

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2000/2001

Februari/Mac 2001

ZCT 207/2 – Mekanik Statistik

Masa : 2 jam

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

Jawab kesemua EMPAT soalan. Kesemuanya wajib dijawab dalam Bahasa Malaysia.

1. (a) Nyatakan postulat asas kebarangkalian 'a priori' sama. (3/25)
- (b) Nyatakan dengan ringkas apakah yang dimaksudkan dengan ensembel kanonik mikro. (3/25)
- (c) Dengan menggunakan persamaan termodinamik $TdS = dE + pdV$, dapatkan ungkapan bagi β dalam sebutan Ω (jumlah bilangan keadaan tercapai). (5/25)
- (d) Pertimbangkan suatu sistem terencil yang terdiri daripada N zarah berspin $\frac{1}{2}$. Setiap zarah mempunyai suatu momen magnet μ yang boleh menghala samada selari atau antiselari dengan suatu medan magnet luaran B (μ apabila zarah itu menghala ke atas atau selari dan $-\mu$ apabila zarah menghala ke bawah). Sekiranya n ialah bilangan spin yang dijajarkan selari dengan B ,

... 2/-

(i) Tunjukkan bahwa

$$\beta = \frac{1}{kT} = \frac{1}{2\mu B} \ln \left(\frac{N - \frac{E}{\mu B}}{N + \frac{E}{\mu B}} \right)$$

(Panduan: $E = -\sum_{i=1}^N \mu_i B$)

(7/25)

(ii) Seterusnya, buktikan bahwa tenaga

$$E = -N\mu B \tanh \frac{\mu B}{kT}$$

(Panduan: $\tanh \theta = \frac{e^\theta - e^{-\theta}}{e^\theta + e^{-\theta}}$)

(7/25)

2. (a) Tunjukkan bahwa

$$p = kT \left(\frac{\partial \ln Z}{\partial V} \right)_T$$

dan

$$E = kT^2 \left(\frac{\partial \ln Z}{\partial T} \right)_V$$

di mana Z adalah fungsi pemetaan.

(Panduan: $F = -kT \ln Z$, $F = E - TS$ dan $TdS = dE + pdV$)

(8/25)

(b) Fungsi pemetaan bagi campuran dua gas unggul adalah

$$Z = \frac{q_1^{N_1} q_2^{N_2}}{N_1! N_2!} \quad \text{di mana} \quad q_i = \left(\frac{2\pi m_i kT}{h^2} \right)^{3/2} V$$

... 3/-

Dari fungsi pemetakan ini

(i) Dapatkan tenaga E . (5/25)

(ii) Dapatkan tekanan p . (5/25)

(iii) Tunjukkan bahawa entropi S adalah

$$S = N_1 k \ln \left(\frac{V e^{5/2}}{\Lambda_1^3 N_1} \right) + N_2 k \ln \left(\frac{V e^{5/2}}{\Lambda_2^3 N_2} \right)$$

di mana

$$\Lambda_i = \left(\frac{h^2}{2\pi m_i kT} \right)^{1/2} \quad (7/25)$$

3. Pertimbangkan satu sistem yang mengandungi N zarah yang boleh dibezakan (statistik Maxwell- Boltzmann) dan tidak saling bertindak, yang setiap satunya boleh berada dalam dua keadaan tenaga iaitu ε atau $-\varepsilon$.

(a) Dapatkan fungsi pemetakan Z bagi sistem ini. (5/25)

(b) Dapatkan tenaga E . (7/25)

(c) Tunjukkan bahawa haba tentu C_V adalah

$$C_V = \frac{4Nk \left(\frac{\varepsilon}{kT} \right)^2}{\left(e^{-\beta\varepsilon} + e^{\beta\varepsilon} \right)^2} \quad (8/25)$$

(d) Apakah nilai C_V jika $T \rightarrow \infty$. (5/25)

4. Tenaga min per unit isipadu bagi gas foton adalah diberi oleh persamaan Hukum Planck iaitu

$$u(\omega, T) d\omega = \frac{\hbar}{\pi^2 c^3} \frac{\omega^3}{\left[e^{\beta\hbar\omega} - 1 \right]} d\omega$$

... 4/-

- (a) Tunjukkan bahawa pada frekuensi rendah, formula Rayleigh-Jeans diperolehi dan pada frekuensi tinggi, Hukum Wien diperolehi.

(10/25)

- (b) Hukum Stefan Boltzmann menyatakan bahawa jumlah ketumpatan tenaga per unit isipadu adalah

$$u_0 = \int_0^{\infty} u(\omega, T) d\omega = \sigma T^4$$

di mana T ialah suhu.

- (i) Dapatkan ungkapan bagi nilai σ .

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

(9/25)

- (ii) Dapatkan nilai σ dalam $\text{JK}^{-4} \text{m}^{-3}$.

$$(c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}, k = 1.381 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}, \hbar = 1.0546 \times 10^{-34} \text{ Js})$$

(3/25)

- (iii) Dapatkan jumlah ketumpatan tenaga sinaran suatu jasad hitam pada suhu $2.5 \times 10^3 \text{ K}$.

(3/25)