مسائل محلولة على الكيمياء الحرارية (باستخدام حرارة التكوين)

(1) : احسب حرارة التفاعل الآتي:

$$2Al + Fe_2O_3 \longrightarrow Al_2O_3 + 2Fe \qquad \Delta H = ??$$

- إذا علمت أن حرارة تكوين أكسيد الحديد III القياسية تساوي -822.2كيلوجول/مول.
- وحرارة تكوين أكسيد الألومنيوم القياسية =-1669.8 كيلوجول/مول، وهل هذا التفاعل ماص أم طارد للحرارة؟

الحـــــــــل : معطيات المسائلة:

* $\Delta Hf_{Al_2O_3}$ = - 1669.8 كيلوجول/مول.
* $\Delta Hf_{Fe_2O_3}$ = -822.2 كيلوجول/مول.
* حرارة تكوين العناصر= صفر.

∵ حرارة التفاعل (ΔH)= [مجموع حرارة تكوين النواتج- مجموع حرارة تكوين المتفاعلات].

حرارة التفاعل = [($\Delta Hf_{Al_2O_3}$ + صفر) - ($\Delta Hf_{Fe_2O_3}$ + صفر)].

حرارة التفاعل =-1669.8 - (822.2-) = -822.2+1669.8.

حرارة التفاعل = -847.6 كيلوجول/مول.

التفاعل طارد للحرارة لأن ← ΔH سالبة.

(2) :

احسب حرارة تكوين غاز الأمونيا NH_3، إذا علمت أن حرارة احتراق غاز الأمونيا تساوي 283 كيلوجول/مول والتي تم حسب التفاعل التالي:

$$NH_{3(g)} + \tfrac{7}{4}O_{2(g)} \longrightarrow NO_{2(g)} + \tfrac{3}{2}H_2O_{(g)} \qquad \Delta H_c^o = -283Kj/mole$$

وحـــرارة تكـــوين NO_2، H_2O علـــى الترتيـــب هـــي(34 ، - 242) كيلوجول/مول.

الحـــــــــــل : **معطيات المسائلة:**

* حـــرارة التفاعـــل = حـــرارة الاحتـــراق لغـــاز الأمونيـــا=-283 كيلوجول/مول.
* حرارة تكوين ثاني أكسيد النيتروجين NO_2= + 34 كيلوجول/مول.
* حرارة تكوين بخار الماء H_2O= -242 كيلوجول/مول.
* حرارة تكوين العناصر= صفر.

∵ **حرارة التفاعل =** ΔHc **= مجموع حرارة تكوين النواتج- مجموع حرارة تكوين المتفاعلات**

$$\Delta HC = [(\Delta H_{fNO_2} + \Delta Hf_{H_2O} \times \frac{3}{2}) - (\Delta H_{fNH_3} + \text{صفر})].$$

$$283- = [34+ + (242- \times \frac{3}{2})] - \Delta H_{fNH3} .$$

$$283- = 34 - 363 - \Delta H_{fNH3} .$$

$$\Delta H_{FNH3} = 34-363 + 283 = -46 \text{ كيلو جول/مول.}$$

(3) : من المعادلة الكيميائية الحرارية الآتية:

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)} \qquad \Delta H = -572Kj$$

استنتج ما يلي :

1) المحتـوى الحـراري للمـاء بالنسـبة لمجمـوع المحتـوى الحـراري للعنصـرين المتفاعلين.
2) حرارة تكوين الماء بالنسبة لحرارة احتراق الهيدروجين.
3) كمية الطاقة الحرارية الناتجة من احتراق 0.2 جم من الهيدروجين (***H=1***).

الحـــــــــــل :

1- المحتوى الحراري للماء أقل من المحتوى الحراري للعنصرين المتفاعلين لأن التفاعل طارد للحرارة.
2- يمكن قسمة معادلة الكيمياء الحرارية على 2 حتى يكون الماء المتكون 1 مول.

$$H_2 + \tfrac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O \qquad \Delta H = -286Kj/mole$$

∴ حـرارة تكـوين المـاء (مـول واحـد) = حـرارة احتـراق الهيـدروجين = -286 كيلوجول/مول.

