الفصل الأول

مكونات الذرة

1- مقدمة : إذا كانت الجزئية تشكل أصغر جزء في جسم ما ، فإن الذرة هي الوحدة أو الخلية الأساسية التي تسمح بتحديد بنية و خصائص المادة.الذرة متعادلة كهربائيا و تتميز بكتلةمن الدرجة (10^{-23}g) و نصف قطر من درجة الأنغشتروم ($1A^o = 10^{-10}$m)

خلال بناء النظرية الذرية، نميز ثلاثة مراحل أساسية :

- إكتشاف الكهرباء و الطبيعة الكهربائية للمادة (Faraday 1833).
- إكتشاف مكونات الذرة (نواة موجبة الشحنة تدور حولها إلكترونات سالبة الشحنة بحيث مجموع شحن هذه المكونات يكون متعادلا) [1911-1932]
- إكتشاف القوانين الميكانيكية التي تحدد حركة و تصرف الإلكترونات في الذرة[1925] من طرف *Bohr*، *Planck* و *Summerfeld* .

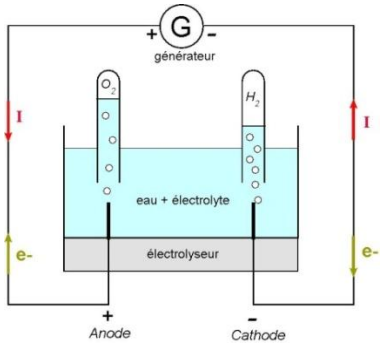
2- الإلكترون :

2-1 اكتشاف الإلكترون :

أ- ***Fraklin*** (القرن19) : عند حك قضبان بلاستيكية بواسطة قطعة قماش أو حرير، نلاحظ ظواهر تجاذب و تنافر بين هاته القضبان ، عندئذ نفسر هذه الظواهر بوجود تدفق كهربائي ذو إشارة موجبة أو سالبة ، و هو ما يمثل أول نظرية كيفية لظاهرة التكهرب.

ب- **قوانين *Faraday*** (1833) : (الطبيعة الكهربائية للمادة)

عندما قام Faraday بالتحليل الكهربائي للماء، وجد بأنه توجد علاقة كمية بين المادة و الكهرباء من خلال قياسه كمية المادة المتحررة عند كل إلكترود و بواسطة أمبيرمتر كمية الكهرباء المارة في الدارة.



$$H_2O \longrightarrow H_2 + 1/2\ O_2$$

قام فاراداي بوضع القانونين التاليين:

1) كتلة العنصر المتشكل عند كل إلكترود تتناسب مع كمية الكهرباء المارة في الدارة .

2) كتل العناصر المتشكلة تتناسب (بنسبة بسيطة) مع الكتل الذرية للعناصر المتشكلة .

مثال : عند تكون 2g من الهيدروجين H_2 فإن 16g من الأكسجين O_2 سوف تنتج.

التفسير :

- ✓ عند المصعد (+) : $O^{2-} \longrightarrow 1/2\ O_2 + 2e^-$ (Oxydation)
- ✓ عند المهبط (-) : $2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$ (Reduction)

$$H_2O \longrightarrow H_2 + 1/2\ O_2$$

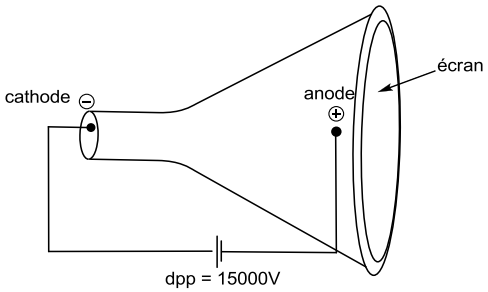
عند عبور 2N إلكترون الدارة ، سوف يتكون N جزئية هيدروجين و N/2 جزئية الأكسجين (N إلكترون تمثل 1 مول من الإلكترونات و كمية الكهرباء الموافقة لها هي (96500C(Coulomb).

ج-أنبوب *Crookes* : الدليل التجريبي القاطع على وجود الإلكترون كان بفضل أعمال البحث حول التوصيل الكهربائي للغازات عند الضغوط المنخفضة .

الغازات هي عادة عوازل كهربائية لكن عند خضوعها لفرق في الكمون مرتفع و ضغوط منخفضة جدا ، تختفي هذه الخاصية لتسمح بمرور الكهرباء و هذا بإرسال أشعة ضوئية .

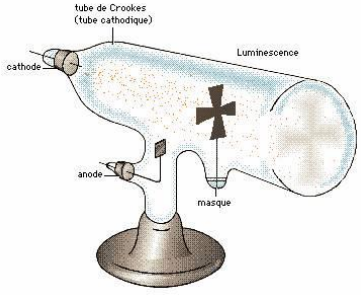
التجربة :

في أنبوب زجاجي طوله 40 سم ، يحتوي على غاز (هواء أو هيليوم) عندما يتم خفض الضغط بواسطة مضخة (Pompe à vide) إلى غاية 10^{-6}atm، و يطبق بين طرفيه فرق في الجهد قدره 15000V ، تصبح الشاشة المقابلة للمهبط مشعة أي مضيئة ما سمح باستنتاج أن إضاءة الشاشة ناتجة عن هذه الأشعة الصادرة عن المهبط (أشعة مهبطية: Rayons cathodiques) المتكونة من دقائق مشحونة سالبا تدعى الإلكترونات .



خصائص الأشعة المهبطية :

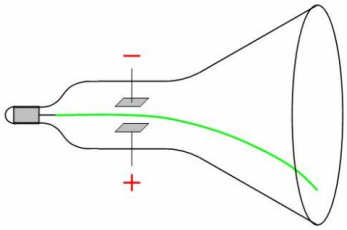
• عند وضع شيء في مسار هذه الأشعة نلاحظ ظله على الشاشة ، أي أن هذه الأشعة الناتجة عن المهبط تنتشر وفق مسارات خطية مستقيمة و يمكن توقيفها سريعا بواسطة المادة .



