

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 1999/2000

Februari 2000

ZCT 207/2 – Mekanik Statistik

Masa : [2 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 dalam Bahasa Malaysia.

1. (a) Tunjukkan bahawa

$$\frac{\partial \bar{E}}{\partial \beta} = -\overline{(\Delta E)^2}$$

dan

$$\frac{\partial \bar{E}}{\partial \beta} = -kT^2 C_v$$

dalam ensembel kanonik di mana

\bar{E} adalah tenaga purata (min)
 k adalah pemalar Boltzmann
 T adalah suhu
 C_v adalah haba tentu pada isipadu tetap

(13/25)

(b) Seterusnya, dapatkan ungkapan bagi sisihan piawai relatif $\frac{\Delta^* E}{\bar{E}}$

(6/25)

(c) Dapatkan nilai sisihan piawai relatif bagi gas unggul monoatom di mana

$$C_v = \frac{3}{2} Nk \quad \text{dan} \quad \bar{E} = \frac{3}{2} NkT.$$

(4/25)

(d) Apakah akan terjadi pada jawapan (c) apabila $N \rightarrow \infty$?

(2/25)

...2/-

2. Pertimbangkan suatu sistem yang mempunyai dua aras tenaga iaitu keadaan dasar di mana tenaga adalah sifar dan keadaan yang teruja di mana tenaganya adalah ϵ . Sistem ini adalah dalam keseimbangan terma dengan satu takungan haba pada suhu T .
- (a) Hitungkan kebarangkalian P_0 dan P_1 untuk sistem itu berada pada
- (i) keadaan dasar
 - (ii) keadaan teruja
- (6/25)
- (b) Hitungkan tenaga purata \bar{E} bagi sistem ini.
- (5/25)
- (c) Dapatkan haba tentu C_V bagi sistem ini.
- (6/25)
- (d) Apakah nilai C_V bagi kes-kes had:
- (i) suhu tinggi
 - (ii) suhu rendah
- (8/25)
3. (a) Huraikan perbezaan antara zarah-zarah yang mematuhi statistik Maxwell-Boltzmann, statistik Fermi-Dirac dan statistik Bose-Einstein.
- (9/25)
- (b) Buktikan bahawa fungsi pemetakan Z bagi statistik Maxwell-Boltzmann adalah
- $$Z = q^N$$
- di mana q adalah fungsi pemetakan bagi zarah tunggal.
- (8/25)
- (c) Pertimbangkan satu sistem yang mengandungi tiga zarah yang boleh dibezakan dan dua keadaan tenaga iaitu ϵ dan 2ϵ . Dapatkan fungsi pemetakan Z bagi sistem ini.
- (8/25)

4. (a) Suatu pengayun harmonik mudah satu dimensi mempunyai aras tenaga yang diberikan oleh

$$E_n = (n + \frac{1}{2})\hbar\omega$$

dengan ω ialah frekuensi (sudut) cirian pengayun dan nombor kuantum n boleh mempunyai nilai integer berkemungkinan $n = 0, 1, 2, \dots$

Tunjukkan bahawa entropi bagi suatu himpunan N pengayun mengikut model Einstein ialah

$$S = 3Nk \left\{ \frac{\theta_E/T}{\exp(\theta_E/T) - 1} - \ln[1 - \exp(-\theta_E/T)] \right\}$$

di mana suhu Einstein $\theta_E = \frac{\hbar\omega}{k}$.

(Panduan : $dF = -SdT - pdV$ dan $F = -kT \ln Z$)

(13/25)

- (b) Dapatkan haba tentu pepejal C_V menurut teori klasik (Hukum Dulong dan Petit).

(6/25)

- (c) Ungkapan haba tentu pepejal C_V menurut model Debye adalah

$$C_V = 9Nk \left(\frac{T}{\theta_D} \right)^3 \int_0^{\theta_D/T} \frac{x^4 e^x}{(e^x - 1)^2} dx$$

di mana $x = \beta\hbar\omega$ dan $x_D = \beta\hbar\omega_D = \frac{\theta_D}{T}$ (θ_D : suhu Debye).

Tunjukkan bahawa pada suhu tinggi, Hukum Dulong dan Petit bagi haba tentu akan diperolehi.

(6/25)