

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 .

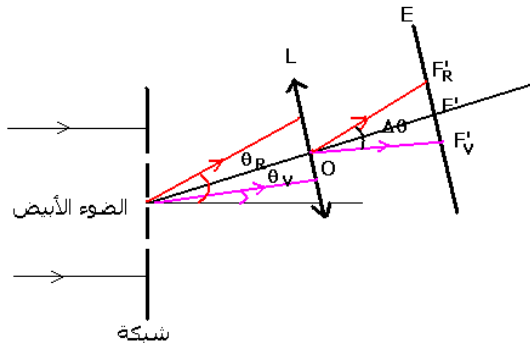
- 1 - تمثل زاوية الانحراف الأشعة التي تؤدي إلى تكون البقعة الضوئية ذات الرتبة k .
- 1 - 1 أوجد تعبير θ_k بدلالة a و λ و k حيث k تنتمي إلى Z .
- 1 - 2 احسب قيمة الزاوية θ_1 الموافقة للبقعة الضوئية ذات الرتبة $k=1$.
- 1 - 3 هل يمكن الحصول على بقعة ضوئية رتبة قدرها $k=8$ ؟ علل الجواب .
- 2 - لتكن x_1 المسافة 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 θ_0 بالنسبة للمنظمي على الشبكة ، فيصبح موضع مركز البقعة الضوئية ذات الرتبة $k=4$ هو F'_1 . استنتج قيمة زاوية ورود θ_0

تمرين 2

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

- 1 - قيمة زاوية الانحراف θ 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 λ_V .
- 2 - أوجد قيم الزوايا الانحراف θ الأخرى التي توافق اتجاهات الضوء الأصفر بالنسبة لباقي الأطياف .
- 3 - أوجد قيم زوايا الانحراف θ 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 ⁶ شقا في المتر .

- 1 - ماذا نشاهد في الاتجاه $\theta=0$ ؟

2 - يتكون الطيف ذو الرتبة 1 من ثلاث حزمات من بينها حزمة صفراء وحزتان حمراء وخضراء أقل إضاءة من الحزمة 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 θ_V و θ_J و θ_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

الورود $\theta_0=0$

$k=2$ 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 حزمة ضوئية طبيعية . نضع وراء الشبكة عدسة رقيقة

مجمعة لا لونية مسافتها البؤرية الصورة $f'=1,20\text{m}$ محورها 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 θ_k بدلالة λ 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 θ_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

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

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 θ_0 :

نحسب فرق السير δ :

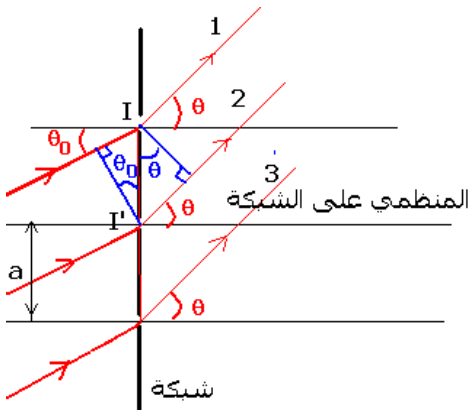
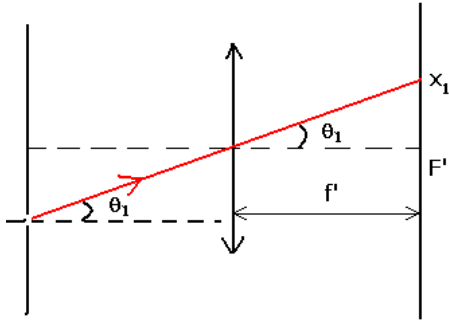
$$\delta = k\lambda = a(\sin \theta_k - \sin \theta_0)$$

$$\theta_k = \theta_4 = 0$$

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

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

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



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 : $F'_R F'_V = f' \cdot \Delta\theta$ ($|=R \cdot \theta$) 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 λ_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 θ 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 :

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

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

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 القصوية 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 القصوية 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 القصوية :

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

القصوية 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

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

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 λ . 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 :

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

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

