
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2002/2003

Februari/Mac 2003

JIF 318 – Mekanik Kuantum

Masa : 3 jam

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

Jawab SEMUA soalan.

Baca arahan dengan teliti sebelum anda menjawab soalan.

Setiap soalan diperuntukkan 100 markah.

1. (a) Jelaskan dengan ringkas kelemahan-kelemahan fizik klasik dalam menerangkan keputusan beberapa ujikaji yang tertentu. Terangkan bagaimana mekanik kuantum dapat mengatasi kelemahan ini.

(30 markah)

- (b) Elektron hanya boleh bergerak di dalam sfera berjejari 2\AA . Dengan menggunakan Prinsip Ketidakpastian Heisenberg, tentukan tenaga minima elektron ini.

$$\left[\begin{array}{l} \hbar = 1.054 \times 10^{-34} \text{ Js} \\ m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg} \end{array} \right]$$

(20 markah)

- (c) Suatu sistem yang mengandungi tali yang panjangnya L membentuk gelombang pegun yang boleh diwakili oleh

$$\frac{\partial^2 \psi(x, t)}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \psi(x, t)}{\partial t^2}$$

Tunjukkan bahawa sistem ini boleh diwakili oleh persamaan Schrödinger

$$\frac{d^2 \psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} [E - U] \psi = 0.$$

(50 markah)

2. (a) Nyatakan dengan ringkas postulat-postulat untuk mekanik kuantum.

(50 markah)

(b) Jelaskan sebutan-sebutan berikut:

- (i) Ruang Hilbert
- (ii) Operator Adjoin
- (iii) Operator Umitari
- (iv) Operator Hermitian

(20 markah)

(c) Jika \hat{A} , \hat{B} dan \hat{C} merupakan operator-operator Hermitian, buktikan bahwa

- (i) $(\hat{A} \hat{B} \hat{C})^+ = \hat{A} \hat{B} \hat{C}$
- (ii) $(\hat{C} \hat{A})^+ = \hat{C}^* \hat{A}^+$
- (iii) $(\hat{A} \hat{B})^+ = \hat{B}^+ \hat{A}^+$

(30 markah)

3. (a) Jelaskan sebutan-sebutan berikut:

- (i) Nilai jangkaan
- (ii) Operator berkomut
- (iii) Operator tak berkomut.

(30 markah)

(b) Jika $\hat{P}_x \rightarrow -i\hbar \frac{\partial}{\partial x}$, $\hat{x} \rightarrow x$, buktikan \hat{P}_x dan \hat{x} tak berkomut.

(30 markah)

(c) Nilai komutator-komutator berikut:

(i) $[\hat{P}_x, \hat{x}^2]$

(ii) $[\hat{P}_x^2, \hat{x}^2]$

(40 markah)

4. (a) Persamaan Schrödinger untuk zarah dalam kotak 1-Dimensi ialah

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \psi(x, t) + V(x) \psi(x, t) = i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi(x, t)$$

Dengan mengambil kira potential sistem sebagai

$$V(x) = 0, \quad 0 \leq x \leq L \\ = \infty, \quad x < 0, x > L$$

Tunjukkan bahawa penyelesaian penuh persamaan Schrödinger ialah

$$\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin \frac{n\pi x}{L}$$

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

(70 markah)

(b) Buktikan juga tenaga sistem boleh diberikan oleh persamaan

$$E_n = \frac{n^2 \hbar^2 \pi^2}{2mL^2}$$

(10 markah)

(c) Plot ketumpatan kebarangkalian $|\psi|^2$ bagi sistem ini untuk beberapa nombor kuantum yang rendah.

(20 markah)

5. (a) Dalam proses penembusan halangan, halangan potential adalah berbentuk segiempat yang diberikan oleh

$$V(x) = \begin{cases} 0 & |x| \geq a \\ V_0 & |x| < a \end{cases}$$

Dengan menggunakan persamaan Schrödinger yang sesuai tunjukkan bahawa fungsi gelombang boleh diberikan oleh

$$\psi_i = Ae^{ikx} + Be^{-ikx}$$

$$\psi_{ii} = Ce^{-\gamma x} + De^{\gamma x}$$

dan $\psi_{iii} = E e^{ikx}$

di mana ψ_i , ψ_{ii} dan ψ_{iii} mewakili fungsi gelombang masing-masing diluar halangan, di dalam halangan dan yang menembusi halangan.

(70 markah)

- (b) Jelaskan proses penembusan halangan untuk

- (i) Reputan alfa
- (ii) Songsangan Ammonia
- (iii) Diod Terowong.

(30 markah)