الفصل السادس:

الكيمياء الحرارية

أولا: بعض التعريفات والقوانين المهمة

- التفاعلات الطاردة
- التفاعلات الماصة للحرارة
- وحدة الحرارة (السعر)
- الحرارة النوعية للمادة
- الحرارة النوعية للماء
- السعة الحرارية لمادة
- العلاقة بين السعة الحرارية والحرارة النوعية لمادة
- السعة الحرارية الجزيئية
- المسعر الحرارى
- حرارة التفاعل
- الإنثالبى
- بعض أنواع حرارات التفاعل
- قانون لافوازييه – لابلاس
- قانون هيس للحاصل الحرارى الثابت

ثانيا: بعض العلاقات المهمة

- السعة الحرارية
- العلاقة بين كمية الحرارة والحرارة النوعية لمادة
- حرارة التفاعل عند حجم ثابت
- حرارة التفاعل عند ضغط ثابت
- السعة الحرارية عند حجم ثابت
- السعة الحرارية عند ضغط ثابت
- العلاقة بين كمية الحرارة (q) والسعة الحرارية الكلية
- طاقة الروابط
- معادلة كيرشوف

ثالثا: مسائل وحلولها

رابعا: مسائل غير محلولة

obeikandl.com

obeikandl.com

أولا: بعض التعريفات والقوانين المهمة

التفاعلات الطاردة للحرارة:

هى تلك التفاعلات التى يصاحب حدوثها انبعاث كمية من الحرارة. ومن أمثلتها:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + Q$$

التفاعلات الماصة للحرارة:

هى تلك التفاعلات التى يصاحب حدوثها امتصاص كمية من الحرارة (من الوسط الخارجى).

ومن أمثلتها:

$$N_{2(g)} + 2O_{2(g)} + Q \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

وحدة الحرارة (السعر)

وحدة الحرارة الشائعة الاستخدام هى "السعر"، ويعرف السعر بأنه "كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء من 14.5°C إلى 15.5°C (درجة واحدة مئوية).

والسعر يرتبط بالجول، بالعلاقة التالية:

السعر = 4.184 جول

$$1\ Cal = 4.184\ J$$

الحرارة النوعية للمادة ($\bar{C}$):

هى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من المادة بمقدار درجة مئوية واحدة.

الحرارة النوعية للماء:

هى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة. وهى قيمة ثابتة مقدارها (1 Cal.gm.°C) أو (4.184 J.gm.°C).

السعة الحرارية لمادة (C):

هى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة المادة درجة مئوية واحدة. ووحداتها (Cal/°C) أو (J/°C). ويمكن التعبير عنها رياضيا بالعلاقة:

$$C = q/dT$$

obeikandl.com

العلاقة بين السعة الحرارية والحرارة النوعية لمادة:

يتضح من التعريفات السابقة أن هناك علاقة بين السعة الحرارية لمادة والحرارة النوعية لها، والعلاقة بينهما توضحهما المعادلة التالية:

السعة الحرارية لمادة = الحرارة النوعية للمادة × كتلة المادة

$$mX \qquad \bar{C} \qquad C$$

السعة الحرارية الجزيئية:

هى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جزئ جرامى واحد من المادة درجة مئوية واحدة، عند درجة الحرارة المعطاة. ووحدة السعة الحرارية الجزيئية هى (Cal/mol gm.°C).

المسعر الحرارى:

هو جهاز يستخدم لقياس التغيرات الحرارية (كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة) المصاحبة للتفاعلات الكيميائية.

ويتحدد نوع المسعر الحرارى المطلوب استخدامه تبعا لنوع التفاعل الكيميائى المدروس، بمعنى ما إذا كان التفاعل يتم عند ضغط ثابت أم يتم عند حجم ثابت، فمثلا، نجد أن مسعر القنبلة يستخدم لقياس الحرارة المنطلقة فى أثناء عمليات الاحتراق.

حرارة التفاعل:

هى كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة، عندما يتفاعل جزئ جرامى واحد من مادة مع جزئ جرامى واحد من مادة أخرى، من مواد تحددها معادلة التفاعل.

الإنثالبى (المحتوى الحرارى) "H":

هو كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة من التفاعل الكيميائى والذى يتم عند ضغط ثابت.

الظروف القياسية:

هى الظروف التى يتم عندها التفاعل من حيث درجة الحرارة والضغط، فعند الظروف القياسية تكون درجة الحرارة تساوى (0 °C) (الصفر المئوى)، ويكون عندها الضغط مساويا (1 atm) الضغط الجوى.

الإنثالبى لأى عنصر فى حالته القياسية يساوى الصفر.

