učse online.cz

10.

# VNITŘNÍ ENERGIE, PRÁCE, TEPLO

## 1.0) Tři poznatky kinetické teorie stavby látek

1.1) Látky mají svoji vnitřní strukturu, i když vypadají navenek spojitě.

1. Látka jakéhokoli skupenství se skládá z částic (molekul, atomů nebo iontů).
2. Částice v látce se pohybují, jejich pohyb je neustálý a neuspořádaný (chaotický).
3. Částice na sebe navzájem působí přitažlivými a současně odpudivými silami.

1.2) *Důkazy*:

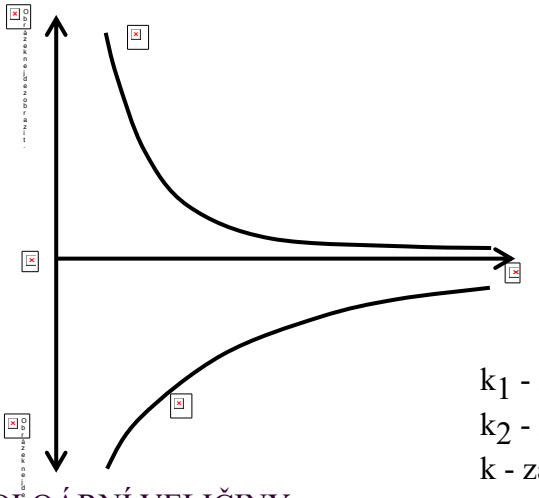
Tepelný pohyb je pohyb částic rychlostmi různých směrů a velikostí.

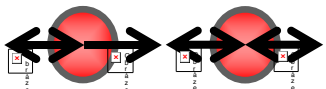
Difuze - samovolné pronikání částic jedné látky mezi částice druhé látky. Rychlost difuze roste s teplotou.

Brownův pohyb - Neustálý chaotický pohyb mikroskopických částic rozptýlených v tekutinách. Jeho příčinou jsou nepravidelné nárazy molekul tekutiny na mikroskopické částice.

Tlak plynu - srážky molekul plynu s molekulami vnitřních stěn nádoby.

1.3) Graf závislosti velikosti sil působících mezi částicemi na jejich vzdálenosti $r$





Jsou-li částice ve vzdálenosti $r_o$, jsou v rovnovážné poloze.
Výsledná síla působící mezi částicemi je nulová.

$k_1$ - závislost velikosti odpudivé síly na vzdálenosti.
$k_2$ - závislost velikosti přitažlivé síly na vzdálenosti.
k - závislost výsledné síly na vzájemné vzdálenosti

## 2.0 MOLOÁRNÍ VELIČINY

2.1 LÁTKOVÉ MNOŽSTVÍ - $n$: Základní fyzikální veličina, která vyjadřuje počet částic obsažených v chemicky stejnorodé soustavě. Platí:

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

Jednotkou látkového množství je mol: $[n]$ = mol

2.1.1 MOL: Jednotka látkového množství; základní jednotka soustavy SI. Soustava částic má látkové množství 1 mol, jestliže obsahuje právě tolik částic, kolik je atomů v nuklidu uhlíku o hmotnosti 0,012 kg.

2.1.2 AVOGADROVA KONSTANTA: Konstanta, která určuje počet částic v chemicky stejnorodém tělese o látkovém množství 1 mol:

$N_A = 6{,}022\ 136\ 7.10^{23}\ \text{mol}^{-1}$

2.1.3 POMĚRNÁ (relativní) MOLEKULOVÁ HMOTNOST - $M_r$: Podíl klidové hmotnosti $m$m molekuly dané látky a atomové hmotnostní konstanty:

$$M_r = \frac{m_m}{m_u}$$

2.1.4 MOLÁRNÍ HMOTNOST - $M_m$: Podíl hmotnosti $m$ tělesa z chemicky stejnorodé látky a odpovídajícího látkového množství $n$:

$$M_m = \frac{m}{n} = m_m N_A = M_r N_A m_u$$

$[M_m] = \text{kg.mol}^{-1}$ ($m_m$ je klidová hmotnost molekuly)

2.1.5 MOLÁRNÍ OBJEM - $V_m$: Podíl objemu $V$ tělesa za daných fyzikálních podmínek (tlaku a teploty) a odpovídajícího látkového množství $n$:

$$V_m = \frac{V}{n} \qquad [V_m] = \text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}$$

Všechny plyny mají za normálních podmínek, tzn. při tlaku $1{,}013\,25 \cdot 10^5$ Pa a termodynamické teplotě 273,15 K (0°C) normální molární objem

$V_{mn} = 22{,}4 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^3.\text{mol}^{-1}$.

