

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 1999/2000

September 1999

ZCT 305 - Fizik Atom dan Fizik Nukleus

Masa : [3 jam]

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

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

1. Jika fungsi gelombang $\psi(r,\theta,\phi)$ bagi atom hidrogen dapat dipisahkan sebagai hasil darab tiga fungsi, iaitu $\psi(r,\theta,\phi) = R(r)\Theta(\theta)\Phi(\phi)$, persamaan Schroedinger untuk atom hidrogen memisah kepada 3 persamaan pembezaan seperti berikut

$$\frac{d^2\Phi}{d\phi^2} + m_\ell^2 \Phi = 0 \quad (1)$$

$$\frac{1}{\sin\theta} \frac{d}{d\theta} \left(\sin\theta \frac{d\Theta}{d\theta} \right) + \left[\ell(\ell+1) - \frac{m_\ell^2}{\sin^2\theta} \right] \Theta = 0 \quad (2)$$

$$\frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{dR}{dr} \right) + \frac{2m}{\hbar^2} \left[E - V - \frac{\hbar^2}{2mr^2} \ell(\ell+1) \right] R = 0 \quad (3)$$

di sini ℓ ialah nombor kuantum orbitan dan m_ℓ ialah nombor kuantum magnet.

- (a) Apakah had-had yang telah dikenakan atas tenaga keupayaan apabila kita menggunakan kaedah pemisahan pembolehubah atas fungsi $\psi(r,\theta,\phi)$? iaitu $\psi = R \Theta \Phi$.

(5/100)

...2/-

- (b) Jika tenaga keupayaan ialah $V = \frac{A}{r^{12}} - \frac{B}{r^6}$, bagaimanakah ini akan mengubahkan persamaan (1), (2) dan (3) di atas. Adakah ini akan mengubahkan penyelesaian bagi tiga-tiga persamaan tersebut?

(10/100)

- (c) Adakah persamaan (1), (2) dan (3) tukar jika (i) $V = -c/x^2$, (ii) $V = -D(x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}$, (iii) $V = -E x \cos \omega t$?

(15/100)

- (d) Penyelesaian jejarian persamaan Schroedinger untuk atom hidrogen bagi keadaan $n = 1, \ell = 0$ ialah

$$R_{10}(r) = \left(\frac{Z}{a_0} \right)^{3/2} 2e^{-Zr/a_0}$$

Cari nilai a_0 jika

$$V(r) = -\left(\frac{1}{4\pi \epsilon_0} \right) Ze^2 / r$$

(25/100)

- (e) Buktikan bahawa penyelesaian $R_{10}(r)$ yang diberi di dalam soalan (d) itu ternormal.

$$\text{Diberi: } \int_0^{\infty} x^p e^{-ax} = \frac{p!}{a^{p+1}}$$

di sini p ialah suatu integer positif dan $a > 0$

(20/100)

- (f) Tunjukkan bahawa $\Phi_{m_\ell}(\phi) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \right) e^{im_\ell \phi}$ menepati persamaan (1).

(15/100)

...3/-

- (g) Tunjukkan bahawa $\Phi_{m\ell}(\phi)$ yang diberikan di dalam soalan (f) itu ternormal.

(10/100)

2. (a) Apakah keadaan yang mempunyai (i) $n = 2$ dan $\ell = 0$? (ii) $n = 2$ dan $\ell = 2$? (iii) $n = 5$ dan $\ell = 1$?

(10/100)

- (b) Beri nombor kuantum orbitan yang kemungkinan bagi (i) keadaan s, (ii) keadaan d.

(10/100)

- (c) Apakah ketumpatan kebarangkalian jejarian bagi suatu keadaan 3d di dalam atom hidrogen? Perhatikan fungsi jejarian untuk keadaan ini ialah

$$R_{32}(r) = \left(\frac{Z}{3a_0}\right)^{3/2} \frac{2}{27} \sqrt{\frac{2}{5}} \left(\frac{Zr}{a_0}\right)^2 e^{-Zr/3a_0}$$

di sini a_0 ialah pemalar dan Z ialah cas pada atom. (15/100)

- (d) Rujuk kepada soalan (c). Cari nilai r yang mana ketumpatan kebarangkalian jejarian ini adalah terbesar bagi keadaan 3d di dalam atom hidrogen. Bandingkan jawapan ini dengan model Bohr. Beri nilai r yang mana ketumpatan kebarangkalian jejarian adalah minima.

