5. الطـــاقـــة الداخليـــة

الطاقة الداخلية

نعلم أن الطاقة الداخلية لجملة تتعلق بالبنية الداخلية للمادة على المستوي المجهري . التطرق لهذا المفهوم يتطلب معرفة بنية المادة التي تتكون من جزيئات و أيونات و ذرات .

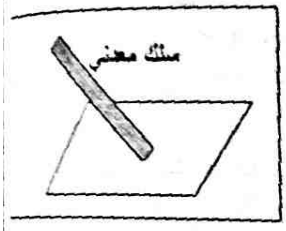
ـ إذا اكتسبت جملة تحويلا طاقويا و لم تتغير الطاقة الحركية و الكامنة لمجموع جزيئاتها ، نقول ان هذه الجملة اكتسبت طاقة داخلية (Energie interne) و نرمز لها بـ (E_i) .

الطاقة الداخلية لجملة تتعلق بحالتها الحرارية ، الفيزيائية ـ الكيميائية و النووية .

نتعرف في هذه الوحدة على مركبات الطاقة الداخلية التالية :

1) المركبة الحرارية
2) المركبة المنسوبة للحالة الفيزيائية ـ الكيميائية

1) ـ المركبة الحرارية للطاقة الداخلية



نشاط :

1) خذ قطعة من سلك معدني ثم حك أحد طرفيه على سطح خشن لمدة كافية .
2) المس (بحذر) بيدك طرف السلك قبل و بعد عملية الحك ، ماذا تلاحظ ؟

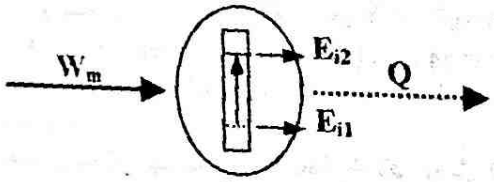
ـ نلاحظ أن درجة حرارة السلك المعدني قد ارتفعت بعد عملية الحك .

3) هل تغيرت الطاقة الداخلية للسلك بعد عملية الحك ؟ لماذا ؟

ـ نعم تغيرت الطاقة الداخلية للسلك بعد عملية الحك . لأن درجة حرارة السلك المعدني قد ارتفعت .

4) مثل الحصيلة الطاقوية للسلك بين بداية و نهاية الحك .

ـ الحصيلة الطاقوية للسلك بين بداية و نهاية الحك :



5) اعط تفسيرا على المستوي المجهري لتغير الطاقة الداخلية للسلك

بعد مرور بضع دقائق على الحك نلاحظ تعادل درجة حرارة السلك . إن الجسيمات المكونة للسلك الموجودة عند طرفه اكتسبت طاقة حركية نتيجة الإحتكاك مع السطح الخشن ،هذه الجزيئات تقدم جزءا من طاقتها الحركية إلى الجسيمات القريبة منها و بدورها هذه الأخيرة تحول جزءا من طاقتها إلى التي تقربها و هكذا يستمر التحويل إلى أن تصبح لكل الجزيئات ، في المتوسط ، نفس الطاقة الحركية و تصبح لكل نقطة من السلك نفس درجة الحرارة . نقول في هذه الحالة أن الجملة "السلك" في حالة اتزان حراري

نتيجة :

يدل ارتفاع درجة حرارة الجملة على تغير طاقتها الداخلية ΔE_{th} . ارتفاع الطاقة الداخلية للجملة ناتج عن زيادة الطاقة الحركيةالمجهرية لجسيمات الجملة .

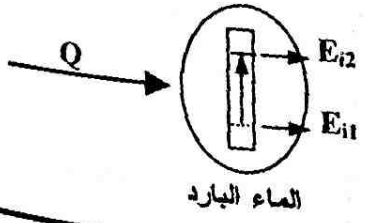
$$W_m + E_{i1} = Q + E_{i2}$$

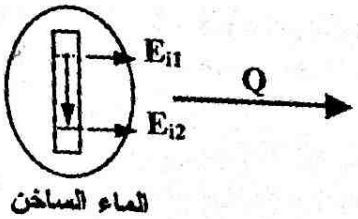
العوامل التي يتعلق بها التحويل الحراري

نشاط ـ1 : علاقة التحويل الحراري بتغير درجة الحرارة

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

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





2 – ماذا يمثل التحويل الحراري Q بين الماء البارد و الماء الساخن ؟
يمثل التحويل الحراري Q بين الماء البارد و الماء الساخن التغير في الطاقة الداخلية لهما .

3 – هل يمكنك تقدير درجة حرارة الجملة عند التوازن الحراري في هذه الحالة ؟
يمكن تقدير درجة حرارة الجملة عند التوازن الحراري في هذه الحالة بالقيمة : $\theta = 40° C$.

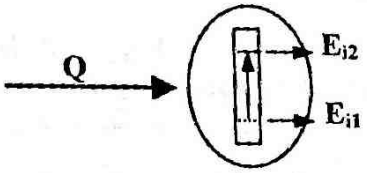
4 – استنتج الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الإبتدائية و الحالة النهائية .
الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الإبتدائية و الحالة النهائية : $\Delta\theta = 20° C$.

ب) – أعد التجربة بأخذ نفس كمية الماء البارد السابقة ($\theta_1 = 20° C$ و $200 g$) ثم أضف لها نفس الكمية من ماء ساخن درجة حرارته $\theta_2 = 80° C$.
اعتبر دائما الجملة المكونة من كميتي الماء معزولة حراريا .

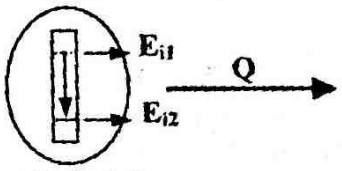
1 – قس درجة الحرارة عند التوازن الحراري في هذه الحالة . هل لها نفس القيمة السابقة ؟
درجة الحرارة عند التوازن الحراري في هذه الحالة : $\theta = 50° C$. ليس لها نفس القيمة السابقة : $\theta = 40° C$.

2 – استنتج الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الإبتدائية و الحالة النهائية .
الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الإبتدائية و الحالة النهائية : $\Delta\theta = 30° C$.

3 – مثل الحصيلة الطاقوية للماء البارد و للماء الساخن بين الحالة الإبتدائية و الحالة النهائية .



الماء البارد



الماء الساخن

4 – هل قيمة التحويل الحراري Q هي نفسها القيمة السابقة ؟
يمثل التحويل الحراري Q بين الماء البارد و الماء الساخن التغير في الطاقة الداخلية لهما و بالتالي قيمة التحويل الحراري Q ليست نفسها القيمة السابقة لأن التغير في الحرارة ليس نفسه .

5 – بماذا تتعلق قيمة التحويل الحراري ؟
تتعلق قيمة التحويل الحراري بالتغير في درجة الحرارة بين الحالة الإبتدائية و الحالة النهائية للجملة .

نشاط ــ 2 : علاقة التحويل الحراري بكمية المادة (الكتلة)

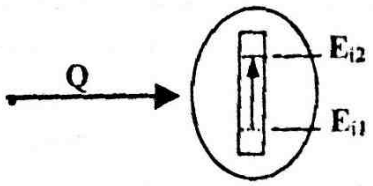
- أعد التجربة و خذ نفس كمية الماء البارد في نفس درجة الحرارة ($\theta_1 = 20° C$ و $200 g$) و أضف لها ضعف الكمية من الماء الساخن $\theta_2 = 60° C$.

1 – هل يكون للجملة نفس درجة حرارة التوازن السابقة , الجزء أ) ــ ؟
لا . لا يكون للجملة نفس درجة حرارة التوازن السابقة , الجزء أ) ــ

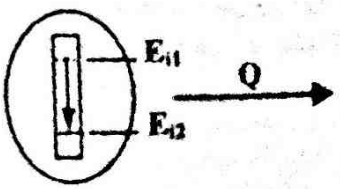
2 – قس درجة حرارة الماء بعد التوازن الحراري . ماذا تلاحظ ؟
درجة حرارة الماء بعد التوازن الحراري : $\theta = 46° C$. ليس لها نفس القيمة السابقة : $\theta = 40° C$.

3 – استنتج الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الإبتدائية و الحالة النهائية .
الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الإبتدائية و الحالة النهائية : $\Delta\theta = 26° C$.

4 – مثل الحصيلة الطاقوية للماء البارد و للماء الساخن بين الحالة الإبتدائية و الحالة النهائية .



الماء البارد



الماء الساخن

5 – قارن بين قيمة التحويل الحراري Q لهذا النشاط و قيمته في النشاط ــ1 الجزء – أ .
يمثل التحويل الحراري Q بين الماء البارد و الماء الساخن التغير في الطاقة الداخلية لهما و بالتالي قيمة التحويل الحراري Q ليست نفسها القيمة السابقة لأن التغير في الحرارة ليس نفسه و هذا بسبب وجود اختلاف في الكتلة .

نشاط ـ3 : علاقة التحويل الحراري بنوع المادة

- أعد التجربة و خذ نفس كمية الماء البارد في نفس درجة الحرارة ($200\ g$ و $\theta_1 = 20°\ C$) و اضف لها نفس الكمية من النحاس ($m_{Cu} = 200\ g$) في درجة حرارة $\theta_2 = 60°\ C$.

1 – قس درجة حرارة الجملة عند التوازن الحراري في هذه الحالة . هل لها نفس القيمة التي حصلت عليها في النشاط ـ1 الجزء – أ ؟

درجة حرارة الماء بعد التوازن الحراري : $\theta = 46°\ C$. ليس لها نفس القيمة السابقة : $\theta = 40°\ C$.

2 – استنتج الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الإبتدائية و الحالة النهائية .

الفرق في درجة حرارة الماء البارد بين الحالة الإبتدائية و الحالة النهائية : $\Delta\theta = 26°\ C$.

3 – بماذا تتعلق قيمة التحويل الحراري ؟

تتعلق قيمة التحويل الحراري بنوع المادة .

نتيجة عامة :

تتعلق قيمة الطاقة المحولة Q بين كميتين من المادة بكتلة و نوع كل مادة و بالفرق بين درجة الحرارة النهائية و الإبتدائية لكل مادة تفقد أو تستقبل طاقة بتحويل حراري Q حيث يمثل هذا التحويل التغير في الطاقة الداخلية لكل مادة :

$$Q = \Delta E_{th}$$

عبارة التحويل الحراري Q

تتناسب قيمة التحويل الحراري المصحوب بتغير درجة الحرارة و غير المصحوب بتغير في الحالة الفيزيائية للمادة مع كتلة هذه الأخيرة و الفرق في درجة الحرارة بين الحالة الإبتدائية و الحالة النهائية للجملة المدروسة .

تكتب عبارة هذا التحويل على الشكل التالي : $Q = mc(\theta_f - \theta_i)$

حيث :

- **Q** : هو التحويل الحراري المقدر بالجول (J)
- **m** : كتلة المادة المستقبلة أو الفاقدة للتحويل الحراري (kg)
- θ_i : درجة الحرارة الإبتدائية و θ_f درجة الحرارة النهائية (°C)
- **C** : معامل يعرف باسم السعة الحرارية الكتلية للمادة المدروسة و هي تتعلق بنوع المادة أي هي مقدار يميز المادة و تختلف قيمته حسب نوع المادة . و في بعض المصادر يسمى بـ السعة الحرارية النوعية .

وحدة السعة الحرارية الكتلية هي : الجول / (الدرجة × الكيلوغرام) : $J/(C°.kg)$.

السعة الحرارية الكتلية :

السعة الحرارية الكتلية لمادة هي الحرارة الأزمة لرفع درجة حرارة وحدة الكتلة من المادة درجة واحدة مئوية .

السعة الحرارية :

السعة الحرارية لمادة هي كمية الحرارة الأزمة لرفع درجة حرارة هذه المادة درجة واحدة مئوية و هي عبارة عن الحرارة الكتلية مضروبة في كتلة المادة و وحدتها $J/(°C)$.

$$C = c \cdot m$$

ملاحظات :

- إذا كانت درجة الحرارة النهائية أكبر من درجة الحرارة الإبتدائية $(\theta_f > \theta_i)$ هذا يعني أن التحويل الحراري Q موجب و نلاحظ عندئذ ارتفاعا في المركبة الحرارية للطاقة الداخلية للجسم أي : $\Delta E_{th} = Q > 0$ يعني أن الجسم استقبل طاقة .
- ✓ إذا كانت درجة الحرارة النهائية أقل من درجة الحرارة الإبتدائية $(\theta_f < \theta_i)$ هذا يعني ان التحويل الحراري Q سالب و نلاحظ عندئذ انخفاضا في المركبة الحرارية للطاقة الداخلية للجسم أي : $\Delta E_{th} = Q < 0$ يعني ان الجسم فقد الطاقة .
- ✓ توافق قيمة c التحويل الحراري اللازم لتغير درجة حرارة جملة كتلتها واحد كيلوغرام (1 kg) بدرجة واحدة (1° C) بدون تغير في حالتها الفيزيائية .
- ✓ قيمة التغير في درجة الحرارة بالوحدة (°C) سلسيوس Celsius تساوي نفس القيمة بالوحدة (K) كلفن Kelvin

السعة الحرارية للمزيج

تعرف السعة الحرارية لجسم يحتوي على عدة مكونات على أنها مجموع السعات الحرارية لمختلف مكونات الجسم .

نعتبر مثلا جسما يحتوي على n مادة كتلة كل منها m_i و سعتها الحرارية ابكتلية c_i (أي لها سعة حرارية $C_i = m_i c_i$)

نكتب عبارة سعته الحرارية كما يلي : $C = m_1c_1 + m_2c_2 + m_3c_3 + \ldots = \sum_{i=1}^{i=n} m_ic_i = \sum_{i=1}^{i=n} Ci$.

قيم السعة الحرارية الكتلية لبعض المواد		
الحالة	المادة	c (J) /(kg . K)
الصلبة	الألومنيوم (Al)	890
	النحاس (Cu)	380
	الجليد	2090
	الخشب	1700
السائلة	الماء	4185
الغازية	الأكسجين (O_2)	0,94

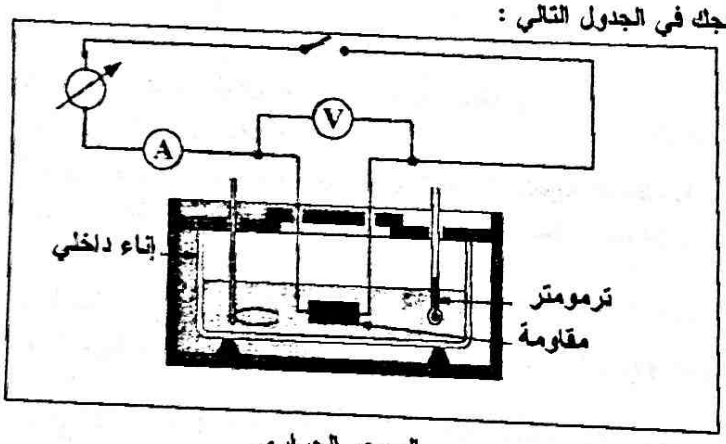
فعل جـول

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

نشاط : التحقق من قانون جول

حقق التركيب المبين على الشكل المرافق المكون من مسعر حراري و لواحقه , معدلة كهربائية , أمبيرمتر و فولط متر و مقاومة لتسخين الماء .

- ضع كمية من ماء كتلتها $m = 300\ g$ في المسعر و قس درجة الحرارة الإبتدائية .
- اغلق القاطعة و قس الزمن اللازم لرفع درجة حرارة الماء داخل المسعر بعشر درجات مئوية (10° C) .
- قس في نفس الوقت شدة التيار المار في المقاومة و فرق الكمون بين طرفيها .
- غير في شدة التيار و ذلك بتغيير قيمة مقاومة المعدلة و قس شدة التيار و فرق الكمون و الزمن اللازم لرفع درجة حرارة الماء داخل المسعر بعشر درجات (10° C) مئوية .
- كرر العملية عدة مرات بتغيير شدة التيار ثم دون نتائجك في الجدول التالي :



المسعر الحراري

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

a ـ اكتب عبارة الطاقة المكتسبة من قبل الماء .

عبارة الطاقة المكتسبة من قبل الماء : $Q = m\,c(\theta_f - \theta_i)$

b ـ اكتب عبارة الطاقة الكهربائية المحولة الى المقاومة .

عبارة الطاقة الكهربائية المحولة الى المقاومة : $W = R\,I^2\,t$

c ـ باعتبار المسعر معزولا حراريا و أن المقاومة تحول كل الطاقة الكهربائية التي تستقبلها , اكتب معادلة انحفاظ الطاقة .

$$Q = W$$

$$m\,c(\theta_f - \theta_i) = R\,I^2\,t$$

نتيجة :

عندما يعبر تيار كهربائي مقاومة صرفة ، هذه الأخيرة تكتسب طاقة كهربائية و تحولها كاملة الى حرارة على شكل تحويل حراري . تدعى الظاهرة التي تصحب مرور تيار كهربائي في ناقل أو مقاومة بفعل جول .

ملاحظة :

يعتبر فعل جول :

- مفيدا إذا كان الهدف هو الإستفادة من ذلك التحويل الحراري الناتج عنه , ذلك ما يحدث في المسخن الكهربائي , المكواة , ...
- غير مفيد في الحالة التي تكون رفع درجة الحرارة غير مرغوب فيها , حالة دارة كهربائية مثلا أو حالة خطوط التوصيل الكهربائي التي تنقل الكهرباء من مركز التوليد الى المستهلك .....