3-من معادلة الكيمياء الحرارية نجد أن:

كل جزئ جرامي (مول) من الهيدروجين H_2 ← (عندما يحترق يولد طاقة) −286 كيلوجول.

∴ نحول عدد المولات إلى أوزان بالنسبة للهيدروجين.

الوزن الجزئي للهيدروجين H_2 = 1×2 = 2

∴ كل 2جم من غاز H_2(مول) ← (عندما تحترق تولد طاقة) −286 كيلوجول.

0.2 جم من غاز H_2 ← (عندما تحترق تولد طاقة) (س) **بضرب الطرفين في**

س× 2 = 0.2 × −286

$$\text{س} = \frac{0.2 \times -286}{2} = -28.6 \text{ كيلو جول .}$$

: (4)

احسب حرارة تكوين الاستيلين إذا علمت أن حرارة احتراق الاستيلين هي: 848.5 كيلوجول/مول وحرارة تكوين ثاني أكسيد الكربون والماء على الترتيب هي : (−393.5 ، −286 كيلوجول/مول).

الحـــــــــل :

معطيات المسألة: حرارة احتراق غاز الاستيلين = − 848.5 كيلوجول/مول.

ثم نكتب معادل الاحتراق لغاز الاستيلين C_2H_2.

$$C_2H_{2(g)} + \frac{5}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + H_2O_{(L)} \qquad \Delta Hc = -848.5kj$$

* حـــــرارة تكـــويـــن CO_2 = −393.5 كيلوجول/مول.

* حرارة تكوين الماء H_2O = −286 كيلوجول/مول.

∴ **حرارة الاحتراق =**

حرارة التفاعل= [مجموع حرارة تكوين النواتج - مجموع حرارة تكوين المتفاعلات].

* ΔHc = [($\Delta H_{f_{CO_2}} \times 2 + \Delta H_{f_{H_2O}}$) – ($\Delta H_{f_{C_2H_2}}$ + صفر)].

* 848.5- = 393.5- × 2 + (286-) – $\Delta H_{f_{C_2H_2}}$.

* 848.5- = 787- – 286- – $\Delta H_{f_{C_2H_2}}$.

* $\Delta H_{f_{C_2H_2}}$ = 1073- + 848.5 = 224.5- كيلوجول/مول.

ثانياً: باستخدام قانون هس :

استطاع العالم الروسي **(هس)** أن يضع قانوناً عرف باسمه ويمكن بواسطة هذا القانون حساب حرارة التفاعل بطريقة غير مباشرة أي التي يصعب قياسها بطريقة تجريبية.

قانون هس:

- **حرارة التفاعل مقدار ثابت عند الظروف القياسية سواء تم التفاعل على خطوة واحدة أو في عدة خطوات.**

تعريف آخر :

- **تتوقف حرارة التفاعل على طبيعة المواد المتفاعلة والمواد الناتجة من التفاعل وليس على الخطوات التي يتم فيها التفاعل.**

أهمية قانون هس:

ترجع أهمية قانون هس إلى إمكانية استخدامه في حساب التغير في المحتوى الحراري [حرارة التفاعل] التي لا يمكن قياسها بطريقة مباشرة ويتم ذلك باستخدام تفاعلات أخرى يمكن قياس حرارة تفاعلها، كذلك إمكانية التعامل مع المعاملات الكيميائية الحرارية وكأنها معادلات جبرية يمكن جمعها وضرب طرفيها أو قسمته في أو على معامل ثابت.

