وتهدف هذه التجربة إلى قياس معدل تشتت الجسيمات N كدالة في زاوية التشتت. وتعد هذه التجربة إحدى أهم التجارب في الفيزياء لأهميتها التاريخية في معرفة تركيب الذرة.

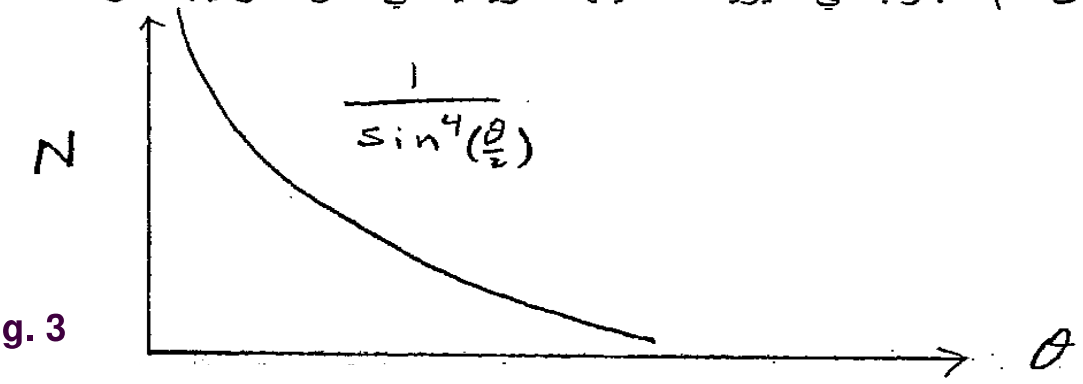

Fig. 3

ويوضح الشكل 3 نتائج تلك التجربة. ويمكن استخلاص النتائج الآتية عند طبيعة التشتت :

1- يتضح من الشكل أن عدد الجسيمات المتشتتة N يقل مع زيادة زاوية التشتت θ وقد وجد أن هذا الاعتماد يمكن وصفه بدالة الجيب المثلثية $1/sin^4\theta$.

2- قيمة N لا تساوي الصفر حتى عندما تكون زاوية التشتت كبيرة وهذا يعني أن التشتت يحدث ليس فقط عند الزوايا الصغيرة بل حتى عند الزوايا الكبيرة وهذا يدل على وجود قوة ما تؤدي إلى انحراف جسيمات ألفا حتى عندما تكون بعيدة عن الهدف.

3- عند الزوايا الصغيرة أي عندما تقترب الجسيمات الساقطة من مركز الهدف فإن عدد الجسيمات المتشتتة يزداد بشكل كبير وهذا يعني أنه يوجد في مركز الذرة قوة كبيرة تجعل التشتت كبيراً.

من المؤكد أن جسيمات ألفا حينما تسقط على شريحة الذرة فإنها تتفاعل بطريقة معينة مع الذرات المكونة لتلك الشريحة وهذا التفاعل بين جسيمات ألفا الساقطة والذرات الموجودة في الهدف هو الذي يحدد طبيعة ونوع علاقة التشتت التي تظهرها النتائج. ولذلك فإن أي نظرية تحاول تفسير نتائج تلك التجربة لابد أن تبدأ من تصور صحيح لبنية الذرة . إذن كيف يمكن تفسير هذه النتائج ؟ هل هناك نموذج معين للذرة يمكن من خلاله التنبؤ بعلاقة التشتت تلك ؟ هل توجد نظرية تستطيع أن تصف منحنى التشتت السابق ؟ . لمعرفة ذلك سوف نناقش فيما يلي نموذجين للتركيب الذري طرحا في ذلك الوقت وهما نموذج طومسون ونموذج رذرفورد.

نموذج طومسون: في هذا النموذج يقترح طومسون أن الذرة عبارة عن كرة مكونة من شحنات موجبة وسالبة حيث تتوزع الشحنات الموجبة في الذرة بشكل منتظم بينما تتوزع الشحنات السالبة في ثنايا الشحنات الموجبة تماماً مثل حبة "البطيخ" ولذلك سمي هذا النموذج نموذج "البطيخة" .

