**1-6- 3 مطياف الكتلة *The Mass spectrometer***

هو جهاز يستخدم لدراسة نظائر العناصر(Isotope) وبالتحديد لفصل الذرات أو الجزيئات أو الأيونات بناءً على نسبة كتلتها إلى شحنتها. تعتمد فكرة عمل مطياف الكتلة اساسا على استخدام جهاز مرشح السرعة لاختيار وتحديد سرعة الاجسام المختلفة المراد فصلها.

يوضح الشكل 18 فكرة عمل الجهاز حيث يمرر شعاع من الايونات في مرشح السرعة لتخرج جسيمات ذات سرعة تساوي E/B. تمر هذه الايونات إلى مطياف الكتلة المكون من مجال مغناطيسي منتظم Bo تسلك الجسيمات خلال المجال المغناطيسي مسار دائري نصف قطره r لتصطدم بشاشة فوتوغرافية تعطي ومضة تشير إلى موقع اصطدام الايون مع الشاشة نتيجة للمجال المغناطيسي المطبق في جهاز مطياف الكتلة.

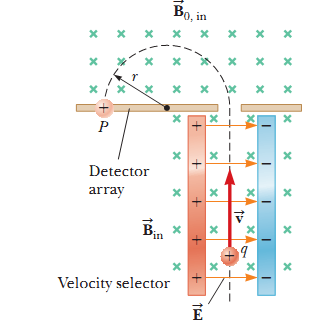
من الفقرة 1-5 وبالتحديد المعادلة 23 وجدنا ان r تعطى بالعلاقة التالية:

وبالتالي النسبة بين الكتلة إلى الشحنة تكون:

بالتعويض عن السرعة *v* بمعادلة مرشح السرعة نجد أن:

**(31)**

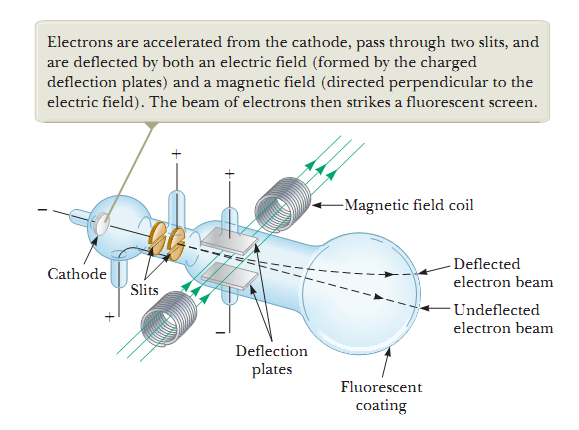
وبهذه الطريقة يمكن ايجاد النسبة بين الكتلة إلى الشحنة عن طريق قياس نصف قطر دوران الجسم المشحون في مطياف الكتلة وقيم المجال الكهربائي والمغناطيسي لمرشح السرعة والمجال المغناطيسي المستخدم في المطياف.



**الشكل (18): مطياف الكتلة [3].**

***1-6-4 تجربة تومسن Thomson's Experiment***

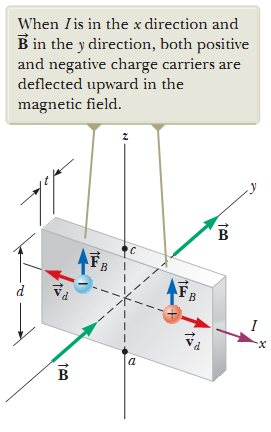
يوضح الشكل 19 الجهاز الذي استخدمه ثومسون لتجربة تعين النسبة بين شحنة الإلكترون وكتلته وهي عبارة عن أنبوبة أشعة المهبط مفرغة من الهواء وفيها فتيلة حرارية تسخن عندما يمر فيها التيار الكهربائي فتنبعث منها الالكترونات التي يتم تسريعها بواسطة فرق جهد لنحصل على حزمة مركزة من الالكترونات تنطلق بسرعة إلى الجزء الأيمن من الأنبوبة. تدخل الالكترونات بعد ذلك في منطقة فيها مجال كهربائي ومجال مغناطيسي ويكون اتجاه المجال الكهربائي عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي حتى تكون القوة الكهربائية مؤثرة على الالكترونات للأسفل بينما تكون القوة المغناطيسية مؤثرة على الالكترونات للأعلى، عندما لا يكون هناك مجال كهربائي أو مجال مغناطيسي فان الالكترونات تنطلق في مسار مستقيم وتصطدم في نهاية أنبوبة الكاثود على لوحة عليها مادة فلوريسنت (مثل شاشة التلفاز) تتوهج عندما تصطدم بها الالكترونات فتعطي في هذه الحالة بقعة مضيئة في وسط اللوحة. ودون الدخول في التفاصيل حيث تم التطرق الى هذه التجربة للأهمية التاريخية حيث ان المعادلات المستعملة في هذه التجربة هي ذاتها المستعملة سابقا وهي المعادلتين 30 و 31 فقد وجد ثومسن ان النسبة بين شحنة الإلكترون وكتلته هي :



