www.chem4u.net

نقاط هامة :
1 – قانون هس و حساب حرارة التفاعل من خلال قانون هس.
2 – كتابة معادلة التكوين / حرارة التكوين ، وعلاقتها بثبات المركبات.
3 – حساب حرارة التفاعل من خلال حرارة التكوين.
4 – حساب حرارة التفاعل من خلال حرارة التكوين ومعادلات التكوين.

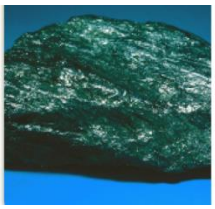
القسم الرابع : حساب التغير في المحتوى الحراري

علل : في بعض الأحيان يستحيل قياس حرارة التفاعل (التغير في المحتوى الحراري)(ΔH) بواسطة المسعر.

ج: بسبب :

1)هناك تفاعلات تحدث ببطئ شديد مثل تغير الكربون في صورته المتآصلة (الألماس) إلى الكربون في صورته المتآصلة (الجرافيت)

$$C_{(s\ ،\ \text{ماس})} \rightarrow C_{(s\ ،\ \text{جرافيت})}$$



■ **الشكل 12** إن عبارة "الماس يدوم للأبد" تشير إلى قوة ومتانة الماس وتوضح أن تحويل الماس إلى جرافيت يتم ببطء شديد بحيث سيكون من المستحيل قياس التغير في المحتوى الحراري.

2) هناك تفاعلات (مثل التفاعل السابق أيضاً) تحدث تحت ظروف يصعب إيجادها في المختبر (مثل شرط وجود الضغوط العالية ودرجات الحرارة المرتفعة وعوامل حفازة مضافة)

3) هناك تفاعلات تعطي نواتج غير النواتج المطلوبة مثل تكوّن ثالث أكسيد الكبريت من عناصره الأولية .

مثال : تفاعل الكبريت مع الأكسجين $2S_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)}$

هناك مشكلة في حساب حرارة هذا التفاعل بطريقة عملية (علل – فسر)

التفسير : تفاعل الكبريت مع الأكسجين لا ينتج SO_3 فقط ، بل ينتج ناتج غير مطلوب وهو SO_2 ثاني أكسيد الكبريت ، الذي يتأكسد جزء منه إلى SO_3 ، ويتبقى جزء آخر (مثل SO_2 الجزء غير المطلوب) (أي يصبح الناتج خليط من SO_3 , SO_2)

www.chem4u.net

ولحل المشاكل الثلاثة : يستعمل الكيميائيون طريقة نظرية لإيجاد حرارة التفاعل (ΔH) لتفاعل يستحيل حساب ΔH له عملياً للأسباب السابقة . **بأحد الحلول التالية** :

أولاً : باستخدام ----------

ثانياً : باستخدام ----------

ثالثاً : باستخدام ----------

أولاً : **استخدام قانون هس للجمع الحراري** :

" عند جمع معادلتين حراريتين أو أكثر لإنتاج معادلة نهائية للتفاعل ، فإن " مجموع التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات الفردية هو التغير في المحتوى الحراري للتفاعل النهائي " .

مثال1 : احسب حرارة التفاعل التالي : $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$, $\Delta H = ?$ kj باستخدام المعادلات التالية:

$$C_{(s)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow CO_{(g)} \quad , \triangle H = -110 \text{ Kj}$$

$$CO_{(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad , \triangle H = -283.5 \text{ Kj}$$

www.chem4u.net

مثال 5-: 2 استعمل المعادلتين الكيميائيتين الحراريتين a و b أدناه لإيجاد ΔH لتحلل بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 ، وهو مركب له عدة استعمالات ، منها إزالة لون الشعر ، تزويد محركات الصواريخ بالطاقة . (الجواب : -196 kj)

$$2H_2O_{2(l)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$$

a) $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$, $\Delta H = -572$ kj

b) $H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{2\,(l)}$, $\Delta H = -188$ kj

32 – استعمل المعادلتين a و b لإيجاد ΔH للتفاعل الآتي : (الجواب : -385.4 kj)

$$2CO_{(g)} + 2NO_{(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + N_{2(g)} \qquad \Delta H = ?$$

a) $2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)}$, $\Delta H = -566.0$ kj

b) $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{(g)}$, $\Delta H = -180.6$ kj

www.chem4u.net

33 – إذا كانت قيمة ΔH للتفاعل الآتي -1789kj ، فاستعمل ذلك مع المعادلة a لإيجاد للتفاعل b : (الجواب : -521 kj)

$$4Al_{(s)} + 3\,MnO_{2(s)} \rightarrow 2Al_2O_{3(s)} + 3Mn_{(s)} \;,\; \Delta H = -1789\ kj$$

a) $4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Al_2O_{3(s)}$, $\Delta H = -3352$ kj

b) $Mn_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow MnO_{2(s)}$, $\Delta H = ?$

س - احسب طاقة التفاعل التالي : $2C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2\,CO_{(g)}$ علماً بأن : (-220 KJ: ج)

$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)}$, $\triangle H = -566$ Kj

$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$, $\triangle H = -393$ Kj

س - احسب طاقة التفاعل التالي : $2Al_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \rightarrow 2Fe_{(s)} + Al_2O_{3(s)}$ علماً بأن : (-780 KJ: ج)

$2Al_{(s)} + 3/2\ O_{2(g)} \rightarrow Al_2O_{3(s)}$, $\triangle H^0 = -1601$ Kj

$2Fe_{(s)} + 3/2\ O_{2(g)} \rightarrow Fe_2O_{3(s)}$, $\triangle H^0 = -821$ Kj

www.chem4u.net

س1 : إذا كانت قيمة ΔH للتفاعل الآتي 816.8kj- ، فاستعمل ذلك مع المعادلة a,b لإيجاد حرارة احتراق الهيدروجين :

(الجواب : 241.8 kj-)

$$3Fe_{(g)} + 4H_2O_{(g)} \rightarrow Fe_3O_{4(g)} + 4H_{2(g)} \ , \ \Delta H = -816.8 \ KJ$$

علماً بأن :

$$FeO_{(s)} + H_{2(g)} \rightarrow Fe_{(s)} + H_2O_{(g)} \ , \ \Delta H = +247 \ kj$$

$$3FeO_{(s)} + ½ \ O_{2(g)} \rightarrow Fe_3O_{4(s)} \ , \ \Delta H = -317.6 \ kj$$

$$H_{2(g)} + ½ \ O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)} \ , \ \Delta H = \ ? \ kj$$

س2 : احسب حرارة احتراق $C_2H_{4(g)}$ باستخدام المعادلات التالية : (-1416.2kj)

$$3O_{2(g)} + H_{2(g)} + C_2H_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)} + 2CO_{2(g)} \ , \ \Delta H = -1591 \ kj$$

$$H_{2(g)} + C_2H_{2(g)} \rightarrow C_2H_{4(g)} \ , \ \Delta H = -174.8 \ kj$$

www.chem4u.net

س3 :احسب حرار التفاعل التالي : $Na_2CO_3.10H_2O_{(s)} \rightarrow Na_2CO_{3(s)} + 10H_2O_{(g)}$ (-1416.2kj)

باستخدام المعلومات التالية :

$$Na_2CO_3.10H_2O_{(s)} \rightarrow Na_2CO_3.7H_2O_{(s)} + 3H_2O_{(g)} \quad , \quad \Delta H = +155.2 \text{ kj}$$

$$Na_2CO_3.7H_2O_{(s)} \rightarrow Na_2CO_3.H_2O_{(s)} + 6H_2O_{(g)} \quad , \quad \Delta H = +320.1 \text{ kj}$$

$$Na_2CO_3.H_2O_{(s)} \rightarrow Na_2CO_{3(s)} + H_2O_{(g)} \quad , \quad \Delta H = +57.3 \text{ kj}$$

تمارين إضافية :

1 - الأيزوأوكتان C_8H_{18} هو المكون الأكبر للجازولين : **(C = 12 , H = 1.01)**

أ ـ مستخدماً البيانات التالية ، احسب حرارة احتراق 1mol من الأيزوأوكتان ، (-5100.07 Kj)

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow H_2O \ , \Delta H^0 = -241.8 \text{ kJ}$$

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_2(g) \ \Delta H^0 = -393.5 \text{ kJ}$$

$$8C_{(s)} + 9H_{2(g)} \rightarrow C_8H_{18(l)} \ , \Delta H^0 = -224.13 \text{kJ}$$

ب ـ كتلة الجالون الواحد من الأيزوأوكتان 2.6 kg ، احسب ΔH لاحتراق جالون واحد من هذه المادة .

(ج : 1.2×10^5 kJ)

www.chem4u.net

2 - احسب $\triangle H$ للتفاعل التالي : $2N_{2(g)} + 5\ O_{2(g)} \rightarrow 2N_2O_{5(g)}$ علماً بأن : (+28.3 KJ: ج)

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} \quad , \quad \triangle H = -571.5\ Kj$$

$$N_2O_{5\,(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow 2HNO_{3\,(aq)} \quad , \quad \triangle H = -76.6\ Kj$$

$$\tfrac{1}{2}\ N_{2(g)} + 3/2\ O_{2(l)} + \tfrac{1}{2}\ H_{2\,(g)} \rightarrow HNO_{3(aq)} \quad , \quad \triangle H = -174.1\ Kj$$

3 - تغوير الفحم عملية لإنتاج الميثان عن طريق التفاعل $C_{(s)} + 2H_{2(g)} \rightarrow CH_{4\,(g)}$, ΔH = ? ما قيمة ΔH لهذا التفاعل مستخدماً المعادلات الحرارية التالية : (ب - −75 kJ)

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad , \quad \Delta H = -394\ kJ$$

$$H_{2(g)} + \tfrac{1}{2}\ O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} \quad , \Delta H = -286\ kJ$$

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \quad , \quad \Delta H = -891 kJ$$

أ - 75 kJ ب - −75 kJ جـ - 1856 kJ د - − 1865 kJ

4 - أوجد الحرارة الناتجة عن التفاعل التالي: $2C_{(s)} + 2H_2O_{(g)} \rightarrow CH_{4(g)} + CO_{2(g)}$ باستخدام المعلومات التالية: (ج: +15.3 KJ)

$$C_{(s)} + H_2O_{(g)} \rightarrow CO_{(g)} + H_{2\,(g)} \quad , \quad \triangle H = +131.3\ kj$$

$$CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + H_{2(g)} \quad , \triangle H = -41.2\ kj$$

$$CO_{(g)} + 3H_{2\,(g)} \rightarrow CH_{4(g)} + H_2O_{(g)} \quad , \triangle H = -206.1\ kj$$

www.chem4u.net

5 - وظف المعادلات الحرارية التالية في الإجابة على الأسئلة التي تليها : ($\Delta H = -567.2$ kJ: ج)

1) $N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$, $\Delta H = +66.4$ kJ/mol

2) $H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)}$, $\Delta H = -241.8$ kJ/mol

3) $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$, $\Delta H = -91.8$ kJ/mol

