جامعة الشهيد حمه لخظر		السنةالثالثة
كلية العلوم الدقيقة		ليسانس فيزياء
قسم الفيزياء	20/01/2026	المدة: 1سا و 30د

الحل النموذجي لامتحان الدورة العادية في مقياس الفيزياء الذرية والجزيئية

التمرين الأول: 06 نقاط

1. حساب طول الموجة الموافقة للخط الاولي والخط الحدي (اللانهائي) لسلاسل: ليمان، بالمر، باشن و براكت.

حسب علاقة ريدبيرغ لدينا:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \quad (0.5)$$

- سلسلة ليمان: $n_1 = 1$ (0.75)

الخط الأولي: $n_2 = 2$

$$\begin{cases} \frac{1}{\lambda_1} = R_H\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right) = \frac{3}{4}R_H \\ \lambda_1 = 1212A^\circ \end{cases}$$

الخط اللانهائي: $n_2 = \infty$

$$\begin{cases} \frac{1}{\lambda_\infty} = R_H\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{\infty^2}\right) = R_H \\ \lambda_\infty = 909A^\circ \end{cases}$$

- سلسلة بالمر: $n_1 = 2$ (0.75)

الخط الأولي: $n_2 = 3$

$$\begin{cases} \frac{1}{\lambda_1} = R_H\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right) = \frac{5}{36}R_H \\ \lambda_1 = 6545A^\circ \end{cases}$$

الخط اللانهائي: $n_2 = \infty$

$$\begin{cases} \frac{1}{\lambda_\infty} = R_H\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty^2}\right) = \frac{R_H}{4} \\ \lambda_\infty = 3636A^\circ \end{cases}$$

- سلسلة باشن: $n_1 = 3$ (0.75)

الخط الأولي: $n_2 = 4$

$$\begin{cases} \frac{1}{\lambda_1} = R_H\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2}\right) = \frac{7}{144}R_H \\ \lambda_1 = 18701A^\circ \end{cases}$$

الخط اللانهائي: $n_2 = \infty$

$$\begin{cases} \frac{1}{\lambda_\infty} = R_H\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{\infty^2}\right) = \frac{R_H}{9} \\ \lambda_\infty = 8181A^\circ \end{cases}$$

• سلسلة براكت: $n_1 = 4$ (0.75)

الخط الأولي: $n_2 = 5$ $\begin{cases} \frac{1}{\lambda_1} = R_H\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{5^2}\right) = \frac{9}{400}R_H \\ \lambda_1 = 40404A^\circ \end{cases}$

الخط اللانهائي: $n_2 = \infty$ $\begin{cases} \frac{1}{\lambda_\infty} = R_H\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty^2}\right) = \frac{R_H}{16} \\ \lambda_\infty = 14545A^\circ \end{cases}$

2. اعطاء قيمة نصف قطر بور a_0 بالآنغستروم و طاقة المستوي الأول لذرة الهيدروجين E_0 بالالكترون فولت

$$a_0 = 0.53A^\circ \quad , \quad E_0 = 13.6ev$$ (0.5)

حساب نصف القطر r_n والطاقة E_n من أجل السلاسل السابقة.

$$r_n = n^2 a_0 \quad , \quad E_n = -\frac{E_0}{n^2}$$

$$\begin{cases} r_1 = a_0 = 0.53A^\circ & , \quad E_1 = -E_0 = -13.6ev \text{ (0.5)} \\ r_2 = 4a_0 = 2.12A^\circ & , \quad E_2 = -\frac{E_0}{4} = -3.4ev \text{ (0.5)} \\ r_3 = 9a_0 = 4.77A^\circ & , \quad E_3 = -\frac{E_0}{9} = -1.511ev \text{ (0.5)} \\ r_4 = 16a_0 = 8.48A^\circ & , \quad E_4 = -\frac{E_0}{16} = -0.85ev \text{ (0.5)} \end{cases}$$

