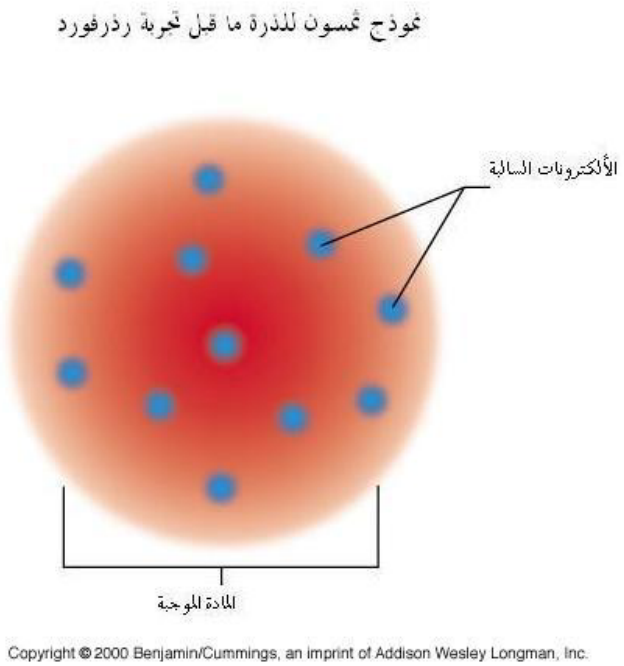
التركيب الذري والأطياف

خلال القرنين الثامن والتاسع عشر وجد الكيميائيون أن المواد يمكن تقسيمها إلى عناصر ومركبات. فالعناصر هي عوامل أساسية لا يمكن اختزالها إلى ما هو أبسط منها (راجع الجدول الدوري للعناصر الطبيعية). وفي الطبيعة يتوفر 92 عنصراً طبيعياً أبسطها هو عنصر الهيدروجين H ثم الهيليوم He وهكذا. وأغلب المواد التي نتعامل معها في حياتنا اليومية هي ليست العناصر الأساسية بل هي مركبات مؤلفة من هذه العناصر. فالماء هو مركب من عنصري الهيدروجين والأكسجين والجزئية هي أبسط وحدة بناية للمركب، وفيها تتحقق الصفات التي للمركب نفسه. أما الذرة فهي النظام الأشاسي الذي يحمل خواص العنصر.. وتتألف المركبات باجتماع الذرات وتألفها بالأوامر لتكوين الجزيئات التي هي الوحدات الأساسية للمركب.

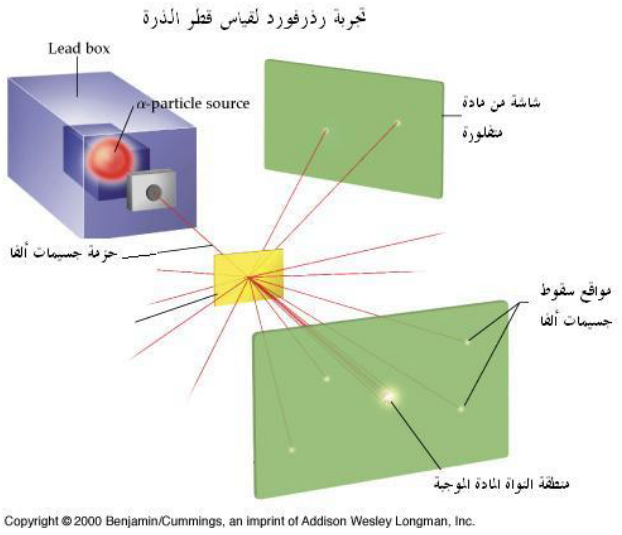
النموذج الذري

في بداية القرن العشرين تمكن الفيزيائيون من كشف أسرار الذرات فبعد أن كانت الذرة في مفاهيم القرن التاسع عشر كرة مصمتة غير قابلة للانقسام تبين أنها مؤلفة من شحنة موجبة وشحنات سالبة (الإلكترونات). وقد وضع ثمسون Thomson نموذجاً ذرياً يجعل الشحنة الموجبة كلاً مجتمعاً في حيز قطره بحدود 10^{-8} cm هو الجزء الموجب تنغرز فيه إلكترونات يساوي عددها مجموع الشحنة الموجبة التي في النواة.



