

سلسلة تمارين حول الحيود بواسطة شبكة

تمارين من الكتاب المدرسي المسار

**(I) تمرين رقم 1 ص 64 الكتاب المدرسي المسار مسلك العلوم الفيزيائية والعلوم الرياضية أ وب .**

**1) أجب بصحيح أو خطأ.**

(أ) تنقص إضاءة بقع الحيود مع تزايد رتبته. (صحيح)

(ب) يتعلق عدد البقع بطول الموجة وبعده الشقوق في المتر. (صحيح)

(ج) زاوية انحراف الضوء الأحادي اللون الناتج عن حيود الضوء الأبيض بواسطة شبكة ، دالة تناقصية لطول الموجة  $\lambda$ . (خطأ)

(د) عند حيود الضوء الأبيض بواسطة شبكة يكون الضوء الأحمر أقل انحرافا والضوء البنفسجي أكثر انحرافا. (خطأ)

**(II) تمرين رقم 2 ص 64 من الكتاب المدرسي المسار الفيزياء مسلك العلوم الفيزيائية والعلوم الرياضية أ وب .**

**اختر الجواب الصحيح**

1) في حالة الورد المنظمي لحزمة ضوئية على شبكة خطوته  $a$  فإن تعبير فرق السير  $\delta$  بين موجتين تنتشران وفق الاتجاه  $\theta$  هو .

(أ)  $\delta = n \sin \theta$  (ب)  $\delta = a \sin \theta$  (ج)  $\delta = \frac{\sin \theta}{a}$

2) مواضع البقع الضوئية ذات الإضاءة القصوى وفق الاتجاهات ذات الزوايا  $\theta_k$  تحدد بالعلاقة :

(أ)  $\sin \theta_k = k \lambda a$  (ب)  $\sin \theta_k = k \lambda n$  (ج)  $tg \theta_k = k \lambda a$

3) تعبير فرق السير في حالة الورد المائل بزواوية  $\theta_0$  هو :

(أ)  $\delta = a(\sin \theta_0 - \sin \theta)$  (ب)  $\delta = a(\sin \theta - \sin \theta_0)$  (ج)  $\delta = \lambda(\sin \theta - \sin \theta_0)$

« « « « « أجوبة » » » » »

1) في حالة الورد المنظمي لحزمة ضوئية على شبكة خطوته  $a$  فإن تعبير فرق السير  $\delta$  بين موجتين تنتشران وفق الاتجاه  $\theta$  هو .

(ب)  $\delta = a \sin \theta$

2) مواضع البقع الضوئية ذات الإضاءة القصوى وفق الاتجاهات ذات الزوايا  $\theta_k$  تحدد بالعلاقة :

(أ)  $\sin \theta_k = k \lambda n$

3) تعبير فرق السير في حالة الورد المائل بزواوية  $\theta_0$  هو :

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

**(III) تمرين رقم 3 ص 64 من الكتاب المدرسي المسار الفيزياء ، مسلك العلوم الفيزيائية والعلوم الرياضية أ وب**

نضيء شبكة تحتوي على 500 شق في المليمتر بواسطة ضوء أحادي اللون عمودي على مستوي الشبكة و طول موجته .

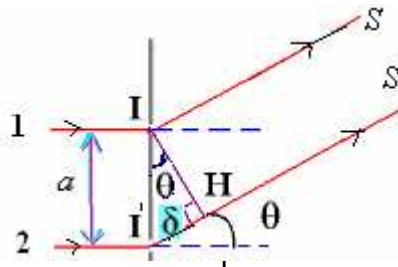
$\lambda = 0,70 \mu m$

1) أوجد عدد النقط ذات الإضاءة القصوى.

2) احسب قيم زوايا الانحراف  $\theta$  التي تحدد مواضع النقط ذات الإضاءة القصوى .

