# حرارة التفاعل الكيميائي

## - قانون حفظ الطاقة :

أنواع الطاقة

- طاقة الحركة
- طاقة الوضع
- الطاقة الحرارية

- التفاعلات المنتجة (الطاردة) للحرارة (Exothermic)
- التفاعلات الماصة (المستهلكة) للحرارة (Endothermic)
- وحدات تستخدم للطاقة :

الجول (J) $1J=1\ Kg\ m^2/s^2$

الكالوري (CAL) $l\ Cal=4.184J$

$l\ Kcal=4.184\ KJ$

- الحرارة النوعية (Specific heat)

الحرارة النوعية للماء هي $4.18J/g.^oC$

- السعة الحرارية = وزن المادة x الحرارة النوعية

مثال (١):

ما هي السعه الحرارية لـ ٢٫٠٠ كجم من النحاس ؟ الحرارة النوعية للنحاس هي ٠٫٣٨٧ جول / جمْ م .

الجواب:

السعة الحرارية = $2000g \times 0.387J/g.^oC = 774J/^oC$

## الكالوريمتري

## -كوب الكالوريميتر

## Bomb calorimeter-

**مثال (٢):**

**عند وضع ١٠٠ر٠ جم من الهيدروجين مع ٨٠٠ر٠ جم من الأكسجين في Bomb calorimeter له سعه حرارية تساوي ٩٠٨ر١٠ x ٤ جول°/م. ارتفعت درجة الحرارة من ٠٠٠ر٢٥°م إلى ١٥٥ر٢٥°م . احسب حرارة التفاعل ، وأحسب حرارة تكوين واحد مول من الماء؟**

**الجواب:**

**حرارة التفاعل = السعة الحرارية x الفرق في درجة الحرارة**

$$9.08 \times 10^4 J/^oC \times 0.155\ ^oC = 1.41 \times 10^4 J = 14.1\ Kj$$

**التفاعل**

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

**وحيث أن كمية الهيدروجين المتفاعلة هي ١٠٠ر٠ جم ، نسحب كمية الماء المتكون**

$$0.100g\ H_2 \times \frac{1\ mol\ H_2}{2.016g\ H_2} \times \frac{2\ mol\ H_2O}{2\ mol\ H_2} = 0.0496\ mol\ H_2O$$

**حرارة التفاعل لواحد مول من الماء =**

$$\frac{14.1\ KJ}{0.0496\ mol\ H_2O} = 284\ KJ/\ mol\ H_2O$$

**مثال (٣):**

**عند احتراق ٠ر١ مول من غاز الهيدروجين تكون الحرارة الناتجة هي ٥٨ كيلو سعر . ما الحرارة الناتجة من احتراق ٠ر٢٠ جرام من غاز الهيدروجين؟**

**الوزن الجزئي للهيدروجين ($H_2$) = ٠ر٢ جم / مول.**

**الجواب :**

**واحد مول من غاز الهيدروجين = ٠ر٢ جم من الهيدروجين ينتج ١٠ مول x ٥٨= ٥٨٠ كيلو سعر.**

## تغير المحتوى الحراري:

**التغير الانثالبي (Enthalpy)**

**هو حرارة التفاعل عند ثبوت الضغط ويعبر عنه $\triangle H$**

$$\triangle H = \triangle H_f - \triangle H_i$$

**حرارة التفاعل = المحتوي الحراري للنواتج – المحتوي الحراري للمواد المتفاعلة**

**قانون هس:**

**(Hess,s Law)**

△

**قوانين هامه للتعامل مع المعادلات الكيميائية الحرارية :**

**١. المحتوي الحراري للتفاعل يمثل حرارة التفاعل لكل مادة في التفاعل وعدد المولات هو حسب الرقم الذي أمام المادة من المعادلة .**