تجربة رذرفورد

وكيما يتم التحقق من قطر الذرة (أي حجم النواة الموجبة) قام اللورد رذرفورد عام 1911 بتجربته الشهيرة مسلطاً سيلاً من الجسيمات الموجبة الشحنة وهي المعروفة بجسيمات ألفا على صفيحة رقيقة جداً من الذهب. فكانت النتيجة أن عدداً كبيراً من جسيمات ألفا استطار في اتجاهات مختلفة في توزيع زاوي يوحي أن حجم الجزء الموجب من الذرة صغير جداً .. وقد تبين من خلال التحليلات التي تلت أن الجزء الموجب في الذرة (أي النواة) يحتل حيزاً قطره لا يتجاوز 10^{-12} سنتيمتر. أي 1/10000 من قطر الذرة الكلي. وبدلالة الحجم يعني هذا أن حجم الجزء الموجب هو جزء من مليون مليون جزء من حجم الذرة.



Copyright © 2000 Benjamin/Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

وبموجب نتائج تجربة رذرفورد بشأن حجم الجزء الموجب من الذرة وبحسب تقدير الكيميائيين للحيز الذي تتفاعل فيه الألكترونات لتكون مركبات كيماوية جديدة تم تصور الذرة على أنها مؤلة من نواة صغيرة موجبة الشحنة تدور حولها ألكترونات سالبة الشحنة.

مشكلات نواجه نموذج ردرفورد

إذا افترضنا أن الألكترونات تتحرك في مدارات دائرية حول النواة فإنها في حالة تسارع. وبموجب النظرية الكهرطيسية فإن الشحنات المتسارعة تشع طاقة. وبالتالي فإن الألكترونات في ذرة رذرفورد سوف تسقط نحو النواة في زمن قصير وتنهار البنية الذرية. وهذا مناقض للواقع!

الواقع التجريبي للأطياف الذرية

كانت تحليلات وقياسات الأطياف المنبعثة من تسخين المواد وتعريضها للجهد الكهربائي في الأنابيب المفرغة قد كشفت عن علاقات وضعية (مستنبطة من التجارب) empirical تبين الطول الموجي للضوء المنبعث وقد تبين وجود سلاسل طيفية هي كما يلي

سلسلة ليمان

والعلاقة المستنبطة تجريبيا هي

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

حيث تكون

$$n = 2,3,4....$$

سلسلة بالمر

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

حيث تكون

$$n = 3,4,5....$$

سلسلة باشن

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

حيث تكون $n = 4,5,6,.....$

وهكذا فقد وجدت صيغ وضعية عديدة لسلاسل الطيف المنبعث من الذرات دون أن توجد نظرية واحدة تُفسر ظهور هذه الأطياف.

نموذج بور للذرة

حاول نيلز بور التغلب على الصعوبات التي واجهها نموذج رذرفورد للذرة. وقد تأمل في ضرورة وجود شروط محددة تمنع الألكترون من الاشعاع. والحقيقة إن بور كان يفكر في مثل هذه الشروط وأمامه النتائج التجريبية للأطياف الذرية. أي إنه كان يعرف أن الضوء الصادر عن الأجسام الساخنة ناتج عن انتقال الألكترونات في مواضعها حول النواة.

افترض بور أن الألكترونات تدور حول نواة الذرة في مدارات دائرية بحيث تكون قيمة الزخم الزاوي فيها مساوية لأعداد صحيحة من ثابت بلانك مقسوما على 2π. أي

$$mvr = n\hbar$$

حيث تأخذ n عدداً صحيحاً أي 1، 2، 3، وهكذا. وتسمى هذه الأعداد مستويات طاقة الألكترون في الذرة.

