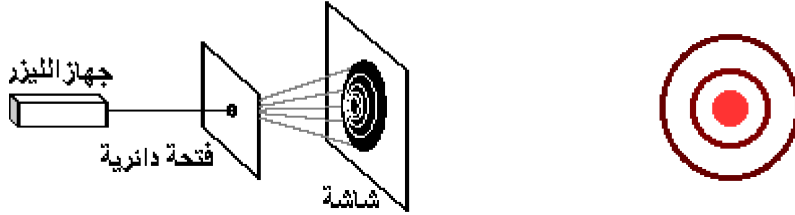


## انتشار موجة ضوئية

### 1. الطبيعة الموجية للضوء:

#### 1.1. ظاهرة حيود الضوء:

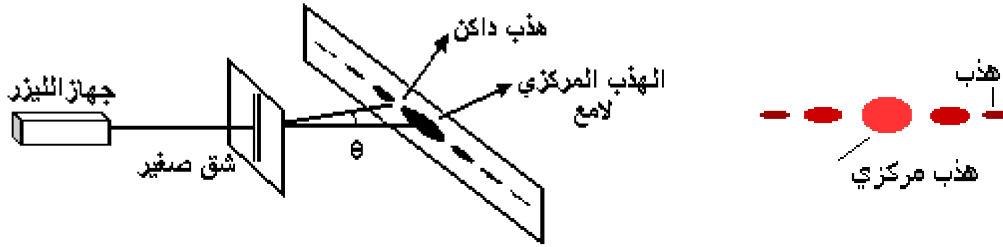
##### تجربة 1:



نشاهد على الشاشة دوائر مضيئة يفصل بينها دوائر مظلمة تتمركز على بقعة مضيئة مركزية، نستنتج مما سبق أن هناك تشابها مع حيود الموجات الميكانيكية. و نسمي هذه الظاهرة بحيود الضوء

##### تجربة 2:

عندما نغير الفتحة الدائرية بشق صغير جدا نعاين على الشاشة بقعا مضيئة و أخرى مظلمة بشكل متتابع، تقل شدة إضاءتها كلما ابتعدنا عن المركز.



##### استنتاج:

- تبين التجريبتان عدم صلاحية مفهوم الانتقال المستقيمي للضوء و أن الضوء عبارة عن موجة تنتشر و كلما كانت الفتحة صغيرة جدا كلما كانت ظاهرة الحيود أكثر وضوحا.

### 1.2. التعليل الموجي للضوء:

- تبرز ظاهرة الحيود أن الضوء موجة يمكن أن ينتشر إضافة إلى الأوساط المادية المتجانسة الشفافة، تنتشر في الفراغ بسرعة حدية

$$C_0 = 299\,792\,458 \text{ m.s}^{-1} = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

- الضوء عبارة عن موجة كهرومغناطيسية أي أن التشوه الذي ينتشر عبارة عن مجال كهربائي مرفق بمجال مغناطيسي.

##### ملحوظة:

سرعة انتشار موجة ضوئية في الفراغ لا تتعلق بتردد الموجة الضوئية و نقبل أن سرعة انتشار الضوء في الفراغ يساوي سرعة انتشاره في الهواء

## 2. خصائص الموجة الضوئية

### 2.1. الضوء الأحادي اللون:

- نسمي ضوء أحادي اللون كل موجة كهرومغناطيسية متوالية و جيبيية ذات تردد معين، لون هذه الموجة يتعلق بتردها  $\nu$   
- الضوء الأحادي اللون لا يتبدد بعد اجتيازه لموشور

### 2.2. انتشار موجة ضوئية في وسط شفاف:

- لايتعلق تردد الموجة الكهرومغناطيسية إلا بتردد المنبع وهي مستقلة عن وسط الانتشار
- تتعلق سرعة انتشار موجة كهرومغناطيسية بالوسط الذي تنتشر فيه
- تنتشر الموجات الضوئية في أوساط شفافة غير الفراغ بسرعات  $v$  أصغر من السرعة  $c$ . وتقارب السرعة  $v$  القيمة  $c$  في الهواء.
- كجميع الموجات، يصاحب انتشار الموجات الضوئية انتقال للطاقة على شكل طاقة إشعاعية.

