



Final Examination
2018/2019 Academic Session

June 2019

**JIF415 – Statistical Mechanics
(Mekanik Statistik)**

Duration : 2 hours
(Masa : 2 jam)

Please check that this examination paper consists of **EIGHT (8)** pages of printed material before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **LAPAN (8)** muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini].*

Instructions : Answer **ALL** questions. You may answer **either** in Bahasa Malaysia or in English.

Arahan : Jawab **SEMUA** soalan. Anda dibenarkan menjawab soalan **sama ada** dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris].

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunapakai].

Useful Information:

Universal gravitational constant, $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$

$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N m}^{-2}$

$1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$

Molar gas constant, $R = 8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Permeability constant, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ wb A}^{-1} \text{ m}^{-1}$ (or H m^{-1})

Permittivity constant, $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$

Planck's constant, $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J s}$

$c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

$1 \text{ eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$

Electron rest-mass, $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

Mass of proton = 1.007276 amu

Mass of neutron = 1.008665 amu

Avogadro's number, $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

$1 \text{ u} = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg} = 931 \text{ MeV}$

Answer ALL questions.
Jawab SEMUA soalan.

1. (a). (i). What is the Fundamental Postulate in statistical mechanics?
Apakah Postulat Asas dalam mekanik statistik?
(4 marks/markah)

(ii). Two cells, Alpha and Beta, are located side-by-side as shown in Figure 1. Two distinguishable particles labelled as *a* and *b* can be placed in these cells with equal probability. There is no restriction on the number of particles that can be placed in the cells.

Dua sel, Alpha dan Beta, diletakkan bersebelahan seperti pada Rajah 1. Dua zarah yang boleh dibezakan berlabel a dan b boleh diletakkan ke dalam sel tersebut dengan kebarangkalian yang sama. Jumlah zarah yang boleh diletakkan ke dalam suatu sel juga tidak dihadkan.



Figure 1
Rajah 1

Suppose the macrostate is defined as the number of particles in the Alpha cell. With the help of a diagram, show all possible arrangements in which the two particles can be distributed. Your answer should include all the macrostates and microstates.

Andaikan keadaan makro ditakrifkan sebagai jumlah zarah yang terdapat di dalam sel Alpha. Dengan bantuan suatu gambar rajah, tunjukkan semua taburan bagi kedua-dua zarah yang mungkin. Jawapan anda perlu menunjukkan semua keadaan makro dan mikro.

(8 marks/markah)
...4/-

(b). (i). What is a dipole in a paramagnetic solid?

Apakah dipol yang terdapat dalam suatu pepejal paramagnet?

(5 marks/markah)

(ii). A paramagnetic solid placed near an applied magnetic field **B** as shown in Figure 2 is assumed to have its dipoles oriented either in parallel or anti-parallel to the field. There are nine dipoles in the paramagnetic solid and the macrostates is defined as the number of spin-up dipoles. Show two different microstates that correspond to the macrostates $n = 3$ i.e. the macrostate with three spin-up dipoles.

*Sesuai pepejal paramagnet yang terletak berdekatan dengan suatu medan magnet **B** seperti pada Rajah 2 dianggap mempunyai dipol yang mempunyai orientasi selari atau anti selari sahaja dengan medan tersebut. Terdapat sembilan dipol dalam pepejal paramagnet tersebut dan keadaan makro ditakrif sebagai bilangan dipol 'spin-up'. Tunjukkan dua keadaan mikro yang sepadan dengan keadaan makro yang mempunyai tiga dipol spin-up $n = 3$.*

