المدرسة العليا للأساتذة بالأغواط
Ecole Normale Supérieure de Laghouat

قسم العلوم الدقيقة
السنة الأولى علوم دقيقة ثانوي و متوسط

الأغواط في 07 مارس 2020
(1سا و 30 د)

الامتحان الأول في مقرر الثرموديناميك

التمرين الأول: 4 ن

بين الإجابات الصحيحة (**صح**) و الخاطئة (**خطأ**) لكل سؤال (بدون تعليل):

1. العلاقة بين الضغط و الحجم ودرجة الحرارة المطلقة $PV = nRT$ صالحة من أجل:
   - أ. غاز مثالي أحادي الذرة
   - ب. غاز مثالي ثنائي الذرة
   - ت. غاز فاندفالز (Van der Waals)
   - ث. طور مكثف مثالي
2. عند درجة حرارة الغرفة، السعة الحرارية عند حجم ثابت C_V هي:
   - أ. $\frac{3}{2}R$ من أجل غاز مثالي أحادي الذرة
   - ب. $\frac{3}{2}R$ من أجل غاز الهيليوم
   - ت. $\frac{5}{2}R$ من أجل غاز ثنائي الذرة
   - ث. $\frac{7}{2}R$ من أجل غاز الأكسجين
3. من أجل غاز مثالي أحادي الذرة العلاقة بين متوسط مربع سرعة الدقائق $\langle v^2 \rangle$ودرجة الحرارة المطلقة هي:
   - أ. $m\langle v^2 \rangle = k_B T$
   - ب. $m\langle v^2 \rangle = \frac{1}{2}k_B T$
   - ت. $m\langle v^2 \rangle = 3k_B T$
   - ث. $M\langle v^2 \rangle = 3RT$
4. تمثل الطاقة الداخلية لدقائق الغاز المثالي من الناحية الميكروسكوبية:
   - أ. الطاقة الحركية للدقائق
   - ب. الطاقة الكامنة لدقائق
   - ت. الطاقة الكامنة الثقالية
   - ث. مجموع الطاقة الحركية للدقائق والطاقة الكامنة الناتجة عن التأثيرات بين دقائق الجملة

التمرين الثاني: 6 ن

يتم إنتاج جس (بلاتر) البناء (plâtre) $CaSO_4.\frac{1}{2}H_2O$بنزع الماء من الجبس (gypse) $CaSO_4.2H_2O$ بوضعه داخل فرن درجة حرارته $400°C$. لينتج الماء في الحالة الغازية. تتم كل العمليات في التمرين عند ضغط ثابت.

1. أحسب التغير في الأنثالبية القياسية لتفاعل إنتاج البلاتر عند $25°C$ثم عند $400°C$.
2. ندخل الجبس داخل فرن درجة حرارته $25°C$. ماهي كمية الطاقة اللازمة لإنتاج كيس من البلاتر كتلته $40Kg$.

3. الطاقة اللازمة للتفاعل السابق يتم الحصول عليها بتفاعل إحتراق الكربون والأكسجين عند 400°C. نقوم بتسخين الكربون والهواء داخل فرن من 25°C إلى 400°C. إذا علمت أن كمية الهواء اللازمة هي الضعف والمردود الحراري للفرن هو 80% فأحسب كتلة الكربون اللازمة لإنتاج كيس البلاتر كتلته 40Kg. نعتبر الهواء مزيج مثالي من $O_2(20\%)$ و $N_2(80\%)$ بالمول.

المعطيات:

$\Delta H_f^\circ\left(KJ.mol^{-1}\right): H_2O_{(g)} = -241,83 ; CO_{2(g)} = -393,51 ; gypse_{(s)} = -2021 ; platre_{(s)} = -1575 ;$

$C_p^\circ\left(J.mol^{-1}.K^{-1}\right): H_2O_{(g)} = 29,59 + 11,38.10^{-3}T ; N_{2(g)} = 27,17 + 4,18.10^{-3}T ; CO_{2(g)} = 34,11 + 20,40.10^{-3}T$

$O_{2(g)} = 34,58 + 1,09.10^{-3}T ; gypse_{(s)} = 186 ; platre_{(s)} = 120 ; C_{(s)} = 8,6$

$M\left(g.mol^{-1}\right): H = 1,008 ; O = 16 ; Ca = 40,08 ; S = 32,07$

التمرين الثالث: 10ن

يخضع 1 mol من غاز مثالي ثنائي الذرة إلى التحولات العكوسة التالية:

التحول (1): إنضغاط أديباتيكي من الحالة A إلى الحالة B .

التحول (2): إنضغاط إيزوثرمي من الحالة B إلى الحالة C.

التحول (3): تمدد أديباتيكي من الحالة C إلى الحالة D.

التحول (1): تمدد إيزوثرمي من الحالة D إلى الحالة A .

1- برهن علاقة ماير (Mayer) $C_p - C_v = R$. ثم أرسم مخطط كلابيرون Clapeyron (P.V) للدورة.

2- أحسب المقادير الثرموديناميكية العمل W وكمية الحرارة Q للتحولات الأربع؟

3- تحقق من تطبيق القانون الأول من الثرموديناميك.