2 – مركبة الطاقة الداخلية المنسوبة للحالة الفيزيائية – الكيميائية للجملة

تتكون المادة في كل حالاتها ، على المستوى المجهري ، من ذرات و جزيئات . تتعلق حالة المادة بشدة التأثير المتبادل بين هذه الجسيمات . نميز نوعين من التأثيرات :

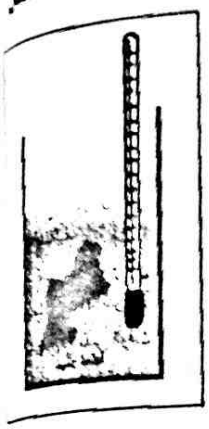
1ـ تأثير بين الجزيئات ينتج عنه طاقة التماسك .

2ـ تأثير بين الذرات المكونة للجزيئات ينتج عنه طاقة الرابطة الكيميائية .

طاقة التماسك

نشاط ـ1 :

خذ قطعة من جليد و ضعها داخل وعاء معدني فيه كمية من ماء بارد درجة حرارته تقارب 0°C . راقب لمدة كافية ، باستعمال محرار ، درجة حرارة الجملة (كمية الماء ، قطعة الجليد و الوعاء) :



1 – هل الجملة معزولة حراريا ؟

ـ لا . الجملة ليست معزولة حراريا.

2 ـ قس باستعمال ميقاتية مدة ذوبان الجليد .

3 ـ هل درجة حرارة الجملة تغيرت مدة ذوبان الجليد ؟

ـ لا . درجة حرارة الجملة لم تتغير خلال مدة ذوبان الجليد .

4 ـ هل الجملة اكتسبت طاقة من الوسط الخارجي مدة ذوبان الجليد ؟

ـ نعم . الجملة اكتسبت طاقة من الوسط الخارجي مدة ذوبان الجليد .

5 – إذا كان الجواب نعم ، ما هو أثر الطاقة المكتسبة على الجملة ؟

ـ أثر الطاقة المكتسبة على الجملة هو فقط ذوبان الجليد .

نتيجة :

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

نشاط ـ2 :

اعد التجربة السابقة بأخذ ضعف كتلة الجليد السابقة .

1ـ قس مدة ذوبان الجليد .

2ـ قارن هذه المدة مع مدة ذوبان قطعة الجليد في تجربة النشاط ـ1 . ماذا تستنتج ؟

ـ نجدها أطول من المدة الزمنية في تجربة النشاط ـ1 . نستنتج أن قيمة التحويل الحراري في هذا النشاط أكبر من قيمة التحويل في النشاط ـ1 .

نشاط ـ3 :

اعد التجربة السابقة بأخذ كتل مختلفة للجليد (m 3 ، m 4 ...) و قس في كل مرة مدة ذوبان الجليد . ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج ؟

ـ نلاحظ أن المدة الزمنية تكون أطول كلما كانت زادت كتلة قطعة الجليد . نستنتج أن التحويل الحراري يكون أكبر كلما كانت زادت كتلة قطعة الجليد .

نتيجة :

تتناسب مدة الذوبان مع كتلة قطعة الجليد . بما أن التحويل الحراري المتبادل بين الجليد و الوسط الخارجي متناسب مع الزمن نستنتج أن قيمة التحويل الحراري اللازم لذوبان قطعة الجليد متناسب مع كتلته . يمثل التحويل الحراري المرفق لذوبان قطعة الجليد الطاقة اللازمة لتلاشي الروابط التي كانت تتماسك بها جزيئات الماء . تدعى هذه الطاقة طاقة التماسك .

عبارة التحويل الحراري Q في حالة تغير الحالة الفيزيائية للمادة

يتطلب تغير الحالة الفيزيائية لجسم نقي كتلته m ، عند درجة حرارة ثابتة ، تحويلا حراريا Q عبارته :

$$Q = m \cdot L$$

Q : التحويل الحراري بالجول (J)

M : كتلة الجسم بالكيلوغرام (kg)

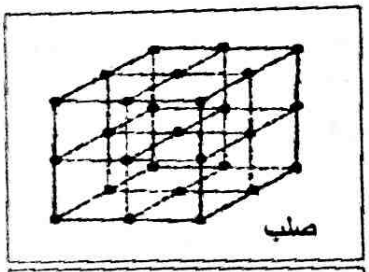
L : السعة الكتلية لتغير الحالة (J/kg)

يدعى المعامل L السعة الكتلية لتغير حالة الجسم النقي و هو يتعلق بنوع المادة و تغيرات الحالة الفيزيائية .

1ـ تغيرات الحالة الفيزيائية

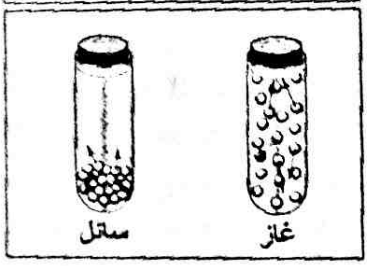
تتعلق حالة المادة بشدة التأثير المتبادل بين الجزيئات المكونة لها و نميز ثلاث حالات :

1ـ الحالة الصلبة هي الحالة التي تتوزع فيها جزيئات المادة على شبكة بلورية حيث تكون شديدة الإرتباط فيما بينها . تؤمن هذه الروابط تماسك البنية البلورية للمادة .



2ـ الحالة السائلة وهي الحالة التي تكون فيها جزيئات المادة ضعيفة الإرتباط فيما بينها حيث يكون التأثير بين جزيئات المادة ضعيف الشدة .

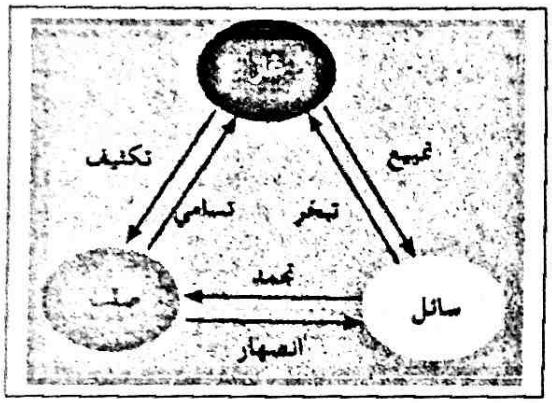
3ـ الحالة الغازية هي الحالة التي تكون فيها شدة التأثير المتبادل بين جزيئات المادة مهملة .



2 – التحويلات الحرارية لتغير الحالة الفيزيائية للمادة

يمثل الشكل المرافق مختلف تحولات الحالة الفيزياء للمادة :

يحدث تحويل حراري كلما تغيرت حالة مادة ، نذكر من هذه التغيرات :



ـ الإنصهار (Fusion) :

الإنصهار هو تغير حالة الجسم من صلب إلى سائل وهو تحول ماص للحرارة . نرمز للسعة الكتلية للإنصهار بالرمز L_f .

يحسب التحويل الحراري Q اللازم تقديمه لإنصهار كتلة m من مادة في حالتها الصلبة بالعبارة التالية :

$$Q_f = m L_f$$

ـ التجمد (Solidification) :

التجمد هو تغير حالة الجسم من سائل إلى صلب وهو تحول ناشر للحرارة .

التحويل الحراري Qs المفقود من مادة كتلتها m خلال عملية التجمد هو نفسه التحويل الذي تكتسبه المادة في عملية الذوبان أي :

$$Q_s = - Q_f = - m L_f$$

الإشارة ناقص تدل على أن المادة فقدة طاقة حرارية .

ـ التبخر (Vaporisation) :

التبخر هو تغير حالة الجسم من سائل إلى غاز وهو تحول ماص للحرارة . نرمز للسعة الكتلية للتبخر بالرمز L_v .

يحسب التحويل الحراري Q اللازم تقديمه لتبخير كتلة m من مادة في حالتها السائلة بالعبارة التالية :

$$Q_v = m L_v$$

ـ التمييع (Liquéfaction) :

التمييع هو تغير حالة الجسم من غاز إلى سائل وهو تحول ناشر للحرارة . التحويل الحراري Q_l المفقود من مادة كتلتها m خلال عملية التمييع هو نفسه التحويل الذي تكتسبه نفس المادة في عملية التبخير أي :

$$Q_l = - Q_v = - m L_v$$

بعض السعات الحرارية الكتلية		السعة الكتلية للتبخر تحت الضغط الجوي			السعة الكتلية للإنصهار تحت الضغط الجوي		
سائل	c (J/kg.°C)	المادة	L_v (kJ/Kg)	درجة التبخر (°C)	المادة	L_f (kJ/Kg)	درجة الإنصهار (°C)
الماء	4180	الماء	2261	100	الماء (جليد)	335	0
الإيثانول	2420				الألمنيوم	404	660
صلب	c (J/kg.°C)				الحديد	270	1535
الحديد	450						
النحاس	384						
الألمنيوم	904						

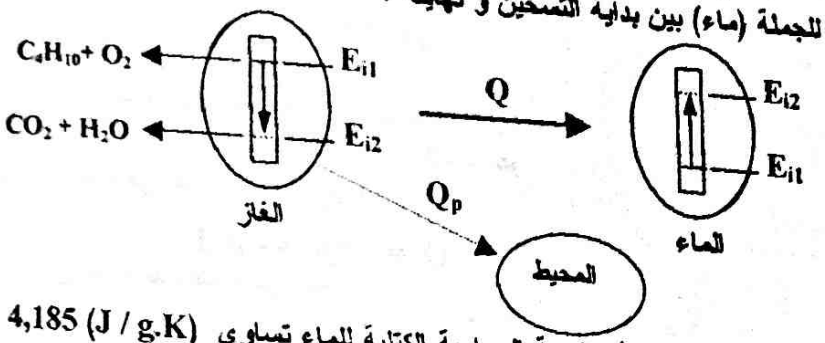
ملاحظة :
ـ يكون التحويل (تغير الحالة) ماصا للحرارة إذا اكتسب الجسم النقي طاقة حرارية من الوسط الخارجي (عملية تبخر الماء).
ـ يكون التحويل (تغير الحالة) ناشر للحرارة إذا فقد الجسم النقي طاقة حرارية نحو الوسط الخارجي (تجمد الماء) .

التفسير المجهري لتغير الحالة الحرارية المرافقة لتحويل فيزيائي :
تتعلق حالة المادة بشد التأثير المتبادل بين الجزيئات المكونة لها أي بطاقة التماسك . و تغيير الحالة الفيزيائية لها ما هو إلا تغير شدة طاقة التماسك .
تمثل طاقة التماسك المرافقة لتغير الحالة الفيزيائية للمادة ، الطاقة اللازمة لتلاشي أو تكوين الروابط التي تتماسك بها جزيئات المادة .

طاقة الرابطة الكيميائية

نشاط ـ1 : تعيين طاقة الرابطة الكيميائية لوقود قداحة

1ـ ضع كتلة $M = 40\ g$ من ماء في علبة من الألومنيوم .
2ـ خذ قداحة تحتوي على كمية من وقود (مادة البوتان C_4H_{10}) و علم ال... ي V_i للوقود الموجود داخلها .
استعمل هذه القداحة لتسخين الكمية السابقة من الماء .
3ـ عين على القداحة المستوى النهائي V_f للوقود .
4ـ قدر كمية الوقود المستهلكة لتسخين الماء (يمكنك معايرة خزان القداحة و هذا بوز... القداحة قبل و بعد مدة التسخين).
5ـ لماذا نستعمل وعاء من الألومنيوم ؟
ـ نستعمل وعاء من الألومنيوم لتسهيل انتقال الحرارة من القداحة إلى الماء و خفض الضياع في الحرارة .
6ـ مثل الحصيلة الطاقوية للجملة (ماء) بين بداية التسخين و نهايته .

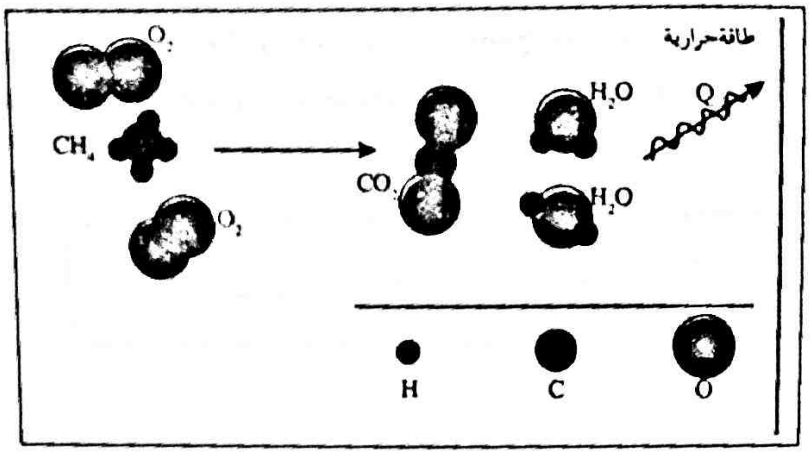


7ـ احسب الطاقة المكتسبة من قبل الماء علما أن السعة الحرارية الكتلية للماء تساوي $c = 4{,}185\ (J/g.K)$ و أن تتغير في درجة الحرارة خلال مدة التسخين التي تقارب الدقيقة يكون $\Delta\theta = 15°\ C$.
ـ الطاقة المكتسبة من قبل الماء : $Q = m\,c(\theta_f - \theta_i) = 40 \cdot 4{,}185 \cdot 15 = 2511\ J$.
8ـ استنتج الطاقة E_i التي تتحرر عن احتراق كتلة $m = 1\ g$ من الوقود .
ـ خلال المدة السابقة تحترق كتلة تقدر بـ 150 mg من غاز البوتان .الطاقة المحررة نتيجة إحتراق البوتان التي ندعوها طاقة الرابطة الكيميائية تساوي : $E_i = Q + Q_p$ حيث Q الطاقة الحرارية المحولة فعليا إلى الماء و هي تساوي : $Q = m\,c(\theta_f - \theta_i) = 40 \cdot 4{,}185 \cdot 15 = 2511\ J$. و Q_p الطاقة الحرارية الضائعة في المحيط (في الوسط الخارجي)
لا يمكننا في هذه التجربة تقدير الضياع الحراري ، إذا أخذنا الإحتياطات اللازمة للتقليل منها يمكن أن نقبل أن طاقة الرابطة الكيميائية E_i تساوي الطاقة الحرارية المحولة فعلا إلى الماء Q و ذلك بإهمال الطاقة الضائعة Q_p لكن في كل الحالات فإن قيمة طاقة الرابطة الكيميائية E_i أكبر من الطاقة المحولة إلى الماء Q . و أخيرا نجد الطاقة E_i التي تتحرر عن احتراق كتلة $m = 1\ g$ من الوقود : $E_i = 16740\ J/g$
9ـ الطاقة المكتسبة من قبل الماء أقل من الطاقة المحررة من احتراق الوقود . أي أن قيمة طاقة الرابطة الكيميائية E_i التي وجدتها في التجربة أقل من القيمة الحقيقية لماذا ؟
ـ و ذلك بإهمال الطاقة الضائعة Q_p لكن في كل الحالات فإن قيمة طاقة الرابطة الكيميائية E_i أكبر من الطاقة المحولة إلى الماء Q و هذا إذا لم نهمل الطاقة الضائعة Q_p .

نتيجة :
يمثل التحويل الحراري الآزم لإحتراق الوقود (البوتان C_4H_{10}) الطاقة اللازمة لتغيير الحالة الكيميائية ، نتيجة التفاعل بين الذرات ، حيث تقطع روابط و تتكون أخرى . يعبر هذا التحويل عن طاقة الرابطة الكيميائية E_i .

التفسير المجهري لتغير الحالة الحرارية المرافقة لتحول كيميائي :

تتغير الروابط الكيميائية ، نتيجة التفاعل بين الذرات حيث تقطع روابط وتتكون روابط أخرى مما يحدث تغييرا في مخزون الطاقة الكامنة الميكروسكوبية للجملة . تدعى هذه الطاقة ، طاقة الرابطة الكيميائية . و تساوي قيمتها قيمة التحويل الحراري الذي يحدث . يمثل الشكل المرفق التغيرات الميكروسكوبية التي ترافق تحرير الطاقة عند احتراق غاز الميثان هو المكون الأساسي للغاز الطبيعي) .



✓ إذا تزايد مخزون الطاقة الكامنة الميكروسكوبية للجملة يكون التحول الكيميائي ماصا للحرارة .

✓ إذا تناقص مخزون الطاقة الكامنة الميكروسكوبية للجملة يكون التحول الكيميائي ناشرا للحرارة .

تطبيق : تعيين طاقة التماسك و مقارنتها مع طاقة الرابطة الكيميائية

ضع كمية من الماء كتلتها 2,5 g في علبة من مادة الألومنيوم و سخنها حتى درجة حرارة الغليان ثم قم بوزن هذه الكمية و بعدها مباشرة اشعل القداحة و ضعها تحت العلبة. انتظر دقيقة أو دقيقتين حتى تتبخر كمية من الماء .
أعد وزن الماء المتبقي في العلبة .

1 ـ حدد كتلة الماء المتبخر .

