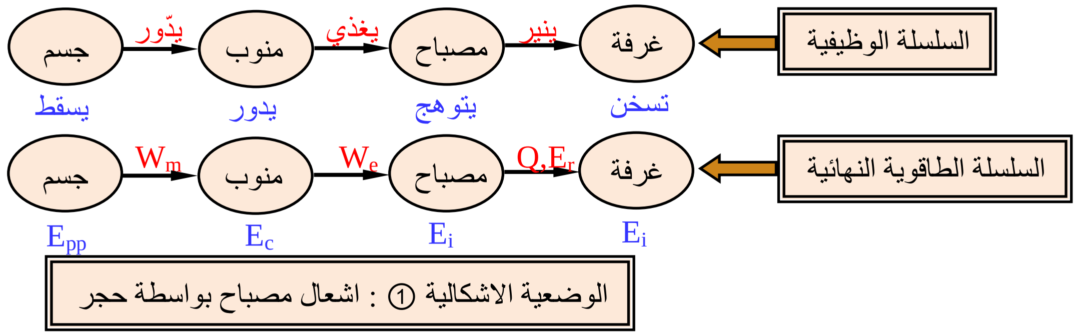
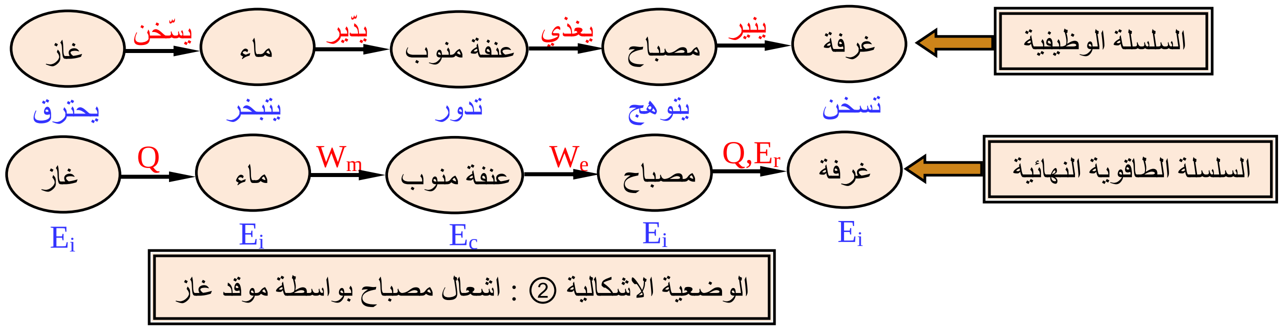
● **الأنشطة :** أرسم السلاسل الطاقوية النهائية الموافقة للسلاسل الوظيفية التي شكلتها سلفًا و الخاصة بالوضعيتين الإشكاليتين (1) ، (4) مبينًا في كل سلسلة أسماء الجمل و أشكال الطاقة و أنماط التحويلات الطاقوية الموافقة مستعينًا بالمثال المدروس سابقًا .

● **الجواب :**





2° ـ 3°) استطاعة التحويل : تسمى غزارة تحويل الطاقة بـ "**استطاعة التحويل**" لهذه الطاقة ، لأن تحويلات الطاقة بين الجمل لا تتم بنفس الطريقة و لا بنفس السرعة ، وتشير **استطاعة التحويل** إلى الطاقة المحولة في واحدة الزمن .

إذا كانت **E** تمثل الطاقة المحولة ، و كانت **t** تمثل مدة تحويلها ، فإن **استطاعة التحويل P** تعطى بالعلاقة : $P = E / t$

حيث الوحدة الدولية للاستطاعة هي **الواط** (W) بينما وحدة الطاقة هي **الجول** (J) ، و وحدة الزمن هي **الثانية** (s) أي :

1 واط = 1 جول \ ثانية ⇔ $1\ Watt = 1\ Joule / seconde$ أو $1\ W = 1\ J.s^{-1}$.

● **ملاحظة :** عادة تقدر الطاقة بوحدة **الكيلو واط الساعي** (kW.h) حيث : $1\ kW.h = 3600\ kJ$.

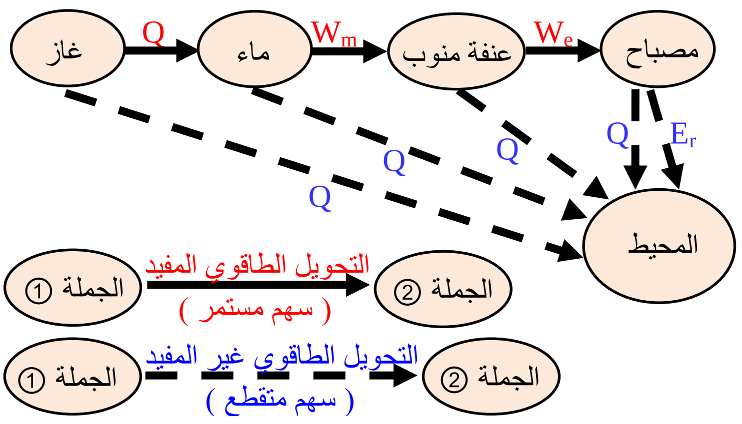
2° ـ 4°) مبدأ انحفاظ الطاقة : يفسر العديد من الظواهر الفيزيائية و الكيميائية بواسطة مقدار يدعى **الطاقة** الذي ينتقل من جملة إلى جملة أخرى مع تغير شكله (في أغلب الحالات) و يخضع إلى **مبدأ الانحفاظ** الذي ننصه كمايلي :

4° ـ أ) نص المبدأ :

" الطاقة لا تستحدث و لا تزول ، إذا اكتسبت جملة ما طاقة أو فقدتها ، فإنها بالضرورة أخذتها من جملة أو جمل أخرى أو قدمتها لها "

4° ـ ب) 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 هو موضح بالشكل المقابل بحيث يُمثَّل **التحويل الطاقوي المفيد** بواسطة **سهم متصل** و يُمثَّل **التحويل الطاقوي غير المفيد** بواسطة **سهم متقطع** كما يبينه النموذج المرفق الموالي :



4° ـ جـ) 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 متبادلة بين الجملة و الوسط الخارجي .
اعتمادا على مبدأ انحفاظ الطاقة تكتب معادلة الانحفاظ على النحو التالي :

الطاقة الابتدائية للجملة + الطاقة المستقبلة ـ الطاقة المقدّمة = الطاقة النهائية للجملة ⇔ $E_2 = E_1$.

● **نتائج & ملاحظات :** ـ **الطاقة المستقبلة** هي الطاقة التي تستقبلها الجملة (من الوسط الخارجي أو من جملة أخرى) خلال التحويل .

ـ **الطاقة المقدّمة** هي الطاقة التي تفقدها الجملة خلال التحويل .

ـ في حالة **التحويل الميكانيكي** تقاس هذه الطاقة بقيمة عمل القوى W_m أو في حالة **التحويل الحراري** بقيمة التحويل **Q** .

ـ اصطلاحا : تعدّ الطاقة موجبة إذا اكتسبتها الجملة ، و تعدّ الطاقة سالبة في الحالة المعاكسة (إذا فقدتها الجملة) .

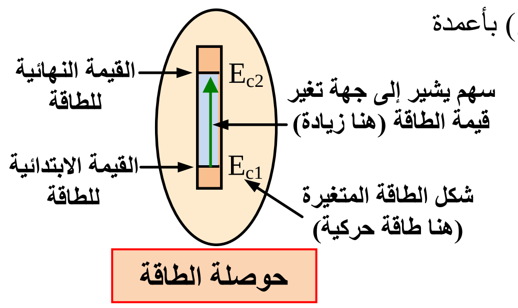
ـ إذا كانت الجملة لا تتبادل الطاقة مع الوسط الخارجي فهذا يعني أنها لا تستقبل و لا تقدم طاقة و بالرجوع إلى معادلة الانحفاظ الطاقوي نجد : **الطاقة النهائية للجملة = الطاقة الابتدائية للجملة** وتدعى مثل هذه الجمل : **جمل معزولة طاقويًا** .

4° ـ د) الحصيلة الطاقوية :

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

ـ نمثل رمزيًا الجسم أو الجملة بفقاعة أو حلقة .

ـ نمثل أشكال الطاقة داخل الجسم أو الجملة والتي تتغير بين حالتين (1) ، (2) بأعمدة (عمود واحد لكل شكل من الطاقة المتغيرة) مرسومة داخل الفقاعة و مملوء جزئيًا . السهم داخل العمود يشير إلى جهة تغير الطاقة المخزنة .



حوصلة الطاقة

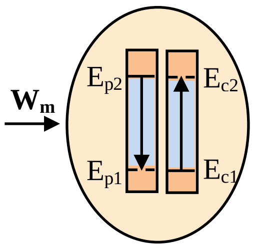
● **ملاحظات :** 1°) يستعمل عمود واحد أو أكثر داخل الفقاعة حسب عدد أشكال الطاقات المتغيرة في الجملة .

2°) في حالة عدم تغير شكل من الأشكال الثلاثة للطاقة (E_c , E_p , E_i) لا يرسم العمود الذي يمثلها .

• **مثال (1) :** يقذف طفل كرة برجله نحو الأعلى .

مثل الحصيلة الطاقوية ، و أكتب معادلة انحفاظ الطاقة في مرحلة الصعود .

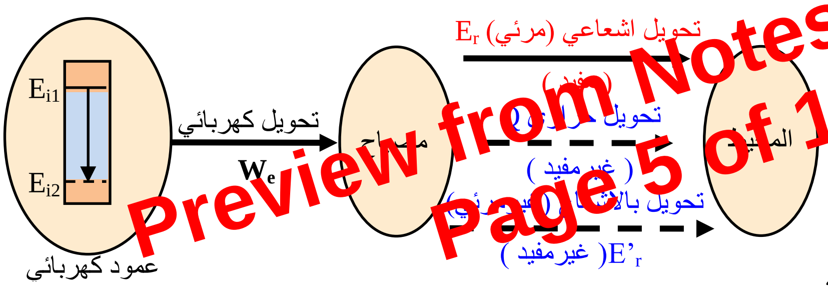
• **الحل :** نعتبر الجملة **(كرة + أرض)** بالتالي لحظة قذف الكرة تتحول طاقة من الطفل (وسط خارجي) إلى الجملة بسبيل ميكانيكي W_m . خلال مرحلة الصعود تنقص **الطاقة الحركية** E_c للجملة بالمقابل تزداد **طاقتها الكامنة الثقالية** E_p ، فإذا كانت للجملة مباشرة قبل القذف طاقة حركية E_{c1} و طاقة كامنة E_{p1}



فإن معادلة انحفاظ الطاقة تكتب كالتالي : $\boxed{E_1 = E_2 \Leftrightarrow E_{c1} + E_{p1} + W_m = E_{c2} + E_{p2}}$.

• **مثال (2) :** يغذي عمود كهربائي مصباح ذو سلك متوهج . مثل الحصيلة الطاقوية للتركيب الموافق بين الحالتين : بعد غلق القاطعة و اللحظة التي تنخفض فيها شدة توهج المصباح ، ثم أكتب معادلة انحفاظ الطاقة للعمود الكهربائي .

• **الحل :** خلال توهج المصباح ، تنقص الطاقة الداخلية (E_i) للعمود الكهربائي بحدوث تحويل كهربائي للطاقة بين هذا الأخير و المصباح الذي بدوره يحول الطاقة المستقبلة إلى الوسط الخارجي (المحيط) بشكل إشعاع مرئي (E_r) "طاقة مفيدة" و بشكل إشعاع غير مرئي (E'_r) و تحويل حراري **(Q)** "طاقة غير مفيدة" و منه

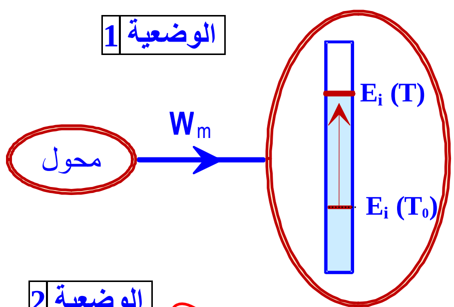


معادلة انحفاظ الطاقة للعمود الكهربائي (أنظر نموذج الحصيلة الطاقوية المرفق) : $\boxed{E_{i2} = E_{i1} - W_e}$.

3 مقاربة للطاقة الداخلية : (2 سا ـ أ . م)

إذا قدمنا **طاقة** لجملة ما على شكل **عمل** و لاحظنا أنه لم يحدث أي تأثير على الحالة الحركية للجملة **عدم تغير في طاقة الجملة الحركية**) أو على الارتفاع الموجودة عليه بالنسبة للأرض أو عدم تشوهها عمومًا (**عدم تغير في طاقة الجملة الكامنة**) نقول أن الجملة خزنت طاقة نسميها بـ : **الطاقة الداخلية** .