$2NH_{3(g)} + 7/2\ O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)} + 3H_2O_{(g)}$, $\Delta H = ??$ احسب حرارة التفاعل

6 - موظفاً المعادلات أدناه ، احسب حرارة التفاعل التالي : $\mathbf{C_2H_{2(g)} + 2H_{2(g)} \rightarrow C_2H_{6(g)}}$ والمعادلات هي :

$2C_2H_{2(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$, $\Delta H = -260.2$ kJ

$2C_2H_{6(g)} + 7O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$, $\Delta H = -3123$ kJ

$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$, $\Delta H = -286$ kJ

www.chem4u.net

7 - وظف المعادلات الحرارية التالية في الإجابة على الأسئلة التي تليها : (ΔH = kJ: ج)

1) $2N_{2(g)} + 4O_{2(g)} \rightarrow 4NO_{2(g)}$, $\Delta H = +132.8$ kJ

2) $4H_{2(g)} + 2\,O_{2(g)} \rightarrow 4H_2O_{(g)}$, $\Delta H = -967.2$ kJ

3) $3/2\ N_{2(g)} + 4.5\ H_{2(g)} \rightarrow 3NH_{3(g)}$, $\Delta H = -137.7$ kJ

$4NH_{3(g)} + 7\ O_{2(g)} \rightarrow 4NO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$, $\Delta H = ??$ احسب حرارة التفاعل

9 – مستخدما المعادلات الحرارية التالية : (-1399kj)

$2Al_{(s)} + 6HCl_{(aq)} \rightarrow 2AlCl_{3(aq)} + 3H_{2(g)}$, $\triangle H = -1049$ KJ

$HCl_{(g)} \rightarrow HCl_{(aq)}$, $\triangle H = -73.5$ KJ

$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$, $\triangle H = -185$ KJ

$AlCl_{3(s)} \rightarrow AlCl_{3(aq)}$, $\triangle H = -323$ KJ

أوجد $\triangle H$ للتفاعل التالي : $2Al_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \rightarrow 2AlCl_{3(s)}$

www.chem4u.net

10 - أكمل قيمة حرارة التفاعل :

$Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \rightarrow 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$, $\triangle H = -23kj$

$3Fe_2O_{3(s)} + CO_{(g)} \rightarrow 2Fe_3O_{4(s)} + CO_{2(g)}$, $\triangle H = -39kj$

$Fe_3O_{4(s)} + CO_{(g)} \rightarrow 3FeO_{(s)} + CO_{2(g)}$, $\triangle H = +18kj$

$FeO_{(s)} + CO_{(g)} \rightarrow Fe_{(s)} + CO_{2(g)}$, $\triangle H = ?\ kj$

www.chem4u.net

توظيف مخططات الطاقة في المسائل

مخطط 1 :

$$2S_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)} \quad , \quad \Delta H = ??$$

1) باستخدام معادلات كيميائية حرارية معلومة الـ ΔH

a) $S_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow SO_{2(g)} \quad , \quad \Delta H = -297 \text{ kj}$

b) $2\,SO_{2\,(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)} \quad , \quad \Delta H = -198\text{kj}$

2) نتعامل مع المعادلتين الحراريتين a , b لتحقيق (استنتاج) المعادلة الأساسية

وبالتالي استنتاج قيمة ΔH

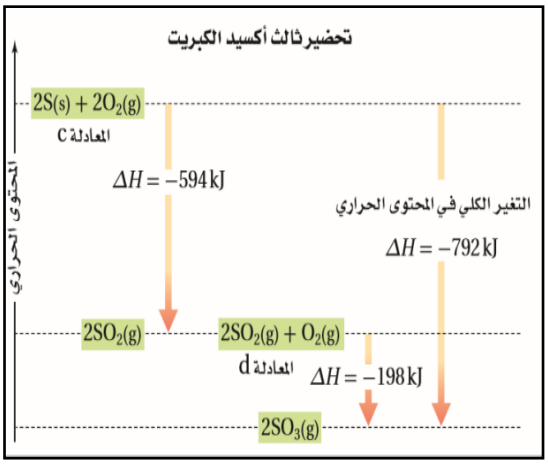
بضرب المعادلة a × 2 ، المعادلة b كما هي

a) $2S_{(s)} + 2O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{2(g)} \quad , \quad \Delta H = -594 \text{ kj}$

b) $2\,SO_{2\,(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)} \quad , \quad \Delta H = -198\text{kj}$

بالجمع ----------

$$2S_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)} \quad , \quad \Delta H = \underline{-792}\ \text{kj}$$



الشكل 12-2 يدل السهم الموجود عن اليسار على إطلاق 594 kJ عند اتحاد S و O_2 لتكوين SO_2 (المعادلة c). ثم يتحد SO_2 مع O_2 لتكوين SO_3 (المعادلة d) عند إطلاق 198 kJ (السهم الأوسط). إن التغير الكلي في الحرارة (مجموع العمليتين) يمثله السهم الأيمن.

أوجد التغير في المحتوى الحراري لتحلّل SO_3 إلى S و O_2.

مخطط 2 :

يتكون ثاني أكسيد الكربون في خطوة واحدة ، وينتج الطاقة التالية : $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad , \quad \triangle H_1 = -393 \text{ kj}$

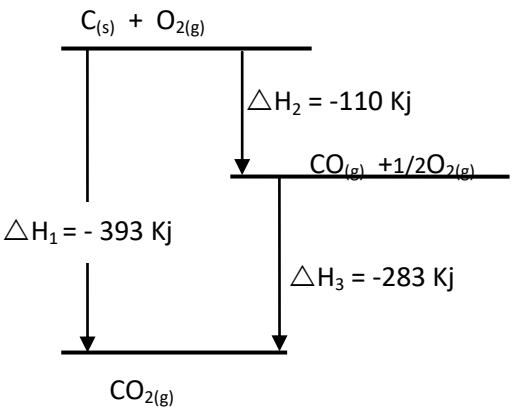
ويمكن أيضا أن يتم في خطوتين وينتج نفس الطاقة :

$C_{(s)} + \frac{1}{2}\,O_{2(g)} \rightarrow CO_{(g)} \quad , \triangle H_2 = -110 \text{ kj}$

$CO_{(g)} + \frac{1}{2}\,O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad , \triangle H_3 = -283 \text{ kj}$

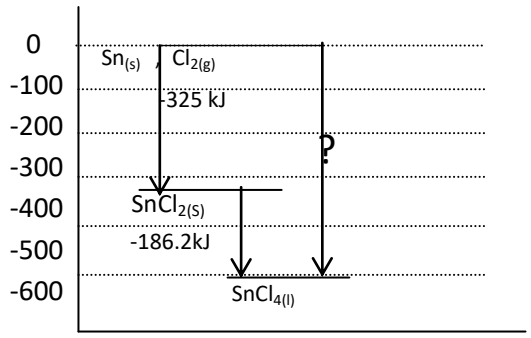
نلاحظ أن : $\triangle H_1 = \triangle H_2 + \triangle H_3$

مخطط الطاقة
لتوضيح قانون هس



مناقشة :

مخطط 3 : يمثل الشكل البياني المجاور قانون هس للتفاعل



استخدم الشكل البياني لتحديد قيمة ΔH لكل خطوة من الخطوات التالية :

$Sn_{(s)} + 2Cl_{2(g)} \rightarrow SnCl_{4(l)}$

$Sn_{(s)} + Cl_{2(g)} \rightarrow SnCl_{2(s)}$, ΔH = ?

$SnCl_{2((s)} + Cl_{2(g)} \rightarrow SnCl_{4(l)}$, ΔH = ?

$Sn_{(s)} + 2Cl_{2(g)} \rightarrow SnCl_{4(l)}$, ΔH = ?

(الإجابة : $\Delta H = -325.1$ k J ، $\Delta H = -186.2$ k J ، $\Delta H = -511.3$ k J)

www.chem4u.net

Standard Enthalpy (heat) of formation : ΔH^o_f حرارة التكوين القياسية

$\rightarrow C_2H_{6(l)}$, $\triangle H = -84$ kj/mol

$\rightarrow AgCN_{(g)}$, $\triangle H = +146$ kj/mol

"هي التغير في المحتوى الحراري الذي يرافق تكوين مول واحد من المركب في الظروف القياسية من عناصره(في حالاتها القياسية)"

الحالة القياسية للعنصر : هو حالة العنصر عند $25^0C = 298K$ ، $1atm$

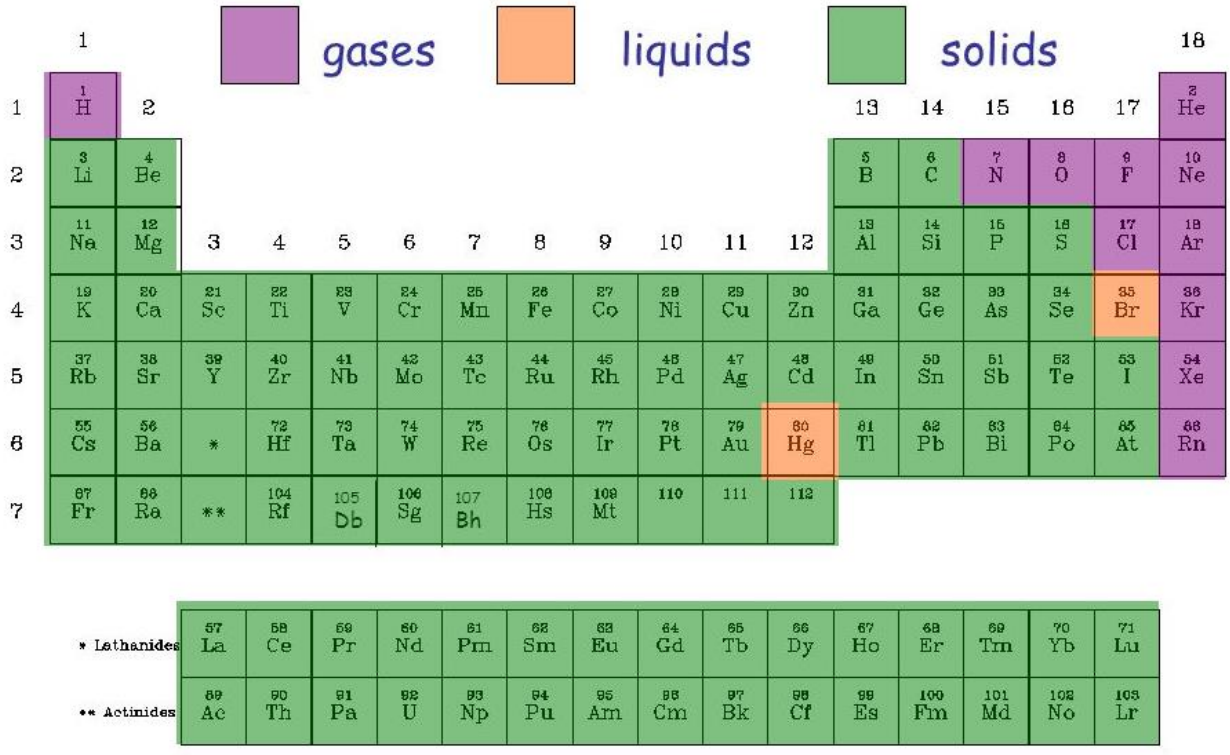
ملاحظات :

