نستنتج من المعادلة (1) ان العلاقة بين بعد الجسم والصورة هي علاقة عكسية ، اي كلما اقترب الجسم من السطح الكروي كلما ابتعدت الصورة منه . الى ان يصل الجسم في نقطة البؤرة الاولية (s = f) فعندها تصبح الصورة في المالانهاية ($s' = \infty$) فتصبح المعادلة (1) :

$$\frac{n}{f} + \frac{n'}{\infty} = \frac{n' - n}{r}$$

$$\frac{n}{f} = \frac{n' - n}{r} \quad \ldots\ldots (2)$$

كذلك نستنتج انه كلما أبتعد الجسم عن السطح الكروي كلما اقتربت الصورة منه . الى ان يصل الجسم الى المالانهاية ($s = \infty$) فعندها تصبح الصورة في البؤرة الثانوية (s'= f ') فتصبح المعادلة (1) :

$$\frac{n}{\infty} + \frac{n'}{f'} = \frac{n' - n}{r}$$

$$\frac{n'}{f'} = \frac{n' - n}{r} \quad \ldots\ldots (3)$$

بتعويض المعادلتين (2,3) في المعادلة (1) تصبح الصيغة كالتالي :

$$\frac{n}{s} + \frac{n'}{s'} = \frac{n' - n}{r} = \frac{n}{f} = \frac{n'}{f'} \quad \ldots\ldots (4)$$

تسمى المعادلة (4) **بالصيغة العامة للسطوح الكروية أو صيغة كاوس العامة** .

6) التكبير الجانبي (**Lateral Magnification**)

يعرف التكبير الجانبي للسطح الكروي (m) بانه النسبة بين البعد المستعرض للصورة (y') الى البعد المستعرض للجسم (y) حسب المعادلة :

$$m = \frac{y'}{y} = -\frac{ns'}{n's} = -\frac{s' - r}{s + r} \quad \ldots\ldots (5)$$

نستنتج من المعادلة (5) ان التكبير الجانبي يعتمد على بعد الجسم والصورة ومعامل انكسار الوسطين . من خلال الحد الاول للمعادلة (5) تكون الصورة مكبرة اذا كانت قيمة (m>1) ومصغرة اذا كانت قيمة (m<1) وبنفس حجم الجسم اذا كانت قيمة (m=1). كذلك تكون الصورة معتدلة (erect) اذا كانت اشارة التكبير موجبة (m=+)، والصورة مقلوبة (inversed) اذا كانت اشارة التكبير سالبة (m = -) .

7) قدرة السطح الكروي (**Power of Spherical Surface**)

تتمثل قدرة السطح الكروي (P) في قابلية السطح على تجميع (converging) او تفريق (diverging) الاشعة الضوئية الساقطة عليه ، وتحسب القدرة من خلال صيغة كاوس ايضا مع مراعاة استخدام الابعاد بالامتار (meter) لتظهر قيمة القدرة بوحدات خاصة تسمى **الديوبيتر(Diopeter)** ، وكما موضح في المعادلة :

$$P = \frac{n}{s} + \frac{n'}{s'} = \frac{n' - n}{r} = \frac{n}{f} = \frac{n'}{f'} \quad \ldots\ldots (5)$$

8) اصطلاح الإشارات (**convention of signs**)

ان الطريقة الهندسية المتبعة لمعرفة صفات الصورة في السطوح الكروية يجب فيها مراعاة اتجاه انتشار الاشعة الضوئية وموقع الجسم والصورة ونوع السطح (محدب او مقعر) ، لكي تتحقق النتائج الحسابية الصحيحة من خلال تطبيقها في صيغة كاوس ، فلذلك يجب الاتفاق على مجموعة فقرات تخص الاشارات الخاصة بالصيغة وكما يلي :

