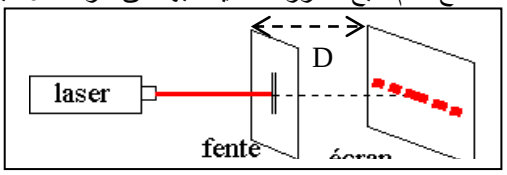
Propagation d'une onde lumineuse – انتشار موجة ضوئية

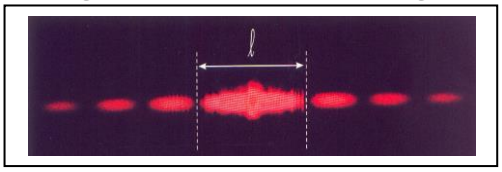
1- الطبيعة الموجية للضوء:

1-1: ظاهرة حيود الضوء:

- نضع أمام منبع اللازر ، صفيحة بها شق عرضه a قابل للضبط ، على مسافة D من شاشة E ، فنشاهد على هذه الشاشة الشكل -1-.



التركيب التجريبي



الشكل-1

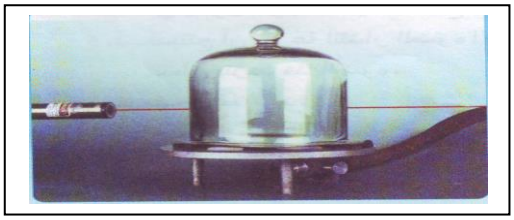
في هذه التجربة لا يتحقق مبدأ الانتشار المستقيمي للضوء و ظهور عدة بقع على الشاشة رغم استعمال منبع واحد للضوء يدل على وجود منابع وهمية و بمقارنة هذه الظاهرة مع ظاهرة حيود الموجات الميكانيكية على سطح الماء يمكن ان نستخلاص ان الضوء ذو طبيعة موجية

1-2: الضوء موجة كهرمغنطيسية:

نرسل حزمة ضوئية على ناقوس مفرغ من الهواء فنلاحظ ان الضوء يخترقها ، و هذا يدل على ان الضوء ينتشر في الفراغ

ملحوظة:" فرضية فرينيل -Fresnel"*الضوء موجة مستعرضة تتكون من مجال كهربائي* و مجال مغنطيسي .

الضوء موجة كهرمغنطيسية تنتشر في الأوساط المادية و غير المادية شرط أن تكون شفافة



2- خصائص الموجة الضوئية:

2-1: الموجة الضوئية الأحادية اللون.

ضوء	الاداة	النتيجة	الخلاصة
		انحراف +تبدد	الضوء متعدد اللون
		انحراف	الضوء احادي اللون

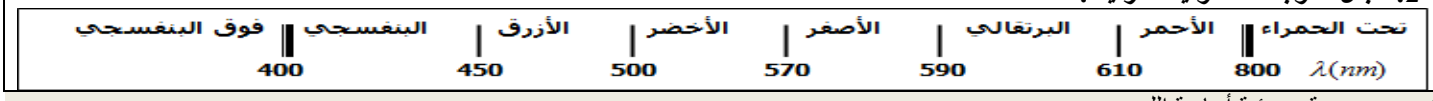
2-2: سرعة انتشار الضوء:

-سرعة الانتشار في الفراغ:	سرعة الانتشار في وسط مادي شفاف
سرعة انتشار الضوء في الفراغ ثابتة : $C = 299792458 m.s^{-1} \approx 3.10^8 m.s^{-1}$	- تنتشر الموجة الضوئية في وسط مادي بسرعة v أقل من C .
- نعرف معامل الانكسار لوسط شفاف ، بالنسبة لضوء أحادي اللون معين بالعلاقة : $n = \frac{C}{v}$.	

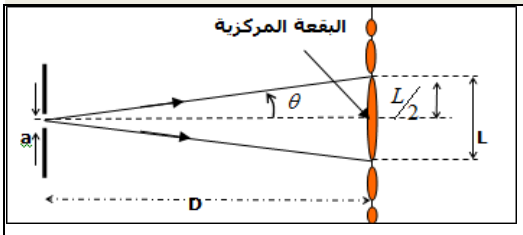
2-3: التردد و طول الموجة:

الضوء موجة جيبية	
طول الموجة في الفراغ : λ_0	طول الموجة في وسط مادي: λ
$C = \lambda_0 / T = \lambda_0 . N$	$v = \lambda / T = \lambda . N$
N: تردد الموجة الضوئية أحادية اللون يبقى ثابتا ، و لا يتعلق بوسط الانتشار.	
- نعرف معامل الانكسار لوسط شفاف ، بالنسبة لضوء أحادي اللون معين بالعلاقة $n = \frac{\lambda_0}{\lambda}$	

2-4: مجال الموجات الضوئية المرئية :



3- حيود موجة ضوئية أحادية اللون:



2-1: الفرق الزاوي θ.

