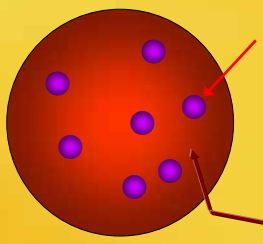
CH 5
التركيب الذري

QUANTIZATION OF CHARGE AND MASS تكميم الشحنة والمادة

إفترض دالتون سنة 1802 م أن جميع العناصر مكونة من عدد من الذرات المختلفة مجتمعة مع بعضها البعض وأن الذرة هي أصغر وحدة للمادة
وبناء على ذلك إقترح أن الكتلة مكممة لها نفس الخواص المساهمة في الكهرباء

هذا الإقتراح أدى الى مفهوم تكميم الشحنة بواسطة فارادي 1837 م ووضع قوانين سميت باسمه

[1] نموذج تومسون



اقترح تومسون عام 1898م أن الذرة عبارة عن جسيم كروي مشحون بشحنة موجبة وموزع فيها شحنة سالبة "إلكترونيات" بشكل متجانس.

إلا أن التجارب فيما بعد أثبتت فشل هذا النموذج فعلى سبيل المثال فشل النموذج في:

- تفسير الأطياف الذرية

إن الإلكترونات في الحالة الاعتيادية للذرة "أي الحالة التي تكون فيها أقل طاقة "ground state في مواضعها الاتزانية ولكنها تتذبذب حول موضع إتزانها .

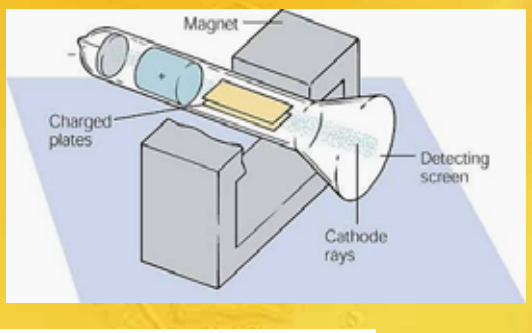
فحسب النظرية الكهرومغناطسية التقليدية عندما تكون الذرة في حالة مثارة excited فإن الإلكترونات المتذبذبة تبعث بإشعاع كهرومغناطيسي.

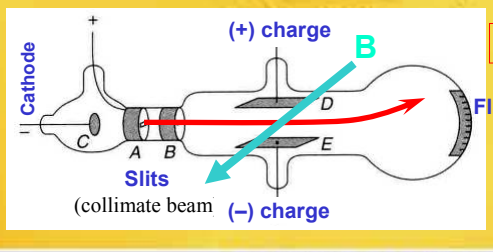
ولكن الحسابات المعتمدة على نموذج تومسون لم تؤدي إلى اتفاق مع تفسير الأطياف التي حصل عليها بالتجربة.

- تشتت جسيمات ألفا بواسطة الذرات

سوف نتكلم عنها لاحقا

إستطاع J. J. Thomson إكتشاف الإلكترون وقياس نسبة شحنته إلي كتلتة (e/m)





Deflection ∝ e/m

Fluorescent Screen
(view e-beam)

353 PHYS Dr. Abdallah M.Azzeer Page 3

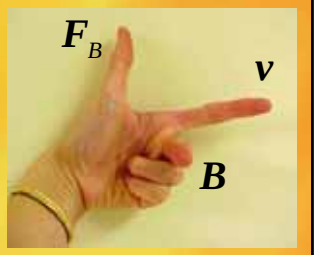
حركة الإلكترون في مجال كهربائي E ومجال مغناطيسي B

$$F_E = eE$$

$$F_B = ev \times B$$

حركة الالكترون الدائرية في المجال المغناطيسي B

Electron (left hand)