مثال: يحقق صحة قانون هس:

- **احتراق الكحول الإيثيلي C_2H_5OH على خطوة واحدة:**

$$(1)\ CH_3-CH_2OH_{(L)}+3O_{2(g)}\longrightarrow 2CO_{2(g)}+3H_2O_{(L)} \quad \Delta H_1=-1367\ Kj/mole.$$

- **احتراق الكحول الإيثيلي على عدة خطوات:**

$$(2)\ CH_3-CH_2OH_{(L)}+\tfrac{1}{2}O_{2(g)}\xrightarrow{\text{أكسدة}}CH_3CHO_{(L)}+H_2O_{(L)} \quad \Delta H_2=-175\ Kj/mole.$$

كحول إيثيلي — اسيتالدهيد

$$(3)\ CH_3-CHO_{(L)}+\tfrac{1}{2}O2_{(g)}\longrightarrow CH_3COOH_{(L)} \quad \Delta H_3=-320\ Kj/mole.$$

حمض الخليك

$$(4)\ CH_3-COOH_{(L)}+2O_{2(g)}\longrightarrow 2CO_{2(g)}+2H_2O_{(L)} \quad \Delta H_4=-872\ Kj/mole.$$

بـــالجمع:

$$(5)\ CH_3-CH_2OH_{(L)}+3O_{2(g)}\longrightarrow 2CO_{2(g)}+3H_2O_{(L)}$$

ΔH (في خطوة واحدة) $= \Delta H_3+\Delta H_2+\Delta H_1$ (في)

ΔH (في خطوة واحدة) $= -175 - 320 - 872 = -1367$

كيلوجول/مول.

- وعند مقارنة المعادلة (1) بالمعادلة (5) نجد أن حرارة التفاعل مقدار ثابت، وهذا يحقق صحة قانون هس.

تطبيقات على قانون هس:

تعتمد طريقة هس في حل مسائل الكيمياء الحرارية على:

1) الوصول إلى المعادلة المطلوبة وهي المعادلة التي يحددها المطلوب في المسألة.

2) طريقة الوصول إلى المعادلة المطلوبة:

أ- نكتب كل معطيات المسألة على هيئة معادلات كيمياء حرارية.

ب- يمكن التعامل مع معادلات الكيمياء الحرارية كأنها معادلات جبرية **(يمكن ضرب طرفيها في معامل ثابت أو قسمة طرفيها على معامل ثابت – جمع المعادلات أو طرحها).**

جـ- يمكن عكس أي معادلة بشرط أن تُعكس إشارة قيمة ΔH.

انظـر إلــى المعادلــة المطلوبــة جيـداً، ثـم قـارن بـين متفـاعلات ونـواتج المعادلـة المطلوبـة ونفـس المـواد فـي المعـادلات التــي تعبـر عـن المعطيـات مـن حيـث عـدد المولات واتجاهها ويمكن القيام بـالإجراءات السـابقة حتـى نحصل على المعادلة المطلوبة.

مثـــال :

احسب حرارة تكوين أول أكسيد الكربون *CO* إذا علمت أن:

(1) $C_{(S)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H_1 = -393.5\ Kj/mole.$

(2) $CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H = -283\ Kj/mole.$

الحـــــل :

المعادلة المطلوبة هي معادلة تكوين *CO* من عناصره الأولية:

$$C_{(S)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H = \Delta H_{FCO_2} = ???$$

للوصـول إلـى المعادلـة المطلوبـة نقـوم بعكـس المعادلـة(2) ثـم جمعهـا علـى المعادلـة الأولى(1):

(1) $C_{(S)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H_1 = -393.5\ Kj/mole.$

(2) $CO_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}$ $\Delta H = +283\ Kj/mole.$

بالجمـــع : $C_{(S)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)}$

$\Delta H = \Delta H_{f_{CO}} = \Delta H_1 + \Delta H_2 = -393.5 + 283 = -110.5$ كيلوجول/مول.

مثـــال

احسب حرارة احتراق غاز الميثان ***CH_4***، إذا علمت أن حرارة تكوين غاز

الميثـان تسـاوي 75.5 كيلوجول/مـول، وحـرارة احتـراق كـل مـن الكربـون والهيدروجين على الترتيب هي [-393.5 ، -286] كيلوجول/مول.

