

## تمارين في الفيزياء السلسلة 4 حيود الضوء بواسطة شبكة 2008-2007

### تمرين 1

نرسل حزمة ضوئية أحادية اللون ، طول موجتها  $\lambda=540\text{nm}$  ، عموديا على شبكة الانتقال خطوطها  $a=4\mu\text{m}$  توجد أمام عدسة مجمعة  $L$  مسافتها البؤرية  $f'=25\text{cm}$  . نضع في المستوى البؤري للعدسة شاشة .

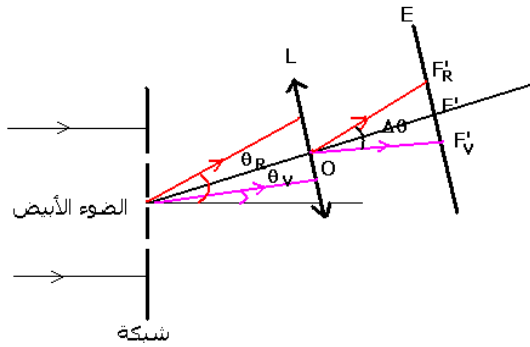
- 1 - تمثل زاوية الانحراف الأشعة التي تؤدي إلى تكون البقعة الضوئية ذات الرتبة  $k$  .
- 1 - 1 أوجد تعبير  $\theta_k$  بدلالة  $a$  و  $\lambda$  و  $k$  حيث  $k$  تنتمي إلى  $Z$  .
- 1 - 2 احسب قيمة الزاوية  $\theta_1$  الموافقة للبقعة الضوئية ذات الرتبة  $k=1$  .
- 1 - 3 هل يمكن الحصول على بقعة ضوئية رتبة قدرها  $k=8$  ؟ علل الجواب .
- 2 - لتكن  $x_1$  المسافة الفاصلة بين مركزي البقعة المركزية  $F'_1$  والبقعة ذات الرتبة  $k=1$  . أثبت العلاقة :  $x_1 = f' \frac{\lambda}{a}$  . أحسب  $x_1$  .

- 3 - نميل الحزمة الضوئية الواردة بزاوية  $\theta_0$  بالنسبة للمنظمي على الشبكة ، فيصبح موضع مركز البقعة الضوئية ذات الرتبة  $k=4$  هو  $F'_1$  . استنتج قيمة زاوية ورود  $\theta_0$

### تمرين 2

نضيء بواسطة ضوء أبيض شبكة تضم  $4 \cdot 10^5$  شقا في المتر (1m) . إذا كان ورود الحزمة الضوئية الأسطوانية منظميا على الشبكة ، أوجد :

- 1 - قيمة زاوية الانحراف  $\theta$  الموافقة للضوء الأحمر  $\lambda_R=0,8\mu\text{m}$  ثم الضوء البنفسجي  $\lambda_V=0,4\mu\text{m}$  بالنسبة للطيف ذي الرتبة  $k=1$  .
- 2 - الفرق  $\Delta\theta=\theta_R-\theta_V$  بين الإشعاعين السابقين واستنتج عرض الطيف ذي الرتبة  $k=1$  في حالة استعمال عدسة رقيقة مجمعة لا لونية مسافتها البؤرية  $f'=30\text{cm}$  وراء الشبكة ( أنظر الشكل )



### تمرين 3

ترد حزمة ضوئية أسطوانية منبعثة من مصباح بخار الزئبق عموديا على شبكة تضم 400 شقا في المليمتر .

- 1 - يكون اتجاه انتشار الإشعاع الأحادي اللون الأصفر الذي ينتمي إلى الطيف ذي الرتبة 1 زاوية الانحراف  $\theta=13^\circ 22'$  مع المنظمي على الشبكة . احسب طول الموجة للضوء الأصفر  $\lambda$  .
- 2 - أوجد قيم الزوايا الانحراف  $\theta$  الأخرى التي توافق اتجاهات الضوء الأصفر بالنسبة لباقي الأطياف .
- 3 - أوجد قيم زوايا الانحراف  $\theta$  التي توافق اتجاهات الإضاءات القصوية بالنسبة للضوء الأزرق ذي طول الموجة  $\lambda_B=0,436\mu\text{m}$  .

### تمرين 4

- ترد حزمة ضوئية أسطوانية منبعثة من مصباح بخار الصوديوم عموديا على شبكة تضم <sup>6</sup> شقا في المتر .
- 1 - ماذا نشاهد في الاتجاه  $\theta=0$  ؟

2 - يتكون الطيف ذو الرتبة 1 من ثلاث حزات من بينها حزة صفراء وحزتان حمراء وخضراء أقل إضاءة من الحزة الصفراء . نعطي طول الموجة للإشعاعات الموافقة :

$$\lambda_R = 0,615 \mu m , \lambda_J = 0,589 \mu m , \lambda_V = 0,568 \mu m$$

أحسب قيم زوايا الانحراف  $\theta_V$  و  $\theta_J$  و  $\theta_R$  الموافقة للإضاءة القصوى للإشعاعات السابقة .  
3 - بين أنه لا يمكن الحصول على طيف رتبته  $k=2$  .

4 - نضع وراء الشبكة عدسة رقيقة مجمعة لالونية مسافتها البؤرية الصورة  $f'=30\text{cm}$  ومحورها البصري الرئيسي مطابق لاتجاه انتشار الضوء الأصفر .

4 - 1 حدد موضع الشاشة بالنسبة للعدسة للحصول على طيف الضوء المنبعث من ا  
4 - 2 أحسب عرض الطيف .

### تمرين 5

نضيء شبكة بواسطة حزمة ضوئية أسطوانية أحادية اللون طول موجتها  $\lambda=528\mu\text{m}$  وفق زاوية الورد  $\theta_0=0$

$k=2$  هي  $\theta=25^\circ$  .

1 - احسب خطوة الشبكة وعدد الشقات في الميليمتر .  
2

$k=1$  و  $k=3$  .

### تمرين 6

نضيء شبكة خطوطها  $a=10^{-3}\text{mm}$  بواسطة حزة ضوئية طبيعية . نضع وراء الشبكة عدسة رقيقة مجمعة لا لونية مسافتها البؤرية الصورة  $f'=1,20\text{m}$  ومحورها البصري مطابق مع اتجاه الضوء الأصفر وشاشة توجد في المستوى البؤري الصورة للعدسة .

نعطي : طول موجة الضوء الأحمر  $\lambda_R=750\text{nm}$

طول موجة الضوء البنفسجي  $\lambda_V=390\text{nm}$

1 - أحسب عرض الطيف ذي الرتبة  $k=1$  .

2 - أوجد موضع النقط ذات الإضاءة القصوى للضوئين الأحمر والبنفسجي في حالة  $k=1$  و  $k=2$

3 - قارن الموضعين  $X_{1R}$  و  $X_{2V}$

## تصحيح تمارين الفيزياء السلسلة 4 حيد الضوء بواسطة شبكة

### تمرين 1

1 - 1 تعبير  $\theta_k$  بدلالة  $\lambda$  و  $a$  و  $K$  حيث  $k \in \mathbb{Z}$  :

نحسب فرق السير بين الشعاعين (1) و (2) بالعلاقة التالية :  $\delta = a \sin \theta_k$   
هذان الشعاعان يعطيان تداخلات إنشائية إذا كانت  $\delta = k\lambda$  أي أن

$$k\lambda = a \sin \theta_k \Rightarrow \sin \theta_k = \frac{k\lambda}{a}$$

1 - 2 حساب  $\theta_1$  ( $k=1$ )

$$\sin \theta_1 = \frac{\lambda}{a} = 0,135$$

$$\theta_1 = 7^\circ 76$$

1 - 3 حالة  $K=8$

نحسب  $\sin \theta_8 = 1,08 > 1$  إذن من غير الممكن الحصول على بقعة ضوئية من الرتبة 8 ز

$$2 - \text{العلاقة } x_1 = f'_1 \frac{\lambda}{a}$$

حسب الشكل

$$\tan \theta_1 = \frac{x_1}{f'} \Rightarrow x_1 = f' \tan \theta_1$$

$$\tan \theta_1 \approx \sin \theta_1 = \frac{\lambda}{a}$$

$$x_1 = f' \frac{\lambda}{a}$$

تطبيق عددي :  $x_1 = 3,37 \text{ cm}$

3 - قيمة زاوية الورود  $\theta_0$  :

نحسب فرق السير  $\delta$  :

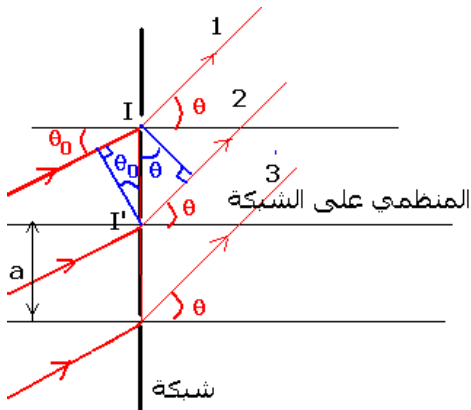
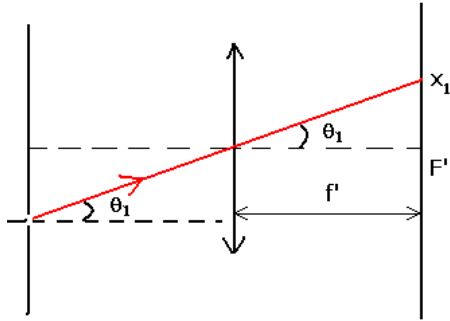
$$\delta = k\lambda = a(\sin \theta_k - \sin \theta_0)$$

$$\theta_k = \theta_4 = 0$$

$$\sin \theta_4 = \sin \theta_0 + \frac{k\lambda}{a} = 0$$

$$\sin \theta_0 = -4 \frac{\lambda}{a}$$

$$\theta_0 = -32^\circ 7$$



## تمرين 2

1 - نطبق العلاقة التالية :  $\sin\theta = k\lambda n$  حيث  $k=1$  إذن  $\sin\theta_R = n\lambda_R$  أي أن  $\theta_R = 18,7^\circ$

نفس الشيء بالنسبة للضوء البنفسجي :  $\sin\theta_V = n\lambda_V$  أي أن  $\theta_V = 9,2^\circ$  .

2 - قيمة الفرق :  $\Delta\theta = \theta_R - \theta_V = 9,5^\circ$

حساب عرض الطيف هناك طريقتين لحسابه :

### الطريقة الأولى :

من خلال الشكل يتبين أن عرض الطيف هو  $F'_R F'_V$  . وبما أن  $\Delta\theta$  صغيرة فإنه يمكن أن نكتب بتقريب مقبول :  $F'_R F'_V = f' \cdot \Delta\theta$  (  $|=R$  .  $\theta$  ) حيث  $f'$  المسافة البؤرية للعدسة و  $\Delta\theta$  بالرديان rad .

$$F'_R F'_V = 30 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{9,2 \cdot 2\pi}{180} = 4,8 \text{ cm}$$

### الطريقة الثانية :

نطبق العلاقة التالية :

حيث  $k=1$  فنحصل على :

$$x_{1R} - x_{1V} = fh(\lambda_R - \lambda_V) = 30 \cdot 10^{-2} \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot (0,8 - 0,4) \cdot 10^{-6}$$

$$x_{1R} - x_{1V} = 4,8 \text{ cm}$$

## تمرين 3

1 - حساب طول الموجة للضوء الأصفر  $\lambda_R$  .

$$\sin\theta = k\lambda_j n \text{ avec } k=1 \text{ et } n=4 \cdot 10^5$$

$$\lambda_j = \frac{\sin\theta}{n} = 0,572 \mu\text{m}$$

2 - لحساب الزوايا التي توافق اتجاهات الضوء الأصفر :

$$|\sin\theta| \leq 1$$

وحسب العلاقة السابقة :

$$|\sin\theta| \leq 1$$

$$-1 \leq \sin\theta \leq +1 \Rightarrow -1 \leq k \cdot \lambda_j \cdot n \leq +1$$

$$-\frac{1}{\lambda_j \cdot n} \leq k \leq +\frac{1}{\lambda_j \cdot n}$$

تطبيق عددي :  $-4,370 \leq k \leq +4,370$

أي أن قيم زوايا الانحراف هي :

$$k = \pm 1 \quad \theta = \pm 13^\circ 22'$$

$$k = \pm 2 \quad \theta = \pm 27^\circ 54'$$

$$k = \pm 3 \quad \theta = \pm 43^\circ 34'$$

$$k = \pm 4 \quad \theta = \pm 66^\circ 23'$$

3 - قيم زوايا الانحراف  $\theta$  التي توافق اتجاهات الإضاءة القصوية بالنسبة للضوء الأزرق :

بنفس الطريقة السابقة نتوصل إلى النتائج التالية :

$$-1 \leq \sin \theta \leq +1 \Rightarrow -1 \leq k \cdot \lambda_B \cdot n \leq +1$$

$$-\frac{1}{\lambda_B \cdot n} \leq k \leq +\frac{1}{\lambda_B \cdot n}$$

$$-5,733 \leq k \leq +5,733$$

$$k = \pm 1 \quad \theta = \pm 10^\circ 04$$

$$k = \pm 2 \quad \theta = \pm 20^\circ 41$$

$$k = \pm 3 \quad \theta = \pm 31^\circ 55$$

$$k = \pm 4 \quad \theta = \pm 44^\circ 23$$

$$k = \pm 5 \quad \theta = \pm 60^\circ 69$$

#### تمرين 4

1 - في الاتجاه  $\theta=0$  ليس هناك تبعد للضوء على الشبكة وبالتالي تكون البقعة المركزية صفراء اللون .

2 - بالنسبة للترتبة  $k=1$  نحسب قيم زوايا الانحراف الموافقة للإضاءة القصوية للإشعاعات

$$\text{السابقة بتطبيق العلاقة التالية : } \sin \theta = \lambda n$$

بالنسبة للإشعاعات السابقة :

$$\sin \theta_R = \lambda_R n \Rightarrow \theta_R = 37^\circ 95$$

$$\sin \theta_J = \lambda_J n \Rightarrow \theta_J = 36^\circ 08$$

$$\sin \theta_V = \lambda_V n \Rightarrow \theta_V = 34^\circ 61$$

3 - لنبين أنه لا يمكن الحصول على طيف رتبته  $k=2$

نطبق العلاقة  $\sin \theta = 2\lambda n$  يلاحظ من خلال هذه العلاقة أنه بالنسبة للإشعاعات السابقة لدينا :  $2\lambda n > 1 \Rightarrow \sin \theta > 1$  وبالتالي هذا غير ممكن إذن لا يمكن الحصول على طيف رتبته 2

4 - 1

أن الشعاع نعتبره منبعث من الا نهاية فإنها تمر من المستوى البؤري الصورة .

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$$

$$\overline{OA} = \infty \Rightarrow \overline{OA'} = f'$$

4 - 2 حساب عرض الطيف :

نطبق العلاقة :

$$x_{IR} - x_{IV} = fh(\lambda_R - \lambda_V) = 30 \cdot 10^{-2} \cdot 10^6 \cdot (0,615 - 0,568) \cdot 10^{-6}$$

$$x_{IR} - x_{IV} = 1,41 \cdot 10^{-2} m = 14,1 mm$$

#### تمرين 5

1 - حساب خطوة الشبكة a :

$$\sin \theta = \frac{2\lambda}{a} \Rightarrow a = \frac{2\lambda}{\sin \theta} = 2,5 \mu m$$

عدد الشقات في الميليمتر :

$$n = \frac{1}{a} = 0,4 \cdot 10^6 / m = 0,4 \cdot 10^3 / mm$$

2

$$\sin \theta_1 = \lambda n \Rightarrow \theta_1 = 12^\circ 19 : k=1$$

$$\sin \theta_2 = 3\lambda n \Rightarrow \theta_2 = 39^\circ 32' : k=2$$

### تمرين 6

1 - عرض الطيف ذي الرتبة  $k=1$  :

$$x_{1R} - x_{1V} = fh(\lambda_R - \lambda_V) = 1,2 \cdot 10^6 \cdot (0,750 - 0,390) \cdot 10^{-6}$$

