

## الكيمياء الحرارية

أولاً: 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
- الإنتالبي
- بعض أنواع حرارات التفاعل
- قانون لافوازييه - لابلاس
- قانون هيس للحاصل الحرارى الثابت

ثانياً: 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
- ثالثاً: مسائل وحلولها
- رابعاً: مسائل غير محلولة

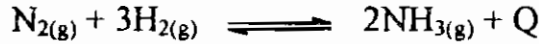
obeikandi.com

## أولاً: بعض التعريفات والقوانين المهمة

### التفاعلات الطاردة للحرارة:

هي تلك التفاعلات التي يصاحب حدوثها انبعاث كمية من الحرارة. ومن

أمثلتها:

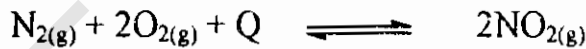


### التفاعلات الماصة للحرارة:

هي تلك التفاعلات التي يصاحب حدوثها امتصاص كمية من الحرارة (من

الوسط الخارجى).

ومن أمثلتها:



### وحدة الحرارة (السعر)

وحدة الحرارة الشائعة الاستخدام هي "السعر"، ويعرف السعر بأنه "كمية

الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء من  $14.5^{\circ}\text{C}$  إلى  $15.5^{\circ}\text{C}$

(درجة واحدة مئوية).

والسعر يرتبط بالجول، بالعلاقة التالية:

$$\text{السعر} = 4.184 \text{ جول}$$

$$1 \text{ Cal} = 4.184 \text{ J}$$

### الحرارة النوعية للمادة ( $\bar{C}$ ):

هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من المادة بمقدار

درجة مئوية واحدة.

### الحرارة النوعية للماء:

هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء درجة مئوية

واحدة. وهي قيمة ثابتة مقدارها  $(1 \text{ Cal.gm.}^{\circ}\text{C})$  أو  $(4.184 \text{ J.gm.}^{\circ}\text{C})$ .

### السعة الحرارية لمادة ( $C$ ):

هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة المادة درجة مئوية واحدة.

وحداتها  $(\text{Cal}/^{\circ}\text{C})$  أو  $(\text{J}/^{\circ}\text{C})$ . ويمكن التعبير عنها رياضياً بالعلاقة:

$$C = q/dT$$

### 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:

$$\text{السعة الحرارية لمادة} = \text{الحرارة النوعية للمادة} \times \text{كتلة المادة}$$

$$mX \quad \bar{C} \quad C$$

### السعة الحرارية الجزيئية:

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

### المسعر الحراري:

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

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

### حرارة التفاعل:

هي كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة، عندما يتفاعل جزئ جرامي واحد من مادة مع جزئ جرامي واحد من مادة أخرى، من مواد تحددتها معادلة التفاعل.

### الإنتالبي (المحتوى الحراري) "H":

هو كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة من التفاعل الكيميائي والذي يتم عند ضغط ثابت.

### الظروف القياسية:

هي الظروف التي يتم عندها التفاعل من حيث درجة الحرارة والضغط، فعند الظروف القياسية تكون درجة الحرارة تساوي (0 °C) (الصفير المئوي)، ويكون عندها الضغط مساويا (1 atm) الضغط الجوي.

الإنتالبي لأي عنصر في حالته القياسية يساوي الصفير.

## بعض أنواع حرارات التفاعل:

### حرارة التكوين:

هى التغير فى الإنثالبي ( $\Delta H_f$ )، عندما يتكون جزئ جرامى واحد (مول واحد) من المادة من عناصرها الأولية فى حالاتها القياسية.  
 $\Delta H_f^\circ$  تعنى حرارة التكوين القياسية

### حرارة الاحتراق:

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

### حرارة التعادل:

هى التغير الحرارى (التغير فى الإنثالبي) 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 الإنثالبي (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 الإنثالبي ( $\Delta H$ ) عند كسر مول واحد من الروابط فى الحالة الغازية، لإعطاء ذرات فى الحالة الغازية.

