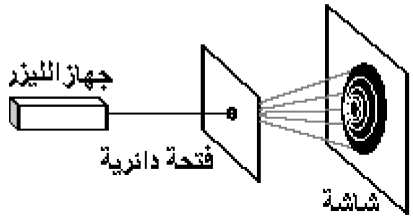
انتشار موجة ضوئية

1. الطبيعة الموجية للضوء:

1.1. ظاهرة حيود الضوء:

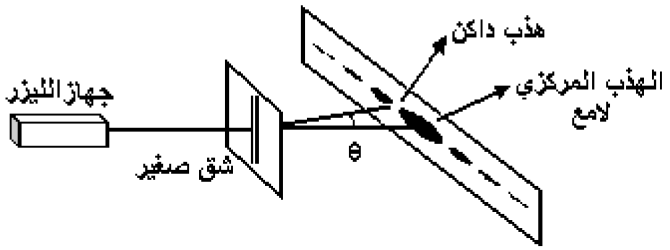
تجربة1:



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 التجربتان 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 $C_0=299\ 792\ 458\ m.s^{-1}=3\ 10^8 m.s^{-1}$
- الضوء عبارة عن موجة كهرمغناطيسية أي أن التشوه الذي ينتشر عبارة عن مجال كهربائي مرفق بمجال مغنطيسي.

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 كهرمغناطيسية متوالية وجيبية ذات تردد معين ، لون هذه الموجة يتعلق بترددها υ
- الضوء الأحادي اللون لا يتبدد بعد اجتيازه لموشور

2.2. انتشار موجة ضوئية في وسط شفاف:

- لايتعلق تردد الموجة الكهرمغناطيسية إلا بتردد المنبع وهي مستقلة عن وسط الانتشار
- تتعلق سرعة انتشار موجة كهرمغناطيسية 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 المعين V

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

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

استنتاج :

يتعلق معامل انكسار وسط مبدد بتردد الموجة المنتشرة فيه.

هام:

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

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

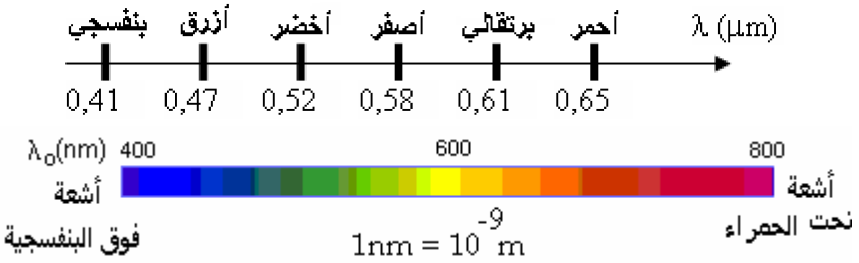
الوسط	الهواء	diamant	الزجاج	الكحول	الماء
معامل الانكسار	1,00	2,42	1,50	1,36	1,33

2.4. التردد و طول الموجة:

- التردد υ لضوء أحادي اللون مستقل عن وسط الانتشار و 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 $\lambda_0 = C.T = \frac{C}{\upsilon}$ و في وسط معين $\lambda = \frac{V}{\upsilon}$ 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) و800 nm (إشعاعات حمراء).

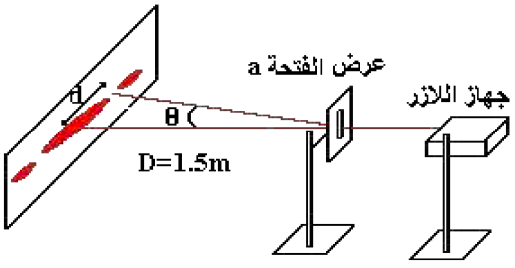


هناك أشعة غير مرئية يمكن التقاطها بواسطة أجهزة ملائمة.من بين هذه الأشعة:

- الأشعة فوق البنفسجية و هي أشعة طول موجاتها في الفراغ أصغر من 400 nm (10 nm <λ< 400 nm).
- الأشعة تحت الحمراء و هي أشعة طول موجاتها في الفراغ أكبر من 800 nm (800 nm<λ< 1000 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

