3 انتشار موجة ضوئية

Propagation d'une onde lumineuse

I – الطبيعة الموجية للضوء :

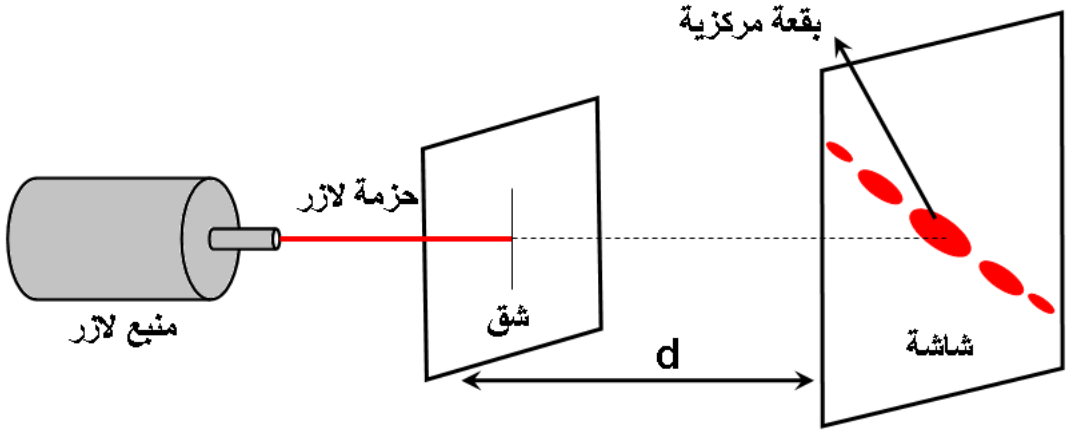
✓ تذكير : مبدأ الانتشار المستقيمي للضوء :

ينتشر الضوء في وسط شفاف و متجانس وفق خطوط مستقيمية.

1 – ظاهرة حيود الضوء :

1 – 1 حيود الضوء بواسطة شق رأسي :

عند إضاءة شق رأسي عرضه صغير جدا بحزمة لازر 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

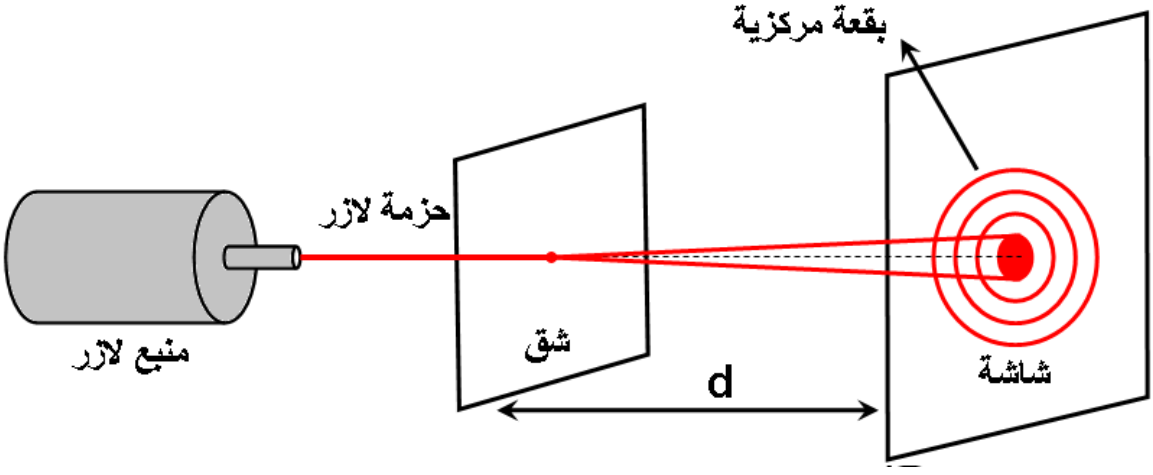


1 – 2 حيود الضوء بواسطة سلك رفيع :

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<1mm) فتتكون على الشاشة بقعة ضوئية دائرية قطرها أكبر من قطر الفتحة و تحيط بها على التوالي حلقات داكنة و مضيئة.



2 – الطبيعة الموجية للضوء :

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

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

- توصل العالم فرينيل frenel سنة 1921 أن الضوء موجة كهرمغنطيسية مستعرضة و أن التشوه هو عبارة عن مجال كهربائي مرفق بمجال مغنطيسي أي أن الضوء موجة كهرمغنطيسية.

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 υ الذي يفرضه المنبع.
- بسرعة v تتعلق بطبيعة الوسط.
- بطول الموجة λ تتعلق بطبيعة الوسط.

