
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Final Examination
2015/2016 Academic Session

May/June 2016

JIF 417 – Solid State Physics
[Ilmu Fizik Keadaan Pepejal]

Time : 3 hours
[Masa : 3 jam]

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

Answer **ALL** questions. You may answer **either** in Bahasa Malaysia or in English.

Read the instructions carefully before answering.

Total marks is 100. The marks for each question is as indicated at the end of the question.

In the event of any discrepancies in the exam questions, the English version shall be used.

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

*Jawab **SEMUA** soalan. Anda dibenarkan menjawab soalan **sama ada** dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.*

Baca arahan dengan teliti sebelum anda menjawab soalan.

Jumlah markah keseluruhan ialah 100. Markah setiap soalan ditunjukkan di hujung soalan.

Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.

Answer **ALL** questions

1. Consider the lattice vibration of a two atoms per basis in a linear chain. The determinant of the homogenous linear equations of motion is given by

$$\begin{vmatrix} 2C - M_1\omega^2 & -C[1 + e^{iKa}] \\ -C[1 + e^{iKa}] & 2C - M_2\omega^2 \end{vmatrix}$$

- (a) Determine the dispersion relations for the case of two atoms per basis. (6 marks)
- (b) For the case of monatomic basis in a linear chain, the dispersion relation is given by

$$\omega^2 = \frac{4C}{M} \sin^2\left(\frac{1}{2}Ka\right)$$

Plot the dispersion relations for both two atoms per basis and monatomic basis cases. Label all the important parts in the plot. Describe in detail both plots including the major differences between the two.

- (5 marks)
- (c) Calculate the group velocity at the boundary of the first Brillouin zone for the monatomic basis case. (4 marks)
- (d) What are the names of the branches in the dispersion relations for the two atoms per basis case? Explain in detail why they are named as such. Sketch the movements of atoms in all branches. (5 marks)

2. (a) Explain the mechanism for thermal expansion in solids. (8 marks)
- (b) The concentration of conduction electrons in aluminum (Al) is nearly three times than that of copper (Cu). However Al has a smaller electrical conductivity than Cu. Explain in detail why Al has a smaller electrical conductivity than Cu. Include relevant drawing of Fermi surfaces in your explanation. (12 marks)
3. A major difference between the free electron theory and the band structure theory is the splitting of the energy levels in the latter.
- (a) Explain why there is no splitting in the energy level in the free electron theory? (4 marks)
- (b) Using appropriate wave function for electrons in metals at the first Brillouin zone boundary, prove the existence of band gap according to the band structure theory. (16 marks)
4. (a) Describe in detail the two main features of superconducting materials. (10 marks)
- (b) Describe in detail the Josephson junction. (5 marks)
- (c) Describe in detail the vortex state for a superconductor. (5 marks)

5. (a) Explain in detail the differences between ferromagnetism, ferrimagnetism and antiferromagnetism. (10 marks)
- (b) Explain the Heisenberg exchange interaction. (5 marks)
- (c) Explain the magnetic behaviours of type I and type II superconductors. (5 marks)

Jawab SEMUA soalan.

1. Pertimbangkan getaran kekisi dwiatom per basis dalam satu rantai linear. Determinan untuk persamaan-persamaan gerakan yang linear homogen diberikan oleh

$$\begin{vmatrix} 2C - M_1\omega^2 & -C[1 + e^{iKa}] \\ -C[1 + e^{iKa}] & 2C - M_2\omega^2 \end{vmatrix}$$

- (a) Tentukan hubungan-hubungan sebaran untuk kes dwiatom per basis.

(6 markah)

- (b) Untuk kes basis satu atom dalam satu rantai linear, hubungan sebaran diberikan oleh

$$\omega^2 = \frac{4C}{M} \sin^2\left(\frac{1}{2}Ka\right)$$

Plot hubungan sebaran untuk kedua-dua kes dwiatom dan satu atom per basis. Labelkan semua bahagian yang penting dalam plot tersebut. Terangkan dengan terperinci kedua-dua plot tersebut termasuk perbezaan utama diantara kedua-dua plot.

(5 markah)

- (c) Hitung halaju kumpulan di sempadan zon Brillouin pertama untuk kes satu atom per basis.

(4 markah)

- (d) Apakah nama cabang-cabang hubungan sebaran untuk kes dwi atom per basis? Terangkan dengan terperinci kenapa cabang-cabang dinamakan sebegitu. Lakarkan pergerakan atom-atom untuk semua cabang.

(5 markah)

2. (a) *Terangkan mekanisma untuk pengembangan haba dalam pepejal.*
(8 markah)
- (b) *Kepekatan elektron konduksi dalam aluminium (Al) adalah hampir tiga kali ganda berbanding kuprum (Cu). Walaubagai mana pun, Al mempunyai kekonduksian elektrik yang lebih kecil berbanding Cu. Terangkan dengan terperinci kenapa Al mempunyai kekonduksian elektrik yang lebih kecil berbanding Cu. Sertakan rajah permukaan Fermi yang relevan dalam penerangan anda.*
(12 markah)
3. *Satu perbezaan utama diantara teori elektron bebas dan teori struktur jalur adalah pembelahan aras tenaga dalam teori struktur jalur.*
- (a) *Terangkan kenapa tiada pembelahan aras tenaga dalam teori elektron bebas.*
(4 markah)
- (b) *Dengan menggunakan fungsi gelombang yang sesuai untuk elektron di dalam logam pada sempada zon Brillouin pertama, buktikan kewujudan jurang jalur mengikut teori struktur jalur.*
(16 markah)
4. (a) *Terangkan dengan terperinci dua ciri utama bahan superkonduktor.*
(10 markah)
- (b) *Terangkan dengan terperinci tentang simpang Josephson.*
(5 markah)

- (c) *Terangkan dengan terperinci tentang keadaan vorteks untuk superkonduktor.*
(5 markah)
5. (a) *Terangkan dengan terperinci perbezaan diantara fermagnetisma, ferimagnetisma dan antiferomagnetisma.*
(10 markah)
- (b) *Terangkan tentang interaksi pertukaran Heisenberg.*
(5 markah)
- (c) *Terangkan tentang sifat magnetik untuk superkonduktor jenis I dan jenis II.*
(5 markah)