انتشار الموجة الضوئية
تصحيح تمارين السلسلة 4

التمرين 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 للضةء

المرئي في الزجاج هي :

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

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

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

التمرين 3

1 ـ حساب تردد كل من الموجتين :

بالنسبة للون الأحمر : $\lambda_0(rouge) = \frac{c}{\nu}$ أي أن $\nu(rouge) = \frac{c}{\lambda_0(rouge)} = \frac{3\times10^8}{656,3\times10^{-9}} = 4,57\times10^{14}\,Hz$

بالنسبة للون الأزرق : $\nu(bleu) = \frac{c}{\lambda_0(bleu)} = \frac{3\times10^8}{486,1\times10^{-9}} = 6,17\times10^{14}\,Hz$

التردد (لون الشعاع) لا يتعلق بوسط الانتشار أي بمعامل الانكسار

2 ـ حساب السرعة وطول الموجة للإشعاع الأحمر في وسطي الزجاج :

في وسط الزجاج (crown) :

$$n(crowen) = \frac{c}{v(crowen)}$$

$$v(crowen) = \frac{c}{n(crowen)} = \frac{3\times10^8}{1,504} = 1,99\times10^8\,m/s$$

$$\lambda_r(crowen) = \frac{v(crowen)}{\nu} = \frac{1,99\times10^8}{4,57\times10^{14}} = 435,4nm$$

في وسط الزجاج (flint) :

$$n(flint) = \frac{c}{v(flint)}$$

$$v(flint) = \frac{c}{n(flint)} = \frac{3\times10^8}{1,612} = 1,86\times10^8\,m/s$$

$$\lambda_r(flint) = \frac{v(flint)}{\nu} = \frac{1,86\times10^8}{4,57\times10^{14}} = 407nm$$

3 ـ 1 قانوني ديكارت للإنكسار :

الشعاع الوارد والشعاع المنكسر ينتميان إلى نفس المستوى

$$\sin i = n(verre)\sin r$$

بالنسبة للشعاع الضوئي الأزرق : $\sin i = n_b(crown)\sin r$ أي أن

$\sin r = \frac{\sin i}{n_b(crown)} = \frac{\sin 60}{1,521} = 0,569$ أي أن $r_b(crown) = 34,707°$

$\sin i = n_b(flint)\sin r$ ومنه فإن $\sin r = \frac{\sin i}{n_b(flint)} = \frac{\sin 60}{1,671} = 0,518$ ومنه فإن $r_b(flint) = 31,216°$

بالنسبة للشعاع الضوئي الأحمر : $\sin i = n_r(crown)\sin r$

$\sin r = \frac{\sin i}{n_r(crown)} = \frac{\sin 60}{1,504} = 0,576$ ومنه فإن $r_r(crown) = 35,16°$

$\sin i = n_r(flint)\sin r$ ومنه فإن $\sin r = \frac{\sin i}{n_r(flint)} = \frac{\sin 60}{1,612} = 0,537$ ومنه فإن $r_r(flint) = 32,496°$

بالنسبة للزجاج crowen الزاوية بين الشعاع الأحمر والأزرق هو :

$$\Delta r(crowen) = r_r(crowen) - r_b(crowen) = 0,453°$$

$$\Delta r(flint) = r_r(flint) - r_b(flint) = 1,28°$$

النوع من الزجاج الأكثر مبدد هو الزجاج flint

التمرين 6

1 ـ تبين هذه التجربة أن طبيعة الضوء موجة

2 ـ لدينا حسب التبيانة أن $\tan\theta = \frac{L_1}{2D}$ و $\theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{c}{a.\nu}$ وبما أن θ صغيرة جدا بالنسبة لظاهرة حيود

الضوء فإن $\tan\theta \simeq \theta$ فإن $\theta = \frac{L_1}{2D} = \frac{c}{a.\nu} \Rightarrow \boxed{a = \frac{2D.c}{L_1.\nu}}$

حساب a : $a = 1,02\times10^{-4}m$

بما أن التردد لا يتعلق بوسط الانتشار أي بوسط الانكسار وتم الاحتفاظ بنفس الجهاز (a, D) فإن

العلاقة السابقة ستصبح على الشكل التالي : $\frac{\lambda'}{a} = \frac{L_2}{2D}$ بحيث أن $\lambda' = \frac{\lambda}{n}$ أي أن $\frac{\lambda}{a.n} = \frac{L_2}{2D}$

وبالتالي فإن $\frac{1}{n} = L_2 \frac{a.\nu}{2D.c} \Rightarrow \frac{c}{a.n.\nu} = \frac{L_2}{2D}$ وحسب السؤال السابق $\frac{a.\nu}{2Dc} = \frac{1}{L_1}$ أي أن

$$\frac{1}{n} = \frac{L_2}{L_1} \Rightarrow \boxed{n = \frac{L_1}{L_2}}$$

3 ـ تحديد القطر d لخيط العنكبوت :

لدينا $\theta = \frac{\lambda}{d} = \frac{L_3}{2D}$ أي أن $d = \frac{2D\lambda}{L_3} = \frac{2Dc}{L_3.\nu}$ عدديا $d = \frac{2\times 0,5\times 3\times 10^{8}}{10^{-2}\times 4,44\times 10^{14}} = 6,76\times 10^{-5}\,m$

التمرين 7 : عناصر الإجابة

1 ـ $\theta = \lambda / d$

2 ـ $\frac{\lambda}{d} = \frac{L}{2D}$

3 ـ 1 من المنحنى لدينا $\lambda = 0,44.10^{-6}\,m$

تردد الموجة $\upsilon = 6,82.10^{14}\,Hz$

3 ـ 2 أ ـ طول الموجة للضوء الأحمر $\boldsymbol{\lambda_R = 800nm}$

ب ـ تراكب جميع الوان الطيف المرئي .

التمرين 8

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

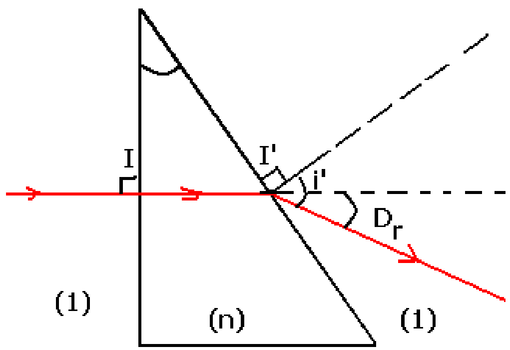
2 ـ تؤدي ظاهرة تبدد الضوء الأبيض بواسطة موشور إلى انبثاق طيف الضوء الأبيض حيث أن الشعاع البنفسجي أكثر انحرافا من الأشعة الأخرى وبالتالي من الشعاع الأحمر إذن حسب الشكل فإن :

(1) يمثل الشعاع البنفسجي

(2) يمثل الشعاع الأحمر .

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

حسب قانون ديكارت :



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

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

$r = 0$

$A = r + r' \Rightarrow r' = A = 30°$

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

$i' = 55°59$

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

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

حسب الشكل نقطة الانكسار الثاني I' بين الموشور والوسط الهواء متطابقة مع البؤرة الرئيسية الشيء للعدسة المجمعة .

الشعاع البنفسجي متطابق مع

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 يتبين أن :

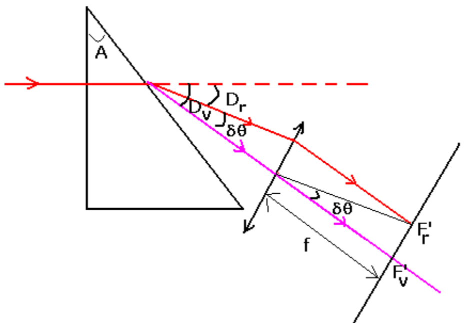
$$\tan(\delta\theta) = \frac{\ell}{f'}$$

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

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

4 ـ 2

نستنتج قيمة زاوية الانحراف D_v :



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

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

$D_v = 26°99$

$D_v = i + i' - A \quad i=0$

$i' = D_v + A = 56°99$

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 :

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

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

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

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

التمرين 9

1 ـ الصيغ الأربع للموشور

$$A=r+r'$$
$$D=i+i'-A$$
$$\sin i=n\sin r$$
$$n\sin r'=\sin i'$$

2 ـ 1 لنبين أن $A=2r$ و $D_m=2i-A$

لدينا $i=i'$ من خلال الصيغ الأربع : $n\sin r=n\sin r'$ أي أن $r=r'$ وبالتالي فإن $A=2r$ و $D=D_m=2i-A$

2 ـ 2 لنبين العلاقة $n=\dfrac{\sin\left(\frac{A+D_m}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$

لدينا العلاقة $D_m=2i-A$ ومنه $i=\frac{D_m+A}{2}$ ولدينا كذلك $A=2r$ أي أن $r=A/2$

في العلاقة $\sin i=n\sin r$ لدينا $\sin\left(\frac{D_m+A}{2}\right)=n\sin\left(\frac{A}{2}\right)$ ومنه $n=\dfrac{\sin\left(\frac{A+D_m}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$

3 ـ حساب n معامل انكسار الزجاج :

$$n(\lambda')=\frac{\sin(109,87)}{\sin(30)}=1,88$$

4 ـ طول الموجة لهذا الإشعاع في الزجاج : $\lambda'(verre)=\dfrac{\lambda}{n(verre)}=\dfrac{570\times10^{-9}}{1,88}=303nm$

لونه في الزجاج هو نفسه في الهواء يتميز بالتردد $\nu=\dfrac{c}{\lambda}=\dfrac{3\times10^{8}}{570\times10^{-9}}=5,26\times10^{14}Hz$

5 ـ $n(\lambda'')=\dfrac{\sin(112,6)}{\sin(30)}=1,07$

طول الموجة لهذا الإشعاع في الزجاج : $\lambda''(verre)=\dfrac{\lambda}{n'(verre)}=\dfrac{570\times10^{-9}}{1,07}=533nm$

لونه في الزجاج هو نفسه في الهواء يتميز بالتردد $\nu=\dfrac{c}{\lambda}=\dfrac{3\times10^{8}}{570\times10^{-9}}=5,26\times10^{14}Hz$

الخاصية التجريبية التي تم إبرازها في هذه الدراسة هي أن طول الموجة يتعلق بوسط الانتشار أي بمعامل الانكسار

التمرين 10

1 ـ 1 التأخر الزمني $\tau=5\times0,2\times10^{-6}s=10^{-6}s$

1 ـ 2 حساب سرعة انتشار الموجة الضوئية في قلب الليف البصري :

$$v=\frac{d}{\Delta t}=\frac{L}{\tau}=\frac{200}{10^{-6}}=2\times10^{8}m/s$$

1 ـ 3 لنستنتج معامل الانكسار n للوسط الشفاف الذي يكون قلب الليف البصري :

لدينا العلاقة : $n=\dfrac{c}{v}=\dfrac{3\times10^{8}}{2\times10^{8}}=1,5$

1 ـ 4 حساب طول الموجة الضوئية في قلب الليف البصري : $\lambda=\dfrac{\lambda_0}{n}=\dfrac{600\times10^{-9}}{1,5}=400nm$

2 ـ حساب τ' التأخر الزمني في حالة استعمال منبع أخر طول موجته λ'_0 :

لدينا $\tau'=\dfrac{L}{v'}$ بحيث أن $v'=\dfrac{c}{n'}$ أي أن

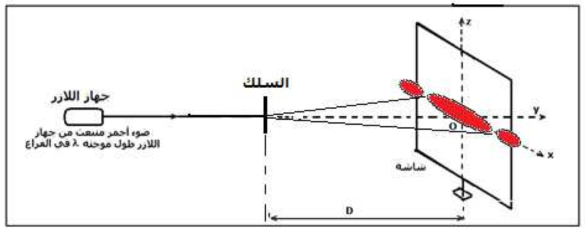
$$\tau'=\frac{Ln'}{c}=\frac{L\left(1,484+\frac{5,6\times10^{-15}}{\lambda_0'^2}\right)}{c}$$

$$\tau'=\frac{200\left(1,484+\frac{5,6\times10^{-5}}{(400\times10^{-9})^2}\right)}{3\times10^{8}}=1,01\times10^{-6}s$$