3.0) Teplota a její měření

Tělesa se nacházejí v různých stavech. Stav zkoumaného tělesa popisujeme stavovými veličinami - tlak, objem, teplota, atd.

Jestliže se vnější podmínky, v nichž se soustava vyskytuje, časově nemění, potom soustava po určité době přejde do rovnovážného stavu.

Tělesům, které jsou při vzájemném styku v rovnovážném stavu, přiřazujeme stejnou teplotu.

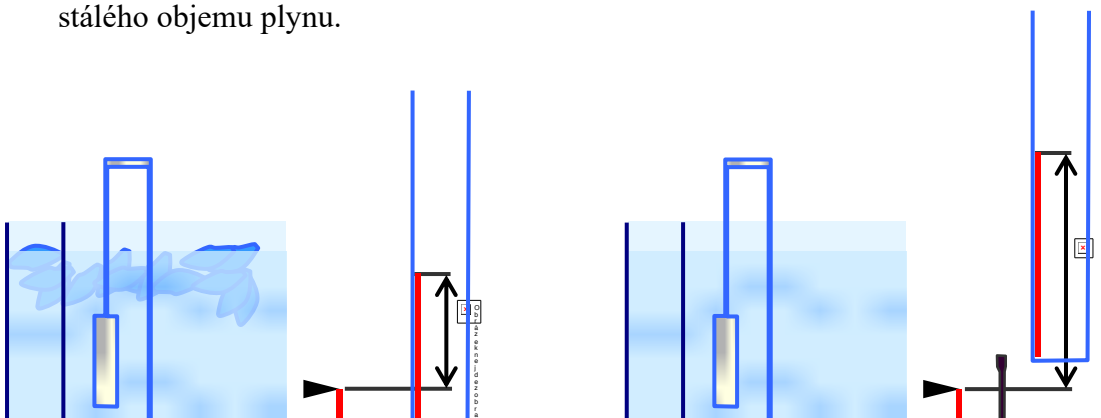
3.1) Teploměr je porovnávací těleso, sloužící k určení teploty. Využívá poznatek, že se změnou rovnovážného stavu se mění stavové veličiny tělesa, např. objem, tlak ...

Typy teploměrů: lihový, rtuťový, bimetalický

3.1.1) Plynový teploměr

Skládá se z nádoby naplněné plynem spojené s otevřeným kapalinovým manometrem.

Tlak $p$ plynu v nádobě teploměru je přímo úměrný jeho termodynamické teplotě $T$ za stálého objemu plynu.



3.2) Postup při měření teploty:

1) těleso, jehož teplotu chceme změřit, uvedeme do vzájemného styku s teploměrem,

2) počkáme na vytvoření rovnovážného stavu mezi tělesem a teploměrem,

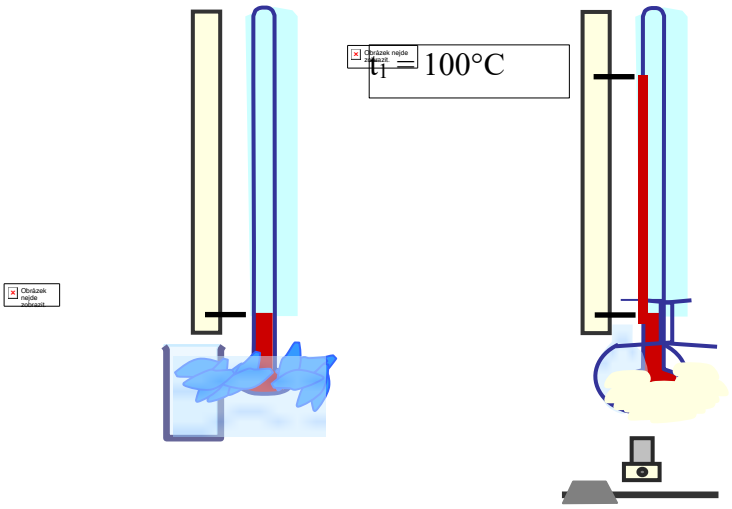
3) po vzniku rovnovážného stavu je teplota tělesa stejná jako teplota teploměru,

4) odčítáme teplotu na teploměru.

