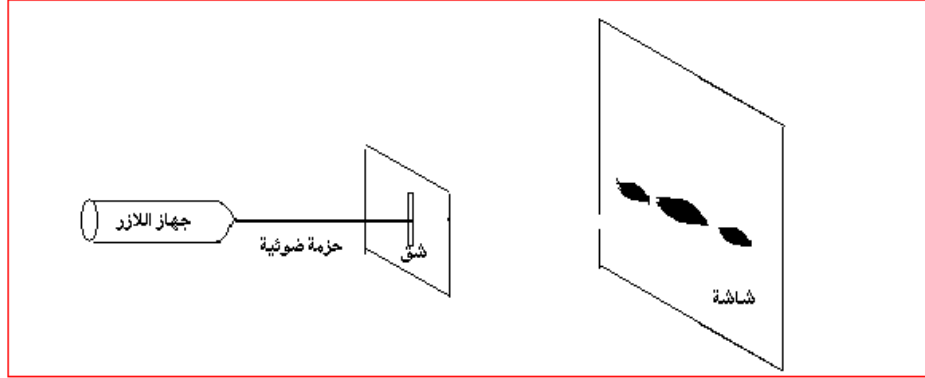


انتشار موجة ضوئية Propagation d'une onde lumineuse

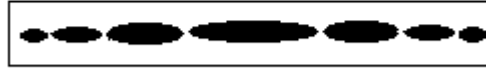
I - إبراز التجريبي لظاهرة حيود الضوء

1 - تجربة

ننجز التركيب التجريبي جانبه حيث :
 - الحزمة الضوئية المنبعثة من جهاز الليزر تقع في وسط الورق الميليمتري .
 - نضع صفيحة بها شق عرضه a على مسافة $D=1,77m$ من الشاشة ، فنشاهد على هذه الأخيرة الشكل أ .



الشكل ب



الشكل أ



- نعوض الصفيحة بأخرى شقها عرضه $a/2$ فتحصل على الشكل ب
 - نحفظ بنفس المسافة $D=1,77m$ ونستعمل صفائح شقوقها مختلفة العرض a . نقيس بالنسبة لكل صفيحة العرض L للبقع المركزية المشاهدة على الشاشة .
 ندون في جدول قيم كل من a و L . فنحصل على الجدول التالي :

$a(\mu m)$	380	250	110	90	50
$L(mm)$	5,5	8,5	2,0	2,5	3,0

استثمار

1

الماء

ظاهرة حيود الموجات الميكانيكية تحدث عندما

من طول الموجة الميكانيكية .

نفس الشيء بالنفس للضوء فعند وصوله إلى حاجز ذي فتحة عرضها a صغير جدا يتغير اتجاه انتشار الأشعة الضوئية .

2 - ذكر بالمبدأ المستقيمي للضوء . هل يتحقق هذا المبدأ خلال هذه التجربة ؟

ينتشر الضوء في أوساط شفافة ومتجانسة وفق خطوط مستقيمة .

عند وصول الضوء إلى الحاجز ذي الفتحة يتغير اتجاه انتشاره وبالتالي فإن مبدأ انتشار الضوء لا يتحقق . لت هذه الأشعة الضوئية يمكنها أن تصل إلى أماكن توجد وراء الحاجز . نقول أن الضوء خضع لظاهرة الحيود عند حدوث

، وتقل شدة إضاءتها كلما ابتعدنا عن المركز ويتصرف هنا الشق كمنبع ضوئي وهمي 3 _ ماذا يمكن استخلاصه فيما يخص طبيعة الضوء ؟

مبدأ الانتشار المستقيمي للضوء لا يمكن من تفسير وصول الضوء لأما وبالمماثلة مع الموجات الميكانيكية نعتبر الضوء موجة .

خلاصة :

كما هو الشأن بالنسبة لحيود موجة ميكانيكية مستقيمية على سطح الماء في حوض الموجات ، يتم حيود الضوء ، بواسطة فتحات صغيرة : ثقب أو شق رأسي أو سجاد voileage والتي يمكن اعتبارها منابع ضوئية وهمية ، الشيء الذي يثبت الفرضية التالية :

إن الضوء عبارة عن موجات متوالية . ويسمى هذا المظهر الموجي للضوء .