**مثال :** $H_2O\ (l) \longrightarrow H_2\ (g) \times \frac{1}{2} O_2\ (g)\ \triangle H = +283\ KJ$

**تعني أن حرارة التفاعل :**

- **هي ٢٨٣ كيلو جول لكل واحد مول من الماء**
- **وهي ٢٨٣ كيلو جول لكل واحد مول من غاز الهيدروجين**
- **وهي ٢٨٣ كيلو جول لكل ½ مول من غاز الأكسجين**

**وعند التغير من المعاملات في المعادلة فيجب عمل نفس التغيير في المحتوي الحراري (وذلك بالضرب أو القسمة في معامل معين)**

$$H_2O\ (l) \longrightarrow H_2\ (g) + \frac{1}{2} O_2\ (g)\ \triangle\ H = +283\ KJ$$

$$2H_2O\ (l) \longrightarrow 2\ H_2\ (g) + O_2\ (g)\ \triangle\ H = 566\ KJ$$

**٢. عند قلب المعادلة فإنه يلزم تغيير الإشارة المصاحبة للمحتوي الحراري :**

$$H_2O\ (l) \longrightarrow H_2\ (g) + \frac{1}{2} O_2\ (g)\ \triangle\ H = 283KJ$$

$$H_2\ (g) + \frac{1}{2} O_2\ (g) \longrightarrow H_2O\ (l)\ \triangle H = -283\ KJ$$

**مثال (٣):**

**اذا علمت حرارة التفاعل للتفاعلات التالية :**

$$2\ C_2H_2\ (g) + 5\ O_2\ (g) \longrightarrow 4\ CO_2\ (g) + 2H_2O\ (l)\ \triangle\ H_1 = -2602\ KJ$$

$$2\ C_2H_6\ (g) + 7\ O_2\ (g) \longrightarrow 4\ CO_2\ (g) + 6H_2O\ (l)\ \triangle\ H_2 = -3123\ KJ$$

$$H_2\ (g) + \frac{1}{2} O_2\ (g) \longrightarrow H_2O\ (l)\ \triangle\ H_3 = -286\ KJ$$

**فأحسب حرارة تفاعل:**

$$C_2H_2\ (g) + 2H_2\ (g) \longrightarrow C_2H_6\ (g)$$

**الجواب:**

$C_2H_2(g) + 5/2\ O_2(g) \longrightarrow 2\ CO_2(g) + 1H_2O(l)$ $\triangle H_5 = -1301$ KJ

$2\ H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l)$ $\triangle H_6 = -572$ KJ

$2\ CO_2(g) + 3H_2O(l) \longrightarrow C_2H_6(g) + 7/2\ O_2(g)$ $\triangle H_7 = +1561$ KJ

---

**عند جمع (5) + (6) + (7) نحصل على التفاعل:**

$$C_2H_2(g) + 2H_2(g) \longrightarrow C_2H_6(g) \quad \triangle H = \triangle H5 + \triangle H6 + \triangle H7$$

$$\triangle H = -1301\ KJ + (-572\ KJ) + (1561KJ) = -312\ KJ$$

## حرارة التكوين

**هي المحتوي الحراري لتلك المادة وهي الحرارة اللازمة لتكوين تلك المادة من العناصر حسب وجودها من الطبيعة.**

- **حرارة التكوين للعناصر حسب وجودها من الطبيعة تساوي صفر :**

$\triangle H_f$

$F_e(s) = O$

$O_2(g) = O$

$H_2(g) = O$

$N_a(s) = O$

$C_a(s) = O$

$H_g(l) = O$

$Cl_2(g) = O$

$Br_2(l) = O$

- **حرارة التكوين لايون الهيدروجين $H^+(ag)$ = صفر**

**ونتيجة لذلك تم احتساب حرارة التكوين لكثير من المواد وتم وضعها في جداول**

$$\triangle H\ reaction = \Sigma \triangle Hf\ product - \Sigma \triangle Hf\ reactant$$

