Termodynamika

Vybrané pojmy:

- **Teplo** ***Q* (J)** - forma energie
- **Termodynamická teplota** ***T* (K)** - stavová veličina

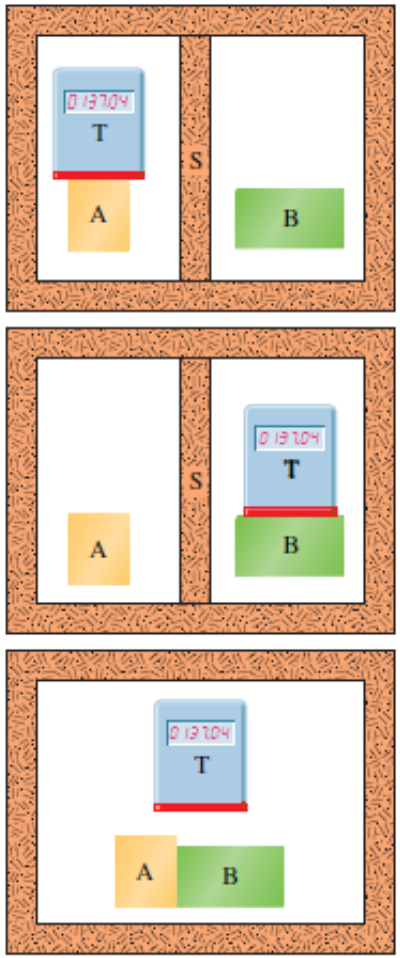
  0K= -273,16°C - nejnižší možná teplota

  (ustane tepelný pohyb)
- **Entropie** ***S* (J.K^{-1})** charakterizuje „neuspořádanost“ systému
- **Látkové množství** ***n* (mol)** - 1mol ~ 6.10^{23} atomů či molekul
- **Vnitřní energie** - závisí pouze na teplotě.
- **Tepelná kapacita *K* tělesa** $C=Q/\Delta T$

  Měrná tepelná kapacita *K* tělesa $c=K/m$
- **Skupenské teplo**

Nultý zákon termodynamiky

- zavádí pojem teplota a umožňuje její měření



Každé těleso, které je v termodynamické rovnováze, má vlastnost zvanou teplota.

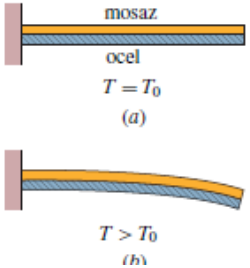
Je-li každé z těles A a B v termodynamické rovnováze se třetím tělesem T, jsou v termodynamické rovnováze také tělesa A a B navzájem.

K očíslování stavů termodynamické rovnováhy stačí jediný spojitě proměnný parametr - teplota

Teplotní roztažnost

Teplotní délkova roztažnost

$$\Delta d = d\alpha\Delta T,$$



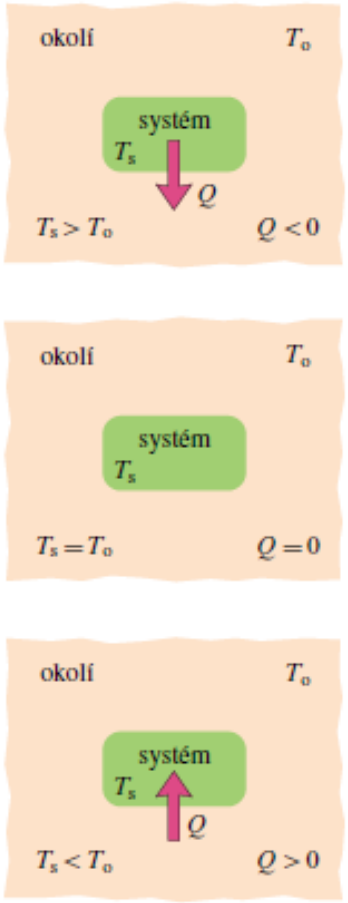
Teplotní objemová roztažnost

$$\Delta V = V\beta\Delta T,$$

$$\beta = 3\alpha$$

Teplo

Teplo je energie vyměněna mezi systémem a okolím jako důsledek teplotního rozdílu mezi nimi.



