جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الانبار – كلية العلوم
قسم الفيزياء

اسم المادة: الفيزياء العامة

المستوى الدراسي: الدراسات الاولية (البكالوريوس)

المرحلة: الاولى

المحاضرة رقم (12)

اسم المحاضرة: المرايا والعدسات Mirrors and Lenses

مدرس المادة

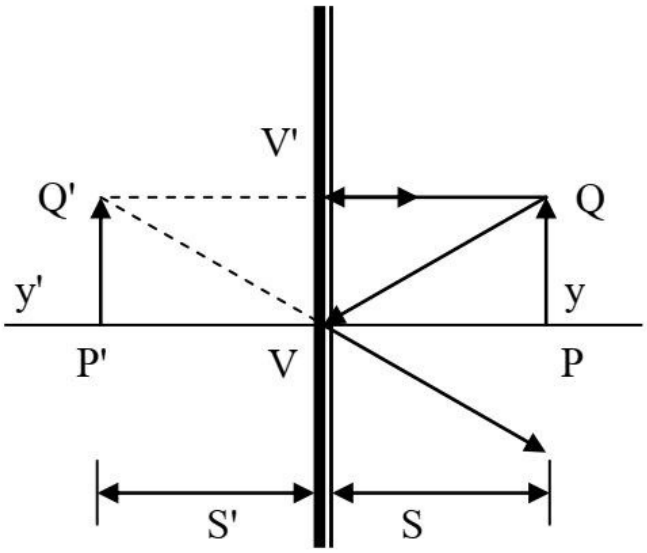
م. احمد مظفر احمد

Mirrors and Lenses المرايا والعدسات

1-12 الصور المتكونة بالانعكاس على المرايا المستوية

Images Formed by Reflection at plane mirrors

إذا وضعنا جسما على بعد S من مرآة مستوية كما في الشكل (**1-12**) فإن الأشعة الصادرة من الجسم ستسقط على المرآة وتنعكس عنها حسب قانون الانعكاس ، وبعد الانعكاس فإن الأشعة ستتباعد ، ولكنها تبدو كما لو أنها صادرة عن جسم خلف المرآة ، أي أننا نرى صورة الجسم خلف المرآة وعلى بعد S من سطحها.



شكل (**1-12**)

كما نلاحظ من هندسة الشكل أن المثلث VPQ يكافئ المثلث VP'Q' (متطابقان) وبالتالي نستنتج أن

$$S'=S$$

أي أن بعد الصورة يساوي بعد الجسم .

كما نستنتج أن

$$y'=y$$

أي أن طول الصورة y' يساوي طول الجسم y

التكبير Magnification

هو النسبة بين طول الصورة وطول الجسم ، ويرمز له بالرمز m أي أن :

$$m=\frac{y'}{y} \qquad (12\text{-}1)$$

فيكون التكبير في هذه الحالة يساوي 1 لأن $y=y'$ أي أن الصورة لم تكبر ولم تصغر.

2-12 الصور المتكونة بالانعكاس على المرايا الكرية

Images Formed by Reflection at a spherical mirrors

المرايا الكرية

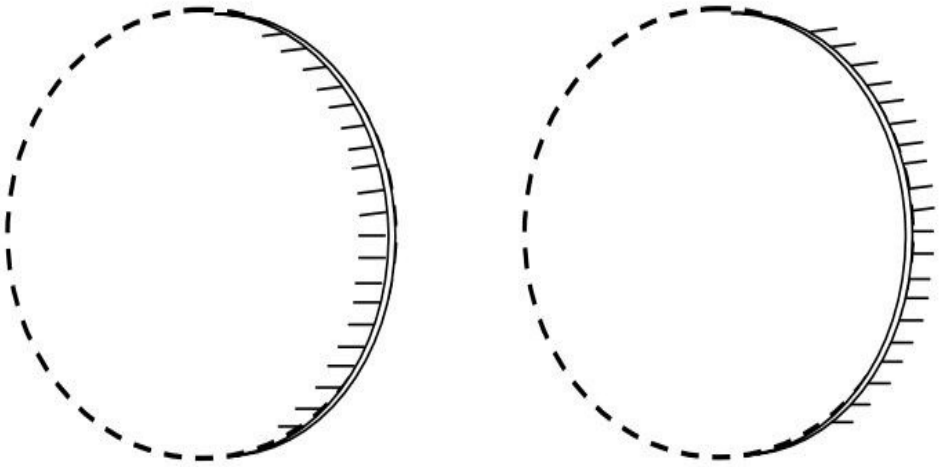
هي مرايا سطحها يتكون من جزء صغير من كرة ، وتتكون الصور في هذه المرايا حسب قانون الانعكاس ، ولكن طبيعة الصورة في هذه الحالة تكون مختلفة ، وتقسم المرايا الكرية إلى نوعين (انظر الشكل **12-2**).

