

القياسات الدقيقة

Fine measurements

في كثير من التجارب نحتاج لقياس أبعاد أجسام بدقة عالية أو نحتاج لقياس أبعاد أجسام صغيرة ولذلك نستخدم أجهزة القياس الدقيق ذات الورانية (كالقدمة والميكروميتر والإسفيروميتر ...) والتي تصل الدقة في بعض الأنواع إلى (0.0005 cm).

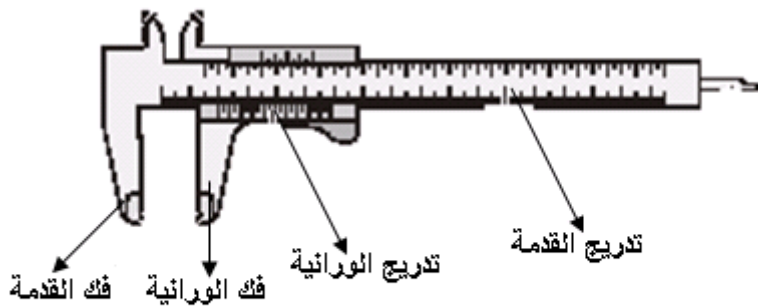
قاعدة أجهزة القياس الدقيق ذات الورانية:

جميع أجهزة القياس الدقيق ذات الورانية يتكون تدريجها من جزئين اثنين, أحدهما ثابت ويسمى التدريج الأساسي أو الثابت والآخر متحرك علي الجزء الثابت ويسمى بالورانية. والورانية المتحركة مقسمة إلي عدد n من الأقسام المتساوية. والقاعدة العامة للقياس بهذه الأجهزة هي أن قيمة العدد n من أقسام الورانية تكافئ قيمة اصغر قسم موجود على التدريج الثابت. والآن إليكم بعض أجهزة القياس الدقيق ذات الورانية وكيفية استخدامها.

أولاً: القدمة ذات الورانية The Vernier Caliper:

تتكون القدمة ذات

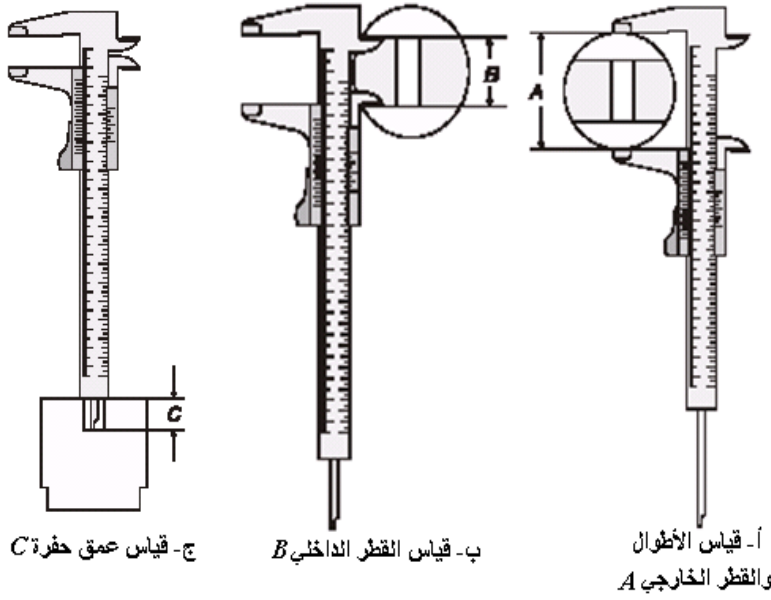
الورانية كما بالشكل (1) من فكي القدمة والتدريج الأساسي والورانية.



شكل (1)

التدريج الأساسي (الجزء الثابت) مدرج بالسنتيمترات والمليمترات وبالتالي فأصغر قسم موجود عليه هو 1 ملليمتر.

أما الجزء المتحرك (الورانية) فمقسم في بعض القدمات إلي عشرة أقسام (شرط) (أي أن $n = 10$) فتكون قيمة كل قسم (شرطه) (0.1 mm) أي (0.01 cm).



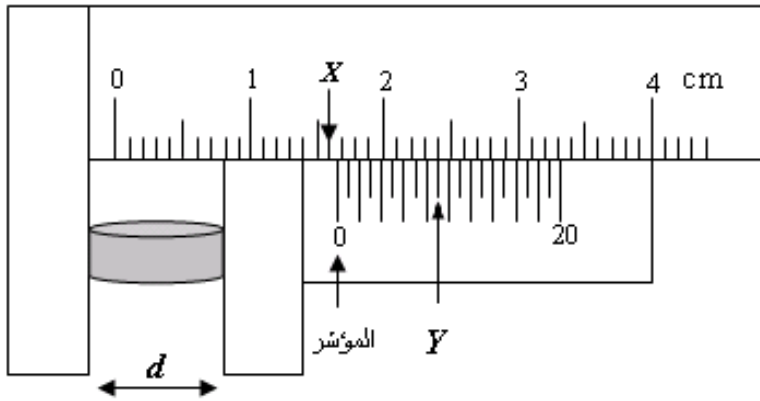
شكل (2)

أما القدمات الأكثر دقة تكون الورانية مقسمة إلى عشرين شرطة ($n = 20$) قيمة كل شرطة في تلك الحالة (0.005 cm).

وتستخدم القدمة لقياس الأبعاد (أطوال- الأقطار الخارجية والداخلية - أعماق - ...) ويوضح شكل (2) بعض هذه الاستخدامات.

طريقة القياس بالقدمة:

- 1- يوضع الجسم المراد قياس أحد أبعاده d بين فكي القدمة كما هو واضح بالشكل (3).
- 2- صفر التدرج المتحرك (الورانية) يسمى نقطة



شكل (3)

بداية القياس (المؤشر) حيث نقرأ قيمة الشرطة التي تقع قبل صفر الورانية على التدرج الثابت ولتكن X .

- 3- يتم تحديد عدد أقسام (شُرط) الورانية بين صفر

الورانية وبين أول شرطة تطبق تماماً مع إحدى شُرط التدرج الأساسي ولتكن Y كما بالشكل (3) فيكون بعد الجسم المراد تعيينه هو:

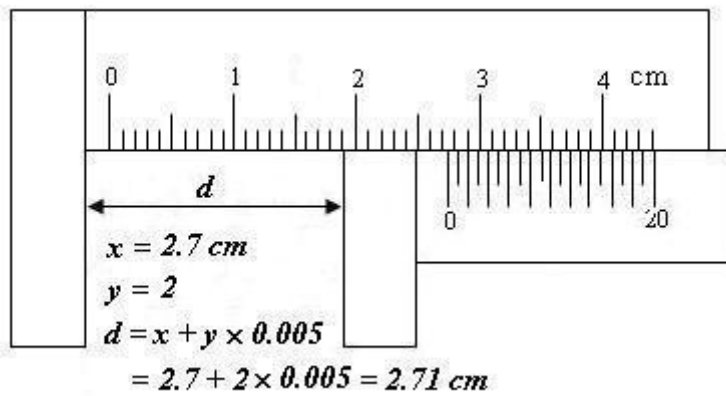
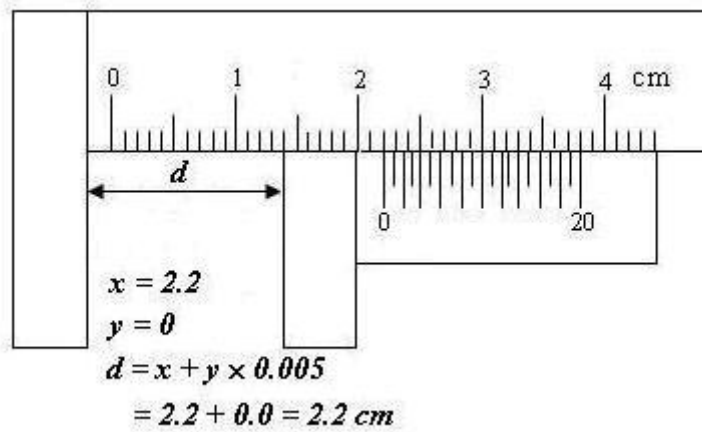
$$d = (X + Y \times 0.005) \text{ cm}$$

$$= 1.6 + 9 \times 0.005 = 1.645 \text{ cm}$$

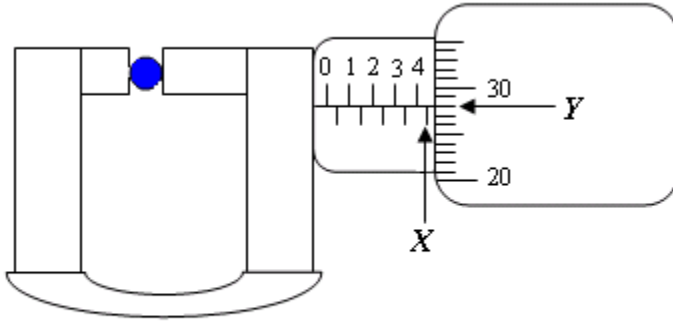
حالة خاصة:

إذا انطبق صفر التدريج المتحرك على إحدى شُرط التدريج الثابت فإن معنى ذلك أن $Y = 0$ وبالتالي فإن:

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

أمثلة:

ثانياً: الميكروميتر Micrometer:



شكل (4)

يتكون الميكروميتر كما هو

موضح بالشكل (4) أسطوانة ثابتة

عليها التدرج الأساسي وهي مقسمة

إلى ملليمترات ولها كذلك تدرج سفلي

يمثل أنصاف الملليمترات, أي أن أقل

جزء علي التدرج الأساسي هو 0.5

ملليمتر. أما الورانية فهي عبارة عن

تدرج دائري موجود علي أسطوانة دائرية متحركة حول الأسطوانة الثابتة. والورانية مقسمة

إلى خمسين شرطة فتكون قيمة كل شرطة (0.01 mm).

يستخدم الميكروميتر لقياس الأبعاد (أطوال - الأقطار الخارجية - سمك الألواح

الخارجية) للأجسام الصغيرة بدقة أكبر من القدمة.

طريقة القياس بالميكروميتر:

1 - يوضع الجسم المراد قياس بعد من أبعاده بين فكي الميكروميتر كما بالشكل (4).

2 - نحدد قيمة آخر شرطة تظهر على التدرج الثابت ولتكن X .

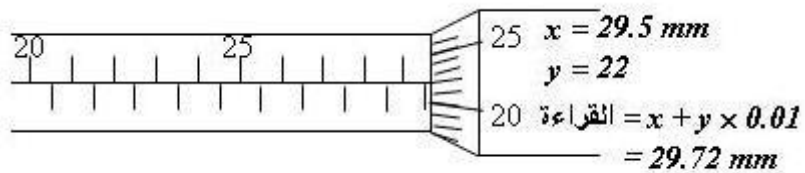
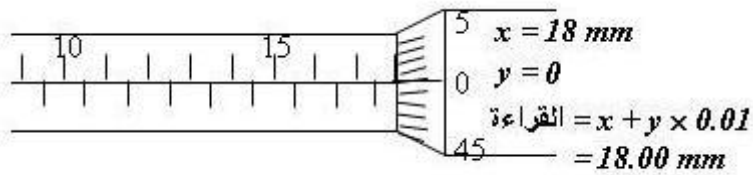
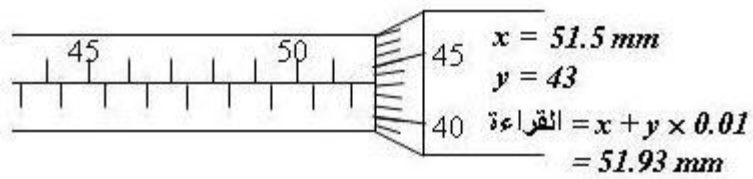
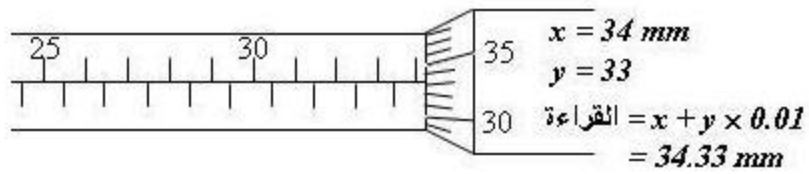
3 - نأخذ قراءة الورانية التي ينطبق عليها الخط الأفقي في التدرج الثابت ولتكن Y كما بالشكل

(4) فيكون بعد الجسم المراد تعيينه هو:

$$d = (X + Y \times 0.01) \text{ mm}$$

$$= 4.5 + 28 \times 0.01 = 4.78 \text{ mm}$$

أمثلة:



التمثيل البياني

أولاً: أنواع الأخطاء:

يجب في البداية أن يُدرك الطالب قبل إجراء التجارب العملية أنواع الأخطاء التي يمكن أن يقع فيها حتى يتمكن من تلافيها أو التقليل من نسبة الخطأ في نتائج العملية . أما الأخطاء التي ترجع إلى الطالب مثل الخطأ في توصيل التجربة أو في قراءة مقياس الأجهزة أو الخطأ في حساب النتائج فإنها أخطاء مرفوضة *Illegitimate errors* وتتطلب إعادة التجربة. فالأخطاء التي سنعالجها هي الأخطاء الخارجة عن إرادة الطالب والتي ترجع إلى عدم دقة الأجهزة أو صعوبة الوصول إلى الظروف المثالية للتجربة وهي:

1- خطأ معلمي **Experimental or Instrumental Errors**:

يعتمد هذا الخطأ على دقة وحساسية أجهزة القياس وطرق القياس نفسها . مثال لهذا الخطأ لو أننا نقيس تيار يتغير بمعدل 2mA واستخدمنا أميتر حساسيته 5mA فالقراءات لن تكون دقيقة.

2- خطأ شخصي **Personal Error** :

يعتمد هذا النوع من الأخطاء على دقة الشخص في ملاحظة وتسجيل البيانات الخاصة بالأجهزة وتسجيل القراءات بعناية. لذا يجب على الطالب مراعاة الدقة التامة في ملاحظة وتدوين النتائج و تكرار القياس عدة مرات (كلما أمكن ذلك) ثم حساب المتوسط.

3- خطأ منتظم **Systematic Error** :

هو خطأ ثابت موجود في جميع القراءات وفي نفس الاتجاه (إما بالزيادة أو النقصان) وهو يظهر نتيجة لعدم معايرة الأجهزة المستخدمة في القياس وكذلك يمكن أن يظهر بسبب تغير في الظروف الطبيعية كالضغط و درجة الحرارة والرطوبة. لذا يجب مراجعة الأجهزة المستخدمة جيداً و معايرتها وحمايتها من عوامل التلف الناتجة من سوء التخزين أو سوء الاستخدام.