Tepelná kapacita $C = Q/(T_f - T_i)$

Měrná tepelná kapacita $c = \frac{C}{m}$

Látka	c / cal·g^{-1}·K^{-1}	c / J·kg^{-1}·K^{-1}
Pevné prvky		
Olovo	0,030 5	128
Wolfram	0,032 1	134
Stříbro	0,056 4	236
Měď	0,092 3	386
Hliník	0,215	900

Látka	c / cal·g^{-1}·K^{-1}	c / J·kg^{-1}·K^{-1}
Kapaliny		
Rtuť	0,033	140
Líh (ethanol)	0,58	2 430
Mořská voda	0,93	3 900
Voda	1,00	4 190

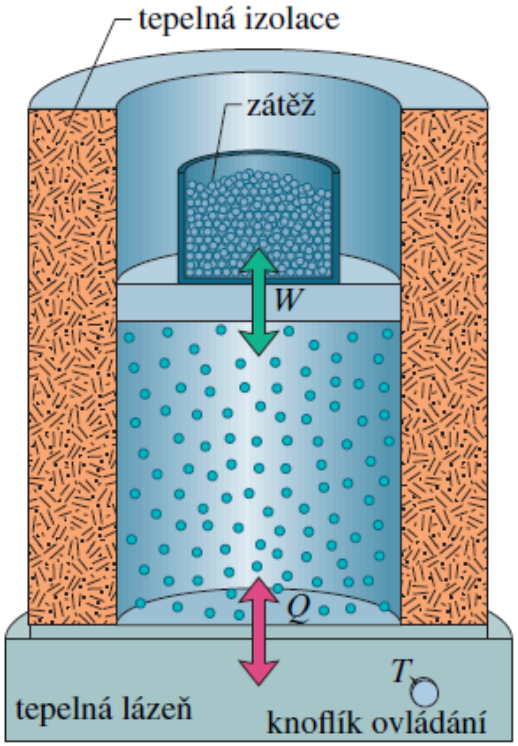
Skupenské teplo $Q = l\,m$

množství tepla, které musí být vyměněno pro změnu skupenství celého množství látky.

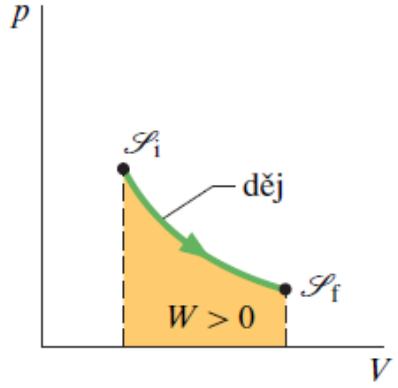
Např. měrné skupenské teplo vypařování a tání vody

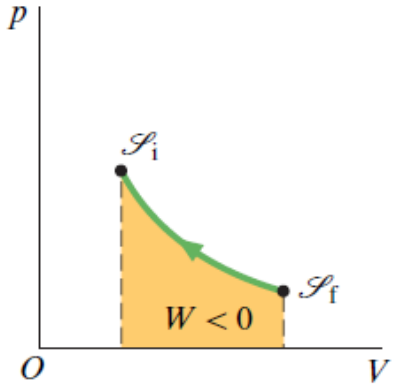
$l_v = 539\,\text{cal·g}^{-1} = 2\,256\,\text{kJ·kg}^{-1}$ $l_t = 79{,}5\,\text{cal·g}^{-1} = 333\,\text{kJ·kg}^{-1}$

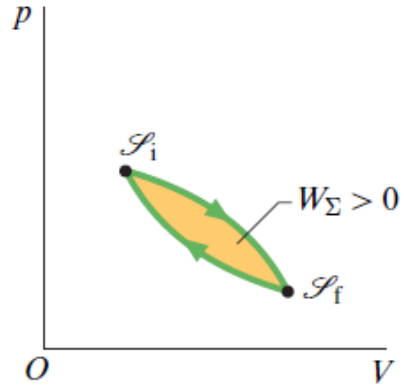
Teplo a práce



$$W = \int_{\mathscr{S}_i}^{\mathscr{S}_f} \mathrm{d}W = \int_{V_i}^{V_f} p\,\mathrm{d}V.$$







První zákon termodynamiky

- vyjadřuje zákon zachování energie

$$\Delta U = Q - W$$

Změna vnitřní energie

Teplo dodané systému

Práce vykonaná systémem

$$U = \frac{3}{2} nRT$$

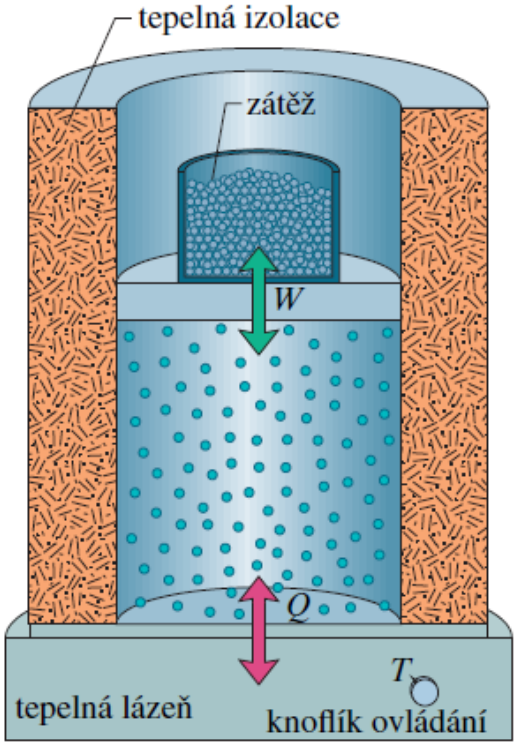
(platí pro jednoatomový ideální plyn)

