

الشكل (1) : المرايا الكروية . المحدبة (يمين) والمقعرة (يسار)

4. تكوين الصور (Image Formation)

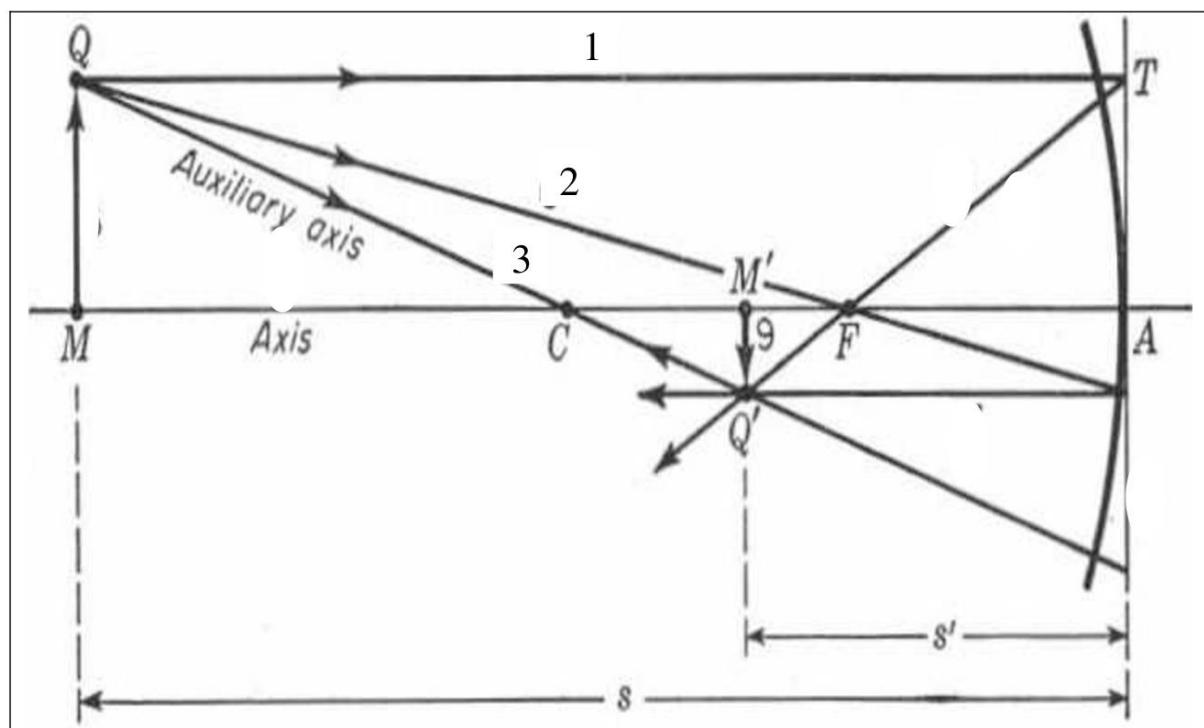
عند انتقال الضوء الصادر من الجسم وانعكاسه من المرايا الى الوسط الاول يحدث تقاطع للأشعة المنعكسة وبالتالي تتكون صورة للجسم لها صفات معينة تحدد من خلال طرفيتين : طريقة الرسم (graphical method) التي تتالف من طرفيتين الاولى طريقة الشعاع الموازي (parallel ray method) والثانية طريقة الشعاع المائل (oblique ray method) ، والطريقة الرياضية (mathematical method) التي من خلالها اشترت العلاقة الرياضية الخاصة بتكوين الصور في المرايا التي تسمى صيغة كاوس للمرايا.

(1) طريقة الرسم (Graphical Method)

هناك طرفيتان للرسم يمكن من خلالها تكوين ثلث اشعة متقطعة بعد الانعكاس من المرايا لتكوين نقاط متراقبة ، هي طريقة الشعاع الموازي (parallel ray method) لتكوين الصور لاجسام الشائخة (اجسام لها ابعد) ، وطريقة الشعاع المائل (oblique ray method) لتكوين صور لاجسام النقطية (اجسام لا بعد لها) .

