

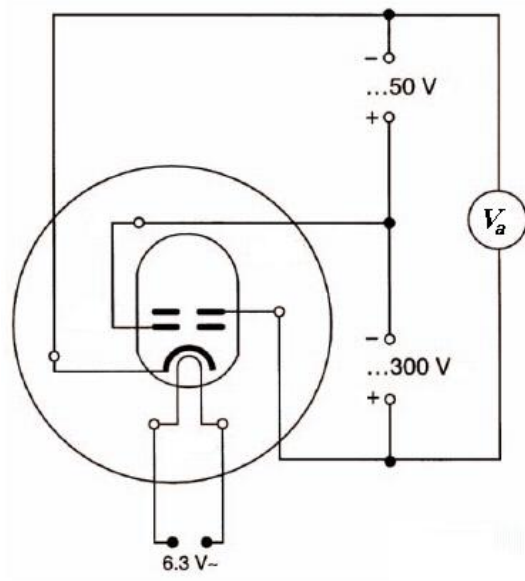
تعيين الشحنة النوعية للإلكترون e/m بطريقة كوفمان

الهدف من التجربة:

- 1- دراسة حركة إلكترون يتحرك عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم.
- 2- تعيين الشحنة النوعية للإلكترون e/m بطريقة كوفمان.

نظرية التجربة:

في عام 1897 استطاع كوفمان أن يعين الشحنة النوعية للإلكترون e/m مستخدماً أنبوبة أشعة الكاثود ومجال مغناطيسي وحصل على نتائج أكثر دقة من نتائج طومسون.



الشكل (1)

وأنبوبة أشعة الكاثود عبارة عن انتفاخ زجاجي يحتوي علي غاز الهيدروجين تحت ضغط منخفض، كما يوجد بها بندقية للإلكترونات تتكون من فتيلة وكاثود وأسطوانة تجميع وأنود وتعمل بندقية الإلكترونات كمصدر للشعاع الإلكتروني ، ويوضح الشكل (1) طريقة توصيل أنبوبة أشعة الكاثود . يتم الحصول علي الشعاع الإلكتروني من بندقية الإلكترونات بتسخين الكاثود بواسطة فتيلة ثم تعجيل الإلكترونات المنبعثة من الكاثود بواسطة

جهد الأنود V_a فولت. بفرض أن الإلكترونات تنبعث من الكاثود بطاقة حركة تساوي الصفر، فإن طاقة الجهد eV_a بين الكاثود والأنود تتحول إلي طاقة حركة $(mv^2/2)$ يكتسبها الإلكترون أي أن:

$$eV_a = \frac{1}{2} m v^2$$

وبالتالي تكون سرعة الإلكترون v مساوية:

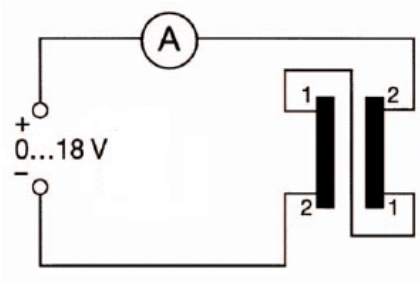
$$v = \sqrt{\frac{2eV_a}{m}} \quad (1)$$

حيث: e شحنة الإلكترون، m كتلته.

وفي هذه التجربة نحصل علي المجال المغناطيسي المنتظم بواسطة ملفي هلموهلتز وهما ملفان دائريان "طول الملف مهمل بالنسبة لنصف قطره"، ونصف قطر كل منهما متساوي ويساوي r متر، والمسافة بينهما تساوي نصف قطر كل منهما r ، وعدد اللفات في كل منهما متساوي ويساوي n لفه، ومستوياتهم متوازيان، ومحوريهما متطابقان، وشدة التيار في كل منهما متساوي ويساوي I أمبير، واتجاه مرور التيار في كل منهما واحد. فإذا تحققت هذه الشروط الثمانية نحصل في المنطقة الممتدة بين الملفين علي

مجال مغناطيسي منتظم يكون اتجاه موازياً لمحور الملفين وكثافة فيضه B تسلا:

$$B = \frac{8}{\sqrt{125}} \frac{\mu_0 n}{r} I \quad (2)$$



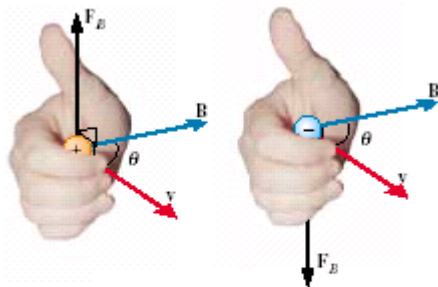
الشكل (2)

حيث μ_0 معامل النفاذية المغناطيسية للفراغ ويساوي $4\pi \times 10^{-7}$ تسلا.متر/أمبير. ويوضح الشكل (2) طريقة توصيل ملفي هلموهلتز.

عندما يتحرك الإلكترون بسرعة v عمودياً علي المجال المغناطيسي المنتظم فإنه يتأثر

بقوة لورنتز F_B نيوتن:

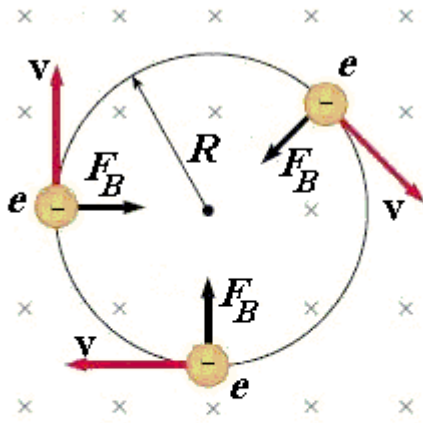
$$\vec{F}_B = -e \vec{v} \times \vec{B}$$



الشكل (3)

حيث \times علامة الضرب الاتجاهي، وتكون القوة F_B ثابتة في المقدار واتجاهها عمودياً علي كل من المجال المغناطيسي B وسرعة الإلكترون v ويتم تحديده طبقاً لقاعدة بريمة اليد اليمنى كما بالشكل (3). وحيث أن سرعة الإلكترون عموديه علي المجال المغناطيسي

يكون مقدار القوة F_B مساوياً:



× يمثل مجال مغناطيسي منتظم كثافة الفيض B عمودياً
على مستوى الصفحة ويتجه إلى الداخل

الشكل (4)

على المجال المغناطيسي ونصف قطرة R ويكتسب الإلكترون عجلة مركزية مقداره v^2/R . ويتزن الإلكترون في مساره الدائري تحت تأثير قوتين متساويتين في المقدار ومضادتين في الاتجاه وخط عملهما واحد، وهما القوة F_B التي تتجه دائماً نحو مركز الدائرة والقوة الطاردة المركزية mv^2/R وبالتالي فلن:

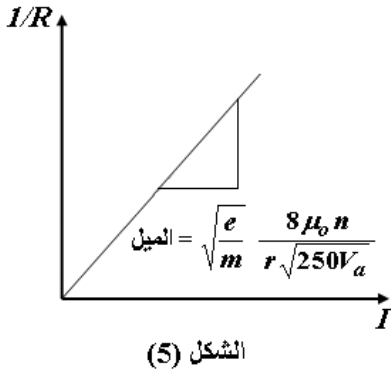
$$F_B = e v B = m \frac{v^2}{R}$$

ومنها نجد أن:

$$R = \frac{m v}{e B} \quad (4)$$

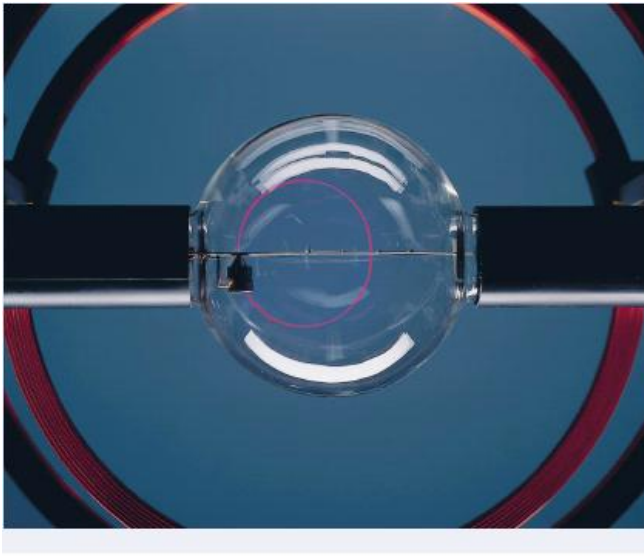
ويلاحظ من ذلك أن نصف القطر R يتناسب طردياً مع سرعة الإلكترون v وعكسياً مع كثافة الفيض المغناطيسي B . بالتعويض عن قيمة كل من v ، B من العلاقتين (1)، (2) في العلاقة (4) نحصل على:

$$\frac{1}{R} = \sqrt{\frac{e}{m}} \frac{8 \mu_0 n}{r \sqrt{250 V_a}} I \quad (5)$$



ويوضح الشكل (5) العلاقة بين $1/R$ علي المحور الرأسي، I علي المحور الأفقي وهي عبارة عن خط مستقيم يمر بنقطة الأصل وميله يساوي $\sqrt{\frac{e}{m}} \frac{8\mu_0 n}{r\sqrt{250V_a}}$ وبمعلومية كل من μ_0, r, n, V_a يمكننا حساب الشحنة النوعية للإلكترون e/m .

R في هذه التجربة بواسطة كل من غاز



ويتم تعيين نصف قطر المسار الدائري الهيدروجين وتدرج مثبت في محور الأنبوبة ومقسم إلي مسافات طول كل منها 2 cm . فذرات غاز الهيدروجين الموجود تحت ضغط منخفض داخل الأنبوبة تشع ضوءاً مرئياً عند اصطدام الشعاع الإلكتروني بها، وبذلك يظهر بوضوح مسار الشعاع الإلكتروني الدائري ويكون قطره منطبقاً علي التدرج المثبت في محور الأنبوبة وبذلك يمكن تعيين R بدقة كما هو موضح بالشكل (6).

الأدوات المستخدمة:

أنبوبة أشعة الكاثود - ملفي

هلموهلتز - مصدر جهد مستمر

50 volt لتحيز أسطوانة التجميع

- مصدر جهد مستمر 300 volt

لتحيز الأنود - مصدر جهد متردد

6.3 فولت، 5 أمبير للفتيلة -

مصدر جهد مستمر 20 volt لملفي هلموهلتز - أميتر لقياس التيار I - فولتميتر. ويوضح

الشكل (7) الأجهزة المستخدمة.



تحذير:

- الجهد المستخدم في هذه التجربة جهد مرتفع عدة كيلو فولتات ونظراً لخطورته وحفاظاً علي سلامتك وسلامة زملائك وسلامة الأجهزة نرجو إتباع الآتي
- 1- لا توصل التيار الكهربائي قبل أن يراجعها عضو هيئة التدريس.
 - 2- لا تحاول لمس أي طرف توصيل أثناء التجربة.
 - 3- لا تحاول لمس ملفي هلموهلتز أثناء التشغيل لأنه يشحن بشحنة استاتيكية.
 - 4- الأنبوبة تتكون من زجاج رقيق ومفرغة من الهواء فهي عرضة للكسر بسهولة فلا تعرضها لأي صدمة ميكانيكية.
 - 5- عند حدوث أي خطأ لا قدر الله أنزع قابس الكهرباء بسرعة.

خطوات العمل:

1. وصل الأجهزة كما هو موضح بالشكل (1)، (7) وعدل فرق الجهد بين الكاثود والأنود "جهد الأنود" V_a حتى تحصل علي شعاع إلكتروني رفيع، ثم عين V_a بواسطة الفولتميتر، وتأكد أن تيار ملفي هلموهلتز I مساوياً للصفر ولاحظ أن مسار الشعاع الإلكتروني عبارة عن خط مستقيم عمودي علي محور الأنبوبة.
2. مرر تيار I وغير من شدته حتى يتقاطع مسار الشعاع الإلكتروني مع أحدي علامات التدرج. عين كل من I ، R وسجل النتائج في الجدول المرفق.
- ملحوظة هامة:** إذا كان مسار الشعاع الإلكتروني حلزونياً وليس دائرياً فمعني ذلك أن سرعة الإلكترون ليست عمودية علي المجال المغناطيسي ولكن تميل عليه بزاوية. ولتصحيح هذا الخطأ دوّر أنبوبة أشعة الكاثود حول محورها الطولي حتى يصبح المسار دائرياً.
3. كرر الخطوة 2 عدة مرات مع قيم مختلفة للتيار I .

4. أرسم العلاقة بين I/R علي المحور الرأسي، I علي المحور الأفقي تحصل علي

خط مستقيم يمر بنقطة الأصل وميله يساوي $\sqrt{\frac{e}{m}} \frac{8\mu_o n}{r\sqrt{250V_a}}$ وبمعلومية كل من

μ_o ، r ، n ، V_a احسب الشحنة النوعية للإلكترون e/m .

النتائج:

I	R	I/R

$$V_a = \dots \text{ volt}$$

$$n = 154 \text{ لفة}$$

$$r = 20 \times 10^{-2} \text{ متر}$$

$$\mu_o = 4\pi \times 10^{-7} \text{ تسلا.متر/أمبير}$$

$$\text{الميل} = \dots$$

$$e/m = \dots \text{ C/kg}$$

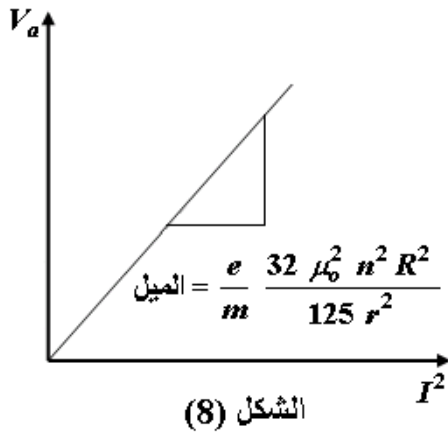
طريقة أخرى:

يمكن إجراء هذه التجربة بطريقة أخرى، عن طريق تثبيت نصف قطر المسار الدائري

عند قيمة واحدة طوال التجربة وتغيير كل من I ، V_a . فبتربيع العلاقة (5) يمكن كتابتها علي

الصورة:

$$V_a = \frac{e}{m} \frac{32 \mu_o^2 n^2 R^2}{125 r^2} I^2 \quad (6)$$



ويوضح الشكل (8) العلاقة بين V_a علي المحور الرأسي، I^2 علي المحور الأفقي وهي عبارة عن خط مستقيم يمر

بنقطة الأصل وميله يساوي $\frac{e}{m} \frac{32 \mu_o^2 n^2 R^2}{125 r^2}$

وبمعلومية كل من μ_o ، r ، n ، R يمكننا حساب الشحنة النوعية للإلكترون e/m .

