

## Obsah

<b>8 Základní poznatky molekulové fyziky a termodynamiky</b>	<b>1</b>
8.1 Kinetická teorie stavby látek . . . . .	1
8.1.1 Důkazy neuspořádaného pohybu . . . . .	1
8.2 Síly mezi částicemi . . . . .	1
8.3 Energie částic . . . . .	2
8.3.1 Vazebná energie . . . . .	2
8.3.2 Kinetická energie . . . . .	3
8.4 Vzájemné působení částic . . . . .	3
8.4.1 Pevné látky . . . . .	3
8.4.2 Kapalné látky . . . . .	3
8.4.3 Plynné látky . . . . .	3
8.4.4 Plazma . . . . .	4
8.5 Stav soustavy . . . . .	5
8.5.1 Soustavy . . . . .	5
8.5.2 Rovnovážný stav soustavy . . . . .	5
8.6 Termodynamická teplota . . . . .	5
8.6.1 Teploměr . . . . .	5

## 8 Základní poznatky molekulové fyziky a termodynamiky

- metody molekulové fyziky a termodynamiky
  - makroskopický pohled
    - \* pozorování těles a dějů
    - \* neuvažování jednotlivých částicích, uvažování jen rozměrů těles
  - termodynamická metoda
    - \* pozorování tepelných jevů
    - \* založeno na zákonu zachování a přeměny energie
    - \* neuvažujeme částicové složení látky z molekul, atomů
  - statická metoda
    - \* zabývá se strukturou látek
    - \* odvětví molekulové fyziky

### 8.1 Kinetická teorie stavby látek

- látka složena z částic
- částice v neustálém a neuspořádaném pohybu
  - posuvný pohyb (plyny)
  - otáčivý pohyb (molekuly plynů)
  - kmitavý pohyb (pevné a kapalné látky)
- vzájemné působení částic silami
  - malé vzdálenosti – odpuzivé
  - velké vzdálenosti – přitažlivé
- částice v pohybu → kinetická energie
- plyn – narážení částic do stěn nádoby → tlak / tlaková síla

#### 8.1.1 Důkazy neuspořádaného pohybu

##### Difúze

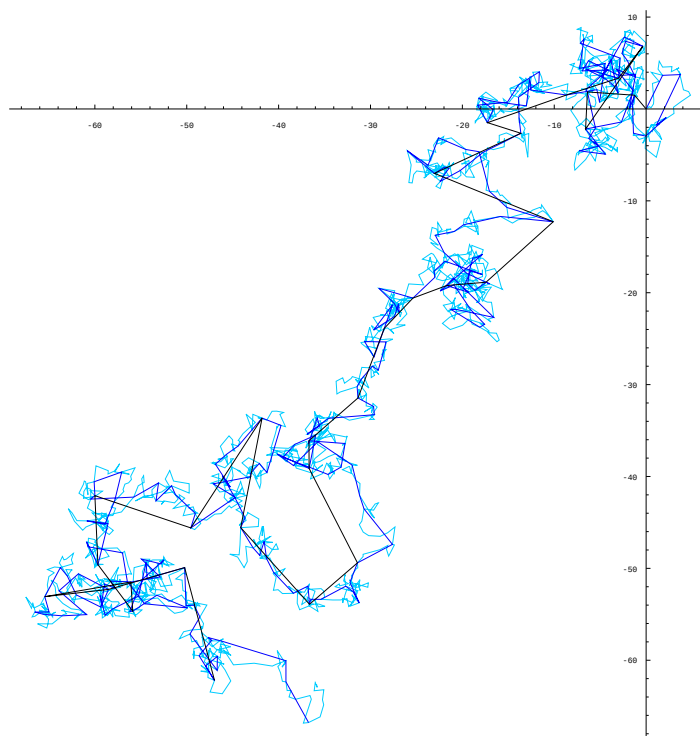
- samovolné pronikání částic jedné látky mezi částice druhé látky
- vyšší teplota → rychlejší difúze → vyšší rychlost částic

## Osmóza

- samovolný pohyb částic roztoku přes polopropustnou membránu
- přesun média z místa malé koncentrace do místa velké koncentrace → vyrovnaní koncentrací
- důležitá v biologických systémech

