a

كليه العلوم بقنا

جامعه جنوب الوادي

مقرر البصريات الإلكترونية

الفرقة الثالثة تربيه فيزياء

اعداد

الدكتوره / ريهام رشدي

مدرس بقسم فيزياء

٢٠٢٣-٢٠٢٤

البصريات الإلكترونية عبارة عن أحد فروع علم الإلكترونيات. وهي تعني اساساً بإنتاج حزم وشعاعات الإلكترونات كتلك المستخدمة في أنابيب أشعة المهبط. ويتم التحكم في الحزم الإلكترونية (أو الأيونية) وتركيزها بإستخدام المجالات الكهربية والمغناطيسية أوكليها معا. وتشبه هذه العملية عملة التحكم في مسار الضوء وتركيزه بإستخدام العدسات ولذلك فقد إستعير إسم البصريات للتعبير عن هذا التشابه . فتوجد العدسات الكهروستاتيكية والعدسات المغناطيسية والتي لها إستخدامات شتى لتركيز الحزم الإلكترونية في الإجهزة المختلفة ولعل الميكروسكوب الإلكتروني هو أوضح الأمثلة التي تستخدم هذه العدسات وهو يتميز عن نظيره البصري بمعامل تكبير وقدرة تحليلية فائقين

ندرس فيما يلي ان شاء الله حركة الإلكترون الحر في الفراغ بين أقطاب عليها جهود كهربية تسبب في مجالات كهربية. مثل هذه المجالات تستخدم في الأنابيب الإلكترونية لتنظيم حركة الإلكترونات إما لتغيير سرعتها وذلك باستخدام مجالات كهربية موازية للحركة الإلكترونية وإما لتغيير اتجاهها وذلك باستخدام مجالات كهربية عمودية علي اتجاه حركة الإلكترونات الحرة في الفراغ فيما يعرف بالعدسات المغناطيسية التي تستخدم في تجميع أو تفريق الأشعة الإلكترونية.

حركة إلكترون تحت تأثير مجال كهربائي منتظم

١- حركة الإلكترون في إتجاه المجال

ا ـ إذا كانت السرعة الإبتدائية للإلكترون مساوية للصفر

الشكل السابق يوضح لوحين متوازيين بينهما المسافة (d) وفرق الجهد بينهما (V). هناك إلكترون عند القطب السالب شحنته (e) كولوم ويبدأ حركته تحت تأثير المجال من السكون أي أن سرعته الابتدائية تساوي صفراً.والمطلوب هو دراسة حركة هذا الإلكترون تحت تأثير المجال الكهربي أي تعيين كل من:

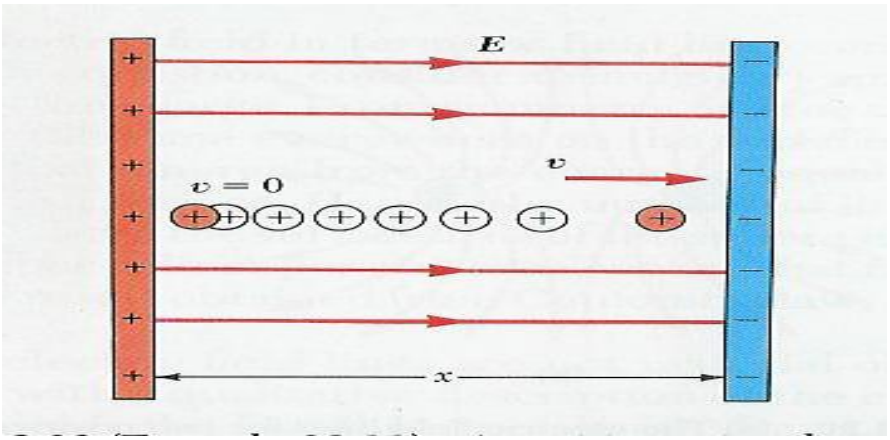
(i) عجلة الحركة للإلكترون.

(ii) المسافة التي يقطعها الإلكترون عند زمن (t).

(iii) سرعة الإلكترون عند زمن (t).

(iv) السرعة النهائية للإلكترون قبل اصطدامه باللوح الموجب.

زمن العبور (t_d).



نتيجة لفرق الجهد بين الوحين يتولد مجال كهربي منتظم من العلاقة:

$$E = \frac{V}{d} \qquad volt/m \qquad (1)$$

وتحت تأثير قوة المجال (eE) سوف يتحرك الإلكترون في الأتجاه (X) مكتسباً عجلة مقدارها (a) تعطي من العلاقة الأتية

$$F = ma = eE$$

$$\therefore a = \frac{e}{m}.\frac{V}{d} \qquad m/\sec^2 \qquad (2)$$

ولحساب سرعة الإلكترون بعد زمن (t) تستخدم العلاقة :

$$v = v_0 + at$$

$$\therefore v = at \qquad (where \quad v_0 = zero)$$

$$\therefore v = \frac{e}{m}.\frac{V}{d}t \qquad (3)$$

ولحساب المسافة التي يقطعها الإلكترون بعد زمن (t)

$$X = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

$$\therefore X = \frac{1}{2}at^2 \qquad (where \quad v_0 = zero)$$

$$\therefore X = \frac{1}{2}\frac{e}{m}.\frac{V}{d}t^2 \qquad (4)$$

ومن المعادلة (4)

$$t^2 = \frac{2 \times md}{eV} \qquad (5)$$

$$\therefore t = \sqrt{\frac{2 \times md}{eV}} \qquad (6)$$

وبالتعويض من (6) في (3)

$$\therefore v = \frac{e}{m} \cdot \frac{V}{d} \sqrt{\frac{2 \times md}{eV}} \qquad (7)$$

Or

$$v = \sqrt{\frac{e^2}{m^2} \cdot \frac{V^2}{d^2} \frac{2 \times md}{eV}} \qquad (8)$$

$$= \sqrt{\frac{2e}{m} \cdot \frac{V}{d} X} \qquad (9)$$

وبالتعويض عن قيمة $\frac{e}{m}$

$$\therefore v = 5.93 \times 10^5 \sqrt{\frac{V}{d} X} \qquad m / \sec \qquad (10)$$

$$= 5.93 \times 10^5 \sqrt{E X} \qquad (11)$$

ولحساب سرعة الإلكترون النهائية v_F قبل اصطدامه مباشرة باللوح الموجب أي بعد أن يقطع مسافة (d) يعوض عن (X) في المعادلة (10) بـ (d)

$$\therefore v_F = 5.93\times10^5\sqrt{\frac{V}{d}d}$$

$$\therefore v_F = 5.93\times10^5\sqrt{V} \qquad m/\sec \qquad (12)$$

وأخيرا لحساب زمن العبور (t_d) وهو الزمن الذي يستغرقه الإلكترون ليقطع المسافة بين اللوحين تستخدم المعادلة التالية:

$$t_d = \frac{\text{المسافة بين اللوحين}}{\text{السرعة المتوسطة}}$$

$$t_d = \frac{d}{\frac{v_0 + v_F}{2}} = \frac{2d}{v_F} \qquad (13)$$

لأن السرعة الأبتدائية للإلكترون تساوي صفراً.

مثال:لوحان موضوعان في الفراغ والمسافة بينهما ٤ سم وفرق الجهد بينهما ٢٠٠ فولت. أحسب :

١- القوة المؤثرة على إلكترون موضوع بين اللوحين.

٢- السرعة التي يصل بها الإلكترون إلى اللوح الموجب .

٣- الزمن اللازم لإنتقال الإلكترون بين اللوحين.

٤- سرعة الإلكترون عند منتصف المسافة بين اللوحين .

(B) إذا كانت السرعة الإبتدائية لا تساوي الصفر وفي إتجاه المجال

في هذه الحالة تكون نفس القوانين السابقة ولكن بإضافة السرعة الإبتدائية

التغيير الوحيد في هذه الحالة هو أننا نأخذ في الاعتبار قيمة v_0 لسرعة الإليكترون الابتدائية، ومن ثم فإن حساب الكميات الفيزيائية السابقة يتم وفقاً للمعادلات التالية :

العجلة التي يتحرك بها الإلكترون هي :

$$a = \frac{eE}{m} = \frac{e}{m}.\frac{V}{d} \quad m/\sec^2 \qquad (14)$$

سرعة الإلكترون عند أية لحظة (t) هي

$$v = v_0 + at$$

$$v = v_0 + \frac{e}{m}\frac{V}{d}t \qquad m/\sec \qquad (15)$$

المسافة التي يقطعها الإلكترون عند زمن (t)

$$X = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

$$X = v_0 t + \frac{1}{2}\frac{e}{m}.\frac{V}{d}t^2 \qquad (16)$$

سرعة الإلكترون عند أي بعد (x) من اللوح السالب لتعطي من العلاقة .

$$v^2 = v_0^2 + 2ax$$

$$v^2 = v_0^2 + 2\frac{e}{m}\frac{V}{d}x \qquad (17)$$

وبالتعويض عن (x) بالمقدار (d) وأخذ جذري الطرفين نحصل علي سرعة الإلكترون النهائية قبل اصطدامه باللوح الموجب

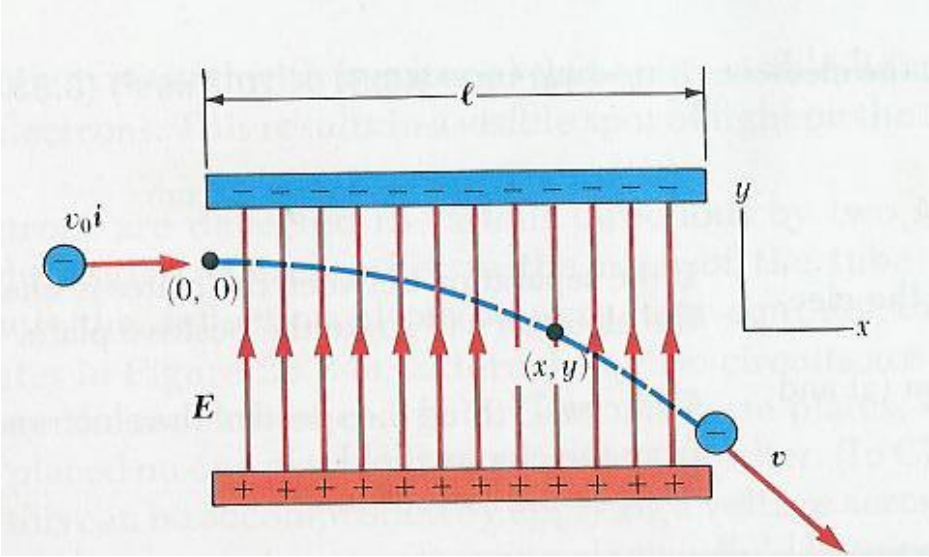
$$v_f = \sqrt{v_o^2 + \frac{2e}{m}V} \qquad (18)$$

زمن العبور بين اللوحين (t_d) ليعطى من العلاقة

$$t_d = \frac{d}{\frac{v_0 + v_F}{2}} = \frac{2d}{v_0 + v_F} \qquad (19)$$

(٢) حركة الشحنة عموديا على إتجاه المجال

عندم تكون السرعة الإبتدائية لا تساوي صفر



الشكل التالى يبين مجال كهربي (E) ينشأ نتيجة لوجود فرق في الجهد بين لوحين متوازيين المسافة بينهما (d) وطول كل منهما (L) . وبفرض أن هناك

إلكترون يتحرك بسرعة ابتدائية مقدارها (v_0) في أتجاه عمودي علي أتجاه المجال. والمجال الكهربي الناشئ عن وجود فرق الجهد يتعين من المعادلة:

$$E = \frac{V}{d}$$

وفي اتجاه المحور الرأس Y وهذا المجال يؤثر علي حركة الإلكترون بقوة عمودية تسبب إزاحته عن مساره في الأتجاه الافقي (X) إلي الأتجاه الراسي (Y) وتكون العجلة التي يكتسبها الإلكترون في اتجاه المحور الرأسي تعطي من المعادلة:

$$a_y = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m} = \frac{e}{m}.\frac{V}{d} \qquad (20)$$

وتسبب إزاحته في الأتجاه (Y) بالمسافة (y) وكذلك تعطيه سرعة مقدارها يمكن حسابه وفقا للمعادلة التالية:

$$v_y = v_{oy} + a_y t = a_y t \qquad (21)$$

حيث سرعة الإلكترون الأبتدائية في الأتجاه الراسي = صفراً.

