



7 Molekulová fyzika a termodynamika

- **Ciele:**
- Formulovať 3 základné experimentálne overené poznatky kinetickej teórie látok.
- Napísať vzťah na výpočet tepla pomocou hmotnostnej tepelnej kapacity. Vysvetliť rozdiel medzi teplom a teplotou.
- Definovať vnútornú energiu Formulovať zákon zachovania celkovej energie. Charakterizovať tepelnú výmenu.
- Formulovať a vysvetliť termodynamické zákony.

Metódy skúmania vlastností látok:

Termodynamická metóda

- vychádza z opisu javov, meraní veličín a neopiera sa o nijaký model časticového zloženia látok

Štatistická metóda

- vychádza z vnútornej štruktúry látok a ich vlastnosti vysvetľuje ako dôsledok pohybu a vzájomného pôsobenia častíc
- opis látok z makroskopického hľadiska (bez ohľadu na časticovú štruktúru)
- skúma **tepelné vlastnosti** súvisiace s **tepelnou výmenou alebo zmenou teploty** z hľadiska energetického

1. Uved'te 3 základné východiska molekulárno-kinetickej teórie stavby látok.
2. Aké pohyby môžu konať častice? Ako je možné tieto pohyby zrýchliť?
3. Prečo vzniká tlak plynu?
4. Aké ďalšie javy sú dôkazom neusporiadaného pohybu častíc?

Kinetická teória stavby látok

Základ molekulovej fyziky.

Vychádza z troch experimentálne overených poznatkov:

1. Látky majú **diskrétnu štruktúru**. Skladajú sa z **častíc** - molekúl, atómov alebo iónov.
2. Častice vykonávajú **ustavičný neusporiadaný pohyb** (tepelný) - translačný rotačný a vibračný
3. Častice na seba navzájom pôsobia **príťažlivými a odpudivými silami**. Ich **veľkosť závisí od vzdialenosti medzi časticami**.

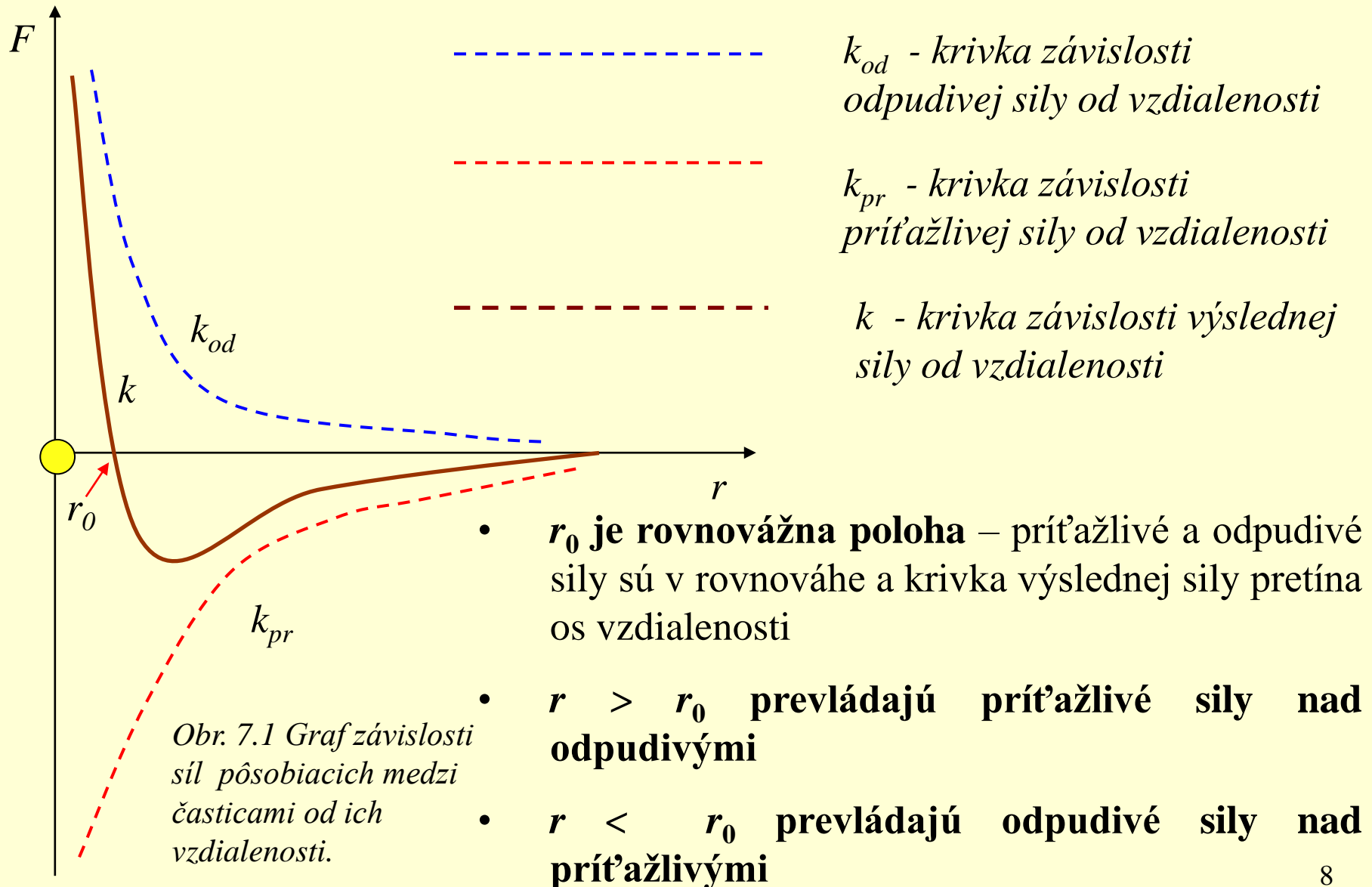
- **Dôkazy neusporiadaného pohybu častíc:**
- **Tlak plynu**
- vzniká v dôsledku zrážok pohybujúcich sa častíc so stenami nádoby (resp. s telesom v jeho vnútri).
- **Brownov pohyb**
- veľká častica sa v tekutine nepohybuje sa žiadnym smerom.
- pri nárazoch na ňu neprevláda žiadny smer.
- pri malej častici (rádovo 10^{-6} m) sa silové pôsobenie nekompenzuje a častica koná neusporiadaný pohyb.
- **Difúzia**
- samovoľné prenikanie častíc jednej látky medzi častice druhej látky vedúce k rovnovážnej koncentrácii.

