

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 1995/96

Mac/April 1996

ZCC 542 - Teori Keadaan Pepejal II

Masa : [3 jam]

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

Jawab mana-mana EMPAT soalan. Calon-calon boleh memilih menjawab kesemua soalan di dalam Bahasa Malaysia. Jika calon-calon memilih untuk menjawab di dalam Bahasa Inggeris, sekurangnya satu soalan wajib dijawab di dalam Bahasa Malaysia.

1. (a) Jelaskan apa yang dimaksudkan dengan penabiran keupayaan elektrostatik yang disebabkan oleh cas titik di dalam suatu gas pembawa lincah. (10/100)

- (b) Analisis Thomas-Fermi membawa kepada ungkapan bagi keupayaan tertabir di dalam ruang k seperti berikut:

$$\phi(k) = (e/\epsilon_0) (k^2 + k_s^2)^{-1}$$

dengan k_s ialah pemalar. Dengan mengambil koordinat sfera kutub mengikut arah r tunjukkan bahawa jelmaan Fourier ialah

$$\phi(r) = (e/4\pi\epsilon_0 r) \exp(-r/r_s)$$

dan perolehi ungkapan bagi r_s di dalam sebutan k_s . Adakah r_s merupakan satu fungsi ketumpatan pembawa n yang bertambah atau yang mengecil?

(30/100)

- (c) Lukiskan lakaran-lakaran untuk membandingkan $\phi(r)$ dengan keupayaan Coulomb tak tertabir dan untuk menunjukkan bagaimana $\phi(r)$ berubah mengikut n .

(20/100)

- (d) Terangkan apa yang dimaksudkan dengan peralihan logam-penebat Mott.

(20/100)

- (e) Apabila persamaan Schrödinger bagi zarah tunggal diselesaikan dengan $\phi(r)$ sebagai keupayaan, didapati keadaan terikat berlaku bagi $r_s > 0.84a_0$, dengan a_0 ialah jejari Bohr. Gunakan fakta ini untuk menerangkan mengapa peralihan Mott berlaku.

(20/100)

[Jelmaan Fourier ditakrifkan sebagai

$$\phi(\vec{r}) = \frac{1}{(2\pi)^3} \int d^3k \phi(\vec{k}) \exp(i \vec{k} \cdot \vec{r})$$

Jadual kamiran memberikan

$$\int_0^{\infty} x \sin(mx) (a^2 + x^2)^{-1} dx = (\pi/2) \exp(-ma) \text{ untuk } m > 0 \text{ dan } a > 0.]$$

2. (a) Persamaan gerakan semiklasik bagi paket gelombang di dalam suatu semikonduktor atau satu logam ialah

$$m^* (dv/dt + v/\tau) = q(E + v \times B)$$

dengan m^* ialah jisim berkesan dan q ialah cas. Jelaskan bagaimana persamaan ini digunakan bagi $\omega\tau \gg 1$ untuk menerangkan kesan plasma dan bagi $\omega\tau \ll 1$ untuk memerihalkan sifat-sifat angkutan.

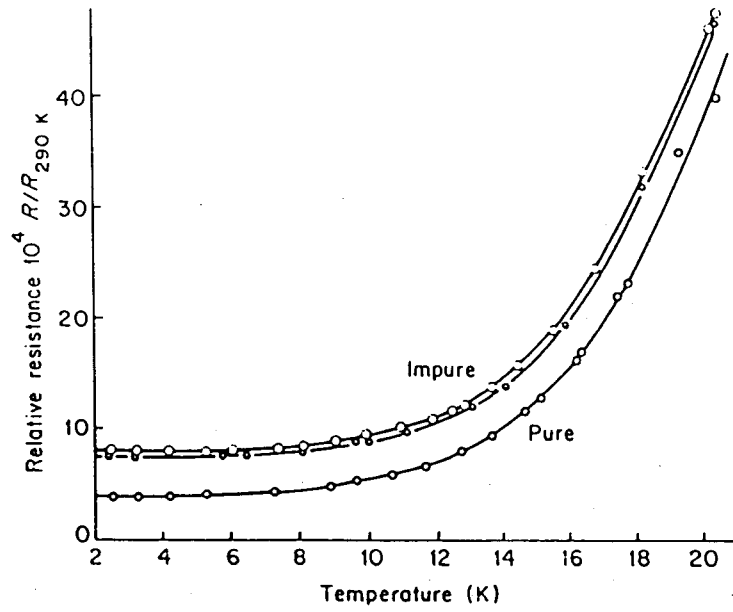
(20/100)

- (b) Lakarkan kepantulan sudut tuju normal cahaya daripada suatu semikonduktor yang didopkan bagi satu julat frekuensi ω yang termasuk di dalamnya frekuensi plasma. Tentukan kawasan spektrum am (contohnya inframerah jauh atau kawasan boleh nampak) dan hubungkan kepantulan tersebut dengan fungsi dielektrik $\epsilon(\omega)$.

