# سلاسل المنجد - دروس و تمارين

2AS

الشعب العلمية و الرياضية

## السلسلة 2-06-1

## الطاقة الداخلية

عرض نظري و تمارين محلولة

يمكن تحميل السلسلة بصيغة pdf من موقع المنجد :

www.sites.google.com/site/faresfergani

للمزيد (عرض نظري مفصل – تمارين – فيديوهات ..... )
يرجى زيارتنا على صفحة الوحدة في نفس الموقع الإلكتروني .

لكي يصلك جديد موقع المنجد تابع صفحة الفايسبوك التالية :

facebook.com/elmoundjidff

الأستاذ فرقاني فارس
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم - الخروب - قسنطينة
fares_fergani@yahoo.fr
0771998109

الإصدار : جانفي/2023

علوم فيزيائية

العلوم الفيزيائية

# الطاقة الداخلية

إعداد الأستاذ فرقاني فارس
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم - الخروب - قسنطينة
www.sites.google.com/site/faresfergani

**********

## السلسلة 2 –06– 01

# عرض نظري و تمارين

## 1- تذكير بمفهوم الطاقة الداخلية

- كل جسم يملك طاقة داخلية يرمز لها بـ $E_i$ و وحدتها الجول (J) ، هذه الطاقة ناتجة عن حركة الدقائق المجهرية المكونة لهذا الجسم (طاقة حركية) و الأفعال الكهربائية المتبادلة بين الشحنات الشحنات الموجبة و السالبة المكونة للأفراد الكيميائية لهذا الجسم (طاقة كامنة كهربائية) .
- عندما يحدث تغير في البنية الداخلية للمادة على المستوى المجهري كحدوث تفاعل كيميائي أو يحدث تغير في الحالة الفيزيائية (انصهار ، تجمد ، ..... ) على المستوى العياني ، أو يحدث تغير في درجة الحرارة على المستوى العياني ، نقول أنه حدث تغير في الطاقة الداخلية لهذه المادة .
- للطاقة الداخلية مركبتين :
  - مركبة حرارية يرمز لها بـ $E_{th}$ .
  - مركبة منسوبة للحالة الفيزيائية – الكيميائية .

## 2- المركبة الحرارية للطاقة الداخلية $E_{th}$

**• عبارة التحويل الحراري في حالة تغير درجة الحرارة :**

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

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

حيث :
Q : مقدار التحويل الحرراي ، يقدر بالجول (J) .
m : كتلة المادة X ، تقدر بالكيلوغرام (kg)
$\theta_i$ : درجة الحرارة الابتدائية ، تقدر بالدرجة المئوية ($^0C$) .
$\theta_f$ : درجة الحرارة النهائية ، تقدر بالدرجة المئوية ($^0C$) .
$c_X$ : السعة الحرارية الكتلية للمادة X وحدتها ( $J/(kg\ .^0C)$ ) أو ( $J/(kg\ .^0K)$ ) ، و هي ثابت يميز هذه المادة .
$C = mc$ : السعة الحرارية للجملة عندما تتكون من المادة X فقط ، وحدتها ( $J/(^0C)$ ) أو ( $J/(kg\ .^0K)$ ) .
- إذا كانت الجملة تتكون من عدة مواد كتلها $m_1$ ، $m_2$ ، ..... $m_n$ ، و سعاتها الحرارية الكتلية $c_1$ ، $c_2$ ، ..... ، $c_n$ فإنه يعبر أن السعر الحررية C للجملة بالعلاقة :

$$C = m_1c_1 + m_2c_2 + ..... + m_nc_n$$

- إذا ارتفعت درجة حرارة جملة ( $\theta_f > \theta_i$ ) يكون $Q > 0$ بالتالي تكون قد اكتسب طاقة بتحويل حراري Q ، أما إذا انخفضت درجة حرارتها ( $\theta_f < \theta_i$ ) يكون $Q < 0$ و بالتالي تكون الجملة قد قدمت طاقة بتحويل حراري Q .

- الجدول التالي يمثل قيمة 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 :**
- للحفاظ على درجة حرارة الجملة و عدم السماح بتبادل الحرارة مع الوسط الخارجي ، نستعمل إناء خاص بهذا الغرض يدعى **المسعر الحرراي** ، يتميز هذا المسعر بمقدار يدعى **المكافئ المائي** ، يرمز له بـ $\mu$ ، يمثل كتلة الماء التي تستقبل نفس الطاقة بالتحويل الحراري التي يكتسبها المسعر الحراري و التي تؤدي إلى نفس التغير في درجة الحرارة ، بناءا على التعريف يمكن أن نعبر عن السعة الحرارية C للمسعر بدلالة المكافئ المائي $\mu$ و السعة الحرارية الكتلة للماء $c_e$ بالعلاقة :

$$C = \mu c_e$$

**● استطاعة التحويل :**
استطاعة التحويل الطاقوي الحراري P التي تقدر بالواط (W) هي مقدار الطاقة المحولة (مكتسبة أو مقدمة) بين الجملة و الوسط الخارجي في الثانية الواحدة (s) ، فهي حاصل قسمة مقدار التحويل الطاقوي Q بالقيمة المطلقة على مدة التحويل $\Delta t$ ، و نكتب :

$$P = \frac{|Q|}{\Delta t}$$

**● التوازن الحراري :**

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 في حين ترتفع درجة حرارة الجسم الثاني إلى أن تصبح متساويتين ، نقول عندئذ أنه حدث **توازن حراري** و عندها تبقى درجة حرارة الجملة المكونة من الجسمين المذكورين ثابتة ، نفس القول عند مزج عدة أجسام مختلفة في درجة الحرارة .

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

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

- إذا كانت الجملة المتكونة من الأجسام المذكورة معزولة طاقويا ($Q = 0$) يكون مجموع التحويلات الطاقوية الحادثة بين الأجسام المكونة لهذه الجملة معدوم أي :

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

**● فعل جول :**

- فعل جول هو التحويل الحراري الذي يرافق مرور تيار كهربائي في ناقل أومي .
- عندما يجتاز تيار كهربائي شدته I ناقل أومي مقاومته R ، يكون التوتر بين طرفيه U حيث :

$$U = R.I$$

U : التوتر بين طرفي الناقل الأومي و يقدر بالفولط (V) .
I : شدة التيار التي تجتاز الناقل الأومي و تقدر بالأمبير ( A ) .
R : مقاومة الناقل الأومي و تقدر بالأوم ($\Omega$) .

- الإستطاعة الكهربائية التي يرمز لها بـ P و وحدتها الواط (W) هي الطاقة المحولة بفعل جول خلال وحدة الزمن الثانية (s) ، يعبر عنها بالعلاقة :

$$P = U.I = R.I^2$$

- عندما يجتاز الناقل الأومي تيار كهربائي شدته I خلال مدة زمنية $\Delta t$ فإنه يحول خلال هذه المدة طاقة بفعل جول يعبر عنها بالعلاقة :

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

**التمرين (1) :** ( التمرين : 001 في بنك التمارين على الموقع ) (*)

1- سخنا بموقد بنزن لمدة 10 دقائق قطعة ألمنيوم كتلتها $m_{Al} = 100\ g$ و درجة حرارتها $\theta_i = 10°C$ ، أحسب :
أ- التحويل الطاقوي Q اللازم لرفع درجة حرارة قطعة الألمنيوم إلى $\theta_f = 80°$ .
ب- استطاعة التحويل P .
2- نضع قطعة الألمنيوم السابقة ذات درجة الحرارة $\theta_{i1} = 80°C$ داخل إناء معزول حراريا و يحتوي كتلة $m_e = 500\ g$ من ماء درجة حرارته $\theta_2 = 15°C$ . بإهمال السعة الحرارية الكتلية لمادة الإناء ، أحسب درجة حرارة الجملة (ماء + حديد) عند حدوث التوازن الحراري .

يعطى :
- السعة الحرارية الكتلية للألمنيوم : $c_{AL} = 890\ J/kg°K$ .
- السعة الحرارية الكتلية للماء : $c_e = 4180\ J/kg°K$ .

**الأجوبة :**

1-أ- التحويل الطاقوي Q :
- قطعة الألمنيوم ارتفعت درجة حرارتها من $\theta_i = 10°C$ إلى $\theta_f = 80°C$ هذا يعني أنها اكتسبت طاقة بتحويل حراري Q حيث :

$$Q = m_{Al}.c_{Al}(\theta_f - \theta_i)$$
$$Q = 0.1 \,.\, 890\ (80 - 10) = 6.23 \,.\, 10^3\ J$$

ب- استطاعة التحويل :

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{6.23 \,.\, 10^3}{10 \,.\, 60} = 10.38\ W$$

2- درجة الحرارة عند التوازن :
درجة حرارة قطعة الألمنيوم $m_1$ أكبر من درجة حرارة الماء و عليه تحدث التحولات الحرارية التالية :
- قطعة الألمنيوم تنخفض درجة حرارتها من $\theta_{i1} = 80°C$ إلى $\theta_f$ و بالتالي تفقد طاقة بتحويل حراري $Q_1$ حيث :

$$Q_1 = m_{Al}.c_{Al}\ (\theta_f - \theta_{i1})$$

- الماء ترتفع درجة حرارته من $\theta_{i2} = 15°C$ إلى $\theta_f$ و بالتالي فهي اكتسبت طاقة بتحويل حراري $Q_2$ حيث :

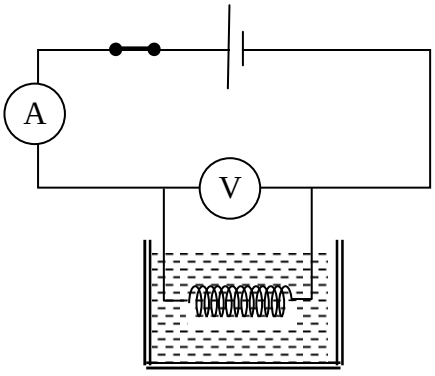
$$Q_2 = m_e c_e\ (\theta_f - \theta_{i2})$$

