الفصل الثاني: المكونات الأساسية للمادة

- مقدمة:

حوالي 400 سنة قبل الميلاد اقترح الفلاسفة اليونانيين تعريفا للذرة والذي ينص على أن الذرة جسم صغير جدا لا يمكن رؤيته مستقلا بذاته غير قابل للانقسام يشكل وحدة بناء المادة. مما يجدر ذكره هذا التعريف كان نتاج تأمل و تصور فلسفي فقط أو بمعنى آخر لم يستند للأدلة و الملاحظات التجريبية.

بين عام 1805-1808 نشر الانكليزي جون دالتون أول الفرضيات الحديثة التي تصف وجود و طبيعة الذرة. استند دالتون على الملاحظات و التجارب العلمية التي كانت معروفة آنذاك في صياغة فرضيات نظرية دالتون الذرية. تمتاز هذه الفرضيات بقرب مضمونها من فرضية النظرية الذرية الحديثة لهذا السبب يعتبر العالم الانكليزي جون دالتون أبا أو مؤسسا للنظرية الذرية الحديثة.

فيما يلي ملخصا لفرضيات دالتون:

1- جميع المواد تتكون من جسيمات صغيرة جدا، غير قابلة للانقسام تدعى الذرات.
2- تمتاز ذرات العنصر الواجد بخواص فيزيائية و كيميائية متطابقة وتختلف عن خواص ذرات العناصر الأخرى
3- ذرات العناصر المختلفة يمكنها أن تتحد بأعداد صحيحة بسيطة لتكوين مركبات

علما أن ذرات العناصر المختلفة تفقد معظم خواصها (ما عدا الوزن الذري) عند تكوينها للمركبات.

تركزت نظرية دالتون أساسا على عدم انقسام الذرة و كان لها نجاح في شرح الظواهر الكيميائية المعروفة آنذاك، و في هذا الفصل سوف نأخذ بعين الاعتبار بعض التجارب التي تؤدي إلى إيضاح الطبيعة الكهربائية للذرة لما كانت نظرية دالتون عاجزة عن إيضاح هذه التفسيرات، بدأت هذه التجارب منذ 150عاما و بلغت ذروتها عند اكتشاف الأشعة X و النظائر المشعة، فالتفكك الذاتي و المستمر لذرات العناصر المشعة يعطي باستمرار جسيمات صغيرة جدا و هذا يتعارض مع نظري دالتون الذري التي تقول بأن الذرة لا تتغير.

ولقد دلت سلسلة التجارب على أن الذرة تملك بنية معقدة سوف نحاول التعرف عليها:

1- الإلكترون:

1-1- الطبيعة الكهربائية للمادة:

استطاع العالم فاراداي (Faraday) أن يبين العلاقة الطردية بين كمية الكهرباء المستهلكة و كمية المادة المترسبة أثناء عملية تحليل كهربائي عن طريق التجربة التالية:

عند ادخال صفيحتين معدنيتين داخل محلول ملحي و ضمهما إلى مولد الكهربائي لوحظ ما يلي:

- مرور تيار كهربائي
- ترسب كمية من معدن الملح على الإلكترود السالب، كمية المعدن المترسبة كانت في علاق طردية مع كمية الكهرباء المستهلكة. بينت هذه التجربة أن في المادة دقائق سالبة و موجبة مسؤولة عن توصيل الكهرباء.

2-1- تجربة و.كروكس (Crookes):

أ- التجربة:

طبق فرق الكمون بقيمة 50 KV بين إلكترودين معدنيين موضوعين في نهاية أنبوب زجاجي شفاف (أنبوب كروكس)، ثم وضع داخل هذا الأنبوب كمية من غاز.

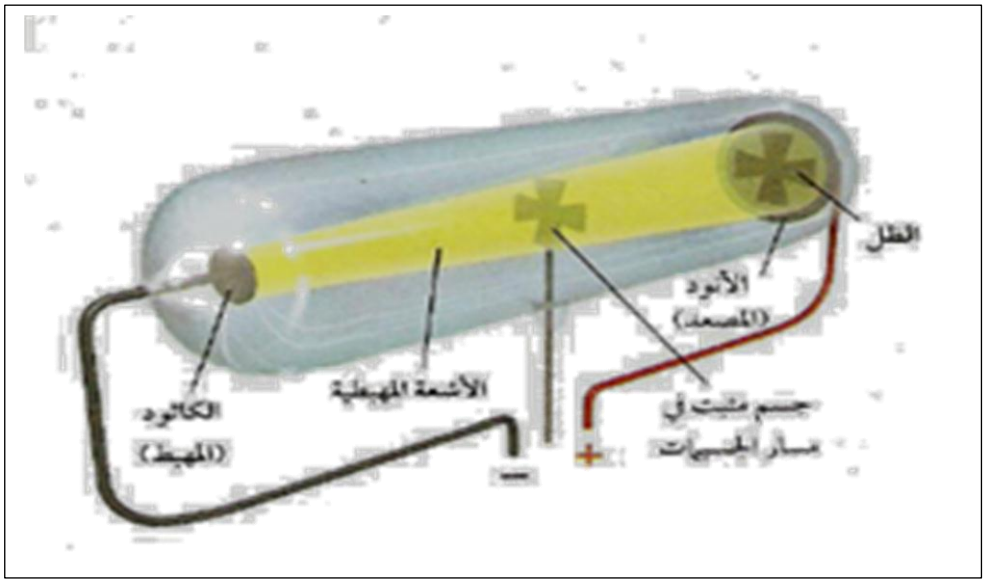
- عند تفريغ هذا الأنبوب من الغاز إلى ضغط قدره 10^{-6} atm لوحظ لمعان داخل الأنبوب حول المهبط.
- عند الإستمرار في تفريغ الأنبوب لوحظ ابتعاد اللمعان عن محيط المهبط و انتشاره في كل الأنبوب إلى أن يصل عن محيط المهبط و انتشاره في كل الأنبوب إلى أن يصل إلى جدرانه.

ب- الاستنتاجات:

- عند فرق كمون كبير و ضغط منخفض داخل الأنبوب، يرسل أحد الإلكترودين دقائق صغيرة يؤدي اصطدامها بجزيئات الغاز إلى حدوث لمعان. اللمعان يزداد انتشاره في بقية الأنبوب عند التخفيض في عدد جزيئات الغاز إلى أن تبدأ هذه الدقائق في الاصطدام مع جدران الأنبوب.

