محاضرات مادة الكيمياء للصف الثاني عشر (الفصل الدراسي الأول)

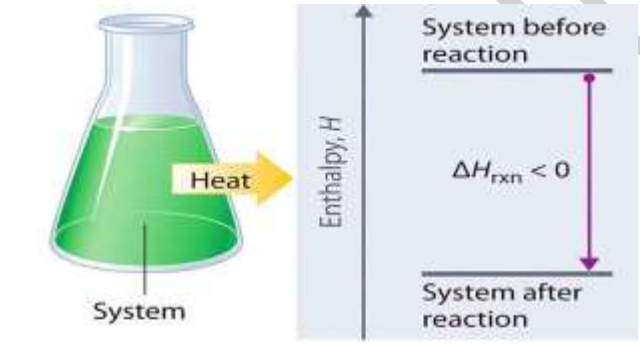
المحاضرة : السابعة

قياس كمية الحرارة

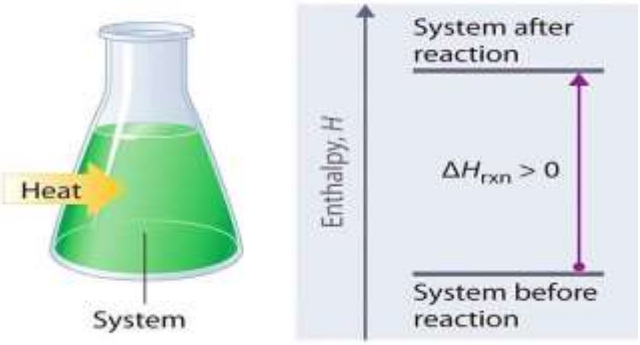
الحرارة وتغيرات الطاقة

المحتوى الحراري والتغير في المحتوى الحراري

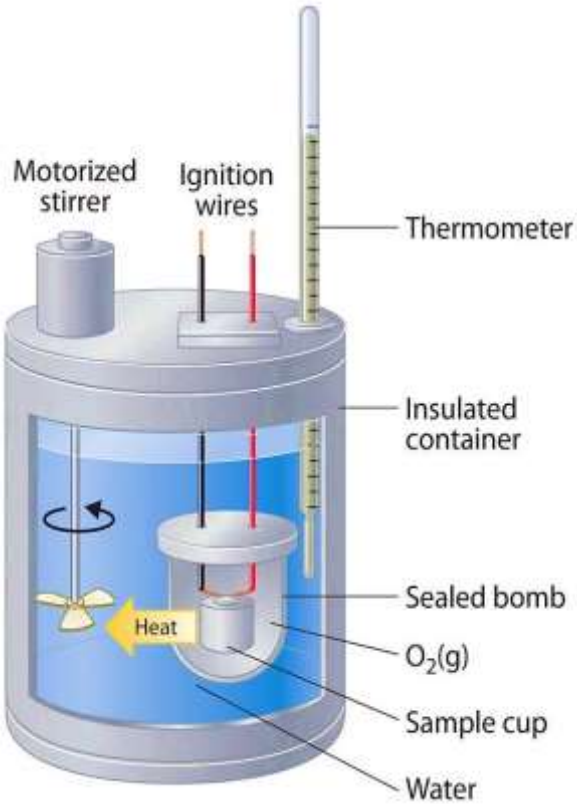
المعادلات الكيميائية الحرارية



(a) Exothermic reaction



(b) Endothermic reaction

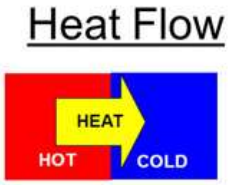


اعداد / أ . أيوب العويسي

98555079 , 91753932 WhatsApp

قياس كمية الحرارة

*** ما الفرق بين درجة الحرارة وكمية الحرارة ؟**



ـ درجة الحرارة هي مقياس لمدى سخونة أو برودة الأجسام ، حيث تعتبر مؤشر على كمية الطاقة الحرارية التي يختزنها الجسم ومؤشر على مدى حركية ذراته ، وهي الخاصية التي يمكن من خلالها معرفة اتجاه الطاقة الحرارية ، حيث تنتقل من الجسم الذي يمتلك درجة حرارة أكبر إلى الجسم الذي يمتلك درجة حرارة أقل ، حتى يصل الجسمين إلى حالة اتزان حراري تتساوى عندها درجة حرارتهما .

لقياس درجة الحرارة نستخدم الثيرمومتر ، وهو عبارة عن أنبوبة زجاجية مدرجة تعبأ بالزئبق أو الكحول الإيثيلي تقيس درجة الحرارة من خلال التمدد و الانكماش في هذا السائل ، والوحدة الأكثر استخداما لقياس درجة الحرارة هي الدرجة السيليزية (المئوية) $(^{\circ}C)$.

ـ كمية الحرارة هي مقياس للطاقة الداخلية الكلية للجسم ، أي أنها تقيس الطاقة الحركية الناشئة من حركة الجزيئات بالإضافة إلى طاقة الوضع المختزنة في الروابط بين الجزيئات .
ويستخدم المسعر الحراري لقياس كمية الحرارة الممتصة أو المفقودة ، والوحدة المستخدمة لقياس كمية الحرارة هي الجول (J) أو الكيلوجول (kJ) .

