

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 1996/97

April 1997

ZCT 307/3 - Ilmu 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 dalam Bahasa Malaysia.

Pemalar: $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J-s}$
 $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
 $e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$
 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

- (a) Sekiranya atom-atom dalam hablur dapat dianggap sebagai sfera tegar yang bersentuhan, tunjukkan bahawa nisbah faktor pengisian bagi kekisi hablur fcc terhadap kekisi hablur bcc ialah 1.089. (50/100)

(b) Dengan bantuan rajah yang jelas tunjukkan bahawa vektor-vektor translasi primitif bagi suatu kekisi fcc menghasilkan vektor translasi primitif kekisi salingan yang serupa seperti vektor translasi primitif kekisi bcc. (50/100)
- (a) Frekuensi getaran bagi suatu sistem kekisi dwiatom yang terdiri dari jisim M_1 dan M_2 ($M_1 > M_2$) dalam satu unit sel diberi oleh:

$$\omega_{\pm}^2 = C + (C^2 - D \sin^2 ka)^{\frac{1}{2}},$$

di mana $C = \frac{K(M_1 + M_2)}{M_1 M_2}$ dan $D = \frac{4K^2}{M_1 M_2}$

dengan K : pemalar daya kenyal diantara satah-satah atom berdekatan
 k : magnitud vektor gelombang
 a : jarak antara M_1 dan M_2 pada keseimbangan

...2/-

Tunjukkan dengan jelas bahawa pada sempadan-sempadan zon Brillouin I ($k = \pm \frac{\pi}{2a}$), frekuensi getaran diberi oleh: $\omega_+ = \left(\frac{2K}{M_2}\right)^{\frac{1}{2}}$ dan $\omega_- = \left(\frac{2K}{M_1}\right)^{\frac{1}{2}}$.

Apakah makna fizikal dari ω_+ yang hanya melibatkan M_2 dan ω_- hanya melibatkan M_1 dan seterusnya tunjukkan bagaimana jurang jalur frekuensi pada sempadan zon Brillouin ini dapat dikurangkan.

(50/100)

- (b) Model Debye memberikan jumlah tenaga getaran suatu kekisi hablur sebagai:

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

di mana $x = \frac{\hbar\omega}{kT}$, $x_D = \frac{\hbar\omega_D}{kT} = \frac{T_D}{T}$

(T_D suhu Debye dan simbol-simbol lain mempunyai makna yang biasa).

Terbitkan formula bagi muatan haba kekisi dari model ini pada suhu rendah.

(gunakan kamiran standard: $\int_0^{\infty} \frac{x^3}{e^x - 1} dx = \frac{\pi^4}{15}$)

Bagi suatu hablur germanium didapati bahawa sumbangan fonon kepada muatan haba pada suhu rendah diberi oleh aNT^3 , di mana a pemalar. Dengan mengambil suhu Debye bagi germanium adalah 363K, kirakan sumbangan fonon per unit atom kepada muatan haba hablur pada suhu 30K (anggap model Debye dapat digunakan).

(50/100)

3. (a) Dengan mempertimbangkan paras-paras tenaga yang dibenarkan bagi suatu sistem elektron bebas dalam logam diberi oleh:

$$E = \frac{\hbar^2 n^2 \pi^2}{2ma^2}; \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots,$$

terbitkan ungkapan ketumpatan keadaan sebagai fungsi tenaga. Lakarkan fungsi yang diterbitkan pada keadaan asas dan jelaskan makna dari lakaran ini. (Simbol-simbol mempunyai makna yang biasa).

(50/100)

...3/-

(b) Perihalkan secara ringkas bagaimana kesan Hall dapat diukur bagi suatu sampel. Terbitkan formula bagi menentukan ketumpatan pembawa cas dalam sampel dari pengukuran ini. Dari pengukuran didapati voltan Hall bagi sampel logam sodium adalah 0.001 mV bila arus 100 mA dan ketumpatan fluks magnet 2.0 Wb/m^2 digunakan. Kira:

(i) kepekatan pembawa cas dalam sampel jika tebal sampel adalah 0.05 mm

(ii) kelincahan elektron dalam sodium sekiranya kekonduksian elektrik bagi Na ialah $2.44 \times 10^7 (\Omega\text{-m})^{-1}$.

(50/100)

4. (a) Jelaskan secara ringkas mengenai perkara berikut:

(i) teorem Bloch bagi pergerakan elektron dalam hablur

(ii) penghampiran ikatan-ketat

(iii) orbit-orbit lubang dan elektron dibawah pengaruh medan magnet

(45/100)

(b) Model 1-D Kronig-Penney yang merupakan contoh yang mudah bagi menggambarkan kelakuan elektron dalam keupayaan berkala merumuskan:

$$\frac{P \sin \alpha a}{\alpha a} + \cos \alpha a = \cos ka,$$

di mana $P = \frac{mabV_0}{\hbar^2}$, $\alpha = \left(\frac{2mE}{\hbar^2} \right)^{\frac{1}{2}}$

(Simbol-simbol mempunyai makna yang biasa).

Jelaskan bagaimana rumusan ini dapat digambarkan dengan suatu rajah jalur tenaga dan huraikan kesimpulan-kesimpulan penting dari model ini.

(55/100)

5. (a) Kepekatan elektron dalam jalur konduksi dan lubang dalam jalur valens bahan semikonduktor dapat dinyatakan oleh:

$$n = N_c e^{(E_f - E_c)/kT}$$

$$p = N_v e^{-E_f/kT}$$

(Simbol-simbol membawa makna biasa).

Tunjukkan dengan langkah-langkah yang jelas bahawa hasil darab n dan p pada keseimbangan terma adalah sama dengan gandadua kepekatan intrinsik.

(40/100)

- (b) Suatu alur laser 100 mW dengan panjang gelombang $\lambda = 6328 \text{ \AA}$ difokuskan keatas sampel InP yang tebalnya 100 μm . Pekali penyerapan pada panjang gelombang ini ialah 10^5 cm^{-1} . Kira bilangan foton dipancarkan persaat yang terhasil dari proses penggabungan dalam InP, dengan menganggap kecekapan kuantum sempurna. Berapakah kuasa yang dibuang kepada sampel sebagai haba? (Ambil E_g bagi InP sebagai 1.35 eV).

(60/100)

- oooOooo -