concave mirrorالمرايا لمقعرة

وتسمى أيضا بالمرآة اللاَمة وذلك لأنها تجمع الأشعة الساقطة عليها ويكون سطحها العاكس هو السطح المقعر.

convex mirrorsالمرايا المحدبة

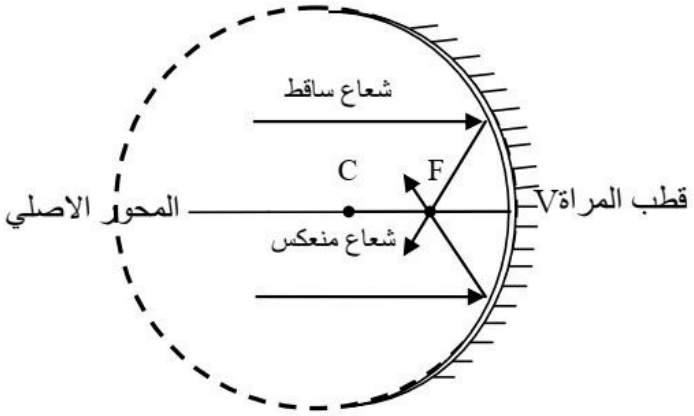
وتسمى أيضا بالمرآة المفرقة (Diverging mirror) وذلك لأنها تفرق الأشعة الساقطة عليها ويكون سطحها العاكس هو السطح المحدب.



مراة مقعرة (لامة) مراة محدبة (مفرقة)

شكل (**12-2**)

وقبل أن نناقش كيف تتكون الصور بواسطة المرايا الكرية سنعرف بعض المصطلحات بالاستعانة بالشكل (**12-3**).



شكل (12-3)

1- مركز التكور (c) center of curvature

هو مركز الكرة التي تكون المرآة جزء منها.

2- قطب المرآة (v) vertex

هو مركز المرآة نفسها.

3- نصف قطر التكور (R) Radius of curvature

وهو المسافة بين مركز التكورC وقطب المرآة V .

4- المحور الأصلي Principle axis

هو المحور الذي يصل بين مركز التكور وقطب المرآة.

5- البؤرة (F) Focus

هي النقطة التي تتجمع فيها الأشعة الموازية للمحور الأصلي ، وتسمى في هذه الحالة بؤرة حقيقية (في المرآة المقعرة). أوهي النقطة التي تبدو وكأن الأشعة الموازية للمحور الأصلي تتفرق منها ، وتسمى في هذه الحالة بؤرة تقديرية (في المرآة المحدبة). وتكون البؤرة في منتصف المسافة بين مركز التكورC وقطب المرآة V .

- البعد البؤري (f) Focal length

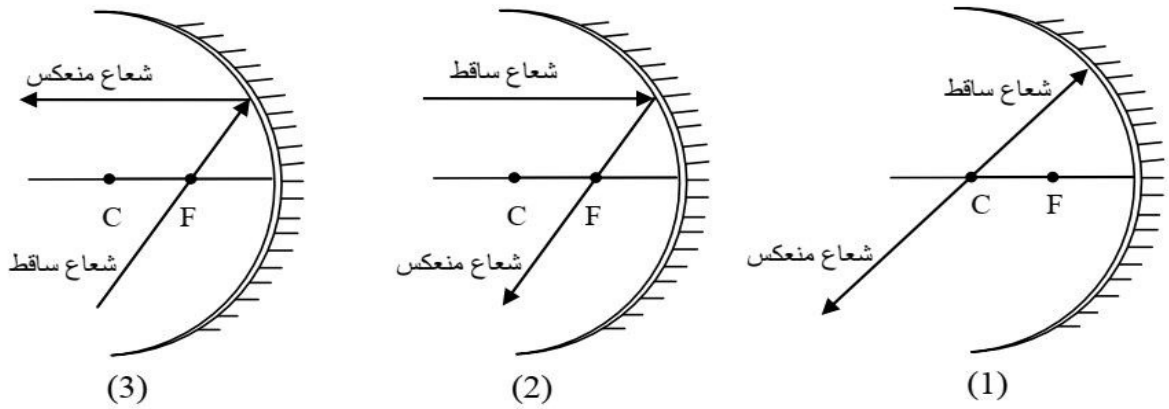
هو المسافة بين البؤرة F وقطب المرآة V .

