كلية العلوم

القسم : **الفيزياء**

السنة : **الثانية**

المادة :ترموديناميك

المحاضرة : السابعة /نظري/كتابة

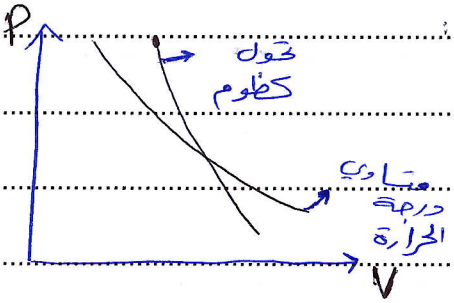
{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

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

* التحول الكظوم والتحول متساوي درجة الحرارة للغاز المثالي:

حالة التحول الكظوم متساوي درجة الحرارة:



$$P.V^{\gamma} = cte \quad (1)$$

$$P.V = cte \quad (2)$$

بالمفاضلة يكون لدينا:

$$V^{\gamma} dp + \gamma V^{\gamma-1} p\, dV = 0$$

نشتق المعادلة (1):

$$\left(\frac{dP}{dV}\right)_{ad} = -\gamma \frac{P}{V} \quad ...(1)$$

نشتق المعادلة (2)

$$p\,dV + V\,dp = 0$$

$$V\,dp = -p\,dV$$

$$\Rightarrow \left(\frac{dP}{dV}\right)_{isoth} = -\frac{P}{V} \quad ...(2)$$

$$\frac{\left(\frac{dP}{dV}\right)_{ad}}{\left(\frac{dP}{dV}\right)_{isoth}} = \frac{-\gamma \frac{P}{V}}{-\frac{P}{V}} = \gamma > 1$$

(س) في التحول الكظوم والتحول المتساوي درجة الحرارة للغاز المثالي
أثبت أن γ أكبر من الواحد $(\gamma > 1)$ مع الرسم لمخطط الحجم والضغط
(الجواب سابقاً)

* المعنى الفيزيائي للثابت R: إسطوانة بمكبس متحرك يحتوي غاز مثالي يقدر بمول واحد $(n=1)$ عند الدرجة t والضغط p ومساحة سطح المكبس s وارتفاعه h.

* فإذا رفعنا درجة الحرارة درجة واحدة من T إلى T+1 فإن المكبس سوف ينتقل إلى الوضع h_2 مع بقاء الضغط ثابت وبالتالي الغاز قام بعمل بنقلة مسافة من $h_1 \leftarrow h_2$ وعليه يكون:

$$W = F(h_2 - h_1)$$
$$= p.s(h_2 - h_1)$$
$$= p.s.h_2 - p.s.h_1$$
$$V_2 \qquad V_1$$
$$W = P.V_2 - p.V_1$$

ومن قانون الغازات العامة:

$$p.V = RT \qquad (M=1)$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

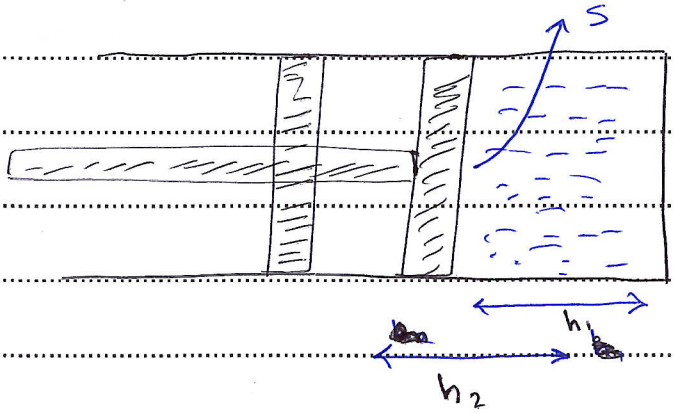
$$W = p.V_2 - p.V_1$$

$$\left.\begin{aligned} p.V_1 &= RT \\ p.V_2 &= R(T+1) \end{aligned}\right\} \Rightarrow W = R$$

وبالتالي فإن R يعبر عن مقدار عمل الغاز الذي يقوم به مول واحد من الغاز عند رفع درجة حرارته بمقدار درجة واحدة عند ثبات الضغط

سيل اوجد المعنى الفيزيائي للثابتة R ثابتة الغازات العامة للغاز المثالي عند انتقال المكبس من الوضع الأول إلى الوضع الثاني.

