي :

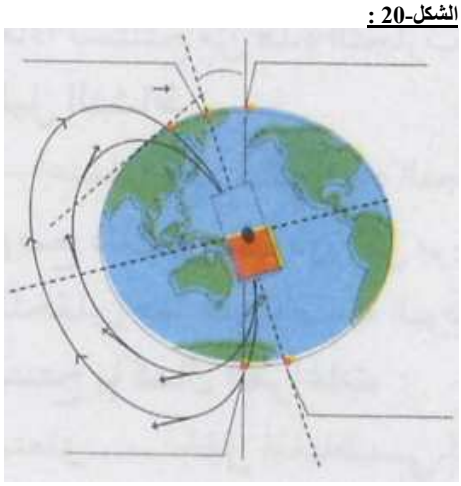
أ- تعريف الحقل المغناطيسي الأرضي :

- إذا وضعنا إبرة مغناطيسية بعيدا عن أي تأثير مغناطيس أو تيار كهربائي ، نلاحظ أن الإبرة تأخذ وضع مستقر و إذا قمنا بتحريكها تعود إلى وضعها الأصلي ، هذا يدل أن الإبرة المغناطيسية موجودة ضمن حقل مغناطيسي ناتج عن الأرض يسمى الحقل المغناطيسي الأرضي .

- الدراسة التجريبية للحقل المغناطيسي أدت إلى أنه يمكن اعتبار الأرض عبارة عن مغناطيس ضخم (الشكل-20) .

- تتغير شدة الحقل المغناطيسي الأرضي من بقعة لأخرى على كوكب الأرض حسب موضعها الجغرافي و لكن يمكن اعتبار شدة الحقل المغناطيسي الأرضي في تلك المنطقة منتظما بتقريب معقول و هذا ما نلاحظه عند وضع عددا من البوصلات موزعة في منطقة ، فتبدو كلها متوازية .

الشكل-20 :

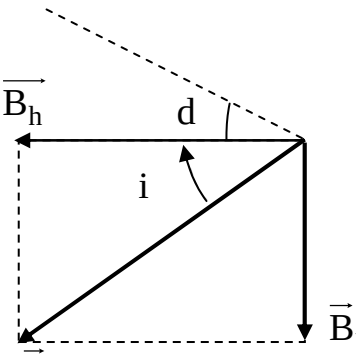


ب- زاوية الإنحراف :

- أثبتت القياسات أن الإبرة المغناطيسية في الحقل المغناطيسي الأرضي لا تتجه تماما نحو القطب الشمالي الجغرافي بل تنحرف عنه بزاوية d و تميل مع الأفق بزاوية i ، كما تكون ضمن مستوي يدعى مستوى الزوال المغناطيسي (الشكل-21) .

الشكل-21 :

الشكل-22:



$\vec{B}$: شعاع الحقل المغناطيسي الأرضي ، $\vec{B_h}$: المركبة الأفقية لشعاع الحقل المغناطيسي الأرضي ، $\vec{B_v}$: المركبة الشاقولية لشعاع الحقل المغناطيسي ، d : مقدار الإنحراف ، i : زاوية الميل .

- دُرس الحقل المغناطيسي الأرضي بدقة و تم تحديد قيمة زاويتي الميل و الانحراف في جميع مناطق الأرض و دونت في جداول و خرائط و هي تميز بكل دقة الموقع الجغرافي لأي بقعة من كوكب الأرض و تستعمل خاصة في الملاحة البحرية و الجوية .

قيم i ، d ، B في بعض المناطق :

الموقع	d(°)	I(°)	B(nT)
الجزائر	5	50	40000
باريس	5	64	47000
القطب الشمالي	0	90	56000

ملاحظات :

- يشكل الحقل المغناطيسي الأرضي غلافا واقيا حيث أنه يحمي الأرض من تأثيرات الإشعاع الكوني الظار الوارد من الفضاء الخارجي خاصة الشمسية منها فهو ذو أهمية كبيرة على إمكانية الحياة على كوكب الأرض .
- يقع حاليا القطب الشمالي المغناطيسي في شمال كندا تقريبا و القطب الجنوبي في جنوب المحيط الهندي .
- يبقى تأثير المجال المغناطيسي معتبرا في منطقة واسعة من الفضاء أبعادها المتغيرة خلال الزمن تقدر بحوالي عشرة أضعاف نصف قطر الأرض من جهة الشمس و ألاف المرات نصف قطرها من الجهة المعاكسة .
- لم يتوصل الإنسان إلى إكتشاف أعماق الأرض ، لذا لجأ إلى وضع فرضيات لتفسير خواصها المغناطيسية ، حيث افترض أن جوف الأرض يتشكل من نواة (اللب) معدنية نصف قطرها يساوي حوالي 3500Km و هي مكونة أساسا من الحديد ، جوفها الداخلي صلب محاط بطبقة خارجية مائعة (سائلة) . ينشأ الحقل المغناطيسي عندما تتحرك هاتان الطبقتان من اللب حول بعضهما البعض .
- أظهرت قياسات الحقل المغناطيسي الأرضي التي أجريت في مختلف نقاط الأرض منذ منتصف القرن السادس عشر تغير في شدته و جهته في نفس المكان . كما أثبتت الدراسات الجيولوجية المتعلقة بحمم البراكين ذات المغنطة الحديدية أن الحقل المغناطيسي الأرضي غير جهته عدة مرات خلال العصور السابقة .

4- الحقل المغناطيسي المتولد عن تيار كهربائي :

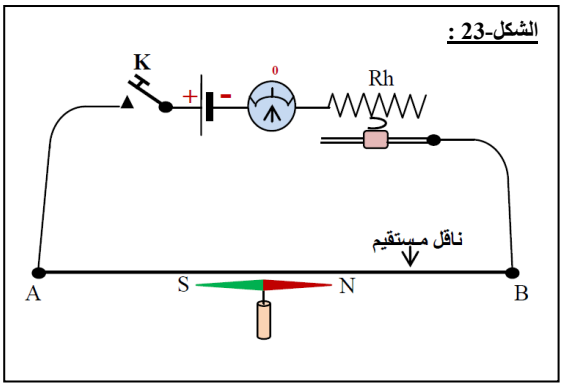
أ- تجربة أورستد :

- أول من اكتشف تجريبيا أثر التيار الكهربائي على مغناطيس هو العالم الدانماركي أرستد في سنة 1820 الذي لاحظ انحراف بوصلة كانت موضوعة بجوار سلك ناقل إثر مرور تيار كهربائي فيه ، و بعد إعادته للتجربة و التأكد من أن سبب الانحراف يعود فقط لمرور التيار ، توصل إلى النتيجة التالية :

" يمكن للحقل المغناطيسي أن ينشأ عن مرور تيار كهربائي بناقل ، حيث أن ابرة مغناطيسية متوازنة موجودة بجوار الناقل يمكنها أن تنحرف يمينا و شمالا ، كما أن جهة ومقدار الإنحراف تتعلق بجهة و شدة التيار الكهربائي المار بالناقل "

نشاط :

الشكل-23 :



بواسطة بطارية ، أسلاك توصيل ، إبرة مغناطيسية . نحقق التركيب الموضح في (الشكل-23) التالي :

1- ضع الإبرة المغناطيسية على طاولة بعيدة عن كل تأثير مغناطيسي و اتركها تستقر ثم اجعل سلكا مستقيما فوق البوصلة في وضع يوازي المحور N-S للإبرة المغناطيسية ، بعد ذلك اربط أحد طرفي السلك بالقطب السالب للبطارية . هل يؤثر السلك على الإبرة المغناطيسية ؟

2- أغلق الدارة بلمس القطب الموجب بالطرف الثاني للسلك (وصل قصير) ، ثم أعد فتحها . ماذا تلاحظ ؟

3- في رأيك ما هو سبب انحراف الإبرة المغناطيسية عن وضعها ؟ علل .

4- كيف تفسر انحراف الإبرة المغناطيسية عن وضعها إثر مرور التيار و رجوعها إلى وضعها الابتدائي بعد فتح الدارة ؟

5- أعد التجربة بتغيير وضعية السلك بالنسبة للإبرة المغناطيسية (موازيا لها ومن تحتها ، موازيا لها و في نفس المستوي الأفقي ، السلك عمودي على المحور S-N للإبرة المغناطيسية ....) ماذا تلاحظ ؟

6- أعد التجربة باستعمال سلك مغطى بعازل ثم بآخر معرى من العازل . ماذا تلاحظ ؟

7- استبدل السلك النحاسي بسلك من الألمنيوم . ماذا تلاحظ ؟

8- هل يمكن استعمال سلك من حديد ؟ علل .

تحليل النشاط :

1- لا يؤثر السلك على الإبرة المغناطيسية .

2- نلاحظ انحراف الإبرة المغناطيسية عند غلق الدارة و عودتها إلى وضع استقرارها عند فتح الدارة .

3- سبب انحراف الإبرة عن وضعها هو مرور التيار الكهربائي في السلك بدليل استقرارها في وضع جديد عند غلق الدارة و مرور تيار في السلك و عودتها إلى وضعها الابتدائي أثناء قطع التيار .

4- إنحراف الإبرة عن وضعها إثر مرور التيار يرجع إلى نشوء حقل مغناطيسي جديد إضافة إلى الحقل المغناطيسي الأرضي لذلك تنحرف الإبرة لتأخذ الوضع المحصل الناجم عن مجموع الحقلين (المركبة الأفقية للحقل الأرضي + حقل التيار) أما عودة الإبرة إلى وضعها الإبتدائي بعد فتح الدارة فهو بسبب إنعدام حقل التيار و خضوع الإبرة فقط لتأثير المركبة الأفقية للحقل الأرضي .

5- نلاحظ في جميع الحالات تأثر الإبرة بمرور التيار في السلك مما يدل على نشوء حقل مغناطيسي في الفضاء المحيط بالسلك اثناء مرور التيار فيه .

6- نلاحظ انحراف الإبرة المغناطيسية حتى بوجود العازل مما يدل على أن الحقل المغناطيسي المتولد عن التيار لا يتعلق بالعازل .

7- تتأثر كذلك الإبرة افبرة بسبب نشوء حقل مغناطيسي ناتج عن التيار المار بسلك الألمنيوم لأن الألمنيوم معدن غير ممغنط مثل النحاس .

8- لا يمكن استعمال سلك من الحديد أو فولاذ أو كوبالت .... لأن هذه المواد تمتاز بخاصية التمغنط (انجذاب نحو الإبرة المغناطيسية و المغانط بصفة عامة) .

نتيجة :

- يتولد حقل مغناطيسي إثر مرور تيار كهربائي في النواقل غير الممغنطة و تصبح بذلك هذه النواقل عبارة عن مغانط مؤقتة .
- تتعلق خصائص الحقل المغناطيسي الناتج عن التيار الكهربائي بشكل الدارة التي يجتازها و كذا بشدة و جهة مرور التيار فيها كما سنرى لاحقا .

ب- تحديد جهة الحقل المغناطيسي الناتج عن تيار كهربائي :

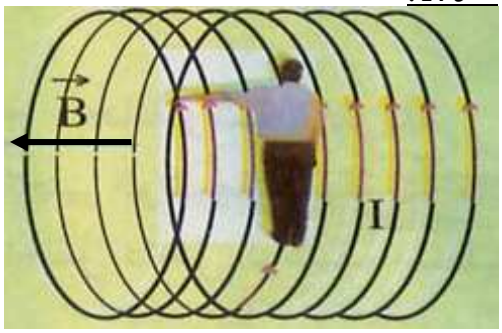
هناك عدة طرق لتحديد جهة شعاع الحقل المغناطيسي أهمها :

• قاعدة رجل أمبير :

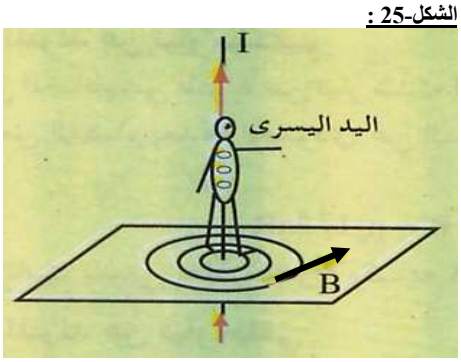
تعتمد هذه القاعدة على تخيل رجل مستلق على السلك حيث يدخل التيار من رجليه و يخرج من رأسه و هو ينظر إلى النقطة المعتبرة و يمد يده اليسرى عموديا على جسده مشيرا بها إلى جهة الحقل .

مثال :

الشكل-24 :



الشكل-25 :

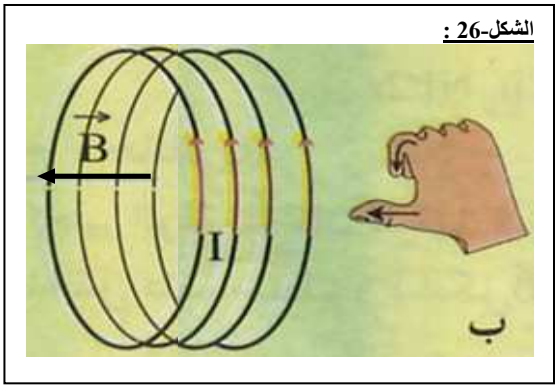


• قاعدة اليد اليمنى :

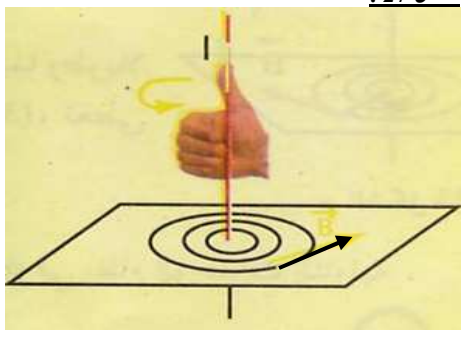
نضع اليد اليمنى مفتوحة أمام السلك بحيث يشير الإبهام لجهة التيار في السلك ثم نضم الأصابع الأخرى لغلق اليد على السلك فتنغلق مشيرة لجهة الحقل (الشكل-26 ، 27) .

مثال :

الشكل-26 :



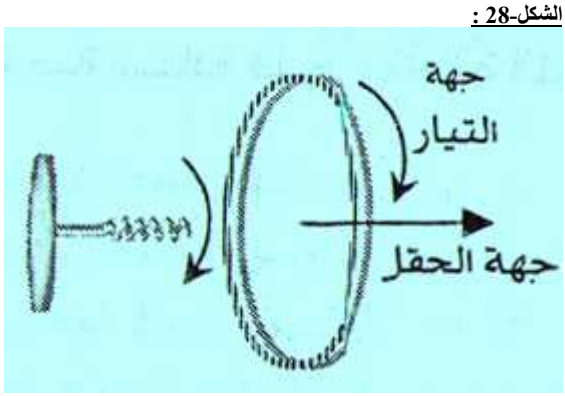
الشكل-27 :



• قاعدة ماكسوال (البرغي) :

تعتمد هذه الطريقة على برغي نتخيله يدور في جهة التيار ، لتكون جهة انتقاله هي جهة شعاع الحقل المغناطيسي (الشكل-28) :

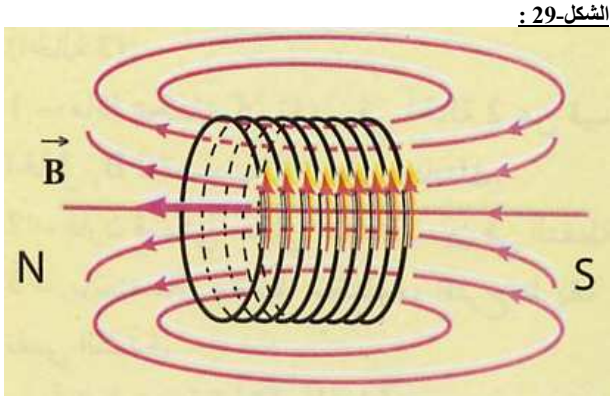
الشكل-28 :



• تحديد وجهي وشيعة :

يمكن تحديد وجهي وشيعة من خلال تحديد جهة شعاع الحقل المغناطيسي بالطرق السابقة ، حيث تكون جهة شعاع الحقل المغناطيسي في مركز الوشيعة من القطب الجنوبي (S) للوشيعة إلى القطب الشمالي لها (N) . و عليه تخرج خطوط الحقل من الوجه الشمالي و تدخل من الوجه الجنوبي ، أي أن داخل الوشيعة خطوط الحقل موجهة من الوجه الجنوبي نحو الوجه الشمالي و العكس خارجه .

الشكل-29 :



جـ- الحقل المغناطيسي المتولد عن تيار مستقيم :

نشاط :

1- خذ سلكا نحاسيا مستقيما و ثبته في الموضع الشاقولي (الشكل-25) حيث يخترق ورق مقوى أفقي ثم أربط أحد طرفي السلك بالقطب السالب لبطارية و أمسك الطرف الآخر بيدك ، ذر كمية من برادة الحديد على الورق حول السلك ثم أغلق الدارة . ماذا تلاحظ ؟

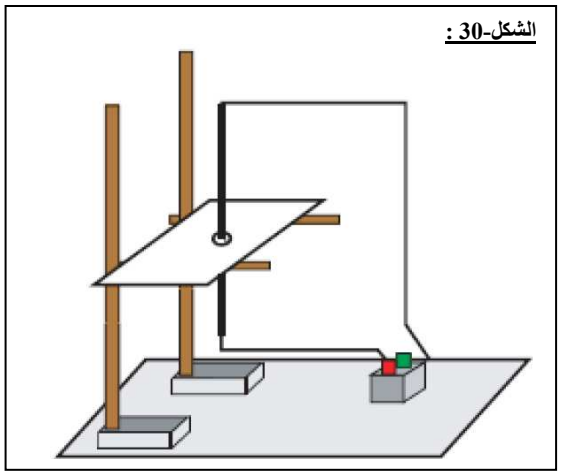
2- ضع إبرة مغناطيسية في نقطة من خطوط هذا الحقل بعد غلق الدارة ثانية . ماذا تلاحظ ؟

3- مثل برسم خطوط الحقل المغناطيسي الناتج ، مرفق بأشعته في بعض نقاطه .

4- غير جهة سريان التيار في السلك بقلب توصيل البطارية . ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج فيما يخص شكل و جهة خطوط الحقل ؟

5- ماذا يحدث لخطوط الحقل المغناطيسي إذا ازدادت شدة التيار ؟

الشكل-30 :



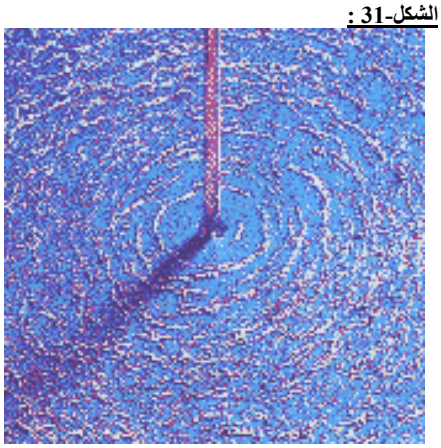
تحليل النشاط :

1- نلاحظ ترتيب دقائق البرادة و اصطفافها وفق دوائر متمركز في السلك بشكل منتظم مشكلة خطوط حقل مغناطيسي عبارة عن دوائر تتمركز في نقطة من السلك الناقل للكهرباء .

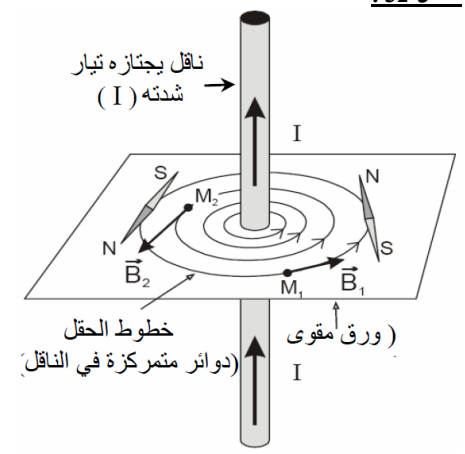
2- نلاحظ أن حامل الإبرة المغناطيسية يكون مماسي للدائرة ، في كل نقطة من محيط هذه الدوائر .

3- شكل خطوط الحقل المغناطيسي و تمثيل بعض أشعته في بعض نقاطه :

الشكل-31 :



الشكل-32 :



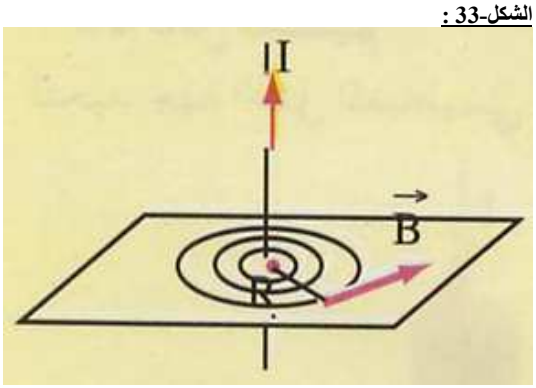
4- عند تغيير جهة سريان التيار في السلك تنقلب جهة الإبرة المغناطيسية مع بقائها مماسية لخط الحقل ، كما أن خطوط الحقل تبقى ثابتة دون تغيير في شكل الدوائر المتمركزة في نقطة من السلك ، نستنتج من ذلك أنه عندما تتغير جهة التيار الكهربائي لا يتغير شكل خطوط الحقل بينما تتغير جهة أشعة الحقل المغناطيسي .

5- إذا ازدادت شدة التيار تزداد الدوائر المشكلة لخطوط الحقل اتساعا (أي يزداد نصف قطرها) .

نتيجة :

- عندما يعبر تيار كهربائي شدته I سلكا مستقيما طويلا (الشكل-33) يتولد حوله حقل مغناطيسي خطوطه دائرية مركزها على السلك و محمولة في مستويات عمودية على السلك .

الشكل-33 :



- يتميز شعاع الحقل المغناطيسي في نقطة M تبعد عن السلك بمقدار R بالخصائص التالية :
  - حامله مماسي لخط الحقل المار من تلك النقطة .
  - جهته تتعلق بجهة التيار و تحدد بالقواعد المذكورة سابقا .
  - شدته تتعلق بشدة التيار I و بعد النقطة d عن السلك وفق العلاقة التالية :

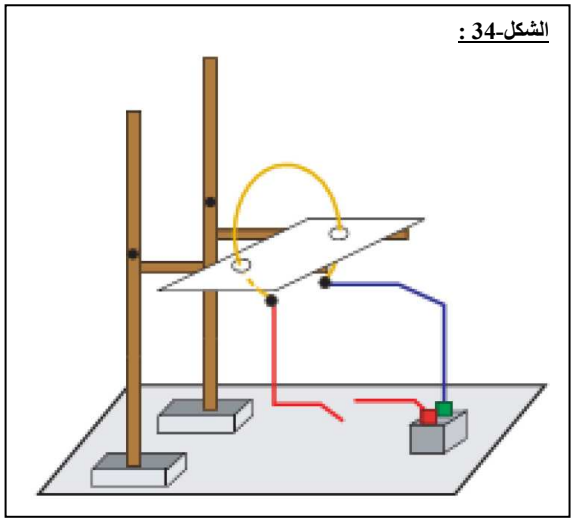
$$B = \frac{2.10^{-7}}{d} I$$

د- الحقل المتولد عن تيار حلقي :

تجربة :

نقوم بلف سلك ناقل ليشكل حلقة تخترق ورق مقوى و نحقق الدارة مثلما مبين في (الشكل-34) ثم نذر كمية من برادة الحديد على الورق .