### حرارة الهدرجة:

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

## حرارة الإنصهار:

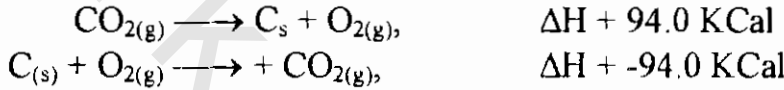
هي التغير في الإنتالبي الحادث عند تحول مول من المادة الصلبة إلى الحالة السائلة.

## حرارة التسامي:

هي 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:



## قانون هيس للحاصل الحرارى الثابت:

ينص القانون على أنه: "عند ثبوت الضغط ودرجة الحرارة، فإن التغير فى الإنتالبي ( $\Delta\text{H}$ ) لآى تفاعل كيميائى مقدار ثابت، سواء تم هذا التفاعل فى خطوة واحدة أو مجموعة من الخطوات، بشرط أن تكون المواد المتفاعلة والنتيجة هى نفسها فى كل حالة.

أو "التغير فى الإنتالبي لآى تفاعل مقدار ثابت مهما كانت الخطوات أو المراحل التى تم من خلالها التغير، بشرط أن تكون المواد المتفاعلة والنتيجة 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:

$$C = q/dT$$

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  $(C = m\bar{C})$  في 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 مثالي:

$$C_p - C_v = R$$

السعة الحرارية للماء  $C_{H_2O}$ :

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

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

$m_{H_2O}$  كتلة الماء

السعة الحرارية الكتلية  $C_{total}$ :

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

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

العلاقة بين كمية الحرارة (q) والسعة الحرارية الكتلية:

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

حيث q : كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة.

$T_1$  درجة الحرارة الصغرى

$T_2$  درجة الحرارة الكبرى

طاقة الروابط:

المحتوى الحرارى للتفاعل ( $\Delta H$ ) = - (الطاقة الناتجة عند تكوين الروابط فى

المواد الناتجة من التفاعل + الطاقة الممتصة عند تفكك الروابط فى المواد المتفاعلة.

الإنتالبي (المحتوى الحرارى):

$$H = E + PV$$

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

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

حرارة التكوين  $\Delta H_f$ :

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

معادلة كيرشوف:

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

حيث:

$$\Delta C_p = C_p (\text{products}) - C_p (\text{reactants})$$

$\Delta H_1$  هو التغير فى الإنتالبي عند درجة الحرارة  $T_1$

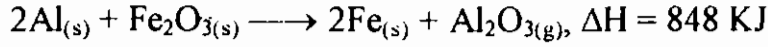
$\Delta H_2$  هو التغير فى الإنتالبي عند درجة الحرارة  $T_2$

$C_p$  السعة الحرارية عند ثبوت الضغط.



### ثالثاً: 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، طبقاً للمعادلة التالية:



الحل:

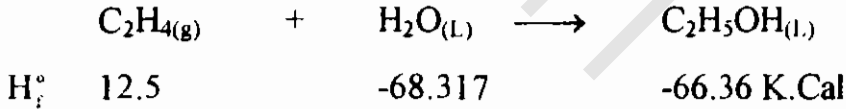
- من معادلة التفاعل المعطاة، يتضح أن تفاعل (2 gm.mol) من الألومنيوم مع أكسيد الحديد يؤدي إلى إطلاق 848 KJ من الطاقة (الحرارة).

وحيث أن الوزن الذري للألومنيوم = 27



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

- (2) ما هي حرارة التفاعل عند تحضير الإيثانول من الماء والإيثيلين عند  $25^\circ\text{C}$ ، طبقاً للمعادلة التالية:



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

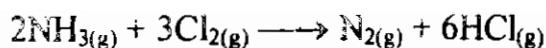
$$\Delta H = (-66.36) - [12.5 + (-68.317)]$$

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

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

$$\Delta H = -10.543 \text{ K.Cal.}$$

- (3) أحسب حرارة التفاعل القياسية  $\Delta H^\circ$  لتفاعل غاز الكلور مع النوشادر طبقاً للمعادلة التالية:



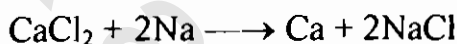
إذا علمت أن حرارة التكوين القياسية ( $\Delta H_f^\circ$ ) للنشادر (-46.19 KJ/mol)، وأن  $\Delta H_f^\circ$  لكلوريد الهيدروجين (-92.3 KJ/mol).