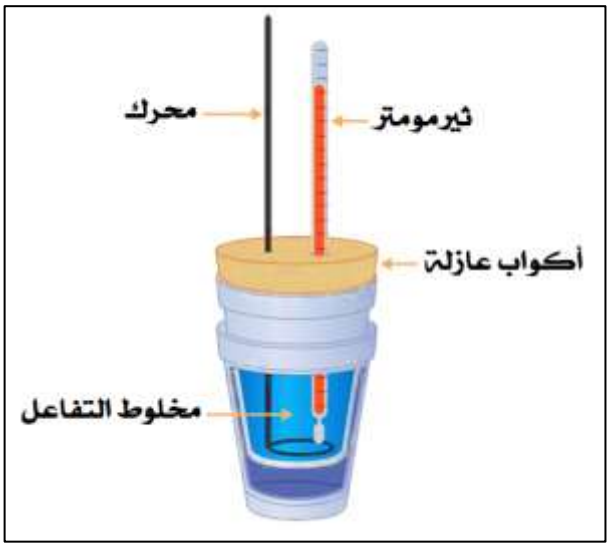
المسعرات

نوعان

١ المسعر البسيط

عبارة عن وعاء (صندوق) معزول يستخدم لقياس كمية الحرارة الممتصة أو المنطلقة في أثناء التغيرات الكيميائية والفيزيائية ، حيث تعتمد عملية القياس على كتل المواد والتغير في درجة الحرارة .

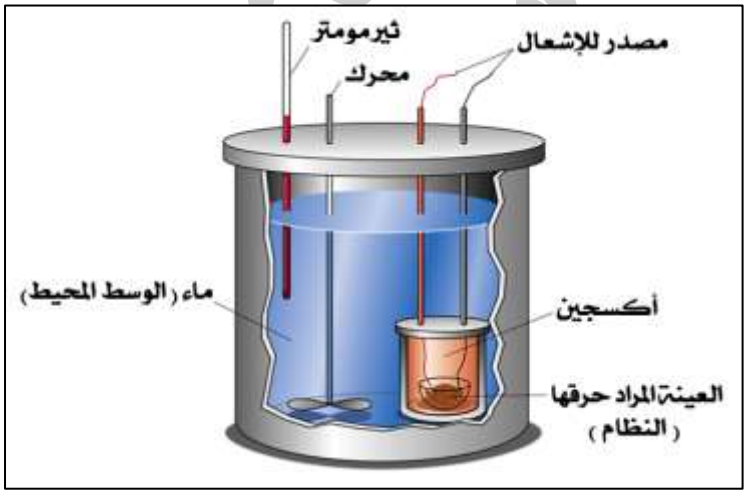
يستخدم هذا المسعر عند ضغط ثابت



٢ المسعر الانفجاري (مسعر القنبلة)

يستخدم لقياس كمية الحرارة المنطلقة نتيجة احتراق مادة ما ، أي أنه يستخدم في تفاعلات الاحتراق .

يستخدم هذا المسعر عند حجم ثابت



ولحساب كمية الحرارة الممتصة أو المفقودة نستخدم العلاقة التالية :

$$q = mc\Delta T$$

حيث : q ⇐ كمية الحرارة الممتصة أو المفقودة بوحدة (J) أو (kJ) .

m ⇐ كتلة المادة المستخدمة (g) أو (kg) .

c ⇐ السعة الحرارية النوعية $(J/g\,.^{\circ}C)$ أو $(J/kg\,.^{\circ}C)$.

ΔT ⇐ التغير في درجة الحرارة $(^{\circ}C) \Leftarrow \{\Delta T = T_2 - T_1\}$.

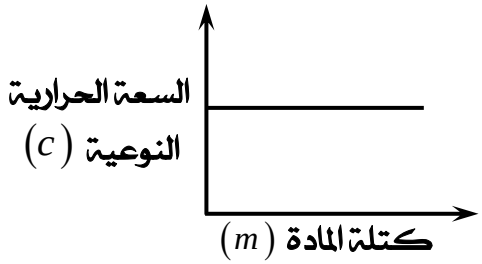
* **السعة الحرارية النوعية هي** كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من المادة بمقدار درجة سيليزية (مئوية) واحدة .

سـ / ماذا نعني بقولنا أن السعة الحرارية النوعية للذهب تساوي $(0.13\,J/g\,.^{\circ}C)$ **؟**

جـ / أي أن كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الذهب بمقدار درجة مئوية واحدة تساوي $(0.13\,J)$.

أو : يلزم كمية من الحرارة مقدارها $(0.13\,J)$ **لرفع درجة حرارة جرام واحد من الذهب بمقدار درجة مئوية واحدة .**

ملاحظات مهمة :



ـ السعة الحرارية النوعية هي خاصية تميز كل مادة ، حيث أن لكل مادة سعة حرارية نوعية خاصة بها ، أي أنها لا تعتمد على كتلة المادة .

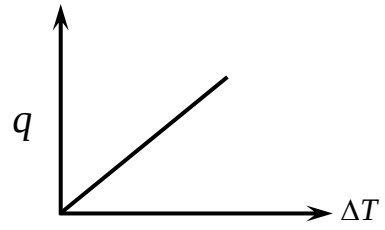
وبالتالي فإن السعة الحرارية النوعية لجرام واحد من الحديد هي نفسها السعة الحرارية النوعية لطن واحد من الحديد لأن ذرات المادة هي نفسها ولم تتغير .

ـ تمتلك السوائل سعة حرارية نوعية عالية مقارنة بالمواد الصلبة ، لذلك فإن عملية تسخين السوائل تتطلب كمية حرارة أكبر ، والجدول التالي يوضح السعة الحرارية النوعية لبعض المواد بوحدة $(J/g\,.^{\circ}C)$ **:**

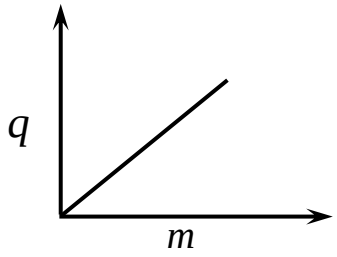
المادة	السعة الحرارية النوعية $(J/g\,.^{\circ}C)$	المادة	السعة الحرارية النوعية $(J/g\,.^{\circ}C)$
الماء	4.18	الألومنيوم	0.9
الميثانول	2.918	النحاس	0.378
الإيثانول	2.45	الحديد	0.444
الإيثلين جليكول	3.5	الزجاج	0.5
الثلج	2.01	الفضة	0.24
الزئبق	0.140	الذهب	0.13

والجدير بالذكر أن القيم الواردة في الجدول **ليست للحفظ** ، حيث أن قيمة السعة الحرارية النوعية للمادة تكون معطى في السؤال أو يطلب حسابها بمعلومية المعطيات الأخرى .