- الجملة (قطعة ألمنيوم + ماء) معزولة حراريا و عليه يكون :

$$Q_1 + Q_2 = 0$$
$$m_{Al}c_{Al}\,(\theta_f - \theta_{i1}) + m_e c_e\,(\theta_f - \theta_{i2}) = 0$$
$$m_{Al}c_{Al}\theta_f - m_{Al}c_{Al}\theta_{i1} + m_e c_e\theta_f - m_e c_e\,\theta_{i2} = 0$$
$$(m_{Al}c_{Al} + m_e c_e)\,\theta_f - m_{Fe}c_{Fe}\theta_{i1} - m_e c_e\,\theta_{i2} = 0$$
$$(m_{Al}c_{Al} + m_e c_e)\,\theta_f = m_{Al}c_{Al}\theta_{i1} + m_e c_e\,\theta_{i2}$$
$$\theta_f = \frac{m_{Al}c_{Al}\theta_{i1} + m_e c_e\theta_{i2}}{m_{Al}c_{Al} + m_e c_e}$$
$$\theta_f = \frac{(0{,}1.890.80) + (0{,}5.4180.15)}{(0{,}1.890) + (0{,}5.4180)} = 17{,}65°C$$

**التمرين (2) :** ( التمرين : 003 في بنك التمارين على الموقع ) (*)

دارة كهربائية تتكون من ناقل أومي مقاومته R ، مولد كهربائي يجري في الدارة تيار كهربائي مستمر شدته I ، مقياس أمبير موصول على التسلسل مع الناقل الأومي ، مقياس فولط موصول على التفرع مع الناقل الأومي ، نغمر الناقل الأومي R داخل مسعر حراري سعته الحرارية $C = 80\ J/°K$ و يحتوي على $V_e = 0,25\ L$ من الماء (الشكل ) .




عند غلق القاطعة نلاحظ أن مقياس الأمبير يشير إلى القيمة $I = 0.6\ A$ ومقياس الفولط يشير إلى القيمة $U = 12\ V$

و بعد نصف ساعة من غلق القاطعة نلاحظ ارتفاع درجة حرارة الجملة (مسعر + ماء ) من $\theta_i = 20°C$ إلى $\theta_f$ .

1- أحسب :

أ- قيمة المقاومة R .

ب- الاستطاعة الكهربائية المحولة بفعل جول .

جـ- مقدار الطاقة الكهربائية المحولة بفعل جول عن طريق الناقل الأومي R خلال نصف ساعة .

2- بفرض أن الجملة ( مسعر + ماء) تكتسب 90% من الطاقة المحولة بفعل جول أحسب درجة الحرارة النهائية $\theta_f$ للجملة بعد نصف ساعة من التسخين .

يعطى :

- السعة الحرارية الكتلية للماء : $c_e = 4180\ J/kg.°K$ .
- الكتلة الحجمية للماء : $\rho_e = 1\ kg/L$ .

**الأجوبة :**

1- قيمة R :

حسب قانون أوم بين طرفي ناقل أومي يكون :

$$U = RI \rightarrow R = \frac{U}{I} \rightarrow R = \frac{12}{0.6} = 20\,\Omega$$

ب- الاستطاعة الكهربائية المحولة بفعل جول :

$$P = U.I \rightarrow P = 12 \,.\, 0.6 = 7,2\ W$$

جـ- مقدار الطاقة الكهربائية المحولة بفعل جول :

$$E = P\,\Delta t$$
$$E = 7,2 \,.\, 30 \,.\, 60 = 12960\ J$$

2- درجة الحرارة النهائية :

- الجملة (مسعر+ ماء) تكتسب من الناقل الأومي طاقة بتحويل حراري Q قدره :

$$Q = \frac{90\,E}{100} = \frac{90\,.12960}{100} = 11664\ J$$

ومن جهة أخرى :

$$Q = C_{جملة}(\theta_f - \theta_i) \rightarrow Q = (m_e c_e + C)\,(\theta_f - \theta_i)$$
$$\theta_f - \theta_i = \frac{Q}{C + mc_e} \rightarrow \theta_f = \frac{Q}{C + mc_e} + \theta_i$$

- $m_e = \rho_e . V_e = 1 . 0,25 = 0,25\ Kg$
- $\theta_f = \frac{11664}{80 + (0,25 \,.\, 4180)} + 20 = 30,4°C$

# 3- مركبة الطاقة الداخلية المنسوبة للحالة الفيزيائية - الكيميائية

**• طاقة التماسك ( التحول الفيزيائي ) :**

طاقة التماسك المرفقة لتغير الحالة الفيزيائية لمادة الطاقة اللازمة لتلاشي أو تكوين الروابط التي تتمكاسك بها جزيئات المادة (الروابط بين الجزيئات ) .

**• التفسير المجهري لتغير الحالة الحرارية المرافقة لتحويل فيزيائي:**

في الغازات يزداد اضطراب الجزيئات مع تزايد درجة الحرارة ، فالحرارة التي تقدم للغاز لجعل درجة حرارته ترتفع تساهم في ازدياد سرعة الجزيئات التي تشكل الغاز وبالتالي ازدياد في الطاقة الحركية الميكروسكوبية. عكس هذا عندما تنخفض درجة حرارة الغاز فان هذا الأخير يمد الوسط الخارجي طاقة على شكل حرارة لان سرعة جزيئاته تتناقص ، في السوائل رغم أن الجزيئات تكون متراصة مع بعضها البعض إلا أنها تتحرك في كل الاتجاهات وتتزايد هذه الحركة مع تزايد درجة الحرارة ، أما في الأجسام الصلبة الأفراد المكونة لهذا الجسم تشغل مواقع محددة ولكنها تهتز حول هذه المواقع حيث كلما ارتفعت درجة الحرارة كلما زادة حدة هذه الاهتزازات .

**• عبارات التحويل الحراري Q في حالة تغير الحالة الفيزيائية للمادة :**

عندما يحدث تغير في الحالة الفيزيائية للمادة ( انصهار ، تجمد ، تبخر ، تمييع ) يصحب هذا التغير اكتساب أو فقدان طاقة نتيجة تغير في التأثيرات المتبادلة بين جسيمات هذه المادة ، علما أن درجة الحرارة أثناء التحول الفيزيائي تبقى ثابتة طيلة التحول .

**الإنصهار (Fusion):**

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

$$Q = m L_f$$

Q : التحويل الحراري يقدر بالجول (J) .

m : كتلة الجسم تقدر بالكيلوغرام (kg) .

$L_f$ : السعة الكتلية للانصهار وحدتها (J/kg) و هي الطاقة اللازمة لانصهار 1 kg من المادة الصلبة .

**التجمد (Solidification):**

عند تحول مادة من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة (تجمد) من دون تغير في درجة الحرارة ، تقدم هذه المادة طاقة بتحويل حراري قدره Q حيث :

$$Q = - m L_f$$

$L_f$ : السعة الكتلية للتجمد و هي مساوية للسعة الكتلية للانصهار عند نفس المادة ، وحدتها (J/kg) و هي الطاقة اللازمة لتجمد 1 kg من المادة السائلة .

**التبخر (Vaporisation):**

عند تحول مادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية (تبخر) من دون تغير في درجة الحرارة ، تكتسب هذه المادة طاقة بتحويل حراري قدره Q حيث :

$$Q = m L_v$$

$L_v$ : السعة الكتلية لتغير للتبخر وحدتها (J/kg) و هي الطاقة اللازمة لتبخر 1 kg من المادة السائلة .

**التميع (Liquéfaction):**

عند تحول مادة من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة (تميع) من دون تغير في درجة الحرارة ، تقدم هذه المادة طاقة بتحويل حراري قدره Q حيث :

$$Q = - m L_v$$

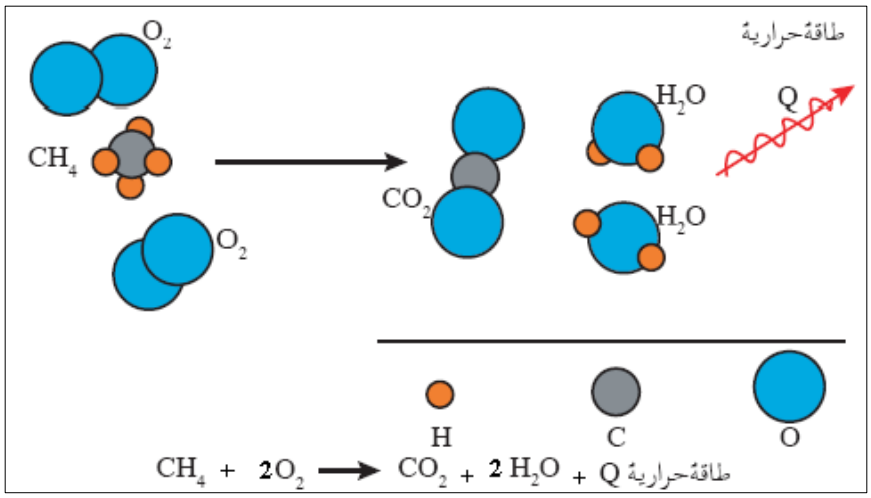
$L_v$ : السعة الكتلية للتميع و هي مساوية للسعة الكتلة للتبخر عند نفس المادة ، وحدتها (J/kg) و هي الطاقة اللازمة لتمييع 1 kg من الغازية .

**• طاقة الرابطة الكيميائية :**

- تتغير الروابط الكيميائية، نتيجة التفاعل بين الذرات حيث تتكسر روابط وتتكون روابط أخرى مما يحدث تغييرا في مخزون الطاقة الكامنة الميكروسكوبية للجملة ، تدعى هذه الطاقة ، **طاقة الرابطة الكيميائية** وتساوي قيمتها قيمة التحويل الحراري الذي يحدث .

