كلية العلوم

القسم : **الفيزياء**

السنة : **الثانية**

المادة :ترموديناميك

المحاضرة : الرابعة /نظري/كتابة

{{ A to Z مكتبة }}

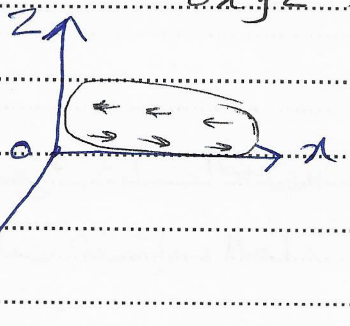
Facebook Group : A to Zمكتبة

* وعندما تكون $t=0$ يصبح الغاز في الحالة الصلبة أما القيمة الوسطية لشعاع السرعة V وتكون معدومة لأنها معروفة بالعلاقة التالية:

$$\vec{V} = \frac{\vec{V}_1 + \vec{V}_2 + --- + \vec{V}_i}{n_0} = \frac{1}{n_0} \sum \vec{V}_i = 0$$

وذلك لأن عدد الجزيئات التي تتجه وفق المحور x تساوي عدد الجزيئات التي تتجه بالاتجاه المعاكس لهذا المحور وكذلك الأمر بالنسبة لبقية المحاور.

* لنفرض أنه لدينا ثلاث محاور $oxyz$



يمكننا تحليل سرعة كل جزيئة إلى ثلاث مركبات على هذه المحاور.

$$V^2 = V_x^2 + V_y^2 + V_z^2$$

* ونكتب من أجل n_0 جزيئة العلاقة بالشكل التالي:

$$\sum V_i^2 = \sum V_{ix}^2 + \sum V_{iy}^2 + \sum V_{iz}^2$$

حيث إذا قسمنا طرفي هذه العلاقة على n_0 فإننا نحصل على مربع السرعة الوسطية:

$$\overline{V}^2 = \overline{V}^2_x + \overline{V}^2_y + \overline{V}^2_z$$

حيث تمثل المقادير:

$$\overline{V}^2_x = \frac{1}{n_0} \sum V_{ix}^2$$

$$\overline{V}^2_y = \frac{1}{n_0} \sum V_{iy}^2$$

$$\overline{V}^2_z = \frac{1}{n_0} \sum V_{iz}^2$$

القيم الوسطية لمربع مركبات السرعة وفق المحاور الثلاث ox و oy و oz وبما أن جزيئات الغاز تتحرك بجميع الاتجاهات فإن

$$\overline{V}^2_x = \overline{V}^2_y = \overline{V}^2_z$$

$$\overline{V}^2 = 3\overline{V}^2_x = 3\overline{V}^2_y = 3\overline{V}^2_z$$

$V^* = \sqrt{\overline{V}^2}$ السرعة التربيعية الوسطية أو السرعة المتجة:

* استنتج العلاقة $V^* = \sqrt{\overline{V^2}}$

السرعة التربيعية لغاز مثالي ـــــ

* حساب ضغط الغاز المثالي

بما أن جزيئات الغاز بحالة حركة دائمة لذلك يؤدي اصطدامها جدران الوعاء إلى نشوء قوة ضاغطة وبالتالي إلى حصول ضغط للغاز على هذه الجدران.

* نعرف ضغط الغاز بأنه القوة الوسطية المؤثرة في واحدة السطح في حالة الغاز المتوازن يكون للضغط نفس القيمة في مختلف نقاط السطح ((أي ضغط غير متعدد))

* ولحساب ضغط الغاز المثالي نحصل بتطبيق القانون الأساسي للتحريك على جزيئة واحدة كتلتها m.

$$\vec{F} = m\gamma_1 = \frac{d(m\vec{v}_1)}{dt} = \frac{dk_1}{dt}$$

تسارع   كمية الحركة

حيث: k_1 هو عبارة عن كمية الحركة للجزيئة الواحدة وبالتالي القوى المؤثرة على السطح الصغير dS من جدران الوعاء نتيجة اصطدام عدد كبير من الجزيئات وفقاً للعلاقة التالية:

~~[illegible]~~

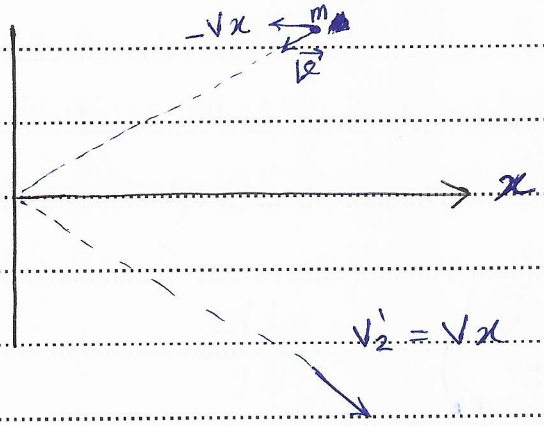
$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{k}^{(1)}}{\Delta t} \Big| \frac{\Delta S^{(2)}}{\Delta t^{(3)}}$$

حيث يمثل المقدار Δk تغير كمية الحركة للجزيئات التي اصطدمت بالسطح $\Delta S^{(2)}$ خلال زمن $\Delta t^{(3)}$.

* وبالتالي أن الضغط المطبق على السطح ΔS :

$$P = \underbrace{\frac{\Delta \vec{k}}{\Delta t}}_{\vec{F}} \cdot \frac{1}{\Delta S}$$

* لنأخذ محوراً موجهاً ox منطبقاً على الناظم على سطح جدار الوعاء.



الجزيئة التي سرعتها V والتي لها المركبة السرعة تساوي V_x حسب المحور ox.

أي كمية الحركة : $-mV_x$

عندما تصطدم بسطح جدار الوعاء يتغير كمية حركتها بالمقدار ($2m.V_x$) ويكون الجزيئات التي تصطدم بالسطح ds خلال زمن (Δt) موجودة في الحجم $\Delta s . \Delta t . V_x$ وبما أن الجزيئات تتحرك في جميع الاتجاهات فلا تملك بالتالي جميعها نفس المركبة V_x لذلك يجب تقسيمها إلى زمر حيث نفرض أن لكل زمرة منها مركبة سرعة على المحور ox:

حيث مركبة سرعة كل جزيئة من الزمرة المعينة لا تختلف إلا بمقدار صغير عن مقدار وسطي معين فإذا فرضنا أن تركيز الجزيئات الغاز بواحدة الحجم (n) فنقول أنه لدينا n_1 جزيئة في واحدة الحجم لها مركبة السرعة

V_1x , V_1y , V_1z

من الواضح أنه يجب أن نأخذ بالحساب المقادير

$\frac{n_1}{2} , \frac{n_2}{2} , \frac{n_3}{2}$

لأنه لدينا مركبات على المحور ox متعاكسة ($V_x , -V_x$) أي لدينا جزيئات تتجه نحو السطح ds كي تصطدم به يقابلها نفس العدد من الجزيئات التي تبتعد عنه نستنتج من ذلك أن عدد جزيئات الزمر ذات الرقم (1) التي تصطدم بالسطح ds خلال زمن Δt تعطى بالعلاقة التالية:

$\frac{n_1}{2} V_1x \Delta t \Delta s$

وبالتالي يعطى تغير كمية الحركة بالشكل التالي:

$$(\Delta k)_i = \cancel{2} m v_i x \frac{n_i}{\cancel{2}} v_i x \, \Delta t \, \Delta s$$

$$(\Delta k)_i = m n_i v^2 x \, \Delta s \, \Delta t$$

$$(\Delta k)_i = m n_i v_i^2 x \, \Delta s \, \Delta t$$

وبالتالي فإن تغير كمية حركة جميع الجزيئات التي اصطدمت بالسطح Δs خلال زمن Δt يعطى بالعلاقة

$$\Delta k_i = \sum (\Delta k)_i = \sum m n_i v_i x \, \Delta s \, \Delta t$$

وبالتالي فإن الضغط المطبق على السطح Δs:

$$p = \frac{\Delta k}{\Delta t \cdot \Delta s} = m \sum_i n_i v_i^2 x$$

وبما أن

$$\sum_i n_i v_i^2 = \underbrace{n_1 v_1^2 x}_{1} + \underbrace{n_2 v_2^2 x}_{2} + \cdots + \underbrace{n_i v_i^2 x}_{i}$$

