

## تمارين في الديناميكا الحرارية

## التمرين -1 - :

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Pa.m}^3$$

$$1 \text{ atm} = 1,013 \text{ bar} = 1,013.10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$$

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

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

$$\text{الجواب: } R = 0,082 \text{ L.atm/mol.K} = 8,31 \text{ J/mol.K} = 2 \text{ cal/mol.K}$$

## التمرين -2 - :

يتمدد مول من غاز مثالي خلال تحول عكوس ثابت درجة الحرارة من الحالة 1 ( 298°K ، 5 atm ) إلى الحالة 2 ( T<sub>2</sub> ، 1 atm )

- أحسب درجة الحرارة النهائية T<sub>2</sub>
- التغير في الطاقة الداخلية ΔU
- العمل المنجز من طرف الغاز W
- كمية الحرارة خلال التفاعل Q
- التغير في الانطالبي ΔH

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

## 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: C<sub>p,solution</sub> = 4180 J/Kg.K ; HCl = 36,5 g.mol<sup>-1</sup> ; NaOH = 40 g.mol<sup>-1</sup> ;

أحسب:

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

$$\text{الجواب: } m = 0,0153 \text{ Kg} , Q = 11350 \text{ J} , Q^{\circ} = 56750 \text{ J/mol}$$

## 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: C<sub>p,eau</sub> = 4180 J/Kg.K و درجة حرارة التوازن 20,2 °C

أحسب السعة الحرارية لمعدن النحاس Cu

$$\text{الجواب: } C_{p,\text{cuivre}} = 381 \text{ J.Kg}^{-1} . \text{K}^{-1}$$

## 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: C<sub>p,eau</sub> = 4180 J/Kg.K

■ أحسب السعة الحرارية للكالوريمتر،

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

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

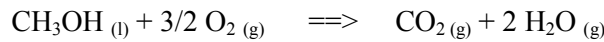
$$\text{الجواب: } C_{p_{\text{cuivre}}} = 384,4 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

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.

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

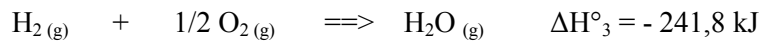
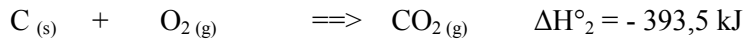
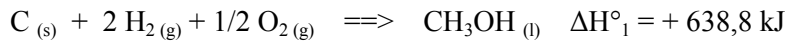
$$\text{الجواب: } m_{\text{soda}} = 112,7 \text{ g}$$

### التمرين -6-



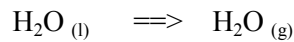
تمثل المعادلة التالية احتراق الميثانول:

أحسب أنطالبي الاحتراق للميثانول باستعمال المعادلات الثلاثة التالية:

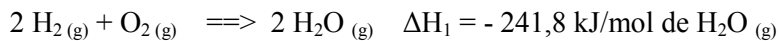


$$\text{الجواب: } \Delta H_r = -1515,9 \text{ kJ/mol}$$

### التمرين -7-



أحسب كمية الحرارة اللازمة لتبخير الماء السائل:



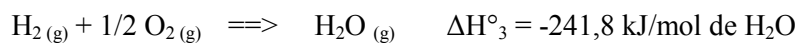
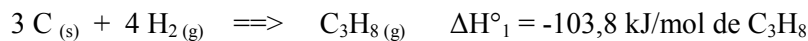
تعطى المعادلات التالية:

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

### التمرين -8-

1. أكتب معادلة احتراق مول من البروبان (المتفاعلات و النواتج تكون في الحالة الغازية)

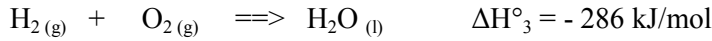
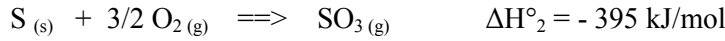
2. أحسب أنطالبي الاحتراق للبروبان باستعمال المعادلات الثلاثة التالية:



$$\text{الجواب: } \Delta H^\circ_r = -2043,9 \text{ kJ/mol}$$

**التمرين - 9 :**

أحسب أنطالبي التشكل لحمض الكبريت باستعمال المعادلات الثلاثة التالية:



**الجواب:**  $\Delta H_f = -761 \text{ kJ/mol}$

**التمرين - 10 :**

الأكروليين  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHO}$  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 $\text{CO}_2$	-415	-620	-340

- أنطالبي احتراق الأكروليين:  $\Delta H^\circ_r = -1630 \text{ kJ/mol}$

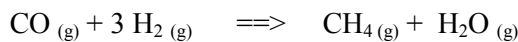
- أنطالبي تشكل الماء:  $\Delta H^\circ_f(\text{H}_2\text{O}_{\text{liq}}) = -285,3 \text{ kJ/mol}$

- أنطالبي تشكل غاز الفحم:  $\Delta H^\circ_f(\text{CO}_2 \text{ gaz}) = -393,5 \text{ kJ/mol}$

