كلية العلوم

القسم : **الفيزياء**

السنة : **الثانية**

المادة :ترموديناميك

المحاضرة : الثالثة /نظري/كتابة

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2026

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

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

- معادلة الغاز المثالي:

لتكن لدينا كتلة m من غاز مثالي ضغطه p وحجمه V ودرجة حرارته T وإن العلاقة التي تربط بين هذه المتحولات الثلاثة تعبر عن قانون الغاز المثالي.

- لنجري الحساب بكتلة من الغاز تساوي كتلة مول واحد

من الهيدروجين $H_2 \rightarrow 2g$

والآزوت $N_2 \rightarrow 28g$

وكتلة ثنائي الأكسجين $O_2 \rightarrow 32g$.

من المعلوم أن مول الطور من الغاز يشغل في الشرطين النظاميين من الضغط ودرجة الحرارة يشغل حجماً قدره 22.4 L ويحتوي المول الواحد من الغاز على عدد أفوكادرو (NA) من الجزيئات

* لنفرض أن كتلة مول واحد من الغاز موجودة في الشرطين البدائيين (النظاميين) التاليين: الحجم V_0 والضغط p_0 في الدرجة الصفر مئوية لتخضع هذه الكتلة من الغاز للتحولين التاليين:

أ) تسخين الغاز تحت ضغط ثابت من الدرجة الصفر مئوية إلى الدرجة t

$0\,c^\circ \rightarrow t\,c^\circ$

بحيث لدينا: $V' = V_0 (1 + \alpha_p t)$

α_p : تحت ضغط ثابت

2- نثبت درجة الحرارة في التحول السابق ثم نغير الضغط من القيمة p_0 إلى القيمة p فيتغير الحجم V

$$\Rightarrow p V = p_0 V'$$

$$p V = p_0 \underbrace{V_0 (1 + \alpha_p t)}_{V'}$$

أي أن:

$$p V = p_0 V_0 \alpha_p \left(\frac{1}{\alpha_p} + t \right)$$

$$T = \frac{1}{\alpha_p} + t$$

ومنه:

$$p V = \underbrace{p_0 V_0 \alpha_p}_{R} T$$

$$\Rightarrow p V = R T \quad \ldots (\star)$$

من أجل مول واحد.

نكتب العلاقة السابقة $(\star)$ من أجل $n\,(mol)$ بالشكل التالي:

$$p V = n R T$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

* على اعتبار أن m كتلة الغاز و M الكتلة المولية وحدة

$$n = \frac{m}{M}$$

واحدات الضغط: هي واحدة مشتقة ونعرّف من العلاقة:

$$p = \frac{f}{S} \quad N/m^2$$

p: واحدة مركبة

إن واحدة الضغط في الجملة السنتية هي: $dyne/cm^2$

* أما في عملة الواحدات العملية (الدولية) فهي N/m^2 تدعى هذه الواحدة بـ باسكال Pa.

إن الباسكال يساوي 10 باري أي: $1\,Pa = 10$ باري

حساب قيمة الثابت R:

من خلال العلاقة: $pV = p_0 V_0 \alpha_p T$

إن قيمة الثابت pV هي أبعاد عمل أو طاقة أي لقوة مطبقة (ضغط) لتحسب قيمة الثابت R لمول واحد من الغاز المثالي منكتب لدينا:

$$R = p_0 V_0 \alpha_p$$

$$R = \frac{76 \times 13.6 \times 981 \times 22400}{273} \Rightarrow R = 8.32 \times 10^7$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

تطبيقات الغاز المثالي:

ليكن p ضغط الغاز V حجم الغاز T درجة الحرارة المطلقة لنحسب حجم هذا الغاز في الشرطين النظاميين أي لنحسب قيمة V_0 تحت ضغط p_0 ودرجة حرارة T_0.

لنطبق قانون الغاز المثالي على الحالتين البدائية والنهائية:

$$pV = nRT$$

$$p_0 V_0 = nRT_0$$

حيث أن n عدد مولات الغاز.