الحل:

$\Delta H_f^\circ$  للتفاعل تحسب باستخدام المعادلة:

$$\begin{aligned}\Delta H^\circ &= \sum \Delta H_f^\circ (\text{products}) - \sum \Delta H_f^\circ (\text{reactants}) \\ &= [H_f^\circ (\text{N}_2) + 6 H_f^\circ (\text{HCl})] - [2 H_f^\circ (\text{NH}_3) + 3 H_f^\circ (\text{Cl}_2)] \\ &= [(0 + 6 \times (-92.3))] - [2 \times (-46.19) + 0] \\ &= -553.8 + 92.38 \\ &= -461.42 \text{ KJ}\end{aligned}$$

(4) أحسب حرارة التفاعل:



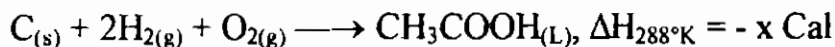
إذا كانت حرارة تكوين كلوريد الكالسيوم هي (-191.0 K.Cal) ولكلوريد الصوديوم هي (-97.7 K.Cal).

الحل:

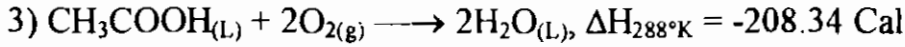
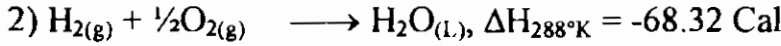
من المعروف أن حرارة تكوين العناصر = الصفر

$$\begin{aligned}\Delta H &= \sum \Delta H_f^\circ (\text{products}) - \sum \Delta H_f^\circ (\text{reactants}) \\ &= [H_f^\circ (\text{Ca}) + 2 H_f^\circ (\text{NaCl})] - [H_f^\circ (\text{CaCl}_2) + 2 H_f^\circ (\text{Na})] \\ &= [0 + 2 \times (-97.7)] - [-(191.0) + 2 \times 0] \\ &= -195.4 + 191.0 \\ &= -4.4 \text{ K.Cal}\end{aligned}$$

(5) أحسب التغيير في الإنثالبي ( $\Delta H$ )، للتفاعل التالي:



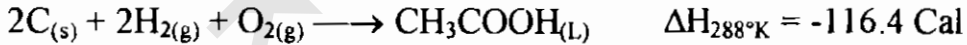
من معرفة حرارة احتراق المواد المشتركة، وهي:



**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:

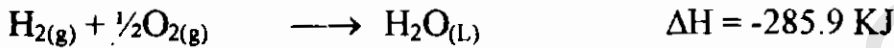
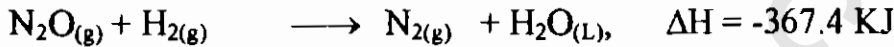
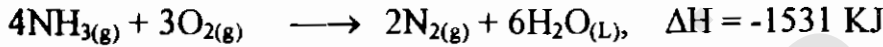


وحيث إن هذه المعادلة مماثلة تماما لمعادلة تكوين الحمض، وحيث إن المواد المتفاعلة والنتيجة هى نفسها فى كل حالة، فيمكن تطبيق قانون هيس للحصول الحرارى الثابت. وبالتالي تكون قيمة التغير الحرارى المحسوبة من المعادلات السابقة وهى (- 116.4 Cal) تكافئ قيمة "X" المجهولة فى المعادلة المعطاة.

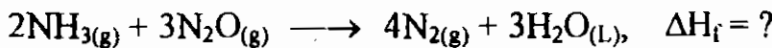
$$X = -116.4 \text{ Cal} \quad \text{أى أن}$$

وهى قيمة التغير فى الإنثالبي للتفاعل المذكور.

