

الباب الثالث الكيمياء الحرارية

الباب الثالث

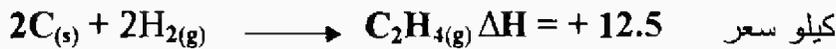
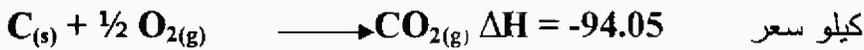
الكيمياء الحرارية

Thermochemistry

الكيمياء الحرارية هي جزء من الديناميكا الحرارية ، تهتم بدراسة التغيرات الحرارية المصاحبة للتفاعلات الكيميائية ، وكذلك إيجاد العلاقة بين حرارة التفاعل عند حجم ثابت وعند ضغط ثابت ، والتفاعلات الكيميائية تقسم إلى قسمين . القسم الأول وهو الذي يكون مصحوباً بانطلاق كمية من الحرارة ويسمى بالتفاعلات الطاردة للحرارة ، والقسم الثاني والذي يحدث بامتصاص كمية من الحرارة ويسمى بالتفاعلات الماصة للحرارة . وحرارة التفاعل هي كمية الحرارة التي تتطلق أو تمتص عندها يتفاعل عدد من الجزيئات مع بعضها لينتهي التفاعل بالنواتج والفرق بين حرارة المواد المتفاعلة وحرارة المواد الناتجة يسمى أيضاً بحرارة التفاعل ، ويرمز الي ذلك بالرمز ΔH فإذا كان التفاعل مصحوباً بامتصاص الحرارة فتكون ΔH بالموجب ، وإذا كان التفاعل مصحوباً بإطلاق الحرارة فتكون ΔH بالسالب أي

$$\Delta H = H \text{ (النواتج)} - H \text{ (المتفاعلات)}$$

وإذا كان الرمز ΔH هكذا ΔH° فهذا يدل علي أن حرارة التفاعل عند الظروف القياسية أي عند 25^o وضغط 1 جو .
وتوضح الأمثلة الآتية بعض التفاعلات الكيميائية الحرارية :



وفي التفاعلات التي تتم عند ضغط ثابت وجد أن التغير في المحتوى الحراري يعطي بالمعادلة :

$$\Delta H = \Delta E + P\Delta V$$

وثبت أن التفاعلات التي تحتوي على المواد الصلبة والسوائل يكون التغير في المحتوى الحراري عند ثبوت الضغط ΔH_p مساوياً للتغير في المحتوى الحراري عند ثبوت الحجم ΔE_p أما في التفاعلات التي تحتوي على غازات فإن

$$P \Delta V = \Delta nRT.$$

وعلي ذلك تكون معادلة التغير في المحتوى الحراري :

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

مثال 1 : إذا كانت حرارة احتراق الميثان عند حجم ثابت هي (-211.615) سعر لكل جزئ جرام عند 25° م . احسب التغير في المحتوى الحراري من المعادلة :



الحل :

حيث أن الماء الناتج في الحالة السائلة فيمكن إهمال حجمه

$$\Delta n = 1 \quad (1+2) = -2$$

$$\Delta H = \Delta E + \Delta n RT$$

$$= -211.615 + (-2) (1.987) (278)$$

$$= -212.798 \quad \text{سعر}$$

مثال 2 : عند إذابة الخارصين في حمض الكبريتيك المخفف أُنبعث 34.2 سعر لكل جرام نرة من الخارصين عند ضغط ثابت . إحسب حرارة التفاعل عند حجم ثابت ودرجة حرارة 25°م .

الحل :

التفاعل يكون كما يلي :



$$\Delta H = - 34.2 \quad \text{سعر}$$

حيث أن التغير في عدد الجزيئات هو $\Delta n = 1$. وأن النظام قد بذل شغل أي أن

$$\Delta H = < \Delta E$$

$$\Delta n RT = \text{الشغل المبذول}$$

$$\text{سعر } 586 = 298 \times 2 \times 1 \times =$$

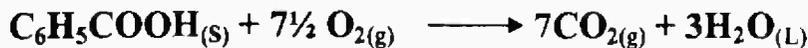
$$\Delta E = 34.2 + 0.586 = 34.786 \quad \text{سعر}$$

مثال 3 :

إحسب حرارة إحتراق حمض البنزويك عند حجم ثابت إذا كانت حرارة الإحتراق عند ضغط ثابت ونفس درجة الحرارة 25°م هي - 771.4 سعر .

