انتشار موجة ضوئية
Propagation d'une onde lumineux

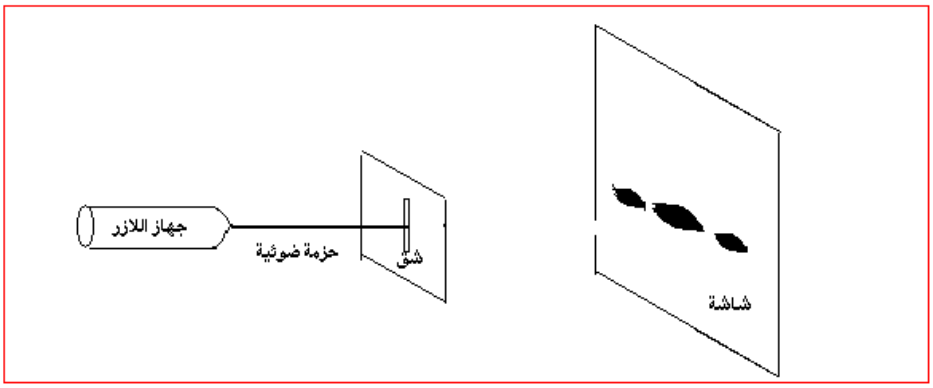
I ـ الإبراز التجريبي لظاهرة حيود الضوء

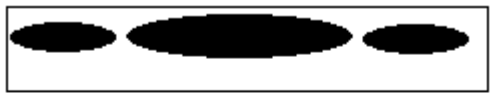
1 ـ تجربة

ننجز التركيب التجريبي جانبه حيث :

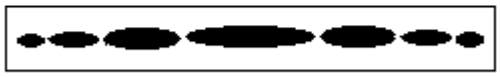
ـ الحزمة الضوئية المنبعثة من جهاز اللازر تقع في وسط الورق الميليمتري .

ـ نضع صفيحة بها شق عرضه a على مسافة D=1,77m من الشاشة ، فنشاهد على هذه الأخيرة الشكل أ .





الشكل ب



الشكل أ

ـ نعوض الصفيحة بأخرى شقها عرضه a/2 فتحصل على الشكل ب

ـ نحتفظ 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(µm)	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 aصغير جدا يتغير اتجاه انتشار الأشعة الضوئية .

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

ينتشر الضوء في أوساط شفافة ومتجانسة وفق خطوط مستقيمية .

عند وصول الضوء إلى الحاجز ذي الفتحة يتغير اتجاه انتشاره وبالتالي فإن مبدأ انتشار الضوء لايتحقق . 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 ـ ماذا يمكن استخلاصه فيما يخص طبيعة الضوء ؟
مبدأ الإنتشار 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 سجاف voilage والتي يمكن اعتبارها منابع ضوئية وهمية ، الشيء الذي يثبت الفرضية التالية :

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

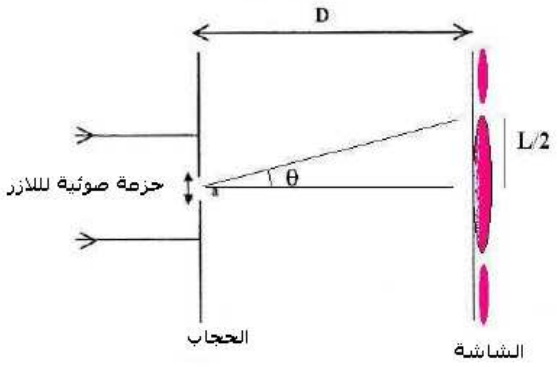
ولقد توصل العالم هويكنس Huygnes إلى هذه الفرضية في منتصف القرن السابع عشر الميلادي وثم إثباتها تجريبيا في بداية القرن التاسع عشر الميلادي من طرف العالم يونغ Young

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

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

4 ـ 1 بالنسبة لفرق زاوي صغير ، يمكن كتابة العلاقة tanθ=θ ، حيث يعبر عن θ بالرديان .

