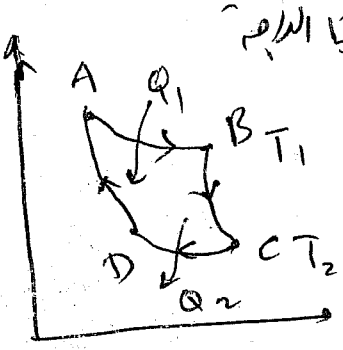
سلم تصحيح فيزياء الدورة العادية
سنة ٣ تجريبي رياضي ٢٠٢٠/٢٠٢٤

السؤال الأول: (4pts)

تتألف دورة كارنو من أربعة أطوار عكوسة هي: مرحلتان كظومتان ومرحلتان متساويتا الحرارة كما في الشكل. حيث AB و CD متساويتا الحرارة BC و DA كظومتان.



(0.5) حساب كمية الحرارة المتبادلة على مستوى AB و CD:

$PV = nRT_1$
$PV = nRT_2$

حسب القانون الأول في الترمودينا على التحول AB الكمية الحرارية المتبادلة هي:

$\delta Q = c_v dT + pdV$

(1) $Q_1 = \int_{V_A}^{V_B} pdV \Rightarrow Q_1 = \int_{V_A}^{V_B} \frac{nRT_1}{V} dV \Rightarrow Q_1 = nRT_1 \ln \frac{V_B}{V_A}$

كذلك التحول CD الكمية الحرارية مطروحة بتتبع الطريق نجد:

(1) $Q_2 = -\int_{V_C}^{V_D} pdV$

$Q_2 = nRT_2 \ln \frac{V_C}{V_D}$

من التحول الكظوم BC نجد:

$\delta Q = 0 \Rightarrow -c_v dT = pdV \Rightarrow -c_v dT = \frac{nRT}{V} dV \Rightarrow \frac{1}{nR} \cdot \frac{c_v dT}{T} = -\frac{dV}{V}$

(1) $\frac{1}{nR} \int_{T_1}^{T_2} \frac{c_v dT}{T} = -\int_{V_B}^{V_C} \frac{dV}{V} = \ln \frac{V_B}{V_C}$

من التحول الكظوم AD وبتتبع الطريق نجد:

(1) $\frac{1}{nR} \int_{T_1}^{T_2} \frac{c_v dT}{T} = \ln \frac{V_A}{V_D}$

من العلاقة الأخيرة نجد:

(1) $\ln \frac{V_A}{V_D} = \ln \frac{V_B}{V_C} \Rightarrow \ln \frac{V_B}{V_A} = \ln \frac{V_C}{V_D}$

حساب المردود الأعظمي نجد:

(1) $\eta = 1 - \frac{|Q_2|}{|Q_1|}$, $\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$

$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

السؤال الثاني: (20 درجة)

$$PV = \frac{2}{3} N \left(\frac{1}{2} m \bar{v}^2\right) \quad (*)$$

$$PV = nRT = \frac{N}{N_A} RT \;,\; k_B = \frac{R}{N_A}$$

$$PV = N k_B T \quad (**)$$ (5)

من (*) و (**) نجد أن

$$T = \frac{2}{3k_B}\left(\frac{1}{2} m \bar{v}^2\right) \Rightarrow \frac{1}{2} m \bar{v}^2 = \frac{3}{2} k_B T$$

$$\bar{v}^2 = 3\bar{v}_x^2 = 3\bar{v}_y^2 = 3\bar{v}_z^2 \;:\; \text{نحن}$$ (5)

حيث x و y و z تمثل درجات الحرية بالنسبة لذرة الغاز المثالي:

إذن نجد: (5)

$\bar{E} = \frac{1}{2} kT$ (لكل درجة حرية)

$E = \frac{3}{2} kT$ (لذرات ثلاثية الأبعاد)

أما للغاز الثنائي فيكون (جزيئات ثلاثية الأبعاد)

$E = \frac{5}{2} k_B T$

وبشكل عام للغاز الذي يملك f درجة حرية تكون: (5)

$$E = \frac{f}{2} k_B T$$

السؤال الثالث: (15 درجة)