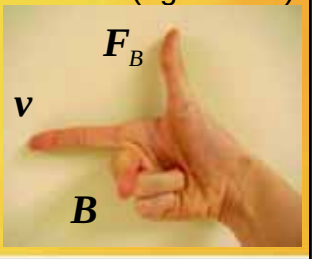


$$\frac{mv^2}{r} (or\ F_{centrip}) = evB\ \ (or\ F_B) \ \Rightarrow v = E/B$$

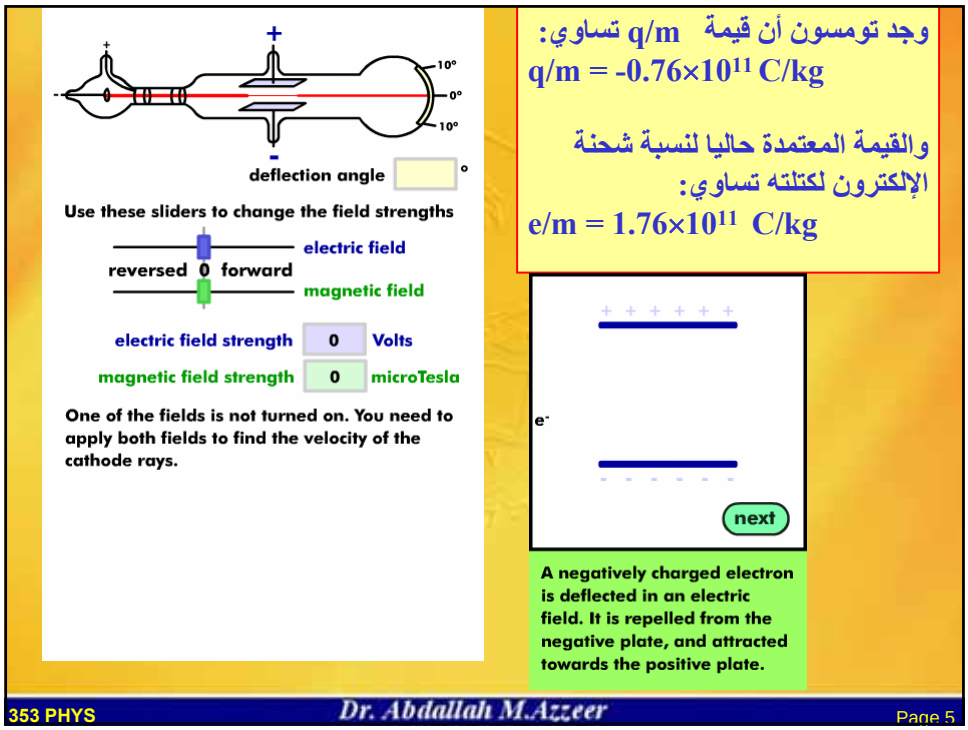
$$r = \frac{mv}{eB} \propto \frac{m}{e}$$

عندما تكون e/m كبيرة فإن r تصبح صغيرة أو يكون الإنحراف كبيراً

Proton (right hand)



353 PHYS Dr. Abdallah M.Azzeer Page 4



Example. Consider one e^- inside a spherical region of uniform positive charge density ρ.

(a)Show that the e^- will undergo simple harmonic motion (SHM).

(b)Find k and ν of this SHM.

Solution:

$$F = ma = m\frac{d^2r}{dt^2} = -k\frac{Q(r)e}{r^2} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{4\pi r^3\rho}{3}\frac{e}{r^2} = -\frac{\rho e}{3\varepsilon_0}r$$

i.e., $$\frac{d^2r}{dt^2} + \frac{\rho e}{3m\varepsilon_0}r = 0 \Rightarrow SHM$$

353 PHYS Dr. Abdallah M.Azzeer Page 6

Solution: Comparing with the SHO $\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0$

we see that the "spring constant" is $k = \frac{\rho e}{3\varepsilon_0}$

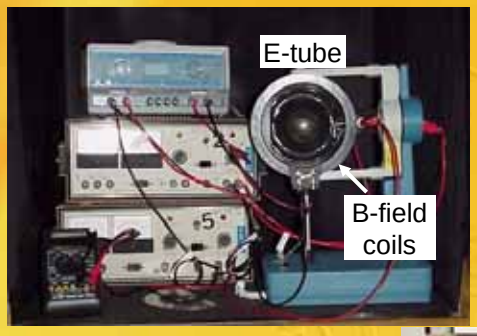
$$\rho = \frac{e}{4\pi r_0^3/3} \Rightarrow k = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_0^3}$$

