المركز الجامعي عبد الحفيظ بوالصوف -ميلة

معهد العلوم و التكنولوجيا **المقياس: بنية المادة**

السنة الأولى ST **الموسم الدراسي:2021/2020**

السلسلة رقم 4

التمرين 1:

إشعاع ضوئي طول موجته $\lambda = 100\ nm$ يسقط على سطح معدن ليحدث إنبعاث إلكتروني من المعدن بطاقة حركية $E_C = 10\ ev$.

1- أحسب سرعة الالكترونات المنبعثة من المعدن.

2- أحسب طاقة العتبة E_0 ، تواتر العتبة ν_0 ، دور العتبة T_0 ، طول موجة العتبة λ_0 و العدد الموجي للعتبة $\overline{\nu_0}$.

التمرين 2:

مستعينا بفرضية بور للمدار الدائري الذي يرسمه الالكترون حول نواة الهيدروجين :

1- حدد عبارة نصف القطر r ، السرعة v و كذلك الطاقة E للإلكترون في المدار n.

2- أحسب قيم E, v, r الموافقة للحالة الأساسية و استنتج عبارة كل من E_n, v_n, r_n بدلالة E_1, v_1, r_1 على الترتيب.

3- أحسب E_n, v_n, r_n بالنسبة للمستويات الطاقوية الموافقة لـ: $n= 2,3,4$ (نصف القطر بـ Å، و طاقة الالكترون بـ: ev)

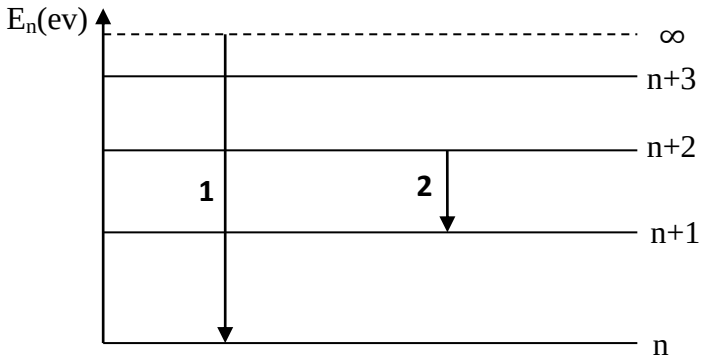
4- مثل على منحنى بياني للطاقة مجموع النتائج المحصل عليها في السؤالين السابقين.

5- مثل على نفس المنحنى الانتقالات الالكترونية الموافقة للخطين النهائي و الأول للامتصاص في سلسلة ليمان و كذلك الخطين النهائي و الأول للانبعاث في سلسلة بالمر.

التمرين 3:

أ- إذا كان الطول الموجي لأحد خطوط الطيف في سلسلة براكت (Brackett) الخاص بذرة الهيدروجين يساوي 4040 nm ، حدد الانتقال الموافق ثم أحسب ΔE للخط الثاني في هذه السلسلة.

ب - في طيف انبعاث ذرة الهيدروجين نعتبر الانتقالين 1 و 2 الممثلين على المخطط الطاقوي التالي:



1- إذا كان الطول الموجي للانتقال الحدي 1 هو 820,8 nm ، حدد قيمة n ثم استنتج اسم السلسلتين 1 و 2 مبينا الانتقال الحاصل في كل منهما.

2- أحسب λ_2 بـ nm للانتقال 2.

3- أثبت أن $\frac{\Delta E_1}{\Delta E_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$ ثم أحسب هذه النسبة.

4- أحسب ΔE_1 و ΔE_2 للانتقالين 1 و 2.

التمرين 4:

أ) نعتبر الأيون Li^{++} (Z=3).

1- أحسب بالجول و بالالكترون فولط طاقة التأين الثالث لليثيوم إنطلاقا من حالته الأساسية. القيمة التجريبية لطاقة الارتباط لالكترون نواة ذرة الهيدروجين تساوي 13,6 ev-

2- أحسب طول الموجة و تواتر الخط الموافق للانتقال بين مستويي الطاقة : n=4 ~~n=1~~►

ب) لدينا الأيون B^{+4} (Z=5) :

1- ما هي أصغر كمية من الطاقة يجب أن يمتصها الأيون B^{+4} حتى ينتقل من الحالة الأساسية إلى الحالة المثارة الاولى؟ إذا كانت هذه الطاقة منتجة من طرف فوتون فما هو طول موجته؟

2- ما هو تواتر الخطوط التالية لشاردة B^{+4} من أجل:

- الخط النهائي لسلسلة ليمان.
- الخط الثاني لسلسلة بالمر.

