كلية العلوم

القسم : **الفيزياء**

السنة : **الثانية**

المادة : ترموديناميك

المحاضرة : الثالثة /نظري/

{{ 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

مبادئ الترموديناميك

المبدأ الأول في الترموديناميك:

قبل البدء في عرض أو دراسة المبدأ الأول يجب أن نعرف ما يلي:

- **الجملة**: عبارة عن جسم أو مجموعة من الأجسام كتلة معينة ومحددة في الفراغ وهي الجملة المتجانسة (نفس التركيب الكيميائي - نفس الطور - غاز معين) نقول عن جملة أنها في حالة توازن (لا تتغير مع الزمن - ضغط ثابت - درجة حرارة واحدة)

نقول عن جملة معزولة حرارياً إذا لم تتبادل عملاً مع الوسط الخارجي

- معادلة الحالة:

أي عند تغير أحد المتحولات فإن المتغيرات الأخرى ستتغير

$$f(P,V,T) = 0$$

نعتبر أبسط الغازات المثالي لمول واحد

$$PV = RT$$

ومعادلة الحالة لغاز حقيقي ولمول واحد

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

a, b ثابتان يتعلقان بنوع الغاز، وعليه اعتبار كل متحول هو تابع للمتحولين الآخرين مثلاً $P = P(V,T)$ وهذا المتحول يتساوى الدرجة إذا كانت $T = cte$ أو يتساوى الضغط $P = cte$ يتساوى الحجم $V = cte$.

- تكافؤ العمل وكمية الحرارة:

عند احتكاك جسمين صلبين ترتفع درجة الحرارة (تحويل العمل إلى حرارة) الآلة البخارية (تحويل الحرارة إلى عمل) وبالتالي عكن رفع أو زيادة قيمة أحدهما بزيادة أو رفع المقدار الآخر وبالتالي متكافئان وقام جول بإجراء تجربة لقياس التكافؤ بينهما.

وقاس النسبة بين العمل وكمية الحرارة

$$\frac{W}{Q} = J = cte$$

سمي هذه النسبة المعادل الميكانيكي للحرارة وهي

$J = 4.186$ J/cal.

الحريرة أو cal هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام

واحدة الماء درجة حرارتها من $14.5C^\circ$ إلى $15.5C^\circ$

- الطاقة الداخلية وكمية الحرارة والعمل:

للتعبير عن مبدأ الانحفاظ في المجال الحراري نفرض لدينا

ف - كمية الحرارة المتبادلة بين المجلة والوسط المحيط dQ

حيث $dQ>0$ إذا اكتسبت المجلة

ب - $dW<0$ إذا قدمنا عمل للمجلة

د - الطاقة الداخلية dU تابعة لـ V ، T وبالتالي

هي مجموع الطاقات الحركية والكامنة لجميع عناصر المجلة

وتتغير الطاقة عندما تتبادل المجلة مع الوسط الخارجي

طاقة على شكل حرارة أو عمل.

فمثلاً من أجل الغاز المثالي تتعلق الطاقة الداخلية

بالطاقة الحركية أي بدرجة الحرارة فقط لأنه لا توجد قوى بين

الجزيئات وبالتالي $U=U(T)$

وبالتالي فإن المبدأ الأول في الترموديناميك هو انحفاظ الطاقة

$$dQ = dU + dW$$

dQ كمية الحرارة المكتسبة للمجلة ، dU زيادة الطاقة الداخلية

dW العمل الذي تقدمه المجلة للوسط الخارجي.

فمثلاً من أجل غاز موجود داخل اسطوانة تحتوي على مكبس

قابل للحركة بدون احتكاك فإن الضغط

$$P=\frac{F}{S}$$

F القوة التي يؤثر بها الغاز على المكبس

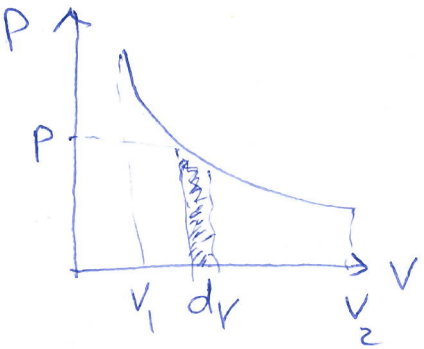
S سطح المكبس

إذا انتقل المكبس مسافة dx تحت تأثير القوة F فإن العمل

$$dW = F \cdot dx = p \cdot S \cdot dx = p\,dV$$

أما العمل الكلي عند الانتقال من V_1 إلى V_2 فإن

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p \cdot dV$$



الجزء المظلل هو $dW = p \cdot dV$

وبالتالي لبدأ الأول من أجل تغيرات عضرية

$$dQ = dU + pdV$$

وبالتالي فإن $Q = \Delta U + W$ وبما أنه العمل وكمية الحرارة تتعلقان بالطريقة المسلوكة (تتعاضلها غير تام) لذلك نرمز لتعاضلها $\delta W, \delta Q$ أما تغير الطاقة الداخلية لا تتعلق ولذلك نرمز له dU

- السعة الحرارية:

كمية الحرارة اللازم تقديمها للجملة كي ترتفع درجة حرارتها درجة واحدة

أي $C = \frac{dQ}{dT}$ وبالتالي $C\,dT = dQ = dU + pdV$

وبما أن $U = U(T,V)$ فإن

$$dU = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T dV$$

وبالتالي

$$dQ = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V + \left[p + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T\right] dV$$

ومن أجل $V = cte$ نحصل على السعة الحرارية تحت حجم ثابت C_V

$$C_V = \left(\frac{dQ}{dT}\right)_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V$$

وأيضا السعة الحرارية تحت ضغط ثابت نكتب C_p

$$C_p = \left(\frac{dQ}{dT}\right)_p = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V + \left[p + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T\right]\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$$

وبالتالي

$$C_p - C_V = \left[p + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T\right]\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$$

- الحرارتان المولية للغاز المثالي:

الحرارة النوعية للغاز: هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد درجة مئوية واحدة.

