من المناقشة السابقة ومقارنة النموذجين السابقين يتضح **أن نموذج رذرفورد هو الأقرب إلى** تفسير نتائج تجربة التشتت .

4- نموذج رذرفورد: لتفسير النتائج السابقة اقترح رذرفورد النموذج السابق للذرة المكون من نواة موجبة الشحنة وتحمل أكثر كتلة الذرة ويدور حولها إلكترونات ذات شحنة سالبة وافترض مجموعة من الافتراضات.

1- تشتت جسيمات ألفا يحدث مع ذرات منفردة بمعنى أن جسيم ألفا لا يصطدم بأكثر من ذرة أثناء عبوره لشريحة الذهب وهذا يعني أن تكون شرائح الذهب المستخدمة رقيقة جداً.

2- قوة كولوم التنافرية بين نواة الذرة الموجبة وجسيمات ألفا الموجبة هي القوة الوحيدة المؤثرة بين الجسيمات.

3- تأثير الإلكترونات خلال عملية التصادم ضعيف ويمكن إهماله. وهذا يعني أن سرعة جسيمات ألفا مناسبة لكي يتحقق هذا الشرط. وقد استخدمت في هذه التجارب جسيمات ألفا ذات طاقة متوسطة في حدود 5MeV.

4- النواة ثقيلة ولذا يمكن افتراض أنها ثابتة.

ويوضح الشكل 6 مخطط التجربة والرموز المستخدمة.

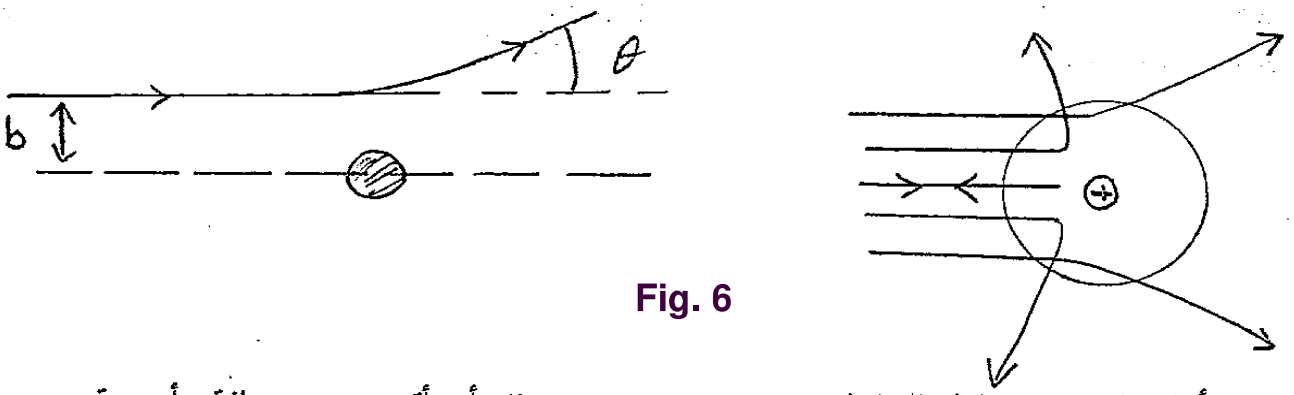

Fig. 6

نعرف أولا ما يسمى معامل التفاعل b (impact parameter) بأنه أقرب مسافة رأسية بين جسيمات ألفا الساقطة والخط المستقيم الموازي لمسار هذه الجسيمات والمار في مركز نواة الذرة عندما لا يكون بينهما تفاعل.

الزاوية θ هي زاوية التشتت التي تناظر قيمة b تلك .فإذا سقط جسيم ألفا على مساحة πb^2 متركزة حول النواة فإنه سوف يتشتت أو ينحرف بزاوية أكبر من أو تساوي θ . من الواضح أن هناك علاقة عكسية بين معامل التفاعل وزاوية التشتت: فكلما كبر معامل التفاعل صغرت زاوية التشتت θ . ولكل قيمة b هناك زاوية تشتت معينة θ مناظرة لها ، ويرتبطان بالعلاقة الآتية:

$$b = \frac{a}{2}\cot\frac{\theta}{2} \qquad (14a)$$

$$a = \frac{Z_1 Z_2 e^2}{4\,\pi\varepsilon_o E} \qquad (14b)$$

حيث Z_1= +2e شحنة جسيمات ألفا ، Z_2 شحنة النواة ، E طاقة جسيمات ألفا الساقطة. تسمى العلاقة 14a علاقة التشتت الكولومي لأنها خاصة بالتشتت الذي يحمكه قانون كولوم ، ويسمى المعامل a في العلاقة 14b معامل التشتت الكولومي.

لنفرض أن عدد جسيمات ألفا الساقطة هو N وعدد جسيمات ألفا المتشتتة خلال زاوية مجسمة $d\Omega(\theta,\phi)$ هو dN' ، الشكل 7.

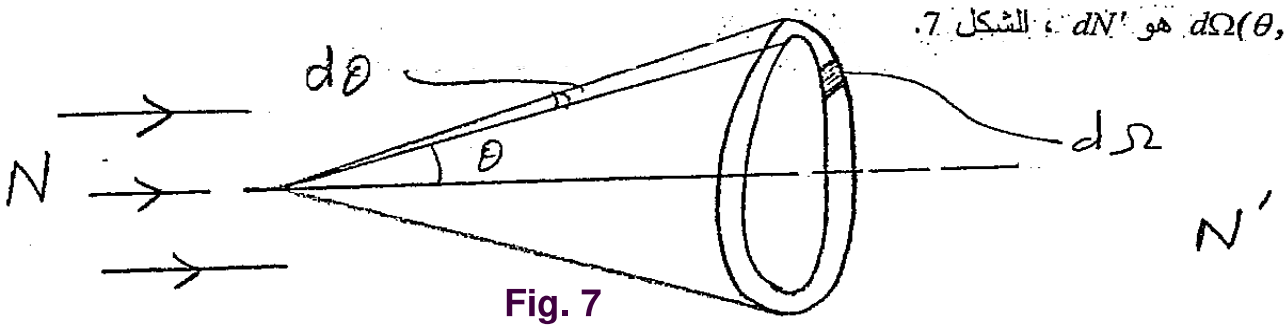

Fig. 7

فإذا كانت عملية التشتت متماثلة بالنسبة للزاوية ϕ أي أنها تعتمد فقط على الزاوية θ فقط ، فإن احتمالية تشتت جسيم ألفا خلال زاوية θ هو

$$dp(\theta) = \frac{dN'}{N} \qquad (15)$$

وقد استطاع رذرفورد اشتقاق علاقة رياضية بين الجسيمات المتشتتة وزاوية التشتت θ كالآتي:

$$dN' = (ntN)\left(\frac{Z_1 Z_2 e^2}{16\pi\varepsilon_o E}\right)^2 \frac{d\Omega}{\sin^4(\frac{\theta}{2})} \qquad (16)$$

حيث n عدد الذرات الموجودة في شريحة الذهب ، t سمك شريحة الذهب .

يعرف مساحة مقطع التفاعل التفاضلي بأنه عدد الجسيمات المتشتتة من الذرات من وحدة المساحات خلال وحدة الزوايا المجسمة. ويساوي عدد الجسيمات المتشتتة مقسوماً على عدد الذرات على عدد الجسيمات الساقطة في وحدة الزوايا المجسمة. ويعرف رياضياً بالعلاقة

$$\sigma_c(\theta) = \frac{d\sigma(\theta)}{d\Omega} = \frac{dN'}{Nntd\Omega} \qquad (17)$$

أو :

$$\sigma_c(\theta) = \left(\frac{Z_1 Z_2 e^2}{16\pi\varepsilon_o E}\right)^2 \frac{1}{\sin^4\frac{\theta}{2}} \qquad (18)$$

وباستخدام معامل التشتت الكولومي المعطى في العلاقة 14b فإن

$$\sigma_c(\theta) = \frac{a^2}{16} \frac{1}{\sin^4 \frac{\theta}{2}} \qquad (19)$$

تعرف هذه العلاقة بين مساحة مقطع التفاعل وزاوية التشتت بعلاقة رذرفورد للتشتت. وتنطبق على جسيم ألفا أو أي جسيم شحنته Z_1e يتشتت من جسيم آخر شحنته Z_2e . وبمكاملة العلاقة 19 على كامل الزاوية المجسمة نحصل على مساحة مقطع التفاعل الكلي $\sigma(\theta)$. ووحدة مساحة مقطع التفاعل هي وحدة المساحة m^2 . وهناك وحدات أصغر تعرف بالبارن (Barn) حيث

$$1Barn = 10^{-28} m^2 \qquad (20)$$.

تصف العلاقة 19 وحسب نموذج رذرفورد طبيعة تشتت جسيمات الفا من رقائق الذهب وقد حققت التجارب المعملية هذه العلاقة وأظهرت تطابقاً كبيراً بين التوقعات النظرية (كما تنص على ذلك علاقة رذرفورد للتشتت، معادلة 19) وبين التجارب المعملية. ومن هذه التجارب تجارب جايجر ومارزدن التي ناقشناها سابقاً. وبالرجوع إلى العلاقة 19 يمكن توقع النتائج الآتية: 16 &

1- تتناسب مساحة مقطع التفاعل σ عكسياً مع $\sin^4(\theta/2)$ أي أن $\sigma \sin^4(\theta/2) = const.$.

2- يتناسب عدد الجسيمات المتشتتة dN مع سمك شريحة الذهب t .

3- تتناسب احتمالية حدوث التفاعل مع طاقة جسيمات ألفا الساقطة . أي تناسب مساحة مقطع التفاعل مع الطاقة E ، $\sigma E = const.$.

4- تتناسب مساحة مقطع التفاعل مع العدد الذري Z_2 لذرات الهدف (شريحة الذهب).

وقد تمكن جايجر ومرزدن عام 1913 م من التحقق من هذه التوقعات النظرية المستقاة من علاقة رذرفورد للتشتت معمليا . ويعد هذا نجاحا كبيرا لنموذج رذرفورد في تفسير نتائج تجربة التشتت الشهيرة تلك وكذلك في وضع اللبنة الأولى في التصور الصحيح للتركيب الذري. والسؤال الذي يطرح نفسه هو إلى أي مدى تتفق علاقة رذرفورد النظرية مع التجارب المعملية؟. وسبب هذه التساؤل هو أن علاقة رذرفورد أصبحت ذات فائدة كبيرة وقد بدأ الباحثون في تطبيقها في دراسات مختلفة وكان من الطبيعي طرح هذا السؤال للتأكد من مدى صحة نتائج هذه العلاقة في التطبيقات المختلفة.

وجواب هذا السؤال هو أن التطابق ليس تاما . فقد استطاعت تلك العلاقة تفسير تجربة التشتت إلا أن هناك حالات يكون الاختلاف بين العلاقة النظرية والتجارب كبيرا. وسوف نعرض لبعض الحالات التي لا تتفق فيها التجارب المعملية مع التوقعات النظرية المستوحاة من علاقة التشتت تلك.