* **ملاحظات مهمة :**



- بزيادة كمية الحرارة (q) يزيد التغير في درجة الحرارة (ΔT) .



- كلمازادت الكتلة المستخدمة تطلب ذلك زيادة كمية الحرارة لرفع درجة حرارة هذه الكتلة بنفس المقدار ، فمثلا إذا كانت كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة $(2\ kg)$ من الماء بمقدار $(6\ ^\circ C)$ تساوي $(50\ kJ)$ ، فإنه يلزم $(100\ kJ)$ لرفع درجة حرارة $(4\ kg)$ من الماء بنفس المقدار .
- العلاقة عكسية بين السعة الحرارية النوعية للمادة (c) والتغير في درجة الحرارة (ΔT) :

$$c\ \alpha\ \frac{1}{\Delta T}$$

حيث أن المادة التي تمتلك سعة حرارية نوعية عالية يكون التغير في درجة حرارتها قليل أي أنها تسجل أدنى تغير في درجة حرارتها ، وفي المقابل فإن المادة التي تمتلك سعة حرارية نوعية منخفضة يكون التغير في درجة حرارتها كبير أي أنها تسجل أعلى تغير في درجة حرارتها .

فمثلا في الجدول المقابل إذا امتصت المواد (A, B, C, D) نفس كمية الحرارة فإن المادة التي ستسجل أعلى تغير في درجة حرارتها هي (C) ، في حين أن المادة التي ستسجل أدنى تغير في درجة حرارتها هي (B) .

المادة	السعة الحرارية النوعية $(J/g\ .^\circ C)$
A	0.87
B	1.01
C	0.44
D	0.62

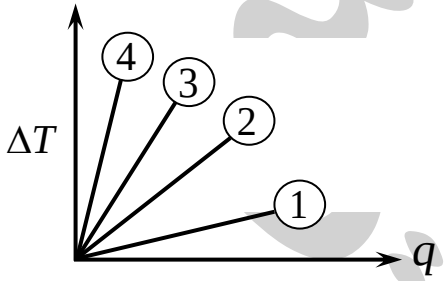
من الجدول السابق أجب عن الآتي :

سـ(١) / ما المادة المناسبة لصناعة أواني للطبخ ؟ فسر إجابتك .

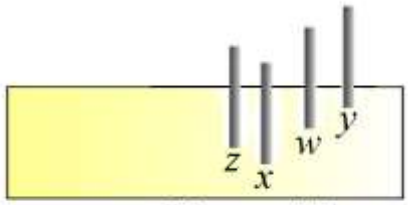
سـ(٢) / ما المادة المناسبة لصناعة مكواة كهربائية ؟فسر إجابتك .

سـ(٣) / إذا تم رسم علاقة بيانية للمواد (A, B, C, D) كما في الشكل المقابل .

ما المواد التي تمثلها الأرقام $(1, 2, 3, 4)$ ؟



سـ(٤) / إذا وضعت المواد السابقة بعد اكتسابها لنفس كمية الحرارة في قالب من الشمع وتركت لتغوص فيه ، فما المواد التي تمثلها الرموز (z, x, y, w) ؟



قالب من الشمع

سؤال توضيحي (١) / احسب كمية الحرارة بوحدة (kJ) اللازمة لرفع درجة حرارة $(340\ g)$ من الحديد بمقدار $(7.5\ ^\circ C)$ علما بأن السعة الحرارية النوعية للحديد تساوي $(0.444\ J/g\ .\ ^\circ C)$ ؟

الحل

$$q = m\,c\,\Delta T$$
$$q = 340 \times 0.444 \times 7.5$$
$$q = 1132.2\ J = 1.1322\ kJ$$

سؤال توضيحي (٢) / قطعة معدنية كتلتها $(90\ g)$ عند درجة حرارة $(22.5\ ^\circ C)$ اكتسبت كمية من الحرارة مقدارها $(1.5\ kJ)$ فأصبحت درجة حرارتها $(65.36\ ^\circ C)$ ، أوجد السعة الحرارية النوعية للقطعة المعدنية ؟

الحل

$$q = 1.5\ kJ = 1500\ J \quad , \quad \Delta T = 65.36 - 22.5 = 42.86\ ^\circ C$$
$$q = m\,c\,\Delta T$$
$$c = \frac{q}{m\,\Delta T} = \frac{1500}{90 \times 42.86} = 0.388\ J/g\ .\ ^\circ C$$

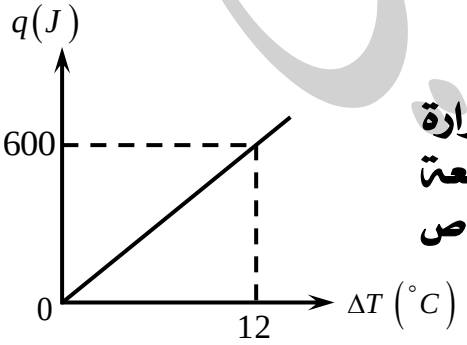
أسئلة إضافية

س-(١) / قطعة من الحديد انخفضت درجة حرارتها من $(120\ ^\circ C)$ إلى $(90\ ^\circ C)$ وذلك بفقدان $(26.64\ kJ)$ ما كتلة قطعة الحديد بالكيلوجرام علما بأن السعة الحرارية النوعية للحديد تساوي $(0.444\ J/g\ .\ ^\circ C)$ ؟

جـ / $\boxed{2kg}$

س-(٢) / ما مقدار الارتفاع في درجة حرارة قطعة من الألومنيوم كتلتها $(1.00\ kg)$ عندما تكتسب كمية من الحرارة مقدارها $(9000\ J)$ علما بأن السعة الحرارية النوعية للألومنيوم تساوي $(0.9\ J/g\ .\ ^\circ C)$ ؟