خطوات العمل:

1. وصل الأجهزة كما هو موضح بالشكل (1)، (7) واضبط جهد الأنود V_a عند 100 فولت، وتأكد أن تيار ملفي هلموهلتز I مساوياً للصفر ولاحظ أن مسار الشعاع الإلكتروني عبارة عن خط مستقيم عمودي علي محور الأنبوبة.
2. مرر تيار I وغير من شدته حتى يصبح نصف قطر المسار الدائري R مساوياً 5cm وسجل النتائج في الجدول المرفق.
3. غير من قيمة كل من جهد الأنود V_a والتيار I مع الاحتفاظ بنصف قطر المسار الدائري R مساوياً 5cm وسجل النتائج في الجدول المرفق.
4. كرر الخطوة 3 عدة مرات.
5. أرسم العلاقة بين V_a علي المحور الرأسي، I^2 علي المحور الأفقي تحصل علي خط مستقيم يمر بنقطة الأصل وميله يساوي $\frac{e}{m} \frac{32 \mu_o^2 n^2 R^2}{125 r^2}$ وبمعلومية كل من μ_o ، r ، n ، R احسب الشحنة النوعية للإلكترون e/m .

تعيين ز اوية الرأس لمنشور ثلاثي وإيجاد قوة التفريق لهذا المنشور باستخدام المطياف (الاسبيكترومتر)

الغرض من التجربة:

- 1- تعيين زاوية رأس منشور ثلاثي.
- 2- إيجاد قوة التفريق لمادة المنشور.

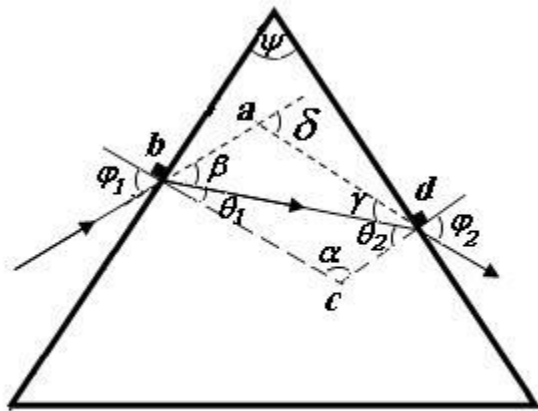
نظرية التجربة:



شكل (1)

يوضح شكل (1) منشوراً ثلاثياً. إذا سقط شعاع ضوئي في الهواء "وسط أقل كثافة ضوئية" على أحد أوجه المنشور الثلاثي فلن الشعاع ينفذ خلال مادة المنشور "وسط أكبر كثافة ضوئية" مقترباً من الاتجاه العمودي على وجه المنشور (عمود الانكسار) وعندما يقابل هذا الشعاع المنكسر الوجه الآخر للمنشور فإنه ينفذ

مرة أخرى إلى الوسط المحيط بالمنشور (الأقل كثافة ضوئية) مبتعداً عن عمود الانكسار. يوضح الشكل (2) أن الشعاع الخارج من المنشور قد انحرف عن المسار الأصلي للشعاع الساقط بزاوية δ تسمى هذه الزاوية بزاوية الانحراف لهذا الضوء خلال مادة المنشور وهي تساوي الزاوية الحادة المحصورة بين امتداد الشعاع الساقط وامتداد الشعاع الخارج.



شكل (2)

معامل انكسار مادة المنشور μ "يعرف بأنه النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ أو الهواء إلى سرعة الضوء في المادة" ويساوي النسبة بين جيب زاوية سقوط الشعاع في الهواء إلى جيب زاوية انكسار الشعاع في المادة " ومن هندسة الشكل (2) نجد أن:

$$\mu = \frac{\sin \phi_1}{\sin \theta_1} = \frac{\sin \phi_2}{\sin \theta_2} \quad (1)$$

حيث: θ_1 هي زاوية انكسار الشعاع الساقط بزاوية φ_1 على السطح الأول.

θ_2 هي زاوية سقوط الشعاع على الوجه الثاني للمنشور ، φ_2 زاوية خروجه من سطح المنشور الثاني.

من هندسة الشكل يتضح أن الانحراف الحادث في مسار شعاع الضوء بسبب السطح الأول هو:

$$\beta = \varphi_1 - \theta_1 \quad (2)$$

والانحراف الذي يسببه السطح الثاني لشعاع الضوء هو:

$$\gamma = \varphi_2 - \theta_2 \quad (3)$$

ولذلك فإن زاوية الانحراف δ تعطى بالعلاقة:

$$\delta = \beta + \gamma \quad (4)$$

بالتعويض من العلاقتين (2)، (3) في العلاقة (4) نحصل على:

$$\delta = (\varphi_1 + \varphi_2) - (\theta_1 + \theta_2) \quad (5)$$

من هندسة الشكل (2) يتضح أن $abcd$ شكل رباعي دائري ومن ثم فإن:

$$\alpha + \psi = 180 \quad (6)$$

ولكن في المثلث bcd :

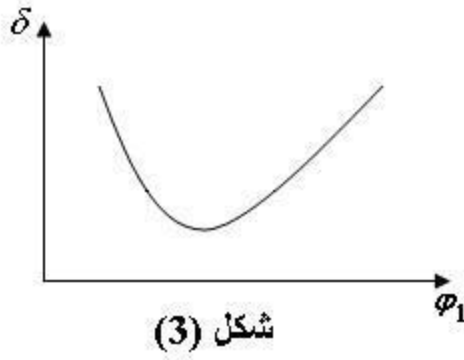
$$\alpha + \theta_1 + \theta_2 = 180 \quad (7)$$

بمقارنة (6)، (7) نحصل على:

$$\psi = \theta_1 + \theta_2 \quad (8)$$

ومن العلاقتين (5)، (8) نجد أن:

$$\delta = \varphi_1 + \varphi_2 - \psi \quad (9)$$



يبين شكل (3) العلاقة بين زاوية الانحراف δ وبين زاوية السقوط على السطح الأول للمنشور ϕ_1 والممثلة بالمعادلة (9)، ويلاحظ أن زاوية الانحراف δ تتناقص باستمرار إلى نهاية صغرى ثم تزداد مرة ثانية وتسمى أصغر زاوية انحراف بزاوية النهاية الصغرى للانحراف ويرمز لها بالرمز δ_m وتحدث عند زاوية

سقوط معينة ϕ وفي هذه الحالة يصنع الشعاع المنكسر داخل المنشور زاويتين متساويتين مع وجهي المنشور θ ، أي أن عند وضع النهاية الصغرى للانحراف تمر الأشعة متماثلة بالنسبة للمنشور، أي أن:

$$\beta = \gamma$$

$$\phi_1 = \phi_2 = \phi$$

$$\theta_1 = \theta_2 = \theta$$

وبالتالي نجد من العلاقتين (8)، (9) أن:

$$\theta = \frac{\psi}{2} \quad (10)$$

$$\phi = \frac{\delta_m + \psi}{2} \quad (11)$$

باستخدام العلاقات (1)، (10)، (11) يمكن تعيين معامل انكسار مادة المنشور بمعرفة زاوية الانحراف الصغرى وزاوية رأس المنشور بالعلاقة:

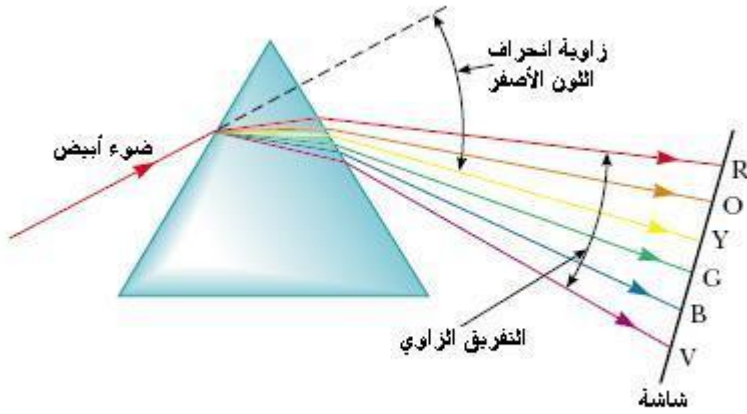
$$\mu = \frac{\sin\left(\frac{\delta_m + \psi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\psi}{2}\right)} \quad (12)$$

وفي حالة المنشور الرقيق، أي إذا كانت زاوية رأس المنشور صغيرة، فإن زوايا السقوط والانكسار تكون صغيرة عند وضع النهاية الصغرى للانحراف، ويمكن في هذه الحالة أن نضع الزوايا بدلاً من جيوبها أي أن:

$$\mu = \frac{\delta_m + \psi}{\psi} \quad (13)$$

أي أن:

$$\delta_m = (\mu - 1) \psi \quad (14)$$



شكل (4)

إذا سقط شعاع من الضوء الأبيض على المنشور الثلاثي فإنه يتفرد عند خروجه من المنشور إلى ألوان مختلفة كما في شكل (4) وتتحرف جميع الألوان عن اتجاه الشعاع الأبيض تبعاً لقوانين الانكسار ولكن يختلف مقدار هذا الانحراف تبعاً لنوع الضوء

"اللون"، لأن معامل الانكسار لكل لون مختلف. ويكون أقل انحراف للون الأحمر red وأقصى انحراف للون البنفسجي violet وبين هاتين النهايتين يقع انحراف اللون البرتقالي والأصفر والأخضر والأزرق والنيلي على الترتيب. ويسمى الفرق بين زاويتي انحراف أي لونين بالتفريق الزاوي لهذين اللونين. وهو يتوقف على طبيعة الوسط الذي يحدث فيه الانكسار أي مادة المنشور. نستنتج من ذلك أن معامل انكسار مادة المنشور يتوقف على نوع الضوء "طوله الموجي" ويسمى تحلل الألوان المختلفة الناتج من اختلاف معاملات انكسارها بالتفريق. تعرف قوة التفريق للمنشور بأنها التفريق الزاوي لوحدة الزوايا، فإذا فرضنا أن زاوية انحراف اللون الأحمر عند وضع النهاية الصغرى للانحراف كان δ_r وزاوية انحراف اللون البنفسجي δ_v وكانت زاوية الانحراف المتوسطة بالنسبة للونين δ فإن قوة التفريق w تعطى بالعلاقة:

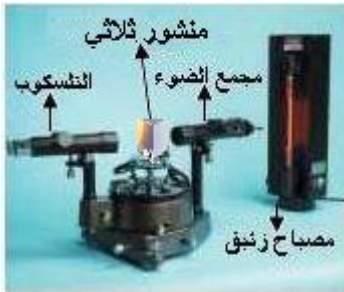
$$\omega = \frac{\delta_v - \delta_r}{\delta} \quad (15)$$

حيث δ زاوية الانحراف المتوسطة وتساوي $[(\delta_v + \delta_r)/2]$.
وفي حالة ما إذا كان المنشور رقيقاً فبالتعويض من العلاقة (14) نجد أن:

$$\omega = \frac{\mu_v - \mu_r}{\mu - 1} \quad (16)$$

حيث μ هو معامل الانكسار المتوسط للأشعة البيضاء ويساوي $[(\mu_v + \mu_r)/2]$.
ومن العلاقة (16) نرى أن قوة تفريق المنشور لا تتوقف على أبعاد المنشور بل تتوقف على نوع المادة التي صنع منها.

جهاز المطياف:



شكل (5)

يتكون كما هو مبين بالشكل (5) من الأجزاء الثلاثة التالية:

1. قاعدة دواره عبارة عن قرص دائري يمكن ضبط مستواه أفقياً بواسطة ثلاثة مسامير تسوية ، ومثبت مع القاعدة تدريج دائري. ويمكن إدارة القاعدة حول محوره الرأسى، وعلى هذه القاعدة يوضع المنشور المراد حساب زاوية رأسه وقوة التفريق له.
2. مجمع الضوء وهو مثبت في هيكل الجهاز بحيث يكون أفقياً ويتكون من أنبوبتين اسطوانيتين.
3. تلسكوب ويمكن دواره حول محوره الرأسى، ومثبت فيه ورائية تدور بدوران التلسكوب حول التدريج الدائري.
4. يضبط الاسبكترومتر بأن نوجه التلسكوب لجسم بعيد ثم نغير من طول قصبته حتى نحصل على أوضح صورة مقلوبة للجسم البعيد. ثم نوجه التلسكوب بحيث ينطبق محوره مع محور المجمع ونغير من طول قصبه المجمع حتى نرى أوضح صورة للفتحة الضوئية. ويمكن التحكم في عرض الفتحة بواسطة مسمار محوي بعدسة المجمع القريبة من المصدر الضوئي.

خطوات العمل:

أولاً: تعيين زاوية رأس المنشور:

1. بعد ضبط الاسبيكترومتر، ضع المنشور

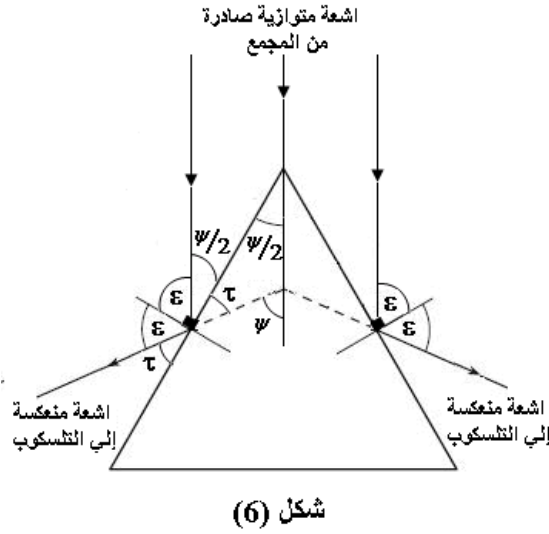
علي قاعدة الاسبيكترومتر بحيث تكون

قاعدة المنشور عمودية علي محور

المجمع وزاوية رأس المنشور المراد

تعيينها مواجهة للمجمع كما هو موضح

بالشكل (6).



2. يدار التلسكوب حتى يرى الضوء الأبيض

المنعكس من أحد أوجه المنشور وتعين

قراءة الورانية المثبتة مع التلسكوب

ولتكن القراءة ψ_1 .

3. يكرر العمل على الوجه الآخر للمنشور وتعين قراءة نفس الورانية ولتكن ψ_2 ، ثم تعيين

زاوية رأس المنشور ψ من العلاقة.

$$\psi = \frac{|\psi_1 - \psi_2|}{2}$$

ثانياً: تعيين قوة التفريق للمنشور:

1. ضع المنشور علي قاعدة الاسبيكترومتر بحيث تسقط الأشعة الخارجة من المجمع علي

أحد أوجهه بزاوية سقوط صغيرة، ثم ننظر خلال الوجه الآخر للمنشور بالعين المجردة

فترى صورة لألوان الطيف.

2. حرك التلسكوب إلي الموضع الذي تظهر فيه ألوان الطيف، ثم ا ضبط المنشور في

وضع النهاية الصغرى للانحراف بأن بتار القاعدة في الاتجاه الذي تزداد فيه زاوية

السقوط مع متابعه حركة ألوان الطيف الناشئة في الوجه الآخر من خلال التلسكوب

حتى نلاحظ أن ألوان الطيف قد توقفت، ثم بدأت في الحركة في الاتجاه المعاكس.

فيكون وضع النهاية الصغرى للانحراف عند موضع توقف الطيف.

