الفصل الأول

نموذج رذرفورد والتركيب الذري

1- مقدمة

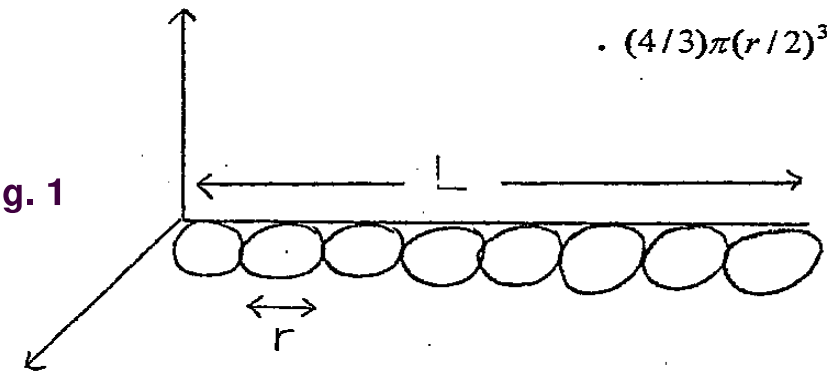
يعود البحث في التركيب الذري للعناصر إلى علماء اليونان ومن تلاهم . إلا أن النظرية الذرية للمادة لم تتأسس إلا مع بداية القرن العشرين الميلادي. ولقد بات معروفاً الآن أن الذرة تتألف من نواة مكونة من بروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات متعادلة وتحمل النواة القدر الأكبر من كتلة الذرة يدور حولها إلكترونات سالبة الشحنة كتلتها أقل بكثير من كتلة النواة.

يعرف عدد الشحنات الموجبة في نواة الذرة العدد الذري Z وهذا العدد خاص لكل ذرة. وفي الحالة المتعادلة فإن الذرة تحتوي على عدد متساوٍ من الشحنات الموجبة (البروتونات) والشحنات السالبة (الإلكترونات).

2- الأبعاد الذرية

يمكن الوصول إلى معلومات أولية عن أبعاد الذرة بدراسة بسيطة لطبيعة الأجسام الصلبة. لنفرض أن الذرات المكونة لجسم صلب مرتبة بشكل متقارب جداً كما في شكل 1. فإذا أخذنا جزءاً من الجسم طوله L وكان قطر الذرة r فإن عدد الذرات الموجودة في هذا الطول من الجسم هو (L/r) . وإذا أخذنا مكعباً طول حرفه L فإن عدد الذرات في هذا المكعب هو L^3/V_A ، حيث V_A حجم الذرة ويساوي $(4/3)\pi(r/2)^3$.

Fig. 1



من جهة أخرى فإن تعريف المول من المادة هو كمية المادة التي وزنها يساوي A بوحدة الجرام. حيث A الوزن الذري للعنصر. وعدد أفوجادرو N_A هو عدد الذرات أو الجزيئات الموجودة في مول واحد من المادة وقيمته تساوي

$$N_A = 6.022 \times 10^{23} \ \ mole^{-1} \qquad (1)$$.

وعلى هذا فإن عدد الذرات من الجسم الصلب الموجودة في مول واحد هي N_A . والمول الواحد يشغل حجماً من المادة يساوي وزنها A gm على كثافتها. فإذا كانت كثافة المادة تساوي $\rho \ Kg/m^3$ فإن الحجم V الذي يشغله المول من هذه المادة هو

$$V = \frac{(A \times 10^{-3}\, Kg)}{(\rho\, Kg/m^3)} = \frac{10^{-3} \times A}{\rho} m^3 \qquad (2)$$

حيث حولنا الوزن الذري من الجرام(حسب تعريف المول) إلى الكيلوجرام. وبذلك يمكن حساب عدد المولات الموجودة في وحدة الحجوم من المادة من مقارنة بسيطة كالتالي

المول الواحد من المادة يشغل حجماً = V

X مول تشغل حجماً = وحدة الحجوم أي $1m^3$. إذن

$$X = \frac{(1mole).(1m^3)}{V}$$

أي أن عدد المولات في وحدة الحجوم $1m^3$ = $\frac{1(mole.m^3)}{10^{-3} A\, Kg / \rho\, (Kg/m^3)}$.

وبالتالي فإن عدد الذرات n من العنصر الموجودة في المتر المكعب تساوي عدد المولات في وحدة الحجوم مضروباً في عدد الذرات الموجودة في المول الواحد. أي أن

$$n = 6.022 \times 10^{26} \frac{\rho}{A} \qquad (3)$$

ولكن وجدنا أعلاه أن عدد الذرات في المتر المكعب تساوي L^3 / V_A ، وعندما يكون طول هذا المكعب الافتراضي يساوي الوحدة L=1m فإن

$$\frac{1}{(4/3)\pi(r/2)^3} = 6.022 \times 10^{26} \frac{\rho}{A} \qquad (4)$$

وبذلك نصل إلى العلاقة الآتية

$$r = 2\left[\frac{3A}{4\pi\rho}\frac{1}{6.022 \times 10^{26}}\right]^{1/3} m \qquad (5)$$

تعطي هذه العلاقة قطر الذرة التقريبي بمعلومية الوزن الذري وكثافة المادة ويوضح الجدول المرافق أقطار الذرات لبعض العناصر .

