

## 2.3.2 Střední kvadratická rychlost

snaha najít jediné číslo nejlépe charakterizující rychlost  $\Rightarrow$

**Př. 1:** Plyn je tvořen třemi molekulami o rychlostech  $v_1 = 200 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $v_2 = 300 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  a

$v_3 = 400 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Urči:

- průměrnou rychlost molekul
- celkovou kinetickou energii plynu
- celkovou kinetickou energii plynu tvořeného třemi molekulami, které se pohybují stejnou průměrnou rychlostí určenou v bodě a)
- takovou rychlost, aby celková kinetická energie plynu tvořeného třemi molekulami s touto rychlostí byla stejná jako je energie určená v bodě b)

a) průměrnou rychlost molekul  $\bar{v} = \frac{v_1 + v_2 + v_3}{3} = \frac{200 + 300 + 400}{3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 300 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

b) celkovou kinetickou energii plynu  $E_k = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 + \frac{1}{2}mv_3^2 = 145000m$

c) celkovou kinetickou energii plynu  $E_k = 3 \frac{1}{2}m\bar{v}^2 = 3 \frac{1}{2}m \cdot 300^2 = 135000m$

d) takovou rychlost  $E_k = 3 \frac{1}{2}mw^2 \Rightarrow w = \sqrt{\frac{2E_k}{3m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 145000m}{3m}} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 311 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

**Př. 2:** Navrhni postup, jak v předchozím příkladu určit „průměrnou rychlost pro výpočet kinetické energie“ přímo ze zadaných hodnot rychlostí.

$$w = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2}{3}} \text{ - odmocnina z průměru z druhých mocnin}$$

**střední kvadratické rychlosti**  $v_k : v_k^2 = \frac{\Delta N_1 v_1^2 + \Delta N_2 v_2^2 + \dots + \Delta N_n v_n^2}{N}$

**Př. 3:** Urči střední kvadratickou rychlost pro plynu z příkladu 1.

$$w = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2}{3}} = \sqrt{\frac{200^2 + 300^2 + 400^2}{3}} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 311 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

**Př. 4:** Urči střední kvadratickou rychlost plynu, který tvoří 15 molekul plynu s rychlostmi v intervalu  $\langle 200 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}; 300 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \rangle$  a 20 molekul plynu s rychlostmi v intervalu  $\langle 300 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}; 400 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \rangle$ .

rovnou dosazujeme čísla:  $v_k = \sqrt{\frac{15 \cdot 250^2 + 20 \cdot 350^2}{35}} = 311 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

**Př. 5:** Urči z údajů v tabulce střední kvadratickou rychlost molekul kyslíku  $O_2$  při teplotě  $0^\circ\text{C}$ .

$v; v + \Delta v \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}]$	0 – 100	100 – 200	200 – 300	300 – 400	400 – 500
---	---------	-----------	-----------	-----------	-----------

$\frac{\Delta N}{N}$	0,014	0,081	0,165	0,214	0,206
$v; v + \Delta v$ [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]	500 – 600	600 – 700	700 – 800	800 – 900	nad 900
$\frac{\Delta N}{N}$	0,151	0,092	0,048	0,020	0,009

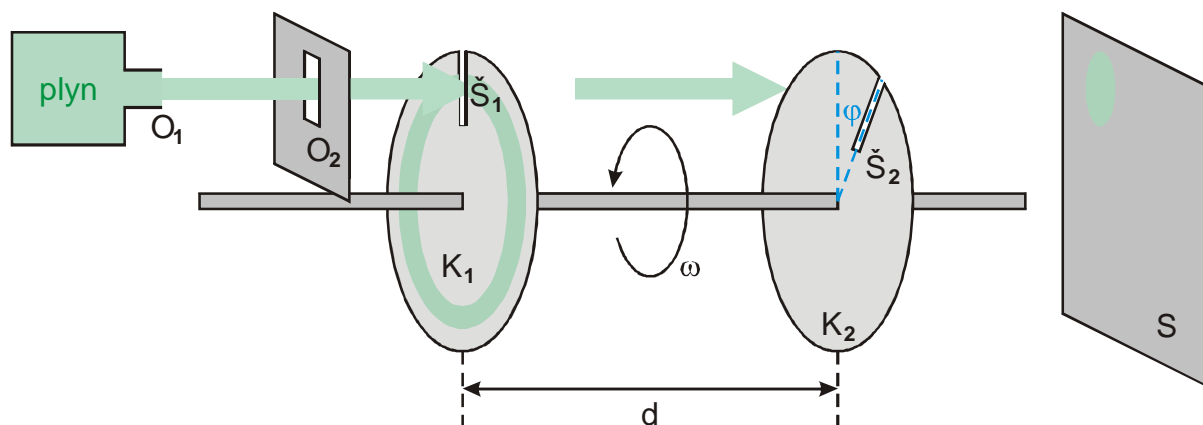
Stejný výpočet jako v předchozím příkladě, ale dosazujeme více čísel:

$$v_k = \sqrt{\frac{0,014 \cdot 50^2 + 0,081 \cdot 150^2 + 0,165 \cdot 250^2 + \dots + 0,020 \cdot 850^2 + 0,009 \cdot 1000^2}{1}} = 464 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Střední kvadratická rychlost molekul kyslíku  $\text{O}_2$  při teplotě  $0^\circ\text{C}$  je  $464 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

**Pedagogická poznámka:** Předchozí příklad sebou nese jeden technický problém. Výraz, který by studenti měli zadat do kalkulačky, je pro většinu běžných přístrojů příliš dlouhý. Snažím se, aby studenti spíše než papír využili paměť kalkulaček.

**Př. 6:** Na obrázku je nakresleno schéma Lammertova pokusu. Z násobky vylétají molekuly plynu (v originálním pokusu páry rtuti), po průletu aparaturou z nich zbude pouze paprsek molekul, které mají stejnou rychlost. Vysvětli, jak pokus funguje. Spočti rychlost molekul, které proletí celým přístrojem od nádoby s plynem až ke stínítku.



Předpokládáme rovnoměrný pohyb letících molekul  $\Rightarrow d = vt \Rightarrow t = \frac{d}{v}$

Předpokládáme rovnoměrné otáčení kotoučů  $\Rightarrow \varphi = \omega t \Rightarrow t = \frac{\varphi}{\omega}$

Pokud molekuly proletí i druhou štěrbinou časy se musí rovnat:  $\frac{d}{v} = \frac{\varphi}{\omega} \Rightarrow$

Na stínítko dopadnou molekuly s rychlostí  $v = \frac{d\omega}{\varphi} \Rightarrow$  změnou těchto tří parametrů můžeme vybírat různé rychlosti a na stínítku měřit kolik molekul dopadlo na stínítko.