1) يرسم مسار الاشعة الضوئية من اليسار الى اليمين دائما .
2) اذا كان الجسم يقع على يسار السطح الكروي يعتبر الجسم حقيقي وبعده موجب (+ s) ، واذا كان الجسم على يمين السطح الكروي يعتبر الجسم خيالي وبعده سالب (- s) .
3) اذا كانت الصورة تقع على يمين السطح الكروي تعتبر الصورة حقيقية وبعدها موجب (+ s') ، واذا كانت الصورة على يسار السطح الكروي تعتبر الصورة خيالية وبعدها سالب (- s') .
4) اذا كان السطح الكروي محدب يكون نصف قطر تكوره موجب (+ r) ، واذا كان السطح الكروي مقعر يكون نصف قطر تكوره سالب (- r) .
5) يعتبر البعد البؤري الاولي والثانوي كمية موجبة ($+f, f'$) للسطح المحدب (سطح جامع للاشعة converging surface)، ويعتبر البعد البؤري الاولي والثانوي كمية سالبة ($-f, f'$) للسطح المقعر (سطح مفرق للاشعة diverging surface) اذا كان (n' > n) ، والعكس صحيح .

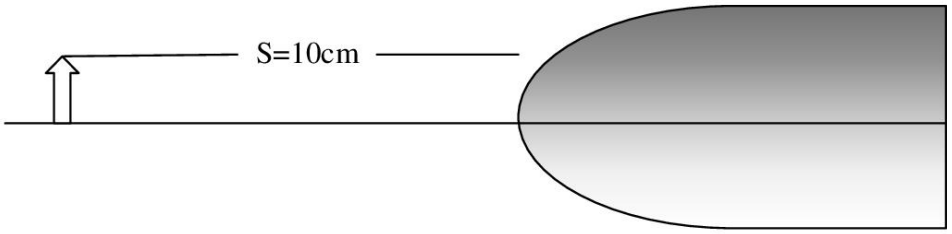
جدير بالذكر ان الصورة الحقيقية تنتج من تقاطع الاشعة الضوئية بعد الانكسار ويمكن إسقاطها على حاجز كما أسلفنا ، والصورة الخيالية تنتج من تقاطع امتدادات الاشعة الضوئية بعد الانكسار ولا يمكن إسقاطها على حاجز .

يعتبر في صفات الصورة المتكونة أربعة أمور هي:

- موقع الصورة (image position)، ويحسب من خلال قيمة (s')
- هل الصورة حقيقية ام خيالية (real or virtual) ، ويحسب من خلال إشارة (s')
- هل الصورة مكبرة ام مصغرة (magnified or minified) ، ويحسب من خلال قيمة (m)
- هل الصورة معتدلة ام مقلوبة (erect or inversed) ، ويحسب من خلال إشارة (m)

9) مسائل الفصل الثالث (**Problems**)

1) صقلت النهاية اليسرى لساق زجاجي معامل انكساره (n'=1.6) لتصبح سطح كروي محدب نصف قطر تكوره (3 cm) . جسم ارتفاعه (2 cm) موضوع في الهواء على يسار السطح المحدب بمسافة (10 cm) ، جد : (a) البعد البؤري الاولي والثانوي ، (b) قدرة السطح ، (c) صفات الصورة ، (d) ارتفاع الصورة .



$$\frac{n}{s}+\frac{n'}{s'}=\frac{n}{f}=\frac{n'}{f'}=\frac{n'-n}{r}$$

$$a)\ \frac{n}{f}=\frac{n'-n}{r}\ \rightarrow\ \frac{1}{f}=\frac{1.6-1}{3}\ \rightarrow\ f=\frac{3}{0.6}=5\ cm$$

$$\frac{n'}{f'}=\frac{n'-n}{r}\ \rightarrow\ \frac{1.6}{f'}=\frac{1.6-1}{3}\ \rightarrow\ f'=\frac{3*1.6}{0.6}=8\ cm$$

$$b)\ P=\frac{n'-n}{r}=\frac{1.6-1}{3*10^{-2}}=20\ D$$

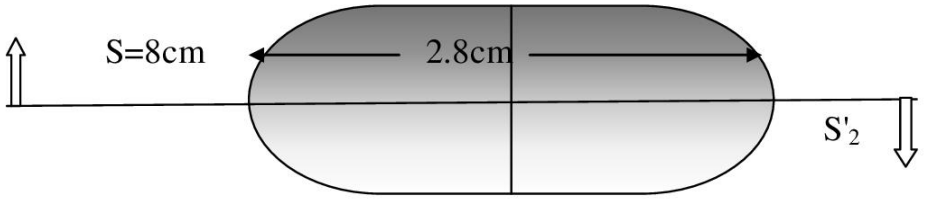
$$c)\ \frac{n}{s}+\frac{n'}{s'}=\frac{n}{f}\ \rightarrow\ \frac{1}{10}+\frac{1.6}{s'}=\frac{1}{5}\ \rightarrow\ \frac{1.6}{s'}=\frac{1}{5}-\frac{1}{10}\ \rightarrow\ s'=16cm$$

$$m=-\frac{s'-r}{s+r}=-\frac{16-3}{10+3}=-\frac{13}{13}=-1$$

صفات الصورة حقيقية (s' =+) تقع على يمين السمت بمسافة (16 cm) ، كذلك الصورة مقلوبة (m=-) وبنفس حجم الجسم (m=1) . لإيجاد ارتفاع الصورة (y') :

$$d)\ m=\frac{y'}{y}\ \Rightarrow\ -1=\frac{y'}{2}\ \Rightarrow\ y'=|-2|=2$$

2) ساق زجاجي طوله (2.8 cm) ومعامل انكساره (n'=1.6) له نهايتين على شكل سطحين كرويين بانصاف اقطار تكور (r_1=+2.4 cm)، (r_2=-2.4 cm) . وضع جسم على يسار السطح الاول بمسافة (8 cm) . جد: (a) البعد البؤري الاولي والثانوي لكل سطح ، (b) صفات الصورة النهائية .



$$\frac{n}{s}+\frac{n'}{s'}=\frac{n}{f}=\frac{n'}{f'}=\frac{n'-n}{r}$$

$$a)\ \frac{n_1}{f_1}=\frac{n_1{}'-n_1}{r_1}\ \rightarrow\ \frac{1}{f_1}=\frac{1.6-1}{2.4}\ \rightarrow\ f_1=\frac{2.4}{0.6}=4\ cm$$

$$\frac{n_1'}{f_1'}=\frac{n_1}{f_1}\ \rightarrow\ \frac{1.6}{f_1'}=\frac{1}{4}\ \rightarrow\ f_1{}'=6.4\ cm$$

$$\frac{n_2}{f_2}=\frac{n_2{}'-n_2}{r_2}\ \rightarrow\ \frac{1.6}{f_2}=\frac{1-1.6}{-2.4}=\frac{-0.6}{-2.4}\ \rightarrow\ f_2=6.4\ cm$$

$$\frac{n_2'}{f_2'}=\frac{n_2}{f_2}\ \rightarrow\ \frac{1}{f_2'}=\frac{1.6}{6.4}\ \rightarrow\ f_2{}'=4\ cm$$

$$b)\ \frac{n_1}{s_1}+\frac{n_1{}'}{s_1{}'}=\frac{n_1}{f_1}\ \rightarrow\ \frac{1}{8}+\frac{1.6}{s_1{}'}=\frac{1}{4}\ \rightarrow\ s_1'=12.8\ cm$$

نفرض ان الصورة المتكونة في السطح الاول هي جسم بالنسبة للسطح الثاني موقعه يحدد بالعلاقة :

$$s_2=d-s_1'=2.8-12.8=-10$$

$$\frac{n_2}{s_2}+\frac{n_2{}'}{s_2{}'}=\frac{n'_2}{f'_2}\ \rightarrow\ \frac{1.6}{-10}+\frac{1}{s_2{}'}=\frac{1}{4}\ \rightarrow\ s_2'=2.44\ cm$$

$$m=m_1*m_2=-\left(\frac{s_1'-r_1}{s_1+r_1}\right)*-\left(\frac{s_2'-r_2}{s_2+r_2}\right)=-\left(\frac{12.8-2.4}{8+2.4}\right)*-\left(\frac{2.44+2.4}{-10-2.4}\right)$$

$$m=0.39$$

الصورة النهائية حقيقية تبعد بمسافة (2.44 cm) عن سمت السطح الثاني ، والصورة النهائية مقلوبة مصغرة .

3) ساق زجاجي له معامل انكسار (n'=1.65) يمتلك سطح كروي محدب نصف قطر تكوره (2.5cm) . جد قدرة هذا السطح عند غمر الساق الزجاجي في : (a) الهواء (n_{air}=1) ، (b) الماء (n_w=1.33) ، (c) زيت (n_{oil}=1.65) ، (d) سائل عضوي (n_L=1.82) .

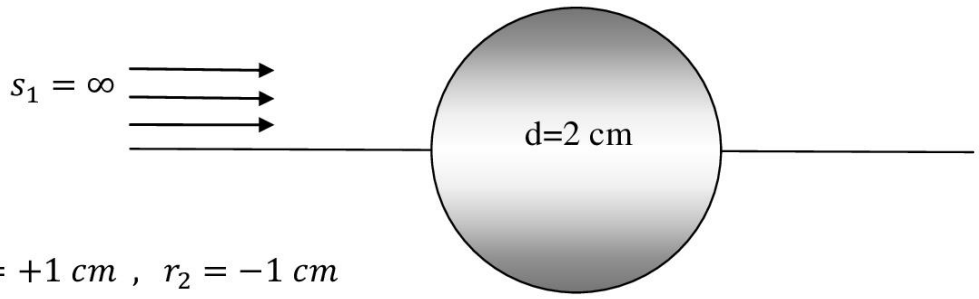
$$P_{air} = \frac{n' - n}{r} = \frac{1.65 - 1}{2.5 * 10^{-2}} = 26D$$

$$b)\ P_w = \frac{n' - n}{r} = \frac{1.65 - 1.33}{2.5 * 10^{-2}} = 12.6D$$

$$c)\ P_{oil} = \frac{n' - n}{r} = \frac{1.65 - 1.65}{2.5 * 10^{-2}} = 0\ D$$

$$d)\ P_L = \frac{n' - n}{r} = \frac{1.65 - 1.82}{2.5 * 10^{-2}} = -6.8D$$

4) أشعة ضوئية متوازية وموازية للمحور البصري لكرة بلاستيكية قطرها (2 cm) ومعامل انكسارها (n'=1.4). في اي نقطة تتجمع هذه الأشعة بعد انكسارها خلال الكرة ؟



$$r_1 = +1\ cm\ ,\ \ r_2 = -1\ cm$$

$$\frac{n_1}{s_1} + \frac{n_1'}{s_1'} = \frac{n'_1 - n_1}{r_1} \ \rightarrow\ \frac{1}{\infty} + \frac{1.4}{s_1'} = \frac{1.4 - 1}{1}$$

$$0 + \frac{1.4}{s_1'} = 0.4 \ \rightarrow\ s_1' = 3.5\ cm$$

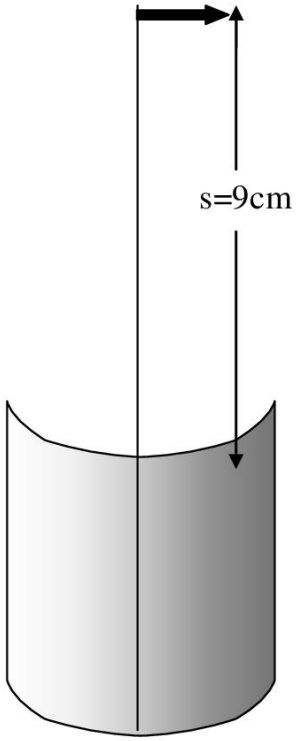
نفرض ان الصورة المتكونة في السطح الاول هي جسم بالنسبة للسطح الثاني موقعه يحدد بالعلاقة :

$$s_2 = d - s_1' = 2 - 3.5 = -1.5\ cm$$

$$\frac{n_2}{s_2} + \frac{n_2'}{s_2'} = \frac{n'_2 - n_2}{r_2} \ \rightarrow\ \frac{1.4}{-1.5} + \frac{1}{s_2'} = \frac{1 - 1.4}{-1} \ \rightarrow\ s_2' = 1.87\ cm$$

5) سطح ماء (n'=1.33) كروي الشكل (مقعر) يمتلك نصف قطر تكور (1.5 cm) . جسم صغير ارتفاعه (3 cm) موضوع فوق الماء بمسافة (9 cm) عن السمت . جد : (a) البعد البؤري الاولي والثانوي ، (b) قدرة السطح ، (c) صفات الصورة ، (d) ارتفاع الصورة .