جـ / $\boxed{10\ ^\circ C}$



س-(٣) / الشكل المقابل يوضح العلاقة بين كمية الحرارة والتغير في درجة حرارة قطعة من الرصاص ، ما حجم القطعة المستخدمة علما بأن السعة الحرارية النوعية للرصاص $(0.129\ J/g\ .\ ^\circ C)$ وكثافة الرصاص $(11.35\ g/cm^3)$ ؟

جـ / $\boxed{34.15\ cm^3}$

سـ (٤) / قام أحد الطلاب بإجراء تجربة لثلاث مواد مختلفة وحصل على البيانات الواردة في الجدول التالي :

	النحاس	الذهب	الفضة
الكتلة (kg)	3	1	5
كمية الحرارة اللازمة (J)	11540	645	5850
التغير في درجة الحرارة $(^{\circ}C)$	10	5	5

رتب المواد السابقة حسب التزايد في السعة الحرارية النوعية ؟

.....

الحرارة وتغيرات الطاقة

سـ / ما المقصود بكل من النظام والوسط المحيط ؟

* **النظام** (*System*) **هو** الحيز الذي تحدث فيه التفاعلات الكيميائية مثل : الكأس ، أنبوبة الاختبار ، الدورق ، .... الخ .

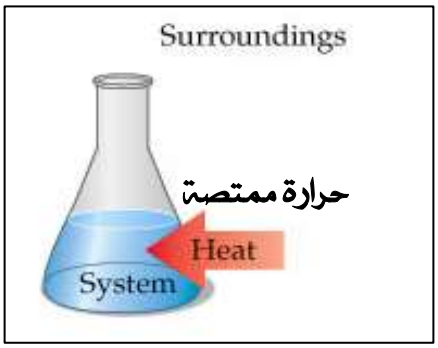
* **الوسط المحيط** (*Surroundings*) **هو** كل ما يحيط بالنظام مثل : الماء ،الهواء ، .... الخ .

لذلك يمكن تصنيف التفاعلات الكيميائية حسب تغيرات الطاقة إلى نوعين ، هما :

١ـ تفاعلات ماصة للحرارة (*Endothermic reactions*) : وهي التفاعلات التي يقوم فيها النظام بامتصاص الطاقة الحرارية من الوسط المحيط ، مثل : التمثيل الضوئي ، ذوبان كلوريد الأمونيوم في الماء ، ..... الخ .

٢ـ تفاعلات طاردة للحرارة (*Exothermic reactions*) : وهي التفاعلات التي يطلق (يفقد) فيها النظام الطاقة الحرارية إلى الوسط المحيط ، مثل : احتراق الكربون ، تفاعل الصوديوم مع الماء ، ..... الخ .

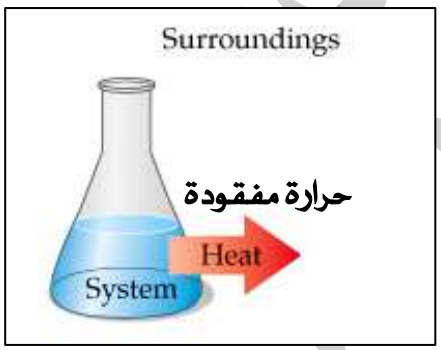
ويمكن تلخيص ما يحدث للنظام والوسط المحيط في العمليات الماصة والطارد للحرارة في الرسم التالي :



عملية ماصة للحرارة

يحدث فيها ما يلي :

- **ترتفع درجة حرارة النظام**
- **يزيد المحتوى الحراري للنظام**



عملية طاردة للحرارة

يحدث فيها ما يلي :

- **تنخفض درجة حرارة النظام**
- **يقل المحتوى الحراري للنظام**

وحسب قانون حفظ الطاقة فإن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث ، أي أنها لا تنشأ من التفاعلات الطاردة للحرارة وتفنى في التفاعلات الماصة للحرارة ولكنها تنتقل من المواد المتفاعلة إلى الوسط المحيط في التفاعلات الطاردة للحرارة ، ومن الوسط المحيط إلى المواد المتفاعلة في التفاعلات الماصة للحرارة .

وبالتالي يمكن التوصل إلى الآتي :

كمية الحرارة المفقودة من قبل النظام مساوية لكمية الحرارة المكتسبة من قبل الوسط المحيط

أي أن : $q_{(\text{للوسط المحيط})} + q_{(\text{للنظام})} = 0$

$$\therefore q_{(\text{للنظام})} = -q_{(\text{للوسط المحيط})}$$

فمثلا إذا تم تسخين قطعة معدنية ووضعت مباشرة في إناء معزول يحتوي على كمية من الماء عند درجة حرارة الغرفة ، فإن قطعة المعدن تمثل النظام الذي ندرسه والماء هو الوسط المحيط .

ستفقد قطعة المعدن كمية من الحرارة وهي نفسها كمية الحرارة التي يكتسبها الماء (بفرض عدم فقدان الحرارة إلى الخارج) وبالتالي سنلاحظ أن قطعة المعدن ستبرد تدريجيا والماء يسخن حتى تصبح درجة حرارة الماء وقطعة المعدن متساوية ، وبالتالي يمكن القول أنهما يصلان إلى حالة اتزان حراري .

أي أن : $q_{(H_2O)} = -q_{(metal)}$

.....

