
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
Academic Session 2008/2009

November 2008

ZCE 305/3 – Atomic Physics and Nuclear Physics
[Fizik Atom dan Fizik Nuklear]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

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

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

Instruction: Answer **ANY FIVE (5)** questions. Students are allowed to answer all questions in Bahasa Malaysia or in English.

[Arahan: Jawab **MANA-MANA LIMA (5)** soalan. Pelajar dibenarkan menjawab semua soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]

.../2-

- 2 -

1. (a) The spherical coordinate of the Schrödinger of hydrogen atom is given by
 [Persamaan Schrodinger dalam koordinat sfera untuk hidrogen atom diberikan oleh]

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \psi}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial \psi}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 \psi}{\partial \phi^2} + \frac{2\mu}{\hbar^2} [E - V(r)] \psi = 0$$

Using the technique of a separation of variable, show that the $\Phi(\phi)$ component of this equation can be written as

[Dengan menggunakan teknik pemisah pembolehubah, tunjukkan bahawa komponen $\Phi(\phi)$ untuk persamaan ini boleh dituliskan sebagai]

$$\frac{1}{\Phi} \frac{d^2 \Phi}{d\phi^2} = -m^2$$

Accordingly show that the solution of this equation is in the form of
 [Seterusnya tunjukkan bahawa penyelesaian untuk persamaan ini adalah dalam bentuk]

$$\Phi(\phi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{im\phi}$$

where m is equal to 0, $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$

[di mana m bersamaan dengan 0, $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$]

(70/100)

- (b) Sketch the distribution of $\Phi(\phi)$, $\Theta(\theta)$ and $R(r)$. Describe in features of the plot $R(r)$ in relation to the existence of electron shell in an atom.
 [Lakarkan taburan $\Phi(\phi)$, $\Theta(\theta)$ dan $R(r)$. Jelaskan ciri plot $R(r)$ yang berkaitan dengan kewujudan petala elektron dalam atom]

(15/100)

...3/-

- (c) State the quantum numbers and their possible values that emerge from the solution for $\Phi(\phi)$, $\Theta(\theta)$ and $R(r)$. If $n = 4$, what are the possible values for quantum number l and m_l ?
[Nyatakan nombor kuantum and nilai-nilai yang mungkin yang terhasil daripada penyelesaian $\Phi(\phi)$, $\Theta(\theta)$ dan $R(r)$. Jika $n=4$, apakah nilai yang mungkin untuk nombor kuantum l dan m_l ?]

(15/30)

2. (a) Using appropriate orthogonality condition, show that the expectation value of angular momentum L_z is given by
[Dengan menggunakan syarat keortoganan yang sesuai, tunjukkan bahawa nilai jangkaan untuk momentum sudut L_z diberikan oleh]

$$\langle L_z \rangle = m \hbar$$

(30/100)

- (b) Using result in 2 (a), shows how the concept of space quantization can be explained by sketching the possible orientation of L_z for $l = 0, 1, 2, 3$ and 4.
[Dengan menggunakan keputusan dalam 2 (a), tunjukkan bagaimana konsep pengkuantuman ruang boleh dijelaskan dengan melakarkan orientasi L_z yang mungkin untuk $l = 0, 1, 2, 3$ dan 4]

(30/100)

- (c) What is fine structure? Explain how fine structure help to explain the existence of electron spin.
[Apakah struktur halus? Jelaskan bagaimana struktur halus membantu menjelaskan kewujudan spin elektron]

(25/100)

- (d) What is electron configuration? Give the electron configuration of the first four alkali metals, Li ($Z=3$), Na ($Z=11$), K ($Z=19$) and Rb ($Z=37$)
[Apakah tatarajah elektron? Berikan tatarajah elektron untuk empat logam alkali yang pertama, Li ($Z=3$), Na ($Z=11$), K ($Z=19$) dan Rb ($Z=37$)]

(15/100)

...4/-

3. (a) Taking into consideration the classical path of orbiting electron around the nucleus, show that the magnetic dipole moment is given by
[Dengan mengambilkira lintasan klasikal elektron orbit mengelilingi nuklues, tunjukkan bahawa momen magnet dipole boleh diberikan oleh]

$$\mu = -\frac{e}{2m}L$$

where L is the angular momentum of the electron. Accordingly, show that when this electron orbit is placed in an external magnetic field B in the z -direction, the potential energy of the system is
[di mana L ialah momentum sudut elektron. Seterusnya, tunjukkan bahawa apabila orbit elektron ini diletakkan dalam medan magnet luar B dalam arah- z , tenaga keupayaan sistem ialah]

$$E_B = \frac{e}{2m}L_z B$$

(30/100)

- (b) Using the results of the quantum mechanic, calculate the magnetic dipole moment that is possible for $n=3$ level.
[Dengan menggunakan keputusan mekanik kuantum, kira momen dipole magnet yang mungkin untuk paras $n=3$]

(15/100)

