

5-1: انكسار الضوء

انكسار الضوء

- **انكسار الضوء:** انحناء مسار الضوء عند عبوره الحد الفاصل بين وسطين مختلفين.
ويعتمد مقدار الانكسار على : 1- خصائص الوسطين الشفافين 2- الزاوية التي يسقط بها الضوء على الحد الفاصل.

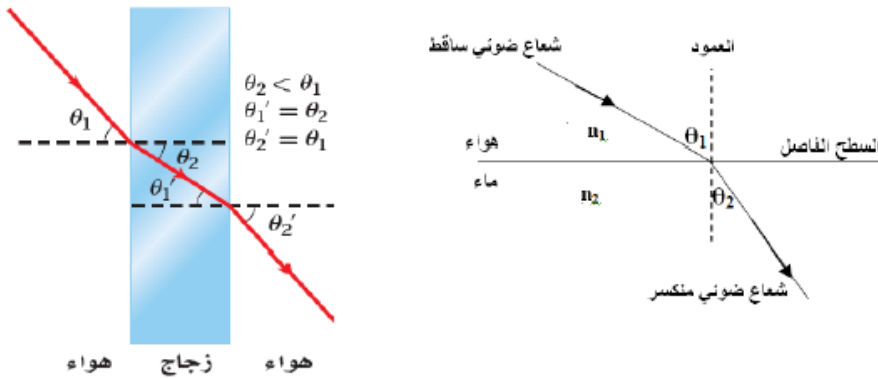
■ ظواهر تحدث بسبب الانكسار:

- 1- تبدو الأشياء تحت سطح الماء أقرب من بعدها الحقيقي عند النظر إليها من الهواء.
- 2- الأجسام الموجودة تحت سطح الماء تبدو مشوهة (منكسرة).
- 3- الأجسام الموجودة تحت سطح الماء تبدو متموجة بسبب انحراف مسار الضوء الخارج من الماء مع حركة الحد الفاصل.

قانون سنل في الانكسار

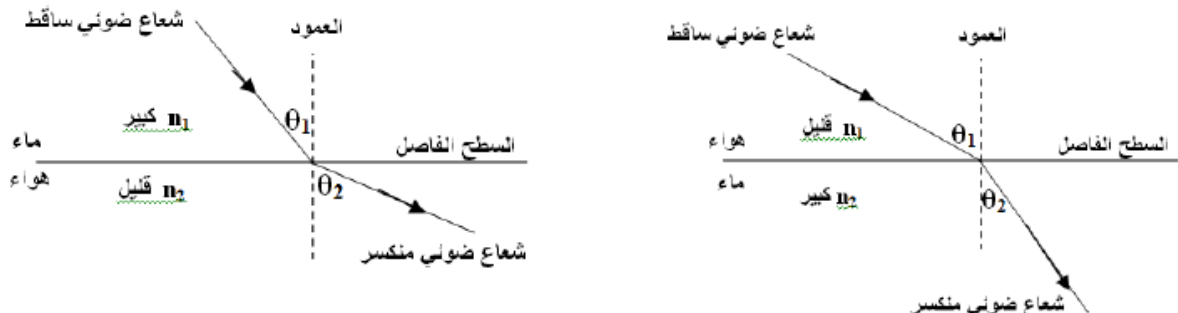
■ قانون سنل في الانكسار:

" حاصل ضرب معامل انكسار الوسط الأول في جيب زاوية السقوط يساوي حاصل ضرب معامل انكسار الوسط الثاني في جيب زاوية الانكسار "



■ حالات الانكسار:

- 1- عندما ينتقل الضوء من وسط معامل انكساره قليل الى وسط معامل انكساره أكبر ($n_1 < n_2$) ، فإنه ينكسر مقترباً من العمود المقام.
- 2- عندما ينتقل الضوء من وسط معامل انكساره كبير الى وسط معامل انكساره أقل ($n_1 > n_2$) ، فإنه ينكسر مبتعداً عن العمود المقام.
- 3- عندما يسقط الضوء عمودياً على الحد الفاصل بين وسطين فإنه ينفذ دون أن يعاني أي انكسار.



■ تطبيقات على الانكسار في علم الفلك:

س: علل : يظهر القمر باللون الأحمر خلال مرحلة الخسوف على الرغم من أن الأرض تحجب ضوء الشمس عن القمر.
ج: بسبب انكسار الضوء خلال طبقات الغلاف الجوي، فينحرف باتجاه القمر. حيث يعمل الغلاف الجوي على تشتيت معظم الضوء الأزرق والأخضر، لذا ينيّر اللون الأحمر القمر والذي بدوره ينعكس إلى الأرض فيبدو أحمرًا.

