

První zákon

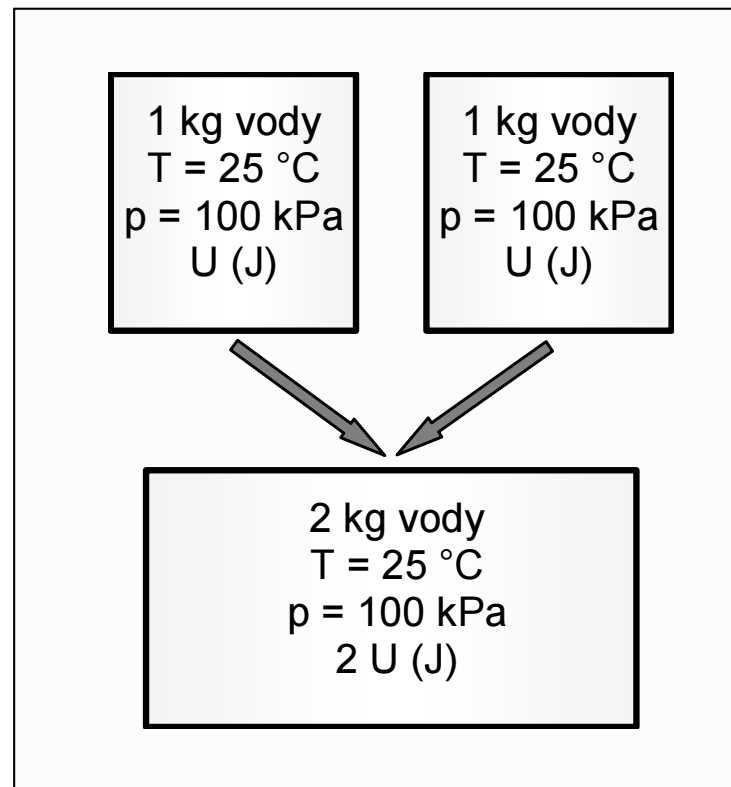
Vnitřní energie

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$$

$$\Delta U = q + w$$

Intenzivní a extenzivní proměnné



Intenzivní – kvalita

Extenzivní – hmotný obsah



$$\Delta X = \int_{X_1}^{X_2} f(X) dX$$

První zákon

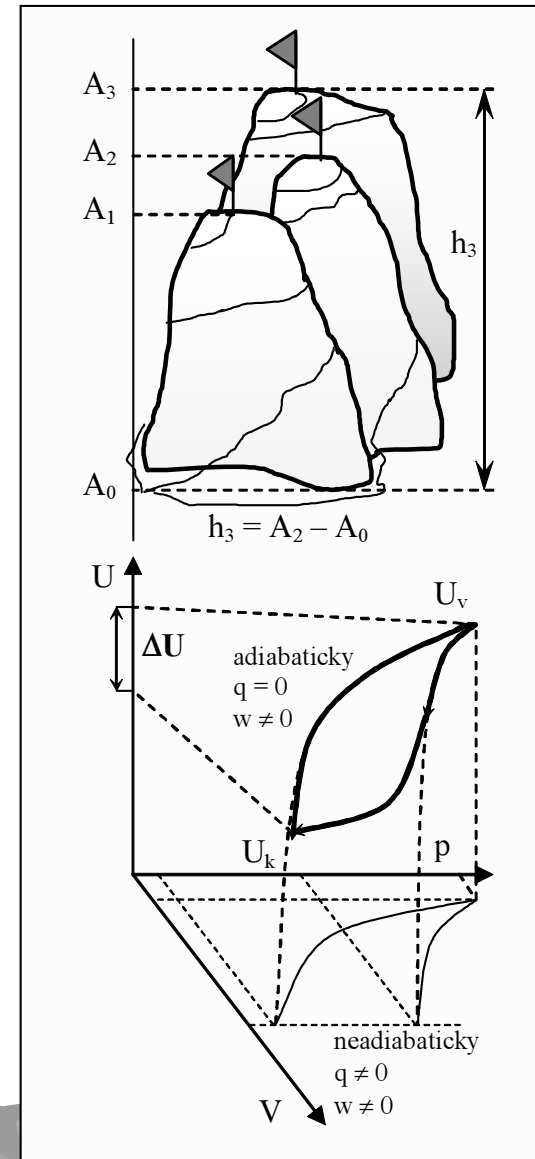
$$\Delta U = q + w = w$$

$$w = U_2 - U_1 = \Delta U$$

Diference a diferenciál

$$\Delta X = X_2 - X_1$$

$$\Delta X = \int_{X_1}^{X_2} f(X) dX$$



Vnitřní energie

$$dU = dq + dw$$

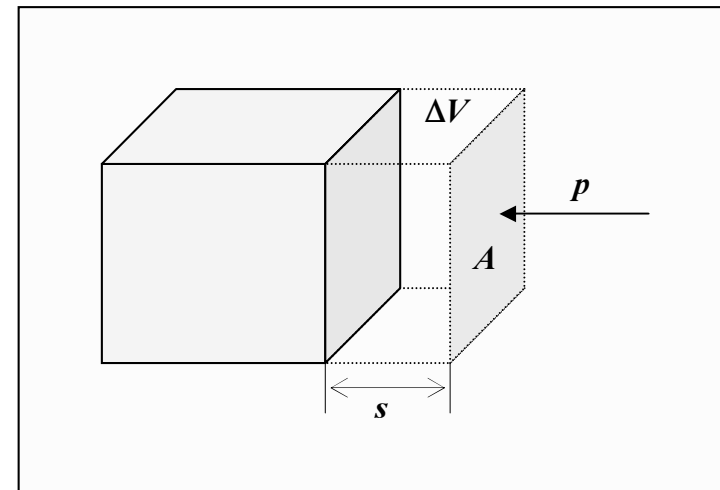
$$dU = dq - p dV$$

Objemová práce