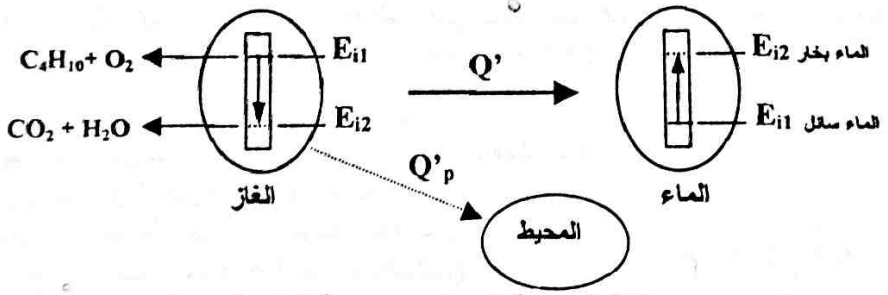
ـ تقدر كتلة الماء المتبخر بـ $m = 1\ g$

2 ـ اقترح طريقة لقياس كتلة الوقود المحترق من القداحة .

ـ لقياس كتلة الوقود المحترقة نقترح أخذ قداحتين متماثلتين واحدة مملوءة و الأخرى فارغة ثم نقوم بوزنها و تعيين كتلة الوقود الموجودة في القداحة المملوءة . تدرج بعد ذلك القداحة وفق عدد من التدريجات . و بعد التجربة نحدد كمية الوقود قبل و بعد التجربة نحدد كمية الوقود المحترق من قياس الفرق بين مستويي الوقود قبل و بعد الإحتراق و مقارنته بالفرق بين كل تدريجة .

3 ـ أنجز الحصيلة الطاقوية .

ـ الحصيلة الطاقوية :



4 ـ هل يمكنك تقدير ، باستعمال نتائج النشاط السابق ، الطاقة الحرارية التي اكتسبها كمية الماء المتبخرة .

ـ وجدنا في النشاط السابق أن 1g من البوتان يحرر 16740 J و من التجربة نجد أنه قد تبخرت الكتلة $m = 1\ g$ من الماء باحتراق كتلة من البوتان قدرها $m = 0,1\ g$ حيث باستخدام قاعدة ثلاثية بسيطة نجد بالتقريب طاقة التماسك التي هي نفسها السعة الكتلية للتبخر $L_v = 1674\ J/g$.

5 ـ استنتج الطاقة الحرارية التي تكتسبها كتلة $m = 1\ g$ من الماء لكي تتبخر : L_v (للماء) .

ـ الطاقة الحرارية التي تكتسبها كتلة $m = 1\ g$ من الماء لكي تتبخر : $Q_v = m\ L_v = 1 = 1674 = 1674\ J$

6 ـ قارن بين هذه القيمة و قيمة طاقة الرابطة الكيميائية لوقود القداحة E_1 .

ـ هذه القيمة أصغر بكثير من قيمة طاقة الرابطة الكيميائية لوقود القداحة E_1 .

نتيجة :

تبين نتائج النشاطات السابقة أن الطاقة الكامنة المخزنة في المادة اللازمة لتماسك مجموعة من الذرات في الجزيئات تفوق بعشرة أضعاف تقريبا الطاقة اللازمة لتماسك مجموعة من الجزيئات .

يهدف هذا التطبيق إلى تعيين طاقة التماسك لجزيئات الماء و التي تمثل السعة الكتلية لتبخر الماء و مقارنة رتبة قيمتها من بين قيمة الطاقة الرابطة الكيميائية .

E_l : الطاقة المحررة نتيجة احتراق البوتان و هي تساوي : $E_l = Q' + Q'_p$

Q' : الطاقة الحرارية اللازمة لتبخر الماء و هي تساوي : $Q'_v = m L_v$ ، إذا أهملنا هذه الطاقة يمكن أن تساوي بين الطاقة المحررة و

Q'_p : الطاقة الحرارية الضائعة في المحيط (الوسط الخارجي) ، الطاقة الممتصة من الماء ليغير حالته الفيزيائية و يصبح بخارا .

احتراق البوتان و الطاقة التي تحصلنا عليها و ليست قيم دقيقة لأنها تتعلق بكيفية إجراء التجربة لكن في كل الحالات نلاحظ

ملاحظة : هذه رتبة القيم التي تحصلنا عليها و ليست قيم دقيقة لأنها تتعلق بكيفية إجراء التجربة لكن في كل الحالات نلاحظ

قيمة طاقة الرابطة الكيميائية E_l تساوي عدة أضعاف قيمة طاقة التماسك .

الطـــاقـــة الداخليـــة .TP

قياسات حرارية

الأهداف :

ـ استعمال طريقة المزج لتحقيق تحويلات حرارية داخل جملة معزولة

ـ إنجاز حصيلة تحويلات حرارية

ـ استنتاج قيم بعض المقادير الحرارية

نقسم هذا العمل إلى ثلاثة أجزاء :

1ـ في الجزء الأول : تحديد السعة الحرارية لمسعر حراري واستنتاج المكافئ المائي للمسعر

2ـ في الجزء الثاني : تحديد السعة الحرارية الكتلية لقطعة معدنية

3ـ في الجزء الثالث : استنتاج السعة الكتلية لإنصهار الجليد

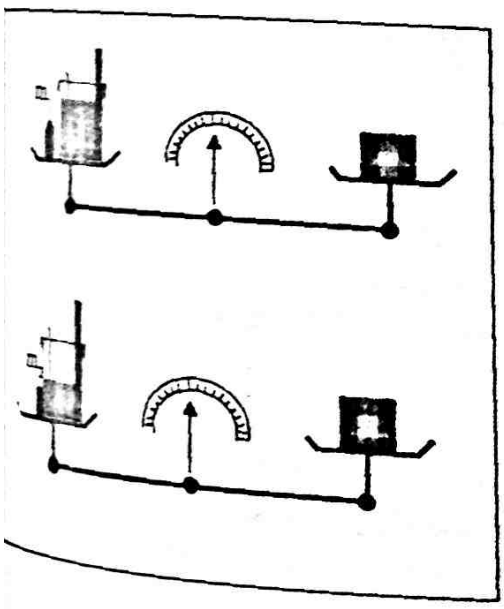
الأدوات المستعملة :

مسعر حراري و لواحقه ، ميزان ، قطعة معدنية ، قطع جليدية .

الجزء الأول : تحديد السعة الحرارية لمسعر حراري واستنتاج المكافئ المائي للمسعر

تعريف : المكافئ المائي للمسعر هو كمية الماء التي تمتص نفس التحويل الحراري الذي يمتصه المسعر .

نتمذج حينئذ المسعر الحقيقي بمسعر مثالي (لا يمتص الحرارة) زائدا كمية من ماء (المكافئ المائي للمسعر) .



طريقة العمل :

1ـ ضع كمية من ماء بارد كتلتها m داخل المسعر وانتظر تحقيق التوازن الحراري ثم قس درجة حرارة الجملة Ti .

2 ـ ضع الجملة (المسعر + الماء) على كفة الميزان وازنه بكتلة m_1 و بوضع على الكفة الأخرى كتلة عيارية (الشكل1) .

3 ـ سخن كمية من الماء في إناء ثم قس درجة حرارته T_2 مباشرة قبل تفريغ جزء منه في المسعر .

4 ـ خلط كميتي الماء حتى تتوازن الجملة ثم قس درجة الحرارة النهائية للجملة T_f .

5 ـ وازن الميزان بكتلة m_2 ثم عين كتلة الماء الساخن المفرغ داخل المسعر بالعلاقة : $M = m_1 - m_2$.

المطلوب :

تحديد قيمة السعة الحرارية للمسعر واستنتاج مكافئه المائي .

طريقة الإنجاز :

1 ـ الجملة المدروسة هي : المسعر + الماء الساخن + الماء البارد

2 ـ تحديد الحالة الإبتدائية و الحالة النهائية :

الحالة الإبتدائية :

ـ المسعر درجة حرارته T_i

ـ الماء البارد كتلته m و درجة حرارته T_i .

ـ الماء الساخن كتلته M و درجة حرارته T_2

الحالة النهائية :

ـ المسعر درجة حرارته T_f

ـ الماء البارد كتلته m و درجة حرارته T_f

ـ الماء الساخن كتلته M ودرجة حرارته T_f

3 – تحديد التحويلات الحرارية :

المسعر : استقبل تحويلا حراريا Q_1 من الماء الساخن وارتفعت حرارته من T_i إلى T_f : $Q_1 = C (T_f - T_i)$
حيث C السعة الحرارية للمسعر .

الماء البارد : استقبل تحويلا حراريا Q_2 من الماء الساخن وارتفعت درجة حرارته من Ti إلى T_f : $Q_2 = m c (T_f - Ti)$
حيث c هي السعة الكتلية للماء .

الماء الساخن : فقد تحويلا حراريا Q_3 و انخفضت درجة حرارته من T_2 إلى T_f : $Q_3 = M c (T_f - T_c)$ (قيمتها سالبة) .

4 – الحصيلة الحرارية للجملة :

الجملة المدروسة هذه عبارة عن جملة معزولة لأنها لا تبادل الطاقة مع الوسط الخارجي ومنه نستنتج أن مجموع التحويلات الحرارية التي حصلت في الجملة معدوم ، أي :

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = O$$

و من ثمة نستنتج عبارة السعة الحرارية للمسعر :

$$C = -[m c (T_f - Ti) + M c (T_f - T_2)] / (T_f - T_i)$$

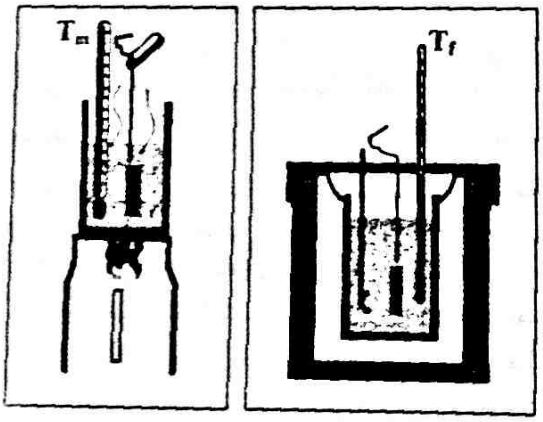
ثم نحسب قيمتها علما أن السعة الكتلية للماء : $c = 4{,}185 (J . Kg^{-1} . K^{-1})$.

المكافئ المائي للمسعر μ هو كتلة الماء التي تستقبل نفس التحويل الحراري الذي استقبله المسعر ، أي : $C = \mu c$

أي : $$\mu = -[m (T_f - T_i) + M (T_f - T_2)] / (T_f - T_i)$$

الجزء الثاني :

تحديد السعة الحرارية الكتلية لقطعة معدنية .



طريقة العمل :

1ـ اقترح طريقة عملية دقيقة تقيس بها الكتلة m لقطعة معدنية .

2ـ علق هذه القطعة داخل إناء يوجد فيه ماء نقي في حالة غليان .
نقبل أن بعد دقائق يصبح للقطعة المعدنية نفس درجة حرارة الماء ،
قس درجة الحرارة T_m .

3ـ خلال هذه الفترة ، خذ كمية من بارد كتلتها M و ضعها في المسعر
و انتظر التوازن الحراري ثم قس درجة الحرارة T_i للماء و المسعر .

4ـ اخرج القطعة المعدنية بسرعة من الإناء و ضعها داخل المسعر
و حرك حتى يحدث التوازن الحراري ثم قس درجة الحرارة النهائية T_f .

المطلوب :

تحديد السعة الكتلية للقطعة المعدنية .

طريقة الإنجاز :

1 – الجملة المدروسة هي : المسعر + الماء + القطعة المعدنية

2 – تحديد الحالة الإبتدائية و الحالة النهائية :

ـ الحالة الإبتدائية :

1 ـ المسعر درجة حرارته T_1

2 ـ الماء كتلته M ودرجة حرارته T_1

3 ـ القطعة المعدنية كتلتها m و درجة حرارتها Tm

ـ الحالة النهائية :

1 ـ المسعر درجة حرارته T_f

2 ـ الماء كتلته M ودرجة حرارته T_f

3 ـ القطعة المعدنية كتلتها m و درجة حرارتها T_f

تحديد التحويلات الحرارية :

المسعر : استقبل تحويلا حراريا Q_1 من القطعة المعدنية و ارتفعت درجة حرارته من T_i إلى T_f :

$$Q_1 = C (T_f - T_i)$$

الماء : استقبل تحويلا حراريا Q_2 من القطعة المعدنية و ارتفعت درجة حرارته من T_i إلى T_f :

$$Q_2 = M c (T_f - T_i)$$

القطعة المعدنية : فقدت تحويلا حراريا Q_3 و انخفضت درجة حرارتها من T_m إلى T_f :

$$Q_3 = m c_m (T_f - T_m)$$ حيث c_m هي السعة الكتلية للقطعة المعدنية

4 – الحصيلة الطاقوية للجملة :

الجملة معزولة : $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$ و منه نستنتج عبارة السعة الكتلية للقطعة المعدنية :

$$c_m = - (T_f - Ti) (M c + C) / m.(T_f - T_m)$$

ثم نحسب قيمتها علما أن قيمة السعة الحرارية للمسعر قد حددت في الجزء الأول .

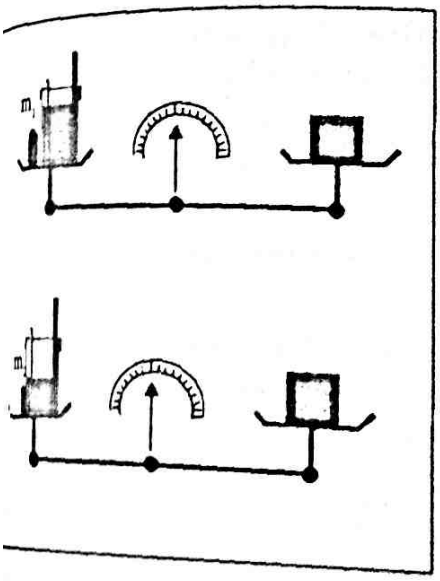
الجزء الثالث :

السعة الكتلية لإنصهار الجليد

طريقة العمل :

1ـ ضع قطع جليدية في وعاء به ماء نقي و انتظر التوازن الحراري . تحقق باستعمال الحرارة أن درجة حرارة التوازن (ماء + جليد) هو فعلا 0 °C .

2ـ خلال هذه الفترة ضع كمية من ماء كتلتها m في المسعر وانتظر التوازن الحراري ثم قس درجة الحرارة الإبتدائية T_i للماء و المسعر .



3ـ ضع المجموع (المسعر + الماء) على كفة الميزان و وازنه بكتلة m_1 و بوضع على الكفة الأخرى كتلة عيارية .

4ـ خذ من الإناء قطع جليدية (قطعة أو قطعتين حسب الحجم) و امسحها بسرعة بمنديل ورقي مثلا ، و ضعها في المسعر . راقب في المحرار انخفاض درجة الحرارة النهائية T_f للجملة .

5ـ وازن الميزان بكتلة m_2 ثم عين كتلة القطع الجليدية المفرغة داخل المسعر بالعلاقة : $M = m_1 - m_2$.

المطلوب :

تحديد قيمة السعة الكتلية لإنصهار الجليد L_f .

طريقة الإنجاز :

لحساب التحويلات الحرارية في مثل هذه المسائل نتبع الخطوات التالية :

1 – نحدد في البداية الجملة المدروسة

2 – نعرف الحالة الإبتدائية و الحالة النهائية

3 – نحدد التحولات الحرارية التي حدثت باستعمال العلاقات المناسبة :

أ ـ تغيير درجة الحرارة بدون تغيير الحالة : $Q_{1\to f} = m c (T_f - T_i)$

ب ـ تغيير الحالة عند درجة حرارة ثابتة : $Q_{1\to f} = m L_{1\to 2}$

4 – نلخص الحصيلة الطاقوية للجملة (يستحسن استعمال القيم الجبرية للتحويلات الحرارية Q المفقودة أو المكتسبة)

1 – الجملة المدروسة هي : المسعر + الماء + القطع الجليدية

2 – تحديد الحالة الإبتدائية و الحالة النهائية :

ـ الحالة الإبتدائية :

1ـ المسعر درجة حرارته Ti

2ـ الماء كتلته m و درجة حرارته Ti

3ـ القطع الجليدية كتلتها M و درجة حرارتها 0 °C

ـ الحالة النهائية :

1ـ المسعر درجة حرارته T_f

2 ـ الماء كتلته m و درجة حرارته T_f

3 ـ القطع الجليدية التي تحولت إلى كمية من ماء درجة حرارته T_f

3ـ تحديد التحويلات الحرارية :

المعدن : فقد تحويلا حراريا Q_1 و انخفضت درجة حرارته من T_i إلى T_f : $Q_1 = C (T_f - T_i)$.

الماء : فقد تحويلا حراريا Q_2 وانخفضت درجة حرارته من T_i إلى T_f : $Q_2 = m c (T_f - T_i)$.

