

2.1.3 Modely struktury látek v různých skupenstvích

Předpoklady: 2102

Př. 1: Porovnej typické vlastnosti tří skupenství vody (led, voda, vodní pára) a vyvod' z nich jaká bude vnitřní struktura vody v každém z těchto skupenství.

led – drží svůj tvar, vyskytuje se při nižších teplotách

voda – nedeří tvar, ale snaží se držet pohromadě (vytváří kuličky, ...), vyskytuje se v určitém rozmezí teplot, ani při příliš vysokých ani při příliš nízkých

vodní pára – nedeří tvar, vyplňuje volný prostor, vyskytuje se při nejvyšších teplotách

⇒ při přesunu od vodní páry k ledu roste význam vzájemného působení mezi molekulami a s teplotou klesá jejich rychlost

velikosti částic:

- atomy lehčích prvků přibližně 0,3 nm
- molekuly jednoduchých plynů přibližně 0,4 nm, složitější molekuly větší

Plynná látka

- velká vzdálenost mezi molekulami (typicky 3 nm) ⇒ vzájemné silové působení je velmi slabé

- velká kinetická energie pohybu (nejvyšší teploty), rychlostí řádově $400 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

⇒ molekuly se mimo vzájemné srážky pohybují přibližně přímočaře (přesto se typická molekula zúčastní během jedné sekundy řádově miliardy srážek)

Hodnota celkové potenciální energie soustavy molekul plynu je vždy značně menší než celková kinetická energie těchto částic.

Dodatek: Pokud jsou molekuly plynu více atomové (všechny plyny mimo vzácných plynů) má kinetická energie plynu další složky:

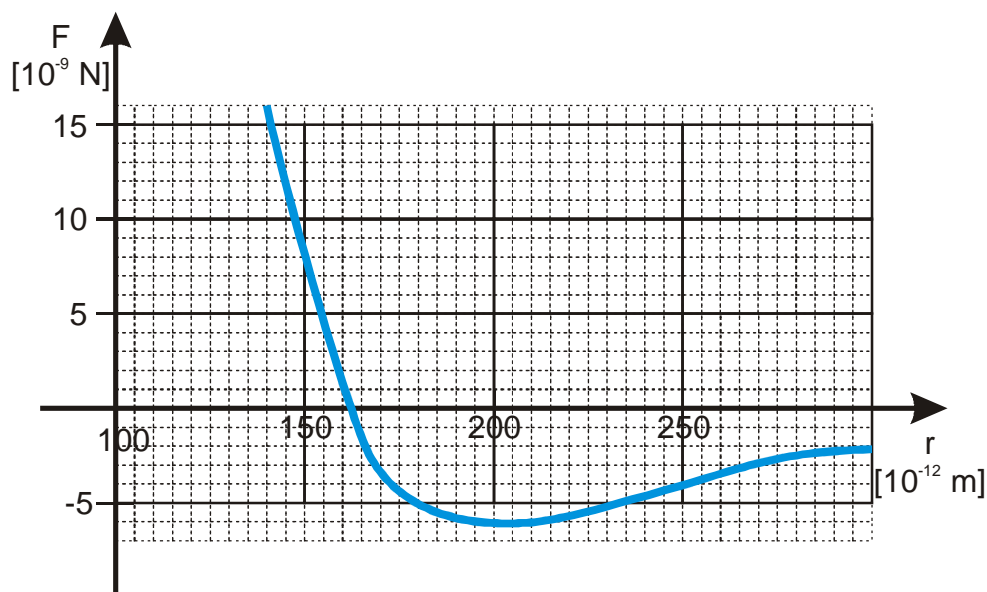
- kmitání atomů uvnitř molekuly
- rotace molekuly

Tyto dva druhy energie v našich úvahách nehrají podstatnou roli

Př. 2: Odhadni počet molekul vzduchu, které by se v jednom okamžiku nacházely ve třídě, v případě, že bychom všechny rozměry zvětšili tak, aby typická molekula měla velikost 1 m.

Skutečnost: velikost molekul řádově 0,4 nm, vzdálenost mezi molekulami řádově 3 nm ⇒ vzdálenost mezi molekulami je řádově 10x větší než jejich velikost ⇒ pokud by velikost molekul byla řádově 1m, byla by jejich vzájemná vzdálenost řádově 10 m ⇒ po většinu času by ve třídě byla pouze 1 nebo žádná molekula.

Př. 3: Vyznač v grafu vzájemného silového působení z minulé hodiny, typickou vzdálenost mezi molekulami plynu.



Typická vzdálenost mezi molekulami je $3 \text{ nm} = 3000 \cdot 10^{-12} \text{ m} \Rightarrow$ do našeho obrázku není možné ji nakreslit, protože bychom potřebovali desetkrát prodloužit osu x (rozsah vzdáleností)

Zmenšený obrázek by vypadal takto:



Př. 4: Vysvětli, na základě uvedených vlastností následující vlastnosti plynů:

- stlačitelnost plynu
- malou hustotu plynu
- vzrůst tlaku plynu při jeho stlačení

a) stlačitelnost plynu

vzdálenost mezi molekulami je velká (tak velká, že přitažlivé působení můžeme zanedbat) \Rightarrow i při značném zmenšení této vzdálenosti (například na polovinu) příliš velká na to, aby se molekuly začaly navzájem odpuzovat (a tím se více bránit stlačování)

b) malou hustotu plynu

volný prostor mezi molekulami neobsahuje žádnou hmotu, vzdálenost mezi molekulami je velká \Rightarrow jednotka objemu obsahuje pouze velmi málo hmoty, má malou hmotnost a hustota plynu je malá

c) vzrůst tlaku plynu při jeho stlačení

stlačení plynu \Rightarrow zmenšení objemu \Rightarrow zvýšení hustoty molekul \Rightarrow větší počet nárazů \Rightarrow větší tlak

Pedagogická poznámka: Při vysvětlování bodu a) je nutné, aby si studenti uvědomili, že odpor vzduchu proti stlačování (jak ho znají z pumpování kola nebo nafukování

balónku) nepůsobuje vzájemné odpuzování molekul plynu, ale nárazy plynu na stěnu nádoby – pumpičku nebo ústní dutinu).

