

إستخدام أنبوبة أشعة الكاثود لراسم الذبذبات في تصميم تجارب دراسة
حركة الإلكترون في مجالات مختلفة وتعيين شحنته النوعية e/m
ومقارنة نتائجها بنتائج أجهزة بعض الشركات العالمية



معجب بن فهد بن محمد بويريد

سامي بن نايف بن ابراهيم العتيبي

إشراف د. / هشام محمد حسين العطار

جامعة الملك سعود – كلية المعلمين – قسم العلوم

إستخدام أنبوبة أشعة الكاثود لرسم الذبذبات في تصميم تجارب دراسة حركة الإلكترون في مجالات مختلفة وتعيين شحنته النوعية e/m ومقارنة نتائجها بنتائج أجهزة بعض الشركات العالمية

ملخص البحث:

تعتبر تجارب دراسة حركة الإلكترون في مجالات مختلفة من التجارب الأساسية في معامل الفيزياء الإلكترونية ومعامل الفيزياء الحديثة، لذلك تنتج شركات الأجهزة العلمية لكل تجربة أنبوبة أشعة كاثود تختلف تماماً عن الأخرى في تركيبها وتشغيلها وطريقة رؤية مسار الشعاع الإلكتروني. ولكن في هذا البحث سوف نجري جميع التجارب بأنبوبة أشعة كاثود واحدة وهي المستخدمة في راسم الذبذبات. وسوف نبين كيفية الإستفادة من أنبوبة أشعة الكاثود الموجودة في راسم الذبذبات عندما تتلف دائرته الإلكترونية، وكيفية إستخدامها في تصميم تجارب:

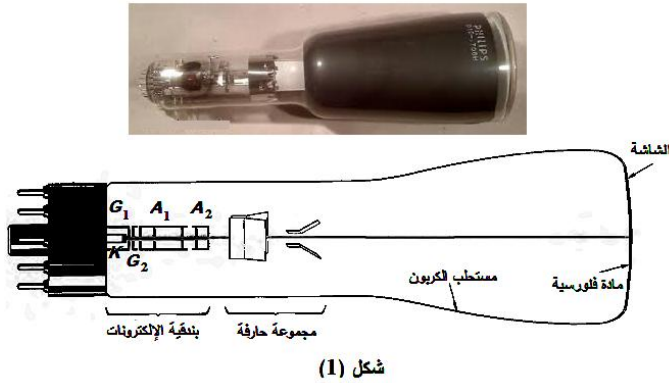
- 1 دراسة حركة جسيم مشحون " إلكترون " عمودياً على مجال كهربى منتظم.
- 2 دراسة حركة جسيم مشحون عمودياً على مجال مغناطيسى منتظم وتعيين e/m بطريقة كوفمان.
- 3 دراسة حركة جسيم مشحون عمودياً على مجالين منتظمين ومتعامدين أحدهما كهربى والآخر مغناطيسى وتعيين e/m بطريقة طومسون.
- 4 دراسة حركة جسيم مشحون فى مجال مغناطيسى منتظم يصنع زاوية α مع إتجاه حركته وتعيين e/m بطريقة بوش.
- 5 دراسة حركة جسيم مشحون موازياً لمجال كهربى غير منتظم "العدسات الإلكترونية" .
- 6 دراسة حركة جسيم مشحون عمودياً على مجالين كهربيين متعامدين ومترددتين وتحقيق أشكال ليساجو.
- 7 بجاء راسم ذبذبات.

وسوف نقارن نتائج تجارب أنبوبة راسم الذبذبات بنتائج أجهزة بعض شركات الأجهزة العلمية العالمية.

مقدمة:

تركب أنبوبة أشعة الكاثود

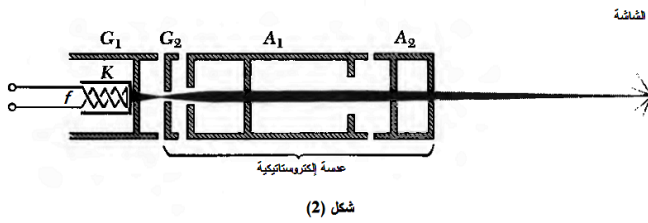
المستخدمة في راسم الذبذبات كما بالشكل (1) من أنبوبة زجاجية مفرغة تماما من الهواء ويحتوى طرفها الضيق على بندقية إلكترونيات وطرفها المتسع عبارة عن الشاشة مغطي بمادة فلورسسية مثل كبريتيد الخارصين. بندقية الإلكترونات ترسل أشعة إلكترونية تتجمع في نقطة على الشاشة



الفلورسسية فتظهر على الشاشة نقطة مضيئة تحدد موضع سقوط الأشعة الإلكترونية. وتحتوى الأنبوبة قرب منتصفها على مجموعة حارفة تتكون من زوجين من الألواح المعدنية التي تولد مجالين كهربيين وتعمل هذه المجالات على انحراف الأشعة الإلكترونية مما يسبب حركة النقطة المضيئة على الشاشة في اتجاه معين يتوقف على اتجاه وشدة المجال. ولما كان القصور الذاتي للإلكترون متناهي الصغر فإن حركة الشعاع الإلكتروني تتأثر بأي تغير حتى التغيرات سريعة التردد. [3،2،1]

وتتكون بندقية الإلكترونات كما

بالشكل (2) من الكاثود K والأنود A_2 ومجموعة تجميع الأشعة الإلكتروستاتيكية A_1 ، G_2 والكاثود عبارة عن أسطوانة من النيكل قاعدتها مؤكسدة وتسخن بطريقة