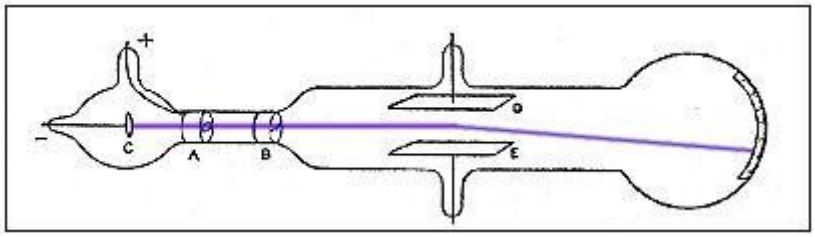
• تتكون من دقائق حاملة للطاقة : تجربة الطاحونة الموضوعة في مسار الأشعة المهبطية: الأشعة تملك طاقة إذن كتلة.

•الأشعة تنحرف في وجود حقل كهربائي نحو اللبوس الموجب للمكثفة: أي أن هذه الدقائق مشحونة سالبة : و هي إلكترونات مقتلعة من المهبط.

التجارب السابقة يمكن إعادتها مهما يكون الغاز المستخدم و مهما تكن طبيعة الإلكترودات المستعملة.



د- تجربة *J.J.Thomson* : قياس النسبة $\frac{e}{m_e}$ (1897) :



التجارب:

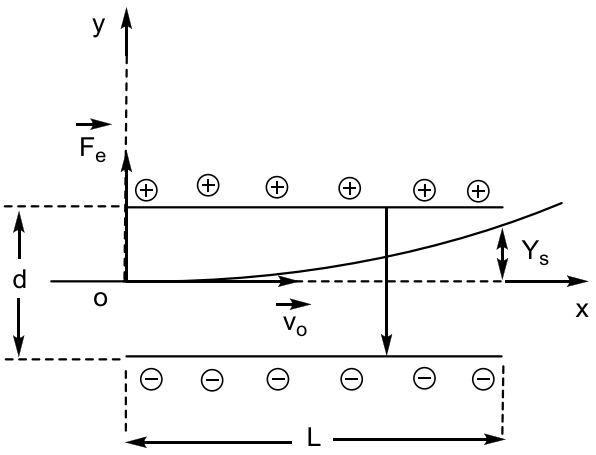
• فعل الحقل الكهربائي : الحزمة الكهربائية تنحرف نحو اللبوس الموجب للمكثفة (المسار1) وهذا تحت تأثير القوة الكهربائية $\vec{F}_e$, بحيث: $\vec{F}_e = e.\vec{E} = m_e.\vec{\gamma}$

بحيث:

e: شحنة الالكترون.

m_e: كتلته.

γ: التسارع الناتج عن القوة الكهربائية.



- بإسقاط العلاقة السابقة على المحور: (ox)

$$Fe_x = m_e.\gamma_x = 0$$
$$\Rightarrow \gamma_x = 0$$
$$\Rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} = 0$$
$$\Rightarrow \frac{dx}{dt} = v_0$$
$$\Rightarrow dx = v_0.dt$$
$$\Rightarrow x = v_0.t$$

أي أن السرعة منتظمة: الحركة وفق (ox) هي حركة مستقيمة منتظمة.

- بإسقاط العلاقة السابقة على المحور: (oy)

$$Fe_y = m_e.\gamma_y = e.E$$
$$\Rightarrow \gamma_y = \frac{e.E}{m_e}$$
$$\Rightarrow \frac{d^2y}{dt^2} = \frac{e.E}{m_e}$$
$$\Rightarrow \frac{dy}{dt} = \frac{e.E}{m_e}t$$
$$y = \frac{1}{2}.\frac{e.E}{m_e}t^2$$

أي أن الحركة وفق (oy) هي حركة مستقيمة متغيرة بانتظام.

وجدنا سابقا أن:

$$x = v_0.t$$

إذن:

$$\Rightarrow y = \frac{1}{2}.\frac{e.E.x^2}{m_e.{v_0}^2}$$

عند الخروج من المكثفة: $y = y_0$ و $x = L$

إذن:
$$y_0 = \frac{1}{2}.\frac{e.E.L^2}{m_e.{v_0}^2}$$

y_0: هي قيمة انحراف الحزمة الضوئية عن المحور(ox) .

لدينا كذلك: $E = \frac{U}{d}$ بحيث d هو البعد بين لبوسي المكثفة و U هو فرق الكمون المطبق بين طرفيها.

إذن:

$$y_0 = \frac{1}{2}.\frac{e.U.L^2}{m_e.v_0^{\ 2}.d}$$

و منه نجد:

$$\boxed{\frac{e}{m_e} = \frac{2.y_0.v_0^{\ 2}}{E..L^2}}$$

حساب v_0:

عند تطبيق الحقل الكهربائي وجدنا أن القوة الكهربائية هي $F_e = e\ .\ E$:

و عند تطبيق حقل التحريض المغناطيسي تكون القوة المغناطيسية: $F_m = e\ .v_0.\ B$

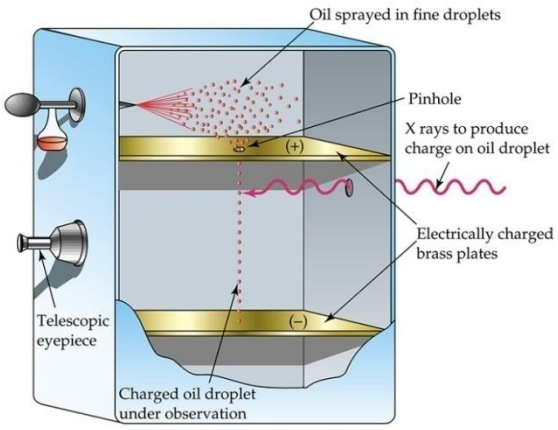
بتطبيق هذين الحقلين معا، و بجمع شدتهما معا يمكن لحزمة الإلكترونات أن لا تنحرف عن مسارها الابتدائي المستقيم أي:

$$F_e = F_m$$
$$\Rightarrow e.E = e.v_0.B$$
$$\Rightarrow v_0 = \frac{E}{B}$$

بمعرفة قيمة سرعة الإلكترونات v_0، و المعطيات الهندسية للجهاز، تمكن *Thomson* من تحديد قيمة النسبة $\frac{e}{m_e}$ تجريبيا،

