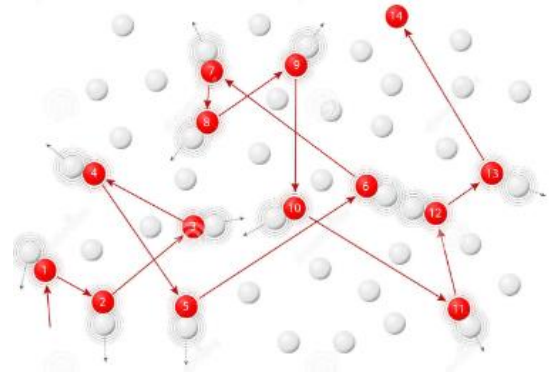


### *Топлотно кретање молекула*

Шкотски ботаничар Браун утврдио је да се честице цвјетног праха у течности крећу. Он је установио да је њихово кретање крајње хаотично.

Честице се непрекидно крећу, при чему усљед сталних међусобних судара оне често мијењају правац кретања, па је њихова путања изломљена линија. На сличан начин се крећу и молекули.



Молекули супстанце непрекидно се хаотично крећу. Такво кретање се назива **топлотно кретање (Брауново кретање)**.

Топлотно кретање молекула се одвија и у тијелу које као цјелина мирује. Пошто је ово кретање крајње хаотично, молекули који оду из неког дијела су замијењени другим молекулима, па је облик тијела очуван.

На топлотно кретање утичу спољашњи услови (температура), чиме ћемо се касније бавити. Оно се одвија у свим агрегатним стањима, међутим оно је најинтензивније у гасовима. У течном, и поготово чврстом стању молекулске силе су доста јаче, молекули су везани за равнотежне положаје па је топлотно кретање мање интензивно него у гасовима.

При топлотном кретању, молекули се крећу праволинијски између два судара. Пuteви између судара су различити, јер је различит распоред молекула у простору.

**Средњи слободни пут молекула** је просјечно растојање које пређе молекул између два узастопна судара.

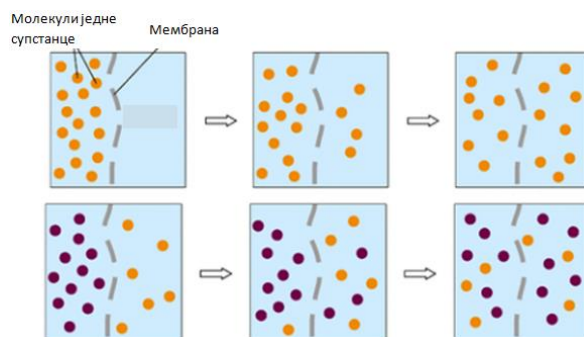
Средњи слободни пут зависи од димензија молекула (што су молекули већи број судара је већи, а слободни пут мањи) и њихове концентрације (што је већа концентрација молекула њихов слободни пут је мањи).

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{n\sigma\sqrt{2}}$$

гдје је  $\sigma$  ефикасни пресјек судара. Он износи:  $\sigma = d^2\pi$ , гдје је  $d$  полупречник молекула.

**Дифузија** је још једна појава која се објашњава топлотним кретањем молекула. То је појава *спонтаног* ширења једне супстанце или мијешање различитих супстанци.

Дифузија се дешава када супстанца нема исту густину (притисак) у свим дијеловима система. Она се објашњава топлотним кретањем- усљед хаотичног топлотног кретања и многобројних судара, на крају се у сваком дјелићу система нађе подједнак број молекула једне супстанце. Брзина дифузије зависи од расподјеле концентрације молекула у суду, средње брзине молекула и дужине слободног пута.



$$D = \frac{1}{3}\bar{\lambda}v_s$$

- Максвелова расподјела по брзинама

Топлотно кретање молекула је потпуно хаотично. Различити молекули имају различите брзине, различите правце и смјерове кретања. Такође, брзина сваког појединачног молекула се мијења током времена. Међутим, у свом том хаосу постоји једна правилност: правилна расподјела молекула по брзинама.

На примјер број молекула чија је брзина у интервалу од  $200 \frac{m}{s}$  до  $250 \frac{m}{s}$  је константан, ако је гас изолован. Постоје молекули који усљед свог кретања изађу из ове групе (повећају своју брзину преко  $250 \frac{m}{s}$  или смање своју брзину испод  $200 \frac{m}{s}$ ), међутим

исти толики број молекула уђе у тај интервал. То је извјесно због огромног броја молекула.

Ову зависност је први уочио **Максвел** и извео је закон расподеле молекула по брзинама. Извођење те зависности је доста компликовано и нећемо то обрађивати, али ћемо навести график који је добио.

