1- الزوايا الصغيرة: من الواضح من العلاقة 19 أنه عندما تكون زاوية التشتت صغيرة جدا فإن مساحة مقطع التفاعل تصبح كبيرة وتؤول عدد الجسيمات المتشتتة إلى مالانهاية. وهذا يعني أن عدد الجسيمات المتشتتة يصبح أكبر من الجسيمات الساقطة وهذا غير معقول. وفي هذه الحالة فإن علاقة رذرفورد لا تنطبق وتفسير ذلك هو مايلي: من العلاقة 14 فإن زوايا التشتت الصغيرة تناظر قيما كبيرة لمعامل التفاعل b . وعندما تكون كبيرة بمقدار حجم الذرة فإن جسيمات ألفا الساقطة لابد أن تحس بوجود الإلكترونات الموجودة حول النواة وعنئذ لايمكن اهمال دور الإلكترونات وتأثيره في التشتت. أي أن التفاعل الكولومي بين نواة الذرة وجسيمات ألفا لم يعد هو العامل الوحيد كما افترض رذرفورد (الفرضين الثاني والثالث) ، بل يظهر هناك ما يسمى تأثير الحجب الكهربائي وهذا يعني أن النواة "لاترى" كامل جسيمات ألفا في هذه الحالة بل تتفاعل مع جزء من شحنتها وذلك لأن الإلكترونات حول النواة حجبت جزءاً من شحنة جسيمات ألفا عن النواة وفي هذه الحالة فإن الفرض الثالث غير صحيح وبذلك فإن علاقة رذرفورد القائمة على هذه الافتراضات غير صحيحة عند زوايا التشتت الصغيرة.

2- الزاوية π : افترضنا أن نواة الذرة عبارة عن جسيم نقطي أي ليس له أبعاد، ولكن الحقيقة أن للنواة أبعادا محددة وإن صغرت. وعندما تقترب جسيمات ألفا الساقطة من النواة بدرجة كافية فإن القوة الكولومية ليست القوة الوحيدة المؤثرة بل يظهر تأثير القوى النووية التي يبدأ تأثيرها عند الأبعاد الصغيرة. وظهور هذه القوى يناقض الفرض الثاني وسيقود بدوره إلى اختلاف بين التجربة ونتائج علاقة التشتت. ولكن ماهي أقرب مسافة تقتربها جسيمات ألفا من النواة وتظل عندها علاقة رذرفورد صحيحة؟. لنفرض أن جسيم ألفا Z_1e يتحرك باتجاه النواة بطاقة حركة $mv^2/2$. وعندما يقترب من النواة وبسبب قوة التنافر بين جسيم ألفا والنواة يكتسب جسيم تسارعا سالبا (تباطؤ) وتقل سرعته وبالتالي طاقة حركته وتتحول إلى طاقة جهد كهربائية (طاقة كولومية) وعند مسافات صغيرة تبدأ القوى النووية في الظهور كذلك. وعند أقرب مسافة r_m من النواة ترتد جسيمات ألفا إلى الوراء وعندها تعكس اتجاهها أي أنها تتشتت بزاوية تساوي 180 درجة ، وفي هذه اللحظة فإن سرعتها تساوي الصفر وبالتالي تتحول كامل طاقتها الحركية $mv^2/2$ إلى طاقة جهد كهربائية : $Z_1Z_2e^2/(4\pi\varepsilon_o r_m)$

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \frac{Z_1Z_2e^2}{4\pi\varepsilon_o r_m} \qquad (21)$$

أي أن أقرب مسافة هي

$$r_m = \frac{Z_1 Z_2 e^2}{4\pi\varepsilon_o E} \approx a \qquad (22)$$

حيث استخدمنا العلاقة 14 . وهذا يعني أن نصف قطر النواة لابد أن يكون أصغر من a .

مثال. احسب نصف قطر نواة ذرة النحاس عندما يتشتت منها جسيمات ألفا طاقتها 5.3MeV .

لجسيمات ألفا $Z_1=2$ و للنحاس $Z_2=29$. ومن العلاقة 22 :

$$r_m = \frac{2\times 29\times (1.6\times 10^{-19}C)^2}{(4\pi\varepsilon_o)\times(5.3MeV)} = 15.8\times 10^{-15}\,m$$

$$= 15.8\,fm \qquad (23)$$

حيث $1fm = 10^{-15}\,m$. وهذا يعني أن نصف قطر النواة أصغر من $15.8\,fm$.

5- تقييم نموذج رذرفورد

حقق نموذج رذرفورد كما رأينا نجاحاً باهراً في تفسير تجربة تشتت جسيمات ألفا السابقة. غير أن هناك بعض الجوانب التي أظهرت قصوراً في هذا نموذج للذرة. ويمكن تلخيص الجوانب الإيجابية والسلبية في هذا النموذج في النقاط الآتية.

الجوانب الإيجابية

أ-نجاح النموذج في وصف التركيب الذري على أنه مكون من نواة تحمل جل كتلة الذرة وشحنتها موجبة وتتركز هذه النواة في منطقة شديدة الكثافة نصف قطرها في حدود fm ، إضافة إلى سحابة من الإلكترونات حول النواة.

