حيود الضوء بواسطة شبكة

I تعريف الشبكة ومميزاتها:

1) تعريف:

شبكة الحيود عبارة عن مجموعة بصرية تحتوي على عدة شقوق أوعدة خطوط رفيعة وهذه الشقوق أو الخطوط متوازية ومتساوية المسافة فيما بينها .

وهي نوعان:شبكة بالانتقال وهي صفيحة مستوية وشفافة وشبكة بالانعكاس وهي صفحة مستوية غير شفافة وعاكسة مثل الأقراص المدمجة.

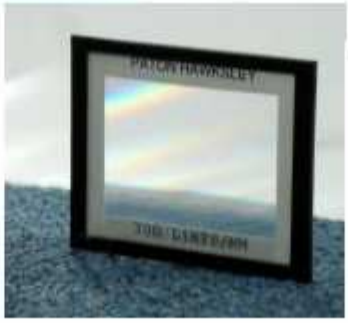
2) مميزات الشبكة:

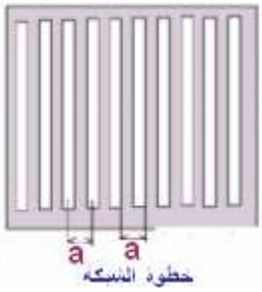
أ) خطوة الشبكة: هي المسافة الفاصلة بين شقين متتاليين ويرمز إليها بالحرف a ووحدتها (m).

ب)عدد شقوق الشبكة لوحدة الطول: تتميز الشبكة بعدد الشقوق لوحدة الطول (وهو عدد الشقوق في المتر الواحد)و نرمز إليه ب: n .

$$n=\frac{1}{a}(m^{-1})$$

شبكة بالانعكاس



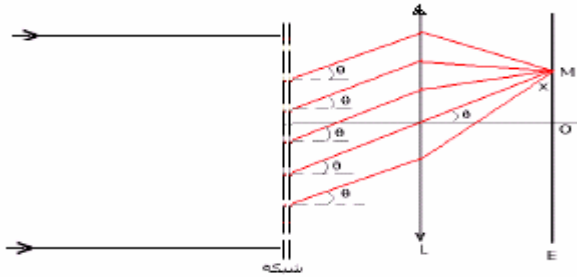


شبكة بالانتقال

II حيود الضوء بواسطة شبكة:

1)تجربة:

نرسل حزمة ضوئية منبعثة من منبع اللآزر عموديا على شبكة بالانتقال توجد أمام عدسة مجمعة ونضع شاشة في المستوى البؤري الصورة للعدسة.إذا كانت خطوة الشبكة أصغر أو مساوية لطول الموجة الضوئية نحصل على ظاهرة الحيود.



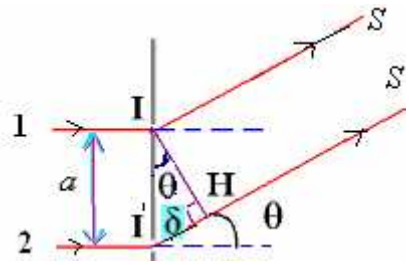
تتداخل الأشعة الضوئية ذات الاتجاهات θ والمنبثقة من الشبكة لتعطي بقعة ضوئية في نقطة M على الشاشة.

فنشاهد على الشاشة سلسلة من بقع ضوئية أحادية اللون متوازية ومتساوية المسافة فيما بينها ومتماثلة بالنسبة للبقعة المركزية. تسمى هذه الظاهرة بظاهرة الحيود بحيث تتصرف شقوق الشبكة كمنابع ضوئية وهمية. وتتناقص إضاءة البقع مع تزايد رتبتها.

2) تمثيل مسار أشعة ضوئية بعد اجتيازها الشبكة.

