

عروض نظرية مختصر

الأمواج الضوئية

انكسار الضوء

11

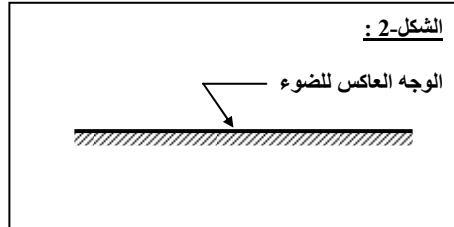
الشعبة : جذع مشترك
علوم و تكنولوجيا

● 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 الوسيطين بـ **المرآة** ، و في الحالة التي يكون فيها هذا السطح مستوياً يسمى عندها بـ **مرآة مستوية** .

- أمثلة عن مرآيات مستوية : 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-2) التالي :



- إذا سلطنا حزمة ضوئية على مرآة مستوية نلاحظ أن هذه الحزمة تنعكس (الشكل-3) .

- يسمى الشعاع الضوئي (SI) بـ **شعاع ضوئي وارد** .

- يسمى الشعاع الضوئي (IR) بـ **شعاع ضوئي منعكس** .

- تسمى الزاوية \hat{i} بين الشعاع الوارد ، و الناظم (NI) بـ **زاوية الورد** .

- تسمى الزاوية \hat{r} ، بين الشعاع المنعكس ، و الناظم (NI) بـ **زاوية الإنعكاس** .

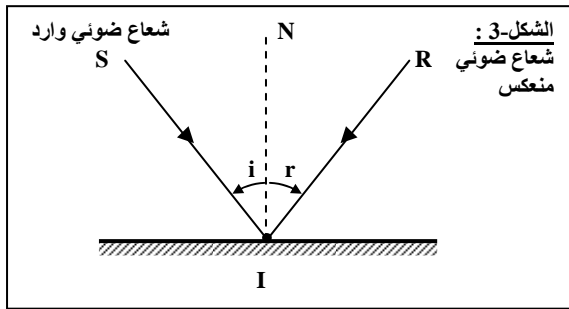
● قانونا الإنعكاس :

القانون الأول :

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

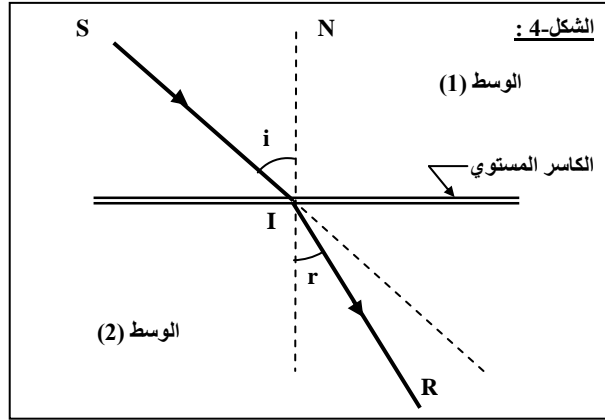
القانون الثاني :

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



● ظاهرة انكسار الضوء :

- انكسار الضوء هو ظاهرة فيزيائية يغير فيها الضوء فجأة اتجاهه ، بعد أن يجتاز السطح الفاصل بين وسطين شفافين (الشكل-4) .
- 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 الورود .
- 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 الإنكسار يقعان في مستوي واحد .

القانون الثاني :

- تكون النسبة $\frac{\sin i}{\sin r}$ بالنسبة لوسطين شفافين متجانسين ثابتة مهما كانت زاوية الورود .
- 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 الإنكسار المطلقة للوسط الأول الذي حدث فيه الورود ، n_2 تدعى قرينة الإنكسار المطلقة للوسط الثاني الذي حدث فيه الإنكسار ، و منه يمكن صيغة القانون الثاني للإنكسار 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 :

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

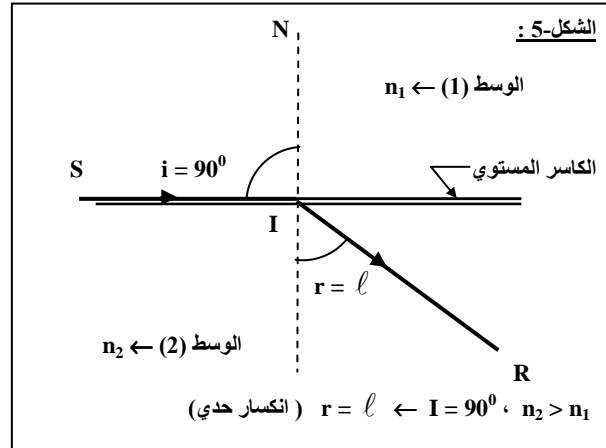
حيث n قرينة انكسار الوسط الثاني .

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

● الانكسار الحدي :

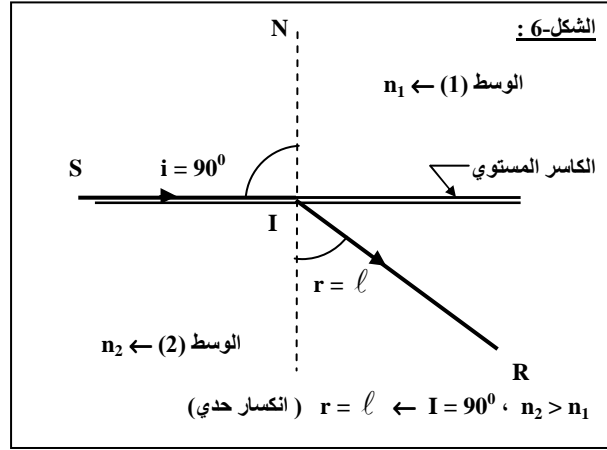
- عندما تقترب زاوية الورود من القيمة 90° تنتهي زاوية الانكسار نحو قيمة معينة ثابتة نعتبرها ℓ ، تدعى هذه الزاوية زاوية الانكسار الحدي . بعبارة أخرى تغير زاوية الورود i من 0° إلى 90° ، يقابلها تغير في زاوية الانكسار من 0° إلى قيمة حدية ($r = \ell$) . (الشكل-5) .



● عبارة القيمة الحدية للانكسار :

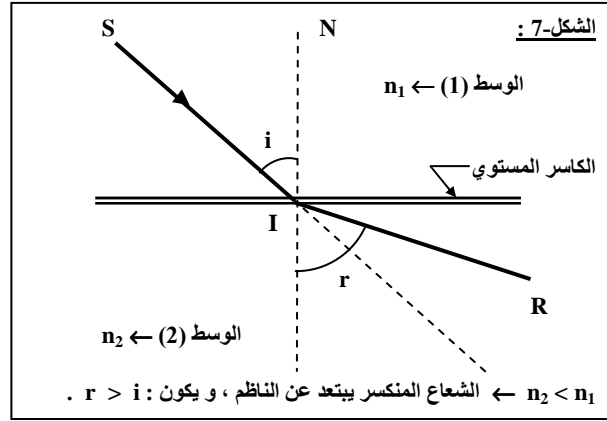
تزداد زاوية الانكسار r كلما ازدادت زاوية الورود i و عندما تقترب زاوية الورود إلى القيمة $i = 90^\circ$ تنتهي زاوية الانكسار إلى زاوية ثابتة ندعوها الزاوية الحدية للانكسار يرمز لها بـ ℓ و يعبر عنها بالعلاقة :

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

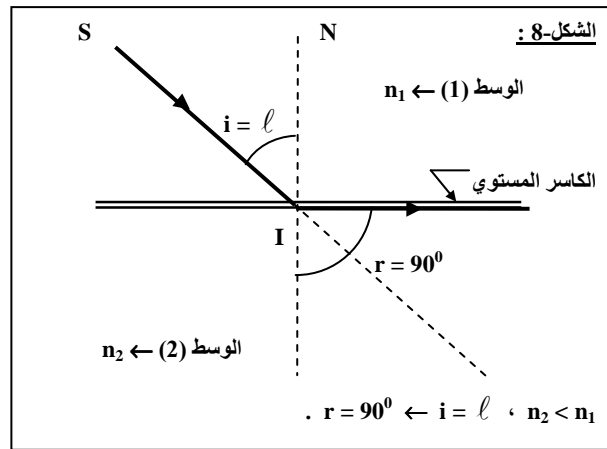


● الإنعكاس الكلي :

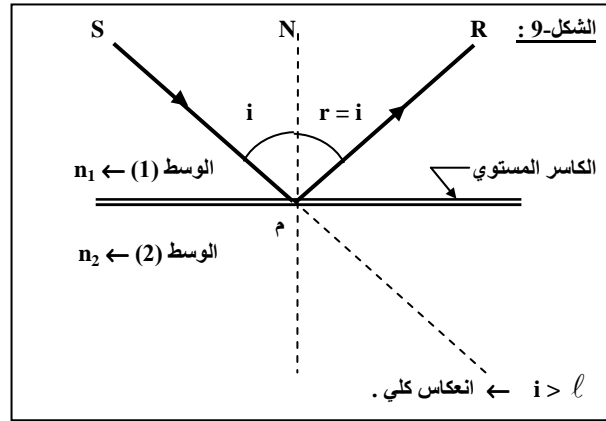
- نعتبر شعاع ضوئي ينتقل من وسط شفاف (1) قرينة انكساره n_1 إلى وسط شفاف (2) قرينة انكساره n_2 حيث يكون $n_1 > n_2$ أي أن الوسط الشفاف (1) أكثر كسرا من الوسط الشفاف (2) .



في هذه الحالة نلاحظ أنه إذا تغيرت زاوية الورود من 0° إلى الزاوية الحدية l ، فإن زاوية الانكسار تتغير من 0° إلى 90° كما مبين في الشكل التالي و عندما تكون زاوية الورود مساوية لمقدار القيمة الحدية (l) ، تكون زاوية الإنكسار مساوية للقيمة 90° (الشكل-8) .

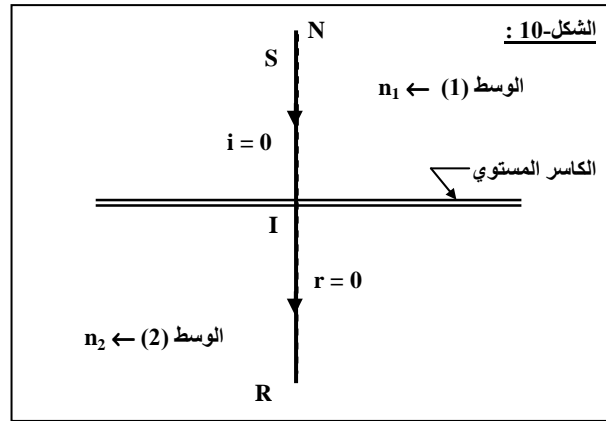


- إذا كانت زاوية الورود أكبر من الزاوية الحدية ($i > l$) ، فإنه لا تعود هناك حزمة منكسرة ، حيث تنعكس الحزمة الواردة كلياً (الشكل-9) ، و تدعى هذه الظاهرة بـ الإنعكاس الكلي .



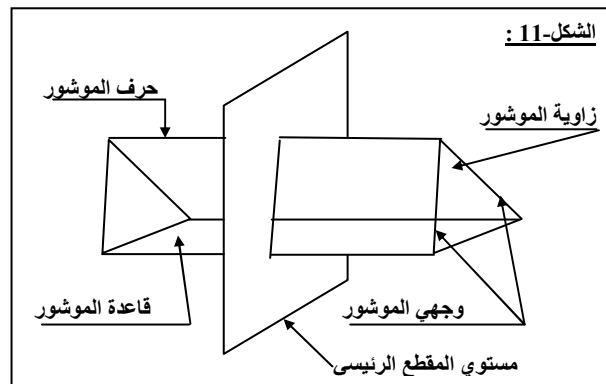
ملاحظة :

- إذا كان $i = 0$ يكون حسب قانون الانكسار $\sin r = 0$ ، ومنه $r = 0$ ، هذا يعني أنه إذا كان الشعاع الوارد ناظمي على الكاسر المستوي ، فإنه لا ينحرف عند دخوله الوسيط (2) (الشكل-10) .



● تعريف الموشور :

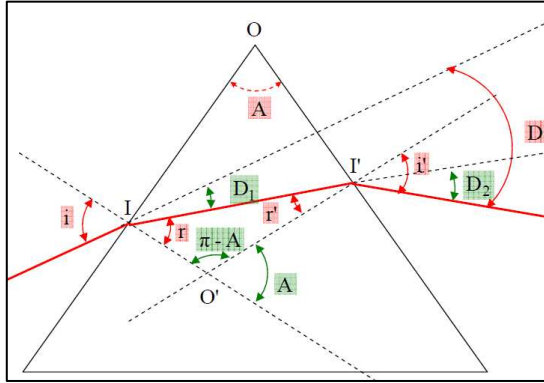
- الموشور هو كل وسط شفاف متجانس محدود بمستويين غير متوازيين ، يسمى كل من هذين المستويين **وجهي الموشور** ، و يسمى خط تقاطعهما بـ **حرف الموشور** ، كما تسمى الزاوية المحصورة بينهما بـ **زاوية الموشور** . (الشكل-11) .



