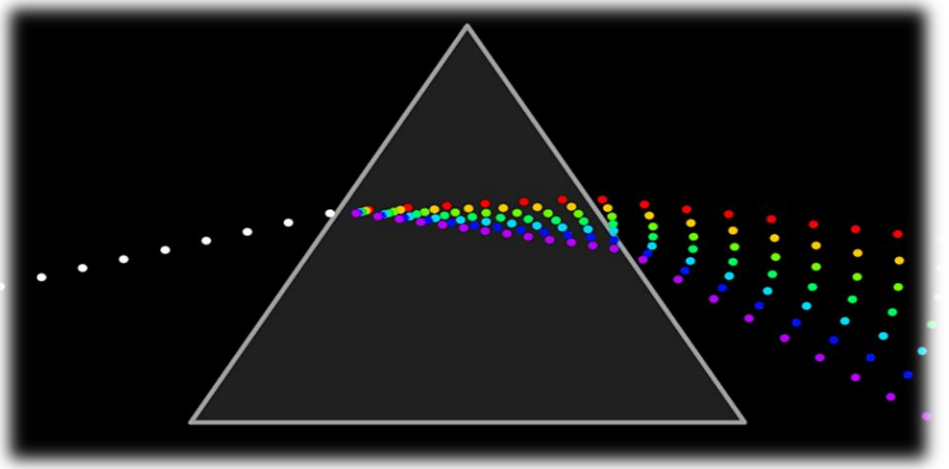
الفصل الثامن

انكسار الضوء

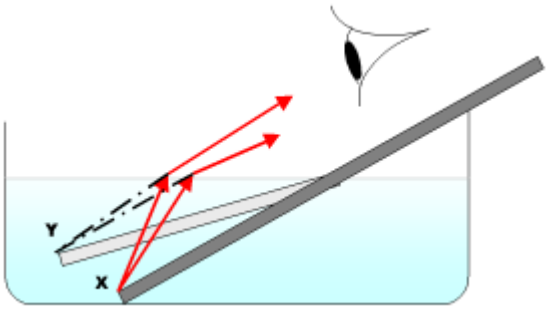
Refraction of Light



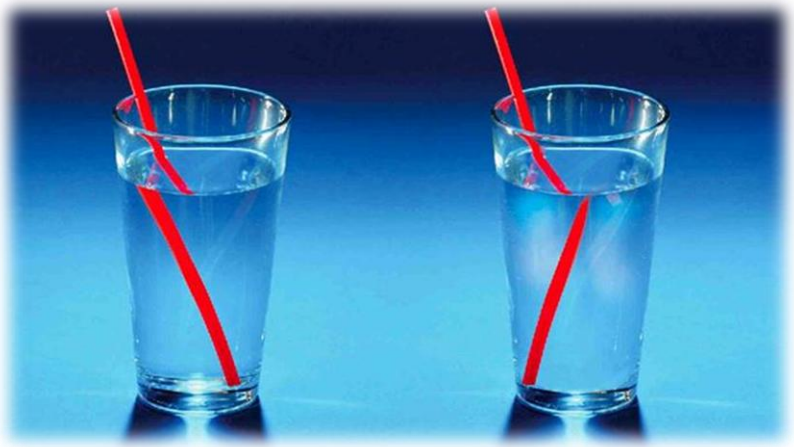
المقدمة

Introduction

انكسار الضوء



هو انحراف الضوء عن مساره عندما ينتقل بين وسطين يسمحان بمرور الضوء ويختلفان في الكثافة الضوئية .



معامل الانكسار
The Index of Refraction

تنتقل جميع الموجات باختلاف أطوالها في الفراغ أو الهواء بنفس السرعة $C = 3 \times 10^8$ m/s , أما في الأوساط المادية الأخرى فان سرعة الضوء تختلف من وسط لآخر حسب هذه العلاقة:

$$\vartheta = f \lambda$$

حيث:

f : التردد

λ : الطول الموجي

وهذه السرعة لا يمكن أن تكون أكبر من سرعة الضوء في الفراغ

وتسمى نسبة سرعة الضوء في الفراغ إلى سرعته في المادة بمعامل الانكسار

$$n = C/\vartheta$$

$$n \geq 1$$

n=1 في الفراغ أو الهواء

توضيح

تكون n دائماً أكبر من او يساوي الواحد الصحيح لان سرعة الضوء في الهواء اكبر ما يمكن.

