<u>سلسلة بالمر</u> : تعطى سلسلة بالمر بمجموعة الترددات أوالخطوط الطيفية التي تبدأ من n=2 وتنتهي بقيم n' أكبر من n . فالخط الطيفي الأول (خط α) في سلسلة بالمر يناظر $n=2$ و $n'=3$ وطوله الموجي يساوي 6563A والخط الثاني (خط β) يناظر قيم $n=2$ و $n'=4$ وطوله الموجي 4861A بينما تعطي القيم $n=2$ و $n'=5$ الخط الطيفي الثالث (خط γ) وطوله الموجي 4340A ، وتقع هذه الأطوال الموجية لسلسة بالمر في منطقة الضوء المرئي.

وهناك سلاسل طيفية أخرى يمكن حساب تردداتها من العلاقة 2 . فهناك <u>سلسلة باشين</u> ($n=3$ و $n'=4,5,6,..$) و<u>سلسلة براكيت</u> ($n=4$ و $n'=5,6,7...$) و<u>سلسلة بفوند</u> ($n=5$ و $n'=6,7,8,..$).

The Hydrogen Series

Names	Wavelength Ranges	Formulas	
Lyman	Ultraviolet	$\kappa = R_H\left(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{n^2}\right)$	$n = 2, 3, 4, \ldots$
Balmer	Near ultraviolet and visible	$\kappa = R_H\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{n^2}\right)$	$n = 3, 4, 5, \ldots$
Paschen	Infrared	$\kappa = R_H\left(\frac{1}{3^2}-\frac{1}{n^2}\right)$	$n = 4, 5, 6, \ldots$
Brackett	Infrared	$\kappa = R_H\left(\frac{1}{4^2}-\frac{1}{n^2}\right)$	$n = 5, 6, 7, \ldots$
Pfund	Infrared	$\kappa = R_H\left(\frac{1}{5^2}-\frac{1}{n^2}\right)$	$n = 6, 7, 8, \ldots$

وتخضع جميع هذه السلاسل الطيفية لعلاقة راديبرغ (2) .

مثال : احسب الطول الموجي للخط الطيفي الثاني في سلسلة براكيت.

الحل : تبدأ سلسلة براكيت من $n=4$ و $n'=5,6,7,..$. وأول خط طيفي يناظر القيم $n=4$ و $n'=5$ ، وبذلك فالخط الثاني هو $n=4$ و $n'=6$. وبالتعويض في علاقة راديبرغ :

$$\lambda^{-1} = \frac{4}{B}\left(\frac{1}{4^2}-\frac{1}{6^2}\right) = \frac{4}{3645.6A}\times\frac{36-16}{576}$$

$$\lambda = 26248.32A$$

وقد وجد أن هناك اتفاقا كبيرا بين الأطوال الموجية المحسوبة من علاقة رايدبرغ وتلك المحسوبة عمليا في التجربة. وقد شكل هذا الاتفاق لغزا حير العلماء ردحا من الزمن حتى جاء بور واستطاع أن يفسر هذا الاتفاق بين النتائج النظرية حسب علاقة رايدبرغ والتجارب العلمية على الأطياف الذرية. وقد استفاد بور في ذلك من نموذج رذر فورد السابق حيث أدخل عليه بعض التعديلات مستغلا في ذلك فرضية بلانك في تكميم الطاقة. وأمكن بعد ذلك اكتشاف التركيب الداخلي للذرات. وسوف نناقش باختصار فيما يلي نموذج بور ونرى كيف يمكن حساب الخطوط الطيفية في نموذج بور الذي أصبح الآن النموذج الذري الصحيح.

3- نموذج بور لذرة الهيدروجين

تعطي علاقة رايدبرغ صيغة تجريبية لحساب الأطياف الذرية، ولكن هل يوجد أساس نظري لهذه العلاقة وهل يمكن تفسير منشأ الأطياف الذرية ؟. في محاولة لتفسير طيف الهيدروجين وضع بور نموذجا اعتمد فيه على نموذج رذرفورد (حيث كان يعمل في مختبر رذرفورد-الموجود حاليا قرب مدينة أكسفورد البريطانية) وعلى مبدأ بلانك في تكميم الطاقة. وينقسم نموذج بور إلى ثلاثة فرضيات :

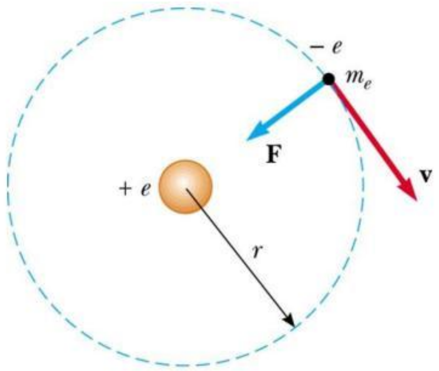
1- **الفرضية الأولى:** تنص على أن الإلكترونات في ذرة الهيدروجين تدور حول النواة في مدار دائري مثلما تدور الكواكب حول الشمس في المجموعة الشمسية بحيث: (أ) يدور

