МОЛЕКУЛСКО-КИНЕТИЧКА ТЕОРИЈА ГАСОВА

Максим Мичета

Притисак идеалног гаса

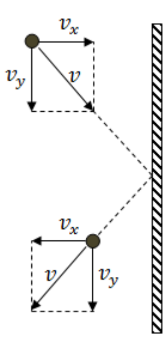
Притисак се дефинише као однос силе која дјелује нормално на подлогу и њене површине:

$$\boxed{p = \frac{F_{\perp}}{S}.}$$

Јединица за притисак је **паскал** (Pa), а често се користи и јединица **бар** (bar). При томе важи $1bar = 100\ 000Pa$. Нормалан атмосферски притисак на нивоу мора износи $101\ 325Pa$. Притисак се мјери помоћу **барометра**, чији принцип рада је приказан на слици.

Притисак идеалног гаса се манифестује у сталним сударима молекула гаса са зидовима посуде. Због тога је јасно да притисак идеалног гаса зависи од кинетичке енергије молекула (температуре гаса) и њихове концентрације. То ћемо сада и доказати.

Притисак који идеалан гас врши, огледа се у сударима молекула гаса са зидовима посуде. Размотримо на почетку судар једног молекула са зидом посуде:



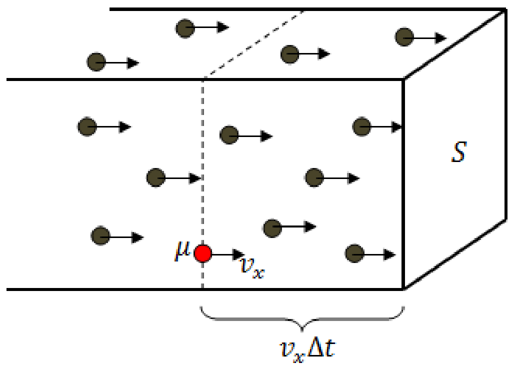
При овом судару, импулс молекула се промијени само по x оси:

$$\Delta p = \mu v_x - (-\mu v_x) = 2\mu v_x$$

Према III Њутновом закону, толики импулс прими зид приликом овог судара.

На основу II Њутновог закона сила којом молекули дјелују на зид једнака је укупном импулсу који прими зид у јединици времена.

Израчунајмо сада притисак који врши гас над једним зидом површине S:



Претпоставимо да се сви молекули крећу према зиду S истом брзином v_x. Ако за вријеме Δt молекул означен црвеном бојом удари у зид, можемо закључити да ће сви молекули који са налазе у призми између њега и зида S ударити у зид за то вријеме. Па је број молекула који за вријеме Δt ударе у зид:

$$N = \frac{1}{2} nV = \frac{1}{2} nSv_x \Delta t$$

при чему је члан $\frac{1}{2}$ ту због тога што из посматране запремине само пола молекула се креће ка зиду S, а друга половина се креће од њега. На слици је приказана само половина која се креће ка зиду S, и то са истакнутом компонентом брзине у том правцу. На зид дјелује сила:

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{N \cdot 2\mu v_x}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{2} nSv_x \Delta t \cdot 2\mu v_x}{\Delta t} = n\mu S {v_x}^2,$$

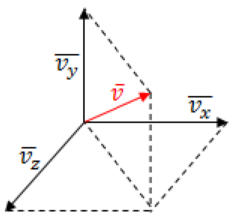
па је притисак који дјелује на зид:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{n\mu S {v_x}^2}{S} = n\mu {v_x}^2$$

Међутим, морамо узети у обзир двије ствари: не крећу се сви молекули усмјерено (прећи ћемо са брзине по правцу x осе на укупну брзину) и молекули немају исту брзину, па морамо прећи на средњу (квадратну) вриједност брзине.

$$p = n\mu \overline{{v_x}^2}$$

Пошто су сва три правца једнако заступљена: $\overline{{v_x}^2} = \overline{{v_y}^2} = \overline{{v_z}^2}$.



Па је средња вриједност брзине:

$$\overline{v^2} = \overline{v_x}^2 + \overline{v_y}^2 + \overline{v_z}^2 = 3\overline{v_x}^2$$

$$\overline{v_x}^2 = \frac{1}{3}\overline{v^2}$$

$$p = \frac{1}{3} n\mu\overline{v^2}$$

На основу ове формуле се добијају двије битне формуле:

1. $\overline{E_k} = \frac{\mu\overline{v^2}}{2}$ (средња кинетичка енергија једног молекула)

$$\boxed{p = \frac{2}{3} n\overline{E_k}}$$

2. $\overline{v^2} = \sqrt{\frac{3kT}{\mu}}$ (средња квадратна брзина молекула)

$$\boxed{p = nkT}$$

Ово је **основна једначина молекулско- кинетичке теорије**!

- *<u>Једначина стања идеалног гаса</u>*

На основу задње двије формуле можемо доћи до израза за кинетичку енергију:

$$\frac{2}{3} n\overline{E_k} = nkT$$

$$\boxed{\overline{E_k} = \frac{3}{2} kT,}$$

што представља формулу за **средњу кинетичку енергију једног молекула**, коју смо већ спомињали у лекцији о температури.

На основу тога можемо доћи и до укупне кинетичке енергије гаса:

$$\boxed{E_k = N\overline{E_k} = \frac{3}{2}NkT}$$

До једначине стања идеалног гаса можемо доћи кориштењем основне једначине молекулско- кинетичке теорије:

$$\left.\begin{aligned} p &= nkT \\ n &= \frac{N}{V} \end{aligned}\right\} \qquad \begin{aligned} p &= \frac{N}{V}kT \\ &\boxed{pV = NkT} \end{aligned}$$

Ако се број молекула изрази преко количине супстанце и броја молова, добићемо други облик:

$$\left.\begin{aligned} N &= n_m N_A \\ pV &= NkT \end{aligned}\right\} \qquad \begin{aligned} pV &= n_m N_A kT \\ &\boxed{pV = n_m RT} \end{aligned}$$

гдје је $R = N_A k$ **универзална гасна константа**, која износи:

$$R = 8{,}3\frac{J}{mol \cdot K}$$