(6) إذا أعطيت المعادلات الكيميائية الحرارية التالية:



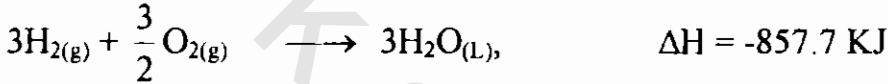
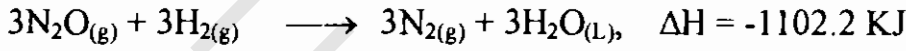
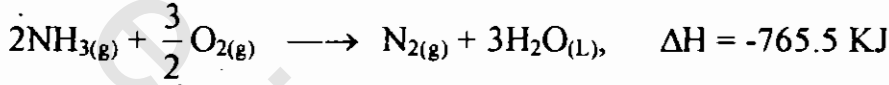
أحسب قيمة  $\Delta H$  للتفاعل التالى:



### الحل:

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

ولتحقيق ذلك: نضرب المعادلة الأولى في  $1/2$ ، ونضرب المعادلة الثانية في 3، وبضرب المعادلة الثالثة في 3، نحصل على:



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



ويكون التغير الحرارى المصاحب

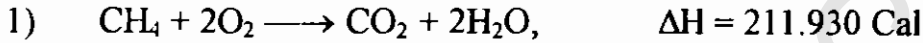
$$\Delta H = -765.5 - 1102.2 + 857.7 = 1010 \text{ KJ}$$

وحيث أننا حصلنا على معادلة مماثلة لمعادلة التفاعل المطلوب حساب  $\Delta H$  له. وبذلك

$$\Delta H = -1010 \text{ KJ}$$

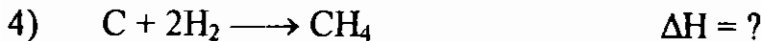
(7) أحسب حرارة تكوين الميثان من عناصره إذا علمت حرارة احتراق المركبات

التالية:



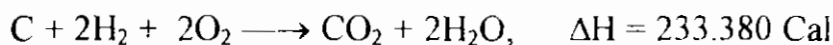
### الحل:

يتكون الميثان من عناصره الأولية، طبقاً للمعادلة التالية:

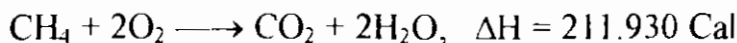


فإذا أمكن باستخدام المعادلات السابقة تكوين معادلة مماثلة لتلك التى تكون الميثان من عناصره الأولية، يكون مجموع التغيرات الحرارية فى تلك المعادلات مساوية لتلك القيمة المصاحبة لتكوينه من عناصره الأولية.

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



وبطرح المعادلة (1) من حاصل الجمع السابق:



نحصل على:



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

وهكذا تكون  $\Delta H$  لتفاعل تكوين الميثان من عناصره الأولية، هى:

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

(8) أجرى تفاعل كيميائى فى مسعر حرارى يحتوى على (1.2 K.gm) من الماء، فارتفعت درجة الحرارة من  $20^\circ$  إلى  $25^\circ$ ، علما بأن السعة الحرارية للمسعر هى  $2.21 \text{ KJ}/^\circ\text{C}$ ، والحرارة النوعية للماء هى  $4.18 \text{ J}/\text{gm} \cdot ^\circ\text{C}$ . أحسب كمية الحرارة المنطلقة من هذا التفاعل.

**الحل:**

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

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

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

$$C_{H_2O} = 5.016 \text{ J}/^\circ\text{C}$$

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:

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

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

$$q = 7.226 \times 5$$

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

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

الحل:

$$\text{كتلة الماء} \times \text{الحرارة النوعية للماء} = \text{السعة الحرارية للماء}$$
$$C_{\text{H}_2\text{O}} = C_{\text{H}_2\text{O}} \times m_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$C_{\text{H}_2\text{O}} = 4.18 \times 1500$$

$$C_{\text{H}_2\text{O}} = 6.270 \text{ KJ}/^\circ\text{C}$$

ولكن

$$C_{\text{total}} = C_{\text{H}_2\text{O}} + C_{\text{calorimeter}}$$
$$= 6.270 + 2.21$$

$$C_{\text{total}} = 8.48 \text{ KJ}/^\circ\text{C}$$

ويمكن حساب كمية الحرارة المنطلقة باستخدام العلاقة:

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

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

$$q = 8.48 \times 6.5$$

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

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

$$3 \text{ gm} \longrightarrow 55.12 \text{ KJ}$$

$$180 \text{ gm} \longrightarrow X \text{ KJ}$$

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

$$X = 3307.2 \text{ KJ}$$

وبذلك تكون كمية الحرارة المنطلقة عن حرق مول واحد من الجلوكوز هـى (3307.2 KJ).