## Brownův pohyb

- náhodný pohyb mikroskopických částic v plynu nebo kapalině
- částice náhodně posouvána nárazy částicemi látky
- rozptyl částic z jednoho místa náhodnými směry – zvyšování entropie



Obr. 8.1: Znázornění Brownova pohybu

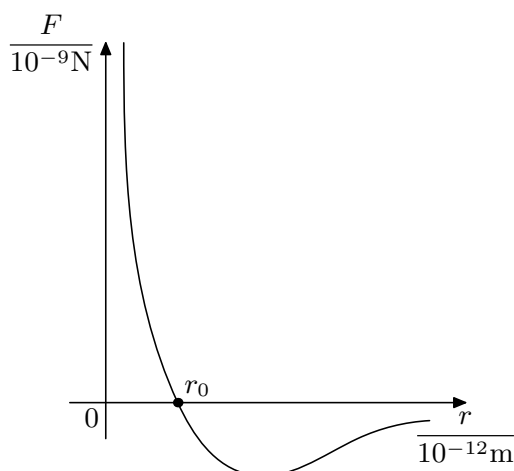
## 8.2 Síly mezi částicemi

- vzájemná interakce elektronových obalů a atomových jader
- tzv. **vazebné síly**
- malá vzdálenost ( $r < r_0$ ) – prudké zvyšování odpuzivé síly částic
- rovnovážná poloha ( $r_0 \approx 0,01 \text{ nm} - r_0 \approx 0,1 \text{ nm}$ ) – místo vyrovnaní odpuzivé a přitažlivé síly
- velká vzdálenost ( $r > r_0$ ) – přitažlivá síla, se vzdáleností klesá, projevení do vzdálenosti asi  $\approx 1 \text{ nm}$

## 8.3 Energie částic

### 8.3.1 Vazebná energie

- rovno práci potřebné pro rozdělení částic ve vazbě
- potenciální energie vazby
- způsobena vazebnými silami



Obr. 8.2: Graf závislosti síly na vzdálenosti

### 8.3.2 Kinetická energie

- kinetická energie pohybující se částice
- při pohybu či kmitání
- rostoucí s rostoucí teplotou

## 8.4 Vzájemné působení částic

### 8.4.1 Pevné látky

- pevné uspořádání částic pomocí vazeb
  - pravidelné – krystalické látky
  - nepravidelné – amorfnní látky
- střední vzdálenosti částic velmi malé
- kmitání částic okolo rovnovážných poloh – s teplotou roste amplituda
- potenciální energie částic větší než kinetická energie

#### Typy vazeb

- iontová
  - způsobena elektrostatickou silou částic
  - mezi elektropozitivním a elektronegativním prvkem
- vodíková – vodíkové můstky, např. mezi krystaly ledu
- kovová – způsobeno uvolněnými valenčními elektrony
- kovalentní – sdílení valenčních elektronů
- van der Waalsova
  - slabá vazba elektrické povahy
  - převážně při nízkých teplotách
  - I, Cl, O, H, organické sloučeniny, krystaly s velkou relativní hmotností

### 8.4.2 Kapalné látky

- částic více pohyblivé jak u pevných látek, ale méně než u plynů
- kmitání kolem časově proměnných rovnovážných poloh
- vnější síla → přesun částic ve směru síly → tekutost
- potenciální energie srovnatelná s kinetickou energií

### 8.4.3 Plynné látky

- volný pohyb částic
- zanedbatelné přitažlivé síly
- nemají rovnovážné polohy
- vykonávání tepelného pohybu – posuvný pohyb různými rychlostmi a různých velikostech a směrech
- změna rychlosti částic srážkou
- růst střední rychlosti molekul s teplotou
- potenciální energie mnohem menší, než kinetická

#### Rychlosti částic

- velikost rychlosti částice může dosahovat hodnot od 0 do nekonečna → nelze určit kinetickou energii jedné částice
- popis pomocí rychlostí vycházejících z Maxwellovy rozdělovací funkce
  - určení pravděpodobnosti dané rychlosti pro danou částici

#### Nejpravděpodobnější rychlost

- hodnota rychlosti s největší pravděpodobností
- v bodě  $\frac{df}{dv} = 0$

$$v_p = \sqrt{\frac{2kT}{m}}$$

- $k = 1,380\,649 \cdot 10^{23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$  – Boltzmannova konstanta
- $T$  – termodynamická teplota
- $m$  – hmotnost jedné částice/molekuly

