

انكسار الضوء



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؟

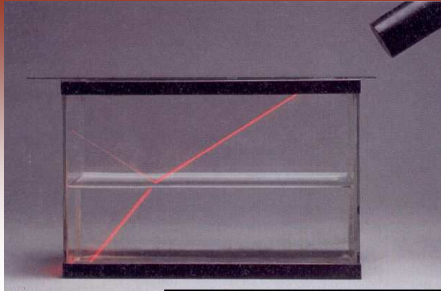
الأهداف

المعلومات

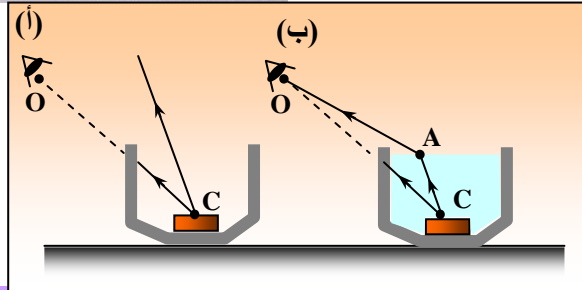
يتعرف التلميذ على قانوني
الانكسار و يفسر بهما انحراف
الضوء في الأوساط الشفافة.

الكفاءة

- يعرف ظاهرة الانكسار.
- تطبيق قانوني الانكسار.

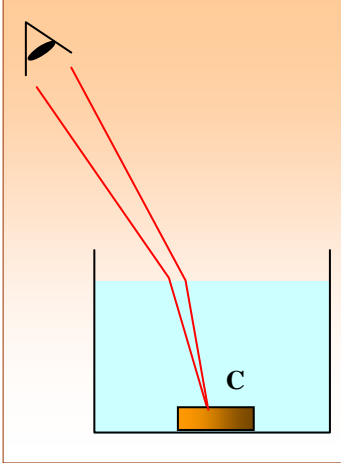


انحراف الضوء على مستوى
السطح الفاصل بين الهواء و الماء



1/ تفسير تجربة الكأسين

تسمح ظاهرة انكسار الضوء وصول الأشعة الضوئية إلى عين الملاحظ



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

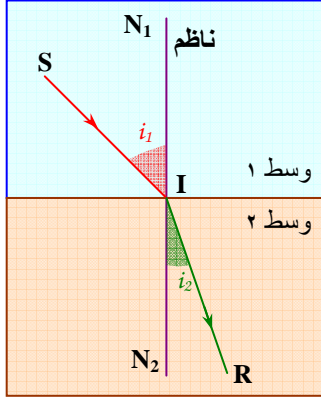
١/ مستقيمان غير متطابقان

- إذا لم تتمكن العين (O) من رؤية قطعة النقود عندما كانت الكأس فارغة ، فهذا يرجع لكون أشعة الضوء المحمولة على المستقيم (OC) والصادرة من C تصطدم بجدار الكأس قبل أن تصل إلى عين المشاهد O. 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 أن 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 الورد، و الشعاع الضوئي(AO) شعاعا منكسرا عند (A) : حامل الشعاع الوارد يختلف عن حامل الشعاع المنكسر.

٢/ ظاهرة انكسار الضوء



نسمي انكسار الضوء التغيير المفاجئ لمنحى الانتشار لما يمر هذا الضوء من وسط شفاف إلى وسط شفاف ثان.

II/ قانونا الانكسار

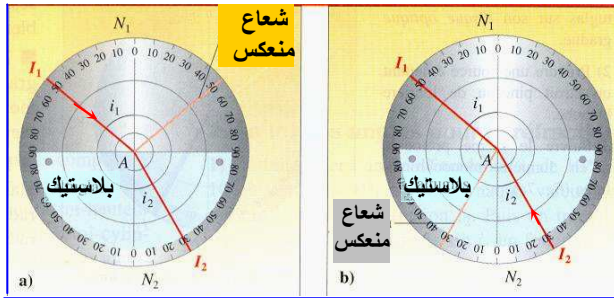
يلاقي شعاع ضوئي (SI) سطحا فاصلا بين وسطين في نقطة الورد (I) (الشكل). ليكن (IN₁) الناظم عند (I) لهذا السطح .

