

امتحان السداسي الأول 2022/2021

تمرين 1. (5pts)

خليط (هواء- بنزين) يخضع لتحول من الحالة (1) إلى الحالة (2) بإتباع ثلاثة مسارات مختلفة (a), (b), (c) مع : التحول الأول هو إيزوكور ثم إيزوبار (المسار a) ، والثاني هو إيزوبار ثم إيزوكور (المسار b) ، والثالث هو ما يجعل $PV = C^{ste}$ (المسار c).

$$\text{الحالة (1): } V_1 = 3l, P_1 = 1 \text{ bar}$$

$$\text{الحالة (2): } V_1 = 1l, P_1 = 3 \text{ bar}$$

1- ارسم التحولات الثلاثة في إحداثيات كلايرون (Clapeyron).

2- احسب تغير الطاقة ΔU بين الحالة (1) والحالة (2).

3- احسب العمل في الحالات الثلاث واستنتج الحرارة المتبادلة، هل اكتسبها النظام أم فقدها ؟

تمرين 2. (8pts)

كتلة هوائية مقدارها 1Kg أخذت في الحالة الأولية (17°C, 1bar) وتعرضت للتحولات التالية:

(أ) انضغاط كاضم للحرارة انعكاسي من 1-2 حتى الضغط $P_2 = 10 \text{ bar}$.

(ب) تمدد إيزوبار من 2-3 الذي من خلالها تلقى الغاز كمية من الحرارة $Q = 100 \text{ kcal/kg}$.

(ج) تمدد إيزوتارم 3-4 حتى الضغط الأولي.

(د) انضغاط إيزوبار 4-1 حتى الحالة الأولية.

(1) أوجد متغيرات الهواء (p, V, T) في كل نقطة من الدورة.

(2) ارسم الدورة 1-2-3-4 على مخطط كلايرون (P, V).

(3) أحسب العمل المتبادل لكل تحول جزئي.

(4) استنتج العمل المتبادل مع الوسط الخارجي

(5) أحسب كمية الحرارة المتبادلة طوال الدورة.

المعطيات: $C_p = 0.244 \text{ kcal/kg.K}$; $C_v = 0.175 \text{ kcal/kg.K}$; $\gamma = 1.4$; $r = 287.1 \text{ J/kg.K}$

تمرين 3. (7pts)

محرك احتراق داخلي رباعي الاشواط ذو اربعة اسطوانات، يمثل الصفات التالية:

- مسافة المكبس $C=60\text{mm}$
- نسبة الضغط $\epsilon=8$
- سرعة الدوران عند القدرة القصوى $N=6250\text{tr/mn}$
- عملية السحب تتم بضغط أولي $P_0=1\text{bar}$ و $T_0=27^\circ\text{C}$ ، و نفترض أن كتلة المزيج $m=20\text{g}$.

(1) هل المحرك، محرك بنزين أو محرك ديزل؟

(2) ارسم الدورة على مخطط (P, V) و (T, S) ، موضحا سعة الأسطوانة V و المسافة C .

(3) اوجد نصف قطر المرفق R و قطر الأسطوانة D .

(4) احسب الضغط، درجة الحرارة و الحجم لكل قمة من الدورة.

(5) اوجد الأعمال النظرية للضغط و التمدد ثم استنتج:

- العمل النظري للأسطوانة في الدورة.

- العمل الإجمالي للأسطوانات الأربعة في الدورة.

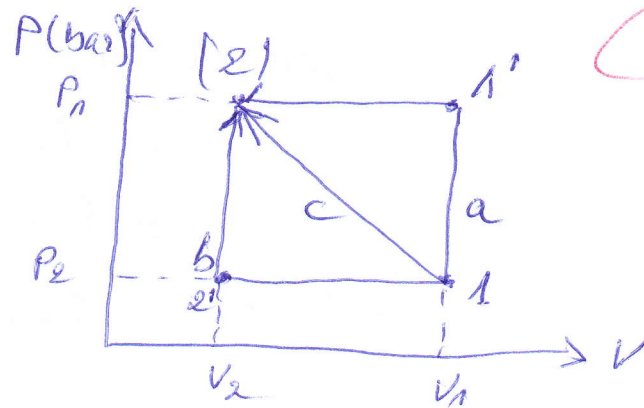
المعطيات: $\gamma=1.4$; $\beta=3.5$; $r=287\text{ J/kg.K}$

بالتوفيق.

حل الامتحان الاول (Turbomachines)

التمرين 1

1) رسم التحولات في منطقتي (Clapeyron)



2) حساب التغيرات ΔU بين الحالة (1) والحالة (2) (1)
 ΔU لا يتأثر بالمسار المتبع لأنه دالة حالة.

$\Delta U = \Delta Q = n C_p \Delta T = 0 \text{ J}$ (بالمسار المسار، أي أن التحول هو أيزوثيرم)

3) حساب العمل W_{a} بالمسار $a = 1 \rightarrow 1'$ (a و b و c)

* المسار (a)

$$W_a = W_{11'} + W_{1'2}$$

$W_{11'} = 0$ ← تحول أيزوثيرم

$W_{1'2} = -P_2(V_2 - V_{1'})$ ← تحول أيزوبار

إذا: 0.25 $W_a = W_{1'2} = -P_2(V_2 - V_{1'})$

$$= -P_2(V_2 - V_1)$$

$$= P_2(V_1 - V_2) = 3 \cdot 10^5 (3 - 1) 10^{-3}$$

0.5 $W_a = 600 \text{ J}$

(b) المسألة

$$W_b = W_{12'} + W_{2'2}$$

$$W_{2'2} = 0$$

$$\begin{aligned} 0,25 \quad W_b &= W_{12'} = -P_1(V_2' - V_1) \quad | \text{لـ} \\ &= -P_1(V_2 - V_1) \\ &= P_1(V_1 - V_2) = 10^5(3-1)10^{-3} \end{aligned}$$

$$0,15 \quad W_b = 200 \text{ J}$$

(c) المسألة

$$\begin{aligned} 0,25 \quad W_c &= - \int_1^2 P \cdot dV = - \int_1^2 nRT \frac{dV}{V} \\ &= nRT \ln \frac{V_1}{V_2} = P_1 V_1 \ln \frac{V_1}{V_2} \\ &= 10^5 3 \cdot 10^{-3} \ln 3 \end{aligned}$$

$$0,15 \quad W_c = 327 \text{ J}$$

- كميات الحرارة المسار = التغير

$$\Delta U = W + Q$$

$$W = -Q \quad \leftarrow \Delta U = 0$$

$$Q_c = -327 \text{ J} < 0 \quad , \quad Q_b = -200 \text{ J} < 0 \quad , \quad Q_a = -600 \text{ J} < 0$$

0,25

0,25

0,25

إذا: الحرارة فقدت في المسار

التحريك 2

1) حساب المتغير (P, V, T) في مختلف نقاط الدورة (04)

التحول 1-2: (انضغاط اديباتيكي) $P_1 = 1 \text{ bar}$, $T_1 = 17^\circ \text{C}$

$$P_1 V_1^{\gamma} = P_2 V_2^{\gamma} \quad \text{و} \quad P_1 V_1 = m R T_1$$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \quad , \quad V_1 = \frac{m R T_1}{P_1} = \frac{1 \cdot 287,1 \cdot 290,16}{1 \cdot 10^5}$$

$$V_2 = V_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \quad , \quad \boxed{V_1 = 0,833 \text{ m}^3} \quad 0,25$$