But if we have one e^- (as in the H atom) and the atom is neutral,

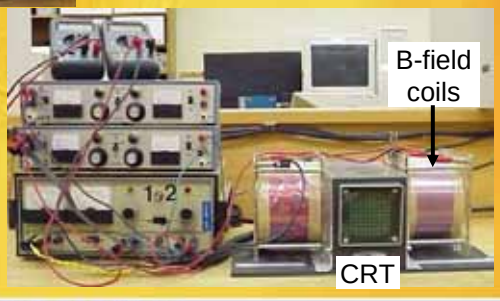
so if $r_0 \approx 10^{-10}$ m, $k \approx 230$ N/m $\rightarrow$ $\nu \approx (k/m)^{1/2}/2\pi \approx 2.5\times10^{15}$ Hz. If the photon is emitted by the oscillating e^-, we expect $\lambda = c/\nu \approx 1200$ Å … in line with the Lyman series of the H absorption and emission spectrum. But then how do we get the several sets, each consisting of several lines, of the atomic H absorption & emission spectrum?

353 PHYS Dr. Abdallah M.Azzeer Page 7

Electron Beam e/m: Modern Physics Lab



e/m with Electron Tube
(observe e-beam in gas tube)



Cathode Ray Tube
(study effects of E and B)

353 PHYS Dr. Abdallah M.Azzeer Page 8

Ionized Beam q/m: Mass Spectrometer

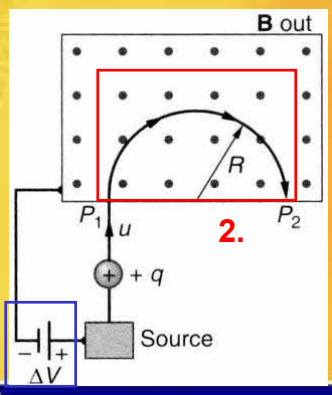
- Mass spectrometer measures q/m for unknown elements.

1. $\frac{1}{2}mv^2 = qV \Rightarrow v^2 = \frac{2qV}{m}$ Ions accelerated by E field.

2. $R = \frac{mv}{qB}$ Ion path curved by B field.

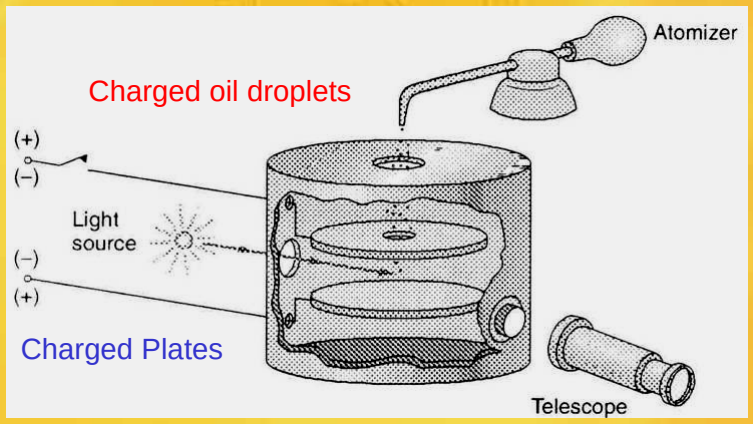
$$R^2 = \frac{m^2v^2}{q^2B^2} = \frac{m^2}{q^2B^2}\left(\frac{2qV}{m}\right)$$