نموذج رذرفورد: بناءً على نتائج تجربة التشتت السابقة اقترح رذرفورد نموذجاً يحمل اسمه لتفسير تركيب الذرة. وفي هذا النموذج افترض رذرفورد أن الذرة عبارة عن كرة مكونة من

نواة نصف قطرها حوالي 10^{-14} m وتحمل معظم كتلة الذرة. وتحمل النواة شحنة موجبة تساوي Ze حيث Z العدد الذري للعنصر كما في الجدول الدوري. إضافة إلى تلك شحنة النواة الموجبة توجد إلكترونات سالبة الشحنة حول النواة على بعد مسافة r منها تحدد بواسطة قوة التجاذب الكولومي بين النواة وتلك الإلكترونات

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{Ze^2}{r^2} \qquad (7)$$

ولمعرفة أي من هذين النموذجين(أوغيرهما) يتفق مع التوقعات العملية سوف نعقد مقارنة بينهما. من الواضح أن هناك تفاعلا كولوميا بين جسيمات ألفا الساقطة والشحنات المكونة للذرة. فعندما تقترب جسيمات ألفا من الذرة فإنها تقع تحت تأثير المجال الكهربائي للذرة وبالتالي تؤثر عليها قوة تساوي قيمة شحنة جسيمات ألفا مضروبة في شدة المجال الكهربائي للذرة والذي يؤثر على جسيمات ألفا. ويختلف هذا التفاعل في النموذجين السابقين بسبب الاختلاف في توزيع الشحنات في كل نموذج. دعنا ننظر كيف تختلف طبيعة التفاعل أو القوى المؤثرة بين جسيمات ألفا والذرة في كل نموذج على حدة. وسوف نهمل تأثير الإلكترونات في النموذجين.

طبيعة التفاعل حسب نموذج طومسون: في هذا النموذج الشحنة الموجبة موزعة بانتظام على كرة (الذرة) نصف قطرها يساوي نصف قطر الذرة. وحسب النظرية الكهرومغناطيسية فإن المجال الكهربائي E لتلك الكرة المشحونة يحدد كالآتي:

خارج الكرة وعند مسافات أكبر من نصف القطر R فإن يمكن باستخدام قانون جاوس إثبات أن المجال الكهربائي E لشحنة q الموزعة بانتظام على الكرة تعادل تماما شحنة نقطية q ولكنها متمركزة في وسط الكرة. وفي هذه الحالة فإن المجال الكهربائي E يساوي مجال شحنة نقطية q ، أي أن :

$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_o}\frac{1}{r^2} \qquad ,r > R, \quad (8)$$

وقوة التنافر الكولومي المؤثرة بين الذرة وجسيمات ألفا في هذه المنطقة هي

$$F = q_\alpha E = \frac{qq_\alpha}{4\pi\varepsilon_o}\frac{1}{r^2} \qquad ,r > R, \quad (9)$$

حيث شحنة جسيمات ألفا وتساوي 2e+ .

أما داخل الذرة فإن المجال الكهربائي يعطى بالعلاقة

$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_o}\frac{r}{R^3} \qquad ,r < R, \quad (10)$$

والقوة في هذه الحالة

$$F = \frac{qq_\alpha}{4\pi\varepsilon_o}\frac{r}{R^3} \qquad ,r < R, \quad (11)$$

