

المجال :  
الظواهر الضوئية

الوحدة 02:  
انكسار الضوء

المستوى: 1 ج م ع ت  
الدرس رقم: 01

### الوحدة رقم 1: انكسار الضوء

المحتوى- المفاهيم	أمثلة للنشاطات	مؤشرات الكفاءة
1 - انكسار الضوء. أ - انحراف الضوء في الأوساط الشفافة ، الكاسر المستوي. ب - قانونا الانكسار. ج - قرينة الانكسار. د - ظاهرة الانعكاس الكلي. هـ - تطبيقات على الألياف البصرية 2 - انحراف الضوء بموشور.	1 - ظواهر الانعكاس والانكسار الكلي. 2 - قياس قرينة انكسار الماء. 3 - دراسة وثائقية على الألياف البصرية. 4 - انحراف الضوء بموشور ( التفسير بقانوني الإنكسار ) .	1 - يميز بين ظاهرتي الانعكاس و الانكسار. 2 - يوظف و يفسر بقانوني الإنكسار انحراف الضوء في الأوساط الشفافة. 3 - يتعرف على بعض تطبيقات ظاهرة الانكسار.

المرجع	النشاطات	الحجم الساعي	انكسار الضوء
2سا ( ع م )	الوضعية الإشكالية	الوثيقة - أ -	
تتمة للوثيقة - أ -	- حساب قرينة الانكسار: النسبية والمطلقة - حساب قرينة الانكسار للماء	( 1 + 1 ) سا درس	
	تقويم: تمارين على قانوني الانكسار وقرينة الانكسار	1 سا درس	
الوثيقة - ب -	انحراف الضوء بالموشور: - تطبيق قوانين الانكسار على الموشور - الانعكاس الحدي والانعكاس الكلي للأشعة الضوئية	2 سا ( ع م )	
	دراسة وثائقية: الألياف البصرية	( 1 + 1 ) سا درس	
	تقويم: تمارين: الموشور والانعكاس الكلي	1سا درس	

## انكسار الضوء

### 1 - تذكرة :

#### 1 - 1 - مقدمة :

عند سقوط حزمة ضوئية على سطح فاصل بين وسطين شفافين ( هواء ، جليد ) ، ( هواء ، ماء ) ، ( ماء ، زجاج ) ، ( هواء ، مرآة ) نشاهد ثلاث ظواهر :

أ - جزء من هذه الحزمة ترتد في جميع الاتجاهات وتسمى ظاهرة الانتشار.

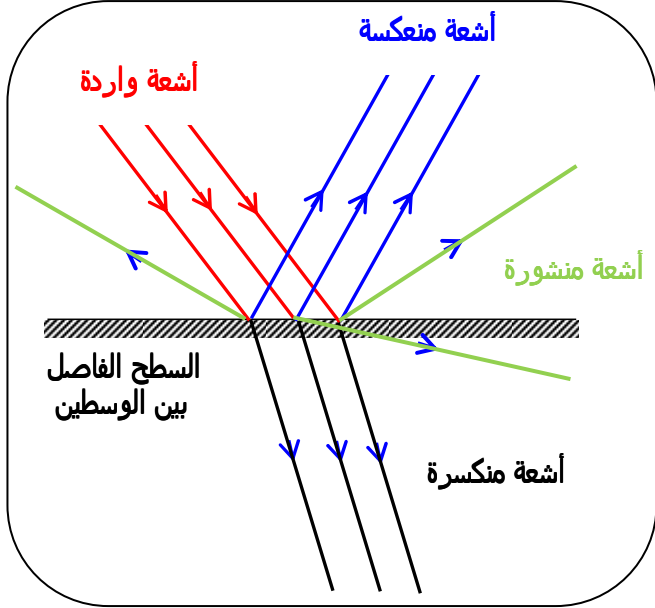
ب - جزء من هذه الحزمة ينفذ عبر السطح وينحرف مساره وتسمى ظاهرة الانكسار.

ج - جزء من هذه الحزمة يرتد في اتجاه معين دون نفوذه السطح الفاصل وتسمى ظاهرة الانعكاس. إن هذه الظواهر تكون إحداها غالبا راجحة على الآخرين وذلك حسب طبيعة الوسط الفاصل.

أمثلة :

إذا كان الوسط الفاصل :

- أ - ورق غير مصقول تحدث ظاهرة الانتشار.
- ب - سطح معدني صقيل تحدث ظاهرة الانعكاس
- ج - زجاج أو جليد تحدث ظاهرة الانكسار



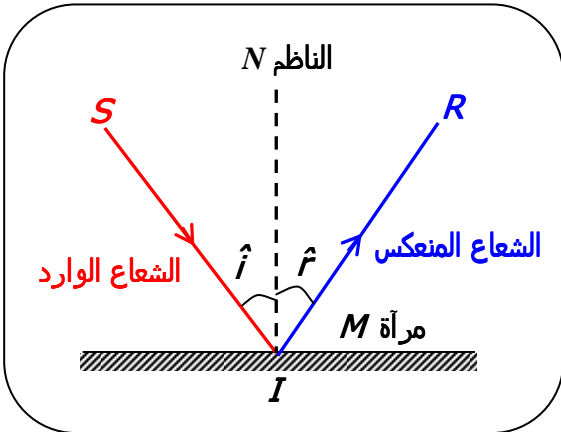
### 1 - 2 - انعكاس الضوء :

انعكاس الضوء هو ارتداده من سطح عاكس وفق جهة معينة.

### 1 - 3 - قانون الانعكاس :

\* القانون الأول : الشعاع الوارد و الشعاع المنعكس و الناظم للسطح العاكس يقعون في نفس المستوي .