الشكل-34 :

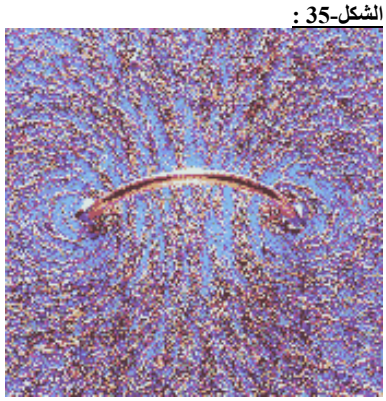


1- هل تتشكل خطوط الحقل ؟
2- أرسم شكل الحقل المغناطيسي الذي يتكون على الورقة .
3- ما هو شكل خطوط الحقل في جوار السلك ؟ و ما هو شكلها في المنطقة وسط الحلقة ؟
4- قرب إبرة مغناطيسية من أحد وجهي الحلقة ثم قربها من الوجه الآخر ، ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج ؟
5- غير جهة سريان التيار في الحلقة . ماذا يحدث لشكل خطوط الحقل المغناطيسي ؟
6- أعد تقريب الإبرة المغناطيسية من الوجهين على التوالي . ماذا تلاحظ ؟
7- ما تستنتج .
8- قارن خطوط هذا الحقل المغناطيسي مع خطوط الحقل المغناطيسي لقضيب مغناطيسي و خطوط الحقل المغناطيسي الناتج عن تيار يجتاز ناقل مستقيم ، أين يكمن التشابه و أين يكمن الإختلاف ؟

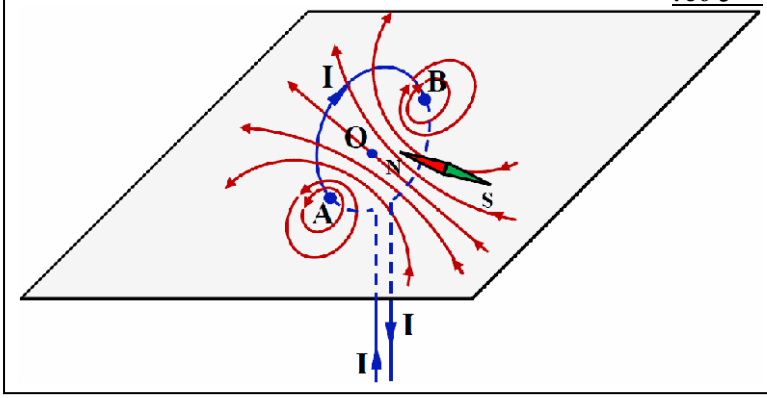
تحليل النشاط :

1- نعم تتشكل خطوط الحقل و ذلك باصطفاف برادة الحديد على الورق مشكلة خطوط الحقل المغناطيسي بجوار السلك .
2- شكل الحقل المغناطيسي الذي يتكون على الورقة :

الشكل-35 :



الشكل-36 :



3- خطوط الحقل في جوار السلك عبارة عن دوائر و في وسط الحلقة تكون خطوط الحقل عبارة عن دوائر منحنية بشكل قطوع ناقصة متناظرة بالنسبة لمحور الحلقة المار من مركزها (الشكل-36) .
4- عند تقريب إبرة مغناطيسية من أحد وجهي الحلقة تتوجه عكس الجهة التي تأخذها عند تقريبها من الوجه الآخر بحيث تكون عمودية على مستوى سطح الحلقة و مماسية لخط الحقل المغناطيسي في كل نقطة من الحقل المغناطيسي المتولد . نستنتج أن للحلقة وجهان مغناطيسيان مختلفان .
5- يبقى شكل خطوط الحقل المغناطيسي كما في الحالة الأولى .
6- عند تغيير جهة سريان التيار في الحلقة و تقريب إبرة مغناطيسية من وجهيها على التوالي تأخذ الإبرة المغناطيسية وجهة معاكسة لوجهتها السابقة .

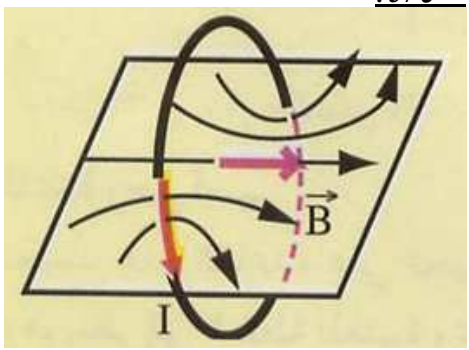
7- نستنتج أن خطوط الحقل المغناطيسي الناتج عن مرور التيار بالحلقة يتعلق بجهة سريان التيار الكهربائي في هذه الحلقة حيث يكون لهذه الخطوط جهة ثابتة دوما من الوجه المغناطيسي الجنوبي للحلقة نحو وجهها المغناطيسي الشمالي .

8- لخطوط الحقل المغناطيسي أشكال مختلفة بحسب طبيعة الجملة المغناطيسية التي يتولد عنها الحقل المغناطيسي الموافق إلا أن خطوطهما لها جهة ثابتة دوما (جنوب- شمال) المغناطيسين ، كما أن أشعة الحقل المغناطيسي دوما مماسية لخطوط الحقل في جميع نقاط الحقل .

نتيجة :

- عندما يعبر تيار كهربائي شدته I سلكا دائريا يتولد حوله حقل مغناطيسي خطوطه كما في (الشكل-37) التالي :

الشكل-37 :

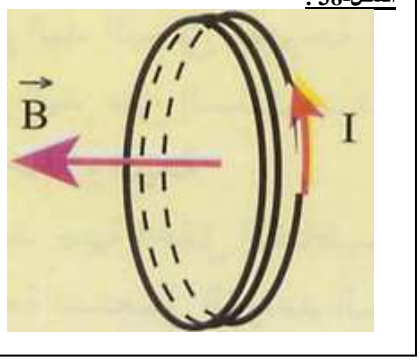


- يتميز شعاع الحقل المغناطيسي في مركز حلقة نصف قطرها R بالخصائص التالية :
  - نقطة تأثيره مركز الحلقة .
  - حامله عمودي على مستوى الحلقة .
  - جهته تتعلق بجهة التيار و تحدد بالقواعد المذكورة سابقا .
  - شدته تتعلق بشدة التيار I و نصف قطر الحلقة R وفق العلاقة التالية :

$$B = \frac{2\pi.10^{-7}}{R} I$$

و بالمثل في حالة وشيعة مسطحة تتكون من N حلقة يتولد حولها حقل مغناطيسي خطوطه كما في الشكل التالي :

الشكل-38 :



تكون شدة الحقل المغناطيسي المتولد في مركز الوشيعة المسطحة متعلقة التيار I و نصف قطر الحلقة R و عدد حلقاتها N وفق العلاقة التالية :

$$B = \frac{2\pi.10^{-7} N}{R} I$$

- يمكن كتابة العلاقة السابقة كما يلي :

$$B = 2\pi .10^{-7} . n . I$$

يسمى $n = \frac{N}{R}$ عدد الحلقات في وحدة الطول (المتر) .

هـ- الحقل المتولد عن تيار حلزوني :

نشاط :

حقق الدارة الموضحة في (الشكل-39) ثم ذر برادة الحديد داخل و خارج الوشيعة الطويلة (الحلزونية) مع نقر طفيف على الورقة .

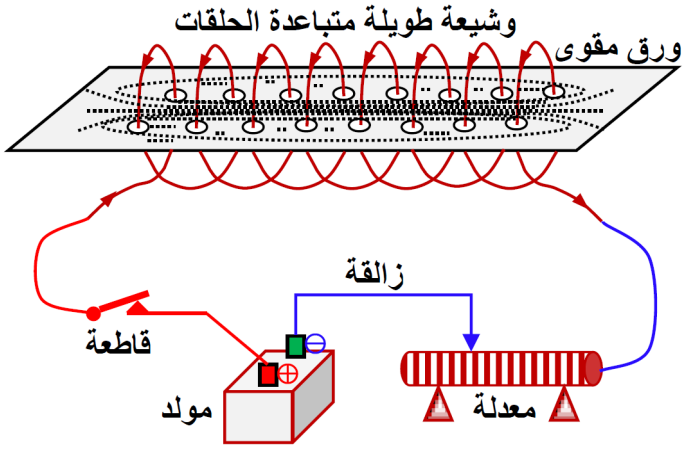
1- ارسم شكل خطوط الحقل المغناطيسي المتشكل . ماذا تلاحظ ؟

2- قرب إبرة مغناطيسية من أحد أوجه الوشيعة ثم الأخرى ، جولها داخل و خارج الوشيعة ، ماذا تلاحظ ؟

3- قرب قضيبا مغناطيسيا معلقا بخيط في مركزه من أحد وجهي الوشيعة ، ماذا يحدث ؟ ماذا تستنتج ؟

4- ارسم شكل خطوط الحقل داخل و خارج الوشيعة مع توجيهها و تمثيل بعض أشعة الحقل داخل و خارج الوشيعة باعتماد سلم كيفي .

الشكل-39 :

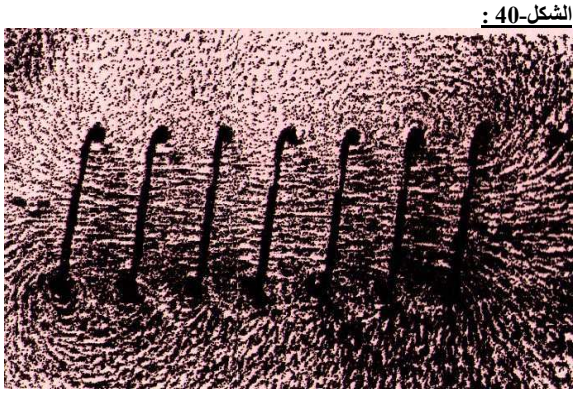


تحليل النشاط :

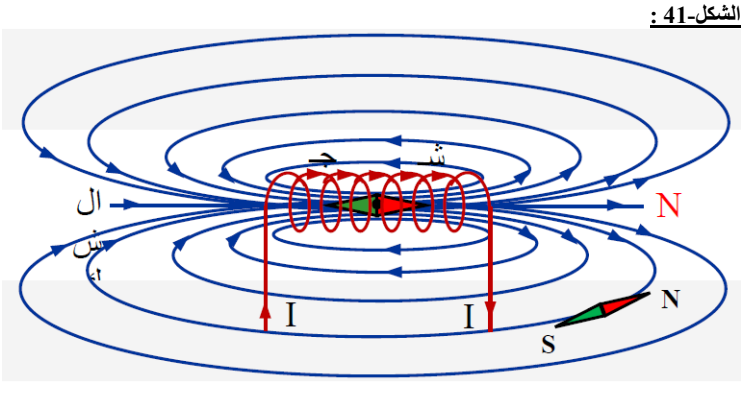
1- شكل خطوط الحقل المغناطيسي :

نلاحظ أن خطوط الحقل المغناطيسي الناتج عن مرور تيار كهربائي بوشيعة طويلة يشبه تماما خطوط الحقل المغناطيس المتولد عن قضيب مغناطيسي .

الشكل-40 :



الشكل-41 :

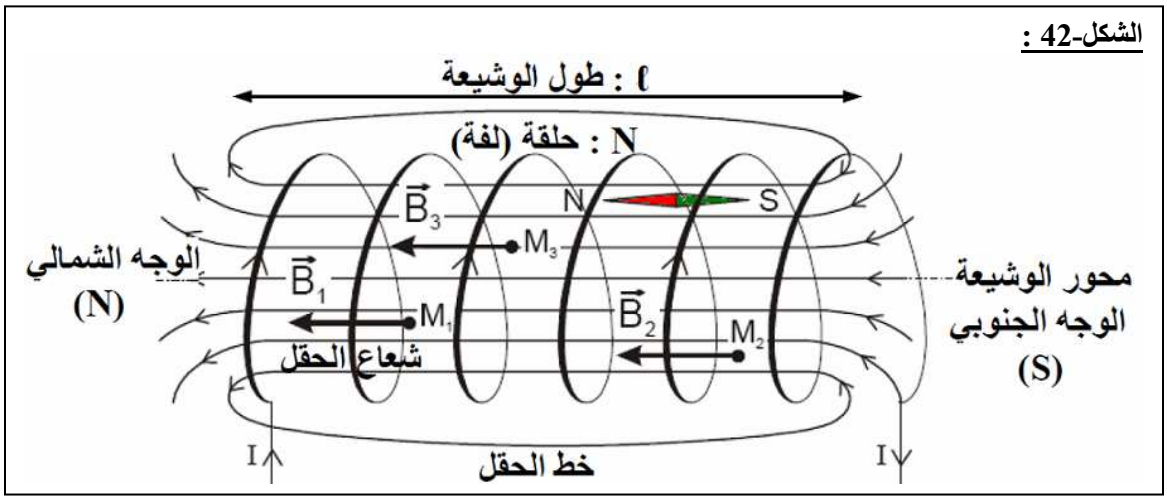


2- عند تقريب إبرة مغناطيسية من أحد أوجه الوشيعة تتوجه الإبرة المغناطيسية عكس الجهة التي تأخذها عند تقريبها من الوجه الآخر ، كما أنها تكون مماسية لخطوط الحقل في كل نقطة منه خارج الوشيعة ، و في داخل الوشيعة تتوجه الإبرة المغناطيسية وفق محور الوشيعة في كل نقطة من الحقل المغناطيسي ، مما يعني أن خطوط الحقل المغناطيسي تكون متوازية و موازية لمحور الوشيعة في الداخل .

3- عند تقريب أحد وجهي المغناطيس إلى أحد وجهي الوشيعة تحدث أفعال متبادلة (تجاذب أو تنافر) مما يدل على أن الوشيعة تسلك سلوك مغناطيس عندما يجتازها تيار كهربائي .

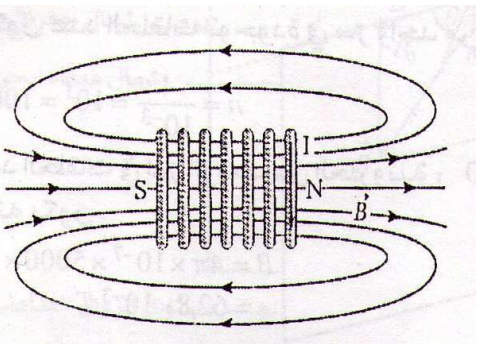
4- شكل خطوط الحقل داخل و خارج الوشيعة مع توجيهها و تمثيل بعض أشعة الحقل داخل و خارج الوشيعة :

الشكل-42 :



نتيجة :

الشكل-43 :



- عندما يجتاز تيار كهربائي شدته I وشيعة طويلة (حلزونية) يتولد عندها حقلا مغناطيسيا خطوطه خارج الوشيعة تشبه تماما خطوط الحقل المغناطيسي المتولد عن قضيب مغناطيسي و داخل الوشيعة عبارة عن خطوط متوازية . نستنتج أن الوشيعة التي يجتازها تيار تيار كهربائي تكافيء قضيبا مغناطيسيا و يكافيء وجها الوشيعة قطبا المغناطيس . فيكون لها وجه شمالي و آخر جنوبي .
- يتميز شعاع الحقل المغناطيسي في مركز حلقة بطولها L و عدد حلقاتها N بالخصائص التالية :
  - نقطة تأثيره مركز الوشيعة .
  - حامله عمودي على مستوى الوشيعة .
  - جهته تتعلق بجهة التيار و تحدد بالقواعد المذكورة سابقا .
  - شدته تتعلق بشدة التيار I و نصف قطر الوشيعة R وطول الوشيعة L و عدد حلقاتها N وفق العلاقة التالية :

$$B = \frac{4\pi.10^{-7}.N}{L} I$$

- يمكن كتابة العلاقة السابقة كما يلي :

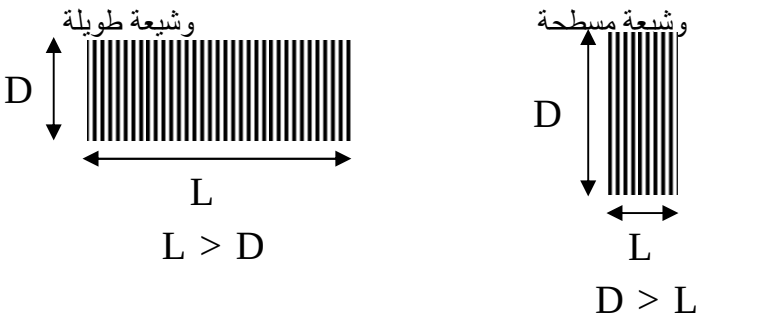
$$B = 4\pi.10^{-7}.n.I$$

يسمى $n = \frac{N}{L}$ عدد الحلقات في المتر .

ملاحظة :

الفرق بين الوشيعة المسطحة و الوشيعة الطويلة يكمن في العلاقة بين طول الوشيعة L و قدرها D حيث إذا كان D > L يقال عن الوشيعة أنها مسطحة ، بينهما إذا كان L > D يقال عن الوشيعة أنها طويلة .

الشكل-44 :

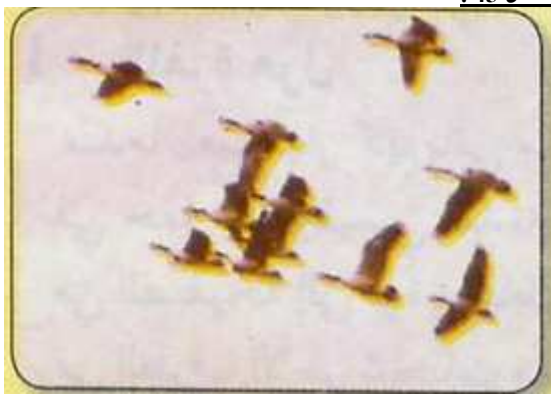


5- تطبيقات المغناطيسية في الحياة اليومية :

أ- أثر الحقل المغناطيسي الأرضي على بعض الكائنات الحية :

- يعتبر الحقل المغناطيسي الأرضي معلما موثوقا و مستقرا (في فترات زمنية طويلة إذ أنه لا يتأثر بالتقلبات و التغيرات المناخية ، لذا تستعمل بعض الكائنات الحية (بعض الباكتريات ، النحل ، بعض الطيور و الأسماك المهاجرة .....) خصائص هذا الحقل لتنقلاتها و توجهاتها من منطقة إلى أخرى (الشكل-45) .

الشكل-45 :



- إن تغير الحقل المغناطيسي الأرضي من منطقة إلى أخرى (الشدة ، زاوية الميل ، زاوية الإنحراف) و كذا خصائصه في أعماق المحيطات هي العوامل التي توظفها هذه الكائنات للتوجه و المتوضع في الكرة الأرضية .
- أكدت بعض البحوث البيولوجية احتواء خلايا بعض البكتيريات على بلورات حديدية ممغنطة تكافئ مغانط صغيرة دائمة .

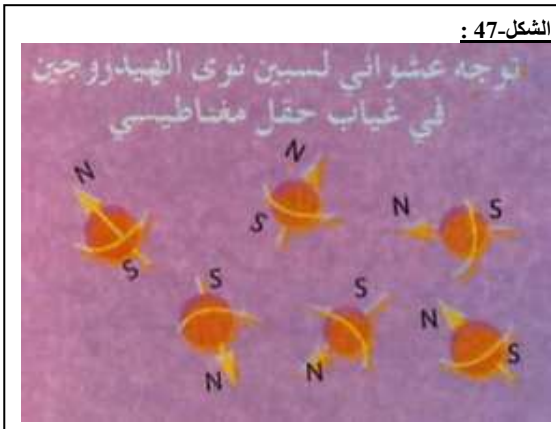
ب- المصورة بالرنين المغناطيسي (IRM) :

- وظفت التكنولوجيا الظواهر المغناطيسية في ميدان الطب حيث مكنت الأطباء من كشف و فحص ما بداخل جسم الإنسان ، باستعمال التصوير بالرنين المغناطيسي (IRM) (الشكل-46) . يرجع تاريخ اكتشاف هذه الوسيلة إلى بداية سنة 1970 .

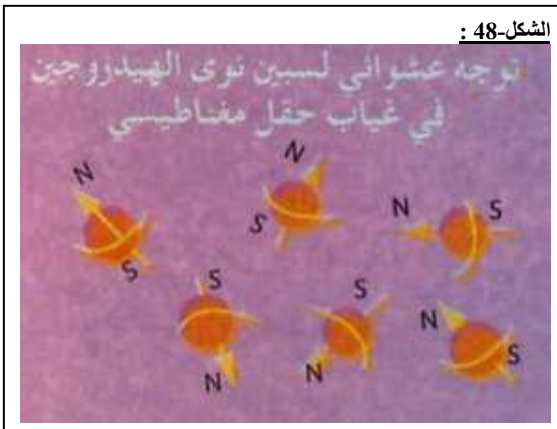
الشكل-46 :

- تعتمد هذه الطريقة على استعمال الخصائص المغناطيسية لبعض الأنوية الذرية كنواة ذرة الهيدروجين مثلا الموجودة في الماء الذي يتكون منه أساسا جسم الإنسان ، و التي تتصرف كمغانط صغيرة . أو سبين .

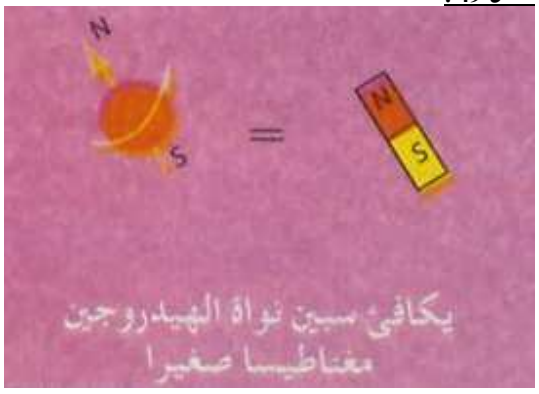
الشكل-47 :



الشكل-48 :



الشكل-49 :



- عندما يخضع جسم الإنسان لحقل مغناطيسي قيمته حوالي 30000 مرة قيمة الحقل المغناطيسي الأرضي (من رتبة 1T) ، فإن سبين نوى الهيدروجين تتجه باتجاه هذا الحقل و تتغير جهات سبين بعض النوى تحت تأثير موجة

كهرومغناطيسية مضبوطة التواتر (تواتر الرنين) ثم تسترجع هذه الأخيرة وضعها الابتدائي بعد فترة زمنية (زمن الاسترخاء مرسلة إشارة كهربائية تستقبلها وشيعة على مستوى جهاز الاستقبال .

- يقوم جهاز حاسوب بقراءة و معالجة مختلف الإشارات مكونا صورة تسمح بتمييز مختلف الأنسجة المكونة لجسم الإنسان لأن اختلاف كثافة الأنسجة يؤدي إلى اختلاف أزمنة الاسترخاء .