- أنطالبي التصعيد للفحم الصلب:  $\Delta H^\circ_{\text{sub}}(\text{C}(\text{s})) = 716,7 \text{ kJ/mol}$

- أنطالبي تبخر الأكروليين:  $\Delta H^\circ_{\text{vap}}(\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_{\text{liq}}) = 20,9 \text{ kJ/mol}$

**الجواب:**  $\Delta H_f(\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_{\text{liq}}) = -91,8 \text{ kJ/mol}$  ،  $\Delta H_f(\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_{\text{liq}}) = -121 \text{ kJ/mol}$

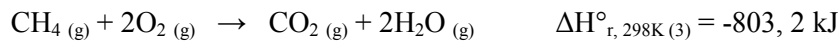
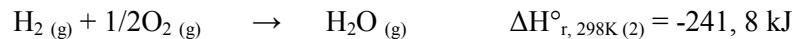
**التمرين - 11 :**

أحسب الأنطالبي المعياري  $\Delta H^\circ_{r,298\text{K}}$  للتفاعل التالي:

1. استنتج قيمة الطاقة الداخلية  $\Delta U$  للتفاعل

2. هل هذا التفاعل ماص للحرارة أم ناشر للحرارة

تعطى الأنطالبي القياسية لتفاعل احتراق  $\text{CO}$  و  $\text{H}_2$  و  $\text{CH}_4$



**الجواب:**  $\Delta U^\circ_{r,298} = -200,24 \text{ kJ}$  ،  $\Delta H^\circ_{r,298} = -205,2 \text{ kJ}$

**التمرين - 12 - :**

أحسب أنطالبي الاحتراق  $\Delta H^\circ_{r,298K}$  لحمض الأوكساليك الصلب ( $C_2H_2O_4, s$ ) عند الدرجة  $25^\circ C$  الضغط الجوي تعطى:

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

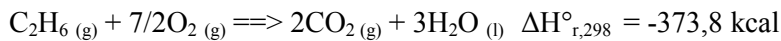
$$\Delta H^\circ_{f,298K} (CO_2, g) = -393 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

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

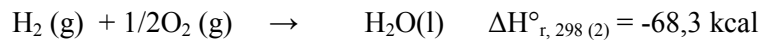
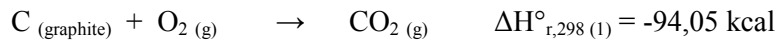
$$\Delta H^\circ_{r,298} = 751 \text{ kJ/mol} \quad \text{الجواب:}$$

**التمرين - 13 - :**

لنعتبر احتراق الإيثان  $C_2H_6(g)$  عند الدرجة  $25^\circ C$  و الضغط الجوي:

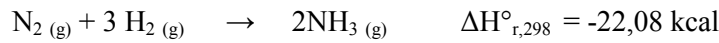


استنتج الحرارة المولية المعيارية لتشكل الإيثان الغازي  $\Delta H^\circ_{f,298} (C_2H_6, g)$



تعطى:

$$\Delta H^\circ_{f,298} (C_2H_6, g) = -19,2 \text{ kcal.mol}^{-1} \quad \text{الجواب:}$$

**التمرين - 14 - :**

إليك التفاعل التالي:

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

$$C_p (N_2, g) = 6,85 + 0,28.10^{-3} T$$

$$C_p (NH_3, g) = 5,72 + 8,96.10^{-3} T$$

$$C_p (H_2, g) = 6,65 + 0,52.10^{-3} T$$

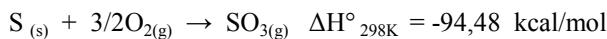
تعطى السعة الحرارية للمركبات التالية:

نفرض بأنه لا يوجد تحول للمادة خلال مجال الحرارة.

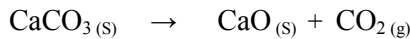
$$\Delta H^\circ_T = -18,22 - 15,36 \cdot 10^{-3} T + 8,04 \cdot 10^{-6} T^2 \text{ kcal} \quad \text{الجواب:}$$

**التمرين - 15 - :**

الجزئين 1 و 2 مستقلين عن بعضهما البعض

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

(أ) أرسم المخطط الموافق للتفاعل السابق مع توضيح الحالة الابتدائية و الحالة النهائية.

