

انتشار موجة صوتية

L(mm)	5,5	8,5	20	25	30
-------	-----	-----	----	----	----

استثمار

1 - قارن الشكلين المحصلين مع ما تم الحصول عليه في ظاهرة حيود موجات على سطح الماء ظاهرة حيود الموجات الميكانيكية تحدث عندما تصادف هذه الأخيرة حاجز به فتحة عرضها قريب من طول الموجة الميكانيكية .

نفس الشيء بالنسبة للضوء فعند وصوله إلى حاجز ذي فتحة عرضها صغير جداً يتغير اتجاه انتشار الأشعة الصوتية .

2 - 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 لا يتحقق . لأن هذه الأشعة الصوتية يمكنها أن تصل إلى أماكن توجد وراء الحاجز . نقول أن الضوء

خضع لظاهرة الحيود عند حدوث هذه الظاهرة يحصل على عدة بقع ذات إضاءات قصوى وأخرى مظلمة بشكل متتابع ، ونقل شدة إضاءتها كلما ابتعدنا عن المركز ويتصارف هنا الشق كمنبع صوتي وهمي .

3 - ماذا يمكن استخلاصه فيما يخص طبيعة الضوء ؟ مبدأ الإنتشار المستقيمي للضوء لا يمكن من تفسير وصول الضوء لأماكن توجد وراء الحاجز وبالمقابلة مع الموجات الميكانيكية تعتبر 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 voilage أو بواسطة سلك رفيع سمه صغير جداً و يمكن اعتبار الفتحات أو السلك كمنابع صوتية وهمية ، الشيء الذي يثبت الفرضية التالية :

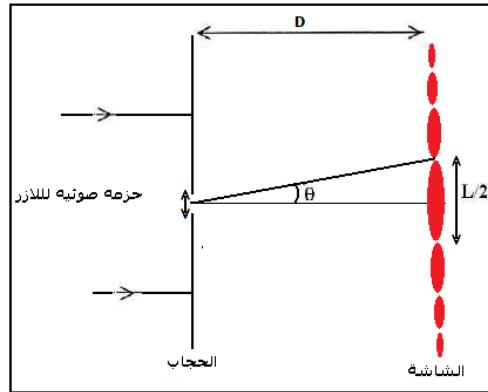
إن الضوء عبارة عن موجات متوازية . وبسمى هذا المظاهر المظاهر الموجي للضوء .

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

4 - تحديد طول الموجة لموجة صوتية منبعة من جهاز الليزر .

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

5 - 1 بالنسبة لفرق زاوي صغير ، يمكن كتابة العلاقة $\tan\theta = \frac{L}{2D}$ ، حيث يعبر عن θ بالراديان .



نعبر عن الفرق الزاوي θ بالراديان بين وسط البقعة المركزية وأول بقعة مظلمة

من خلال الشكل لدينا :

انتشار موجة صوتية

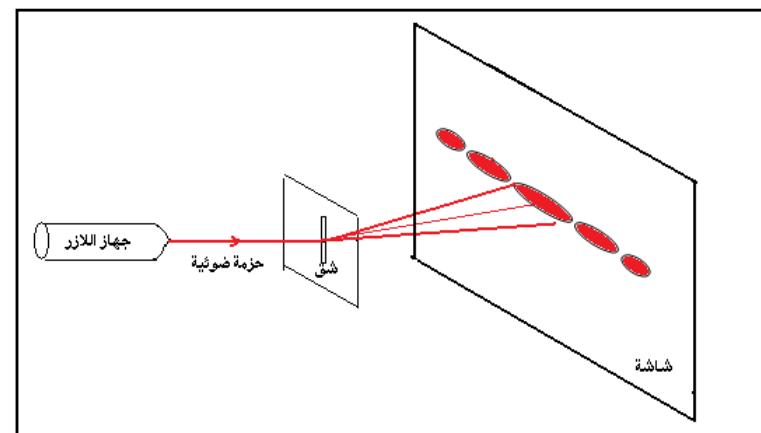
انتشار موجة صوتية Propagation d'une onde lumineux

I - الإبراز التجاري لظاهرة حيود الضوء 1 - تجربة

نجزء التركيب التجاري جانبه حيث :

- الحزمة الصوتية المنبعثة من جهاز الليزر تقع في وسط الورق الميليمتر .