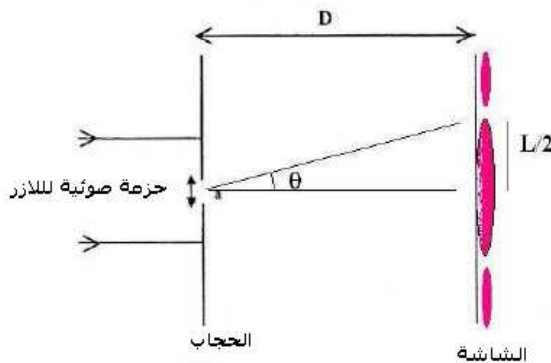
ولقد توصل العالم هويكنس Huygnes إلى هذه الفرضية في منتصف القرن السابع عشر الميلادي و ثم إثباتها تجريبيا في بداية القرن التاسع عشر الميلادي من طرف العالم يونغ Young

4 _ تحديد طول الموجة لموجة ضوئية منبعثة من جهاز اللازر .

_ يرمز للفرق الزاوي بين وسط البقعة المركزية وأول بقعة مظلمة بالحرف θ .

4 _ 1 بالنسبة لفرق زاوي صغير ، يمكن كتابة العلاقة $\tan \theta = \theta$ ، حيث يعبر عن θ بالرديان .

أثبت العلاقة : $\theta = \frac{L}{2D}$



نعبر عن الفرق الزاوي θ بالرديان بين وسط الهذب المركزي وأول هذب مظلم

من خلال الشكل لدينا :

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

باعتبار أن θ صغيرة جدا فإن

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

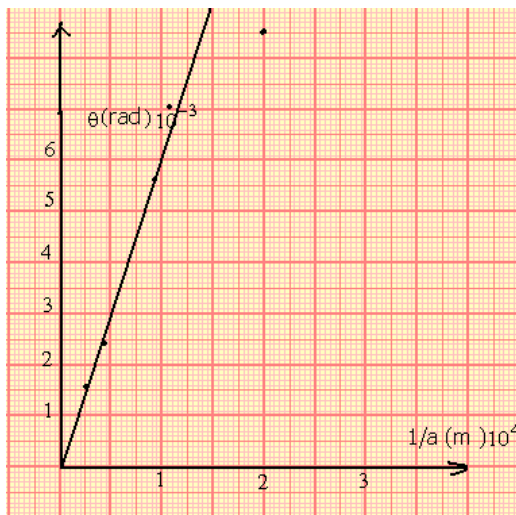
4 _ 2 مثل المنحنى الممثل لتغيرات θ بدلالة $\frac{1}{a}$

a(μm)	380	250	110	90	50
L(m)	$5,5 \cdot 10^{-3}$	$8,5 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$3,0 \cdot 10^{-2}$
1/a(m ⁻¹)	$2,6 \cdot 10^3$	$4,0 \cdot 10^3$	$9,1 \cdot 10^3$	$1,1 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^4$
θ(rad)	$1,55 \cdot 10^{-3}$	$2,40 \cdot 10^{-3}$	$0,56 \cdot 10^{-2}$	$0,71 \cdot 10^{-2}$	$0,85 \cdot 10^{-2}$

التمثيل المياني باختيار السلم التالي :

بالنسبة ل $1/a$ نختار : $1 \text{ cm} \leftrightarrow 0,5 \cdot 10^4 \text{ m}^{-1}$

بالنسبة ل θ نختار : $1 \text{ cm} \leftrightarrow 1 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$



4 - 3 أستنتج العلاقة الرياضية بين θ و $(1/a)$. ما هو المدلول الفيزيائي للمعامل الموجه للمنحنى المحصل عليه ؟

$\theta = k \cdot \frac{1}{a}$ و من خلال التحليل البعدي لهذه العلاقة يتبين

أن الثابتة k تمثل طول الموجة لأن وحدتها في المعادلة

هي المتر . وبالتالي فالعلاقة بين θ و $(1/a)$ هي : $\theta = \frac{\lambda}{a}$

5 - ما تأثير عرض الشق a على العرض L للبقعة المركزية ؟

II - الموجات الضوئية

1 - انتشار الموجات الضوئية

الضوء الطبيعي المنبعث من الشمس

يحتاج لوسط مادي لانتشاره خلافا للموجات الميكانيكية .

تنتشر الموجات الضوئية في الفراغ .