1 – **الحالة القياسية للماء هي السيولة** ، وليس الحالة الصلبة أو الغازية

2 - **الحالة القياسية للحديد هي الحالة الصلبة** وليس السائلة

3 – **حرارة التكوين للعنصر في الحالة القياسية = صفر**

تذكر : جدول دوري للحالات الفيزيائية للعناصر : ناقش مع المعلم الصورة الذرية الجزيئية للعناصر



www.chem4u.net

شروط حرارة التكوين :

1 –

2 –

3 -

ضع (✓ أو ✗)

1 - في التفاعل التالي : $2C_{(s)} + 3H_{2(g)} \rightarrow C_2H_{6(l)}$, $\triangle H = -84$ kj/mol يمكن أن تُسمى القيمة الحرارية بـــ :

أ – حرارة التفاعل ( ) ب – حرارة الاحتراق ( )

ج – حرارة التكوين القياسية ( ) د - حرارة الانصهار المولاية ( )

2 - في التفاعل التالي : $4C_{(s)} + 6H_{2(g)} \rightarrow 2C_2H_{6(l)}$, $\triangle H = -168$ kj/mol يمكن أن تُسمى القيمة الحرارية بـــ :

أ – حرارة التفاعل ( ) ب – حرارة الاحتراق ( )

ج – حرارة التكوين القياسية ( ) د - حرارة التبخر المولاية ( )

هـ – ضعف حرارة التكوين ( )

3 - في التفاعل التالي : $2C_{(s)} + 3H_{2(l)} \rightarrow C_2H_{6(l)}$, $\triangle H = -84$ kj/mol يمكن أن تُسمى القيمة الحرارية بـــ :

أ – حرارة التفاعل ( ) ب – حرارة الاحتراق ( )

ج – حرارة التكوين القياسية ( ) د - حرارة الانصهار المولاية ( )

هـ – ضعف حرارة التكوين ( )

4 - في التفاعل التالي : $Ag_{(s)} + C_{(s)} + 1/2\ N_{2(g)} \rightarrow AgCN_{(S)}$, $\triangle H = +146$ kj/mol يمكن أن تُسمى القيمة الحرارية بـــ :

أ – حرارة التفاعل ( ) ب – حرارة الاحتراق ( )

ج – حرارة التكوين القياسية ( ) د - حرارة الانصهار المولاية ( )

هـ – ضعف حرارة التكوين ( )

5 - في التفاعل التالي : $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$, $\triangle H = -393.5$ kj/mol يمكن أن تُسمى القيمة الحرارية بـــ :

أ – حرارة التفاعل ( ) ب – حرارة احتراق الكربون ( )

ج – حرارة التكوين القياسية لـ ثاني أكسيد الكربون ( ) د - حرارة الانصهار المولاية ( )

هـ – ضعف حرارة التكوين ( ) و – ضعف حرارة الاحتراق ( )

6 - في التفاعل التالي : $2C_{(s)} + 2O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)}$, $\triangle H = -787$ kj/mol يمكن أن تُسمى القيمة الحرارية بـــ :

أ – حرارة التفاعل ( ) ب – حرارة احتراق الكربون ( )

ج – حرارة التكوين القياسية لـ ثاني أكسيد الكربون ( ) د - ضعف حرارة احتراق الكربون ( )

هـ – ضعف حرارة التكوين لـ CO_2 ( ) و – حرارة الاحتراق = حرارة التكوين ( )

www.chem4u.net

كيفية كتابة معادلات التكوين ومعادلات حرارة التكوين : (استخدم الجدول ، وناقش المعادلات من خلال قيم حرارات التكوين)

س : وظف ملحق الجدول التالي لكتابة تفاعل تكوين كل من المركبات التالية من عناصرها الأولية ، واكتب $\triangle H$ كجزء من التفاعل ، وحدد قيمة $\triangle H$ للتفاعل العكسي

المركب	المعادلة الحرارية بدلالة $\triangle H$	$\triangle H^0_f$ من الجدول	$\triangle H^0_f$ العكسي
$Cr_2O_{3(s)}$			
$C_2H_{2(g)}$	$2C_{(s)} + H_{2(g)} \rightarrow C_2H_{2(g)}$	+ 227.4 Kj	- 227.4 Kj
$SO_{2(g)}$	$S_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow SO_{2(g)}$	- 296.8 Kj	+ 296.8 Kj
$ZnSO_4$			
$CuSO_4$		- 771.4 Kj	
NH_3		- 104 Kj	
NH_4Br			
$C_2H_{6(g)}$			
$H_2O_{(g)}$			
Cs_2SO_4			
$NaHCO_3$			

قيم حرارة التكوين لبعض المواد

ΔH°_f (kJ/mol) (تراكيز المحاليل المائية لهذه المواد يساوي 1M)

المادة	ΔH°_f	المادة	ΔH°_f	المادة	ΔH°_f	المادة	ΔH°_f
Ag(s)	0	CsCl(s)	−443.0	H_3PO_4(aq)	−1271.7	NaBr(s)	−361.1
AgCl(s)	−127.0	Cs_2SO_4(s)	−1443.0	H_2S(g)	−20.6	NaCl(s)	−411.2
AgCN(s)	146.0	CuI(s)	−67.8	H_2SO_3(aq)	−608.8	$NaHCO_3$(s)	−950.8
Al_2O_3	−1675.7	CuS(s)	−53.1	H_2SO_4(aq)	−814.0	$NaNO_3$(s)	−467.9
$BaCl_2$(aq)	−855.0	Cu_2S(s)	−79.5	$HgCl_2$(s)	−224.3	NaOH(s)	−425.8
$BaSO_4$	−1473.2	$CuSO_4$(s)	−771.4	Hg_2Cl_2(s)	−265.4	Na_2CO_3(s)	−1130.7
BeO(s)	−609.4	F_2(g)	0	Hg_2SO_4(s)	−743.1	Na_2S(s)	−364.8
$BiCl_3$(s)	−379.1	$FeCl_3$(s)	−399.49	I_2(s)	0	Na_2SO_4(s)	−1387.1
Bi_2S_3(s)	−143.1	FeO(s)	−272.0	K(s)	0	NH_4Cl(s)	−314.4
Br_2	0	FeS(s)	−100.0	KBr(s)	−393.8	O_2(g)	0
CCl_4(l)	−128.2	Fe_2O_3(s)	−824.2	$KMnO_4$(s)	−837.2	P_4O_6(s)	−1640.1
CH_4(g)	−74.6	Fe_3O_4(s)	−1118.4	KOH	−424.6	P_4O_{10}(s)	−2984.0
C_2H_2(g)	227.4	H(g)	218.0	LiBr(s)	−351.2	$PbBr_2$(s)	−278.7
C_2H_4(g)	52.4	H_2(g)	0	LiOH(s)	−487.5	$PbCl_2$(s)	−359.4
C_2H_6(g)	−84.0	HBr(g)	−36.3	Mn(s)	0	SF_6(g)	−1220.5
CO(g)	−110.5	HCl(g)	−92.3	$MnCl_2$(aq)	−555.0	SO_2(g)	−296.8
CO_2(g)	−393.5	HCl(aq)	−167.159	$Mn(NO_3)_2$(aq)	−635.5	SO_3(g)	−454.5
CS_2(l)	89.0	HCN(aq)	108.9	MnO_2(s)	−520.0	SrO(s)	−592.0
Ca(s)	0	HCHO	−108.6	MnS(s)	−214.2	TiO_2(s)	−944.0
$CaCO_3$(s)	−1206.9	HCOOH	−425.0	N_2(g)	0	TlI(s)	−123.8
CaO(s)	−634.9	HF(g)	−273.3	NH_3(g)	−45.9	UCl_4(s)	−1019.2
$Ca(OH)_2$(s)	−985.2	HI(g)	26.5	NH_4Br(s)	−270.8	UCl_6(s)	−1092.0
Cl_2(g)	0	H_2O(l)	−285.8	NO(g)	91.3	Zn(s)	0
Co_3O_4(s)	−891.0	H_2O(g)	−241.8	NO_2(g)	33.2	$ZnCl_2$(aq)	−415.1
CoO(s)	−237.9	H_2O_2(l)	−187.8	N_2O(g)	81.6	ZnO(s)	−350.5
Cr_2O_3(s)	−1139.7	H_3PO_2(l)	−595.4	Na(s)	0	$ZnSO_4$(s)	−982.8

www.chem4u.net

س : أكمل الجدول التالي بكتابة قيمة حرارة التكوين في المكان الفارغ :

التغير الكيميائي	حرارة التكوين
$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$; $\triangle H = -393.5$ Kj	-393.5kj
$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \leftrightarrows 2NH_{3(g)}$; $\triangle H = -91.8$ Kj	
$Zn_{(s)} + ½\ O_{2(g)} \rightarrow ZnO_{(s)}$; $\triangle H = -330.5$ Kj	
$H_{2\ (g)} + I_{2(g)} \leftrightarrows 2HI\ (g)$; $\triangle H = +53$ Kj	
$H_{2\ (g)} + I_{2(s)} \leftrightarrows 2HI\ (g)$; $\triangle H = +53$ Kj	

مثال : $S_{(s)} + 3/2\ O_{2(g)} \rightarrow SO_{3(g)}$, $\Delta H^o_f = -396$ kj

حرارة تكوين ثالث أكسيد الكبريت = 396 kj

الشكل 14 ثالث أكسيد الكبريت يمتزج مع الماء في الهواء الجوي لتكوين حمض الكبريتيك (H_2SO_4). وهو حمض قوي يصل إلى الأرض على هيئة مطر حمضي. يدمر المطر الحمضي الأشجار والعقارات ببطء.

www.chem4u.net

تخير1 : ناقش حرارة التفاعل التالي ثم تخير الإجابة الصحيحة :

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad , \quad \triangle H = -393.5\ Kj$$

1 – حرارةاحتراق C وتكوين CO_2 2 – حرارة احتراق CO_2 3 – حرارة احتراق الكربون 4 – حرارة احتراق CO

س1 : هام : ناقش في هذا المثال إمكانية حرارة التكوين والإحتراق ، مع تعديل المعادلات إن أمكن .

$$\mathbf{1/2\ N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow NO_{2(g)} \quad , \quad \Delta H^o_f = +33.2KJ}$$

تخير2 : أي المعادلات التالية تمثل تكوُّن مول واحد من $B_5H_{9(g)}$ من عناصره في حالاتها القياسية عند درجة حرارة 298 K وضغط 1 atm ؟

أ - $5B_{(g)} + 9H_{(g)} \rightarrow B_5H_{9(g)}$ ب - $5/2\ B_{2(g)} + 9/2H_{2(g)} \rightarrow B_5H_{9(g)}$

ج - $5B_{(s)} + 9/2\ H_{2(g)} \rightarrow B_5H_{9(g)}$ د - $2B_{(s)} + 3BH_{3(g)} \rightarrow B_5H_{9(g)}$

تخير3 : فيما يتعلق بالتفاعل : $\mathbf{2\ S_{(s)} + 3\ O_{2\ (g)} \rightarrow 2SO_{3\ (g)}\ ,\ \Delta\ H = -\ 792\ kJ}$ أي العبارات التالية صحيحة :

أ - التفاعل ماص للحرارة ب - حرارة تكوين $SO_{3(g)}$ = حرارة احتراق $S_{(S)}$

ج - حرارة تكوين $SO_{3(g)}$ = حرارة التفاعل د - حرارة احتراق $S_{(s)}$ = حرارة التفاعل

علل1 : في التفاعل التالي $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)} + 483.6\ Kj$ لا تمثل الحرارة الناتجة حرارة تكوين الماء ، وليست حرارة احتراق

لأن الماء المتكون في المعادلة (2 mol) من الماء وليس مولا واحدا ، وحرارة التكوين تعرف بدلالة مول واحد من الناتج الواحد ، وحرارة الاحتراق تعرف بدلالة مول واحد من المتفاعل الواحد مع الأكسجين .