« « « « « أجوبة » » » » »

عندما ترد حزمة ضوئية عموديا على مستوي الشبكة نقول أن الورد منظمي.و ينتج عن انحراف الأشعة الضوئية بزواوية  $\theta$  فرق في السير  $\delta$  بين الأشعة (1) و(2).



$$\delta = a \sin \theta$$

النقط ذات الإضاءة القصوى توافق كون فرق السير يساوي عددا صحيحا لطول الموجة ، أي:  $a \sin \theta = k\lambda$

$$(k \in Z) \quad \sin \theta = k \lambda n \quad \Leftarrow \quad a = \frac{1}{n}$$

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

$k$  هو عدد البقع ذات الإضاءة القصوى.

$$n = 500 \text{mm}^{-1} = 500 \cdot 10^3 \text{m}^{-1} \quad \text{و} \quad \lambda = 0,70 \mu\text{m} = 0,70 \cdot 10^{-6} \text{m}$$

$$- \frac{1}{0,70 \times 10^{-6} \times 5 \cdot 10^5 \text{m}^{-1}} \leq k \leq + \frac{1}{0,70 \times 10^{-6} \text{m} \times 5 \cdot 10^5 \text{m}^{-1}} \quad \text{ومنه: عدد البقع ذات الإضاءة القصوى هو:}$$

$$-3,39 \leq k \leq +3,39 \quad \text{هو: أي:}$$

وبما أن  $(k \in Z)$  فإن القيم الممكنة والتي تحقق الشرط الأسبق هي:  $+2, +1, 0, -1, -2$  وبالتالي نحصل في هذه الحالة على 5 بقع ذات إضاءة قصوى.



(2) والاتجاهات الموافقة لهذه البقع تحقق العلاقة التالية:  $\sin \theta_k = k \lambda n$

$$\begin{aligned} \theta = 0 &\Leftarrow \sin \theta = 0 &\Leftarrow k = 0 \\ \theta_1 = 20,5^\circ &\Leftarrow \sin \theta_1 = \lambda \cdot n = 0,35 &\Leftarrow k = +1 \\ \theta_2 = 44,4^\circ &\Leftarrow \sin \theta_2 = 2\lambda \cdot n = 0,7 &\Leftarrow k = +2 \\ \theta_1' = -20,5^\circ &\Leftarrow \sin \theta_1' = -\lambda \cdot n = 0,4 &\Leftarrow K = -1 \\ \theta_2' = -44,4^\circ &\Leftarrow \sin \theta_2' = -\lambda \cdot n = 0,7 &\Leftarrow k = -2 \end{aligned}$$

#### (VI) تمرين رقم 4 ص 64 من الكتاب المدرسي المسار الفيزياء ، مسلك العلوم الفيزيائية والعلوم الرياضية أ وب

نضيء شبكة بواسطة حزمة ضوئية أسطوانية أحادية اللون طول موجتها  $\lambda = 528 \text{nm}$  ، وفق زاوية  $\theta_0$  ، فنلاحظ أن زاوية الاتجاه الموافق للإضاءة القصوى التي تعطي حزمة رتبها  $k = 2$  هي:  $\theta_2 = 25^\circ$ .

- أحسب خطوة الشبكة وعدد الشقوق في المتر.
- أوجد قيم زوايا انحراف الاتجاهات الموافقة لانتشار الموجات الأحادية اللون في الحالتين:  $K = 1$  و  $k = 3$ .