3. ثبت القاعدة ولا تحركها، ثم حرك التلسكوب بحيث تنطبق نقطة تقاطع خطي العينية مع مركز الخط الطيفي البنفسجي، ثم نعين قراءة الورانية ولتكن ξ_v .
4. حرك التلسكوب مرة أخرى بحيث تنطبق نقطة تقاطع خطي العينية مع مركز الخط الطيفي الأحمر، ثم نعين قراءة الورانية ولتكن ξ_r .
5. ارفع المنشور وحرك التلسكوب إلى أن ينطبق محوره مع محور المجمع، وذلك عندما تنطبق نقطة تقاطع الخطين في عينية التلسكوب مع مركز صورة الفتحة الضوئية البيضاء، ثم نعين قراءة الورانية ولتكن ξ_o .
- ملاحظته هامة:** يجب ألا يكون صفر التدرج الدائري بين ξ_o وكل من ξ_v ، ξ_r .
6. نعين زاوية النهاية الصغرى لانحراف اللون البنفسجي δ_v من العلاقة:

$$\delta_v = |\xi_v - \xi_o|$$

وبالمثل نعين النهاية الصغرى لانحراف اللون الأحمر δ_r من العلاقة:

$$\delta_r = |\xi_r - \xi_o|$$

7. عين قوة تفريق مادة المنشور باستخدام العلاقة (15).

النتائج:

$$\psi_1 = \dots\dots\dots$$

$$\psi_2 = \dots\dots\dots$$

$$\psi = \frac{|\psi_1 - \psi_2|}{2} = \dots\dots\dots$$

$$\xi_o = \dots\dots\dots$$

$$\xi_v = \dots\dots\dots$$

$$\xi_r = \dots\dots\dots$$

$$\delta_v = \xi_v - \xi_o = \dots\dots\dots$$

$$\delta_r = \xi_r - \xi_o = \dots\dots\dots$$

$$\delta = [(\delta_v + \delta_r) / 2] = \dots\dots\dots$$

$$\omega = [(\delta_v - \delta_r) / \delta] = \dots\dots\dots$$

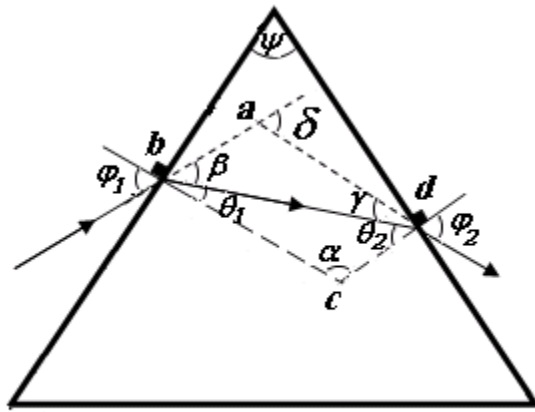
تعيين معاملات انكسار مادة المنشور للأطوال الموجية المختلفة وتحقيق علاقة كوشي عملياً

الغرض من التجربة:

- 1- تعيين معاملات انكسار مادة المنشور للأطوال الموجية المختلفة.
- 2- تحقيق علاقة كوشي عملياً.

نظرية التجربة:

رأينا في التجربة السابقة أنه إذا سقط شعاع ضوئي على أحد أوجه منشور ثلاثي فلن الشعاع الخارج من المنشور ينحرف عن مساره الأصلي بزاوية انحراف δ كما هو موضح بالشكل (1). كما أثبتنا أنه عند وضع النهاية الصغرى للانحراف تمر الأشعة متماتلة بالنسبة للمنشور، أي أن:



شكل (1)

$$\beta = \gamma$$

$$\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi$$

$$\theta_1 = \theta_2 = \theta$$

وأثبتنا أن معامل انكسار مادة المنشور يمكن تعيينه بمعرفة زاوية الانحراف الصغرى وزاوية رأس المنشور بالعلاقة:

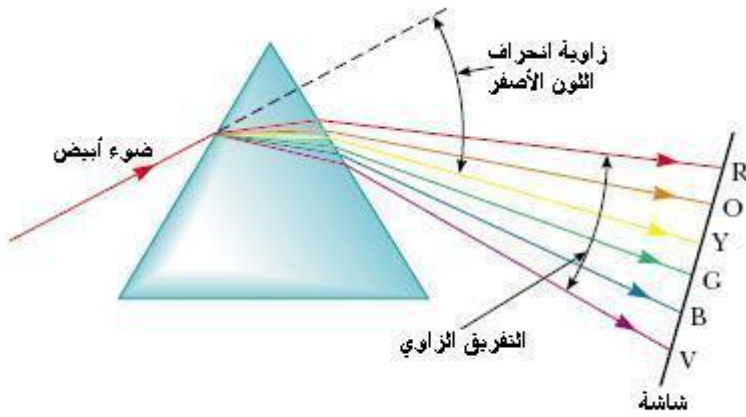
$$\mu = \frac{\sin\left(\frac{\delta_m + \psi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\psi}{2}\right)} \quad (1)$$

وفي حالة المنشور الرقيق تصبح هذه العلاقة علي الصورة:

$$\mu = \frac{\delta_m + \psi}{\psi}$$

أي أن:

$$\delta_m = (\mu - 1) \psi$$



شكل (2)

ورأينا أنه إذا كان الضوء

الساقط على المنشور مكونا من

عدة ألوان فإن زاوية الانحراف

لكل لون سوف تختلف عنها

للألوان الأخرى التي لها نفس

زاوية السقوط وبالتالي تكون زوايا

الخروج للألوان المختلفة غير

متساويا بالنسبة لنفس زاوية

السقوط. وبذلك يخرج الضوء المركب عند مروره خلال منشور ثلاثي محللا إلى مركبات هـ

الأصلية. ويكون أقل انحراف للون الأحمر red وأقصى انحراف للون البنفسجي violet وبين

هاتين النهايتين يقع انحراف اللون البرتقالي والأصفر والأخضر والأزرق والنيلي على الترتيب

كما بالشكل (2). وعرفنا قوة تفريق المنشور للألوان ω بأنها التفريق الزاوي لوحدة الزوايا ،

وتعطى بالعلاقة:

$$\omega = \frac{\delta_v - \delta_r}{\delta}$$

وفي حالة ما إذا كان المنشور رقيقاً تصبح علي الصورة:

$$\omega = \frac{\mu_v - \mu_r}{\mu - 1}$$

وأثبتنا أن قوة تفريق المنشور لا تتوقف على أبعاد المنشور بل تتوقف على نوع المادة التي صنع منها.

واستنتجنا من ذلك أن معامل انكسار مادة المنشور يتوقف على نوع الضوء "طوله الموجي". ووجد عملياً أن معامل الانكسار μ_λ يتناقص بزيادة الطول الموجي λ وفي عام 1836 وضع العالم كوشي علاقة رياضية تربط بينهما وهي:

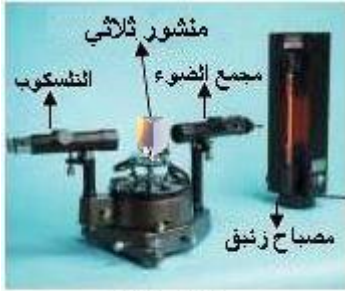
$$\mu_\lambda = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4}$$

حيث: μ_λ معامل انكسار مادة المنشور للضوء الذي لطوله الموجي λ ، وكل من A, B, C ثوابت مميزة لمادة المنشور. ولأن C صغيرة، λ^4 كبيرة يمكن تقريب العلاقة السابقة إلى الصورة:

$$\mu_\lambda = A + \frac{B}{\lambda^2} \quad (2)$$

جهاز المطياف:

يتكون كما هو مبين بالشكل (3) من الأجزاء الثلاثة التالية:



شكل (3)

1 - قاعدة دواره عبارة عن قرص دائري يمكن ضبط مستواه أفقياً بواسطة ثلاثة مسامير تسوية ، ومثبت مع القاعدة تدريج دائري. ويمكن إدارة القاعدة حول محوره الرأسية، وعلى هذه القاعدة يوضع المنشور المراد حساب زاوية رأسه وقوة التفريق له.

2 - مجمع الضوء وهو مثبت في هيكل الجهاز بحيث يكون أفقياً ويتكون من أنبوبتين اسطوانيتين.

3 - تلسكوب ويمكن دوارانه حول محوره الرأسية، ومثبت فيه ورائية تدور بدوران التلسكوب حول التدريج الدائري.

4 - يضبط الاسبكترومتر بأن نوجه التلسكوب لجسم بعيد ثم نغير من طول قصبته حتى نحصل على أوضح صورة مقلوبة للجسم البعيد. ثم نوجه التلسكوب بحيث ينطبق محوره

مع محور المجمع ونغير من طول قصبة المجمع حتى نرى أوضح صورة للفتحة الضوئية. ويمكن التحكم في عرض الفتحة بواسطة مسمار محوي بعدسة المجمع القريبة من المصدر الضوئي.

خطوات العمل:

أولاً: تعيين زاوية رأس المنشور:

- 1- بعد ضبط الاسبيكترومتر، ضع المنشور على قاعدة الاسبيكترومتر بحيث تكون قاعدة المنشور عمودية على محور المجمع وزاوية رأس المنشور المراد تعيينها مواجهة للمجمع.
- 2- يدار التلسكوب حتى يرى الضوء الأبيض المنعكس من أحد أوجه المنشور وتعين قراءة الورانيق المثبتة مع التلسكوب ولتكن القراءة ψ_1 .
- 3- يكرر العمل على الوجه الآخر للمنشور وتعين قراءة نفس الورانيق ولتكن ψ_2 ، ثم تعيين زاوية رأس المنشور ψ من العلاقة:

$$\psi = \frac{|\psi_1 - \psi_2|}{2}$$

ثانياً: تعيين معاملات انكسار مادة المنشور وتحقيق علاقة كوشي :

1. ضع المنشور على قاعدة الاسبيكترومتر بحيث تسقط الأشعة الخارجة من المجمع على أحد أوجهه بزاوية سقوط صغيرة، ثم ننظر خلال الوجه الآخر للمنشور بالعين المجردة فترى صورة لألوان الطيف.
2. حرك التلسكوب إلى الموضع الذي تظهر فيه ألوان الطيف، ثم ا ضبط المنشور في وضع النهاية الصغرى للانحراف بأن نثار القاعدة في الاتجاه الذي تزداد فيه زاوية السقوط مع متابعه حركة ألوان الطيف الناشئة في الوجه الآخر من خلال التلسكوب حتى نلاحظ أن ألوان الطيف قد توقفت، ثم بدأت في الحركة في الاتجاه المعاكس. فيكون وضع النهاية الصغرى للانحراف عند موضع توقف الطيف.

3. ثبت القاعدة ولا تحركها، ثم حرك التلسكوب بحيث تنطبق نقطة تقاطع خطي العينية مع مركز كل خط طيفي، ثم نعين قراءة الورانية في كل مرة ولتكن ξ_i ، ونسجل القراءات بالجدول المرفق.

4. ارفع المنشور وحرك التلسكوب إلى أن ينطبق محوره مع محور المجمع، وذلك عندما تنطبق نقطة تقاطع الخطين في عينية التلسكوب مع مركز صورة الفتحة الضوئية البيضاء، ثم نعين قراءة الورانية ولتكن ξ_o .

ملاحظه هامه: يجب ألا يكون صفر التدرج الدائري بين ξ_o وأي من ξ_i .

5. نعين زاوية النهاية الصغرى لانحراف كل لون من العلاقة:

$$\delta_m = |\xi - \xi_o|$$

6. نعين معامل انكسار مادة المنشور لكل خط طيفي باستخدام العلاقة (1).

7. ارسم العلاقة بين معامل انكسار مادة المنشور لكل خط طيفي μ_{λ} علي الحور الرأسي

وبين $(1/\lambda^2)$ علي المحور الأفقي، نحصل علي خط مستقيم يقطع جزء موجب من

محور الصادات وهذا يحقق علاقة كوشي التقريبية (2).

8. من الرسم احسب ثوابت مادة المنشور A ، B .

النتائج:

$$\psi_1 = \dots\dots\dots$$

$$\psi_2 = \dots\dots\dots$$

$$\psi = \frac{|\psi_1 - \psi_2|}{2} = \dots\dots\dots$$

$$\xi_o = \dots\dots\dots$$

اللون	λ	$1/\lambda^2$	ξ	$\delta_m = \xi - \xi_o $	$\mu = \frac{\sin\left(\frac{\delta_m + \psi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\psi}{2}\right)}$
احمر ضعيف	6200				
أصفر قوي	5791				
أصفر قوي	5770				
أخضر قوي	5461				
أزرق مخضر ضعيف	4916				
أزرق قوي	4358				
بنفسجي متوسط	4078				
بنفسجي متوسط	4047				

$$A = \text{الجزء المقطوع من محور الصادات} = \dots\dots\dots$$

$$B = \text{الميل} = \dots\dots\dots$$

محزوز الحيود

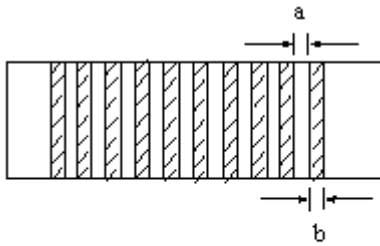
الهدف من التجربة:

تعيين الأطوال الموجية لطيف الزئبق باستخدام محزوز الحيود.

نظرية التجربة:

خاصية الحيود هي أن يحيد الضوء عن خاصية سيره في خطوط مستقيمة عند مروره خلال حافة حادة. و يعتبر محزوز الحيود حائل به فتحات عديدة فعند وضع المحزوز أمام مصدر ضوئي فإن الأشعة الخارجة منه تبدي حيود فرنفور من خلال فتحات عديدة.

ويتركب محزوز الحيود من شريحة زجاجية عليها



خدوش قد تصل إلى 6000 خط في السنتيمتر الواحد وتكون على شكل خطوط متوازية تم عملها بواسطة سن مدبب من الألماس. عند سقوط الأشعة الضوئية على المحزوز فإن الضوء يمر من خلال الأجزاء غير المخدوشة أي بين

خطوط المحزوز حيث تعمل عمل فتحات فإذا كانت المسافة بين كل خط وآخر هي a وعرض الخدش هو b كما بالشكل

(1) فإن المقدار $d = (a + b)$ يسمى ثابت المحزوز.