يمكن تحديد موقع وطبيعة الصور المتكونة بواسطة المرايا الكرية برسم اثنين من ثلاث أشعة يمكن رسمها بسهولة وهي موضحة على الترتيب بالشكل (12-4) كما يلي:

1- شعاع مار بمركز التكور فينعكس على نفسه (شكل **12-4**) .

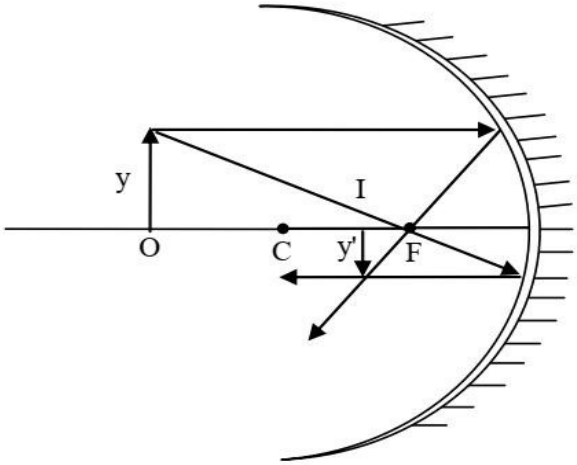
2- شعاع موازي للمحور الأصلي فينعكس في البؤرة.

3- شعاع مار بالبؤرة فينعكس موازيا للمحور الأصلي.

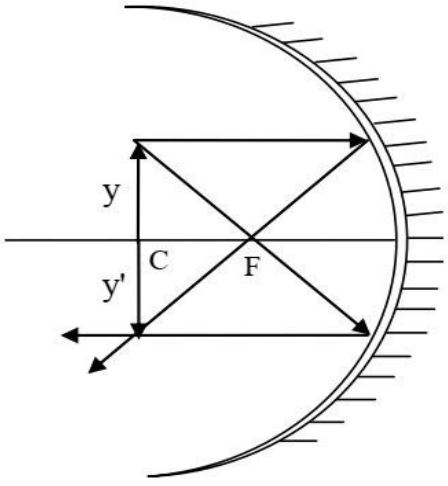


شكل **(12-4)**

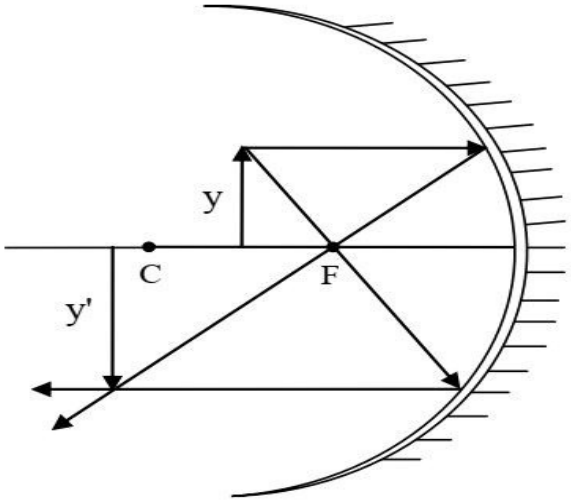
فإذا تكونت صورة لجسم أمكن استقبالها على حائل فان الصورة تكون حقيقية (الصورة الحقيقية هي التي تظهر أمام المرآة) أما إذا لم يمكن استقبالها على حائل تكون صورة تقديرية (وهي التي تظهر خلف المرآة)، والأشكال (من **12-5-1 الى 12-5-5**) التالية توضح موقع وطبيعة الصورة المتكونة بواسطة المرآة المقعرة.



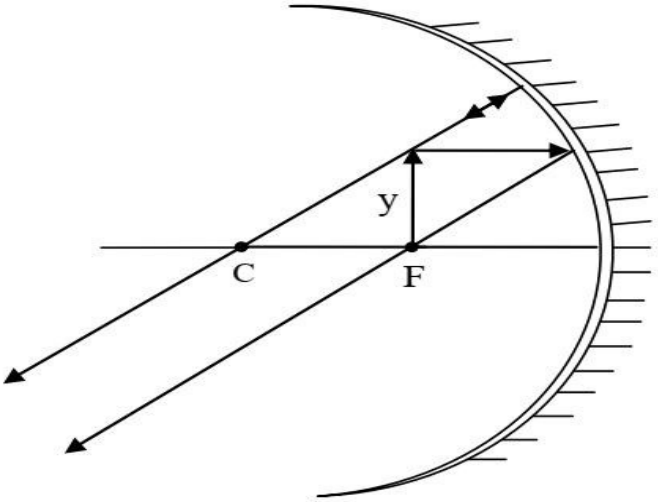
شكل **(12-5-1)**
عندما يكون الجسم على بعد أكبر من مركز التكور، تتكون له
صورة حقيقية مقلوبة أصغر من طول الجسم



