تمارين في الديناميكا الحرارية

1 J = 1 Pa.m^3
1 atm = 1,013 bar = 1,013.10^5 Pa
1 atm = 760 mmHg
1 cal = 4,18 J

التمرين - 1- :

أحسب قيم ثابت الغازات R بـ L.atm/mol.K و J/mol.K و cal/mol.K .

الجواب: R = 0,082 L.atm/mol.K = 8,31 J/mol.K = 2 cal/mol.K

التمرين - 2- :

يتمدد مول من غاز مثالي خلال تحول عكوس ثابت درجة الحرارة من الحالة **1** (298°K ، 5 atm) إلى الحالة **2** (T_2 , 1 atm)

- أحسب درجة الحرارة النهائية T_2
- التغير في الطاقة الداخلية ΔU
- العمل المنجز من طرف الغاز W
- كمية الحرارة خلال التفاعل Q
- التغير في الانطالبي ΔH

الجواب: $T_2 = T_1 = 298K$ ، W = -3985,6 J ، $\Delta U = 0$ ، Q = 3985,6 J ، $\Delta H = 0$

التمرين - 3- :

داخل كالوريمتر سعته الحرارية (C=200 J/K) نقوم بمزج 100 ml من محلول NaOH تركيزه (2 mol/L) مع 100 ml من محلول HCl تركيزه (2 mol/L) ، ارتفعت درجة الحرارة بمقدار 43°C.

إذا علمت أن السعة الحرارية للمحلول: $Cp_{solution}$ = 4180 J/Kg.K ; HCl = 36,5 g.mol^{-1} ; NaOH = 40 g.mol^{-1}

- أحسب:
  - الكتلة الإجمالية للمتفاعلات
  - الطاقة المحررة خلال التفاعل
  - الطاقة المحررة بالنسبة لمول من كل متفاعل

الجواب: m = 0,0153 Kg ، Q = 11350 J ، Q' = 56750 J/mol

التمرين - 4- :

داخل كالوريمتر سعته الحرارية (C=200 J/K) يحتوي على 200 g من الماء عند الدرجة 18 °C نضع قطعة من النحاس كتلتها m = 100 g عند الدرجة 80°C.

إذا علمت أن السعة الحرارية للماء: Cp_{eau} = 4180 J/Kg.K و درجة حرارة التوازن 20,2 °C

- أحسب السعة الحرارية لمعدن النحاس Cu

الجواب: $Cp_{cuivre} = 381\ J.Kg^{-1}.K^{-1}$

التمرين - 5- :

1. يحتوي كالوريمتر على 500 g من الماء عند الدرجة 19 °C ، نضيف كمية من الماء كتلتها m = 150 g عند الدرجة 25,7°C فأصبحت درجة حرارة التوازن 20,5 °C ، السعة الحرارية للماء: Cp_{eau} = 4180 J/Kg.K

- أحسب السعة الحرارية للكالوريمتر،

الجواب: $C_{calorimrte} = 83,3\ J.K^{-1}$

2. في نفس الكالوريمتر الذي يحتوي الآن على 750 g من الماء عند الدرجة 19°C نمرر قطعة من النحاس كتلتها m = 550 g عند الدرجة 92°C فأصبحت درجة حرارة النهائية 23,5°C.

أحسب السعة الحرارية الكتلية للنحاس

الجواب: $Cp_{cuivre} = 384,4\ J.kg^{-1}.K^{-1}$

3. ما هي كمية مشروب الصودا اللازم تبريدها من 30°C إلى 10°C باستعمال كتلة من الجليد m = 25 g درجة حرارتها 0 °C .

$Cp_{soda} = 4180\ J.K^{-1}.kg^{-1}$; $L_{f\,(glace)} = 335\ kJ.kg^{-1}$

الجواب: $m_{soda} = 112,7\ g$

التمـــــرين - 6- :

تمثل المعادلة التالية احتراق الميثانول:

$$CH_3OH_{(l)} + 3/2\ O_{2\,(g)} \Longrightarrow CO_{2\,(g)} + 2\ H_2O_{(g)}$$

أحسب أنطالبي الاحتراق للميثانول باستعمال المعادلات الثلاثة التالية:

$$C_{(s)} + 2\ H_{2\,(g)} + 1/2\ O_{2\,(g)} \Longrightarrow CH_3OH_{(l)} \quad \Delta H°_1 = +\ 638,8\ kJ$$
$$C_{(s)} + O_{2\,(g)} \Longrightarrow CO_{2\,(g)} \quad \Delta H°_2 = -\ 393,5\ kJ$$
$$H_{2\,(g)} + 1/2\ O_{2\,(g)} \Longrightarrow H_2O_{(g)} \quad \Delta H°_3 = -\ 241,8\ kJ$$

الجواب: $\Delta H_r = -1515,9\ kJ/mol$

التمـــــرين - 7- :

أحسب كمية الحرارة اللازمة لتبخر الماء السائل:

$$H_2O_{(l)} \Longrightarrow H_2O_{(g)}$$

تعطى المعادلات التالية:

$$2\ H_{2\,(g)} + O_{2\,(g)} \Longrightarrow 2\ H_2O_{(g)} \quad \Delta H_1 = -\ 241,8\ kJ/mol\ de\ H_2O_{(g)}$$
$$2\ H_{2\,(g)} + O_{2\,(g)} \Longrightarrow 2\ H_2O_{(l)} \quad \Delta H_2 = -\ 285,9\ kJ/mol\ de\ H_2O_{(l)}$$

الجواب: $\Delta H_r = +\ 44,1\ kJ/mol$

التمـــــرين - 8- :

1. أكتب معادلة احتراق مول من البروبان (المتفاعلات و النواتج تكون في الحالة الغازية)
2. أحسب أنطالبي الاحتراق للبروبان باستعمال المعادلات الثلاثة التالية:

$$3\ C_{(s)} + 4\ H_{2\,(g)} \Longrightarrow C_3H_{8\,(g)} \quad \Delta H°_1 = -103,8\ kJ/mol\ de\ C_3H_8$$
$$C_{(s)} + O_{2\,(g)} \Longrightarrow CO_{2\,(g)} \quad \Delta H°_2 = -393,5\ kJ/mol\ de\ CO_2$$
$$H_{2\,(g)} + 1/2\ O_{2\,(g)} \Longrightarrow H_2O_{(g)} \quad \Delta H°_3 = -241,8\ kJ/mol\ de\ H_2O$$