لدينا تعبير متاح جيبس هلمهولتز كدالة بشكل تفاضلي:

$$dG = -SdT$$

وبالتالي يكون تغير متاح جيبس هلمهولتز المتبادلة وذلك عند (5)

$$d\Delta G = -\Delta S\, dT \Rightarrow \left(\frac{\partial(\Delta G)}{\partial T}\right)_p = -\Delta S$$ (5)

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \Rightarrow \Delta G = \Delta H + T\left(\frac{\partial(\Delta G)}{\partial T}\right)_p$$ (5)

بشكل مشابه يمكن كتابة تغير متاح هلمهولتز A بالشكل:

$$\Delta G = \Delta H + T\left(\frac{\partial(\Delta A)}{\partial T}\right)_V$$

السؤال الرابع (20 ن)

$P_1 V = n_1 R T_1$ ①

$P_2 V = n_2 R T_2$ ②

$P(2V) = (n_1 + n_2) R T$ ③ (5)

$\frac{P_1}{T_1} = \frac{n_1 R}{V}$, $\frac{P_2}{T_2} = \frac{n_2 R}{V}$

$\frac{2P}{T} = \frac{(n_1 + n_2) R}{V} \Rightarrow \frac{2P}{T} = \frac{n_1 R}{V} + \frac{n_2 R}{V}$ (5)

$\frac{2P}{T} = \frac{P_1}{T_1} + \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow P = \frac{T}{2}\left(\frac{P_1}{T_1} + \frac{P_2}{T_2}\right)$ (5)

$P = \frac{600}{2}\left(\frac{4}{200} + \frac{5}{300}\right) \Rightarrow P = 11$ atm (5)

السؤال الثاني ((25 / 25))

1) $AB: P = cst \Rightarrow \frac{V_A}{V_B} = \frac{T_A}{T_B} \Rightarrow \frac{3}{4.5} = \frac{300}{T_B} \Rightarrow \boxed{T_B = 450\,k}$ (2)

$BC: T = cst \Rightarrow P_B V_B = P_C V_C \Rightarrow (10^5)(4.5) = (0.5 \times 10^5) V_C$ (2)

$\boxed{T_C = T_B = 450\,k}$

$\boxed{V_C = 9\,m^3}$

$CD: V = cst \Rightarrow \frac{P_C}{P_D} = \frac{T_C}{T_D} \Rightarrow \frac{0.5}{0.25} = \frac{450}{T_D} \Rightarrow \boxed{T_D = 225\,K}$ (2)

2) $AB \Rightarrow Q_{AB} = C_p(T_B - T_A) = \frac{5}{2}(8.3)(450 - 300) \Rightarrow \boxed{Q_{AB} = 3112.5\,J}$ (3)

$BC \Rightarrow Q_{BC} = nRT_B \log \frac{V_C}{V_B} = (8.3)(450) \log \frac{9}{4.5} = 3735 \log 2$ (4)

$Q_{BC} = 3735(0.3) \Rightarrow \boxed{Q_{BC} = 1120.5\,J}$

(3) $CD \Rightarrow Q_{CD} = C_V(T_D - T_C) = \frac{3}{2}(8.3)[225 - 450) = 12.45(-225)$

$\boxed{Q_{CD} = -2801.25\,J}$

$DA \Rightarrow Q_{DA} = 0$

3) الكمية المكتسبة: $Q_1 = 3112.5 + 1120.5 = 4233\,J$ (3)

الكمية المحررة: $Q_2 = -2801.25\,J$

$\eta = 1 - \frac{|Q_2|}{|Q_1|} = 1 - \frac{|2801.25|}{|4233|} = 1 - 0.66 = 0.34$ (3)

4) $\varepsilon = \frac{|Q_2|}{|Q_1| - |Q_2|} = \frac{|2801.25|}{|4233| - |2801.25|} = \frac{2801.25}{1231.75}$ (3)

$\varepsilon = 2.27$