(10) أحسب حرارة تكوين الكحول الإيثىلى من الإيثيلين والماء عند  $25^\circ\text{C}$  من معرفة حرارة تكوين كل من المواد المتفاعلة والنتيجة طبقا للمعادلة:



$$\Delta H_f^\circ \quad 12.5 \text{ K.Cal} \quad -68.3 \text{ K.Cal} \quad -66.4 \text{ K.Cal}$$

الحل:

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

$$\Delta H_f^\circ = [\Delta H_f^\circ (\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})] - [\Delta H_f^\circ (\text{C}_2\text{H}_4)_{(\text{g})} + \Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{O})_{(\text{l})}]$$

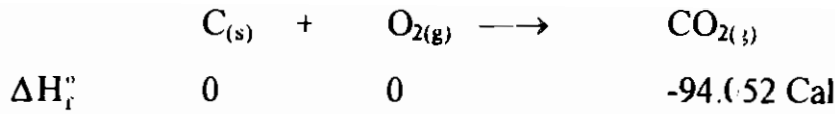
$$\Delta H_f^\circ = -66.4 - [12.5 + (-68.3)]$$

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

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

(11) أحسب التغير الحرارى  $\Delta H_f^\circ$  للتفاعل التالى من معرفة حرارة تكوين كل

من المواد المتفاعلة والمواد الناتجة، طبقا للمعادلة:



الحل:

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

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

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

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

(12) أحسب حرارة تكوين  $H_2O_{(l)}$  عند  $90^\circ C$ ، علماً بأن حرارة التكوين عند

$(25^\circ C)$  هي  $(68.37 \text{ K. Cal})$ ، وقيم السعة الحرارية المحسوبة هي:

$$C_p(H_2O) = 18, \quad C_p(O_2) = 7.05, \quad C_p(H_2) = 5.90$$

الحل:

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

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

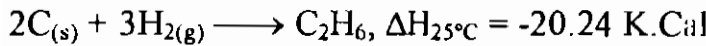
$$\Delta H_2 = -68370 + [18 - (6.9 + \frac{1}{2} \times 7.05)](363 - 298)$$

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

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

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

(13) أحسب حرارة تكوين الإيثان عند  $(200^\circ C)$ :



من المعلومات التالية:

$$C_p(C) = 2.7 \quad C_p(H_2) = 6.9 \quad C_p(C_2H_6) = 15.4$$

الحل:

بالتعويض عن القيم المعطاة في معادلة كيرشوف، نجد أن:

$$\Delta H_{200^\circ C} = \Delta H_{25^\circ C} + [C_p(\text{prod.}) - C_p(\text{react.})](T_2 - T_1)$$



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

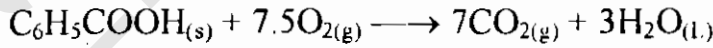
$$\Delta H_{200^\circ\text{C}} = -22112.5 \text{ Cal.}$$

$$\Delta H_{200^\circ\text{C}} = 22.112 \text{ K.Cal}$$

(14) أحسب حرارة احتراق حمض البنزويك عند حجم ثابت وعند  $25^\circ\text{C}$ ، إذا كانت حرارة احتراقه عند ضغط ثابت هي  $(-771.4 \text{ Cal})$ ، علماً بأن  $(R = 1.987 \text{ L.atm/}^\circ\text{K.mol})$ .

