Háskóli Íslands
Raunvísindadeild
Eðlisfræðiskor

09.21.64 Eðlisfræði þéttefnis I

Föstudaginn 20. desember 1996, kl. 9-13.

Leyfileg hjálpargögn eru: Vasatölva.

1. Svarið eftirfarandi spurningum um kristallssléttur:
   (a) Hvernig tengjast kristallssléttur og nykurgrindarvigrar?
   (b) Nefnið eina skilgreiningu fyrir Millervísa.
   (c) Eru Millervísar háðir vali á grunnvigrum nykurgrindar?
   (d) Teiknið kristallsslétturnar merktar með Millervísunum (100), (110) og (111) í einfaldri teningsgrind.

2. Tvívíð Bravaisgrind hefur einingarvigrana $\mathbf{a}_1 = a\hat{\mathbf{x}}$ og $\mathbf{a}_2 = a\hat{\mathbf{x}} - a\hat{\mathbf{y}}$.
   (a) Finnið grunnvigra nykurgrindarinnar.
   (b) Teiknið fyrsta og annað Brillouinsvæðið.
   (c) Hvert er flatarmál þessara Brillouinsvæða?
   (d) Hvar eru Bragglínurnar?
   (e) Hvað gildir um orku og hraða rafeindanna á Bragglínunum? Hvers vegna?

3. Svarið eftirfarandi spurningum um hreyfingar rafeinda í tímaóháðu föstu segulsviði:
   (a) Hvernig er hægt að nota hálfsígildu hreyfijöfnurnar til þess að ákvarða hvort lokuð braut rafeinda í nykurrúminu umlyki ástönd með hærri eða lægri orku en ástöndin á sjálfri brautinni?
   (b) Hverju lýsir jafnan

$$T(\mathcal{E}, k_z) = \frac{\hbar^2 c}{eH} \frac{\partial}{\partial \mathcal{E}} A(\mathcal{E}, k_z)?$$

(c) Hvers vegna þurfa brautir rafeinda í nykurrúminu ekki að vera lokaðar þrátt fyrir segulsviðið?

4. Rafeindum í lotubundnum kristalli er lýst með Blochástöndum er lúta hálfsígildum hreyfijöfnum.

   (a) Hvers vegna er „kristallsskriðþungi" ekki skriðþungi?

   (b) Hvað eru holur?

   (c) Er munur á svörun holna og tómra rafeindaástanda við ytra rafsviði? Skýrið.

   (d) Hvaða rafeindaástönd verða fyrir mestum áhrifum af mjög veiku lotubundnu mætti? Hvers vegna?

5. Lýsið orkurófi eins- og tvíatóma línulegrar keðju, (einvíðs kristalls). Hvers vegna er munur? Lýsið sveifluháttunum í Γ-punktinum og við svæðamörkin.

6. Lýsið aðferð sem væri heppileg til þess að reikna borðauppbyggingu hálfleiðara með víða orkugeil.

7. Hvað er fasti Madelungs?

$$\boxed{\textbf{Jöfnur fyrir 09.21.64}}$$

$$\vec{p} = -i\hbar\frac{\partial}{\partial\vec{r}} = -i\hbar\vec{\nabla}, \qquad \mathcal{E}(\vec{k}) = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}, \qquad \frac{1}{n} = \frac{4\pi r_s^3}{3}, \qquad \vec{j} = -ne\vec{v}$$

$$\vec{p} = \hbar\vec{k}, \qquad \vec{v} = \frac{\hbar\vec{k}}{m}, \qquad \lambda = \frac{2\pi}{k}, \qquad a_0 = \frac{\hbar^2}{me^2}, \qquad \vec{j} = \sigma\vec{E}$$

$$\lim_{V\to\infty}\frac{1}{V}\sum_{\vec{k}} F(\vec{k}) = 2\int\frac{d\vec{k}}{(2\pi)^3}F(\vec{k}), \qquad f(\mathcal{E}) = \frac{1}{e^{(\mathcal{E}-\mu)\beta}+1}, \qquad \beta = \frac{1}{k_B T}$$

$$n = 2\int\frac{d\vec{k}}{(2\pi)^3}f(\mathcal{E}(\vec{k})), \qquad c_v = \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_V, \qquad \lim_{T\to 0}\mu = \mathcal{E}_F$$

$$u = \int_{-\infty}^{\infty} d\mathcal{E}\, g(\mathcal{E})\mathcal{E} f(\mathcal{E}), \qquad e^{i\vec{K}\cdot\vec{R}} = 1, \qquad \vec{b}_i\cdot\vec{a}_j = 2\pi\delta_{ij}$$

$$\vec{b}_1 = 2\pi\frac{\vec{a}_2\times\vec{a}_3}{\vec{a}_1\cdot(\vec{a}_2\times\vec{a}_3)}, \qquad \vec{b}_2 = 2\pi\frac{\vec{a}_3\times\vec{a}_1}{\vec{a}_1\cdot(\vec{a}_2\times\vec{a}_3)}, \qquad \vec{b}_3 = 2\pi\frac{\vec{a}_1\times\vec{a}_2}{\vec{a}_1\cdot(\vec{a}_2\times\vec{a}_3)}$$

$$\psi_{n\vec{k}}(\vec{r}) = e^{i\vec{k}\cdot\vec{r}}u_{n\vec{k}}(\vec{r}), \qquad \psi(\vec{r}+\vec{R}) = e^{i\vec{k}\cdot\vec{R}}\psi(\vec{r}), \qquad \vec{v}_n(\vec{k}) = \frac{1}{\hbar}\vec{\nabla}_{\vec{k}}\mathcal{E}_n(\vec{k})$$

$$g_n(\mathcal{E}) = 2\int\frac{d\vec{k}}{(2\pi)^3}\delta(\mathcal{E}-\mathcal{E}_n(\vec{k})), \qquad g_n(\mathcal{E}) = 2\int_{S_n(\mathcal{E})}\frac{dS}{(2\pi)^3}\frac{1}{|\vec{\nabla}\mathcal{E}_n(\vec{k})|}$$

$$\dot{\vec{r}} = \vec{v}_n(\vec{k}), \qquad \hbar\dot{\vec{k}} = -e\left[\vec{E}(\vec{r},t) + \frac{1}{c}\vec{v}_n(\vec{k})\times\vec{H}(\vec{r},t)\right]$$

$$\vec{k}(t) = \vec{k}(0) - \frac{e\vec{E}t}{\hbar}, \qquad \left[M^{-1}(\vec{k})\right]_{ij} = \pm\frac{1}{\hbar^2}\frac{\partial^2\mathcal{E}(\vec{k})}{\partial k_i\partial k_j}$$

$$E = \sum_{\vec{k}s}(n_{\vec{k}s}+\frac{1}{2})\hbar\omega_s(\vec{k}), \qquad g(\omega) = \sum_s\int\frac{dS}{(2\pi)^3}\frac{1}{|\vec{\nabla}\omega_s(\vec{k})|}$$

$$\mu_i = \mathcal{E}_v + \frac{1}{2}E_g + \frac{3}{4}k_b T\ln\left(\frac{m_v}{m_c}\right), \qquad \langle n\rangle = \frac{\sum N_j e^{-\beta(E_j-\mu N_j)}}{\sum e^{-\beta(E_j-\mu N_j)}}$$