ومن الملاحظ إذا كان عدد خطوط المحزوز في السنتيمتر هو $N(\text{line/cm})$ خط فإن:

$$d = 1/N$$

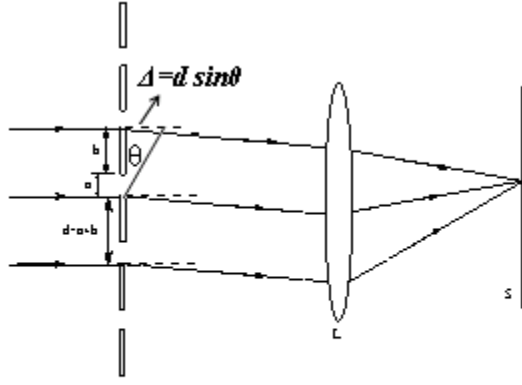
وإذا كان عدد خطوط المحزوز في البوصة هو $N(\text{line/inch})$ خط فإن:

$$d = 2.5/N$$



شكل (2)

إذا سقطت حزمة متوازية من ضوء أحادي اللون طوله الموجي λ في اتجاه عمودي على مستوى محزوز الحيود من مجمع الضوء في المطياف - فإنه بتوجيه التلسكوب شكل (2) بحيث يكون على استقامة مجمع الضوء - فإننا نرى صورة للفتحة واضحة وقوية تمثل الهدبة المركزية التي تنتج عن التداخل البناء



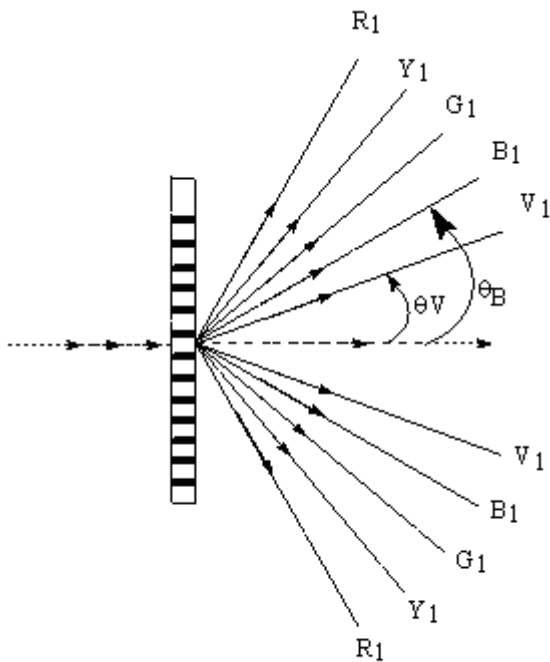
شكل (3)

لجميع الأشعة النافذة من هذه الفتحات المتوازية بدون حيود و زوى أيضاً على جانبي ها أهداباً مضئيةً تقل إضاءتها تدريجياً بالابتعاد عن الهدبة المركزية وهى ناتجة عن التداخل البناء للأشعة الحائدة بزوايا مختلفة . ومن الشكل (3) نجد أن شرط حدوث هذا التداخل البناء هو أن يكون فرق المسار الضوئي Δ بين أي شعاعين متناظرين حائدين من أي فتحتين متتاليتين مساوياً لمضاعفات صحيحة للطول الموجى أي أن:

$$\Delta = d \sin \theta = n \lambda \quad (1)$$

ومن الواضح من المعادلة (1) أن زاوية الحيود θ تعتمد على الطول الموجى λ للضوء الأحادي اللون المستعمل وعلى رتبة الحيود n .

إذا استعملنا مصدراً ضوئياً له طيف خطى (كمصباح الزئبق مثلاً) فإن الضوء



شكل (4)

الخارج من محزوز الحيود يتحلل إلى ألوان الطيف ويكون كل لون له زاوية حيود خاصة به ونشاهد خلال التلسكوب لكل رتبة حيود n جميع الخطوط الملونة التي يتكون منها طيف هذا المصدر الضوئي شكل (4). وهكذا يمكن استخدام محزوز الحيود لإنتاج رتب مختلفة لطيف أي مصدر ضوئي وكذلك يمكن استخدام المعادلة (1) لحساب الطول الموجى لكل منها.

الأدوات المستخدمة:

مطياف للضوء (سبكترومتر) – محزوز
الحيود – مصباح الزئبق.

خطوات العمل:

- 1 - اضبط الاسبكترومتر كالاتي:
 أ - اضبط تدريج قاعدة الاسبكترومتر بأن تجعل صفر التدريج عند المجمع واجعل الخط
 الواصل بين الصفر، 180 موازياً لمحور المجمع.
 ب - اضبط التلسكوب بأن توجه التلسكوب لجسم بعيد وعدل طول قسبة التلسكوب حتى
 تحصل علي أوضح صورة مقلوبة ومصغرة للجسم البعيد.
 ت - اضبط المجمع بأن تنتظر من خلال التلسكوب للفتحة الضوئية الموجودة أمام لمبة الزئبق
 وعدل طول قسبة المجمع حتى تحصل علي أوضح صورة للفتحة الضوئية.
- 2 - ضع محزوز الحيود على منضدة المطياف بحيث يكون عمودي على الخط الواصل من
 المجمع إلى التلسكوب فتحصل على نفس صورة الفتحة الضوئية وهي تمثل هدبه الحيود
 ذات الرتبة $n=0$.
- 3 -حرك التلسكوب في جهة اليمين واضبط نقطة تقاطع الخطين المتقاطعين في عينية التلسكوب
 علي منتصف هدبه اللون البنفسجي ذات الرتبة $n=1$ ، ثم عين قراءة التدريج θ_R وسجل
 القراءة في الجدول المرفق.
- 4 -كرر الخطوة 3 مع باقي ألوان الهدبة الأولي.
- 5 -أستمر في الحركة جهة اليمين فتجد الهدبة الثانية بنفس الألوان ونفس الترتيب فعين قراءة
 التدريج لكل لون عند $n=2$ وسجل القراءات في الجدول المرفق.
- 6 -كرر الخطوات 3، 4، 5 من جهة اليسار وعين قراءة التدريج θ_L لكل لون في الهدبة الأولي
 والثانية جهة اليسار، وسجل القراءات في الجدول المرفق.
- 7 -عين قيمة زاوية الحيود θ لكل لون ولكل رتبة من العلاقة:

$$\theta = \left| \frac{\theta_R - \theta_L}{2} \right|$$

- ثم احسب $\sin\theta$ وسجل النتائج في الجدول المرفق.
- 8 -بمعرفة قيمة d احسب قيم λ عمليا باستخدام العلاقة $d \sin\theta = n\lambda$. وقارن بين هذه القيم
 والقيم النظرية المعطاة لك في الجدول.

النتائج:

$$N = \dots\dots \text{ line/cm}$$

$$= \dots\dots$$

$$d = 1/N$$

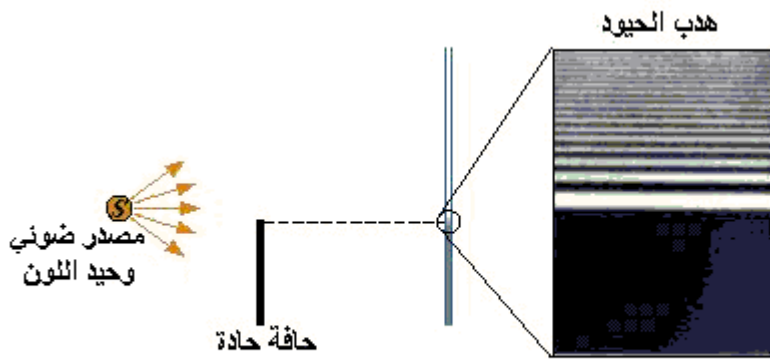
$n=2$					$n=1$					λ نظري \AA	لون الطيف
λ عملي	$\sin\theta$	θ	θ_L	θ_R	λ عملي	$\sin\theta$	θ	θ_L	θ_R		
										6200	احمر ضعيف
										5791	أصفر قوي
										5770	أصفر قوي
										5461	أخضر قوي
										4916	أزرق مخضر ضعيف
										4358	أزرق قوي
										4078	بنفسجي متوسط
										4047	بنفسجي متوسط

الحيود خلال فتحة مستطيلة ضيقة "حيود فرنهوفر"

الهدف من التجربة:

1. دراسة ظاهرة حيود الضوء خلال فتحة مستطيلة ضيقة "شق ضيق".
2. تعيين الطول الموجي لشعاع الليزر بواسطة حيود فرنهوفر.

نظرية التجربة:



شكل (1)

خاصية الحيود هي أن
يحيد الضوء عن خاصية سيره
في خطوط مستقيمة عند
مروره خلال حافة حادة. فعند
مرور الضوء خلال حافة
حادة كما بالشكل (1) نرى
هدهب مضيئة وهدهب مظلمة

في منطقة الظل الهندسي أي أن الضوء انحني ولم يلتزم بالانتشار في خطوط مستقيمة عند
مروره بهذه الحافة الحادة. وينقسم حيود الأشعة الضوئية إلى نوعين:

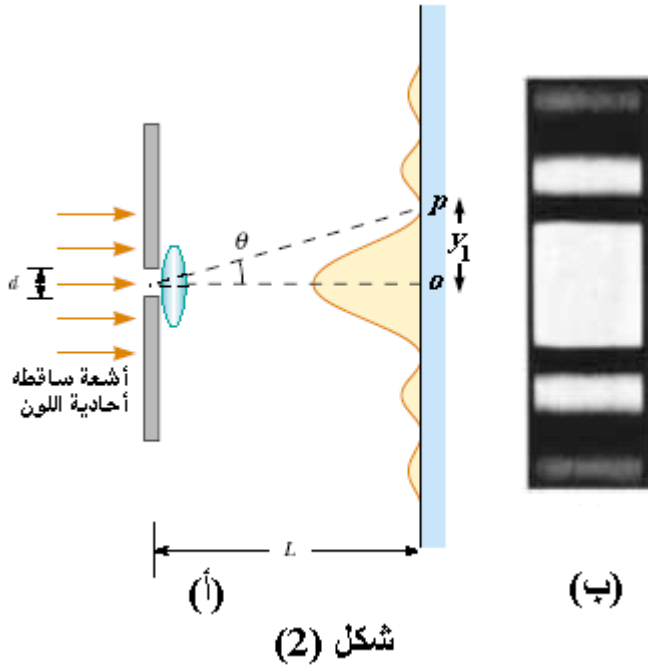
1- حيود فرنهوفر:

وفيه يكون كل من المصدر الضوئي والحائل "الستارة" الذي يتكون عليه نموذج الحيود
على مسافات بعيدة من الحافة الحادة المسببة لهذا الحيود. وبالتالي يكون كل من صدر الموجة
الساقطة والحائذة مستوي.

2- حيود فرنل:

وفيه يكون المصدر الضوئي أو الحائل أو كلاهما على مسافة محدودة من الحافة الحادة
المسببة للحيود. ويختلف نمط حيود فرنل عن نمط حيود فرنهوفر من حيث المعالجة الرياضية
وشدة الاستضاءة واتساع هدهب الحيود. والمعالجة الرياضية لنمط فرنل أكثر تعقيداً من المعالجة
الرياضية لنمط فرنهوفر.

حيود فرنهوفر من خلال فتحة مستطيلة ضيقة:



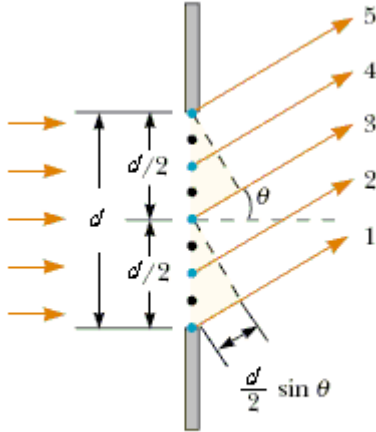
عند سقوط أشعة متوازية "صدر موجتها مستو" و أحادية اللون (طولها الموجي وحيد) مثل أشعة الليزر ، علي فتحة مستطيلة ضيقة عرضها d ويوجد خلفها مباشرة عدسة محدبة بعدها البؤري L فإنه يظهر نمط حيود فرنهوفر علي الحائل الموجود عند بؤرة العدسة كما هو موضح بالشكل (2- أ). ويتكون نمط الحيود هذا من هدبة مركزية مضيئة ومتسعة محاطة من الجانبين بهدب مظلمة ومضيئة، والهدب المضيئة يقل اتساعها وشدة استضاءتها بزيادة بعدها عن الهدبة المركزية كما هو موضح بالشكل (2- ب).

ويمكن تفسير ظاهرة الحيود بواسطة الطبيعة الموجية للضوء أي باستخدام النظرية الموجية لهيجنز حيث افترض أن كل نقطة على صدر الموجة تعمل عمل مصدر ثانوي تنتشر منه موجات ثانوية أو مويجات. وبالتالي فإن كل نقطة على الشاشة يصلها مجموعة من المويجات الصادرة من نقط صدر الموجة الساقطة على الفتحة فإذا كان فرق المسار بين هذه المويجات عدد صحيح من الأطوال الموجية فإنها تتداخل تداخلاً بناءً وتصبح النقطة مضيئة. أما إذا كان فرق المسار بين هذه المويجات عدد فردي من أنصاف الأطوال الموجية فإنها تتداخل تداخلاً هدمياً وتصبح تلك النقطة مظلمة. ومعني ذلك أن نمط الحيود ما هو إلا نمط تداخل بين الموجات الثانوية الصادرة من نقط صدر الموجة الساقطة على الفتحة المستطيلة الضيقة.

ولإيجاد علاقة رياضية لنمط الحيود المتكون عند النقطة P على الحائل نفرض أننا قسمنا صدر الموجة الساقط علي الفتحة إلي قسمين كما بالشكل (3)، وحيث أن كل نقطة علي صدر الموجة تعمل عمل مصدر ثانوي، فنجد من هندسة الشكل أن الشعاعين المتوافقين $1, 3$

أحدهما منبعث من النصف السفلي للفتحة والآخر من النصف العلوي يكون فرق المسير بينهما هو:

$$\delta = \frac{d}{2} \sin \theta$$



شكل (3)

وهو نفس فرق المسير بين أي شعاعين متطابقين أحدهما منبعث من النصف السفلي للفتحة والآخر من النصف العلوي حيث المسافة بينهما $d/2$ "مثل الشعاعين 2، 4". فإذا كان فرق المسير بين الشعاعين 1، 3 هو $\lambda/2$ فإنه التراكب بينهما يكون تراكب هدمي. وبالمثل فإن أي شعاعين المسافة بينهما $d/2$ يكون التراكب بينهما هدمي، وحيث أننا قسمنا الفتحة إلى قسمين متساويين المسافة بينهما $d/2$ فإن نتيجة التراكب بين أشعة كل نصف مع الآخر يكون تراكب هدمي. ويكون شرط التراكب الهدمي عند P هو:

$$\delta = \frac{d}{2} \sin \theta = \frac{\lambda}{2}$$

وبالمثل لو قسمنا الفتحة إلى أربعة أجزاء متساوية يكون شرط التراكب الهدمي عند P هو:

$$\delta = \frac{d}{4} \sin \theta = \frac{\lambda}{2}$$

وبالتالي يكون الشرط العام لتكون الهدب المظلمة في نمط حيود فرنهوفر من خلال فتحة مستطيلة ضيقة هو:

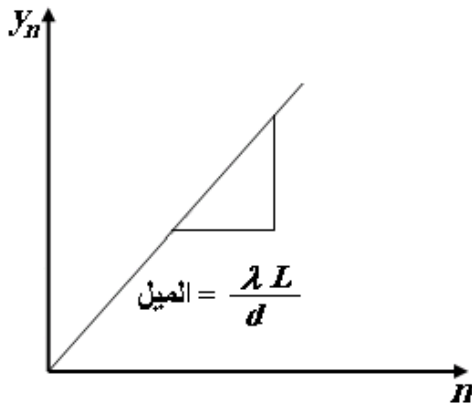
$$d \sin \theta = n\lambda \quad (1)$$

ومن هندسة الشكل (2- أ) ولأن الزاوية θ صغيرة جداً، فإنه يمكننا استخدام التقريب الآتي:

$$\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{y_n}{L} \quad (2)$$

حيث y_n هي المسافة بين مركز الهدبة المضيئة المركزية وبين الهدبة المظلمة رقم n . وبالتعويض بالعلاقة (2) في العلاقة (1) نحصل علي:

$$y_n = \frac{\lambda L}{d} n \quad (3)$$



شكل (4)

ويوضح الشكل (4) هذه العلاقة بين y_n علي المحور الرأسي، n علي المحور الأفقي وهي عبارة عن خط مستقيم يمر بنقطة الأصل وميله يساوي $(\lambda L/d)$ وبمعلومية كل من بؤرة العدسة المحدبة L ، وعرض الفتحة المستطيلة الضيقة d يمكننا حساب الطول الموجي λ .