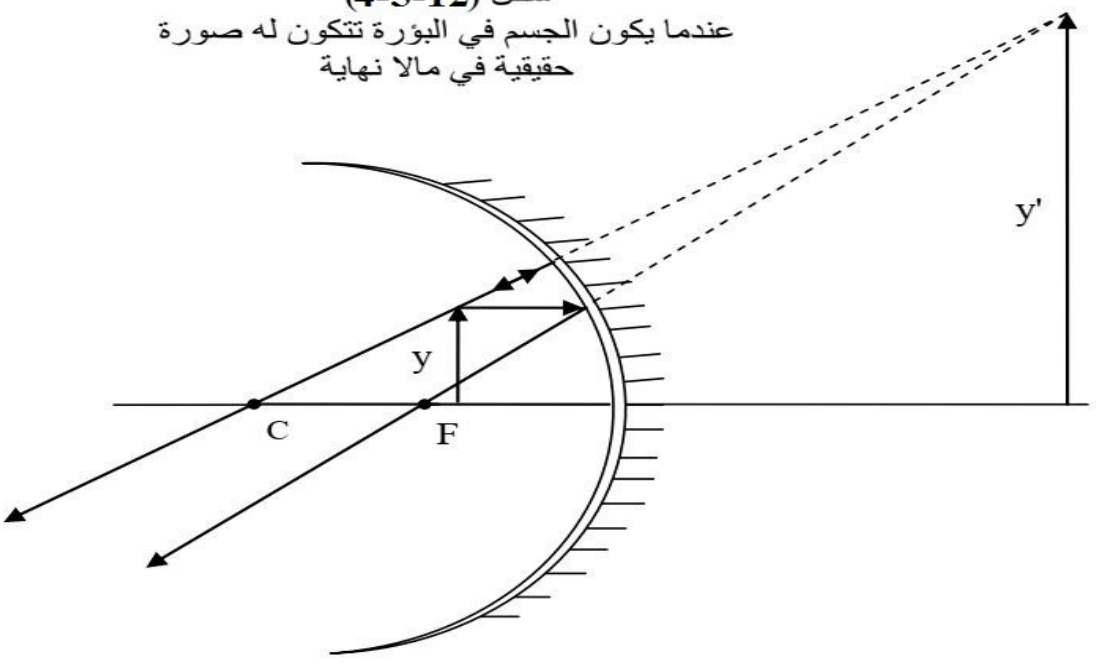
شكل **(12-5-2)**
عندما يكون الجسم عند مركز التكور تتكون له صورة حقيقية عند نفس
المسافة و تكون الصورة مقلوبة و طولها يساوي طول الجسم



شكل **(12-5-3)**
عندما يكون الجسم بين مركز التكور والبؤرة تتكون
صورة حقيقية مقلوبة اكبر من طول الجسم

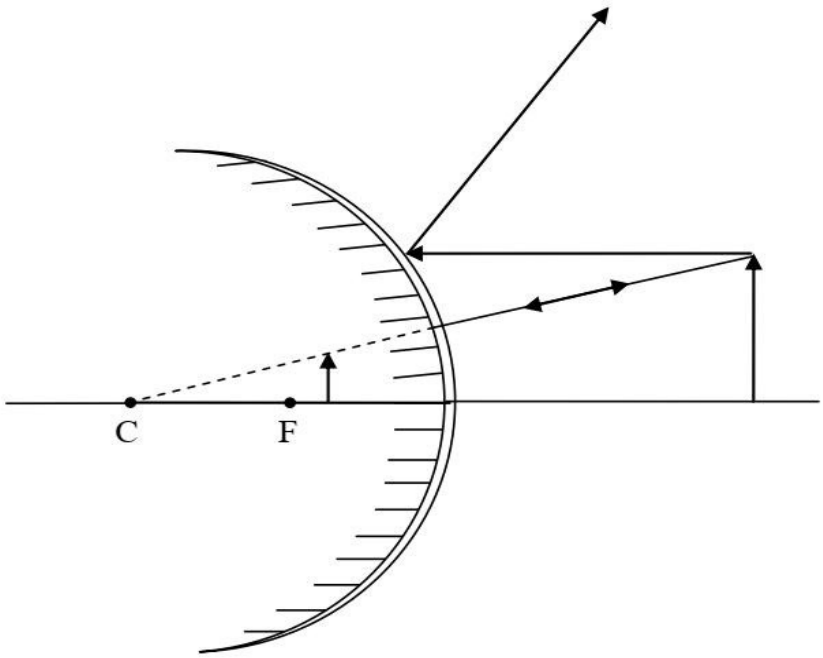


شكل **(12-5-4)**
عندما يكون الجسم في البؤرة تتكون له صورة
حقيقية في مالا نهاية



شكل **(12-5-5)**عندما يكون الجسم على بعد أقل من
البعد البؤري تتكون له صورة تخيلية معتدلة مكبرة

