

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 1996/97

Oktober/November 1996

ZCT 307/3 - Fizik Keadaan Pepejal I

Masa: [3 jam]

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

Jawab kesemua LIMA soalan. Kesemuanya wajib dijawab di dalam Bahasa Malaysia.

Pemalar: $h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ J-s}$
 $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$
 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

1. Serakan elastik gelombang elektromagnet dalam kekisi berkala dapat dinyatakan oleh persamaan:

$$2k \cdot \underline{G} + G^2 = 0$$

di mana \underline{k} vektor gelombang dan \underline{G} vektor kekisi salingan,

- (a) tunjukkan dengan binaan Ewald bahawa persamaan di atas dapat menghasilkan hukum Bragg bagi pembelauan.

(50/100)

- (b) nyatakan syarat pembelauan Bragg bagi muka-muka gelombang dan tunjukkan secara geometri bahawa syarat ini memberikan keputusan yang sama seperti dalam bahagian (a).

(30/100)

- (c) bincangkan tentang julat tenaga foton yang diperlukan bagi memperolehi pembelauan Bragg tersebut dari suatu pengukuran terhadap hablur kekisi.

(20/100)

...2/-

2. (a) Getaran kekisi hablur adalah berkala dan diskrit. Huraikan kenyataan yang penting ini dengan mengambil contoh suatu kekisi hablur monatom, dan nyatakan anggapan-anggapan yang dibuat dalam huraian tersebut.

(50/100)

- (b) Teori kuantum getaran kekisi yang terdiri daripada N atom atau ion memberikan jumlah tenaga fonon sebagai:

$$E = 9NkT \left(\frac{T}{\theta_D} \right)^3 \int_0^{x_D} \frac{x^3}{e^x - 1} dx$$

di mana $x = \frac{\hbar\omega}{kT}$ dan $x_D = \frac{\hbar\omega_D}{kT} = \frac{\theta_D}{T}$.

(simbol-simbol mempunyai makna yang biasa).

Tunjukkan bahawa teori ini memberikan keputusan yang sama seperti hukum Dulong-Petit bagi muatan haba pepejal pada suhu tinggi. Bincangkan juga mengapa teori ini dianggap berjaya bagi kawasan suhu rendah dan tidak pada suhu pertengahan.

(50/100)

3. (a) Model elektron bebas Sommerfeld merupakan langkah awal kejayaan prinsip kuantum bagi menerangkan paras-paras tenaga diskrit elektron dalam logam. Jelaskan anggapan-anggapan yang dipertimbangkan dalam model ini dan tunjukkan bahawa paras-paras tenaga yang dibenarkan bagi elektron yang berada dalam keupayaan telaga empatsegi sama infiniti diberi oleh:

$$E_n = \frac{\hbar^2 n^2 \pi^2}{2m a^2} ; \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

dengan sempadan telaga $x : -a < x < a$

(simbol-simbol mempunyai makna yang biasa).

(50/100)

...3/-

(b) Kerintangan elektrik suatu sampel kuprum ialah $1.77 \times 10^{-8} \Omega\text{-m}$.
Gunakan penghampiran elektron bebas untuk menganggarkan:

- (i) masa perlanggaran elektron
- (ii) halaju purata elektron dalam medan 100 V/cm.

(Kuprum mempunyai kekisi fcc dengan panjang sisi kubus 3.61 Å dan setiap atom menyumbang satu elektron kepada elektron hampir bebas.)

(50/100)

4 (a) Perihalkan secara ringkas mengenai:

- (i) ketumpatan keadaan dalam suatu jalur tenaga.
- (ii) pembentukan jalur-jalur tenaga dalam pepejal.
- (iii) jisim berkesan elektron dalam jalur-jalur.

(45/100)

(b) Tenaga elektron dalam suatu jalur tenaga adalah diberi oleh ungkapan:

$$E(\mathbf{k}) = E_0 + (\hbar^2/2m^*) k^2$$

di mana E_0 adalah tenaga pada $k = 0$ dan m^* jisim berkesan elektron;

- (i) sekiranya jalur ini diduduki oleh satu elektron dengan momentum hablur $\hbar\mathbf{k}_1$, terbitkan ungkapan bagi ketumpatan arus.
- (ii) sekiranya elektron kedua dengan momentum hablur $-\hbar\mathbf{k}_1$ menduduki jalur tersebut, tentukan jumlah ketumpatan arus.
- (iii) jika medan elektrik E dikenakan pada $t = 0$, dapatkan ungkapan ketumpatan arus selepas masa t (abaikan proses serakan).

(55/100)

...4/-

5. (a) Dengan mempertimbangkan suatu semikonduktor yang terdop secara seragam, tunjukkan bahwa kepekatan pembawa dapat dinyatakan oleh:

$$p \approx N_A \quad , \quad n \approx n_i^2/N_A \quad ,$$

dengan menyatakan syarat-syarat yang jelas.

(simbol-simbol membawa makna yang biasa).

(50/100)

- (b) Suatu sampel silikon terdop dengan 10^{14} atom-atom boron per cm^3 . Apakah kepekatan pembawa dalam sampel ini pada:

(i) 300 K?

(ii) 470 K?

$$\begin{aligned} (n_i \text{ (pada 300 K)}) &= 1.00 \times 10^{10}/\text{cm}^3 \\ (n_i \text{ (pada 470 K)}) &= 1.00 \times 10^{14}/\text{cm}^3 \end{aligned}$$

(50/100)