الإلكترون في مدارات محددةٍ ولا يمكن أن يحتل أي مدار بل مدارات ذات قيم طاقة محددة، (ب) لايتولد عن تسارع الإلكترون حول النواة إشعاعات كهرومغناطيسية (بخلاف النظرية التقليدية-كما رأينا في الفصل السابق) وتسمى هذه المدارات بالحالات (أو المدارات) المستقرة (stationary states) لأنه لا يتولد عن حركة الإلكترونات في هذه المدارات أي أشعة كهرومغناطيسية. وتردد الإلكترون(عدد الدورات في الثانية الواحدة) في المدار يمكن حسابه بسهولة كالتالي:

يدور الإلكترون في مدار دائري نصف قطره r تحت تأثير قوة مركزية mv^2/r تؤثر عليه حيث v سرعة الإلكترون المدارية و m كتلته.وتنشأ هذه القوة من التجاذب الكولومي $e^2/4\pi\varepsilon_o r^2$ بين الإلكترون ونواة الذرة وهاتان القوتان متساويتان أي

$$\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_o r^2}=\frac{mv^2}{r}$$
$$=mr\omega^2 \qquad (3)$$

حيث ω السرعة الزاوية للإلكترون و $v=\omega r$.



والطاقة الكلية E للإلكترون تساوي مجموع طاقة الحركة $mv^2/2$ وطاقة الجهد $-e^2/4\pi\varepsilon_o r$، أي

$$E=\frac{1}{2}mv^2-\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_o r}$$
$$=-\frac{e^2}{8\pi\varepsilon_o r}=-\frac{1}{2(4\pi\varepsilon_o)^{2/3}}(e^4m\omega^2)^{1/3} \qquad (4)$$

حيث استخدمنا العلاقة (3) .والتردد ν يرتبط بالتردد الزاوي ω بواسطة السرعة المدارية ونصف قطر المدار تبعا للعلاقة

$$\nu=\omega/2\pi=v/2\pi r$$
$$=\frac{e}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{4\pi\varepsilon_o mr^3}} \qquad (5)$$

2- **الفرضية الثانية:** عندما ينتقل الإلكترون من مدار إلى آخر طاقته أقل فإن الذرة تطلق في هذه الحالات أشعة كهرومغناطيسية على شكل فوتونات طاقتها تساوي الفرق بين طاقة المدارين اللذين تم الانتقال بينهما.فعندما يقفز الإلكترون من مدار طاقته $E_{n'}$ إلى آخر أدنى منه طاقته E_n فإن طاقة الشعاع الكهرومغناطيسي (الفوتون) المنبعث hν هي

$$h\nu = E_{n'} - E_n \qquad (6)$$

حيث h ثابت بلانك ويساوي 6.0602×10^{-34} J.s , وهذا هو شرط الإشعاع في نموذج بور. من الواضح أن بور استخدم هنا فرضية بلانك في تكميم الطاقة . وقد لاحظ أنه بمقارنة علاقة شرط الإشعاع في (6) مع علاقة رايدبرغ في (2) فإن

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{1}{h}(E_{n'} - E_n)$$

$$= Rc(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2}) \qquad (7)$$

ومنه وجد أن طاقة المدارات هي

$$E_n = -\frac{Rch}{n^2} \quad , \quad E_{n'} = -\frac{Rch}{n'^2} \qquad (8)$$

حيث c سرعة الضوء في الفراغ . تعطي العلاقة 8 طاقة الإلكترون في المدار المحدد بقيمة العدد n . وبذلك يمكن تفسير علاقة رايدبرغ كالتالي:

عندما ينتقل إلكترون من مدار طاقته $E_{n'}$ إلى آخر طاقته E_n أصغر فإن الطول الموجي للشعاع المنبعث هو λ وتردده ν.

تعطي هذه العلاقة المدارات المستقرة المسوح بها للإلكترون حول النواة. وحيث أن المدارات محددة فلابد أن يكون العدد n صحيحاً موجباً . ولكن العلاقة (7) حتى هذه اللحظة ليست ذات قيمة كبيرة ذلك أن العدد n لايمكن قياسه تجريبياً، علاوة على ذلك فإن قيمة ثابت رايدبرغ مازالت تجريبية وهذا يعني أن النموذج الحالي لايعطي طريقة لحساب R .

3- **الفرضية الثالثة:** في محاولة لحساب ثابت رايدبرغ افترض بور مايسمى مبدأ التطابق الذي ينص على أن قوانين الفيزياء الكمية تتطابق مع قوانين الفيزياء التقليدية عندما تكون مدارات الإلكترون كبيرة أي عندما تكون n قيم كبيرة. دعنا ننظر كيف يمكن تطبيق هذا المبدأ على عملية انبعاث الضوء حسب الفرضيتين السابقتين عندما ينتقل إلكترون ذرة الهيدروجين بين مدارين متتاليين أي من المدار $n+1$ إلى المدار n . تردد الشعاع المنبعث حسب العلاقة (7) هو

$$\nu = Rc(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{(n+1)^2}) \qquad (9)$$

وعندما تكون قيمة n كبيرة جداً فإنه يمكن استخدام مفكوك ذات الحدين فنحصل على

$$\nu = Rc\frac{2}{n^3} \qquad (10)$$

وحسب مبدأ التقابل فإن هذا التردد يساوي التردد المداري الكلاسيكي $\omega/2\pi$ الوارد في العلاقة (5). وبمساواة علاقة الطاقة الكلية التقليدية في المعادلة (4) مع العلاقة الكمية (8) واستخدام علاقة التردد في (10) حيث $\omega=2\pi\nu$ نحصل على العلاقة