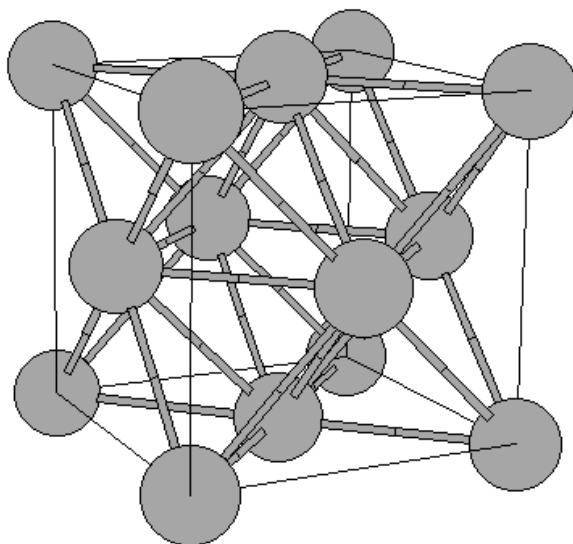


**Fyzika pro chemiky II – příklady ke cvičením**  
**Ústav fyziky kondenzovaných látek, PřF MU Brno**  
**jarní semestr 2023**

### 3. Příklady z fyziky kondenzovaných látek

- (a) Najděte úhel  $\theta$  mezi nejbližšími sousedními vazbami v mřížce křemíku. Zvažte, že každý atom křemíku je vázán ke čtyřem nejbližším sousedům, a ty jsou ve vrcholech pravidelného čtyřřtěnu, jehož všechny stěny jsou rovnostranné trojúhelníky.  
(b) Najděte délku vazby  $z$  údaje, že atomy ve vrcholech čtyřřtěnu jsou od sebe vzdáleny 388 pm.
- (a) Vypočtete mřížkový parametr  $a$  mědi, víte-li že hustota mědi je  $8940 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , hmotové číslo je 63,55 a elementární buňka mědi je kubická plošně centrovaná (atomy mědi se nachází ve vrcholech krychle a ve středech stěn – viz obrázek níže).  
(b) Ukažte, že koncentrace vodivostních elektronů je  $n = 8,4310 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$ .



*Krystalová struktura mědi.*

3. Pomocí následujícího vztahu určete Fermiho energii mědi

$$E_F = \left( \frac{3}{16\sqrt{2}\pi} \right)^{2/3} \frac{\hbar^2}{m} n^{2/3}$$

a poté ověřte, že Fermiho rychlost je  $v_F = 1,6 \cdot 10^6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

- Vypočtete driftovou rychlost elektronů v měděném drátu o průměru 1 mm, víte-li, že drátem teče proud o velikosti 1 mA. Tento výsledek porovnejte s Fermiho rychlostí z předchozího příkladu.
- Určete relaxační dobu  $\tau$  elektronů v mědi, je-li její měrný odpor  $1,7 \cdot 10^{-8} \Omega\cdot\text{m}$ .
- Porovnejte plazmovou frekvenci mědi s plazmovou frekvencí ionosféry. Elektronová hustota elektronů v nejnižší vrstvě ionosféry (vrstva D) je v poledne  $n_D = 1 \cdot 10^9 \text{ m}^{-3}$  a v nejvyšší vrstvě F<sub>2</sub> je  $n_F = 1 \cdot 10^{12} \text{ m}^{-3}$ . Jak souvisí vypočtené hodnoty s pásmy radiové komunikace?
- (a) Jaká je maximální vlnová délka světla, které vybudí elektron z valenčního pásu diamantu do vodivostního pásu? Pás zakázaných energií je 5,5 eV.  
(b) V jaké části elektromagnetického spektra tato vlnová délka leží?

8. Krystal chloridu draselného (KCl) má šířku zakázaného pásu 7,6 eV. Je tento krystal průhledný nebo neprůhledný pro světlo o vlnové délce  $\lambda = 140$  nm?
9. Čistý křemík má za pokojové teploty koncentraci elektronů ve vodivostním pásu  $5 \cdot 10^{15} \text{ m}^{-3}$  a stejnou koncentraci děr ve valenčním pásu. Předpokládejme, že jeden atom z každých  $10^7$  atomů křemíku je nahrazen atomem fosforu.
- (a) Jaký typ vodivosti bude mít tento dotovaný polovodič,  $n$  nebo  $p$ ?
  - (b) Jakou koncentraci nosičů náboje přidá fosfor?
  - (c) Jaký je podíl koncentrace nosičů náboje (elektronů ve vodivostním pásu či děr ve valenčním pásu) v dotovaném křemíku a v čistém křemíku?

### Nepovinné úlohy

úloha navíc Jaká je pravděpodobnost, že stav 0,062 eV nad Fermiho energií bude obsazen při

- (a)  $T = 0$  K,
- (b)  $T = 320$  K?