الأدوات المستخدمة:

مصدر ليزر – فتحة مستطيلة ضيقة – عدسة محدبة – ستارة عليها تدريج خطي.

خطوات العمل:

- 1 - ضع شريحة الفتحة المستطيلة الضيقة على حامل في مواجهة شعاع الليزر ، وضع خلفها مباشرة عدسة محدبة بعدها البؤري L ، ثم ضع في بؤرة العدسة ستارة الرؤية والتي عليها تدريج خطي لتعيين y_n ، كما هو موضح بالشكل (2- أ).
- 2 - اضبط وضع الفتحة حتى يسقط كل شعاع الليزر على عرض الفتحة ويظهر نمط حيود فرنهوفر بوضوح علي ستارة الرؤية.
- 3 - بواسطة التدريج الخطي علي الستارة عين المسافة بين موضع الهدب المظلمة الأولى جهة اليمين وموضع الهدبة المظلمة الأولى جهة اليسار وهي تساوي $2y_1$ ، ومنها احسب y_1 ثم سجل النتائج في الجدول المرفق.
- 4 - كرر الخطوة 3 مع رتب n مختلفة للهدب المظلمة وسجل النتائج بالجدول المرفق.

5 - ارسم العلاقة بين y_n علي المحور الرأسى و n علي المحور الأفقى فنحصل على خط مستقيم يمر بنقطة الأصل وميله يساوي $(\lambda L/d)$ وبمعلومية كل من بؤرة العدسة المحدبة L ، وعرض الفتحة المستطيلة الضيقة d يمكننا حساب الطول الموجي λ لشعاع الليزر.

النتائج:

n	$2y_n$	y_n
1		
2		
3		
4		
5		

$$d = \dots\dots \text{ cm}$$

$$L = \dots\dots \text{ cm}$$

$$\text{الميل} = (\lambda L / d) = \dots\dots$$

$$\lambda = \dots\dots \text{ cm}$$

$$\lambda = \dots\dots \text{ انجستروم}$$

ملاحظة:

$$1\text{cm} = 10^8 \text{ \AA}$$

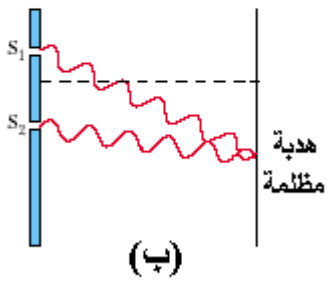
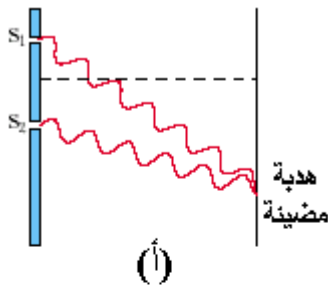
مقياس التداخل لميكلسون

الهدف من التجربة:

1. دراسة ظاهرة التداخل.
2. دراسة مقياس التداخل لميكلسون.
3. تعيين الطول الموجي لشعاع الليزر.

نظرية التجربة:

تحدث ظاهرة التداخل في الضوء نتيجة للتراكب بين

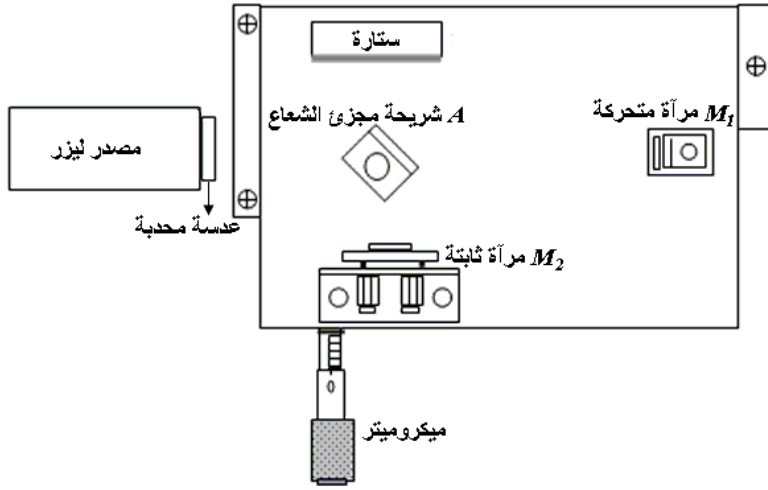


شكل (1)

شعاعين ضوئيين لهما نفس الطول الموجي (وبالتالي نفس التردد) ومتساويين في الشدة ومتوافقين "coherent" (ومعني التوافق أن فرق الطور بينهما ثابت لا يتغير مع الزمن). فإذا سقط هذان الشعاعان علي نقطة واحدة وكان فرق الطور بينهما $2n\pi$ أي أن فرق المسير بينهما عدداً صحيحاً من الأطوال الموجية $n\lambda$ ، فإنه نتيجة للتراكب بينهما تتقابل قمة مع قمة، وقاع مع قاع فيقوي كل منهما الآخر، وتكون تلك النقطة هدبة مضيئة كما بالشكل (أ-1). أما إذا كان فرق الطور بينهما $[(2n+1)\pi]$ أي أن فرق المسير بينهما عدداً فردياً من أنصاف الأطوال الموجية $[(2n+1)\lambda/2]$ ، فإنه نتيجة للتراكب بينهما تتقابل قمة مع قاع، وقاع مع قمة فيضعف كل منهما الآخر، وتكون تلك النقطة هدبة مظلمة كما بالشكل (ب-1). ويمكن الحصول علي ظاهرة التداخل بواسطة:

- 1- تقسيم صدر الموجة: مثل التداخل من فتحتين مستطيلتين ضيقتين "تجربة ينج".
- 2- تقسيم سعة الموجة: مثل التداخل بالانعكاس المتكرر كمقياس التداخل لفابري بيرو، والتداخل في الأغشية الرقيقة كمقياس التداخل لميكلسون وحلقات نيوتن.

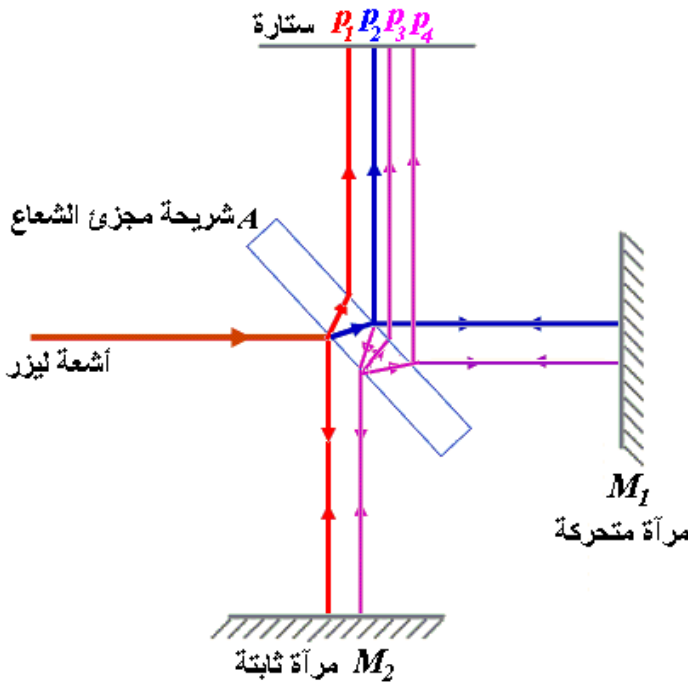
يتكون مقياس التداخل



شكل (2)

لميكلسون كما هو موضح بالشكل (2) من مرأتين M_1 ، M_2 على درجة عالية من الصقل وشريحة زجاجية A نصف مفضضة تجزئ الشعاع، ومصدر لأشعة الليزر، وعدسة محدبة توضع أمام مصدر الليزر مباشرة، وستارة لرؤية الهدب.

وعند ضبط الجهاز يجب أن تكون المرأتان M_1 ، M_2 متعامدتين وتكون المرآة M_1 عمودية على الشعاع الساقط وعندما تكون الشريحة A مائلة بزاوية 45° على اتجاه الشعاع الساقط فإنه سوف تظهر أربع صور للمصدر الضوئي كما هو موضح بالشكل (3). فعندما



شكل (3)

يسقط شعاع الليزر على وجه الشريحة الزجاجية A الأول فإنه ينقسم إلى جزئيين، جزء منعكس وآخر منكسر. الجزء المنعكس يسقط عمودياً على المرآة M_2 وينعكس عليها ليسقط على الستارة مكوناً الصورة p_1 . أما الجزء المنكسر فإنه ينقسم إلى جزئيين آخرين عندما يسقط على وجه الشريحة A الثاني، جزء ينكسر ليسقط عمودياً على المرآة M_1 وينعكس عليها ويكون الصورة p_2 ، أما الجزء الآخر فينعكس ليقابل وجه الشريحة الأول مرة أخرى

لينقسم عندها إلى جزئيين جزء ينعكس على المرآة M_2 ليكون الصورة p_3 والآخر ينعكس على المرآة M_1 ليكون الصورة p_4 . ويلاحظ أن كل من الشعاع المكون للصورة p_1 ، p_2 يكون قد

عبر الشريحة A مرة واحدة فقط أما كل من الشعاع المكون للصورة p_3, p_4 يكون قد عبر الشريحة A ثلاث مرات ولذلك تكون شدة استضاءة كل من p_1, p_2 أكبر من شدة استضاءة كل من p_3, p_4 . كما يلاحظ أن كل من الصورة p_1, p_3 قد تكونتا نتيجة للانعكاس على المرآة M_2 ، أما صورتين p_2, p_4 فقد تكونتا نتيجة للانعكاس على المرآة المتحركة M_1 .



شكل (4)

عند ضبط المرأتان M_1, M_2 بحيث تكونا متعامدتين

تماما تتراكب صورتان p_1, p_2 معا كما تتراكب صورتان p_3, p_4 معا وينشأ من ذلك هدب التداخل التي تظهر كما بالشكل (4).

عندما نحرك المرآة المتحركة M_1 مسافة $(\lambda/2)$ بحيث

تظل عمودية على M_2 وعلى الشعاع الساقط ، فإن فرق المسار

بين الشعاعين المتراكبين عند الستارة سوف يزداد بمقدار λ . وهذا يعنى أن كل هدب مضيئة تحل محل الهدب المضيئة المجاورة لها. وبالتالي فإذا حركنا المرآة M_1 مسافة L تساوي عدد صحيح من أنصاف الأطوال الموجية $(n\lambda/2)$ فإن عدد n من الهدب المضيئة سوف يعبر الستارة، أي أن:

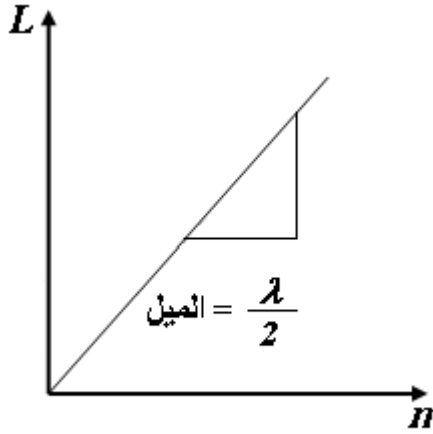
$$L = \frac{\lambda}{2} n$$

ويوضح الشكل (5) هذه العلاقة بين L على المحور

الرأسي، n على المحور الأفقي وهي عبارة عن خط

مستقيم يمر بنقطة الأصل وميله يساوي $(\lambda/2)$ ومنه يمكننا

حساب الطول الموجي λ .



شكل (5)

خطوات العمل:

- 1- ركب جهاز مقياس التداخل لميكلسون كما هو موضح بالشكل (2).
- 2- أضبط قراءة الميكرومتر في البداية لكي تكون على الصفر تماما.
- 3- أضبط شعاع الليزر بحيث يسقط عموديا على المرآة المتحركة M_1 . ويتم ذلك - بعد أن يبعد اللوح A عن مسار الشعاع - وبواسطة مجموعة المسامير المثبتة بقاعدة الجهاز يمكن التأكد من أن الشعاع يسقط عموديا على المرآة M_1 كالآتي:

a. ينعكس شعاع الليزر على نفسه فلا تظهر أي صورته للأشعة المنعكسة بجوار فتحة أنبوبة الليزر.

b. عند وضع ستارة خلف المرآة M_1 فإذا كان الشعاع غير عمودي على المرآة فسوف يظهر على الستارة نقطة أساسية مضيئة مصحوبة بعدة نقاط ثانوية وعندما يكون الشعاع عموديا على المرآة ستظهر نقطة واحدة فقط على الستارة.

4 -حرك شريحة مجزئ الشعاع A بحيث يصنع زاوية 45° تقريبا مع الشعاع الساقط ويمكن التأكد من ذلك كالآتي:

a. الشعاع المنعكس منه يسقط في مركز المرآة الثابتة M_2 .

b. صور المصدر الأربعة p_1, p_2, p_3, p_4 المتكونة على الستارة تكون قريبة بعضها من بعض.

5 -حرك المسماران المحويان والموجودان خلف المرآة الثابتة M_2 بحيث تتراكب الصورتان p_1, p_2 معا كما تتراكب الصورتان p_3, p_4 معا، وثأكد من ذلك بأن نري هذب مضيئة ومظلمة رفيعة قريبة داخل النقطة المضيئة بالعين المجردة.

6 -ضع العدسة المحدبة أمام أنبوبة شعاع الليزر وأضبط موضعها حتى يتركز الشعاع المتفرق على مجزئ الشعاع (الشريحة A) وعندئذ سوف تظهر الهدب بوضوح على الستارة. إذا لم تظهر الهدب بوضوح حرك مسامير الضبط المثبتة خلف المرآة الثابتة M_2 بعناية فائقة حتى تظهر الهدب واضحة كما بشكل (4).

7 -أدر الميكرومتر ولاحظ عدد الهدب العابرة لمجال الرؤية.

8 -بعد كل مرة تعبر فيها مجال الرؤية 20 هدبه عين قراءة الميكرومتر وهي تساوي المسافة L التي تحركتها المرآة المتحركة M_1 من بداية التجربة. "يلاحظ أن كل لفه كاملة للميكرومتر يقابلها إزاحة للمرآة المتحركة تساوي 25 ميكرون، أي أن الشرطة الواحدة علي الميكرومتر يقابلها إزاحة للمرآة المتحركة مقدارها 1 ميكرون".

9 -دون النتائج بالجدول المرفق وأرسم العلاقة بين L علي المحور الرأسي ، n علي المحور الأفقي ثم عين λ من ميل الخط المستقيم.