\* القانون الثاني : زاوية الورد تساوي زاوية الانعكاس.  $\hat{i} = \hat{r}$



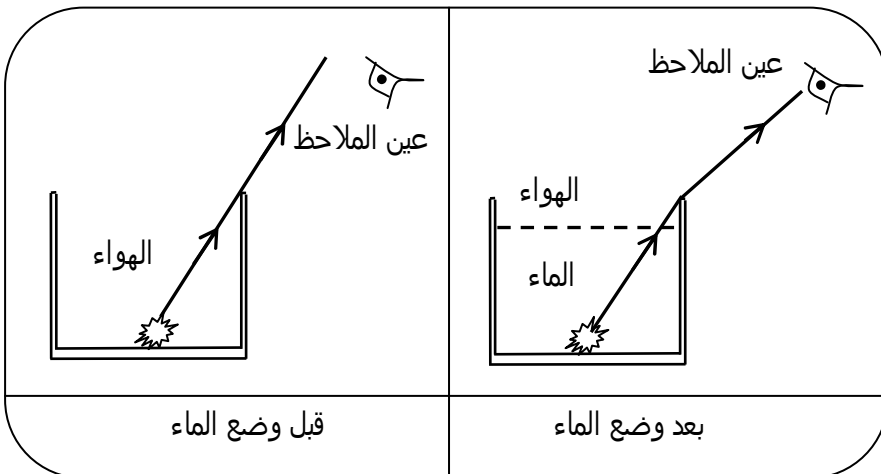
### 2 - انكسار الضوء :

#### 2 - 1 - انحراف الضوء :

نشاط 1 :

نتيجة 1 :

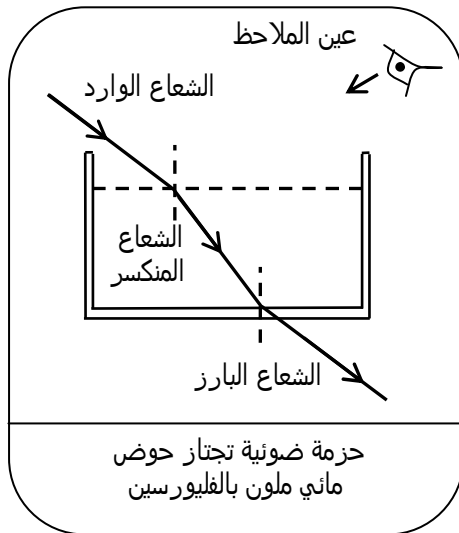
يحدث انكسار الأشعة الضوئية و تغير من جهتها عند السطح الفاصل بين وسطين شفافين مختلفين.



نشاط 2 : ( ص 10 )

نتيجة 2 :

\* عندما تسقط حزمة ضوئية على سطح الماء ، يحدث لها انعكاس و الجزء الآخر ينفذ في الماء مع انحراف في مساره .  
تسمى هذه الظاهرة الأخيرة ( ظاهرة انكسار الضوء )  
\* الحزمة الواردة والحزمة المنكسرة تقعان في نفس المستوي .



2-2 - تعاريف :

- الانكسار هو انحراف الضوء عن مساره الأصلي عند اجتيازه للسطح الفاصل بين وسطين شفافين .

- نسمي الشعاع المنتشر في الوسط ( 1 ) بالشعاع الوارد .

- نسمي الشعاع المنتشر في الوسط ( 2 ) بالشعاع المنكسر .

- نسمي السطح الفاصل بين الوسطين الشفافين الأول و الثاني بالسطح الكاسر .

- نسمي المستقيم العمودي على السطح الكاسر بالناظم .

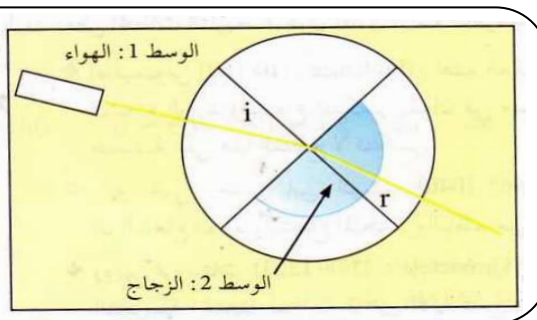
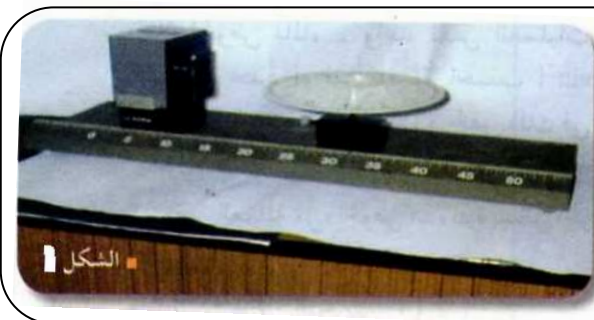
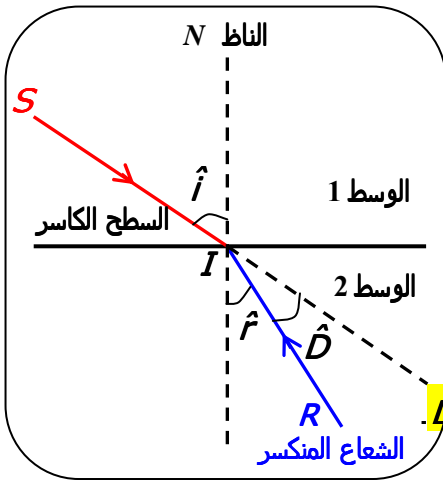
- نسمي الزاوية المحصورة بين الشعاع الوارد و الناظم بزاوية الورود  $\hat{i}$  .

- نسمي الزاوية المحصورة بين الشعاع المنكسر و الناظم بزاوية الانكسار  $\hat{r}$  .

- نسمي الزاوية المحصورة بين امتداد الشعاع الوارد و الشعاع المنكسر بزاوية الانحراف  $\hat{D}$  .