** الأستاذ : فرقاني فارس **
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم
الخروب - قسنطينة
Fares_Fergani@yahoo.Fr
Tel : 0771998109

نرجو إبلاغنا عن طريق البريد الإلكتروني بأي خلل في الدروس أو التمارين و حلولها .
وشكرا مسبقا

لتحميل نسخة من هذه الوثيقة و للمزيد . أدخل موقع الأستاذ ذو العنوان التالي :

www.sites.google.com/site/faresfergani

سلسلة دروس و تمارين في مادة العلوم الفيزيائية- ثانية ثانوي

إعداد الأستاذ : فرقاني فارس

عرض نظري مفصل

09

الشعب : علوم تجريبية
رياضيات ، تقني رياضي

الظواهر الكهربائية

الأفعال المتبادلة الكهرومغناطيسية

****

www.sites.google.com/site/faresfergani

تاريخ آخر تحديث : 2013/03/22

1- مفهوم القوة الكهرومغناطيسية – قانون لابلاس :

تعرفنا في الوحدة السابقة على مفهوم الحقل المغناطيسي ، سنتطرق في هذه الوحدة لدراسة الأفعال المتبادلة الكهرومغناطيسية و نركز على قوة لابلاس لما لها من أهمية في اشتغال الأجهزة الكهرومنزلية .

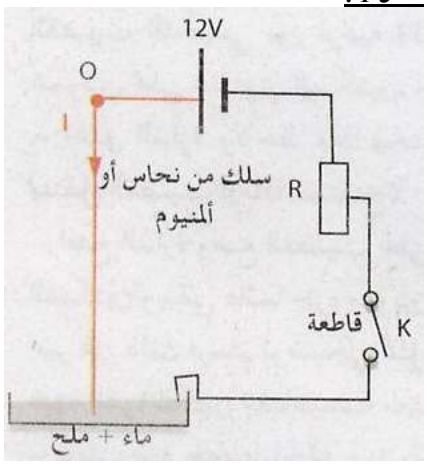
نشاط-1 :

1- حقق الدارة المبينة في (الشكل-1) المتكونة من بطارية متصلة بسلك من النحاس شاقوليا يمكنه الدوران حول محوره o من طرفه العلوي و مغمور في إناء به ماء و ملح من طرفه السفلي .

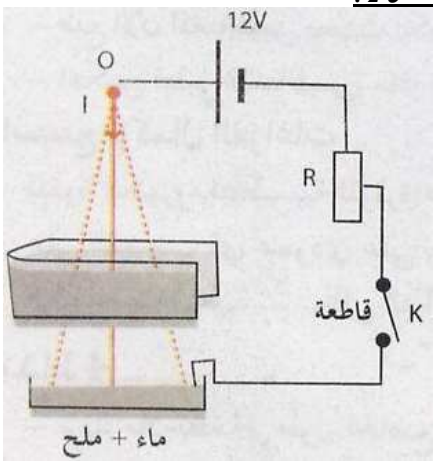
- ماذا تلاحظ عندما نغلق القاطعة .

2- نأخذ مغناطيس على شكل حرف U و نجعله في وضع أفقي يضم السلك النحاسي بين فرعيه (الشكل-2) .

الشكل-1 :



الشكل-2 :



أ- اغلق القاطعة . ماذا تلاحظ ؟

ب- افتح القاطعة و اقلب قطبي المغناطيس ثم اغلق الدارة من جديد . ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج ؟

جـ- افتح القاطعة و اعكس توصيل قطبي البطارية ثم اغلق القاطعة مرة أخرى . ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج ؟

د- غير قيمة مقاومة المعدلة حتى تتغير شدة التيار الذي يمر في السلك . ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج ؟

هـ- اضبط شدة التيار عند قيمة معينة و استبدل المغناطيس U بآخر أقوى منه (شدة الحقل بين فرعيه أكبر) . ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج ؟

تحليل النشاط :

1- عندما نغلق القاطعة لا نلاحظ شيء .

2- أ- عندما نغلق القاطعة نلاحظ انحراف السلك الموجود بين فكي المغناطيس بزاوية معينة α ، مما يدل على أن السلك خضع إلى قوة ناتجة عن وجود حقل مغناطيسي و تيار كهربائي تسمى القوة الكهرومغناطيسية .

ب- عند قلب قطبي المغناطيس و غلق الدارة من جديد ، نلاحظ أن السلك الموجود بين فكي المغناطيس ينحرف بزاوية معينة α لكن في الجهة المعاكسة للجهة الأولى ، نستنتج أن القوة الكهرومغناطيسية تتعلق بجهة الحقل المغناطيسي الذي تغيرت جهته عند قلب قطبي المغناطيس .

جـ- عندما نعكس توصيل قطبي البطارية ثم نغلق القاطعة مرة أخرى ، نلاحظ أن السلك الموجود بين فكي المغناطيس ينحرف بزاوية معينة α لكن في الجهة المعاكسة للجهة الأولى ، نستنتج أن القوة الكهرومغناطيسية تتعلق بجهة التيار الكهربائي المار بالسلك .

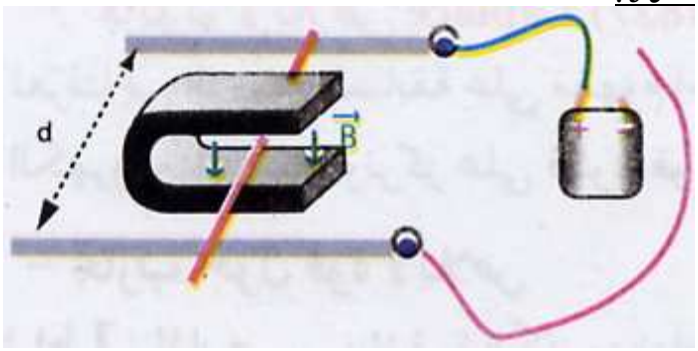
د- عندما نغير قيمة مقاومة المعدلة حتى تتغير شدة التيار الذي يمر في السلك ، نلاحظ أن السلك الموجود بين فكي المغناطيس ينحرف بزاوية معينة α قيمتها تختلف عن الزاوية α في الحالات السابقة ، نستنتج أن القوة الكهرومغناطيسية تتعلق بشدة التيار الكهربائي المار بالسلك .

هـ- عندما نضبط شدة التيار عند قيمة معينة و نستبدل المغناطيس U بآخر أقوى منه (شدة الحقل بين فرعيه أكبر) ، نلاحظ أن السلك الموجود بين فكي المغناطيس ينحرف بزاوية معينة α قيمتها تختلف عن الزاوية α في حالة السابقة (قبل استبدال المغناطيس) ، نستنتج أن القوة الكهرومغناطيسية تتعلق بشدة الحقل المغناطيسي بين فكي المغناطيس .

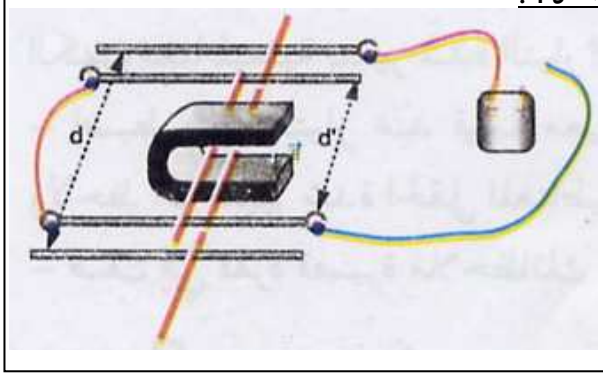
نشاط-2 :

- حقق التركيب المبين في (الشكل-3) و المتكون من قضيب نحاسي قابل للتدحرج على سكتين متوازيتين ناقلتين للتيار ، و من ناحية ثانية ، و مغناطيسا على شكل حرف U موضوع بشكل يكون في القضيب النحاسي بين فرعيه) و يكون الحقل المغناطيسي عمودي على مستوى السكتين .

الشكل-3 :



الشكل-4 :



أ- اغلق الدارة ، ماذا تلاحظ ؟ بماذا تفسر ذلك ؟

ب- افتح الدارة و ضع القضيب على السكتين بحيث يصنع زاوية α مع السكتين و يبقى دائما جزء منه بين فرعي المغناطيس ثم اغلق الدارة . ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج ؟

جـ- ضيف قضيب نحاسي آخر مع سكتين البعد بينهما d' حيث ضع هذه الأخيرة فوق السكتين و القضيب النحاسي السابقين أين تبعد السكتين عن بعضهما بمقدار d (الشكل-4) ثم أغلق الدارة . ماذا نلاحظ ؟ ماذا تستنتج ؟

تحليل النشاط :

أ- عندما نغلق الدارة نلاحظ تدحرج القضيب النحاسي بشكل يوازي السكتين ، مما يدل على خضوعه إلى القوة الكهرومغناطيسية بسبب وجوده ضمن الحقل المغناطيسي الناتج القضيب المغناطيسي .

ب- عندما نضع القضيب على السكتين بحيث يصنع زاوية α مع السكتين و يبقى دائما جزء منه بين فرعي المغناطيس ثم نغلق الدارة ، نلاحظ تدحرج القضيب النحاسي على السكتين بشكل لا يوازي السكتين ، نستنتج أن حامل القوة الكهرومغناطيسية عمودي على القضيب النحاسي و بالتالي يكون عمودي على خطوط الحقل المغناطيسي و عمودي على شعاع الحقل المغناطيسي .

جـ- عند غلق الدارة نلاحظ أن كل من القضيبين النحاسيين يبدأ في التدحرج بسرعتين مختلفتين مما يدل على أن القضيبين خاضعين إلى قوتين ذات شدتين مختلفتين ، نستنتج من ذلك أن القوة الكهومغناطيسية تتعلق بطول الناقل الذي يجتازه التيار الكهربائي .

نتيجة :

- عندما يمر تيار كهربائي في ناقل مغمور في حقل مغناطيسي يخضع هذا الناقل للقوة الكهرومغناطيسية .
- تتعلق جهة القوة الكهرومغناطيسية المؤثرة على الناقل بما يلي :
  - جهة الحقل المغناطيسي .
  - جهة و شدة التيار الكهربائي فيه الناقل .
  - جهة و شدة الحقل المغمور فيه الناقل .

تعريف :

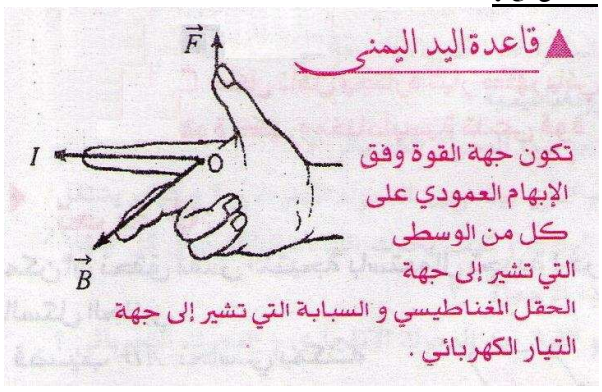
- عندما يمر تيار كهربائي في ناقل مستقيم مغمور في حقل مغناطيسي يخضع هذا الناقل لقوة تسمى القوة الكهرومغناطيسية ، و التي تتميز بالخصائص التالية :

نقطة التطبيق : منتصف الناقل المستقيم .

الحامل : عمودي على الناقل المستقيم .

الجهة : تحدد بعدة قواعد نذكر منها قاعدة الأصابع الثلاثة لليد اليمنى كما مبين في الشكل التالي :

الشكل-5 :



الشدة : تتعلق بشدة الحقل المغناطيسي و طول الناقل و شدة التيار الكهربائي المار بالناقل ، فهي حسب قانون لابلاص تعطى بالعبارة التالية :

$$F = B\,I\,L\,\sin\theta$$

حيث :

F شدة القوة الكهرومغناطيسية (N) .

I شدة التيار الكهربائي (A) .

L طول الجزء من الناقل المغمور داخل الحقل المغناطيسي (m)

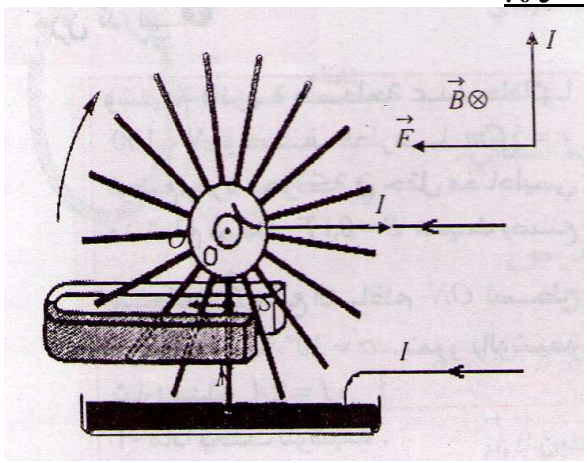
θ الزاوية المحصورة بين الناقل الموجه في اتجاه التيار و الحقل B .

3- الربط الكهروكيميائي:

أ- المحرك الكهربائي ذو التيار المستمر :

● مبدا المحرك الكهربائي (دولاب بارلو) :

الشكل-6 :



- يتكون دولاب بارلو من قرص نحاسي خفيف قابل للدوران حول محور مار من مركزه (o) نجعله يلامس بأسفله زئبقا و هو موضوع بين فكي مغناطيس .

عند إمرار تيار كهربائي بالدارة يدور الدولاب حول محوره نتيجة قوة لابلاص المؤثرة عليه في جهة معينة ، و يمكن تفسير الدوران بخضوع جزء من القرص إلى قوة كهرومغناطيسية $\vec{F}$ تكون نقطة تطبيقها في منتصف الجزء المغمور من القرص النحاسي في الحقل المغناطيسي .

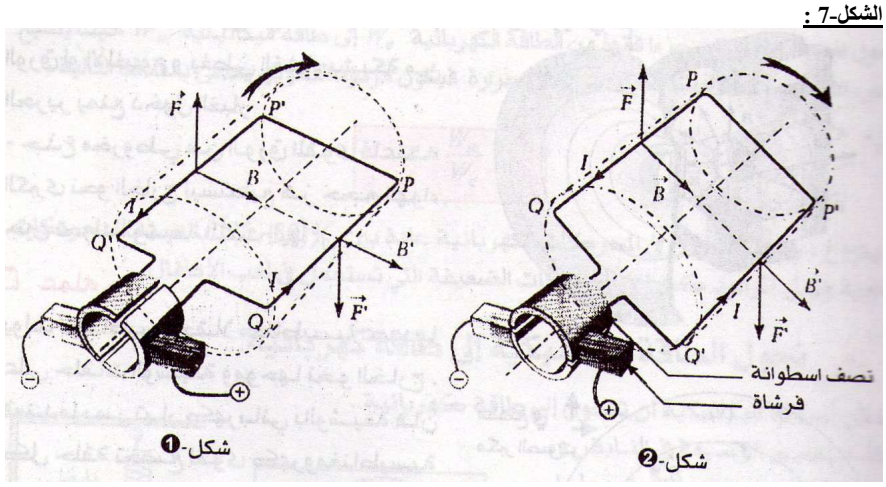
و نتيجة الدوران يبتعد هذ الجزء من القطر ليحل محله جزء آخر و هكذا يستمر الدوران .

ب- تركيب الجهاز :

تتكون أبسط المحركات الكهربائية من جزئين رئيسيين :

- جزء ثابت عبارة عن مغناطيس مقعر شديد التأثير ، و يكون مغناطيسا كهربائيا ، وظيفته توليد حقل مغناطيسي .
- جزء متحرك عبارة عن وشيعة بشكل إطار ملفوف على أسطوانة من النحاس مزودتين بفرشاتين و هو تجهيز موصول مع الوشيعة يعمل على تغيير جهة التيار الكهربائي المار بالوشيعة (الشكل-7) .

الشكل-7 :



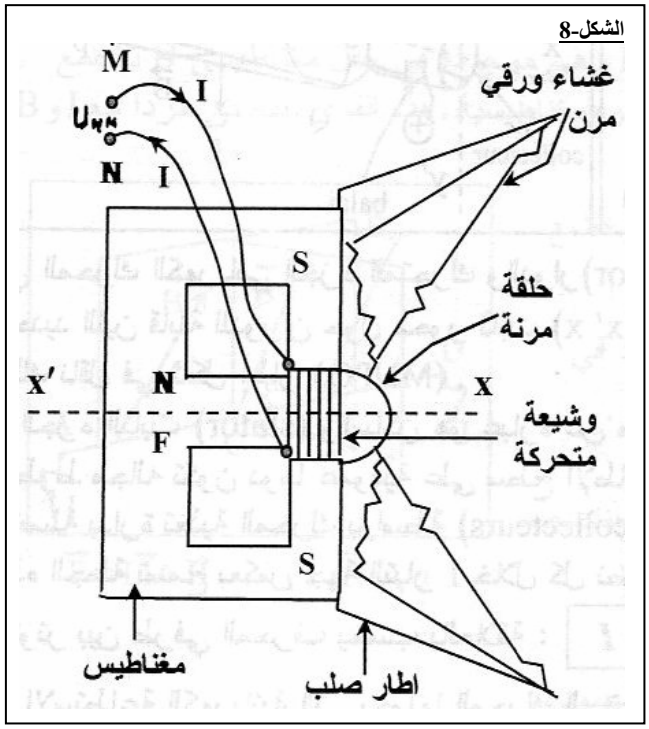
● كيفية عمل المحرك الكهربائي :

عند غلق الدارة الكهربائية ينتقل التيار الكهربائي في الوشيعة في الاتجاه QPP'Q' فيخضع الضلعان QP ، Q'P' من الإطار إلى قوتين كهرومغناطيسيتين $\vec{F}$ ، $\vec{F}'$ لهما نفس الشدة و متعاكستين في الجهة ، فيدور الإطار تحت تأثيرهما حتى يصبح الإطار عموديا على خط الحقل المغناطيسي و حينئذ تتبادل نصفا الأسطوانة ملامسة الفرشاة (A، B) التي تعمل لعكس جهة التيار فينعكس اتجاه التيار في الوشيعة و يخضع الضلعان السابقان من جديد إلى قوتني متعاكستين و متساويتين تؤثران بعكس جهتيهما السابقتين ليحافظان في النهاية على تدوير الوشيعة في نفس الإتجاه الأول .

ب- مكبر الصوت :

- مكبر الصوت الكهروديناميكي هو عبارة عن محول كهروميكانيكي يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية ، فهو يتكون من مغناطيس دائري مثبت فوق هيكل معدني و وشيعة تستطيع أن تهتز بين قطبي المغناطيس الذي يولد حقلا أسطوانيا . يثبت غشاء ورقي مرن بالوشيعة و الذي يسمح بإحداث حركة اهتزازية تنتج أمواج صوتية في الهواء .

الشكل-8



عندما يمر تيار كهربائي I في الوشيعة ، كل لفة منها تصبح خاضعة لقوة لابلاص الأمر الذي يؤدي إلى اهتزاز الوشيعة و معها الغشاء الورقي .

** الأستاذ : فرقاني فارس **
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم
الخروب - قسنطينة
Fares_Fergani@yahoo.Fr
Tel : 0771998109

نرجو إبلاغنا عن طريق البريد الإلكتروني بأي خلل في الدروس أو التمارين و حلولها .
وشكرا مسبقا

لتحميل نسخة من هذه الوثيقة و للمزيد . أدخل موقع الأستاذ ذو العنوان التالي :

www.sites.google.com/site/faresfergani

سلسلة دروس و تمارين في مادة العلوم الفيزيائية- ثانية ثانوي

إعداد الأستاذ : فرقاني فارس

عرض نظري مفصل

10

الظواهر الكهربائية

التحريض الكهرومغناطيسي

الشعب : علوم تجريبية
رياضيات ، تقني رياضي

****

www.sites.google.com/site/faresfergani

تاريخ آخر تحديث : 2013/03/22

1- التحريض الكهرومغناطيسي :

رأينا في الوحدة السابقة أن التيارات الكهربائية تولد من حولها حقولا مغناطيسية و تعرفنا أيضا على القوة التي يؤثر بها حقل مغناطيسي على ناقل يسري فيه تيار . التمعن في تلك الظواهر يؤدي بنا منطقيا إلى السؤال التالي : إذا كانت التيارات الكهربائية تولد حقولا مغناطيسيية ، فهل يمكن إنتاج تيارات كهربائية بواسطة حقول مغناطيسية ؟ كيف يمكن تحقيق ذلك ؟ ما هو المبدأ الذي يقوم عليه المولد الكهربائي ؟

أ- ظاهرة التحريض الكهرومغناطيسي :

نشاط : (توليد التيار المتحرض في وشيعة)

- خذ وشيعة وصل طرفيها بغلفانومتر كما (الشكل-1) .

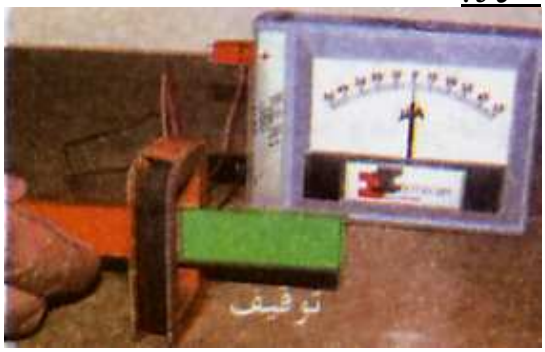
الشكل-1 :

- ضع الوشيعة على طاولة ثم قرب من أحد وجهيها القطب الجنوبي لقضيب مغناطيسي ، ثبت القضيب المغناطيسي داخل الوشيعة لفترة وجيزة ثم قم بإبعاده . ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج ؟

تحليل النشاط :

عندما نقريب القضيب المغناطيسي نلاحظ انحراف مؤشر الغالفانومتر ، مما يدل على مرور تيار كهربائي في الدارة (الشكل-2) ، و عندما نوقف القضيب فجأة نلاحظ عودة مؤشر الغالفانومتر إلى الصفر مما يدل على انقطاع التيار الكهربائي (الشكل-3) ، و عند إبعاد القضيب المغناطيسي عن وجه الوشيعة نلاحظ انحراف مؤشر الغالفانوتر في الجهة المعاكسة للجهة التي قربنا فيها المغناطيس إلى الوشيعة .

الشكل-3 :



الشكل-2 :

نتيجة- تعاريف :

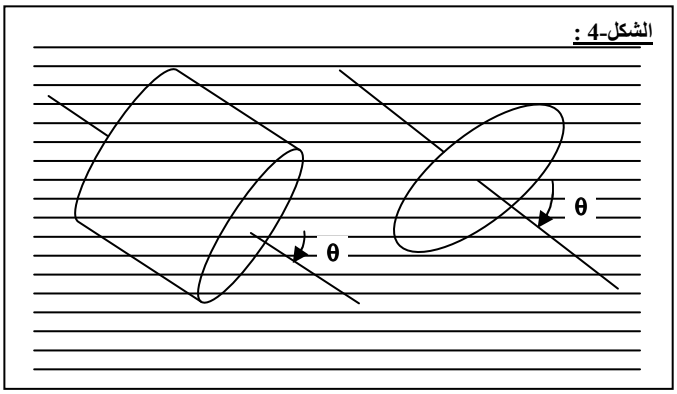
- عند تقريب أو إبعاد أحد قطبي قضيب مغناطيسي إلى وشيعة في دارة مغلقة يتولد فيها تيار كهربائي جهته تتعلق بجهة حركة القضيب كما أن هذا التيار ينعدم عند توقيف حركة القضيب .

- تسمى هذه الظاهرة بظاهرة التحريض **التحريض الكهرومغناطيسي** ، حيث يسمى المغناطيس **محرض** و تسمى الوشيعة **بالمتحرض** ، كما يدعى التيار الناشيء **بالتيار المتحرض** .

ب- مفهوم التدفق المغناطيسي :

- لتفسير ظاهرة التحريض المغناطيسي التي ينشأ عنها التيار المتحرض في دارة مغلقة رغم غياب مولد كهربائي يستعمل الفيزيائيون مفهوم التدفق المغناطيسي لخطوط الحقل عبر دارة مغلقة .