الحـــــل : المعادلة المطلوبة هي معادلة احتراق غاز الميثان وهي:

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(L)} \qquad \Delta H = \Delta H_{FCO_2} = ???$$

معطيات المسألة على هيئة معادلات كيمياء حرارية.

(1) $C_{(S)} + 2H_{2(g)} \longrightarrow CH_{4(g)}$ $\Delta H_1 = \Delta H_{f\,CH_4} = -75.5$ Kj/mole.

(2) $C_{(S)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H_2 = -393.5$ Kj/mole.

(3) $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(L)}$ $\Delta H_3 = -286$ Kj/mole.

بعكس المعادلة (1) وبضرب المعادلة (3) × 2 ثم بجمع المعادلات الثلاث :

(1) $CH_{4(g)} \longrightarrow C_{(S)} + 2H_{2(g)}$ $\Delta H_1 = +75.5$ Kj/mole.

(2) $C + O_2 \longrightarrow CO_2$ $\Delta H_2 = -393.5$ Kj/mole.

(3) $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(L)}$ $\Delta H_3 = 2 \times -286$ Kj/mole.

بالجمـع: $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(L)}$

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

حرارة احتراق غاز الميثان ΔH_C = 75.5 - 393.5 - 572 = -890 كيلوجول/مول.

مثـــال

احسب حرارة تكوين ثاني كبريتيد الكربون CS_2 من المعلومات الآتية:

(1) احتراق ثاني كبريتيد الكربون:

1) $CS_2 + 3O_2 \longrightarrow CO_2 + 2SO_2$ $\quad \Delta H_1 = -1075.2$ *Kj/mole.*

(2) احتراق الكربون:

2) $C + O_2 \longrightarrow CO_2$ $\quad \Delta H_2 = -393.5$ *Kj/mole.*

(3) احتراق الكبريت:

3) $S + O_2 \longrightarrow SO_2$ $\quad \Delta H_3 = -294$ *Kj/mole.*

الحـــــل : المعادلة المطلوبة هي معادلة تكوين CS_2 من عناصره الأولية.

$$C + 2S \longrightarrow CS_2 \qquad \Delta H = \Delta H_{f_{CS_2}} = ????$$

- للوصـول إلـى المعادلـة المطلوبـة بعكـس المعادلـة الأولـى (1) وبضـرب المعادلة الثالثة × 2 ثم بجمع المعادلات الثلاث.

1) $CO_2 + 2SO_2 \longrightarrow CS_2 + 3O_2$ $\quad \Delta H_1 = +1075.2$ *Kj/mole.*

2) $C + O_2 \longrightarrow CO_2$ $\quad \Delta H_2 = -393.5$ *Kj/mole.*

3) $2S + 2O_2 \longrightarrow 2SO_2$ $\quad \Delta H_3 = 2 \times -294$ *Kj/mole.*

بالجمع: $C + 2S \longrightarrow CS_2$

$$\Delta H_3 \; \Delta H_2 + \Delta H_1 = \Delta Hfcs_2 = \Delta H$$

إذا حرارة تكوين CS_2 = 1075.2 – 393.5 – 588 = 93.7 كيلوجول/مول.

سـؤال يُجيـب عنـــه الطـالـــب :

احسب حرارة اختزال الهيماتيت بغاز أول أكسيد الكربون في الفرن العالي من المعلومات الآتية:

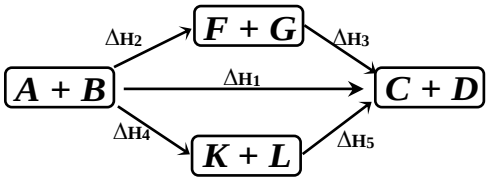
$Fe_2O_3 + 3CO \longrightarrow 2Fe + 3CO_2$ $\quad \Delta H = ????$

$C + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO$ $\quad \Delta H_1 = -283$ *Kj*

$C + O_2 \longrightarrow CO_2$ $\quad \Delta H_2 = -393$ *Kj*

$2Fe + {}^{3}/_{2}\, O_2 \longrightarrow Fe_2O_3$ $\quad \Delta H_3 = 722$ *Kj*

☜ مثـــال



الشكل المقابل يمثل قانون هس ، انظر إليه ثم استنتج ما يلي:

(1) قيمة ΔH_2 ، ΔH_5 علماً بأن : قيمة ΔH_1 ، ΔH_3 ، ΔH_4 تساوي (-800 ، -1600 ، -1400) ك. جول/مول على الترتيب فرضاً.