الحل :

التفاعل يكون كما يلي :



$$\Delta H = \Delta E + \Delta n RT$$

$$\Delta H = \Delta E + (7 - 7\frac{1}{2}) \times 2 \times 298$$

$$\Delta H = 771.4$$

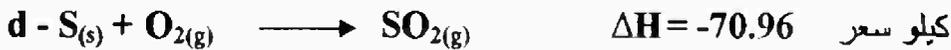
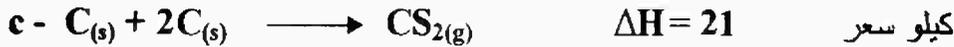
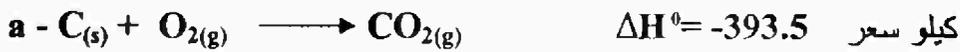
$$- 771.4 = \Delta E - 0.298$$

$$\Delta E = - 771.102 \quad \text{سعر}$$

ويلاحظ في هذا المثال أن الحرارة المنبعثة عند ضغط ثابت أكبر من الحرارة المنبعثة عند حجم ثابت نظراً للنقص الحادث في الحجم عند إجراء التفاعل عند ضغط ثابت أي أن شغلاً قد حدث في النظام ويساوي 98 سعراً تضاف قيمته إلى التغير في الطاقة الداخلية ΔE

حرارة التكوين :

هي كمية الحرارة التي تنطلق أو تمتص عند تكوين واحد مول من المركب من عناصره . وعندما تكون كلاً من المواد المتفاعلة والمواد الناتجة من التفاعل في الحالة القياسية . فإن حرارة التكوين عند ذلك يطلق عليها حرارة التكوين القياسية مثال ذلك ما يلي :



مثال 4 : أحسب الحرارة القياسية لإختزال أكسيد الحديدك بواسطة الألومنيوم كما في التفاعل التالي :



علماً بأن حرارة تكوين Fe_2O_3 هي -196.5 كيلو سعر ، وحرارة تكوين أكسيد الألومنيوم هي -399.1 كيلو سعر

الحل :

$$\Delta H^{\circ} = H^{\circ}(\text{الناتج}) - H^{\circ}(\text{المتفاعلات})$$

$$= [2 H^{\circ}\text{Fe}_{(s)} + H^{\circ}\text{Al}_2\text{O}_{3(s)}] - [2H^{\circ}\text{Al}_{(s)} + H^{\circ}\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}]$$

$$= (0 - 399.1) - (0 - 196.5) = -202.6 \text{ كيلو سعر}$$

حرارة التخفيف :

هي كمية الحرارة التي تنطلق أو تمتص عند تخفيف محلول يحتوي علي واحد مول من المذاب في كمية معينة من المذيب .
ولكن عند ذوبان واحد مول من غاز كلوريد الهيدروجين في كمية معينة من الماء ولتكن 50 مل ، فإن $\Delta H = -73$ كيلو سعر



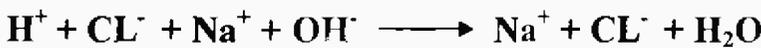
$$\Delta H = -73 \text{ كيلو سعر}$$

وعند ذوبان غاز كلوريد الهيدروجين في كمية كبيرة جداً من الماء تتكون المعادلة كما يلي :-

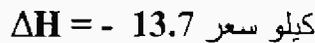
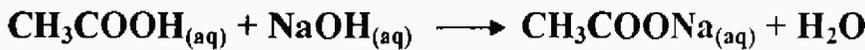
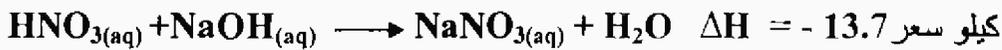


حرارة التعادل :

