المحتوى: عرض نظري

انكسار الضوء

من اعداد الأستاذ:م.قيسي

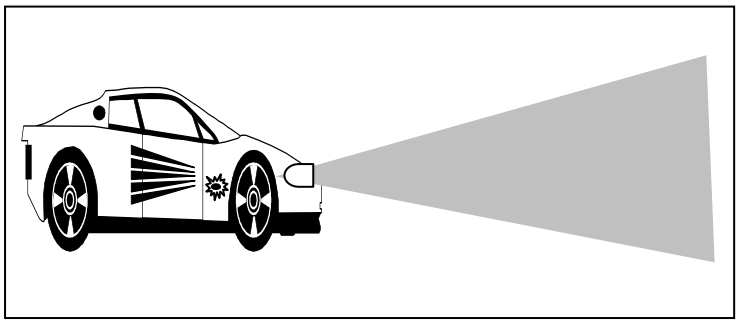
قانوني الانعكاس - تذكير

● الإنتشار المستقيم للضوء:

– كل واحد منا سمحت له الفرصة أن يجد نفسه لا يمكن رؤية الأشياء الموجودة فيها، فهنا نقول أن الحجرة مظلمة، وبمجرد اشتعال المصباح في هذه الحجرة، فإننا لا نرى فقط المصباح، ولكننا سنرى جميع الأشياء الموجودة في الحجرة، نراها لأنها أثرت على شبكية العين بارسال 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 تتلقاء من المنبع الضوئي.

– من بين الأجسام المضيئة أيضا نذكر الشمس، النار، بعض الحشرات والأسماك .....

– إذا وجد بين العين وجسم مضيء، وسط شفاف وليكن هذا الوسط هواء، أو ماء، أو زجاجا مصقولا، فإن العين ستراه دون أن يتشوه، فيقال عن هذا الوسط بأنه **شفاف**، وهو الوسط الذي يسمح باجتياز الضوء، وبرؤية الشكل المضبوط للجسم ، الذي يرسل الضوء .



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

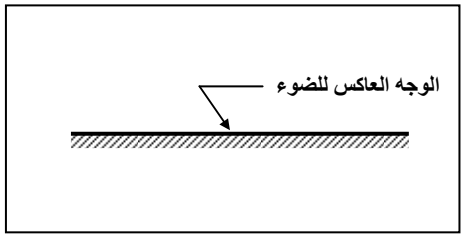
و قد أقر ذلك الفيزيائي حسن ابن الهيثم $(1019-968)$ كمبدأ أساسي في انتشار الضوء، ويسمى فيما بعد بـ **مبدأ الإنتشار المستقيم للضوء**. هذا نصه " ينتشر الضوء في الخلاء، وفي كل الأوساط المتجانسة والشفافة وفق خط مستقيم.

● ظاهرة انعكاس الضوء:

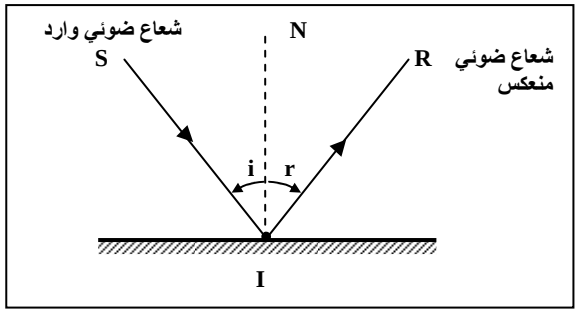
– انعكاس الضوء هو الظاهرة التي تتمثل في رجوع الضوء في نفس وسط انتشاره عندما يلاقي سطحا فاصلا بين هذا الوسط ووسط آخر، يسمى هذا السطح الفاصل بين الوسطين بـ **المرآة**، وفي الحالة التي يكون فيها هذا السطح مستويا يسمى عندها بـ **مرآة مستوية**.

– كأمثة عن مرايا مستوية نذكر: صفيحة معدنية مصقولة بشكل جيد، ماء راكد، صفيحة زجاجية أحد وجهيها يكون مفضفض.

– نمثل المرآة المستوية بقطعة مستقيمة، يظلل 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) بـ **شعاع ضوئي وارد**.