(2) نوع التفاعل في اتجاه $(F + G)$.

الحـــــل :

(أ) حساب قيمة ΔH_2 من الشكل المقابل نجد أن:

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

$$(-1600) + \Delta H_2 = -1400$$

$$1600 - \Delta H_2 = -1400$$

$$\Delta H_2 = -1400 + 1600 = +200 \text{ ك.جول}$$

(ب) حساب قيمة ΔH_5 من قانون هس نجد أن:

$$\Delta H_5 + \Delta H_4 = \Delta H_1$$

$$\Delta H_5 + (-800) = -1400$$

$$\Delta H_5 = -1400 + 800$$

$$\Delta H_5 = -600$$

$$\therefore \Delta H_5 = -600 \text{ ك.جول}$$

إذاً نوع التفاعل في اتجاه تكوين $(F+ G)$ ماص للحرارة لأن قيمة ΔH_2 موجبة.

☜ مثـــال

عند احتراق غاز الميثان ينتج غاز CO_2 والماء كما في المعادلة الآتية:

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(L)} \quad , \Delta H = -890.8 \text{ KJ/mole}$$

فكيف يمكن إثبات صحة قانون هس إذا علمت أن هناك ثلاث خطوات ممكنة للوصول إلى التفاعل السابق، وهي:

(أ) تحلل CH_4 إلى عناصره الأولية، وفقاً للمعادلة الآتية:

$$CH_{4(g)} \longrightarrow C_{(g)} + 2H_{2(g)} \qquad \Delta H = -74.3\ KJ/mole$$

(ب) تأكسد الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون، وفقاً للمعادلة الآتية:

$$C_{(S)} + O2_{(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H = -393.5\ KJ/mole$$

(جـ) تفاعل الهيدروجين مع الأكسجين لتكوين الماء السائل، وفقاً للمعادلة الآتية:

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(L)} \qquad \Delta H = -571.6\ KJ/mole$$

الحـــــل :

*** التفاعل على خطوة واحدة:**

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(L)} \qquad \Delta H = -890.8\ KJ/mol$$

***التفاعل في عدة خطوات :**

1) $CH_4 \longrightarrow \cancel{C} + 2\cancel{H_2}$ $\qquad \Delta H_1 = 74.3\ KJ/mole$

2) $\cancel{C} + O_2 \longrightarrow CO_2$ $\qquad \Delta H_2 = -393.5\ KJ/mole$

3) $2\cancel{H_2} + O_2 \longrightarrow 2H_2O$ $\qquad \Delta H_3 = -571.6\ KJ/mole$

- بجمع المعادلات الثلاثة نحصل على المعادلة الكلية وهي نفس المعادلة التي تتم على خطوة واحدة. $CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$

$\therefore \Delta H$ على خطوة واحدة $= \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$

$\Delta H = 74.3 - 393.5 - 571.6 = -890.8$ ك.جول/مول.

وهذا يحقق قانون هس.

إجابـات تقـويـم الوحدة الثانيــة

س1/ ما العلاقة بين الطاقة والحرارة؟

ج1/ العلاقة بين الطاقة والحرارة هي أن الحرارة صورة من صور الطاقة حيث إن كل منهما يقدر بوحدة الجول أو الكيلو جول.