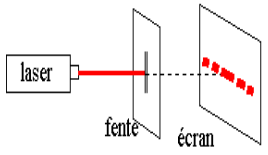
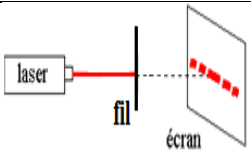
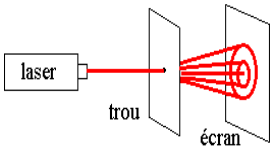
- نسمي الفرق الزاوي θ ، الزاوية التي يُشَاهَدُ منها نصف البقعة المركزية.(أنظر الشكل جانبه)
- بالنسبة لفرق زاوي θ صغير ، يمكن كتابة العلاقة : $\tan\theta \approx \theta(rad)$.

مبيانـــــــــيا :. $\theta = \frac{L}{2.D}$ تجريبـــــــيا. $\theta = \frac{\lambda}{a}$

2-2- العوامل المؤثرة

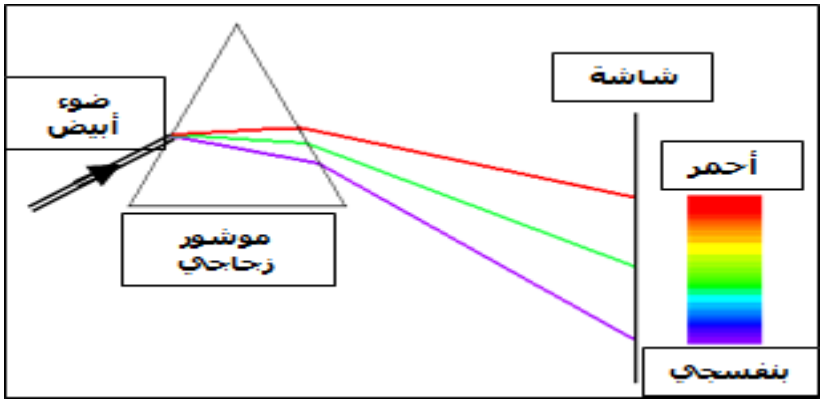
* تأثير عرض الشـــــــــــــــق a: كلما كان عرض الشق اصغر كلما كانت ظاهرة الحيود مهمة
* تأثير λ طول موجة الضوء الأحادي اللـــون: كلما كانت طول الموجة اكبر كلما كانت ظاهرة الحيود مهمة
* تأثير المسافـــــــــــــــــة D: كلما كانت المسافة D اكبر كلما كانت ظاهرة الحيود مهمة

ملحوظة يمكن مشاهدة حيود الضوء بواسطة شق (أو سمك رفيع) عندما يكون عرض الشق (أو السلك) محصورا بين 10λ و 100λ

باستعمال شق يميزه عرضه a	باستعمال سلك رفيق يميزه قطر a	باستعمال ثقب يميزه قطره d
$\theta(rad) = \frac{L}{2D}$  $\theta = \lambda / a$	$\theta(rad) = \frac{L}{2D}$  $\theta = \lambda / a$	$\theta = 1,22 \frac{\lambda}{a}$  $\theta = \lambda / a$

4- تبدد الموجات الضوئية:

4-1: تبدد الضوء الأبيض بواسطة موشور.



4-2- علاقات انتشار الضوء عبر موشور

$$\begin{cases} (2): \quad A = r + r' \\ (4): \mathbf{D = i + i' - A} \end{cases} \quad \begin{cases} (1): \sin i = n.\sin r \\ (2): \sin i' = n.\sin r' \end{cases}$$

4-3- تعليل ظاهرة تبدد الضوء :

حسب القانون الثاني لديكارت عند النقطتين I و I' ، نكتب :

- تبين العلاقة (2) أن الزاوية i' تتعلق ب n معامل الانكسار ، و بما أن D تتعلق بالزاوية i' فإن D تتعلق كذلك بمعامل الانكسار n .
- يتعلق معامل انكسار الزجاج بلون الإشعاع الذي يجتازه .

أمثلة:

الإشعاع	الأحمر	الأصفر	البنفسجي
n	1,618	1,629	1,652

خلاصة: يتعلق معامل انكسار زجاج الموشور بتردد الموجات الضوئية . و بما أن $n = \frac{C}{v}$ فإن سرعة انتشار الموجات الضوئية تتعلق كذلك بترددها ، نقول إن زجاج الموشور وسط مبدد للضوء.

ملحوظة:

يتغير الانحراف D مع تغير λ طول موجة الضوء الورد على موشور ، و بالتالي معامل انكسار الموشور يتغير بدوره مع تغير طول الموجة λ حسب قانون " كوشي " Loi de Cauchy : $n = A + \frac{B}{\lambda^2}$ أي أن n دالة تآلفية ل $\left(\frac{1}{\lambda^2}\right)$.