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

– تسمى الزاوية $\hat{i}$ بين الشعاع الوارد والناظم (NI) بـ **زاوية الودود**.

– تسمى الزاوية $\hat{r}$، بين الشعاع المنعكس والناظم (NI) بـ **زاوية الإنعكاس**.

● **قانوني الإنعكاس:**

القانون الأول:

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

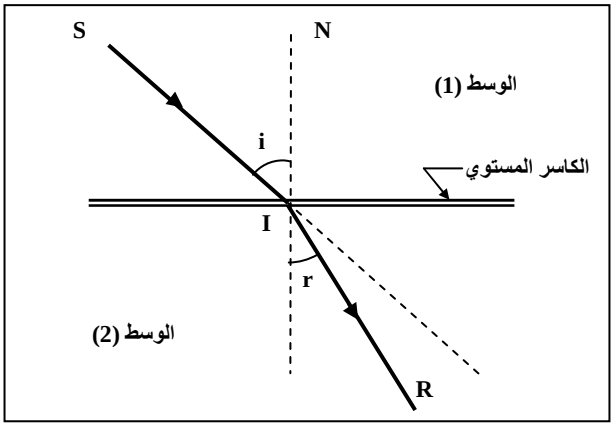
القانون الثاني:

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

قانوني الانكسار

● تعاريف :

– 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 والناظم (NI) **بزاوية الورود**.

– تسمى الزاوية $\hat{r}$ بين الشعاع المنكسر والناظم (NI) **بزاوية الإنكسار**.

● قانوني الإنكسار:

القانون الأول:

– الشعاع الضوئي الوارد والشعاع 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 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 ونكتب:

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

حيث n_1 تدعى قرينة الإنكسار المطلقة للوسط الأول الذي حدث فيه الورود وn_2 قرينة الإنكسار المطلقة للوسط الثاني الذي حدث فيه الإنكسار، ومنه يمكن صيغة القانون الثاني للانكسار كما يلي:

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

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

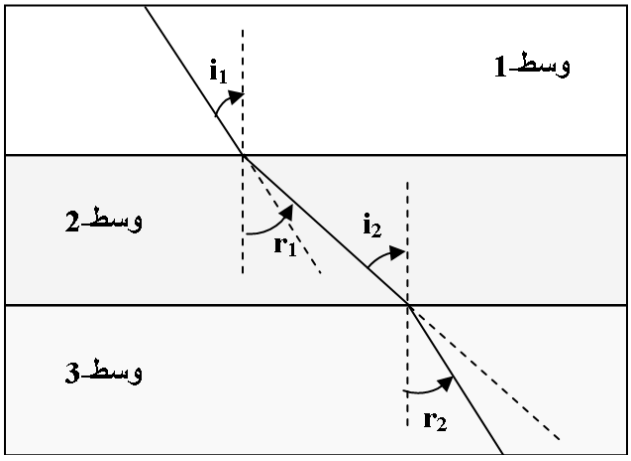
$$\sin i = n \sin r$$

حيث n قرينة انكسار الوسط الثاني.

▪ قيم قرائن الإنكسار لبعض المواد:

المادة	قرينة الإنكسار 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

تمرين تطبيقي:



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 $r_1 = 20^0$.

أ– أحسب زاوية الورود i_1 في الوسط–1.

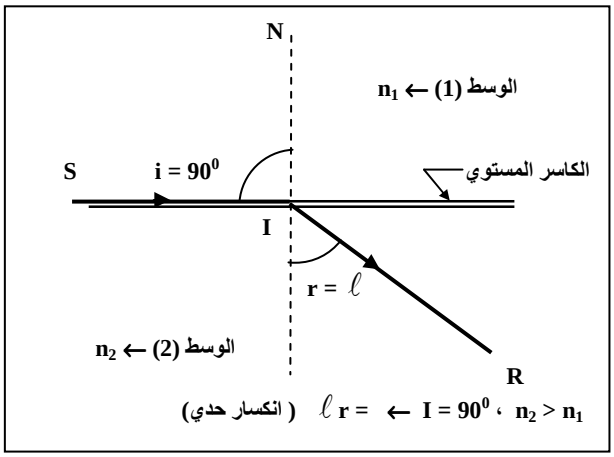
ب– استنتج زاوية الوورد i_2 في الوسط–2.

