كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الثالثة

المادة : بصريات موجية

المحاضرة : الثالثة/عملي/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية ، تكنولوجيا المعلومات والاتصالات

3

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

تجربة : حلقات نيوتن

الهدف من التجربة:

دراسة تداخل الضوء الحادث في غشاء هوائي محصور بين الوجه المحدب لعدسة مقربة رقيقة والوجه المستوي للوح الزجاجي، ثمّ قياس نصف قطر انحناء هذه العدسة باستخدام ضوء وحيد اللون طول موجته معلوم.

$$R = \frac{X_k^2 - X_m^2}{\lambda(k - m)}$$

حيث:

X_k : نصف قطر انحناء الحلقة من الرتبة K ويقدر بـ cm .

X_m : نصف قطر انحناء الحلقة من الرتبة m ويقدر بـ cm .

λ : طول موجة ضوء وحيد اللون A^0 .

K : رتبة الهدب المضاء حيث *K=2,3……* .

m: رتبة الهدب المظلم وتأخذ قيمة واحدة m=1 .

R : نصف قطر انحناء الوجه المحدب للعدسة ويقدر بـ cm .

الأجهزة والأدوات المستخدمة :

- منبع ضوئي وحيد اللون.
- عدسة مقربة .
- جهاز حلقات نيوتن وهو عبارة عن لوح زجاجي مستوي وضع فوقه عدسة محدبة مستوية، نصف قطر الوجه المحدب R .
- حاجز (شاشة مراقبة).

ملخص نظري:

إذا وضعت عدسة محدبة مستوية نصف قطر وجهها المحدب S يساوي R في تماس مع لوح زجاجي مستوي p فإنه يتكون فيما بينهما زاوية هوائية سماكتها متغيرة، ففي النقطة I تكون مساوية لـ $\acute{H}O = e$ ولكي تكون هذه الزاوية صغيرة يجب أن يكون نصف قطر انحناء الوجه المحدب CO=R كبيراً بالنسبة لـ HO {شكل (١-a)}.

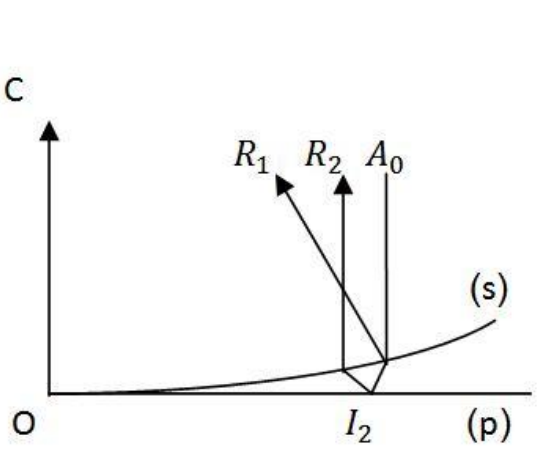
إذا جعلنا الضوء يسقط ناظمياً على الوجه المستوي للعدسة فإنه يخترق هذا الوجه دون أن يعاني أي انكسار، يصل الضوء إلى الوجه المحدب متبعاً المسار $\overrightarrow{A_0I_1}$ كما في الشكل (١-b) فينعكس قسماً منه بالاتجاه $\overrightarrow{R_1I_1}$ وينفذ القسم الآخر متبعاً المسار $\overrightarrow{I_1I_2}$ ثمّ ينعكس على اللوح الزجاجي (p) ليلاقي الوجه المحدب في النقطة I_3 وبعدها ينكسر بالاتجاه $\overrightarrow{I_3R_2}$ ليلاقي الشعاع المنعكس مباشرةً $\overrightarrow{I_1R_1}$ في النقطة M حيث تتشكل الأهداب .

وبالتالي سطح تشكل الأهداب هو مجموعة النقاط M التي نحصل عليها بهذه الطريقة عندما نجعل الشعاع $\overrightarrow{A_0I_1}$ ينتقل موازياً لنفسه ليمسح كامل العدسة، وليس من السهل تحديده، إنما يمكن القول بأنه يمر من O وإذا قبلنا بأنه يمكننا تلبيس الوجه المحدب للعدسة بالمماس له فيتكون بذلك بين العدسة واللوح

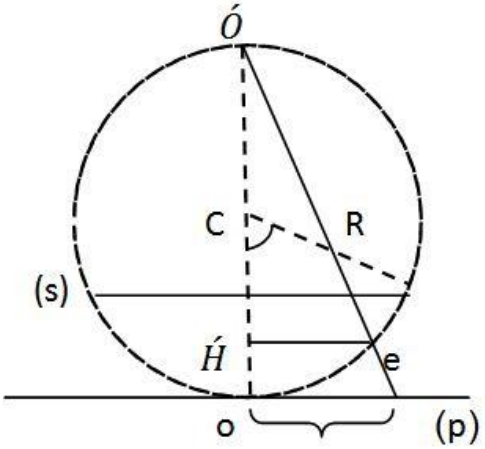
الزجاجي زاوية هوائية ونستطيع عندها تطبيق نتائج الزاوية الهوائية دون ارتكاب خطأ يُذكر والقول بأنَّ الأهداب تتوضع على الوجه السفلي للزاوية الهوائية .

