

Formelsamling vid tentamen i fasta tillståndets fysik, F3-2003

1. Struktur och diffraktion

Gitter $\mathbf{R} = m\mathbf{a} + n\mathbf{b} + p\mathbf{c}$ Bas $\mathbf{r}_j = x_j\mathbf{a} + y_j\mathbf{b} + z_j\mathbf{c}$ Cellvolym $|\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} \times \mathbf{c}|$ Rec.gittret $\mathbf{G}_{hkl} = h\mathbf{A} + k\mathbf{B} + l\mathbf{C}$

$$\mathbf{A} = 2\pi \frac{\mathbf{b} \times \mathbf{c}}{\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} \times \mathbf{c}}; \mathbf{B} = 2\pi \frac{\mathbf{c} \times \mathbf{a}}{\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} \times \mathbf{c}}; \mathbf{C} = 2\pi \frac{\mathbf{a} \times \mathbf{b}}{\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} \times \mathbf{c}}$$

$$\mathbf{G}_{hkl} \cdot (\mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i) = 2\pi \frac{\mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i}{d_{hkl}}$$

$$\text{Diff. villkor: } \mathbf{Dk} = \mathbf{G}_{hkl} \quad ; \quad \mathbf{k} \cdot \mathbf{G}_{hkl} = \frac{1}{2} G_{hkl}^2 \quad ; \quad 2d_{hkl} \sin \theta_{hkl} = \lambda$$

$$\text{Basens strukturfaktor: } S = \sum_j f_j \exp(-i\mathbf{Dk} \cdot \mathbf{r}_j)$$

2. Vibrationer, termiska egenskaper

$$\bar{n} = 1 / (e^{\hbar\omega/kT} - 1)$$

$$N_k = V / 8\pi^3 \text{ för 3D}$$

$$\text{Debye (3D): } C_{V, \text{fonon}} = 234Nk(T/Q)^3 \text{ för } T \ll Q; \quad \omega_{\text{max}}^3 = \frac{6N\pi^2}{V} v_g^3$$

$$\text{Termisk ledningsförmåga } K = \frac{1}{3} C v l$$

3. Elektronstruktur, elektriska och optiska egenskaper

$$\text{Elektrongasen (3D): } D(E) = \frac{V}{2\pi^2} \frac{2m}{\hbar^2} \sqrt{E}$$

$$D(E_F) = 3N / 2\epsilon_F$$

$$k_F = (3\pi^2 \frac{N}{V})^{1/3}$$

$$f(E, T) = 1 / (e^{(E - E_F)/kT} + 1)$$

$$E(\text{eV}) = 3.81 \quad k \text{ i } \text{\AA}^{-1}$$

$$\sigma = \frac{ne^2\tau}{m}$$

$$C_{V, \text{el}} = \frac{\pi^2}{3} D(E_F) k^2 T$$

Rörelse i fält:

$$\mathbf{F} = \hbar \frac{d\mathbf{k}}{dt} = q\mathbf{E} + q\mathbf{v} \times \mathbf{B}; \quad \mathbf{v} = \frac{1}{\hbar} \nabla_{\mathbf{k}} E(\mathbf{k})$$

$$m_{\text{eff}} = \hbar^2 / \frac{d^2 E}{dk^2}$$

Optiska frekvenser:

$$-\mathbf{x} \cdot \nabla H = J = i \int \frac{\partial E}{\partial t} \mathcal{O}^{\mathcal{E}}$$

$$s = -i\omega e \text{ där } e = e_1 e_0 = (e_1 + i e_2) e_0$$

$$\text{och } s = s_1 + i s_2$$

$$e_{\text{r}} = N^2 = (n + ik)^2$$

$$R_{\Lambda} = [(n-1)^2 + k^2] / [(n+1)^2 + k^2]$$

$$\omega_p^2 = ne^2 / \epsilon_0 m$$

Halvledare:

$$m = |\mathbf{v}| / E = e t / m$$

$$\mathbf{k}_h = -\mathbf{k}_e; \quad q_h = |e|; \quad \mathbf{v}_h = \mathbf{v}_e; \quad m_h = -m_e$$

$$E_G = 2U_G = 2S^*V_G$$

$$E_d = e^4 m_e / 2(4\pi e_0 e_r \hbar)^2; \quad a_d = 4\pi e_r e_0 \hbar^2 / m_e e^2$$

$$n = 2 \frac{\hat{E} m_e k T^{\wedge 3/2}}{\tilde{E} 2 \pi \hbar^2} \exp[(\mu - E_c)/kT] = n_o \exp[(\mu - E_c)/kT]$$

$$p = 2 \frac{\hat{E} m_h k T^{\wedge 3/2}}{\tilde{E} 2 \pi \hbar^2} \exp[-\mu/kT] = p_o \exp[-\mu/kT]$$

$$s = n e m_e + p e m_h$$

$$R_H = \frac{1}{e} \frac{p \mu_h^2 - n \mu_e^2}{(p \mu_h + n \mu_e)^2}$$

Vid rumstemperatur och med $m_e = m_h = m$ är $n_0 = p_0 = 2.5 \cdot 10^{25} \text{m}^{-3}$

Vid rumtemperatur

$n_p = 2.1 \cdot 10^{31} \text{ m}^{-6}$	för Si
$n_p = 2.9 \cdot 10^{38} \text{ m}^{-6}$	för Ge
$n_p = 6.6 \cdot 10^{24} \text{ m}^{-6}$	för GaAs

Endast donatorer: $n = N_d^+ + p$

Donatorer och lågt T ($kT < E_d$): $n^a (n_0 N_d)^{1/2} \exp(-E_d/2kT)$

Dielektrika: $\mathbf{E}_{\text{lok}} = \mathbf{E} + \mathbf{P}/3 \mathbf{e}_0$

$$\mathbf{P} = \mathbf{N}_p \quad ; \quad p = aE_{\text{lok}}$$

4. Magnetism

$$\mathbf{B} = m_f m_b H = m_b (1+c) H = m_b (H+M)$$

$$m_B = e\hbar / 2m = 0.927 \cdot 10^{-23} \text{ Am}^2$$

$$\text{El. gasen } c_{\text{para}} = m_B^2 m_b N(E_F) / V$$

param. salt:

$$\chi = \frac{N}{V} \frac{(\mu_B)^2 \mu_o}{3kT} \text{ där } p = g\sqrt{J(J+1)}$$

$$\text{och } g = 1 + \frac{J(J+1) + S(S+1) + L(L+1)}{2J(J+1)}$$

3d-seriens joner: $p = 2\sqrt{S(S+1)}$