تطبيق عددي من أجل:

$P_A = 10^5 Pa ; P_C = 2P_A ; T_A = 285K ; T_B = 320K ; T_D = T_A Pa,\ C_V = \frac{5}{2}R,\ R = 8,31\ J/mol.K$

بالتوفيق

التصحيح النموذجي للإمتحان الأول في الترمو، تاملت

مارس 2020

التمرين الأول : 4 نقاط كل إجابة (0,25)

1. P ، ب إجابة صحيحة
ت ، ث " خاطئة

2. أ ، ب ، ت إجابات صحيحة
ث إجابة خاطئة

3. P ، ب إجابة خاطئة
ت ، ث " صحيحة

4. P ، ب ، ت إجابات خاطئة
ث إجابة صحيحة

التمرين الثاني : 6 نقاط

1. تفاعل إنتاج البلاتر (plâtre) هو :

$$CaSO_4 . 2H_2O_{(s)} \xrightarrow{\Delta} CaSO_4 . \frac{1}{2} H_2O_{(s)} + \frac{3}{2} H_2O_{(g)}$$

gypse (0,5) plâtre

$$\Delta H^\circ_r (298K) = \Delta H^\circ_{f\ plâtre} + 1,5\ \Delta H^\circ_{f\ H_2O_{(g)}} - \Delta H^\circ_{f\ gypse}$$ (0,5)

حسب قانون Hess

$$\Delta H^\circ_r (298K) = -1575 + 1,5 \times (-241,83) + 2021$$

$$= 83,26\ KJ.mol^{-1}$$ (0,25)

حسب قانون كيرشوف Kirchhoff

$$\Delta H^\circ_r (400^\circ C) = \Delta H^\circ_r (25^\circ C) + \int_{298}^{673} \Delta_r C_p^\circ . dT$$ (0,5)

$$\Delta_r C_p^\circ = 1,5\ C_{p\ H_2O_{(g)}}^\circ + C_{p\ plâtre}^\circ - C_{p\ (gypse)}^\circ$$

(0,5)

$$\Delta_r H^\circ (400^\circ C) = 83,26 + \int_{298}^{673} (-21,62 \times 10^{-3} + 17,07 \times 10^{-6} T)\, dT$$

ومنه :

$$\Delta H^\circ_r (673K) = 81,26\ KJ.mol^{-1}$$ (0,5)

التفاعل ماص للحرارة

2. لإنتاج كيس من البلاتر لكتلة 40kg يجب :

1. تسخين الجبس من 25° ← 400°C

2. نزع الماء عند 400°C

بما أن التفاعل يتم عند ضغط ثابت فإن كمية الطاقة اللازمة هي :

لتحويل 1 مول من الجبس gypse

$$Q_{p,m} = \Delta H^\circ_r (400^\circ C) + \int_{298}^{673} n\, C_p^\circ . dT$$ (0,5)

$$Q_{p,m} = 151,07\ KJ.mol^{-1}$$ (0,25)

ولدينا الكتلة المولية للبلاتر

$$M(CaSO_4 . \tfrac{1}{2} H_2O) = 145,16\ g.mol^{-1}$$

الطاقة اللازمة لإنتاج 40kg من البلاتر هي :

$$Q_p = 151.01 \times \frac{40000}{145,16} = 41612\ KJ$$ (0,5)

3. في البداية نقوم بتسخين الكربون والهواء من 25°C ← 400°C ومنه طاقة التسخين هي :

$$Q_{p,m} = \int_{298}^{673} (C_{p\ C_{(s)}}^\circ + 2\, C_{p\ O_{2(g)}}^\circ + 8\, C_{p\ N_2}^\circ)\, dT$$ (0,5)

$$Q_{p,m} = 116,96\ KJ.$$

كمية الهواء هي الضعف و النسبة من N_2 ، 1mole O_2 .4mole

تفاعل احتراق الكربون والأكسجين هو :

$$C_{(s)} + O_{2\ (g)} \longrightarrow CO_{2\ (g)}$$ (0,5)

$$\Delta H^\circ_r (25^\circ C) = \Delta H^\circ_{f\ CO_{2(g)}} - \Delta H^\circ_{f\ C_{(s)}} - \Delta H^\circ_{f\ O_2}$$

وحسب قانون كيرشوف

$$\Delta H_r^\circ(40^\circ) = \Delta H_r^\circ(25^\circ) + \int_{298}^{673} \Delta_r C_p^\circ \cdot dT$$

$$\Delta H_r^\circ = -393{,}40\ KJ.mol^{-1}$$ (0,5)

لما أن مردود الفرن 80% ومنه الطاقة الكلية

تصبح :

$$0{,}8(116{,}96 - 393{,}40)$$

$$= -221{,}15\ KJ.mol^{-1}$$ (0,5)

ومنه كتلة الكربون اللازمة لانتاج طيسم 40kg

$$m(\text{الكربون}) = 12.01 \times \frac{41612}{221{,}15} = 2{,}25\ Kg$$

$PV = RT \Rightarrow P\,dV = R\,dT - V\,dP$

ومنه،

$$\delta Q_{rev} = (C_V + R)\,dT - V\,dP$$ (0,5)

التحول إيزوبار: $dP = 0$

$$\delta Q_{rév} = (C_V + R)\,dT = C_P\,dT$$

ومنه: $C_P - C_V = R$ (0,5) علاقة Mayer.

