

الشكل (6) : انتقال الشعاع الضوئي داخل الليف البصري عن طريق الانعكاس الكلي

مسائل الفصل الثاني (problems)

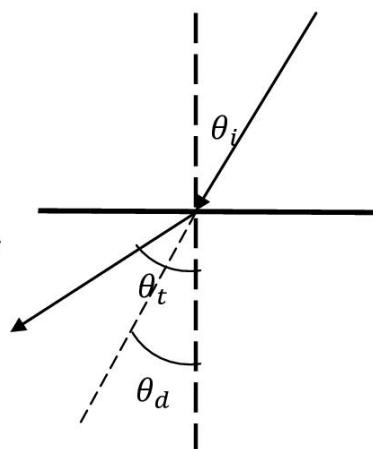
1) شعاع ضوئي يسقط على سطح مستوي يفصل بين وسطين شفافين معامل الانكسار لهما $n_1=1.6$ ، $n_2=1.4$ ، وكانت زاوية السقوط للشعاع هي (30°) . احسب (a): زاوية الانكسار ، (b): زاوية الانحراف .

$$a) n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_t$$

$$\sin \theta_t = \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_i \rightarrow \sin \theta_t = \frac{1.6}{1.4} \sin 30 = 0.57$$

$$\theta_t = \sin^{-1}(0.57) = 35^\circ$$

$$b) \theta_d = \theta_t - \theta_i = 35 - 30 = 5^\circ$$



(2) مصدر نقطي يبعث شعاع ضوئي يسقط على الحد الفاصل بين وسط ماء ووسط هواء. احسب زاوية الانكسار للشعاع الذي يسقط بزاوية مقدارها 20° وزاوية 40° .

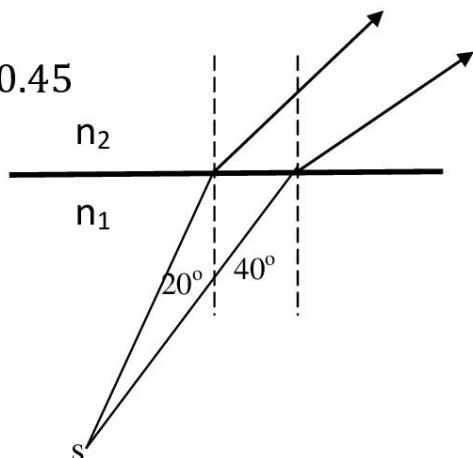
$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_t$$

$$\sin \theta_t = \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_i \rightarrow \sin \theta_t = \frac{1.33}{1} \sin 20 = 0.45$$

$$\theta_t = \sin^{-1}(0.45) = 27^\circ$$

$$\sin \theta_t = \frac{1.33}{1} \sin 40 = 0.85$$

$$\theta_t = \sin^{-1}(0.85) = 59^\circ$$



(3) شعاع ضوئي يسقط بزاوية (ϕ) على سطح قطعة زجاجية ذات سمك مقداره (t) ، فاذا كانت زاوية النقاد (الانكسار) هي ($'\phi$). برهن أن الإزاحة الجانبية (d) بين الشعاع الساقط والشعاع النافذ تعطى بالعلاقة

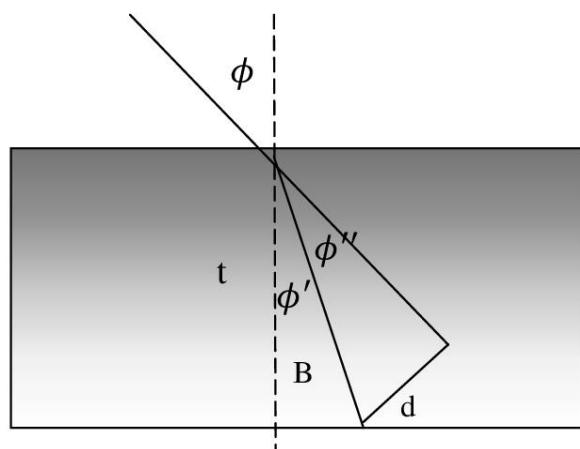
$$d = t \frac{\sin(\phi - \phi')}{\cos \phi'}$$

