

المدرسة العليا لأساتذة التعليم التكنولوجي - سكيكدة-
الاختبار الأول في الديناميكا الحرارية التطبيقية
سنة رابعة PEST المدة: ساعتان

التمرين: 01

- ليكن غاز يخضع للتحويلات التالية
A-B تمدد أدياباتيكي حيث $V_B = 2 V_A$
B-C انضغاط عند حجم ثابت
C-A انضغاط عند درجة حرارة ثابتة
1- أرسم الحلقة المتبعة في مخطط (P, V)، هل تعبر عن حلقة محرك
2- أحسب P_C, T_B, P_B
3- أحسب Q_{BC}
4- أثبت أن $W_{AB} = -Q_{BC}$ باستعمال المبدأ الأول في الترموديناميك
 $P_A = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}, V_A = 10^{-2} \text{ m}^3, T_A = 300 \text{ K}$
 $R = 8,31 \text{ J.mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}, C_p = 29 \text{ J.mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}, \gamma = 1,4$

التمرين: 02

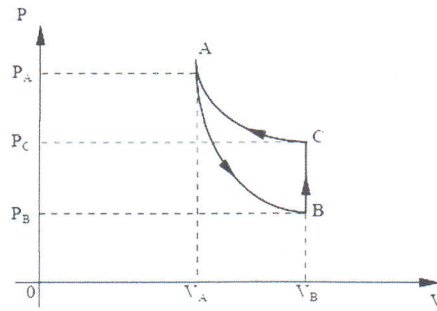
I- إستخرج علاقة كفاءة دورة الديزل بدلالة معامل الإنضغاط ومعامل الإحتراق r_c حيث $r_c = \frac{T_3}{T_2} = \frac{V_3}{V_2}$

-II-

- ليكن غاز يخضع لحلقة الديزل حيث
 $P_1 = 1 \text{ Bar} = 10^5 \text{ Pa}, T_1 = 300 \text{ K}$
 $V_1 / V_2 = 14$
 $T_3 = 1340 \text{ K}$
 $T_4 = 556 \text{ K}$
 $R = 8,31 \text{ J.mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}, \gamma = C_p / C_v = 1,4, C_v = 20,8 \text{ J.mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
1- أحسب T_2
2- أحسب كمية الحرارة لكل تحول
3- أحسب عمل الحلقة والمردود

التمرين: 03

- أرسم حلقة البخار الجاف وإشرح الفرق بينها وبين حلقة كارنو
إستخرج علاقة كفاءة حلقة البخار الرطب
أرسم حلقة إعادة التسخين، إستخرج علاقة الكفاءة الخاصة بها



ليست حلقة مغلقة (عكس)

(1)

$$P_A \cdot V_A = n \cdot R \cdot T_A$$

$$n = P_A \cdot V_A / (R \cdot T_A) \approx 1.10^5 \times 1.10^{-2} / (8,31 \times 300) \approx 0,4 \text{ mole}$$

(0,5)

$$\text{a) } P_B \cdot V_B^\gamma = P_A \cdot V_A^\gamma \text{ car AB est adiabatique} \Rightarrow P_B = P_A (V_A/V_B)^\gamma$$

$$= 1.10^5 \times (1/2)^{1,4} \approx 38.103 \text{ Pa} \quad (0,5)$$

$$P_B \cdot V_B = n \cdot R \cdot T_B \Rightarrow T_B = P_B \cdot V_B / (n \cdot R) \approx 38.103 \times 2.10^{-2} / (0,4 \times 8,31) \approx 227 \text{ K}$$

(0,5)

b)

$$P_C \cdot V_C = n \cdot R \cdot T_C \text{ or } V_C = V_B \text{ et } T_C = T_A$$

(car CA est une isotherme) d'où

$$P_C = n \cdot R \cdot T_A / V_B \approx 0,4 \times 8,31 \times 300 / 2.10^{-2} \approx 50.103 \text{ Pa}$$

(0,5)

4)

$$Q_{BC} + W_{BC} = \Delta U_{BC} \text{ (1er principe de la thermo) et on sait que}$$

$$\Delta U_{BC} = n \cdot C_v \cdot (T_C - T_B)$$

comme $W_{BC} = n \cdot C_p / \gamma \times (T_C - T_B) = 0$ (transfo isochore) on en déduit que

$$Q_{BC} = n \cdot C_v \cdot (T_C - T_B) \text{ et puisque } C_v = C_p / \gamma \text{ et } T_C = T_A$$

$$\text{on en déduit que } Q \approx 0,4 \times 29/1,4 \times (300 - 227) \approx 604 \text{ J}$$

(1)