التمرين 11

1 ـ حساب التردد N للموجة الضوئية :

$\lambda=\dfrac{c}{N}\Rightarrow N=\dfrac{c}{\lambda}$ عدديا $N=4,22\times10^{14}Hz$



2 ـ التبيانة :

3 ـ العلاقة بين L_R و D و θ :

لدينا $\tan\theta=\dfrac{L_R}{2D}$ وبما أن $\tan\theta\simeq\theta$

فإن $\theta=\dfrac{L_R}{2D}$

4 ـ العلاقة بين λ_R و d و θ :

$\theta=\dfrac{\lambda_R}{d}$. الوحدات : λ_R بالمتر و d بالمتر

كذلك θ بالرديان

5 ـ العلاقة بين L_R و λ_R

من العلاقتين السابقتين لدينا : $\dfrac{L_R}{2D}=\dfrac{\lambda_R}{d}$ أي أن λ_R تتناسب اطرادا و عرض البقعة المركزية L_R

حساب القطر d للسلك : $d = \frac{2D\lambda_R}{L_R}$

تطبيق عددي : $d = 2,37\times10^{-5}m = 23,7\mu m$

6 ـ 1 حساب عرض البقعة المركزية L_V المحصلة بواسطة اللازر الأخضر :

لدينا $\frac{L_V}{\lambda_V} = \frac{L_R}{\lambda_R} \Rightarrow L_V = \frac{\lambda_V}{\lambda_R}\times L_R$ عدديا $L_V = 8,98cm$ أي أن $L_R > L_V$

6 ـ 2 يوافق الضوء الأحمر دائما عرض قصوي للبقعة المركزية ولهذا السبب نستعمل جهاز اللازر الباعث للضوء الأحمر عوض الألوان الأخرى .

7 ـ انظر الدرس

التمرين 12

1 ـ العلاقات المميزة للموشور :

$$\sin i = n\sin r$$
$$n\sin r' = \sin i'$$
$$A = r + r'$$
$$D = i + i' - A$$

2 ـ حساب الانحراف D_1

$$\begin{cases} \sin i = n_1\sin r_1 \Rightarrow \sin r_1 = \frac{\sin i}{n_1} \\ r_1 = 25° \\ A = r_1 + r'_1 \Rightarrow r'_1 = A - r_1 \\ r'_1 = 35° \end{cases}$$

$$\begin{cases} n_1\sin r'_1 = \sin i'_1 \\ \sin i'_1 = 0,96 \\ i'_1 = 73,57° \\ D_1 = i + i'_1 - A \\ \boxed{D_1 = 58,57°} \end{cases}$$

3 ـ حساب الانكسار للزجاج n_2 :