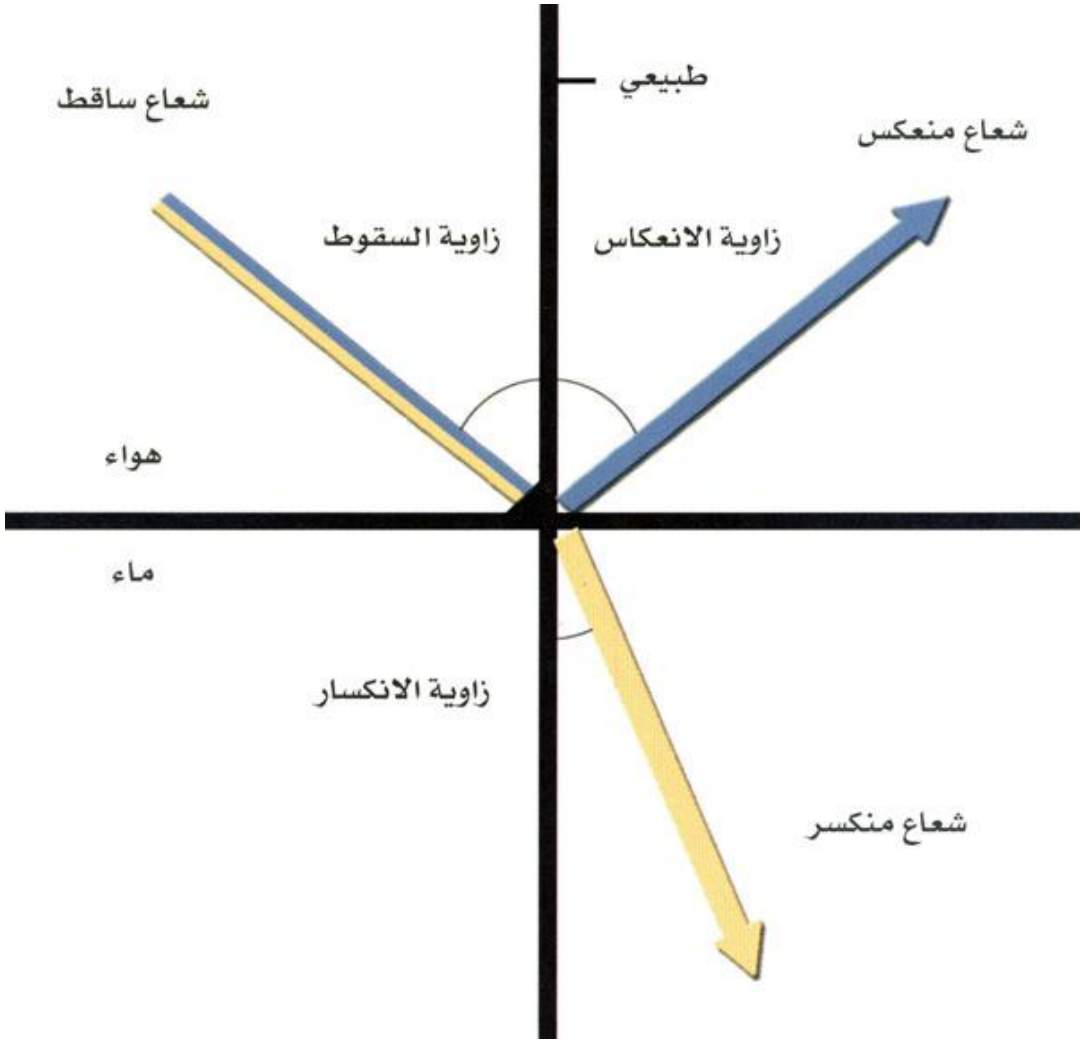
- فإذا رمزنا إلى سرعة الضوء في الهواء بالرمز C ورمزنا لسرعة الضوء في الوسط بالرمز ϑ

فإن معامل الانكسار n يعطى بالمعادلة التالية :

$$n = C / \vartheta$$

وحيث ان ϑ لا يمكن ان تكون اكبر من C فان n لا يمكن ان تكون اقل من الواحد الصحيح.

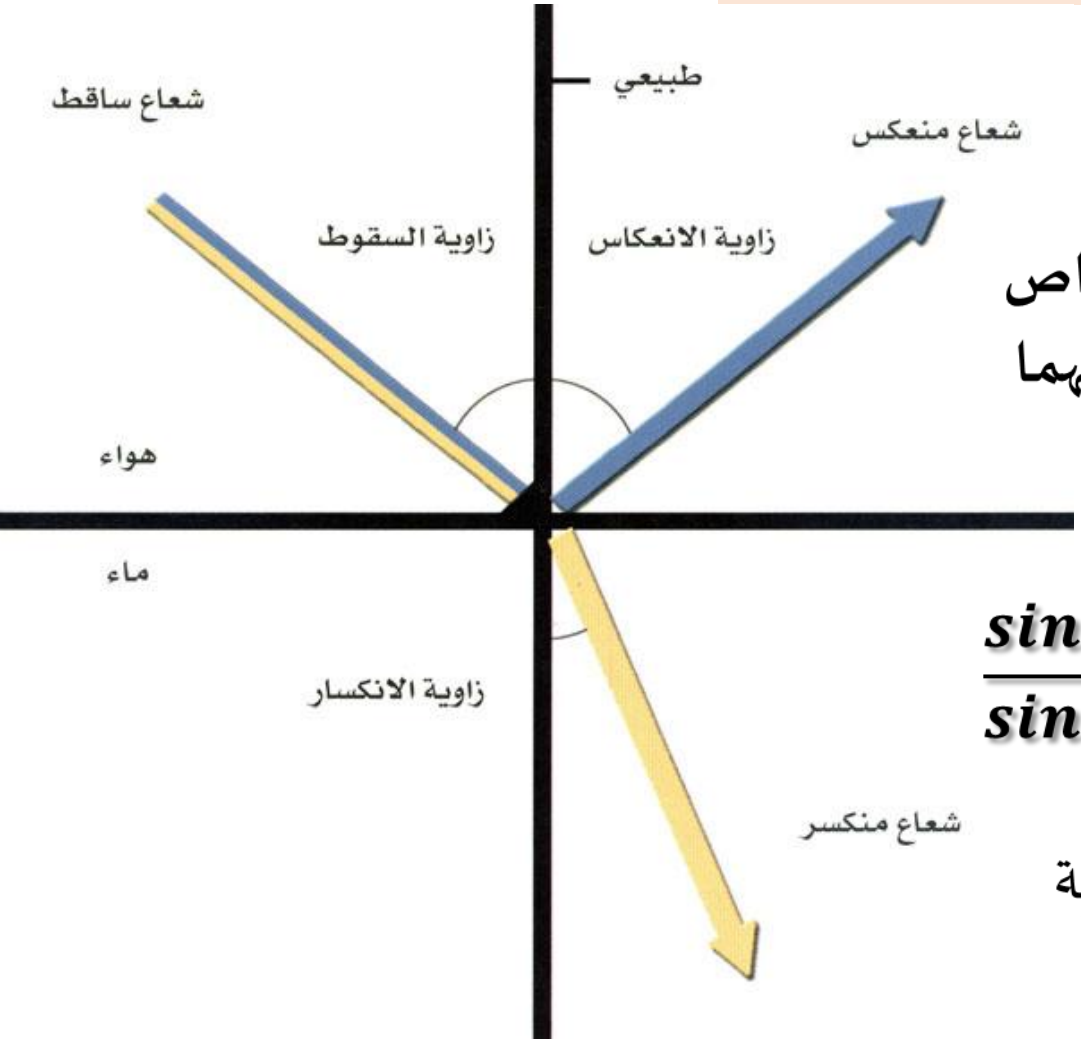
قانونا الانكسار
The Laws of Refraction



القانون الأول:

الشعاع الساقط والشعاع المنكسر والعمود المقام من نقطة السقوط تقع كلها في مستوى واحد.