λ=650nm طول موجة الليزر المستعمل

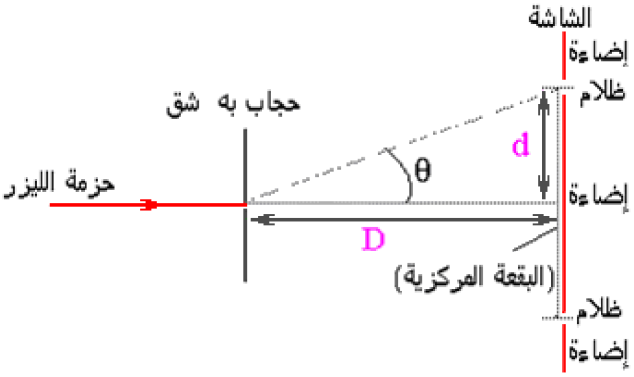
40	60	100	120	a(µm)
2.25	1.5	0.85	0.75	d(cm)
$1.59\ 10^{-2}$	$1.06\ 10^{-2}$	$6.29\ 10^{-2}$	$5.31.10^{-3}$	θ(rad)
$1.58\ 10^{-2}$	$1.055\ 10^{-2}$	$6.33\ 10^{-2}$	$5.27510.^{-3}$	$\frac{\lambda}{a}$

من الجدول نستنتج بأن $\theta = \frac{\lambda}{a}$

ملحوظة:

مبيانيا تشكل λ المعامل الموجه للمنحنى $\theta = f(\frac{1}{a})$

3.2. دراسة حيود حزمة الليزر عبر فتحة



d: شعاع البقعة المركزية (الهذب المركزي)

L=2d: عرض البقعة الصوئية

θ: الفرق الزاوي بين وسط الهذب المركزي و أول هذب مظلم

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

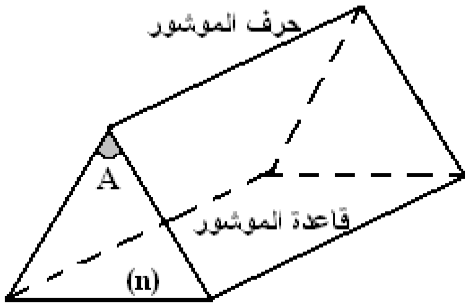
θ صغيرة جدا و منه $\theta = \frac{d}{D}$

نعلم أن $\theta = \frac{\lambda}{a}$ ومنه نستنتج : $d = \lambda.\frac{D}{a}$

4. تبدد الموجات الضوئية:

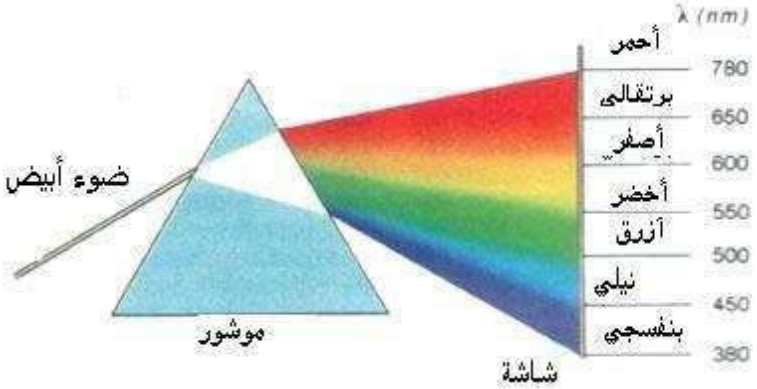
4.1. تعريف:

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



يتميز الموشور بمعامل انكسار n وزاوية A

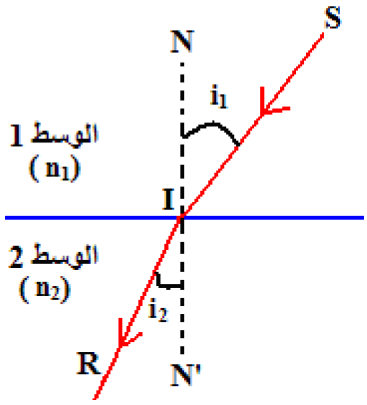
4.2. ظاهرة تبدد الضوء الأبيض:



- يتألف الضوء الأبيض من أضواء أحادية اللون تكون الطيف وهو متصل، نقول أن الضوء الأبيض ضوء مركب.
- انحراف الحزمة الضوئية بواسطة موشور تتعلق بطول موجة 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،

إذن $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$

قانونا ديكارت :

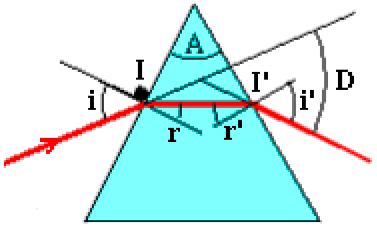
- يوجد الشعاعان ، الوارد و المنكسر ، في نفس المستوى.
- زاوية الورود i_1 في وسط معامل انكساره n_1 و زاوية الانكسار i_2 في وسط معامل انكساره n_2 مرتبطان بالعلاقة: $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$

ملحوظة:

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

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: $\sin(i)=n.\sin(r)$
- بالنقطة I': $\sin(i')=n.\sin(r')$

نعتبر المثلث AII' :

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

4.5. زاوية الانحراف D للموشور:

4.5.1. تعريف:

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

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

و منه $D=(i+i')-(r+r')$

و بالتالي: $D=(i+i')-A$

4.5.2. تأثير لون الضوء على معامل الانكسار

يتميز كل شعاع ضوئي أحادي اللون بطول موجة λ بحيث $C=\frac{\lambda}{T}=\lambda.\upsilon$: سرعة انتشار الضوء و T دوره و υ تردده

الإشعاع	طول الموجة (µm)	معامل الانكسار (n) للزجاج
الأحمر	0.768	1.618
الربتقالي	0.656	1.627
الأصفر	0.589	1.629
الأزرق	0.486	1.641
البنفسجي	0.434	1.652

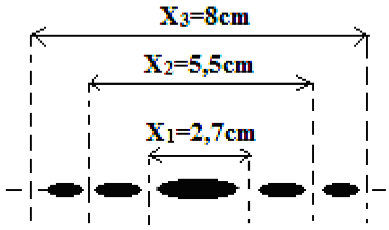
نلاحظ أن معامل الانكسار (n) للزجاج يزداد مع نقصان طول (λ) موجة الإشعاع الضوئي الذي يجتازه

تعميم:

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

تمرين

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



1-أعط العلاقة بين الفرق الزاوي θ و طول الموجة λ و العرض a للشق.

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

2-2-اختزل هذه العلاقة في الحالة التي تكون فيها الزاوية θ صغيرة.

3-حدد طول موجة الضوء المنبعث من المنبع S .

4-باستعمال نفس التركيب :

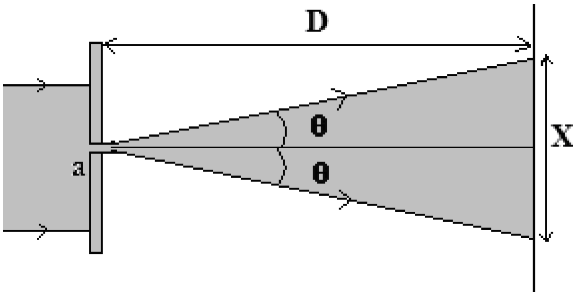
4-1-أوجد عرض الهدب المركزي للحيود عندما يكون طول موجة الضوء المنبعث من المنبع هو $\lambda = 450nm$.

4-2-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 λ بنفس الوحدة و θ بالراديان .

-1-2/2



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

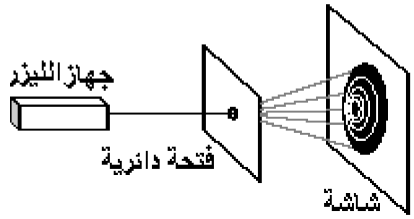
2-2- في الحالة التي تكون فيها الزاوية θ صغيرة لدينا : $\tan\theta \approx \theta$ مع θ بالراديان.تصبح العلاقة(2) : $\theta = \frac{X_1}{2D}$ (3).

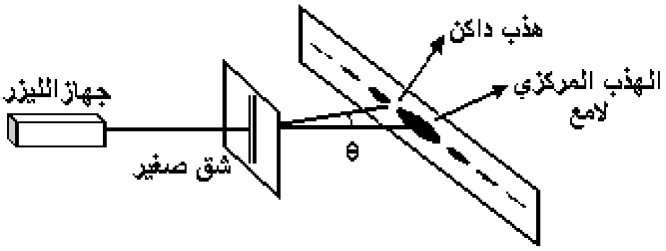
3-طول الموجة:من العلاقتين (1) و (3) نستنتج أن $\lambda = \frac{aX_1}{2D}$. تطبيق عددي: $\lambda = 670nm$.

