

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

KSCP Semester Examination  
Academic Session 2004/2005

Mei 2005

**ZCT 317E/3 - Solid State Physics II**  
***[Fizik Keadaan pepejal II]***

Duration 3 hours  
*[Masa 3 jam]*

Please check that the 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 ]*

**Instruction** Answer any **FOUR** questions Students are allowed to answer all questions in Bahasa Malaysia or in English

**Arahan** Jawab mana-mana **EMPAT** soalan Pelajar dibenarkan menjawab semua soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris ]

- 1 (a) The primitive translation vectors of a two dimensional (2-D) rectangular lattice are given by  
 [ *Vektor-vektor translasi primitif bagi suatu kekisi segi-empat dua dimensi (2-D) adalah diberi oleh* ]

$$\mathbf{a}_1 = a\hat{x} \quad \mathbf{a}_2 = 2a\hat{y}$$

- (i) Determine the primitive translation vectors of the reciprocal lattice  
 [ *Tentukan vektor translasi primitif bagi kekisi salingan* ] (30/100)
- (ii) Sketch the first Brillouin zone  
 [ *Lakarkan zon Brillouin pertama* ] (20/100)
- (iii) Calculate the area of the first Brillouin zone  
 [ *Hitungkan luas zone Brillouin pertama* ] (10/100)

- (b) What is the formula for the momentum of an electron in a solid in terms of its wave vector  $\mathbf{k}$  ? Describe the conservation of momentum in a collision between an electron and a phonon  
 [ *Apakah formula bagi momentum suatu elektron dalam suatu pepejal dengan sebutan vektor gelombang-nya  $k$  ? Huraikan keabadian momentum dalam suatu pelanggaran di antara suatu elektron dengan suatu fonon* ] (40/100)

- 2 (a) Show that for free electron gas in three dimensions (3-D) containing  $N$  electrons, each of mass  $m$  in a volume  $V$   
 [ *Tunjukkan bahawa bagi suatu gas elektron bebas dalam tiga dimensi (3-D) yang mempunyai  $N$  elektron berjisim  $m$  dalam isipadu  $V$  ]*

- (i) The Fermi energy  $\varepsilon_F$  is given by  
 [ *Tenaga Fermi  $\varepsilon_F$  adalah diberi oleh* ]

$$\varepsilon_F = \frac{\hbar^2}{2m} \left( \frac{3\pi^2 N}{V} \right)^{2/3} \quad (30/100)$$

- (ii) The electron density of states  $D(\varepsilon)$  is given by  
 [ *Ketumpatan keadaan elektron  $D(\varepsilon)$  adalah diberi oleh* ]

$$D(\varepsilon) = \frac{V}{2\pi^2} \left( \frac{2m}{\hbar^2} \right)^{3/2} \varepsilon^{1/2} \quad (30/100)$$