الجواب: $\Delta H°_r = -2043,9\ kJ/mol$

التمـــــرين - 9- :

أحسب أنطالبي التشكل لحمض الكبريت باستعمال المعادلات الثلاثة التالية:

$SO_{3\,(g)} + H_2O_{(l)} \Longrightarrow H_2SO_{4\,(l)}$	$\Delta H°_1 = -80$ kJ/mol
$S_{(s)} + 3/2\ O_{2\,(g)} \Longrightarrow SO_{3\,(g)}$	$\Delta H°_2 = -395$ kJ/mol
$H_{2\,(g)} + O_{2\,(g)} \Longrightarrow H_2O_{(l)}$	$\Delta H°_3 = -286$ kJ/mol

الجواب: $\Delta H_r = -761$ kJ/mol kJ/mol

التمـــــرين - 10- :

الأكروليين $CH_2=CH-CHO$ سائل في الشروط العادية

1. أحسب الأنطالبي المعياري لتشكل الأكروليين باستعمال أنطالبي الاحتراق
2. أحسب الأنطالبي المعياري لتشكل الأكروليين باستعمال طاقات الربط

معطيات:

liaison	H-H	O=O	C=O	C-H	C=C	C-C
E (kJ/mol)	– 435	– 498	– 720 et – 804 à CO_2	– 415	– 620	– 340

- أنطالبي احتراق الأكروليين: $\Delta H°_r = -1630$ kJ/mol
- أنطالبي تشكل الماء: $\Delta H°_f\,(H_2O_{liq}) = -285{,}3$ kJ/mol
- أنطالبي تشكل غاز الفحم: $\Delta H°_f(CO_{2\ gaz}) = -393{,}5$ kJ/mol
- أنطالبي التصعيد للفحم الصلب: $\Delta H°_{sub}\,(C_{(S)}) = 716{,}7$ kJ/mol
- أنطالبي تبخر الأكروليين: $\Delta H°_{vap}\,(C_3H_4O_{liq}) = 20{,}9$ kJ/mol

الجواب: $\Delta H_f\,(C_3H_4O_{liq}) = -121$ kJ/mol ، $\Delta H_f\,(C_3H_4O_{liq}) = -91{,}8$ kJ/mol

---

التمـــــرين - 11- :

أحسب الأنطالبي المعيارية $\Delta H°_{r,298K}$ للتفاعل التالي:

$$CO_{(g)} + 3\ H_{2\,(g)} \Longrightarrow CH_{4\,(g)} + H_2O_{(g)}$$

1. استنتج قيمة الطاقة الداخلية ΔU للتفاعل
2. هل هذا التفاعل ماص للحرارة أم ناشر للحرارة

تعطى الأنطالبي القياسية لتفاعل احتراق CO و H_2 و CH_4

$CO_{(g)} + 1/2O_{2\,(g)} \rightarrow CO_{2\,(g)}$	$\Delta H°_{r,298K\,(1)} = -283$ kJ
$H_{2\,(g)} + 1/2O_{2\,(g)} \rightarrow H_2O_{(g)}$	$\Delta H°_{r,\,298K\,(2)} = -241,8$ kJ
$CH_{4\,(g)} + 2O_{2\,(g)} \rightarrow CO_{2\,(g)} + 2H_2O_{(g)}$	$\Delta H°_{r,\,298K\,(3)} = -803,2$ kJ

الجواب: $\Delta H°_{r,298} = -205{,}2$ kJ ، $\Delta U°_{r,298} = -200{,}24$ kJ

التمـــــرين - 12 - :

أحسب أنطالبي الاحتراق $\Delta H°_{r,298K}$ لحمض الأكساليك الصلب $(C_2H_2O_4\ ,\ s)$ عند الدرجة 25°C الضغط الجوي تعطى:

$\Delta H°_{f,298K}\ (C_2H_2O_4,\ s) = -1822{,}2\ kJ.mol^{-1}$

$\Delta H°_{f,\ 298K}\ (CO_2,\ g\ ) = -393\ kJ.mol^{-1}$

$\Delta H°_{f,\ 298K}\ (H_2O,\ l\ ) = -285{,}2\ kJ.mol^{-1}$

الجواب: $\Delta H_{r°298} = 751\ kJ/mol$

التمـــــرين - 13 - :

لنعتبر احتراق الإيثان $C_2H_{6\ (g)}$ عند الدرجة 25°C و الضغط الجوي:

$$C_2H_{6\ (g)} + 7/2O_{2\ (g)} \Longrightarrow 2CO_{2\ (g)} + 3H_2O_{\ (l)} \quad \Delta H°_{r,298} = -373{,}8\ kcal$$

استنتج الحرارة المولية المعيارية لتشكل الإيثان الغازي $\Delta H°_{f,298}\ (C_2H_6,\ g)$

تعطى:

$$C_{\ (graphite)} + O_{2\ (g)} \rightarrow CO_{2\ (g)} \quad \Delta H°_{r,298\ (1)} = -94{,}05\ kcal$$

$$H_{2\ (g)} + 1/2O_{2\ (g)} \rightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H°_{r,\ 298\ (2)} = -68{,}3\ kcal$$

الجواب: $\Delta H_{f°298}\ (C_2H_6,\ g) = -19{,}2\ kcal.mol^{-1}$

التمـــــرين - 14 - :

إليك التفاعل التالي:

$$N_{2\ (g)} + 3\ H_{2\ (g)} \rightarrow 2NH_{3\ (g)} \quad \Delta H°_{r,298} = -22{,}08\ kcal$$

1. أحسب بدلالة درجة الحرارة T أنطالبي التفاعل إذا علمت أن السعة الحرارية لكل فرد كيميائي تكون بالعلاقة التالية:

$Cp\ (N_2,g) = 6{,}85 + 0{,}28.10^{-3}\ T$
$Cp\ (NH_3,g) = 5{,}72 + 8{,}96.10^{-3}\ T$
$Cp\ (H_2,g) = 6{,}65 + 0{,}52.10^{-3}\ T$

تعطى السعة الحرارية للمركبات التالية:
نفرض بأنه لا يوجد تحول للمادة خلال مجال الحرارة.

