كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الاولى

المادة : بصريات هندسية

المحاضرة : الثالثة/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2025

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

الانعكاس على سطوح مستوية وكروية.

مرآة مستوية - مرآة مقعرة - مرآة محدبة.

أولاً: الانعكاس على سطوح مستوية.

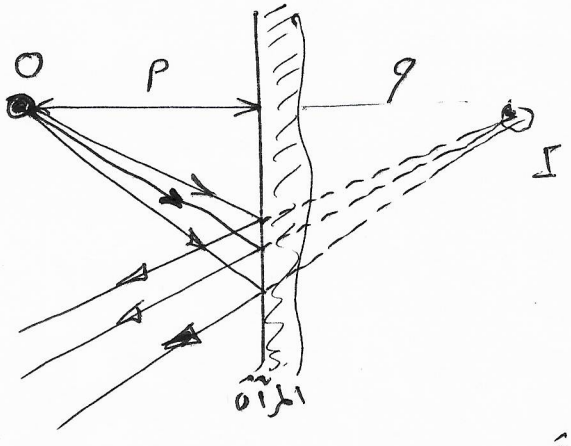
الأخيلة المتكونة بواسطة المرايا المستوية:

سندرس أبسط أنواع المرايا وهي المرآة المستوية.

نأخذ منبعاً ضوئياً نقطياً (O) كما في الشكل

الذي يقع أمام المرآة على البعد P عن سطحها

ويسمى (P) البعد الجسم.



تنعكس الأشعة الضوئية الصادرة عن

الجسم على سطح المرآة وكما هو ملاحظ

تكون الأشعة المنعكسة متباعدة فيما بينها

ويزداد هذا التباعد بالابتعاد عن سطح المرآة

إذا أخذنا امتدادات الأشعة المنعكسة هذه المتباعدة فإنها تلتقي في نقطة واحدة مثل (I)

تقع خلف المرآة تدعى خيال الجسم (O)

ملاحظة: إن الأخيلة يمكن تحديد الأخيلة: هي النقطة التي تلتقي فيها الأشعة

المنعكسة أو في النقطة التي تلتقي فيها امتدادات هذه الأشعة.

نلاحظ من الشكل وأن الأشعة المنعكسة تبدو قادمة من نقطة الخيال (I) والتي

تقع على مسافة (q) من سطح المرآة (خلف المرآة) وتدعى q بعد الخيال

تصنف الأخيلة المتشكلة إلى صنفين: حقيقية وهي تتشكل عندما تمر

الأشعة الضوئية بعد انعكاسها من نقطة الخيال.

ب)- أخيلة وهمية وهي تتشكل عندما تتجمع امتدادات الأشعة المنعكسة عن سطح

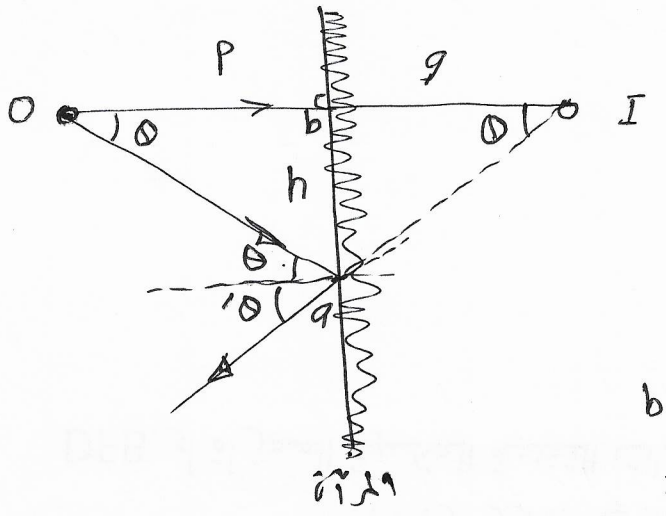
المرآة أي لو تمر الأشعة الضوئية المنعكسة من نقطة الخيال.

