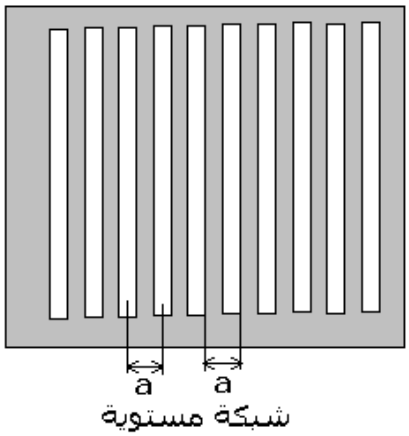
حيود الضوء بواسطة شبكة
Détraction de la lumière par un réseau

I ـ تعريف



الشبكة مجموعة بصرية تمكن من الحصول على ظاهرة تبدد الضوء الأبيض شأنها شأن الموشور . وهي عبارة عن صفيحة مكونة من عدة شقات دقيقة ومتوازية متساوية المسافة فيما بينها .

تعريف بخطوة الشبكة pas d'un réseau

تسمى المسافة بين شقين متتالين : خطوة الشبكة ويرمز له بالحرف a .

تتميز الشبكة بعدد الشقات في وحدة الطول أي عدد الشقات في متر واحد . ويعبر عن هذا العدد بالعلاقة $n=\frac{1}{a}$

حيث وحدة a هي المتر .

يوجد نوعين من الشبكات :

ـ شبكة ذات مساحة شفافة مثل الستائر وتسمى شبكة بالانتقال .

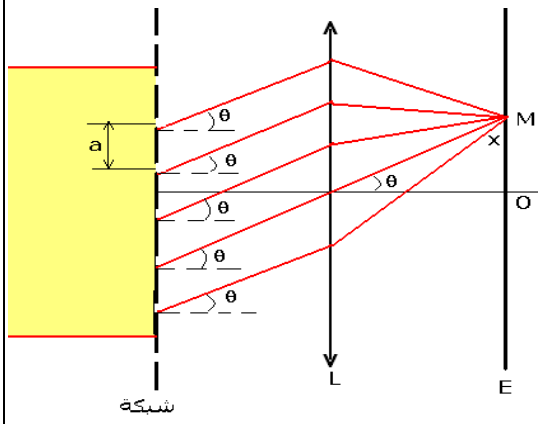
ـ شبكة ذات مساحة عاكسة مثل الأقراص المدمجة ذي القراءة باللازر وتسمى شبكة بالانعكاس

تمرين تطبيقي : تضم شبكة 400 شقا في المتر . احسب خطوة الشبكة a .

شبكة خطوتها $a=10^{-3}mm$. احسب n عدد الشقات في المتر .

II ـ الإبراز التجريبي لحيود الضوء الأحادي اللون بواسطة شبكة .

II ـ 1 ـ تجربة :



نرسل بواسطة جهاز اللازر حزمة ضوئية دقيقة أحادية اللون على شبكة بالانتقال (شبكة ذات مساحة شفافة) توجد أمام عدسة مجمعة .

نضع في المستوى البؤري الصورة للعدسة شاشة .

II ـ 2 ـ استثمار النتائج التجريبية

1 ـ صف ما تشاهده على الشاشة ؟

الشكل الملاحظ على الشاشة

نشاهد سلسلة من بقع ضوئية أحادية اللون متوازية ومتساوية المسافة فيما بينها ومتماثلة بالنسبة للبقعة المركزية .

ما اسم هذه الظاهرة ؟

ظاهرة الحيود . وهي تثبت الطبيعة الموجية للضوء وتتصرف شقوق الشبكة كمنابع ضوئية ثانوية ، تبعث موجات ضوئية في جميع اتجاهات المستوى .

2

ويصطلح على إعطاء الرتبة k=0 لهذه البقعة . وترقم البقع الأخرى انطلاقا من من رتبة البقعة المركزية ,

2 ـ 1 تحقق تجريبيا أن إضاءة البقع تنقص مع تزايد رتبها .