علل2 : في التفاعل التالي $CO_{(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 283Kj$ لا تعتبر الحرارة الناتجة حرارة تكوين CO_2

لأن CO_2 الناتج لا يتكون من عناصره في حالتها القياسية عند درجة حرارة 25^0C وضغط 1atm

علل3 : في التفاعل التالي $NaOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + 57.1\ Kj$ لا تعتبر الحرارة الناتجة حرارة تكوين الماء

لأن الماء لم ينتج من عناصره الأولية وهما (H_2 , O_2) في حالتهما القياسة

كلمة غير منسجمة :

(1 $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$ (2 $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$

(3 $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$ (4 $2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)}$

البديل هو : التبرير :

كلمة غير منسجمة :

(1 $NO_{(g)} + ½\ O_{2(g)} \rightarrow NO_{2(g)}$ (2 $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$

(3 $CO_{(g)} + ½O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$ (4 $SO_{2(g)} + ½O_{2(g)} \rightarrow SO_{3(g)}$

البديل هو : التبرير :

www.chem4u.net

س1 : تصنيف : ضع علامة (✓) في المربع المناسب :

التـفاعل	حرارة تفاعل ΔH^o	حرارة تكوين ΔH^o_f	حرارة احتراق ΔH^o_c	حرارة تكوين واحتراق $\Delta H^o_{c,f}$	حرارة التبخير المولارية ΔH_{vap}	حرارة التكثيف المولارية ΔH_{cond}	حرارة الانصهار المولارية ΔH_{fus}	حرارة التجمد المولارية ΔH_{solid}
$1/2H_{2(g)} + 1/2Cl_{2(g)} \rightarrow HCl_{(g)}$, $\triangle H = -92.5kj$	✓	✓						
$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$, $\triangle H = -890Kj$								
$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(s)}$, $\triangle H = -393.5\ Kj$								
$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$, $\triangle H = -57.5Kj$								
$C_2H_{6(g)} + 7/2\ O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$, $\triangle H = -1560Kj$								
$6C_{(s)} + 8H_{2(g)} \rightarrow 2C_3H_{8(g)}$, $\triangle H = -104Kj$								
$CO_{(g)} + ½\ O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 283\ Kj$								
$2Fe_{(s)} + 3/2\ O_{2(g)} \rightarrow Fe_2O_{3(s)}$, $\triangle H = -850.5Kj$								
$N_{2(g)} + O_{2(g)} + 106.5\ kj \rightarrow 2NO_{(g)}$								

س2 : في التفاعل التالي $C_2H_{6(g)} + 7/2\ O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$, $\triangle H = -1560Kj$

توقع قيمة $\triangle H$ إذا تحول الماء السائل إلى بخار ، مع التعليل .

س3 : أمعن النظر في المعادلة التالية ثم أجب عما يلي :

$$C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(g)} + 1235.4\,kJ$$

☜ صنف التفاعل حرارياً ----------

☜ ماذا تتوقع لقيمة ΔH إذا نتج ماء سائل بدلاً من بخار الماء ؟ مع التبرير . ----------

☜ صنف التفاعل حرارياً . ... التفاعل طارد للحرارة .

☜ ماذا تتوقع لقيمة ΔH إذا نتج ماء سائل بدلاً من بخار الماء ؟ مع التبرير . ... تزداد كمية الطاقة المنطلقة ، فتزداد قيمة ΔH ، ويعزى ذلك إلى أن الحرارة المنطلقة من تكون الماء السائل أكبرمن المنطلقة في حالة بخار الماء.(تحول البخار إلى ماء سائل يطلق طاقة.

www.chem4u.net

حساب حرارة التفاعل باستخدام حرارات تكوين المركبات :

مقدمة : قانون هس يستنتج التغير في المحتوى الحراري لتفاعل من خلال تفاعلات أخرى ناتجة من تجارب مختبرية لكن حساب وتسجيل قيم ΔH لكافة التفاعلات الكيميائية المعروفة مهمة صعبة جداً .

لكن بمعرفة حرارة تكوين أي مركب يمكن حساب ΔH لأي تفاعل بسهولة ويُسر .

ملاحظة هامة : غاز ثالث أكسيد الكبريت SO_3 ، غاز خانق يتسبب في إنتاج المطر الحمضي عندما يختلط بالرطوبة الموجودة في الجو (شكل 13-2)

أمثلة مختبرية لحرارة التكوين :

مناقشة حرارة التكوين لغاز ثالث أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين:

a) $S_{(s)} + 3/2\ O_{2(g)} \rightarrow SO_{3(g)}$, $\Delta H^o_f = -396$ kj

b) $1/2\ N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow NO_{2(g)}$, $\Delta H^o_f = +33.2$KJ

مصدر حرارة التكوين : حين نحدد ارتفاع جبل ما ، فإنك تقوم بذلك بالنسبة لنقطة مرجعية ما – عادةً ما تكون مستوى سطح البحر، وبطريقة مشابهة يتم تحديد حرارة التكوين القياسية اعتماداً على الافتراض التالي :

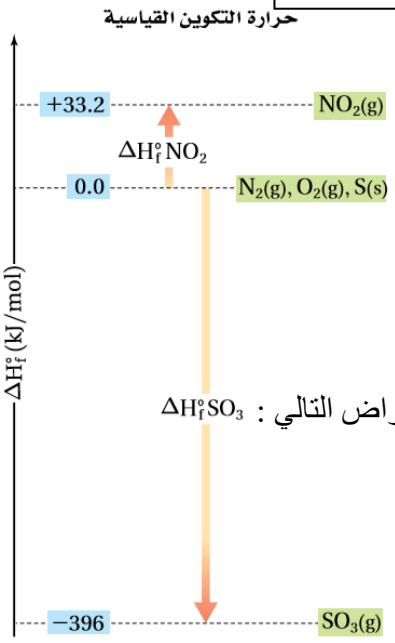
1 - حرارة تكوين العناصر في الحالة القياسية $\Delta H^o_f = 0.0$ KJ

2 - تعتبر الصفر نقطة بداية

3 - وبالتالي يكون الناتج النهائي لحرارة التفاعل هو قيمة حرارة تكوين المركب فقط .

4 - وبالتالي يمكن عمل تدرج أوله الصفر ونهايته حرارة تكوين كل مركب .

5 - تم استنتاج حرارات تكوين الكثير من المركبات ، وأصبحت كدليل لحرارات تكوين هذه المركبات في **جداول خاصة** .



الشكل 14-2 ΔH°_f للعناصر N_2 و O_2 و S تساوي (0.0 kJ). عندما يتفاعل N_2 مع O_2 لتكوين مول واحد من NO_2 يتم امتصاص 33.2kJ من الطاقة.

لذا فإن ΔH°_f لـ NO_2 تساوي 33.2 kJ/mol. أما عند تفاعل S مع O_2 لتكوين مول واحد من SO_3 فينطلق 396 kJ من الطاقة. لذا فإن ΔH°_f لـ SO_3 تساوي −369 kJ/mol.

توقع صف الموقع التقريبي للماء على الرسم أعلاه.

$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$ $\Delta H^\circ_f = -286$ kJ/mol

معنى ذلك أن :

a - تم انطلاق 396 KJ عند تكون النواتج ، وينطلق هذا الكم من الطاقة من النواتج (SO_3) لذا ينخفض المحتوى الحراري عن الصفر بمقدار 396 KJ

b - تم امتصاص 33.2KJ من خلال المتفاعلات ، وتُخزن هذا الكم من الطاقة في الناتج (NO_2) لذا يرتفع محتواه الحراري عن الصفر بمقدار 33.2KJ

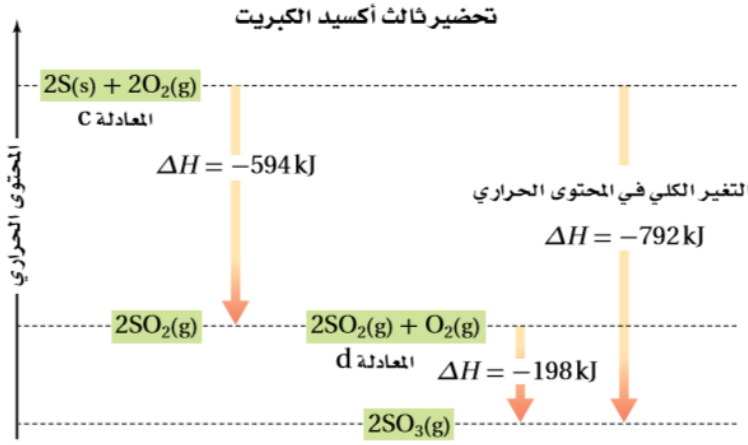
الجدول 2-5 حرارة التكوين القياسية

المركب	معادلة التكوين	ΔH°_f (kJ/mol)
$H_2S_{(g)}$	$H_{2(g)} + S_{(s)} \rightarrow H_2S_{(g)}$	−21
$HF_{(g)}$	$\frac{1}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}F_{2(g)} \rightarrow HF_{(g)}$	−273
$SO_{3(g)}$	$S_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \rightarrow SO_{3(g)}$	−396
$SF_{6(g)}$	$S_{(s)} + 3F_{2(g)} \rightarrow SF_{6(g)}$	−1220

www.chem4u.net

ملاحظة هامة : غاز ثالث أكسيد الكبريت SO_3 ، غاز خانق يتسبب في إنتاج المطر الحمضي عندما يختلط بالرطوبة الموجودة في الجو (شكل 13-2)

س : هام : تحضير ثالث أكسيد الكبريت (مناقشة و استنتاج معادلات)



الشكل 2-12 يدل السهم الموجود عن اليسار على إطلاق 594 kJ عند اتحاد S و O_2 لتكوين SO_2 (المعادلة c). ثم يتحد SO_2 مع O_2 لتكوين SO_3 (المعادلة d) عند إطلاق 198 kJ (السهم الأوسط). إن التغير الكلي في الحرارة (مجموع العمليتين) يمثله السهم الأيمن.

أوجد التغير في المحتوى الحراري لتحلّل SO_3 إلى S و O_2.