النموذج الموجي في الانكسار

■ عند انتقال الضوء من الفراغ إلى وسط معامل انكساره n فإنه يتفاعل مع الذرات ، فتقل سرعته خلال الوسط ، كما يقل طوله الموجي بينما يبقى تردد الضوء ثابتًا.

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

$$v = \frac{c}{n}$$

$$\lambda = \frac{\lambda}{n}$$

■ يمكن كتابة قانون سنل في صور أخرى كالآتي:

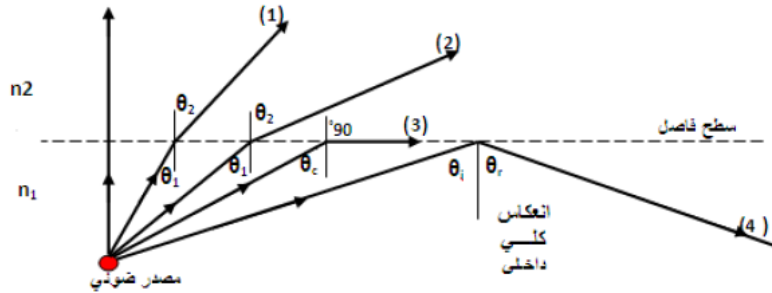
$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

■ تعريف معامل الانكسار: هو النسبة (أو حاصل قسمة) بين سرعة الضوء في الفراغ إلى سرعة الضوء في الوسط.

$$n = \frac{c}{v}$$

الانعكاس الكلي الداخلي

- 1 - عند سقوط شعاع ضوئي من وسط معامل انكساره أكبر n_1 إلى وسط معامل انكساره أقل n_2 فإن الشعاع الضوئي ينكسر مبتعدًا عن العمود. (لاحظ الشعاع رقم 1)
- 2- بزيادة زاوية السقوط تزداد زاوية الانكسار تبعًا فيقترب الشعاع المنكسر من السطح الفاصل (الشعاع رقم 2)، حتى ينطبق الشعاع المنكسر تمامًا الحد الفاصل بين الوسطين (الشعاع رقم 3). عندها تسمى زاوية السقوط بـ "الزاوية الحرجة".
- 3- إذا زادت زاوية السقوط عن الزاوية الحرجة فإن الأشعة الضوئية تنعكس بالكامل عند الحد الفاصل إلى الوسط الذي معامل انكساره أكبر (الشعاع رقم 4)، ويسمى ذلك بـ "الانعكاس الكلي الداخلي".



■ تعريفات مهمة:

- 1- الزاوية الحرجة: هي زاوية السقوط في التي ينكسر عندها الشعاع على امتداد الحد الفاصل بين الوسطين (أي أن زاوية الانكسار = 90 درجة)
- 2- الانعكاس الكلي الداخلي: هو انعكاس الضوء في الوسط الذي معامل انكساره أكبر عند سقوطه من وسط معامل انكساره كبير إلى وسط معامل انكساره أقل بزاوية سقوط أكبر من الزاوية الحرجة.

■ حساب الزاوية الحرجة بين وسطين

باستخدام قانون سنل في حالة الزاوية الحرجة نجد أن : $n_1 \sin(\theta_c) = n_2 \sin(90)$ ومنها يمكن حساب الزاوية الحرجة.

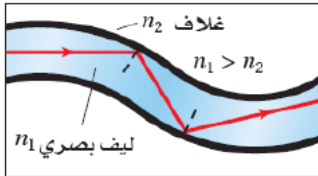
$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

قانون الزاوية الحرجة: " جيب الزاوية الحرجة يساوي معامل انكسار وسط الانكسار مقسوما على معامل انكسار وسط السقوط "

■ ظواهر تحدث بسبب الانعكاس الكلي الداخلي:

- 1- تبدو الأجسام الموجودة أسفل الماء في بركة سباحة مقلوبة بالنسبة للناظر الموجود داخل الماء عند النظر لأعلى سطح الماء بسبب الانعكاس الكلي الداخلي للضوء عند الحد الفاصل.
- 2- قد تختفي الأجسام الموجودة في أسفل سطح الماء بالنسبة للناظر الموجود خارج الماء، لأن الضوء القادم من الجسم الموجود في الماء ينعكس لداخل الماء بفعل الانعكاس الكلي الداخلي دون أن يصل للعين.