هي كمية التغير في المحتوي الحراري عندما يتعادل واحد جرام مكافئ من الحمض مع واحد جرام مكافئ من القاعدة في محلول مخفف وهذه الكمية تكون مقدار ثابت دائما في حالة الأحماض والقواعد القوية وتساوي 13.7 سعر لأن حرارة التعادل هي دائما في حالة الأحماض والقواعد القوية وتساوي 13.7 سعر لأن حرارة التعادل هي حرارة تكوين مول واحد من الماء كما يلي :

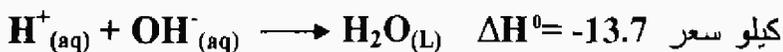


وهناك أمثلة أخرى أخرى كما في :



حرارة تكون الأيونات في المحلول :

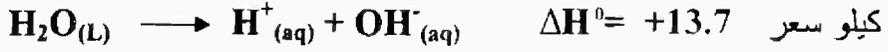
الحرارة القياسية لتكوين واحد مول من الماء من أيون الهيدروجين وأيون الهيدروكسيل تكون 13.7 كيلو سعر كما يلي :



ونحن نعلم أن حرارة التكوين القياسية للماء من عناصره هي :



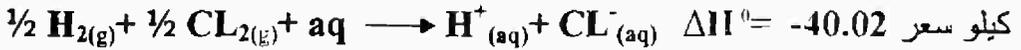
وعندما نريد الحصول علي أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيل من الماء أي يحدث تفكك لمول واحد كما يلي :



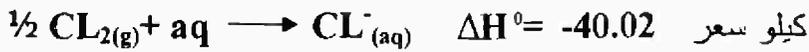
ومن المعادلتين الثانية والثالثة نجد أن الحرارة القياسية لتكوين أيونات الهيدروجين والهيدروكسيل من الماء هي كما يلي :



مثال 5 : احسب حرارة التكوين القياسية لأيون الكلور باستخدام حرارة التكوين القياسية لكلوريد الهيدروجين المائي عند 25^oم كما في التفاعل التالي :

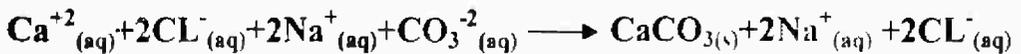


الحل :



مثال 6 : احسب التغير في المحتوي الحراري عند تخفيف ما لا نهاية لمحلول كلوريد الكالسيوم وكربونات الصوديوم حيث تم خلطهما عند الظروف القياسية إذا علمت أن حرارة التكوين القياسية لأيون الكالسيوم هي -129.8 كيلو سعر ، ولأيون الكربونات هي -161.6 كيلو سعر وجزء كربونات الكالسيوم هي 288.45 كيلو سعر .

الحل :





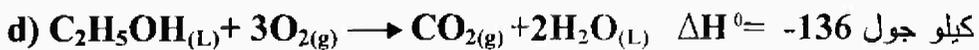
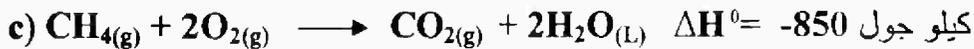
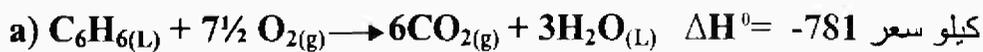
$$\Delta H^0 = H^0_{\text{CaCO}_{3(\text{s})}} - \left(H^0_{\text{Ca}^{+2}_{(\text{aq})}} + H^0_{\text{CO}_3^{-2}_{(\text{aq})}} \right)$$

$$\Delta H^0 = (-288.45) - (-129.77) + (-161.63)$$

$$= +2.95 \text{ كيلو سعر}$$

حرارة الإحتراق :

حرارة إحتراق المركب أو العنصر هي المحتوي الحراري عندما يحترق مول واحد منهما احتراقاً كاملاً في وجود الأوكسجين عند ثبات الضغط مثال ذلك :



ولحرارة الإحتراق أهمية كبيرة جداً في تقدير القيمة الحرارية للوقود والأغذية . لأنها تعتبر مقياس لجودة نوع الوقود .

