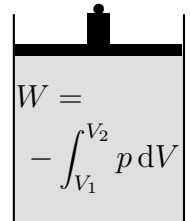


Objemová práce:

$$W_{\text{obj}} = - \int_{V_1}^{V_2} p_{\text{ext}} dV$$

1. Izobarický děj

Ve válci pod pístem o průřezu $S = 0.01 \text{ m}^2$ je uzavřen 1 mol vodní páry o teplotě 400 K. Na pístu je závaží $m = 100 \text{ kg}$, píst se pohybuje bez tření. Atmosférický tlak je $p = 100 \text{ kPa}$. Dodáním tepla se zvětší objem systému tak, že dojde k posunu pístu směrem vzhůru (proti gravitačnímu poli) o $l = 1 \text{ cm}$. Vypočtěte změnu potenciální energie závaží, objemovou práci plynu, rozdíl teplot a dodané teplo. Kolik procent z dodaného tepla se přeměnilo na zvýšení potenciální energie závaží (tj. lze snadno převést zpět na užitečnou práci)? Gravitační zrychlení je $g = 10 \text{ m s}^{-2}$. Tepelnou kapacitu odhadněte z ekvipartičního teorému.

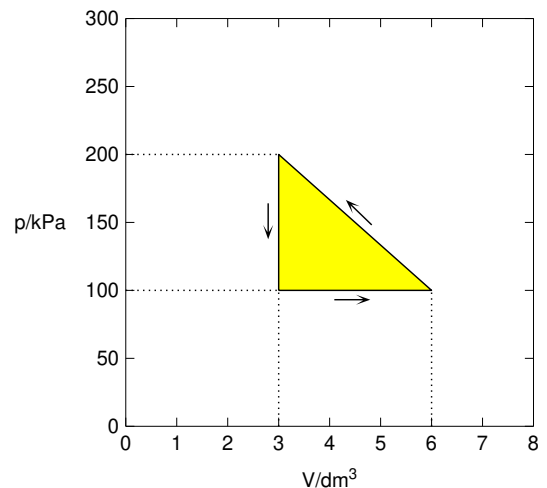


$$W = -20 \text{ J}, W_{\text{úten}} = 10 \text{ J}, \Delta T = 2,4 \text{ K}, Q = 400 \text{ J} \Rightarrow C_p = 80 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

2. Izotermický děj

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

$$\Delta H = H_2 - H_1 = nC_p \Delta T = 0$$



3. Práce graficky

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

$$W = 150 \text{ J}$$

4. *Práce při kompresi

Vypočtěte objemovou práci potřebnou k izotermickému a adiabatickému stlačení 1 m^3 kapalného benzenu z tlaku 0.1 MPa na tlak 10.1 MPa při teplotě $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Data: $\rho = 0.8734 \text{ g cm}^{-3}$, rychlost zvuku v benzenu 1298 m s^{-1} , $B_T = 1.05 \text{ GPa}$ (jiná data: 1.02 GPa). Rychlost zvuku je dána vzorcem $c = \sqrt{B_S \rho}$, kde B_S je adiabatický modul objemové pružnosti.

$$W_{\text{izotermický}}: 48 \text{ kJ nebo } 49 \text{ kJ dle postupu, adiabatický: } 35 \text{ kJ}$$

5. Práce při kompresi

Vypočtěte minimální práci potřebnou na stlačení 1 mol ethanu při 300 K z objemu 20 dm^3 na 2 dm^3 za předpokladu platnosti

- a) stavové rovnice ideálního plynu,
- b) viriálové stavové rovnice $z = 1 + B/V_m$, $B_2(300 \text{ K}) = -180 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$.

Určete tutěž práci za předpokladu platnosti stavové rovnice ideálního plynu. V kterém případě bude objemová práce větší?

$$W = 5743 \text{ J}, 5541 \text{ J}$$

Vratný adiabatický děj ideálního plynu:

$$\kappa = \frac{C_{pm}}{C_{Vm}}, \quad pV^\kappa = \text{const}, \quad C_{pm} = C_{Vm} + R$$

6. Adiabatický index

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 $\kappa = C_p/C_V$. Střední molární hmotnost vzduchu je $\bar{M} = 29 \text{ g mol}^{-1}$.

$$\kappa = 1.407$$

7. Vratný adiabatický děj

Pepa Guma nafukuje duši svého bicyklu pomocí hustilky za pěkného letního dne (teplota 300 K, atmosférický tlak 1 bar). Po adiabatickém vratném stlačení hlásí tlakoměr na hustilce přetlak 2 bar.

- Jakou teplotu má vzduch po stlačení?
- Jaká objemová práce byla vykonána? Objem hustilky je 0.1 dm^3 .
- Jakou práci vynaložil Pepa?
- 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?

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

**8. *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 $T_1 = 300 \text{ K}$. Kompresní práce činila $W = 1250 \text{ J mol}^{-1}$. Vypočítejte teplotu T_2 a tlak p_2 . Adiabatický index argonu vypočítejte z ekvipartičního teorému.

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

9. +Vratný adiabatický děj – opakování

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

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

10. +První věta

Dva moly ideálního plynu o objemu 16 L a tlaku 6 bar 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 $C_{p,m}^\circ = 45 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

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