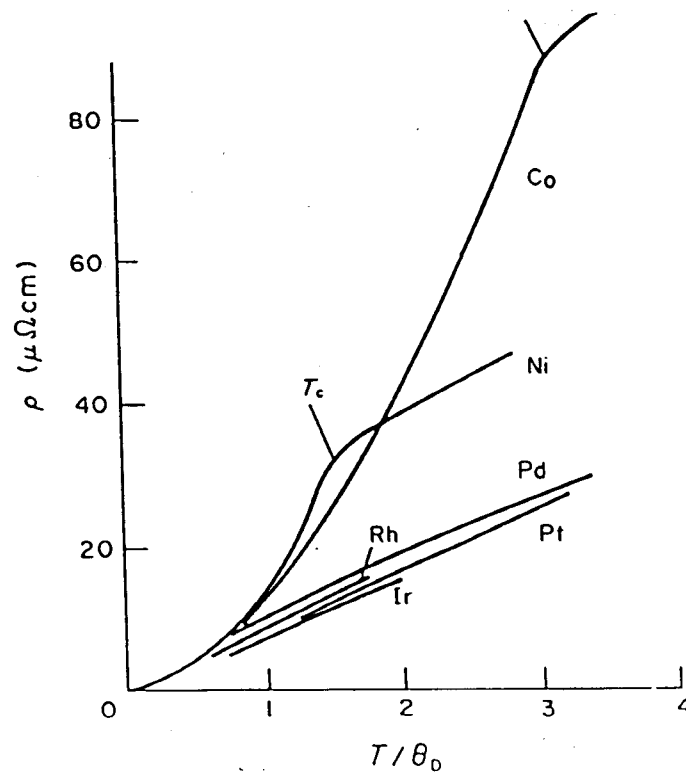
(40/100)

- (c) Rajah 2.1 menunjukkan kerintangan yang bersandarkan suhu bagi berbagai sampel Natrium dan rajah 2.2 pula menunjukkan data pada suhu-suhu tinggi bagi beberapa logam. Paksi suhu di dalam rajah 2.2 diskalakan dengan suhu Debye θ_D . Bincangkan data di dalam rajah tersebut menggunakan mekanisma serakan elektron.

(40/100)



Rajah 2.1



Rajah 2.2

3. (a) Lukiskan satu lakaran untuk menunjukkan dinding domain Bloch 180° di dalam suatu feromagnet. Terangkan ungkapan-ungkapan *tenaga tukar-ganti* dan *tenaga tidak isotrop* dan jelaskan secara kualitatif bagaimanaimbangan antara keduanya boleh menentukan kelebaran dinding Bloch. (20/100)
- (b) Jika S_1 dan S_2 ialah nilai spin purata di atas satah-satah yang bersebelahan di dalam lukisan anda, tenaga tukar-ganti boleh dituliskan sebagai $-J S_1 \cdot S_2$. Dengan anggapan bahawa kelebaran ialah N lapisan dan $N \gg 1$ supaya sudut ϕ antara satah-satah yang bersebelahan kecil, tunjukkan dengan andaian bahawa ϕ mempunyai nilai yang sama di keseluruhan dinding, tenaga tukar-ganti bagi satu barisan spin di dalam dinding ialah $W_{ex} = \pi^2 JS^2/2N$ dan dengan itu tenaga tukar-ganti per unit luas ialah $w_{ex} = \pi^2 JS^2/2Na^2$ dengan a ialah pemalar kekisi. Terangkan kenapa ungkapan anggaran ringkas bagi tenaga tidak isotrop ialah $w_{anis} = KNa$ dengan K ialah pemalar. Minimumkan jumlah tenaga dinding $w = w_{ex} + w_{anis}$ dan dengan itu terbitkan ungkapan-ungkapan untuk (i) kelebaran dinding N dan (ii) nilai minimum bagi w . (40/100)
- (c) Lakarkan gelung-gelung histeresis untuk menunjukkan perbezaan antara bahan magnet *lembut* dan bahan magnet *keras* serta sebutkan satu penggunaan bagi setiap kelas bahan magnet tersebut. (20/100)
- (d) Terangkan bentuk umum gelung-gelung histeresis dengan menyebut dinding-dinding domain yang dipegang dan dengan itu berikan perbincangan ringkas prinsip-prinsip membuat bahan untuk menghasilkan kelakuan magnet lembut dan kelakuan magnet keras. (20/100)
4. (a) Dengan menggunakan lakaran-lakaran yang sesuai terangkan maksud tertiban *feromagnet*, *antiferomagnet* dan *ferimagnet*. (20/100)
- (b) Terangkan apa yang dimaksudkan dengan *anggaran medan purata* kepada tenaga tukar-ganti di dalam feromagnet. (10/100)
- (c) Suatu feromagnet diletakkan di dalam satu medan luar B_0 statik mengarah ke z . Anggapkan medan purata Hamiltonian ialah