$$\sin \phi'' = \frac{d}{B} \dots (1)$$

$$\phi'' = \phi - \phi'$$

$$\cos \phi' = \frac{t}{B}$$

$$B = \frac{t}{\cos \phi'} \dots (2)$$



sub. eq. (2) in eq. (1) :

$$d = t \frac{\sin(\phi - \phi')}{\cos \phi'}$$

4) في الشكل اعلاه ، شعاع ضوئي يسقط بزاوية مقدارها (60°) من الهواء على السطح الزجاجي ذو السمك (2 cm) ومعامل انكسار (1.5) . جد الازاحة الجانبية بين الشعاع الساقط والشعاع النافذ .

$$n \sin \phi = n' \sin \phi'$$

$$\sin \phi' = \frac{n}{n'} \sin \phi \rightarrow \sin \phi' = \frac{1}{1.5} \sin 60 = 0.577$$

$$\phi' = \sin^{-1}(0.577) = 35^\circ$$

$$d = t \frac{\sin(\phi - \phi')}{\cos \phi'} = 2 * \frac{\sin(60 - 35)}{\cos(35)}$$

$$d = 1.03 \text{ cm}$$

5) شعاع ضوئي يسقط على الوجه العمودي الايسر لمكعب زجاجي ($n_g=1.5$) كما مبين في الشكل أدناه . المكعب مغمور بالماء الذي معامل انكساره ($n_w=1.33$) . ما هي اقصى زاوية سقوط يجب ان يسقط بها الضوء على المكعب ليحقق انعكاس داخلي كلي على السطح العلوي له ؟

$$\sin \phi_c = \frac{n'}{n} = \frac{1.33}{1.5} = 0.88$$

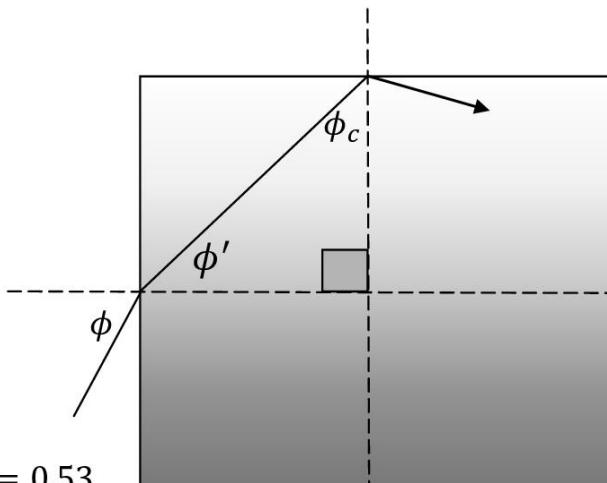
$$\phi_c = \sin^{-1}(0.88) = 62^\circ$$

$$\phi' = 90 - \phi_c = 28^\circ$$

$$n \sin \phi = n' \sin \phi'$$

$$\sin \phi = \frac{n'}{n} \sin \phi' = \frac{1.5}{1.33} \sin 28 = 0.53$$

$$\phi = \sin^{-1}(0.53) = 32^\circ$$



6) موشور زاوية رأسه (60°) ، وزاوية انحرافه الصغرى للون الازرق (43°). جد زاوية الانكسار للوجه الاول ، وزاوية السقوط ، ومعامل انكسار الموشور نفرض ان معامل انكسار الوسط المحيط بالموشور هو هواء ($n_o=1$)

