

**الفصل الثاني:**

**مكونات الذرة**

**Composition of the  
Atom**

تتكون المادة من دقائق صغيرة جدا تسمى الذرات. تعتبر الذرة أصغر جزء من العنصر الكيميائي يمكن الوصول إليه والذي يحتفظ بالخصائص الكيميائية لذلك العنصر. حيث تختلف ذرات العناصر في كتلتها وتركيبها. تجربة فاراداي: توصل فاراداي إلى أن الذرات تحتوي على جسيمات مكهربة تدعى إلكترونات وقام بتجارب تحليل أملاح إلا أنه لم يضع أي نموذج ذري.

## I. مكونات الذرة constituents of the atom

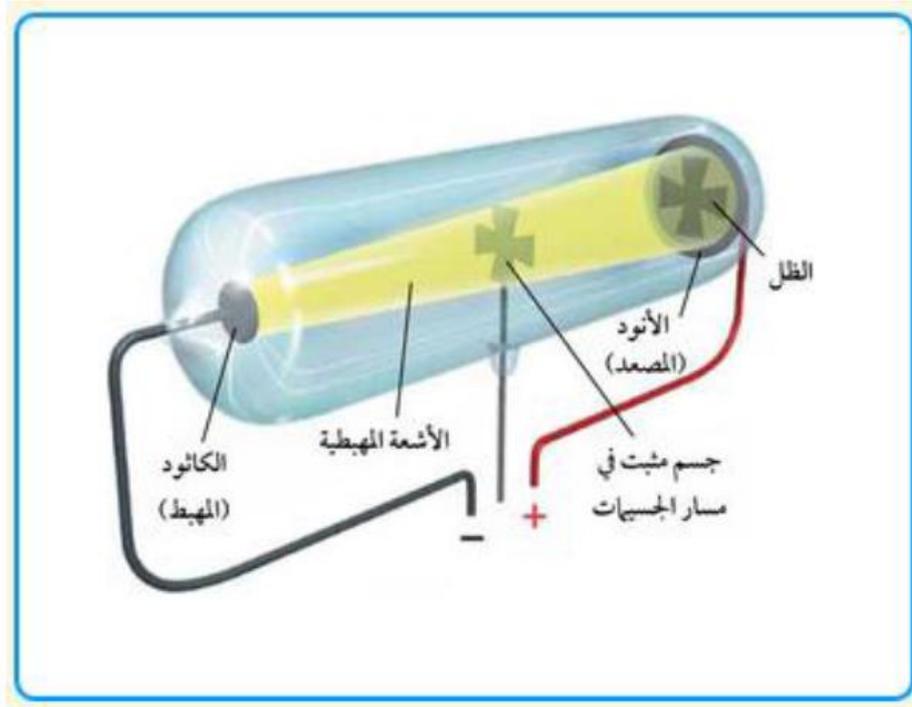
في عام 1808 قدم دالتون النظرية الذرية الأولى التي تنص على أن الذرة هي جسيم صغير غير قابل للتجزئة. وبعد ذلك وجد أن هذا الجسيم يتكون من نواة تحتوي على نويات (بروتونات ونيوترونات) وإلكترونات تنجذب حول النواة.

### 1.1. الإلكترون electron

أول جسيم دون ذري هو الإلكترون، الذي يضمن من خلال شحنته السالبة، الإتزان الكهربائي للذرة.

### 1.1. I. تجربة كروكس (1897) W. Crookes experience

أنبوب كروكس هو تجربة كهربائية قديمة باستخدام أنبوب تفريغ مُفَرَّغ جزئياً أجراها الفيزيائي الإنجليزي وليام كروكس ومساعدوه بين عامي 1869-1875 م، اكتشف خلالها وجود الأشعة المهبطية (فيض من الإلكترونات). حيث من خلالها أعطى البرهان على وجود الإلكترونات. من خلال تجربة قابلية النقل الكهربائي باستعمال الغازات. تعتبر الغازات عازلة في الظروف العادية ولكن عندما نعرضها لضغط منخفض ( $P < 10\text{mmHg}$ ) وتوتر مرتفع ( $U = 10^4 \text{ V}$ ) تنهار مقاومتها وتصبح ناقلة للتيار الكهربائي وتصدر الأشعة تسمى أشعة المهبطية. حسب التجربة عند وضع كمية من غاز داخل أنبوب زجاجي شفاف بين قطبين مضمومين إلى مولد كهربائي فنلاحظ لمعان داخل الأنبوب حول المهبط. عند تخفيض أكثر للضغط داخل الأنبوب نلاحظ ابتعاد اللمعان عن محيط المهبط وانتشاره في كل الأنبوب إلى جدران الأنبوب.