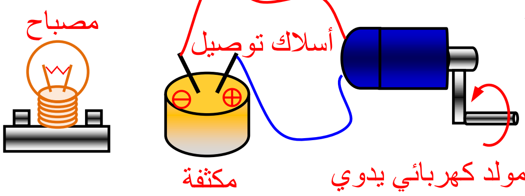
3° (1ـ وضعيات إشكالية :



• **الوضعية ـ 1)** فتل سلك من الحديد بين أصابع اليد حتى ينقطع .

الأسئلة : ـ ماهي الآثار الملاحظة على سلك الحديد ؟ ترتفع حرارة السلك بتخزينه **طاقة داخلية** E_i **بسبيل ميكانيكي** W_m

ـ أنجز مخططًا للطاقة يشرح الوضعية . نكتفي بالإشارة إلى التحويلات و التخزينات الأساسية ، و نرمز لدرجة الحرارة السائدة بالرمز (T_0) .... لاحظ المخطط جانبه



• **الوضعية ـ 2)** مولد كهربائي يدوي مربوط إلى مكثفة بسلكي توصيل كهربائيين : تُشحن المكثفة في البداية ، ثم تُفصل عن المولد مع تفادي قصر دارتها و ربطها بالمصباح (الشكل)

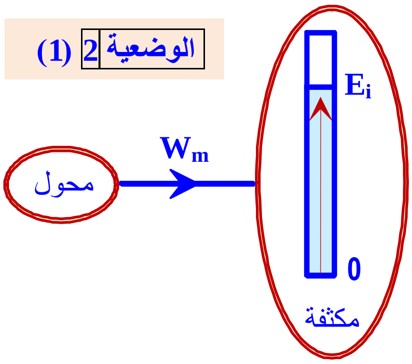
الأسئلة : ـ ما هي الآثار الملاحظة على الجملة (**مكثفة + المولد**) ؟

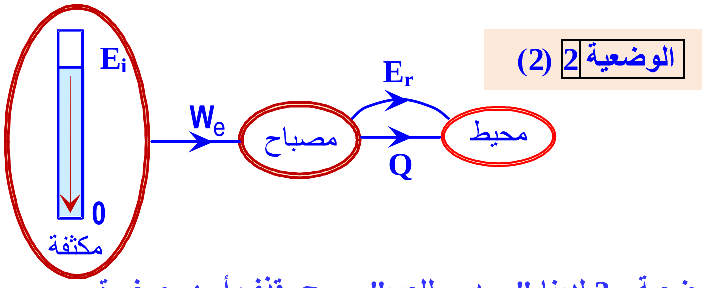
.... (تُشحن المكثفة بتخزينها **طاقة داخلية** E_i **بسبيل ميكانيكي** W_m) .

ـ أنجز مخططا للطاقة يشرح انحفاظ الطاقة خلال مرحلة شحن المكثفة. .... (**مخطط الطاقة** خلال مرحلة شحن المكثفة (أنظر الشكل المرفق أدناه)) .

ـ أنجز مخططا ثان للطاقة يوافق مرحلة ربط المكثفة بالمصباح حيث الجملة هي **المكثفة** ، ثم مخطط ثالث للمرحلة نفسها لكن الجملة هي **المصباح** .

.... (بنفس الطريقة السابقة يكون لدينا في هاتين الحالتين على الترتيب :





• الوضعية ـ 3 لدينا "مسدس للعب" يسمح بقذف أسهم صغيرة.

الأسئلة : ـ ما هي الآثار الملاحظة على الجملة (**نابض+ المسدس**) ؟

ـ أنجز مخططا للطاقة يشرح مرحلة وضع السهم في المسدس ثم مخططا ثان للطاقة يشرح مرحلة قذف السهم وفي كل حالة، الجملة هي النابض.

ـ أنجز مخططا للطاقة لمرحلة قذف السهم حيث الجملة الآن هي السهم.

• الوضعية ـ 4 لدينا محلول بارد في أنبوب اختبار وكأس بيشر به ماء ساخن اجدا.

نضع الأنبوب داخل البيشر وعن طريق محرارين ، نتابع تغير درجة الحرارة في الماء و في المحلول.

الأسئلة : ـ ما هي الآثار الملاحظة ؟

ـ أنجز مخططا للطاقة يشرح تطور المحلول ومخطط أخر يشرح تطور الماء.

ـ هل نواصل في تسمية التحويلات الطاقوية بين الماء والمحلول بالعمل؟

ـ برأيك ، هل يستمر التحويل دون قطعه ؟ وإلاّ، متى يتوقف ؟

4 **تقويم حول نماذج الطاقة:** (1 سا + 1 سا : درس نظري)

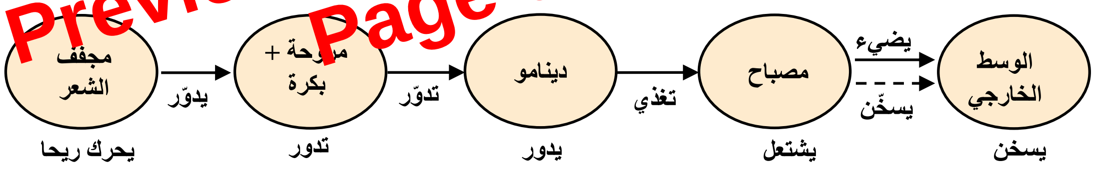
• **تطبيقات :** (أنظر التمارين المقترحة في الكتاب المدرسي ـ **ص : 28 ، 29 ، 30 ، 31**)

• **حلول بعض التمارين :**

حلول بعض التمارين (صفحة28)

التمرين 2 :

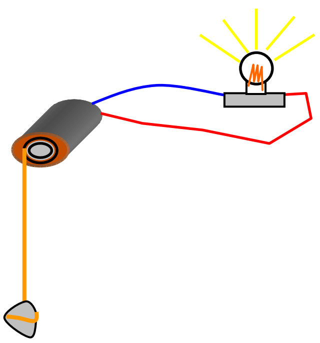
تمثيل السلسلة الوظيفية للتركيب



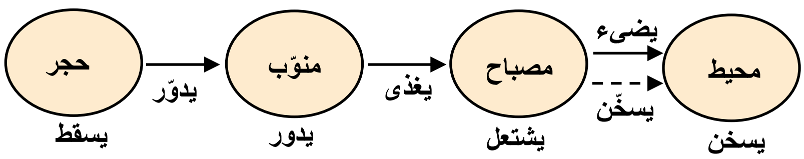
ملاحظة :

ـ في هذه السلسلة يمكن تمثيل المروحة والبكرة كل واحدة في فقاعة كما يمكن جمعهما أو حتى جمع الدينامو معهما وتمثيل الكل في فقاعة واحدة.

ـ بالنسبة لمجفف الشعر يمكن تمثيله في فقاعة وتمثيل الريح الخارج منه في فقاعة أخرى .



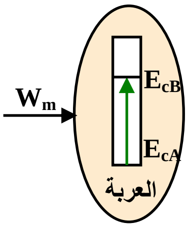
التمرين 3 : السلسلة الوظيفية الموافقة لاشتعال مصباح بفعل سقوط حجر



عندما يسقط الحجر يدوّر المنوّب (الدينامو) بواسطة الخيط الملفوف عليه ، وهذا الأخير عندما يدور يولّد تيارا يعبر الدارة الكهربائية الموجودة فيها مصباح فيشتعل هذا الأخير . عند اشتعاله يبث المصباح إشعاعا يضيء المحيط (الغرفة) كما يظهر ارتفاع في درجة حرارة هذا الأخير أي يسخن .

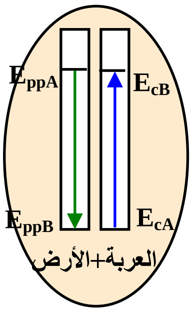
- **الحصيلة الطاقوية :**

1- الجملة : العربة



في الوضع **A** لا تكتسب العربة أية طاقة ، وعند تركها تنحدر تكتسب **طاقة حركية** ناتجة عن عمل قوة الثقل (**تحويل ميكانيكي**) .

2- الجملة: العربة + الأرض

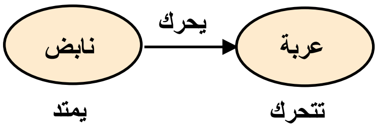


تكسب الجملة **طاقة كامنة ثقالية** في الوضع **A** وعندما تصل العربة إلى الموضع **B** تتحوّل هذه الطاقة إلى **طاقة حركية** تظهر في العربة .

ملاحظة :

- يواصل التلميذ على هذا المنوال تمثيل الحصيلة الطاقوية لكل الجمل .
- يستحسن أن نطلب منه كذلك تمثيل الحصيلة الطاقوية بين اللحظتين الموافقتين للموضعين **A** و **C** حتى يتمكن من معرفة التحويلات والتحوّلات التي حدثت .

التمرين 23 :



1 - تمثيل **السلسلة الوظيفية** للتركيب :

2 - في الحالة 2 لا تكسب العربة طاقة .

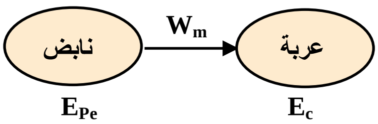
3 - نعم في الحالة 3 تكسب العربة **طاقة حركية** تتعلق بالسرعة التي اكتسبتها من النابض .

4 - يخزن النابض **طاقة كامنة مرونية** في الحالة 2 تتعلق بمقدار **الانضغاط** اكتسبها من المجرّب .

5 - نعم

6 - تتحول الطاقة من النابض إلى العربة **بتحويل ميكانيكي** .

7 - **السلسلة الطاقوية** للتركيب :



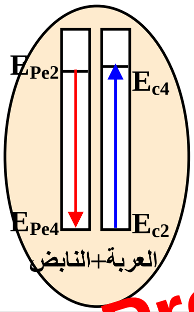
8 - تصبح **الطاقة الكامنة المرونية** للنابض معدومة حين يأخذ النابض طوله الأصلي في وضع الراحة (غير متوتر).

9 - تكون **الطاقة الحركية أعظمية** للعربة في هذه الحالة حيث تتحول كل **الطاقة الكامنة المرونية** للنابض إلى **طاقة حركية** للعربة .

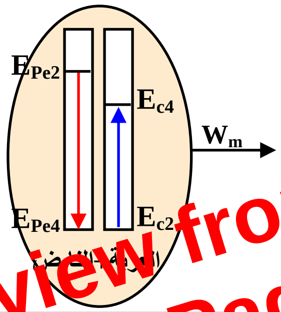
10 - الحصيلة الطاقوية :

نعتبر الجملة **(عربة + نابض)**

الحالة **4** تمثل لحظة رجوع النابض إلى طوله الأصلي



حالة بدون ضياع للطاقة



حالة وجود ضياع للطاقة

11 - معادلة انحفاظ الطاقة :

نعلم أن معادلة انحفاظ الطاقة تكتب على الشكل :

مجموع الطاقات الابتدائية للجملة + الطاقة المستقبلة – الطاقة المقدمة = الطاقة النهائية للجملة.

- في حالة **عدم وجود ضياع للطاقة** تكون المعادلة : $E_{pe2} = E_{c4} + E_{pe4}$

$E_{c4} = E_{pe2} - E_{pe4} = - \Delta E_{pe}$

ولكن $E_{pe4} = 0$ لأن النابض رجع إلى حالته الطبيعية إذن: $E_{c4} = E_{pe2}$

- في حالة **وجود ضياع للطاقة** تكون المعادلة : $E_{pe2} - W_m = E'_{c4}$

12 - حسب **معادلة الانحفاظ** السابقة : $E_{c4} = E_{pe2}$ فإن **الطاقة الحركية** في الوضع **4** تساوي **الطاقة الكامنة المرونية** في الوضع **2** و هذا ما يحقق السؤال **9** .

التمرين 27 :

باختيار سطح الأرض **مرجعا** لحساب **الطاقة الكامنة الثقالية** ($E_{pp} = 0$) و محور التراتيب موجه نحو الأعلى :

- المنحنى **2** هو منحنى **الطاقة الكامنة الثقالية** E_{pp} لأن عندما **h** تتناقص E_{pp} تتناقص (تناسب طردي) .
- المنحنى **3** هو منحنى **الطاقة الحركية** E_c لأن عندما **h** تتناقص E_c تتزايد .

نلاحظ أنه إذا جمعنا في كل لحظة المنحنيين **3** ، **2** نحصل على المنحنى **1** ، إذن هذا المنحنى هو **مجموع الطاقتين الحركية والكامنة الثقالية** فهو يمثل ما يسمى **بالطاقة الميكانيكية** E_m و هي قيمة **ثابتة** في هذه الحالة هذا يعني أن كل الطاقة الكامنة تتحول إلى طاقة حركية ، نستنتج إذن أن الجملة **معزولة طاقويا** و طاقتها الكلية **محفوظة** .