- (b) Compare briefly the Sommerfeld Theory and the Bloch Theory of an electron in a solid  
 [ *Bandingkan secara ringkas perbezaan di antara Teori Sommerfeld dan Teori Bloch bagi suatu elektron dalam pepejal* ]  
 (40/100)
- 3 (a) Explain clearly the Meissner Effect in a superconductor State and explain the equation which describes this effect ( You are not required to prove this equation )  
 [ *Jelaskan Kesan Meissner dalam suatu superkonduktor Nyatakan dan jelaskan persamaan yang menghuraikan kesan ini ( Anda tidak perlu buktikan persamaan ini )* ]  
 (20/100)
- (b) (i) Sketch graphs of the magnetization versus applied magnetic field for a superconductor to show the behaviour of Type I and Type II superconductors Explain the meaning of applied critical magnetic field for Type I and Type II superconductors  
 [ *Lakarkan rajah rajah bagi kemagnetan lawan medan magnetik dikenakan bagi suatu superkonduktor untuk menunjukkan kelakuan Superkonduktor Jenis I dan Superkonduktor Jenis II Jelaskan makna medan magnetik genting bagi kedua-dua jenis superkonduktor* ]  
 (40/100)
- (ii) Why are Type II superconductors more useful for applications?  
 [ *Apa sebab-nya superkonduktor jenis II adalah lebih sesuai untuk aplikasi ?* ]  
 (10/100)
- (c) The superconducting transition temperature of Lead,  ${}_{82}\text{Pb}^{208}$  ( atomic mass = 207 9766 u ) is  $T_c = 7.19 \text{ K}$  Given that the value of  $\alpha = 0.49$  for Pb in the equation for the Isotope Effect, calculate the superconducting transition temperature  $T_c$  for  ${}_{82}\text{Pb}^{207}$  ( atomic mass = 206 9759 u )  
 [ *Suhu peralihan bagi Plumbum,  ${}_{82}\text{Pb}^{208}$  ( atomic mass = 207 9766 u ) adalah  $T_c = 7.19 \text{ K}$  Diberi nilai  $\alpha = 0.49$  bagi Pb dalam persamaan Kesan Isotop, hitungkan suhu peralihan  $T_c$  bagi  ${}_{82}\text{Pb}^{207}$  ( atomic mass = 206 9759 u )* ]  
 (30/100)

- 4 (a) Explain briefly the microscopic origin of paramagnetism and diamagnetism in solids  
 [ *Jelaskan secara ringkas keasalan mikroskopik bagi keparamagnetan dan kediamagnetan dalam pepejal* ]  
 (20/100)

- (b) A paramagnetic substance contains ions with  $L = 0$ ,  $S = \frac{1}{2}$  and  $J = \frac{1}{2}$ . Show that when an external magnetic field  $B$  is applied, the magnetization  $M$  is given by  
 [ *Suatu bahan paramagnet mempunyai ion-ion dengan  $L = 0$ ,  $S = \frac{1}{2}$  dan  $J = \frac{1}{2}$ . Tunjukkan bahawa apabila suatu medan magnetik luar dikenakan, kemagnetan  $M$  adalah diberi oleh* ]

$$M = N\mu \tanh\left(\frac{\mu B}{k_B T}\right)$$

where [ *dimana* ]

$N$  = number of ions per unit volume [ *nombor ion se unit isipadu* ]

$\mu$  = magnetic moment of each ion [ *momen magnetik bagi setiap ion* ]

$T$  = absolute temperature of substance [ *suhu mutlak bagi bahan* ]

(40/100)

- (c) (i) Derive the formula for  $M$  at high temperatures  
 [ *Terbitkan formula bagi  $M$  pada suhu tinggi* ]  
 (20/100)
- (ii) Derive the paramagnetic susceptibility at high temperatures  
 [ *Terbitkan kerentanan paramagnetik pada suhu tinggi* ]  
 (20/100)

- 5 (a) Describe the main differences between diamagnetic, paramagnetic and ferromagnetic behaviour of solids  
 [ *Huraikan perbezaan utama diantara sifat diamagnetik, sifat paramagnetik dan sifat ferromagnetik bagi pepejal* ]  
 (20/100)

- (b) Discuss the mean field theory of ferromagnets and show how the behaviour of the magnetization in zero magnetic field can be derived  
 [ *Bincangkan teori medan min bagi ferromagnet dan tunjukkan bagaimana kelakuan kemagnetan dalam medan magnetik sifar boleh diterbitkan* ]  
 (50/100)

- (b) Show that the magnetic susceptibility  $\chi$  for temperatures  $T > T_c$  is given by  
[ *Tunjukkan bahawa kerentanan magnetik  $\chi$  bagi suhu  $T > T_c$  adalah diberi oleh* ]

$$\chi = \frac{C}{T - T_c}$$

where  $C$  is the Curie constant  
[ *dimana  $C$  adalah pemalar Curie* ]

(30/100)