أو سيل أثبت أن قيمة R تساوي إلى العمل المنجز عند انتقال المكبس من الوضع الأول إلى الوضع الثاني ضمن شروط الغاز المثالي: الجواب في الصفحة (2) وتكملة في الصفحة (3) والبدء بحل المسألة.



TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

التحولات البوليتروبية:

إن التحول المتساوي درجة الحرارة يحدث ببطء شديد بحيث تتغير الحجم والضغط مع بقاء درجة الحرارة ثابتة وإن التحول الكظوم يجب أن يتم بسرعة كبيرة جداً إذا كانت الجملة غير معزولة تماماً (بشكل مداري) لكن تجري في الطبيعة تحولات حقيقية وهي وسطية بين التحولين السابقين سنى التحولات البوليتروبية (معقدة المناحي) ويكفي لتحقيق ذلك أن يتم تحت ثبات السعة الحرارية للجسم:

$$C = \frac{dQ}{dt} = cte$$

ولنجد معادلة التحول البوليتروبي من أجل الغاز المثالي فيكون لدينا حسب المبدأ الأول في الترموديناميك:

$$dQ = dU + p.dV$$

$$C.dT = dU + p.dV$$

بالاستقاق

$$0 = (C_v - C)dT + \frac{RT}{V}dV$$

$$0 = (C_v - C)dT + RT\frac{dV}{V}$$

$$(\div T) \quad 0 = (C_v - C)dT + (\underbrace{C_p - C_v}_{R})T\frac{dV}{V}$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$$0 = (C_v - C)\frac{dT}{T} + (C_p - C_v)\frac{dv}{v}$$

$$\frac{dT}{T} + \left(\frac{C_p - C_v}{C_v - C}\right)\frac{dv}{v} = 0$$

γ

نرمز للثابتة $\frac{C_p - C_v}{C_v - C}$ بـ γ

و بتعويض الطريقة السابقة باستخدام قانون الغاز المثالي نجد العلاقة:

$$P.v^{\gamma} = cte$$

1- في التحول متساوي الضغط $C = C_p$ $\Rightarrow$ $\gamma = 0$

2- في التحول متساوي درجة الحرارة $C \to \infty$ فإن $\gamma = 1$ فيكون

لدينا $P.V = cte$ قانون بويل ماريوط.

3- التحول متساوي الحجم عندما يكون $C = C_v$ $\Rightarrow$ $\gamma = \infty$ فيكون

لدينا $\frac{T}{P} = cte$ قانون شارل.

4- التحول الكظوم عندما تكون مقدة $C = 0$ وبالتالي يكون $\gamma = \chi$

(أي استناع)

أحد التحولات البوليتروبية.

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

المبدأ الثاني في الترموديناميك:

في المبدأ الأول في الترموديناميك أوضحنا العلاقة بين كمية الحرارة والعمل وتغير الطاقة الداخلية ولكن لا يحدد اتجاه تطور أو تغير التحولات من المعلوم أن الطاقة الحرارية تنتقل من الساخن إلى البارد أو من الأسخن إلى الأقل سخونة بدون تدخل خارجي والعكس لا يحدث وهنا سيدرس المبدأ الثاني اتجاه التحولات التلقائية وشرط تحول الطاقة الحرارية إلى عمل.

التحولات المتوازنة وغير المتوازنة:

التحولات المتوازنة: هي عبارة عن حالات متوازنة متتالية تحصل عليها نتيجة تغيرات لا متناهية في الصغر للضغط ودرجة الحرارة ويتم ببطء شديد وهي حالة مثالية للتحولات الحقيقية.

المتغيرات الغير متوازنة في الجملة: إذا حصرنا كمية من الغاز ضمن إسطوانة ذات مكبس عديم الوزن وبإمكانه الحركة دون احتكاك ووضع منبع حراري تحت قاعدة الإسطوانة بدرجة حرارة T ثابتة ووضع على المكبس كتلة ذات أوزان مختلفة وبالتالي ذات ضغط الغاز في حالة التوازن:

$$P_1 = \frac{1}{S}(F_1 + F_2 + F_3 + F_4)$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

S : سطح المكبس

اما عندما نرفع الوزن f_1 نغير الضغط بمقدار $\Delta p = \frac{F_1}{S}$

وبالتالي يرتفع المكبس مع الأوزان الأخرى عند رفع الوزن F_1 يشكل فقاعة فينخفض الضغط نتيجة فقاعة وكذلك درجة الحرارة ح بالتالي بحيث تدرج للضغط ودرجة الحرارة ويتابع التحولات حتى تنتهي الدورة

بشكل الحالة الحلقة عندما تكون متحولة ذي تابعة للإحداثيات والزمن في الحالة غير المتوازنة والتحول الغير متوازن هو عبارة عن سلسلة متقاربة من الحالات الغير متوازنة.