● **العمل والطاقة الحركية :**

ـ تمرين 14 :

1- حساب الطاقة الحركية للحجر :

باعتبار الجملة الحجر وحده ، معادلة انحفاظ الطاقة بين لحظة السقوط 1 و لحظة لمس الأرض 2 تكتب : $W_P = E_{c2}$

ومنه نستنتج الطاقة الحركية للحجر: $E_{c2} = P\,h = m\,g\,h = 60 \times 9.80 \times 40 = 23520\ J$

2- سرعة الحجر لحظة ملامسته الأرض : $\frac{1}{2} m\,v^2 = P\,h = m\,g\,h \Leftarrow v^2 = 2\,g\,h$

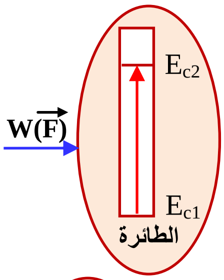
ت.ع: $v^2 = 2 \times 9.80 \times 40 = 784\ (m/s)^2 \Leftarrow v = 28\ m/s$.

ـ تمرين16:

1- التغير في الطاقة الحركية بين الانطلاق 1 و الإقلاع 2 : $\Delta E_c = E_{c2} - E_{c1} \Leftarrow \Delta E_c = \frac{1}{2} m\,v_2^{\,2} - \frac{1}{2} m\,v_1^{\,2}$

بما أن السرعة الابتدائية معدومة إذن : $\Delta E_c = \frac{1}{2} \times 70 \times 10^3 \times (83{,}33)^2 - 0 = 2{,}43 \times 10^8\ J$.

2- عمل القوة المحركة : $W = F\,d = 3{,}5 \times 10^5 \times 900 = 3{,}15 \times 10^8\ J$.



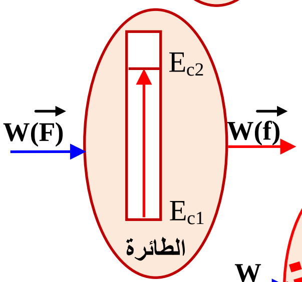
3- الحصيلة الطاقوية : باعتبار : $\vec{F}$ هي القوة الوحيدة المؤثرة عل الطائرة تكتب معادلة الانحفاظ :

$$W(\vec{F}) + E_{c1} = E_{c2}$$

بما أن: $E_{c1} = 0$ إذن: $W(\vec{F}) = \Delta E_c = E_{c2}$.

4- بمقارنة قيمة عمل القوة $\vec{F}$ والتغير في الطاقة الحركية نلاحظ أن : $W(\vec{F}) > \Delta E_c$

نستنتج أن هناك قوة أخرى تؤثر على الطائرة وهي **معيقة** فهي قوة الاحتكاك $\vec{f}$.



فتصبح الحصيلة الطاقوية ومعادلة الانحفاظ كالتالي: $W(\vec{F}) - W(\vec{f}) = E_{c2}$

حيث عمل قوة الاحتكاك يساوي : $-W(\vec{f}) = 3{,}15 \times 10^8 - 2{,}43 \times 10^8 = 0{,}72 \times 10^8\ J$

ـ تمرين 19

1 - عمل الثقل لا يتعلق بالطريق المسلوك إذن : $W_{AB} = P.h = 25 \times 1{,}8 = 45\ J \Leftarrow W_{AB} = 45\ J$.

2 - الحصيلة الطاقوية للجملة (الكرة) :

3 - معادلة انحفاظ الطاقة : $E_{cA} + W = E_{cB} \Leftarrow E_{cB} - E_{cA} = W$

4 - سرعة الكرة عند لمسها للأرض : $\frac{1}{2} m\,v_B^{\,2} = \frac{1}{2} m\,v_A^{\,2} + W \Leftarrow v_B^{\,2} = v_A^{\,2} + 2\,W/m$

$\therefore\ v_B^{\,2} = 10^2 + 2 \times \frac{45}{2{,}5} = 136\ (m/s)^2 \Leftarrow v_B = 11.66\ m/s$.

ـ تمرين24

السلم المستعمل نستخرجه من الرسم : 1cm (في الوثيقة) $\Leftarrow$ 2cm (في الحقيقة)

1- حساب سرعة العربة : ـ في الموضع A : $v_A = 1{,}9 \times \frac{2}{2\tau} = 47.5\ cm/s$

ـ في الموضع B : $v_B = 3{,}7 \times \frac{2}{2\tau} = 92.5\ cm/s$

2 - الطاقة الحركية في هذين الموضعين : $E_{cA} = \frac{1}{2} m_1.v_A^{\,2} = \frac{1}{2} \times 0{,}674 \times (47.5)^2 \times 10^{-4} = 0{,}076\ J$

$E_{cB} = \frac{1}{2} m_1.v_B^{\,2} = \frac{1}{2} \times 0{,}674 \times (92.5)^2 \times 10^{-4} = 0{,}29 J$

3- حساب $\vec{T_1}$:

ـ أولا لتبيان أن القوة $\vec{T_1}$ ثابتة نبين أن شعاع تغير السرعة $\overrightarrow{\Delta v}$ ثابت خلال الحركة، من أجل ذلك نحسب سرعة المتحرك في مختلف النقاط ثم نستنتج قيمة $\overrightarrow{\Delta v}$ نجدها تقريبا ثابتة .

إذن نستنتج أن القوة $\vec{T_1}$ المطبقة على العربة من طرف الخيط ثابتة حسب ما درسناه في السنة الماضية لأن هناك علاقة طردية بين القوة و التغير في السرعة .

المجال (I) : الطـاقة .

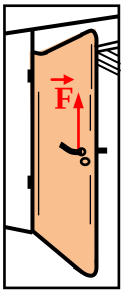
الوحـدة ③ : العمل و الطاقة الحركية (حالة الحركة الدورانية)

● **الكفاءات المستهدفة :**

- يعبر ويحسب عزم قوة بالنسبة لمحور الدوران .
- يعرف عزم عطالة جسم .
- يعرف أن التوازن في حالة الدوران يفسر بعزم القوة لا بالقوة نفسها .
- يحدد الشرطين العامين لتوازن جملة ميكانيكية .

1 - عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت :

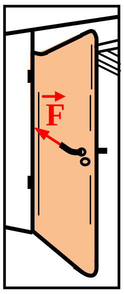
1-1) مفهوم العزم :



▪ الشكل – 1

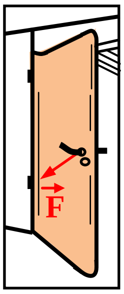
نشاط ① : نعلم أن الأبواب تدور حول محور ثابت ، ندعوه **محور الدوران (Δ)** ، يمر من مفاصلها .

- امسك بابًا من مقبضه و طبق عليها قوة نحو الأعلى بحيث يكون حامل القوة موازيًا لمحور دوران الباب **(الشكل – 1)** . هل يدور الباب ؟ .... (لا يدور الباب) .
- غيّر الآن اتجاه القوة بحيث يقطع حاملها محور دوران الباب كما هو مبين في **(الشكل – 2)** . هل يدور الباب ؟ .... (لا يدور الباب) .
- كيف يجب أن يكون اتجاه القوة حتى يكون لها فعل على دوران الباب ؟
.... (حتى يدور الباب ″ فتحه أو غلقه ″ يجب التأثير عليه بقوة حاملها لا يوازي و لا يلاقي محور الدوران) .



▪ الشكل – 2

نشاط ② : ارجع إلى النشاط السابق و طبق هذه المرة قوة كيفية $\vec{F}$ على مقبضها بحيث لا يقطع حاملها محور دوران الباب و ليست موازية له **(الشكل – 3)**. هل لهذه القوة أثر على دوران الباب ؟
.... (نعم ، الباب يدور مالم يكون حامل القوة موازيًا لمحور دوران الباب أو يلاقيه) .



▪ الشكل – 3

● نتيجة استنتج بإكمال الفراغات :

حتى يكون لقوة $\vec{F}$ ، مطبقة على جسم صلب متحرك حول محور ثابت ، أثر دوراني على حركته يجب أن لا تكون هذه القوة موازية لمحور الدوران و لا يقطع حاملها هذا المحور .
نقول أن لقوة $\vec{F}$ مطبقة على جسم صلب متحرك حول محور ثابت عزم بالنسبة لهذا المحور إذا كان لها أثر على دوران هذا الجسم . نرمز لعزم القوة بالنسبة لمحور Δ بالرمز : $\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}$.

1-2) عبارة عزم قوة بالنسبة لمحور :

نشاط ① : طبق في نفس الظروف قوة عمودية على مستوى هذا الباب مرة على مقبضها و مرة في نقطة قريبة من محور دورانها

1 - هل لهذه القوة أثر على دوران الباب في كلتا الحالتين ؟ .... (نعم ، للقوة فعل دوراني على الباب في كلتا الحالتين)
2 - هل الباب يدور بنفس السهولة ؟ .... (يدور الباب بسهولة أكثر كلما كانت نقطة تطبيق القوة بعيدة عن محور الدوران)
3 - هل الأثر الدوراني لهذه القوة على الباب يختلف في كل مرحلة ؟ .... (نعم ، يختلف الأثر الدوراني للقوة في كل مرحلة بحسب بعد نقطة تطبيقها عن محور دوران الباب) .
4 - مالذي تستنتجه بالنسبة لعزم القوة ؟ .... (إذا كانت شدة القوة ثابتة فإن عزم هذه القوة ″فعلها التدويري″ يتعلق ببعد نقطة تأثيرها عن محور الدوران الثابت ″ذراع القوة″) .

نشاط ② : ارجع للباب السابق و طبق على مقبضه قوة عمودية على مستوى الباب . أعد التجربة بتطبيق في نفس النقطة قوة بنفس الاتجاه و بشدة أكبر .

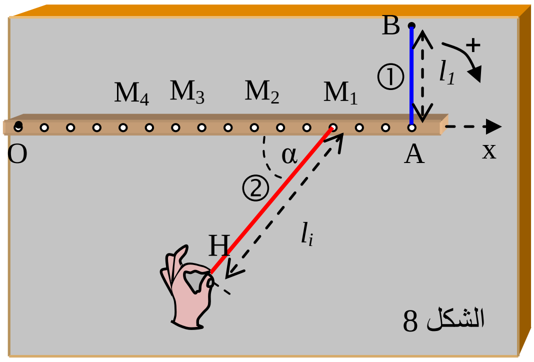
1 - هل يوجد فرق في الأثر الدوراني للقوة على الباب في كل حالة ؟ .... (نعم ، يوجد فرق في الأثر الدوراني للقوة ″عزمها″ بحسب شدة هذه القوة في كل حالة) .
2 - مالذي تستنتجه بالنسبة لعزم القوة ؟ .... (يتعلق كذلك عزم القوة بالنسبة لمحور دوران ثابت بشدة القوة حيث يتناسبان طرديًا) .

نشاط ③ : ارجع للباب السابق و طبق على مقبضه قوة عمودية على مستوى الباب . أعد التجربة بتطبيق في نفس النقطة قوة لها نفس الشدة و اتجاه معاكس لاتجاه القوة السابقة .

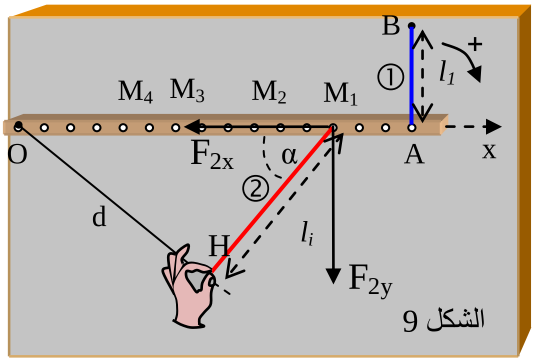
1 - هل يدور الباب في نفس الاتجاه ؟ .... (يدور الباب بالجهة المعاكسة لجهة دورانه السابقة عند تغيير اتجاه القوة المطبقة عليه) .
2 - هل يوجد فرق في الأثر الدوراني للقوة على الباب في كل حالة ؟ .... (نعم ، و بالاتجاه المعاكس) .

- ما هو أثر القوة المطبقة من طرف المطاط ① على القضيب ؟ .... (يدير المطاط① القضيب في الاتجاه المعاكس للاتجاه الموجب المختار)
- ما هو أثر القوة المطبقة من طرف المطاط ② على القضيب ؟ .... (يدير المطاط② القضيب في نفس الاتجاه الموجب المختار)

ماذا تستنتج ؟ .... (نستنتج أن : المجموع الجبري لعزوم القوى المطبقة على القضيب معدوم عند التوازن)



الشكل 8



الشكل 9

الجزء (ب) : نميل المطاط ② بحيث يصنع حامله زاوية α مع القضيب ثم نسحبه حتى يرجع القضيب إلى الوضع الأفقي المحدد (**الشكل – 8**) .

- ما هي شدة القوة التي يطبقها المطاط ② في هذه الحالة ؟

.... (شدة القوة التي يطبقها المطاط ② في هذه الحالة هي :

$$\left(\|\vec{F}_2\| = \sqrt[2]{{F_{2x}}^2 + {F_{2y}}^2} = \sqrt[2]{(F_2\cos\alpha)^2 + (F_2\sin\alpha)^2}\right.$$

- أحسب الجداء $(F_{2i}.OM_i)$ و قارنه مع $(F_1.OA)$. ماذا تلاحظ ؟

.... (نلاحظ أن $\|F_{21}.OM_1\| = \|F_1.OA\|$)

- أرسم القوة المطبقة من طرف المطاط ② ثم حللها إلى مركبتين (أفقية و شاقولية) . بماذا تتميز كل مركبة ؟

.... (نلاحظ أن المطاط استطال أكثر مما كان عليه في الجزء(أ) . الجداء $(F_2.OM_1)$ أكبر من الجداء $(F_1.OA)$ بخلاف ما كان عليه في الجزء (أ) .