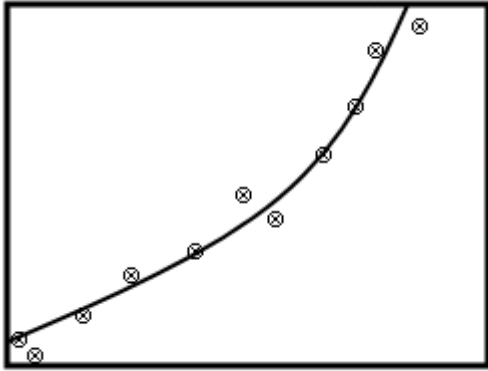
4- خطأ عشوائي Random error:

هو الخطأ الذي يحدث بمقادير متغيرة وينشأ من تغيير طفيف في حالة التجربة ومثال ذلك الخطأ الذي ينشأ عن تكرار قياس كمية معينة عدة مرات وفي كل مرة تحصل على نتيجة مختلفة قليلاً جداً عن السابقة.

ثانياً: التمثيل البياني:

يحتاج الطالب في معظم التجارب التي يقوم بها إلى التمثيل البياني لما يحصل عليه من نتائج وذلك للحصول على الثوابت الفيزيائية المطلوب حسابها من هذه النتائج. من هنا يجب أن يتعلم تمثيل النتائج بيانياً بصورة محكمة ودقيقة وكيفية الحصول على ما يحتاجه منها. ولتمثيل ورسم النتائج التي حصل عليها من القياسات العملية يجب ملاحظة الآتي :

- 1 يجب أخذ أكبر عدد من النتائج الممكنة فهذا يقلل من الأخطاء الشخصية المحتملة.
- 2 - يجب عند تمثيل كمية معينة اختيار مقياس الرسم المناسب على المحورين السيني والصادي ويتم ذلك بتحديد أكبر وأقل قيمة لمعرفة مدى القراءات وبالتالي أخذ المقياس المناسب بعد معرفة عدد المربعات المتاحة في ورقة الرسم البياني.



- 3 تمثل النتائج التي حصلت عليها كنقاط حولها دائرة صغيرة.

- 4 - في حالة رسم المنحنيات توصل النقاط باليد بدقة بدون تعرجات للحصول على منحنى

متصل يصل أكبر عدد من النقاط ويترك من الجانبين عدد شبه متساوي من النقاط وفي بعض الأحيان يستخدم راسم المنحنيات (French Curve).

الأبعاد والوحدات

الكميات الفيزيائية:

الكميات الفيزيائية نوعان: نوع أساسي كالطول والكتلة والزمن والتيار الكهربى ودرجة الحرارة، ونوع مستنبط من الكميات الأساسية كالسرعة والقوة والمقاومة الكهربائية وشدة المجال الكهربى والمغناطيسى، الخ. وهذا التقسيم ينطبق أيضا على الوحدات والأبعاد بالنسبة لهذه الكميات [Watt/(m.⁰K)] ولذلك يجب معرفة الطريقة التى تستنبط بها. للوحدات نظم عديدة منها النظام المطلق (سم , جم , ثانية), النظام الانجليزى (قدم , رطل , ثانية) . وقد اتفق عالميا على استخدام نظام الوحدات العالمى International System (SI). فى هذا النظام تستخدم الوحدات الأساسية الآتية:

الكمية الفيزيائية	رمز البعد	الوحدة	الوحدة
الطول	L	متر	Meter (m)
الكتلة	M	كيلومتر	Kilogram (Kg)
الزمن	T	ثانية	Second (sec.)
شدة التيار الكهربى	A	أمبير	Ampere (Amp.)
درجة الحرارة	K	درجة كلفن	Kelvin
كمية المادة	mol	مول	Temperature(K)
شدة الاستضاءة	cd	قنديله	Mole (mol)
			Candela (cd)

وتستنبط وحدات وأبعاد الكميات الفيزيائية الأخرى بدلالة (cd, mol, K, A, T, M, L)

$$P = \frac{F}{A} = \frac{m a}{A} = \frac{m d}{A t^2} : (P) \text{ فمثلا الضغط}$$

الضغط = قوة ÷ المساحة = (الكتلة × العجلة) ÷ المساحة = (الكتلة × المسافة) ÷ (زمن)² × المساحة).

أبعاد الضغط : وحدات الضغط هي ($\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{sec}^{-2}$) ومن تعريف الضغط يمكن كتابة هذه الوحدة : نيوتن/متر² وفي النظام العالمي (SI) تسمى وحدة الضغط (بار Par) .
فيما يلي جدول لوحدات وأبعاد بعض الكميات الفيزيائية المستنبطة:

الكمية الفيزيائية ورمزها	الأبعاد	الوحدات
السرعة الخطية v	LT^{-1}	متر/ثانية
السرعة الدورانية w	T^{-1}	درجة نصف
التردد ν	T^{-1}	قطرية/ثانية
العجلة الخطية g	LT^{-2}	ذبذبة/ثانية أو هيرتز
القوة F	MLT^{-2}	متر/ثانية ²
معامل المرونة Y	$\text{ML}^{-1}\text{T}^{-2}$	نيوتن
الشغل والطاقة W	ML^2T^{-2}	نيوتن/متر ²
القدرة P	ML^2T^{-3}	نيوتن . متر = جول
عزم القصور الذاتي I	ML^2	وات = جول/ثانية
شدة المجال الكهربائي E	$\text{MLA}^{-1}\text{T}^{-3}$	كجم متر ²
الجهد الكهربائي V	$\text{ML}^2\text{A}^{-1}\text{T}^{-2}$	فولت / متر
كثافة الفيض المغناطيسي	$\text{MA}^{-1}\text{T}^{-2}$	فولت ³
B	$\text{MA}^{-1}\text{T}^{-2}$	ويبر/متر ² = تسلا
الفيض المغناطيسي ϕ_B	$\text{ML}^2\text{A}^{-1}\text{T}^{-2}$	ويبر
شدة المجال المغناطيسي	AL^{-1}	أمبير - لفة/متر
H	AL^{-1}	جول/ (كجم. درجة
الحرارة النوعية S	$\text{L}^2\text{T}^{-2}\text{K}^{-1}$	كلفن)
معامل التوصيل الحراري	$\text{ML}^{-1}\text{T}^{-2}$	وات/(متر.درجة
K	K^{-1}	كلفن)
قوة عدسة أو التمايل	L^{-1}	ديوبتر

يلاحظ في الجدول أن وحدات الكميات الفيزيائية قد سميت بأسماء تطبيقية مثل التردد (هيرتز), الشغل (جول), كثافة الفيض المغناطيسي (الحث المغناطيسي) (تسلا), الضغط (بار). ويلاحظ أيضا أن لبعض الأبعاد المستنبطة علاقة بأبعاد مستنبطة أخرى فمثلا: وات = جول ÷ ثانية , فولت = ويبر ÷ ثانية.

بعض الكميات ليس لها أبعاد ولكنها قد أعطيت مسميات كوحدات لها ومن أمثلة ذلك :

1 -الزوايا: وحداتها بالتقدير الستيني "درجة ستينية" وبالتقدير الدائري "درجة نصف قطرية".

2 -عدد لفات ملف كهربى وحداته هي "لفة".

جدول عام لتحويل الوحدات

وحدات عملية (سم. جم. ث.)		وحدات عالمية (متر. كيلوجرام. M.K.S)	الكمية
كهروستاتيكية (ستات) e. s. u	كهرومغناطيسية مطلقة (أب) e.m.u		
1 ثانية	1 ثانية	1 ثانية	الزمن
100 سم	100 سم	1 متر	الطول
1000 جم	1000 جم	1 كجم	الكتلة
10^5 دايين	10^5 دايين	1 نيوتن	القوة
10^7 إرج	10^7 إرج	1 جول	الطاقة
3×10^9 ستات كولوم	0.1 أب كولوم	1 كولوم	الشحنة
3×10^9 ستات أمبير	0.1 أب أمبير	1 أمبير	التيار
(1/300) ستات فولت	10^8 أب فولت	1 فولت	الجهد
(1/300000) ستات فولت	10^6 أب فولت/سم	1 فولت/متر	المجال الكهربى
9×10^{11} ستات فاراد	10^{-9} أب فلاد	1 فاراد	السعة
$(1/9) \times 10^{-11}$ ستات أوم	10^{-9} أب أوم	1 أوم	المقاومة
$(1/9) \times 10^{-9}$ ستات أوم.سم	10^{11} أب أوم.سم	1 أوم. متر	المقاومة النوعية
$(1/3) \times 10^{-2}$ ستات فولت. ثانية	10^8 ماكسويل	1 وبر	الفيض المغناطيسى
$(1/3) \times 10^{-6}$ ستات فولت. ثانية/سم ²	10^4 جاوس	1 وبر /متر ²	كثافة الفيض
$12\pi \times 10^7$ ستات أمبير/سم	$4\pi \times 10^{-3}$ أورستد	1 أمبير / متر	المجال المغناطيس
$(1/9) \times 10^{-11}$ ستات هنرى	10^9 أب هنرى	1 هنرى	الحث الذاتى والمتبادل

قيم بعض الثوابت الطبيعية

$$\text{شحنة الإلكترون} = - 1.6 \times 10^{-19} \text{ كولوم} = - 4.8 \times 10^{-10} \text{ ستات كولوم}$$

$$\text{شحنة البروتون} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ كولوم} = 4.8 \times 10^{-10} \text{ ستات كولوم}$$

$$\text{كتلة الإلكترون} = 9.108 \times 10^{-31} \text{ كيلو جرام}$$

$$\text{كتلة البرتون} = 1.67 \times 10^{-27} \text{ كيلو جرام}$$

$$\text{كتلة دقيقة ألفا} = 6.68 \times 10^{-27} \text{ كيلو جرام}$$

$$\text{ثابت بلانك} = 6.62 \times 10^{-34} \text{ جول . ثنائية}$$

$$\text{معامل السماحية للفراغ} \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ (كولوم}^2 \text{)/(نيوتن.متر}^2 \text{)}$$

$$\text{معامل النفاذية للفراغ} \mu_0 = 4 \pi = 10^{-7} \text{ نيوتن/(أمبير}^2 \text{) أو وبر/(أمبير.متر)}$$

$$\text{العزم المغناطيسي للإلكترون (بوهر مجنيتون)} = 9 \times 10^{-24} \text{ أمبير . متر}^2$$

$$\text{الشحنة النوعية أي (e / m) للإلكترون} = 1.76 \times 10^{-11} \text{ كولوم / كيلو جرام}$$

$$\text{عدد أفوجادرو} = 6.02 \times 10^{23}$$

$$\text{سرعة الضوء} = 3 \times 10^8 \text{ متر / ث}$$

$$\text{الإلكترون فولت} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

$$\text{عجلة الجاذبية الأرضية g} = 9.807 \text{ متر / ثانية}^2$$

$$\text{ثابت الجاذبية العام G} = 6.670 \times 10^{-11} \text{ نيوتن . م}^2 \text{ / كجم}^2$$

$$\text{كثافة الماء (النهاية العظمى) } \rho = 0.999972 \text{ جم/سم}^3$$

$$\text{كثافة الزئبق في م.ض. د} = 13.595 \text{ جم / سم}^3$$

$$\text{الضغط الجوي} = 1.0132 \times 10^5 \text{ نيوتن / م}^2$$

$$\text{حجم الغاز المثالي في م.ض. د} = 22.421 \text{ سم}^3 \text{ / جزئي}$$

$$\text{ثابت الغاز العام (R)} = 8.3166 \text{ جول / جزئ. درجة مطلقة}$$

$$\text{المكافئ الميكانيكي الحراري (J)} = 4.1855 \text{ جول / سعر}$$

$$\text{ثابت ستيفان - بولتزمان (} \sigma \text{)} = 5.6686 \times 10^{-8} \text{ وات / درجة مطلقة}^4$$

$$\text{الفارادى F} = 9.6520 \times 10^4 \text{ كولوم}$$

تعيين قوة عدسة محدبة

الهدف من التجربة:

تعيين كل من البعد البؤري f وقوة عدسة محدبة F .

نظرية التجربة :

العدسة المحدبة هي جسم مصنوع من الزجاج أو البلاستيك

الشفاف ولها سطحان محدبان إذا سقطت أشعة ضوئية متوازية وموازية للمحور الأصلي للعدسة فإنها تنكسر وتتجمع عند بؤرة

العدسة كما هو موضح بشكل (1) والمسافة بين المركز البصري للعدسة والبؤرة تسمى بالبعد البؤري f وتمثل القيمة $100/f$ (حيث f مقاسه بالسنتيمتر) قدرة العدسة على كسر "تجميع" الأشعة

الساقطة عليها وتسمى قوة العدسة (F) ووحدتها ديوبتر (Δ) .

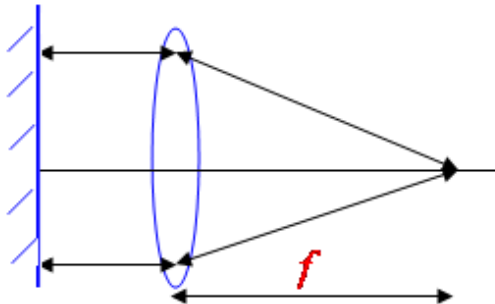
ولإيجاد البعد البؤري f لعدسة محدبة ومن ثم قوتها F يمكن استخدام طرق متعددة نذكر منها:

1- طريقه الجسم البعيد:

إذا سقطت على العدسة أشعه متوازية وموازية لمحورها الأصلي فإنها تتجمع في بؤرة العدسة كما هو مبين في شكل رقم (1). وتكون قوه العدسة بهذه الطريقة هي:

$$F = \frac{100}{f} \Delta \quad (1)$$

حيث البعد البؤري f مقاس بالسم.



شكل (2)

2- طريقة انطباق الصورة مع الجسم:

هذه الطريقة مبنية على فكرة انه لو وضع جسم مضيء عند بؤرة العدسة المحدبة شكل (2)، في هذه الحالة تسقط الأشعة الضوئية على العدسة

وتخرج منها موازية للمحور الأصلي ثم تنعكس من المرآة المستوية بنفس المسار السابق لتشكل صورة مقلوبة ومساوية ومنطبقة على الجسم الموجود في البؤرة وتكون المسافة بين الجسم ومركز العدسة هي البعد البؤري f .

