

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
Academic Session 2004/2005

October 2004

**ZCC 541/4 - Solid State Physics I**  
*[Fizik Keadaan Pepejal I]*

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

---

Please check that this examination paper consists of **FIVE** pages of printed material before you begin the examination.

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

**Instructions:** Answer all **FIVE** (5) questions. Students are allowed to answer all questions in Bahasa Malaysia or in English.

**Arahan:** *Jawab kesemua **LIMA** (5) soalan. Pelajar dibenarkan menjawab semua soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]*

1. (a) Sketch the crystal structure of the following crystals:  
 [(a) *Lakarkan struktur hablur bagi hablur-hablur yang berikut:*]

- (i) Cs Cl (cesium chloride)  
 [(i) Cs Cl (*klorida cesium*)]  
 (ii) C (graphite)  
 [(ii) C (*grafit*)]

(30/100)

- (b) Write short notes on the following topics:  
 [(b) *Tuliskan nota ringkas tentang:*]

- (i) Bragg's Law  
 [(i) *Hukum Bragg*]  
 (ii) Reciprocal lattice vectors  
 [(ii) *Vektor-vektor kekisi resiprokal*]

(30/100)

- (c) The primitive translation vectors of the body-centred cubic lattice may be taken as:  
 [(c) *Vektor-vektor translasi primitif bagi kekisi kubus berpusat-jasad ialah:*]

$$\underline{a}_1 = \frac{a}{2}(-\hat{x} + \hat{y} + \hat{z})$$

$$\underline{a}_2 = \frac{a}{2}(\hat{x} - \hat{y} + \hat{z})$$

$$\underline{a}_3 = \frac{a}{2}(\hat{x} + \hat{y} - \hat{z})$$

where  $a$  is the side of the conventional cube and  $(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$  are orthogonal unit vectors parallel to the cube edges.

[*di mana  $a$  ialah sisi kubus lazim dan  $(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$  ialah vektor-vektor unit berortogon yang selari dengan pinggir-pinggir kubus.*]

- (i) Determine the volume of the primitive cell.  
 [(i) *Tentukan isipadu sel primitif.*]  
 (ii) Obtain the primitive translation vectors of the reciprocal lattice.  
 [(ii) *Dapatkan vektor-vektor translasi primitif bagi kekisi resiprokal.*]  
 (iii) Describe and sketch the first Brillouin zone of the body-centred cubic lattice.  
 [(iii) *Huraikan dan lakarkan zon Brillouin pertama bagi kekisi kubus berpusat-jasad.*]

(40/100)

...3/-

2. (a) Write a short essay on the following topic:  
 [(a) *Tuliskan karangan ringkas tentang topik yang berikut:*]  
 "Phonons and heat conduction in solids"  
 "*Fonon-fonon dan kekonduksian haba dalam bahan-bahan pejal*"  
 (30/100)
- (b) Sketch the phonon dispersion relations ( $\omega$  versus  $K$ ) for a diatomic lattice and explain the meaning of the various branches.  
 [(b) *Lakarkan perhubungan-perhubungan sebaran fonon ( $\omega$  lawan  $K$ ) bagi satu kekisi dwiatom dan jelaskan maksud cabang-cabang yang wujud.*]  
 (40/100)
- (c) The Debye  $T^3$  law for the specific heat of solids,  $C_v$ , agrees with the experimental results at low temperatures.  
 [(c) *Hukum Debye  $T^3$  bagi haba spesifik bahan-bahan pejal,  $C_v$ , bersetuju dengan hasil eksperimen pada suhu rendah.*]
- (i) Write down the exact form for  $C_v$  (Debye  $T^3$  law)  
 [(i) *Tuliskan bentuk tepat untuk  $C_v$  (hukum Debye  $T^3$ )*  
 (ii) What are the assumptions used in the Debye model for the specific heat,  $C_v$ ?  
 [(ii) *Apakah anggapan-anggapan yang digunakan dalam model Debye untuk haba spesifik,  $C_v$ ?*  
 (30/100)
3. (a) Write short notes on the following topics:  
 [(a) *Tuliskan nota ringkas tentang:*]
- (i) Sommerfeld theory of metals  
 [(i) *Teori Sommerfeld untuk logam]*  
 (ii) Fermi-Dirac distribution  
 [(ii) *Taburan Fermi-Dirac]*  
 (30/100)
- (b) (i) Use the equation for the Lorentz force on an electron to derive the Hall coefficient,  $R_H$ .  
 [(i) *Gunakan persamaan bagi daya Lorentz yang bertindak ke atas satu elektron untuk menerbitkan pekali Hall,  $R_H$ .*  
 (ii) Give two uses of the Hall Effect.  
 [(ii) *Berikan dua kegunaan Kesan Hall.*]  
 (40/100)