**مثال :**

الشكل التالي يمثل التغيرات الميكروسكوبية التي ترافق الطاقة عند احتراق غاز الميثان $CH_4$ :




**• طاقة التماسك الداخلي للجزئ :**

- طاقة التماسك الداخلي للجزيء و التي يرمز لها بـ $E_{coh}$ و وحدتها الجول (J) 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 :

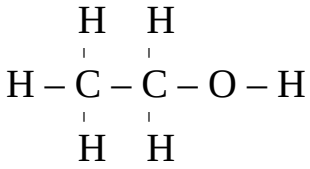
$$E_{coh} = \Sigma\, D_{A-B}$$

حيث $D_{A-B}$ تدعى طاقة الرابطة في الجزيء ، تمثل الطاقة اللازمة لكسر مول (عدد أفوقادرو) من هذه الربطة ، و هي تختلف باختلاف نوع الرابطة و باختلاف العنصر (أو العنصرين) الكيميائيين المشكل (أو المشكلين) لهذه الرابطة ، كما مبين في الأمثلة التالية :

| الرابطة | C = O | C - C | C - O | O - H | C = C | C - H | O=O |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $D_{X-Y}\,(kj/mol)$ | 749 | 345 | 356 | 463 | 615 | 415 | 429 |

**مثال :**

نحسب طاقة التماسك للجزيء $C_2H_6O$ ذي الصيغة الجزيئية المفصلة التالية :



**الجواب :**

هذه الصيغة تتكون من 5 روابط تكافئية من النوع (C-H) و رابطة من النوع (C-C) و رابطة من النوع (C-O) و رابطة من النوع (O-H) لذا يكون :

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

$E_{coh} = (5 . 415) + 345 + 356 + 463 = 3239 \text{ kJ/mol}$

**• طاقة التفاعل :**

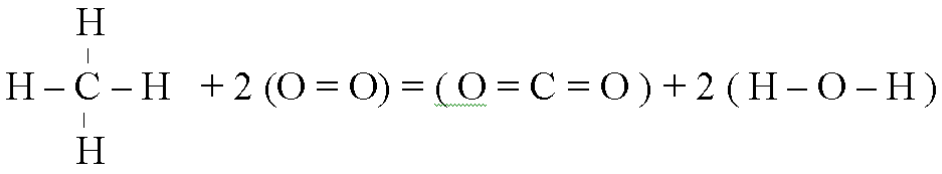
- عندما يحدث تحول كيميائي في جملة كيميائية تكتسب أو تقدم هذه الأخيرة طاقة ، و أثناء ذلك و على المستوى المجهري تنكسر روابط تكافئية و تتشكل روابط تكافئية أخرى .
- تدعى الطاقة التي تكتسبها الجملة أو تفقدها عند حدوث تفاعل كيميائي بطاقة التفاعل يرمز لها بـ $E_{Réa}$ و يعبر عنها بالعلاقة :

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

- 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 .

**مثال :**

نحسب طاقة تفاعل احتراق الميثان المنمذج بالمعادلة المعبر عنها بالصيغ الجزيئية المفصلة كما يلي :



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

$E_{réa} = (4D_{(C-H)} + 2D_{(O=O)}) - (2D_{(C=O)} + 4D_{(O-H)})$

$E_{réa} = ((4 . 415) + (2 . 429)) - ((2 . 843) + (4 . 463)) = -1020 \text{ kJ/mol}$

نلاحظ :

$E_{Rea} < 0$ إذا التفاعل ناشر للحرارة .

**التمرين (3) :** ( التمرين : 004 في بنك التمارين على الموقع ) (*)

قطعة جليد كتلتها $m = 200 \text{ g}$ درجة حرارتها (-50°C ) نقوم بتسخينها متحولة إلى ماء (سائل) ثم بخار الماء درجة حرارته (150°C) .

1- أحسب مقدار التحويل الطاقوي في الحالات التالية :

- ارتفاع درجة حرارة الجليد من (-50°C) إلى (0°C) .
- انصهار الجليد و تحوله إلى ماء (سائل) .

• ارتفاع درجة حرارة الماء من 0°C إلى 100°C .
• تبخر الماء .
• ارتفاع درجة حرارة بخار الماء من 100°C إلى 150°C .

2- احسب مقدار التحويل الطاقوي الكلي اللازم لتحول قطعة الجليد ذات درجة الحرارة 50°C- إلى بخار ماء ذو درجة الحرارة 150°C .

3- أرسم بشكل كيفي المنحنى $\theta = f(t)$ خلال التحولات السابقة .

يعطى :

• السعة الحرارية الكتلية للماء : $c_e = 4180\ J/Kg.°K$
• السعة الحرارية الكتلية للجليد : $c_g = 2100\ J/Kg.°K$
• السعة الحرارية الكتلية لبخار الماء : $c_v = 2100\ J/Kg.°K$
• السعة الكتلة لانصهار الجليد : $L_f = 335\ kJ/Kg$
• السعة الكتلية لتبخر الماء : $L_v = 1960\ kJ/Kg$

**الأجوبة :**

1• مقدار التحويل الطاقوي عند ارتفاع درجة حرارة الجليد من $\theta_i = -50°C$ إلى $\theta_f = 0°C$ :

في هذه الحالة قطعة الجليد اكتسبت طاقة بتحويل حراري $Q_1$ نتيجة الإرتفاع في درجة الحرارة حيث :

$Q_1 = mc_g ( \theta_f - \theta_i)$

$Q_1 = 0.2 . 2100 ( 0 - (-50) ) = 21000\ J$

• مقدار التحويل الطاقوي عند انصهار الجليد :

في هذه الحالة قطعة الجليد اكتسبت طاقة بتحويل حراري $Q_2$ نتيجة تغير الحالة الفيزيائية (انصهار) حيث :

$Q_2 = m L_f$ (الكتلة لا تتغير أثناء التحول )

$Q_2 = 0.2 . 335 . 10^3 = 67000\ J$

• مقدار التحويل الطاقوي عند ارتفاع درجة حرارة الماء من $\theta_i = 0°C$ إلى $\theta_f = 100°C$ :

في هذه الحالة الماء اكتسب طاقة بتحويل حراري $Q_3$ نتيجة الإرتفاع في درجة الحرارة حيث :

$Q_3 = m c_e ( \theta_f - \theta_i)$ (الكتلة لا تتغير أثناء التحول )

أثناء التحول الفيزيائي لا تتغير كتلة الجسم و منه :

▪ $Q_3 = 0.2 . 4180 ( 100 - 0 ) = 83600\ J$

• مقدار التحويل الطاقوي عند تبخر الماء :

في هذه الحالة الماء اكتسب طاقة بتحويل حراري $Q_4$ نتيجة تغير الحالة الفيزيائية (تبخر) حيث :

$Q_4 = m L_v$ (الكتلة لا تتغير أثناء التحول )

$Q_4 = 0.2 . 1960 . 10^3 = 392000\ J$

• مقدار التحويل الطاقوي عند ارتفاع درجة حرارة بخارالماء من $\theta_i = 100°C$ إلى $\theta_f = 150°C$ :

في هذه الحالة بخار الماء اكتسب طاقة بتحويل حراري $Q_3$ نتيجة الإرتفاع في درجة الحرارة حيث :

$Q_5 = m c_v ( \theta_f - \theta_i)$ (الكتلة لا تتغير أثناء التحول )

أثناء التحول الفيزيائي لا تتغير كتلة الجسم و منه :

▪ $Q_5 = 0.2 . 2100 ( 150 - 100 ) = 21000\ J$

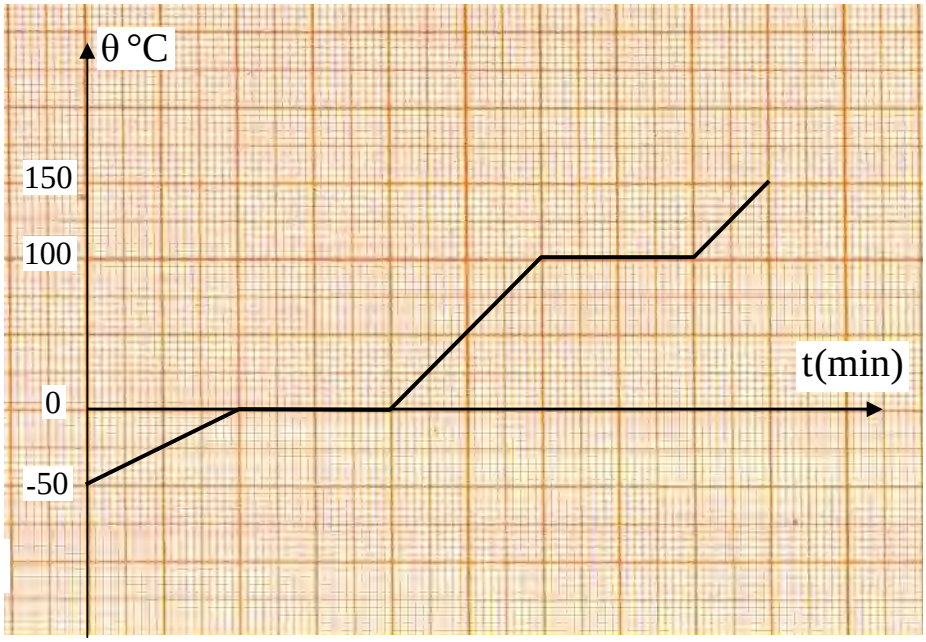
2- التحويل الحراري الكلي :

$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$

$Q = 21000 + 67000 + 83600 + 392000 + 21000 = 584600\ J$

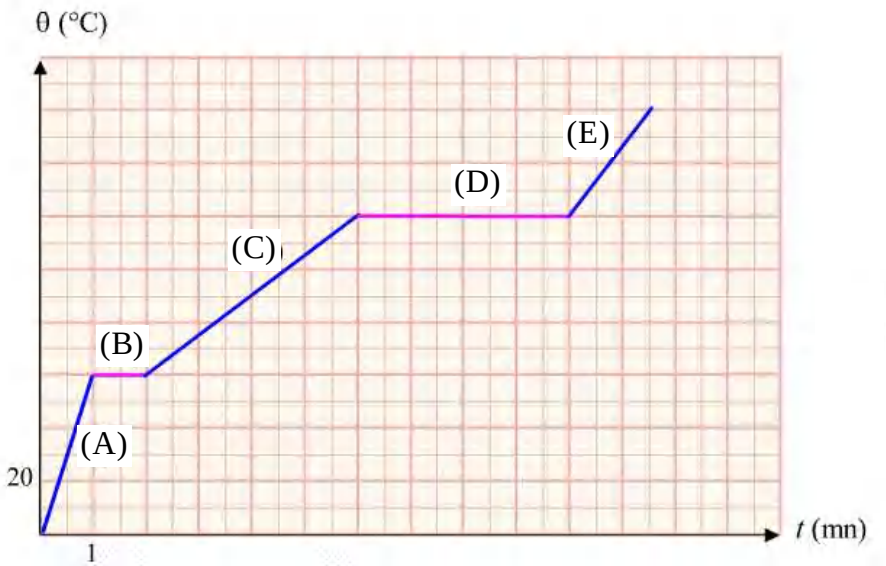
و هي الطاقة اللازمة لتحول قطعة الجليد ذات درجة الحرارة 10°C- إلى بخار ماء ذو درجة حرارة 150°C .

