

انتشار موجة ضوئية

3

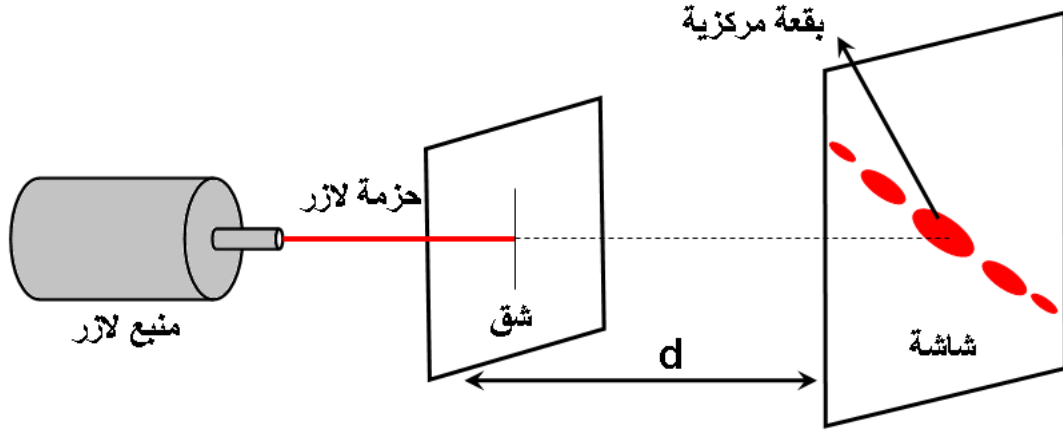
Propagation d'une onde lumineuse1 - الطبيعة الموجية للضوء :

✓ تذكير : مبدأ الانتشار المستقيمي للضوء :

ينتشر الضوء في وسط شفاف و متجانس وفق خطوط مستقيمة.

1 - ظاهرة حيود الضوء :1 - 1 حيود الضوء بواسطة شق رأسي :

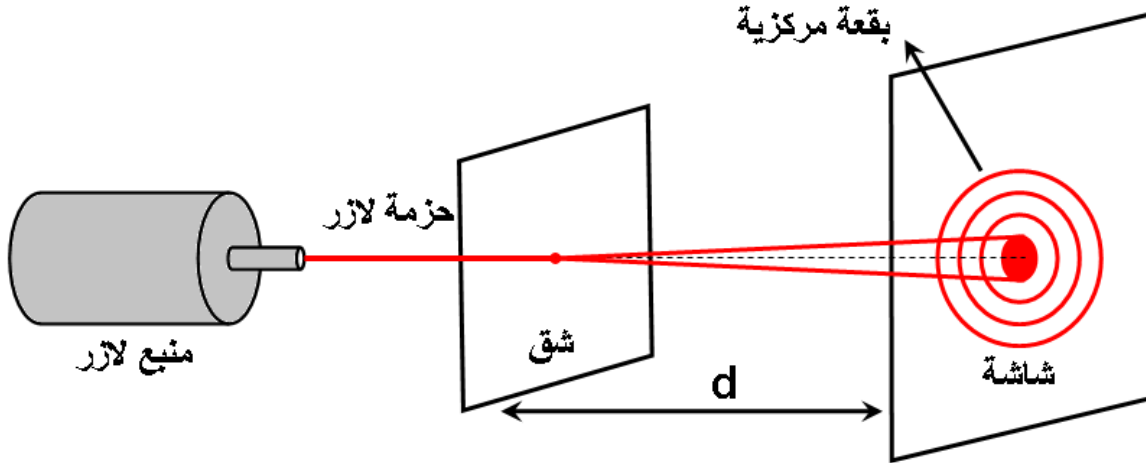
عند إضاءة شق رأسي عرضه صغير جدا بحزمة لآزر لا يتحقق مبدأ الانتشار المستقيمي للضوء حيث نشاهد على الشاشة بقع مضيئة و أخرى مظلمة (داكنة) بشكل متتابع, تقل شدة إضاءتها كلما ابتعدنا عن البقعة عن البقعة المركزية حيث يتصرف كمنبع ضوئي وهمي

تسمى هذه الظاهرة ظاهرة الحيود *phénomène de diffraction*1 - 2 حيود الضوء بواسطة سلك رفيع :

عند تعويض الشق بواسطة سلك رفيع نحصل على نفس الشكل المشاهد على الشاشة.

