

2.3.8 Izochorický děj

izochorický = při stálém objemu $\Rightarrow$ Při ději se může měnit tlak a teplota.

Př. 1: Úpravou stavové rovnice odvoď analogii Boyle-Mariottova zákona pro izochorický děj.

Stavová rovnice:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad \text{izochorický děj} \Rightarrow V_1 = V_2 \quad \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \quad \text{Charlesův zákon} \quad \frac{p}{T} = \text{konst}$$

Př. 2: Na základě Charlesova zákona rozhodni, jak se při izochorickém ději mění tlak, když teplota klesá.

Podíl $\frac{p}{T}$ konstantní $\Rightarrow$ pokud teplota klesá musí klesat i tlak, aby byl podíl stále stejný.

Př. 3: Vyřeš předchozí příklad bez použití vzorce na základě změn pohybu částic plynu (mikroskopický pohled).

Objem se nemění $\Rightarrow$ hustota molekul je stejná $\Rightarrow$ při nižší teplotě mají molekuly menší energii $\Rightarrow$ mají nižší průměrnou rychlost $\Rightarrow$ stejné množství slabších nárazů $\Rightarrow$ nižší tlak.

Př. 4: Skleněnou prázdnou láhev se vzduchem o normálním tlaku a teplotě 20°C přendáme do lednice s teplotou 5°C. Urči tlak ve sklenici po vyrovnání teplot.

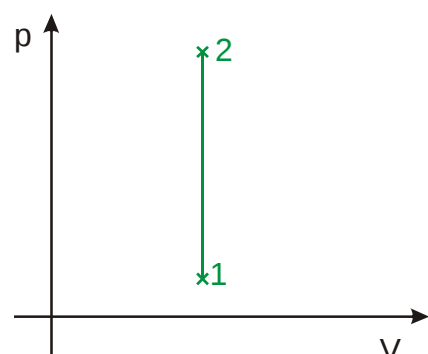
$$t_1 = 20^\circ\text{C} = 293,15\text{ K}, \quad t_2 = 5^\circ\text{C} = 278,15\text{ K}, \quad p_1 = 100000\text{ Pa}, \quad p_2 = ?$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \quad p_2 = \frac{T_2 p_1}{T_1} = \frac{278,15}{293,15} \cdot 100000\text{ Pa} = 94800\text{ Pa}$$

Tlak v láhvi poklesne na 94800 Pa.

Poznámka: Tento pokles není příliš výrazný. Pokud do ledničky dáme plastovou láhev se zbytkem vody, během ochlazování se láhev zborší. Snížení tlaku je podstatně větší než vypočtené v předchozím příkladě, je ale způsobeno kondenzací vodní páry (více později).

Př. 5: Nakresli pV diagram izochorického děje.



Křivka v pV diagramu se nazývá **izochora**.

Energetický pohled: Objem plynu se nemění $\Rightarrow$ vždy platí $W = 0$

Př. 6: Rozeber z energetického hlediska:

- Dáme vzduch ve skleněné lahvi z místnosti do lednice.
- Dáme vzduch ve skleněné lahvi z místnosti na prudké slunce.

a) Dáme vzduch ve skleněné lahvi z místnosti do lednice:

- teplota plynu klesá $\Rightarrow \Delta U < 0$,

- plyn odevzdává teplo vzduchu v ledničce $\Rightarrow Q < 0$.

b) Dáme vzduch ve skleněné lahvi z místnosti na prudké slunce:

- teplota plynu roste $\Rightarrow \Delta U > 0$,
- plyn přijímá teplo od vzduchu v místnosti $\Rightarrow Q > 0$.

přijaté teplo je přímo úměrné změně teploty $\Rightarrow Q = m \cdot c_v \cdot \Delta t$

Př. 7: Urči pokles tlaku v automobilové pneumatice, pokud se vnější teplota sníží z 20°C na -15°C . Původní tlak v pneumatice byl 2,4 atm. Jak by se teplota musela snížit, aby tlak v pneumatice klesnul pod 2 atm a pneumatika začala být podhuštěná?

Objem pneumatiky se příliš nemění, proto můžeme děje považovat za izochorické.

$t_1 = 20^\circ\text{C} = 293\text{K}$, $t_2 = -15^\circ\text{C} = 258\text{K}$, $p_1 = 2,4\text{ atm}$, $p_2 = ?$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow p_2 = p_1 \frac{T_2}{T_1} = 2,4 \frac{258}{293} \text{ atm} = 2,1 \text{ atm}$$

$t_1 = 20^\circ\text{C} = 293\text{K}$, $p_1 = 2,4\text{ atm}$, $p_2 = 2\text{ atm}$, $t_2 = ?$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{p_2}{p_1} T_1 = \frac{2}{2,4} \cdot 293\text{K} = 244\text{K} = -29^\circ\text{C}$$

Př. 8: Mezi lidmi se tvrdí, že pokud necháme kolo na sluníčku, může duše kvůli zahřátí prasknout. Vysvětli. Urči, kolikrát vzroste tlak v pneumatice, pokud se její teplota zvýší na přímém slunci z 20°C a 90°C . Kolikrát bychom museli zatlačit pumpičkou, aby se tlak zvětšil stejným způsobem?

$t_1 = 20^\circ\text{C} = 293\text{K}$, $t_2 = 90^\circ\text{C} = 363\text{K}$, $\frac{p_2}{p_1} = ?$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{363}{293} = 1,24 \Rightarrow \text{Tlak v pneumatice vzroste přibližně o jednu čtvrtinu.}$$

Tlak v duši kola: $p_1 = 1,8\text{ atm} = 180000\text{ Pa} \Rightarrow p_2 = 1,24 \cdot 1,8\text{ atm} = 2,2\text{ atm} = 220000\text{ Pa}$

Objem duše: $V = 2,31 = 2,3 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3$. Teplota vzduchu v duši se příliš nemění, předpokládáme běžnou teplotu $T = 20^\circ\text{C} = 293\text{K}$.

Pumpováním se mění množství vzduchu v duši $\Rightarrow$ nemůžeme použít žádnou z rovnic pro děje v plynu, ale musíme se vrátit ke stavové rovnici, například $pV = nRT$.

Určíme, jak se změnilo látkové množství vzduchu v duši: $p_1V = n_1RT \Rightarrow n_1 = \frac{p_1V}{RT}$.

Původní množství vzduchu: $n_1 = \frac{p_1V}{RT} = \frac{180000 \cdot 2,3 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 293} \text{ mol} = 0,17 \text{ mol}$.

Zvětšené množství vzduchu: $n_2 = \frac{p_2V}{RT} = \frac{220000 \cdot 2,3 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 293} \text{ mol} = 0,21 \text{ mol}$.

$\Rightarrow$ Do duše musíme dopumpovat $0,21 - 0,17 \text{ mol} = 0,04 \text{ mol}$ vzduchu.

Stejném množství vzduchu musíme postupně nabrat do pístu pumpičky $\Rightarrow$ u vzduchu nasávaného do pumpičky předpokládáme teplotu $T = 20^\circ\text{C} = 293\text{K}$ a normální tlak

$$p = 100000\text{ Pa} : pV = nRT \Rightarrow V = \frac{nRT}{p} = \frac{0,04 \cdot 8,31 \cdot 293}{100000} = 9,7 \cdot 10^{-4}\text{ m}^3 = 0,97\text{ l}$$

Objem pístu pumpičky je 0,1 l $\Rightarrow$ zvýšení tlaku způsobené zahřátím pneumatiky sluncem odpovídá deseti stlačením pumpičky.