قانونا الانكسار
The Laws of Refraction



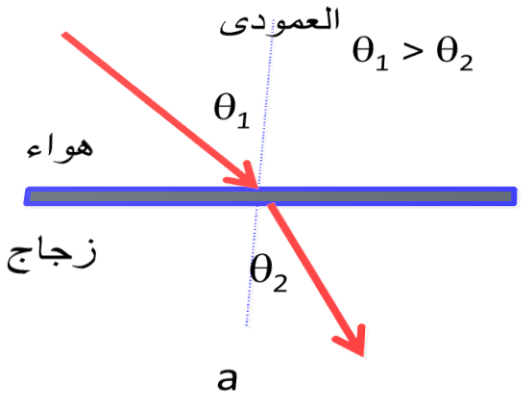
القانون الثاني:

أن قيمة زاوية الانكسار تعتمد على خواص كلا الوسطين الذي انتقل الضوء خلالهما وعلى زاوية السقوط.

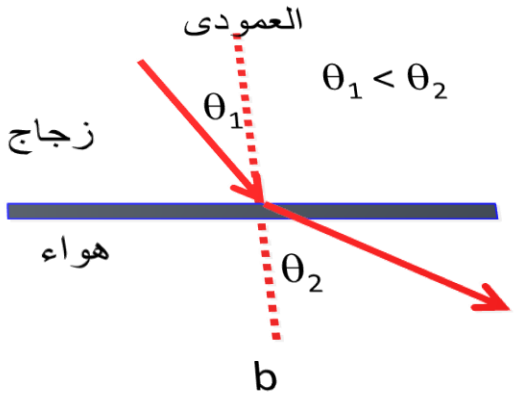
قانون سنل:

$$\frac{sin\theta_2}{sin\theta_1} = \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} = \frac{n_1}{n_2} = Constant$$

سرعة الضوء في الوسطين V_1, V_2 ، زاوية السقوط θ_1 زاوية الانكسار و θ_2


العمودى
$\theta_1 > \theta_2$
θ_1
هواء
زجاج
θ_2

a


العمودى
$\theta_1 < \theta_2$
θ_1
زجاج
هواء
θ_2

b

ومن المعلوم ان سرعة الضوء تختلف من وسط الى اخر حسب العلاقة التالية

$$\vartheta = f\,\lambda$$

حيث f التردد ، λ الطول الموجى ،

وحسب العلاقة السابقة فان

$$\vartheta_1 = f\lambda_1 \quad \& \quad \vartheta_2 = f\lambda_2$$

وحيث أن $f_1 = f_2 = f$

الرقم بجانب التردد يعبر عن الوسط الذى يمر به الضوء

اذن من العلاقات نحصل على:

$$\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} = \frac{f_1\lambda_1}{f_2\lambda_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

ومن العلاقة السابقة نجد ان

$$\vartheta_1 = \frac{C}{n_1} \,\&\, \vartheta_2 = \frac{C}{n_2}$$

اذن

$$\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} = \frac{C/n_1}{C/n_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$$\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} = \frac{C}{n_1} \times \frac{n_2}{C} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

اذن

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

$$n_1\lambda_1 = n_2\lambda_2$$

اذا كان **الوسط الاول فراغا او هواء** فان

$$n_1 = 1 \qquad \& \qquad n_2 = n$$

$$n = \frac{\lambda_o}{\lambda_n}$$

قانون سنل:

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

زاوية السقوط

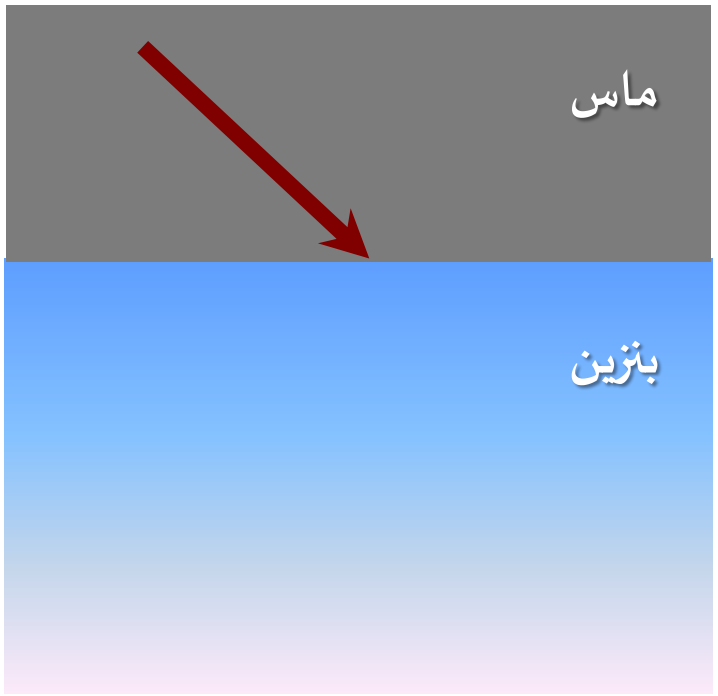
زاوية الانكسار

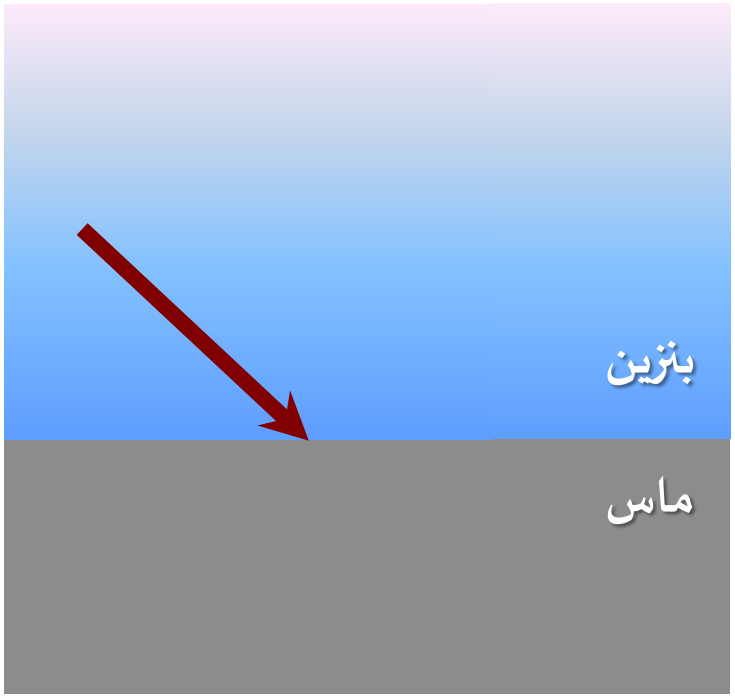
1) ارسمي شعاع الضوء المنكسر في الحالات التالية .
2) حددي زاوية السقوط والإنكسار
3) قارني بين الحالتين من حيث قيمة الزوايا المنكسرة

.