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

● علاقات الموشور :

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



$$\begin{aligned}\sin i &= n \sin r \\ n \sin r' &= \sin i' \\ r + r' &= A \\ D &= i + i' - A\end{aligned}$$

● شرطي بروز الشعاع الضوئي من الموشور :

الشرط الأول :

- حتى يبرز الشعاع الوارد من الموشور ، ينبغي أن يصل هذا الشعاع إلى الوجه الثاني للموشور ، بزاوية ورود أصغر أو تساوي الزاوية الحدية للإنكسار (ℓ) ، التي تتميز مجموعة مادة الموشور و الهواء ، و عليه لا يمكن لأي شعاع وارد ، أن يخرج من موشور ، إلا إذا كانت زاوية هذا الموشور A أقل من ضعف الزاوية الحدية للإنكسار أي :

$$A > 2\ell$$

الشرط الثاني :

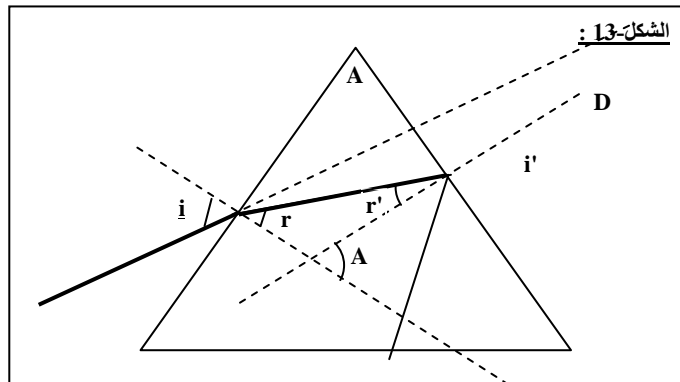
- القيم اللازم اعطائها لزاوية الورد حتى يكون هناك بروز ، بعد تحقق الشرط الأول ، هي القيم التي تحقق العلاقة التالية :

$$\sin i_0 \geq \sin (A - \ell)$$

حيث i_0 هي أدنى قيمة لزاوية الورد على الوجه الأول للموشور .

● الانعكاس الكلي في الموشور :

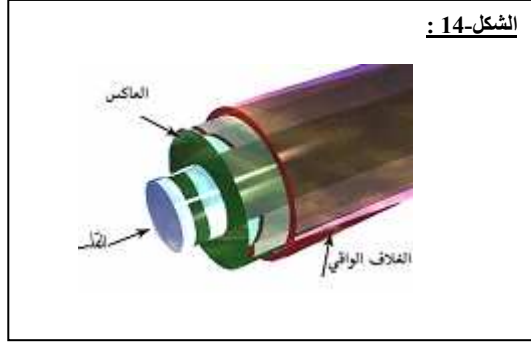
- يحدث انعكاس كلي للشعاع الضوئي الساقط على الوجه الثاني للموشور إذا تحقق : $0 \leq i \leq i_0$



● تعريف الألياف البصرية :

- الألياف البصرية هي مجموعة من ألياف مصنوعة من الزجاج النقي طويلة ورفيعة لا يتعدى سمكها سمك الشعرة ، تجمع المئات أو الآلاف من هذه الألياف ، و تصطف معا في حزمة واحدة لتكوّن الحبل الضوئي الذي يُحمى بغطاء خارجي (الشكل-25) .
- 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 الكسر.

● أنواع الألياف البصرية :

- تنقسم الألياف الضوئية 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 ، فإنه عند توجيه ومضة ضوئية خلال مسار طويل مستقيم ، فإنها ستصل للطرف الثاني من دون مشكل. ولكن ماذا لو كان المسار انحناء ؟ .
- بسهولة يمكن أن نتغلب 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 لأخر 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 فإن الإشارة الضوئية يمكن أن تسافر مسافات طويلة دون تغير في شدتها.