■ تطبيقات على الانعكاس الكلي الداخلي



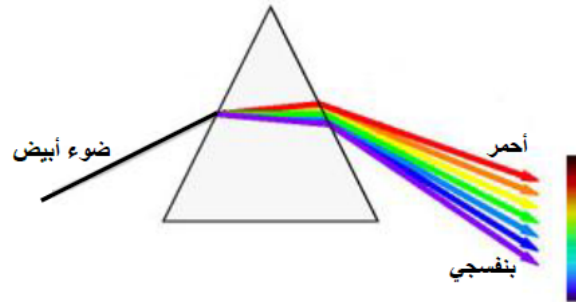
الألياف البصرية: وهي ألياف تستخدم لنقل الضوء مهما بلغت طولها دون أن يفقد الضوء شدته. حيث يدخل الضوء من المصدر إلى أحد طرفي الألياف البصرية بزاوية سقوط أكبر من الزاوية الحرجة فينعكس انعكاسا كليا داخليا وتكرر العملية أكثر من مرة حتى يصل للطرف الآخر.

علل : من مميزات استخدام الألياف البصرية أن الضوء يحافظ على شدته على طول المسافة التي يمتدها الليف البصري مهما بلغت.

تفريق (تحليل) الضوء

■ **تفريق الضوء:** هو تحليل الضوء الأبيض إلى ألوان الطيف عند مروره خلال منشور زجاجي.

■ **تفسير تفريق الضوء:** كل لون من ألوان الطيف له طول موجي و تردد معين، مما يجعله يتفاعل بصورة مختلفة مع الزجاج مما يسبب اختلاف سرعة الضوء لألوان الطيف المختلفة خلال الزجاج وبالتالي يكون لكل منها معامل انكسار خاص فيه.

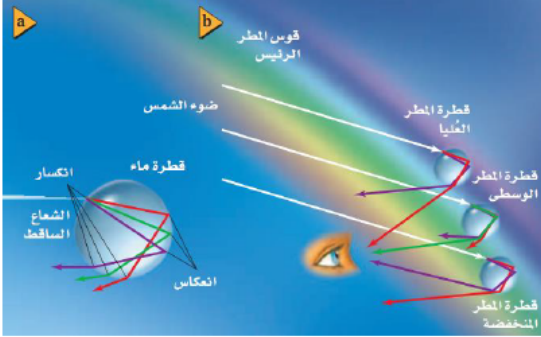


علل : اللون (الضوء) البنفسجي هو أكثر ألوان الطيف انكسارا بينما اللون الأحمر هو الأقل عند تفريق الضوء الأبيض في المنشور الزجاجي. ج: لأن (سرعة الضوء البنفسجي هي الأقل خلال الزجاج) أو (لأن تردد الضوء البنفسجي هو الأكبر بين ألوان الطيف) أو (لأن الطول الموجي للضوء البنفسجي هو الأقل بين ألوان الطيف)

■ قوس المطر (قوس قزح):

س: كيف يتشكل قوس المطر ؟

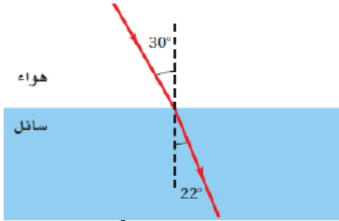
- 1- عند سقوط ضوء الشمس على قطرات المطر، ينكسر كل لون بزاوية انكسار مختلفة، نظرا لاختلاف أطوالها الموجي أو تردداتها.
- 2- يحدث انعكاس كلي داخلي لجزء من الضوء المنكسر على السطح الخلفي للقطرة.
- 3- عند خروج الضوء من القطرة يحدث انكسار آخر، لذا يزداد التفريق فينتج طيفا كاملا من كل قطرة مطر.
- 4- يرى المراقب لونا واحدا فقط (طول موجي واحد) من كل قطرة بسبب المواقع النسبية للشمس والقطرة والمراقب.
- 5- نظرا لوجود الكثير من القطرات يظهر للناظر طيفا كاملا يصل للعين في صورة قوس قزح وذلك بسبب الضباب.



علل لما يأتي :

- 1- ظهور قوس مطر ثان بجانب الأول وبألوان باهتة ومعكوسة الترتيب.
ج: بسبب انعكاس أشعة الضوء مرتين داخل قطرة الماء (انعكاس كلي داخلي).
- 2- يصل المراقب لقوس المطر لونا واحدا فقط من كل قطرة مطر على الرغم من إنتاجها للطيف كاملا.
ج: بسبب المواقع النسبية للشمس والقطرة والمراقب.