س2/ ما الفرق بين كمية الحرارة ودرجة الحرارة؟

ج2/ الفرق بين كمية الحرارة ودرجة الحرارة يوضحها الجدول الآتي:

وجه المقارنة	كمية الحرارة	درجة الحرارة
طبيعتها	▪هي كميـة الطاقـة وهـي تنتقـل مـن الجسـم الأكثـر درجـة حـرارة إلـى الجســم الأقــل حــرارة عنــدما يتلامسان	▪هي مقياس للحرارة اي السخونة والبرودة.
وحدة قياسها	▪الجول او الكيلو جول او السعر	▪الدرجه المئويه او الكلفن

س3/ عَــرِّف ما يأتي :

ج3/ أ)**حرارة التفاعل :** هي مقدار التغير الحراري المصاحب للتفاعل الكيميائي ويرمز لها بالرمز ΔH.

•**تعريف آخر:** هي كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة عند تفاعل المواد الداخلة في التفاعل بشكل تام لتكوين النواتج عند الظروف القياسية.

ب)**حرارة الذوبان:** هي كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة عند ذوبان 1 مول من المذاب في كمية من المذيب تكفي للحصول على محلول مشبع.

جـ)**حرارة التعادل:** هي كمية الحرارة المنطلقة نتيجة تكوين واحد مول من الماء عند تعادل حمض قوي مع قاعدة قوية في المحاليل المخففة.

•**تعريف آخر :** هي كمية الحرارة المنطلقة عند تعادل المحاليل المخففة من الأحماض والقواعد لتكوين واحد مول من الماء.

د)**الحرارة النوعية:** هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 جم من المادة درجة مئوية واحدة.

هـ)**حرارة التكوين:** ΔH_f هي كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة عند تكوين واحد مول من المركب من عناصره الأولية في حالتها القياسية.

س4/ ما المقصود بالتفاعل الطارد للحرارة والتفاعل الماص للحرارة؟ مع ذكر أمثلة لكل منهما.

ج4/ **المقصود بالتفاعل الطارد للحرارة:** هو التفاعل الذي يصاحبه انطلاق طاقة حرارية وينتج عنه مركبات طاردة للحرارة وفيه تكوين قيمة المحتوى الحراري للتفاعلات أكبر من المحتوى الحراري للنواتج.

مثال : احتراق غاز الميثان:

$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O \qquad \Delta H = 890\ kj$$

▪ **التفاعل الماص للحرارة:** هو التفاعل الذي يصاحبه امتصاص طاقة حرارية وينتج عنه مركبات ماصة للحرارة وفيه تكون قيمة المحتوى الحراري للمتفاعلات أقل من المحتوى الحراري للنواتج.

مثال: تكوين أكسيد النيتريك.

$$N_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{(g)} \qquad \Delta H = +180.6\ kj$$

ملحوظة هامة: معظم تفاعلات التفكك (الانحلال) تفاعلات ماصة للحرارة.

س5/ يحترق أكسيد النيتريك (*NO*) في جو من الأكسجين لتكوين غاز ثاني أكسيد النيتروجين مع انطلاق حرارة مقدارها– 56.5كيلو جول/مول.

(أ) اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لهذا التفاعل.

(ب) هل هذا التفاعل ماص للحرارة أم طارد للحرارة؟ ولماذا؟

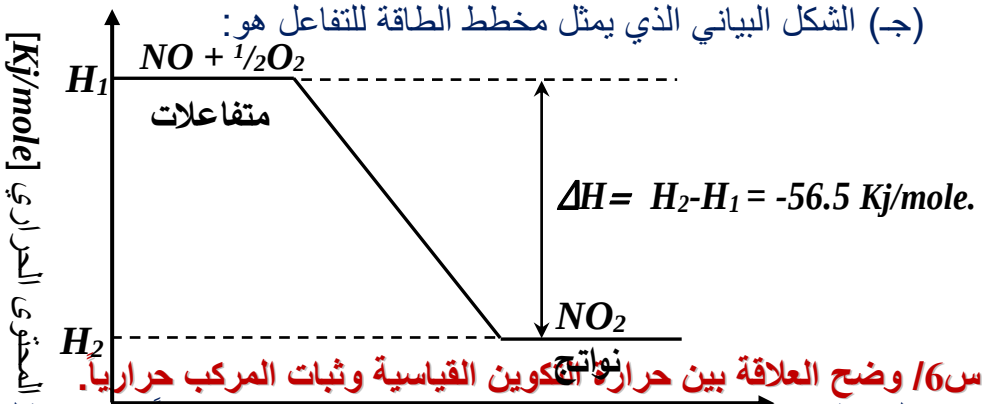
(جـ) ارسم شكلاً بيانياً تمثل فيه هذا التفاعل.