بعض أنواع حرارات التفاعل:

حرارة التكوين:

هى التغير فى الإنثالبى (ΔH_f)، عندما يتكون جزئ جرامى واحد (مول واحد) من المادة من عناصرها الأولية فى حالاتها القياسية.

ΔH_f° تعنى حرارة التكوين القياسية

حرارة الاحتراق:

هى التغير الحرارى (التغير فى الإنثالبى) الذى يصاحب حرق جزئ جرامى واحد من تلك المادة حرقا تاما فى وجود الأكسجين.

حرارة التعادل:

هى التغير الحرارى (التغير فى الإنثالبى) الناتج عندما يتعادل جرام مكافئ من حمض مع جرام مكافئ من قاعدة فى المحاليل المخففة.

والمقصود بالمحاليل المخففة هى تلك المحاليل التى تحتوى على كمية كبيرة من الماء، حيث تكون المواد المتفاعلة والناتجة من التفاعل ثابتة التفكك.

حرارة الإذابة:

هى التغير فى الإنثالبى (كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة) الناتج عند إذابة واحد مول (جزئ جرامى واحد) من المادة المذابة (solute) فى كمية وفيرة من المذيب (solvent)، حيث لا يحدث أى تغير فى حرارة المحلول عند تخفيفه.

حرارة تكوين ذرات غازية:

هى كمية الحرارة اللازمة للحصول على ذرة غازية من عنصر مستقل. وفى حالة المواد الصلبة، فإن حرارة التذرية تساوى حرارة التسامى.

طاقة الرابطة (حرارة تكوين أو كسر الرابطة):

هى التغير فى الإنثالبى (ΔH) عند كسر مول واحد من الروابط فى الحالة الغازية، لإعطاء ذرات فى الحالة الغازية.

حرارة الهدرجة:

هى التغير فى الإنثالبى المصاحب لتحول مول واحد من مركب عضوى غير مشبع إلى مركب مشبع بإضافة الهيدروجين.

obeikandl.com

حرارة الإنصهار:

هى التغير فى الإنثالبى الحادث عند تحول مول من المادة الصلبة إلى الحالة السائلة.

حرارة التسامى:

هى التغير الحرارى المصاحب لتحول مول واحد من المادة فى حالتها الصلبة إلى حالتها البخارية (الغازية) مباشرة، دون المرور بالحالة السائلة.

قانون لافوازييه – لابلاس:

ينص القانون على أن: "كمية الحرارة اللازمة لتفكك مركب معين إلى عناصره الأولية المكونة له تساوى عدديا كمية الحرارة المنطلقة أثناء تكوين ذلك المركب من عناصره الأولية. كما يتضح مما يأتى:

$$CO_{2(g)} \longrightarrow C_s + O_{2(g)}, \qquad \Delta H + 94.0\ KCal$$
$$C_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow + CO_{2(g)}, \qquad \Delta H + -94.0\ KCal$$

قانون هيس للحاصل الحرارى الثابت:

ينص القانون على أنه: "عند ثبوت الضغط ودرجة الحرارة، فإن التغير فى الإنثالبى (ΔH) لأى تفاعل كيميائى مقدار ثابت، سواء تم هذا التفاعل فى خطوة واحدة أو مجموعة من الخطوات، بشرط أن تكون المواد المتفاعلة والناتجة هى نفسها فى كل حالة.

أو "التغير فى الإنثالبى لأى تفاعل مقدار ثابت مهما كانت الخطوات أو المراحل التى تم من خلالها التغير، بشرط أن تكون المواد المتفاعلة والناتجة هى نفسها فى كل حالة".

ثانيا: بعض العلاقات المهمة

السعة الحرارية (C):

$$C = m\,\bar{C}$$

حيث $\bar{C}$ هى الحرارة النوعية لمادة كتلتها "m"

أيضا، تعرف السعة الحرارية بالعلاقة:

$$C = q/dT$$

obeikandi.com

العلاقة بين كمية الحرارة والحرارة النوعية لمادة:

من تعريف السعة الحرارية، فإن:

$$C = q/dT$$

$$q = CdT$$

$$q = C(T_2 - T_1)$$

وبالتعويض عن قيمة ($C = m\bar{C}$) فى المعادلة السابقة، نحصل على:

$$q = m\bar{C}\,(T_2 - T_1)$$

حرارة التفاعل عند حجم ثابت (q_V):

$$q_V = \Delta E$$

حرارة التفاعل عند ضغط ثابت (q_P):

$$q_P = \Delta H$$

السعة الحرارية عند حجم ثابت (C_V):

$$C_V = \frac{\Delta E}{dT}$$

$$\Delta E = C_V\, dT$$

السعة الحرارية عند ضغط ثابت (C_P):

$$C_P = \frac{\Delta H}{dT}$$

$$\Delta H = C_P\, dT$$

العلاقة بين C_P و C_V لغاز مثالى:

$$C_P - C_V = R$$

السعة الحرارية للماء C_{H_2O}:

$$C_{H_2O} = \bar{C}_{H_2O} + m_{H_2O}$$

حيث $\bar{C}_{H_2O}$ هى الحرارة النوعية للماء

m_{H_2O} كتلة الماء

obeikandl.com

السعة الحرارية الكلية C_{total}:

$$C_{total} = C_{H_2O} + C_{calorimeter}$$

حيث: $C_{calorimeter}$ هى السعة الحرارية للمسعر

العلاقة بين كمية الحرارة (q) والسعة الحرارية الكلية:

$$q = C_{total} (T_2 - T_1)$$

حيث q : كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة.

T_1 درجة الحرارة الصغرى

T_2 درجة الحرارة الكبرى

طاقة الروابط:

المحتوى الحرارى للتفاعل (ΔH) = - (الطاقة الناتجة عند تكوين الروابط فى المواد الناتجة من التفاعل + الطاقة الممتصة عند تفكك الروابط فى المواد المتفاعلة.

الإنثالبى (المحتوى الحرارى):

$$H = E + PV$$

$$\Delta H = H_2 - H_1 = H_{products} - H_{reactants}$$

$$\Delta H = \Delta E + \Delta nRT$$

حرارة التكوين ΔH_f:

$$\Delta H_f = \sum \Delta H_f (products) - \sum \Delta H_f (reactants)$$

معادلة كيرشوف:

$$\frac{\Delta H_2 - \Delta H_1}{T_2 - T_1} = \Delta C_P$$

حيث:

$$\Delta C_P = C_P (products) - C_P (reactants)$$

ΔH_1 هو التغير فى الإنثالبى عند درجة الحرارة T_1

ΔH_2 هو التغير فى الإنثالبى عند درجة الحرارة T_2

C_P السعة الحرارية عند ثبوت الضغط.

ثالثا: مسائل وحلولها

(1) أحسب كمية الحرارة المنطلقة عند تفاعل (36 gm) من الألومنيوم مع كمية وفيرة من أكسيد الحديد، إذا علمت أن الألومنيوم يتفاعل مع أكسيد الحديد، طبقا للمعادلة التالية:

$$2Al_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \longrightarrow 2Fe_{(s)} + Al_2O_{3(g)},\ \Delta H = 848\ KJ$$

الحل:

من معادلة التفاعل المعطاة، يتضح أن تفاعل (2 gm.mol) من الألومنيوم مع أكسيد الحديد يؤدى إلى إطلاق 848 KJ من الطاقة (الحرارة).

وحيث أن الوزن الذرى للألومنيوم = 27

$\therefore$ 54 gm of Al $\longrightarrow$ 848 KJ

36 gm of Al $\longrightarrow$ X KJ

$$X = \Delta H = \frac{36 \times 848}{54} = 565.33\ KJ$$

(2) ماهى حرارة التفاعل عند تحضير الإيثانول من الماء والإيثيلن عند 25°C، طبقا للمعادلة التالية:

	$C_2H_{4(g)}$	+	$H_2O_{(L)}$	$\longrightarrow$	$C_2H_5OH_{(L)}$
H_f°	12.5		-68.317		-66.36 K.Cal

$$\Delta H = \sum \Delta H_f^\circ \text{ (products)} - \sum \Delta H_f^\circ \text{ (reactants)}$$

$$\Delta H = (-66.36) - [12.5 + (-68.317)]$$

$$\Delta H = (-66.36) - (-55.817)$$

$$\Delta H = -66.360 + 55.817$$

$$\Delta H = -10.543\ K.Cal.$$

(3) أحسب حرارة التفاعل القياسية ΔH° لتفاعل غاز الكلور مع النوشادر طبقا للمعادلة التالية:

obeikandl.com

$$2NH_{3(g)} + 3Cl_{2(g)} \longrightarrow N_{2(g)} + 6HCl_{(g)}$$

إذا علمت أن حرارة التكوين القياسية (ΔH_f°) للنوشادر (-46.19 KJ/mol)، وأن ΔH_f° لكلوريد الهيدروجين (-92.3 KJ/mol).