3- الطريقة العامة:

تسمى هذه الطريقة بالطريقة العامة لأننا نستخدم فيها القانون العام لل مرآيا والعدسات وكذلك لأننا نستطيع تعين البعد البؤري f عند أي موضع للجسم بالنسبة للعدسة . والقانون العام للمرآيا والعدسات هو:

$$L + F = L' \quad (2)$$

حيث L : التمايل الابتدائي ويساوي

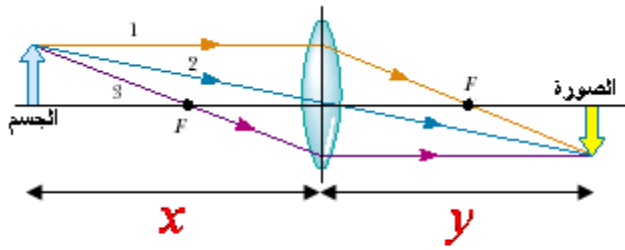
مقلوب المسافة x بين الجسم والقطعة

الضوئية بالمتر، F قوة القطعة

الضوئية وتساوي مقلوب البعد البؤري

f بالمتر، L' التمايل النهائي ويساوي

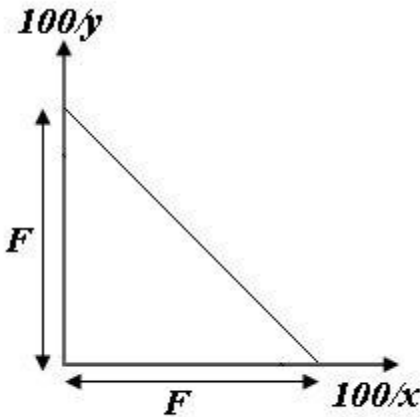
مقلوب المسافة y بين القطعة الضوئية



شكل (3)

والصورة بالمتر. وبتطبيق قاعدة الإشارات علي القانون العام للمرآيا والعدسات في حالة العدسة المحدبة شكل (3) نحصل علي العلاقة

$$\frac{100}{y} = -\frac{100}{x} + \frac{100}{f} \quad (3)$$



شكل (4)

حيث كل من x, y, f مقاسه بالسـم. وبتمثيل العلاقة (3)

بيانياً بأن نمثل $100/x$ علي المحور الأفقي، $100/y$

علي المحور الرأسـي نحصل علي خط مستقيم ميله

يساوي (-1) ويقطع جزء موجب من كل من محور

السينات ومحور الصادات يساوي F كما هو موضح

بالشكل (4).

الأدوات المستخدمة:

عدسة لآمة - طاولة ضوئية - مرآة مستوية - مصباح كهربائي - حامل للعدسة - جسم

مضيء.

خطوات العمل:

1- طريقه الجسم البعيد:

1- توضع العدسة على حامل أمام جسم مضيء على بعد كبير منه (مثل باب أو شباك المعمل أو مصباح يبعد عدة أمتار مثلاً) حتى يمكن اعتبار الأشعة الساقطة عليه متوازية.

2- يوضع حائل خلف العدسة ويحرك الحائل حتى تحصل على أوضح صورة للجسم المضيء.

3- تقاس المسافة بين الحائل والعدسة فتكون هي البعد البؤري f .

4- من العلاقة (1) تحسب قوة العدسة F .

النتائج:

المسافة بين الحائل والعدسة f = سم .

قوة العدسة $F = \frac{100}{f}$ = ديوبتر .

2- طريقة انطباق الصورة:

1- ضع المرآة المستوية خلف العدسة، ثم حركهما معاً

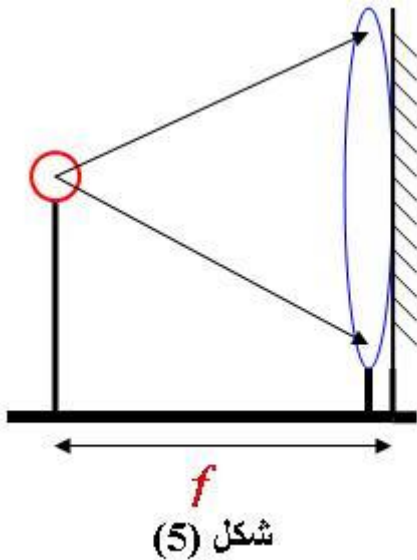
قرباً أو بعداً من الجسم المضيء حتى تتكون أوضح

صورة مقلوبة ومساوية للجسم بجواره كما هو

موضح بالشكل (5)

2- قس المسافة بين العدسة والجسم والتي تمثل البعد

البؤري ثم احسب قوة العدسة F ديوبتر.



النتائج:

المسافة بين الجسم المضيء والعدسة f = سم.

$$\text{قوة العدسة } F = \frac{100}{f} = \text{ديوبتر .}$$

3- الطريقة البيانية (العامة):

- 1 - نضع العدسة المحدبة على الحامل بحيث تكون في مواجهة المصدر الضوئي وتبعد عنه مسافة x أكبر من بعدها البؤري f .
- 2 - نضع الحائل خلف العدسة ثم نحرك الحائل قريباً وبعداً عن ال عدسة حتى نحصل على أوضح صورة مقلوبة للجسم المضيء "تكون الصورة مكبرة لو أن بعد الجسم أكبر من البعد البؤري وأقل من ضعف البعد البؤري، أما إذا كان بعد الجسم أكبر من ضعف البعد البؤري تكون الصورة مصغرة".
- 3 - عين بعد الصورة "بعد الحائل" عن العدسة y .
- 4 - غير المسافة x عدة مرات وفي كل مرة عين المسافة y ودون نتائجك في الجدول المرفق.

x	y	$100/x$	$100/y$

- 5- مثل النتائج بيانيا حيث تمثل $100/y$ على محور الصادات و $100/x$ على محور السينات نحصل على خط مستقيم ميله يساوي (-1) ويقطع جزء موجب من كل من محور السينات ومحور الصادات يساوي F كما هو موضح بالشكل (4).

النتائج:

الجزء المقطوع من محور السينات $F_1 =$ ديوبتر.

الجزء المقطوع من محور الصادات $F_2 =$ ديوبتر.

قوة العدسة $F = (F_1 + F_2)/2 =$ ديوبتر.

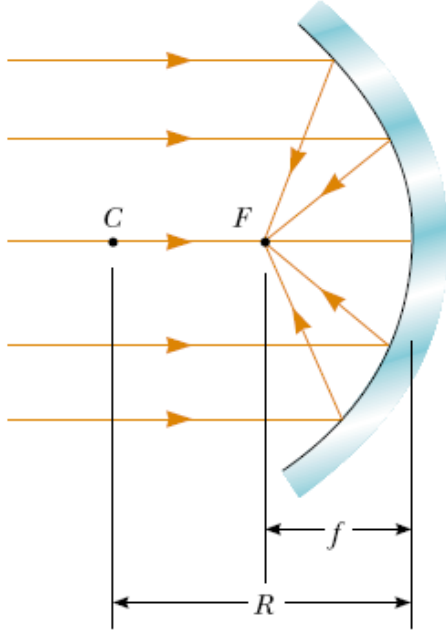
قارن بين القيم التي حصلت عليها من الطرق الثلاثة.

تعيين قوة مرآة مقعرة

الهدف من التجربة:

تعيين كل من البعد البؤري f وقوة مرآة مقعرة F .

نظرية التجربة :

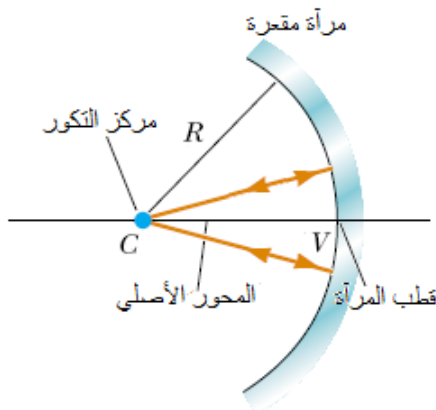


شكل (1)

إذا سقطت أشعة ضوئية متوازية وموازية للمحور الأصلي للمرآة المقعرة فإنها تنعكس وتتجمع عند بؤرة المرآة كما هو موضح بشكل (1) والمسافة بين المركز البصري المرآة والبؤرة تسمى بالبعد البؤري f وتمثل القيمة $100/f$ (حيث f مقاسه بالسنتيمتر) قدرة المرآة على عكس "تجميع" الأشعة الساقطة عليها وتسمى قوة المرآة (F) ووحدتها ديوبتر (Δ). ولإيجاد البعد البؤري f لمرآة مقعرة ومن ثم قوتها F يمكن استخدام طرق متعددة نذكر منها:

1- طريقه الجسم البعيد:

إذا سقطت على المرآة أشعه متوازية وموازية لمحورها الأصلي فإنها تتجمع في بؤرة المرآة كما هو مبين في شكل رقم (1). وتكون قوه المرآة بهذه الطريقة هي:



شكل (2)

$$F = \frac{100}{f} \Delta \quad (1)$$

حيث البعد البؤري f مقاس بالسـم.

2- طريقة انطباق الصورة مع الجسم:

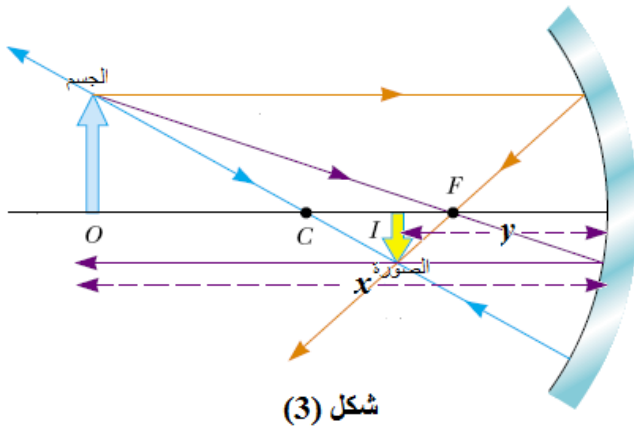
هذه الطريقة مبنية على فكرة انه لو وضع جسم مضيء عند مركز تكور المرآة المقعرة شكل (2)،

فإن الأشعة الضوئية المنبعثة منه تسقط عمودياً على المرآة فتنعكس على نفسها لتشكل صورة مقلوبة ومساوية ومنطقة على الجسم . وتكون المسافة بين الجسم ومركز المرآة مساوية لنصف قطر تكور المرآة R أي مساوية لضعف البعد البؤري f .

3- الطريقة العامة:

تسمى هذه الطريقة بالطريقة العامة لأننا نستخدم فيها القانون العام لل مرآيا والعدسات وكذلك لأننا نستطيع تعيّن البعد البؤري f عند أي موضع للجسم بالنسبة لل مرآة. والقانون العام للمرآيا والعدسات هو:

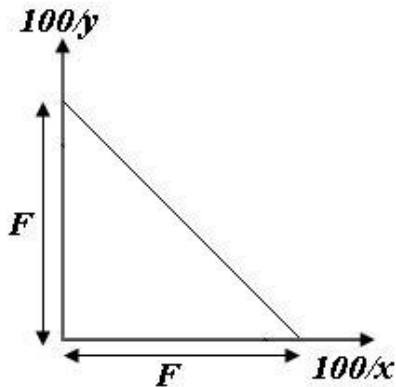
$$L + F = L' \quad (2)$$



شكل (3)

حيث L : التمايل الابتدائي ويساوي مقلوب المسافة x بين الجسم وال قطعة الضوئية بالمتر، F قوة القطعة الضوئية وتساوي مقلوب البعد البؤري f بالمتر، L' التمايل النهائي ويساوي مقلوب المسافة y بين القطعة الضوئية والصورة بالمتر. وبتطبيق قاعدة الإشارات علي القانون العام للمرآيا والعدسات في حالة المرآة المقعرة شكل (3) نحصل علي العلاقة:

$$\frac{100}{y} = -\frac{100}{x} + \frac{100}{f} \quad (3)$$



شكل (4)

حيث كل من x, y, f مقاسه بالسـم. ويتمثل العلاقة (3) بيانياً بأن نمثل $100/x$ علي المحور الأفقي، $100/y$ علي المحور الرأسـي نحصل علي خط مستقيم ميله يساوي (-1) ويقطع جزء موجب من كل من محور السينات ومحور الصادات يساوي F كما هو موضح بالشكل (4).

الأدوات المستخدمة:

مرآة مقعرة - طاولة ضوئية - مصباح كهربائي - حامل للمرأة - جسم مضيء.

خطوات العمل:**1- طريقه الجسم البعيد:**

- 1- نضع المرأة على حامل أمام جسم مضيء على بعد كبير منه (مثل باب أو شباك المعمل أو مصباح يبعد عدة أمتار مثلاً) حتى يمكن اعتبار الأشعة الساقطة عليه متوازية كما بالشكل (1).
- 2- نضع حائل أمام المرأة بحيث لا يحجب عنها أشعة المصدر الضوئي ويحرك الحائل قريباً وبعداً عن المرأة حتى تحصل على أوضح صورة مقلوبة ومصغرة للجسم المضيء.
- 3- نقاس المسافة بين الحائل والمرأة فتكون هي البعد البؤري f .
- 4- من العلاقة (1) نحسب قوة المرأة F .

النتائج:

$$\begin{aligned} \text{المسافة بين الحائل والمرأة } f &= \text{سم} \\ \text{قوة المرأة } F &= \frac{100}{f} = \text{ديوبتر} \end{aligned}$$

2- طريقة انطباق الصورة:

- 1- نضع المرأة المقعرة أمام الجسم المضيء، ثم نحركها قريباً أو بعداً من ه حتى تتكون أوضح صورة مقلوبة ومساوية ومنطبقة علي الجسم كما هو موضح بالشكل (2)
- 2- نقس المسافة بين الجسم ومركز المرأة والتي تساوي نصف قطر تكور المرأة R أي تكون مساوية لضعف البعد البؤري f ومنها احسب قوة المرأة F ديوبتر.

النتائج:

$$\begin{aligned} \text{المسافة بين الجسم المضيء والمرأة } R &= \text{سم} \\ \text{البعد البؤري للمرأة } f &= R/2 = \text{سم} \end{aligned}$$

$$\text{قوة المرآة } F = \frac{100}{f} = \text{ديوبتر}.$$

3- الطريقة البيانية (العامة):

- 1 - نضع المرآة المقعرة على الحامل بحيث يكون سطحها العاكس في مواجهة المصدر الضوئي وتبعد عنه مسافة x أكبر من بعدها البؤري f .
- 2 - نضع الحائل بين المصدر الضوئي والمرآة بحيث لا يحجب عنها أشعة المصدر الضوئي " من المستحسن وضع المرآة بميل بسيط لأسفل " ويحرك الحائل قريباً وبعداً عن المرآة حتى نحصل على أوضح صورة مقلوبة للجسم المضيء " تكون الصورة مكبرة لو أن بعد الجسم أكبر من البعد البؤري وأقل من نصف قطر التكور، أما إذا كان بعد الجسم أكبر من نصف قطر التكور تكون الصورة مصغرة".
- 3 - عين بعد الصورة "بعد الحائل" عن المرآة y .
- 4 - غير المسافة x عدة مرات وفي كل مرة عين المسافة y ودون نتائجك في الجدول المرفق.

x	y	$100/x$	$100/y$

- 5 - مثل النتائج بيانيا حيث تمثل $100/y$ على محور الصادات و $100/x$ على محور السينات نحصل على خط مستقيم ميله يساوي (-1) ويقطع جزء موجب من كل من محور السينات ومحور الصادات يساوي F كما هو موضح بالشكل (4).

النتائج:

الجزء المقطوع من محور السينات $F_1 =$ ديوبتر.

الجزء المقطوع من محور الصادات $F_2 =$ ديوبتر.

قوة المرآة $F = (F_1 + F_2)/2 =$ ديوبتر.

قارن بين القيم التي حصلت عليها من الطرق الثلاثة.