التحول 2-3: تمدد ايزوثيرمي $P = C^{\text{te}}$

عندنا: $P_2 = P_3 = 10 \text{ bars}$ و $Q_{2-3} = 100 \text{ kcal/kg}$ (كمية الحرارة المكتسبة)
 V_2, T_2 - Line

$$0,25 T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = 290,16 \left(\frac{10}{1} \right)^{\frac{0,4}{1,4}}$$

$$0,25 \boxed{T_2 = 553 \text{ K}}$$

$$0,25 V_2 = V_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1}{\gamma}} = 0,833 \left(\frac{1}{10} \right)^{\frac{1}{1,4}}$$

$$0,25 \boxed{V_2 = 0,16 \text{ m}^3}$$

الحرارة المكتسبة

$$0,25 Q_{2-3} = m C_p (T_3 - T_2)$$

$$\Rightarrow T_3 = \frac{Q_{2-3}}{m \cdot C_p} + T_2 = \frac{100}{1 \cdot 0,9244} + 553$$

$$T_3 = 962,82 \text{ K} \quad 0,25$$

$$0,25 P_3 V_3 = m R T_3 \Rightarrow V_3 = \frac{m R T_3}{P_3} = \frac{1 \cdot 287,1 \cdot 962,82}{10 \cdot 10^5}$$

$$(3) \quad \boxed{V_3 = 0,28 \text{ m}^3} \quad 0,25$$

التحول 4-3 (تسدد ايزوتارم) $T = C^{st}$

$$T_4 = 262,82 K \quad T_3 = T_4$$

$$\left. \begin{array}{l} P_3 V_3 = m R T_3 \\ P_4 V_4 = m R T_4 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{V_4}{V_3} = \frac{P_3}{P_4}$$

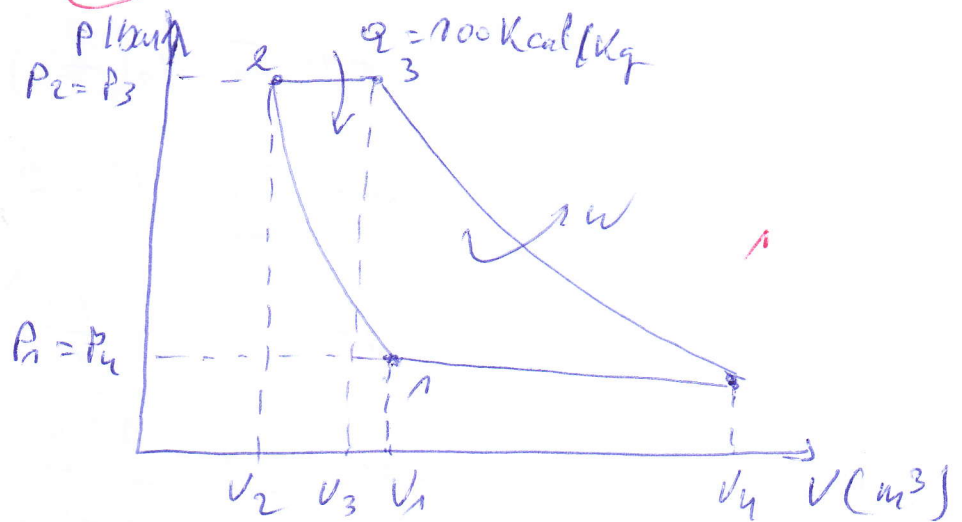
$$\Rightarrow V_4 = \frac{V_3 \cdot P_3}{P_4} = \frac{10 \cdot 10^{-5} \cdot 0,28}{10^5}$$

$$V_4 = 2,8 m^3$$

التحول 1-4 (انفجاط ايزوبار) $P = C^{st}$

$$T_1 = 290,16 K, \quad V_1 = 0,833 m^3, \quad P_4 = P_1 = 1 bar$$

(2) دورة 666 دورة



(3) العمل الناتج من دورة

$$W_{1-2} = 194,360 \text{ KJ/Kg} \quad W_{1-2} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{\gamma - 1} = \frac{(10 \cdot 0,16 - 1 \cdot 0,833) \cdot 10^5}{0,4}$$

$$W_{2-3} = -120 \text{ KJ/Kg} \quad W_{2-3} = -P_2 (V_3 - V_2) = -10 \cdot 10^5 (0,28 - 0,16)$$

$$W_{3-4} = -644,723 \text{ KJ/Kg} \quad W_{3-4} = P_3 \cdot V_3 \cdot \ln\left(\frac{P_4}{P_3}\right) = 10 \cdot 10^5 \cdot 0,28 \cdot \ln\left(\frac{1 \cdot 10^5}{10 \cdot 10^5}\right)$$

$$W_{4-1} = 239,2 \text{ KJ/Kg} \quad W_{4-1} = -P_1 (V_1 - V_4) = -10^5 (0,833 - 3,224)$$

