

### 2.3.8 Izochorický děj

**Předpoklady:** 2305, 2306, 2307

**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:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad \text{izochorický děj} \Rightarrow V_1 = V_2$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \quad \text{Charlesův zákon}$$

jiná formulace:  $\frac{p}{T} = konst$

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

Podle Charlesova zákona je 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).

**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.

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

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

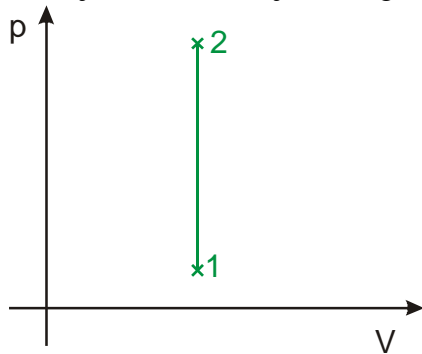
$$p_2 = \frac{T_2 p_1}{T_1} = \frac{278,15}{293,15} \cdot 100000 \text{ Pa} = 94800 \text{ Pa}$$

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.

Při ději se nemění objem  $\Rightarrow$  grafem je svislá čára.



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  $\Rightarrow Q > 0$ .

Stejně jako u ostatních látek platí, že přijaté teplo je přímo úměrné změně teploty  $\Rightarrow$

$$Q = m \cdot c_v \cdot \Delta t$$

- $m$  – hmotnost plynu
- $\Delta t$  - změna teploty
- $c_v$  - měrná tepelná kapacita plynu při stálém  $V$  (proč je tam stálém objemu, se dovíme příští hodinu)

**Př. 7:** Urči pokles tlaku v automobilové pneumatice, pokud se vnější teplota sníží z  $20^\circ\text{C}$  na  $-15^\circ\text{C}$ . 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.

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

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

Tlak v pneumatice se sníží na 2,1 atm.

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

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

Pneumatika by začala být podhuštěná při teplotě  $-29^\circ\text{C}$  (je vidět, že podhuštění pneumatik není při mrazu největším nebezpečím).

**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  $20^\circ\text{C}$  a  $90^\circ\text{C}$ . Kolikrát bychom museli zatlačit pumpičkou, aby se tlak zvětšil stejným způsobem?

Při zahřívání vzduchu v duši se zvětšuje rychlost molekul a tedy i tlak v duši. Je možné, že překročí hranici, při které duše praskne. Objem se prakticky nemění, jde přibližně o izochorický děj.

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

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

Použijeme hodnoty z minulých hodin:

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

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  $pV = nRT$ .

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

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

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

$\Rightarrow$  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

$$p = 100000 \text{ Pa} : pV = nRT \Rightarrow V = \frac{nRT}{p} = \frac{0,04 \cdot 8,31 \cdot 293}{100000} = 9,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = 0,971.$$

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

**Shrnutí:** Při izochorickém ději se nemění objem plynu.