النتائج:

n	L
20	
40	
60	
80	
100	

ميل الخط المستقيم $= (\lambda/2) = \dots\dots$

الطول الموجي $\lambda = \dots\dots$ أنجسترم

ملحوظة:

1 ميكرون $(\mu m) = 10^{-6}$ متر (m)

1 أنجستروم $(A^o) = 10^{-10}$ متر (m)

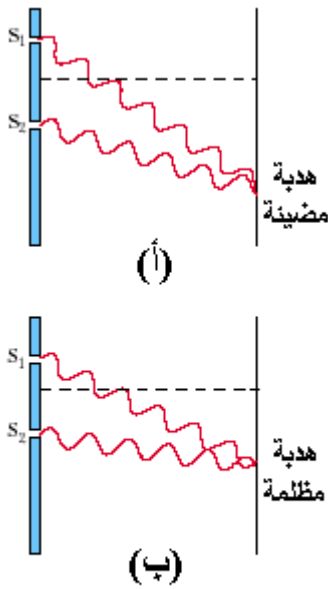
تعيين الطول الموجي للميكروويف بواسطة مقياس التداخل لفابري بيرو

الهدف من التجربة:

- 1 - دراسة ظاهرة التداخل.
- 2 - دراسة مقياس التداخل لفابري بيرو.
- 3 - تعيين الطول الموجي λ لأشعة الميكروويف.

نظرية التجربة:

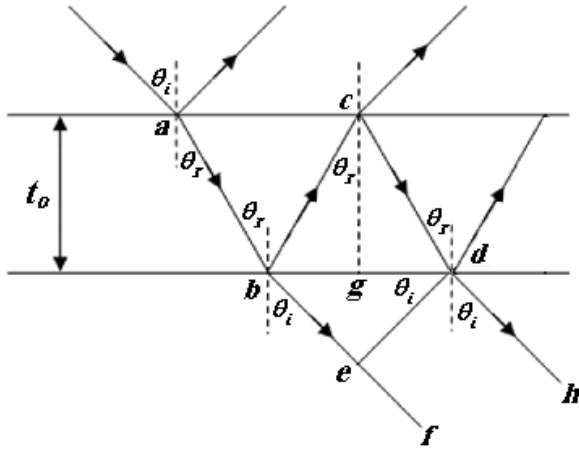
تحدث ظاهرة التداخل في الضوء نتيجة للتراكب بين



شكل (1)

شعاعين ضوئيين لهما نفس الطول الموجي (وبالتالي نفس التردد) ومتساويين في الشدة ومتوافقين "coherent" (ومعني التوافق أن فرق الطور بينهما ثابت لا يتغير مع الزمن). فإذا سقط هذان الشعاعان علي نقطة واحدة وكان فرق الطور بينهما $2n\pi$ أي أن فرق المسير بينهما عدداً صحيحاً من الأطوال الموجية $n\lambda$ ، فإنه نتيجة للتراكب بينهما تتقابل قمة مع قمة، وقاع مع قاع فيقوي كل منهما الآخر، وتكون تلك النقطة هدبة مضيئة كما بالشكل (1- أ). أما إذا كان فرق الطور بينهما $[(2n+1)\pi]$ أي أن فرق المسير بينهما عدداً فردياً من أنصاف الأطوال الموجية $[(2n+1)\lambda/2]$ ، فإنه نتيجة للتراكب بينهما تتقابل قمة مع قاع، وقاع مع قمة فيضعف كل منهما الآخر، وتكون تلك النقطة هدبة مظلمة كما بالشكل (1- ب). ويمكن الحصول علي ظاهرة التداخل بواسطة:

- 1- تقسيم صدر الموجة: مثل التداخل من فتحتين مستطيلتين ضيقتين "تجربة ينج".
- 2- تقسيم سعة الموجة: مثل التداخل في الأغشية الرقيقة كمقياس التداخل لميكلسون وحلقات نيوتن، والتداخل بالانعكاس المتكرر كمقياس التداخل لفابري بيرو.



شكل (2)

في مقياس التداخل لفابري بيرو تسقط أشعة كهرومغناطيسية علي السطح العلوي لهتوازي مستطيلات كما في شكل (2) فتقسم إلي جزئين، جزء ينكسر داخل مادة متوازي المستطيلات والجزء الآخر ينعكس. والجزء المنكسر ينقسم عند السطح السفلي لمتوازي المستطيلات إلي جزئين، جزء ينكسر خارجاً من متوازي المستطيلات وجزء ينعكس فيحدث له انعكاس متكرر داخل شريحة متوازي المستطيلات كما هو موضح بالشكل (2).

ونتيجة للانعكاس المتكرر داخل متوازي المستطيلات تخرج منه أشعة متوافقة ولها نفس التردد وبينها فرق في المسير Δ فيحدث تداخل بين هذه الأشعة يسمى بتداخل فابري بيرو. ولتعيين فرق المسير Δ بين كل من الشعاعين f النافذ أولاً من متوازي المستطيلات والشعاع h النافذ منه بعد الانعكاس المتكرر، نفرض أن سمك متوازي المستطيلات t_o ومعامل انكسار مادته μ ومن هندسة الشكل (2) نجد أن:

$$\Delta = \mu(bc + cd) - be \quad (1)$$

ولأن زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس فإن:

$$bc = cd \quad (2)$$

ومن المثلث edb نجد أن:

$$be = bd \sin \theta_i \quad (3)$$

بالتعويض من العلاقتين (2)، (3) في العلاقة (1) نحصل علي:

$$\Delta = 2\mu bc - bd \sin \theta_i \quad (4)$$

ولكن من المثلث bcg نجد أن:

$$bc = \frac{t_o}{\cos \theta_r} \quad (5)$$

$$bd = 2t_o \tan \theta_r = 2t_o \frac{\sin \theta_r}{\cos \theta_r} \quad (6)$$

بالتعويض من العلاقتين (5)، (6) في العلاقة (4) نحصل علي:

$$\begin{aligned} \Delta &= 2\mu \frac{t_o}{\cos \theta_r} - 2t_o \frac{\sin^2 \theta_r}{\cos \theta_r} \frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} \\ &= 2\mu t_o \left(\frac{1 - \sin^2 \theta_r}{\cos \theta_r} \right) \\ &= 2\mu t_o \cos \theta_r \end{aligned}$$

حيث استخدمنا كل من تعريف معامل الانكسار $\mu = (\sin \theta_i / \sin \theta_r)$ وعلاقة حساب المثلثات

$$\cos^2 \theta_r = (1 - \sin^2 \theta_r)$$

وبالتالي يكون شرط الحصول علي التداخل البناء هو:

$$2\mu t_o \cos \theta_r = n\lambda \quad ; n=0,1,2,.....$$

ويكون شرط الحصول علي التداخل الهدمي هو:

$$2\mu t_o \cos \theta_r = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad ; n=0,1,2,.....$$

وعندما تسقط الأشعة عمودياً علي متوازي المستطيلات فإن:

$$\cos \theta_r = 1 \quad ; \theta_i = \theta_r = 0$$

وبالتالي يصبح شرط الحصول علي التداخل البناء هو:

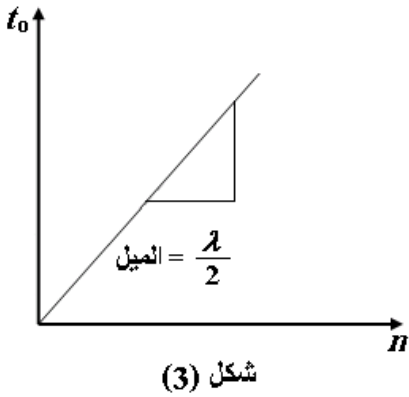
$$2\mu t_o = n\lambda \quad ; n=0,1,2,\dots \quad (7)$$

وشرط الحصول علي التداخل الهدمي هو:

$$2\mu t_o = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad ; n=0,1,2,\dots \quad (8)$$

وإذا كانت مادة متوازي المستطيلات هي الهواء ذي معامل الانكسار $\mu=1$ فإن العلاقة (7) يمكن كتابتها علي الصورة:

$$t_o = \frac{\lambda}{2} n \quad (9)$$



وهذه العلاقة بين n ، t_o هي علاقة خط مستقيم يمر بنقطة الأصل وميله يساوي $(\lambda/2)$ كما هو موضح بالشكل (3).

إذا كان سمك متوازي المستطيلات t_o صغيراً جداً، ثم بدأنا في زيادته بالتدريج فإن فرق المسير Δ بين كل من الشعاعين f ، h سوف يتغير بالتدريج وعندما يحقق العلاقة (7) "هي نفسها العلاقة (9)" تكون النقطة التي يسقط عليها الشعاعان f ، h هدبة مضيئة أي تكون شدة الأشعة النافذة من متوازي المستطيلات I نهاية عظمي. وعندما يحقق فرق المسير Δ العلاقة (8) تكون النقطة التي يسقط عليها الشعاعان f ، h هدبة مظلمة أي تكون شدة الأشعة النافذة من متوازي المستطيلات I نهاية صغري.

خطوات العمل:

1. كما هو موضح بالشكل (4) ضع جهاز

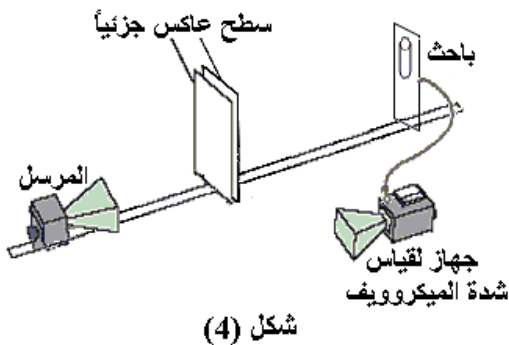
الميكروويف "المرسل" ووجهه نحو الباحث

ذي الصمام الثنائي وعلي بعد 100 سم

تقريباً منه. ثم ضع في منتصف المسافة

بينهما لوحين رقيقين من البيركس بحيث

يكونا عموديين علي اتجاه البث، وبحيث يتكون في المسافة بينهما متوازي مستطيلات



من الهواء الذي معامل انكساره $\mu=1$ فيسبب انعكاساً متكرراً لأشعة الميكروويف مما يؤدي لحدوث تداخل فابري بيرو. ويعين الباحث ذي الصمام الثنائي شدة الأشعة النافذة من متوازي المستطيلات I .

2. أبدأ بأقل سمك t_0 لمتوازي المستطيلات "أي أقل مسافة بين اللوحين"، ثم زد المسافة بينهما بالتدريج ولاحظ شدة الأشعة النافذة I فتجدها تقل ثم تزداد فعين السمك t_0 عندما تكون شدة الأشعة نهاية عظمي وعنده تكون $n=1$ وسجل النتائج بالجدول المرفق.
3. استمر في زيادة المسافة بين اللوحين بالتدريج وفي كل مرة تكون شدة الأشعة النافذة نهاية عظمي عين كل من السمك t_0 ورتبة الهدبة n وسجل النتائج بالجدول المرفق.
4. أرسم العلاقة بين t_0 علي المحور الرأسي و n علي المحور الأفقي فتحصل علي خط مستقيم يمر بنقطة الأصل وميله يساوي $(\lambda/2)$ كما هو موضح بالشكل (3).
5. من ميل الخط المستقيم عين قيمة الطول الموجي λ لأشعة الميكروويف.

النتائج:

n	1	2	3	4	5
t_0					

$$\text{الميل} = (\lambda/2) = \dots\dots$$

$$\lambda = \dots\dots \text{ cm}$$

تعين ثابت ريديرج

الهدف من التجربة:

- 1- مشاهدة خطوط طيف الانبعاث للهيدروجين (متسلسلة بالمر) وربطها بنظرية بوهر لتركيب الذرة.
- 2- قياس الأطوال الموجية لخطوط متسلسلة بالمر للهيدروجين.
- 3- تعين ثابت ريديرج.

نظرية التجربة:

عند انبعاث الضوء من غاز مستثار مثل غاز الهيدروجين فإننا نحصل على طيف خطي لهذا الغاز. وعند فحص هذا الطيف الخطي نجده يتكون من خطوط منفصلة بعضها عن بعض بمسافات تتناقص تدريجيا كلما قل طولها الموجي، إلى أن تصبح الخطوط متزاحمة ومتجمعة لا نستطيع تمييزها. ومن الخطوط التي يمكن تمييزها بصورة واضحة أربعة خطوط وهي على النحو التالي:

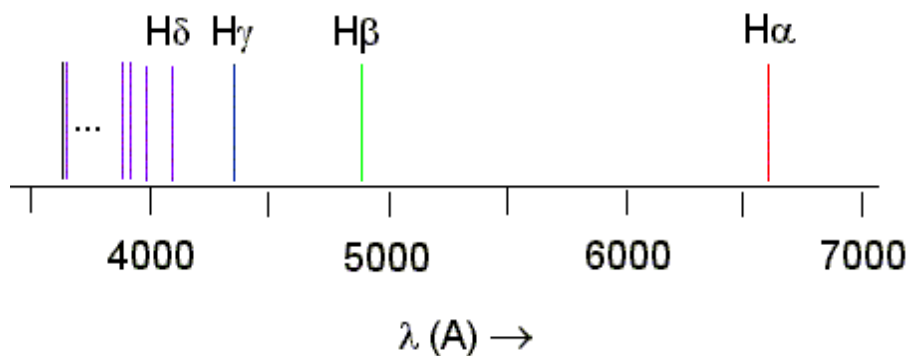
الخط الأول: الخط الأحمر ويرمز له بالرمز H_α

الخط الثاني: الخط الأخضر ويرمز له بالرمز H_β

الخط الثالث: الخط الأزرق ويرمز له بالرمز H_γ

الخط الرابع: الخط البنفسجي ويرمز له بالرمز H_δ

وتسمى مجموعة هذه الخطوط بسلسلة بالمر والتي توضح في الشكل التالي:



ولقد تم تفسير هذا الطيف باستخدام نظرية بوهر الذرية.

نظرية بوهر لذرة الهيدروجين

صاغ بوهر في عام 1913 نظرية تمكنت من تفسير استقرار الذرة، و نجحت هذه النظرية بالتنبؤ الصحيح عن الأطياف الذرية المتقطعة. وتعتبر هذه النظرية مزيجاً من الفيزياء الكلاسيكية وفرضية بلانك الكمية، لذ لك تسمى النظرية النصف كلاسيكية. وقد نجحت هذه النظرية في تفسير طيف ذرة الهيدروجين، لأنها بنيت على الفروض الأساسية الثلاث التالية:

الفرضية الأولى:

يمكن أن يتحرك إلكترون في ذرة حول النواة في مدارات دائرية محددة دون أن يشع طاقة، وتدعى هذه المدارات بالحالات المستقرة المتقطعة للذرة.

الفرضية الثانية :

إن الحالات المستقرة المسموح بها تحقق الشرط:

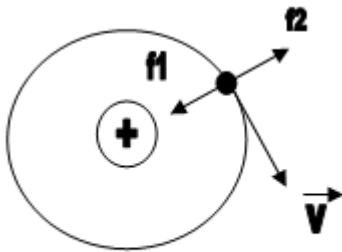
$$L = m v r = n \hbar \quad (1)$$

حيث: L كمية التحرك الزاوية ، h : ثابت بلانك ، $\hbar = (h/2\pi)$ ، $n = 1, 2, 3, \dots$ ويدعى بالعدد الكمي الرئيسي.