استعمال حرارة التكوين القياسية :

أولاً - في حساب حرارة التفاعل ΔH_{rxn} لكثير من التفاعلات في الظروف القياسية باستعمال قيم حرارة التكوين

ثانياً - في حساب حرارة التفاعل ΔH_{rxn} لكثير من التفاعلات في الظروف القياسية باستعمال قانون هِس .

ثالثاً – في التنبؤ باستقرار المركبات ونشاطها الكيميائي .

مثال : حساب ΔH_{rxn} لتفاعل ينتج سادس فلوريد الكبريت (SF_6) وهو غاز مستقر غير نشط له تطبيقات مهمة مثل : الحفر على رقائق السيليكون في عملية إنتاج الأجهزة شبه الموصلة .

ملاحظة : تُعد أشباه الموصلات أجزاء مهمة في الأجهزة الإلكترونية الحديثة ومنها الحواسيب والهواتف الخلوية ومشغلات MP_3 وغيرها

مثال : احسب ΔH للتفاعل التالي بطريقتين مختلفتين ، يمكنك استخدام جدول حرارة التكوين

$$H_2S_{(g)} + 4F_{2(g)} \rightarrow 2HF_{(g)} + SF_{6(g)} \quad , \Delta H_{rxn} = ??$$

الشكل 2-15 يستعمل سادس فلوريد الكبريت في حفر أشكال دقيقة، وأحيانًا بنمط محدد على رقائق السليكون في عملية إنتاج الأجهزة شبه الموصلة. تعد أشباه الموصلات أجزاء مهمة في الأجهزة الإلكترونية الحديثة

أولاً :

$$H_2S_{(g)} + 4F_{2(g)} \rightarrow 2HF_{(g)} + SF_{6(g)}$$

$$\Delta H_{rxn} = \Sigma \Delta H^o_{(\text{products نواتج})} - \Sigma (\text{reactants متفاعلات})$$

ثانياً :

نستخدم ***معادلات حرارات التكوين لمركبات المعادلة*** ، لتوظيف قانون هس في حساب ΔH للمعادلة المطلوبة

ثالثاً : حرارة التكوين واستقرار المركبات :

1 – سالبية التكوين أكثر استقرارا من إيجابية التكوين ($\Delta H^0_f = -50Kj$ أكثر استقرارا من $\Delta H^0_f = +50Kj$)
2 – كلما زادت سالبية التكوين يزداد استقرار المركب($\Delta H^0_f = -300Kj$ أكثر استقرارا من $\Delta H^0_f = -200Kj$ أكثر استقرارا من $\Delta H^0 = -100Kj$)
3 – كلما زادت إيجابية التكوين قل استقرار المركب ($\Delta H^0_f = +200Kj$ أقل استقرارا من $\Delta H^0_f = +150Kj$)

س : لديك الثلاث تفاعلات الافتراضية التالية :

$$A_1 + B_1 \rightarrow A_1B_1 \quad , \Delta H^0_f = -50\ Kj \qquad -1$$
$$A_3 + B_3 \rightarrow A_3B_3 \quad , \Delta H^0_f = +30\ Kj \qquad -2$$
$$A_2 + B_2 \rightarrow A_2B_2 \quad , \Delta H^0_f = -40\ Kj \qquad -3$$

رتب التفاعلات تنازلياً حسب استقرار النواتج ج : الأكثر استقراراً ← ← الأقل استقراراً

س : رتب تصاعدياً المركبات التالية تبعاً لدرجة الثبات الحراري اعتماداً على قيم ΔH^o_f (KJ/mol) .

$(\Delta H^0_f = +90.92)$ **NO** , $(\Delta H^0_f = -110.5)$ **CO** , $(\Delta H^0_f = -45.9)$ **NH_3** , $(\Delta H^0_f = +33.2)$ **NO_2** .

www.chem4u.net

مثال 6 -2 : استعمل حرارة التكوين القياسية لحساب لتفاعل احتراق :

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

35 – مستعيناً بجدول قيم حرارة التكوين القياسية ، احسب ΔH_{rxn} للتفاعل التالي : (-1398 Kj)

$$4NH_{3(g)} + 7O_{2(g)} \rightarrow 4NO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$$

36 – أوجد ΔH^o_{comb} لحمض البيوتانويك ، $C_3H_7COOH_{(l)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)}$ ، مستعيناً بجدول قيم حرارة التكوين والمعادلة الكيميائية أدناه : $4C_{(s)} + 4H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow C_3H_7COOH_{(l)}$, $\Delta H = -534$ kj

(-2186 Kj)

37 – بدمج معادلتي حرارة التكوين a و b تحصل على معادلة تفاعل أكسيد النيتروجين مع الأكسجين ، الذي ينتج عنه ثاني أكسيد النيتروجين . ما قيمة ΔH^o_f للتفاعل b ؟ (-91.3 kj)

$$NO_{(g)} + 1/2\ O_{2(g)} \rightarrow NO_{2(g)} \quad , \Delta H^o_{rxn} = -58.1 \text{ kj}$$

$$1/2\ N_{2(g)} + 1/2\ O_{2(g)} \rightarrow NO_{(g)} \quad , \Delta H^o_f = 91.3 \text{ kj} \quad . a$$

$$1/2\ N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow NO_{2(g)} \quad , \Delta H^o_f = ? \quad . b$$

1

- يدخل التفاعل : $2Fe_2O_{3(s)} + 3C_{(s)} \rightarrow 4Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$ في عملية صهر خام الحديد . وظّف قيم $\triangle H_f$ المعطاة في جدول حرارة التكوين لحساب التغير في المحتوى الحراري خلال عملية إنتاج 1 mol من الحديد .

الحلـــــ

لحساب التغير في المحتوى الحراري خلال عملية إنتاج 1 mol من الحديد نقسم المعادلة ÷ 4 ليصبح عدد مولات الحديد = 1 mol

$$\frac{1}{2} Fe_2O_{3(s)} + \frac{3}{4} C_{(s)} \rightarrow Fe_{(s)} + \frac{3}{4} CO_{2(g)}$$

$$\triangle H^0 = \triangle H^0_f \text{ (نواتج)} - \triangle H^0_f \text{ (متفاعلات)}$$

$$= [\ \frac{3}{4} \times -393.5 + 0\ ] - [\ \frac{1}{2} \times -824.3 + 0\ ] = 117.6 \text{ Kj}$$

www.chem4u.net

2 - احسب حرارة التفاعل التالي $4FeO_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(s)}$ مستخدماً بيانات حرارة التكوين الموضحة بجدول حرارة التكوين

3 - تبلغ حرارة تكوين ثاني أكسيد الكبريت القياسية 296.8 kJ/mol – احسب كمية الطاقة المنطلقة بالـ kJ عند تكوّن 30.0 g من $SO_{2(g)}$ من عناصره . (139 kJ)

4 - احسب حرارة تفاعل احتراق غاز الميثان CH_4 لتكوين $H_2O_{(l)}$ + $CO_{2(g)}$ (استعن بجدول حرارة التكوين المرفق)

5 - : إذا كانت حرارة احتراق غاز الأسيتيلين C_2H_2 تساوي -1301.1 Kj / mol

أ – اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية الموزونة للاحتراق التام لـــ C_2H_2

ب – إذا تفاعل 0.250 mol من C_2H_2 بحسب المعادلة في (أ) ، فما الطاقة المنطلقة من هذا التفاعل ؟ (ج : 325 kj)

ج – كم جراما من C_2H_2 يلزم التفاعل ، بحسب المعادلة في (أ) لإطلاق طاقة 3900 Kj ؟ (ج : 78.1 g)

www.chem4u.net

6 - احسب حرارة التفاعل القياسية لتفاعلي احتراق يكون فيهما الإيثان C_2H_6 و البنزين C_6H_6 متفاعلين ، ويكون $CO_{2(g)}$, $H_2O_{(l)}$ الناتجين في كل منهما .، واحسب ذلك من خلال جمع المعادلات الكيميائية الحرارية المعروفة ،مستخدماً قيم ΔH_f المبينة في ملحق الجدول. تحقق من النتائج باستخدام المعادلة العامة لإيجاد حرارة التفاعل من حرارات التكوين.

أ - $C_2H_{6(g)} + 3\frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow$ ب - $C_6H_{6(l)} + 7\frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow$

(أ - 1560.5 kJ - ، ب - 3267.5 kJ -)

7 - الجلوكوز $C_6H_{12}O_{6(s)}$ له $\triangle H_f$ = -1263 Kj/mol ، احسب التغير في المحتوى الحراري عندما يحترق 1 mol من الجلوكوز لتكوين $H_2O_{(l)}$, $CO_{2(g)}$.

(ج : 2813 kJ -)

$$C_6H_{12}O_{6(s)} + 6O_{2(g)} \rightarrow 6H_2O_{(l)} + 6CO_{2(g)}$$

$$\triangle H^0 = \triangle H^0_f \text{ نواتج} - \triangle H^0_f \text{ متفاعلات}$$

$$= [\ 6\times -393.5 + 6 \times -285.8\ ] - [\ -1263 + 0\ ] = -2813\ Kj$$

8 - إذا علمت أن حرارة احتراق الهكسان هي 4163.2 kj- ، احسب حرارة تكوين الهكسان C_6H_{14} بالاستعانة بجدول حرارة التكوين .

(ج: - 198.4)

9 - استعن بالجداول واكتب المعادلة الكيميائية الحرارية المعبرة عن احتراق غاز البيوتان C_4H_{10} ثم احسب قيمة حرارة التكوين الناتجة لغاز البيوتان .

$$C_4H_{10(g)} + \frac{13}{2}O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 5\ H_2O_{(l)}\ ,\ \triangle H^0_C = -2877.6$$ (من جدول حرارة الاحتراق)

$$\triangle H^0 = \triangle H^0_f \text{ نواتج} - \triangle H^0_f \text{ متفاعلات}$$

$$-2877.6 = [\ 4 \times -393.5 + 5\times -285.8\ ] - [\ H_f\ (C_4H_{10}) + 0\ ]$$

$$-2877.6 = -1574 - 1429 - H_f\ (C_4H_{10})$$

$$H_f\ (C_4H_{10}) = -1574 - 1429 + 2877.6 = -126\ Kj$$

www.chem4u.net

10 - التفاعل التالي يمثل عملية احتراق غاز البروبان

$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)}$, $\Delta H = -2219.2\ kJ/mol$ والمطلوب حساب ΔH_f للبروبان

علماً بأن [$\Delta H^0_f\ H_2O_{(l)} = -285.8\ kJ/mol$, $\Delta H^0_f\ CO_{2(g)} = -393.5\ kJ/mol$]

(ج: $\Delta H_f\ C_3H_8 = -104.5\ kJ/mol$)

11 - إذا علمت أن حرارة تكوين المركب x هي -612kj/mol ، وحرارة تكوين المركب الوحيد الناتج من احتراقه هي -671kj/mol ، فما حرارة احتراق المركب x ؟ (ج : - 59)