1. Znázornite graf vzájomného silového pôsobenia dvoch častíc v závislosti od ich vzdialenosti.
2. Znázornite rovnovážnu polohu a oblasti, kde prevládajú príťažlivé a kde odpudivé sily.
3. Znázornite graf závislosti potenciálnej energie od ich vzájomnej vzdialenosti.
4. Charakterizujte a na grafe vyznačte väzbovú energiu.
5. Ako sa mení potenciálna energia častíc, ak sa približujú, resp. vzd'ľujú z rovnovážnej polohy. Prečo?

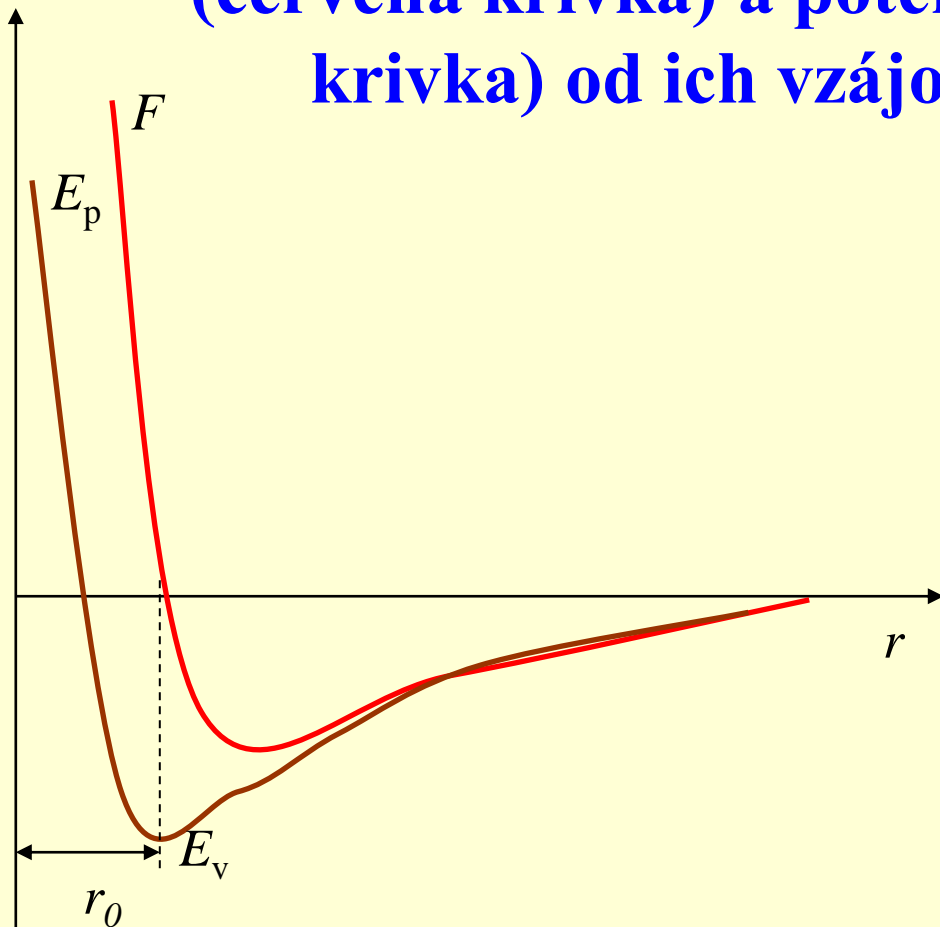
3. Častice na seba pôsobia súčasne príťažlivými i odpudivými silami

- Presnejší opis až kvantová mechanika
 - pevné telesá kladú odpor proti zväčšovaniu aj proti zmenšovaniu objemu
- pôsobenie **príťažlivých a odpudivých síl**
- Na časticu pôsobia iba **silové polia susedných častíc**

Graf závislosti síl pôsobiacich medzi časticami od ich vzájomnej vzdialenosti r



Graf závislosti síl pôsobiacich medzi časticami (červená krivka) a potenciálnej energie (hnedá krivka) od ich vzájomnej vzdialenosti r



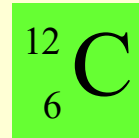
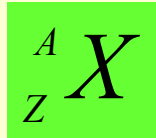
Obr. 7.2 Graf závislosti veľkosti potenciálnej energie častíc od ich vzdialenosti.

- Vzájomná potenciálna energia dvoch molekúl vo vzdialenosti r je určená prácou, ktorú vykonajú, aby sa priblížili na túto vzdialenosť z nekonečna (v nekonečne je ich potenciálna energia nulová)
- Minimum potenciálnej energie častíc je v rovnovážnej polohe.
- **Táto energia sa nazýva väzbová E_v .**

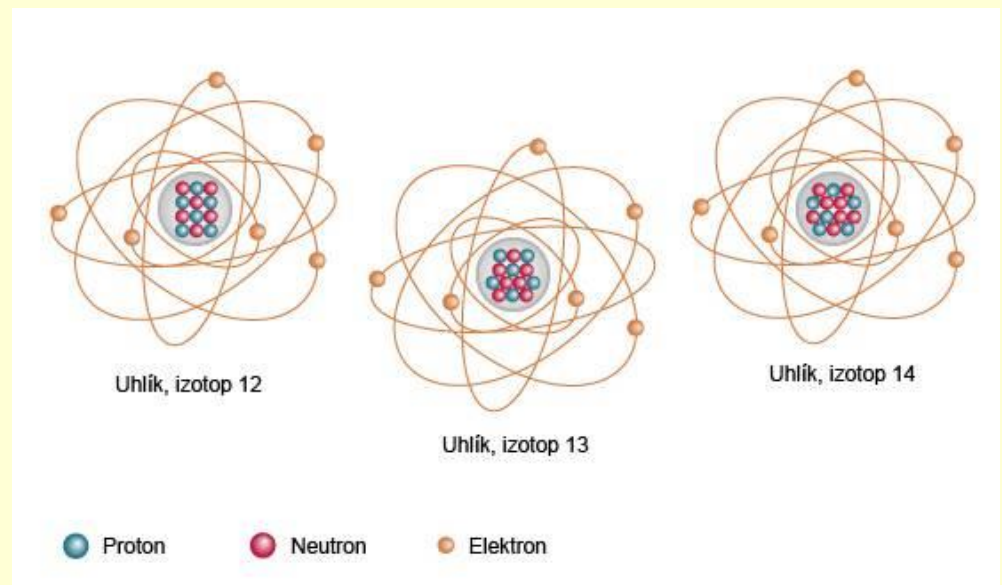
Základné charakteristiky mikročastíc

Atóm

- skladá sa z jadra (protóny + a neutróny 0) a obalu (elektróny –)



- Z je protónové číslo (určuje počet protónov), prípadne nábojové
- A je nukleónové číslo (súčet počtu protónov a neutrónov v jadre), prípadne hmotnostné
- Pokojové hmotnosti:
- $m_p = 1,67265 \cdot 10^{-27}$ kg
- $m_n = 1,67495 \cdot 10^{-27}$ kg
- $m_e = 0,00091 \cdot 10^{-27}$ kg



Obr. 7.3 Izotopy uhlíka (Sagan, 2009).