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



نعبر عن الفرق الزاوي θ بالرديان بين وسط الهدب المركزي وأول هدب مظلم

من خلال الشكل لدينا :

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

باعتبار أن θ صغيرة جدا فإن

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

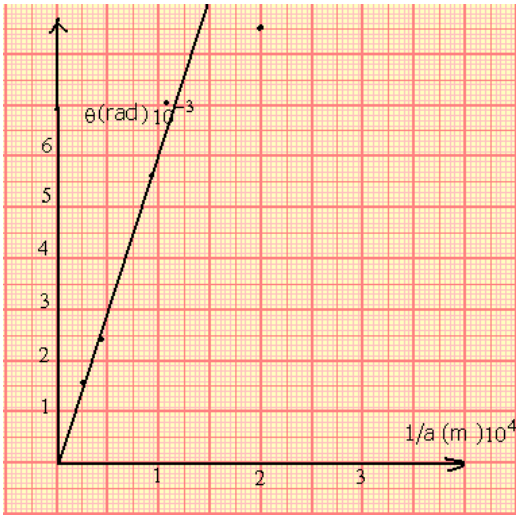
4 ـ 2 مثل المنحنى الممثل لتغيرات θ بدلالة $\frac{1}{a}$

a(µm)	380	250	110	90	50
L(m)	$5,5.10^{-3}$	$8,5.10^{-3}$	$2,0.10^{-2}$	$2,5.10^{-2}$	$3,0.10^{-2}$
$1/a(m^{-1})$	$2,6.10^{3}$	$4,0.10^{3}$	$9,1.10^{3}$	$1,1.10^{4}$	$2,0.10^{4}$
θ(rad)	$1,55.10^{-3}$	$2,40.10^{-3}$	$0,56.10^{-2}$	$0,71.10^{-2}$	$0,85.10^{-2}$

التمثيل المبياني باختيار السلم التالي :

بالنسبة ل 1/a نختار : $1cm \leftrightarrow 0,5.10^{4} m^{-1}$

بالنسبة ل θ نختار : $1cm \leftrightarrow 1.10^{-3} rad$



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

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

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 ـ ما تأثير عرض الشق a على العرض L للبقعة المركزية ؟

II ـ الموجات الضوئية

1 ـ 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 للإهتزازات الضوئية باعتبارها موجات مستعرضة أي أنها متعامدة مع اتجاه انتشارها . بحيث أن هذه الاشارة هي عبارة عن مجال كهربائي مقرون بمجال مغناطيسي لذا نسميها بالموجات الكهرمغنطيسية .

الموجات الضوئية موجات كهرمغنطيسية .

تنشر في الفراغ بسرعة $c \approx 3.10^8 m/s$.

سرعة انتشار الضوء في الفراغ هي ثابتة عالمية قيمتها c=299 792 458m/s

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

ـ تحمل الموجات الضوئية طاقة تسمى طاقة الإشعاع .

2 ـ العلاقة بين طول الموجة الضوئية والتردد

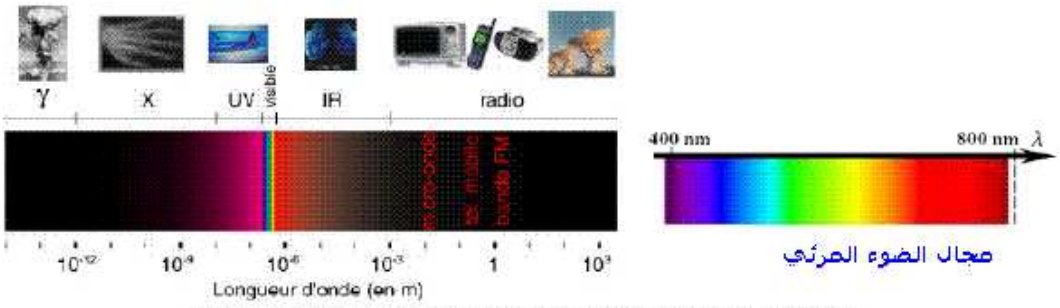
تتميز موجة ضوئية أحادية اللون بترددها ν ، نعبر عنه بالهرتز (Hz) أو بالدور $T = \frac{1}{\nu}$ نعبر عنها بالثانية s .