وعندما تكون المرآة محدبة ، أي أن بؤرتها تقديرية ، فإن جميع الصور المتكونة للجسم تكون صورا تقديرية معتدلة ، والشكل (**12-6**) يوضح أحد هذه الحالات:



شكل **(12-6)**
جميع الصور المتكونة للجسم تكون صوراً تقديرية معتدلة

3-12 الصور المتكونة بالانكسار Images Formed by Refraction

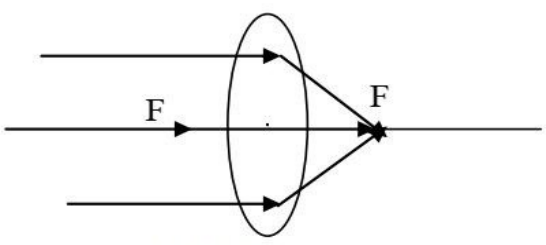
نناقش هنا انكسار الضوء خلال العدسات الرقيقة، والعدسة الرقيقة مصنوعة من مادة شفافة بحيث يكون سطحها جزء من كرة، وسمكها صغيرا مقارنة بخواصها البصرية مثل البعد البؤري وموضع الجسم وموضع الصورة. والشكل التالي يوضح نوعين من هذه العدسات هما:

1- العدسة المحدبة convex lens

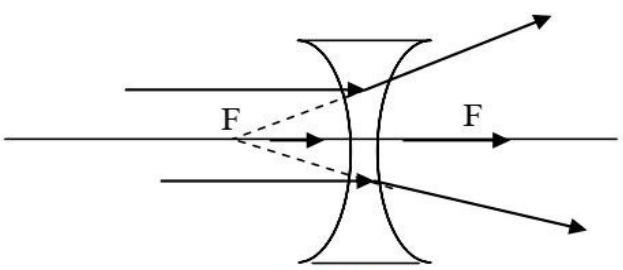
تسمى أيضا العدسة اللامة conversing lens وذلك لأنها تجمع الأشعة المنكسرة. (شكل **1-7-12**)

2- العدسة المقعرة concave lens

تسمى أيضا العدسة المفرقة diverging lens وذلك لأنها تفرق الأشعة المنكسرة. (شكل **2-7-12**)



شكل (**1-7-12**)
عدسة محدبة أو لامة



شكل (**2-7-12**)
عدسة مقعرة أو مفرقة

وقبل أن نناقش تكون الصورة بالانكسار خلال العدسات الرقيقة علينا أن نعرف التالي:

1- المحور الأصلي Principle

وهو المحور الذي يصل بين مركزي تكور سطحي العدسة ومركز العدسة

2- المركز البصري optical center

وهو المركز الهندسي للعدسة.

3- البؤرة(F) Focus

وهي النقطة التي تتجمع فيها الأشعة الموازية للمحور الأصلي (بؤرة حقيقية) ، أوهي النقطة التي تبدو وكأن الأشعة الموازية للمحور الأصلي تنبثق منها(بؤرة تقديرية).

4- البعد البؤري focal length (f)

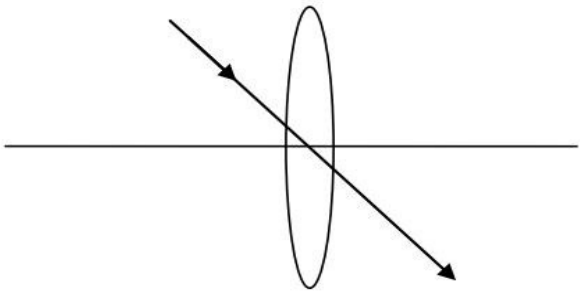
هو المسافة بين بؤرة العدسة والمركز البصري لها.

وكما شرحنا تكون الصورة بواسطة المرايا ، فإنه يمكن أن نجد طبيعة الصورة المتكونة بواسطة العدسة الرقيقة وذلك بتحديد تقاطع اثنين من الأشعة التالية:

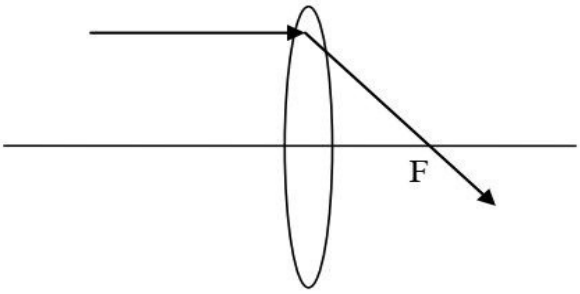
1- شعاع يمر بمركز العدسة فلا يعاني أي انكسار (شكل **12-8-1**).

2- شعاع موازي للمحور الأصلي فينكسر مارا بالبؤرة (شكل **12-8-2**).

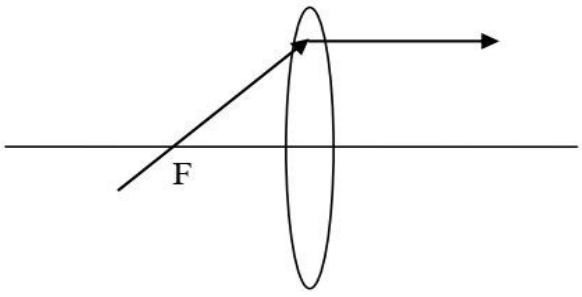
3- شعاع مار بالبؤرة فينكسر موازيا للمحور الأصلي (شكل **12-8-3**).



شكل (**12-8-1**) الشعاع الذي يسقط مارا بمركز العدسة لا يعاني أي انكسار

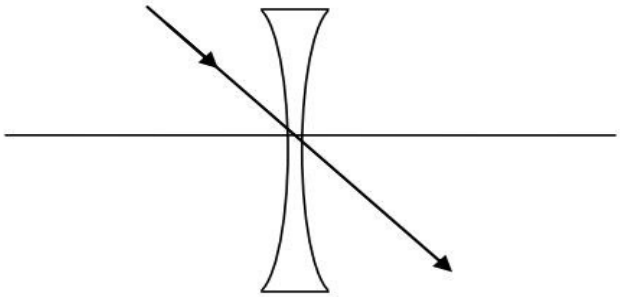


شكل (**12-8-2**) الشعاع الذي يسقط موازيا للمحور الأصلي للعدسة ينكسر مارا بالبؤرة

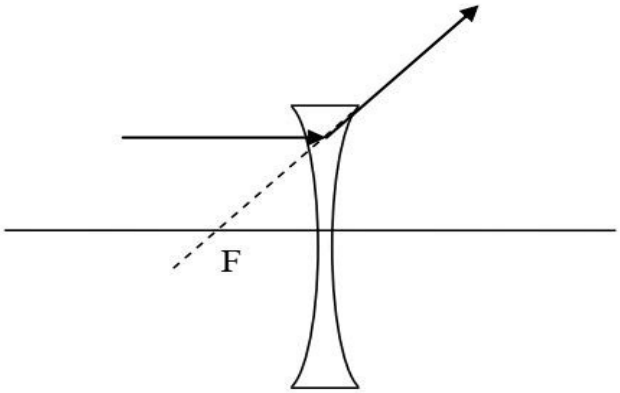


شكل (**12-8-3**) الشعاع الذي يسقط مارا بالبؤرة ينكسر موازيا للمحور الأصلي

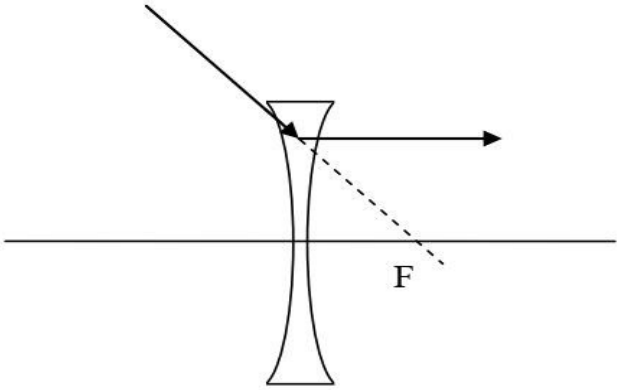
الأشكال التالية توضح كيفية انكسار الأشعة للعدسة المقعرة.



