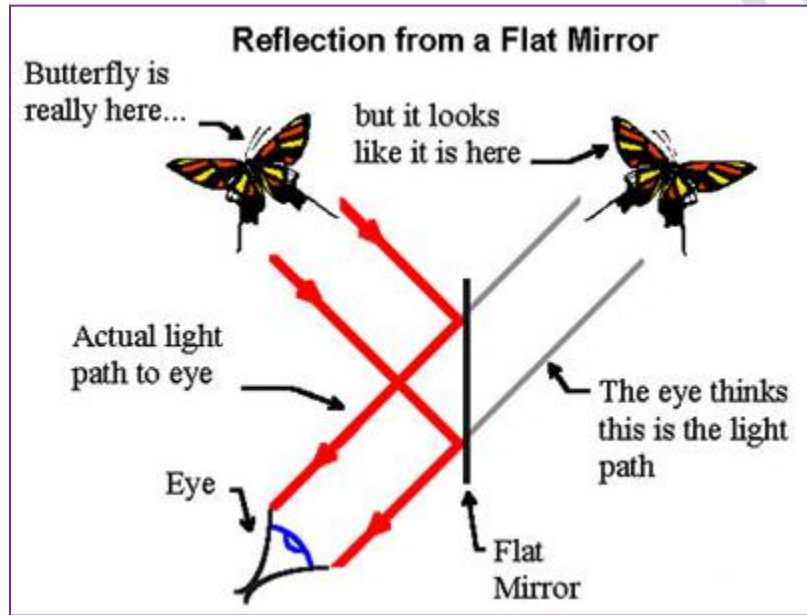


الفصل الثاني : تكون الصورة بواسطة المرايا

عندما يصطدم شعاع من الضوء على سطح عاكس فإن جزء منه ينعكس والجزء الآخر يمتص في مادة الجسم العاكس أو ينفذ منه اذا كان من مواد شفافة مثل الماء والزجاج وتحدث عملية الانكسار. الاسطح اللامعة مثل اسطح المرايا المصنوعة من الفضة تمثل الاشعة المنعكسة اكثر من 90% من الشعاع الساقط.

أولاً تكون الصورة بواسطة المرآة المستوية Image formation by plane (flat) mirror

المرآة المستوية عبارة عن لوح زجاجي مستوي أحد سطحه مغطى بمادة عاكسة للضوء، تتكون الصورة في المرايا المستوية كما هو موضح في الشكل التالي:



الضوء الساقط على الفراشة في الشكل اعلاه ينعكس على المرآة بحيث أن زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس والاشعة المنعكسة عند وسقوطها على العين تتم رؤية الصورة التي تكون معتدلة ومساوية للجسم ولكن تخيلية virtual image حيث لا يمكن استقبال الصورة على حائل انما الصورة هي عبارة عن تخيل الدماغ لها وهنا في الشكل تم تشبيه ذلك بامتداد الاشعة الساقطة على العين على استقامتها داخل المرآة لتجمع الصورة.

الصورة المتكونة بواسطة المرآة المستوية plane (flat) mirror لها الخصائص التالية:

معتدلة upright

مساوية للجسم (لا يوجد تكبير)

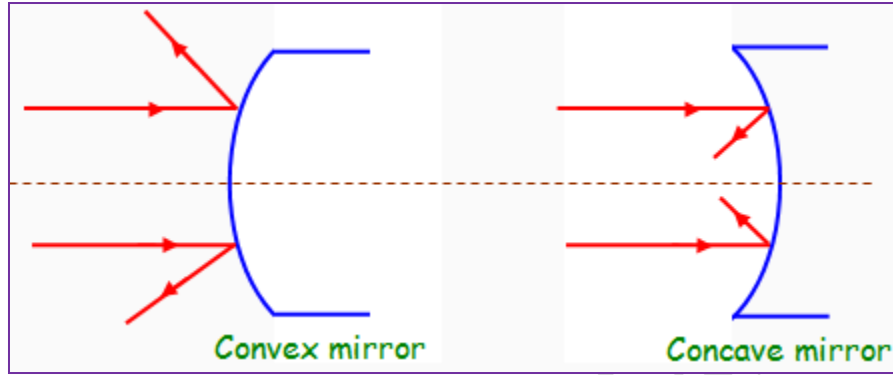
خيالية virtual

بعد الجسم عن المرآة d_o يساوي بعد الصورة عن المرآة d_i .