plynová konstanta

R = 8,31 J mol^{-1}K^{-1}

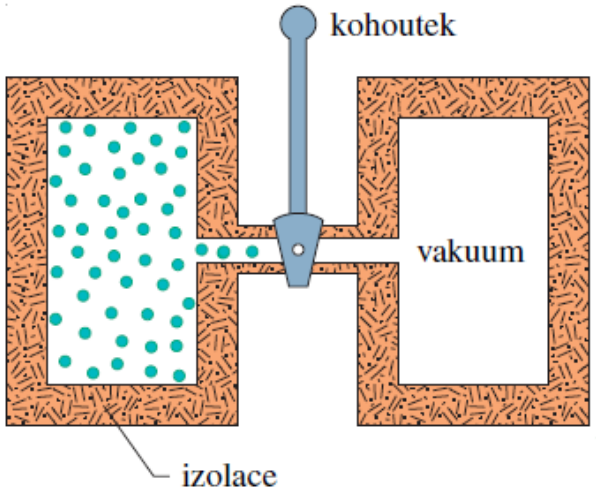
Neexistuje perpetuum mobile prvního druhu (stroj, který by trvale konal práci, aniž by přitom spotřeboval ekvivalentní množství jiné energie).

Teplo a práce



$$\Delta U = Q - W$$

Děj	Charakteristika	Důsledek
Adiabatický děj	$Q = 0$	$\Delta U = -W$
Izochorický děj	$\Delta V = 0$	$W = 0, \Delta U = Q$
Kruhový děj	$\mathscr{S}_i = \mathscr{S}_f$	$\Delta U = 0, Q = W$
Volná expanze	$Q = W = 0$	$\Delta U = 0$



Ideální plyn

Stavová rovnice:

$$pV = nRT$$

Tlak (Pa)

Objem (m^3)

Adiabatický děj: Nedochází k tepelné výměně systému s okolím (izolovaná soustava)

Poissonova konstanta

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

Všechny reálné plyny se při nízkých hustotách blíží ideálnímu plynu.

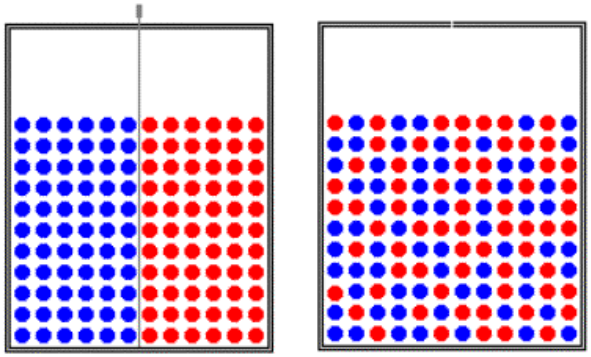
Adiabatická komprese

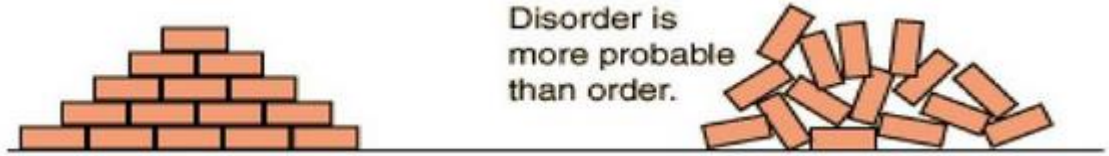
Adiabatická expanze

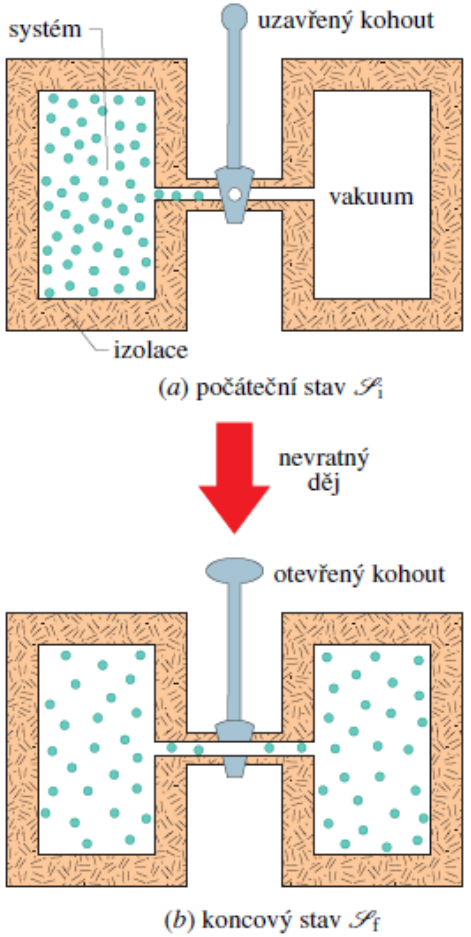
Druhý zákon termodynamiky

- *Entropie* uzavřeného systému nikdy neklesá.

