الوحدة الثانية

الكيمياء الحرارية

هو العلم الذي يدرس التغيرات الحرارية التي ترافق التفاعلات الكيميائية

- ✓ لكل مادة إنتالبية خاصة فيها
- ✓ هو تابع حالة لايتعلق بالطريق المسلوك
- ✓ التغير الحراري الذي يحصل خلال التفاعل

$$\Delta H_{rux} = \sum \Delta H_2 - \sum \Delta H_1$$

- ✓

$\sum \Delta H_2$: مجموع انتالبيات المواد الناتجة

$\sum \Delta H_1$: مجموع انتالبيات المواد المتفاعلة

- ✓ تكون التفاعلات
  - ناشرة للحرارة $\Delta H = -$
  - ماصة للحرارة $\Delta H = +$
- ✓ تعتمد الإنتالبية على :
  - الضغط المطبق
  - درجة الحرارة

ملاحظة للمسائل :

عند كتابة المعادلات الكيميائية الحرارية

وكانت فرضا $\Delta H = -$

فعند قلب التفاعل تُقلب الإشارة

الحالة القياسية لأي مادة : الحالة التي تؤخذ فيها المادة شكلها الثابت المستقر عند 1atm

انتالبية التكون القياسية تعتمد على
- الشكل التآصلي
- الحالة الفيزيائية

ملاحظة هامة

حرارة التعديل المقاسة =

حرارة التعديل للحموض أو الأسس القوية + حرارة تأين للحمض أو الأساس الضعيف

حرارة التعديل للحموض والأسس القوية مقدار ثابت في كل المسائل =

$-57.7\ kJ.mol^{-1}$

أنواع التغيرات الحرارية

- انتالبية تكون ΔH°_f
  - تغير الإنتالبية عند تكون مول واحد انطلاقا من عناصره الأولية وهي في حالتها القياسية
  - انتالبية التفكك $\Delta H^0_d = -\Delta H^0_f$
- حرارة احتراق قياسية ΔH°
  - كمية الحرارة المنطلقة عند احتراق مول واحد من المادة احتراقا تاما بوجود كمية وافرة من الأوكسجين في الشروط القياسية
  - يتم قياسها بمسعر القنبلة الحرارية
- حرارة تعديل
  - كمية الحرارة المنطلقة نتيجة تكون واحد مول من الماء عند تعادل حمض مع أساس في المحاليل الممددة

حرارة الإحتراق= ثابت المسعر × الإرتفاع في درجة الحرارة

لحساب ΔH^0_{rxn}

- الإستعانة بطاقة الرابطة
- الطريقة المباشرة

$$\Delta H^\circ_{rxn} = \sum n_p (\Delta H^\circ_f)_p - \sum n_r (\Delta H^\circ_f)_r$$

- الطريقة الغير مباشرة قانون هس

في المسائل:

أكثر ثبات حراري = أصغر قيمة

أقل ثبات حراري =أكبر قيمة

حرارة التفاعل :مقدار ثابت يعتمد على الحالة الابتدائية والحالة النهائية للتفاعل،ولا يتأثر بالطريق الذي يسلكه التفاعل

في المسائل:

إن طلب ترتيب الحموض حسب الثبات الحراري

فإن كان تنازليا نرتب من الصغير إلى الكبير

وتصاعديا من الكبير إلى الصغير

عكس الرياضيات

الأستاذ بلال أبو محمود

تطلب من مكتبة العالمية التعليمية لطلاب المدارس (دمشق – حلبوني هـ 2263998) لمزيد من الفائدة ادخل على alamia.edu

1) رتب هذه الحموض تنازلياً حسب ثباتها الحراري:

المركب	H_2SO_4	HNO_3	HCl	CH_3COOH
$\Delta H_f^o (kJmol^{-1})$	-814	-137	-92.3	-487