3- المنحنى $\theta = f(t)$ :




**التمرين (4) :** ( التمرين : 008 في بنك التمارين على الموقع ) (**)

يبين البيان التالي تغيرات درجة الحرارة بدلالة الزمن عند تسخين 1 kg من مادة في حالتها الصلبة ابتداءا من الدرجة 0°C بواسطة مصدر حراري استطاعته P = 400W إلى أن يتم تحويلها إلى بخار .




1- ما هي حالة هذه المادة في الفترات A ، B ، C ، D ، E ؟
2- ما هي درجة حرارة انصهار المادة ؟ و ما هي درجة غليانها ؟
3- ماذا تلاحظ فيما يخص درجة الحرارة في الفترتين (B) ، (D) . ماذا تستنتج .
4- اعتمادا على البيان أوجد :
أ- السعة الحرارية الكتلية للمادة في الحالة الصلبة $c_S$ .
ب- السعة الحرارية الكتلية للمادة في الحالة السائلة $c_\ell$ .
جـ- السعة الكتلية للانصهار $L_f$ .
د- السعة الكتلية للتبخر $L_v$ .

**الأجوبة :**

1- حالة المادة في الفترات A ، B ، C ، D ، E :

| الفترة | حالة المادة |
|---|---|
| (A) | المادة في حالة صلبة |
| (B) | المادة في تحول من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة |
| (C) | المادة في حالة سائلة |
| (D) | المادة في تحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية |
| (E) | المادة في حالة غازية |

2- درجة انصهار و غليان المادة :

- درجة الانصهار هي الدرجة التي تتحول فيها المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة و من البيان توافق هذه الدرجة القيمة $60°C$ .

- درجة الغليان هي الدرجة التي تتحول فيها المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية ، و من البيان توافق هذه الدرجة القيمة $120°C$ .

3- في الفترة (B) أين حدث انصهار للمادة و الفترة (D) أين حدث تبخر للمادة ، نلاحظ أن درجة الحرارة تبقى ثابتة ، نستنتج أنه أثناء التحول الفيزيائي تبقى درجة حرارة الجملة ثابتة .

4-أ- السعة الكتلية للمادة في الحالة الصلبة $c_S$ :

في الفترة (A) الجملة (المادة الصلبة) ارتفعت درجة حرارتها من $\theta_i = 0$ إلى $\theta_f = 60C$ و بالتالي اكتسب طاقة بتحويل حراري $Q_1$ حيث :

$$Q_1 = mc_s\,(\theta_f - \theta_i)$$

$$c_S = \frac{Q_1}{m(\theta_f - \theta_i)} = \frac{P\,\Delta t_1}{m\,(\theta_f - \theta_i)}$$

$$c_S = \frac{400\,.\,1\,.60}{1(60-0)} = 400\ J/kg°K$$

ب- السعة الكتلية للمادة في الحالة السائلة $c_\ell$ :

في الفترة (C) الجملة (المادة السائلة) ارتفعت درجة حرارتها من $\theta_i = 60°C$ إلى $\theta_f = 120°C$ و بالتالي اكتسب طاقة بتحويل حراري $Q_3$ حيث :

$$Q_3 = mc_\ell\,(\theta_f - \theta_i)$$

$$c_\ell = \frac{Q_3}{m(\theta_f - \theta_i)} = \frac{P\,\Delta t_3}{m\,(\theta_f - \theta_i)}$$

$$c_\ell = \frac{400\,.\,(4\,.60)}{1(120-60)} = 1600\ J/kg°K$$

جـ- السعة الكتلية للإنصهار $L_f$ :

في الفترة (B) الجملة (المادة الصلبة) انصهرت كليا و بالتالي اكتسب طاقة بتحويل حراري $Q_2$ حيث :

$$Q_2 = mL_f$$

$$L_f = \frac{Q_2}{m} = \frac{P\,\Delta t_2}{m}$$

$$L_f = \frac{400\,(1.60)}{1} = 2.4.10^4\ J/kg$$

د- السعة الكتلية للتبخر $L_v$ :

في الفترة (D) الجملة (المادة السائلة) تبخرت كليا و بالتالي اكتسب طاقة بتحويل حراري $Q_4$ حيث :

$$Q_4 = mL_v$$

$$L_v = \frac{Q_4}{m} = \frac{P\,\Delta t_4}{m}$$

$$L_v = \frac{400\,(4.60)}{1} = 9.6.10^3\ J/kg$$

**التمرين (5) :** ( التمرين : 017 في بنك التمارين على الموقع ) (**)

يحتوي مسعر سعته الحرارية $C_0 = 220\ J/°K$ على كمية من الماء كتلتها $m_1 = 0.2\ kg$ ، عندما تكون درجة حرارة (المسعر + ماء) $\theta_1 = 15.4°C$ ، ندخل في المسعر قطعة معدنية كتلتها $m_2 = 0.08\ kg$ و درجة حرارتها $\theta_2 = 87.4°C$ ، عند حدوث التوازن الحراري تستقر درجة حرارة المسعر و محتواه عند $\theta_f = 20°C$ .

1- أوجد قيمة السعة الحرارية الكتلية للمعدن المستعمل ، علما أن الجملة (مسعر + ماء + قطعة معدنية ) معزولة حراريا .

2- من بين المعادن المدونة في الجدول التالي ، ما هو نوع المعدن الذي أدخل في المسعر .

| المعدن | الرصاص | النحاس | الألمنيوم |
|---|---|---|---|
| السعة الحرارية الكتلية (J/kg.°K) | 130 | 380 | 901 |

3- أحسب مقدار التحويل الطاقوي Q اللازم لانصهار كلي لقطعة من الألمنيوم كتلتها $m_3 = 80\ g$ و درجة حرارتها $\theta_3 = 15°C$ .

يعطى :

- السعة الحرارية الكتلية للماء : $c_e = 4180\ J/kg.°K$ .
- درجة حرارة انصهار الألمنيوم : $660°C$ .
- السعة الحرارية لانصهار الألمنيوم : $L_f = 330\ .\ 10^5\ J/kg.°K$ .

**الأجوبة :**

1- السعة الحرارية الكتلية للمعدن المستعمل :

- الجملة (مسعر+ماء) ترتفع درجة حرارتها من $\theta_{i_1} = 15,4°C$ إلى $\theta_f$ ، هذا يعني أنها تكتسب طاقة بتحويل حراري $Q_1$ حيث :

$$Q_1 = C(\theta_f - \theta_i) = (C_0 + m_1c_e)(\theta_f - \theta_{i_1})$$

- القطعة المعدنية تنخفض درجة حرارتها من $\theta_{i_2} = 87,4°C$ إلى $\theta_f$ ، هذا يعني أنها تقدم طاقة بتحويل حراري $Q_2$ حيث :

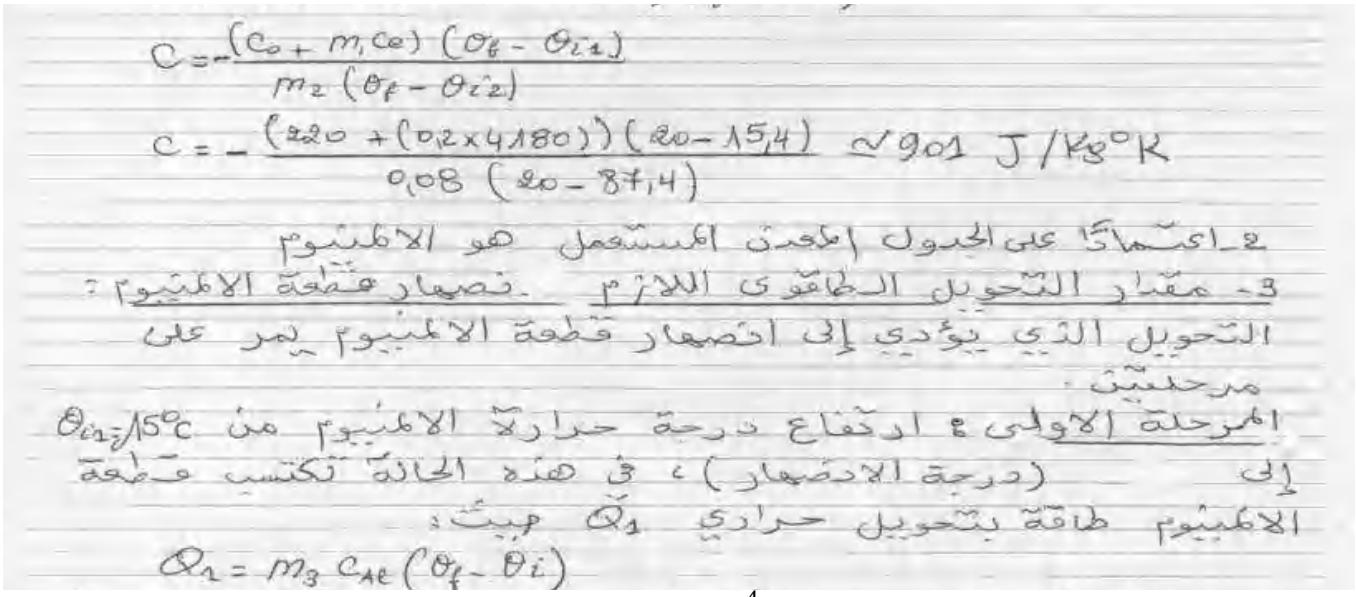
$$Q_2 = m_2c\,(\theta_f - \theta_{i_2})$$