$$\Delta S \geq 0$$





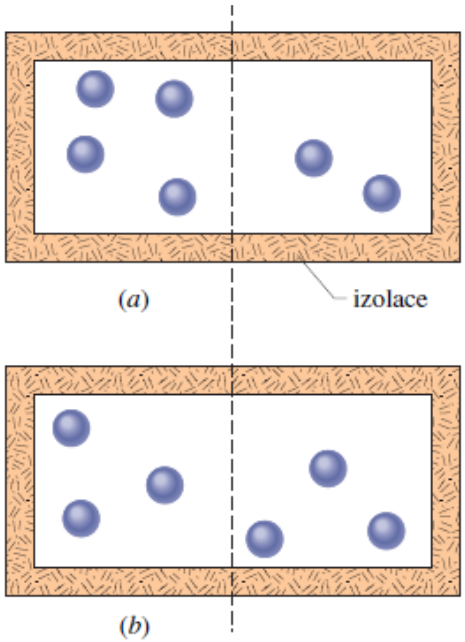


Neexistuje perpetuum mobile II. druhu (stroj, který by jen ochlazoval lázeň a trvale měnil veškeré dodané teplo v mechanickou práci.

Statistický pohled na entropii

V izolovaném systému jsou všechny mikrostavy stejně pravděpodobné.

$$S = k_B \ln W$$



Šest molekul v krabici

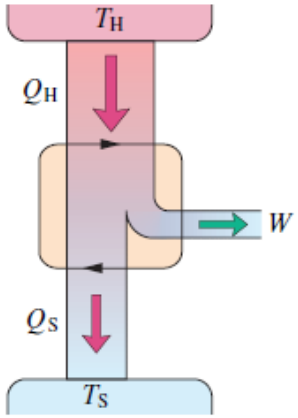
Konfigurace		Násobnost W	W	$\frac{S}{10^{23}\,\mathrm{J\cdot K^{-1}}}$
Označení	$(n_L; n_P)$	(počet mikrostavů)	podle rov. (20.20)	podle rov. (20.21)
I	(6; 0)	1	$6!/(6!0!) = 1$	0
II	(5; 1)	6	$6!/(5!1!) = 6$	2,47
III	(4; 2)	15	$6!/(4!2!) = 15$	3,74
IV	(3; 3)	20	$6!/(3!3!) = 20$	4,13
V	(2; 4)	15	$6!/(2!4!) = 15$	3,74
VI	(1; 5)	6	$6!/(1!5!) = 6$	2,47
VII	(0; 6)	1	$6!/(0!6!) = 1$	0
Celkový počet mikrostavů:		64	$2^6 = 64$	

$$W = \frac{N!}{n_L! n_P!}$$ (násobnost konfigurace)

Tepelné stroje

Tepelný stroj = zařízení, které si se svým okolím vyměňuje teplo a práci

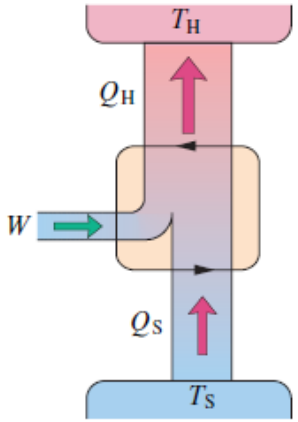
Tepelný motor - se svým okolím si vyměňuje teplo a koná práci. Základem je pracovní látka (v parním stroji voda či pára, v automobilovém motoru je to směs benzínových par a vzduchu).



V ideálním motoru jsou všechny děje vratné. Nenastává žádný ztrátový přenos energie způsobený například třením nebo vířením pracovní látky.

účinnost motoru: $\eta = W/Q$

Tepelná pumpa (ledničk a) – dodáváme jim práci, aby odebíraly teplo chladnější lázni a dodávaly ho lázni teplejší.



3. zákon termodynamiky

- Teploty absolutní nuly nelze dosáhnout žádným konečným ochlazovacím procesem.

(při $T = 0$ je i $S = 0$)

Entropie všech (čistých) látek je při T = 0 rovna nule.

Toť vše