

### 2.3.9 Izobarický děj

**izobarický = při stálém tlaku**  $\Rightarrow$  Při izobarickém ději se může měnit teplota a objem.

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

**Př. 2:** Na základě Gay-Lussacova zákona rozhodni, jak se při izobarickém ději musí měnit objem, když teplota roste.

pokud teplota roste musí se objem také zvětšovat, aby byl podíl  $\frac{V}{T}$  stále stejný.

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

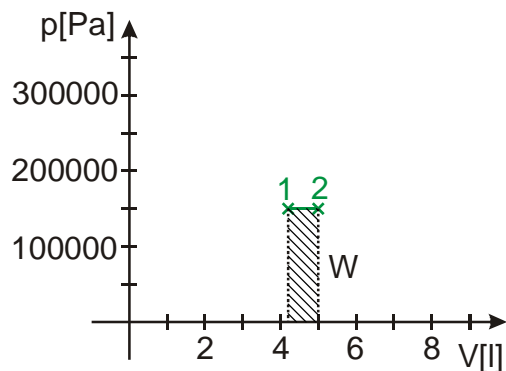
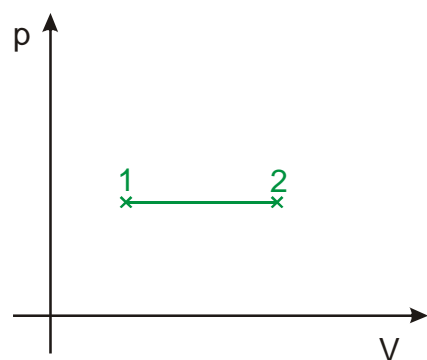
Vyšší teplota  $\Rightarrow$  větší rychlost částic  $\Rightarrow$  větší síla nárazů  $\Rightarrow$  aby byl stejný tlak, musí být silnějších nárazů menší počet  $\Rightarrow$  musí se zvětšit objem, aby snížila hustota částic.

**Př. 4:** Teplota vzduchu uzavřeného v pohyblivém pístu udržujícím stálý tlak vzrostla z  $0^\circ\text{C}$  na  $50^\circ\text{C}$ . Urči původní objem plynu, pokud na konci děje plyn zaujímal objem 5 litrů.

$$T_1 = 0^\circ\text{C} = 273,15\text{ K} \quad T_2 = 50^\circ\text{C} = 323,15\text{ K} \quad V_2 = 5\text{ l} = 5 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3 \quad V_1 = ?$$

$$V_1 = V_2 \frac{T_1}{T_2} = 5 \cdot 10^{-3} \frac{273,15}{323,15} \text{ m}^3 = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 4,2\text{ l}$$

**Př. 5:** Nakresli pV diagram izobarického děje.



**Postřeh:** U izobarického děje můžeme snadno počítat vykonanou práci.

**Př. 6:** Plyn v příkladě 3 působil po celou dobu zahřívání na píst tlakem  $150000\text{ Pa}$ . Nakresli pV diagram s vyznačenými hodnotami pro tento děj a spočti práci, kterou plyn v průběhu zahřívání vykonal.

Vzorec pro práci:  $W_p = p\Delta V$  (při konstantním tlaku)

$$W = p\Delta V = p(V_2 - V_1) = 150000 \cdot (5 \cdot 10^{-3} - 4,2 \cdot 10^{-3}) \text{ J} = 120\text{ J}$$

**Př. 7:** Rozhodni, zda je některá z veličin vystupujících v 1. termodynamickém zákoně ( $\Delta U$ ,  $W$ ,  $Q$ ) při izobarickém ději vždy nulová.

Mění se objem plynu  $\Rightarrow$  koná se práce ( $W \neq 0$ ).

Mění se teplota plynu  $\Rightarrow$  mění se vnitřní energie ( $\Delta U \neq 0$ ).

Plyn přijímá nebo odevzdává teplo ( $Q \neq 0$ ).