ج5/ (أ) معادلة احتراق أكسيد النيتريك ***NO***.

$$NO_{(g)} + \tfrac{1}{2}O_{2(S)} \longrightarrow NO_{2(g)} \qquad \Delta H = -56.5\ kj$$

(ب) التفاعل طارد للحرارة لأن قيمة ΔH سالبة.

(جـ) الشكل البياني الذي يمثل مخطط الطاقة للتفاعل هو:



س6/ وضح العلاقة بين حرارة التكوين القياسية وثبات المركب حرارياً.

ج6/ العلاقة بين حرارة التكوين القياسية وثبات المركب حرارياً يمكن تمثيلها في النقاط الآتية:

1- المركبات التي تمتلك حرارة تكوين كبيرة وسالبة أكثر ثباتاً واستقراراً وهي مركبات طاردة للحرارة لا تميل إلى الانحلال.

2- المركبات التي تمتلك حرارة تكوين كبيرة وموجبة أقل ثباتاً واستقراراً وهي مركبات ماصة للحرارة وهي عادة تميل إلى الانحلال.

ونجد أن حرارة التكوين القياسية للمركبات تساعد على تحديد مدى ثباتها.

س7/ باستعمال جدول (2) احسب حرارة تكوين الميثان:

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(L)}$$

إذا علمت أن حرارة احتراق الميثان هي (-890كيلو جول/مول).

ج7/ **معطيات المسألة :**

- حرارة تكوين CO_2 = -393.5 ك.جول/مول
- حرارة تكوين الماء = -285.8 ك.جول/مول
- حرارة احتراق غاز الميثان = حرارة التفاعل = -890 ك.جول/مول
- حرارة تكوين العناصر = صفر
- معادلة الاحتراق لغاز الميثان هي:

$$CH_{4(L)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(L)} \qquad \Delta H = \Delta H_C = -890\ KJ/mole$$

إذاً حرارة التفاعل ΔH =مجموع حرارة تكوين النواتج - مجموع حرارة تكوين المتفاعلات.

$$\Delta H = [\ (\Delta H_{fCH4}) - (2 \times \Delta H_{fH2O} + \Delta H_{fCO2})\ ]$$

$$-890 = [\ \Delta H_{fCH4} - (2 \times 285.8) - 393.5-\ ]$$

* ΔH_{fCH4} - 571.6 – 393.5- = 890-

* ΔH_{fCH4} – 965.1- = 890-

* ΔH_{fCH4} = 890 + 965.1- = -75.1 ك.جول/مول

س8/ ما أهمية قانون هس ؟

ج8/ أهمية قانون هس:

1-حساب حرارة التفاعلات الخطرة والمعقدة التي لا يمكن قياسها بطرق تجريبية مباشرة.

2-يمكن التعامل مع المعادلات الكيميائية وكأنها معادلات جبرية.

س9/ اكتب المعادلات الكيميائية الحرارية الموزونة للتفاعلات الآتية:

ج9/ أ) تفاعل أكسيد الكالسيوم *CaO* مع الماء لإنتاج هيدروكسيد الكالسيوم مع انطلاق كمية من الحرارة مقدارها 65.2 كليو جول/ مول.

$$CaO_{(S)} + H_2O_{(L)} \longrightarrow Ca(OH)_2 \qquad \Delta H = -65.2\ KJ/mole$$

ب)تحلل بيكربونات الصوديوم *$NaHCO_3$* إلى كربونات صوديوم وماء وثاني أكسيد الكربون، علماً بأن الحرارة الممتصة هي 129كيلو جول/مول.

$$2NaHCO_{3(S)} \xrightarrow{\Delta} Na_2CO_{3(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(L)} \qquad \Delta H = 2\times +129\ KJ/mole$$

جميع أملاح البيكربونات عندما تتحل بالحرارة تعطي [$H_2O + CO_2$ + كربونات].