$$w = F \times s = p \times A \times s = p \times \Delta V$$

$$F = p \times A$$

$$\Delta V = A \times s$$



Entalpie

$$dU = dq + dw$$

$$dU = dq - p dV$$

Entalpie

$$H = U + p V$$

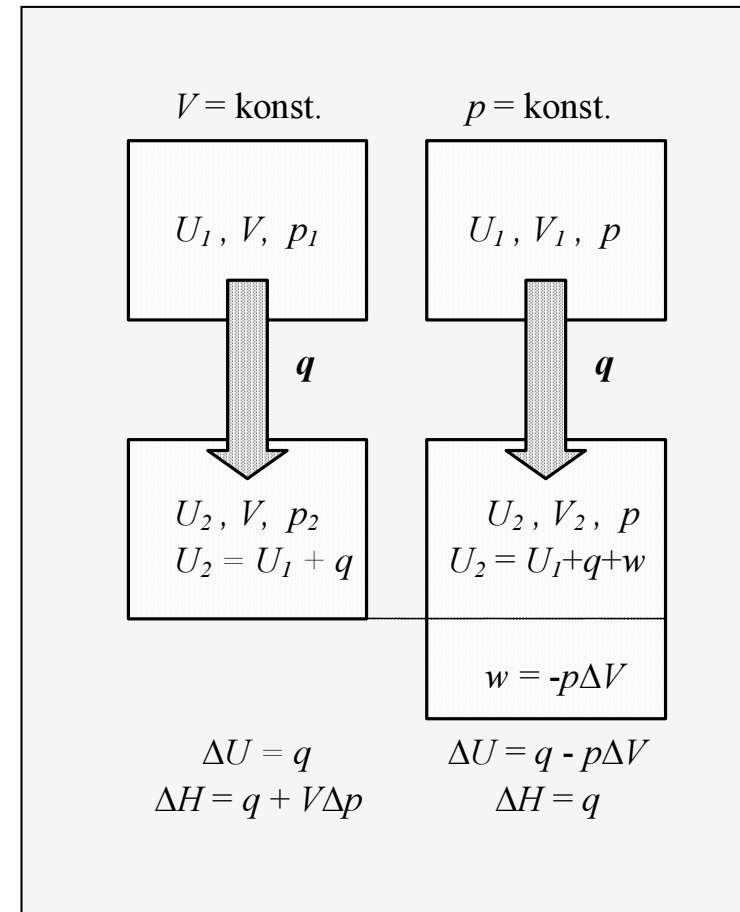
$$dH = dU + d(pV) = dU + p dV + V dp$$

$$dH = dU + p dV \quad (p = \text{konst.})$$

Dosazením za vnitřní energii

$$dH = dU + p dV = (dq - p dV) + p dV = dq \quad (p = \text{konst.})$$

$$dH = dq_p$$



Tepelné kapacity

Množství tepla, které je potřebné pro zvýšení teploty různých látek o stejný rozdíl dT , se liší a závisí na povaze zahříváných látek a na podmínkách, za kterých k zahřívání dochází.