- الجملة (مسعر+ماء+قطعة معدنية) معزولة حراريا لذا يكون :

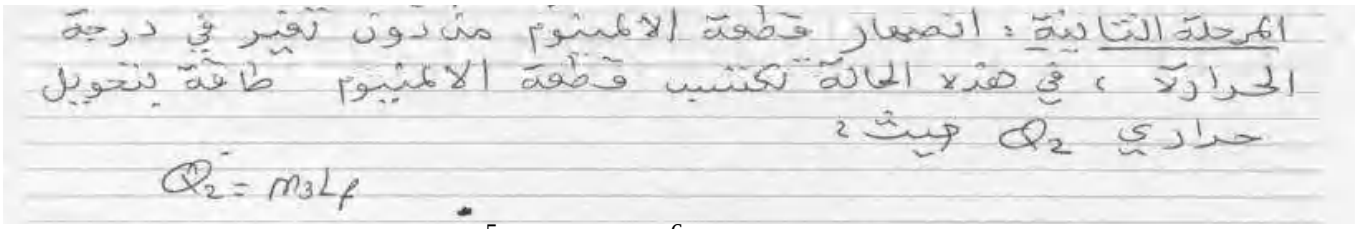
$$Q_1 + Q_2 = 0$$

$$(C_0 + m_1c_e)(\theta_f - \theta_{i_1}) + m_2c\,(\theta_f - \theta_{i_2}) = 0$$

$$m_2c\,(\theta_f - \theta_{i_2}) = -(C_0 + m_1c_e)(\theta_f - \theta_{i_1})$$




$Q_1 = 0{,}08 \cdot 901 \cdot (660 - 15) = 4{,}65 \cdot 10^4\ J$




$Q_2 = 0.08 \cdot 330 \cdot 10^5 = 2{,}64 \cdot 10^6\ J$

و يكون التحويل الكلي Q مساوي لمجموع التحويلين $Q_1$ ، $Q_2$ :

$Q = Q_1 + Q_2 = 4{,}65 \cdot \cdot 10^4 + 2{,}64 \cdot 10^6 = 2{,}69 \cdot 10^6\ J$

**التمرين (6) :** ( التمرين : 010 في بنك التمارين على الموقع ) (**)

يحتوي كأس بيشر على كمية من الماء البارد كتلتها $m_1 = 120\ g$ و درجة حرارتها مع الكأس $\theta_{i1} = 16°C$ ، نضيف إلى الكأس كمية أخرى من الماء الساخن كتلتها $m_2 = 80\ g$ و درجة حرارتها $\theta_{i2} = 36°C$ .

1- عين درجة حرارة الجملة (ماء بارد + ماء ساخن) عندما يتحقق التوازن الحراري إذا اعتبرنا أن التبادل الحراري يتم فقط بين الماء البارد و الماء الساخن ( لا تبادل حراري مع الكأس) .

2- في الحقيقة أن درجة حرارة الجملة (ماء بارد + ماء ساخن) تستقر عند القيمة $\theta_f' = 23.8°C$ عندما يحدث التوازن الحراري ( نهمل التبادل الحراري بين الكأس و الماء الساخن ) .

أ- في رأيك ما هو سبب هذا الاختلاف في درجة الحرارة النهائية ، أي الاختلاف بين القيمة النظرية المحسوبة سابقا (في السؤال-1) و القيمة الحقيقة .

ب- عين السعة الحرارية لكأس بيشر . نعتبر الجملة (كأس بيشر + ماء بارد + ماء ساخن ) معزولة حراريا .

يعطى : السعة الحرارية الكتلية للماء : $c_e = 4180\ J/kg.°K$ .

**الأجوبة :**

1- درجة حرارة المزيج عندما يتحقق التوازن الحرراي :

- الجملة (ماء بارد) ارتفعت درجة حرارتها من $\theta_{i1} = 16°C$ إلى $\theta_f$ ، هذا يعني أنها اكتسبت طاقة بتحويل حراري $Q_1$ حيث :

$Q_1 = m_1 c_e (\theta_f - \theta_{i1})$

- الجملة (ماء ساخن) انخفضت درجة حرارتها من $\theta_{i2} = 60°C$ إلى $\theta_f$ ، هذا يعني أنها قدمت طاقة بتحويل حراري $Q_1$ حيث :

$$Q_2 = m_2 c_e (\theta_f - \theta_{i1})$$

- الجملة (ماء بارد + ماء ساخن) معزولة حراريا لذا يكون :

$$Q_1 + Q_2 = 0$$

$$m_1 c_e(\theta_f - \theta_{i1}) + m_2 c_e(\theta_f - \theta_{i2}) = 0 \quad \rightarrow c_e(m_1(\theta_f - \theta_{i1}) + m_2(\theta_f - \theta_{i2})) = 0$$

$$m_1(\theta_f - \theta_{i1}) + m_2(\theta_f - \theta_{i2}) = 0 \quad \rightarrow m_1\theta_f - m_1\theta_{i1} + m_2\theta_f - m_2\theta_{i2} = 0$$

$$(m_1 + m_2)\theta_f - m_1\theta_{i1} - m_2\theta_{i2} = 0 \quad \rightarrow (m_1 + m_2)\theta_f = m_1\theta_{i1} + m_2\theta_{i2}$$

$$\theta_f = \frac{m_1\theta_{i1} + m_2\theta_{i2}}{m_1 + m_2} \quad \rightarrow \theta_f = \frac{(0.12.16) + (0.08.36)}{0.12 + 0.08} = 24°C$$

2-أ- الاختلاف في درجة الحرارة يعود إلى إهمال التبادل الحراري بين الكأس و محتواه المتمثل في الماء البارد و الماء الساخن .

ب- السعة الحرارية لكأس بيشر :

- الجملة (ماء بارد + كأس) ترتفع درجة حرارتها من $\theta_{i1} = 16°C$ إلى $\theta_f' = 23.8°C$ ، هذا يعني أنها تكتسب طاقة بتحويل حراري $Q_1$ حيث :

$$Q_1 = (C + m_1 c_e)(\theta_f - \theta_{i1})$$

- الجملة (ماء ساخن) تنخفض درجة حرارتها من $\theta_{i2} = 60°C$ إلى $\theta_f' = 23.8°C$ ، هذا يعني أنها تقدم طاقة بتحويل حراري $Q_2$ حيث :

$$Q_2 = m_2 c_e (\theta_f' - \theta_{i2})$$

- الجملة (ماء بارد + ماء ساخن) معزولة حراريا لذا يكون :

$$Q_1 + Q_2 = 0 \rightarrow (C + m_1 c_e)(\theta_f' - \theta_{i1}) + m_2 c_e(\theta_f' - \theta_{i2}) = 0$$

$$C(\theta_f' - \theta_{i1}) + m_1 c_e(\theta_f' - \theta_{i1}) + m_2 c_e(\theta_f' - \theta_{i2}) = 0$$

$$C(\theta_f' - \theta_{i1}) = -m_1 c_e(\theta_f' - \theta_{i1}) - m_2 c_e(\theta_f' - \theta_{i2})$$

$$C = \frac{-m_1 c_e(\theta_f' - \theta_{i1}) - m_2 c_e(\theta_f' - \theta_{i2})}{(\theta_f' - \theta_{i1})} \quad \rightarrow C = -m_1 c_e - \frac{m_2 c_e(\theta_f' - \theta_{i2})}{(\theta_f' - \theta_{i1})}$$

$$C = -(0.12.4180) - \frac{(0.08.4180)(23.8 - 36)}{(23.8 - 16)} = 21.44\ J/°K$$

## **التمرين (7) :** ( التمرين : 006 في بنك التمارين على الموقع ) (*)

نسخن صفيحة من النحاس كتلتها $m_1 = 1.35\ kg$ إلى غاية درجة حرارة $\theta_1 = 90°C$ ثم نضعها مباشرة في مسعر حراري مكافئه المائي $\mu = 0.1\ kg$ ، يحتوي على كتلة $m_2 = 0.5\ kg$ من الماء ، درجة حرارة الجملة (مسعر + ماء) عند وضع صفيحة النحاس هي : $\theta_2 = 60°C$ .

أ- ما هو الهدف من استعمال المسعر الحراري ؟

ب- المكافئ المائي للمسعر الذي يرمز له بـ $\mu$ هو كتلة الماء التي تستقبل نفس الطاقة بالتحويل الحراري التي يكتسبها المسعر الحراري و التي تؤدي إلى نفس التغير في درجة الحرارة ، بناء على تعريف المكافئ المائي عبر عن السعة الحرارية للمسعر بدلالة المكافئ المائي $\mu$ و السعة الحرارية الكتلة للماء $c_e$ .

جـ- أحسب درجة الحرارة النهائية للجملة (مسعر + ماء + صفيحة نحاس) ، باعتبار هذه الجملة معزولة حراريا .

يعطى :

- السعة الحرارية الكتلية للماء : $c_e = 4180\ J/kg.°K$ .
- السعة الحرارية الكتلية للنحاس : $c_{Cu} = 383\ J/kg.°K$ .

**الأجوبة :**

1- الهدف من استعمال المسعر الحراري هو الحفاظ على حرارة الجملة وعدم السماح بتبادل الحرارة مع الوسط الخارجي ، بمعنى نصبح الجملة (مسعر ومحتواه) معزولة حراريا .

