

# 10 Štruktúra a vlastnosti pevných látok

## 10.1 štruktúra pevných látok

### 10.1.1 kryštalické a amorfné látky

#### - kryštalické látky:

- sú charakteristické pravidelným usporiadaním častíc (atómov, molekúl, iónov)
- usporiadanie častíc sa vyznačuje d'alekodosahovým usporiadaním
- niektoré sa vyskytujú ako **monokryštály**
  - vnútri monokryštálu sú častice usporiadané tak, že isté rozloženie častíc sa periodicky opakuje v celom kryštáli
  - monokryštály niektorých látok sa vyskytujú v prírode, napr. kamenná soľ NaCl, kremeň SiO<sub>2</sub>, diamant granát; existujú aj umelo vyrobené monokryštály, napr. kovy (meď, olovo, zinok), polovodiče (germánium, kremík), umelé drahokamy (rubín)
  - monokryštály sú **anizotropné** – ich fyzikálne vlastnosti sa menia podľa smeru vzhľadom na stavbu (napr. kúsok sludy sa v istých rovinách ľahko štiepi na tenké lístky; no veľmi ťažko ho možno rozdeliť v smere kolmom na tieto roviny)
- väčšina sa vyskytuje ako **polykryštály**
  - skladajú sa z veľkého počtu drobných kryštálikov – zrn s rozmermi od 10 μm do niekoľko mm. Vnútri zrn sú častice usporiadané pravidelne, vzájomná poloha zrn je však náhodná (patria tu napr. všetky kovy, ktoré sa vyskytujú v technickej praxi)
  - polykryštály sú **izotropné** – vlastnosti týchto látok sú vo všetkých smeroch vnútri polykryštálu rovnaké

#### - amorfné látky:

- v amorfnej látke okolo vybranej častice sú častice rozložené približne pravidelne, ale so zväčšujúcou sa vzdialenosťou sa táto pravidelnosť usporiadania častíc porušuje
- štruktúra amorfných látok sa vyznačuje krátkodosahovým usporiadaním
- patrí tu sklo, jantár, živica, vosk, asfalt, plasty; sú izotropné
- osobitnú skupinu tvoria **polyméry** (kaučuk, celulóza, drevo, bavlna, srst', koža bielkoviny, celofán, rozličné plasty)

### 10.1.2 kryštalová mriežka

- pravidelnú štruktúru vnútri kryštálu zobrazujeme pomocou trojrozsmernej sústavy rovnobežiek – **geometrickej mriežky**; priesečníky priamok sú uzlové (mriežkové) body
- keď sú známe tvar a rozmery základného rovnobežnostena a rozmiestnenie častíc v ňom, potom je určená stavba kryštálu ako celku. Základný rovnobežnosten, obsadený istým spôsobom časticami, nazývame **základná alebo elementárna bunka kryštálu**
- usporiadaním veľkého počtu základných buniek pozdĺž ich predĺžených hrán vznikne kryštál ľubovoľných rozmerov. V priestore sa tak utvorí sústava pravidelne rozložených častíc pevnej látky, ktorú nazývame **ideálna kryštalová mriežka**
- tvary elementárnej bunky sa používajú ako klasifikačné kritérium pri rozdelení kryštálov do kryštalových sústav (známych je sedem kryštalových sústav: kocková, štvorcová, kosoštvorcová, jednoklonná, trojklonná, klencová, šesťuholníková)
- **kocková (kubická) sústava:**
  - základná bunka má tvar kocky, pričom dĺžka jej hrany sa nazýva mriežková konštanta  $a$ 
    - **primitívna (prostá)** – v prírode sa vyskytuje výnimočne (napr. polónium)
    - **plošne centrovaná** – napr. kovy (hliník, meď, striebro, zlato, železo  $\gamma$ )

- **priestorovo centrovaná** – napr. kovy (železo  $\alpha$ , lítium, sodík, draslík, chróm, volfrám)

### 10.1.3 typy väzieb v pevných látkach

- **iónová väzba:**
  - kryštály sú veľmi tvrdé s pomerne vysokou teplotou topenia. Sú však krehké a štiepne pozdĺž rovín kolmých na hrany elementárnej bunky. Pri bežných teplotách sú dobrými elektrickými izolantmi; pri vyšších teplotách sú elektricky vodivé. Pre viditeľné svetlo sú zväčša priepustné
  - napr. NaCl, KBr, CsCl, LiF, kryštály alkalických zemín (CaO)
- **vodíková väzba (mostík):**
  - spája napr. ióny kyslíka v kryštáli ľadu  $H_2O$ , ale často sa vyskytuje aj v organických látkach
- **kovová väzba:**
  - mriežka sa skladá z kladných iónov, medzi ktorými sa pohybujú neusporiadaným pohybom valenčné elektróny – elektrónový plyn
  - kryštály majú veľmi dobrú tepelnú a elektrickú vodivosť. povrchový lesk, v hrubších vrstvách sú nepriehľadné: Nedajú sa štiepať, niektoré z nich sa vyznačujú dobrou kujnosťou a ťažnosťou.
  - napr. meď, železo, hliník, volfrám
- **kovalentná väzba:**
  - kryštály sú tvrdé, majú vysokú teplotu topenia a sú v bežných rozpúšťadlách nerozpustné. Patria medzi izolanty alebo polovodiče.
  - napr. diamant, germánum, kremík, karbid kremíka
- **Van der Waalova väzba:**
  - slabá väzba typická pre kryštály inertných prvkov, ktoré sú stabilné iba pri veľmi nízkych teplotách
  - kryštál neónu, jód, chlór, kyslík, vodík

### 10.1.4 poruchy kryštálovej mriežky

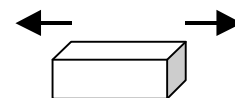
- reálne kryštály obsahujú vo svojej štruktúre **poruchy**
- **bodové poruchy:**
  - **vakancia:**
    - porucha, ktorá vzniká chýbajúcimi časticami v mriežke
    - príčinou môže byť kmitavý pohyb častice, ktorý spôsobí, že sa častica uvoľní zo svojej pôvodnej rovnovážnej polohy a toto miesto zostane neobsadené
  - **intersticiálna poloha častice:**
    - prejavuje sa tak, že častica je v mieste mimo pravidelného bodu mriežky. Keď je touto časticou ión, prenáša pri svojom pohybe náboj a spôsobuje tak elektrickú vodivosť iónových kryštálov
  - **prímesi (nečistoty):**
    - sú to cudzie atómy, ktoré sa vyskytujú v kryštáli
    - prímesový atóm môže byť v intersticiálnej polohe alebo nahrádza vlastný atóm mriežky (substitučný atóm)
- **čiarové poruchy (dislokácie):**
  - **hranová dislokácia:**
    - túto poruchu si môžeme predstaviť tak, že kryštál rozrežeme, obe časti od seba oddelíme, vložíme medzi ne jednu atómovú polovinu a opäť ich k sebe priložíme

## 10.2 deformácie pevného telesa

- pevné väzby medzi časticami pevnej látky spôsobujú, že základnou charakteristikou pevných telies je ich tvar. Zmenu tvaru pevného telesa spôsobenú účinkom vonkajších síl nazývame **deformácia**.
- keď pevné teleso nadobudne pôvodný tvar, len čo prestanú pôsobiť vonkajšie sily, hovoríme o **pružnej (elastickej) deformácii**. Takéto telesá sú pružné (elastické) ich deformácia je dočasná.
- trvalá deformácia telesa sa volá **tvárna (plastická)**
- poznáme päť jednoduchých deformácií:

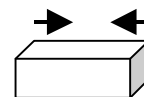
- **ťahom:**

- keď na teleso pôsobia dve rovnako veľké sily so smermi von z telesa (napr. závesné lano výťahu)



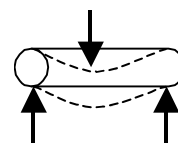
- **tlakom:**

- keď na teleso pôsobia dve rovnako veľké sily a smerujú dovnútra telesa (napr. piliere, nosníky)



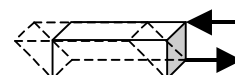
- **ohybov:**

- nastane napr. na nosníku podoprenom na oboch koncoch, ak pôsobí naň sila kolmo na jeho pozdĺžnu os súmernosti. Dolné vrstvy sú deformované ťahom, horné tlakom a stredná vrstva si zachováva svoju dĺžku



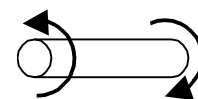
- **šmykom:**

- na hornú a dolnú podstavu deformovaného telesa pôsobia rovnako veľké sily, ale opačného smeru, a to v rovinách týchto podstav. Sily spôsobujú posunutie jednotlivých vrstiev telesa, pritom sa vzdialenosť vrstiev nemení.



- **krútením:**

- keď napr. na koncoch tyče pôsobia dve silové dvojice, ich momenty sú rovnako veľké, ale opačného smeru



- pri pružne deformovanom pevnom telese pôsobia na plochu ľubovoľného priečného rezu z oboch strán **sily pružnosti** (pri deformácii ťahom prevládajú príťažlivé sily; pri deformácii tlakom prevládajú odpudivé sily). Keď je pevné teleso deformované ťahom silami s veľkosťou  $F$ , je v rovnovážnom stave telesa veľkosť sily pružnosti  $F_p = F$  (vzniknuté sily pružnosti zabraňujú ustavičnému predlžovaniu telesa)
- v ľubovoľnom priečnom reze telesa vzniká pri deformácii stav napätosti, ktorý posudzujeme pomocou veličiny **normálové napätie**  $\sigma_n$  definované vzťahom:

- $\sigma_n = \frac{F_p}{S}$ , kde  $F_p$  je veľkosť sily pružnosti pôsobiacej kolmo na plochu rezu s obsahom  $S$ .

Jednotkou normálového napätia je *pascal*.

### 10.2.1 krivka deformácie

- deformujúce sily spôsobujú aj zmeny rozmerov deformovaného telesa
- napr. pri deformácii tyče ťahom predĺženie závisí priamo úmerne od pôvodnej dĺžky tyče  $l_0$ , pôsobiacej sily  $F$  a nepriamo úmerne od plochy prierezu  $S$ ; potom platí:

- $\Delta l = \frac{1}{E} \frac{F}{S} l_0$ , kde  $E$  je **modul pružnosti v ťahu**

- po úprave dostaneme **Hookov zákon**:

- $\frac{\Delta l}{l_0} = \frac{F}{S} \frac{1}{E} \Rightarrow \varepsilon = \frac{\sigma}{E}$ , kde  $\varepsilon$  je **relatívne (pomerné) predĺženie**

- pri postupnom zväčšovaní veľkosti síl deformujúcich skúmaný materiál, môžeme sledovať závislosť normálového napätia od relatívneho predĺženia; graf, ktorý zobrazuje túto závislosť sa volá **krivka deformácie**

- úsečka OA zodpovedá pružnej deformácii. Normálové napätie je priamo úmerné relatívnemu predĺženiu. Napätie, ktoré zodpovedá bodu A sa nazýva **medza úmernosti**  $\sigma_u$ . Hookov zákon platí pre normálové napätie  $\sigma_n$   $P$   $\sigma_u$ .
  - časť krivky AB zodpovedá **dopružovaniu**. Keď prestanú na tyč pôsobiť vonkajšie sily, deformácia nezanikne hneď, ale až po istom čase. Jav dopružovania možno pozorovať napr. na gumovej hadici, ktorú zaťažíme. Po odstránení záťaže sa hadica skrúti na dĺžku o niečo väčšiu, ako bola pôvodná dĺžka. Deformácia zmizne až po istom čase.
  - dopružovanie nastane v telesách, v ktorých nebolo vyvolané väčšie normálové napätie ako **medza pružnosti**  $\sigma_d$ . Medza úmernosti sa zväčša príliš neodlišuje od medze pružnosti; niektoré látky majú dokonca obe medze rovnako veľké a pri takých látkach dopružovanie nenastáva
  - **oblasť plastickej deformácie** znázorňuje časť krivky BE. Úseku CD zodpovedá tzv. **tečenie materiálu**, keď malej zmene normálového napätia prislúcha veľká zmena relatívneho predĺženia. Napätie  $\sigma_k$ , pri ktorom nastáva náhle predĺženie materiálu, volá sa **medza klzu (medza priet'aznosti)**
  - úsek DE na krivke deformácie zodpovedá **spevneniu materiálu**, ktoré sa končí po dosiahnutí **medze pevnosti**  $\sigma_p$ . Po prekročení medze pevnosti sa poruší súdržnosť látky – tyč sa pretrhne
- krivka deformácie nemá rovnaký priebeh pri všetkých látkach. Z jej priebehu môžeme rozhodnúť, ktorá látka je pružná, ktorá krehká a či je schopná veľkých plastických deformácií. Keď aj pri dost' veľkom relatívnom predĺžení je vyvolané normálové napätie menšie ako medza pružnosti, je príslušná látka **pružná** (ocel'). Ak látka má medzu pružnosti približujúcu sa medzi pevnosti, patrí medzi **krehké** látky (liatina, sklo, porcelán, mramor)