معكوسة الوضع بالنسبة للجسم (يمين - يسار)

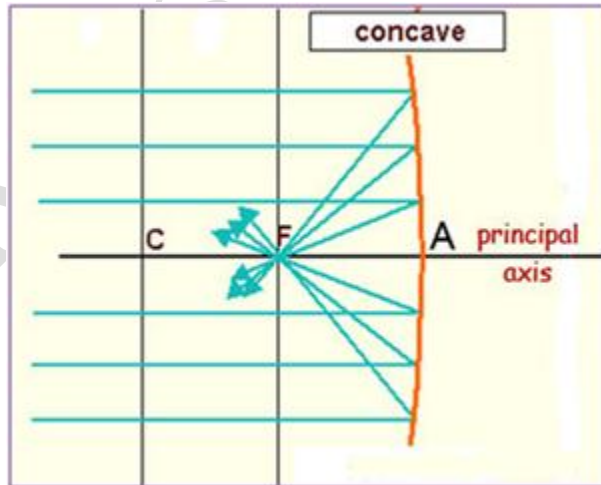
ثانياً تكون الصورة بواسطة المرآة الكروية Image formation by spherical mirror :

من الممكن ان يكون السطح العاكس عبارة عن سطح مقطوع من كرة، فإذا كان السطح العاكس هو السطح الخارجي للكرة تسمى هذه بالمرآة المحدبة convex mirror ، اما اذا كان السطح العاكس هو السطح الداخلي من الكرة فإنها تسمى بالمرآة المقعرة concave mirror. لاحظ في الشكل التالي أن المرآة المحدبة convex mirror تفرق الأشعة بينما المرآة المقعرة concave mirror تجمع الأشعة.



البعد البؤري للمرآة الكروية Focal length of spherical mirror

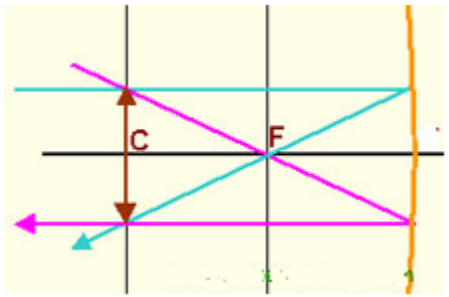
افترض مصدر ضوئي بعيد جداً مثل اشعة الشمس تسقط على سطح مرآة مقعرة concave mirror وحيث ان المصدر الضوئي بعيد جداً فإن الأشعة الساقطة على المرآة تكون متوازية كما في الشكل ادناه، تنعكس الأشعة عن السطح العاكس بحيث تكون زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس ونجد ان جميع الأشعة تتجمع في نقطة واحدة تسمى نقطة التركيز البؤرة focus point ويرمز لها بالرمز F والمسافة بين نقطة التركيز وبعدها عن المرآة A يسمى البعد البؤري للمرآة focal length ويرمز له بالرمز f .



يوضح الشكل مرآة مقعرة تسقط عليه اشعة متوازية فتتجمع في البؤرة وعلى الشكل نلاحظ المحور الرئيسي للمرآة principal axis وهو المحور الأفقي العمودي على المرآة والمار في مركزها، مركز المرآة يسمى مركز التقعر center of curvature ويرمز له بالرمز C وهو مركز الكرة التي اقتطعت منها المرآة والمسافة بين مركز التقعر والمرآة يسمى نصف قطر التقعر radius of curvature ويرمز له بالرمز r يتقاطع مع المرآة نستنتج ان الأشعة المتوازية التي تسقط على المرآة المقعرة تنعكس دائماً مارة بالبؤرة. ولكن ما العلاقة بين البعد البؤري f ونصف قطر التقعر r . لنستعين بالشكل التالي:

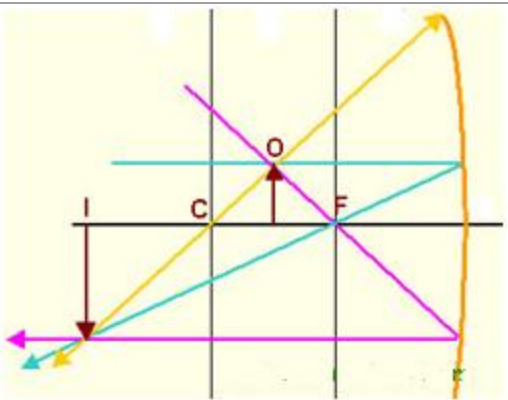
تقاطع الأشعة الثلاثة يحدد موقع الصورة ويمكن تحديد اذا كانت الصورة مكبرة ام مصغرة مقلوبة ام معتدلة وحقيقية او تخيلية وفيما يلي بعض الحالات المختلفة للصورة عند تغير بعد الجسم عن المرآة.