عند تحليل القوة F_2 إلى مركبتين على المحور Ox و على المحور Oy يظهر أن المركبة F_{2x} ليس لها أثر دوراني لأن حاملها يمر من محور الدوران . للمركبة F_{2y} فقط أثر دوراني على القضيب و نجد أن F_{2y} يساوي F_{21} للجزء (أ)) .

- أي المركبتين لها فعل تدويري ؟ قارن قيمتها مع القيمة F_2 في الحالة السابقة . ... (كما هو موضح على الشكل – 9 : المركبة $F_{2x} = F_2.\cos\alpha$ ليس لها فعل تدويري أي عزمها معدوم " لأن حاملها يلاقي محور الدوران، بينما المركبة $F_{2y} = F_2.\sin\alpha$ لها فعل تدويري غير معدوم ، مقداره : $(\|F_{2y}.OM_1\| = \|F_2.\sin\alpha.OM_1\| = \|F_2.d\| = \|F_1.OA\|$.

الجزء (جـ) : مثل H المسقط العمودي للنقطة O على حامل القوة $\vec{F}_2$ (**الشكل – 8**) . نسمي $OH = d$ " **ذراع القوة $\vec{F}_2$** " .

- أحسب الجداء $(F_2.d)$. ماذا تلاحظ ؟ .... (نلاحظ أن $F_{2y}.OM_1 = F_2.d$)
- ماذا تستنتج ؟ .... (نستنتج أن : عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت يساوي جداء شدتها في "البعد العمودي بين حامل القوة و محور الدوران") .

- نتيجة استنتج بإكمال الفراغات :

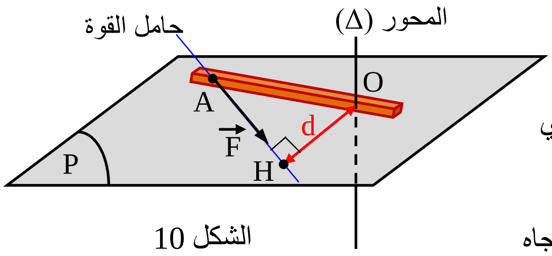
يحسب عزم قوة بالنسبة لمحور Δ . بجداء شدة هذه القوة في البعد العمودي d بين حامل هذه القوة و المحور Δ . و تكتب العبارة على الشكل : $\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} = \|\vec{F}\|.d$

بعد اختيار اتجاه موجب للدوران يكون عزم القوة موجبا إذا كانت القوة تدير الجسم في الاتجاه الموجب و يكون سالبا إذا كانت تديره في الاتجاه السالب . نكتب حينئذ عبارة عزم القوة كما يلي : $\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} = \pm\|\vec{F}\|.d$

في جملة الوحدات الدولية (S.I) ، يعبر عن عزم قوة بوحدة : **النيوتن × المتر (N.m)**

1 -1) كيف نعيّن المسافة d ؟

النقطة O هي نقطة تقاطع المحور (Δ) مع المستوى (P) العمودي على هذا المحور و الحاوي للقوة $\vec{F}$. النقطة A هي نقطة تطبيق القوة (**الشكل – 10**) . تُمثِّل المسافة d البعد بين النقطتين A و H ، حيث H هو المسقط العمودي للنقطة O على حامل القوة $\vec{F}$.



الشكل 10

1 -2) تأثير عدة قوى على جسم صلب يدور حول محور ثابت :

إذا أثرت عدة قوى على جسم صلب متحرك حول محور ثابت (Δ) ، يتعلق اتجاه دوران الجسم بالتأثير الدوراني الإجمالي لهذه القوى بالنسبة لهذا المحور .

نقبل أن التأثير الدوراني الإجمالي لعدة قوى هو المجموع الجبري لعزوم هذه القوى بالنسبة للمحور (Δ) و نرمز له بالرمز : $\mathcal{M}_{/\Delta}$

أي أن : $\mathcal{M}_{/\Delta} = \mathcal{M}_{\vec{F}_1/\Delta} + \mathcal{M}_{\vec{F}_2/\Delta} + \mathcal{M}_{\vec{F}_3/\Delta} + \ ...$

• نتيجة استنتج بإكمال الفراغات :

لا يتعلق عزم مزدوجة قوتين موجودتين في المستوي العمودي على محور الدوران (Δ) لجسم صلب بموضع هذا المحور .
يحسب عزم المزدوجة بجداء شدة إحدى القوتين (شدة القوتين متساويتان) في البعد العمودي d بين حاملي القوتين :

$$\mathcal{M}_{/\Delta} = \|\vec{F}\|.d$$

☒ ملاحظة :

1- عندما نتكلم عن عزم مزدوجة لا نذكر المحور خلافًا عن عزم القوة التي يجب دائمًا ذكر المحور الذي يحسب بالنسبة إليه العزم

2- تدعى المسافة بين القوتين ″ ذراع المزدوجة″ .

3 - عزم عطالة جسم صلب بالنسبة لمحور ثابت :

3-1) مركز الكتل :

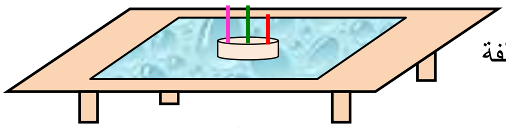
تعريف : يعرف مركز كتل جملة مادية مؤلفة من مجموعة نقاط مادية كتلها : m_1 ، m_2 ، m_3 ، ... مواضعها على التوالي M_1 ، M_2 ، M_3 ، ... على أنه **مركز الأبعاد المتناسبة للنقاط M_i المرفقة بالكتل m_i** . إذا اعتبرنا موضع مركز الكتل النقطة C ، يحسب موضعه بالعبارة التالية : $m_1.\overrightarrow{CM_1} + m_2.\overrightarrow{CM_2} + m_3.\overrightarrow{CM_3} + \cdots = \vec{0}$

بالنسبة لنقطة O مختارة كمبدأ في مرجع معين ، تكتب العلاقة السابقة على الشكل :

$$\overrightarrow{OC} = \frac{\Sigma m_i.\overrightarrow{CM_i}}{\Sigma m_i}$$

3-2) مركز العطالة :

نشاط : ضع صفيحة زجاجية على طاولة ثم خذ قطعة صابون و اغرز فيها ثلاثة اعمدة صغيرة (أعواد ثقاب ، مصاصات مشروبات ، ...) في مواضع مختلفة على أن يكون أحد الأعمدة في مركز القطعة (**الشكل – 15**) .



الشكل 15

بلّل قطعة الصابون ثم ضعها على اللوح الزجاجي و ادفعها لتتحرك عليه .

- هل لكل الأعمدة مسارات متشابهة ؟ .... (لا يكون لكل الأعمدة مسارات متشابهة بل يكون لها مسارات عشوائية مختلفة) .
- ما هو العمود الذي له مسار خاص ؟ و ما نوع هذا المسار ؟ .... (العمود الذي له مسار خاص هو العمود المغروز في مركز قطعة الصابون حيث يسلك مسارًا مستقيمًا و يكون للعمودين الآخرين مسارين منحنيين عشوائيين) .

نتيجة استنتج بإكمال الفراغات :

في الأجسام الصلبة التي نعتبرها مجموعة نقاط مادية ، توجد نقطة واحدة لها حركة خاصة (حركة مستقيمة منتظمة اذا كانت الجملة معزولة) ندعوها مركز عطالة الجسم و نرمز لها عادة بالرمز C . إذا كانت الكتلة لا تتعلق بسرعة الجسم كما هو الحال في دراستنا ، ينطبق مركز العطالة مع مركز الكتل .

3-3) مركز عطالة بعض الأجسام البسيطة :

الشكل 16

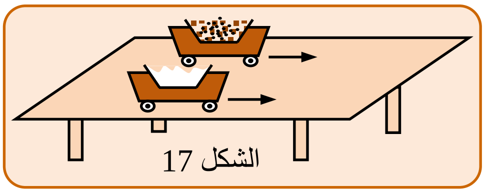
نعتبر في دراستنا حالة الأجسام الصلبة المتجانسة (**الشكل – 16**)

1 - الأجسام الصلبة (ذات الشكل الهندسي المنتظم)التي تملك مركز تناظر يكون مركز عطالة هذه الأجسام منطبقًا مع مركز تناظرها .

2 - الأجسام الصلبة التي لها محور تناظر أو مستوى تناظر ، ينتمي مركز عطالة هذه الأجسام لمحور التناظر أو مستوى التناظر .

☒ ملاحظة : ينطبق مركز العطالة مع مركز الكتل في كل الحالات التي نحن بصدد دراستها .

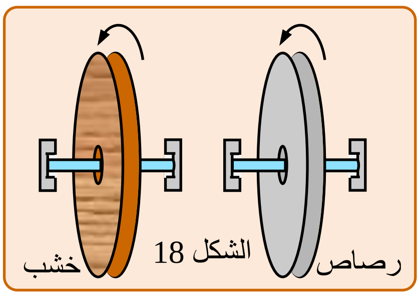
3-4) عطالة الأجسام الصلبة :



الشكل 17

نشاط ① : خذ عربتين متماثلتين و ضع عليهما إنائين متماثلين فارغين .
إملأ أحد الإنائين بالرمل و الآخر بالصوف (**الشكل – 17**) .
ادفع بيديك العربة الأولى ثم ادفع بنفس الكيفية العربة الثانية (أي بتطبيق قوة مماثلة للحالة الأولى) .

- ما هي العربة التي أحسست أنها ″تسارعت″ حركتها أكثر عند الاقلاع ؟ .... (العربة المعبأة بالصوف هي التي تتسارع أكثر عند الاقلاع) .
- ما هي العربة التي أحسست أنها تقاوم أكثر تغير السرعة ؟ هل هي العربة الثقيلة أم الخفيفة ؟ .... (الثقيلة المعبأة بالرمل) .



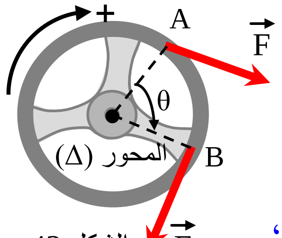
الشكل 18

نشاط ② :

جزء أ) خذ قرصين متماثلين (لهما نفس القطر و نفس السمك) واحد من خشب و الآخر من رصاص مثلاً (**الشكل – 18**) . اجعل كل قرص يدور حول محور أفقي يمر من مركزه . طبق على حافة القرص و بنفس الكيفية قوة لها نفس القيمة تجعلهما يدوران حول هذين المحورين .

5 - عبارة عمل مزدوجة :

تعرفنا في الفصل السابق على عبارة عمل قوة ثابتة شدتها F .
في حالة قوة موازية لمسار انتقال نقطة تطبيقها انتقالاً مستقيمًا طوله d و في جهة الحركة ، يحسب هذا العمل بالعبارة التالية : $W = F.d$.



الشكل 42

نشاط ① : طبق قوة على مقود شاحنة تديره بزاوية θ . نفرض أن القوة التي تطبقها على المقود ، الدائري الشكل الذي نصف قطره R ، تبقى ثابتة و اتجاهها دائمًا مماسي للمقود عند نقطة التطبيق (**الشكل – 42**) .

- جزئ المسار الدائري AB للقوة إلى قطع صغيرة نعتبرها مستقيمة و احسب عمل القوة عندما تنتقل نقطة تطبيقها على كل جزء .

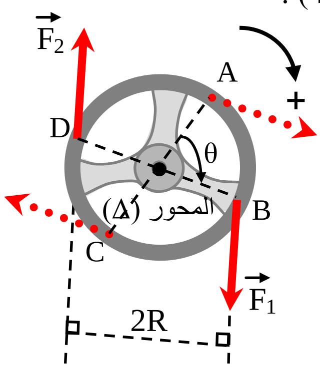
.... (كل انتقال عنصري مستقيم δL لنقطة تطبيق القوة $\vec{F}$ يوافق عملاً عنصريًا $\delta W(\vec{F})$ ، تعطى عبارته بالعلاقة : $\delta W(\vec{F}) = F.\delta L$) .

- باعتبار عمل القوة من A إلى B (**الشكل – 41**) هو مجموع أعمال القوة على كل جزء ، جد عبارة عمل القوة من A إلى B . ... ($\underset{A\to B}{W}(\vec{F}) = \sum_{A\to B}\delta W(\vec{F}) = \sum_{A\to B}(F.\delta L) = F.(\sum_{A\to B}\delta L)$) .
- بيّن أن هذه العبارة تكتب على الشكل التالي : $\underset{A\to B}{W}(\vec{F}) = \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}.\theta$ حيث $\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}$ عزم القوة بالنسبة لمحور الدوران .