ومن خلال هذه الفرضية وجد بور أن للألكترون مدارات محددة تتباعد عن بعضها بمسافات معلومة حسب القاعدة

$$r_n = a_0 n^2$$

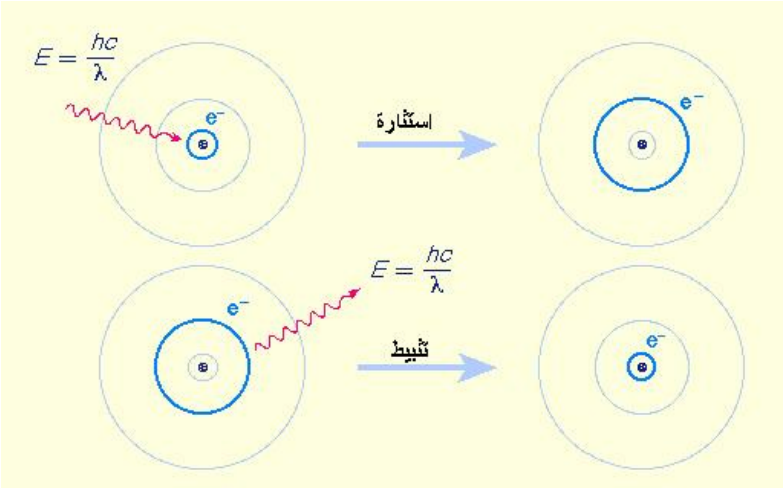
حيث أن a_0 هو أقل نصف قطر ممكن لمدار الألكترون قدره 0.5 أنكستروم، والأنكستروم هو جزء واحد من عشرة آلاف مليون جزء من المتر. أي جزء واحد من عشرة آلاف جزء من المايكرون.

ملاحظة: أنصاف أقطار مدارات الألكترونات حول النواة موزعة بتوزيع خاص. فالألكترونات لا يمكن أن تتواجد حول النواة كيفما اتفق. بل تتواجد في مواقع معينة مخصصة لها ومعرفة بموجب العلاقة أعلاه. وهي

$$r_1 = a_0,\ r_2 = 4a_0,\ r_3 = 9a_0 \ldots\ldots\ldots\ldots etc$$

باستخدام الفرضية أعلاه (تكميم الزخم الزاوي) وباستخدام صيغة نصف القطر تمكن بور من حساب طاقة الألكترون في أي من المستويات في الذرة وحصل على صيغة حسابية تعطي نتائج قريبة جدا من تلك التي نحصل عليها بالفعل من التجارب. مما جعل الفيزيائيين يقبلون الصيغة ويروحبون لها. وهذه الصيغة هي

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



انبعاث الضوء وامتصاصه في الذرات

إن انتقال الإلكترون من مدار لآخر حول النواة يغير من طاقته الميكانيكية الكلية. ولما كانت هذه الطاقة تتوزع على مقادير مخصوصة تتناسب مع المدارات المخصوصة للإلكترون فإن كمية الطاقة التي يمتصها الإلكترون في حالة انتقاله إلى مدار أعلى والطاقات التي يبعثها عند انتقاله إلى مدارات أدنى تكون قيماً مخصوصة عادة ولا تكون طيفاً مستمراً بل هي على الحقيقة خطوط طيفية محددة يُعرّفها مقدار الفرق بين طاقة الإلكترون في المدار الذي انتقل منه والمدار الذي انتقل إليه. وهذه القيمة تحددها العلاقة

$$E_f \quad E_i = \Delta E = hcR\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right)$$