نقسم العلاقتين السابقتين إلى بعضهما:

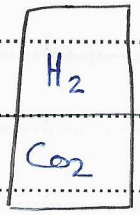
$$V_0 = V \frac{p}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T}$$

هذه العلاقة نحسب من خلالها حجم الغاز في الشرطين النظاميين.

مزيج من الغازات المثالية (قانون دالتون):

عندما نضع غازين أو عدة غازات في وعاء واحد يمتزجان بعد فترة من الزمن ويصبح لدينا مزيج متجانس بكثافة منتظمة وذلك بفرض أن الغازات الموجودة لا تتفاعل بشكل منتظم.

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة



* ليكن لدينا مولات من الغاز المثالي $n_1, n_2, \ldots, n_i$ من الغازات موضوعة في شروط بدائية مختلفة من الضغط والحجم ودرجة الحرارة أي في الشروط البدائية التالية:

$P_1 \quad V_1 \quad T_1$

$P_2 \quad V_2 \quad T_2$

$P_i \quad V_i \quad T_i$

$\Big\} \; V$

* نوضع هذه الغازات في وعاء واحد حجمه V بعد وصول التوازن الحراري يكون الضغط الكلي P.

نطبق قانون الغازات على كل غاز من الغازات السابقة:

$P_1 V_1 = n_1 R T_1$

$P_2 V_2 = n_2 R T_2$

$P_i V_i = n_3 R T_i$

$\Big\}$ $PV = nRT$ ← توازن حراري T

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

حيث n عدد مولات المزيج الغازي:

$$n = n_1 + n_2 + \dots + n_i$$

من العلاقة الأساسية:

$$PV = \frac{P_1 V_1}{T_1} + \frac{P_2 V_2}{T_2} + \dots + \frac{P_i V_i}{T_i} \quad \dots(1)$$

* نستنتج من العلاقة السابقة أنه يمكننا حساب ضغط المزيج الغازي إذا علمنا الشروط البدائية لكل غاز من غازاته بالإضافة إلى الحجم ودرجة الحرارة لهذا المزيج.

تصبح المعادلة (1) في حال كانت درجات الحرارة الجزئية:

$$T = T_1 = T_2 = \dots = T_i$$

$$\Rightarrow PV = P_1 V_1 + P_2 V_2 + \dots + P_i V_i \quad \dots(2)$$

$$\Rightarrow PV = \sum_i P_i V_i$$

يمثل لنا على قانون دالتون والذي ينص في درجة حرارة معينة T يكون:

$$PV = \sum_i P_i V_i$$

يكون الحجاء يساوي مجموع الجداءات $P_i V_i$ عند نفس درجة الحرارة حيث في هذا أن كل غاز في المزيج يشغل الحجم نفسه فيكون لدينا تقسم على V:

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$$P = \frac{P_1 V_1}{V} + \frac{P_2 V_2}{V} + \dots + \frac{P_i V_i}{V}$$

فيصبح لدينا:

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_i$$

أي أن الضغط الكلي يساوي المجموع الضغوط الجزئية في المزيج.

حساب الكتلة النوعية للغاز:

تعرف الكتلة النوعية للغاز $\rho = \frac{m}{V}$

* لتكن ρ_0 الكتلة النوعية للغاز في الشرطين النظاميين لنحسب ρ في الدرجة T وتحت الضغط P:

لكن لدينا: $\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{V_0}{V}$

نحصل بتطبيق قانون الغاز المثالي على هذه الكتلة m من الغاز على العلاقة $P_0 V_0 = n R T_0$

وفي الضغط ودرجة الحرارة T: $PV = nRT$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

أي بحيث أن:

$$\frac{V_0}{V} = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot \frac{T_0}{T}$$

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{P}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T}$$

$$\Rightarrow \boxed{\rho = \rho_0 \cdot \frac{P}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T}}$$

* إن الكتلة النوعية للغاز ρ تتناسب طرداً مع الضغط وعكساً مع درجة الحرارة.