التمرين الثاني: 8 نقاط

تعطي محصلة جمع المتجه لكمية الحركة الزاوية المدارية مع كمية الحركةالزاوية الذاتية كمية الحركة الزاوية الكلية لإلكترون الذرة و التي تأخذالعلاقة التالية:

$$\vec{J} = \vec{L} + \vec{S} \qquad (1)$$

ومن العلاقة (1) نجد أن عزم ثنائي القطب المغناطيسي المداري و السبيني يشكلان عزم ثنائي القطب المغناطيسي الكلي:

$$\vec{\mu}_J = \vec{\mu}_L + \vec{\mu}_S = -\frac{e}{2m}(\vec{L} + 2\vec{S}) \qquad (2)$$

1. انطلاقا من المعادلة (2) البرهان أن طويلة عزم ثنائي القطب المغناطيسي الكلي تعطى بالعبارة التالية:

$$\mu_J = \pm\frac{e}{2m}\sqrt{2J^2 + 2S^2 - L^2}$$

$$\begin{aligned} |\mu_J|^2 &= \left[-\frac{e}{2m}(\vec{L} + 2\vec{S})\right]^2 \\ &= \frac{e^2}{4m^2}(L^2 + 4S^2 + 4\vec{L}.\vec{S}) \text{ (01)} \end{aligned} \qquad (3)$$

من جهة أخرى لدينا من المعادلة (1) :

$$|J|^2 = (\vec{L}+\vec{S})^2$$
$$= L^2 + S^2 + 2\vec{L}.\vec{S} \Rightarrow 2\vec{L}.\vec{S} = J^2 - L^2 - S^2 \quad (01) \qquad (4)$$

بتعويض (4) في (3) نجد:

$$|\mu_J|^2 = \frac{e^2}{4m^2}(L^2 + 4S^2 + 2J^2 - 2L^2 - 2S^2)$$
$$= \frac{e^2}{4m^2}(2J^2 + 2S^2 - L^2) \quad (0.5) \qquad (5)$$

ومنه

$$\mu_J = \pm\frac{e}{2m}\sqrt{2J^2 - 2S^2 - L^2} \quad (0.5)$$

2. كتابة معادلة القيم الذاتية للعزم الحركي المداري $\vec{L}$ وكذلك مسقطه L_z، ثم استنتاج معادلات القيم الذاتية للعزم السبيني $\vec{S}$و العزم الكلي الزاوي $\vec{J}$ ومسقطهما على محور التكميم، وكذلك لعزم ثنائي القطب المغناطيسي الكلي $\vec{\mu}_J$.

- كتابة معادلة القيم الذاتية للعزم الحركي المداري $\vec{L}$ وكذلك مسقطه L_z.

$$\begin{cases} L = \hbar\sqrt{l(l+1)} \\ L_z = m_l\hbar \end{cases} \quad (0.5)$$

- استنتاج معادلات القيم الذاتية للعزم السبيني $\vec{S}$و العزم الكلي الزاوي $\vec{J}$ ومسقطهما على محور التكميم.

$$\begin{cases} S = \hbar\sqrt{s(s+1)} \\ S_z = m_s\hbar \\ J = \hbar\sqrt{j(j+1)} \\ J_z = m_j\hbar \end{cases} \quad (01)$$

- عزم ثنائي القطب المغناطيسي الكلي $\vec{\mu}_J$.

$$\left\{\mu_J = \pm\frac{e\hbar}{2m}\sqrt{2j(j+1) - 2s(s+1) - l(l+1)} \right. \quad (0.5)$$

