السلسلة الرقم 3
السنة الثانية بكالوريا علوم فيزيائية
انتشار موجة ضوئية

تمرين 1

تنتشر الموجة الضوئية في الفراغ بسرعة $C=3.10^8 m/s$.

يتميز الضوء المرئي ، بطيف ترددات موجاته بين القيمتين $\nu_1 = 3,75.10^{14} Hz$ و $\nu_2 = 7,5.10^{14} Hz$

1 ـ حدد مجال تغيرات أطوال الموجات للضوء في الفراغ .

2 ـ علما أن معامل الانكسار للزجاج n=1 ,5 حدد مجال تغير أطوال الموجات للضوء المرئي .

تمرين 2

تنتشر الموجة الضوئية في جميع الأوساط الشفافة ذات معامل الانكسار n . أتمم الجدول التالي :

	الفراغ	الماء	الزجاج
طول الموجة λ(nm)	550		
معامل الانكسار n		1,33	
سرعة الانتشار (m/s)	3.10^8		2.10^8
التردد ν ب Hz			
اللون			

تمرين 3 : إنشاء شكل لحيود موجة ضوئية .

نضيء شق عرضه a بواسطة ضوء أحادي اللون الأحمر طول موجته في الفراغ $\lambda_1=633nm$.

على شاشة توجد على مسافة D=3m من الشق نعاين شكل حيود الموجة الضوئية .

1 ـ صف وارسم شكل الحيود المحصل عليه .

2 ـ عرف ، بواسطة تبيانة الفرق الزاوي θ للهذب المركزي للحيود .

3 ـ ما هي العلاقة بين θ والعرض a للشق ؟

4 ـ أوجد العلاقة بين tanθ والمسافة D والعرض L للبقعة المركزية .

5 ـ نفس السؤال إذا اعتبرنا أن tanθ تساوي تقريبا θ والتي نعبر عنها بالرديان .

6 ـ أحسب عرض الفتحة a إذا كان عرض البقعة المركزية للحيود L=12,0cm .

تمرين 4

نضيء شق عرضه a بواسطة ضوء أحادي اللون الأحمر طول موجته في الفراغ $\lambda_1=633nm$ ، ثم بواسطة ضوء أصفر طول موجته λ مجهول .

على شاشة ، توجد على بعد D من الشق ، نعاين بالتتابع أشكال الحيود المحصل عليها :

ـ بالنسبة للضوء الأحمر عرض البقعة المركزية $L_1=8,0cm$ و بالنسبة للضوء الأصفر . عرض البقعة المركزية $L_2=7,5cm$.

1 ـ أعط العلاقة بين طول الموجة λ و الفرق الزاوي θ للبقعة المركزية وعرض الشق a .

2 ـ لنقبل أن $\theta(rad) = \frac{L}{2D}$

2 ـ 1 بين أنه بالنسبة لجهاز تجريبي معين ، النسبة $\frac{\lambda}{L}$ تبقى ثابتة .

2 ـ 2 أحسب طول الموجة λ_2 .

تمرين 5

إشعاعين طول موجتهما في الفراغ $\lambda_R=656,3nm$ (الأحمر)و $\lambda_B=487,6nm$ (الأزرق) .

بالنسبة لهذين الإشعاعين معامل الإنكسار للزجاج هو على التوالي $n_R=1,612$ و $n_B=1,671$.

1 ـ أحسب التردد الموافق لكل إشعاع .

2 ـ أحسب بالنسبة لكل إشعاع :

أ ـ سرعته في الزجاج

ب ـ طول موجته في الزجاج

تمرين 6: تبدد الضوء بواسطة موشور

نعتبر موشورا من الزجاج مقطعه الرأسي مثلث زاويته A=60,00° . نحصر الدراسة بالنسبة لشعاع ضوئي الوارد المنتمي إلى مستوى المقطع الرأسي على وجه الموشور

يرد شعاع ضوئي على وجه موشور بزاوية الورود i=45° . معامل انكسار الموشور بالنسبة للإشعاع الوارد هو n_J=1,660 .

1 ـ بين بطريقة هندسية أن زاوية الانحراف $D = i + i' - A$ و $A = r + r'$

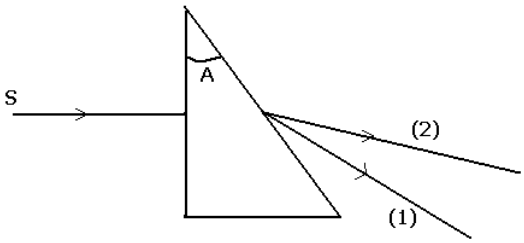
2 ـ بتطبيق قانون ديكارت للإنكسار أحسب D_j, i', r, r'

3 ـ نفس السؤال في حالة الضوئين الأحادي اللون الأزرق (n_B=1,673) والبرتقالي (n_O=1,655)

4 ـ مثل مسارات الأشعة الأحادية اللون قبل وبعد اجتيازها الموشور . اعط اسم الظاهرة .

تمرين 7

ترد حزمة ضوئية مكونة من شعاعين : أحمر وبنفسجي عموديا على أحد أوجه موشور زاويته A (أنظر الشكل أسفله) .



نعطي : $\lambda_V = 0,4\mu m$ و $\lambda_R = 0,6\mu m$

معامل الانكسار : $n_R = 1,65$ و A=30° .

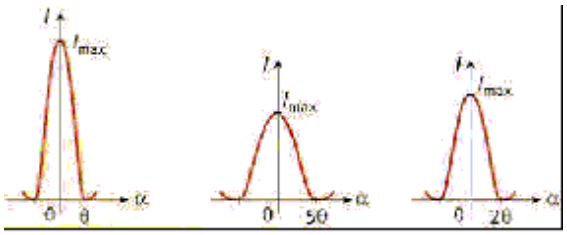
تعبر العلاقة $n = a + \frac{b}{\lambda^2}$ عن تغير معامل الانكسار للوسط بدلالة طول الموجة λ للموجة الضوئي حيث a و b ثابتتان .

1 ـ ما اسم الظاهرة التي تحدث ؟

2 ـ تعرف مع التعليل على الشعاعين (1) و (2) .

3 ـ أحسب قيمة D_R زاوية انحراف الشعاع الأحمر بالنسبة لاتجاهه البدئي .

4 ـ نضع أمام الشعاعين (1) و (2) عدسة مجمعة L . مسافتها البؤرية الصورة f'=100cm بحيث ينطبق محورها البصري الرئيسي مع الشعاع (1) فتكون المسافة ℓ الفاصلة بين الحزمتين الحمراء والبنفسجية المحصل عليها على الشاشة E المتواجدة في المستوى البؤري الصورة للعدسة L : $\ell = 2,47cm$.



4 ـ 1 أثبت أن $\ell = f' \tan(D_V - D_R)$

4 ـ 2 استنتج قيم :

D_V : زاوية انحراف الشعاع البنفسجي بالنسبة لاتجاهه البدئي .

n_V : معامل انكسار الموشور بالنسبة للشعاع البنفسجي .

5 ـ أحسب قيمتي الثابتتين a و b .

تمرين 8

خلال تجربة الحيود نقيس شدة إضاءة الموجات الضوئية المحيدة باستعمال شقوق عرضها بالتتابع d_1=0,2mm و d_2=0,5mm و d_3=1mm .

تمثل المنحنيات أسفله تغيرات الشدة I بدلالة الفرق الزاوي θ (بدون سلم) . طول موجة الضوء الأحادي اللون في الفراغ هو 633nm ، وسرعة انتشاره في الهواء هي : $C=3.10^8 m/s$

θ نصف طول البقعة المركزية .

1 ـ ما تردد الموجة المحيدة ؟

2 ـ اقرن كل منحنى بالشق الموافق له .

3 ـ ما هو عرض البقعة المركزية للحيود محصل عليه غلى شاشة تبعد بمسافة D=2,5m عن الشق الذي عرضه d_1 ؟

الجواب : $\nu = C/\lambda = 4,74.10^{14} Hz$

الشق 1 المنحنى الموجود في الوسط

الشق 2 المنحنى الموجود على اليمين

الشق 3 المنحنى الموجود على اليسار . 3 ـ $d = 2\lambda D/a = 1,58cm$

تصحيح تمارين السلسلة 2
الموجة الضوئية السلسلة 3

تمرين 1

1 ـ مجال تغير طول موجات الضوء في الفراغ :

$$\nu_1 \le \nu_0 \le \nu_2 \Rightarrow \frac{1}{\nu_2} \le \frac{1}{\nu_0} \le \frac{1}{\nu_1} \Rightarrow \frac{V}{\nu_2} \le \frac{V}{\nu_0} \le \frac{V}{\nu_1}$$

$$\lambda_2 \le \lambda_0 \le \lambda_1 \Rightarrow 0,4\mu m \le \lambda \le 0,8\mu m$$

2 ـ نعرف معامل انكسار وسط بالعلاقة التالية :

$n = \frac{C}{V}$ ونعلم كذلك أن $V = \lambda.\nu$ سرعة الضوء في وسط شفاف . وكذلك سرعته في الفراغ هي :

$C = \lambda_0.\nu$ أي أن $n = \frac{C}{V} = \frac{\lambda}{\lambda_0} \Rightarrow n = \frac{\lambda}{\lambda_0}$ وبالتالي فإن تغير أطوال الموجات للضوء المرئي في الزجاج هي :

$$0,4\mu m \le \lambda_0 \le 0,8\mu m$$

$$\frac{0,4\mu m}{1,5} \le \frac{\lambda_0}{n} \le \frac{0,8\mu m}{1,5}$$

$$0,27\mu m \le \frac{\lambda_0}{n} \le 0,53\mu m$$

تمرين 2

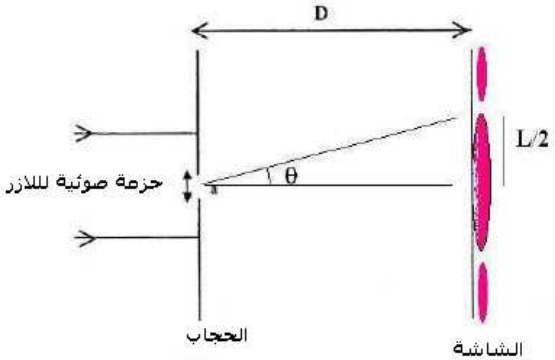
باستعمال العلاقات السابقة وباعتبار أن التردد لايتعلق بوسط الانتشار يمكن ملأ الجدول

	الفراغ	الماء	الزجاج
طول الموجة λ(nm)	550	**414**	**567**
معامل الانكسار n	**1**	1,33	**1,5**
سرعة الانتشار (m/s)	3.10^8	**$2,3.10^8$**	2.10^8
التردد ν ب Hz	**$5,5.10^{14}$**	**$5,5.10^{14}$**	**$5,5.10^{14}$**
اللون	**أخضر**	**أخضر**	**أخضر**

ملاحظة : أن لون كل إشعاع أحادي اللون مرتبط بتردده بما أن التردد لايتغير فاللون لا يتغير

تمرين 3 : إنشاء شكل لحيود موجة ضوئية

1 ـ عندما يجتاز الضوء الأحادي اللون الشق ذي الفتحة عرضها a نلاحظ تكون أهداب ضوئية مضيئة ومظلمة . يتصرف الشق كمنبع ضوئي وهمي . تسمى هذه الظاهرة : حيود الموجة الضوئية .



2 ـ نسمي الفرق الزاوي θ الزاوية المحصورة بين وسط الذب المركزي وأول بقعة مظلمة .

3 ـ العلاقة بين θ والعرض a للشق :

$$\theta = \frac{\lambda}{a}$$

4 ـ العلاقة بين tanθ والمسافة D والعرض L للهذب المركزي :

حسب الشكل لذينا :

$$\tan\theta = \frac{L}{2D}$$

5 ـ إذا اعتبرنا أن $\tan\theta \approx \theta \Rightarrow \theta = \frac{L}{2D}$

6 ـ حساب عرض الفتحة :

$$\theta = \frac{\lambda}{a} \text{ et } \theta = \frac{L}{2D} \Rightarrow \frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}$$

$$a = \frac{2D.\lambda}{L} = 31,7\mu m$$

تمرين 4

1 ـ أنظر السؤال 3 في التمرين السابق

2 ـ 1 لنبين أنه بالنسبة لجهاز تجريبي معين النسبة $\frac{\lambda}{L}$ تبقى ثابتة :

حسب العلاقتين السابقتين لدينا :

$$\theta = \frac{\lambda}{a} \text{ et } \theta = \frac{L}{2D} \Rightarrow \frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}$$

$$\frac{\lambda}{L} = \frac{a}{2D}$$

من العلاقة يتبين أن المقادير a عرض و D المسافة الفاصلة بين الحاجز والشاشة يتعلقان بالجهاز

وبالتالي فإن النسبة $\frac{a}{2D}$ تتعلق بالجهاز أي أن $\frac{\lambda}{L}$ ثابتة إذا تم استعمال نفس الجهاز .