سؤال توضيحي (٣) / قطعة من الخارصين كتلتها $(80\ g)$ سخنت حتى أصبحت درجة حرارتها $(220\ ^\circ C)$ ثم وضعت مباشرة في إناء عازل يحتوي على $(300\ g)$ من الماء عند درجة حرارة $(23\ ^\circ C)$ فأصبحت درجة حرارة كل منهما $(27.7\ ^\circ C)$ ، أوجد السعة الحرارة النوعية للخارصين علما بأن السعة الحرارية النوعية للماء تساوي $(4.18\ J/g\ .\ ^\circ C)$ ؟

الحل

قطعة الخارصين تفقد كمية من الحرارة وهي نفسها التي يكتسبها الماء :

$$q_{(H_2O)} = -q_{(Zn)}$$

$$mc\,\Delta T = -(mc\,\Delta T)$$

$$300 \times 4.18\,(27.7 - 23) = -\left[80 \times c\,(27.7 - 220)\right]$$

$$5893.8 = 15384\,c \Rightarrow c = \frac{5893.8}{15384} = 0.383\ J/g\ .\ ^\circ C$$

أو بدون استخدام الإشارات مع أخذ التغير في درجة الحرارة بإشارة موجبة :

$$q_{(H_2O)} = q_{(Zn)}$$

$$mc\,\Delta T = mc\,\Delta T$$

$$300 \times 4.18\,(27.7 - 23) = 80 \times c\,(220 - 27.7)$$

$$5893.8 = 15384\,c \Rightarrow c = \frac{5893.8}{15384} = 0.383\ J/g\ .\ ^\circ C$$

أسئلة إضافية

سـ(١) / قطعة ألومنيوم كتلتها $(0.5\ kg)$ ، تم تسخينها حتى $(100^{\circ}C)$ ثم وضعت في إناء عازل يحتوي على $(0.4\ kg)$ من الماء عند درجة حرارة $(10^{\circ}C)$ فأصبحت درجة حرارة الماء وقطعة الألومنيوم $(30^{\circ}C)$ ، أوجد السعة الحرارية النوعية للألومنيوم بوحدة $(J/kg\ .^{\circ}C)$ إذا علمت أن السعة الحرارية النوعية للماء تساوي $(4200\ J/kg\ .^{\circ}C)$ ؟

جـ / $960\ J/kg\ .^{\circ}C$

سـ(٢) / قطعة من الحديد كتلتها $(308\ g)$ عند درجة حرارة $(180^{\circ}C)$ ، ألقيت في مسعر مصنوع من الألومنيوم كتلته $(95\ g)$ ويحتوي على $(250\ g)$ من الجليسرين عند $(10^{\circ}C)$ لتصبح درجة الحرارة $(38^{\circ}C)$ ، أوجد السعة الحرارية النوعية للجليسرين علما بأن السعة الحرارية النوعية للحديد تساوي $(0.444\ J/g\ .^{\circ}C)$ وللألومنيوم تساوي $(0.9\ J/g\ .^{\circ}C)$ ؟

جـ / $2.43\ J/g\ .^{\circ}C$

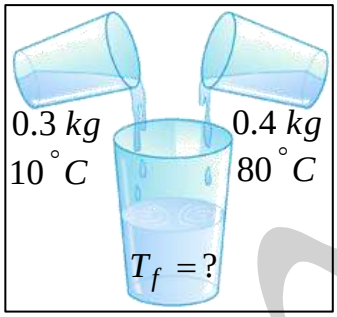
سـ(٣) / سبيكة معدنية كتلتها $(0.150\ kg)$ تم تسخينها حتى $(540^{\circ}C)$ ثم وضعت مباشرة في مسعر نحاسي كتلته $(0.200\ kg)$ ويحتوي على $(0.400\ kg)$ من الماء عند درجة حرارة $(10^{\circ}C)$ فأصبحت درجة الحرارة $(30.5^{\circ}C)$ ، أوجد السعة الحرارية النوعية للسبيكة المعدنية علما بأن السعة الحرارية النوعية للنحاس تساوي $(378\ J/kg\ .^{\circ}C)$ وللماء $(4200\ J/kg\ .^{\circ}C)$ ؟

جـ / $471\ J/kg\ .^{\circ}C$

سـ(٤) / أراد أحمد تحضير طبق من المعكرونة لوجبة العشاء ، فقام بإضافة $(200\ g)$ من الماء عند درجة حرارة $(90^{\circ}C)$ إلى $(80\ g)$ من المعكرونة عند درجة حرارة $(20^{\circ}C)$ ، كم تصبح درجة حرارة الخليط بفرض عدم إنتقال الحرارة إلى الخارج علما بأن السعة الحرارية النوعية للماء تساوي $(4.18\ J/g\ .^{\circ}C)$ وللمعكرونة تساوي $(2.00\ J/g\ .^{\circ}C)$ ؟

جـ / $78.75^{\circ}C$

سـ(٥) / من الرسم المقابل ، ما درجة حرارة الخليط (T_f) بفرض عدم إنتقال الحرارة إلى الخارج علما بأن السعة الحرارية النوعية للماء تساوي $(4.18\ kJ/kg\ .^{\circ}C)$ ؟

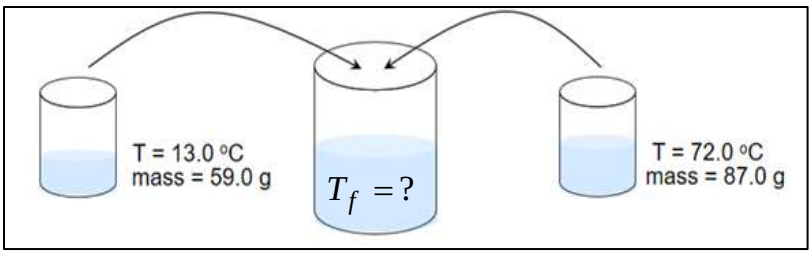


جـ / $50^{\circ}C$

سـ(٦) / عينة من الذهب كتلتها $(97\ g)$ عند درجة حرارة $(230^{\circ}C)$ وضعت في وعاء معزول يحتوي على $(150\ g)$ من الماء عند درجة حرارة $(20^{\circ}C)$ ، كم تصبح درجة الحرارة (T_f) إذا علمت أن السعة الحرارية النوعية للماء $(4.18\ J/g\ .^{\circ}C)$ وللذهب $(0.13\ J/g\ .^{\circ}C)$ ؟

جـ / $24.14^{\circ}C$

سـ(٧) / من الرسم المقابل ، أوجد درجة حرارة الخليط (T_f) علما بأن السعة الحرارية النوعية للماء تساوي $(4.18\ J/g\ .^{\circ}C)$ ؟



جـ / $48.157^{\circ}C$

المحتوى الحراري والتغير في المحتوى الحراري

* **المحتوى الحراري** (H) هو الطاقة الكلية للنظام تحت ضغط ثابت .