$$\sin i = n_2\sin r_2 \Rightarrow n_2 = \frac{\sin i}{\sin r_2} = 1,612$$

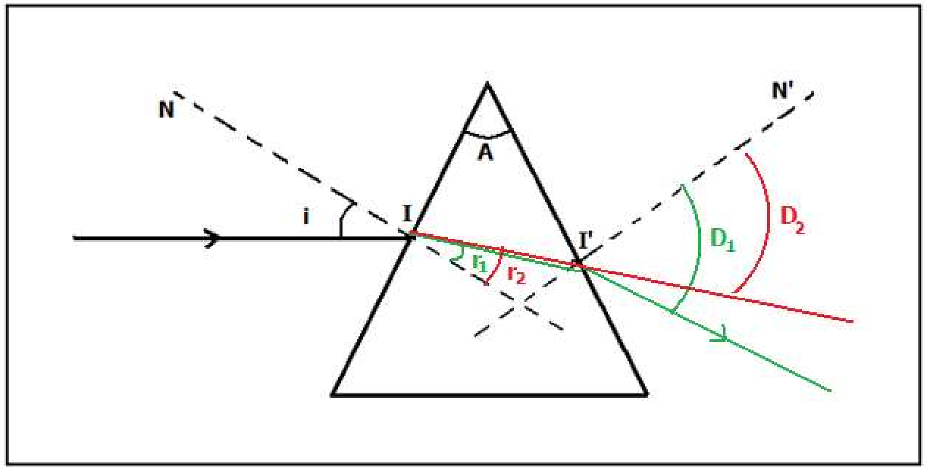
لنحسب الانحراف D_2

$$A = r_2 + r'_2 \Rightarrow r'_2 = A - r_2$$
$$r'_2 = 34°$$

$$\begin{cases} n_2\sin r'_2 = \sin i'_2 \\ \sin i'_2 = 0,90 \\ i'_2 = 64,34° \\ D_2 = i + i'_2 - A \\ \boxed{D_2 = 49,34°} \end{cases}$$

4 ـ حساب الفرق الزاوي بين الشعاعين عند انبثاقهما : $\Delta\theta = D_1 - D_2 = 9,23°$

5 ـ



6 ـ الظاهرة التي تم إبرازها خلال التجربة هي تبدد الضوء بواسطة الموشور لكون أن تردد الموجة الضوئية يتعلق بمعامل الانكسار .

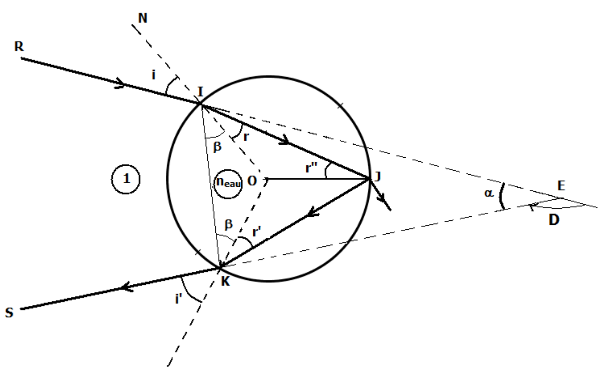
التمرين 18

1 ـ خصائص الموجة الضوئية الواردة على القطرة هي : طول الموجة $\lambda = 550nm$ ، الدورية المكانية و الدورية الزمانية $T = 1/\nu$. بحيث أن $\lambda = c.\nu$ أي أن $\nu = \lambda / c = 550\times10^{-9} / 3\times10^{8} = 1,83\times10^{14}Hz$

سرعة انتشارها في القطرة :

نعلم أن $n_{eau} = c / v$ أي أن $v = c / n = 3\times10^{8} / 1,334 = 2,25\times10^{8} m/s$

2 ـ لنبين أن الموجة الضوئية خضعت إلى انحراف خلال انتشارها :



نمدد الشعاعين RI و SK على الشكل ، فنحصل على الانحراف $D=(\widehat{RI,KS})$

العلاقة بين D و r و c :

نطبق قانون ديكارت للإنكسار بالنسبة للإنكسار الأول : $\sin i = n_{eau} \sin r$

من خلال الشكل الهندسي لدينا : OIJ مثلث متساوي الساقين أي أن $r=r"$ وحسب قانون ديكارت للإنعكاس في النقطة J وكذلك OJK مثلث متساوي الساقين فإن $r'=r"$ أي أن $\boxed{r=r'}$

وبالنسبة لزاوية الانحراف D لدينا : $D=\pi-\alpha$

حساب α :

لنختار المثلث EIK : $\alpha+\beta+i+\beta+i'=\pi$ أي أن $\alpha=\pi-2\beta-i-i'$

بالنسبة للمثلث IJK : $\beta+r+\beta+r+2r=\pi$ أي أن $\beta=\frac{\pi}{2}-2r$

وبالتالي فإن $\alpha=4r-i-i'$ أي أن $D=\pi-4r+i+i'$

وحسب قانون ديكارت للإنكسار بالنسبة للإنكسار الثاني : $n\sin r'=\sin i'$ وبما ان $r=r'$ فإن $\sin i=\sin i'$ أي أن $i=i'$ وبالتالي فإن $D=\pi-4r+2i$

4 ـ للمنحنى $D=f(i)$ قيمة دنوية D_m حيث الانحراف يكون شبه ثابت بالسبة للقيم i جد متقاربة أي عندما نغير i بقيم جد متقاربة تبقى $D=D_m$