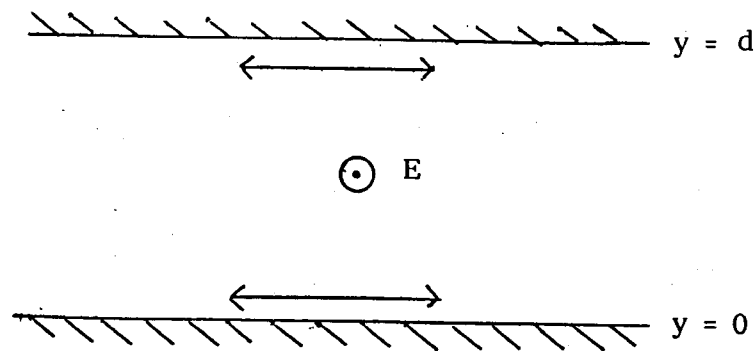
$$H_{mf} = -g\mu_B \sum_i (B_0 + \lambda M) S_i^z$$

dengan M ialah pemagnetan dan anggapkan S_i^z mempunyai nilai-nilai eigen $\pm 1/2$. Tuliskan ungkapan bagi nilai purata $\langle S_i^z \rangle$ pada suhu T dan dengan itu buktikan bahawa M diberikan sebagai berikut

$$M = \frac{1}{2} N g \mu_B \tanh \left[\frac{g \mu_B (B_0 + \lambda M)}{2 k_B T} \right] \quad (30/100)$$

- (d) Terbitkan daripada persamaan bagi M di atas ungkapan bagi suhu Curie T_C . Jelaskan tanpa terbitan yang terperinci bagaimana persamaan tersebut digunakan untuk mendapatkan (a) M yang bersandarkan suhu dan (b) kerentanan magnet χ selepas nilai T_C . Lakarkan M dan χ yang setiap satunya bersandarkan suhu. (40/100)
5. (a) Huraikan ujikaji-ujikaji ke atas pengkuantuman fluks magnet di dalam superkonduktor lazim dan superkonduktor T_C tinggi serta jelaskan bagaimana kedua-dua jenis superkonduktor tersebut menyokong gambaran fungsi gelombang makroskopik. (20/100)
- (b) Lakarkan lengkungan-lengkungan pemagnetan superkonduktor (a) jenis I dan (b) jenis II boleh berbalik. Masukkan di dalam lakaran itu takrifan dan penerangan yang cermat paksi pembolehubah. (20/100)
- (c) Di dalam lakaran (b) di atas tentukan kawasan keadaan bercampur dan jelaskan sifat fizikal kawasan tersebut. (20/100)
- (d) Huraikan perbezaan di antara kelakuan boleh berbalik dengan yang tidak boleh berbalik jenis II dan terangkan perbezaan tersebut menggunakan pemegangan garisan fluks. (20/100)
- (e) Kenapakah pemegangan garisan fluks penting di dalam dawai solenoid bersuperkonduktor? Bincangkan masalah-masalah praktis yang timbul disebabkan oleh perlunya pemegangan. (20/100)
6. (a) Jelaskan terbitan di dalam suatu hablur cecair nematik dan terangkan apa yang dimaksudkan dengan profil pengarah. (20/100)

- (b) Bagaimanakah profil pengarah boleh dikawal dengan (i) pemegangan pada dinding-dinding dan (ii) suatu medan elektrik statik atau medan magnet? Nyatakan dengan tepat apa mekanisma tertiban yang ada di dalam medan. (20/100)
- (c) Rajah 6.1 menunjukkan satu sel nematik berkelebaran d dengan pemegangan seperti yang ditunjukkan pada dinding dan medan elektrik E normal kepada arah pemegangan dinding. Terangkan peralihan Frederiks yang terjadi pada nilai genting E_c bagi medan E . (20/100)



Rajah 6.1

- (d) Tenaga bebas boleh dituliskan sebagai

$$F = \int_0^d \left\{ \frac{K_2}{2} \left(\frac{d\theta}{dy} \right)^2 - \frac{\chi}{2} E^2 \sin^2 \theta \right\} dy$$

dengan θ ialah sudut di antara pengarah dan satah di dalam lakaran (rajah 6.1). Terangkan asal-usul fizikal dan kepentingan kedua-dua sebutan di dalam pengkamir di atas. Tunjukkan bahawa bagi $E < E_c$ maka $F = 0$. Anggapkan, bagi E yang besar sedikit sahaja daripada E_c , nilai θ tidak sifar tetapi kecil dan berubah secara linear daripada sifar di setiap dinding kepada satu nilai maksimum θ_M di dalam pusat sel. Buktikan bahawa

$$F = \left(\frac{2K_2}{d} - \chi E^2 \frac{d}{6} \right) \theta_M^2$$

dan dengan itu dapatkan satu ungkapan anggaran bagi E_c .

(30/100)

- (e) Jelaskan secara ringkas tanpa menunjukkan terbitan-terbitan terperinci bagaimana persamaan Euler-Lagrange digunakan untuk mendapatkan satu ungkapan yang tepat bagi E_C .

(10/100)

- 0000000 -