وعندحدوث تفاعل كيميائي فإن كمية الحرارة الممتصة أو المنطلقة تساوي الفرق بين المحتوى الحراري للمواد الناتجة $H_{(Products)}$ والمحتوى الحراري للمواد المتفاعلة $H_{(Reactants)}$ ، ويعبر عنه بالتغير في المحتوى الحراري للتفاعل (حرارة التفاعل) ويرمز له بالرمز (ΔH) ويكتب أيضا (ΔH_{rxn}) :

$$\Delta H = \sum H\ (Products) - \sum H\ (Reactants)$$

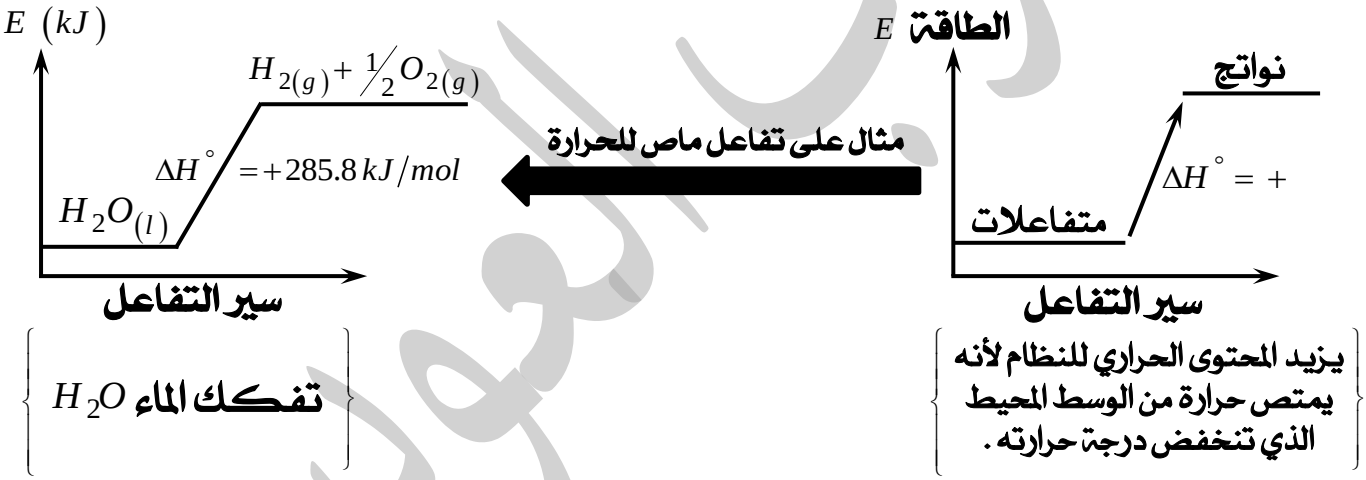
وتستخدم هذه العلاقة لحساب قيمة (ΔH) خاصة في المخططات البيانية للتفاعلات الماصة والطاردة للحرارة .

وعند قياس التغير في المحتوى الحراري في الظروف القياسية فإنه يسمى بالتغير في المحتوى الحراري القياسي ويرمز له بالرمز (ΔH°) . ما الظروف القياسية من الضغط ودرجة الحرارة ؟

من العلاقة السابقة يمكن التوصل إلى الآتي :

* تكون قيمة ΔH° موجبة $(+)$ في التفاعلات الماصة للحرارة ، حيث يكون مجموع المحتوى الحراري للنواتج أكبر من مجموع المحتوى الحراري للمتفاعلات : $\sum H_{(Products)} > \sum H_{(Reactants)}$

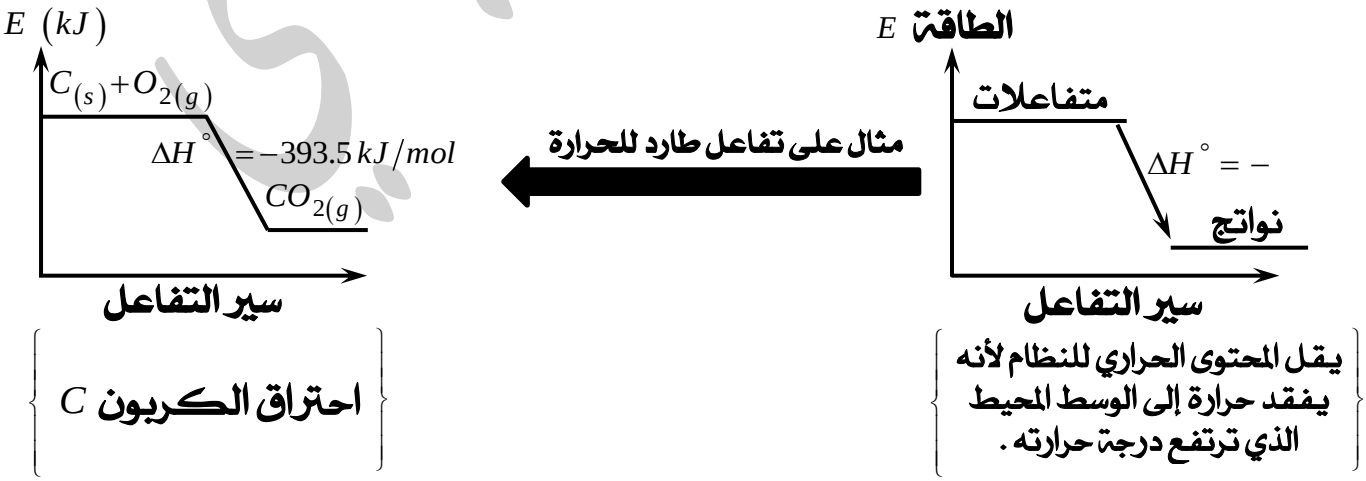
ويمكن توضيح ذلك في الرسم البياني التالي :