تدريبات متنوعة على الانكسار وقانون سنل



تدريب 1: ينتقل شعاع ضوء من الهواء إلى سائل ما كما بالشكل حيث يسقط الشعاع على السائل بزاوية 30 وينكسر بزاوية 22. احسب معامل انكسار السائل باستخدام قانون سنل .

.....

.....

.....

تدريب 2: يسقط شعاع ضوئي على زجاج مسطح لأحد جوانب حوض سمك بزاوية مقدارها 40 بالنسبة للعمود المقام فإذا علمت أن معامل انكسار الزجاج 1.5 احسب :

- 1- زاوية انكسار الضوء في الزجاج .
- 2- زاوية انكسار الضوء في الماء .

.....

.....

.....

.....

تدريب 3: سقط ضوء طوله لموجي 650nm على قطعة من الكوارتز التي لها معامل انكسار $n=1.458$ احسب :

- 1- سرعة الضوء في الكوارتز
- 2- الطول الموجي للضوء في الكوارتز
- 3- تردد الضوء في تلك المادة

.....

.....

.....

.....

تدريب 4: إذا كانت سرعة الضوء في البلاستيك الشفاف 1.9×10^8 m/s وسقط شعاع ضوء على البلاستيك بزاوية 22 فما الزاوية التي ينكسر بها الشعاع ؟

.....

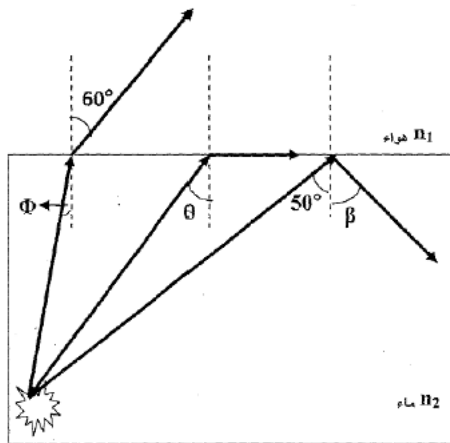
.....

.....

تدريب 11: يمثل الشكل أدناه أشعة ضوئية صادرة عن مصدر مضيء موجود في الماء ، إذا علمت أن معامل انكسار الضوء في الماء n_2 ،

احسب ما يلي:

1- معامل انكسار الضوء في الماء ، إذا كانت قيمة الزاوية $\theta = 48.75^\circ$



2- قيمة الزاوية β

3- قيمة الزاوية Φ

4- سرعة موجات الضوء في الماء.

تدريب 12: إذا كانت الزاوية الحرجة بين نوع معين من الزجاج والهواء تساوي 41° ، فاحسب:

1- معامل انكسار هذا النوع من الزجاج.

2- الزاوية الحرجة إذا غمر هذا الزجاج في الماء . علما بأن معامل انكسار الماء 1.33

تدريب 13: علل لما يلي:

1- رؤية صورة الشمس فوق الأفق تماما على الرغم أنها قد غابت فعلا.

ج: بسبب انكسار أشعة الضوء في الغلاف الجوي.

2- على الرغم من انكسار ضوء الشمس أثناء مروره في الغلاف الجوي ، إلا أنه لا يتحلل إلى طيف.

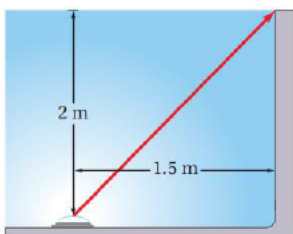
ج: لأن سرعة الألوان المختلفة للضوء في الهواء متساوية.

3- لا تستطيع رؤية قوس المطر في السماء جنوبا إذا كنت في نصف الكرة الشمالي.

ج: لأن قوس المطر لا يمكن رؤيته إلا إذا سقطت أشعة الضوء من خلفك بزاوية لا تتعدى 42° مع الأفق ، وهذا ما لا يمكن حصوله عندما تنظر جنوبا من موقعك في نصف الكرة الشمالي.

تدريب 14: وضع مصدر ضوء في قاع حوض سباحة على عمق 2m من سطح الماء ويبعد عن طرف الحوض 1.5m ، كما بالشكل ، وكان الحوض

مملوءا بالماء إلى قمته. علما بأن معامل انكسار الماء 1.33



1- احسب الزاوية التي يصل فيها الضوء طرف المسبح خارجا من الماء.

2- هل تؤدي رؤية الضوء بهذه الزاوية بظهوره على بعد أعمق أم أقل عمقا مما هو عليه بالواقع.