2.1.3 Modely struktury látek v různých skupenstvích

Předpoklady: 2102

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

- Led: drží svůj tvar, vyskytuje se při nižších teplotách.
- Voda: nedrží tvar, ale snaží se držet pohromadě (vytváří kapičky, nevyplňuje prostor), vyskytuje se v určitém rozmezí teplot (ne příliš vysokých, ne příliš nízkých).
- Vodní pára – nedrží tvar, vyplňuje volný prostor, vyskytuje se při vyšších teplotách.

$\Rightarrow$ 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.

Modely všech tří skupenství

Plynná látka

- Velká vzdálenost mezi molekulami (typicky 3 nm) $\Rightarrow$ vzájemné silové působení je velmi slabé,
- velká kinetická energie pohybu (nejvyšší teploty), rychlostí řádově $400\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$,

$\Rightarrow$ 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:

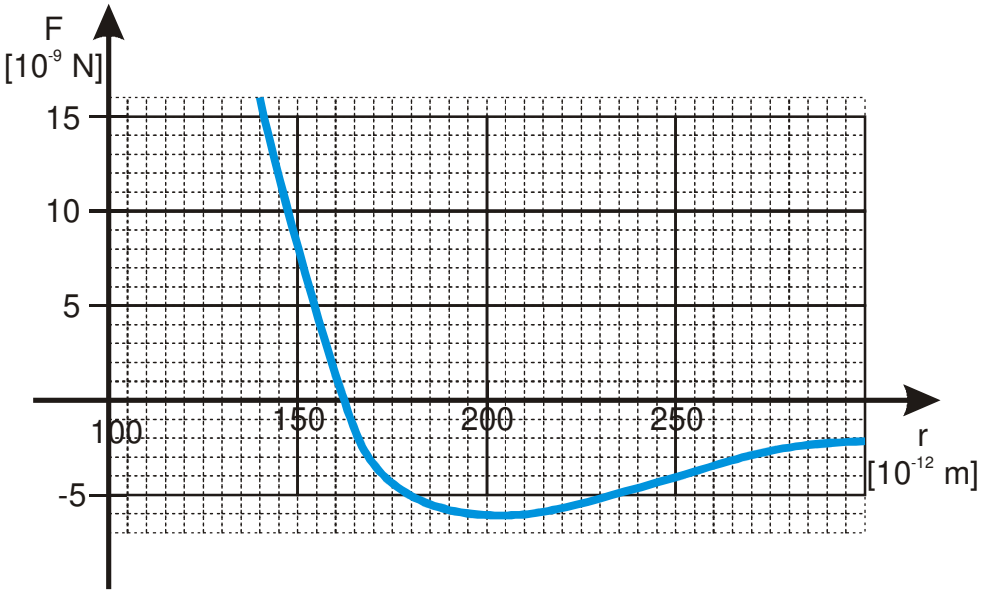
- kmitání atomů uvnitř molekuly,
- rotace molekuly.

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.

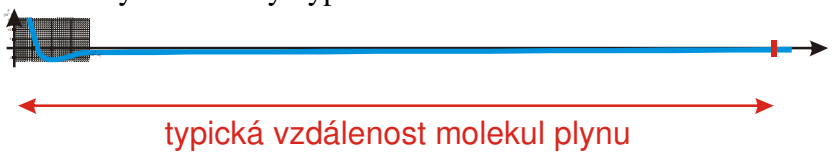
Skutečnost: velikost molekul řádově 0,4 nm, vzdálenost mezi molekulami řádově 3 nm $\Rightarrow$ vzdálenost mezi molekulami je řádově 10x větší než jejich velikost $\Rightarrow$ pokud by velikost molekul byla řádově 1m, byla by jejich vzájemná vzdálenost řádově 10 m $\Rightarrow$ po většinu času by ve 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:
a) stlačitelnost plynu, b) malou hustotu plynu
c) 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 (například na polovinu) je tato vzdálenost 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 částic $\Rightarrow$ v jednotce objemu je málo hmoty s malou hmotností $\Rightarrow$ 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) nezpůsobuje 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) ⇒ vzájemné přitahování hraje velkou roli ⇒ částice se navzájem drží v pevných pozicích ⇒ pevný tvar,
- vyskytují se při nižších teplotách ⇒ menší kinetická energie, pomalejší neuspořádaný pohyb molekul (⇒ částice nestojí, ale pohybují se),

⇒ částice chaoticky kmitají kolem rovnovážných poloh s různou výchylkou, která se zvětšuje s teplotou (kolem teploty tání dosahují větší výchylky jedné šestiny vzájemné vzdálenosti).
Uspořádání rovnovážných poloh částic:

- pravidelné ⇒ **krystalické látky** (velká většina látek i ty, které tak nevypadají jako kovy),
- nepravidelné ⇒ **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 rovnovážnými polohami částic v pevné látce.

Vzdálenost rovnovážných poloh musí být taková, aby se částice při oddálení začaly přitahovat a při přiblížení se začaly odpuzovat ⇒ vzdálenost bude přibližně 0,16 nm (u většiny pevných látek se pohybuje mezi 0,2 nm a 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 ⇒ při zmenšení vzdálenosti se začne projevovat odpudivá síla, která velmi rychle roste a tím působí proti stlačování.

b) tepelná vodivost
Částice na sebe působí ⇒ pokud se jedna začne pohybovat rychleji, uvede do rychlejšího pohybu i okolní částice, ty uvedou do rychlejšího pohybu své sousedy a tak se rychlejší kmitání šíří po látce.

c) teplotní roztažnost pevných látek při zahřívání
Vyšší teplota ⇒ vyšší rychlost neuspořádaného pohybu ⇒ síly vzájemného působení musí déle brzdit kmitání částic, aby je udržely v okolí rovnovážných poloh ⇒ zvětšení mezičásticových vzdáleností ⇒ zvětšení objemu látky.

Kapalina

- Vzdálenost částic podobná jako u pevných látek ⇒ 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 kapičky.

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 ven ⇒ 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 beztížném 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 se vyskytuje za velmi vysokých teplot.

Shrnutí: Typická mezičásticová vzdálenost a typická kinetická energie částic rozhodují o jejich skupenství.