



# TERMODYNAMIKA

## Ideální plyn

TENTO PROJEKT JE SPOLUFINANCOVÁN EVROPSKÝM SOCIÁLNÍM FONDEM A STÁTNÍM ROZPOČTEM ČESKÉ REPUBLIKY.



## Ideální plyn

je zjednodušená představa skutečného plynu.

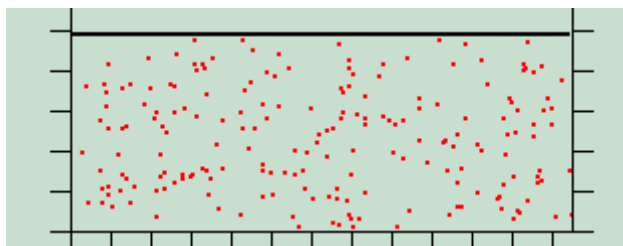
• *Je dokonale stlačitelný a bez vnitřního tření.*

O jeho molekulách předpokládáme:

• *jejich rozměry jsou zanedbatelně malé ve srovnání s jejich střední vzdáleností*  $\Rightarrow$  lze zanedbávat vlastní objem jednotlivých molekul. Každou molekulu ideálního plynu proto považujeme za hmotný bod s hmotností  $m_0$ .

• *molekuly ideálního plynu na sebe navzájem nepůsobí přitažlivými silami*  $\Rightarrow$  **celková potenciální energie soustavy molekul ideálního plynu je nulová**. Proto vnitřní energie ideálního plynu s jednoatomovými molekulami se rovná jen součtu kinetických energií molekul pohybujících se neuspořádaným posuvným pohybem. Vnitřní energie ideálního plynu s víceatomovými molekulami zahrnuje kromě toho ještě energii molekul konajících rotační a kmitavý pohyb.

• *vzájemné srážky molekul a srážky molekul se stěnami nádoby jsou dokonale pružné*, tzn., realizují se bez úbytku kinetické energie. Mezi jednotlivými srážkami se molekuly ideálního plynu pohybují rovnoměrným přímočarým pohybem. V důsledku srážek má však trajektorie každé molekuly tvar lomené čáry.

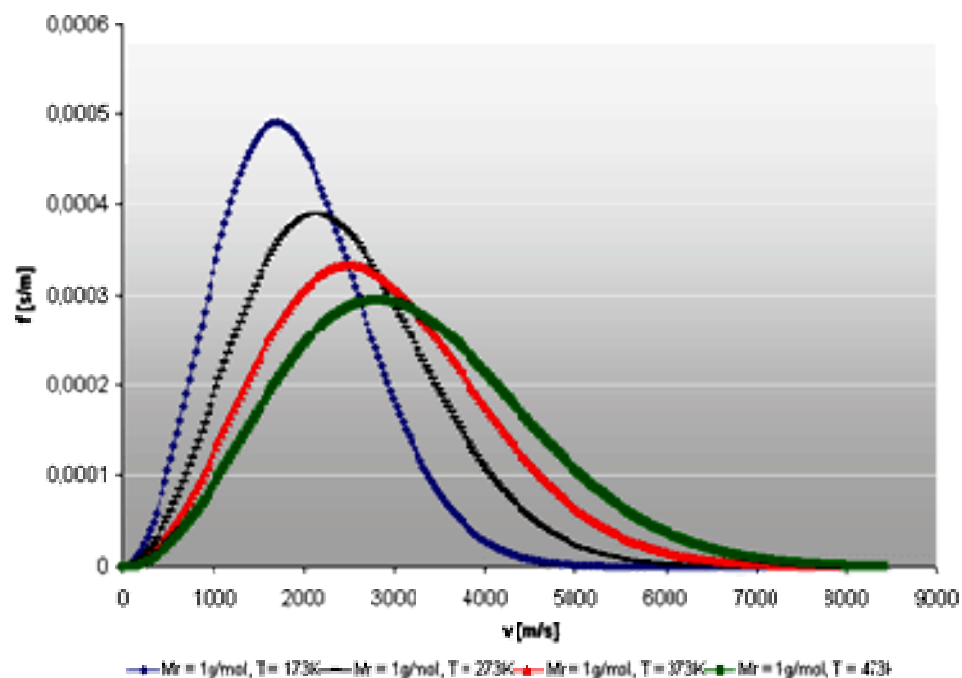


Skutečné plyny se svými vlastnostmi přibližují vlastnostem ideálního plynu, mají-li dostatečně vysokou teplotu a nízký tlak. Např. za normálních podmínek, tj. při teplotě  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  a tlaku  $101\ 325\ \text{Pa}$  lze většinu plynů s dostatečnou přesností považovat za ideální plyn.