ت- خصائص هذه الدقائق:

- عند وضع حاجز دو شكل هندسي معين بين المهبط و المصعد لوحظ سقوط ظل الحاجز من جهة المصعد فاستنتج انها دقائق تصدر من المهبط و تسير في خطوط مستقيمة و توقفها المادة سميت الأشعة المهبطية.
- عند وضع مروحة بين الإلكترودين لوحظ أن المروحة تدور فاستنتج أن لهذه الدقائق كتلة.
- لوحظ انجذاب هذه الأشعة المهبطية إلى الصفيحة الموجبة داخل مكثفة فتبين أن هذه الدقائق تحمل شحنات سالبة.
- سميت هذه الدقائق الكتلية السالبة من طرف العالم Stony بالإلكترونات. و هذه الدقائق لا تتعلق بنوع المهبط أو الغاز المستعمل يجعلنا نقترح أن جميع المواد تحتوي على جسيمات مماثلة هي الالكترونات.

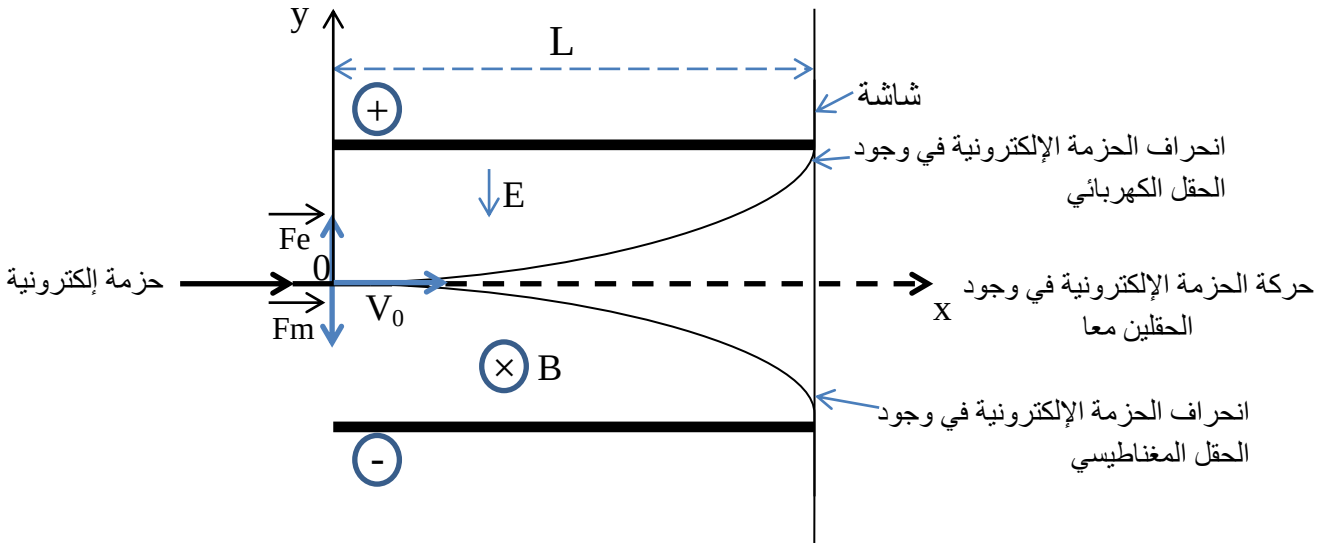


تجربة كروكس

3-1- تعيين النسبة e/m (تجربة *Joseph John Thomson*):

تمكن طومسون من حساب النسبة e/m حيث e شحنة الإلكترون و m كتلته.

الإلكترونات التي تصدر من المهبط تتسارع باتجاه المصعد، فتمر على شكل حزمة الإلكترونية تنحرف هذه الحزمة بفعل الحقلين الكهربائي و المغناطيسي.



- تنحرف حزمة الإلكترونات نحو اللبوس الموجب و ذلك بفعل القوة الكهربائية $\overrightarrow{Fe} = e\vec{E}$ تكون هذه القوة عمودية على إتجاه سرعة الإلكترونات و كما هو معروف من العلاقة الأساسية للديناميك:

$$\sum \vec{F} = m\vec{\gamma}$$

- **اسقاط الحركة على المحور ox:**

القوة المطبقة على الإلكترون في إتجاه المحور **ox** معدومة:

$$F_x = 0 \Rightarrow \gamma_x = 0 \Rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} = 0 \Rightarrow \frac{dx}{dt} = cte$$

$$\frac{dx}{dt} = v \Rightarrow dx = vdt$$

بالتكامل نجد:

$$x = vt + c$$

- عند اللحظة الزمنية $t = 0, \quad x = 0$

و منه:

$$x = vt \ldots\ldots\ldots (1)$$

و هي المعادلة الزمنية لحركة الإلكترون اتجاه المحور ox و تدل على أن الحركة باتجاه ox منتظمة.

اسقاط الحركة على المحور oy:

$$\|\vec{F}\| = m\gamma_y = eE \Rightarrow \gamma_y = \frac{eE}{m} \Rightarrow \frac{dv}{dt} = \frac{eE}{m}$$

- التكامل الأول للتسارع γ_y يعطي السرعة v_y:

$$\Rightarrow v = \frac{eE}{m}t + c$$

عند اللحظة الزمنية $t = 0, \quad y = 0$ و منه:

$$\Rightarrow v_y = \frac{eEt}{m} = \frac{dy}{dt}$$

- أما التكامل الثاني ف يعطي المسافة y:

$$\int dy = \int \frac{eEt}{m}dt \Rightarrow y = \frac{1}{2}\frac{eE}{m}t^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

هذا إذا اعتبرنا أن مبدأ المسافة y هي نقطة دخول الإلكترون في المجال الكهربائي $t = 0 \Rightarrow y = 0$

المعادلة 2 هي المعادلة الزمنية لحركة الإلكترون باتجاه المحور oy، و هي حركة متسارعة بانتظام.

- **معادلة الحركة:**

من المعادلة 1 نستنتج أن $t = \frac{x}{v}$ بالتعويض في المعادلة 2 نجد:

$$y = \frac{1}{2}\frac{eE}{m}\frac{x^2}{v^2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

و هي معادلة قطع ناقص (parabole) تعطي الانحراف y لأي مسافة x التي يقطعها الإلكترون تحت المجال الكهربائي.