جدول 1 . أقطار الذرات لبعض العناصر حسب العلاقة 5 .

العنصر ورمزه	الوزن الذري (A)	ρ Kg/m^3	قطر الذرات (m)
الليثيوم – Li	6.94	0.53×10^3	2.8×10^{-10}
الكربون – C	12.0	3.5×10^3	1.8×10^{-10}
الحديد – Fe	55.8	7.9×10^3	2.3×10^{-10}
الرصاص– Pb	207.2	11.35×10^3	3.1×10^{-10}

من هذه الحسابات يتضح أن قطر الذرة في حدود 10^{-10} متر . وهذا المقدار صغير جداً . ولذلك تستخدم وحدة أصغر من المتر لقياس الأبعاد الذرية وهي الأنغشتروم Angstrom حيث يرمز لها بالرمز A ويساوي 10^{-10} من المتر .

$$1A = 10^{-10} m$$

أي أن الأبعاد الذرية تساوي بضعة أنغشتروم . أما **أبعاد النواة ذاتها فهي في حدود** بضعة فيرمي أي في حدود 10^{-15} من المتر. فإذا علمنا أن **أغلب كتلة الذرة تتركز في النواة** تبين لنا أن أغلب حجم الذرة عبارة عن صحراء واسعة من الفراغ المحصور بين النواة والإلكترونات التي تدور حولها على مسافة من مركز النواة تساوي نصف قطر الذرة (10^{-10} m) .

أما الكتل فتقاس في الفيزياء الذرية والنووية بوحدة الكتل الذرية (atomic mass unit=amu=u) . وتعرف وحدة الكتل الذرية بأنها 12/1 من كتلة ذرة الكربون 12 : أي

$$1u = \frac{1}{12} \times (mass\ of\ C^{12}) \qquad (6a)$$

وحيث أن الكربون 12 يحتوي 6 بروتونات و6 نيترونات وكتلة البروتون تساوي تقريباً كتلة النيوترون فإن وحدة الكتل الذرية تساوي تقريباً كتلة البروتون ، أي

$$1u = m_p = 1.67 \times 10^{-27} Kg \qquad (6b)$$.

3- تجارب جايجر ومرزدن ورذرفورد

بعد معرفة أبعاد الذرة ، يتبع السؤال عن كيفية توزع الكتلة والشحنات الموجبة والسالبة داخل الذرة ؟ . وقد أتت الإجابة على هذا التساؤل من تجارب جايجر (Geiger) ومرزدن (Marsden) ورذرفورد (Rutherford) بين 1906 و1913 والتي أجريت على تشتت جسيمات ألفا من شوائح رقيقة من مواد مختلفة السمك. وسوف نبدأ أولاً بدراسة تلك التجارب الشهيرة.

جسيمات ألفا هي نواة ذرة الهيليوم أي ذرة الهيليوم المتأينة مرتين وكتلتها تساوي أربعة أضعاف كتلة البروتون $4m_p$ وشحنتها تساوي $+2e$ ، حيث m_p كتلة البروتون و e شحنة الإلكترون. تنبعث جسيمات ألفا من مصادر طبيعية مشعة S ثم تمر خلال موجهين C_1 و C_2 لتركيز مسار هذه الجسيمات باتجاه شريحة من الذهب F . تتشتت هذه الجسيمات من شريحة الذهب ثم تسقط على شاشة وميضية D حيث يمكن قياس الزوايا θ التي تتشتت بها جسيمات ألفا الساقطة . حيث تعرف زاوية التشتت لجسيم بأنها الزاوية بين مسار الجسيم الأصلي قبل التشتت ومساره بعد التشتت من الشريحة F كما في الشكل 2.

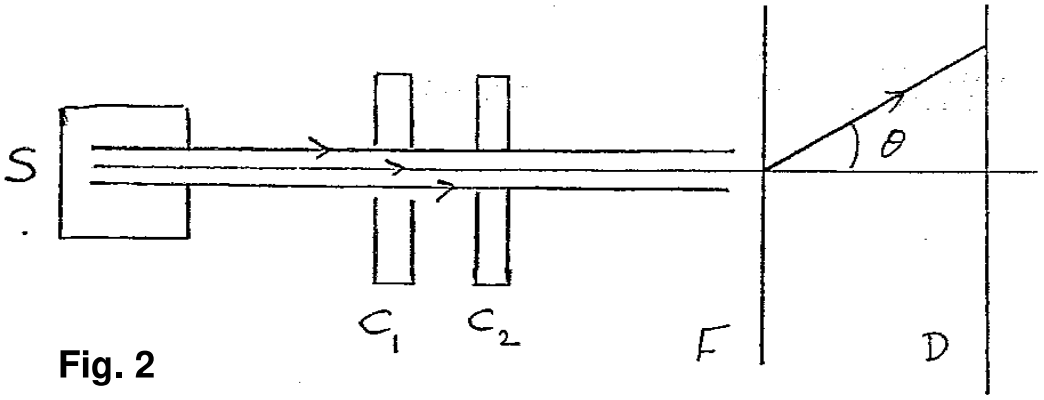


Fig. 2