يتضح من خلال الشكل أنه كلما ابتعدنا من البقعة المركزية يتزايد عدد الرتب بينما الإضاءة تنقص

3ـ نعوض الشبكة بواسطة قرص مدمج

3 ـ 1 ماذا تلاحظ ؟

نلاحظ عدة أشعة ذات ألوان مختلفة أحادية أو طيف من الألوان الضوء الأبيض على وجه القرص

3 ـ 2 أين يجب وضع الشاشة للحصول على بقع ضوئية ؟

يجب وضع الشاشة في المكان الذي يوجد فيه الضوء المنعكس بواسطة القرص .

عندما يتبث الملاحظ شعاع على وجه القرص ويغير اتجاهه الزاوي بالنسبة لهذه النقطة يلاحظ عدة أطياف على وجه القرص من الأحمر إلى البنفسجي .

3 ـ 3 هل القرص المدمج شبكة بالانتقال ؟

ليست بشبكة بالانتقال لكن هو شبكة بالإنعكاس .

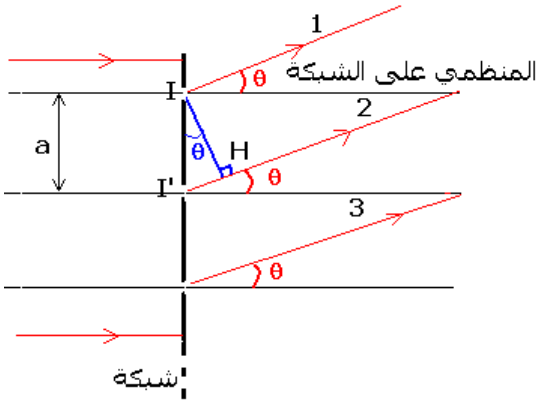
II ـ 3 ـ تفسير وتعليل : حالة ورود منظمي .

في هذه الحالة يكون اتجاه الحزمة الضوئية الأسطوانية الواردة على الشبكة عموديا وهذا يعني أن كل الشقات (أو الثقب) I و I' ....

جميع اتجاهات المستوى : نقول إن الشبكة سببت في حيود الضوء الأحادي اللون .

- فرق السير

تعريف : نعتبر الموجتين 1 ، 2 المنبعثتين من الشقين I و I' بحيث تكونان زاوية θ مع الخط المنظمي على الشبكة . نعرف فرق السير المسافة I'H بحيث H الإسقاط العمودي للنقطة I على الموجة 2 حسب الشكل :



بحيث أن d_1 المسافة $\delta = d_2 - d_1 = I'H$

المقطوعة من طرف الموجة 1 و d_2 المسافة لمقطوعة من طرف الموجة 2.

ولدينا $\theta = (\widehat{I'IH})$ إذن

$$\sin\theta = \frac{I'H}{II'} = \frac{I'H}{a} \Rightarrow I'H = a\sin\theta$$

أي أن $\delta = a\sin\theta$

- موضع النقط ذات إضاءة القصوى

كل الموجات الضوئية الأحادية اللون المنتشرة وفق الاتجاهات θ تتراكب فيما بينها ـ في اللانهاية ـ لكي تكوّ δ عددا مضاعفا لطول الموجة λ للموجة الضوئية .

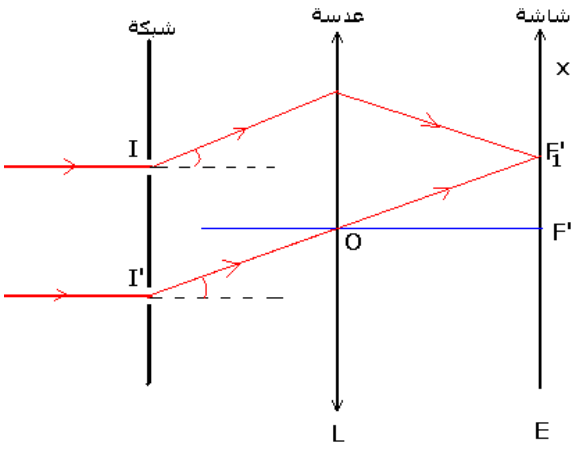
$$\delta = k\lambda \text{ avec } k \in Z$$

أي أن $a\sin\theta = k\lambda$ وبما أنه لدينا $a = \frac{1}{n}$

وبالتالي : $\sin\theta = k\lambda n$ بحيث أن $k \in Z$

هذه العلاقة : $\sin\theta = k\lambda n$ تحدد زوايا انحراف الاتجاهات الموافقة للإضاءة القصوية .