$$x_{1R} - x_{1V} = 0,432m = 432mm$$

2 - موضع النقط ذات الإضاءة القصوى للضوء الأحمر في حالة  $k=1$  :

$$\tan \theta_R = \frac{x_{1R}}{f'} \Rightarrow x_{1R} = f' \tan \theta_R$$

$$\tan \theta_{1R} \approx \sin \theta_{1R} = k\lambda_R n$$

$$x_{1R} = f' \cdot k \cdot \lambda_R \cdot n = 0,90m$$

موضع النقط ذات الإضاءة القصوى للضوء البنفسجي في حالة  $k=1$  :

$$x_{1V} = f' \cdot k \cdot \lambda_V \cdot n = 0,468m$$

بالنسبة ل  $k=2$

$$x_{2R} = f' \cdot k \cdot \lambda_R \cdot n = 1,80m$$

$$x_{2V} = f' \cdot k \cdot \lambda_V \cdot n = 0,936m$$

3 - مقارنة الموضعين  $x_{1R}$  و  $x_{2V}$  :

$$\frac{x_{2V}}{x_{1R}} \approx 1 \Rightarrow x_{2V} \approx x_{1R}$$

تمرين الفرض المنزلي :

1 - طبيعة العدسة L :

$$C = \frac{1}{f'} \Rightarrow f' = \frac{1}{C} = 0,2m > 0 \quad \text{نعلم أنه بالنسبة لعدسة رقيقة لدينا العلاقة التالية :}$$

وبالتالي فإن العدسة رقيقة مجمعة .

2 - قيم زوايا الانحراف الموافقة للاتجاهات القصوى :

بما أن الحزمة الضوئية ترد عموديا على الشبكة وللحصول على زوايا الانحراف الموافقة للاتجاهات

القصوى يجب عليها تحقيق العلاقة التالية :

$$\sin \theta = k\lambda n \quad k \in \mathbb{Z}$$

$$\sin \theta = k \times 568 \cdot 10^{-9} \times 6 \cdot 10^5 = 0,341k$$

$$k = 2 \quad \theta = 43^\circ$$

$$k = -2 \quad \theta = -43^\circ$$

$$k = 1 \quad \theta = 19^\circ 9'$$

$$k = -1 \quad \theta = -19^\circ 9'$$

$$k = 0 \quad \theta = 0$$

3 - موضع الشاشة بالنسبة للعدسة : لكي نشاهد الأهداب الضوئية المضيئة أي الموافقة للإضاءة

القصوى ، الناتجة عن ظاهرة الحيود يجب أن تكون الشاشة في المستوى البؤري الصورة للعدسة بالنسبة لكل زاوية  $\theta$  من زوايا الجدول ترد على العدسة أشعة ضوئية متوازية فيما بينها فتجتاز العدسة لتتجمع في نقطة من المستوى البؤري الصورة لتعطي نقطة ذات إضاءة قصوى .

4 - 1 المشاهدة في الاتجاه  $\theta=0$  :

في الاتجاه  $\theta=0$  يكون عندنا  $\sin\theta=0$  أي  $k\lambda n=0$  أي أن  $k=0$  كيف ما كانت  $n$  و  $\lambda$  . وبالتالي فإن كل ضوء أحادي اللون من طيف الضوء الأبيض يعطي هذب ذي إضاءة قصوية في نفس الموضع وينتج عن هذا تراكب هذه الأهداب ضوء أبيض أي هذب أبيض .

4 - 2 عرض الطيف ذي الرتبة  $k=1$  :

بالنسبة للطيف ذي الرتبة  $k=1$

$$\sin\theta=\lambda n$$

$$\lambda_r \leq \lambda \leq \lambda_v$$

$$n\lambda_r \leq \sin \theta \leq n\lambda_v$$

$$0,234 \leq \sin \theta \leq 0,45$$

$$13,5^\circ \leq \theta \leq 26,7^\circ$$

حساب عرض الطيف  $\Delta x = x_R - x_v$

$$x_R = f' \tan \theta_R$$

$$x_v = f' \tan \theta_v$$

حسب الشكل :

$$\Delta x = f' (\tan \theta_R - \tan \theta_v)$$

$$\Delta x = 5,3 \text{ cm}$$