A. طريقة الشعاع الموازي (Parallel Ray Method)

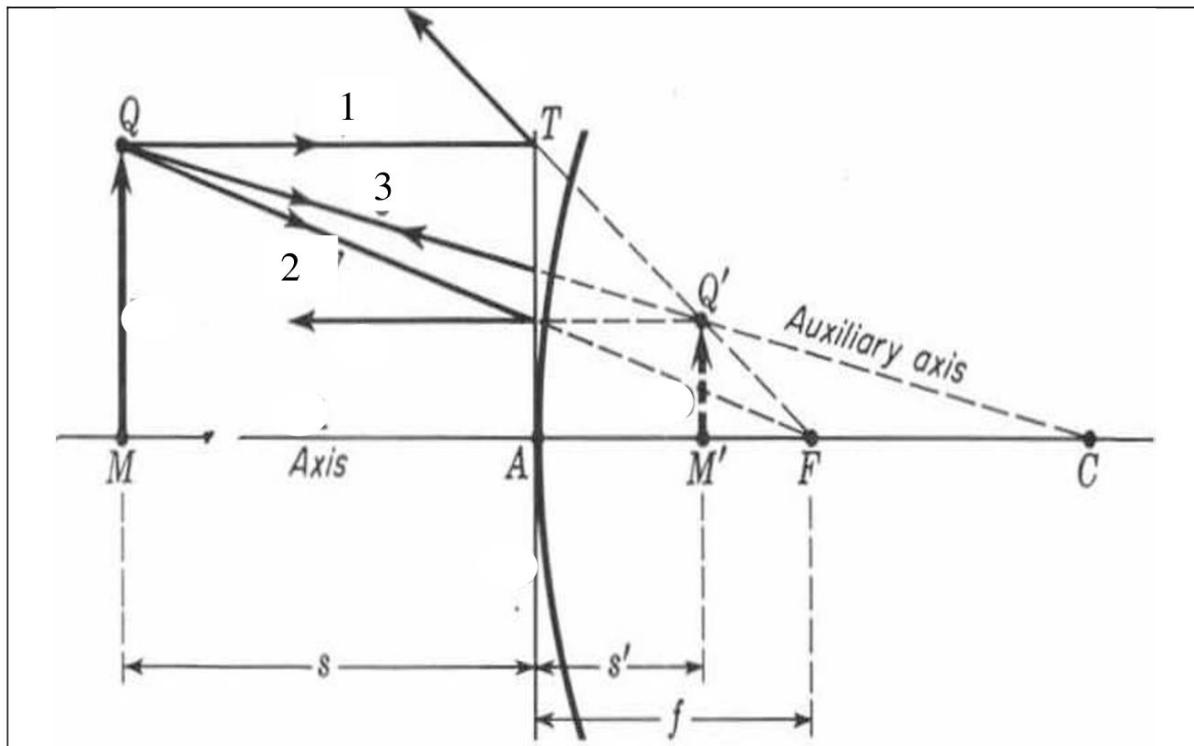
تستخدم هذه الطريقة لتكوين الصور للجسام الشاسخة وكما موضح في الشكل (2). نفرض ان الجسم (MQ) جسم محوري (واقع على المحور البصري) على يسار المرآة المقعرة يبعث ثلاثة أشعة (1,2,3) من النقطة (Q). الشعاع (1) موازي للمحور البصري فيسير بعد الانعكاس باتجاه البؤرة (حسب تعريف البؤرة)، والشعاع (2) يمر بالبؤرة فيسير بعد الانعكاس موازياً للمحور البصري (حسب تعريف البؤرة)، والشعاع (3) يمر بصورة عمودية على المرآة بحيث يمر نحو مركز تكورها ويرتد منعكساً في نفس الاتجاه، يسمى الشعاع (3) الشعاع الأساسي (principal ray)، تلاقى الاشعة الثلاثة في نقطة واحدة بعد الانعكاس تكون صورة حقيقية في نقطة (Q')، تسمى زوج النقاط (QQ') بالنقاط المترافقه. النقطة (Q') تمثل صورة لنقطة الجسم (Q)، الجدير بالذكر ان تكوين النقاط المترافقه يتطلب وجود شعاعين متلقعين أو اكثر. وبنفس الطريقة يمكن تكوين مجموعة من ازواج النقاط المترافقه للجسم والصورة فت تكون صورة مقلوبة (M'Q') للجسم (MQ).



