

2.3.1 Ideální plyn

Předpoklady:

Pedagogická poznámka: Je možné tuto a následující hodinu zkrátit do jedné a střední kvadratickou rychlost pouze zadefinovat. Pak je ale nutné se smířit s tím, že většina studentů význam střední kvadratické rychlosti nepochopí.

Ideální plyn: má dokonalé vlastnosti plynu. Jaké to jsou?

- stlačitelnost
- schopnost vyplňovat prostor
- dokonalá tekutost

Př. 1: Najdi mikroskopické příčiny uvedených makroskopických vlastností plynů.

stlačitelnost: molekuly jsou od sebe daleko, takže se neodpuzují a jejich vlastní velikost se neprojevuje

schopnost vyplňovat prostor: molekuly se nepřitahují \Rightarrow volně se pohybují po celé nádobě a každé místo, které jim uděláme ihned vyplní

dokonalá tekutost: molekuly se nepřitahují \Rightarrow molekuly se navzájem nebrzdí

\Rightarrow **Tři předpoklady o molekulách ideálního plynu**

- Rozměry molekul ideálního plynu jsou ve srovnání s jejich střední vzdáleností zanedbatelně malé.
- Mimo vzájemných srážek na sebe molekuly ideálního plynu nepůsobí.
- Vzájemné srážky molekul ideálního plynu a srážky těchto molekul se stěnou nádoby jsou dokonale pružné (energie se při nich neztrácí).

Molekuly na sebe kromě srážek nepůsobí \Rightarrow potenciální energie je nulová \Rightarrow energie plynu je schovaná v kinetické energii molekul. (u více atomových molekul i v rotačním a kmitavém pohybu atomů v molekule).

Př. 2: Rozhodni, za jakých podmínek se vlastnosti reálných plynů blíží vlastnostem ideálního plynu.

Molekuly mají být daleko od sebe \Rightarrow malá hustota (nízký tlak)

Kinetická energie má být daleko větší než potenciální \Rightarrow vysoká teplota.

Normální podmínky:

$$p_n = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$t_n = 0^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K}$$

Za normálních podmínek je možné většinu reálných plynů považovat za ideální.

Molekuly plynu v rovnovážném stavu nemají stejnou rychlost \Rightarrow jak popsat jejich stav?

Podobný problém jako popis výšky studentů.

Nejjednodušší způsob: všechny změříme a napíšeme ke každému jeho výšku.
 Problém u molekul: v normálním objemu je jich strašně mnoho \Rightarrow nemůžeme změřit rychlost každé zvlášť a někam ji napsat.

Stejně řešení jako u většího množství lidí – popíšeme situaci v procentech. Například volby:
 Rozdělení hlasů podle volených stran:

ODS 35,4 %
 ČSSD 32,3 %
 KSČM 12,8 %

...

= tabulka rozdělení voličských hlasů pro politické strany v ČR ve volbách v roce 2006

Podíl hlasů se neudává pouze v procentech, ale také jaké díl z jedné \Rightarrow ODS získala 0,354 hlasů = relativní četnost. Vypočteme ji jako podíl $\frac{\text{hlasy pro ODS}}{\text{všechny odevzdané hlasy}}$.

Podobně můžeme popsat i rychlosti. Zajímá nás například jaké procento molekul má rychlosti v intervalu $\langle 200 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}; 300 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \rangle \Rightarrow$

Tabulka rozdělení rychlostí molekul O_2 při teplotě 0°C .

interval rychlostí $v; v + \Delta v$ [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]	relativní četnost molekul $\frac{\Delta N}{N}$	relativní četnost molekul $\frac{\Delta N}{N}$ v %
0 – 100	0,014	1,4 %
100 – 200	0,081	8,1 %
200 – 300	0,165	16,5 %
300 – 400	0,214	21,4 %
400 – 500	0,206	20,6 %
500 – 600	0,151	15,1 %
600 – 700	0,092	9,2 %
700 – 800	0,048	4,8 %
800 – 900	0,020	2 %
nad 900	0,009	0,9 %
Součet	1,000	100 %

podobně jako u voleb:

relativní četnost molekul $\frac{\Delta N}{N} = \frac{\text{počet molekul s rychlostí v daném intervalu}}{\text{počet všech molekul}}$

Pedagogická poznámka: Pokud je dost času, nechám studenty první dva sloupce tabulky opsat kvůli výpočtům v příští hodině nebo dalším úkolům, které vymyslím na místě. Není to však nezbytně nutné, zadání je v příští hodině udělané tak, aby studenti mohli hodnoty opsat z projektoru.