تُدعى هذه الأهداب بأهداب تساوي السماكة وهي في حالة الزاوية الهوائية خطوط مستقيمة متوازية، أمّا هنا وبسبب التناظر الدوراني للعدسة فإنَّ الأهداب عبارة عن حلقات متمركزة مظلمة فمضيئة متعاقبة إذا كنا نشاهدها بالانعكاس لأنه في هذه الحالة يكون الهدب المركزي مظلم وتكون مضيئة فمظلمة متعاقبة إذا كنا نشاهدها بالنفاذ وأقل جمالاً ووضوحاً .

أمّا إذا أضيئت الجملة بالضوء الأبيض العادي وكنا نراقبها بالانعكاس فإنَّ الحلقات تصبح ملونة وذات مركز أسود منطبق على o تدعى هذه الحلقات بحلقات نيوتن.



الشكل (١-b)



الشكل (١-a)

حساب أنصاف أقطار الحلقات :

إذا فرضنا أن نصف قطر الحلقة (k) هو : $x_k = I\acute{H}$ كما في الشكل (١-a) فإننا نستطيع أن نستنتج من المثلث القائم $IO\acute{O}$ أنَّ:

$$\overline{I\acute{H}} = \overline{O\acute{H}}.\overline{\acute{O}\acute{H}} = e(2R - e) = 2eR - e^2 \approx 2eR$$

إذاً: $x_k^2 = 2eR$ ومنه : $e = \frac{x_k^2}{2R}$ (1)

فرق المسير في الزاوية الهوائية في حالة الورود الناظمي هو:

$$\Delta = 2e + \frac{\lambda}{2} \qquad (2)$$

وبالتعويض عن e بقيمتها المحسوبة سابقاً فإننا نجد: $\Delta = \frac{x_k^2}{R} + \frac{\lambda}{2}$

وبما أنَّ الحلقات السوداء (الاهداب المظلمة) توافق فرقاً في المسير مساوياً لعدد فردي من أنصاف طول الموجة، أي: $\Delta = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$

فإننا نستنتج من هاتين العلاقتين أنَّ: $x_k = \sqrt{kR\lambda}$ (3)

تعطي هذه العلاقة أنصاف أقطار الحلقات المظلمة ونلاحظ أنَّ الهدب المركزي مظلم لأنه يوافق k=0 وأنَّ أنصاف أقطار هذه الحلقات المظلمة يتناسب طرداً مع الجذر التربيعي للأعداد الطبيعية $\sqrt{k}$.

أما أنصاف أقطار الحلقات المضيئة تُعطى بالعلاقة :

$$x_{\mathrm{k}} = \sqrt{\left(k + \frac{1}{2}\right) R\lambda} \qquad (4)$$

<u>حساب الطول الموجي باستخدام حلقات نيوتن:</u>

بما أنَّ أنصاف أقطار الحلقات المظلمة في حالة الورود الناظمي تعطى بالعلاقة (٣) فإنه باستطاعتنا إذا عرفنا نصف قطر انحناء الوجه المحدب للعدسة R وقسنا نصف قطر إحدى الحلقات x_{k} أن نحسب طول الموجة λ للضوء الوحيد اللون المستخدم، ولكن ليس من السهل عملياً التأكد من أنَّ العدسة واللوح الزجاجي متماسين تمام التماس وإذا أردنا تحقيق ذلك باستخدام البزالات الثلاثة التي تحمل العدسة واللوح فإنه قد ينشأ تشوه للسطحين المتماسين ولتجنب ذلك نتبع في حساب λ الطريقة التالية:

لنفرض أنَّ (b) هي المسافة الفاصلة بين ذروة العدسة واللوح الزجاجي، وبالتالي يصبح سمك الطبقة الهوائية عند النقطة التي إحداثياتها x_{k} هو (e+b) حيث e يبقى معطى بالعلاقة (١) نفسها، أمّا عبارة فرق المسير تصبح:

$$\Delta = 2(\mathrm{e} + \mathrm{b}) + \frac{\lambda}{2}$$

الحلقات السوداء توافق فرقاً في المسير مساوياً لعدد فردي من أنصاف طول الموجة، نجد:

$$2(\mathrm{e} + \mathrm{b}) = k\lambda$$

بالتعويض عن e من العلاقة (١) نحصل على :

$$2\left(\frac{x_{\mathrm{k}}^2}{2R} + b\right) = k\lambda$$

ومنه : $x_{\mathrm{k}}^2 = R(k\lambda - 2b)$ (5) وهذا من أجل حلقة مظلمة ذات الرتبة k .