- (c) Show that the kinetic energy of a three-dimensional gas of  $N$  free electrons at 0 K is  
 [(c) *Tunjukkan bahawa tenaga kinetik bagi satu gas berdimensi-tiga dengan  $N$  elektron bebas pada 0 K ialah*

$$U_0 = \frac{3}{5} N E_F$$

where  $E_F$  is the Fermi energy.  
 [di mana  $E_F$  ialah tenaga Fermi].

(30/100)

4. (a) The energy gap for intrinsic silicon at room temperature is 1.1 eV. By using the crystal structure for silicon, explain qualitatively the origin of this energy gap.  
 [(a) *Jurang tenaga bagi silikon intrinsik pada suhu bilik ialah 1.1 eV. Dengan menggunakan struktur hablur bagi silikon, jelaskan secara kualitatif, bagaimana jurang tenaga ini boleh wujud.*]

(30/100)

- (b) Use the energy band structure to compare the physical properties of a direct band-gap semiconductor with those of an indirect band-gap semiconductor.  
 [(b) *Gunakan struktur jalur tenaga untuk membandingkan sifat-sifat fizikal satu semikonduktor jurang tenaga terus dengan sifat-sifat fizikal satu semikonduktor jurang tenaga tak-terus.*]

(30/100)

- (c) Sketch the following figures:  
 [(c) *Lakarkan gambarajah-gambarajah yang berikut:*]

- (i) energy band structure of silicon  
 [(i) *struktur jalur tenaga bagi silikon*]  
 (ii) Fermi surface of silicon  
 [(ii) *permukaan Fermi bagi silikon*]

(40/100)

5. (a) Write short notes on the following topics:  
 [(a) *Tuliskan nota ringkas tentang:*]

- (i) Kronig-Penney Model  
 [(i) *Model Kronig-Penney*]  
 (ii) Tight-Binding Method  
 [(ii) *Kaedah Ikatan-Ketat*]

(30/100)

...5/-

(b) The semi-classical motion of electrons in a uniform magnetic field is given by the equations:

[(b) *Pergerakan semi-klasik bagi elektron yang bergerak di dalam satu medan magnet yang seragam akan mematuhi persamaan-persamaan yang berikut:*]

$$\vec{r} = \vec{v}(k) = \frac{1}{\hbar} \frac{\partial E(k)}{\partial \vec{k}}$$

$$\hbar \dot{\vec{k}} = (-e) \frac{1}{c} \vec{v}(k) \times \vec{H}$$

where [di mana]

$\vec{v} = \dot{\vec{r}}$  : velocity [halaju]  
 $E$  : energy [tenaga]  
 $\vec{k}$  : wave vector [vektor gelombang]  
 $e$  : electron charge [cas elektron]  
 $c$  : speed of light [halaju cahaya]  
 $\vec{H}$  : magnetic field [medan magnet]

Use these two equations to describe the motion of the electrons in the uniform magnetic field.

[Gunakan dua persamaan di atas untuk menghuraikan pergerakan elektron di dalam medan magnet yang seragam.]

(40/100)

(c) Use the semi-classical model of the free electron theory to explain the existence of positive charge carriers (holes).

[(c) *Gunakan model semi-klasik teori elektron bebas untuk menjelaskan kewujudan pembawa cas positif, iaitu, lohong.*]

(30/100)