حالة (2)



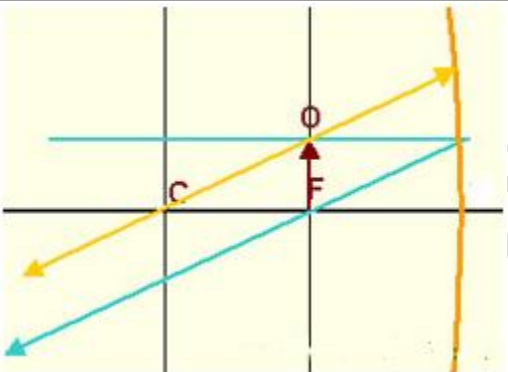
عندما يكون الجسم على بعد يساوي نصف قطر التقعر للمرآة فإن الصورة تكون على نفس المسافة ومساوية للجسم ومقلوبة وحقيقية.

حالة (3)



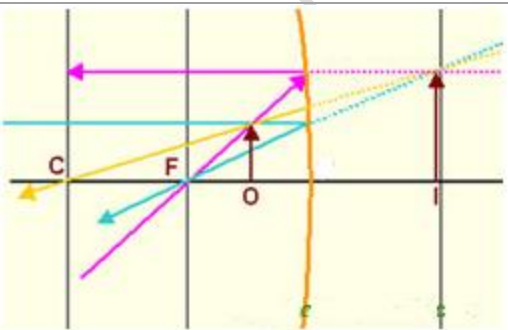
عندما يكون الجسم بين البعد البؤري f ونصف قطر التقعر r تكون الصورة حقيقية مقلوبة مكبرة.

حالة (4)



عندما يكون الجسم على مسافة مساوية للبعد البؤري f فإن الصورة تكون في المالا نهائية، لا توجد صورة.

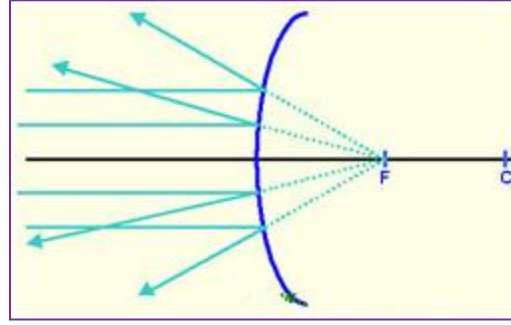
حالة (5)



عندما يكون الجسم عن مسافة أقل من البعد البؤري فإن الصورة تكون خيالية مكبرة معتدلة.

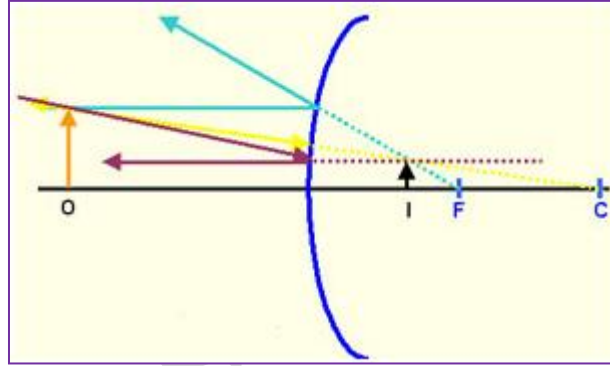
ملاحظة

ينطبق كل ما سبق على المرآة المحدبة **convex mirror** على ان نراعي أن البعد البؤري للمرآة المحدبة f ومركز التحذب C خلف السطح العاكس كما في الشكل التالي:



مرآة محدبة convex mirror

تتكون الصورة بالرسم البياني كما سبق توضيحه ولكن تكون الصورة خيالية دوماً



تكون الصورة بواسطة المرآة المحدبة convex mirror

التكبير Magnification

يعرف التكبير M لمرآة بأنه ارتفاع الصورة (h_i) او (h) مقسوماً على ارتفاع الجسم (h_o) او (h)، فإذا كان التكبير اكبر من واحد فإن الصورة اكبر من الجسم أما اذا كان التكبير اقل من واحد تكون الصورة اصغر من الجسم.

$$M = \frac{h_i}{h_o} \text{ or } M = \frac{h'}{h}$$

ولكن مما سبق وجدنا ان النسبة بين h_i/h_o او (h'/h) تساوي النسبة بين d_i/d_o او (q/p) حيث (d_o او p) هي بعد الجسم و(d_i او q) هي بعد الصورة وبالتالي فإن التكبير يمكن ان يحسب من المعادلة التالية ايضا اذا توفرت المعلومات بحيث أن

$$M = -\frac{q}{p} \text{ or } M = -\frac{d_i}{d_o}$$

والإشارة السالبة أضيفت لتحقيق مفهوم اصطلاح الإشارة .

h_i or h' = height of the image (m)

h_o or h = height of object (m)

M = magnification (how many times bigger or smaller)

معادلة المرايا Mirror equation

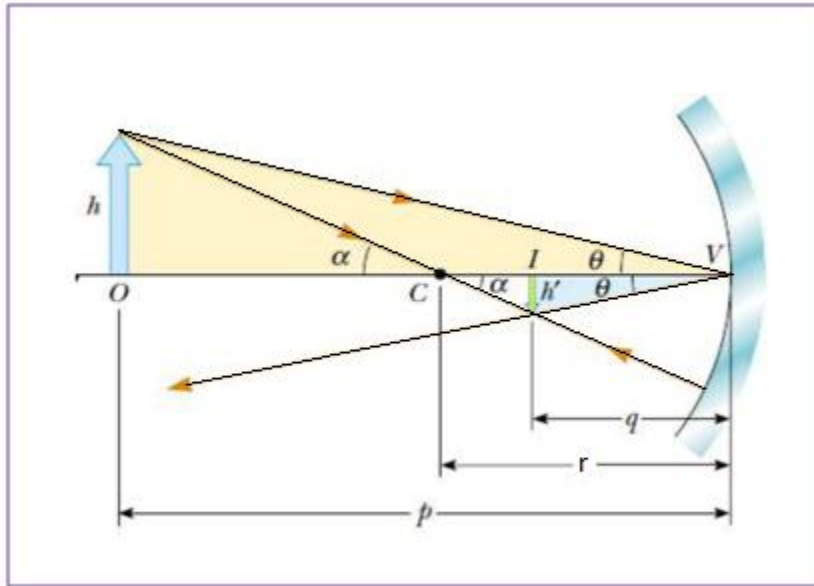
يمكن الحصول على مواصفات الصورة بطريقة رياضية بدلا عن استخدام الطريقة البيانية التي تصبح صعبة عند التعامل مع نظام مكون من أكثر من مرآة.

لذلك نستخدم معادلة رياضية تربط بين بعد الجسم عن المرآة (p) او (d_o) وبعد الصورة عن المرآة (q) او (d_i) والبعد البؤري (f).

اشتقاق معادلة المرآة:

الطريقة الأولى:

افترض جسم على بعد مسافة p من مرآة مقعرة بحيث ان ذلك الجسم يقع خلف مركز تكور المرآة (c) أي أن p اكبر من r كما في الشكل التالي:



تتكون صورة الجسم من خلال استخدام شعاعين احدهما يسقط ماراً في مركز التكور وينعكس عن المرآة بنفس الاتجاه والثاني يسقط في مركز المرآة عند النقطة v فينعكس بزواوية سقوط تساوي زاوية الانعكاس.

