Ecole Normale Supérieure de Laghouat

المدرســة العلـيا للأساتـذة بالأغــواط

قسم العلوم الدقيقة

السنة الأولى علوم دقيقة ثانوي و متوسط

الأغواط في 16 فيفري 2019

(1سا و 30 د)

الامتحان الأول في مقرر الثرموديناميك

التمرين الأول: 5ن أسئلة خاصة بالمحاضرة

1- عرف الغاز المثالي.

2- أعط علاقة الصيغة التفاضلية لكل من:

أ- الطاقة الداخلية للغاز المثالي بدلالة R,γ,dT.

ب- أنثالبية الغاز المثالي بدلالة R,γ,dT.

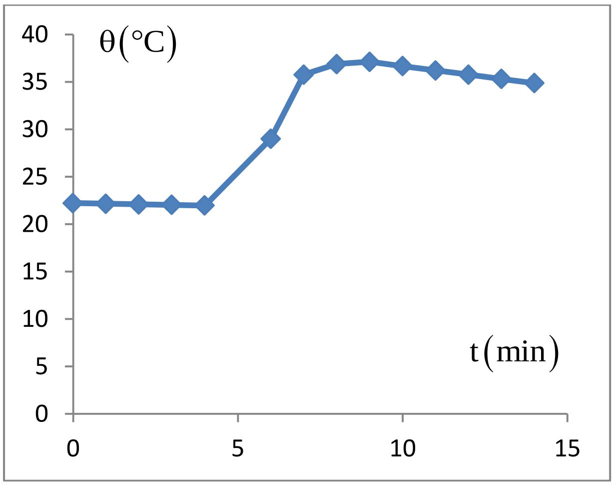
3- يخضع $1\,mol$ من غاز ثنائي أكسيد الكربون CO_2 (غاز حقيقي) لمعادلة فاندرفالز Van der Waals $\left(P+\frac{a}{V^2}\right)(V-b)=RT$ من أجل تحول عنصري عكوس للغاز تكتب كمية الحرارة العنصرية δQ:

$\delta Q = C_v dT + \ell dV$ حيث $\ell = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v$ أوجد عبارة ℓ ثم إستنتج عبارة تفاضل الطاقة الداخلية dU ؟

4- أعط تعريف أنثالبية التشكل القياسية ΔH_f^0.

التمرين الثاني: 5 ن

يتم تفاعل تفكك الماء الأكسجيني $H_2O_{2(\ell)}$ (تفاعل بطيء ويتم في وجود حافز شوارد الحديد الثلاثي Fe^{3+}) وفق المعادلة التالية: $H_2O_{2(\ell)} \rightarrow H_2O_{(\ell)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}$ لمعرفة انثالبية التفكك ΔH_{disso} لهذا التفاعل نجري التفاعل (نعتبره تام) عند ضغط ثابت في مسعر سعته الحرارية $C = 5\,J.K^{-1}$. نضع حجم $V_1 = 50\,mL$ من محلول الماء الأكسجينى تركيزه $C_1 = 0,921M$ ثم في اللحظة $t = 5\min$ نضيف حجم $V_2 = 10\,mL$ من محلول نترات الحديد الثلاثي $Fe(NO_3)_3$ تركيزها $C_2 = 0,5M$ والشكل المقابل يعطى النتائج التجريبية لتتبع تغير درجة الحرارة مع مرور الزمن.



1- عرف السعة الحرارية للمسعر؟

2- أوجد التغير في درجة الحرارة ΔT بيانيا.