Za konstantního objemu

$$dq_V = c_V dT$$

$$dU = dq_V + dw = dq_V + 0 = dq_V$$

$$dU = c_V dT$$

$$c_V = dU/dT$$



Tepelné kapacity

Za konstantního tlaku

$$dq_p = c_p dT$$

$$dq_p = dH$$

$$c_p = dH/dT$$

$$dH = c_p dT$$

$$H_2 - H_1 = c_p (T_2 - T_1)$$

$$H_2 = H_1 + c_p (T_2 - T_1)$$



Závislost tepelných kapacit na T

$$c_p = f(T)$$

$$c_p = a + b T + c T^2 + d T^{-1/2} + e T^{-2}$$

$$dH = c_p dT$$



Rozdíl dvou stavů systému

$$\Delta H_{\beta-\alpha} = H_{\beta} - H_{\alpha}$$

$$\Delta C_{p, \beta-\alpha} = C_{p, \beta} - C_{p, \alpha}$$

$$d\Delta H_{\beta-\alpha} = \Delta C_{p, \beta-\alpha} dT$$

$$\Delta H_{2, \beta-\alpha} = \Delta H_{1, \beta-\alpha} + \Delta C_{p, \beta-\alpha} (T_2 - T_1)$$

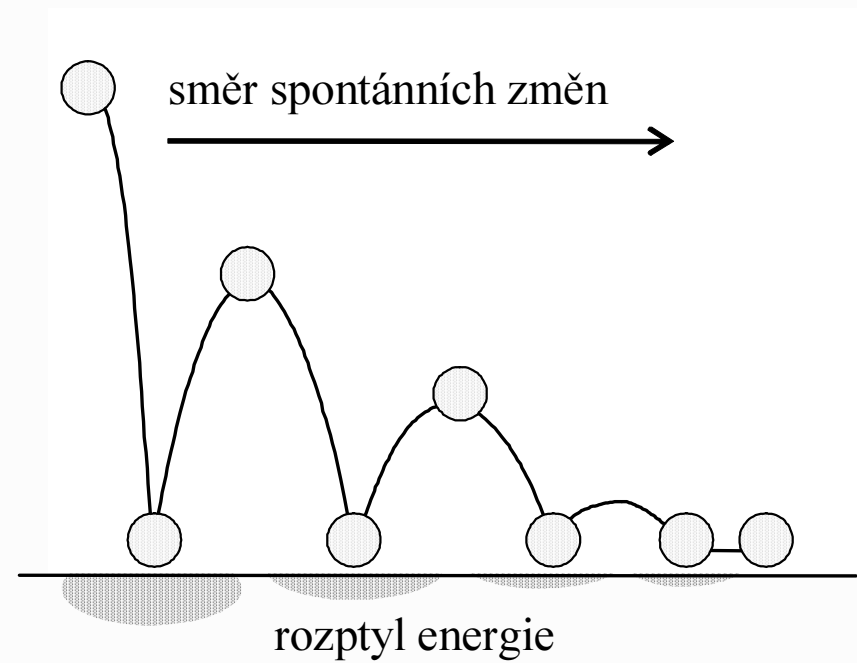
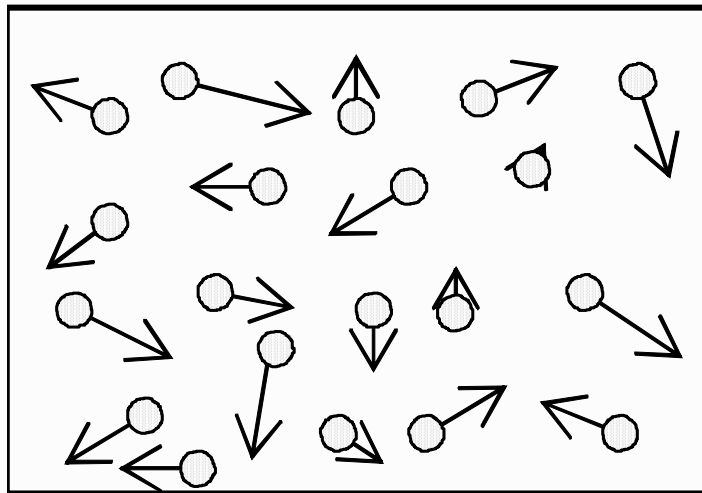
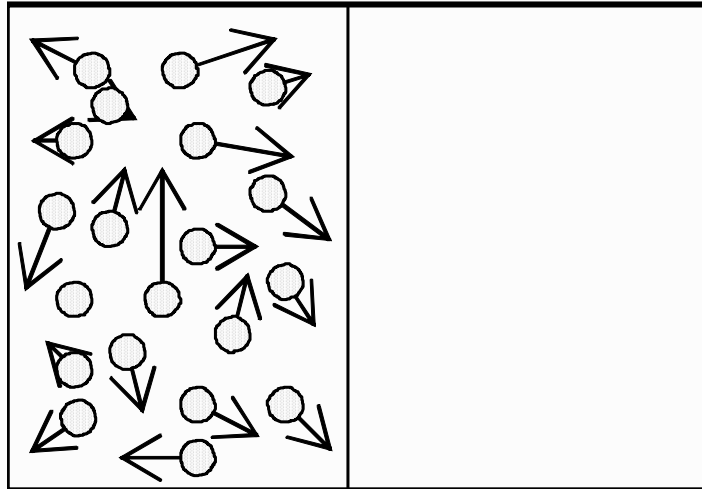