### 2.3. معامل الانكسار

نعرف معامل انكسار وسط متجانس وشفاف المقدار  $n$  نسبة سرعة انتشار الموجة الضوئية في الفراغ  $C$  وسرعة انتشار الموجة في الوسط

$$n = \frac{C}{V} \quad \text{المعين } V$$

نقول أن وسط الانتشار مبدد (milieu dispersif) إذا كانت سرعة انتشار موجة أحادية اللون في هذا الوسط تتعلق بتردد هذه الموجة (إذا تتعلق بطول موجة هذه الموجة)

**استنتاج:**

يتعلق معامل انكسار وسط مبدد بتردد الموجة المنتشرة فيه.

هام:

- معامل الانكسار مقدار دون وحدة و أكبر دائما من 1 ( $n > 1$ )
- معامل انكسار الهواء يقارب معامل انكسار الفراغ

$$n = \frac{C}{V}$$

الماء	الكحول	الزجاج	diamant	الهواء	الوسط
1,33	1,36	1,50	2,42	1,00	معامل الانكسار

#### 2.4. التردد و طول الموجة:

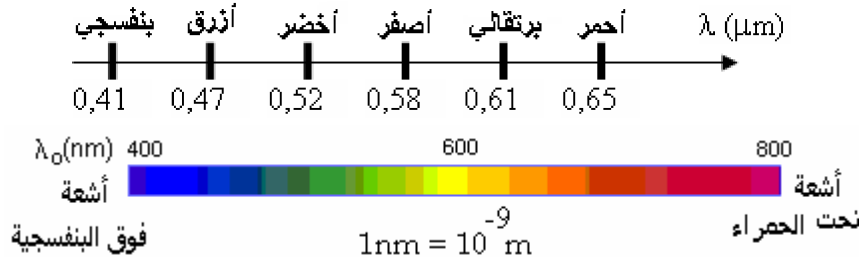
- التردد  $\nu$  لضوء أحادي اللون مستقل عن وسط الانتشار و لا يتغير عند الانتقال من وسط لآخر
- تتميز الموجات الضوئية بدورية مزدوجة (زمانية ومكانية).

- نعرف طول موجة أحادية اللون في الفراغ أو الهواء بالعلاقة التالية  $\lambda_0 = C.T = \frac{C}{\nu}$  و في وسط معين  $\lambda = \frac{V}{\nu}$  و منه فيتعلق

طول موجة ضوء أحادي اللون بسرعة الانتشار أي بوسط الانتشار

#### 2.5. الضوء المرئي:

- لا ترى العين البشرية إلا الإشعاعات التي يتراوح طول موجاتها في الفراغ بين 400 nm (إشعاعات البنفسجية) و 800 nm (إشعاعات حمراء).



هناك أشعة غير مرئية يمكن التقاطها بواسطة أجهزة ملائمة من بين هذه الأشعة:

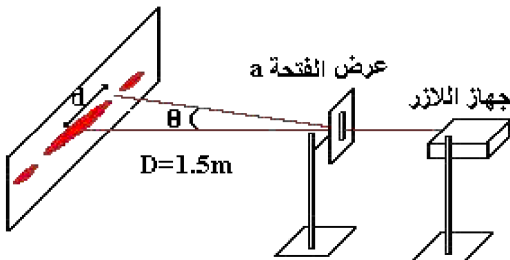
- الأشعة فوق البنفسجية و هي أشعة طول موجاتها في الفراغ أصغر من 400 nm ( $10 \text{ nm} < \lambda < 400 \text{ nm}$ ).
- الأشعة تحت الحمراء و هي أشعة طول موجاتها في الفراغ أكبر من 800 nm ( $800 \text{ nm} < \lambda < 1000 \text{ nm}$ ).