إذا اقتصرت الدراسة على النقط ذات الإضاءة القصوية (البؤر الثانوية الصورة) القريبة من البؤرة الرئيسية الصورة F' للعدسة المجمعة ، فإن زاوية الانحراف θ تكون صغيرة جدا ، فنكتب بتقريب مقبول :



$sin\,\theta \approx tan\,\theta = \frac{F'F'_1}{f'}$ حيث f' المسافة البؤرية

الصورة للعدسة .

وفي حالة الرتبة k نكتب :

$$sin\,\theta \approx tan\,\theta = \frac{F'F'_1}{f'} = \frac{x_k}{f'}$$

وبما أن $sin\,\theta = k\lambda n$ نجد أن : $\frac{x_k}{f'} \approx k\lambda n$

إذن : $\frac{x_k}{f'} \approx k\lambda n \Rightarrow x_k = kf'\frac{\lambda}{a}$

وبالتالي فإن النقط ذات الإضاءة القصوية F'_1 ، F'_2 ، F'_3 متساوية المسافة فيمل بينها .

هذه المسافة هي : $i = x_{k+1} - x_k = f'.\frac{\lambda}{a}$

- عدد النقط ذات الإضاءة القصوية .

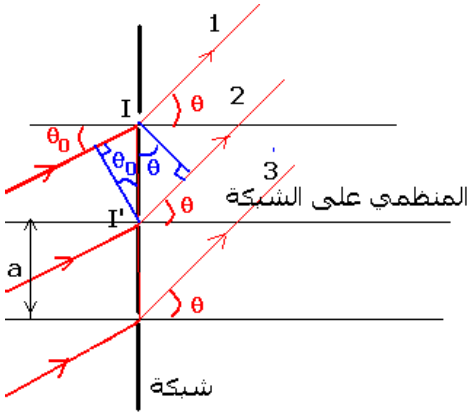
اعتمادا على العلاقة $sin\,\theta = k\lambda n$ وعلما أن $|sin\,\theta| \le 1$ نكتب $|k\lambda n| \le 1$

فنجد أن : $-\frac{1}{\lambda n} \le k \le \frac{1}{\lambda n}$ حيث $k \in Z$ وهو عدد النقط ذات الإضاءة القصوية .

II ـ 4 ـ تفسير وتعليل حالة ورود غير منظمي

نعتبر θ_0 زاوية ورود الأشعة الضوئية الأحادية اللون على الشبكة . نحسب فرق السير δ .

لدينا



$$\delta = d_2 - d_1 = I'H - IH$$

$$\theta_0 = \widehat{II'H}\,,\theta = \widehat{I'IH}$$

$$sin\,\theta = \frac{I'H}{II'} = \frac{I'H}{a} \Rightarrow I'H = a\,sin\,\theta$$

$$sin\,\theta_0 = \frac{H'I}{II'} = \frac{H'I}{a} \Rightarrow H'I = a\,sin\,\theta_0$$

$$\delta = a(sin\,\theta - sin\,\theta_0)$$

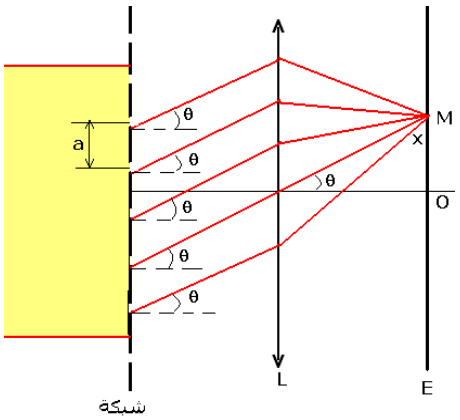
وبما أن التداخلات إنشائية فإن عبارة فرق السير هي : $\delta = k\lambda$ avec $k \in Z$