أجوبة

(1) بما أن الاتجاهات الموافقة للبقع ذات الإضاءة القصوى تحقق العلاقة التالية:

$$\sin \theta_k = k \lambda n$$

$$a = \frac{1}{n} = \frac{k \cdot \lambda}{\sin \theta_k} = \frac{2 \cdot (528 \cdot 10^{-9} \text{m})}{\sin 25} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{m} = 2,5 \mu\text{m}$$

$$n = \frac{\sin \theta_k}{k \cdot \lambda} = \frac{\sin 25}{2 \cdot (528 \cdot 10^{-9} \text{m})} = 4 \cdot 10^5 \text{m}^{-1}$$

(2) الاتجاهات الموافقة للبقع ذات الإضاءة القصوى تحقق العلاقة التالية:

$$\begin{aligned} \theta_1 = 12,2^\circ &\Leftarrow \sin \theta_1 = 1 \cdot (528 \cdot 10^{-9} \text{m}) \cdot 4 \cdot 10^5 \text{m}^{-1} = 0,2112 \quad \text{لدينا: } K = 1 \\ \theta_3 = 39,3^\circ &\Leftarrow \sin \theta_3 = 3 \cdot (528 \cdot 10^{-9} \text{m}) \cdot 4 \cdot 10^5 \text{m}^{-1} = 0,6336 \quad \text{لدينا: } K = 3 \end{aligned}$$

#### (V) تمرين رقم 5 ص 64 من الكتاب المدرسي المسار الفيزياء ، مسلك العلوم الفيزيائية والعلوم الرياضية أ وب.

ترد حزمة ضوئية منبعثة من حبابية بخار الزئبق عموديا على شبكة تضم 400 شق في الميلتر .  
(1) يكون اتجاه الضوء الأصفر اللون الذي ينتمي إلى الطيف ذي الرتبة 1 زاوية الانحراف  $\theta_{1J} = 13^\circ 22'$  مع المنظمي على الشبكة .  
احسب طول الموجة  $\lambda_r$  للضوء الأصفر .

(2) أوجد قيم زوايا الانحراف  $\theta$  الأخرى التي توافق اتجاهات الضوء الأصفر بالنسبة لباقي الأطياف.  
(3) أوجد قيم زوايا الانحراف  $\theta$  التي توافق اتجاهات الإضاءة القصوى بالنسبة للضوء الأزرق ذي طول الموجة  $\lambda_B = 0,436 \mu\text{m}$ .

أجوبة

$$\lambda_j = \frac{\sin \theta_{1j}}{k.n} = \frac{\sin 13,37}{1.(4.10^5)} = 0,578.10^{-6} m = 0,578 \mu m \quad \Leftarrow \quad \sin \theta_k = k \lambda n \quad (1)$$

$$-\frac{1}{0,578.10^{-6}.4.10^5} \leq k \leq +\frac{1}{0,578.10^{-6}.4.10^5} \quad \Leftarrow \quad -\frac{1}{\lambda_j n} \leq k \leq +\frac{1}{\lambda_j n} \quad (2)$$

$-4,3 \leq k \leq +4,3$  ومنه فإن القيم الممكنة والتي تحقق الشرط الأسبق هي  $+4, +3, +2, +1, 0, -1, -2, +3, +4$  بقع ذات اضاءة قصوية.

$$\begin{aligned} \theta = 0 &\Leftarrow \sin \theta = 0 \Leftarrow k = 0 \\ \theta_1 = \pm 13,37^\circ = \pm 13^\circ 22' &\Leftarrow \sin \theta_1 = \pm \lambda_j . n = \pm 0,2312 \Leftarrow k = \pm 1 \\ \theta_2 = \pm 27,54^\circ = \pm 27^\circ 32' &\Leftarrow \sin \theta_2 = \pm 2 \lambda . n = \pm 0,4624 \Leftarrow k = \pm 2 \\ \theta_2 = \pm 43,9^\circ = \pm 43^\circ 55' &\Leftarrow \sin \theta_2 = \pm 3 \lambda . n = \pm 0,6936 \Leftarrow k = \pm 3 \\ \theta_2 = \pm 67,64^\circ = \pm 67^\circ 38' &\Leftarrow \sin \theta_2 = \pm 2 \lambda . n = \pm 0,9248 \Leftarrow k = \pm 4 \end{aligned}$$