اختلاف حرارة التفاعل بدرجة الحرارة :

تختلف حرارة التفاعل باختلاف درجة الحرارة ، كما نعلم أن حرارة التفاعل تحت ضغط ثابت تساوي الفرق بين حرارة المواد الناتجة وحرارة المواد المتفاعلة أي أن :

$$\Delta H = H \text{ (النواتج) } - H \text{ (المتفاعلات)}$$

وبتفاضل المعادلة السابقة بالنسبة لدرجة الحرارة عند ثبوت الضغط نجد أن :

$$\left(\frac{d(\Delta H)}{dT} \right)_P = \left(\frac{dH_P}{dT} \right)_P - \left(\frac{dH_r}{dT} \right)_P$$

ومن المعلوم أن السعة الحرارية تحت ضغط ثابت هي :

$$\left(\frac{dH}{dT} \right)_P = C_P$$

أي أن :

$$\left(\frac{d(\Delta H)}{dT} \right)_P = C_{P(\text{Prod})} - C_{P(\text{reac})} = \Delta C_P$$

وهذه المعادلة تبين معدل تغير حرارة التفاعل مع تغير درجة الحرارة بواسطة السعة الحرارية للمواد الناتجة والمواد الناتجة والمواد المتفاعلة . وتسمى معادلة كير شوف . وبإجراء تكامل لمعادلة كير شوف بين درجتَي حرارة T_1 , T_2 نجد أن :

$$\int_{\Delta H_1}^{\Delta H_2} (d \Delta H) = \Delta H_2 - \Delta H_1 = \int_{T_1}^{T_2} \Delta C_P \cdot dT$$

$$\Delta H_2 - \Delta H_1 = \Delta C_P (T_2 - T_1)$$

كما يمكن إيجاد تغير حرارة التفاعل بتغير درجة حرارة التفاعل تحت حجم ثابت أي أن :

$$\Delta E = E_2 - E_1$$

حيث E_2 , E_1 هي الطاقات الداخلية للمواد المتفاعلة والناتجة وعند إجراء تفاضل للمعادلة السابقة بالنسبة لدرجة الحرارة عند ثبوت الحجم نجد أن :

$$\left(\frac{d(\Delta E)}{dT} \right)_V = \left(\frac{dE_2}{dT} \right)_V - \left(\frac{dE_1}{dT} \right)_V$$

ونحن نعلم أن السعة الحرارية تحت حجم ثابت هي :

$$\left(\frac{dE}{dT} \right)_V = C_V$$

أي أن :

$$\left(\frac{d(\Delta E)}{dT} \right)_V = C_{V(\text{Prod})} - C_{V(\text{react})} = \Delta C_V$$

$$\therefore \int_{E_1}^{E_2} (d \Delta E) \int_{T_1}^{T_2} = \Delta C_V \cdot dT$$

$$\Delta E_2 - \Delta E_1 = \Delta C_V (T_2 - T_1)$$

مثال 7 : إذا علمت أن حرارة التفاعل عند 27°م هي - 22.1 سعر للتفاعل التالي :



إحسب حرارة التفاعل عند 77°م إذا كانت السعة الحرارية تحت ضغط ثابت

للهدروجين هي 6.82 وللكلور هي 7.7 وكلوريد الهيدروجين هي 6.8 سعر ؟

الحل :



$$\Delta C_p = C_p (\text{النواتج}) - C_p (\text{المستعاضات})$$

$$\Delta C_p = 6.8 - \left\{ \frac{1}{2}(6.82) + \frac{1}{2}(7.71) \right\} = -0.46$$

بالتعويض في معادلة كير شوف

$$\Delta H_2 - \Delta H_1 = \Delta C_p (T_2 - T_1)$$

$$\Delta H_2 = \Delta H_1 + \Delta C_p (T_2 - T_1)$$

$$= -22.1 + (-0.46 \times 50) = +45.1 \text{ سعر}$$

مثال 8 :

إذا كانت حرارة التفاعل عند 50°م . إذا كانت السعة الحرارية تحت ضغط ثابت للنيتروجين هي 6.8 وللهيدروجين هي 6.77 وللشادر هي 8.86 سعر .