.... (لدينا : $\sum_{A\to B}\delta L = \widehat{AB} = R.\theta$ ؛ $\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} = F.R$

$\Leftarrow \underset{A\to B}{W}(\vec{F}) = F.(\sum_{A\to B}\delta L) = F(R.\theta) = \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}.\theta$ بالتالي : $\underset{A\to B}{W}(\vec{F}) = \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}.\theta$) .

نشاط ② : طبق هذه المرة بيديك الإثنتين مزدوجة قوتين على المقود لتديره بزاوية θ (**الشكل – 43**) .



الشكل 43

- اتبع نفس خطوات النشاط السابق لحساب عمل هذه المزدوجة .

.... (لدينا : $\underset{A\to B}{W}(\vec{F}_1,\vec{F}_2) = \underset{C\to D}{W}(\vec{F}_1,\vec{F}_2) = \underset{A\to B}{W}(\vec{F}_1) + \underset{C\to D}{W}(\vec{F}_2)$

بالاعتماد على ما سبق ، يمكن أن نكتب : $W(\vec{F}_1,\vec{F}_2) = \mathcal{M}_{\vec{F}_1/\Delta}.\theta + \mathcal{M}_{\vec{F}_2/\Delta}.\theta$

$\therefore W(\vec{F}_1,\vec{F}_2) = F_1(R.\theta) + F_2(R.\theta) = F.2R.\theta$) .

- بيّن أن عبارة عمل هذه المزدوجة تكتب على الشكل التالي : $W(\vec{F}_1,\vec{F}_2) = \mathcal{M}_{/\Delta}.\theta$ حيث $\mathcal{M}_{/\Delta}$ هو عزم المزدوجة .

.... (لدينا : $\mathcal{M}_{/\Delta} = F.2R$ ؛ $W(\vec{F}_1,\vec{F}_2) = F.2R.\theta$

$\Leftarrow W(\vec{F}_1,\vec{F}_2) = \mathcal{M}_{/\Delta}.\theta$) .

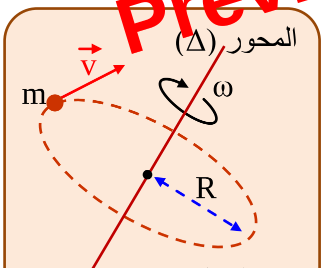
- جد عبارة الاستطاعة علمًا أنها تساوي عمل المزدوجة في وحدة الزمن .

.... (نعلم أن الاستطاعة P هي نسبة العمل W إلى زمن انجازه Δt أي :

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{\mathcal{M}_{/\Delta}.\theta}{\Delta t} = \mathcal{M}_{/\Delta}\frac{\theta}{\Delta t} = \mathcal{M}_{/\Delta}.\omega$$

$\therefore P = \mathcal{M}_{/\Delta}.\omega$ حيث $\omega = \frac{\theta}{\Delta t}$ هي السرعة الزاوية للدوران) .

1-5) عبارة الطاقة الحركية لجسم صلب في حركة دورانية :



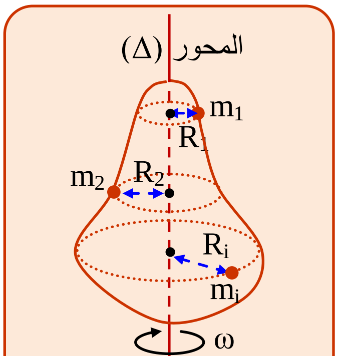
الشكل 44

نشاط ① : يدور جسم نقطي كتلته m حول محور ثابت بسرعة ثابتة v و يرسم مسارًا دائريًا نصف قطره R (**الشكل – 44**) . جد عبارة طاقته الحركية .

.... (نعلم أن : $E_c = \frac{1}{2} m v^2$) .

بالاعتماد على علاقة السرعة الخطية v بالسرعة الزاوية ω ، بيّن أن الطاقة الحركية تكتب على الشكل التالي : $E_c = \frac{1}{2} J_{/\Delta}\,\omega^2$
حيث $J_{/\Delta} = m.R^2$ هو عزم عطالة الجسم النقطي بالنسبة لمحور الدوران .

.... (نعلم أن : $v = R.\omega$ ، بالتعويض في عبارة E_c السابقة نحصل على : $E_c = \frac{1}{2} m\,(R.\omega)^2 = \frac{1}{2} m.R^2.\omega^2 = \frac{1}{2} J_{/\Delta}\,\omega^2$) .



الشكل 45

نشاط ② : يدور جسم صلب حول محور ثابت (Δ) بسرعة زاوية ω ثابتة ، عزم عطالته $J_{/\Delta}$ بالنسبة لهذا المحور (**الشكل – 45**) .

لاحظ أن الجسم الصلب عبارة عن جملة من النقاط المادية التي كتلها m_i تبعد مسافات R_i عن محور الدوران . علمًا أن الطاقة الحركية للجسم الصلب (جملة نقاط مادية) هي مجموع الطاقات الحركية لهذه النقاط المادية . جد عبارة الطاقة الحركية لهذا الجسم الصلب .

.... (بما أن الجسم الصلب جملة نقاط مادية متماسكة فإن هذه النقاط يكون لها نفس

و منه : $1\ cm \rightarrow 8,7\ cm$ .... (سلم الرسم)

∴ $v_0 = 0\ m/s$ لأن الجسم ينطلق من السكون دون سرعة ابتدائية .

كذلك : $v_2 = (1\times8,7)\times10^{-2}/(2\times0,05) = 0,870\ m/s$

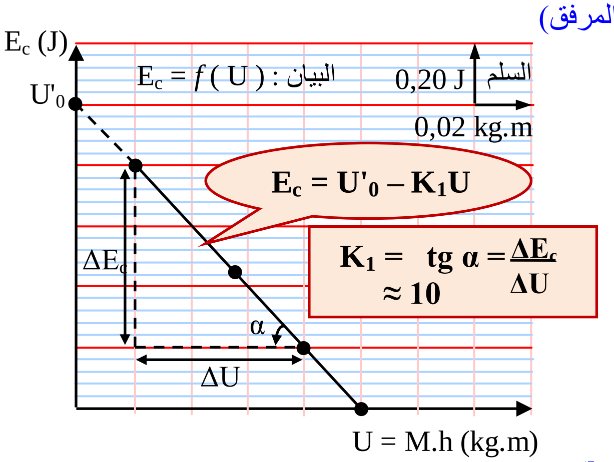
وتُحسب بقية السرعات بنفس الطريقة .

● تكملة الجدول :

الموضع	v (m/s)	h (m)	½Mv² (J)	M.h (kg.m)
M_0	0	1,00	0	0,100
M_2	0,870	0,95	0,04	0,095
M_4	1,914	0,80	0,18	0,080
M_6	3,045	0,55	0,46	0,055
M_8	3,915	0,20	0,77	0,020

2°ـ رسم البيان : $E_c = f(U)$ على الورق الملمتري (أنظر البيان المرفق)

حيث : $E_c = 1/2\ Mv^2$ ، $U = Mh$.



3°ـ البيان : $E_c = f(U)$ عبارة عن خط مستقيم مائل لا يمر من المبدأ معادلته من الشكل : $E_c = K_1(U_0 - U) = U'_0 - K_1U$.

4°ـ الثابت : K_1 هو الميل (معامل التوجيه) قيمته بيانيًا :

$K_1 = 10\ u.I$

كذلك : $U'_0 = K_1Mh_0 = 1\ u.I$ بالتالي : $E_c = U'_0 - K_1U$

∴ $\boxed{E_c = 1 - 10U = 1 - 10\ Mh}$.

5°ـ نظريًا : باعتبار سطح الأرض ($h = 0$) كمستوى ابتدائي مرجعي لقياس الطاقات الكامنة الثقالية ($E_{pp} = 0$) وباعتبار الجسم يسقط بتأثير قوة ثقله الوحيدة $\vec{P}$ فإن معادلة انحفاظ الطاقة بين الموضعين الموافقين للارتفاعين h_0 و h هي :

$E_0(h_0) = E(h) \Leftrightarrow 0 + E_{p0} = E_c + E_{pp} \Leftrightarrow \boxed{E_{p0} = E_c + E_{pp}}$

6°ـ بالرجوع إلى معادلة الانحفاظ : $E_{p0} = E_c + E_{pp}$ ، ويكون لدينا : $E_c = E_{p0} - E_{pp} \Leftarrow E_c - 0 = E_{p0} - E_{pp}$

∴ $E_c - E_{c0} = -(E_{pp} - E_{p0}) \Rightarrow \boxed{\Delta E_c = -\Delta E_{pp}}$.

لدينا من التجربة السابقة : $E_{pp} = K_{pp}.Mh = K_{pp}.U$

∴ $E_{p0} = K_{pp}.U_0 \Rightarrow \Delta E_c = -K_{pp}(U - U_0) = E_c - 0$

بالتالي : $E_c = K_{pp}.U_0 - K_{pp}.U$ ....(1)

بيانيًا لدينا : $E_c = U'_0 - K_1U$ ....(2)

⇐ بالمقارنة بين العلاقتين (1) و (2) نجد : $U'_0 = K_{pp}.U_0 = 1\ J$

كذلك : $\boxed{K_{pp} = K_1 \approx 10\ N/kg}$

∴ عبارة الطاقة الكامنة الثقالية E_{pp} اعتماداً على ما سبق هي : $\boxed{E_{pp} = K_{pp}.Mh = K_1Mh = 10Mh}$.

● **نتيجة** : استنتج بإكمال الفراغات :

عندما يكون جسم كتلته M على ارتفاع h من سطح الأرض ($h = 0$) ، وباختيار الجملة (الجسم + الأرض) تكون الطاقة الكامنة الثقالية للجملة $E_{pp} = M.g.h$.

● نتائج & ملاحظات :

1ـ إن الثابت : $K_{pp} = K_1 = g$ هو **تسارع الجاذبية الأرضية** على سطح الأرض و قيمته تُعادل تقريبًا : $10\ N/kg$ (في **الجزائر العاصمة**) : $g = 9,80\ N/kg$ وفي العاصمة الفرنسية **باريس** : $g = 9,81\ N/kg$) .

2ـ كما أسلفنا : $\Delta E_c = -\Delta E_{pp} \Leftrightarrow E_c - E_{c0} = -(E_{pp} - E_{pp0}) \Leftrightarrow$

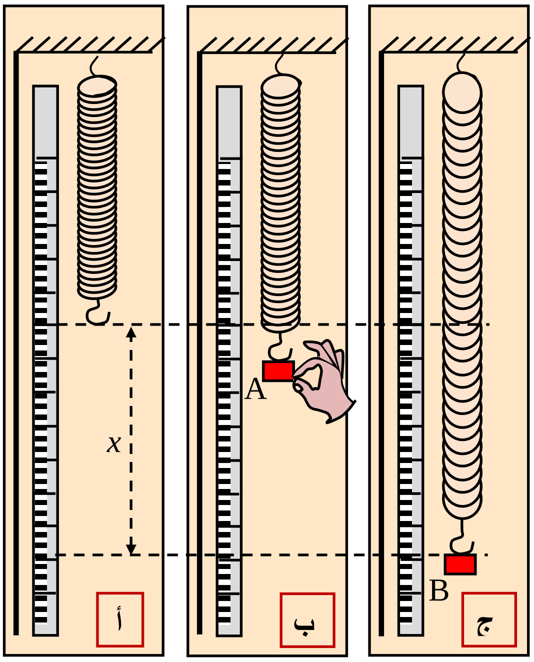
$E_c + E_{pp} = E_{c0} + E_{pp0} \Leftrightarrow E = E_0$.

3 - 2°) **الطاقة الكامنة المرونية و الفتلية (E_{pe})** :

2° - 1) **الطاقة الكامنة المرونية** :

2° - 1 / أ) **مقاربة أولية لعبارة الطاقة الكامنة المرونية** (نشاط - 1) :

نربط جسمًا كتلته M إلى أحد طرفي نابض طويل ، ثم نتركه يسقط من الموضع A بدون سرعة ابتدائية فيستطيل النابض حتى الموضع B أين تنعدم سرعة الجسم و يستطيل النابض بالمقدار x (الشكل 3 – جـ) .



الشكل – 3

1°ـ مثل الحوصلة الطاقوية للجملة المكونة من النابض ، الجسم و الأرض بين الموضعين A و B.

2°ـ استنتج من معادلة انحفاظ الطاقة بين الموضعين A و B المعادلة التالية : $E_{pe} = \Delta E_{pp}$ حيث : E_{pe} هي الطاقة الكامنة المرونية للنابض .

3°ـ كرّر التجربة من أجل قيم مختلفة للكتلة M و قس في كل مرة الاستطالة

المجال (I) : الطاقة .