الانكسار عند السطوح المستوية

هدف التجربة :

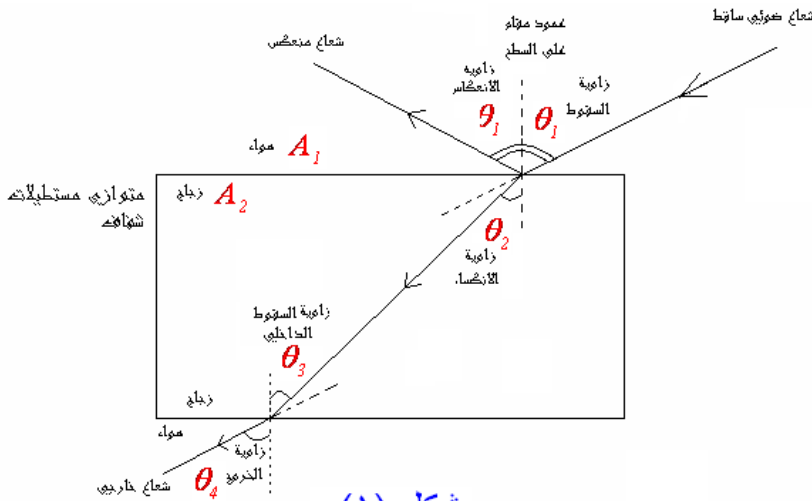
1 - تعيين معامل انكسار مادة متوازي المستطيلات الشفاف.

2 - تحقيق قانون (سنل) عمليا.

نظريه التجربة:

إن الانعكاس والانكسار هما من الخصائص العامة للضوء والتي يمكن ملاحظتها كثيرا في الحياة اليومية ، فعندما ينتقل الضوء من وسط شفاف إلى وسط آخر شفاف كثافته الضوئية مختلفة فإنه ينحرف عن مساره أي ينكسر. وعندما يعبر شعاع ضوئي واحد لوحا زجاجيا ذو أسطح مستوية ومتوازية فإنه سوف يخرج موازيا لاتجاهه الأصلي ولكن بإزاحة جانبية تزداد بزيادة زاوية السقوط.

فإذا سقط شعاع ضوئي على سطح مستوي أملس شفاف كالزجاج أو الماء فالشعاع الساقط ينعكس جزء منه تبعا لقانوني الانعكاس وجزء يمتص وبقية الجزء الثالث فيمر خلال الوسط. وهذا الانكسار هو نتيجة اختلاف الكثافة الضوئية وبالتالي معامل انكسار الوسطين وينتج عن ذلك تغير في سرعة الضوء عند انتقاله من الوسط الأول إلى الوسط الآخر ، ويقاس هذا الانكسار بمقدار الزاوية المحصورة بين الشعاع المنكسر والعمود المقام على السطح الفاصل بين الوسطين.



فعندما يسقط شعاع

ضوئي بزاوية سقوط θ_1 على السطح العلوي لمتوازي المستطيلات الشفاف ذو الأوجه المتوازية والمستوية فإنه سيعاني من انكسار بزاوية مقدارها θ_2 كما هو موضح بالشكل (1).

فإذا كان معامل انكسار الوسط الأول هو n_1 ومعامل انكسار الوسط الثاني هو n_2 مع ملاحظته أن زاوية السقوط θ_1 (في الهواء) أكبر من زاوية الانكسار θ_2 (في الزجاج) وبتطبيق قانوني الانكسار وهما:

- 1 - الشعاع الساقط والشعاع المنكسر والعمود المقام من نقطه السقوط تقع جميعها في مستوى واحد وعمودي على السطح الفاصل بين الوسطين.
- 2 - قانون سنل وهو :

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (1)$$

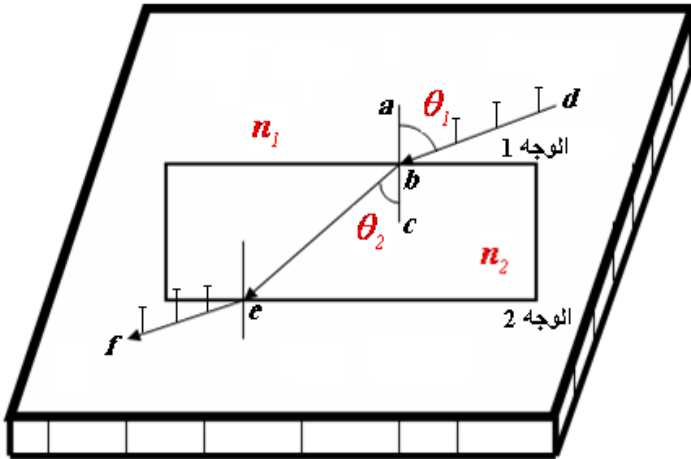
فإذا كان الوسط الأول هو الهواء فان معامل الانكسار له ($n_1=1$) فنحصل علي:

$$n_2 = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \quad (2)$$

الأدوات المستخدمة:

متوازي مستطيلات شفاف - دبابيس - مسطره - منقلة - قلم رصاص - لوحه خشبية أومن الفلين مثبت عليها ورقة بيضاء.

خطوات العمل:



شكل (٢)

- 1 -ضع متوازي المستطيلات على اللوحة الخشبية كما بشكل (2).
- 2 -حدد بالقلم الرصاص موضع متوازي المستطيلات ثم ارفعه بعد ذلك.
- 3 -ارسم خطاً مستقيماً abc عمودياً على الوجه 1 ويتقاطع معه عند النقطة b .

- 4 -ارسم خطا db يصنع زاوية حادة θ_1 ثم ثبت عليه ثلاثة دبابيس ويعتبر هذا بمثابة الشعاع الساقط.

5 -أعد المتوازي إلى مكانه الأصلي ثم انظر من جهة الوجه 2 سوف ترى صورة الدبابيس عبر المتوازي.

6 -ضع ثلاثة دبابيس على امتداد صورة الدبابيس التي تراها من ناحية الوجه 2.

7 -صل بين الدبابيس الثلاثة الأخيرة بخط مستقيم ef حيث يتقاطع مع الوجه 2 في النقطة e .

8 -صل المسافة بين e, b ثم قس بالمنقلة الزاوية θ_2 والتي تمثل زاوية الانكسار.

9 -كرر الخطوات (4 – 8) وفي كل مره دون النتائج في الجدول المرافق.

10 -ارسم علاقة بيانيه بين $\sin \theta_2$ على محور السينات، $\sin \theta_1$ على محور الصادات.

11 -احسب معامل انكسار مادة متوازي المستطيل الشفاف n_2 حيث: الميل n_2 .

12 -أحسب متوسط n_2 .

النتائج:-

θ_1	θ_2	$\sin \theta_1$	$\sin \theta_2$	$n_2 = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$

احتياطات:

1 -استخدام قلم رفيع لتحديد أبعاد متوازي المستطيلات الزجاجي بدقة.

2 -ارسم الزاوية بدقة .

3 -تثبيت الدبابيس عموديا على اللوح الخشبي .

تعيين زاوية 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:



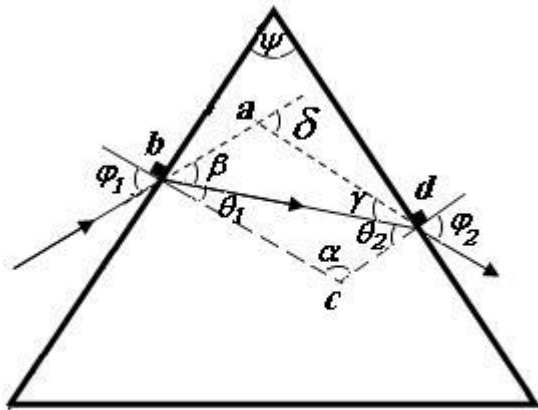
شكل (1)

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.

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:



شكل (2)

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

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 :

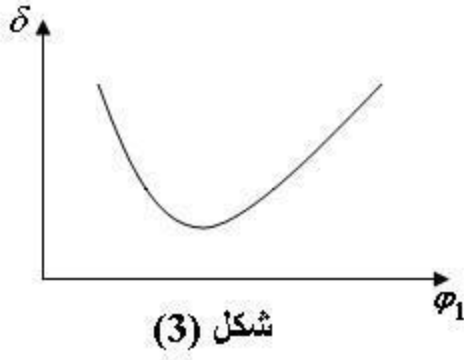
$$\alpha + \theta_1 + \theta_2 = 180 \quad (7)$$

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:

$$\beta = \gamma$$

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

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

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

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

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

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

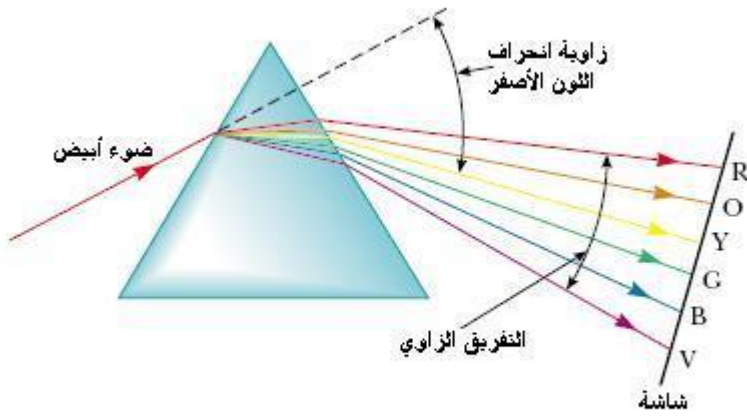
$$\mu = \frac{\sin\left(\frac{\delta_m + \psi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\psi}{2}\right)} \quad (12)$$

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 يتفرق 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 تحليل 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 ω تعطى بالعلاقة:

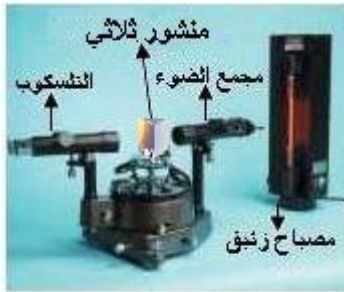
$$\omega = \frac{\delta_v - \delta_r}{\delta} \quad (15)$$

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 القرص اعدة 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 دواره 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 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 الاسبكترومتر، ضع المنشور

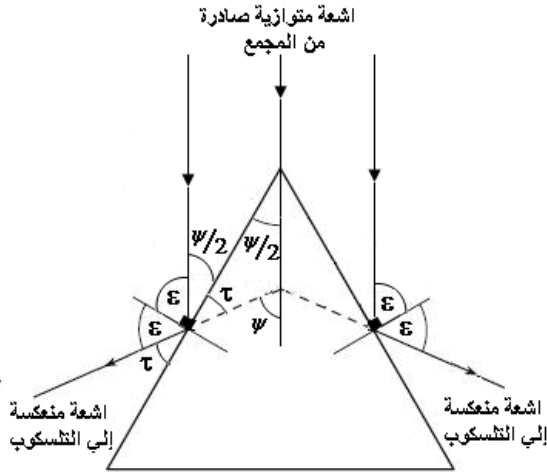
علي قاعدة الاسبكترومتر بحيث تكون

قاعدة المنشور عمودية علي محور

المجمع وزاوية رأس المنشور المراد

تعيينها مواجهة للمجمع كما هو موضح

بالشكل (6).



شكل (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 الاسبكترومتر 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 تدار 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 .
- ملاحظه هامه:** 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

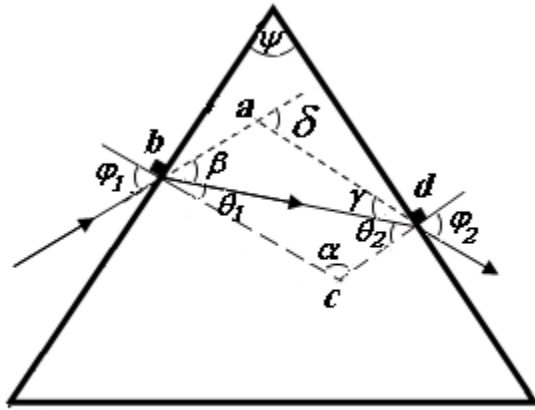
$$\omega = [(\delta_v - \delta_r) / \delta] = \dots\dots\dots$$

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:



شكل (1)

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 متماثلة بالنسبة للمنشور، أي أن:

$$\beta = \gamma$$

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

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

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

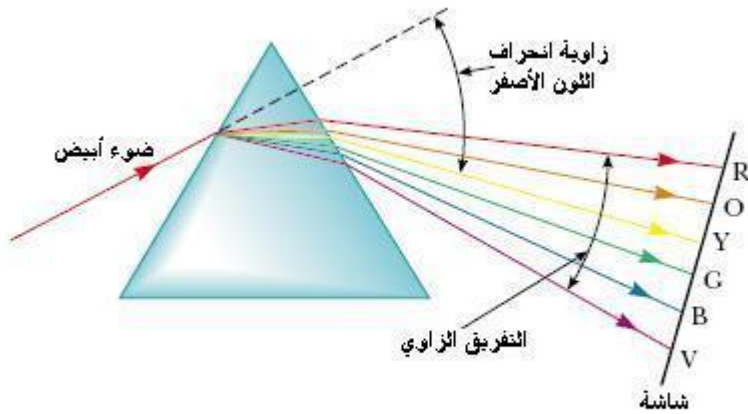
$$\mu = \frac{\sin\left(\frac{\delta_m + \psi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\psi}{2}\right)} \quad (1)$$

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 محلا 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 "طول الموجي". ووجد عملياً أن معامل الانكسار μ_λ يتناقص بزيادة الطول الموجي λ وفي عام 1836 وضع العالم كوشي علاقة رياضية تربط بينهما وهي:

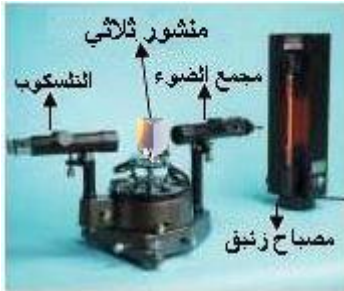
$$\mu_\lambda = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4}$$

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 دواره 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				

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

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

حلقات نيوتن

الهدف من التجربة:

- 1- دراسة ظاهرة التداخل في الأغشية الرقيقة.
- 2- تعيين الطول الموجي لضوء الصوديوم باستخدام حلقات نيوتن.

نظرية التجربة:

تحدث ظاهرة التداخل في الضوء نتيجة للتراكب بين 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 هدبه مضيئة. 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 هدبه مظلمة.

وهناك طرق عديدة للحصول علي ظاهرة

التداخل منها علي سبيل المثال لا الحصر،

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

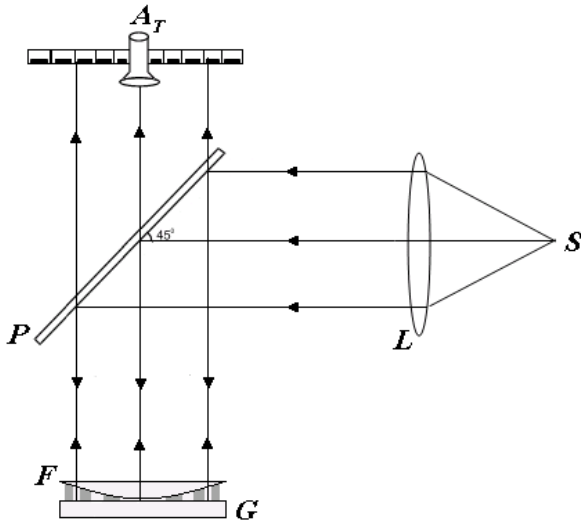
وحلقات نيوتن.