(4)

التحول 4-3 (تسدد ايزوتارم) $T = C^{st}$

$$T_4 = 262,82 K \quad T_3 = T_4$$

$$\left. \begin{array}{l} P_3 V_3 = m r T_3 \\ P_4 V_4 = m r T_4 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{V_4}{V_3} = \frac{P_3}{P_4}$$

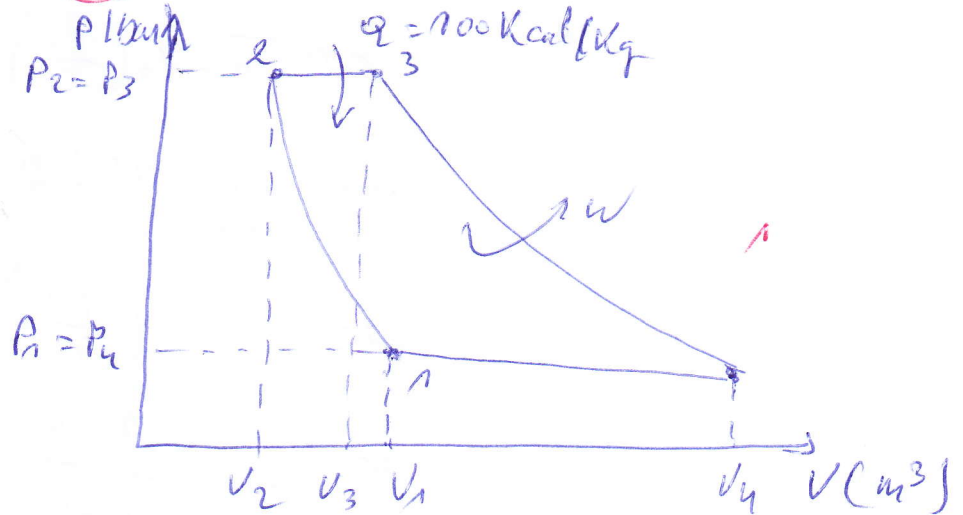
$$\Rightarrow V_4 = \frac{V_3 \cdot P_3}{P_4} = \frac{10 \cdot 10^{-5} \cdot 0,28}{10^5}$$

$$V_4 = 2,8 m^3$$

التحول 1-4 (انفجاط ايزوبار) $P = C^{st}$

$$T_1 = 290,16 K, \quad V_1 = 0,833 m^3, \quad P_4 = P_1 = 1 bar$$

(2) دورة 666 دورة



(3) العمل الناتج من دورة 666 دورة

$$W_{1-2} = 194,360 \text{ KJ/Kg} \quad W_{1-2} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{\gamma - 1} = \frac{(10 \cdot 0,16 - 1 \cdot 0,833) \cdot 10^5}{0,4}$$

$$W_{2-3} = -120 \text{ KJ/Kg} \quad W_{2-3} = -P_2 (V_3 - V_2) = -10 \cdot 10^5 (0,28 - 0,16)$$

$$W_{3-4} = -644,723 \text{ KJ/Kg} \quad W_{3-4} = P_3 \cdot V_3 \cdot \ln\left(\frac{P_4}{P_3}\right) = 10 \cdot 10^5 \cdot 0,28 \cdot \ln\left(\frac{1 \cdot 10^5}{10 \cdot 10^5}\right)$$

$$W_{4-1} = 239,2 \text{ KJ/Kg} \quad W_{4-1} = -P_1 (V_1 - V_4) = -10^5 (0,833 - 3,224)$$

(4)