الشكل-4 :



- التدفق المغناطيسي هو مقدار فيزيائي جبري يعبر عن كمية خطوط الحقل المغناطيسي ، التي تعبر سطح ما موجود في حقل مغناطيسي . يرمز له بـ : Φ ، ووحدته الويبر (Wb) ففي حلقة مثلا ، مساحة سطحها S ، موجودة في حقل مغناطيسي شدته $\vec{B}$ و يعمل ناظمها الزاوية θ مع حامل شعاع الحقل المعناطيسي (الشكل-8) ، تعطى عبارة التدفق المغناطيسي لهذه الوشيعة بالعبارة التالية :

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos\alpha$$

- إذا كانت الدارة عبارة عن وشيعة تحتوي على N لفة ، فإن خطوط الحقل تتدفق عبر عدد N من السطوح و بالتالي يعبر عن التدفق الإجمالي عبر الوشيعة بالعلاقة :

$$\Phi = N \cdot B \cdot S \cdot \cos\alpha$$

جـ- القوانين الكيفية :

● انتاج القوة المحركة الكهربائية التحريضية :

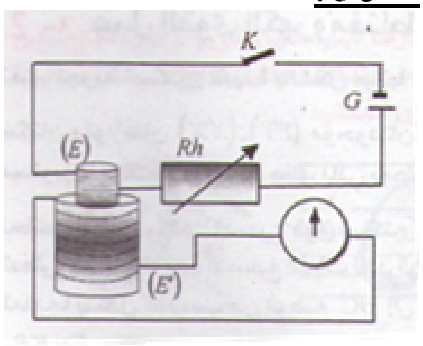
توصل فراداي بعد إجراء عدة تجارب إلى وضع القانون التالي :

" تكون الدارة محل لقوة محركة كهربائية تحريضية أثناء حدوث تغير تدفق حقل مغناطيسي عبرها "

مثال :

وشيعتان (E) ، (E') لهما نفس المحور . الأولى موصولة بمولد كهربائي و قاطعة و معدلة و الثانية موصولة بغالفانومتر ، (الشكل-5) .

الشكل-5 :



- عند تغيير التدفق بالطرق التالية :
- فتح أو غلق القاطعة .
- تغيير شدة التيار الكهربائي بالوشيعة (E) بتغيير شدة الحقل بداخلها .
- انتقال إحدى الوشيعتين بالنسبة للأخرى .

نلاحظ انحراف مؤشر الغالفانومتر الموصول مع الوشيعة (E) مما يدل على نشوء تيار متحرض بالوشيعة الثانية (E') نتيجة تغير التدفق .

● جهة التيار المتحرض (قانون لنز) :

عند تقريب القطب الشمالي للمغناطيس إلى وجه الوشيعة ، فإنه يصبح وجهها شمالي يعاكس (يقاوم) عملية تقريب القطب الشمالي و عند إبعاده ينشأ وجها جنوبيا يقاوم إبعاد المغناطيس ، و هذه النتيجة يبينها قانون لنز التالي :

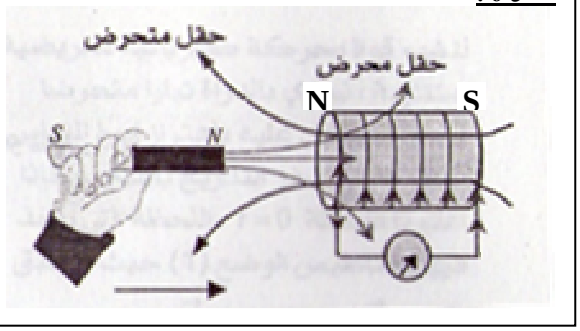
" إن التيار المتحرض هو بأفعاله يعاكس الأسباب التي أدت إلى نشوءه "

مثال-1 :

- عندما نقرب القطب الشمالي لقضيب مغناطيسي من أحد وجهي وشيعة فإنه يحدث تغير في التدفق عبر الوشيعة ، و حسب قانون فارداي ينشأ تيار متحرض بالوشيعة و نقول عن الوشيعة أنها أصبحت مقر لقوة محركة كهربائية تحريضية .

- حسب قانون لنز تكون جهة التيار المتحرض في الوشيعة هي الجهة التي تجعل الوشيعة تبعد المغناطيس (تنافر) ، و هذا يتحقق عندما يكون وجه الوشيعة الذي قرب إليه القطب الشمالي للمغناطيس ، و جها شماليا كما مبين في (الشكل-6) التالي :

الشكل-6 :

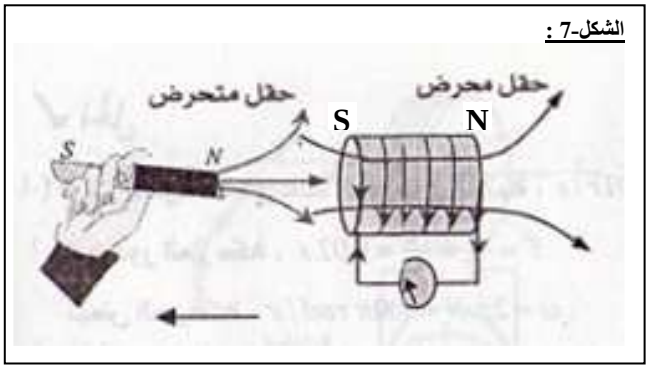


مثال-2 :

- عندما نبعد القطب الشمالي لقضيب مغناطيسي من أحد وجهي وشيعة فإنه يحدث تغير في التدفق عبر الوشيعة ، و حسب قانون فارداي ينشأ تيار متحرض بالوشيعة و نقول عن الوشيعة أنها أصبحت مقر لقوة محركة كهربائية تحريضية .

- حسب قانون لنز تكون جهة التيار المتحرض في الوشيعة هي الجهة التي تجعل الوشيعة تقرب المغناطيس (تجاذب) ، و هذا يتحقق عندما يكون وجه الوشيعة الذي قرب إليه القطب الشمالي للمغناطيس ، و جها جنوبيا كما مبين في (الشكل-7) التالي :

الشكل-7 :

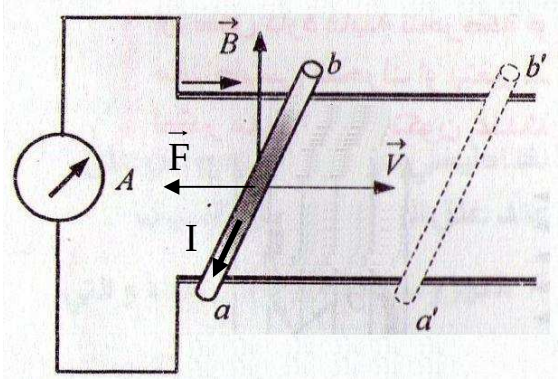


مثال-3 :

- عندما ندفع الناقل النحاسي (ab) المبين في (الشكل-8) على السكتين فإنه يقطع خطوط الحقل المغناطيسي و بالتالي يحدث تغير في التدفق عبر الدارة و حسب قانون فارداي ينشأ تيار متحرض في هذه الدارة و نقول أن الدارة أصبحت مقر لقوة محركة كهربائية تحريضية .

- حسب قانون لنز تكون جهة التيار المتحرض في الدارة هي الجهة التي تجعل الناقل النحاسي (ab) يرجع إلى وضعه الأصله (عكس الدفع) ، و يؤدي التيار المتحرض الناشيء إلى خضوع الناقل النحاسي (ab) إلى قوة كهرومغناطيسية جهتها عكس جهة شعاع السرعة كما مبين في (الشكل-8) التالي :

الشكل-8 :



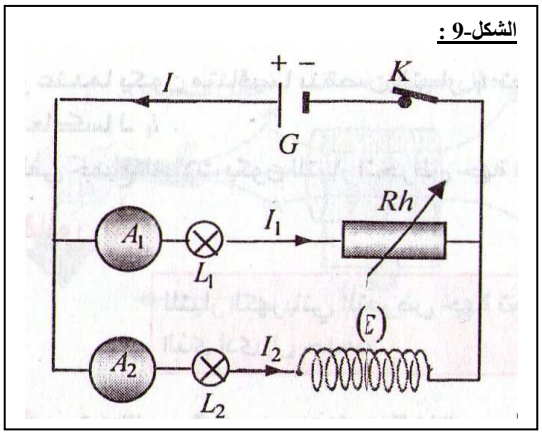
2- ظاهرة التحريض الذاتي :

أ- مفهوم التحريض الذاتي :

نشاط :

بواسطة مولد كهربائي (G) ، قاطعة (K) ، مقياسي أمبير (A_1) ، (A_2) ، مصباحين (L_1) ، (L_2) متماثلين ، وشيعة (E) ، معدلة ، حقق التركيب الموضح في (الشكل-14) ، ثم اغلق الدارة بعد تثبيت المعدلة في وضع تكون فيه شدتي التيار المارين في المصباحين متساويتين ($I_1 = I_2$) .

الشكل-9 :



- افتح القاطعة و بعد مدة زمنية قم بغلقها . ماذا تلاحظ ؟ أعط تفسيرا لما تلاحظ .

تحليل النشاط :

- عندما نفتح القاطعة نلاحظ تأخر في انطفاء المصباح (L_2) و عندما نغلق الدارة من جديد نلاحظ تأخر في اشتعال المصباح (L_2) .

- السبب في تأخر انطفاء المصباح (L_2) عند فتح الدارة سببه التغير في التدفق عبر الدارة الذي حدث بسبب انقطاع خطوط الحقل و التي انقطعت بسبب انقطاع التيار ، و بالتالي نشوء تيار متحرض في الفرع الذي يوجد به المصباح (L_2) مما جعل المصباح يشتعل بهذا التيار لمدة قصيرة ، أما التأخر في اشتعال نفس المصباح (L_2) عند غلق الدارة من جديد سببه التغيير في التدفق عبر الدارة الذي حدث بسبب مرور التيار في هذه الدارة . و بالتالي نشوء تيار متحرض في الفرع الذي يوجد به المصباح (L_2) ، جهته عكس جهة التيار الوارد (قانون لنز) ، ففي المدة الذي عرقل فيها التيار المتحرض سير التيار الذي يسري في الفرع الذي يوجد به المصباح (L_2) يكون التيار في الفرع الآخر الذي يوجد به المصباح (L_1) يسري بشكل عادي في نفس المدة ، وهذا ما جعل المصباح (L_1) يشتعل أولا ، و المصباح (L_2) يشتعل متأخرا .

نتيجة- تعريف :

- الوشيعة في هذه الحالة لعبت دور المحرض و المتحرض في آن واحد لذا نقول عن التحريض في هذه الحالة أنه **تحريض ذاتي** .

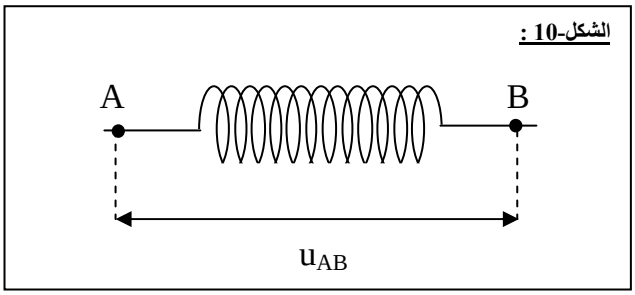
ب- تدفق التحريض الذاتي :

إن تدفق التحريض الذاتي عبر دارة يجتازها تيار يتناسب طردا مع شدة هذا التيار أي : $\Phi = a\ i$ المقدار (a) هو ثابت يميز الوشيعة ، يسمى **ذاتية الوشيعة** يرمز له بـ (L) ووحته الهنري يرمز له بـ H ومنه :

$$\Phi = L\ i$$

جـ- التوتر (فرق الكمون) بين طرفي وشيعة :

الشكل-10 :



- إذا كانت لدينا وشيعة ذاتيتها L ومقاومتها الداخلية r (الشكل-15) ، فإن التوتر (فرق الكمون) بين طرفيها عندما يجتازها تيار شدته i يعطى بالعبارة التالية :

$$u_{AB} = L\frac{di}{dt} + r\,i$$

ملاحظة :

- إذا كانت مقاومة الوشيعة مهملة يعبر عن التوتر بين طرفيها بالعلاقة :

$$u_{AB} = L\frac{di}{dt}$$

- لا معنى لذاتية الوشيعة عندما يجري بها تيار شدته ثابتة لأن في هذه الحالة يكون $\frac{di}{dt} = 0$ ، و نقول أن الوشيعة في هذه الحالة تسلك سلوك ناقل أومي .

هـ- الطاقة المغناطيسية المخزنة في وشيعة :

أثناء اجتياز تيار كهربائي (i) لوشيعة ذاتيتها (L) ، فإنه في المدة التي يتغير فيها التدفق عند غلق الدارة ، الوشيعة تخزن طاقة مغناطيسية $E_{(L)}$ تعطى بالعبارة التالية :

$$E_{(L)} = \frac{1}{2}L\,i^2$$

و عند فتح الدارة ، تتفرغ الطاقة المغناطيسية من الوشيعة مما يؤدي إلى نشوء التيار المتحرض .

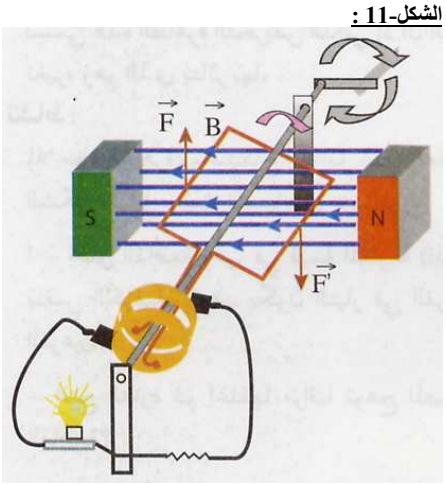
3- تطبيقات ظاهرة التحريض :

أ- مبدأ اشتغال المولد الكهربائي :

تتكون المولدات الكهربائية مثل المحركات الكهربائية من عنصرين أساسيين عنصر ثابت (مغناطيس أو وشيعة) يدور بداخله العنصر المتحرك (وشيعة أو مغناطيس) و يعتمد مبدأ اشتغالها على الحركة الدورانية للعنصر المتحرك مثل ما هو الحال في المحرك الكهربائي ، و يكمن الفرق بينهما في مصدر الطاقة الأصلي حيث في المحرك تقدم

الطاقة للمحرك على شكل كهرباء ليحولها إلى شكل ميكانيكي بينما المولد الكهربائي تقدم له الطاقة في شكل ميكانيكي (تحريك العنصر المتحرك) ليحولها إلى شكل كهربائي بظهور تيار متحرض في وشيعته .

الشكل-11 :



بناء على هذا المبدأ يمكن تخيل تركيبا لمولد كهربائي في أبسط أشكاله و المكون من إطار نلف عليه عدة لفات من سلك رقيق مغلف بعازل نهايتاه متصلتين بحلقتين رقيقتين و الكل يمكنه الدوران حول محور يمر من مركز الإطار .

الإطار مغمور داخل حقل مغناطيسي منتظم خطوطه عمودية على محور الدوران و الحلقتان تلامسان خلال دورانهما قطعتين من الفحم (ناقل) و هما متصلتان مع أسلاك الدارة الخارجية .

- عندما يدور الإطار حول محوره يحدث تغير للتدفق المغناطيسي عبر الإطار ، فحسب قانون فاراداي ينشأ تيار متحرض في الإطار ما يؤدي به إلى اشتغال الدارة المربوطة على التسلسل مع الإطار (اشتغال المصباح) .

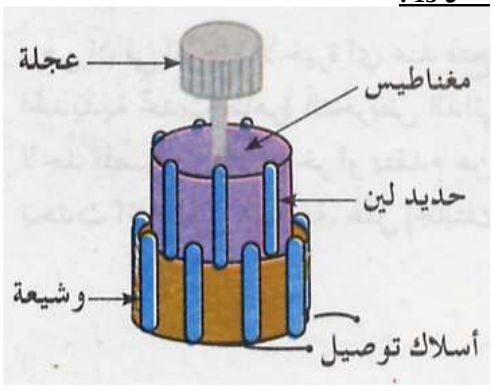
ب- مثال لمولد تيار متناوب – منوب الدارجة :

نعلم أن الدراجات مزودة عادة بمصباح أمامي يسمح لصاحبها التنقل ليلا . و أن مصباح الدراجة لا يشتغل إلا في حالة دوران العجلة التي يرتبط بها المولد الكهربائي الذي يدعى الدينامو (الشكل-12) .

الشكل-12 :

- يتكون المنوب من مغناطيس متصل بعجلة صغيرة تديرها عجلة الدراجة أثناء حركتها ، يوجد هذا المغناطيس داخل وشيعة مثبتة يتولد فيها التيار المتحرض أثناء الحركة (الشكل-13) .

الشكل-13 :



- عند دوران العجلة تدير معها المغناطيس الذي يدور داخل الوشيعة محدثا بذلك تغير في التدفق عبر الوشيعة ، وحسب قانون فاراداي ينتج تيار متحرض داخل الوشيعة من خلاله تشتغل الدارة المرتبطة بالوشيعة (اشتعال مصباح الدراجة) .

4- المحول الكهربائي :

أ- مبدأ و تركيب المحول الكهربائي :

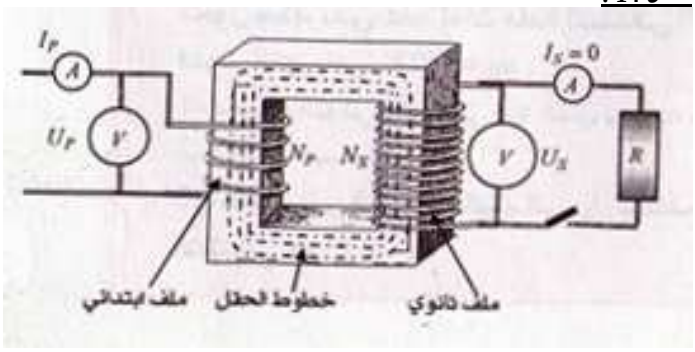
المحول الكهربائي جهاز ميكانيكي يستعمل لرفع أو خفض التوتر في التيار المتناوب و الناتج عن ظاهرة التحريض الكهرومغناطيسي و ذلك للاستفادة في تشغيل أجهزة معينة تتطلب توترا معينا دون فقد محسوس في الطاقة الكهربائية .

يتكون المحول الكهربائي من ناقلين ملفوفين على نواة حديدية من الحديد المطاوع ، يسمى اللف الأول بالملف الابتدائي الذي يحتوي على N_P لفة ، و اللف الثاني يدعى بالملف الثانوي و الذي يحتوي على N_S حلقة .

ب- كيفية عمل المحول الكهربائي :

نصل طرفي الملف الابتدائي بمأخذ للتيار المتناوب فيتولد بالملف حقل مغناطيسي متغير الشدة تنحصر خطوطه داخل نواة الحديد و تنغلق فيها فيتحرض الملف الثانوي و تنشأ به قوة محركة كهربائية تولد توترا متناوبا بين طرفيه .

الشكل-14 :



** الأستاذ : فرقاني فارس **
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم
الخروب - قسنطينة
Fares_Fergani@yahoo.Fr
Tel : 0771998109

نرجو إبلاغنا عن طريق البريد الإلكتروني بأي خلل في الدروس أو التمارين و حلولها .
وشكرا مسبقا

لتحميل نسخة من هذه الوثيقة و للمزيد . أدخل موقع الأستاذ ذو العنوان التالي :

www.sites.google.com/site/faresfergani

سلسلة دروس و تمارين في مادة العلوم الفيزيائية- ثانية ثانوي

إعداد الأستاذ : فرقاني فارس

عرض نظري مفصل

12

المادة و تحولاتها

تعيين كمية المادة عن طريق المعايرة

الشعب : علوم تجريبية
رياضيات ، تقني رياضي

****

www.sites.google.com/site/faresfergani

تاريخ آخر تحديث : 2013/03/22

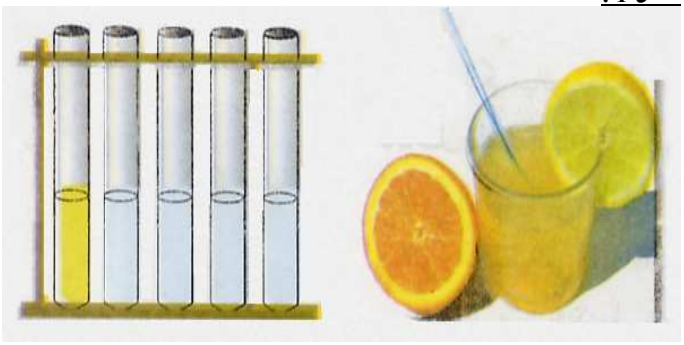
1- تفاعلات حمض-أساس :

أ- مفهوم الحمض

نشاط-1 : (تصنيف المحاليل إلى حمضية و أساسية)

- خذ 5 أنابيب اختبار ، ليمون ، خل ، محلول صابون ، بيكربونات الصوديوم ، ملح الطعام ، كاشف الهيليانتين .
- ضع في كل أنبوب اختبار محلولا مائيا للمواد : (ليمون ، خل ، محلول صابون ، ملح الطعام NaCl ، بكربونات الصوديوم Na_2CO_3) ، ثم أضف لها بضع قطرات من كاشف الهيليالين .

الشكل-1 :



1- ما لون كاشف الهيليالتين .
2- ماذا تلاحظ بعد إضافة الكاشف إلى المحاليل ؟
3- املأ الجدول المقابل .

المواد	اللون الطبيعي	اللون مع الكاشف
ليمون		
خل		
محلول صابون		
بيكربونات		
مشروب غازي		

4- رتب المحاليل حسب تماثل ألوانها بوجود الكاشف .
5- يتميز الليمون بطعم شائع ؟ اذكره .

تحليل النشاط :

1- لون كاشف الهيليالتين برتقالي .
2- بعد إضافة الكاشف إلى المحاليل نلاحظ تلون هذه الأخيرة بألوان مختلفة .
3- إكمال الجدول :

المواد	اللون الطبيعي	اللون مع الكاشف
ليمون	أصفر	أحمر وردي
خل	عديم اللون	أحمر وردي
محلول صابون	عديم اللون	برتقالي
بيكربونات	عديم اللون	أصفر
مشروب غازي	عديم اللون	برتقالي

4- ترتيب المحاليل حسب تماثل ألوانها بوجود الكاشف :

يمكن تصنيف المحاليل المدروسة بحسب اللون الذي يأخذه الكاشف الملون الموضوع فيها إلى ثلاث أصناف هي :
- محاليل تلون الهيليالتين ذو اللون البرتقالي باللون الأحمر الوردي و الأمر يتعلق بمحلول الليمون ، محلول الخل .
- محاليل تلون الهيليالتين ذو اللون البرتقالي باللون الأصفر و الأمر يتعلق بمحلول البيكاربونات .
- محاليل لا تغير لون الهيليالتين و الأمر يتعلق بمحلول الصابون ، محلول ملح الطعام .

5- يتميز الليمون بطعم الشائع و هو الطعم الحامضي .