(i₁) زاوية الورد، (i₂) زاوية الانكسار

(SI) و (IN₁) يعرفان مستوي الورد.

(i₁) هي زاوية الورد. ليكن (IR) الشعاع المنكسر. نسمي الزاوية: $N_2 \hat{I}R = i_2$

زاوية الانكسار.



- تسمح التجربة بإيجاد قانوني الانكسار

١. يقع كل من الشعاع الوارد (IA)

و المنكسر (IR) و الناظم (N₁N₂)

في نفس مستوي الورد.

٢. لما ينكسر شعاع ضوئي عبر

شعاع وارد (I₂A) في بلاستيك

شعاع وارد (I₁A) في الهواء

مستوي السطح الفاصل بين الهواء ووسط شفاف ثان ، تحقق الزاويتان (i₁)،

(i₂) المشكلتان مع الناظم لهذا السطح العلاقة:

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

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	١,٣٣
الإيثانول	١,٣٦
البلاستيك	١,٥٠
الزجاج	١,٥٠
الماس	٢,٤٢

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.

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

٢/ أرسم في شكل مبينا مسار الحزمة الضوئية.

الحل

١/ نطبق القانون الثاني للانكسار ::

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

علما أن قرينة الهواء هي 1 ، $n_2 = 1,33$ ،

و أن $i_1 = 30^\circ - 90^\circ = 60^\circ$ لأن، حسب

التعريف زاوية الورود محصورة بين الناظم و الشعاع الضوئي الوارد.

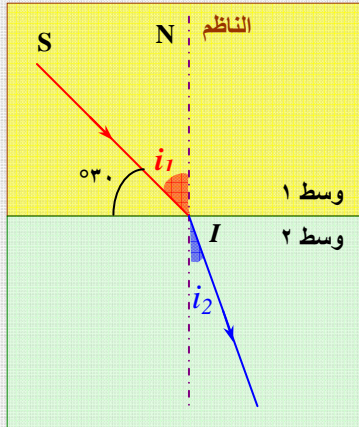
و منه: $\sin i_2 = \frac{1}{33} = 0,752$ ، ثم

بواسطة الآلة الحاسبة نجد :

$$i_2 = 49^\circ$$

٢/ مسار الشعاع الضوئي مرسوم في الشكل المقابل.

لنلاحظ أن الشعاع المنكسر يقترب عن الناظم

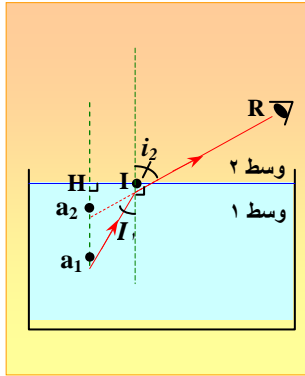


/// الكاسر المستوي

• 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:

$$HI = Ha_1 \times \tan i_1 = Ha_2 \times \tan i_2$$

بوضع (Ha_1) = y_1 و (Ha_2) = y_2 يصبح:

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

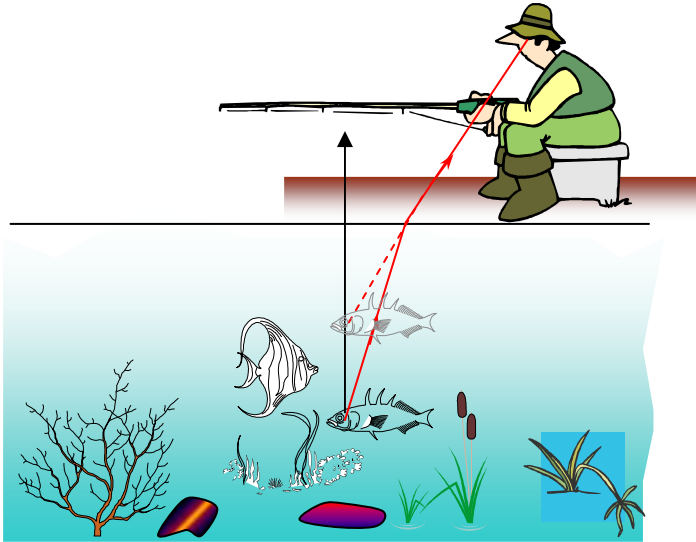
وعليه:

- تتعلق قيمة (y_2) (وهي بعد الخيال عن السطح الفاصل بين الوسطين) بزواوية 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:

$$\cos i_2 \approx \cos i_1 = 1$$

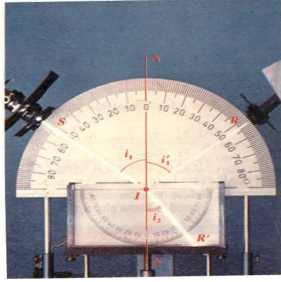
إذن تصبح العلاقة:

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{n_2}{n_1}$$



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

بطاقة تجريبية تحقيق قانون الانكسار



١/ التجهيز

- تُرسل حزمة من الضوء الأبيض عن طريق تجهيز ضوئي حيث يظهر أثره على المنقلة الكبيرة (الشكل المقابل) فتتلاقى السطح المستوي للماء الموجود في الإيناء.
- الحزمة الراجعة إلى الهواء توافق ظاهرة الانعكاس.
- الحزمة التي تنفذ داخل الماء توافق ظاهرة الانكسار (محل دراستنا).

٢/ الدراسة:

على الصورة، مستوي المنقلة هو مستوي الورود المعروف 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 :

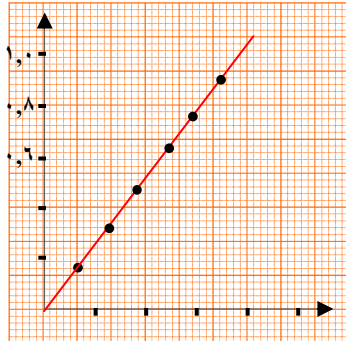
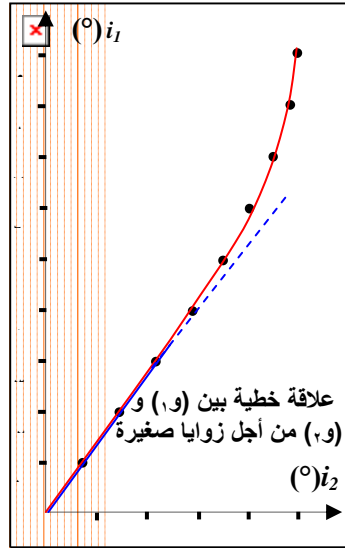
i_1	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
i_2	0°	7°	15°	22°	29°	35°	40°	45°	48°	49°

• 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 جيبى الزاويتان:

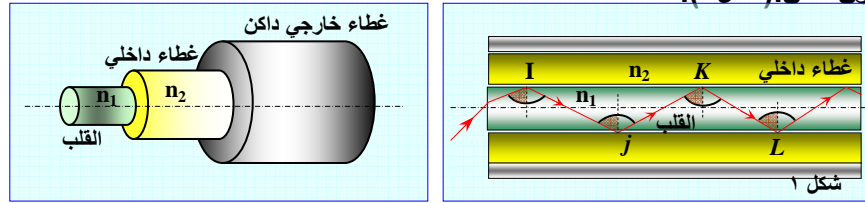
0,643	0,500	0,342	0,174	0	$\sin i_1$
0,485	0,375	0,259	0,131	0	$\sin i_2$
1,000	0,985	0,940	0,866	0,766	$\sin i_1$
0,755	0,743	0,707	0,649	0,576	$\sin i_2$



$\sin i_1$ دالة تآلفية لـ $\sin i_2$

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. (شكل ١).

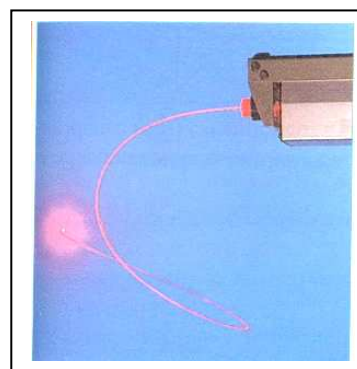
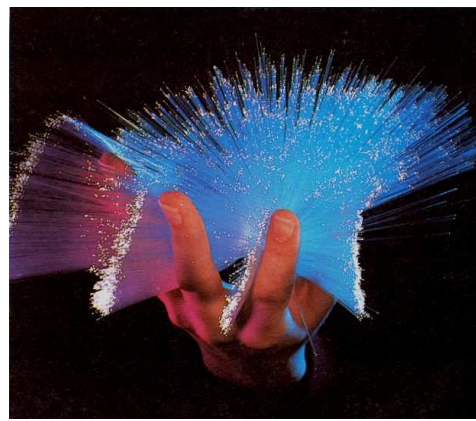


شكل ١. بنية ليف بصري

شكل ١. انعكاس كلي على السطح الفاصل بين القلب و الغطاء الداخلي

القرينة (n_2) أصغر من (n_1) (شكل ٢) و منه زاوية ورود (i_1) أكبر من الزاوية الحدية و عليه يحدث انعكاس كلي عند (I), (J), (K), (L)... أي أن الشعاع الضوئي موجه داخل الليف. (شكل ٣ و ٤).

- 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.

أسئلة التصحيح الذاتي

التمرين ١ /

١ / أعط قانوني الانكسار.

٢ / 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

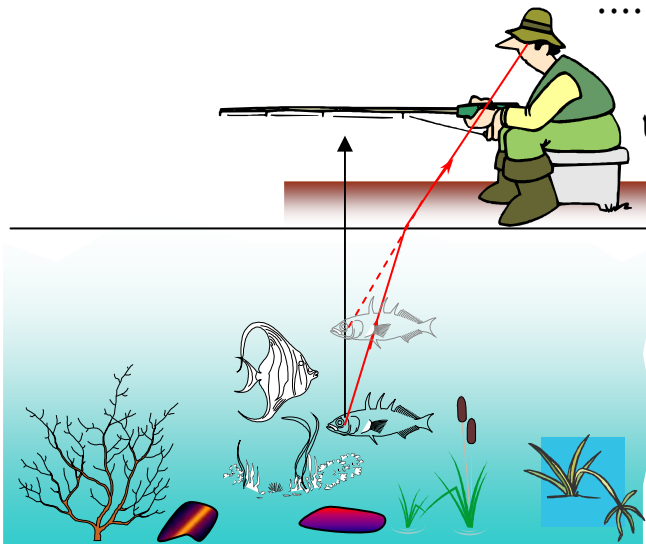
(n_2) إلا في حالة كون $i_1 = \dots\dots\dots$.

هناك تطبيق للانعكاس الكلي في
التمرين ٢ /

التمرين ٢ /

يرى صياد (الشكل المقابل) عموديا

سمكة توجد على عمق قدره



٦٠ cm ، وعينه

تقع على ارتفاع ١،٢٠ m عن

سطح البحر.

على أي بعد ظاهري يرى

الصيد السمكة؟ وعلى أي بعد

ظاهري ترى السمكة بدورها الصيد؟

أجوبة التصحيح الذاتي

التمرين ١ /

١ / قانون الانكسار.

١. يقع كل من الشعاع الوارد (IA) و المنكسر (IR) و الناظم (N₁N₂) في نفس

مستوي الورود.