- (c) Explain the Normal Zeeman Effect and the anomalous Zeeman Effect. In particular differentiate the two effects in term of the spectrum observed and the corresponding energy levels of electron in an atom.
[Jelaskan Kesan Zeeman Biasa dan Kesan Zeeman Janggal. Secara khusus, bezakan kedua-dua kesan ini merujuk kepada spektrum yang diperhatikan dan juga paras tenaga elektron yang sepadan]

(35/100)

...5/-

- (d) In a normal Zeeman effect, a magnetic field of 0.009T is found to split the spectrum line of 6438 Å into 3 different sub component with each line of the sub component is separated by $\Delta\lambda$. Find the value of $\Delta\lambda$ if given

$$\frac{e\hbar}{2m} = 5.79 \times 10^{-5} \frac{eV}{T} \text{ and } hc = 12.4 \times 10^3 \text{ eV.Å.}$$

[Dalam Kesan Zeeman Biasa, medan magnet 0.009T didapati memecahkan spectrum garis 6438 Å kepada 3 sub komponen dengan setiap garisan sub komponen ini diasingkan oleh $\Delta\lambda$. Cari nilai $\Delta\lambda$ jika diberi

$$\frac{e\hbar}{2m} = 5.79 \times 10^{-5} \frac{eV}{T} \text{ dan } hc = 12.4 \times 10^3 \text{ eV.Å.}]$$

(20/100)

4. (a) With an aid of a suitable diagram, show how the electron scattering experiment can be used to determine a nuclear radius.

[Dengan bantuan rajah yang bersesuaian, tunjukkan bagaimana ujikaji serakan zarah elektron boleh digunakan untuk menentukan jejari nukleus]

(20/100)

- (b) In the scattering experiment described in 4 (a), show that the nuclear radius can be represented by

[Dalam ujikaji serakan yang dijelaskan dalam 4 (a), tunjukkan bahawa jejari nukleus boleh diwakili oleh]

$$R = 1.4 A^{1/3} F$$

where A is mass number and F is a unit in Fermi.

[di mana A adalah nombor jisim dan F adalah unit dalam Fermi]

(30/100)

- (c) Define nuclear binding energy. Sketch the variation of the nuclear binding energy with mass number, A. Explain the important features obtained in the sketch.

[Takrifkan tenaga ikatan nukleor. Lakarkan perubahan tenaga ikatan nuklear dengan nombor jisim, A. Jelaskan ciri penting yang diperolehi dalam lakaran ini]

(20/100)

...6/-

- (d) Show that
 [Tunjukkan bahawa]
- i. the nuclear force is a saturated force.
 [daya nuklear adalah daya yang tepu]
 - ii. the nuclear force in the form of n-p = p-p = n-n
 [daya nuklear dalam bentuk n-p = p-p = n-n]

(30/100)

5. (a) In a series of radioactive decay, material a with decay constant λ_a decays into material b with decay constant λ_b and subsequently into material c with decay constant λ_c . Show that the amount of material b, N_b in time t is can be given by

[Dalam siri reputan radioaktif, bahan a dengan pemalar reputan λ_a mereput kepada bahan b dengan pemalar reputan λ_b dan seterusnya mereput kepada bahan c dengan pemalar reputan λ_c . Tunjukkan bahawa jumlah bahan b, N_b dalam masa t boleh diberikan oleh]

$$N_b = N_{b0}e^{-\lambda_b t} + \frac{\lambda_a N_{a0}}{\lambda_b - \lambda_a} (e^{-\lambda_a t} - e^{-\lambda_b t})$$

(45/100)

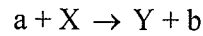
- (b) Plot the graph depicting the variation of N_a , N_b and N_c with time
 [Plotkan graf yang menunjukkan perubahan N_a , N_b , dan N_c dengan masa]

(10/100)

...7/-

- 7 -

- (c) In a nuclear reaction represented by
[Dalam suatu tindak balas nuklear diwakili oleh]



show that the Q-value of the reaction can given by
[tunjukkan bahawa nilai-Q untuk tindakbalas itu boleh diberikan]

$$Q = E_b \left(1 + \frac{m_b}{M_Y} \right) - E_a \left(1 - \frac{m_a}{M_Y} \right) - \frac{2}{M_Y} (m_a m_b E_a E_b)^{1/2} \cos \theta$$

(45/100)

6. Choose TWO topics from the following topics and write a short essay
[Pilih DUA tajuk daripada tajuk-tajuk berikut dan tulis karangan pendek]

- (a) Rutherford and Bohr Model of an atom
[Model Rutherford dan Bohr untuk atom]
- (b) Selection Rule and Pauli's Exclusion Principle
[Petua pilihan dan Prinsip eksklusi Pauli]
- (c) Stern Gerlach's Experiment and electron spin
[Ujikaji Stern Gerlach dan spin elektron]
- (e) Neutrino hypothesis and the theory of beta decay
[Hipotesis neutrino dan teori reputan beta]
- (f) Electron capture and Auger effect
[Tawanan elektron dan kesan Auger]

(100/100)

- 0000000 -