الجواب $\Delta H°_T = -18{,}22 - 15{,}36\ .10^{-3}\ T + 8{,}04.10^{-6}\ T^2\ \ kcal.$

التمـــــرين - 15 - :

الجزئين 1 و 2 مستقلين عن بعضهما البعض

1. لنعتبرالتفاعل التالي: $SO_{2(g)} + 1/2O_{2(g)} \rightarrow SO_{3(g)}$ - إذا علمت أن:

$S_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow SO_{2(g)} \quad \Delta H°_{298K} = -70{,}96\ kcal/mol$

$S_{(s)} + 3/2O_{2(g)} \rightarrow SO_{3(g)} \quad \Delta H°_{298K} = -94{,}48\ kcal/mol$

أ) أرسم المخطط الموافق للتفاعل السابق مع توضيح الحالة الابتدائية و الحالة النهائية.
ب) أحسب $\Delta H°_{r\ 298K}$ للتفاعل السابق

2. أحسب تغير الطاقة الداخلية لتفكك 1 mol من كربونات الكالسيوم عند 0°C $CaCO_{3\ (S)} \rightarrow CaO_{\ (S)} + CO_{2\ (g)}$

يعطى جدول أنطالبيات تشكل المركبات التالية:

المركب	$CaCO_3$	CO_2	CaO
$\Delta H°_f$ (Kcal)	- 270	- 94,3	- 152

ثابت الغازات المثالية: $R = 2\ cal/mol$

الجواب: $\Delta H°_{298} = -23{,}52\ Kcal/mol$; $\Delta U = -23{,}15\ Kcal$

التمـــــرين - 16- :

ليكن تفاعل احتراق الايثيلين :

$$C_2H_{4(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \quad \Delta H°_{r,298} = -1387,8\ kJ/mol$$

باستعمال أنطالبيات التشكل و التصعيد للمركبات التالية:

$\Delta H°_{sub\ (C,\ s)} = 171,2\ kcal.mol^{-1}$
$\Delta H°_{f,298\ (CO2\ ,g)} = -393\ kJ.mol^{-1}$
$\Delta H°_{f,298\ (H2O\ ,l)} = -284,2\ kJ.mol^{-1}$

1. أحسب أنطالبي التشكل للايثيلين الغازي
2. أحسب طاقة الربط لـ C=C في الايثيلين C_2H_4

تعطى أنطالبيات طاقات الربط في الجدول التالي:

Liaison	H-H	C-H	C-C
E ($kJ.mol^{-1}$)	- 434,7	- 413,8	- 263,3

الجواب: $E_{(C=C)} = -611,8\ kJ.mol^{-1}$; $\Delta H°_{f,298}\ (C_2H_4\ ,g) = 33,6\ kJ.mol^{-1}$

التمـــــرين - 17- :

1. أحسب الأنطالبي المعيارية لتشكل الأوكتان الغازي عند 298 K.
2. أحسب الأنطالبي المعيارية لاحتراق الأوكتان الغازي، هل التفاعل ماص أم ناشر للحرارة.

معطيات:

$\Delta H°_{d\ (H-H)} = 436\ kJ/mol$; $\Delta H°_{sub\ (Cs)} = 717,6\ kJ/mol$

Liaison	C-H	C-C
E ($kJ.mol^{-1}$)	-415	-345

المركب	$H_2O_{(g)}$	$CO_{2\ (g)}$
$\Delta H°_f$ (kJ/mol)	-241,83	-393,5

الجواب: $\Delta H_r°_{\ comb} = -5093,2\ kJ/mol$; $\Delta H_f°\ (C_8H_{18}) = -227,4\ kJ/mol$

التمـــرين 18:

- أحسب الأنطالبي القياسية لتشكل 1 مول من حمض اللاكتيك $CH_3\text{-}CHOH\text{-}COOH$ علما بان إحراق 18g من هذا الحمض ينشر 272,54 Kj عند الدرجة 25°C و الضغط الجوي.

يعطى:

$$C_{(s)} + O_{2\ (g)} \Longrightarrow CO_{2\ (g)} \quad \Delta H°_1 = -397,31\ kJ/mol$$
$$H_{2\ (g)} + 1/2\ O_{2\ (g)} \Longrightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H°_2 = -285,83\ kJ/mol$$

الجواب: $\Delta H_f°\ (C_3H_6O_3) = -686,72\ kJ/mol$

التمرين 19:

1. الجدول التالي يبين طاقات الربط عند درجة حرارة 298K

الرابطة	E_{C-C}	E_{C-H}	$E_{C=C}$	E_{C-O}	E_{O-H}
E (kJ/mol)	- 342,5	- 412,3	- 612,8	- 356,0	- 426,6

أحسب الأنطالبي القياسي للتفاعل التالي: $C_2H_5OH_{(g)} \Longrightarrow CH_2=CH_{2(g)} + H_2O_{(g)}$ $\Delta H°_{r,298} = ?$

2. أحسب طاقة الرابطة C-F للتفاعل التالي: $CH_{4(g)} + 4F_{2(g)} \Longrightarrow CF_{4(g)} + 4HF_{(g)}$ $\Delta H°_{r,298} = -1923$ kJ/mol

تعطى قيم طاقات الربط في الجدول التالي:

الرابطة	E_{C-H}	E_{H-F}	E_{F-F}
E (kJ/mol)	- 412,6	- 562,6	- 153,0

ملاحظة: طاقة الربط E تساوي طاقة التفكك $\Delta H_d°$ لكن مختلفتين في الإشارة $E = -\Delta H_d°$

