كلية العلوم

القسم : **الفيزياء**

السنة : **الثالثة**

المادة : بصريات موجية

المحاضرة : الرابعة/عملي/

{{ A to Z مكتبة }}

Facebook Group : A to Zمكتبة

تجربة : انعراج فرانهوفر (Fraunhofer Diffraction Experiment)

<u>الهدف من التجربة:</u>

١- قياس عرض الشق باستخدام القانون التالي

$$d = \frac{\lambda D}{i}$$

حيث λ : طول موجة ضوء وحيد اللون وهنا تساوي $\lambda = 6328A^0$.

i : البعد الهدبي(هو البعد بين مركزي هدبين متتالين متماثلين مضيئين أو مظلمين) ويعطى بالعلاقة التالية : $i = \frac{X}{K}$ حيث X: المسافة بين أول هدب وآخر هدب ، K: عدد الأهداب.

d : عرض الشق ، D: المسافة بين الشقين والحاجز .

<u>الأجهزة والأدوات المستخدمة :</u>

منبع ضوئي وحيد اللون نقطي.

حامل الشقوق.

حاجز.

مقياس متر.

<u>ملخص نظري:</u>

<u>الانعراج(الحيود)</u>(<u>Diffraction</u>) : هو حيود الضوء أو انحرافه عن مبدأ الانتشار المستقيم ودخولها في منطقة الظل الهندسي ، فعند وضع حاجز عاتم صغير أمام منبع ضوئي نلاحظ أنَّ الضوء يتوغل قليلاً في منطقة الظل الهندسي وإذا استبدلنا الحاجز العاتم بثقب صغير صُنع في لوح عاتم فيجب أن يتكون على شاشة المراقبة حسب مبدأ الانتشار المستقيم حلقة مضيئة أبعادها تساوي أبعاد الثقب ولكننا في الواقع نشاهد حلقات أكبر من ذلك بكثير وإذا كان الضوء وحيد اللون فإننا نشاهد حلقات مضيئة ومظلمة متعاقبة تدعى أهداب الانعراج (Diffraction Fringes) ويكون الهدب المركزي مضيئاً.

ظواهر الانعراج تشمل كلّ أنواع الموجات من صوتية، مائية، ضوئية، لاسلكية، قصيرة وسينية، وتشارك في ظاهرة الانعراج ثلاثة عناصر:

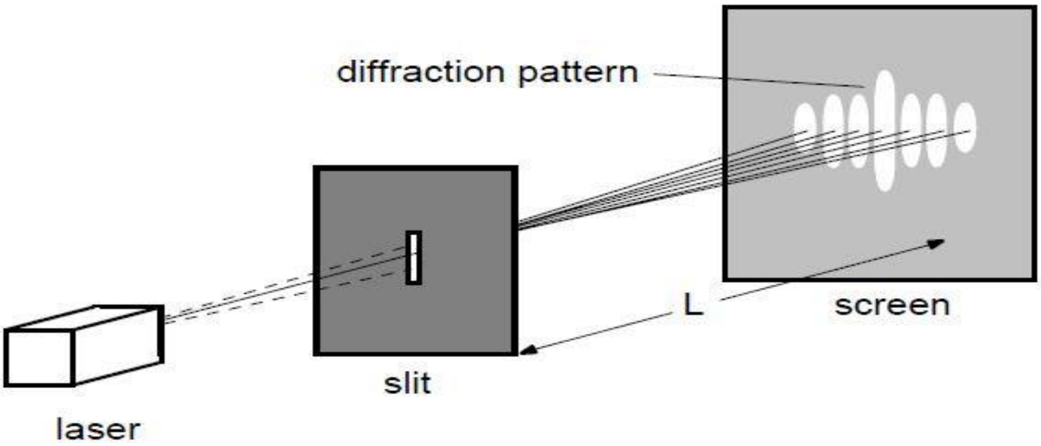
المصدر(source)، عنصر الانعراج(diffraction element)، والشاشة(screen).

عنصر الانعراج يمكن أن يكون إمّا فتحة أو عائق أو عدسة أو أي عنصر(أداة) انعراج آخر يوضع بين المصدر والشاشة، ونلاحظ نمط الشدة(نمط الانعراج)على شاشة المراقبة.

تنقسم ظاهرة الانعراج لنوعين مختلفين هما :

انعراج فرينل وانعراج فرانهوفر (Fraunhofer diffraction and Fresnel Diffraction)، حيث يصف انعراج فرينل نمط المجال القريب الذي يُلاحظ عندما يتمّ وضع الشاشة بالقرب من الشق بحيث لا تُحدث تأثيرات الموجة سوى تصحيح صغير للظل الهندسي للفتحة أما انعراج فرانهوفر فيصف نمط انعراج المجال البعيد الذي يُلاحظ عندما تُوضع الشاشة على مسافة بعيدة عن الشق وسندرس هنا انعراج فرانهوفر، بمعنى آخر إذا كان الشق مضاءً بموجة كروية متباعدة وكنا نراقب الاهداب على مسافة محدودة فإنَّ الظاهرة تدعى انعراج فرينل أمّا إذا كان الشق مضاءً بموجة مستوية أي بحزمة متوازية وكنا نراقب الأهداب في اللانهاية أيّ في البعد المحرقي لعدسة مقربة(لأن المحرق هو خيال الأجسام الواقعة في اللانهاية) فإنَّ الظاهرة تدعى انعراج فرانهوفر أي الانعراج في اللانهاية.