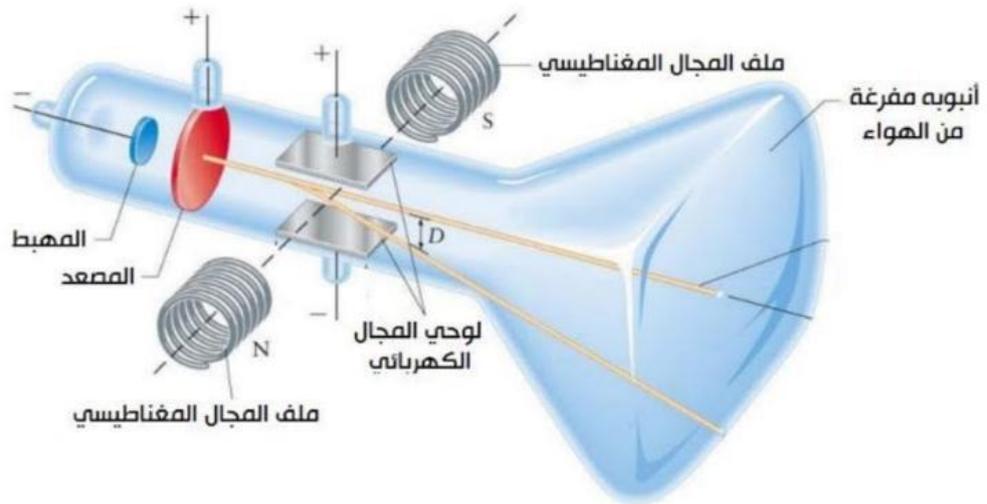


عند تحقيق التجربة المبينة في الشكل السابق إكتشف كروكس أنه يصدر من المهبط أشعة سميت أشعة مهبطية.

- يصطدم هذا الاشعاع مع جزيئات او ذرات الغاز فيؤينها مما يجعلها ناقلة للكهرباء.
- وضع كروكس قطعة معدنية امام الاشعة المهبطية فلاحظ تشكيل خيال هذه القطعة على الشاشة (الحاجز المقابل) وهذا ما جعله يبين ان الاشعة تنتشر في خطوط مستقيمة.
- عند وضع مروحة بين القطبين لوحظ أن المروحة تدور فاستنتج أن لهذه الدقائق كتلة.
- وضع كروكس لبوسي مكثفة مشحونة امام الاشعة فلاحظ إنحراف الاشعة نحو اللبوس الموجب للمكثفة؛ فاستنتج ان الاشعة تحمل شحنة سالبة.

### I . 2.1 . تجربة طومسون (1895) J.J. Thomson experience لتعيين النسبة e/m

قام العالم ج ج طومسون في مختبر كافندش في كامبردج ببريطانيا بإجراء تجربة تمكن فيها من قياس النسبة بين شحنة الإلكترون وكتلته، حيث اعتمد في ذلك على قياس انحراف الاشعة المهبطية (الإلكترون) في وسط فيه مجال كهربي شدته  $\vec{E}$  ومجال مغناطيسي شدته  $\vec{B}$  حسب الشكل التالي :



### 1. تأثير المجال الكهربائي E Electric Field Effect

نعلم إن المجال الكهربائي يؤثر على الشحنة الكهربائية بقوة كهربائية تعطى بالعلاقة

$$\vec{F}_e = e \vec{E} \dots \dots \dots (1)$$

e: الشحنة الكهربائية

Fe: القوة الكهربائية.

