/ /

مراجعة ترمو ديناميك :

① النظرية الحركية للغازات والتحول الادياباتي :

* العمل : إذا توسع الغاز بمقدار dV فإن العمل الذي قام به التفاضلي :

$$\delta W = F(-dx) = -PdV$$

1 - العمليات "عديدة الحدود (ترجمة زبالة)" polytropic processo.

- العملية الاديباتية هي عملية لا تتبادل فيها المادة طاقة حرارية $Q=0$.

وتحكمها العلاقة $PV^{\gamma} = const$

إثبات : (ندرس حركية غاز) :

→ نحسب تغير كمية الحركة في نائبة واحدة :

$$\Delta P_{collision} = 2 m v_x$$

→ نعرف كثافة جزيئية $\eta = \frac{N}{V}$

في زمن t ستصطدم الجزيئات التي تبعد $v_x t$ عن السطح بالسطح.

وعدد الجزيئات المتجهة نحو السطح تكون $V = A v_x t$ $\frac{1}{2} \eta v_x t A$ (نصفها مبتعدة عن السطح ونصفها نحو السطح والنصف الآخر عكس التوزيع متماثل)

$$\Rightarrow F = A \eta v_x^2 m$$

$$\Rightarrow P_{sub} = \eta m v_x^2$$ الضغط الذي تطبقه الجزيئات ذات مركبة V_x

$$\Rightarrow P = \eta m \langle V_x^2 \rangle$$

وبما أن جميع الاتجاهات متماثلة (لا يوجد اتجاه مفضل) :

$$\langle V_x^2 \rangle = \langle V_y^2 \rangle = \langle V_z^2 \rangle$$

وبما أن $\langle V^2 \rangle = \langle V_x^2 + V_y^2 + V_z^2 \rangle$

$$\Rightarrow \langle V_x^2 \rangle = \frac{\langle V^2 \rangle}{3}$$

$$\Rightarrow P = \frac{1}{3} \eta \langle m V^2 \rangle = \frac{2}{3} \eta \underbrace{\left\langle \frac{1}{2} m V^2 \right\rangle}_{U_{particle}}$$

الطاقة بواحدة الحجم U/V

$$\Rightarrow \boxed{PV = \frac{2}{3} U}$$

في الحالة السابقة درسنا جسيمات انفترض النظرية الحركية - جسيمات كروية (اهلية الذرة)

الشكل العام للعلاقة تكون $PV = (\gamma - 1)\,U$

غاز اعادي : $\gamma = \frac{5}{3}$ ، $\gamma - 1 = \frac{2}{3}$ كما سبق .

$$U = \frac{PV}{\gamma - 1} \Longrightarrow \text{تابع}$$

$$dU = \frac{PdV + VdP}{\gamma - 1}$$

بما أن $Q = 0$ $\quad dU = -PdV$

$$\Longrightarrow$$

$$PdV\left(1 - \frac{1}{\gamma - 1}\right) = \frac{VdP}{\gamma - 1}$$

$$\gamma PdV = -VdP$$

$$-\gamma \frac{dV}{V} = \frac{dP}{P}$$

$$\ln V^{\gamma} = -\ln P + C$$

$$\Longrightarrow \boxed{PV^{\gamma} = const}$$

~~[illegible]~~

2- الإشعاع :

في حالة سحابات غازية "حارة جداً" بحيث تكون فقط من فوتونات (تقريب) تكون

$$P = nP_x v_x$$

$$PV = N\frac{\langle \vec{P}\cdot\vec{v}\rangle}{3} \longrightarrow \quad v = c,\ E = Pc$$

$$PV = \frac{N}{3}E_{ph} = \frac{U}{3} \Longrightarrow \gamma = \frac{4}{3}$$

$$\frac{1}{3} = \gamma - 1$$

3- السرعة: v_{rms} جذر متوسط مربع السرعة

$$P = \frac{1}{3} n \left(m v^2 \right)$$

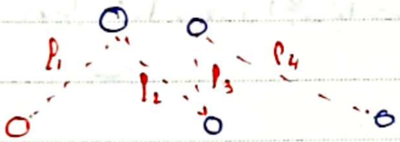
$$\rho = n m \qquad n = \frac{\rho}{m}$$

$$\Rightarrow P = \frac{1}{3} \rho \langle v^2 \rangle$$

$$\langle v^2 \rangle = \frac{3P}{\rho}$$

$$v_{rms} = \sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}$$

4- طول المسار الوسطي mean free path



$$\lambda \equiv \frac{\sum_i^n l_i}{\text{Each}} \quad (\text{def})$$

تعريف القيمة الوسطية للمسار الحر

شكل جزيئة غاز لكن ... لا يمكن تخيل l_1 و l_2 ... ولا حسابها لذا ...:

يحدث تصادم بين جزيئين كرويين إذا كانت مراكزهما تبعد قطراً عن سطحهما.