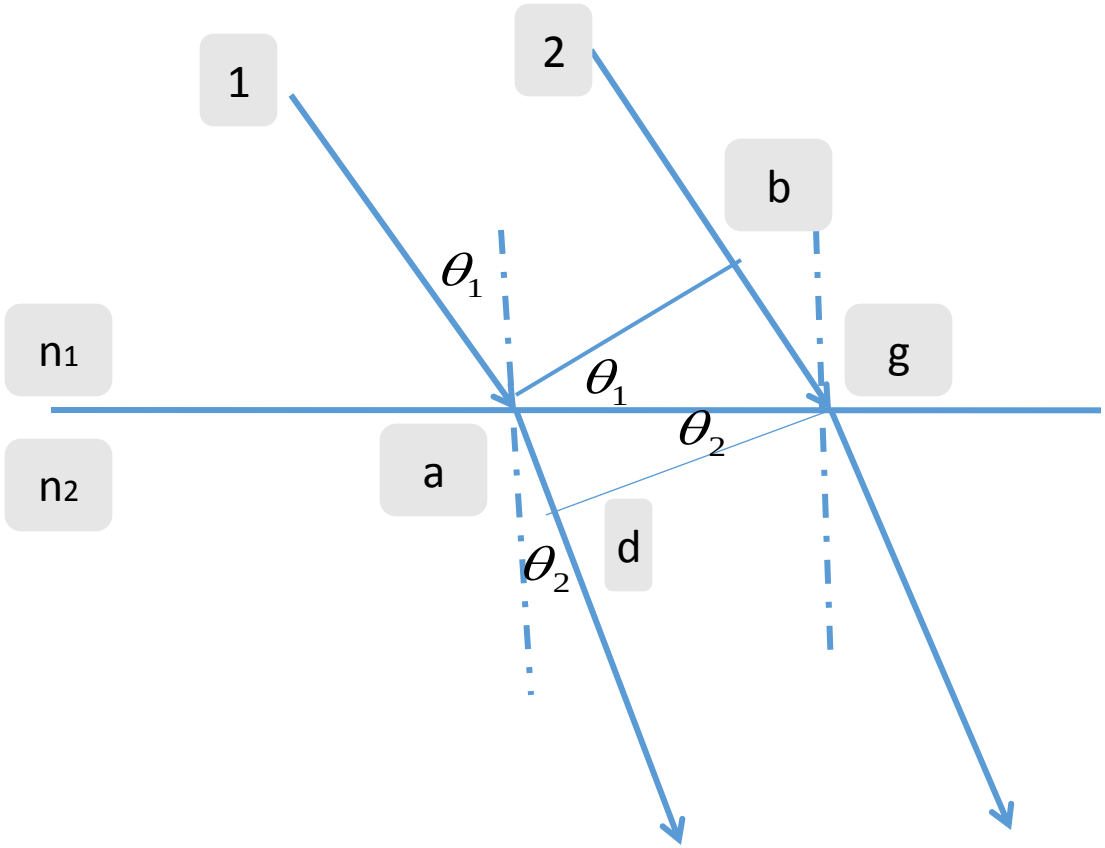
3x10 سرعة الضوء في البنزين

1.2x10سرعة الضوء في الماس





اشتقاق قانون سنل للانكسار باستخدام قاعدة هجينز

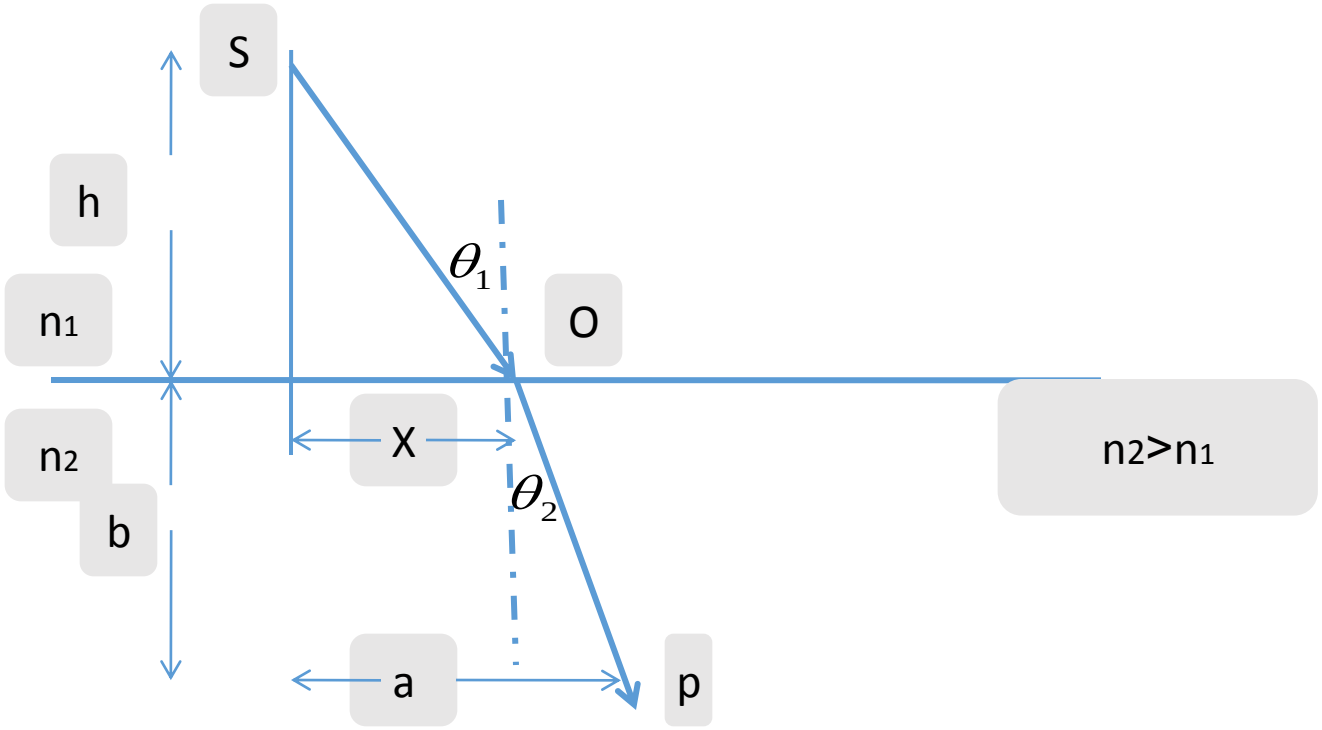


اشتقاق قانون سنل للانكسار باستخدام قاعدة فيرمات

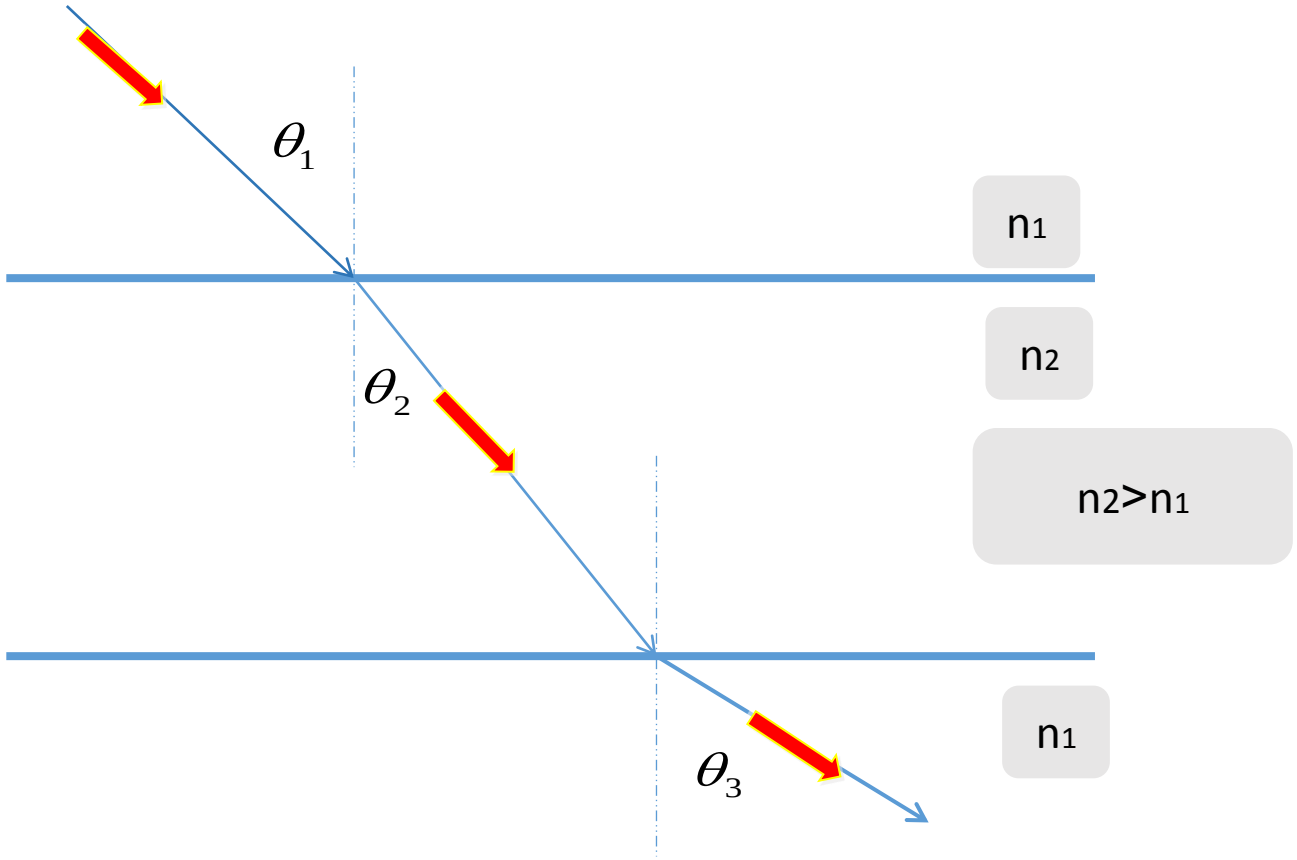
يمكن تعريف قاعدة فيرمات :

عند انتقال شعاع ضوئي بين نقطتين فإن الطريق الفعلي له سيكون ذلك الطريق الذي يأخذ فيه أقل وقت ممكن (تعرف بقاعدة الوقت الاقصر).