وعليه إذا وضعت شحنة كهربائية في مجال كهربائي فإنها سوف تتحرك في اتجاه المجال إذا كانت شحنتها موجبة وتتحرك في عكس اتجاه المجال إذا كانت شحنتها سالبة. حيث وجد طومسون ان الأشعة تنحرف عكس إتجاه المجال الكهربائي: فهي ذات شحنة سالبة.

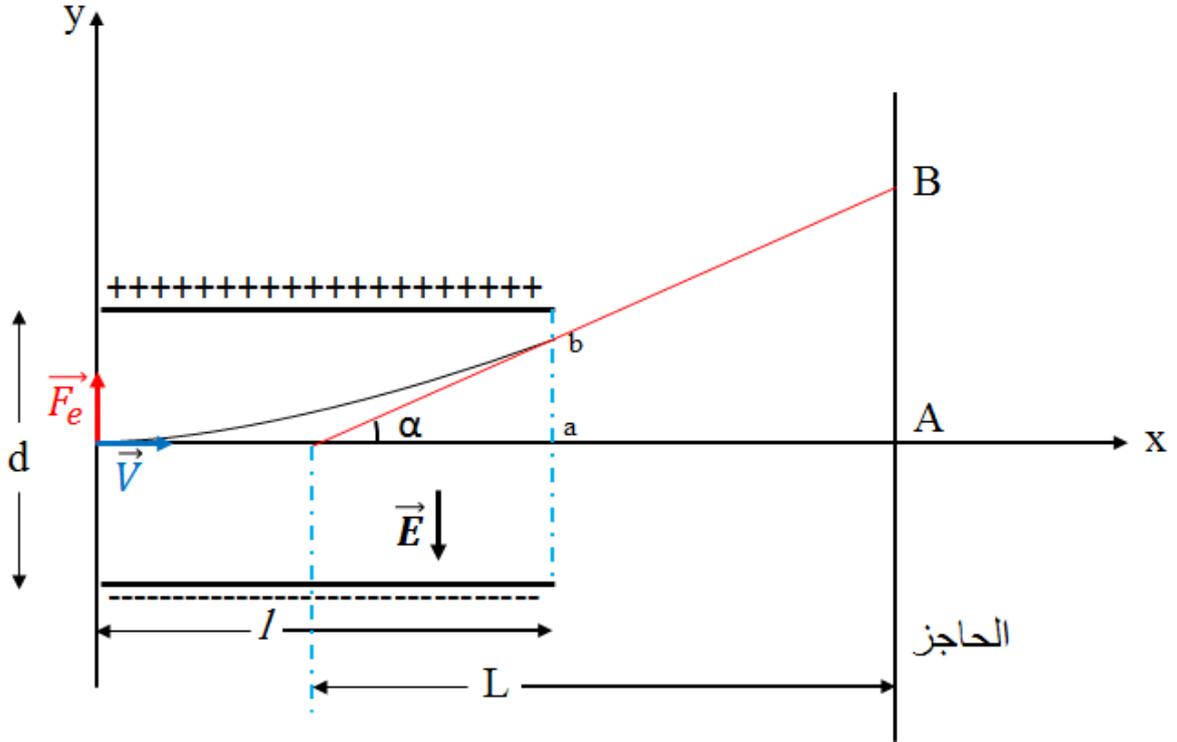
## 2. تأثير المجال المغناطيسي B The effects of magnetic fields

نعلم أن المجال المغناطيسي يؤثر على الشحنة الكهربائية بقوة مغناطيسية اذا كانت الشحنة تتحرك بسرعة في المجال المغناطيسي. وتعطى القوة المغناطيسية بالعلاقة:

$$\vec{F}_m = e V \vec{B}$$

B : المجال المغناطيسي. V : سرعة الشحنة. e : الشحنة الكهربائية.  $F_m$ : القوة المغناطيسية.

وعليه إذا أطلقت حزمة من الشحنات في اتجاه مجال مغناطيسي فانه سوف تتحرك في مسار منحنى ويمكن تحديد اتجاه القوة المؤثرة على حركة الشحنة باستخدام قاعدة اليد اليمنى وتكون حركة الشحنات السالبة عكس حركة الشحنات الموجبة في المجال المغناطيسي.