**الشكل (19): ترتيب جهاز ثومسن لقياس شحنة الالكترون الى كتلته [3].**

***1-6-5 تأثير هول Hall Effect***

إن مرور تيار في موصل يمكن أن يعزى إلى حاملات شحنة موجبة تتحرك في اتجاه التيار أو سالبة تتحرك في عكس اتجاه التيار أو كلاهما معاً. ولتحديد حاملات الشحنة قام العالم ادوين هول (Edwin Hall) في العام 1879 بتصميم تجربة عملية لتحديد نوع حاملات الشحنة في مادة الموصل وكذلك تمكن من ايجاد عدد حاملات الشحنة لكل وحدة حجوم.  كما توفر هذه التجربة وسيلة لقياس شدة المجال المغناطيسي. وتقوم فكرة تجربة هول كالتالي: عند وضع قطعة من مادة موصلة في شكل شريحة يمر بها تيار كهربائي في اتجاه محور x، في مجال مغناطيسي خارجي عمودي على مستوى الشريحة على المحور y كما في الشكل 20، ينشئ على جانبي الشريحة على المحور z فرق جهد يدعى بفرق جهد هول (voltage Hall).



**الشكل (20):عند وضع قطعة من مادة موصلة في شكل شريحة يمر بها تيار كهربائي في اتجاه محور x، في مجال مغناطيسي خارجي عمودي على مستوى الشريحة على المحور، ينشئ على جانبي الشريحة على المحور z فرق جهد يدعى بفرق جهد هول voltage Hall.**

اما كيف يتم توليد فرق جهد هول فهذا مبين في الشكل 21 الذي يوضح الفكرة العملية لتأثير هول وكما نلاحظ أن تيار كهربائي I يمر في الشريحة الموضوعة في مجال مغناطيسي عمودي على الشريحة للداخل ونفترض أن الشريحة تنقل التيار الكهربائي من خلال شحنات موجبة، فيحدث ما يلي: تتأثر الشحنة الموجبة بالقوة المغناطيسية FB الناشئة عن المجال المغناطيسي الخارجي ويكون اتجاه القوة إلى الأعلى حسب قاعدة فليمنج لليد اليمنى، تنحرف الشحنات تحت تأثير القوة المغناطيسية للأعلى فتتراكم الشحنات الموجبة على الجانب العلوي للشريحة بينما تتراكم شحنات سالبة على الجانب السفلي للشريحة، يتولد مجال كهربائي نتيجة وجود شحنات موجبة على جانب وشحنات سالبة على الجانب الآخر و تزداد شدة المجال الكهربائي كلما ازدادت الشحنات المتراكمة، ينشئ عن المجال الكهربائي قوة كهربائية في الاتجاه المعاكس للقوة المغناطيسية، عندما تصبح قيمة القوة الكهربائية تساوي القوة المغناطيسية تسير الشحنات الباقية في خط مستقيم بدون انحراف، و يتم قياس فرق الجهد بين طرفي الشريحة بتوصيل النقطتين a&c بكلفانوميتر حساس لقياس فرق الجهد والذي يعرف بفرق جهد هول *V*H، حيث إذا كانت حاملات الشحنة سالبة فإن مؤشر الجلفانوميتر سينحرف في الاتجاه المعاكس وذلك لأن الشحنات السالبة تتحرك في عكس اتجاه التيار وستنحرف إلى الأعلى والشحنات الموجبة تتراكم في الأسفل.

في حالة توازن القوة الكهربائية مع القوة المغناطيسية تتحقق المعادلة التالية:

*qvd B=qEH*

*EH = vd B*

فإذا كان d هو عرض الشريحة (المسافة بين طرفي الشريحة)، فإن علاقة فرق الجهد والمجال الكهربائي تكون:

*VH = EH d = vd B d***(32)**

من المعادلة السابقة نلاحظ أنه بقياس جهد هول في المختبر يمكن حساب سرعة الانجراف للشحنات إذا علمنا عرض الشريحة d وشدة المجال المغناطيسي المستخدم B.

