كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الثالثة

المادة : بصريات موجية

المحاضرة : الخامسة/عملي/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

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

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

تجربة : شبكة الانعراج (Diffraction grating Experiment)

الهدف من التجربة:

١- دراسة انعراج حزمة متوازية من الضوء خلال شبكة انعراج مستوية وإيجاد عدد الحزوز باستخدام ضوء وحيد اللون عُلم طول موجته.

٢- استخدام شبكة الانعراج السابقة لقياس الأطوال الموجية لأضواء مختلفة وحيدة اللون

$$\lambda = \frac{d\ sin\theta}{p} = \frac{d}{p\ cos\theta}$$

حيث:

p : رتبة الهدب(رتبة الانعراج) .

d : البعد بين مركزي شقين متتاليين(دور الشبكة) .

θ : زاوية الانعراج عن الاتجاه الأصلي .

الأجهزة والأدوات المستخدمة :

شبكة انعراج عدد حزوزها ١٥٠٠٠ حز في الإنش (علماً أنَّ كل ١ إنش = ٢.٥٤ سم).

مصباح ضوء الزئبق.

مقياس زوايا يتألف من ثلاث أقسام رئيسية هي:

١- قرص مدّرج بالدرجات محمول على حامل من البلاتين يوجد في وسطه حامل لشبكة الانعراج.

٢- ذراعين الأول ثابت ويدعى المجمّع والثاني متحرك ويدعى النظارة، ينتهي المجمّع من الجهة الواقعة إلى داخل الجهاز بعدسة أمّا الجهة التي تقع إلى خارج الجهاز منتهية بشق يمكن تعييره بواسطة بزال مترابط معه يدعى بشق منبع الإضاءة لأن إضاءة الشبكة تتمّ عبر المجمّع من خلال هذا الشق.

في الحقيقة إنَّ البعد المحرقي للعدسة يساوي البعد بين العدسة وشق منبع الإضاءة، أيّ أنَّ الشق يقع في المستوي المحرقي لعدسة المجمّع لذا فإنَّ الأشعة الواردة عبر الشق تبرز من العدسة متوازية ولهذا دعي هذا القسم بالمجمّع.

٣- إنَّ الأشعة الواردة على الشبكة متوازية وتنعرج متوازية أيضاً وتجمّعها عدسة النظارة في مستويها المحرقي .

نجعل العدسة العينية الحرة الحركة (انسحاب ودوران) تطابق بين عين المشاهد والمستوي المحرقي فيشاهد طيف المصباح الذي هو مصباح الزئبق في التجربة.

ملخص نظري:

تتألف شبكة الانعراج الوحيدة البعد من عدد كبير من الحزوز المتماثلة والمتساوية البعد عن بعضها البعض وتتجاوز الـ ٥٠٠ حز بالميليمتر الواحد وبمقدار ما يكون هذا العدد كبيراً تكون قدرة الشبكة على فصل الألوان كبيرة، ويوجد نوعان منها:

- شبكة عاكسة: تُصنع بحزّ سطح مرآة مستوية حزوزاً لا متناهية في الدقة وضيقة جداً ومتساوية البعد عن بعضها البعض.

- شبكة نافذة: تُصنع بحزّ سطح قطعة من الزجاج بحيث يتولد فيها شقوق لا متناهية في الدقة وضيقة جداً ومتساوية البعد عن بعضها البعض وهي المستخدمة في التجربة.

يدعى البعد بين حزين متجاورين بدور الشبكة ونرمز له بـ d ، أمّا عرض الشق الواحد من الشبكة فنرمز له بـ a ويكون دائماً $a \ll b$ أي أنَّ عرض الشق a أصغر بكثير من طوله ولذلك لا نرى حوادث الانعراج باتجاه الطول ولهذا سميت شبكة وحيدة البعد، يوجد أيضاً في المختبر شبكات يكون فيها عرض الشق قريباً جداً من طوله وتدعى شبكات ثنائية البعد وفيها نرى حوادث الانعراج باتجاه العرض والطول أيضاً.