الحل:

ΔH_f° للتفاعل تحسب باستخدام المعادلة:

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H_f^\circ \text{ (products)} - \sum \Delta H_f^\circ \text{ (reactants)}$$

$$= [H_f^\circ(N_2) + 6H_f^\circ(HCl)] - [2H_f^\circ(NH_3) + 3H_f^\circ(Cl_2)]$$

$$= [(0 + 6 \times (-92.3)] - [2 \times (-46.19) + 0]$$

$$= -553.8 + 92.38$$

$$= -461.42 \text{ KJ}$$

(4) أحسب حرارة التفاعل:

$$CaCl_2 + 2Na \longrightarrow Ca + 2NaCl$$

إذا كانت حرارة تكوين كلوريد الكالسيوم هى (-191.0 K.Cal) ولكلوريد الصوديوم هى (-97.7 K.Cal).

الحل:

من المعروف أن حرارة تكوين العناصر = الصفر

$$\Delta H = \sum \Delta H_f^\circ \text{ (products)} - \sum \Delta H_f^\circ \text{ (reactants)}$$

$$= [H_f^\circ(Ca) + 2H_f^\circ(NaCl)] - [H_f^\circ(CaCl_2) + 2H_f^\circ(Na)$$

$$= [0 + 2 \times (-97.7)] - [-(191.0) + 2 \times 0)$$

$$= -195.4 + 191.0$$

$$= -4.4 \text{ K.Cal}$$

(5) أحسب التغيير فى الإنثالبى (ΔH)، للتفاعل التالى:

$$C_{(s)} + 2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow CH_3COOH_{(L)},\ \Delta H_{288^\circ K} = -x \text{ Cal}$$

من معرفة حرارة احتراق المواد المشتركة، وهى:

1) $C_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$, $\Delta H_{288°K} = -94.05$ Cal

2) $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(L)}$, $\Delta H_{288°K} = -68.32$ Cal

3) $CH_3COOH_{(L)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(L)}$, $\Delta H_{288°K} = -208.34$ Cal

الحل:

يمكن حساب قيمة التغير الحرارى "X" المصاحب لتكوين حمض الخليك المذكور، وذلك بتكوين معادلة شبيهة بمعادلة تكوين الحمض من المعادلات المعطاة. ويتم ذلك على النحو التالى:

بضرب كل من المعادلتين (1 ,2) فى (2)، وجمعها، ثم بطرح المعادلة (3) من حاصل الجمع السابق، نحصل على المعادلة التالية:

$2C_{(s)} + 2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow CH_3COOH_{(L)}$ $\Delta H_{288°K} = -116.4$ Cal

وحيث إن هذه المعادلة مماثلة تماما لمعادلة تكوين الحمض، وحيث إن المواد المتفاعلة والناتجة هى نفسها فى كل حالة، فيمكن تطبيق قانون هيس للحاصل الحرارى الثابت. وبالتالى تكون قيمة التغير الحرارى المحسوبة من المعادلات السابقة وهى (-116.4 Cal) تكافئ قيمة "X" المجهولة فى المعادلة المعطاة.

أى أن $X = -116.4$ Cal

وهى قيمة التغير فى الإنثالبى للتفاعل المذكور.

(6) إذا أعطيت المعادلات الكيميائية الحرارية التالية:

$4NH_{3(g)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2N_{2(g)} + 6H_2O_{(L)}$, $\Delta H = -1531$ KJ

$N_2O_{(g)} + H_{2(g)} \longrightarrow N_{2(g)} + H_2O_{(L)}$, $\Delta H = -367.4$ KJ

$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(L)}$ $\Delta H = -285.9$ KJ

أحسب قيمة ΔH للتفاعل التالى:

$2NH_{3(g)} + 3N_2O_{(g)} \longrightarrow 4N_{2(g)} + 3H_2O_{(L)}$, $\Delta H_f = ?$

الحل:

نحاول باستخدام المعادلات الثلاث المعطاة تكوين معادلة مماثلة للتفاعل المطلوب حساب ΔH له. وباستخدام قانون هيس تكون التغيرات في ΔH المصاحبة للتفاعلات في المعادلات المعطاة والتي يتم من خلالها تكوين معادلة مشابهة مساوية للـ ΔH المطلوب تعينها في معادلة التفاعل.