اما الازاحة فى الاتجاه الراسي تعطي وفقا للمعادلة التالية:

$$y = v_{oy} + \frac{1}{2} a_y t^2 = \frac{1}{2} a_y t^2 \qquad (22)$$

هذا عن حركة الإلكترون في الأتجاه Y أما عن حركته في الأتجاه X فهي ثابتة أي أن سرعته الأبتدائية في الأتجاه X لا تتغير لعدم وجود قوي كهربائية في هذا الأتجاه. ومن ثم فإن الإزاحة في الأتجاه X في زمن معين تعطى من العلاقة :

$$x = v_{ox}\, t \qquad (23)$$

$$\therefore t = \frac{x}{v_{ox}} \qquad (24)$$

وبالتعويض عن قيمة (t) من المعادلة (24) في المعادلة (22) نحصل علي:

$$y = \frac{1}{2} a_y \left(\frac{x^2}{v_{ox}^2} \right) = \frac{1}{2} \frac{a_y}{v_{ox}^2} x^2 \qquad (25)$$

وهذه معادلة قطع مكافئ أي أن مسار الإلكترون بين اللوحين نتيجة للتأثير عليه بمجال كهربي عمودي علي اتجاه حركته يأخذ شكل القطع المكافئ. والزاوية (θ) والتي ينحرف بها تيار الإلكترونات عن مساره تعطي من تفاضل طرفي المعادلة (25) بالنسبة لـ (x)

$$\because \tan\theta = \frac{dy}{dx}$$

$$= \frac{a_y}{2 v_{ox}^2} . 2x$$

$$= \frac{e\, V}{2\, m\, d} . \frac{2x}{2 v_{ox}^2} \qquad (26)$$

$$= \frac{2\, y}{x} \qquad (26)$$

والزاوية θ_ℓ التي ينحرف بها تيار الإلكترونات عن مساره لحظة خروجه من تأثير المجال الكهربي أي بعد أن يقطع المسافة (L) تعطي بالتعويض عن (x) بالمقدار (L) في المعادلة (26) أي

$$\because \tan\theta_\ell = \frac{e\, V}{2\, m\, d} . \frac{2L}{2 v_{ox}^2} = \frac{2\, y}{L} \qquad (27)$$

مثال:

يعجل إلكترون من وضع السكون من سطح المعدن الموجب خلال فرق جهد مقدارة ٤٠٠ فولت وذلك لكي يدخل منطقة مجال كهربي شدته ١٥٠ فولت / سم بين لوحين أفقيين. فإذا سقط الإلكترون مرة أخري على نفس اللوح بعد زمن قدرة أحسب:

١- الزاوية بين اللوح ومتجه السرعة الإبتدائية .

٢- المسافة التي قطعها الإلكترون حتي سقوطة على اللوح مرة أخري.

حركة الإلكترون في المجالات المغناطيسية

نفرض أن هناك تيار من الإلكترونات يتحرك بسرعة (υ) في أتجاه معين تحت تأثير مجال مغناطيسي (B) والزمن الذي يمضي بين تتابع إلكترون وآخر في هذا الأتجاه هو (dt) .

$$\therefore ds = \upsilon\, dt \qquad (1)$$

وحيثُ أن التيار الكهربي (I) في اتجاه الحركة (اتجاه المحور الأفقي X) يمكن أن يعطي من العلاقة :

$$\mathrm{I} = \frac{e}{dt} \qquad (2)$$

وطبقاً لقاعدة "لابلاس" نجد أن القوة المؤثرة علي التيار (F) الذي يمر في عنصر طول من السلك (ds) يعطي من المعادلة

$$F = \mathrm{I}.\mathrm{B}.ds\sin\theta \qquad (3)$$

حيثُ (θ) هي الزاوية المحصورة بين اتجاه المجال واتجاه التيار.

وبالتعويض عن I ، dt من المعادلتين (1) ، (2)

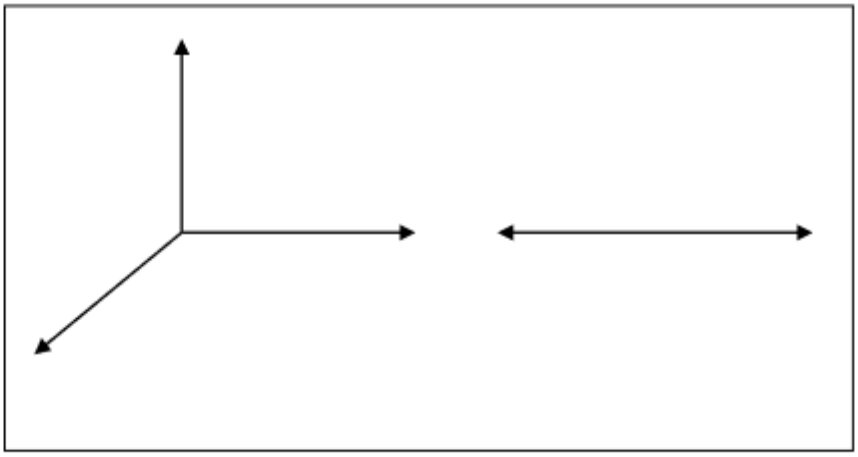
$$\therefore F = e\upsilon \mathrm{B}\sin\theta \qquad (4)$$

أولاً: إذا كان الإلكترون متحركاً في مجال مغناطيسي عمودي علي مستوي الصفحة فإن اتجاه القوة المؤثرة عليه يكون في مستوى الصفحة عمودياً علي كل من υ , B كما فى الشكلين التاليين.

ويكون مقدار هذه القوة في هذه الحالة

$$F = e\upsilon \mathrm{B}$$

(لأن جيب الزاوية $\sin 90^{\circ} = 1$) .



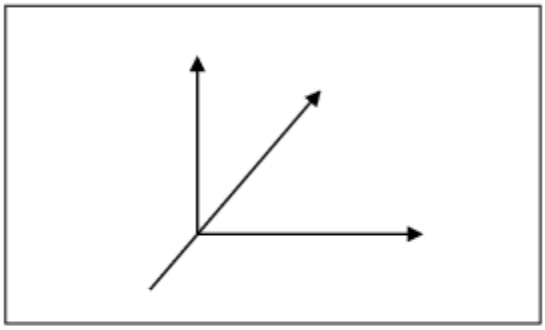
وتحت تأثير كتلة الإلكترون والقوة المغناطيسية المؤثرة عليه ينحرف الإلكترون في مسار منحنى نصف قطره (r) بحيث يكون تحت تأثير القوة (F) والقوة الطاردة المركزية $\frac{m\upsilon^2}{r}$ أي أن:

$$e\upsilon B = \frac{m\upsilon^2}{r} \qquad (5)$$

$$\therefore r = \frac{m}{e}.\frac{\upsilon}{\mathrm{B}} \qquad (6)$$

وإذا كانت السرعة التي يتحرك بها الإلكترون ثابتة فإن المسار الذي يرسمه الإلكترون يكون دائرياً في مستوى عمودي علي المجال المغناطيسي (B)

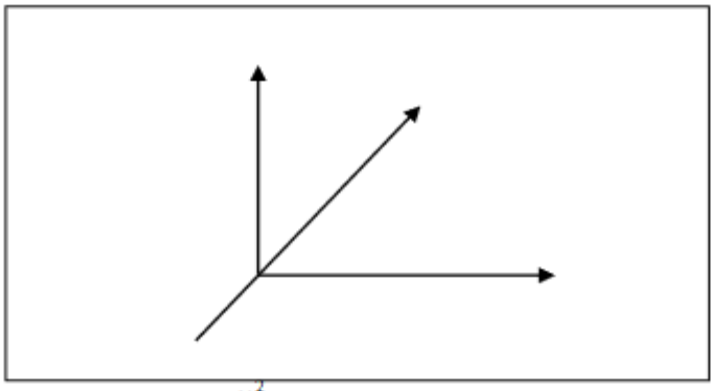
ثانياً: في حالة ما يكون اتجاه السرعة يعمل زاوية θ مع المجال فإنه يمكن تحليل هذه السرعة لمركبتين إحداهما في اتجاه المجال والأخرى عمودية عليها كما بالشكل التالى:



أ- بالنسبة للمركبة الأولي للسرعة والتي في اتجاه المجال (v_2 كما بالشكل) فإنها لا تعاني من أي تغيير لأنه لا توجد قوة تؤثر علي الإلكترون في هذا المجال حيثُ أن θ تساوي صفراً وبالتالي $\sin\theta$ سيساوي صفراً أيضاً، ومن المعادلة (4) تصبح القوة في هذا الأتجاه تساوي أيضاً صفراً. وهذا يعني فيزيائياً أن الإلكترون يقطع فى هذا الاتجاه (اتجاه المجال) مسافات متساوية فى أزمنة متساوية.

ب- أما المركبة الثانية للسرعة العمودية علي اتجاه المجال (v_1 كما بالشكل) فإنها سوف تتأثر بالقوة (F) وتغير اتجاهها بالتالي لتسير في مسار منحنى كما سبق الإشارة إليه المعادلة (6) والذي سيصبح دائري في حالة ثبات (υ).

ومعني هذا أن الإلكترون يتحرك في مسار بريمي محوره يوازي اتجاه المجال الشكل التالي. وإذا كانت θ هي الزاوية بين اتجاه المجال (B) واتجاه حركة الإلكترون فإن:



$$e\upsilon B\sin\theta = \frac{m\upsilon^2}{r} \qquad (7)$$

$$\therefore r = \frac{mv}{eB\sin\theta} \qquad (8)$$

وإذا كان كل من (υ) ، (B) ثابتة فإن الخط البريمي الذي يمثل حركة الإلكترون يكون نصف قطر مسقطه العمودي علي اتجاه المجال (B) ممثلاً بالمعادلة

$$r' = r\sin^2\theta \qquad (9)$$

$$r' = \frac{m\upsilon^2\sin^2\theta}{eB\sin\theta} = \frac{m\upsilon\sin\theta}{eB} \qquad (10)$$

وإذا لم يكن المجال نفسه منتظماً فإن مسار الإلكترون في هذه الحالة يكون علي شكل خط "بريمي" متغير الأتساع محوره يوازي اتجاه المجال.

تمارين

[1] إلكترون يتحرك بين لوحين فرق الجهد بينهما 182 فولت والمسافة بينهما 4سم فإذا علم أن الإلكترون ترك المهبط بسرعة مهملة و $\frac{e}{m}=1.76\times10^{11}\,C/kg$ أوجد:

أ- زمن العبور بين المهبط والمصعد .