أمّا من أجل حلقة مظلمة آخرى رتبتها m فإنَّ العلاقة (٥) تكتب بالشكل :

$$x_m^2 = R(m\lambda - 2b) \qquad (6)$$

وبطرح هاتين العلاقتين نحصل على :

$$x_{\mathrm{k}}^2 - x_m^2 = \mathrm{R}\lambda(K - m)$$

فيكفي إذاً أن نقيس نصف قطر أي حلقتين ونعرف عدد الحلقات التي تفصل بينهما لنستطيع حساب طول الموجة:

$$\lambda = \frac{x_{\mathrm{k}}^2 - x_m^2}{\mathrm{R}(K - m)} \qquad (7)$$

<u>خطوات العمل:</u>

١- رتّب الأجهزة والأدوات المستخدمة في التجربة كالتالي : منبع الإضاءة ، العدسة، جهاز حلقات نيوتن، حاجز .

٢- نشغل جهاز الليزر(منبع الإضاءة) ونوجه حزمته بحيث نشاهد بالانعكاس حلقات مرسومة على الحاجز، يمكننا التحكم بهذه الحلقات باستخدام البُزالات الثلاثة الموجودة على أحد وجهي جهاز حلقات نيوتن وذلك بضغطها أو حلها بحيث نحصل على التلامس الملائم بين اللوح الزجاجي والعدسة المحدبة.

في حالة نفوذ الضوء يكون الهدب المركزي مضيء، وفي حالة انعكاس الضوء يكون الهدب المركزي مظلم وهو المطلوب لحساب أنصاف أقطار حلقات نيوتن x ومنها نستطيع حساب نصف قطر العدسة R المستخدمة.

لاحظ وجود مسطرة مدرجة مرسومة داخل جهاز الحلقات البعد بين كل تدريجتين متجاورتين هو 1mm .

٣- بملاحظتك لخيال المسطرة المدرجة يمكنك حساب كم مرة تكبرت الميلمتر الواحدة.

احسب التكبير(هو الفرق بين خطين متتاليين للمسطرة المنعكسة على الحائط على الفرق بين تدريجتين للمسطرة الحقيقة وهو 1mm) من العلاقة $\frac{\text{طول الخيال}}{\text{طول الجسم}}$.

٣- قس أنصاف أقطار الحلقات ١,٢,٣,٤,٥ ، سمّي نصف قطر الحلقة ذات الرقم k بـ x_{k} وذات الرقم m بـ x_{m} حيث $k > m$

٥- قسّم أنصاف الأقطار التي قستها على التكبير تحصل على أنصاف أقطار الأهداب .

٦- طبق العلاقة التالية لحساب نصف قطر العدسة R المحدبة الستخدمة : $R = \frac{x_k^2 - x_m^2}{\lambda(k-m)}$ وارسم منحني$(x_k^2 - x_m^2)$ بتابعية $(k-m)$ (يعني ذلك أنَّ المحور الشاقولي ممثلاً $(x_k^2 - x_m^2)$ والمحور الأفقي ممثلاً $(k-m)$).

٧- احسب ميل هذا المنحني الذي يمثل المقدار Rλ

٨- قسّم هذا المقدار على طول الموجة $\lambda = 6328\ \mathrm{A}^0$ واحسب من ذلك نصف قطر تحدب عدسة نيوتن R.

٩- نحسب الخطأ النسبي والمطلق المرتكب في حساب R من القانون التالي:

$$\mathrm{R} = \frac{\mathrm{X_k^2 - X_m^2}}{\lambda(\mathrm{k-m})}$$

بالطريقة اللوغاريتمية كالتالي:

نأخذ لوغاريتم الطرفين: $ln\, R = \ln\left(\mathrm{X_k^2 - X_m^2}\right) - ln\,\lambda - ln(\mathrm{k-m})$

نفاضل الطرفين:

$$\frac{dR}{R} = \frac{d\left(\mathrm{X_k^2 - X_m^2}\right)}{\left(\mathrm{X_k^2 - X_m^2}\right)} - \frac{d\lambda}{\lambda} - \frac{d(\mathrm{k-m})}{(\mathrm{k-m})} = \frac{2X_K dX_K - 2X_m dX_m}{\mathrm{X_k^2 - X_m^2}} - \frac{d\lambda}{\lambda} - \frac{d(\mathrm{k-m})}{(\mathrm{k-m})}$$

ننتقل من التفاضل d إلى التغاير Δ (حيث تصبح كل إشارة ناقص زائد) مع ضرورة حذف الثوابت:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{2X_K \Delta X_K + 2X_m \Delta X_m}{\mathrm{X_k^2 + X_m^2}}$$

وهو الخطأ النسبي حيث $\Delta X_K = \Delta X_m = 0.05\mathrm{mm}$

ومنه نحسب الخطأ المطلق والقيمة الحقيقة التي تكتب على الشكل التالي $(R \pm \Delta R)mm$.

<u>ملاحظة : يجب الانتباه إلى ضرورة تناسق الواحدات في كل الحسابات والرسم على ورقة ميلمترية</u>

مكتبة A to Z