

إِنْكَسَارُ الضَّوئِ

إعداد الأستاذ فرقاني فارس
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم - الخروب - قسنطينة
www.sites.google.com/site/faresfergani

المحتوى المفاهيمي : 01

انعكاس الضوء و انكساره

قانوني الانعكاس - تذكر

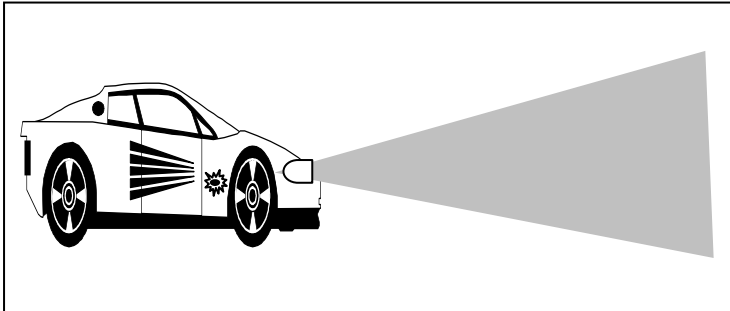
● الانتشار المستقيم للضوء :

- كل واحد منا سمحت له الفرصة أن يجد نفسه لا يمكن رؤية الأشياء الموجودة فيها ، فهنا نقول أن الحجرة مظلمة ، و بمجرد اشتعال المصباح في هذه الحجرة ، فإننا لا نرى فقط المصباح ، و لكننا سنرى جميع الأشياء الموجودة في الحجرة ، نراها لأنها أثرت على شبكية العين بإرسال الضوء إليها . نقول عن المصباح المشتعل **جسم مضيء** ، أو **منبع ضوئي** ، كما نقول عن الأجسام التي نراها باستثناء المصباح **أجسام مضاءة** ، هذه الأخيرة لا تقوم سوى بعكس الضوء الذي تتلقاه من المنبع الضوئي .

- من بين الأجسام المضيئة أيضا نذكر الشمس ، النار ، بعض الحشرات و الأسماك

- إذا وجد بين العين و جسم مضيء ، وسط شفاف و ليكن هذا الوسط هواء ، أو ماء ، أو زجاجا مصقولا ، فإن العين ستراه دون أن يتشوه ، فيقال عن هذا الوسط بأنه **شفاف** ، و هو الوسط الذي يسمح باجتياز الضوء ، و برؤية الشكل المضبوط للجسم ، الذي يرسل الضوء .

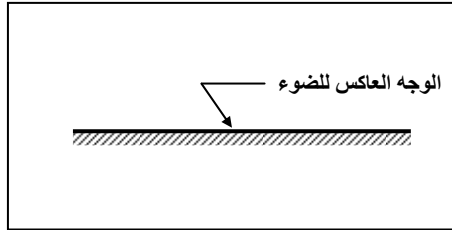
- نلاحظ عندما يدخل ضوء الشمس حجرة مظلمة ، عن طريق ثقب صغير جدا ، فإنه يحدد في الظلام شريطا مضيئا حافظه مستقيمتان ، و نشاهد نفس الشيء في ضوء مصابيح السيارات (الشكل) ، الذي يخترق ظلام الليل . إذن الملاحظة اليومية تسمح لنا بالاعتقاد ، أن الضوء ينتشر وفق خط مستقيم .



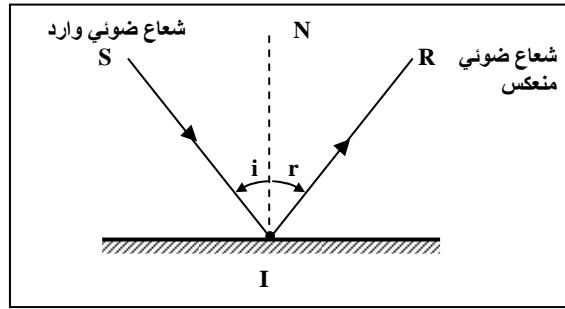
و قد أقر ذلك الفيزيائي حسن ابن الهيثم (968 – 1019) كمبدأ أساسي في انتشار الضوء ، و يسمى فيما بعد ب مبدأ الانتشار المستقيم للضوء . هذا نصه " ينتشر الضوء في الخلاء ، و في كل الأوساط المتجانسة و الشفافة وفق خط مستقيم "

● ظاهرة انعكاس الضوء :

- انعكاس الضوء هو الظاهرة التي تتمثل في رجوع الضوء في نفس وسط انتشاره عندما يلاقي سطحاً فاصلاً بين هذا الوسط ووسط آخر ، يسمى هذا السطح الفاصل بين الواسطين ب المرآة ، و في الحالة التي يكون فيها هذا السطح مستويا يسمى عندها ب مرآة مستوية .
- كأمثه عن مرآة مستوية نذكر : صفيحة معدنية مصقولة بشكل جيد ، ماء راكد ، صفيحة زجاجية أحد وجهيها يكون مفضض .
- نمثل المرآة المستوية بقطعة مستقيمة ، يظل وجهها غير العاكس ، كما موضح في الشكل التالي :



- إذا سلطنا حزمة ضوئية على مرآة مستوية نلاحظ أن هذه الحزمة تنعكس كما مبين في الشكل التالي :



- يسمى الشعاع الضوئي (SI) ب شعاع ضوئي وارد .
- يسمى الشعاع الضوئي (IR) ب شعاع ضوئي منعكس .
- تسمى الزاوية \hat{i} بين الشعاع الوارد و الناطم (NI) ب زاوية الورد .
- تسمى الزاوية \hat{r} ، بين الشعاع المنعكس و الناطم (NI) ب زاوية الإنعكاس .

● قانوني الإنعكاس :

القانون الأول :

الشعاع الضوئي الوارد و الشعاع الضوئي المنعكس في ظاهرة الإنعكاس يقعان في مستوي واحد .

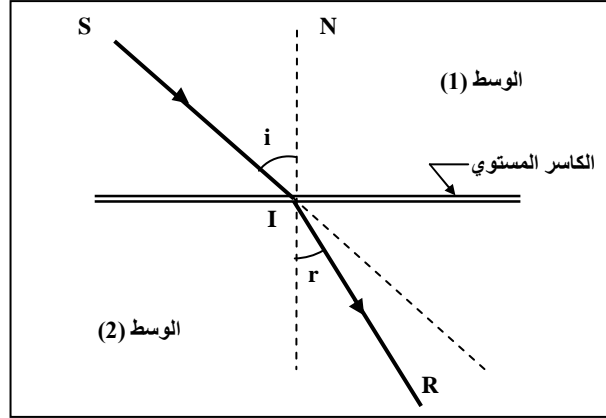
القانون الثاني :

زاوية الورد في ظاهرة الإنعكاس ، تكون مساوية لزاوية الإنعكاس مهما كانت زاوية الورد ، أي : $\hat{i} = \hat{r}$

قانوني الانكسار

تعريف :

- انكسار الضوء هو ظاهرة فيزيائية يغير فيها الضوء فجأة اتجاهه ، بعد أن يجتاز السطح الفاصل بين وسطين شفافين (الشكل) .



- يسمى السطح الفاصل بين وسطين شفافين بالكاسر ، و إذا كان هذا السطح مستويا ، نقول عنه كاسر مستوي .
- كأمثلة عن الكاسر المستوي نذكر : السطح الحر للماء ، صفيحة زجاجية شفافة .
- يسمى الشعاع (SI) الشعاع الضوئي الوارد .
- يسمى الشعاع (IR) الشعاع الضوئي المنكسر .
- تسمى الزاوية \hat{i} بين الشعاع الوارد و الناظم (NI) بزاوية ورود .
- تسمى الزاوية \hat{r} بين الشعاع المنكسر و الناظم (NI) بزاوية الإنكسار .

قانوني الإنكسار :

القانون الأول :

- الشعاع الضوئي الوارد و الشعاع الضوئي المنكسر في ظاهرة الانكسار يقعان في مستوي واحد .

القانون الثاني :

- تكون النسبة $\frac{\sin i}{\sin r}$ بالنسبة لوسطين شفافين متجانسين ثابتة مهما كانت زاوية ورود .
- يمكن أن نعبر عن هذا القانون كما يلي :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n$$

- الثابت n يدعى القرينة النسبية للوسط الثاني إلى قرينة انكسار الوسط الأول و نكتب :

$$n = \frac{n_2}{n_1}$$

حيث n_1 تدعى قرينة الانكسار المطلقة للوسط الأول الذي حدث فيه الورود و n_2 قرينة الانكسار المطلقة للوسط الثاني الذي حدث فيه الانكسار ، و منه يمكن صيغة القانون الثاني للانكسار كما يلي :

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

- إذا كان الوسط الأول هو الهواء تكون قرينة انكساره $n_1 = 1$. و يكتب القانون الثاني في هذه الحالة كما يلي :

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

حيث n قرينة انكسار الوسط الثاني .

■ قيم قرائن الانكسار لبعض المواد :

المادة	قرينة الانكسار n
الهواء	1
الجليد	1.31
الماء	1.33
الكحول الإيثيلي	1.36
الزجاج العادي	1.38
زجاج الكوارتز	1.46
زجاج الكروان	1.52
زجاج الفلينت الخفيف	1.58
الألماس	2.42

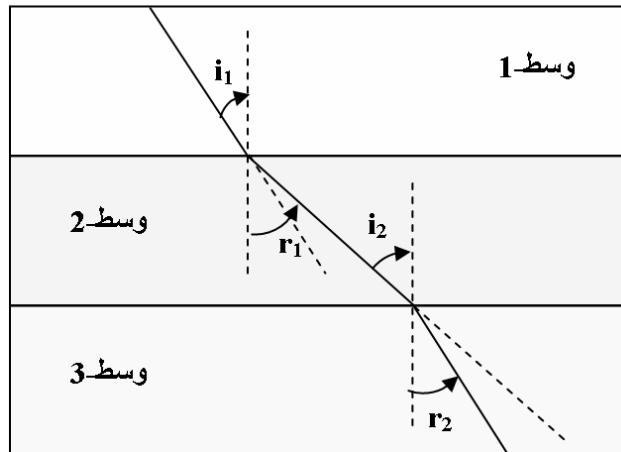
التمرين (1) : (التمرين : 001 في بنك التمارين على الموقع)

يجتاز شعاع ضوئي ثلاث أوساط شفافة :

- وسط-1 قرينة انكساره $n_1 = 1$ (الهواء)

- وسط-2 قرينة انكساره $n_2 = 1.5$

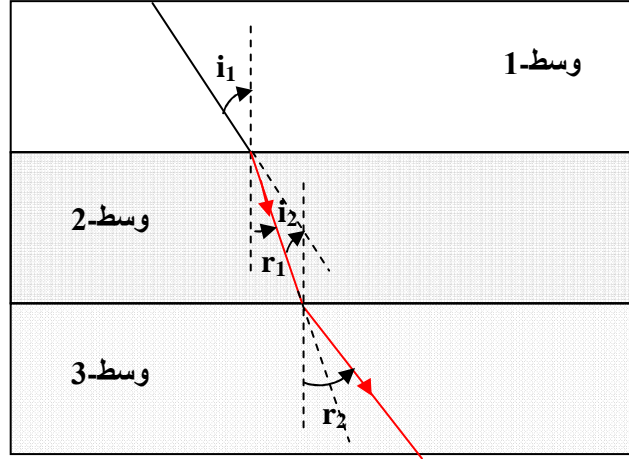
- وسط-3 قرينة انكساره $n_3 = 1.2$ (الشكل) .



- 1- سير الأشعة في (الشكل-1) تحتوي على خطأ ، أعد رسم سير الأشعة بشكل صحيح في الشكل على ورقتك .
 2- إذا كانت زاوية الانكسار في الوسط-2 هي $r_1 = 20^\circ$.
 أ- أحسب زاوية الورود i_1 في الوسط-1 .
 ب- استنتج زاوية الورود i_2 في الوسط-2 .
 ج- أحسب زاوية الانكسار r_2 في الوسط-3 .

الأجوبة :

1- الرسم الصحيح :



- 2- أ- حساب زاوية الورود i_1 في الوسط-1 :
 بتطبيق القانون الثاني للانكسار :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin r_1$$

$$\sin i_1 = \frac{n_2 \sin r_1}{n_1} \quad (n_1 = 1)$$

$$\sin i_1 = \frac{1.5 \cdot \sin 20^\circ}{1} = 0.51 \rightarrow i_1 \approx 31^\circ$$

ب- زاوية الورود i_2 في الوسط-2 :من الشكل و بالتبادل الداخلي يكون $i_2 = r_1 = 20^\circ$ ج- زاوية الانكسار r_2 في الوسط-3 :

بتطبيق القانون الثاني للانكسار :

$$n_2 \sin i_2 = n_3 \sin r_2$$

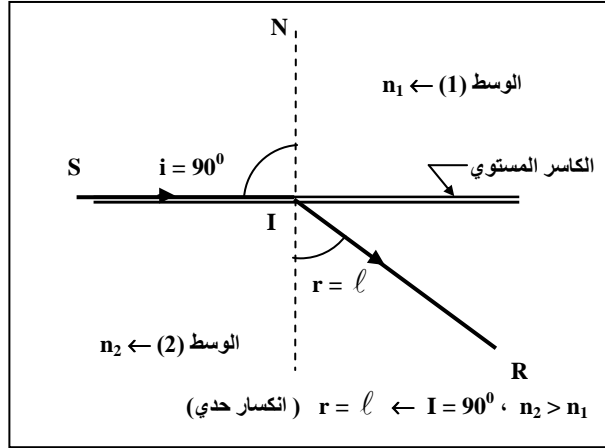
$$\sin r_2 = \frac{n_2 \sin i_2}{n_3}$$

$$\sin r_2 = \frac{1.5 \cdot \sin 20^\circ}{1.2} = 0.43 \rightarrow r_2 \approx 25^\circ$$

الانكسار الحدي و الانعكاس الكلي

• الانكسار الحدي :

- عندما تقترب زاوية الورود من القيمة 90° تنتهي زاوية الإنكسار نحو قيمة معينة ثابتة نعتبرها ℓ ، تدعى هذه الزاوية زاوية الإنكسار الحدي . بعبارة أخرى تغير زاوية الورود i من 0° إلى 90° ، يقابلها تغير في زاوية الانكسار من 0° إلى قيمة حدية ($r = \ell$) . (الشكل) .



• عبارة القيمة الحدية للإنكسار :

تزداد زاوية الانكسار r كلما ازدادت زاوية الورود i و عندما تقترب زاوية الورود إلى القيمة $i = 90^\circ$ تنتهي زاوية الإنكسار إلى زاوية ثابتة ندعوها الزاوية الحدية للإنكسار يرمز لها بـ ℓ .
- بتطبيق القانون الثاني للإنكسار :

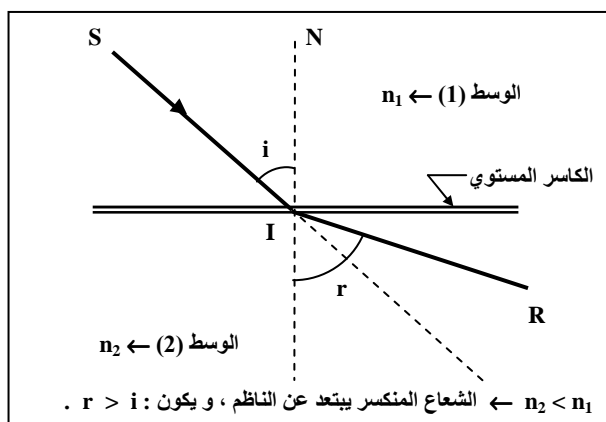
$$\begin{aligned} n_1 \sin i &= n_2 \sin r \\ n_1 \sin 90^\circ &= n_2 \sin \ell \\ n_1 &= n_2 \sin \ell \end{aligned}$$

إذن :

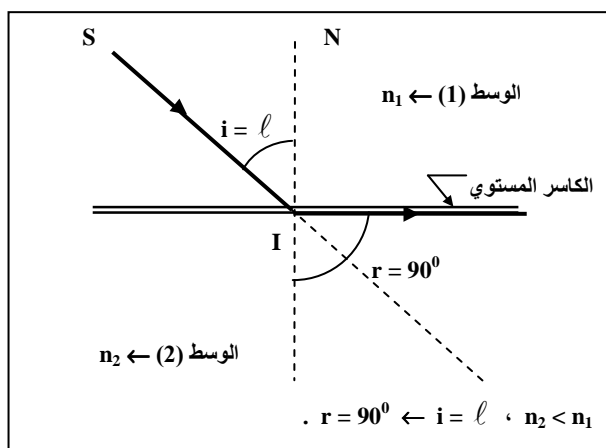
$$\sin \ell = \frac{n_1}{n_2}$$

• الإنعكاس الكلي :

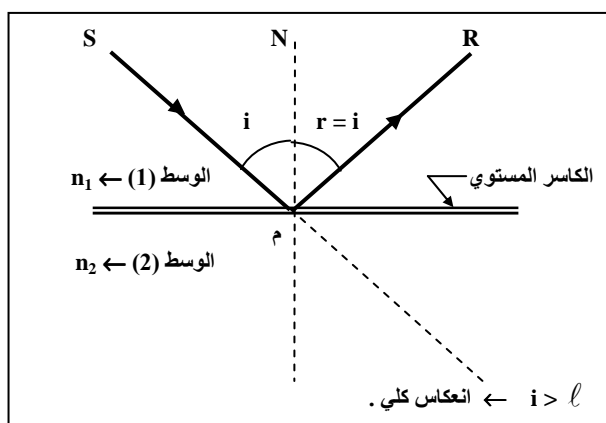
- نعتبر شعاع ضوئي ينتقل من وسط شفاف (1) قرينة انكساره n_1 إلى وسط شفاف (2) قرينة انكساره n_2 حيث يكون $n_1 > n_2$ أي أن الوسط الشفاف (1) أكثر كسرا من الوسط الشفاف (2) .



في هذه الحالة نلاحظ أنه إذا تغيرت زاوية الورد من 0° إلى الزاوية الحدية ℓ ، فإن زاوية الانكسار تتغير من 0° إلى 90° كما مبين في الشكل التالي و عندما تكون زاوية الورد مساوية لمقدار القيمة الحدية (ℓ) ، تكون زاوية الإنكسار مساوية للقيمة 90° (الشكل) .

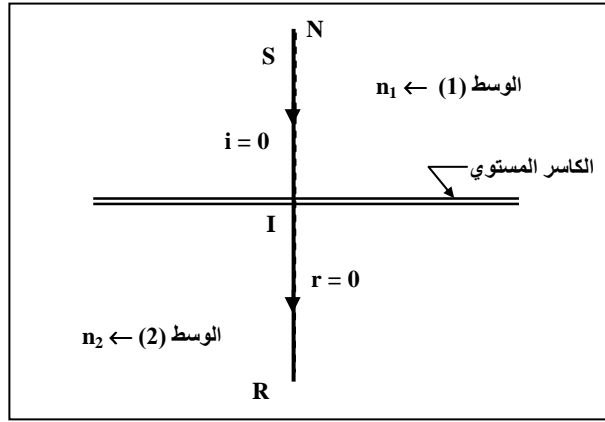


- إذا كانت زاوية الورد أكبر من الزاوية الحدية ($i > \ell$) ، فإنه لا تعود هناك حزيمة منكسرة ، حيث تنعكس الحزيمة الواردة كليا (الشكل) ، و تدعى هذه الظاهرة بـ الإنعكاس الكلي .

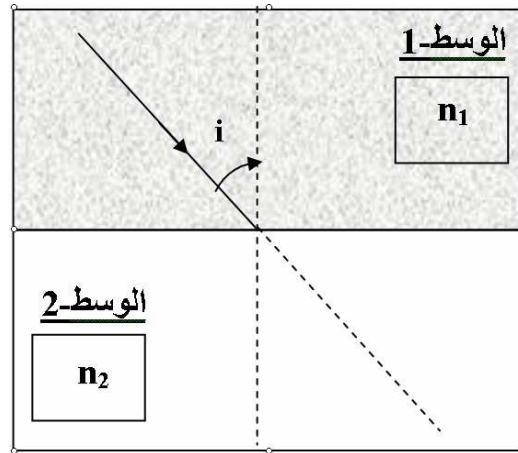


ملاحظة :

- إذا كان $i = 0$ يكون حسب قانون الإنكسار $\sin r = 0$ ، و منه $r = 0$ ، هذا يعني أنه إذا كان الشعاع الوارد ناظمي على الكاسر المستوي ، فإنه لا ينحرف عند دخوله الوسط (2) (الشكل) .

**التمرين (2) :** (التمرين : 002 في بنك التمارين على الموقع)

1- نعتبر شعاع ضوئي ، يخترق وسط-1 شفاف قرينة انكساره n_1 ، و عند خروجه منه يخترق وسط-2 شفاف قرينة انكساره n_2 .



- أ- اذكر نص قانوني الإنكسار .
 ب- بين برسم مسار الشعاع الضوئي ، داخل الوسط الثاني في الحالتين التاليتين : $n_2 > n_1$ ، $n_2 < n_1$. قارن بين i و r في كل مرة .
 2- نعتبر الوسط-1 عبارة عن زجاج عادي قرينة انكساره $n_1 = 1.5$ و الوسط-2 عبارة عن الهواء $n_2 = 1$.
 أ- أوجد زاوية الإنكسار r ، إذا كانت زاوية الورود $i = 20^\circ$.
 ب- أحسب زاوية الإنكسار r عندما تكون زاوية الورود $i = 41.82^\circ$ ، ماذا تستنتج ؟
 ج- ماذا يحدث لو تكون زاوية الورود أكبر من 41.82° . مثل برسم سير الشعاع الضوئي عبر الواسطين .

الأجوبة :

1- أ- قانوني الانكسار :

القانون الأول :

الشعاع الضوئي الوارد و الشعاع الضوئي المنكسر يقعان في نفس المستوي .

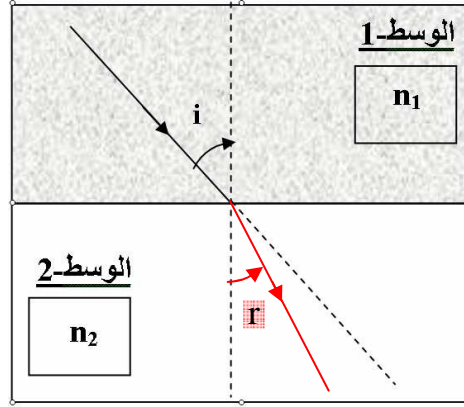
القانون الثاني :

النسبة بين جب زاوية الورد i و زاوية الانكسار r ، تكون ثابتة مهما كانت زاوية الورد أي : ثابت $\frac{\sin i}{\sin r}$

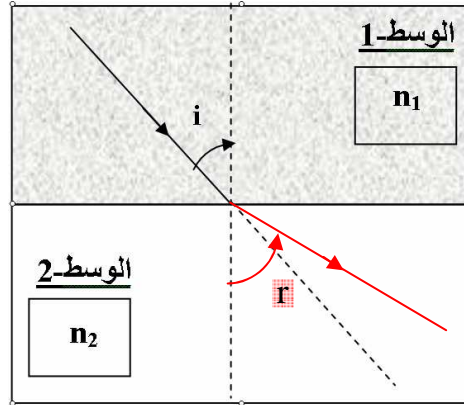
ب- سير الأشعة

الحالة الأولى $n_2 > n_1$:

في هذه الحالة ينكسر الشعاع الضوئي الوارد مقتربا إلى الناظم .

في هذه الحالة يكون : $r < i$.الحالة الثانية $n_2 < n_1$:

في هذه الحالة ينكسر الشعاع الضوئي الوارد مبتعدا عن الناظم .

في هذه الحالة يكون : $r > i$

2- أ- زاوية الانكسار :

بتطبيق القانون الثاني للانكسار :

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

$$\sin r = \frac{n_1 \sin i}{n_2} \quad (n_2 = 1)$$

$$\sin r = \frac{1.5 \cdot \sin 20^\circ}{1} = 0.51 \rightarrow r \approx 31^\circ$$

ب- زاوية الانكسار من أجل $r = 41.82^\circ$:

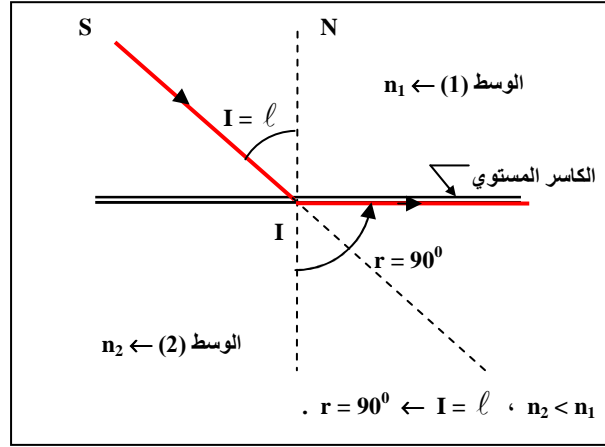
بتطبيق القانون الثاني للانكسار و باتباع نفس الخطوات السابقة نجد :

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

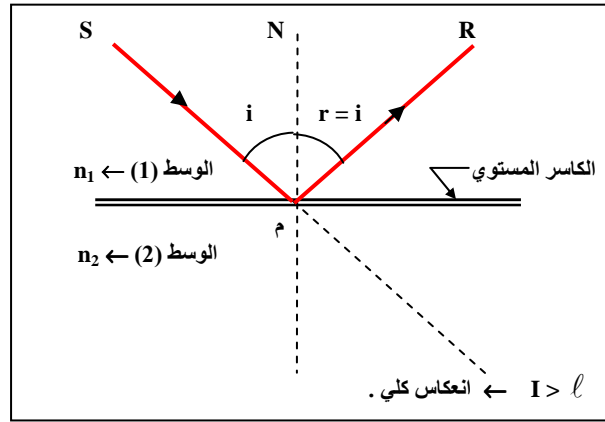
$$\sin r = \frac{n_1 \sin i}{n_2} \quad (n_2 = 1)$$

$$\sin r = \frac{1.5 \cdot \sin 41.82^\circ}{1} = \frac{1.5 \cdot 0.66}{1} \approx 1 \rightarrow r = 90^\circ$$

نستنتج أن الزاوية $r = 41.82^\circ$ هي الزاوية الحدية للانكسار أي $\ell = 41.82^\circ$.



