

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 1996/97

April 1997

ZSE 415/3 - Fizik Moden IV

Masa: [3 jam]

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

Jawab kesemua LIMA soalan. Kesemuanya wajib dijawab dalam Bahasa Malaysia.

1. Hamiltonian  $H$  bagi suatu osilator harmonik mudah dalam 1-D adalah

$$H = -\frac{\hbar^2 \nabla^2}{2m} + \frac{1}{2} m \omega^2 x^2$$

di mana  $m$  adalah jisim osilator itu dan  $\omega$  adalah frekuensi sudut klasik.

- (a) Tunjukkan bahawa tenaga keadaan asas adalah  $\frac{1}{2}\hbar\omega$  dan cari eigenfungsi keadaan asas dengan menggunakan cara operator ciptaan  $a^+$  dan operator musnah-habisan  $a$ .

(30/100)

- (b) Tunjukkan bahawa

$$\langle \text{tenaga kinetik} \rangle = \langle \text{tenaga keupayaan} \rangle$$

(20/100)

- (c) Buktikan bahawa

$$a^+ u_n = \sqrt{n+1} u_{n+1}$$

(20/100)

- (d) Huraikan dua contoh penggunaan model osilator harmonik mudah dalam sistem-sistem fizik.

(30/100)

...2/-

2. (a) Jelaskan sebabnya eigenfungsi bagi momentum sudut orbital adalah penting untuk menyelesaikan Persamaan Schrodinger bagi atom hidrogen. Dapatkan persamaan jejarian bagi atom hidrogenik dan huraikan sifat-sifat eigennilai tenaga bagi atom hidrogenik.

(60/100)

- (b) Suatu keadaan teruja bagi atom hidrogen mempunyai fungsigelombang

$$\psi_{nlm}(r, \theta, \phi) = Ar^2 e^{-r/3a_0} \sin(\theta) \cos(\theta) e^{i\phi}$$

di mana A adalah pemalar penormalan dan  $a_0$  adalah jejari pertama Bohr. Carikan nilai nombor kuantum  $\ell$  dan  $m$ .

Diberi:

$$L^2 = -\frac{\hbar^2}{\sin\theta} \left( \frac{\partial}{\partial\theta} \sin\theta \frac{\partial}{\partial\theta} + \frac{1}{\sin\theta} \frac{\partial^2}{\partial\phi^2} \right)$$

(40/100)

3. (a) Hamiltonian H bagi suatu sistem fizik adalah

$$H = H_0 + V$$

Disini,  $H_0$  adalah Hamiltonian yang dapat diselesaikan dengan tepat dan mempunyai eigent tenaga  $E_k$  dan eigenfungsi  $u_k$ .  $V$  adalah suatu usikan yang dianggap kecil. Tunjukkan bahawa pembedahan peringkat pertama  $\epsilon_1$  bagi suatu paras tenaga  $E_k$  yang tak degenerat adalah diberi dengan

$$\epsilon_1 = \int u_k^* V u_k dt$$

(50/100)

- (b) Suatu osilator mekanik kuantum tak harmonik dalam 1-D mempunyai Hamiltonian

$$H = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + \frac{1}{2} m\omega^2 x^2 + Bx^3 + Ax^4$$

di mana A dan B adalah parameter-parameter kecil. Hitungkan pembedahan peringkat pertama  $\epsilon_1$  bagi tenaga keadaan dasar osilator harmonik mudah dan tunjukkan bahawa

...3/-

$$\epsilon_1 = \frac{3A}{4} \left( \frac{\hbar}{m\omega} \right)^2$$

Jelaskan bagaimana pembedahan peringkat kedua dan lebih bagi tenaga keadaan dasar itu dapat bergantung kepada parameter B.

(50/100)

$$\left[ \begin{array}{l} \text{Diberi: } \int_0^{\infty} x^m e^{-ax^2} dx = \frac{\Gamma\left(\frac{m}{2} + \frac{1}{2}\right)}{2a^{(m+1)/2}} \\ \Gamma\left(n + \frac{1}{2}\right) = \frac{1,3,5,\dots,(2n-1)\sqrt{\pi}}{2^n} \end{array} \right.$$

Fungsi gelombang keadaan dasar bagi osilator harmonik mudah adalah

$$u_0 = \left( \frac{m\omega}{\omega\hbar} \right)^{1/4} e^{-\frac{m\omega x^2}{2\hbar}}$$

4. (a) Jelaskan secara ringkas asal-usul fizik untuk tenaga salingtindakan spin-orbit bagi suatu atom. Huraikan kesan saling tindakan spin-orbit.

(40/100)

- (b) Huraikan ciri-ciri utama bagi kesan Zeeman normal dan kesan Zeeman beranomali.

(60/100)

5. Tuliskan nota ringkas bagi tiap-tiap topik yang berikut:-

- (a) Operator Hermitian adjoin. (25/100)

- (b) Pancaran spontan dan pancaran teraruh. (25/100)

- (c) Penggunaan kaedah variasi dalam mekanik kuantum. (25/100)

- (d) Kebarangkalian peralihan dan perhitungannya dengan teori usikan bersandar pada masa. (25/100)