3- أحسب طاقة التأين الخامس لعنصر البور انطلاقا من الحالة الأساسية. هل تسمح نظرية بور بحساب طاقة التأين الأول للبور.

التمرين 5:

1- أذكر فرضية دوبروغلي (De Broglie) وأعط العبارة الرياضية لهته الفرضية ، و ماذا تمثل كل من : λ, m, v ؟ ما طبيعة موجة دوبروغلي؟

2- أحسب طول الموجة المواكبة للأجسام التالية:

- كرة كتلتها 2g و تتحرك بسرعة 300 m/s.
- إلكترون مسرع تحت فرق جهد قدره 10^4 volts.

يعطى: $h = 6,63 \times 10^{-34}$ j.s , $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$ Kg , $e = 1,6 \times 10^{-16}$C

التمرين 6:

1- أذكر "مبدأ اللاتحديد" لهايزنبرغ (Heisenberg) و أكتب العلاقة الرياضية المعبرة عنه؟

2- رصاصة كتلتها 10 g و تتحرك بسرعة 1600 m/s فإذا عُرف موقعها بارتياب قدره 0,1 cm فحدد الارتياب المطلق الأدنى ثم الارتياب النسبي الأدنى المرتكبين في حساب سرعتها.

3- نفس السؤال السابق لإلكترون مسرع تحت فرق جهد قدره 1200 volts و حدد موقعه بإرتياب قدره 1Å؟ قارن بين نتائج السؤالين 2 و3.

التمرين 7:

1- ما هي الأعداد الكمية المميزة لإلكترون المحط $4S^1$؟

2- أعط الأعداد الكمية (n,l) للمدارات 3S, 4S, 4p, 4d, 5S, 5f؟

3- أعط مختلف المحطات الذرية التي تصف إلكترون ذرة الهيدروجين في المدار n=3؟

4- هل ثلاثيات الأعداد الكمية التالية ممكنة أم لا لنفس الإلكترون؟

a) n = 0, l = 0, m = 0 **b)** n = 3, l = 0, m = 0 **c)** n = 3, l = 1, m = −2
d) n = 2, l = 2, m = 0 **e)** n = 2, l = 1, m = −1

حلول السلسلة رقم 1

حل التمرين 1:

1- حساب سرعة الالكترونات المنبعثة من المعدن بطاقة حركية $E_C = 10$ ev :

$$On\ a:\ E_C = \frac{1}{2}\, m\, v^2 \ \Rightarrow\ v = \sqrt{\frac{2\, E_C}{m}} = \sqrt{\frac{2\ \times 10\ \times 1{,}6\ \times\ 10^{-19}}{9{,}1\ \times\ 10^{-31}}}$$

$$\Rightarrow\ v = 1{,}87\ \times\ 10^6\ m/s$$

2- حساب طاقة العتبة E_0 :

$$On\ a:\ E_{ph} = E_0 + E_C \ \Rightarrow\ E_0 = E_{ph} - E_C \text{ où } E_{ph} = \frac{h\, C}{\lambda}$$

$$\Rightarrow\ E_0 = \frac{h\, C}{\lambda} - E_C = \frac{6{,}62\ \times\ 10^{-34}\ \times 3\ \times\ 10^8}{100\ \times\ 10^{-9}} - (10\ \times 1{,}6\ \times\ 10^{-19})$$

$$\Rightarrow\ E_0 = 3{,}86\ \times\ 10^{-19}\, j\ =\ 2{,}41\, ev$$

تواتر العتبة ν_0 :

$$On\ a:\ E_0 = \frac{h\, C}{\lambda_0} = h\, \nu_0\ \Rightarrow\ \nu_0 = \frac{E_0}{h} = \frac{3{,}86\ \times\ 10^{-19}}{6{,}62\ \times\ 10^{-34}}$$

$$\Rightarrow\ \nu_0 =\ 0{,}58\ \times\ 10^{15}\, s^{-1}\ (Hz)$$

دور العتبة T_0 :

$$On\ a:\ T_0 = \frac{1}{\nu_0}\ =\ \frac{1}{0{,}58\ \times\ 10^{15}} = 1{,}72\ \times\ 10^{-15}\, s$$