$$P = \frac{n}{s} + \frac{n'}{s'} = \frac{n}{f} = \frac{n'}{f'} = \frac{n' - n}{r}$$



$$a)\ \frac{n}{f} = \frac{n'-n}{r} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1.33-1}{-1.5} \rightarrow f = -5\ cm$$

$$\frac{n\prime}{f\prime} = \frac{n}{f} \rightarrow \frac{1.33}{f\prime} = \frac{1}{-5} \rightarrow f' = -6.65\ cm$$

$$b)\ P = \frac{n}{f} = \frac{1}{-5 * 10^{-2}} = -20\ D$$

$$c)\ \frac{n}{s} + \frac{n'}{s'} = \frac{n}{f} \rightarrow \frac{1}{9} + \frac{1.33}{s'} = \frac{1}{-5} \rightarrow s' = -3.8\ cm$$

$$m = -\frac{s' - r}{s + r} = -\frac{-3.8 + 1.5}{9 - 1.5} = -\frac{-2.3}{7.5} = 0.3$$

الصورة خيالية تبعد بمسافة (3.8) فوق السمت ، كذلك الصورة معتدلة ومصغرة .

$$d)\ m = \frac{y'}{y} \Rightarrow 0.3 = \frac{y'}{3} \Rightarrow y' = 3 * 0.3 = 0.9\ cm$$

1. العدسة (The Lens)

العدسة جهاز بصري لها سطحي انكسار احدهما او كلاهما كروي الشكل ولسطحيهما نفس المحور الذي يسمى **محور العدسة (axis)**. يكون محور العدسة الخط المستقيم الذي يصل بين مركزي السطحين الكرويين وعمودياً على كلاهما. وطبقا لكيفية انكسار ومرور الضوء في العدسة ونوعية الصور الناتجة عنها، فهي توصف بأنها عدسة محدبة (لامة) أو مقعرة (مفرقة) .

ان الوظيفة الاساسية للعدسة هي تكوين الصور(image formation) من خلال تغيير مسار الاشعة النافذة اليها عن طريق الانكسار في وجهي العدسة ، اما الاستخدامات الاخرى فتتضمن تركيز الاشعة الضوئية (ray concentration) ، وتسديد الاشعة (collimation) وتنظيم الاستضاءة للمصادر الضوئية (illumination) . هناك أنواع أخرى من العدسات غير كروية لها استخدامات خاصة مثل العدسات الاسطوانية التي تركز الاشعة على محور معين أو عدسة القطع المكافئ .

تقسم العدسات حسب شكلها الى نوعين رئيسيين : **العدسات الرقيقة (thin lenses)** التي تمتلك سمك صغير نسبيا بالمقارنة مع الابعاد البصرية الاخرى (مثل البعد البؤري ونصف قطر التكور) ، **والعدسات السميكة (thick lenses)** التي تمتلك سمك كبير نسبيا بالمقارنة مع الابعاد البصرية الاخرى .

2. العدسات الرقيقة (Thin Lenses)

هي العدسات ذات السمك الصغير بالمقارنة مع الابعاد البصرية الاخرى ، وهي العدسات الاكثر استخداما في كثير من المجالات الطبية والعلمية والصناعية والعسكرية ، حيث تستخدم في صناعة النظارات الطبية والمجهر الضوئي والتلسكوب . هناك مجموعتين من العدسات الرقيقة تصنف حسب شكلها ووظيفتها هي :

A. مجموعة العدسات اللامة (Converging Lenses Group)

هي مجموعة العدسات التي تجمع الضوء الساقط عليها في نقطة معينة بسبب احتوائها على سطح أو سطحين محدبين (الشكل (1)) تتميز بان وسطها اكثر سمكا من اطرافها ، وهي ثلاثة انواع

a) عدسة محدبة الوجهين (equi- convex lens) لها سطحين محدبين .
b) عدسة محدبة مستوية (plano-convex lens) لها سطح محدب واخر مستوي
c) عدسة هلالية موجبة (positive meniscus) لها سطح محدب واخر مقعر

B. مجموعة العدسات المفرقة (Diverging Lenses Group)