# Refraction of light انكسار الضوء

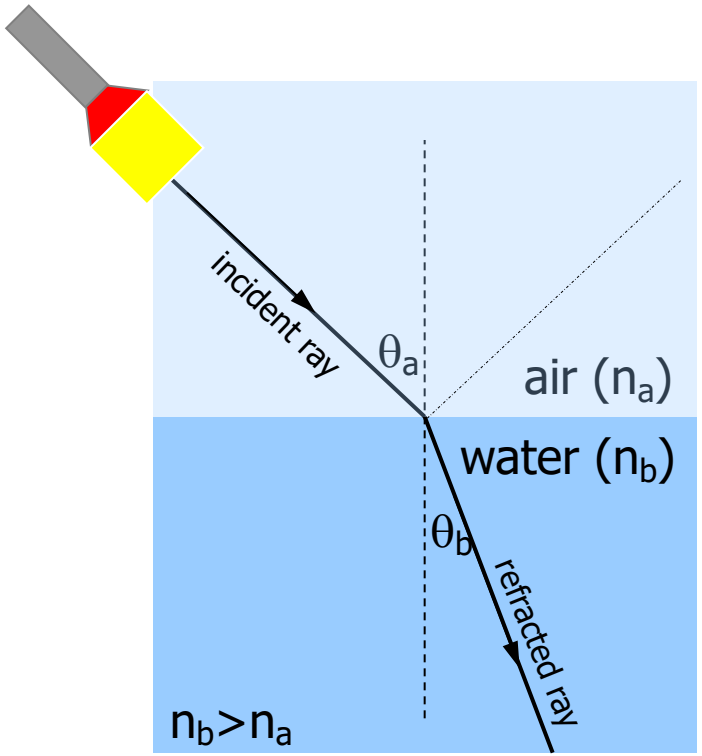
- light rays **change direction** (are "refracted") when they move from one medium to another

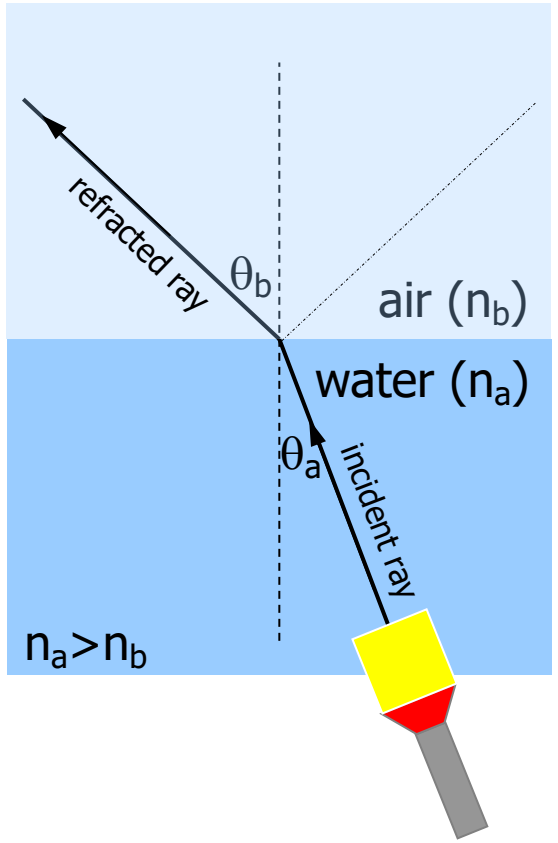
- refraction takes place because light travels with different speeds in different media

**Speed of light in vacuum:**

$c = 2.9979 \times 10^8$ m/s (just use $3 \times 10^8$ m/s)

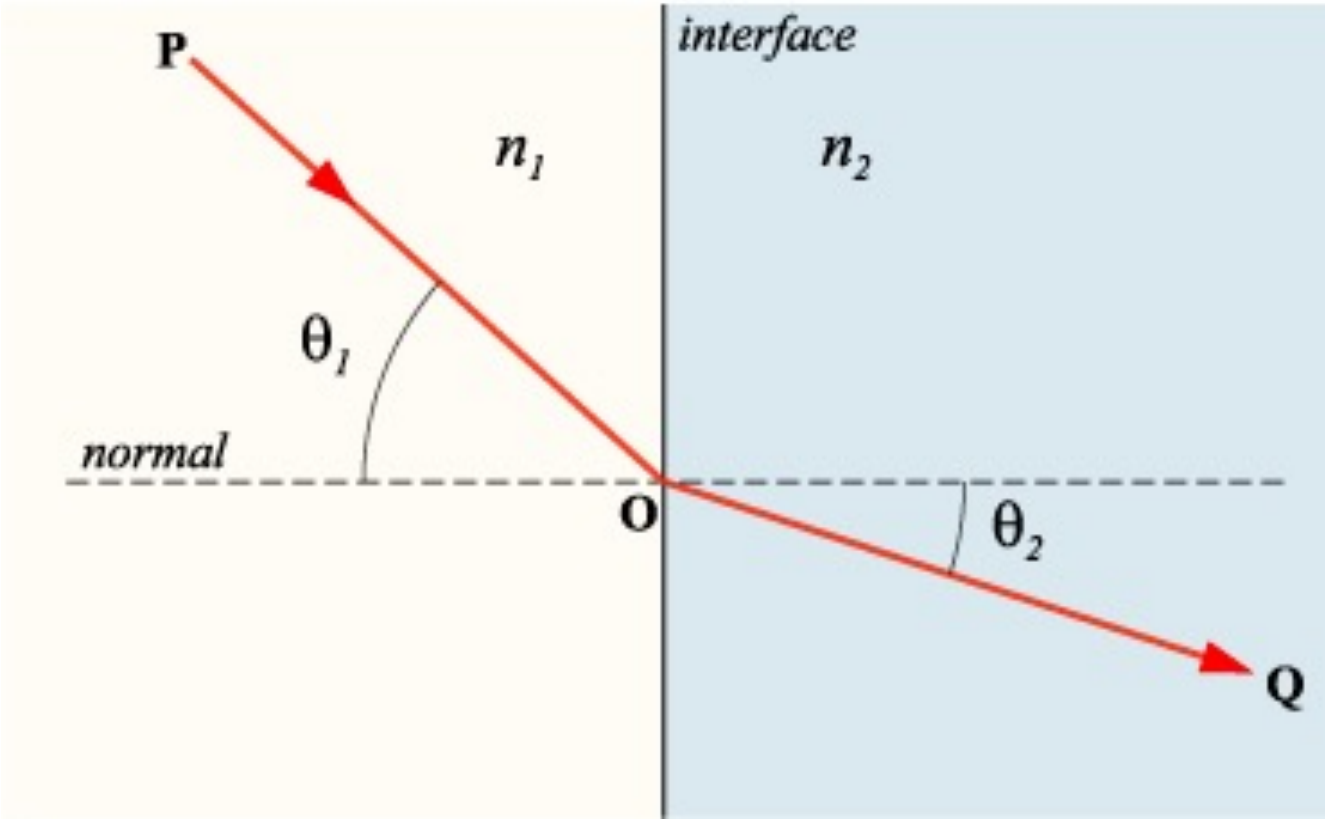
# Refraction of light انكسار الضوء



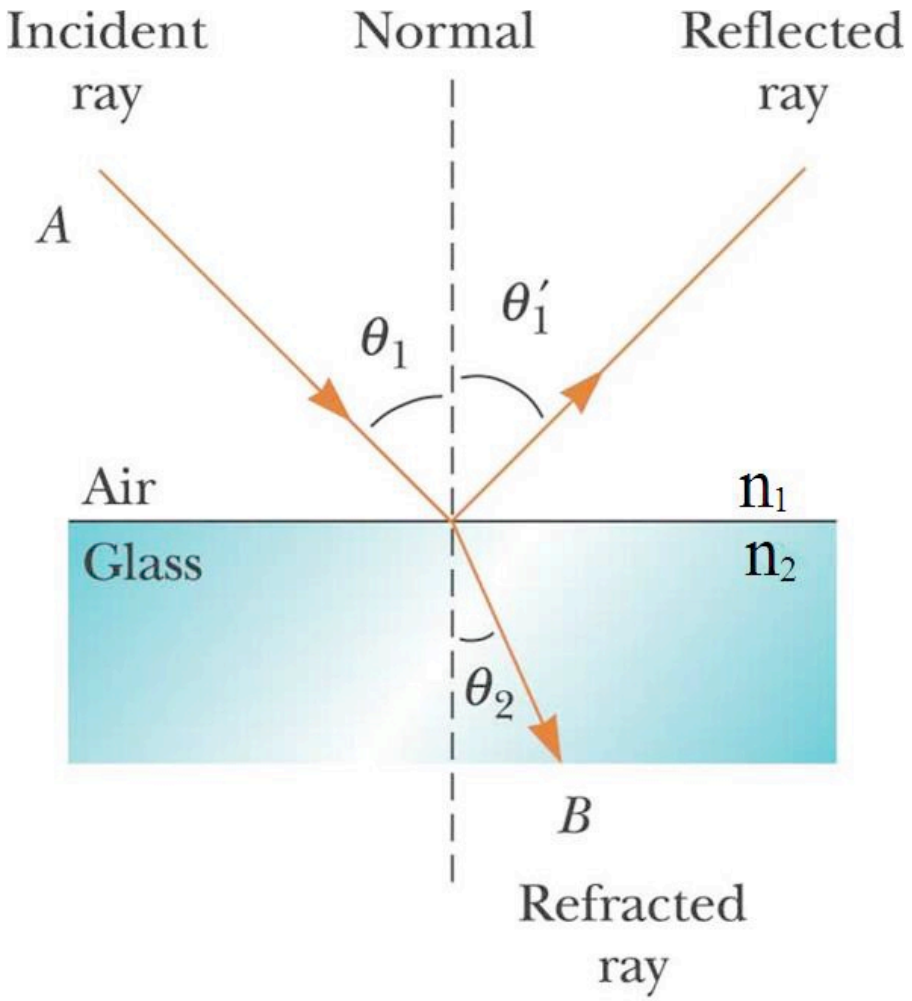

$$n_a \sin(\theta_a) = n_b \sin(\theta_b)$$

# Refraction of light انكسار الضوء




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

# 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:

$$\mathbf{\sin \theta_2 / \sin \theta_1 = n_1 / n_2}$$

# Refraction of light انكسار الضوء

| Material | Index of Refraction |
|---|---|
| Vacuum | 1.0000 |
| Air | 1.0003 |
| Ice | 1.3100 |
| Water | 1.3330 |
| Ethyl Alcohol | 1.3600 |
| Plexiglas | 1.5100 |
| Crown Glass | 1.5200 |
| Light Flint Glass | 1.5800 |
| Dense Flint Glass | 1.6600 |
| Zircon | 1.9230 |
| Diamond | 2.4170 |
| Rutile | 2.9070 |
| Gallium phosphide | 3.5000 |

## معامل الانكسار

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

الوسط الذي معامل انكساره كبير يقال عنه أكثف ضوئيا

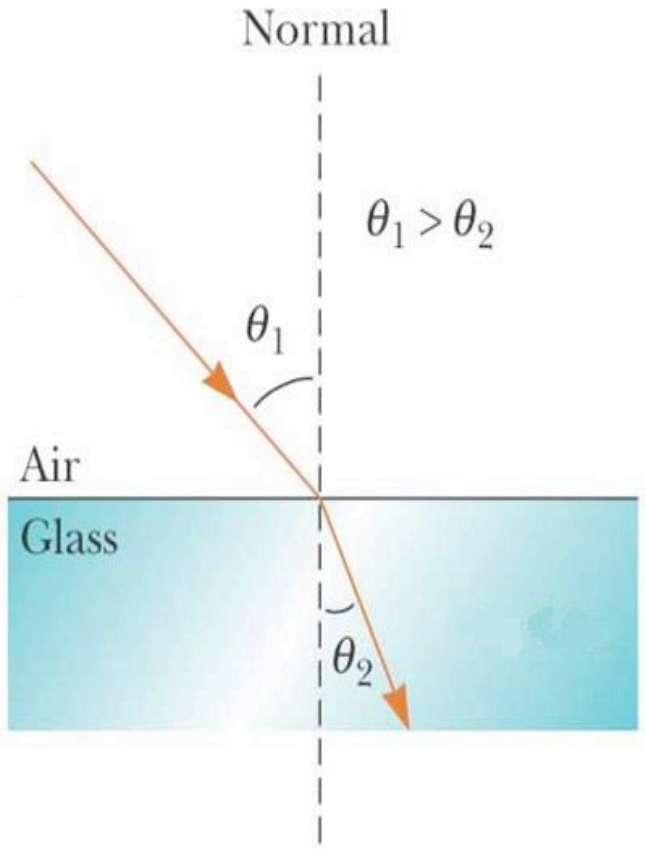
$$n = c / v$$

# Refraction of light انكسار الضوء

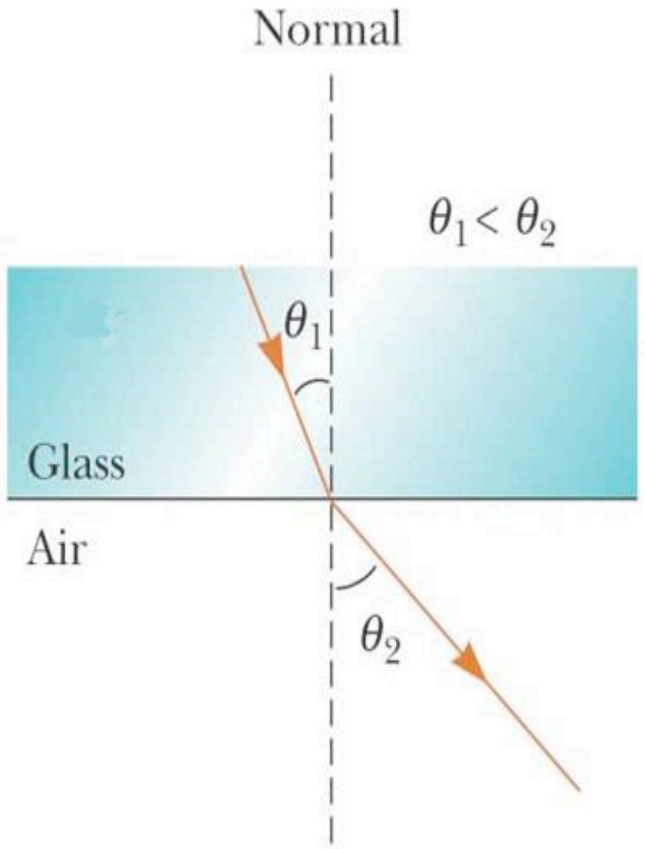
$$n = \frac{speed\ of\ light\ in\ vacuum}{speed\ of\ light\ in\ material}$$

# Refraction of light انكسار الضوء

تغير قيمة زاوية الانكسار حسب سرعة الضوء في الوسطين:




(a)




(b)

**(a): n1 < n2 therefore θ1 > θ2**

**(b): n1>n2 therefore θ1 < θ2**

# انكسار الضوء Refraction of light

من العلاقتين (1) و ( 2) نحصل على:

$$n_1 = c / v_1 \quad 1$$

$$n_2 = c / v_2 \quad 2$$

$$n_1 / n_2 = v_2 / v_1 \quad 3$$

يبقى تردد الضوء ثابتا عند انتقاله في وسطين مختلفين بينما يتغير الطول الموجي

$$n_1 / n_2 = \lambda_2 / \lambda_1 \quad 4$$

$$V = \lambda f \qquad V_2 = \lambda_2 f \qquad V_1 = \lambda_1 f$$

# Refraction of light انكسار الضوء

**إذا يمكن كتابة قانون سنل بالصيغ التالية:**

$$\mathbf{Sin\ \theta_2 / Sin\ \theta_1 = n_1 / n_2 = v_2/v_1 = \lambda_2 / \lambda_1}$$

# Refraction of light انكسار الضوء

مثال 1:

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

$$f = v / \lambda = 3 \times 10^{8} \text{ m/sec} / 632.8 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$f = 4.74 \times 10^{14} \text{ Hz.}$$

$$n_1/n_2 = \lambda_2/\lambda_1$$

**$1/1.5 = \lambda 2 / 632.8$**

**$\lambda 2 = 421.9$ 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

$$n_1 / n_2 = v_2/v_1 = \lambda_2 / \lambda_1$$

$$v_2 = 3x\ 10^8\ x\ 1 / 1.5 = 0.028\ x\ 10^{\ 8}\ m/sec$$

$$1/1.5 = \lambda_{\ 2} / 589 = 392.6\ nm$$

$$v_2 = \lambda_2\ f$$

$$f = v_2/\lambda_2\ = 7.13\ x\ 10^{12}\ Hz$$

# 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 المجي لذلك الضوء في:

أ) الماء ب) الزجاج

$$n_1 / n_2 = v_2/v_1 = \lambda_2 / \lambda_1$$

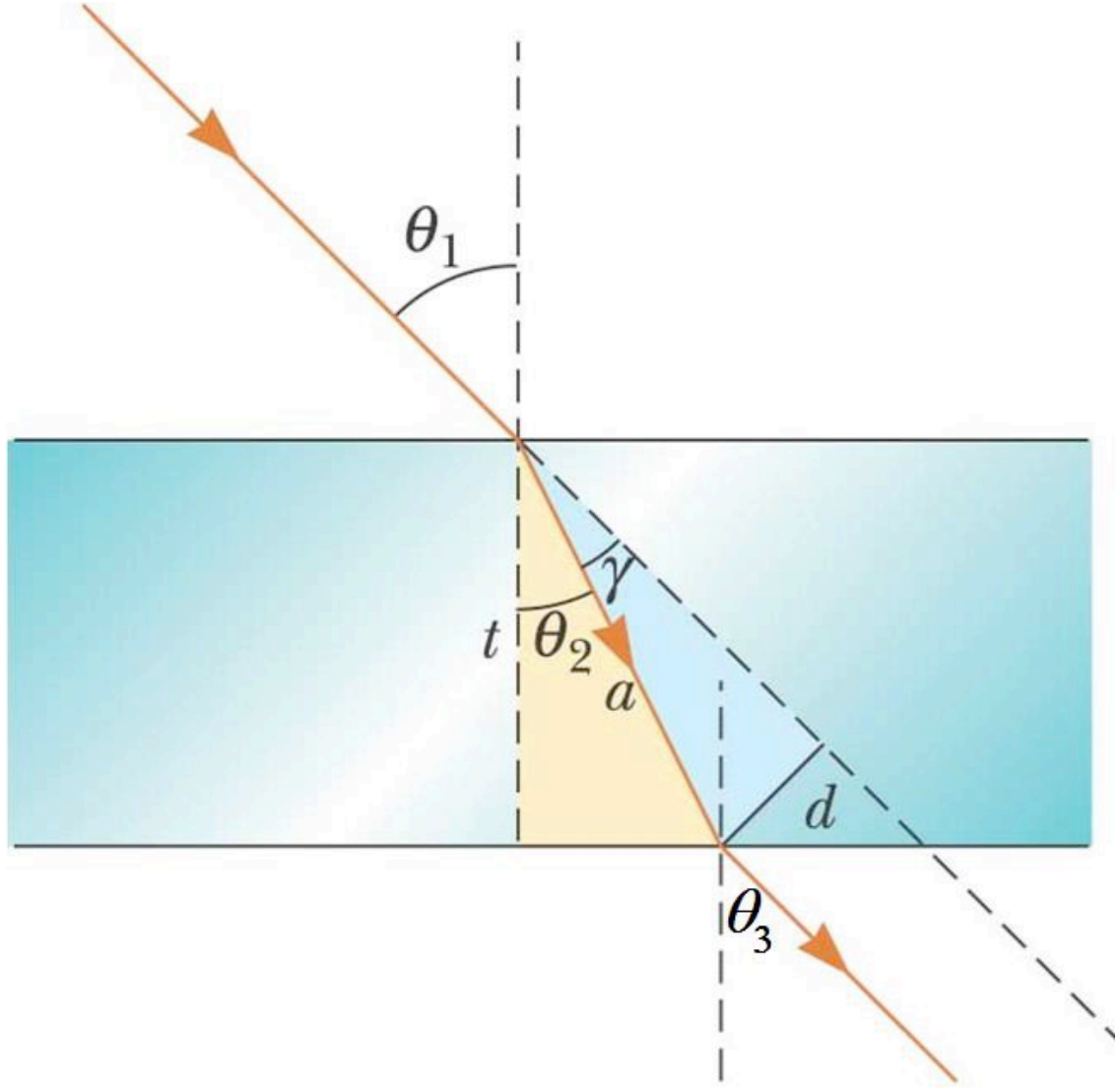
$$v_2 = 1.00/ 1.33 = \lambda_2/436$$

$$\lambda_2 = 286.8 \text{ nm}$$

$$n_1 / n_2 = v_2/v_1 = \lambda_2 / \lambda_1$$

$$\lambda_2 = 250.9 \text{ nm}$$

# Refraction of light انكسار الضوء



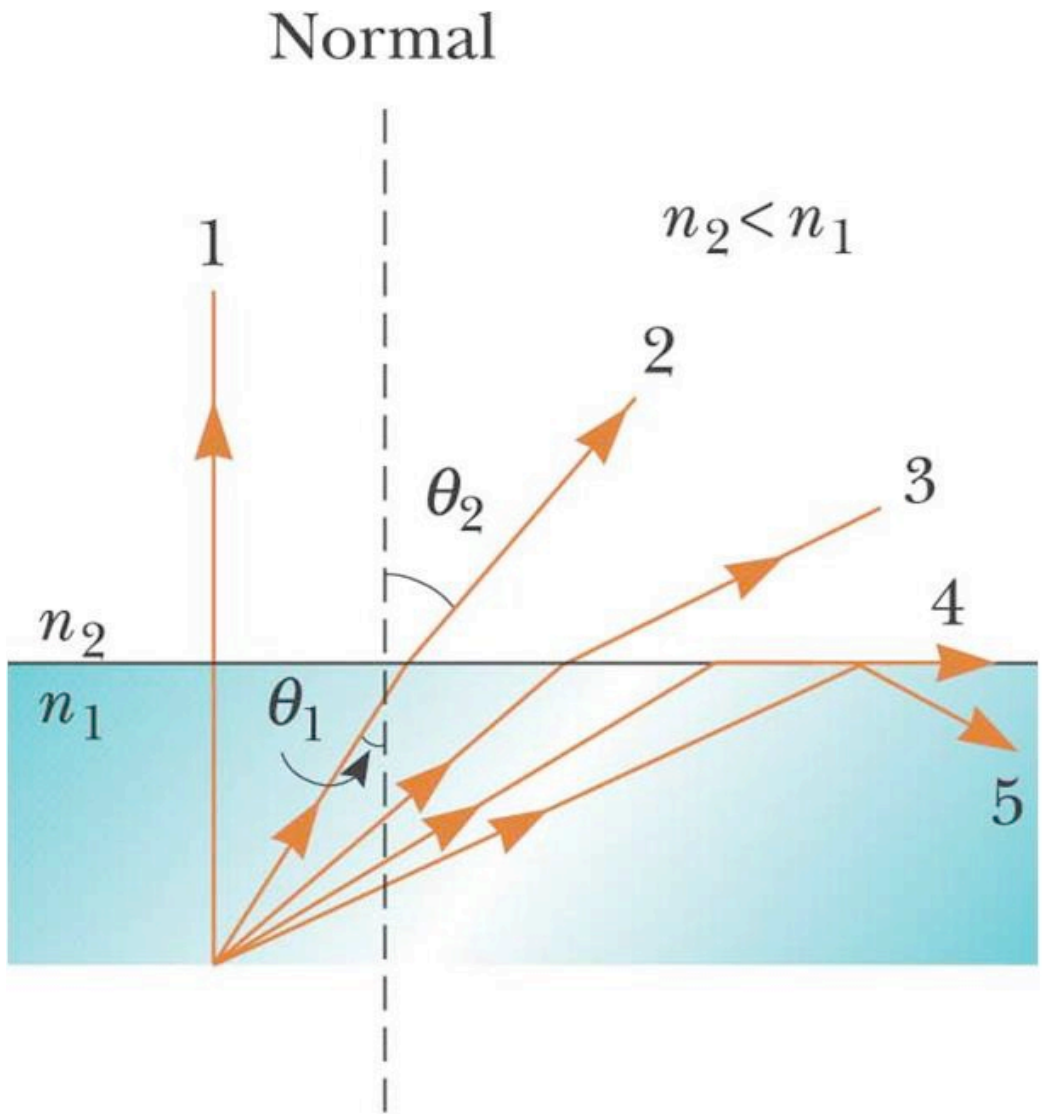

الانكسار من خلال متوازي مستطيلات

- الشعاع الساقط يوازي الشعاع النافذ
- زاوية الانكسار للشعاع النافذ تساوي زاوية السقوط أي أن :

$$\theta 1 = \theta 3$$

- $d = ( t/ \cos \theta_2) \sin (\theta_1 - \theta_2)$

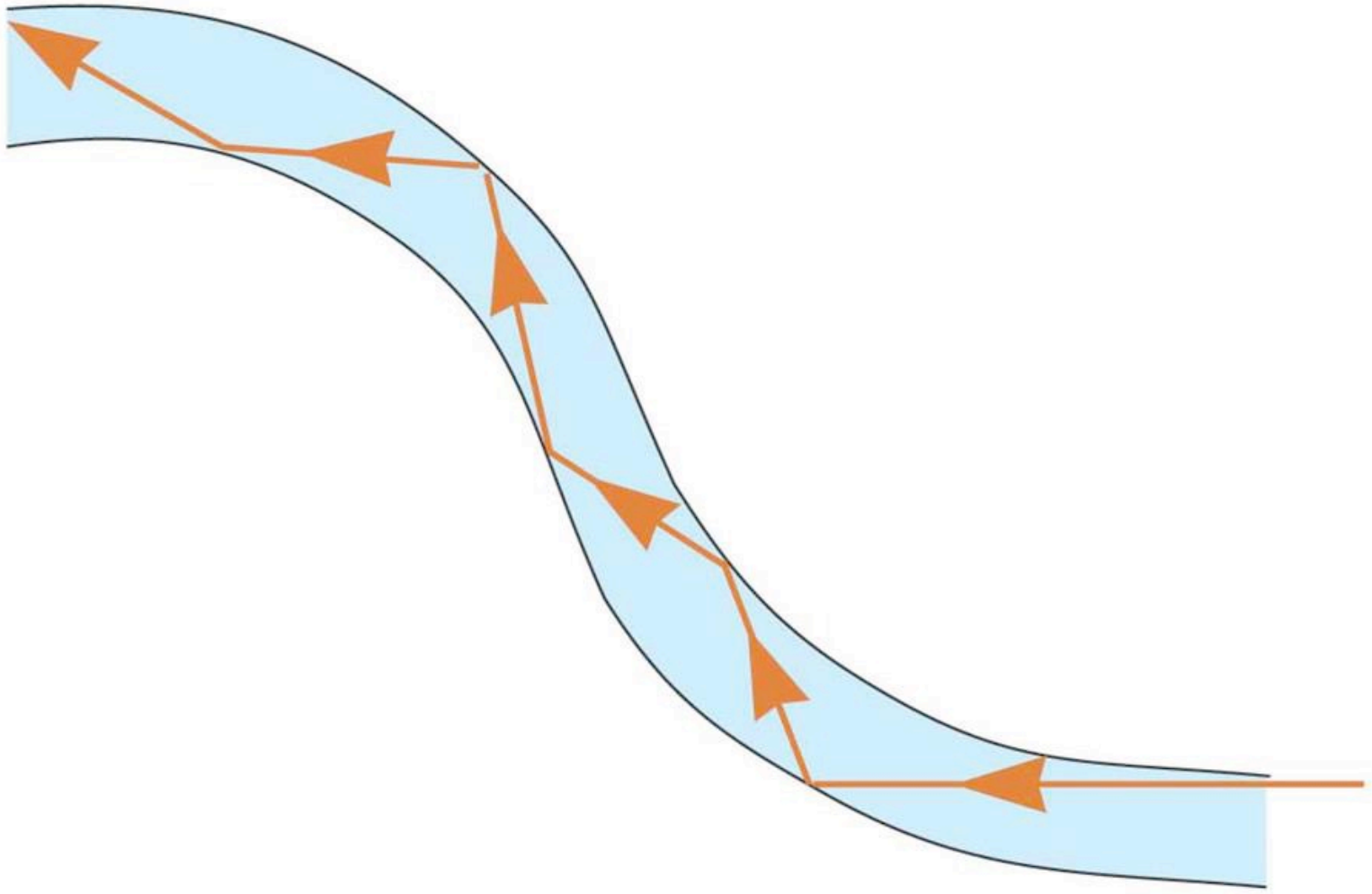
# Refraction of light انكسار الضوء




**الانعكاس الكلي الداخلي**

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

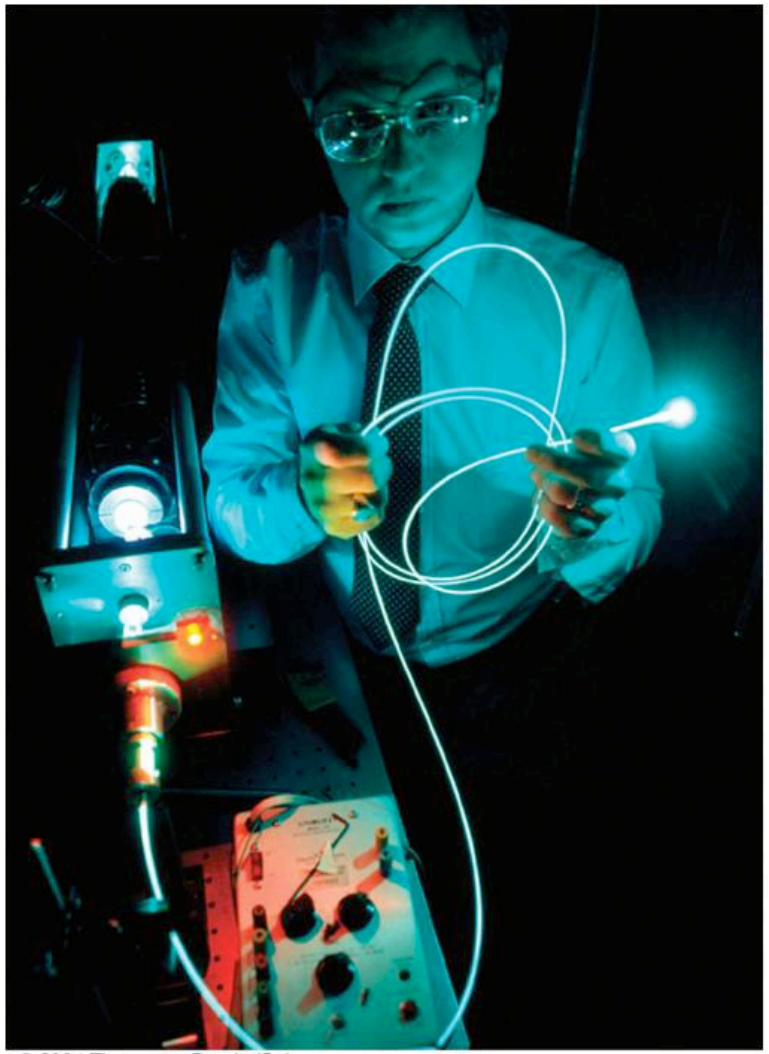
# Refraction of light انكسار الضوء



الانعكاس الكلي الداخلي

©2004 Thomson - Brooks/Cole

# Refraction of light انكسار الضوء

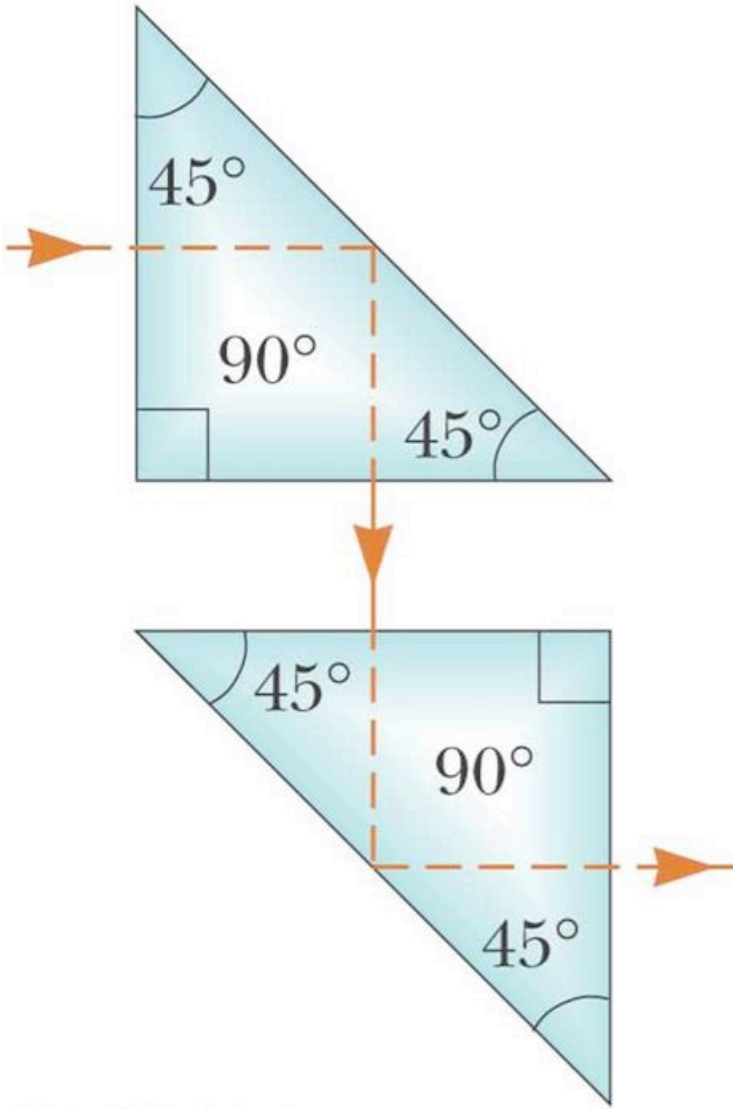


© 2004 Thomson - Brooks/Cole

©2004 Thomson - Brooks/Cole

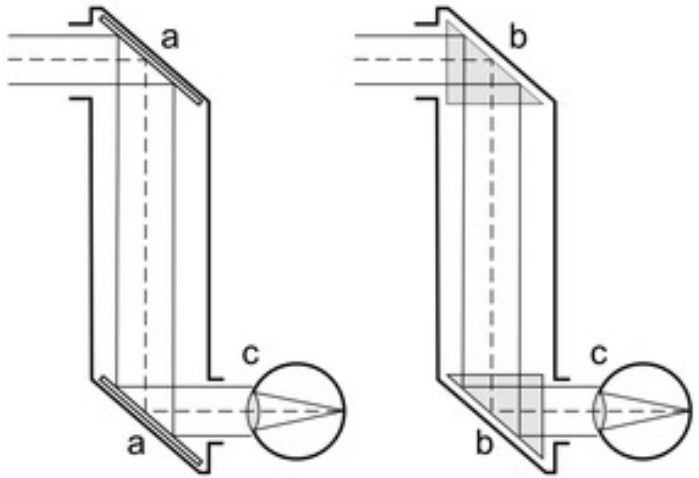
الانعكاس في الألياف البصرية
مثال للانعكاس الكلي الداخلي

# Refraction of light انكسار الضوء

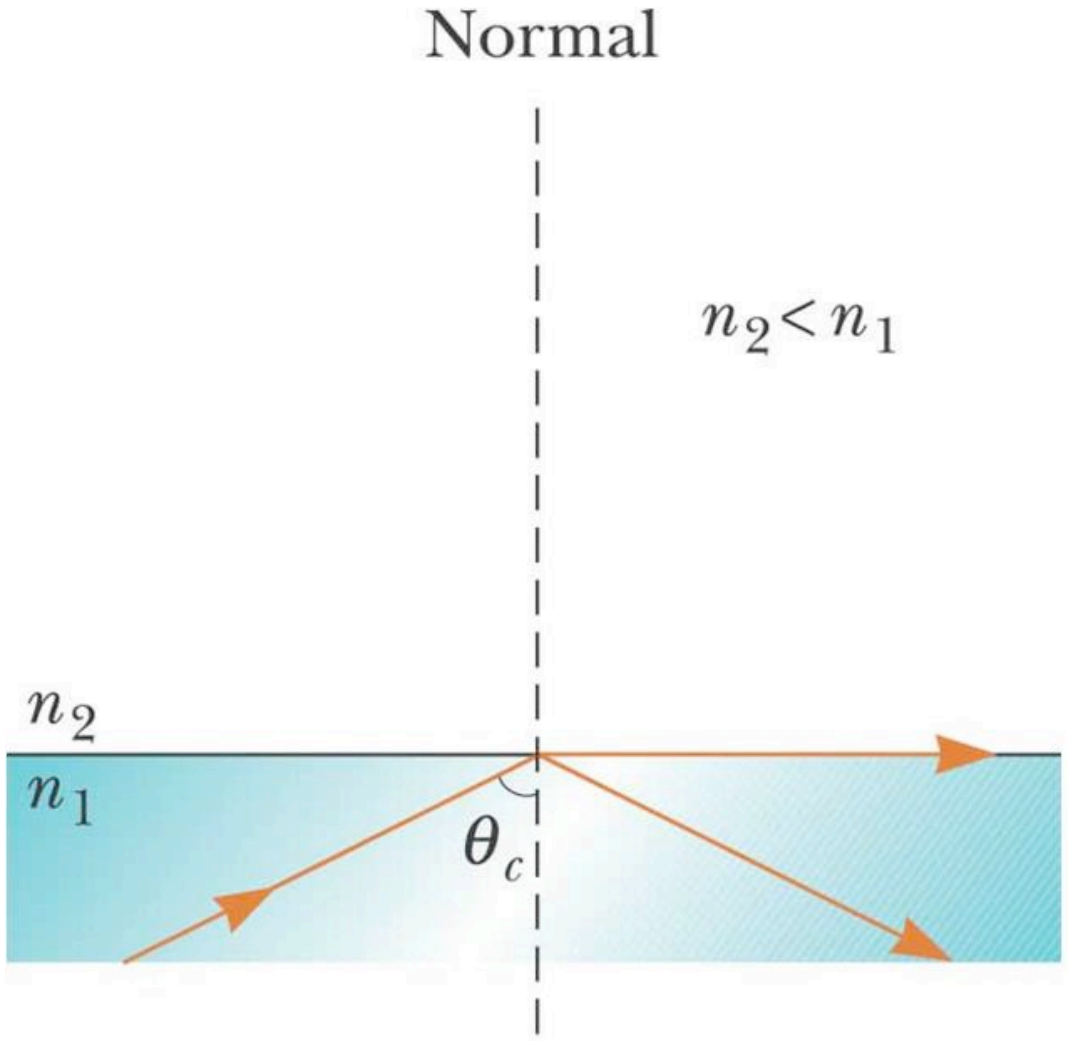



©2004 Thomson - Brooks/Cole

الانعكاس في الموشور مثال
للانعكاس الكلي الداخلي



# Refraction of light انكسار الضوء




**الزاوية الحرجة**

**الزاوية الحرجة θc Critical angle 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.**

$$\text{Sin } \theta_c = n_2 / n_1$$

# Refraction of light انكسار الضوء

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

$$\text{Sin } \theta_c = n_2 / n_1$$

$$\theta c = \text{Sin}^{-1}\, n_2 / n_1$$

$$\theta c = 62.45^{\circ}$$

# 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.

$$\text{Sin } \theta_c = n_2 / n_1$$
$$\theta c = \text{Sin}^{-1}\, n_2 / n_1$$
$$\theta c = 24.40^{\circ}$$

# Refraction of light انكسار الضوء

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 )

$\sin \theta_c = n_2 / n_1$

$\theta c = \sin^{-1} n_2 / n_1$

$\theta c = 43.30^{o}$

$\sin \theta_c = n_2 / n_1$

$\theta c = \sin^{-1} n_2 / n_1$

$\theta c = 37.04^{o}$

$\sin \theta_c = n_2 / n_1$

$\theta c = \sin^{-1} n_2 / n_1$

$\theta c = 49.81^{o}$

# Refraction of light انكسار الضوء

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 للأشعة في الهواء، احسب نصف قطر تلك الدائرة )معامل انكسار الماء 1.33

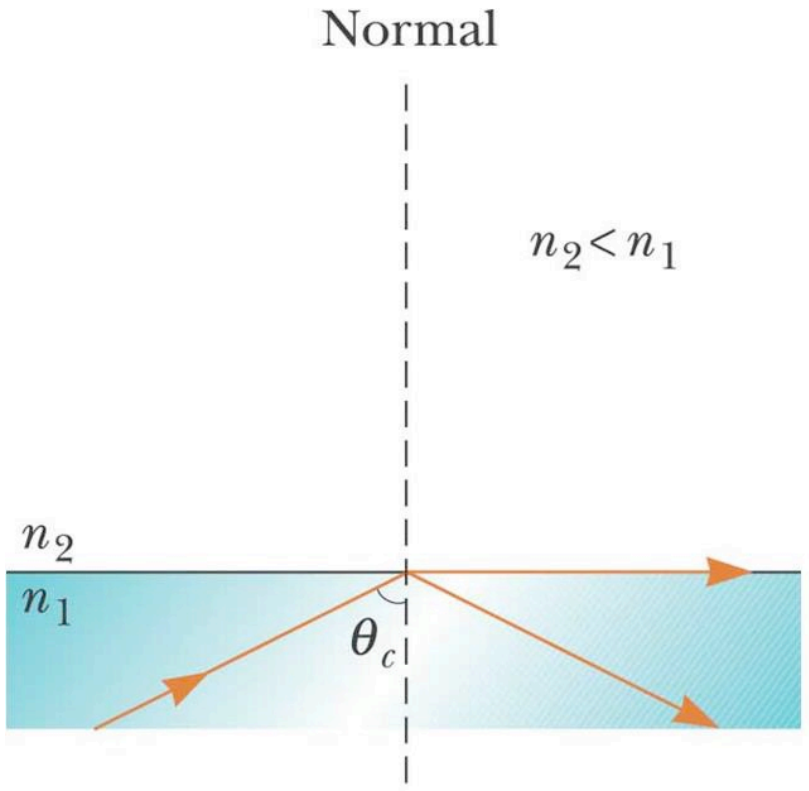
$\mathbf{Sin\ \theta_c = n_2 / n_1}$

$\mathbf{\theta c = Sin^{-1}\ n_2 / n_1}$

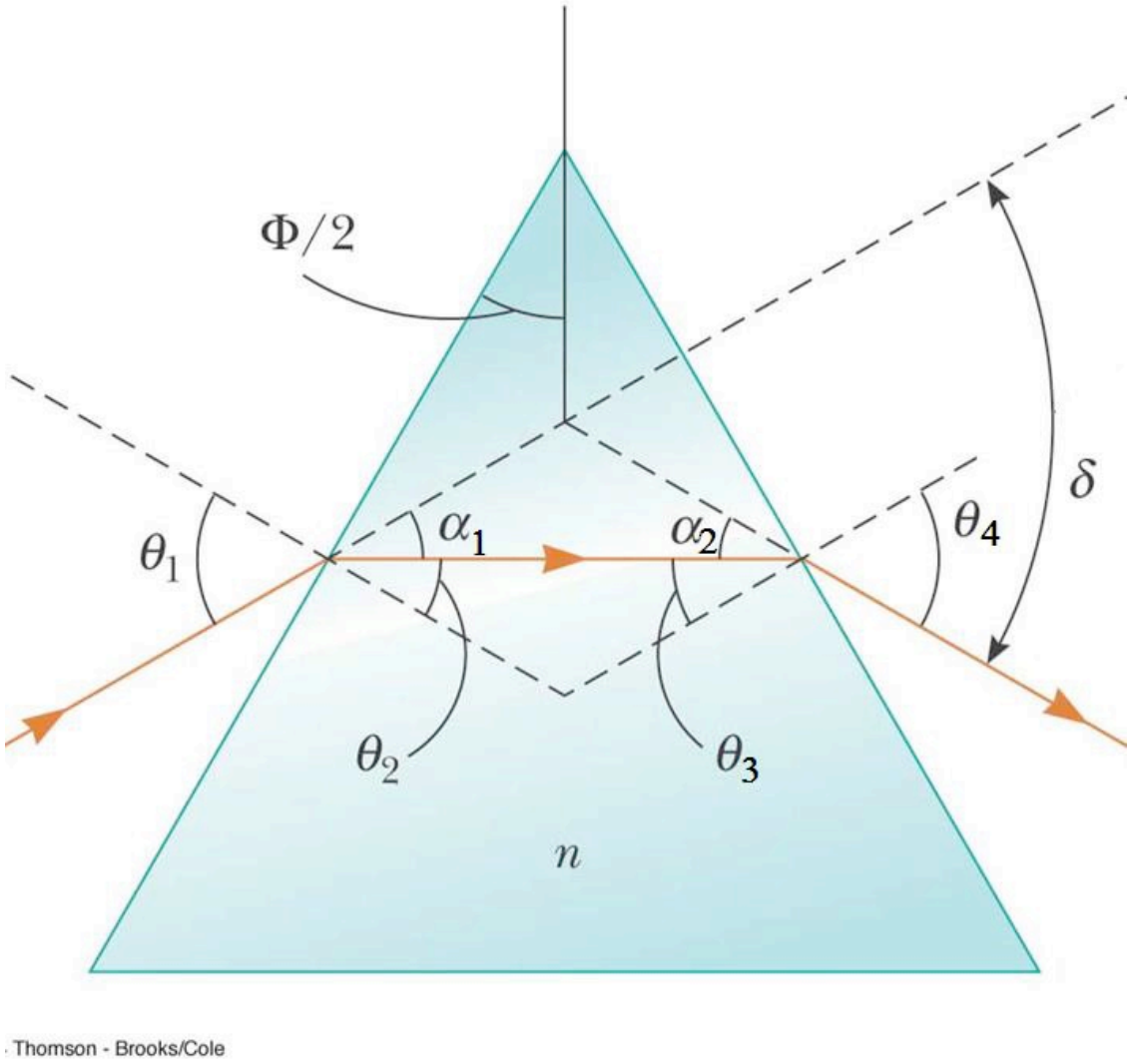
$\mathbf{\theta c = 48.70^{o}}$

$\mathbf{0.75 = r / 150}$

$\mathbf{r = 112.77\ cm}$



# Refraction of light انكسار الضوء




$\theta_1 = \alpha_1 + \theta_2$
$\theta_4 = \alpha_2 + \theta_3$
$\delta + \blacktriangledown = 180$
$\alpha_1 + \alpha^2 + \blacktriangledown = 180$
$\delta = \alpha_1 + \alpha_2$

