

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang 1990/91

Mac/April 1991

ZSC 312/2 Ilmu Mekanik Statistik

Masa : (2 jam)

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

Jawab EMPAT soalan sahaja.
Kesemuanya wajib dijawab di dalam Bahasa Malaysia.

Berat atom aluminium	= 27
Ketumpatan aluminium	= $2.7 \times 10^3 \text{ kgm}^{-3}$
Jisim elektron	= $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Pemalar Planck	= $6.6 \times 10^{-34} \text{ Js}$
Nombor Avogadro	= $6.03 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Pemalar Boltzmann	= $1.38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$
Laju cahaya	= $3.0 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
1 unit jisim atom (a.m.u.)	= $1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

1. (a) Tunjukkan bahawa tenaga purata \bar{E} bagi suatu sistem yang mengandungi bilangan zarah tetap yang berada pada keadaan keseimbangan pada suhu T boleh ditulis sebagai

$$\bar{E} = \frac{kT^2}{Z} \frac{dZ}{dT} \quad (20/100)$$

- (b) Suatu pengayun harmonik yang mempunyai frekuensi ayunan ω dicirikan mengikut mekanik kuantum oleh suatu set tenaga diskret E_n yang diberi oleh

$$E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right) \hbar \omega \quad (60/100)$$

dengan $n = 0, 1, 2, 3 \dots$

...2/-

Jika pengayun harmonik berada di dalam keadaan keseimbangan terma pada suhu T, tunjukkan bahawa tenaga purata \bar{E} bagi pengayun tersebut boleh ditulis sebagai

$$\bar{E} = \hbar\omega \left\{ \frac{1}{2} + \frac{1}{e^{\hbar\omega/kT} - 1} \right\}$$

- (c) Lakarkan (dengan sedikit penerangan) bagaimana \bar{E} berubah dengan suhu mutlak T. (20/100)

2. (a) Suatu sistem mempunyai 10 zarah yang boleh dibezakan dan tiga paras tenaga. Paras atas mempunyai kedegeneratan dua lipatan dan bertenaga 3ϵ . Paras ini mempunyai tiga zarah. Paras kedua mempunyai kedegeneratan tiga lipatan, bertenaga 2ϵ dan mengandungi lima zarah. Paras bawah pula tak degenerat, bertenaga ϵ dan mengandungi dua zarah.

(i) Tentukan bilangan keadaan mikro untuk keadaan makro yang berkenaan.

(ii) Untuk sistem yang berkenaan jikalau tenaga dalam ialah 15ϵ tentukan dua keadaan makro yang mungkin. (60/100)

- (b) Suatu sistem mempunyai 16000 zarah yang boleh dibezakan dan dua paras tenaga. Paras atas mempunyai kedegeneratan dua lipatan dan mempunyai tenaga $3 \times 10^{-16} \text{J}$ lebih daripada paras dasar yang tak degenerat. Jikalau paras atas mempunyai 4000 zarah, kirakan entropi bagi sistem tersebut. (40/100)

3. (a) Beza tenaga antara paras dasar dan paras teruja pertama bagi atom helium adalah $3.2 \times 10^{-18} \text{J}$. Jika paras teruja tersebut mempunyai kedegeneratan 3 lipatan sementara paras dasar pula tak degenerat, hitung peratusan atom helium yang berkeadaan teruja di dalam keseimbangan terma pada suhu 7000K, dengan membuat anggapan bahawa pecahan dalam keadaan teruja yang lain boleh diabaikan. (35/100)

(b) Diberi

$$dN = N \left[\frac{2}{\pi} \right]^{\frac{1}{2}} \left[\frac{m}{kT} \right]^{3/2} v^2 e^{-mv^2/2kT} dv$$

(dN ialah bilangan molekul yang mempunyai halaju di antara v dan $v + dv$). Tunjukkan bahawa halaju kebarangkalian termungkin molekul di dalam sistem

gas ialah $\left[\frac{2kT}{m} \right]^{\frac{1}{2}}$. (30/100)

- (c) Di dalam suatu sistem gas monoatom 2-dimensi, zarah-zarahnya boleh bergerak bebas dalam suatu satah, tetapi terbendung di dalam suatu keluasan A . Fungsi pembahagian bagi sistem tersebut dengan N zarah diberi oleh

$$Z = \frac{A 2\pi mkT}{h^2} .$$

Daripada ungkapan tersebut tunjukkan bahawa entropi untuk sistem gas tersebut ialah

$$S = Nk \left(2 + \ln \frac{A 2\pi mkT}{Nh^2} \right) \quad (35/100)$$

4. Bermula daripada persamaan $F = -3NkT \ln Z$ dan persamaan termodinamik fungsi Helmholtz, tunjukkan bahawa haba tentu untuk suatu pepejal dengan N atom yang seiras (pepejal Einstein) ialah

$$C_v = 3Nk \left(\frac{h\nu}{kT} \right)^2 \frac{e^{h\nu/kT}}{(e^{h\nu/kT} - 1)^2}$$

Seterusnya tunjukkan bahawa pada suhu tinggi (iaitu $kT \gg h\nu$) $C_v = 3R$. (100/100)

5. (a) Dengan menggunakan statistik Bose-Einstein tentukan kebarangkalian termodinamik untuk keadaan makro yang berikut untuk suatu sistem yang mempunyai 4 zarah dan 2 paras tenaga. Kedegeneratan kedua-dua paras g ialah 4.

(i) $N_1 = 4$ $N_2 = 0$

(ii) $N_1 = 2$ $N_2 = 2$. (25/100)

(b) Hitungkan tenaga Fermi untuk elektron-elektron valens bagi logam aluminium dengan membuat anggapan bahawa ada 3 elektron bebas per atom aluminium. (35/100)

(c) Daripada persamaan untuk tenaga bagi gas degenerat Fermi pada OK,

$$U = \frac{2}{5} C E_F^{5/2}$$

terbitkan ungkapan untuk tekanan P yang dihasilkan oleh gas tersebut pada suhu yang sama. (40/100)

- ooo00ooo -