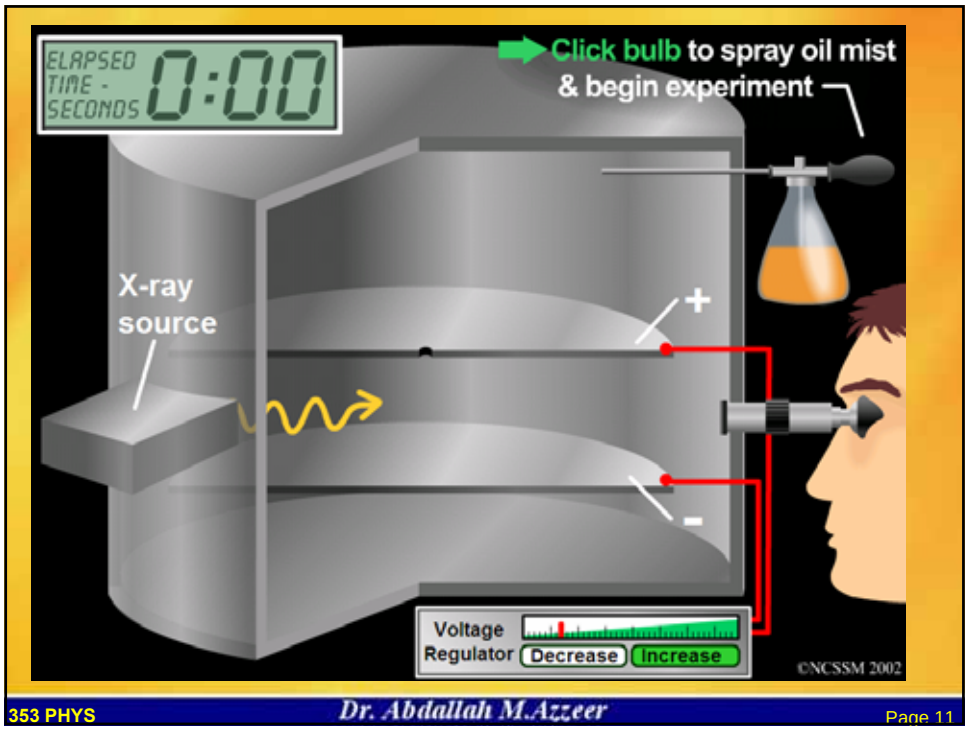
$$\therefore \frac{q}{m} = \frac{2V}{B^2R^2}$$



في سنة 1909م قام R. A. Millikan بقياس شحنة الإلكترون باستخدام طريقة قطرة الزيت

وأدت نتائج التجربة الى التأكيد على تكميم الشحنة.





من نتائج هذه التجربة أن الشحنة على أي جسيم عبارة عن مضاعفات عددية من الشحنة e

$q = ne \quad , \quad n = 1,2,3,...,$

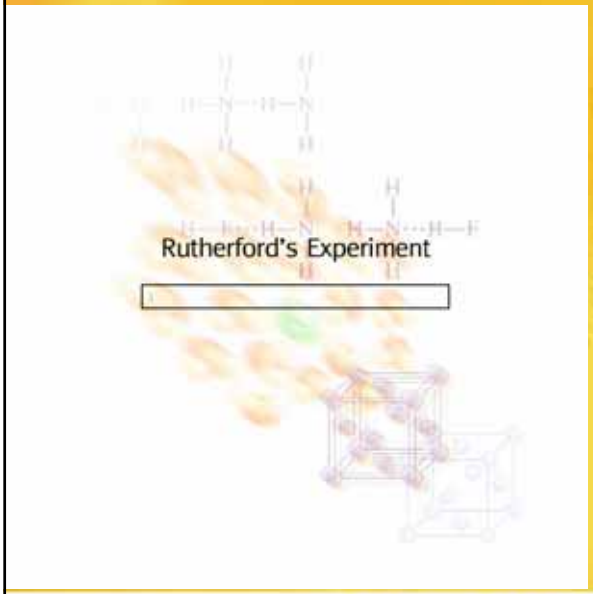
حيث e الشحنة على الإلكترون

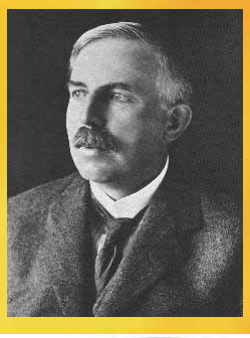
$e = (1.60210 \pm 0.00002) \times 10^{-19}\ \mathrm{C}$

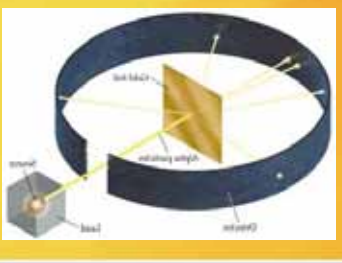
Both charge and mass are quantized.