ولتحقيق ذلك: نضرب المعادلة الأولى في ½، ونضرب المعادلة الثانية في 3، وبضرب المعادلة الثالثة في 3، نحصل على:

$$2NH_{3(g)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow N_{2(g)} + 3H_2O_{(L)}, \quad \Delta H = -765.5\ KJ$$

$$3N_2O_{(g)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 3N_{2(g)} + 3H_2O_{(L)}, \quad \Delta H = -1102.2\ KJ$$

$$3H_{2(g)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 3H_2O_{(L)}, \quad \Delta H = -857.7\ KJ$$

وبجمع المعادلتين 1 ,2 وطرح المعادلة الثالثة، نحصل على:

$$2NH_{3(g)} + 3N_2O_{(g)} \longrightarrow 4N_{2(g)} + 3H_2O$$

ويكون التغير الحراري المصاحب

$$\Delta H = -765.5 - 1102.2 + 857.7 = 1010\ KJ$$

وحيث أننا حصلنا على معادلة مماثلة لمعادلة التفاعل المطلوب حساب ΔH له. وبذلك تكون $\Delta H = -1010\ KJ$

(7) أحسب حرارة تكوين الميثان من عناصره إذا علمت حرارة احتراق المركبات التالية:

1) $CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O, \quad \Delta H = 211.930\ Cal$

2) $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O, \quad \Delta H = 136.420\ Cal$

3) $C + O_2 \longrightarrow CO_2, \quad \Delta H = 96.960\ Cal$

الحل:

يتكون الميثان من عناصره الأولية، طبقا للمعادلة التالية:

4) $C + 2H_2 \longrightarrow CH_4 \quad \Delta H = ?$

فإذا أمكن باستخدام المعادلات السابقة تكوين معادلة مماثلة لتلك التي تكون الميثان من عناصره الأولية، يكون مجموع التغيرات الحرارية في تلك المعادلات مساوية لتلك القيمة المصاحبة لتكوينه من عناصره الأولية.

ولتحقيق ذلك: نجمع المعادلتين (2) و (3)، نحصل على:

$$C + 2H_2 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O, \quad \Delta H = 233.380 \text{ Cal}$$

وبطرح المعادلة (1) من حاصل الجمع السابق:

$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O, \quad \Delta H = 211.930 \text{ Cal}$$

نحصل على:

$$C + 2H_2 \longrightarrow CH_4, \quad \Delta H = 233.380 - 211.930 \text{ Cal}$$

$$\Delta H = 21.450 \text{ Cal}$$

وهكذا تكون ΔH لتفاعل تكوين الميثان من عناصره الأولية، هي:

$$\Delta H = 21.450 \text{ Cal}$$

(8) أجرى تفاعل كيميائي في مسعر حراري يحتوي على (1.2 K.gm) من الماء، فارتفعت درجة الحرارة من 20° إلى 25°، علما بأن السعة الحرارية للمسعر هي 2.21 KJ/°C، والحرارة النوعية للماء هي 4.18 J/gm.°C. أحسب كمية الحرارة المنطلقة من هذا التفاعل.

الحل:

يمكن حساب السعة الحرارية للماء (C_{H_2O}) باستخدام العلاقة:

$$C_{H_2O} = \bar{C}_{H_2O} \times m_{H_2O}$$

$$C_{H_2O} = 4.18 \times 1200$$

$$C_{H_2O} = 5.016 \text{ J/°C}$$

والسعة الحرارية الكلية (C_{total}) تحسب من العلاقة:

السعة الحرارية للمسعر + السعة الحرارية للماء = السعة الحرارية الكلية

$$C_{total} = C_{H_2O} + C_{calorimeter}$$

$$= 5.016 + 2.210$$

$$C_{total} = 7.226$$

ويمكن حساب كمية الحرارة المنطلقة "q" من العلاقة:

$$q = C_{total} (T_2 - T_1)$$

$$q = 7.226 (298 - 293)$$

$$q = 7.226 \times 5$$

$$q = 36.130 \text{ KJ}$$

(9) يستخدم مسعر القنبلة لقياس الحرارة المنطلقة من احتراق الجلوكوز. فإذا وضعت (3 gm) من الجلوكوز فى المسعر المملوء بالأكسجين تحت ضغط والذى يحتوى (1.5 K.gm) من الماء، وكانت درجة الحرارة الابتدائية هى 19°C، احترق الخليط المتفاعل بالتسخين الكهربى بالسلك، وسبب التفاعل زيادة فى درجة حرارة المسعر ومشتملاته إلى (25.5°). فإذا كانت السعة الحرارية للمسعر هى (2.21 KJ/°C)، أحسب كمية الحرارة المنطلقة عند حرق مول واحد من الجلوكوز، علما بأن الحرارة النوعية للماء هى (4.18 J/gm.°C).