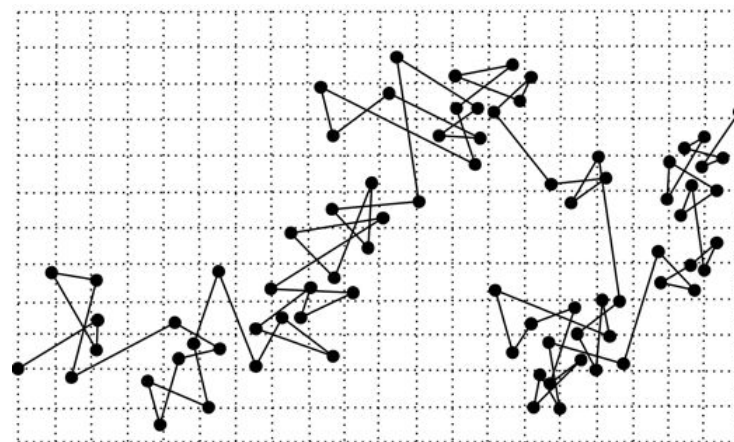
## Rychlost molekul plynu

Hodnoty rychlosti molekul se řídí statistickými zákony. Tzn., nemůžeme zjistit skutečnou rychlost určité molekuly, ale jen pravděpodobnost, že se molekula touto rychlostí pohybuje.

Naměřené hodnoty vyneseny do grafu jsou na obrázku:



Vzájemné srážky molekul a srážky molekul se stěnami nádoby způsobují, že se jejich rychlost neustále mění co do velikosti i co do směru. O tom nás přesvědčuje Brownův pohyb:



Vzhledem k tomu, že rychlosti jednotlivých molekul jsou různé, zavádí se statistický pojem *střední kvadratická rychlost*, pro niž platí vztah:

$$v_k^2 = \frac{N_1 v_1^2 + N_2 v_2^2 + \dots + N_i v_i^2}{N}$$

Druhá mocnina střední kvadratické rychlosti je rovna součtu druhých mocnin rychlostí všech molekul, dělenému počtem molekul soustavy.

*Střední kvadratická rychlost molekul plynu je taková rychlost, jakou by se musely pohybovat všechny molekuly, aby se celková kinetická energie posuvného pohybu molekul nezměnila.* Anglický fyzik J. C. Maxwell teoreticky dokázal, že střední kvadratická rychlost  $v_k$  je závislá na termodynamické teplotě  $T$  plynu a na hmotnosti  $m_0$  molekuly plynu podle vztahu:

$$v_k = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

kde  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$  je Boltzmannova konstanta.

Mění-li se v každém okamžiku rychlosti molekul plynu, mění se také kinetická energie posuvného pohybu těchto částic. Srážky molekul ideálního plynu jsou ale pružné, proto za stálé teploty je celková kinetická energie  $E_k$  plynu konstantní  $\Rightarrow$  každé molekule hmotnosti  $m_0$  můžeme přiřadit právě rychlost  $v_k$ , tedy střední kinetická energie jedné molekuly je určena vztahem:

$$E_0 = \frac{1}{2} m_0 v_k^2 = \frac{3}{2} kT$$

## Základní rovnice pro tlak ideálního plynu

Neustálý pohyb molekul plynu uzavřeného v nádobě vyvolává trvalé srážky těchto molekul s molekulami vnitřních stěn nádoby. Současné nárazy molekul plynu na zvolenou plochu o obsahu  $S$  se projevují jako tlaková síla  $F$  plynu na tuto plochu.

Vztah  $p = \frac{F}{S}$  vyjadřuje *tlak plynu* v určitém okamžiku.

Zahříváme-li plyn v nádobě, zjistíme, že se tlak plynu s rostoucí teplotou zvětšuje. Z toho usuzujeme, že s rostoucí teplotou plynu působí molekuly plynu na stěnu nádoby větší tlakovou silou. Protože střední kvadratická rychlost molekul ideálního plynu je závislá na teplotě, dá se očekávat, že tlak plynu také závisí na střední kvadratické rychlosti. Teoreticky lze tuto závislost odvodit ve tvaru:

$$p = \frac{1}{3} \frac{N}{V} m_0 v_k^2 \quad \text{kde } N \text{ je počet molekul plynu, } V \text{ objem plynu.}$$

Tento vztah se nazývá *základní rovnice pro tlak ideálního plynu*. Je jedním z nejdůležitějších výsledků kinetické teorie plynů. Uvádí do souvislosti veličiny, které se vztahují k molekulám (hmotnost a rychlost molekul) s veličinou, která charakterizuje plyn jako celek a dá se bezprostředně měřit při pokusech (tlak a teplota plynu).

S použitím:

- J. Zámečník. *Prehľad stredoškolskej fyziky*. 2. vydání. Praha 1988: SNTL. str. 162.
- dr. Eva Pešková, prof. Hana Kropáčková. *Fyzika*. Praha 1992: ORFEUS. od str. 108.
- [http://fyzweb.cz/materialy/aplety\\_hwang/ideal\\_gas/idealGas/idealGas\\_cz.html](http://fyzweb.cz/materialy/aplety_hwang/ideal_gas/idealGas/idealGas_cz.html)
- <http://www.techmania.cz/edutorium>

vypracoval: Ing. Milan Maťátko

---