تشتت جسيمات ألفا بواسطة الذرات

تجربة رذرفورد Rutherford (1909)



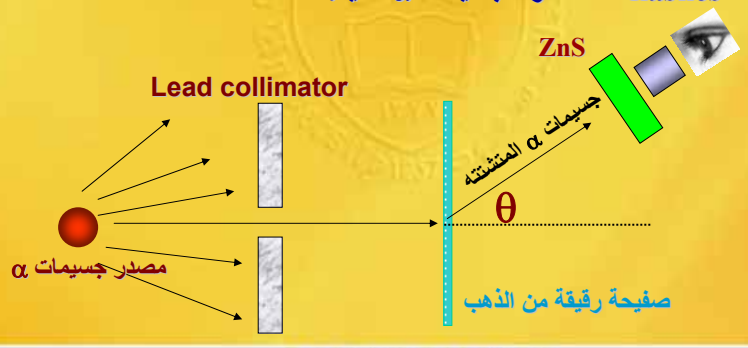




353 PHYS Dr. Abdallah M.Azzeer Page 13

تسقط جسيمات α ($^4He^{2+}$) على الصفيحة (والتي تكون رقيقة إلى درجة بحيث أن جسيمات لاتخسر من طاقتها إلا الشيء القليل). وعند مرورها خلال الصفيحة فإنها تواجه عدة انحرافات نتيجة للقوى الكلولومبية بين شحنتها الموجبة (+2e) وشحنة الذرات الموجبة (+Ze) وبينها وبين شحنة الذرة السالبة (-Ze).

ويمكن الكشف عن جسيمات α المتشتتة بزاوية θ بواسطة لوح من ZnS والذي يعطي ومضات flashes عند سقوط جسيمات α عليه.



353 PHYS Dr. Abdallah M.Azzeer Page 14

وقد دلت القياسات التجريبية أن معظم جسيمات α (كما هومتوقع) تمر عبر الصفيحة دون أن تعاني أي انحراف وجزء قليل جداً يعاني إنحراف في مساره وقد وجد أن متوسط الانحراف θ_m لجسيمات α عند اختراقها للشريحة الرقيقة يساوي 1° تقريباً.

ويمكن فهم ذلك باستخدام الحسابات التالية:

عدد جسيمات المتشتت N(θ) بزاوية θ تعطي بالعلاقة:

$$N(\theta) = N_0 e^{-(\theta/\theta_m)^2}$$

حيث N_0 هو عدد جسيمات α الغير متشتتة.

فمثلاً عدد جسيمات α المتشتت بزاوية θ =10° يكون:

$$N(10^\circ) = N_0 e^{-(10/1)^2} = N_0 e^{-(100)} = 10^{-47} N_0$$

وعدد جسيمات α المتشتت بزاوية θ =90° يكون:

$$N(90^\circ) = N_0 e^{-(90/1)^2} = N_0 e^{-(8100)} = 10^{-3500} N_0$$

353 PHYS Dr. Abdallah M.Azzeer Page 15

ولكن وجد رذرفورد (Rutherford) أن هناك جسيم α واحد من كل 8000 جسيم يتشتت بزاوية أكبر من 90° (أي أن الجسيم سوف ينعكس)

وهذا التشتت الخلفي أو العكسي لم يفسر بواسطة نموذج تومسون مما أدى كذلك إلى فشل هذا النموذج.

353 PHYS Dr. Abdallah M.Azzeer Page 16

Rutherford's Atomic Model نموذج رزرفورد الذري [2]

اقترح رذرفورد أن الذرات المكونة لمادة الشريحة عبارة عن تركيز الشحنة الموجبة في حيز صغير جداً في مركزها سمي بنواه الذرة وأن تشتت جسيمات α الموجبة يحدث بصورة رئيسية نتيجة لتنافرها مع نوى الذرات الموجية الشريحة

