**السنة الثالثة ثانوي شعبة تقني رياضي فرع هندسة الطرائق**

# 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** (1 atm , $T_2$ )

- أحسب درجة الحرارة النهائية $T_2$
- التغير في الطاقة الداخلية $\Delta U$
- العمل المنجز من طرف الغاز W
- كمية الحرارة خلال التفاعل Q
- التغير في الانطالبي $\Delta H$

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

---

**التمـــــرين - 11- :**

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

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

1. استنتج قيمة الطاقة الداخلية $\mathbf{\Delta U}$ 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:** $\Delta U°_{r,298} = -200{,}24$ kJ ، $\Delta H°_{r,298} = -205{,}2$ 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:

تعطى السعة الحرارية للمركبات التالية:

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

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

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

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.** لنعتبر التفاعل 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 $CH_3$-CHOH-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

---