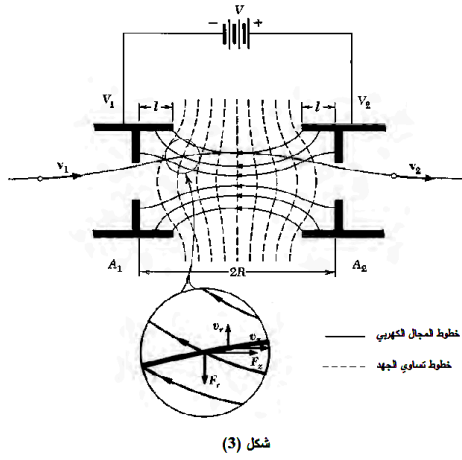


غير مباشرة بواسطة فتيلة f . الكاثود محاط بأسطوانة حاكمة G_1 وتسمى بالشبكة (لأنها تشبه في عملها الشبكة الحاكمة في الصمام الثلاثي) ويكون جهدها سالباً بالنسبة للكاثود وتتحكم الشبكة في شدة استضاءة النقطة المضيئة على الشاشة، فبتغيير جهد الشبكة تتغير كثافة الإلكترونات في الشعاع الإلكتروني. ويتم تعجيل الإلكترونات المنبعثة من الكاثود بواسطة الجهد الموجب للأنود V_a فتكتسب سرعة u حيث:

$$u = \sqrt{\frac{2e}{m} V_a} \quad (1)$$

ونتيجة للسرعة العالية للإلكترونات فإنها تمر من الأنود لتصل إلى الشاشة ولجعل الفراغ بين الأنود والشاشة متساوي الجهد، يغطي السطح الداخلي للأنبوبة بمستحلب الكربون المتصل بالأنود.

ولكي تصل الإلكترونات إلى الشاشة يجب ألا يكون جهد الشاشة أقل من جهد الأنود، ولما كانت المادة الفلورسكية مادة عازلة فأننا لا نستطيع أن نصل الشاشة بالأنود. ولكن وجد أنه عندما يصطدم الإلكترون بذرات المادة الفلورسكية تنبعث منها إلكترونات ثانوية تنجذب نحو الأنود وبذلك تكتسب الشاشة جهدا موجبا وتستمر تلك العملية إلى أن يتساوى جهد الشاشة بجهد الأنود وعند ذلك نصل إلى حالة الاتزان أي يتساوى عدد الإلكترونات الساقطة على الشاشة مع عدد الإلكترونات الثانوية المنبعثة منها. ونتيجة لوجود مجموعة من الألواح الحارفة فإنه ينشأ مجال كهربائي محوري بينها وبين الأنود، ولتلافي هذا المجال يتم توصيل أحد لوحي كل زوج حارف بالأنود. ولما كان وجود جهد مرتفع (جهد الأنود) على الألواح شديد الخطورة لذا يتم توصيل الأنود بالأرضي. [1,2,3]



ومجموعة تجميع الأشعة الإلكترونية تتكون

من كل من الاسطوانة G_2 المتصلة داخليا بالأنود A_2 والاسطوانة A_1 والتي يكون جهدها V_F أقل من جهد الأنود V_a فينشأ مجال كهربائي بينهما يكون له مركبة قطرية تؤثر على الإلكترونات بقوة تعمل على انحرافها جهة المحور كما بالشكل (3). وتأثير هذه المجموعة على الأشعة الإلكترونية يشبه تماما تأثير العدسات على الأشعة الضوئية. [3,4]

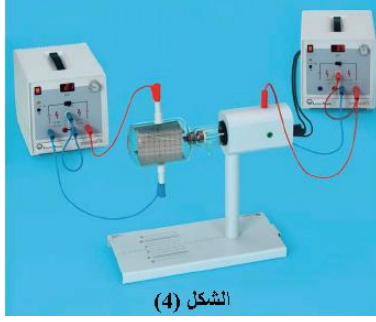
وعند دراسة حركة الإلكترون (الشعاع الإلكتروني) في المجالات المختلفة فإننا نستخدم

التقريبين الآتيين:

1- الشعاع الإلكتروني لا يؤثر على شدة المجالات المستخدمة.

2- نظرا لصغر قطر الإلكترون (10^{-15}m) فإننا سوف نعتبره كنقطة لها كتلته m .

1- حركة جسيم مشحون عمودياً على مجال كهربى منتظم:

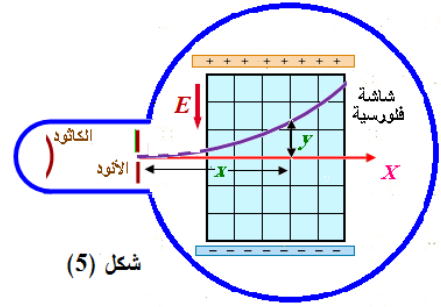


الشكل (4)

لدراسة حركة جسيم مشحون " إلكترون " عمودياً على مجال

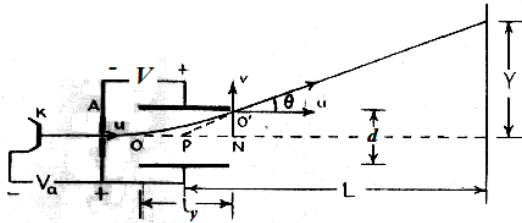
كهربى، تنتج شركات الأجهزة العلمية أنبوبة أشعة كاثود كالمبينة بالشكل (4). ولتشغيل تلك الأنبوبة نحتاج لمصدرين للجهد المستمر القوة الدافعة الكهربائية لكل منهما 7.5 kV وهو جهد مرتفع جداً ويحتاج إلي إحتياطات ومحازير خاصة. وفي هذه الأنبوبة نحصل على

المجال الكهربى المنتظم E بواسطة لوحين معدنيين مستويين ومتوازيين والمسافة بينهما d متر وفرق الجهد بينهما V فولت. ولرؤية مسار الشعاع الإلكتروني يوجد بين لوحى المجال الكهربى لوح معزول عليه تدريج رأسى وأفقى ومغطى بمادة فلورسكية تضىء عند إصطدام الإلكترونات بها. [7,8] ومن السهل إثبات أن المسار الذى يتخذه إلكترون يتحرك عمودياً على مجال كهربى منتظم عبارة عن قطع مكافئ [6-1] كما بالشكل (5) [7,8]، وتكون علاقة هذا القطع المكافئ على



شكل (5)

الصورة:



شكل (6)

$$y = \frac{1}{4} \frac{V}{d V_a} x^2 \quad (2)$$

أما في أنبوبة أشعة الكاثود المستخدمة في

هذا البحث، فإن الإلكترون يتحرك بسرعة u داخل

المنطقة بين زوج الألواح الأفقية المتوازية حيث المسافة بينهما d وطولهما يساوى l_y ومطبق عليهما فرق جهد مقداره V كما بالشكل (6). وبالمثل يمكن إثبات أن مسار الإلكترون في منطقة المجال الكهربى بين اللوحين عبارة عن قطع مكافئ تنطبق عليه نفس العلاقة (2).