بحيث القيمة المحددة حاليا هي : $\frac{e}{m_e} = 1.7589.1011\,C.Kg^{-1}$

ه- تجربة *Millikan* : قياس الشحنة الكهربائية (e) 1897 :



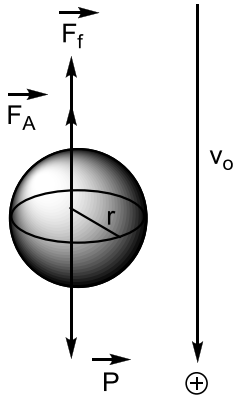
نحقن قطيرات صغيرة من الزيت نعتبرها كروية الشكل بواسطة رذاذ في غرفة مليئة بالهواء. المجهر يسمح بمتابعة تصرف قطيرات الزيت عند دخولها مجال الحقل الكهربائي الناشئ بين طرفي للمكثفة.
تصبح القطيرات مشحونة كهربائيا عند تـأيين الهواء بفعل الأشعة X.
تسمح هذه الدراسة بتحديد الشحنة الكهربائية المحمولة من طرف كل قطيرة في مجال الحقل الكهربائي E.

نعمل على مرحلتين:

أ. في غياب الحقل الكهربائي:

تسقط قطيرات الزيت التي لا تحمل أي شحنة أو أيون بفعل ثقلها بسرعة v_0

و تكون تحت تأثير ثلاثة قوى:



✓ قوة الثقل:

$$P = m_h.g = \rho_h.V.g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_h.g$$

✓ قوى الاحتكاك:

$$F_f = 6\pi\eta.r.v_0$$

✓ دافعة أرخميدس:

$$F_A = m_a.g = \rho_a.V.g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_a.g$$

بحيث:

ρ_h : الكتلة الحجمية للزيت.

ρ_a : الكتلة الحجمية للهواء.

g : معامل لزوجة الهواء.

g :تسارع الجاذبية.

v_0 : السرعة الحدية لسقوط القطيرة.

r : نصف قطر القطيرة.

تبلغ القطيرة سريعا السرعة الحدية فيصبح تسارعها معدوما.

إذن:

$$\sum F = m.\gamma$$

$$\Rightarrow \sum F = 0$$

$$\Rightarrow P - F_A - F_f = 0$$

$$\Rightarrow \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_h.g - \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_a.g - 6\pi\eta.r.v_0 = 0$$

$$\Rightarrow \frac{4}{3}\pi r^3 (\rho_h - \rho_a).g = 6\pi\eta.r.v_0 .....*$$

$$\Rightarrow \frac{4}{3} r^2 (\rho_h - \rho_a).g = 6\eta.v_0$$

$$\Rightarrow r^2 = \frac{6\eta.v_0}{\frac{4}{3}(\rho_h - \rho_a).g}$$

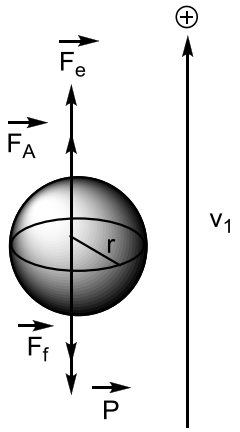
إذن:

$$\boxed{r = \sqrt{\frac{9\eta.v_0}{2(\rho_h - \rho_a).g}}}$$

بمعرفة السرعة الحدية لسقوط القطيرة يمكن حساب نصف القطر المتوسط للقطيرة.

ب. في وجود الحقل الكهربائي:

عند تـأيين جزيئات الهواء بفعل الأشعة X تلتصق الأيونات الناتجة بقطيرات الزيت فتصبح هذه الأخيرة في وجود الحقل الكهربائي خاضعة لتـأثير القوة الكهربائية و تتحه نحو الأعلى بسرعة حدية جديدة.
في هذه الحالة القوى المؤثرة على القطيرة هي:



✓ القوة الكهربائية:

$$F_e = q.E$$

✓ قوة الثقل:

$$P = m_h.g = \rho_h.V.g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_h.g$$

✓ قوى الاحتكاك:

$$F_f = 6\pi\eta.r.v_1$$

✓ دافعة أرخميدس:

$$F_A = m_a.g = \rho_a.V.g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_a.g$$

عندما تبلغ القطيرة السرعة الحدية يصبح تسارعها معدوما.
إذن:

$$\sum F = m.\gamma$$
$$\Rightarrow \sum F = 0$$
$$\Rightarrow F_e + F_A - P - F_f = 0$$
$$\Rightarrow q.E + \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_a.g - \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_h.g - 6\pi\eta.r.v_1 = 0$$
$$\Rightarrow q.E - \frac{4}{3}\pi r^3 (\rho_h - \rho_a).g - 6\pi\eta.r.v_1 = 0$$

وحسب العلاقة *

$$\frac{4}{3}\pi r^3 (\rho_h - \rho_a).g = 6\pi\eta.r.v_0$$
$$\Rightarrow q.E - 6\pi\eta.r.v_0 - 6\pi\eta.r.v_1 = 0$$
$$\Rightarrow q.E = 6\pi\eta.r(v_0 + v_1)$$

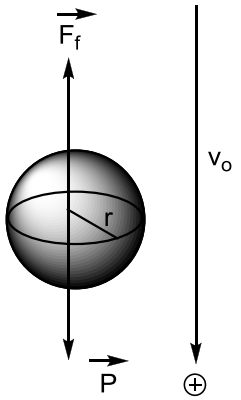
إذن:

$$\boxed{q = \frac{6\pi\eta.r(v_0 + v_1)}{E}}$$

و بذلك يمكن تحديد الشحنة الكهربائية. و قد بين أن الشحن الملتقطة من طرف القطيرات هي كلها المضاعف لعدد معين و الذي يمثل أقل شحنة كهربائية ممكنة وهي شحنة الالكترون أو الشحنة العنصرية.