Molekula

- Systém atómov spojený chemickými väzbami v jeden konkrétny celok
- m_a – pokojová hmotnosť atómu
- m_m – pokojová hmotnosť molekuly
- m_u – atómová hmotnostná konštanta
- $m_u = 1,66 \cdot 10^{-27}$ kg, čo je 1/ 12 hmotnosti nuklidu uhlíka
- A_r – **relatívna atómová hmotnosť** (bezrozmerná)

$$A_r = \frac{m_a}{m_u}$$

- A_r – **relatívna molekulová hmotnosť** (bezrozmerná)

$$M_r = \frac{m_m}{m_u} \quad M_r = \sum A_r$$

- Vysoký počet častíc nemožno sčítavat'
- Zavedenie veličiny nového druhu, ako náhradnej veličiny (miery) počtu častíc, ktorá spĺňa 3 požiadavky:

1. je úmerná počtu častíc;
2. nezávisí od druhu látky;
3. je merateľná metódami fyziky kontinua.

- **Látkové množstvo**

$$n = \frac{N}{N_A} \quad (\text{mol})$$

- **Základná jednotka**

- **Mol je látkové množstvo obsahujúce toľko častíc (jedincov, entít), koľko atómov je v 0,012 kg uhlíka ^{12}C (presne).**

- N_A je Avogadrova konštanta

- **predstavuje počet častíc obsiahnutých v 0,012 kg čistého uhlíka ^{12}C**

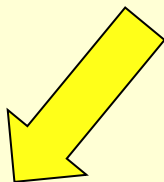
- $N_A = 6,02252 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

- povaha častíc v danom látkovom množstve (či ide napr. o molekuly, alebo ióny) sa môže bližšie špecifikovať.

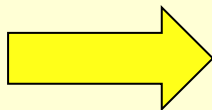
Molárna hmotnosť látky:

$$M_m = \frac{m}{n}$$

[kg.mol⁻¹]



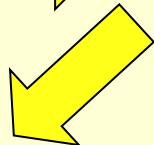
$$n = \frac{m}{M_m}$$



$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M_m}$$

číselný vzťah medzi molárnou hmotnosťou a relatívnou molekulovou hmotnosťou

$$M_m = \frac{m}{n} = \frac{m \cdot N_A}{N} = m_m \cdot N_A = M_r \cdot m_u \cdot N_A \quad \rightarrow \quad m_u \cdot N_A \approx 10^{-3}$$



$$n = \frac{N}{N_A}$$

$$\{M_m\} = \{M_r\} \cdot 10^{-3}$$

V [kg.mol⁻¹] !!!!!

Objemová hustota molekúl:

$$N_v = \frac{N}{V} \quad (\text{m}^{-3})$$

- Podľa Avogadroho zákona je objemová hustota molekúl všetkých ideálnych plynov pri rovnakom tlaku a teplote rovnaká.
- V normálnom stave (0 °C, 1,013.105 Pa) je $N_v = 2,687 \cdot 10^{25} \text{m}^{-3}$ a nazýva sa Loschmidtovo číslo.

Molárny objem:

$$V_m = \frac{V}{n} = \frac{M_m}{\rho} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1})$$

Základné pojmy termodynamiky

- **Termodynamická sústava**
- **Izolovaná sústava**
- **Makroskopické stavové veličiny plynu**
- hmotnosť, látkové množstvo, energia, **objem, tlak a teplota**
- závisia len od **stredných hodnôt** mikroskopických stavových veličín molekúl, obzvlášť od ich priestorovej hustoty a kinetickej energie
- **Dejové veličiny**
- **teplo, práca**
- spôsobujú zmenu stavu sústavy

- **Rovnovážny stav**

- stav, do ktorého samovoľne prejde izolovaná sústava po istom čase
- nemenia sa v ňom stavové veličiny, a teda neprebiehajú žiadne makroskopické zmeny, len mikroskopické
- má najväčšiu pravdepodobnosť výskytu, čím je viac častíc, tým je pravdepodobnejšie rovnovážne rozdelenie
- vznikajú miestne odchýlky – **fluktuácie** (kolísanie tlaku, hustoty, teploty apod. okolo strednej hodnoty)

- **Nerovnovážny dej**

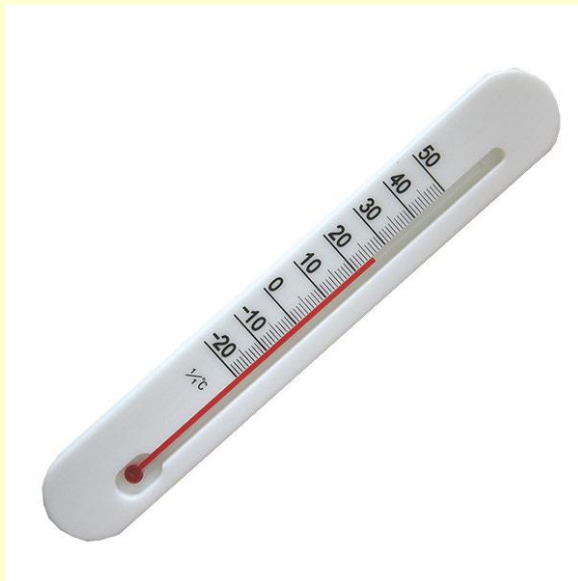
- väčšina dejov v prírode (prudké ochladenie)

1234		12	34
		13	24
		14	23
		34	12
		24	13
		23	14

1. Čo je teplota a čo charakterizuje? Čo je teplomer?
2. V akých jednotkách meriame teplotu.
3. Definujte základné body Celziovej aj termodynamickéj teplotnej stupnice.
4. Ako prepočítame hodnoty medzi obidvoma teplotnými stupnicami?
5. Vyjadrite teplotu $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ v Kelvinoch.
6. O koľko Kelvinov ohrejeme teleso, ak ho ohrejeme z $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ na $10\text{ }^{\circ}\text{C}$?

TEPLOTA

- **Teplota jednoznačne charakterizuje rovnovážny stav**
 - Dve sústavy majú rovnakú teplotu, ak sú v stave tepelnej rovnováhy
- Teplomer**
- je prístroj na meranie teploty



Obr. 7.4 Teplomery (wikipedia, 2008, FK technics, 2008).

CELSIOVA TEPLOTA t

- $[t] = ^\circ\text{C}$ (stupeň Celsia)
- **CELSIOVA TEPLOTNÁ STUPNICA je určená 2 základnými teplotami:**
- **$0\ ^\circ\text{C}$**
- teplota rovnovážneho stavu chemicky čistej vody a ľadu za normálneho tlaku
- **$100\ ^\circ\text{C}$**
- teplota rovnovážneho stavu chemicky čistej vody a jej nasýtenej pary za normálneho tlaku
- Medzi týmito teplotami je stupnica rozdelená na 100 rovnakých dielikov (1 dielik $\sim 1\ ^\circ\text{C}$)

TERMODYNAMICKÁ TEPLOTA T

- základná veličina sústavy SI
- $[T] = 1 \text{ K}$ (Kelvin)
- **TERMODYNAMICKÁ TEPLTNÍ STUPNICE** je určená jednou základnou teplotou:
- **273,16 K (0,01 °C)**
- Teplota rovnovážneho stavu ľadu, vody a nasýtenej pary.
- 1 K je $1/273,16$ termodynamickej teploty trojného bodu vody.
- Termodynamická teplota ľubovoľnej sústavy sa môže priblížiť k hodnote 0 K, ale nemôže ju dosiahnuť.

Vzťahy medzi Celsiovou teplotou t a termodynamickou teplotou T

$$t = (T - 273,15) \text{ } ^\circ\text{C}$$
$$T = (t + 273,15) \text{ K}$$

T – číselná hodnota
termodynamickej
teploty

t – číselná hodnota Celsiovej teploty

ZMENA TEPLoty

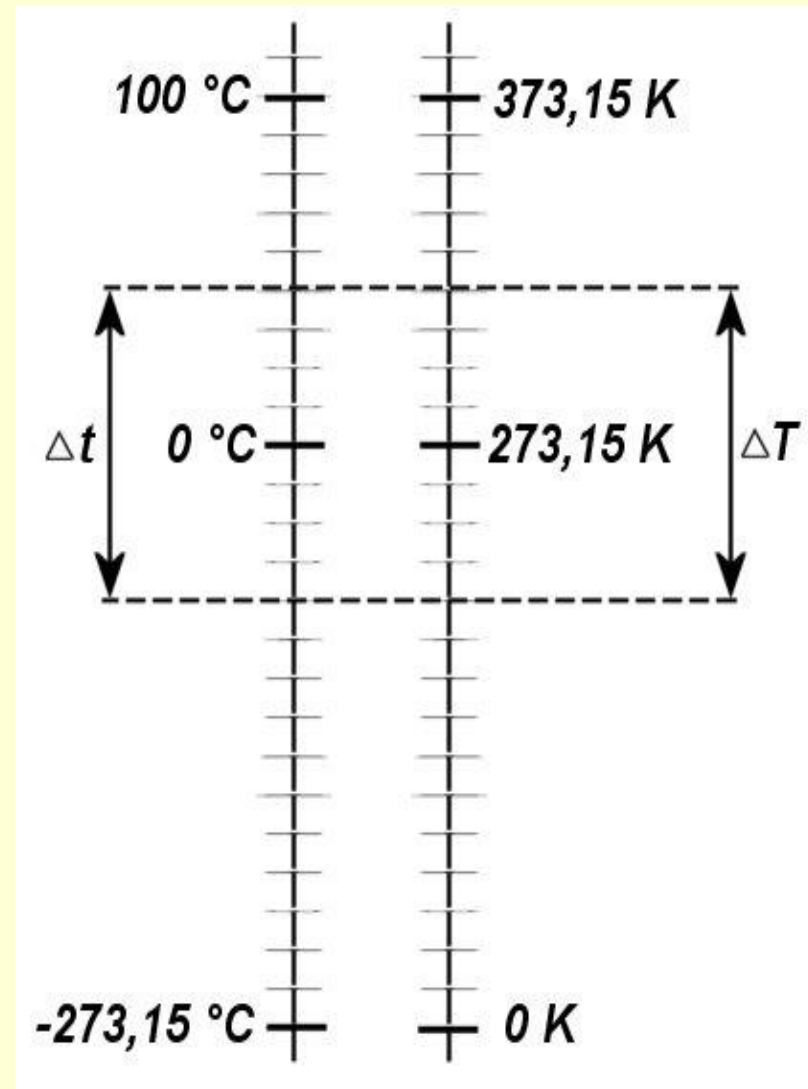
Z $0 \text{ } ^\circ\text{C}$ na $10 \text{ } ^\circ\text{C}$ je ohriatie o $10 \text{ } ^\circ\text{C}$

$273,15 \text{ K}$ na $283,15 \text{ K}$ je ohriatie o 10 K

Teplotný rozdiel v oboch stupniciach je

rovnaký

$$\Delta T = \Delta t$$
$$T_2 - T_1 = t_2 - t_1$$



Obr. 7.5 Teplotné rozdiely.

Fahrenheit

$$\{^{\circ}\text{F}\} = \frac{9}{5}\{^{\circ}\text{C}\} + 32$$

$$\{^{\circ}\text{C}\} = (\{^{\circ}\text{F}\} - 32) \frac{5}{9}$$

1. Na akú energiu sa premení mechanická energia pri dopade telesa na zem?
2. Definujte túto energiu. Závisí aj od počtu častíc? Aké sú jej zložky?
3. Charakterizujte zložky tejto energie a uveďte od čoho závisia a kedy sa menia. Aký je rozdiel medzi mechanickou a vnútornou energiou?
4. Je možné určiť celkovú vnútornú energiu telesa?
5. Akými spôsobmi môžeme zmeniť vnútornú energiu? Na každý typ uveďte príklady.
6. Prečo je voda po búrke teplejšia?
7. Môžeme vidieť na Mesiaci meteory?
8. Prečo sa bicyklová pumpa pri nafukovaní duše zahrieva?

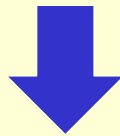
Vnútoraná energia

- V žiadnej sústave nedochádza k dokonalej premene zložiek mechanickej energie.
- Časť jej mechanickej energie sa zmenila na **vnútornú**
- **Vnútoraná energia (U) je súčet kinetickej a potenciálnej energie všetkých častíc telesa.**
- Závisí aj od počtu častíc
- **Kinetická energia častíc**
- Translačný, rotačný a vibračný pohyb
- Závisí od hmotnosti a rýchlosti častíc
- S rastúcou teplotou je vyššia
- **Potenciálna energia častíc**
- Závisí od vzájomnej polohy častíc
- Mení sa pri skupenských zmenách

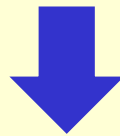
Zvýšenie teploty



Zvýšenie rýchlosti častíc



Zvýšenie kinetickej energie častíc



Zvýšenie vnútornej energie častíc

(ak sa nemení potenciálna energia častíc)

- Určiť celkovú vnútornú energiu je zložité, dôležitejšie sú jej zmeny
- Zaujímajú nás tie častice, ktorých vnútorná energia sa mení
- V termodynamike atómy, molekuly, ióny
- Energiu elektrónov, jadrovú, chemickú môžeme zanedbať, pokiaľ sa pri sledovaných dejoch nemenia
- **Zmeny vnútornej energie:**
 1. Konaním práce
 2. Tepelnou výmenou
- **V prírode platí zákon zachovania celkovej energie:**
- **Energia nemôže v prírode samovoľne vzniknúť ani zaniknúť. Môže zmeniť len svoju formu, prípadne prejsť na iné telesá**
- Vnútorná energia daného telesa je rádovo vyššia ako mechanická
- Teplota je mierou vnútornej energie telesa
- Vnútorná energia je stavová veličina

Voda sa používa v chladiacich, ale aj vykurovacích zariadeniach...

- a) Čo je tepelná výmena? Ako prebieha a dokedy?
- b) Napíšte vzťah na výpočet tepla prijatého látkou v závislosti od zmeny teploty. Čo je teplo a aká je jeho jednotka?
- c) Definujte hmotnostnú tepelnú kapacitu aj tepelnú kapacitu. Aký je medzi nimi rozdiel?
- d) Prečo sa voda používa v chladiacich, ale aj vykurovacích zariadeniach?
- e) Vysvetlite rozdiel medzi prímorskou a vnútrozemskou klímou z hľadiska teplotných výkyvov.
- f) Prečo sa píłka pri rezaní zahrieva viac ako drevo?
- g) Aký je rozdiel medzi teplom a teplotou?
- h) Napíšte kalorimetrickú rovnicu a uveďte jej fyzikálny význam. Čo je kalorimeter?

Tepelná výmena

- Styk telies rôznej teploty
- Je to dej, pri ktorom sa pohybujúce častice jednej sústavy dostávajú do bezprostrednej blízkosti stýkajúcich sa rozhraní a vymieňajú si energiu.
- Dej prebieha aj vo vnútri jedného telesa do vyrovnania teplôt sústav
- **Teplo**
- Kvantitatívne opisuje tepelnú výmenu
- $[Q] = J$
- ako energia i práca

Teplo. Tepelná kapacita

- Dodaním energie sa zvyšuje teplota telesa

$$Q = m.c.(t_2 - t_1)$$

$$dQ = m.c.dt = m.c.dT$$

- **Hmotnostná tepelná kapacita:**

$$c = \frac{Q}{m.\Delta t} \quad [\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}]$$

- Množstvo energie (tepla), potrebné na ohriatie 1 kg látky o 1 °C.
- Je závislá na teplote

- **Tepelná kapacita:**

$$C = m.c$$

$$C = \frac{Q}{\Delta t} \quad [\text{J.K}^{-1}]$$

- Množstvo energie (tepla), potrebné na ohriatie daného množstva látky o 1 °C.
- Tepelná kapacita látok závisí od teploty. Pri nízkych teplotách sa blíži k nule

- Veľkou hmotnostnou tepelnou kapacitou sa vyznačuje voda
- veľké množstvo vody musí prijať veľké teplo, aby sa badateľne ohriala
- Prímorská a vnútrozemská klíma



Obr. 7.6 Prímorská a vnútrozemská klíma (wikipedia, 2008).



Obr. 7.7 Ohrievač (radiátor) a chladič (feature radiators, 2006).

Kalorimetrická rovnica

- Zákon zachovania energie pri tepelnej výmene
- Predpokladáme len zmenu teploty látok a nie zmenu skupenstva
- **Celková tepelná bilancia je pri tepelnej výmene nulová**

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n = 0$$

$$\sum_{i=1}^n Q_i = 0$$

- Kalorimetrická rovnica má toľko členov, koľko telies v sústave mení svoju teplotu
- **Kalorimeter**
- tepelne izolovaná nádoba s miešačkou a teplomerom



Obr. 7.8 Kalorimeter.