$H_2SO_4 \rightarrow CH_3COOH \rightarrow HNO_3 \rightarrow HCl$

تنازليا

2) رتب الأكاسيد تصاعدياً حسب ثباتها الحراري:

المركب	N_2O_4	NO_2	NO	N_2O
$\Delta H_f^o (kJmol^{-1})$	9.6	34	90.4	81,5

تصاعديا $NO \rightarrow N_2O \rightarrow NO_2 \rightarrow N_2O_4$

3) يعتبر HI مركب غير ثابت حرارياً في درجة حرارة الغرفة علماً أن $\Delta H_F^\circ (HI) = 25,9 kJmol^{-1}$ لماذا؟

لأن $\Delta H_f^\circ (HI)$ موجبة فهو يصدر طاقة تساوي التي امتصها عند تكونه أو لضعف الرابطة بين ذرتي الجزيء

4) اكتب المعادلة الكيميائية لاحتراق غاز الميتان علماً أن $\Delta H^o = -890kJ$

$$CH_{4(g)} + 2O_2 \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(\ell)} \quad \Delta H^o = -890kJ$$

5) ليكن لدينا التفاعل الآتي :

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H^o = -393.5kJ$$

ماهي انتالبية التفكك القياسية لثاني أكسيد الكربون وما هي حرارة احتراق الكربون هل هذا التفاعل ماص أم ناشر للحرارة ولماذا؟

انتالبية التفكك القياسية

$\Delta H^0_d \ CO_2 = +393.5kJ.mol^{-1}$

حرارة احتراق الكربون $-393.5kJ.mol^{-1}$

التفاعل ناشر للحرارة لأن $\Delta H < 0$

6) كيف نحسب حرارة الإحتراق تجريبيا؟

كيف يتم قياس حرارة الاحتراق تجريبياً؟

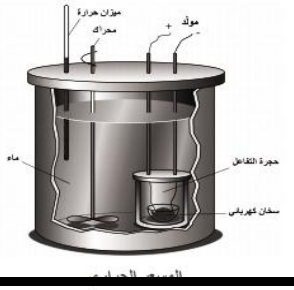
يتم قياس حرارة الاحتراق باستعمال مسعر القنبلة الحرارية (*Bomb calorimeter*) وفق الطريقة الآتية:

توضع في المسعر كتلة معينة من مادةٍ حرارةُ احتراقها معلومة وتُحرق في جوّ من الأكسجين حَرْقاً تاماً، ويسجل الارتفاع في درجة حرارة الماء المحيط بحجرة التفاعل، ويُحسب ثابت المسعر أو السعة الحرارية للمسعر بالعلاقة:

$$\text{ثابت المسعر} = \frac{\text{حرارة احتراق المادة}}{\text{الارتفاع في درجة الحرارة}}$$

وبعد ذلك توضع في هذا المسعر كتلة معينة من المادة المراد قياس حرارة احتراقها، وتُعاد التجربة مرة أخرى ويسجل الارتفاع في درجة الحرارة.

$$\text{حرارة الاحتراق} = \Delta H = \text{ثابت المسعر} \times \text{الارتفاع في درجة الحرارة}$$