الحل:

يحترق حمض البنزويك طبقاً للمعادلة التالية:



ومن المعطيات، نجد أن

$$\Delta H = -771.4 \text{ Cal.}, \Delta E = ?, T = 25 + 273 = 298^\circ\text{K}, R = 1.987$$

$$\Delta H = 7 - 7.5 = 0.5 \text{ mol.}$$

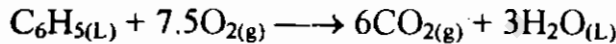
$$\Delta H = \Delta E + \Delta nRT \quad \text{وبالتعويض في المعادلة:}$$

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

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

$$\Delta E = -476.38 \text{ Cal.}$$

(15) سائل البنزين يحترق في وجود الأكسجين، طبقاً للمعادلة:



فإذا كانت الحرارة المتصاعدة عند  $300^\circ\text{K}$  وعند ثبوت الحجم هي

$(782.5 \text{ Cal})$ . أحسب الحرارة المتصاعدة إذا حدث التفاعل عند ضغط ثابت، علماً

$$R = 1.987 \text{ L.atm/}^\circ\text{K.mol} \quad \text{بأن:}$$

الحل:

من المعطيات، نجد أن:

$$\Delta E = \text{الحرارة المتصاعدة عن ثبوت الحجم}$$

$$\Delta H = \text{الحرارة المتصاعدة عن ثبوت الضغط}$$

$$\Delta E = -782.5 \text{ Cal}, T = 300^\circ\text{K}, R = 1.987,$$

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

وبالتعويض عن القيم السابقة في المعادلة التالية:

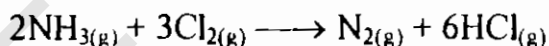
$$\Delta H = \Delta E + \Delta nRT$$

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

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

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

(16) أحسب قيمة كمية الحرارة ( $\Delta H$ ) للتفاعل التالي:



علما بأن ( $\Delta H$  KJ) للروابط هي:

$$\text{N-H} = 389, \text{H-Cl} = 431, \text{N}\equiv\text{N} = 941, \text{Cl-Cl} = 243$$

الحل:

المحتوى الحرارى للتفاعل ( $\Delta H$ ) = - (الطاقة الناتجة عند تكوين الروابط فى

المواد الناتجة من التفاعل + الطاقة الممتصة عند تفكك الروابط فى المواد المتفاعلة)

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

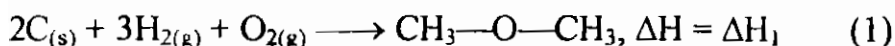
$$\Delta H = -(941 + 6 \times 431) + (6 \times 389 + 3 \times 243)$$

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

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

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

(17) أحسب  $\Delta H_{25^\circ}$  للتفاعل التالي:

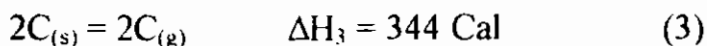
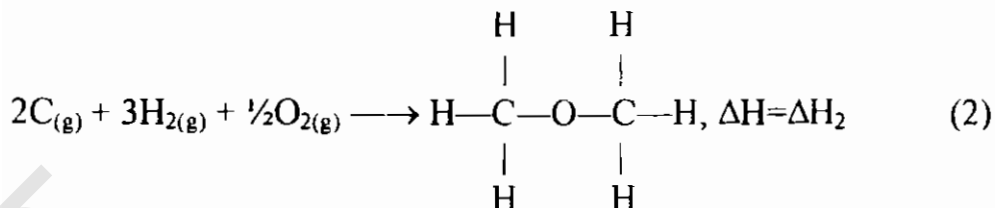


علما بأن ( $\Delta H$  K.Cal) للروابط هي  $\text{O}=\text{O} = 118$ ,  $\text{H—H} = 104$ ,  $\text{C—H} = 99$

$\text{C—O} = 168$ , وأن حرارة تحويل  $\text{C}_{(\text{s})}$  إلى  $\text{C}_{(\text{g})}$  هي (344 K.Cal).