(ب) أحسب  $\Delta H^\circ_{r,298K}$  للتفاعل السابق2. أحسب تغير الطاقة الداخلية لتفكك 1 mol من كربونات الكالسيوم عند  $0^\circ C$ 

يعطى جدول أنطالبيات تشكل المركبات التالية:

المركب	CaCO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	CaO
$\Delta H^\circ_f$ (Kcal)	- 270	- 94,3	- 152

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

$$\Delta H^\circ_{298} = -23,52 \text{ Kcal/mol} ; \Delta U = -23,15 \text{ Kcal} \quad \text{الجواب:}$$

**التمرين - 16 :**

ليكن تفاعل احتراق الايثيلين :

$$\Delta H_{\text{sub}}^{\circ}(\text{C}, \text{s}) = 171,2 \text{ kcal.mol}^{-1}$$

$$\Delta H_{\text{f},298}^{\circ}(\text{CO}_2, \text{g}) = -393 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$\Delta H_{\text{f},298}^{\circ}(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = -284,2 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

باستعمال أنطالبيات التشكل و التصعيد للمركبات التالية:

1. أحسب أنطالبي التشكل للايثيلين الغازي
2. أحسب طاقة الربط لـ C=C في الايثيلين  $\text{C}_2\text{H}_4$

تعطى أنطالبيات طاقات الربط في الجدول التالي:

Liaison	H-H	C-H	C-C
E (kJ.mol <sup>-1</sup> )	- 434,7	- 413,8	- 263,3

$$E_{\text{C=C}} = - 611,8 \text{ kJ.mol}^{-1} ; \Delta H_{\text{f},298}^{\circ}(\text{C}_2\text{H}_4, \text{g}) = 33,6 \text{ kJ.mol}^{-1} \quad \text{الجواب:}$$

**التمرين - 17 :**

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

معطيات:

$$\Delta H_{\text{d}}^{\circ}(\text{H-H}) = 436 \text{ kJ/mol} ; \Delta H_{\text{sub}}^{\circ}(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 717,6 \text{ kJ/mol}$$

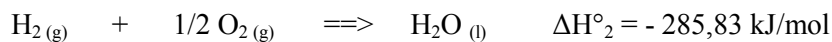
Liaison	C-H	C-C
E (kJ.mol <sup>-1</sup> )	-415	-345

المركب	H <sub>2</sub> O (g)	CO <sub>2</sub> (g)
$\Delta H_{\text{f}}^{\circ}$ (kJ/mol)	-241,83	-393,5

$$\Delta H_{\text{r}}^{\circ}(\text{comb}) = -5093,2 \text{ kJ/mol} ; \Delta H_{\text{f}}^{\circ}(\text{C}_8\text{H}_{18}) = -227,4 \text{ kJ/mol} \quad \text{الجواب:}$$

**التمرين 18:**

- أحسب الأنطالبي القياسية لتشكل 1 مول من حمض اللاكتيك  $\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH}$  علما بان إحراق 18g من هذا الحمض ينشر 272,54 KJ عند الدرجة 25°C و الضغط الجوي.  
يعطى:



$$\Delta H_{\text{f}}^{\circ}(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3) = -686,72 \text{ kJ/mol} \quad \text{الجواب:}$$

**التمرين 19:**

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

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

أحسب الأنطالبي القياسي للتفاعل التالي:  $C_2H_5OH_{(g)} \implies CH_2=CH_2_{(g)} + H_2O_{(g)}$   $\Delta H^{\circ}_{r,298} = ?$

2. أحسب طاقة الرابطة C-F للتفاعل التالي:  $CH_4_{(g)} + 4F_2_{(g)} \implies CF_4_{(g)} + 4HF_{(g)}$   $\Delta H^{\circ}_{r,298} = -1923 \text{ kJ/mol}$

تعطى قيم طاقات الربط في الجدول التالي:

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

**ملاحظة:** طاقة الربط E تساوي طاقة التفكك  $\Delta H^{\circ}_d$  لكن مختلفتين في الإشارة  $E = -\Delta H^{\circ}_d$

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

**التمرين 20:**

1. أحسب قيمة التغير في الأنطالبي المعياري عند 298K للتفاعل التالي:  $2Na_2O_2_{(s)} \implies 2Na_2O_{(s)} + O_2_{(g)}$   $\Delta H^{\circ}_{r,298} = ?$

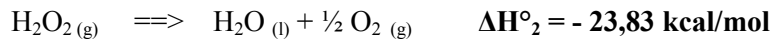
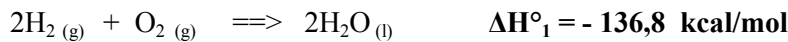
يعطى:

$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ}_f (Na_2O_2_{(s)}) &= -513,2 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} \\ \Delta H^{\circ}_f (Na_2O_{(s)}) &= -418,0 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

**الجواب:**  $\Delta H^{\circ}_{r,298} = 190,4 \text{ kJ/mol}$

**التمرين 21:**

1. أحسب الأنطالبي المعياري لتشكل  $H_2O_2$  انطلاقاً من التفاعلات التالية:



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

$$Cp_{H_2} = 6,89 \text{ cal/mol} ; Cp_{O_2} = 6,97 \text{ cal/mol} ; Cp_{H_2O} = 18 \text{ cal/mol}$$

يعطى:

**الجواب:**  $\Delta H^{\circ}_f, 373K = -67,156 \text{ kcal/mol}$  ;  $\Delta H^{\circ}_f, H_2O_2 = -44,57 \text{ kcal/mol}$