Tepelné kapacity

látka	M (g)	c_p (J/mol K)	c_p (J/g K)
stříbro	107,87	25,40	0,24
zlato	196,97	25,32	0,13
měď	55,85	24,45	0,44
diamant	12,01	6,13	0,51
grafit	12,01	8,53	0,71
pyrhotin	81,04	50,50	0,62
pyrit	119,97	62,17	0,52
galenit	239,26	49,50	0,21
sfalerit	97,44	45,76	0,47
kalcit	100,09	83,47	0,83
voda	18,01	75,19	4,17
led	18,01	37,832	2,10

látka	M (g)	c_p (J/mol K)	c_p (J/g K)
korund	101,96	79,01	0,77
hematit	159,96	103,85	0,65
magnetit	231,54	150,79	0,65
křemen	60,08	44,59	0,74
forsterit	140,70	117,90	0,84
diopsid	216,55	166,52	0,77
enstatit	100,39	82,09	0,82
anortit	278,21	211,40	0,76
albit	262,22	205,10	0,78
muskovit	398,31	326,10	0,82
oc. voda			3,93
granit			0,82

Druhý zákon



Entropie

System a jeho okolí

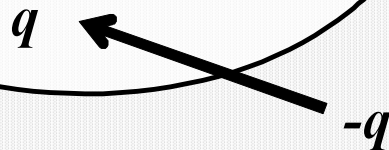
$$\Delta S_{\text{celk}} > 0$$

celkový (globální) izolovaný systém

okolí vlastního systému

vlastní systém

zde probíhají procesy,
které nás zajímají



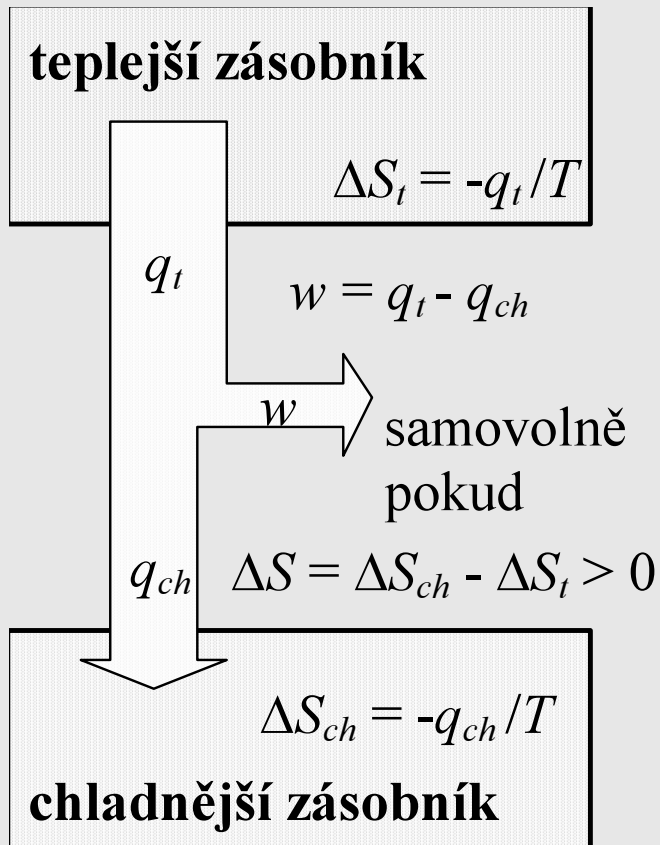
$$dS_{\text{ok}} \mu dq_{\text{ok}}$$

$$dS_{\text{ok}} \mu \frac{1}{T_{\text{ok}}}$$

$$dS_{\text{ok}} \equiv \frac{dq_{\text{ok}}}{T_{\text{ok}}}$$

$$\Delta S_{\text{ok}} \equiv \frac{q_{\text{ok}}}{T_{\text{ok}}}$$

Změna entropie při přenosu tepla



$$\Delta S_t = -\frac{q}{T_t} \quad \Delta S_{ch} = \frac{q}{T_{ch}}$$

$$\Delta S_{celk} = \Delta S_t + \Delta S_{ch} = -\frac{q}{T_t} + \frac{q}{T_{ch}} = q \left(\frac{1}{T_{ch}} - \frac{1}{T_t} \right) > 0$$

$$\frac{q_{ch}}{T_{ch}} - \frac{q_t}{T_t} > 0$$