## 3. تأثير المشترك للمجالين الكهربائي والمغناطيسي

### The Effect of combined electric and magnetic fields

وجد انه اذا تساوت شدتا الحقلين فان الاشعة لا تنحرف وتكون علاقة سرعة الشحنة (الالكترون) كما يلي: بتسوية شدتا الحقلين (القوتين) من العلاقتين 1 و 2 نجد:

$$\|\vec{F}_m\| = \|\vec{F}_e\| \Leftrightarrow F_m = F_e \Leftrightarrow e v B = e E$$

$$v = \frac{E}{B} \dots\dots\dots(3)$$

4. دراسة انحراف الأشعة تحت تأثير المجال الكهربائي فقط:  
بتطبيق القانون الثاني لنيوتن:

$$\sum \vec{F} = m \vec{a} \Leftrightarrow \vec{F}_e + \vec{P} = m \vec{a}$$

باهمال قوة التقل امام القوة الكهربائية نجد:  $\vec{F}_e = m \vec{a}$

1. بالاسقاط على محور الفواصل نجد:  $0 = m a_x \Rightarrow a_x = 0$

اذن الحركة مستقيمة منتظمة ومعادلتها الزمنية تكون على الشكل:

$$v = \frac{dx}{dt} \Leftrightarrow dx = v dt \Leftrightarrow \int_0^x dx = v \int_0^t dt$$

$$x = v t \dots\dots\dots(4)$$

2. بالاسقاط على محور الترتيب نجد:  $F_e = m a \Leftrightarrow e E = m a \Leftrightarrow a = \frac{e E}{m} = Cst$

اذن مسقط الحركة على محور الترتيب تكون مستقيمة متغيرة بانتظام.

كتابة معادلات الحركة:  $a = \frac{dV_y}{dt} \Leftrightarrow dV_y = a dt \Leftrightarrow \int_0^v dV_y = a \int_0^t dt$

وهي معادلة السرعة  $\Leftrightarrow V_y = a t \Leftrightarrow V_y = \frac{e E}{m} t \dots\dots\dots(5)$

$$V_y = \frac{dy}{dt} \Leftrightarrow dy = V_y dt \Leftrightarrow \int_0^y dy = \int_0^t V_y dt$$

$$\Leftrightarrow y = \frac{1}{2} \frac{e E}{m} t^2 \dots\dots\dots(6) \quad \text{وهي معادلة الحركة اتجاه (oy)}$$

كتابة معادلة المسار: بتعويض الزمن من المعادلة (4) في المعادلة (6) نجد:

$$y = \frac{1}{2} \frac{e E}{m V^2} x^2 \dots\dots\dots(7)$$

وهي معادلة قطع مكافئ إذا المسار عبارة عن قطع جزء لقطع مكافئ.

$$\begin{cases} x=1 \\ y=y_b \end{cases} \quad \text{عند خروج الأشعة (الالكترونات) من المجال الكهربائي تكون:}$$

ومن هنا يمكن كتابة معادلة المسار رقم (7) كما يلي:

$$y_b = \frac{1}{2} \frac{e E}{m V^2} l^2 \Leftrightarrow \frac{e}{m} = \frac{2 V^2 y_b}{E l^2} \dots\dots\dots(8)$$

بتعويض العلاقة (3) في العلاقة (8) نجد:

$$\frac{e}{m} = \frac{2 y_b}{l^2} \frac{E}{B^2} \quad / \quad E = \frac{U}{d}$$

$$\frac{e}{m} = \frac{2 y_b}{l^2} \frac{U}{d} \frac{1}{B^2} \dots\dots\dots(9)$$

بعد تعويض قيم الثوابت المستعملة في التجربة وجد طومسون أن:

$$\frac{e}{m} = 1,759 \cdot 10^{11} \text{ C/Kg}$$

## II. مكونات النواة Composition of a Nucleus

### 1.II تجربة رذرفورد (1918) Rutherford experience

#### - البروتون proton

عند قذف الأيونات الغازية بحزمة من الدقائق ( $\alpha$ ) المسرعة كثيرا، لوحظ أن نواة من كل 10000 نواة أيون تتحول إلى نواة واحدة أكسجين وتظهر زيادة على ذلك دقيقة أخف مشحونة إيجابا لا تختلف عن نواة الهيدروجين فسميت بالبروتون. إن شحنة البروتون موجبة وهي تساوي بالقيمة المطلقة شحنة الإلكترون ( $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ c}$ ) أما كتلته فهي أكبر من كتلة الإلكترون ب 1836 مرة، ( $m_p = 1,6725 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$ ).



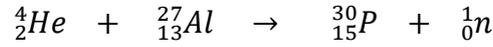
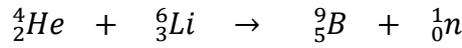
## 2.II. تجربة شادويك (1930) Chadwick experience

### - النوترون neutron

عند قذف نواة الليثيوم  ${}^6_3\text{Li}$  او نواة الالمنيوم  ${}^{27}_{13}\text{Al}$  بدقائق الفا ( $\alpha$ ) تتحول هذه الانوية الى انوية جديدة بالإضافة الى ظهور اشعاع ناتج عن جسيم متعادل الشحنة وذو قوة إختراق كبيرة يسمى النوترون ( ${}^1_0n$ )

وكتلته قريبة من كتلة البروتون. ( $m_n = 1,674 \cdot 10^{-27} \text{ Kg} = 1,008 \text{ uma}$ )

قوة الاختراق ناتجة لعدم وجود فعل كهربائي متبادل بينه وبين الانوية.



تعرف البروتونات والنوترونات بال دقائق الثقيلة وتوجد في النواة اما باقي حجم الذرة فتشغله الالكترونات.

## III. نموذج رادرفورد الكوكبي للذرة Rutherford's Atomic Model

اكتشف رذرفورد من خلال تجاربه بأن الشحنة الموجبة للذرة تتركز في مركزها في نواة صغيرة مكثفة ومتراصة وعلى أساس ذلك وضع نموذج الذري الذي عرف بالنموذج النووي. افترض رذرفورد عام 1911م النموذج النووي للذرة معتبرا أن الذرة تتكون من كتلة صغيرة جدا وكثيفة جدا ذات شحنة موجبة تسمى النواة وتحتل مركز الذرة وتحتوي نواة الذرة على جميع البروتونات ولذا فان كتلة الذرة هي تعبير عن مجموع كتل البروتونات في نواتها (حيث أن قيمة كتل الإلكترونات صغيرة جدا .... فهي قيم مهملة).

كما أن شحنة النواة الموجبة ترجع إلى تركز البروتونات الموجبة بها. وتتوزع الالكترونات في الذرة حول النواة بنفس الطريقة التي تتوزع بها الأجرام السماوية حول الشمس. وبما أن الذرة متعادلة لذا فعدد الالكترونات يساوي عدد البروتونات بالنواة.

## IV. وصف الذرة Description of atom

يرمز للذرة بالرمز  ${}^A_Z\text{X}$

وهي تتميز بالعدد الكتلتي A والذري Z

**Z:** يسمى العدد الذري "الشحني" Atomic number ويمثل عدد البروتونات في النواة وهو لا يتاثر بالعوامل الطبيعية، لا يفقد ولا يكتسب وهو يساوي عدد الإلكترونات في الذرة المتعادلة كهربائيا.

**A:** يسمى العدد الكتلي Mass number ويمثل عدد النويات "البروتونات + النيوترونات"

## V. النظائر isotopes

النظائر هي عبارة عن عناصر لها نفس الخواص الكيميائية، نظائر العنصر الواحد هي عناصر لها نفس العدد الذري " Z " نفس عدد البروتونات" وتختلف في العدد الكتلي A ويكون الاختلاف في عدد النيوترونات.