ب- المسافة التي سيقطعها الإلكترون في نصف الزمن.

ت- سرعة الإلكترون عند منتصف المسافة.

[2] أحسب الزمن الذي يستغرقه إلكترون يتحرك تحت تأثير فرق الجهد 1500 فولت لكي يعبر المسافة 20سم بين اللوحين مع اعتبار أن $e=1.6\times10^{-15}\,Coulomb\ \ \&m=9.1\times10^{-31}\ \ kg$

[3] في صمام ثنائي ذو لوحين متوازيين كان جهد الأنود 250 فولت بالنسبة لجهد الكاثود و المسافة بين اللوحين هي 4سم فإذا أنبعث إلكترون من الكاثود بسرعة ابتدائية 2×10^{6} متر/ ثانية نحو الأنود فأحسب:

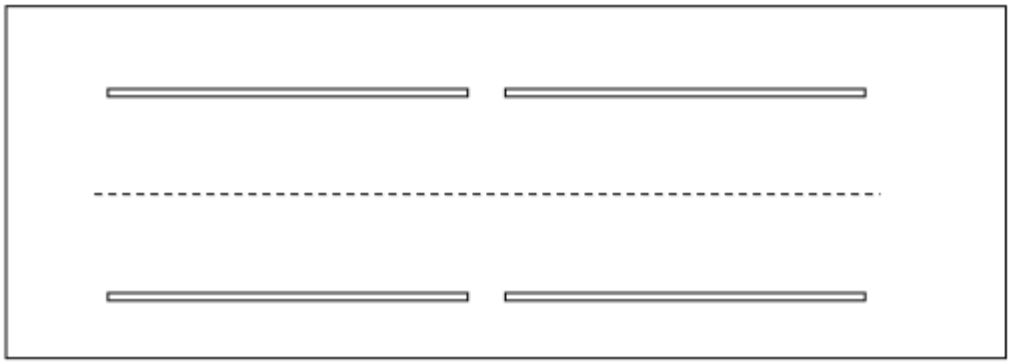
أ- سرعة اصطدام الإلكترون بالأنود.

ب- زمن الانتقال من الكاثود إلي الأنود.

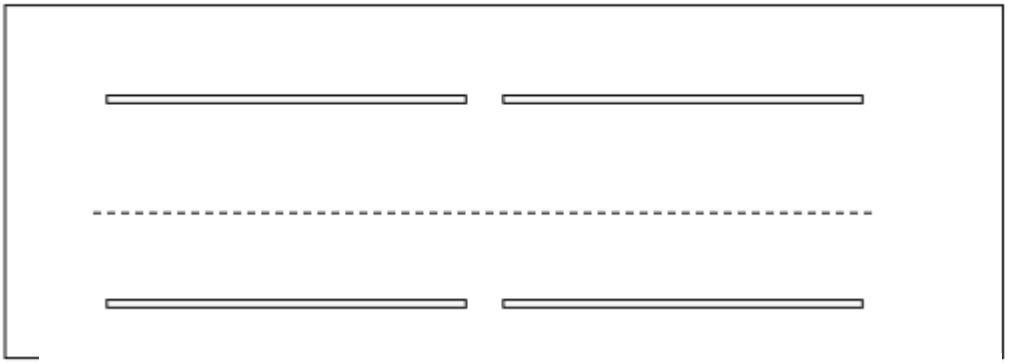
ت- سرعة الإلكترون عند منتصف المسافة بين اللوحين والزمن الذي يستغرقه للوصول إلي هذه النقطة.

العدسة الإلكترونية

فى الشكل التالى يوضح نظام كهروستاتيكي مجمع للإلكترونات يتكون من أسطوانتين موضوعين تحت جهد كهربي غير متساوي بحيث تكون الأسطوانة الأولي تحت جهد كهربي أقل أما الأسطوانة الثانية تحت جهد كهربي أعلى وتحتوي هاتين الأسطوانتين علي خطوط تساوي الجهد وفيما يلى شرح لكيفية عمله:



شكل يوضح خطوط تساوى الجهد داخل النظام الكهروستاتيكي



شكل يوضح مسار للحزمة اشعة الالكترونية داخل النظام الكهروستاتيكي

وعند دخول حزمة إلكترونية متفرقة من مصدر بسرعة ابتدائية (u) فإنه يؤثر عليها من النصف الأول من المجال قوي عمودية علي خطوط تساوي الجهد يمكن تحليلها إلي:

(أ) المركبة الأفقية وهي اتجاه حركة الإلكترون إلي داخل المجال .

(ب) المركبة الرأسية وهي في اتجاه عمودي علي اتجاه حركة الإلكترون تبعد من المحور. وإذا ما انتقلنا من النصف الأول للمجال إلي النصف الثاني تؤول هذه المركبات إلي المحور.

(ج) المركبة الأفقية وهي في اتجاه حركة الإلكترونات إلي خارج المجال (أي نفس اتجاه المركبة أ).

(د) المركبة الرأسية وهي في اتجاه عمودي علي اتجاه حركة الإلكترونات مقربة عن المحور أي عكس اتجاه المركبة (ب).

ويجب ألا يغيب عن أذهاننا أن الإلكترون في النصف الثاني من المجال يتحرك بسرعة أكبر من تلك التي تحرك بها في النصف الأول وذلك نتيجة لتسجيله داخل المجال وعلي ذلك فإن تأثير المجال علي حركة الإلكترون في النصف الثاني منه بذلك فإن المركبتين (ب) ، (د) لا يلاقي كل منهما الأخر. بل ينحرف الإلكترون في النهاية بمحصلة المركبتين بهذه الطريقة يتحرك الإلكترونات عند خروجها من المجال الإلكتروستاتيكي في مسارات متجمعة وللتشابه الكبير بين عمل المجال في تجميع الإلكترونات وعمل العدسة الضوئية في تجميع أشعة الضوء من التوزيع للمجال بالعدسة الإلكترونية كما هو موضح فى الشكل السابق.

وفيما يلى نوضح تعبيرا رياضيا لاثبات ان النظام الالكتروستاتيكي يشبه فى عمل العدسة الضوئية:

بالاستعانة بالشكل التالى حيث نفرض مجالين متتاليين جهدهما علي الترتيب V_1، V_2 ويفصل بينهما مسافة قدرها d وأن الشعاع الإلكتروني

يسير في المجال V_1 بسرعة u_1 ويسقط بزاوية مع الخط العمودي علي السطح الفاصل وعندما يدخل الإلكترون الفجوة (المسافة الفاصلة بين المجالين) d فإن مركبة السرعة العمودية علي السطح الفاصل تزيد نتيجة لتأثرها بقوة نتيجة هذا المجال وهى ( ) بينما لا تتأثر المركبة الثانية حيثُ لا توجد قوة مناسبة وعلية فإن الإلكترون ينتقل إلي الوسط بسرعة u_2 صانعاً زاوية مع الخط العمودي علي السطح الفاصل.

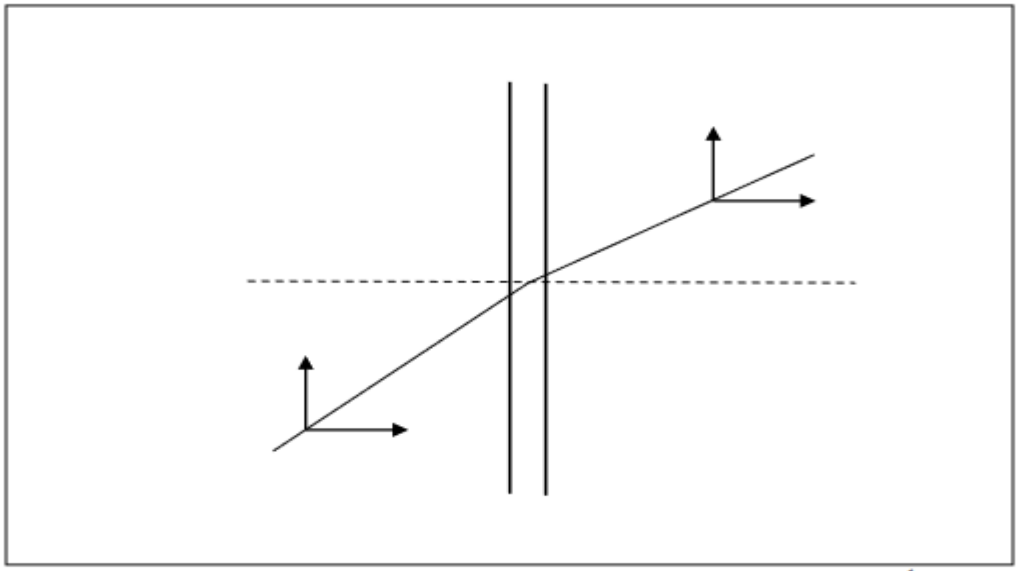
ونتيجة لما سبق فان:

$$V_2 \cos\theta_2 \rangle V_1 \cos\theta_1$$

$$، V_2 \sin\theta_2 \rangle V_1 \sin\theta_1$$

$$\therefore \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{V_2}{V_1} = n_{12}$$

حيثُ (n_{12}) معامل الانكسار من الوسط الأول إلي الوسط الثاني.



وبما أن طاقة الحركة للإلكترون الذي يتحرك في المجال (V_1) تعطي من المعادلة :-

$$\tfrac{1}{2} m\, u_1^2 = e\, V_1$$

$$\therefore u_1 = \sqrt{\frac{2e\, V_1}{m}}$$

وكذلك طاقة الحركة للإلكترون في المجال الثني V_2 تعطي من المعادلة :-

$$\tfrac{1}{2} m\, u_2^2 = e\, V_2$$

$$\therefore u_2 = \sqrt{\frac{2e\, V_2}{m}}$$

إذن بالتعويض عن قيم السرعات u2 , u1 فى معادلة معامل الانكسار السابقة ينتج ان:

$$n_{12} = \sqrt{\frac{V_2}{V_1}}$$

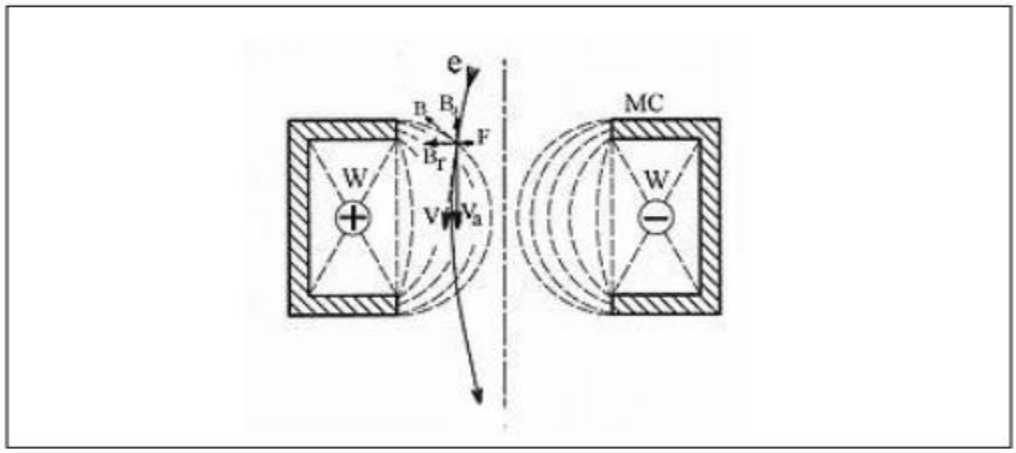
وحيث أن

$$V_2 \rangle V_1$$
$$\therefore n_{12} \rangle 1$$

وهذا يعني أن الشعاع الإلكتروني ينكسر مقترباً من العمودى على الحد الفاصل وذلك في المجال الثاني V_2 وهذا مماثل لما يحدث لشعاع ضوئي عندما يتحرك من وسط ذو كثافة ضوئية أقل إلي وسط ذو كثافة ضوئية أكبر. وهذه النتيجة تفسر لنا خروج الإلكترونات من المجال الألكتروستاتيكي في مسارات متجمعة.

