

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 1993/94

April 1994

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) Perihalkan dengan ringkas kepentingan perkara-perkara berikut bagi menggambarkan keadaan-keadaan elektron dalam suatu hablur pepejal:
- [i] teorem Bloch
 - [ii] model elektron hampir bebas
 - [iii] model ikatan ketat
- (30/100)
- (b) Tunjukkan bagi suatu hablur pepejal dengan kekisi linear, bagaimana jurang tenaga keupayaan diwujudkan pada nilai-nilai vektor gelombang $k = \pm n\pi/a$ (n integer dan a parameter kekisi).
- (30/100)
- (c) Dengan mempertimbangkan suatu kekisi kubus mudah, tentukan nisbah tenaga kinetik suatu elektron bebas di penjuru zon Brillouin pertama terhadap elektron yang berada pada titik tengah permukaan zon tersebut. Apakah kenyataan yang dapat dibuat dari keputusan tersebut bagi kekonduksian logam dwivalen.
- (40/100)
- 2.(a) Bentuk permukaan Fermi mempengaruhi kekonduksian elektrik sesuatu logam. Bagaimanakah kenyataan ini dapat dijelaskan dengan merujuk kepada konsep penghunian keadaan dalam sesuatu logam tersebut.
- (30/100)

...2/-

- 2 -

- (b) Nyatakan beberapa peraturan asas bagi gerakan elektron dibawah pengaruh medan-medan elektrik dan magnet dalam model semiklasik. Menggunakan model ini, terbitkan formula frekuensi siklotron bagi gerakan elektron di bawah medan-medan tersebut.
(Sertakan lakaran yang sesuai bagi gerakan itu dalam 2-D).

(40/100)

- (c) Dengan mempertimbangkan gerakan elektron dalam suatu jalur tenaga dengan $E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m^*}$ di mana m^* adalah jisim berkesan elektron, tunjukkan jika lintasan bebas purata elektron ialah $\lambda = v\tau$ (v : halaju elektron, τ : masa pelanggaran), kekonduksian elektrik diberi oleh:

$$\sigma = \frac{ne^2\tau}{m^*}$$

(\hbar , k , n dan e mempunyai makna yang biasa).

(30/100)

- 3.(a) Perihalkan dengan ringkas mengenai penembusan fluks magnet B dalam superkonduktor jenis-I dan superkonduktor jenis-II.

(20/100)

- (b) Bermula dari elemen tenaga bebas Gibbs yang diberi oleh:

$$dG = -SdT - \mu_0 VMdH$$

(S entropi, dT perubahan suhu, V isipadu, M pemagnetan, dH perubahan keamatan magnet dan μ_0 ketelapan vakum), tunjukkan bahawa perbezaan muatan haba spesifik dari fasa superkonduksian ke fasa normal suatu bahan superkonduktor diberi oleh:

$$\Delta c = \mu_0 VT \left(\frac{dH}{dT} \right)^2$$

(30/100)

...3/-

- 3 -

- (c) Berdasarkan teori London, tunjukkan bahawa penembusan fluks magnet dalam bahan superkonduktor diberi oleh fungsi berikut:

$$B(x) = B_a \exp(-x/\lambda_L)$$

di mana x adalah jarak penembusan, B_a fluks magnet yang dikenakan dan λ_L kedalaman tembusan fluks London. Seterusnya anggarkan magnitud λ_L jika ketumpatan elektron superkonduksian $n_s = 10^{28} \text{ m}^{-3}$, jisim elektron $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$, cas elektron $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$, dan $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Hm}^{-1}$.

(50/100)

- 4.(a) Suatu dielektrik berkemungkinan menunjukkan ciri-ciri serakan pengkutuban pada julat frekuensi tertentu. Perihalkan dengan jelas mekanisme yang menghasilkan serakan tersebut dan lakarkan ciri tipikal serakan itu.

(30/100)

- (b) Dengan menggunakan kaitan-kaitan asas bagi dielektrik dan medan tempatan Lorentz $E_L = E_0 + P/3\epsilon_0$ (E_0 medan elektrik yang dikenakan, P pengkutuban dan ϵ_0 ketelusan vakum), terbitkan hubungan Clausius-Mosotti yang diberi oleh:

$$\frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 2} = \frac{N\alpha}{3\epsilon_0}$$

di mana ϵ_r ketelusan relatif bahan dielektrik, N kepekatan unit-unit dwikutub dan α kekutuban dwikutub.

(40/100)

- (c) Kekutuban elektronik bagi Na^+ dan Cl^- adalah masing-masing $3.47 \times 10^{-41} \text{ C}^2 \text{ m/N}$ dan $3.41 \times 10^{-40} \text{ C}^2 \text{ m/N}$. Kekutuban ionik pasangan ion sodium-chlorine ialah $3.56 \times 10^{-40} \text{ C}^2 \text{ m/N}$.

- [i] anggarkan nilai ketelusan sodium chloride
[ii] jika medan elektrik 1500 V/m dikenakan tegak terhadap permukaan kepingan dielektrik ini, apakah nilai medan tempatan pada suatu pasangan ion.

[NaCl mempunyai kekisi fcc dengan panjang sisi 5.64 Å;
 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$].

(30/100)

- 4 -

- 5.(a) Dengan mempertimbangkan gerakan orbitan elektron mengelilingi nukleus suatu atom, tunjukkan bahawa kerentanan diamagnet diberi oleh:

$$\chi = \frac{-\mu_0 Nze^2}{6m} \langle r^2 \rangle$$

(μ_0 ketelapan vakum, N bilangan atom per unit isipadu bahan, z bilangan elektron setiap atom, e cas elektron, m jisim elektron, $\langle r^2 \rangle$ jarak purata kuasa dua elektron dari nukleus).

Seterusnya tentukan pemagnetan M bagi pepejal argon dalam aruhan magnet $B = 2.0$ tesla.

[Argon mempunyai nombor atom 18, kepekatan 2.7×10^{28} atom/ m^3 dan jarak purata kuasa dua elektron dari nukleus $3.84 \times 10^{-21} m^2$; $e = 1.6 \times 10^{-19} C$, $m = 9.1 \times 10^{-31} kg$, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} H m^{-1}$].

(50/100)

- (b) Perihalkan keadaan dwikutub dalam suatu bahan antiferromagnet. Dengan mengambil contoh suatu struktur subkekisi bahan ini dan dengan menganggap teori medan molekul dapat digunakan pada subkekisi tersebut, terbitkan ungkapan bagi kerentanan bahan pada suhu lebih tinggi dari suhu Neel. Bagaimanakah nilai magnitud kerentanan bahan untuk suhu lebih rendah dari suhu Neel.

(50/100)

- oooOooo -