الحرارة المولية: كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة مول واحد منه درجة مئوية واحدة.

وجدنا سابقاً أن الطاقة الداخلية للغاز المثالي $U = \frac{f}{2}RT$ حيث f عدد درجات حرية الغاز وبالتالي

$$C_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V = \frac{f}{2}R$$

وبما أن الطاقة الداخلية للغاز المثالي لا تتعلق إلا بدرجة الحرارة فإن

$$C_p = \left(\frac{dQ}{dT}\right)_p = C_V + P\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$$

ومن أجل مول واحد فإن

$$PV = RT \Rightarrow P\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p = R$$

وبالتالي

$$C_p = C_V + R \Rightarrow C_p - C_V = R$$

علاقة ماير وإذا رجعنا إلى البنية $\gamma = \frac{C_p}{C_V}$ فنحصل

$$\frac{C_p - C_V}{C_V} = \frac{R}{C_V} \Rightarrow \gamma - 1 = \frac{R}{C_V} \Rightarrow \boxed{C_V = \frac{R}{\gamma - 1}}$$

$$\Rightarrow C_p = R + C_V = R\left(1 + \frac{1}{\gamma - 1}\right) = \frac{\gamma R}{\gamma - 1}$$

الغاز المثالي	C_V	C_p	γ	
أحادي الذرة $f=3$	$\frac{3}{2}R$	$\frac{5}{2}R$	$\frac{5}{3}$	هيليوم، نيون، آرغون
ثنائي الذرة $f=5$	$\frac{5}{2}R$	$\frac{7}{2}R$	$\frac{7}{5}$	هيدروجين، أكسجين، آزوت
ثلاثي $f=6$	$3R$	$4R$	$\frac{4}{3}$	

التحول الكظوم :

هو التحول الذي يتم دون حصول تبادل أية كمية من الحرارة بين الجملة والوسط الخارجي

$Q = 0$ أي $dQ = 0$

وبالتالي يصبح المبدأ الأول من أجل الغاز المثالي

$$dU + pdV = 0$$

$$C_V dT + RT \frac{dV}{V} = 0$$

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

$$\frac{dT}{T} + (\gamma - 1) \frac{dV}{V} = 0$$

بالتكامل

$$\ln T + (\gamma - 1) \ln V = cte$$

$$\ln T + \ln V^{\gamma - 1} = cte$$

$$\ln (T \cdot V^{\gamma - 1}) = cte \Rightarrow \boxed{T \cdot V^{\gamma - 1} = cte}$$

وبما أن $T = \frac{P \cdot V}{R}$ فنستنتج العلاقة $\boxed{P \cdot V^{\gamma} = cte}$

وبنفس الطريقة نجد أن العلاقة بين الضغط والحرارة في التحول الكظوم هي

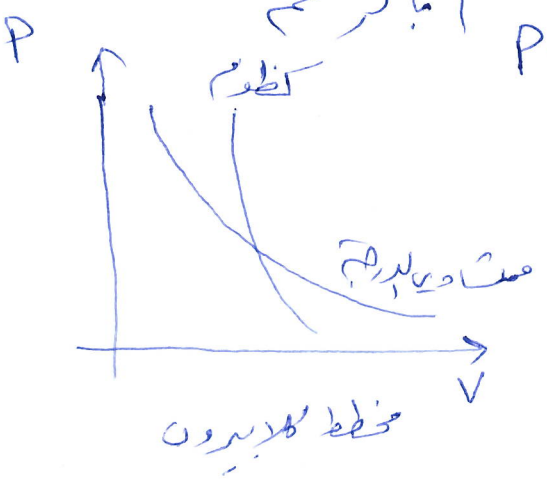
$$\boxed{T^{\gamma} \cdot P^{1-\gamma} = cte}$$

يتحقق التحول الكظوم عند عزل الغاز عن الوسط الخارجي حراريا أو عندما يكون التبادل بطيئا جدا أو أن التحول يتم بسرعة كبيرة كما هو الحال في محركات الانزلاق حيث يتم الاشتعال بدون شرارة (ضغط الغاز)

— التحول الكظوم والتحول المتساوي درجة الحرارة للغاز المثالي

حالة الكظوم $PV^{\gamma} = cte$ | بالرسم

المتساوي درجة الحرارة $P.V = cte$



بالمفاضلة

$$V^{\gamma} dP + \gamma P V^{\gamma-1} dV = 0$$

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

مميل

$$P.dV + V dP = 0$$

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

قليل

بالمناسب بين المميلين

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

وبالتالي ميل الكظوم أكبر من ميل المتساوي درجة الحرارة في النقطة (P, V) بـ γ مرة.

مكتبة A to Z