و يمكن ايجاد كثافة حاملات الشحنة (عدد حاملات الشحنة لكل وحدة حجوم) *n* من خلال العلاقة بين التيار الكهربائي وسرعة الانجراف I = nqvdA التي يمكن كتابتها بالصيغة التالية:

**(33)**

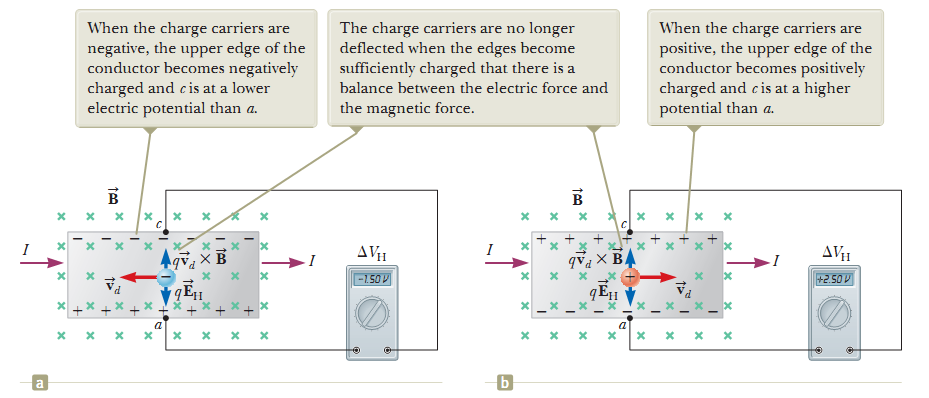
حيث A مساحة مقطع الشريحة المستخدمة والتي يمر من خلالها التيار الكهربائي I. وبتعويض المعادلة 33 في المعادلة 32 نحصل على:

**(34)**

وبسبب كون A=td ، حيث t هو سمك الشريحة المستخدمة لذلك يمكن كتابة المعادلة 34 كالتالي:

**(35)**

حيث ان  ***RH = 1/nq* تعرف بمعامل هول (**coefficient (Hall، هذه المعادلة تعطينا فكرة عمل مجس هول المستخدم في المختبر لقياس المجال المغناطيسي، حيث يتم معايرة شريحة قياسية يمر بها تيار معلوم وسمكها محدد وكثافة الشحنة محسوبة مسبقا يتم قياس فرق جهد هول الذي يتناسب طرديا مع قيمة المجال المغناطيسي المراد قياسه في المختبر. ومن هنا نستنتج ان مجس هول يقوم بقياس المجال المغناطيسي من خلال قياس فرق جهد هول.



**الشكل (21):** **توليد فرق جهد هول، اشارة معامل هول تعتمد على اشارة حاملات الشحنة[3].**

**مثال 1:** تحرَّك بروتون من السكون خلال فرق جهد كهربائي400kV ثم دخل بصورة عمودية في مجال مغناطيسي منتظم 0.4*T*، جد نصف قطر دوران البروتون وسرعته الزاوية والتردد.

**الحل:** من المعادلة 29 نحسب نصف قطر الدوران للبروتون:



من المعادلة 24 نحسب سرعة البروتون الزاوية وهي:



ومن المعادلة 25نحسب تردد البروتون *f* وهو:



**مثال2:** بروتون يتحرك بانطلاق 2×105m/secداخل منطقة مجال مغناطيسي منتظم *B*=0.01*T* وباتجاه يصنع زاوية 60o مع اتجاه المجال. جد:1- نصف قطر الدوران، 2- المسافة التي يقطعها البروتون باستقامة المجال خلال مدة الدورة الواحدة.

**الحل:**1- من المعادلة 26 نجد نصف قطر دوران البروتون وهو :



 -2



**مثال3:** لوحظ أن جسيمات ألفا تَصنع دائرة نصف قطرها 4*0cm* قبل أن تخرج من جهاز السيكلوترون، فإذا علم أن تردد الفولتية المستعملة هو .107*Hz* (a) احسب سرعة جسيمات ألفا عند خروجها من الجهاز. (b) طاقة جسيمات ألفا بوحدات الإلكترون فولت. علماً بان كتلة جسيم ألفا تساوي *6.64658×10-27kg.*

الحل:

1- 



2 –

3-



**مثال 4:** يحتوي مجس هول على شريحة رقيقة من معدن الفضة سمكها 0.2mm، فاحسب تركيز الإلكترونات لمادة الفضة. وإذا كانVH = 15μV الناتج عن مرور تيار كهربي قدره 20A في المجس والموجود في مجال مغناطيسي حثه B أحسب قيمة B.( معامل هول لمادة الفضة 0.84x10-10 m3/C)

**الحل:**



**امثلة للقراءة:**

[المصدر]

[1] 9-5 ص366، 10-5 ص367، 11-5 ص379.

[2] 1-6 ص36، 1-7 ص51، 1-8 ص57

[3] 2-29 ، 3-29 ص837

[4] 4-26 ص894، 6-26 ص898، 7-26 ص899، 12-26 ص906

[5] Sample problem ص 747، Sample problem ص 749

[6] 7-27 ص 715، 13-27 ص 724

[7] 4-27 ص 895 ، 5-27 ، 6-27 ص 898