حالة خاصة: غالبا ما تهمل دافعة أرخميدس و في هذه الحالة:

أ. في غياب الحقل الكهربائي:

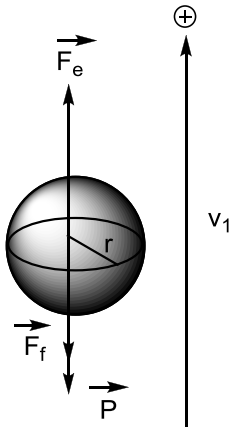


$$\sum F = m.\delta$$
$$\Rightarrow \sum F = 0$$
$$\Rightarrow P - F_f = 0$$
$$\Rightarrow \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_h.g - 6\pi\eta.r.v_0 = 0$$
$$\Rightarrow \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_h.g = 6\pi\eta.r.v_0 .....**$$
$$\Rightarrow \frac{4}{3} r^2 \rho_h.g = 6\eta.v_0$$
$$\Rightarrow r^2 = \frac{6\eta.v_0}{\frac{4}{3}\rho_h.g}$$

إذن:

$$\boxed{r = \sqrt{\frac{9\eta.v_0}{2\rho_h.g}}}$$

ب. في وجود الحقل الكهربائي:



$$\sum F = m.\delta$$
$$\Rightarrow \sum F = 0$$
$$\Rightarrow F_e - P - F_f = 0$$
$$\Rightarrow q.E - \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_h.g - 6\pi\eta.r.v_1 = 0$$

وحسب العلاقة **

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_h.g = 6\pi\eta.r.v_0$$
$$\Rightarrow q.E - 6\pi\eta.r.v_0 - 6\pi\eta.r.v_1 = 0$$
$$\Rightarrow q.E = 6\pi\eta.r(v_0 + v_1)$$

إذن:

$$\boxed{q = \frac{6\pi\eta.r(v_0 + v_1)}{E}}$$

ملاحظة 1:

بمعرفة النسبة $\frac{e}{m_e}$ والشحنة العنصرية e يمكن إيجاد كتلة الإلكترون في الراحة:

$$\frac{e}{m_e} = 1.7589.10^{11}\ \text{C.Kg}^{-1}$$

$$e = 1.602.10^{-19}\ \text{C}$$

$$\Rightarrow m_e = 9.108.10^{-31}\ \text{Kg}$$

ملاحظة 2:

- ✓ دافعة أرخميدس تتجه دائما نحو الأعلى في حين قوى الاحتكاك فتكون عكس جهة حركة القطيرات.
- ✓ إذا كانت القطيرة حاملة لأيون موجب (كاتيون) فإنها تتجه نحو اللبوس السالب للمكثفة و العكس إذا كان الأيون المحمول من طرف القطيرة سالبا (أنيون) فإنها تتجه في وجود الحقل الكهربائي نحو اللبوس الموجب للمكثفة.
- ✓ يمكن حساب السرعة الحدية للقطيرة بإيجاد الزمن اللازم لعبور القطيرة المسافة d بين لبوسي المكثفة.

$$\boxed{v = \frac{d}{t}}$$

و. الالكترون

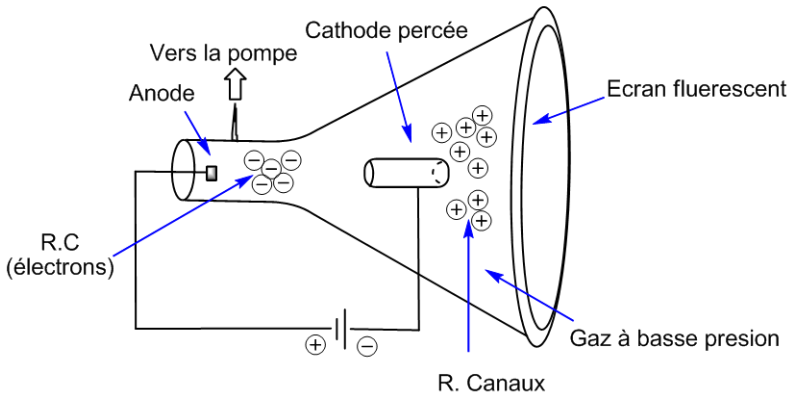
تم إثبات إذن وجود دقيقة عنصرية ذات كتلة m_e و تحمل شحنة سالبة e. هذه الدقيقة تدخل في تركيب كل المواد. فالإلكترون يملك دائما نفس الخصائص مهما تكن الشروط التجريبية من طبيعة المهبط أو الغاز.... الخ.

3. النواة الذرية:

إن وجود دقائق موجبة الشحنة الى جانب الإلكترونات أمر ضروري كون المادة عموما متعادلة كهربائيا. إذن إثبات وجود هذه الدقائق هو موضوع هذه الفقرة.

أ. تجربة *Goldstein*:

في أنبوب التفريغ الكهربائي يتم وضع مهبط مثقوب بواسطة قناة. الى جانب إرسال الإلكترونات (الأشعة المهبطية) نلاحظ خلف المهبط انتشار اضاءة تتمثل في الأشعة القنوية (أو الأشعة الموجبة).



مصدر الأشعة القنوية: جزيئات الغاز المتواجد داخل الأنبوب تفقد إلكترون أو أكثر لتشكل أيونات موجبة تتجه نحو المهبط لتعبره كونه مثقوب.

في وجود حقل كهربائي أو مغناطيسي تنحرف هذه الأشعة لكن مقدار الانحراف يكون أقل مما تمت ملاحظته في الأشعة المهبطية كما أنها تتعلق بطبيعة الغاز داخل الأنبوب إذن كتلة هذه الدقائق الموجبة أكبر من كتلة الإلكترونات.

