
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Final Examination
2015/2016 Academic Session

May/June 2016

JIF 415 – Statistical Mechanics
[Mekanik Statistik]

Time : 2 hours
(Masa : 2 jam)

Please ensure that this examination paper contains **SIX** printed pages before you begin the examination.

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

Read the instructions carefully before answering.

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

*Sila pastikan kertas peperiksaan ini mengandungi **ENAM** muka surat yang bercetak sebelum anda menjawab sebarang soalan.*

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

Baca setiap arahan dengan teliti sebelum menjawab.

Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.

Constants:

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 $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

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

Useful Information

$$\sum_{j=0}^{\infty} e^{-jx} = 1 + e^{-x} + e^{-2x} + e^{-3x} + \dots = (1 - e^{-x})^{-1}$$

Answer ALL questions.

1. (a) A physics student says that 'a microstate never changes'. Comment on his statement.

(5 marks)

- (b) Show all the possible arrangements for three distinguished particles to be placed in two adjacent boxes labelled as Box α and Box β . Assume that the probability of putting one particle in Box α is the same as that of putting it in Box β . There is also no restriction on the number of particles in each box.

(10 marks)

- (c) With the help of a diagram, show all the possible macrostates of four particles obeying the MB statistics with a total energy of $4E$. If the energy levels is non-degenerate, obtain the total number of all possible microstates.

(10 marks)

2. (a) State the relationship between the entropy and the microstates of a system.

(5 marks)

- (b) In a monatomic crystal, each atom can occupy either a lattice site or an interstitial site. The energy of an atom at a interstitial site is higher than that of an atom occupying the lattice site by an amount E . Also the number of interstitial sites is equal to the number of lattice sites, and equals the number of atom N .

- (i) What is the type of crystal defect known as?

(6 marks)

...4/-

- (ii) Obtain the entropy of the crystal in the state when n of the N atoms have moved to the interstitial sites. (Assume that $E = 0$ for the ground state)

(7 marks)

(iii) Prove that $\frac{n}{N} = \exp\left(\frac{-E}{2kT}\right)$

where k is the Boltzmann's constant and T the temperature.

(7 marks)

3. (a) What is a monatomic ideal gas?

(10 marks)

- (b) Obtain the entropy of a monatomic ideal gas.

(15 marks)

4. (a) What are linear oscillators?

(5 marks)

- (b) Show that the partition function can be expressed as $Z = \frac{\exp\left(-\frac{\theta}{2T}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{\theta}{T}\right)}$

where $\theta = \frac{h\nu}{k}$ and T is temperature

(12 marks)

- (c) Obtain the heat capacity.

(8 marks)

Jawab SEMUA soalan.

1. (a) Seorang pelajar fizik berkata bahawa 'suatu keadaan mikro tidak berubah'. Huraikan kenyataan pelajar tersebut.
(5 markah)
- (b) Tunjukkan semua susunan yang mungkin untuk 3 zarah yang boleh dibezakan yang diletakkan ke dalam dua kotak yang bersebelahan dan yang dilabel sebagai Kotak α dan Kotak β . Anggaphlah kebarangkalian meletakkan satu zarah ke dalam Kotak α adalah sama meletakkannya di dalam Kotak β . Anggaphlah juga tiada apa-apa sekatan terhadap bilangan zarah yang boleh dimasukkan ke dalam setiap kotak tersebut
(10 markah)
- (c) Dengan bantuan gambar rajah, tunjukkan semua keadaan macro yang mungkin bagi empat zarah yang mematuhi statistik MB dengan jumlah tenaga sebanyak $4E$. Jika paras tenaga tidak degenerat, carikan jumlah bilangan keadaan mikro yang mungkin.
(10 markah)
2. (a) Nyatakan hubungan antara entropi dan keadaan micro sesuatu sistem.
(5 markah)
- (b) Dalam suatu hablur monatom, setiap atom boleh menduduki lokasi sama ada di tapak kekisi atau di tapak celahan. Tenaga suatu atom yang terletak di tapak celahan adalah lebih tinggi daripada tenaga atom di tapak kekisi dengan jumlah sebanyak E . Anggaphlah bilangan tapak celahan adalah sama dengan bilangan tapak kekisi, dan adalah sama dengan bilangan atom N .

- (i) *Apakah jenis kecacatan hablur ini?*
(6 markah)
- (ii) *Dapatkan entropi bagi hablur dalam keadaan apabila n daripada N atom telah berpindah ke tapak celahan. (Anggaph $E = 0$ untuk keadaan asal)*
(7 markah)
- (iii) *Buktikan bahawa $\frac{n}{N} = \exp\left(\frac{-E}{2kT}\right)$.*

Di sini k ialah pemalar Boltzmann dan T adalah suhu.

(7 markah)

3. (a) *Apakah gas unggul monatom?*
(10 marks)
- (b) *Dapatkan entropi suatu gas unggul monatom.*
(15 markah)

4. (a) *Apakah pengayun linear?*
(5 markah)
- (b) *Tunjukkan fungsi pemetakan pengayun linear boleh dinyatakan sebagai*

$$Z = \frac{\exp\left(-\frac{\theta}{2T}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{\theta}{T}\right)}$$

Di sini $\theta = \frac{h\nu}{k}$ dan T adalah suhu.

(12 markah)

- (c) *Dapatkan muatan haba.*
(8 markah)