الحل :



$$\Delta C_p = C_p \text{ (النواتج) } - C_p \text{ (المتفاعلات)}$$

$$\Delta C_p = (2 \times 8.86) - [6.8 + 3(6.77)]$$

$$= -9.39 \text{ كيلو سعر}$$

بالتعويض في معادلة كير شوف بالقيم السابقة :

$$\Delta H_2 = \Delta H_1 + \Delta C_p (T_2 - T_1)$$

$$= -21.976 + [23 \times (-9.39)]$$

$$= -237.946 \text{ كيلو سعر}$$

قانون هيس

ينص قانون علي أن " حرارة التفاعل مقدار ثابت مهما كانت الخطوات التي يتم بها

التفاعل أي علي خطوة واحدة أو عدة خطوات ولتوضيح ذلك نفرض أن التفاعل التالي :



حيث ΔH_1 كمية التغير في المحتوي الحراري عند حدوث التفاعل علي خطوة واحدة ولكن يمكن أن يحدث هذا التفاعل كما يلي :



ويكون التغير في المحتوي الحراري الكلي لتحول A الي B علي عدة خطوات يساوي :

$$\Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4$$

وطبقاً لقانون هيس نجد أن

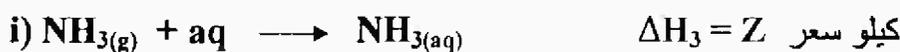
$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4$$

ولتوضيح ذلك عملياً نأخذ تحضير محلول مخفف من كلوريد الأمونيوم من تفاعل الأمونيا وكلوريد الهيدروجين بطريقتين :

الطريقة الأولى :



الطريقة الثانية :





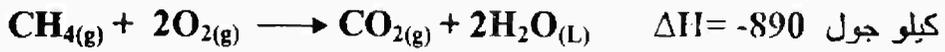
حسب قانون هيس وجد أن :



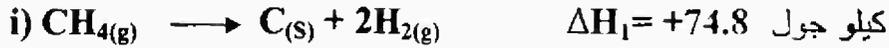
أي أن المجموع الجبري للتغير الحراري علي خطوتين يساوي تماماً المجموع الجبري للتغير الحراري علي ثلاث خطوات .

والمثال التالي لتوضيح قانون هيس عملياً هو عملية احتراق الميثان :

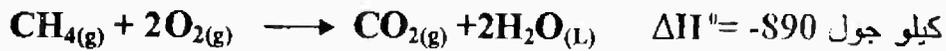
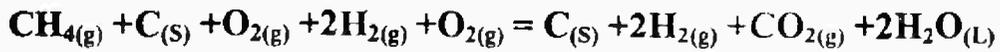
الطريقة الأولى :



الطريقة الثانية :



بجمع المعادلات الثلاث وكذلك قيم ΔH



ونلاحظ أن التغير في المحتوى الحراري في الطريقة الأولى التي تمت علي خطوة واحدة يساوي تماماً الطريقة الثانية علي ثلاث خطوات ويساوي -890 كيلو جول .

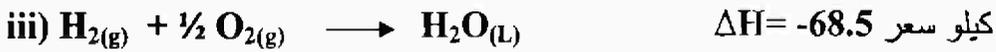
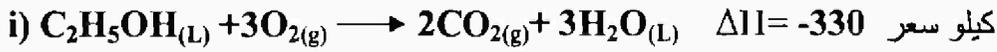
مثال 9 :

إذا كانت حرارة احتراق الكحول الإيثيلي تساوي -330 كيلو سعر فاحسب حرارة

تكوين الكحول الإيثيلي كما في المعادلة :

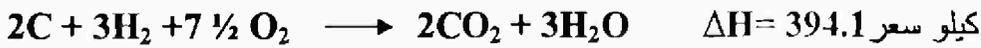


إذا علمت أن حرارة تكوين ثاني أكسيد الكربون هي 94.6 - كيلو سعر وحرارة تكوين الماء هي 68.5 - كيلو سعر مستعيناً بالمعادلات الآتية :