اشتقاق قانون سنل للانكسار باستخدام قاعدة فيرمات



الانكسار خلال متوازي مستطيلات
Refraction by Plane-Parallel Plate



عندما **ينفذ الضوء من مادة إلى مادة اخرى ذات معامل انكسار اكبر**، فإن الضوء **سينكسر** مقتربا منً العمود المقام على السطح الفاصل بين المادتين عند النقطة في الشكل الموضح ادناه.

ومن قانون سنل: على السطح العلوى

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

وعلى السطح السفلى

$$n_2 \sin\theta_2 = n_1 \sin\theta_3$$

وبمقارنة العلاقتين نجد لن :

$$n_1 \sin\theta_1 = n_1 \sin\theta_3$$
$$\sin\theta_1 = \sin\theta_3$$

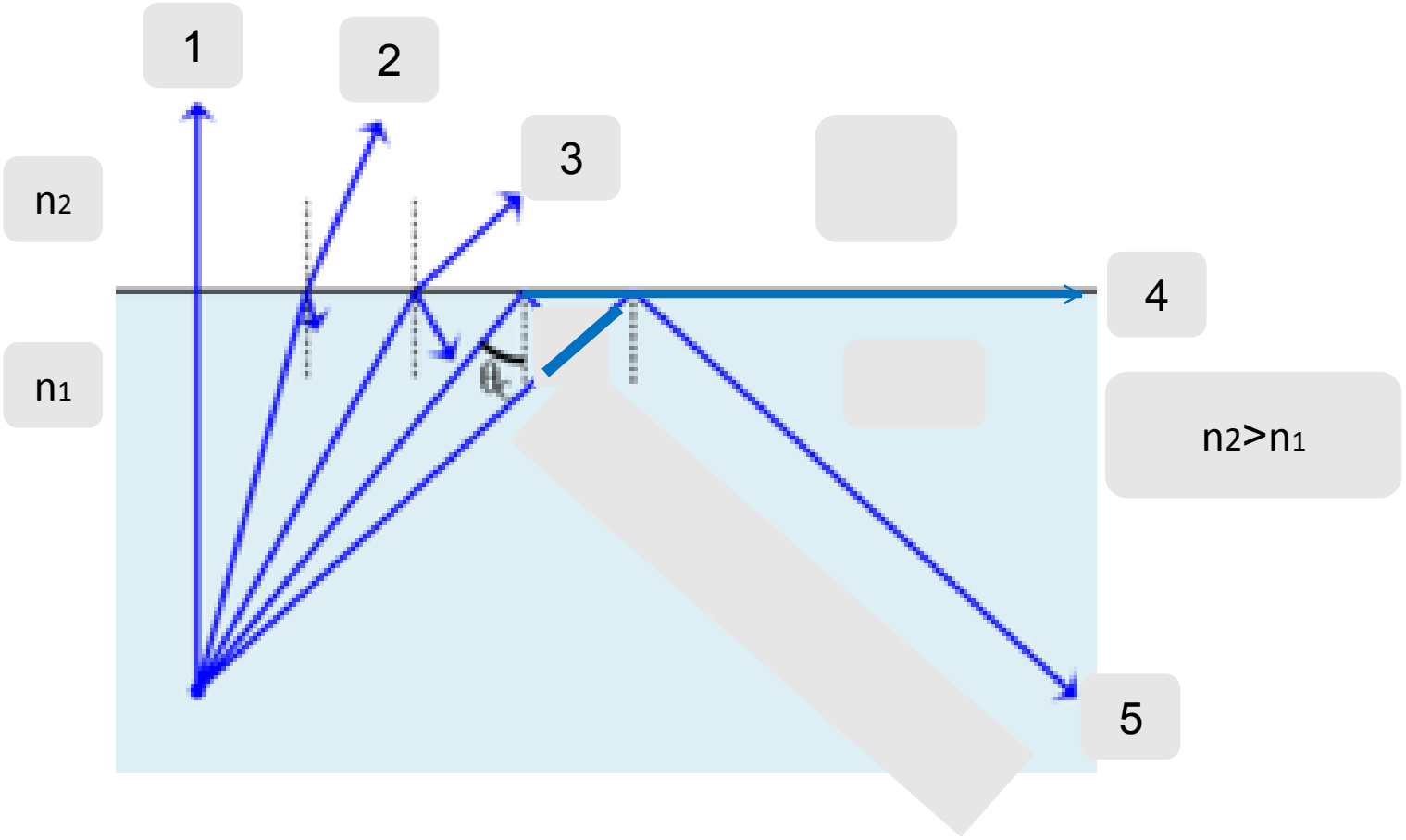
$$\theta_1 = \theta_3$$

$$\theta_1 = \theta_3$$

وبذلك نجد ان **الشعاع الخارج يوازى الشعاع الساقط على متوازي المستطيلات ولكنة مزاح عنة افقيا.**

ونفس النتيجة نحصل عليها اذا كان لدينا اكثر من طبقة من متوازيات المستطيلات كل واحدة لها معامل انكسار مختلف عن الأخرى