نفس مثالنا السابق إن الخيال المتشكل لجسم من خلال مرآة مستوية هو دوماً خيال

وهمي

لتحديد استخراج عواني المرآة المستوية من أجل جسم نقطي وفقاً للشكل التالي

3/2



نلاحظ من الشكل أن: $\hat{bIa}$ و $\hat{bOa}$ الزاويتان

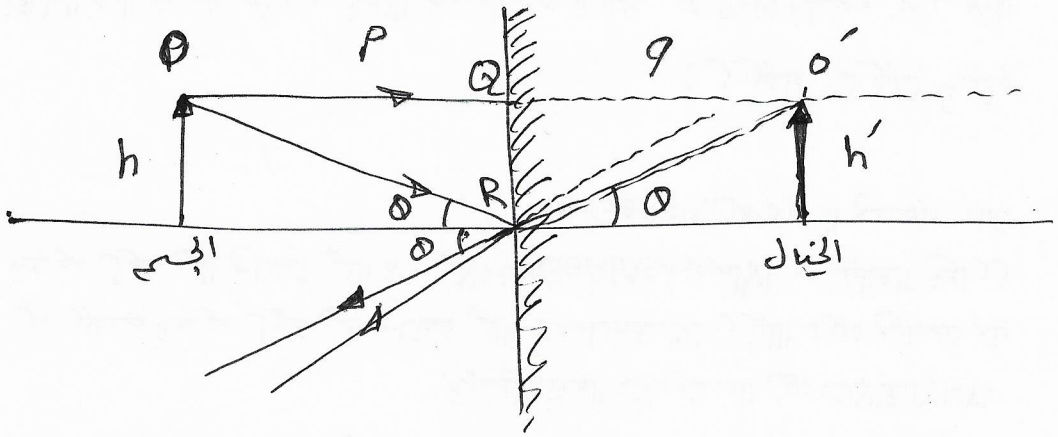
متقايستان ونستطيع كتابة:

$$\tan\theta = \frac{h}{P} = \frac{h}{q}$$

أي أن $P=q$ وكما كون الخيال وهمياً فيكون بعده سالباً ويمكننا أن نكتب $P=-q$

أي أن بعد الخيال والجسم متساويان عن سطح المرآة بالقيمة المطلقة في المرآة المستوية.

الآن لو استبدلنا الجسم النقطي بجسم آخر ذو أبعاد كما في الشكل التالي:



هنا نستخدم شعاعين فقط لتحديد موقع الخيال على الرغم من وجود عدد لا نهائي من الخيارات لرسم الأشعة الصادرة عن كل نقطة من الجسم.

نلاحظ من الشكل أن أحد هذه الأشعة يبدأ من النقطة O ليتابع مساره أفقياً إلى المرآة ثم ينعكس مرتداً على نفسه.

أما الشعاع الثاني فيتبع المسار المائل OR لينعكس عن سطح المرآة بزاوية θ.

بالنسبة للراقب يقف أمام المرآة سوف يرى شعاعين منعكسين للخلف وكأنهما قادمان من النقطة O خلف المرآة.

لو استخرجنا قوانين الانعكاس لمرآة مستوية من أجل جسم ذي أبعاد (غير نقطي) نلاحظ من الشكل أن المثلثين OQR و $P'QR$ متشابهان ومنه نجد أن $OQ=QP'$

وبالتالي نستنتج من الشكل أن الخيال المتشكل لجسم موضوع أمام مرآة مستوية

يقع خلف المرآة على مسافة تساوي البعد البؤري عن سطح المرآة أي $p=-g$

وعندها نجد العلاقة بينهما استنتاج أن ارتفاع الخيال h' يساوي ارتفاع الجسم h.

$$\tan\theta = \frac{h}{p} = \frac{h'}{-g} \Rightarrow \frac{h'}{h} = -\frac{g}{p}$$

وبما أن $p=-g$ $\Leftarrow$ اي أن $h=h'$

وبناءً على ذلك نعرف التكبير الخطي العرضاني M_t للخيال كما يلي وفق العلاقة:

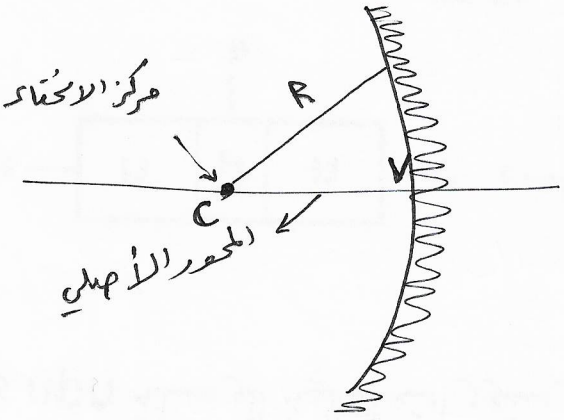
$$M_t = \frac{h'}{h} = -\frac{g}{p}$$

عند أي مرآة مستوية يكون $M=1$ $\Leftarrow$ $h=h'$ و $|p|=|g|$

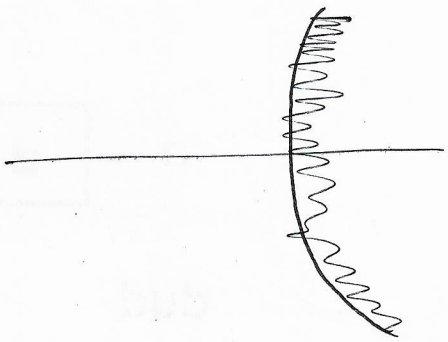
ثانياً: الانعكاس على سطوح كروية:

الأجزاء المتعلقة بالانعكاس على المرايا الكروية:

تعرف المرايا الكروية بأنها سطح كروي أو جزء من سطح كروي عاكس للضوء وقد يكون هذا السطح إما محدب أو مقعر كما في الشكل



مرآة مقعرة

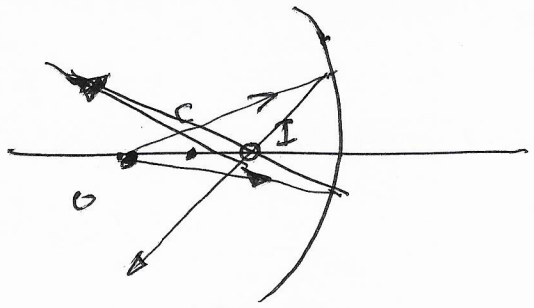


مرآة محدبة

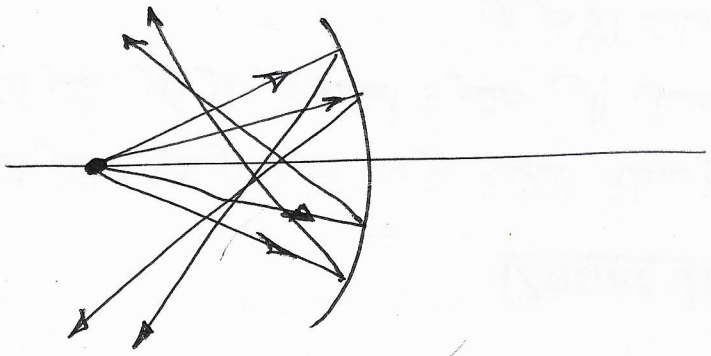
وعناصر المرآة الكروية وفقاً للمواصفين في الشكل السابق هي:
مركز الانحناء (C) والرؤوة (V) والمحور الأصلي (CV) والمحور الثانوي (أي محور يمر من (C) ولا يمر من (V)) والمحرق الأصلي F والثانوي $\bar{F}$ (وهو المحرق الذي يقع في المستوي العمودي على F والعمودي المحور الأصلي).

ملاحظة: سوف نركز هنا فقط على الأشعة التي تنبعث من الجسم والتي تصنع زوايا صغيرة مع المحور الأصلي حيث تدعى هذه الأشعة بالأشعة المحورية وهي تنعكس عند نقطة واحدة مارة من خلال نقطة خيال واحدة كما في الشكل

فالخيال في هذه الحالة حقيقي

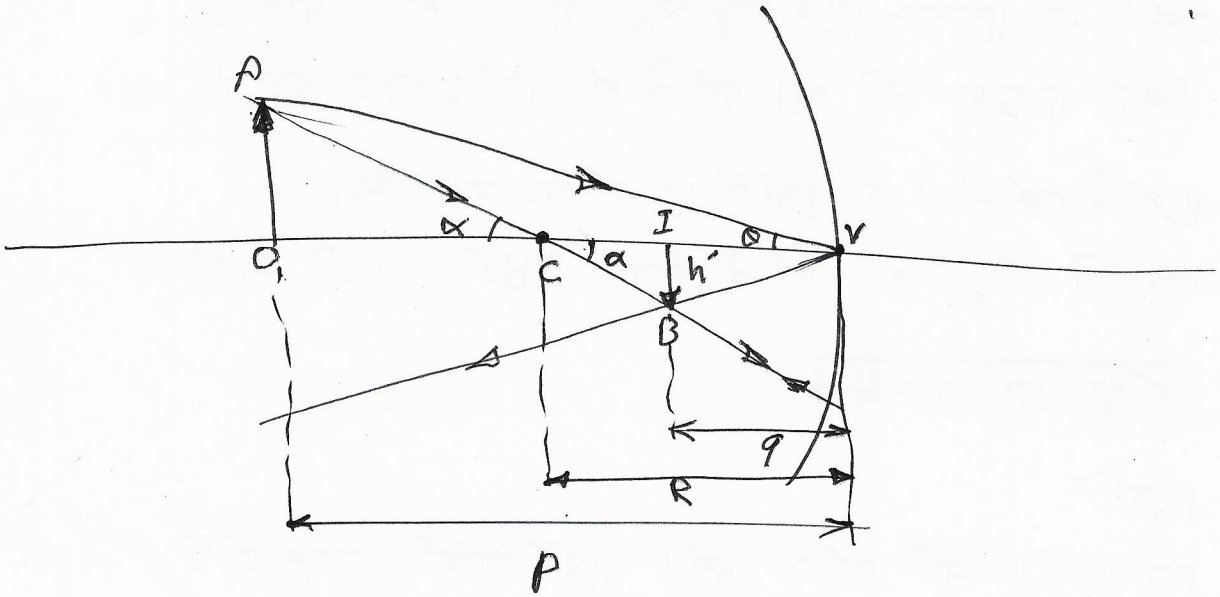


أما الأشعة التي ترد المرآة بزوايا ورود كبيرة مع المحور الأصلي فإنها تلتقي بعد الانعكاس في نقاط مختلفة على المحور الأصلي فتشبه حينئذٍ سطوحاً وهذا ما يدعى بالزيغ الكروي.
كما هو مبين في الشكل



قوانين المرآة الكروية:

نفرض أن لدينا جسم طوله (h) يقع على بعد p من مرآة نقطة الذروة لمرآة مقعرة خارج مركز الانحناء كما في الشكل:



حينما يتحدد موقع الخيال في الشكل نرسم شعاعين صادرين من قمة الجسم (A). الأول يسقط عابراً من مركز المرآة (C) فينعكس على نفسه والثاني يسقط على المرآة عند نقطة ذروتها (V) فينعكس كما هو مبين في الشكل أعلاه محققاً قانون الانعكاس (زاوية الورود تساوي زاوية الانعكاس) فيمكن تحديد الخيال هندسياً من خلال النقطة التي تتلاقى فيها الشعاعان المنعكسان وذلك برسم من هذه النقطة عموداً على المحور الأصلي حيث تكون نقطة التقاطع حينئذٍ لرأس السهم (الخيال مقلوب في هذه الحالة)

من المثلثين المتشابهين: VOA و VIB نجد أن

$$\tan\alpha = \frac{h}{p} = \frac{-h'}{q}$$

الإشارة السالبة وضعت لكون الخيال مقلوباً.

ومن هذه العلاقة التكبير العرضي للخيال:

$$m_t = \frac{h'}{h} = -\frac{q}{p} \quad --(1)$$

كما نلاحظ من المثلثين المتشابهين: CBI و CAO أن الزاوية α مشتركة فنستطيع كتابة

$$\tan\alpha = \frac{h}{p-R} \quad , \quad \tan\alpha = -\frac{h'}{R-q}$$

$$\Rightarrow \frac{h'}{h} = \frac{R-q}{p-R} \quad --(2)$$

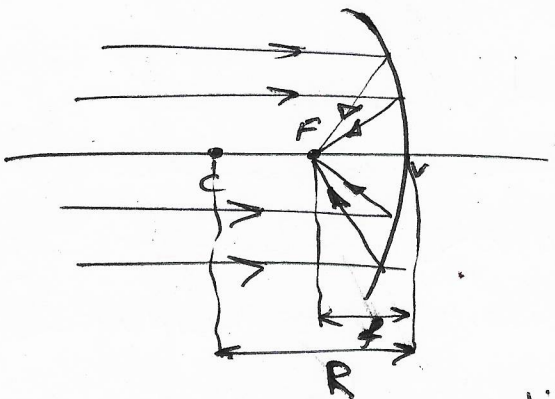
بمقارنة (1) مع (2) نجد أن

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{2}{R} \quad --(3)$$

وتسمى هذه العلاقة بقانون المرآة (أو قانون ديكارت).