الحل :

بضرب المعادلة الثانية والثالثة في (3) ثم جمعها نجد أن :



وبطرح المعادلة الأولى من المعادلة السابقة نجد أن :



حرارة تكوين الكحول الإيثيلي يساوي 64.1 كيلو سعر

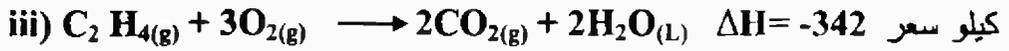
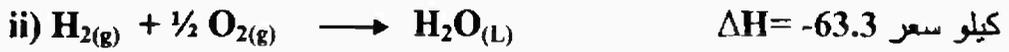
مثال 10 :

أوجد قيمة التغير في المحتوى الحراري للتفاعل الآتي



مستعيناً بالمعادلات الآتية :



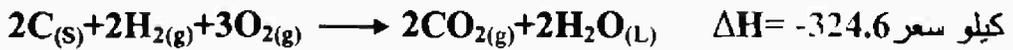


الحل :

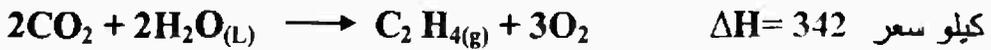
بضرب كل من المعادلة الأولى والثانية في (2) :



بالجمع نجد أن



بقرب المعادلة الثالثة في المعطيات نجد أن :



وبالطرح نحصل على



" أمثلة محلولة "

مثال 1:- أوجد حرارة التفاعل التالي عند حجم ثابت إذا تم عند 298 K وعند ثبوت الضغط والتفاعل هو :



علماً بأن التغير في المحتوى الحراري القياسي ΔH^0 يساوي -2200 KJ mol^{-1}

الحل :

يمكن التعبير عن كمية الحرارة كما يلي :

$$\Delta H^0 = \Delta E^0 + P\Delta V$$

حيث ΔH^0 ، ΔE^0 عبارة عن حرارتي التفاعل عند حجم ثابت وضغط ثابت .
وبفرض أن الغازات الموجودة في التفاعل غازات مثالية .

$$\Delta H^0 = \Delta E^0 + \Delta nRT$$

$$\Delta n = 3 - (5+1) = -3$$

وعلي ذلك فإن ΔE^0 يمكن الحصول عليها من المعادلة التالية :

$$\Delta U^0 = \Delta H^0 + \Delta nRT$$

$$-2200 \times 10^3 = \Delta E^0 + (-3) \times 8.314 \times 298$$

$$\Delta E^0 = -2196\text{ KJ mol}^{-1}$$

مثال 2 :- إذا علمت أن حرارة تكوين الميثان ، ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء هي كما يلي -76.24KJ mol^{-1} & -394.8KJ mol^{-1} & $-241.61\text{KJ mol}^{-1}$. فاحسب

ΔH° المتكونة من إحتراق متر مكعب من غاز الميثان عند درجة حرارة 273.16K وضغط واحد جو . حسب المعادلة التالية :



الحل :

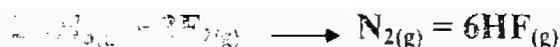
بناءً على قانون هيس فإن حرارة الإحتراق القياسية هي مجموع حرارة التكوين القياسية للمواد الناتجة ناقص مجموع حرارة التكوين القياسية للمواد المتفاعلة أي أن

$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ} &= 2 (\Delta H^{\circ}_f)_{\text{H}_2\text{O}} + (\Delta H^{\circ}_f)_{\text{CO}_2} - (\Delta H^{\circ}_f)_{\text{CH}_4} \\ &= 2 \times (-241.61) + (-394.8) - (-76.24) \\ &= -2 \times 241.61 - 394.8 + 76.24 \\ &= -801.78 \text{ KJ mol}^{-1} \end{aligned}$$

ولما كان المتر المكعب الواحد من غاز الميثان يحتوي على $1000/22.4$ مول . فإن حرارة الإحتراق القياسية للمتر المكعب الواحد لهذا الغاز تصبح :

$$(1000/22.4) \times 801.78 = 35.79 \text{ KJ mol}^{-1}$$

مثال 3 :- إذا كانت حرارة التكوين الرئيسية لغاز الأمونيا عند 298 K تساوي -46 KJ mol^{-1} ، وحرارة التكوين الرئيسية لغاز فلوريد الهيدروجين عند 298 K تساوي -271 KJ mol^{-1} فاحسب مقدار التغير في المحتوى الحراري القياسي ΔH° للتفاعل التالي :



الحل:

التغير في المحتوى الحراري القياسي = مجموع حرارة التكوين للمواد الناتجة - مجموع حرارة التكوين للمواد الداخلة .

