

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 1994/95

Oktober/November 1994

ZCC 541/4 - Teori Keadaan Pepejal I

Masa : [3 jam]

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

Jawab KESEMUA EMPAT soalan.

Kesemuanya wajib dijawab di dalam Bahasa Malaysia.

1. (a) Huraikan secara ringkas, kejayaan dan kegagalan teori elektron bebas Sommerfeld bagi logam yang berkaitan dengan sifat-sifat berikut:-

- (i) haba tentu
- (ii) kesan Hall
- (iii) hukum Wiedemann-Franz
- (iv) konduktiviti AC.

(50/100)

- (b) Tunjukkan bahawa kelakuan taburan Fermi-Dirac merupakan taburan klasik Maxwell-Boltzmann jika syarat

$$e^{-\mu/kT} \gg 1$$

dipatuhi. Di sini μ adalah keupayaan kimia, k adalah pemalar Boltzmann dan T adalah suhu mutlak.

Jika r_s adalah jejari suatu sfera yang mengisi satu elektron, tunjukkan bahawa

$$r_s \sim \hbar(2mkT)^{-1/2} e^{-\mu/3kT}$$

dan

$$r_s \gg \left(\frac{\hbar^2}{2mkT}\right)^{1/2}$$

Apakah tafsiran fizik bagi keputusan itu?

$$[\text{Diberi:- } \int_0^\infty x^2 e^{-ax^2} dx = \frac{\sqrt{\pi}}{4a^{3/2}}]$$

(50/100)

2. (a) Jelaskan makna permukaan Fermi bagi
- (i) N elektron bebas
 - (ii) N elektron di dalam keupayaan berkala bagi suatu pepejal.

(30/100)

- (b) Huraikan secara ringkas penggunaan fungsi Bloch dan fungsi Wannier dalam teori fizik keadaan pepejal.

(30/100)

- (c) Timbangkan fungsi Wannier $\phi_n(\underline{r} - \underline{R})$, di mana \underline{r} adalah vektor kedudukan bagi suatu elektron, \underline{R} adalah vektor kedudukan bagi suatu titik kekisi Bravais dan n adalah suatu indeks jalur. Buktikan bahawa fungsi-fungsi Wannier yang dipusatkan kepada titik-titik kekisi berlainan adalah ortogonal, iaitu

$$\int \phi_n^*(\underline{r} - \underline{R}) \phi_{n'}(\underline{r} - \underline{R}') d\underline{r} = A \delta_{n,n'} \delta_{\underline{R}, \underline{R}'}$$

Di sini A adalah suatu pemalar sebarangan.

(40/100)

3. (a) Huraikan prinsip utama bagi cara "cellular" untuk perhitungan struktur jalur elektronik bagi suatu pepejal.

(50/100)

- (b) Dengan menggunakan model semi-klasik bagi dinamik elektron dalam suatu pepejal, dapatkan keputusan berikut:-

- (i) Elektron-elektron dalam suatu jalur yang diisi penuh tidak menyumbang kepada konduktiviti elektrik bagi suatu pepejal.

(20/100)

- (ii) Konsep konduksi lubang (hole) dalam suatu pepejal. Iaitu arus yang terhasil daripada suatu kumpulan elektron yang mengisi suatu kumpulan paras dalam suatu jalur yang diisi separa, adalah sama dengan arus yang terhasil daripada suatu kumpulan zarah bercas +e (lubang) yang mengisi kumpulan paras yang tidak diisi oleh elektron-elektron dalam jalur itu.

(30/100)

4. (a) Tunjukkan bahawa ketumpatan paras fonon $g(\omega)$ dalam suatu pepejal adalah diberi oleh

$$g(\omega) = \sum_s \int \frac{ds}{(2\pi)^3} \frac{1}{|\nabla \omega_s(\underline{k})|}$$

di mana $\omega_s(\underline{k})$ adalah hubungan sebaran fonon dengan indeks cabang s . Kamiran tersebut adalah di atas suatu permukaan dalam zon Brillouin pertama di mana $\omega_s(\underline{k}) = \omega$.

(30/100)

- (b) Hubungan sebaran fonon bagi suatu pepejal 1-D yang harmonik adalah diberi oleh

$$\omega(k) = \omega_0 |\sin(ak/2)|$$

di mana a adalah jarak inter-atomik. Tunjukkan bahawa ketumpatan paras fonon adalah diberi dengan

$$g(\omega) = \frac{2}{\pi a} (\omega_0^2 - \omega^2)^{-\frac{1}{2}}$$

(20/100)

- (c) Anggapkan bahawa suatu cabang fonon optik bagi suatu pepejal 3-D mempunyai hubungan sebarang

$$\omega(\underline{k}) = \omega_0 - bk^2$$

berdekati $\underline{k} = 0$. Tunjukkan bahawa

$$g(\omega) \propto (\omega_0 - \omega)^{\frac{1}{2}}, \quad \omega < \omega_0$$

$$g(\omega) = 0, \quad \omega > \omega_0$$

Huraikan singulariti dalam $g(\omega)$ untuk (b) dan (c).

(30/100)

- (d) Huraikan secara ringkas, prinsip utama bagi suatu cara eksperimen untuk mengukur hubungan sebaran bagi suatu hablur.

(20/100)