

**1. věta termodynamická:**  $\Delta U = Q + W$ ,  $dU = \delta Q + \delta W$

**Objemová práce:**  $W_{\text{obj}} = - \int_{V_1}^{V_2} p_{\text{vn}} dV$

**Entalpie:**  $H = U + pV$

**Změny (pro  $W_{\text{jiná}} = 0$ ):**  $\Delta U = Q [V]$ ,  $\Delta H = Q [p]$

**Tepelné kapacity:**  $C_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V$ ,  $C_p = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p$

**Pro ideální plyn platí:**

$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_T = 0$

Mayerův vztah:  $C_{pm} = C_{Vm} + R$

Vratný adiabatický děj:  $pV^\kappa = \text{konst}$  (Poissonova rovnice),  $\kappa = \frac{C_{pm}}{C_{Vm}} = \text{konst}$

**1. První věta**

Do autoklávu o objemu  $1 \text{ dm}^3$  bylo dodáno teplo  $Q = 5000 \text{ J}$ . Přitom se zvýšila teplota z  $300 \text{ K}$  na  $400 \text{ K}$  a tlak z  $200 \text{ kPa}$  na  $250 \text{ kPa}$ . Určete  $W$ ,  $\Delta U$ ,  $\Delta H$ .

$Q = 5000 \text{ J}$ ,  $\Delta U = ?$ ,  $\Delta H = ?$ ,  $W = ?$

**2. Izobarický děj**

Dva litry vzduchu o teplotě  $300 \text{ K}$  a tlaku  $200 \text{ kPa}$  byly izobaricky zahřáty na teplotu  $400 \text{ K}$ .

- a) Jakou objemovou práci plyn vykonal?
- b) Jaké teplo bylo nutno dodat? Izobarická tepelná kapacita vzduchu je  $29 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ .
- c) Jaká je změna vnitřní energie při ději?
- d) Jaká je změna entalpie při ději?

$Q = ?$ ,  $\Delta U = ?$ ,  $\Delta H = ?$ ,  $W = ?$

**3. První věta, práce integrací**

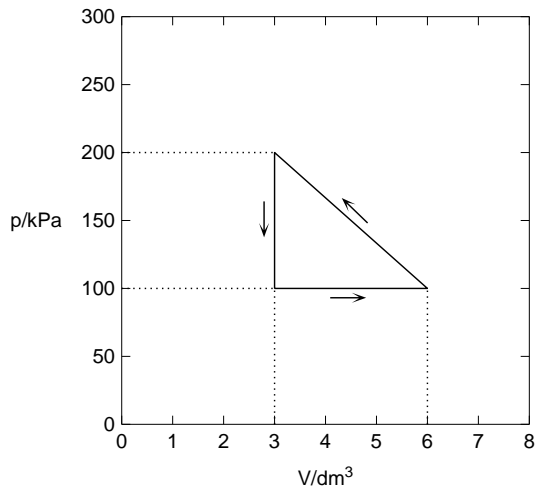
Jeden mol ideálního plynu expanduje izotermicky ( $T=300 \text{ K}$ ) z počátečního tlaku  $1 \text{ MPa}$  na tlak  $p = 200 \text{ kPa}$ . Určete práci, teplo, změnu vnitřní energie a entalpie za předpokladu, že expanze je provedena vratně.

$Q = ?$ ,  $\Delta U = ?$ ,  $\Delta H = ?$ ,  $W = ?$

**4. Práce graficky**

Plyn vykonal cyklický děj podle  $p$ - $V$  diagramu vpravo. Vypočítejte práci.

$W = ?$



**5. Poměr tepelných kapacit (adiabatický index, Poissonova konstanta)**

Specifická (měrná) tepelná kapacita vzduchu je s „technickou přesností“ rovna  $C_{p,\text{spec}} = 1 \text{ kJ K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$ . Vypočítejte poměr tepelných kapacit  $\kappa = C_p/C_V$ .  $M = 29 \text{ g mol}^{-1}$ .

$\kappa = ?$

### 6. Vratný adiabatický děj

Pepa Cyklista nafukuje duši svého bicyklu pomocí hustilky za pěkného letního dne (teplota 300 K, atmosférický tlak 100 kPa). Po adiabatickém vratném stlačení má vzduch tlak 300 kPa (přetlak 200 kPa).



- Jakou teplotu má vzduch po stlačení?
- Jaká objemová práce byla vykonána? Objem hustilky je 0.1 dm<sup>3</sup>.
- Jakou práci vynaložil na stlačení Pepa Cyklista?
- Jak by se změnilы výsledky, kdyby děj probíhal izotermicky a koncový objem by byl stejný jako v adiabatickém případě?
- +Jak by se změnilы výsledky, kdyby děj probíhal izotermicky a koncový tlak byl stejný jako v adiabatickém případě?

$$\text{a) } T_2 = 411 \text{ K, b) } W_{\text{obj}} = 9.22 \text{ J, c) } W_{\text{mech}} = 3.78 \text{ J, d) } W_{\text{obj}} = 7.85 \text{ J, } W_{\text{mech}} = 2.41 \text{ J, e) } W_{\text{obj}} = 10.99 \text{ J, } W_{\text{mech}} = 4.32 \text{ J}$$

### 7. \*Vratný adiabatický děj a práce

Jeden mol argonu, o kterém budeme předpokládat, že se chová jako ideální plyn, byl adiabaticky vratně stlačen z tlaku 100 kPa na tlak  $p_2$ . Počáteční teplota byla  $T_1=300$  K. Kompresní práce činila  $W = 1250 \text{ J mol}^{-1}$ . Vypočtete teplotu  $T_2$  a tlak  $p_2$ . Adiabatický index (Poissonova konstanta) argonu je  $\kappa = 5/3$ .

$$T_2 = 400.2 \text{ K, } p_2 = 205.6 \text{ kPa}$$

### 8. +Vratný adiabatický děj – opakování

Jeden mol ideálního plynu byl stlačen adiabaticky vratně na třetinu objemu. Tlak vzrostl z 90 kPa na 419 kPa. Vypočtete molární tepelnou kapacitu při konstantním tlaku (předpokládejte, že je konstantní). Je-li počáteční teplota 300 K, vypočtete konečnou teplotu a práci, potřebnou ke stlačení.

$$C_{p,m} = 29.1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}, T_2 = 465.5 \text{ K, } W = 3.44 \text{ kJ}$$

### 9. +První věta

Dva moly ideálního plynu o objemu 16 dm<sup>3</sup> a tlaku 600 kPa expandovaly (nikoliv nutně vratně) a přitom odevzdaly 3 kJ tepla. Konečná teplota po expanzi byla 350 K. Určete objemovou práci. Molární tepelná kapacita plynu byla  $C_{p,m}^o = 45 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ .

$$W = -13.7 \text{ kJ}$$