**2- تعريف المكافئ المائي :**

**المكافئ المائي للمسعر الذي يرمز له بـ $\mu$ هو كتلة الماء التي تستقبل نفس الطاقة بالتحويل الحراري التي يكتسبها المسعر الحراري و التي تؤدي إلى نفس التغير في درجة الحرارة .**

3- درجة الحرارة النهائية للجملة :

- صفيحة النحاس تنخفض درجة حرارتها من $\theta_{i1} = 90°$ إلى $\theta_f$ هذا يعني أنها قدمت طاقة بتحويل حراري $Q_1$ حيث :

$$Q_1 = m_1 c_{Cu} (\theta_f - \theta_{i1})$$

- الجملة (مسعر+ماء) ترتفع درجة حرارتها من $\theta_{i2} = 60°C$ إلى $\theta_f$ هذا يعني أنها قدمت طاقة بتحويل حراري $Q_2$ حيث :

$$Q_2 = (m_2 c_e + C)(\theta_f - \theta_{i2})$$

وحيث أن $C = \mu c_e$ يكون :

$$Q_2 = (m_2 c_e + \mu c_e)(\theta_f - \theta_{i2})$$

$$Q_2 = (m_2 + \mu) c_e (\theta_f - \theta_{i2})$$

- الجملة (مسعر+ماء+نحاس) معزولة حراريا لذا يكون :

$$Q_1 + Q_2 = 0$$

$$m_1 c_{Cu}(\theta_f - \theta_{i1}) + (m_2 + \mu) c_e (\theta_f - \theta_{i2}) = 0$$

$$m_1 c_{Cu}\theta_f - m_1 c_{Cu}\theta_{i1} + (m_2+\mu) c_e \theta_f + (m_2+\mu) c_e \theta_{i2} = 0$$

$$(m_1 c_{Cu} + (m_2+\mu) c_e)\theta_f - m_1 c_{Cu}\theta_{i1} - (m_2+\mu) c_e \theta_{i2} = 0$$

$$(m_1 C_{Cu} + (m_2+\mu) C_e)\theta_f = m_1 C_{Cu}\theta_{i1} + (m_2+\mu) C_e \theta_{i2}$$

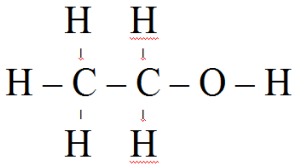
$$\theta_f = \frac{m_1 C_{Cu}\theta_{i1} + (m_2+\mu) C_e \theta_{i2}}{m_1 C_{Cu} + (m_2+\mu) C_e}$$

$$\theta_f = \frac{1,35 \cdot 383,90 + (0,5+0,1)\,4180 \cdot 80}{(1,35 \cdot 383) + ((0,5+0,1) \times 4180)} \approx 50°C$$

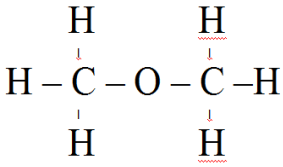
**التمرين (8) :** ( التمرين : 005 في بنك التمارين على الموقع ) (*)

1- للمركب العضوي ذو الصيغة الجزيئية التالية $C_2H_6O$ صيغتان مفصلتان (متماكبين) .

الصيغة الأولى :



الصيغة الثانية :



أ- أحسب طاقة التماسك للجزيء في كل صيغة .

ب- قارن بين الطاقتين ماذا تستنتج ؟

2- نعتبر التحولين التاليين :

a) $H_2O_{(\ell)} \rightarrow H_2O_{(g)}$

b) $H_2O_{(\ell)} \rightarrow 2H_{(g)} + O_{(g)}$

أ- أي التحولين يعتبر تحول فيزيائي و أيهما يعتبر تحول كيميائي .

ب- ما نوع الروابط التي تتأثر في كل تحول .

3- يحترق غاز الميثان $CH_4$ بالأكسجين وفق المعادلة الكيميائية التالية :

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$$

أ- أعد كتابة المعادلة بدلالة الصيغ الجزيئية المفصلة .

ب- أحسب طاقة هذا التفاعل $E_{Rea}$ .

جـ- بين إن كان التفاعل ناشر أو ماص للحرارة .

4- لكي يتفكك 1 mol من غاز الميثان و هو في حالة غازية إلى 1 mol من الفحم و 4 mol من الهيدروجين و هما أيضا في حالة غازية يجب تقديم 1660 kJ .

أ- اكتب معادلة هذا التفكك .

ب- أوجد الطاقة المتوسطة للرابطة ( C-H ) .

يعطى : $D_{(C-O)} = 356$ kJ/mol ، $D_{(C-C)} = 345$ kJ/mol .

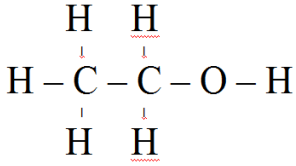
$D_{(C-H)} = 415$ kJ/mol ، $D_{(C=O)} = 843$ kJ/mol .

$D_{(O=O)} = 429$ kJ/mol ، $D_{(O-H)} = 463$ kJ/mol .

**الأجوبة :**

1- أ- حساب طاقة التماسك للجزيء في كل صيغة :

الصيغة الأولى :

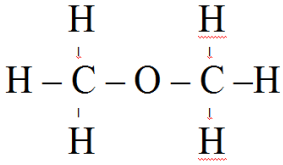


هذه الصيغة تتكون من 5 روابط تكافئية من النوع (C-H) و رابطة من النوع (C-C) و رابطة من النوع (C-O) و رابطة من النوع (O-H) لذا يكون :

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

$E_{coh} = (5 . 415) + 345 + 356$ لل$+ 463 = 3239$ kJ/mol

الصيغة الثانية :



هذه الصيغة تتكون من 6 روابط تكافئية من النوع (C-H) و رابطتين (C -O) لذا يكون :

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

$E_{coh} = (6 . 415) + (2 . 356) = 3202$ kJ/mol

ب- المقارنة بين الطاقتين و الاستنتاج :

نلاحظ: $E_{coh1} \neq E_{coh2}$ ، نستنتج أنه يمكن التمييز بين المماكبات من خلال طاقة التماسك الداخلي للجزيء .

2- أ- التحول الفيزيائي و الكيميائي :

(a) تحول فيزيائي (تبخر) .

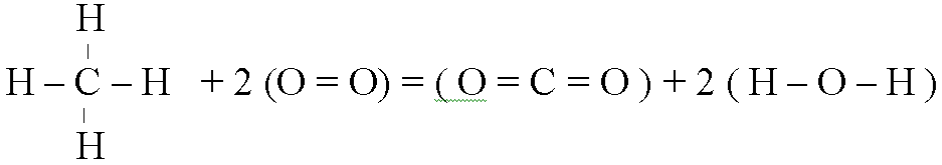
(b) تحول كيميائي .

ب- الروابط المتأثرة :

- بالنسبة للتحول (a) الفيزيائي تتأثر الروابط الموجودة بين جزيئات الماء حيث تتباعد عن بعضها البعض أثناء التحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية (بخار الماء) .

- بالنسبة للتحول (b) الكيميائي ، تتأثر الروابط الموجودة داخل جزيئات الماء حيث تنفصل الذرات المكونة للجزيء عن بعضها البعض ، ثم تعود لتتحد من جديد مشكلة أفراد كيميائية جديدة .

3- أ- كتابة المعادلة بالصيغ المفصلة :



ب- طاقة التفاعل :

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

$E_{réa} = (4D_{(C-H)} + 2D_{(O=O)}) - (2D_{(C=O)} + 4D_{(O-H)})$

$E_{réa} = ((4 . 415) + (2 . 429)) - ((2 . 843) + (4 . 463)) = -1020$ kJ/mol

جـ- التفاعل ناشر للحرارة أو ماص للحرارة :

$E_{Rea} < 0$ إذا التفاعل ناشر للحرارة .

4- أ- معادلة التفكك :

$$CH_{4\,(g)} = C_{(g)} + 4H_{(g)}$$

ب- طاقة الربط :

$$E_{coh} = 4D_{(C-H)} \rightarrow D_{(C-H)} = \frac{E_{coh}}{4} \rightarrow D_{(C-H)} = \frac{1660}{4} = 415\,kJ/mol$$

# 4- تمارين متنوعة

**التمرين (9) :** ( التمرين : 007 في بنك التمارين على الموقع ) (**)

1- نسخن 1L من الماء في إناء من الألمنيوم كتلته $m = 500\ g$ بموقد بنزن خلال مدة زمنية قدرها 5 min فترتفع درجة حرارة الجملة (ماء + إناء) من $\theta_i = 10°C$ إلى $\theta_f = 60°C$ .
أ- أوجد قيمة السعة الحرارية C للجملة (ماء + إناء) .
ب- أحسب مقدار التحويل الطاقوي الحراري خلال مدة التحويل (5min) ، و كذا استطاعة هذا التحويل .
2- نضع قطعة من الألمنيوم كتلتها $m'_{Al} = 500\ g$ و درجة حرارتها $\theta_{i2} = 150°C$ في الإناء السابق المملوء بالماء عند درجة الحرارة $\theta_{i1} = 60°C$ بعد نزع الموقد .
أ- إذا اعتبرنا Q هو التحويل الحراري بين الجملة (ماء + إناء + قطعة Al) ، أثبت أنه يعبر عن درجة الحرارة النهائية للجملة (ماء + إناء + قطعة Al) بالعلاقة التالية :

$$\theta_f = \frac{C\theta_{1i} + m_{Al}'c_{Al}\theta_{f2} + Q}{C + m_{Al}'c_{Al}}$$

ب- أحسب قيمة درجة الحرارة النهائية $\theta_f$ عند حدوث التوازن الحراري للجملة (ماء + إناء + قطعة Al) في الحالات التالية :
- الجملة (ماء + إناء + قطعة Al) معزولة طاقويا .
- الجملة (ماء + إناء + قطعة Al) تكتسب أثناء هذا التحويل طاقة قدرها 36KJ .
- الجملة (ماء + إناء + قطعة Al) تقدم أثناء هذا التحويل طاقة قدرها 14.7KJ.

