انكسار الضوء

الهدف من الدرس

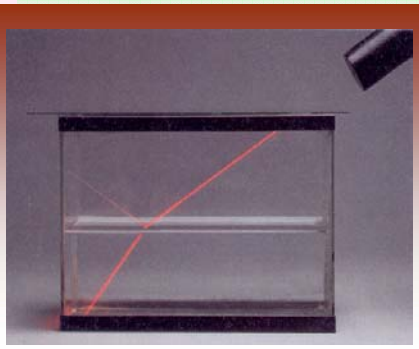
المعلومات

يتعرف التلميذ على قانوني الانكسار و يفسر بهما انحراف الضوء في الأوساط الشفافة.

قطعة نقود موضوعة في قعر كل كأس بنفس الكيفية.
نضيء الكأسين بنفس الإضاءة .
تظهر قطعة النقود في الكوب المملوء والموجود على اليمين،ولا تظهر في الكوب الفارغ على اليسار، لماذا ؟

الكفاءة :

- يعرف ظاهرة الانكسار.
- تطبيق قانوني الانكسار.

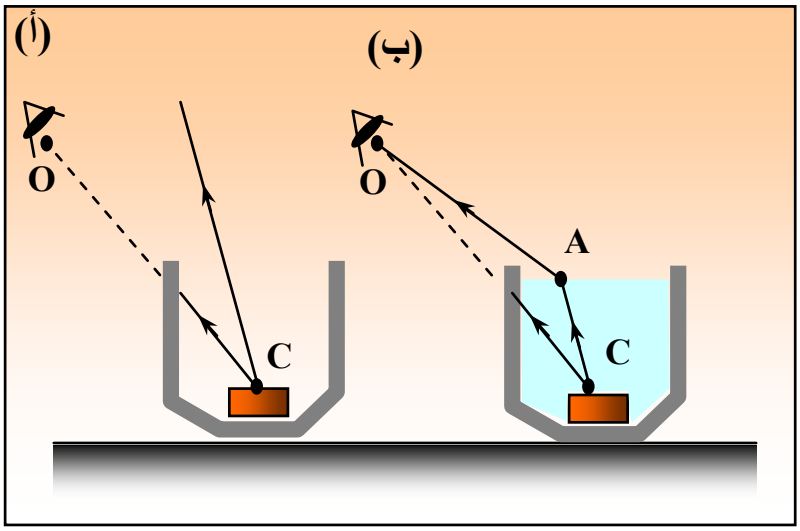


انحراف الضوء على مستوى السطح الفاصل

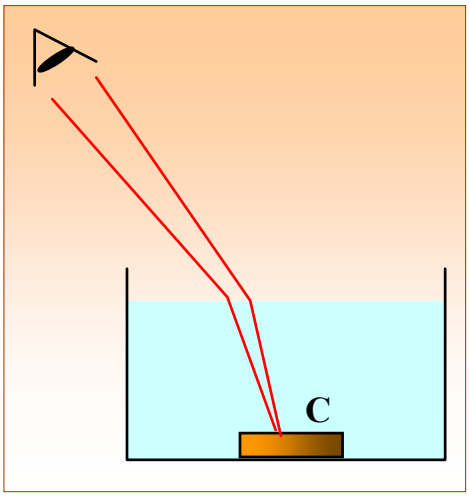
تصميم الدرس

- تفسير تجربة الكأسين
- قانونا الانكسار
- الكاسر المستوي
- أسئلة التصحيح الذاتي
- أجوبة التصحيح الذاتي
- تمارين

• تفسير تجربة الكأسين :



تسمح ظاهرة انكسار الضوء وصول الأشعةملاح الضوئية إلى عين الملاحظة



سؤال: لمادا تبدو قطعة النقود أقرب إلى السطح الحر؟
برر إجابتك بالرسم في الوثيقة.

1/ مستقيمان غير متطابقان :

• إذا لم تتمكن العين (O) من رؤية قطعة النقود عندما كانت الكأس فارغة ، فهذا يرجع لكون أشعة الضوء المحمولة على المستقيم (OC) والصادرة منC تصطدم بجدار الكأس قبل أن تصل إلى عين المشاهدO. لأن الكأس فارغة ولا يوجد ثمة شيء يحرف هذه الأشعة لتصل إل O. (الشكل السابق: الحالة أ). لأن الهواء، وسط متجانس، ينتشر فيه الضوء انتشارا مستقيما، وعليه لا يصل أي شعاع ضوئي صادر عن (C) إلى (O).