الشيء الذي يمكن من كتابة :

$$k\lambda = a(sin\,\theta - sin\,\theta_0)$$

$$sin\,\theta = sin\,\theta_0 + \frac{k\lambda}{a}$$

$$sin\,\theta = sin\,\theta_0 + k\lambda n \quad avec \quad k \in Z$$

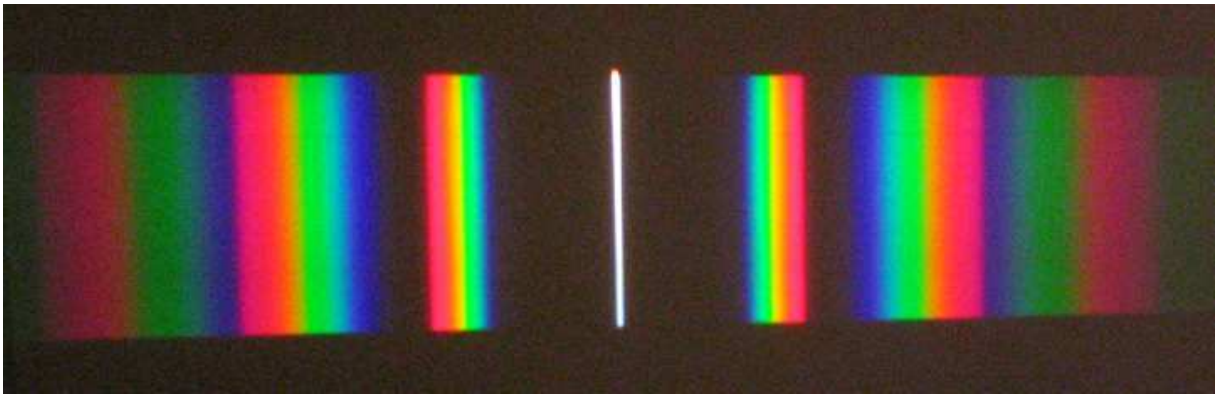


III ـ الإبراز التجريبي لحيود الضوء الأبيض بواسطة شبكة .

1 ـ تجربة .

نرسل حزمة ضوئية أسطوانية من الضوء الأبيض عموديا على شبكة بالإنتقال توجد أمام عدسة مجمعة L_2 .

نضع في المستوى البؤري الصورة للعدسة L_2 شاشة .



1 ـ صف ما تشاهده على الشاشة . ما اسم الظاهرة ؟

نلاحظ على الشاشة ظاهرة تبدد الضوء الأبيض حيث نشاهد سلسلة من أطياف الضوء الأبيض ما عدا البقعة المركزية بيضاء.

تسمى هذه الظاهرة بحيود الضوء الأبيض بواسطة شبكة .

2 ـ فسر لماذا تكون البقعة المركزية بيضاء اللون ؟

تتراكب جميع الأشعة الضوئية الأحادية اللون لتعطي بقعة مركزية بيضاء اللون (تراكب الضوء الأبيض)

3 ـ بالنسبة للطيف ذي الرتبة k=1 :

ـ ما الضوء الأكثر انحرافا الأحمر أم البنفسجي ؟

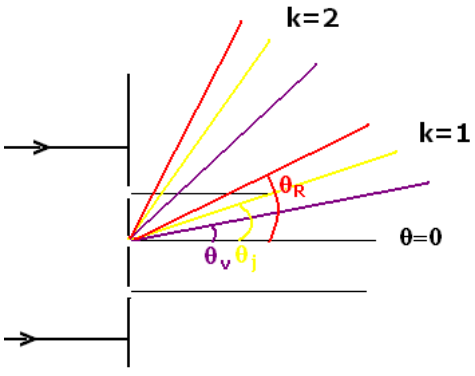
ـ انحراف الضوء الأحمر يكون أكبر من انحراف الضوء البنفسجي

4 ـ هل يتوافق هذا مع ما تمت ملاحظته بالنسبة لموشور ؟

لا يتوافق مع ما تمت ملاحظته بالنسبة للموشور (الضوء البنفسجي أكبر انحراف من الضوء الأحمر) تمكن الشبكة من حيود وتبدد الضوء الأبيض .