العدسة المغناطيسية

يمكن تجميع الإلكترونات باستخدام نوع أخر من العدسات يطلق عليها العدسات المغناطيسية والتى تتكون عادة من عدة مغناطيسات كهربائية مرتبة تلو بعضها البعض أو من زوج من المغناطيسات عمودية على بعضها ويمر من خلالها شعاع الإلكترونات من بين أقطابها الأربعة. ويمكن تشكيلها من عدة ملفات مرتبة حول مسار الإلكترونات إما في شكل مربع أو شكل سداسي. وبهذه الطريفة يمكن تشكيل عدة مغناطيسات مجمعة لفيض من الإلكترونات في بؤرة أو تعمل على تفرقة الإلكترونات، مثلها كمثل العدسة المحدبة أوالعدسة المقعرة.



يبين الشكل كيف ينحصر فيض الإلكترونات في شعاع ضيق بسبب مروره في عدسة مغناطيسية.

حساسية الانحراف

وفى يلى نستعرض بشكل سريعا حساية انحراف الشعاع الالكترونى فى اى من العدسات الالكترونية او المغناطسية واثبات ذلك رياضيا.

(1) حساسية الانحراف الإلكتروستاتيكي:

بالاستعانة بالشكل السابق والذى يبين انحراف شعاع الإلكتروني باستخدام مجال الكتروستاتيكي وبفرض ان المجال الكهربي بين لوحين منتظم.

شدة المجال الكهربي بين اللوحين يعطي بهذه المعادلة :

$$E = -\frac{V}{h}$$

حيثُ (V) يمثل الفرق في الجهد بين اللوحين (h) المسافة بينهما .

وعندما يدخل الإلكترون الذي شحنته (e) وكتلته (m) المجال الكهربي (E) تؤثر عليه قوة رأسية (eE -) .

$$\therefore F_y = -e\mathrm{E} = e\ \frac{V}{h} = am$$

حيثُ (a) العجلة التي يتحرك بها الإلكترون تحت تاثير هذه القوة

$$\therefore a = -\frac{e}{m}\ .\ \frac{V}{h}$$

فإذا دخل الإلكترون المجال الكهربي بسرعة (u) موازيا للألواح فإنه يقطع طول الألواح (L) في زمن (t) حيثُ

$$t\ = \frac{L}{u}$$

وأثناء هذا الوقت يمكن أن يكتسب الإلكترون سرعة في اتجاه المجال الكهربي تعطي بالمعادلة :-

$$u = at = \frac{e}{m}.\frac{V}{h}.\frac{L}{u}$$

ومسار الإلكترون في المجال الكهربي تكون علي شكل قطع مكافئ كما سبق اثباته فيما سبق ولكن لمجرد خروجه من المجال الكهربي فإنه يتجه إلي الشاشة في مسار خطي كما في الشكل السابق وميل هذا الخط (زاوية الانحراف):-

$$\therefore \tan\theta = \frac{Y}{d}$$

$$\therefore Y = d.\tan\theta\ = d.\frac{e}{m}.\frac{V}{h}.\frac{L}{u^2}$$

وذلك أعتبارا من النقطة P التي تقع في مركز الألواح الحارفة والتى تبعد مسافة (d) عن الشاشة.

وحساسية الانحراف يمكن أن تعطي بهذه المعادلة :

$$\frac{Y}{V} = \frac{eLd}{mhu^2}$$

وحيثُ ان Va الفرق في الجهد بين الكاثود والأنود يمكننا كتابة العلاقة التالية:

$$\tfrac{1}{2}\, mu^2 = e\, V_a$$

وباستخدام تلك المعادلة وذلك بالتعويض فى المعادلة السابقة ينتج:

$$\therefore \frac{Y}{V} = \frac{dL}{2hVa}$$

ويلاحظ أن حساسية الانحراف من المعادلة الاخيرة هذه انها لا تعتمد علي نوع الدقائق المكونة للشعاع وحيثُ أنها لا تحتوي علي ($\frac{e}{m}$) كما أنها تتناسب عكسياً مع الجهد المسجل Va وهذا يعني أن زيادة سرعة الإلكترون يمكن أن تؤدي إلي نقص حساسية الانحراف .

(2) حساسية الانحراف المغناطيسي :-

لحساب حساسية الانحراف في العدسات المغناطيسية نفترض أن المجال المغناطيسي منتظم بكثافة فيض (B) في المنطقة (L) وأن الإلكترون يدخل هذه المنطقة بسرعة (u) في الاتجاه العمودي علي

المجال المغناطيسي ونتيجة لتأثير هذا المجال فإن الإلكترون يأخذ مسار علي شكل قوس دائرة نصف قطرها R (تم اثباته فيما قبل) والذي يعطى بهذه المعادلة :

$$R=\frac{mu}{eB}$$

وعندما يترك الإلكترون المجال فإنه يتحرك في خط مستقيم في اتجاه المماس ويكون الانحراف (Y) علي الشاشة هو :-

$$Y = d\ \tan\theta \cong L.\theta$$

حيثُ أن θ صغيرة

$$\therefore \frac{Y}{d} = \theta = \frac{L}{R}$$

بالتعويض عن قيمة (R) وترتيب المعادلة بالشكل التالى:-

$$\frac{Y}{B} = \frac{Ld\,e}{mu}$$

وحيثُ ان Va الفرق في الجهد بين الكاثود والأنود يمكننا كتابة العلاقة التالية:

$$\tfrac{1}{2}\, m u^2 = e\, V_a$$

$$\therefore \quad u = \sqrt{\frac{2e}{m} V_a} = \sqrt{\frac{e}{m}}\sqrt{2V_a}$$

وبالتعويض عن قيمة السرعة في المعادلة السابقة يكون

$$\frac{Y}{B} = Ld \sqrt{\frac{e}{m}} \frac{1}{\sqrt{2V_a}}$$

ويلاحظ من هذه المعادلة أن حساسية الانحراف المغناطيسي تتناسب عكسياً مع $\sqrt{V_a}$ أي أن حساسية الانحراف المغناطيسي تتأثر بمقدار أقل عندما تتغير Va.

المِجهَر(الميكروسكوب)

المِجهَر(الميكروسكوب): هو جهاز لتكبير الأجسام الصغيرة التي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة أو لإظهار التفاصيل الدقيقة للأشياء من أجل اكتشاف تكوينها و دراستها. ، و العلم المهتم بإستكشاف الأجسام الصغيرة أو التفاصيل الدقيقة للأشياء بواسطة هذة الأجهزة يسمي علم المجهريات. و كلمة "مجهرية" أو "مجهري" تستخدم لوصف الشيء الذي لا يمكن رؤيته إلا بمساعدة المجهر. والمجهر أحد الأجهزة الأوسع استخداماً في علم الأحياء، يستخدمه علماء الأحياء لدراسة الكائنات الحية والخلايا وأجزائها الصغيرة التي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة. وترجع بداية اختراع المجهر في عام ١٥٩٠ على يد الألماني هانس ليبرشي، وزكريا جانسين، وأول من أطلق على هذا الجهاز اسم الميكروسكوب هو الطبيب الألماني جيوفاني فابر عام ١٦٢٥، ومن ذلك الحين تطورت صناعة المجهر، وظهرت أنواع عديدة، سنتعرف على أنواع المجاهر.

انواع المجاهر: ١-**المجاهر الضوئية**

٢-**المجاهر الإلكترونية**

تعريف المجهر الإلكتروني:

هو نوع آخر من المجاهر التي لا تعتمد على الضوء، بل تستخدم الإلكترونات ذات الطول الموجي القصير في تكبير الأشياء، وتصل قوة تكبيرها العالية إلى ١٠٠٠ ضعف قوة تكبير المجاهر الضوئية.

أنواع المجاهر الالكترونية:

المجهر الإلكتروني الماسح: يعمل هذا المجهر على تسليط تيار من الإلكترونات على السطح الخارجي للخلية، فهو يختص بدراسة الأجزاء الخارجية، لتتكون صورة ثلاثية الأبعاد تصل قوة تكبيرها إلى ٥٠٠٠٠ مرة.

المجهر الإلكتروني النافذ:يتم تسليط التيار الكهربائي أو الإلكتروني على كامل الخلية، حيث يختص هذا النوع بدراسة الجزء الداخلي للخلية.

هو عبارة عن جهاز مكبر يعتمد على الضوء والعدسات لتكبير المادة، ويتميز بأنه منخفض التكلفة، وأكثر انتشاراً في مجالات التعليم، والطب، ويتميز بتوفيره خاصية مراقبة أنشطة الخلايا الحية.

أنواع المجاهر الضوئية:

المجهر الضوئي البسيط: يعمل على تكبير الشيء بقوة تكبير بسيطة؛ لأنه يتكون من عدسة واحدة ذات وجهين.

المجهر التشريحي: يتكون هذا الجهاز من عدستين عينتين، وعدسات شيئية، وتتراوح قوة تكبيره للأجسام من ٦ إلى ٥٠ ميكرون.

المجهر الضوئي المركب: يتكون هذا الجهاز من عدسة تكبير في العدسة العينية، وأخرى في العدسة الشيئية، وتصل قوة تكبيره للجسم من ٤٠ إلى ١٠٠٠ مرة، ويعتبر من أهم الأجهزة في علم الأحياء.

المجهر الضوئي المقلوب: يختلف في تصميمه عن المجاهر الضوئية الأخرى من حيث العدسة الشيئية الموضوعة من الأسفل لتكبير العينة، ويتم التحكم بالضوء حسب الحاجة.

المجهر الرقمي: يتميز هذا النوع بوجود كاميرا تصوير مضافة إليه، ويتيح عرض الصورة المكبرة على شاشة الكمبيوتر، والداتاشو، والتلفاز، وتصل قوة تكبيره للصورة إلى ٤٠٠ زوم.

مجهر الحقل المظلم: يتميز بأرضية الشريحة المعتمة، ويكون الضوء على شكل حلقة على الكائن الحي المراد مراقبة نشاطه، وهو خاص لفحص نوع من أنواع البكتيريا.

المجهر المستقطب: يعتمد على استقطاب الشعاع الضوئي للتمييز بين المواد ذات قوة انكسار مزدوجة، ومن أهم المجالات التي يستخدم فيها الجيولوجيا، والطب، وعلم الأحياء.

مجهر الطور المتباين: يضم هذا المجهر قرص به تجويف دائري على شكل حلقة، تسمى بحلقة الطور، وكذلك على صفيحة الطور، ويستخدم لدراسة الخلايا الحية غير المصبوغة.

المجهر الفلورسنتي أو المتألق: سمي بذلك لأنه يعتمد في تكبير الأشياء على صبغة الفلورسينية التي تمتص الضوء، وتعمل على إشعاعه بطول موجي أكبر.

مجهر الأشعة فوق البنفسجية: يتميز هذا النوع بأنه لا يحتوي على عدسات عينية، بل يعتمد على الأشعة فوق البنفسجية ذات الموجة القصيرة، وكذلك على كاميرات تقوم بتصوير الجسم ثم يتم تكبيره لاحقاً.