### 3. انتشار موجة ضوئية في وسط شفاف:

#### 3.1. تجربة:

- تكون ظاهرة الحيود أكثر أهمية عندما يكون عرض الفتحة  $a$  اصغر
- يزداد عرض البقعة الضوئية المركزية لظاهرة الحيود كلما ازداد طول موجة الضوء الأحادي اللون المستعمل

نضبط المسافة بين الحجاب والحائط الذي نستعمله كشاشة، حيث نلصق عليه ورق ميليمتري (لقياس  $d$ ) نختار قيم مختلفة ل  $a$



$\lambda = 650 \text{ nm}$  طول موجة الليزر المستعمل

40	60	100	120	$a(\mu\text{m})$
2.25	1.5	0.85	0.75	$d(\text{cm})$
$1.59 \cdot 10^{-2}$	$1.06 \cdot 10^{-2}$	$6.29 \cdot 10^{-2}$	$5.31 \cdot 10^{-3}$	$\theta(\text{rad})$
$1.58 \cdot 10^{-2}$	$1.055 \cdot 10^{-2}$	$6.33 \cdot 10^{-2}$	$5.275 \cdot 10^{-3}$	$\frac{\lambda}{a}$

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

من الجدول نستنتج بأن

**ملحوظة:**

$$\theta = f\left(\frac{1}{a}\right)$$

مبيانيا تشكل  $\lambda$  المعامل الموجه للمنحنى

### 3.2. دراسة حيود حزمة الليزر عبر فتحة

d: شعاع البقعة المركزية (الهذب المركزي)

L=2d: عرض البقعة الصوتية

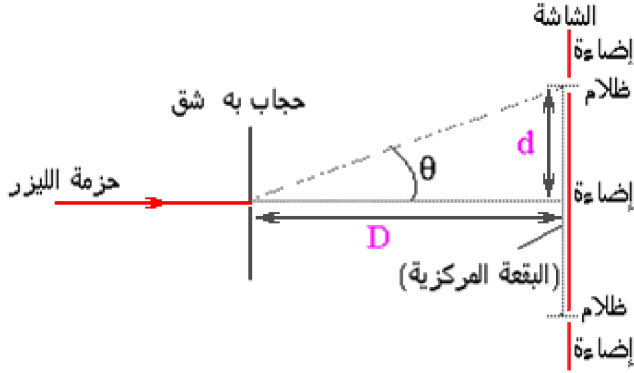
$\theta$ : الفرق الزاوي بين وسط الهذب المركزي و أول هذب مظلم

$$\tan(\theta) = \sin(\theta) = \frac{d}{D}$$

$$\theta = \frac{d}{D}$$

$\theta$  صغيرة جدا و منه

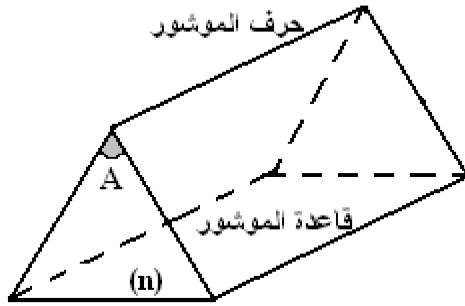
$$\theta = \frac{\lambda}{a} \text{ و منه نستنتج } d = \lambda \cdot \frac{D}{a}$$



### 4. تبدد الموجات الضوئية:

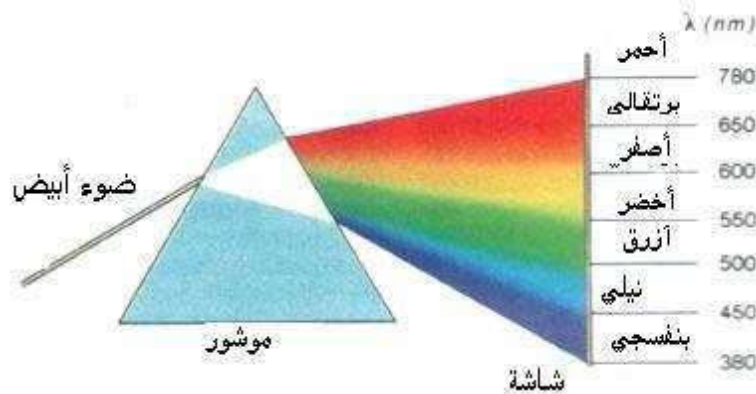
#### 4.1. تعريف:

الموشور وسط شفاف متجانس محدود بوجهين مستويين غير متوازيين يتقاطعان حسب مستقيم يسمى حرف الموشور.



يتميز الموشور بمعامل انكسار n وزاوية A

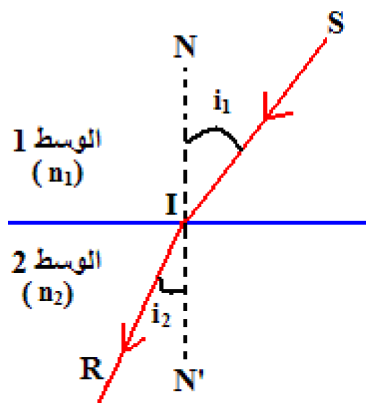
#### 4.2. ظاهرة تبدد الضوء الأبيض:



- يتألف الضوء الأبيض من أضواء أحادية اللون تكون الطيف وهو متصل، نقول أن الضوء الأبيض ضوء مركب.
- انحراف الحزمة الضوئية بواسطة موشور تتعلق بطول الإشعاع ( كلما كانت طول الموجة أصغر كان الانحراف أكبر) نقول أن الموشور وسط مبدد.

#### 4.3. قانون ديكارت

أن الشعاع الوارد SI و الشعاع المنكسر IR يوجدان في نفس المستوى الذي يحتوي على المنظمي 'NN (العمودي للحد الفاصل بين الوسطين (1) و (2) (الشكل جانبه) .



- إن زاوية الورود  $i_1$  و زاوية الانكسار  $i_2$  مرتبطتان بالعلاقة التالية:  $n_{2/1} = \frac{\sin i_2}{\sin i_1}$

مع  $n_{2/1} = \frac{n_2}{n_1}$  حيث  $n_1$ : معامل انكسار الوسط 1 و  $n_2$  معامل انكسار الوسط 2،

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \quad \text{إذن}$$

#### قانونا ديكرارت :

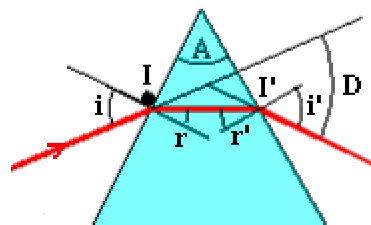
- يوجد الشعاعان ، الوارد و المنكسر ، في نفس المستوى.  
- زاوية الورود  $i_1$  في وسط معامل انكساره  $n_1$  و زاوية الانكسار  $i_2$  في وسط معامل انكساره  $n_2$  مرتبطتان بالعلاقة:  $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$

#### ملحوظة:

$$\text{نعلم أن } n = \frac{c}{v} \text{ و } \lambda = \frac{v}{\nu} \text{ فيمكن أن استنتاج العلاقات التالية: } \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin i_1}{\sin i_2}$$

#### 4.4. مسار حزمة ضوئية أحادية اللون- علاقات الموشور:

A: زاوية الموشور  
i: زاوية الورود على الوجه الأول.  
i': زاوية الانكسار على الوجه الثاني  
r: زاوية الانكسار على الوجه الأول  
r': زاوية الورود على الوجه الثاني  
D: زاوية انحراف الحزمة الضوئية الأحادية اللون عبر الموشور



الضوء ينكسر مرتين عند اجتيازه لموشور

علاقات الموشور:

- بالنقطة I:  $\sin(i) = n \cdot \sin(r)$   
- بالنقطة I':  $\sin(i') = n \cdot \sin(r')$   
نعتبر المثلث AII':

$$A = r + r' \quad \text{و بالتالي} \quad \pi = A + \left(\frac{\pi}{2} - r\right) + \left(\frac{\pi}{2} - r'\right)$$

#### 4.4. زاوية الانحراف D للموشور:

##### 4.4.1. تعريف:

نسمي زاوية الانحراف D للموشور الزاوية بين اتجاه الشعاع الوارد على الموشور و اتجاه الشعاع المنبثق من الموشور

$$\pi = (\pi - D) + (i - r) + (i' - r')$$

$$\text{و منه } D = (i + i') - (r + r')$$

$$\text{و بالتالي: } D = (i + i') - A$$

##### 4.4.2. تأثير لون الضوء على معامل الانكسار

يتميز كل شعاع ضوئي أحادي اللون بطول موجة  $\lambda$  بحيث  $C = \lambda \cdot \nu$  : سرعة انتشار الضوء و T دوره و  $\nu$  تردده

الإشعاع	طول الموجة ( $\mu\text{m}$ )	معامل الانكسار (n) للزجاج
الأحمر	0.768	1.618
البرتقالي	0.656	1.627
الأصفر	0.589	1.629
الأزرق	0.486	1.641
البنفسجي	0.434	1.652

نلاحظ أن معامل الانكسار (n) للزجاج يزداد مع نقصان طول ( $\lambda$ ) موجة الإشعاع الضوئي الذي يجتازه

#### تعميم:

يتعلق معامل انكسار وسط شفاف بطول موجة الإشعاع الضوئي الذي يجتازه و بالتالي بسرعه و منه الوسط مبدد للضوء

**تمرين**

يمثل الشكل جانبه صورة حيود ضوء منبعث من منبع S للآزر تم الحصول عليها بواسطة شاشة تبعد بالمسافة  $D=2m$  من شق عرضه  $a=100\mu m$  مضاء بواسطة المنبع S.

1- أعط العلاقة بين الفرق الزاوي  $\theta$  و طول الموجة  $\lambda$  و العرض  $a$  للشق.

1-2/2- أوجد العلاقة بين  $\tan \theta$  و العرض  $X_1$  للهدب المركزي و المسافة  $D$ .

2-2- اختزل هذه العلاقة في الحالة التي تكون فيها الزاوية  $\theta$  صغيرة.

3- حدد طول موجة الضوء المنبعث من المنبع S.

4- باستعمال نفس التركيب :

1-4- أوجد عرض الهدب المركزي للحيود عندما يكون طول موجة الضوء المنبعث من المنبع

هو  $\lambda = 450nm$ .

2-4- صف مظهر شكل الصورة المحصل عليها عند إضاءة الشق بالضوء الأبيض.

**الحل:**

1- الفرق الزاوي:  $\theta = \frac{\lambda}{a}$  (1) حيث يعبر عن  $a$  و  $\lambda$  بنفس الوحدة و  $\theta$  بالراديان .

1-2/2-

من خلال هذا الرسم يمكن كتابة: (2)  $\tan \theta = \frac{X_1}{2D}$

2-2- في الحالة التي تكون فيها الزاوية  $\theta$  صغيرة لدينا:  $\tan \theta \approx \theta$  مع

$\theta$  بالراديان. تصبح العلاقة (2): (3)  $\theta = \frac{X_1}{2D}$ .