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



- نعرض الصفيحة بأخرى شقها عرضه $a/2$ فنحصل على الشكل ب

- نحتفظ بنفس المسافة $D=1,77m$ ونستعمل صفات 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	70
-------	-----	-----	-----	----	----

انتشار موجة صوتية

II - خصائص الموجة الصوتية

1 - انتشار الموجات الصوتية
تنتشر الموجة الصوتية في الفراغ وفي الأوساط المادية الشفافة عكس الموجة الميكانيكية والتي تتطلب وسطاً مادياً مزيناً للانتشار.

الموارد الصوتية موجات كهرومغناطيسية. تنشر في الفراغ بسرعة $c \approx 3.10^8 \text{ m/s}$. $c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$ قيمتها في الفراغ . في الهواء تقارب سرعته في الفراغ .

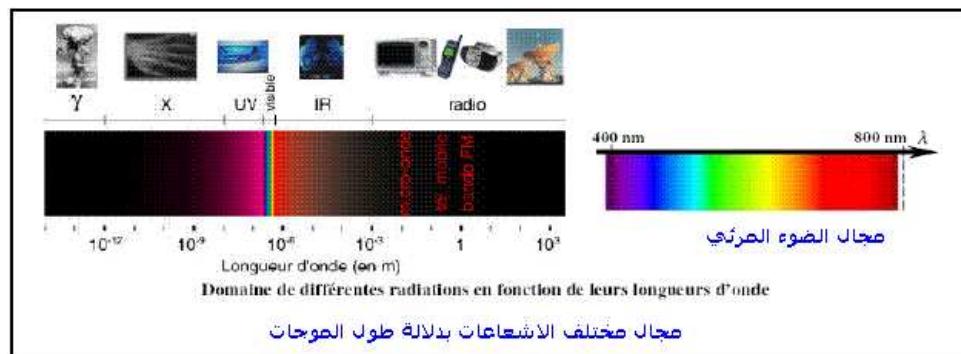
2 - العلاقة بين طول الموجة الصوتية والتردد

تتميز موجة صوتية أحادية اللون بترددتها v ، تعبر عنه بالهرتز (Hz) أو بالدور $T = \frac{1}{v}$. تعبر عنها بالثانية s وبطول موجتها λ .

تردد الموجة v لا يتعلق بوسط الانتشار ولا يتغير عند انتقالها من وسط شفاف إلى آخر . طول الموجة λ يمثل الدورة المكانية و T تعبر عن الدورة الزمانية . هذان المقداران مرتبان بالعلاقة التالية :

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

نعبر عن λ بالمتر (m) وعن c ب (m/s) و v ب (second) (s) .
يبين الجدول التالي مجال الترددات وطول الموجة للموجات الصوتية في الفراغ :



* مجال الموجات الصوتية المرئية : $400 \text{ nm} \leq \lambda_0 \leq 800 \text{ nm}$ *

* مجال الأشعة فوق البنفسجية : $10 \text{ nm} \leq \lambda_0 \leq 400 \text{ nm}$ *

* مجال الأشعة تحت الحمراء : $800 \text{ nm} \leq \lambda_0 \leq 1000 \text{ nm}$ *

3 - 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 .