(25/100)

- (e) Lakarkan vektor momentum sudut spin yang berkemungkinan dan komponen z bagi spin untuk suatu elektron. Hitungkan sudut-sudut yang dibuat oleh vektor-vektor momentum sudut spin dengan paksi z .

(20/100)

- (f) (i) Nyatakan prinsip Pauli.

- (ii) Di dalam suatu atom, bolehkah dua elektron masing-masing mempunyai keadaan $(1,0,0,1/2)$ dan $(1,0,0,-1/2)$. Jika boleh, mengapa?

...4/-

(iii) Bolehkah dua atom yang berdekatan kedua-duanya mempunyai elektron di dalam keadaan $(1,0,0,1/2)$? Jika boleh, terangkan.

(20/100)

3. (a) Hitungkan tenaga elektron (dalam MeV) yang mempunyai panjang gelombang 0.1 fm. Terangkan mengapa elektron-elektron begini berguna apabila mengkaji nukleus. Diberi $h = 4.136 \times 10^{-15}$ eV.s, halaju cahaya $c = 3.0 \times 10^8$ m/s dan tenaga jisim rehat elektron $E_0 = 0.511$ MeV.

(15/100)

(b) Isotop $^{239}_{94}\text{Pu}$ adalah suatu hasil reaktor nukleus yang bahaya.

(i) Berapa banyak bilangan proton, neutron dan nukleon yang terdapat di dalam $^{239}_{94}\text{Pu}$?

(ii) Berapa banyak bilangan elektron yang terdapat di dalam ion Pu^{2+} ?

(iii) Bagaimanakah anda akan menandakan isotop Plutonium yang mempunyai 3 nukleon yang lebih di dalam nukleus?

(15/100)

(c) Daya nukleus memberi tenaga pengikat maksimum per nukleon kira-kira 8.5 MeV/nukleon. Nyatakan sebab-sebab utama mengapa lengkung tenaga pengikat per nukleon BE/A adalah kurang daripada nilai di atas untuk (i) A kecil dan (ii) untuk nukleus yang mempunyai A yang besar.

(20/100)

(d) Hitungkan tenaga pengikat dan tenaga pengikat per nukleon dalam atom $^{56}_{26}\text{Fe}$. Diberi jisim proton \equiv jisim atom hidrogen $M_H = 1.007825\text{u}$, jisim n = 1.008665u, $1\text{u} = 931.494$ MeV/c². Jisim atom $^{56}_{26}\text{Fe} = 55.934939\text{u}$.

(25/100)

...5/-

(e) Hitungkan tenaga perpisahan untuk

(i) satu proton dan

(ii) satu neutron daripada atom ${}_{26}^{56}\text{Fe}$.

Rujuk kepada soalan (d) di atas.

Jisim atom neutral ${}_{25}^{55}\text{Mn} = 54.938047\text{u}$

Jisim proton = jisim atom hidrogen di sini

Jisim atom ${}_{26}^{55}\text{Fe} = 54.938296\text{u}$

(25/100)

4. (a) Deuteron di dalam keadaan $\ell = 0$ dan tindakan bersaling neutron dan proton dapat diwakili oleh suatu telaga keupayaan yang bersegiempat sama (square well potential) yang mempunyai jejari r_0 dan kedalamannya V_0 . Tunjukkan dengan menyelesaikan persamaan Schroedinger bahawa

$$V_0 \approx \frac{\pi^2 \hbar^2}{8\mu r_0^2}$$

di sini μ ialah jisim terkurang diantara neutron dan proton.

(65/100)

- (b) Apakah kesimpulan tentang daya nukleus yang boleh diperolehi daripada hubungan di atas dan adakah bentuk keupayaan mempengaruhi keputusan di atas?

(10/100)

- (c) Dalam penyelesaian persamaan pembezaan Schroedinger, tindakan bersaling neutron dan proton diandaikan sebagai suatu fungsi r sahaja. Adakah hal ini benar? Apakah bukti-bukti yang lain yang menunjukkan bahawa daya di antara neutron dan proton tidak berfungsi r sahaja?

(10/100)

...6/-

- (d) Adakah sistem neutron-neutron atau sistem proton-proton wujud. Beri sebab-sebab bagi jawapan anda.

(15/100)

Perhatikan persamaan Schroedinger di dalam koordinat sfera ialah

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

di sini $\mu = \frac{M_p N_n}{M_p + M_n}$ adalah jisim terkurang dan ψ ialah fungsi gelombang deutron.

- oooOooo -