القطع الجليدية : استقبلت تحويلا حراريا على مرحلتين :

المرحلة الأولى : تحولت حالتها عند درجة حرارة ثابتة 0 °C من حالة صلبة إلى حالة سائلة حيث استقبلت تحويل حراري : $Q' = M L_f$ ،

المرحلة الثانية : استقبلت التحويل حراري "Q" و ارتفعت درجت حرارتها من 0 °C إلى T_f : $Q'' = M c (T_f - 0)$

4ـ الحصيلة الحرارية للجملة :

الجملة معزولة : $Q_1 + Q_2 + Q' + Q'' = 0$ نستنتج عبارة السعة الكتلية لإنصهار الجليد :

$$L_f = - (T_f - T_i) . (m c + C) + M c T_f / M$$

ثم نحسب قيمته . يمكن مقارنة القيمة التي نتحصل عليها مع القيمة الجاري العمل بها : $L_f = 335 \text{ KJ . Kg}^{-1}$

تطبيق : تعيين مردود مسخن ماء

لتحديد مردود مسخن ماء يشغل بغاز المدينة نقوم بالتجربة التالية :

ـ نقيس ، باستعمال محرار ، درجة حرارة ماء الحنفية (الذي لا يمر عبر المسخن) : $T_i = 15 \text{ °C}$.

ـ نقيس درجة حرارة الماء الساخن (بعد أن يمر عبر المسخن) : $T_f = 65 \text{ °C}$

ـ نقيس ، باستعمال ميقاتية ، مدة ملئ قدر سعته 10 لترات ($Ve = 10 \text{ L}$) : 5 دقيقة ($t = 5 \text{ min}$) .

ـ نقيس ، بالقراءة على عداد الغاز ، حجم الغاز المستعمل لتسخين الماء حتى يمتلئ القدر : 120 لتر ($Vg = 120 \text{ L}$) .

ـ نعلم من المراجع أن : السعة الحرارية الكتلية للماء $c_e = 4185 \text{ J/(Kg . K)}$ و القدرة الحرارية لغاز المدينة $c = 2{,}5 . 10^7 \text{ J/m}^3$

1 ـ احسب قيمة التحويل الحراري المحول إلى الماء ثم استنتج الإستطاعة المحولة .

2 ـ احسب قيمة التحويل الحراري الناتج من احتراق الغاز .

3 ـ قارن بين قيمتي التحويلين ثم مثل الحصيلة الطاقوية للجملتين (الماء) و (غاز المدينة + أكسجين) خلال عملية تسخين كمية الماء .

4 ـ انطلاقا من نتائج السؤال السابق ، عرف ثم احسب مردود مسخن الماء .

5 ـ نقدر من فاتورة الكاهرباء و الغاز التسعيرة المتوسطة لإستهلاك الطاقة التالية :

ـ سعر واحد كيلواط ساعي (1 KWh) من طاقة الكهرباء يساوي 3 DA

ـ سعر (1 Thermie) أي ما يعادل مليون حريرة أي $4{,}18 . 10^6 \text{ J}$ من طاقة الغاز يساوي 0,3 DA .

a ـ احسب كلفة تسخين 100 L من الماء باستعمال هذا المسخن بالغاز .

b ـ احسب كلفة تسخين 100 L من الماء باستعمال مسخن كهربائي له نفس استطاعة تحويل مسخن الماء السابق و باعتبار مردوده يساوي الواحد (أي تحول كل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية) . ماذا تستنتج ؟

الحـل :

1 ـ حساب قيمة التحويل الحراري المحول إلى الماء :

ـ تعيين الجملة المدروسة : الماء . التحول الذي حدث هو تغير درجة حرارة الماء بدون تغير حالته الفيزيائية اكتسب تحويل حراري : $Q_1 = m c (T_f - Ti) = 10 . 4185 (65 - 15) = 2{,}09\ 10^6 \text{ J}$ يرفع هذا التحويل الطاقة الحركية الميكروسكوبية لجزيئات الماء .

ـ استنتاج الإستطاعة المحولة :

نعرف استطاعة التحويل على أنها النسبة بين التحويل الحراري على الزمن الذي أنجز فيه أي : $P = Q / t$

تطبيق عددي : $P = 2{,}09 . 10^6 / (300) = 6967 \text{ W}$

2 ـ حساب قيمة التحويل الحراري الناتج عن احتراق الغاز :

الجملة المعتبرة هي (غاز المدينة + الأكسجين) يولد احتراقه التحويل الحراري :

$$\left.\begin{array}{l} 2{,}5 . 10^7 \text{ J} \rightarrow 1 \text{ m}^3 \\ Q_2 \rightarrow 120 . 10^{-3} \text{ m}^3 \end{array}\right\} \Rightarrow Q_2 = 2{,}5 . 10^7 . 120 . 10^{-3} = 3 . 10^6 \text{ J}$$

أثناء عملية الإحتراق ينقص مخزون الطاقة الداخلية للجملة مما ينتج عنه التحويل الطاقوي Q_2 .

3 ـ مقارنة بين قيمتي التحويلين ثم تمثيل الحصيلة الطاقوية للجملتين (الماء) و (غاز المدينة + أكسجين) خلال عملية تسخين كمية الماء :

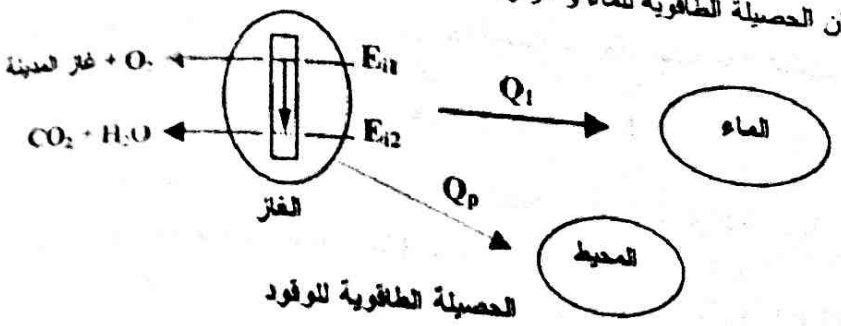
ـ نلاحظ أن $Q_2 > Q_1$. هذا يعني أن الطاقة المحررة أثناء احتراق الوقود لا تسخن الماء فحسب بل تضيع جزء منها في المحيط . الطاقة Qp الضائعة هي :

$$Q_p = Q_2 - Q_1 = 3 . 10^6 - 2,09 . 10^6$$

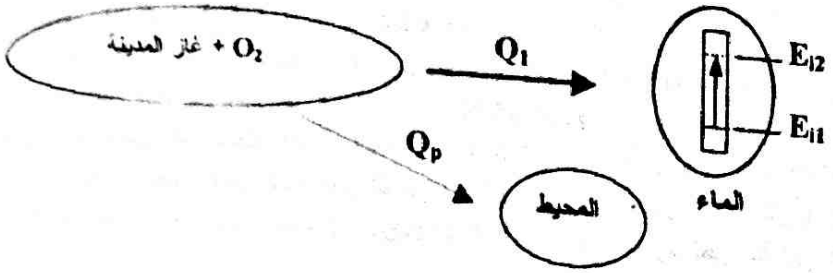
و منه :

$$. Q_p = 0,91 . 10^6 \text{ J}$$

ـ يمثل الشكلان المواليان الحصيلة الطاقوية للماء و الوقود خلال عملية تسخين كمية الماء :



الحصيلة الطاقوية للوقود



الحصيلة الطاقوية للماء

4 ـ تعريف ثم حساب مردود مسخن الماء : من السؤال السابق نلاحظ أن الطاقة المحررة من احتراق الوقود لم تستعمل كلها لتسخين الماء و لكن ضاع جزء في تسخين المحيط . نعرف المردود على أنه النسبة بين الطاقة المفيدة (التي استعملت لتسخين الماء) على الطاقة المقدمة من احتراق الغاز :

$$\rho = Q_1/Q_2 = 2,09\ 10^6/3 . 10^6$$

$$\rho = 0,696 = 70\ \%$$

5ـ a ـ حساب كلفة تسخين 100 L من الماء باستعمال المسخن الغازي :

وجدنا أن تسخين 10 L من الماء يتطلب طاقة قدرها $Q_2 = 3 . 10^6$ J ، نستنتج أن تسخين 100 L من الماء يتطلب احترق قيمته :

$$\left.\begin{array}{l} 3 . 10^6 \text{ J} \rightarrow 10 \text{ L} \\ Q \rightarrow 100 \text{ L} \end{array}\right\} \Rightarrow Q_2 = 3 . 10^6 \text{ J} . 100 / 10 = 30 . 10^6 \text{ J}$$

نستنتج الكلفة S_1 اللازمة لتسخين 100 L من الماء بالغاز :

$$\left.\begin{array}{l} 4,18 . 10^6 \text{ J} \rightarrow 0,3 \text{ DA} \\ 30 . 10^6 \text{ J} \rightarrow S_1 \end{array}\right\} \Rightarrow S_1 = 30 . 10^6 \text{ J} . 0,3 / 4,18 . 10^6 = 2,15 \text{ DA}$$

b ـ حساب كلفة تسخين 100 L من الماء باستعمال المسخن الكهربائي

ـ استطاعة المسخن الكهربائي الذي له نفس استطاعة تحويل مسخن الماء بالغاز السابق أي : P = = 6967 W

وإذا اعتبرنا مردوده يساوي الواحد هذا يعني أن كل الطاقة المفيدة هي نفسها الطاقة الكهربائية المقدمة .

نعلم أن الطاقة اللازمة لتسخين 10 L من الماء هي : Q_1 إذن الطاقة اللازمة لتسخين 100 L هي :

$$\left.\begin{array}{l} 2,09 . 10^6 \text{ J} \rightarrow 10 \text{ L} \\ Q' \rightarrow 100 \text{ L} \end{array}\right\} \Rightarrow Q' = 2,09 . 10^6 \text{ J} . 100 / 10 = 20,9 . 10^6 \text{ J}$$

ـ نستنتج الكلفة S_2 اللازمة لتسخين 100 L من الماء بالكهرباء :

أولا نحول مقدار الطاقة المستهلكة من الجول إلى الكيلوواط الساعي حيث : 1 KW h = 3,6 J و منه :

$$\left.\begin{array}{l} 1 \text{ KW h} = 3,6 . 10^6 \text{ J} \\ Q' = 20,9 . 10^6 \text{ J} \end{array}\right\} \Rightarrow Q' = 20,9 . 10^6 \text{ J} . 1 / 3,6 . 10^6 = 5,805 \text{ KW h}$$

نستنتج الكلفة S_2 اللازمة لتسخين 100 L من الماء بالكهرباء :

$$\left.\begin{array}{l} 1 \text{ KW h} = 3 \text{ DA} \\ 5,805 \text{ KW h} = S_2 \end{array}\right\} \Rightarrow S_2 = 5,805 . 3 = 17,41 \text{ DA} .$$

نستنتج :

هناك فرق كبير في الكلفة و فائدة استعمال غاز المدينة لطهي و تسخين الماء في المنازل عوض استعمال الكهرباء .

الخلاصة

الطاقة الداخلية

تتعلق الطاقة الداخلية لجملة بالبنية الداخلية للمادة على المستوى المهجري و بحالتها الحرارية ، الفيزيائية ــ الكيميائية و النووية .
و نميز منها مركبتين :

I ــ المركبة الحرارية للطاقة الداخلية

تتعلق قيمة الطاقة المحولة بين كميتين من المادة بكتلة و نوع كل مادة و الفرق بين درجتي الحرارة النهائية و الإبتدائية لكل مادة تفقد أو تستقبل التحويل الحراري .

– عبارة التحويل الحراري : $Q = m\,c\,(\theta_f - \theta_i)$

Q : التحويل الحراري (J)

m : كتلة المادة المستقبلة أو الفاقدة للتحويل الحراري (Kg)

θ_i : درجة الحرارة الإبتدائية و θ_f درجة الحرارة النهائية (°C)

c : السعة الحرارية الكتلية للمادة $J / (°C\,Kg)$.

$C = m\,c$: السعة الحرارية و وحدتها $J/(°C)$.

ــ فعل جول

فعل جول هو التحويل الحراري الذي يرافق مرور تيار كهربائي في ناقل .
يستقبل الناقل طاقة بتحويل كهربائي We و يحولها إلى الوسط الخارجي بتحويل حراري Q حيث : $We = Q = RI^2\Delta t$

2 – مركبة الطاقة الداخلية المنسوبة للحالة الفيزيائية – الكيميائية للجملة

✓ طاقة التماسك

تمثل طاقة التماسك المرفقة لتغير الحالة الفيزيائية لمادة الطاقة اللازمة لتلاشي أو تكوين الروابط التي تتماسك بها جزيئات المادة .

– عبارة التحويل الحراري Q في حالة تغير الحالة الفيزيائية للمادة

يتطلب تغيير الحالة الفيزيائية لجسم نقي كتلته m ، عند درجة حرارة ثابتة ، تحويلا حراريا Q عبارته : $Q = m\,L$

Q : التحويل الحراري بالجول (J)

m : كتلة الجسم بالكيلوغرام (Kg)

L : السعة الكتلية لتغير الحالة (J/Kg)

تكتب العبارة في حالة :

1ــ الإنصهار : $Q_f = m\,L_f$ حيث : L_f يمثل السعة الكتلية للإنصهار

2ــ التجمد : $Q_s = -Q_f = -m\,L_f$ (الإشارة ناقص تدل على أن المادة فقدت طاقة حرارية)

3ــ التبخر : $Q_v = m\,L$: حيث L_v هو السعة الكتلية للتبخر

4ــ التمييع : $Q_l = -Q_v = -m\,L_v$

✓ طاقة الرابطة الكيميائي

عندما يحدث تفاعل كيميائي تقطع روابط و تتكون أخرى مما يحدث تغييرا في مخزون الطاقة الكامنة الميكروسكوبية للجملة ، تدعى هذه الطاقة ، طاقة الرابطة الكيميائية و تساوي قيمتها قيمة التحويل الحراري الذي يحدث .

– تكون التحولات ماصة للحرارة إذا اكتسب الجسم طاقة حرارية من الوسط الخارجي

– تكون التحولات ناشرة للحرارة إذا فقد الجسم طاقة حرارية وقدمها للوسط الخارجي

تمـــاريـــن

التمرين – 1
عرف الجملة المعزولة .

الحـل – 1
نسمي جملة كل جسم أو جزء منه أو مجموعة أجسام نختارها قصد دراستها . لهذه الجملة حدود حقيقية أو وهمية تحيط بعناصر
و نسمي جملة معزولة كل جملة لا يوجد بينها و بين الوسط الخارجي تبادل طاقوي مهما كان نوعه .

التمرين – 2
اذكر نص مبدأ انحفاظ الطاقة .

الحـل – 2
" الطاقة لا تستحدث و لا تزول ، إذا اكتسبت جملة ما طاقة أو فقدتها فإن هذه الطاقة تكون بالضرورة قد أخذتها من جملة (أو جمل) أخرى أو قدمتها لها " .
الطاقة الإبتدائية للجملة + الطاقة المستقبلة – الطاقة المقدمة = الطاقة النهائية للجملة

التمرين – 3
اذكر مركبات الطاقة الداخلية .

الحـل – 3
الطاقة الداخلية لجملة مركبات تتعلق بنوع الجملة و التغيرات التي تطرأ عليها .
تقسم هذه المركبات إلى أربعة أنواع :
1ـ طاقة حركية ميكروسكوبية ناتجة عن حركة الجسيمات المكونة للجملة وهي عادة حركة عشوائية .
2ـ طاقة كامنة ميكروسكوبية ناتجة عن كل التأثيرات المتبادلة بين مختلف مكونات الجملة :
ـ الطاقة الكامنة النووية الناتجة عن تماسك النواة
ـ الطاقة الكامنة الكهربائية الناتجة عن التأثير الكهربائي بين الإلكترونات و البروتونات المكونة لذرات الجملة .
ـ الطاقة الكامنة المرونية الناتجة عن التشوه الذي يحدث للأجسام الصلبة .
3ـ طاقة داخلية فيزيائية تتعلق بالحالة الفيزيائية للجملة (صلب ، سال ، غاز).
4ـ طاقة داخلية كيميائية ناتجة عن التفاعل الكيميائي .

التمرين – 4
إذا بقيت درجة حرارة جملة ثابتة خلال الزمن ، هل تعتبر هذه الجملة حتما معزولة ؟ علل .

الحـل – 4
لا : خلال تغير الحالة الفيزيائية لجملة (ذوبان الجليد مثلا) فان الجملة تستقبل طاقة من الوسط الخارجي دون أن ترتفع درجة حرارتها ، إذن ليست بالضرورة معزولة .

التمرين – 5
إذا بقيت طاقة جملة ثابتة خلال الزمن ، هل تعتبر هذه الجملة حتما معزولة ؟ علل .

الحـل – 5
لا : يمكن للجملة أن تستقبل نفس الطاقة التي تفقدها فإن طاقتها تبقى ثابتة ولكنها تتبادل الطاقة مع الوسط الخارجي ، إذن ليست بالضرورة معزولة .

التمرين – 6
اذكر تغيرات الحالة الفيزيائية للمادة الثلاثة الماصة للحرارة وعرف السعة الحرارية الكتلية لكل تحويل .