أمثلة نظائر الهيدروجين هي:  ${}^1_1\text{H} \left( \begin{matrix} 1 P \\ 0 n \end{matrix} \right)$ ,  ${}^2_1\text{H} \left( \begin{matrix} 1 P \\ 1 n \end{matrix} \right)$ ,  ${}^3_1\text{H} \left( \begin{matrix} 1 P \\ 2 n \end{matrix} \right)$

نظائر الأكسجين هي:  ${}^{16}_8\text{O} \left( \begin{matrix} 8 P \\ 8 n \end{matrix} \right)$ ,  ${}^{17}_8\text{O} \left( \begin{matrix} 8 P \\ 9 n \end{matrix} \right)$ ,  ${}^{18}_8\text{O} \left( \begin{matrix} 8 P \\ 10 n \end{matrix} \right)$

### 1.V . الكتلة المولية للعنصر النظير Molar mass of isotopes

هي متوسط الكتل الذرية لنظائر العنصر الواحد، وتحسب بالعلاقة التالية:

$$M = \sum \frac{W_i M_i}{100}$$

$W_i$ : النسبة المئوية للعنصر

مثال: احسب الكتلة المولية المتوسطة لعنصر الحديد Fe.

العنصر النظير	${}^{54}_{26}\text{Fe}$	${}^{56}_{26}\text{Fe}$	${}^{57}_{26}\text{Fe}$	${}^{58}_{26}\text{Fe}$
النسبة %W	5,82	91,66	2,19	0,33

الحل:

$$M_{\text{Fe}} = \frac{5,82 \cdot 54 + 91,66 \cdot 56 + 2,19 \cdot 57 + 0,33 \cdot 58}{100}$$

$$M_{\text{Fe}} = 55,91 \text{ g/mol}$$

### 2.V فصل النظائر Isotope separation

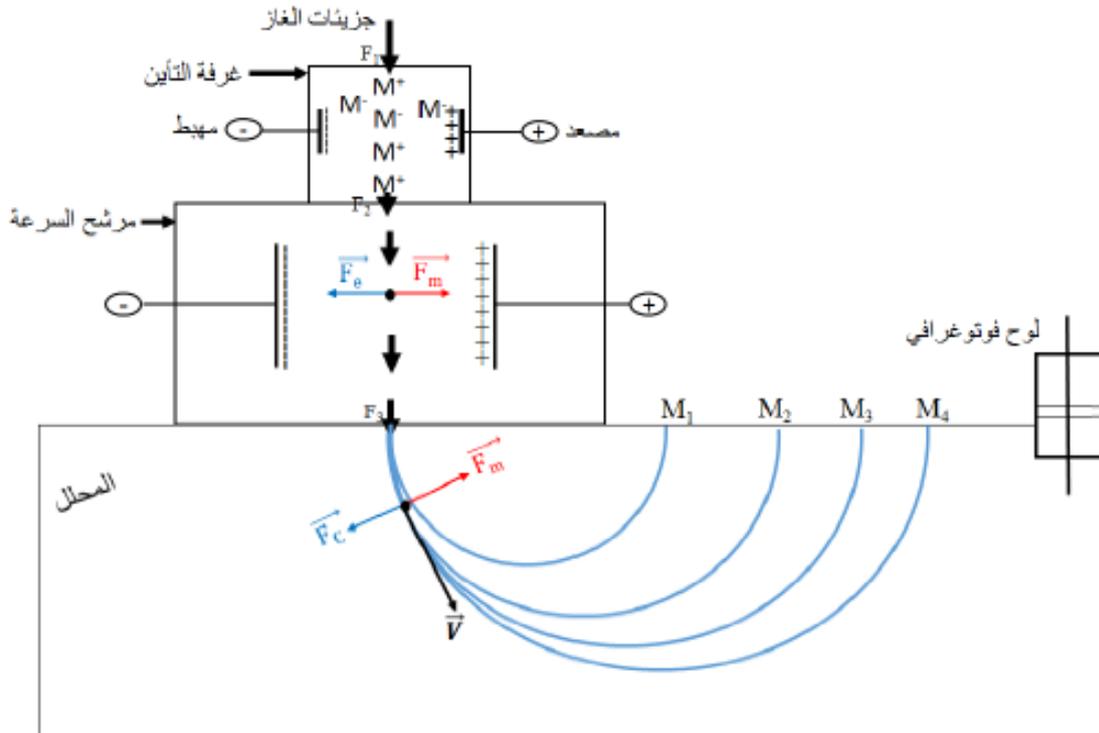
النظائر لها خواص كيميائية متشابهة بسبب تساويها في عددها الذري " الشحني"، ولفصلها تستخدم أجهزة تسمى مطاييف الكتلة وهي تسمح بفصل الايونات الموجبة حسب كتلتها وشحنتها: ومنها مطاييف بامبريدج Bainbridge