$$\tan \theta = \frac{h}{p} \quad \text{من المثلث الكبير نرى ان :}$$

ومن المثلث الصغير نجد ان : $\tan \theta = -\frac{h'}{q}$ والاشارة السالبة تعني ان الصورة مقلوبة لذلك تكون h' سالبة ،

$$M = \frac{h'}{h} = -\frac{q}{p} \quad \text{والتكبير (M) يساوي :} \quad \text{----- (1)}$$

$$\tan \alpha = -\frac{h'}{r-q} \quad \text{و} \quad \tan \alpha = \frac{h}{p-r} \quad \text{وكذلك من الرسم نلاحظ ان :}$$

$$\Rightarrow \frac{h'}{h} = -\frac{r-q}{p-r} \text{ -----(2)}$$

$$\frac{q}{p} = \frac{r-q}{p-r} \text{ من المعادلة (1) و(2) نحصل على:}$$

$$\Rightarrow \frac{r-q}{q} = \frac{p-r}{p} \Rightarrow \frac{r}{q} - \frac{q}{q} = \frac{p}{p} - \frac{r}{p} \Rightarrow \frac{r}{q} - 1 = 1 - \frac{r}{p}$$

$$\Rightarrow \frac{r}{q} = 2 - \frac{r}{p} \text{ بالقسمة على (r) يكون:}$$

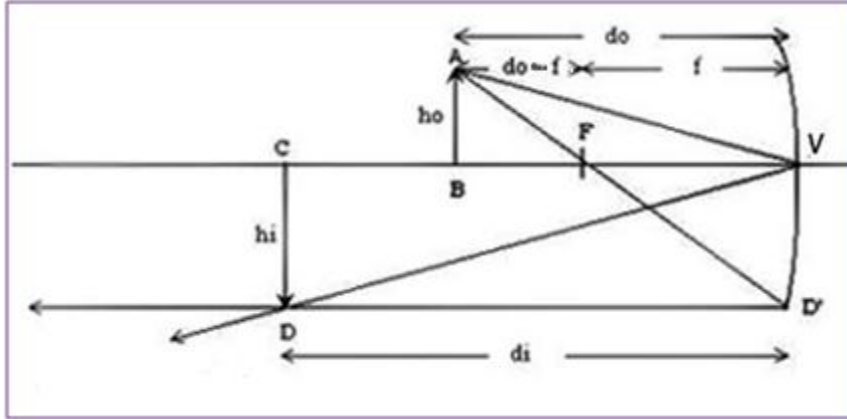
$$\Rightarrow \frac{1}{q} = \frac{2}{r} - \frac{1}{p} \Rightarrow \frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{2}{r}$$

وبما ان $f = r/2$ عليه يكون $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$ وتدعى هذه المعادلة بمعادلة المرآة

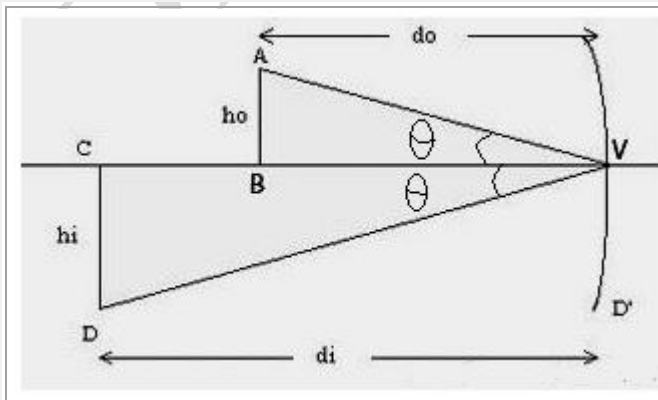
الطريقة الثانية:

افترض جسم على بعد مسافة d_o من مرآة مقعرة بحيث d_o بين البعد البؤري ونصف قطر التقعر كما في الشكل التالي:

تتكون صورة الجسم من خلال استخدام شعاعين احدهما يسقط ماراً في البؤرة وينعكس عن المرآة موازياً للمحور الضوئي والثاني يسقط في مركز المرآة عند النقطة A فينعكس بزواوية سقوط تساوي زاوية الانعكاس.