5.a)

$$\Delta U_{CA} = 0 \text{ car } \Delta U_{CA} = n \cdot C_v \cdot (T_A - T_C) = 0 \text{ car } T_A = T_C \text{ (puisque AC est une isotherme)}$$

(2)

5.b)

$$W_{\text{cycle}} + Q_{\text{cycle}} = \Delta U_{\text{cycle}} = 0 \text{ quel que soit le cycle}$$

$$\text{d'où } W_{\text{cycle}} = -Q_{\text{cycle}} \Leftrightarrow W_{AB} + W_{BC} + W_{CA} = -Q_{AB} - Q_{BC} - Q_{CA} \Leftrightarrow W_{AB} = -Q_{AB} - Q_{BC} -$$

$$Q_{CA} - W_{BC} - W_{CA}$$

or $Q_{AB} = 0$ (AB est adiabatique) et $W_{BC} = 0$ (BC étant isochore)

$$\text{d'où } W_{AB} = -Q_{BC} - Q_{CA} - W_{CA}$$

$$\text{d'autre part } Q_{CA} + W_{CA} = \Delta U_{CA} \text{ (1er principe)} = 0, \text{ d'où } W_{AB} = -Q_{BC} - (Q_{CA} + W_{CA}) =$$

$$-Q_{BC} - \Delta U_{CA}$$

$$W_{AB} = -Q_{BC} \approx -604 \text{ J}$$

▪ Rendement théorique

La transformation 2-3

$$\Delta U = u_3 - u_2 = q_{in,23} - w_{b,out}$$

$$q_{in,23} = \Delta U + P\Delta V = \Delta h = C_p(T_3 - T_2)$$

La transformation 4-1

$$q_{41} - w_{41} = \Delta U$$

$$q_{41} = -q_{out} = \Delta u = C_v(T_1 - T_4)$$

$$q_{out} = C_v(T_4 - T_1)$$

$$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{Q_{in}} = \frac{Q_{net}}{Q_{in}} = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}} = 1 - \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \quad (0,5)$$

$$q_{out} = C_v(T_4 - T_1)$$

ET

$$q_{in} = C_p(T_3 - T_2)$$

$$\eta_{th,diesel} = 1 - \frac{C_v(T_4 - T_1)}{C_p(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{k(T_3 - T_2)} \quad (0,5)$$

$$\eta_{th,diesel} = 1 - \frac{T_1(T_4/T_1 - 1)}{kT_2(T_3/T_2 - 1)}$$

▪ Le rendement en fonction du le taux de compression et le taux de combustion :

La transformation 2-3

$$\frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{P_2 V_2}{T_2}; P_2 = P_3 \quad \frac{V_3}{T_3} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{V_3}{V_2} = r_c$$

r_c : Le taux de combustion (le rapport du volume après et avant la combustion)

$$\eta_{th,diesel} = 1 - \frac{T_1(T_4/T_1 - 1)}{kT_2(r_c - 1)} \quad (0,5)$$

La transformation 4-1

$$\frac{P_4 V_4}{T_4} = \frac{P_1 V_1}{T_1}; V_4 = V_1$$

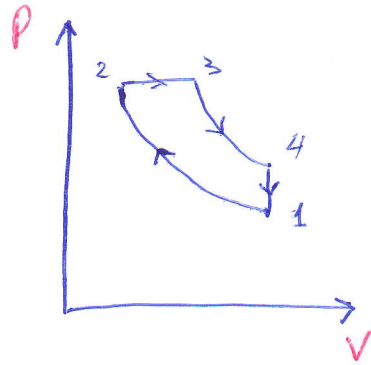
$$\frac{T_4}{T_1} = \frac{P_4}{P_1}$$

$$\eta_{th,diesel} = 1 - \frac{T_1(P_4/P_1 - 1)}{kT_2(r_c - 1)} \quad (0,5)$$

La transformation 3-4

$$P_1(V_1)^k = p_2(V_2)^k \text{ et } P_4(V_4)^k = P_3(V_3)^k$$

$$\frac{P_4(V_4)^k}{P_1(V_1)^k} = \frac{P_3(V_3)^k}{P_2(V_2)^k} = \left(\frac{V_3}{V_2}\right)^k = r_c^k \Rightarrow \frac{P_4}{P_1} = r_c^k \cdot \left(\frac{V_2}{V_4}\right)^k \quad (0,5)$$



$$\eta_{th,diesel} = 1 - \frac{T_1(r_c^k - 1)}{kT_2(r_c - 1)}$$

0,5

La transformation 1-2

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{k-1}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{1}{r}\right)^{k-1}$$

$r = \epsilon$

$$\eta_{th,diesel} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}} \left[\frac{r_c^k - 1}{k(r_c - 1)} \right]$$