طول موجة العتبة λ_0 :

$$On\ a:\ E_0 = \frac{h\, C}{\lambda_0}\ \Rightarrow\ \lambda_0 = \frac{h\, C}{E_0} = \frac{6{,}62\ \times\ 10^{-34}\ \times 3\ \times\ 10^8}{3{,}86\ \times\ 10^{-19}}$$

$$\Rightarrow\ \lambda_0 = 5{,}15\ \times\ 10^{-7}\, m\ =\ 515\, nm$$

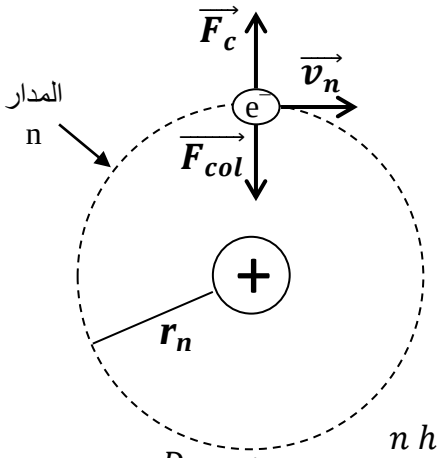
العدد الموجي للعتبة $\overline{\nu_0}$:

$$On\ a:\ \overline{\nu_0} = \frac{1}{\lambda_0} = \frac{1}{5{,}15\ \times\ 10^{-7}} = 0{,}194\ \times\ 10^{7}\ m^{-1}$$

<u>حل التمرين 2:</u>

1- تحديد عبارة نصف القطر r ، السرعة v و الطاقة E للإلكترون في المدار n :

حسب فرضية بور (Hypothèse de Bohr) فإنه في ذرة الهيدروجين ، الإلكترون ذو الكتلة m يدور حول النواة في مسار دائري n ذو نصف قطر r_n و يتحرك بسرعة v_n و يمتلك كذلك طاقة E_n ، و هذا الإلكترون يخضع لقوتين متساويتين في الشدة و متعاكستين في الإتجاه و هما : القوة الكولومبية $\overrightarrow{F_{col}}$ و قوة الطرد المركزي $\overrightarrow{F_c}$ كما هو موضح في الشكل



حيث يمكن كتابة:

$$\overrightarrow{F_c} = \overrightarrow{F_{col}}\ \ et\ \ F_c = F_{col}$$

$$\text{où}\ \ F_c = \frac{m\ v^2}{r}\ \ et\ \ F_{col} = \frac{K\ Z\ e^2}{r^2}$$

$$\Rightarrow \frac{m\ v^2}{\cancel{r}} = \frac{K\ Z\ e^2}{r^{\cancel{2}}}$$

و لدينا من خلال فرضية بور: $m\ v\ r = \frac{n\ h}{2\pi}$

$$\Rightarrow v^2 = \frac{K Z\ e^2}{m\ r} \ldots\ldots (1)$$

$$Donc:\ v = \frac{n\ h}{2\ \pi\ r\ m}\ \Rightarrow\ v^2 = \frac{n^2\ h^2}{4\ \pi^2\ r^2\ m^2} \ldots\ldots (2)$$

ذرة هيدروجين

نقوم بمطابقة العبارتين (1) و (2) فنجد :

$$\frac{K\ Z\ e^2}{\cancel{r}\ \cancel{m}} = \frac{n^2\ h^2}{4\ \pi^2\ r^{\cancel{2}}\ m^{\cancel{2}}}\ \ \Rightarrow\ \ r_n = \frac{n^2}{Z}\left(\frac{h^2}{4\ \pi^2\ m\ K\ e^2}\right) \ldots\ldots (*)$$

و لتحديد عبارة السرعة v_n لدينا كذلك من خلال فرضية بور :

$$m\ v\ r = \frac{n\ h}{2\ \pi}\ \Rightarrow\ v = \frac{n\ h}{2\ \pi\ m} \times \frac{1}{r} \ldots\ldots (3)$$

نقوم بتعويض قيمة r في العبارة (3) من خلال العبارة (*) :

$$v = \frac{\cancel{n}\ \cancel{h}}{\cancel{2}\ \cancel{\pi}\ \cancel{m}}\left(\frac{Z\ 4\ \cancel{\pi^2}\ \cancel{m}\ K\ e^2}{\cancel{n^2}\ \cancel{h^2}}\right)\ \ \Rightarrow\ \ v_n = \frac{Z}{n}\left(\frac{2\ \pi\ K\ e^2}{h}\right) \ldots\ldots (**)$$

و من أجل تحديد عبارة الطاقة E_n للإلكترون لدينا من أجل هذا الإلكترون :

$$E_T = E_P + E_c$$

$$\text{où}:\ E_c = \frac{1}{2}\ m\ v^2 = \frac{K\ Z\ e^2}{2\ r}\ \ et\ \ E_P = -\frac{K\ Z\ e^2}{r}$$

$$Donc:\ E_T = \frac{K\,Z\,e^2}{2\,r} - \frac{K\,Z\,e^2}{r} \Rightarrow E_T = -\frac{K\,Z\,e^2}{2} \times \frac{1}{r} \ldots\ldots (4)$$

نقوم بتعويض قيمة r في العبارة (4) من خلال العبارة (∗) :

$$E_T = E_n = -\frac{K\,Z\,e^2}{2\,r}\left(\frac{Z\,4\,\pi^2\,m\,K\,e^2}{n^2\,h^2}\right)$$

$$E_n = \frac{Z^2}{n^2}\left(-\frac{2\,\pi^2\,m\,K^2\,e^4}{h^2}\right) \ldots\ldots (***)$$

2- حساب قيم E, v, r الموافقة للحالة الأساسية (n = 1) و استنتاج عبارة كل من E_n, v_n, r_n بدلالة v_1, E_1, r_1 على الترتيب (من أجل الهيدروجين Z=1):

$$*)\ r_n = \frac{n^2}{Z}\left(\frac{h^2}{4\,\pi^2\,m\,K\,e^2}\right)$$

$$\Rightarrow r_1 = \frac{1^2}{1}\left(\frac{(6{,}62\ \times\ 10^{-34})^2}{4\,(3{,}14)^2\,(9{,}1\ \times\ 10^{-31})\,(9\ \times\ 10^{9})\,(1{,}6\ \times\ 10^{-19})^2}\right)$$

$$\Rightarrow r_1 = 0{,}53\ \times\ 10^{-10}\,m = 0{,}53\ \text{Å}$$

$$\Rightarrow r_n = \frac{n^2}{Z}\,(r_1) \quad \text{où} \quad r_1 = 0{,}53\ \text{Å}$$

$$**)\ v_n = \frac{Z}{n}\left(\frac{2\,\pi\,K\,e^2}{h}\right)$$

$$\Rightarrow v_1 = \frac{1}{1}\left(\frac{2\,(3{,}14)\,(9\ \times\ 10^{9})\,(1{,}6\ \times\ 10^{-19})^2}{(6{,}62\ \times\ 10^{-34})}\right) = 2{,}18\ \times\ 10^{6}\,m/s$$

$$\Rightarrow v_n = \frac{Z}{n}\,(v_1) \quad \text{où} \quad v_1 = 2{,}18\ \times\ 10^{6}\,m/s$$

$$***)\ E_n = \frac{Z^2}{n^2}\left(-\frac{2\,\pi^2\,m\,K^2\,e^4}{h^2}\right)$$

$$\Rightarrow E_1 = \frac{1^2}{1^2}\left(-\frac{2\,(3{,}14)^2\,(9{,}1\ \times\ 10^{-31})\,(9\ \times\ 10^{9})^2\,(1{,}6\ \times\ 10^{-19})^4}{(6{,}62\ \times\ 10^{-34})^2}\right)$$

$$\Rightarrow E_1 = -21{,}74\ \times\ 10^{-19}\,J = -13{,}6\,ev$$

$$\Rightarrow E_n = \frac{Z^2}{n^2}\,(E_1) \quad \text{où} \quad E_1 = -13{,}6\,ev$$

3- حساب E_n, v_n, r_n بالنسبة للمستويات الطاقوية الموافقة لـ: n= 2,3,4 :

$n = 2$	$r_2 = 2{,}12\ \text{Å}$	$v_2 = 1{,}092 \times 10^6\ m/s$	$E_2 = -3{,}42\ ev$
$n = 3$	$r_3 = 4{,}77\ \text{Å}$	$v_3 = 0{,}728 \times 10^6\ m/s$	$E_3 = -1{,}51\ ev$
$n = 4$	$r_4 = 8{,}48\ \text{Å}$	$v_4 = 0{,}545 \times 10^6\ m/s$	$E_4 = -0{,}85\ ev$

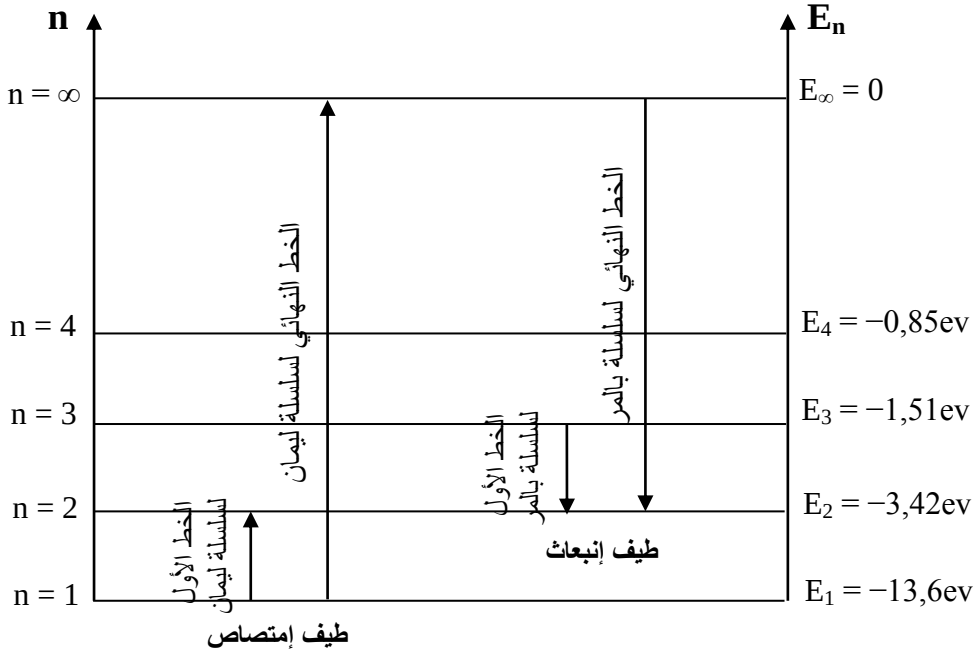
4 و 5- تمثيل النتائج المحصل عليها على مخطط بياني للطاقة ثم تمثيل الانتقالات الالكترونية الموافقة لـ:

طيف الامتصاص في سلسلة ليمان :

- الخط الأول يوافق الإنتقال : $(n = 1 \mapsto n = 2)$
- الخط النهائي يوافق الإنتقال : $(n = 1 \mapsto n = \infty)$

طيف الإنبعاث في سلسلة بالمر :

- الخط الأول يوافق الإنتقال : $(n = 3 \mapsto n = 2)$
- الخط النهائي يوافق الإنتقال : $(n = \infty \mapsto n = 2)$



حل التمرين 3:

أ- تحديد الإنتقال الموافق لخط طيف ذو طول موجه $\lambda = 4040\ \text{nm}$ في سلسلة براكت لذرة H (Z=1):

في سلسلة براكت لدينا : $n_1 = 4$ ، إذن الإنتقال الحاصل هو : $(n_1 = 4 \mapsto n_2 = ?)$

$$On\ a : \frac{1}{\lambda} = Z^2\ R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \Rightarrow \frac{1}{n_2^2} = \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{\lambda\ R_H}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{n_2^2} = \frac{1}{4^2} - \frac{1}{(4040 \times 10^{-9})(1{,}097 \times 10^7)} \Rightarrow n_2 = 5$$

و منه الإنتقال الحاصل هو : $(n = 4 \mapsto n = 5)$

- حساب ΔE للخط الثاني (الإنتقال $(n = 4 \mapsto n = 6)$) في هذه السلسلة (براكت) :

$$On\ a : \Delta E = E_6 - E_4 \quad \text{où} : E_n = \frac{Z^2}{n^2}(-13{,}6\ ev)$$

$$\Rightarrow \Delta E = \left(\frac{1^2}{6^2} - \frac{1^2}{4^2}\right)(-13{,}6\ ev) = 0{,}472\ ev$$

ب ـ في طيف انبعاث ذرة الهيدروجين (Z=1) لدينا الانتقالين 1 و 2 الممثلين على المخطط الطاقوي :

1ـ تحديد قيمة n من خلال الانتقال الحدي 1 ذو طول موجة يساوي λ_1 = 820,8 nm ، الإنتقال الموافق لهذا الخط هو : (n = ∞ ↦ n = ?)

$$On\ a : \frac{1}{\lambda} = Z^2\ R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_1} = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - 0\right) \Rightarrow n_1 = \sqrt{R_H\ \lambda_1}$$

$$\Rightarrow n_1 = \sqrt{(1{,}097 \times 10^7)\ (820{,}8 \times 10^{-9})} \Rightarrow n_1 = 3$$

و بالتالي قيمة n المعطاة في المخطط هي 3.

ـ و منه السلسلتين 1 و 2 هما سلسلة باشن و سلسلة براكت على الترتيب ، و الانتقال الحاصل في كل منهما هو n) = ∞ ↦ n = 3) و (n = 5 ↦ n = 4) على الترتيب.

2ـ حساب λ_2 بـ nm للانتقال 2 (n = 5 ↦ n = 4) :

$$\frac{1}{\lambda_2} = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_2} = 1{,}096 \times 10^7 \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{5^2}\right)$$

$$\Rightarrow \lambda_2 = 40{,}40 \times 10^{-7}\ m = 4040\ nm$$

3ـ إثبات أن $\frac{\Delta E_1}{\Delta E_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$ ثم حساب هذه النسبة :

$$On\ a : \Delta E_1 = \frac{h\ C}{\lambda_1} \ et \ \Delta E_2 = \frac{h\ C}{\lambda_2}$$

$$\frac{\Delta E_1}{\Delta E_2} = \frac{\frac{h\ C}{\lambda_1}}{\frac{h\ C}{\lambda_2}} = \frac{\cancel{h\ C}}{\lambda_1} \times \frac{\lambda_2}{\cancel{h\ C}} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \Rightarrow \frac{\Delta E_1}{\Delta E_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

$$\frac{\Delta E_1}{\Delta E_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{4040}{820{,}8} = 4{,}9$$

4ـ حساب ΔE_1 و ΔE_2 للانتقالين 1 و 2 :

<u>الطريقة الأولى :</u>

$$\Delta E_1 = E_\infty - E_3 = \left(0 - \frac{1^2}{3^2}\right)(-13{,}6\ ev) = 1{,}51\ ev$$

$$\Delta E_2 = E_5 - E_4 = \left(\frac{1^2}{5^2} - \frac{1^2}{4^2}\right)(-13{,}6\ ev) = 0{,}306\ ev$$

<u>الطريقة الثانية :</u>

$$\Delta E_1 = \frac{h\,C}{\lambda_1} = \frac{(6{,}62 \times 10^{-34})(3 \times 10^{8})}{8{,}208 \times 10^{-7}} = 2{,}416 \times 10^{-19}\,J = 1{,}51\,ev$$

$$\Delta E_2 = \frac{h\,C}{\lambda_2} = \frac{(6{,}62 \times 10^{-34})(3 \times 10^{8})}{40{,}40 \times 10^{-7}} = 0{,}489 \times 10^{-19}\,J = 0{,}306\,ev$$

<u>حل التمرين 4:</u>

أ- 1 - حساب بالجول و بالالكترون فولط طاقة التأين الثالث لليثيوم (Li^{++}) (Z=3) إنطلاقا من حالته الأساسية:

التأين الثالث لليثيوم يوافق التحول التالي :

$$Li^{++} \rightarrow Li^{+++} + 1e^{-}$$

$$\Delta E = E_{\infty} - E_1 = 0 - E_1 = -\left(\frac{Z^2}{n_1^2}\right)E_H = -\left(\frac{3^2}{1^2}\right)(-13{,}6\,ev) = 122{,}4\,ev$$

$$\Delta E = 122{,}4 \times 1{,}6 \times 10^{-19}\,J = 195{,}84 \times 10^{-19}\,J$$

2- حساب طول موجة و تواتر الخط الموافق للانتقال بين مستويي الطاقة : n=4 ~~n=1~~►

$$On\ a : \frac{1}{\lambda} = Z^2 R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = (3^2)\ 1{,}096 \times 10^{7}\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{4^2}\right)$$

$$\Rightarrow \lambda = 0{,}1077 \times 10^{-7}\,m = 107{,}7\ \text{Å}$$

التواتر :

$$v = \frac{C}{\lambda} = \frac{3 \times 10^{8}}{0{,}1077 \times 10^{-7}} = 2{,}79 \times 10^{16}\,s^{-1}\,(Hz)$$

ب - 1- تحديد أصغر كمية من الطاقة يجب أن يمتصها الأيون B^{+4} (Z=5).حتى ينتقل من الحالة الأساسية (n=1) إلى الحالة المثارة الاولى (n=2) : أي حساب طاقة الإنتقال ($n = 1 \mapsto n = 2$) :

$$\Delta E = E_2 - E_1 \text{ où : } E_n = \frac{Z^2}{n^2}\,(-13{,}6\,ev)$$

$$\Rightarrow \Delta E = \left(\frac{5^2}{2^2} - \frac{5^2}{1^2}\right)(-13{,}6\,ev) = 255\,ev = 408 \times 10^{-19}\,J$$

- حساب طول موجة الفوتون المنتج لهته الطاقة :

$$On\ a : \Delta E = h\,v = \frac{h\,C}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{h\,C}{\Delta E}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{(6{,}62 \times 10^{-34})(3 \times 10^{8})}{408 \times 10^{-19}} = 48{,}7 \times 10^{-10}\,m = 48{,}7\ \text{Å}$$

2- تحديد تواترات الخط النهائي لسلسلة ليمان و الخط الثاني لسلسلة بالمر لشاردة B^{+4} :

$$On\ a:\ v = \frac{C}{\lambda}\ et\ \frac{1}{\lambda} = Z^2 R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

$$Donc:\ v = C\ Z^2 R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

الخط النهائي لسلسلة ليمان يوافق الإنتقال ($n = 1 \mapsto n = \infty$) :

$$v_1 = (3\ \times\ 10^8)\ (5)^2 (1{,}096 \times 10^7) \left(\frac{1}{1^2} - 0\right) = 82{,}5 \times 10^{15}\ s^{-1}$$

