وزارة التعليـــــم العالـــي و البحـث العلـمـي
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche Scientifique Populaire

المدرســـة العلـــيا للأساتـذة بالأغـــواط
قسم العلوم الدقيقة
السنة الأولى علوم دقيقة

Ecole Normale Supérieure de Laghouat
السنة الدراسية 2018/2017
02 افريل 2018 (1سا و 30 د)

الامتحان الاول في مقرر الترموديناميك

التمرين الاول: (4 نقاط)

اسئلة خاصة بالمحاضرة:

1/ - انطلاقا من تعريف الانتالبي $H = U+PV$.

1-1 اوجد علاقة ماير لتحول غاز مثالي (n ثابتة).
2-1 ماهي العلاقة بين Q_p و Q_v لتحول ايزوثرمي متغير عدد المولات.
3-1 لدينا : $\gamma = \frac{C_{p,m}}{C_{v,m}}$. اوجد عبارة $C_{p,m}$ و $C_{v,m}$ بدلالة γ، R.

2/ - في تحول اديباتيكي عكوس علاقة لابلاس تكون من الشكل: $PV^{\gamma} = constant$.

1-2 اوجد المعادلة التفاضلية لهذه العلاقة بدلالة (P,V).

2-2 استنتج علاقة لابلاس بدلالة (P,T) و(V,T) و المعادلة التفاضلية لكل منهما.

3-2 اوجد عبارة العمل بدلالة P ، V و γ.

التمرين الثاني: (10 نقاط)

يخضع مول من غاز مثالي لأربع تحولات عكوسة كالتالي:

التحول(a): 1 ⟵ 2 انضغاط اديباتيكي

التحول (b): 2 ⟵ 3 تسخين عند ضغط ثابت

التحول (c): 3 ⟵ 4 تمدد اديباتيكي

التحول(d) : 4 ⟵ 1 تبريد عند حجم ثابت

كل حالة (i) تعرف بـ p_i ، T_i و V_i حيث: (i تتغير من 1 الى 4)، نضع: $\alpha = \frac{V_1}{V_2}$ ، $\beta = \frac{V_4}{V_3}$

1/ - مثل التحولات الاربعة على مخطط (P,V).

2/ - حدد عبارة كل من :

1-2 الضغط P_2 بدلالة α، γ و P_1.

2-2 درجة الحرارة T_2 بدلالة α، γ و T_1.

3-2 الضغط P_3 للتحول (c) بدلالة α، γ و P_1.

4-2 درجة الحرارة T_3 للتحول (c) بدلالة α،β ، γ و T_1.

5-2 الضغط P_4 للتحول (d) بدلالة α، β، γ و P_1.

6-2 درجة الحرارة T_4 للتحول (d) بدلالة α، β، γ و T_1.

3/ - حدد بدلالة n،R،T_1، α،β و γ العمل W وكمية الحرارة Q لكل تحول، مع تحديد اشارة كل من W و Q.

4/ - استنتج عبارة تغير الطاقة الداخلية ΔU لكل تحول و للحلقة.

5/ - اوجد عبارة المردود ε بدلالة α ، β و γ. علما ان : المردود هو عبارة عن عمل الحلقة مقسوم الى كمية الحرارة المكتسبة من طرف النظام.

التمرين الثالث: (6 نقاط)

نريد تعين انتالبية احتراق الميثان تجريبيا، من اجل ذلك نضع (عند 298 كلفن) في قنبلة مسعر حراري حجمها

$V= 500\ cm^3$ كمية من الميثان ضغطها 1 bar، ونكمل بكمية من الاكسجين تكون كافية للاحتراق الى ان يصبح ضغط القنبلة 20 bar، ثم نحدث شرارة كهربائية فيحترق الميثان وينشر التفاعل حرارة قدرها 17.83 kj

1- اكتب معادلة تفاعل احتراق الميثان عند 298 k.

2- احسب عند درجة الحرارة 298 k كل من :

أ - تغير الطاقة الداخلية للتفاعل ΔU_r. استنتج $\Delta U_{r,m}$ ؟

ب - تغير انتالبية التفاعل المولية للتفاعل $\Delta H_{r,m}$.

3- باستعمال قيم انتالبيات التشكل المعيارية، احسب تغير الانتالبية المولية المعيارية $\Delta H^0_{r,m}$ للتفاعل عند 298 k.