وعندما ينفذ الإلكترون من منطقة المجال فإن مسار حركته سوف يكون خطأ مستقيماً مما سأل للقطع المكافئ عند النقطة O' ويمكن إستنتاج العلاقة بين الإزاحة الرأسية Y للنقطة المضئية على الشاشة وبين جهد المجال الكهربى V حيث: [6-1]

$$Y = \frac{L l_y}{2 d V_a} V \quad (3)$$

2- حركة جسيم مشحون عمودياً علي مجال مغناطيسي منتظم:



شكل (7)

لدراسة حركة جسيم مشحون عمودياً علي مجال مغناطيسي منتظم وتعيين e/m بطريقة كوفمان، تنتج شركات الأجهزة العلمية أنبوتية أشعة كاثود مختلفتين. الأولى مبينة بالشكل (7). ولتشغيل تلك الأنبوبة نحتاج لأربعة مصادر للجهد المستمر القوة الدافعة الكهربية لهم 500 ، 100 ، 50 ، 6.3 فولت. وفي هذه الأنبوبة نحصل علي المجال المغناطيسي المنتظم بواسطة ملفي هلموهلتز وتناسب كثافة الفيض المغناطيسي B الناشئ

عنهما مع شدة التيار I المار بهما. ولرؤية مسار الشعاع الإلكتروني يوجد داخل الأنبوبة غاز الهيدروجين تحت ضغط منخفض، تثار ذراته عندما تصطدم بالشعاع الإلكتروني فتشع ضوءاً مرئياً. [9,8,7]

ومن السهل إثبات أنه في الأنبوبة الأولى، عندما يتحرك الإلكترون بسرعة u عمودياً علي مجال مغناطيسي منتظم فإنه يتخذ مساراً دائرياً نصف قطره R وتكون العلاقة بين نصف قطر المسار الدائري R وبين شدة التيار I الدالة علي كثافة الفيض المغناطيسي B علي الصورة:

$$\frac{I}{R} = \sqrt{\frac{e}{m}} \frac{8 \mu_o n}{r \sqrt{250 V_a}} I \quad (4)$$

حيث n عدد لفات ملف هلموهلتز، r نصف قطره، μ_o معامل النفاذية المغناطيسية للفراغ. [1,2,3]

أما الأنبوبة الثانية فهي أنبوبة أشعة الكاثود ذات

الشعاع المزدوج والمبينة بالشكل (8). [10] ولتشغيل تلك

الأنبوبة نحتاج أيضاً لأربعة مصادر للجهد المستمر، كما

نحصل علي المجال المغناطيسي المنتظم بواسطة ملفي

هلموهلتز أيضاً. ولرؤية مسار الشعاع الإلكتروني عند

إستخدام الشعاع المماسي يوجد داخل الأنبوبة غاز

الهيدروجين تحت ضغط منخفض، تثار ذراته عندما



شكل (8)

تصطدم بالشعاع الإلكتروني فتشع ضوءاً مرئياً، كما أن الجزء الأمامي مغطي بمادة فلورسسية تشع ضوءاً

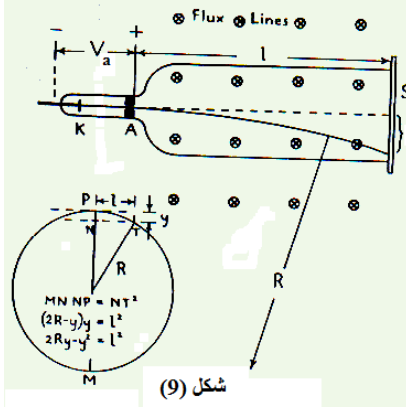
مرئياً عند نقطة إصطدام الشعاع الإلكتروني بها عند إستخدام الشعاع القطري. [10]

عند إستخدام الشعاع المماسي تكون مشابهة تماماً للأنبوبة الأولى ويمكن إستنتاج نفس العلاقة:

$$\frac{I}{R} = \sqrt{\frac{e}{m}} \frac{8 \mu_o n}{r \sqrt{250 V_a}} I \quad (5)$$

وعند إستخدام الشعاع القطري يكون:

$$V_a = 0.0048 \frac{\mu_o^2 n^2}{r^2} \frac{e}{m} I^2 \quad (6)$$



أما في أنبوبة أشعة الكاثود المستخدمة في هذا البحث، فإننا أيضاً نستخدم ملفي هلمهولتز للحصول علي مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه B خلال المسافة l بين الأنود A والشاشة S كما بالشكل (9)، ونتيجة لذلك فإن الشعاع الإلكتروني سوف ينحرف ويأخذ مساراً دائرياً نصف قطره R مما يؤدي لإنحراف النقطة المضيئة علي الشاشة مسافة y . [1,2,5,6] ومن السهل إستنتاج أن:

$$y = \sqrt{\frac{e}{m}} \frac{4 \mu_o n l^2}{r \sqrt{250 V_a}} I \quad (7)$$

3- حركة جسيم مشحون عمودياً على مجالين متعامدين ومنتظمين أحدهما كهربى والآخر مغناطيس:

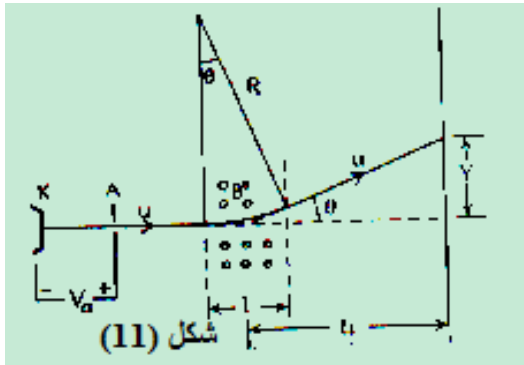


لدراسة حركة جسيم مشحون عمودياً على مجالين منتظمين ومتعامدين أحدهما كهربى والآخر مغناطيسي وتعيين e/m بطريقة طومسون، تنتج شركات الأجهزة العلمية أنبوبة أشعة كاثود كالمبينة بالشكل (10). ولتشغيل تلك الأنبوبة نحتاج لثلاثة مصادر للجهد المستمر منها مصدرين القوة الدافعة الكهربائية لكل منهما 7.5 kV وهو جهد مرتفع جداً ويحتاج إلي إحتياطات ومحازير خاصة. وفي هذه الأنبوبة

نحصل علي المجال الكهربى المنتظم E بواسطة لوحين معدنيين مستويين ومتوازيين والمسافة بينهما d متر وفرق الجهد بينهما V فولت، كما نحصل علي المجال المغناطيسي المنتظم بواسطة ملفي هلمهولتز وتناسب كثافة الفيض المغناطيسي B الناشئ عنهما مع شدة التيار I المار بهما. ولرؤية مسار الشعاع الإلكتروني يوجد بين لوحى المجال الكهربى لوح معزول عليه تدريج رأسي وأقوي ومغطي بمادة فلورسية تضئ عند اصطدام الإلكترونات بها. [7.8]

عند تطبيق المجال الكهربى المنتظم E عمودياً علي كل من اتجاه الشعاع الإلكتروني والمجال المغناطيسي B بحيث تعادل قوة تأثير المجال الكهربى F_E القوة الناشئة عن المجال المغناطيسي F_B يتلاشي انحراف الشعاع الإلكتروني ويعود مساره خطأً مستقيماً موازياً لمحور أنبوبة أشعة الكاثود. وعندئذ يكون:

$$V = d \sqrt{\frac{2eV_a}{m}} \frac{8}{\sqrt{125}} \frac{\mu_0 n}{r} I \quad (8)$$

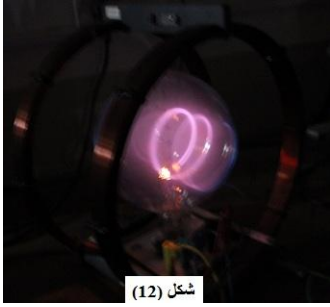


أما في أنبوبة أشعة الكاثود المستخدمة في هذا البحث، فإننا نطبق المجال المغناطيسي المنتظم الناشئ من ملفي هلمهولتز علي منطقة زوج الألواح الأفقية فقط كما بالشكل (11) مما يسبب انحراف النقطة المضيئة علي الشاشة مسافة y ، ثم نطبق المجال الكهربى المنتظم بتطبيق فرق جهد مقدارة V علي زوج الألواح الأفقية المتوازية حيث المسافة بينهما d وطولهما

يساوى I_y بحيث يتلاشي انحراف الشعاع الإلكتروني وتعود النقطة المضيئة إلى مركز الشاشة، وعندها يكون: [1,2]

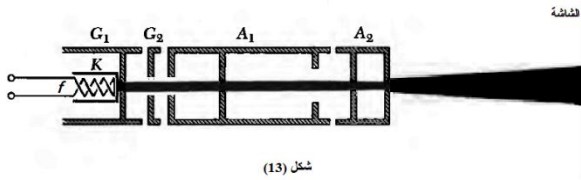
$$y V = \frac{64}{125} \frac{e}{m} \frac{d l_y L \mu_o^2 n^2}{r^2} I^2 \quad (9)$$

4- حركة جسيم مشحون في مجال مغناطيسي منتظم يصنع زاوية α مع اتجاه حركته:



شكل (12)

لم تنتج شركات الأجهزة العلمية أنبوبة أشعة كاثود لدراسة حركة جسيم مشحون في مجال مغناطيسي منتظم يصنع زاوية α مع اتجاه حركته وتعيين e/m بطريقة بوش، ولكن يشار فقط في تجربة كوفمان المبينة بالشكل (7) أنه إذا لم يكن المجال المغناطيسي متعامداً تماماً علي اتجاه حركة الشعاع الإلكتروني وكان بينهما زاوية لاتساوي 90° فإن مسار الشعاع الإلكتروني سيكون عبارة عن مسار حلزوني "لولب" محورة موازي للمجال كما هو واضح في شكل (12).

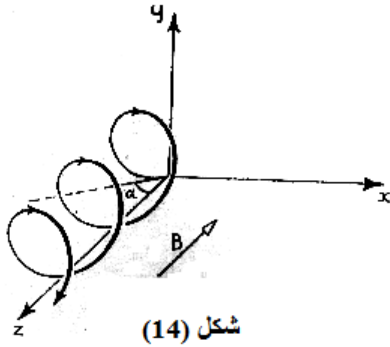


شكل (13)

أما في أنبوبة أشعة الكاثود المستخدمة في هذا البحث، فإننا نلغي عمل مجموعة التجميع الإلكترونية ستاتيكية بها وذلك بتوصيل الاسطوانة A_1 بالأنود A_2 فتصبح النقطة المضيئة على الشاشة

بقعة مضيئة، لأن الشعاع الإلكتروني الخارج من فتحة الأنود سوف يكون متفرقا كما بالشكل (13) ويكون كل إلكترون في هذا الشعاع مائلا على محور الأنوية بزاوية α مختلفة.