الشكل (2) : طريقة الشعاع الموازي لتكوين الصورة الحقيقة في المرآة المقعرة

ممكن استخدام نفس الطريقة للمرآة المحدبة وباستخدام ثلاثة أشعة وتقاطعها بعد الانعكاس باستخدام تعريف البؤرة للمرآة المحدبة وكما موضح في الشكل (3) فت تكون صورة لنقطة (Q) هي

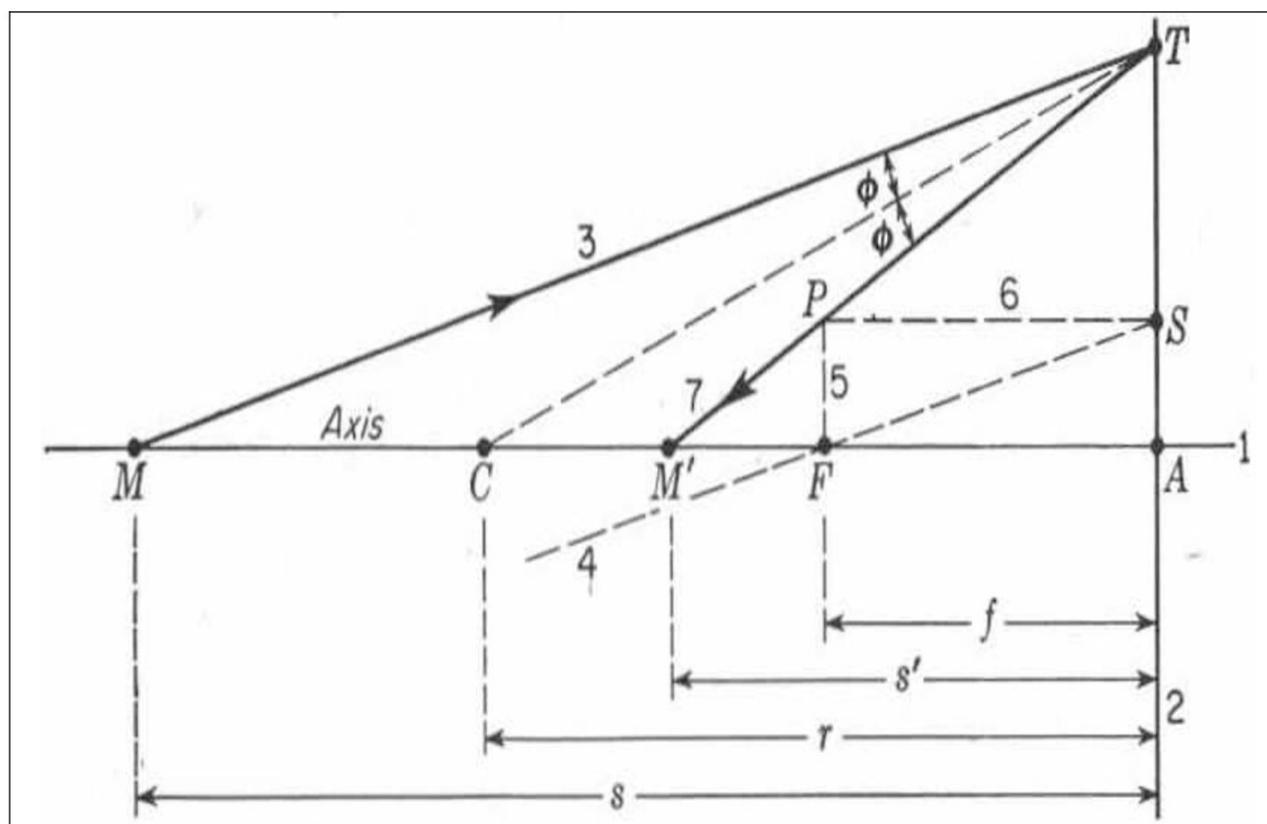
نقطة (Q') تنتج من تقاطع امتدادات الاشعة المنعكسة وبالتالي تكون الصورة خيالية (حسب تعريف الصورة الخيالية) .



الشكل (3) : طريقة الشعاع المائل لتكوين الصورة الخيالية في المرأة المحدبة

B. طريقة الشعاع المائل (Oblique Ray Method)

تستخدم هذه الطريقة لتكوين الصور للجسام النقطية وكما موضح في الشكل (4). نفرض ان الجسم النقطي (M) هو جسم محوري يبعث شعاع مائل (3) ويقطع المرأة في نقطة (T). لمعرفة مسار الشعاع (3) بعد الانعكاس على المرأة نرسم شعاع اساسي (4) موازي له يمر في بؤرة المرأة ويرتد منعكسا موازيا للمحور البصري ويتقاطع مع المستوى البؤري في نقطة (P)، نصل النقطتين (T,P) فيكون مسار الشعاع (3) بعد الانعكاس ، ويمتد المستقيم (TP) الى ان يتقاطع مع المحور البصري في (M') التي تمثل صورة الجسم النقطي (M) .



الشكل (4) : طريقة الشعاع المائل لتكوين الصور في المرايا

(2) الطريقة الرياضية (mathematical method)

يمكن إيجاد صفات الصورة المكونة في المرايا رياضيا من خلال صيغة رياضية تسمى صيغة كاووس (Gauss Formula) وهي معادلة مشتقة من قانون الانعكاس وتطبيقه على السطح الكروي للمرآة (على اعتبار ان الوسط الفعال هو فراغ) ومعالجته هندسيا من خلال حساب زاوية السقوط والانعكاس ، تتمثل صيغة كاووس بالمعادلة التالية:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = -\frac{2}{r} \quad \dots \dots (1)$$

حيث يمثل (s , s') بعد الجسم وبعد الصورة عن المرآة على الترتيب ، (r) نصف قطر تكور سطح المرآة . حسب المعادلة (1) تكون العلاقة بين بعد الجسم والصورة علاقة عكسية اي كلما اقترب الجسم من المرآة كلما ابتعدت الصورة منه . الى ان يصل الجسم في نقطة البؤرة الاولية ($s = f$) فعندئها تصبح الصورة في المalanهاية ($s' = \infty$) (والعكس صحيح) فتصبح المعادلة (1)

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{\infty} = -\frac{2}{r}$$

$$\frac{1}{f} = -\frac{2}{r} \quad or \quad f = -\frac{r}{2} \quad \dots \dots (2)$$

هناك حالة خاصة بالمرايا المستوية كون سطحها لا يمتلك تكور (اي ان نصف قطر تكور سطحها $r = \infty$) فتكون صيغة كاوس :

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = -\frac{2}{\infty} = 0$$

$$s = -s' \quad \dots \dots (3)$$

$$\frac{1}{f} = -\frac{2}{\infty} \Rightarrow f = \infty$$

تسمى المعادلة (3) صيغة كاوس للمرايا المستوية . توضح المعادلة (3) تساوي بعد الجسم مع بعد الصورة في المرايا المستوية دائما وكذلك الصورة دائما خيالية مهما كان موقع الجسم .

5. التكبير الجانبي (Lateral Magnification)

يعرف التكبير الجانبي للمرآة (m) بانه النسبة بين بعد المستعرض للصورة (y') الى بعد المستعرض للجسم (y) ، او النسبة بين بعد الصورة الى بعد الجسم حسب المعادلة :

$$m = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} \quad \dots \dots (4)$$

6. قدرة المرأة (Power of Mirror)

تتمثل قدرة المرأة (P) في قابلية المرأة على تجميع (converging) او تفريق (diverging) الاشعة الضوئية الساقطة عليها ، وتحسب القدرة من خلال صيغة كاوس ايضا مع مراعاة استخدام الابعاد بالامتر (meter) لظهور قيمة القدرة بوحدات خاصة تسمى الديوبيرter (Diopeter) ، وكما موضح في المعادلة :

$$P = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} = -\frac{2}{r} \quad \dots \dots (5)$$

7. اصطلاح الإشارات (convention of signs)

ان الطريقة الهندسية المتبعة لمعرفة صفات الصورة في المرأة يجب فيها مراعاة اتجاه انتشار الأشعة الضوئية وموقع الجسم والصورة ونوع المرأة (لامة او مفرقة) ، لكي تتحقق النتائج الحسابية الصحيحة من خلال تطبيقها في صيغة كاوس ، فلذلك يجب الاتفاق على مجموعة فقرات تخص الإشارات الخاصة بالصيغة وكما يلي :

- 1) يرسم مسار الأشعة الضوئية متوجهًا إلى الوجه العاكس للمرأة بغض النظر للاتجاه .
- 2) اذا كان الجسم والصورة يقعان امام السطح العاكس للمرأة يعتبران حقيقيان وبعدهما موجب (+s, s') ، واذا كان الجسم والصورة يقعان خلف السطح العاكس للمرأة يعتبران خياليان وبعدهما سالب (-s, -s')
- 3) يعتبر البعد البؤري كمية موجبة (+f) للمرأة المقعرة (concave mirror) ، ويعتبر البعد البؤري كمية سالبة (-f) للمرأة المحدبة (convex mirror)
- 4) نصف قطر التكبير للمرأة المقعرة كمية سالبة (-r) ، ونصف قطر التكبير للمرأة المحدبة كمية موجبة (+r)

تخالف صفات الصورة المتكونة في المرأة حسب نوعها ونوع الوسط المحيط بها ، وكذلك حسب بعد الجسم عنها . وكما ذكرنا في الفصل السابق يعتبر في صفات الصورة المتكونة أربعة أمور هي:

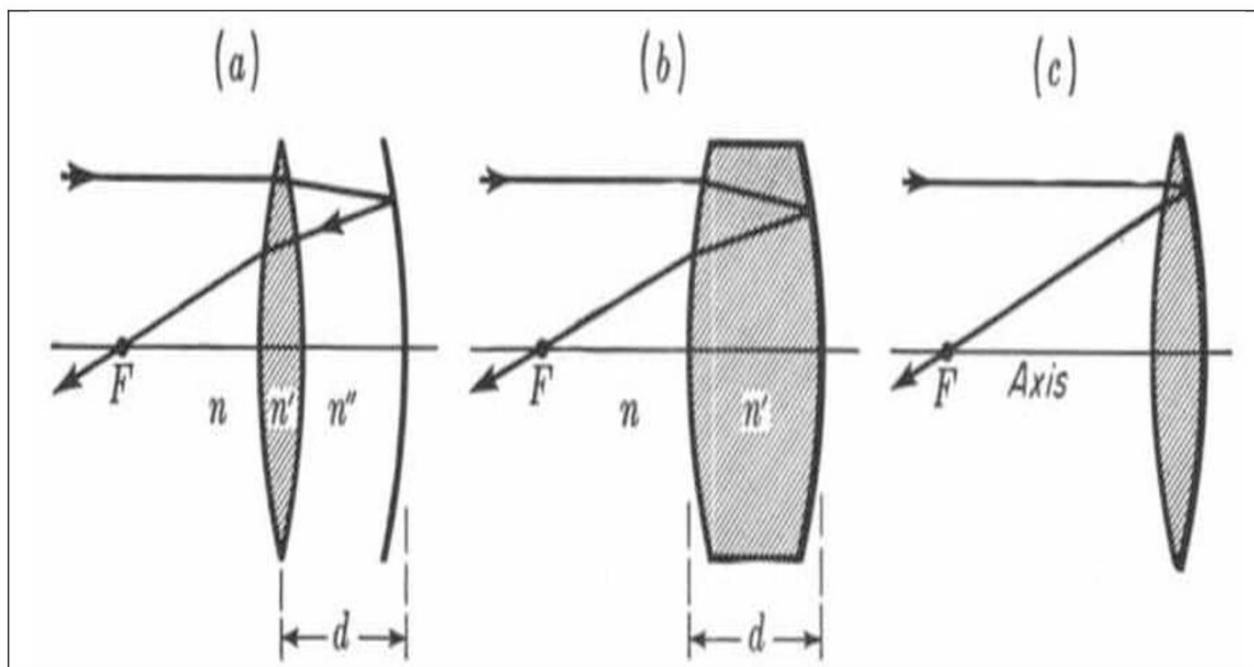
- موقع الصورة (image position) ، ويحسب من خلال قيمة ('s)
- هل الصورة حقيقة ام خيالية (real or virtual) ، ويحسب من خلال إشارة ('s)
- هل الصورة مكبرة ام مصغرة (magnified or minified) ، ويحسب من خلال قيمة (m)
- هل الصورة معكورة ام مقلوبة (erect or inverted) ، ويحسب من خلال إشارة (m)

لكن هناك بعض النقاط المهمة تتعلق بنوع الصورة المتكونة في المرايا يجب مراعاتها هي:

- ❖ الصورة الحقيقة دائمًا مقلوبة والصورة الخيالية دائمًا معكورة .
- ❖ المرأة المحدبة دائمًا تكون صورة خيالية مصغرّة بغضّ النظر عن موقع الجسم .
- ❖ المرأة المستوية دائمًا تكون صورة خيالية بنفس حجم الجسم بغضّ النظر عن موقع الجسم .
- ❖ المرأة المقعرة تعطي صورة خيالية إذا كان الجسم واقع بين البؤرة والمرأة اي ($f < s$) ، وتعطي صورة حقيقة إذا كان الجسمبعد من البؤرة ($f > s$) ، ولا تكون صورة إذا كان الجسم واقع في البؤرة اي ($s = f$) ويمكن التعبير عن الحالة الثالثة بان الصورة واقعة في المalanهابه .

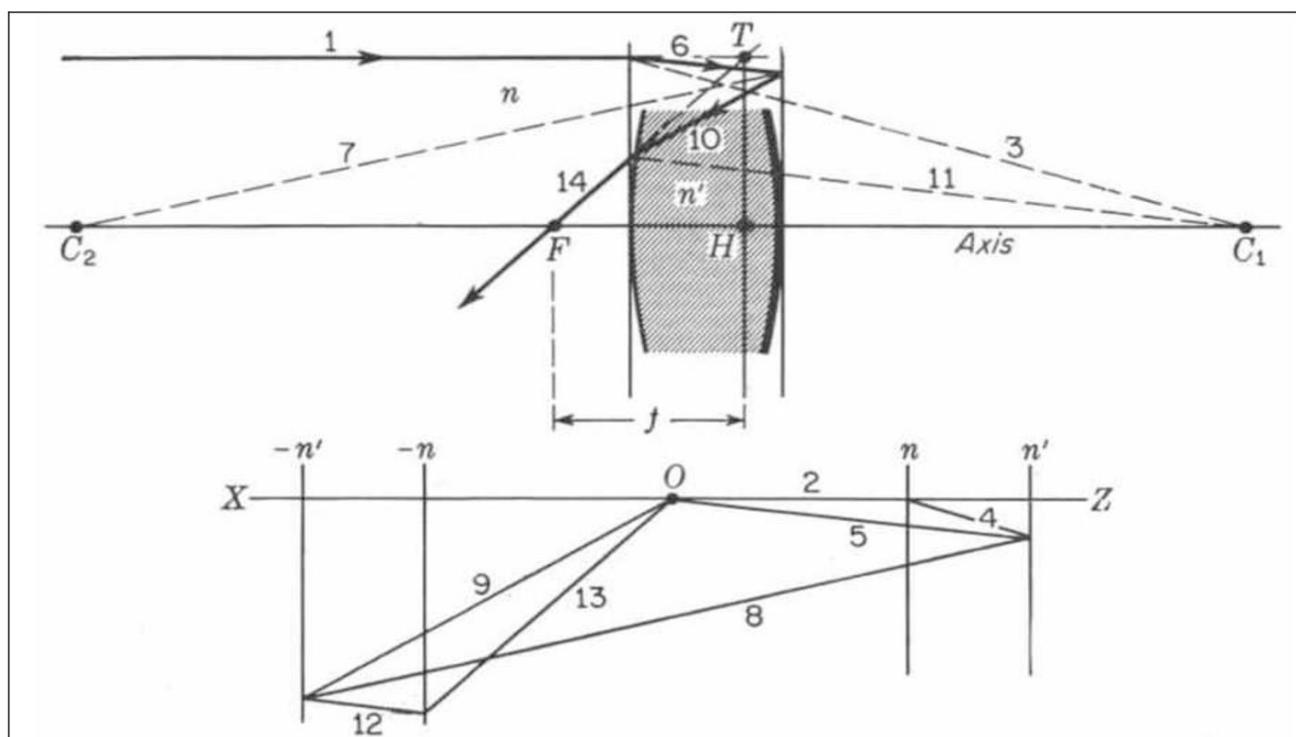
8. المرايا السميكة (Thick Mirrors)

يشير مصطلح المرأة السميكة الى العدسة التي تحتوي على سطح عاكس واحد ، حيث ينفذ الضوء خلال العدسة (ينكسر) ويرتد عن طريق السطح العاكس الى الوسط الأول . هناك ثلاثة أنواع من المرايا السميكة موضحة بالشكل (5) . النوع الأول (الشكل (5-a)) يتتألف من عدسة رقيقة لامة (محبة الوجهين) ومرآة مقعرة سطحها العاكس يواجه العدسة اللامة تفصلهما مسافة (d) ويشتركان بمحور بصري واحد . اما النوع الثاني (الشكل (5-b)) فيتألف من عدسة سميكة لامة (محبة الوجهين) سماكتها (d) احد سطحيها مرآة مقعرة ، بينما النوع الثالث (الشكل (5-c)) يتألف من عدسة رقيقة لامة (محبة الوجهين) احد سطحيها مرآة مقعرة .



الشكل (5) : انواع المرايا السميكة

يحتوي النوع الأول والثاني من المرايا السميكة على نقطة أساسية (principal point H) واقعة أمام السطح العاكس ، نقطه تقاطع امتداد الشعاع الساقط مع امتداد الشعاع المنكسر والمنعكس تكون في المستوى الأساسي (principal plane)، يتقاطع المستوى الأساسي مع المحور البصري في النقطة الأساسية (H) . تحتوي المرأة السميكة (بكل أنواعها) على بؤرة واحدة (F) واقعة أمام السطح العاكس ، تتعين من سقوط شعاع موازي للمحور البصري على السطح الأول فينفذ منكسرًا الى السطح الثاني ، ومن ثم ينعكس مرتفعًا الى السطح الاول منكسرًا مرة أخرى فينفذ الى الوسط الاول متقطعاً مع المحور البصري في نقطة البؤرة (F) كما موضح في الشكل (6) . يكون البعد البؤري (f) موجباً في كل أنواع المرايا السميكة ويحسب من خلال البعد (FH) .



الشكل (6) : نقطة البؤرة والنقطة الأساسية في المرأة السميكة

9. صيغة المرأة السميكة (Thick Mirror Formula)

تستخدم صيغة المرأة السميكة بدلالة القدرة البصرية ، تحتوي المعادلة العامة للقدرة الكلية للمرآة السميكة على القدرة البصرية لكل جزء ، وأنصاف قطرات التكبير للسطح الكروي مع الاخذ بنظر الاعتبار الاوساط التي يمر بها الضوء خلال مسیره داخل المرأة السميكة .

A. صيغة النوع الاول (Type 1 formula)

ان الصيغة العامة للمرآة السميكة لنوع الاول هي :

$$P = \frac{1}{f} = (1 - cP_1)(2P_1 + P_2 - cP_1P_2) \quad \dots \dots (6)$$

باعتبار ($n=n''$) فتكون (P_1) تمثل قدرة العدسة الرقيقة ، (P_2) قدرة المرأة المقعرة وكما يلي

$$P_1 = \frac{1}{f_1} = (n' - n) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad \dots \dots (7)$$

$$P_2 = -\frac{2n}{r_3} \quad \dots \dots (8)$$