• إن إمكانية رؤية قطعة النقود في حالة الكأس المملوءة تجعلنا نجزم بأن بعض الأشعة الضوئية الصادرة من (C) تصل إلى (O) فعلا. فكيف يكون ذلك؟

إن الأشعة الضوئية الواردة إلى عين المشاهد لم تخترق بكل تأكيد جدار الكأس لأنها ليست من زجاج(لا تسمح بنفاذ الضوء من خلالها). إذن فكل شعاع ضوئي **(CO)** (أي صادر من قطعة النقود**(C)** ووارد إلى العين**(O)**)يمر

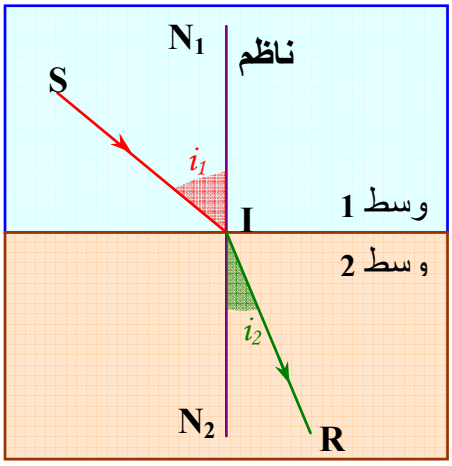
بالضرورة عبر نقطة (A) من سطح الماء قبل إن يصل إلى**(O)**. هذا يعني أن مسار الشعاع الضوئي هو المسار**(CAO)** الذي يتألف من قطعتين مستقيمتين : إحداهما (CA) والأخرى(AO). (شكل حالة ب).

• نسمي الشعاع الضوئي (CA) الموجه نحو السطح الحر للماء ***شعاعا واردا*** عند (A) ، التي تسمى نقطة الورود، و الشعاع الضوئي(AO) ***شعاعا منكسرا*** عند (A) : حامل الشعاع الوارد يختلف عن حامل الشعاع المنكسر.

2/ ظاهرة انكسار الضوء

نسمي انكسار الضوء التغيير المفاجئ لمنحى.

الانتشار لما يمر هذا الضوء من وسط شفاف إلى وسط شفاف ثان



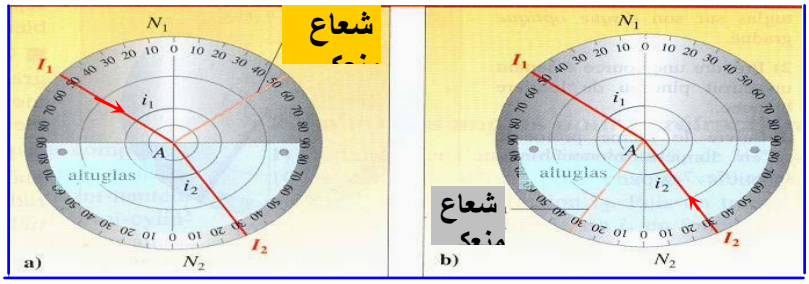
(i_1)زاوية الورود؛(i_2)زاوية الانكسار

• قانونا الانكسار :

يلاقي شعاع ضوئي (SI) سطحا فاصلا بين وسطين في نقطة الورود (I) (الشكل). ليكن (IN_1) الناظم عند (I) لهذا السطح .

(SI) و (IN_1) يعرفان *مستوي الورود*.

(i_1) هي *زاوية الورود*. ليكن (IR) الشعاع المنكسر.نسمي الزاوية: $i_2 = N_2\hat{I}R$ ***زاوية الانكسار***.



شعاع وارد (I_1A) في الهواء — شعاع وارد (I_2A) في بلاستيك

• تسمح التجربة بإيجاد ***قانوني الانكسار***

1. يقع كل من الشعاع الوارد (IA) و المنكسر (IR) و الناظم (N_1N_2) في نفس مستوي الورود.

2. لما ينكسر شعاع ضوئي عبر مستوي السطح الفاصل بين الهواء ووسط شفاف ثان ، تحقق الزاويتان (i_1)، (i_2) المشكلتان مع الناظم لهذا السطح العلاقة: $\mathbf{n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2}$

حيث (n) ثابت مميز للوسط ، يدعى ***قرينة انكسار*** الوسط بالنسبة للهواء.

ملاحظة

• *قرينة الانكسار مقدار بدون وحدة.*

في حالة كون إحدى الزاويتين (i_1) أو (i_2) معدومة

يكون الزاوية الأخرى معدومة كذلك،

أي أن الشعاع الوارد يكون ناظميا

على السطح الفاصل بين

الوسطين، فيخترقه دون انحراف.

الوسط	n
الماء	1,33
الإيثانول	1,36
البلاستيك	1,50
الزجاج	1,50
الماس	2,42

قرينة انكسار بعض الأوساط

تمرين تطبيقي محلول

نص التمرين

تصل حزمة ضوئية على السطح الفاصل بين الهواء و الماء بزاوية قدرها 30° مع هذا السطح.

1/ أحسب زاوية الانكسار علما أن قرينة انكسار الضوء هي 1,33 .

2/ أرسم في شكل مبينا مسار الحزمة الضوئية.

الحل

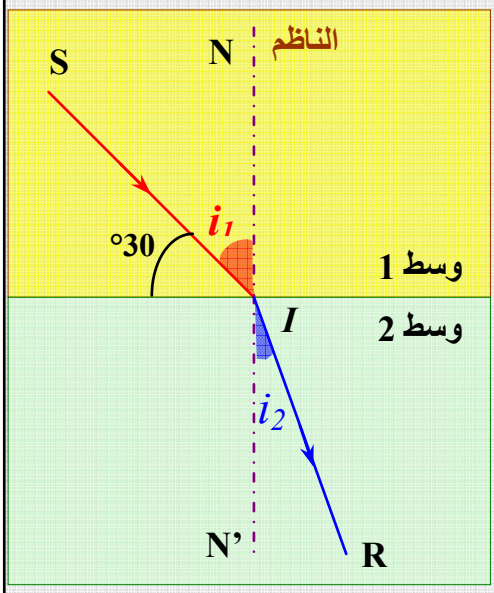
1/ نطبق القانون الثاني للإنكسار ::

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

علما أن قرينة الهواء هي 1 ، n_2= 1,33 ، و أن i_1 = 90°- 30° = 60° لأن، حسب التعريف زاوية الورود محصورة بين الناظم و الشعاع الضوئي الوارد.

و منه: $\sin i_2 = \frac{1}{33} = 0,752$ ، ثم بواسطة الآلة الحاسبة نجد :

$i_2 = 49°$



2/ مسار الشعاع الضوئي مرسوم في الشكل المقابل.

لنلاحظ أن الشعاع المنكسر يقترب عن الناظم

• الكاسر المستوي :

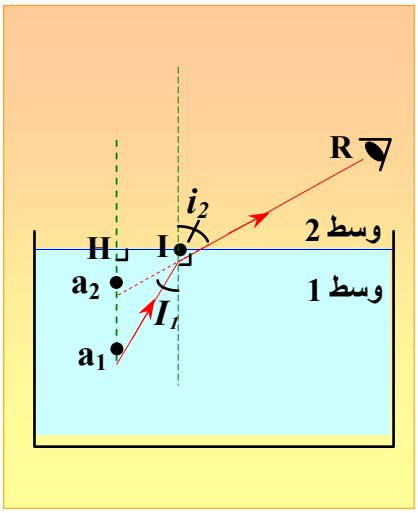
• نسمي كاسرا مستويا جملة مؤلفة من وسطين شفافين لهما قرينتا انكسار مختلفتين وبينهما سطح مستو.

• الجملة (هواء، ماء) مع سطح مستو فاصل بينهما تشكل كاسرا مستويا.

•الخيال المعطى بواسطة كاسر مستو:

نعتبر نقطة ضوئية (a_1) تقع على عمق (y_1) في وسط شفاف قرينته، (n_1) وللوسط الثاني قرينة (n_2). الأشعة الصادرة من (a_1) تنكسر، يكون الخيال (a_2)المتشكل لـ(a_1) موجودا في نقطة تقاطع الشعاعين المنكسرين الكيفيين ، وعليه يوجد الخيال

على الناظم (a_1H) و على امتداد الشعاع المنكسر (IR).



بالنسبة للمثلثين القائمين يمكن كتابة:

$$HI = Ha_1 \times \operatorname{tg} i_1 = Ha_2 \times \operatorname{tg} i_2$$

بوضع $Ha_2 = y_2$ و $Ha_1 = y_1$ يصبح:

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{tg\ i_1}{tg\ i_2} = \frac{sin\ i_1}{cos\ i_1} \times \frac{cos\ i_2}{sin\ i_2} = \frac{n_2}{n_1} \times \frac{cos\ i_2}{cos\ i_1}$$

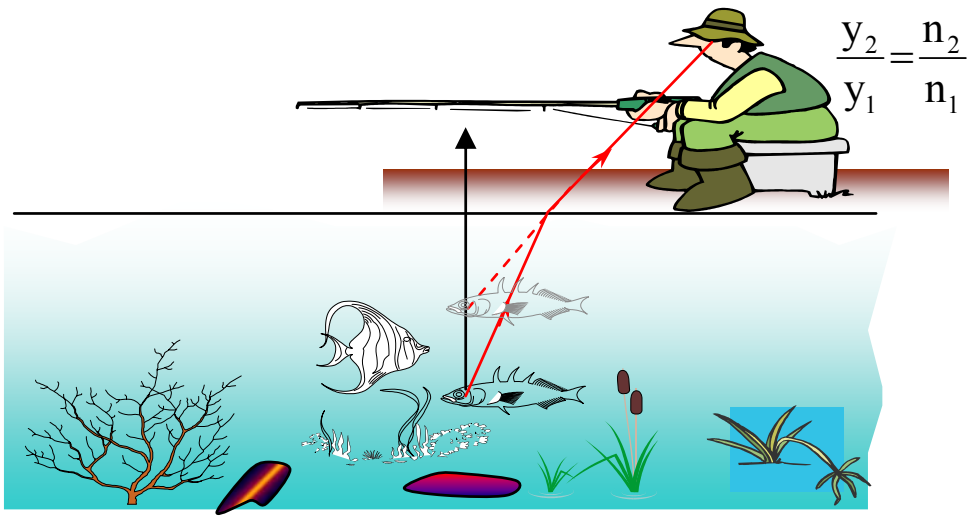
وعليه:

- تتعلق قيمة (y_2) (وهي بعد الخيال عن السطح الفاصل بين الوسطين)بزاوية الورود
- تبدو الأشعة الصادرة من (a_1) وكأنها آتية من النقطة (a_2).
- لا يوجد خيال لـ (a_1) من أجل أي ورود.

• في حالة ورود ضعيف ، ترسل النقطة (a_1) إلى الكاسر المستوي حزمة ضوئية تكون زوايا ورودها (i_2) صغيرة . وعليه يمكن تطبيق التقريب:

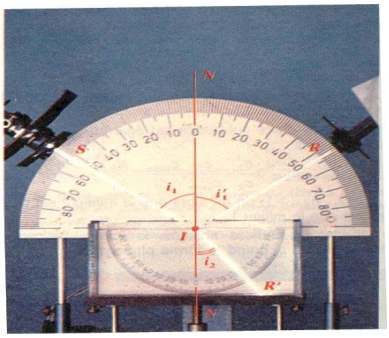
$$\cos i_2 \approx \cos i_1 = 1 \quad .\quad \frac{y_2}{y_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

إذن تصبح العلاقة:



بالنسبة للصياد ، تبدو السمكة أقرب إلى السطح مما هي عليه في الحقيقة.

بطاقة تجريبية
تحقيق قانون الانكسار



1/ التجهيز

تُرسل حزمة من الضوء الأبيض عن طريق تجهيز ضوئي حيث يظهر آثره على المنقلة الكبيرة (الشكل المقابل) فتلاقي السطح المستوي للماء الموجود في الإيناء.

- الحزمة الراجعة إلى الهواء توافق ظاهرة الانعكاس.
- الحزمة التي تنفذ داخل الماء توافق ظاهرة الانكسار (محل دراستنا).

2/ الدراسة:

على الصورة، مستوي المنقلة هو مستوي الورود المعرف بالشعاع الوارد (SI) و الناظم (IN) على السطح العاكس.

- نلاحظ أن الشعاع المنكسر موجود في نفس المستوي مع الشعاع الوارد.
- نقيس من أجل قيم مختلفة لزاوية الورود (i_1) ، قيمة زاوية الانكسار (i_2) أي الزاوية المحصورة بين الشعاع المنكسر و الناظم (IN') ؛ فكانت النتائج :

i_1	0	°10	°20	°30	°40	°50	°60	°70	°80	°90
i_2	0	°7	°15	°22	°29	°35	°40	°45	°48	°49

- عند رسم البيان $i_1 = f(i_2)$ نلاحظ أن لا توجد علاقة خاصة بين الزاويتين إلا في حالة زوايا صغيرة (أقل من 25°) يصبح لنا خط مستقيم يمر من المبدأ معادلته

$$i_1 = 1{,}33\ i_2$$

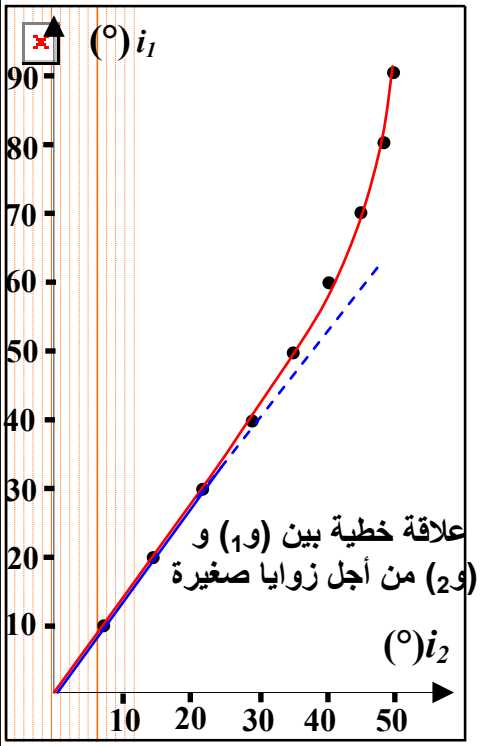
- لنحسب الآن جيبي الزاويتان:

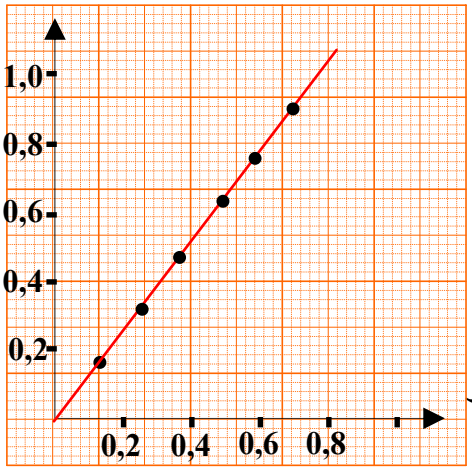
sin i_1	0	0,174	0,342	0,500	0,643
sin i_2	0	0,131	0,259	0,375	0,485
sin i_1	0,766	0,866	0,940	0,985	1,000
sin i_2	0,576	0,649	0,707	0,743	0,755

نلاحظ من خلال دراسة المنحنى البياني أن:

النسبة: $\frac{\sin i_1}{\sin i_2}$ ثابتة و تساوي القيمة 1.33 التي تعبر عن قرينتي الوسطين الشفافين.

إذن القانون محقق.

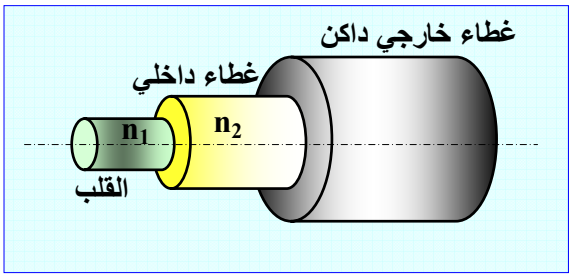




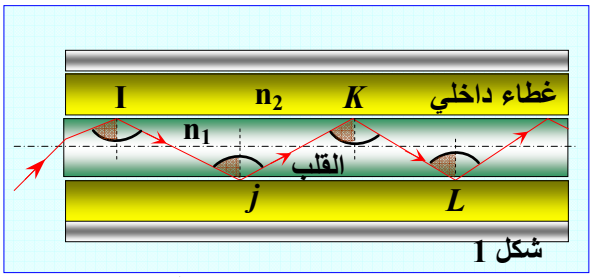
sin i_2 دالة تآلفية لـ sin i_1

تطبيق: الألياف البصرية

يتشكل ليف بصري ذو قفزة قرينة ليفين متمركزين، قطراهما من رتبة الميكرومتر :
القلب(قرينته n_1) و الغطاء الداخلي (قرينته n_2) موجودان داخل غطاء خارجي ذي لون داكن.(شكل1).



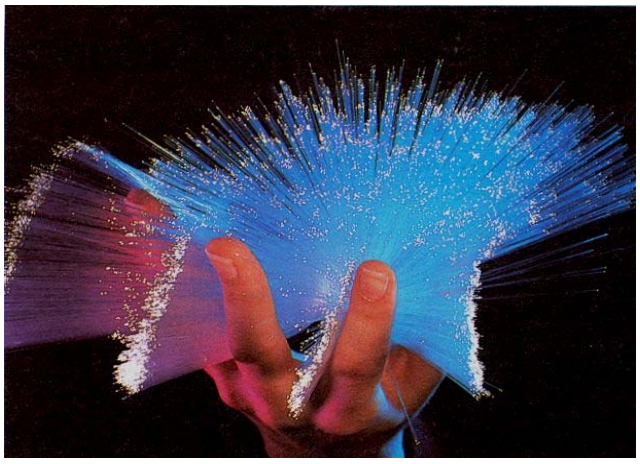
شكل1. بنية ليف بصري

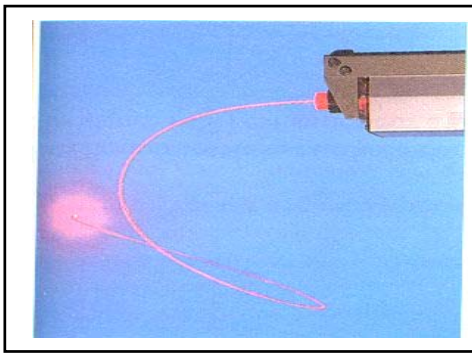


شكل1. انعكاس كلي على السطح الفاصل بين القلب و الغطاء الداخلي

القرينة (n_2) أصغر من (n_1) (شكل2) و منه زاوية الورود (i_1) أكبر من الزاوية الحدية و عليه يحدث انعكاس كلي عند (*I*)،(*J*)، (*K*)، (*L*)... أي أن الشعاع الضوئي موجه داخل الليف.(شكل 3 و 4).

- تستعمل الألياف البصرية في الطب (إضاءة الأجهزة التي تفحص الأجزاء الداخلية لجسم الإنسان).
- كما تستعمل في اللاسلكية (هاتف، أسلاك التلفزة). الأمواج المنتشرة فيها غير مرئية و لكن من نفس طبيعة الضوء).





توجد عدة أنواع من الألياف البصرية.

- الألياف ذات قفزة القرينة ضعيفة ، التي تستعمل للاتصالات البعيدة غير أن الليف موضوع مستقيما.
- الألياف ذات قفزة القرينة كبيرة ، و قد تكون منحنية دون تأثير على سير الضوء ، و تستعمل في الفحص الطبي الداخلي.
- ألياف ذي قرينة متغيرة بالتظام بين القلب و الغطاء الداخلي.

• -أسئلة التصحيح الذاتي :

التمرين1/

1/ أعط قانوني الانكسار.

2/ أكمل :

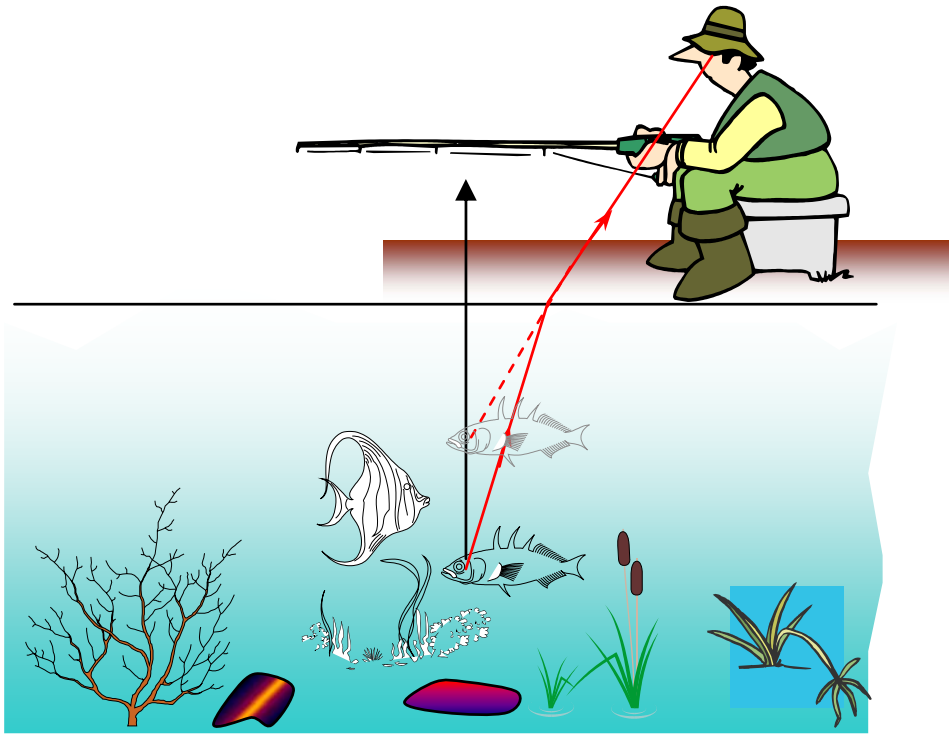
زاوية الورود محصورة بين الشعاع الوارد و ..... على السطح الفاصل بين وسطين.عندما يلاقي شعاع ضوئي السطح الفاصل بين وسطين شفافين فإنه .....

يوجد دوما شعاع منكسر لما يمر الضوء من وسط قرينته (n_1) إلى وسط قرينته (n_2) إلا في حالة كون ..... = i_1 .

هناك تطبيق للانعكاس الكلي في .....

التمرين2/

يرى صياد(الشكل المقابل) عموديا سمكة توجد على عمق قدره 60 cm ، وعينه تقع على ارتفاع 1,20 m عن سطح البحر على أي بعد ظاهري يرىالصياد السمكة؟وعلى أي بعد ظاهري ترى السمكة بدورها الصياد ؟



• أجوبة التصحيح الذاتي :

التمرين1/

1/ قانونا الانكسار.

1. يقع كل من الشعاع الوارد (IA) و المنكسر (IR) و الناظم (N_1N_2) في نفس مستوي الورود.

2. لما ينكسر شعاع ضوئي عبر مستوي السطح الفاصل بين الهواء ووسط شفاف ثان ، تحقق الزاويتان (i_1)، (i_2) المشكلتان مع الناظم لهذا السطح العلاقة:

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

1/ زاوية الورود محصورة بين الشعاع الوارد والناظم على السطح الفاصل بين وسطين.عندما يلاقي شعاع ضوئي السطح الفاصل بين وسطين شفافين فإنه ينكسر

يوجد دوما شعاع منكسر لما يمر الضوء من وسط قرينته (n_1) إلى وسط قرينته (n_2) إلا في حالة كون $i_1 = 0$.

هناك تطبيق للانعكاس الكلي في الألياف البصرية

التمرين2/

• بما أن الصياد يرى السمكة عموديا من فوقها (حالة زاوية ورود ضعيفة) يمكن تطبيق علاقة التقريب:

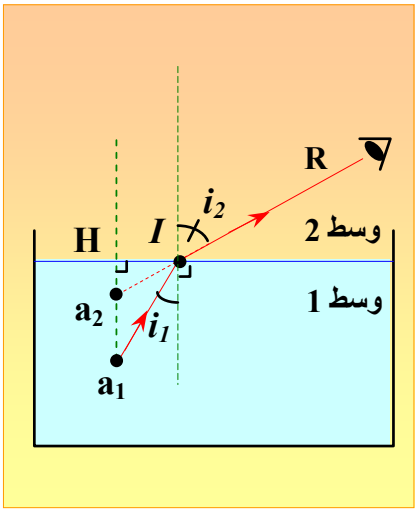
$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{n_2}{n_1}, \quad y_2 = y_1 \times \frac{n_2}{n_1}$$

مع: $n_2 = 1$ (هواء) ؛ $n_1 = 1{,}33$ (ماء).

$y_1 = 60$ cm ، و عليه:

$y_2 = 60 \times \frac{1}{1{,}33} = 45\,cm$ ، ومنه ، بما أن عين الشخص تقع على ارتفاع 120 cm من السطح البحر (كاسر مستوي) نجد :

$y' = 120 + 45 = 165$ cm



• بالنسبة للسمكة يصبح الوسط 1 هو الهواء و الوسط2 هو الماء، و عليه ، بتطبيق نفس العلاقة نجد

$y_2 = 120 \times \frac{1{,}33}{1} = 160$ cm (هذه المسافة تمثل البعد الظاهري للصياد بالنسبة للسطح الحر) و عليه ، ترى السمكة الصياد على بعد 160 + 60 = 220 cm.

• تمارين :

• أتأكد من معلوماتي النظرية

أجب بصحيح أم خطأ

أ- يوجد دوما شعاع منكسر لما يخترق شعاع ضوئي السطح الفاصل لوسطين.

ب- عبارة القانون الثاني للانكسار هي:

$$\frac{sin\ i_1}{sin\ i_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

جـ- في ليف بصري، القلب عبارة عن وسط قرينته أكبر من قرينة الغطاء الداخلي.

تمرين 1/

يصل شعاع ضوئي و هو ينتشر في الهواء إلى السطح الحر لإناء مملوؤ بالماء بزاوي ورود قدرها: $i_1 = 40\ °$.

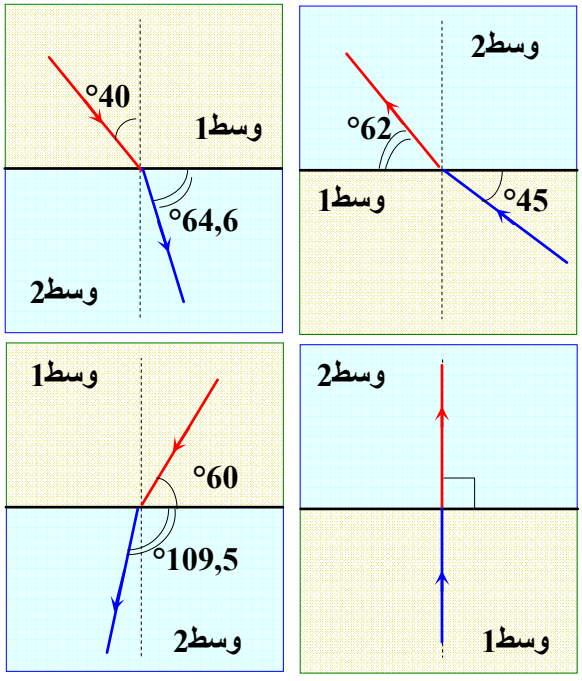
1/ أرسم شكل ممثل فيه الشعاع الوارد، السطح الحر و الناظم لها.

2/ أحسب زاوية الانكسار علما أن قرينة الماء هي $n_2 = 1,33$ ثم أرسم هذا الأخير في الرسم السابق.

تمرين 2 /

في الأشكال المقابلة، الوسطان 1 و 2 شفافان و متجانسان و السطح الفاصل بينهما مستو.

أوجد في كل حالة قيمة زاوية الورود (i_1) و الانكسار (i_2) الموافق للشعاع الضوئي المرسوم.



تمرين 3/

يسقط شعاع ضوئي و هو ينتشر في الهواء على السطح الحر لسائل. يصنع هذا الشعاع زاوية قدرها 56° مع المستوي الأفقي و الانحراف الذي يعانيه يساوي 13,5° .

استنتج قرينة انكسار هذا السائل.

تمرين 4

تصل حزمة ضوئية متوازية على إحدى أوجه لصفيحة متوازية الأوجه قرينتها 1,52 و بزاوية ورود قدرها 30° . سمك الصفيحة 30 cm

1. أرسم مسير شعاع ضوئي (بإهمال ظاهرة الانعكاس).

2. أعط مميزات الشعاع البارز (نحسب مقدار إزاحة الشعاع.

تمرين 5

تقع نقطة ضوئية (a_1) في قعر إناء مملوء بالماء، قرينته n = 1,33 .

1. أرسم مسير شعاع ضوئي يشكل زاوية (i_1) مع الشاقول المار من (a_1) .

2. بين أن كل الأشعة ذات انحراف ضعيف بالنسبة للشاقول و التي تنكسر في الهواء الموجود فوق الإناء ، تبدو و كأنها تأتي من نقطة (a_2) .

3. بالنسبة لشخص موجود خارج الماء، هل بإمكانه أن يقول :

- يجب ..... تحت السمكة لإصابتها.
- يبدو قعر مسبح أقل عمق مما هي عليه في الحقيقة .

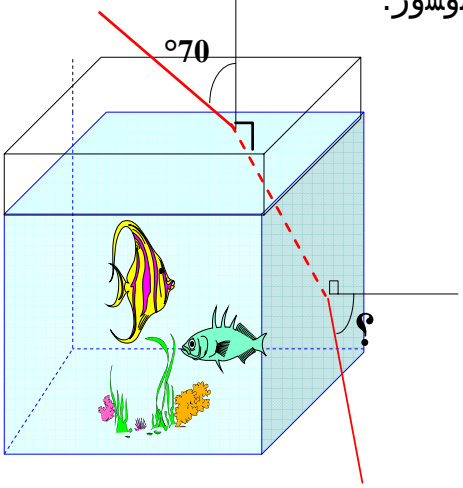
4. توجد سمكة على عمق 4 m. على أي بعد من السطح نرى هذه السمكة ؟

تمرين 6

لدينا موشور من الزجاج (n = 1,50) مقطعه الرئيسي عبارة عن مثلث قائم متساوي الساقين.

أرسم مسير شعاع ضوئي يسقط ناظميا على التوالي على أوجه الموشور.

تمرين 7



يخترق شعاع ضوئي إناء مملوء بالماء بزاوية ورود قدرها 70° فيخرج من أحد الأوجه الجانبي (يهمل سمك الجدار).

بأية زاوية يخرج ؟ $n_{ماء}$ = 1.33 .

تمرين 8

يمر شعاع ضوئي في ليف بصري طوله 1,30 ما هو الزمن الفاصل بين عمارتين لمصنع ما خلال 6,6 µ ثانية.

ما هي سرعة الضوء في هذا الوسط ؟

استنتج قرينة هذا الوسط.

تمرين 9/

1. أعط تعريفا لقرينة الانكسار (n) لوسط شفاف. هل يمكن أن يكون (n) أصغر من 1 ؟ لماذا ؟

2. أكمل الجدول الموجود أدناه :

الوسط	ماء	زجاج فلنت	ماس
القرينة	1,33		2,43
C (km.H^{-1})		185000	

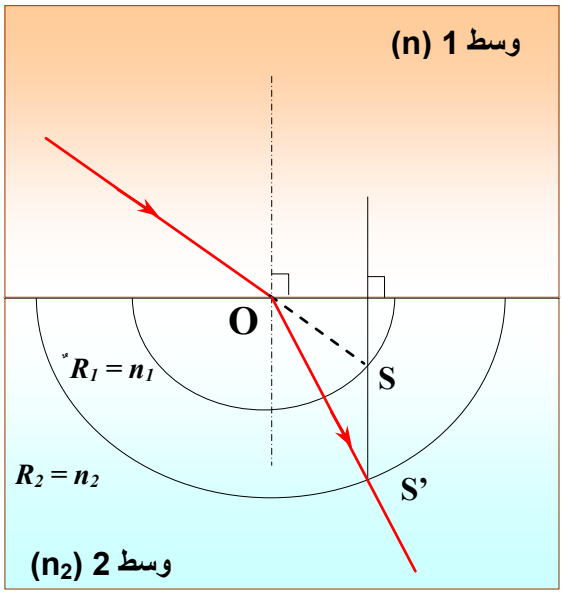
تمرين 10/

إنشاء ويغنز:

يوجد إنشاء هندسي ذكي، من العالم هويغنز والذي يسمح برسم الشعاع المنكسر بسهولة كبيرة.

نرسم السطح الفاصل بين وسطين 1 قرينته (n_1) ووسط 2 قرينته (n_2) بخط مستقيم أفقي.

نفرض أن شعاعا ضوئيا يصل من الوسط العلوي (وسط 1) إلى النقطة (O) منتصف السطح الفاصل، نريد رسم الشعاع المنكسر في الوسط 2.



1. أرسم في الوسط □، نصف دائرة مركزها (م) ، نصف قطرها $R_1 = n_1$ و نصف دائرة ثانية متمركزة للأولى ، نصف قطرها، $R_2 = n_2$.

2. مدد الشعاع الوارد المار من (O) في الوسط □ إلى غاية نقطة تقاطعه (S) مع نصف الدائرة (R_1).

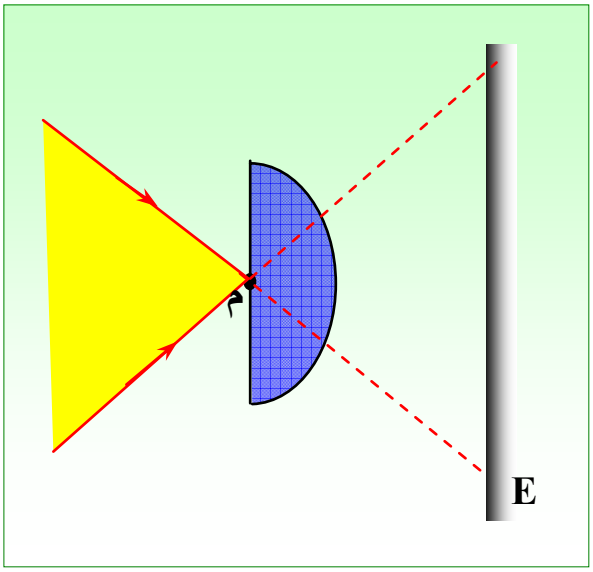
3. أرسم عمودا مارا من (S) ليقطع نصف الدائرة (R_2) في (S'). و منه تصبح القطعة المستقيمة (OS') الشعاع المنكسر.

4. برر هذا الإنشاء.

تمرين 11/

تتقارب حزمة ضوئية وحيدة اللون ومخروطة الشكل إلى نقطة (O)، فتعطي على شاشة (E) تقع خلف (O) و على بعد 0,50 m منها، لطخة ضوئية دائرية قطرها 18,2 cm.

ندخل منقلة من مادة شفافة قرينتها (n) كما هو مبين على الشكل أدناه حيث (O) منطبق على مركز الحرف المستوي فنلاحظ أنه يصبح قطر اللطخة على الشاشة مساويا 12,05 cm.



1. أحسب القرينة (n).

2. ما هو قطر اللطخة الضوئية لو كان التجهيز كله مغمورا في الماء ذي قرينة $n' = 1,33$ ؟