الجواب: $E_{C-F} = -481,5$ kJ/mol ; $\Delta H°_{r,298} = 71,4$ kJ/mol

---

التمرين 20:

1. أحسب قيمة التغير في الأنطالبي المعياري عند 298K للتفاعل التالي: $2Na_2O_{2(s)} \Longrightarrow 2Na_2O_{(s)} + O_{2(g)}$ $\Delta H°_{r,298} = ?$

يعطى:

$\Delta H°_f(Na_2O_{2(s)}) = -513,2$ kJ.mol^{-1}
$\Delta H°_f(Na_2O_{(s)}) = -418,0$ kJ.mol^{-1}

الجواب $\Delta H°_{r,298} = 190,4$ kJ/mol

التمرين 21:

1. أحسب الأنطالبي المعياري لتشكل H_2O_2 انطلاقا من التفاعلات التالية:

$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \Longrightarrow 2H_2O_{(l)}$ $\Delta H°_1 = -136,8$ kcal/mol

$H_2O_{2(g)} \Longrightarrow H_2O_{(l)} + ½\ O_{2(g)}$ $\Delta H°_2 = -23,83$ kcal/mol

2. إذا علمت أن حرارة التشكل النظامية للماء السائل عند الدرجة 25°C تساوي $\Delta H°_{f,298} = -68,3$ kcal/mol ، أحسب حرارة التشكل عند 100°C.

يعطى: $Cp_{H2} = 6,89$ cal/mol ; $Cp_{O2} = 6,97$ cal/mol ; $Cp_{H2O} = 18$ cal/mol

الجواب $\Delta H°_{f,373K} = -67,156$ kcal/mol ; $\Delta H°_{f,H2O2} = -44,57$ kcal/mol

---

حلول سلسلة التمارين في الديناميكا الحرارية

التمـــــرين - 1- :

PV = nRT : n = 1mol , T = 273K , P = 1atm = 1,013 bar = $1,013.10^5$ Pa , V = 22,4 L

PV = nRT => R = PV/nRT => R = $1,013.10^5$ Pa . $22,4.10^{-3}m^3$ / 1mol . 273K = **8,31 J/mol.K** (1J= 1Pa. m^3)

PV = nRT => R = PV/nRT => R = 1atm . 22,4L / 1mol . 273K = **0,082 L.atm/mol.K**

R = 8,31 J/mol.K et (1cal= 4,18 joul) => R = 8,31/4,18 = **2 cal/mol.K**

****

التمـــــرين - 2- :

1) T= Cste => $T_2 = T_1$ = **298 K**

2) $\Delta U = n.C_v.\Delta T$ et ($\Delta T = 0$) => **$\Delta U = 0$**

3) W = - intégrl PdV et T= Cste => $W = nRT.\ln(P_2/P_1)$ => $W = 1mol.8,31.298.\ln(1/5)$ = **-3985,6 J**

4) $\Delta U = W + Q$, $\Delta U = 0$ => Q = -W = **3985,6 J**

5) $\Delta H = n.C_p.\Delta T$ et ($\Delta T = 0$) => **$\Delta H = 0$**

****

التمـــــرين - 3- :

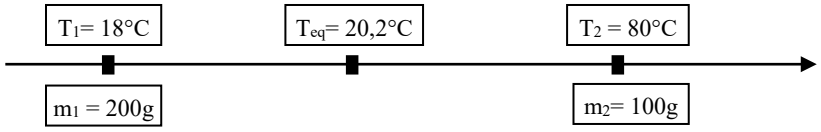
1) $m = m_{HCl} + m_{NaOH}$ = 0,1.2.36,5 + 0,1.2.40 = 15,3 g = **0,0153 kg**

2) $Q = (m.Cp_{solution} + C_{calorimtr}).\Delta T$ = (0,0153kg . 4180J/Kg.K + 200 J/K) . (43K) = **11350 J**

3) $n_{HCl} = n_{NaOH}$ = 0,1.2 = 0,2 mol => Q' = Q/0,2 = 11350/0,2 = **56750 J**

****

التمـــــرين - 4- :



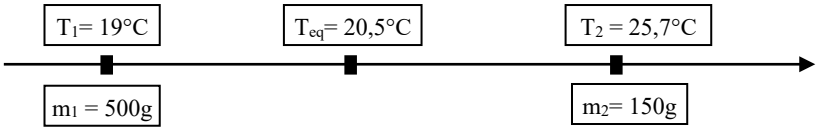
$Q_{\text{المكتسبة}} = Q_{\text{المحررة}}$ => $(m_1.Cp_{eau} + C_{calorimtr}).\Delta T_1 = m_2.\mathbf{Cp_{cuivre}}.\Delta T_2$

=> $(m_1.Cp_{eau} + C_{calorimtr}).(T_{eq} - T_1) = m_2.\mathbf{Cp_{cuivre}}.(T_2 - T_{eq})$

=> (0,2kg.4180J/kg.K + 200J/K).(293,2K – 291K) = (0,1kg.$\mathbf{Cp_{cuivre}}$).(353K – 293,2K) => Cp_{cuivre} = **381 $J.Kg^{-1}.K^{-1}$**

التمـــــرين - 5- :

.1

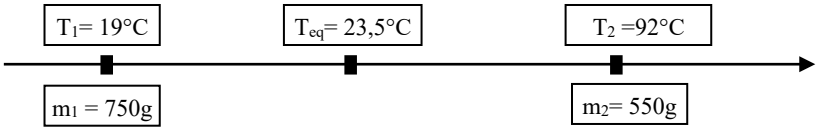


$Q_{\text{المكتسبة}} = Q_{\text{المحررة}} \Rightarrow (m_1.Cp_{eau} + \mathbf{C_{calorimtr}}).\Delta T_1 = m_2.Cp_{eau}.\Delta T_2 \Rightarrow (m_1.Cp_{eau} + C_{calorimtr}).(T_{eq} - T_1) = m_2.Cp_{eau}.(T_2 - T_{eq})$

$\Rightarrow$ (0,5kg.4180J/kg.K + $\mathbf{C_{calorimtr}}$).(293,5K – 292K) = (0,15kg. 4180J/kg.K).(298,7K – 293,5K)

