

## 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 neodpužují 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  $0^\circ\text{C}$ .

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 %
<b>Součet</b>	<b>1,000</b>	<b>100 %</b>

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  $0^\circ\text{C}$  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

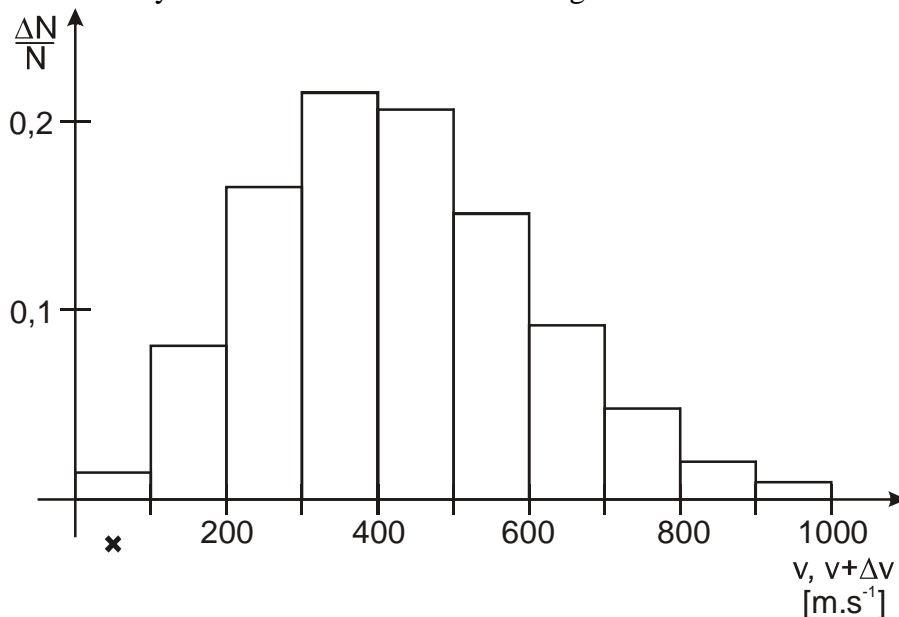
Nejvíce molekul 21,4 % má rychlosti v intervalu  $\langle 300 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}; 400 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \rangle$ .

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:

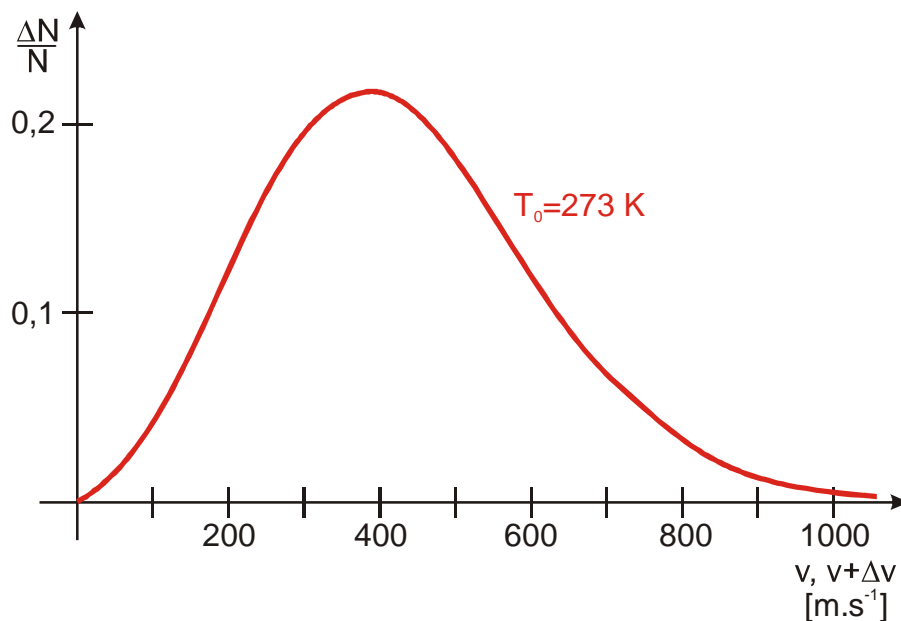
$$0,151 + 0,092 + 0,048 + 0,020 + 0,009 = 0,320 = 32 \%$$

Rozdělení rychlostí můžeme znázornit histogramem:



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

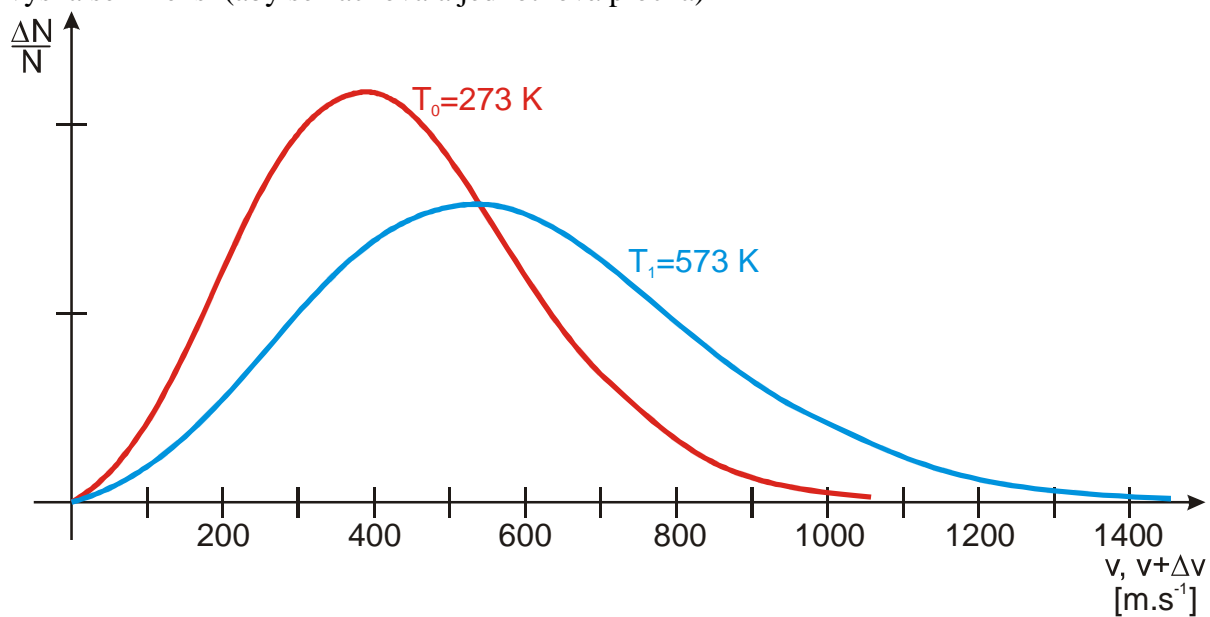
Velkým zmenšením intervalů získáme spojitý graf:



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  $200^\circ\text{C}$ .

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.