انتهى

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

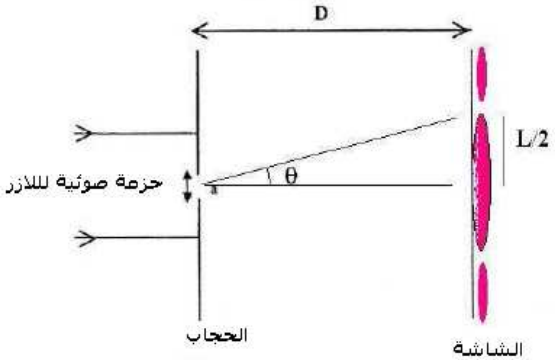
باستعمال العلاقات السابقة وباعتبار أن التردد لايتعلق بوسط الانتشار يمكن ملأ الجدول

	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 .

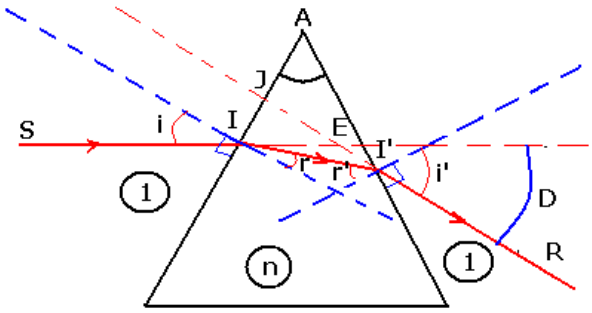
2 ـ 2 حساب λ_2

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′ :

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

$$r' = 34°79$$

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

$$i' = 71°26$$

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

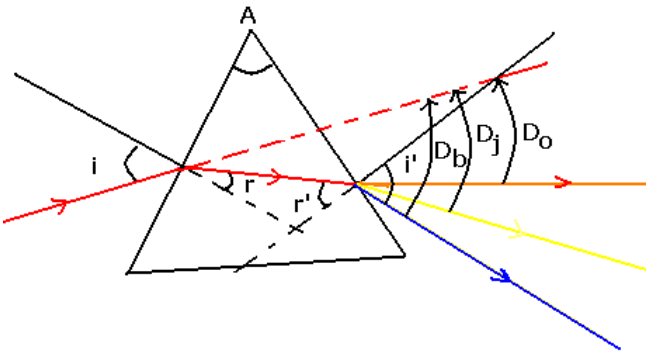
$$D_j = 56°26$$

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

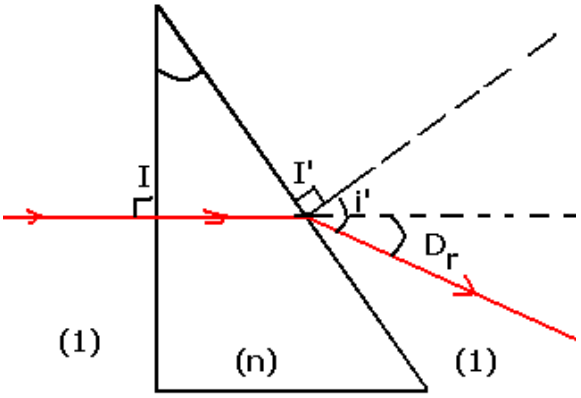
2 ـ تؤدي ظاهرة تبدد الضوء الأبيض بواسطة موشور إلى انبتاق طيف الضوء الأبيض حيث أن الشعاع البنفسجي أكثر انحرافا من الأشعة الأخرى وبالتالي من الشعاع الأحمر إذن حسب الشكل فإن :

(1) يمثل الشعاع البنفسجي

(2) يمثل الشعاع الأحمر .

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

حسب قانون ديكارت :



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

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

$r = 0$

$A = r + r' \Rightarrow r' = A = 30°$

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

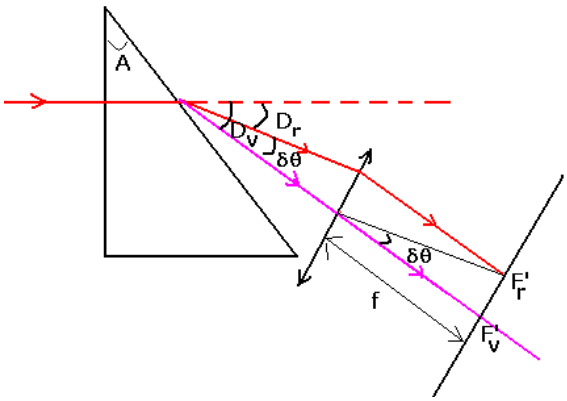
$i' = 55°59$

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

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