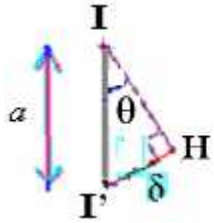
* حالة الورود المنظمي:

عندما ترد حزمة ضوئية عموديا على مستوي الشبكة نقول أن الورود منظمي.و ينتج عن انحراف الأشعة الضوئية بزاوية θ فرق في السير بين الشعاعين (1) و(2) .



$d_1 = IS$ المسافة التي تقطعها الشعاع1 بعد اجتيازه الشبكة . $d_2 = I'S'$: المسافة التي تقطعها الشعاع 2: .

ونسمي فرق السير بين الشعاعين (1)و(2)والذي نرمز إليه ب: δ المسافة $I'H = d_2 - d_1$.



ولدينا في المثلث القائم الزاوية IHI'

$\delta = a \sin\theta$

فرق السير

البقعة المركزية ناتجة عن الحزمة الضوئية التي تجتاز الشبكة دون انحراف لذلك اصطلح على إعطاء هذه البقعة الرتبة $k = 0$ ونرقم البقع الأخرى انطلاقا من رتبة هذه البقعة.

وموا ضع النقط ذات الإضاءة القصوى يوافق كون فرق السير مساويا لعدد صحيح لطول الموجة $\delta = k\lambda$ $(k \in Z)$

أي: $a\sin\theta = k\lambda$ مع $n = \frac{1}{a}$

إذن: $\sin\theta = k\lambda n$ مع $(k \in Z)$

ولدينا : $-1 \le \sin\theta \le +1$ إذن : $-1 \le k\lambda n \le +1$ ومنه: $-\frac{1}{\lambda n} \le k \le +\frac{1}{\lambda n}$

k هو عدد البقع ذات الإضاءة القصوية.)(وهو يتعلق بطول الموجة الضوئية وبعدد شقوق الشبكة لوحدة الطول).

كلما ازداد n أو λ كلما تناقص عدد البقع والعكس بالعكس.

تمرين تطبيقي : يرد شعاع أحادي $\lambda = 589nm$ منظميا على شبكة بالانتقال تحتوي على 500شق في الميليمتر.

1) اوجد عدد الشقوق لوحدة الطول .

2) أوجد عدد البقع ذات الاضاءة القصوى.

3) ما قيم θ الموافقة لكل منها ؟.

عدد البقع ذات الإضاءة القصوية

$$-\frac{1}{589\times10^{-9}\times5\times10^{5}\,m^{-1}} \le k \le +\frac{1}{589\times10^{-9}\,m\times5\times10^{5}\,m^{-1}}$$

أي :

$$-3{,}39 \le k \le +3{,}39$$

وبما أن $(k \in Z)$ فإن القيم الممكنة والتي تحقق الشرط الأسبق هي: $k \in \{-3,-2,-1,0,+1,+2,+3\}$

وبالتالي نحصل في هذه الحالة على 7 بقع ذات إضاءة قصوية.

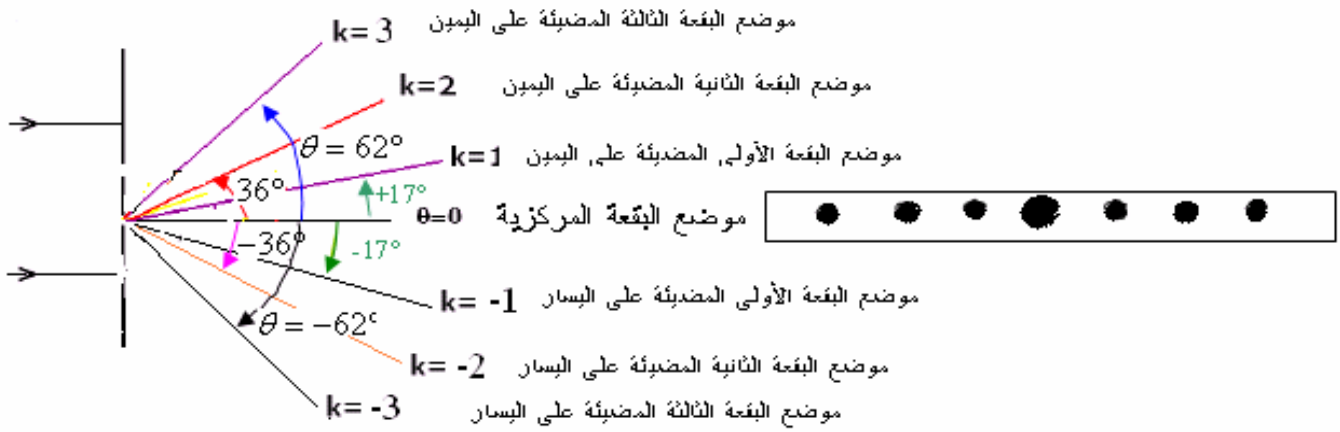
والإتجاهات الموافقة لهذه البقع تحقق العلاقة التالية: $\sin\theta_k = k\lambda n$

