

سلسلة تمارين حول الموجات الضوئية

تذكير:

الإنكسار الحدي والانعكاس الكلي لإشعاع ضوئي أحادي اللون.

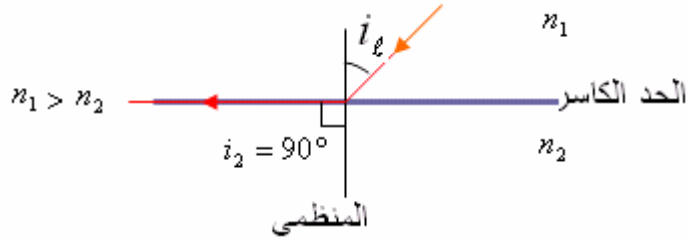
بصفة عامة عندما ينتقل الضوء من وسط أقل انكسارية إلى وسط أكثر انكسارية أي ($n_1 < n_2$) فإن الشعاع المنكسر يقترب من المظمي. وفي هذه الحالة نحصل دائماً على ظاهرة **الإنكسار**.

$$\frac{\sin i_2}{\sin i_1} = \frac{n_1}{n_2} < 1 \quad \text{إذن: } n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \quad \text{لأنه حسب قانون ديكارت لإنكسار الضوء لدينا:}$$

لأن: $n_1 < n_2$ إذن: $\sin i_2 < \sin i_1$ أي $i_2 < i_1$ الشعاع المنكسر يقترب من المظمي.

لكن عندما ينتقل الضوء من وسط أكثر انكسارية إلى وسط انكسارية أقل أي $n_1 > n_2$ فإن الشعاع المنكسر

يبتعد من المظمي. ونحصل على الإنكسار الحدي (أي $i_2 = 90^\circ$) بالنسبة لزاوية ورود حدية i_ℓ



$$n_1 \sin i_\ell = n_2 \sin 90$$

$$\text{ومنه: } \sin i_\ell = \frac{n_2}{n_1}$$

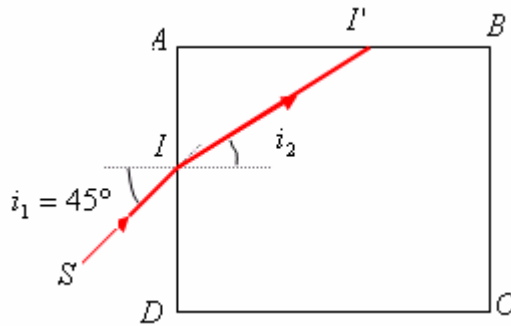
إذا كانت زاوية الورد : $i_1 \leq i_\ell$ نحصل على **الإنكسار**.

وإذا كانت زاوية الورد : $i_1 > i_\ell$ نحصل على **الانعكاس الكلي** على الحد الكاسر.



تطبيق رقم 1:

نعتبر مكعباً من الزجاج معامل انكساره $n = 1,5$ موضوع فوق مستوى أفقي كما يبينه الشكل أسفله. ونعتبر شعاعاً ضوئياً SI أحادي اللون وارداً على الوجه AD للمكعب فينكسر على هذا الوجه ثم يصل إلى الوجه AB في النقطة I' .



(1) بتطبيق قانون ديكارت لإنكسار الضوء على الوجه AD أوجد قيمة زاوية الإنكسار i_2 .

(2) ماذا سيحدث للشعاع الضوئي في النقطة I' ? (**انكسار أم انعكاس كلي**) علل جوابك.

(3) أتمم مسار الشعاع الضوئي على الشكل إلى أن يغادر المكعب معللاً جوابك وموضحاً الزوايا وقيمتها على شكل واضح.

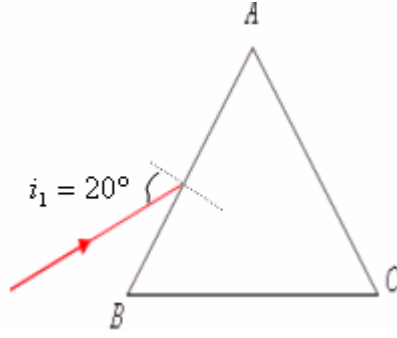
(4) أوجد الإنحراف الكلي للشعاع الضوئي SI معد انبثاقه من المكعب.