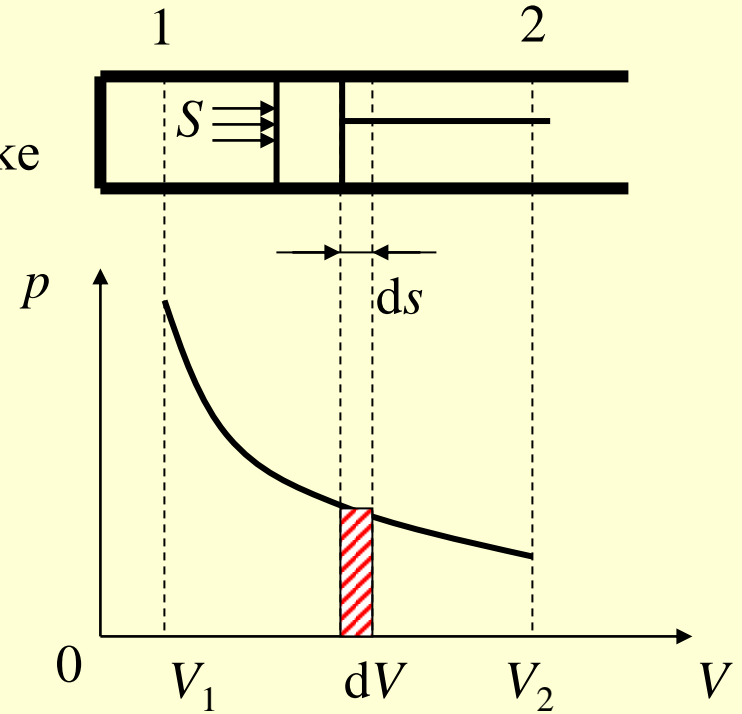
Práca plynu

- Odvodené pri Bernoulliho rovnici

Tento vzťah závisí na deji a na pracovnej látke

$$W = p \cdot \Delta V$$

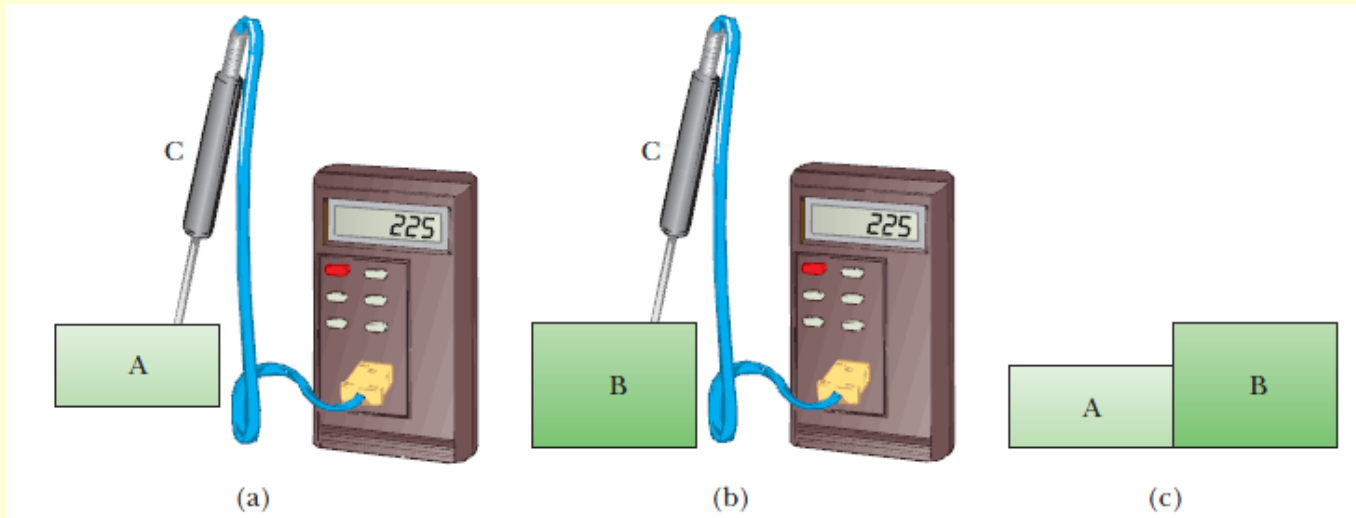
$$W = \int_{V_1}^{V_2} p \cdot dV$$



Obr. 7.9 p-V pracovný diagram.

Termodynamické zákony

- **Opis pomocou stavových veličín**
- **Nultý – teplota**
- Ak sú telesá A a B v tepelnej rovnováhe s tretím telesom T, budú v tepelnej rovnováhe aj telesá A a B navzájom.
- **Prvý – energia**
- **Druhý - entropia**



Obr. 7.10 Nultý zákon termodynamiky (Serway, 2006).

Likvidácia niektorých druhov odpadu sa deje spaľovaním...

- a) Definujte vnútornú energiu. Charakterizujte jej jednotlivé zložky z hľadiska častíc.
- b) Akými spôsobmi je možné zmeniť vnútornú energiu telesa? Uveďte príklad na každý typ zmeny.
- c) Slovné i vzťahom formulujte 1. termodynamický zákon. Aký je jeho fyzikálny význam? Kedy sa vnútorná energia zvyšuje a kedy znižuje?
- d) Pri pálení odpadu sa najskôr zvyšuje jeho teplota. Opíšte zvyšovanie teploty telesa z hľadiska molekulovej fyziky (z pohľadu častíc). Ako sa pri tomto deji mení vnútorná energia? Akým z uvedených spôsobov?
- e) Čo je vratný a nevratný dej? Formulujte a vysvetlite 2. termodynamický zákon.
- f) V ktorom mieste sa zvyšuje najviac teplota vodopádu? Prečo? Na akú energiu sa mení kinetická energia vagóna pri jeho brzdení?
- g) Definujte a charakterizujte entropiu. Formulujte 3. termodynamický zákon.

Prvý termodynamický zákon

- Je vyjadrením zákona zachovania energie pri tepelných dejoch
- **Zmena vnútornej energie sústavy ΔU je rovná súčtu práce W vykonanej okolitými telesami pôsobiacimi silami na sústavu a tepla Q , ktoré sústava prijala od okolia**

$$\Delta U = W + Q$$

- **Nemožno zostrojiť stroj, ktorý by vyrábala energiu z ničoho (perpetuum mobile 1. druhu)**
- W' je práca, ktorú sústava vykonala
- $W = -W'$

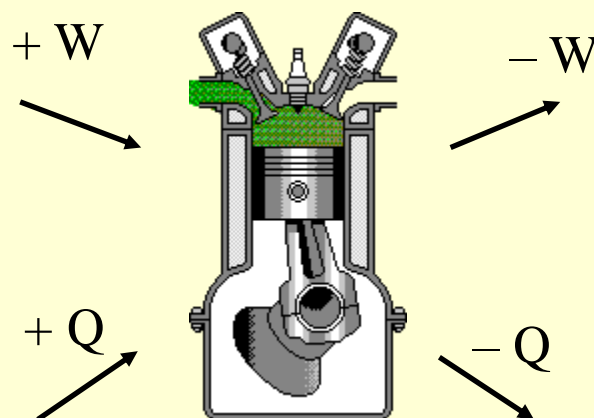
$$\Delta U = Q - W'$$

$$Q = \Delta U + W'$$

- Zmena vnútornej energie závisí len od začiatočného a koncového stavu látky, a nie od spôsobu tejto zmeny.
- Nedá sa spätne určiť akou cestou nastala jej zmena

Zmena vnútornej energie konaním práce a tepelnou výmenou

- $W > 0$
- prácu konajú okolité telesá (vnútorná energia rastie)
- $W < 0$
- prácu koná sústava (vnútorná energia klesá)
- $Q > 0$
- sústava prijíma teplo (vnútorná energia rastie)
- $Q < 0$
- sústava odovzdáva teplo (vnútorná energia klesá)

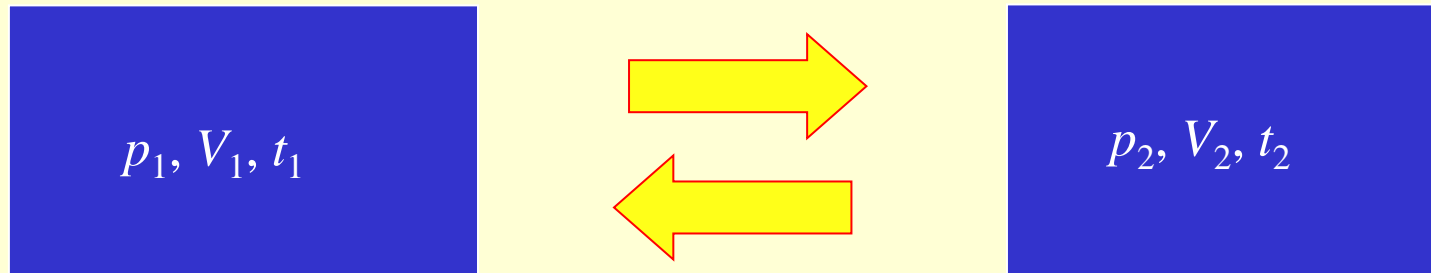


Obr. 7.11 Motor ako termodynamická sústava (auta5p.eu, 2016).