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

$$\Delta H^{\circ} = \Delta H^{\circ}_f(\text{N}_2) + 6 \Delta H^{\circ}_f(\text{HF}) - 2 \Delta H^{\circ}_f(\text{NH}_3) - 3 \Delta H^{\circ}_f(\text{F}_2)$$

$$\Delta H^{\circ}(298\text{K}) = 0 + 6 \times (-271) - 2(-46) - 3 \times 0$$

$$\Delta H^{\circ}(298\text{K}) = -1554 \text{ KJ mol}^{-1}$$

مثال 4 :- المعادلات الآتية تمت عند 298.1K . أوجد منها مقدار حرارة التكوين لحمض النيتروز المائي وذلك عند ثبوت الضغط وعند ثبوت الحجم :



الحل:

عند جمع المعادلة 2 مع المعادلة 5 ونطرح منهما مجموع المعادلتين 1 و 4 ثم حاصل قسمة المعادلة 3 علي 2 لنحصل علي معادلة التفاعل المطلوب وهي :



$$\begin{aligned} \Delta H &= -569.2 + 19.88 - (-300.4 - 30.08 - \frac{170.8}{2}) \\ &= -569.2 + 19.88 + 423.88 = -125.44 \text{ KJ mol}^{-1} \end{aligned}$$

ثانياً عند ثبوت الضغط والحجم علي التوالي يمكن ايجاد ΔE من المعادلة :

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

$$-152.44 \times 10^3 = \Delta E + 0 - (\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + 1 + 0) 8.314 \times 298.16 .$$

$$\Delta E = -125.44 \times 10^3 + 4957.8 = -120.48 \text{ KJ mol}^{-1}$$

مثال 5 :- من التفاعل التالي



نجد أن كلوريد الإيثيل يحترق وينتج عن ذلك كمية من الحرارة مقدارها 5139.73KJ فإذا علمت أن حرارة إحتراق غاز الإيثان هي -1425.38KJ لكل مول . وحرارة تكوين غاز كلوريد الهيدروجين تساوي -87.78KJ لكل مول . وحرارة تكوين بخار الماء تساوي 241.6KJ لكل مول . فاحسب قيمة ΔH عند 398K إذا كانت ΔC_p تساوي -41.8 JK^{-1}

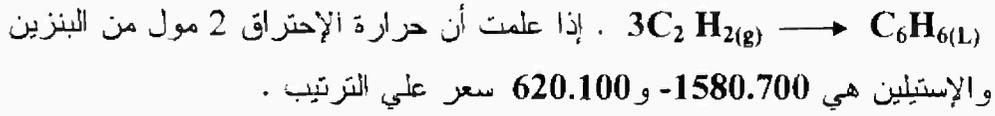
الحل :

$$\Delta H_{398} = \Delta H_{398} + \Delta C_p \times \Delta T$$

$$\Delta H_{398} = -5139.73 + (10 \times 100) / 1000$$

$$= -5140.73 \text{ KJ} .$$

مثال 6 : - إحسب حرارة التكوين للبنزين من الإستيلين عند 25°C طبقاً للمعادلة التالية :



الحل :

يمكن كتابة معادلة إحتراق كل من البنزين والإستيلين كما بالمعادلتين :



بضرب المعادلة 2 في 3 نحصل علي :



وبطرح المعادلة 3 من المعادلة 1 نحصل علي :