يتكون جهاز حلقات نيوتن كما هو

موضح بالشكل (1) من مصدر ضوئي أحادي

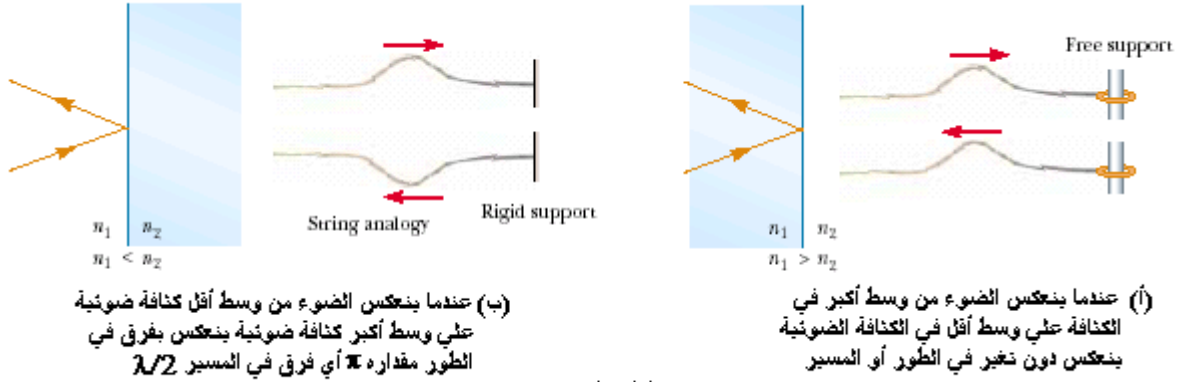
اللون S موضوع في بؤرة عدسة محدبة L فتخرج الأشعة منها متوازية لتسقط على شريحة

زجاجية P مائلة بزاوية 45° فتنعكس الأشعة لتسقط على غشاء الهواء الوتدي الرقيق



شكل (1)

والمحصور بين السطح السفلي للعدسة المحدبة F (نصف قطر تكورها كبير) والسطح العلوي للشريحة الزجاجية G . ولأن نصف قطر تكور العدسة كبير فإنه يمكن اعتبار أن الأشعة تسقط على غشاء الهواء عمودياً وبالتالي ينعكس جزء منها على نفسه عند السطح العلوي للغشاء والجزء الآخر ينعكس على نفسه عند السطح السفلي للغشاء الرقيق. ولما كانت الأشعة المنعكسة على السطح السفلي انعكست على وسط أكبر كثافة ضوئية من الوسط المنتشرة فيه فإنها تعاني تغيراً في الطور مقداره π أي فرق في المسير مقداره $\lambda/2$ كما هو موضح بالشكل (2). وفي النهاية يصل إلى الميكروسكوب المتحرك A_T شعاعان أحدهما انعكس على السطح العلوي للغشاء الرقيق والآخر انعكس على السطح السفلي، ويكون فرق المسير بينهما:



الشكل (2)

$$\Delta = 2t + \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$



الشكل (3)

حيث t سمك غشاء الهواء الوتدي الرقيق عند نقطة انعكاس الأشعة، فيحدث بين تلك الأشعة تراكب وتنتج هدب للتداخل. ولما كان سمك الغشاء متجانس حول قطب المرآة (نقطة تماس المرآة F مع السطح العلوي للشريحة الزجاجية G) فإن هدب التداخل تكون عبارة عن حلقات متحدة المركز ومركزها قطب المرآة كما بالشكل (3).

ولإيجاد العلاقة بين نصف قطر الهدبة ورتبتها

نفرض أن سمك غشاء الهواء عند النقطة Q هو t كما

هو موضح بالشكل (4)، وأن فرق المسير بين

الشعاعين المنعكسين من السطحين العلوي والسفلي

للغشاء الرقيق عند تلك النقطة هو Δ ويعطي من

العلاقة (1). فمن هندسة الشكل نجد أن:

$$R^2 = (R-t)^2 + r_n^2$$

حيث R نصف قطر تكور العدسة، r_n نصف قطر

حلقة نيوتن ذات الرتبة n والمارة بالنقطة Q . وبفك

الأقواس نحصل علي:

$$2Rt - t^2 = r_n^2$$

وحيث أن R أكبر بكثير من t لذلك يمكننا إهمال t^2 لصغرها المتناهي بالنسبة لـ $2Rt$ لنحصل علي:

$$t = \frac{r_n^2}{2R} \quad (2)$$

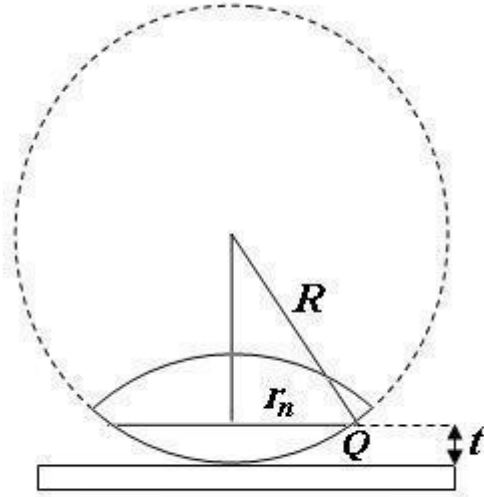
وحيث أن الهدب المضيئة تتكون عندما يكون فرق المسير مساويا لعدد صحيح من الأطوال

الموجية، فإنه من العلاقتين (1)، (2) نحصل:

$$\Delta = \frac{r_n^2}{R} + \frac{\lambda}{2} = n\lambda$$

أي أن شرط تكون الهدب المضيئة:

$$r_n^2 = (n - 1/2)\lambda R \quad (3)$$



الشكل (4)

وبالمثل تتكون الهدب المظلمة عندما يكون فرق المسير مساويا لعدد فردي من أنصاف الأطوال الموجية أي أن:

$$\Delta = \frac{r_n^2}{R} + \frac{\lambda}{2} = (2n+1) \frac{\lambda}{2}$$

وبالتالي يكون شرط تكون الهدب المظلمة هو:

$$r_n^2 = \lambda R n \quad (4)$$

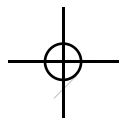
ومن هذه العلاقة يمكن حساب الطول الموجي λ للضوء المستخدم.

الأدوات المستخدمة:

مصدر ضوئي أحادي اللون (صوديوم) - عدسة محدبة - عدسة محدبة نصف قطر تكورها كبير - عدد (2) شريحة زجاجية - ميكروسكوب متحرك A_T .

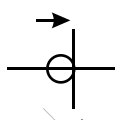
خطوات العمل:

(1) رتب الأدوات كما في شكل (1) ثم اضبط العدسة المحدبة F والشريحة الزجاجية P بحيث ترى الحلقات واضحة كما بالشكل (3).



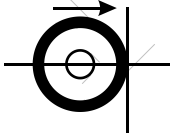
(2) اضبط تقاطع سلكي العينية للتلسكوب A_T عند مركز الحلقات.

(3) حرك التلسكوب ببطء إلى الجهة اليمنى بحيث يمس سلك العينية



الرأسي حافة الحلقة المظلمة الأولى وسجل قراءة التدرج للتلسكوب

المتحرك D_{IR} . ثم حرك التلسكوب ببطء (أيضاً في نفس الجهة



اليمنى) حتى يلامس السلك الرأسي للعينية حافة الحلقة المظلمة الثانية

والثالثة والرابعة..... وفي كل مرة سجل قراءة التدرج D_{nR} .

(4) حرك التلسكوب مرة أخرى بحيث يعود إلى وضعة الأول (تقاطع السلكين المتعامدين عند

مركز الحلقات). وللتأكد من ضبط الأدوات لا بد أن تكون قراءة التدرج هي نفس القراءة

في الخطوة (2).

(5) حرك التلسكوب إلى الجهة اليسرى ثم كرر الخطوة (3) وسجل قراءة التدرج من جهة

اليسار للحلقة المظلمة الأولى والثانية والثالثة..... D_{nL} .

(6) دون النتائج في جدول كما هو موضح ثم ارسم العلاقة

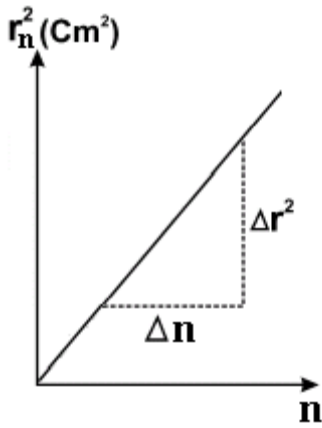
بين رتبة الحلقة n على محور السينات ومربع نصف

قطر الحلقة r_n^2 على محور الصادات مستخدما

العلاقة (4) تحصل على خط مستقيم يمر بنقطة

الأصل وميله يساوي $R\lambda$ وبمعلومية نصف قطر

تكور العدسة R يمكن حساب الطول الموجي λ .



النتائج:

رتبة الحلقة المظلمة n	القراءة جهة اليمين D_{nR}	القراءة جهة اليسار D_{nL}	نصف قطر الهدبة المظلمة $r_n = \frac{ D_{nR} - D_{nL} }{2}$ (cm)	r_n^2 (cm)
1				
2				
3				
4				
5				
6				

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

$$\text{الميل} = \frac{\Delta r_n^2}{\Delta n} = \dots\dots\dots$$

$$\lambda = \frac{\text{الميل}}{R} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots}$$

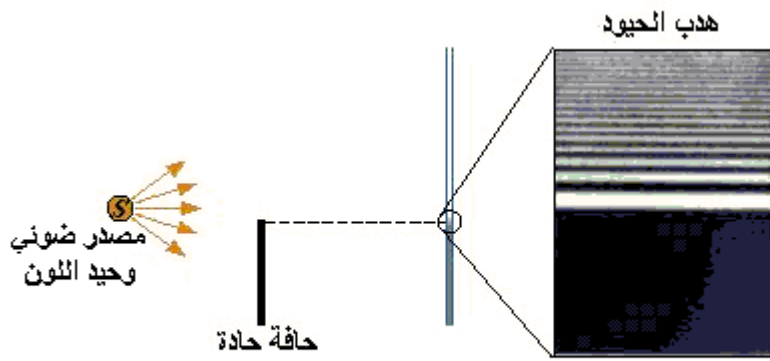
$$\therefore \lambda = \dots\dots\dots \text{ cm}$$

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 والحائدة 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 موجات. وبالتالي فإن كل نقطة على الشاشة يصلها مجموعة من

الموجات الصادرة من نقط صدر الموجة الساقطة على الفتحة فإذا كان فرق المسار بين هذه

الموجات عدد صحيح من الأطوال الموجية فإنها تتداخل تداخلاً بناءً وتصبح النقطة مضيئة.

أما إذا كان فرق المسار بين هذه الموجات عدد فردي من أنصاف الأطوال الموجية فإنها

تتداخل تداخلاً هدمياً وتصبح تلك النقطة مظلمة. ومعني ذلك أن نمط الحيود ما هو إلا نمط

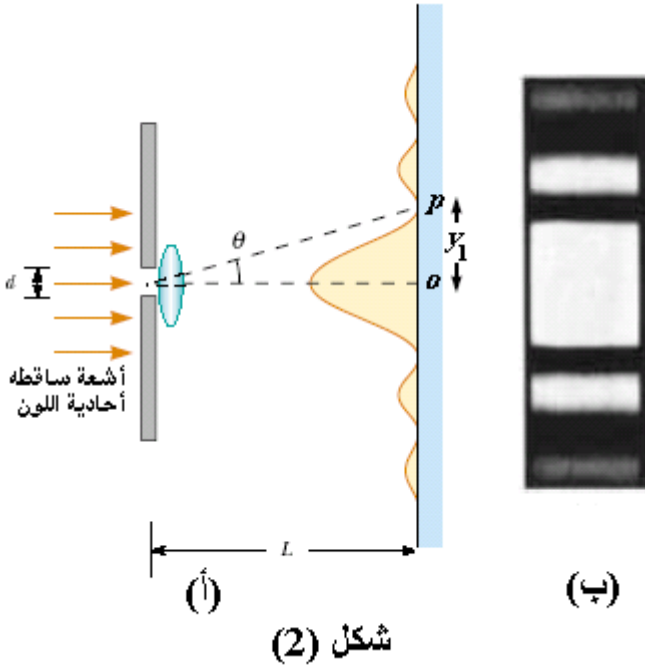
تداخل بين الموجات الثانوية الصادرة من نقط صدر الموجة الساقطة على الفتحة المستطيلة

الضيقة.