يتركب الميكروسكوب الضوئي المركب من عدة أجزاء كما يلي:

أولا: الأجزاء الميكانيكية:

١- نبوبة جسم المجهر Body Tube

٢- القرص الدوار

٣- الذراع Arm

٤- القاعدة Base

٥- المسرح Stage

٦- المنظم التقريبي والدقيق Coarse & Fine Adjustment

ثانيا: الأجزاء البصرية:

١- المكثف Condenser

٢- العدسة العينية Ocular Lens

٣- العدسات الشيئية Objective Lenses

العدسة العينية

العدسة العينية هي الجزء من المجهر الذي ينظر الفاحِص من خلاله. وهي تحتوي على عدسة تكون الأقرب إلى عين الفاحِص. ويطلق عليها أحيانًا العدسة البصرية (في إشارة إلى العين أو الرؤية).

العدسة الشيئية

العدسات الشيئية هي العدسات الأقرب إلى الشيء المطلوب فحصه تحت المجهر. تحتوي العديد من المجاهر على أكثر من عدسة شيئية واحدة، وتكون معلَّمة بدرجات تكبير مختلفة. يمكن تغيير هذه العدسات الشيئية بناءً على درجة التكبير المطلوبة للعينة أو الشريحة. على سبيل المثال، إذا أردنا استخدام العدسة الشيئية ذات درجة التكبير x٤٠، فيمكننا تحريك هذه العدسة الشيئية حتى تصبح على استقامة واحدة مع العدسة العينية.

تجمِّع هاتان العدستان الضوء لتكوين صورة مرئية أكبر حجمًا من الجسم الحقيقي المطلوب فحصه نفسه، ويمكن ملاحظة المبدأ الأساسي لهذه العملية في الشكل الآتي. وينتج عن مرور الضوء عبر هاتين العدستين صورة مكبرة في عين الفاحِص.

ملاحظات:

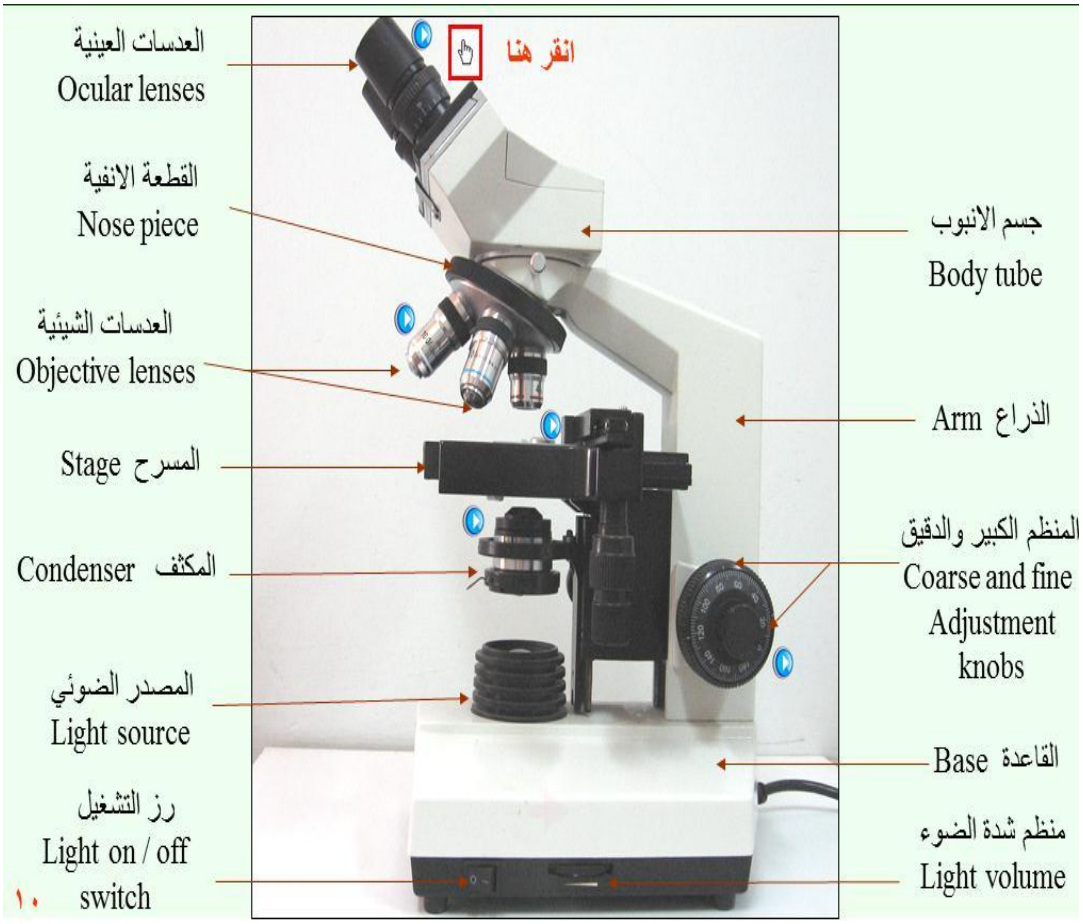
يمكن تمييز العدسة الزيتية عن بقية العدسات الشيئية حيث يكتب عليها كلمة Oil أو في بعض الأنواع بوجود حلقة سوداء تحيط بها.

إن العدسة الزيتية Oil immersion lens لا يمكن استعمالها إلا بوضع قطرة من زيت السيدر Ceddar oil أو زيت البراقين النقي على العينة فوق الشريحة لمنع انكسار الضوء عن مساره وتشتته ومنع انحرافه خارج العدسة العينية مما قد يتسبب في عدم رؤية العينة بصورة واضحة لأن مسافة عمل العدسة الزيتية تبلغ ٠.١٣ ملليمتر وان فتحة هذه العدسة صغيرة جداً ويرجع سبب استخدام زيت السيدر تحديداً إلى إن معامل انكساره يبلغ ١.٥٢ وهو مساو لمعامل انكسار الضوء للشريحة الزجاجية.

تقدر قوة تكبير المجهر = قوة تكبير العدسة العينية X قوة تكبير العدسة الشيئية

أما قوة تكبير لعدسات الشيئية فهي مدونة على العدسات نفسها.

ينبغي تنظيف العدسة الزيتية بعد الانتهاء من استعمال المجهر بالزايلول أو الزايلين Xylene وورق النشاف Lens paper لإزالة الزيت من العدسة .



الميكروسكوب الالكتروني

مقدمة

بداية نحتاج الى ان نتعرف على معامل مهم فى عملية التكبير هوقوة التمييز(Resolution power)أو قوة التبيين(التحليل)(Resolving power)وهي أصغر مسافة بين أصغر جسمين متقاربين يمكن أن نراهما بوضوح تام مفصولين تماماً عن بعضهما من غير أي تداخل.

وحيث ان قوة التبيين ال يحددها نوع العدسة المستخدم فى عملية الفحص وإنما يحددها الطول الموجي (□)للموجه الساقطة على العينة حيث ان العالقة عكسية بين قوة التبيين والطول الموجي بمعنى انه كلما قل الطول الموجي تزداد قوة التبيين. وعليه فان قوة التبيين للميكروسكوب الضوئي لها حد معين ذا قيمة محددة مرتبطة بالطول الموجي لموجه الضوء وهو ثابت. وفيما يلى نستعرض ذلك بصورة تاريخية بسيطة من خلال تجارب بعض العلماء فى هذا الصدد:

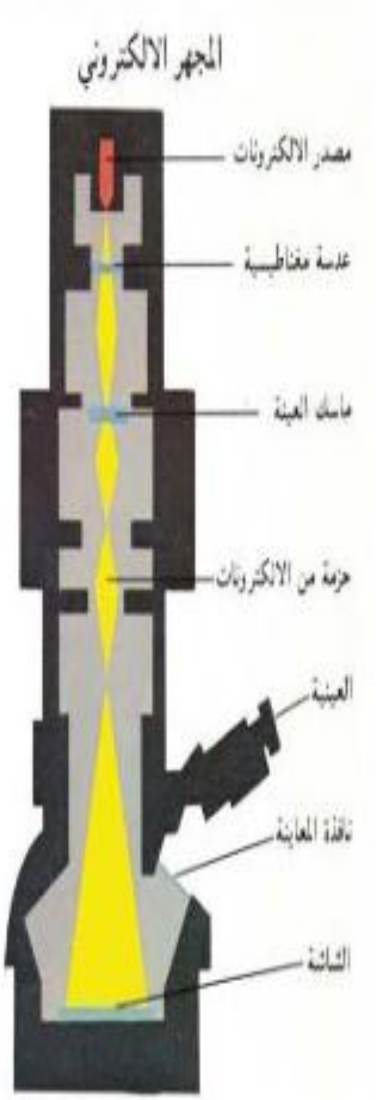
البداية: افترض العالم Ernst ان القدرة التحليليه لاي ميكروسكوب تعتمد على الطول الموجي للضوء المستخدم وبالتالي فان الميكروسكوبيات التقليدية المعتمدة على الضوء المرئي سوف يكون لها حد أقصى للقدرة التحليلية ال يمكن أن تتجاوزه بأي حال من الاحوال ولهذا طور العالمKoehler جهاز ميكروسكوب يعمل بالأشعة الفوق بنفسجية وبالرغم من أن ذلك زاد القدرة التحليلية الا أن اعتماد هذا الميكروسكوب على استخدام بصريات مصنعة من الكوارتز ،الن الزجاج العادي يمتص الاشعة فوق البنفسجية، جعل سعره مرتفعا جدا. عند هذه المرحلة أصبح واضحا لدى العلماء أن الحصول على صور دقيقة بحجم أجزاء من الميكرون مستحيلا نظرا لقيود الطول الموجي للضوء المستخدم.

مع المزيد من الالكتشافات التي بدأت في العام 1858 بواسطة العالم Plücker الذي استطاع التحكم في أشعة الكاثود (وهي حزمة من الالكترونات ولكن لم يكن ذلك معروفا الا بعد تجارب العالم ج ج طومسون) بواسطة المجالات المغناطيسية. تمكن العالم Riecke في العام 1891 من تبئير أشعة الكاثود بواسطة المجالات المغناطيسية مما يعني انه استطاع تصميم عدسة مغناطيسية بسيطة.

في العام١٨٩١في الجامعة التكنولوجية في برلين قام العالمMax Knollبرئاسة فريق بحثي بتطوير عدسات للتحكم في أشعة الكاثود لاستخدامها في الحصول على صور مكبرة. وبعد ثلاثة أعوام من الابحاث والتجارب تمكن العالم Max Knollوفريقه من الحصول على أول صورة مكبرة لشبكة وضعت فوق فتحة الانود وكان هذا في العام١٩٣١ة. في نفس العام تمكن العالمReinhold Rudenberg في شركة سيمينزSiemens companyمن الحصول على براءة اختراع للعدسة الكهروستاتيكية في الميكروسكوب الالكتروني.