* تتحول الحلقة السابقة بعد رفع الثقل بعدة أوزان كافية إلى حلقة في حالة توازن جديد بعد انقضاء الاهتزاز نتيجة رفع الوزن المطبق ويمكن التعبير عن ذلك وفق قانون المبدأ الأول في التحولات اللاحلقية

$Q' = \Delta U + W'$

Q : هي كمية الحرارة التي اكتسبت خلال التحول اللامتوازن

W : العمل الذي قامت به الحلقة في هذا التحول.

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

عند رفع الثقل F_1 يكون لدينا :

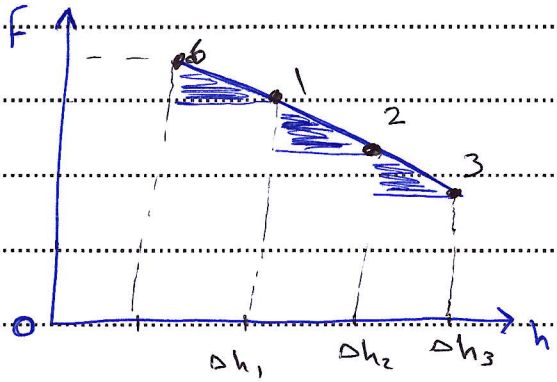
$$W_1 = (F_2 + F_3 + F_4)\,\Delta h_1$$

عند رفع الوزن F_2 :

$$W_2 = (F_3 + F_4)\,\Delta h_2$$

عند رفع الوزن F_3 :

$$W_3 = F_4\,\Delta h_3$$



أما مساحة السطح المحدد بالخط المنكسر والمحور oh تساوي عددياً إلى عمل القدر اللازم لموازنة (المتدرج) الهواء أما الناتجة عن الخط المستقيم والمحور oh تعبر عن التحول المتوازن أي حالة التوازن.

وبالمقارنة بين الخط المستقيم والخط المنكسر يتضح أن عمل القدر اللازم لموازنة أصغر وهو عمل التقدير المتوازن بين الحالة البدائية والنهائية بفرض .

$F_1 + F_2 + F_3 + F_4 = P_1 \cdot S$ $\quad W_1 = P_2 \cdot \Delta V_1$ $\quad \Delta V_1 = S \cdot \Delta h_1$

$F_2 + F_3 + F_4 = P_2 \cdot S$ $\quad W_2 = P_3 \cdot \Delta V_2$ $\quad \Delta V_2 = S \cdot \Delta h_2$

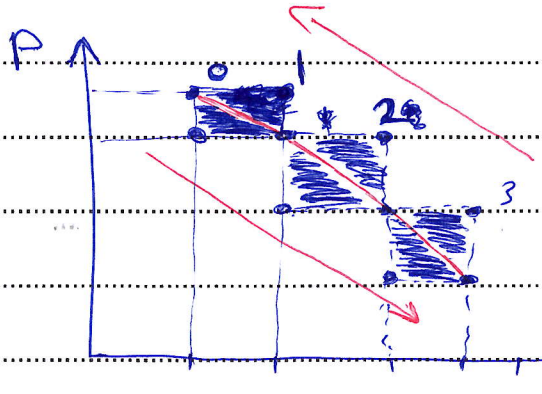
$F_3 + F_4 = P_3 \cdot S$ $\quad W_3 = P_4 \cdot \Delta V_3$ $\quad \Delta V_3 = S \cdot \Delta h_3$

$F_4 = P_4 \cdot S$

ومن خلال هذه العلاقات يمكن تحويل العمل الناتج بين F و h إلى شغل جديد بين P و V.