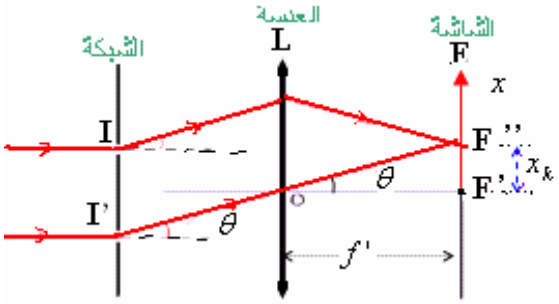
$k = 0$	$\Leftarrow$	$\sin\theta = 0$	$\Leftarrow$ $\theta = 0$ موضع البقعة المركزية.
$k = +1$	$\Leftarrow$	$\sin\theta = n\lambda = 0{,}295$	$\Leftarrow$ $\theta = 17°$
$k = +2$	$\Leftarrow$	$\sin\theta = 2n\lambda = 0{,}59$	$\Leftarrow$ $\theta = 36°$
$k = +3$	$\Leftarrow$	$\sin\theta = 3n\lambda = 0{,}885$	$\Leftarrow$ $\theta = 62°$

وبنفس الطريقة نجد : بالنسبة ل : $k = -1$ ، $\theta = -17°$

و بالنسبة ل: $k = -2$ ، $\theta = -36°$

و بالنسبة ل: $k = -3$ ، $\theta = -62°$





لدينا في المثلث القائم الزاوية $OF'F''$:

$$tg\theta = \frac{F'F''}{f'}$$

باعتبار محور ox أصله منطبق مع F' وموجه نحو الأعلى، البقعة الضوئية ذات الرتبة k توجد في المسافة x_k .

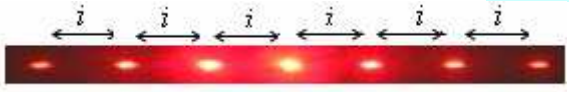
بحيث $tg\theta = \frac{x_k}{f'}$ **ونعلم أن** $\sin\theta = k.\lambda.n$

الزاوية θ جد صغيرة بحيث يمكننا أن نكتب بتقدير مقبول : $\sin\theta = tg\theta = \theta(rad)$

إذن: $\frac{x_k}{f'} = k.\lambda.n$ **ومنه :**

$$x_k = k.\lambda.n.f'$$

هذه العلاقة تحدد مواضع البقع ذات الإضاءة القصوى .