انتشار موجة صوتية

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

باعتبار أن θ صغيرة جداً فإن

4 - 2 مثل المثلث الممثل للتغيرات θ بدلالة $1/a$

$a(\mu\text{m})$	380	250	110	90	70
$L(\text{m})$	$5,5 \cdot 10^{-3}$	$8,5 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$3,0 \cdot 10^{-2}$
$1/a(\text{m}^{-1})$	$2,6 \cdot 10^3$	$4,0 \cdot 10^3$	$9,1 \cdot 10^3$	$1,1 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^4$
$\theta(\text{rad})$	$1,55 \cdot 10^{-3}$	$2,40 \cdot 10^{-3}$	$0,56 \cdot 10^{-2}$	$0,71 \cdot 10^{-2}$	$0,85 \cdot 10^{-2}$

التمثيل المباني باختيار السلم التالي :

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

بالنسبة 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 الموجة للمنحنى المحصل عليه ؟

$\frac{1}{a} = \frac{\lambda}{c}$ و من خلال التحليل العددي لهذه

العلاقة يتبيّن أن النابتة 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 ؟

من خلال العلاقة $\frac{\lambda}{a} = \theta$ و $\theta = \frac{L}{2D}$ نستنتج

أن $\frac{2D\lambda}{L} = a$ وبالتالي فإن

a يتضاعف عكسياً .

6 - ما تأثير طول الضوء الأحادي اللون على العرض L للبقعة المركزية ؟

من العلاقة السابقة $\frac{2D\lambda}{a} = \theta \Rightarrow \lambda = \frac{L \cdot a}{2D}$ يتبيّن أن طول الضوء الأحادي

اللون يتضاعف اطراداً وعرض البقعة المركزية .

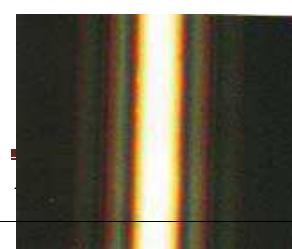
خلاصة : من خلال الدراسة التجريبية يتبيّن أنه النسبة لوسط معين ترتبط a و θ و λ بالعلاقة

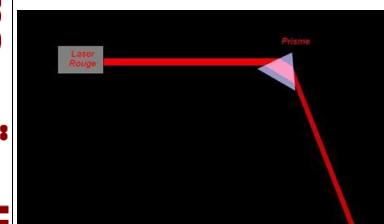
$\frac{\lambda}{a} = \theta$ بحيث أن θ تمثل الفرق الزاوي أو الانحراف الزاوي بين مركز الهدف

المضيء المركزي وأول هذب مظالم . تعبر عن θ الرadian (rad) و λ المتر و a بالمتر

ملحوظة : ظاهرة حيود الضوء الأبيض

عند إضاءة شق عرضه صغير جداً حزمة صوتية أسطوانية للضوء الأبيض نشاهد على الشاشة أطيف الضوء الأبيض (شبيهة بقوس قزح) يتوضّطها هذب مركزي أبيض (أنظر الشكل)





انتشار موجة صوتية

عند استعمال ضوء أحادي اللون (الأحمر) نلاحظ على الشاشة طيف ضوئي يضم حزمة واحدة ذي لون أحمر.

خلاصة :
الموشور يبدد الضوء الأبيض أي يمكن من فصل الإشعاعات ذات الألوان المختلفة.
تسمى هذه الظاهرة بـ **تبعد الضوء**.

2 - انحراف الضوء الأحادي اللون :
يرد شعاع ضوئي أحادي اللون ينتمي إلى المقطع الرأسي على وجه المنشور.

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

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

2 - حدد على الشكل زاوية الانحراف D بين SI الشعاع الوارد على المنشور والشعاع المنبع عند خروجه $I'R$ منه : $D = \widehat{SI, I'R}$

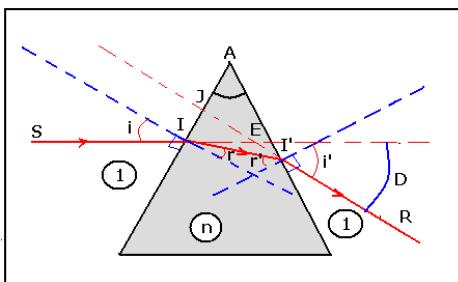
- الشعاعان SI و $I'R$ ليس لهما نفس الاتجاه وبالتالي

فإن المنشور قد غير اتجاه الضوء الأحادي اللون :
تسمى هذه الظاهرة انحراف الضوء بواسطة منشور.