يعطى :
- السعة الحرارية الكتلية للألمنيوم : $c_{Al} = 890\ J/Kg.°K$ .
- السعة الحرارية الكتلية للماء : $c_e = 4180\ J/Kg.°K$ .
- الكتلة الحجمية للماء : $\rho_e = 1\ Kg/L$ .

**الأجوبة :**

1- السعة الحرارية للجملة ( ماء + إناء) :

$C = C_e + C_{Al}$
$C = m_e c_e + m_{AL} c_{Al}$
- $m_e = \rho_e V = 1 \,.\, 1 = 1\ kg$
- $C = (1 \,.\, 4180) + (0.5 \,.\, 890) = 4625\ J/°K$

ب- مقدار التحويل الطاقوي :
الجملة (ماء - إناء) ارتفعت درجة حرارتها من $\theta_i = 10°C$ إلى $\theta_f = 60°C$ ، و بالتالي فهي اكتسبت طاقة بتحويل حراري Q حيث :

$Q = C ( \theta_f - \theta_i )$
$Q = 4625 ( 60 - 10 ) = 231250 \text{ J}$

استطاعة التحويل :

$$P = \frac{|Q|}{\Delta t} \rightarrow P = \frac{231250}{5.60} = 770.83 \text{ W}$$

2- أ- إثبات : $\theta_f = \frac{C\theta_{1i} + m_{Al}'c_{Al}\theta_{i2} + Q}{C + m_{Al}'c_{Al}}$

درجة الحرارة النهائية :

- الجملة (ماء + إناء ) ترتفع درجة حرارتها من $\theta_{i1} = 60°C$ إلى $\theta_f$ ، و بالتالي فهي اكتسبت طاقة بتحويل حراري $Q_1$ حيث :

$Q_1 = C (\theta_f - \theta_{i1})$

- قطعة الألمنيوم $m_{Al}'$ تنخفض درجة حرارتها من $\theta_{i2} = 150°$ إلى $\theta_f$ ، و بالتالي فهي قدمت طاقة بتحويل حراري $Q_2$ حيث :

$Q_2 = m_{Al}' c_{Al} (\theta_f - \theta_{i2})$

- عندما يحدث تبادل طاقوي بين الجملة (ماء + إناء + قطعة Al) و الوسط الخارجي بتحويل حراري مقداره Q يكون :

$Q_1 + Q_2 = Q$
$C (\theta_f - \theta_{i1}) + m_{Al}'c_{Al} (\theta_f - \theta_{i2}) = Q$
$C\theta_f - C\theta_{i1} + m_{Al}'c_{Al} \theta_f - m_{Al}'c_{Al} \theta_{i2} = Q$

$$(C + m_{Al}'c_{Al}) \theta_f = C\theta_{i1} + m_{Al}'c_{Al} \theta_{i2} + Q \rightarrow \theta_f = \frac{C\theta_{1i} + m_{Al}'c_{Al}\theta_{f2} + Q}{C + m_{Al}'c_{Al}}$$

ب- درجة الحرارة النهائية $\theta_f$ للجملة ( ماء + إناء + قطعة Al) :

الحالة - أ :

في هذه الحالة الجملة ( ماء + إناء + قطعة Al) معزولة طاقويا لذا يكون : $Q = 0$ و منه :

$$\theta_f = \frac{(4625.60) + (0.5.890.150) + 0}{4625 + (0.5.890)} \approx 68°C$$

الحالة - ب :

في هذه الحالة الجملة ( ماء + إناء + قطعة Al) اكتسبت طاقة قدرها $36 . 10^3 \text{ J}$ بتحويل حراري لذا يكون $Q = + 36 . 10^3 \text{ J}$ و منه :

$$\theta_f = \frac{(4625.60) + (0.5.890.150) + 36.10^3}{4625 + (0.5.890)} = 75°C$$

الحالة - جـ :

في هذه الحالة الجملة ( ماء + إناء + قطعة Al) قدمت طاقة قدرها $14.7 . 10^3 \text{ J}$ بتحويل حراري لذا يكون $Q = - 14.7 . 10^3 \text{ J}$ و منه :

$$\theta_f = \frac{(4625.60) + (0.5.890.150) - 14.7.10^3}{4625 + (0.5.890)} = 65°C$$

**التمرين (10) :** ( التمرين : 011 في بنك التمارين على الموقع ) (**)

تحتوي قارورة معزولة حراريا على كتلة $m_1 = 250\ g$ من الماء درجة حرارته $\theta_i = 30°C$ . ندخل في هذه القارورة قطعة من الجليد كتلتها $m_2 = 20\ g$ و درجة حرارتها $\theta_{i1} = -10°C$ .

1- أحسب ما يلي :

أ- مقدار التحول الطاقوي $Q_e$ إذا انخفضت درجة حرارته الماء من $\theta_i = 30°$ إلى $\theta_f = 0°C$ .

ب- مقدار التحويل الطاقوي $Q_1$ عندما ترتفع درجة حرارة قطعة الجليد من $\theta_{i1} = -10°C$ إلى $\theta_{f1} = 0$ .

جـ- مقدار التحويل الطاقوي $Q_2$ عندما تنصهر قطعة الجليد .

2- قارن بين $(Q_1 + Q_2)$ و $|Q_e|$، استنتج أن قطعة الجليد تنصهر كليا و أن درجة الحرارة النهائية للجملة (ماء + جليد) عند حدوث التوازن تكون أكبر من $0°C$ .

3- أحسب درجة الحرارة النهائية للجملة (ماء + جليد) علما أن هذه الجملة معزولة حراريا و التبادل الحراري بين الجملة و القارورة مهمل .

4- إذا كانت كتلة قطعة الجليد مساوية لـ $m_2' = 0.1\ kg$ .

أ- أثبت أن قطعة الجليد لا تنصهر كليا .

ب- أحسب كتلة الجليد المتبقية ، علما أن الجملة (ماء + جليد) معزولة حراريا و التبادل الحراري بينها و بين القارورة مهمل .

يعطى :
- السعة الحرارية الكتلية للماء : $C_e = 4180\ J/kg.°C$ .
- السعة الحرارية الكتلية للجليد : $C_g = 2100\ J/kg.°C$ .
- السعة الكتلية لانصهار الجليد : $L_f = 3.35 . 10^5\ J/kg$ .

**الأجوبة :**

1- أ- قيمة $Q_e$ :

$$Q_e = m_1.c_e\ (\theta_f - \theta_i)$$
$$Q_e = 0.25 . 4180\ (0 - 30) = -3.14 . 10^4\ J$$

ب- قيمة $Q_1$ :

$$Q_1 = m_2.c_g\ (\theta_{f1} - \theta_{i1})$$
$$Q_1 = 0.02 . 2100\ (0 - (-10)) = 4.20 . 10^2\ J$$

جـ- قيمة $Q_2$ :

$$Q_2 = m_2.L_f$$
$$Q_2 = 0.02 . 3.35 . 10^5 = 6.70 . 10^3\ J$$

2- المقارنة بين $Q_1 + Q_2$ و $|Q_e|$ :

$$Q_1 + Q_2 = 4.20 . 10^2 + 6.70 . 10^3 = 7.12 . 10^3$$

نلاحظ : $|Q_e| < Q_1 + Q_2$ ، أي أن الطاقة التي تحتاجها قطعة الجليد حتى تنصهر كليا أقل من الطاقة التي يقدمها الماء عند بلوغ درجة حرارة انصهار الجليد . نستنتج أن قطعة الجليد تنصهر كليا ، و الفرق بين $(Q_1 + Q_2)$ و $Q$ يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الماء الناتج عند الانصهار الكلي للجليد إلى قيمة أكبر من $0°C$ .

3- درجة الحرارة النهائية للجملة (ماء + جليد) :

بما أن $|Q_e| < Q_1 + Q_2$ فإن تحول الجليد لا يتوقف عند الانصهار الكلي فقط ، بل يتعدى التحول إلى ماء و ارتفاع درجة حرارته إلى $\theta_f > 0$ ، في هذه الحالة يكتسب الجليد المنصهر طاقة بتحويل حرراي $Q_3$ حيث :

$$Q_3 = m_2 c_e\ (\theta_f - \theta_i) = m_2\ c_e\ \theta_f \quad (\theta_i = 0)$$

و هذا بعد أن اكتسب طاقة بتحويل حرراي $Q_1$ عندما ارتفعت درجة حرارة قطعة الجليد من $\theta_{i1} = -10°C$ إلى $\theta_{f1} = 0°C$ و اكتساب طاقة بتحويل حرراي $Q_2$ عندما انصهرت قطعة الجليد كليا ، حيث :

$Q_1 = m_2 c_g (\theta_f - \theta_{i1}) = - m_2 c_g \theta_{i1} \quad (\theta_f = 0)$

$Q_2 = m_2 L_f$

في المقابل تنخفض درجة حرارة الماء من $\theta_i = 30°C$ إلى $\theta_f$ و بالتالي يقدم طاقة بتحويل حراري $Q_0'$ حيث :

$Q_e' = m_1 c_e (\theta_f - \theta_i)$

- بما أن الجملة (ماء + جليد + جليد منصهر) معزولة حراريا :

$Q_e' + Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$

$m_1 c_e(\theta_f - \theta_i) - m_2 c_g \theta_{i1} + m_2 L_f + m_2 c_e \theta_f = 0$

$m_1 c_e \theta_f - m_1 c_e \theta_i - m_2 c_g \theta_{i1} + m_2 L_f + m_2 c_e \theta_f = 0$

$(m_1 + m_2)\, c_e \theta_f - m_1 c_e \theta_i - m_2 c_g \theta_{i1} + m_2 L_f = 0$

$$(m_1 + m_2)\, c_e \theta_f = m_1 c_e \theta_i + m_2 c_g \theta_{i1} - m_2 L_f \rightarrow \theta_f = \frac{m_1 c_e \theta_i + m_2 c_g \theta_{i1} - m_2 L_f}{(m_1 + m_2) c_e}$$

$$\theta_f = \frac{(0.25 . 4180 . 30) + (0.02 . 2100 (-10)) - (0.02 . 3.35 . 10^5)}{(0.25 + 0.02) 4180} = 21.5°C$$

