4المدرسة العليا للأساتذة طالب عبد الرحمن بالأغواط
Ecole Normale Supérieure de Laghouat *Taleb Abderrahmane*

قسم الفيزياء/قسم الرياضيات
السنة الأولى ثانوي و متوسط

الأغواط في 31 جانفي 2023
(1سا و 30 د)

الامتحان الأول في مقرر الثرموديناميك

التمرين الأول: 6 ن

أ- لديك ثلاث بالونات متماثلة مُلئت بالغازات المثالية التالية:

البالون A: غاز الأكسجين (O_2) $(P = 101,3KPa, \theta = 20°C)$

البالون B: غاز الميثان (CH_4) $(P = 200KPa, \theta = 20°C)$

البالون C: غاز ثنائي الآزوت (N_2) $(P = 150KPa, \theta = 20°C)$

1- أحسب كمية المادة لكل غاز إذا كان حجم البالون $V = 2L$ ؟

2- ما هو الغاز الذي لديه أعلى متوسط للطاقة الحركية؟

3- ما هو الغاز الذي تكون لديه أعلى عدد من التصادمات لدقائقه مع الجدران؟

ب-باستعمال التحليل البعدي تأكد من أن بعد الجداء $P \times \Delta V$ هو بعد العمل W ؟

ت-نعتبر تحول عنصري عكوس لمول من غاز مثالي أوجد عبارة تفاضل كمية الحرارة δQ التالية:

$\delta Q = C_V dT + LdV$ ثم عبر عن المعامل L بدلالة السعات الحرارية C_V و C_p و التفاضل الجزئي $\left.\frac{\partial T}{\partial V}\right|_P$ إذا علمت أن: $\delta Q = C_p dT + hdP$

التمرين الثاني: 5 ن

نضع داخل مقياس أديباتيكي كتلة $m_1 = 900g$ من ماء درجة حرارته $0°C$ وقطعة جليد كتلتها $m_2 = 90g$ عند نفس درجة الحرارة السابقة. ثم نضيف كتلة $m_3 = 54g$ من بخار الماء عند درجة حرارة $100°C$. نعتبر أن السعة الحرارية للمسعر مهملة.

1- أحسب حرارة ذوبان قطعة الجليد؟

2- أحسب حرارة تمييع بخار الماء؟

3- إذا علمت أن الحالة النهائية للجملة سائلة فأحسب درجة الحرارة النهائية (عند حالة التوازن)؟

المعطيات: الحرارة اللاطية لانصهار الماء $L_{fus} = 6000 J.mol^{-1}$ الحرارة اللاطية لتبخر الماء $L_{vap} = 44100 J.mol^{-1}$

السعة الحرارية المولية للماء السائل $c_e = 75,2 J.K^{-1}.mol^{-1}$ الكتلة المولية للماء $M = 18\ g.mol^{-1}$

درجة حرارة تجمد الماء 0°C درجة حرارة تبخر الماء 100°C

التمرين الثالث: 9 ن

يخضع 2مول من غاز مثالي إلى دورة إيركسون (J.Ericsson) وفق أربع تحولات عكوسة (متوازنة) التالية:

التحول الأول: إنضغاط إيزوثرمي من الحالة $A\left(P_A = P_1, V_A, T_A = T_1\right)$ إلى الحالة $B\left(P_B = P_2, V_B, T_B\right)$

التحول الثاني: تسخين إيزوباري من الحالة B إلى الحالة $C\left(P_C, V_C, T_C = T_2\right)$

التحول الثالث: تمدد إيزوثرمي من الحالة C إلى الحالة D

التحول الرابع: تبريد إيزوباري من الحالة D إلى الحالة A

1- أحسب درجة الحرارة T_1 والحجم V_B, V_C, V_D ؟

2- أرسم مخطط كلابيرون $(P.V)$للدورة بدون سلم رسم.

3- أعط عبارة العمل W وكمية الحرارة Q والتغير في الطاقة الداخلية ΔUوالتغير في الأنثالبية ΔH لكل حالة بدلالة $x = P_2/P_1, \gamma, R, n, T_1, T_2$

4- أحسب قيمة العمل الكلي وكمية الحرارة الكلية والتغير في الطاقة الداخلية الكلية والتغير في الأنثالبية الكلية؟

5- نعرف مردود الدورة $r = -\frac{W_{cycle}}{Q_{reçus}}$ أي النسبة بين العمل الكلي المنجز للدورة وكمية الحرارة الممتصة.