- مطاييف الكتلة لبامبريدج bainbridge mass spectrometer

• مطياف بامبريدج Bainbridge:

يتكون الجهاز من: غرفة التأين - مرشح السرعة - المحلل.

1. غرفة التأين: تصدر الالكترونات من المهبط (-) وتصطدم بجزيئات الغاز فتأينها الى شوارد موجبة ( $M^+$ ) وشوارد سالبة ( $M^-$ ).  
تحجز الايونات السالبة وتمر فقط الايونات الموجبة وتدخل الى مرشح السرعة بسرعات مختلفة.
2. مرشح السرعة: وفيه حقلان كهربائي  $\vec{E}$  ومغناطيسي  $\vec{B}$  متعامدان لتعديل خروج الايونات الى المحلل، وتكون سرعة واحدة لجميع الايونات ( $M^+$ ).



الفتحات ( $f_1, f_2, f_3$ ) تقع على استقامة واحدة. إذا لكي تمر الايونات على الفتحة ( $f_3$ ) يجب ان لا تنحرف لا بتأثير الحقل الكهربائي ولا بتأثير الحقل المغناطيسي. ولذا يجب ان يكون:

$$F_e = F_m \Leftrightarrow q E = q v B$$

$$\Leftrightarrow v = \frac{E}{B} \dots\dots\dots(1)$$

3. المحلل: تدخل الايونات ذات الكتلة ( $m$ ) والسرعة ( $v$ ) الى المحلل فيطبق عليها مجال مغناطيسي جديد شديد ( $B_0$ ) عمودي على اتجاه حركة الايونات ويؤثر عليها بقوة مغناطيسية

$$F_{m1} = q v B_0 \dots\dots\dots(2) \text{ جديدة } (F_{m1}).$$

وهذا ما يجعل مسارها دائري نصف قطره ( $R$ ).

اذا حتى تكون الحركة دائرية يجب ان تكون القوة المغناطيسية ( $F_{m1}$ ) تساوي القوة الطاردة

$$F_C = m a_n = m \frac{v^2}{R} \dots\dots\dots(3) \text{ حيث } (F_C) \text{ المركزية}$$

بتسوية القوتين ( $F_C$ ) و ( $F_{m1}$ ) نجد:

$$F_{m1} = F_C \Leftrightarrow q v B_0 = m \frac{v^2}{R} \Leftrightarrow q B_0 R = m v$$

$$\Leftrightarrow \frac{m}{q} = \frac{R B_0}{v} \dots\dots\dots(4)$$

بتعويض علاقة السرعة من العلاقة (1) نجد:

$$\frac{m}{q} = \frac{R B B_0}{E} \dots\dots\dots(5)$$

نضع ( $R=D/2$  هو قطر المسار) نجد:

$$\frac{m}{q} = \frac{D B B_0}{2E} \dots\dots\dots(6)$$

نضع ( $m = M/N_A$  هي الكتلة المولية و  $N_A$  عدد أفوقدرو) نجد:

$$\frac{M}{q} = \frac{N_A D B B_0}{2E} \dots\dots\dots(7)$$

من العلاقة (7) نستنتج أن:

- بالنسبة للأيونات التي تحمل نفس الشحنة ( $q=cst$ ): القطر  $D$  يزداد بزيادة الكتلة المولية  $M$ .
- بالنسبة للأيونات التي تحمل نفس الكتلة ( $M=cst$ ): القطر  $D$  يزداد بنقصان الشحنة  $q$ .