عند ورود حزمة متوازية من ضوء وحيد اللون على شبكة انعراج وحيدة البعد فإنها تنعرج، فإذا رمزنا لزاوية الورود بـ i ولزاوية الانعراج بـ θ ، فإننا نلاحظ أنَّ فرق المسير بين الشعاعان (١و٢) الواردان على شقين متتاليين كما في الشكل (١) يُحسب كما يلي:

$$\Delta_1 = d \sin i \quad , \quad \Delta_2 = d \sin \theta$$

وفرق المسير الكلي هو:

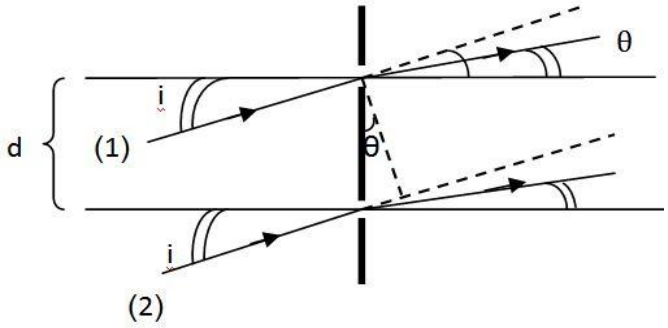
$$\Delta = \Delta_2 \pm \Delta_1 = d(\sin\theta \pm \sin i)$$

وضعنا $\pm$ في هذه المعادلة لأن زاوية الانعراج تعتبر موجبة إذا وقعت بجهة مخالفة لزاوية الورود بالنسبة للناظم وتعتبر سالبة إذا وقعت معها بجهة واحدة.

وبما أنَّ الشدات العظمى توافق فرقاً في المسير مساوياً لأعداد صحيحة من طول الموجة نحصل على :

$$d(\sin\theta \pm \sin i) = k\lambda \quad (1)$$

وفي حالة الورود الناظمي، أي الحالة التي تكون فيها زاوية الورود مساوية للصفر تصبح بالشكل التالي:



الشكل (١)

حيث : $k = \pm 1, \pm 2 \ldots\ldots$

فالشبكة ترينا الطيوف نفسها موزعة على جانبي الهدب المركزي من أجل القيم الموجبة والسالبة لـ K علماً أنَّ K تدعى رتبة الطيف .

فإذا كان k=1 فإننا نشاهد طيوف الرتبة الأولى الموجبة وعندها تكون زاوية الانعراج محققة للعلاقة:

$$\sin\theta_1 = \frac{\lambda}{d}$$

وهذه الطيوف هي الأقرب للطيف المركزي.

أمّا إذا كان k=2 فإننا نشاهد طيوف الرتبة الثانية وعندها تكون زاوية الانعراج محققة للعلاقة:

$$\sin\theta_2 = 2\frac{\lambda}{d}$$

ولذلك تأتي بعد طيوف الرتبة الأولى بالنسبة للطيف المركزي.

يُحدد العدد الأعظمي لمراتب الطيوف K بكتابة أنَّه يوافق $\sin\theta = 1$ ومن العلاقة (٢) نجد:

$$k = \frac{d}{\lambda}$$

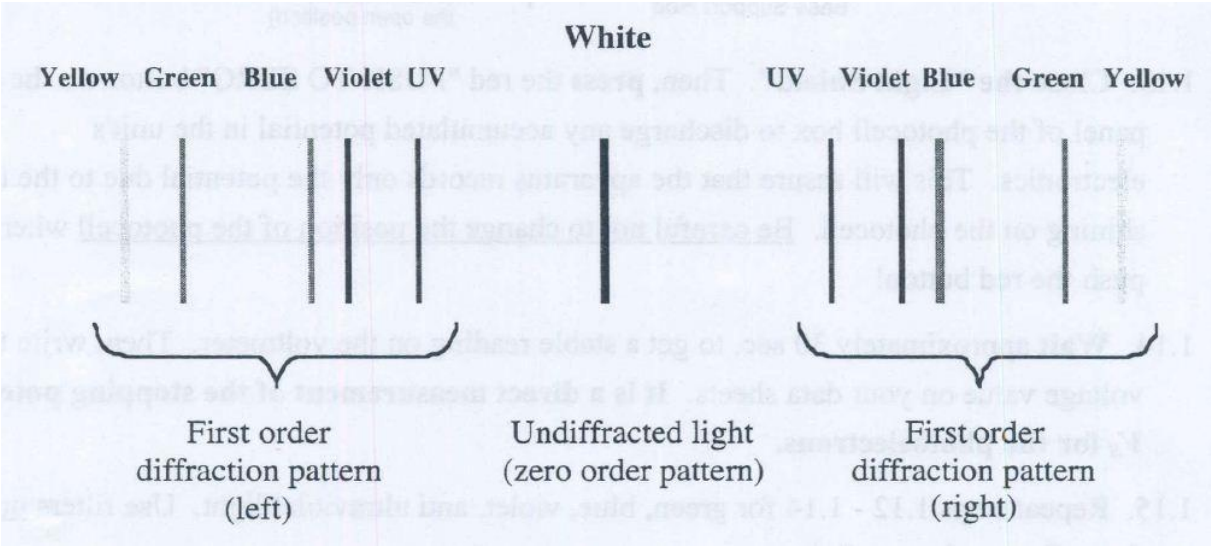
ويُقال الكلام نفسه عن المراتب العليا.

أمّا إذا أُضيئت الشبكة بضوء غير وحيد اللون يحوي على عدد من الأطوال الموجية أي ضوء مركب، فإنَّ الشبكة تحلل هذا الضوء المركب إلى ألوانه البسيطة.

ففي طيف الرتبة الأولى الموافق لـ k=1 نجد أنَّ : $\sin\theta_1 = \frac{\lambda}{d}$ فكل طول موجي λ يوافق زاوية انعراج θ_1 مختلفة وأصغر الأطوال الموجية الموجودة في المنبع توافق أصغر الزوايا كما تدل العلاقة السابقة لأنهُ كلما كبرت λ كبرت معها زاوية الانعراج وهذا يعني أننا نشاهد الألوان بدءاً من الطول الموجي الأقصر ثمّ الأطول ، فالأطوال موزعة على جانبي الطيف المركزي الذي يكون مطابقاً لمنبع الإضاءة في لونه، أمّا الموشور فيرتب الألوان بعكس ذلك من الأطول إلى الأقصر.

كما نجد بعد طيف الرتبة الأولى طيف الرتبة الثانية الموافق لـ k=2 موزع بالطريقة نفسها ثمّ نجد طيف الرتبة الثالثة الموافق لـ k=3 وهكذا .....

سيتم استخدام مصباح ضوء الزئبق(يبدو أبيض) كمصدر للضوء في التجربة الكهروضوئية ، وعلى الرغم من أنَّ ضوء الزئبق لن ينتج طيف مستمر من كل الألوان من الأحمر إلى البنفسجي لكنه بدلاً من ذلك سينتج أربع خطوط فقط (ترددات) في المجال المرئي وواحد في المجال فوق البنفسجي القريب.



يظهر في التجربة كما في الشكل السابق (الضوء الأبيض يبدو في المنتصف وعلى الجانبين الأيمن والأيسر تظهر ألوان الطيف للرتبة الأولى).

<u>خطوات العمل:</u>

١- اشعل المصباح .

٢- راقب في النظارة واضبط موقعها بتحريكها إلى الأمام والخلف حتى ترى أوضح خيال لشق منبع الإضاءة واجعل الخط العمودي للخطين المتصالبين للعينية يقع في منتصف خيال المنبع بتدوير العينية إلى الجهة المناسبة.

٣- ضع الشبكة في المكان المخصص لها بحيث تقع في منتصف الحزمة البارزة من المجمّع وتكون عمودية تماماً على مسار الحزمة(حالة الورود الناظمي).

