I. Zadaci za samostalan rad iz Fizike čvrstog stanja

Drude i Zomerfildova teorija metala. Direktna i inverzna rešetka. Rasijanje X-zraka na krsitalima.

1. Razmatrajući homogen i izotropan metal koji je smješten u spoljašnje x - električno polje E_x i z - magnetno polje H_z, odrediti komponente tenzora: (a) specifičnog otpora ρ; (b) električne provodnosti σ. Poznato je vrijeme relaksacije τ i provodnost σ_0 kada nema magnetnog polja. Uputstvo. Napisati u matričnom obliku realcije $\vec{E} = \rho \cdot \vec{j}$ i $\vec{0} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}_L - \frac{\vec{p}}{\tau}$, gdje je $\vec{F}_L$ - Lorencova sila.

Rj.(a) $\rho_0 \begin{pmatrix} 1 & \omega_C\tau \\ -\omega_C\tau & 1 \end{pmatrix}$;(b) $\frac{\sigma_0}{1+(\omega_C\tau)^2}\begin{pmatrix} 1 & -\omega_C\tau \\ \omega_C\tau & 1 \end{pmatrix}$

2. Koristeći Drudeov model metala, odrediti graničnu vrijednost talasne dužine ultravioletne svjetlosti za koju će metal natrijuma biti providan. Poznata je koncentracija elektrona $n = 2{,}5\cdot 10^{22}$ cm $^{-3}$, $e = 1{,}6\cdot 10^{-19}$ C, $m_e = 0{,}9\cdot 10^{-27}$ g, $c = 2{,}998\cdot 10^{8}$ m/s.

Uputstvo. Iskoristiti uslov za indeks prelamanja $\sqrt{\varepsilon} > 0$, da je $\varepsilon = 1 + 4\pi P/E$, polarizacija $P = nex$, a jednačina kratanja elektrona $m\ddot{x} = eE_0\cos(\omega t)$.

Rj. $\lambda \le 2\pi c\sqrt{m/(4\pi n e^2)} = 0{,}21\,\mu$m.

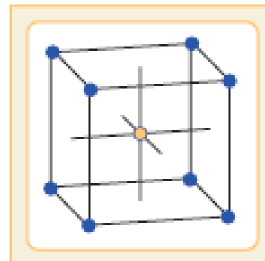
3. Atom He^3 ima spin ½ i predstavlja fermion. Gustina tečnog He^3 je 0,081 g cm^{-3} blizu apsolutne nule. Izračunati ε_F i T_F u tom slučaju.

Rj. $\varepsilon_F \simeq 7\cdot 10^{-34}$ J; $T_F \simeq 5$ K.

4. Za Pipardov 'standardni metal' sa koncentracijom slobodnih elektrona $n = 6{,}0\cdot 10^{22}$ 1/cm^3, izračunati sljedeće vrijednosti: (a) $\Omega_{el} = L^3/N$ - zapreminu po jednom elektronu; (b) r_S - poluprečnik sfere čija je zapremina jednaka Ω_{el}; (c) k_F; (d) υ_F; (e) p_F; (f) ε_F; (g) T_F.

Rj. (a) 16,667 Å; (b) 1,585 Å; (c) 1,21x 10^8 cm^{-1}; (d) 1,40 x 10^8 cm/s; (e) 12,75 x 10^{-25} Ns; (f) 5,56 eV=0,409 Ry; (g) 64700 K.

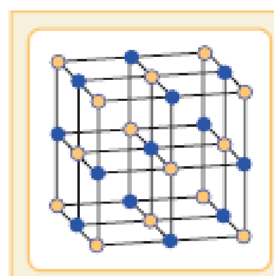
5. Odrediti gustinu CsCl, čija kristalna struktura je prosta kubična (sc) sa bazisom: Cs$^+$(0,0,0) i Cl$^-$(1/2,1/2,1/2) i konstantnom rešetke *a* = 4,11 Å. Poznato je N_A i $_{55}Cs^{132,91}$ i $_{17}Cl^{35,457}$.
Rj. ρ≅ 4,02 g/cm^3.