وكذلك أن: $n = n_1 + n_2 + \cdots + n_i$

فيكون لدينا:

$$\frac{n_1 V_{1x}^2 + n_2 V_{2x}^2 + \cdots + n_i V_{ix}^2}{n_1 + n_2 + \cdots + n_i} = \bar{V}_x^2$$

حيث تمثل $\bar{V}_x^2$ القيمة الوسطية لمربع مركبات السرعة وفق المحور ox

وبالتالي ينتج لدينا أن:

$$P = m.n.\bar{V}_x^2$$

$$P = m\,n\,\frac{\bar{V}^2}{3}$$

العلاقة النهائية: $(*)\ P = \frac{2}{3} n \left(\frac{1}{2} m\bar{V}^2\right)$

أي أن الضغط الغاز يتناسب طرداً مع الطاقة الحركية الوسطية الانسحابية لجزيئات الواحدة بواحدة الحجم.

س أثبت أن الضغط يتناسب طرداً مع الطاقة الحركية الوسطية للجزيئة الواحدة من واحدة الحجم.

س استنتج العلاقة بين الطاقة الحركية الوسطية للغاز ودرجة الحرارة:

ليكن V حجم مول واحد من الغاز في الدرجة T فيكون عدد الجزيئات

$$n = \frac{N_A}{V}$$

ونحصل بتعويض (n) في العلاقة السابقة:

$$P.V = \frac{2}{3} NA \left(\frac{1}{2} m \bar{V}^2\right) \quad ...(1)$$

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

حيث $n = \frac{NA}{V}$

ويكون لدينا لمول واحد من الغاز المثالي:

$$P.V = R.T \quad ...(2)$$

بمساواة العلاقة ① و ②

$$\frac{2}{3} NA \left(\frac{1}{2} m \bar{V}^2\right) = R.T$$

أي أن الطاقة الحركية ~~.....~~ الانسحابية لجزيئة واحدة تساوي:

$$\frac{1}{2} m \bar{V}^2 = \frac{3}{2} \frac{RT}{NA}$$

$$= \frac{1}{2} m \bar{V}^2 = \frac{3}{2} KT$$

حيث K هو ثابت بولتزمان.

نستنتج من ذلك أن الطاقة الحركية الانسحابية للغاز لا تتعلق إلا بدرجة حرارته المطلقة (وليس من حجمه).

درجات حرية الغاز وتوزع طاقته:

يعرف عدد درجات حرية الغاز لجزيئات الغاز بأنه عدد الجزيئات المستقلة التي يجب معرفتها من أجل تحديد مكان جزيئة الغاز في حالة الغازات التي تكون جزيئاتها أحادية الذرة كالغازات النادرة كالهليوم والنيون والأرغون ونلاحظ أنه يكفي ثلاثة إحداثيات لتعيين هذه الجزيئة في الفراغ:

ويكون لدينا ثلاث درجات حرية

* وبما أن عدد الجزيئات التي تتحرك في اتجاه ما يساوي عدد الجزيئات التي تتحرك باتجاه معاكس لذلك يمكن تقسيم الطاقة الحركية الوسطية للجزيئة الواحدة على المحاور الثلاث ~~[illegible]~~ أي على الدرجات الحرية الثلاث فتصبح الطاقة الحركية الوسطية للجزيئة الواحدة لكل درجة حرية مساوية إلى $\frac{1}{2}KT$

والطاقة الحركية الوسطية للجزيئة الواحدة ((أحادية الذرة))

$$\bar{E} = \frac{3}{2}KT$$

أما في حالة الغازات التي تكون جزيئاتها ثنائية الذرة مثل H_2 و O_2 و N_2 فيمكن لجزيئات هذه الغازات أن تتحرك حركة انسحابية حسب المحاور الثلاث كما هي الحال في الغازات أحادية الذرة وحركة دورانية حول محورين متعامدين أي عدد درجات لهذه الغازات تساوي خمسة

$$E = \frac{5}{2}KT$$