Druhý termodynamický zákon

 **VRATNÝ** (reverzibilný) – ideálny dej

- Dej, ktorý prebehne v TS v oboch smeroch tak, aby sa sústava dostala do pôvodného stavu.



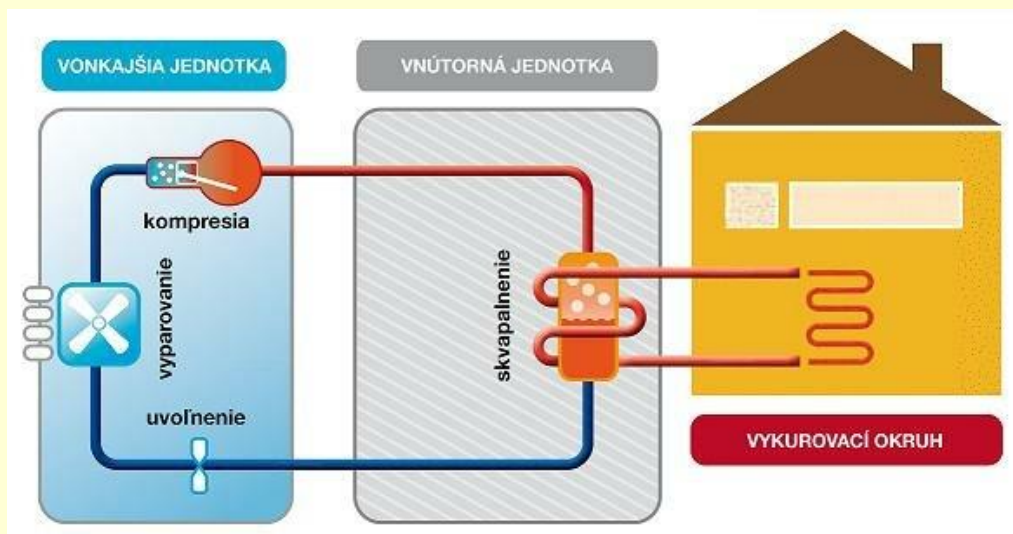
počiatočný stav ~ koncový stav TS

 **NEVRATNÝ** (ireverzibilný) – skutočný dej

- Dej prebiehajúci jedným smerom samovoľne, ale k priebehu opačným smerom je nutné dodávanie energie

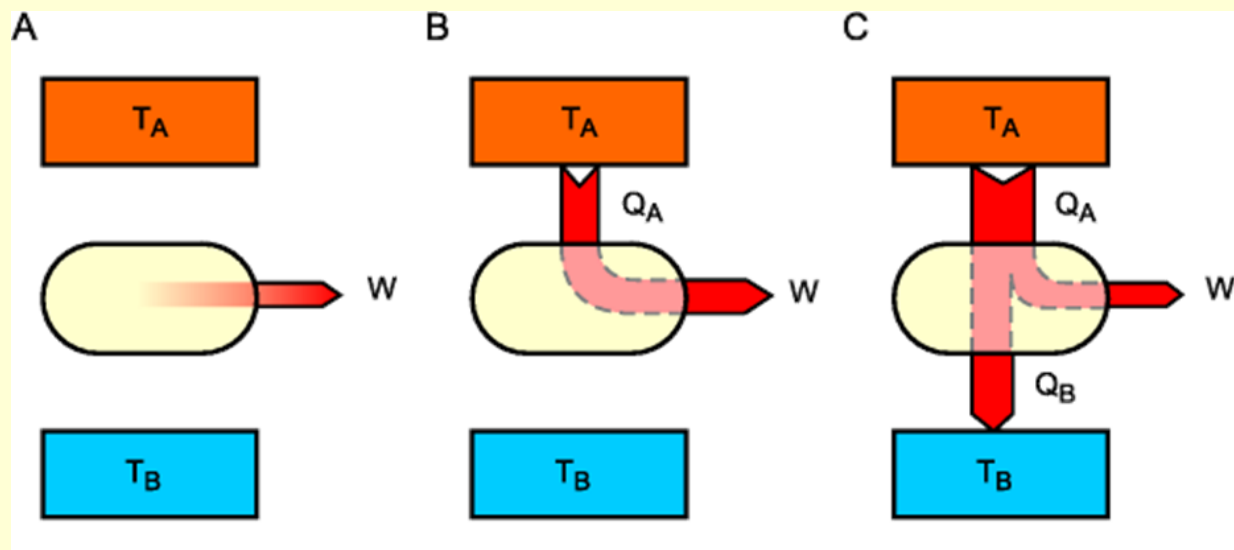
- Ohriatím osi kolesa sa toto neuvedie do rotačného pohybu.
- Ak sa má sústava telies vyznačovať pôvodným stavom, je to možné len tak, že inde v prírode dôjde v súvislosti s tým ku zmene.
- V prírode ako celku sa uskutočňujú stále zmeny takého druhu; že nemôže nastať stav, ktorým sa svet vyznačoval v minulosti.
- **Druhý termodynamický zákon:**
- **Teplo môže samovoľne pri tepelnej výmene prechádzať len z telesa teplejšieho na chladnejšie, nikdy nie naopak (Clausius)**
- **Nemožno zostrojiť periodicky pracujúci stroj, ktorý by len prijímal teplo od ohrievača a vykonal rovnako veľkú prácu (Thompson, Planck)**
- **Účinnosť žiadneho tepelného stroja nemôže byť vyššia ako účinnosť Carnotovho cyklu (Carnot)**
- **Nie je možné zo sústavy neživých látok získať prácu len tým, že by sa nejaká látka ochladzovala pod teplotu okolia (Kelvin)**
- **Takýto stroj, ktorý by odporoval druhému termodynamickému zákonu sa nazýva perpetuum mobile druhého druhu (Ostwald)**

Teplo môže samovoľne pri tepelnej výmene prechádzať len z telesa teplejšieho na chladnejšie, nikdy nie naopak (Clausius)



Obr. 7.12 Vykurovanie (klimad, 2015).

Nemožno zostrojiť periodicky pracujúci stroj, ktorý by len prijímal teplo od ohrievača a vykonal rovnako veľkú prácu



Obr. 7.13 A) Perpetuum mobile 1. druhu, B) 2. druhu, C) reálny stroj (Mrázová, 2012).