المسعر الحراري

7) علل لا نستطيع دوما قياس حرارة تفاعل ما بالطريقة المباشرة

نظرا لصعوبة حدوث التفاعل في الشروط القياسية

ملاحظات متفرقة

- ✓ كمية الحرارة تحت ضغط ثابت =تغير الإنتالبية $\Delta H = O_p$
- ✓ انتالبية التكون القياسية لجميع العناصر في حالتها القياسية تساوي الصفر
- ✓ أهمية حرارة الإحتراق تقدير القيمة الحرارية لأنواع الوقود والأغذية المختلفة وتفيد في حساب حرارة التكون للمركبات
- ✓ حسابات تغير الإنتالبية المدروسة في المنهاج تقريبية لعدم إدخال عامل البنية الهندسية والإلكترونية للجزيئات
- ✓ يعد الغرافيت الشكل التآصلي الأكثر استقرارا للكربون في الحالة القياسية
- ✓ طاقة الرابطة هي الطاقة اللازمة لتفكيك مول واحد من المادة(AB) في حالتها الغازية إلى ذرات A و B في الحالة الغزية أيضا
- ✓ يزداد المركب ثباتا كلما زادت قيمة الحرارة المنطلقة عند تكونه
- ✓ يقل ثبات المركب حراريا كلما زادت قيمة الطاقة الحرارية الممتصة عند تكونه
- ✓ قانون هس :قيمة تغير الإنتالبية لأي تفاعل كيميائي تحت ضغط ثابت تساوي قيمة ثابتة سواء تم التفاعل في خطوة واحدة أو في عدة خطوات
- ✓ ملاحظات الطالب :

الأستاذ بلال أبو محمود
العالمية التعليمية لطلاب المدارس 2263998 هـ

تطلب من مكتبة العالمية التعليمية لطلاب المدارس (دمشق – حلبوني هـ 2263998) لمزيد من الفائدة ادخل على alamia.edu

ثالثاً: حل المسائل الآتية:

1) احسب الانتالبية القياسية للتفاعل الآتي:

$$HCI + C_2H_4 \longrightarrow CH_3CH_2CI$$

اعتماداً على جدول قيم طاقات الروابط الكيميائية.

الرابطة	$C-CI$	$H-CI$	$C-H$	$C-C$	$C=C$
$kJmol^{-1}$	328	432	415	344	615

2) احسب الانتالبية القياسية للتفاعل الآتي:

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$$

اعتماداً على جدول الانتالبيات

المركب	CH_4	H_2O	CO_2
$\Delta H_f^o(kJmol^{-1})$	-74,85	-286	-393,5

3) احسب الانتالبية القياسية للتفاعل الآتي:

$$C_2H_{2(g)} + 2H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_{6(g)}$$

اعتماداً على: $\Delta Hf^{\,o}(C_2H_6) = -84,67\,kJmol^{-1}$

$\Delta Hf^{\,o}(C_2H_2) = 226.7\,kJmol^{-1}$

4) ليكن لدينا التفاعل التالي الذي يتم في الشروط القياسية

$$3C_{(s)} + 4H_{2(g)} \longrightarrow C_3H_{8(g)} \quad \Delta H^{\,o}_{(rxn)} = ?$$

احسب قيمة تغير الانتالبية المرافقة لذلك التفاعل بالاعتماد على التفاعلات التالية:

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H_1^o = -393,5kJ$$

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H_2^o = -286kJ$$

$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)} \quad \Delta H_3^o = -2220kJ$$

5) ليكن لدينا التفاعل الآتي:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 2NH_{3(g)} \quad \Delta H^o_{rxn} = ?$$

فإذا علمت بأن جدول طاقات الروابط

رابطة	$N-H$	$H-H$	$N \equiv N$
$kJmol^{-1}$	391	436	946

a) احسب تغير الانتالبية لهذا التفاعل.

b) احسب انتالبية التكون القياسية $\Delta H_f^o(NH_3)$ و التفكك القياسية $\Delta H_d^o(NH_3)$ لغاز النشادر.

6) يحترق الكربون وأول أكسيد الكربون في الشروط القياسية وفق المعادلتين الآتيتين.

$$1) C_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H_1^o = -393,5kJ$$

$$2) CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H_2^o = -283kJ$$

احسب انتالبية التكون لأول أكسيد الكربون اعتمادا على المعادلتين السابقتين

7) أيهما أكثر ثباتاً حرارياً ولماذا؟

بخار الماء $\Delta H_f^o = -242\,kJmol^{-1}$

أو الماء السائل $\Delta H_f^o = -286\,kJmol^{-1}$

واحسب كمية الحرارة اللازمة لتحويل مول واحد من الماء السائل إلى بخار $H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2O_{(g)}$