٢. لما ينكسر شعاع ضوئي عبر مستوي السطح الفاصل بين الهواء ووسط

شفاف ثان ، تحقق الزاويتان (i₁) ، (i₂) المشكلتان مع الناظم لهذا السطح العلاقة:

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

١ / زاوية الورود محصورة بين الشعاع الوارد و الناظم على السطح الفاصل بين

وسطين. عندما يلاقي شعاع ضوئي السطح الفاصل بين وسطين شفافين فإنه

ينكسر

٣

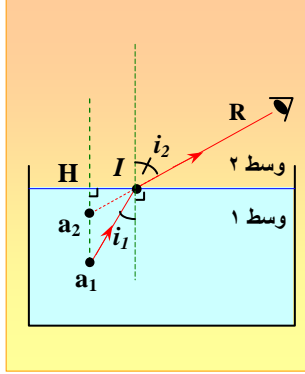
يوجد دوما شعاع منكسر لما يمر الضوء من وسط قرينته (n_1) إلى وسط قرينته (n_2) إلا في حالة كون $i_1 = 0$.

هناك تطبيق للاتعكاس الكلي في الألياف البصرية

التمرين ٢ /

• 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:

$$y_2 = 60 \times \frac{1}{1,33} = 45 \text{ cm}$$

cm من السطح البحر (كاسر مستوي) نجد :

$$y' = 120 + 45 = 165 \text{ cm}$$

• بالنسبة للسمكة يصبح الوسط ١ هو الهواء و الوسط ٢ هو الماء، و عليه ،

بتطبيق نفس العلاقة نجد

$$y_2 = 120 \times \frac{1,33}{1} = 160 \text{ cm}$$

للسطح الحر) و عليه ، ترى السمكة الصياد على بعد $160 + 60 = 220$ cm.

تمارين

• تأكد 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:

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

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

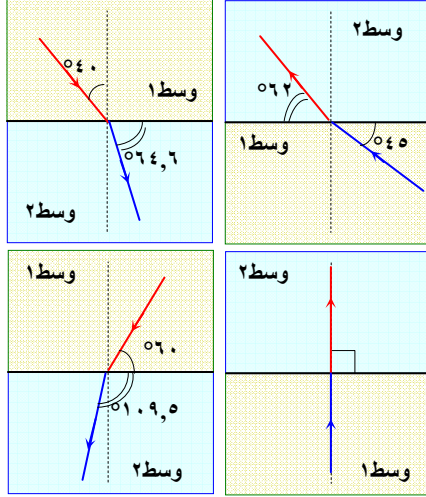
تمرين ١ /

٣

يصل شعاع ضوئي و هو ينتشر في الهواء إلى السطح الحر لإتاء مملوء بالماء بزواوي ورود قدرها: $i_1 = 40^\circ$.

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

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



تمرين ٢ / في الأشكال المقابلة، الوسطان ١ و ٢ 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 ٣ /

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

استنتج قرينة انكسار هذا السائل.

تمرين ٤ /

تصل حزمة ضوئية متوازية على إحدى أوجه لصفحة متوازية الأوجه قرينتها $1,52$ و بزواوية ورود قدرها 30° . سمك الصفحة 30 cm
١. أرسم مسير شعاع ضوئي (بإهمال ظاهرة الانعكاس).

٢. أعط مميزات الشعاع البارز (نحسب مقدار إزاحة الشعاع).

تمرين ٥ /

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

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

٢. بين أن كل الأشعة ذات انحراف ضعيف بالنسبة للشاقول و التي تنكسر في

الهواء الموجود فوق الإناء ، تبدو وكأنها تأتي من نقطة (a_2).

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

• يجب تحت السمكة لإصابتها.

• يبدو قعر مسبح أقل عمق مما هي عليه في الحقيقة .

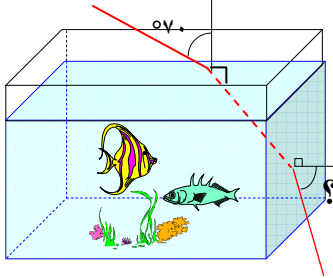
٤. توجد سمكة على عمق m على أي بعد من السطح نرى هذه السمكة ؟

تمرين ٦ /

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 ٧ /



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

بأية زاوية يخرج ؟ $n_{\text{ماء}} = 1,33$.