الفرضية الثالثة:

عندما يقفز (ينتقل) إلكترون من حالة ابتدائية طاقتها E_f إلى حالة نهائية طاقتها E_i فإنه يصدر إشعاعاً كهرومغناطيسياً (فوتوناً) تردده ν بحيث يكون:

$$E_i - E_f = h\nu \quad (2)$$



شكل (1)

مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين

بفرض أن إلكتروننا مستقر في مدار دائري نصف قطره

r_n و يمتلك سرعة V_n فتكون قوة الجذب الكهربائية f_1

تساوي قوة الطرد المركزية f_2 كما بالشكل (1) ويكون:

$$f_2 = m \frac{V_n^2}{r} = k \frac{e^2}{r_n^2} = f_1$$

و لكن من الفرضية الثانية نجد أن:

$$m V_n r_n = n \hbar \quad (3)$$

و بالتالي:

$$V_n = \frac{n}{m r_n} \quad (4)$$

وباستخدام العلاقتين الأخيرتين نجد أن:

$$r_n = n^2 \frac{\hbar}{k m e^2} = n^2 r_1 \quad \square \quad (5)$$

حيث: $r_1 = \frac{\hbar}{k m e^2}$ هو نصف قطر مدار بور الأول لذرة الهيدروجين.

و لو حسبنا قيمة نصف قطر بور الأول بتبديل قيمة الثوابت k, m, e, h لوجدنا أن:

$r_1 = 0.528 \text{ \AA}$ وهي توافق القيمة التجريبية.

وباستخدام العلاقتين (5) و (4) نجد أن:

$$V_n = \frac{1}{n} \frac{k e^2}{\hbar} = \frac{V_1}{n} \quad (6)$$

حيث: $V_1 = \frac{k e^2}{\hbar}$: سرعة الإلكترون في مدار بور الأول.

إن الطاقة الكلية E_n للإلكترون في المدار (n)، تساوي مجموع الطاقة الحركية و الطاقة الكامنة ، أي أن:

$$E_n = \frac{1}{2} m V_n^2 + \left(-k \frac{e^2}{r_n} \right) \quad (7)$$

و بتعويض (2) ، (3) في (5) فنجد :

$$E_n = \frac{-k^2 e^4 m}{2 n^2 \hbar^2} \quad (8)$$

$$E_n = -\frac{1}{n^2} \left(\frac{k^2 e^4 m}{2\hbar^2} \right) \quad (9)$$

$$E_n = \frac{E_1}{n^2} \quad (10)$$

$$E_1 = \left(-\frac{k^2 e^4 m}{2\hbar^2} \right) = -13.6 \text{ eV} \quad \text{حيث :}$$

تمثل طاقة الإلكترون في مدار بور الأول لذرة الهيدروجين وهي تمثل طاقة الارتباط.

طيف ذرة الهيدروجين

باستخدامنا الفرضية الثالثة يمكن أن نحسب طاقات و ترددات الانتقالات المحتملة ، فإذا كان إلكترون في الحالة الابتدائية ذات الطاقة المثارة E_i و انتقل إلى حالة نهائية ذات طاقة E_f فإن طاقة الفوتون الصادر تعطى بالعلاقة التالية :

$$h \nu = E_i - E_f \quad (11)$$

و من المعادلة (9) لدينا :

$$E_i = -\frac{E_1}{n_i^2}, E_f = -\frac{E_1}{n_f^2} \quad (12)$$

$$E_1 = \left(-\frac{k^2 e^4 m}{2\hbar^2} \right), \quad \nu = \frac{c}{\lambda} \quad \text{حيث :}$$

و بالتبديل بالمعادلة (11) نجد أن:

$$\bar{\nu} = \frac{E_i}{h} - \frac{E_f}{h} = \frac{E_1}{h} \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) \quad (13)$$

و باستخدام العلاقة () فإن العدد الموجي $\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda}$ يعطى بالعلاقة التالية

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) \quad (14)$$

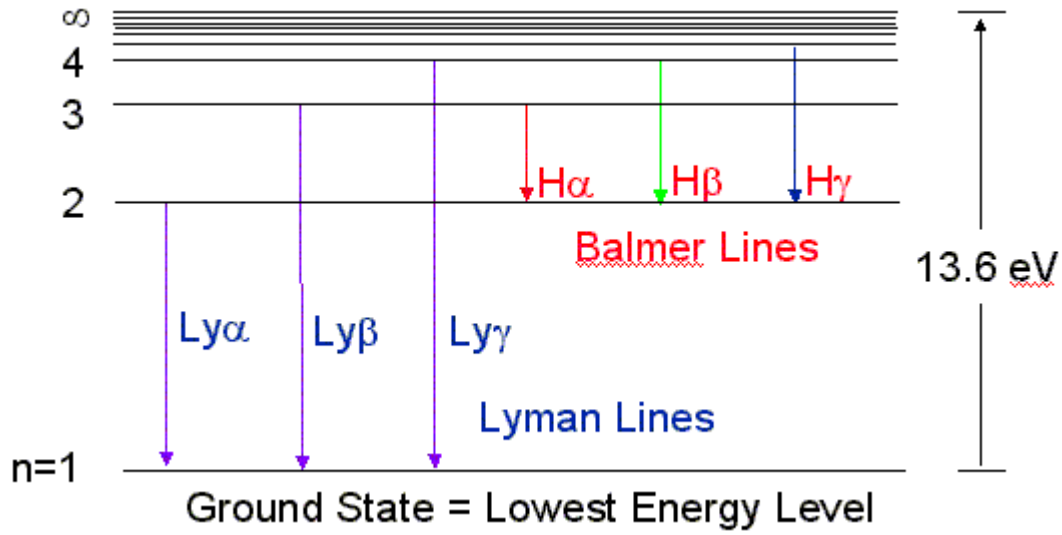
يمكن للإلكترون في الذرة أن ينتقل من المدار (مستوى) الأقل طاقة إلى المدار الأعلى طاقة وذلك باكتساب طاقة تساوي الفرق بين طاقة المدارين وفي هذه نقول على أن الذرة مثارة. أما عندما يهبط الإلكترون من مستوى طاقة مرتفع رتبته $m = n_i$ إلى مستوى طاقة منخفض رتبته $n = n_f$ في هذه الحالة تشع الذرة فوتونا (ضوء) يعطى مقلوب طوله الموجي من المعادلة التالية:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad (15)$$

حيث $R_H = 1.0974 \times 10^5 \text{ cm}^{-1}$ ثابت رايدبيرج. يمكن الحصول على الأطوال الموجية لخطوط بالمر من المعادلة (15) وذلك بوضع $n = 2$ و $m = 3, 4, 5, 6, \dots$. إذا تصبح المعادلة في الصورة:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad (16)$$

وقد وجد فيما بعد أن ذرة الهيدروجين تبعث أطوالا موجية أخرى غير تلك التي وجدت في متسلسلة بالمر ويوضح الشكل التالي من هذه السلاسل. والتي يمكن الحصول على أطوالها الموجية من المعادلة (15) - راجع نظرية بوهر لذرة الهيدروجين.



الخطوط الأفقية تمثل المستويات المختلفة بينما الخطوط الرأسية تمثل عملية الانتقال من مدار لمدار آخر. ففي تجربتنا هذه نستخدم محزوز الحيود في تعيين الخطوط الطيفية من الرتبة الأولى بدلالة زاوية الحيود θ والتي ترتبط مع الطول الموجي لأي لون بالعلاقة التالية:

$$\lambda = d \sin \theta$$

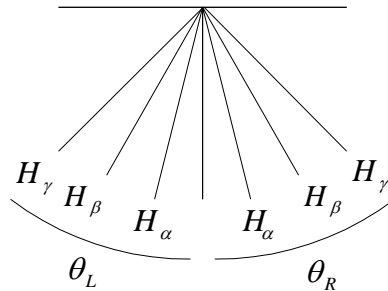
حيث d ثابت المحزوز والذي يمثل المسافة بين كل خطين في المحزوز.

أدوات التجربة:

لمبة بالمر بالمحول الخاص بها – اسبكترومتر – محزوز حيود

خطوات العمل:

- 1- تأكد من وضع لمبة بالمر أمام فتحة المجمع.
- 2- أدر التلسكوب يميناً حتى تشاهد الألوان البنفسجي، تركواز، أحمر على الترتيب كم هو موضح في الشكل التالي.



- 3- اضبط التلسكوب بحيث تنطبق الشعرة الرأسية على كل لون على حده وعندها أوجد قراءة كل لون θ_R .

4 - أدر التلسكوب يساراً وكرر الخطوتين 3 , 4 , واوجد قراءة نفس الألوان θ_L .

5 - سجل القراءات في الجدول الآتي :

$$d = 1.666 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

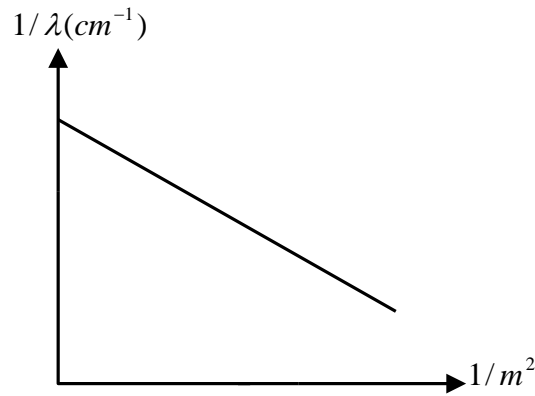
اللون	m	θ_R	θ_L	$\theta = \frac{\theta_R - \theta_L}{2}$	$\lambda = d \sin \theta$	$\frac{1}{\lambda}$	$\frac{1}{m^2}$	$R_H = \left(\frac{4m^2}{m^2 - 4} \right) \frac{1}{\lambda}$
احمر	3							
تركواز	4							
بنفسجي	5							

6

– من الجدول أوجد متوسط R_H .

7– ارسم العلاقة البيانية بين كل من $\frac{1}{\lambda}$ على محور الصادات و $\frac{1}{m^2}$ على محور السينات

تحصل على الرسم التالي:



8 - من الرسم اوجد R_H حيث: الميل R_H .

طيف الانبعاث "الإصدار" لبعض العناصر

Emission Spectra of some Elements

هدف التجربة:

ملاحظة الطيف المستمر للضوء الأبيض وطيف الإصدار لعدة عناصر وتعيين أطوالها الموجية بالاعتماد على الأطوال الموجية لخطوط طيف الزئبق.

النظرية:

يتألف الضوء الأبيض من تراكب عدد من الأشعة وحيدة اللون وإذا سقط هذا الضوء على شق ضيق ووجهت الحزمة الناتجة إلى منشور فإن الأشعة الضوئية تنكسر بزوايا متباينة وتبرز متباعدة عن بعضها , تعرف هذه الحادثة بتبديد الضوء ويعود السبب إلى اختلاف الأطوال الموجية لكل لون ومن ثم إلى اختلاف معاملات الانكسار. ويطلق على مجموعة الأشعة الصادرة من المنشور اسم الطيف, وينقسم الطيف عادة إلى نوعين : طيف إصدار وطيف امتصاص.

أ- طيف الإصدار:

ينتج هذا الطيف عن الضوء الصادر من الأجسام المتوهجة والمتهيجة فمثلا من أجل الأجسام الصلبة نحصل على طيف الإصدار لها بتسخين الجسم الصلب إلى درجات حرارة عالية أو بواسطة قوس كهربائي أما في حالة الغازات وأبخره فتتوهج بواسطة التفريغ الكهربائي تحت ضغط مناسب . ولكل عنصر طيفه المميز له لذلك يمكن الاعتماد على ذلك للتعرف عليه .

تجدر الملاحظة أن طيف إصدار جميع العناصر هو طيف منفصل بينما طيف المصادر المتوهجة مثل الشمس والمصابيح هو طيف متصل(مستمر).

ب- طيف الامتصاص:

هذا الطيف يكون عادة متصلا أو مستمرا تتخلله خطوط سوداء نتيجة مرور الضوء الأبيض خلال الأجسام الصلبة أو السائلة أو الغازية المدروسة. فإذا مر ضوء أبيض من خلال جسم شفاف غير متوهج ثم بدد الضوء النافذ منه فإنه يتشكل طيف

طيف امتصاص الأجسام المدروسة:

وهو يتألف عادة من خطوط سوداء تقابل الأشعة الوحيدة التي امتصها الجسم من الضوء الأبيض أثناء مروره فيه. إن الخطوط السوداء هي طيف امتصاص جسم ما تقع في نفس المواقع التي تتواجد فيها الخطوط المضيئة في طيف إصدار هذا الجسم، وبتعبير آخر يمتص الجسم من الضوء الأبيض نفس الأشعة التي يصدرها عندما يكون متوهجا. تأتي أهمية دراسة الطيف من أنها تقدم معلومات تجريبية حول بنية الذرة والجزيئات وكيفية توزيع الإلكترونات داخلها. كما تعطى فكرة عن أشكال الحركات في الجزيء الواحد الاهتزازية والدورانية. كما تمكننا الدراسة الطيفية من الكشف عن وجود العناصر في الخلائط والمركبات.

ولتفسير ظهور هذا الطيف درس نيلز بور عام (1912) طيف ذرة الهيدروجين ووجد أنها تحتوى على مستويات طاقة منفصلة وأن للإلكترونات طاقة معينة ومحددة توافق السوية الطاقة الموجودة فيها. وعندما ينتقل الإلكترون نفسه من مستوى ما E_1 إلى آخر أعلى منه E_2 فإنه يمتص طاقة والطيف الناتج يدعى بطيف الامتصاص. أما عندما يعود هذا الإلكترون نفسه إلى سويته الأصلية E_1 فإنه يصدر الطاقة التي امتصها على شكل إشعاع كهرومغناطيسي والطيف الناتج يدعى بطيف الإصدار أما طاقة الفوتون الصادر فتساوى الفرق بين سويتي الطاقة وتساوى:

$$E_2 - E_1 = h\nu = hc/\lambda$$

حيث: c سرعة الضوء، ν - تردد الإشعاع الصادر، λ - طول موجة الإشعاع الصادر، h - ثابت بلانك.

مما تجدر ملاحظته أن عودة الإلكترون إلى السوية التي أثير منها يمكن أن يتم مباشرة أو عبر عدة انتقالات أخرى ويوافق كل انتقال خط طيفي معين قد يكون مرئيا أو غير مرئي حسب تواتر الفوتون الصادر.