في سنة 1821 نشر فرينل Fresnel فرضيته بالنسبة للاهتزازات الضوئية باعتبارها موجات مستعرضة أي أنها متعامدة مع اتجاه انتشارها . بحيث أن هذه الإشارة هي عبارة عن مجال كهربائي مقرون بمجال مغناطيسي لذا نسميها بالموجات الكهرمغناطيسية .

الموجات الضوئية موجات كهرمغناطيسية .

تنتشر في الفراغ بسرعة $c \approx 3.10^8 \text{ m/s}$

سرعة انتشار الضوء في الفراغ هي ثابتة عالمية قيمتها $c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$

في وسط مادي شفاف سرعة الضوء أصغر من سرعته في الفراغ . في الهواء

تقارب سرعته في الفراغ .

- تحمل الموجات الضوئية طاقة تسمى طاقة الإشعاع .

2 - العلاقة بين طول الموجة الضوئية والتردد

تتميز موجة ضوئية أحادية اللون بتردد ν ، نعبّر عنه بالهرتز (Hz) أو بالدور $T = \frac{1}{\nu}$ نعبّر عنها

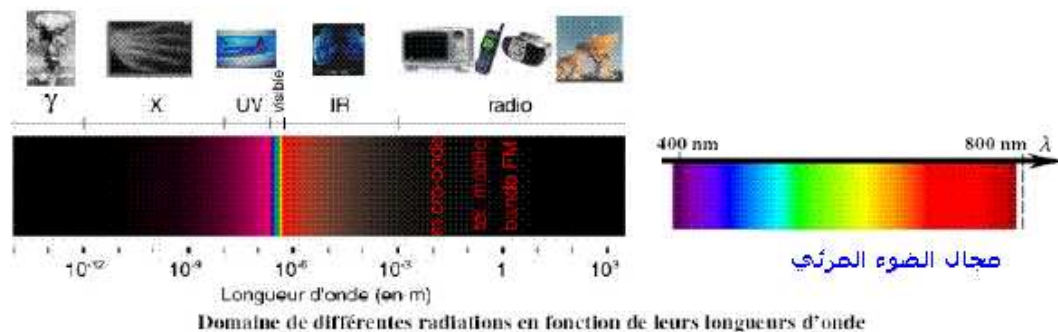
بالثانية s .

- تردد موجة ضوئية هي نفسها في جميع الأوساط الشفافة .
- طول الموجة λ في الفراغ يمثل الدورية المكانية و T تعبر عن الدورية الزمنية . هذان المقدران مرتبطان بالعلاقة التالية :

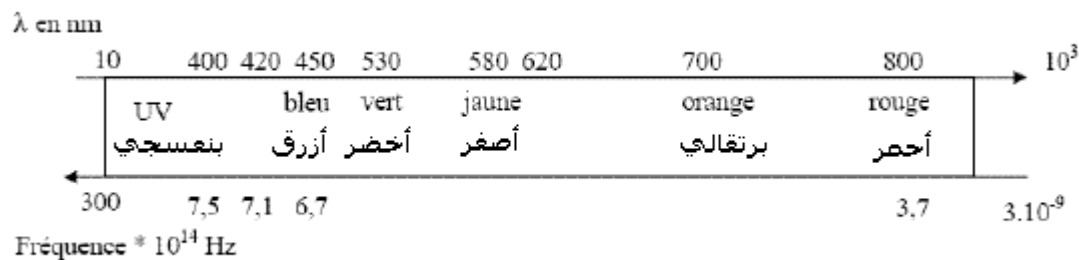
$$\lambda = c \cdot T$$

نعبّر عن λ بالمتر (m) و عن c ب (m/s) و ν ب الثانية (s) .

يبين الجدول التالي مجال الترددات وطول الموجة للموجات الضوئية في الفراغ :



مجال مختلف الاشعاعات بدلالة طول الموجات



III - تبديد الضوء La dispersion de la lumière

3 - 1 سرعة الانتشار ومعامل الانكسار n

تعريف : معامل انكسار وسط شفاف هو النسبة بين سرعة الانتشار c للضوء في الفراغ وسرعة انتشاره v في هذا الوسط الشفاف .

$$n = \frac{c}{v}$$

معامل الانكسار ليست له وحدة .