عند نهاية الحقل الكهربائي $x = L$ و منه و بالتعويض في المعادلة 3 نجد:

$$y = \frac{1}{2}\frac{eE}{m}\frac{L^2}{v^2} \dots\dots\dots\dots\dots (4)$$

- من هذه العلاقة نلاحظ:

1- كلما ازدادت شدة المجال الكهربائي كلما ازداد الانحراف.

2- كلما ازداد طول صفيحتي المكثفة كلما ازداد الانحراف.

3- كلما ازدادت سرعة الإلكترون كلما قل الانحراف.

4- الانحراف يتناسب طردا مع الشحنة و عكسا مع الكتلة.

يمكن تلخيص ذلك كما يلي:

- إن الانحراف المقاس يتناسب مع ثوابت متعلقة بالجهاز (E, L) نستطيع قياسها بسهولة.
- أما السرعة فيمكن قياسها من تطبيق حقل مغناطيسي ملائم عمودي على الحقل الكهربائي بحيث:

إذا تساوت شدتي القوتين $F_e = F_m$ يمكن كتابة:

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

بالتعويض في المعادلة 4 نجد:

$$\frac{e}{m} = \frac{2y}{L^2}\frac{E}{B^2} \dots\dots\dots\dots\dots (5)$$

و بما أن $E = \frac{U}{d}$ حيث: U فرق الكمون و d المسافة بين الصفيحتين فإن:

$$\frac{e}{m} = \frac{2y}{L^2}\frac{U}{d}\frac{1}{B^2}$$

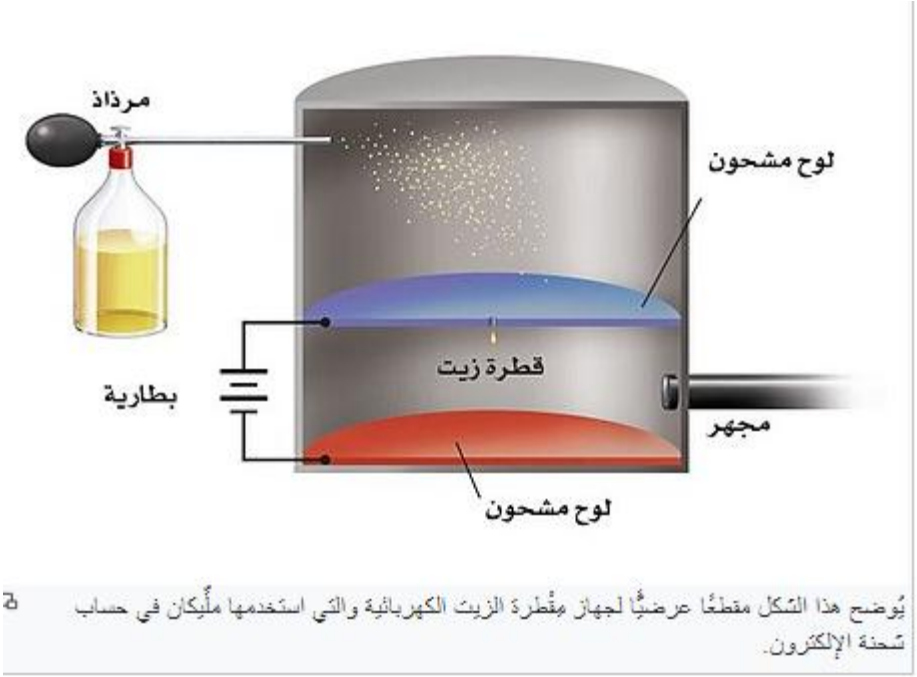
بإجراء تطبيق عددي لكل القيم المتحصل عليها تجريبيا نحسب قيمة النسبة $\frac{e}{m}$ حيث نجد:

$$\frac{e}{m} = 1{,}759.10^{11}\ coulomb/Kg$$

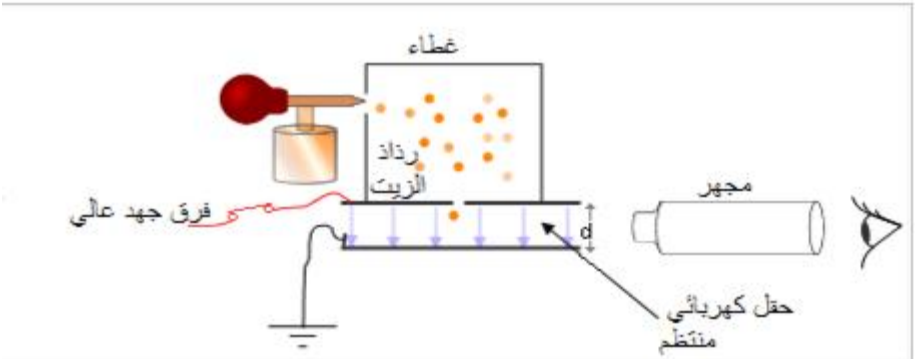
4-1- تجربة ميليكان (*MilliKan*):

تهدف تجربة ميليكان إلى تحديد شحنة الالكترونات.

استعمل ميليكان الجهاز الموضح في الشكل الموالي لتحديد الشحنة الكهربائية للإلكترون:



يُوضح هذا الشكل مقطعًا عرضيًّا لجهاز مِقْطرة الزيت الكهربائية والتي استخدمها مِلِّيكان في حساب شحنة الإلكترون.



رسم توضيحي لتجربة قطرة الزيت لميليكان.

- في البداية، يقوم المرذاذ (البخاخ) برش أو ضخ قطرات صغيرة من الزيت داخل الغرفة، ونتيجة لهذا تتمكن بعض قطرات الزيت من عبور الفتحة الصغيرة التي تفصل **الغرفة العلوية** عن **السفلية**.
- ترك ميليكان قطرات الزيت التي نزلت إلى الغرفة السفلية تتحرك نحو الأسفل بتأثير جاذبيتها، لكنها توقفت بعد مدة قصيرة لأنها وصلت إلى سرعتها الحدية، مما أجبرها على التوقف.. عندها، تمكن ميليكان من حساب كتلة كل قطرة زيت.