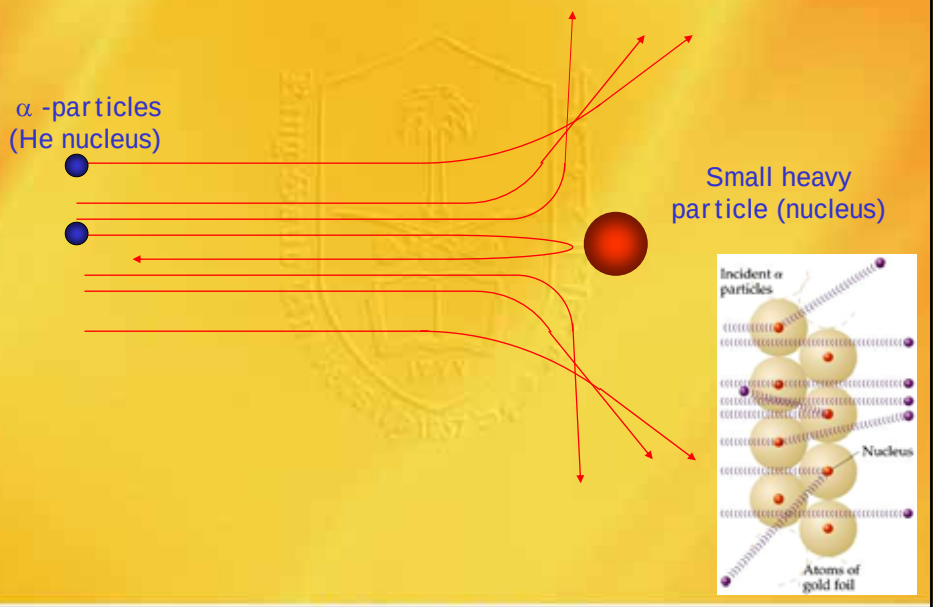
وقد استند رذرفورد في حساباته على النقطتين التاليتين:

I. كل من جسيم α والنواة الموجية يسلك سلوك الشحنة المركزة في نقطة POINT CHARGE وأن قانون كولوم صحيح في تلك المسافات الصغيرة. وبذلك تكون قوة التنافر بين جسيم α والنواة هي:

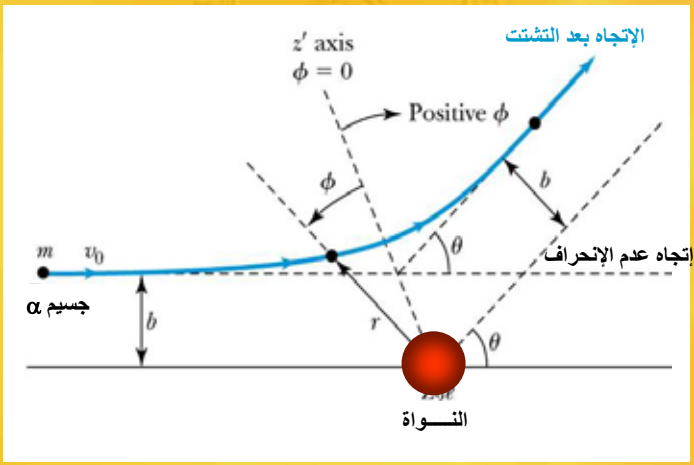
$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2Ze^2}{r^2}$$

II. أن النواة أثقل بكثير من جسيم α ولذا يمكن اعتبارها في حالة سكون أثناء عملية التشتت أي أن جسيمات α هي التي تتحرك فقط.

Rutherford Scattering (cont.)



وبما أن القوة الكهروستاتيكية تتغير على شكل $1/r^2$، حيث r هي المسافة الآنية بين جسيم α والنواة ، لذا فإن مسار جسيم α يكون على شكل قطع زائد hyperbola بؤرته الخارجية تكون عند النواة كما هو مبين بالشكل.