3- نعتبر أن المزيج كتلته الحجمية $\rho = 1g.mL^{-1}$ وسعته الحرارية الكتلية $c = 4,18J.g^{-1}.K^{-1}$. أحسب القيمة التجريبية لأنثالبية التفكك؟

4- أحسب أنثالبية التفكك للتفاعل النظرية بالإعتماد على قيم أنثالبيات التشكل القياسية:

$$\Delta H^0_{f\left(H_2O_{2(\ell)}\right)} = -191,2\,KJ.mol^{-1}, \Delta H^0_{f\left(H_2O_{(\ell)}\right)} = -285,8\,KJ.mol^{-1}$$

التمرين الثالث: 10 ن

تعتبر دورة Beau de Rochas حلقة ثرموديناميكية لعمل محرك ذي الاحتراق الداخلي (محرك السيارة بالبنزين). نضع في غرفة احتراق المحرك كمية المادة قدرها $n = 0,048mol$ من المزيج (الهواء والبنزين) الذي نعتبره غاز مثالي إلى التحولات الأربع العكوسة التالية:

التحول الأول: إنضغاط أديباتيكي من الحالة $A\left(P_1, V_1, T_1\right)$ إلى الحالة $B\left(P_2, V_2, T_2\right)$.

التحول الثاني: تحول عند حجم ثابت (إيزوكوري) من الحالة B إلى الحالة $C\left(P_3, V_3, T_3\right)$.

التحول الثالث: تمدد أديباتيكي من الحالة C إلى الحالة $D\left(P_4, V_4, T_4\right)$.

التحول الرابع: تبريد إيزوكوري من الحالة D إلى الحالة A.

1- أحسب الضغط P_2 ودرجة الحرارة T_2؟

2- أحسب العمل أثناء التحول الأول W_{12}؟

3- أوجد عبارة درجة الحرارة T_3 على الشكل التالي:

$$T_3 = a^{\gamma-1}T_1\left[1 + \frac{\gamma-1}{a^{\gamma-1}nRT_1}Q_{23}\right] = a^{\gamma-1}T_1k$$

4- أوجد عبارة الضغط P_3 بدلالة a, γ, k, P_1 ؟

5- إذا علمت أن كمية الحرارة $Q_{23} = 490,7J$ فأحسب الضغط P_3 ودرجة الحرارة T_3؟

6- أحسب الضغط P_4 ودرجة الحرارة T_4؟

7- أوجد عبارة العمل W_{34} بدلالة a, γ, k, T_1 ؟ ثم أحسب قيمته.

8- أحسب قيمة كمية الحرارة أثناء التحول الرابع Q_{41}؟

9- تحقق من المبدأ الأول في الثرموديناميك؟

المعطيات:

$$P_1 = 10^5\,Pa,\ V_1 = 1,2L,\ T_1 = 300K,\ V_2 = 0,2L,\ a = \frac{V_1}{V_2},\ \gamma = 1,4,\ \ R = 8,31\,J/mol.K$$

بالتوفيق

التصحيح النموذجي للامتحان الأول في - الترمو ديناميك

2018 - 2019

التمرين الأول:

1- الغاز المثالي هو الذي يخضع لقوانين الغازات المثالية، يعتمد على فرضيات النظرية الحركية للغازات (الفرضيات ٤)، تتحقق في الشروط التجريبية $\frac{PV}{nRT}=1$ في حالة الضغوط المنخفضة جداً" (1)

2- أ- لدينا تفاضل الطاقة الداخلية dU للغاز المثالي:

$$dU = C_V \cdot dT$$ أو $$dU = n\, C_{V,mo} \cdot dT$$

علاقة ماير Mayer $C_{p,m} - C_{V,m} = R$ (0,5)

$$C_p - C_V = nR \quad , \quad \gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{\cancel{n} C_p}{\cancel{n} C_V}$$

ومنه: $dU = \frac{R}{\gamma - 1} \cdot dT$ (0,5)

ب- تفاضل الأنثالبية dH:

$$dH = C_p \cdot dT$$

ومنه: $dH = \frac{\gamma R}{(\gamma - 1)} \cdot dT$ (0,5)

3- حسب المبدأ الأول في الترمو ديناميك:

$$dU = \delta Q + \delta W_{rev}$$

$$dU = \delta Q - PdV = C_{V,m} \cdot dT + (l - P) dV$$ (0,5)