0,5

II

1-2 est adiabatique $\Rightarrow T_1 \cdot V_1^{\gamma-1} = T_2 \cdot V_2^{\gamma-1} \Rightarrow T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \approx 300 \times 14^{1.4-1} \approx 862 \text{ K}$

0,5

$Q_{12} = 0$ car 1-2 est adiabatique

$Q_{23} = n \cdot C_p \cdot (T_3 - T_2)$ car 2-3 est isobare $\Rightarrow$ pour $n = 1$ mole on a $Q_{23} = \gamma \cdot C_v \cdot (T_3 - T_2) \approx 1.4 \times 20.8 \times (1340 - 862) \approx 14 \text{ kJ}$

$Q_{34} = 0$ car 3-4 est adiabatique

$Q_{41} = C_v \cdot (T_1 - T_4)$ car 4-1 est isochore $\Rightarrow Q_{41} \approx 20.8 \times (300 - 556) \approx -5 \text{ kJ}$

1,5

$\Delta U_{cycle} = 0$ pour tout cycle

1^{er} principe : $W + Q = \Delta U_{cycle} = 0$

$W = -Q \Leftrightarrow W = -(Q_{23} + Q_{41}) \approx -(14 \cdot 10^3 - 5 \cdot 10^3) \approx -8.6 \text{ kJ}$: le travail est négatif, preuve qu'il s'agit bien d'un cycle moteur !

1

$$\eta \triangleq \left| \frac{\text{travail fourni}}{\text{chaleur absorbée}} \right| \Leftrightarrow \eta = \left| \frac{W}{Q_{23}} \right| \approx 8.6 \cdot 10^3 / 14 \cdot 10^3 \approx 0.62$$

0,5

التمرين: 03

السؤال الأول: 28

$$Q_{41} + h_4 = h_1 + W$$

الغلاية: من المعادلة (2)،

$$Q_{supp} = Q_{41} = (h_1 - h_4) + W$$

$$\therefore Q_{41} = h_1 - h_4$$

وبما أن $W = 0$ ،

$$Q + h_1 = W_{o/p} + h_2 \quad \text{، (2) من المعادلة}$$

$$W_{o/p} = (h_1 - h_2) + Q$$

وبما أن $Q = 0$ ، (تمدد أديباتي انعكاسي) ، $s_1 = s_2$

$$\therefore W_{o/p} = W_{12} = h_1 - h_2$$

المكثف: من المعادلة (2)،

$$Q_{rej} = Q_{23} = (h_2 - h_3) + W$$

وبما أن $W = 0$

$$Q_{rej} = Q_{23} = h_2 - h_3$$

المضخة: من المعادلة (2)،

$$W_{1/p} = W_{34} = (h_4 - h_3) + Q$$

وبما أن $Q = 0$ (تمدد أديباتي انعكاسي)، $s_3 = s_4$

$$W_{34} = h_4 - h_3$$

$$W_{net o/p} = (h_1 - h_2) - (h_4 - h_3)$$

$$\eta_R = \frac{\text{صافي شغل الخرج}}{\text{الحرارة المكتسبة في الغلاية}} \quad \text{كفاءة دورة راكن،}$$

2,5

$$\eta_R = \frac{(h_1 - h_2) - (h_4 - h_3)}{h_1 - h_4} = \frac{(h_1 - h_2) - (h_4 - h_3)}{(h_1 - h_3) - (h_4 - h_3)}$$

The Ideal Reheat Rankine Cycle

Ideal Reheat Cycle Analysis

$$W_{P,in} = h_{2s} - h_1$$

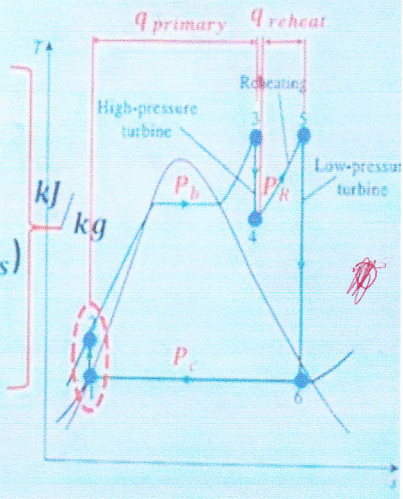
$$W_{T,out} = W_{HPT} + W_{LPT} \\ (h_3 - h_{4s}) + (h_5 - h_{6s})$$

$$q_{in} = q_{add} = (h_3 - h_{2s}) + (h_5 - h_{4s})$$

$$q_{out} = q_{rej} = h_{6s} - h_1$$

$$W_{net} = q_{in} - q_{out} = W_{T,out} - W_{P,in}$$

$$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{q_{in}} = 1 - \frac{q_{out}}{q_{in}}$$



2,5