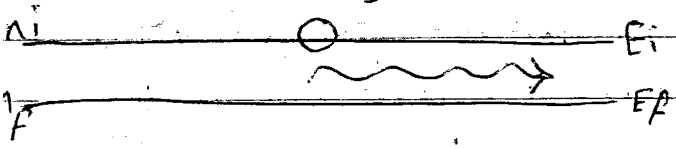
* طيف الهيدروجين

لو انتقل الالكترون من المدار n_i الى المدار n_f ذو الطاقة الابتدائية E_i «غير مدار الحالة الارضية» الى المدار ذو الطاقة النهائية E_f

حيث ان ΔE



$$\Delta E = E_i - E_f$$
$$= h\nu$$
$$= \frac{hc}{\lambda}$$

$$\because E_i = -\frac{E_1}{n_i^2}$$

$$E_f = -\frac{E_1}{n_f^2}$$

$$\text{تردد}\quad \nu = \frac{E_i}{h} - \frac{E_f}{h}$$
$$= -\frac{E_1}{h n_i^2} - \left[-\frac{E_1}{h n_f^2}\right]$$
$$= \frac{E_1}{h}\left[\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right] \quad \text{——} (9)$$

$$\cancel{\nu = \frac{E_1}{h}}$$

حيث ان $\nu = \frac{c}{\lambda} = c\bar{\nu}$ عدد موجي

$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda}$ العدد الموجي

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = \frac{E_1}{hc}\left[\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right] \quad \text{——} (10)$$

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R_\infty\left[\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right]$$

ثابت ريدبرك $R_\infty = \frac{E_1}{hc} = \left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\right)^2\left(\frac{me^4}{4\pi\hbar^3 c}\right) = 1.097373\times 10^{7}\ m^{-1}$ (11)

يسمى الثابت R_∞ ثابت ريدبرك عندما تكون النواة ثقيلة أي في حالة سكون ثم ملاحظة ان قيمة ثابت ريدبرك تتفق تماماً مع النتائج العملية النظرية وبالإشارة الى المعادلة رقم (15) نجد ان الطيف المنبعث من ذرة الهيدروجين المثارة يتضمن أطوال موجية معينة فقط. إضافة الى ذلك فان هذه الأطوال الموجية تقع ضمن سلاسل معينة كل من هذه السلاسل تحدد بعدد الكم النهائي n_f وبدلالة عدد الكم الابتدائي n_i بحيث ان يكون أكبر من العدد الكمي النهائي n_f نجد ان المعادلات لسلاسل الطيف الخمسة الأولى هي سلسلة لايمان Lyman Series

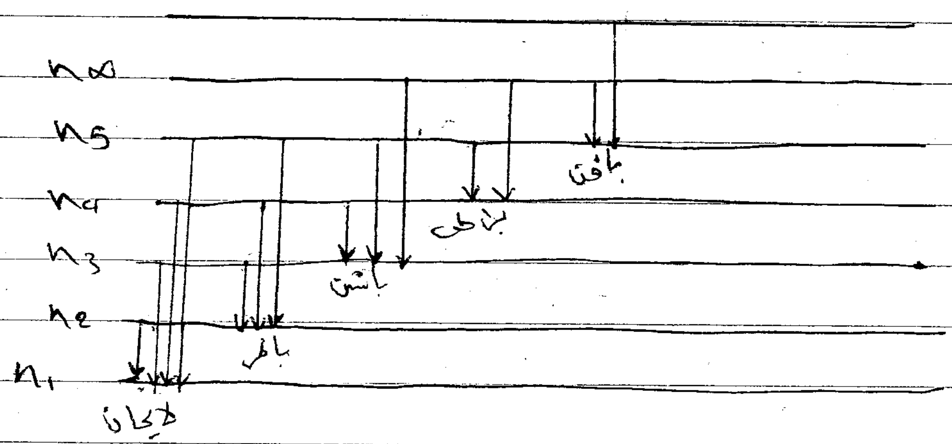
سلسلة لايمان $n_f=1$: $\frac{1}{\lambda}=R_\infty\left(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{n^2}\right)$, $n=2,3,4,\ldots$
Lyman Series

سلسلة بالمر $n_f=2$: $\frac{1}{\lambda}=R_\infty\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{n^2}\right)$, $n=3,4,5,\ldots$
Balmar Series

سلسلة باشن $n_f=3$: $\frac{1}{\lambda}=R_\infty\left(\frac{1}{3^2}-\frac{1}{n^2}\right)$, $n=4,3,5,\ldots$
Paschen Series

سلسلة براكت $n_f=4$: $\frac{1}{\lambda}=R_\infty\left(\frac{1}{4^2}-\frac{1}{n^2}\right)$, $n=5,6,7,\ldots$
Braket Series

سلسلة بفند $n_f=5$: $\frac{1}{\lambda}=R_\infty\left(\frac{1}{5^2}-\frac{1}{n^2}\right)$, $n=6,7,8,\ldots$
Pfund Series



وتجدر الاشارة هنا الى ان معظم ذرات الهيدروجين تحتوي على الالكترون الذي والتي تكون جميعها ضمن درجة حرارة الغرفة في الحالة الارضية groundstate

35

ولكن باستخدام تفريغ كهربائي او طريقة اخرى يمكن للالكترون ان ينتقل الى مستوى ذو طاقة اعلى من الحالة الارضية ويبقى فيها فترة قصيرة جداً ومن ثم يعود وبذلك يبعث اشعاعاً كهرومغناطيسياً على هيئة فوتونات ذات تردد معين.

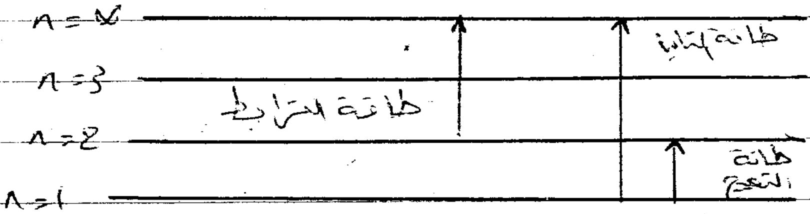
تعريف الحالة الارضية هي الحالة الطبيعية التي يتواجد فيها الالكترون والتي يميل اليها وهي الحالة المستقرة.

طاقة الحالة الارضية هي أقل طاقة يمتلكها الالكترون في الحالة المستقرة.

طاقة التهيج هي الطاقة اللازمة لنقل الالكترون من الحالة الارضية الى اي مدار داخل الذرة.

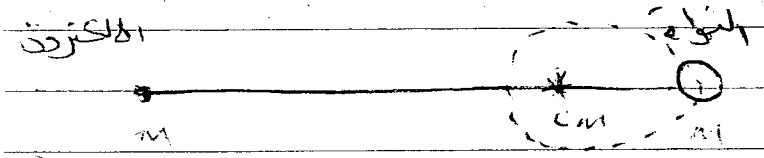
طاقة التأين هي الطاقة اللازمة لانتقال الالكترون من الحالة الارضية الى اعلى مدار في الذرة أو الى ما لا نهاية.

طاقة الترابط هي الطاقة اللازمة لانتقال الالكترون من اي مدار داخل الذرة الى اعلى مدار في الذرة او الى ما لا نهاية.



* نظرية سمر فيلد.

في تحليلاتنا السابقة افترضنا ان الالكترون يدور حول نواة ساكنة وفي الحقيقة ان الالكترون والنواة باعتبارها كتلة محددة يدوران حول مركز كتلتهما كما هو مبين في الشكل



ان مركز الكتلة يكون قريب من النواة لان كتلة النواة اكبر بكثير من كتلة الالكترون بحدود 2000 مرة من كتلة الالكترون

وتكون النواة والالكترون في دورتين متقابلين بالنسبة لمركز الكتلة ومنها نجد ان الزخم الخطي لهما متساويين والزخم الخطي لذرة ككل يبقى محافظ

$$\mu = \frac{mM}{m+M} \quad \text{prove that}$$

ان هذا النظام النواة وائد الالكترون يكافئ جسما كتلته μ يدور حول موقع الجسم الاكبر فاذا كانت كتلة الالكترون m وكتلة البروتون M فان

$$\mu = \frac{mM}{m+M} \quad (12)$$

تسمى μ الكتلة المختزلة للالكترون لانها اصغر من m

$$\mu = \frac{m\,2000m}{m+2000m} = \frac{m^2\,2000}{2001\,m} = \frac{2000m}{2001} = 0.9945$$

* R_∞ نعني بها ان كتلة النواة ساكنة

ولكي نصحح المعادلة رقم (7) آخذين في الاعتبار حركة النواة علينا ان نستبدل كل m بـ μ

m اعتبار النواة ساكنة ، μ اعتبار النواة متحركة

وبذلك تصبح معادلة مستويات الطاقة بالصيغة التالية

$$E_n = -\frac{1}{n^2}\left(\frac{k^2 \mu e^4}{2\hbar^2}\right)$$

ونتيجة لحركة النواة نجد ان جميع مستويات طاقة ذرة الهيدروجين تنحرف بنسبة

$$\frac{\mu}{m} = \frac{M}{m+M} = \frac{1836}{1837} = 0.9994$$

كذلك يمكن تصحيح المعادلة رقم (10) بعد تصحيح ثابت العدد الموجي كالتالي

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R_M \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) \quad (14)$$

$$R_M = \left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \right)^2 \left(\frac{\mu e^4}{4\pi \hbar^3 c} \right) \quad (15)$$

$$= 1.097373 \times 10^7 \, m^{-1}$$

$$R_M = \frac{\mu}{m} R_\infty = \frac{M}{m+M} R_\infty$$

يلاحظ ان قيمة ثابت ريدبرك باعتبار كتلة النواة محدودة اخذا تتطابق مع النتائج العملية ان الاخذ بنظر الاعتبار كتلة النواة محدودة أدى الى النتائج التالية

١ـ اكتشاف الديتيريوم وهو نظير الهيدروجين

النظائر هي العناصر التي لها نفس العدد الذري Z وتختلف في عدد النيوترونات

٢ـ لوحظ ان يكون هنالك متسلسلات طيفية مماثلة لمتسلسلات الهيدروجين للايونات التي تشبه في تركيبها ذرة الهيدروجين مثل الهليوم احادي التأين والليثيوم ثنائي التأين وهذه المتسلسلة تشبه الهيدروجين

* الذرات الهيدروجينية

هي ذرات على شكل أيونات (الايون هو كل ذرة فقدت او اكتسبت الكترون) فقدت جميع الكتروناتها ما عدا الالكترون الحالة الارضية لذلك فان معادلات مستويات الطاقة تعطى بالصيغة التالية

١ـ عندما تكون النواة ساكنة

$$1)\ E_n = -\frac{k^2 m e^4}{2\hbar^2 n^2} = -\frac{E_1}{n^2} = \frac{-13.6\,eV}{n^2}$$

$$2)\ r_n = \frac{n^2 \hbar^2}{k m e^2} = a_0 n^2 = 0.528\, n^2\, A^\circ$$

$$3)\ V_n = \frac{k e^2}{n \hbar} = \frac{V_1}{n}$$

$$4)\ R_\infty = \frac{k^2 m e^4}{2c\hbar^3}$$

35

٢- عندما تكون النواة متحركة

والمعادلات والنواة متحركة

$$1)\ E_{nH} = -\frac{K^2 \mu e^4 Z^2}{2\hbar^2 n^2} = \frac{\mu Z^2}{m} E_n$$

$$2)\ r_n = \frac{n^2\hbar^2}{K^2 \mu e^2 Z^2} = \frac{m}{\mu Z} r_n$$

$$3)\ V_{nH} = \frac{Z K e^2}{n\hbar} = \frac{Z V_1}{n}$$

$$4)\ R_H = \frac{K^2 \mu e^4 Z^2}{2\hbar^3 c} = \frac{\mu Z^2}{m} R_\infty$$

٣- بالنسبة للذرات الهيدروجينية والتي دائماً تكون النواة متحركة فقط نضيف إلى المعادلات الموجودة في الحالة الثانية Z^2

بدل $e^2 \longrightarrow Z$

وبدل $e^4 \longrightarrow Z^2$

* مبدأ التناظر

ينص مبدأ التناظر لبوهر على أنه عند الأعداد الكمية الكبيرة ($n \gg 1$) فإن نتائج فيزياء الكم تقترب من نتائج الفيزياء الكلاسيكية ويمكن إثبات ذلك من خلال حساب تردد الإشعاع المنبعث من الذرة حسب نظرية بوهر وحساب تردد الإشعاع المنبعث كلاسيكياً.

$$\frac{1}{\lambda} = R_\infty \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right)$$

الانتقال من حالة (n) إلى الحالة ($n-1$)

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = cR\left(\frac{1}{(n-1)^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

$$\nu \simeq cR\frac{2}{n^3}$$

$$= cR\left[\frac{2n-1}{n^2(n-1)^2}\right]$$

when عندما $n \gg 1$

$$2n-1 \simeq 2n$$
$$n-1 \simeq n$$

$$\nu = cR\frac{2}{n^3}$$

$\therefore w = \frac{v}{r}$ or $f = \frac{v}{2\pi r}$

$mvr = n\hbar$

$v = \frac{n\hbar}{mr} \longrightarrow r = \frac{n^2\hbar^2}{kme^2}$

$\therefore f = \frac{k^2 m e^4}{2\pi \hbar^3 n^3} = R_\infty C \frac{2}{n^3}$

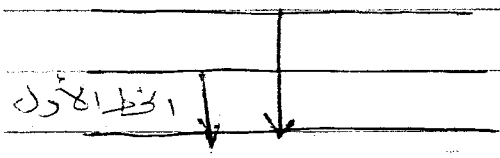
التردد الكلاسيكي $f = CR_\infty \frac{2}{n^3}$

$\therefore R_\infty = \frac{k^2 m e^4}{4\pi \hbar^3 c}$

س/ حسب مبدأ التقابل اثبت ان التردد الكمي يساوي التردد الكلاسيكي؟

س/ اوجد الطول الموجي للخط الاول من سلسلة بالمر؟

الحل/



اي من المستوى الثاني الى الاول

او من الثالث الى الثاني اقصر طول موجي

لسلسلة الاولى بعنوان او $n = \infty$

$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right)$

$\nu = \frac{c}{\lambda} = CR\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right)$

$\nu = CR\left(\frac{1}{(n-1)^2} - \frac{1}{n^2}\right)$

$= CR\left(\frac{2n-1}{(n-1)^2 n^2}\right) \Longrightarrow 2n-1 \simeq 2n \Rightarrow n-1 = n$

$\nu = CR \frac{2}{n^3}$

$w = \frac{v}{r}$, $f = \frac{v}{2\pi r}$

$mvr = n\hbar$ $\qquad R_\infty = \frac{k^2 m e^4}{4\pi \hbar^3 c}$

$v = \frac{n\hbar}{mr}$, $r = \frac{n^2\hbar^2}{kme^2}$ $\qquad f = CR_\infty$

التردد الكمي $f = \frac{k^2 m e^4}{2\pi n^3 \hbar^3} = R_\infty C \frac{2}{n^3}$