هذه الطاقة هي بالضبط طاقة الفوتون الذي يتم امتصاصه أو بعثه من الذرة. حيث أن

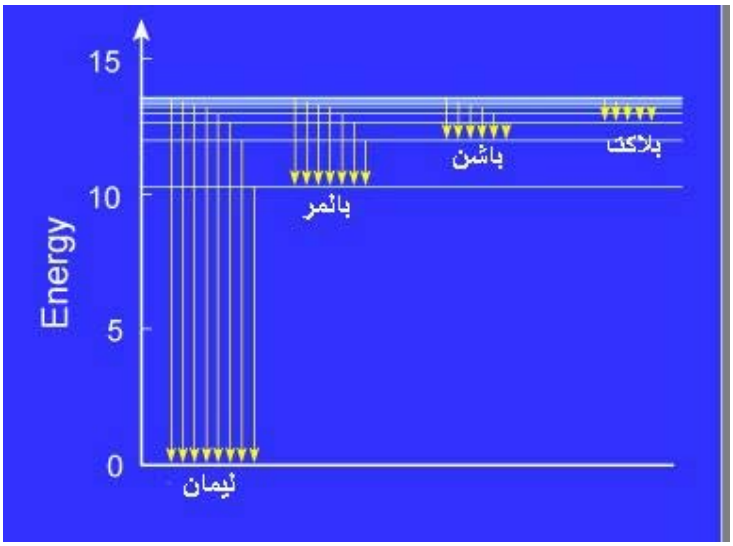
$R = 1.097\times10^{7}\,m^{-1}$ هو ثابت ريدبرج Raydberg constant. n_i هو المستوى الأعلى و n_f هو المستوي الأدنى

وباستخدام فرضية بلانك نجد أن تردد المنبعث هو

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

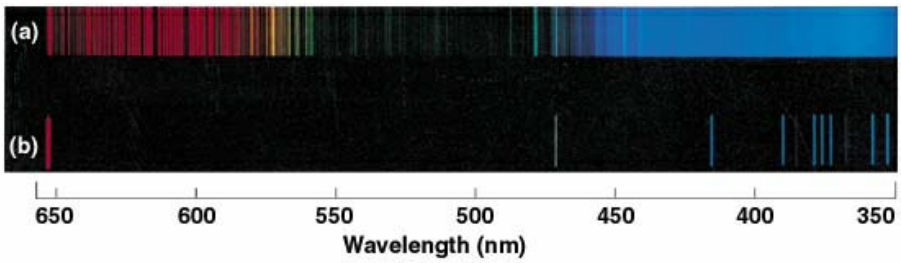
وبدلالة الطول الموجي للضوء المنبعث يكون

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



السلاسل الطيفية

وهكذا تتضح الصورة أمامنا الآن ونفهم منشأ السلاسل الطيفية إذ أن انتقال الإلكترون من أي مدار إلى المدار الأول أي الذي له *n=1* سيؤدي إلى انبعاث عدة أطوال موجية والمجموعة المؤلفة من هذه الأطوال الموجية تسمى سلسلة ليمان Layman Series.. أما انتقال الإلكترون من أي مدار إلى المدار الثاني أي الذي له *n=2* فإنه سيؤدي إلى انبعاث عدة أطوال موجية أيضاً تؤلف سلسلة تختلف عن الأولى وهذه تسمى سلسلة بالمرBalmer Series .. وهكذا فإن مستقر سلسلة باشن هو المدار الذي له *n=3* ومستقر سلسلة بلاكت هو *n=4*. ويرمز إلى الخطوط الطيفية المختلفة في كل سلسلة بالحروف اليونانية... $\alpha\beta\gamma$ فيسمى الخط الأول منها α والثاني β والثالث γ وهكذا.



طيف ذرة الهيدروجين

Helium

طيف الهيليوم

بعد ذلك جرى تدقيق نموذج بور الذري من قبل سمرفيلد وآخرين حتى صار اليوم وصف الأطياف الذرية قريبا جداً من الواقع.