**مثال :**

**أحسب كمية الحرارة المرافقة للتفاعل :**

$$2CO\ (g) + O_2\ (g) \longrightarrow 2CO_2\ (g)$$

**المحتوي الحراري لكل من : ( $CO_2$) = - ٩٤ كيلو سعر للمول**

**(CO) = - ٢٦ كيلو سعر للمول**

**الجواب:**

**حارة التفاعل = المحتوي الحراري للمواد الناتجة – المحتوي الحراري للمواد المتفاعلة**

**= ( المحتوي الحراري ل ($CO_2$) – ٢ المحتوي الحراري ل (CO)**

**= ٢ x – ٩٤ -٢ x – ٢٦ = - ١٣٦ كيلو سعر**

**مثال:**

**احسب حرارة التفاعل للمعادلة:**

$$2NaHCO_3\ (s) \longrightarrow Na_2CO_3\ (s) + H_2O\ (g) + CO_2\ (g)$$

**(معطى حرارة التكوين من الجدول)**

**الجواب:**

$$\triangle H \text{ reaction} = \Sigma\ \triangle\ Hf\ \text{product} - \Sigma \triangle\ Hf\ \text{reactant}$$

$$= 1\ H_f\ CO_2\ (g) + 1\ H_f\ H_2O\ (g) + 1\ H_f\ Na_2CO_3\ (s) - 2\ H_f\ NaHCO_3\ (s)$$

$$= -394\ KJ + (-242\ KJ) + (-1131\ KJ) - 2\ (-947.7\ KJ)$$

$$= +128.4\ KJ$$

**مثال :**

**أحسب حرارة التفاعل لـ**

$$2Na_2O_2\ (s) + 2\ H_2O\ (l) \longrightarrow 4NaOH\ (s) + O_2\ (g)$$

**وكم سينتج من الحرارة عند تفاعل ٠ر٢٥ جم من $Na_2O_2$ ؟**

**الجواب:**

$$\triangle H \text{ reaction} = \Sigma \triangle Hf \text{ product} - \Sigma \triangle Hf \text{ reactant}$$

$$= 4 \triangle H_f \text{ Na OH} - (2 \triangle H_f \text{ Na}_2\text{ O}_2\text{ (s)} + 2 \triangle H_f \text{ H}_2\text{ O (l)})$$

$$= 4 \quad (-426.8 \text{ KJ}) - (2(-504.6\text{KJ}) + 2(-286\text{KJ})$$

$$= -126 \text{ KJ}$$

**سيكون هناك – ١٢٦ كيلو جول لكل ٢ مول من $Na_2 O_2$ وذلك حسب المعادلة أعلاه وعند تفاعل ٠ر٢٥ جم فقط فإن الحرارة ستكون**

$$25.0 \text{ g Na}_2\text{ O}_2\text{(s)} \quad x \quad \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{ O}_2\text{(s)}}{78.0 \text{ g Na}_2\text{ O}_2} \quad x \quad \frac{- 126 \text{ KJ}}{2 \text{ mol Na}_2\text{ O}_2}$$

$$= -20.2 \text{ KJ}$$

**مثال :**

**إذا علمت أن حرق ١ مول من البـ ين ($C_6H_6$ (l)) يعطي $CO_2$ (g) و $H_2 O$ (l) وينتج حرارة قدرها ٣٢٧١ كيلو جول . ما هي حرارة التكوين لمركب البـ ين $C_6H_6$ (l)**

**الجواب:**

**نستطيع كتابة المعادلة كالتالي:**

$$C_6H_6 \text{ (l)} + 7 \tfrac{1}{2} \text{ O}_2 \text{ (g)} \longrightarrow 6 \text{ CO}_2 \text{ (g)} + 3 \text{ H}_2 \text{ O}_2 \text{ (l)}$$

$$\triangle \text{ H reaction} = \Sigma \triangle \text{ f product} - \Sigma \triangle \text{ Hf reactant}$$

$$- 3271 = 6 (-394\text{KJ}) + 3(-286\text{KJ}) - 1 \triangle H_f \text{ C}_6\text{H}_6 \text{ (l)}$$

$$H_f \text{ C}_6\text{H}_6 \text{ (l)} = -2364 - 858 + 3271$$

$$= +49 \text{ KJ / mol}$$

## طاقة الروابط الكيميائية وحرارة التفاعل :

تم **حساب معدل طاقة الروابط الكيميائية ووضعها** في **جدول ( صورة ص ٤٦٤) ، ويمكن من هذا الروابط حساب حرارة التفاعل حسب المعادلة .**