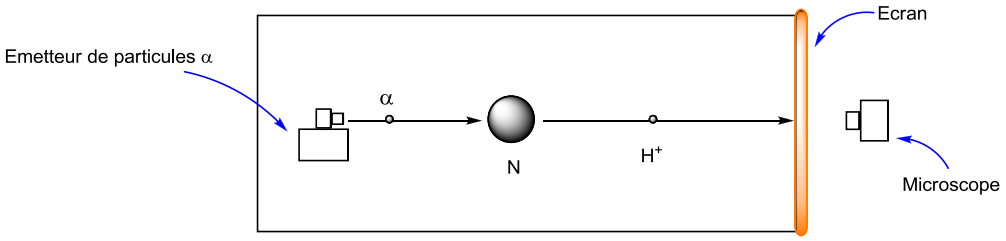
ملاحظة:

- الإلكترونات المفقودة من طرف جزيئات الغاز تشكل جزءا من الأشعة المهبطية.
- الأيونات الموجبة عند عبورها المهبط تتسبب في تأيين شديد على سطحه، الإلكترونات المتحررة إذن تتجه نحو المصعد و تشكل أكبر قسم من من الأشعة المهبطية.

ب. البروتون:

تجربة *Rutherford* :

وضع روثرفورد مصدر مشع بالإشعاعات α في طرف أنبوب مليء بغاز الازوت النقي فلاحظ على الشاشة المقابلة إضاءات ناتجة عن القدف بالأشعة α.



بدراسة فعل الحقل الكهربائي أو الحقل المغناطيسي على الدقائق المسؤولة عن هذه الإضاءات تمكن روثرفورد من تحديدها بأنها أنوية ذرات الهيدروجين أو البروتونات H^+ وقد فسر مصدرها بهذا التفاعل و الذي يعد أول تفاعل نووي مصطنع.

بحيث:

$$^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}\alpha \longrightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}H$$

$$m_P = 1.6726.10^{-27} Kg = 1.007278\ u.m.a = 1836.1\ m_{e^-}$$

ج.النيترون:

تجربة *Chadwick* :

عند قدف شاشة متكونة من معدن خفيف كالبيريليوم بواسطة مصدر مشع بالإشعاعات αأنوية الهيليوم $^{4}_{2}He^{2+}$ يقوم المعدن بإرسال إشعاع دو خاصية اختراق كبيرة للمواد. لا يبدي هدا الاشعاع أي انحراف في وجود الحقل الكهربائي أو الحقل المغناطيسي ادن فهو يتألف من دقائق عديمة الشحنة. تمكن بدلك شادويك من اثبات وجود النيترونات حسب التفاعل التالي:

بحيث:

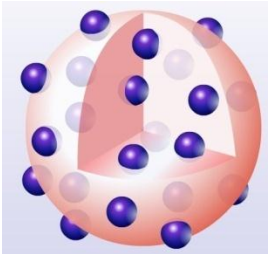
$$^{9}_{4}Be + {}^{4}_{2}\alpha \longrightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{1}_{0}n$$

$$m_N = 1.6749.10^{-27} Kg = 1.008665\ u.m.a = 1838.6\ m_{e^-}$$

4. البنية الفراغية للمادة:

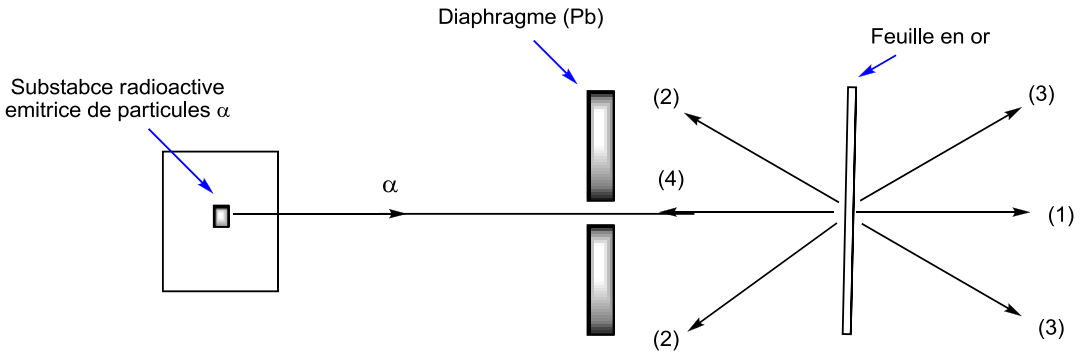
أ. نموذج طومسون الذري:

الذرة ليست إلا كرة ذات كهرباء أو شحنة موجبة تتواجد داخلها الكترونات مغروسة بحيث الكل يشكل التوزيع الإلكتروستاتيكي الأكثر استقرارا.



تم التخلي عن هدا النموذج بعد الأعمال المنشورة لروثرفورد في سنة 1911.

ب. نموذج روثرفورد الذري:



عند قذف ورقة من معدن الذهب سمكها 40µm بواسطة مصدر مشع بالإشعاعات α . بعد الاصطدام و بواسطة عداد تم قياس عدد الدقائق α المستقبلة في وحدة الزمن ما أدى إلى استنتاج ما يلي:

(1). أغلب الدقائق α تعبر صحيفة الذهب دون أي انحراف أي أن المادة مليئة بالثقوب.

(2). دقيقة من 100 تنحرف بزاوية 0-45°.

(3). دقيقة من 1000 تنحرف بزاوية 45-150°.

(4). دقيقة من 10^8 تعود أدراجها بزاوية 180° أي أن الدقائق α تصادف أجسام تتركز فيها المادة و موجبة الشحنة.