$$\frac{q_{ch}}{T_{ch}} = \frac{q_t}{T_t}$$

$$\frac{q_{ch}}{T_{ch}} > \frac{q_t}{T_t}$$

$$q_{ch} = \frac{T_{ch}}{T_t} q$$

$$w_{max} = q_o = q_t - q_{ch} = q_t - \frac{T_{ch}}{T_t} q_t = q_t \left(1 - \frac{T_{ch}}{T_t} \right)$$

Závislost entropie na teplotě

$$dq_p = c_p dT$$

$$dS = \frac{dq_p}{T} = \frac{c_p}{T} dT$$

$$\Delta S_{2,\beta-a} = \Delta S_{1,\beta-a} + \Delta c_{p,\beta-a} \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\int_{S_1}^{S_2} dS = \int_{T_1}^{T_2} \frac{c_p}{T} dT$$

$$S_2 - S_1 = c_p \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} = c_p \int_{T_1}^{T_2} d \ln T = c_p \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$S_2 = S_1 + c_p \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\int_{S_1}^{S_2} dS = \int_{T_1}^{T_2} \frac{c_p}{T} dT = \int_{T_1}^{T_2} \left(\frac{a}{T} + b + cT + dT^{-1,5} + eT^{-3} \right) dT$$

$$S_2 = S_1 + a \ln \frac{T_2}{T_1} + b (T_2 - T_1) + \frac{1}{2} c (T_2^2 - T_1^2) - 2d \frac{1}{T_2^{0,5}} - \frac{1}{T_1^{0,5}} - \frac{1}{2} e \frac{1}{T_2^2} - \frac{1}{T_1^2}$$

Třetí zákon

$$dS \rightarrow 0 \quad \text{pro} \quad T \rightarrow 0$$

Shrnutí

Laws of Thermodynamics

1. You never get something for nothing
2. You never get more than you pay for, and you usually get less
3. Perfection is unattainable

Anonymus

Zákony termodynamiky

1. Nikdy nedostaneš nic zadarmo.
 2. Nikdy nedostaneš víc, než za kolik jsi zaplatil a obvykle dostaneš méně.
 3. Dokonalost je nedosažitelná.
- 