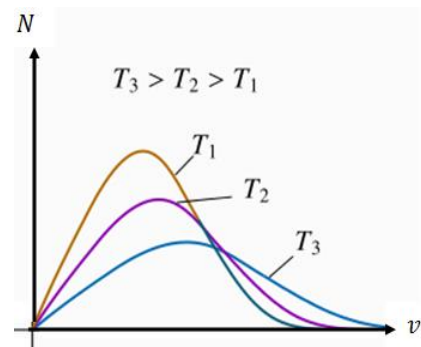
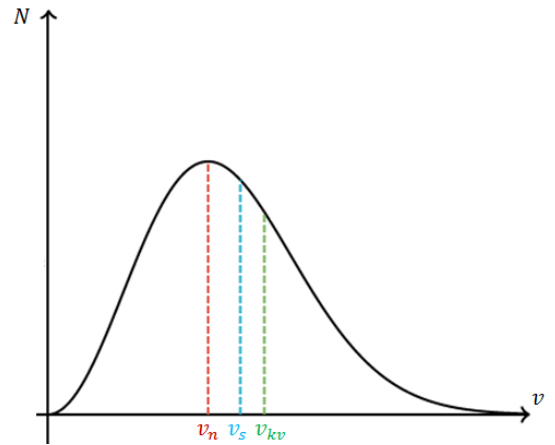
Ово је график зависности броја молекула од брзине, тј. он нам говори колико молекула има одређену брзину. Са графика је јасно да је заступљен широк интервал брзина, као и да јако мали број молекула има јако мале или јако велике брзине. Највећи број молекула има брзину  $v_n$ , која се због тога назива **највероватнија брзина**:

$$v_n = \sqrt{\frac{2kT}{\mu}}$$

гдје је  $T$  апсолутна температура гаса,  $\mu$  маса једног молекула, а  $k$  **Болцманова константа**,  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$ .

При загријавању гаса повећавају се кинетичке енергије молекула, што ће утицати на график расподеле. И из формуле је јасно да се при томе највероватнија брзина повећава, а такође је јасно да се график шири надесно.

Поред највероватније брзине увешћемо још двије брзине.



Средња брзина молекула једнака је средњој аритметичкој брзини молекула:

$$v_s = \frac{v_1 + v_2 + \dots + v_N}{N}$$

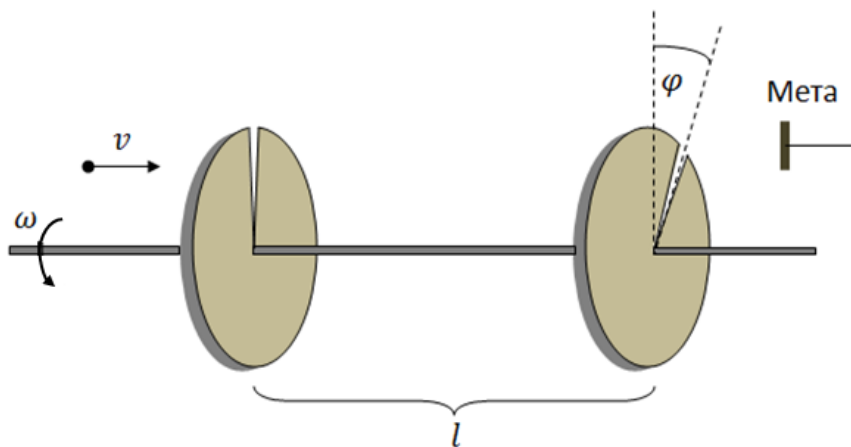
на основу чега се, помоћу више математике добије:

$$v_n = \sqrt{\frac{8kT}{\pi\mu}}$$

Брзина молекула која одговара средњој кинетичкој енергији молекула зове се **средња квадратна брзина** молекула:

$$v_{kv} = \sqrt{\frac{3kT}{\mu}}$$

Исправност Максвелове теорије доказао је **Штерн** 1920. године. Принцип његовог експеримента се може објаснити на следећи начин: Два диска су учвршћена на заједничку осовину око које ротирају угаоном брзином која се може подешавати. На сваком диску је јако мали прорез, а прорези су угаоно помјерени за  $\varphi$ . На дискове се усмјерава снап молекула. Молекули који прођу кроз прорезе оба диска падају на плочу и остављају траг.





## МОЛЕКУЛСКО-КИНЕТИЧКА ТЕОРИЈА ГАСОВА

Максим Мичета

Брзина молекула који пролазе кроз прорезе морају задовољити услов:

$$\left. \begin{array}{l} t = \frac{l}{v} \\ t = \frac{\varphi}{\omega} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \frac{l}{v} = \frac{\varphi}{\omega} \\ v = \frac{l\omega}{\varphi} \end{array}$$

Дакле, при одређеној угаоној брзини ротације дискова на мети се таложе молекули одређене брзине. Промјеном угаоне брзине дискова, мијења се и траг, што се поклопило са Максвеловом кривом.