ولإيجاد علاقة رياضية لنمط الحيود المتكون عند النقطة P على الحائل نفرض أننا

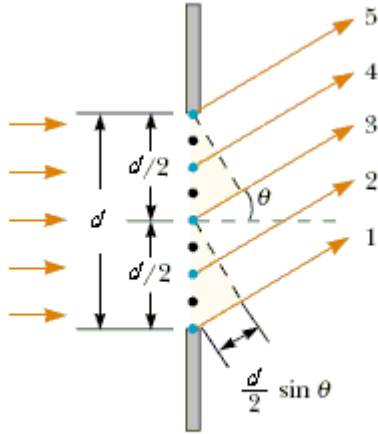
قسمنا صدر الموجة الساقط علي الفتحة إلي قسمين كما بالشكل (3)، وحيث أن كل نقطة علي

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:

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

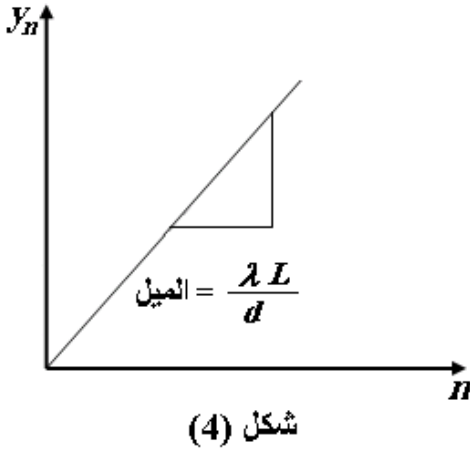
ومن هندسة الشكل (2- أ) ولأن الزاوية θ صغيرة جداً، فإنه يمكننا استخدام التقريب الآتي:

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

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

$$(3)$$

$$y_n = \frac{\lambda L}{d} n$$



ويوضح الشكل (4) هذه العلاقة بين y_n علي المحور الرأس، 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 الرأسي و n علي المحور الأفقي 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:

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

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. ويعتبر 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)

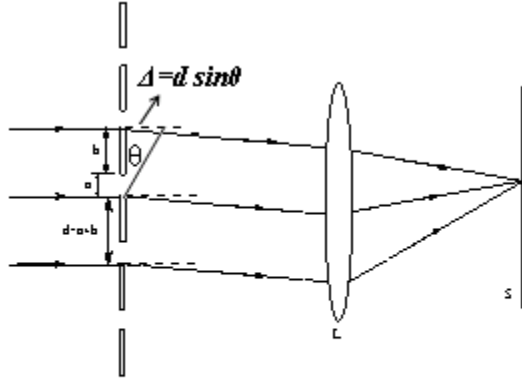
إذا سقطت حزمة متوازية من ضوء أحادي اللون طوله

الموجى 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



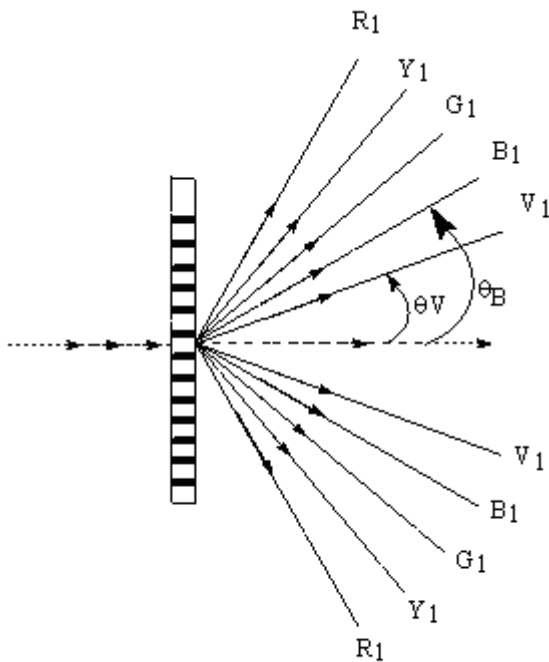
شكل (3)

لجميع الأشعة النافذة من هذه الفتحات المتوازية بدون حيود ونرى أيضاً على جانبيها أهداباً مضيئة تقل إضاءتها تدريجياً بالابتعاد عن الهدبة المركزية وهي 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 الموجي أي أن:

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

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

إذا استعملنا مصدراً ضوئياً له طيف خطي (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 الموجي 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 و عدل طول قصبة التلسكوب حتى تحصل علي أوضح صورة مقلوبة ومصغرة للجسم البعيد.
 ت - اضبط المجمع بأن تنتظر من خلال التلسكوب للفتحة الضوئية الموجودة أمام لمبة الزئبق و عدل طول قصبة 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 -كرر الخطوات 3، 4 من جهة اليسار وعين قراءة التدريج θ_L لكل لون وسجل القراءات في الجدول المرفق.
 6 -عين قيمة زاوية الحيود θ لكل لون من العلاقة:

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

- وسجل النتائج في الجدول المرفق، ثم احسب $\sin\theta$.
 7 -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:

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

$$= \dots\dots$$

$$d = 1/N$$

$n=1$					$\lambda_{\text{نظري}} \text{ \AA}$	لون الطيف
$\lambda_{\text{عملي}}$	$\sin\theta$	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

الاستقطاب

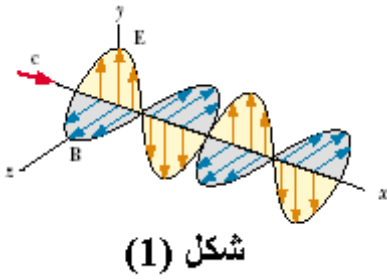
الغرض من التجربة:

- 1- دراسة ظاهرة الاستقطاب.
- 2- معرفة أنواع الضوء المستقطب.
- 3- معرفة طرق الحصول على الضوء المستقطب.
- 4- تحقيق قانون ماليو عملياً.

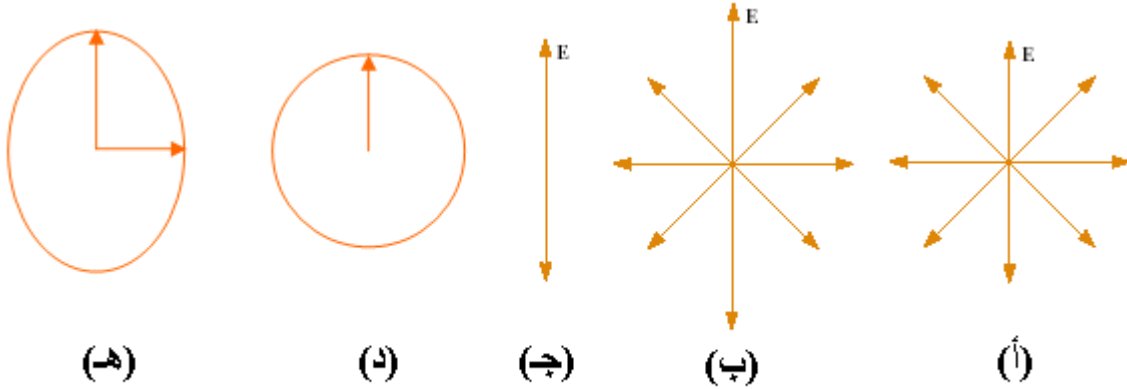
نظرية التجربة:

طبقاً للنظرية الموجية للضوء فإن الضوء عبارة عن

موجات كهرومغناطيسية مستعرضة ولذبذبتها مركبتان متوافقتان أي لهما نفس الطور ومتعامدتان على اتجاه انتشار الموجة، أحدهما تمثل تغيراً دورياً في المجال الكهربائي والأخرى تمثل تغيراً دورياً في المجال المغناطيسي كما في الشكل (1).



شكل (1)



شكل (2)

ويحدث لهاتين الذبذبتين تغيراً مفاجئاً للاتجاه في الفراغ مع بقائهما عموديتين على اتجاه انتشار الموجة وهذا التغير يحدث بمعدل 10^8 مرة في الثانية مما يجعل متوسط شدة الذبذبة في أي اتجاه حول محور انتشار الموجة مقدار ثابت شكل (2-أ).

الضوء المستقطب:

إذا كان متوسط الذبذبة حول محور انتشار الشعاع الضوئي غير متجانس فإن الضوء يكثر ضوء مستقطب، وبمعنى آخر يصبح الضوء مستقطباً إذا كان اتجاه الذبذبة يفضل اتجاه ما عن بقية الاتجاهات في الفراغ.

أنواع الاستقطاب:

يوجد أربعة أنواع مختلفة للضوء المستقطب وهي :

1- الاستقطاب الجزئي: وفيه يكون متوسط شدة الذبذبة في اتجاه ما أكبر منه في بقية الاتجاهات شكل (2-ب).

2- الاستقطاب الخطي: أو الكلي أو الاستوائي وفيه يكون متوسط شدة الذبذبة في اتجاه ما أكبر ما يمكن وينعدم في بقية الاتجاهات شكل (2-ج).

3- الاستقطاب الدائري: وفيه يكون متوسط شدة الذبذبة ثابت وفي اتجاه واحد ولكن هذا الاتجاه يعتمد على الزمن ويدور بسرعة زاوية فتقسم نهايته مساراً دائرياً وهنا يوجد تغير في الاتجاه فقط شكل (2-د).

4- الاستقطاب الاهليجي: وفيه يكون متوسط شدة الذبذبة غير ثابت ولكن في اتجاه واحد وهذا الاتجاه يعتمد على الزمن ويدور بسرعة زاوية فتقسم نهايته مساراً اهليجياً ويقال في هذه الحالة أن الضوء مستقطب استقطاباً اهليجياً أي أنه يوجد في هذه الحالة تغير في الشدة والاتجاه لمتوسط شدة الذبذبة شكل (2-ه).

طرق الحصول على الضوء المستقطب:
هناك عدة طرق للحصول على الضوء المستقطب وهي:

1- الاستقطاب بالانكسار المزدوج (Double Refraction):

هذه الخاصية تم اكتشافها عام 1669 على



شكل (3)

يد "بارثولينوس" وهي خاصية تتواجد في بعض

البلورات التي لها خاصية تباين الخواص في

الاتجاهات المختلفة Anisotropy ويمتلك هذه

الخاصية البلورات التي لا تنتمي إلى فصيلة الكعب

ومن أمثلتها بلورات أيسلاند سبار (الكالسيت) والكوارتز.

فعند مرور الضوء في هذه البلورات يحدث الانكسار المزدوج وهو خروج الضوء على

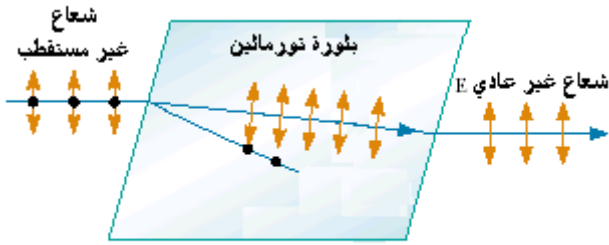
هيئة شعاعان أحدهما يتبع قوانين الانكسار المعروفة ويسمى الشعاع العادي والآخر لا يتبع

قوانين الانكسار المعروفة ويسمى الشعاع غير العادي وتختلف سرعة الشعاعين ويرمز للشعاع العادي بالرمز "O" وللشعاع غير العادي بالرمز "e" كما بالشكل (3)

وقد وجد أن هناك اتجاه "محور بلوري" واحد في تلك البلورة إذا نفذ الضوء فيه لا يعاني انكسار مزدوج ويسمى هذا الاتجاه بالمحور البصري optical axis والمستوى الذي يضم الشعاع الساقط والمحور البصري يسمى بالمستوى الأساسي principle plane وقد وجد أيضا أن كل من الشعاع العادي وغير العادي يكون مستقطب استقطابا خطيا ومستوى الاستقطاب (المستوى الذي تهتز المركبة في اتجاهه) لكل منهما عمودي على الآخر ألا أن مستوى الاستقطاب للشعاع غير العادي هو المستوى الأساسي.

2- الاستقطاب بالامتصاص الانتقائي Selective absorption (Dichroism)

هناك بعض البلورات يكون فيها معامل الامتصاص لأحد شعاعي الانكسار المزدوج



شكل (4)

كبير بالنسبة لمعامل امتصاص الشعاع الآخر ومثال على ذلك مادة التورمالين وبالتالي يمكن باستخدام سمك معين من هذه المادة امتصاص أحد الشعاعين تماما ونفاذ الشعاع الآخر.

ومن هذه المواد يصنع **المستقطب** وهو الأداة التي نحصل بواسطتها على ضوء مستقطب استقطاب خطي ويتم صناعة المستقطبات من مادة مثل التورمالين تمتاز بخاصية الانكسار المزدوج والامتصاص الانتقائي حيث يتم صنع المستقطب من بلورة ذات سمك كاف لامتصاص الشعاع العادي وبالتالي نحصل فقط على الشعاع غير العادي المستقطب استقطابا خطيا هذا واضح من شكل (4).

وهناك طرق أخرى للحصول على الضوء المستقطب سنذكرها فيما يلي بدون تفصيل وهي:

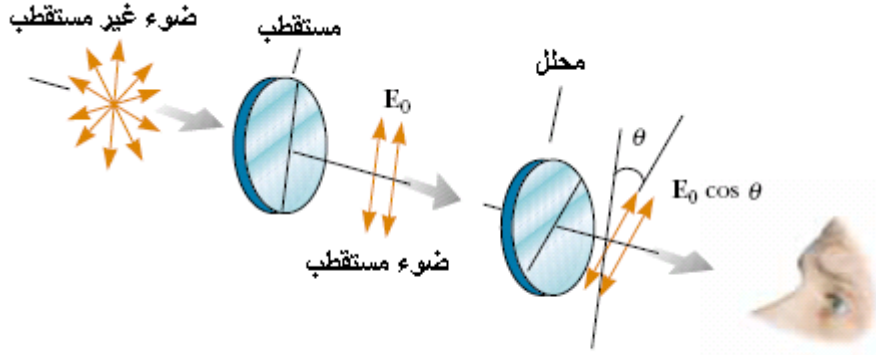
3- الاستقطاب بالانعكاس.

4- الاستقطاب بالانكسار خلال الشرائح المتعددة .

5- الاستقطاب بالتشتت .

قانون ماليز:

لو لدينا شعاع مستقطب استقطابا خطيا في مستوى يصنع زاوية Φ مع مستوى الاستقطاب لمستقطب وكانت سعة الذبذبة A فإننا يمكن ان نحللها إلى مركبتين احدهما موازية لمستوى الاستقطاب للمستقطب و الاخرى عمودية على مستوى الاستقطاب كما بشكل (5).



شكل (5)

ولان شدة الاستضاءة تتناسب مع مربع السعة لذا فان شدة استضاءة الشعاع المار من المستقطب سوف تناسب مع مربع السعة A^2 اي أن:

$$I \propto A^2 \cos^2 \phi$$

$$I = I_0 \cos^2 \phi$$

وهذا هو قانون ماليز.

الأدوات المستخدمة:

مصدر ضوئي (ضوء غير مستقطب) - مستقطبان - فوتومتر لقياس الشدة الضوئية "خلية شمسية وأميتر" - حامل

خطوات العمل:

1. ضع المستقطب في مواجهة المصدر الضوئي على الحامل و ضع المستقطب الآخر أمام الفوتومتر بحيث يكون المستقطبان متوازيين اي مستوى الاستقطاب لكل منهما يقابل الآخر .
2. ادر احد المستقطبين بزاوية $\phi=10^\circ$ مثلا ثم عين الشدة الضوئية من الفوتومتر.

3. كرر الخطوة السابقة بزيادة الزاوية φ خمس درجات في كل مرة وعين الشدة الضوئية ثم سجل القراءات في الجدول المرفق .

4. ارسم العلاقة بين $\cos^2 \varphi$ على المحور الافقى والشدة على المحور الرأسى .

5. قارن بين قيمة ميل الخط المستقيم و قيمة الشدة الضوئية عند $\varphi=0$.