الحل:

السعة الحرارية للماء = الحرارة النوعية للماء × كتلة الماء

$$C_{H_2O} = C_{H_2O} \times m_{H_2O}$$

$$C_{H_2O} = 4.18 \times 1500$$

$$C_{H_2O} = 6.270 \text{ KJ/°C}$$

ولكن

$$C_{total} = C_{H_2O} + C_{calorimeter}$$

$$= 6.270 + 2.21$$

$$C_{total} = 8.48 \text{ KJ/°C}$$

ويمكن حساب كمية الحرارة المنطلقة باستخدام العلاقة:

$$q = C_{total} (T_2 - T_1)$$

$$q = 8.48 (298.5 - 292)$$

$$q = 8.48 \times 6.5$$

$$q = 55.12 \text{ KJ}$$

أى إن كمية الحرارة المنطلقة عن حرق (3 gm) من الجلوكوز هـــى (55.12 KJ)، وبالتالى فإن كمية الحرارة المنطلقة من حرق مول واحد من الجلوكـوز "X" أى ما يعادل (180 gm)، فإنه يمكن حسابها على النحو التالى:

$$3\ gm \longrightarrow 55.12\ KJ$$

$$180\ gm \longrightarrow X\ KJ$$

$$X = \frac{55.12 \times 180}{3}$$

$$X = 3307.2\ KJ$$

وبذلك تكون كمية الحرارة المنطلقة عن حرق مول واحد من الجلوكـــوز هـــى (3307.2 KJ).

(10) أحسب حرارة تكوين الكحول الإيثيلى من الإيثيلين والماء عند 25°C من معرفة حرارة تكوين كل من المواد المتفاعلة والناتجة طبقا للمعادلة:

$$C_2H_{4(g)} + H_2O_{(L)} \longrightarrow C_2H_5OH_{(L)},\ \Delta H_f^\circ = ?$$

ΔH_f° 12.5 K.Cal -68.3 K.Cal -66.4 K.Cal

الحل:

$$\Delta H_f^\circ = \sum \Delta H_f^\circ\ (products) - \sum \Delta H_f^\circ\ (reactants)$$

$$\Delta H_f^\circ = [\Delta H_f^\circ (C_2H_5OH)] - [\Delta H_f^\circ (C_2H_4)_{(g)} + \Delta H_f^\circ (H_2O)_{(L)}]$$

$$\Delta H_f^\circ = -66.4 - [12.5 + (-68.3)]$$

$$\Delta H_f^\circ = -66.4 - (-55.8)$$

$$\Delta H_f^\circ = -10.6\ K.Cal$$

(11) أحسب التغير الحرارى ΔH_f° للتفاعل التالى من معرفة حرارة تكوين كل من المواد المتفاعلة والمواد الناتجة، طبقا للمعادلة:

	$C_{(s)}$ +	$O_{2(g)}$ ⟶	$CO_{2(g)}$
ΔH_f°	0	0	-94.052 Cal

الحل:

$$\Delta H_i^\circ = \sum \Delta H_f^\circ \text{ (products)} - \sum \Delta H_i^\circ \text{ (reactants)}$$

$$\Delta H_i^\circ = [\Delta H_f^\circ (CO_2)_g] - [\Delta H_f^\circ (C)_{(s)} + \Delta H_f^\circ (O_2)_{(g)}]$$

$$\Delta H_i^\circ = (-94.052) - (0 + 0)$$

$$\Delta H_i^\circ = -94.052 \text{ Cal}$$

(12) أحسب حرارة تكوين $H_2O_{(L)}$ عند 90°C، علما بأن حرارة التكوين عند (25°C) هى (68.37 K. Cal)، وقيم السعة الحرارية المحسوبة هى:

$C_P(H_2O) = 18$, $C_P(O_2) = 7.05$, $C_P(H_2) = 6.90$

الحل:

باستخدام معادلة كيرشوف، والتعويض عن القيم المعطاة، نجد أن:

$$\Delta H_2 = \Delta H_1 + [C_P(\text{products}) - C_P(\text{reactants})](T_2 - T_1)$$

$$\Delta H_2 = -68370 + [18 - (6.9 + \tfrac{1}{2} \times 7.05)(363 - 298)$$

$$\Delta H_2 = -68370 + 492.370$$

$$\Delta H_2 = -67877.63 \text{ Cal}$$

$$\Delta H_2 = -67.877 \text{ K.Cal}$$

(13) أحسب حرارة تكوين الإيثان عند (200°C):

$2C_{(s)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_6$, $\Delta H_{25°C} = -20.24$ K.Cal

من المعلومات التالية:

$C_P(C) = 2.7$ $C_P(H_2) = 6.9$ $C_P(C_2H_6) = 15.4$

الحل:

بالتعويض عن القيم المعطاة فى معادلة كيرشوف، نجد أن:

$$\Delta H_{200°C} = \Delta H_{25°C} + [C_P(\text{prod.}) - C_P(\text{react.})(T_2 - T_1)$$

obeikandl.com

$\Delta H_{200°C} = -20240 + [15.4 - (2 \times 2.7 + 3 \times 6.9)] (473-298)$

$\Delta H_{200°C} = -22112.5$ Cal.

$\Delta H_{200°C} = 22.112$ K.Cal

(14) أحسب حرارة احتراق حمض البنزويك عند حجم ثابت وعند 25°C، إذا كانت حرارة احتراقه عند ضغط ثابت هي (-771.4 Cal)، علما بأن ($R = 1.987$ L.atm/°K.mol).

الحل:

يحترق حمض البنزويك طبقا للمعادلة التالية:

$$C_6H_5COOH_{(s)} + 7.5O_{2(g)} \longrightarrow 7CO_{2(g)} + 3H_2O_{(L)}$$

ومن المعطيات، نجد أن

$\Delta H = -771.4$ Cal., $\Delta E = ?$, $T = 25 + 273 = 298$°K, $R = 1.987$

$\Delta H = 7-7.5 = 0.5$ mol.

وبالتعويض فى المعادلة: $\Delta H = \Delta E + \Delta nRT$

$\therefore \quad \Delta E = \Delta H - \Delta nRT$

$\Delta E = -771.4 - (-0.5)(1.987)(298)$

$\Delta E = -476.38$ Cal.

(15) سائل البنزين يحترق فى وجود الأكسجين، طبقا للمعادلة:

$$C_6H_{5(L)} + 7.5O_{2(g)} \longrightarrow 6CO_{2(g)} + 3H_2O_{(L)}$$

فإذا كانت الحرارة المتصاعدة عند 300°K وعند ثبوت الحجم هي (782.5 Cal). أحسب الحرارة المتصاعدة إذا حدث التفاعل عند ضغط ثابت، علما بأن: $R = 1.987$ L.atm/°K.mol

الحل:

من المعطيات، نجد أن:

الحرارة المتصاعدة عن ثبوت الحجم = ΔE

الحرارة المتصاعدة عن ثبوت الضغط = ΔH

$\Delta E = -782.5$ Cal, $T = 300°K$, $R = 1.987$,

$\Delta n = 6 - 7.5 = -1.5$

وبالتعويض عن القيم السابقة فى المعادلة التالية:

$$\Delta H = \Delta E + \Delta nRT$$

$$\Delta H = -782.5 + (-1.5)(1.987)(300)$$

$$\Delta H = -782.5 - 894.15$$

$$\Delta H = -1676.65 \text{ Cal}$$

(16) أحسب قيمة كمية الحرارة (ΔH) للتفاعل التالى:

$$2NH_{3(g)} + 3Cl_{2(g)} \longrightarrow N_{2(g)} + 6HCl_{(g)}$$

علما بأن (ΔH KJ) للروابط هى:

N-H = 389, H—Cl = 431, N≡N=941, Cl-Cl = 243

<u>الحل:</u>

المحتوى الحرارى للتفاعل (ΔH) = - (الطاقة الناتجة عند تكوين الروابط فى المواد الناتجة من التفاعل + الطاقة الممتصة عند تفكك الروابط فى المواد المتفاعلة)

$$\Delta H = -(\Delta H_{N\equiv N} + 6\Delta H_{H-Cl}) + (6\Delta H_{N-H} + 2\Delta H_{Cl-Cl})$$

$$\Delta H = -(941 + 6 \times 431) + (6 \times 389 + 3 \times 243)$$

$$\Delta H = -(941 + 2586) + (2334 + 729)$$

$$\Delta H = -3527 + 3063$$

$$\Delta H = -464 \text{ KJ}$$

(17) أحسب $\Delta H_{25}°$ للتفاعل التالى:

$$2C_{(s)} + 3H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow CH_3—O—CH_3, \Delta H = \Delta H_1 \quad (1)$$

علما بأن (ΔH K.Cal) للروابط هى C—H = 99، H—H = 104، O=O = 118، C—O = 168، وأن حرارة تحويل $C_{(s)}$ إلى $C_{(g)}$، هى (344 K.Cal).

الحل:

التفاعل بالمعادلة رقم (1) هو عبارة عن مجموع التفاعلين:

$$2C_{(g)} + 3H_{2(g)} + \tfrac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow \underset{\displaystyle H}{\overset{\displaystyle H}{\underset{|}{\overset{|}{H-C-O-C-H}}}}, \quad \Delta H = \Delta H_2 \qquad (2)$$

$$2C_{(s)} = 2C_{(g)} \qquad \Delta H_3 = 344 \text{ Cal} \qquad (3)$$

وتشتمل المعادلة رقم (1) على مجموع التفاعلين (2) و (3).