الحـل – 6
التحولات الماصة للحرارة و هي : الإنصهار ، التبخير و التسامي .
ـ الإنصهار : هو تغير حالة الجسم من صلب إلى سائل وهو تحول ماص للحرارة . نرمز للسعة الكتلية للإنصهار بالرمز L_f و هي كمية الطاقة الأزمة لتحويل وحدة الكتلة من المادة من حالتها الصلبة إلى الحالة السالة دون تغير درجة الحرارة .
يحسب التحويل الحراري Q اللازم تقديمه لإنصهار كتلة m من مادة في حالتها الصلبة بالعبارة التالية : $Q_f = m L_f$
ـ التبخير : التبخر هو تغير حالة الجسم من سائل إلى غاز وهو تحول ماص للحرارة . نرمز للسعة الكتلية للتبخر بالرمز L_v

هي كمية الطاقة اللازمة لتحويل وحدة الكتلة من المادة من حالتها السائلة إلى الحالة البخارية دون تغير درجة الحرارة .
التحويل الحراري Q اللازم تقديمه لتبخير كتلة m من مادة في حالتها السائلة بالعبارة التالية : $Q_v = m L_v$
هي : هو تغير حالة الجسم من صلب إلى غاز وهو تحول ماص للحرارة .

تمرين ـ 7

ذكر تحولات حالة المادة الثلاثة الناشرة للحرارة وعرف السعة الحرارية الكتلية لكل تحويل .

حل ـ 7

تحولات الناشرة للحرارة هي : التجمد ، التمييع و التكثيف :

التجمد : التجمد هو تغير حالة الجسم من سائل إلى صلب وهو تحول ناشر للحرارة . التحويل الحراري Q_f الـ ... مادة كتلتها m خلال عملية التجمد هو نفسه التحويل الذي تكتسبه المادة في عملية الذوبان أي : $Q_f = - m L_f$ - Q_v

إشارة ناقص تدل على أن المادة فقدة طاقة حرارية .

ـ التمييع :

تمييع هو تغير حالة الجسم من غاز إلى سائل وهو تحول ناشر للحرارة . التحويل الحراري Q_l المفقود ... m خلال عملية التمييع هو نفسه التحويل الذي تكتسبه نفس المادة في عملية التبخير أي : $Q_l = - Q_v = - m L_v$

ـ التكثيف :

تكثيف هو تغير حالة الجسم من غاز إلى صلب وهو تحول ناشر للحرارة . التحويل الحراري Q_l المفقود مر... m خلال عملية التكثيف هو نفسه التحويل الذي تكتسبه نفس المادة في عملية التسامي .

تمرين ـ 8

عرف استطاعة تحويل حراري ثم احسب الإستطاعة الحرارية المحولة إلى الوسط الخارجي لنصف لتر ماء خلال درجة حرارته من 80 °C إلى 20 °C خلال 20 mn .

حل ـ 8

استطاعة تحويل حراري هي النسبة بين التحويل الحراري على المدة الزمنية التي يستغرقها هذا التحويل .

$$P = Q / t = m c \Delta\theta / t = 0,5 . 4185 . 60 / 20 . 60 = 104,62 \text{ W}$$

تمرين ـ 9

حسب قيمة التحويل الحراري الذي تحوله مقاومة مسخنة استطاعتها 500 W للوسط الخارجي إذا بقيت مشغلة ... دة ساعة .

حل ـ 9

حساب قيمة التحويل الحراري : $Q = P . t = 500 . 3600 = 18 . 10^5 \text{ J}$

تمرين ـ 10

يحدث تبادل طاقوي بين جملة و الوسط الخارجي بين اللحظتين $t_1 = 0$ و $t_2 = 10 \text{ s}$ بتحويلين :

ـ تحويل ميكانيكي قدره $W_{1-2} = 6500 \text{ J}$

ـ تحويل حراري قدره $Q_{1-2} = - 2500 \text{ J}$ حيث الإشارة ناقص (−) تشير إلى أن الجملة قدمت للوسط الخارجي طاقة .

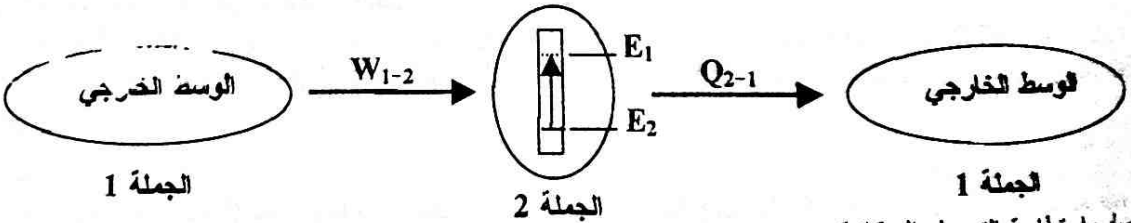
1 – هل الجملة معزولة ؟ 2 – مثل الحصيلة الطاقوية للجملة بين اللحظتين t_1 و t_2 .

3 – احسب استطاعة التحويل الميكانيكي .

حل ـ 10

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

2 – تمثيل الحصيلة الطاقوية للجملة بين اللحظتين t_1 و t_2 : مبينة على الشكل :



3 – حساب استطاعة التحويل الميكانيكي :

$$P = W_{1-2} / t_2 - t_1 = 6500 / 10 = 650 \text{ W} .$$

تمرين ـ 11

يحتوي مسعر حراري على كمية من ماء عند درجة حرارة الغرفة (درجة حرارة عادية) ، نضيف له قطعة نحاسية درجة حرارتها 80 °C .

1 – هل الجملة (المسعر + الماء + القطعة النحاسية) في حالة توازن حراري ؟ ناقش

2 ــ في أي جهة يحدث التحويل الحراري ؟

الحل ــ 11

جملة (المسعر + الماء + القطعة النحاسية ليست في حالة توازن حراري :
مة : في البداية (مباشرة بعد وضع القطعة المعدنية) تكون الجملة في حالة غير متوازنة حيث درجة الحرارة العادية تكون
دود الـ 20 °C و القطعة النحاسية درجة حرارتها 80 °C حيث عند التلامس ← حدوث تبادل حراري بين عناصر الجم
سعر + الماء + القطعة النحاسية) .
: ــ جهة حدوث التحويل الحراري : يحدث التحويل الحراري تلقائيا من القطعة النحاسية الـ خنة (درجة حرارتها أعلى) نحو
(لمسعر + الماء) الباردة (درجة حرارتها أقل) و يستمر حدوث التحويل الحراري إلى أن يحدث التوازن الحراري حيث تصب
درجة حرارة المسعر و الماء و القطعة النحاسية متساوية).

التمرين ــ 12

اختر الجواب الصحيح :

1 ــ عند مزج مادتين ، درجة حرارتهما مختلفة ، يحدث التوازن الحراري عند تساوي :
a ــ درجة حرارة المادتين . b ــ سعة حرارة المادتين . c ــ ب حر ة وسعة حرارة المادتين .

2 ــ يحدث التبادل الحراري بين مادتين معزولتين عن الوسط الخارجي إذا كان التحويل الحراري المكتسب :
a) أقل من التحويل المفقود b) أكبر من التحويل المفقود
c) يساوي الصفر d) يساوي التحويل المفقود .

3 ــ لا يتعلق التحويل الحراري المكتسب أو المفقود :
a) بالتغير في درجة الحرارة . b) بكتلة المادة .
c) بالكثافة الحجمية للمادة d) بالسعة الحرارية الكتلية للمادة .

الحل ــ 12

1 ــ عند مزج مادتين ، درجة حرارتهما مختلفة ، يحدث التوازن الحراري عند تساوي : a ــ درجة حرارة المادتين
2 ــ يحدث التبادل الحراري بين مادتين معزولتين عن الوسط الخارجي إذا كان التحويل الحراري المكتسب :
d) يساوي التحويل المفقود .
3 ــ لا يتعلق التحويل الحراري المكتسب أو المفقود : c) بالكثافة الحجمية للمادة .

التمرين ــ 13

نريد تسخين قطعة من نحاس كتلتها 2 Kg و درجة حرارتها 10 °C إلى 200 °C عن طريق تحويل حراري .
السعة الحرارية الكتلية للنحاس c = 390 J / (Kg . K) .
1 ــ احسب قيمة هذا التحويل الحراري . ما شكل الطاقة المتغيرة في هذا التحويل ؟
2 ــ عين استطاعة التحويل علما أنه يستغرق 3 mn و 5 s .

الحل ــ 13

1 ــ حساب قيمة التحويل الحراري : $Q = m\,c\,\Delta\theta = 2 \cdot 390 \cdot 190 = 148{,}2$ KJ ،
ــ شكل الطاقة المتغيرة في هذا التحويل : طاقة الداخلية .
2 ــ تعيين استطاعة التحويل علما أنه يستغرق 3 mn و 5 s : $P = Q / t = 148200 / (3 \cdot 60 + 5) = 801{,}08$ W

التمرين ــ 14

يحتوي قدر من الألومنيوم كتلته m = 600 g درجة حرارته 5 °C على 1 L من الماء عند درجة حرارة 67,12 °C . بعد مد
ربع ساعة انخفضت درجة حرارة الجملة (القدر + الماء) و أصبحت 60 °C .
1 ــ إذا علمت أن الكتلة الحجمية للماء تساوي 1 g/cm³ و السعة الحرارية الكتلية للماء $c_e = 4185$ J / (Kg . K)
احسب السعة الحرارية الكتلية للألومنيوم باعتبار الجملة (القدر + الماء) معزولة أي لا تتبادل حرارة مع الوسط الخارجي
2 ــ عين استطاعة التحويل .

الحل ــ 14

1ــ حساب السعة الحرارية الكتلية للألومنيوم : باعتبار الجملة (القدر + الماء) معزولة أي لا تتبادل حرارة مع الوسط الخارجي
فإن التحويل الحراري الذي يفقده الماء يساوي التحويل الحراري الذي يكتسبه القدر من الألومنيوم :
ــ الجملة المدروسة هي : (القدر + الماء)
ــ تحديد الحالة الإبتدائية و الحالة النهائية :

ــ الحالة الإبتدائية :

1 ــ الماء كتلته M و درجة حرارته T_i
2 ــ القدر كتلته m و درجة حرارته T_m

ـ الحالة النهائية :

1 ـ الماء كتلته M و درجة حرارته T_f

2 ـ القدر كتلته m و درجة حرارته T_f

ـ تحديد التحويلات الحرارية :

الماء : فقد تحويلا حراريا Q_1 و انخفضت درجة حرارته من T_i إلى T_f :

$$Q_1 = M\,c\,(T_f - T_i)$$

القدر : اكتسب تحويلا حراريا Q_2 و ارتفعت درجة حرارته من T_m إلى T_f :

$$Q_2 = m\,c_m\,(T_f - T_m)$$ حيث c_m هي السعة الكتلية للألومنيوم .

ـ المعادلة الطاقوية للجملة :

الجملة معزولة : $Q_1 + Q_2 = 0$ و منه نستنتج عبارة السعة الكتلية للألومنيوم :

$$c_m = -(M\,c)(T_f - T_i) / m.(T_f - T_m) = -(1 . 4185) . (60 - 67,12) / (0,6\,(60 - 5) = 903\ J/(Kg . °C)$$

2 ـ تعيين استطاعة التحويل علما أنه يستغرق 15 mn :

الماء : فقد تحويلا حراريا Q_1 و انخفضت درجة حرارته من T_i إلى T_f :

$$Q_1 = M\,c\,(T_f - T_i) = 1 . 4185\,(60 - 67,12) = 29797\ J$$

استطاعة التحويل : $P = Q / t = 29797 / (15 . 60) = 33,10\ W$

التمرين ـ 15

يحتوي قدر من الألومنيوم كتلته $m = 450\ g$ سعته الكتلية $c_{Al} = 890\ J/(Kg . K)$ على $1\ L$ من الماء و $1\ Kg$ من الخضر التي نعتبر سعتها الكتلية المتوسطة تساوي ثلثي السعة الكتلية للماء و $1/4\ Kg$ من الزيت سعتها الكتلية نصف السعة الكتلية للماء . درجة الحرارة الإبتدائية للجملة هي $20\ °C$.

1 ـ عين السعة الحرارية C للجملة (القدر + الماء + الخضر + الزيت) .

2 ـ إذا استقبلت هذه الجملة طاقة بتحويل حراري قدره $270\ KJ$ ، احسب درجة الحرارة النهائية للجملة .

الحل ـ 15

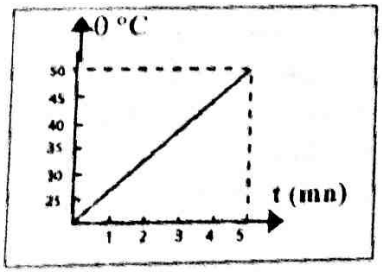
1 ـ تعيين السعة الحرارية C للجملة (القدر + الماء + الخضر + الزيت) :

$$C = m_{Al}\,c_{Al} + M\,c_e + m\,c + m_h\,c_h$$

ت . ع : $C = 0,45 . 890 + 1 . 4185 + 1 . 2/3 . 4185 + 1/4 . 1/2 . 4185 = 7899\ (J/kg)$

2 ـ حساب درجة الحرارة النهائية للجملة : $Q = C\,\Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = Q / C = (270 . 10^3) / 7899 = 34,18\ °C$

درجة الحرارة النهائية للجملة : $\theta_f = 20 + \Delta\theta = 54,18\ °C$



التمرين ـ 16

يبين الشكل التالي تغيرات درجة الحرارة مع الزمن عند تسخين $1\ L$ من الماء بواسطة مصدر حراري استطاعته $P = 420W$.

ـ احسب السعة الحرارية الكتلية للماء .

الحل ـ 16

ـ حساب السعة الحرارية الكتلية للماء :

$$P = Q / t = (m\,c\,\Delta\theta) / t \Rightarrow c = P\,t / m\,\Delta\theta = (420 . 5 . 60) / (1 . (50 - 20)) = 4200\ (J/Kg . °C)$$

التمرين ـ 17

ترك ، لمدة طويلة ، قطعة من جليد كتلتها $75\ g$ و درجة حرارتها $-15\ °C$ داخل إناء في درجة حرارة الغرفة ($20\ °C$) .

1 ـ صف التحويلات المتتالية التي تطرأ على القطعة الجليدية ، و ما هي حالتها النهائية .

2 ـ احسب قيمة التحويل الحراري الذي امتصته القطعة الجليدية ، علما أن السعة الكتلية للجليد $c_g = 2090\ J/(Kg . K)$ ، السعة الكتلية للماء $c_e = 4185\ J/(Kg . K)$ و السعة الكتلية لإنصهار الجليد $L_f = 330\ J/g$ ، درجة حرارة الجليد هي : $0\ °C$.

الحل ـ 17

1 ـ لما درجة حرارة القطعة الجليدية ترتفع ، باكتساب تحويل حراري $Q_1 = m_g\,c_g\,\Delta\theta_g$ من الوسط الخارجي حتى تصبح درجة حرارة القطعة الجليدية $0\ °C$ ابتداءا من $-15\ °C$ وعندها تبدأ القطعة الجليدية باكتساب تحويل حراري $Q_2 = m_g\,L_f$ من الوسط الخارجي حيث تتحول حالتها من صلب إلى سائل عند نفس درجة الحرارة $0\ °C$. بعدما تتحول كل القطعة إلى سائل تصل القطعة الجليدية باكتساب تحويل حراري $Q_3 = m_e\,c_e\,\Delta\theta$ من الوسط الخارجي لتواصل درجة الحرارة في الإرتفاع و حسابه كذلك ، تصل درجة الحرارة النهائية إلى درجة حرارة الغرفة ($20\ °C$) ابتداءا من $0\ °C$.

الحالة النهائية هي عبارة عن 75 g من الماء داخل إناء عند درجة حرارة °C
2 ــ قيمة التحويل الحراري Q الذي امتصته القطعة الجليدية : $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$

$$Q = m_g c_g \Delta\theta_g + m_g L_f + m_e c_e \Delta\theta$$

$$Q = 0.075 \cdot 2090 \cdot (0 - (-\ )) + 75 \cdot 330 + 0.075 \cdot 4185 \cdot (20 - 0) = 266.15 \text{ KJ}$$

ت . ع :

التمرين ــ 18

ما قيمة التحويل الحراري اللازم لرفع درجة حرارة قطعة من جليد كتلتها 20 g و درجة حرارتها 6 °C – إلى ماء في درجة حرارة 30 °C ؟ علما أن السعة الكتلية للجليد $c_g = 2090 \text{ J / (Kg . K)}$ ، السعة الكتلية للماء $c = 4185 \text{ J / (Kg . K)}$ و السعة الكتلية لإنصهار الجليد $L_f = 330 \text{ J/g}$ ، درجة حرارة الجليد هي : 0 °C .

الحـل ــ 18

تبدأ درجة حرارة القطعة الجليدية ترتفع ، باكتساب تحويل حراري $Q_1 = m_g c_g \Delta\theta_g$ من الوسط الخارجي حتى تصبح درجة حرارة القطعة الجليدية 0 °C ابتداءا من 6 °C – و عندها تبدأ القطعة الجليدية باكتساب تحويل حراري $Q_2 = m_g L_f$ من الوسط الخارجي حيث تتحول حالتها من صلب إلى سائل عند نفس درجة الحرارة ° ، بعدما تتحول كل القطعة إلى سائل تواصل القطعة الجليدية باكتساب تحويل حراري $Q_3 = m_e c_e \Delta\theta$ من الـ ــ الحرارة ، تصل درجة الحرارة في الأخير بعد مدة كافية ، تصل درجة الحرارة النهائية إلى درجة الحرارة (30 °C) ابتداءا من 0 °C .