الخط الثاني لسلسلة بالمر يوافق الإنتقال ($n = 2 \mapsto n = 4$) :

$$v_2 = (3\ \times\ 10^8)\ (5)^2 (1{,}096 \times 10^7) \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2}\right) = 15{,}47 \times 10^{15}\ s^{-1}$$

3- حساب طاقة التأين الخامس لعنصر البور انطلاقا من الحالة الأساسية ($n=1$) :

التأين الخامس للبور يوافق التحول التالي :

$$Li^{+4}\ \rightarrow\ Li^{+5}\ + 1e^-$$

$$\Delta E = E_\infty - E_1 = 0 - E_1 = -\left(\frac{Z^2}{n_1^2}\right) E_H = -\left(\frac{5^2}{1^2}\right)(-13{,}6\ ev) = 340\ ev$$

$$\Delta E = 340\ \times 1{,}6\ \times 10^{-19}\ J = \ 544\ \times 10^{-19}\ J$$

نظرية بور (Hypothèse de Bohr) لا تسمح بحساب طاقة التأين الأول لعنصر البور (^5B) لأن هذا العنصر في حالته الطبيعية يحتوي على 5 إلكترونات و في هاته الحالة لا يكون شبه هيدروجين ، لأن نظرية بور لا تنطبق إلا على الهيدروجين و أشباهه.

حل التمرين 5:

1- فرضية دوبروغلي تنص على أن كل جسيم متحرك ذو كتلة m له طول موجة λ مواكبة لحركته ، و التي تعطى بالعبارة الرياضية التالية :

$$\lambda = \frac{h}{m\ v}$$

حيث : v : سرعة الجسيم بـ (m/s).

m : كتلة الجسيم بـ (Kg).

λ : طول الموجة المواكبة بـ (m).

طبيعة موجة دوبروغلي ذات طبيعة موجية جسيمية.

2- حساب طول الموجة المواكبة لـ :

- الكرة :

$$On\ a:\ \lambda_1 = \frac{h}{m\ v} = \frac{6{,}62 \times 10^{-34}}{(2 \times 10^{-3})\ 300} = 1{,}1 \times 10^{-33}\ m = \ 1{,}1 \times 10^{-23}\ \text{Å}$$

ـ الإلكترون :

من أجل الإلكترون لدينا :

$$E_c = \frac{1}{2}\, mv^2 = e\, V \quad \Rightarrow \quad m^2 v^2 = 2\, m\, e\, V \quad \Rightarrow \quad m\, v = \sqrt{2\, m\, e\, V}$$

بالتعويض في عبارة دوبروغلي نجد :

$$\lambda_2 = \frac{h}{m\, v} = \frac{h}{\sqrt{2\, m\, e\, V}} = \frac{6{,}62 \times 10^{-34}}{\sqrt{2(9{,}1 \times 10^{-31})(1{,}6 \times 10^{-19})\ 10^4}} = 0{,}12 \times 10^{-10}\ m$$

$$\lambda_2 = \ 0{,}12\ \text{Å}$$

نلاحظ أن طول الموجة المواكبة للكرة صغير جدا ، في حين أن طول الموجة المواكبة للإلكترون له قيمة معتبرة بالأنغشتروم ، و منه نستنتج أن فرضية دوبروغلي ذات أهمية فقط على الأنظمة الميكروسكوبية و ليست لها أية أهمية على الأنظمة الماكروسكوبية.

حل التمرين 6:

1- مبدأ اللاتحديد أو مبدأ الشك لهايزنبرغ (Heisenberg) : ينص على أنه لا يمكن تحديد موقع (x) و كمية حركة (P) إلكترون ما بدقة مقبولة و في آن واحد ، و يعبر عنه بالعلاقة الرياضية التالية :

$$\Delta P\ .\ \Delta x \geqslant \frac{h}{2\,\pi}$$

2- تحديد الارتياب المطلق الأدنى و الارتياب النسبي الأدنى المرتكبين في حساب سرعة الرصاصة :

ـ الارتياب المطلق الأدنى (Δv) للرصاصة :

$$On\ a: \ \Delta P\ .\ \Delta x \geqslant \frac{h}{2\,\pi}$$

$$et\ on\ a\ aussi: \ P = m\, v \ \Rightarrow \ \Delta P = m\ \Delta v$$

و بالتعويض في عبارة هايزنبيرغ نجد :

$$m\ \Delta v\ \Delta x = \frac{h}{2\,\pi} \quad \Rightarrow \quad \Delta v = \frac{h}{2\,\pi\, m\, \Delta x}$$

حيث : $\Delta x = 0{,}1\ cm = \ 10^{-3}\ m$

$$\Rightarrow \quad \Delta v = \frac{6{,}62 \times 10^{-34}}{2\ (3{,}14)(10 \times 10^{-3})(10^{-3})} = 1{,}05 \times 10^{-29}\ m/s$$

ـ الارتياب النسبي الأدنى ($\frac{\Delta v}{v}$) للرصاصة :

$$\frac{\Delta\, v}{v} = \ \frac{1{,}05 \times 10^{-29}}{1600} = 6{,}5 \times 10^{-33}$$

3- تحديد الارتياب المطلق الأدنى و الارتياب النسبي الأدنى المرتكبين في حساب سرعة الإلكترون :

- الارتياب المطلق الأدنى (Δv) للإلكترون :

لدينا من خلال السؤال السابق :

$$\Delta v = \frac{h}{2\,\pi\, m\, \Delta x} = \frac{6{,}62 \times 10^{-34}}{2\,(3{,}14)(9{,}1 \times 10^{-31})(10^{-10})} = 0{,}1158 \times 10^{7}\ m/s$$

- الارتياب النسبي الأدنى ($\frac{\Delta v}{v}$) للإلكترون :

نقوم أولا بحساب السرعة v للإلكترون :

$$On\ a :\ E_c = \frac{1}{2}\, mv^2 = e\, V \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2\, e\, V}{m}}$$

$$\Rightarrow\ v = \sqrt{\frac{2\,(1{,}6 \times 10^{-19})\ 1200}{9{,}1 \times 10^{-31}}} = 2{,}05 \times 10^{7}\ m/s$$

و منه الإرتياب النسبي يكون :

$$\frac{\Delta\, v}{v} = \frac{0{,}1158 \times 10^{7}}{2{,}05 \times 10^{7}} = 0{,}06$$

المقارنة بين نتائج السؤالين 2 و3 : نلاحظ أن الإرتياب المطلق و الإرتياب النسبي في حالة الرصاصة صغير جدا مقارنة بحالة الإلكترون ، و بالتالي يمكن القول أن الإرتياب على السرعة في السلم الماكروسكوبي ليس له معنى فيزيائي بينما في السلم الذري (الميكروسكوبي) فله أهمية كبيرة ، فوضعية الإلكترون تكون غير دقيقة أي لا يمكن تحديد و ضعية و سرعة الإلكترون بدقة متناهية و في آن واحد ، و هذا ما يبرهن مدى صحة مبدأ اللاتحديد لهايزنبيرغ.

حل التمرين 7:

1- الأعداد الكمية المميزة لإلكترون المحط $4S^1$:

$$4S^1 \ \Rightarrow \quad n = 4 \quad (S)\ l = 0 \quad m = 0 \quad s = +\frac{1}{2}\ ou -\frac{1}{2}$$

2- إعطاء الأعداد الكمية (n, l) للمدارات :

	3S	4S	4P	4d	5S	5f
n	3	4	4	4	5	5
l	0	0	1	2	0	3

3- إعطاء مختلف المحطات الذرية التي تصف إلكترون ذرة الهيدروجين في المدار n=3 :

$n = 3 \Rightarrow$	$l =$	$0 \equiv S$	$1 \equiv P$	$2 \equiv d$
		$m = 0$	$m = -1, 0, 1$	$m = -2, -1, 0, 1, 2$
المحطات الذرية	$\Rightarrow$	3S	3P	3d
		Ψ_{3S}	$\Psi_{3P_x}, \Psi_{3P_y}, \Psi_{3P_z}$	Ψ_{3d}

4- تحديد الأعداد الكمية الممكنة و الغير ممكنة لنفس الإلكترون : و لذلك نستعين بالقاعدة التالية :

$n = 1, 2, 3, 4, \ldots \Rightarrow \quad l = 0, 1, 2 \ldots (n-1) \Rightarrow \quad m = -l, \ldots . 0 \ldots ., +l \quad \Rightarrow \quad s = \pm 1/2$

a) $n = 0 \quad l = 0 \quad m = 0 \quad \Rightarrow$ غير ممكنة لأن : $n \neq 0$

b) $n = 3 \quad l = 0 \quad m = 0 \quad \Rightarrow$ ممكنة

c) $n = 3 \quad l = 1 \quad m = -2 \quad \Rightarrow$ غير ممكنة لأن : si $l=1 \Rightarrow m \neq -2$

d) $n = 2 \quad l = 2 \quad m = 0 \quad \Rightarrow$ غير ممكنة لأن : si $n=2 \Rightarrow l \neq 2$

e) $n = 2 \quad l = 1 \quad m = -1 \quad \Rightarrow$ ممكنة