**(VI) تمرين رقم 6 ص 64 من الكتاب المدرسي المسار الفيزياء ، مسلك العلوم الفيزيائية والعلوم الرياضية أ وب.**  
 نضيء شبكة خطوطها  $a = 10^{-3} mm$  بواسطة حزمة ضوئية طبيعية . نضع وراء الشبكة عدسة رقيقة مجمعة لا لونية مسافتها البؤرية  $f' = 1,20m$  ، ومحورها البصري مطابق مع اتجاه الضوء الاصفر . توجد شاشة في المستوى البؤري الصورة للعدسة . نعطي :  
 طول موجة الضوء البنفسجي  $\lambda_v = 390nm$  و  $\lambda_R = 750nm$  .  
 (1) احسب عرض الطيف ذي الرتبة  $k = 1$  .  
 (2) أوجد مواضع النقاط ذات الإضاءة القصوى للضوئين الأحمر والبنفسجي في الحالتين :  $k = 1$  و  $k = 2$  .  
 (3) قارن بين المسافتين  $x_{1R}$  و  $x_{2V}$  .

### <<<<<< أجوبة >>>>>>

(1) أفضل بقعة موافقة لضوء أحادي اللون ينتمي إلى طيف رتبته  $k$  هو :  $x_k = k \lambda f' n$  . و طيف كل رتبة  $k$  محدود بالشعاعين البنفسجي والأحمر .

بحيث  $x_K$  : يمثل أفضل البقعة انطلاقاً من البقعة المركزية .

$$\Delta x_k = x_{kR} - x_{kV} = k . f' . n . (\lambda_R - \lambda_V) \quad \text{وبذلك يكون عرض الطيف ذي الرتبة } k \text{ المحصل عليه بواسطة شبكة هو :}$$

الحزمة الضوئية الطبيعية هي حزمة من الضوء الأبيض (وهو ضوء الشمس أو المصباح) وهو ضوء متعدد الالوان . نلاحظ تبدد الضوء الأبيض بعد اجتيازه للشبكة فنحصل على طيف الضوء الأبيض ، حيث نشاهد سلسلة من أطراف الضوء الأبيض . ومنه عرض الطيف ذي الرتبة  $k = 1$  هو :

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

$$n = \frac{1}{a} = \frac{1}{10^{-6} m} = 10^6 m^{-1} \quad \text{مع :}$$

$$\Delta x = f' . n . (\lambda_R - \lambda_V) = 1,2m . 10^6 m^{-1} (750.10^{-9} - 390.10^{-9})m = 0,432m = 43,2cm$$

(2) مواضع النقاط ذات الإضاءة القصوى للضوئين الأحمر والبنفسجي :

$$\sin \theta = \lambda n \Leftarrow k = 1 \quad \text{بالنسبة للرتبة :}$$

$$x_{1R} = k f' \lambda_R . n = 1.(1,2).750.10^{-9}.10^6 = 0,9m = 90cm \quad \text{—}$$

$$x_{1V} = k f' \lambda_V . n = 1.(1,2).390.10^{-9}.10^6 = 0,468m = 46,8cm \quad \text{—}$$

$$\sin \theta = 2 \lambda n \Leftarrow k = 2 \quad \text{بالنسبة للرتبة :}$$

$$x_{2R} = k f' \lambda_R . n = 2.(1,2).750.10^{-9}.10^6 = 1,80m = 180cm \quad \text{—}$$

$$x_{2V} = 2 f' \lambda_V . n = 2.(1,2).390.10^{-9}.10^6 = 0,936m = 93,6cm \quad \text{—}$$

(3) نستنتج أن الطيف ذي الرتبة 1 منفصل عن الطيف ذي الرتبة 2 والمسافة الفاصلة بينهما هي  $3,6cm$  .