Pevná látka

- vzdálenost částic je podstatně menší než u plynů (řádově desetkrát) \Rightarrow vzájemné přitahování hraje velkou roli \Rightarrow částice se navzájem drží v pevných pozicích \Rightarrow pevný tvar
- vyskytují se při nižších teplotách \Rightarrow menší kinetická energie, pomalejší neuspořádaný pohyb molekul (\Rightarrow částice nestojí, ale pohybují se)

\Rightarrow částice chaoticky kmitají kolem rovnovážných poloh s různou výchylkou, která se zvětšuje s teplotou (kolem teploty tání dosahují větší výchylky jedné šesti vzájemné vzdálenosti)

uspořádání rovnovážných poloh částic:

- pravidelné \Rightarrow **krystalické látky** (velká většina látek i ty, které tak nevypadají jako kovy)
- nepravidelné \Rightarrow **amorfní látky** (parafín, sklo)

Hodnota celkové potenciální energie soustavy molekul pevné látky je větší než celková kinetická energie kmitavého pohybu těchto částic.

Př. 5: Odhadni z grafu vzájemného silového působení částic typickou vzdálenost mezi částicemi v pevné látce.

vzdálenost mezi částicemi musí být taková, aby se částice přitahovaly (pohybují se neuspořádaným, bez vzájemného přitahování by se neudržely v okolí rovnovážných poloh) \Rightarrow vzdálenost bude přibližně 0,3 nm

Př. 6: Vysvětli, na základě uvedených vlastností následující vlastnosti pevných látek:

- a) nestlačitelnost
- b) tepelnou vodivost
- c) teplotní roztažnost pevných látek při zahřívání

a) nestlačitelnost

vzdálenost částic je taková, že vzájemné silové působení hraje rozhodující roli \Rightarrow při zmenšení vzdálenosti se začne projevovat odpuzivá síla, která velmi rychle roste a tím působí proti stlačování

b) tepelnou vodivost

částice na sebe působí \Rightarrow pokud se jedna začne pohybovat rychleji, uvede do rychlejšího pohybu i okolní částice, ty uvedou do rychlejšího pohybu další a tak se vzruch šíří po látce

c) teplotní roztažnost pevných látek při zahřívání

vyšší teplota \Rightarrow větší rychlost neuspořádaného pohybu \Rightarrow síly vzájemného působení musí déle brzdit kmitání částic, aby je udržely v okolí rovnovážných poloh \Rightarrow zvětšení mezičásticových vzdáleností \Rightarrow zvětšení objemu látky

Kapalina

- vzdálenost částic podobná jako u pevných látek \Rightarrow vzájemné přitahování hraje velkou roli

- větší kinetická energie kmitavého pohybu než u pevných látek
- ⇒ částice kmitají kolem rovnovážných poloh, které se mění, řádově za 1 ns
 ⇒ uspořádání kapaliny je podobnější pevné látce než plynu

Pokud působí vnější síla probíhají změny rovnovážných poloh v jejím směru ⇒ tekutost kapaliny

Hodnota celkové potenciální energie soustavy molekul kapalné látky je srovnatelná s celkovou kinetickou energií kmitavého pohybu těchto částic.

Př. 7: Vysvětli podobnou hodnotu hustoty kapalných a pevných látek, daleko větší než je hustota plynů.

U obou skupenství je vzdálenost mezi částicemi podobná ⇒ do jednotkového objemu se jich vedle přibližně stejné množství ⇒ jednotkový objem má v obou případech podobnou hmotnost a látky podobnou hustotu

Př. 8: Vysvětli, proč kapaliny nevyplňují volný prostor jako plyny a snaží se vytvářet kuličky.

Na každou částici kapaliny působí pouze částice ve vyznačeném okolí.

- částice je uvnitř kapaliny ⇒ průměrná přitažlivá síla je do všech stran stejná
- částice je na okraji kapaliny ⇒ chybí molekuly, které by ji přitahovaly směrem vzhůru ⇒ na částici působí výsledná síla směrem dovnitř

⇒ kapalina „drží pohromadě“, snaží se zmenšit počet částic, které jsou na jejím okraji ⇒ zaujímá s minimálním povrchem ⇒ v beztlížném stavu vytváří kuličky

podle některých odhadů až 99% pozorovatelné hmoty ve vesmíru netvoří ani jedno ze zmiňovaných skupenství látek ⇒ nejrozšířenější forma látky je plazma

Plazma

ionizovaný plyn složený z iontů, elektronů (případně i neutrálních atomů a molekul)

příklady: plamen, blesk, výboje zářivek a oblouků, hmota hvězd a mlhovin, sluneční vítr

poměr neutrálních a nabitých částic určuje stupeň ionizace

typicky existuje za velmi vysokých teplot

Shrnutí: