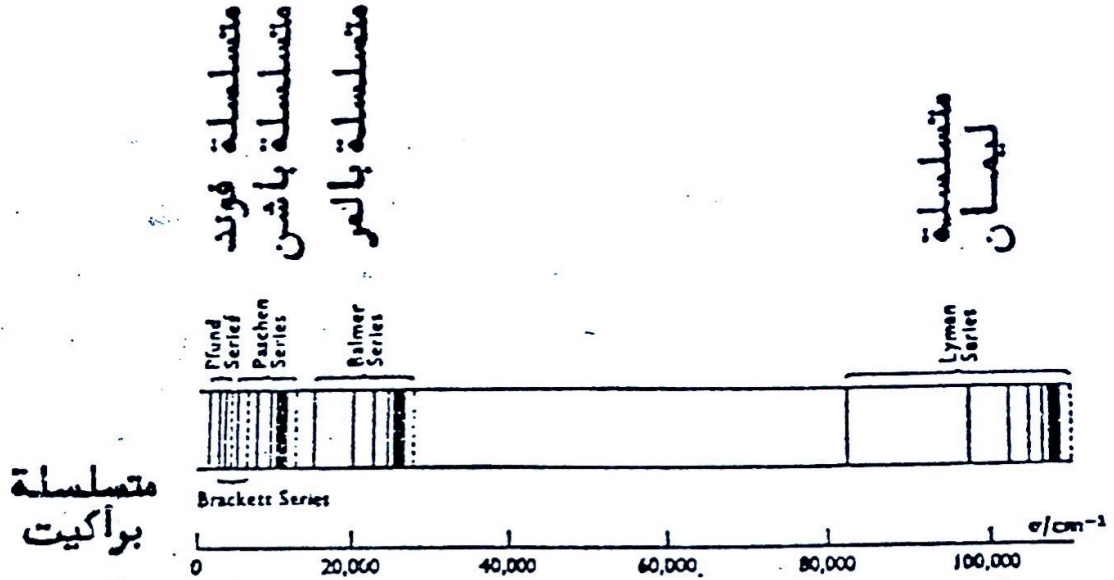


5 - متسلسلة فوند (Pfund) التي تقع خطوطها في منطقة من الطيف تلي متسلسلة براكيت .

$$\nu = R_H \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad n_2 = 6, 7, 8, 9, \dots$$



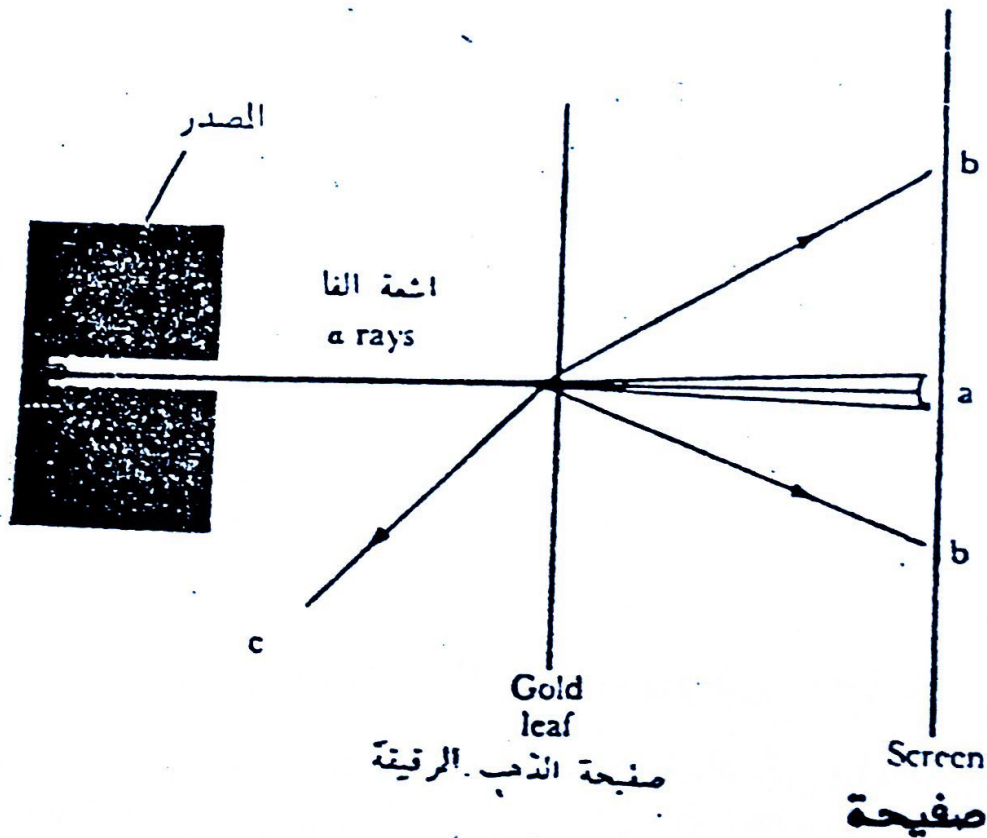
شكل 1-11 : الخطوط الرئيسية في طيف ذرة الهيدروجين

ذرة بور Bohr Atom

تبين التجارب التي نوقشت في بداية هذا الفصل ان الذرات تحتوي على جسيمات موجبة واخرى سالبة . وقد افترض ثومسون ان الذرات عبارة عن كرات تتوزع فيها الشحنات الموجبة بانتظام وتتحرك بينها الالكترونات الصغيرة السالبة الشحنة الا ان التوزيع الحقيقي للجسيمات الاساسية في الذرة قد اوضحه العالمان كايجر H.Geiger ومارسدن E.Marsden اللذان افادا بان جسيمات الفا (α-particles) ، وهي عبارة عن نواة ذرة الهيليوم ${}^4_2\text{He}^{2+}$ ، تنشئت عندما تمر من خلال صفيحة

معدنية رقيقة . (المقصود بالتشتت هو مرور قسم من الاشعة بصورة مستقيمة خلال الصفيحة الرقيقة مع ارتداد قسم منها وانحراف القسم الباقي بزوايا معينة) . وتبين النتائج التي توصل اليها العالمان ان جسيمات الفا تتشتت بشدة عندما تمر خلال مادة كثيفة . كما ان درجة التشتت تعتمد على الوزن الذري للفلز المصنوع منه الصفيحة الرقيقة .

اقترح رذرفورد Rutherford نموذجا للذرة النووية المقبول حاليا عام 1911 ليفسر نتائج تجارب كايغر ومارسدن من خلال التجربة التي قام بتنفيذها لمعرفة ما اذا كان بعض دقائق الفا ستنحرف عن مسارها بزوايا كبيرة اذا ما استعملت بقصف صفيحة رقيقة من الذهب . ويتضمن الشكل (12-1) الجهاز المستخدم لغرض هذه التجربة .



شكل 12-1 : تجربة رذرفورد لقياس تشتت دقائق الفا الساقطة على صفيحة رقيقة من الذهب .

وقد استعمل عنصر الراديوم المشع كمصدر لهذه الدقائق ، بعد ان وضع في داخل كتلة رصاصية لحماية المحيط من الاشعاعات ولضمان خروجها بخط مستقيم كحزمة ضوئية .

اما النتائج التي حصل عليها رذرفورد من خلال تجربته هذه فقد وجد ، وكما كان يتوقع ، ان 99% من دقائق الفا قد مرت من خلال الصفيحة الفلزية بعد ان عانت انحرافا بسيطا في مسارها (الخط a) . والقليل منها انحرفت عن مسارها بزوايا كبيرة (الخط b) ، كذلك فان البعض الاخر ارتد من الصفيحة (الخط c) .

لقد كان من الغريب حقا تفسير ارتداد دقائق الفا ذات الكتلة والسرعة العاليتين من صفيحة ذهب رقيقة قد يصل سمكها الى $(6 \times 10^{-5}$ سم) فلو كانت الكتلة والشحنة الموجبة متوزعة بصورة متساوية وموحدة في جميع الفلز لما نفذت معظم دقائق الفا الموجبة الشحنة من خلال الصفيحة . وبذلك فان الاقتراح الوحيد الذي وضعه رذرفورد كتفسير سريع الى النتائج التي حصل عليها هو ان ارتداد القليل من الاشعة يعني تمركز كتلة الذرة وشحنتها الموجبة في حجم صغير جدا اذا ما قورنت بحجم الذرة الكلي .

كذلك فان الشحنة الموجبة المتمركزة هذه تكون عادة ثابتة وغير متحركة وذلك بسبب كتلتها العالية . كما ان من المعروف ان الشحنات المتماثلة تتنافر فيما بينها وقد يكون التنافر كبير جدا بحيث يكون كافيا لارتداد اشعة الفا الى مسارها الاصلي .

ان هذه النتائج جعلت رذرفورد يصنع نموذجا لبنية الذرة المقبول حاليا فقد اقترح ان الذرة تتكون من نواة متناهية في الصغر (نصف قطرها في حدود 10^{-12} سم) من حجم الذرة الكلي (نصف قطرها 10^{-8} سم) وتتركز فيها كثافة الشحنات الموجبة وتتمثل فيها كتلة الذرة . اما الالكترونات فانها تمثل الاجزاء السالبة في الذرة ، حيث تدور بسرعة

فائقة حول النواة . وقد شبه رذرفورد حركة الالكترونات حول النواة بحركة الافلاك حول الشمس .

ان صورة ذرة ماتحتوي على نواة موجبة الشحنة محاطة بالكترونات سالبة الشحنة تمثل مسألة مهمة . وبسبب كون الشحنات متعاكسة فان الالكترونات تنجذب الى النواة ، ولو كانت الالكترونات ساكنة لسقطت في النواة ولهذا يجب ان نفترض بان للالكترونات نوعا معيناً من الحركة يعاكس عملية جذبها بواسطة النواة . وقد فسر رذرفورد استقرار مثل هذا النظام بان القوة الطاردة المركزية الناتجة عن الحركة الدائرية للالكترونات تتساوى في المقدار وتتعاكس في الاتجاه مع قوة الجذب الكهروستاتيكي بين النواة الموجبة والالكترونات السالبة وعلى كل حال اذا كانت الالكترونات في حالة حركة مستمرة فانها ستفقد طاقتها على شكل طيف خطي مستمر . وهذا الفقدان في الطاقة ينتج عنه شل حركة الالكترون مما يجعله اقل قابلية على تحمل جذب النواة فيقترب من النواة في مسار حلزوني الى ان يسقط في النهاية وبذلك تتحطم صورة الذرة ولما كانت صورة الذرات لا تتحطم لذلك فمن المتوقع ان يكون هناك خط في تفسير الظاهرة اعلاه استنادا الى النظرية الكهرومغناطيسية القديمة

اعتمادا على نظرية الكم التي تعطي تفسيراً عن سبب عدم تحطيم الذرات وعن سبب وجود الاطيف الخطية ، اقترح العالم الفيزيائي الدانيماركي نيل بور Niels Bohr عام 1913 على ان الطاقة الكلية المكتسبة والمفقودة للالكترون في ذرة ما تمتلك قيم محددة او كمية ($E=h\nu$) كما ان نظرية الكم لاتعترف بفقدان وامتصاص الطاقة بصورة مستمرة ، بل على هيئة كميات محددة وثابتة . والطريق الوحيد الذي يستطيع الالكترون فيه تغيير طاقته هو الانتقال من مستوى طاقة محدد الى مستوى طاقة اخر . ولا يكون الانتقال بشكل تدريجي ، بل يجب يحدث جميعه كحالة واحدة (اي تردد محدد) . واذا لم يتوفر مستوى طا

اقل فان الالكترتون لا يستطيع ان يبعث طاقة ولهذا السبب فان الذرات لا تتحطم او تنهار .

اما اذا توفر مستوى طاقة اقل فان الالكترتون يستطيع ان يشع طاقة ولكن بكمية محددة فقط ، وهذه الكمية من الطاقة يجب ان تكون مساوية تماما الى الفرق بين مستوى طاقة ومستوى طاقة اخر . اي ان :

$$E_2 - E_1 = h\nu$$

اما في حالة الحصول على الاطيف الخطية فان الالكترونات ترتفع الى مستويات طاقة عالية بواسطة الطاقة الحرارية للهب ، وعند عودة الالكترونات الى مستويات الطاقة الواطئة ينبعث اشعاع مميز . ويمكن تلخيص الافتراضات التي استند اليها بور في تفسير نظريته كالآتي :-

- 1- يمكن للالكترونات في اي ذرة تتواجد ضمن عدد من المدارات (Orbits) وتدور ضمن كل مدار حول النواة دون انبعث اشعة .
- 2- لكل من هذه المدارات نصف قطر محدد وطاقة معينة .
- 3- من العدد اللانهائي المحتمل للمدارات يدور الالكترتون فقط في تلك التي تتميز بان الزخم الزاوي (Angular momentum) للالكترتون فيها هو

$$\text{احد مضاعفات المقدار الثابت } \left(\frac{h}{2\pi}\right) .$$

اي ان :

$$mvr = n \frac{h}{2\pi}$$

حيث n هو عدد صحيح يمثل رقم المدار ويساوي 1,2,3..... ويدعى بعدد الكم الرئيسي (Principal quantum number) وتمثل v سرعة الالكترتون . اما r فهو نصف قطر المدار .

4- تبعث الاشعة فقط عند انتقال الالكترتون من حالة استقرار معينة الى حالة استقرار اخرى ذات طاقة اقل . ويمساحب هذا الانتقال انبعث مقدار من الطاقة يساوي $(h\nu)$. ان افتراض بور كان البداية الاساسية لميكانيك الكم (quantum mechanic) والذي يختص بدراسة قوانين الحركة التي تتحكم بسلوك الدقائق الصغيرة .

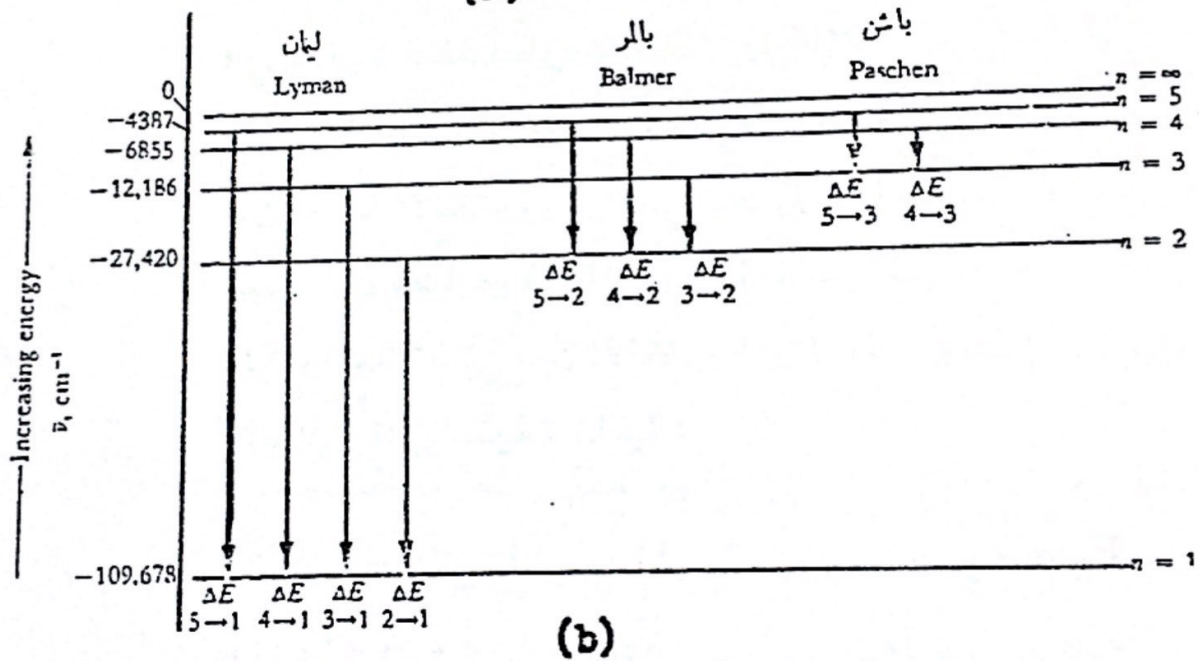
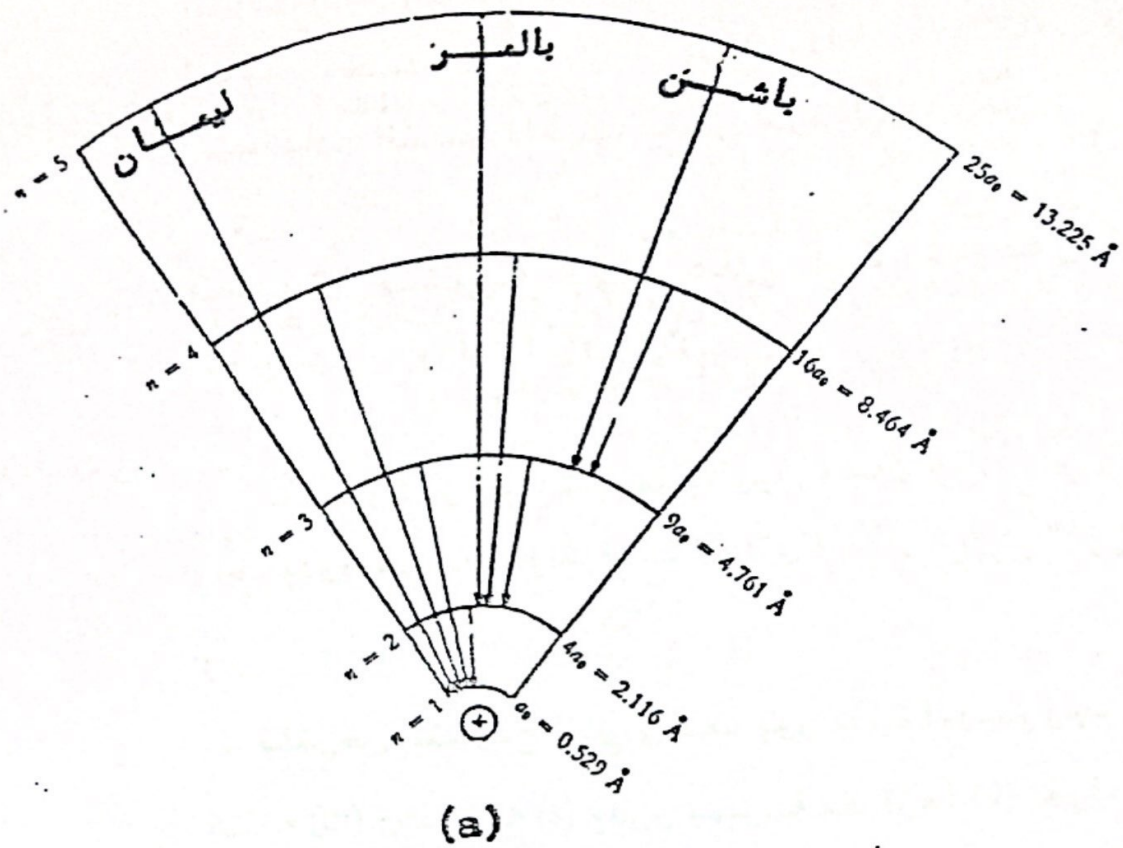
تفسير بور لخطوط الطيف الذري للهيدروجين

لقد باءت بالفشل جميع المحاولات التي اجريت في العقد الاول من القرن العشرين لتفسير هذا الطيف وللتوصل الى اسلوب نظري افضل لتطبيق معادلة ريد برك . وقد كان السبب الاول لفشل هذه المحاولات يعود لكونها تتم وفقا لمفهوم رذرفورد انف الذكر للذرة . ذلك المفهوم الذي يتلخص في ان الذرة مكونة من نواة مركزية موجبة الشحنة محاطة بعدد من الالكترونات كاف لمعادلة شحنة النواة تدور حول النواة باسلوب مماثل لدوران توابع الشمس حولها .

ولقد استطاعت نظرية بور ان تعطي تفسيراً مقبولاً لخطوط الطيف الذري للهيدروجين بدلالة مدارات الذرة ومستويات الطاقة التي يوضحها الشكل (1-13) على انها تمثل الطاقة المنبعثة نتيجة لانتقال الالكترونات في مدارات ذات طاقة مرتفعة الى مدارات ذات طاقة منخفضة . وتحدد هذه المدارات بواسطة اعداد الكم الرئيسية 1,2,3,.....

فالكترون ذرة الهيدروجين الذي يشغل المدار ($n=1$) يكون في اوطأ مستوى للطاقة ولذلك فان ذرة الهيدروجين تكون اكثر الحالات استقراراً ويسمى مستوى طاقتها هذا بالحالة المستقرة للذرة (Ground state) . ومن الممكن ان ينتقل الكترون ذرة الهيدروجين من مستوى طاقة استقراره ($n=1$) الى مستوى طاقة اعلى اذا ما اعطي الطاقة الكافية لذلك (قد تكون طاقة ضوئية او حرارية) وعندها تكون ذرة الهيدروجين قلقة وغير مستقرة (ذرة محفزة) تسعى دائماً الى حالة الاستقرار عن طريق عودة الالكترون الى مستويات الطاقة الادنى ، حيث يحرر الطاقة الفائضة على شكل اشعاع .

وفي ضوء ذلك فان متسلسلة ليمان تمثل جميع قيم الطاقة المنبعثة عند عودة الالكترونات المهيجة من اي مدار الى المدار الاول ، حيث ($n=1$) . ومتسلسلة بالمر تمثل عودة الالكترونات المهيجة الى المدار الثاني ، حيث ($n=2$) .



شكل 13-1 : مدارات ومستويات الطاقة لذرة الهيدروجين (a) المتسلسلات الطيفية الخمسة في طيف ذرة الهيدروجين . (b) التغيير في طاقة الالكترون الساقط بين مستوى طاقة في حالة التهيج الي مستويات طاقة اقل وتمثل ΔE الفرق بين الطائقتين .

اما متسلسلة باشن فتمثل عودة الالكترين من اي مدار الى المدار الثالث (n=3) وبراكيت الى المدار الرابع ، حيث (n=4) ، وفند الى المدار الخامس ، حيث (n=5) . ويبين الشكل (13-1) الانتقالات الالكترونية خلال المتسلسلات الخمسة للطيف الخطي لذرة الهيدروجين .

تطبيق نظرية بور على ذرة الهيدروجين والذرات الشبيهة بالهيدروجين

يقصد بالذرات الشبيهة بالهيدروجين هي التي تتكون من الكترين واحد يدور في مدار دائري حول النواة مثل He^+ , Li^{2+} .

يفترض النموذج الذي وضعه بور لذرة الهيدروجين ان الالكترين الذي كتلته (m) وشحنته (e) يدور بسرعة مقدارها (v) حول نواة شحنتها (Ze^+) في مدار نصف قطره r الشكل (14-1) .

لكي يكون المدار مستقرا فان القوة العمركزية (Centerifugal force) الناجمة من حركة الالكترين والتي يحاول بواسطتها التحرر من مداره الدائري يجب ان تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه القوى المركزية للتجاذب كهروستاتيكي بين الالكترين والنواة . ويمكن التعبير عن القوة المركزية لعلاقة الرياضية التالية :

$$F_0 = \frac{mv^2}{r} \quad \dots\dots(1)$$

القوة الجذب بين الالكترين والنواة فهي مكونة من مجموع القوتين التاليين :

القوة الكهربائية للتجاذب بين الكترين شحنته (e) وعلى بعد (r) من اة شحنتها (Ze^+) ويعبر عنها :

$$F_e = -\frac{Ze^2}{r^2} \quad \dots\dots(2)$$

حيث (Fe) هي القوى الكهربائية للتجاذب (القوة الكهروستاتيكية (Electrostatic force of attraction).

(ب) قوة التعجيل الأرضي للتجاذب

ومن هاتين القوتين تكون القوة الكهربائية للتجاذب هي السائدة لدرجة كبيرة . وبإمكاننا إهمال قوة التعجيل الأرضي ولكي يبقى المدار مستقرًا فإن مجموع القوتين F_0 و F_e يجب أن تساوي صفرًا :

$$\frac{mv^2}{r} + \left(-\frac{Ze^2}{r^2}\right) = 0$$

أي أن

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{Ze^2}{r^2} \quad \dots\dots(3)$$

أن الإلكترون في الذرة يمتلك نوعين من الطاقة وهما :
الطاقة الكامنة (potential energy) وتتمثل بالمعادلة التالية :

$$E_{pot.} = -\frac{Ze^2}{r} \quad \dots\dots(4)$$

والطاقة الحركية (Kinetic energy) وتتمثل بالمعادلة التالية :

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 \quad \dots\dots(5)$$

وبذلك تكون الطاقة الكلية للإلكترون (E) عبارة عن مجموع الطاقتين الحركية والكامنة :

$$E = \frac{mv^2}{2} - \frac{Ze^2}{r}$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{Ze^2}{r} \quad \dots(6)$$

ولما كان شرط المدار المستقر يتمثل بالمعادلة :

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{Ze^2}{r^2}$$

اي ان

$$mv^2 = \frac{Ze^2}{r} \quad \dots\dots(7)$$

وعليه فبالتعويض عن mv^2 في المعادلة (6) يصبح لدينا :

$$\begin{aligned} E &= \frac{1}{2} \frac{Ze^2}{r} - \frac{Ze^2}{r} \\ &= -\frac{Ze^2}{2r} \quad \dots\dots(8) \end{aligned}$$

ولحساب طاقة الالكترتون نحتاج تحديد نصف قطر المدار (r) فقط .
 ويتضح من الاشارة السالبة في المعادلة رقم (8) ان الالكترتون يحرر
 باستمرار طاقة كلما قلت قيمة (r) او بمعنى اخر يمكن القول انه بزيادة
 الطاقة ينتقل الالكترتون من مدار داخلي ، حيث (r) صغيرة الى مدار
 خارجي حيث (r) اكبر .
 وللحفاظ على الالكترتون من تباطؤ حركته وبالتالي سقوطه في النواة
 نتيجة فقدانه لطاقته اقترح بور اقتراحه الجديد وهو ان الزخم الزاوي
 للالكترتون يمتلك قيما محددة ومعينة فقط تتمثل بالمعادلة :

$$mvr = n \frac{h}{2\pi} \quad \dots\dots(9)$$

وبحل هذه المعادلة نحصل على قيمة v اعتمادا على كتلة الالكترتون
 ونصف قطر مداره كما يلي :

الموجية لمقدار الطاقة المحتسبة وفقا للمعادلة (14) . وعليه كلما زادت هذه الطاقة زاد استقرار الالكترين في ذلك المدار . لذلك فان اكثر المدارات استقرارا هو المدار الذي تكون قيمة n فيه مساوية الى الواحد الصحيح . ويمكن تطبيق المعادلة (14) على ذرة الهيدروجين ، حيث ان قيمة Z لها مساوية الى واحد فتكون :

$$E_H = \frac{-2\pi^2 m e^4}{n^2 h^2} \dots\dots(15)$$

واستنادا الى فرضية بور الرابعة فان للالكترين القدرة على الانتقال من مستوى طاقة معين الى مستوى طاقة اعلى اذا ما زود بالكمية اللازمة من الطاقة لهذا الانتقال .

وتنبعث هذه الطاقة مجددا على شكل اشعاع عند عودة الالكترين من مدار خارجي n_2 الى مدار داخلي n_1 اي الى وضع اكثر استقرارا من حالة الاستقرار الاولى .