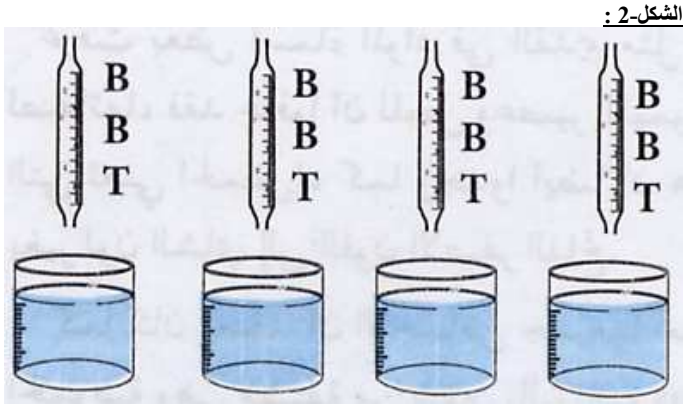
نتيجة :

- نسمي محلولا حمضيا كل محلول يأخذ فيه الهيليالتين اللون الوردي الذي يأخذه مع لون عصير الليمون .
- نسمي محلولا أساسيا كل محلول يأخذ فيه الهيليالتين اللون الأصفر الذي يأخذه مع البيكاربونات .

نشاط-2 : (تصنيف المحاليل الكيميائية إلى حمضية و أساسية بواسطة كاشف أزرق البروموتيمول)

- خذ : ماصة ، كؤوس ، مواد H_2SO_4 ، HCl ، NaOH ، KOH ، أزرق البروموتيمول .
- ضع محاليل مخففة من H_2SO_4 ، HCl ، NaOH ، KOH ، عصير الليمون في كؤوس و ضع بضع قطرات من أزرق البروموتيمول (BBT) في كل كأس .

الشكل-2 :



1- ماذا تلاحظ بعد إضافة الكاشف إلى المحاليل ؟

2- املأ الجدول التالي :

محاليل كيميائية	اللون مع الكاشف
H_2SO_4	
HCl	
NaOH	
عصير الليمون	
KOH	

3- رتب المحاليل حسب تماثل ألوانها بوجود الكاشف .
4- ما لون كاشف أزر ق البروموتيمول (BBT) مع عصير الليمون ؟
5- صنف المحاليل السابقة إلى حمضية و أخرى إلى أساسية .

تحليل النشاط :

1- بعد إضافة الكاشف إلى المحاليل نلاحظ تلون الكاشف بلون في كل منها .
2- إكمال الجدول :

محاليل كيميائية	اللون مع الكاشف
H_2SO_4	
HCl	
NaOH	
عصير الليمون	
KOH	

3- ترتيب المحاليل حسب تماثل ألوانها بوجود الكاشف :
يمكن تصنيف المحاليل الكيميائية المدروسة بحسب اللون الذي يتلون به الكاشف المستعمل فيها إلى صنفين متناظرين هما :

- محاليل تلون أزرق البروموتيمول ذو اللون الأخضر باللون الأصفر و الأمر يتعلق بمحاليل H_2SO_4 ، HCl و عصير الليمون .
- محاليل تلون أزرق البروموتيمول ذو اللون الأخضر باللون الأزرق و الأمر يتعلق بمحاليل NaOH ، KOH .

4- كاشف أزر ق البروموتيمول (BBT) مع عصير الليمون يأخذ اللون الأصفر .
5- تصنف المحاليل إلى حمضية و أخرى إلى أساسية :
انطلاقا من النتائج السابقة يمكن تصنيف المحاليل إلى حمضية و أساسية كما يلي :

- المحاليل التي تلون أزرق البروموتيمول باللون الأصفر هي محاليل حمضية و الأمر يتعلق بمحاليل H_2SO_4 ، HCl و عصير الليمون .
- المحاليل التي تلون أزرق البروموتيمول باللون الأزرق هي محاليل أساسية و الأمر يتعلق بمحاليل NaOH ، KOH

نتيجة :

- النوع الكيميائي H_2SO_4 محلوله المائي حمضي يغير لون الكاشف الملون BBT إلى الأصفر .
- النوع الكيميائي HCl محلوله المائي حمضي يغير لون الكاشف الملون BBT إلى الأصفر .
- النوع الكيميائي NaOH محلوله المائي أساسي يغير لون الكاشف الملون BBT إلى الأزرق .
- النوع الكيميائي KOH محلوله المائي أساسي يغير لون الكاشف الملون BBT إلى الأزرق .

نشاط-3 : (مفهوم الحمض يتعلق بفقد H^+ أثناء تفاعل كيميائي)

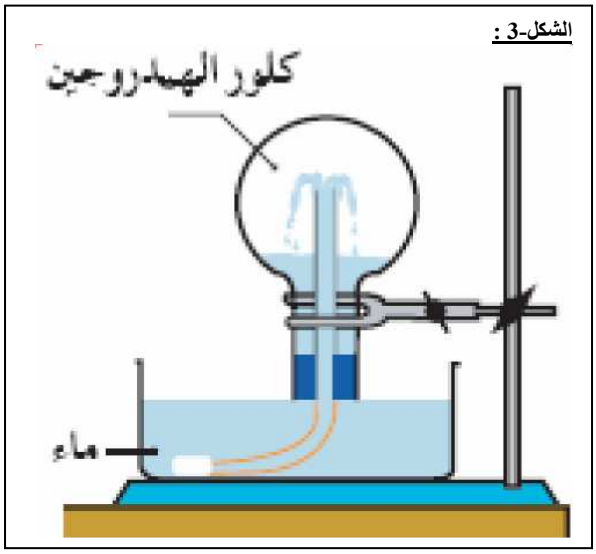
- خذ أنبوب اختبار ، HCl ، ماء .
- خذ كمية من غاز HCl بواسطة حوجلة تضعها فوق فوهة قارورة محلول مركز لغاز HCl حيث يتصاعد غاز HCl الذي تستقبله في الحوجلة .
- أنكس الحوجلة فوق حوض مائي .

1- ماذا تلاحظ ؟
2- ما هو المحلول الذي حصلت عليه .
3- ما نوع الرابطة الكيميائية الموجودة في جزيئه ؟
4- كيف نسمي الفرد H^+ الناتج عن تفكك جزيء HCl ؟
5- أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث بين غاز كلور الهيدروجين و الماء .
6- استنتج معادلة الفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث أثناء انحلال H_2SO_4 في الماء .

تحليل النشاط :

1- نلاحظ تدفق المحلول المائي بشكل نافورة داخل الحوجلة كما في الشكل التالي :

الشكل-3 :



2- المحلول الذي حصلت عليه هو محلول مائي لحمض كلور الهيدروجين $(H_3O^+ + Cl^-)$.
3- نوع الرابطة الكيميائية الموجودة في جزيئه هي رابطة تكافئية مستقطبة .
4- نسمي الفرد H^+ الناتج عن تفكك جزيء HCl برتون هيدروجين لأنه في الأصل ناتج عن ذرة هيدروجين H تخلت عن إلكترونها الوحيد ليتبقى بها بروتونها الوحيد .
5- معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث بين غاز كلور الهيدروجين و الماء :

$$HCl + H_2O = H_3O^+ + Cl^-$$

6- معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث أثناء انحلال H_2SO_4 في الماء :

$$H_2SO_4 + 2H_2O = 2H_3O^+ + SO_4^{2-}$$

نتيجة :

الحمض HCl فقد H^+ أثناء تفاعله مع الماء ، بينما الحمض H_2SO_4 فقد $2H^+$ أثناء تفاعله مع الماء .

نتيجة - تعاريف :

- حسب برونشتد الحمض HA هو كل فرد كيميائي جزيئيا كان أم شارديا قادر على التخلي عن بروتون هيدروجين H^+ أو أكثر خلال تفاعل كيميائي . وفق المعادلة :

$$HA = H^+ + A^-$$

- ينحل الحمض HA في الماء وفق المعادلة :

$$HA + H_2O = H_3O^+ + A^-$$

و بالتالي يمكن القول أن الحمض هو كل فرد كيميائي قادر على إعطاء شوارد الهيدرونيوم H_3O^+ أثناء انحلاله في الماء .

- إذا كان الحمض HA تام الانحلال في الماء يقال عنه حمض قوي ، أما إذا كان انحلاله في الماء جزئيا يقال عنه حمض ضعيف .

أمثلة :

• حمض الآزوت HNO_3 هو حمض قوي ، ينحل في الماء وفق المعادلة :

$$HNO_3 + H_2O = H_3O^+ + NO_3^-$$

• حمض الكبريت H_2SO_4 هو حمض قوي ، ينحل في الماء وفق المعادلة :

$$H_2SO_4 + 2\,H_2O = 2\,H_3O^+ + SO_4^{2-}$$

• حمض اليود HI ، حمض البروم HBr ، هما أيضا حمضين قويين .

• كل الأحماض التي من الشكل RCOOH هي أحماض ضعيفة ، مثل حمض النمل (حمض الميثانويك) HCOOH الذي ينحل في الماء وفق المعادلة الكيميائية التالية :

$$HCOOH + H_2O = HCOO^- + H_3O^+$$

ب- مفهوم الأساس :

نشاط :

- خذ كأسين ، محلول BBT ، محلول NaOH .

1- ضع كمية من محلول BBT في بيشر و أضف إليه حجما من محلول NaOH . اكتب ملاحظاتك بعد الإضافة .

2- أعد التجربة مع محلول كلور الصوديوم NaCl .

أ- هل يحدث تغير في اللون ؟

ب- هل هذا التحول يمكن أن تسببه الشاردة Na^+ ؟ علل .

جـ- ما هو الفرد الكيميائي المسؤول عن هذا التحول ؟

د- اكتب معادلة التفاعل المنمذج لهذا التحول .

تحليل النشاط :

1- نلاحظ تلون الكاشف باللون الأزرق في محلول NaOH .

2- أ- لا يحدث تغير في لون الكاشف بعد إضافة قطرات منه إلى المحلول الملحي و يظهر فيه بلونه الأصلي الأخضر .

ب- لا يمكن لشاردة الصوديوم Na^+ أن تؤثر على الكاشف و تحدث تغير في لونه لأنها متواجدة في محلولي NaOH و NaCl حيث تغير لون الكاشف في المحلول الأول من الأخضر إلى الأزرق لأنه أساسي بينما المحلول الثاني بقي فيه الكاشف محافظا على لونه الأصلي الأخضر لأن هذا المحلول ملحيا .

جـ- الفرد الكيميائي في المحلول الأساسي ($Na^+ + HO^-$) الذي أدى لى تغيير لون الكاشف من الأخضر إلى الأزرق هو شاردة الهيدروكسيد HO^- .

د- معادلة التفاعل :

$$HO^- + H^+ = H_2O$$

نتيجة ـ تعاريف :

- حسب برونشتد الأساس B هو كل فرد كيميائي جزيئيا كان أم شارديا قادر على تثبيت بروتون هيدروجين H^+ أو أكثر خلال تفاعل كيميائي . وفق المعادلة :

$$B + H^+ = BH^+$$

- ينحل الأساس B في الماء وفق المعادلة :

$$B + H_2O = BH^+ + HO^-$$

و بالتالي يمكن القول أن الأساس هو كل فرد كيميائي قادر على اعطاء شوارد الهيدروكسيد HO^- أثناء انحلاله في الماء .

- إذا كان الأساس B تام الانحلال في الماء يقال عنه أساس قوي ، أما إذا كان انحلاله في الماء جزئيا يقال عنه أساس ضعيف .

أمثلة :

- هيدروكسيد الصوديوم NaOH هو أساس قوي ، ينحل وفق المعادلة :

$$NaOH = Na^+ + HO^-$$

- هيدروكسيد البوتاسيوم KOH هو أساس قوي ينحل في الماء وفق المعادلة :

$$KOH = K^+ + HO^-$$

- غاز النشادر و جميع الأمينات هي أسس ضعيفة ، فمثلا ينحل النشادر NH_3 في الماء وفق المعادلة :

$$NH_3 + H_2O = NH_4^+ + HO^-$$

جـ ـ مفهوم الثنائية (أساس/حمض) :

- في كل تفاعل يتخلى فيه حمض AH ، على بروتون H^+ ، نحصل على أساسه المرافق A^- وفق المعادلة :

$$AH = A^- + H^+$$

- في كل تفاعل يثبت فيه أساس A^- ، بروتون H^+ ، نحصل على حمضه المرافق AH وفق المعادلة :

$$A^- + H^+ = AH$$

- تسمى الثنائية (AH/A^-) بالثنائية **حمض ـ أساس** .

- يمكن للماء H_2O أن يسلك سلوك حمض وذلك بتخليه عن بروتون حتى يتحول إلى شاردة الهيدروكسيد HO^- ، وفق المعادلة :

$$H_2O \rightarrow HO^- + H^+$$

- كما يمكنه أيضا أن يسلك سلوك أساس و ذلك بتثبيته لبروتون حتى يتحول إلى شاردة الهيدرونيوم H_3O^+ وفق المعادلة :

$$H_2O + H^+ \rightarrow H_3O^+$$

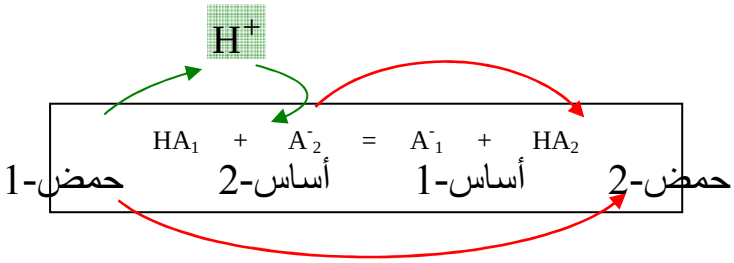
يقال عن الماء في هذه الحالة و كذلك كل نوع كيميائي يسلك هذا السلوك أنه مذبذب .

أمثلة لبعض الثنائيات :

الثنائية (أساس/حمض)	الأساس	الحمض
(H_2O/HO^-)	OH^-	H_2O
(HBr/Br^-)	Br^-	HBr
(NH_4^+/NH_3)	NH_3	NH_4^+
(CH_3COOH/CH_3COO^-)	CH_3COO^-	CH_3COOH
(H_3O^+/H_2O)	H_2O	H_3O^+

د- مفهوم التفاعل حمض أساس :

- حسب العالمين برونشتد و لوري ، التفاعل حمض-أساس هو كل تفاعل يحدث فيه تبادل بروتوني (فقدان أو اكتساب) حيث يتخلى الحمض-1(HA_1) عن بروتون هيدروجين H^+ أو أكثر ، ليلتقطه الأساس-2 (A_2^-) ، و ينتج إثر ذلك الأساس-1 (A_1^-) المرافق للحمض-1 (HA_1) و الحمض-2 (HA_2) المرافق للأساس-2 (A_2^-) كما موضح في الآلية المبينة في المعادلة التالية :



أمثلة :

• ينحل حمض الإيثانويك CH_3COOH في الماء وفق المعادلة :

$$CH_3COOH + H_2O = CH_3COO^- + H_3O^+$$

في هذا التفاعل يتخلى حمض الإيثانويك CH_3COOH (الحمض-1) على بروتون هيدروجين H^+ ليلتقطه جزئ الماء H_2O (أساس-2) ، فتنتج شاردة الإيثانوات CH_3COO^- (الأساس-1 المرافق للحمض-1) ، و شاردة الهيدرونيوم H_3O^+ (الحمض-2 المرافق للأساس-2) ، إذن انحلال حمض الإيثانويك في الماء هو تفاعل حمض أساس و الثنائيتين (أساس/حمض) الداخلتين في التفاعل هما :

$$(CH_3COOH/CH_3COO^-) \ ، \ (H_3O^+/H_2O)$$

• ينحل النشادر NH_3 في الماء وفق المعادلة :

$$NH_3 + H_2O = NH_4^+ + HO^-$$

- في هذا التفاعل يلتقط النشادر NH_3 (أساس-1) بروتون هيدروجين H^+ الذي تخلى عنه جزئ الماء H_2O (حمض-2) ، فتنتج شاردة الأمونيوم NH_4^+ (الحمض-1 المرافق للأساس-1) و شاردة الهيدروكسيد HO^- (الأساس-2 المرافق للحمض-2) ، إذن انحلال النشادر في الماء هو تفاعل حمض-أساس و الثنائيتين (أساس/حمض) الداخلتين في التفاعل هما :

$$(NH_4^+/NH_3) \ ، \ (H_2O/HO^-)$$

• ينحل حمض كلور الهيدروجين HCl في الماء وفق المعادلة :

$$HCl + H_2O \rightarrow Cl^- + H_3O^+$$

- في هذا التفاعل يتخلى حمض كلور الهيدروجين HCl (الحمض-1) على بروتون ليلتقطه جزئ الماء H_2O (أساس-2) ، فتنتج شاردة الكلور Cl^- (الأساس-1 المرافق للحمض-1) ، و شاردة الهيدرونيوم H_3O^+ (الحمض-2 المرافق للأساس-2) ، إذن انحلال حمض كلور الهيدروجين في الماء هو تفاعل حمض-أساس و الثنائيتين (أساس/حمض) الداخلتين في التفاعل هما :

$$(HCl/Cl^-) \ ، \ (H_3O^+/H_2O)$$

2- تفاعلات الأكسدة الإرجاعية :

أ- مفهوم تفاعل الأكسدة و الإرجاع و الأكسدة الإرجاعية :

نشاط-1 :

- ضع كمية من محلول نترات الفضة $AgNO_3$ في كأس وضع فيه قطعة نحاس ، ثم انتظر 10 دقائق .

1- ماذا تلاحظ .

2- أعط التفسير المجهري لما لاحظت مدعما إجابتك بمعادلات التفاعل .

الشكل-4 :

تحليل النشاط :

1- الملاحظة :

نلاحظ ظهور لون جديد في المحلول و هو اللون الأزرق بعد أن كان المحلول شفافا و كذلك ظهور راسب أبيض على قطعة النحاس ذات اللون الأحمر المصفر .

2- التفسير :

- ظهور اللون الأزرق يدل على تحول ذرات النحاس Cu الخاصة بالصفيحة إلى شوارد النحاس Cu^{2+} أصل اللون الأزرق ، و يمكن نمذجة هذا التفاعل بالمعادلةِ الكيميائية التالية :

$$Cu = Cu^{2+} + 2e^- \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

و في هذا التفاعل تخلت ذرة النحاس Cu على إلكترونين لتتحول إلى شاردة النحاس Cu^{2+} .

- ظهور راسب أبيض يدل على تحول شوارد الفضة Ag^+ المتواجدة في محلول نترات الفضة $(Ag^+ + NO_3^-)$ إلى ذرات الفضة Ag أصل اللون الأبيض و يمكن نمذجة هذا التفاعل بالمعادلةِ الكيميائية التالية :

$$Ag^+ + e^- = Ag \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

من المعادلتين (1) ، (2) يتضح أنه حدث تبادل إلكتروني بين ذرات النحاس Cu و شوارد الفضة Ag^+ حيث تخلت ذرة النحاس على إلكترونين و الذي تلتقطهما شاردتين من الفضة Ag^+ لأن شاردة الفضة بإمكانها أن تلتقط إلكترون واحد فقط ، هذا التبادل البروتوني يمكن نمذجته بالمعادلة الكيميائية التالية :

$$Cu + 2Ag^+ = Cu^{2+} + 2Ag$$

2- نعم حدث تحول كيميائي و الدليل على ذلك ظهور اللون الأزرق و تشكل الراسب كما ذكرنا سابقا ، هذا التحول الكيميائي يمكن نمذجته بمعادلة التفاعل الكيميائي الحادث التالية :

$$2AgNO_3 + Cu = Cu(NO_3)_2 + 2Ag$$

نتيجة :

ذرة النحاس Cu تحولت إلى شاردة النحاس Cu^{2+} بفقدها إلكترونين و شاردة Ag^{+} اكتسبت هذين الإلكترونين و تحولت إلى ذرة الفضة Ag و التي ترسبت على قطعة النحاس المتآكلة ، إذن حدث تبادل إلكتروني بين شاردة النحاس Cu^{2+} و ذرة الفضة Ag .

- نقول عن النوع الكيميائي الذي فقد إلكترون أو أكثر أنه **تأكسد** و نسميه **مرجع** .
- نقول عن النوع الكيميائي الذي اكتسب إلكترون أو أكثر أنه **أرجع** و نسميه **مؤكسد** .

تعاريف :

- الأكسدة : هو كل تفاعل كيميائي يحدث فيه فقدان إلكترون أو أكثر من طرف فرد كيميائي .
- الإرجاع : هو كل تفاعل كيميائي يحدث فيه إكتساب إلكترون أو أكثر من طرف فرد كيميائي .
- المرجع : هو الفرد الكيميائي الذي يفقد الإلكترونات في تفاعل الأكسدة .
- المؤكسد : هو الفرد الكيميائي الذي يكتسب الإلكترونات في تفاعل الإرجاع .
- الأكسدة الإرجاعية : هو كل تفاعل كيميائي يحدث فيه تبادل إلكتروني بين المرجع و المؤكسد حيث يفقد المرجع إلكترون أو أكثر ليلتقطه المؤكسد .

ملاحظة :

تفاعل الأكسدة وو الإرجاع يحدثان في آن واحد و لا يحدث تفاعل أكسدة بدون إرجاع و لا يحدث تفاعل إرجاع من دون تفاعل أكسدة .

ب- مفهوم الثنائية مؤكسد – مؤجع (مر/مؤ) :

نشاط :

1- أغمس صفيحة نحاس Cu في محلول نترات الفضة ذي اللون الأزرق ، والذي صيغته الشاردية $(Ag^{+} + NO_3^{-})$ ماذا تلاحظ ؟ فسر ماحدث .

2- أغمس صفيحة زنك Zn في محلول كبريتات النحاس ذي اللون الأزرق ، و الذي صيغته الشاردية $(Cu^{2+} + SO_4^{2-})$. ماذا تلاحظ ؟ فسر ما حدث .