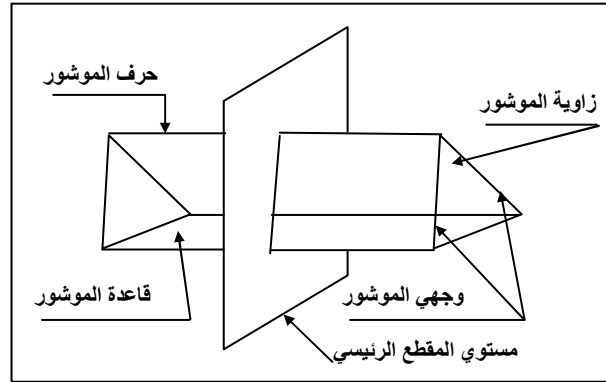
ج- إذا كانت زاوية الورود أكبر من 41.82° أي أكبر من الزاوية الحدية للانكسار يحدث انعكاس كلي :



انحراف الضوء في موشور

• تعريف الموشور :

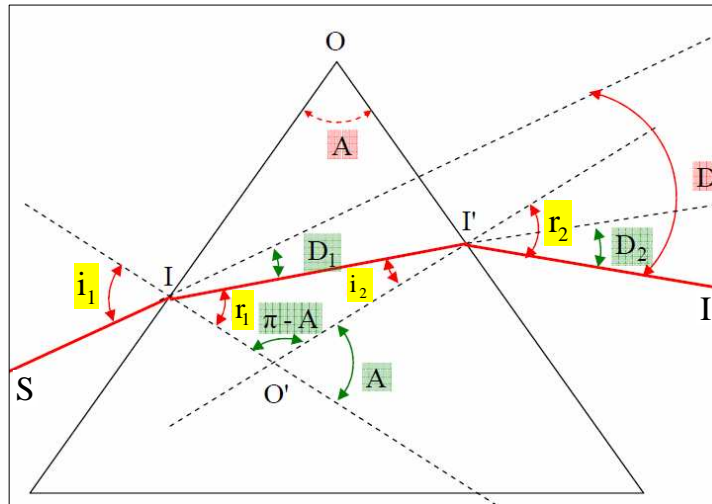
- الموشور هو كل وسط شفاف متجانس محدود بمستويين غير متوازيين ، يسمى كل من هذين المستويين وجهي الموشور ، و يسمى خط تقاطعهما بـ حرف الموشور ، كما تسمى الزاوية المحصورة بينهما بـ زاوية الموشور . (الشكل) .



- يسمى المستوي العمودي على الحرف بـ مستوي المقطع الرئيسي و سوف لن نأخذ بعين الإعتبار إلا الأشعة الموجودة في هذا المستوي .

• علاقات الموشور :

■ علاقة بين r ، r' ، A :



- من المثلث (O'I'I') يكون :

$$r_1 + i_2 + (\pi - A) = \pi$$

(لأن مجموع زوايا المثلث مساوي 180° أي π راديان) .

ومنه :

$$r_1 + i_2 + \pi - A = \pi$$

إذن :

$$r_1 + i_2 = A$$

■ علاقة بين r, i, n :

- بتطبيق قانون الانكسار الثاني عند دخول الشعاع الضوئي الوارد إلى الموشور :

$$n_0 \sin i_1 = n \sin r_1$$

و حيث أن $n_0 = 1$ (قرينة انكسار الهواء) يصبح :

$$\sin i_1 = n \sin r_1$$

■ علاقة بين i', r', n :

- بتطبيق قانون الانكسار الثاني عند خروج الشعاع الضوئي المنكسر من الموشور :

$$n \sin i_2 = n_0 \sin r_2$$

و حيث أن $n_0 = 1$ (قرينة انكسار الهواء) يصبح :

$$n \sin i_2 = \sin r_2$$

4- علاقة بين A, r_2, i_1, D :

اعتمادا على الشكل الهندسي :

- الشعاع الضوء الوارد SI عندما ينكسر في النقطة I يعاني انحراف D_1 ، و حيث أن الزاويتين i_1 ، $(r_1 + D_1)$ متقابلتين بالرأس يكون :

$$r_1 + D_1 = i_1 \rightarrow D_1 = i_1 - r_1$$

- الشعاع الضوئي الوارد II' عندما ينكسر في النقطة I' يعاني انحراف D_2 ، و حيث أن الزاويتين i_2 ، $(r_2 - D_2)$ متقابلتين بالرأس يكون :

$$r' = i' - D_2$$

ومنه :

$$D_2 + i_2 = r_2 \rightarrow D_2 = r_2 - i_2$$

- الإنحراف الكلي D الذي يعانيه الشعاع الضوئي الخارج من الموشور هو :

$$D = D_1 + D_2$$

و منه :

$$D = (i_1 - r_1) + (r_2 - i_2)$$

$$D = i_1 - r_1 + r_2 - i_2$$

$$D = i_1 + r_2 - r_1 - i_2$$

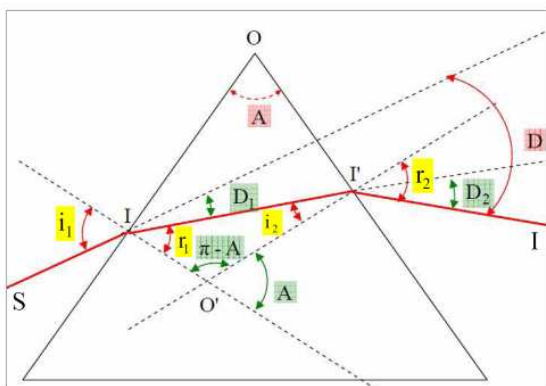
$$D = i_1 + r_2 - (r_1 + i_2)$$

مما سبق وجدنا : $(r_1 + i_2 = A)$ يصبح لدينا :

$$D = i_1 + r_2 - A$$

نتيجة :

