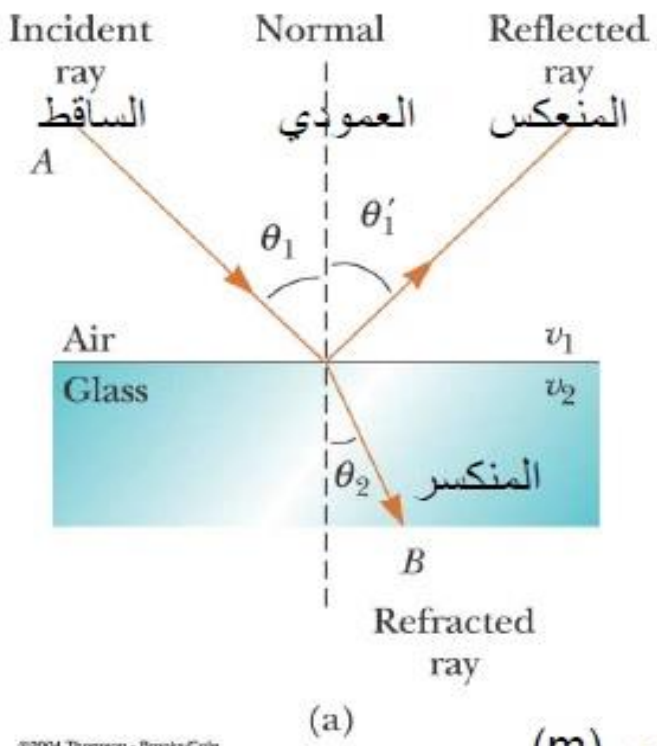
انكسار الضوء Refraction of light

٨-١ المقدمة:

انكسار الضوء؛ هي ظاهرة انحراف الضوء عن مساره عند انتقاله بين وسطين يسمحان بالضوء ويختلفان في الكثافة الضوئية (مثل الزجاج و الهواء أو الزجاج والماء). ويحدث الانكسار نتيجة اختلاف سرعة الضوء فى الوسطين

سرعة الضوء في الهواء $c = 3 \times 10^8$ m/s



٨-٢ معامل الانكسار:

- تنتقل جميع الموجات الكهرومغناطيسية باختلاف اطولها الموجية في الفراغ او الهواء بنفس السرعة ولكنها تختلف في الاوساط (المواد) الأخرى وكذلك يختلف طولها الموجي بينما يظل التردد ثابت لا يتغير.

$$\because V \alpha \lambda \qquad \therefore V = f \lambda$$

V سرعة الضوء (m/s) ، f التردد (Hz) (هيرتز)، λ الطول الموجي (m)

انكسار الضوء Refraction of light

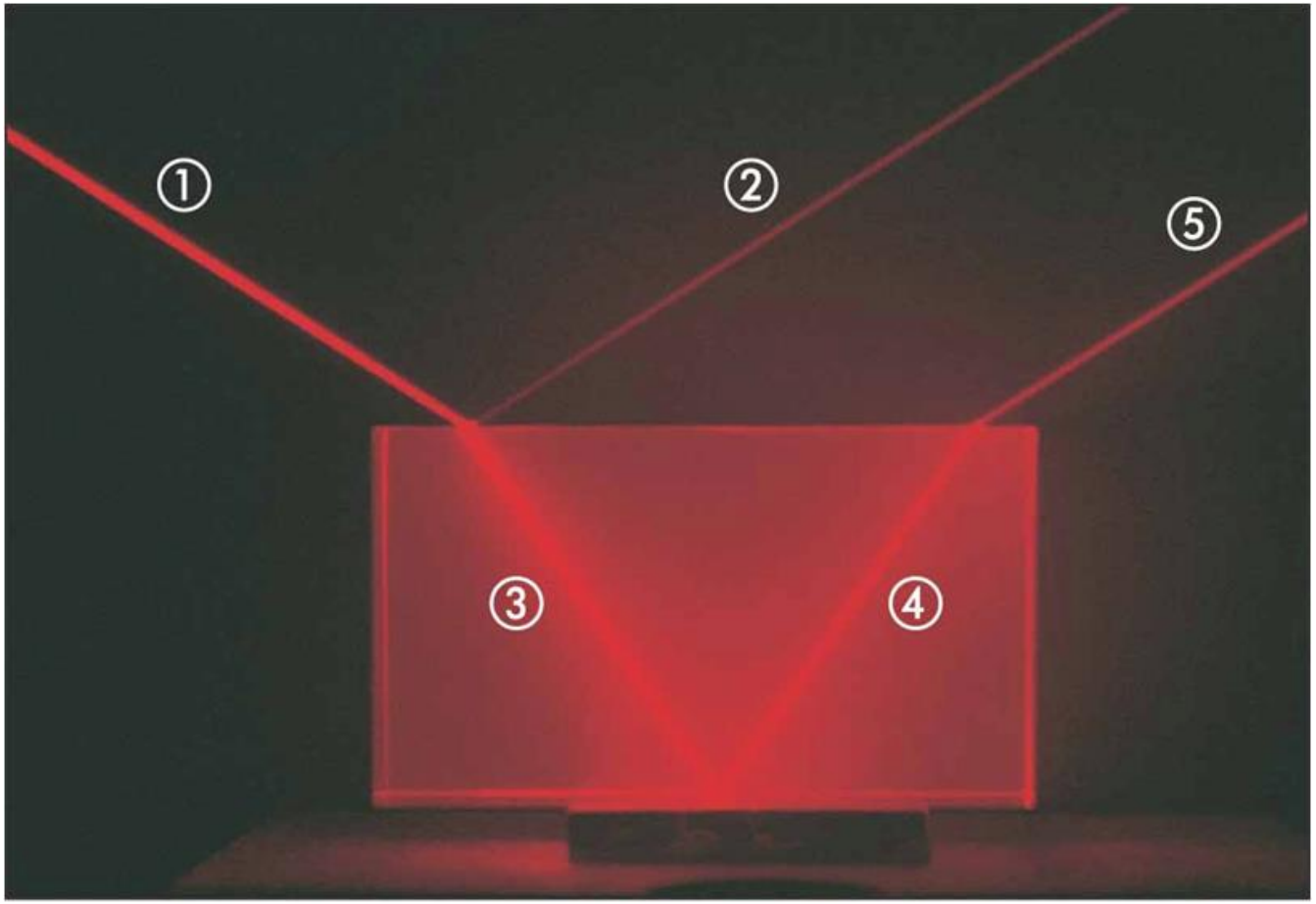
معامل الانكسار

هي نسبة سرعة الضوء في الفراغ إلى سرعته في المادة وهي دائما أكبر من واحد (تساوي 1 في الفراغ)

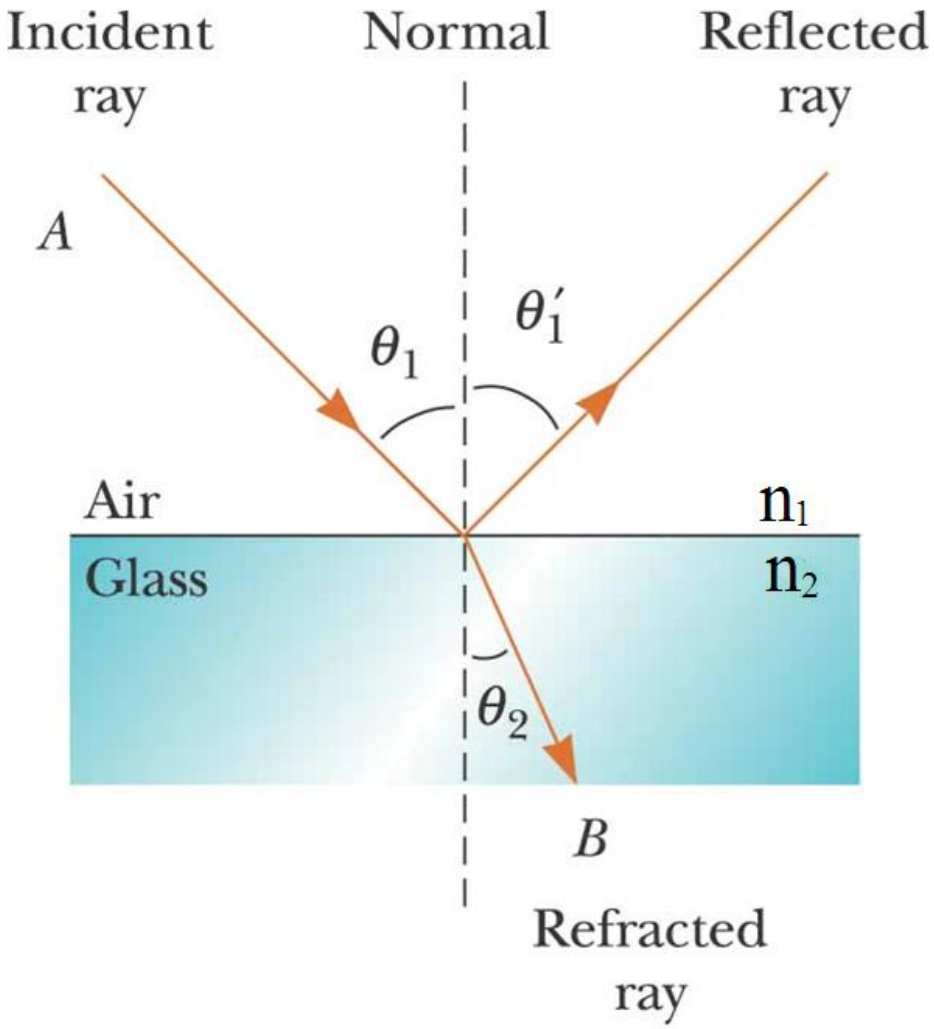
$$n = \frac{c}{v} \quad \cdots\cdots(1) \qquad \text{always} \quad n \geq 1$$

الوسط الذي معامل انكساره كبير يقال عنه أكثف ضوئيا

Refraction of light انكسار الضوء



Refraction of light انكسار الضوء

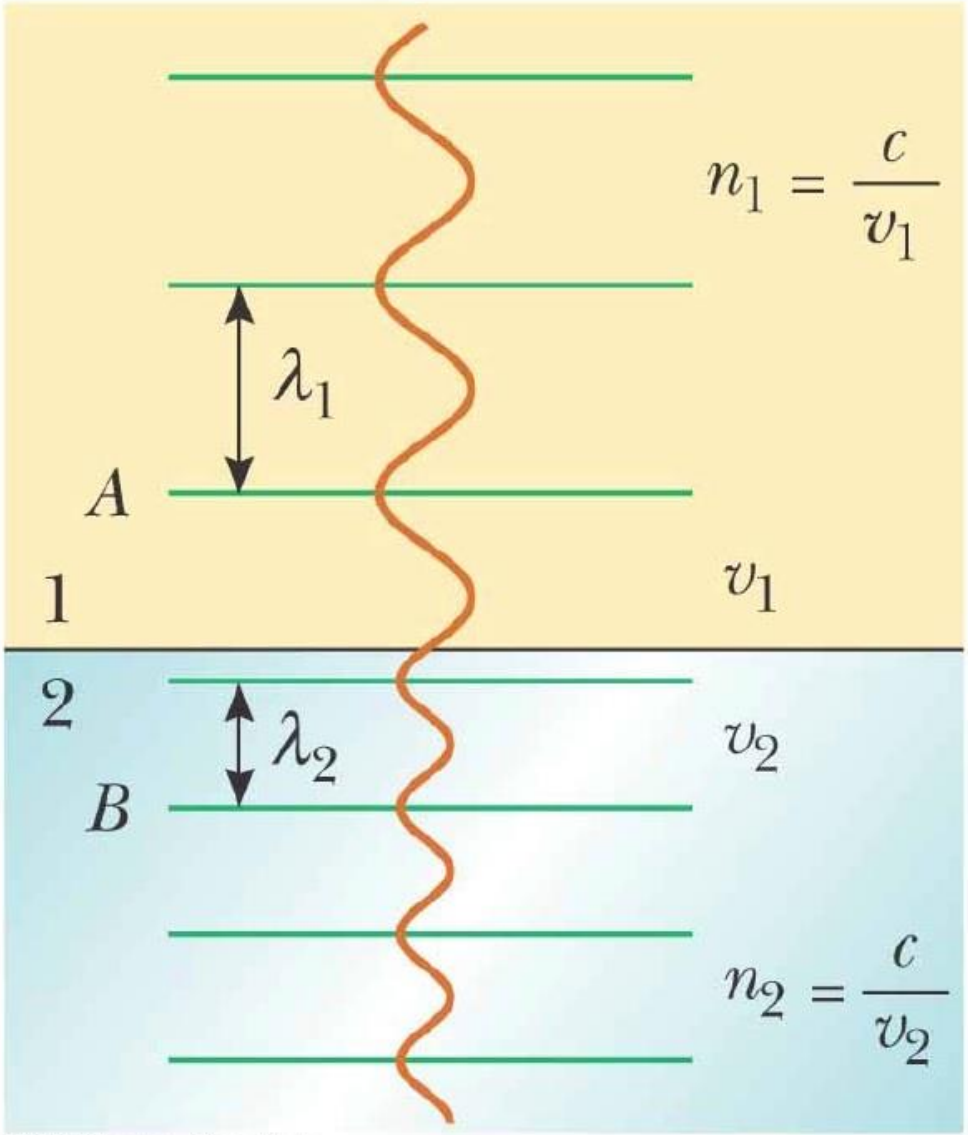


قانون الانكسار

الشعاع الساقط والشعاع المنكسر والعامود على السطح عند نقطة السقوط تقع جميعها في مستوى واحد، وزاويتا السقوط والانكسار والوسطان تربطهم العلاقة (قانون سنل Snell):

$$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{n_1}{n_2} \quad \ldots\ldots(2)$$

Refraction of light انكسار الضوء



©2004 Thomson - Brooks/Cole

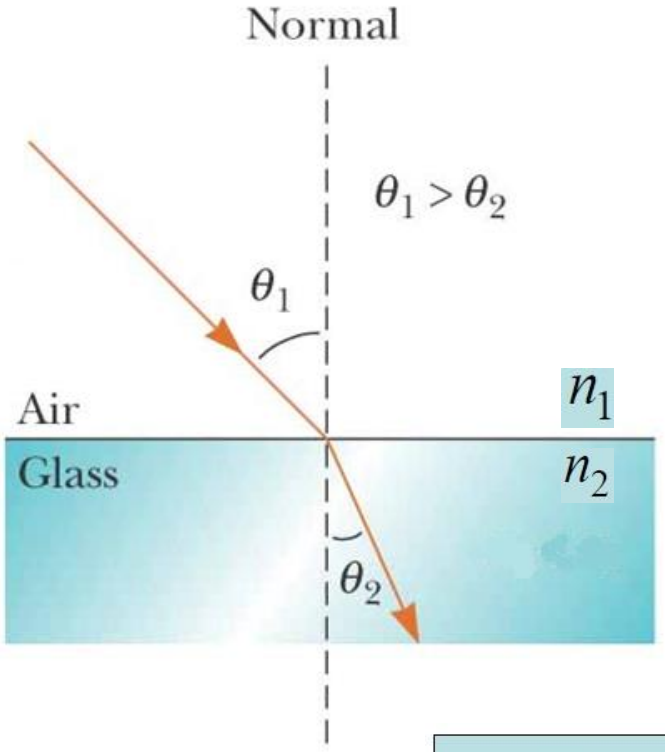
-عند انتقال الضوء بين وسطين كثافتهما الضوئية مختلفة أي ان معامل الانكسار لكل وسط مختلف عن الآخر فان سرعة الضوء والطول الموجي يتغيرا بينما التردد يظل ثابتا.

- كام هو موضح بالرسم؛ عند انتقال الضوء من الوسط الأول إلى الوسط الثاني فأن الطول الموجي (λ) يتغير بينما يظل التردد (f) ثابتا، علما بان سرعة الضوء في الوسط الأول اكبر من سرعتة في الوسط الثاني.

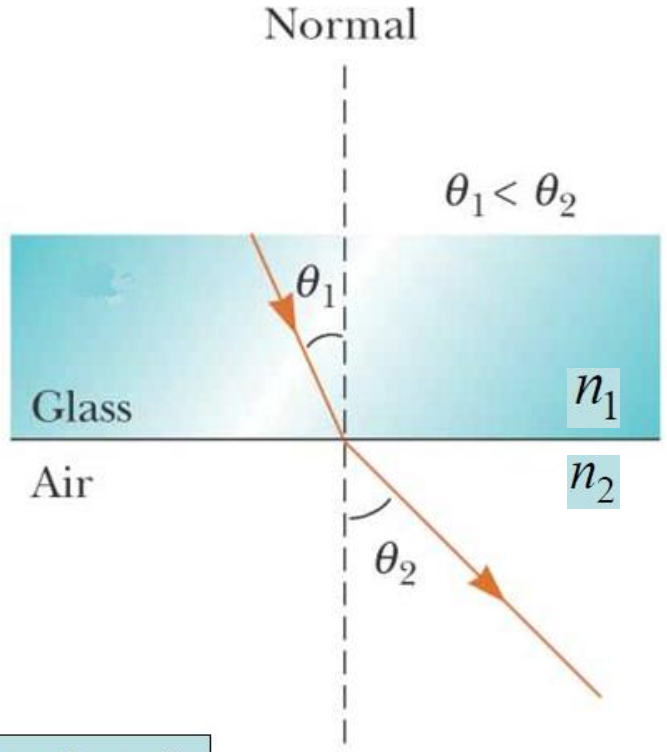
Refraction of light انكسار الضوء

تغير قيمة زاوية الانكسارحسب سرعة الضوء في الوسطين:

(a): $n_1<n_2$ therefore $\theta_1>\theta_2$



(b): $n_1>n_2$ therefore $\theta_1<\theta_2$



$$n_1 \prec n_2 \rightarrow V_1 \succ V_2 \Rightarrow \theta_1 \succ \theta_2$$

$$n_1 \succ n_2 \rightarrow V_1 \prec V_2 \Rightarrow \theta_1 \prec \theta_2$$

انكسار الضوء Refraction of light

من العلاقتين (1) و (2) نحصل على:

$$n_1 = \frac{c}{v_1} \quad \text{and} \quad n_2 = \frac{c}{v_2}$$

$$\therefore \frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

يبقى تردد الضوء f ثابتا عند انتقاله في وسطين مختلفين بينما يتغير طوله الموجي λ وسرعته v:

$$\because v = f\ \lambda$$

$$\therefore \frac{n_1}{n_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

Refraction of light انكسار الضوء

إذا يمكن كتابة قانون سنل بالصيغ التالية:

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

انكسار الضوء Refraction of light

- عند انتقال الضوء بين وسطين كثافتهما الضوئية مختلفة أي ان معامل الانكسار لكل وسط مختلف عن الآخر فان سرعة الضوء والطول الموجي يتغيرا بينما التردد يظل ثابتا.

$$\therefore V = f\lambda \quad \& \quad n = \frac{C}{V} \quad \Rightarrow \quad \therefore \frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\therefore n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

اكثر الصيغ شيوعا

$$\therefore n_1 \lambda_1 = n_2 \lambda_2$$

$$\because n_1 = 1 \ \& \ n_2 = n \quad \Rightarrow \therefore n = \frac{\lambda_0}{\lambda}$$

اذا انتقل اضوء من الهواء إلى وسط أخر

Refraction of light انكسار الضوء

مثال 1

- إذا كان طول موجة شعاع ليزر هليوم-نيون He-Ne هو 632.8nm فما هو التردد له، وكم هو الطول الموجي في زجاج معامل انكساره 1.5 ؟

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{3x10^{8}\,m/sec}{632.8x10^{-9}\,m} = 4.74x10^{14}\,Hz$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

$$\frac{1}{1.5} = \frac{\lambda_2}{632.8} \Rightarrow \lambda_2 = 421.9\,nm$$

انكسار الضوء Refraction of light

سؤال ١ ص ٣٢٣: احسب تردد شعاع ليزر طوله الموجي 632.8 nm، ثم احسب طوله الموجي في الزجاج الذي معامل انكساره 1.5؟

$$C = f\lambda \rightarrow f = \frac{C}{\lambda} = \frac{3X10^{8}}{632.8X10^{-9}} = \quad Hz$$

$$n_1\lambda_1 = n_2\lambda_2 \rightarrow 1X632.8X10^{-9} = 1.5X\lambda_2$$

$$\lambda_2 = \frac{632.8X10^{-9}}{1.5} = \quad m$$

انكسار الضوء Refraction of light

سؤال ٢، ص ٣٢٣: شعاع ضوئي تردده بالهواء $3.83X10^{14}$ Hz، سقط على سطح الماء (n=1.333) بزاوية سقوط 35° ؛ احسب زاوية الانكسار؟ والطول الموجي للضوء في الماء؟

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}(\sin 35 X 1/1.33) = \quad ^o$$

$$n_1\lambda_1 = n_2\lambda_2 \Rightarrow \lambda_2 = \frac{n_1\lambda_1}{n_2} = \frac{1X(3X10^8/3.83X10^{14})}{1.333} = \quad m$$

انكسار الضوء Refraction of light

4) عبر ضوء طوله الموجي 589 nm خلال قطعة كوارتز معامل انكسارها 1.5 احسب:

أ) سرعة الضوء.

ب) طوله الموجي.

ج) تردده.

وذلك داخل قطعة الكوارتز

انكسار الضوء Refraction of light

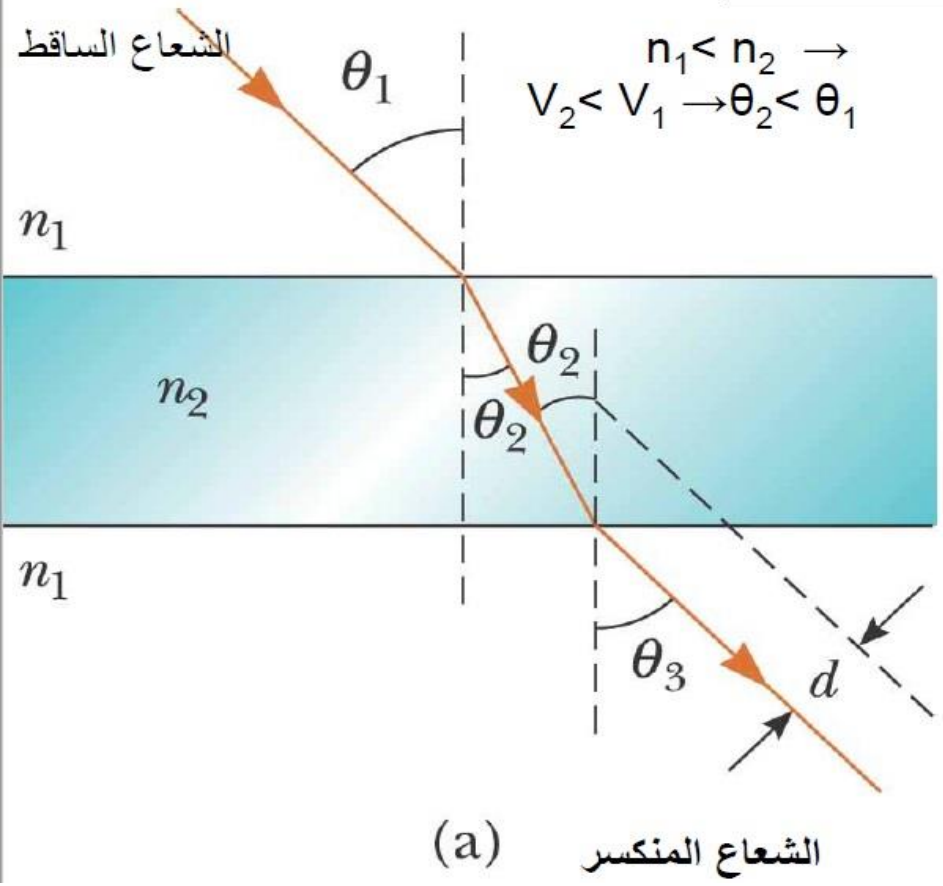
5) عبر ضوء طوله الموجي 436 nm في الهواء خلال حوض ماء (n=1.33) ثم خرج خلال جدار الحوض الزجاجي (n=1.52) فكم الطول المجي لذلك الضوء في:

أ) الماء ب) الزجاج

انكسار الضوء Refraction of light

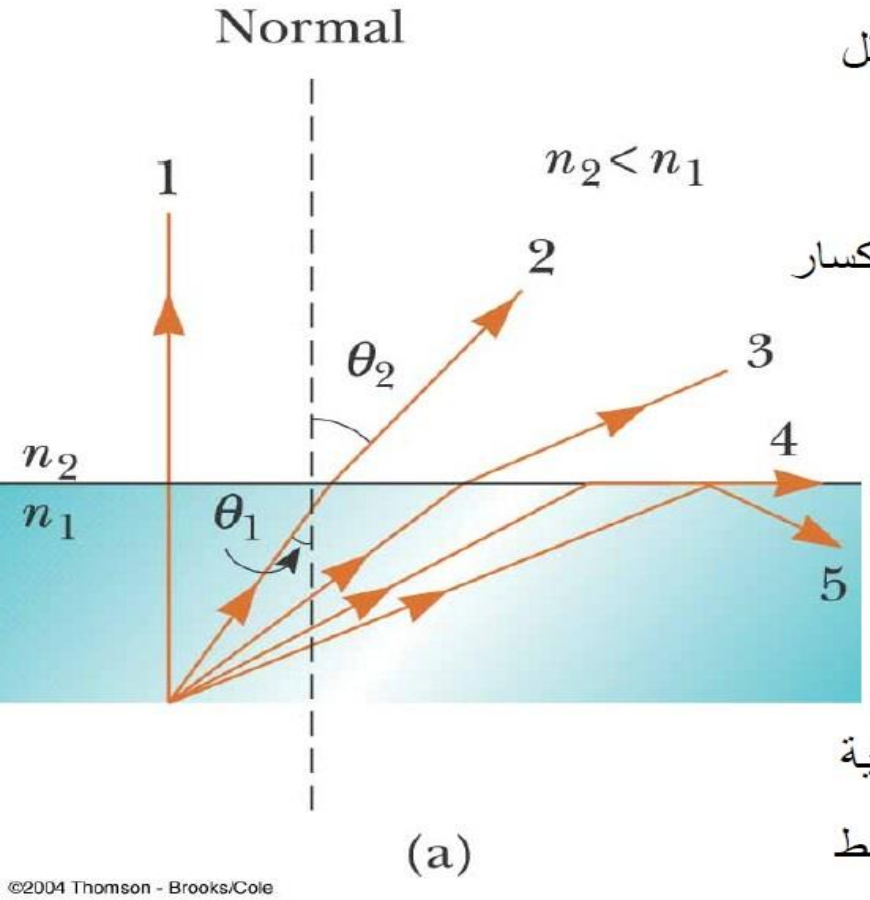
٦-٨ الانكسار خلال متوازي مستيطلات:

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2 \;\&\; n_2 \sin\theta_2 = n_1 \sin\theta_3$$
$$n_1 \sin\theta_1 = n_1 \sin\theta_3 \Rightarrow \theta_1 = \theta_3$$



- الشعاع النافذ خلال متوازي مستطيلات إلى الوسط المحيط يوازي الشعاع الساقط علية،
- زاوية السقوط توازي زاوية الخروج،
- الشعاع النافذ يوازي الشعاع الساقط ولكنة مزاح عنه افقيا.

Refraction of light انكسار الضوء



©2004 Thomson - Brooks/Cole

٧-٨ الانعكاس الكلي الداخلي والزاوية الحرجة

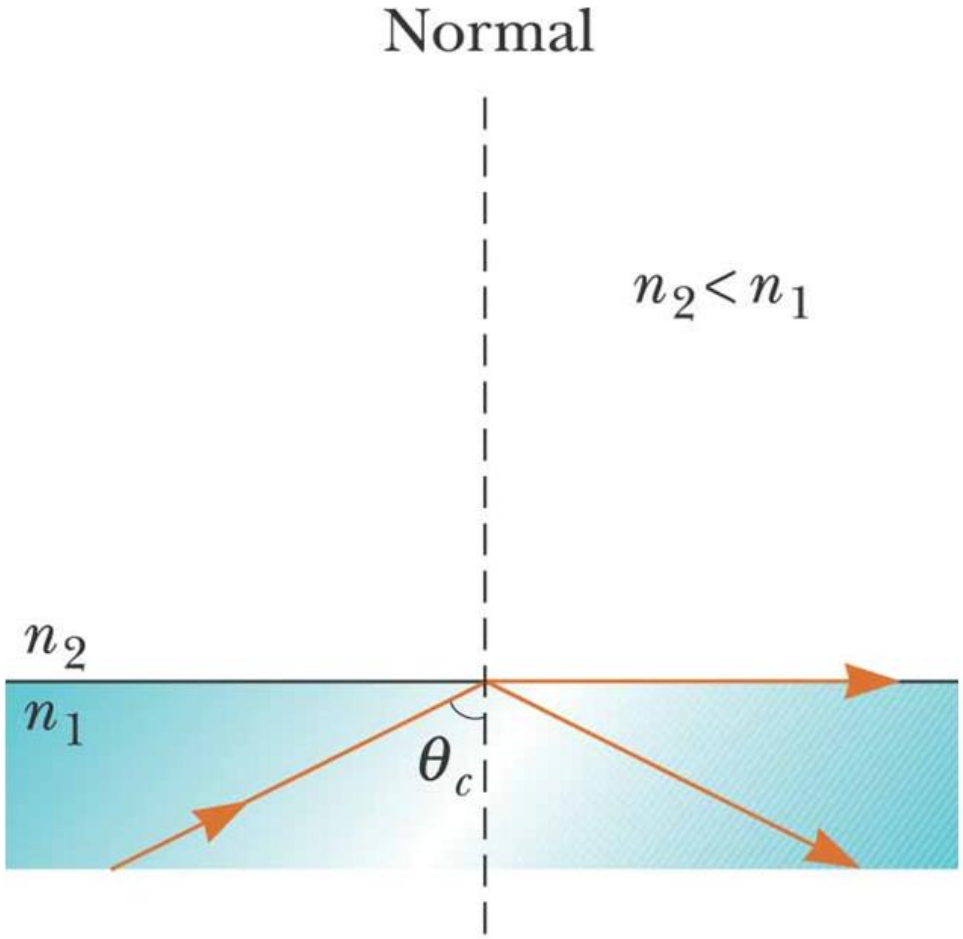
- عندما يكون معامل انكسار الوسط الأول (n_1) اكبر من معامل انكسار الوسط الثاني (n_2) فأن زاوية السقوط (θ_1) تكون أقل من زاوية الانكسار (θ_2).

- ***الزاوية الحرجة***: هى زاوية السقوط لشعاع يقابلها زاوية انكسار تساوي 90° حيث $n_1 > n_2$،

- زاوية السقوط θ_1 تساوي الزاوية لحرجة θ_c عندما ينعكس الشعاع ويكون موازيا للسطح الفاصل بين الوسطين حيث $n_1 > n_2$

- ***الانعكاس الكلي***: عندما تكون زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة $\theta_1 > \theta_c$ فأن الشعاع الساقط ينعكس كليا داخل الوسط الأول (لا يمر للوسط الثاني) وبدون حدوث أي نقصان في شدته، ويسمى ذلك انعكاسا كليا.

Refraction of light انكسار الضوء



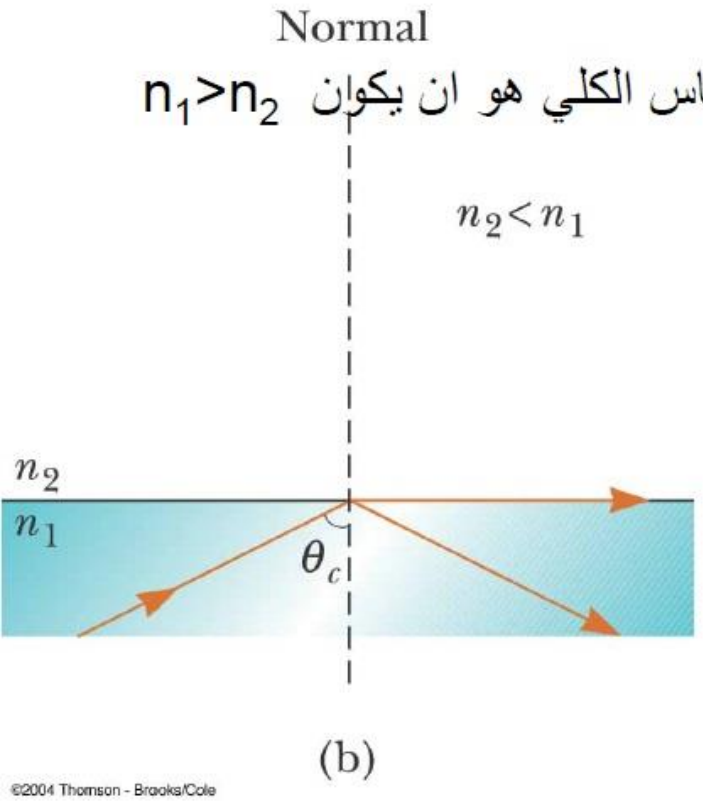
الزاوية الحرجة

الزاوية الحرجة Critical angle θ_c هي زاوية السقوط التي تعطي زاوية انكسار قدرها 90 درجة في الوسط الآخر الذي له معامل انكسار أقل.

جميع طاقة الضوء الساقط تنعكس عند هذه الزاوية.

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

Refraction of light انكسار الضوء



- شرط حدوث الانعكاس الكلي هو ان يكون $n_1 > n_2$

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$\theta_1 = \theta_c \quad \& \quad \theta_2 = 90$$

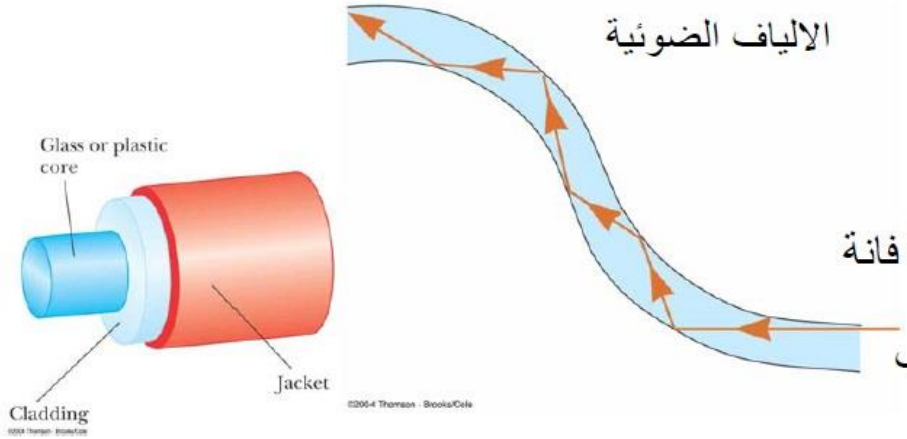
$$n_1 \sin\theta_c = n_2 \sin 90$$

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

سؤال ٦ ص ٣٢٤: اوجد الزاوية الحرجه لشعاع مار من الزجاج (n=1.52)إلى الماء(n=1.33) ؟

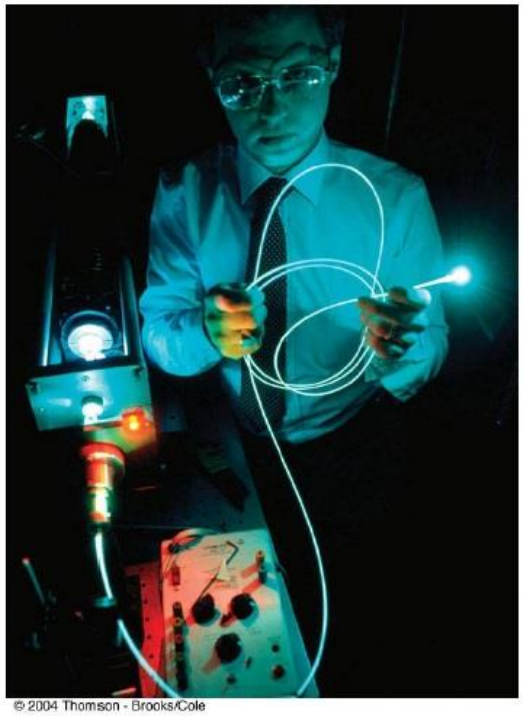
$$\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1} \rightarrow \theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{1.33}{1.52}\right) = 61^0$$

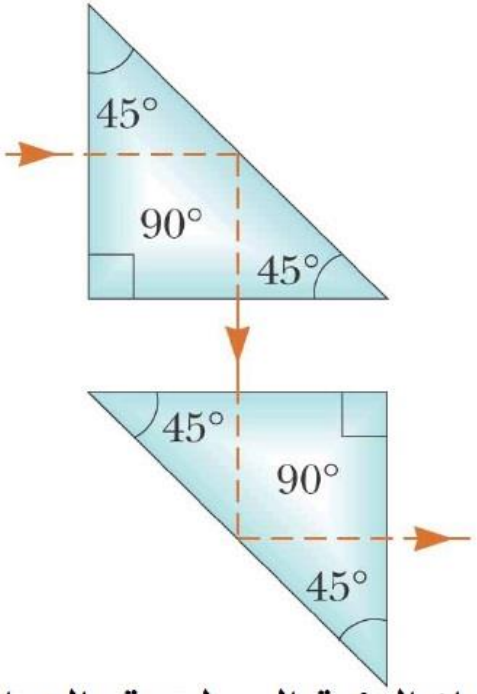
انكسار الضوء Refraction of light



-<u>التطبيقات:</u> * الألياف الضوئية؛

عند سقوط الضوء بزاوية اكبر من الزاوية الحرجة فانة ينعكس كليا دون اي نقصان بشدته، وتستخدم بالطب (المناظير) وكذلك بالاتصالات وغيرها.





جهاز الرؤية السطحية بالغواصات

Refraction of light انكسار الضوء

7) إذا كان معامل انكسار الالماس هو 2.42 فما هي الزاوية الحرجة للضوء عندما ينتقل من الالماس إلى الهواء.

$n_a = 1$, $n_d = 2.42$

$$\theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{n_a}{n_d}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{1}{2.42}\right) = 24.4^o$$

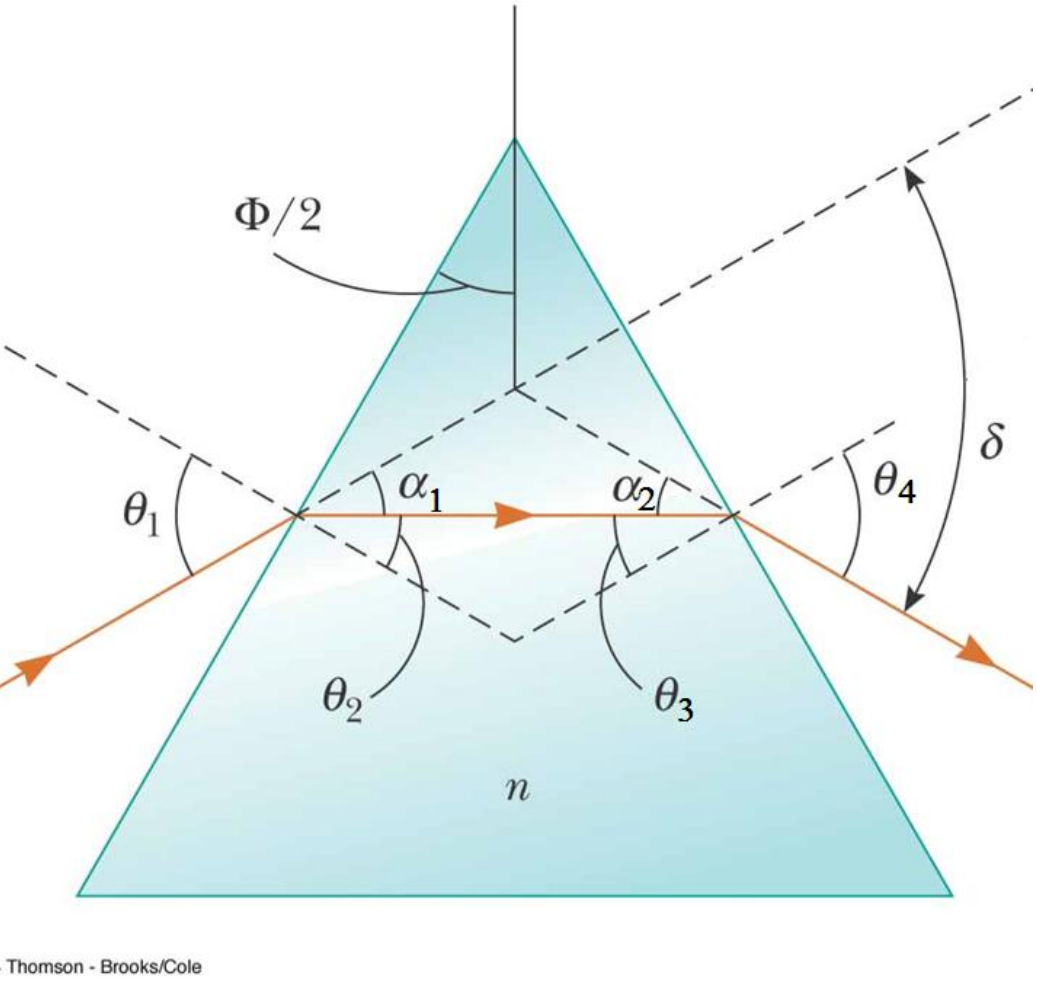
انكسار الضوء Refraction of light

8) احسب الزاوية الحرجة للمواد التالية إذا كانت محاطة بالهواء: أ) الكوارتز (معامل انكساره 1.458)، ب) زجاج الفلنت (معامل انكساره 1.66)، ج) الثلج (معامل انكساره 1.309).

انكسار الضوء Refraction of light

9) يبعث جسم مضيء في قاع بركة ماء عمقها 150 cm أشعة ضوئية في جميع الجهات، تكونت دائرة ضوئية على سطح الماء بسبب الانعكاس الداخلي والانكسار للاشعة في الهواء، احسب نصف قطر تلك الدائرة (معامل انكسار الماء 1.33).

Refraction of light انكسار الضوء



انكسار الضوء خلال الموشور

من الشكل:

$$\because \theta_1 = \theta_2 + \alpha_1 \;\&\; \theta_4 = \theta_3 + \alpha_2$$

$$\therefore \alpha_1 = \theta_1 - \theta_2 \;\&\; \alpha_2 = \theta_4 - \theta_3$$

$$\because \delta = \alpha_1 + \alpha_2$$

$$\therefore \delta = (\theta_1 - \theta_2) + (\theta_4 - \theta_3)$$

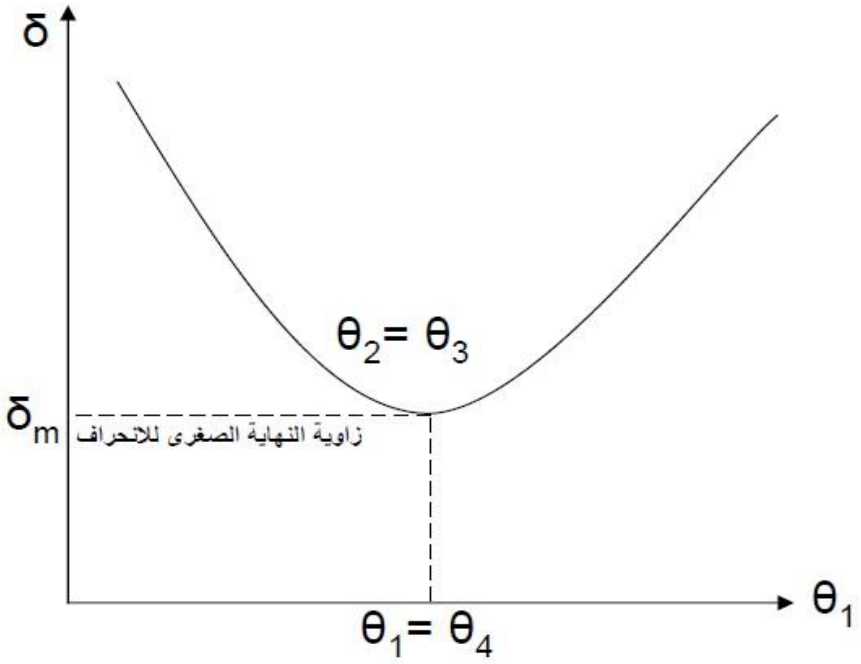
$$\text{or } \delta = (\theta_1 + \theta_4) - (\theta_2 + \theta_3)$$

$$\phi = \theta_2 + \theta_3$$

$$\therefore \delta + \phi = \theta_1 + \theta_4$$

الزاوية الخارجية في المثلث تساوي مجموع مجموع الزاويتين الداخليتين غير المجاورتين لها.

Refraction of light انكسار الضوء



- تعتمد زاوية الانحراف (δ) على زاوية السقوط (θ_1)، عندما يدار المنشور بانتظام في اتجاه واحد حول المحور مركزه نقطة سقوط الشعاع على السطح الاول للمنشور فان ذلك يؤدي غلى زيادة قيمة زاوية السقوط (θ1) تدريجيا وتناقص زاوية الانحراف ايضا تدريجيا حتى تصل إلى أقل قيمة لها التي تسمى بزاوية النهاية الصغرى للأنحراف (δ_m) وعندها تتساوى زاوية السقوط وزاوية الخروج من المنشور ($\theta_1 = \theta_4$) وكذلك $\theta_2 = \theta_3$

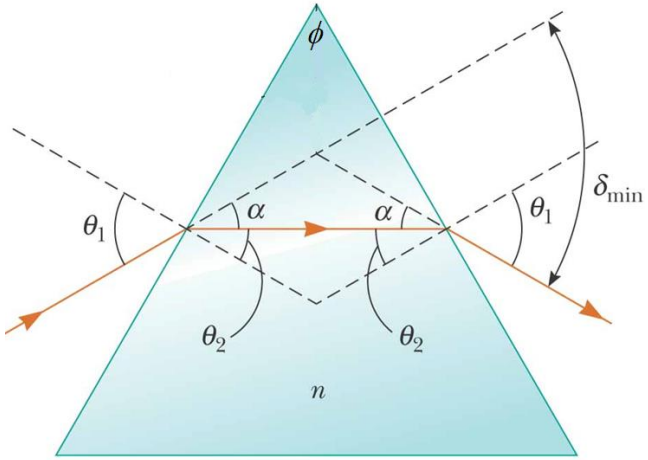
$$\because \delta_m = 2\theta_1 - 2\theta_2 \ \& \ \varphi = 2\theta_2$$
$$\therefore \delta_m + \varphi = 2\theta_1$$
$$\therefore \theta_1 = \frac{\delta_m + \varphi}{2} \ \& \ \theta_2 = \frac{\varphi}{2}$$

حيث Φ هي زاوية رأس المنشور

* معمل انكسار مادة المنشور n_P

$$n_p = \frac{\sin\left(\frac{\delta_m + \varphi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)}$$

Refraction of light انكسار الضوء



زاوية الانحراف الصغرى δ_m

في وضع الانحراف الأصغر فإن:

$$\theta_1 = \theta_4$$

$$\theta_2 = \theta_3 = \frac{\phi}{2}$$

ويكون الشعاع المنكسر داخل

لموشور يوازي قاعدة الموشور

$$\because \delta = (\theta_1 + \theta_4) - (\theta_2 + \theta_3)$$

$$\because \phi = \theta_2 + \theta_3 \quad for \theta_1 = \theta_2$$

$$\therefore \delta_m = 2\theta_1 - 2\theta_2 \;\&\; \varphi = 2\theta_2$$

$$\therefore \theta_1 = \frac{\delta_m + \varphi}{2} \;\&\; \theta_2 = \frac{\varphi}{2}$$

انكسار الضوء Refraction of light

من الممكن كتابة معامل الانكسار بدلالة زاوية الانحراف

الصغرى δ_m وزاوية رأس الموشور ϕ كالتالي:

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\delta_m + \phi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\phi}{2}\right)}$$

Refraction of light انكسار الضوء

سؤال ١١ ص ٣٢٥: أحسب معامل انكسار مادة منشور متساوي الزوايا اذا كانت زاوية النهاية الصغرى للانحراف له تساوي 38^0؟

$$n_p = \frac{\sin(\frac{\delta_m + \varphi}{2})}{\sin(\frac{\varphi}{2})} = \frac{\sin(\frac{38+60}{2})}{\sin(\frac{60}{2})} = \frac{\sin 49}{\sin 30} =$$

سؤال ١٠ ص ٣٢٥: مر شعاع ضوئي خلال منشور متساوي الزوايا من الزجاج (n=1.5)، فإذا كانت زاوية السقوط $\theta_1 = 30^0$ اوجد زاويا السقوط والانكسار على اسطح المنشور؟