* يمكن إثبات أن العمل W الذي تقوم به الجملة في التحول اللامتوازن هو دوماً أصغر من العمل W الذي تقوم به الجملة في حالة التحول المتوازن والذي يجري في نفس الاتجاه في البدائية والنهائية أي أن $W' < W$

أي أن:



TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

* في التحولات المتوازنة يكون ضغط الأجسام الخارجية على الجملة مساوياً ضغط الجملة على الأجسام الخارجية ولذلك عند تبديل اتجاه هذا التحول إلى المعاكس فإن القيمة المطلقة للعمل تحافظ على قيمتها وتتغير فقط الإشارة (الاضغط يملك العمل إشارة سالبة) أما عندما يتغير اتجاه التحول اللامتوازن تتغير إشارة العمل وكذلك القيمة المطلقة لهذا العمل. بالتعبير عن التحولات المتوازنة واللا متوازنة وفقاً للمبدأ الأول في الترموديناميك نجد أنه من أجل نفس الحرارة تتحقق المتراجحة التالية: $Q > Q'$

حيث Q و Q' تمثلان الحرارة المقدمة للجملة في التحول المتوازن واللا متوازن بالترتيب من أجل نفس حالتي البداية والنهاية للتحولين.

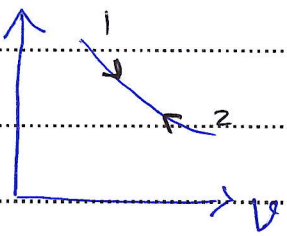
- التحولات العكوسة واللاعكوسة:

التحول الترموديناميكي العكوس: هو التحول الذي يسمح بإمكانية عودة الجملة إلى حالتها البدائية دون أن يبقى في الوسط الخارجي أي تغيرات وبالتالي يمكن أن يكون متوازناً فقط لأنه في هذه الحالة فإن التحول يمر عبر حالات متتالية متقاربة تختلف عن بعضها اختلافاً لا متناهياً في الصغر ومن هذه التغيرات ببطء يسير في الاتجاهين إذا كان الانتقال من الوضع الأول إلى الوضع الثاني متوازناً وحيث يوجد فرق لا متناهي في الصغر بين الضغط الخارجي والداخلي وتتغير المؤثرات الخارجية لدرجة الحرارة والضغط يمكن إعادة الجملة

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

الى الحالة البدائية بشكل متوازن عبر الحالات الانتقالية فيكون

لدينا العمل :



$W_{12} = -W_{21}$

وحسب المبدأ الأول في الترموديناميك يكون لدينا :

$Q_{12} + Q_{21} = 0$

أي اكتساب وفقدان كمية الحرارة ثابتة

* إذا كان لدينا جسمان (I , II) درجة حرارة الجسم الأول T_1 ودرجة حرارة الجسم الثاني T_2 وكانت $T_1 > T_2$ حرارة الجسم الثاني أقل من الأول وإذا أردنا توصيل ناقل رديء للحرارة فإن الانتقال سيكون بطيئاً وبالتالي الجملة ستبقى متوازنة وبعد تساوي درجتي حرارتهما وعند الناقل فيمكن إعادة كل جسم إلى درجته البدائية بوصله بترموستات مماثلة لدرجة حرارته البدائية سيعود كل جسم إلى حالته T_1 و T_2 وبسبب ذلك فقد الترموستات ذو درجة الحرارة T_1 كمية من الحرارة بينما اكتسب الترموستات الآخر كمية مساوية من الحرارة فإنه بعد عودة الجسمين بشكل منفرد متوازن سيبقى هنالك في الوسط الخارجي تغيرات محددة :

$W_{12} + W_{21} \neq 0$

$Q_{12} + Q_{21} \neq 0$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

من الأمثلة على التحولات اللاعكوسة عدد الغازي الخلاء حيث لا يقوم بعمل من تلقاء نفسه وإعادة الغاز لحالته البدائية يجب بذل عمل محدد إن الطبيعة الفيزيائية للتحولات اللاعكوسة يمكن توضيح عند وجود إسطوانة مقسمة إلى قسمين بواسطة حاجز يحتوي القسم الأول على غاز الهيليوم والقسم الثاني غاز الآرغون فإذا رفعنا الحاجز وراقبنا التحول اللاعكوسي عند التوزع تتصادم جزيئات الهيليوم مع جزيئات الآرغون وتنتقل إلى الوسط الآخر وتحمل تصادمات و تتباعد الجزيئات المتصادمة ويكون التأثير المتبادل عكوساً وسبب الاضطرابات الكثيرة الحاصلة لا يمكن إعادته للحالة البدائية أي غير عكوسي.

تعرف اللاعكوسية بأنها الانتقال من الحالة الأكثر انتظاماً إلى الحالة الأقل انتظاماً يعتبر هذا القانون إحصائياً بين الحالة ذات الأعداد الكبيرة من الجسيمات.

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

مكتبة A to Z