اما طاقة الاشعاع المنبعث فيمكن تمثيلها بالمعادلة :

$$\Delta E = E_{n_2} - E_{n_1} = \frac{2\pi^2 Z^2 e^4 m}{h^2} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \dots\dots(16)$$

ومن الشائع عمليا ان يعبر عن الاشعاع المنبعث بدلالة التردد (ν) او العدد الموجي ($\bar{\nu}$) استنادا الى المعادلات التالية :

$$\nu = \frac{E}{h}$$

$$\therefore \bar{\nu} = \frac{2\pi^2 Z^2 e^4 m}{h^3} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \dots\dots(17)$$

$$v = \frac{nh}{2\pi mr} \quad \dots(10)$$

كذلك نستطيع معرفة v اعتمادا على شحنة النواة من المعادلتين (10) ،
نحصل على :

$$v = \frac{2\pi e^2 Z}{nh} \quad \dots(11)$$

وبالتعويض عن قيمة v من المعادلة (10) في معادلة شرط المدار المستقر
(معادلة 3) نحصل على :

$$\frac{mn^2 h^2}{4\pi^2 m^2 r^2} = \frac{Ze^2}{r} \quad \dots(12)$$

او ان :

$$r = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m Z e^2} \quad \dots(13)$$

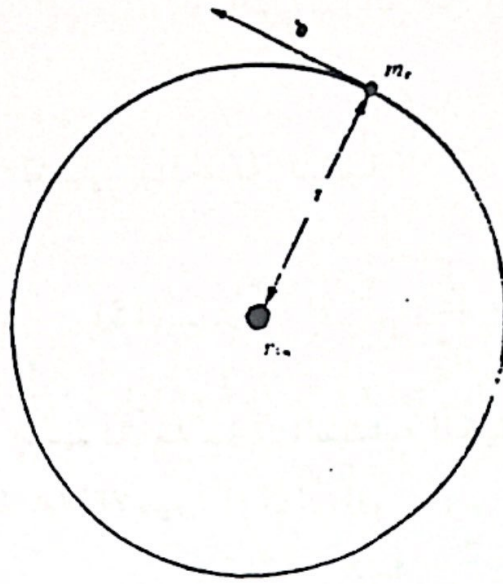
يتضح من المعادلة (13) ان نصف قطر المدار يتناسب طرديا مع مربع عدد
الكم الرئيسي (n) وبذلك يمكننا استعمال هذه المعادلة لحساب نصف قطر
المدارات الممكنة للالكترونون في ذرة الهيدروجين ($Z=1$) او في الذرات
الشبيهة بالهيدروجين بدلالة (n) .

وبالتعويض عن قيمة r بما يساويها في المعادلة (8) نحصل على طاقة
الالكترون الكلية في المدار النوني n^{th}

هي :-

$$E_n = \frac{-2\pi^2 Z e^2 m e^4}{n^2 h^2} \quad \dots(14)$$

يتبين من المعادلة (14) ان 'القيمة السالبة لطاقة الالكترون تتناسب عكسيا
مع مربع عدد الكم الرئيسي . وبتعبير اخر يمكن القول ان الطاقة اللازمة
لازاحة الالكترون من مداره ذي عدد الكم n الى ما لانهاية تساوي القيمة



شكل 1-14: نموذج بور لذرة الهيدروجين

الحل : لغرض كتابة المعادلة (19) بدلالة v تكون :

$$v_H = R_H c \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$$R_H = 109678 \text{ cm}^{-1}$$

$$c = 3 \times 10^{10} \text{ cm.sec}^{-1}$$

$$v_H = (109678 \text{ cm}^{-1}) (3 \times 10^{10} \text{ cm.sec}^{-1}) \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{6^2} \right)$$

$$= 3.290 \times 10^{15} \text{ sec}^{-1} \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{36} \right) = 7.3068 \times 10^{14} \text{ sec}^{-1}$$

$$\lambda = \frac{c}{v} = \frac{3 \times 10^{10} \text{ cm.sec}^{-1}}{7.3068 \times 10^{14} \text{ sec}^{-1}}$$

$$= 4.103 \times 10^{-9} \text{ cm}$$

$$= 4.103 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$= 410.3 \text{ nm}$$

اما العدد الموجي (ν^-) الذي يرتبط مع التردد بالعلاقة :

$$\nu = \nu^- c$$

فيمكن التعبير بالمعادلة التالية :

$$\nu^- = \frac{2\pi^2 Z^2 e^4 m}{h^3 c} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \dots\dots(18)$$

يمكننا بسهولة ملاحظة التشابه الكبير بين معادلة ريديبرك انفة الذكر وبين المعادلة الاخيرة (18) اي ان

$$R = \frac{2\pi^2 m e^4 Z^2}{h^3 c}$$

ولذرة الهيدروجين ($Z=1$) فان :

$$R_H = \frac{2\pi^2 m e^4}{h^3 c}$$

حيث R_H هو ثابت ريديبرك ويمكن حسابه بمعرفة القيم (h) ، (c) ، (m) و (c) . وبذلك يكون

$$\nu_H^- = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \dots\dots(19)$$

وللذرات الشبيهة بالهيدروجين :

$$\nu^- = R Z^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \dots\dots(20)$$

مثال : احسب الطول الموجي للخط الرابع ($n=6$) في متسلسلة بالمر لذرة الهيدروجين .