2-3 - قانون الانكسار :

\* نشاط ( ص 13 ) :



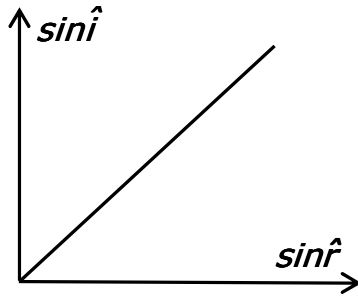
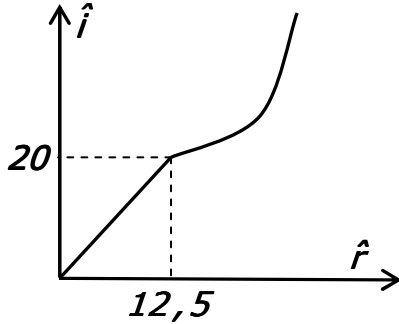
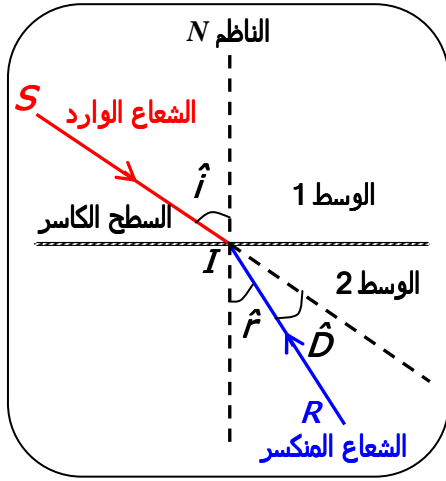
\* القانون الأول :

الشعاع الوارد و الشعاع المنكسر و الناظم للسطح الكاسر في نقطة الورود / يقعون في نفس المستوي.

\* القانون الثاني :

تغير زاوية الورود  $\hat{i}$  بتدوير القرص حول محوره و نسجل قيم زاوية الانكسار  $\hat{r}$  الموافقة في الجدول التالي :

90	85	80	70	50	30	20	15	10	5	0	زاوية الورود $\hat{i}$
40.5	40.2	40	37.9	30	19.0	12.5	9.7	6.5	3.4	0	زاوية الانكسار $\hat{r}$
2.22	2.11	2.0	1.84	1.66	1.58	1.6	1.55	1.54	1.47	0	$\hat{i} / \hat{r}$
1	0.99	0.98	0.94	0.77	0.50	0.34	0.26	0.17	0.09	0	$\sin \hat{i}$
0.65	0.65	0.64	0.61	0.50	0.32	0.22	0.17	0.11	0.06	0	$\sin \hat{r}$
1.54	1.52	1.53	1.54	1.54	1.56	1.54	1.52	1.54	1.5	/	$\sin \hat{i} / \sin \hat{r}$



الأسئلة :

- 1 - أكمل الجدول السابق ؟ ماذا تلاحظ ؟
- 2 - ارسم بيان تغيرات  $\hat{i}$  بدلالة  $\hat{r}$ . ماذا تستنتج ؟
- 3 - أ - ارسم بيان تغيرات  $\sin \hat{i}$  بدلالة  $\sin \hat{r}$  ، ماذا تلاحظ ؟  
ب - احسب معامل توجيه المنحنى و ماذا يمثل .  
ج - اقترح صيغة رياضية بين  $\hat{i}$  و  $\hat{r}$ .

الإجابة :

1 - بعد إكمال الجدول نلاحظ أن :

$$\frac{\hat{i}}{\hat{r}} = 1.5 \text{ * قيمة ثابتة من أجل الزوايا الصغيرة } \hat{i} \leq 20$$

$$\frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = 1.5 \text{ * قيمة ثابتة في جميع الحالات.}$$

2 - رسم البيان  $\hat{i} = f(\hat{r})$  :

أ - من أجل  $\hat{i} \leq 20$  ،

البيان خط مستقيم يمر بالمبدأ من أجل الزوايا الصغيرة.  $\hat{i} = n \times \hat{r}$ .

$$\text{حيث } n \text{ هو ميل البيان } n = \tan \alpha = \frac{20 - 0}{13 - 0} = 1,5$$

نستنتج أن زاوية الانكسار تتناسب مع زاوية الورود من أجل الزوايا الصغيرة .

ب - من أجل  $\hat{i} > 20$  يكون المنحنى كئيفيا.

3 -

أ - رسم البيان تغيرات  $\sin \hat{i}$  بدلالة  $\sin \hat{r}$  :

البيان خط مستقيم يمر بالمبدأ معادلته من الشكل  $\sin i = n \cdot \sin r$ .

ب - حساب  $n$  :

$$n = \tan \alpha = \frac{0.95 - 0.026}{0.66 - 0.17} = 1.5$$

$n$  : القرينة النسبية للوسط الثاني ( الزجاج ) بالنسبة للوسط الأول ( الهواء ) .

$$\text{ج - علاقة رياضية بين } \hat{i} \text{ و } \hat{r} : \frac{\sin i}{\sin r} = n$$

القانون الثاني : من أجل وسطين شفافين نسبة جيب زاوية الورود إلى نسبة جيب زاوية الانكسار ثابتة .

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n \text{ : و نكتب :}$$

ملاحظة :

إذا كانت الزاويتان  $\hat{i}$  و  $\hat{r}$  صغيرتين ( أقل أو تساوي 10 ) فتكون :  $\sin r = r(\text{rad})$  ،  $\sin i = i(\text{rad})$

فيصبح القانون الثاني للانكسار من الشكل : **علاقة الحسن بن الهيثم - كبلر** :  $i = r \cdot n$

مثال :

$$\hat{i} = 7^\circ \text{ فان } \sin 7 = 0.122$$

$$180^\circ \rightarrow 3.14 \text{ rad} \Rightarrow \alpha = \frac{3,14 \times 7}{180} \Rightarrow \alpha = 0,122$$

$$7^\circ \rightarrow \alpha$$

2 - 4 - قرينة الانكسار  $n$  :

هي نسبة قرينة الانكسار للوسط الثاني على نسبة قرينة الانكسار للوسط الأول ، و نكتب :  $n = \frac{n_2}{n_1}$

$$n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{r}$$

فيصبح القانون الثاني للانكسار من الشكل :  $\frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{n_2}{n_1}$  و منه

$n_1$  : قرينة الانكسار للوسط الأول .  $n_2$  : قرينة الانكسار للوسط الثاني.