$\Rightarrow C_{calorimrte} = \mathbf{83,3\ J.K^{-1}}$

.2

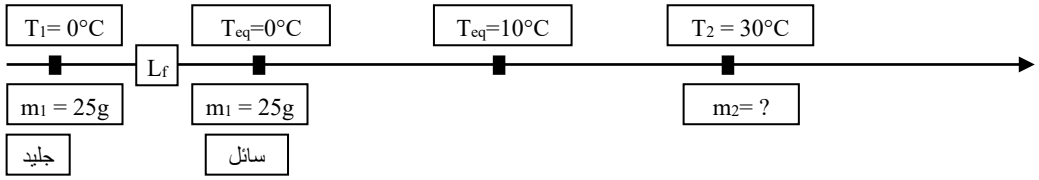


$Q_{\text{المكتسبة}} = Q_{\text{المحررة}} \Rightarrow (m_1.Cp_{eau} + C_{calorimtr}).\Delta T_1 = m_2.Cp_{cuivre}.\Delta T_2 \Rightarrow (m_1.Cp_{eau} + C_{calorimtr}).(T_{eq} - T_1) = m_2.Cp_{cuivre}.(T_2 - T_{eq})$

$\Rightarrow$ (0,75kg.4180J/kg.K + 83,3J/K).(296,5K – 292K) = (0,55kg.$\mathbf{Cp_{cuivre}}$).(365K – 296,5K)

$\Rightarrow Cp_{cuivre} = \mathbf{384,4\ J.Kg^{-1}.K^{-1}}$

.3



$Q_{\text{المكتسبة}} = Q_{\text{المحررة}} \Rightarrow m_1.L_f + m_1.Cp_{eau}.(T_{eq} - T_1) = m_{soda}.Cp_{soda}.(T_2 - T_{eq})$

$\Rightarrow$ 0,025kg.335.10^{+3} J/kg + 0,025kg.4180J/kg.K.(283K – 273K) = m_{soda}. 4180J/kg.K . (303K – 283K)

$\Rightarrow m_{soda} = \mathbf{112,7\ g}$

****

التمـــــرين - 6- :

$C_{(s)}$ +	$2\ H_{2(g)} + 1/2\ O_{2(g)}$	==>	$CH_3OH_{(l)}$	$\Delta H°_1 = +\ 638,8$ kJ
$C_{(s)}$ +	$O_{2(g)}$	==>	$CO_{2(g)}$	$\Delta H°_2 = -\ 393,5$ kJ
$H_{2(g)}$ +	$1/2\ O_{2(g)}$	==>	$H_2O_{(g)}$	$\Delta H°_3 = -\ 241,8$ kJ

$CH_3OH_{(l)} + 3/2\ O_{2(g)} \Rightarrow CO_{2(g)} + 2\ H_2O_{(g)} \quad \Delta°H_r$

$\Delta H°_r = \Delta H°_{f(CO2)} + 2\Delta H°_{f(H2O)} - \Delta H°_{f(CH3OH)} - 3/2\Delta H°_{f(O2)} = \Delta H°_2 + 2\Delta H°_3 - \Delta H°_1 = \mathbf{-1515,9\ kJ/mol}$

****

التمـــــرين - 7- :

$\Delta H°_r = \Delta H°_1 - \Delta H°_2 = -\ 241,8 - (-\ 285,9) \Rightarrow \Delta H°_r = \mathbf{+\ 44,1\ kJ/mol}$

التمـــرين -8- :

$$C_3H_{8\,(g)} + 5O_{2\,(g)} \rightarrow 3CO_{2\,(g)} + 4H_2O_{(g)}$$

$3\,C_{(s)} + 4\,H_{2\,(g)} \Longrightarrow C_3H_{8\,(g)}$ $\quad \Delta H°_1 = -103{,}8$ kJ/mol de C_3H_8

$C_{(s)} + O_{2\,(g)} \Longrightarrow CO_{2\,(g)}$ $\quad \Delta H°_2 = -393{,}5$ kJ/mol de CO_2

$H_{2\,(g)} + 1/2\,O_{2\,(g)} \Longrightarrow H_2O_{(g)}$ $\quad \Delta H°_3 = -241{,}8$ kJ/mol de H_2O

$C_3H_{8\,(g)} + 5O_{2\,(g)} \rightarrow 3CO_{2\,(g)} + 4H_2O_{(g)}$ $\quad \Delta H°_r = 3\Delta H°_2 + 4\Delta H°_3 - \Delta H°_1 \Rightarrow \Delta H°_r =$ **-2043,9 kJ/mol**

****

التمـــرين -9- :

$SO_{3\,(g)} + H_2O_{(l)} \Longrightarrow H_2SO_{4\,(l)}$ $\quad \Delta H°_1 = -80$ kJ/mol

$S_{(s)} + 3/2\,O_{2\,(g)} \Longrightarrow SO_{3\,(g)}$ $\quad \Delta H°_2 = -395$ kJ/mol

$H_{2\,(g)} + O_{2\,(g)} \Longrightarrow H_2O_{(l)}$ $\quad \Delta H°_3 = -286$ kJ/mol

$\Delta H°_1 = \Delta H°_{f\,(H2SO4)} - \Delta H°_2 - \Delta H°_3 \Rightarrow \Delta H°_{f(H2SO4)} = \Delta H°_1 + \Delta H°_2 + \Delta H°_3 =$ **- 761 kJ/mol**

****

التمـــرين -10- :

$$C_3H_4O_{(l)} + 7/2O_{2\,(g)} \rightarrow 3CO_{2\,(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

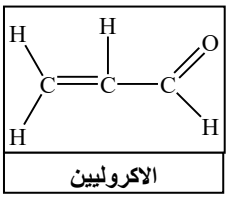
1) $\Delta H°_{r(C3H4O)\,liq} = 3\Delta H°_{f\,(CO2)} + 2\Delta H°_{f\,(H2O)} - \mathbf{\Delta H°_{f\,(C3H4O)}} - 7/2/2\Delta H°_{f\,(O2)} \Rightarrow \Delta H_{f\,(C3H4O)\,liq} =$ **- 121,1 kJ/mol**