34 – بين كيف أن مجموع معادلات حرارة التكوين يعطي كلاً من التفاعلات التالية ، دون البحث عن قيم ΔH واستعمالها في الحل .

a. $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$ b. $SO_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_2SO_{4(aq)}$

1 - معادلة تكوين NO : $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$ 2 - معادلة تكوين NO_2 : $N_2 + 2O_2 \rightarrow 2NO_2$ اعكس المعادلة (1) + المعادلة (2) $2NO \rightarrow N_2 + O_2$ $N_2 + 2O_2 \rightarrow 2NO_2$ بالجمع ---------- $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$	1 - معادلة تكوين H_2SO_4 : $H_{2(g)} + S_{(s)} + 2O_{2(g)} \rightarrow H_2SO_4$ 2 - معادلة تكوين SO_3 : $S_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \rightarrow SO_{3(g)}$ 3 - معادلة تكوين H_2O : $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$ المعادلة(1) + معكوس المعادلة(2) + معكوس المعادلة (3) $H_{2(g)} + S_{(s)} + 2O_{2(g)} \rightarrow H_2SO_4$ $SO_{3(g)} \rightarrow S_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)}$ $H_2O_{(l)} \rightarrow H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}$ بالجمع ---------- $SO_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_2SO_{4(aq)}$

www.chem4u.net

تابع تمارين :حرارة التكوين واستقرار المركبات :

1 – سالبية التكوين أكثر استقرارا من إيجابية التكوين ($\triangle H^0_f = -50Kj$ أكثر استقرارا من $\triangle H^0_f = +50Kj$)

2 – كلما زادت سالبية التكوين يزداد استقرار المركب($\triangle H^0_f = -300Kj$ أكثر استقرارا من $\triangle H^0_f = -200Kj$ أكثر استقرارا من $\triangle H^0 = -100Kj$)

3 – كلما زادت إيجابية التكوين قل استقرار المركب ($\triangle H^0_f = +200Kj$ أقل استقرارا من $\triangle H^0_f = +150Kj$)

س : رتب تصاعديا المركبات التالية حسب استقرارها بدلالة حرارات التكوين:

$Al_2O_{3(s)} = -1676.0$ Kj/mol / $CaCO_{3(s)} = -1206.92$ Kj/mol

$NO_{(g)} = +90.92$ Kj/mol / $O_{3(g)} = +142.7$ Kj/mol

الأقل استقراراً ← ← ← الأكثر استقراراً

تخير1 – أي المركبات التالية أكثر استقراراً :

أ - $CuO \quad \Delta H^0_f = -175$ kJ/mol

ب - $CaO \quad \Delta H^0_f = -635$ kJ/mol

ج - $NO_2 \quad \Delta H^0_f = +82$ kJ/mol

د - $C_2H_2 \quad \Delta H^0_f = +228$ kJ/mol

(ج : ب)

تخير2 – أي مما يلي يصف حرارة تكوين المركب الأقل استقراراً ويتفكك بسهولة ؟

أ - صغيرة وسالبة ب- صغيرة وموجبة ج- كبيرة وسالبة د- كبيرة وموجبة (ج : د)

تخير3 – قيمة ΔH للتفاعل $N_{2(g)} + O_{2(g)} + 106.5\ kJ \rightarrow 2NO_{(g)}$ تعبر عن :

أ - حرارة التكوين ب- ضعف حرارة التكوين ج- ضعف حرارة الاحتراق د- نصف حرارة التكوين (ج : ب)

كلمة غير منسجمة اختر البديل غير المنسجم ، مع التبرير :

(1 $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)} \quad \Delta H = -114.2$ kJ

(2 $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)} \quad \Delta H = -196$ kJ

(3 $C_6H_{12}O_{6(s)} + 6O_{2(g)} \rightarrow 6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -2548$ kJ

(4 $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -241.8$ kJ

البديل هو : $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -241.8$ kJ

التبرير : لأن ΔH لهذا التفاعل تمثل حرارة تكوين ، أما الباقي فلا .

س : رتب تصاعديا المركبات التالية حسب استقرارها بدلالة حرارات التكوين:

($Al_2O_{3(s)} = -1676.0$ Kj/mol // $CaCO_{3(s)} = -1206.92$ Kj/mol // $NO_{(g)} = +90.92$ Kj/mol // $O_{3(g)} = +142.7$ Kj/mol)

الأقل استقرارا ..... ← ..... ← ..... ← ..... الأكثر استقرارا

س : رتب تصاعديا الصيغ التالية حسب نشاطها علماً بأن حرارة التكوين القياسية بـ (kJ/mol) :

$NO_{2(g)}$, $CH_{4(g)}$, $CO_{2(g)}$, $O_{3(g)}$

$+33.2$, -74.3 , -393.5 , $+192.7$

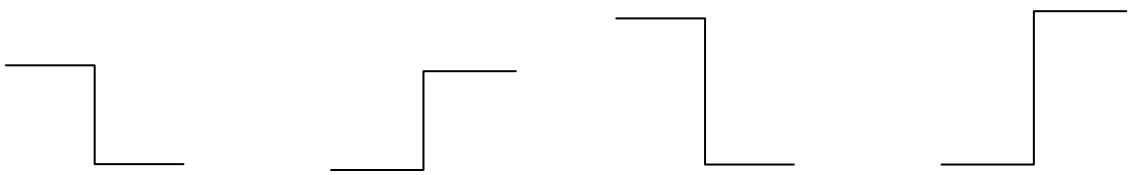
الترتيب : الأقل نشاطاً : ← ← ←

الترتيب : الأقل : $O_{3(g)} \leftarrow NO_{2(g)} \leftarrow CH_{4(g)} \leftarrow CO_{2(g)}$

www.chem4u.net

س 6 رتب تصاعدياً المركبات الناتجة حسب استقرارها في مخططات الطاقة التالية :

أ ب ج د



الأقل استقراراً : أ ← ج ← د ← ب

س : اختر كلمة غير منسجمة لحرارات التكوين التالية :

(A :+ 85 Kj/mol // B :+ 100 Kj/mol // C :- 200 Kj/mol // D :+ 200 Kj/mol)

الكلمة غير المنسجمة : ..... ، التبرير : .....

س : إذا علمت أن المحتوى الحراري لنواتج تفاعل يساوي 458 Kj/mol والمحتوى الحراري للمتفاعلات يساوي 658 Kj/mol ، ما قيمة ΔH لهذا التفاعل ، ما الجزء الأكثر استقرارا من هذا النظام : المتفاعلات أم النواتج ؟ (ج : - 200 / النواتج)

س : فسّر العلاقة بين استقرار المركب وحرارة تكوينه ؟

(كلما ازدادت القيمة العددية لحرارة التكوين ذات الإشارة السالبة (سالبية التكوين) يزداد استقرار المركب.)

علل : ثاني أكسيد الكربون أكثر استقرارا من العناصر المكونة له :

لأن القيمة العددية لحرارة تكوين ثاني أكسيد الكربون ذات الإشارة السالبة الأكبر (أكثر استقرارا) ، بينما حرارة تكوين العناصر المكونة له = صفر

علل : فليمنات الزئبق HgC_2N_2O ($\triangle H^0_f$ = +270Kj) تُستخدم كصاعق للمتفجرات

لأن لها حرارة تكوين عالية ، وبالتالي تصبح غير مستقرة تماماً

علل : يتفاعل الأسيتيلين C_2H_2 بقوة مع الأكسجين

لأنه مركب يعاني من عدم الاستقرار الحراري نتيجة ارتفاع حرارة تكوينه ($\triangle H^0_f$ = +226.7Kj)

www.chem4u.net

س: تخير الإجابة الصحيحة من بين الإجابات التالية

س	ج
1 – كمية الطاقة المنطلقة أو الممتصة على صورة حرارة خلال تفاعل كيميائي تسمى : أ – حرارة التكوين ب – حرارة التفاعل ج – الإنتروبي د – الطاقة الحرة	
2 – أي مما يلي غير قابل للقياس بشكل مباشر ؟ أ – حرارة التكوين ب – حرارة الاحتراق ج – المحتوى الحراري د – تغير المحتوى الحراري	
3 – أي من التالي هو الفرق بين المحتوى الحراري للمتفاعلات والنواتج : أ – ΔS ب – ΔG ج - ΔH د – H	
4 – ما اسم الطاقة المنطلقة على صورة حرارة عندما يُنتج مول واحد من مركب باتحاد عناصره ؟ أ – حرارة التكوين ب – حرارة الاحتراق ج – الطاقة الحرارية د – الإنتروبي	
5 – التفاعل الماص للحرارة : أ – له تغير محتوى حراري موجب ج – ليس له تغير محتوى حراري ب - له تغير محتوى حراري سالب د - له تغير محتوى حراري موجب أو سالب	
6 – أي مما يلي يمثل معادلة كيميائية حرارية ؟ أ – $Mg_{(s)} + 2H_3O^+_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} + H_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$ ب – $Mg + 2H_3O^+ + 2Cl^- \rightarrow Mg^{2+} + 2Cl^- + H_2 + 2H_2O$ ج – $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$ د - $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)} + 483.6\ kj$	
7 – المركبات التي لها حرارة تكوين ذات قيمة سالبة عالية : أ – لا توجد ب – جداً غير مستقرة ج – تنحل بسهولة د – عالية الاستقرار	
8 – المركب الذي يكون غير مستقر ويتفكك بشدة يكون له حرارة تكوين : أ – صغيرة وسالبة ب – صغيرة وموجبة ج – كبيرة وسالبة د – كبيرة وموجبة	
9 – افترض أنه يمكن كتابة معادلة كيميائية على شكل مجموع معادلتين كيميائيتين أخريين . إذا كانت قيمتا $\triangle H$ للتفاعلين 658 KJ - و +458 Kj ، فما قيمة $\triangle H$ (Kj) للتفاعل الناتج من جمعهما ؟ أ - 1116- ب - 200- ج - 200+ د – 1116 +	
10 – افترض أن $\triangle H$ = -200 KJ للتفاعل A و $\triangle H$ = -200 KJ للتفاعل B ، وأنه يمكن كتابة التفاعل C على شكل مجموع التفاعل الأمامي لـ A والتفاعل العكسي لـ B .فما قيمة $\triangle H$ للتفاعلCالناتج من المجموع ؟ أ – 300 - ب - 100 - ج – 300+ د – 100+	

س	ج
11 – اشارة ΔH للتفاعل التالي : $H_2O_{(s)} \rightarrow H_2O_{(l)}$: أ – سالبة والتغير طارد للحرارة ج – موجبة والتغير طارد للحرارة ب – سالبة والتغير ماص للحرارة د – موجبة والتغير ماص للحرارة	

www.chem4u.net

12 – إذا كان المحتوى الحراري للنواتج أقل من المحتوي الحراري للمتفاعلات فإن التفاعل يكون :

أ – ماص للحرارة ب – طارد للحرارة ج – يتم عند حجم ثابت د – يكون روابط أقوى

13 – إذا كان لديك التفاعل التالي : $NH_{3(g)} + \frac{7}{4} O_{2(g)} \rightarrow NO_{2(g)} + \frac{3}{2} H_2O_{(g)}$ +282.6 kj فإن التغير في المحتوى الحراري المصاحب لانتاج مول واحد من (O_2) في التفاعل المعاكس بوحدة KJ :