الحل:

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



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

ولحساب  $\Delta H_2$  في المعادلة رقم (2)، نجد أن:

$$\begin{aligned} \Delta H_2 &= -(\Delta H_{\text{C-O}} + 6\Delta H_{\text{C-H}}) + (3\Delta H_{\text{H-H}} + \Delta H_{\text{O=O}}) \\ &= -(2 \times 84 + 6 \times 99) + (3 \times 104 + \frac{1}{2} \times 118) \\ &= -(168 + 594) + (312 + 59) \end{aligned}$$

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

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

ولكن

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

## رابعاً: مسائل غير محلولة

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

(2) أحسب حرارة تكوين الكحول الإيثيلي من الإيثيلين والماء عند 25°C، من معرفة حرارة تكوين كل من المواد المتفاعلة والناجمة طبقاً للمعادلة التالية:



$$\Delta H_f^\circ \quad 12.5 \text{ K.Cal} \quad -68.6 \text{ K.Cal} \quad 66.4 \text{ K.Cal}$$

(3) أحسب إنتالبي (ΔH°) التفاعل من معرفة حرارة تكوين المواد المشتركة في التفاعل التالي:



$$\Delta H_f^\circ \quad 196.5 \text{ K.Cal} \quad -28.4 \text{ K.Cal} \quad 0 \quad -94.1 \text{ K.Cal}$$

(4) أحسب حرارة احتراق حمض البنزويك عند حجم ثابت وعند 25°C، إذا كانت حرارة احتراقه عند ضغط ثابت هي (-771.4)، علماً بأن:

$$R = 1.987 \text{ L.atm/}^\circ\text{K.mol}$$

(5) أجرى تفاعل كيميائي في مسعر يحتوي على 1.8 K.gm من الماء، فارتفعت درجة الحرارة من 30°C إلى 40°C. أحسب كمية الحرارة المنطلقة من هذا التفاعل، علماً بأن السعة الحرارية للمسعر هي 2.21 KJ/°C، والحرارة النوعية للماء هي (4.18 J/gm.°C).

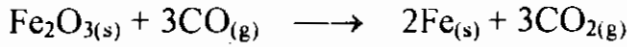
(6) أحسب ΔH للتفاعل التالي:



إذا كانت ΔE تساوي (23.190 K.Cal) عند 25°C، علماً بأن

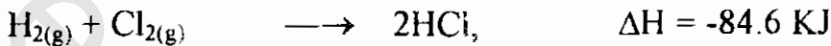
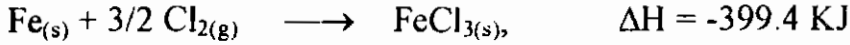
$$R = 1.987 \text{ L.atm/}^\circ\text{K.mol}$$

(7) إذا أعطيت التفاعل التالي:

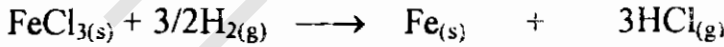


وعلمت أن حرارة التكوين القياسية  $\Delta H_f^\circ$  لكل من  $\text{CO}_2$  و  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  و  $\text{CO}$  هي  $(-393.5 \text{ KJ/mol})$  و  $(-822.2 \text{ KJ/mol})$  و  $(-110.5 \text{ KJ/mol})$ ، على الترتيب. فما هي  $\Delta H^\circ$  لهذا التفاعل.

(8) من المعادلات التالية:



أحسب  $\Delta H$  للتفاعل:



(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  $23.1^\circ\text{C}$  إلى  $25.1^\circ\text{C}$ . فإذا كانت حرارة احتراق حمض البنزويك هي  $(-26.42 \text{ KJ/gm})$ ، فما هي السعة الحرارية للمسعر.

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

(11) ما هي كمية الحرارة اللازمة لتسخين المواد الآتية من  $40^\circ\text{C}$  إلى  $55^\circ\text{C}$ :  
أ- 10 gm من الماء.

ب- 100 gm من النحاس، الحرارة النوعية للنحاس =  $0.389 \text{ J/gm} \cdot ^\circ\text{C}$

ج- 20 gm من البلاتين، الحرارة النوعية للبلاتين =  $0.84 \text{ J/gm} \cdot ^\circ\text{C}$

(12) لتعيين السعة الحرارية لمسعر أضيف 150 gm من الماء عند درجة حرارة  $60^\circ\text{C}$  إلى المسعر عند  $25^\circ\text{C}$ ، وأصبحت درجة الحرارة النهائية في المسعر  $30^\circ\text{C}$ . أحسب السعة الحرارية للمسعر.