انكسار الضوء خلال الموشور من الشكل:

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

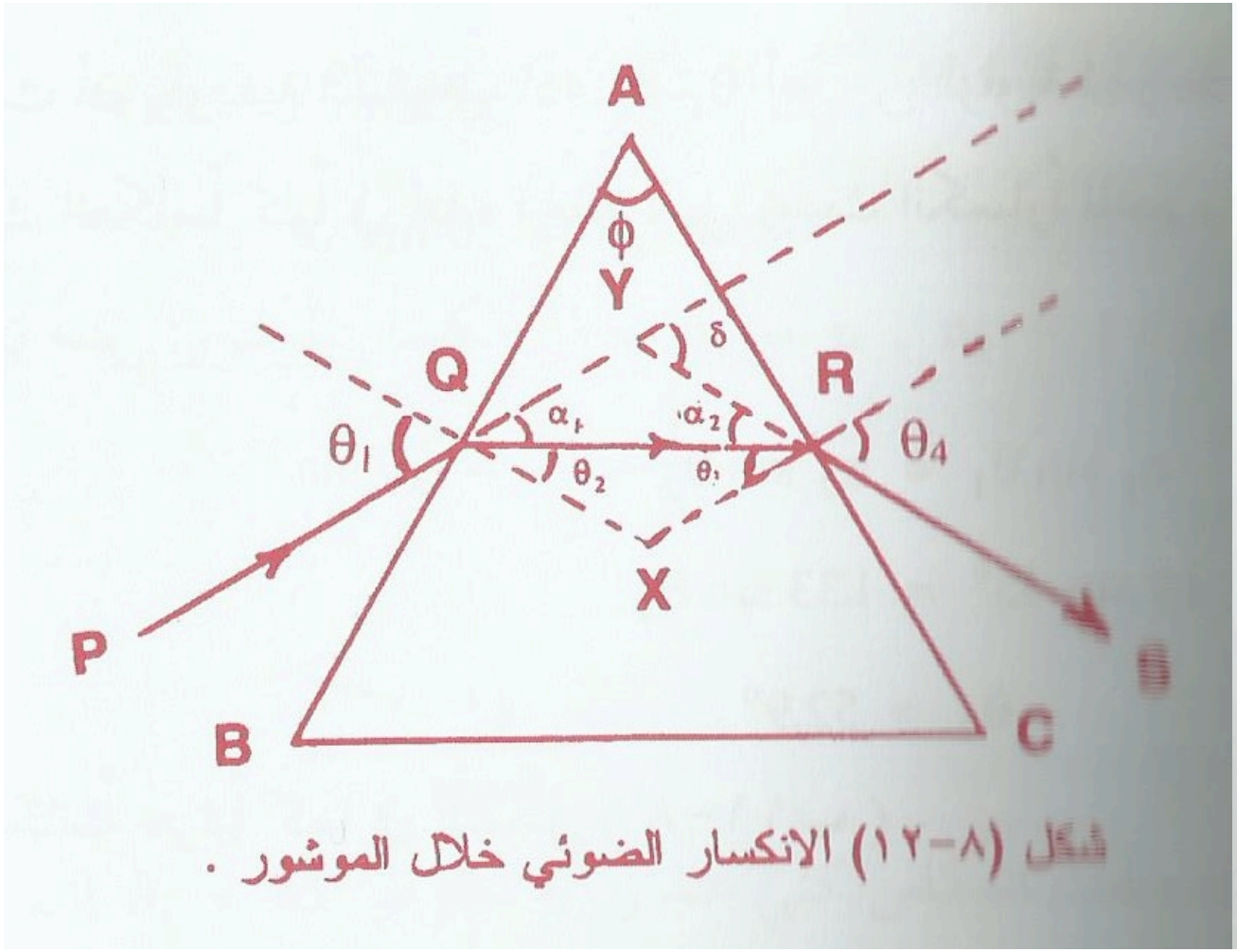
$$\alpha_2 = \theta_4 - \theta_3$$

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

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

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

# Refraction of light انكسار الضوء




شكل (٨-١٢) الانكسار الضوئي خلال الموشور .

في الشكل الرباعي AQXR :

$$\hat{AQX} = 90^\circ = \hat{ARX}$$

$$\therefore \hat{QXR} + \phi = 180^\circ$$

وفي المثلث QXR :

$$\hat{QXR} = 180^\circ - (\theta_2 + \theta_3)$$

$$\therefore \phi = \theta_2 + \theta_3 \qquad (8\text{-}9)$$

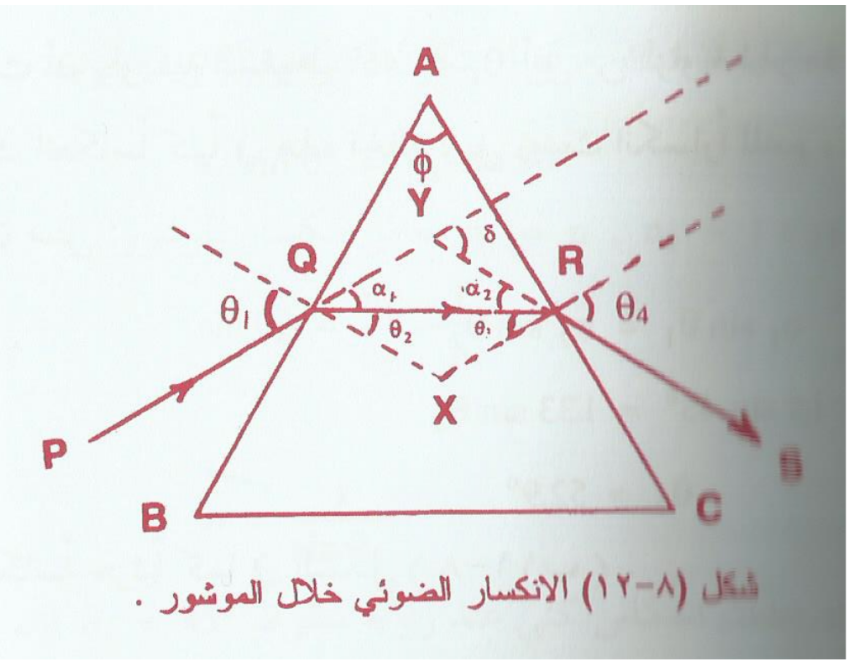
# Refraction of light انكسار الضوء

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

ويتضح من هذه المعادلة أن زاوية الانحراف تعتمد على زاوية السقوط $\theta_1$ ، فعند سقوط شعاع ضوئي PQ على موشور كما في الشكل ( ٨-١٢ ) بزاوية سقوط $\theta_1$ ، فإنه ينكسر داخل الموشور بزاوية $\theta_2$ ، فعندما يدار الموشور بانتظام في اتجاه واحد حول محور مركزه النقطة Q وذلك بزيادة قيمة $\theta_1$ تدريجياً ، فإن زاوية الانحراف $\delta$ تتناقص حتى تصل إلى قيمة صغرى تسمى بزاوية النهاية الصغرى للانحراف the angle of minimum deviation ويرمز لها بالرمز $\delta_m$ ،