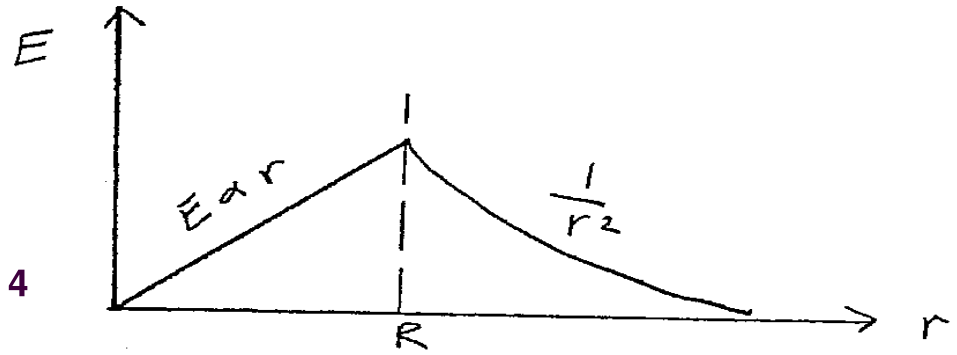

Fig. 4

ويوضح الشكل 4 كيف تتغير القوة F عندما تقترب جسيمات ألفا من مركز الذرة.

يلاحظ أن القوة تتناقص مع r^2 عندما تكون جسيمات ألفا خارج الذرة(r>R) ولكن عندما تبدأ هذه الجسيمات في الدخول إلى الذرة (r<R) فإن القوة تزداد مع المسافة r وهذا يعني أنه في مركز النواة أي عندما تقترب r من الصفر فإن القوة تساوي الصفر وهذا يعني أن جسيمات ألفا لا تعاني انحرافاً في هذه المنطقة. وهذا يخالف النتائج العملية حيث وجدنا أنه عند الزوايا الصغيرة أي عندما تقترب جسيمات ألفا من مركز الذرة فإن معدل التشتت يزداد بشكل كبير. وخلاصة القول أن نموذج طومسون لا يتفق مع النتائج التجربة.

طبيعة التفاعل حسب نموذج رذرفورد: تتركز الشحنة الموجبة في هذا النموذج في النواة فقط والمنطقة بين النواة والذرة خالية من أي شحنات. وحسب النظرية الكهرومغناطيسية فإن المجال الكهربائي E لهذا التوزيع من الشحنات كالآتي. إذا كان R نصف قطر الذرة فإنه يمكن من قانون جاوس إثبات أن المجال الكهربائي داخل الذرة أو خارجها (ولكن خارج النواة) يتناسب عكسياً مع المسافة من مركز الذرة أي أن

$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_o}\frac{1}{r^2} \qquad r > R, r < R \quad (12)$$

وقوة التنافر بين جسيمات ألفا والنواة في هذه الحالة هي

$$F = q_\alpha E = \frac{qq_\alpha}{4\pi\varepsilon_o}\frac{1}{r^2} \qquad , r > R, r < R \quad (13)$$

.

من الواضح أن القوة في هذه الحالة تتناسب عكسياً مع المسافة ، ومعنى هذا أنه كلما اقتربت جسيمات ألفا من النواة (r صغيرة) فإن قوة التنافر تزداد وبالتالي فإن نسبة الجسيمات المتشتتة تكبر . أما عند المسافات الكبيرة فإن القوة تتناقص ولكنها لا تساوي الصفر بل يبقى تأثيرها حتى عند المسافات الكبيرة ويعكس هذا السلوك طبيعة قوة كولوم طويلة المدى أي أن تأثيرها يمتد لمسافات بعيدة ولكنه لا يختفي إلا عند المالانهاية . ويوضح الشكل 5 القوة F كدالة في المسافة r من مركز الذرة.

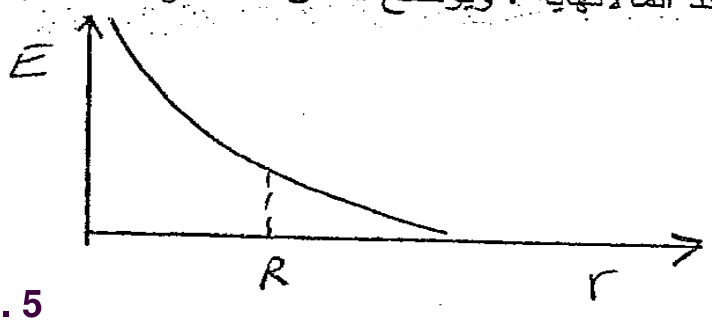

Fig. 5