$$\beta = \frac{\sigma}{2} = \frac{60}{2} = 30^\circ$$

$$\alpha = \frac{\delta + \sigma}{2} = \frac{43 + 60}{2} = 51.1^\circ$$

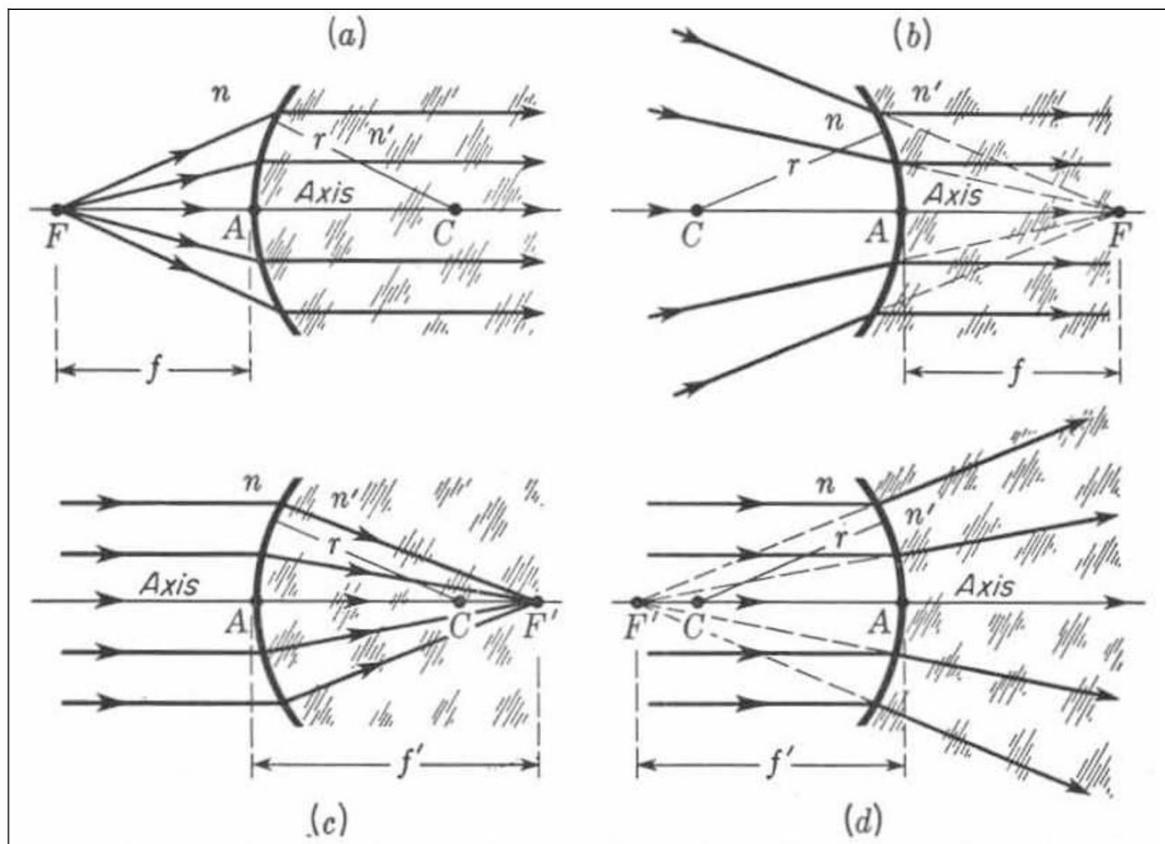
$$n_{prism} = \frac{\sin \frac{\delta + \sigma}{2}}{\sin \frac{\sigma}{2}} = \frac{\sin \frac{43 + 60}{2}}{\sin \frac{60}{2}} = \frac{\sin 51.5}{\sin 30} = \frac{0.78}{0.5} = 1.56$$

(1) السطح الكروي (Spherical Surface)

السطح الكروي هو سطح منحني جزء من كرة . يسمى السطح الكروي محدب (convex surface) اذا كان مركز التكور له على اليمين ، ويسمى السطح الكروي مقعر (concave surface) اذا كان مركز التكور له على اليسار كما في الشكل (1) .

السطح الكروي الذي يفصل وسطين شفافين له خاصية تجميع او تفريغ الاشعة الضوئية المنكسرة عليه نتيجة قوانين الانكسار ، وتطبيق قانون سنبل على السطح الكروي باستخدام العمود المقام على مماس النقطة التي يحدث فيها الانكسار وبهذه الطريقة ممكن معرفة اتجاه الشعاع بعد الانكسار .

ان استخدامات السطوح الكروية في البصريات يتضمن تكوين الصور (Image formation) ، وتركيز الاشعة (ray concentration) ، وتسديد الاشعة (collimation) ، وتنظيم الاستضاءة (illumination) . وسيقتصر الحديث في هذا الفصل على تكوين الصور الذي يعتبر من اهم وظائف السطوح الكروية .



الشكل (1) السطوح الكروية (a , c). المحدبة ، (b , d). المقعرة .

(2) هندسة السطح الكروي (Geometrical of Spherical Surface)

لمعرفة طبيعة السطح الكروي وكيفية عمله في انكسار الضوء خلاله ، بجب معرفة مجموعة من النقاط والمستقيمات ذات العلاقة بهندسة السطح وتطبيق قانون الانكسار وعلاقته بموقع الجسم والصورة .

ان اهم خط مستقيم للسطح الكروي الذي ينصف السطح ويكون عمودي عليه هو المحور البصري (axis) ، وتسى نقطة تقاطع المحور البصري مع السطح الكروي بنقطة السمت (vertex) ويرمز لها بالحرف (A) كما في الشكل (1). بينما يشار الى نقطة مركز تكور السطح الكروي بالرمز (C) التي تقع على يمين السطح المحدب وعلى يسار السطح المقعر. هناك نقطتان مهمتان تعرفان بنقطة البؤرة الاولية والثانوية (primary and secondary points) . نقطة البؤرة الاولية (F) هي نقطة محورية (تقع على المحور البصري) تمتاز بخاصية ان اي شعاع ضوئي صادر منها (السطح المحدب) او متوجه اليها (سطح مقعر) يسبر بعد الانكسار موازي للمحور البصري. اما نقطة البؤرة الثانوية (F') هي نقطة محورية (تقع على المحور البصري) تمتاز بخاصية ان اي شعاع ضوئي يسقط موازي للمحور البصري يسبر بعد الانكسار نحوها (السطح المحدب) او كأنه صادر منها (سطح مقعر) . ان المسافة بين موقع البؤرة الاولية والسمت يسمى **البعد البؤري الاولى (primary focal length)** ويرمز له بالرمز (f) ، والمسافة بين موقع البؤرة الثانوية والسمت يسمى **البعد البؤري الثاني (secondary focal length)** ويرمز له بالرمز ('f) ، بينما يسمى المستوى العمودي على المحور البصري في نقطتي البؤرة الاولية والثانوية بالمستوى البؤري الاولى والثانوي (primary and secondary focal plane) (على الترتيب).

(3) تكوين الصور (Image Formation)

ان اهم الوظائف المستخدمة لها السطوح الكروية هي تكوين الصور ، ان تكوين الصور يتم عن طريق تجميع الاشعة الصادرة من الجسم (عن طريق الانعكاس او الانكسار) من خلال مرورها في السطح الكروي في نقاط معينة تمثل صورة للنقاط الاصلية للجسم تسمى **المترافق** (conjugate points) وهي زوج النقاط المتولدة من الجسم والصورة . لتكوين نقاط مترافق يجب على الاقل ايجاد شعاعين متقاطعين .

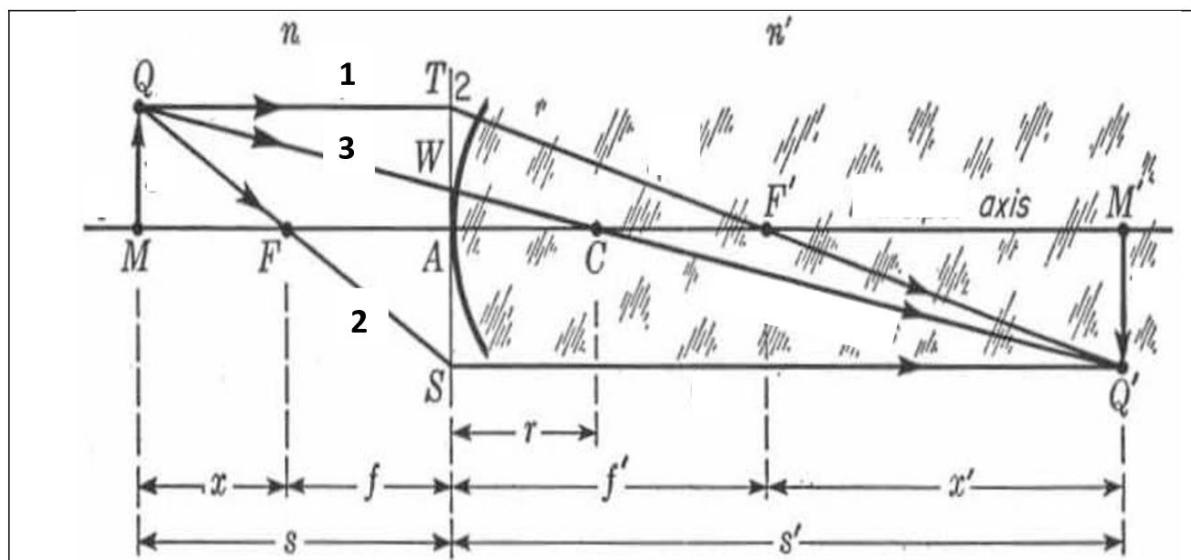
ان هناك طريقتين لايجاد صورة الجسم المتكونة في السطح الكروي هي طريقة الرسم (graphical method) والطريقة الرياضية (mathematical method) .

(4) طريقة الرسم (Graphical Method)

هناك طریقان للرسم يمكن من خلالها تكوین ثلاث اشعة متقطعة بعد الانكسار من السطح الكروي لتكوین نقاط متراference ، هي طریقة الشعاع الموازي (parallel ray method) لتكوین الصور لاجسام الشاخصة (اجسام لها ابعاد) ، وطریقة الشعاع المائل (oblique ray method) لتكوین صور لاجسام النقطية (اجسام لا بعد لها) .