نتائج:

- ❖ أغلب كتلة الذرة تتمركز في مراكز صغيرة موجبة هي الأنوية حيث تدور حولها الالكترونات.
- ❖ المادة تتألف أساسا من فراغات.
- ❖ بالاعتماد على قوانين الإحصاء و الاحتمالات تم تحديد النسبة بين نصف قطر الذرة ونصف قطر نواتها:

$$\frac{R_{Noyau}}{R_{Atome}} = 10^{-4}$$
$$\Rightarrow \mathrm{R}_{\mathrm{Atome}} = R_{Noyau}$$

5. خصائص المادة:

$$Atome \begin{cases} noyau \begin{cases} protons : m_P = 1.6726.10^{-27} Kg, q = 1.602.10^{-19} C \\ neutrons : m_P = 1.6749.10^{-27} Kg, q = 0 \end{cases} \\ électrons : m_{e^-} = 9.108.10^{-31} Kg, q = -1.6.10^{-19} C \end{cases}$$

يرمز للذرة بحرف أو حرفين أولهما كبير ${}^{A}_{Z}X$ بحيث:

$$\begin{cases} Z = P = e^- \\ A - Z = N \end{cases}$$

- **الرقم الذري أو عدد الشحن Z**: ويمثل عدد البروتونات و كذا عدد الالكترونات إذا كانت الذرة غير مشحونة.
- **العدد الكتلي A**: ويمثل عدد النيكليونات *Nucléons* (البروتونات و النيترونات). و هو عدد صحيح يقترب من كتلة الذرة لأن كتلة الذرة متمركزة في النواة $(m_{Atome} \approx m_{Noyau})$ وهذا إذا ما أهملنا كتلة الالكترونات.

مثال:

$${}^{16}_{8}O \Rightarrow \begin{cases} Z = 8 \Rightarrow P = e^- = 8 \\ A - Z = N = 16 - 8 = 8 \end{cases} \qquad {}^{14}_{7}N \Rightarrow \begin{cases} Z = 7 \Rightarrow P = e^- = 7 \\ A - Z = N = 14 - 7 = 7 \end{cases}$$

ملاحظة:

اذا كانت الذرة مشحونة ${}^{A}_{Z}X^{q}$ نحسب عدد البروتونات و النيترونات بنفس الطريقة السابقة، لكن عدد الالكترونات يصبح كالتالي:

$$\begin{cases} Z = P \\ A - Z = N \\ e^- = Z - q \end{cases}$$

مثال:

$${}^{35}_{17}Cl \Rightarrow \begin{cases} Z = 11 \Rightarrow P = e^- = 17 \\ A - Z = N = 35 - 17 = 18 \end{cases} \qquad {}^{35}_{17}Cl^- \Rightarrow \begin{cases} Z = 11 \Rightarrow P \\ A - Z = N = 35 - 17 = 18 \\ e^- = Z - q = 17 - (-1) = 18 \end{cases}$$

$${}^{23}_{11}Na \Rightarrow \begin{cases} Z = 11 \Rightarrow P = e^- = 11 \\ A - Z = N = 23 - 11 = 12 \end{cases} \qquad {}^{23}_{11}Na^+ \Rightarrow \begin{cases} Z = 11 \Rightarrow P = e^- = 11 \\ A - Z = N = 23 - 11 = 12 \\ e^- = Z - q = 11 - (+1) = 10 \end{cases}$$

6. النظائر:

أ. تعريف: تعرف النظائر بأنها ذرات نفس العنصرالتي تملك نفس العدد الذري Z أي نفس عدد البروتونات و لكنها تختلف في العدد الكتلي A أي عدد النيكليونات (البروتونات و النيترونات). نظائر العنصر الواحد تمثل بعنصر واحد في نفس المكان في الجدول الدوري للعناصر. النظائر تملك نفس عدد الالكترونات ما يبرر خواصها الكيميائية المتماثلة.

مثال: النظائر الهيدروجين.

النظير	**الهيدروجين** ${}^{1}_{1}H$	**"الخفيف" الهيدروجين** **الدوتيريوم** ${}^{2}_{1}H$	**"الثقيل" أو الثريسيوم** ${}^{3}_{1}H$
بنية النواة	بروتون واحد	بروتون واحد و نيترون واحد	بروتون واحد و 2 نيترون

العدد الكتلي	1	2	3
الوفرة الطبيعية ٪	99.985	0.0151	غير مستقر
الكتلة الذرية u.m.a	1.007825	2.014	3.01605

ب. الكتلة الذرية المتوسطة لعنصر ما في الحالة الطبيعية: $\overline{M}$ وهي المتوسط الكتلي للكتل الذرية لنظائر هذا العنصر. بحيث:

$$\boxed{\begin{array}{l}\overline{M}=\dfrac{X_1M_1+X_2M_2+X_3M_3+...+X_iM_i}{100}\\ \overline{M}=\dfrac{\sum_i X_iM_i}{100}\end{array}}$$

بحيث:

$X_1, X_2, X_3, \ldots, X_i$، ...، 3، 2، 1: الوفرة الطبيعية للنظائر i.

$M_1, M_2, M_3, \ldots, M_i$: الكتلة الذرية للنظائر 1، 2، 3، ...، i.

مع ملاحظة أن مجموع الوفرة الطبيعية لنظائر عنصر ما، هي:

$$\boxed{\begin{array}{l}X_1+X_2+X_3+...+X_i=100\\ \sum_i X_i=100\end{array}}$$

مثال: يعطى في الجدول التالي الكتل الذرية و كذلك الوفرة الطبيعية لنظائر عنصر السيليسيوم. أحسب الكتلة الذرية المتوسطة لهذا العنصر.

النظير	الوفرة الطبيعية ٪	الكتلة الذرية u.m.a
$^{28}_{14}Si$	92.23	27.97693
$^{29}_{14}Si$	4.67	28.97649
$^{30}_{14}Si$	3.10	29.97376

الجواب:

$$\overline{M}=\frac{X_1M_1+X_2M_2+X_3M_3+...+X_iM_i}{100}$$

$$\overline{M}=\frac{27.97693\times 92.23+28.97649\times 4.67+29.97376\times 3.10}{100}$$

$$\overline{M}=28.0855u.m.a$$

ملاحظة: الكتلة الذرية المتوسطة تساوي تقريبا الكتلة الذرية للنظير الأوفر في الطبيعة.