لنطأ أخيرا بعض المصطلحات المستخدمة في الأطياف:

- تقاس الأطوال الموجية في منطقة تحت الحمراء بالميكرون (μ)

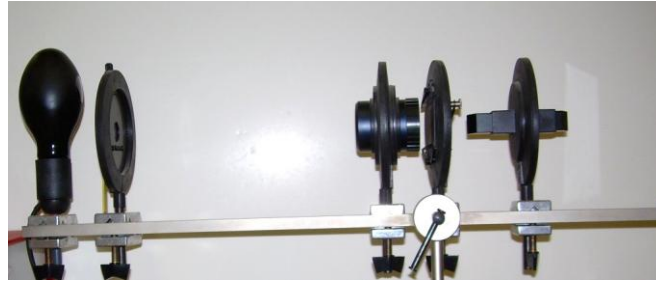
- تقاس الأطوال الموجية في منطقة الضوء المرئي بالانغستروم

أما طول موجة الشعاع الضوئي في الهواء فيختلف عن طول موجته في الخلاء وذلك بسبب اختلاف سرعة انتشار الضوء في الوسطين .
إن الطاقة التي يحملها فوتون واحد تساوي

$$E = h \nu.$$

3- الأجهزة والأدوات المستخدمة:

- أ- مغذي استطاعة للمصابيح الطيفية.
- ب- مصابيح طيفية متعددة : زئبق (Hg) , كاديوم (Cd).
- ج- حجرة للمصابيح الطيفية السابقة .
- د- مصباح متوهج أبيض .
- هـ _ جسر ضوئي 75سم مع توابعه .
- و- شاشة متألفة 30سم 30x سم .
- ز- موشور الرؤية المباشرة .
- ح - عدسة مقربة بعدها البؤري $f=100\text{mm}$
- ط- عدسة مقربة بعدها البؤري $f=50\text{mm}$



4- طريقة العمل :

أولا : تدريب المطياف :

- 1- رتب الأجهزة وتأكد من استخدام مصباح بخار الزئبق كمنبع ضوئي .
- 2- صل التغذية إلى مصباح الزئبق وانتظر عدة دقائق حتى يصبح تألقه قويا عندها تلاحظ خطوط طيف الزئبق على الشاشة المتألقة . تحكم بوضع العدسة للحصول على أشد إضاءة للخطوط الطيفية .

3- ثبت ورقة مليمتريّة على الشاشة المتألّقة وعين عليها مواقع الخطوط الطيفية التي نشاهدها .

4- اعتبر بداية الشاشة المتألّقة من طرف الخط الأصفر مبدءاً للإحداثيات وقس بعد كل خط طيفي عنه ورتب النتائج في جدول كالجدول (1):

رقم الخط الطيفي	1	2	3	4	5	6
لون	البنفسجي	الازرق	ازرق مخضر	الاخضر	الاصفر	الاحمر
طوله الموجي A^0	4047	4358	4916	5416	5780	6200
المسافة x						

الجدول (1)

5- ارسم الخط البياني الممثل لتحويلات طول الموجه λ بدلالة بعد الخط الطيفي x

ثانيا : قيا س الأطوال الموجية لأطياف أخرى:

1- استبدل مصباح الزئبق بمصباح الكاديوم وعين مواقع الطيف وقس أبعادها عن المبدأ

السابق وسجل النتائج في جدول كالجدول (2)

2- اعتماداً على الخط البياني المرسوم في أولاً عين الأطوال الموجية لكل خط طيفي وسجلها في الجدول (2) .

المصباح الطيفي cd	رقم الخط الطيفي	
	لونه	
	المسافة x (cm)	
	طول موجة (A^0)	
	لونه	
	المسافة x (cm)	

الجدول (2)

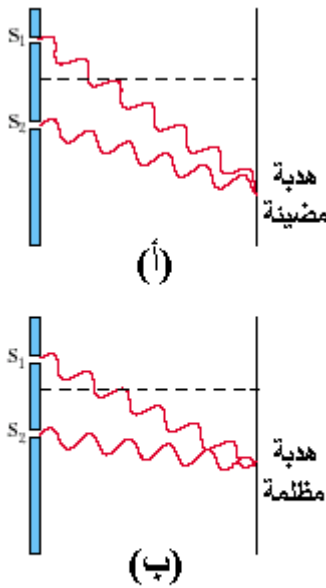
تعيين معامل انكسار مادة بواسطة مقياس التداخل لفابري بيرو

الهدف من التجربة:

- 1 - دراسة ظاهرة التداخل.
- 2 - دراسة مقياس التداخل لفابري بيرو.
- 3 - تعيين معامل الانكسار μ لمادة مجموعة الألواح المستخدمة.

نظرية التجربة:

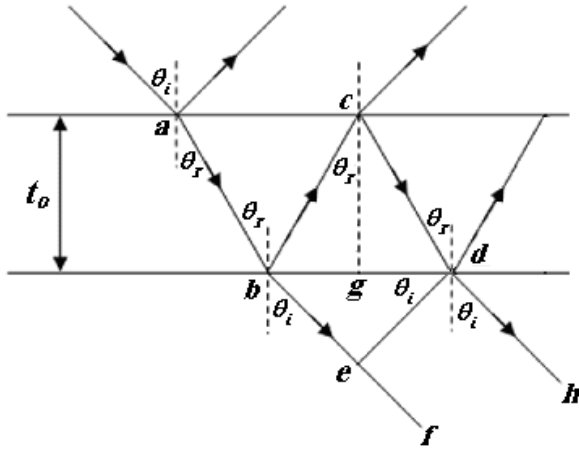
تحدث ظاهرة التداخل في الضوء نتيجة للتراكب بين



شكل (1)

شعاعين ضوئيين لهما نفس الطول الموجي (وبالتالي نفس التردد) ومتساويين في الشدة ومتوافقين "coherent" (ومعني التوافق أن فرق الطور بينهما ثابت لا يتغير مع الزمن). فإذا سقط هذان الشعاعان علي نقطة واحدة وكان فرق الطور بينهما $2n\pi$ أي أن فرق المسير بينهما عدداً صحيحاً من الأطوال الموجية $n\lambda$ ، فإنه نتيجة للتراكب بينهما تتقابل قمة مع قمة، وقاع مع قاع فيقوي كل منهما الآخر، وتكون تلك النقطة هدبة مضيئة كما بالشكل (1- أ). أما إذا كان فرق الطور بينهما $[(2n+1)\pi]$ أي أن فرق المسير بينهما عدداً فردياً من أنصاف الأطوال الموجية $[(2n+1)\lambda/2]$ ، فإنه نتيجة للتراكب بينهما تتقابل قمة مع قاع، وقاع مع قمة فيضعف كل منهما الآخر، وتكون تلك النقطة هدبة مظلمة كما بالشكل (1- ب). ويمكن الحصول علي ظاهرة التداخل بواسطة:

- 1- تقسيم صدر الموجة: مثل التداخل من فتحتين مستطيلتين ضيقتين "تجربة ينج".
- 2- تقسيم سعة الموجة: مثل التداخل في الأغشية الرقيقة كمقياس التداخل لميكلسون وحلقات نيوتن، والتداخل بالانعكاس المتكرر كمقياس التداخل لفابري بيرو.



شكل (2)

في مقياس التداخل لفابري بيرو تسقط أشعة كهرومغناطيسية علي السطح العلوي لهتوازي مستطيلات كما في شكل (2) فتنقسم إلي جزئين، جزء ينكسر داخل مادة متوازي المستطيلات والجزء الآخر ينعكس. والجزء المنكسر ينقسم عند السطح السفلي لمتوازي المستطيلات إلي جزئين، جزء ينكسر خارجاً من متوازي المستطيلات وجزء ينعكس فيحدث له انعكاس متكرر داخل شريحة متوازي المستطيلات كما هو موضح بالشكل (2).

ونتيجة للانعكاس المتكرر داخل متوازي المستطيلات تخرج منه أشعة متوافقة ولها نفس التردد وبينها فرق في المسير Δ فيحدث تداخل بين هذه الأشعة يسمى بتداخل فابري بيرو. ولتعيين فرق المسير Δ بين كل من الشعاعين f النافذ أولاً من متوازي المستطيلات والشعاع h النافذ منه بعد الانعكاس المتكرر، نفرض أن سمك متوازي المستطيلات t_o ومعامل انكسار مادته μ ومن هندسة الشكل (2) نجد أن:

$$\Delta = \mu(bc + cd) - be \quad (1)$$

ولأن زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس فإن:

$$bc = cd \quad (2)$$

ومن المثلث edb نجد أن:

$$be = bd \sin \theta_i \quad (3)$$

بالتعويض من العلاقتين (2)، (3) في العلاقة (1) نحصل علي:

$$\Delta = 2\mu bc - bd \sin \theta_i \quad (4)$$

ولكن من المثلث bcg نجد أن:

$$bc = \frac{t_o}{\cos \theta_r} \quad (5)$$

$$bd = 2t_o \tan \theta_r = 2t_o \frac{\sin \theta_r}{\cos \theta_r} \quad (6)$$

بالتعويض من العلاقتين (5)، (6) في العلاقة (4) نحصل علي:

$$\begin{aligned} \Delta &= 2\mu \frac{t_o}{\cos \theta_r} - 2t_o \frac{\sin^2 \theta_r}{\cos \theta_r} \frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} \\ &= 2\mu t_o \left(\frac{1 - \sin^2 \theta_r}{\cos \theta_r} \right) \\ &= 2\mu t_o \cos \theta_r \end{aligned}$$

حيث استخدمنا كل من تعريف معامل الانكسار $\mu = (\sin \theta_i / \sin \theta_r)$ وعلاقة حساب المثلثات

$$\cos^2 \theta_r = (1 - \sin^2 \theta_r)$$

وبالتالي يكون شرط الحصول علي التداخل البناء هو:

$$2\mu t_o \cos \theta_r = n\lambda \quad ; n=0,1,2,.....$$

ويكون شرط الحصول علي التداخل الهدمي هو:

$$2\mu t_o \cos \theta_r = \left(n + \frac{1}{2} \right) \lambda \quad ; n=0,1,2,.....$$

وعندما تسقط الأشعة عمودياً علي متوازي المستطيلات فإن:

$$\cos \theta_r = 1 \quad ; \theta_i = \theta_r = 0$$

وبالتالي يصبح شرط الحصول علي التداخل البناء هو:

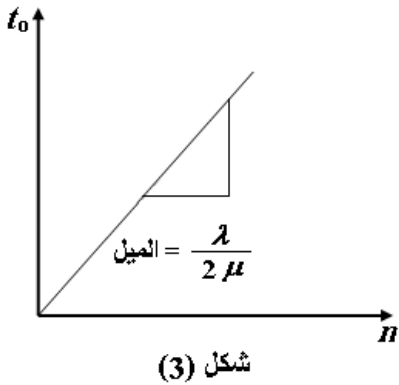
$$2\mu t_o = n\lambda \quad ; n=0,1,2,..... \quad (7)$$

وشرط الحصول علي التداخل الهدمي هو:

$$2\mu t_o = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad ; n=0,1,2,..... \quad (8)$$

والعلاقة (7) يمكن كتابتها علي الصورة:

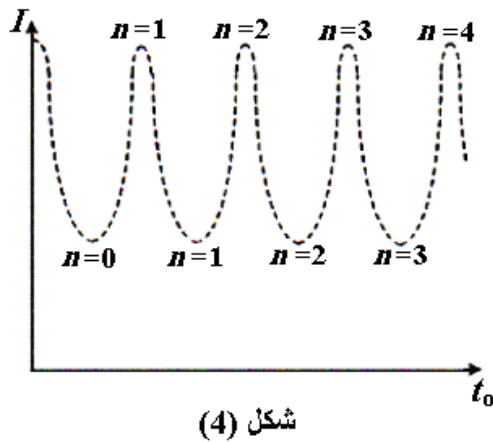
$$t_o = \frac{\lambda}{2\mu} n \quad (9)$$



شكل (3)

وهذه العلاقة بين n, t_o موضحة بالشكل (3) وهي علاقة خط مستقيم يمر بنقطة الأصل وميله يساوي $(\lambda/2\mu)$ وبمعلومية الطول الموجي λ يمكن تعيين معامل انكسار مادة متوازي المستطيلات μ .

إذا كان سمك متوازي المستطيلات t_o صغيراً جداً، ثم بدأنا في زيادته بالتدريج فإن فرق المسير Δ بين كل من الشعاعين h, f سوف يتغير بالتدريج وعندما يحقق العلاقة (7) "هي نفسها العلاقة (9)" تكون النقطة التي يسقط عليها

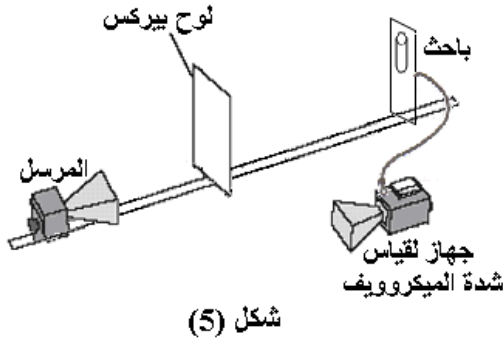


شكل (4)

الشعاعان h, f هدبة مضيئة أي تكون شدة الأشعة النافذة من متوازي المستطيلات I نهاية عظمي. وعندما يحقق فرق المسير Δ العلاقة (8) تكون النقطة التي يسقط عليها الشعاعان h, f هدبة مظلمة أي تكون شدة الأشعة النافذة من متوازي المستطيلات I نهاية صغري. أي أنه برسم العلاقة بين شدة الأشعة النافذة من متوازي المستطيلات I

وبين السمك t_0 سوف نحصل علي منحني له نهايات عظمي ونهايات صغري كما هو موضح بالشكل (4). من مواضع النهايات العظمي يمكن تحديد سمك متوازي المستطيلات t_0 المقابل لقيم n المختلفة والذي يحقق شرط التداخل البناء "العلاقة (9)".

خطوات العمل:



6. كما هو موضح بالشكل (5) ضع جهاز الميكروويف "المرسل" ووجهه نحو الباحث ذي الصمام الثنائي وعلي بعد 100 سم تقريباً منه. ثم ضع في منتصف المسافة بينهما لوح رقيق من البيركس سمكه t_0 بحيث يكون

عمودياً علي اتجاه البث، فيسبب انعكاساً متكرراً لأشعة الميكروويف داخله مما يؤدي لحدوث تداخل فابري بيرو. ويعين الباحث ذي الصمام الثنائي شدة الأشعة النافذة من متوازي المستطيلات I . وسجل كل من t_0 ، I في الجدول المرفق.

7. زد عدد الألواح بالتدريج (بحيث توضع مجموعة الألواح متلاصقة) وفي كل مرة سجل سمك مجموعة الألواح t_0 وشدة الأشعة النافذة I وسجل النتائج في الجدول المرفق.

8. أرسم العلاقة بين الشدة I والسمك t_0 فسوف تحصل علي الشكل (4) ومنه عين رتبة هذب التداخل البناء n والسمك المناظر t_0 وسجلها في الجدول المرفق.

9. أرسم العلاقة بين السمك t_0 علي المحور الرأسي ورتبة التداخل n علي المحور الأفقي فتحصل علي خط مستقيم يمر بنقطة الأصل وميله يساوي $(\lambda/2\mu)$ كما هو موضح بالشكل (3).

10. بمعلومية الطول الموجي λ لأشعة الميكروويف المستخدمة وهو 2.8 cm يمكن تعيين معامل انكسار مادة الألواح μ .

النتائج:

t_o								
I								

n	1	2	3	4	5
t_o					

$$\lambda = 2.8 \text{ cm}$$

$$\text{الميل} = (\lambda/2\mu) = \dots\dots\dots$$

$$\mu = \dots\dots\dots$$