في الهواء كل الإشعاعات تنتشر بسرعة v تقارب c وبالتالي فمعامل انكسار الهواء يقارب 1 : $n_{\text{air}} = 1,00$

في الماء ، تساوي سرعة الضوء تقريبا $2,3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ أي أن معامل الانكسار الماء هو : $n_{\text{eau}} = 1,3$

3 - 2 معامل الانكسار وطول الموجة

طول الموجة λ لإشعاع تردد v هو : $\lambda_{\text{vide}} = c \cdot T = \frac{c}{v}$

في وسط شفاف مبدد معامل انكساره $n = \frac{c}{v}$ ، الإشعاع ذي التردد v طول موجته λ نعبر عنها بالعلاقة التالية :

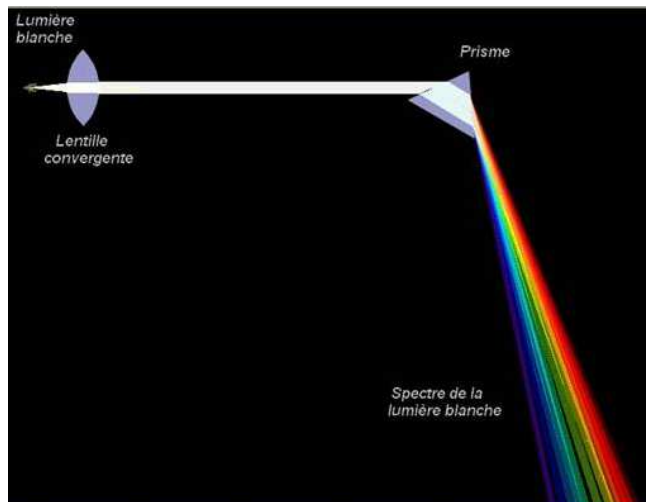
$$\lambda = v \cdot T = \frac{c}{n \cdot v}$$

$$\lambda = \frac{\lambda_{\text{vide}}}{n} \Rightarrow n = \frac{\lambda_{\text{vide}}}{\lambda}$$

3 - 3 تبديد الضوء بواسطة موشور

تعريف بالموشور :

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



- مستوى المقطع الرأسي هو المستوى المتعامد مع الحرف
- قاعدة الموشور هي الوجه المقابل للحرف

- زاوية الموشور هي الزاوية A المقابلة للقاعدة .

تجربة : تحليل الضوء الأبيض أنظر هذا الرابط بالإنترنت

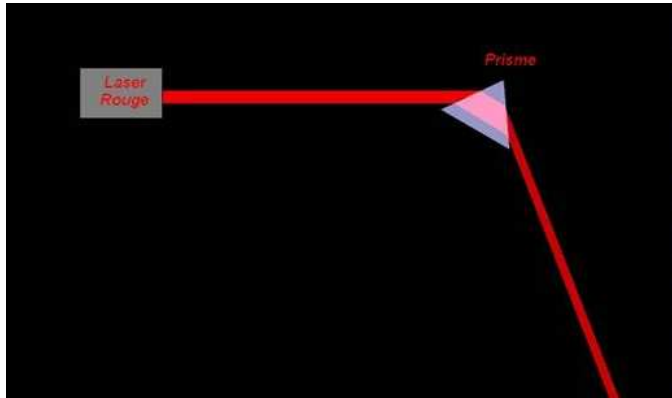
<http://www.up.univ-mrs.fr/~laugierj/CabriJava/0pjava60.html>

نضع أمام منبع ضوئي (S) ، حجابا به شق رقيق جدا ونحقق بواسطة عدسة رقيقة مجمعة ،

على شاشة E ، صورة الشق ، ثم نضع بين العدسة والشاشة ، موشورا من زجاج شفاف .
ملاحظات :

- انحراف الحزمة الضوئية بسبب وجود الموشور الأولى عند دخولها الموشور والثانية عند خروجها منه .
- نلاحظ على الشاشة E بقعة ضوئية ملونة وهذه الألوان مشابهة لألوان قوس قزح ، تسمى هذه البقعة الضوئية الملونة بـ **طيف الضوء الأبيض**
- عند استعمال ضوء أحادي اللون (الأحمر) نلاحظ على الشاشة طيف ضوئي يضم حزمة واحدة
- يعطي الضوء الأبيض طيف ضوئي مستمر
- الزجاج وسط مبدد للضوء حيث معامل الانكسار يتعلق بتردد الاشعاعات الضوئية

التحليل



أ - انحراف الضوء الأحادي اللون :

يرد شعاع ضوئي أحادي اللون ينتمي إلى المقطع الرأسي على وجه الموشور .