3- ماذا تستنتج ؟

تحليل النشاط :

1- نلاحظ بعد مدة زمنية ترسب الفضة على الصفيحة و تلون المحلول باللون الأزرق دلالة على تشكل شوارد النحاس Cu^{2+} وفق المعادلة الكيميائية التالية :

$$Cu^{2+} = Cu^{2+} + 2e^{-}$$

2- نلاحظ بعد مدة زمنية ترسب طبقة حمراء من النحاس على الصفيحة المعدنية مع الاختفاء التدريجي للون الأزرق أثناء ذلك ، مما يدل على اختفاء شوارد النحاس Cu^{2+} التي تحولت إلى ذرات النحاس وفق المعادلة الكيميائية التالية :

$$Cu^{2+} + 2e^{-} = Cu$$

نتيجة- تعريف :

- نستنتج من التجربتين السابقتين أنه يمكن لذرات النحاس Cu أن تتحول إلى شوارد النحاس Cu^{2+} ، كما يمكن أيضا لشوارد النحاس Cu^{2+} أن تتحول إلى ذرات النحاس Cu . يمكن التعبير عن ذلك بالمعادلة ذات الشكل التالي :

$$Cu^{2+} \longleftrightarrow Cu^{2+} + 2e^{-}$$

-تسمى هذه المعادلة بـ **المعادلة النصفية الإلكترونية** للثنائية (Cu^{+2} ، Cu) (نحاس ، شاردة نحاس)

- تسمى الثنائية (Cu^{+2} ، Cu) بالثنائية **مؤكسد - مرجع** يرمز لها بـ **(Cu^{+2} / Cu)** حيث Cu^{+2} هو المؤكسد ، و Cu هو المرجع

- في الحالة العامة يرمز للثنائية مؤكسد – مرجع بالرمز **(مر/مؤ)** حيث **مر** هو المرجع ، و **مؤ** هو المؤكسد وهذه الثنائية توافقها **معادلة نصفية إلكترونية** تكون من الشكل :

$$\text{مؤ} + n\,e^- \rightleftharpoons \text{مر}$$

جـ – أمثلة عن الثنائيات (مر/ مؤ) :

$Zn \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2e^-$	(Zn^{2+}/ Zn)
$Mg \rightleftharpoons Mg^{2+} + 2\,e^-$	(Mg^{2+}/Mg)
$Na \rightleftharpoons Na^+ + e^-$	(Na^+/Na)
$Fe \rightleftharpoons Fe^{2+} + 2e^-$	(Fe^{2+}/ Fe)
$Fe^{2+} \rightleftharpoons Fe^{3+} + e^-$	(Fe^{3+}/Fe^{2+})
$2Cl^- \rightleftharpoons Cl_2 + e^-$	(Cl_2/ Cl^-)
$H_2 + H_2O \rightleftharpoons 2H_3O^+ + 2e^-$	(H_3O^+/H_2)
$H_2 + 2HO^- \rightleftharpoons 2H_2O + 2e^-$	(H_2O/ H_2)
$Mn^{2+} + 12H_2O \rightleftharpoons MnO_4^- + 8H_3O^+ + 5e^-$	(MnO_4^-/Mn^{2+})

ملاحظة :

- إن حدوث الأكسدة الإرجاعية الواردة في المثالين الأخيرين لا تتم وفق ذلك إلا في وجود وسط حمضي أو أساسي ، لذا ظهرت في المعادلة النصفية الإلكترونية الشاردة HO^- أو الشاردة H_3O^+ حيث تظهر الشاردة HO^- إذا كان الوسط أساسيا ، و تظهر الشاردة H_3O^+ إذا كان الوسط حمضيا .

د- تفاعلات الأكسدة الإرجاعية في وسط حمضي :

• كيفية كتابة معادلة الأكسدة الإرجاعية :

لكتابة معادلة الأكسدة الإرجاعية في وسط حمضي نتبع الخطوات التالية :

- نقسم معادلة الأكسدة الإرجاعية إلى معادلتين نصفيتين إحداهما أكسدة و الأخرى إرجاع
- نوازن الذرات التي عانت الأكسدة و الذرات التي عانت الإرجاع
- نوازن في كل معادلة نصفية ذرات الأكسجين و ذلك بإضافة جزيء ماء واحد مقابل ذرة أكسجين ناقصة في الطرف الذي يحتوي على العدد الأصغر من ذرات الأوكسجين.
- نوازن في كل معادلة نصفية ذرات الهيدروجين و ذلك بإضافة شاردة هيدرونيوم (H_3O^+) واحدة، مقابل كل ذرة هيدروجين ناقصة في الطرف الذي يحتوي على العدد الأصغر من ذرات الهيدروجين. و في نفس الوقت نضيف جزيئات الماء إلى الطرف الآخر بحيث يكون عدد جزيئات الماء المضافة في المرة الأخيرة مساويا لعدد شوارد الهيدرونيوم المضافة قبل قليل ، يمكننا أيضا موازنة ذرات الهيدروجين بإضافة شوارد الهيدرونيوم H^+ مقابل كل ذرة هيدروجين ناقصة في الطرف الذي يحتوي على عدد أقل من ذرات الهيدروجين .
- لتحقيق مبدأ إنحفاظ الشحنة (مجموع الشحنات قبل التفاعل مساوي لمجموع الشحنات بعد التفاعل) ، نوازن في كل معادلة نصفية الشحنات و ذلك بإضافة الإلكترونات في الطرف المناسب .
- بهدف الحصول على عدد الإلكترونات المفقودة في تفاعل الأكسدة مساوي لعدد الإلكترونات المكتسبة في تفاعل الإرجاع نضرب طرفي معادلة الأكسدة في عدد مناسب و طرفي معادلة الإرجاع في عدد مناسب آخر.
- نجمع المعادلتين الناتجتين طرفا إلى طرف و نكون بذلك قد تحصلنا على معادلة الأكسدة الإرجاعية.

• أمثلة عن تفاعلات الأكسدة الإرجاعية في وسط حمضي :

مثال- 1 : ارجاع شاردة فوق المنغنات MnO_4^- بواسطة شاردة الحديد الثلاثي Fe^{3+} :

نضع قطرة قطرة من محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)$ ذي اللون البنفسجي (المميز لشوارد البرمنغنات MnO_4^-) في كأس يحتوي على محلول كبريتات الحديد الثنائي $(2H_3O^+ + SO_4^{2-})$ ذات اللون الأخضر (المميز لشواردة الحديد الثنائي Fe^{2+}) .

الملاحظة :

نلاحظ بعد إضافة كمية مناسبة من محلول برمنغنات البوتاسيوم زوال اللون البنفسجي مما يدل على اختفاء شوارد لبرمنغنات MnO_4^- ذات اللون البنفسجي التي تحولت إلى شوارد المنغنيز Mn^{2+} عديمة اللون ، وفي نفس الوقت يتغير لون المحلول في الكأس من الأخضر إلى البرتقالي ، دلالة على تحول شوارد الحديد الثنائي Fe^{2+} ذات اللون الأخضر إلى شوارد الحديد الثلاثي Fe^{3+} ذات اللون البرتقالي .

- و في النهاية يمكن الكشف على شوارد الحديد الثلاثي Fe^{3+} و ذلك بإضافة هيدروكسيد الصوديوم إلى المحلول ، حيث يتكون راسب أصفر يتمثل في هيدروكسيد الحديد الثلاثي $Fe(OH)_3$.

- تفسير التفاعل و كتابة معادلته :

- في هذا التفاعل تأكسدت شوارد الحديد الثنائي Fe^{2+} إلى شوارد الحديد الثلاثي وفق معادلة الأكسدة التالية :

$$Fe^{2+} = Fe^{3+} + e^-$$

- في الوقت الذي تتأكسد فيه شوارد الحديد الثنائي ، ترجع شوارد البرمنغنات MnO_4^- إلى شوارد المنغنيز Mn^{2+} وفق معادلة الإرجاع ذات الخطوات التالية :

$$MnO_4^- = Mn^{2+}$$
$$MnO_4^- = Mn^{2+} + 4H_2O$$
$$MnO_4^- + 8H_3O^+ = Mn^{2+} + 4H_2O + 8H_2O$$
$$MnO_4^- + 8H_3O^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 12H_2O$$

- بضرب طرفي معادلة الأكسدة في العدد (5) و طرفي معادلة الإرجاع في العدد (1) نجد :

$$5Fe^{2+} = 5Fe^{3+} + 5e^-$$
$$MnO_4^- + 8H_3O^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 12H_2O$$

- بجمع المعادلتين الناتجتين طرف إلى طرف نجد :

$$5Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H_3O^+ + 5e^- = 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 12H_2O + 5e^-$$

و باختزال عدد الإلكترونات نحصل علة معادلة الأكسدة الإرجاعية التالية :

$$\boxed{5Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H_3O^+ = 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 12H_2O}$$

- إذا وازنا ذرات الهيدروجين بشوارد الهيدروجين H^+ باتباع نفس الخطوات نحصل على المعادلة التالية :

$$\boxed{5Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H^+ = 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 8H_2O}$$

مثال- 2 : إرجاع شوارد ثنائي الكرومات $Cr_2O_7^{-2}$ ، إلى شاردة الكروم Cr^{3+} ، بواسطة الحديد الثنائي Fe^{2+} :

نضع في كأس بيشر حجم معين من محلول كبريتات الحديد الثنائي $(Fe^{2+} + SO_4^{2-})$ المحمض بحمض الكبريت المركز $(2H_3O^+ + SO_4^{2-})$ ، ثم نضيف إليه كمية مناسبة من محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم $(2K^+ + Cr_2O_7^{2-})$ ذي اللون البرتقالي المميز لشوارد ثنائي الكرومات $Cr_2O_7^{2-}$.

الملاحظة :

نلاحظ أنه بمجرد امتزاج المحلولين يختفي اللون البرتقالي المميز لشوارد ثنائي الكرومات ، هذا يدل على اختفاء شوارد ثنائي الكرومات $Cr_2O_7^{2-}$ و التي تحولت إلى شوارد الكروم Cr^{3+} .

- يمكن الكشف على شوارد الحديد الثلاثي Fe^{3+} بإضافة هيدروكسيد الصوديوم إلى المحلول ، حيث يتكون راسب أصفر يتمثل في هيدروكسيد الحديد الثلاثي $Fe(OH)_3$.

تفسير التفاعل و كتابة معادلته :

- في هذا التفاعل تأكسدت شوارد الحديد الثنائي Fe^{2+} إلى شوارد الحديد الثلاثي Fe^{3+} وفق معادلة الأكسدة التالية :

$$Fe^{2+} = Fe^{3+} + e^-$$

- في الوقت الذي تتأكسد فيه شوارد الحديد الثنائي Fe^{2+} ترجع شوارد ثنائي الكرومات $Cr_2O_7^{2-}$ إلى شوارد الكروم Cr^{3+} وفق معادلة الإرجاع ذات الخطوات التالية :

$$Cr_2O_7^{2-} = 2Cr^{3+}$$

$$Cr_2O_7^{2-} = 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H_3O^+ = 2Cr^{3+} + 7H_2O + 14H_2O$$

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H_3O^+ + 6e^- = 2Cr^{3+} + 21H_2O$$

معادلة الأكسدة الإرجاعية :

- بضرب طرفي معادلة الأكسدة في العدد (6) و طرفي معادلة الإرجاع في العدد (1) نجد :

$$6Fe^{2+} = 6Fe^{3+} + 6e^-$$

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H_3O^+ + 6e^- = 2Cr^{3+} + 21H_2O$$

- بجمع المعادلتين الناتجتين طرف إلى طرف نجد :

$$6Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + 14H_3O^+ + 6e^- = 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 21H_2O + 6e^-$$

و باختزال عدد الإلكترونات ، نحصل على معادلة الأكسدة الإرجاعية التالية :

$$6Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + 14H_3O^+ = 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 21H_2O$$

- إذا وازنا ذرات الهيدروجين بشوارد الهيدروجين H^+ باتباع نفس الخطوات نحصل على المعادلة التالية :

$$Cr^{3+} + 7H_2O26Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ = 6Fe^{3+} +$$

مثال-3 : (إرجاع شاردة الهيدرونيوم H_3O^+ إلى جزيء غاز الهيدروجين H_2 بواسطة الألمنيوم Al)

نضع في أنبوب اختبار محلولا ممددا من حمض كلور الماء الذي صيغته $(H_3O^+ + Cl^-)$ ، ثم نضيف له مسحوق من الألمنيوم Al .

الملاحظة :

نلاحظ انطلاق فقاعات غازية في الأنبوب ، و عند تقريب عود ثقاب مشتعل إلى فوهة الأنبوب ، تحدث فرقعة خفيفة مما يدل على أن الغاز المنطلق هو غاز الهيدروجين .

و عند إضافة قطرات من هيدروكسيد الصوديوم إلى المحلول الناتج في الأنبوب ، نلاحظ تشكل راسب هلامي هو هيدروكسيد الألمنيوم الذي صيغته $Al(OH)_3$ ، الشيء الذي يدل على وجود شوارد الألمنيوم Al^{3+} في المحلول .

- تفسير التفاعل و كتابة معادلته :

- في هذا التفاعل تأكسدت ذرات الألمنيوم Al إلى شوارد الألمنيوم Al^{3+} وفق معادلة الأكسدة التالية :

$$Al = Al^{3+} + 3e^-$$

- في الوقت الذي تتأكسد فيه ذرات الألمنيوم ترجع شوارد الهيدرونيوم H_3O^+ متحولة إلى غاز الهيدروجين H_2 و فق معادلة الإرجاع ذات الخطوات التالية :

$$H_3O^+ = H_2$$

$$H_3O^+ = H_2 + H_2O$$

$$H_3O^+ + H_3O^+ = H_2 + H_2O + H_2O$$

$$2H_3O^+ + 2e^- \rightarrow H_2 + 2H_2O$$

- بضرب طرفي معادلة الأكسدة في العدد (2) ، و طرفي معادلة الإرجاع في العدد (3) ، نحصل على المعادلتين :

$2Al = 2Al^{3+} + 6\,e^-$

$6H_3O^+ + 6e^- = 3H_2 + 6H_2O$

- بجمع المعادلتين الناتجتين طرف إلى طرف و اختزال الإلكترونات نحصل على معادلة الأكسدة الإرجاعية التالية :

$$2Al + 6H_3O^+ = 2Al^{3+} + 3H_2 + 6H_2O$$

- إذا وازنا ذرات الهيدروجين بشوارد الهيدروجين H^+ باتباع نفس الخطوات نحصل على المعادلة التالية :

$$2Al + 6H^+ = 2Al^{3+} + 3H_2$$

مثال- 4 : (إرجاع شوارد النترات NO_3^- إلى جزيء غاز الآزوت NO بواسطة النحاس Cu)

نضع في أنبوب اختبار يحتوي على حمض الآزوت الممدد كمية من خراطة النحاس .

الملاحظة :

نلاحظ انطلاق غاز هو غاز أول أكسيد الآزوت NO العديم اللون ، والذي يعطي غاز ثاني أكسيد الآزوت NO_2 ، ذي اللون الأحمر النارنجي عند ملامسته الهواء ، كما نلاحظ تلون المحلول بعد ذلك بلون أزرق دلالة على تشكل شوارد النحاس Cu^{2+} .

تفسير التفاعل و كتابة معادلته :

- في هذا التفاعل تأكسدت ذرات النحاس Cu إلى شوارد النحاس Cu^{2+} ذات اللون الأزرق و فق معادلة الأكسدة التالية :

$$Cu = Cu^{2+} + 2\,e^-$$

معادلة الإرجاع :

- في الوقت الذي تأكسدت فيه ذرات النحاس ، ترجع شوارد النترات NO_3^- متحولة إلى غاز أول أكسيد الآزوت NO و فق معادلة الإرجاع ذات الخطوات التالية :

$NO_3^- = NO$

$NO_3^- = NO + 2H_2O$

$NO_3^- + 4H_3O^+ = NO + 2H_2O + 4H_2O$

$NO_3^- + 4H_3O^+ + 6e^- = NO + 6H_2O$

معادلة الأكسدة الإرجاعية :

- بضرب طرفي معادلة الأكسدة في العدد (3) ، و طرفي معادلة الإرجاع في العدد (2) نحصل على :

$3Cu = 3Cu^{2+} + 6\,e^-$

$2NO_3^- + 8H_3O^+ + 6e^- = 2NO + 12H_2O$

- بجمع المعادلتين الناتجتين طر ف إلى طرف و اختزال الإلكترونات نحصل على المعادلة :

$$3Cu + 2NO_3^- + 8H_3O^+ = 3Cu^{2+} + 2NO + 12H_2O$$

- إذا وازنا ذرات الهيدروجين بشوارد الهيدروجين H^+ باتباع نفس الخطوات نحصل على المعادلة التالية :

$$3Cu + 2NO_3^- + 8H^+ = 3Cu^{2+} + 2NO + 4H_2O$$

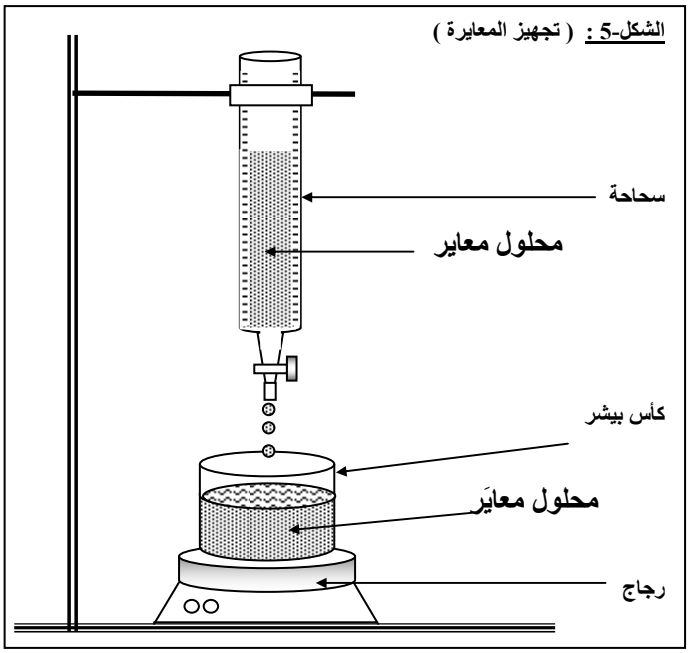
3- المعايرة اللونية :

أ- الهدف من المعايرة :

- تهدف طريقة المعايرة بصفة عامة إلى تحديد التركيز المولي لأحد المحاليل التالية : محلول حمضي ، محلول أساسي ، محلول مؤكسد ، محلول مرجع ، و بتحديد التركيز المولي لأحد هذه المحاليل يمكننا تحديد كمية مادة النوع الكيميائي (حمض ، أساس ، مؤكسد ، مرجع) المنحل في هذا المحلول (هدف الدرس) .

ب- تقنية المعايرة :

- يوضح (الشكل-5) التجهيز المستعمل للمعايرة ، و المتكون أساسا من :
- كأس بيشر يحتوي على المحلول المراد معايرة و الذي يسمى **محلول معايَر** .
- سحاحة تحتوي على المحلول المستعمل في المعايرة و الذي يسمى **محلول معايِر** .
- رجاج أومخلاط مغناطيسي يستعمل لخلط المزيج المتحصل عليه في كأس بيشر .



- أثناء المعايرة نضيف تدريجيا بواسطة السحاحة المحلول **المعايِر** إلى المحلول **المعايَر** الموجود بالبيشر إلى غاية بلوغ ما يسمى نقطة التكافؤ ، و عند التكافؤ يكون التفاعل المنمذج للمعايرة في الشروط الستوكيوتية ، أي تتفاعل كل كمية مادة النوع الكيميائي المنحل في المحلول المعايَر مع كل كمية مادة النوع الكيميائي المنحل في المحلول المعايِر المضاف .
- نعتبر أن التفاعل المنمذج للمعايرة من الشكل :

$$\alpha\, A + \beta\, B = \delta\, C + \lambda\, D$$

نمثل جدول التقدم لتفاعل المعايرة :

المرحلة	التقدم	αA	+ βB	= δC	+ λD
ابتدائية	$x = 0$	n_{0A}	n_{0B}	0	0
انتقالية	x	$n_{0A} - \alpha x$	$n_{0B} - \beta x$	δx	λx
تكافؤ	$x = x_E$	$n_{0A} - \alpha x_E$	$n_{0B} - \beta x_E$	δx_E	λx_E

حيث : x_E هو مقدار التقدم عند حدوث التكافؤ ، n_{0A} هي كمية مادة النوع الكيميائي المنحلة في المحلول المعايَر ، n_{0B} هي كمية مادة النوع الكيميائي المنحلة في المحلول المعاير .

- بما أن عند التكافؤ يكون التفاعل في الشروط الستوكيومترية يكون :

$$n_{0A} - \alpha x_E = 0 \rightarrow x_E = \frac{n_{0A}}{\alpha}$$

$$n_{0B} - \beta x_E = 0 \rightarrow x_E = \frac{n_{0B}}{\beta}$$

بالمطابقة نجد :

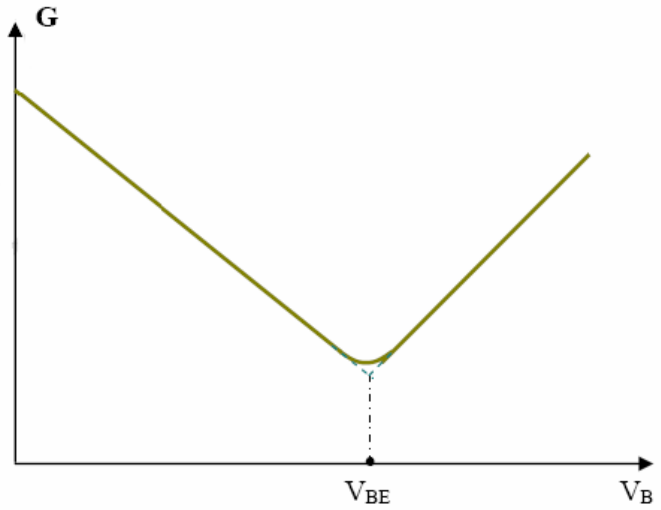
$$\frac{n_{0A}}{\alpha} = \frac{n_{0B}}{\beta} \rightarrow \frac{[A]_0 V_A}{\alpha} = \frac{[B]_0 V_{BE}}{\beta}$$

حيث : V_A هو حجم المحلول المعايَر ، و V_{BE} هو حجم المحلول المعايـِر المضاف عند التكافؤ .

- هناك أنواع من المعايرة نتطرف في درسنا هذا إلى نوعين هما : المعايرة اللونية و المعايرة بواسطة الناقلية .

- في المعايرة اللونية نضيف **للمحلول المعايَر** كاشف ملون مناسب يغير لونه عند بلوغ التكافؤ ، ثم نضيف تدريجيا بواسطة السحاحة المحلول المعايَر حتى يتغير اللون الذي يدل على بلوغ التكافؤ .

- في المعايرة بواسطة الناقلية نقوم بإيجاد ناقلية المزيج المتواجد في البيشر في كل إضافة للمحلول المعايـِر ، ثم نرسم البيان $G = f(V_B)$ الذي يعبر عن تغيرات ناقلية المزيج بدلالة حجم المحلول المعايـِر . و عند التكافؤ تبلغ الناقلية قيمة حدية (الشكل-2) .



تطبيق-1:

نريد معايرة محلول كبريتات الحديد الثنائي ($Fe^{2+} + SO_4^{2-}$) بمحلول برمنغنات البوتاسيوم ($K^+ + MnO_4^-$) ذو اللون البنفسجي ، لذلك نضع في كأس بيشر محلولا من كبريتات الحديد الثنائي ذي اللون الأخضر حجمه $V_1 = 100\ mL$ وتركيزه المولي $C_1 = 0.1\ mol/L$ ، نحمض المحلول بحمض الكبريت المركز ، ثم نقطر قطرة قطرة عليه بواسطة سحاحة محلول برمنغنات البوتاسيوم ذي اللون البنفسجي و التركيز C_2 المجهول .

- نلاحظ بعد إضافة حجم معين $V_2 = 10\ mL$ من محلول برمنغنات البوتاسيوم تغير لون محلول كبريتات الحديد الثنائي من الأخضر إلى البرتقالي .