كيف حسبها؟

تمكن ميليكان من حساب السرعة الحدية، ومنها حسب كتلة كل قطرة زيت، وذلك باستعمال صيغة معادلات عالية المستوى.

- بعدما حدد ميليكان كتلة قطرات الزيت المعلقة في الغرفة السفلية، قام بشحنها، وذلك بتعريضها لأشعة إكس (X)، وهذا يعني أن هواء الغرفة ذاته سيتأين، وتأينه يعني أن تفقد جزيئات الهواء

إليكترونات، مما يشجع جزيئات قطرات الزيت المعلقة على "قبض " إليكترونات إضافية، فتصبح سالبة الشحنة.

- قام ميليكان بتوصيل لوحي جهازه، العلوي والسفلي، ببطارية ، وهذا يعني وجود فرق جهد بين اللوحين العلوي والسفلي.

يؤثر المجال كهربائي المتولد بين اللوحين على قطرات الزيت المشحونة والمعلقة في هواء الغرفة السفلية.

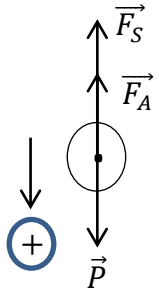
وحيث أن قطرات الزيت مشحونة بشحنة سالبة، فهذا يعني أنها ستسير "بعكس" إتجاه المجال الكهربائي المتولد.

قام ميليكان بتوصيل اللوح العلوي بطرف البطارية الموجب والسفلي بطرفها السالب؛ وذلك كي يتولد مجال يجبر الإليكترون السالب على الحركة إلى الأعلى..

- حتى نفهم ما يحدث بالضبط، دعونا نتابع حركة قطرة زيت واحدة..

•تسقط القطرة بسرعة بتأثير الجاذبية الأرضية، لكن، بسرعة أيضا تتوقف عن السقوط لأن مقاومة الهواء تزداد بزيادة السرعة، فتصل إلى سرعتها الحدية، وتصبح معلقة (ومن البديهي أن السرعة الحدية ستختلف من قطرة لأخرى حسب كتلتها)..

هناك ثلاث قوى رئيسية تؤثر في قطرة الزيت ، قوة الجاذبية نحو الأسفل (قوة الثقل)، وقوة ستوكس (قوة مقاومة الهواء)، و قوة دافعة ارخميدس (غالبا مل تكون مهملة).



- بما أن قطرة الزيت تبلغ سرعتها الحدية فإن التسارع يكون معدوما و منه:

$$F_S + F_A = P$$

$$F_S = 6\pi r\tau v, \quad F_A = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_{air} g, \quad P = mg = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_h g$$

حيث:

F_S: قوة ستوكس.

F_A: قوة دافعة أرخميدس.

ρ_h : الكتلة الحجمية للزيت.

m: كتلة قطيرة الزيت.

g: تسارع الجادبية.

ρ_{air}: الكتلة الحجمية للهواء.

v: سرعة الهواء.

τ: معامل لزوجة الهواء.

r: نصف قطر القطيرة.

$$F_S + F_A = P \Rightarrow 6\pi r\tau v_0 + \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_{air} g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_h g$$

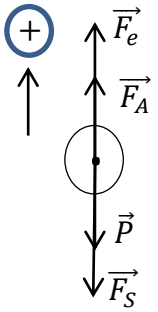
$$\Rightarrow v_0 = \frac{2r^2 g(\rho_h - \rho_{air})}{9\tau}$$

•جزيئات الزيت متعادلة بالطبع، لذا قام ميليكان بتعريض الغرفة لأشعة إكس (X).

•أشعة إكس أينت الهواء ففقد بعض إليكتروناته، مما حفز الجزئيات المتعادلة على اكتسابها، فأصبحت سالبة الشحنة.

•بعد شحن الغرفة ووجود فرق جهد، سيتولد مجال كهربائي يؤثر على قطرات الزيت، إتجاه المجال الكهربائي من الأعلى إلى الأسفل، ولأن قطرات الزيت سالبة، تحركت "عكس" المجال : من الأسفل إلى الأعلى .

في هذه الحالة هناك أربع قوى رئيسية تؤثر في قطرة الزيت وهي قوة الثقل، والقوة الكهربائية إلى الأعلى، قوة ستوكس، دافعة أرخميدس.



F_e : القوة الكهربائية حيث: $F_e = qE$.

q: مقدار الشحنة الكهربائية

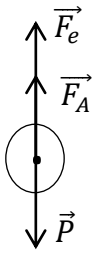
E: مقدار المجال الكهربائي

$$F_e + F_A = P + F_S \Rightarrow qE + \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_{air} g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_h g + 6\pi r\tau v$$

$$\Rightarrow q = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3 g(\rho_h - \rho_{air}) + 6\pi r\tau v}{E}$$

•ستتحرك قطرة الزيت نحو الأعلى حتى تتساوى قوة الجاذبية مع القوة التي يؤثر فيها المجال الكهربائي، وهنا ستتوقف لحظيا وتبقى معلقة ثابتة. في هذه الحالة ثلاث قوى تؤثر في قطرة الزيت (قوة ستوكس هنا تكون معدومة) وهي، قوة الثقل، والقوة الكهربائية إلى الأعلى و دافعة أرخميدس.

$$F_e + F_A = P \Rightarrow qE' + \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_{air} g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_h g$$



$$\Rightarrow q = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3 g(\rho_h - \rho_{air})}{E'}$$

بعض القطرات الزيتية أكبر من غيرها، وهذا يعني أن لها القدرة على القبض على أكثر من إليكترون واحد، وهذا يعني أنها تحتاج إلى مجال كهربائي "أقوى " لإيقافها عن الحركة.
وهكذا، قام ميليكان بتغيير مقدار المجال الكهربائي لإيقاف جزيئات الزيت، وحساب الشحنة في كل حالة استنادا إلى القانون السابق.
وأيضا، قام ميليكان بتغيير قوة أشعة إكس المؤينة للهواء، وهذا يعني تغيير عدد الإليكترونات التي سيقبض عليها..
قام ميليكان وفريقه بدراسة حركة، آلاف من قطرات الزيت المشحونة، وتكرار الخطوات جميعها من حساب كتلة كل قطرة وحساب سرعتها الحدية، ثم تغيير المجال وحساب شدته للتوصل إلى مقدار الشحنة التي تحملها كل قطرة زيت..