في موشر قرينة انكساره n و زاويته A تتحقق العلاقات التالية :



$$\begin{aligned} \sin i_1 &= n \sin r_1 \\ n \sin i_2 &= \sin r_2 \\ r_1 + i_2 &= A \\ D &= i_1 + r_2 - A \end{aligned}$$

• شرطي بروز الشعاع الضوئي من الموشر :

الشرط الأول :

- بما أن الشعاع الضوئي ينعكس كلياً من أجل $i_2 > \ell$ ، و بالتالي من المؤكد أنه لا يحدث له ذلك من أجل :

$$i_2 < \ell \quad \dots \dots \dots (1)$$

- من جهة أخرى نعلم أنه يحدث انكسار على الوجه الأول عندما يكون :

$$r_1 < \ell \quad \dots \dots \dots (2)$$

من (1) و (2) يمكن كتابة العلاقة :

$$r_1 + i_2 < 2\ell$$

- من قوانين الموشر لدينا : $r_1 + i_2 = A$ و منه يمكن كتابة :

$$A < 2\ell$$

و هو الشرط الأول لبروز الأشعة الضوئية من الموشر .

نتيجة :

- حتى يبرز الشعاع الوارد من الموشر ، ينبغي أن يصل هذا الشعاع إلى الوجه الثاني للموشر ، بزاوية ورود أصغر أو تساوي الزاوية الحدية للإنكسار (ℓ) ، التي تميز مجموعة مادة الموشر و الهواء ، و عليه لا يمكن لأي شعاع وارد أن يخرج من موشر إلا إذا كانت زاوية هذا الموشر A أقل من ضعف الزاوية الحدية للإنكسار ، أي : $A > 2\ell$

الشرط الثاني :

- مما سبق حتى لا يحدث بروز للشعاع الضوئي من الموشر يجب أن يكون : $r' < \ell$.

و من قوانين الموشر لدينا :

$$r_1 + i_2 = A \rightarrow i_2 = A - r_1$$

يصبح لدينا :

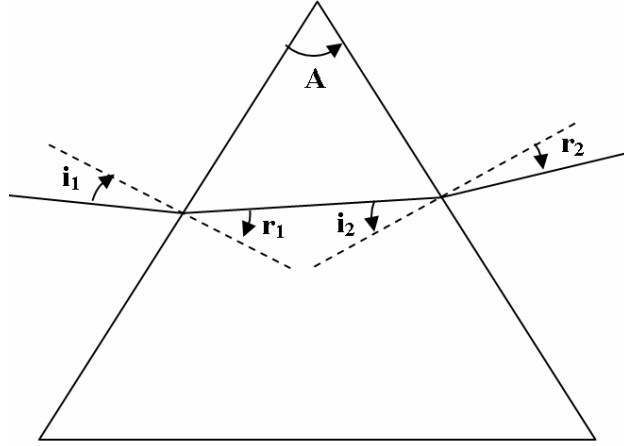
$$A - r_1 < \ell \rightarrow A - \ell < r_1 \rightarrow r_1 > A - \ell$$

و من خواص الدالة \sin يمكن كتابة :

$$\sin r_1 > \sin(A - \ell)$$

التمرين (3) : (التمرين : 003 في بنك التمارين على الموقع)

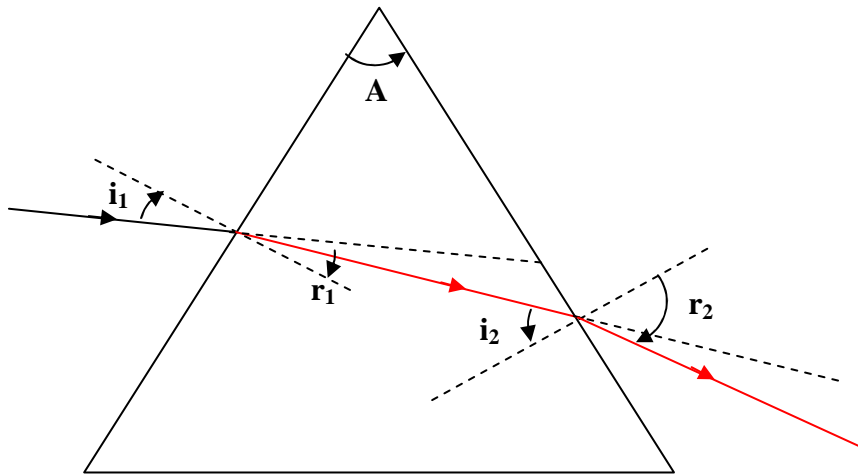
يرد شعاع ضوئي وحيد اللون من الهواء ($n_1 = 1$) إلى موشر زاوية رأسه $A = 60^\circ$ و قرينة انكساره $n_2 = 1.5$ ثم يخرج مرة ثانية من الموشر إلى الهواء (الشكل) .



- 1- سير الأشعة في (الشكل) تحتوي على خطأ ، أعد رسم سير الأشعة بشكل صحيح في الشكل على ورقتك .
- 2- إذا كانت الزاوية التي يرد بها الشعاع الضوئي إلى الموشر هي $i_1 = 49^\circ$:
 - أ- أحسب الزاوية التي يخرج بها الشعاع الضوئي من الموشر r_2 .
 - ب- أوجد مقدار الانحراف D .