البعد المحرقي لمرآة كروية:

إذا كان الجسم بعيد جداً عن المرآة أي $p \gg R$ بحيث يمكن اعتبار $\frac{1}{p} = 0$ أي الجسم واقع في اللانهاية فتصبح المعادلة (3) بالشكل $q = \frac{R}{2}$ فيقع الخيال في منتصف المسافة بين مركز الانحناء (C) ورأس ذروة المرآة (V). ونلاحظ مما هو مبين في الشكل أن الأشعة الواردة من الجسم متوازية فيما بينها لكون الجسم بعيد جداً عن المرآة. وسوف تنعكس عن المرآة ملتقية في نقطة واحدة.



تدعى نقطة التقاء الخيال هذه بالنقطة المحرقية F وبعد الخيال (البعد هذه النقطة عن رأس المرآة) بالبعد المحرقي f أي:

$$f = \frac{R}{2} \quad --(4)$$

البعد المحرقي هو مميز لكل مرآة وبالتالي يمكن استخدامه لمقارنة مرآة بمرآة أخرى.

ويمكن كتابة المعادلة (3) بالشكل التالي بدلالة البعد المحرقي f:

$$\frac{1}{q} + \frac{1}{p} = \frac{1}{f}$$

البعد المحرقي يعتمد فقط على نصف قطر انحناء المرآة ولا يعتمد على المادة المصنوعة منها وذلك لأن الخيال يتشكل من الأشعة المنعكسة من سطحها.

أما في حالة العدسات فيكون الأمر مختلف تماماً لكون الضوء يمر من خلال المادة المصنوعة منها العدسة وبالتالي البعد المحرقي يعتمد على نوع مادة العدسة.

بالنسبة أن المرآة المقعرة تقوم بتجميع الحزمة الضوئية الواردة لمحورها البعد انعكاسها في نقطة تدعى بالمحرق حيث تدعى المسافة FV بالبعد المحرقي ويرمز لها بالرمز f. وأن كل شعاع ضوئي يرد المرآة مارّاً بمحرقها الأصلي ينعكس موازياً لمحورها الأصلي.

المرآة المستوية كحالة خاصة للمرآة الكروية:

يمكن عد المرآة المستوية حالة خاصة من المرآة المقعرة في حالة كون نصف قطر انحنائها R مساوياً إلى اللانهاية وتصبح المعادلة (3) كما يلي:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 0 \quad \Rightarrow \quad p = -q$$

نعوض هذه العلاقة في علاقة التكبير الخطي العرضاني

$$m_t = \frac{h'}{h} = -\frac{q}{-q} = 1 \quad \Rightarrow \quad h = h'$$

وهي نفس النتيجة التي وصلنا إليها في بداية هذا الفصل عند دراسة المرايا المستوية.

ملاحظة: لقد استخدمنا مرآة مقعرة عند استخراج المعادلات السابقة ويمكن تعميم العلاقات على تطبيقها في حالة المرايا المحدبة بشرط أن نأخذ في الحسبان اصطلاحات الإشارة كما يلي:

نشير إلى المنطقة التي ترد فيها الأشعة باتجاه المرآة بالوجه الأمامي للمرآة Front والوجه الآخر بالوجه الخلفي للمرآة Back كما في الشكل

الجهة الأمامية أو الحقيقية	الجهة الخلفية أو الوهمية
p and q positive	p and q negertive.
الضوء الوارد.	لا يوجد ضوء.

مرآة محدبة أو مقعرة أو مستوية

ويلخص الجدول التالي اصطلاحات الإشارة للمرايا المقعرة والمحدبة

المقدار	موجب لمدها	سالب لمدها
بعد الجسم p	الجسم واقع أمام المرآة (جسم حقيقي)	الجسم واقع خلف المرآة (جسم وهمي)
بعد الخيال q	الخيال واقع أمام المرآة (خيال حقيقي)	الخيال واقع خلف المرآة (خيال وهمي)
طول الخيال h'	الخيال معتدل (صحيح)	الخيال مقلوب
البعد المحرقي f و نصف قطر المرآة R	المرآة مقعرة	المرآة محدبة
التكبير الخطي العرضي	الخيال معتدل (صحيح)	الخيال مقلوب .