#### Střední rychlost

- průměr rychlostí všech molekul

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}$$

#### Střední kvadratická rychlost

- aritmetický průměr kvadrátu rychlostí všech částic

$$\overline{v^2} = \frac{3kT}{m}$$

- používáno při určení střední energie molekuly nebo tlaku plynu

#### Efektivní rychlost

- odmocnina střední kvadratické rychlosti

$$v_{\text{ef}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$

#### Vnitřní energie plynu

- celková kinetická energie všech částic

$$E_k = \frac{1}{2} m \overline{v^2} \cdot N = \frac{1}{2} m \cdot \frac{3kT}{m} \cdot N = \frac{3}{2} kTN$$

- $N$  – počet částic

- střední hodnota kinetické energie jedné částice

$$\bar{\varepsilon} = \frac{3}{2}kT$$

- celková vnitřní energie

$$U = E_k = \frac{3}{2}kTN = \frac{3}{2}kT \cdot nN_A = \frac{3}{2}nRt$$

- $n$  – látkové množství
- $R \doteq 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$  – plynová konstanta

#### 8.4.4 Plazma

- soustava elektricky nabitých částic (iontů, volných elektronů, a neutrálních částic)
- při vysokých teplotách možnost složení pouze z elektronů a jader
- vysoká energie částic

### 8.5 Stav soustavy

- popsán stavovými veličinami – teplota, objem, tlak, hmotnost...
- další popis stavu – chemické složení, skupenství, uspořádání částic...
- termodynamická soustava – zkoumaná skupina těles (plyn ve válci s pístem, voda a pára...)
- stavová změna soustavy – při interakci s okolím; přechod mezi stavy  $\rightarrow$  změna stavových veličin

#### 8.5.1 Soustavy

##### Izolovaná soustava

- nedochází k výměně energie ani částic s okolím
- děje probíhají pouze v rámci soustavy
- idealizovaný případ, reálně nedosažitelný
- termoska s čajem, kalorimetr...

##### Uzavřená a otevřená soustava

- uzavřená – dochází k výměně energie, nedochází k výměně částic; hrnek s poklicí
- otevřená – výměna energie i částic s okolím; hrnek s čajem

##### Adiabaticky izolovaná soustava

- nedochází k tepelné výměně
- sifonová láhev

#### 8.5.2 Rovnovážný stav soustavy

- neměnný stav soustavy
- setrvávající stav při neměnných vnějších vlivech
- konstantní stavové veličiny
- rovnovážný děj – procházení soustavy mezi řadou na sebe navazujících rovnovážných stavů

### 8.6 Termodynamická teplota

- veličina vyjadřující energii systému
- vnímání člověkem jako studené/teplé

### 8.6.1 Teploměr

- zařízení měřící teplotu
- nepřímé měření – měření objemu kapaliny, tlak plynu...
- měření teploty v různých stupnicích
  - Celsiova stupnice
    - \* jednotka stupeň Celsia ( $^{\circ}\text{C}$ )
    - \*  $0^{\circ}\text{C}$  – bod tání ledu;  $100^{\circ}\text{C}$  – bod vypařování vody
    - \* obvyklé značení  $t$
  - Kelvinova stupnice
    - \* rozestupy stupňů stejné jako u Celsiovy
    - \*  $0\text{ K}$  – částice bez pohybu, nekmitají, nulová kinetická energie
    - \*  $0\text{ K} = 273,15^{\circ}\text{C}$
    - \* značení  $T$

### Typy

- kapalinové
  - roztahování kapaliny
  - použitelné pouze při určitých intervalech teplot
  - rtuť, líh
- plynové
  - změna tlaku/objemu plynu při zahřívání
  - široký interval teplot
- bimetalové
  - rozdílná tepelná roztažnost dvou kovových plátků
  - orientační měření teploty
- odporové
  - měření elektrického odporu polovodiče
  - měření pomocí Wheatstonova můstku či děliče napětí
- termoelektrické
  - měření termoelektrického jevu na termočlátku
- radiační
  - založeny na zákonu o tepelném záření
  - měření vysokých teplot