فإذا وضعنا الأنوية في مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضة B بحيث يكون اتجاه المجال منطبق



شكل (14)

على محور الأنوية فإن إلكترونات الشعاع تكون مائلة على المجال المغناطيسي بزوايا مختلفة. فلو فرضنا أحد هذه الإلكترونات مائلا بزاوية α على محور الأنوية (المجال المغناطيسي)، فسيكون مساره عبارة عن لولب محورة موازي للمجال كما بالشكل (14). وسيتوقف نصف قطر اللولب R على الزاوية α حيث:

$$R = \frac{m u}{e B} \sin \alpha \quad (10)$$

أي أن R ستكون مختلفة من إلكترون لآخر. أما خطوة اللولب p (المسافة التي ينتقلها الإلكترون أثناء دورة واحدة في اتجاه المجال المغناطيسي) تكون متساوية لجميع الإلكترونات وتساوي:

$$p = \frac{2 \pi m u}{e B} \quad (11)$$

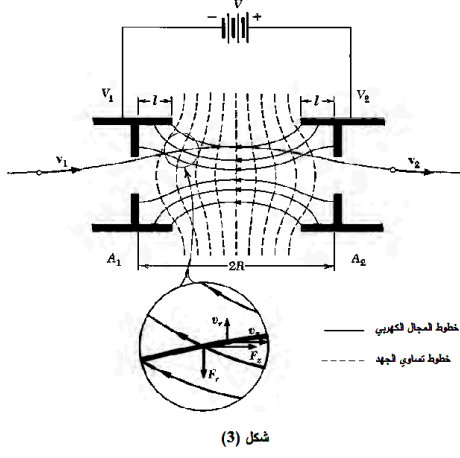
وبالتالى فإن الشعاع الإلكتروني الذى ينفذ متفرقاً من فتحة الأنود سوف يتجمع مرة أخرى عند المسافات $P, 2P, 3P, \dots$. فإذا كان المجال المغناطيسى B يبدأ من الصفر ويأخذ فى الزيادة فإن البقعة المضيئة على الشاشة سوف تتجمع شيئاً فشيئاً إلى أن تصل شدة المجال المغناطيسى إلى قيمة معينة تصبح عندها البقعة المضيئة عبارة عن صورة فتحة الأنود وتكون خطوة اللولب p مساوية للمسافة بين الأنود والشاشة I . ولو زادت قيمة المجال المغناطيسى عن تلك القيمة تتشوة وتصبح بقعة مضيئة مرة أخرى ولو استمرت الزيادة فى المجال تتجمع البقعة مرة أخرى وتصبح نقطة وعندئذ تكون خطوة اللولب p مساوية لنصف المسافة بين الأنود والشاشة وتكرر هذه العملية نجد أن البقعة المضيئة سوف تصبح نقطة عندما يكون:

$$\ell = N p \quad (12)$$

حيث N عدد صحيح. ويمكن إستنتاج أن:

$$N = \sqrt{\frac{e}{m}} \frac{4 n \ell \mu_0}{\pi r \sqrt{250 V_a}} I \quad (13)$$

5- دراسة حركة جسيم مشحون موازياً لمجال كهربائي غير منتظم له مركبة قطرية "العدسات الإلكترونية":



سبق وذكرنا أن مجموعة تجمع الأشعة

الإلكتروستاتيكية تتكون من كل من الاسطوانة G_2 المتصلة داخلياً بالأنود A_2 والاسطوانة A_1 والتي يكون جهدها V_f أقل من جهد الأنود V_a فينشأ مجال كهربائي E_z بينهما يكون له مركبة قطرية E_r تؤثر على الإلكترونات بقوة F_r تعمل على تغيير مركبة سرعتها القطرية بمقدار ΔV_f مما يؤدي إلى انحرافها جهة المحور كما بالشكل (3). وتأثير

هذه المجموعة على الأشعة الإلكترونية يشبه تماماً تأثير

العدسات على الأشعة الضوئية كما هو موضح بالشكل

(15). ومن السهل إستنتاج معادلة العدسة الإلكترونية الإلكترونية

علي الصورة:

$$\frac{1}{z_1} + \frac{n}{z_2} = \frac{(n-1)^2 (n+1)}{8 n R} \quad (14)$$

حيث R المسافة بين الأنود A_2 والاسطوانة A_1 ، n معامل إنكسار العدسة الإلكترونية ويساوي:

$$n = \frac{v_2}{v_1} = \left(\frac{V_a}{V_f} \right)^{1/2} \quad (15)$$

بالتعويض في العلاقة (14) عن أبعاد انبوية أشعة الكاثود المستخدمة وحل العلاقة التكعيبية الناتجة

سنجد أن لها حل سالب مرفوض والحلان الموجبان المقبولان هما:

$$n = 3 , \quad n = 0.58 \quad (16)$$

أي أن شرط تجمع الأشعة الإلكترونية في نقطة علي الشاشة هو:

$$V_a = 9 V_f , \quad \text{or} \quad V_a = \frac{1}{3} V_f \quad (17)$$

طريقة العمل والأجهزة المستخدمة:

إستخدمنا في هذا البحث أنبوبة أشعة الكاثود "Mullard D10-160 GH" المستخدمة في راسم الذبذبات "Griffin Double Beam Oscilloscope MK.2" ويوضح الشكل (16) راسم الذبذبات التالف وكيف تم الإستفادة من أنبوبة أشعة الكاثود في تصميم جهاز واحد يضم عدة تجارب.

وتم إستخدام هذا الجهاز في إجراء كل من تجربة:



1 دراسة حركة جسيم مشحون " إلكترون "

عمودياً علي مجال كهربى منتظم.

2 دراسة حركة جسيم مشحون عمودياً علي

مجال مغناطيسى منتظم وتعيين e/m بطريقة

كوفمان.

