انكسار الضوء Refraction of light

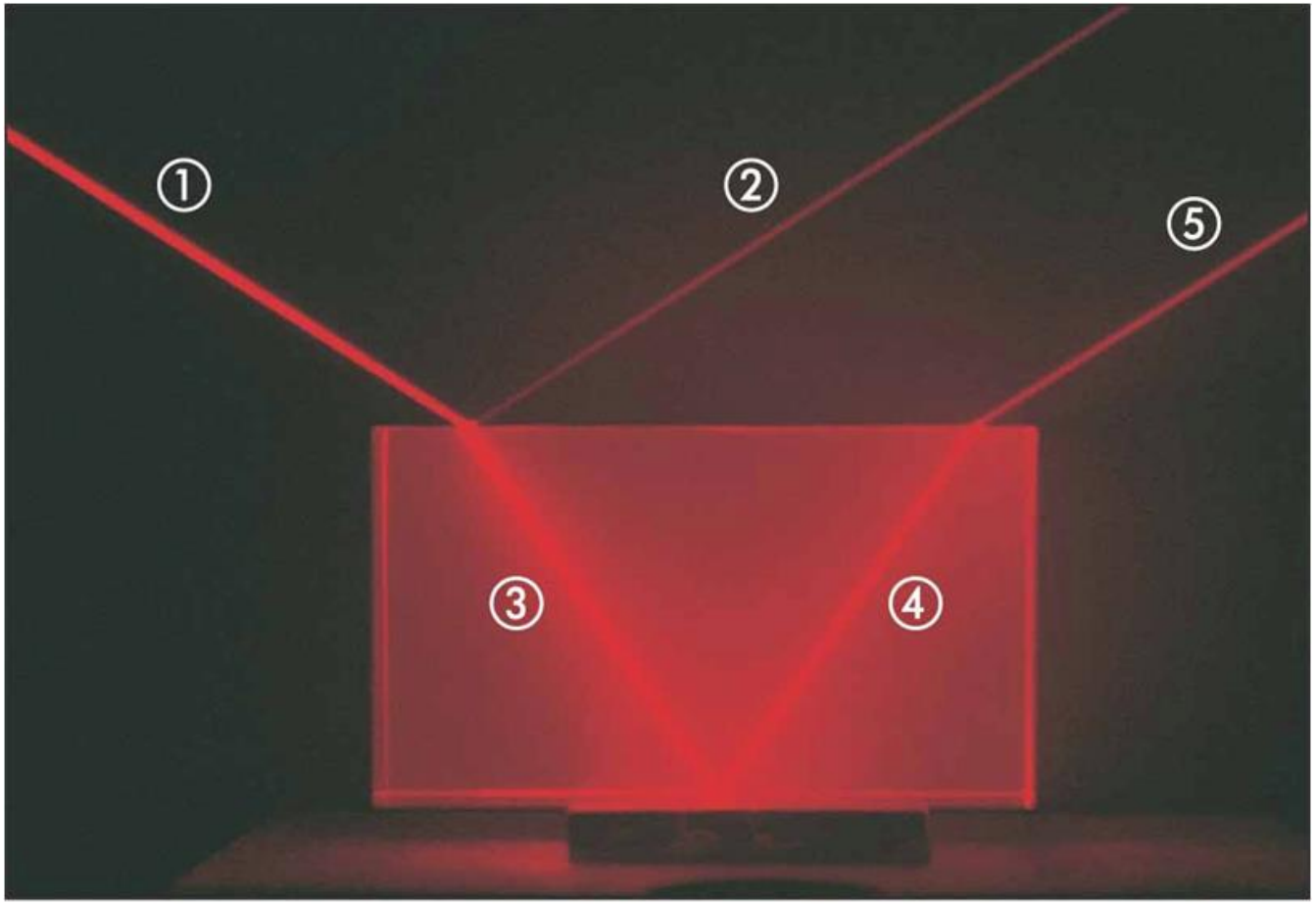
معامل الانكسار

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

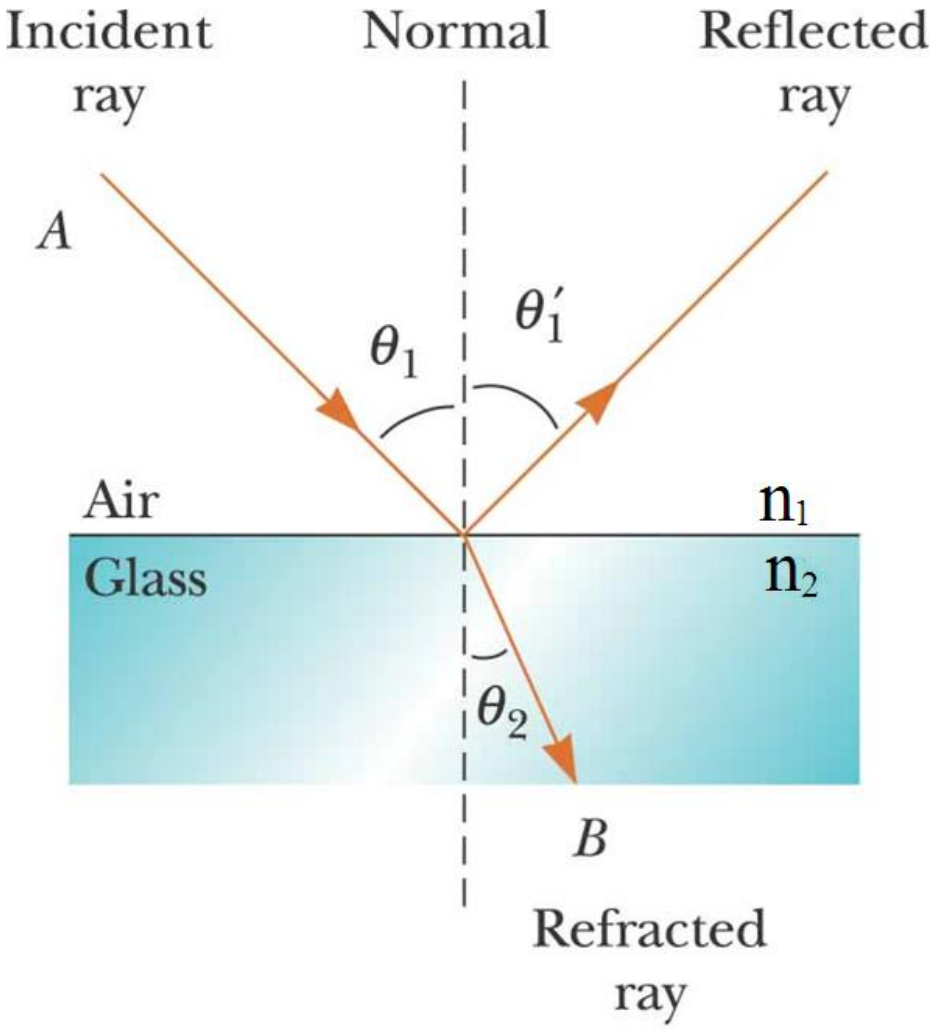
$$n = \frac{c}{v} \quad \cdots\cdots(1)$$

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 نقطة السقوط تقع جميعها في مستوى واحد، وزاويتا السقوط والانكسار والوسطان تربطهم العلاقة (قانون سنل Snell):

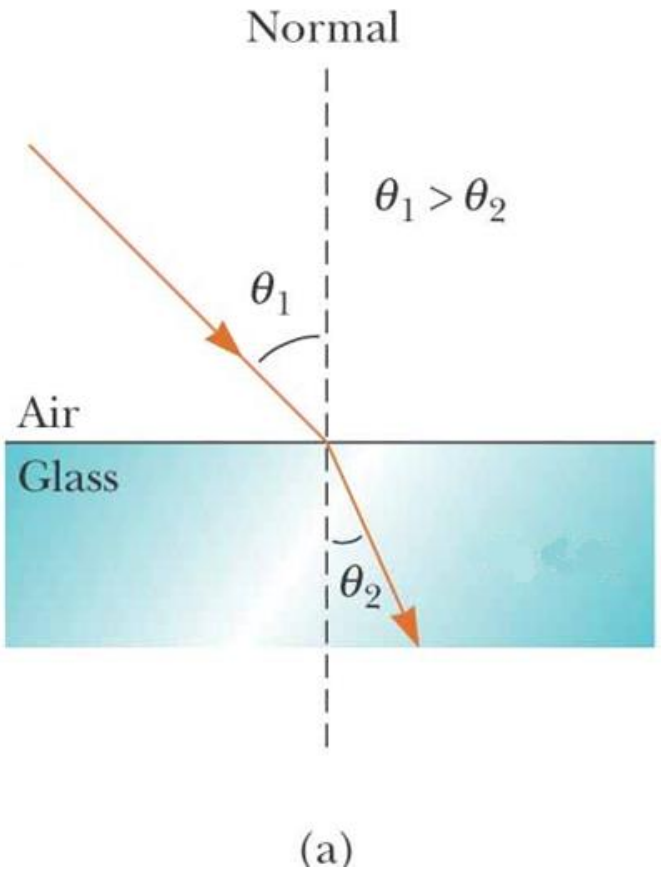
$$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{n_1}{n_2} \quad \ldots\ldots (2)$$

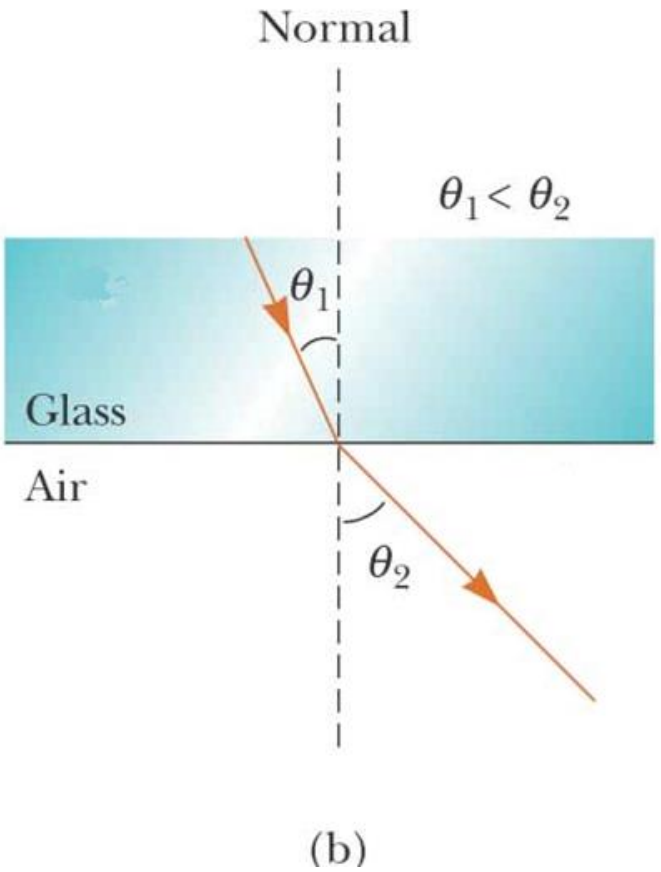
Refraction of light انكسار الضوء

تغير قيمة زاوية الانكسارحسب سرعة الضوء في الوسطين:

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

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





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:

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

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

٤) 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

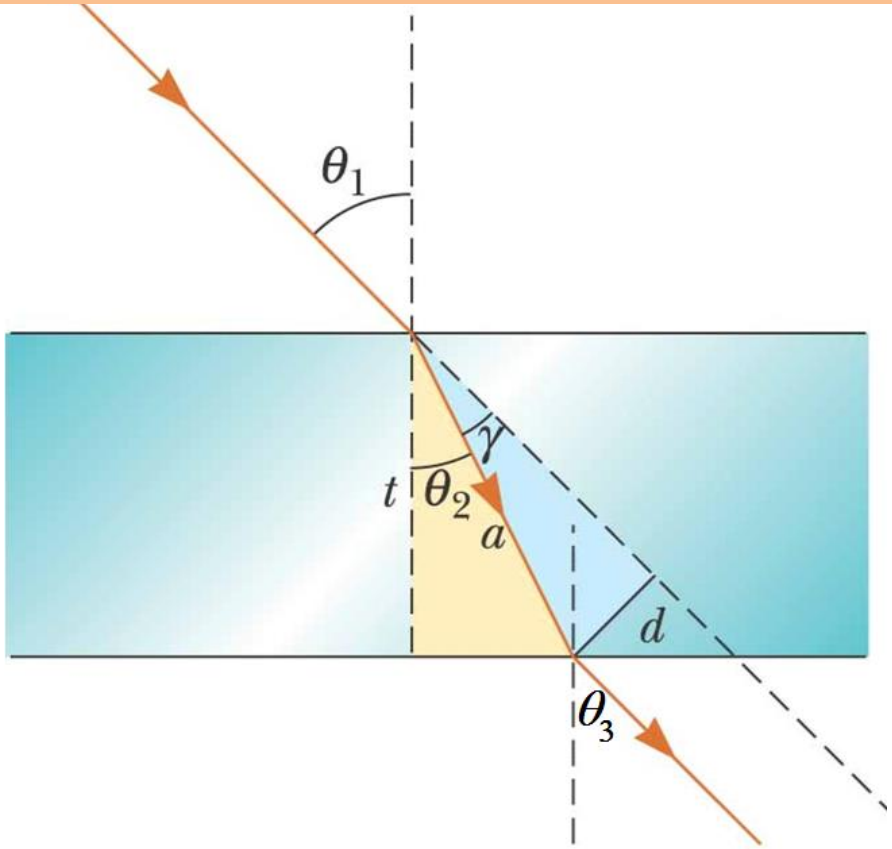
انكسار الضوء Refraction of light

٥) 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 الموجي لذلك الضوء في:

أ) الماء

ب) الزجاج

Refraction of light انكسار الضوء



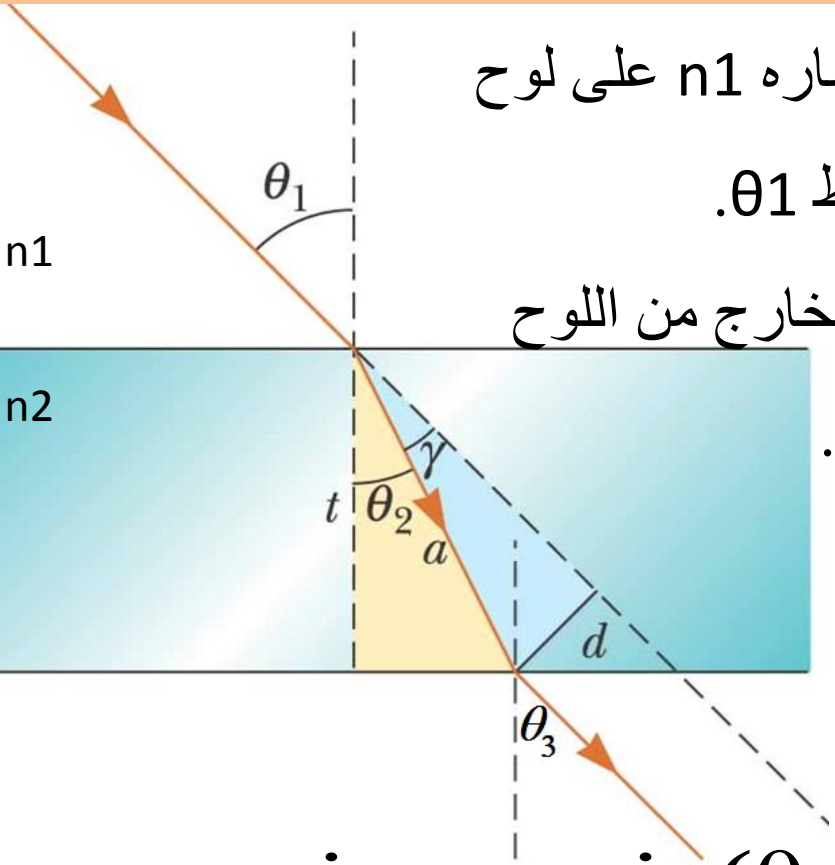
الانكسار من خلال متوازي مستطيلات

- الشعاع الساقط يوازي الشعاع النافذ
- زاوية الانكسار للشعاع النافذ تساوي

زاوية السقوط أي أن :

$$\theta_1 = \theta_3$$

Refraction of light انكسار الضوء



مثال ٨-٣: سقط شعاع ضوئي من وسط معامل انكساره n1 على لوح زجاجي معامل انكساره n2 وسمكه t بزاوية سقوط θ1.

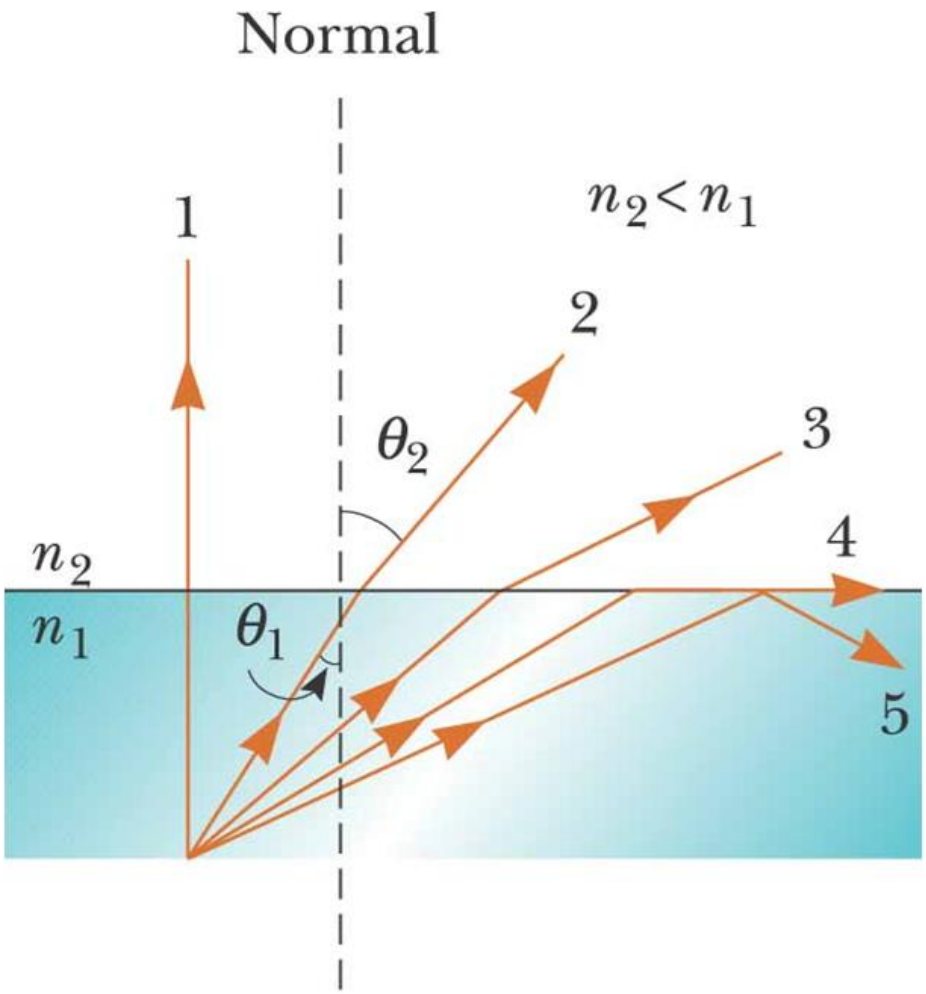
أ- اشتق العلاقة التي تعطي مقدار انحراف الشعاع الخارج من اللوح عن الشعاع الساقط (d) بدلالة كل من t و θ1 و θ2.

ب- إذا كانت θ1=30° و n1=1 و n2=1.52 و t=10cm فاحسب d.

$$\sin\gamma = \sin(\theta_1 - \theta_2) = \frac{d}{a}, \quad \cos\theta_2 = \frac{t}{a} =$$

$$d = a\sin(\theta_1 - \theta_2) = \frac{t}{\cos\theta_2}\sin(\theta_1 - \theta_2)$$

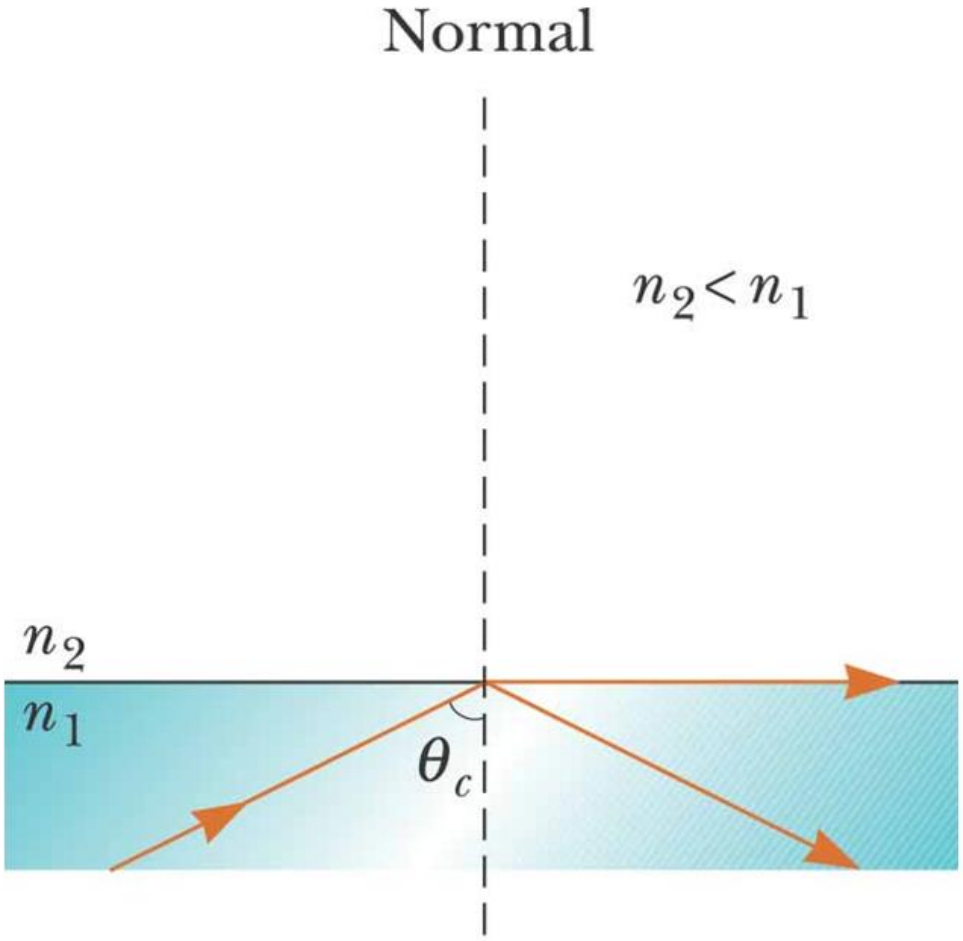
Refraction of light انكسار الضوء



الانعكاس الكلي الداخلي

كلما زادت زاوية السقوط تزيد زاوية الانكسار إلى أن تصبح قيمتها 90 (الشعاع رقم 4). وبزيادة زاوية السقوط نحصل على إنعكاس كلي داخلي Total internal reflection (الشعاع رقم 5)

Refraction of light انكسار الضوء



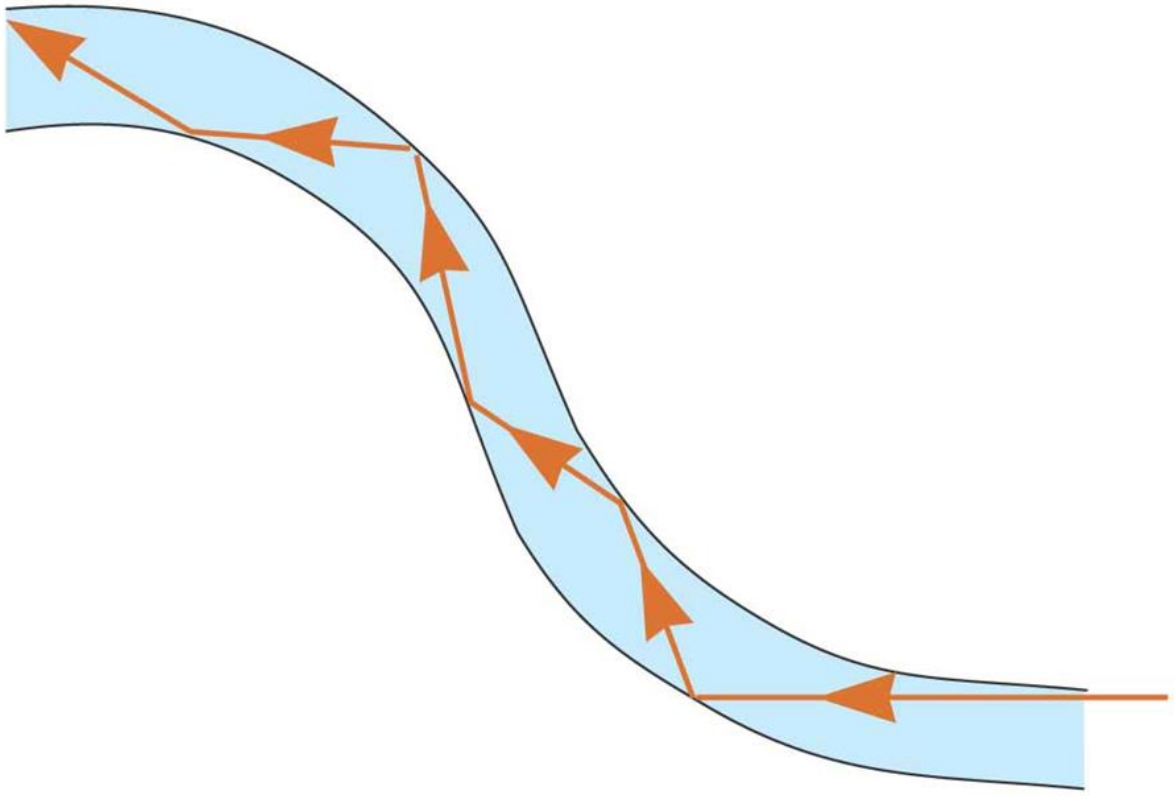
الزاوية الحرجة

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

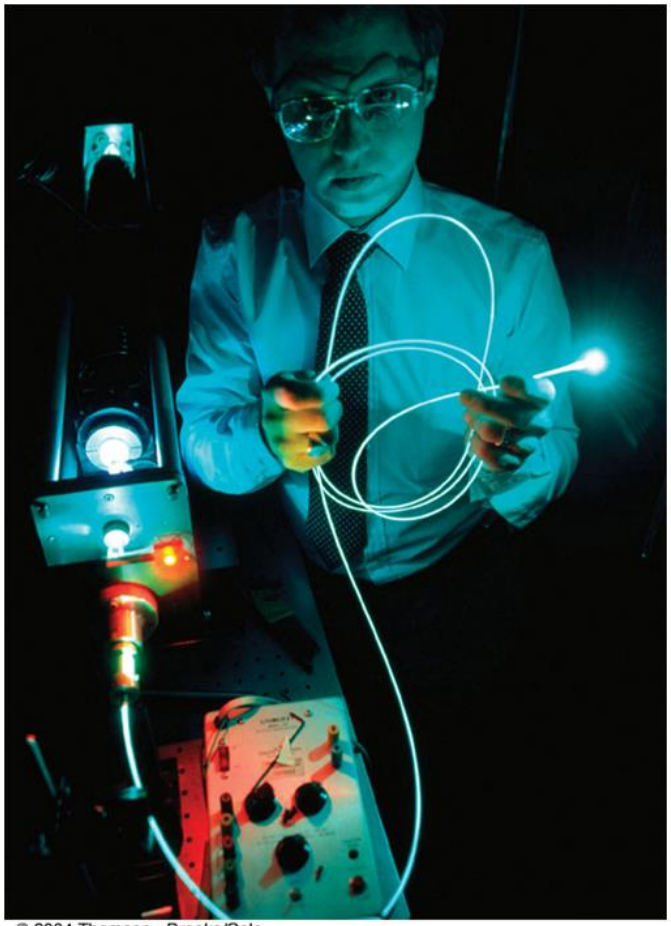
الانعكاس الكلي الداخلي



©2004 Thomson - Brooks/Cole

انكسار الضوء Refraction of light

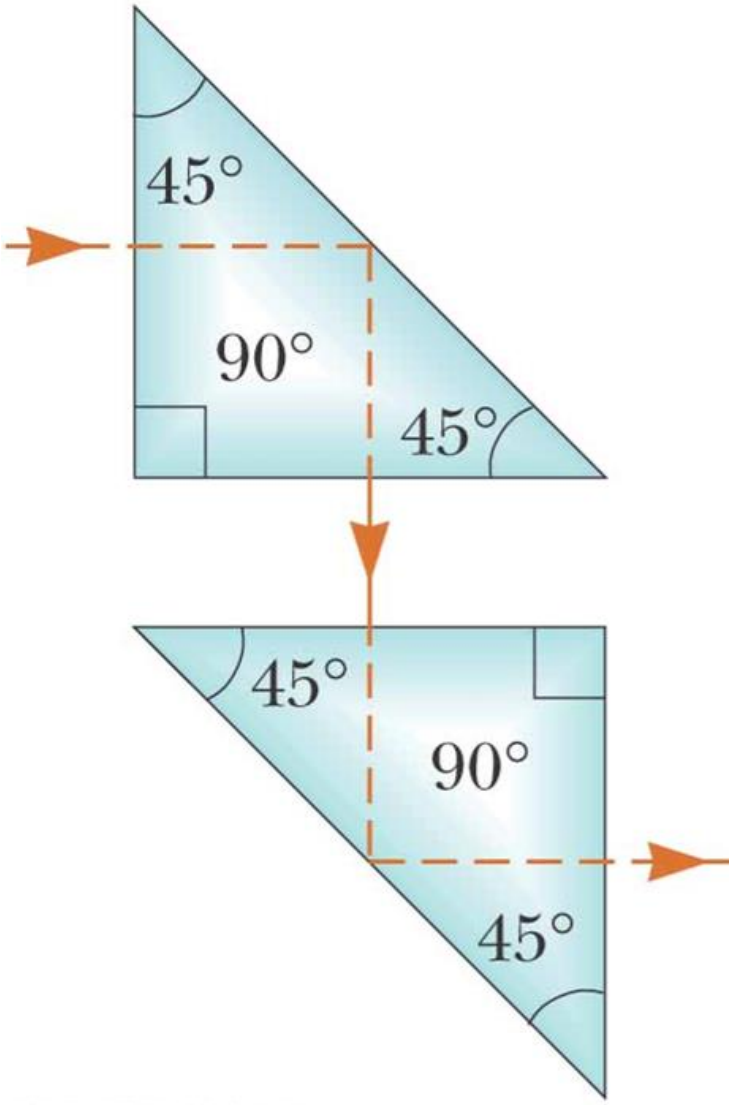
الانعكاس في الألياف البصرية مثال للانعكاس الكلي الداخلي



© 2004 Thomson - Brooks/Cole

©2004 Thomson - Brooks/Cole

Refraction of light انكسار الضوء



الانعكاس في الموشور مثال

للانعكاس الكلي الداخلي

مثال (٨–٥) :

منشور زاوية رأسه 50° مصنوع من مادة معامل انكسارها $n_p = 1.5$ ، ما هي قيمة زاوية النهاية الصغرى للانحراف δ_m لهذا المنشور ؟

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

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

$$\left(\frac{\delta_m + \phi}{2}\right) = \sin^{-1}\left[n_p \sin\left(\frac{\phi}{2}\right)\right]$$

$$\delta_m + \phi = 2\sin^{-1}\left[n_p \sin\left(\frac{\phi}{2}\right)\right]$$

$$\delta_m = 2\sin^{-1}\left[n_p \sin\left(\frac{\phi}{2}\right)\right] - \phi$$

$$\delta_m = 2\sin^{-1}\left[1.5 \sin\left(\frac{50^\circ}{2}\right)\right] - 50^\circ$$

$$= 28.7^\circ$$

انكسار الضوء Refraction of light

٦) كم مقدار الزاوية الحرجة لشعاع خارج من الزجاج إلى الماء إذا علمت أن معامل انكسار الزجاج 1.5 ومعامل انكسار الماء 1.33؟

انكسار الضوء Refraction of light

٧) 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

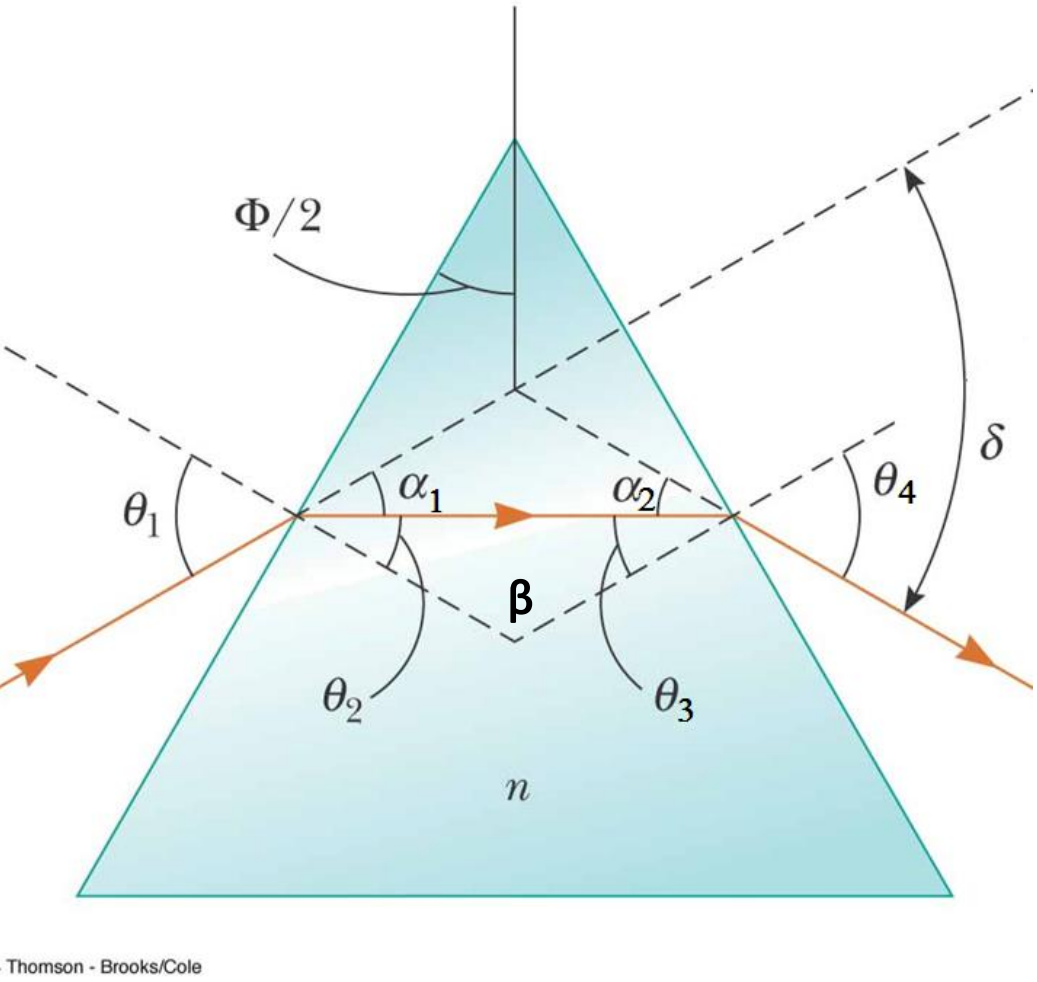
٨) احسب الزاوية الحرجة للمواد التالية إذا كانت محاطة بالهواء:

أ) الكوارتز (معامل انكساره 1.458)

ب) زجاج الفلنت (معامل انكساره 1.66)

ج) الثلج (معامل انكساره 1.309)

Refraction of light انكسار الضوء



انكسار الضوء خلال الموشور

من الشكل :

$$\alpha_1 = \theta_1 - \theta_2$$

$$\alpha_2 = \theta_4 - \theta_3$$

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

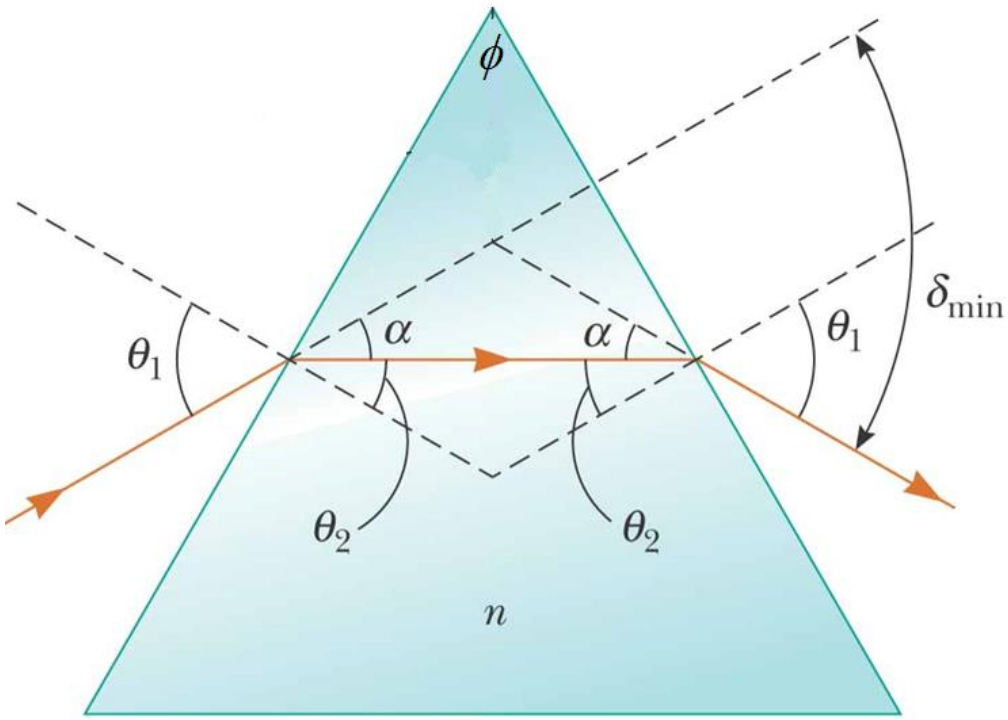
$$\therefore \delta = (\theta_1 - \theta_2) + (\theta_4 - \theta_3)$$

$$\beta + \phi = 180,$$

$$\theta_2 + \theta_3 + \beta = 180 \Rightarrow$$

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

Refraction of light انكسار الضوء



زاوية الانحراف الصغرى δ_m

في وضع الانحراف الأصغر فإن:

$$\theta_1 = \theta_4$$

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

$$\theta_1 = \frac{\delta_m + \phi}{2}$$

ويكون الشعاع المنكسر داخل لموشور يوازي قاعدة الموشور

Refraction of light انكسار الضوء

من الممكن كتابة معامل الانكسار بدلالة زاوية الانحراف

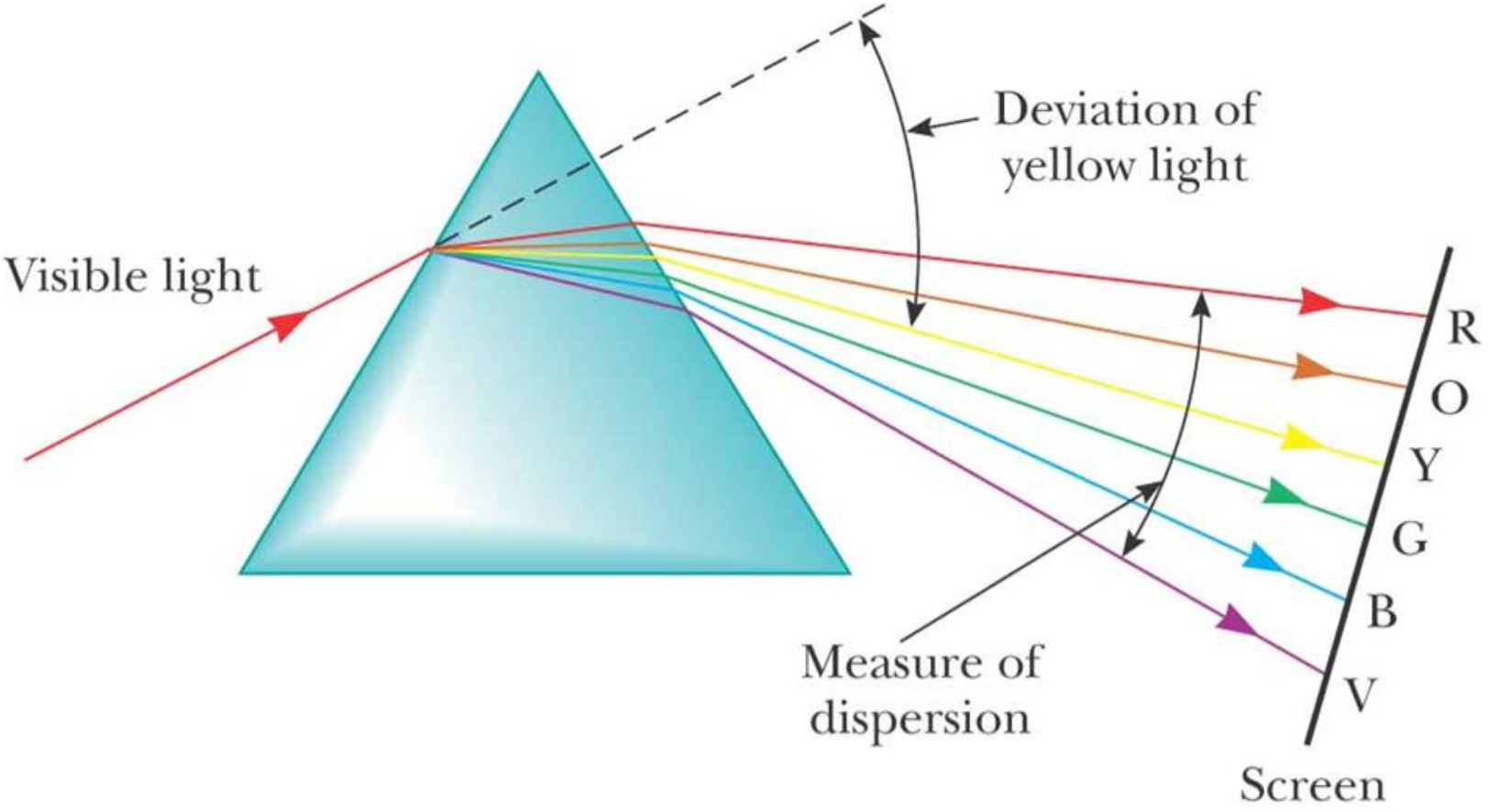
الصغرى δ_m وزاوية رأس الموشور ϕ كالتالي:

$$n = \frac{\sin\theta 1}{\sin\theta 2} \Rightarrow n = \frac{\sin\left(\frac{\delta_m + \phi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\phi}{2}\right)}$$

انكسار الضوء Refraction of light

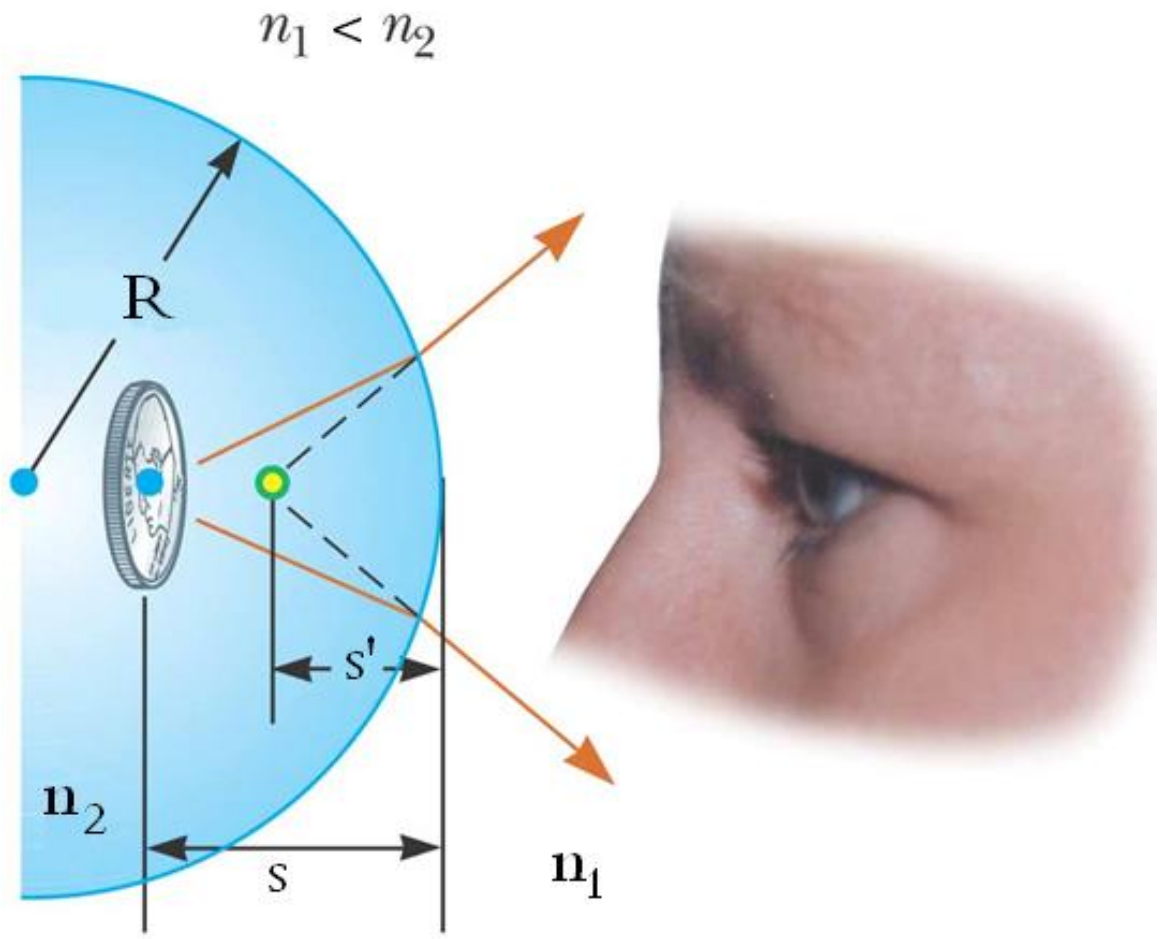
التفريق خلال الموشور

تختلف قيمة كلا من معامل الانكسار وزاوية الانحراف حسب الطول الموجي، كما في الشكل:



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

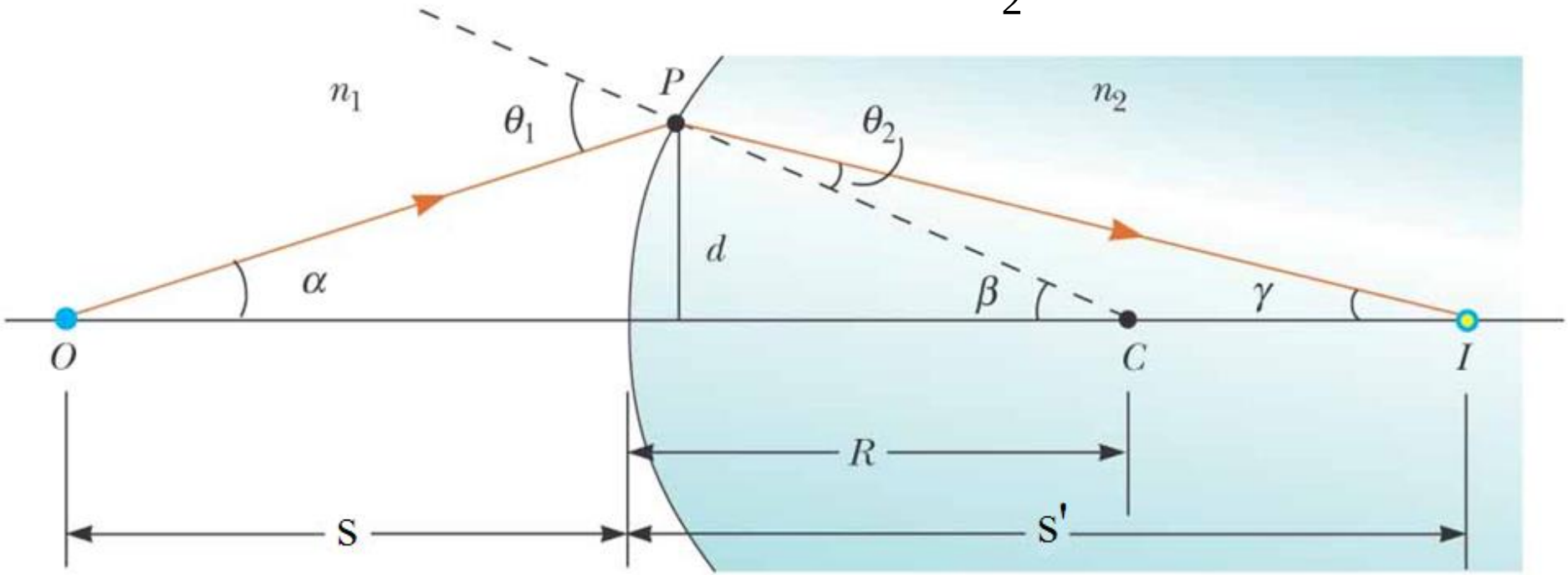
تكون الصور بواسطة الانكسار عند السطوح الكروية

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:

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



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 .

انكسار الضوء Refraction of light

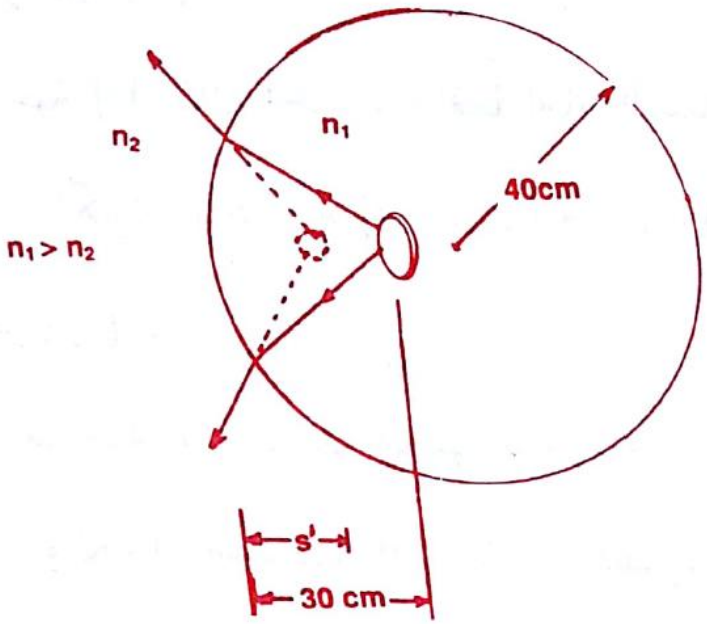
مثال (٨-٦) :

عملة معدنية قطرها 2 cm غمرت في كرة زجاجية نصف قطرها 40 cm فإذا كان معامل انكسار الكرة الزجاجية هو 1.5 والعملة تقع على بعد 30 cm من السطح كما في الشكل (٨-١٦) ، احسب :

أ - موقع الصورة .

ب - قطر الصورة المتكونة .

Refraction of light انكسار الضوء



$$n_1 = 1.5$$

$n_2 = 1$ للوسط المحيط (الهواء)

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

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

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

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

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

أي أن الصورة خيالية و في نفس الوسط مع الجسم

Refraction of light انكسار الضوء

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

١٠) سقط شعاع ضوئي على منتصف أحد أوجه منشور زجاجي متساوي الزوايا معامل انكساره 1.5 وبزاوية سقوط 30^{o} اتبع طريق الشعاع خلال الزجاج، وأوجد زوايا السقوط والانكسار عند كل سطح موضحا اجابتك بالرسم.

انكسار الضوء Refraction of light

١١) احسب معامل انكسار مادة منشور متساوي الزوايا، إذا كانت زاوية النهاية الصغرى للانحراف له تساوي 38^{o}.

انكسار الضوء Refraction of light

١٣) ماهي أقل قيمة لمعامل انكسار مادة منشور قائم الزاوية، زاوية راسه 45^{o} لكي ينحرف الشعاع الساقط بزاوية 90^{o} عن اتجاهه الاصلي؟

انكسار الضوء Refraction of light

١٦) 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

١٩) سقط شعاع ضوئي أبيض على الماء بزاوية 60^{o} ، احسب مقدار الاتساع الزاوي للخطين الأحمر والبنفسجي في الماء، إذا علمت أن معامل انكسار الماء للطوليين الأحمر والبنفسجي هما: 1.330 و 1.344 على الترتيب.

انكسار الضوء Refraction of light

٢٠) سقط شعاع ضوئي من الهواء على لوح زجاجي سمكه 5 cm ومعامل انكساره 1.5 وبزاوية سقوط 30^{o} ، احسب مقدار انحراف الشعاع النافذ عن الشعاع الساقط.

انكسار الضوء Refraction of light

٢٣) قضيب زجاجي معاما انكساره 1.5 طرفه محدب الشكل بنصف قطر تكور قدره 2 cm ، وضع جسم امام هذا الطرف على امتداد محور القضيب وعلى بعد 6 cm منه، احسب بعد الصورة المتكونة وأوصافها إذا كان الزجاج في:

أ) الهواء ب) الماء (معامل الانكسار 1.33)

انكسار الضوء Refraction of light

جامعة الملك سعود
كلية العلوم – قسم الفيزياء والفلك

اختبار قصير Quiz

١- 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

٢- 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

٣- 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

٤- 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

٥- 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