ولحساب ΔH_2 فى المعادلة رقم (2)، نجد أن:

$$\Delta H_2 = -(\Delta H_{C-O} + 6\Delta H_{C-H}) + (3\Delta H_{H-H} + \Delta H_{O=O})$$

$$= -(2 \times 84 + 6 \times 99) + (3 \times 104 + \tfrac{1}{2} \times 118)$$

$$= -(168 + 594) + (312 + 59)$$

$$\Delta H_2 = -391 \text{ K.Cal}$$

ولكن $\Delta H_{25}^\circ = \Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$

$$\Delta H_{25}^\circ = -391 + 344 = -47 \text{ K.Cal}$$

obeikandl.com

رابعا: مسائل غير محلولة

(1) أجرى تفاعل كيميائى فى مسعر حرارى يحتوى على (2.4 K.gm) من الماء، فارتفعت درجة الحرارة من 20°C إلى 30°C. فإذا كانت السعة الحرارية للمسعر هى 2.21 KJ/°C والحرارة النوعية للماء هى (4.18 J/gm °C). أحسب كمية الحرارة المنطلقة من هذا التفاعل.

(2) أحسب حرارة تكوين الكحول الإيثيلى من الإيثيلين والماء عند 25°C، من معرفة حرارة تكوين كل من المواد المتفاعلة والناتجة طبقا للمعادلة التالية:

$$C_2H_{4(g)} + H_2O_{(L)} \longrightarrow C_2H_5OH_{(L)},\ \Delta H_f^\circ = ?$$

ΔH_f° 12.5 K.Cal -68.6 K.Cal 66.4 K.Cal

(3) أحسب إنثالبى (ΔH°) التفاعل من معرفة حرارة تكوين المواد المشتركة فى التفاعل التالى:

$$Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \quad Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$$

ΔH_f° 196.5 K.Cal -28.4 K.Cal 0 -94.1 K.Cal

(4) أحسب حرارة احتراق حمض البنزويك عند حجم ثابت وعند 25°C، إذا كانت حرارة احتراقه عند ضغط ثابت هى (771.4-)، علما بأن: R = 1.987 L.atm/°K.mol.

(5) أجرى تفاعل كيميائى فى مسعر يحتوى على 1.8 K.gm من الماء، فارتفعت درجة الحرارة من 30°C إلى 40°C. أحسب كمية الحرارة المنطلقة من هذا التفاعل، علما بأن السعة الحرارية للمسعر هى 2.21 KJ/°C، والحرارة النوعية للماء هى (4.18 J/gm.°C).

(6) أحسب ΔH للتفاعل التالى:

$$SO_2 + 2O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$$

إذا كانت ΔE تساوى (23.190 K.Cal) عند 25°C، علما بأن (R = 1.987 L.atm/°K.mol).

(7) إذا أعطيت التفاعل التالي:

$$Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \longrightarrow 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$$

وعلمت أن حرارة التكوين القياسية ΔH_f° لكل من CO_2 و Fe_2O_3 و CO هي (-393.5 KJ/mol) و (-822.2 KJ/mol) و (-110.5 KJ/mol)، على الترتيب. فما هي ΔH° لهذا التفاعل.

(8) من المعادلات التالية:

$$Fe_{(s)} + 3/2\ Cl_{2(g)} \longrightarrow FeCl_{3(s)}, \quad \Delta H = -399.4\ KJ$$

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl, \quad \Delta H = -84.6\ KJ$$

أحسب ΔH للتفاعل:

$$FeCl_{3(s)} + 3/2H_{2(g)} \longrightarrow Fe_{(s)} + 3HCl_{(g)}$$

(9) عند تعيين السعة الحرارية لمسعر القنبلة أحرق (2 gm) من حمض البنزويك في المسعر، فارتفعت درجة حرارة 4.84 K.gm من الماء في المسعر من 23.1°C إلى 25.1C°. فإذا كانت حرارة احتراق حمض البنزويك هي (-26.42 KJ/gm)، فما هي السعة الحرارية للمسعر.

(10) حمام سباحة يحتوى على ($220\ m^3$) من الماء، فما هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الماء في الحمام من 18°C إلى 25°C (افترض عدم فقد حرارة إلى الوسط المحيط).

(11) ما هي كمية الحرارة اللازمة لتسخين المواد الآتية من 40°C إلى 55°C:

أ- 10 gm من الماء.

ب- 100 gm من النحاس، الحرارة النوعية للنحاس = 0.389 J/gm.°C

جـ- 20 gm من البلاتين، الحرارة النوعية للبلاتين = 0.84 J/gm.°C

(12) لتعيين السعة الحرارية لمسعر أضيف 150 gm من الماء عند درجة حرارة 60°C إلى المسعر عند 25°C، وأصبحت درجة الحرارة النهائية في المسعر 30°C. أحسب السعة الحرارية للمسعر.