- 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 :

$$\lambda = c.T$$

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

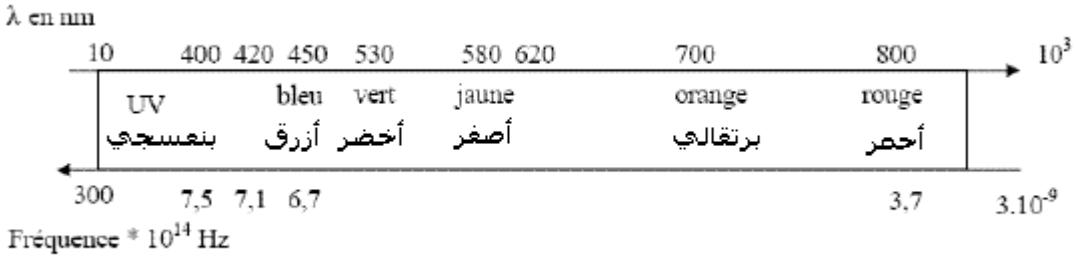
يبين الجدول التالي مجال الترددات وطول الموجة للموجات الضوئية في الفراغ :



Domaine de différentes radiations en fonction de leurs longueurs d'onde

مجال مختلف الاشعاعات بدلالة طول الموجات

مجال الضوء المرئي



III ـ تبدد الضوء La dispersion de la lumière

3 ـ 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 :

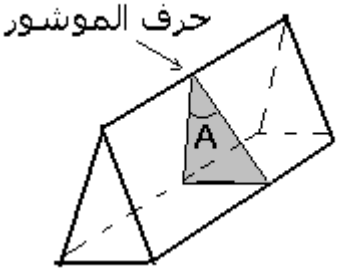
$n_{air} = 1,00$.

في الماء ، تساوي سرعة الضوء تقريبا $2,3.10^8 m/s$ أي أن معامل الانكسار الماء هو :

$n_{eau} = 1,3$

3 ـ 2 معامل الانكسار وطول الموجة

طول الموجة λ لإشعاع تردد ν هو : $\lambda_{vide} = c.T = \frac{c}{\nu}$



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

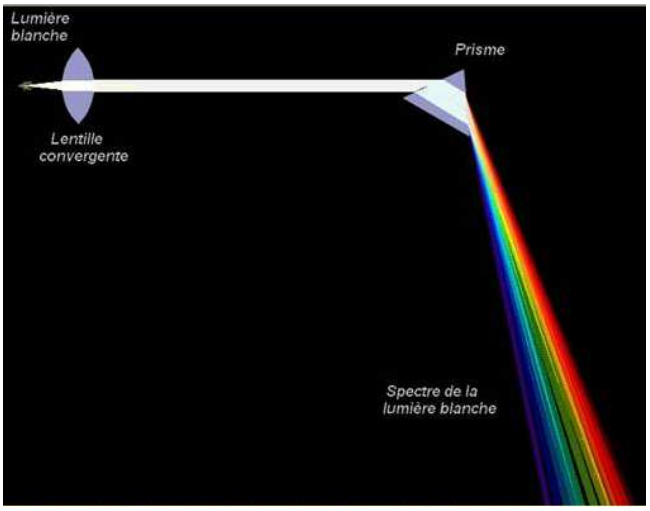
حسب العلاقة السابقة $\lambda = V.T = \frac{c}{n.V}$