تمرين ٨ /

٣

يمر شعاع ضوئي في ليف بصري طوله ١,٣٠ ما هو الزمن الفاصل بين عمارتين لمصنع ما خلال ٦,٦ μ ثانية.

ما هي سرعة الضوء في هذا الوسط ؟

استنتج قرينة هذا الوسط.

تمرين ٩ /

١. أعط تعريفا لقرينة الانكسار (n) لوسط شفاف. هل يمكن أن يكون (n) أصغر

من ١ ؟ لماذا ؟

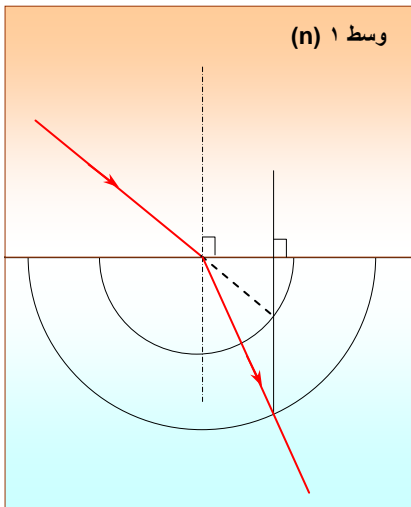
٢. أكمل الجدول الموجود أدناه :

الوسط	ماء	زجاج فنت	ماس
القرينة	١,٣ ٣		٢,٤٣
C (km.H ⁻¹)		١٨٥٠٠ ٠	

تمرين ١٠ /

إنشاء ويغنز:

يوجد إنشاء هندسي ذكي، من العالم هويغنز والذي



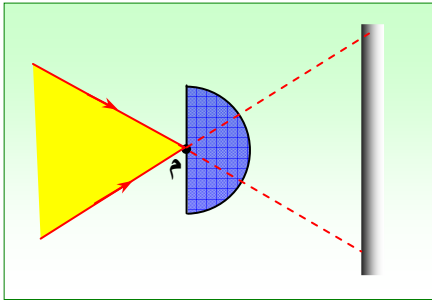
يسمح برسم الشعاع المنكسر بسهولة كبيرة.
 نرسم السطح الفاصل بين وسطين ١ قرينته (n_1)
 ووسط ٢ قرينته (n_2) بخط مستقيم أفقي.
 بفرض أن شعاعا ضوئيا يصل من الوسط العلوي
 (وسط ١) إلى النقطة (O) منتصف السطح الفاصل،
 نريد رسم الشعاع المنكسر في الوسط ٢.

١. أرسم في الوسط ②، نصف دائرة مركزها (م) ، نصف قطرها $R_1 = n_1$
 و نصف دائرة ثانية متمركزة للأولى ، نصف قطرها، $R_2 = n_2$.
٢. مدد الشعاع الوارد المار من (O) في الوسط ② إلى غاية نقطة تقاطعه (S)
 مع نصف الدائرة (R_1) .
٣. أرسم عمودا مارا من (S) ليقطع نصف الدائرة (R_2) في (S'). و منه تصبح
 القطعة المستقيمة (OS') الشعاع المنكسر.
٤. برر هذا الإنشاء.

تمرين ١١ /

تتقارب حزمة ضوئية وحيدة اللون ومخروطة الشكل إلى نقطة (O)، فتعطي على
 شاشة (E) تقع خلف (O) و على بعد ٥٠،٠ cm منها، لطفة ضوئية دائرية
 قطرها ١٨،٢ cm.

ندخل منقطة من مادة شفافة قرينتها (n) كما هو مبين على الشكل أدناه حيث (O)
 منطبق على مركز الحرف المستوي فنلاحظ أنه يصبح قطر اللطفة على الشاشة
 مساويا ١٢،٠٥ cm.



١. أحسب القرينة (n).
٢. ما هو قطر اللوحة الضوئية لو كان التجهيز كله مغمورا في الماء ذي قرينة $n' = 1,33$ ؟