في ذلك الوقت كان السلوك المزدوج للإلكترونات معروفا من خلال الفرضية التي وضعها العالم دي برولليDe Broglie hypothesis وهي أن كل جسيم له سلوك موجي وبالتالي وجد أن الإلكترون يسلك سلوك موجي الاضافة إلى سلوكه الجسيمي مثله مثل الضوء تماما وبالرغم من أن فرضية دبرولي وضعت في العام١٩٧٢ الي أن الفريق البحثي المكلف بتطوير قدرة الميكروسكوب لم يكن يعلم بهذه الفرضية حتى العام١٩٨٩وبمجرد أن وصلتهم تلك الفرضية والتجارب التي أكدت صحتها الحظ العلماء انه بالإمكان استخدام الموجة المصاحبة للإلكترون في عملية التكبير في الميكروسكوبيات الن هذه الموجة اصغر كثيرا من الطول الموجي للضوء المرئي (الطول الموجي المتوسط للضوء٥٠٠٠ انجستروم في حين إن الطول الموجي المصاحب للإلكترون في حدود ١ انجستروم) وبالتالي يمكن تطوير أجهزة تكبر الاشياء على المستوى الذري. في العام ١٩٣٣ تم الحصول على أول نجاح للحصول على صور مكبرة لعينة من ألياف القطن قبل أن تصاب العينة بالضرر نتيجة الاصطدام الإلكترونات بها.

بعد هذا النجاح ازداد الاهتمام بالميكروسكوب الالكتروني من قبل العديد من المجموعات البحثية لتطويره واستمر التطوير ايضا في شركة سيمينز للحصول على صور لعينات بيولوجية وفي العام ١٩٣٨ تم بناء أول جهازTEMوهو الميكروسكوب الإلكتروني النافذ .والصورة التالية توضح شكل عام لميكروسكوب الكتروني:



وفي الميكروسكوب الإلكتروني تمر الإلكترونات من خلال سلسلة من المجالات المغناطيسية تشبه في عملها نظام العدسات في المجهر الضوئي وبذلك فالإلكترونات التي تنعكس عن العينة والتي تنفذ من خلالها تبعا لكثافة التراكيب في العينة المفحوصة يمكن استقبالها على لوحات حساسة أو مشاهدتها على شاشات خاصة مفسفرة تسمح برؤية الصورة لامعة.

ومما هو جدير بالذكر أن الفحص الميكروسكوب الإلكتروني يحتاج إلى معاملات خاصة سواء في تحضير العينة أو في إعداد المجهر للفحص.

عيوب المجاهر الإلكترونية

بالرغم من الفوائد العديدة التي تقدمها المجاهر الإلكترونية إلا أنَّ لها بعض العيوب منها :

- ارتفاع تكلفتها ، كما أن تكاليف صيانتها مرتفعة.
- الحاجة الي الدقّة والخبرة عند إعداد العينة المراد دراستها.
- الحاجة الي وضع طبقة رقيقة من المعدن علي العينة مثل الذهب ؛ للسماح للإلكترونيات بالانعكاس عنها
- .يتطلب جهد عالي لتشغيلها
- تشغل حيزا كبيراً
- يتطلب تدريب متخصص
- عدم امكانيه استخدامها لمراقبة الخلايا الحية؛ وذلك لأن العينة يجب أن تخضع للتجفيف، ولجرعة عالية من الإشعاع مما يؤدي الي موتها.

من أنواع الميكروسكوب الإلكتروني :

المجهر الاكتروني الماسح Scanning electron microscope SEM):

تقوم كمية قليلة من الاشعاع الالكتروني بمسح العينة فتتجمع الالكترونات المنبعثة من العينة لتكون الصورة المنبعثة على أنبوبة أشعة المهبط. والشكل التالي يوضح تركيبه بصورة مبسطة

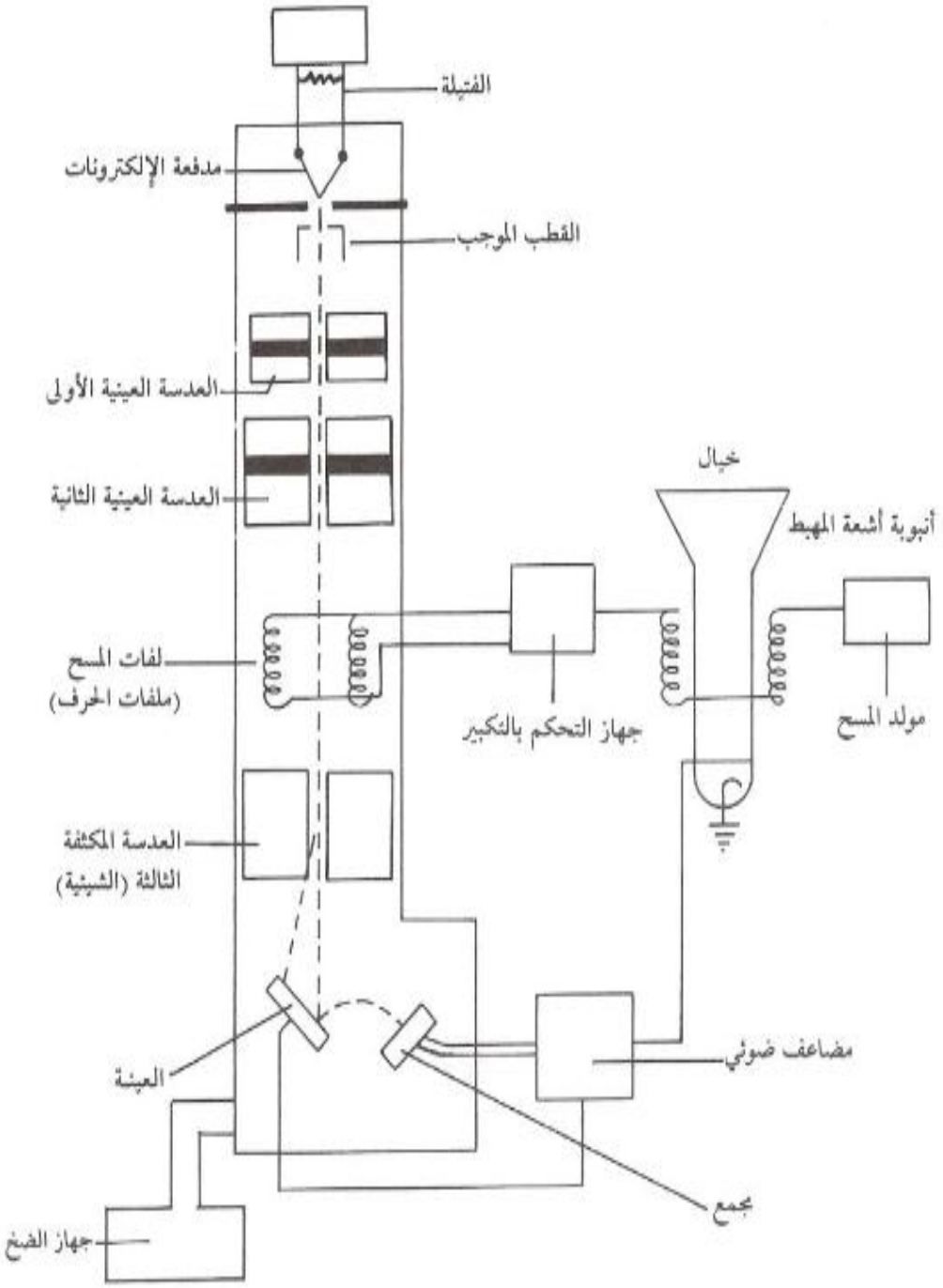
توضع العينة المراد فحصها داخل العمود المفرغ من الهواء في المجهر الالكتروني من خلال مدخل أو سدادة محكمة الاغلاق.

وبعدما يفرغ العمود تمامًا من الهواء يطلق المدفع الالكتروني حزمة شعاعية ذات طاقة عالية من الالكترونات، ينطلق هذا الشعاع الالكتروني متجها إلى الاسفل عبر سلسلة من العدسات المغناطيسية التي صممت لتقوم بتركيز وتجميع الالكترونات في موضع محدد و دقيق

بالقرب من نهاية العمود المفرغ السفلية توجد مجموعة من الملفات المغناطيسية الماسحة ،والتي تقوم بدورها بتحريك الشعاع المركز من الالكترونات فوق العينة المراد فحصها ذهابًا و إيابًاو صفًا تلو الاخر حتى يتم تغطية العينة كلها.

وعند ملامسة الشعاع الالكتروني لسطح العينة تتحرر بعض الالكترونات الثانوية من سطح العينة، ويتم الكشف عن هذه الالكترونات المحررة عبر كاشف خاص يقوم أيضا بحصرها وإرسال إشارة خاصة لجهاز مكبر الاشارات الالكتروني.

تتكون الصورة النهائية تبعا لعدد الإلكترونات المحررة من كل نقطة علي يسطح العينة، وبذلك تنشأ الصورة محاكية تماما للعينة و مطابقة لها

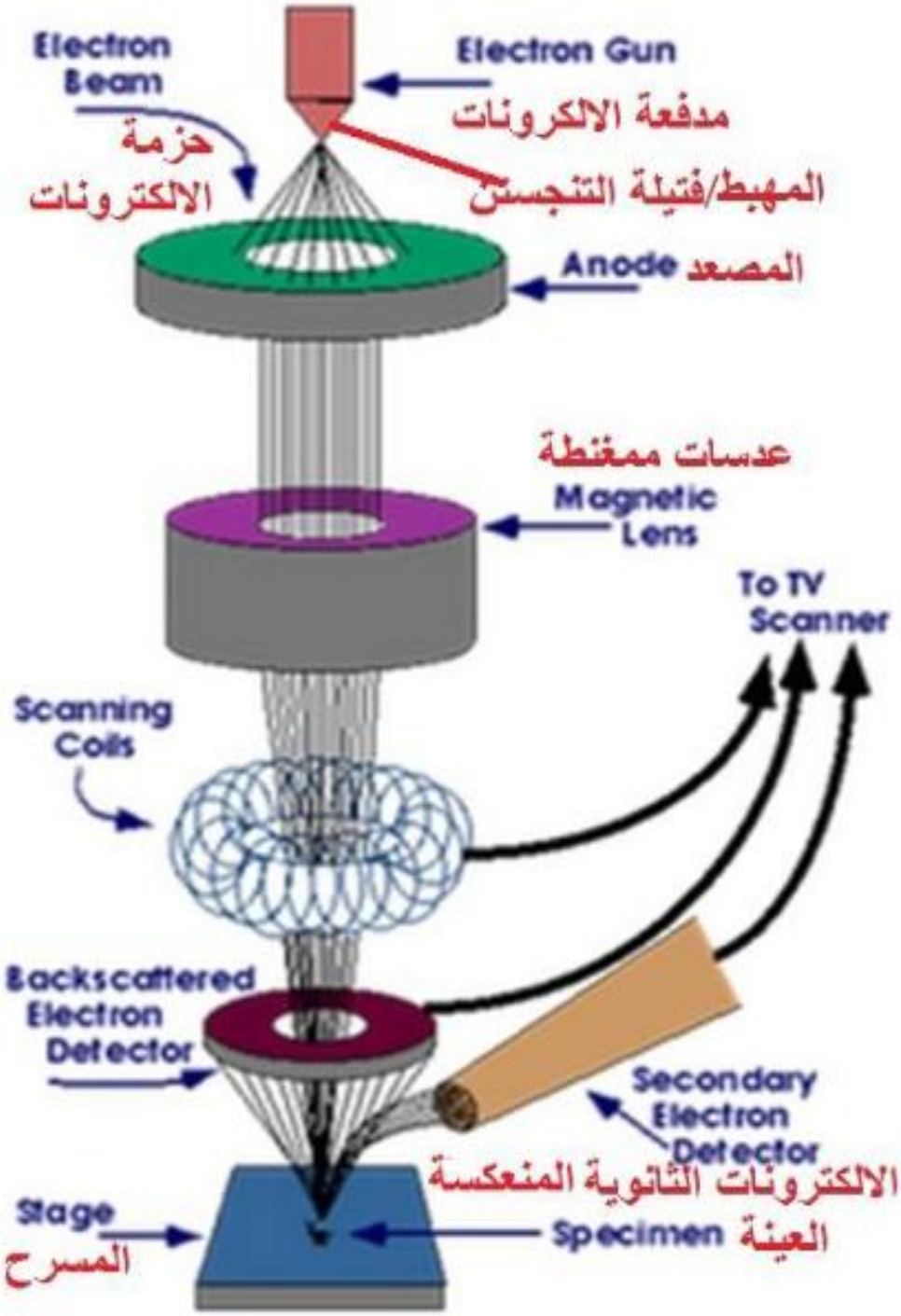

الفتيلة
مدفعة الإلكترونات
القطب الموجب
العدسة العينية الأولى
العدسة العينية الثانية
خيال
أنبوبة أشعة المهبط
لفات المسح
(ملفات الحرف)
جهاز التحكم بالتكبير
مولد المسح
العدسة المكثفة
الثالثة (الشيئية)
مضاعف ضوئي
العينة
مجمع
جهاز الضخ