يمكن أيضا فرض أنه لدينا ذرة نصف قطرها d وباقي الذرات نقاط
تمسح الذرة الكبيرة في زمن t حجم قدره.

$$V_c = (\pi d^2)(vt)$$

$$N_c = \left(\frac{N}{V}\right) V_c = \frac{N \pi d^2 vt}{V}$$ عدد الذرات داخل هذا الحجم هو

$$\lambda = \frac{L_c}{N_c} = \frac{vt}{N\pi d^2 vt / V} = \frac{V}{N \pi d^2}$$

$$\frac{N}{V} = \frac{P}{KT} \Leftarrow PV = NKT$$ باستخدام

$$\boxed{\lambda = \frac{KT}{\pi d^2 P}}$$

لأنك (مع ألف)

فرضنا أن الجزيئات الأخرى ساكنة وهي ليست كذلك :

mean free path $\boxed{\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{kT}{\pi d^2 P}}$

5- توزيع السرعات الجزيئية

توزيع ماكسويل :

$$N(v) = 4\pi N \left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}}$$

$N(v)$ تمثل عدد الجزيئات التي تملك سرعات بين v و $v+dv$

$\Leftarrow$

$$N_{tot} = \int_0^\infty N(v)\, dv$$

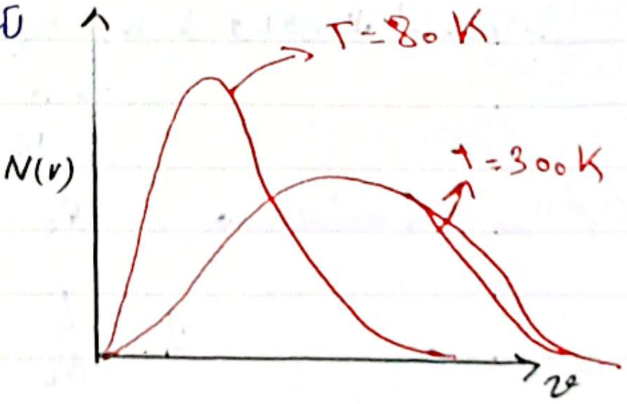
المنحنى للتوزيع :

نلاحظ بما أن عدد الجزيئات ثابتة فإن مساحة تحت المنحنى ثابتة

ولكن كلما زادت السرعة زادت السرعة

لكن بما أن المساحة تحت المنحنى (N) ثابتة

فإن السرعات تتمدد و ينبطح الشكل



السرعة الأكثر احتمالاً :

$$\left.\frac{dN}{dv}\right|_{v=v_p} = 0$$

(most proplab speed) $v_p = \sqrt{\frac{2KT}{m}} = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$

/ /

السرعة الوسطى v_{avg}

$$v_{avg} = \frac{1}{N}\int_0^{\infty} v\,N(v)\,dv$$

$$v_{avg} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$$

V_{rms}

$$(V^2)_{av} = \frac{1}{N}\int_0^{\infty} v^2 N(v)\,dv = \frac{3kT}{m}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

6 - الطاقة الحركية للجزيء

$$K = \frac{1}{2} m N v^2_{rms}$$

$$K = \frac{3}{2} kT$$

مبدأ التوزع المتساوي equipartition يقضي أن كل درجة حرية عليه نفس الطاقه وبما أنه في حالة ذرة لجزيء يوجد ثلاث درجات x y z تقطة

فإنه لكل ذرة يوجد $K = \frac{1}{2} kT$

في حالة غاز ثنائي الذرة فإنه x y z ودرجتان دورانيات

$$K = \frac{5}{2} kT$$

/ /

7- توزيع الطاقات الجزيئية :
نهدف لايجاد $N(E)$ من $N(v)$

$$N(E)\,dE = N(v)\,dv$$

عدد الجزيئات ذات السرعة v هو نفسه عدد السرعات ذات الطاقة E الموافقة لـ السرعة v وهو لا سعوذة.

$$N(E) = N(v)\,\frac{dv}{dE}$$

لا يوجد طاقة كامنة لجاذ
بما أن الطاقة على مستوى ذرات غير متفاعلة فيما بينها هو فقط حركة