- أحسب قيمة مردود حلقة إيركسون؟

المعطيات:

$P_1 = 10^5\ Pa$ $\quad n = 2\ mol$ $\quad R = 8{,}314 J.K^{-1}.mol^{-1}$

$V_A = 50\ L$ $\quad P_2 = 5 \times 10^5\ Pa$ $\quad T_2 = 1200\ K$

$\gamma = 1{,}4$

بالتوفيق

التصحيح النموذجي للامتحان النهائي في مقرر الفيزياء الحرارية

$1\,atm = 101{,}325\,kPa$

العلاقة المناسبة $PV = nRT$

$n = \frac{PV}{RT}$ (0,25) $T = 293K$.

(0,75)
البالون A : $n_{O_2} = 0{,}083\,mol$
البالون B : $n_{CH_4} = 0{,}16\,mol$
البالون C : $n_{N_2} = 912\,mol$

لدينا $\bar{E}_c = \langle E_c \rangle = \frac{3}{2} k_B T$ (1)

أي متوسط الطاقة الحركية لجزيئات الغاز يتعلق بدرجة الحرارة المطلقة ومنه $\bar{E}_c$ هي نفسها.

نكون في البالون B لأنه تحوي أكبر عدد من الجزيئات حيث فقدها الغاز في بداية الاشعاعات للجزيئات مع جدران البالون. (0,5)

لدينا $\delta W = \vec{F} \cdot d\vec{L}$ (0,5)

بعد التفاضل والجداء

$[P] = \frac{[F]}{[L]^2} \quad [V] = [S] \cdot [L]$ (0,5) (0,5)

ومنه

$[P] \cdot [\Delta V] = [F] \cdot [L]$

$\frac{N}{kg.m/s^2} \quad m$

دالة الحالة للطاقة الداخلية $U(T, V)$ تعتمد تغير الطاقة الداخلية ΔU بثبات الضغط ومنه،

$dU = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T dV$ ... (1) (0,5)

حسب المبدأ الأول في الترموديناميك

$dU = \delta Q + \delta W \Rightarrow \delta Q = dU + PdV$ (2)

ومنه نجد،

$\delta Q = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V dT + \left[\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T + P\right] dV$ (0,5)

مقاطع التحول الإيزوتروبي

لدينا $\delta Q = C_p\, dT \quad / \; dP = 0$

$C_V\, dT + L\, dV = C_p\, dT$ (0,5)

$(C_p - C_V)\frac{dT}{dV} = L$ (0,5)

1- حرارة تبخير الماء Q_{fus} (0,5)

$Q_{fus} = n_E \cdot L_{fus} = \frac{m_E}{M_{H_2O}} \cdot L_{fus}$ (0,5)

2- حرارة تصعيد بخار الماء $Q_{liquéfaction}$ ؟

$Q_L = -Q_{vap} = -n_3 \cdot L_V = -\frac{m_3}{M} \cdot L_{vap}$ (0,5)

3- لدينا آنية المعيارات في توازن حراري $\Sigma Q = 0$ (0,5)

$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_{fus} + Q_L = 0$ (0,5)

$m_1 c_e (\theta_f - 0) + m_2 c_e (\theta_f - 0) + m_3 c_e (\theta_f - 100) + Q_L + Q_{fus} = 0$ (0,5)

$\theta_f = \frac{-Q_{fus} - Q_L + 100 m_3 c_e}{(m_1 + m_2 + m_3) c_e}$ (1)

$\theta_f = 2{,}8°C$ (0,5)

$\Delta H_2 = Q_2 = C_p \cdot (T_2 - T_1)$ (0,5)

$\Delta H_2 = Q_2 = \frac{nR\gamma}{(\gamma-1)} (T_2 - T_1)$ (0,5)

$\Delta U_2 = C_v (T_2 - T_1) = \frac{nR}{(\gamma-1)} \cdot (T_2 - T_1)$

$\Delta U_3 = 0$ (0,25)