٤- راقب في النظارة الطيوف المتشكلة واضبط عرض شق منبع الإضاءة بحيث تبدو الخطوط ضيقة قدر الإمكان.

حرّك المنظار إلى اليسار وسجّل الزاوية الموافقة لضبط خط العينية الشاقولي على مركز الهدب ذي اللون الأخضر من المرتبة الأولى(K=1) ذي الطول الموجي $\lambda = 5461\ A^0$

علماً أنَّ $(1A^0 = 10^{-10}m)$ وهي زاوية موجبة $(\theta_1 > 0)$.

٥- عند قراءتك للزاوية يجب أن تلاحظ أنَّ المنظار ينتهي من طرفه الملامس للقرص بجزء مدّرج ومقسّم إلى عشرة تقسيمات، كل تقسيمة توافق $\frac{1}{10}$ من الدرجة، علماً أنَّ الصفر يدل على الزاوية والتطابق بين أحد تقسيماته وتدريجات القرص يوافق الرقم العشري للزاوية.

٦- حرّك المنظار إلى اليمين هذه المرة وسجّل الزاوية الموافقة لتحكم خط العينية الشاقولي على مركز الهدب ذي اللون الأخضر من المرتبة الأولى(K=-1) وهي زاوية سالبة $(\theta_2 < 0)$.

٧- خذ فرق التدريجتين المقاستين من اليسار واليمين $(\theta_1 - \theta_2)$ فتحصل على مجموع زاويتي الانعراج ثمَّ اقسمه على ٢ فتحصل على زاوية الانعراج $\theta = \frac{\theta_1 - \theta_2}{2}$ ذلك لأنَّ الطيفين متناظرين بالنسبة للهدب المركزي.

٨- احسب قيمة d (دور الشبكة) لطيف الضوء الأخضر من المرتبة الأولى (K=1) ذي الطول الموجي $\lambda = 5461\ A^0$ من قانون الشبكة $d \sin\theta = k\lambda$

٩- كرّر نفس العملية من أجل جميع الألوان واحسب زاوية الانعراج من أجل كل لون ، وباستخدامك لقيمة d التي حسبتها ،احسب طول الموجة الموافق لكل لون بتطبيق قانون الشبكة حسب الجدول.

١٠- احسب القدرة التحليلية للشبكة من القانون التالي $\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = \frac{L \sin\theta}{\lambda}$ وذلك بفرض أنَّ طول الشبكة يساوي 4cm ثمّ رتب النتائج في الجدول كالتالي:

الخط الطيفي (اللون)	قراءة من اليمين θ_1	قراءة من اليسار θ_2	زاوية الانعراج $\bar{\theta} = \frac{\theta_1 - \theta_2}{2}$	$sin\,\theta$	طول الموجة(A^0) λ	القدرة التحليلية $\lambda/\Delta\lambda$
أخضر معلوم					5461	
بنفسجي						
أزرق						
أصفر						
أحمر						

٩- نحسب الخطأ النسبي في حساب طول الموجة من القانون التالي:

$$\lambda = \frac{d\ sin\,\theta}{p}$$

بالطريقة اللوغاريتمية كالتالي **وذلك من أجل خط طيفي واحد فقط :**

نأخذ لوغاريتم الطرفين: $ln\,\lambda = ln\,d + ln \sin\theta - ln\,p$

نفاضل الطرفين: $\frac{d\lambda}{\lambda} = \frac{dd}{d} + \frac{d\sin\theta}{\sin\theta} - \frac{dp}{p} = \frac{dd}{d} + \frac{\cos\theta}{\sin\theta}d\theta - \frac{dp}{p}$

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

$$\frac{d\lambda}{\lambda} = \frac{\Delta d}{d} + \cot\theta\,\Delta\theta$$

وهو الخطأ النسبي حيث $\Delta\theta = \frac{0.05*\pi}{180} = 0.0008\text{rad}$

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

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