كما نلاحظ أيضا أثناء عملية المعايرة وجود ثلاث مراحل هي :

المرحلة الأولى (قبل التكافؤ):
في هذه المرحلة يظهر اللون البنفسجي في الكأس ثم يختفي مباشرة ، و يبقى في النهاية اللون الأخضر .
المرحلة الثانية (عند التكافؤ) :
في هذه المرحلة تصبح محتويات الكأس ذات لون برتقالي .
المرحلة الثالثة (بعد التكافؤ) :
في هذه المرحلة تصبح محتويات الكأس ذات لون بنفسجي و يبقى هذا اللون ثابت حتى لو أكملنا إضافة محلول برمنغنات البوتاسيوم
التفسير :
يمكن تفسير المراحل السابقة كما يلي :
- قبل التكافؤ تختفي كل الشوارد MnO_4^- المضافة حيث ترجع جميعها إلى شوارد Mn^{2+} الشيء الذي أدى اختفاء اللون البنفسجي كلما أضفنا محلول فوق منغنات البوتاسيوم (المرحلة الأولى) .
- عند نقطة التكافؤ تستهلك كل الشوارد Fe^{2+} الموجودة في الكأس و الشوارد MnO_4^- المضافة ، وعندها يصبح الكأس يحتوي فقط على الشوارد Fe^{3+} ذات اللون البرتقالي ، و الشوارد Mn^{2+} عديمة اللون و هو الشيء الذي جعل محتويات الكأس تأخذ اللون البرتقالي في هذه المرحلة (الثانية) .
- عند تجاوز نقطة التكافؤ يصبح المحلول لا يحتوي على الشوارد Fe^{2+} التي من المفروض أن تتفاعل مع شوارد البرمنغنات المضافة . وبالتالي عند إضافة محلول برمنغنات البوتاسيوم ذي اللون البنفسجي لا يحدث شيء ، هذا يجعل لون المحلول يأخذ اللون البنفسجي للمحلول المضاف (المرحلة الثالثة)

● إيجاد تركيز المحلول المؤكسد :
- أثناء هذا التفاعل تتأكسد شوارد الحديد الثنائي Fe^{2+} إلى شوارد الحديد الثلاثي Fe^{3+} وفق المعادلة :

$$Fe^{2+} = Fe^{3+} + e^-$$

في حين ترجع شوارد المنغنات MnO_4^- إلى شوارد المنغنيز Mn^{2+} وفق المعادلة :

$$MnO_4^- + 8H_3O^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 12H_2O$$

بجمع معادلة الأكسدة و الأرجاع بعد ضرب طرفي معادلة الأكسدة في العدد(1) وطرفي معادلة الإرجاع في العدد(5) نجد :

$$\boxed{5Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H_3O^+ = 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 12H_2O}$$

- عند التكافؤ يكون :

$$\frac{n_0(Fe^{2+})}{5} = \frac{n_0(MnO_4^-)}{1} \rightarrow \frac{[Fe^{2+}]_0.V_1}{5} = \frac{[MnO_4^-]_0.V_{2E}}{1} \quad .$$

- في المحلول $(Fe^{2+} + SO_4^{2-})$ يكون : $[Fe^{2+}]_0 = C_1$ و في المحلول $(K^+ + MnO_4^{2-})$ يكون : $[M_2O_4^-]_0 = C_2$

ومنه يصبح :

$$\frac{C_1.V_1}{5} = \frac{C_2.V_{2E}}{1} \rightarrow C_1 V_1 = 5 C_2 V_{2E} \rightarrow C_2 = \frac{C_1 V_1}{5V_{2E}}$$

$$C_2 = \frac{0.1.\ 0.1}{5 \times 0.01} = 0.2\ mol/L$$

تطبيق-2 :

نريد معايرة محلول حمض كلور الهيدروجين ($H_3O^+ + Cl^-$) بمحلول هيدروكسيد الصوديوم ($Na^+ + HO^-$) بواسطة المعايرة اللونية ، لذلك نضع حجم $V_a = 10\ mL$ من محلول حمض كلور الماء تركيزه المولي C_a مجهول في بيشر و نضيف له قطرات من كاشف أزرق البروموتيمول الذي يلون المحلول باللون الأصفر ، ثم نضيف تدريجيا بواسطة سحاحة محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $C_b = 0.2\ mol/L$ ، نلاحظ أن لون المحلول الموجود بالبيشر يتغير لونه من الأصفر إلى الأزرق عند إضافة 20 mL من محول هيدروكسيد الصوديوم .

التفاعل المنمذج للمعايرة هو : $H_3O^+ + HO^- = 2H_2O$.

- يدل تغير لون المحلول المتواجد في البيشر على بلوغ التكافؤ .

- نبحث عن قيمة C_a :

- عند التكافؤ يكون :

$$\left[H_3O^+\right]_0 V_a = \left[HO^-\right]_0 V_{bE}\ n_0(H_3O^+) + n_0(HO^-) = .$$

- في المحلول ($H_3O^+ + Cl^-$) يكون : $\left[H_3O^+\right]_0 = C_a$ و في المحلول ($Na^+ + OH^-$) يكون : $\left[HO^-\right]_0 = C_b$

ومنه يصبح :

$$C_a V_a = C_b V_{bE} \rightarrow C_a = \frac{C_b\ V_{bE}}{V_a}$$

$$C_a = \frac{0.2\ .\ 0.02}{0.01} = 0.4\ mol/L$$

تطبيق-3 :

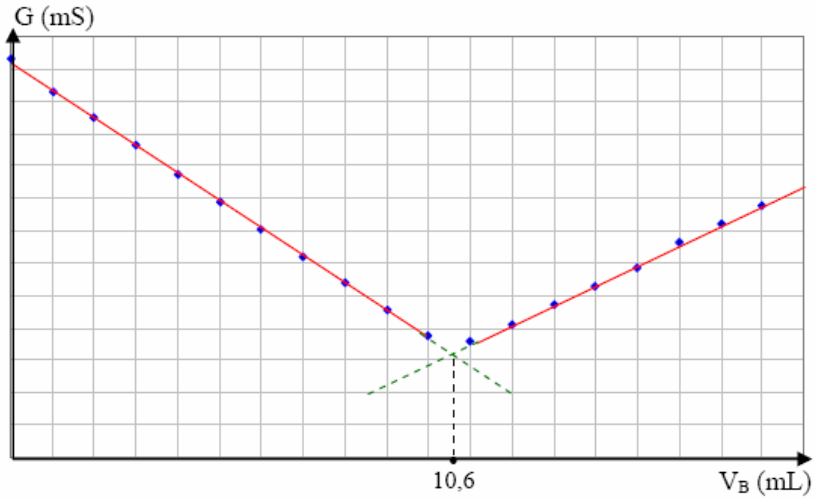
نريد معايرة محلول حمض كلور الهيدروجين ($H_3O^+ + Cl^-$) بمحلول هيدروكسيد الصوديوم ($Na^+ + HO^-$) بواسطة المعايرة عن طريق الناقلية ، لذلك نضع حجم $V_a = 100\ mL$ من محلول حمض كلور الماء تركيزه المولي C_a مجهول في بيشر ، ثم نملأ السحاحة حتى الصفر بمحلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $C_b = 0.01\ mol/L$.

نجهز التركيب الخاص بقياس الناقلية ثم نغمر في البيشر خلية قياس الناقلية ، نضيف تدريجيا بواسطة السحاحة محلول هيدروكسيد الصوديوم ونقرأ في كل إضافة الشدة المنتجة للتيار ، نحسب قيمة الناقلية من العبارة $G = \frac{I}{U}$ ، و ندون النتائج في جدول حيث حصلنا على الجدول التالي :

$V_B(mL)$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
G(ms)	24.6	22.6	21.0	19.3	17.5	15.8	14.1	12.4	10.8

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
9.1	7.5	7.1	8.2	9.4	10.6	11.7	13.3	14.4	15.4

نرسم البيان $G = f(V_b)$ فنحصل على البيان التالي :



- عند التكافؤ و بنفس الطريقة السابقة يكون :

$$C_B V_A = C_B V_{BE} \rightarrow C_a = \frac{C_b\ V_{bE}}{V_a}$$

عند بلوغ التكافؤ تبلغ الناقلية قيمة حدية و عليه يكون من البيان $V_{bE} = 10.6\ mL$ و منه :

$$C_a = \frac{10.10^{-3}.10.6.10^{-3}}{0.1} = 1.06.10^{-3}\ mol/L$$

** الأستاذ : فرقاني فارس **
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم
الخروب - قسنطينة
Fares_Fergani@yahoo.Fr
Tel : 0771998109

نرجو إبلاغنا عن طريق البريد الإلكتروني بأي خلل في الدروس أو التمارين و حلولها .
وشكرا مسبقا

لتحميل نسخة من هذه الوثيقة و للمزيد . أدخل موقع الأستاذ ذو العنوان التالي :

www.sites.google.com/site/faresfergani

سلسلة دروس و تمارين في مادة العلوم الفيزيائية- ثانية ثانوي

إعداد الأستاذ : فرقاني فارس

عرض نظري مفصل

12

المادة و تحولاتها

مدخل إلى كيمياء الكربون

الشعب : علوم تجريبية
رياضيات ، تقني رياضي

****

www.sites.google.com/site/faresfergani

تاريخ آخر تحديث : 2013/03/22

1- المركبات العضوية :

أ- تعريف المركبات العضوية :

- تشمل المركبات العضوية كل المركبات التي مصدرها كائن حي بالإضافة إلى بعض المركبات التي تصنع في المخابر و لها نفس ميزات المركبات ذات المصدر كان حي .
- تتميز المركبات العضوية بعدة مميزات أهمها :

▪ كل المركبات العضوية هي مركبات جزيئية .
▪ كل المواد العضوية قابلة للإحتراق بالأكسجين أو الهواء، فتعطي غاز ثاني أكسيد الكربون و بخار الماء ، كما تعطي موادا أخرى أحيانا مثل غاز الكلور ، غاز الآزوت .....
▪ كل المركبات العضوية تحتوي على عنصر الكربون ، كما يدخل في تركيبها أيضا من العناصر، حسب درجتها في تكوين هذه المشتقات ، و أهم هذه العناصر نذكر : الهيدروجين، الأوكسجين ، الآزوت ....

ب- أصناف المركبات العضوية:

نظرا لكثرة عدد المركبات العضوية، و الذي يتزايد يوما بعد يوم ، فقد قسمت لتسهيل دراستها، إلى فئات رئيسية حسب تركيبها العنصري و أهم هذه الفئات هي:

▪ الفحوم الهيدروجينية:

هي المركبات العضوية التي تحتوي فقط على عنصري الكربون و الهيدروجين صيغتها الجزيئية العامة هي :

$$C_xH_y$$

▪ المركبات العضوية الأكسجينية:

- هي المركبات التي تحتوي على عناصر الكربون و الهيدروجين ، و الأكسجين صيغتها الجزيئية العامة هي :

$$C_xH_yO_z$$

▪ المركبات العضوية الآزوتية :

- هي المركبات العضوية الآزوتية التي تحتوي على عناصر الكربون ، الأكسجين ، الآزوت ، صيغتها الجزيئية العامة هي:

$$C_xH_yN_z$$

2- الصيغة العامة و التسمية لبعض المركبات العضوية :

أ- الألكانات:

- الألكانات هي فحوم هيدروجينية مشبعة ، ذات سلسلة كربونية مفتوحة (غير حلقية) ، صيغتها الجزيئية العامة تكون من الشكل :

$$C_nH_{2n+2}$$

حيث: n عدد طبيعي ، مثل: CH_4، C_2H_6، C_3H_8.....

- يشتق إسم الألكان ذو السلسلة الكربونية الخطية (غير المتفرعة) بإضافة الحرفين " **ان** " إلى الإسم المعبر عن عدد ذرات الكربون التي يحتوي عليها الجزيء باللغة اليونانية، كما مبين في الجدول التالي:

n	ما يوافق (n) باليونانية	الصيغة الجزيئية	الإسم
1	ميثـ	CH_4	الميثان
2	إيثـ	C_2H_6	الإيثان
3	بربـ	C_3H_8	البروبان
4	بوتـ	C_4H_{10}	البوتان
5	بنتـ	C_5H_{12}	البنتان
6	هكسـ	C_6H_{14}	الهكسان
7	هبتـ	C_7H_{16}	الهبتان
8	أوكتـ	C_8H_{18}	الأوكتان
9	نونـ	C_9H_{20}	النونان
10	ديكـ	$C_{10}H_{22}$	الديكان

- عند نزع ذرة هيدروجين واحدة من جزيء ألكان نحصل على ما يسمى بالجذر الألكيلي ، و هذه الجذور لا توجد بشكل طليق، و إنما نجدها مرتبطة بالسلسلة الكربونية لجزيء المركب العضوي ، يرمز للجذر الألكيلي بـ: R و صيغته الجزيئية العامة من الشكل :

$$C_nH_{2n+1}- \quad \text{أو} \quad R- \text{ (اختصارا)}$$

- يشتق إسم الجذر الألكيلي من اسم الألكان الموافق بنزع النهاية " ان " من اسم الألكان و تعويضها بـ " يل " .

أمثلة :

الألكان C_nH_{2+n2}		الجذر الألكيلي (C_nH_{1+n2}-)	
الإسم	الصيغة	الإسم	الصيغة
الميثان	CH_4	الميثيل	CH_3-
الإيثان	C_2H_6	الإيثيل	C_2H_5-
البروبان	C_3H_8	البروبيل	C_3H_7-

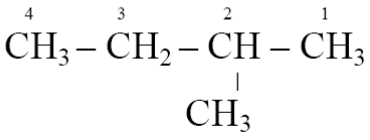
- لتسمية الألكانات في حالة سلسلة كربونية متفرعة نتبع الخطوات التالية:
- نختار أطول سلسلة كربونية و التي تعتبر السلسلة الرئيسية .
- نرقم هذه السلسلة من الطرف إلى الطرف ، ابتدءا من ذرة الكربون الأقرب إلى أول تفرع .
- نكتب إسم الجذر الألكيلي (أو الجذور الألكيلية) المرتبط بالسلسة الكربونية ، و نسبقه برقم (أو أرقام) ذرة الكربون المرتبط بها ، (ترتب الجذور وفق ترتيب الحروف الأبجدية اللاتينية في حالة وجود عدة جذور) ، بعد ذلك نكتب إسم الألكان الخطي (غير المتفرع) الذي يكون فيه عد ذرات الكربون مساوي لعدد ذرات كربون السلسلة الرئيسية (الأطول)
- إذا كان يتصل بالسلسلة الكربونية المرقمة عدة جذور ألكيلية متشابهة نستعمل كلمة " **ثنائي**" في حالة جذرين متشابهين و كلمة " **ثلاثي**" في حالة ثلاث جذور متشابهة .... و هكذا.

أمثلة :

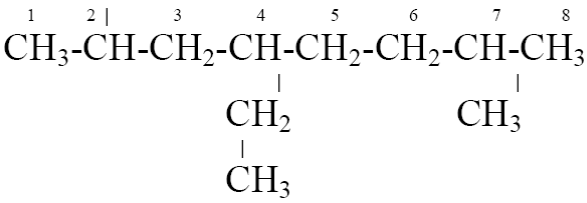
إيثان CH_3-CH_3

بروبان $CH_3-CH_2-CH_3$

2- ميثيل بوتان



4- إيثيل ، (2،7)- ثنائى ميثيل أوكتان



ب- الألكنات (أو الأسانات) :

- الألكنات هي فحوم هيدروجينية غير مشبعة ذات سلاسل كربونية مفتوحة، تحتوي جزيئاتها على رابطة ثنائية بين ذرتي كربون في السلسلة الكربونية ، صيغتها الجزيئية العامة من الشكل :

$$C_nH_{2n}$$

حيث: $n \geq 2$. مثل: C_2H_4 ، C_3H_6 ، C_4H_8.....

- تخضع تسمية الألكنات إلى نفس القاعدة السابقة المتبعة في تسمية الألكانات ، إلا أنه في تسمية الألكنات (الألسانات) يكون :

• اختيار السلسلة الأطول شرط أن تكون حاولة على الرابطة الثنائية (السلسلة الكربون الرئيسية) ، و إذا كانت هناك سلسلة أطول لا تحتوي على رابطة ثنائية و سلسلة أقل منها طولا تحتوي على الرابطة الثنائية فلا بد من اختيار السلسلة الأقل طولا و الحاوية على الرابطة الثنائية .
• ترقيم السلسلة الكربونية يكون من ذرة الكربون الأقرب إلى الرابطة الثنائية ، و إذا كانت الرابطة الثنائية تقع في منتصف السلسلة الكربونية الرئيسية و السلسلة الكربونية الرئيسية تحتوي على تفرع على الأقل يكون الترقيم في هذه الحالة من ذرة الكربون الأقرب إلى أول تفرع .
• نضيف الحرف "ن" إلى الجزء المعبر على عدد ذرات كربون السلسلة الكربونية الرئيسية باليونانية .
• في حالة وجود عدة مماكبات يضاف في نهاية إسم الألكن (قبل النهاية "ن") الرقم الأصغر من بين رقمي ذرتي الكربون التي تكون بينهما الرابطة الثنائية .

أمثلة :

- إيثن أو إيثيلين $CH_2 = CH_2$

بوت-1- ن $\overset{1}{CH_2} = \overset{2}{CH} - \overset{3}{CH_2} - \overset{4}{CH_3}$

بنتت -2- ن $\overset{1}{CH_3} - \overset{2}{CH} = \overset{3}{CH} - \overset{4}{CH_2} - \overset{5}{CH_3}$

4- ميثيل بنت -2- ن $\overset{5}{CH_3} - \overset{4}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}} - \overset{3}{CH} = \overset{2}{CH} - \overset{1}{CH_3}$

2- ميثيل بوت-2- ن $\overset{1}{CH_3} - \overset{2}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}} = \overset{3}{CH} - \overset{4}{CH_3}$

▪ الألكينات (الألسينات) :

- الألكينات هي فحوم هيدروجينية غير مشبعة ذات سلاسل كربونية مفتوحة، تحتوي جزيئاتها على رابطة ثلاثية بين ذرتي كربون في السلسلة الكربونية، صيغتها الجزيئية العامة من الشكل :

$$C_nH_{2n-2}$$

حيث: $n \geq 2$. مثل: C_2H_2 ، C_3H_4 ، C_4H_6.....

- تخضع تسمية الألكينات إلى نفس القاعدة السابقة المتبعة في تسمية الألكانات ، إلا أنه في تسمية الألكينات (الألسينات) يكون :

• اختيار السلسلة الأطول شرط أن تكون حاولة على الرابطة الثلاثية (السلسلة الكربون الرئيسية) ، و إذا كانت هناك سلسلة أطول لا تحتوي على رابطة ثلاثية و سلسلة أقل منها طولا تحتوي على الرابطة الثنائية فلا بد من اختيار السلسلة الأقل طولا و الحاوية على الرابطة الثلاثية .
• ترقيم السلسلة الكربونية يكون من ذرة الكربون الأقرب إلى الرابطة الثلاثية ، و إذا كانت الرابطة الثلاثية تقع في منتصف السلسلة الكربونية الرئيسية و السلسلة الكربونية الرئيسية تحتوي على تفرع على الأقل يكون الترقيم في هذه الحالة من ذرة الكربون الأقرب إلى أول تفرع .
• نضيف الحرفين "ين" إلى الجزء المعبر على عدد ذرات كربون السلسلة الكربونية الرئيسية باليونانية .
• في حالة وجود عدة مماكبات يضاف في نهاية إسم الألكين (قبل النهاية "ين") الرقم الأصغر من بين رقمي ذرتي الكربون التي تكون بينهما الرابطة الثلاثية .

أمثلة :

$CH \equiv CH$ إيثين (إيثيلن)

$\overset{1}{CH} \equiv \overset{2}{C} - \overset{3}{CH_2} - \overset{4}{CH_3}$ بوت-1- ين

$\overset{1}{CH_3} - \overset{2}{C} \equiv \overset{3}{C} - \overset{4}{CH_2} - \overset{5}{CH_3}$ بنت-2- ين

$\overset{5}{CH_3} - \overset{4}{CH} - \overset{3}{C} \equiv \overset{2}{C} - \overset{1}{CH_3}$ 4- ميثيل بنت-2 ين

CH_3

$\overset{1}{CH_3} - \overset{2}{C} \equiv \overset{3}{C} - \overset{4}{CH_3}$ 4- ميثيل بوت-2- ين

CH_3

ب- الكحولات :

- الكحولات هي مركبات عضوية أكسجينية تتميز بوجود مجموعة هيدروكسيل (OH -) (أو أكثر) .
- في برنامجنا تقتصر دراستنا إلا على الكحولات التي تحتوي على مجموعة هيدروكسيل (OH-) واحدة و التي تكون صيغتها العامة من الشكل :

$C_nH_{2n+1}OH$ أو R-OH

حيث : (-R) هو جذر ألكيلي صيغته العامة : (C_nH_{2n+1}-) .

- إن مجموعة الهيدروكسيل (OH-) هي المجموعة المميزة للكحولات ، تسمى بـ **المجموعة الوظيفية الكحولية** .
- تسمى ذرة الكربون الحاوية على مجموعة الهيدروكسيل(OH-) بـ **الكربون الوظيفي** .
- تخضع تسمية الكحولات أحادية الوظيفة (تحتوي على مجموعة هيدروكسيل OH- واحدة) إلى نفس القاعدة المتبعة في تسمية الألكانات ، إلا أنه في تسمية الكحولات أحادية الوظيفة يكون :

• اختيار السلسلة الأطول (السلسلة الكربونية الرئيسية) شرط أن تكون حاولة على المجموعة الوظيفية ، و إذا كانت هناك سلسلة أطول لا تحتوي على المجموعة الوظيفية و سلسلة أقل منها طولا تحتوي على المجموعة الوظيفية فلا بد من اختيار السلسلة الأقل طولا و الحاوية على المجموعة الوظيفية .

• ترقيم السلسلة الكربونية يكون من ذرة الكربون الأقرب إلى الكربون الوظيفي أو من الكربون الوظيفي في حالة وجود الكربون الوظيفي في طرف السلسلة ، و إذا كان الكربون الوظيفي يقع في منتصف السلسلة الكربونية الرئيسية و السلسلة الكربونية الرئيسية تحتوي على تفرع على الأقل يكون الترقيم في هذه الحالة من ذرة الكربون الأقرب إلى أول تفرع .

• بعد كتابة أسماء الجذور الألكيلية مسبوقة بذرات الكربون المرتبطة بها ، نضيف الأحرف "انول" إلى الجزء المعبر على عدد ذرات كربون السلسلة الكربونية الرئيسية باليونانية .

• في حالة وجود عدة مماكبات يضاف في نهاية إسم الكحول (قبل النهاية "ول") رقم ذرة الكربون الوظيفي .