النتائج:

φ	I	$\cos \varphi$	$\cos^2 \varphi$
10			
15			
20			
25			
30			
35			
40			
45			
50			
55			
60			
65			
70			

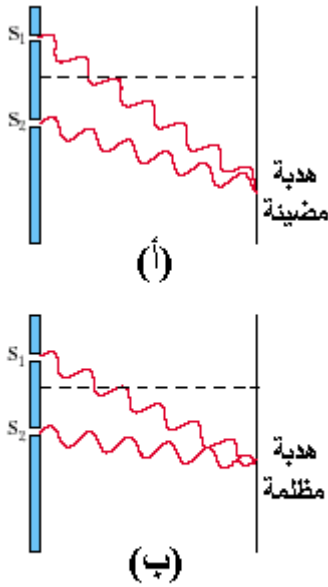
تعيين الطول الموجي للميكروويف بواسطة مقياس التداخل لفابري بيرو

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

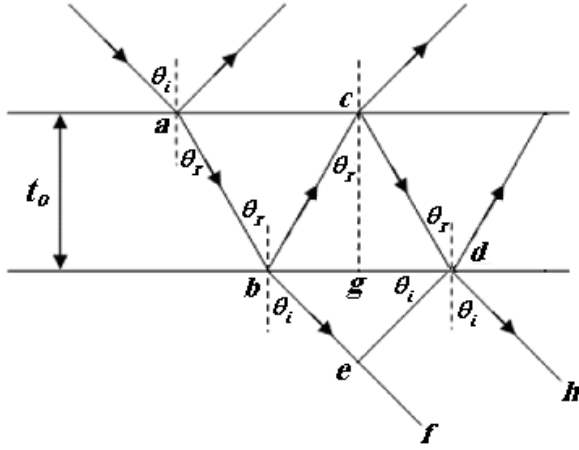


شكل (1)

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) 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:

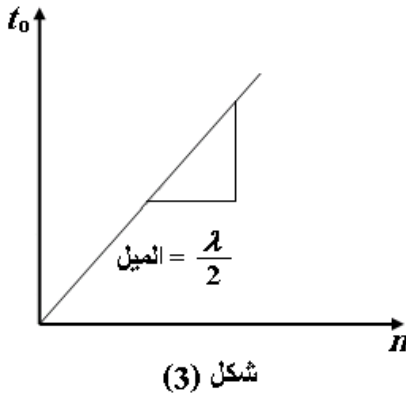
$$2\mu t_o = n\lambda \quad ; n=0,1,2,\dots \quad (7)$$

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 t_o ، n 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

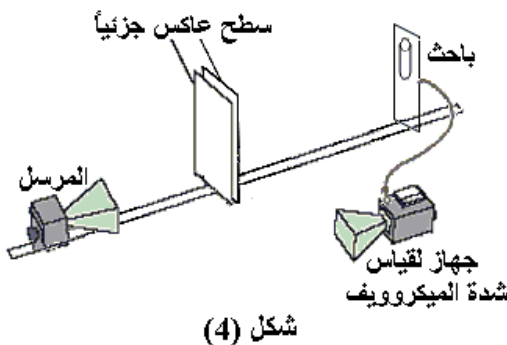
الميكروويف "المرسل" ووجهه نحو الباحث

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					

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

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

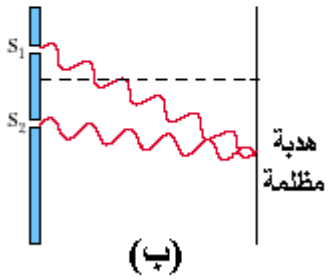
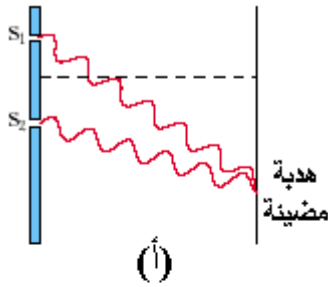
مقياس التداخل لميكلسون

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

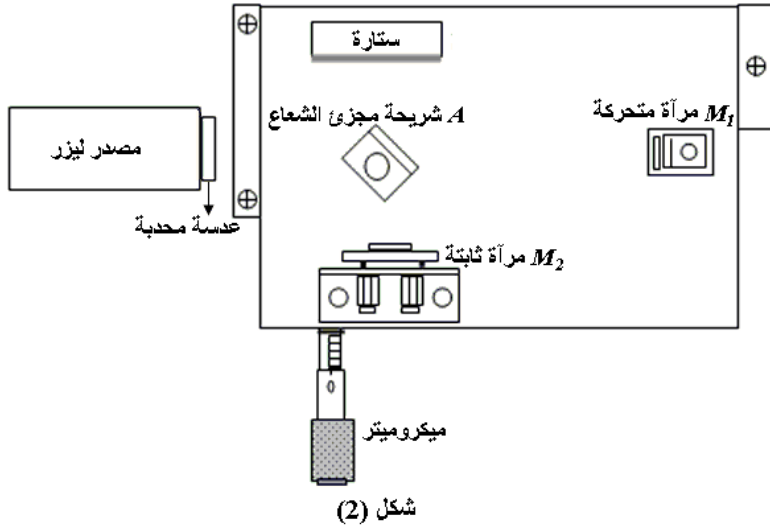


شكل (1)

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.

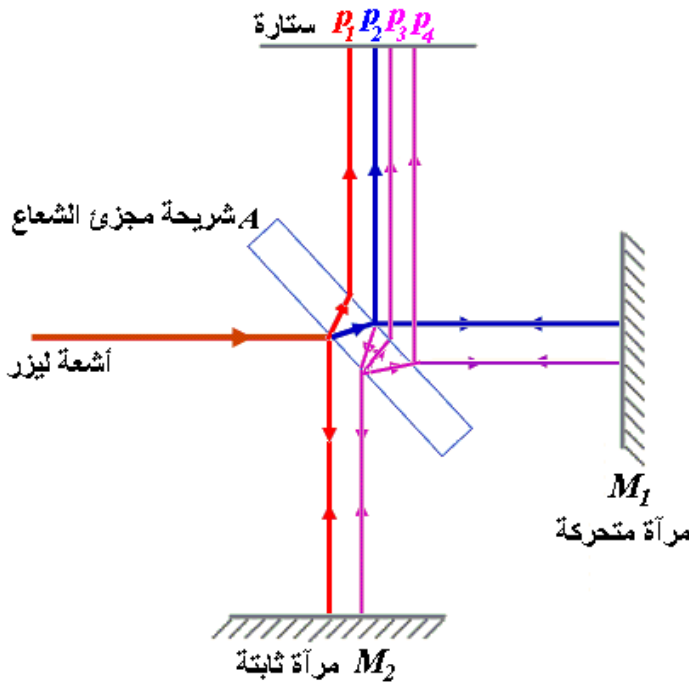
يتكون مقياس التداخل



شكل (2)

لميكلسون كما هو موضح بالشكل (2) من مرآتين 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 الهدف.

وعند ضبط الجهاز يجب أن تكون المرآتان 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 علي المرآة M_2 ، أما صورتين p_2, p_4 فقد تكونتا نتيجة للانعكاس علي المرآة المتحركة M_1 .

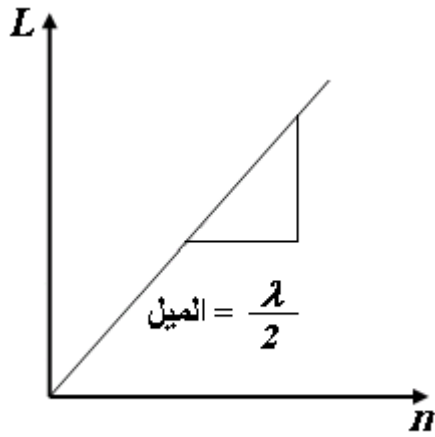


شكل (4)

عند ضبط المرآتان M_1, M_2 بحيث تكونا متعامدتين تماماً 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 يعني 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:



شكل (5)

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

ويوضح الشكل (5) هذه العلاقة بين L علي المحور

الرأسي، n علي المحور الأفقي وهي عبارة عن خط

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

حساب الطول الموجي λ .

خطوات العمل:

- 1- ركب جهاز مقياس التداخل لميكلسون كما هو موضح بالشكل (2).
- 2- أضبط قراءة الميكرومتر في البداية لكي تكون على الصفر تماماً.

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 صور له 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 المسامير المحويان والموجودان خلف المرآة الثابتة M_2 بحيث تتراكب الصورتان p_1, p_2 معا كما تتراكب الصورتان p_3, p_4 معا، وتؤكد من ذلك بأن نري هذب مضيئة ومظلمة رفيعة قريبة داخل النقطة المضيئة للعين 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 على المحور الرأسي ، n على 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 $(A^\circ) = 10^{-10}$ متر (m)

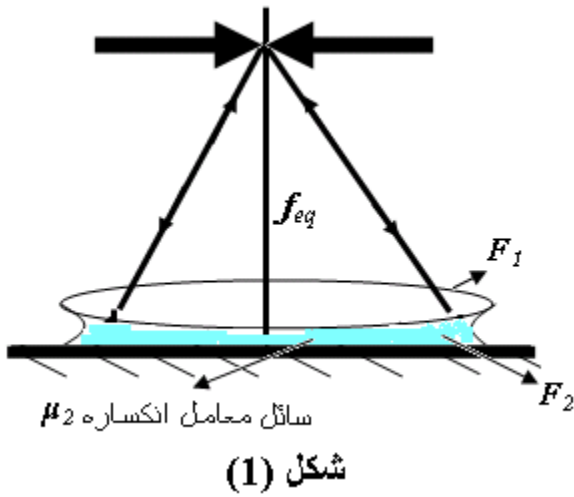
تعيين معامل انكسار سائل باستخدام العدسة السائلة

الهدف من التجربة:

قياس معامل انكسار سائل بتكوين عدسة مقعرة منة والاستعانة بعدسة محدبة لإيجاد قوتها.

نظرية التجربة:

يعرف معامل الانكسار المطلق لمادة بأنه النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ "أو الهواء" وسرعته في هذه المادة.



ولتعيين معامل انكسار مادة سائلة نُكوّن مجموعة ضوئية تتركب من عدستين، إحداهما عدسة F_1 زجاجية محدبة والأخرى F_2 عدسة مقعرة مستوية سائلة تتكون من طبقة السائل المحصور بين السطح السفلي للعدسة الزجاجية المحدبة وبين سطح مرآة مستوية كما هو موضح بالشكل (1).

وكما هو معلوم فإن العلاقة بين قوة أي عدسة F وبين معامل انكسار مادتها μ وانحناء سطحها R_1, R_2 " انحناء أي سطح كروي هو مقلوب نصف قطر تكوره " هي:

$$F = (\mu - 1)(R_1 - R_2) \quad (1)$$

بشرط مراعاة قاعدة الإشارات والتي تنص علي أن انحناء السطح المحدب بالنسبة للأشعة الساقطة يكون موجب، أما إذا كان السطح مقعر بالنسبة للأشعة الساقطة يكون انحناءه سالباً. وعند تطبيق تلك العلاقة (1) مع قاعدة الإشارات علي العدسة المحدبة F_1 نحصل علي العلاقة:

$$F_1 = (\mu_1 - 1)(R_1 + R_2) \quad (2)$$

فإذا كانت العدسة متماثلة الوجهين أي $R_1 = R_2 = R$ وكانت مصنوعة من الزجاج معامل انكساره $\mu_1 = 1.5$ تصبح العلاقة (2) علي الصورة:

$$F_1 = R \quad (3)$$

وعند تطبيق العلاقة (1) مع قاعدة الإشارات علي العدسة المقعرة مستوية F_2 نحصل علي العلاقة:

$$F_2 = (\mu_2 - 1)(-R) \quad (4)$$

حيث انحناء سطحها الأول المقعر يساوي $(-R)$ أما سطحها الثاني المستوي فانحناءه يساوي الصفر.

ومن العلاقتين (3)، (4) تكون القوة المكافئة F_{eq} للمجموعة المكونة من العدسة الزجاجية المحدبة F_1 والعدسة السائلة المقعرة المستوية F_2 هي:

$$\begin{aligned} F_{eq} &= F_1 + F_2 = F_1 + (\mu_2 - 1)(-F_1) \\ &= F_1 (2 - \mu_2) \end{aligned}$$

ومن تلك العلاقة يمكن تعيين معامل انكسار السائل μ_2 حيث:

$$\begin{aligned} \mu_2 &= 2 - \frac{F_{eq}}{F_1} \\ &= 2 - \frac{f_1}{f_{eq}} \end{aligned} \quad (5)$$

حيث: f_1 هو البعد البؤري للعدسة المحدبة، f_2 هو البعد البؤري المكافئ للمجموعة المكونة من العدسة المحدبة والعدسة السائلة.

ولتعيين كل من f_1 ، f_2 نستخدم طريقة انطباق الصورة علي الجسم. فعند وضع العدسة المحدبة الوجهين علي سطح مرآة مستوية أفقية ووضع جسم علي هيئة سهم أفقياً فوق العدسة علي حامل رأسي وحرك السهم إلي اعلي والي أسفل، حتى تظهر صورة مقلوبة ومساوية للسهم ومنطبقة عليه، في هذه الحالة يكون السهم عند بؤرة العدسة. وتكون المسافة بين السهم ومركز العدسة هي نفسها البعد البؤري للعدسة f_1 .

وعند وضع قليل من السائل المراد قياس معامل انكساره μ_2 بين العدسة الزجاجية والمرآة المستوية ونحرك السهم مرة أخرى حتي نحصل علي صورة منطبقة عليا، وفي هذه الحالة أيضا يكون السهم في بؤرة المجموعة المكونة من العدسة الزجاجية والعدسة السائلة وتكون المسافة بين السهم ومركز العدسة هي نفسها البعد البؤري للعدسة f_{eq} .

الأدوات المستخدمة:

عدسة محدبة الوجهين – حامل – سهم – مرآة مستوية – كأس به السائل المراد تعيين معامل انكساره.

خطوات العمل:

- 1- نضع المرآة المستوية علي قاعدة الحامل ويوضع فوقها العدسة المحدبة.
- 2- نثبت محور السهم أفقيًا في الحامل علي ارتفاع معين من العدسة وينظر في اتجاه محور العدسة ويحرك السهم إلي أعلي وإلي أسفل حتى نري صورة مقلوبة للسهم ونستمر في تحريك السهم حتى يكون سن السهم منطبق مع سن صورته. والسهم وصورته متساويان وعلي استقامة واحدة، حرك عينك أفقيا قليلا في اتجاه عمودي علي طول السهم فإذا لم ينفصل سن السهم عن سن الصورة مهما تحرك نظرك، فهذا يعني أن الصورة منطبقة علي السهم وان السهم يقع في بؤرة العدسة.
- 3- نقاس المسافة f_1 بين راس السهم ومركز العدسة.
- 4- يوضع بين العدسة والمرآة المستوية قليلا من السائل المراد تعيين معامل انكساره ونكرر الخطوات (2)، (3) ويعين البعد f_{eq} .
- 5- استخدام العلاقة (5) لتعيين معامل انكسار السائل.
- 6- كرر كل ما سبق بالنسبة لعدسة أخرى مختلفة التحدب باستخدام نفس السائل وتأكد من أن معامل انكسار السائل في الحالتين واحد.

النتائج:

بعد السهم عن العدسة المحدبة $f_1 = \dots\dots\dots$ سنتيمتر
 بعد السهم عن مجموعة العدسة المحدبة والسائلة $f_{eq} = \dots\dots\dots$ سنتيمتر
 معامل انكسار السائل $\mu_2 = \dots\dots\dots$

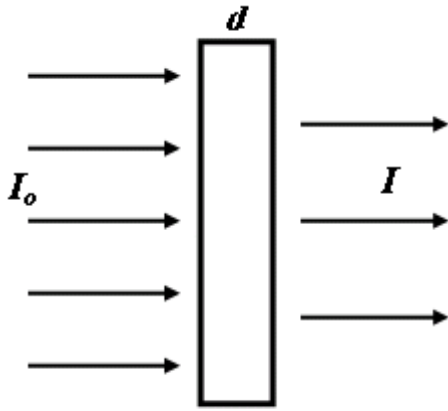
تعيين معامل امتصاص الزجاج للضوء باستخدام الخلية الشمسية

الهدف من التجربة:

تعيين معامل امتصاص الزجاج للأشعة الضوئية.