ج. وحدة الكتل الذرية: قليلا ما يتم استعمال الغرام كوحدة للتعبير عن كتل الذرات أو الجزيئات. و لهذا نعرف وحدة جديدة تدعى وحدة الكتل الذرية و هي $\frac{1}{12}$ **من كتلةذرة واحدة من الكربون 12.**

$$1mol \xrightarrow{\text{contient}} N_A \xrightarrow{pèse} 12g$$
$$1\text{atome} \xrightarrow{pèse} m$$

$$m = \frac{12g \times 1}{6.023.10^{23}} = 1.9924.10^{-23} g$$
$$\Rightarrow 1u.m.a = \frac{1.9924.10^{-23} g}{12}$$
$$\Rightarrow 1u.m.a = 1.66.10^{-24} g$$

ملاحظة: كتلة ذرة واحدة معبر عنها بوحدة الكتل الذرية تساوي عدديا كتلة 1 مول من الذرات معبر عنها بالغرام.

فمثلا بالنسبة لعنصر $^{16}_{8}O$:

- كتلة ذرية: **16** u.m.a (كتلة ذرة واحدة).
- كتلة مولية: **16** g/mol (كتلة 1 مول من الذرات).

7. فصل النظائر: مطياف *Bainbridge* الكتلي: لفصل النظائر استعملت أجهزة مطيافية الكتلة و هي أجهزة تستعمل لفصل الأيونات الموجبة و هذا حسب كتلها المختلفة و ذلك بتعيين النسبة m/q. يستخدم مطياف بانبريدج الكتلي من أجل تحديد نظائر عنصر ما و كتلها.

يتألف مطياف بانبريدج الكتلي من 4 أقسام:

- ✓ غرفة التأين
- ✓ مرشح السرعات
- ✓ المحلل
- ✓ الكاشف

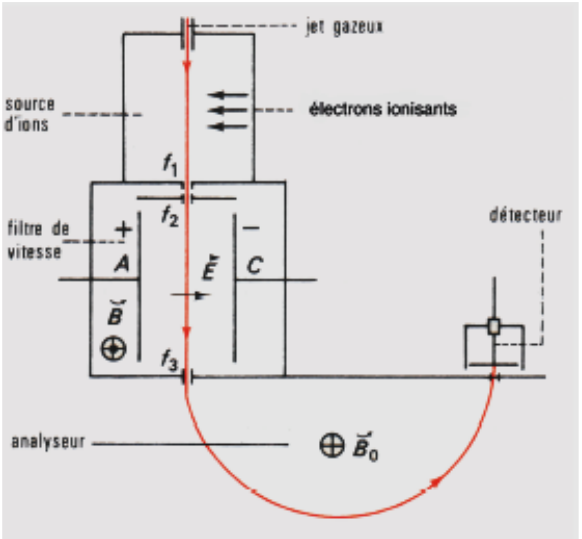


Schéma de principe du spectromètre de BAINBRIDGE

أ. غرفة التأين: *Chambre d'ionisation*

تتأين الذرات أو الجزيئات المارة عبر الفتحة f_1 إلى هذه الغرفة نتيجة اصطدامها بإلكترونات مسرعة لتعطي أيونات موجبة {و كذا الكترونات يتم حجزها}. فنحصل إذن على حزمة أو شعاع من الأيونات الموجبة بحركية غير متجانسة أي أنها تملك سرعات مختلفة.

ب. مرشح السرعات: *Filtre de vitesses*

تستقبل الأيونات ذات السرعات المختلفة من الفتحة f_2 أين تكون خاضعة في نفس الوقت لفعل الحقل الكهربائي $\vec{E}$ و حقل التحريض المغناطيسي $\vec{B}$ المتعامدين فيما بينهما و مع مسار الأيونات. فإذا كانت شحنة الشاردة هي q و سرعتها v فإن القوى المطبقة على هذه الشاردة هي:

- **القوة الكهربائية**: $F_e = q.E$
- **القوة المغناطيسية:** $F_m = q.v.B$

بما أن الفتحات تقع على خط واحد، فلن يمر عبر الفتحة f_3 إلا الأيونات التي يلغى انحرافها الناتج عن الحقل الكهربائي تحت تأثير الحقل المغناطيسي.

أي أنه لا أن تمر عبر الفتحة f_3 إلا الشوارد التي تكون من أجلها القوى المتعاكسة و الناتجة عن الحقلين الكهربائي و المغناطيسي, تكون متساوية:

$$F_e = F_m$$
$$\Rightarrow q.E = q.v.B$$
$$\Rightarrow v = \frac{E}{B}$$

أي جميع الأيونات ستكون لها نفس السرعة عند الخروج من مرشح السرعات.

ج. المحلل: *L'analyseur*

في المحلل، تكون الأيونات (الشوارد) خاضعة لمجال مغناطيسي جديد عمودي في كل لحظة على مماس المسار النصف دائري الذي يرسمه الأيون. بحيث تأثير مجال الحقل المغناطيسي يؤدي لانحراف في مسار الأيون و يجعل المسار نصف دائري نصف قطره R.

في المحلل تكون حركة الأيونات دائرية منتظمة (v=*cte*) و هي خاضعة لقوتين :

- **القوة المغناطيسية:** و التي تعطى بالعلاقة التالية: $F_m = q.v.B_o$
- **القوة الطاردة المركزية**: والتي تعطى بالعلاقة التالية: $F_c = \frac{m.v^2}{R}$

بحيث:

m هي كتلة الأيون وR هو نصف قطر المسار النصف دائري الذي يرسمه الأيون.

عند الاتزان الديناميكي:

$$F_m = F_c$$
$$\Rightarrow q.v.B_o = \frac{m.v^2}{R}$$

حيث يمكننا كتابة:

$$R = \frac{m.v}{q.B_o}$$

و لدينا: $v = \frac{E}{B}$ إذن: $R = \frac{m.E}{q.B_o.B}$

أي:

$$\frac{m}{q} = \frac{R.B_o.B}{E}$$

و لدينا: $R = \frac{D}{2}$ إذن:

$$\frac{m}{q} = \frac{D.B_o.B}{2E}$$

إذا كان $B = B_o$ فإن:

$$\frac{m}{q} = \frac{D.B^2}{2E}$$

و هي العبارة الرياضية التي يمكن من خلالها حساب الكتل الذرية للشوارد المختلفة التي تظهر على لوحة التصوير.