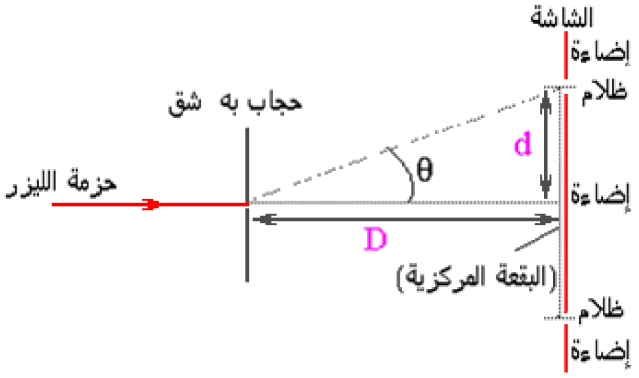
4/4-1-عرض الهدب المركزي :

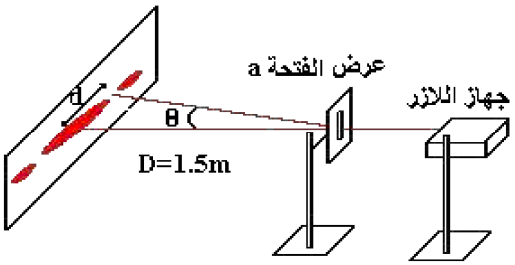
من خلال السؤال السابق يمكن كتابة : $X = \frac{2D\lambda}{a}$. تطبيق عددي: X=1,8cm .

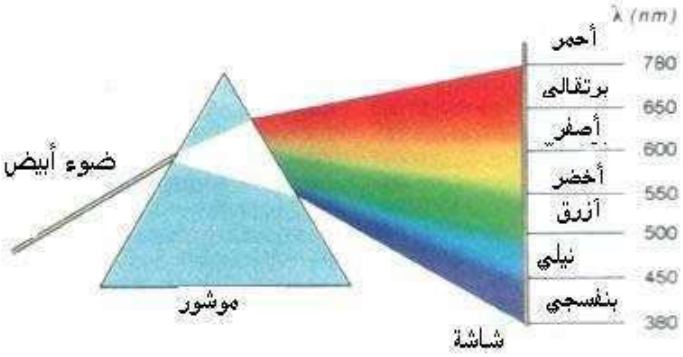
4-2-عند استعمال الضوء الأبيض سنحصل على هذب مركزي أبيض تحيط به أهذاب مضيئة متقزحة.

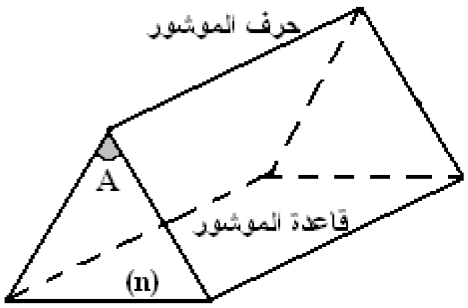




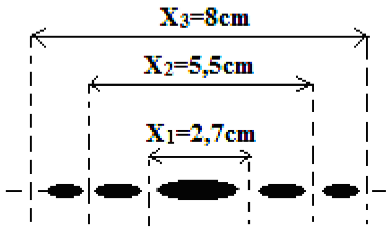








يمثل الشكل جانبه صورة حيود ضوء منبعث من منبع S للازر تم الحصول عليها بواسطة شاشة تبعد بالمسافة D=2m من شق عرضه a=100μm مضاء بواسطة المنبع S .



1-أعط العلاقة بين الفرق الزاوي θ و طول الموجة λ و العرض a للشق.

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

2-2-اختزل هذه العلاقة في الحالة التي تكون فيها الزاوية θ صغيرة.

3-حدد طول موجة الضوء المنبعث من المنبع S .

4-باستعمال نفس التركيب :

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

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

ترد حزمة رقيقة من الضوء الأبيض على الوجه الأول لموشور بزاوية الورود i=23°، فتنبثق من الوجه الآخر للموشور، أشعة ذات ألوان مختلفة من بينها الشعاعان الأحمر و الأزرق.

نعطي:	قيمة زاوية الموشور A=30°	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.