أمثلة :

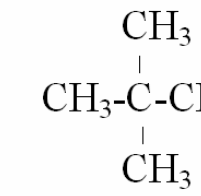
إيثانـ-1- ول $CH_3-CH_2\mathbf{OH}$

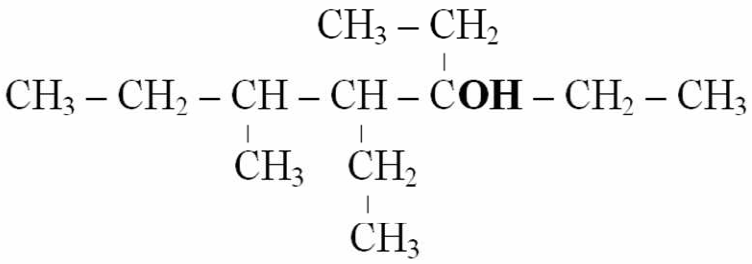
بروبانـ-1- ول $CH_3-CH_2-CH_2\mathbf{OH}$

بروبانـ-2- ول $CH_3-CH\mathbf{OH}-CH_3$

2- مثيل بروبانـ-1- ول

(2،2) ثنائي ميثيل بروبانـ-1- ول



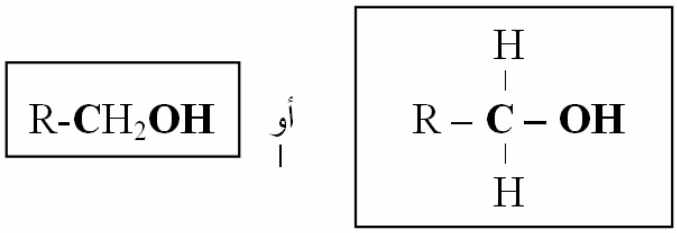


(3،4) ثنائي إيثيل، 5- ميثيل هبتانـ-3- ول

- تصنف الكحولات إلى ثلاث أصناف رئيسية حسب موقع المجموعة (OH-) في السلسلة الكربونية كما يلي :

الكحولات الأولية:

و هي الكحولات التي يكون فيها الكربون الوظيفي مرتبط بذرتين هيدروجين و جذر ألكيلي واحد، أو مرتبط بثلاث ذرات هيدروجين (ذرة هيدروجين بدل الجذر الألكليلي) ، ومنه فالصيغة الجزيئية العامة للكحولات الأولية تكون من الشكل :



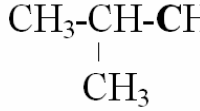
أمثلة:

ميثانول $\mathbf{C}H_3\mathbf{OH}$

إيثانو ل $CH_3-\mathbf{C}H_2\mathbf{OH}$

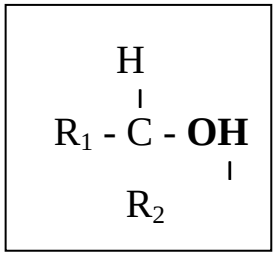
بروبانـ-1- ول $CH_3-CH_2-\mathbf{C}H_2\mathbf{OH}$

2- ميثيل بروبانـ-1- ول



الكحولات الثانوية :

و هي الكحولات التي يكون فيها الكربون الوظيفي مرتبط بذرة هيدروجين و جذرين ألكيليين ، و منه فالصيغة الجزيئية العامة للكحولات الثانوية تكون من الشكل :



أو

$R_1 - CHOH - R_2$

أمثلة:

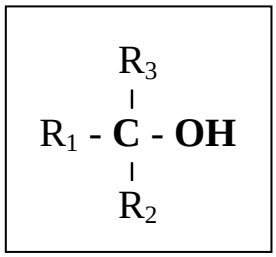
بروبان-2- ول $CH_3-CHOH-CH_3$

بوتان-2- ول $CH_3-CHOH-CH_2-CH_3$

3- ميثيل بوتان-2- ول

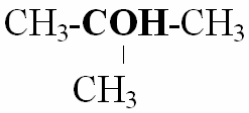
الكحولات الثالثية :

و هي الكحولات التي يكون فيها الكربون الوظيفي مرتبط بثلاث جذور ألكيلية ، و منه فالصيغة الجزيئية العامة للكحولات الثالثية تكون كما يلي :

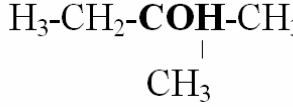


أمثلة:

2- ميثيل بروبان-2- ول

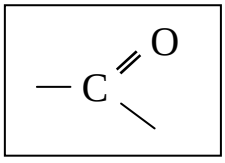


2- ميثيل بوتان-2- ول



• الألدهيدات و الكيتونات :

- هي مركبات عضوية لها نفس المجموعة الوظيفية التالية و التي تسمى **المجوعة الوظيفية الكربونيلية** .



- يسمى الكربون الحاوي على المجموعة الوظيفية الكربونيلية بـ **الكربون الوظيفي** .
- إذا ارتبط الكربون الوظيفي بذرة هيدروجين و بذرة كربون يقال عن المركب الكربونيلي أنه **ألدهيد** ، و بالتالي تكون الصيغة العامة للألدهيدات كما يلي :

- إذا ارتبط الكربون الوظيفي بذرتي كربون يقال عن المركب الكربونيلي أنه **كيتون** ، و بالتالي تكون الصيغة العامة للكيتونات كما يلي :

ملاحظة :
الألدهيدات و الكيتونات لهما نفس الصيغة الجزيئية المجملة و التي تكون من الشكل :

$$C_nH_{2n}O$$

- تخضع تسمية الألدهيدات إلى نفس القاعدة المتبعة في تسمية الألكانات ، إلا أنه في تسمية الألدهيدات يكون :
• اختيار السلسلة الأطول (السلسلة الكربونية الرئيسية) شرط أن تكون حاولة على المجموعة الوظيفية ، و إذا كانت هناك سلسلة أطول لا تحتوي على المجموعة الوظيفية و سلسلة أقل منها طولا تحتوي على المجموعة الوظيفية فلا بد من اختيار السلسلة الأقل طولا و الحاوية على المجموعة الوظيفية .
• ترقيم السلسلة الكربونية يكون من ذرة الكربون الوظيفي (يكون دوما في طرف السلسلة في الألدهيدات) .
• بعد كتابة أسماء الجذور الألكيلية مسبوقة بذرات الكربون المرتبطة بها ، نضيف الأحرف "انال" إلى الجزء المعبر على عدد ذرات كربون السلسلة الكربونية الرئيسية باليونانية .

أمثلة :

إيثانال $CH_3 - CHO$

بروبانال $CH_3 - CH_2 - CHO$

2- ميثيل بروبانال

$$CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - CHO$$

- تخضع تسمية الكيتونات إلى نفس القاعدة المتبعة في تسمية الألكانات ، إلا أنه في تسمية الكيتونات يكون :
• اختيار السلسلة الأطول (السلسلة الكربونية الرئيسية) شرط أن تكون حاولة على المجموعة الوظيفية ، و إذا كانت هناك سلسلة أطول لا تحتوي على المجموعة الوظيفية و سلسلة أقل منها طولا تحتوي على المجموعة الوظيفية فلا بد من اختيار السلسلة الأقل طولا و الحاوية على المجموعة الوظيفية .
• ترقيم السلسلة الكربونية يكون من ذرة الكربون الأقرب إلى الكربون الوظيفي ، و إذا كان الكربون الوظيفي يقع في منتصف السلسلة الكربونية الرئيسية و السلسلة الكربونية الرئيسية تحتوي على تفرع على الأقل يكون الترقيم في هذه الحالة من ذرة الكربون الأقرب إلى أول تفرع .

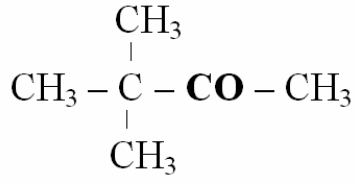
• بعد كتابة أسماء الجذور الألكيلية مسبوقة بذرات الكربون المرتبطة بها ، نضيف الحرفين "انون" إلى الجزء المعبر على عدد ذرات كربون السلسلة الكربونية الرئيسية باليونانية .
• في حالة وجود عدة مماكبات يضاف في نهاية إسم الكيتون (قبل النهاية "ون") رقم ذرة الكربون الوظيفي .

أمثلة :

بروبانون $CH_3 - \mathbf{CO} - CH_3$

بوتان-2- ون $CH_3 - CH_2 - \mathbf{CO} - CH_3$

(3،3)- ثنائي بوتان-2- ون



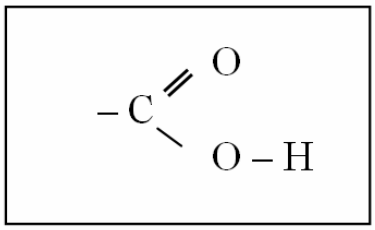
• التمييز بين الألدهيد و الكيتون:

اعتمادا على الخواص الكيميائية للألدهيدات و الكيتونات ، يمكن المقارنة و التمييز بينهما كما يلي:
- إن الأكسدة المقتصدة تتم بسهولة مع الألدهيدات ، و تعطي حمضا كربوكسيليا، بينما لا تحدث أكسدة مقتصدة للكيتونات مطلقا .
- يرجع الألدهيد الفضة، إذا ما أضيف إلى محلول نترات الفضة النشادرية (محلول طولونس) مع التسخين ، كما يمكنه أن يرجع محلول فهلنج ، أما الكيتون فلا يرجع الاثنين .
- يؤثر كاشف شيف في الألدهيدات معطية اللون الوردي ، في حين أنها لا تؤثر في الكيتونات .
- يؤثر كاشف DNPH (ثنائي نترو(2،4) فنيل الهيدرازين) في الألدهيدات و الكيتونات معا، فمع الأول يعطي راسبا أصفرا، و مع الثاني راسبا برتقاليا مصفرا، و يكاد الاختلاف في اللون بينهما لا يكون واضحا، كما أن DNPH يتفاعل بالضبط مع مجموعة الكربونيل التي يتميز بها كل من الألدهيد و الكيتون .
يمكن تلخيص هذه الخواص في جدول كما يلي :

الكاشف	الألدهيد	الكيتون
نترات الفضة النشادرية (طولونس)	يتأثر	لا يتأثر
محلول فهلنج	يتأثر	لا يتأثر
كاشف شيف	يتأثر	لا يتأثر
كاشف DNPH	يتأثر	يتأثر

جـ- الأحماض الكربوكسيلية :

- الأحماض الكربوكسيلية ، هي مركبات عضوية أكسجينية ثنائية الأكسجين ، يحتوي جزيء كل منهما على المجموعة الوظيفية التالية و التي تسمى **المجوعة الوظيفية الحمضية الكربوكسيلية .**



و هذه المجموعة تكون مرتبطة في جزيء الحمض الكربوكسيلي بجذر ألكيلي -R ، ومنه تكون الصيغة الجزيئية العامة للأحماض الكربوكسيلية من الشكل :

$$R - \mathbf{COOH} \quad \text{أو} \quad R - \mathbf{C}(=\mathbf{O})(-\mathbf{O-H})$$

- تسمى ذرة الكربون الحاوية على المجموعة الوظيفية الحمضية الكربوكسيلية (-COOH) بـ **الكربون الوظيفي** .
- تخضع تسمية الأحماض الكربوكسيلية إلى نفس القاعدة المتبعة في تسمية الألكانات ، إلا أنه في تسمية الأحماض الكربوكسيلية يكون :

• اختيار السلسلة الأطول (السلسلة الكربونية الرئيسية) شرط أن تكون حاولة على المجموعة الوظيفية ، و إذا كانت هناك سلسلة أطول لا تحتوي على المجموعة الوظيفية و سلسلة أقل منها طولا تحتوي على المجموعة الوظيفية فلا بد من اختيار السلسلة الأقل طولا و الحاوية على المجموعة الوظيفية .

• ترقيم السلسلة الكربونية يكون من ذرة الكربون الوظيفي علما أن الكربون الوظيفي في الأحماض الكربوكسيلية يكون دوما في طرف السلسلة في الألدهيدات .

• بعد كتابة أسماء الجذور الألكيلية مسبوقة بذرات الكربون المرتبطة بها ، نسبق أسماء هذه الجذور بكلمة حمض و نضيف في النهاية الأحرف "اناويك" إلى الجزء المعبر على عدد ذرات كربون السلسلة الكربونية الرئيسية باليونانية .

أمثلة :

حمض الميثانويك (حمض النمل) $H - \mathbf{COOH}$

حمض الإيثانويك (حمض الخل) $CH_3 - \mathbf{COOH}$

حمض 2- ميثيل بروبانويك $CH_3 - CH(CH_3) - \mathbf{COOH}$

حمض (2،2)- ثنائي ميثيل بروبانويك $CH_3 - C(CH_3)_2 - \mathbf{COOH}$

د- الأسترات :

- الأسترات ، هي مركبات عضوية أكسجينية صيغتها الجزيئية من الشكل :

$$R - \mathbf{COO} - R' \quad \text{أو} \quad R - \mathbf{C}(=\mathbf{O})(-\mathbf{O-R'})$$

- تسمى ذرة الكربون الحاوية على المجموعة الوظيفية الكربوكسيلية (-COO-) بـ **الكربون الوظيفي** .

- الكربوكسيلية و الأسترات لها نفس الصيغة الجزيئية المجملة و التي تكون من الشكل :

$$C_nH_{2n}O_2$$

- يتكون إسم الأستر R-**COO**-R' من حدين :

الحد الأول R-COO- :

تعتمد تسمية هذا الحد على ما يلي :

• اختيار السلسلة الأطول و الحاوية على المجموعة الوظيفية R-COO- ، ثم يتم ترقيمها إبتداءا من هذه المجموعة الوظيفية .

• بعد كتابة أسماء الجذور الألكيلية مسبوقة بذرات الكربون المرتبطة بها ، نضيف الأحرف "اناوات" إلى الجزء المعبر على عدد ذرات كربون السلسلة الكربونية المرقمة باليونانية .

الحد الثاني R'- :

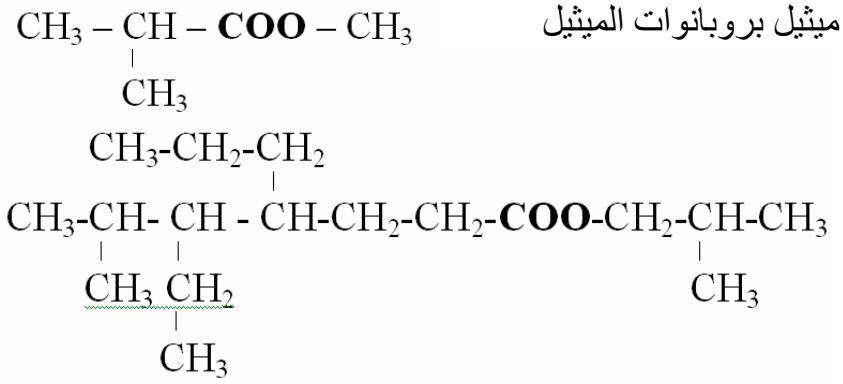
نحصل عليه بكتابة إسم الجذر الألكيلي R' ، و إذا كان هذا الجذر الألكيلي هو في حد ذاته متفرع نرقم السلسلة الأطول من الكربون المرتبط بالمجموعة الوظيفية R-COO- ثم نكتب أسماء الجذور الألكيلية المرتبطة بالسلسلة الكربونية المرقمة متبوعة باسم الجذر الألكيلي الموافق لهذه السلسلة المرقمة .

أمثلة :

$H - \mathbf{COO} - CH_2 - CH_3$ ميثانوات الإيثيل

$CH_3 - \mathbf{COO} - CH_3$ إيثانوات الميثيل

2- ميثيل بروبانوات الميثيل



5- إيثيل ، 4- بروبيل ، 6- ميثيل هبتانوات 2- ميثيل بروبيل

3- دراسة بعض التفاعلات في الكيمياء العضوية :

أ- تحضير كحول بإماهة ألكن (ضم الماء للألكن):

- يمكن الحصول على كحول $C_2H_{2n-1}OH$ بإماهة ألكن C_nH_{2n} وفق المعادلة :

$$C_2H_{2n} + H_2O = C_2H_{2n+1}OH$$

مثال :
عند إماهة الإثيلين ($CH_2=CH_2$) بوجود حمض الفوسفور H_3PO_4 أو حمض الكبريت H_2SO_4 ينتج الإيثانول (CH_3-CH_2OH) وفق المعادلة الكيميائية التالية :

$$CH_2 = CH_2 + H\text{-}OH = CH_3\text{-}CH_2OH$$

ب- تفاعل الكحول مع الصوديوم:
يتفاعل الكحول R-OH (مهما كان صنفه) مع الصوديوم وفق تفاعل أكسدة إرجاعية ، و يؤدي إلى انطلاق غاز الهيدروجين H_2 مصحوب بتشكل نوع كيميائي ذو طبيعة شاردية و أساسية يدعى **ألكانولات الصوديوم** ($RO^- + Na^+$) وفق المعادلة الكيميائية التالية :

$$2R\text{-}OH + 2Na = (RO^- + Na^+) + H_2$$
كحول — ألكانولات الصوديوم

مثال :
تفاعل الميثانول (CH_3OH) مع الصوديوم ، يؤدي إلى تشكل ميثانولات الصوديوم الذي صيغته الجزيئية CH_3CONa و صيغته الشاردية ($Na^+ + CH_3O^-$) مصحوب بانطلاق غاز الهيدروجين وفق المعادلة الكيميائية التالية :

$$CH_3OH + Na = CH_3O^- + Na^+ + \tfrac{1}{2} H_2$$

جـ- نزع الماء من كحول :
- يمكن أن يحدث نزع الماء من جزيئين متماثلين لكحول ، ويتم ذلك بوجود وسيط نازع للماء مثل حمض الكبريت المركز H_2SO_4 و بشروط خاصة أو بوجود الألمين Al_2O_3 بدرجة حرارة معينة ، و يحدث كنتيجة لذلك نزع ماء من جزيئين كحوليين متماثلين ، حيث يتكون نوع كيميائي إيثرأكسيد وفق المعادلة الكيميائية التالية :

$$R\text{-}OH + R\text{-}OH = R\text{-}O\text{-}R + H_2O$$
إيثرأوكسيد

مثال-1 : (نزع الماء من جزيئين كحوليين)
يمكن أن يحدث نزع الماء من جزيئين متماثلين للميثانول CH_3OH (كحول) فينتج ثنائي مثيل إيثرأكسيد $CH_3\text{-}O\text{-}CH_3$ (إيثرأكسيد) وفق المعادلة الكيميائية التالية :

$$2CH_3OH = CH_3\text{-}O\text{-}CH_3 + H_2O$$

- يمكن أن يحدث نزع الماء من جزيئة واحدة لكحول ، ويتم ذلك بوجود وسيط نازع للماء مثل الألمين Al_2O_3 بدرجة حرارة معينة ، لينتج ألكن (C_nH_{2n} أو $R\text{-}CH=CH_2$) وفق المعادلة الكيميائية التالية :

$$R\text{-}CH_2 - CH_3 = R\text{-}CH=CH_2 + H_2O$$
كحول — ألكن

مثال : (نزع الماء من جزيء كحولي واحد)

$$CH_3\text{-}CH_2OH \longrightarrow CH=CH_2 + H_2O$$
إيثانول — إيثن (إيثيلين)

د- أكسدة الكحولات :

- يتأكسد الكحول الأولي أكسدة مقتصدة بمحاليل المؤكسدات الأكسجينية ، فينتج مركب مرحلي هو الألدهيد ، الذي يتأكسد بدوره معطيا حمض كربو كسيلي.
- يتأكسد الكحول الثانوي أكسدة مقتصدة بمحاليل المؤكسدات الأكسجينية فينتج كيتون .
- لا يتأكسد الكحول الثالثي أكسدة مقتصدة بمحاليل المؤكسدات الأكسجينية .

ملاحظة :

- عند إضافة المحلول المؤكسد بزيادة إلى كحول أولي أثناء الأكسدة المقتصدة لهذا الكحول فإنه يتشكل حمض كربوكسيلي مرورا بتشكل ألدهيد كما رأينا سابقا .
- عند إضافة المحلول المؤكسد بكمية كافية إلى كحول أولي أثناء الأكسدة المقتصدة لهذا الكحول فإنه يتشكل ألدهيد و يتوقف التفاعل ، بعبارة أخرى تتوقف الأكسدة المقتصدة عند الألدهيد .

مثال-1 : (الأكسدة المقتصدة للإيثانول (كحول أولي) إلى الإيثانال (ألدهيد) بشوارد ثاني الكرومات في وسط حمضي)

$$CH_3\text{-}CH_2OH + 2H_2O = CH_3\text{-}CHO + 2H_3O^+ + 2\,e^-$$
$$Cr_2O_7^{2-} + 14H_3O^+ + 6\,e^- = 2Cr^{3+} + 21H_2O$$
$$3CH_3\text{-}CH_2OH + Cr_2O_7^{2-} + 8H_3O^+ = 3CH_3\text{-}CHO + 2Cr^{3+} + 15H_2O$$

مثال- 2: (الأكسدة المقتصدة للإيثانال إلى حمض الإيثانويك بشوارد ثاني الكرومات في وسط حمضي)

$$\times 3 \mid CH_3\text{-}CHO + 3H_2O = CH_3\text{-}COOH + 2H_3O^+ + 2\,e^-$$
$$\times 1 \mid Cr_2O_7^{2-} + 14H_3O^+ + 6\,e^- = 2Cr^{3+} + 21H_2O$$
$$3CH_3\text{-}CHO + Cr_2O_7^{2-} + 8H_3O^+ = 3CH_3\text{-}COOH + 2Cr^{3+} + 12H_2O$$

مثال- 2: (الأكسدة المقتصدة للإيثانول إلى حمض الإيثانويك بشوارد ثاني الكرومات في وسط حمضي)

$$\times 3 \mid CH_3\text{-}CH_2OH + 5H_2O = CH_3\text{-}COOH + 4H_3O^+ + 4\,e^-$$
$$\times 2 \mid Cr_2O_7^{2-} + 4H_3O^+ + 6\,e^- = 2Cr^{3+} + 21H_2O$$
$$3CH_3\text{-}CH_2OH + 2Cr_2O_7^{2-} + 16H_3O^+ = 3CH_3\text{-}COOH + 4Cr^{3+} + 27H_2O$$

مثال- 4 : (الأكسدة المقتصدة للبوتانول-2 (كحول ثانوي) بشوارد فوق المنغنات في وسط حمضي) :

$$\times 5 \mid CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2OH\text{-}CH_3 + 2H_2O = CH_3\text{-}CH_2\text{-}CO\text{-}CH_3 + 2H_3O^+ + 2e^-$$
$$\times 2 \mid MnO_4^- + 8H_3O^+ + 5\,e^- = Mn^{2+} + 12H_2O$$
$$5CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2OH\text{-}CH_3 + 2MnO_4^- + 6H_3O^+ = 5CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2OH\text{-}CH_3 + 2Mn^{2+} + 14H_2O$$

د- تفاعل الأسترة :

- تفاعل الأسترة هو تفاعل يحدث بين حمض كربوكسيلي R-COOH و كحول R'-OH لينتج عنه مركب يدعى أستر صيغته R-COO-R' ، وماء H_2O وفق المعادلة :

$$R\text{-}COOH + R'\text{-}OH = R\text{-}COO\text{-}R' + H_2O$$

- يتميز تفاعل الأسترة بالخواص التالية :
  - محدود (غير تام) .
  - لاحراري .
  - بطيء جدًا.

- لتسريع تفاعل الأسترة نستعمل طرق أهمها إضافة قطرات من الكبريت المركز إلى المزيج المتكون من الحمض الكربوكسيلي و الكحول ، ثم يوضع المزيج داخل حمام مائي درجة حرارته ثابتة .

هـ- تفاعل الإماهة :

- تفاعل الإماهة هو تفاعل يحدث بين أستر R-COO-R' و ماء H_2O (التفاعل المعاكس لتفاعل الأسترة) لينتج حمض كربوكسيلي R-COOH ، و كحول R'-OH وفق المعادلة التالية :

$$R\text{-}COO\text{-}R' + R\text{-}OH = R\text{-}COOH + R'\text{-}OH$$

- مميزات تفاعل الإماهة نفسها مميزات تفاعل الأسترة و هي : محدود (غير تام) ، لا حراري ، بطيء جدًا.

** الأستاذ : فرقاني فارس **
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم
الخروب - قسنطينة
Fares_Fergani@yahoo.Fr
Tel : 0771998109

نرجو إبلاغنا عن طريق البريد الإلكتروني بأي خلل في الدروس أو التمارين و حلولها .
وشكرا مسبقا

لتحميل نسخة من هذه الوثيقة و للمزيد . أدخل موقع الأستاذ ذو العنوان التالي :

www.sites.google.com/site/faresfergani