الحالة النهائية هي عبارة عن 20 g من الماء داخل إناء عند درجة حرارة 30 °C .

ــ قيمة التحويل الحراري Q الذي امتصته القطعة الجليدية : $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$

$$Q = m_g c_g \Delta\theta_g + m_g L_f + m_e c_e \Delta\theta$$

$$Q = 0.020 \cdot 2090 \cdot 6 + 20 \cdot 330 + 0.020 \cdot 4185 \cdot 30 = 9.36 \text{ KJ}$$

ت . ع :

التمرين ــ 19

نعلم أن إضافة قطعة جليد عند درجة حرارة 0 °C إلى مشروب في درجة حرارة الغرفة اكثر فعالية في تبريد المشروب من إضافة كتلة مساوية من ماء عند نفس درجة حرارة (0 °C) ، بين ذلك في حالة كاس من ماء حجمه 300 cm^3 في درجة حرارة 50 °C و قطعة جليدية كتلتها 150 g . علما أن السعة الكتلية للماء $c = 4185 \text{ J / (Kg . K)}$ و السعة الكتلية لانصهار الجليد $L_f = 335 \text{ J/g}$ ، درجة حرارة الجليد هي : 0 °C .

الحـل ــ 19

1ــ في حالة إضافة كمية من الماء كتلته m' عند $\theta = 0$ °C للماء الموجود في الكاس الذي كتلته m عند $\theta_i = 50$ °C في هذا الأخير يفقد التحويل الحراري Q_1 الذي يكتسبه الماء المضاف Q_2 حيث : $Q_1 + Q_2 = 0$

$$m c_e (\theta_f - \theta_i) + m' c_e (\theta_f - \theta) = 0 \Rightarrow m c_e (\theta_f - \theta_i) = - m' c_e (\theta_f - \theta)$$

$$\Rightarrow m c_e (\theta_f - \theta_i) = m' c_e (\theta - \theta_f)$$

$$\theta_f = (m\theta_i + m'\theta) / (m + m')$$

ننشر ثم نختصر فنحصل على :

$$\theta_f = (300 \cdot 50 + 150 \cdot 0) / (300 + 150) = 33.34 \text{ °C}$$

حيث تصبح درجة الحرارة النهائية :

2ــ في حالة إضافة قطعة جليدية كتلتها $m' = 150$ g عند نفس درجة الحرارة $\theta = 0$ °C للماء الموجود في الكأس الذي كتلته m عند $\theta_i = 50$ °C فإن هذا الأخير يفقد التحويل الحراري Q_1 الذي تكتسبه القطعة الجليدية المضافة Q_2 حيث :

$$Q_1 + Q_2 = 0$$

$$m c_e (\theta_f - \theta_i) + m' c_e (\theta_f - 0) + m' L_f = 0 \Rightarrow m c_e (\theta_f - \theta_i) = - m' c_e (\theta_f - \theta) - m' L_f$$

$$\Rightarrow m c_e (\theta_f - \theta_i) = m c_e (\theta - \theta_f) - m' L_f$$

$$\theta_f = (m\theta_i + m' 0) / (m + m') - (m' \cdot L) / (c \cdot (m + m'))$$

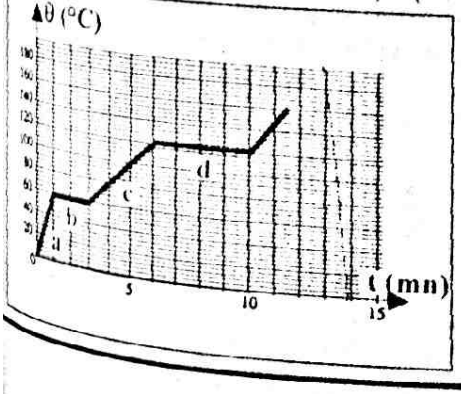
ننشر ثم نختصر فنحصل على :

$$\theta_f = (m\theta_i + m' 0) / (m + m') - (m' \cdot L) / (c \cdot (m + m'))$$

حيث تصبح درجة الحرارة النهائية :

$$\theta_f = (300 \cdot 50 + 150 \cdot 0) / (300 + 150) - (150 \cdot 335) / (4.185 \cdot (300 + 150)) = 6.6 \text{ °C}$$

ت . ع :



التمرين ــ 20

يبين الشكل التالي تغيرات درجة الحرارة مع الزمن عند تسخين 1 Kg من مادة في حالتها الصلبة بواسطة مصدر حراري استطاعته P = 400 W إلى أن يتم تحويلها إلى بخار .

1) ما هي حالة هذه المادة في الفترات a ، b ، c ، d ؟
2) ما هي درجة حرارة انصهار المادة ؟ و ما هي درجة غليانها ؟
3) احسب السعة الكتلية للمادة في الحالة الصلبة و في الحالة السائلة .
4) احسب السعة الكتلية لإنصهار المادة و السعة الكتلية للتبخر .
5) فسر ماذا يحدث للمادة في الفترتين b و d .

الحل ـ 20

1 ـ حالة المادة :

ـ في الفترة a كانت المادة في حالتها الصلبة

ـ في الفترة b كانت المادة تتحول من الصلب إلى السائل (ذوبان)

ـ في الفترة c كانت المادة في حالتها السائلة

ـ في الفترة d كانت المادة تتحول من السائل إلى الغاز (تبخر)

2 ـ درجة حرارة انصهار المادة هي الدرجة التي تمر بها الحالة b أي : $\theta = 60°C$

أما درجة غليانها فتكون في التحول الذي يحدث في الفترة d أي : $\theta = 120°C$

3 ـ السعة الكتلية للمادة في الحالة الصلبة (في الفترة a) :

$c = P\,\Delta t / m\,\Delta\theta = 400 \cdot 60 / 60 = 400\ (J / kg\ °C)$

ـ السعة الكتلية للمادة في الحالة السائلة (في الفترة c) :

$c = P\,\Delta t / m\,\Delta\theta = 400 \cdot 3 \cdot 60 / 60 = 1200\ (J / kg\ °C)$

4- السعة الكتلية للإنصهار (في الفترة b) :

$m L_f = P\,\Delta t \Rightarrow L_f = P\Delta t / m = 400 \cdot 2 \cdot 60 / 1 = 48000\ (J / kg)$

السعة الكتلية للتبخير (في الفترة d) :

$m L_v = P\,\Delta t \Rightarrow L_v = P\,\Delta t / m = 400 \cdot 4 \cdot 60 / 1 = 96000\ (J / kg)$

5 ـ يحدث للمادة في الفترة b : ذوبان ، حيث درجة الحرارة ثابتة ، إذ يتم فيها امتصاص طاقة من أجل تحطيم الروابط الموجودة بين جزيئات المادة . تدعى هذه الطاقة بطاقة التماسك .

ـ يحدث للمادة في الفترة d : تبخر ، حيث درجة الحرارة ثابتة ، إذ يتم فيها امتصاص طاقة من أجل تحطيم الروابط الموجودة بين ذرات المادة . تدعى هذه الطاقة بطاقة الرابطة الكيميائية .

التمرين ـ 21

نضع قطعة من نحاس كتلتها $m = 300\ g$ و درجة حرارتها $T_{Cu} = -25\ °C$ داخل مسعر حراري مكافئة المائي $\mu = 125\ g$ يحتوي على كتلة $M = 500\ g$ من ماء درجة حرارته $15\ °C$.

ـ عين الحالة النهائية للجملة علما أن السعة الكتلية للجليد $c_g = 2090\ J / (Kg \cdot K)$ ،

السعة الكتلية للماء $c_e = 4185\ J / (Kg \cdot K)$ ، السعة الكتلية للنحاس $c_{Cu} = 390\ J / (Kg \cdot K)$

و السعة الكتلية لإنصهار الجليد $L_f = 330\ J/g$ و درجة حرارة انصهار الجليد $0\ °C$.

الحل ـ 21

تعيين الحالة النهائية للجملة :

1 ـ التحويل الحراري الذي يمكن أن يفقده الماء و المسعر بدون تغير الحالة الفيزيائية للماء إذا افترضنا درجة الحرارة النهائية $0\ °C$:

$Q_1 = (M + u)\, c_e\, \Delta\theta = 0{,}625 \cdot 4185 \cdot 15 = 39{,}234\ kJ$

2 ـ التحويل الحراري الذي تمتصه القطعة النحاسية إذا افترضنا درجة الحرارة النهائية $0\ °C$.

$Q_2 = m_{Cu}\, c_{Cu}\, \Delta\theta = 0{,}3 \cdot 390 \cdot 25 = 2{,}925\ kJ$

نستنتج إذا أن درجة الحرارة النهائية أكبر من $0\ °C$.

ـ إيجاد درجة الحرارة النهائية :

التحويل الحراري الذي يمكن أن يفقده الماء و المسعر الذي كتلته $(M + u)$ بدون تغير الحالة الفيزيائية للماء Q_1 يساوي التحويل الحراري الذي أن تمتصه القطعة النحاسية Q_2 بحيث : $Q_1 + Q_2 = 0$.

$(M + u)\, c\, (\theta_f - 15) + m_{Cu}\, c_{Cu}\, (\theta_f - (-25)) = 0 \Rightarrow -(M + u)\, c\, (\theta_f - 15) = m_{Cu}\, c_{Cu}\, (\theta_f - (-25))$

$\Rightarrow (M + u)\, c\, (15 - \theta_f) = m_{Cu}\, c_{Cu}\, (\theta_f + 25)$

ننشر ثم نختصر فنحصل على درجة الحرارة النهائية :

$\theta_f = ((M + u)\, c \cdot 15 - m_{Cu}\, c_{Cu} \cdot 25)) / (((M + u)\, c + m_{Cu}\, c_{Cu})$

ت . ع :

$\theta_f = 13{,}20\ °C$

التمرين ـ 22

نستعمل مسخن ماء بالغاز الطبيعي لرفع درجة حرارة الماء من $10\ °C$ إلى $60\ °C$ بمعدل جريان $D = 0{,}1\ L/s$

1 ـ احسب التحويل الحراري الذي يكتسبه الماء خلال دقيقة واحدة .

2 ـ يستقبل الماء $80\ \%$ فقط من الطاقة الناتجة عن احتراق الغاز ، احسب التحويل الحراري الذي يولده احتراق الغاز ، خلال دقيقة واحدة .

3 ـ في الظروف العادية لتشغيل المسخن ، يولد متر مكعب ($1\ m^3$) من الغاز طاقة حرارية قدرها : $Q = 2{,}5\ 10^7\ J$ ، احسب معدل سرعة جريان الغاز المستهلك d ثم اعط النتيجة بوحدة اللتر على الثانية (L/s) .

الحل ـ 22

1 ـ التحويل الحراري الذي يكتسبه الماء خلال دقيقة واحدة : ـ حجم الماء المسخنة خلال دقيقة واحدة أي 60 ثانية :

$0,1\ L \rightarrow 1\ s$
$V \rightarrow 60\ s$
$\Rightarrow V = 0,1\ L \cdot 60\ s = 6\ L$

ـ كتلة الماء المسخنة خلال دقيقة واحدة أي 60 ثانية :

$1\ L \rightarrow 1\ Kg$
$6\ L \rightarrow m\ Kg$
$\Rightarrow m = 6\ L \cdot 1 / 1 = 6\ Kg$

ـ التحويل الحراري الذي يكتسبه الماء خلال دقيقة واحدة :

$$Q = m \cdot c_e \cdot (\theta_f - \theta_i) = 6 \cdot 4185 \cdot 50 = 12,5 \cdot 10^5\ J.$$

2 ـ التحويل الحراري الذي يولده احتراق الغاز خلال دقيقة واحدة : Q'

$100\ J \rightarrow 80\ J$
$Q' \rightarrow 12,5 \cdot 10^5\ J$
$\Rightarrow m = 12,5 \cdot 10^5\ J \cdot 100 / 80 = 15,62 \cdot 10^5\ J$

3 ـ معدل جريان الغاز المستهلك :

$1\ m^3 \rightarrow 2,5 \cdot 10^7\ J$
$V \rightarrow 15,62 \cdot 10^5$
$\Rightarrow V = 15,62 \cdot 10^5\ J \cdot 1 / 2,5 \cdot 10^7\ J = 6,25 \cdot 10^{-2}\ m^3$

$0,0625\ m^3 \rightarrow 60\ s$
$d \rightarrow 1\ s$
$\Rightarrow d = 0,0625\ m^3 / 60 = 10,42 \cdot 10^{-4}\ m^3/s$

ـ معدل سرعة جريان الغاز المستهلك d بوحدة اللتر على الثانية (L /s) .

$1\ m^3/s \rightarrow 1000\ L$
$10,42 \cdot 10^{-4}\ m^3/s \rightarrow d$
$\Rightarrow d = 10,42 \cdot 10^{-4} \cdot 1000 / 1 = 1,04\ L/s.$

التمرين ـ 23

يحول الاشعاع الشمسي ، على مستوى سطح الأرض ، استطاعة متوسطة قدرها $P = 1000\ W/m^2$ (1000 W لكل متر مربع من سطح الأرض العمودي على أشعة الشمس) .

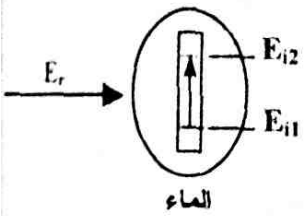
ـ يستقبل لاقط شمسي أبعاده مستطيلة (20 m × 10 m) كمية من ماء في درجة $T_1 = 15\ °C$ بمعدل جريان $D = 0,8\ Kg / s$.

1 ـ مثل الحصيلة الطاقوية للماء قبل و بعد الخروج من المسخن .

2 ـ عين درجة الحرارة التي يخرج بها الماء من المسخن ، في النظام الدائم ، بافتراض مردود اللاقط $\rho = 87\ \%$.

الحـل ـ 23

1 ـ الحصيلة الطاقوية للماء قبل و بعد الخروج من المسخن : ممثلة في الشكل المقابل :



2 ـ درجة الحرارة التي يخرج بها الماء من المسخن :

ـ التحويل الحراري الذي يقدمه الاشعاع الشمسي للاقط (الإستطاعة) :

$1000\ W \rightarrow 1\ m^2$
$Q \rightarrow 200\ m^2$
$\Rightarrow Q = 1000\ W \cdot 200\ m^2 / 1\ m^2 = 200\ K\ W.$

ـ التحويل الحراري الذي يمتصه الماء خلال ثانية من الزمن (الإستطاعة) : مردود اللاقط $\rho = 87\ \%$.

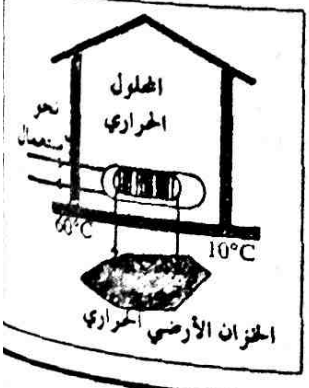
$100\ K\ W \rightarrow 87\ K\ W$
$200\ K\ W \rightarrow Q'$
$\Rightarrow Q' = 200 \cdot 87 / 100 = 174\ K\ W$

ـ حساب التغير في درجة الحرارة :

$Q' = m \cdot c_e \cdot (\theta_f - \theta_i) \Rightarrow (\theta_f - \theta_i) = Q' / m \cdot c_e = 174\ 000 / 0,8 \cdot 4185 = 51,97\ °C.$

ـ درجة الحرارة النهائية : $\theta_f - \theta_i = 51,97 \Rightarrow \theta_f = 51,97 + 15 = 67\ °C.$

ملاحظة : هي مقدار التحويل الحراري خلال 1 s من الزمن .



التمرين ـ 24

في بعض المناطق تستعمل في المساكن المياه الساخنة المستمدة من باطن الأرض (عمقها حوالي 1500 m) لتدفئة البيوت . تؤخذ هذه المياه عند درجة حرارة $T_1 = 60\ °C$ بمعدل جريان $D = 200\ m^3/h$ ثم تمر عبر محول حراري حيث تفقد جزءا من طاقتها و تنخفض درجة حرارتها إلى 10 °C و يعاد إرجاعها إلى الأرض (الشكل) .

1 ـ عين الطاقة الممتصة في المحول خلال سنة ، السعة الكتلية للماء $c_e = 4185$

J / (Kg K) و كتلة الحجمية $P_e = 1000\ Kg / m^3$.

2 ـ ما هي كتلة البترول التي تكافئ طاقة احتراقه الطاقة الممتصة في المحول لمدة سنة ؟ أعط النتيجة بالطن (1 Tonne = 1000 Kg) ، علما أن واحد طن من البترول يحرر عند احتراقه طاقة حرارية قدرها $Q = 42.10^9\ J$

3 ـ ما هو حجم البترول الذي اقتصدناه في هذه العملية ؟ علما أن الكتلة الحجمية للبترول تساوي : $P_p = 800\ kg / m^3$.