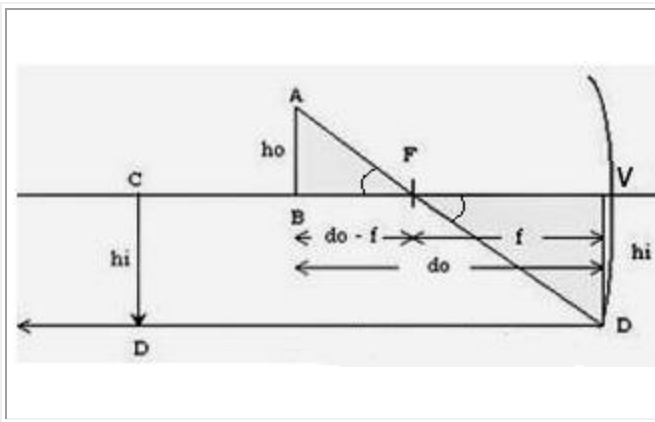


بتجزئة الشكل اعلاه للمسار الضوئي الأول والثاني نحصل على



من الشكل السابق يمكن الحصول على الشكل المبسط التالي ويظهر فيه المثلثين ABV و DCV متشابهين اذا نحصل على العلاقة التالية

$$\frac{h_o}{h_i} = \frac{d_o}{d_i}$$



كذلك المثلثين ABF و D'VF متشابهين ايضا. اذا يكون

$$\frac{h_o}{h_i} = \frac{d_o - f}{f}$$

بالتقسيم على d_o طرفي المعادلة نحصل على معادلة المرايا.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

Mirror equation

حيث ان

f = focal length (m)

d_o = distance from mirror to object (m)

d_i = distance from mirror to image (m)

Sign convention for mirrors اصطلاح الاشارة للمرايا

اشارة كلا من d_o و d_i تحدد ما إذا كان الجسم او الصورة حقيقي real او تخيلي virtual ، بينما تحدد اشارة التكبير اذا ما كانت الصورة معتدلة upright أو مقلوبة inverted وذلك على النحو التالي:

الجسم حقيقي real object	عندما يكون الجسم امام المرآة	+	d_o
الجسم تخيلي virtual object	عندما يكون الجسم خلف المرآة	-	d_o
الصورة حقيقية real image	عندما تكون الصورة امام المرآة	+	d_i
الصورة تخيلية virtual image	عندما تكون الصورة خلف المرآة	-	d_i

أما بالنسبة لإشارة كلاً من f و r فتكون على النحو التالي

مرآة مقعرة concave mirror	عندما يكون البعد البؤري امام المرآة	+	r & f
مرآة محدبة convex mirror	عندما يكون البعد البؤري خلف المرآة	-	r & f

أما بالنسبة لإشارات التكبير M

تكون الصورة معتدلة upright	+	M
تكون الصورة مقلوبة inverted	-	M

أما بالنسبة لإشارة الصورة h_i

عندما تكون الصورة معتدلة upright	+	h_i
عندما تكون الصورة مقلوبة inverted	-	h_i

امثلة الفصل الثاني (المرايا):

مثال 1: تم وضع خاتم الماس ارتفاعه 1.5 سم على بعد 20 سم من مرآة مقعرة نصف قطر انحنائها هو 30 سم.
حدد (أ) موقع الصورة (ب) حجمها.

الحل :

(a) نحسب موقع الصورة من معادلة المرايا

$$f = r / 2 = 30 / 2 = 15 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

أي ان

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d_o}$$

بالتعويض عن قيمة $f=r/2$ نحصل على

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{15} - \frac{1}{20} = \frac{4 - 3}{60} = \frac{1}{60}$$

تذكر ان ما تم حسابه هو $1/d_i$ لذلك تكون قيمة d_i

$$d_i = 60 \text{ cm}$$

وحيث أن إشارة d_i موجبة مما يعني ان الصورة حقيقية

(b) التكبير يحسب على النحو التالي

$$m = -\frac{d_i}{d_o} = -\frac{60}{20} = -3$$

$$h_i = m h_o = -3 \times 1.5 = -4.5 \text{ cm}$$

والإشارة السالبة تفيد أن الصورة تكون مقلوبة

d_i موجبة \leftarrow الصورة حقيقية

$1 < |M|$ \leftarrow الصورة مكبرة

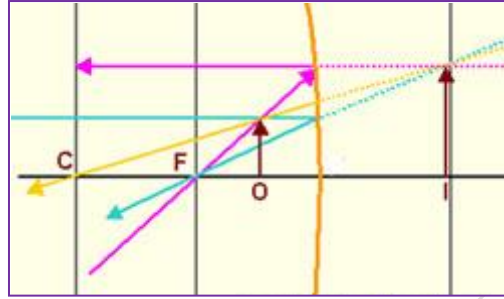
M سالبة \leftarrow الصورة مقلوبة

اذن الصورة حقيقية مكبرة ومقلوبة

مثال 2: تم وضع جسم ارتفاعه 1 cm على بعد 10 cm من مرآة مقعرة لها نصف قطر انحناء قدره 30 cm. (أ) أرسم تخطيط بياني للاشعة وحدد عليه موقع الصورة. (ب) حدد موقع الصورة والتكبير بالطريقة التحليلية.

الحل:

a) المخطط المطلوب هو



يتضح من المخطط ان الصورة معتدلة مكبرة تخيلية ويمكن ان نصل إلى نفس النتيجة من خلال استخدام معادلة المرايا والتكبير.

b) موضع الصورة باستخدام معادلة المرايا

$$f = r / 2 = 30 / 2 = 15 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

أي ان

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d_o}$$

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{15} - \frac{1}{10}$$

$$d_i = -30 \text{ cm}$$

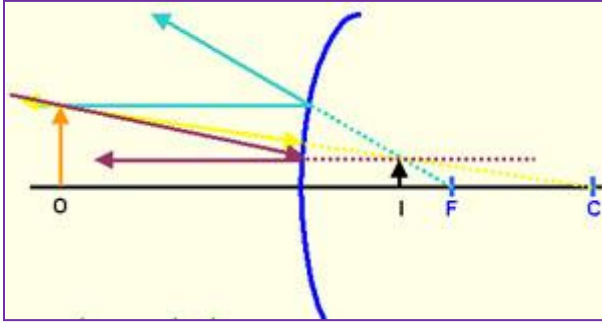
تدل الإشارة السالبة على ان الصورة تخيلية.

ولحساب التكبير

$$m = -\frac{d_i}{d_o} = -\frac{-30}{10} = +3$$

وهذا يعني ان الصورة أكبر من الجسم بثلاث مرات ومعتدلة

مثال 3: المرآة الخلفية لسيارة من نوع المرايا المحدبة ولها نصف قطر انحناء 40 سم . حدد موقع الصورة المتكونة ومقدار التكبير ، بالنسبة لجسم يبعد 10 متر عن المرآة؟
الحل: لتوضيح فكرة السؤال نستعين بالرسم التالي:



تكون اشارة البعد البؤري سالبة لانها خلف المرآة وتساوي $f=r/2$ لأن $40/2$

$$f=r/2=-40/2 =-20\text{cm}$$

نطبق معادلة المرايا للحصول على موقع الصورة

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

أي ان

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d_o}$$

$$\frac{1}{d_i} = -\frac{1}{0.2\text{m}}$$

$$d_i = -\frac{10}{51} = -0.196\text{m} = -19.6\text{cm}$$

وهذا يعني ان الصورة تخيلية وعلى مسافة 19.6 cm خلف المرآة.

ولحساب التكبير

$$m = -\frac{d_i}{d_o} = -\frac{-0.196}{10} = +0.0196$$

أي أن الصورة معتدلة مصغرة.

مثال 4: مرآة محدبة لديها نصف قطر قدره 20 سم. تم وضع جسم 30 سم أمام المرآة. حدد أين ستظهر الصورة.

الحل : بما ان نصف قطر المرآة هو 20 سم (وهي المسافة من المرآة الى مركز التكور) وبما ان البؤرة تقع في منتصف المسافة ($f=r/2$) وإشارتها سالبة لان المرآة محدبة عليه يكن :

$$f = -10 \text{ cm.}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d_o}$$

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{-10} - \frac{1}{30}$$

$$d_i = -7.5 \text{ cm}$$

وبما ان d_i سالبة ، اذن الصورة ستكون خيالية

مثال 5: في نفس المثال السابق (مثال 4) حدد طول الصورة المتكونة اذا علمت ان طول الجسم هو 5.0 سم ، وكذلك احسب التكبير ؟

الحل:

$$\frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-(-7.5) \times 5.0}{30}$$

$$h_i = 1.25 \text{ cm}$$

$$M = h_i/h_o = 1.25/5 = 0.25$$

مثال 6: مرآة كرية بعدها البؤري (+10 cm) جد موقع الصورة اذا كان بعد الجسم: (a) 25 cm (b) 10 cm (c) 5 cm ؟ ثم اذكر مواصفات الصورة في كل حالة؟