المعطيات:

$$\Delta H_f\ (H_2O)_l = -285.84\ kj/mol \quad , \quad \Delta H_f\ (CO_2)_g = -393.51\ kj/mol$$

$$\Delta H_f\ (CH_4)_g = -74.85\ kj/mol$$

بالتوفيق

تصحيح الامتحان الأول للترمودينامياك 2018/2017

التمرين 1

1/ إظهار كما من تمرين السابق

$$H = U + pV$$

1-1 إيجاد علاقة ماير لتحول غازي مثالي (n ثابتة)

H دالة حالة $\quad H = U + pV$

$$\Rightarrow \Delta H = \Delta U + \Delta(pV) \quad (0,25)$$

$$pV = nRT, \quad Q_V = \Delta U \quad (0,25), \quad Q_p = \Delta H$$

$$Q_p = Q_V + nR\Delta T$$

$$nC_{p,m}\Delta T = nC_{v,m}\Delta T + nR\Delta T$$

$$\boxed{C_{p,m} - C_{v,m} = R} \quad (0,5)$$

1-2 العلاقة بين Q_V و Q_p لتحول ترموديناميكي متغير عدد المولات

$$\boxed{Q_p - Q_V = RT\Delta n_g} \quad (0,25)$$

1-3 لدينا $\gamma = \dfrac{C_{p,m}}{C_{v,m}}$

$$\gamma = \frac{C_{p,m}}{C_{v,m}} = \frac{nR + C_{v,m}}{C_{v,m}}$$

$$\boxed{C_{v,m} = \frac{R}{\gamma - 1}} \quad (0,25)$$

$$\boxed{C_{p,m} = \gamma C_{v,m} = \frac{\gamma R}{\gamma - 1}} \quad (0,25)$$

2/ تحول أديباتيكي عكوس $\Rightarrow$ المعادلة التفاضلية 1.2

$$pV^\gamma = cte$$

$$\Delta U = Q + W \quad / Q = 0$$

$$nC_{v,m}dT = -pdV$$

من أجل $n = 1mole$

$$\boxed{C_v dT + pdV = 0}$$

لدينا الغاز مثالي $(n = 1mole)$

$$pV = RT$$

$$d(pV) = d(RT)$$

$$pdV + Vdp = RdT$$

$$dT = \frac{pdV + Vdp}{R} \quad (II)$$

بتعويض (II) في (I) نجد

$$C_v\frac{Vdp}{pdV} + \gamma = 0$$

بالقسمة على C_v وضربا في $\frac{dV}{V}$ نجد

$$\boxed{\frac{dp}{p} + \gamma\frac{dV}{V} = 0} \quad / \gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

وهي المعادلة التفاضلية لتحول أديباتيكي

2-2 إنشاء المعادلات التفاضلية

و علاقة بلاس بدلالة (V,T)، (P,T)

لدينا

$$pV^\gamma = cte$$

$$pV^\gamma = p\left(\frac{RT}{p}\right)^\gamma = cte$$

$$\boxed{p^{1-\gamma}T^\gamma = cte} \quad (0,25)$$

المعادلة التفاضلية لكواشفها.

$$\boxed{(1-\gamma)\frac{dp}{p} + \gamma\frac{dT}{T} = 0} \quad (0,25)$$

- العلاقة بين (T,V)

$$pV^\gamma = cte \Rightarrow \left[\frac{RT}{V}\right]V^\gamma = cte$$

$$\boxed{TV^{\gamma-1} = cte} \quad (0,25)$$

العبارة التفاضلية:

$$\boxed{\frac{dT}{T} + (\gamma - 1)\frac{dV}{V} = 0} \quad (0,25)$$

3/ العمل الأديباتيكي

$$W = \Delta U = nC_v\Delta T$$

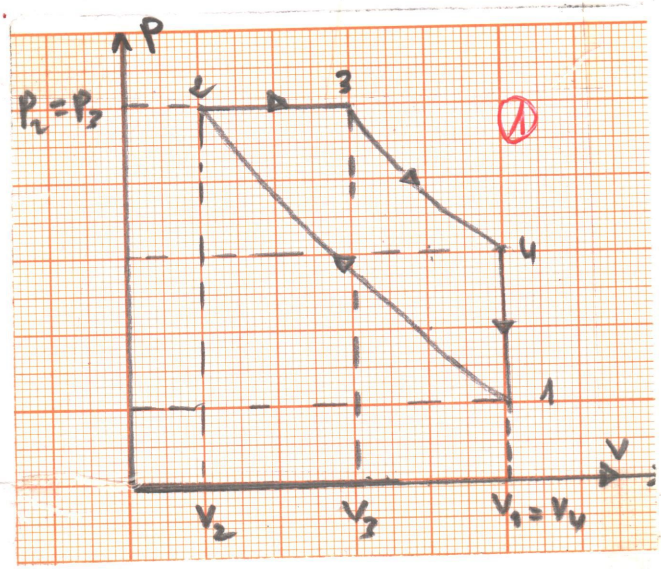
$$= (C_p - R)(T_f - T_i)$$

$$= (C_p - R)\left(\frac{P_fV_f}{R} - \frac{P_iV_i}{R}\right) \quad (0,5)$$

$$\boxed{W = \left(\frac{1}{\gamma - 1}\right)(P_fV_f - P_iV_i)}$$

التمرين 2 :