تعريف : زاوية الانحراف D هي الزاوية التي يكونها اتجاه الشعاع الوارد SI مع اتجاه الشعاع المنبع $I'R$ أي

$$D = \widehat{SI, I'R}$$

3 - أوجد هندسيا وبنطبيق قوانين ديكارت للانكسار صيغ المنشور.



حسب قوانين ديكارت للانكسار لدينا :

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

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

AIP هندسيا لدينا : حسب المثلث

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

نأخذ زاوية المثلث AJE و IJE

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

3 - تفسير ظاهرة تعدد الضوء

ترسل حزمة رقيقة من الضوء الأبيض على منشور كما هو ممثل في الشكل ونعتبر العلاقة :

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

نلاحظ :

بالنسبة للإشعاعات التي تكون الضوء الأبيض أن كلًا من الزاويتين i و A لهما نفس القيمة، بينما قيمتا الزاويتين i' و D مرتبطان بقيمة معامل الانكسار $\frac{\lambda_0}{\lambda} = n$ أي طول موجة الإشعاع أي لون هذا الأخير.

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

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

انتشار موجة صوتية

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

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

4 - معامل الانكسار وطول الموجة

$$\text{طول الموجة } \lambda_0 \text{ لإشعاع تردد } v \text{ في الفراغ هو : } \lambda_0 = c \cdot T = \frac{c}{v}$$

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

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

$$\text{وبحسب العلاقة السابقة } \lambda = \frac{\lambda_0}{n} \Rightarrow n = \frac{\lambda_0}{\lambda}$$

من خلال هذه العلاقة يتبيّن أن طول الموجة لضوء أحادي اللون تردد v ، يتعلّق بوسط الانكسار أي أن الموجة الضوئية تتميّز بطول موجتها لكونها لكوّن أن طول الموجة يتغيّر عندما

تنقل من وسط إلى آخر $n = \frac{\lambda_0}{\lambda}$ بينما ، التردد يبقى هو نفسه . وبالتالي فالذى يتغيّر

من وسط إلى آخر هو سرعة انتشار الضوء . حسب قانون ديكارت للانكسار

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

III - تعدد الضوء

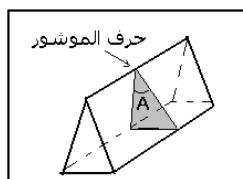
1 - تعرّف بالموشور :

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

• مستوى المقطع الرأسي هو المستوى المتعامد مع الحرف

• قاعدة المنشور هي الوجه المقابل للحرف

• زاوية المنشور هي الزاوية \hat{A} المقابلة لقاعدة .



انحراف الحزمة الضوئية بسبب وجود المنشور .

نلاحظ على الشاشة E بقعة ضوئية ملونة وهذه الألوان

مشابهة للألوان

قوس قزح ، تسمى هذه البقعة الضوئية الملونة **طيف الضوء الأبيض**

نلاحظ أن الضوء الأحمر أقل انحرافاً من أضواء البنفسجي .

2 - نستبدل الضوء الأبيض بشعاع ضوئي أحمر منبعث من جهاز الليزر .

ماذا تلاحظ في هذه الحالة ؟

انتشار موجة صوتية

مما يبين أن معامل انكسار زجاج المنشور يتعلق بتردد الموجات الضوئية وبما أن $n = \frac{c}{v}$ فإن سرعة

انتشار الموجات تتعلق كذلك بتردد الموجات وهذا يبين أن زجاج المنشور مبدل للضوء بالنسبة لمنحنى الانحراف D ، فإنه ينحدر 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 تعدد الضوء