$\varphi = 60$

للوجه الأول للمنشور

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

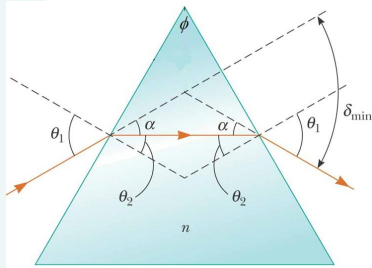
$$\sin\theta_2 = \frac{n_1}{n_2}\sin\theta_1 \Rightarrow \theta_2 = \sin^{-1}\frac{n_1}{n_2}\sin\theta_1$$

$$\varphi = \theta_2 + \theta_3 \Rightarrow \theta_3 = \varphi - \theta_2 =$$

للوجه الثاني للمنشور

$$n_2 \sin\theta_3 = n_1 \sin\theta_4$$

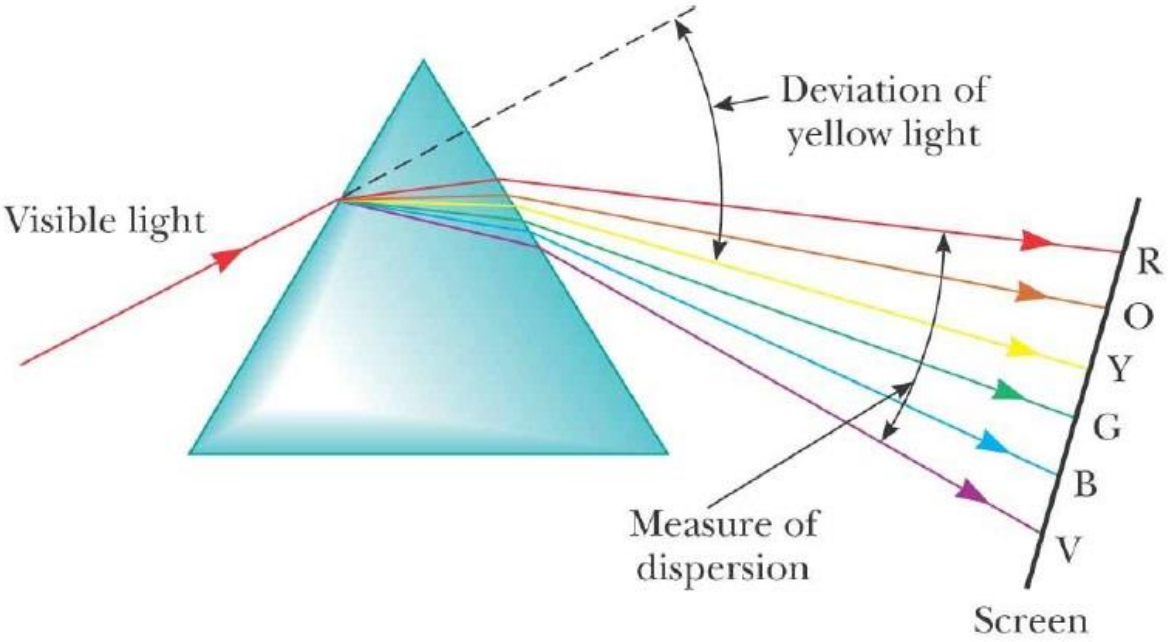
$$\sin\theta_4 = \frac{n_2}{n_1}\sin\theta_3 \Rightarrow \theta_4 = \sin^{-1}\frac{n_2}{n_1}\sin\theta_3$$



انكسار الضوء Refraction of light

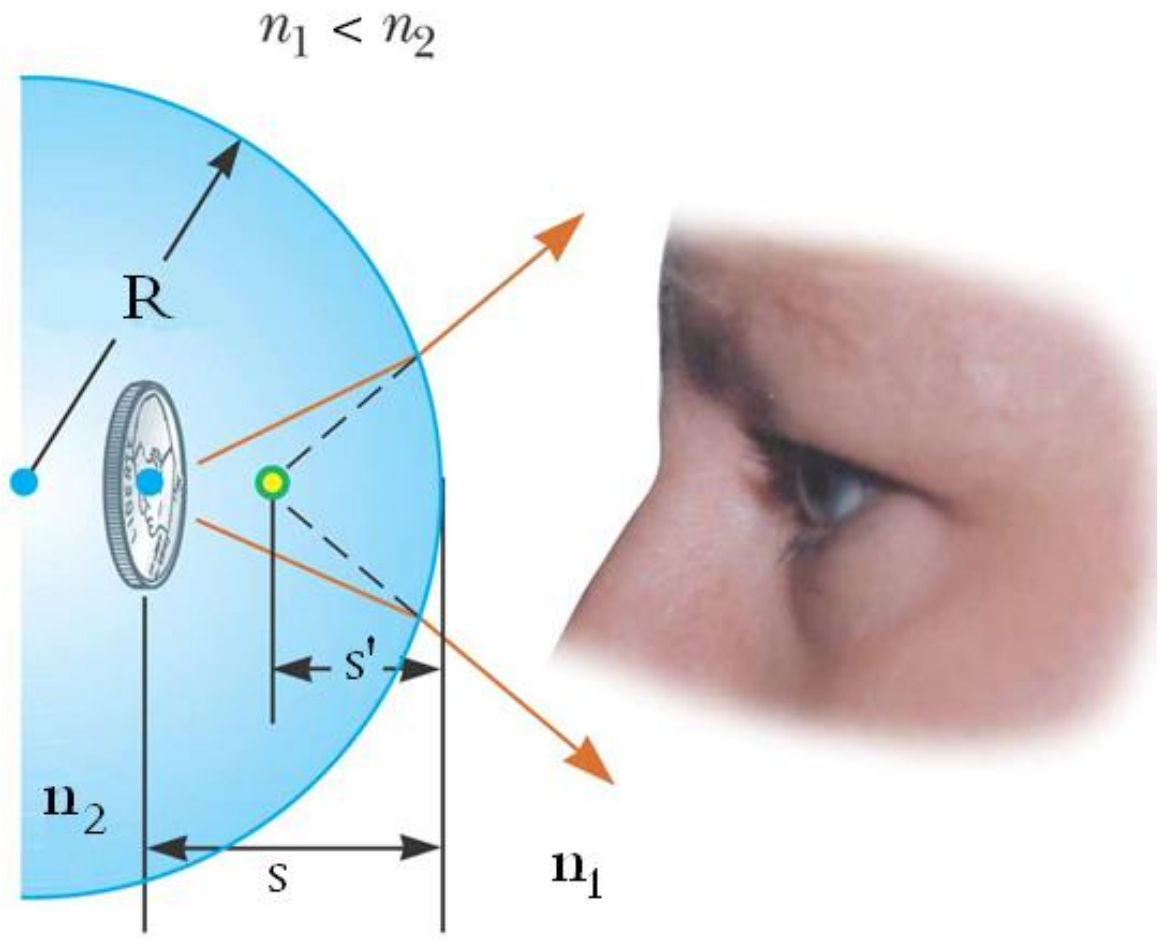
** تفريق الضوء خلال منشور:*

- عند سقوط اشعة الضوء ذات اللون الأبيض، الذي يتكون من ألوان مختلفة الطول الموجي (λ)، على منشور بزاوية سقوط (θ1) فأنه باختلاف الطول الموجي تختلف سرعة الضوء و تختلف معامل الانكسار لمادة المنشور لكل طول موجي ولذلك تختلف زاوية الانكسار على السطح الأول للمنشور وزاوية الخروج ويتم تفريق الضوء وظهور الألوان المكونة له منفصلة، كما هو موضح بالرسم.



Refraction of light انكسار الضوء

Light rays from a coin embedded in a plastic sphere form a virtual image between the surface of the object and the sphere surface. Because the object is inside the sphere, the front of the refracting surface is the *interior* of the sphere.



Refraction of light انكسار الضوء

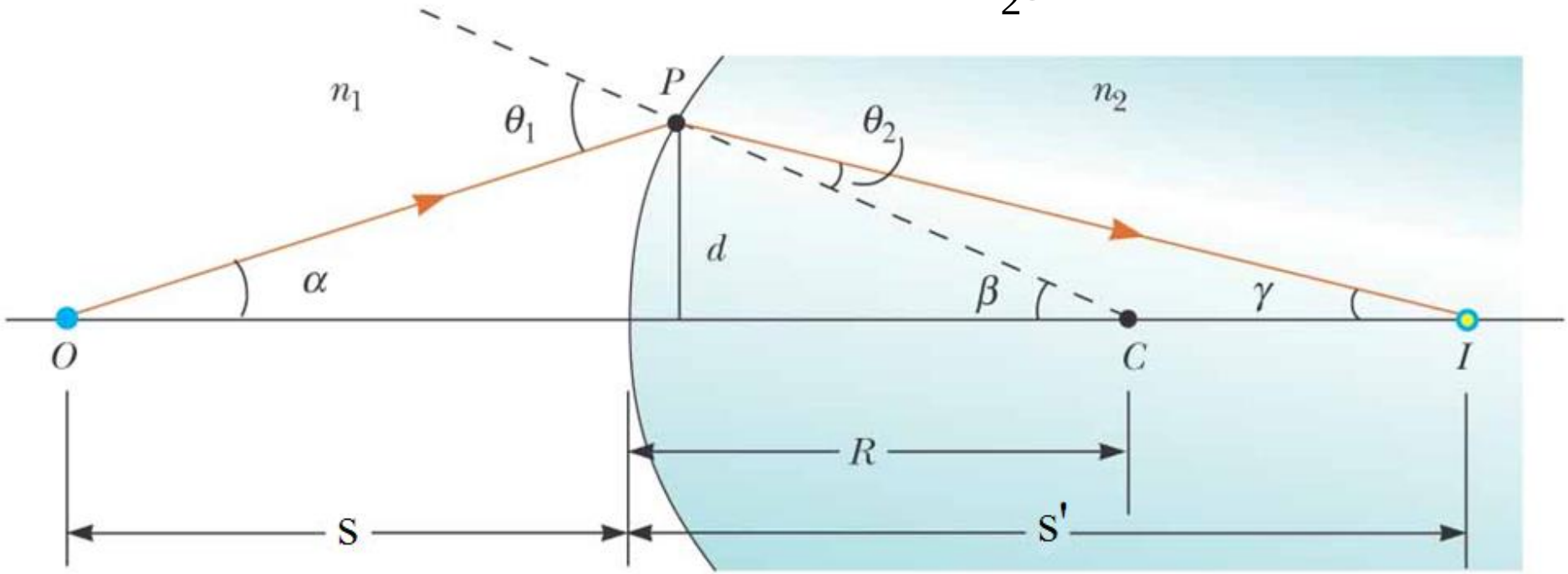
تكون الصور بواسطة الانكسار عند السطوح الكروية

العلاقة بين بعد الجسم s وبعد الصورة s’ ونصف قطر التكور R ومعاملي الانكسار يمكن كتابته بالعلاقة:

$$\frac{n_1}{s}+\frac{n_2}{s'}=\frac{(n_2-n_1)}{R}$$

وقانون التكبير يعطى بالعلاقة:

$$M=-\frac{n_1 s'}{n_2 s}$$



انكسار الضوء Refraction of light

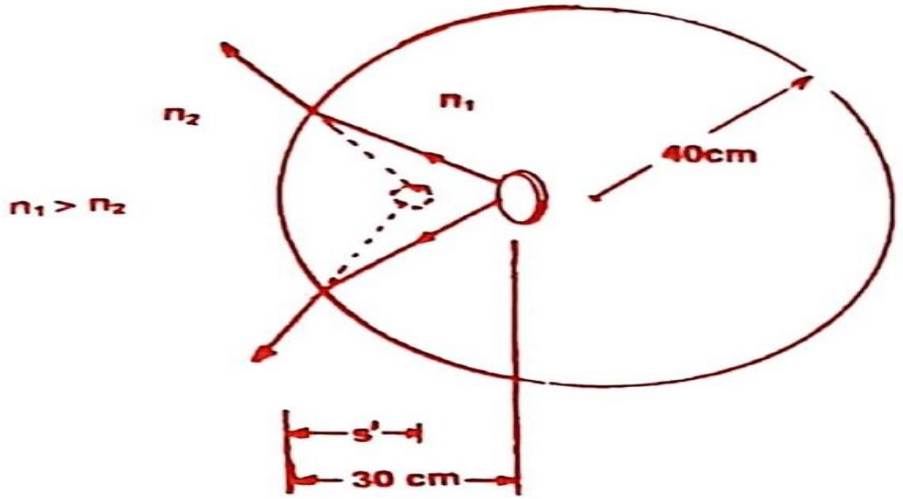
قاعدة الإشارات :

١- s موجبة إذا كان الجسم واقعاً أمام السطح الفاصل (جسم حقيقي) ، وتكون سالبة إذا كان الجسم واقعاً خلف السطح الفاصل (جسم خيالي) .

٢- s' موجبة إذا كانت الصورة واقعة خلف السطح الفاصل (صورة حقيقية) ، وتكون سالبة إذا كانت الصورة واقعة أمام السطح الفاصل (صورة خيالية) .

٣- R موجبة في حالة السطح المحدب بالنسبة للشعاع الساقط (أي أن مركز التكور خلف السطح الفاصل) ، وتكون سالبة في حالة السطح المقعر بالنسبة للشعاع الساقط (أي أن مركز التكور أمام السطح الفاصل) .

٤- إذا كانت M موجبة فالصورة معتدلة ، أما إذا كانت سالبة فالصورة مقلوبة .



شكل (٨–١٦) : تكون صورة العملة المعدنية المغمورة في كرة زجاجية خيالية وتقع بين العملة المعدنية وبين سطح الزجاج.

الحل :

$$n_1 = 1.5$$

$n_2 = 1$ للوسط المحيط (الهواء)

$$s = 30 \text{ cm}$$

$$R = -40 \text{ cm}$$

$$\because \frac{n_1}{s} + \frac{n_2}{s'} = \frac{(n_2 - n_1)}{R}$$

$$\frac{1.5}{30} + \frac{1}{s'} = \frac{1 - 1.5}{-40}$$

$$\therefore s' = -26.7 \text{ cm}$$

تبين إشارة السالب أن الصورة في نفس الوسط مع الجسم وأن الصورة خيالية.

انكسار الضوء Refraction of light

ب – لحساب قطر الصورة نستخدم قانون التكبير :

$$M = -\frac{n_1 s'}{n_2 s}$$

$$= \frac{-(1.5)(-26.7)}{(1)(30)}$$

$$= 1.335$$

$$\because M = \frac{h'}{h}$$

$$\frac{h'}{2\ cm} = 1.335$$

$$h' = 2\ cm \times 1.335 = 2.67\ cm$$

أي أن قطر الصورة يساوي 2.67 cm .

انكسار الضوء Refraction of light

16) منشور زجاجي زاوية رأسه 60^{o} ومعامل انكساره 1.5

أ) ما هي اقل قيمة لزاوية السقوط لشعاع يمكن ان ينفذ من الوجه الآخر؟

ب) كم قيمة زاوية السقوط التي عندها يخرج الشعاع بنفس قيمتها؟

انكسار الضوء Refraction of light

١٨ – معامل انكسار مادة منشور للطولين الموجيين البنفسجي والأحمر هما 1.66 و 1.62 على الترتيب ، احسب مقدار الاتساع الـــزاوي $\Delta\theta$ للضوء الأبيض خلال منشور زاوية رأسه 60° إذا كـــانت زاوية السقوط 50° .

٢٢- قضيب من الزجاج أحد طرفيه محدب الشكل ونصف قطر تكوره $R = 2\,cm$ وضع جسم أمام هذا الطرف على امتداد محور القضيب وعلى بعد $6\,cm$ منه . أحسب بعد الصورة المتكونة (أ) إذا كان القضيب في الهواء ، (ب) إذا كان مغمورا في الماء . واحسب التكبير في كل حالة ، معامل انكسار الزجاج 1.5 ومعامل انكسار الماء 1.33 .

انكسار الضوء Refraction of light

جامعة الملك سعود
كلية العلوم – قسم الفيزياء والفلك

اختبار قصير Quiz

1- عندما نقول لوسط بأنه كثيف ضوئيا فإننا نقصد أن:

أ) معامل انكساره صغير ب) معامل انكساره كبير جـ) تتغير خلاله سرعة الضوء د) الوسط شفاف

2- سقط شعاع ضوئي من الهواء على سطح سائل بزاوية سقوط قدرها 45^0 ، ثم انكسر من خلاله بزاوية انكسار قدرها 28^0، كم قيمة معامل انكسار هذا السائل:

أ) 1.506 ب) 0.664 جـ) 1.333 د) 1.361

3- إذا كانت سرعة الضوء في مادة معينة هي 0.80من سرعة الضوء في الفراغ، فإن معامل انكسار تلك المادة هو: أ) 0.80 ب) 1.25 جـ) 1.33 د) 1.5

4- عندما يسقط ضوء من وسط معامل انكساره n_1 على وسط آخر معامل انكساره n_2 ، فإن شرط الانعكاس الكلي الداخلي هو:

أ) $n_1 = n_2$ ب) $n_1 + n_2 = 1$ جـ) n_1 أكبر من n_2 د) n_1 أصغر من n_2

5- موشور متساوي الأضلاع ، سقط على أحد أوجهه شعاع بزاوية 40^0 ، فإذا كانت هذه الزاوية هي القيمة التي تحصل عندها الزاوية الصغرى للانحراف δ_m ، فتكون زاوية الخروج من الضلع الآخر للموشور:

أ) δ_m ب) 20^0 جـ) $40^0 + d_m$ د) 40^0