نستنتج أن : **زاوية انحراف الضوء الأحادي اللون (θ) الناتج عن تبدد الضوء بشبكة دالة تصاعدية لطول الموجة λ للموجة الضوئية .**

III ـ 2 زوايا الانحراف θ



حالة ورود منظمي :

نعتبر الحالة التي يكون فيها ورود الضوء الأبيض منظميا على الشبكة $\theta_0=0$ فتصبح العلاقة التي تعبر عن الإضاءة القصوية هي :

$$\sin\theta = \sin 0 + k\lambda n$$

$$\theta_0 = 0 \Rightarrow \sin\theta = k\lambda n$$

$$k \in Z$$

بالنسبة لزاوية θ صغيرة جدا تصبح هذه العلاقة :

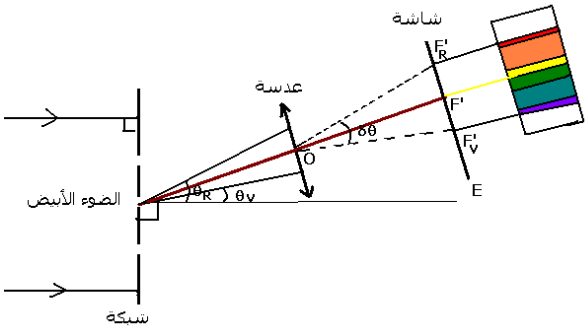
$$\theta_{rad} = k\frac{\lambda}{a} = k\lambda n$$

بما أن الضوء الأبيض يتكون من عدة أشعة أحادية اللون لها طول الموجة ينتمي إلى المجال $400nm \le \lambda \le 800nm$ فإن زاوية الانحراف تتعلق بقيمة λ أي بلون الإشعاع الأحادي اللون .

وجدول التالي يعطي عبارات sinθ بالنسبة للضوء الأحمر والأصفر والبنفسجي الموافقة للرتب k=0 و k=1 و k=2 للأطياف .

k=0	k=1	k=2
$\sin\theta = 0 \Rightarrow \theta = 0$ لايتبدد الضوء الأبيض الوارد على الشبكة فتكون البقعة المركزية بيضاء اللون .	$\sin\theta_R = 2\lambda_R n$ $\sin\theta_J = 2\lambda_J n$ $\sin\theta_V = 2\lambda_V n$	$\sin\theta'_R = 2\lambda_R n$ $\sin\theta'_J = 2\lambda_J n$ $\sin\theta'_V = 2\lambda_V n$

وكما هو الشأن بالنسبة للنقط ذات الإضاءة القصوية بالنسبة للضوء الأحادي اللون فإنه يمكن وضع عدسة رقيقة مجمعة لالونية وراء الشبكة حيث ينطبق مثلا محورها البصري الرئيسي مع اتجاه الضوء الأصفر للطيف ذي الرتبة (k=1) فيتكون طيف الضوء في المستوى البؤري الصورة لهذه العدسة .



III ـ 3 ـ عرض الطيف

يعبر عن عرض الطيف الضوء المرئي ذي الرتبة k=1 المحصل بواسطة الشبكة ب : $x_{1R} - x_{1V}$ حيث $x_{1R} = f'\lambda_R n$ أفصول البقعة الحمراء من الطيف انطلاقا من البقعة المركزية و $x_{1V} = f'\lambda_V n$ أفصول البقعة البنفسجية من نفس الطيف بالنسبة للبقعة المركزية البيضاء (k=0,x=0)

وبالتالي فإن $x_{1R} - x_{1V} = f'n(\lambda_R - \lambda_V)$

تعميم : عرض طيف الضوء المرئي ذي الرتبة k هو : $x_{kR} - x_{kV} = kf'n(\lambda_R - \lambda_V)$

من خلال هذه العلاقة يتبين أن عرض الطيف ذي الرتبة k=1 يزداد كلما صغرت خطوة الشبكة a ، أي كبر n عدد الشقوق في المتر ، وهذا يتوافق مع العلاقة الأخيرة . وتبين هذه العلاقة أنه للحصول على عرض كبير للطيف ، يجب اختيار عدسة ذات مسافة بؤرية f' كبيرة وشبكة عدد شقوقها في المتر كبير أيضا .