الانعكاس الكلي الداخلي والزاوية الحرجة



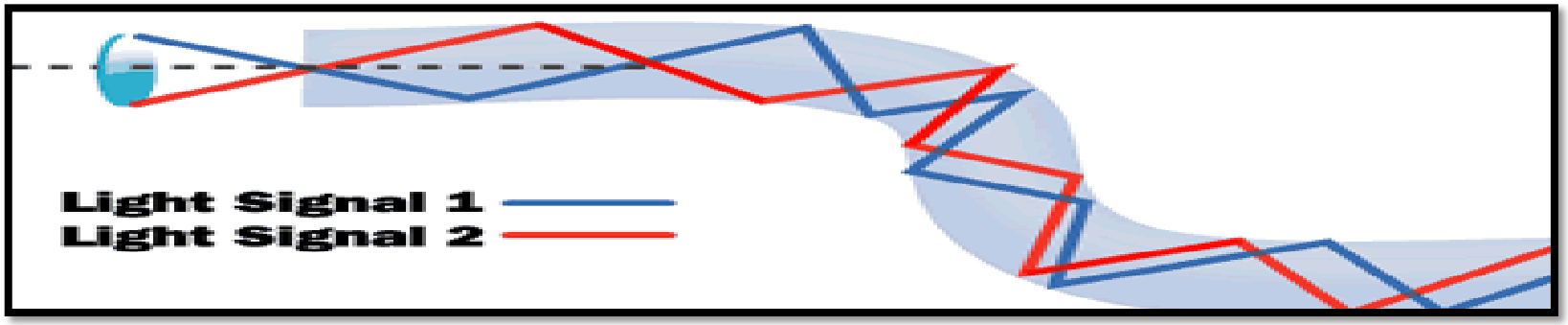
الزاوية الحرجة

زاوية السقوط لشعاع في وسط والتي يقابلها زاوية انكسار مقدارها 90 في الوسط الآخر ذي معامل الانكسار الأقل

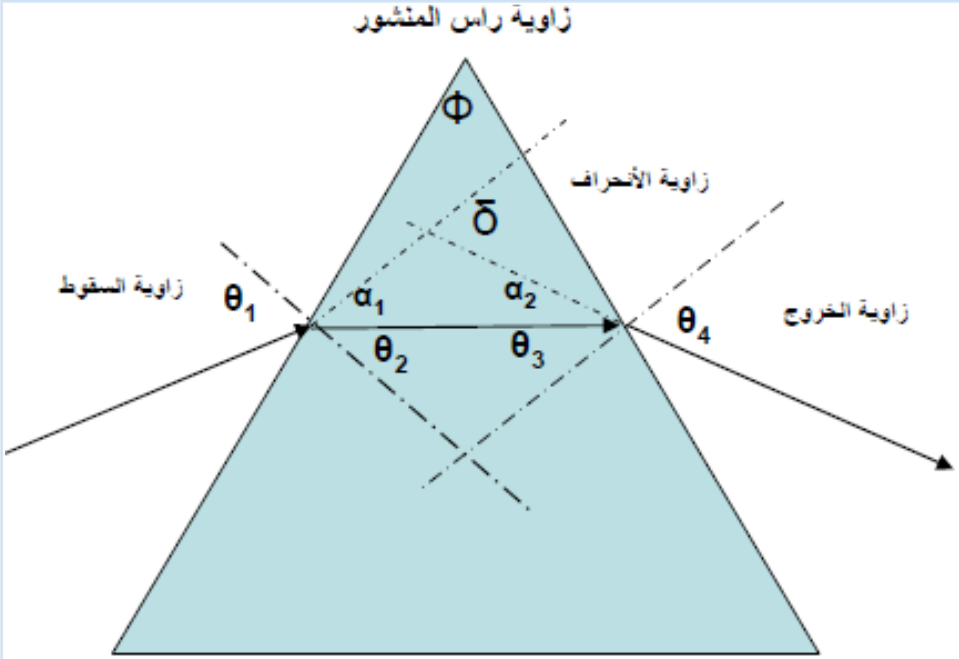
$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$
$$\theta_1 = \theta_c$$
$$\theta_2 = 90$$

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

فكرة الألياف البصرية



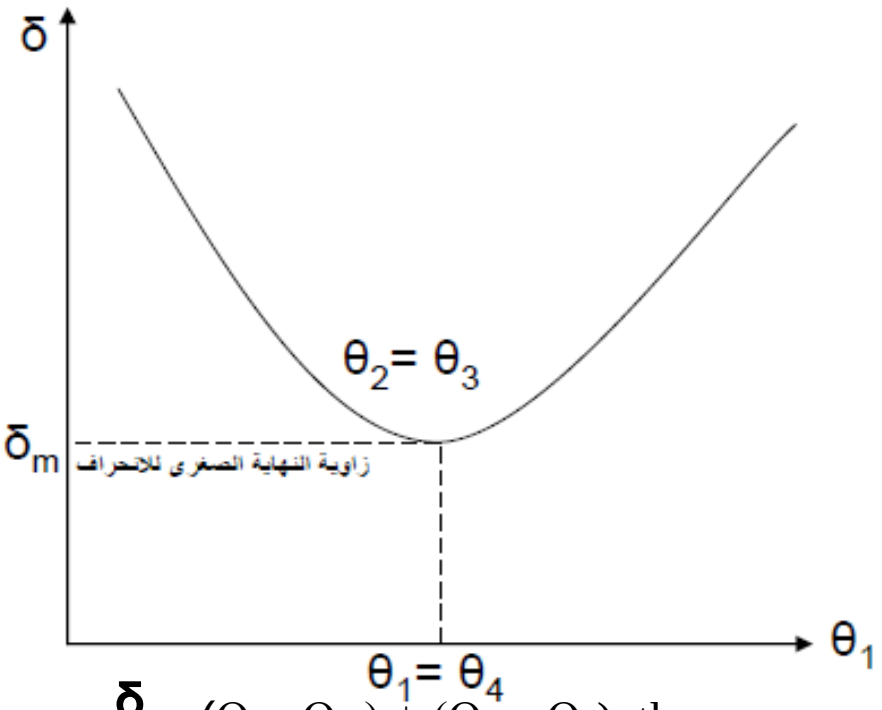
الانكسار الضوئي خلال المنشور
Refraction Through a Prism



$$\because \theta_1 = \theta_2 + \alpha_1 \ \& \ \theta_4 = \theta_3 + \alpha_2$$
$$\therefore \alpha_1 = \theta_1 - \theta_2 \ \& \ \alpha_2 = \theta_4 - \theta_3$$
$$\because \delta = \alpha_1 + \alpha_2$$
$$\therefore \delta = (\theta_1 - \theta_2) + (\theta_4 - \theta_3)$$
$$\because \varphi = \theta_2 + \theta_3$$
$$\therefore \delta + \varphi = \theta_1 + \theta_4$$