2)

$3Cs + 2H_{2\,(g)} + 1/2O_{2\,(g)} \Rightarrow C_3H_4O_{(l)}$ $\quad \Delta H°_{f\,(C3H4O)\,liq}$

$3\Delta H°_{d\,(Cs)}$ $\quad 2\Delta H°_{d\,(H\text{-}H)}$ $\quad 1/2\Delta H°_{d\,(O=O)}$ $\quad -\Delta H°_{vap\,(C3H4O)\,liq}$

$3C_g + 4H_{(g)} + O_{(g)} \Rightarrow C_3H_4O_{(g)}$ $\quad \Delta H°_{f\,(C3H4O)\,g}$



الاكروليين

$\Delta H_{f\,(C3H4O)\,liq} = 3\Delta H°_{sub\,(Cs)} + 2\Delta H°_{d\,(H\text{-}H)} + 1/2\Delta H°_{d\,(O=O)} + \Delta H_{f\,(C3H4O)\,g} - \Delta H_{vap\,(C3H4O)\,liq}$

$\Delta H°_d = -E \Rightarrow \Delta H_{f\,(C3H4O)\,liq} = 3\Delta H°_{sub\,(Cs)} - 2E_{(H\text{-}H)} - 1/2E_{(O=O)} + \Delta H_{f\,(C3H4O)\,g} - \Delta H_{vap\,(C3H4O)\,liq}$

$\Delta H_{f\,(C3H4O)\,g} = E_{C=C} + E_{C\text{-}C} + 4E_{C\text{-}H} + E_{C=O} = -3340$ kJ/mol $\Rightarrow \Delta H_{f\,(C3H4O)\,liq} =$ **- 91,8 kJ/mol**

****

التمـــرين - 11- :

$CO_{(g)} + 1/2O_{2\,(g)} \rightarrow CO_{2\,(g)}$ $\quad \Delta H°_{r,298K\,(1)} = -283$ kJ

$H_{2\,(g)} + 1/2O_{2\,(g)} \rightarrow H_2O_{(g)}$ $\quad \Delta H°_{r,\,298K\,(2)} = -241,8$ kJ

$CH_{4\,(g)} + 2O_{2\,(g)} \rightarrow CO_{2\,(g)} + 2H_2O_{(g)}$ $\quad \Delta H°_{r,\,298K\,(3)} = -803,2$ kJ

$CO_{(g)} + 3\,H_{2\,(g)} \Longrightarrow CH_{4\,(g)} + H_2O_{(g)}$ $\quad \Delta H°_{r,298K} = \Delta H°_{r,298K\,(1)} + 3\,\Delta H°_{r,\,298K\,(2)} - \Delta H°_{r,\,298K\,(3)}$

$\Rightarrow \Delta H°_{r,298K} =$ **-205,2 kJ**

$\Delta U°_{r,298K} = \Delta H°_{r,298K} - \Delta n_g.RT$, $\Delta n_g = (1+1) - (3+1) = -2 \Rightarrow \Delta U°_{r,298K} = -205{,}2 - (-2)(8{,}31.10^{-3}).(298)$

$\Rightarrow \Delta U°_{r,298K} =$ **-200,24 kJ**

$\Delta H°_{r,298K} =$ **-205,2 kJ < 0 => réaction exothermique (تفاعل ناشر للحرارة)**

التمـــــرين - 12 :

$C_2H_2O_4\ (s) + 1/2\ O_2\ (g) \rightarrow 2\ CO_2\ (g) + H_2O\ (l)$ à 298K

$\Delta H°_r = n_i.\Delta H°_f\ (produits) - n_j.\Delta H°_f\ (réactifs)$ بتطبيق قانون هس

$\Delta H°_{r\ (C2H2O4,\ s)} = 2\Delta H°_{f\ (CO2,\ g)} + \Delta H°_{f\ (H2O,\ l)} - \Delta H°_{f\ (C2H2O4,\ s)} - 1/2\ \Delta H°_{f\ (O2\ (g))}$

$\Rightarrow \Delta H°_{r\ (C2H2O4,\ s)} =$ **751 kJ.mol^{-1}**

****

التمـــــرين - 13 :

$C_2H_6\ (g) + 7/2O_2\ (g) \Longrightarrow 2CO_2\ (g) + 3H_2O\ (l)$ $\Delta H°_{r,298} = -373,8$ kcal

$\Delta H°_r = n_i.\Delta H°_f\ (produits) - n_j.\Delta H°_f\ (réactifs)$ بتطبيق قانون هس

$\Delta H°_{r\ (C2H6\ (g))} = 2\Delta H°_{f\ (CO2,\ g)} + 3\Delta H°_{f\ (H2O,\ l)} - \Delta H°_{f\ (C2H6(\ g))} - 7/2\ \Delta H°_{f\ (O2\ (g))}$

$\Rightarrow \Delta H°_{f\ (C2H6(\ g))} = 2\Delta H°_{f\ (CO2,\ g)} + 3\Delta H°_{f\ (H2O,\ l)} - \Delta H°_{r\ (C2H6\ (g))} =$ **-19,2 kcal.mol^{-1}**

****

التمـــــرين - 14 :

$N_2\ (g) + 3\ H_2\ (g) \rightarrow 2NH_3\ (g)$ $\Delta H°_{r,298} = -22,08$ kcal

$Cp\ (N_2,g) = 6,85 + 0,28.10^{-3}\ T$
$Cp\ (NH_3,g) = 5,72 + 8,96.10^{-3}\ T$
$Cp\ (H_2,g) = 6,65 + 0,52.10^{-3}\ T$