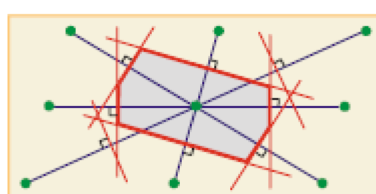
6. Fluorit - CaF$_2$ ima kristalnu strukturu fcc rešetke sa bazisom: Ca (0,0,0) i dva atoma F u (1/4,1/4,1/4) i (3/4,3/4,3/4). Izračunati gustinu jedinjenja. Poznato je rastojanje između najbližih susjednih atoma $d_{n.n.}$=2,36 Å, $_{20}Ca^{40,08}$ i $_9F^{18,998}$ i N_A.

Rj. ρ≅ 3,18 g/cm^3.

7. Naći: (a) rastojanje između dva susjedna atoma; (b) najmanje rastojanje između dva atoma iste vrste za jedinjenje KCl koje ima kubičnu strukturu tipa NaCl. Poznata je gustina KCl ρ≅ 1,98 g/cm^3, $_{19}K^{39,09}$ i $_{17}Cl^{35,457}$ i N_A.
Rj. (a) 3,14 Å; (b) 6,29 11 Å.



8. Za 2D rešetku sa primitivnim vektorima $\vec{a}_1 = (1,0)$ i $\vec{a}_2 = (1/2, \sqrt{3}/2)$: (a) nacrtati jednu elementarnu ćeliju; (b) konstgruisati Wigner-Zajcovu ćeliju i odrediti njene dužine stranica i vrijednosti uglova



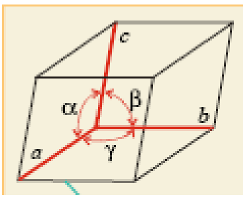
9. Model kristala čvrstih sfera poluprečnika r_A i r_B ima strukturu: (a) CsCl; (b) NaCl. Pokazati da se atomi na glavnoj dijagonali kocke neće dodirivati, ako je r_A/r_B redom: (a) 1,37; (b) 2,44.

10. Naći izraz za računanje zapremine elementarne ćelije:

(a) monokliničnog ($\alpha = \gamma = 90^0 \neq \beta$, $a \neq b \neq c$)

(b) heksagonalnog ($\alpha = \beta = 90^0, \gamma = 120^0$, $a = b \neq c$)

(c) romboedarskog ($\alpha = \beta = \gamma \neq 90^0$, $a = b = c$)



11. Naći broj elementarnih ćelija u 1 cm^3 heksagonalnog kristala sa parametrima a = 3,20 Å i c = 5,20 Å.

12. Dokazati da je inverzna rešetka Braveova rešetka.

13. Pokazati da je površinski centriranoj kubičnoj (fcc) Brave (Bravais) rešetki stranice a inverzna zapreminski centrirana (bcc) kubična rešetka stranice 4π i odrediti njene primitivne vektore.

14. Primitivni vektori translacije heksagonalne prostorne rešetke se mogu izabrati u sljedećem obliku:

$\vec{a}_1 = a\,(\vec{e}_1 + \sqrt{3}\cdot\vec{e}_2)/2$, $\vec{a}_2 = a\,(-\vec{e}_1 + \sqrt{3}\cdot\vec{e}_2)/2$,

$\vec{a}_3 = c\cdot\vec{e}_3$. Naći osam najkraćih nenultih vektora njene inverzne rešetke, nacrtati odgovarajuću I Briluenovu zonu i izračunati njenu zapreminu.

15. Kontinualni spektar X – zraka se dobija u cijevi kod koje je potencijalna razlika katode i antikatode 5 kV . Ako se ovim X – zracima obasja kristal kubične strukture paramtra rešetke a = 4,938 Å , pod kojim najmanjim uglom se javlja difrakcioni maksimum od familije ravni (020).

16. Odrediti koji uslov zadovoljavaju koordinate vektora inverzne rešetke u Dekartovom koordinatnom sistemu, kojima odgovara odsustvo difrakcionih maksimuma pri rasijanju X - zraka odgovarajuće talasne dužine u monoatomskom kristalu zapreminski centrirane kubične strukture (bcc).

17. Talasna dužina karakterističnog rendgenskog zračenja dobijenog iz bakarne anode, iznosi 1,537 Å. Ono pada na kristal Al, i difrakcioni maksimum od ravni (111) se javlja pod uglom $19{,}2^0$. Al ima strukturu fcc, gustina mu je 2699 kg/m^3, a atomski broj 26,98. Izračunati Avogadrov broj na osnovu datih podataka.