

انتشار موجة ضوئية

Propagation d'une onde lumineuse

انتشار موجة ضوئية

Propagation d'une onde lumineuse

1 تذكير

1.1- الانتشار المستقيمي للضوء

ينتشر الضوء في وسط شفاف ومتجانس وفق خطوط مستقيمة.

2.1- معامل الانكسار

معامل الانكسار n لوسط شفاف يساوي نسبة سرعة انتشار الضوء c في الفراغ

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

على سرعة انتشار الضوء v في هذا الوسط.

معامل الانكسار مقدار لا بعد ولا وحدة له.

- $n = 1$ بالنسبة للفراغ والهواء؛
- $n > 1$ بالنسبة لباقي الأوساط.

3.1- قانونا ديكارت للانكسار

عندما يرد شعاع ضوئي على سطح يفصل بين وسطين مختلفين (شكل 2)، ينكسر ويخضع لقانوني ديكارت للانكسار:

- القانون الأول: الشعاع الوارد والشعاع المنكسر ينتميان إلى نفس المستوى.
- القانون الثاني: تُحقق زاوية الورود i وزاوية الانكسار r العلاقة:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$

2 حيود الضوء

2.1- الأبراز التجريبي لظاهرة الحيود

نشاط 1

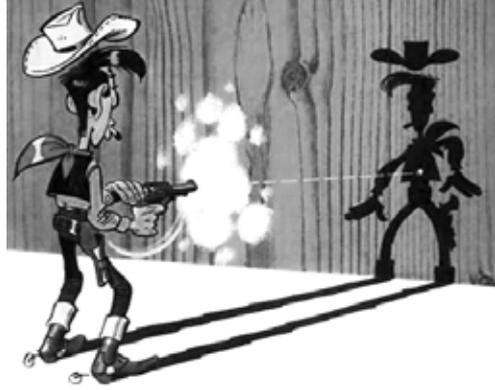
عندما يرد شعاع لآزر نحو حاجز به فتحة نلاحظ:

- عندما يكون عرض الفتحة كبيرا: لا يتغير اتجاه انتشار الضوء؛
- عندما يكون عرض الفتحة صغيرا (شكل 3):

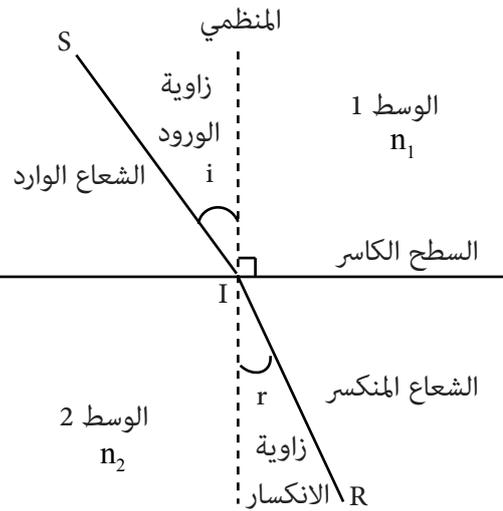
● تظهر على الشاشة بقع مضاءة نسميها أهدابا لامعة تتوسطها بقع مظلمة نسميها أهدابا داكنة.

- اتجاه البقع عمودي على اتجاه الفتحة؛
- يزداد عرض البقعة المركزية كلما صغر عرض الفتحة؛
- نحصل على نفس البقع عندما نعوض الشق بسلك رفيع قطره يساوي عرض الشق.

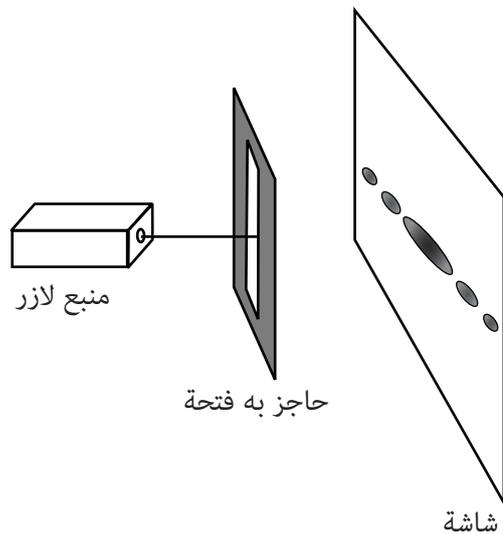
نسمي هذه الظاهرة حيود الموجة الضوئية.



شكل 1- يفسر تكوّن الظل بالانتشار المستقيمي للضوء



شكل 2- انكسار شعاع ضوئي



شكل 3- حيود موجة ضوئية

عندما نستعمل حاجزا به شق دائري، تظهر على الشاشة بقعة مركزية دائرية محاطة بدوائر ممركة حول هذه البقعة (شكل 4).

2.2- النموذج الموجي للضوء

لا يمكن تفسير ظاهرة الحيود بالاقتران على الانتشار المستقيمي للضوء، لذلك وبالمماثلة مع حيود الموجات الميكانيكية، نعتبر الضوء كموجة لها الخصائص التالية:

- الضوء موجة كهرومغناطيسية مستعرضة تنتشر في الفراغ وفي الأوساط المادية؛
- للموجة الضوئية دورتان:

● دورية زمانية تتميز بالدور T أو التردد ν حيث: $\nu = \frac{1}{T}$

- دورية مكانية تتميز بطول الموجة λ ؛

■ لا يتعلق تردد ودور الموجة الضوئية بالوسط الذي ينتشر فيه الضوء على عكس طول الموجة الذي يتعلق بالوسط؛

■ تعبير سرعة انتشار الضوء هو: $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot \nu$

■ عندما ينتشر الضوء في الفراغ نرسم لسرعة انتشاره بـ c مع $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ ونرمز لطول موجته بـ λ_0 .

■ الضوء الأحادي اللون هو موجة تتميز بتردد معين؛

عندما ينتقل ضوء أحادي اللون من وسط انتشار إلى آخر، قد يتغير طول الموجة لكن التردد يبقى ثابت.

■ الضوء المتعدد الألوان هو ضوء يتكون من عدة أضواء أحادية اللون؛

■ عين الإنسان حساسة للطيف المرئي المكون من موجات ضوئية ينحصر طول موجتها بين $0,4\mu\text{m}$ و $0,8\mu\text{m}$. ويعطي الجدول أسفله حدود أطوال موجات الطيف المرئي في الفراغ والألوان الموافقة لها:

اللون	بنفسجي	أزرق	أخضر	أصفر	برتقالي	أحمر
طول الموجة (nm)	400	450	500	570	590	610
						800

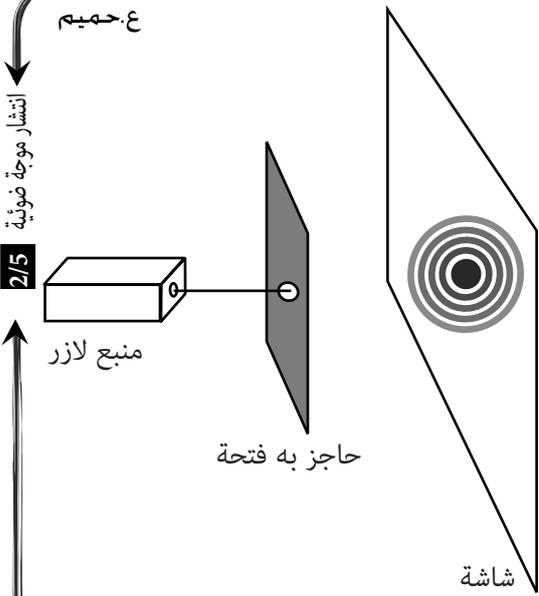
3.2- مميزات حيود موجة ضوئية

من خلال النشاط 1 (حيود موجة ضوئية أحادية اللون) نحصل على الوثيقة الممثلة في الشكل 5.

لحساب الفرق الزاوي θ بين وسط البقعة المركزية وأول بقعة مظلمة نستعمل العلاقة: $\tan \theta = \frac{L/2}{D}$ حيث L عرض البقعة المركزية، و a عرض الفتحة.

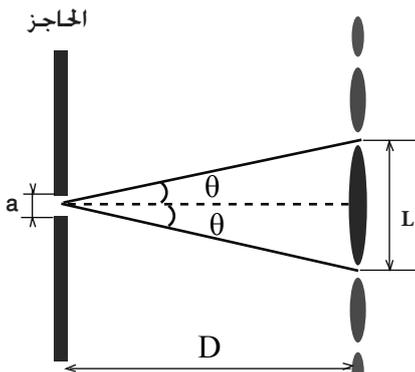
في حالة الزوايا الصغيرة ($\tan \theta \approx \theta$)، تصبح العلاقة السابقة على الشكل: $\theta = \frac{L}{2D}$

نخط المنحنى $\theta = f\left(\frac{1}{a}\right)$ فنحصل على مستقيم يمر من اصل المعلم معادلته: $\theta = \frac{\lambda}{a}$



شكل 4: حيود موجة ضوئية بواسطة حاجز به فتحة دائرية

- $1\text{mm} = 10^{-3} \text{ m}$
- $1\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$
- $1\text{nm} = 10^{-9} \text{ m}$
- $1\text{pm} = 10^{-12} \text{ m}$



شكل 5: الفرق الزاوي



خلال حيود موجة ضوئية أحادية اللون، طول موجتها λ ، بواسطة شق عرضه a ، يكون الفرق الزاوي θ بين وسط البقعة المركزية وأول بقعة مظلمة هو:

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

(rad) ← (m) → (m) →

تحدث ظاهرة الحيود عندما يكون عرض الشق أصغر بقليل من طول الموجة .

تطبيق 1

يرد شعاعان ضوئيان، أحمر طول موجته في الهواء $\lambda_R = 0,656 \mu\text{m}$ وأزرق طول موجته في الهواء $\lambda_B = 0,486 \mu\text{m}$ ، على سطح فاصل بين الهواء والزجاج بنفس زاوية ورود $i = 30^\circ$ (انظر الشكل جانبه).

1- احسب الزاوية θ التي يكونها في الزجاج الشعاعان الأحمر والأزرق بينهما.
2- احسب التردد الموافق لكل شعاع.

3- احسب، بالنسبة لكل شعاع، سرعته وطول موجته في الزجاج.

نعطي: معامل انكسار الزجاج بالنسبة للضوء الأحمر: $n_R = 1,612$

معامل انكسار الزجاج بالنسبة للضوء الأزرق: $n_B = 1,671$

سرعة انتشار الضوء في الهواء: $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$

تطبيق 2

1- تبعث حبابة غاز الهيدروجين إشعاعا ضوئيا طول موجته في الفراغ $\lambda = 410 \text{ nm}$.

1.1- احسب تردد الشعاع.

2.1- هل هذا الشعاع مرئي؟ إذا كان الجواب نعم، ما لونه؟

2- يمر هذا الشعاع من الفراغ إلى داخل ليف بصري معامل انكساره $n = 1,875$.

1.2- احسب سرعة انتشار الإشعاع داخل الليف البصري.

2.2- احسب تردد الإشعاع.

3.2- احسب طول موجة الإشعاع.

نعطي: سرعة انتشار الضوء في الفراغ: $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$

تطبيق 3

نرسل حزمة من الضوء الأبيض على مركز الوجه المستوي لنصف أسطوانة شفافة من الزجاج شعاعها $R = 10 \text{ cm}$ (انظر الشكل جانبه).

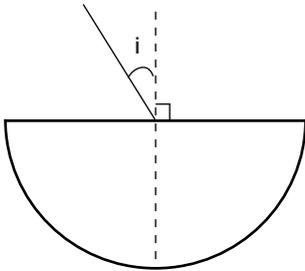
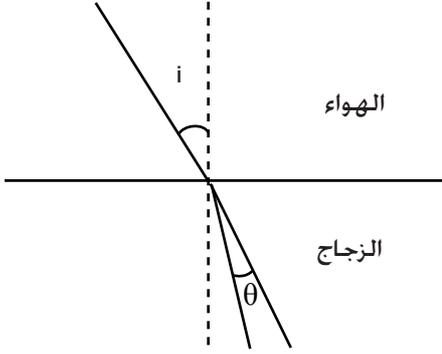
نعطي: معامل انكسار الزجاج بالنسبة للضوء الأحمر: $n_R = 1,50$.

معامل انكسار الزجاج بالنسبة للضوء البنفسجي: $n_V = 1,52$.

1- لماذا لا نلاحظ أي انكسار للحزمة الضوئية على مستوى الوجه الدائري؟

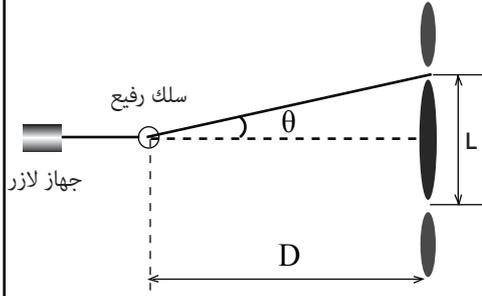
2- حدد الزوية المحددة ما بين الأشعة المنبثقة الحمراء والبنفسجية عندما تأخذ زاوية الورود القيم التالية: 0° ; 30° ; 45° ; 90° .

3- احسب طول الطيف المحصل عليه على الوجه الدائري لنصف الأسطوانة في الحالة التي تكون فيها زاوية الورود $i = 90^\circ$.



تطبيق 4

تمكن دراسة ظاهرة حيود الضوء من تحديد تردد الموجات الضوئية. نجعل ضوءاً أحادي اللون طول موجته λ منبعثاً من جهاز الليزر يرد عمودياً تباعاً على أسلاك رفيعة رأسية أقطارها معروفة. نرمز لقطر السلك بالحرف d . نشاهد مظهر الحيود المحصل على شاشة بيضاء توجد على مسافة D من السلك. نقيس العرض L للبقعة المركزية، ونحسب انطلاقاً من هذا القياس الفرق الزاوي θ بين منتصف البقعة المركزية وأول بقعة مظلمة بالنسبة لسلك معين (شكل 1).



شكل 1

معطيات:

الزاوية θ صغيرة معبر عنها بالراديان، حيث $\tan\theta \approx \theta$.

سرعة انتشار الضوء في الهواء: $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

1- اعط العلاقة بين λ و d .

2- أوجد، اعتماداً على الشكل 1، العلاقة بين L و λ و d و D .

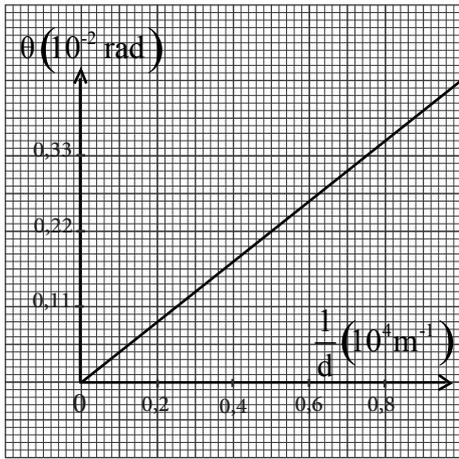
3- تمثل المنحنى $\theta = f\left(\frac{1}{d}\right)$ في الشكل 2.

1.3- حدد، انطلاقاً من هذا المنحنى، طول الموجة للضوء الأحادي المستعمل. استنتج تردد الموجة.

2.3- نضيء سلكاً رفيعاً بالضوء الأبيض عوض شعاع الليزر. علماً أن المجال المرئي للضوء يكون فيه طول الموجة محصوراً بين (البنفسجي) $\lambda_v = 400 \text{ nm}$ و (الأحمر) $\lambda_r = 800 \text{ nm}$.

أ- عين طول الموجة للضوء الأحادي اللون الذي يوافق أقصى قيمة لعرض البقعة المركزية.

ب- فسر لماذا يظهر لون أبيض وسط البقعة المركزية.

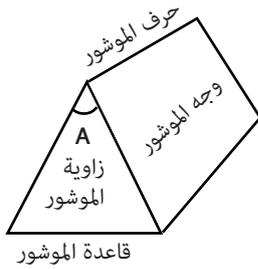


شكل 2

3 تبعد الضوء بواسطة موشور

1.3- تعريف الموشور

الموشور وسط شفاف ومتجانس محدود بوجهين مستويين غير متوازيين يتقاطعان وفق محور نسميه حرف الموشور.



شكل 6: الموشور

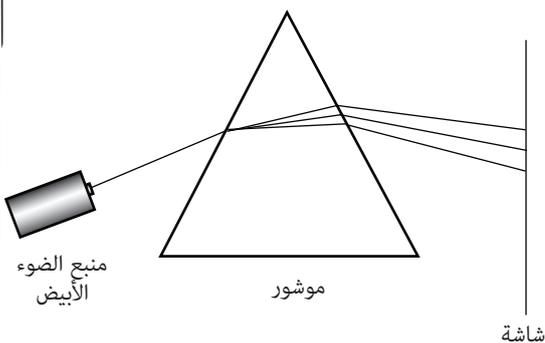
2.3- إبراز التجريبي لظاهرة تبعد الضوء الأبيض

نشاط 2

عندما نسلط حزمة من الضوء الأبيض على وجه موشور (شكل) نلاحظ:

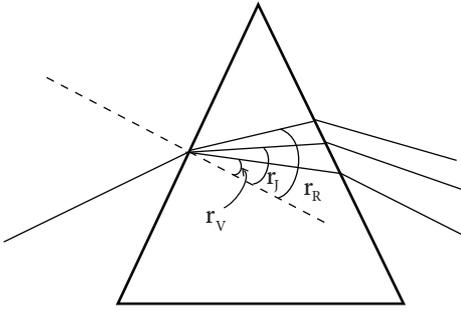
- انحراف الحزمة الضوئية نحو قاعدة الموشور؛
 - تظهر على الشاشة بقعة ضوئية تمتد ألوانها من الأحمر إلى البنفسجي. هذه البقعة تسمى طيف الضوء الأبيض؛
 - اللون البنفسجي هو الأكثر انحرافاً، واللون الأحمر هو الأقل انحرافاً.
- هذه الظاهرة تسمى تبعد الضوء الأبيض بواسطة موشور.

لا تحدث هذه الظاهرة عندما نعوض الضوء الأبيض بضوء أحادي اللون.



شكل 8: تبعد الضوء الأبيض بواسطة موشور

- يتكون الضوء الأبيض من عدة أشعة أحادية اللون يتميز كل منها بطول موجته.
- يتعلق معامل انكسار وسط شفاف بطول موجة الشعاع الذي يجتازه.
- تصل جميع الأشعة المكونة للضوء الأبيض إلى الوجه الأول للموشور بنفس زاوية ورود i ، فيتبع كل شعاع مسيرا خاصا به بعد أن ينكسر ويكون زاوية r_x (X=أحمر، برتقالي، أصفر، أخضر...) حيث: $\sin i = n_x \sin r_x$ أي: $\sin r_x = \frac{\sin i}{n_x}$
- بعدما تصل الأشعة إلى الوجه الثاني تنكسر مرة ثانية، فيظهر على الشاشة طيف الضوء الأبيض.



شكل 9: تبعد الضوء الأبيض بواسطة موشور

3.3- انحراف الضوء الأحادي اللون بواسطة موشور

عندما يصل شعاع أحادي اللون إلى وجه موشور، ينحرف نحو القاعدة (شكل 10).

نعتبر المثلث AII'

$$\hat{A} + \left(\frac{\pi}{2} - r\right) + \left(\frac{\pi}{2} - r'\right) = \pi \quad \text{لدينا:}$$

$$\hat{A} = r + r' \quad \text{ومنه:}$$

نعتبر المثلث $II'J$

$$(i - r) + (i' - r') + (\pi - D) = \pi \quad \text{لدينا:}$$

$$(i - i') - (r - r') - D = 0 \quad \text{ومنه:}$$

$$D = i + i' - A \quad \text{وبالتالي:}$$

نسمي D زاوية الانحراف.

خلاصة

يخضع انتشار ضوء أحادي اللون عبر موشور للعلاقات التالية:

$$\text{■ انكسار في النقطة I: } \sin i = n \sin r$$

$$\text{■ انكسار في النقطة I': } \sin i' = n \sin r'$$

$$\hat{A} = r + r' \quad \text{■}$$

$$D = i + i' - A \quad \text{■}$$

تطبيق 5

يرد شعاع ضوئي أحادي اللون على موشور زاويته $A=60^\circ$ ، ومعامل انكساره

$n=1,60$ بزاوية ورود i ، فينبثق بزاوية i' حيث $i = i'$.

1- اعط العلاقات التي يخضع لها انتشار ضوء أحادي اللون عبر موشور.

2- بين أن $A=2r$ و $D = 2i - A$ حيث D زاوية الانحراف.

3- أوجد تعبير معامل الانكسار n بدلالة A و D .

4- احسب D و i .

Ummm... ما العلاقة بين

تبعد الضوء وقوس قزح؟ وهل صحيح أنه يوجد كنز عند طرفي قوس قزح؟؟؟



هل يتكون قوس قزح من سبعة ألوان فقط؟؟؟

