

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
Academic Session 2007/2008

April 2008

**ZCT 317/3 – Solid State Physics II**  
*[Fizik Keadaan Pepejal II]*

Duration: 3 hours  
*[Masa : 3 jam]*

---

Please ensure that this examination paper contains **SIX** printed pages before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi ENAM muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

**Instruction:** Answer **ALL** questions. Students are allowed to answer all questions in Bahasa Malaysia or in English.

**Arahan:** Jawab **SEMUA** soalan. Pelajar dibenarkan menjawab semua soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]

1. The expression for the energies of the  $s$ -band in face-centered cubic crystal for tight binding is given as

[Ungkapan tenaga untuk jalur- $s$  di dalam hablur kubik berpusat muka bagi ikatan ketat diberi oleh]

$$\varepsilon_k = E_s - \beta + 4\gamma(\cos \frac{1}{2}k_x a \cos \frac{1}{2}k_y a + \cos \frac{1}{2}k_y a \cos \frac{1}{2}k_z a + \cos \frac{1}{2}k_z a \cos \frac{1}{2}k_x a)$$

where  $E_s$ ,  $\beta$ , and  $\gamma$  do not depend on  $k$ .

[Di mana  $E_s$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$  tidak bergantung kepada  $k$ .]

- (a) Reduce the above expression to a simpler form for  $k$  from  $\Gamma$  to  $X$  using  
[Permudahkan ungkapan di atas untuk  $k$  dari  $\Gamma$  hingga  $X$  menggunakan]

$$k_y = k_z = 0 \text{ and } k_x = \mu 2\pi / a, \quad (0 \leq \mu \leq 1)$$

(6/20)

- (b) Do the same for  $\Gamma$  to  $L$  this time using the following expression,  
[Lakukan perkara yang sama untuk  $\Gamma$  hingga  $L$  tetapi sekarang menggunakan ungkapan berikut,]

$$k_x = k_y = k_z = \mu 2\pi / a, \quad (0 \leq \mu \leq \frac{1}{2})$$

(6/20)

- (c) Plot against  $k$  for  $\Gamma$  to  $X$  the energy expression obtained in (b) taking  
[Plot ungkapan tenaga yang diperolehi di (b) melawan  $k$  untuk  $\Gamma$  hingga  $X$  dengan mengambil]

$$E_s = \beta = 0 \text{ and } \gamma = 0.25$$

(8/20)

2. (a) Obtain the macroscopic electric field for a sphere of radius  $R$  inside the sphere with constant polarization  $\mathbf{P}$  along the  $z$ -axis.

[Dapatkan medan elektrik makroskopi untuk suatu sfera berjejari  $R$  di dalam suatu sfera dengan pengkutuban malar  $\mathbf{P}$  disepanjang paksi- $z$ .]

(8/20)

.../3-

- (b) Obtain the dielectric constant of the sphere in (a).  
*[Dapatkan pemalar medan elektrik untuk sfera di (a).]* (4/20)
- (c) Differentiate between an ordinary dielectric and a ferroelectric. What is a first order transition. Explain using Landau theory.  
*[Bezakan di antara dwielektrik biasa dan dan ferroelektrik. Apakah transisi tertib pertama. Terangkan menggunakan teori Landau.]* (8/20)
3. (a) Using the concept of free energy explain why a metal in a superconducting state transforms into a normal state at a certain critical value  $B_{ac}$  of applied magnetic field.  
*[Menggunakan konsep tenaga bebas terangkan kenapa logam di dalam keadaan superkonduktor menjelma ke dalam keadaan normal pada suatu nilai kritikal  $B_{ac}$  bagi medan magnet yang dikenakan.]* (7/20)
- (b) Show that the magnetic flux through a loop is quantized. Obtain an expression for the quantum of flux. Why would you call it a quantum mechanical effect.  
*[Tunjukkan bahawa fluks magnet melalui suatu lingkaran adalah terkuantum. Dapatkan ungkapan bagi suatu kuantum fluks. Kenapa ianya dipanggil kesan kuantum mekanik?]* (7/20)
- (c) The intrinsic coherence length  $\xi_0$  for Pb is  $8.3 \times 10^{-6}$  cm and  $\lambda_L$  has the value  $3.7 \times 10^{-6}$  cm. What type of superconductor is Pb? What effect impurities have on these constants?  
*[Panjang koheren intrinsik  $\xi_0$  untuk Pb ialah  $8.3 \times 10^{-6}$  cm dan  $\lambda_L$  mempunyai nilai  $3.7 \times 10^{-6}$  cm. Apakah jenis superkonduktor Pb ini? Apakah kesan bendasing terhadap pemalar-pemalar ini?]* (6/20)

4. (a) In a 2-dimensional crystal the maximum energy  $E_F$  of electrons is 2 eV. How many  $k$  states would the circle of radius  $k_F$  in Fig.1 contain given the area of crystal is  $0.5 \text{ cm}^2$ . Note  $E_F = \hbar^2 k_F^2 / (2m)$  and  $D(E) = \frac{m}{\pi \hbar^2} A$ , where  $A$  is the area of the 2-D crystal. *Hint* : Total states  $\Omega(E_F) = \int_0^{E_F} D(E) dE$

[Di dalam hablur 2 dimensi, tenaga maksimum elektron  $E_F$  ialah 2 eV. Berapa banyak keadaan  $k$  yang terdapat di dalam suatu bulatan berjari  $k_F$  di dalam Rajah 1. Diberi luas hablur ialah  $0.5 \text{ cm}^2$ . Ambil  $E_F = \hbar^2 k_F^2 / (2m)$  dan

$D(E) = \frac{m}{\pi \hbar^2} A$ , di mana  $A$  ialah luas hablur.]