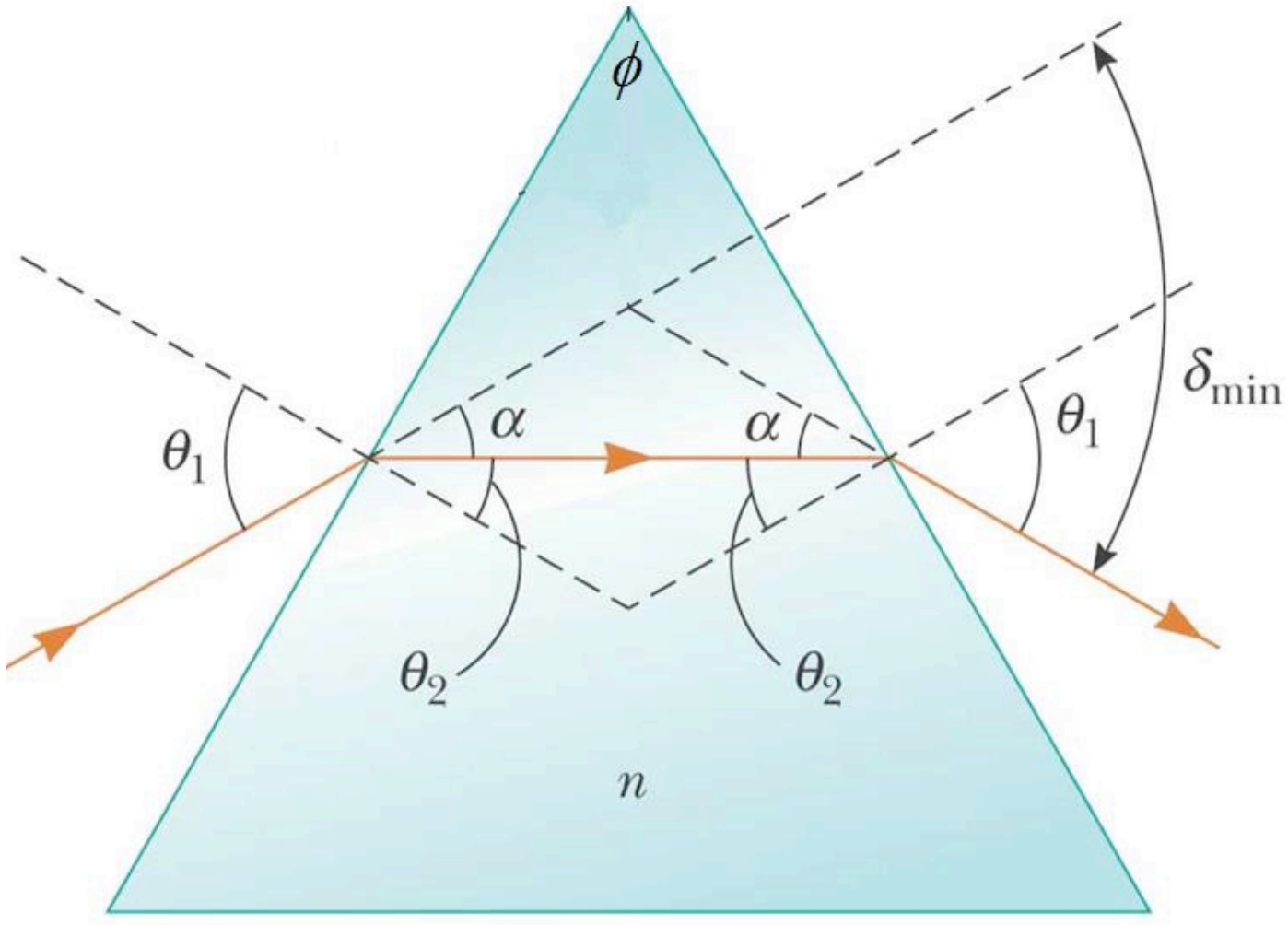
$$\therefore \delta = (\theta_1 - \theta_2) + (\theta_4 - \theta_3)$$

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




شكل (٨-١٢) الانكسار الضوئي خلال الموشور .

# Refraction of light انكسار الضوء




## زاوية الانحراف الصغرى $\delta_m$

في وضع الانحراف الأصغر فإن:

$$\theta_1 = \theta_4$$

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

ويكون الشعاع المنكسر داخل لموشور يوازي قاعدة الموشور

# انكسار الضوء Refraction of light

من الممكن كتابة معامل الانكسار بدلالة زاوية الانحراف

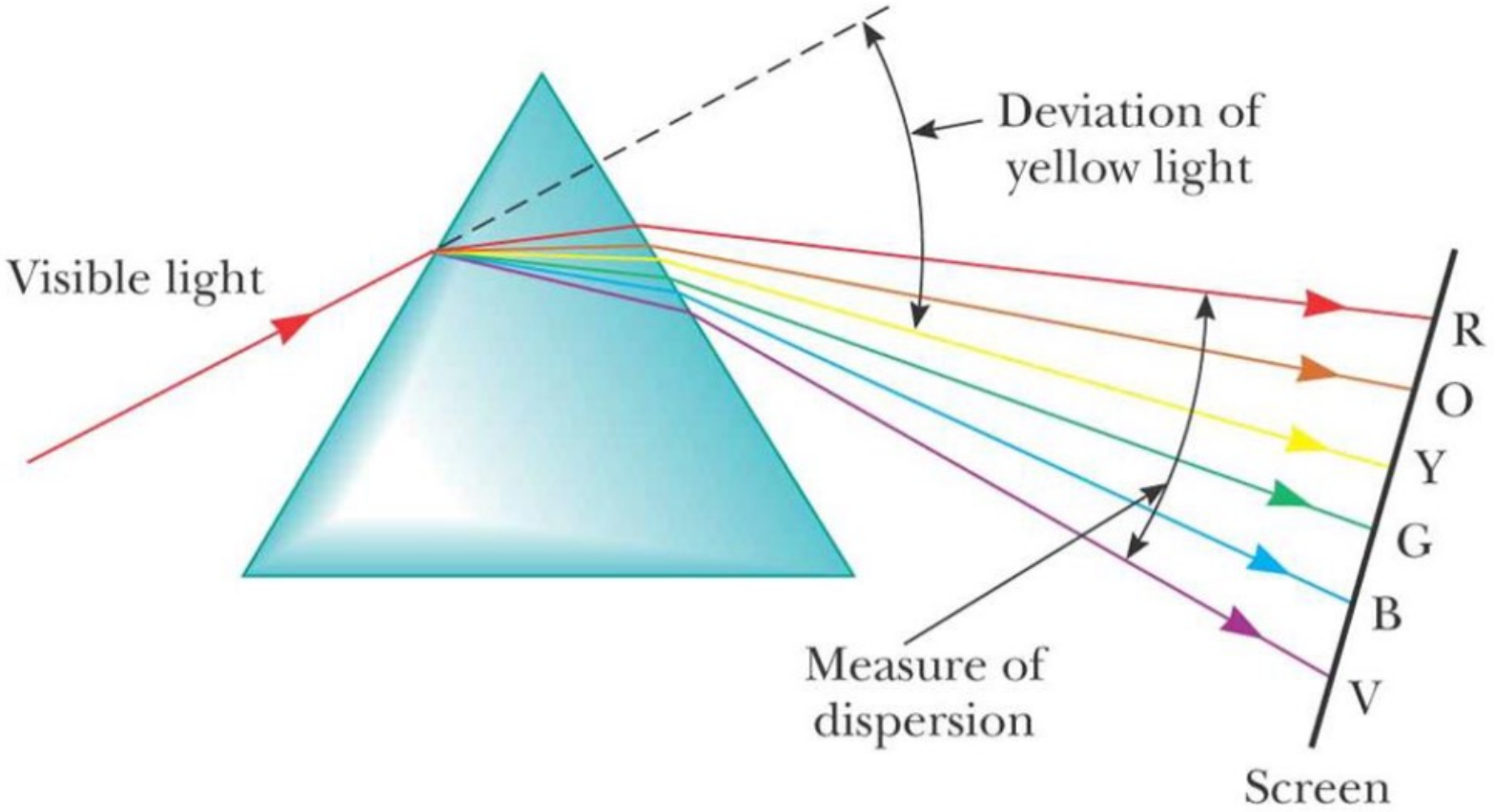
الصغرى $\delta_m$ وزاوية رأس الموشور $\phi$ كالتالي:

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

# انكسار الضوء Refraction of light

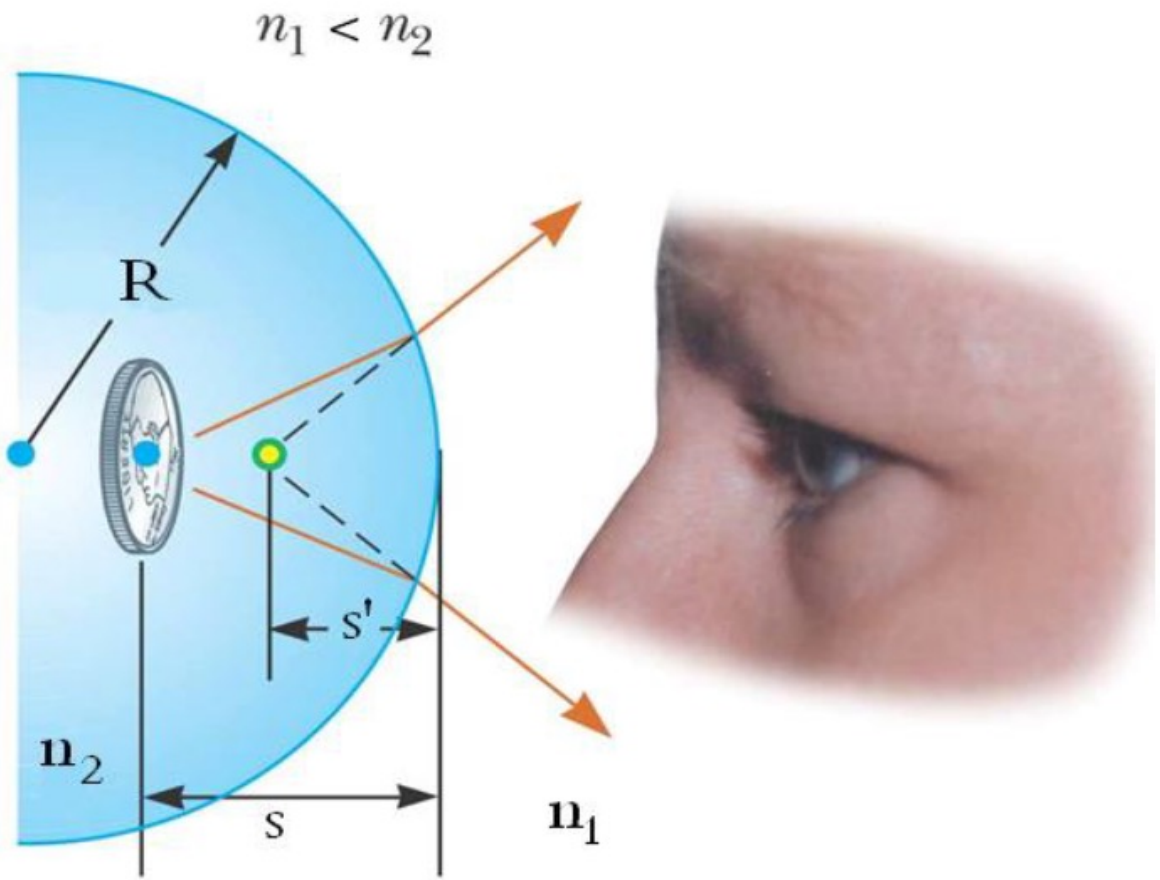
## التفريق خلال الموشور

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.