يعرض الشكل (١) انعراج فرانهوفر :



الشكل (١)

يصدر من منبع الليزر ضوء يمر عبر الشق ونشاهد نمط الانعراج على الشاشة الناتج عن التداخل البناء والهدام لمختلف الأمواج الصادرة عن المنابع النقطية فحسب مبدأ هايغنز كل نقطة من صدر الموجة داخل الفتحة (الشق) تُعد منبع ثانوي جديد يُصدر أمواجاً ثانوية، تتداخل الأمواج الصادرة من هذه المنابع الثانوية والمتناظرة بالنسبة لمركز الثقب النقطي لتشكل أهداب الانعراج التي نشاهدها على شاشة المراقبة، وهي مجموعة من الأهداب المضيئة والمظلمة المتعاقبة ويكون الهدب المركزي مضيئاً وعريضاً بمقدار ما يكون الشق ضيقاً ويتناقص عرضه إذا كان عرض الشق كبيراً وهذا مخالف لمبدأ الانتشارالمستقيم لنيوتن .

يعطى فرق المسير بين الشعاعين المنعرجين بالعلاقة : $\Delta = d\sin\theta$ حيث d هو عرض الشق الذي فرضناه صغير جداً أمام طوله وبذلك تُهمل حوادث الانعراج وفق طول الشق ويقال عن المسألة أنها مسألة شق وحيد البعد.

سعة الموجة المنعرجة عن شق تتطابق مع تحويل فورييه للتابع الرياضي المعبر عن عبورية الضوء من الشق :

$$A(u) = d\,\frac{\sin(\pi u d)}{} = d\ sinc\ (\pi u d)$$

وبالتالي شدة الإضاءة النافذة من الشق تتناسب مع مربع السعة، أي:

$$= A(u)\big(A(u)\big) \ = I_0\left(sinc\ (\pi u d)\right)$$

تتعين مواقع الأهداب المظلمة عندما تكون شدة الإضاءة معدومة : $I = 0$ ويتحقق ذلك عندما

$$\sin(\pi ud) = 0 \Rightarrow \pi ud = k\pi \ \Rightarrow u = \frac{k}{d}$$

حيث : $k = \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots \dots$

وبالتعويض عن u بقيمتها في علاقة التواتر المكاني $\frac{\xi_k}{\lambda D} = \frac{\sin\theta}{\lambda} = u$ نجد:

$$\frac{\sin\theta}{\lambda} = \frac{k}{d} \Rightarrow \sin\theta = k\frac{\lambda}{d}$$

$$\xi_k = D\sin\theta \Rightarrow \xi_k = k\frac{\lambda D}{d}$$

أمّا مواقع الأهداب المضيئة فتتعين عندما تكون شدة الإضاءة عظمى ويتحقق ذلك عندما يكون:

$$\frac{dI}{du} = 0$$

وبالاشتقاق نجد : $2I_0\left[\frac{\sin(\pi ud)}{\pi ud}\right]\left[\frac{\pi d\ \cos\pi ud(\pi ud) - \pi d\ \sin\pi ud}{(\pi ud)^2}\right] = 0$

ومنه إمّا $\frac{\sin(\pi ud)}{\pi ud} = 0$ وهي توافق مواقع الأهداب المظلمة.

وإمّا $\cos\pi ud(\pi ud) - \sin\pi ud = 0$

والتي تكتب بالشكل $\tan\pi ud = \pi ud$

وحلّ هذه المعادلة هو: $\pi ud = (2k+1)\frac{\pi}{2} \Rightarrow u = (2k+1)\frac{1}{2d}$

وبالتعويض عن u بقيمتها نجد:

$$\frac{\sin\theta}{\lambda} = (2k+1)\frac{1}{2d} \Rightarrow \sin\theta = (2k+1)\frac{\lambda}{2d}$$

$$\xi_k = D\sin\theta \Rightarrow \xi_k = (2k+1)\frac{\lambda D}{2d}$$

يُعطى البعد الهدبي الذي يمثل البعد بين مركزي هدبين مضيئين أو مظلمين متاليين هو:

$$i = \xi_{k+1} - \xi_k = \frac{\lambda D}{d}$$

خطوات العمل:

١- رتب عناصر التجربة كالتالي المنبع الليزري ، حامل الشقوق ، الحاجز .

٢- نضيء المنبع الليزري ونوجه الضوء نحو منتصف الشق A ونرى الأهداب المتشكلة على الحاجز ونرسم الأهداب الواضحة والمتناظرة على جانبي الهدب المركزي على ورقة ميلمترية ثمَّ نقيس المسافة الفاصلة بين أول هدب وآخر هدب من أجل الحالات الثلاث C,B,A .

٣- نقيس المسافة D بين مستوي الشقين ومستوي الحاجز .

٤- نحسب البعد الهدبي من أجل الحلات الثلاث من القانون $i=\frac{X}{K}$ حيث X: المسافة بين أول هدب وآخر هدب ، K: عدد الأهداب علماً أنَّ الهدب المركزي يحسب هدبان .

٥- نحسب عرض الشقوق C,B,A على الترتيب من القانون $d=\frac{\lambda D}{i}$

علماً أنَّ الطول الموجي $\lambda=6328A^0$

٦- نحسب الخطأ النسبي والمطلق المرتكب في حساب d من القانون التالي

$$d=\frac{\lambda D}{i}$$

بالطريقة اللوغاريتمية كالتالي:

نأخذ لوغاريتم الطرفين: $ln\,d=ln\,\lambda+ln\,D-ln\,i=ln\,\lambda+ln\,D-ln\,X+ln\,K$

نفاضل الطرفين: $\frac{dd}{d}=\frac{d\lambda}{\lambda}+\frac{dD}{D}-\frac{dX}{X}+\frac{dK}{K}$

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

$$\frac{\Delta d}{d}=\frac{\Delta D}{D}+\frac{\Delta X}{X}$$

وهو الخطأ النسبي حيث $\Delta X=\Delta D=0.05\mathrm{mm}$

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

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