2- $P_A V_A = RT_A$, $V_A = \frac{RT_A}{P_A}$

التحول AB:

$$V_A = \frac{8,31 \cdot 285}{10^5} = 23,7 \times 10^{-3}\ m^3$$ (0,5)

$$C_P = C_V + R = \frac{7}{2}R \qquad \gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{7}{5}$$

ولدينا في التحول الأديباتيكي $PV^{\gamma} = cste$

$TV^{\gamma-1} = cste$ أيضا

$$T_A \cdot V_A^{\gamma-1} = T_B \cdot V_B^{\gamma-1}$$

$$V_B = V_A \left(\frac{T_A}{T_B}\right)^{1/\gamma-1} \Rightarrow$$

$$V_B = 17,7 \cdot 10^{-3}\ m^3$$ (0,5)

$$P_B = \frac{RT_B}{V_B} \Rightarrow P_B = 1,5 \times 10^5\ Pa$$ (0,5)

التحول BC:

$P_C = 2P_A$

$$\frac{RT_C}{V_C} = 2 \cdot \frac{RT_A}{V_A} \Rightarrow V_C = 13,3 \cdot 10^{-3}\ m^3$$ (0,5)

التحول CD:

$$V_D = V_C \cdot \left(\frac{T_B}{T_A}\right)^{1/\gamma-1}$$

$$V_D = 17,8 \times 10^{-3}\ m^3$$ (0,5)

التمرين الثالث: 5 نقاط

1- حسب المبدأ الأول للترمودينامك:

$$dU = \delta Q + \delta W$$

التحول العكوس فإن شغل القوى

$$\delta W_{rev} = -P\,dV$$ (0,5)

ومنه: $\delta Q_{rev} = dU + P\,dV$

الغاز مثالي فإن: $dU = C_V\,dT$

$PV = nRT$

$n = 1\ mole$

$P_A = 10^5\ Pa$ → $P_B = 1{,}5 \times 10^5\ Pa$

$V_A = 23.7.10^{-3}\ m^3$ → $V_B = 17{,}7.10^{-3}\ m^3$

↑ ↓

$P_D = 1{,}33 \times 10^5\ Pa$ ← $P_C = 2.10^5\ Pa$

$V_D = 17.8.10^{-3}\ m^3$ ← $V_C = 13{,}3 \times 10^{-3}\ m^3$

$$W_{DA} = RT_A . \ln \frac{V_D}{V_A}$$ (0,5)

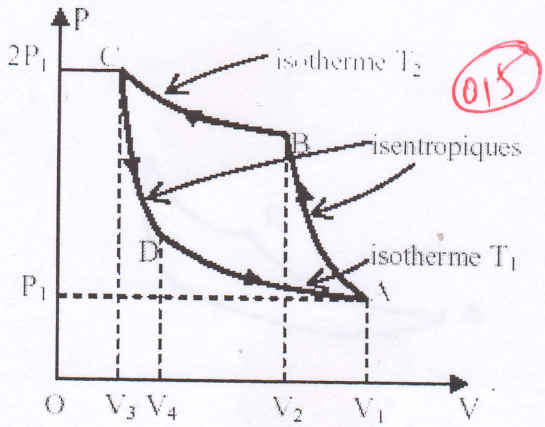
$$= 8{,}31 . 285 \ln \frac{17.8}{23{,}7} = -678\ j$$ (0,5)

$Q = -W$ $\Delta U = 0$ تحول إيزوترمي

4- الحلقة : $\Delta U = 0$ وهذا محقق. (1)

$$P_D = \frac{RT_D}{V_D} = \frac{8{,}31 . 285}{17{,}8.10^{-3}}$$

$P_D = 1{,}33 \times 10^5\ Pa$ (0,5)



(0,5)

2- التحول AB : $\delta Q_{AB} = 0$ (0,5)

$$\Delta U_{AB} = W_{AB} = n C_V \Delta T$$

$$= \frac{5}{2} . R (T_B - T_A) = \frac{5}{2} . 8{,}31 . (320 - 285)$$

$\Delta U_{AB} = W_{AB} = 727{,}125\ j$ (0,5)

التحول CD : $\delta Q_{CD} = 0$ (0,5)

$$\Delta U_{CD} = W_{CD} = n C_V (T_D - T_C)$$

$T_D = T_A$, $T_C = T_B$ (0,5)

$W_{CD} = -727{,}125\ j$

التحول BC : إيزوترمي

$$W_{BC} = RT_B . \ln \frac{V_B}{V_C}$$ (0,5)

$$W_{BC} = 8{,}31 . 320 \ln \frac{17{,}7}{13{,}3}$$

$W_{BC} = 760\ j$

$Q = -W$ (0,5)