كلية العلوم

القسم : **الفيزياء**

السنة : **الثانية**

المادة : ترموديناميك

المحاضرة : الرابعة /نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

٣

2025

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

- الصفة البارزة للثابتة R

اسطوانة - مكبس متحرك يحجز غاز مثالي

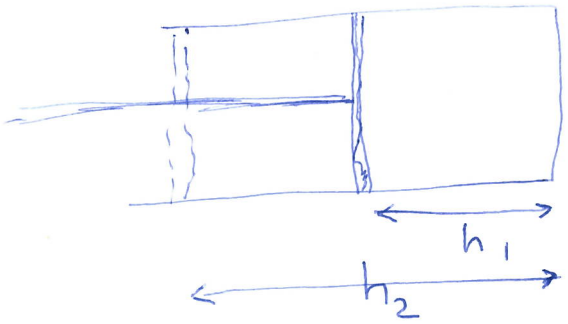
تقدر مول واحد عند درجة T والضغط P

ومساحة سطح المكبس S وارتفاع الغاز h_1

فإذا رفعنا درجة الحرارة درجة واحدة من

$T \leftarrow T+1$ فإن المكبس سينتقل إلى الوضع

h_2 مع بقاء الضغط ثابت وبالتالي فالغاز قام بعمل لينتقل مسافة (h_2-h_1)



وبالتالي

$$W = F(h_2-h_1) = PS(h_2-h_1)$$

$$= PSh_2 - PSh_1 = PV_2 - PV_1$$

ومن قانون الغازات المثالية $PV = RT$ فيكون -

$$PV_1 = RT \qquad PV_2 = R(T+1)$$

فيكون الشغل

$$W = R(T+1) - RT = R$$

وبالتالي فإن R تعبر عن مقدار عمل التمدد الذي يقوم به مول من الغاز عند رفع درجة حرارته بمقدار درجة واحدة عند ثبوت الضغط.

تمرين :

n مول غاز مثالي ثنائي الذرة شروطه البدائية هي

$T_0 = 273\ K^\circ$ ، $V_0 = 0.1\ m^3$ ، $P_0 = 10^5$ pascal

يجري عليه التحولات التالية :

1- انضغاط متساوي الحرارة حتى يصل الضغط $P_1 = 20 \times 10^5$ pascal

2- تبرد الغاز بتحجم ثابت حتى يصل حجمه $V_2 = 2 \times 10^{-3}\ m^3$

3- تبرد بتحجم ثابت بفعل كظوم حتى يعود إلى حجمه البدائي V_0

4- ينضغط الضغط تحت حجم ثابت إلى أن يعود إلى حالته البدائية

المطلوب :

أ - ارسم الدورة السابقة بأخذ V على المحور الأفقي و P على المحور العمودي

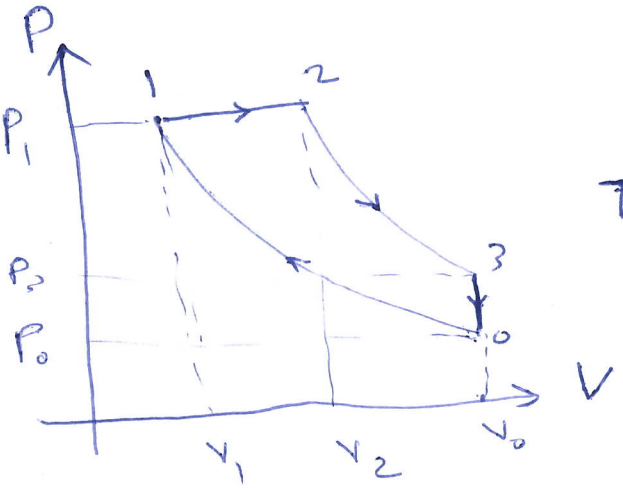
ب - احسب P ، V ، T عند كل مرحلة من مراحل الدورة

2- احسب مقدار كل تحول الفعل وكمية الطاقة الداخلية للغاز وكمية الحرارة المتبادلة مع الوسط الخارجي

3- تحقق من أن الطاقة الداخلية للغاز لم تتغير في نهاية الدورة

حيث $C_v = 20.8\ J/mol.K^\circ$ ، $C_p = 29.2\ J/mol.K^\circ$

الحل :