الحـل ـ 24

1 ـ الطاقة الممتصة في المحول خلال سنة :

ـ كتلة الماء المارة خلال 1 h :

$$\left.\begin{array}{l} 1000\ Kg \rightarrow 1\ m^3 \\ m \rightarrow 200\ m^3 \end{array}\right\} \Rightarrow m = 200 . 1000 / 1 = 200 . 10^3\ Kg$$

ـ كتلة الماء المارة خلال خلال سنة أي 8760 h :

$$\left.\begin{array}{l} 200 . 10^3\ Kg \rightarrow 1\ h \\ m' \rightarrow 8760\ h \end{array}\right\} \Rightarrow m' = 200 . 10^3 . 8760 / 1 = 1752 . 10^6\ Kg$$

ـ الطاقة الممتصة في المحول خلال سنة أي 8760 h :

$$Q = m . c_e . (\theta_f - \theta_i) = 1752 . 10^6 . 4185 . 50 = 367 . 10^{12}\ J .$$

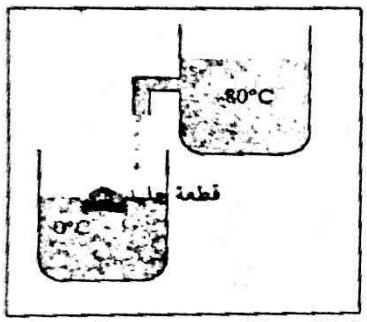
2 ـ كتلة البترول المكافئة :

$$\left.\begin{array}{l} 1000\ Kg \rightarrow 42 . 10^9\ J \\ M \rightarrow 367 . 10^{12}\ J \end{array}\right\} \Rightarrow M = 367 . 10^{12} . 1000 / 42 . 10^9 = 8,74 . 10^6\ Kg$$

كتلة البترول بالطن : $M = 8738\ Tonnes$

3 ـ حجم البترول المقتصد : $v = M / p_p = 8738 . 1000 / 800 = 10922,5\ m^3$

التمرين ـ 25



يحتوي مسعر حراري من مادة النحاس كتلته $m = 500\ g$ على كتلة $m' = 500\ g$ من الجليد درجة حرارته $T_1 = -20\ °C$. نقطر على هذا المسعر قطرات من ماء ساخن درجة حرارته $T = 80\ °C$. بمعدل جريان $d = 50\ g / mn$.

تحولت القطعة الجليدية إلى كمية من ماء سائل عند درجة حرارة $T_2 = 0\ °C$ خلال مدة قدرها $\theta = 11\ mn\ 30\ s$.

1 ـ احسب السعة الكتلية لإنصهار الجليد L_f علما أن السعة الكتلية للنحاس تساوي $c_{Cu} = 0,1\ cal / gK$ و السعة الكتلية للجليد $c_g = 0,5\ cal / g\ K$ و السعة الكتلية للماء $c_e = 1\ cal / g\ K$. تعطى : $1\ Cal = 4,185\ J$

2 ـ نواصل التجربة . ما هي المدة الزمنية θ' اللازمة حتى تصل درجة حرارة المسعر $T_3 = 20\ °C$. ما هي حينئذ الكتلة الكلية للماء الموجود داخل المسعر .

3 ـ عند هذه اللحظة ندخل في المسعر قطعة من ألومنيوم كتلتها $m_1 = 500\ g$ و درجة حرارتها $T'_1 = 100\ °C$ في نفس الوقت نوقف تدفق الماء الساخن . نقيس درجة الحرارة التوازن الحراري $T'_2 = 25,2\ °C$. احسب السعة الكتلية c_{Al} للألومنيوم .

4 ـ ندخل نفس قطعة الألومنيوم درجة حرارتها $T'_1 = 100\ °C$ في نطاق معزول حراريا حجمه $V = 20\ L$. يحمل هذا النطاق غازا مثاليا في الشروط النظامية للضغط و درجة الحرارة . نقيس درجة حرارة التوازن فنجد $T'_3 = 95,9\ °C$.

احسب السعة الحرارية الجزيئية C_M عند ثبوت الحجم لهذا الغاز .

نعلم أن حجم مول واحد لغاز مثالي في الشروط النظامية للضغط و درجة الحرارة هو $V_M = 22,4\ L$.

ملاحظة : السعة الحرارية الجزيئية (المولية) C_M = السعة الحرارية الكتلية c_g × الكتلة المولية M .

عبارة C_M : $C_M = M . c_g$ حيث M الكتلة الجزيئية للغاز و c_g سعته الحرارية الكتلية .

وحدة السعة الحرارية الجزيئية (المولية) C_M هي J/K .

الحـل ـ 25

1 ـ يمتص الجليد و المسعر تحويل حراري Q_1 حتى ترتفع درجة حرارتهما من $T_1 = -20\ °C$ إلى $T_2 = 0\ °C$:

$$Q_1 = (m\ c + m'\ c')\ (T_2 - T_1)$$

ـ يتحول الجليد إلى ماء في نفس درجة الحرارة $T_2 = 0\ °C$ و يمتص التحويل الحراري Q_2 : $Q_2 = m'\ L_f$

ـ و تكون قطرات الماء قد فقدت التحويل Q_3 : $Q_3 = M_e . c_e\ (T_2 - T)$

ـ و من مبدأ انحافظ الطاقة فإن : $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$ ثم نستنتج عبارة L_f .

$$(m\ c + m'\ c')\ (T_2 - T_1) + m'\ L_f + M_e . c_e\ (T_2 - T) = 0$$

تمـــاريـــن نمـــاذج للفروض و الإختبارات

التمرين ــ1

إختر الإجابة الصحيحة مع التبرير

1ــ التحول الحراري : a ــ يصاحبه دائما تغير في درجة الحرارة . b ــ يمكن أن يصاحبه تغير في درجة الحرارة .
c ــ لا يصاحبه أبدا تغير في درجة الحرارة .

2ــ عندما نقوم بإذابة الجليد فإننا : a ــ نعطي طاقة للجليد . b ــ ننزع طاقة للجليد . c ــ لا يحدث أي تبادل طاقوي مع الجليد

3ــ الجسم الذي يستقبل طاقة فإنه : a ــ حتما تلقى عمل . b ــ حتما تلقى تحول حراري . c ــ يحرر بعمل أو تحول حراري

الحـل ــ 1

1ــ التحول الحراري : **b ــ يمكن أن يصاحبه تغير في درجة الحرارة .**

2ــ عندما نقوم بإذابة الجليد فإننا : **a ــ نعطي طاقة للجليد .**

3ــ الجسم الذي يستقبل طاقة فإنه : **c ــ يحرر عمل أو تحول حراري** . عندما يتلقى الجسم طاقة موجبة هذه العملية لا تعطي أي معلومات على نمط الحصول عليها (عمل ، تحول حراري أو الإثنين)حتى و إن تلقى الجسم طاقة موجبة فإنه بالمقابل يحرر طاقة (شرط أن تكون الطاقة المتحررة مأخوذة بالقيمة المطلقة أصغر من الطاقة المستقبلة) .

التمرين ــ 2

كيف تعمل وظيفة التعرق على تبريد الجسم ؟

الحـل ــ 2

حتى يتبخر العرق يتطلب طاقة (الموافقة لتحول حراري لعملية التبخر للعرق التي هي تحول العرق من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية الأقل ترتيبا) هذه الطاقة يأخذها العرق من الجسم أيث هذا الأخير يفقد طاقة و منه نحصل على تبريد الجسم .

التمرين ــ3

لرفع درجة حرارة 10 g من الحديد بـــ 5° C يتطلب 22,5 J .

1ــ استنتج كمية الطاقة الأزمة لرفع درجة حرارة 1 kg من الحديد بـــ 1° C

2 ــ نضع حجم $V = 50\ cm^3$ من الحديد عند درجة حرارة 25° C في فرن ساخن درجة حرارته ثابتة 60° C . ما هي درجة حرارة الحديد عند التوازن الحراري ؟ تعطى : كثافة الحديد : d = 7,8

الحـل ــ 3

1ــ استنتاج كمية الطاقة الأزمة لرفع درجة حرارة 1 kg من الحديد بـــ 1° C : $Q_1 = 1/5\ .\ (22,5\ .\ 1000)/10 = 450\ J$

2 ــ درجة حرارة الحديد عند التوازن الحراري : كتلة الحديد الموافقة لـــ $50\ cm^3$ منه : $m = d\ .\ V = 0,39\ kg$ عند التوازن الحراري يكون للحديد نفس درجة حرارة الفرن أي 60° C إذن الحديد يكتسب طاقة :

$Q = m\ .\ Q_1\ (\theta_f - \theta_i) = 0,39\ .\ 450\ .\ (60 - 25) = 6,1\ kJ$ حيث Q_1 تمثل السعة الحرارية الكتلية للحديد .

التمرين ــ 4

سخنت سامية 250 cL من الماء في إناء لتحضير مشروب الشاي . بعد إضافة الشاي إلى الإناء كانت درجة حرارة المشروب الناتج 85° C .

1ــ ما هو حجم الماء عند الدرجة 20° C ، الواجب إضافته للمشروب السابق لتصبح درجة حرارته 55° C ؟

2 ــ ماذا تصبح درجة الحرارة النهائية لمشروب الشاي لو أضافت سامية 50 cL من الماء عند الدرجة 4° C إلى 250 cL من مشروب الشاي عند الدرجة 85° C ؟ تعطى: السعة الحرارية الكتلية للماء $c_e = 4180\ J/(Kg\ .\ K)$

الحـل ــ 4

1ــ حجم الماء عند الدرجة 20° C ، الواجب إضافته للمشروب السابق لتصبح درجة حرارته 55° C :

حجم الماء الذي نبرده هو 250 cL أي ما يوافق 250 g إذن الإنتقال من درجة الحرارة 85° C إلى 55° C يوافق تحويل طاقوي قدره : $Q = m\ .\ c_e\ (\theta_f - \theta_i) = 0,25\ .\ 4180\ .\ (55 - 85) = - 31,4\ kJ$ هذه الطاقة تمتصها الكتلة m' من الماء عند 20° C : $Q' = - Q = m'\ .\ c_e\ (\theta_f - \theta'_i) \Rightarrow m' = - Q\ /[c_e\ (\theta_f - \theta'_i)] = - 31400\ /[4180\ (55 - 20)] = 215\ g$

2 ــ درجة الحرارة النهائية لمشروب الشاي لو أضافت سامية 50 cL من الماء :

عند إضافة 50 cL من الماء عند 4° C و باعتبار الجملة معزولة نجد : $Q' + Q = 0$ إذن :

$m\ .\ c_e\ (\theta_f - \theta_i) + m'\ .\ c_e\ (\theta_f - \theta'_i) = 0$ و منه نستنتج: $\theta_f = (m\ \theta_i + m'\ \theta_f)/(m + m') = 344,5\ K = 71,5°\ C$

التمرين ــ 5

1 ــ أذكر ثلاث طرق لإنتقال الطاقة .

2 ــ نريد رفع الطاقة الداخلية لحجم معين من الماء ، موجود في إناء . أذكر ثلاث طرق و في كل واحدة يحدث فيها إحدى طرق إنتقال الطاقة .

الحـل ــ 5

1 ــ طرق إنتقال الطاقة هي : العمل ، التحول الحراري ، الإشعاع .

2ــ نستطيع رفع الطاقة الداخلية للماء بالعمل و ذلك برجه بقوة و تحريكه و لكن يتطـ وقت كبير لرفع حرارة الماء كما يتطلب أن يكون الأناء الموجود فيه مصنوع من مادة عازلة حراريا .

نستطيع رفع الطاقة الداخلية للماء بالتحول الحراري و ذلك بوضع إناء الماء البارد فوق مسخن حراري درجة حرارته أعلى من درجة حرارة الماء و إبانه وكذلك يتطلب أن يكون الإناء مصنوع من مادة ناقلة للحرارة .

3 ــ نستطيع رفع الطاقة الداخلية للماء بالإشعاع ، بتعريضه للأشعة الضوئية (أشعة الشمس مثلا) و يفضل أن يكون الإناء مطلي بمادة سوداء .

التمرين ــ 6

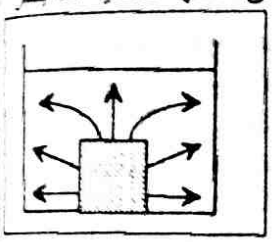
نضع في مسعر حراري (كالوريمتر) (Calorimétre) كتلة معينة من الماء ، درجة حرارته $\theta_1 = 20°C$ ثم نضيف له قطعة من النحاس درجة حرارتها الإبتدائية $\theta_2 = 80°C$.

1ــ ما هي التحولات الطاقوية التي تحدث في المسعر الحراري ؟

2ــ ماذا نقول عن الحرارة النهائية للجملة الكلية ؟

الحـل ــ 6

1ــ التحولات الطاقوية التي تحدث في المسعر الحراري : عند تلامس جسمين درجة حرارتهما مختلفتين يحدث انتقال حراري من الجسم الساخن إلى الجسم البارد . إذن قطعة النحاس تعطي طاقة على شكل حرارة إلى الماء فتنقص طاقتها الداخلية مما يفسر النقصان في درجة الحرارة للنحاس . بالعكس ، الماء يستقبل الطاقة الضائعة للنحاس كلية (لأن المسعر معزول حراريا) إذن الطاقة الداخلية للماء تزداد و هذا ما يفسر إرتفاع درجة حرارته .



2ــ الحرارة النهائية للجملة الكلية : درجة حرارة الماء تزداد و درجة حرارة النحاس تنقص و عندما يحدث توازن حراري تصبح درجة الحرارة النهائية للجملة نفسها و هي θ حيث :

$$(\theta_1 < \theta_f < \theta_2$$

التمرين ــ 7

نسيم رياضي شهير عضلاته قوية يضغط بين يديه ، بشكل أفقي ، على نابض موضوع على طاولة أفقية .

1ــ هل يدي نسيم تنجز عمل ؟ برر إجابتك . 2 ــ ما هو أثر هذا العمل ؟

الحـل ــ 7

لجعل النابض منضغطا يجب أن ننقص من طوله إذن خلال عملية الإنضغاط يجب أن تنتقل إحدى يدي نسيم أو الإثنين و بصورة عامة يحدث تقارب لليدين إذن هناك قوة تطبق و إنتقال و منه نقول أن نسيم ينجز عمل بيديه وهو عمل محرك لأن جهة الإنتقال في نفس جهة القوى المطبقة .

2 ــ أثر هذا العمل نراه في وضعية إنضغاط النابض حيث طاقته الداخلية تزداد . إذن هناك تحول طاقوي على شكل عمل من يدي نسيم إلى النابض .

التمرين ــ 8

سيارة كتلتها $m = 800\ kg$ ، تسير على طريق أفقية بسرعة $V = 90\ km/h$.

1 ــ اوجد الطاقة الحركية للسيارة

2 ــ تضغط كنزة على الفرامل فتتوقف السيارة . ماذا تصبح الطاقة الحركية السابقة ؟

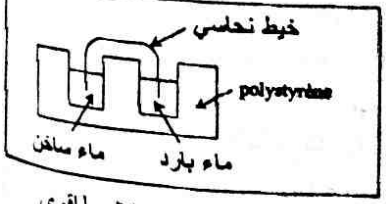
الحـل ــ 8

1 ــ إيجاد الطاقة الحركية للسيارة : $E_C = 1/2 \cdot m \cdot V^2 = 1/2 \cdot 800 \cdot 25^2 = 2{,}5 \cdot 10^5\ J$

2ــ عندما تضغط كنزة على الفرامل ، الطاقة الحركية للسيارة تتحول إلى حرارة عن طريق عمل قوى الإحتكاكات للفرامل (plaquettes) . بما أن الطاقة الحركية للسيارة كبيرة جدا فإن الفرامل (plaquettes) ترتفع حرارتها و منه يسخن المحيط المجاور أي تتحول الطاقة الحركية من السيارة إلى حرارة في الفرامل ثم إلى حرارة في المحيط .

التمرين ــ 9

البوليستران (Polystyrène) مادة عازلة . نحقق التركيب الموضح في الشكل المقابل حيث يشكل النحاس جسر ناقل بين الماء الساخن و الماء البارد .

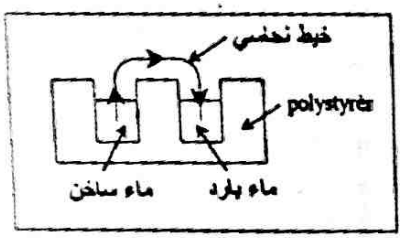


1 ــ حدد بسهم التحول الحراري الحادث بين الماء الساخن و البارد .

2 ــ فسر هذا التحول على المستوى الميكروسكوبي .

الحـل ــ 9

بما أن البوليستران مادة عازلة ، يحدث تبادل طاقوي بين الماء الساخن و البارد بواسطة خيط النحاس كما يوجد إنتقال طاقوي إلى المحيط الخارجي على مستوى سطحي الماء .



2 ــ تفسير التحول على المستوى الميكروسكوبي :
في الجسم المعدني ، الذرات مرتبطة ببعضها و تهتز حول مواضع توازنها بسعة تتعلق بالحرارة . في الماء الساخن جزيئات الماء تتحرك بحرية أكثر مما هي في الماء البارد ، هذه الحركة تنتقل إلى ذرات النحاس في جزئه المغمور في الماء الساخن و بوجود إلكترونات حرة في ذرات النحاس تنتقل الحركة إلى ذرات النحاس في الجزء الآخر المغمور في الماء البارد ، أين يحدث العكس أي تنتقل الحركة من ذرات النحاس إلى جزيئات الماء فترتفع حرارته .