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

3 ـ 3 تبدد 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

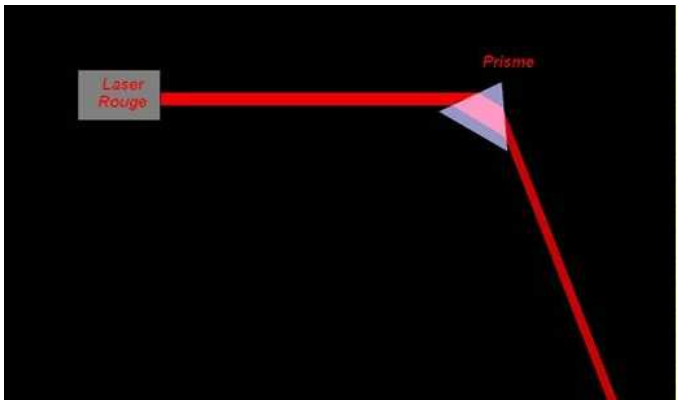
أنظر هذا الرابط بالأنترنيت

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 ب**طيف الضوء الأبيض**
- عند استعمال ضوء أحادي اللون (الأحمر) نلاحظ على الشاشة طيف ضوئي يضم حزة واحدة
- يعطي الضوء الأبيض طيف ضوئي مستمر
- الزجاج وسط مبدد للضوء حيث معامل الانكسار يتعلق بتردد الاشعاعات الضوئية



التحليل
أ ـ انحراف الضوء الأحادي اللون :
يرد شعاع ضوئي أحادي اللون ينتمي إلى المقطع الرأسي على وجه الموشور .
1 ـ ما هي الظاهرة التي تحدث عند دخوله الموشور ، ثم عند خروجه منه ؟
ـ تحدث ظاهرة الانكسار مرتين : عنط دخوله في النقطة I ، ثم عند خروجه في النقطة I' .
2 ـ حدد على الشكل زاوية الانحراف D بين SI الشعاع الوارد على الموشور والشعاع المنبعث عند خروجه I'R منه : $D = (\overline{SI}, I'R)$
ـ 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 $D = (\overline{SI}, \overrightarrow{I'R})$
3 ـ أوجد هندسيا وبتطبيق قوانين ديكارت للانكسار صيغ الموشور .

حسب قوانين ديكارت للإنكسار لدينا :

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

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

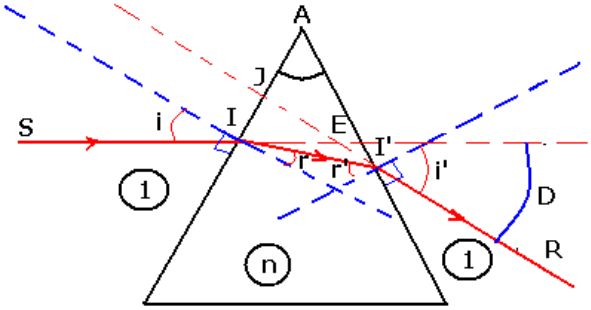
هندسيا لدينا : حسب المثلث AII'

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

نأخذ زاويا المثلث AJI' و IJE

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

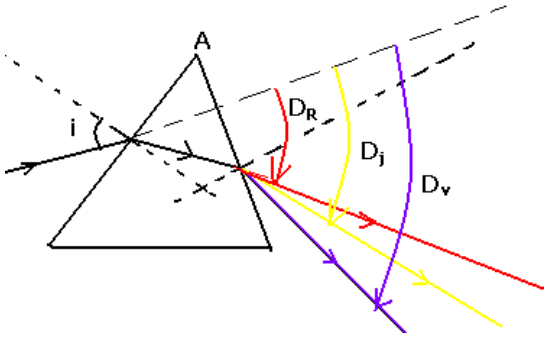
$$D = i + i' - \hat{A}$$



أنظر الربط بالأنترنيت التالي :
http://perso.orange.fr/guy.chaumeton/animations/2dprisme1.htm

3 ـ 4 ظاهرة تبدد 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 A لهما نفس القيمة ، بينما قيمتا الزاويتين i' و D مرتبطتان بقيمة معامل الانكسار n أي طول موجة الاشعاع 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 لمنحنى 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 تبدد الضوء

ملحوظة :

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

حسب قانون ديكارت للانكسار $\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$