3.3) Celsiova teplotní stupnice

Má dva základní body při tlaku $p$ = 101325 Pa:

1. rovnovážný stav vody a ledu  2. rovnovážný stav vody a její nasycené páry.




3.4) Termodynamická teplota

značka veličiny $T$, jednotka $\{T\}$ = 1K (kelvin),

základní teplota je teplota rovnovážného stavu soustavy led + voda + nasycená pára, tento rovnovážný stav se nazývá trojný bod vody, jeho termodynamická teplota je

$$T_r = 273{,}16\text{K } (0.01°\text{C})$$

kelvin (K) definujeme jako 1/273,16 termodynamické teploty trojného bodu vody.

Převod stupňů Celsia na kelviny a naopak

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

4.0) Vnitřní energie

Vnitřní energie tělesa (soustavy) se nazývá součet:

1. celkové kinetické energie neuspořádaně se pohybujících částic tělesa (molekul, atomů a iontů),
2. celkové potenciální energie vzájemné polohy těchto částic.

Značí se ***U,*** je to skalární veličina, jednotkou je joule.

Platí zákon zachování energie

**Při dějích, které probíhají v izolované soustavě těles zůstává součet kinetické, potenciální a vnitřní energie těles konstantní.**

4.1) Změna vnitřní energie tělesa může nastat:

1. konáním práce: stlačování plynu, třením
2. tepelnou výměnou: zahřívání a ochlazování.

5.0) Tepelná výměna

5.1) Tepelná výměna - je děj, při kterém neuspořádaně pohybující se částice teplejšího tělesa narážejí na částice chladnějšího tělesa a odevzdávají jim část své energie.

Odevzdá-li teplejší těleso chladnějšímu tělesu energii tepelnou výměnou, hovoříme, že teplejší těleso odevzdalo chladnějšímu **TEPLO**.

Přijme-li chladnější těleso od teplejšího tělesa energii tepelnou výměnou, hovoříme, že chladnější těleso přijalo od teplejšího **TEPLO**.

Teplo je určeno energii, kterou při tepelné výměně odevzdá teplejší těleso chladnějšímu.

5.2) **Teplo** je fyzikální veličina , značka $Q$.

Jednotka tepla $[Q]= 1$ J (joule).

$$\mathbf{Q=mc(t_2-t_1)}$$

$m$ - hmotnost tělesa

$(t_2-t_1)$ - změna teploty

$c$ - měrná tepelná kapacita látky

Teplo $Q$ , které přijme chemicky stejnorodé těleso, je přímo úměrné hmotnosti tělesa $m$ a přírůstku jeho teploty $\Delta t$.

5.3) Měrná tepelná kapacita látky ***c***

$$[c] = 1\,\frac{J}{kg.K}$$

$c = Q/ [m(t_2 - t_1)]$

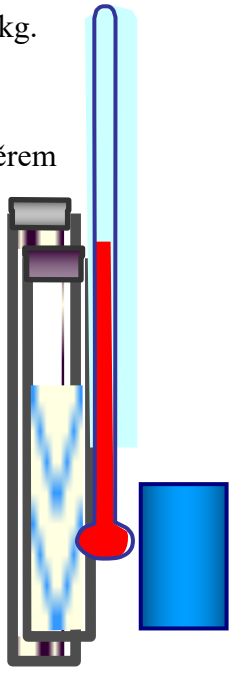
Měrná tepelná kapacita látky je charakteristická veličina pro danou látku.