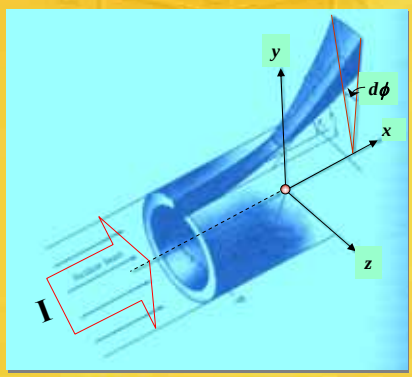
- ويعرف بُعد التصادم Impact Parameter بأنه أقصر مسافة يصلها جسيم α من النواه لو استمر في اتجاهه الأصلي من دون انحراف أو تشتت.
- وتعرف زاوية التشتت Scattering Angle بأنها الزاوية بين مسار جسيم α الأصلي ومساره بعد التشتت.

وباستخدام قوانين الميكانيكا (أنظر كتاب Modern Physics by A. P. Arya) يمكن إيجاد علاقة رياضية تؤيد نموذج رذرفورد (أنظر الكتاب صـ135-137).

SCATTERING CROSS SECTION مساحة مقطع التشتت

غالبا ما تكتب (توضع) نتائج تجربة التشتت كدالة في ما يسمى مساحة مقطع التشتت (SCATTERING CROSS SECTION) .

نفترض تدفق منتظم من الجسيمات I في وحدة المساحة وفي وحدة الزمن يسقط علي مركز تشتت كما هو مبين في الشكل



353 PHYS Dr. Abdallah M.Azzeer Page 21

عدد الجسيمات الساقطة والمتشتتة في وحدة الزمن في زاوية مجسمة $d\Omega$ يكون علي الصورة:

$$dn = I\sigma_d(\theta,\phi)\, d\Omega$$

حيث

$$d\Omega = \sin\theta\, d\theta\, d\phi$$

$\sigma_d(\theta,\phi)$ له وحدة مساحة ويسمي مساحة مقطع التشتت التفاضلي (Differential Scattering Cross Section) . ويمثل مساحة مقطع لشعاع الجسيمات الساقطة والتي تتشتت في عنصر زاوية مجسمة $d\Omega$ كما هو مبين في الشكل السابق.

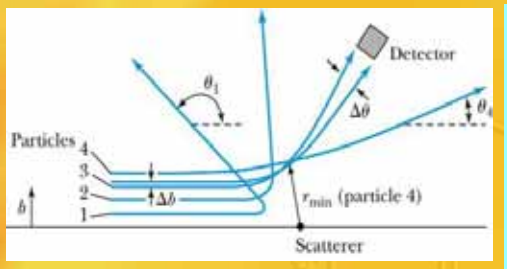
وإذا كانت القوي بين الجسيمات الساقطة والهدف قوي مركزية فإن $\sigma_d(\theta,\phi)$ لا تعتمد على ϕ وبالتالي تكون:

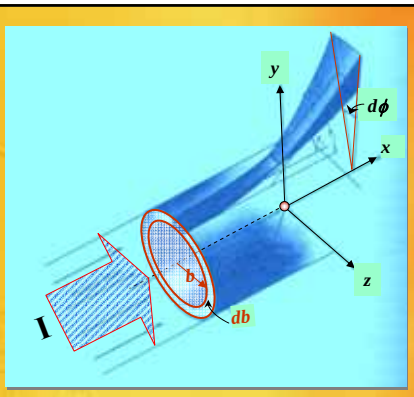
$$\sigma_d(\theta) = 2\pi\, \sigma_d(\theta,\phi)$$

ويصبح عدد الجسيمات المتشتتة في وحدة الزمن عند زاوية θ في عنصر الزاوية $d\theta$ يساوي:

$$N\sigma_d(\theta)\sin\theta\, d\theta$$

353 PHYS Dr. Abdallah M.Azzeer Page 22





$\sigma_d(\theta,\phi)$ = مساحة المقطع للحلقة نصف قطرها b وسمكها db

مساحة مقطع التشتت الكلي σ_0

$$\sigma_0 = \int_0^{4\pi} \sigma_d(\theta, \phi)\, d\Omega = \int_0^{2\pi}\int_0^{\pi} \sigma_d(\theta, \phi) \sin\theta\, d\theta\, d\phi$$

$$= 2\pi \int_0^{\pi} \sigma_d(\theta) \sin\theta\, d\theta$$

353 PHYS Dr. Abdallah M.Azzeer Page 23