نظرية التجربة:

يتناسب شدة التيار الكهربائي I المار في الخلية الشمسية مع شدة الضوء الساقط عليها. فإذا ثبتت المسافة بين مصدر الضوء والخلية الشمسية وكان الوسط بينهما هو الهواء، تكون شدة التيار الكهربائي I_0 . وعند وضع مادة شفافة "كالزجاج أو الميكا أو البلاستيك الشفاف" سمكها d



شكل (1)

بين المصدر الضوئي والخلية، فإن شدة التيار الكهربائي المار في الخلية تتناقص إلى I وذلك بسبب أن المادة الشفافة تمتص جزءاً من الضوء الساقط من المصدر مما يقلل من شدة التيار. شكل (1) يمثل I_0 "تناسب مع شدة الشعاع الضوئي الساقط على المادة الشفافة"، I "تناسب مع شدة الشعاع الضوئي الخارج بعد مروره في تلك المادة الشفافة ذات السمك d " وتكون العلاقة بينهما علي الصورة:

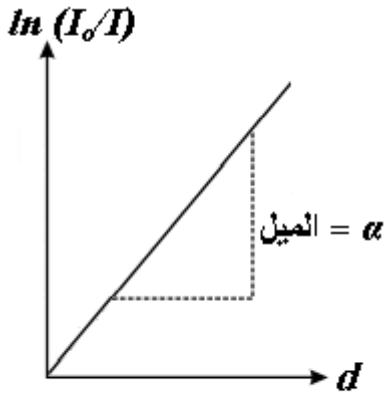
$$I = I_0 e^{-\alpha d}$$

حيث α يسمى معامل امتصاص المادة. والعلاقة السابقة يمكن وضعها علي الصورة:

$$\frac{I_0}{I} = e^{\alpha d}$$

وبأخذ لوغاريتم الطرفين للأساس الطبيعي فإن:

$$\ln(I_0 / I) = \alpha d$$



شكل (2)

وهذه العلاقة بين $\ln(I_0/I)$ على المحور الرأسي وبين d على المحور الأفقي هي علاقة خط مستقيم يمر بنقطة الأصل وميله يساوي α كما هو موضح بالشكل (2).

الأدوات المستخدمة:

خلية شمسية – مصدر ضوئي – مصدر جهد – ميكروأميتر – ألواح زجاجية معلومة السمك.

خطوات العمل:

1. ثبت جهد الخلية الشمسية عند قيمة معينة باستخدام مصدر الجهد.
2. ثبت المصدر الضوئي على مسافة معينة من الخلية طوال التجربة.
3. عين شدة التيار الابتدائي المار بالخلية قبل وضع الزجاج. فيكون ذلك هو I_0 .
4. عين سمك اللوح الأول d ، وثبته بين المصدر الضوئي والخلية وعين شدة التيار I .
5. عين سمك اللوح الثاني، وثبته بجوار اللوح الأول وعين شدة التيار الحالية (تكون قيمة السمك d هي مجموع سمك اللوحين) وعين شدة التيار I .
6. كرر الخطوة السابقة وفي كل مرة سجل قراءة شد التيار ومجموع سمك الألواح الزجاجية المقابل.
7. أحسب النسبة (I_0/I) لجميع قراءات التيار التي حصلت عليها.
8. أحسب اللوغاريتم الطبيعي لهذه القيم $\ln(I_0/I)$.
9. ارسم العلاقة البيانية بين $\ln(I_0/I)$ على المحور الرأسي، d على المحور الأفقي تحصل على خط مستقيم يمر بنقطة الأصل.
10. أحسب ميل الخط المستقيم فيكون مساوياً لمعامل امتصاص الزجاج α .

النتائج:

$$I_0 = \dots\dots\dots$$

d	I	$\ln(I_0/I)$

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

تحقيق قانون التربيع العكسي للضوء

باستخدام الخلية الشمسية

الهدف من التجربة:

تحقيق قانون التربيع العكسي للضوء باستخدام الخلية الشمسية.

نظرية التجربة:

ينص قانون التربيع العكسي علي أن شدة استضاءة أي سطح تتناسب مع مربع بعده عن المصدر الضوئي. ولإثبات ذلك، فإن كمية الضوء التي تنبعث من مصدر ضوئي في جميع الاتجاهات في الثانية تسمى الفيض الضوئي، أما شدة استضاءة سطح فهي الفيض الضوئي الذي يسقط عمودياً على وحدة المساحات من السطح في الثانية الواحدة. فإذا فرضنا مصدراً ضوئياً موضوعاً في مركز كرة جوفاء نصف قطرها d فإن الفيض الضوئي سيقسم على مساحة سطح الكرة والذي يساوي $4\pi d^2$ أي أن شدة استضاءة سطح الكرة يتناسب عكسياً مع مربع نصف قطرها ويسمى هذا بقانون التربيع العكسي.

ولتحقيق قانون التربيع العكسي نستخدم الخلية الشمسية والتي يعتمد شدة التيار المار بها I على شدة الضوء الساقط. فإذا كانت المسافة بين المصدر الضوئي والخلية الشمسية d ، فإن شدة الضوء الساقط علي الخلية يتناسب طبقاً لقانون التربيع العكسي مع $1/d^2$ وبالتالي فإن:

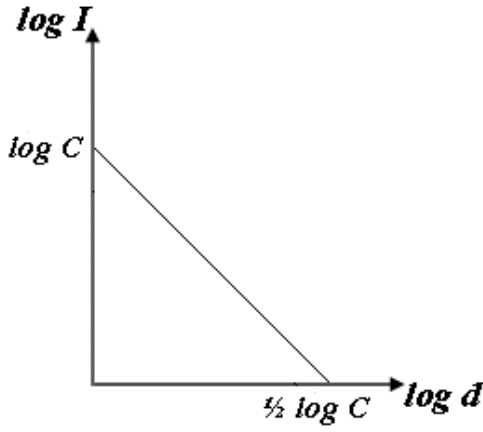
$$I \propto \frac{1}{d^2}$$

$$I = C \frac{1}{d^2}$$

حيث C مقدار ثابت "ثابت التناسب". وبأخذ لوغاريتم الطرفين:

$$\log I = \log C - \log d^2$$

$$\log I = -2 \log d + \log C$$



شكل (1)

ومن هذه العلاقة إذا مثلنا $\log I$ على المحور الرأسي، ومثلنا $\log d$ على المحور الأفقي، فإننا نحصل على خط مستقيم ميله يساوي (-2) ويقطع جزء موجب من محور الصادات يساوي $(\log C)$ كما يقطع جزء موجب من محور السينات يساوي $(\frac{1}{2} \log C)$ لئلا هو موضح في الشكل (1).

خطوات العمل:

1. ثبت جهد الخلية الشمسية عند قيمة ثابتة ولتكن (V) باستخدام مصدر الجهد.
2. ثبت الخلية على مسافة كبيرة من المصدر الضوئي وعين تلك المسافة d ، ثم عين شدة التيار I المار في الدائرة باستخدام الميكروأميتر وسجل النتائج بالجدول المرفق.
3. قرب الخلية قليلاً من المصدر الضوئي وعين المسافة d الحالية وسجل قراءة الميكروأميتر I المقابلة وسجل النتائج بالجدول المرفق.
4. كرر الخطوة السابقة عدة مرات ، وسجل في كل مرة المسافة بين المصدر والخلية d وشدة التيار المقابلة I .
5. أحسب قيم $(\log I)$ ، $(\log d)$ وسجل النتائج بالجدول المرفق.
6. ارسم العلاقة بين $(\log I)$ على المحور الرأسي، $(\log d)$ على المحور الأفقي لتحصل على خط مستقيم كما بالشكل (1).
7. أحسب ميل الخط المستقيم وأثبت أنه يساوي (2) تقريباً مما يحقق قانون التربيع العكسي.

d	I	$\log d$	$\log I$

الميل =

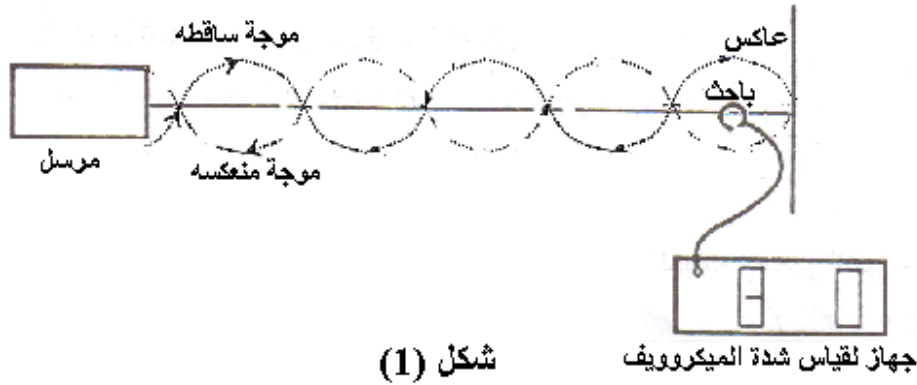
الموجات الموقوفة

الغرض من التجربة:

- 1 - دراسة الموجات الموقوفة.
- 2 - حساب الطول الموجي لأشعة الميكروويف.

نظرية التجربة:

تعرف الموجات الموقوفة بأنها تلك الموجات التي تنشأ عن تراكب حركتين موجيتين لهما نفس التردد والسعة ، ولكنهما تتحركان في اتجاهين متضادين "موجة ساقطة والأخرى منعكسة". ومن أمثلة الموجات الموقوفة تلك الموجات التي نلاحظها عند اهتزاز الأوتار الموسيقية وكذلك الموجات التي تتكون في الأعمدة الهوائية عند الرنين. وفي هذه التجربة سندرس مثالا آخر للموجة الموقوفة الناشئة من سقوط موجة ميكروويف وانعكاسها على شاشة معدنية كما في شكل (1).



بفرض أن إزاحة الموجة الساقطة هي:

$$Y_1 = A \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{\tau} - \frac{x}{\lambda} \right) \right] = A \sin \left[\frac{2\pi}{\lambda} \left(\frac{\lambda}{\tau} t - x \right) \right]$$

حيث τ هو الزمن الدوري للموجة الساقطة، λ طولها الموجي. وإذا فرضنا أن سرعة انتشار الموجة c وأن ترددها ν حيث:

$$c = \lambda \nu = \frac{\lambda}{\tau}$$

وبالتالي يمكن تمثيل إزاحة الموجة الساقطة بالعلاقة:

$$Y_1 = A \sin \left[\frac{2\pi}{\lambda} (c t + x) \right] \quad (1)$$

وبالمثل يمكن تمثيل إزاحة الموجة المنعكسة بالعلاقة:

$$Y_2 = A \sin \left[\frac{2\pi}{\lambda} (c t - x) \right] \quad (2)$$

بالتالي فإن محصلة هاتين الموجتين هي:

$$\begin{aligned} Y &= Y_1 + Y_2 \\ &= A \sin \left[\frac{2\pi}{\lambda} (c t + x) \right] + A \sin \left[\frac{2\pi}{\lambda} (c t - x) \right] \end{aligned}$$

وباستخدام العلاقة:

$$\sin \theta + \sin \varphi = 2 \sin \left(\frac{\theta + \varphi}{2} \right) \cos \left(\frac{\theta - \varphi}{2} \right)$$

نحصل على:

$$Y = 2 A \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} x \right) \sin \left(\frac{2\pi}{\lambda} c t \right) \quad (3)$$

وهذه الموجة الناتجة يكون لها نفس تردد الموجتين المتراكبتين. وبمقارنة المعادلة (3)

بالمعادلتين (1)، (2) نجد أن الإزاحة المحصلة تمثل إزاحة جسم يتحرك حركة جيبية سعتها B

حيث:

$$B = 2 A \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} x \right) \quad (4)$$

أي أن السعة دالة في المسافة x "تتغير بتغير المسافة" ومن هنا يمكن التفريق بين تلك الأمواج التي تسمى أمواجاً موقوفة والأمواج المنتشرة في وسط ما من حيث السعة فإن سعة الموجة الموقوفة تتغير مع المسافة على عكس الموجة المنتشرة في وسط ما فهي تنتشر بتردد وسعة ثابتين أما الموقوفة فهي تنتشر بتردد ثابت وسعة متغيرة.

وبدراسة العلاقة (4) التي تمثل سعة الموجة الموقوفة نجد أن:
أولاً: تبلغ السعة أقصى ما يمكن عندما تكون:

$$\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} x\right) = \pm 1$$

أي عند المواضع:

$$x_n = n \frac{\lambda}{2} \quad ; \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (5)$$

وتسمى هذه المواضع باسم البطون وتقع على مسافات متساوية وتفصل إحداها عن التالية لها مسافة تساوي $\lambda/2$.
ثانياً: تنعدم السعة عندما تكون:

$$\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} x\right) = 0$$

أي عند المواضع:

$$x_n = \left(n + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{2} \quad ; \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (6)$$

وتسمى هذه المواضع التي تنعدم فيها السعة باسم العقد وتقع على مسافات متساوية وتفصل إحداها عن التالية لها مسافة تساوي $\lambda/2$.
ومن العلاقتين (5)، (6) نجد أن :

$$x_n - x_0 = \frac{\lambda}{2} n \quad ; n = 1, 2, 3, \dots \quad (7)$$

حيث x_0 هي موضع بطن، x_n هي موضع البطن رقم n بعد البطن x_0 والعلاقة السابقة صحيحة بالنسبة لمواضع البطون ومواضع العقد.

خطوات العمل:

- 1- ضع جهاز الميكروويف "المرسل" ووجهه نحو شاشة معدنية عمودية تماماً علي اتجاه البث وعلي بعد 100 سم تقريباً.
- 2- ضع الباحث ذي الصمام الثنائي علي التدرج بين المرسل والشاشة، بحيث يكون قريباً من الشاشة كما بالشكل (1).
- 3- حرك الباحث ببطء في اتجاه محور البث ومقرباً من المرسل وعين موضع بطن ولتكن x_0 .
- 4- حرك الباحث مرة أخرى ببطء في اتجاه محور البث ومقرباً من المرسل ستجد أن الشدة تقل ثم تزداد حتى تصل إلى قيمة عظمى عندها تكون وصلت للبطن التالية "البطن الأولي". عين موضعها وليكن x_1 ، وسجل القراءات في الجدول المرفق.
- 5- كرر الخطوة 4 n مرة.
- 6- ارسم العلاقة بين n على المحور الأفقي، $x_n - x_0$ على المحور الرأسي ومن الميل الذي يساوي $\lambda/2$ عين قيمة الطول الموجي لأشعة الميكروويف λ .

النتائج:

د. هشام العطار

$$x_0 = \dots\dots\dots$$

n	x_n	$x_n - x_0$
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

$$\text{الميل} = \dots\dots\dots$$

$$\lambda = \dots\dots\dots$$