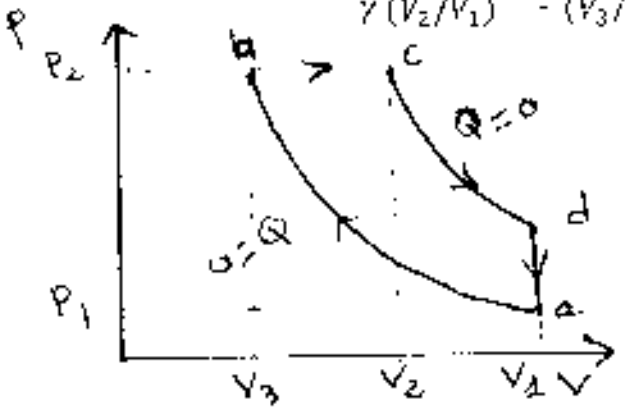
جـــامعة الشهيد حمه لخضر، الوادي

كلية العلوم الدقيقة، قسم الفيزياء، سنة ثانية فيزياء

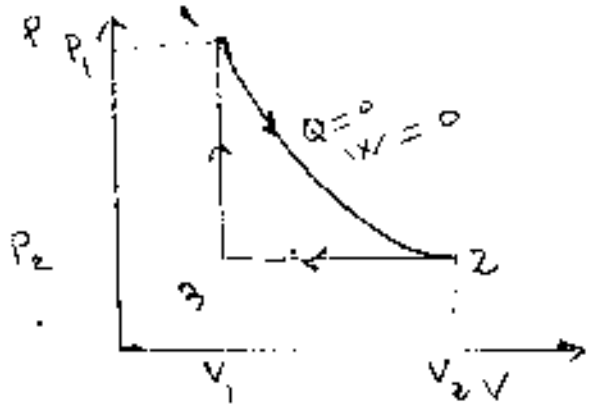
الامتحان النهائي في مادة الترموديناميك

التمرين الأول: لديك الدورة المبينة في الشكل لغاز مثالي. برهن أن مردودية المحرك المرفق بهذه الدورة تعطى بـ

$$e = 1 - \frac{1}{\gamma}\frac{(V_2/V_1)^{\gamma} - (V_3/V_1)^{\gamma}}{(V_2/V_1) - (V_3/V_1)}$$



التمرين الثاني: غاز مثالي يمر بالدورة المبينة في الشكل. المرحلة من 1 إلى 2 هي مرحلة تمدد حر كظومي (حرارة وعمل محدومان). باستعمال هذه الدورة برهن علاقة Mayer $c_p - c_v = R$.



التمرين الثالث: أسئلة مفاهيم

1- في النظرية الحركية للغازات الاتزان الحراري يستلزم أن لا يتعلق توزيع السرعات (كثافة احتمال أن يكون لذرة سرعة معينة) باتجاه السرعة. فسر باختصار لماذا يجب أن يتحقق هذا الشرط عند الاتزان الحراري.

2- اشرح في بضع سطور كيف يُمكّن مبدأ الأنتروبي الصفري من تفسير حتمية تساوي درجتي الحرارة لنظامين متصلين حراريا عندما يصلان إلى حالة الاتزان الحراري.

الحل النموذجي لامتحان الترمودينامياء

التمرين 1:

$e = 1 - \frac{|Q_c|}{|Q_h|}$

لدينا $Q_{cd} = Q_{ab} = 0$.

$Q_{bc} = c_p(T_c - T_b)$, $Q_{da} = c_v(T_a - T_d)$

• لحساب Q_h و Q_c لدينا :

$P_b = P_c = P_2 \Rightarrow P_2 V_3 = nRT_b$

$P_2 V_2 = nRT_c$

$T_c - T_b = \frac{P_2(V_2 - V_3)}{nR} > 0 \Rightarrow \boxed{Q_{bc} > 0}$

$\Leftrightarrow Q_h$

• $Q_{da} = c_v(T_a - T_d)$; $V_d = V_a$

$P_d V_d = nRT_d$, $P_a V_a = nRT_a$

$nR(T_a - T_d) = (P_a - P_d) V_1 < 0$

من التمثيل $\Leftrightarrow$

$Q_{da} < 0 \Rightarrow \boxed{Q_{da} = Q_c}$

$\Leftarrow$

$e = 1 - \frac{|Q_c|}{|Q_h|} = 1 - \frac{c_v(T_d - T_a)}{c_p(T_c - T_b)}$

$\boxed{e = 1 - \frac{1}{\gamma}\left(\frac{T_d - T_a}{T_c - T_b}\right)}$

نحسب الآن $\frac{T_d - T_a}{T_c - T_b}$

مما سبق:

$$\frac{T_d - T_a}{T_c - T_b} = \frac{P_d V_1 - P_A V_1}{P_2 V_2 - P_2 V_3} \quad \cdots (1)$$

لدينا أدبيا

$$P_c V_c^{\gamma} = P_d V_d^{\gamma} \Rightarrow P_2 V_2^{\gamma} = P_d V_1^{\gamma}$$

$$\boxed{P_d = P_2 \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma}}$$

لدينا أيضا

$$P_d V_d^{\gamma} = P_b V_b^{\gamma}$$

$$P_1 V_1^{\gamma} = P_2 V_3^{\gamma} \Rightarrow \boxed{P_1 = P_2 \left(\frac{V_3}{V_1}\right)^{\gamma}}$$

بالتعويض في (1)

$$\frac{T_d - T_a}{T_c - T_b} = \frac{P_2 \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma} V_1 - P_2 \left(\frac{V_3}{V_1}\right)^{\gamma} V_1}{P_2 (V_2 - V_3)}$$

$$= \frac{\left(V_2/V_1\right)^{\gamma} - \left(V_3/V_1\right)^{\gamma}}{\left(V_2/V_1\right) - \left(V_3/V_1\right)}$$

الحل الثاني

من ① إلى ② : $Q = W = 0$

$\Rightarrow \Delta U_{12} = 0 \Rightarrow T_1 = T_2$

$\Delta U_{TOT} = 0$ (دورة)

$\Delta U_{12} + \Delta U_{23} + \Delta U_{31} = 0$

$\Delta U_{23} = Q_{23} + W_{23} = C_p(T_3 - T_1) - P_2(V_1 - V_2)$

$\Delta U_{31} = Q_{31} + W_{31} = C_v(T_1 - T_3)$

$\Rightarrow C_p(T_3 - T_1) - P_2(V_1 - V_2) + C_v(T_1 - T_3) = 0$

$P_2 V_1 = nRT_3$; $P_2 V_2 = nRT_1$

$C_p(T_3 - T_1) - nRT_3 + nRT_1 + C_v(T_1 - T_3) = 0$

$(C_p - C_v)(T_3 - T_1) - nR(T_3 - T_1) = 0$

$C_p - C_v = nR \Rightarrow C_p - C_v = R$