الحل :

لان البعد البؤري موجب هذا يعني ان المرآة مقعرة

(a):

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \implies \frac{1}{25} + \frac{1}{q} = \frac{1}{10} \implies \frac{1}{q} = \frac{1}{10} - \frac{1}{25} = \frac{5-2}{50} = \frac{3}{50}$$

$$\implies q = 50/3 = 16.6 \text{ cm}$$

$$M = -q / p = -16.6/25 = -0.66$$

بما ان قيمة (M) اقل من الواحد فهذا يعني ان الصورة اصغر من الجسم

والاشارة السالبة لـ (M) تعني ان الصورة مقلوبة

ولان (q) موجبة فالصورة تقع امام المرآة وهي صورة حقيقية

اذن الصورة حقيقية ومصغرة ومقلوبة

(b):

عندما يكون بعد الجسم 10 cm فهذا يعني انه يقع عند البؤرة :

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \implies \frac{1}{q} = \frac{1}{10} - \frac{1}{10} = 0$$

$$\implies q = \text{مالانهاية}$$

يعني ان الاشعة الصادرة من جسم واقع في بؤرة مرآة مقعرة سوف تنعكس لتكون الصورة في المالانهاية وهي تنعكس بشكل متوازي عن سطح المرآة

(c):

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \implies \frac{1}{q} = \frac{1}{10} - \frac{1}{5} = \frac{1-2}{10} = -\frac{1}{10} \implies q = -10 \text{ cm}$$

$$M = -q / p = -(-10) / 5 = 2$$

ولان (q) سالبة فان الصورة خيالية (تقع خلف المرآة)

وقيمة (M) اكبر من الواحد يعني ان الصورة مكبرة

والاشارة الموجبة لـ (M) تعني ان الصورة معتدلة

اذن الصورة خيالية ومكبرة ومعتدلة

مثال 7: اذا وضع جسم على مسافة 75 cm امام مرآة محدبة نصف قطر تكورها 100 cm ، جد موقع الصورة وتكبيرها وصفها؟

$$f = r / 2 = -100 / 2 = -50 \text{ (المرآة محدبة)}$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \implies \frac{1}{75} + \frac{1}{q} = \frac{1}{-50} \implies \frac{1}{q} = -\frac{1}{50} - \frac{1}{75} = -\left(\frac{1}{50} + \frac{1}{75}\right)$$

$$\implies \frac{1}{q} = -\left(\frac{3+2}{150}\right) = -\frac{5}{150} = -\frac{1}{30} \implies q = -30$$

$$M = -q / p = -(-30 / 75) = 0.4$$

بما ان (q) سالبة يعني ان الصورة خيالية
ولان (M) موجبة يعني ان الصورة معتدلة
وبما ان (M) اصغر من الواحد يعني ان الصورة مصغرة
اذن الصورة خيالية ومعتدلة ومصغرة

اسئلة :-

س1/ مرآة مقعرة نصف قطر تكورها 40 cm جد بعد الصورة والتكبير لجسم يبعد :
(a) 40 cm (b) 20 cm (c) 10 cm ثم اذكر مواصفات الصورة لكل حالة؟

س2/ مرآة مقعرة نصف قطر التكور 60 cm جد بعد الصورة والتكبير اذا كان بعد الجسم :
(a) 90 cm (b) 20 cm ثم اذكر صفات الصورة في كل حالة.

س3/ مرآة مقعرة بعدها البؤري 40 cm جد موقع الجسم اذا كانت الصورة المتكونة معتدلة واكبر
اربع مرات من حجم الجسم؟

س4/ مرآة محدبة نصف قطر تكورها 40 cm جد بعد الصورة والتكبير لجسم يبعد :
(a) 30 cm (b) 60 cm ثم اذكر صفات الصورة في كل حالة؟

س5/ ارسم مخطط الاشعة لمرآة مقعرة اذا كان الجسم يقع في مركز التكور ؟

س6/ ارسم مخطط الاشعة لمرآة مقعرة اذا كان الجسم يقع بين مركز التكور والبؤرة؟

س7/ ارسم مخطط الاشعة لمرآة مقعرة اذا كان الجسم يقع بين البؤرة وسطح المرآة؟