# انكسار الضوء Refraction of light

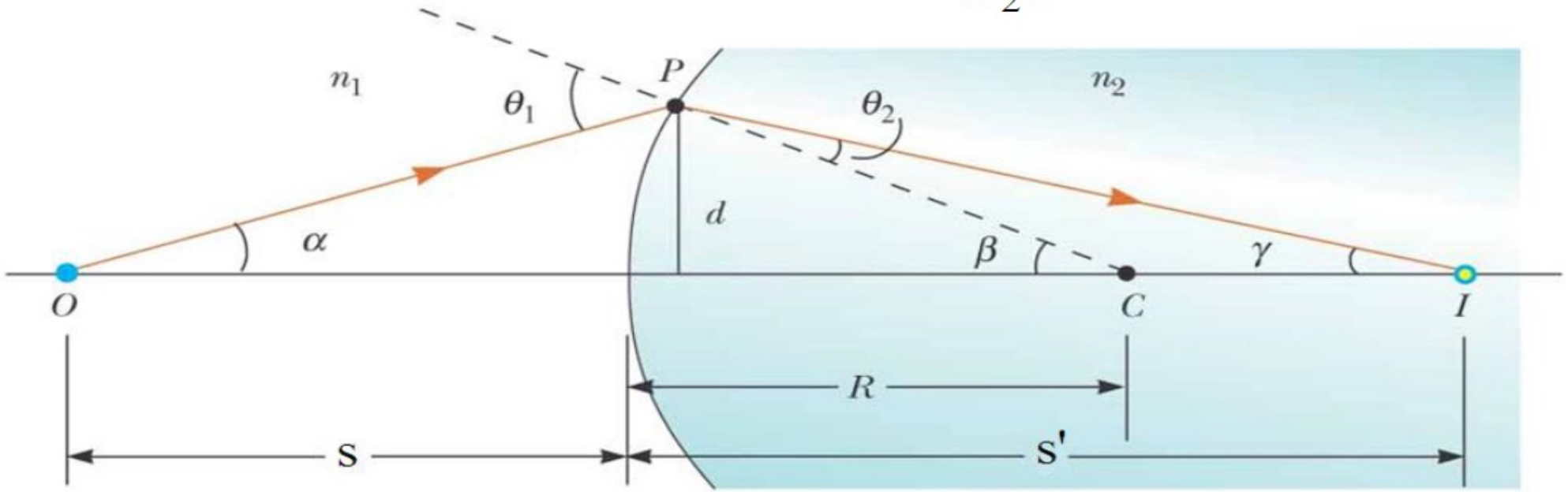
تكون الصور بواسطة الانكسار عند السطوح الكروية

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

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

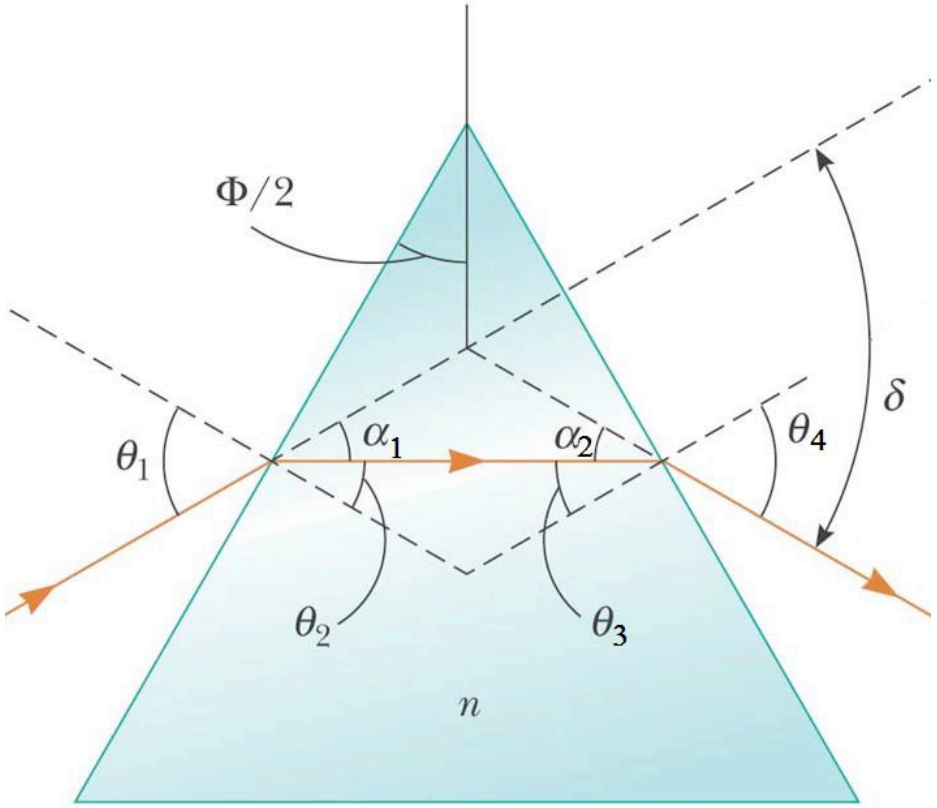
وقانون التكبير يعطى بالعلاقة:

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



# Refraction of light انكسار الضوء

10 ) سقط شعاع ضوئي على منتصف احد اوجه منشور زجاجي متساوي الزوايا معامل انكساره 1.5 وبزاوية سقوط 30o اتبع طريق الشعاع خلال الزجاج، وأوجد زوايا السقوط والانكسار عند كل سطح موضحا اجابتك بالرسم.




Thomson - Brooks/Cole

# Refraction of light انكسار الضوء

11 ( احسب معامل انكسار مادة منشور متساوي الزوايا، إذا كانت زاوية النهاية الصغرى للانحراف له تساوي 38o

# Refraction of light انكسار الضوء

3 ( ما هي أقل قيمة لمعامل انكسار مادة منشور قائم الزاوية، زاوية راسه 45o لكي ينحرف الشعاع الساقط بزاوية 90o عن اتجاهه الاصلي؟

# Refraction of light انكسار الضوء

16 ( منشور زجاجي زاوية رأسه 60o 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

19 ( سقط شعاع ضوئي أبيض على الماء بزاوية ، 60o 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.

# Refraction of light انكسار الضوء

20 ( سقط شعاع ضوئي من الهواء على لوح زجاجي سمكه 5 cmومعامل انكساره 1.5 وبزاوية سقوط ، 30oاحسب مقدار انحراف الشعاع النافذ عن الشعاع الساقط.

# Refraction of light انكسار الضوء

23 ( قضيب زجاجي معاما انكساره 1.5 طرفه محدب الشكل بنصف قطر تكور قدره 2 ، cmوضع جسم امام هذا الطرف على امتداد محور القضيب وعلى بعد 6 cmمنه، 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

- 1عندما نقول لوسط بأنه كثيف ضوئيا فإننا نقصد أن:
أ( معامل انكساره صغير ب( معامل انكساره كبير ج( تتغير خلاله سرعة الضوء د( الوسط شفاف
2 - سقط شعاع ضوئي من الهواء على سطح سائل بزاوية سقوط قدرها 450 ، ثم انكسر من خلاله بزاوية انكسار قدرها 280 ، كم قيمة معامل انكسار هذا السائل:
أ( 1.506 ب( 0.664 ج( 1.333 د( 1.361
3 - إذا كانت سرعة الضوء في مادة معينة هي 0.80 من سرعة الضوء في الفراغ، فإن معامل انكسار تلك المادة هو: أ( 0.80 ب( 1.25 ج( 1.33 د( 1.5
4 - عندما يسقط ضوء من وسط معامل انكساره n1على وسط آخر معامل انكساره ، n2فإن شرط الانعكاس الكلي الداخلي هو:
أ( n1 = n2ب( n1 + n2 = 1ج( n1أكبر من n2د( n1أصغر من n2
- 5موشور متساوي الأضلاع ، سقط على أحد أوجهه شعاع بزاوية 400 ، فإذا كانت هذه الزاوية هي القيمة التي تحصل عندها الزاوية الصغرى للانحراف ، dmفتكون زاوية الخروج من الضلع الآخر للموشور:
أ( dmب( 200 ج( 400 + dmد( 400