التحريك 3

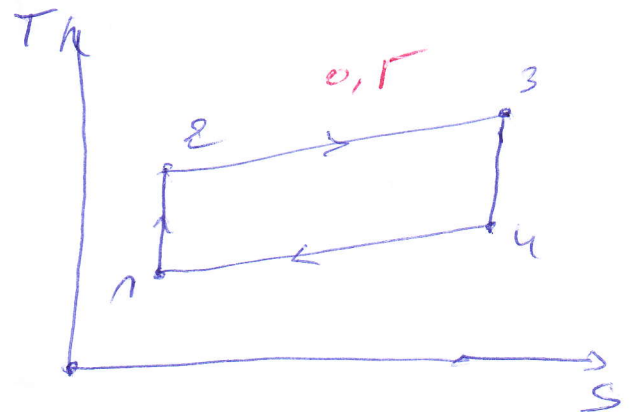
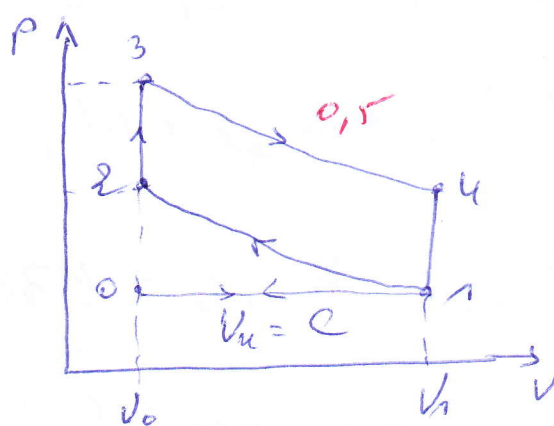
المعطيات: محرك ذو ارج اسطوانا = رابع الاسطوان

$$T_0 = 27^\circ\text{C}, P_0 = 1 \text{ bar}, N = 6250 \text{ rpm}, \epsilon = 8, C = 60 \text{ mm}$$

$$\gamma = 1.4, \beta = 3.5, v = 287 \text{ J/kg} \cdot \text{K}, m = 20 \text{ g}$$

أ) المحرك هو محرك بنزين لان $\epsilon = 8 < 11$ ، $\epsilon = 8$ ، $\beta = 3.5$

ب) رسم الدورة على مخطاط (P.V) و (T.S)



ج) حساب نصف قطر المرفق R وقطر الاسطوانة D

$$R = \frac{C}{2} = \frac{60}{2} \leftarrow R = 30 \text{ mm} \quad \epsilon = 8$$

قطر الاسطوانة D

$$\epsilon = \frac{V_1}{V_2} = 8, \quad V_u = \frac{\pi D^2}{4} \cdot C = V_1 - V_0$$

$$P_1 V_1 = m R T_1 \Rightarrow V_1 = \frac{m R T_1}{P_1} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 287 \cdot 300}{10^5}$$

$$\Rightarrow V_1 = 17 \text{ L} \quad 0.25$$

$$V_2 = 2.125 \text{ L} \leftarrow V_2 = \frac{V_1}{\epsilon} = \frac{17}{8} \quad 0.25$$

$$D = 0.56 \text{ mm} \leftarrow D = \sqrt{\frac{4 \times V_u}{\pi \cdot C}} = \sqrt{\frac{4(17 - 2.125) \cdot 10^{-3}}{3.14 \cdot 60 \cdot 10^{-3}}}$$

0.25

(6)

(4) العمل المتبادر مع الوسط الخارجى (0,1)

$${}_{0,2} W_{Total} = W_{1-2} + W_{2-3} + W_{3-4} + W_{4-1}$$

$$= 194,360 - 120 - 644,73 + 239,2$$

$${}_{0,2} W_{Total} = -331,163 \text{ KJ/Kg}$$

(5) كميات الحرارة المتبادلة طوال الدورة (0,1)

لما ان الغاز رجع الى الحالة الاولى

$${}_{0,2} \Delta U_{cycle} = Q_{cycle} + W_{Total} = 0 \quad \text{اذ 1}$$

$$Q_{cycle} = -W_{Total} = 331,163 \text{ KJ/Kg}$$

$${}_{0,2} Q_{cycle} = 7.9,225 \text{ Kcal/Kg}$$

٤ حساب المتغير (P, V, T) لكل قمة من الدورة.