## تمارين من الكتاب المدرسي فضاء الفيزياء.

التمرين الأول:

أجوبة

(أ) خطأ  
(ب) خطأ  
(ج) صحيح

- (1) أجب بصحيح أو خطأ  
عند حيود الضوء الأحادي اللون بواسطة شبكة :  
(أ) تتزايد إضاءة البقع الضوئية مع تزايد رتبته.  
(ب) تتزايد السافة بين بقعتين ضوئيتين كلما ابتعدنا عن المركز.  
(ج) تثبت ظاهرة الحيود بواسطة شبكة الطبيعة الموجية للضوء.  
(2) عند حيود الضوء الأبيض بواسطة شبكة :  
(أ) تكون البقعة المركزية بيضاء.  
(ب) يوجد تداخل بين طيفين متتاليين .  
(ج) الضوء البنفسجي هو الأكثر انحرافا.  
(د) يتزايد عرض طيف مع تزايد رتبته.

(أ) صحيح  
(ب) نعم

(ج) خطأ

(د) صحيح

### التمرين الثاني:

اختر الجواب الصحيح :

(1) تعبير الاتجاهات الموافقة للإضاءة القصوى في حالة ورود منظمي على شبكة خطوتها  $a$  هو:

$$\sin \theta = k \frac{\lambda}{2} \quad (\text{ج}) \quad \sin \theta = k \lambda n \quad (\text{ب}) \quad \sin \theta = k \frac{\lambda}{2} \cdot a \quad (\text{أ})$$

(2) أفصيل البقع ذات الإضاءة القصوى في حالة الورد المنظمي هي:

$$x_k = kf' \lambda a \quad (\text{ج}) \quad x_k = k \lambda n \quad (\text{ب}) \quad x_k = kf' \lambda n \quad (\text{أ})$$

(3) المسافة بين بقعتين متتاليتين :

$$\ell = f' \quad (\text{ج}) \quad \ell = f' \lambda n \quad (\text{ب}) \quad \ell = 2f' \lambda n \quad (\text{أ})$$

««««« أجوبة »»»»»

(1) تعبير الاتجاهات الموافقة للإضاءة القصوى في حالة ورود منظمي على شبكة خطوتها  $a$  هو:

$$\sin \theta = k \lambda n \quad (\text{أ})$$

(2) أفصيل البقع ذات الإضاءة القصوى في حالة الورد المنظمي هي:

$$x_k = kf' \lambda n \quad (\text{أ})$$

(3) المسافة بين بقعتين متتاليتين :

$$\ell = f' \lambda n \quad (\text{ب})$$

### التمرين الثالث:

ترد حزمة ضوئية طول موجتها  $\lambda = 633nm$  عموديا على شبكة مستوية بالانتقال .

زاوية الانحراف  $\theta$  الموافقة للبقعة ذات الرتبة  $k = 1$  تساوي  $18^\circ 27'$ .

(1) احسب عدد الشقات في المتر وخطوة الشبكة .

(2) احسب زاوية الانحراف الموافقة للبقعة ذات الرتبة  $k = 2$  .

(3) احسب المسافة الفاصلة بين بقعتين ضوئيتين متتاليتين . بالنسبة ل:  $f' = 20cm$

««««« أجوبة »»»»»

(1) من خلال العلاقة :  $\sin \theta = k \lambda n$

$$n = \frac{\sin \theta}{k \lambda} = \frac{\sin 18,45}{1 \cdot (633 \cdot 10^{-9} m)} \approx 500 \cdot 10^3 m^{-1} \quad \text{عدد الشقات في المتر}$$

$$a = \frac{1}{n} = \frac{1}{500 \cdot 10^3} = 2 \cdot 10^{-6} m = 2 \mu m \quad \text{خطوة الشبكة}$$