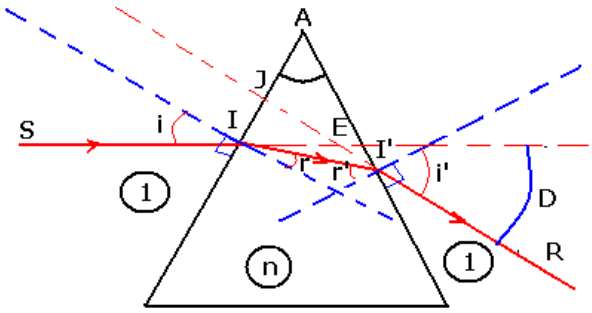
2 ـ 2 حساب λ_2

بما أن $\frac{\lambda}{L}$ ثابتة بالنسبة لنفس الجهاز فإن

$$\frac{\lambda_1}{L_1} = \frac{\lambda_2}{L_2} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{L_2}{L_1}\lambda_1$$

$$\lambda_2 = 0,937\lambda_1$$

تمرين 6 تبدد الضوء بواسطة موشور :



1 ـ استعمال الطريقة الهندسية (أنظر الدرس)

2 ـ نطبق القانون الثاني للإنكسار :

عند نقطة الورود I لدينا :

$$\sin i = n_j \sin r \Rightarrow \sin r = \frac{\sin i}{n_j} = 0,426$$

$$r = 25°21$$

عند نقطة الورود I′ :

$$A = r + r' \Rightarrow r' = A - r$$

$$r' = 34°79$$

$$n_j \sin r' = \sin i' \Rightarrow \sin i' = 0,947$$

$$i' = 71°26$$

$$D_j = i + i' - A$$

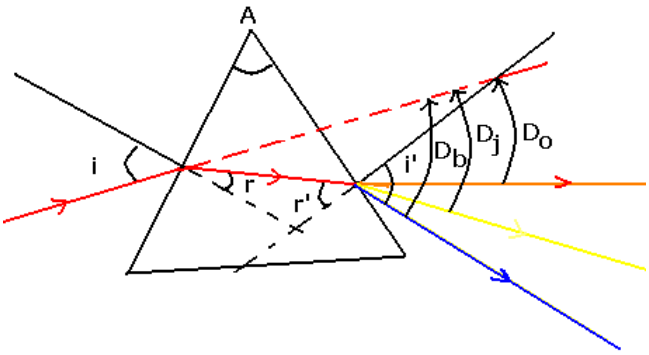
$$D_j = 56°26$$

3 ـ بنفس الطريقة نحسب الزوايا بالنسبة للضوء الأحادي اللون الأزرق :

$$r = 25° \quad r' = 35° \quad i' = 73°67$$

$$D_B = 58°67$$

بالنسبة للضوء الأحادي اللون البرتقالي :



$r = 25°29 \quad r' = 34°70 \quad i' = 70°42$

$D_o = 55°42$

4 ـ مسارات الأشعة أحادية اللون قبل وبعد اجتيازها الموشور

اسم الظاهرة تبدد الضوء بالموشور .

تمرين 7

1 ـ اسم الظاهرة لتي تحدث : ظاهرة تبدد الظوء بواسطة موشور

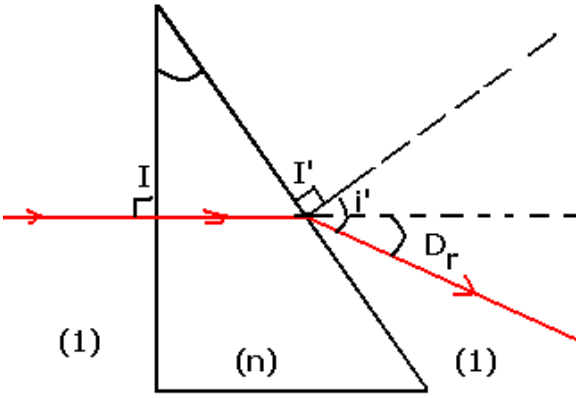
2 ـ تؤدي ظاهرة تبدد الضوء الأبيض بواسطة موشور إلى انبتاق طيف الضوء الأبيض حيث أن الشعاع البنفسجي أكثر انحرافا من الأشعة الأخرى وبالتالي من الشعاع الأحمر إذن حسب الشكل فإن :

(1) يمثل الشعاع البنفسجي

(2) يمثل الشعاع الأحمر .