أ – 161.5 ب – 282.6 ج - -282.6 د - -161.5

14 – فيما يتعلق بالتفاعل : $2 S_{(s)} + 3 O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)}$, $\Delta H = -792$ kJ أي العبارات التالية صحيحة :

أ- التفاعل ماص للحرارة ج - حرارة تكوين $SO_{3(g)}$ = حرارة احتراق $S_{(S)}$

ب - حرارة تكوين $SO_{3(g)}$ = حرارة التفاعل د - حرارة احتراق $S_{(s)}$ = حرارة التفاعل

15 - فيما يتعلق بالتفاعل : $2 S_{(s)} + 3 O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)}$, $\Delta H = -792$ kJ أي العبارات التالية صحيحة :

أ – الحرارة الناتجة هي حرارة التكوين ج – الحرارة الناتجة هي حرارة الاحتراق

ب – حرارة التفاعل تمثل ضعف حرارة الاحتراق د – حرارة التفاعل تمثل ضعف حرارة الاحتراق وضعف حرارة التكوين

16 – قيمة ΔH للتفاعل $N_{2(g)} + O_{2(g)} + 106.5$ kJ $\rightarrow 2NO_{(g)}$ تعبر عن :

أ- حرارة التكوين ب - ضعف حرارة التكوين ج - ضعف حرارة الاحتراق د - نصف حرارة التكوين

17 – أي المعادلات التالية تمثل تكوُّن مول واحد من $B_5H_{9(g)}$ من عناصره في حالاتها القياسية عند درجة حرارة 298 K وضغط 1 atm ؟

أ- $5B_{(g)} + 9H_{(g)} \rightarrow B_5H_{9(g)}$ ج - $5/2\ B_{2(g)} + 9/2H_{2(g)} \rightarrow B_5H_{9(g)}$

ب - $5B_{(s)} + 9/2\ H_{2(g)} \rightarrow B_5H_{9(g)}$ د - $2B_{(s)} + 3BH_{3(g)} \rightarrow B_5H_{9(g)}$

18 – تمثل ΔH للتفاعل التالي : $CO_{(g)} + ½\ O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 283$ Kj

أ – حرارة تكوين CO_2 ب – حرارة احتراق CO_2 ج – حرارة احتراق الكربون د – حرارة احتراق CO

19 – تمثل حرارة التفاعل : $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$, $\triangle H = -393.5$ Kj

أ – حرارةاحتراق C وتكوين CO_2 ب – حرارة احتراق CO_2 ج – حرارة احتراق الكربون د – حرارة احتراق CO

20 – أي التفاعلين التاليين تتوقع أن يكون $\triangle H$ له أكثر سالبية :

1) $H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)}$

2) $H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$

أ – المعادلة الأولى ب – المعادلة الثانية ج – المعادلة الأولى والثانية

www.chem4u.net

21 – أي من التغيرات التالية طارد للحرارة :

أ – تحول (1 g) من الماء إلى بخار عند 100^0C ج – تحول (1 g) من الماء إلى ثلج عند 0^0C

ب – انصهار (1 g) من الثلج عند 10^0C د – كلها طاردة للحرارة

22 - من المعادلة $H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$, $\Delta H = -285\ kj$ يمكن القول أن :

أ – المحتوى الحراري للماء السائل أقل منه لكل من المادتين المتفاعلتين

ب - المحتوى الحراري للماء السائل أكبر منه لكل من المادتين المتفاعلتين

ج – التفاعل هو تفاعل تعادل طارد للحرارة

د - التفاعل هو تفاعل احتراق ماص للحرارة

23 – إذا علمت أن التفاعلين التاليين طاردان للحرارة :

$$CH_{4(g)} + 2O_{2\,(g)} \rightarrow CO_{2\,(g)} + 2H_2O_{(g)} \ , \quad \Delta H = -X_1$$

$$CH_{4(g)} + 2O_{2\,(g)} \rightarrow CO_{2\,(g)} + 2H_2O_{(l)} \ , \quad \Delta H = -X_2$$

فإن : أ – **X_1 أكبر من X_2** ج - **X_1 تساوي X_2**

ب - **X_1 أصغر من X_2** د – **المعلومات غير كافية للإجابة**

24 – اذا علمت أن الحرارة الناتجة عن احتراق 1g من الميثانول تساوي 27.8 kj ،فإن حرارة احتراق الميثانولCH_3OH تساوي :

أ – 889.6KJ ب - -889.6KJ ج – 1.15KJ د – 0.87KJ

25 – احسب الحرارة الناتجة عن احتراق 25g من الايثانول إذا علمت أن طاقة احتراق الايثانول C_2H_5OH تساوي 1367KJ-:

أ – 889.6KJ ب - -889.6KJ ج – 1.15KJ د – 742.93 KJ

26 – عندما يكون حرارة التفاعل ΔH سالباً فإن :

أ – التفاعل ماص للحرارة ج - المحتوى الحراري للنواتج يساوي المحتوى الحراري للمتفاعلات

ب – المحتوى الحراري للنواتج أعلى من المحتوى الحراري للمتفاعلات د – التفاعل طارد للحرارة

27 – أي المركبات التالية أكثر استقراراً :

أ- $CuO \ \ \Delta H^0_f = -175\ kJ/mol$ ج - $CaO \ \ \Delta H^0_f = -635\ kJ/mol$

ب - $NO_2 \ \ \Delta H^0_f = +82\ kJ/mol$ د - $C_2H_2 \ \ \Delta H^0_f = +228\ kJ/mol$

28 – أي المركبات التالية أقل استقراراً :

أ- $CuO \ \ \Delta H^0_f = -175\ kJ/mol$ ج - $CaO \ \ \Delta H^0_f = -635\ kJ/mol$

ب - $NO_2 \ \ \Delta H^0_f = +82\ kJ/mol$ د - $C_2H_2 \ \ \Delta H^0_f = +228\ kJ/mol$

29 – أي مما يلي يصف حرارة تكوين المركب الأقل استقراراً ويتفكك بسهولة ؟

أ- صغيرة وسالبة ب - صغيرة وموجبة ج - كبيرة وسالبة د - كبيرة وموجبة

30 – أي مما يلي يصف حرارة تكوين المركب الأكثر استقراراً ويتفكك بصعوبة ؟

أ- صغيرة وسالبة ب - صغيرة وموجبة ج - كبيرة وسالبة د - كبيرة وموجبة

31 – تكون $\Delta H^0_f = 0$ لجميع المواد التالية عدا : أ – $N_{2(g)}$ ب – $C_{(s)}$ ج – $F_{2(g)}$ د- $H_2O_{(g)}$

32 – تكون $\Delta H^0_f \neq 0$ لجميع المواد التالية عدا : أ – $H_2O_{(g)}$ ب – $CO_{2(g)}$ ج – $O_{2(g)}$ د- $C_{(g)}$

33 – أي مما يلي يمثل حرارة التكوين القياسي للمركب $CO_{2(g)}$:

أ - $C_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad , \quad \triangle H = -393.5\ Kj$

ب - $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(s)} \quad , \quad \triangle H = -393.5\ Kj$

ج - $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad , \quad \triangle H = -393.5\ Kj$

34 – إذا كانت حرارة التكوين القياسية $\triangle H^0_f$ للماء السائل تساوي 285.5kj/mol - وللماء في الحالة الغازية تساوي241.6 kj/mol - ، فإن $\triangle H$ اللازمة لتبخير مول واحد من الماء تساوي بوحدة kj :

أ - 43.9- ب – 126.1 ج - 126.1- د – 43.9

35 – أي مما يلي يمثل تفاعل تكوين الكلوروفورم $CHCl_{3(g)}$:

أ – $C_{(diamond)} + H_{(g)} + 3Cl_{(g)} \rightarrow CHCl_{3(g)}$

ب – $C_{(graphite)} + ½\ H_{2(g)} + 3/2\ Cl_{2(g)} \rightarrow CHCl_{3(g)}$

ج – $C_{(diamond)} + ½\ H_{2(l)} + 3Cl_{(g)} \rightarrow CHCl_{3(g)}$

د – $C_{(graphite)} + H_{(g)} + 3/2\ Cl_{2(g)} \rightarrow CHCl_{3(g)}$

36 – حسب التفاعل التالي : $2HBr_{(g)} \rightarrow H_{2(g)} + Br_{2(g)}$, $\triangle H = +72.4\ Kj$ ، فإن حرارة التكوين لبروميد الهيدروجين تساوي : أ - $36.2\ kj.mol^{-1}$ ب - $72.4\ kj.mol^{-1}$ ج - $-72.4\ kj.mol^{-1}$ د - $-36.2\ kj.mol^{-1}$

37 – في المعادلة التالية : $2Al + 2NaOH + 4H_2O \rightarrow 2NaAlO_3 + 5H_2 + 300\ KJ$
فإن عدد مولات الألمونيوم Al المتفاعلة عندما تنطلق طاقة مقدارها 50KJ هو :
أ - 0.666 mol ب – 0.333 mol ج – 0.111 mol د - 0.222 mol

38 - إذا علمت أن حرارة تكوين المركب x هي 612kj/mol- ، وحرارة تكوين المركب الوحيد الناتج من احتراقه هي 671kj/mol- ، فتكون حرارة احتراق المركب x :
أ - 59 kj- ب - 59kj+ ج - 1283 kj- د – 0kj

تمارين الوحدة

38 : وضح المقصود بقانون هس ، وكيف يُستعمل لإيجاد ΔH_{rxn} ؟

إذا كان مجموع معادلتين أو أكثر يساوي معادلة كلية ، فإن ΔH°_{rxn} للمعادلة الكلية مساوية لمجموع ΔH°_{rxn} قيم للمعادلة التي دُمجت .

39 : اشرح بالكلمات الصيغة التي يمكن استعمالها لإيجاد ΔH°_{rxn} عند استعمال قانون هس ؟

$$\Delta H_{rxn} = \Sigma \Delta H^\circ_{(products\ نواتج)} - \Sigma \Delta H^\circ_{(reactants\ متفاعلات)}$$

المحتوى الحراري للتفاعل في الظروف القياسية (1atm , 298K) يساوي مجموع حرارة التكوين القياسية للنواتج مطروحاً منه مجموع حرارة التكوين القياسية للمواد المتفاعلة .

www.chem4u.net

40 : صف كيف تعرف العناصر في حالاتها القياسية على تدريج حرارة التكوين القياسية ؟ تُعطى لهم حرارة تكوين = صفر

41 – تفحص البيانات في الجدول 5-2 ، ماذا يمكن أن تستنتج عن ثبات أو استقرار المركبات المذكورة مقارنةً بالعناصر في حالاتها القياسية ؟ تذكر أن الثبات أو الاستقرار يرتبط مع الطاقة المنخفضة .

المركبات الموجودة في الجدول 5-2 جميعها أكثر ثباتاً من العناصر التي تكونت منها ، وكلما كانت حرارة التكوين أقل قيمة رياضية ، كلما كان المركب أكثر استقراراً .