لاحظ ميليكان، بعد دراسة البيانات التي تم التوصل إليها، أن قيمة الشحنة المحددة هي دائما أضعاف تامة للقيمة e التي اعتبرها أصغر شحنة كهربائي تحملها القطيرة وهي -الشحنة العنصرية- قيمتها:

$$|e| = 1{,}602.10^{-19}C$$

- **<u>كتلة الإلكترون:</u>**

الإلكترون هو دقيقة متناهية في الصغر ذات شحنة سالبة، حدد ميليكان شحنتها وهي الشحنة العنصرية و تساوي:

$$|e| = 1{,}602.10^{-19}C$$

و حدد *J.J. Thomson* نسبة الشحنة على الكتلة

$$\frac{e}{m} = 1{,}759.10^{11}\ coulomb/Kg$$

m هي كتلة الالكترو ن و e شحنته، نستطيع حساب كتلة الإلكترون كالآتي:

$$e \Big/ \frac{e}{m} = m = \frac{1{,}602.10^{-19}C}{1{,}759.10^{8}C/g} = 9{,}108.10^{-28}g$$

$$m_e = 9{,}108.10^{-28}g = 9{,}1.10^{-31}Kg$$

2- البروتون:

2-1- تجربة Golstein:

بما أن المادة متعادلة كهربائيا و بما أن الإلكترونات المشحونة سلبيا هي جزء من هذه المادة لذلك فإنه يجب أن توجد أيضا جسيمات مشحونة إيجابا في جميع المواد و هذا ما أثبته العالم غولدشتاين Golstein عام 1886.

2-2- تجربة ردرفورد *Rutherford*:

عندما قذف العالم الإنجليزي *Rutherford* النتروجين بأشعة α المتسرعة جدا، لاحظ أن جسيمة واحدة من 10000جسيمة نيتروجين تتحول إلى نواة أكسجين مع ظهور جسيمة مشحونة إيجابا لا تختلف عن نواة الهيدروجين و قد سميت بروتون (H^+)، و تمت تجارب أخرى على عناصر مثل البور، الفلور و حصل *Rutherford* في كل مرة على جسيمات من نفس النوع أطلق عليها إسم بروتونات.

و لقد وجد أن شحنة البروتون موجبة و هي تساوي بالقيمة المطلقة شحنة الإلكترون

$$q_p = +e = 1{,}602\,.\,10^{-19}C$$

و كتلة البروتون تكبر كتلة الإلكترون بـ 1836 مرة

$$m_p = 1{,}672\,.\,10^{-27}C$$

3- النيترون:

- **تجربة شادويك(Chadwick):**

لقد تم اكتشاف النترونات عام 1932 على يد العالم الإنجليزي شادويك و ذلك عندما اصطدمت ذرات البيريليوم (Be) بدقائق α السريعة الحركة، فانطلقت جسيمات غير مشحونة سماها النترونات، هذه الجسيمات لا تتأثر بالمجال الكهربائي و لا بالمجال المغناطيسي مما يشير إلى أنها جسيمات معتدلة كهربائيا.

إن كتلة النيترون تكبر كتلة البروتون بـ 1839مرة.

$$m_n = 1{,}674\,.\,10^{-27}C$$

4- النمادج المختلفة لبنية الذرة:

4-1- نموذج طومسون (*Thomson*) للذرة:

في عام 1904 اقترح الفيزيائي الانجليزي طومسون نموذجا للذرة

حيث تصورها عل شكل كرة تحمل شحنة موجبة و تنتشر على سطح هذه

الكرة الإلكترونات ذات الحجم الصغير بالمقارنة مع حجم الكرة.

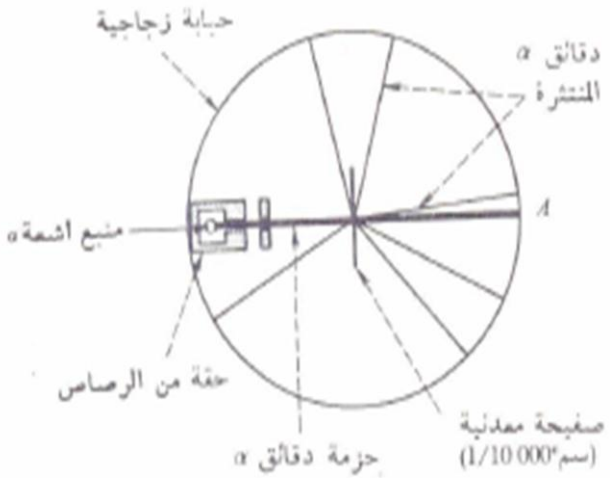
2-4- نموذج رذرفورد (*Rutherford*) للذرة:

في سنة 1909 قام العالم *Rutherford* و هو أحد تلاميذ *J.J.Thomson* بمحاولة اثبات نموذج معلمه تجريبيا: حيث قام خلال تجربة بقذف صفيحة معدنية رقيقة (رصاص، ذهب، بلاتين) بجسيمات α المشحونة إيجابا (نواة الهيليوم (He^{2+}) الناتجة من التفكك الإشعاعي لعنصر الراديوم ($^{226}_{86}Ra$) المشع فلاحظ:

1- أن الصفيحة المعدنية لم تتلف (لم تتغير في طبيعتها و كتلتها)

2- أن 99,99 % من الجسيمات α تخترق الصفيحة المعدنية بدون انحراف عن مسارها.

3- عدد ضئيل جدا من هذه الجسيمات ينحرف بزاوية 180° (يرتد نحو الخلف)



- **الإستنتاجات:**

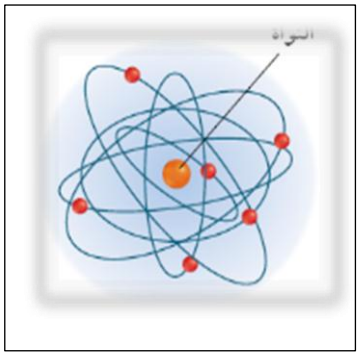
1- أغلبية الذرة فراغ.

2- أغلبية كتلة الذرة متمركزة في فضاء جد صغير.

3- النواة تحمل كل الشحنات الموجبة في الذرة.

4- انحراف و ارتداد الجسيمات ناتج عن قوى تنافر كهربائية.