الميكروسكوب الالكتروني النافذ

Transmission electron microscope (TEM

في حالة الميكروسكوب النافذ تتعرض العينة كلية للاشعاع الالكتروني الذي ينفذ أو يمر من العينة ليكون الصورة على شاشة العرض ويأتي التباين في الصورة من الاختلافات في الكثافة الالكترونية للعينة ، أو من كمية الالكترونات التي تمر من خلال العينة إن الميكروسكوبيات الالكترونية النافذة لها دقة أعلى بكثير من الميكروسكوبيات الضوئية نتيجة الموجة المادية الصغيرة للإلكترونات، مما يمكّن المستخدم من فحص تفاصيل العينة بشكل دقيق إلى درجة صف من الذرات وذلك بشكل يبلغ عشرة الف مرة قدرة تكبير مقارنة مع الضوئي. يمثّل الميكروسكوب الالكتروني النافذ TEMوسيلة تحليل أساسية في العديد من فروع العلوم الطبيعية مثل علم المواد وأبحاث أشباه الموصلات بالإضافة إلى العلوم الحيوية مثل علم دراسة لفيروسات وأبحاث السرطان. وهو ايضا لفحص العينات حيه لأنه لا يتطلب مقاطع.

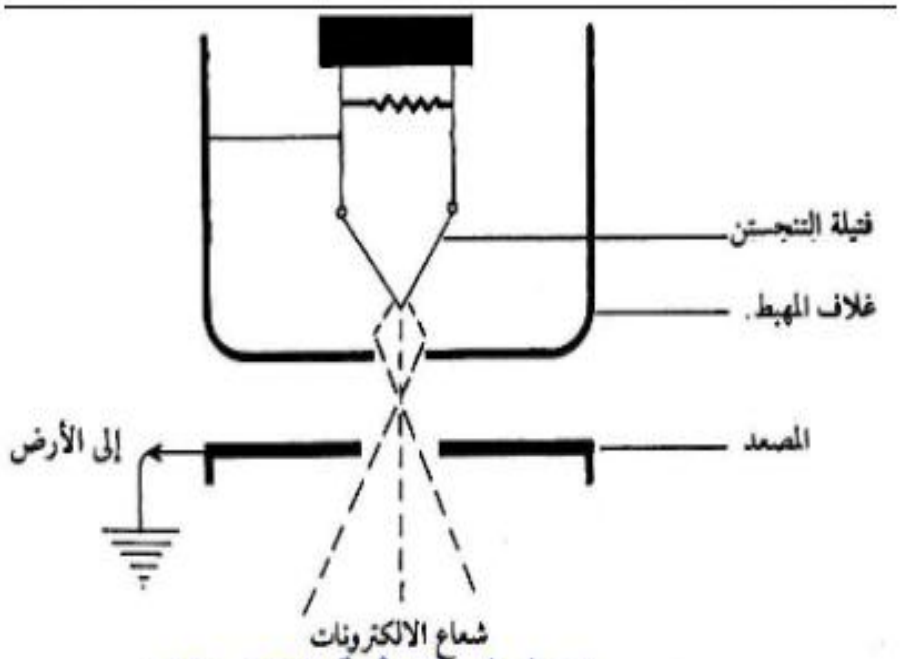
والشكل التالي يوضح التركيب الاساس ي للمجهر الالكتروني النافذ


Electron Beam
حزمة الالكترونات
Electron Gun
مدفعة الالكرونات
المهبط/فتيلة التنجستن
Anode المصعد
عدسات ممغنطة
Magnetic Lens
To TV Scanner
Scanning Coils
Backscattered Electron Detector
Secondary Electron Detector
الالكترونات الثانوية المنعكسة
Stage المسرح
Specimen العينة

وفي اي ميكروسكوب الكتروني الشيء الاساسى هو اصدار الاشعة الالكترونية المستخدمة فى فحص العينات ومن هذا المنطلق البد ان نستعرض سريعة تركيب المدفع الاللكترونيElectron Gun والذى تتكون بصورة اساسية من الفتيلة و المصعد حيث ان:

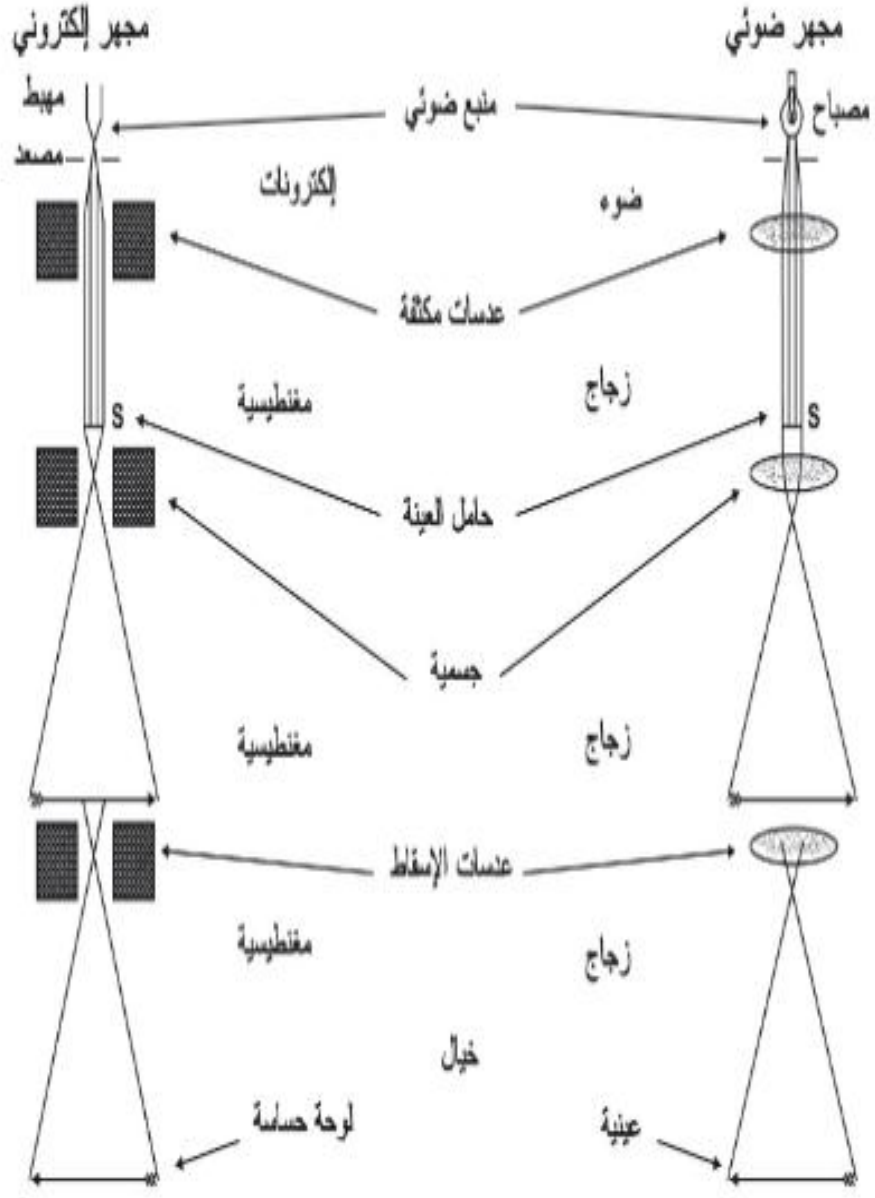
الفتيلة عبارة عن سلك من التنجستن صغير على هيئة مخروط يعرف أيضا بالمهبط ويغلف المهبط صفيحة سالبة الشحنة تعرف بغلاف المهبط تساعد في ابتعاد الالكترونات عن منطقة المهبط ودفعها الى ثقب المصعد.

اما المصعد فهو عبارة عن قطعة معدنية دائرية الشكل في مركزها ثقب.



رسم تخطيطى لمدفعة الالكترونات

اما مسار الاشعة الالكترونية داخل الميكروسكوب والتحكم فيها واسقاطها على العينة فقد تم شرحه فى الاجزاء السابقة عن الحديث عن حركة الالكترون فى المجالات الكهربية والمغناطيسية وايضا شرح العدسات الالكترونية والمغناطيسية. والشكل التالي يلخص اوجه التشابه بين الميكروسكوب الضوئي والميكروسكوب الالكتروني:



مطياف الكتلة

Mass spectrometry

مطياف الكتلة هو جهاز اخترعه فرانسيس أستون ويعتمد مبدأ عمله على أن الجسيمات المشحونة عندما تدخل مجال مغناطيسيا منتظما، بحيث يعامد اتجاهه اتجاه حركتها، فإنها تأخذ مسارات دائرية تتناسب أنصاف أقطارها مع كتلة الجسيم المشحون. ويمكن بواسطة هذا الجهاز قياس نسبة الكتلة للشحنة وفصل الجسيمات المختلفة بهذا المقدار عن بعضها سواء كانت ذرات أو أيونات أو جزيئات. و هو يسمح بقياسq/mلذرة متأينة (حيثm كتلة الايون وq شحنته) وبتحديد كتلة الذرة، وقد لعبت المطيافية دورا كبيرا في دراسة النظائر.

يتكون المطياف من :

١.منبع أيوناتIon source

٢.محلل الكتلةMass Analyzer

٠.كاشفDetector

حيث منبع الايونات يشطر جزيئات العينة إلى أيونات. وجهاز التحليل يفرز الايونات بحسب كتلتها عن طريق تطبيق حقول كهرومغناطيسية.

ومكشاف لقياس قيمة مؤشر الكمية وبذلك تعطي بيانات لحساب وفرة الايونات الملتقطة.

ولمطياف الكتلة استخدامات كمية ونوعية، تشمل تحديد هوية المركبات المجهولة، وتحديد التركيب النظائري للعناصر في الجزيء ،وتحديد بنية المركب بمراقبة شظاياه. كما يستخدم في تحديد كمية مركب ما في العينة أو لدراسة كيمياء الايونات في الطور الغازي (كيمياء الايونات والجسيمات الحيادية في الفراغ). يستخدم مطياف الكتلة حاليا في مخابر التحليل التي تدرس الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لطيف واسع من المركبات.