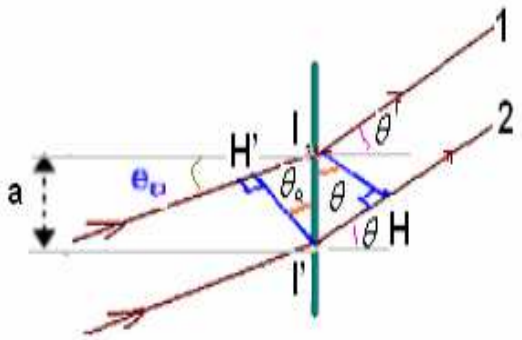
البقع ذات الإضاءة القصوى متساوية المسافة فيما بينها ،والمسافة الفاصلة بين بقعتين ضوئيتين متتاليتين هي:

$i = x_{k+1} - x_k$ بحيث: $x_{k+1} = (k+1).\lambda.n.f'$

إذن: $i = (k+1)\lambda nf' - k\lambda nf' = \lambda nf'$

المسافة الفاصلة بين بقعتين ضوئيتين متتاليتين $i = \lambda.n.f'$

حالة الورود الغير منظمي:



عندما ترد أشعة الضوء أحادية اللون مائلة بزاوية θ_0 على الشبكة يكون فرق السير:

$\delta = I'H - IH'$ **باعتبار المثلث القائم الزاوية:** $I.I'H$ **لدينا :** $\sin\theta = \frac{I'H}{a}$

و باعتبار المثلث القائم الزاوية: $I.I'H'$ لدينا $\sin\theta o = \frac{IH'}{a}$

إذن: $\delta = a(\sin\theta - \sin\theta o)$

وبذلك يكون مواضع البقع ذات الإضاءة القصوية هي التي تحقق العلاقة: $\delta = k\lambda$

أي: $a(\sin\theta - \sin\theta o) = k\lambda$

أي: $\sin\theta - \sin\theta o = k\lambda n$ لأن: $n = \frac{1}{a}$

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

وبما أن: $-1 \le \sin\theta \le +1$

فإن: $-1 \le k\lambda n + \sin\theta o \le +1$

$$\frac{-1-\sin\theta o}{\lambda n} \le k \le \frac{1-\sin\theta o}{\lambda n} \quad \text{مع } k \in Z$$

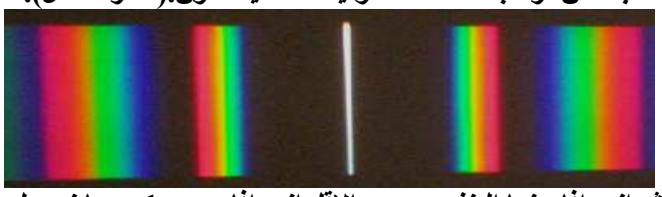
III) حيود الضوء الأبيض بواسطة شبكة:

1) وصف الظاهرة:

أ) تجربة: نعوض جهاز الآزر في التجربة السابقة بمنبع للضوء الأبيض.

ب) استنتاج:

نلاحظ تبدد الضوء الأبيض بعد اجتيازه للشبكة فنحصل على طيف الضوء الأبيض، حيث نشاهد سلسلة من أطياف الضوء الأبيض، والبقعة المركزية تكون بيضاء وهي ناتجة عن تراكب الأشعة الضوئية الأحادية اللون.(انظر الشكل).



كما نلاحظ أن الضوء الأحمر هو الأكثر انحرافا بينما البنفسجي هو الاقل انحرافا وهو عكس ما نحصل عليه بواسطة موشور.

نحصل بواسطة شبكة على حيود وتبدد الضوء الأبيض ، وزاوية انحراف الضوء الأحادي اللون الذي ينتج عن حيود الضوء الأبيض بواسطة شبكة دالة تصاعدية لطول الموجة λ .

2) زوايا الإنحراف: θ

نعتبر حالة الورود المظمي: $\sin\theta = k\lambda n$

وبالنسبة للضوء المرئي لدينا: $400nm \le \lambda \le 800nm$ $\theta(rad) = k\lambda n$

بالنسبة ل: $k = 0$ $\Leftarrow \sin\theta = 0$ مهما كانت قيمة λ ،لا تبدد الشبكة الضوء الواردفي هذا الاتجاه، ونحصل على بقعة مركزية بيضاء.

