

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 1991/92

Oktober/November 1991

ZSC 317/3 - Ilmu Fizik Keadaan Pepejal II

Masa : [3 jam]

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi EMPAT muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini. Jawab MANA-MANA EMPAT soalan sahaja. Kesemuanya wajib dijawab di dalam Bahasa Malaysia.

1. (a) Berdasarkan model elektron bebas suatu logam, tunjukkan bahawa bilangan elektron-elektron yang memenuhi sehingga kepada tenaga maksimum E adalah diberi oleh:

$$N = \frac{V(2m E)^{3/2}}{3\pi^2 \hbar^3}$$

Seterusnya kira tenaga Fermi untuk logam sodium berdasarkan model di atas.

(Ketumpatan sodium = 970 kg.m^{-3} , berat atom = 2.3×10^{-2} kg/gm-atom, No. Avogadro = 6.02×10^{23} atoms/gm-atom, valensi sodium = 1).

(50/100)

- (b) Dengan mengambil jumlah tenaga bagi gas elektron bebas sebagai:

$$U = \frac{3}{5} N E_{F_0} \left[1 + \frac{5\pi^2}{12} \left(\frac{T}{T_F} \right)^2 \right],$$

kira haba spesifik elektronik untuk 1 gm-mole tembaga pada 300 K jika tenaga Fermi untuk tembaga (Cu) pada 0 K ialah 7 eV.

(Anggap logam ini mempunyai satu elektron konduksi bagi setiap atom; 1 gm-mole $\equiv 6.02 \times 10^{23}$ atoms/mole, angkatak Boltzman $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$, N bilangan elektron, E_{F_0} tenaga Fermi pada suhu sifar mutlak, T suhu bahan dan T_F suhu Fermi).

(50/100)

2. (a) Sekiranya vektor-vektor primitif suatu kekisi resiprokal kepada kekisi kubus berpusat muka (fcc) adalah diberi oleh:

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

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

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

tunjukkan bahawa sfera elektron bebas menyentuh sempadan zon Brillouin pertama bila kepekatan elektron ialah 1.36 elektron per atom.

(a adalah panjang sisi kubus).

(50/100)

- (b) Suatu hablur 1-dimensi dengan pemalar kekisi 1.57 \AA mempunyai ungkapan tenaga dalam zon Brillouin pertama diberi oleh:

$$\epsilon = 6 - 2k^2 + 0.25k^4 \text{ eV}$$

dengan k ialah vektor gelombang Bloch dalam unit $(\text{\AA})^{-1}$.

- (i) Lakarkan dengan jelas struktur jalur tenaga ini di dalam zon Brillouin pertama.
- (ii) Lakarkan perubahan jisim berkesan sebagai fungsi k untuk elektron yang bergerak di dalam jalur tenaga tersebut.

(50/100)

3. (a) Apakah kesan Meissner dan bagaimanakah ia boleh terjadi dalam suatu superkonduktor. Tunjukkan juga akibat-akibat penting kesan Meissner keatas sifat superkonduktor.

(30/100)

- (b) Bermula dari persamaan Maxwell tidak bersandar masa, tunjukkan bahawa persamaan tembusan fluks di dalam superkonduktor diberi oleh:

...3/-

$$\nabla^2 \underline{B} = \underline{B}/\lambda^2$$

di mana \underline{B} medan magnet dan λ kedalaman tembusan fluks London. Seterusnya tunjukkan bahawa $B(x)$ yang bersudut tepat dengan paksi x di dalam plat superkonduktor dengan ketebalan t adalah diberi oleh:

$$B(x) = \frac{B_a \cosh(x/\lambda)}{\cosh(t/2\lambda)}$$

di mana B_a ialah medan magnet luar yang dikenakan tegak terhadap satah x - y .

(Plat diletakkan tegak terhadap satah x - y mendatar dan tebal plat berada sepanjang paksi- x ; ambil $x = 0$ berada di tengah plat).

(70/100)

4. (a) Nilai ketelusan suatu dielektrik biasanya bergantung kepada frekuensi medan elektrik. Nyatakan secara ringkas apakah mekanisme yang menyebabkan perubahan ketelusan itu dan lakarkan ciri tipikal ketelusan sebagai fungsi frekuensi untuk menunjukkan mekanisme yang berlaku.

(30/100)

- (b) Dengan mengambil pengkutuban suatu sistem dielektrik pada frekuensi ω sebagai:

$$P(\omega) = P_d(\omega) + P(\infty)$$

dan $P_d(\omega) = P_d(0)e^{j\omega t}$

(anggap: $\frac{dP_d(\omega)}{dt} = \frac{P_d(0) - P_d(\omega)}{\tau}$)

di mana $P_d(\omega)$ adalah sumbangan dari orientasi dwikutub, $P(\infty)$ adalah sumbangan dari ionik dan elektronik dan τ masa sanaan, terbitkan persamaan serakan Debye untuk ketelusan:

$$\epsilon_r'(\omega) = \epsilon_r(\infty) + \frac{\epsilon_r(0) - \epsilon_r(\infty)}{1 + \omega^2 \tau^2}$$

...4/-

$$\epsilon_r''(\omega) = \frac{\omega\tau(\epsilon_r(0) - \epsilon_r(\infty))}{1 + \omega^2\tau^2}$$

(40/100)

- (c) Sekiranya masa santaian suatu dielektrik adalah 10^{-10} saat, gunakan keputusan dari (b) untuk menentukan nilai-nilai frekuensi di mana nilai bahagian khayal ketelusan dielektrik menjadi separuh dari nilai maksimum.

(30/100)

5. (a) Bezakan dengan jelas di antara bahan-bahan feromagnet, antiferomagnet dan ferimagnet dari segi susunan momen-momen magnet dan magnitud pemagnetan yang ujud.

(25/100)

- (b) Dengan mempertimbangkan suatu hablur pepejal anti-feromagnet yang mempunyai susunan momen-momen magnet pada subkekisi, gunakan teori Medan Min untuk membuat analisis kualitatif terhadap sifat kerentanan bahan ini sebagai fungsi suhu.

(Anggap tindakan saling interaksi hanya berlaku di antara dua momen magnet yang berdekatan; B_0 medan magnet luar yang dikenakan kepada bahan.)

(75/100)