(Její číselná hodnota udává množství tepla, které musí přijmout 1 kg látky, aby se její teplota zvýšila o 1 K)

**Pozor:** Tepelná kapacita ***C*** se týká celého tělesa, nikoliv 1 kg.

5.4) Kalorimetrická rovnice

**Kalorimetr** je tepelně izolovaná kovová nádoba s teploměrem a míchačkou.



Postup: 1) Do kalorimetru dáme kapalinu, do ní např. kovové těleso a necháme proběhnout tepelnou výměnu.

2) Tepelná výměna bude probíhat, dokud nenastane rovnovážný stav s výslednou teplotou $t_V$.

Tepla přijaté a odevzdané tělesem (resp. Kalorimetrem) se rovnají.

$m_2$- hmotnost vody
$c_v$ - měrná tepelná kapacita vody
$t_2$ - teplota vody
$m_1$- hmotnost tělesa
$c_t$ - měrná tepelná kapacita tělesa
$t_1$ - teplota tělesa

Bereme-li v úvahu také teplo přijaté nebo odevzdané kalorimetrem ...

$Q_k$ - teplo přijaté nebo odevzdané kalorimetrem

6.0) 1.Termodynamická věta

**Přírůstek vnitřní energie soustavy $\Delta U$ je rovný součtu práce $W$ vykonané okolními tělesy, která působí na soustavu silami, a tepla Q odevzdaného okolními tělesy soustavě.**

Mohou nastat situace, že soustava:

1. energii přijímá, U se zvětšuje
2. energii odevzdává, U se zmenšuje

Práce vykonaná soustavou má opačné znaménko, než práce vykonaná vnějšími silami.

Teplo $Q$ dodané soustavě se rovná součtu přírůstku její vnitřní energie $\Delta U$ a práce $W'$, kterou soustava vykoná.

7.0) 2.Termodynamická věta

7.1) DRUHÝ TERMODYNAMICKÝ ZÁKON:

Není možné sestrojit periodicky pracující tepelný stroj, který by jen přijímal teplo od určitého tělesa (ohřívače) a vykonával stejně velkou práci.

*Nebo:*

Při tepelné výměně těleso o vyšší teplotě nemůže samovolně přijímat teplo od tělesa s nižší teplotou.

7.2) TEPELNÝ STROJ:

Zařízení, v němž se s pracovní látkou uskutečňuje kruhový děj.

Základní typy tepelných strojů:

**spalovací motor** (pracovní látkou je plyn vznikající spalováním paliva uvnitř motoru - např. zážehový motor, vznětový motor, proudový motor, raketový motor)

**parní motor** (pracovní látkou je vodní pára - např. parní stroj, parní turbína).

7.3) KRUHOVÝ (cyklický) DĚJ:

učse online.cz

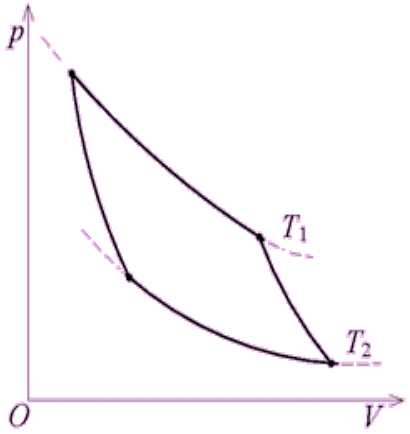
Děj, při němž je konečný stav soustavy totožný s počátečním stavem. Může-li kruhový děj probíhat oběma směry, aniž by v okolních tělesech nastaly změny, je kruhový děj vratný.

Účinnost kruhového děje závisí jen na podílu termodynamických teplot $T_1$ ohřívače a $T_2$ chladiče a nezávisí na pracovní látce. Pro účinnost tepelného stroje platí:

$$\eta \leq \eta_{max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

7.4) CARNOTŮV CYKLUS:

Vratný kruhový děj, který se skládá ze dvou izotermických dějů a dvou adiabatických dějů. Jeho účinnost $h_{max}$ je hranicí účinnosti reálných tepelných strojů.




7.5) Periodicky pracující tepelný stroj

Z tepla $Q_1$, které odebereme ohřívači se jenom část využije na vykonání práce $W'$, zbylou část (teplo $Q_2$) odevzdá plyn chladiči.