لدينا من معادلة فاندرفالس:

$$P(V-b) + \frac{a}{V} - \frac{ab}{V^2} = RT$$

بالاشتقاق نجد:

$$PdV + (V-b)dP - a\frac{dV}{V^2} + 2ab\frac{dV}{V^3} =$$

عند حجم ثابت $(dV = 0)$ ومنه:

$$(V-b)\, dP = R \cdot dT$$ (0,5)

$$\frac{dP}{dT} = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = \frac{R}{V-b}$$

ومنه: $l = T \cdot \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = \frac{RT}{(V-b)} = P + \frac{a}{V^2}$ (0,5)

ومنه نكتب عبارة تفاضل الطاقة الداخلية

$$dU = C_{V,m}\, dT + \frac{a}{V^2} \cdot dV$$ (0,5)

4- الأنثالبية المثالية القياسية هي ΔH_f° (0,5) أنثالبية تفاعل تكوين مول من انطلاقاً مكوناته (أجسام مادية بسيطة) في الحالة الأكثر استقرار (في الظروف 1atm, 298K).

التمرين الثاني:

1- السعة الحرارية للمسعر (0,5) (المقياس الأديباتيكي) هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة المقياس (المسعر) $1^\circ C$.

2- ΔT من البيانات $\Delta T = 27K$ (1)

3- لدينا $\Sum Q = 0$ (0,25)، $Q_{مسعر} + Q_{مزيج} + Q_{منتشرة} = 0$ (0,25)

$$Q_{منتشرة\ عن\ التفاعل} = -\left(Q_{مسعر} + Q_{مزيج}\right)$$

$$= -\left(C_{مسعر} \cdot \Delta T + (\rho \cdot V_{مزيج})\, c_m \cdot \Delta T\right)$$

$$= -\left(C_{مسعر} + \rho(V_1 + V_2)c\right) \cdot \Delta T$$ (0,5)

$$Q_{منتشرة\ عن\ التفاعل} = -4,35 \cdot 10^3\ J$$ (0,5)

$$\rho_{مزيج} = \frac{m_{مزيج}}{V_{مزيج}}$$

ومنه: $\Delta H = Q_p / n_0$; $n_0 = C_0 \cdot V_1$ (0,25)

$$\Delta H = \frac{Q}{n_0} = -\frac{4,32.10^{3}\ J}{4,61.10^{-2}\ mol} \quad (0,25)$$

$\Delta H = -94,4\ kJ.mol^{-1}$ (0,5)

التجريبي

3. بتطبيق قانون هس:

$$\Delta H^\circ_r = \Delta H^\circ_f\ H_2O_{(l)} - \Delta H^\circ_f\ H_2O_{2(l)} \quad (0,5)$$

$\Delta H^\circ_r = -94,6\ kJ.mol$ (0,5)

التمرين الثالث:

1- التحول (1): أديباتيكي ومنه:

$PV^\gamma = const$; $TV^{\gamma-1} = const$ (0,25)

$$P_1V_1^\gamma = P_2V_2^\gamma \Rightarrow P_2 = P_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma = P_1 a^\gamma$$

$a = 6$, $P_2 = 12,3.10^5\ Pa$ (0,5)

$$T_1 \cdot V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$T_2 = T_1 \cdot a^{\gamma-1}$ (0,25) , $T_2 = 614,3\ K$ (0,5)

2- تحول (1) أديباتيكي ومنه $\Delta U = W_{12}$

$$\Delta U = n\, C_{V,m} \cdot (T_2 - T_1).$$

$C_{P,m} - C_{V,m} = R \Rightarrow (\gamma-1)C_{V,m} = R$

(0,5) $$\Delta U = \frac{n.R}{\gamma-1}(T_2 - T_1)$$

$\Delta U = W_{12} = 313,42\ J$

3- التحول الثاني (تحول إيزوكوري)

$$Q_{23} = n\, C_{V,m} \cdot (T_3 - T_2).$$

ولدينا:

$T_2 = T_1 \cdot a^{\gamma-1}$ (0,25)

$$C_{V,m} = \frac{R}{\gamma-1}$$

ومنه بعد التبسيط:

$$T_3 = a^{\gamma-1} T_1 \left[1 + \frac{(\gamma-1)}{a^{\gamma-1} \cdot nRT_1} Q_{23}\right] \quad (1)$$

$$k = 1 + \frac{(\gamma-1)}{a^{\gamma-1} \cdot nRT_1} Q_{23}$$

4- لدينا:

$$P_3 = \frac{nRT_3}{V_3} = \frac{nRT_3}{V_2} \qquad V_3 = V_2$$

ولدينا: $T_3 = a^{\gamma-1} T_1 \cdot k$

$$P_3 = \frac{nR \cdot a^{\gamma-1} \cdot T_1 k}{V_2} \quad (0,25) \quad , \quad T_1 = \frac{P_1V_1}{nR}$$

$P_3 = P_1 a^\gamma . k$ (0,5)

5- $Q_{23} = 4907,5$ ومنه:

$$k = 1 + \frac{(\gamma-1)}{a^{\gamma-1} \cdot nRT_1} \times Q_{23} = 1,8$$

ومنه تطبيق عددي:

$T_3 = a^{\gamma-1} \cdot T_1 k = 1105,74\ K$ (0,25)

$P_3 = P_1 a^\gamma . k = 22,11 \times 10^5\ Pa$ (0,25)

6- التحول الثالث: تمدد أديباتيكي

$P_3V_3^\gamma = P_4V_4^\gamma$; $V_3 = V_2$; $V_4 = V_1$

$$P_3 \cdot V_2^\gamma = P_4 \cdot V_1^\gamma$$

$$P_4 = P_3\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\gamma = P_3 \cdot \left(\frac{1}{a}\right)^\gamma = 1,79 \times 10^5\ Pa \quad (0,25)$$

$$T_4 \cdot V_4^{\gamma-1} = T_3 V_3^{\gamma-1} \quad (0,25)$$

$$T_4 = T_3\left(\frac{1}{a}\right)^{\gamma-1} \simeq 540\ K$$

7- التحول الثالث تمدد أديباتيكي:

$$W_{34} = \Delta U_{34} = n\, C_{V,m}\,(T_4 - T_3).$$

ولدينا (0,25)

$$C_{V,m} = \frac{R}{(\gamma-1)}$$

$$T_4 = T_3\left(\frac{1}{a}\right)^{\gamma-1}$$

$$T_3 = a^{\gamma-1} \cdot T_1 k.$$

ومنه :
$$W_{34} = \frac{nR}{(\gamma-1)} . T_1 k \left(1 - a^{\gamma-1}\right)$$ 0,25

$$W_{34} = -564,83\ J$$ 0,25

8- التحول الرابع : تبريد إيزوكوري

$$Q_{41} = \Delta U = n\, c_{v,m}\,(T_1 - T_4).$$

$$Q_{41} = \frac{n.R}{(\gamma-1)} . (T_1 - T_4)$$

$$Q_{41} = -239,32\ J$$ 0,1

9- المبدأ الأول في الترموديناميك

$$\Delta U = W_{الدورة} + Q_{الدورة}$$

أثناء الحلقة المغلقة $\Delta U = 0$ ومنه :

$$W_{الدورة} = W_{12} + \cancel{W_{23}}^{0} + W_{34} + \cancel{W_{41}}^{0} = W_{12} + W$$ 0,25

$$W_{دورة} = -251,41\ J$$

$$Q_{دورة} = \cancel{Q_{12}}^{0} + Q_{23} + \cancel{Q_{31}}^{0} + Q_{41} = Q_{23}$$

$$Q_{دورة} = 251,38$$ 0,25

محقق $\Delta U_{دورة} = 0$ 0,25