4- أ- اثبات أن قطعة الجليد لا تنصهر كليا :

- نحسب الطاقة التي تقدمها الجملة (ماء) بالتحويل الحراري $Q_e$ حتى تنخفض درجة حرارتها من $\theta_i = 30°$ إلى $\theta_f = 0°C$ (مفروض) و قد و لقد وجدنا سابقا :

$Q_e = m_1 C_e (\theta_f - \theta_i) = - 3{,}14 . 10^4 \text{ J}$

- نحسب الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة الجليد من $\theta_{i1} = -10°C$ إلى $\theta_{f1} = 0°C$ بالتحويل الحراري $Q_1'$ حيث :

$Q_1' = m_2' c_g (\theta_{f1} - \theta_{i1}) = 0{,}1 . 2100 (0 - (-10)) = 2{,}10 . 10^3 \text{ J}$

نلاحظ أن $Q_1' < Q_e$ هذا يعني أن الجليد تبلغ درجة حرارته $O°C$ و يدخل مرحلة الإنصهار ، و لكي نعرف إن كان ينصهر كليا أو جزئيا نحسب $(Q_1' + Q_2')$ و نقارنها بـ $|Q_e|$ حيث $Q_2'$ هو التحويل الحراري اللازم لانصهار قطعة الجليد كليا :

- $Q_2' = m_2 L_f = 0{,}1 . 3{,}35 . 10^5 = 3{,}35 . 10^4 \text{ J}$
- $Q_1' + Q_2' = 2{,}1 . 10^3 + 3{,}35 . 10^4 = 3{,}56 . 10^4 \text{ J}$

نلاحظ : $(Q_1' + Q_2') < |Q_e|$ هذا يعني أن قطعة الجليد لم تنصهر كليا .

ب- كتلة الجليد المتبقية :

- نحسب أولا كتلة الجليد المنصهرة ، و بما أن الجليد لم ينصهر كليا فدرجة الحرارة النهائية للجملة هي $\theta_f = 0$ كما أن التحولات الحرارية الحادثة هي :

- انخفاض درجة حرارة الماء من $\theta_i = 30°$ إلى $\theta_f = 0$ ، هذا يعني أن الماء قدم طاقة بتحول حراري $Q_e$ حيث :

$Q_e = m_1 c_e(\theta_f - \theta_i) = 0 \rightarrow Q_e = m_1 c_e(0 - \theta_i) \rightarrow Q_e = - m_1 c_e \theta_i$

- ارتفاع درجة حرارة الجليد من $\theta_{i1} = -10°C$ إلى $\theta_f = 0$ هذا يعني أن قطعة الجليد اكتسبت طاقة بتحويل حراري $Q_1''$ حيث :

$Q_1'' = m_2 c_g (\theta_f - \theta_{i1}) = m_2 c_g (0 - \theta_{i1}) = - m_2 c_g \theta_{i1}$

- انصهار جزئي لقطعة الجليد ، هذا يعني أن قطعة الجليد اكتسبت طاقة بتحويل حراري $Q_2''$ حيث :

$Q_2'' = m_2' L_f$

حيث $m_2'$ هي كتلة الجليد المنصهرة .

- الجملة (ماء + جليد ) معزولة جراريا و عليه يكون :

$$Q_e + Q_1'' + Q_2'' = 0$$
$$- m_1c_e\theta_i - m_2c_g\theta_{i1} + m_2'L_f = 0$$
$$m_2'L_f = m_1c_e\theta_i + m_2c_g\theta_{i1} \rightarrow m_2' = \frac{m_1c_e\theta_1 + m_2c_g\theta_{i1}}{L_f}$$
$$m_2' = \frac{(0,25.4180.30) + (0,1.2100(-10))}{3,35.10^5} = 0,0873\,g$$

و هي كتلة الجليد المنصهرة ، إذن كتلة الجليد المتبقية هي :

$$m_1'' = 0,1 - 0,0873 = 0,0127\ g$$

**التمرين (11) :** ( التمرين : 012 في بنك التمارين على الموقع ) (**)

نريد تحديد مردود مسخن ماء يشتغل بغاز الميثان $CH_4$ (غاز المدينة ) ، نعرف مردود المسخن $\eta$ على أنه نسبة الطاقة المفيدة التي استعملت في تسخين الماء و التي قدمها المسخن للماء إلى الطاقة الناتجة عن احتراق الغاز و التي استقبلها المسخن حيث يمكن التعبير عنه بالعلاقة :

$$\eta = \frac{P}{P_0}.100$$

حيث : P هي استطاعة التحويل المفيد و $P_0$ هي استطاعة التحويل الناتج عن احتراق الغاز .

• نقيس درجة حرارة الماء قبل دخول المسخن فنجدها $\theta_i = 15°C$ و بعد خروجه منه يكون $\theta_f = 65°C$ ، أثناء اشتغال المسخن لمدة 5 min يجتاز المسخن 10 L من الماء و أثناء هذه المدة نحدد من خلال عداد الغاز حجم الغاز المستهلك فنجد $V_g = 120$ L مقاس في شروط يكون فيها الحجم المولي $V_M = 24$ L/mol .

يعطى :

- السعة الكتلية للماء: $C_e = 4180$ J/kg.°K .
- السعة الحرارية لغاز المدينة: $C = 2,5.10^7$ J/m$^3$ .
- الكتلة الحجمية للماء $\rho_e = 1$ kg/L .

1- أحسب قيمة التحويل الحراري Q المحول إلى الماء خلال 5 min ، ثم استنتج استطاعة هذا التحويل P .

2- التفاعل الكيميائي المنمذج لإحتراق غاز الميثان يعبر عنه بالعلاقة :

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} = CO_{2(g)} + 2H_2O_{(\ell)}$$

أ- أعد كتابة المعادلة بدلالة الصيغ الجزيئية المفصلة .

ب- أحسب التحويل الطاقوي $Q_0$ الناتج عن احتراق 1 mol من الميثان $CH_4$ .

جـ- أحسب الطاقة المحولة من احتراق الغاز المستهلك خلال 5 min ثم استنتج استطاعة هذا التحويل $P_0$ .

يعطى :

| الرابطة | $C=O$ | $O=O$ | $O-H$ | $C-H$ |
|---|---|---|---|---|
| $D_{X-Y}(kj/mol)$ | 749 | 498 | 463 | 414 |

3- أحسب مردود هذا المسخن .

**الأجوبة :**

1- قيمة التحويل الحراري المحول إلى الماء خلال 50 min :

عند مرور الماء بالمسخن ترتفع درجة حرارته من $\theta_i = 15°C$ إلى $\theta_f = 65°C$ و أثناء ذلك يكتسب الماء طاقة بتحويل حراري Q حيث :

$$Q = m_e c_e (\theta_f - \theta_i) \rightarrow Q = \rho_e V_e c_e (\theta_f - \theta_i)$$

خلال 5 min يتم تسخين 10L من الماء بواسطة المسخن :

$$Q = 1 \,.\, 10 \,.\, 4180 \,(\, 65 - 15) = 2.09 \,.\, 10^6 \text{ J}$$

- استطاعة التحويل :

$$P = \frac{|Q|}{\Delta t} \rightarrow P = \frac{2.09\ 10^6}{5\ .60} = 6.97 .10^3 \text{ W}$$

2- أ- كتابة معادلة التفاعل باستعمال الصيغ الجزيئية المفصلة :

$$H - \underset{\displaystyle H}{\overset{\displaystyle H}{C}} - H \;+ 2\,(O = O) = (\,O = C = O\,) + 2\,(\,H - O - H\,)$$

ب- التحويل الطاقوي $Q_0$ الناتج عن احتراق 1 mol من غاز الميثان $CH_4$ :

$$Q_0 = \Sigma D_{X-Y}(\text{متفاعلات}) - \Sigma D_{X-Y}(\text{نواتج})$$

$$Q_0 = 4D_{C-H} + 2D_{O=O} - 2D_{C=O} - 4D_{O-H}$$

$$Q_0 = (4 \,.\, 414.10^3) + (\,2 \,.\, 498.10^3) - (2 \,.\, 749.10^3) - (4.463.10^3\,) = -6.98.10^5 \text{ J}$$

جـ- التحويل الحراري $Q_0$ الناتج عن احتراق الغاز المستهلك خلال 5 min :

نحسب أولا كمية الغاز المستهلك و الموافقة لـ 120 L من غاز الميثان المستهلك خلال مدة التسخين 5 min :

$$n(CH_4) = \frac{V(CH_4)}{V_M} = \frac{120}{24} = 5 \text{ mol}$$

وجدنا سابقا أن من أجل 1 mol من غاز الميثان يكون $Q = -6.98 \,.\, 10^5$ و لحساب التحويل الحراري الموافقة للكمية 5 mol من الغاز المستهلك نستعمل القاعدة الثلاثية كما يلي :

$$\begin{cases} 1 \text{ mol} \rightarrow -6.98 \,.\, 10^5 \text{ J} \\ 5 \text{ mol} \rightarrow Q_T \end{cases}$$

$$Q_T = \frac{5 \,.\, (-6.98 \,.10^5)}{1} = -3.49 \,.10^6 \text{ J}$$

- الإستطاعة P الناتجة عن احتراق الغاز المستهلك :

$$P_0 = \frac{|Q_0|}{\Delta t} \rightarrow P = \frac{|-3.49.10^6|}{5\ .60} = 1.16.10^4 \text{ W}$$

3- حساب المردود :

$$\eta = \frac{P}{P_0}.100 \quad \rightarrow \eta = \frac{6.97\ .10^3}{1.16\ .10^4}.100 = 60\%$$

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

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

www.sites.google.com/site/faresfergani