جـ أحسب زاوية الانكسار r_2 في الوسط–3.

الانكسار الحدي و الانعكاس الكلي

● الإنكسار الحدي :

– عندما تقترب زاوية الورود من القيمة 90^0 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 وعندما تقترب زاوية الورود إلى القيمة $i = 90°$ تنتهي زاوية الإنكسار إلى زاوية ثابتة ندعوها الزاوية الحدية للانكسار يرمز لها بـ ℓ.

– بتطبيق القانون الثاني للانكسار:

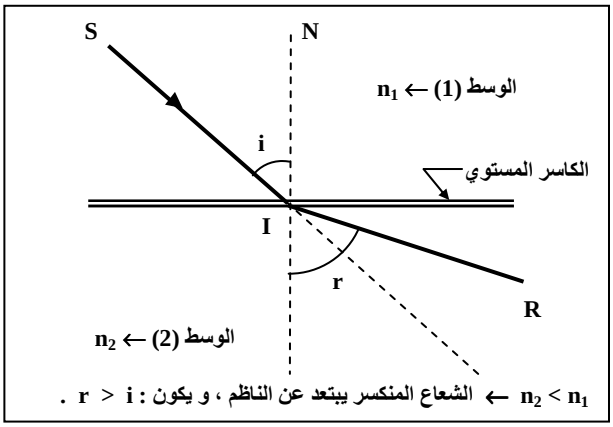
$$n_1 sini = n_2 sinr \Rightarrow n_1 sin90° = n_2 sin\ell \Rightarrow n_1 = n_2 sin\ell$$

إذن:

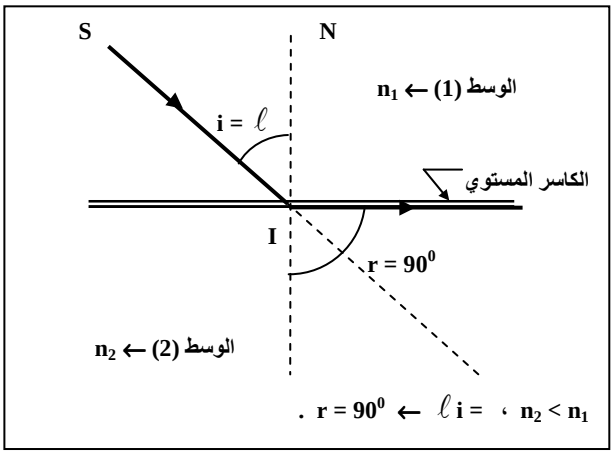
$$\sin \ell = \frac{n_1}{n_2}$$

● الإنعكاس الكلي :

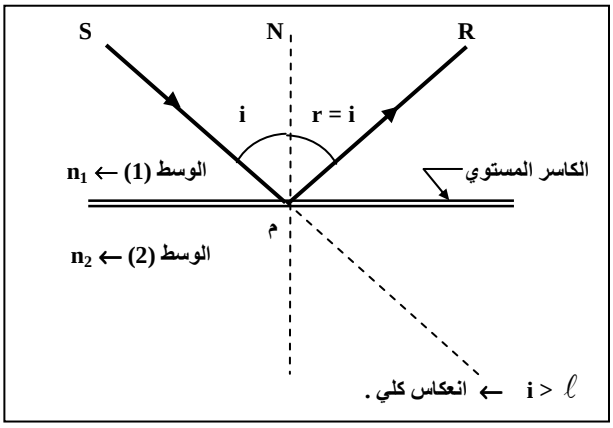
– نعتبر شعاع ضوئي ينتقل من وسط شفاف (1) قرينة انكساره n_1 إلى وسط شفاف (2) قرينة انكساره n_2 حيث يكون $n_1 > n_2$ أي أن الوسط الشفاف (1) أكثر كسرا من الوسط الشفاف (2).



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

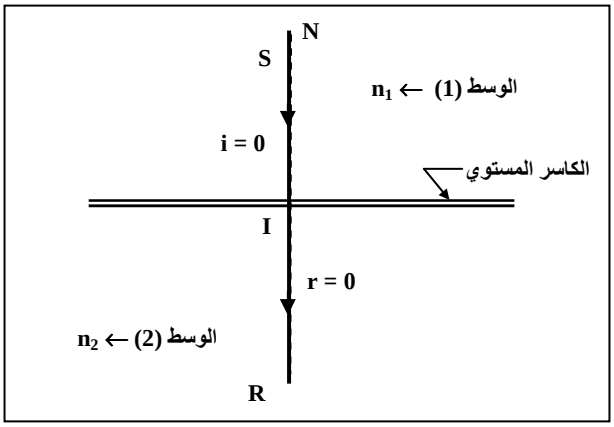


– إذا كانت زاوية الورود أكبر من الزاوية الحدية $(i > \ell)$، فإنه لا تعود هناك حزيمة منكسرة، حيث تنعكس الحزمة الواردة كليا (الشكل)، وتدعى هذه الظاهرة بـ **الإنعكاس الكلي**.



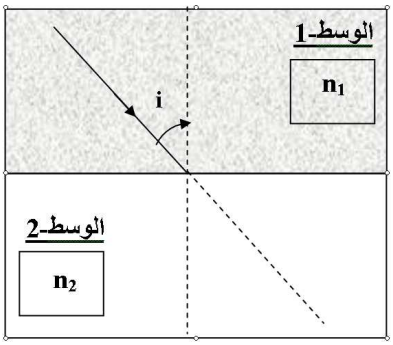
ملاحظة :

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



التمرين (2) : (الحل المفصل – التمرين : 002 في بنك التمارين) (**)

1– نعتبر شعاع ضوئي، يخترق وسط–1 شفاف قرينة انكساره n_1، وعند 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 $n_1 = 1,5$ والوسط–2 عبارة عن الهواء $n_2 = 1$.

أ– أوجد زاوية الإنكسار r، إذا كانت زاوية الورود $i = 20^0$.

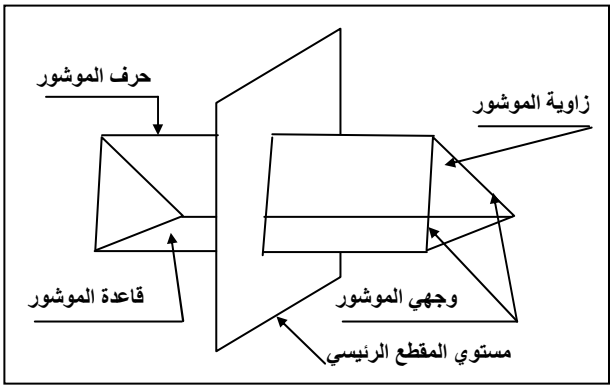
ب– أحسب زاوية الإنكسار r عندما تكون زاوية الورود $i = 41,82^0$، ماذا تستنتج؟

جـ– ماذا يحدث لو تكون زاوية الورود أكبر من $41,82^0$. مثل برسم سير الشعاع الضوئي عبر الوسطين.

انحراف الضوء في موشور

● تعريف الموشور :

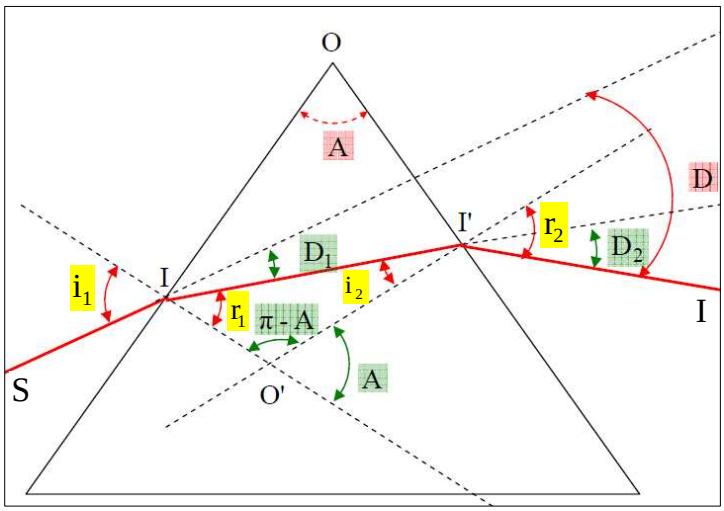
– الموشور هو كل وسط شفاف متجانس محدود بمستويين غير متوازيين، يسمى كل من هذين المستويين **وجهي الموشور**، ويسمى خط تقاطعهما بـ **حرف الموشور**، كما تسمى الزاوية المحصورة بينهما بـ **زاوية الموشور**. (الشكل).



– يسمى المستوي العمودي على الحرف بـ **مستوي المقطع الرئيسي** وسوف لن نأخذ بعين الإعتبار إلا الأشعة الموجودة في هذا المستوي.

● علاقات الموشور :

▪ علاقة بين r ، r' ، A :



– من المثلث $(O'II')$ يكون:

$$r_1 + i_2 + (p - A) = p$$

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

ومنه:

$$r_1 + i_2 + p - A = p$$

إذن:

$$r_1 + i_2 = A$$

▪ **علاقة بين n، i، r:**

– 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 n، r'، i':

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

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

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

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

4– علاقة بين D، i_1، r_2، A:

اعتمادا على الشكل الهندسي :

– الشعاع الضوء الوراد SI عندما ينكسر في النقطة I يعاني انحراف D_1، وحيث 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، وحيث 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:

$$D = D_1 + D_2$$

ومنه:

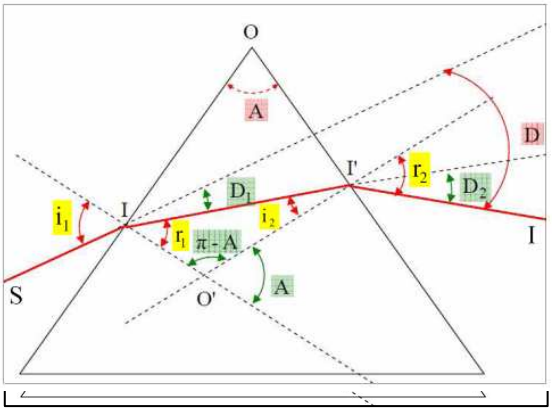
$$D = (i_1 - r_1) + (r_2 - i_2) \Rightarrow D = i_1 - r_1 + r_2 - i_2 \Rightarrow D = i_1 + r_2 - r_1 - i_2 \Rightarrow D = i_1 + r_2 - (r_1 + i_2)$$

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

$$D = i_1 + r_2 - A$$

نتيجة :

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



$$\sin i_1 = n \sin r_1$$
$$n \sin i_2 = \sin r_2$$
$$r_1 + i_2 = A$$
$$D = i_1 + r_2 - A$$

- **شرطي بروز الشعاع الضوئي من الموشور :**

الشرط الأول :

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

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

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

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

من (1) و(2) يمكن كتابة العلاقة:

$$r_1 + i_2 < 2\ell$$

- من قوانين الموشور لدينا: $r_1 + i_2 = A$ ومنه يمكن كتابة:

$$\boxed{A < 2\ell}$$

وهو الشرط الأول لبروز الأشعة الضوئية من الموشور.

نتيجة :

- 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 تميز مجموعة مادة الموشور والهواء، وعليه لا يمكن لأي شعاع وارد أن يخرج من موشور إلا إذا كانت زاوية هذا الموشور A أقل من ضعفي الزاوية الحدية للإنكسار، أي: $A > 2\ell$

الشرط الثاني:

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

ومن قوانين الموشور 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:

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

- بضرب الطرفين في n نجد:

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

و حيث أن $n\ sin\ r = sin\ i$ (حسب القانون الثاني للإنكسار) يصبح:

$sin\ i_1 > n\ sin\ (A - \ell)$

من اجل $i = i_0$ يكون الشعاع البارز مماسيا للوجه الثاني للموشور ومنه نجد:

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

نتيجة :

- القيم اللازم إعطائها لزاوية الورود 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 الورود على الوجه الأول للموشور.

- **الإنعكاس الكلي في الموشور :**

- يحدث انعكاس كلي للشعاع الضوئي الساقط على الوجه الثاني للموشور إذا تحقق: $0 \leq i_1 \leq i_0$

الشكل-13 :