1 - 1 حيود الضوء بواسطة فتحة دائرية :

نعوض الشق بواسطة فتحة حجاب رأسي قطره d قابل للضبط ($d < 1\text{mm}$) فتتكون على الشاشة بقعة ضوئية دائرية قطرها أكبر من قطر الفتحة و تحيط بها على التوالي حلقات داكنة و مضيئة.

2 - الطبيعة الموجية للضوء :

سوق أربعاء الغرب
كما الشأن بالنسبة لحيود موجة ميكانيكية على سطح الماء, يتم حيود الضوء بواسطة فتحات صغيرة تقب, شق, سلك رفيع, ... الشيء الذي يثبت فرضية أن للضوء طبيعة موجية

- الطبيعة الموجية للضوء عبارة عن موجة كهرومغناطيسية مستعرضة تنتشر في أوساط شفافة مادية و غير مادية (عكس الموجة الميكانيكية التي تتطلب وسط للانتشار).

- توصل العالم فرينيل frenal سنة 1921 أن الضوء موجة أن كهرومغناطيسية مستعرضة و أن التشوه هو عبارة عن مجال كهربائي مرفق بمجال مغناطيسي أي أن الضوء موجة كهرومغناطيسية.

II – خصائص الموجة الضوئية :

1 – الضوء الأحادي اللون والضوء المركب :

- نسمي الضوء الأحادي اللون كل ضوء لا يتبدد بعد اجتيازه لموشور. حيث نقرن كل ضوء أحادي اللون بموجة ضوئية أحادية اللون تتميز

- بنفس التردد ν الذي يفرضه المنبع.
- بسرعة v تتعلق بطبيعة الوسط.
- بطول الموجة λ تتعلق بطبيعة الوسط.

- يتكون الضوء المركب من أشعة ضوئية ترددها مختلف.

2 – سرعة انتشار الضوء :

أ – سرعة انتشار الضوء في الفراغ :

تنتشر سرعة الضوء في الفراغ بسرعة تساوي تقريبا : $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$

ب – سرعة انتشار الضوء في وسط مادي شفاف – معامل الانكسار :

تنتشر الموجة الضوئية في وسط مادي بسرعة v أقل من c .

نعرف معامل الانكسار n لوسط شفاف بالنسبة لضوء أحادي اللون معين بالعلاقة : $n = \frac{c}{v}$

❖ ملحوظة :

- معامل الانكسار n معامل بدون وحدة و هو $n > 1$

- معامل الانكسار الهواء $n \approx 1$

3 – التردد و طول الموجة :

- ترتبط الموجة الضوئية الاحادية اللون بالتردد ν الذي لا يتعلق بوسط الانتشار و لا يتغير من وسط لآخر.

- ترتبط الموجة الضوئية الاحادية بطول الموجة λ لأنها تتغير من وسط لآخر.

- تتميز موجة أحادية اللون في الفراغ بطول الموجة λ_0 (عوض ترددها) حيث : $\lambda_0 = c.T = \frac{c}{\nu}$

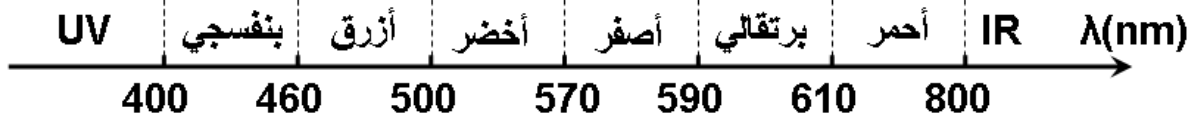
في وسط معين معامل انكساره n : $\lambda = v.T = \frac{v}{\nu}$

- تتعلق سرعة الانتشار v لموجة أحادية اللون بطبيعة الوسط و طول الموجة.

- يتعلق طول الموجة بوسط الانتشار.

- عند مرور ضوء أحادي اللون من وسط شفاف لآخر تتغير سرعته و طول موجته و لكن تردده و لونه لا يتغيران.

4 – مجال طول الموجات :



- المجال المرئي IV : $400nm < \lambda < 800nm$

- الأشعة فوق البنفسجية UV : $10nm < \lambda < 400nm$ أشعة خطيرة على صحة الانسان و تسبب له أمراض سرطان الجلد وتستعمل لتعقيم الأدوات الطبية.

- مجال الأشعة تحت الحمراء IR : $800nm < \lambda < 10000nm$ يتعلق طول موجتها في الفراغ بدرجة الحرارة و تستعمل في الكاميرا الخاصة بالأشعة تحت الحمراء اللون البنفسجي و الأحمر $36^{\circ}C$.

❖ تطبيق :

يحمل منبع لآزر الإشارة طول الموجة في الفراغ $\lambda_0 = 632nm$:

1 - ما خاصية ضوء الليزر و ما هو لونه ؟

2 - أحسب تردده و دوره ؟

3 - أحسب سرعة انتشار هذا الضوء في الماء ؟

4 - استنتج طول الموجة λ لهذا الضوء في الماء ؟

نعطي :

- معامل انكسار الماء بالنسبة للضوء : $n = 1,33$

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

1 - يتميز ضوء الليزر بطاقة عالية بالنسبة لوحدة المساحة لأن أشعته مركزة, وبالاتماد على محور أطوال الموجات فإن طول الموجة يوافق اللون الأحمر .

$$v = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{3.10^8 m.s^{-1}}{632.10^{-9} m} = 4,74.10^{14} Hz$$

2 - حساب التردد :

$$T = \frac{1}{v} = \frac{1}{4,74.10^{14}} = 2,1.10^{-15} s$$

حسب الدور :

$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow v = \frac{c}{n} = \frac{3.10^8 m.s^{-1}}{1,33} = 2,25.10^8 m.s^{-1}$$

3 - سرعة v في الماء :

$$\lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{2,25.10^8 m.s^{-1}}{4,74.10^{14}} = 475.10^{-9} m = 475nm$$

4 - طول الموجة في الماء :

III - حيود موجة ضوئية أحادية اللون :

1 - العوامل المؤثرة على ظاهرة الحيود :

- تأثير عرض الشق a : حيث تكون ظاهرة الحيود مهمة (بارزة) كلما كان عرض الشق أصغر.

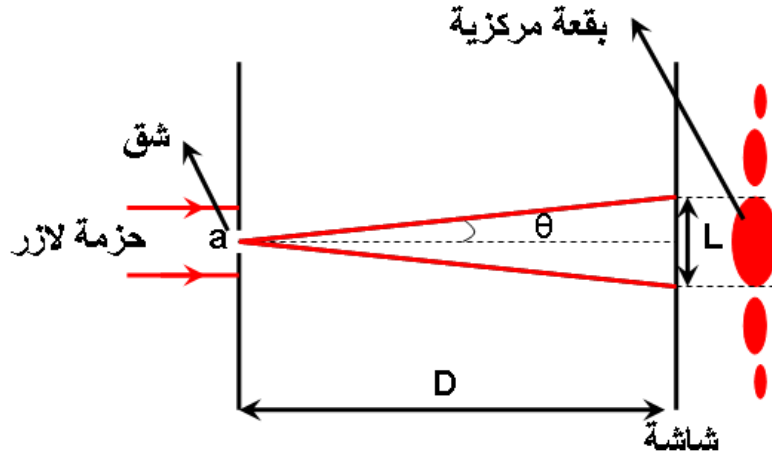
- تأثير طول الموجة λ : حيث كلما زاد طول الموجة λ كلما زاد عرض البقعة المركزية L لظاهرة الحيود .

2 - الفرق الزاوي θ : $\theta = \frac{\lambda}{a}$

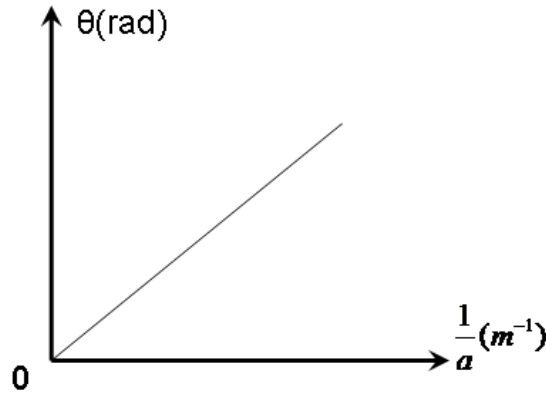
عند اجتياز حزمة ضوئية متوازية طول موجتها λ لشق عرضه a فإن الفرق الزاوي θ الذي يمثل القطر الظاهري الذي يرى من خلاله

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

نصف البقعة الضوئية المركزية يحقق :



نغير عرض الشق a ونقيس في كل مرة الزاوية θ ونمثل المنحنى $\theta = f\left(\frac{1}{a}\right)$



فنحصل على منحنى عبارة عن مستقيم يمر من أصل المعظم و معامله الموجه هو λ حيث : $\theta = \frac{\lambda}{a}$

نقيس θ تجريبيا بعد قياس L عرض البقعة المركزية و المسافة D بين الشق و الشاشة :

$$\tan \theta = \frac{L/2}{D} = \frac{L}{2D} \quad \text{لدينا من خلال الشكل :}$$

$$\tan \theta \approx \theta = \frac{L}{2D} \quad \text{بما أن } \theta \text{ صغيرة جدا فإن :}$$

$$\theta = \frac{L}{2D} = \frac{\lambda}{a} \Rightarrow L = \frac{2D\lambda}{a} \quad \text{إذن :}$$

❖ تطبيق :

IV – انتشار الضوء في الاوساط الشفافة :

❖ تكبير :

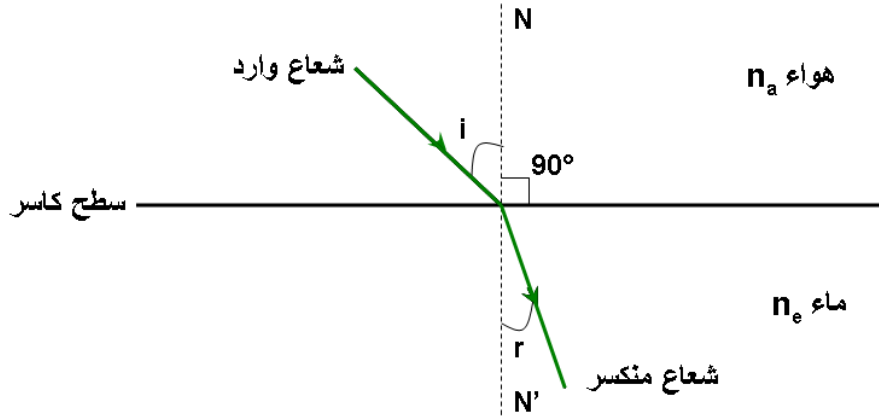
1 – قانون ديكارت للانكسار :

- القانون الأول : يوجد الشعاع الوارد و الشعاع المنكسر و المنظمي في نفس المستوى.

- القانون الثاني : ترتبط زاوية الورود i و زاوية الانكسار r بالعلاقة : $n_1 \sin i = n_2 \sin r$

2 – الانكسار الحدي réfraction limite :

عندما نرسل حزمة ضوئية على سطح كاسر يفصل الهواء ($n_a = 1$) و الماء ($n_e = 1,33$) نلاحظ مايلي :



- يقترب الشعاع المنكسر من المنظمي.

- عندما تكبر i زاوية الورود فإن r زاوية الانكسار تكبر كذلك.

- عندما تأخذ قيمة قصوية $i_{\max} = \frac{\pi}{2}$ فإن r زاوية الانكسار تأخذ هي الأخرى قيمة قصوية $r_{\max} = l$ نقول في هذه الحالة أن هناك

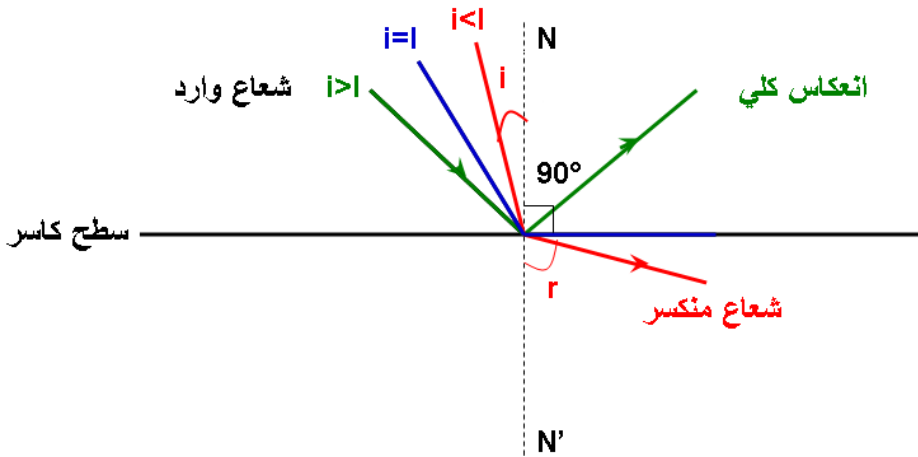
$$n_a \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = n_e \sin r_{\max} \quad \text{انكسارا حديا limite حيث :}$$

$$\sin r_{\max} = \frac{n_a}{n_e} = \frac{1}{1,33} = 0,75$$

$$r_{\max} = l = 49^\circ$$

3 – الانعكاس الكلي : *réflexion totale*

خلال انتشار موجة ضوئية من وسط إلى وسط أقل انكسار زجاج ← هواء نلاحظ ما يلي :



- عندما تكون $i < l$ فإن الشعاع الضوئي ينكسر.

- عندما تكون $i = l$ فإن الشعاع الضوئي المنكسر يكون منطبق مع السطح الكاسر $\sin l = \frac{n_a}{n_e}$.

- عندما تكون $i > l$ فإن الشعاع الضوئي ينكس كلياً بنفس الزاوية و تسمى هذه الظاهرة **الانعكاس الكلي**.

V – تبدد الموجات الضوئية :

1 – تعريف الموشور :

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

❖ حسب قانون ديكارت الثاني :

$$\sin i = n \sin r \quad \text{- عند النقطة I}$$

$$\sin i' = n \sin r' \quad \text{- عند النقطة I'}$$

❖ زاوية الموشور A :

$$A = r + r' \quad \text{في المثلث IJI' تحقق A العلاقة :}$$

❖ زاوية الانحراف D :

$$D_1 = \widehat{HII'} = i - r \quad \text{- الانحراف الأول D}_1 \text{ عند I}$$

$$D_2 = \widehat{HII'} = i' - r' \quad \text{- الانحراف الثاني D}_2 \text{ عند I}$$

$$D = D_1 - D_2 = i - r + i' - r' \quad \text{زاوية الانحراف :}$$

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

$$D = i + i - A$$

- نلاحظ أن الزاوية i' و زاوية الانحراف D تتعلقان بمعامل الانكسار n أي طول موجة الاشعاع.- الانحرافات D المختلفة لموجات ضوئية أحادية اللون ذات ترددات مختلفة تبت أن لكل شعاع معامل انكسار :

$$\frac{\lambda_0}{\lambda} = \frac{v}{v} = \frac{c}{v} = n \quad \text{لدينا : } n = \frac{c}{v}$$

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$$

- يتعلق معامل انكسار وسط شفاف بتردد الاشعاعات.

- بما أن $n = \frac{c}{v}$ فإن سرعة الانتشار تتعلق بمعامل الانكسار وبالتردد إذن زجاج الموشور و وسط مبدد.