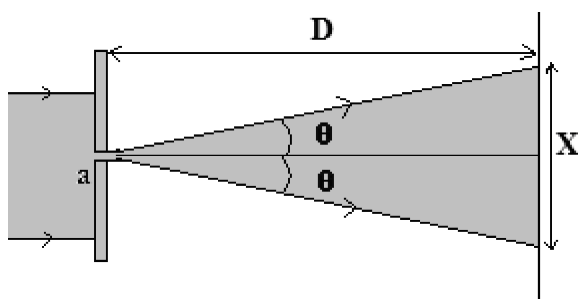
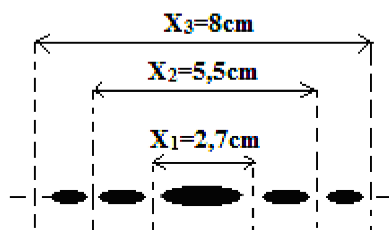
3- طول الموجة: من العلاقتين (1) و (3) نستنتج أن  $\lambda = \frac{aX_1}{2D}$  . تطبيق

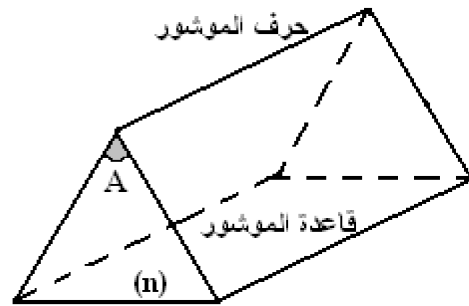
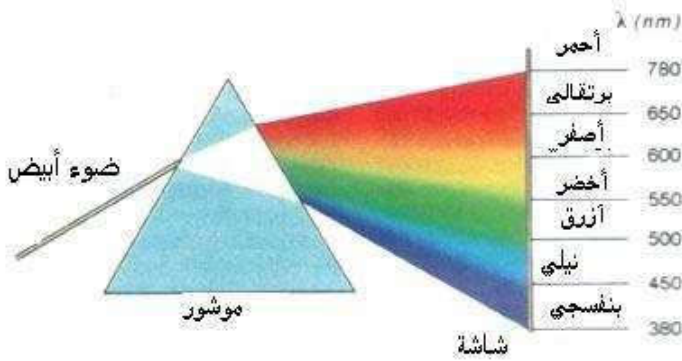
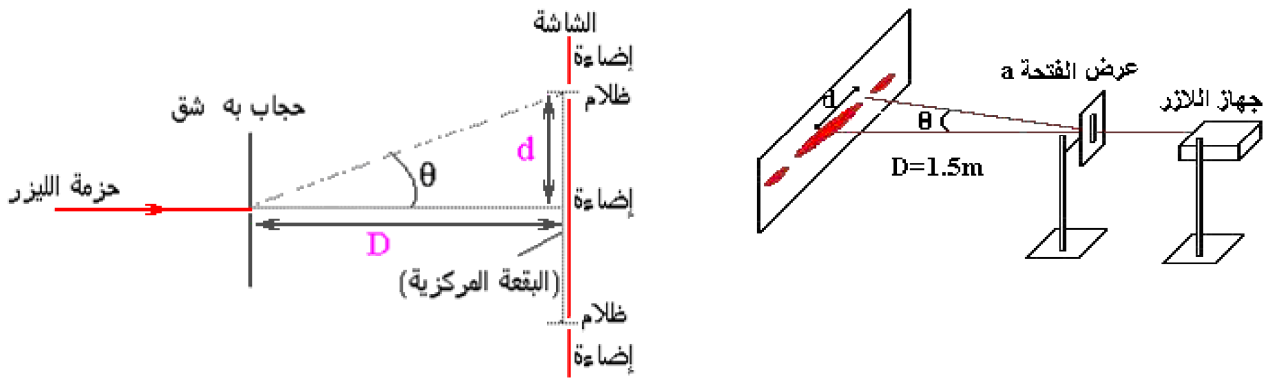
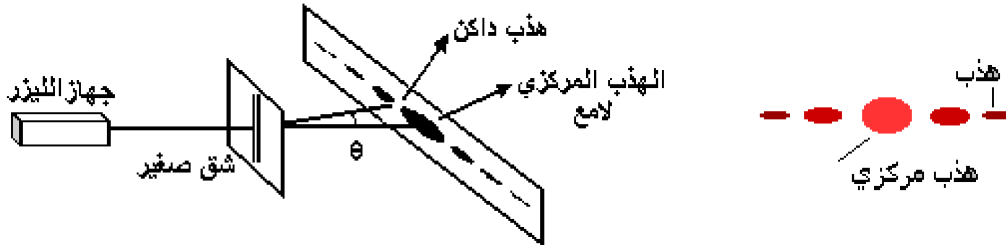
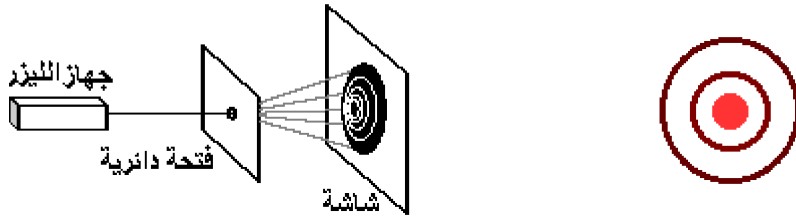
عددي:  $\lambda = 670nm$ .

