

2.1.2 Vzájemné působení částic

Předpoklady: 2101

Poslední bod v červeném rámečku z minulé hodiny: **Částice na sebe neustále působí silami, kterou jsou při malých vzdálenostech odpudivé, při velkých vzdálenostech přitažlivé.**

Př. 1: Dokumentuj na běžných situacích, kdy jsou síly mezi částicemi, ze kterých se látky skládají:

a) přitažlivé

b) odpudivé

Která veličina rozhoduje o tom, zda vzájemná síla bude přitažlivá nebo odpudivá?

a) přitažlivé síly

- předměty drží pohromadě (například když držíme v ruce sešit, podpíráme pouze malou část jeho částic, zbytek sešitu udrží vzájemné působení jeho částic)
- předměty musíme natahovat silou, která se zvětšuje s protažením předmětu
- kapaliny vytvářejí kuličky a snaží se udržet pohromadě (například při vytahování předmětu z vody) = soudržnost
- kapaliny smáčí namočené předměty (přilnavost)

b) odpudivé síly

- kapaliny jsou velmi málo stlačitelné
- pevné předměty musíme stlačovat silou, která se zvětšuje se stlačením předmětu
- odskok míčku od podložky, pružný ráz

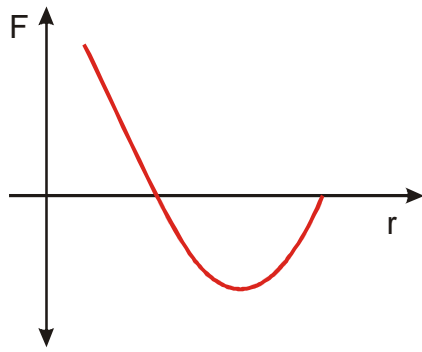
přitažlivá síla se mění na odpudivou, když od natahování (zvětšování vzdálenosti mezi částicemi) přejdeme ke stlačování (zmenšování vzdálenosti mezi molekulami) \Rightarrow o znaménku vzájemných sil rozhoduje vzdálenost mezi částicemi

Př. 2: Načrtni přibližný graf závislosti vzájemné síly mezi dvěma částicemi na jejich vzdálenosti. Odpudivou sílu ber jako kladnou, přitažlivou jako zápornou.

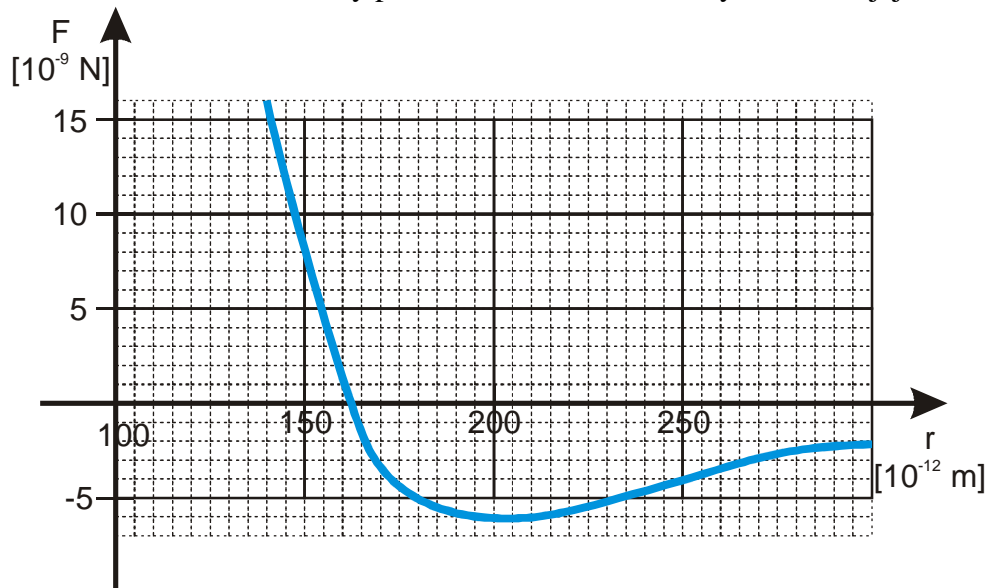
Síla se při určité vzdálenosti mění z přitažlivé na odpudivou \Rightarrow při této vzdálenosti je vzájemná síla nulová

- pokud se vzdálenost z předchozí hodnoty zmenšuje, stlačujeme předmět \Rightarrow objeví se rostoucí odpudivá síla mezi částicemi
- pokud se vzdálenost z předchozí hodnoty zvětšuje, natahujeme předmět \Rightarrow objeví se rostoucí přitažlivá síla mezi částicemi
- přitažlivá síla neroste do nekonečna (při určitém natažení předmět přetrháme) \Rightarrow v určité vzdálenosti se přitažlivá síla začne opět zmenšovat (když přiblížíme utržené kusy k sobě, většinou se nespojí)

\Rightarrow přibližný tvar grafu:



Graf závislosti velikosti síly působící mezi dvěma atomy uhlíku na jejich vzdálenosti



Př. 3: Na obrázku je zachycen graf závislosti síly působící mezi dvěma částicemi uhlíku na jejich vzdálenostech. Urči:

- velikost působící síly pro $r_1 = 140 \text{ nm}$, $r_2 = 160 \text{ nm}$, $r_3 = 200 \text{ nm}$, $r_4 = 300 \text{ nm}$. ve všech případech rozhodni, zda jde o přitažlivou nebo odpudivou sílu.
- velikost maximální působící přitažlivé síly
- vzájemnou vzdálenost obou atomů v rovnovážné poloze (předmět není ani natahován, ani stlačován)
- rozsah vzdáleností, ve kterých je silové působení částic přitažlivé
- při jaké vzdálenosti mezi částicemi se lano z této látky přetrhne
- kolikrát můžeme prodloužit lano z této látky

a) velikost působící síly pro $r_1 = 140 \text{ nm}$, $r_2 = 160 \text{ nm}$, $r_3 = 200 \text{ nm}$, $r_4 = 300 \text{ nm}$

- | | | |
|------------------------|-----|---|
| $r_1 = 140 \text{ nm}$ | ... | odpudivá síla $F_1 = 15 \text{ nN}$ |
| $r_2 = 160 \text{ nm}$ | ... | odpudivá síla $F_2 = 1 \text{ nN}$ |
| $r_3 = 200 \text{ nm}$ | ... | přitažlivá síla $F_3 = -6 \text{ nN}$ |
| $r_4 = 300 \text{ nm}$ | ... | přitažlivá síla $F_4 = -2,1 \text{ nN}$ |

b) velikost maximální působící přitažlivé síly

maximální přitažlivá síla $F_{\text{max}} = -6,1 \text{ nN}$ působí mezi částicemi při vzdálenosti 205 pm

c) vzájemnou vzdálenost obou atomů v rovnovážné poloze (předmět není ani natahován, ani stlačován)

atomy jsou v rovnovážné poloze od sebe vzdáleny 162 pm. V této poloze na ně působí nulová síla. Při přiblížení by na ně působila odpudivá síla, která by se je snažila oddálit. Při oddálení by na ně působila přitažlivá síla, která by se je snažila přiblížit.

d) rozsah vzdáleností, ve kterých je silové působení částic přitažlivé
přitažlivá síla působí na atomy při vzdálenostech větších než 162 pm

e) při jaké vzdálenosti mezi částicemi se lano z této látky přetrhne
lano by se mělo přetrhnout pokud vzdálenost mezi atomy vzroste nad 205 pm. Atomy při této vzdálenosti nejsou schopni zareagovat na zvýšení vnějšího napětí zvýšením vzájemné přitažlivé síly, protože jejich dalším oddálením přitažlivá síla naopak vzroste.

f) kolikrát můžeme prodloužit lano z této látky
vzdálenost mezi atomy se může zvětšit z 162 pm na 205 pm \Rightarrow pokud budeme považovat rozměry atomů vzhledem ke vzdálenostem mezi nimi za zanedbatelné, zvětší se při tomto natažení délka lana ze 162 cm na 205 cm, tedy $\frac{205}{162} = 1,27$ krát

Pedagogická poznámka: Body e) f) je třeba brát jako velice přibližný pohled na problematiku. V reálných situacích samozřejmě hrají roli i jiné okolnosti, ale základ spočívá právě ve vlastnostech vzájemného silového působení mezi částicemi.

Uvedená závislost vzájemné síly mezi dvěma atomy je výsledkem vzájemného elektrostatického působení jejich elektronů a jader, nejde tedy o nový typ fyzikální síly. Výsledek je pouze přibližný, protože přesný popis vyžaduje použití kvantové mechaniky a je početně velmi náročný.

Důsledky:

- Přitažlivá síla mezi částicemi se vzdáleností klesá \Rightarrow budeme předpokládat, že **částice je přitahována pouze nejbližšími částicemi** ve svém okolí (například u vody se přitahování projevuje do vzdáleností cca 1nm)
- Částice na sebe vzájemně působí \Rightarrow soustava částic má vnitřní potenciální energii

Př. 4: Navrhni znaménko, které by bylo vhodné připsat potenciální energii dvou atomů uhlíku, které jsou v rovnovážné poloze.

Pokud bychom chtěli atomy oddělit, museli bychom překonávat jejich přitažlivou sílu \Rightarrow vykonávali bychom kladnou práci \Rightarrow potenciální energie obou atomů v rovnovážné poloze je záporná (podobně jako u kuliček v d'olíku, které musíme zdvihnout, aby se mohly kutálet).

Potenciální energii částic v rovnovážné poloze nazýváme **vazebná energie**. Její velikost je rovna práci, kterou musí vykonat vnější síly, aby zrušily vazbu mezi částicemi (teoreticky vzdálily částice do nekonečné vzdálenosti).

Př. 5: Vysvětli, proč některé chemické reakce probíhají pouze při vyšších teplotách.

Při některých reakcích musí zaniknout vazby v původní molekule \Rightarrow musíme dodat vazebnou energii. Potřebnou energii atomy získají při vzájemné srážce dvou molekul \Rightarrow molekuly musejí mít dostatečnou energii \Rightarrow látka musí mít dostatečnou teplotu.

Při chemické reakci musíme v první fázi dodávat energii na rozbití stávajících vazeb, v druhé fázi se při vzniku nových vazeb energie uvolňuje. Rozdíl těchto energií určuje zda se při reakci teplo uvolňuje nebo spotřebovává.

Vazebná energie určuje strukturu molekul a tím i jejich vlastnosti.

Shrnutí: Odpudivá síla mezi částice při velmi malých vzdálenostech se mění na přitažlivou, která se při větších vzdálenost rychle zmenšuje.