الباب السادس

« الكيمياء الحرارية »

أمثلة محلولة :

مثال (١) :

كم تكون كمية الحرارة اللازمة لتسخين قطعة من النيكل وزنها ١٦٨ جم من درجة — ١٨,٦ إلى ٥٧,٢° م إذا علم أن الحرارة النوعية للنيكل ٠,١١٤٦ سعر / جم — درجة .

الحل :

الارتفاع فى درجة الحرارة يساوى ٧٥,٨ درجة مئوية .

وحيث إن وزن قطعة النيكل ١٦٨ جراماً بذلك يكون :

الحرارة اللازمة = ٠,١١٤٦ × ٧٥,٨ × ١٦٨ = ١٤٦٠ سعر .

مثال (٢) :

احسب قيمة تقريبية للحرارة النوعية لليورانيوم :

الحل :

ينص قانون ديولنج وبيتيت أن الحرارة النوعية مضروبة فى الوزن الذرى للكثير من العناصر الصلبة تساوى حوالى ٦,٣ وحيث إن الوزن الذرى لليورانيوم ٢٣٨,٠٣ فإن :

$$\text{الحرارة النوعية لليورانيوم} = \frac{٦,٣}{٢٣٨,٠٣} = ٠,٠٢٦ \text{ سعر / جم — درجة .}$$

مثال (٣) :

يلزم ٣٠,٣ سعر لانصهار ١ جرام من البنزين (C_6H_6) . احسب (ΔH) للعملية :

$$C_6H_6\ (l) \longrightarrow C_6H_6\ (s)$$

هل هناك امتصاص أو انبعاث للحرارة ؟

الحل :

(ΔH) كمية تقاس للجزىء الجرامى . والعملية الموضحة تبين تحمد البنزين السائل إلى جامد ويصحب هذه العملية انبعاث حرارة ويكون إشارة ΔH سالبة . وحيث إن الوزن الجزىء الجرامى للبنزين يزن ٧٨.١ جرام فإن :

$$(\Delta H) = - ٣٠.٣ \times ٧٨.١ \times ١٠^{-٣} = - ٢,٣٧ \text{ كيلو سعر / جزىء جرامى}$$

مثال (٤) :

احسب الحرارة المنطلقة فى تفاعل جزىء جرامى $Na^+(g)$ مع جزىء جرامى من $Cl^-(g)$ لتكوين $NaCl(s)$ من النتائج التالية :

$Na(s) + \frac{1}{2} Cl_2(g) \rightarrow NaCl(s)$; $\Delta H = - 98.23$ Kcal

$Na(s) \rightarrow Na(g)$; $\Delta H = + 25.98$ Kcal

$Na(g) \rightarrow Na^+(g) + e^-$; $\Delta H = + 120.0$ Kcal

$Cl_2(g) \rightarrow 2Cl(g)$; $\Delta H = + 58.02$ Kcal

$Cl^-(g) \rightarrow Cl(g) + e^-$; $\Delta H = + 87.3$ Kcal

الحل :

للوصول إلى المطلوب فى هذه المسألة يجب أن نحذف من هذه المعادلات جميع المواد عدا $NaCl(s)$, $Cl^-(g)$, $Na^+(g)$ باعادة ترتيب المعادلات كما يلى :

$- (Na(s) + \frac{1}{2} 2Cl(g) \rightarrow NaCl(s)$; $\Delta H = - 98.23$ Kcal)

$- (Na(s) \rightarrow Na(g)$; $\Delta H = + 25.98$ Kcal)

$- (Na(g) \rightarrow Na^+(g) + e^-$; $\Delta H = + 120.0$ Kcal)

$- \frac{1}{2} (Cl_2(g) \rightarrow 2Cl(g)$; $\Delta H = + 58.02$ Kcal)

$+ (Cl^-(g) \rightarrow Cl(g) + e^-$; $\Delta H = + 87.3$ Kcal)

بالجمع والأخذ فى الاعتبار الاشارات المبينة أمام كل معادلة نحصل على التفاعل المطلوب :

$Na^+(g) + Cl^-(g) \rightarrow NaCl(s)$; $\Delta H = - 185.9$ Kcal

أى أن الحرارة المنطلقة فى التفاعل ١٨٥.٩ كيلو سعر .