3 دراسة حركة جسيم مشحون عمودياً علي

مجالين منتظمين ومتعامدين أحدهما كهربى

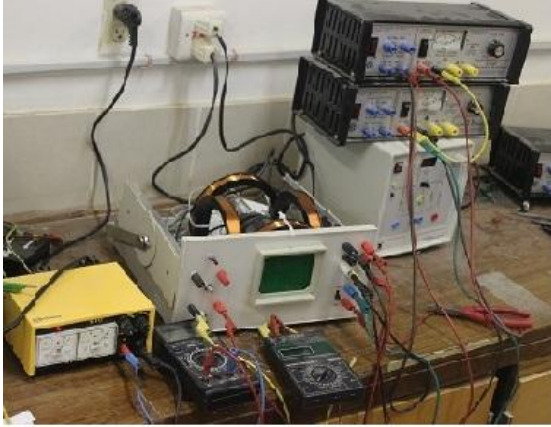
والآخر مغناطيسى وتعيين e/m بطريقة

طومسون.

4 دراسة حركة جسيم مشحون فى مجال

مغناطيسى منتظم يصنع زاوية α مع إتجاه

حركته وتعيين e/m بطريقة بوش.



شكل (16)

5 دراسة حركة جسيم مشحون موازياً لمجال كهربى غير منتظم "العدسات الإلكتروستاتيكية".

وتمت مقارنة نتائج هذا الجهاز بنتائج أجهزة الشركات العلمية العالمية المتاحة لنا، فأجرينا

التجربة الأولى بجهاز شركة Leybold المبين بالشكل (4). كما أجرينا تجربة كوفمان بجهازين

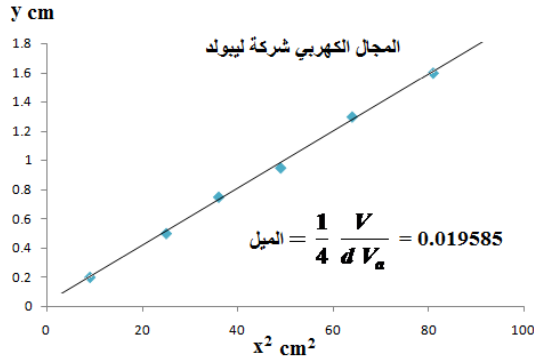
الأول جهاز شركة ELWE 8431-420 المبين بالشكل (7) والثاني أنبوبة ثنائية الشعاع

"Double Beam Tube TEL 534" لشركة Teltron المبينة بالشكل (8). وتم

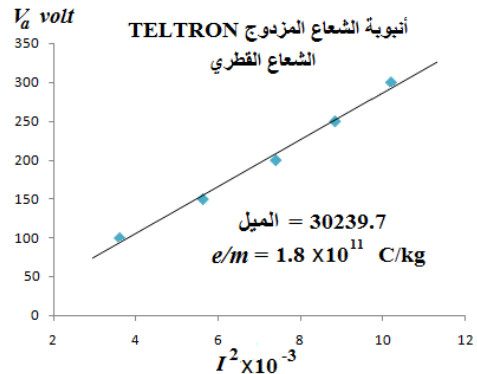
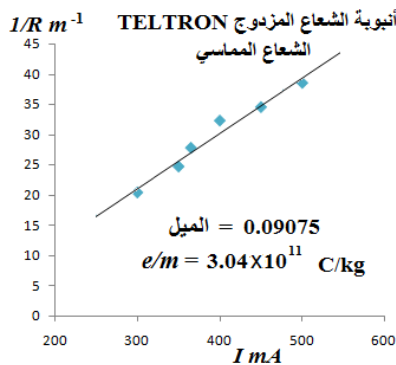
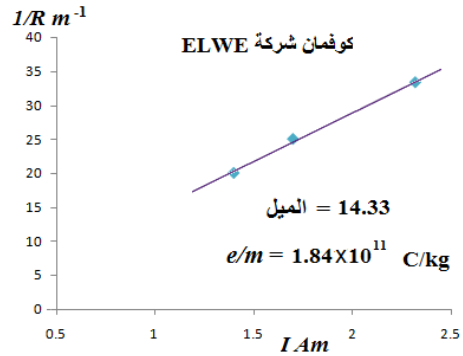
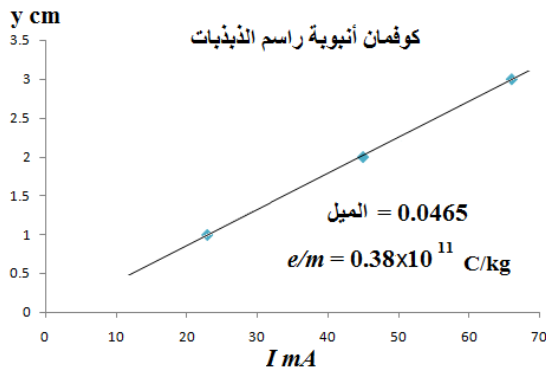
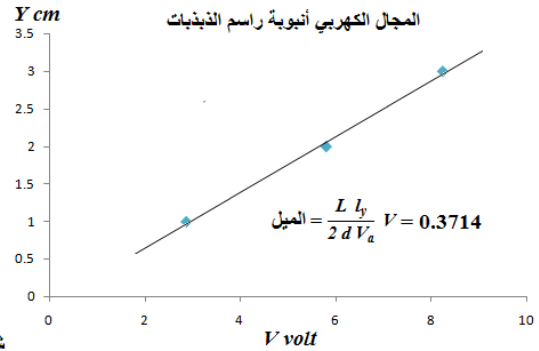
مقارنة نتائج تجربة طومسون بنتائج جهاز شركة Leybold المبين بالشكل (10).