على أساس النتائج السابقة وضع *Rutherford* عام 1911 نموذج ذري جديد مخالفا لنموذج طومسون، حيث بين بأن الذرة تحتوي على نواة موجبة الشحنة تتمركز بها معظم الكتلة (كتلة الذرة) و يدور حولها عدد محدد من الإلكترونات السالبة يجعل الذرة متعادلة كهربائيا، كدوران الكواكب حول الشمس فسمى هذا النموذج بالنموذج الكواكبي للذرة.



- **فرضيات نموذج *Rutherford*:**

- النواة ذات الشحنة الموجبة تكون في وسط الذرة.
- التعادل الكهربائي محقق بالشحنة السالبة للإلكترونات.

- ثبات الذرة يعود إلى تعادل قوة التجاذب بين الإلكترونات

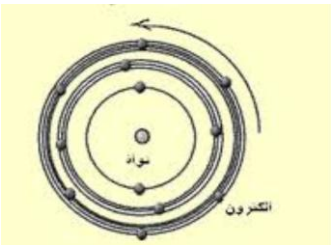
و النواة مع القوة الطاردة التي تظهر بسبب دوران الإلكترون حول النواة.

- **مشاكل نموذج *Rutherford*:**

إن مبادئ النظرية الكهرومغناطيسية المعروفة في ذلك العهد تثبت أن حركة كل شحنة كهربائية داخل مجال كهربائي تسبب انبعاث اشعاعات كهرومغناطيسية فتنخفض طاقة هذه الشحنة مما يؤدي إلى تباطؤ سرعة دورانها حول النواة و لا يتوقف انبعاث هذه الإشعاعات إلا بسقوط الإلكترون على النواة و تدمير المادة.

3-4- نمودج بور (*Bohr Niels*) للذرة:

لقد أدخل العالم الدانماركي *Bohr Niels* مفاهيم نظرية الكم إلى النموذج النووي للذرة و استطاع أن يفسر الطيف الخطي للذرات و ذلك من خلال النظرية الجديدة في بنية ذرة الهيدروجين التي اقترحها عام 1913 لقد اعتبر بور أن الالكترونات تور حول النواة في مدارات معينة و ثابتة تحقق الشروط التي تمليها نظرية الكم، و عندما يتحرك الإلكترون في أحد مداراته الثابتة الممكنة فإنه لا يشع طاقة أبدا.



نموذج بور للذرة

5- الكتابة الرمزية للذرة:

لتكن الذرة X يرمز لهذه الذرة بالرمز ${}^{A}X$ حيث:

Z هو العدد الشحني أو العدد الذري للذرة و يمثل عدد البروتونات الموجودة في نواة الذرة.

A هو العدد الكتلي و يمثل عدد البروتونات + عدد النيترونات في نواة العنصر.

$$A=Z+N$$

و هو العدد التام الأقرب إلى الكتلة الذرية للعنصر

أمثلة:

العنصر	الفلور	الكربون	الألمينيوم	المنغنيزيوم
${}^{A}_{Z}X$	${}^{19}_{9}F$	${}^{12}_{6}C$	${}^{27}_{13}Al$	${}^{55}_{25}Mn$
عدد البروتونات Z	9	6	13	25
عدد النترونات N=A-Z	10	6	14	30

6- النظائر

أ - تعريف

يمكن أن تتمتع الذرات بالعدد الذري Z نفسه و تختلف في العدد الكتلي A فيقال بأنها نظائرللعنصر نفسه.
تحتوي نواة النظائر على عدد مختلف من النترونات.

للنظائر خواص فيزيائية و كيميائية متقاربة جدا ,هناك عدد كبير من العناصر في الحالة الطبيعية على شكل خليط من النظائر.

مثال: بعض النظائر الطبيعية

جدول- 1-:

العنصر	العدد الكتلي A	النسبة المئوية للوفرة الطبيعية %
الليثيوم ${}^{A}_{3}Li$	6 7	7.52 92.48
الأكسيجين ${}^{A}_{8}O$	16 17 18	99.759 0.037 0.204
الكلور ${}^{A}_{17}Cl$	35 37	75.4 24.6

- تشغل نظائر العنصر المكان نفسه في التصنيف الدوري والنظير الأكثر نسبي في الطبيعة هو الممثل في الجدول الدوري.

لقد برهنت مطيافية الكتلة على أن اغلب العناصر الطبيعية مؤلفة من خليط من النظائر.
من الجدول -1- نستنتج أن النظائر الممثلة في الجدول الدوري هي:. ${}^{35}_{17}Cl$, ${}^{16}_{8}O$, ${}^{7}_{3}Li$

ب-الكتلة الوسطية للنظائر

ليكن عنصر y لديه نظيرين y_1 و y_2 و لتكن الكتل الذرية A_1 و A_2 و النسب المئوية G_1 و G_2 للنظيرين.

الكتلة الوسطية A تحسب كما يلي : $A=\frac{A_1G_1}{100}+\frac{A_2G_2}{100} avec G_1+G_2=100$

ملاحظة: ان تفرقة النظائر و حساب كتلها تتم عن طريق استعمال مطياف الكتلة.

مثال: عنصر المغنيزيوم يوجد في الحالة الطبيعية على شكل خليط من 3 نظائر

${}^{24}_{12}Mg$, ${}^{25}_{12}Mg$, ${}^{26}_{12}Mg$

ذات نسب مئوية على الترتيب:

78,6 و 10,11 و 11,29

الكتلة الذرية الحقيقية هي:

23,989045g ;24,985840g ; 25,982591g

الكتلة الوسطية لذرة المغنيزيوم هي:

$$A_{Mg} = \frac{23,985045 \quad x78,6 + 24,985840 \quad x10,11 + 25,982591 \quad x11,29}{100}$$

$$A_{Mg} = 24,312 \ g$$

ب- فصل النظائر و تحديد الكتل الذرية بواسطة المطياف الكتلي:

الخصائص الكيميائية لنظائر العنصر الواحد متماثلة لا يمكن فصلها بالطرق الكيميائية الكلاسيكية لهذا اعتمد على الطرق الفيزيائية و هذه الطرق تعتمد أساسا على اختلاف النظائر في الكتلة، فمطيافية الكتلة هي جهاز يسمح بـ:

1- فصل مختلف الشوارد بتطبيق حقل كهربائي و حقل مغناطيسي

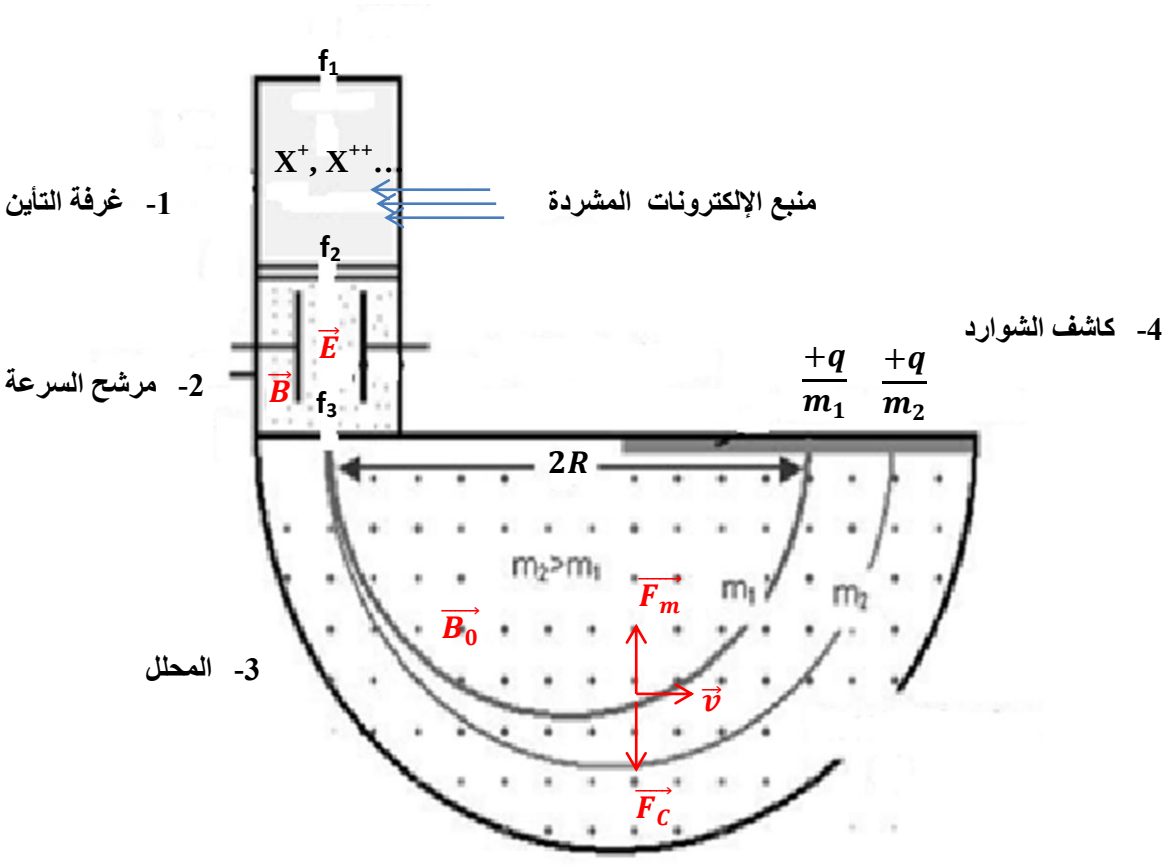
2- قياس النسبة e/m لأيون معين

3- تحديد مكونات الخليط النظائري بالنسب المئوية

من بين أنواع المطاييف:

- **مطياف بامبريدج Bainbridge:**

جهاز يتجلى دوره في فرز أيونات لها نفس الشحنة الكهربائية وكتلها مختلفة باستعمال مجال كهربائي ومجال مغناطيسي، مما يمكن من قياس كتل أيونات لها نفس الشحنة.



- **في غرفة التأين:** تتأين جزيئات الغاز من طرف الإلكترونات
- تبلغ الشوارد المتحركة بسرعات مختلفة **مرشح السرعة**، تخضع الشوارد إلى حقل كهربائي و آخر مغناطيسي متعامدان فيما بينهما.

إذا كانت v سرعة الشاردة و q شحنتها هذه الشاردة تكون القوة المطبقة على هذه الشاردة هي:

$\overrightarrow{F_e} = q\vec{E}$ من ةأجل القوة الكهربائية.

$\overrightarrow{F_m} = q.\vec{v}\wedge\vec{B}$ من ةأجل القوة المغناطيسية.

حتى تجتاز الشاردة الشق f_3 يجب أن تكون $\left|\overrightarrow{F_e}\right| = \left|\overrightarrow{F_m}\right|$

$$\left|\overrightarrow{F_e}\right| = q.E, \qquad \left|\overrightarrow{F_m}\right| = q.v.B$$

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

- **في المحلل:** تخضع الشاردة ذات الكتلة m إلى حقل مغناطيسي جديد B_0 عمودي على مسار هذه الأيونات مما يجعل هذه الأيونات تسير داخل المحلل وفق مسارات دائرية نصف قطرها R.

اذن داخل المحلل قوتان تؤثران على الأيون:

- القوة المغناطيسية $\overrightarrow{F_m}$ المتجهة نحو الأسفل
- القوة الطاردة المركزية $\overrightarrow{F_C}$

$$\left|\overrightarrow{F_m}\right| = \left|\overrightarrow{F_C}\right|$$

$$q.v.B_0 = m\gamma = m\frac{v^2}{R} \Rightarrow q.B_0 = m\frac{v}{R} \Rightarrow \frac{q}{m} = \frac{v}{B_0.R}$$

بما أن:

$$v = \frac{E}{B}$$

فإن:

$$\Rightarrow \frac{q}{m} = \frac{E}{B.B_0.R}$$

$$D = 2\mathrm{R} \Rightarrow \frac{q}{m} = \frac{2E}{B.B_0.D}$$

مثال تطبيقي:

استعمل مطياف بامبريدج لفصل نظيرين من الآزوت $^{15}\mathrm{N}, ^{14}\mathrm{N}$

لنفرض أن الأيونين المتكونين هما $^{15}\mathrm{N}^{+}$ و $^{14}\mathrm{N}^{+}$ فقط.

سرعة خروجهما من مرشح السرعة هي $v = 4.10^5 m/s$ و قيمة الحقل المغناطيسي المطبق في المحلل $B = 0.2$ Tesla باعتبار كتلة $^{14}\mathrm{N}$ (14 uma) و $^{15}\mathrm{N}$ (15 uma)

- أحسب البعد بين نقطتي التماس للأيونين.