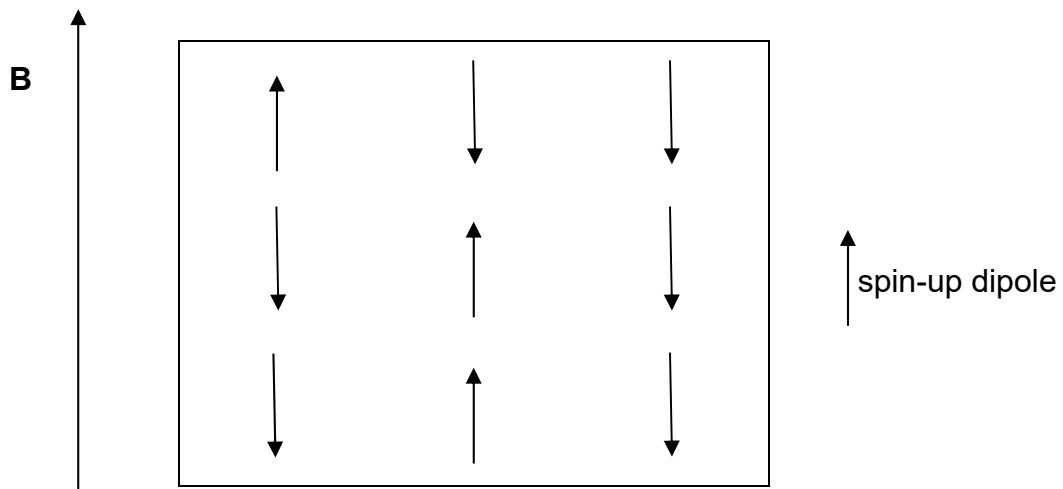


Figure 2
Rajah 2

(8 marks/markah)

...5/-

2. (a). System A consists of only distinguishable particles while system B has only indistinguishable particles. All other characteristics such as the number of particles, energy, degeneracy and temperature of these two systems are the same.

Sistem A mengandungi zarah-zarah yang boleh dibezakan sahaja manakala sistem B hanya mengandungi zarah-zarah yang tidak boleh dibezakan. Ciri-ciri yang lain seperti jumlah bilangan zarah, tenaga, degenerasi dan suhu adalah sama bagi kedua-dua sistem tersebut.

- (i). Which system has more microstates? Explain.

Sistem mana yang mempunyai lebih banyak keadaan mikro? Jelaskan jawapan anda.

(5 marks/markah)

- (ii). Is the entropy the same for both system A and system B? Explain your answer.

Adakah entropi untuk sistem A dan system B sama? Terangkan jawapan anda.

(5 marks/markah)

- (b). A system consists of N distinguishable particles and n phase space cells. The energy of the particles is non-degenerate where

Suatu sistem mempunyai N zarah yang boleh dibezakan dan n bilangan sel ruang fasa. Tenaga zarah-zarah tersebut juga tidak degenerat dengan syarat

$$\epsilon_1 = \epsilon_2 = \epsilon_3 = \dots = \epsilon_n = \epsilon$$

Obtain the

Dapatkan

- (i). partition function, Z .
fungsi pemetakan, Z .
- (ii). internal energy, U .
tenaga dalaman, U .
- (iii). entropy, S .
entropi, S .

(15 marks/markah)

3. A system that obeys the Fermi-Dirac statistics has five particles and a total energy of 4ϵ . The energy levels are equally spaced and the degeneracy of the energy level is three. With the help of a diagram,

Suatu system yang mematuhi statistik Fermi-Dirac mempunyai lima zarah dan jumlah tenaga 4ϵ . Paras tenaga dipisahkan secara jarak yang sama dan degenerasi paras tenaga adalah tiga. Dengan bantuan suatu gambar rajah,

- (a). show all the possible macrostates.
tunjukkan semua keadaan makro.

(10 marks/markah)

- (b). calculate the number of microstates.
hitung bilangan keadaan mikro.

(10 marks/markah)

- (c). show an example of a macrostate that is **NOT** allowed. Explain why it is not allowed.
*tunjukkan suatu contoh keadaan makro yang **TIDAK** dibenarkan. Terangkan kenapa ia tidak dibenarkan.*

(5 marks/markah)

4. (a). Explain the Kinetic Theory of Gases from the perspective of statistical mechanics.

Huraikan Teori Kinetik Gas dari perspektif mekanik statistik.

(10 marks/markah)

- (b). From the Maxwell-Boltzmann distribution function, show that the mean speed of a three-dimensional gas is given by

Dengan menggunakan fungsi taburan Maxwell-Boltzmann, tunjukkan bahawa kelajuan purata bagi suatu gas tiga-dimensi diberikan ialah

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}$$

(15 marks/markah)

- oooOooo -