8) احسب حرارة التعديل المقاسة عند تفاعل حمض الخل بهيدروكسيد الصوديوم علماً أن حرارة تأين حمض الخل $1.7kJmol^{-1}$

9) احسب الانتالبية القياسية لتكون الشادر NH_3 في التفاعل الآتي:

$$NH_{3(g)} + \frac{7}{3}O_{2(g)} \longrightarrow NO_2 + \frac{3}{2}H_2O$$

$$\Delta H^o_{rxn} = -283kJ$$

إذا علمت أن

$$\Delta H_f^o(H_2O) = -241,8kJmol^{-1}$$

$$\Delta H_f^o(NO_2) = +34kJmol^{-1}$$

10) يحترق الإستيلين C_2H_2 وفق التفاعل الآتي:

$$2C_2H_{2(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

المطلوب: (1) احسب الانتالبية القياسية للتفاعل اعتماداً على جدول انتالبيات التكون القياسية

المركب	$C_2H_{2(g)}$	$CO_{2(g)}$	$H_2O_{(g)}$
$\Delta H_f^o\ kJmol^{-1}$	226.7	-393.5	-241.8

2- حدد التفاعل ناشر أم ماص مع التعليل.

3- احسب حرارة احتراق غاز الاستيلين القياسية

11) احسب الانتالبية القياسية للتفاعل الآتي:

$$CH_3CH_2OH \longrightarrow H_2O + C_2H_4$$

اعتماداً على جدول طاقات الروابط الكيميائية.

نوع الرابطة	C-C	C-H	C-O	O-H	C=C
$\Delta H^o\ kJmol^{-1}$	344	415	351	463	615

12) احسب الانتالبية القياسية للتفاعل الآتي:

$$CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \longrightarrow CH_3OH_{(l)}$$

مع العلم أن حرارة الاحتراق لكل من:

$\Delta H_{(CH_3OH)} = -727\,kJmol^{-1}$ $\quad$ $\Delta H_{(co)} = -284kJmol^{-1}$

$\Delta H_{(H_2)} = -286\,kJmol^{-1}$

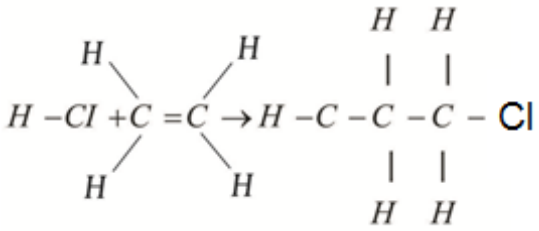
تطلب من مكتبة العالمية التعليمية لطلاب المدارس (دمشق - حلبوني هـ 2263998) لمزيد من الفائدة ادخل على alamia.edu

الحل

ثالثاً:

1)

طاقة روابط الطرف الأول	طاقة روابط الطرف الثاني
$(H-CI)=432$ $(C-H)=4\times415$ $(C-C)=615$	$(C-CI)=328$ $(C-H)=5\times415$ $(C-C)=344$
$2707kJmol^{-1}$	$2747kJmol^{-1}$



الانتالبية= مجموع طاقات الطرف الأول – مجموع طاقات روابط الطرف الثاني

= 2707-2747 = -40kJ

2)

$$\Delta H^o_{rxn}=\sum\Delta H-\sum\Delta H$$

متفاعلات نواتج

$$=(\Delta H_{CO_2}+2\Delta H_{H_2O})-(\Delta H_{CH_4}+2\Delta H_{O_2})$$

$$=[-393.5+(2\times-286)]-[-74.85]$$

$$=-965.5+74.85\ =-890.6kJ$$

3)

$$\Delta H=\sum\Delta H-\sum\Delta H$$

تفاعلات – نواتج

$$=84.67-226.7$$

$$=-311.37kJ$$

4)

نضرب المعادلة الأولى بـ 3

$$3C_{(S)}+3O_{2(g)}\longrightarrow 3CO_{2(g)} \qquad \Delta H^o_1=3\times-393.5kJ=-1180.5kJ$$