1- تمثيل التحولات الأربعة على مخطط (P,V)



2/ تحديد عبارة لكل من :

2-1 الضغط P_2 بدلالة P_1, γ, α

التحول ① ← ② : تحول اديباتي

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

$\Rightarrow \boxed{P_2 = P_1\alpha^\gamma}$ (0,5)

2-2 درجة الحرارة T_2 بدلالة P_1, γ, α

$P_2V_2 = nRT_2 \Rightarrow T_2 = \frac{P_2V_2}{nR} = \frac{P_1\alpha^\gamma \cdot V_2}{nR}$

$\boxed{T_2 = \frac{T_1}{V_1}\cdot V_2 \cdot \alpha^\gamma = T_1\cdot\alpha^{\gamma-1}}$ (0,5)

2-3 الضغط P_3 للتحول (c) بدلالة P_1, γ, α

$\boxed{P_3 = P_2 = P_1\alpha^\gamma}$ (0,5)

2-4 درجة الحرارة T_3 للتحول (c) بدلالة $T_1, \gamma, \beta, \alpha$

$\left.\begin{matrix} P_2V_2 = nRT_2 \\ P_3V_3 = nRT_3 \end{matrix}\right\} \Rightarrow T_3 = T_2\cdot\frac{P_3V_3}{P_2V_2}$

$T_3 = T_1\alpha^{\gamma-1}\cdot\frac{V_3}{V_4}\cdot\frac{V_4}{V_2} = T_1\alpha^{\gamma-1}\cdot\frac{1}{\beta}\alpha$

$\Rightarrow \boxed{T_3 = T_1\cdot\frac{\alpha^\gamma}{\beta}}$ (0,5)

2-5- الضغط P_4 للتحول (d) بدلالة $P_1, \gamma, \beta, \alpha$

التحول ③ ← ④ تمدد اديباتي ⇐

$P_3V_3^\gamma = P_4\cdot V_4^\gamma \Rightarrow P_4 = P_3\left(\frac{V_3}{V_4}\right)^\gamma$

$P_4 = P_1\alpha^\gamma\left(\frac{1}{\beta}\right)^\gamma \Rightarrow \boxed{P_4 = P_1\left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^\gamma}$ (0,5)

2-6- درجة الحرارة T_4 للتحول (d) بدلالة $T_1, \gamma, \beta, \alpha$

$\left.\begin{matrix} P_4V_4 = nRT_4 \\ P_1V_1 = nRT_1 \end{matrix}\right\} \Rightarrow T_4 = T_1\frac{P_4V_4}{P_1V_1}$

$\Rightarrow \boxed{T_4 = T_1\left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^\gamma}$ (0,5)

3/ تحديد بدلالة $n, R, T_1, \alpha, \beta, \gamma$ العمل وكمية الحرارة لكل تحول والحالة مع تحديد إشارة كل من W و Q

• التحول (a) 1 ← 2 : انضغاط اديباتي ⇐ $Q_{12} = 0$ (الجملة معزولة)

$\Delta U_{12} = W_{12} = nC_{v,m}(T_2 - T_1)$ (0,5)

$W_{12} = \frac{nR}{\gamma-1}\left(T_1\alpha^{\gamma-1} - T_1\right) = \frac{nRT_1}{\gamma-1}(\alpha^{\gamma-1}-1) > 0$

• $Q_{12} = 0$ (0,5)

• التحول (2 ← 3)

تسخين عند ضغط ثابت

$W_{23} = -P_2(V_3 - V_2) = P_2V_2 - P_2V_3$

$= nR(T_2 - T_3) = nRT_1\left(\alpha^{\gamma-1} - \frac{\alpha^\gamma}{\beta}\right)$

$\Rightarrow W_{23} = nRT_1\alpha^\gamma\left(\frac{1}{\alpha} - \frac{1}{\beta}\right) < 0$ (0,5)

• $Q_{23} = nC_{p,m}(T_3 - T_2) = \frac{nR\gamma}{\gamma-1}\left(T_1\frac{\alpha^\gamma}{\beta} - T_1\alpha^{\gamma-1}\right)$

$Q_{23} = \frac{nR\gamma}{\gamma-1}T_1\alpha^{\gamma-1}\left(\frac{\alpha}{\beta} - 1\right) > 0$ (0,5)

التمرين 3 :

1/ معادلة تفاعل الاحتراق :

① $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$

2/ حساب تغير الطاقة الداخلية $\Delta U_{r(298K)}$

(يتم التفاعل في قنبلة $\Leftarrow V = c^{te}$)

$\Rightarrow \boxed{\Delta U_r = Q_v = -17,83\ kj}$ (0,5)

حرارة

3/ حساب $\Delta U_{r,m(298K)}$.