مثال : احسب نصف قطر مدار بور الاول لذرة الهيدروجين (Z=1).

الحل : يمكن حساب نصف قطر مدار بور الاول مباشرة من المعادلة (13).

$$r = \frac{n^2 h^2}{4\pi m e^2}$$

بما ان المدار المطلوب حساب نصف قطره هو المدار الاول :

$$\therefore n = 1$$

بالتعويض في قيم الثوابت الاخرى نحصل على :

$$r = \frac{(1)^2 (6.6238 \times 10^{-27} \text{ erg. sec.})^2}{4(3.1416)^2 (9.1072 \times 10^{-28} \text{ g})(4.8032 \times 10^{-10} \text{ e.s.u.})^2} = \frac{4.387 \times 10^{-53}}{4 \times 9.869 \times 9.14 \times 10^{29} \times 2.3 \times 10^{-20}} = \frac{4.387 \times 10^{-53}}{8.29 \times 10^{-10}} = 0.529 \times 10^{-8} \text{ cm} = 0.529 \text{ \AA}$$

(1 انكستروم (A⁰) = 10⁻⁸ سم)

ويشار الى نصف قطر بور (Bohr's radius) لعدد الكم (n=1) لذرة الهيدروجين فقط ، يشار اليه بالخرف (a₀).

وبتطبيق نفس العلاقة واعطاء قيم لـ n تساوي 2 , 3 , 4 , يمكننا الحصول على انصاف اقطار المدارات الاخرى لذرة الهيدروجين باتباع القانون (a₀n²) وبذلك فان نصف قطر المدار الثاني يساوي :

$$2^2 \times a_0 = 4 \times 0.529 \times 10^{-8} \text{ cm}$$

ونصف قطر المدار الثالث لذرة الهيدروجين يساوي

$$3^2 \times a_0 = 9 \times 0.529 \times 10^{-8} \text{ cm}$$

وهكذا يتضح من نظرية بور ان طاقة الالكتران تحدد بعدد الكم (n).

$$\therefore E_{n=1} = -\frac{e^2}{2a_0} = -\frac{(4.8032 \times 10^{-10} \text{ e.s.u.})^2}{2(0.529177 \times 10^{-8} \text{ cm})}$$

$$= -2.17987 \times 10^{-11} \text{ erg.}$$

يعبر عادة عن الطاقة بوحدات الكترون فولت . ولما كان الارك الواحد يساوي 6.2419×10^{11} الكترون فولت (eV) :

$$\therefore E = -(2.17987 \times 10^{-11} \text{ erg})(6.2419 \times 10^{11})$$

$$= -13.606 \text{ eV}$$

أما طاقة الالكترون في المدار الثاني (n=2) فتساوي :

$$E_{n=2} = -\frac{e^2}{2a_0 n^2} = \frac{E_{n=1}}{n^2}$$

$$= -\frac{13.606}{2^2} = -3.4015 \text{ eV}$$

تحويل نظرية بور

لاقت نظرية بور نجاحا ملحوظا في وصف الذرات الشبيهة لذرة الهيدروجين ولكنها فشلت في تفسير اطياف منظومات ذرية تحتوي على أكثر من الكترون واحد ويضاف الى ذلك ان هناك مشاهدات طيفية لا يمكن تفسيرها بنظرية بور البسيطة ، مثلا ، يلاحظ ان بعض خطوط طيف الهيدروجين اذا تعرض لمطياف ذي تحليل عال فانها تظهر كمجموعة من الخطوط الدقيقة والمتقاربة جدا تشير الى انتقالات الكترونية بين مستويات ثانوية ذات فرق صغير جدا في الطاقة ، وكذلك ينقسم بعض هذه الخطوط الى عدد من الخطوط اذا ماوضع مصدر الاشعاع في مجال

مثال : احسب سرعة الالكترون في مدار بور الاول في ذرة الهيدروجين؟

الحل :

$$v = \frac{nh}{2\pi mr}$$

بما ان

$$n = 1$$

$$r = a_0 = 0.529 \times 10^{-8} \text{ cm}$$

$$v = \frac{(1) (6.6238 \times 10^{-27} \text{ erg. sec.})}{2(3.1416)(9.1072 \times 10^{-28} \text{ g})(0.529 \times 10^{-8} \text{ cm})}$$

$$= 2.188 \times 10^8 \text{ cm sec}^{-1}$$

مثال : احسب طاقة الالكترون في المدارين الاول والثاني في ذرة الهيدروجين؟

الحل :

$$E = \frac{-2\pi^2 m e^4}{n^2 h^2}$$

عندما تكون (n=1) فان

$$r = a_0 = \frac{h^2}{4\pi^2 m e^2}$$

$$\frac{1}{2a_0} = \frac{2\pi^2 m e^2}{h^2}$$

اي ان