1-4/4- عرض الهدب المركزي :

من خلال السؤال السابق يمكن كتابة:  $X = \frac{2D\lambda}{a}$  . تطبيق عددي:  $X=1,8cm$  .

2-4- عند استعمال الضوء الأبيض سنحصل على هدب مركزي أبيض تحيط به أهداب مضيئة متفرجة.





يمثل الشكل جانبه صورة حيود ضوء منبعث من منبع S للآزر تم الحصول عليها بواسطة شاشة تبعد بالمسافة  $D=2m$  من شق عرضه  $a=100\mu m$  بمضاء بواسطة المنبع S.

1- أعط العلاقة بين الفرق الزاوي  $\theta$  و طول الموجة  $\lambda$  و العرض  $a$  للشق.

1-2/ أوجد العلاقة بين  $\tan \theta$  و العرض  $X_1$  للهذب المركزي و المسافة  $D$ .

2-2- اختزل هذه العلاقة في الحالة التي تكون فيها الزاوية  $\theta$  صغيرة.

3- حدد طول موجة الضوء المنبعث من المنبع S.

4- باستعمال نفس التركيب:

1-4- أوجد عرض الهذب المركزي للحيود عندما يكون طول موجة الضوء المنبعث من المنبع هو  $\lambda = 450nm$ .

2-4- صف مظهر شكل الصورة المحصل عليها عند إضاءة الشق بالضوء الأبيض.

ترد حزمة رقيقة من الضوء الأبيض على الوجه الأول لموشور بزواوية الورود  $i=23^\circ$ ، فتنتبثق من الوجه الآخر للموشور، أشعة ذات ألوان مختلفة من بينها الشعاعان الأحمر و الأزرق.

نعطي:	قيمة زاوية الموشور $A=30^\circ$	معامل انكسار الهواء $n=1$	معامل انكسار الموشور بالنسبة للضوء الأزرق $n_B=1.523$
-------	---------------------------------	---------------------------	---

1. أحسب زاوية الانحراف  $D_B$  التي يكونها اتجاه الشعاع الأزرق المنبثق من الموشور مع اتجاه الحزمة الضوئية الواردة

2. علما أن زاوية الانبثاق  $i'_R$  للشعاع الأحمر من الموشور تساوي زاوية الورود  $i$ .

أحسب قيمة معامل الانكسار  $n_R$  للموشور بالنسبة للضوء الأحمر.

استنتج قيمة زاوية الانحراف  $D_R$  بين اتجاه الشعاع الأحمر المنبثق من الموشور مع اتجاه الحزمة الضوئية الواردة.