- ينكون 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 : $c = 3.10^8\ m.s^{-1}$

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

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

نعرف معامل الانكسار 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 υ 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 : $\lambda_0 = c.T = \frac{c}{\upsilon}$.

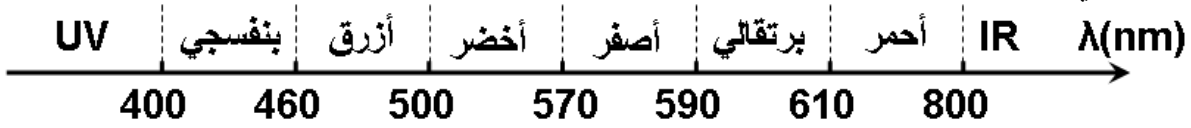
في وسط معين معامل انكساره n : $\lambda = v.T = \frac{v}{\upsilon}$

- 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 : $400nm \prec \lambda \prec 800nm$

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

- مجال الأشعة تحت الحمراء IR : $800nm \prec \lambda \prec 10000nm$ يتعلق طول موجتها في الفراغ بدرجة الحرارة و تستعمل في الكاميرا الخاصة بالأشعة تحث الحمراء اللون البنفسجي و الأحمر 36°C .

❖ تطبيق :

يحمل منبع لازر الاشارة طول الموجة في الفراغ $\lambda_0 = 632nm$:

1 – ما خاصية ضوء اللازر 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 اللازر بطاقة عالية بالنسبة لوحة المساحة لأن أشعته مركزة, وبالاعتماد على محور أطوال الموجات فإن طول الموجة يوافق اللون الأحمر .

2 – حساب التردد :
$$\upsilon = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{3.10^8\, m.s^{-1}}{632.10^{-9}\, m} = 4,74.10^{14}\, Hz$$

حسب الدور :
$$T = \frac{1}{\upsilon} = \frac{1}{4,74.10^{14}} = 2,1.10^{-15}\, s$$

3 – سرعة v في الماء :
$$n = \frac{c}{v} \quad \Rightarrow \quad v = \frac{c}{n} = \frac{3.10^8\, m.s^{-1}}{1,33} = 2,25.10^8\, m.s^{-1}$$

4 – طول الموجة في الماء :
$$\lambda = \frac{v}{\upsilon} = \frac{2,25.10^8\, m.s^{-1}}{4,74.10^{14}} = 475.10^{-9}\, m = 475nm$$

III – حيود موجة ضوئية أحادية اللون :

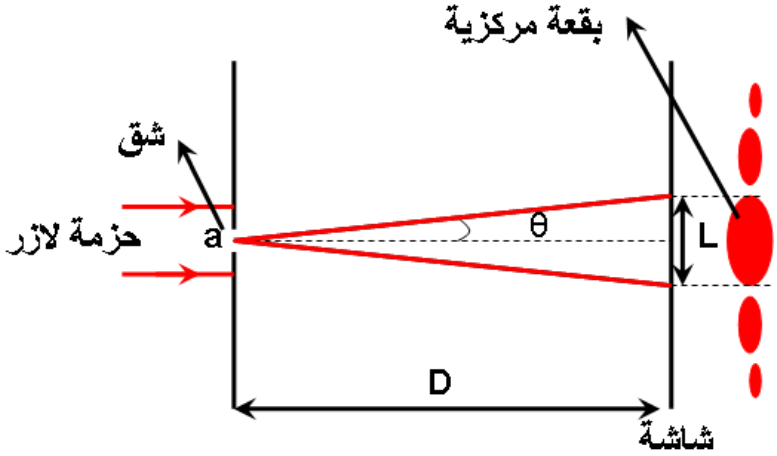
1 – العوامل المؤثرة على ظاهرة الحيود :

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

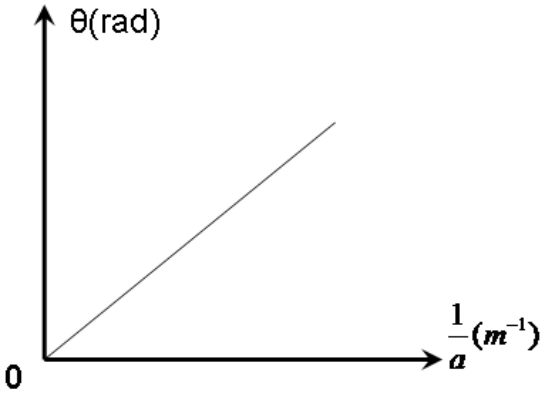
- تأثير طول الموجة λ : حيث كلما زاد طول الموجة λ كلما زاد عرض البقعة المركزية L لظاهرة الحيود .

2 – الفرق الزاوي écart angulaire :

عند اجتياز حزمة ضوئية متوازية طول موجتها λ لشق عرضه a فإن الفرق الزاوي θ الذي يمثل القطر الظاهري الذي يرى من خلاله نصف البقعة الضوئية المركزية يحقق : $\theta = \frac{\lambda}{a}$



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



فنحصل على منحنى عبارة عن مستقيم يمر من أصل المعلم 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 :

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

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

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

❖ تطبيق :

IV – انتشار الضوء في الاوساط الشفافة :

❖ تذكير :

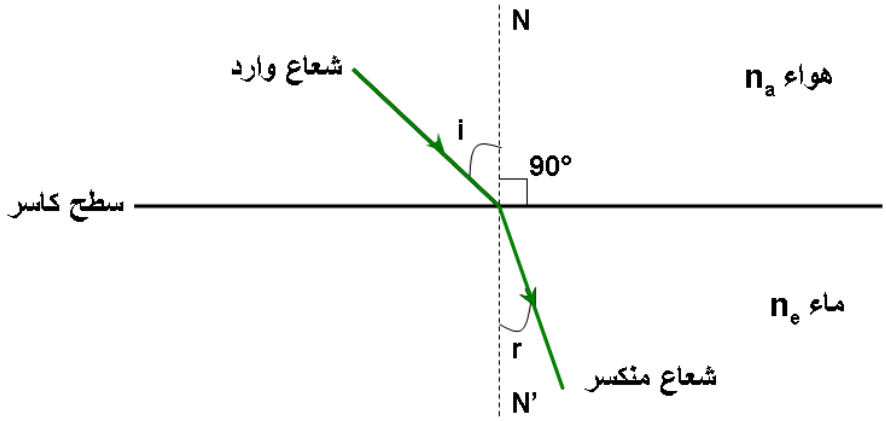
1 – قانون ديكارت للانكسار :

- 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 انكسارا حديا limite حيث :

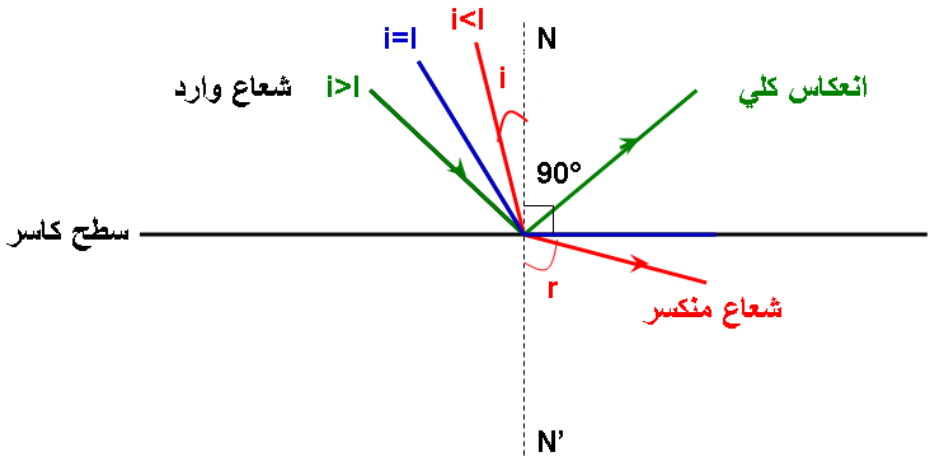
$$n_a \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = n_e \sin r_{max}$$

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

$$r_{max} = l = 49°$$

3 – الانعكاس الكلي : réflexion totale

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

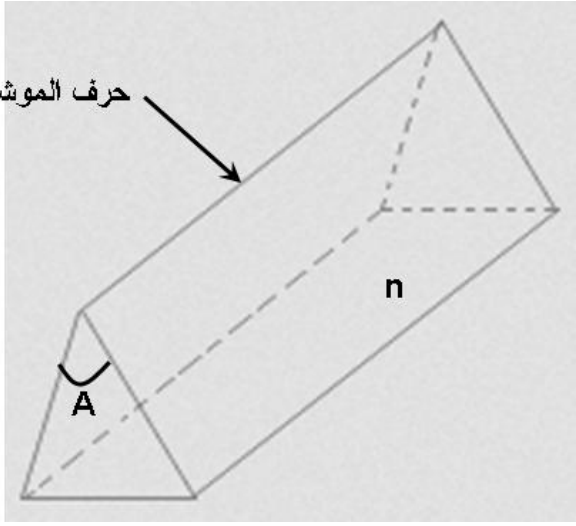


- عندما تكون $i \prec l$ فإن الشعاع الضوئي ينكسر.
- عندما تكون $i = l$ فإن الشعاع الضوئي المنكسر يكون منطبق مع السطح الكاسر $\sin l = \frac{n_a}{n_e}$.
- عندما تكون $i \succ l$ فإن الشعاع الضوئي ينكس كليا بنفس الزاوية و تسمى هذه الظاهرة الانعكاس الكلي.

V – تبدد الموجات الضوئية :

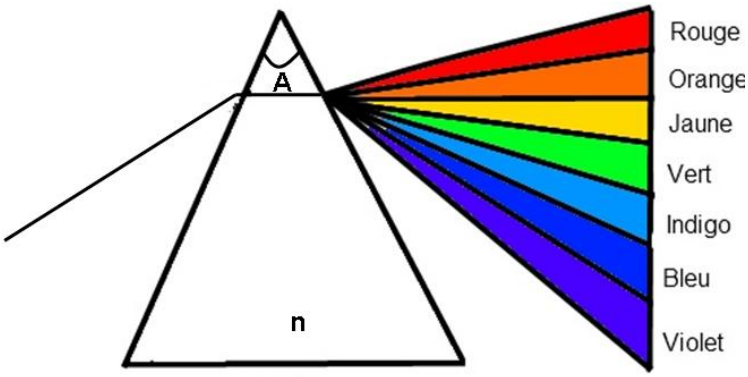
1 – تعريف الموشور :

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



2 – تبدد الضوء الأبيض بواسطة موشور :

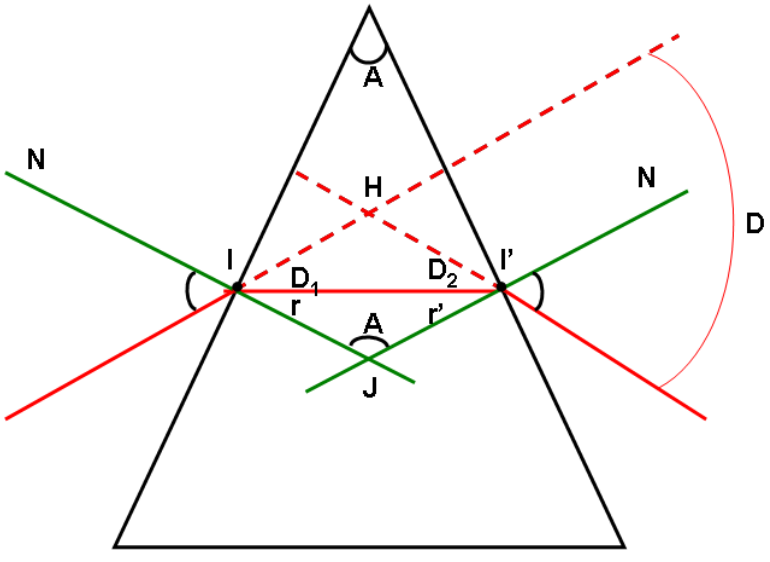
نضع بين منبع ضوئي S وشاشة موشور من زجاج شفاف كما هو في الشكل :



- نلاحظ انحراف الحزمة الضوئية بعد اجتيازها الموشور, حيث تتعرض لظاهرة الانكسار مرتين الأولى عند دخولها الموشور و الثانية عند خروجها الموشور.
- تتكون على الشاشة E بقعة ضوئية ملونة بألوان الطيف تسمى **طيف الضوء الأبيض.**
- نلاحظ أن الضوء البنفسجي أكثر انحراف من الأحمر.

3 – علاقات الموشور :

عندما يرد شعاع أحادي الضوء :



❖ حسب قانون ديكارت الثاني :

- عند النقطة I : $\sin i = n \sin r$

- عند النقطة I' : $\sin i' = n \sin r'$

❖ زاوية الموشور A :

في المثلث IJI' تحقق A العلاقة : $A = r + r'$

❖ زاوية الانحراف D :

- الانحراف الأول D_1 عند I : $D_1 = \hat{HII'} = i - r$

- الانحراف الثاني D_2 عند I : $D_2 = \hat{HII'} = i' - r'$

زاوية الانحراف : $D = D_1 - D_2 = i - r + i' - r'$

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

$$D = i + i - A$$

- 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 :

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

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

- يتعلق معامل انكسار وسط شفاف بتردد الاشعاعات.

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