ويعتمد عمل مطياف الكتلة على قذف للمركب العضوي في حالته الغازية أو البخارية بسيل من الالكترونات السريعة والعالية الطاقة (طاقتها في حدود٧٣الكترون فولت) تحت هذه الظروف يؤدي اصطدام الجزيئات بهذه الالكترونات السريعة إلى انفصال إلكترون أو أكثر من الجزيء ..أي تحدث عملية تأين للجزيءIonizationوتتكون ايونات موجبة الشحنة أو بالاصح جذر كاتيوني radical cation M بالاضافة إلى ذلك تؤدي الطاقة العالية إلى تكسير رابطة ضعيفة أو أكثر في الجزيء مما يؤدي إلى تكوين ايونات صغيرة أو حطيمات مشحونة أو متعادلة ..وبذلك يحتوي المخلوط الناتج من معاملة المركب بهذه الطريقة على مجموعة من الايونات الموجبة التي تختلف في الكتلة و الشحنة ..ويتم فصل هذه الايونات الموجبة بناء على اختلافها في نسبة الكتلة إلى الشحنة m/e باستخدام مجال كهربائي ومجال مغناطيسي ..ويتم تسجيل نتائج التحليل في صورة طيف كتلة mass spectrum يوضح كتلة هذه الايونات ووفرتها النسبية.

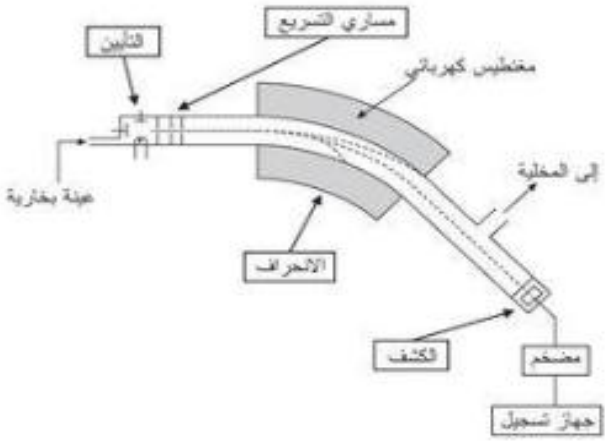
مبدا عمل المطياف الكتلي :

يعتمد مبدأ عمل المطياف الكتلي على توليد أيونات للمادة المدروسة في حيّز خالٍ من الهواء، وإخضاعها لحقول كهربائية ومغنطيسية حتى ترسم في نهاية المطاف الجسيمات المختلفة في الكتلة مسارات متباينة.

وقد تختلف الترتيبات المستخدمة لهذا الغرض من جهاز الاخر، ويظهر في الشكل التالي أحدها وهو االكثر استخداماً، وهو يتألف من أربعة أجزاء

هي:

-



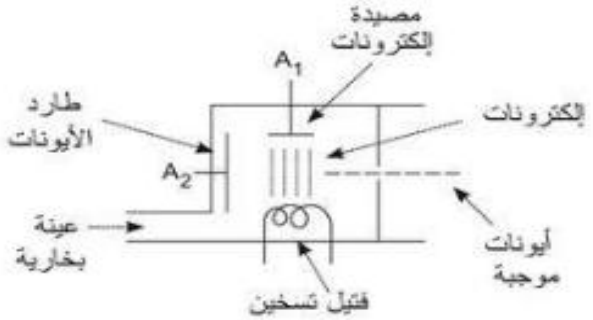
مخطط رمزي لمطياف كتلي

حجرة التأينionization chamber

وهنا تُنتزع االلكترونات من ذرات العيِّنة موضوع الدراسة، فتتحول إلى أيونات موجبة تمتلك جميعها كتلة متقاربةm، وهي تحمل شحنات كهربائية موجبة q = ne مساوية شحنة االلكترونeأو مضاعفاتهاnبالقيمة المطلقة. ويمكن الحصول على هذه االايونات على سبيل المثال

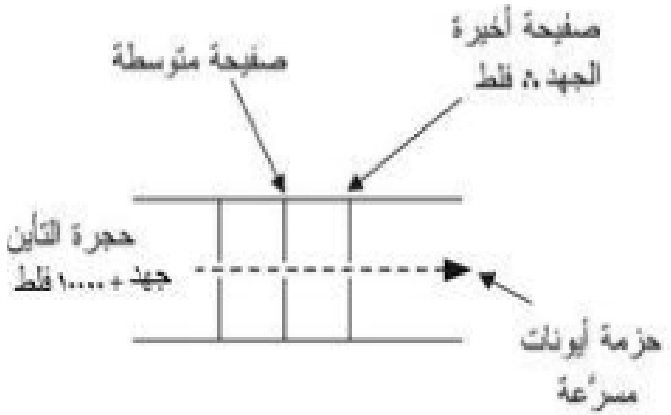
بإخضاع ذرات المادة وهي في حالة بخار تحت ضغط منخفض لسيل من الالكترونات صادر عن فتيل ساخن. ويبين الشكل التالي وسيلة تحقيق ذلك. إذ تُدخَل العيّنة وهي بحالة بخار

إلى حجرة صغيرة فيها فتيل يمر فيه تيار كهربائي، توضع مقابله صفيحة موجبةA١فتنجذب الالكترونات إليها. وباصطدام الالكترونات المسرَّعة هذه مع ذرات البخار تغدو الذرات متأينة مرة أو أكثر، وتقوم الصفيحة A٢التي يطبق عليها جهد (كمون) كهربائي موجب بطرد الايونات بعيداً عنها فتخرج الايونات من فتحة في حجرة التأين.



-اقطابالتعجيل acceleration electrodes

يطبق على حجرة التأين جهد كهربائي موجب من رتبة 10000 فولتٍ، وتمر الايونات الخارجة من فتحة حجرة التأين فتَرِدُ على مجموعة مسار كهربائية تطبق عليها جهود كهربائية متناقصة حتى الصفر ڤولت، كما هو ظاهر في الشكل التالي، فتكتسب الايونات سرعة عاليــة.



اقطاب تعجيل الأيونات

ويمكن التعبير عن طاقتها الحركية بدلالة الجهد الكهربائي المعجل V بالعلاقة:

$$\frac{1}{2}\ mv^2 = neV$$

وذلك بفرض m كتلة الأيون وv سرعته وne الشحنة الكهربائية التي يحملها. ومنها يكون:

$$v = \sqrt{\frac{2neV}{m}}$$

3- حجرة الانحراف deflection chamber

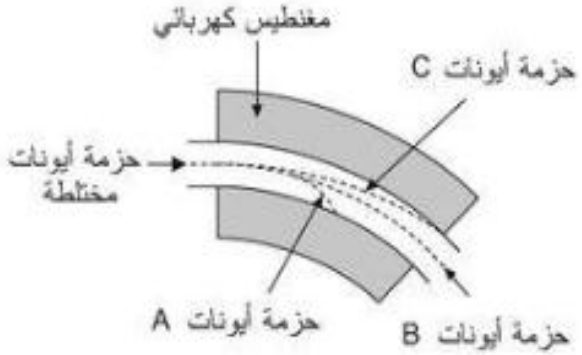
تخضع الأيونات ذات السرعة v المعطاة بالعلاقة السابقة لدى دخولها منطقة الحقل المغنطيسي B العمودي على مسارها لقوة تجعلها ترسم مساراً بشكل قوس دائرة نصف قطرهاR يعطى بالعلاقة:

$$R = \frac{mv}{neB} = \frac{1}{B}\ \sqrt{2\,v\,\frac{m}{ne}}$$

ر

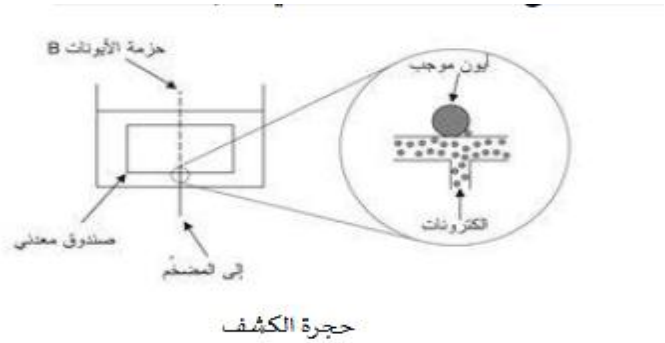
فالأيونات ذات الكتلة الصغيرة ترسم أقواساً (A) أنصاف أقطارها صغيرة، في حين ترسم الأيونات ذات الكتلة الكبيرة أقواساً (C) أنصاف أقطارها كبيرة كما يظهر في الشكل التالي. كما تقوم الشحنة التي يحملها الأيون بدور في تحديد نصف قطر الدائرة التي يرسمها وهذا واضح من العلاقة السابقة.

-



حجرة الكشفdetection chamber

تَرِد الايونات بعد خروجها من منطقة الحقل المغناطيس ي إلى حجرة الكشف التي تعلوها فتحة. فإذا تمكَّن أيون من دخول الحجرة والارتطام بقعرها فإنه يكتسب من جدارها الالكترون الازم لاعتداله، فإذا وُصِلت الحجرة بمقياس يسجل شدة التيار عن طريق مضخم أمكن مراقبة عدد الايونات الاخف أو الاثقل. يجري التحكم بشدة الحقل المغنطيس يB، لكشف كل أنواع الايونات الموجودة في العيِّنة المدروسة.



حجرة الكشف

انحراف الايونات في الحقل المغنطيسي

●من مزايا مطياف الكتلة :

إننا نستطيع الحصول على طيف الكتلة لجميع المركبات العضوية الصلبة والسائلة و الغازية باستخدام كمية ضئيلة جداً من المادة.

- أما من أهم عيوب هذه الطريقة :فتكمن في عدم قدرتنا على استرجاع المادة بعد التجربة ألنها تتكسر .. كما أن هذه الاجهزة غالية الثمن لاتتوفر في كثير المختبرات يسمح المطياف الكتليmass spectrographأو راسم الطيف الكتلي بفصل الذرات بحسب كتلها، شأنه في ذلك شـأن المطياف الضوئي الذي يسمح بفصل الضوء بحسب الاطوال الموجية التي يتركب منها. فمن المعلوم أن بالالمكان استخدام المطياف الضوئي لقياس الاطوال الموجية الصادرة عن منبع ضوئي، إضافة إلى قياس الشدات النسبية للاضواء وحيدة اللون التي يتركَّب منها. وبالمثل يمكن استخدام المطياف الكتلي جهاز تحليل للكشف عن الكتل الذرية المختلفة التي تتألف منها عيِّنة ما، وكذلك تقديرالوفرة النسبية لكل منها. كما يمكن استخدامه وسيلة لفصل الذرات المتماثلة في الكتلة.

تاريخه

يعود الفضل إلى ف. و. آستونF.W.Astonفي ابتكار أول مطياف كتلوي عام 1930 ، الذي عمل على تطوير جهاز ابتكره ج.ج. طومسونJ.J.Thomson لفصل النظائرisotopes لاول مرة، وهي عناصر ال يمكن تمييزها بعضها عن بعض كيميائياً، الا أنها تختلف في الكتلة، وباستطاعة المطياف الكتلي تمييزها بسهولة.

المراجع

الكهربية والمغناطيسية د. محمد بن علي احمد عيسى

مبادى الفيزياء د.محمد عبد المقصود الجمال

مذكرة الديناميكا الكهربية د. اميل ارميل رزق الله

مذكرة الالكترونيات الفيزيائية أ.د ميالد قسطينس

مذكرة الكهرباء والتيار المتردد أ.دعماد علي أحمد

مواضيع متفرقة من ش