- التحويل ١-٢: (انضغاط اديباتيكي)

$$0,25 \quad P_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} \cdot P_1 \quad \Leftrightarrow \quad P_1 V_1^{\gamma} = P_2 V_2^{\gamma} \quad V_2 = 2,125 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$= \epsilon^{\gamma} \cdot P_1 = 8^{1,4} \cdot 2$$

$$0,25 \quad \boxed{P_2 = 18,4 \text{ bars}}$$

$$0,25 \quad T_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \cdot T_1 \quad \Leftrightarrow \quad T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$= (\epsilon)^{\gamma-1} \cdot T_1 = 8^{0,4} \cdot 300$$

$$0,25 \quad \boxed{T_2 = 689,21 \text{ K}}$$

- التحويل ٢-٣: احتراق ايزوكور $V_2 = V_3$

$$V_2 = V_3 = 2,125 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$0,25 \quad \beta = \frac{P_3}{P_2} \Rightarrow P_3 = \beta \cdot P_2 = 3,5 \times 18,4$$

$$\Rightarrow \boxed{P_3 = 64,4 \text{ bars}} \quad 0,25$$

$$\left. \begin{array}{l} P_2 V_2 = n R T_2 \\ P_3 V_3 = n R T_3 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{P_3}{P_2} = \frac{T_3}{T_2} = \beta \quad 0,25$$

$$\Rightarrow T_3 = \beta \cdot T_2 = 3,5 \times 689,21$$

$$\Rightarrow \boxed{T_3 = 2412,23 \text{ K}} \quad 0,25$$

- التحويل ٣-٤: تمدد اديباتيكي

$$V_3 = V_4 = 17 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$P_3 \cdot V_3^{\gamma} = P_4 \cdot V_4^{\gamma} \Rightarrow P_4 = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma} \cdot P_3 = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma} \cdot P_3$$

$$0,25 \quad \boxed{P_4 = 3,7 \text{ bars}}$$

$$\Leftrightarrow \quad 0,25 \quad P_4 = \left(\frac{1}{\epsilon}\right)^{1,4} \cdot P_3 = \left(\frac{1}{8}\right)^{1,4} \cdot 64,4$$

(7)

$$0,75 \quad T_3 V_3^{\gamma-1} = T_4 V_4^{\gamma-1} \Rightarrow T_4 = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} T_3 = \left(\frac{1}{2}\right)^{\gamma-1} T_3$$

$$T_4 = \left(\frac{1}{2}\right)^{0,4} \cdot 2412,23$$

$$0,75 \quad \boxed{T_4 = 1050 \text{ K}}$$

(5) العمل الناتج عن الغازات والتوسع

$$0,75 \quad W_{1-2} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{\gamma - 1} = \frac{18,4 \cdot 2,125 \cdot 10^{-3} - 1,7 \cdot 10^{-3}}{1,4 - 1}$$

$$W_{1-2} = 5,525 \text{ KJ/Kg}$$

$$0,75 \quad W_{3-4} = P_3 V_3 \ln\left(\frac{P_4}{P_3}\right) = 64,4 \cdot 10^{-5} \cdot 2,125 \cdot 10^3 \ln\left(\frac{8,5}{64,4}\right)$$

$$W_{3-4} = -39,575 \text{ KJ/Kg}$$

- العمل الناتج عن الاستوائية في الدورة

$$0,25 \quad W_{\text{cycle}} = W_{1-2} + W_{3-4} = 5,525 - 39,575$$

$$W_{\text{cycle}} = -34,03 \text{ KJ/Kg}$$

- العمل الناتج عن الاستوائية في الدورة

$$0,25 \quad W_{T.\text{cycle}} = W_{\text{cycle}} \times 4 = -34,03 \times 4$$

$$W_{T.\text{cycle}} = -136,12 \text{ KJ/Kg}$$