الوحدة ④: الطاقة الداخلية :

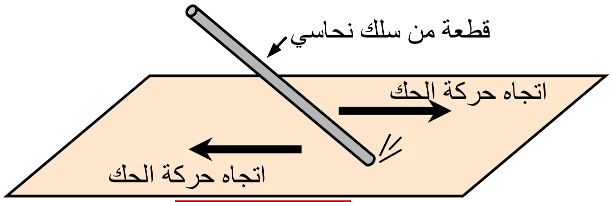
● **الكفاءات المستهدفة :**

ـ **يُوظف حصيلة طاقوية كمية .**

ـ **يعرف أن طاقة الرابطة أكبر تقريبًا بعشرة أضعاف من طاقة التماسك .**

4 ـ 1°) المركبة الحرارية E_{th} للطاقة الداخلية :

● **نشاط : خذ قطعة من سلك معدني ثم حُكّ أحد طرفيه على سطح خشن لمدة كافية ... (أنظر الشكل ـ 1) .**



■ الشكل ـ 1

ـ **ألمس (بحذر) بيدك طرف السلك قبل و بعد عملية الحك .**

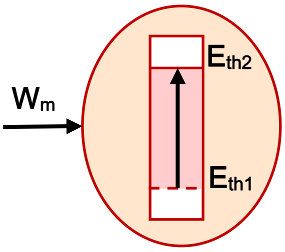
ماذا تلاحظ ؟... (ارتفاع ملحوظ في درجة حرارة السلك)

ـ **هل تغيرت الطاقة الداخلية للسلك بعد عملية الحك ؟ لماذا ؟**

... (نعم بدليل ارتفاع درجة حرارة السلك) .

ـ **مثل الحصيلة الطاقوية للسلك بين بداية و نهاية الحك**

... (أنظر النموذج جانبه)



ـ **أعط تفسيرًا على المستوى المجهري لتغير الطاقة الداخلية للسلك .**

... (بعد مرور بضع دقائق على الحك تتعادل درجة حرارة السلك ، إذ أن الجسيمات المكونة للسلك الموجودة عند طرفه تكتسب طاقة حركية نتيجة الاحتكاك مع السطح الخشن ، هذه الجسيمات تُقدم جزءا من طاقتها الحركية للجسيمات التي تجاورها ، وبدورها هذه الأخيرة تُحوِّل جزءا من طاقتها إلى الجزيئات التي بالقرب منها ... و هكذا يستمر التحويل إلى أن يصبح لكل الجزيئات في المتوسط نفس الطاقة الحركية ، وتصبح لكل نقطة من السلك نفس درجة الحرارة نقول حينئذٍ على الجملة "السلك" أنها في حالة توازن حراري) .

● **نتيجة : استنتج بإكمال الفراغات**

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

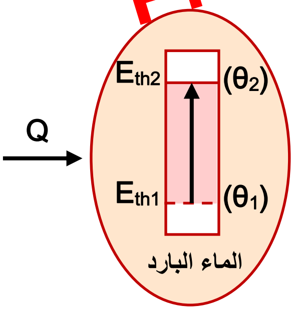
1 ـ 1°) العوامل التي يتعلق بها التحويل الحراري :

● **نشاط 1 ـ " علاقة التحويل الحراري بتغير درجة الحرارة " :**

Ⓐ ـ **ضع كمية من الماء البارد (200 g مثلًا) درجة حرارته الابتدائية $\theta_1 = 20\ °C$ في وعاء و أضف له نفس الكمية من ماء ساخن درجة حرارته $\theta_2 = 60\ °C$. اعتبر الجملة المكونة من كميتي الماء معزولة حراريًا أي نهمل التحويل الحراري الذي يحدث مع الوسط الخارجي (الوعاء + المحيط) .**

① **مثل الحصيلة الطاقوية للماء البارد بين الحالة الابتدائية $(\theta = \theta_1)$ و الحالة النهائية $(\theta = \theta_2)$.**

... (أنظر النموذج جانبه)



② **ماذا يُمثِّل التحويل الحراري Q بين الماء البارد و الماء الساخن ؟**

... (يُمثِّل التحويل الحراري Q بين كميتي الماء مقدار التغير الحادث في الطاقة الداخلية لكل منهما : **الزيادة** في الطاقة الداخلية للماء البارد = **النقصان** في الطاقة الداخلية للماء الساخن) .

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

... (حيث أن كميتي الماء الممزوجتين متساويتين فإن درجة حرارتهما عند بلوغ التوازن الحراري تأخذ معدل درجتي حرارتهما الابتدائيتين تقريبًا أي : $\theta = (\theta_1 + \theta_2)/2 \simeq 40\ °C$) .

④ **قس درجة حرارة الماء بعد التوازن الحراري . ماذا تلاحظ ؟**... (بعد حدوث التوازن الحراري تثبت درجة حرارة الماء عند القيمة المقاسة النهائية $\theta \simeq 40\ °C$)

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

... ($\Delta\theta = \theta - \theta_0 = 40 - 20 = 20\ °C$)

Ⓑ ـ **أعد التجربة بأخذ نفس كمية الماء البارد السابقة $m = 200\ g$ و $\theta_0 = \theta_1 = 20\ °C$) ثم أضف لها نفس الكمية من ماء ساخن درجة حرارته $\theta_2 = 80\ °C$. اعتبر دوما الجملة المكونة من كميتي الماء معزولة حراريا .**

① **قس درجة حرارة الجملة عند التوازن الحراري في هذه الحالة ، هل لها نفس القيمة السابقة ؟**... (لا يكون لدرجة حرارة الماء النهائية عند بلوغ التوازن الحراري نفس القيمة السابقة $\theta \simeq 40\ °C$ وإنما يكون لها قيمة مختلفة قدرها في هذه الحالة

● **التمرين 6**

التحولات الماصة للحرارة هي :-الإنصهار ، التبخير و التسامي : $Q = mL_f$ ، $Q = mL_v$

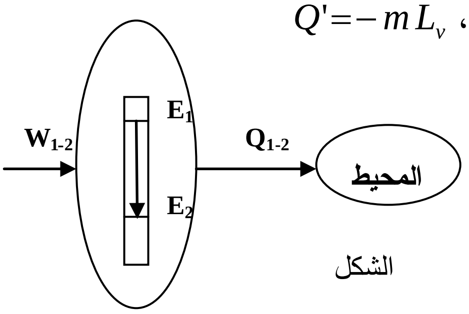
● **التمرين 7**

التحولات الناشرة للحرارة هي:-التجمد، التمييع و التكثيف : $Q' = -mL_f$ ، $Q' = -mL_v$

● **التمرين 8**

إستطاعة تحويل حراري هي النسبة بين التحويل الحراري على المدة الزمنية التي يستغرقها هذا التحول:

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{mc\Delta\theta}{t} \quad \text{ت.ع :} \quad P = \frac{0.5*4185*60}{20*60} \approx 105\ W$$



الشكل

● **التمرين 9**

$$Q = P.t = 500*3600 = 1{,}8\ MJ$$

● **التمرين 10**

1- الجملة غير معزولة لأنها تتبادل الطاقة مع الوسط الخارجي.

2- التمثيل المبين على الشكل

3- $P = \frac{W_{1-2}}{t_2 - t_1} = \frac{6500}{10} 650\ W$

● **التمرين 11**

- في البداية (مباشرة بعد وضع القطعة المعدنية) تكون الجملة في حالة غير متوازنة ثم يبدأ حدو تبادل حراري بين عناصر الجملة.
- يحدث التحويل الحراري تلقائيا من الجملة الساخنة نحو الجملة الباردة .

● **التمرين 12**

1- درجة حرارة المادتين

2- يساوي التحويل المفقود

3- بالكثافة الحجمية للمادة

● **التمرين 13**

-$Q = mc\Delta\theta = 2*390*190 = 148.2\ kJ$ ، **الطاقة الداخلية** $P = \frac{Q}{t} = \frac{148200}{3*60+5} = 801\ W$

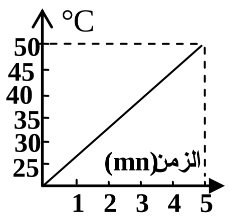
● **التمرين 15**

- $C = m_{Al}c_{Al} + Mc_e + mc + m_h c_h$ **ت.ع:**

$$C = 0.45*890 + 4185 + \frac{2}{3}4185 + \frac{1}{4}\frac{1}{2}4185 \approx 7899 \left(\frac{J}{kg}\right)$$

- $Q = C\Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = \frac{Q}{C} = \frac{270000}{7899} \approx 34$ **درجة الحرارة النهائية للجملة:**

$$\theta_f = 20 + \Delta\theta = 54°C$$



● **التمرين 16**

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{mc\Delta\theta}{t} \Rightarrow c = \frac{Pt}{m\Delta\theta} = \frac{420*5*60}{1*(50-20)} = 4200 \left(\frac{J}{kg.°C}\right)$$

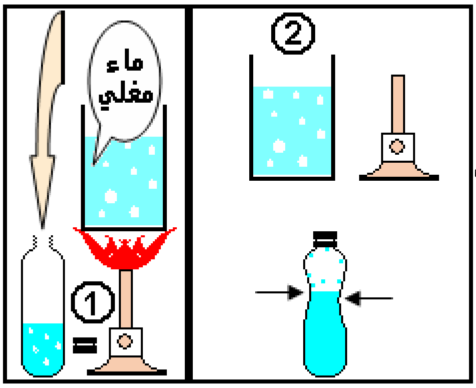
● **التمرين 17**

● المجال : المادة و تحولاتها
● الوحدة ① : نموذج الغاز المثالي

ـ طريقة لقياس كمية المادة في الحالة الغازية ـ

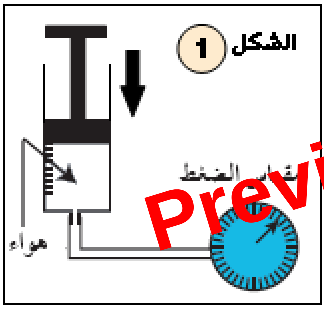
● الأهداف : ـ يكتشف أن للغازات نفس السلوك في درجة حرارة و ضغط منخفضين .
ـ يعطي التفسير الميكروسكوبي لدرجة حرارة و ضغط غاز .
ـ يحسن إستعمال المعادلة $PV = nRT$ من أجل حساب كمية المادة .

① المقادير المميزة للغاز :

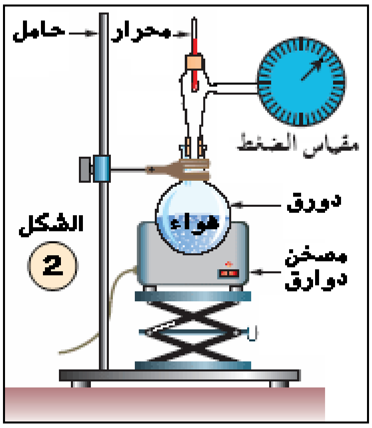


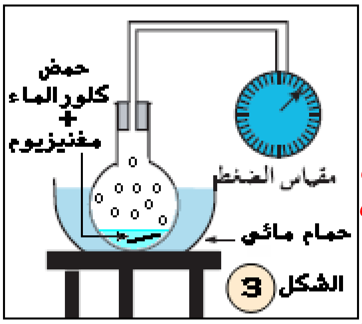
① ـ 1°) الحالة الماكروسكوبية (الضغط ـ الحرارة ـ الحجم ـ كمية المادة) :
يبين الشكل جانبه تحقيق تجربة عملية بسيطة جدًا :
ـ تسكب كمية قليلة من الماء المغلي $(\theta = 100\ °C)$ في قارورة بلاستيكية
(الشكل ①) ثم تُسد بإحكام مباشرة و تترك عند درجة الحرارة السائدة في المكان ،
بعد لحظات يلاحظ حدوث إنقباض للقارورة (الشكل ②) .
ـ 1°) ما طبيعة الغاز الذي تحتويه القارورة في بداية التجربة (مباشرة بعد سدها) ؟
ـ 2°) مابين بداية و نهاية التجربة كيف يتغير (تتغير) :
أ) ـ درجة حرارة الغاز داخل القارورة المسدودة ؟
ب) ـ حجم القارورة ؟
ت) ـ ضغط الغاز داخل القارورة ؟
ث) ـ كمية مادة الغاز داخل القارورة ؟

● الجواب : ـ 1°) الغاز هو بخار الماء .
ـ2°) ما بين بداية التجربة و نهايتها يحدث ما يلي :
ـ أ) تنخفض درجة حرارة البخار المحجوز داخل القارورة المسدودة من $\theta = 100\ °C$ الى درجة الحرارة السائدة في المكان فتتغير حالته الفيزيائية من بخار غازي الى ماء سائل يرافق ذلك تشكل فراغ (خلاء) داخل القارورة المسدودة .
ـ ب) تنقبض القارورة و يتناقص حجمها بسبب خلوها من البخار (تناقص حجم البخار الى أن ينعدم) .
ـ ت) إنخفاض ضغط الغاز داخل القارورة بكثير عن قيمة الضغط الجوي خارجها .
ـ ث) إنعدام كمية المادة الإبتدائية لبخار الماء المحجوز في بداية التجربة بعد تحوله كلية الى ماء سائل في نهايتها.