نضرب المعادلة الثانية بـ 4

$$4H_{2(o)}2O_{2(g)}\longrightarrow 4H_2O_{(\ell)} \qquad \Delta H^o_2=4\times-286kJ$$

$$=-1144kJ$$

تقلب المعادلة الثالثة ونغير إشارة ΔH^o_3

$$3CO_2+4H_2O_{(l)}\longrightarrow C_3H_{8(g)}+5O_{2(g)} \qquad \Delta H^o_3=2220kJ$$

أخيراً نجمع المعادلات ونختصر المتشابهات من الطرفين

$$3C_{(s)}+4H_{2(g)}\longrightarrow C_3H_{8(g)} \qquad \Delta H^o_{rxn}=-1180.5-1144+2220$$

$$\Delta H^o_{rxn}=-104.5kJ$$

5)

a)

$$N\equiv N+3\,H-H\longrightarrow 2\begin{matrix}H\\|\\H-N\\|\\H\end{matrix}$$

طاقة روابط الطرف الأول	طاقة روابط الطرف الثاني
$(N\equiv H)=946$ $(H-H)=3\times436$	$(N-H)=2\times3\times391$
$2254KJmol^{-1}$	$2346kJmol^{-1}$

مجموعات طاقات روابط الطرف الثاني – مجموعات طاقات روابط الطرف الأول = ΔH^o_{rxn}

$$=2254-2346=-92kJ$$

b) انتالبية التكون $\Delta H^o_f=\frac{-92}{2}=-46kJmol^{-1}$

انتالبية التفكك $\Delta H^o_d=-\Delta H^o_f$

$$=46kJmol^{-1}$$

6)

طريقة أولى:

$$C_{(S)}+\frac{1}{2}O_2\longrightarrow CO_{(g)}$$

نجمع المعادلة الأولى مع مقلوب الثانية

تطلب من مكتبة العالمية التعليمية لطلاب المدارس (دمشق – حلبوني هـ 2263998) لمزيد من الفائدة ادخل على alamia.edu

$$C_{(S)} + O_2 \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H_1^o = -393.5kJ$$

$$CO_{(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \quad \Delta H_2^o = 283kJ$$

$$C_{(S)} + O_2 \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H^o = -393.5kJ + 283kJ = -110.5kJmol^{-1}$$

طريقة ثانية:

من المعادلة (1) $\Delta H_{f\,(CO_2)}^o$

من المعادلة (2)

$$\Delta H_2^o = \left[\Delta H_{f\,(CO_2)}^o\right] - \left[\Delta H_f^o + \frac{1}{2}\Delta H_{f\,(O_2)}^o\right]$$

$$-283 = (-393.5) - (\Delta H_{f\,(CO)}^o + 0)$$

$$\Delta H_{f\,(CO)}^o = -393.5 + 283 = -110.5kJmol^{-1}$$

13

(7

الماء السائل أكثر ثباتاً من بخار الماء لأن الحرارة التي يصدرها عند تكونه أكبر من الحرارة التي يصدرها بخار الماء (أو لأنه يحتاج إلى طاقة أكبر ليتفكك إلى عنصرين)

$$H_2O_{(\ell)} \longrightarrow H_2O_{(g)}$$

$$\Delta H^o = \Delta H_f^o(H_2O_g) - \Delta Hf\ (H_2O_\ell)$$

$$= -242 - (-286) - = 44kJmol^{-1}$$

(8

حرارة تأين حمض الخل + حرارة تعديل هيدروكسيد الصوديوم = حرارة التعديل القياسية

$$= -57,7 + 1,7$$

$$= -56kJmol^{-1}$$

(9

$$\Delta H_{rxn}^o = \sum \Delta H^o - \sum \Delta H^o$$

متفاعلات نواتج

$$-283 = \left[34 + (\frac{3}{2} \times -241,8)\right] - \left[\Delta H_{NH_3}^o + O\right]$$