(تذكير بأن  $1^\circ = 60'$ )

$$\sin \theta_2 = k \lambda n = 2 \cdot (633 \cdot 10^{-9} m) 500 \cdot 10^3 m^{-1} = 0,633 \quad (2)$$

$$\theta_2 = 39,27^\circ = 39^\circ 16'$$

(3) المسافة الفاصلة بين بقعتين ضوئيتين متتاليتين هي:

$$i = \lambda \cdot f' \cdot n = 633 \cdot 10^{-9} m \cdot 0,20m \cdot 500 \cdot 10^3 m^{-1} = 0,0633m = 63,3mm$$

### التمرين الرابع :

ترد حزمة ضوئية بيضاء  $0,4 \mu m \leq \lambda \leq 0,8 \mu m$  عموديا على شبكة مستوية بالانتقال .

الفرق الزاوي  $\Delta\theta$  للشعاعين اللذين يحدان الطيف ذي الرتبة 1 يساوي:  $4^\circ 35'$   
 نعتبر الزوايا  $\theta$  صغيرة بحيث  $\sin \theta \approx \theta$ .  
 احسب عدد الشقات في وحدة الطول للشبكة.

««««« أجوبة «««««

لدينا:  $\theta_R = k\lambda_R n$  و  $\theta_V = k\lambda_V n$   $\Leftarrow$   $\Delta\theta = kn(\lambda_R - \lambda_V)$

ومنه:  $n = \frac{\Delta\theta}{k(\lambda_R - \lambda_V)}$

تطبيق عددي:  $\Delta\theta = 4^\circ 35' = 4,58^\circ = \frac{4,34 \cdot \pi}{180} \text{ rad}$

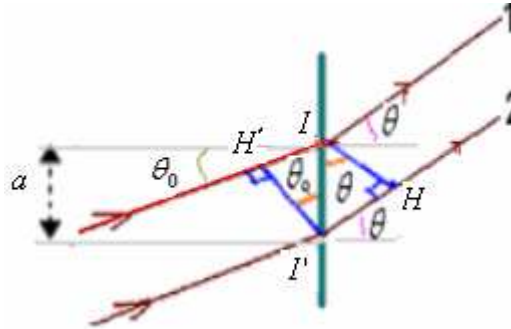
$n = \frac{\Delta\theta}{k(\lambda_R - \lambda_V)} = \frac{4,34\pi}{1 \cdot (0,8 \cdot 10^{-6} - 0,4 \cdot 10^{-6}) \text{ m}} \approx 2 \cdot 10^5 \text{ m}^{-1}$

### التمرين الخامس:

ترد حزمة ضوئية طول موجتها  $\lambda = 589 \text{ nm}$  مكونة زاوية  $\theta_0 = 30^\circ$  مع العمودي على شبكة تضم 400 شق في الميليمتر.  
 (1) ارسم التبيانة وأثبت العلاقة التي تعطي تعبير الزوايا  $\theta$  التي تحدد الاتجاهات الموافقة للإضاءة القصوى.  
 (2) ما عدد هذه الاتجاهات.

««««« أجوبة «««««

(1)



عندما ترد أشعة الضوء أحادية اللون مائلة بزاوية  $\theta_0$  على الشبكة يكون فرق المسير:

$\delta = I'H - IH'$

أي:  $\delta = a(\sin \theta - \sin \theta_0)$

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

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

لأن:  $n = \frac{1}{a}$

أي:  $\sin \theta - \sin \theta_0 = k\lambda n$

$\sin \theta = k\lambda n + \sin \theta_0$

وبما أن:  $-1 \leq \sin \theta \leq +1$

فإن:  $-1 \leq k\lambda n + \sin \theta_0 \leq +1$

مع  $k \in \mathbb{Z}$   $\frac{-1 - \sin \theta_0}{\lambda n} \leq k \leq \frac{1 - \sin \theta_0}{\lambda n}$

$-\frac{1 - \sin 30}{589 \cdot 10^{-9} \cdot 4 \cdot 10^5} \leq \lambda \leq \frac{1 - \sin 30}{598 \cdot 10^{-9} \cdot 4 \cdot 10^5}$   
 $-3,12 \leq \lambda \leq 3,12$

$\Leftarrow$  عدد هذه الاتجاهات 7  $k \in \{-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3\}$

### التمرين السادس:

نستعمل شبكة تضم 650 شقا في الميليمتر لتحليل الضوء الأبيض حيث نضع أمام الشبكة عدسة مجمعة مسافتها البؤرية الصورة  $f' = 50 \text{ cm}$  ينطبق محورها البصري الرئيسي مع مسار الشعاع الأصفر.