النتائج والمناقشة:

في تجربة حركة جسيم مشحون عمودياً علي مجال كهربي منتظم يكون المطلوب إثبات أن مسار الجسيم عبارة عن قطع مكافئ. وفي حالة جهاز أنبوبة راسم الذبذبات فقد استنتجت العلاقة (3) الخطية بين الازاحة الرأسية Y للنقطة المضيئة علي الشاشة وبين جهد المجال الكهربي V من خلال علاقة القطع المكافئ، وبالتالي عندما تحقق العلاقة بين V ، Y علاقة خط مستقيم نكون قد أثبتنا أن مسار الجسيم عبارة عن قطع مكافئ. أما في جهاز شركة ليبولد نثبت عملياً علاقة القطع المكافئ "العلاقة (2)" بأن نحقق العلاقة الخطية بين Y ، X^2 . وواضح من الشكل (17) أن كلا الجهازين حقق عملياً أن مسار جسيم مشحون يتحرك عمودياً علي مجال كهربي منتظم عبارة عن قطع مكافئ.



شكل (17)

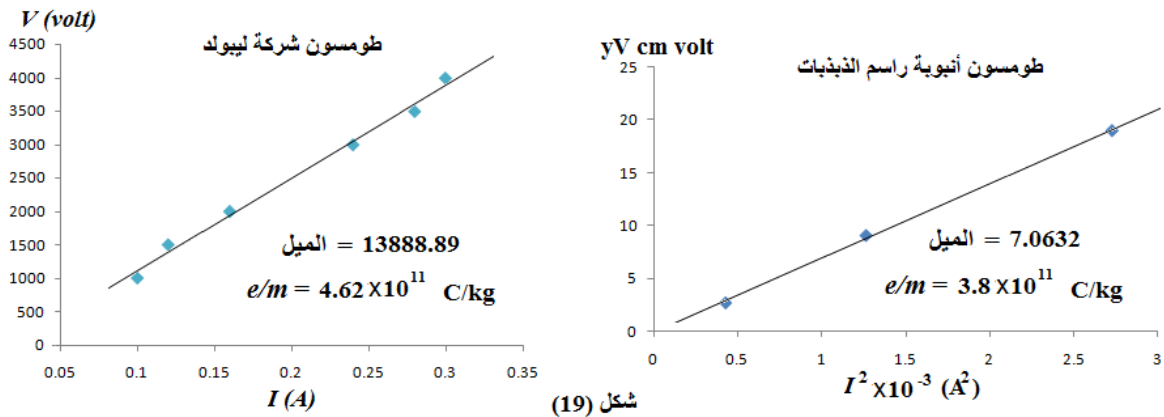


شكل (18)

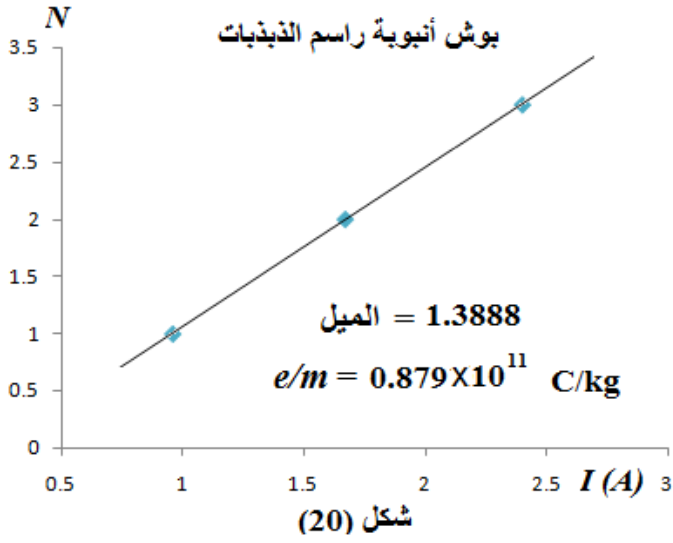
في تجربة حركة جسيم مشحون عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم باستخدام جهاز أنبوية راسم الذبذبات، كما هو واضح بالشكل (18) فإن تحقق العلاقة الخطية بين y "إنحراف النقطة المضيئة علي الشاشة" وشدة التيار I في ملفي هلموهلتز يثبت أن مسار الإلكترون عبارة عن مسار دائري. وقيمة e/m التي تم تعيينها صغيرة جداً حوالي 25% من القيمة الفعلية، ويرجع السبب في ذلك إلي ملفي هلموهلتز المستخدممين. فكان يجب علينا استخدام ملفين نصف قطرها 9 cm ليكون المجال المغناطيسي منتظماً في المنطقة الممتدة بين الأنود والشاشة والتي تساوي 18 cm في الأنبوية المستخدمة، ولكن للأسف لم يتوفر لدينا سوي ملفين بنصف قطر 6.8 cm علاوة علي أن المسافة بين الملفين كانت أكبر من نصف قطرها نظراً لكبير قطر الأنبوية مما كان له هذا الأثر علي النتائج.

في حين نتائج جهاز شركة ELWE ونتائج الأنبوية ثنائية الشعاع لشركة Teltron جيدة كما هو واضح بالشكل (18). وإن كانت نتائج الشعاع المماسي أقل دقة من نتائج الشعاع القطري، لأن نصف قطر المسار الدائري في حالة الشعاع القطري تكون ثابتة وتعين من أبعاد الأنبوية، أما في حالة الشعاع المماسي فيكون نصف قطر المسار متغير ويعين بطريقة غير دقيقة بواسطة مسطرة مدرجة.

وفي تجربة طومسون لدراسة حركة جسيم مشحون عمودياً على مجالين منتظمين ومتعامدين أحدهما كهربائي والآخر مغناطيسي وتعيين e/m ، كانت النتائج مقبولة سواءً في جهاز أنبوية راسم الذبذبات أو جهاز شركة ليبولد كما هو واضح بالشكل (19). والسبب في كبر قيمة e/m في كل من الجهازين أن طول منطقة المجال الكهربائي لا يساوي طول منطقة المجال المغناطيس وذلك بسبب عدم توافر ملفي هلموهلتز بالأبعاد المناسبة.