مثال (٥) :

إذا علم أن حرارة احتراق الكحول الميثيلى CH_3OH (l) هى ١٧٠.٩ كيلو سعر / جزىء

جرامى ، احسب الارتفاع فى درجة الحرارة الذى نتوقع مشاهدته عند احتراق ٣,٢٠ جرام من الكحول الميثيلى فى سعر يحتوى على ١٨,٩٤ كيلو جرام ماء عند ٢٥,٠°م بافتراض أن الحرارة لا تتسرب إلى المحيط الخارجى ؟

الحل :

الجزىء الجرامى من الكحول الميثيلى يزن ٣٢,٠٤ جرام .

الحرارة المنطلقة عند احتراق ٣,٢٠ جم من الكحول الميثيلى .

$$= ١٧٠,٩ \times \frac{٣,٢٠}{٣٢,٠٤} = ١٧.٠٩ \text{ كيلو سعر}$$

وحيث إن الحرارة النوعية للماء = ١ سعر جم$^{-١}$ درجة$^{-١}$ ، فيكون :

$$\text{الارتفاع فى درجة الحرارة الماء} = \frac{١٧٠٩٠}{١٨٩٤٠} = ٠.٩٠٢ \text{ درجة مئوية .}$$

مثال (٦) :

إذا علم أن ΔE لاحتراق الكحول الايثيلى C_2H_5OH (l) إلى $CO_2(g)$, H_2O (l) هى — ٣٢٦١٢٠ سعر / جزىء جرامى ، احسب ΔH لتفاعل الاحتراق عند ٢٥°م .

الحل :

تفاعل الاحتراق يمثل بالمعادلة :

$$C_2H_5OH\ (l) + 3O_2(g) \rightarrow 3H_2O\ (l) + 2\ CO_2\ (g)$$

ويربط العلاقة بين التغير فى المحتوى الحرارى (ΔH) والتغير فى الطاقة الداخلية (ΔE) المعادلة :

$$\Delta H = \Delta E + \Delta (PV)$$

وإذا فرض أن الغازات التى يشتمل عليها التفاعل تتبع الحالة المثالية فإن :

$$\Delta H = \Delta E + \Delta (nRT)$$
$$= \Delta E + RT\ \Delta n$$

حيث Δn ترمز إلى الفرق بين عدد الجزيئات الجرامية من نواتج التفاعل والمواد المتفاعلة الغازية ، وفى هذه الحالة : $(\Delta n) = ٢ - ٣ = - ١$

بالتعويض فى المعادلة السابقة عند ٢٥°م (٢٩٨° مطلقة) :

$$\Delta H = - 326120 - (1.987)\ (298)$$
$$= - 326120 - 592 = - 326712 \text{ cal}$$

أسئلة وتمارين إضافية :

١ – يتحد فلز x (حرارته النوعية تساوى ٠.١١٩٣ سعر / جم – درجة) مع الأكسيجين ليكون أكسيد يحتوى على ٣٢.٠ ٪ أكسيجين . (أ) اوجد الصيغة الكيميائية البسيطة للأكسيد .

(ب) احسب الوزن الذرى للفلز .

(الجواب : (أ) X_2O_3 . (ب) ٥١)

٢ – اوجد قيمة تقريبية للحرارة النوعية لكل من بلورات العناصر التالية :

(أ) S . (ب) Zn ، (حـ) Pb

(الجواب : (أ) ٠.١٩٣ . (ب) ٠.٠٩٤٩ . (حـ) ٠.٠٢٩٩ سعر / جم – درجة)

٣ – احسب الحرارة النوعية للذهب إذا علم أنه يلزم كمية من الحرارة مقدارها ٩.٩٨ سعراً كى ترتفع درجة حرارة قطعة من الذهب تزن ١٨.٦٩ جم من ١٠.٠°م إلى ٢٧.٠°م .

(الجواب : ٠.٠٣١٤ سعر / جم – درجة)

٤ – وضعت قطعة من الخارصين وزنها ١٣.٨ جم وعند ٩٩.٣°م فى كمية من الماء حجمها ١٥.٠ سم^3 وعند ٢٥.٠°م . احسب درجة الحرارة التى يصل إليها المجموعة علماً بأن الحرارة النوعية للخارصين هى ٠.٠٩٢٥ سعر / جم – درجة .

٥ – إذا علم أن الحرارة النوعية لعنصر مجهول هى ٠.٠٤٠٨ سعر / جم درجة .
ما هو الوزن الذرى للعنصر ؟

(الجواب : ١٥٠)

٦ – إذا علم أن حرارة احتراق الكبريت المعينى تساوى ٧٠.٩٦ كيلوسعر / جزىء جرامى . وأن حرارة احتراق الكبريت المنشورى تساوى ٧٠.٨٨ كيلوسعر / جزىء جرامى . احسب حرارة انتقال الكبريت المعينى إلى المنشورى .

(الجواب : ٨٠ سعر / جزىء جرامى)

٧ – يلزم ١١.٦ سعر لانصهار ١ جرام من بروميد الفضة (Ag Br) اوجد (ΔH_f) لعملية :

$$Ag\ Br(s) \rightarrow Ag\ Br\ (l)$$

هل هناك امتصاص أو انبعاث حرارة ؟

(الجواب ΔH_f = + ٢.١٨ كيلو سعر ويصحب العملية امتصاص حرارة)

٨ – إذا علم أن حرارة احتراق جامد السكروز ($C_{12}H_{22}O_{11}$) هى ١٣٤٩,٦ كيلوسعر / جزىء جرامى . كم تكون الحرارة المنطلقة فى احتراق قطعة من السكر وزنها ١٢,٠ جم ؟

(الجواب : ٤٧.٣ كيلو سعر)

٩ – وجد أن حرارة احتراق الجليكوز $C_6H_{12}O_6(s)$ هى ٣.٧٤ كيلوسعر / جم ، وحرارة احتراق الكحول الايثيلى $C_2H_5OH(l)$ هى ٧.١١ كيلو سعر / جم ، وإذا علم أن حرارة تكوين $CO_2(g)$ هى – ٩٤.٠ كيلوسعر / جزىء جرامى ، احسب الحرارة المنطلقة فى تفاعل التخمر .

$$C_6H_{12}O_6\ (s) \longrightarrow 2C_2H_5OH\ (l) + 2\ CO_2(g)$$

(الجواب : ١٨.٧ كيلوسعر)

١٠ – إذا علم أن حرارة تكوين $CO_2(g)$, $CaO(s)$, $CaCO_3\ (s)$ هى على التوالى ٢٨٨.٥ ، ١٥١.٩ ، ٩٤.١ كيلو سعر / جزىء جرامى . احسب حرارة تفكك $CaCO_3\ (s)$ إلى $CO_2(g)$, $CaO\ (s)$

(الجواب : الحرارة اللازمة للتفكك = ٤٢.٥ كيلوسعر / جزىء جرامى)

١١ – إذا علم أن حرارة احتراق غاز البروبان $C_3H_8(g)$ إلى ماء $H_2O\ (l)$ وثانى أكسيد كربون $CO_2(g)$ عند ضغط ثابت ودرجة حرارة ٢٥°م تساوى ٥٣٠٦٠٥ سعر / جزىء جرامى – احسب حرارة التفاعل عند حجم ثابت .

(الجواب : $(\triangle E)$ = – ٥٢٨٨٢٩ سعر / جزىء جرامى)

١٢ – عند تعيين حرارة التفاعل :

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

عند حجم ثابت شوهد أن كمية الحرارة المنطلقة تساوى ١٣٤٦٨ سعر / جزىء جرامى . احسب $\triangle H$ لتفاعل الاحتراق عند ٢٥°م .

(الجواب : $(\triangle H)$ = – ١٣٥٢٧٢ سعر / جزىء جرامى)

١٣ – احسب حرارة تكوين الجزىء الجرامى من $HI\ (g)$ من النتائج التالية :

(a) $HI\ (g) + aq = HI\ (aq)$; $\triangle H$ = – 19.21 K cal.

(b) $KOH\ (aq) + HI\ (aq) = KI\ (aq)$; $\triangle H$ = – 13.67 K cal.

(c) $KOH\ (aq) + HCl\ (aq) = KCl\ (aq)$; $\triangle H$ = – 13.74 K cal.

(d) Cl_2 (g) + 2 KI (aq) = 2 KCl (aq) + I_2 (s); Δ H = - 52.42 K cal.

(e) HCl (g) + aq = HCl (aq) Δ H = — 17.96 K cal.

(f) H_2(g) + Cl_2(g) = 2 HCl (g); Δ H = — 44.12 K cal.

(الجواب : (Δ H) = + ٦.٢ كيلوسعر / جزئ جرامى)

١٤ — عند احتراق ٠,٥٦٨ جرام من الآسيتون السائل فى مسعر عند حجم ثابت ارتفعت درجة حرارة المسعر بمقدار ١,٦٩°م . و إذا علم أن السعة الحرارية للمسعر بما فى ذلك العينة تساوى ١٣٤٨ سعر / درجة . احسب حرارة تفاعل الاحتراق .

(الجواب : (Δ E) = — ٢٣٣ كيلوسعر / جزىء جرامى)