شكل (**12-9-1**) الشعاع الذي يسقط مارا بمركز العدسة لا يعاني أي انكسار



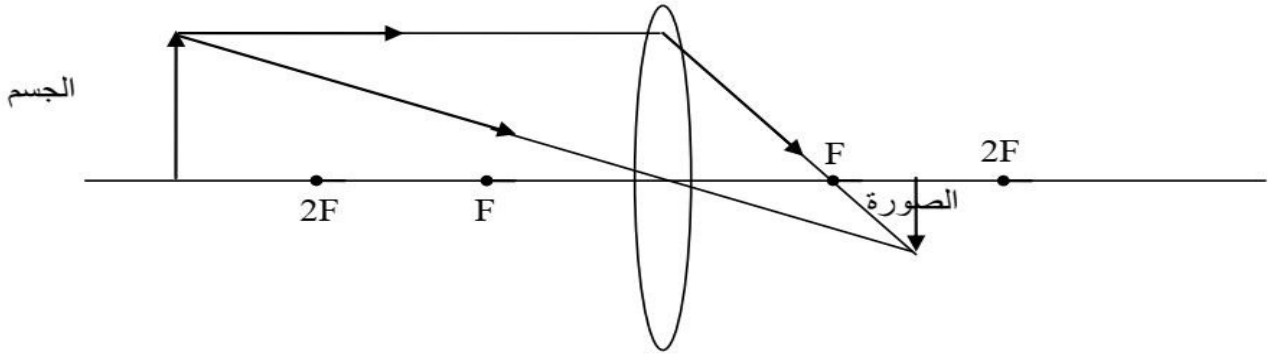
شكل (**12-9-2**) الشعاع الذي يسقط موازيا للمحور الأصلي للعدسة ينكسر بحيث يمر امتداده بالبؤرة



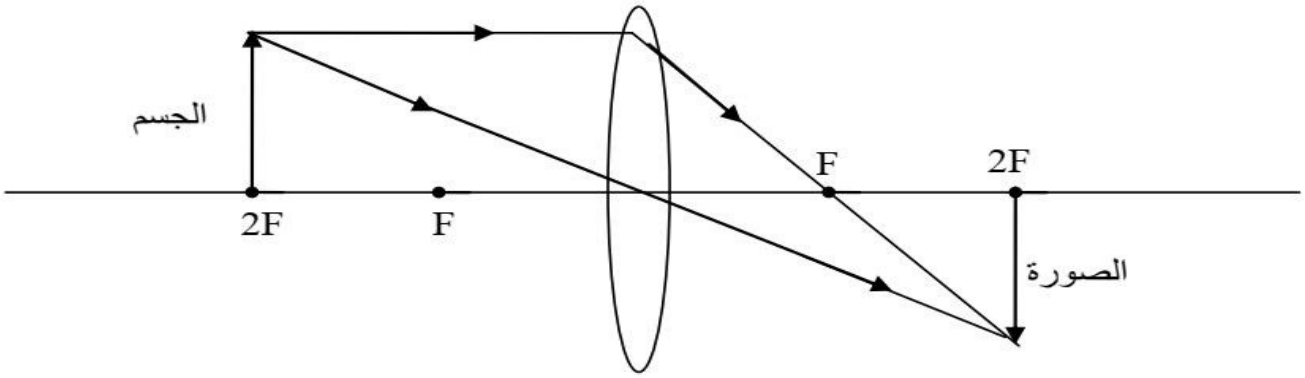
شكل (**12-9-3**) الشعاع الذي يسقط بحيث يمر امتداده بالبؤرة ينكسر موازيا للمحور الأصلي

كيف تتكون الصور في كل من العدسة المحدبة والعدسة المقعرة وما هي صفاتها؟

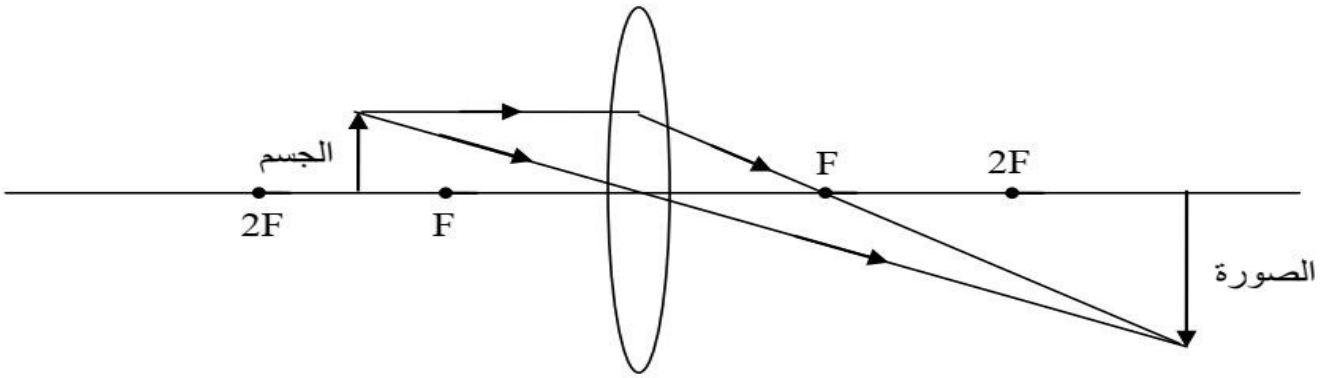
يمكن الإجابة على هذا السؤال من خلال الرسم كما هو موضح بالأشكال التالية (**12-9 الى 12-14**) :