{ H_2O تفكك الماء }

{ يزيد المحتوى الحراري للنظام لأنه يمتص حرارة من الوسط المحيط الذي تنخفض درجة حرارته . }

* تكون قيمة ΔH° سالبة $(-)$ في التفاعلات الطاردة للحرارة ، حيث يكون مجموع المحتوى الحراري للمتفاعلات أكبر من مجموع المحتوى الحراري للنواتج : $\sum H_{(Reactants)} > \sum H_{(Products)}$



{ C احتراق الكربون }

{ يقل المحتوى الحراري للنظام لأنه يفقد حرارة إلى الوسط المحيط الذي ترتفع درجة حرارته . }

* تحدث التفاعلات الكيميائية نتيجة كسر روابط المتفاعلات وتكوين روابط جديدة في النواتج ، ويمكن توضيح ذلك عند تفاعل غاز الهيدروجين (H_2) مع غاز الكلور (Cl_2) لتكوين غاز كلوريد الهيدروجين (HCl) كما في المعادلة التالية :

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl_{(g)} \qquad \Delta H^\circ = -185\ kJ$$

$$H-H + Cl-Cl \longrightarrow H-Cl + H-Cl$$

امتصاص حرارة لكسر الرابطة — امتصاص حرارة لكسر الرابطة — انطلاق حرارة عند تكوين الرابطة — انطلاق حرارة عند تكوين الرابطة

عملية كسر روابط المتفاعلات تكون ماصة للحرارة

عملية تكوين روابط النواتج تكون طاردة للحرارة

وبما أن التفاعل طارد للحرارة (قيمة ΔH° بإشارة سالبة) فإنه يمكن التوصل للاستنتاج التالي :

(الحرارة المنطلقة من تكوين روابط HCl أكبر من الحرارة اللازمة لكسر روابط H_2 و Cl_2)

مما سبق يمكن كتابة الملاحظات التالية :

- في التفاعلات الماصة للحرارة $(\Delta H^\circ = +)$ تكون الحرارة اللازمة لكسر روابط المتفاعلات أكبر من الحرارة المنطلقة من تكوين روابط النواتج .

- في التفاعلات الطاردة للحرارة $(\Delta H^\circ = -)$ تكون الحرارة المنطلقة من تكوين روابط النواتج أكبر من الحرارة اللازمة لكسر روابط المتفاعلات .

وبصورة عامة وتحت ضغط ثابت ، فإن كمية الحرارة (q) الممتصة أو المنطلقة تعبر عن التغير في المحتوى الحراري (ΔH) :

$\Delta H = q_{(\text{للنظام})}$

$\Delta H = -q_{(\text{للوسط المحيط})}$

والجدول التالي يقارن بين التفاعلات الماصة والطاردة للحرارة :

التفاعلات الماصة للحرارة	التفاعلات الطاردة للحرارة
تمتص الحرارة من الوسط المحيط	تطلق الحرارة إلى الوسط المحيط
تعمل على خفض درجة حرارة الوسط المحيط	تعمل على رفع درجة حرارة الوسط المحيط
تسير نحو زيادة المحتوى الحراري للنظام	تسير نحو خفض المحتوى الحراري للنظام
تكون قيمة ΔH بإشارة موجبة	تكون قيمة ΔH بإشارة سالبة
المحتوى الحراري للمواد الناتجة أكبر من المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة	المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة أكبر من المحتوى الحراري للمواد الناتجة
الحرارة اللازمة لكسر روابط المتفاعلات أكبر من الحرارة المنطلقة من تكوين روابط النواتج	الحرارة المنطلقة من تكوين روابط النواتج أكبر من الحرارة اللازمة لكسر روابط المتفاعلات

المعادلات الكيميائية الحرارية

* **المعادلة الكيميائية الحرارية هي معادلة كيميائية توضح كمية الحرارة الممتصة أو المفقودة في أثناء التغيرات الفيزيائية أو الكيميائية .**

فمثلا : يتفكك مركب كربونات الكالسيوم $(CaCO_3)$ بفعل الحرارة كالآتي :

$$CaCO_{3(s)} \longrightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \qquad \Delta H = +178.3\ kJ/mol$$

∴ **التفاعل ماص للحرارة لأن قيمة ΔH بإشارة موجبة .**

وهذا يعني أن المول الواحد $(100\ g)$ من كربونات الكالسيوم $(CaCO_3)$ لكي يتفكك يلزمه امتصاص كمية من الحرارة مقدارها $(178.3\ kJ)$ ، وبالتالي يمكن التعبير عن المعادلة السابقة بكتابة كمية الحرارة (ΔH) ضمن المواد المتفاعلة (جهة اليسار) لأن النظام يكتسب الحرارة :

$$CaCO_{3(s)} + 178.3\ kJ/mol \longrightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

وعندما يحترق شريط ماغنيسيوم (Mg) في الهواء يطلق كمية من الحرارة كما في المعادلة التالية :

$$Mg_{(s)} + \tfrac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow MgO_{(s)} \qquad \Delta H = -601.6\ kJ/mol$$

∴ **التفاعل طارد للحرارة لأن قيمة ΔH بإشارة سالبة .**

وهذا يعني أن المول الواحد $(24\ g)$ من الماغنيسيوم (Mg) عندما يحترق تنطلق كمية من الحرارة مقدارها $(601.6\ kJ)$ ، وبالتالي يمكن التعبير عن المعادلة السابقة بكتابة كمية الحرارة (ΔH) ضمن المواد الناتجة (جهة اليمين) لأن النظام يفقد الحرارة :

$$Mg_{(s)} + \tfrac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow MgO_{(s)} + 601.6\ kJ/mol$$