التمرين ــ 10

للحصول على ماء فاتر (Tiède) نمزج ليزا ماء ساخن مع ماء بارد . في إناء عازل يحتوي على كتلة $m_1 = 600\ g$ من ماء بارد عند درجة حرارة $\theta_1 = 20°\ C$ نضيف كتلة m_2 من ماء ساخن عند درجة حرارة $\theta_2 = 70°\ C$.

1 ــ اوجد كتلة الماء الساخن m_2 الواجب إضافتها للحصول على ماء فاتر درجة حرارته $\theta = 40°\ C$.

نهمل التحول الحراري بين الماء و الإناء .

الحل ــ 10

عندما نسكب الماء الساخن في الإناء يحدث تحول حراري بينه و بين الماء البارد . ليكن Q التحول الحراري الذي يعطيه الماء الساخن إذن طاقته الداخلية تنقص فنستنتج أن : $Q = m_2 . c_e (\theta - \theta_2)$

ليكن Q' التحول الحراري الذي يستقبله الماء البارد إذن طاقته الداخلية تزداد فنستنتج أن $Q' = m_1 . c_e (\theta - \theta_1)$

الإناء عازل إذن كمية الطاقة التي يقدمها الماء الساخن تساوي كمية الطاقة التي يستقبلها الماء البارد : $Q' + Q = 0$

$$- m_2 . c_e (\theta - \theta_2) = m_1 . c_e (\theta - \theta_1) \Rightarrow m_2 = [m_1(\theta - \theta_1)] / (\theta - \theta_2) = 400\ g$$

التمرين ــ 11

لدينا إناءين معدنيين متماثلين . نطلي السطح الخارجي لأحدهما بطلاء أسود ثم نضع نفس الكمية من الماء في كل منهما عند نفس درجة الحرارة ثم نعرضهما لأشعة الشمس فنلاحظ بعد دقائق أن درجة حرارة الماء في الإناء المطلي أعلى من الآخر .

1 ــ برر هذه الملاحظة .

2ــ نعرض لأشعة الشمس ترمومترين زئبقيين أحدهما وعاءه مطلي بالأسود . هل يشيران إلى نفس درجة الحرارة ؟

3ــ نفس السؤال إذا وضعنا ترمومترين في الظل .

4 ــ ماذا تستخلص ؟

الحل ــ 11

1 ــ الجسم الأسود له خصوصية إمتصاص الأشعة المرئية البيضاء التي تصل إليه .الإناء المطلي يمتص إذن أشعة الشمس فتزداد طاقته الداخلية و منه تزداد حرارته ، أما الآخر فيعكسها ، هذا ما يفسر زيادة درجة حرارة الإناء المطلي بالأسود .

2 ــ لا يشيران إلى نفس درجة الحرارة . نفس التبرير السابق حيث الزئبق عوض فقط الماء . الترمومتر ذو الوعاء المطلي سوف يشير إلى درجة حرارة أكبر .

3 ــ إذا وضعنا الترمومتران في الظل ، التحول الحراري يحدث باللمس بنفس الشكل مع المحيط الخارجي . عندما يحدث التوازن الحراري سوف يشيران إلى نفس درجة الحرارة باعتبارهما موجودان في نفس المحيط و متماثلان .

4 ــ لا يمكن قياس درجة الحرارة الخارجية بوضع ترمومتر معرض لأشعة الشمس لأن درجة الحرارة المقاسة تتعلق بنوع الترمومتر أي العبارة (الطقس درجة حرارته 20° C تحت أشعة الشمس مثلا) ليس لها معنى .

التمرين ــ 12

عندما نضغط على نابض بمقدار x نزيد من طاقته الداخلية بالقيمة $E_e = 1/2 . k x^2$. لدينا نابض طوله $L_0 = 20\ cm$ ، ثابت مرونته $k = 1000 N/m$ ، نضغطه فيكتسب طاقة قدرها $E = 5,0\ J$.

1 ــ ما هو طول النابض المضغوط ؟

2 ــ ما هو التغير في الطاقة الداخلية للنابض عندما يرجع إلى طوله الأصلي ؟

3 ــ ما هو طريق إنتقال هذه الطاقة ؟

4 ــ ما هي السرعة العظمى التي تكتسبها كتلة $m = 50\ g$ توضع على تلامس مع النابض المضغوط ثم يترك لحاله و ذلك بفرض أن الإنتقال يكون على حامل أفقي و باهمال الإحتكاكات ؟

الحل ــ 12

1 ــ طول النابض المضغوط : النابض يستقبل طاقة قيمتها E_e عن طريق العمل مما يزيد من الطاقة الداخلية له بنفس القيمة E_e

$$E_e = 1/2 . k x^2 = 5,0\ J \Rightarrow x = 0.10\ m \quad \text{و منه طول النابض المضغوط} \quad L = L_0 - x = 10\ cm$$

2 ــ عندما يستعيد النابض طوله الأصلي يفقد الطاقة التي اكتسبها فيكون التغير في الطاقة الداخلية للنابض بـ $-5,0\ J$

3 ــ النابض يقدم عمل خلال إستعادة طوله الأصلي ، إنتقال الطاقة يكون بالعمل مثل مرحلة الإنضغاط .
العمل يكون سالب خلال الإنضغاط و موجب خلال الإستطالة .

4 ـ إذا كانت كل الطاقة التي يفقدها النابض خلال الإستطالة تتحول إلى طاقة حركية لمكتسبه m هذه الأخيرة تكون سرعتها العظمى

$E_c = 1/2 \cdot m V^2 = 5,0 \Rightarrow V = 14 \text{ m/s}$

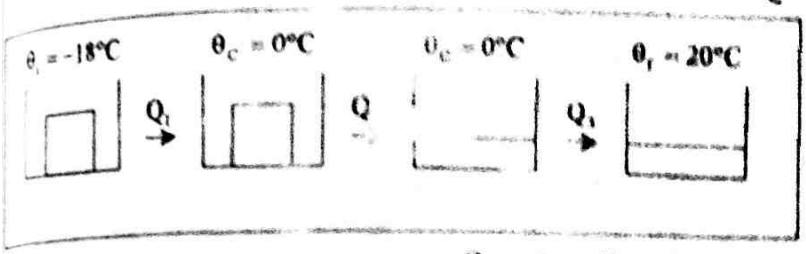
التمرين ـ 13

نخرج قطعة جليد كتلتها $m = 50 \text{ g}$ من الثلاجة درجة حرارتها $\theta_1 = -18° \text{ C}$. نريد الحصول على نفس الكتلة من الماء عند الدرجة $18° \text{ C}$. ما هي الطاقة الواجب إعطاءها لقطعة الجليد ؟

نعطي : درجة إنصهار الجليد $0° \text{ C}$. السعة الحرارية الكتلية للماء $c_e = 4180 \text{ J / (Kg . K)}$ السعة الحرارية الكتلية للجليد $c_g = 2100 \text{ J / (Kg . K)}$ ، السعة الكتلية لتغير الحالة للجليد : $L_f = 335 \cdot 10^3 \text{ (J/kg)}$.

الحل ـ 13

من الجليد إلى الماء . بين الحالتين ، الجملة تخضع لثلاث مراحل :



أ ـ درجة حرارة الجليد ترتفع من $-18° \text{ C}$ إلى $0° \text{ C}$ تتطلب تحول حراري Q_1

ب ـ الجليد يذوب وهو بالماء عند نفس درجة الحرارة $0° \text{ C}$ يتطلب تحول حراري Q_2

ج ـ درجة حرارة الماء ترتفع من $0° \text{ C}$ إلى $18° \text{ C}$ تتطلب تحول حراري Q_3

إن الطاقة الكلية التي يجب تقديمها للجليد هي : $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$

$Q_1 = m \cdot c_g \cdot (\theta_c - \theta_i) = 50 \cdot 10^{-3} \cdot 2100 \cdot (0 + 18) = 1,9 \cdot 10^3 \text{ J}$.

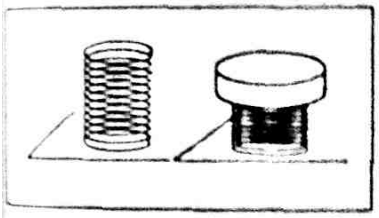
$Q_2 = m L_f = 50 \cdot 10^{-3} \cdot 335 \cdot 10^3 = 1,7 \cdot 10^4 \text{ J}$.

$Q_3 = m \cdot c_e \cdot (\theta_f - \theta_c) = 50 \cdot 10^{-3} \cdot 4180 \cdot (20 - 0) = 4,2 \cdot 10^3 \text{ J}$.

إن الطاقة الكلية التي يجب تقديمها للجليد هي : $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 2,3 \cdot 10^4 \text{ J}$

التمرين ـ 14

لدينا نابض كتلته مهملة حلقاته غير متلاصقة ثابت مرونته $k = 100 \text{ N/m}$ ، طوله $L_0 = 20 \text{ cm}$. نضع هذا النابض بشكل شاقولي ثم نضع فوقه أسطوانة كتلتها $m = 1,0 \text{ kg}$. بعد عدة إهتزازات تسكن الأسطوانة و يصبح طول النابض L . نعتبر الجملة المدروسة (نابض + السطوانة) في حقل الجاذبية الأرضية .



1 ـ احسب طول النابض عند سكون الأسطوانة.

2 ـ استنتج التغير في الطاقة الكامنة الثقلية للجملة .

3 ـ ماذا يمكن القول عن التغير في الطاقة الحركية للجملة بين لحظة ترك الأسطوانة بدون سرعة إبتدائية و لحظة سكونها؟

4 ـ احسب التغير في الطاقة الداخلية للنابض المستقبلة عن طريق العمل .

5 ـ قارن نتائج السؤالين 2 و 4 . ماذا تستخلص .

الحل ـ 14

1 ـ حساب طول النابض عند سكون الأسطوانة : $m \cdot g = k \cdot x \Rightarrow x = (m \cdot g)/k = (1,0 \cdot 10)/ 100 = 0,10 \text{ m}$

و منه طول النابض المضغوط $L = L_0 - x = 10 \text{ cm}$.

2 ـ استنتاج التغير في الطاقة الكامنة الثقلية للجملة : الأسطوانة نقص ارتفاعها و منه فقدت جزء من طاقتها الكامنة الثقلية

$\Delta E_p = m \cdot g \cdot \Delta Z = -1,0 \cdot 10 \cdot 0,10 = -1,0 \text{ J}$

3 ـ لا يوجد تغير في الطاقة الحركية للجملة (الأسطوانة) لأن حركتها بدأت بدون سرعة ابتدائية و انتهت بالتوقف(السكون)

4 ـ حساب التغير في الطاقة الداخلية للنابض المستقبلة عن طريق العمل : $\Delta E_i = 1/2 \cdot k \cdot x^2 = 0,50 \text{ J}$

5 ـ مقارنة لنتائج السؤالين 2 و 4 : النابض خزن فقط نصف الطاقة المقدمة من الأسطوانة ، نستنتج أن النصف الآخر ضاع على شكل حرارة أثناء اهتزاز الأسطوانة قبل أن تسكن .

التمرين ـ 15

ندخل قطعة نحاسية كتلتها $m = 100 \text{ g}$ درجة حرارتها $70° \text{ C}$ في مسعر حراري يحتوي على $M = 300 \text{ g}$ من الماء عند درجة حرارة $20° \text{ C}$.

أ ـ بإهمال السعة الحرارية للمسعر الحراري ، أحسب درجة الحرارة النهائية للماء .

2 ـ في الحقيقة المسعر له مكافئ مائي $\mu = 30 \text{ g}$. نفس السؤال السابق .

السعة الكتلية للماء $c_e = 4180 \text{ J / (Kg . K)}$ ، السعة الكتلية للنحاس $c_{Cu} = 418 \text{ J / (Kg . K)}$

الحل ـ 15

1 ـ حساب درجة الحرارة النهائية للماء ، بإهمال السعة الحرارية للمسعر الحراري :

ـ التحويل الحراري الذي يمكن أن يكتسبه الماء بدون تغير الحالة الفيزيائية للماء :

$Q_1 = M c_e (\theta_f - \theta_i) = 0,3 . 4185 . (\theta_f - 293)$

ـ التحويل الحراري الذي تفقده القطعة النحاسية بدون تغير الحالة الفيزيائية :

$Q_2 = m_{Cu} c_{Cu} (\theta_f - \theta_i) = 0,1 . 418 . (\theta_f - 343)$

المسعر معزول حراريا : $Q_1 + Q_2 = 0$.

$0,3 . 4185 . (\theta_f - 293) + 0,1 . 418 . (\theta_f - 343) = 0 \Rightarrow \theta_f = 21,6 °C$

2ـ في الحقيقة المسعر له مكافئ مائي 30 g . نفس السؤال السابق .

ـ إيجاد درجة الحرارة النهائية :

التحويل الحراري الذي يمكن أن تمتصه الماء و المسعر الذي كتلته $(M + \mu)$ بدون تغير الحالة الفيزيائية للماء Q_1 يساوي التحويل الحراري الذي أن تمتصه القطعة النحاسية Q_2 بحيث : $Q_1 + Q_2 = 0$.

$(M + \mu) c_e (\theta_f - 293) + m_{Cu} c_{Cu} (\theta_f - (343) = 0$

$0,33 . 4185 . (\theta_f - 293) + 0,1 . 418 . (\theta_f - 343) = 0 \Rightarrow \theta_f = 21,5 °C$

التمرين ـ16

عند تبريد عينة كيميائية مجهولة من 80 °C إلى 50 °C تتحرر طاقة قدرها 300 J .

هل نفس الكتلة من هذه العينة تحرر نفس كمية الطاقة عند تبريدها من 50 °C إلى 20 °C

الحـل ـ 16

عند تبريد عينة كيميائية مجهولة من 80 °C إلى 50 °C : $Q = M c (\theta_f - \theta_i) = M c . (353 - 323) \Rightarrow M c = Q/30$

عند تبريد عينة كيميائية مجهولة من 80 °C إلى 50 °C : $Q' = M c (\theta_f - \theta_i) = M c . (323 - 293) \Rightarrow M c = Q'/30$

من العبارتين السابقتين نلاحظ أن $Q = Q'$ لأن $M c$ هي نفسها .

التمرين ـ17

مسعر حراري سعته الحرارية مهملة . نضع فيه $m = 100 g$ من الجليد درجة حرارته -5 °C ثم نضيف للمسعر $M = 100 g$ من الماء درجة حرارته 90 °C .

1ـ هل تبقى كمية من الجليد في المسعر ، عند حدوث التوازن الحراري ؟

2ـ ما هي درجة حرارة التوازن الحراري ؟ السعة الكتلية للجليد $c_g = 2,1 J / (g . K)$ ، و درجة حرارة انصهاره 0 °C السعة الكتلية للماء $c_e = 4,18 J / (g . K)$ ، السعة الكتلية لإنصهار الجليد $L_f = 334 J/g$

الحـل ـ 17

1ـ هل تبقى كمية من الجليد في المسعر ، عند حدوث التوازن الحراري :

حتى يذوب الجليد يجب أن ترتفع درجة الحرارة من -5 °C إلى 0 °C إذن الطاقة التي يستقبلها الجليد هي Q_1 :

$Q_1 = m . c_g . (\theta_f - \theta_i) = 0,1 . 2100 . (273 - 268) = 1050 J .$

ثم يذوب الجليد عند درجة حرارة ثابتة 0 °C ، يستهلك من خلالها طاقة قدرها :

$Q_1 = m . L_f = 0,1 . 334 . 10^3 = 33400 J$

و في الخلاصة : لكي يذوب الجليد كلية يتطلب طاقة كلية قدرها : $Q = Q_1 + Q_2 = 34450 J$

عندما تتغير درجة حرارة كل الماء من 90°C إلى 0°C يعطي طاقة قدرها : Q_3

$Q_3 = m' . c_e . (\theta_f - \theta_i) = 0,1 . 4180 . (273 - 363) = - 37620 J .$

نلاحظ أن $Q_3 < 0$ و هذا يدل على أن الطاقة قدمت للجملة . و بما أن $|Q_3| > Q$ فهذا دليل على أن كل الجليد قد ذاب .

إذن درجة الحرارة النهائية للمسعر تنحصر بين 0°C (جليد مذاب) و 90 °C (الماء المضاف) .

2ـ لحساب درجة الحرارة النهائية للمسعر و ما يحتويه من ماء نتبع الطريقة التالية :

ـ الجليد يسخن من -5 °C إلى 0°C مستهلكا Q_1

ـ كل الجليد يذوب مستهلكا Q_2

ـ الماء الناتج عن الإذابة 100 g ، تتغير حرارته من 0°C إلى θ°C مستهلكا Q_4 حيث θ هي درجة الحرارة النهائية للمسعر

ـ خلال هذا الزمن ، كتلة الماء التي كانت في المسعر تتغير حرارته من 90°C إلى θ°C يعطي طاقة قدرها : Q_3

حيث الجملة معزولة حراريا : $Q_1 + Q_1 + Q_3 + Q_3 = 0$

ت . ع : $Q_1 = 1050 J$ ، $Q_2 = 34450 J$ ، $Q_3 = 0,1 . 4180 . (\theta - 363)$ ، $Q_4 = 0,1 . 4180 . (\theta - 273)$

و منه نحصل على درجة الحرارة النهائية للمسعر و ما يحتويه من ماء : $\theta = 2,5°C$, $\theta = 275,5 K$

إذن في النهاية نحصل على 200 g من الماء عند درجة الحرارة 2,5°C .