ملاحظة:

- ✓ من أجل نفس الشحنة q: فان كتل الشوارد تتناسب طرديا مع القطرD للمسار الذي ترسمه: كلما كان الأيون ثقيلا، كان مساره أكبر و العكس صحيح:

$$\blacktriangle \; m \Rightarrow D \; \blacktriangle$$

مثلا: $D(^{12}C^{+}) < D(^{13}C^{+}) < D(^{14}C^{+})$

- ✓ من أجل نفس الكتلة m: فان شحن الشوارد تتناسب عكسيا مع القطرD للمسارالذي ترسمه: كلما كانت الشحنة أصغر، كان المسار أكبر و العكس صحيح:

$$\blacktriangleright \; m \Rightarrow D \; \blacktriangleleft$$

مثلا: $D(^{12}C^{++}) < D(^{12}C^{+})$

د. الكاشف: *Le Détecteur*

أبسط كاشف هو اللوح الفوتوغرافي, كما يمكن استعمال عداد متحرك يسمح بإعطاء عدد الأيونات المتجمعة في وحدة الزمن, و هو وسيلة ضرورية من أجل تحديد تركيب النظائر في عنصر ما أي الوفرة الطبيعية للنظائر.

مثال: من أجل عنصر النيون، نلاحظ على طيف الكتلة الناتج ثلاث إشارات مختلفة الشدة بحيث كل إشارة توافق نظير من نظائر النيون $^{20}Ne, ^{21}Ne, ^{22}Ne$ بحيث:

- شدة إشارة النظير ^{20}Ne : $h_1 = 1500$
- شدة إشارة النظير ^{21}Ne : $h_2 = 10$
- شدة إشارة النظير ^{22}Ne : $h_3 = 150$

$$\begin{cases} \%^{20}Ne = \dfrac{1500}{1660} = 90.4\% \\ \%^{21}Ne = \dfrac{10}{1660} = 0.6\% \\ \%^{22}Ne = \dfrac{150}{1660} = 9\% \end{cases}$$

لحساب الكتلة الذرية المتوسطة $\overline{M}$ للنيون لدينا:

$$\overline{M} = \frac{x_1.M_1 + x_2.M_2 + x_3.M_3}{100}$$
$$\Rightarrow \overline{M} = \frac{90.4 \times 20 + 0.6 \times 21 + 9 \times 22}{100}$$
$$\Rightarrow \overline{M} = 20.186 u.m.a$$

<u>ملاحظة:</u>

✓ بمعرفة قطر المسار الذي يرسمه الأيون {البعد بين الفتحة f_3 و نقطة اصطدام الأيون على اللوحة الفوتوغرافية} و كذلك قيمة الشحنة يمكن حساب الكتلة

$$\frac{m}{q} = \frac{D.B_o.B}{2E} \Rightarrow m = \frac{D.B_o.B.q}{2E}$$

✓ من أجل شاردتين لهما نفس الشحنة q وكتلتهما على التوالي m_1 وm_2 يظهران على لوحة التصوير عند نقطتي اصطدام مختلفتين, وبكتابة معادلة الكتل بدلالة الأقطار D_1 و D_2 :

$$\begin{cases} \dfrac{m_2}{q} = \dfrac{D_2.B_o.B}{2E} \quad \ldots\ldots\ldots(1) \\ \dfrac{m_1}{q} = \dfrac{D_1.B_o.B}{2E} \quad \ldots\ldots\ldots(2) \end{cases}$$

ـ بأخذ الفرق بين العلاقتين نجد:

$$\frac{m_2}{q} - \frac{m_1}{q} = \frac{D_2.B_o.B}{2E} - \frac{D_1.B_o.B}{2E}$$
$$\Rightarrow \frac{m_2}{q} - \frac{m_1}{q} = \frac{B_o.B}{2E}(D_2 - D_1)$$
$$\Rightarrow m_2 - m_1 = \frac{B_o.B.q}{2E}(D_2 - D_1)$$
$$\Rightarrow m_2 - m_1 = \frac{B_o.B.q.d}{2E}$$

بحيث: d هي المسافة الفاصلة بين نقطتي اصطدام على لوحة التصوير الفوتوغرافي.

ـ وبأخذ النسبة بين العلاقتين نجد:

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{D_2}{D_1}$$

- **نموذج القطرة السائلة للنواة:**

يتم في هذا النموذج تشبيه النواة بأنها كرة حجمها $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ أي أنها تشبه القطرة السائلة المتكونة من جزيئات متراصة فيما بينها بفضل قوى *Van Der Walls* فيما تكون النيكليونات في النواة مرتبطة فيما بينها بواسطة القوة النووية .

يعطى نصف قطر نواة عنصر ما بالعلاقة التجريبية التالية: $R = R_0 A^{\frac{1}{3}}$

بحيث:

A هو العدد الكتلي.

R_0 هو نصف قطر نواة الهيدروجين. بحيث: $R_0 = 1.3$ fermi$=1.3.10^{-13}$cm

مثال:

1. أحسب نصف القطر التقريبي لنواة ذرة الكوبالت $^{56}_{27}Co$ علما أن نصف قطر نواة الهيدروجين هو: $R_0 = 1.3.10^{-13}$cm، ثم استنتج حجمها بـ: m^3.
2. إذا علمت أن نصف قطر ذرة $^{56}_{27}Co$ يفوق نصف قطر نواتها تقريبا بـ: 10^4 مرة، أحسب الكتلة الحجمية لهذه الذرة و نواتها. ماذا تستنتج؟ يعطى: $m_p = 1.007278$ (u.m.a) , $m_n = 1.008665$, $m_{e^-} = 0.00448$