* أما كثافة الغاز والتي نرمز لها بـ d تعرف بالعلاقة التالية:

$$d = \frac{\text{الكتلة النوعية للغاز}}{\text{الكتلة النوعية للهواء}}$$

لنحسب كثافة الغاز في الشرطين النظاميين.

نأخذ كتلة من الغاز يساوي كتلة مول واحد أي M فيكون حجمها في الشرطين النظاميين $V_0 = 22.4\ L$ أما الكتلة النوعية للهواء في الشرطين النظاميين $\rho_0 = 1.293\ gr/L$ وبالتالي كثافة الغاز

حفظ $\boxed{d = \frac{M}{29}}$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

* تطبيق معادلة الغاز المثالي في حساب تغير الضغط الجوي مع الارتفاع الضغط الجوي عبارة عن ثقل عمود من الهواء ارتفاعه يساوي ارتفاع الطبقة الهوائية وسطح مقطعه يساوي واحدة إسطوح.

لناخذ محورا شاقوليا oz موجها نحو الأعلى بحيث ينطبق مبدؤه على سطح البحر ولنفرض طبقة من الهواء سطح مقطعها واحدة إسطوح و سماكتها dz.

نكون لدينا: $dp = -\rho g . dz$ ...(2)

* وضعنا إشارة الناقص في الطرف الثاني لهذه المعادلة بما أن الضغط الجوي يتناقص عندما يزداد الارتفاع عن سطح البحر إذا فرضنا أن الهواء عبارة عن غاز مثالي فنكتب من أجل مول واحد.

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{mP}{RT} \quad ...(1)$$

$$pV = nRT \Rightarrow V = \frac{RT}{P}$$

(n = 1 mol)

نجد بتعويض المعادلة (1) في (2)

$$dp = -\frac{MP}{RT} g . dz$$

$$\frac{dp}{P} = -\frac{Mg}{RT} . dz$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

* على فرض أن T و g ثابتان ومستقلان عن الارتفاع فنحصل بمكاملة العلاقة السابقة على العلاقة التالية:

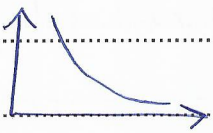
$$P = P_0 . e^{-\frac{Mg}{RT} Z} \quad \ldots (3)$$

علاقة الضغط مع الارتفاع علاقة عكسية.

يمكننا كتابة العلاقة (3) بالشكل التالي:

$$P = P_0 e^{\frac{-Z}{8000}}$$

نستنتج من العلاقة السابقة على أن الضغط يتناقص مع الارتفاع عن سطح البحر وفقاً لقانون الأسي.



- الفرضيات الأساسية في النظرية الحركية للغازات:

تهتم النظرية الحركية للغازات ببعض المقادير الفيزيائية لعدد كبير من الجزيئات وليس تهتم بالمقادير النسبية لكل جزيء.

* تكون الطاقة الحركية الكلية لجملة جزيئات الغاز المعزولة ترمودينامياً عن الوسط الخارجي ثابتة وتكتب بالعلاقة:

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

الطاقة الحركية الإجمالية:

$$\frac{1}{2} m_1 V_1^2 + \frac{1}{2} m_2 V_2^2 + \dots + \frac{1}{2} m_i V_i^2$$

$$= \sum_i \frac{1}{2} m_i V_i^2 = cte$$

* إذا كان لدينا n_0 جزيئة متشابهة في الوعاء ونعرف الطاقة الحركية الوسطية:

$$\frac{1}{2} m \cdot V^2 = \frac{1}{n_0} \sum_i \frac{1}{2} m_i V_i^2$$

نعرف القيمة الوسطية لمربع السرعة بالشكل التالي $\bar{V}^2$.

$$\bar{V}^2 = \frac{V_1^2 + V_2^2 + V_i^2}{n_0} = \frac{1}{n_0} \sum V_i^2$$

$\bar{V}^2$: السرعة الوسطية.

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة