

## 2.4.3 Reálný krystal

**Předpoklady:** 2402

**Pedagogická poznámka:** Pokud jste v časovém skluzu doporučuji tuto hodinu nechat studentům k samostudiu. Neobsahuje nic, co by studenti nepochopili sami, i v případě, že si látku neprojdou nebude Vám to komplikovat postup v dalších hodinách.

Reálný krystal má stejně jako všechno reálné na rozdíl od ideálního mnoho nedostatků – odchylek od pravidelného rozložení částic  $\Rightarrow$  **poruchy krystalové mřížky**.

### 1) bodové poruchy

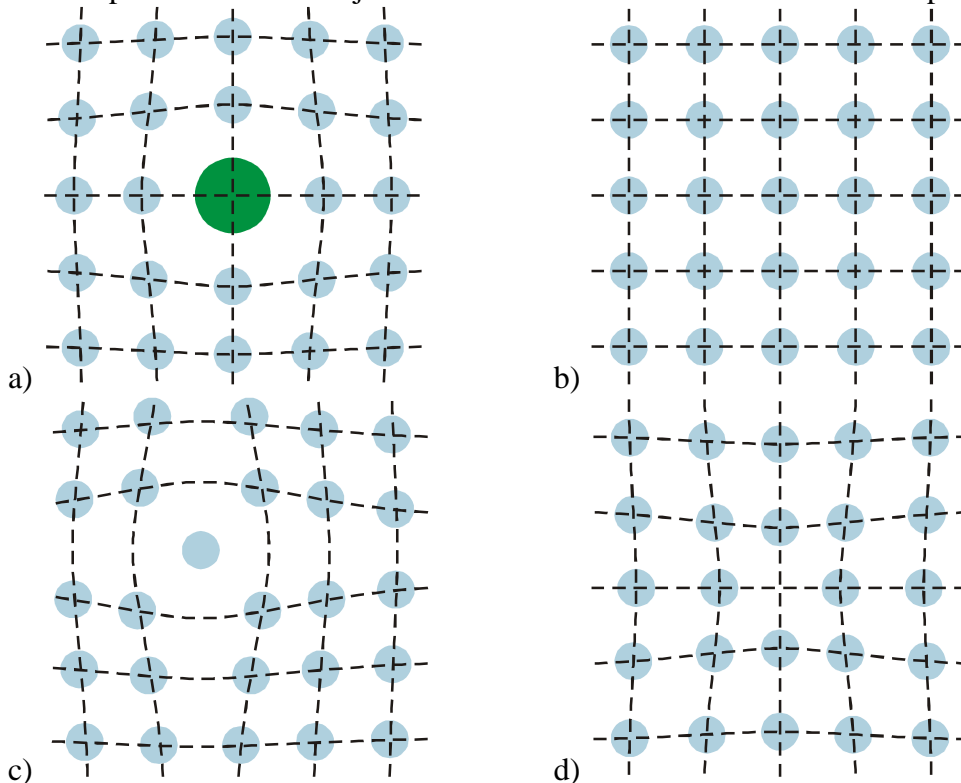
**a) vakance** – neobsazená poloha v krystalové mřížce chybí částice, často důsledek tepelného pohybu nebo ozáření vysokoenergetickým zářením (RTG, elektrony, ..)

**b) intersticiální poloha** – částice, která se nachází mimo pravidelný bod krystalové mřížky. Často jde o částice, které unikly z místa vakancí

**c) příměs** - cizí částice v krystalu

- v intersticiální poloze – například kyslík, uhlík v kovech
- v bodě vlastní částice mřížky – příměsi v polovodičích (změna vodivosti), úprava krystalů  $Al_2O_3$  pomocí iontů  $Cr^{3+}$  na rubín (do laserů)

**Př. 1:** Najdi na obrázku znázornění jednotlivých bodových poruch krystalové mřížky. Která z poruch není ani na jednom z obrázků? Nakresli znázornění této poruchy.



Jednotlivá znázornění:

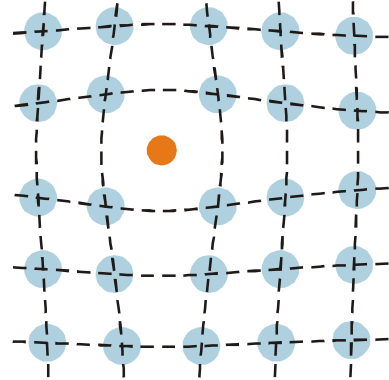
a) příměs v bodě vlastní částice mřížky

b) ideální mřížka bez poruchy

c) intersticiální poloha

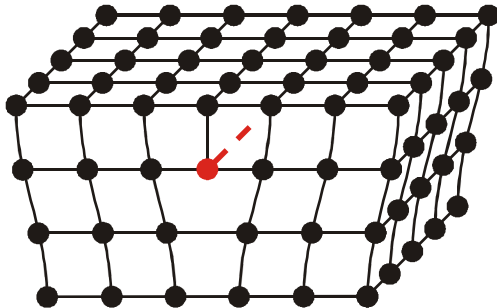
d) vakance

Na žádném obrázku není příměs v intersticiální poloze:



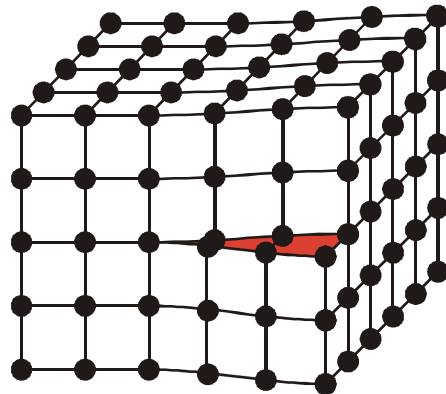
## 2) čárové poruchy (dislokace)

hranová dislokace



Do krystalu je navíc vložena hrana sestavená z atomů.

šroubová dislokace



Část krystalu je posunuta o jednu řadu atomů.

Dislokace mají obrovský vliv na pevnost krystalických látek, která je u reálných krystalů asi 0,1% pevnosti, kterou by měly ideální krystalů. U ideálního krystalu bychom museli přerušit všechny vazby mezi dvě vrstvami naráz, u reálného postupně přerušujeme nejvíce namáhané vazby v blízkosti dislokace.

## 3) plošné poruchy

## 4) objemové poruchy

### Typy krystalů podle vazeb mezi částicemi

#### 1) Iontové krystaly

alkalické halogenidy ( $NaCl$ ,  $KBr$ , ...), oxidy alkalických kovů ( $CaO$ )

silná vazba mezi kationtem a aniontem  $\Rightarrow$  vysoká teplota tání, elektrické izolanty (neobsahují volné ionty, jejich roztoky a tavenina, naopak vedou dobře), tvrdost, křehkost (při mechanickém namáhání se mohou ionty dostat do blízkosti stejného druhu iontů a tím vytvořit v krystalu odpudivé síly)

#### 2) Kovalentní krystaly

diamant, křemík, germanium

atomy jsou vázány sdílenými elektronovými páry  $\Rightarrow$  všechny atomy vytvářejí jednu obrovskou makromolekulu (makrokystal)

vazby jsou pevné a většinou stejně silné  $\Rightarrow$  tvrdé látky (diamant nejtvrdší nerost vůbec), nevodivé nebo polovodiče, nerozpustné v běžných rozpouštědlech

### 3) Kovové krystaly

*Cu, Fe, Al*

kovová vazba - mřížka z kladných iontů s delokalizovanými elektrony (elektronový plyn)  $\Rightarrow$  malá tvrdost, vysoká kujnost a tažnost, tepelná a elektrická vodivost, pohlcují světlo

### 4) Krystaly s vodíkovou vazbou

*H<sub>2</sub>O, organické sloučeniny*

vodíkový můstek (například mezi zápornějšími atomy kyslíku a kladnějšími atomy vodíku v sousedních molekulách)  $\Rightarrow$  mnoho volného místa v krystalové mřížce (hustota ledu je menší než hustota vody)

### 5) Molekulové krystaly

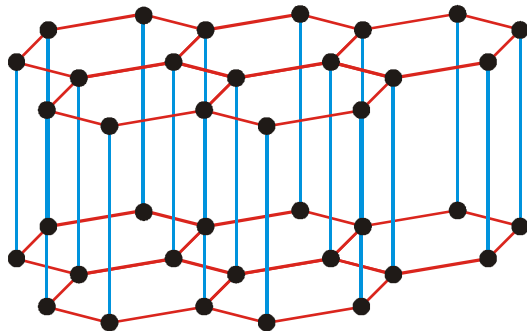
netečné plyny (pevné jen při velmi nízkých teplotách), methan, kyslík, parafín

Částice spojeny slabou van der Waalsovou vazbou  $\Rightarrow$  měkké, z nízkou teplotou tání.

V reálných krystalech se nejčastěji uplatňuje více druhů vazeb:

karbidy: kombinace kovové a kovalentní vazby

grafit: kovalentní vazba uhlíkových atomů do sítě pravidelných šestiúhelníků (na obrázku červeně), van der Waalsova vazba mezi vrstvami ze šestiúhelníků (na obrázku modře)



**Př. 2:** Zkus vysvětlí, jak souvisí vnitřní skladba krystalu grafitu s tím, že jej používáme jako tuhu v tužce.

Při psaní tužkou se tuhy odlupují kousíčky grafitu. Zřejmě dochází k přetrhání slabých van der Waalsových vazeb mezi vrstvami v krystalu.

**Shrnutí:**