الحل:

$$F_m = F_C$$

$$\mathrm{q.v.B} = \mathrm{m}\gamma = \mathrm{m}\frac{v^2}{R} \Rightarrow \mathrm{q.B} = \mathrm{m}\frac{v}{R}$$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{m_1 v}{qB}, \quad R_2 = \frac{m_2 v}{qB}$$

بما أن:

$$D_2 - D_1 = \mathrm{d}, \qquad \mathrm{D} = 2\mathrm{R}$$

$$\Rightarrow D_1 = \frac{2m_1 v}{qB}, \qquad D_2 = \frac{2m_2 v}{qB}$$

$$D_2 - D_1 = \frac{2v}{qBN}(M_2 - M_1) = \frac{2v}{qB}(m_2 - m)$$

$$D_2 - D_1 = \frac{2 \times 4 \times 10^5}{1{,}6 \times 10^{-19} \times 0{,}2}(15 \times 1{,}66 \times 10^{-27} - 14 \times 1{,}66 \times 10^{-27})$$

$$\mathrm{d} = 4{,}15 \times 10^{-2}\, m$$

7- التكافؤ كتلة- طاقة:

إن كتلة النواة أقل من مجموع كتل البروتونات والنترونات التي تكونها والفارق بينها هو.

النقص في الكتلة.

إن تكوين النواة بدأ من مكوناته المختلفة يرافقه امتصاص هام جدا للطاقة هذه الطاقة معطاة.

من طرف مكونات النواة على شكل كسر ضئيل في الكتلة Δm تتحول إلى طاقة ارتباط النواة حسب مبدأ تكافؤ كتلة – طاقة لأينشتاين (Einstein)

$$\Delta E = \Delta m C^2 \ , \quad \Delta m(kg), \ \Delta E(J)$$

حيث سرعة الضوء $C = 3.10^8 m/s$

مثال:

ذرة الليثيوم ^7_3Li تتشكل من 3 بروتونات و 4 نترونات.

كتلة الدقائق $7.05645\ u.m.a = 1.00866x4 + 1.00727x3$

كتلة النواة = 7,01601 u.m.a

النقص في الكتلة: Δm= 7,05645-7,01601= 0,04044 u.m.a

u.m.a : هي وحدة الكتل الذرية

$$1 \text{ u.m.a} = 1.66.10^{-27}\ kg$$

$$\Delta E = \Delta m C^2$$

$$\Delta E = 0{,}04044.\ 1{,}66.10^{-27}.(3.108)^2$$

$$\Delta E = 0{,}6041.10^{-11} \text{ J}$$

ولمول من النوى:

$$\Delta E = 0{,}6041.10^{-11}\ .6{,}023.10^{23}$$

$$\Delta E = 3{,}638.10^{12} \text{J}$$

هي طاقة تماسك النكليونات داخل النواة (هذه الطاقة تكون مسؤولة عن ترابط مكونات النواة أي طاقة الربط النووي).

- **وحدات الطاقة:**

- **الالكترون فولط:**

هو الطاقة الحركية التي يكتسبها الالكترون الخاضع إلى فرق في الكمون 1 فولط.

1 الكترون فولط = شحنة الالكترون × 1 فولط

$$1eV = 1{,}6.10^{-19} C \times 1\ V$$

$$1eV = 1{,}6.10^{-19}\ J$$

مضاعفات الالكترون فولط:

$$1MeV = 10^6\ eV$$

$$1GeV = 10^9\ eV$$

- **الحريرة (calorie):**

$$1\text{cal} = 4{,}18\ J$$

$$1\text{J} = 10^7\ erg$$

8- استقرار النوى و طاقة الربط الوسطي:

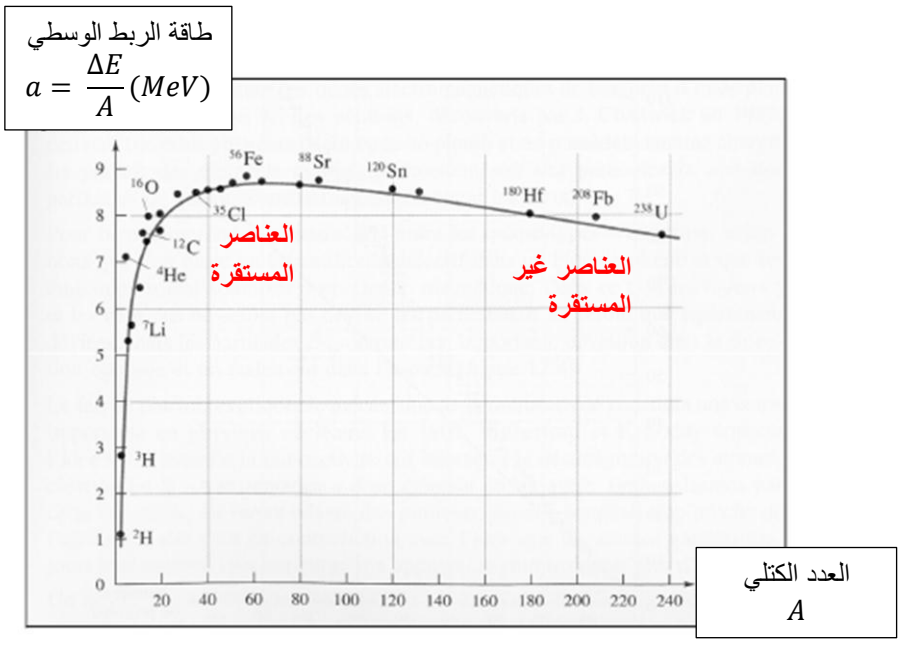
نعلم أن النواة في الذرة تتألف من عدد A من النكليونات حيث:

(A) نكليون = (Z) بروتون + (N) نترون

إذا قسمت طاقة الربط الكلية على عدد النكليونات نحصل على طاقة الربط الوسطي للنكليون الواحد أي:

$$a = \frac{\Delta E}{A}$$

برسم المنحنى الذي يعطي طاقة الربط الوسطي بدلالة العدد الكتلي A نحصل على مجال وجود العناصر المستقرة و مجال العناصر غير المستقرة (المشعة).



تكون النواة أكثر استقرار كلما زادت قيمة طاقة الربط لكل نكليون.