
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)

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 (ω versus K) for a diatomic lattice and explain the meaning of the various branches.
 [(b) *Lakarkan perhubungan-perhubungan sebaran fonon (ω 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)

(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:]*

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

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

where [di mana]

- $\vec{v} = \vec{r}$: 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)