1 - ما هي الظاهرة التي تحدث عند دخوله الموشور ، ثم عند خروجه منه ؟

- تحدث ظاهرة الانكسار مرتين : عند دخوله في النقطة I ، ثم عند خروجه في النقطة I' .

2 - حدد على الشكل زاوية الانحراف D بين SI الشعاع الوارد على الموشور والشعاع المنبعث

عند خروجه I'R منه : $D = (\overrightarrow{SI}, \overrightarrow{I'R})$

- الشعاعان SI و I'R ليس لهما نفس الاتجاه وبالتالي فغن الموشور قد غير اتجاه الضوء الأحادي اللون / تسمى هذه الظاهرة انحراف الضوء بواسطة موشور .
تعريف : زاوية الانحراف D هي الزاوية التي يكونها اتجاه الشعاع الوارد SI مع اتجاه

الشعاع المنبعث I'R أي $D = (\overrightarrow{SI}, \overrightarrow{I'R})$

3 - أوجد هندسيا وتطبيق قوانين ديكارت للانكسار صيغ الموشور .

حسب قوانين ديكارت للانكسار لدينا :

$$\sin i = n \sin r$$

$$n \sin r' = \sin i'$$

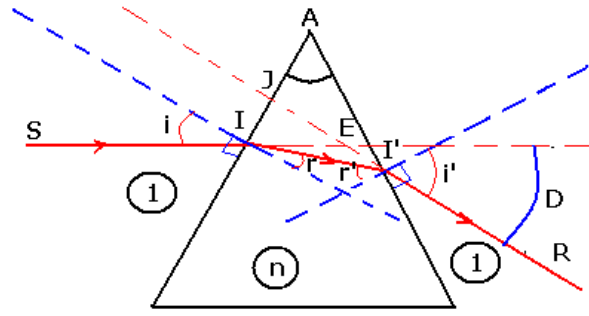
هندسيا لدينا : حسب المثلث AII'

$$\widehat{A} + \left(\frac{\pi}{2} - r\right) + \left(\frac{\pi}{2} - r'\right) = \pi \Rightarrow \widehat{A} = r + r'$$

نأخذ زاويا المثلث AJI' و IJE

$$\widehat{A} + \left(\frac{\pi}{2} - i'\right) + \left(\pi - \frac{\pi}{2} - i + D\right) = \pi \Rightarrow \widehat{A} - i' - i + D = 0$$

$$D = i + i' - \widehat{A}$$



أنظر الربط بالأنترنت التالي :

<http://perso.orange.fr/guy.chaumeton/animations/2dprisme1.htm>

3 - 4 ظاهرة تبديد الضوء

نرسل حزمة رقيقة من الضوء الأبيض على موشور كما هو ممثل في الشكل ونعتبر العلاقة :

$$D = i + i' - A$$

نلاحظ :

بالنسبة للإشعاعات التي تكون الضوء الأبيض أن كلا من الزاويتين i و i' و A لهما نفس القيمة ، بينما قيمتا الزاويتين D و i' مرتبطتان بقيمة معامل الانكسار n أي طول موجة الإشعاع أي لون هذا الأخير .

$$\sin i = n \sin r$$

$$n \sin r' = \sin i'$$

مما يبين أن معامل انكسار زجاج الموشور يتعلق بتردد الموجات الضوئية وبما أن $n = \frac{C}{V}$

فإن سرعة انتشار الموجات تتعلق كذلك بتردد الموجات وهذا يبين أن زجاج الموشور مبدد للضوء

بالنسبة لمنحى الانحراف D ، فإنه يكبر من اللون الأحمر إلى اللون البنفسجي أي الضوء الأحمر أقل انحرافا بينما الضوء البنفسجي أكثر انحرافا . $D_v > D_j > D_R$

خلاصة :

يتعلق معامل انكسار وسط شفاف بتردد الإشعاعات الضوئية ، وهذا ما يسبب ظاهرة تبديد الضوء ملحوظة :

تتميز الموجة الضوئية بطول موجتها لكون أن طول الموجة يتغير عندما تنتقل من وسط إلى آخر $n = \frac{\lambda_0}{\lambda}$ (طول الموجة الضوئية يتعلق بمعامل الانكسار) بينما ، التردد يبقى هو نفسه . فالذي

يتغير من وسط إلى آخر هو سرعة انتشار الضوء

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

حسب قانون ديكارت للانكسار