جـ) احتراق مول واحد من غاز البروبان *C_3H_8* معطياً حرارة مقدارها 2219.2كيلو جول/ مول.

$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(L)} \qquad \Delta H = -2219.2\ KJ/mole$$

س10/ باستخدام حرارة التكوين القياسية، احسب حرارة التفاعلات الآتية :

(أ) $$NO_{(g)} + \tfrac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow NO_{2(g)}$$

(ب) $$2C_6H_{6(I)} + 15O_{2(g)} \longrightarrow 12CO_{2(g)} + 6H_2O_{(I)}$$

علماً بأن حرارة تكوين كل من: (*NO* ، *NO_2* ، *CO_2* ، *H_2O* ، *C_6H_6*) على الترتيب هي: (90.37 ، 33.9 ، -393.5 ، -285.8 ، 49.4) ك.جول/مول

ج10/ **حرارة التفاعل ΔH = مجموع حرارة تكوين النواتج – مجموع حرارة تكوين المتفاعلات**

(أ) ∵ حرارة تكوين العناصر = صفر

$$\Delta H = [(\text{صفر} + \Delta H_{fNO}) - (\Delta H_{fNO2})]$$

$$\Delta H = 90.37 - 33.9 = -56.47 \text{ ك.جول/مول}$$

(ب) $$\Delta H = [(\text{صفر} + 2 \times \Delta H_{fC6H6}) - (6 \times \Delta H_{fH2O} + 12 \times \Delta H_{fCO2})]$$

$$\Delta H = -2 \times 49.4 - 6 \times 285.8 - 12 \times 393.5 =$$

$$= -4722 - 1714.8 - 98.8 = -6535.6 \text{ ك.جول}$$

س11/ عند احتراق غاز الميثان ينتج غاز CO_2 والماء كما في المعادلة الآتية:

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(L)} \qquad \Delta H = ???$$

فكيف يمكن استخدام قانون هس لحساب حرارة التفاعل إذا علم أن هناك ثلاث خطوات ممكنة للوصول إلى التفاعل السابق، وهي:

(أ) تحلل CH_4 إلى عناصره الأولية، وفقاً للمعادلة الآتية:

$$CH_{4(g)} \longrightarrow C_{(g)} + 2H_{2(g)} \qquad \Delta H = +74.3 \text{ KJ/mole}$$

(ب) تأكسد الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون، وفقاً للمعادلة الآتية:

$$C_{(S)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H = -393.5 \text{ KJ/mole}$$

(جـ) تفاعل الهيدروجين مع الأكسجين لتكوين الماء السائل، وفقاً للمعادلة الآتية:

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(L)} \qquad \Delta H = -571.6 \text{ KJ/mole}$$

ج11/ فكرة حل المسألة هو كيف تستطيع الوصول إلى المعادلة المطلوبة وهي معادلة احتراق غاز الميثان من المعادلات الثلاث المعطاة، ويتم ذلك بجمع المعادلات الثلاث:

1) $CH_{4(g)} \longrightarrow \cancel{C}_{(S)} + \cancel{2}H_{2(g)} \qquad \Delta H_1 = +74.3 \text{ KJ/mole}$

2) $\cancel{C}_{(S)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H_2 = -393.5 \text{ KJ/mole}$

3) $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$ $\quad \Delta H_3 = -571.6\ KJ/mole$

$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$ بالجمـــع .

ΔH (حرارة احتراق غاز الميثان) = $\Delta H_3 + \Delta H_2 + \Delta H_1$

حـــرارة احتـــراق غـــاز الميثـــان = 74.3 – 393.5 – 571.6 = -890.8

ك.جول/مول.