تطبيق رقم 2:

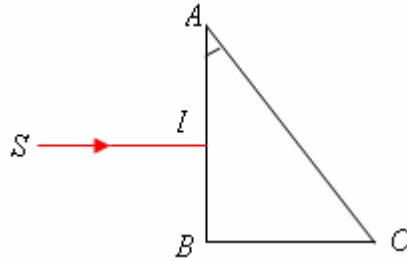
يرد شعاع أحادي اللون على موشر زاويته $A = 60^\circ$ ومعامل انكساره $n = 1,61$ بزاوية ورود $i_1 = 20^\circ$

علماً أن الموشر متساوي الساقين $AB = AC$.



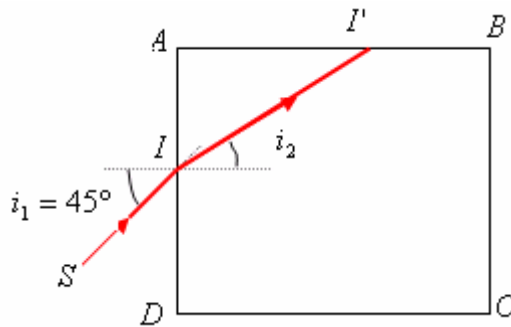
- (1) أوجد زاوية الانكسار على الوجه AB للموشور.
 - (2) أتم مسار الشعاع الضوئي إلى أن يغادر الموشور.
 - (3) أوجد الانحراف الكلي للشعاع الوارد SI بعد انبثاقه من الموشور.
- ////////////////////
- تطبيق رقم 3:

ترد حزمة ضوئية أحادية اللون منتظمة على الوجه AB لموشور زاويته $\hat{A} = 30^\circ$ ومعامل انكساره $n = 1,5$ (انظر الشكل).



- (1) بتطبيق قانون ديكارت للانكسار أوجد زاوية الانكسار r على السطح الكاسر AB.
 - (2) احسب زاوية الورود r' على السطح AC.
 - (3) هل الحزمة الضوئية الواردة ستتكسر على الوجه AC؟ علل جوابك.
 - (4) اتم مسار الحزمة الضوئية معللا جوابك وموضحا الزوايا وقيمها على شكل واضح.
 - (5) احسب زاوية الانحراف الكلي \hat{D} للحزمة الضوئية بعد اجتيازها للموشور.
 - (6) اوجد القيمة العددية n' لمعامل الانكسار للحصول على الانعكاس الكلي على السطح AC للموشور.
- ////////////////////
- الأجوبة:

تطبيق رقم 1: بتطبيق قانون ديكارت لانكسار الضوء على الوجه AD : $1 \times \sin i_1 = n \sin i_2$



$$\sin i_2 = \frac{\sin i_1}{n} = \frac{\sin 45}{1,5} = \frac{0,707}{1,5} = 0,47 \Rightarrow i_2 = 28^\circ$$

(2) عند النقطة I' ينتقل الضوء من وسط أكثر انكسارية إلى وسط أقل انكسارية. إذن يجب أن نبعث أولاً عن قيمة الزاوية الحدية

$$\sin i_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1,5} \approx 0,67 \Rightarrow i_c \approx 42^\circ$$

ولدينا في المثلث القائم الزاوية I'I'H

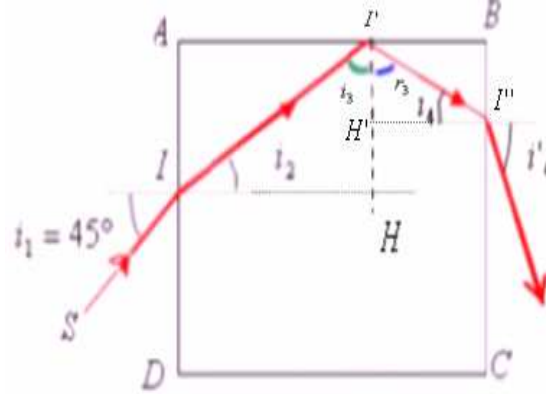
$$i_3 = 90 - i_2 = 90 - 28 = 62^\circ$$

وبما زاوية الورود i_3 على الوجه AB : $i_3 > i_c$ نحصل على انعكاس الضوء على هذا الوجه .

(3) حسب قانون ديكارت لانعكاس الضوء فإن زاوية الورود = زاوية الانعكاس.

$$i_3 = r_3 = 62^\circ$$

ولدينا في المثلث القائم الزاوية $I'I''H$



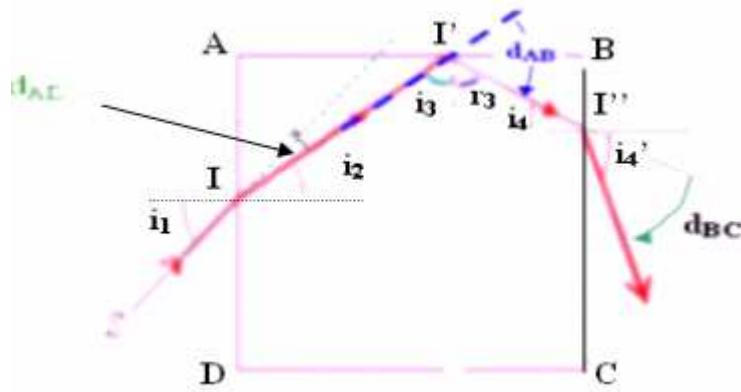
$$i_4 = 90 - r_3 = 90 - 62 = 28^\circ$$

وبتطبيق قانون ديكارت لانكسار الضوء على الوجه BC

$$i'_4 = 44,8^\circ \approx 45^\circ \Leftarrow \sin i'_4 = 1,5 \times \sin 28 = 0,704 \quad \text{ومنه: } n \sin i_4 = 1 \times \sin i'_4$$

(4) الانحراف الكلي للشعاع الوارد بعد انبثاقه من المكعب هو = الانحراف على الوجه الأول + الانحراف على الوجه الثاني + الانحراف على الوجه الثالث.

$$D = d_{AD} + d_{AB} + d_{BC}$$



$$d_{AD} = i_1 - i_2 = 45 - 28 = 17^\circ$$

$$d_{AB} = 180 - (i_3 + r_3) = 180 - 124 = 56^\circ$$

$$d_{BC} = i'_4 - i_4 = 45 - 28 = 17^\circ$$

$$D = 90^\circ \text{ : الانحراف الكلي}$$

////////////////////////////////////

تطبيق رقم 2

(1) بتطبيق قانون ديكارت لانكسار الضوء على الوجه AB

$$1 \times \sin i_1 = n \sin r$$

$$\sin r = \frac{\sin i_1}{n} = \frac{\sin 20}{1,61} = \frac{0,342}{1,61} = 0,212$$

$$r = 12,3^\circ$$

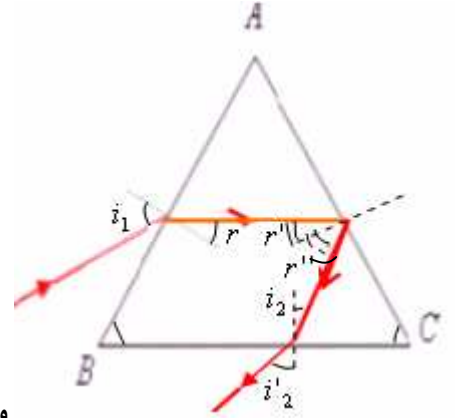
$$r' = A - r = 60 - 12,3 = 47,7^\circ$$

$$(2) \text{ إذن } A = r + r'$$

الضوء سينتقل من وسط أكثر انكسارية إلى وسط أقل انكسارية، يجب أن نقارن زاوية الورود على الوجه AC مع الزاوية الحدية.

$$\text{لدينا } \sin i_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1,61} = 0,621$$

وبما أن $r' > i_c$: إذن: $i_c \approx 38,4^\circ$
 نحصل على الإنعكاس الكلي على الوجه AC .



وحسب قانون الإنعكاس : $r = r' = 47,7^\circ$

الزاوية $\alpha = 90 - r' = 90 - 47,7 = 42,3^\circ$

بما أن المثلث متساوي الساقين : $\hat{B} = \hat{C} = 60^\circ$

إذن: $\beta = 180 - (\alpha + \hat{C}) = 180 - (42,3 + 60) = 77,7^\circ$

ومنه : $i_2 = 90 - \beta = 90 - 77,7 = 12,3^\circ$

وبتطبيق قانون ديكرارت لإنكسار الضوء على الحد الفاصل BC (لأن $i_2 < i_c$) $i_c = 38,4^\circ$

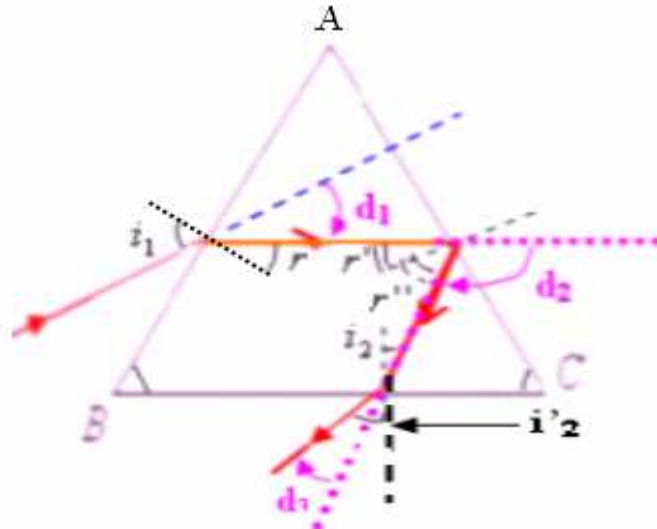
$$n \sin i_2 = \sin i'_2$$

$$\sin i'_2 = 1,61 \sin 12,3 = 0,343$$

$$i'_2 = 20^\circ$$

(3) الإنحراف الكلي للشعاع الوارد عبر الموشور:

$$D = d_1 + d_2 + d_3$$



$$d_1 = i_1 - r = 20 - 12,3 = 7,7^\circ$$

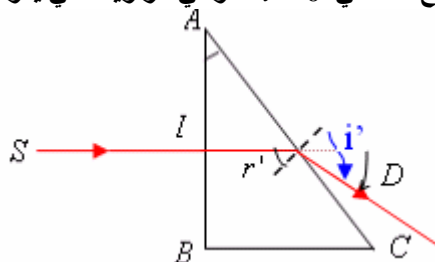
$$d_2 = 180 - (r + r') = 180 - 95,4 = 84,6^\circ$$

$$d_3 = i'_2 - i_2 = 20 - 12,3 = 7,7^\circ$$

$$D = 7,7 + 84,6 + 7,7 = 100^\circ$$

تطبيق رقم 3

(1) الشعاع الوارد SI منطبق مع المظمي $i = 0$ وهي الزاوية التي يكونها الشعاع الوارد مع المظمي .



بتطبيق قانون ديكارت لإتكسار الضوء على الوجه AB

$$r = 0 \quad \text{إذن} \quad 1 \times \sin 0 = n \sin r \quad (2)$$

ومنه: $r' = A = 30^\circ$ لدينا: $A = r + r' = 0 + r'$

$$i_\ell \approx 41,5^\circ \Leftrightarrow \sin i_\ell = \frac{1}{n} = \frac{1}{1,51} = 0,662 \quad (3) \quad \text{نعلم أن الزاوية الحدية}$$

بما أن: $r' < i_\ell$ نحصل على انكسار الضوء على الوجه AC .
وبتطبيق قانون الإنكسار على الوجه AC
 $n \sin r' = 1 \times \sin i'$
 $\sin i' = 1,51 \times \sin 30 = 0,755 \Leftrightarrow$
 $i' = 49^\circ$

$$D = i + i' - A = 0 + 49 - 60 \quad (4) \quad \text{الإحراف:}$$

(5) الشرط الذي يجب أن يتوفر لكي نحصل على الإنعكاس الكلي للشعاع الوارد على الوجه AC :

$$\sin r' > \sin i_\ell \quad \text{أي:} \quad r' > i_\ell$$

$$\text{مع} \quad \sin i_\ell = \frac{1}{n'} \quad \text{و} \quad r' = 30^\circ$$

$$\text{إذن:} \quad \sin 30 > \frac{1}{n'} \quad \text{أي:} \quad n > \frac{1}{\sin 30}$$

$$n' > 2$$