$\Rightarrow$  Všechny tři energetické veličiny jsou u izobarického jevu obecně nenulové.

**Př. 8:** Rozhodni, jak se změnilo při izobarickém zahřívání plynu (příklad 3) veličiny vystupující v 1. termodynamickém zákoně ( $\Delta U$ ,  $W$ ,  $Q$ ).

Plyn se zahřívá  $\Rightarrow \Delta U > 0$ . Plyn zvětšoval objem  $\Rightarrow W > 0$ .  $\Rightarrow Q > 0$ .

Přijaté teplo je přímo úměrné změně teploty  $\Rightarrow Q = m \cdot c_p \cdot \Delta t$ .

**Př. 9:** Rozhodni, proč se pro plyny používají dvě hodnoty tepelné kapacity ( $c_p$  a  $c_v$ ) a která z nich je větší.

$$c_p > c_v$$

**Př. 10:** Na příkladu 1 molu vzduchu, který se izobaricky a izochoricky ohřeje z normálních podmínek o 100 K, urči měrnou tepelnou kapacitu vzduchu při stálém objemu a

poměr  $\frac{c_p}{c_v}$  (Poissonova konstanta). Získanou hodnotu porovnej s údaji v tabulkách.

Hodnotu molární hmotnosti a  $c_p$  pro vzduch je možné najít v tabulkách.

$$M(\text{vzduch}) = 29 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}, c_p(\text{vzduch}) = 1005 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \text{K}^{-1}, n = 1 \text{ mol}, T_1 = 273 \text{ K},$$

$$T_2 = 373 \text{ K}, V_1 = 0,0224 \text{ m}^3, Q_p = ?, Q_v = ?, c_v = ?$$

$$Q_p = mc_p \Delta T = n \cdot M c_p \Delta T = 1 \cdot 29 \cdot 10^{-3} \cdot 1005 \cdot 100 \text{ J} = 2914 \text{ J}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{T_2}{T_1} V_1 = \frac{373}{273} \cdot 0,0224 \text{ m}^3 = 0,0306 \text{ m}^3$$

$$W = p \Delta V = 1,013 \cdot 10^5 \cdot (0,0306 - 0,0224) \text{ J} = 831 \text{ J}$$

$$Q_v = Q_p - W = 2914 - 831 \text{ J} = 2083 \text{ J}$$

$$Q_v = mc_v \Delta T \Rightarrow c_v = \frac{Q_v}{m \Delta T} = \frac{Q_v}{n \cdot M \cdot \Delta T} = \frac{2083}{1 \cdot 0,029 \cdot 100} \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \text{K}^{-1} = 718 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \text{K}^{-1}$$

$$\frac{c_p}{c_v} = \frac{1005}{718} = 1,40$$

**Př. 11:** 2 g vzduchu se při izobarickém rozpínání zahřály z 20°C na 80°C. Urči práci, kterou při tomto ději vzduch vykonal. Molární hmotnost vzduchu je možné najít v tabulkách.

$$\text{stavová rovnice na počátku děje: } pV_1 = \frac{m}{M} RT_1 \Rightarrow V_1 = \frac{m}{pM} RT_1$$

$$\text{stavová rovnice na konci děje: } pV_2 = \frac{m}{M} RT_2 \Rightarrow V_2 = \frac{m}{pM} RT_2$$

$$\Delta V = V_2 - V_1 = \frac{m}{pM} RT_2 - \frac{m}{pM} RT_1 = \frac{m}{pM} R(T_2 - T_1) = \frac{m}{pM} R \Delta T$$

$$W = p \Delta V = p \frac{m}{pM} R \Delta T = \frac{m}{M} R \Delta T \quad \Delta T = T_2 - T_1 = 80 - 20^\circ \text{C} = 60^\circ \text{C} = 60 \text{ K}$$

$$W = \frac{m}{M} R \Delta T = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{29 \cdot 10^{-3}} 8,31 \cdot 60 \text{ J} = 34 \text{ J}$$