Př. 3: Pomocí tabulky rozdělení rychlost molekul O_2 při teplotě 0°C urči:

- Kolik procent molekul má rychlost v intervalu $\langle 200 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}; 300 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \rangle$
- Který z uvedených intervalů obsahuje největší množství molekul
- Z tabulky urči relativní četnost molekul s rychlostí větší než $500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

a) Kolik procent molekul má rychlost v intervalu $\langle 200 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}; 300 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \rangle$

třetí řádka tabulky: $\frac{\Delta N}{N} = 0,165 = 16,5 \%$

b) Který z uvedených intervalů obsahuje největší množství molekul

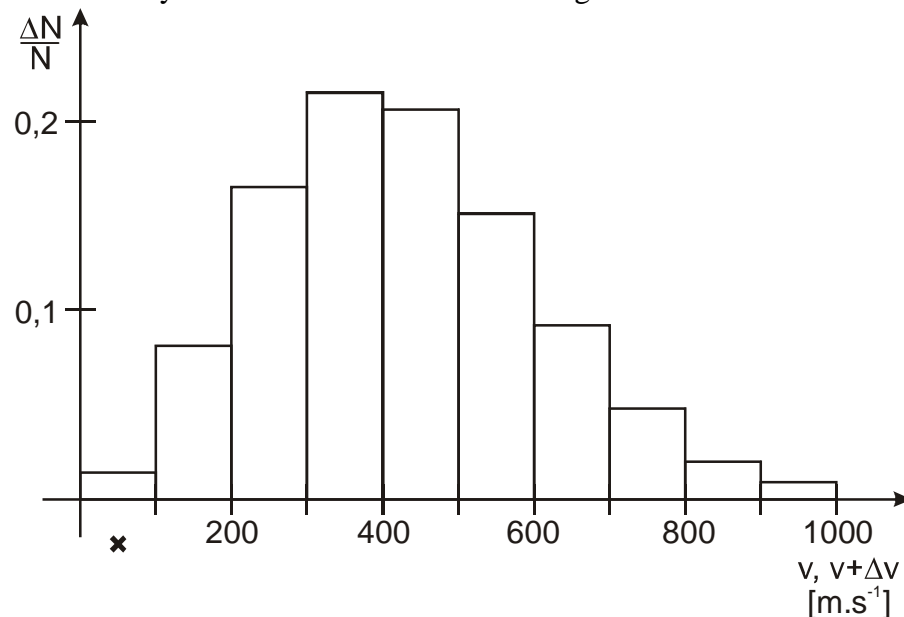
Nejvíce molekul 21,4 % má rychlosti v intervalu $\langle 300 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}; 400 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \rangle$.

c) Z tabulky urči relativní četnost molekul s rychlostí větší než $500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Sečteme relativní četnosti v dolních pěti řádkách tabulky:

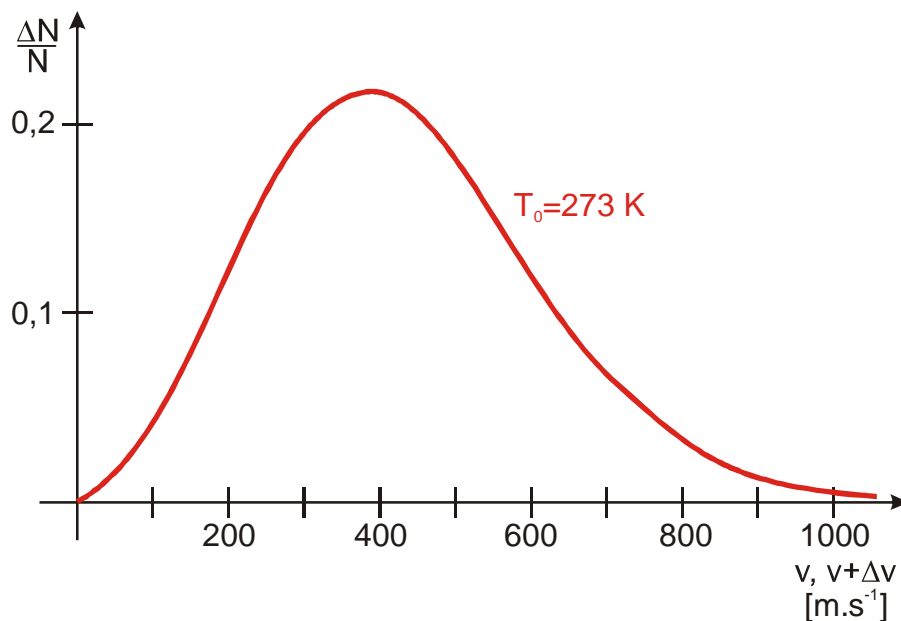
$$0,151 + 0,092 + 0,048 + 0,020 + 0,009 = 0,320 = 32 \%$$