فإن $v = \sqrt{2E/m}$

$$\frac{dv}{dE} = \sqrt{\frac{2}{m}}\left(\frac{1}{2\sqrt{E}}\right)$$

$$\Rightarrow N(E) = \frac{2N}{\sqrt{\pi}}\,\frac{1}{(KT^{3/2})}\sqrt{E}\;e^{-\frac{E}{KT}}$$

بشكل عام

$$N(E) \propto e^{-\frac{E}{KT}}$$ لان باقي العوامل ثابت يوجد درجات حرية ~~دورانية~~ و اهتزازية

مثال : إذا كان لدينا وعاء طويل جدا " اسطواني قاعدته على سطح الارض يمكن معرفة عدد الجزيئات على ارتفاع y .

$$\frac{N(E_{y})}{N(E_{(0)})} = \frac{e^{-(E_0 + mgy)/KT}}{e^{-E_0/KT}} = e^{-\frac{mgy}{KT}}$$

$$N(y) = N(0)\,e^{-\frac{mgy}{KT}}$$

مبان $kT = \frac{PV}{N}$ $\frac{mN}{PV} = \frac{\rho}{P}$ ، $\frac{\rho}{P} = \frac{\rho_0}{P_0}$

$$P(y) = P_0 \, e^{-\frac{g\rho_0}{P_0} y}$$

8 - الغازات العادية الحقيقية :

• تصحيح فريال virial للنار العادي

$$PV = mRT \left[1 + B_1 \left(\frac{m}{V}\right) + B_2 \left(\frac{m}{V}\right)^2 + B_3 \text{———} \right]$$

عوامل فيربال

• قانون فاندرفالس :

$$\left(P + \frac{am^2}{V}\right)(V - mb) = mRT$$

← الحجم الذي يمكن للغاز الحركة فيه هو ليس V إنما $V - V' mN_A$
← حجم جزيئة

$$V' = N_A \left(\frac{4}{3}\pi r^3\right) \times \frac{1}{2}$$

but بكل تصادم بين كرتين تحرم الأكرة للمبرة من العبور الى الأكرة الاخرى

$$b = \frac{2}{3} N_A \pi \cancel{4} r^3$$

← في مركز الوعاء ستساوي القوى المتبادلة بين الجزيئات شبه معدومة
نظراً للتناظر والتماثل في كل الجهات.
لكن عند الاطراف تكون اشده من الداخل فقط بالتالي يوجد ضغط للضغط
لأن القوة المطبقة على السطح ستصبح أقل.

$$\Delta P \propto \cancel{\left(\frac{m}{V}\right)^2} \, m\left(\frac{m}{V}\right) = \frac{m^2}{V}$$

$$\Delta P = a\frac{m^2}{V}$$

← ثابت متعلق بالغاز

② انتقال الحرارة:

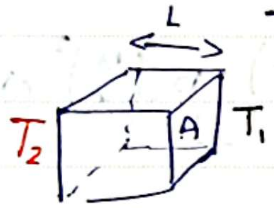
$$\dot{Q} = \frac{\delta Q}{dt}$$

١- النقل الحراري:

$\Phi_q = \frac{\dot{Q}}{A}$ $\Phi_q = -k\nabla T$ قانون فورية

في اتجاه x

$$\Rightarrow \dot{Q} = -kA\frac{dT}{dx}$$



في حالة لوح طوله L ومقطعه A

$$\Delta T = T_1 - T_2$$

$$\dot{Q} = -kA\frac{\Delta T}{L}$$

$$\dot{Q} = -\frac{\Delta T}{R_{th}} \qquad R_{th} = \frac{L}{AK} \approx \frac{L}{A\sigma}$$

$$I = \frac{\Delta U}{R_{th}}$$

$\Rightarrow R_{eq\,th} = \sum R_{th}$ serie

$\frac{1}{R_{eq}} = \sum \frac{1}{R_{th}}$ parallel

2- التوصيل الحراري:

$$\dot{Q} = hA(\underbrace{T_f}_{\text{Fluid}} - \underbrace{T}_{\text{surface}})$$