①- 2°) العلاقة بين المقادير الماكروسكوبية للغاز :
● نشاط ① :
2°) ـ أ/ ما المقدار الماكروسكوبي الذي بإمكانه تغيير ضغط الغاز ؟
ـ حقق التجارب الثلاثة التالية :
الشكل ① ◄ إضغط ببطء شديد على مكبس الحقنة الموصولة بمقياس الضغط *Manomètre*
الشكل ② ◄ الدورق المسدود والمزود بمحرار و مقياس الضغط يوضع فوق مسخن مخبري
الشكل ③ ◄ داخل الدورق المسدود والحاوي على كمية من حمض كلور الماء (محلول :HCl)
ندخل شريط صغير من المغنيزيوم Mg ، ثم يوضع الدورق في حمام مائي درجة حرارته ثابتة ويوصل بمقياس الضغط .





ـ لأجل كل تجربة :
1°) بيّن المقادير الماكروسكوبية التي لم يتم تغييرها تجريبيًا و تلك التي تغيرت أثناء إجراء التجربة .
2°) حدد جهة تطور المقادير المتغيرة في كل تجربة .

● الجواب : في كل تجربة من التجارب السابقة تم تثبيت مقدارين من المقادير الماكروسكوبية الأربع للغاز ، حيث يمكننا التأكد من أن ضغط الغاز يتعلق بالمقدار الذي يتم تغييره في كل مرة ، ففي التجربة ① تم تثبيت كمية المادة الغازية (حجز كمية ثابتة من الهواء داخل الحقنة) و كذا الحرارة (دفع المكبس ببطء شديد حتى لا ترتفع درجة حرارة الهواء المضغوط) بينما تم تغيير حجم الغاز فنتج عن ذلك تغير ضغطه .
في التجربة ② تطور الضغط مرتبط بالحرارة (ثبوت كمية المادة والحجم) بينما في التجربة ③ تطور الضغط مرتبط بكمية المادة (ثبوت الحرارة و الحجم) .

● نتيجة : إستنتج بإكمال الفراغات
في غاز متوازن يرتبط (الضغط) بأحد المقادير الماكروسكوبية (الثلاثة) للغاز بـ (ثبوت) المقدارين الآخرين وهي (كمية المادة) و (الحجم) و (الحرارة) .

ـ (5) : ميثيل ـ أمين H_3C-NH_2 ـ (6) : هو نفسه المركب (1) ـ (7) : الإيثانول H_3C-CH_2-OH

ـ (8) : بروبين ـ1 ول ـ 3 $H_2C=CH-CH_2-OH$ ـ (9) : اليوريا (البولة) $(NH_2)_2C=O$

ـ (10) : ميثيل ـ 2 البروبان $(CH_3)_3C$.

ـ حدد الفحوم الهيدروجينية من بين الأنواع المقترحة في الجدول.......... (الجواب : المركبات **1 ؛ 2 ؛ 3 ؛ 6 ؛ 10**) .

ـ ماهي الجزيئات التي تحتوي على روابط بسيطة فقط ؟ ماهو شكلها الفضائي ؟ علل

(الجواب : جزيئي المركبين **3** ، **10** فقط هما اللذان يحتويان روابط **كربون ـ كربون** أحادية بسيطة " من النوع **σ** " وبالتالي يكون لهيكليهما الكربوني بنية فضائية **هرمية** لأن **ذرات الكربون** في السلسلة الكربونية للجزيء **رباعية الروابط**) .

ـ ماهي الجزيئات التي تحتوي على روابط ثنائية ؟ ماهو شكلها الهندسي ؟ علل

(الجواب : جزيئي المركبين **1** ، **2** فقط هما اللذان يحتويان روابط **كربون ـ كربون** مضاعفة ثنائية " من النوع **σ,π** " وبالتالي يكون لهيكليهما الكربوني بنية **مستوية** على مستوى الرابطة **C=C** لأن **ذرات الكربون** في السلسلة الكربونية للجزيء **ثلاثية الروابط**) .

ـ ماهي الجزيئات التي تحتوي على روابط ثلاثية ؟ ماهو شكلها الهندسي ؟ علل

(الجواب : جزيئ الأستلين مثلاً هو الذي يحتوي رابطة **كربون ـ كربون** مضاعفة ثلاثية " من النوع **σ,π,π** " وبالتالي يكون لهيكله الكربوني بنية **خطية** على مستوى الرابطة **C≡C** لأن **ذرات الكربون** في السلسلة الكربونية للجزيء **ثنائية الروابط**)

ـ ماذا تستنتج ؟ .... (الجواب : مما سبق نستنتج أن جزيئات **الفحوم الهيدروجينية** C_xH_y عموماً يكون لها بنية فراغية إما **هرمية رباعية** أو **مستوية** أو **خطية** بحسب طبيعة الروابط **كربون ـ كربون** في السلسلة الكربونية للجزيء) .

● **نتيجة :** أكمل العبارات التالية :

▪ **في هذه العينة الجزيئات التي تحتوي عنصر** (الأكسجين) **لا تصنف مع الفحوم** (الهيدروجينية) **.**

▪ **تختلف الفحوم** (الهيدروجينية) **المقترحة في** (الجدول : العينة) **في عدد و نوع** (العناصر) **المكونة لجزيئاتها ، و تختلف أيضًا في** (بنيتها) **الفضائية : للبعض منها بنية فضائية**(بثلاثة أبعاد : **3D**) **و البعض** (ببعدين : **2D**) **و البعض الآخر بنية** (خطية) **ببعد واحد .**

▪ **نلاحظ من الجدول أن للفحوم الهيدروجينية المقترحة التي تحتوي :**

ـ **رابطة** (ثلاثية) **بنية** (خطية) .

ـ **رابطة** (ثنائية) **بنية** (مستوية) .

ـ **رابطة** (أحادية) **بنية** (فضائية) .

② ـ 2°) **الكتابة الطوبولوجية للفحوم الهيدروجينية :**

2° ـ أ) **الهيكل الكربوني :** نظرًا لكون **المركبات الهيدروكربونية** (الفحوم الهيدروجينية) تمتاز بإحتوائها فقط عنصري الكربون و الهيدروجين تم الإتفاق بين الكيميائيين على أن تمثل جزيئاتها بشكل مبسط يرتكز على **الهيكل الكربوني (الفحمي)** للمركب .

● **تعريف : الهيكل الكربوني** لمركب عضوي هو **تمثيل** لسلسلته الكربونية .

● **مثال :** الهيكل الكربوني للمركب C_2H_6 هو ببساطة **C – C** ، و للمركب C_3H_8 : **C – C – C**

● **نشاط تطبيقي : ـ أعط الهيكل الكربوني للجزيئات التالية : البوتان** $H_3C-CH_2-CH_2-CH_3$ **؛ الميثان** CH_4 **. علل**

ـ أكتب الصيغ المجملة للجزيئات التي لها الهيكل الكربوني التالي: C–C–C–C–C و C–C–C–C و C–C–C

ـ إقترح عدة هياكل كربونية لجزيئات تحتوي على5 ذرات كربون .

● الجواب : ـ البوتان : **C–C–C–C** ، الميثان : **C** .

ـ الصيغ الجزيئية المجملة على الترتيب : C_5H_{12} ، C_4H_{10} ، C_3H_8 .

ـ الهياكل الكربونية المقترحة للجزيئات C_5H_{12} هي : **C–C–C–C–C** و **C–C(C)–C–C** و **C–C(C)(C)–C**

2° ـ ب) **الكتابة الطوبولوجية :** ***Ecriture Topologique***

● **تعريف :** الكتابة الطوبولوجية هي تمثيل للهيكل الكربوني للجزيء تتم بالإنتقال من الهيكل الكربوني المبسط إليها بتمثيل الروابط الكربونية فقط دون حتى كتابة رمز عنصر الكربون **C** أي هي إختصار للهيكل الكربوني الموافق .

إصطلاحًا : الكتابة الطوبولوجية ، عبارة عن خط متواصل منكسر و أحيانًا متفرع مكون من قطع مستقيمة متساوية الطول حيث نهاية قطعة منها أو إلتقاء قطعتين أو ثلاثة توافق موقع ذرة الكربون **C** .

● **أمثلة :** ـ الكتابة الطوبولوجية للهيكل الكربوني التالي : **C–C(C)–C** هي : 

ـ الكتابة الطوبولوجية للهيكل الكربوني التالي : **C – C(C) – C(C) – C** هي : 

● **تطبيق : ـ أعط الكتابة الطوبولوجية للمركب التالي:** C_3H_6 **. لماذا لا نتحدث عن الكتابة الطوبولوجية للجزيء** CH_4 **؟**

الجواب :  ، لا نتحدث عن الكتابة الطوبولوجية للجزيء CH_4 كونه يحتوي ذرة واحدة كربون **C** (لا يحتوي روابط فحمية) .

● نشاط : **تشكيل الألسان بنزع الماء في وسط حمضي للكحول ميثيل ـ 2 بوتانول ـ 2** :

معادلة التفاعل :

$$\begin{matrix} CH_3 \\ \quad \diagdown \\ \quad COH - CH_2 - CH_3 \\ \quad \diagup \\ CH_3 \end{matrix} \xrightarrow[H_2SO_4]{\text{نزع الماء داخل الجزيئات}} \begin{matrix} H \quad\quad\quad CH_3 \\ \diagdown \quad\quad \diagup \\ C = C \\ \diagup \quad\quad \diagdown \\ CH_3 \quad\quad\quad CH_3 \end{matrix} + H_2O$$

التجربة : نحصل بتفاعل نزع الماء من الكحول الثانوي **2– ميثيل بوتان– 2– أول** : *2-méthylbutan-2-ol* في وساطة حامضية من حمض الكبريت المركز H_2SO_4 (مادة شرهة للماء) على الألسان **2– ميثيل بيوت– 2– ن** : *2-méthylbut-2-ène* ، و يعرف هذا التفاعل بـ : **تفاعل نزع الماء داخل الجزيئات** *Déshydratation **intramoléculaire*** أي نزع الماء من جزيئة واحدة للكحول رفقة تشكل الألسان الموافق ، و في تجربة أخرى بشروط تجريبية أخرى يمكن نزع جزيئة ماء من جزيئين كحوليين و ينتج عن ذلك مركب عضوي هو **الإيثر أوكسيد** و التفاعل يعرف في هذه الحالة بـ : **تفاعل نزع الماء مابين الجزيئات** *Déshydratation **intermoléculaire***

5°- 3) الأكسدة المقتصدة للكحول :

3°- أ) المؤكسد بالنقصان : ***Oxydant en défaut***

تفاعل الأكسدة المقتصدة (المدبرة أو الوسيطية) : **Oxydation ménagée** هو تفاعل أكسدة لطيفة غير عنيف لا يؤدي الى تخريب الجزيء و إنما يحافظ هذا الأخير على شكله و هيكله على العكس من تفاعلات الإحتراق التي تقود الى تحطيم الهيكل الكربوني للجزيء .

● نشاط : **الأكسدة المقتصدة للإيثانول بمحلول محمض من برمنغنات البوتاسيوم** :

التجربة : ضع في حوجلة 6 mL من الإيثانول النقي ثم 1 mL من حمض الكبريت المركز و 2 mL من برمنغنات البوتاسيوم (0,2 mol/L) مع التسخين بلطف . أغلق الحوجلة بسدادة لها فتحة يمر من خلالها أنبوب توصيل بكأس بيشر موجودًا بحوض مليء بالثلج (أو ماء جليدي) لتكثيف المادة البخارية الناتجة عن التفاعل (القطارة).

ـ أكتب الصيغة نصف المفصلة للكحول المتفاعل . هل هو كحول أولي أم ثانوي ؟ .... (CH_3CH_2OH : كحول أولي) .

ـ إنتظر قليلاً حتى تحصل على القطارة (تكاثف البخار) ، أسكب 0,5 mL من كاشف D.N.P.H في أنبوب إختبار ثم ضف بضع قطرات من القطارة . لاحظ و صف ما يحدث . هل تحتوي القطارة على الزمرة المميزة المسماة بمجموعة الكربونيل ؟ علل

(نلاحظ تشكل راسب أصفر برتقالي بللوري مما يدل على أن القطارة الناتجة عن تفاعل الكحول مع المحلول المؤكسد هي مادة عضوية كربونيلية تحتوي على مجموعة الكربونيل $\rangle C = O$) .

ـ ضع 1 mL من محلول فهلنغ أو كاشف شيف في أنبوب إختبار ، ثم ضف إليه بضع قطرات من القطارة . سخن في حمام مائي ماذا تلاحظ ظ ماذا تستنتج ؟ .... (مع محلول فهلنغ يتشكل راسب أحمر قرميدي ، أما مع كاشف شيف فإنه يتورد مما يدل في الحالتين على أن القطارة عبارة عن الألدهيد : الإيثانال CH_3CHO الذي يتميز برائحة شبيهة لرائحة التفاح) .

ـ إستنتج المجموعة المميزة التي يحتويها النوع الكيميائي الموجود في القطارة و الناتج من التفاعل الكيميائي الحادث بين الكحول و برمنغنات البوتاسيوم . أكتب معادلة التفاعل الحادث . إستنتج إسم و صيغة المركب الناتج .