* **كمية الحرارة الممتصة أو المنطلقة تعتمد على الحالة الفيزيائية للمواد المتفاعلة والناتجة :**

$$H_{2(g)} + \tfrac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} + 285.8\ kJ/mol$$

$$H_{2(g)} + \tfrac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)} + 241.8\ kJ/mol$$

نلاحظ أنه بالرغم من أن المعادلتين تحتويان على نفس المواد المتفاعلة والناتجة إلا أن كمية الحرارة المنطلقة تختلف ، والسبب في ذلك يرجع إلى الحالة الفيزيائية لمركب (H_2O) في المعادلتين ، حيث أنه يتكون الماء السائل $\left(H_2O_{(l)}\right)$ في المعادلة الأولى في حين يتكون بخار الماء $\left(H_2O_{(g)}\right)$ في المعادلة الثانية ، وكما هو معلوم فإن الروابط في الحالة السائلة تكون أقوى من الروابط في الحالة الغازية ، وهذا يعني أن الحرارة المنطلقة عند تكوين روابط الماء السائل أكبر من الحرارة المنطلقة عند تكوين روابط بخار الماء ، وبالتالي أدى ذلك إلى اختلاف قيمة ΔH في المعادلتين .

.....

سـ (١) / المعادلتان أدناه تمثلان احتراق الأمونيا :

$$4\,NH_{3(g)} + 5\,O_{2(g)} \longrightarrow 4\,NO_{(g)} + 6\,H_2O_{(g)} \qquad \Delta H^\circ = -905.6\ kJ$$

$$4\,NH_{3(l)} + 5\,O_{2(g)} \longrightarrow 4\,NO_{(g)} + 6\,H_2O_{(g)} \qquad \Delta H^\circ = -818.8\ kJ$$

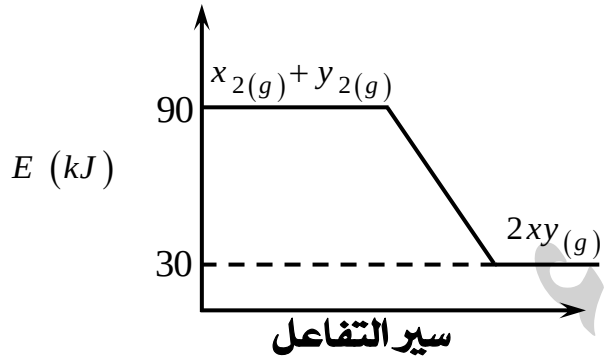
أ) بالرغم من أن المعادلتين تحتويان على نفس المواد المتفاعلة والناتجة إلا أن قيمة ΔH° تختلف ، علل ذلك ؟

ب) احسب التغير في المحتوى الحراري ΔH° عند تبخر $(1.5\ mol)$ من الأمونيا $\left(NH_{3(l)}\right)$ ؟ جـ / $\boxed{+32.55\ kJ}$

ج) احسب التغير في المحتوى الحراري ΔH° عند تكثف $(12\ g)$ من الأمونيا $\left(NH_{3(g)}\right)$ ؟ جـ / $\boxed{-15.32\ kJ}$

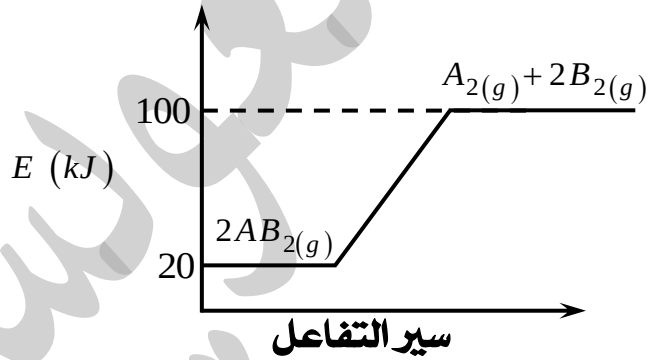
أسئلة إضافية

سـ(١) / ادرس الرسم البياني التالي ثم أجب عن الأسئلة التي تليه :



١ـ ما قيمة المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة ؟
٢ـ ما قيمة المحتوى الحراري للمواد الناتجة ؟
٣ـ ما قيمة التغير في المحتوى الحراري ΔH ؟
٤ـ هل التفاعل ماص أم طارد للحرارة ، ولماذا ؟
٥ـ اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل ؟
٦ـ أيهما أكبر : المحتوى الحراري لـ (y_2 , x_2) أم المحتوى الحراري لـ (xy) ؟
٧ـ أيهما أكبر : الحرارة اللازمة لكسر روابط (y_2 , x_2) أم الحرارة المنطلقة من تكوين روابط (xy) ؟
٨ـ هل يسير التفاعل نحو خفض أم رفع المحتوى الحراري للنظام ؟
٩ـ ماذا تتوقع أن يحدث لدرجة حرارة الوسط المحيط ؟
١٠ـ هل يعتبر التفاعل تلقائي أم غير تلقائي الحدوث ؟

سـ(٢) / ادرس الرسم البياني التالي ثم أجب عن الأسئلة التي تليه :



١ـ ما قيمة المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة ؟
٢ـ ما قيمة المحتوى الحراري للمواد الناتجة ؟
٣ـ ما قيمة التغير في المحتوى الحراري ΔH ؟
٤ـ هل التفاعل ماص أم طارد للحرارة ، ولماذا ؟
٥ـ اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل ؟
٦ـ أيهما أكبر : المحتوى الحراري لـ (AB_2) أم المحتوى الحراري لـ (B_2 , A_2) ؟
٧ـ أيهما أكبر : الحرارة اللازمة لكسر روابط (AB_2) أم الحرارة المنطلقة من تكوين روابط (B_2 , A_2) ؟
٨ـ هل يسير التفاعل نحو خفض أم رفع المحتوى الحراري للنظام ؟
٩ـ ماذا تتوقع أن يحدث لدرجة حرارة الوسط المحيط ؟
١٠ـ هل يعتبر التفاعل تلقائي أم غير تلقائي الحدوث ؟