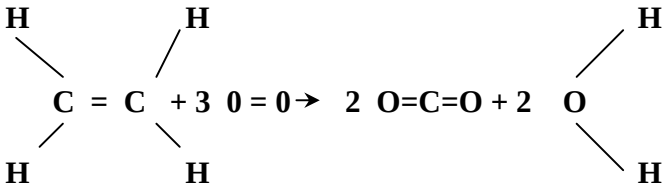
$$\triangle H \text{ reaction} = -\Sigma BE_{\text{product}} + \Sigma BE_{\text{reactant}}$$

**مثال :**

**باستخدام طاقة الروابط احسب حرارة التفاعل**

$$C_2H_4(g) + 3O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 2H_2O(g)$$

**الجواب:**




$$\triangle H \text{ reaction} = -\Sigma BE_{\text{product}} + \Sigma BE_{\text{reactant}}$$

$$\triangle H \text{ reaction} = 4\,BE_{O-H} - 4\,BE_{C=O} + 3\,BE_{O=O} + 4\,BE_{C-H} + BE_{C=C}$$
$$= -4(463) - 4(724) + 3(498) + 4(415) + 1(607)$$
$$= -987\ KJ/mol$$

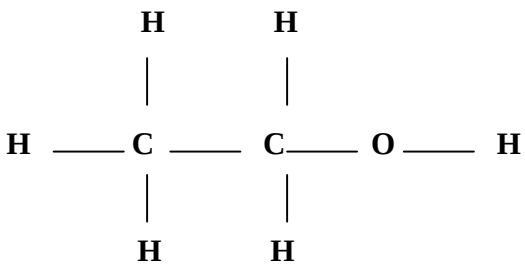
**مثال :**

**ما هي حرارة التكوين ($H_f$) لمركب الكحول الايثيلي علماً أن حرارة التبخير ($\triangle H_{vap}$) تساوي ٣٩ كيلو جول لكل مول .**

**الجواب :**

**مركب الكحول الايثيلي هو $C_2H_5OH$**

**ويمكن تركيب كالتالي :**



المعادلة التي تكون حرارة التكوين للكحول الايثيلي هي

$$(1)- \quad 2C(s) + 3H_2(g) + \tfrac{1}{2} O_2(g) \xrightarrow{\triangle H} C_2H_5OH(l)$$

$$(2)- \quad 2C(s) \longrightarrow 2C(g) \qquad 2(715\ KJ)$$

$$(3)- \quad 3H_2(g) \longrightarrow 6H(g) \qquad 6(218\ KJ)$$

$$(4)- \quad \tfrac{1}{2} O_2(g) \longrightarrow O(g) \qquad 1(249\ KJ)$$

$$(5)- \quad 2C(g) + 6H(g) + O(g) \longrightarrow C_2H_5OH(l) - 3242\ KJ$$

$$(6)- \quad C_2H_5OH(g) \longrightarrow C_2H_5OH(l) \qquad \triangle H_{con} = -39KJ$$

المعادلة رقم (5) يمكن حسا ا كالتالي :

$$\triangle H = -5BE_{C-H} - BE_{C-C} - BE_{C-O} - BE_{O-H}$$

$$= -5(415KJ) - 348KJ - 356KJ - 463KJ$$

$$= -3242\ KJ$$

عند جمع المعادلات (2),(3),(4),(5),(6) فإننا نحصل على المعادلة الأولى وهي معادلة التكوين :

$$\triangle H_f = +2(715) + 6(218) + 249 - 3242 - 39 = -294$$