ب-لم يقتصر نجاح النموذج على هذه التجارب فقط بل تعداه إلى التجارب المماثلة: فمثلاً في دراسة تركيب أي مادة عن طريق تشتت الجسيمات وعندما نجد في أي تجربة تلك الصفات السابقة في تشتت رذرفورد فإننا سوف نستنتج أن التركيب قيد الدراسة يشبه تركيب الذرة الذي اقترحه رذرفورد أي وجود منطقة تشبه النقطة المادية شديدة الكثافة يحدث التشتت منها.

ج-أصبحت طريقة تشتت رذرفورد مهمة في دراسة علم المواد حيث أمكن استخدام هذه الطريقة في التعرف على خواص بعض المركبات والمواد المختلفة.

قصور في نموذج رذرفورد

ذكرنا أن الذرة مكونة من نواة تشغل منطقة نصف قطرها في حدود بضعة فيرمي وحولها إلكترونات على بعد مسافة تقدر بالأنغشتروم. والسؤال الطبيعي هو ماهو دور هذه الإلكترونات وما عملها في هذا التركيب؟.

والجواب هو أن هذه الإلكترونات لايمكن أن تظل ثابتة ساكنة في أماكن محددة حول النـــواة لأن ذلك يجعلها تنجذب نحو النواة بفعل قوة التجاذب الكولومي وبالتالي فإن الـــذرة تنـــهار تمامـــا. والصحيح هو أن هذه الإلكترونات تدور حول النواة مثلما تدور الكواكـــب حـــول الشـــمس فـــي المجموعة الشمسية.وفي كلتا الحالتين (الذرة والمجموعة الشمسية) فإن القوة التي تحكم حركـــة هذا النظام بأمر الله هي قوة تتناسب عكسيا مع المسافة وهذه القوة يمكن وصف معادلتها بحركـــة دورانية. ففي المجموعة الشمسية فإن هذه القوة هي قوة التجاذب الكتلي التي أودعها الله في كتـــل الأجسام والأجرام السماوية مثل الشمس والأرض ، بينما في حالة الذرة فالقوة هي قوة التجـــاذب الكولومية التي جعل الله مصدرها تلك الشحنات المكونة للذرات.

وهذا التصور لتركيب الذرة يثير مجموعة من التساؤلات:

1- لايستطيع هذا النموذج تفسير كون الذرات متماثلة: فمثلا الحديد المستخدم في البناء في Iraq هونفس الحديد الموجود في الصين لأن ذراته هي نفسها. ولكن لماذا؟. لايمكن شرح ذلـــك بنـــاء على هذا النموذج. علاوة على ذلك فإن هذا النموذج عاجز عن أن يفسر احتفاظ الذرات بشـــكلها بعد التفاعل : فمثلا عندما تصطدم ذرة مع جسيم تصادما مرنا فإنه بعد انقضاء التفـــاعل تعـــود الذرة إلى وضعها وكأن شيئا لم يحدث ولا يستطيع هذا النموذج تفسير ذلك.

2- نظام المجموعة الشمسية بتقدير الله تعالى مستقر فلم يحدث أن اصطدم كوكب بآخر، ولكـــن الذرة حسب هذا التصور الذي ذكرناه أعلاه غير مستقرة وسبب ذلـــك أن أي شـــحنة متســـارعة سوف تشع طاقة على شكل موجات كهرومغناطيسية مادامت متسارعة. والإلكترون الذي يـــدور حول النواة يحمل شحنة سالبة ويكتسب تسارعا نتيجة وجوده في مجال النواة وبالتـــالي ســـوف يطلق هذا الإلكترون وبشكل مستمر موجات كهرومغناطيسية إلى أن يفقد كامل طاقتـــه أو يقـــف تسارعه . وهذا يعني أن الإلكترون حول النواة سوف يقترب منها في كل مرة تنقص طاقته مـــع استمرار الإشعاع الكهرومغناطيسي إلى أن يصطدم بالنواة وهذا ســـيؤدي إلـــى انـــهيار الـــذرة بكاملها. ولكن شيئا من هذا لايحدث في العالم الواقعي. فأغلب الذرات الموجـــودة فـــي حالتـــها العادية الأرضية لاتغير من شكلها أو تركيبها. فمثلا ذرات الذهب هي نفس ذرات الذهـــب فـــي الخاتم مثلا والتي صنعت منذ آلاف السنين. وبالتالي فالذرات مستقرة ولكن النظرية التقليدية التـــي ذكرناها أعلاه قاصرة ولابد من تعديلها كما سيأتي.

دعنا نحسب في ختام هذا الفصل وحسب هذه النظرية الزمن الذي يحتاجه الإلكترون في الشـــكل

---

8 حتى يشع كامل طاقته الكهرومغناطيسية ويصطدم بالذرة نتيجة الإشعاع الكهرومغناطيسي.

سنفرض للتسهيل أن الإلكترون يدور حول النواة في مدار دائري نصف قطره R . تولد كولـــوم بين النواة والإلكترون قوة جذب كهربائي تجعل الإلكترون يبقى في مداره حول النـــواة وبالتـــالي يكتسب الإلكترون نتيجة هذه القوة تسارعا مركزيا a_R بحيث يكون