Kombinované bakalářské studium

I. věta termodynamická

Existuje stavová funkce zvaná **vnitřní energie** *U*, pro jejíž totální diferenciál *dU* platí

$$dU = dq + dw$$

Vyměňuje-li při termodynamickém ději systém s okolím vratně objemovou práci, platí

$$dU = dq - pdV$$

Entalpie

$$H = U + PV$$

Vyměňuje-li systém s okolím jen teplo a vratně objemovou práci, potom

$$dH = dq + Vdp$$

Tepelné kapacity

$$C_\mathrm{V} = \left(\frac{dq}{dT}\right)_\mathrm{V} = \left(\frac{dU}{dT}\right)_\mathrm{V}$$

$$C_\mathrm{p} = \left(\frac{dq}{dT}\right)_\mathrm{p} = \left(\frac{dH}{dT}\right)_\mathrm{p}$$

$$C_\mathrm{p} = C_\mathrm{V} + \left[p + \left(\frac{dU}{dV}\right)_\mathrm{T}\right]\left(\frac{dV}{dT}\right)_\mathrm{p}$$

Mayerův vztah

$$C_\mathrm{p,m} = C_\mathrm{V,m} + R$$

Výpočet práce

Izobarický děj

$$p = konst. \Rightarrow w = -p(V_2 - V_1)$$

Izochorický děj

$$V = konst. \Rightarrow w = 0$$

Izotermický děj, stavová rovnice ideálního plynu

$$p = \frac{nRT}{V} \Rightarrow w = -nRT\ln(V_2/V_1)$$

Adiabatický děj, při kterém platí Poissonovy rovnice

$$p = konst \cdot V^{\kappa} \Rightarrow w = -\frac{konst}{1-\kappa}(V_2^{1-\kappa} - V_1^{1-\kappa}) = C_v(T_2 - T_1)$$

Poissonovy rovnice

$$pV^{\kappa} = konst$$

$$TV^{\kappa-1} = konst$$

$$Tp^{(1-\kappa)/\kappa} = konst$$

$$\kappa = \frac{C_\mathrm{p,m}}{C_\mathrm{v,m}}$$

Kombinované bakalářské studium

3.1

Určete, jak se změní vnitřní energie a entalpie systému při těchto dějích (náplň systému se chová jako ideální plyn)

a) za konstantní teploty a objemu proběhne reakce A(g) = R(g) a do okolí přejde 1000 *J* ve formě tepla;

b) za konstantní teploty a tlaku proběhne reakce A(g) = R(g) a do okolí přejde 1000 *J* ve formě tepla;

c) za konstantní teploty a tlaku (100 *kPa*) a počátečního objemu V_1 = 10 dm^3 proběhne chemická reakce A(g) = R(g) + S(g) a do okolí přejde 1000 *J* ve formě tepla;

d) za konstantního objemu (V = 10 dm^3) proběhne v systému exotermická reakce, při níž se zvýší teplota z T_1 = 300 *K* na T_2 = 500 *K*. Počáteční tlak je 100 *kPa*, konečný tlak 200 *kPa*. Do okolí přešlo 1000 *J* ve formě tepla.

Výsledek:
(a) ΔU = -1000 *J*, ΔH = -1000 *J*)
(b) ΔU = -1000 *J*, ΔH = -1000 *J*)
(c) ΔU = -2000 *J*, ΔH = -1000 *J*)
(d) ΔU = -1000 *J*, ΔH = 0 *J*)

3.2

Vypočtěte práci plynu, který z objemu 10 dm^3 a tlaku 100 *kPa* expandoval na tlak 50 *kPa*

a) izotermicky a vratně. Chování plynu považujte za ideální.

b) nevratně proti stálému vnějšímu tlaku 50 *kPa*.

c) na objem 25 dm^3 vratně po přímce, spojující v *p* - *V* diagramu počáteční a konečný stav.

Výsledek: (a) w = -693,1 *J*, b) w = -500 *J*, c) w = -1125 *J*)

3.3

Jeden mol CO_2 byl převeden z výchozího stavu p_1 = 100 *kPa* a T_1 = 300 *K* do konečného stavu (2), charakterizovaného těmito parametry:

a) p_2 = 200 *kPa* (ohřátí bylo provedeno izochoricky)

b) p_2 = 200 *kPa* (izotermické zvýšení tlaku)

c) p_2 = 200 *kPa*, T_2 = 800 *K* (ohřátí bylo provedeno podél přímky, která spojuje výchozí a konečný stav v *p* - *V* diagramu)

d) p_2 = 200 *kPa*, T_2 = 800 *K*

Vypočítejte pro jednotlivé varianty teplo, práci, změnu vnitřní energie a entalpie. Pro tepelnou kapacitu platí rovnice $C_{p,m}$ = 44,141 + 0,00904 T.

Výsledek:
(a) q = 11,97 *kJ*, w = 0 *J*, ΔU = 11,97 *kJ* ΔH = 14,46 *kJ*)
(b) q = -1,73 *kJ*, w = 1,73 *kJ*, ΔU = 0 *J* ΔH = 0 *J*)
(c) q = 21,65 *kJ*, w = -1,25 *kJ*, ΔU = 20,4 *kJ* ΔH = 24,56 *kJ*)
(d) q = ?, w = ?, ΔU = 20,4 *kJ*, ΔH = 24,56 *kJ*)

3.4

Určete změnu vnitřní energie, entalpie, teplo a práci při vypaření 1 dm^3 butanu při jeho normálním bodu varu (272,65 *K*). Předpokládejte že páry butanu se řídí stavovou rovnicí ideálního plynu. Výparné teplo butanu je $\Delta H_{výp}$ = 22,42 *kJ/mol* a hustota kapalného butanu je ρ = 0,601 $g/cm^{3,}$

Výsledek: (q = 232,32 *kJ*, w = -22,47 *kJ*, ΔU = 209,84 *kJ*, ΔH = 232,32 *kJ*)

3.5

Tlak vzduchu ($C_{p,m}$ = 29 *J/K/mol*) má být zvýšen vratně ze 100 *kPa* (počáteční teplota 300 *K*) na hodnotu 1 *MPa*. Budeme potřebovat větší práci při izotermické nebo při adiabatické kompresi?