3. القيم الممكنة لكل من L، S، J و μ_J في الحالة المدارية p

$$p \Rightarrow \begin{cases} l = 1 \Rightarrow L = \hbar\sqrt{l(l+1)} = \sqrt{2}\hbar \quad (0.5) \\ s = \frac{1}{2} \Rightarrow S = \hbar\sqrt{s(s+1)} = \frac{\sqrt{3}}{2}\hbar \quad (0.5) \\ |l-s| \leqslant j \leqslant |l+s| \Rightarrow j = \frac{1}{2}, \frac{3}{2} \Rightarrow J = \hbar\sqrt{j(j+1)} = \begin{cases} J_{\frac{1}{2}} = \sqrt{\frac{3}{2}}\hbar \\ J_{\frac{3}{2}} = \sqrt{\frac{15}{2}}\hbar \end{cases} \quad (01) \\ \mu_J = \pm\frac{e\hbar}{2m}\sqrt{2j(j+1) - 2s(s+1) - l(l+1)} = \begin{cases} \mu_{\frac{3}{2}} = \pm\frac{e\hbar}{2m} \\ \mu_{\frac{1}{2}} = \pm\frac{7e\hbar}{2m} \end{cases} \quad (01) \end{cases}$$

التمرين الثالث: 06 نقاط
باستخدام الرمز $^{2s+1}L_j$.

1. اعطاء الرمز الطيفي للحالة الأساسية لذرة الهيدروجين.
-الهيدروجين ^1H

$$\begin{cases} l=0 \Rightarrow L=S \\ s=\frac{1}{2} \Rightarrow 2s+1=2 \\ |l-s| \leqslant j \leqslant |l+s| \Rightarrow j=\frac{1}{2} \end{cases} \qquad {}^2S_{\frac{1}{2}} \ (01)$$

2. اعطاءالرموز الطيفية الممكنة للحالات المثارة لذرة الهيدروجين التالية:

- انتقال من الطبقة s الى الطبقة p.

$$\begin{cases} l=1 \Rightarrow L=P \\ s=\frac{1}{2} \Rightarrow 2s+1=2 \\ |l-s| \leqslant j \leqslant |l+s| \Rightarrow j=\frac{1}{2},\frac{3}{2} \end{cases} \qquad {}^2P_{\frac{1}{2}}, {}^2P_{\frac{3}{2}} \ (01)$$

- انتقال من الطبقة s الى الطبقة d.

$$\begin{cases} l=2 \Rightarrow L=D \\ s=\frac{1}{2} \Rightarrow 2s+1=2 \\ |l-s| \leqslant j \leqslant |l+s| \Rightarrow j=\frac{3}{2},\frac{5}{2} \end{cases} \qquad {}^2D_{\frac{3}{2}}, {}^2D_{\frac{5}{2}} \ (01)$$

- انتقال من الطبقة s الى الطبقة f.

$$\begin{cases} l=3 \Rightarrow L=F \\ s=\frac{1}{2} \Rightarrow 2s+1=2 \\ |l-s| \leqslant j \leqslant |l+s| \Rightarrow j=\frac{5}{2},\frac{7}{2} \end{cases} \qquad {}^2F_{\frac{5}{2}}, {}^2F_{\frac{7}{2}} \ (01)$$

3. اعطاءالتوزيع الالكتروني للذرات التالية:
-اللثيوم ^3Li - الصوديوم ^{11}Na - البوتاسيوم ^{19}K

$$\begin{cases} {}^3Li & 1s^2 2s^1 \ (0.25) \\ {}^{11}Na & 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 \ (0.5) \\ {}^{19}K & 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 \ (0.5) \end{cases}$$

استنتاج الرمز الطيفي للحالة الأساسية لهذه الذرات. نستنتج أن الذرات اللثيوم ^3Li ، الصوديوم ^{11}Na و البوتاسيوم ^{19}K كلها شبيهة بالهيدروجين أي:

-اللثيوم $^3Li \Rightarrow 2^2S_{\frac{1}{2}}$ (0.25)

- الصوديوم $^{11}Na \Rightarrow 3^2S_{\frac{1}{2}}$ (0.25)

- البوتاسيوم $^{19}K \Rightarrow 4^2S_{\frac{1}{2}}$ (0.25)