3 ـ حساب قيمة D_R زاوية انحراف الشعاع الأحمر بالنسبة لاتجاهه البدئي :

حسب قانون ديكارت :



$\sin i = n_R \sin r \qquad i=0$

$\sin r = \dfrac{\sin i}{n_j} = 0$

$r = 0$

$A = r + r' \Rightarrow r' = A = 30°$

$n \sin r' = \sin i' \Rightarrow \sin i' = 0,825$

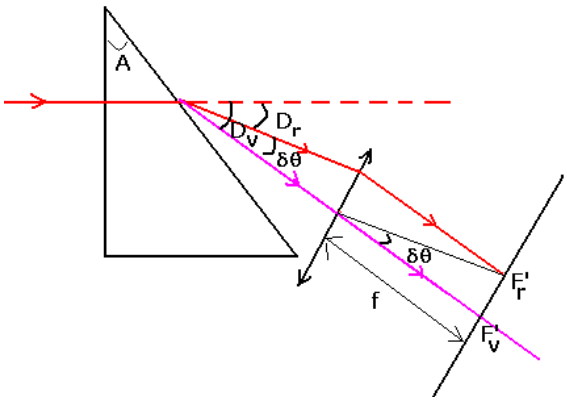
$i' = 55°59$

$D_R = i + i' - A \Rightarrow D_R = 25°59$

4 ـ 1 إثبات العلاقة $\ell = f' \tan(D_v - D_R)$

حسب الشكل I′ نقطة الانكسار الثاني بين الموشور والوسط الهواء متطابقة مع البؤرة الرئيسية الشيء للعدسة المجمعة . الشعاع البنفسجي متطابق مع المحور البصري الرئيسي أي عند اجتيازه العدسة لا ينحرف ، بينما الشعاع الأحمر الوارد من البؤرة الرئيسية الشيء سيجتاز العدسة موازيا للمحور البصري الرئيسي .

ومن خلال الشكل بتبين أن :



$\tan(\delta\theta) = \dfrac{\ell}{f'}$

$\delta\theta = D_v - D_R \Rightarrow \tan(D_v - D_R) = \dfrac{\ell}{f'}$

$\ell = f' \tan(D_v - D_R)$

4 ـ 2

نستنتج قيمة زاوية الانحراف D_v :

$$\ell = f'\tan(D_v - D_R) \Rightarrow D_v - D_R = Arc\tan\left(\frac{\ell}{f'}\right)$$

$$D_v = Arc\tan\left(\frac{\ell}{f'}\right) + D_R$$

$$D_v = 26°99$$

$$D_v = i + i' - A \quad \text{i=0}$$

$$i' = D_v + A = 56°99$$

حسب قانون ديكارت :

$$n_v \sin r' = \sin i'$$

$$A = r + r' = r'$$

$$n_v \sin A = \sin(A + D_v) \Rightarrow n_v = \frac{\sin(A + D_v)}{\sin A} = 1,67$$

5 ـ حساب a و b

حسب الدراسة لدينا :

$$n_R = a + \frac{b}{\lambda_R^2}$$

$$n_v = a + \frac{b}{\lambda_v^2}$$

$$n_v - n_R = b\left(\frac{1}{\lambda_v^2} - \frac{1}{\lambda_R^2}\right) \Rightarrow b = \frac{n_v - n_R}{\left(\frac{1}{\lambda_v^2} - \frac{1}{\lambda_R^2}\right)} = 5,63.10^{-15} m^2$$

$$a = n_v - \frac{b}{\lambda_v^2} = 1,634$$

تمرين 8

1 ـ تردد الموجة المحيدة هو :

$$\lambda_0 = \frac{C}{\nu} \Rightarrow \nu = \frac{C}{\lambda_0} = 4,74.10^{14} Hz$$

2 ـ حسب العلاقة : $\theta = \frac{\lambda}{d} = \frac{L}{2D} \Rightarrow L.d = 2\lambda D$

أي أن L طول البقعة المركزية وممثل في الشكل ب θ وعرض الشق d يتناسبان عكسيا .

من خلال المعطيات لدينا $d_1 < d_2 < d_3$ أي أن $L_1 > L_2 > L_3$

من خلال الشكل يتبين أن المنحنى الذي يتوفر على أكبر هذب مركزي هو الذي يوجد في الوسط فهو يمثل الشق (1)

المنحنى الذي يتوفر على أصغر هذب مركزي هو الذي يوجد على اليسار فهو يمثل الشق

والمنحنى الذي يوجد على اليمين فهو يمثل الشق (2)

3 ـ عرض الهذب المركزي المحصل عليه على شاشة تبعد بمسافة D=2,5m بالنسبة لعرض الشق d_1 :

حسب العلاقة : $\frac{\lambda}{d_1} = \frac{L}{2D} \Rightarrow L = \frac{2\lambda D}{d_1} = 1,58cm$