- 1) أين يجب وضع الشاشة للحصول على أطيف الضوء الأبيض؟  
 2) حدد عرض الطيف ذي الرتبة 1.  
 3) ما عدد الأطيف التامة التي يمكن الحصول عليها؟ ما رتبتهما؟  
 4) هل الطيف الذي رتبته 2 تام؟ إذا كان الجواب بلا ، فما طول موجة الإشعاع الذي يحده؟  
 نعطي:  $\lambda_V = 400nm$  ،  $\lambda_R = 800nm$

««««« أجوبة »»»»»

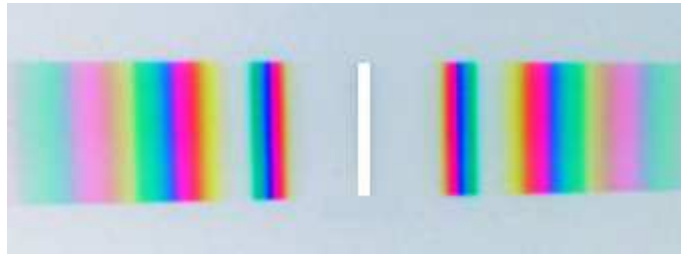
1) للحصول على أطيف الضوء الأبيض يجب وضع الشاشة في المستوى البؤري الصورة للعدسة.

2) عرض الطيف ذي الرتبة 1 هو:

$$\Delta x = x_R - x_V = f' n (\lambda_R - \lambda_V) = 0,50m \cdot 650 \cdot 10^3 m^{-1} (800 \cdot 10^{-9} - 400 \cdot 10^{-9}) = 0,13m = 13cm$$

3) الأطيف التامة التي يمكن الحصول عليها 3 وهي ذات الرتب 0 ، +1 ، و-1 .

4



الطيف ذي الرتبة 2 غير تام لأنه يتداخل مع الطيف ذي الرتبة 3.

لدينا :  $x_k = k \lambda n f'$

وبما أن الطيف الذي رتبته 2 يحده الأحمر  $x_{2R} = 2 \lambda_R \cdot n \cdot f' = 2 \cdot (800 \cdot 10^{-9} m) \cdot 650 \cdot 10^3 m^{-1} \cdot 0,50m = 0,52m = 52cm$

والبنفسجي :  $x_{2V} = 2 \lambda_V \cdot n \cdot f' = 2 \cdot (400 \cdot 10^{-9} m) \cdot 650 \cdot 10^3 m^{-1} \cdot 0,50m = 0,26m = 26cm$

فإن  $x_{3V} < x_{2R}$

لأن :  $x_{3V} = 3 \lambda_V \cdot n \cdot f' = 3 \cdot (400 \cdot 10^{-9} m) \cdot 650 \cdot 10^3 m^{-1} \cdot 0,50m = 0,39m = 39cm$

وبالتالي طيف الرتبة 3 يتداخل مع طيف الرتبة 2 ، انظر الشكل (هما غير منفصلين عن بعضهما).

Sbiro abdelkrim

Lycée agricole oulad –taima région d'Agadir Maroc

Mail : [sbiabdou@yahoo.fr](mailto:sbiabdou@yahoo.fr)

msn : [sbiabdou@hotmail.fr](mailto:sbiabdou@hotmail.fr)

pour toute observation contactez moi