\* قيم قران الانكسار  $n$  لبعض المواد :

المادة	الهواء	الجليد	الماء	الكحول الإيثيلي	الزجاج العادي	زجاج الكوارتز	زجاج الكروان	زجاج الفلنت الخفيف	الماس
$n$	1	1.31	1.33	1.36	1.38	1.46	1.52	1.58	2.42

تطبيق: كيف يكون انكسار شعاع ضوئي ينفذ من وسط قرينته  $n_1$  إلى وسط قرينته  $n_2$  في الحالتين :

أ -  $n_1 < n_2$  ، ب -  $n_1 > n_2$

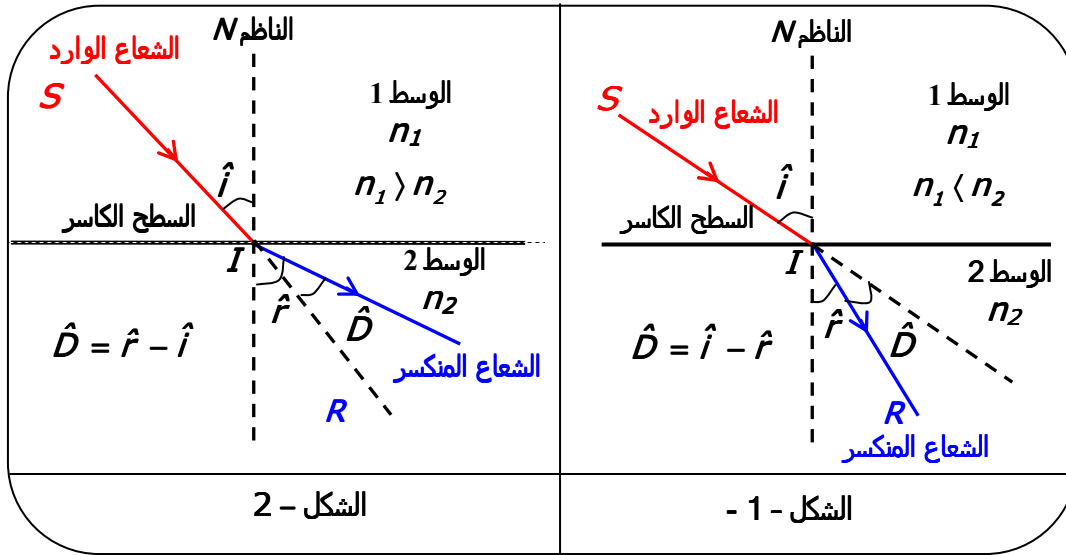
الجواب :

أ -  $n_1 < n_2$  :  $n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{r}$  ،  $n_1 < n_2 \Rightarrow \sin \hat{i} > \sin \hat{r} \Rightarrow \hat{i} > \hat{r}$

ومنه الشعاع المنكسر يقترب من الناظم ، نقول إذن : الوسط الأول أقل كسرا للضوء من الوسط الثاني ، الشكل - 1 - .

ب -  $n_1 > n_2$  :  $n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{r}$  ،  $n_1 > n_2 \Rightarrow \sin \hat{i} < \sin \hat{r} \Rightarrow \hat{i} < \hat{r}$

ومنه الشعاع المنكسر يبتعد عن الناظم ، نقول إذن : الوسط الأول أشد كسرا للضوء من الوسط الثاني الشكل - 2 - .



نتيجة :

\* لما  $n_1 < n_2$  فإن الشعاع المنكسر يقترب من الناظم ، و نقول أن الوسط الأول أقل كسرا من الوسط الثاني .

\* لما  $n_1 > n_2$  فإن الشعاع المنكسر يبتعد عن الناظم ، و نقول أن الوسط الأول أشد كسرا من الوسط الثاني .

## 2-5 - الانكسار الحدي و الانعكاس الكلي :

أ - الانكسار الحدي :

من الجدول السابق نلاحظ أنه عندما تقترب زاوية الورد من  $90^\circ$  فإن زاوية الانكسار تبلغ قيمة أعظمية

تدعى الزاوية الحدية و نرمز لها بالرمز  $l$  .

ب - حساب قيمة الزاوية الحدية  $l$  :

لدينا  $n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{r}$

لما  $\hat{i} = 90^\circ$  فإن  $r = l$  ومنه  $n_1 \sin 90^\circ = n_2 \sin l$

$$\sin l = \frac{n_1}{n_2} \quad (n_1 < n_2) \quad \text{ومنه}$$

أمثلة :

\* الوسط 1 : الهواء ( $n_1 = 1$ ) . \* الوسط 2 : الماء ( $n_2 = 1.33$ )

$$\sin \ell = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{1.33} = 0.752 \Rightarrow \ell = 48,8^\circ$$

• \*الوسط 1 : الهواء ( $n_1 = 1$ ) \* الوسط 2 : زجاج ( $n_2 = 1.5$ )

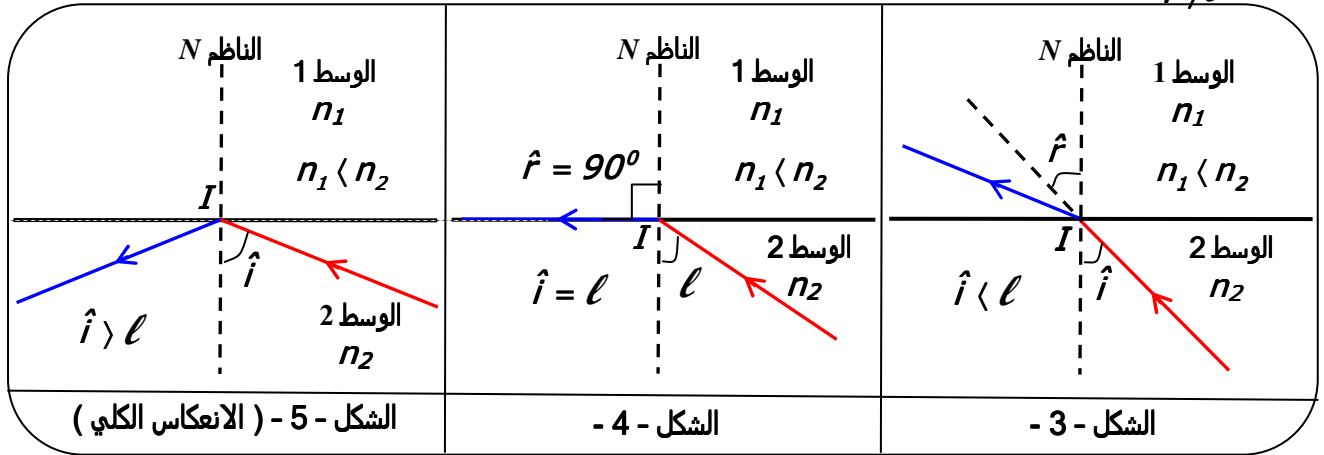
$$\sin \ell = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{1.5} = 0,667 \Rightarrow \ell = 41,8^\circ$$

• \*الوسط 1 : الماء ( $n_2 = 1.33$ ) . \* الوسط 2 : الزجاج ( $n_2 = 1.5$ )

$$\sin \ell = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1,33}{1,5} = 0,887 \Rightarrow \ell = 62,5^\circ$$

ج - الانعكاس الكلي :

\* إذا ورد شعاع ضوئي بزاوية  $\hat{i} < \ell$  من وسط قرينته  $n_2$  الى وسط قرينته  $n_1$  وكانت ( $n_1 < n_2$ ) أي أن الوسط الثاني أشد كسرا من الوسط الأول فالشعاع المنكسر يبتعد عن الناظم وتكون  $\hat{i} < \hat{r}$  الشكل - 3 - .  
\* بازدياد  $\hat{i}$  تزداد  $\hat{r}$  حتى تصبح  $\hat{i} = \ell$  ينكسر الشعاع الضوئي مماسا للسطح الفاصل بين الوسطين أي  $\hat{r} = 90^\circ$  الشكل - 4 - .  
\* لما تصبح  $\hat{i} > \ell$  فإن الشعاع المنكسر يرتد منعكسا في الوسط الثاني تسمى هذه الظاهرة **الانعكاس الكلي** شكل - 5 - .

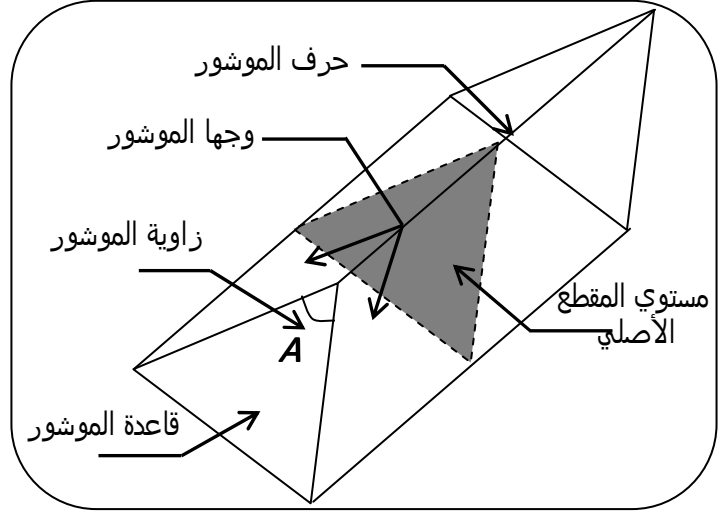
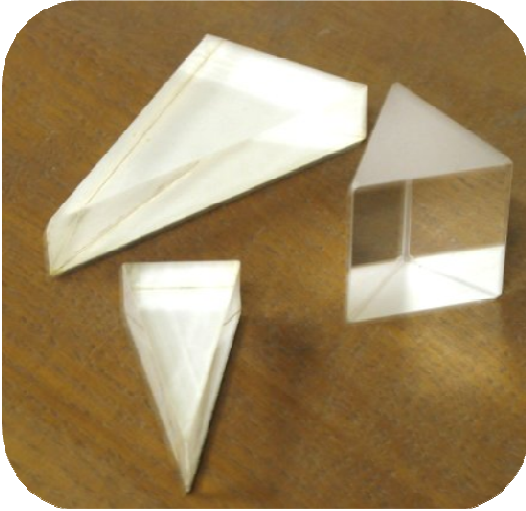


نتيجة :

\* ينفذ الضوء من الوسط الأقل كسرا  $n_1$  الى الوسط الأشد كسرا  $n_2$  أي ( $n_1 < n_2$ ) .  
\* في الحالة التي يرد فيها الضوء من من الوسط الأشد كسرا  $n_2$  الى الوسط الأقل كسرا  $n_1$  فانه :  
أ - ينفذ الى الوسط الثاني مبتعدا عن الناظم إذا كان ( $i \leq \ell$ )  
ب - ينعكس كلياً عندما تكون ( $i > \ell$ )

### 3 - انحراف الضوء بالموشور :

#### 3-1 - تعريف الموشور :



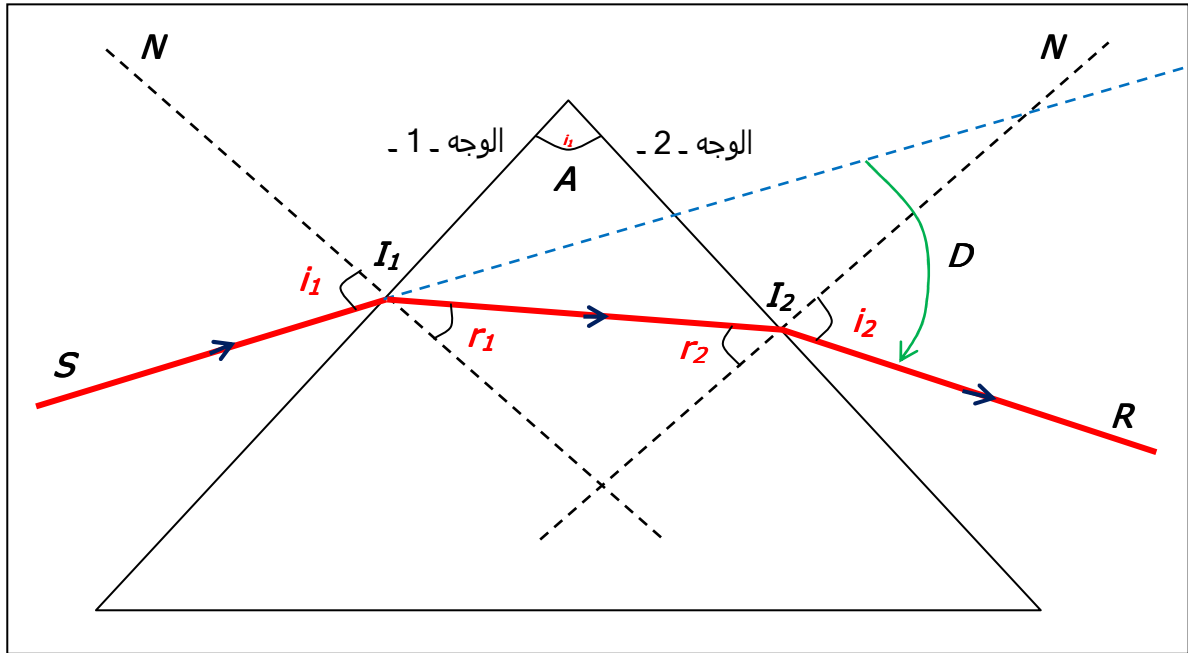
- \* هو كل وسط شفاف ومتجانس محدد بسطحين مستويين غير متوازيين .
  - \* وجها الموشور : هما المستويان اللذان يحددان الموشور.
  - \* حرف الموشور : هو خط تقاطع الوجهين.
  - \* زاوية الموشور : هي الزاوية المحصورة بين الوجهين.
  - \* المقطع الأصلي للموشور : هو كل مقطع عمودي على حرف الموشور.
- ملاحظة :**

ندرس الأشعة الموجودة في مستوي المقطع الأصلي :

\* إن للموشور أثرين على الضوء الأبيض :

- 1 - يحدث انحرافاً للأشعة الضوئية حيث يغير مسارها.
  - 2 - يبدد ( يحلل ) الضوء الأبيض إلى عدد غير منته من الألوان تميز منها العين 7 ألوان رئيسية هي ألوان قوس قزح وهي : الأحمر ، البرتقالي ، الأصفر ، الأخضر ، الأزرق ، النيلي ، البنفسجي .
- \* إن الموشور يحدث انحرافاً للضوء وحيد اللون ولا يبدده .

#### 3-2 - قوانين الموشور :



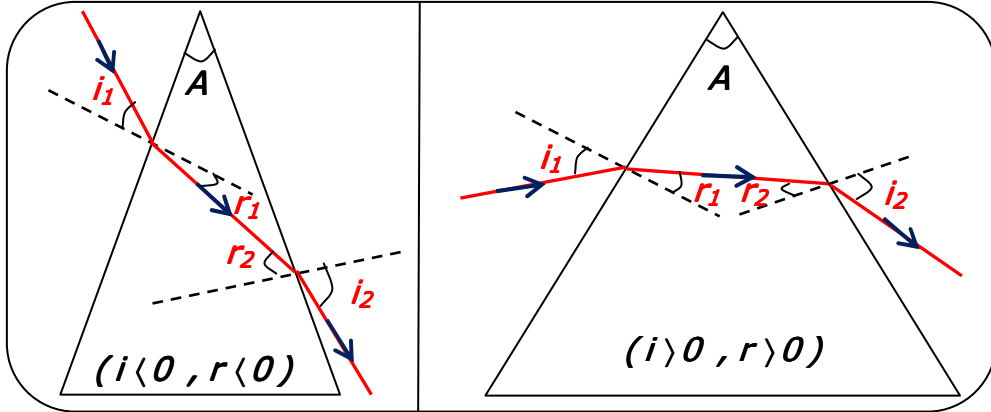
$$n \sin \hat{r}_2 = \sin \hat{i}_2 \quad (2)$$

$$\hat{A} = \hat{r}_1 + \hat{r}_2 \quad (4)$$

$$\sin \hat{i}_1 = n \sin \hat{r}_1 \quad (1)$$

$$\hat{D} = \hat{i}_1 + \hat{i}_2 - \hat{A} \quad (3)$$

ملاحظة :



عند البحث عن  $D$  نعتبر :

الزوايا موجبة لما يكون الشعاع من جهة القاعدة .  
الزوايا سالبة لما يكون الشعاع من جهة حرف الموشور .

مثال 01 :

موشور زجاجي زاويته  $A = 60^\circ$  و قرينة انكساره  $n = 1,5$  تسقط على وجهه الأول أشعة ضوئية وحيدة اللون بزواوية ورود  $i = 30^\circ$  \* أحسب زاوية الانحراف .

الجواب 01 :

\* لدينا

$$\hat{D} = \hat{i}_1 + \hat{i}_2 - \hat{A} \quad , \quad i_1 = 30^\circ$$

$$r_1 = 19,45^\circ$$

$$\sin \hat{i}_1 = n \sin \hat{r}_1 \Rightarrow \sin \hat{r}_1 = \frac{\sin \hat{i}_1}{n} = \frac{0,5}{1,5} = 0,333 \Rightarrow$$

$$\hat{A} = \hat{r}_1 + \hat{r}_2 \Rightarrow \hat{r}_2 = A - \hat{r}_1 = 60 - 19,45 \Rightarrow r_2 = 40,55^\circ$$

$$n \sin \hat{r}_2 = \sin \hat{i}_2 \Rightarrow \sin i_2 = 1,5 \times \sin 40,55^\circ = 0,975 \Rightarrow i_2 = 77,16^\circ$$

$$\hat{D} = 47,16^\circ$$

$$\hat{D} = \hat{i}_1 + \hat{i}_2 - \hat{A} = 30^\circ + 77,16^\circ - 60 \Rightarrow$$

مثال 02 :

أثبت أنه إذا كانت زاوية الورد و زاوية الموشور صغيرتين فان زاوية الانحراف تعطى بالعلاقة الاتية :  $\hat{D} = \hat{A}(n - 1)$

الجواب 02 :

من أجل الزوايا الصغيرة فان :  $\sin \hat{i}_1 \approx \hat{i}_1$  ،  $\sin \hat{i}_2 \approx \hat{i}_2$  ،  $\sin \hat{r}_1 \approx \hat{r}_1$  ،  $\sin \hat{r}_2 \approx \hat{r}_2$  و منه نكتب :

$$\sin \hat{i}_1 = n \sin \hat{r}_1 \Rightarrow \hat{i}_1 = n \hat{r}_1$$

$$n \sin \hat{r}_2 = \sin \hat{i}_2 \Rightarrow \hat{i}_2 = n \hat{r}_2$$

$$\hat{D} = \hat{i}_1 + \hat{i}_2 - \hat{A} = n \hat{r}_1 + n \hat{r}_2 - \hat{A} = n(\hat{r}_1 + \hat{r}_2) - \hat{A} = n \hat{A} - \hat{A} \Rightarrow \hat{D} = \hat{A}(n - 1)$$

3-3 - شرط البروز :

أ - الشرط الأول :

لكي يحدث بروز لشعاع ضوئي من الموشور زاوية انكساره الحدية  $\ell$  :

\* يجب أن يخترق الوجه الأول ولهذا يجب أن يكون  $r_1 < \ell$  و \* يجب أن يخترق الوجه الثاني ولهذا يجب أن يكون  $r_2 < \ell$



ومنه  $r_1 + r_2 < 2\ell$  ولدينا  $\hat{A} = \hat{r}_1 + \hat{r}_2$  و منه  $A < 2\ell$

ب - الشرط الثاني :

لكي يحدث بروز لشعاع ضوئي من الموشور يجب أن يكون  $r_2 < \ell$

$$\hat{A} = \hat{r}_1 + \hat{r}_2 \Rightarrow \hat{r}_2 = \hat{A} - \hat{r}_1 \Leftrightarrow \hat{A} - \hat{r}_1 \leq \ell \Rightarrow \hat{r}_1 \geq \hat{A} - \ell \Leftrightarrow n \sin \hat{r}_1 \geq n \sin(\hat{A} - \ell)$$

$$\text{لدينا } n \sin \hat{r}_1 = \sin \hat{i}_1 \Rightarrow \sin \hat{i}_1 \geq n \sin(\hat{A} - \ell)$$

$$\text{نضع } \sin \hat{i}_0 = n \sin(\hat{A} - \ell)$$

$\hat{i}_0$  : أصغر زاوية ورود يمكننا من الحصول على شعاع بارز .

$$\text{و منه الشرط الثاني : } \sin \hat{i}_0 = n \sin(\hat{A} - \ell) , \hat{i} \geq \hat{i}_0$$

نتيجة :

لكي يحدث بروز لشعاع ضوئي من الموشور زاوية انكساره الحدية  $\ell$  يجب :

$$\text{أ - الشرط الأول : } A < 2\ell$$

$$\text{ب - الشرط الثاني : } \sin \hat{i}_0 = n \sin(\hat{A} - \ell) , \hat{i} \geq \hat{i}_0$$

\* ملاحظة : لما  $\hat{i} = \hat{i}_0$  فإن  $\hat{i}_2 = 90^\circ$

### 3 - 4 - زاوية الانحراف الأدنى $D_m$ :

\* تعريف : هي أصغر زاوية انحراف للشعاع البارز لما تكون  $\hat{i}_1 = \hat{i}_2$  و  $\hat{r}_1 = \hat{r}_2$

$$\text{* لدينا } \hat{D} = \hat{i}_1 + \hat{i}_2 - \hat{A} \text{ لما } \hat{i}_1 = \hat{i}_2 \text{ فإن } \hat{D} = \hat{D}_m \text{ و منه } \hat{i}_1 = \hat{i}_2 = \frac{\hat{D}_m + \hat{A}}{2} \text{ و منه } \hat{D}_m = 2\hat{i}_1 - \hat{A}$$

### 3 - 5 - العلاقة بين قرينة انكسار الموشور $n$ و زاوية الموشور $A$ و زاوية الانحراف الأدنى $D_m$

$$\text{* لدينا (1) } \hat{i}_1 = \hat{i}_2 = \frac{\hat{D}_m + \hat{A}}{2}$$

$$\text{* لدينا (2) } \hat{A} = \hat{r}_1 + \hat{r}_2 = 2\hat{r}_1 \Rightarrow \hat{r}_1 = \frac{\hat{A}}{2}$$

$$\text{* لدينا (3) } \sin \hat{i}_1 = n \sin \hat{r}_1$$

$$\text{* نعوض (1) , (2) , في (3) فنجد : } \sin \left( \frac{\hat{D}_m + \hat{A}}{2} \right) = n \sin \left( \frac{\hat{A}}{2} \right)$$

**ملاحظة :** هذه العلاقة لها أهمية كبيرة ، لأنها تسمح بحساب قرينة انكسار الموشور بدقة من قياس  $A$  و  $D_m$

### 3 - 6 - تأثير زاوية الموشور على زاوية الانحراف :

نتيجة : يزداد الانحراف بزيادة زاوية الموشور

### 3 - 7 - تأثير قرينة انكسار الموشور على زاوية الانحراف :

نتيجة : يزداد الانحراف بزيادة قرينة انكسار الموشور

### 3 - 8 - تأثير زاوية الورود على زاوية الانحراف :

اليك جدول يحتوي على نتائج دراسة تجريبية لتغيرات زاوية الانحراف  $D$  بدلالة زاوية الورود  $i$  على الوجه الأول لموشور زاويته  $A = 50^\circ$  و قرينته انكساره  $n = 1,52$  .

$90^\circ$	$75^\circ$	$66^\circ$	$57^\circ$	$40^\circ$	$30^\circ$	$20^\circ$	$16^\circ$	$13,5^\circ$	$\hat{i}_1$
$13,5^\circ$	$16^\circ$	$20^\circ$	$30^\circ$	$40^\circ$	$57^\circ$	$66^\circ$	$75^\circ$	$90^\circ$	$\hat{i}_2$
									$D$

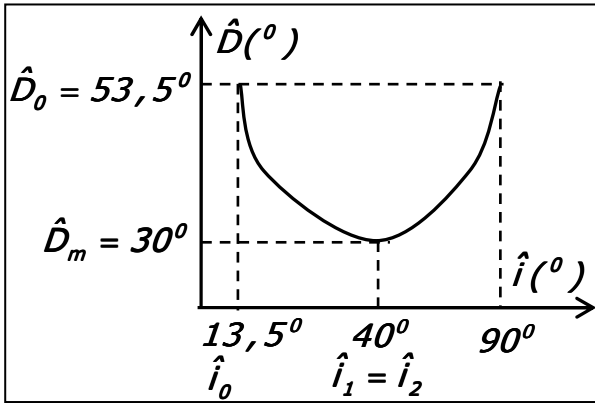
الأسئلة :

1 - أكمل الجدول .

2 - ارسم البيان  $D = f(i_1)$  ، ماذا تلاحظ ؟

- 3 - هل الشرط الأول للبروز محقق ؟  
 4 - لماذا بدأت قيم  $i$  من القيمة  $13,5^\circ$  ؟  
 5 - أوجد أصغر قيمة لزاوية الانحراف  $D_m$  بطريقتين مختلفتين .  
 الأجابة :  
 1 - أكمل الجدول :

$90^\circ$	$75^\circ$	$66^\circ$	$51^\circ$	$40^\circ$	$30^\circ$	$20^\circ$	$16^\circ$	$13,5^\circ$	$i_1$
$13,5^\circ$	$16^\circ$	$20^\circ$	$30^\circ$	$40^\circ$	$51^\circ$	$66^\circ$	$75^\circ$	$90^\circ$	$i_2$
$53,5^\circ$	$41^\circ$	$36^\circ$	$31^\circ$	$30^\circ$	$31^\circ$	$36^\circ$	$41^\circ$	$53,5^\circ$	$D$



- 2 - رسم البيان  $D = f(i_1)$  :  
 \* نلاحظ أنه كلما زادت زاوية الورود ابتداء من القيمة  $i_0 = 13,5^\circ$  فان زاوية الانحراف تتناقص إلى قيمة صغرى  $D_m = 30^\circ$  ثم يحدث بعدها تناسب آخر أي كلما زادت زاوية الورود ، زادت زاوية الانحراف إلى القيمة عظمى  $D_0 = 53,5^\circ$

3 - التحقق من الشرط الأول للبروز :

لدينا الشرط الأول للبروز  $A < 2\ell$  حيث  $A = 50^\circ$

\* حساب قيمة الزاوية الحدية :  $\ell = 41,14^\circ \Rightarrow \sin \ell = \frac{1}{n} = \frac{1}{1,52} = 0,657$

$\Rightarrow A < 2\ell = 82,28^\circ$  ومنه الشرط الأول للبروز محقق

4 - تفسير بداية قيم  $i$  من القيمة  $13,5^\circ$  :  
 \* لكي يتحقق الشرط الثاني للبروز ،

$i \geq i_0$  ،  $\sin i_0 = n \sin(\hat{A} - \ell) = 1,52 \sin(50 - 41,14) = 0,234 \Rightarrow i_0 = 13,5^\circ$

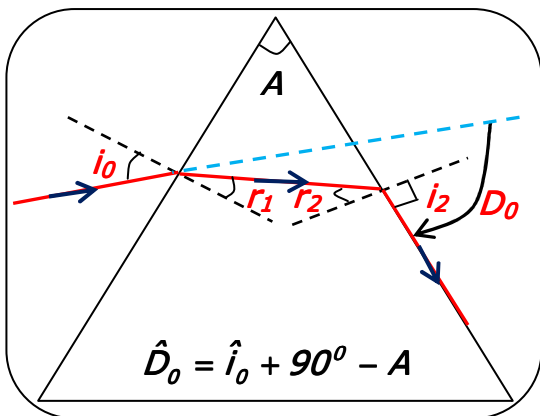
5 - إيجاد أصغر قيمة لزاوية الانحراف  $D_m$  بطريقتين مختلفتين :

\* الطريقة الاولى : من البيان  $D_m = 30^\circ$

$\Rightarrow \sin\left(\frac{\hat{D}_m + \hat{A}}{2}\right) = n \sin\left(\frac{\hat{A}}{2}\right) = 1,52 \sin 25^\circ = 0,64$

\* الطريقة الثانية :

$\frac{\hat{D}_m + \hat{A}}{2} = 40^\circ \Rightarrow \hat{D}_m = 29,9^\circ$

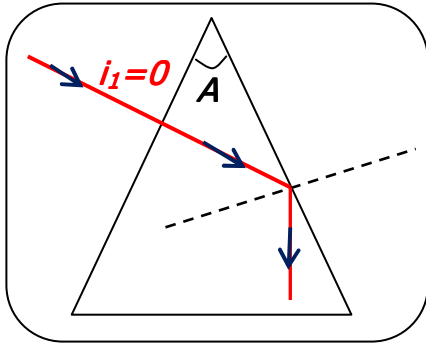


\* حالات خاصة :

أ - حالة زاوية الورود  $i_1 = i_0$  :

يبرز الشعاع من الموشور مماسيا للوجه الثاني ، تكون الانحراف أعظمى

ب - حالة زاوية الورود  $0 \leq \hat{i}_1 < \hat{i}_0$  :  
 يحدث للشعاع الساقط على الوجه الثاني للموشور انعكاس كلي .



ج - حالة زاوية الورود تساوي زاوية البروز  $\hat{i}_1 = \hat{i}_2$