(المجموعة المميزة للنوع الكيميائي المتشكل من تفاعل الكحول الأولي مع المحلول المؤكسد هي الزمرة الألدهيدية المسماة بمجموعة الفورميل **–CHO** أي أن المجموعة المميزة للكحول الأولي **–CH₂OH** تتحول الى المجموعة المميزة للألدهيد **–CHO** في وجود نقصان من المؤكسد .

معادلة التفاعل :

ـ **نصف معادلة الأكسدة :** تخص الثنائية **(RCHO/RCH₂OH) : (CH₃CHO/CH₃CH₂OH)**

$$5\times[CH_3CH_2OH \xrightarrow{\text{أكسدة}} CH_3CHO + 2H^+_{(aq)} + 2e^-]$$

ـ **نصف معادلة الإرجاع :** تخص الثنائية **(MnO_4^-/Mn^{2+}) :**

$$2\times[MnO_4^- + 8H^+_{(aq)} + 5e^- \xrightarrow{\text{إرجاع}} Mn^{2+} + 4H_2O]$$

ـ **المعادلة الإجمالية :** أكسدة ـ إرجاع

$$\underset{\text{(الإيثانول)}}{5CH_3CH_2OH} + 2MnO_4^- + 6H^+_{(aq)} \xrightarrow[\text{المؤكسد بالنقصان}]{\text{أكسدة ـ إرجاع}} \underset{\text{(الإيثانال)}}{5CH_3CHO} + 2Mn^{2+} + 8H_2O$$

● نتيجة :

عند تفاعل الكحول الأولي (الإيثانول) مع (برمنغنات البوتاسيوم) الموجود بكمية (قليلة) ، نسمي التفاعل (أكسدة مقتصدة) و يكون ناتج التفاعل (ألدهيدًا) .

3°- ب) المؤكسد بالزيادة : ***Oxydant en excès***

التجربة : ضع في إرلينة مايير *Erlenmeyer* على الترتيب 9 قطرات (كمية قليلة جدًا) من الإيثانول النقي ثم حوالي 1 mL من حمض الكبريت المركز مع 16 mL من محلول برمنغنات البوتاسيوم (كمية وفيرة منه) .

ـ ضف للمزيج المتفاعل بعد فترة قطرات من كاشف أزرق البروموثيمول . هل يتغير لونه ؟ .... (يتلون باللون الأصفر) .

الصيغة العامة	إسم العائلة	الصيغة . ن . المفصلة	المركب
CH_4	ألكان	CH_3-H	*Méthane* : الميثان
C_3H_8	ألكان	$CH_3-CH_2-CH_3$	*Propane* : البروبان
CH_4O	كحول	CH_3-OH	*Méthanol* : الميثانول
C_3H_6O	كيتون	$CH_3-CO-CH_3$	*Propanone* : البروبانون
CH_2O	ألدهيد	$H-CHO$	*Méthanal* : الميثانال
$C_2H_4O_2$	حمض كربوكسيلي	CH_3-COOH	*Acide éthanoïque* : حمض الإيثانويك

■ حل التمرين : 3

ـ الصيغ نصف المفصلة الممكنة للمركب الذي صيغته المجملة C_5H_{12} مع التسمية :

$CH_3(CH_2)_3CH_3$ البنتان (*pentane*) ؛ $(CH_3)_2CHCH_2CH_3$ 2 – ميثيل البوتان (*2-méthylbutane*) ؛ $(CH_3)_3CCH_3$ 2،2 – ثنائي ميثيل البروبان (*2,2-diméthylpropane*)

ـ الصيغة العامة للألكانات : RH .

ـ هذا المركب : $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ يسمى بوتان (*Butane*) .

ـ هذا المركب : $CH_3-CH=CH_2$ يسمى بروبن (*propène*) .

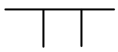
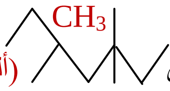
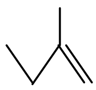
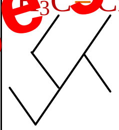
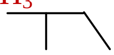
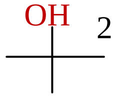
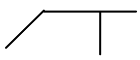
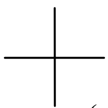
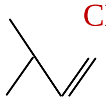
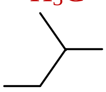
ـ هذا المركب : $CH_3-CH_2-CH_3$ يسمى بروبان (*propane*) .

ـ حسب نظام IUPAC هذا المركب $CH_3-CHCl-CH=CH_2$ يسمى : 3–كلوروبيوت–1– ن (*3-chlorobut-1-ène*) .

ـ حسب نظام IUPAC ، $CH_3-CCl_2-CH=CH_2$: 3،3– ثنائي كلوروبيوت–1– ن (*3,3-dichlorobut-1-ène*)

■ حل التمرين : 4

جدول أسماء المركبات و عائلاتها و كتابتها الطوبولوجية

$H_3C-CH-CH-CH_3$ H_3C CH_3 ثنائي ميثيل - 2،2 البوتان  (ألكان)	$H_3C-CH_2-CH=CH-CH_3$ بنتين 2 (ألكن : ألسان) 	H_3C-CH_2 CH_3 $CH-CH_2-C-CH_2-CH_3$ CH_3 CH_3  (ألكان) ثلاثي ميثيل - 3،3،5 الهيتان
$H_3C-CH_2-C=CH_2$ CH_3  ميثيل - 2 البوتين - 1 (ألكن : ألسان)	$H_3C-CH_2-CH-CH-CH_3$ CH_2 CH_3 CH_3  إيثيل - 3، ميثيل - 2 البنتان	$H_3C-CH-CH_2-CH-CH_3$ CH_2 CH_3 CH_3  (ألكان) إيثيل - 2، ميثيل - 4 البنتان
$H_3C-CH-CH_2-CH_3$ CH_3 ميثيل - 2 البوتان (ألكان) 	$H_3C-CH=CH-CH_2-CH_3$ بنتن - 2 (ألكن : ألسان) 	$H_3C-CH_2-CH_2-CH_2-OH$  OH بوتانول - 1 (كحول أولي)
$H_3C-COH-CH_3$ CH_3 OH  ميثيل - 2 بروبانول - 2 (كحول ثالثي)	$H_5C_2-CH-COOH$ CH_3 (حمض كربوكسيلي) حمض ميثيل - 2 البوتانويك  COOH	CH_3 $H_3C-C-CH_3$ CH_3  (ألكان) ثنائي ميثيل - 2،2 البروبان
$H_3C-CH-CH=CH_2$ CH_3 ميثيل - 3 بوتن - 1 (ألكن : ألسان) 	$C_3H_7-NH_2$ أمينو - 1 البروبان (أمين أولي)  NH_2	$H_3C-CHOH-CH_2-CH_3$  OH بوتانول - 2 (كحول ثانوي)

• تقل الإنحلالية للكحولات بزيادة الوزن الجزيئي ... **نعم كما أسلفنا فإن إنحلال الكحولات في الماء يقل بزيادة الوزن الجزيئي للكحول أي بزيادة طول السلسلة الفحمية .**

■ حل التمرين : 4

صحيح ؛ صحيح ؛ خطأ ؛ صحيح ؛ صحيح ؛ خطأ ؛ صحيح ؛ صحيح ؛ صحيح .

■ حل التمرين : 5

① $C_2H_5OH + NaNH_2 \longrightarrow C_2H_5ONa + NH_3\uparrow$

② $2CH_3OH + 2Na \longrightarrow 2CH_3ONa + H_2\uparrow$

③ $(CH_3)_2CHBr + NaOH \longrightarrow (CH_3)_2CHOH + NaBr$

④ $CH_3CH{=}CH_2 + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} (CH_3)_2CHOH$

⑤ $C_2H_5OH + HCl \longrightarrow C_2H_5Cl + H_2O$

■ حل التمرين : 6

1) ـ معادلة تفاعل الإحتراق : $C_xH_yO_z + (x-z/2+y/4)O_2 \longrightarrow xCO_2 + (y/2)H_2O$

• حساب m_C ؛ m_H ؛ m_O الكائنة في كتلة العينة المتفاعلة من المركب : $m = 7{,}4\ g$

ـ يحترق الفحم متحولاً الى غاز ثنائي أكسيد الفحم وفق المعادلة : $C + O_2 \longrightarrow CO_2$

بالتالي : $m_C = m_{CO2}\,[M_C/M_{CO2}] = 17{,}7\,(12/44) = 4{,}83\ g$

ـ يحترق الهيدروجين متحولاً الى بخار الماء وفق المعادلة : $H_2 + O_2 \longrightarrow ½\,H_2O$

بالتالي : $m_H = m_{H2O}\,[2M_H/M_{H2O}] = 9{,}04\,(2/18) = 1{,}00\ g$

ـ لدينا : $m = m_C + m_H + m_O \Leftarrow m_O = m - (m_C + m_H) = 7{,}4 - (4{,}83 + 1{,}00) = 1{,}57\ g$

ـ دستور آفوغادرو ـ آمبير ⇐ الكتلة المولية الجزيئية التقريبية للمركب : $M = 29.d$

بالتالي : $M = 29 \times 2{,}55 = 73{,}95\ g/mol \simeq 74\ g.mol^{-1}$

ـ النسب المئوية الكتلية للعناصر المكونة للمركب : $C\% = 100\,m_C/m = 100\,m_{CO2}\,[M_C/m.M_{CO2}] = 65{,}27\ \%$

• بنفس الطريقة فإن : $H\% = 100\,m_H/m = 100\,m_{H2O}\,[2M_H/m.M_{H2O}] = 13{,}51\ \%$

$O\% = 100\,m_O/m = 100 - [C\% + H\%] = 21{,}22\ \%$

ـ مما سبق يكون لدينا : $\boxed{M/100 = 12x/C\% = y/H\% = 16z/O\%}$

ـ الصيغة المجملة للمركب :

$x = M.C\%/100.M_C = (74{\times}65{,}27)/1200 = 4 \Rightarrow \boxed{x = 4}$

$y = M.H\%/100.M_H = (74{\times}13{,}51)/100 = 10 \Rightarrow \boxed{y = 10}$

$z = M.O\%/100.M_O = (74{\times}21{,}22)/1600 = 1 \Rightarrow \boxed{z = 1}$

$\Rightarrow \boxed{C_4H_{10}O}$

2) بما أن المركب $C_4H_{10}O$ يتفاعل مع معدن الصوديوم و يرافق ذلك إنطلاق غاز ثنائي الهيدروجين H_2 فإن المركب عبارة عن كحول أحادي مشبع : **ROH** زمرته الوظيفية المميزة هي مجموعة الهيدروكسيل **—OH** ، و الصيغة المجملة له تحديداً هي : C_4H_9OH ، و له مجموعة من المتماكبات الكحولية **(أولية ، ثانوية ، ثالثية)** .

3) معادلة التفاعل الحادث بين الكحول و معدن الصوديوم : $2C_4H_9OH + 2Na \longrightarrow \underbrace{2C_4H_9ONa}_{\text{بوتانولات الصوديوم}} + H_2\uparrow$

ـ كتلة المركب العضوي الناتج و حجم غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق :

كمية مادة الكحول المتفاعلة : $n = m/M = 7{,}4/74 = 0{,}1\ mol$ ⇐ كمية مادة المركب العضوي الناتج : $n = 0{,}1\ mol$ ،

بينما كمية مادة الغاز المنطلق هي : $n' = n/2 = 0{,}05\ mol$ (حسب المعادلة)

بالتالي : ـ كتلة C_4H_9ONa الناتجة : $m = n.M = 0{,}1{\times}96 = 9{,}6\ g$

ـ حجم H_2 المنطلق (في الشروط النظامية : $V_0 = 22{,}4\ L/mol$) : $V = n'.V_0 = 0{,}05 \times 22{,}4 = 1{,}12\ L$

■ حل التمرين : 7

1) ـ معادلة تفاعل تحضير كحول بإماهة ألكن : $\underset{(أ)}{C_nH_{2n}} + H_2O \longrightarrow \underset{(ب)}{C_nH_{2n+1}OH}$

2) ـ معادلة تفاعل الإحتراق : $C_nH_{2n+1}OH + (3n/2)O_2 \xrightarrow{\text{تام}} nCO_2 + (n+1)H_2O$

$\text{ك} \longrightarrow \text{ك}_1 + \text{ك}_2$

ـ حساب قيمة **n** عدد ذرات الكربون في جزيء الكحول (ب) :

• المعادلة : ⇐ $\text{ك}_1\backslash\text{ك}_2 = (1+n)18\backslash 44n$ .... (1)

• التجربة : ⇐ $\text{ك}_1\backslash\text{ك}_2 = 6\backslash 11$ .... (2)

من (1) و (2) نجد : $6\backslash 11 = (1+n)18\backslash 44n$ ⇐ $\boxed{3 = n}$ ....(عدد ذرات الفحم في جزيء الألكن ـ أ ـ و الكحول ـ ب ـ)