Entropia S v uzavretom systéme:

$$dS = \frac{\delta Q}{T}$$

Miera neusporiadanosti systému

(JK⁻¹)

- **Druhý termodynamický zákon:**

Entropia uzavretého systému telies, ktoré na seba vzájomne pôsobia, môže len narastať, nikdy neklesá.

- **Deje, ktoré sa odohrávajú v uzavretom systéme telies prebiehajú tak, že v konečnom štádiu je jeho entropia maximálna (Clausius, Kelvin).**

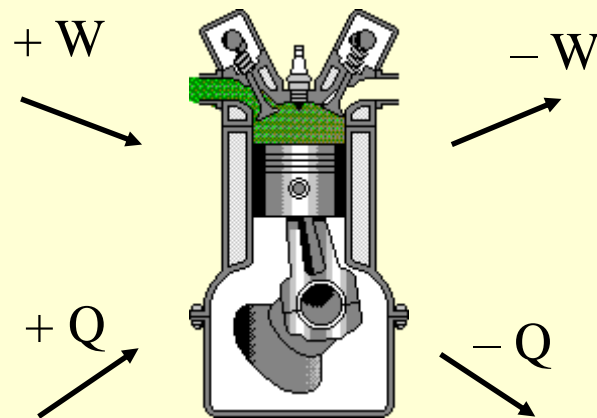
Tretí termodynamický zákon

- **Entropia všetkých telies pri priblížení sa teplote absolútnej nuly sa neobmedzene blíži nule** (Nernst)
- Hmotnostné tepelné kapacity všetkých látok sa pri nulovej teplote blížia k nule
- **Žiadnym konečným procesom nie je možné ochladiť čistú pevnú látku až na teplotu absolútnej nuly** (Planck)

1. Ideálny plyn prijal teplo $2\,000\text{ J}$ a zároveň pri expanzii vykonal prácu $1\,500\text{ J}$. Ako sa zmenila jeho vnútorná energia pri tomto deji?
2. Ideálny plyn prijal teplo $2\,000\text{ J}$ a zároveň piest zmenšením objemu na ňom vykonal prácu $1\,500\text{ J}$. Aká je hodnota jeho celkovej vnútornej energie na konci deja?
3. Ideálny plyn prijal teplo $5\,000\text{ J}$ a zároveň piest zmenšením objemu na ňom vykonal prácu $1\,000\text{ J}$. Ako sa zmenila jeho vnútorná energia pri tomto deji?
4. Ideálny plyn prijal teplo $5\,000\text{ J}$ a zároveň piest zmenšením objemu na ňom vykonal prácu $1\,000\text{ J}$. Aká je hodnota jeho celkovej vnútornej energie na konci deja?
5. Ideálny plyn odovzdal teplo $3\,500\text{ J}$ a zároveň piest zmenšením objemu na ňom vykonal prácu $1\,500\text{ J}$. Ako sa zmenila jeho vnútorná energia pri tomto deji?
6. Ideálny plyn odovzdal teplo $4\,500\text{ J}$ a zároveň vykonal prácu $3\,000\text{ J}$. Ako sa zmenila jeho vnútorná energia pri tomto deji?
7. Ideálny plyn odovzdal teplo $4\,500\text{ J}$ a zároveň vykonal prácu $3\,000\text{ J}$. Aká je hodnota jeho celkovej vnútornej energie: Aká je hodnota jeho celkovej vnútornej energie na konci deja?

$$\Delta U = Q + W$$

$$\Delta U = Q + p \cdot \Delta V$$



Obr. 7.14 Motor ako termodynamická sústava (auta5p.eu, 2016).

1. Ako sa zmení vnútorná energia plynu, ak odovzdá 5 kJ tepla a jeho objem sa pri tlaku 0,2 MPa zväčší o 10 l?
2. Ako sa zmení vnútorná energia plynu, ak prijme 4 kJ tepla a jeho objem sa pri tlaku 100 kPa zmenšil o 10 l?

1. Pri vyššej kinetickej energii častíc sa vždy: A) zníži tlak častíc, B) zvýši teplota telesa, C) zvýši objem telesa, D) zníži potenciálna energia častíc.
2. Pri ktorom deji sa nezmení vnútorná energia plynu A) plyn prijme 200 J tepla a vykoná prácu 200 J , B) plyn prijme 400 J tepla a okolie vykoná na sústave prácu 400 J, C) plyn odovzdá 300 J tepla a vykoná prácu 300 J, D) plyn odovzdá 300 J tepla a okolie vykoná na sústave prácu 200 J.
3. Ktorý jav **nenastane** pri zvýšení teploty telesa? A) zvýši sa kinetická energia jeho častíc, B) zvýši sa celková vnútorná energia častíc, C) zvýši sa rýchlosť pohybu častíc, D) zvýši sa kinetická energia telesa.
4. Čo **neplatí** pre entropiu? A) je mierou neusporiadanosti systému, B) v uzavretom systéme nikdy neklesá, C) je najmenšia v rovnovážnom stave, D) pri adiabatickom deji sa nemení.

Zdroje obrázkov

1. auta5p.eu. 2016. Princip činnosti automobilových motorů. [Online] 2. 11. 2016. [Datum: 8. 11. 2017.] <https://auta5p.eu/informace/motory/motory.php>.
2. Feature radiators. 2006. [Online] 8. 6. 2006. [Datum: 25. 10. 2011.] <http://www.featureradiators.co.uk/Reproduction.htm>.
3. FK technics, 2008. [Online] 27. 4. 2008. [Datum: 25. 10. 2011.] http://www.fkt.cz/cz/clanky/zajimave-vyrobky/art_129/novy-infracervený-teplomer.aspx.
4. klimad.sk. 2015. Princíp tepelného čerpadla. [Online] 9. 8. 2015. [Datum: 15. 2. 2021.] <https://www.klimad.sk/produkty/tepelne-cerpadla-toshiba-estia/princip-tepelneho-cerpadla>.
5. Mrázová H. Perpetum mobile. 2012. Roudnice nad Labem [Online] 1. 11. 2012. [Datum: 20. 6. 2022.] <https://slideplayer.cz/slide/12843359/>.

Zdroje obrázkov

6. sagan.blog.cz, 2009. [Online] 11. 5. 2009. [Dátum: Cit. 24. 4. 2011]. sagan.blog.cz.
7. Serway, R. a kol. 2006. College Physics. s.l. : Brooks Cole;, 2006. s. 1056. ISBN-13: 978-0495113690.
8. Wikipedia, 2008. [Online] 18. 6. 2008. [Dátum: 2. 4. 2013]. <https://sk.wikipedia.org/wiki/Teplomer>.