بالنسبة ل: $k = 1$ $\Leftarrow \sin\theta = \lambda n$

الإتجاهات للأشعة ذات اللون الأحمر والأصفر والبنفسجي هي على التوالي:

$$(\lambda_{Rouge} = 0{,}8nm) \Rightarrow \quad \sin\theta_{1R} = \lambda_R.n \Rightarrow \quad \theta_{1R}$$

$$(\lambda_{Jaune} = 0{,}6nm) \Rightarrow \quad \sin\theta_{1J} = \lambda_J.n \Rightarrow \quad \theta_{1J}$$

$$(\lambda_{Violet} = 0{,}4nm) \Rightarrow \quad \sin\theta_{1V} = \lambda_V.n \Rightarrow \quad \theta_{1V}$$

الشيء الذي يبين أن : $\theta_{1R} > \theta_{1J} > \theta_{1V}$

وبذلك تتحلل شبكة الضوء الأبيض فتعطي طيفا منفردا يسمى الطيف ذا الرتبة $k = 1$

بالنسبة ل $k = 2$ $\Leftarrow \sin\theta = 2\lambda n$

الاتجاهات للأشعة ذات اللون الأحمر والأصفر والبنفسجي هي على التوالي:

$$(\lambda_{Rouge} = 0{,}8nm) \Rightarrow \quad \sin\theta_{1R} = 2\lambda_R.n \Rightarrow \quad \theta_{2R}$$

$$(\lambda_{Jaune} = 0{,}6nm) \Rightarrow \quad \sin\theta_{1J} = 2\lambda_J.n \Rightarrow \theta_{2J}$$

$$(\lambda_{Violet} = 0{,}4nm) \Rightarrow \quad \sin\theta_{1V} = 2\lambda_V.n \Rightarrow \quad \theta_{2V}$$

الشيء الذي يبين أن : $\theta_{2R} > \theta_{2J} > \theta_{2V}$

وفي هذه الحالة الطيف المحصل عليه يسمى الطيف ذا الرتبة $k = 2$

وبهذه الكيفية تتحلل الشبكة لتعطي عدة أطياف.

3) عرض الطيف:

يعبر عن عرض الطيف ذي الرتبة $k = 1$ المحصل عليه بواسطة شبكة بالعلاقة:

$$\Delta x = x_{1R} - x_{1V}$$

x : يمثل أفصول البقعة انطلاقا من البقعة المركزية.

ورأينا سابقا بأن: $x = f'.\lambda.n$

إذن: $\Delta x = x_{1R} - x_{1V} = f'.n.(\lambda_R - \lambda_V)$

ويتضح من خلال هذه العلاقة أن عرض الطيف ذي رتبة معينة يزداد كلما تناقصت خطوة الشبكة (أي كلما كبر n عدد الشقوق في المتر).

ملحوظة : <u>بعض استعمالات الحيود:</u>

***يستعمل الحيود لتحديد قطر خيط رفيع أو شعرة .**

***كما يستعمل اختبارًا لمعرفة ما إذا كانت الأشياء المختلفة موجات أم لا. فحيود الأشعة السينية، بوساطة البلورات مثلاً أقنع العلماء أن الأشعة السينية موجات. ويعتمد نمط حيود الأشعة السينية على شكل وتوزع الذرات في المادة الحائدة.**

***و تستعمل ظاهرة الحيود كذلك لدراسة تركيب البلورات بوساطة حيود الأشعة السينية، ولكشف تركيب البروتينات والأحماض النووية. ويستطيع العلماء التعرف على مادة ما بوساطة نموذج الألوان التي تنتجها خلال حاجز الحيود بواسطة شبكة(الحيودالمشبَّك).**

Abdelkrim SBIRO
(Pour toutes observations contactez mon émail)
mail : sbiabdou@yahoo.fr
msn :sbiabdou@hotmail.fr