Biot number

$$Bi = \frac{hL_c}{k} \qquad L_c = \frac{V_{body}}{A_{body}}$$

$Bi < 0.1$ ⟸ ip

النقل الحراري اسرع

تأثير من النوصيل الحراري

③ المبدأ الأول للترموديناميك

← طاقة الجملة محفوظة وهي مجموع الطاقات الميكانيكية والداخلية

$$E_{tot} = E_{int} + E_{mech}$$

إذا كانت الجملة محفوظة الطاقة الميكانيكية كان

$$\Delta E_{int} = \delta Q + \delta W$$

١-١ سعة الحرارية : تعريف $C = \frac{\delta Q}{\Delta T}$

(تتعلق بالحرارة النوعية) $c = \frac{\delta Q}{m\,dT}$, $c = \frac{C}{m}$

$$Q = m\int_{T_i}^{T_f} c\,dT$$

$C_m = M\,c$ ← مولية

ملاحظة : عندما $T \to \infty$ جميع المواد تسعى لنفس السعة الحرارية

كما بها تعود إلى التوزيع المتساوي ولذرات جسيم في شبكة صلبة

تستطيع الاهتزازات الإطالات وثلاثة اتجاه طاقة كامنة $f = 6$

$$E_{int} = 3nRT$$

$$C_m = \frac{3nR\Delta T}{n\Delta T} = 3R \sim 25\,\frac{J}{mol\,K}$$

علاقة ماير للغازات

$$C_{P,m} - C_{V,m} = R$$

" لا كيماوية "

معامل التمدد الطولي

$$C_{P,m} - C_{V,m} = VT\frac{\alpha^2}{\beta}$$

الانضغاطية في حرارة ثابتة (Bath)

2- حرارة تغير الطور

$$Q = L\,m$$

3- عمل مقدم من غاز

$$W = -\int P\,dV$$

$V = \text{const}$ $\quad W = 0$

حرارة ثابتة

$$PV = \text{const} \Rightarrow W = -nRT\ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

$P = \text{const}$ $\quad W = -P\Delta V$

اديباتي PV^{γ}

$$P = \frac{P_i V_i^{\gamma}}{V^{\gamma}}$$

$$W = -\int_{V_i}^{V_f} P_i V_i^{\gamma}\frac{dV}{V^{\gamma}}$$

$$= \frac{P_f V_f - P_i V_i}{\gamma - 1}$$

* المساحة تحت منحنى مخطط P-V تمثل العمل المقدم للغاز

4- عمليات أخرى: state → $E_{int} = 0$

← عملية دورية $Q + W = 0$ على مدى دورة

دورة بالاتجاه عكس عقارب الساعة $Q < 0$ $W > 0$ محرك

〃 〃 مع 〃 〃 $Q > 0$ $W < 0$ براد

← التمدد الحر: (تمدد جول)

$W = 0$ $Q = 0$

$\Delta E_{int} = 0$ $T = const$

④ المبدأ الثاني للترموديناميك:

ا- توصيف:

$$\Delta S = \int_i^f \frac{\delta Q}{T}$$

تغير انتروبي لغاز

$$\delta Q = \delta U - \delta W$$

$$= mc\,dT + P\,dV$$

$$\frac{\delta Q}{T} = mc\frac{dT}{T} + mR\frac{dV}{V}$$

$$\Delta S = mc\ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right) + mR\ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

2- حسابات الانتروبيه :

مثال : نرمي حجر من ارتفاع h على وعاء ماء ، معزول حراريا ، احسب تغير الانتروبي :

$$\Delta E_{int} = Q + W = mgh$$

نختار طريق عكوس : وهو عندما ينزل الحجر ببطء ثم نزود بعض الحراره للماء إذ أن طاقة الحجر لا تعطي حسياً للماء وفي هذه الحالة فإن

$$Q = mgh$$

$$\Rightarrow \Delta S = \frac{mgh}{T}$$

مثال : تغير الانتروبي في تمدد جول

$$\Delta S = nR\ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

$$\Delta S \geq 0$$

3- محرك كارنو

4- محرك ستيرلنغ

/ /

6- الانتروبي الاحصائي:

كل توزيعة ممكنة للجزيئات تسمى Microstate

مثلاً" إذا وزعنا N جزيئة على حجرتين يحتوي احدهما K و الآخر $N-K$

فإن الوضعيات الممكنة هي

$$w = \binom{N}{K} = \frac{N!}{(N-k)!\,.k!}$$

العدد الكلي هو

$$w = 2^N$$

* ~~كل التوزيعات~~ كل الـ Microstate متساوية الاحتمال لكن ليست كل التوزيعات

$$S = k \ln w$$

باستخدام تقريب ستيرلنغ $\ln N! = N\ln N - N$

$$S = k\left[N\ln(N) - (N-k)\ln(N-k) - k\ln(k)\right]$$

في حالة الغازات $\boxed{w \propto V^N}$

$$\frac{S_1}{S_2} = N\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$