42 – استعمل قانون هس لإيجاد ΔH للتفاعل أدناه : (-233 KJ)

$$NO_{(g)} + O_{(g)} \rightarrow NO_{2(g)} \quad \Delta H = ?$$

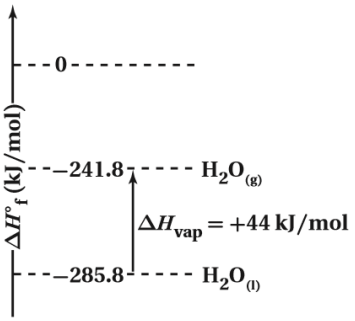
مستعيناً بالتفاعلات الآتية :

$$O_{2(g)} \rightarrow 2O_{(g)} \ , \ \Delta H = +495 \text{ KJ}$$

$$2O_{3(g)} \rightarrow 3O_{2(g)} \ , \ \Delta H = -427 \text{ kj}$$

$$NO_{(g)} + O_{3(g)} \rightarrow NO_{2(g)} + O_{2(g)} \ , \ \Delta H = -199 \text{ kj}$$

43 – **تفسير الرسوم العلمية** : استعمل البيانات أدناه لعمل رسم لحرارة التكوين القياسية مشابه للشكل 14-2 واستعمله في إيجاد حرارة تبخر الماء عند درجة حرارة 298k .



الماء السائل : $\Delta H^o_f = -285.8 \text{ kj/mol}$

الماء في الحالة الغازية : $\Delta H^o_f = -241.8 \text{ kj/mol}$

الماء في الحالة السائلة سيكون تحت الصفر بمقدار 285.8KJ/mol .

الماء في الحالة الغازية سيكون تحت الصفر بمقدار 241.8KJ/mol .

ومن الرسم يمكن استنتاج حرارة التبخير : = الفرق بين الطاقتين

حرارة التبخير = الفرق بين الطاقتين =285.8 kj – (-241.8kj) = 44kj

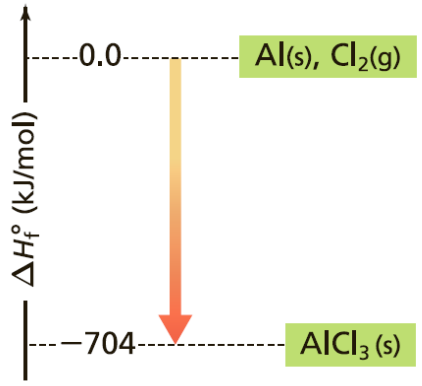
تقويم الفصل :

89 : ما الذي تصفه حرارة التكوين القياسية لمركب معين ؟

تصف حرارة التكوين القياسية التغير في المحتوى الحراري (محتوى الطاقة) عندما يتكون مول واحد من المركب من عناصره في حالاتها الطبيعية .

90 : كيف تتغير ΔH في معادلة كيميائية حرارية إذا تضاعفت كميات المواد جميعها ثلاث مرات وعُكست المعادلة ؟

تتضاعف قيمة ΔH وتتغير الإشارة



■ **الشكل 25**

91. استعن **بالشكل 25** لكتابة المعادلة الكيميائية الحرارية لتكوين واحد مول من كلوريد الألمنيوم من عناصره في حالتها القياسية.

91. $Al(s) + 3/2Cl_2(g) \rightarrow AlCl_3(s)$ $\Delta H^\circ_f = -704$ kJ

92 : استعمل حرارة التكوين القياسية لحساب للتفاعل الآتي : $P_4O_{6(s)} + 2O_{2(g)} \rightarrow P_4O_{10(s)}$ (-1343.9 kj)

93 : استعمل قانون هس والمعادلتين الكيميائيتين الحراريتين الآتيتين لإيجاد المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل :

$C_{(s\text{ ، ألماس})} \rightarrow C_{(s\text{ ، جرافيت})}$ ما مقدار ΔH للتفاعل ؟ (-2kj)

a) $C_{(s\text{ ، جرافيت})} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$, $\Delta H = -394$ kj

b) $C_{(s\text{ ، ألماس})} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$, $\Delta H = -396$ kj

94 : استعمل قانون هس والتغيرات في المحتوى الحراري للتفاعلين الآتيين لحساب ΔH للتفاعل : (-1589 kj)

$$2A + B_2C_3 \rightarrow 2B + A_2C_3$$

$$2A + 3/2\ C_2 \rightarrow A_2C_3 \ , \ \Delta H = -1874\ KJ$$

$$2B + 3/2C_2 \rightarrow B_2C_3 \ \Delta H = -285\ KJ$$

109 : يُعد **ثالث كلوريد الفوسفور مادة أولية في تحضير مركبات الفوسفور العضوية** . بين كيف يمكن استعمال المعادلتين الكيميائيتين الحراريتين a و b لتحديد التغير في المحتوى الحراري للتفاعل : $PCl_{3(l)} + Cl_{2(g)} \rightarrow PCl_{5(s)}$

(-124kj)

(a $P_{4(s)} + 6Cl_{2(g)} \rightarrow 4PCl_{3(l)} \ , \ \Delta H = -1280\ kj$

(b $P_{4(s)} + 10Cl_{2(g)} \rightarrow 4PCl_{5(s)} \ , \ \Delta H = -1774\ kj$

3 – الجلوكوز هو السكر البسيط الموجود في الفاكهة ، احتراق 10.0g من الجلوكوز يُطلق 15.6kj من الطاقة . كم عدد السعرات الغذائية (Cal) التي تنطلق من هذا التفاعل ؟ (3.73 Cal)

4 – تجربة :

التفاعل	كأس (أ)	كأس (ب)
كمية الماء في الكأس	100mL	100mL
درجة الحرارة الابتدائية	25^oC	25^oC
المادة المضافة	9g من البوراكس (بورات الصوديوم)اللامائي	13g كبريتات المغنسيوم
درجة حرارة الذوبان	50^oC	16^oC
نوع الذوبان حرارياً	- - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - -

www.chem4u.net

5 – مفهوم خارجي بدليل المعلم :

(**BTU**) : وحدة الحرارة البريطانية / هي الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل واحد من الماء درجة فهرنهايت من $63^{o}f$ إلى $64^{o}C$ / (1BTU = 1055 J)

6 – علل : تبرد الخرسانة في الليل أكثر من الماء ؟

7 – من التفاعلات الهامة صناعياً " **تفاعل الثيرمت " الذي يمكننا من لحام المعادن تحت الماء ، ويتم تنشيط هذا التفاعل بحرارة شريط المغنسيوم المحترق :** $Fe_2O_{3(s)} + Al_{(s)} \rightarrow Al_2O_{3(s)} + 2Fe_{(s)} + Energy$

أ – نوع التفاعل : .....

ب – احسب حرارة التفاعل بطريقتين : .....

تمارين خارجية :

س1 : أوجد حرارة تكوين الأسيتيلين C_2H_2 : (226.4 KJ)

باستخدام المعلومات التالية :

$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H = -393.5$ KJ

$H_{2(g)} + 1/2\ O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$ $\Delta H = -286$ KJ

$2C_2H_{2(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$ $\Delta H = -2598.8$ KJ

س2 : أوجد حرارة تكوين الميثانول CH_3OH : (-250.5 KJ)

باستخدام المعلومات التالية :

$CH_3OH_{(g)} + 3/2\ O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$ $\Delta H = -715$ KJ

$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H = -393.5$ KJ

$H_{2(g)} + 1/2\ O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$ $\Delta H = -286$ KJ

س 3 : تخير الإجابة الصحيحة من بين الإجابات التالية :

التفاعل	ΔH
$P_4O_{10(S)} + 6H_2O_{(l)} \rightarrow 4H_3PO_{4(s)}$	-397
$6PCl_{5(s)} + 24H_2O_{(l)} \rightarrow 6H_3PO_{4(s)} + 30HCl_{(g)}$	-816
$10H_3PO_{4(s)} + 30HCl_{(g)} \rightarrow 10POCl_{3(l)} + 30H_2O_{(l)}$	+680

يكون ΔH بوحدة kj للتفاعل : $P_4O_{10(S)} + 6PCl_{5(s)} \rightarrow 10POCl_{3(l)}$ هي :

أ - 533 kj- ب – 1893 kj ج - 1893 kj- د - 450 kj-

(أ)

س4 : إذا كانت حرارة التكوين ΔH^0_f لثاني أكسيد السيليكون SiO_2 هي 910.9 KJ/mol- ، فاحسب كمية الحرارة المنطلقة من تكون 30g من SO_2 . (Si = 28 , O= 16) (- 455.45kj)

س5 : احسب حرارة التكوين ΔH^0_f لأكسيد الألمونيوم Al_2O_3 في الحالة الصلبة إذا علمت أن حرارة تكون 24g من أكسيد الألمونيوم هي 193.65kj - (Al = 27 , O= 16) (- 823 kj)

س 6 : حسب التفاعل التالي : $1/2\ O_{2(g)} + H_{2(g)} \rightarrow H_2O$, ΔH^O = -286 KJ

إذا كانت كثافة الأكسجين تساوي 1.11 g/L ، فاحسب كمية الحرارة المنطلقة بوحدة (KJ) لدى تفاعل 2L من الأكسجين مع زيادة من الهيدروجين عند نفس الظروف . (- 39.7 kj)

www.chem4u.net

س 7 : احسب ΔH^O للتفاعل : $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \leftrightarrows 2NH_{3(g)}$ (- 92 kj)

إذا علمت أن الحرارة الناتجة من تكون (0.017 Kg) من النشادر عند الظروف القياسية تساوي 45KJ

اختبار مقنن : **3 / تخير** : يسمى التغير في المحتوى الحراري الذي يرافق تكون مول واحد من المركب في الظروف القياسية من عناصره في حالاتها القياسية : (جـ : د)

أ – حرارة الاحتراق ب – حرارة التبخر المولارية

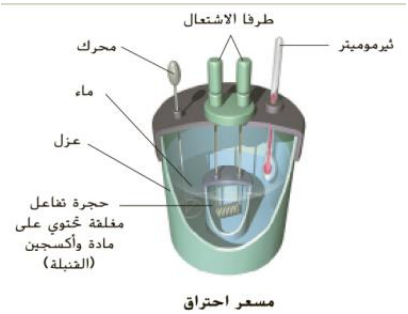
ج - حرارة الانصهار المولارية د – حرارة التكوين القياسية

حدد نوع العمليات التالية (طاردة أو ماصة) للحرارة :

أ – تسخين الشاي في الميكروويف ب – احتراق الغاز الطبيعي في فرن داخل المنزل

ج – انصهار الجليد في البركة بسبب ضوء الشمس

(أ – ماص للحرارة ب – طارد للحرارة ج – ماص للحرارة)



مسعر احتراق

علل : أهمية عدم احتكاك المحرك عند التقليب في مسعر الاحتراق . لأن المحرك عندما يُحدث احتكاك سوف يولد حرارة ، والتي بدورها ستضاف إلى الماء ، وتحدث خطأ في التغير الحراري الذي يتم قياسه .