زاوية الانحراف (δ)

هي الزاوية بين امتداد الشعاع الساقط والشعاع الخارج



- 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 $\theta_2= \theta_3$

$\delta = (\Theta_1 - \Theta_2) + (\Theta_4 - \Theta_3)$ then

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

$$\therefore \delta_m + \varphi = 2\theta_1$$

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

$n_1/n_2 = \sin\Theta_1/\sin\Theta_2$

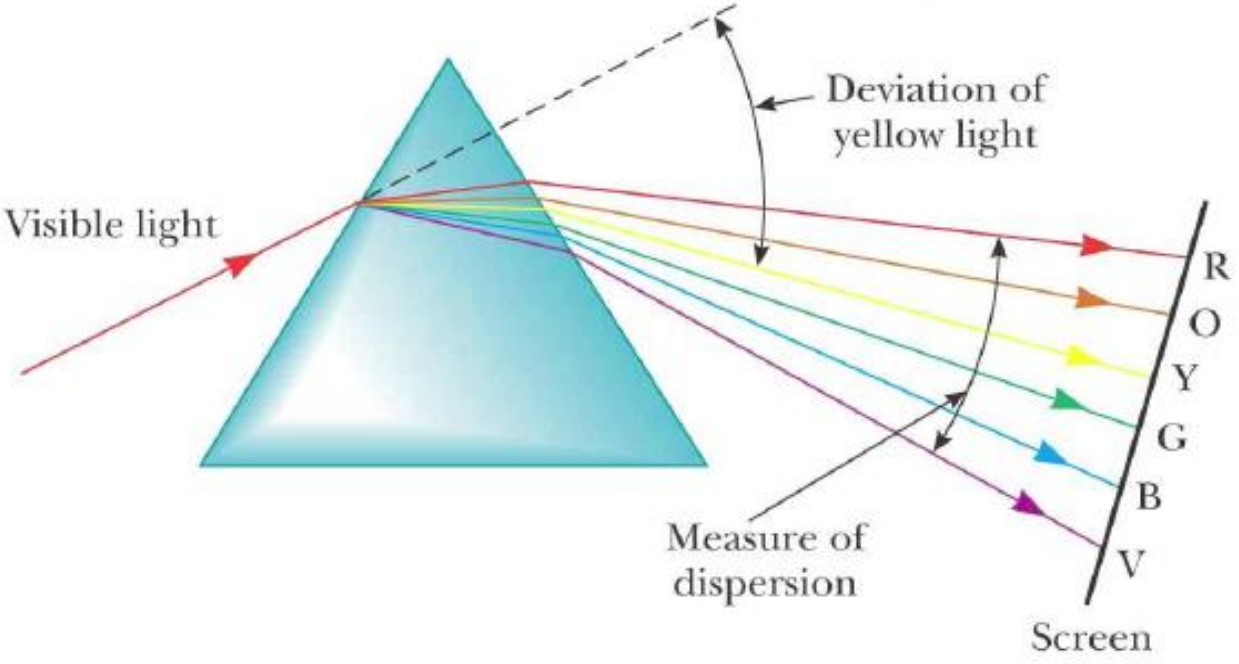
$n_1 = 1$, $n_2 = n_p$

* معمل انكسار مادة المنشور n_P

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

تحليل الضوء
التفريق 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.



©2004 Thomson - Brooks/Cole

بحيث أن الطول الموجي الكبير له زاوية انحراف صغيرة وبالتالي سيكون في الاعلى ويليه الطول الموجي الاصغر والذى له زاوية انحراف أكبر وهكذا

تكون الصور بواسطة الانكسار عند السطوح الكروية

$$\theta_1 = \alpha + \beta$$

من المثلث CPO

$$\beta = \theta_2 + \gamma$$

$$\theta_2 = \beta - \gamma$$

من المثلث CPI

من قانون سنل

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

لأن الزاويتين صغيرتين فإن

$$\sin\theta_1 \cong \theta_1$$

$$\sin\theta_2 \cong \theta_2$$

$$n_1\theta_1 = n_2\theta_2$$

$$n_1(\alpha+\beta)=n_2(\beta-\gamma)$$

$$n_1\alpha+n_1\beta=n_2\beta-n_2\gamma$$

$$n_1\alpha+n_2\gamma=(n_2-n_1)\beta$$

بما أن الزوايا $\alpha,\ \beta,\ \gamma$ صغيرة فإن

$$\tan\alpha\cong\alpha=\frac{d}{s}$$

$$\tan\beta\cong\beta=\frac{d}{R}$$

$$\tan\gamma\cong\gamma=\frac{d}{s^-}$$

بالتعويض في المعادلة نحصل على:

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

بقسمة طرفي المعادلة على d نحصل على:

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

$$R \rightarrow \infty$$

$$\frac{n_1}{s} + \frac{n_2}{s^-} = 0$$

$$\therefore s^- = -\frac{n_2}{n_1} s$$

قانون التكبير في هذه الحالة هو:

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

قاعدة الإشارات

S موجبة	إذا كان الجسم أمام السطح الفاصل (الجسم حقيقي)
S سالبة	إذا كان الجسم خلف السطح الفاصل (الجسم خيالي)
S- موجبة	إذا كانت الصورة تقع خلف السطح الفاصل (الصورة حقيقي)
S- سالبة	إذا كانت الصورة تقع أمام السطح الفاصل (الصورة خيالية)
R موجبة	في حالة السطح المحدب بالنسبة للشعاع الساقط
R سالبة	في حالة السطح المقعر بالنسبة للشعاع الساقط
M موجبة	الصورة معتدلة
M سالبة	الصورة مقلوبة