Rozdělení rychlostí můžeme znázornit histogramem:



Přesnější rozdělení rychlostí získáme, když zmenšíme intervaly, do kterých třídíme rychlosti (například na $\langle 200 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}; 210 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \rangle$ atd.)

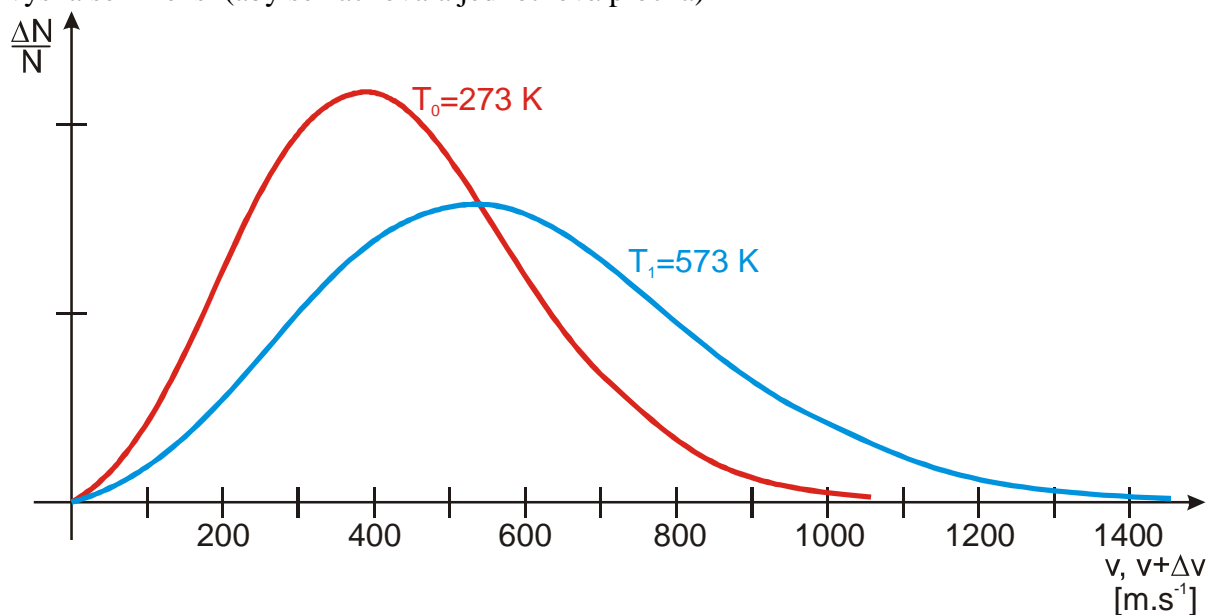
Velkým zmenšením intervalů získáme spojitý graf:



Obsah plochy pod grafem musí být 1 (součet relativních četností musí dát dohromady 1).

Př. 4: Odhadni přibližný tvar grafu, který bude zachycovat rozdělení rychlostí molekul O_2 při teplotě 200°C .

Při vyšších teplotách \Rightarrow vyšší rychlosti molekul \Rightarrow graf bude mít vrchol více vpravo. Jeho výška se zmenší (aby se zachovala jednotková plocha)



Shrnutí: Ideální plyn je dokonale stlačitelný a vyplňuje prostor \Rightarrow tři předpoklady o mikroskopické stavbě.