Ambil : Jumlah keadaan  $\Omega(E_F) = \int_0^{E_F} D(E) dE$

(7/20)

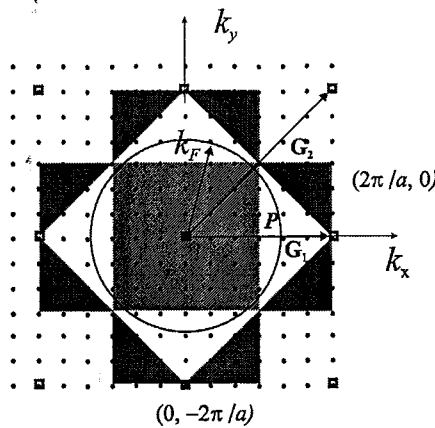


Fig.1

- (b) Taking into account the spin of the electrons, what is the electron density?  
 [Mengambil kira spin elektron, apakah ketumpatan elektron?]

(3/20)

.../5-

- (c) How many Brillouin Zones do the electrons occupy?  
 [Berapakah jumlah Zon Brillouin yang diduduki elektron?]  
 (2/20)
- (d) Figs. 2(a) and 2(b) show the Fermi surfaces of two different crystals? For each of the diagram in Table 1 on your answer sheet write down the required informations.  
 [Rajah 2(a) dan 2(b) menunjukkan permukaan-permukaan Fermi untuk dua hablur yang berbeza. Untuk setiap rajah di dalam jadual dalam jawapan anda, tuliskan maklumat yang diperlukan.]  
 (8/20)

Table 1 [Rajah]

Fig. 2(a) [Rajah 2(a)]	Crystal structure What is it? [Apakah struktur hablur?]	Valence 1,2,3,4? [Valen 1,2,3,4?]	Metal, Semiconductor, Insulator? [Logam, Semikonduktor, Penebat?]	Number of Brillouin zones occupied. [Jumlah Zon Brillouin yang diduduki]	Examples Give two [Beri dua contoh]	Space in which the diagram is drawn [Lakarkan rajah di sini]
Fig. 2(b) [Rajah 2(b)]	Crystal structure What is it? [Apakah struktur hablur?]	Valence 1,2,3,4? [Valen 1,2,3,4?]	Metal, Semiconductor, Insulator? [Logam, Semikonduktor, Penebat?]	Number of Brillouin zones occupied. [Jumlah Zon Brillouin yang diduduki]	Examples Give two [Beri dua contoh]	Space in which the diagram is drawn [Lakarkan rajah di sini]

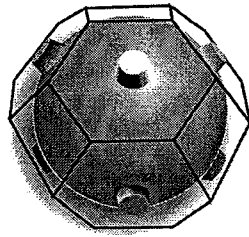


Fig. 2(a)

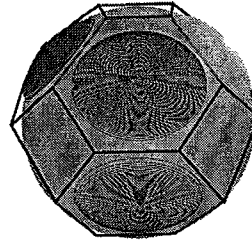


Fig. 2(b)

5. (a) Consider a metal with many partially filled bands. For each band  $E_n = \rho J_n$ . Since  $E = \rho J$  show that  $\rho = \left(\sum_n \rho_n^{-1}\right)^{-1}$ .  
 [Pertimbangkan suatu logam dengan jalur separa penuh. Untuk setiap jalur  $E_n = \rho J_n$ . Oleh kerana  $E = \rho J$  tunjukkan bahawa  $\rho = \left(\sum_n \rho_n^{-1}\right)^{-1}$ ]  
 (8/20)
- (b) Consider a monovalent tetragonal metal with faces separated by  $3 \times 10^8 \text{ cm}^{-1}$ . A magnetic field of  $10^3 \text{ gauss} = 10^{-1} \text{ tesla}$  is normal to the plane of the orbit. What is the order of magnitude of period of motion in k space? Take  $v = 10^8 \text{ cm/sec}$ .  
 [Pertimbangkan logam tetragonal monovalen dengan muka-muka dipisahkan sebanyak  $3 \times 10^8 \text{ cm}^{-1}$ . Medan magnet  $10^3 \text{ gauss} = 10^{-1}$  adalah normal kepada satah orbit. Apakah nilai magnitud bagi tempoh untuk pergerakan di dalam ruang k? Ambil  $v = 10^8 \text{ cm/s}$ .]  
 (8/20)
- (c) Describe the electron motion in real space.  
 [Terangkan pergerakan elektron dalam ruang nyata.]  
 (4/20)