A. طریقة الشعاع الموازي (Parallel Ray Method)

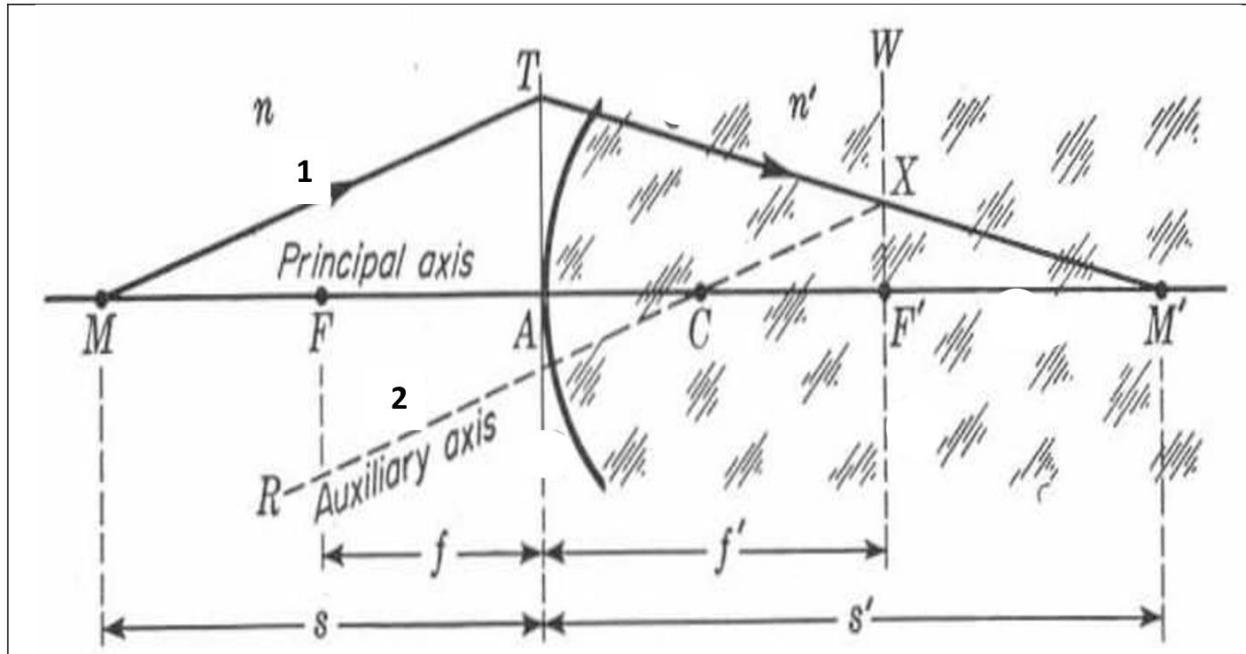
تستخدم هذه الطریقة لتكوین الصور لاجسام الشاخصة وكما موضح في الشکل (2) . نفرض ان الجسم (MQ) جسم محوري (واقع على المحور البصري) على يسار السطح الكروي المحدب يبعث ثلاثة اشعة (1,2,3) من النقطة (Q) . الشعاع (1) موازي للمحور البصري فيسیر بعد الانكسار باتجاه البؤرة الثانوية (حسب تعريف البؤرة الثانوية) ، والشعاع (2) يمر بالبؤرة الاولیة فيسیر بعد الانكسار موازيا للمحور البصري (حسب تعريف البؤرة الاولیة) ، والشعاع (3) يمر بصورة عمودية على السطح الكروي فيمیر بدون انكسار نحو مركز تکور السطح ، يسمى الشعاع (3) الشعاع الأساسي (principal ray) وهو الشعاع الذي يمر في مركز تکور السطح الكروي ولا يعني أي انكسار او يسیر باستقامه (un deviated ray) تتلاقى الاشعة الثلاثة في نقطة واحدة بعد الانكسار هي نقطة (Q') ، تسمى زوج النقاط (QQ') بالنقاط المترافقه . النقطة (Q') تمثل صورة لنقطة الجسم (Q) ، الجدير بالذكر ان تکوین النقاط المترافقه يتطلب وجود شعاعين متقطعين او اكثر . وبنفس الطریقة يمكن تکوین مجموعة من ازواج النقاط المترافقه للجسم والصورة فتکون صورة مقلوبة (M'Q') للجسم . (MQ)



الشكل (2): طریقة الشعاع الموازي لتكوین الصور

B. طریقة الشعاع المائل (Oblique Ray Method)

تستخدم هذه الطريقة لتكوين الصور لاجسام النقطية وكما موضح في الشكل (3). نفرض ان الجسم النقطي (M) هو جسم محوري يبعث شعاع مائل (1) ويقطع السطح الكروي في نقطة (T). لمعرفة مسار الشعاع (1) بعد الانكسار على السطح الكروي نرسم شعاع اساسي (2) موازي له يمر في مركز تكور السطح الكروي بحيث يمر بدون انكسار ويتقاطع مع المستوى البؤري (W) في نقطة (X) ، نصل النقطتين (T,X) (1) بعد الانكسار ، ويمتد المستقيم (TX) الى ان يتقاطع مع المحور البصري في (M') التي تمثل صورة الجسم النقطي (M).



الشكل (3): طريقة الشعاع المائل لتكوين الصور

(5) الطريقة الرياضية (mathematical method)

يمكن إيجاد صفات الصورة المكونة في السطوح الكروية رياضياً من خلال صيغة رياضية تسمى **صيغة كاووس (Gauss Formula)** وهي معادلة مشتقة من قانون سنيل وتطبيقه على السطح الكروي ومعالجته هندسياً من خلال حساب زاوية السقوط والانكسار ومعاملات الانكسار للوسطين ، تتمثل صيغة كاووس بالمعادلة التالية:

$$\frac{n}{s} + \frac{n'}{s'} = \frac{n' - n}{r} \dots \dots (1)$$

حيث (s, s') يمثلان بعد الجسم والصورة على الترتيب ، (r) هو نصف قطر تكور للسطح الكروي ، (n', n) معامل انكسار الوسط الاول والثاني على الترتيب .