بما أن الاحتراق تام فإن n_{CH_4} التي احترقت هي :

$$n_{CH_4} = \frac{P_{CH_4} \cdot V}{RT} = \frac{1.10^5 \cdot 500.10^{-6}}{8,32 \cdot 298}$$

$\boxed{n_{CH_4} = 2.10^{-2}\ mol}$ (0,5)

$$\Delta U_{r,m} = \frac{\Delta U_r}{n} = \frac{-17,83}{2.10^{-2}}$$ (0,5)

$\boxed{\Delta U_{r,m(298K)} = -891,5\ kj/mol}$ (0,5)

4/ حساب $\Delta H_{r,m}$ عند 298k

$$\Delta H_{r,m} = \Delta U_{r,m} + RT\Delta n_{(g)}$$ (0,5)

$\Delta n_g = \sum b_{i(g)} - \sum a_{i(g)}$ (0,5)

نواتج المتفاعلات

$\boxed{\Delta n_{(g)} = 1 - (1+2) = -2\ mol}$ (0,5)

$\Delta H_{r,m} = \Delta U_{r,m} + RT(-2)$

$\boxed{\Delta H_{r,m} = -896455\ J/mol}$ (0,5)

5/ حساب $\Delta H^\circ_{r,m}$ الحرارة المعيارية للتفاعل عند 298k

$\Delta H^\circ_{r,m} = \sum \nu_j \Delta H^\circ_{f\,نواتج} - \sum \nu_i \Delta H^\circ_{f\,متفاعلات}$ (0,5)

① $\boxed{\Delta H^\circ_{r,m} = -890340\ J/mol}$

التحول 3 ← 4 تحدد ديباتيكي :

- $Q_{34} = 0$ (0,5)
- $W_{34} = \Delta U_{34} = nC_{v,m}(T_4 - T_3)$

$$= \frac{nR}{\gamma - 1}\left(T_1\left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^\gamma - T_1\frac{\alpha^\gamma}{\beta}\right)$$

$$W_{34} = \frac{nRT_1}{\gamma - 1}\left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^\gamma \cdot (1 - \beta^{\gamma-1}) < 0$$ (0,5)

التحول 4 ← 1 إيزوكوري (Isochore).

- $W_{41} = 0$ (0,5) $\Leftarrow V = cte$
- $Q_{41} = \Delta U_{41} = nC_{v,m}(T_1 - T_4)$

$$= \frac{nR}{\gamma - 1}\left(T_1 - T_1\left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^\gamma\right)$$

$$Q_{41} = \frac{nRT_1}{\gamma - 1}\left(1 - \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^\gamma\right) < 0$$ (0,5)

4- استنتاج عبارة تغير الطاقة الداخلية ΔU لكل تحول و الحلقة.

- $\Delta U_{12} = W_{12} = \frac{nRT_1}{\gamma - 1}(\alpha^{\gamma-1} - 1)$ (0,25)
- $\Delta U_{23} = Q_{23} + W_{23}$ أو $\Delta U_{23} = nC_{v,m}(T_3 - T_2)$

$$\Rightarrow \Delta U_{23} = \frac{nRT_1}{\gamma - 1}\alpha^\gamma\left(\frac{1}{\beta} - \frac{1}{\alpha}\right)$$ (0,25)

- $\Delta U_{34} = W_{34} = \frac{nRT_1}{\gamma - 1}\left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^\gamma(1 - \beta^{\gamma-1})$ (0,25)
- $\Delta U_{41} = Q_{41} = \frac{nRT_1}{\gamma - 1}\left(1 - \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^\gamma\right)$ (0,25)
- $\Delta U_{cycle} = \sum \Delta U_i = \Delta U_{12} + \Delta U_{23} + \Delta U_{34} + \Delta U_{41}$

$\Delta U_{cycle} = 0$ (0,25) (دالة الحالة U تأخذ نفس القيمة)

5- عبارة المردود بدلالة α ، β ، γ

$$\varepsilon = \frac{|W_{cycle}|}{Q_{23}}$$

لدينا $W_{cycle} = -Q_{cycle}$

$$\varepsilon = \frac{Q_{12} + Q_{23} + Q_{34} + Q_{41}}{Q_{23}} = 1 + \frac{Q_{41}}{Q_{23}}$$ (0,25)

$$\boxed{\varepsilon = 1 - \frac{\left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^\gamma - 1}{\gamma\alpha^\gamma\left(\frac{1}{\beta} - \frac{1}{\alpha}\right)}}$$ (0,5)