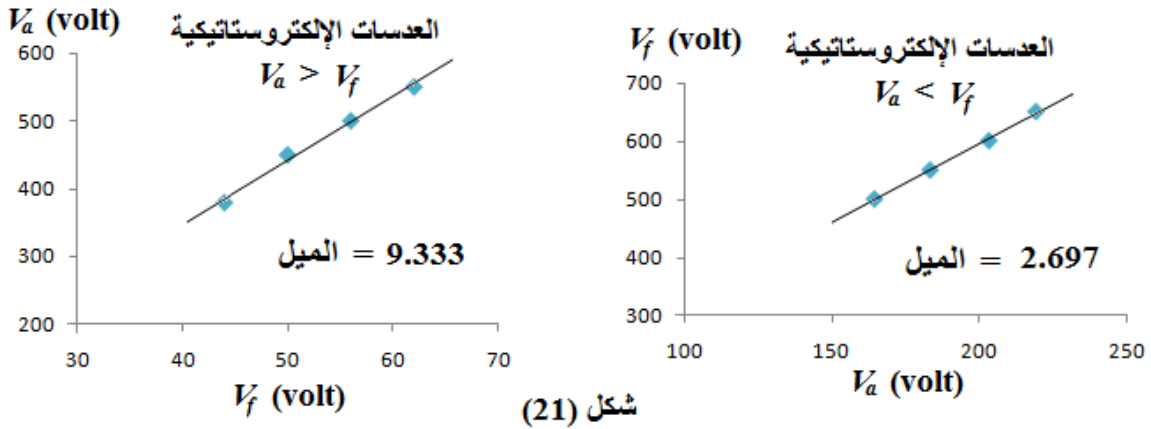


في تجربة بوش لدراسة حركة جسيم مشحون في مجال مغناطيسي منتظم يصنع زاوية α مع إتجاه حركته وتعيين e/m ، افترضنا المجال المغناطيسي منتظم وموازي لمحور الأنبوية ويمتد في المنطقة



الممتدة بين الأنود والشاشة وبعدها 18 cm، ولتحقق ذلك كان لابد أن نستخدم ملفي هلموهلتز ذات نصف قطر 18 cm بدلا من الملفين ذات نصف القطر 6.8 cm المستخدمين أو أن نستبدل ملفي هلموهلتز بملف طولي مع تعديل العلاقة الرياضية. وبالرغم من عدم إنتظام المجال المغناطيسي إلا أن النتائج مقبولة كما هو واضح من الشكل (20).

أما نتائج تجربة العدسات الإلكترونية فهي جيدة وتنطبق مع القيم النظرية سواء عندما $V_a > V_f$ أو في حالة $V_a < V_f$ كما هو واضح من الشكل (21).



الخاتمة:

إن الاستفادة من أنبوية أشعة الكاثود الموجودة في راسم الذبذبات عندما تتلف دائرته الإلكترونية، في تصميم جهاز واحد بواسطته يمكن إجراء مجموعة كبيرة من تجارب حركة الإلكترون في مجالات مختلفه وتعيين e/m بطرق مختلفة له فائدة إقتصادية جمه، حيث سيوفر مجموعة تجارب بتكلفة مادية بسيطة جداً مقارنة بثمان أجهزة الشركات العالمية. علاوة علي الفائدة الإقتصادية فإن هذا الجهاز سيوفر مساحات كبيرة بالمعمل حيث يدمج عدة أجهزة في جهاز واحد. كما أن هذا الجهاز أكثر أماناً حيث يعمل بجهد كهربى عدة مئات من الفولتات وهو منخفض جداً مقارنة بجهد تشغيل أجهزة الشركات العالمية والذي يصل أحيانا إلي عدة آلاف من الفولتات. كما يمكن تعميم هذا الجهاز في المدارس الثانوية ليطبق الطلاب تجارب e/m عملياً.

المراجع:

- 1- **Electronics**, P. Parker, Edward Arnold publishers LTD.
- 2- **Electronic Devices and Circuits**, Jacob Millman & Christos C. Halkias, Mcgraw-hill book company, 1967.
- 3- **Berkeley physics laboratory**, Alan M. Portis & Hugn D. Young, Mcgraw-hill book company.
- 4- **Electrostatic Electron-Optics**, Frank Gray, The Bell System Technical Journal, vol. XVIII, No. 1, January, 1939.
- 5- **Electronic Circuits and Tubes**, by the Electronics Training Staff of the Cruft Laboratory Harvard University, New York and London, Mcgraw-hill book company, INC, 1947.
- 6- **Principles of Electron Tubes**, Herbert J. Reich, New York and London, Mcgraw-hill book company, INC, 1941.
- 7- **Leybold Didactic Gmbh General Catalogue Physics**, Federal republic of Germany, Technical alterations reserved.
- 8- **Phywe Equipment for the Teaching of Science and Technology Consultants and Manufacturers, Physics Catalogue**.
- 9- **ELWE, Fine Beam Tube Catalogue**.

10- Teltron Limited, Double Beam Tube Catalogue.

الفهرس:

الصفحة	الموضوع
1	ملخص البحث.
2	مقدمة.
4	1- حركة جسيم مشحون عموديا على مجال كهربى منتظم.
5	2- حركة جسيم مشحون عموديا على مجال مغناطيسى منتظم.
7	3- حركة جسيم مشحون عموديا على مجالين متعامدين ومنتظمين أحدهما كهربى والأخر مغناطيس.
9	4- حركة جسيم مشحون فى مجال مغناطيسى منتظم يصنع زاوية α مع إتجاه حركته.
11	5- دراسة حركة جسيم مشحون موازياً لمجال كهربى غير منتظم له مركبة قطرية "العدسات الإلكتروستاتيكية".
12	طريقة العمل والأجهزة المستخدمة.
13	النتائج والمناقشة.
16	الخاتمة.
17	المراجع.