$$-283 = -328.7 - \Delta H_{NH_3}^o$$

$$\Delta H_{NH_3}^o = +283 - 328.7 = -45,7kJmol^{-1}$$

(10

$$\Delta H_{rxn}^o = \sum \Delta H^o - \sum \Delta H^o$$

متفاعلات نواتج

(a

$$= \left[\left(4 \times \Delta H_f^o(CO_2)\right) + \left(2 \times \Delta H_{f\,(H_2O)}^o\right) - \left[(2 \times \Delta H_{C_2H_2}) + 0\right]\right.$$

$$= \left[(4 \times -393.5) + (2 \times -241.8) - \left[(2 \times 226.7)\right]\right.$$

$$-2057,6 - 453,4$$

$$= -2511kJ$$

(b

التفاعل ناشر للحرارة

لأن $\Delta H < 0$

(c

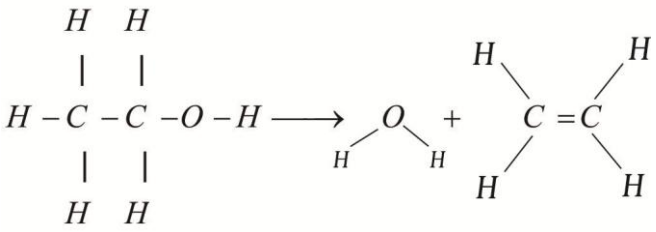
يحترق 2mol من الاستيلين بوجود كمية كافية من الأوكسجين فيكون

$$\Delta H_f^o(C_2H_2) = \frac{-2511}{2} = -1255.5kJmol^{-1}$$

تطلب من مكتبة العالمية التعليمية لطلاب المدارس (دمشق – حلبوني هـ 2263998) لمزيد من الفائدة ادخل على alamia.edu

11)

مجموع طاقات روابط 1	مجموع طاقات روابط 2
$(C-H)=5\times415$ $(C-C)=344$ $(C-O)=351$ $(O-H)=463$	$(C-H)=4\times415$ $(C=C)=615$ $(O-H)=2\times463$
3233	3201

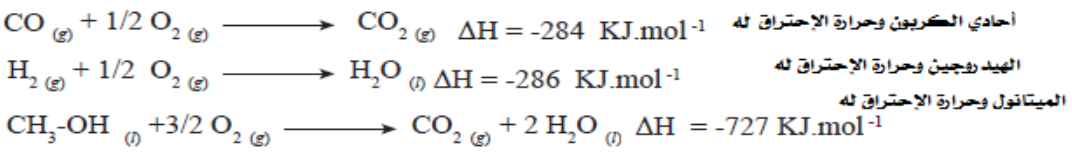


مجموع طاقات روابط ط2 – مجموعة طاقات روابط ط1 = ΔH^{o}_{rxn}

$=3233-3201$

$=32kJ$

12)



أحادي الكربون وحرارة الإحتراق له

الهيدروجين وحرارة الإحتراق له

الميثانول وحرارة الإحتراق له

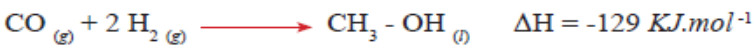
ندع المعادلة (1) على حالها. نضرب المعادلة (2) في الرقم (2)

نعكس المعادلة (3) مع الانتباه إلى إشارة ΔH ووضع إشارة سالب.

نجمع المعادلات الناتجة، مع مراعاة اختصار الحدود المتماثلة في كل طرف، ونجمع حرارات الاحتراق فنحصل على:

$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$

$\Delta H = (-284) + (-572) + (+727) = -129\ KJ.mol^{-1}$



ملاحظات الطالب :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

تطلب من مكتبة العالمية التعليمية لطلاب المدارس (دمشق – حلبوني هـ 2263998) لمزيد من الفائدة ادخل على alamia.edu