التحول الثالث : تحويل إيزوثرمي

$\Delta H_3 = 0$ (0,25)

$Q_3 = -W_3$ (0,25) / $W_3 = -nRT_2 \ln\left(\frac{V_D}{V_B}\right)$ (0,5)

$W_3 = -nRT_2 \ln x$

$Q_3 = nRT_2 \ln x$

التحول الرابع : تحويل إيزوبار

$W_4 = -\int_D^A P dV = P_1 (V_A - V_D) = nR(T_2 - T_1)$ (0,25)

$Q_4 = C_p (T_1 - T_2) = \frac{nR\gamma}{(\gamma-1)} \cdot (T_1 - T_2) = \Delta H_4$ (0,5)

$\Delta U_4 = \frac{nR}{(\gamma-1)} \cdot (T_1 - T_2)$ (0,25)

-4

$W_t = \sum_{i=1}^{4} W_i = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$ (0,5)

$W_t = nRT_1 \ln x + -nR(T_2 - T_1) + -nRT_2 \ln x + nR(T_2 - T_1)$

$W_t = nR \ln(x) (T_1 - T_2)$

$Q_t = \sum_{i=1}^{4} Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$ (0,5)

$= -nRT_1 \ln x + \frac{nR\gamma}{(\gamma-1)} (T_2 - T_1) + nRT_2 \ln x +$

$\frac{nR\gamma}{(\gamma-1)} (T_1 - T_2)$

$\Delta U_{\text{دور}} = 0$ (0,25) ، $\Delta H_{\text{دور}} = 0$ (0,25)

$Q_{\text{recu}} = Q_3 + Q_2 = nRT_2 \ln x + \frac{nR\gamma}{(\gamma-1)} (T_2 - T_1)$ (0,25)

(0,25)

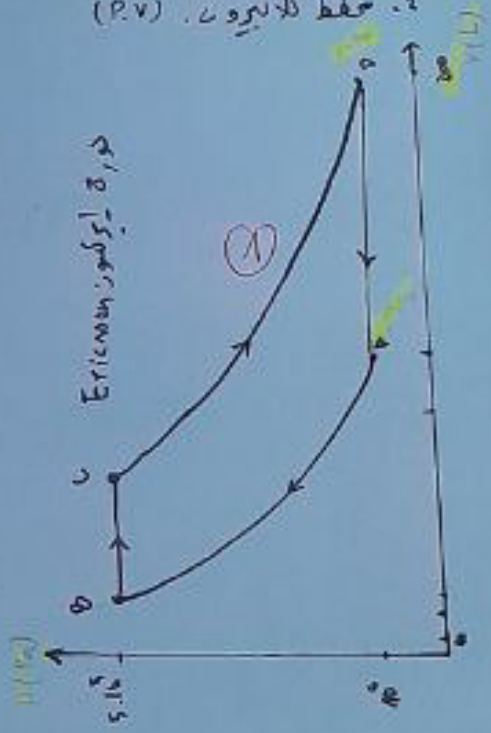
$T_A = T_1 = \frac{P_A \cdot V_A}{nR} = 300,7\,K$ (0,25)

$V_B = \frac{nRT_1}{P_2} = 10L$ (0,25) ، $P_D = P_A = 10^5 Pa$

$V_C = \frac{nRT_2}{P_2} = 40L$ (0,25) ، $P_C = P_B = 5 \times 10^5 Pa$.

$V_D = \frac{nRT_2}{P_1} = 200L$ (0,25)

2. مخطط كلابيرون (P.V).



3- إنضغاط إيزوثرمي

$\Delta U_1 = 0$ (0,25) ، $\Delta H_1 = 0$. (0,25)

$W_1 = nRT_1 \ln\left(\frac{V_A}{V_B}\right)$ (0,5) / $\frac{V_A}{V_B} = \frac{P_B}{P_A} = x$

$W_1 =$ (0,25)

التحول الثاني : تسخين إيزوبار

$W_2 = -\int_B^C P dV = -P_2 (V_C - V_B)$

$W_2 = -nR(T_2 - T_1)$. (0,5)