الأجوبة :

1- سير الأشعة :



ب- الزاوية التي يخرج بها الشعاع الضوئي من الموشر (r_2) :
بتطبيق القانون الثاني للانكسار :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin r_1 \quad (n_1 = 1)$$

$$\sin r_1 = \frac{n_1 \sin i_1}{n_2}$$

$$\sin r_1 = \frac{1 \cdot \sin 49^\circ}{1.5} = 0.5 \rightarrow r_1 \approx 30^\circ$$

و حسب قوانين الموشور :

$$A = r_1 + i_2$$

$$i_2 = A - r_1 = 60 - 30^\circ = 30^\circ$$

- بتطبيق القانون الثاني للانكسار :

$$n_2 \sin i_2 = n_1 \sin r_2$$

$$\sin r_2 = \frac{n_2 \sin i_2}{n_1}$$

$$\sin r_2 = \frac{1.5 \cdot \sin 30^\circ}{1} = 0.75 \rightarrow r_2 \approx 49^\circ$$

ب- مقدار الانحراف :

- حسب قوانين الموشور يكون :

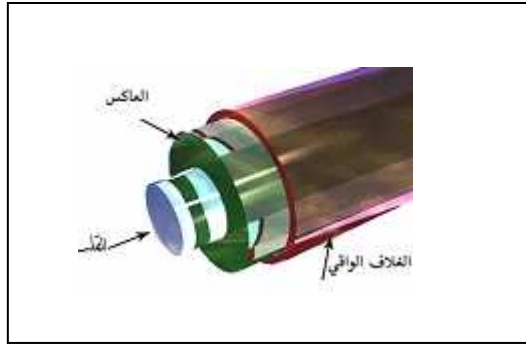
$$D = i_1 + r_2 - A$$

$$D = 49 + 49 - 60 = 38^\circ$$

تطبيقات الانكسار - الألياف البصرية

● تعريف الألياف البصرية :

- الألياف البصرية هي مجموعة من ألياف مصنوعة من الزجاج النقي طويلة ورفيعة لا يتعدى سمكها سمك الشعرة ، تجمع المئات أو الألاف من هذه الألياف ، و تصطف معا في حزمة واحدة لتكوّن الحبل الضوئي الذي يُحمى بغطاء خارجي (الشكل) .



- تستخدم الألياف البصرية في نقل الإشارات الضوئية لمسافات بعيدة جداً تقدر بالمئات أو آلاف الكيلومترات ، وهي تستعمل بالخصوص في شبكات الاتصال .
- الألياف البصرية هي إحدى التطبيقات العملية لظاهرة الانعكاس الكلي .

● مكونات الليف البصري :

- يتكون الليف البصري من :
- القلب : و هو زجاج رفيع ينتقل فيه الضوء ، قرينة انكساره أكبر من قرينة انكسار الغلاف الخارجي $(n_c > n_g)$.
- العاكس : هي مادة تحيط باللب الزجاجي وتعمل على عكس الضوء مرة أخرى إلى داخل الليف البصري.
- الغطاء الواقي : هو غلاف بلاستيكي يحمي الليف البصري من الرطوبة كما يحميه من الضرر و الكسر.

● أنواع الألياف البصرية :

تنقسم الألياف البصرية بصفة عامة إلى نوعين أساسيين:

■ الألياف البصرية أحادية الإشارة الضوئية :

تنتقل من خلالها إشارة ضوئية واحدة فقط في كل ليفة ضوئية من ألياف الحزمة وهي تستخدم في شبكات التلفون وأسلاك النقل في التلفزيون ، هذا النوع من الألياف يتميز بصغر نصف قطر القلب الزجاجي حيث يصل إلى حوالي 9 micron ، و تمر من خلاله أشعة الليزر تحت الحمراء.

■ الألياف البصرية متعددة الإشارة الضوئية:

و بها يتم نقل العديد من الإشارات الضوئية خلال الليفة الضوئية الواحدة مما يجعل استخدامها أفضل لشبكات الحاسوب ، هذا النوع من الألياف يكون نصف قطره أكبر حيث يصل إلى 62.5 micron و تنتقل من خلاله الأشعة تحت الحمراء.

● كيفية عمل الألياف الضوئية و كيف نقلها للضوء :

- إن الضوء ينتقل وفق خطوط مستقيمة و عند توجيه ومضة ضوئية خلال مسار طويل مستقيم ، فإنها ستصل للطرف الثاني من دون مشكل. ولكن ماذا لو كان بالمسار انحناء ؟ .
بسهولة يمكن أن تتغلب على ذلك بوضع مرآة عند الانحناء لتعكس الضوء إلى داخل المسار مرة أخرى. و بنفس الطريقة تحل المشكلة لو كان المسار كثير الانحناءات حيث تُصَف مرايا على طول المسار لتعكس الضوء باستمرار من جانب لآخر ليبقى في مساره . هذه بالضبط هي فكرة عمل الألياف الضوئية. حيث ينتقل الضوء بواسطة الانعكاس المستمر عن الجدار المحاذي للقلب الزجاجي انعكاسا داخليا كليا. و لأن هذا الجدار لا يمتص أي من الضوء الساقط عليه فان الإشارة الضوئية يمكن أن تسافر مسافات طويلة دون تغير في شدتها.