ب- $T = cte$ ⇐ $T_0 = T_1 = 273\ K^\circ$

$P_1 = 20 \times 10^5$ Pa. ، ولدينا حسب V_1

$P_0 V_0 = P_1 V_1 \Rightarrow V_1 = 5 \times 10^{-3}\ m^3$

ج- $P = cte$

$P_2 = 20 \times 10^5$ Pa ، $V_2 = 2 \times 10^{-3}\ m^3$ ، ولحساب T_2 من $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$

$T_2 = T_1 \frac{V_2}{V_1} = 1092\ K^\circ$

د- التحول كظوم $Q = 0$ حيث $V_3 = V_0 = 0.1\ m^3$ ، ولدينا

$T_2 V_2^{\gamma-1} = T_3 V_3^{\gamma-1} \Rightarrow T_3 = T_2 \left(\frac{V_2}{V_3}\right)^{\gamma-1} = 574\ K^\circ$

$$\frac{P_3}{P_0} = \frac{T_3}{T_0}$$ وحساب P_3

$$P_3 = P_0 \frac{T_3}{T_0} = 2.1 \times 10^5 \text{ Pa.}$$

٣- حساب الشغل w ثم $\Delta U = ?$ $Q = ?$

٣- التحولات متساوية درجة الحرارة

$$w = \int_0^1 P\,dV = nRT \int_0^1 \frac{dV}{V} = nRT_0 \ln \frac{V_1}{V_0}$$

نجد أولاً لحساب عدد المولات n حيث

$$n = \frac{P_0 V_0}{RT_0} = 4.4 \text{ mol.}$$

$$w = nRT = -3 \times 10^4 \text{ J}$$ شغل

$$\Delta U = nC_V \Delta T = 0$$ طاقة الحرارة

$$Q = \Delta U + w = -3 \times 10^4 \text{ J}$$

٤- التحولات من الصفر

التحولات البوليتروبية:

إن التحول إسكاني درجة الحرارة يحدث ببطء شديد بحيث يتغير الحجم والضغط مع بقاء درجة الحرارة ثابتة.

وإن التحول المطلوب يجب أن يتم بسرعة كبيرة جداً إذا كانت الجملة غير معزولة حرارياً، لكن تجري في الطبيعة تحولات حقيقية وسطية بين التحولين السابقين تدعى التحولات البوليتروبية (متعددة الدواعي) وكلفي لتعريفها ذلك أن يتم تحت تبادل كمية حرارية للجملة $c = \frac{dQ}{dT} = ct$ ولنجد معادلة التحول هذا من أجل الغاز المثالي نعتمد المبدأ الأول

$$dQ = dU + P dV \Rightarrow c dT = dU + P dV$$

$$\Rightarrow (C_V - c) dT + \frac{RT}{V} dV = 0$$

$$\frac{dT}{T} + \frac{C_p - C_V}{C_V - c} \frac{dV}{V} = 0$$

نرمز: $\Leftarrow r = \frac{C_p - C_V}{C_V - c}$ (*)

وبالتالي نصبح المعادلة

$$(r-1) = \frac{C_p - C_V}{C_V - c}$$

$$\frac{dT}{T} + (r-1)\frac{dV}{V} = 0 \xrightarrow{\text{بالتكامل}} \boxed{T\, V^{r-1} = cte}$$

وبنفس الطريقة وباستخدام قانون الغاز المثالي نجد العلاقات التالية.

$$\boxed{P V^r = cte} \qquad \boxed{T^r P^{1-r} = cte}$$

والعلاقة الحرارية توحد من (*) $\boxed{c = \frac{C_p - r C_V}{1 - r}}$

r تعين تحديد نوع التحول.

1- في التحول إسكاني في الضغط فإن $c = C_p \Leftarrow r = 0$ بالتعويض في $T V^{r-1} = cte$ فنجد $T \cdot V^1 = cte \Rightarrow \frac{T}{V} = cte$ في التحول إسكاني في الحجم $\Leftarrow r = 1$ فإن $c \to \infty$ فنجد $P V = cte$ بوايل ماريوط

2- في التحول إسكاني درجة الحرارة

٣- التحول المثماري الحجم $c = c_V \Leftarrow$ فنجد $r = 0$

$$T \cdot P^{-1} = cte \Rightarrow \frac{T}{P} = cte$$ ثابت

٤- التحول الكظوم $c = 0 \Leftarrow c_p - r\, c_V = 0 \Leftarrow r = \frac{c_p}{c_V} = \gamma$

٤- التعريف أن معادلة التحول البوليتروبي هي على علاقة التحول الكظوم.