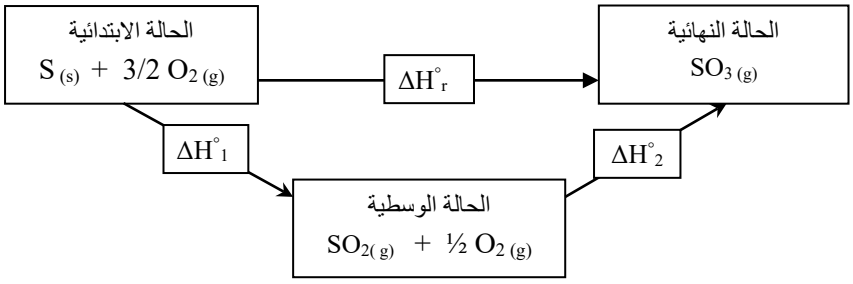
$$\Delta H^o_T = \Delta H^o_{To} + \int_{To}^{T} (\sum n_i Cp_{produits} - \sum n_j Cp_{réactifs})dT$$ بتطبيق علاقة كيرشوف

⇨ **$\Delta H°_T = -18,22 - 15,36.10^{-3}\ T + 8,04.10^{-6}\ T^2$ kcal.**

****

التمـــــرين - 15 :

1. مخطط التفاعل



$\Delta H°_r = \Delta H°_1 + \Delta H°_2 \Rightarrow \Delta H°_2 = \Delta H°_r - \Delta H°_1 = -94,48 - (-70,96) =$ **-23,52 kcal**

2. الطاقة الداخلية

$CaCO_{3\ (S)} \rightarrow CaO_{(S)} + CO_{2\ (g)}$ $\Rightarrow \Delta H°_r = \Delta H°_{f\ (CO2,\ g)} + \Delta H°_{f,(\ CaO\ (S))} - \Delta H°_{f\ (CaCO3\ (S))} =$ **23,7 kcal**

$\Delta U = \Delta H° - \Delta n_g.RT$, $\Delta n_g = 1 \Rightarrow \Delta U°_{r,298K} = 23,7 - (1)(2.10^{-3}).(273) =$ **23,15 kcal**

التمـــرين - 16 - :

$$C_2H_{4(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \quad \Delta H°_{r,298} = -1387,8 \text{ kJ/mol}$$

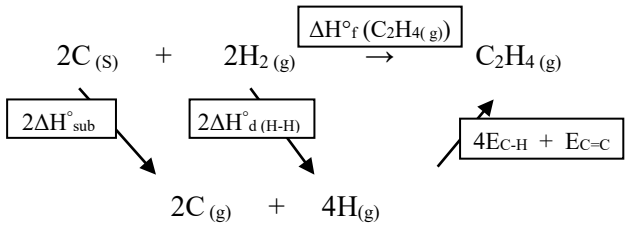
1.

$\Delta H°_r = \sum n_i.\Delta H°_f \text{ (produits)} - \sum n_j.\Delta H°_f \text{ (réactifs)}$ بتطبيق قانون هس

$\Delta H°_{r\ (C2H4\ (g))} = 2\Delta H°_{f\ (CO2,\ g)} + 2\Delta H°_{f\ (H2O,\ l)} - \Delta H°_{f\ (C2H4(\ g))} - 3\Delta H°_{f,(O2\ (g))}$

$\Delta H°_{f\ (C2H4(\ g))} = 2\Delta H°_{f\ (CO2,\ g)} + 2\Delta H°_{f\ (H2O,\ l)} - \Delta H°_{r\ (C2H4\ (g))} =$ **33,6 kJ.mol^{-1}**

2.

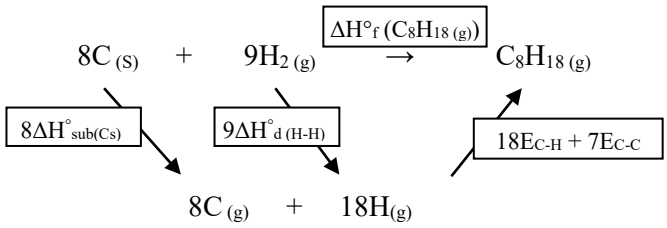


$\Delta H°_{f\ (C2H4(\ g))} = 2\Delta H°_{sub\ (CS)} + 2\Delta H°_{d\ (H-H)} + 4E_{C-H} + E_{C=C}$; $(\Delta H°_{d\ (H-H)} = -E_{(H-H)})$

$\Rightarrow E_{C=C} = \Delta H°_{f\ (C2H4(\ g))} - 2\Delta H°_{sub\ (CS)} + 2E_{(H-H)} - 4E_{C-H} \Rightarrow$ **$E_{C=C}$ = - 611,83 kJ.mol^{-1}**

****

التمـــرين - 17 - :



1. حساب الأنطالبي المعيارية لتشكل الأوكتان الغازي عند 298 K:

$\Delta H°_{f\ (C8H18\ (g))} = 8\Delta H°_{sub\ (CS)} + 9\Delta H°_{d\ (H-H)} + 18E_{C-H} + 7E_{C-C}$

$\Delta H°_{f\ (C8H18\ (g))} = 8.716,7 + 9.436 + 18.(-415) + 7.(-345) \Rightarrow$ **$\Delta H°_{f\ (C8H18\ (g))}$ = -227,4 kJ/mol**

2. حساب الأنطالبي المعيارية لاحتراق الأوكتان الغازي:

$$C_8H_{18\ (g)} + 25/2O_{2(g)} \rightarrow 8CO_{2(g)} + 9H_2O_{(l)}$$

$\Delta H°_r = \sum n_i.\Delta H°_f \text{ (produits)} - \sum n_j.\Delta H°_f \text{ (réactifs)}$ بتطبيق قانون هس

$\Delta H°_{comb\ (C8H8\ (g))} = 8\Delta H°_{f,\ (CO2(g))} + 9\Delta H°_{f,\ (H2O(g))} - \Delta H°_{f,\ (C8H8\ (g))} - 25/2\Delta H°_{f,\ (O2\ (g))}$

$\Delta H°_{comb\ (C8H8\ (g))} = 8.(-393,5) + 9.(-241,83) - (-227,4) - 0 =$ **- 5093,2 kJ/mol**

****

التمـــرين 18:

$$CH_3\text{-}CHOH\text{-}COOH_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$$

- معادلة الاحتراق:

$C_3H_6O_3 \Rightarrow M = 90$ g/mol $\Rightarrow n = 18/90 = 0,2$ mol

$\Delta H°_{comb} = -272,54 . 5 = - 1362,7$ kJ/mol معناه الأنطالبية القياسية لإحتراق 1mol من الحمض هي:

$\Delta H°_{f\ (C3H6O3)} = 3\Delta H°_{f\ (CO2,\ g)} + 3\Delta H°_{f\ (H2O,\ l)} - \Delta H°_{r\ (C3H6O3)} =$ **- 686,72 kJ/mol**

التمـرين 19:

1. حساب $\Delta H°_{r,298}$ للتفاعل:

$$C_2H_5OH_{(g)} \quad ==> \quad CH_2=CH_{2\,(g)} + H_2O_{(g)} \qquad \mathbf{\Delta H°_{r,298} = ?}$$

$\Delta H°_1$: $C_2H_5OH_{(g)} \rightarrow 2C_{(g)} + 6H_{(g)} + O_{(g)}$

$\Delta H°_2$: $CH_2=CH_{2\,(g)} + H_2O_{(g)} \rightarrow 2C_{(g)} + 6H_{(g)} + O_{(g)}$

باستعمال قانون طاقات الربط:

$\mathbf{\Delta H°_{r,298} = \Delta H°_1 + \Delta H°_2} = (5\Delta H°_{d,C-H} + \Delta H°_{d,C-C} + \Delta H°_{d,C-O} + \Delta H°_{d,O-H}) + (E_{C=C} + 4E_{C-H} + 2E_{O-H})$

$= (-5E_{C-H} - E_{C-C} - E_{C-O} - E_{O-H}) + (E_{C=C} + 4E_{C-H} + 2E_{O-H}) =$ **+ 71,4 kJ/mol**

2. حساب طاقة الرابطة C-F للتفاعل التالي:

$$CH_{4\,(g)} + 4F_{2\,(g)} ==> CF_{4\,(g)} + 4HF_{(g)} \qquad \mathbf{\Delta H°_{r,298} = -1923\ kJ/mol}$$

$\Delta H°_1$: $CH_{4\,(g)} + 4F_{2\,(g)} \rightarrow C_{(g)} + 4H_{(g)} + 8F_{(g)}$

$\Delta H°_2$: $CF_{4\,(g)} + 4HF_{(g)} \rightarrow C_{(g)} + 4H_{(g)} + 8F_{(g)}$

باستعمال قانون طاقات الربط:

$\mathbf{\Delta H°_{r,298} = \Delta H°_1 + \Delta H°_2} = (4\Delta H°_{d,C-H} + 4\Delta H°_{d,F-F}) + (4E_{C-F} + 4E_{H-F})$

$\mathbf{\Delta H°_{r,298}} = (-4E_{C-H} - 4E_{F-F}) + (4E_{C-F} + 4E_{H-F}) \Rightarrow E_{C-F} =$ **- 481,5 kJ/mol**

****

التمـرين 20:

1. حساب أنطالبي التفاعل:

$$2Na_2O_{2\,(s)} \quad <==> \quad 2Na_2O_{(s)} + O_{2\,(g)} \qquad \mathbf{\Delta H°_{r,298} = ?}$$

بتطبيق قانون هس $\quad \Delta H°_r = n_i.\Delta H°_f\,(produits) - n_j.\Delta H°_f\,(réactifs)$

$\Delta H°_r = 2\Delta H°_{f,(Na2O\,(s))} + \Delta H°_{f,(O2,\,g)} - 2\Delta H°_{f,(Na2O2\,(s))} =$ **190,4 kJ/mol**

****

التمـرين 21:

1. حساب الأنطالبي المعياري لتشكل H_2O_2 :

$2H_{2\,(g)} + O_{2\,(g)} ==> 2H_2O_{(l)} \qquad \mathbf{\Delta H°_1 = -136,8\ kcal/mol}$

$H_2O_{2\,(g)} ==> H_2O_{(l)} + ½\ O_{2\,(g)} \qquad \mathbf{\Delta H°_2 = -23,83\ kcal/mol}$

$\Delta H°_1 = 2\,\Delta H°_{f,(H2O,\,l)} - 2\,\Delta H°_{f,(H2,\,g)} - \Delta H°_{f,(O2,\,g)} \Rightarrow \Delta H°_1 = 2\,\Delta H°_{f,(H2O,\,l)}$ ……..(1)

$\Delta H°_2 = \Delta H°_{f,(H2O,\,l)} + ½\,\Delta H°_{f,(O2,\,g)} - \Delta H°_{f,(H2O2,\,g)} \Rightarrow \Delta H°_2 = \Delta H°_{f,(H2O,\,l)} - \Delta H°_{f,(H2O2,\,g)}$ ……(2)

$\Delta H°_{f,(H2O2,\,g)} = (\Delta H°_1)/2 - \Delta H°_2 = (-136,8)/2 - (-23,83) =$ **- 44,57 kcal/mol**

2. حساب حرارة التشكل عند 100°C:

$$\mathbf{H_{2\,(g)} + ½\ O_{2\,(g)} ==> H_2O_{(l)} \quad \Delta H°_{f,373K} = ?}$$

$\mathbf{T(K)} = T(°C) + 273 \Rightarrow T(K) = 100 + 273 = 373\ K$

بتطبيق علاقة كيرشوف $\quad \Delta H°_{373K} = \Delta H°_{298K} + \int_{298}^{373} (\sum n_i Cp_{produits} - \sum n_j Cp_{réactifs})\,dT$

$\Rightarrow \Delta H°_{f,\,373k} = \Delta H°_{f,100K} + [Cp_{H2O\,(l)} - Cp_{H2\,(g)} - ½\ Cp_{O2\,(g)}] \,.\, (\Delta T)$

$\Rightarrow \Delta H°_{f,\,373k} = -68,3 + (18 - 6,89 - 0,5.6,97).10^{-3} \,.\, (373 - 298) \Rightarrow \Delta H°_{f,\,373k} =$ **- 67,73 kcal/mol**