مثال 7 :- إحسب حرارة تكوين الميثان من عناصره إذا علمت أن حرارة إحتراق كل من الميثان والهيدروجين والكربون تساوي 211.93 & 136.42 & 96.9 كيلو سعر علي التوالي كما بالمعادلات الآتية :



الحل:

يتكون الميثان من الكربون والهيدروجين كما يلي :



ولإيجاد كمية الحرارة الناتجة من تكوين الميثان نجمع المعادلة 2 و 3 نحصل علي :



وبطرح المعادلة 1 من المعادلة 5 نحصل علي :



ومن هذه المعادلة نستنتج أن :



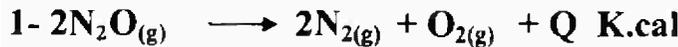
أي أن حرارة تكوين الميثان تساوي 21.45 كيلو سعر .

مثال 8:- إحسب حرارة تكوين أكسيد النيتروز N_2O من المعادلة :



علماً بأن حرارة تكوين غاز ثاني أوكسيد الكربون تساوي 94 كيلو سعر/ مول .

الحل:



وبجمع الحرارة الناتجة من المعادلتين نحصل علي التغير الكلي للتفاعل :

$$Q \text{ K.cal} + 94 \text{ K.cal} = 133 \text{ K.cal}$$

ومن هذا نستنتج أن $Q = 39 \text{ K. cal}$ وهذه الكمية تتكون من 2 مول من أكسيد النيتروز . وعلي ذلك فإن حرارة تكون أكسيد النيتروز $= -39/2 = -19.5$ كيلو سعر.

" الاسئلة "

- 1- عرف ما يلي :
- أ- حرارة التكوين
ب- حرارة التخفيف
ج- حرارة التعادل
د- حرارة تكوين الأيونات في المحلول
هـ- حرارة الإحتراق
- 2- أستنتج مع الشرح معادلة كيرشوف بين درجتى حرارة T_2 , T_1
- 3- أذكر قانون هيس مع ذكر أمثلة عليه .
- 4- إذا كانت حرارة الإحتراق لغاز أول أكسيد الكربون عند $300K$ تساوي $284.3KJ.mol^{-1}$ فما هي حرارة الإحتراق لهذا الغاز عند $600K$. إذا علمت أن السعة الحرارية لكل من أول أكسيد الكربون والأكسجين وثاني أكسيد الكربون محسوبة جميعها بالوحدات $JK^{-1} mol^{-1}$ طبقاً للمعادلات :

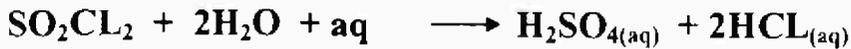
$$C_p (CO) = 27.2 + 0.0042 T$$

$$C_p (O_2) = 27.2 + 0.0042 T$$

$$C_p (CO_2) = 29.29 + 0.0297 T - 7.78 \times 10^{-6} T^2$$

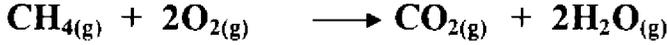
حيث T هي درجة الحرارة المطلقة

- 5- إحسب مقدار التغير في المحتوى الحراري للتفاعل التالي :



إذا علمت أن قيمة ΔH لكل من H_2O , $H_2SO_{4(aq)}$, $HCL_{(aq)}$, SO_2CL_2 هي كما يلي بالكيلو جول لكل مول : -375.7 & -164.4 & -878.6 & -286.2 علي الترتيب .

6- إحسب قيمة التغير الحراري الناتج عند إحتراق غاز الميثان طبقاً للمعادلة :



إذا علمت أن حرارة تكوين كل من ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء والميثان هي 94 كيلوسعر/مول & 57.8 كيلو سعر / مول & 17.9 كيلوسعر علي الترتيب .

7- إحسب كمية الحرارة الناتجة عند تحضير 300 جم من حمض الميثانفسفوريك من أندريد حمض الفوسفوريك P_2O_5 إذا علمت أن حرارة تكوين كل من أندريد حمض الفوسفوريك وحمض الميثانفسفوريك والماء هي 360 كيلوسعر/مول & 221.15 كيلوسعر/مول & 68.3 كيلوسعر/مول علي التوالي .