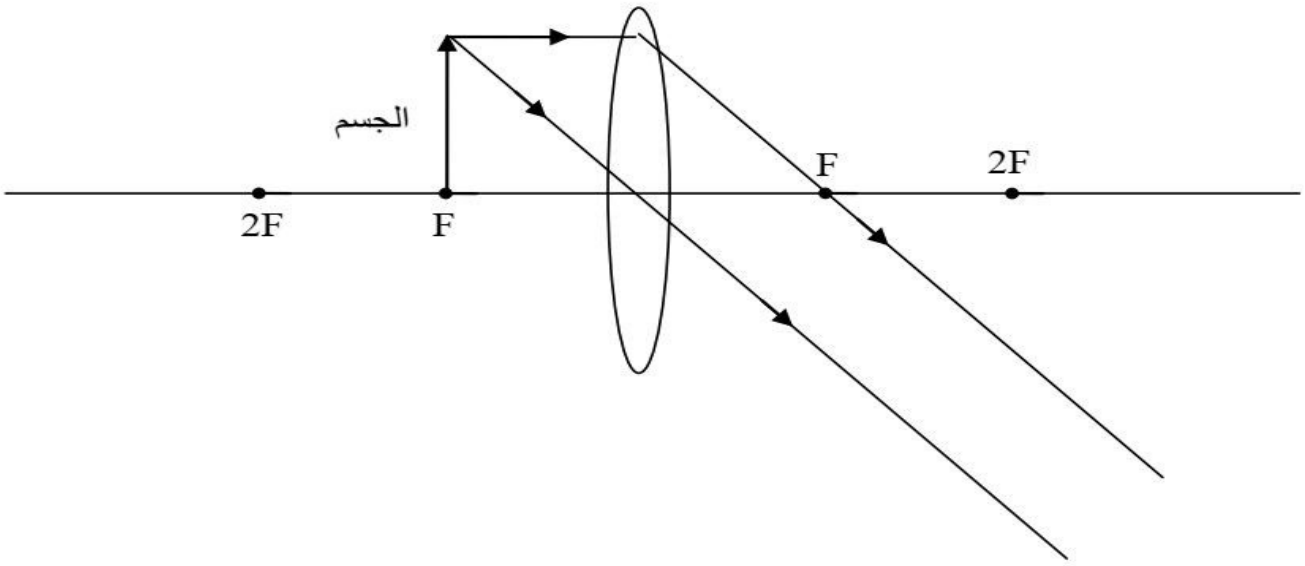
شكل (**12-9**) تتكون صورة حقيقية مقلوبة مصغرة عندما يكون الجسم على مسافة أبعد من ضعف البعد البؤري.



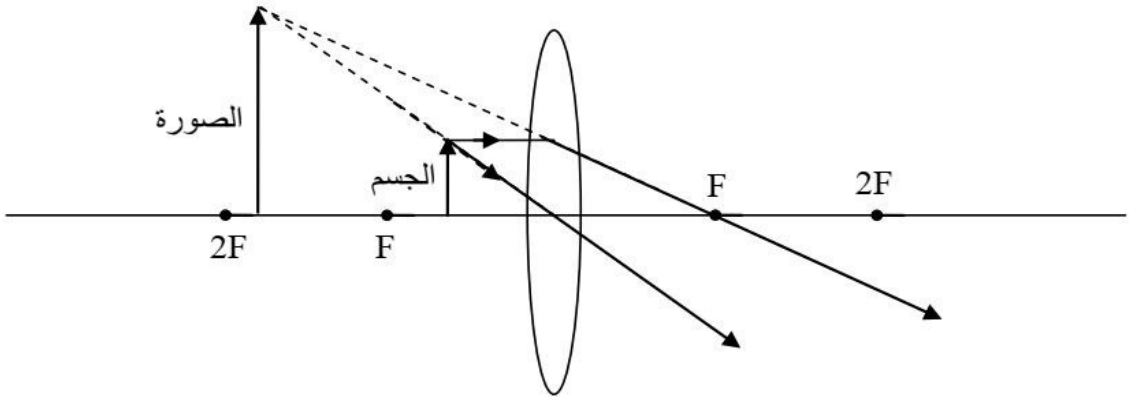
شكل **(12-10)** تتكون صورة حقيقية مقلوبة مساوية لحجم الجسم عندما يكون الجسم عند ضعف البعد البؤري.



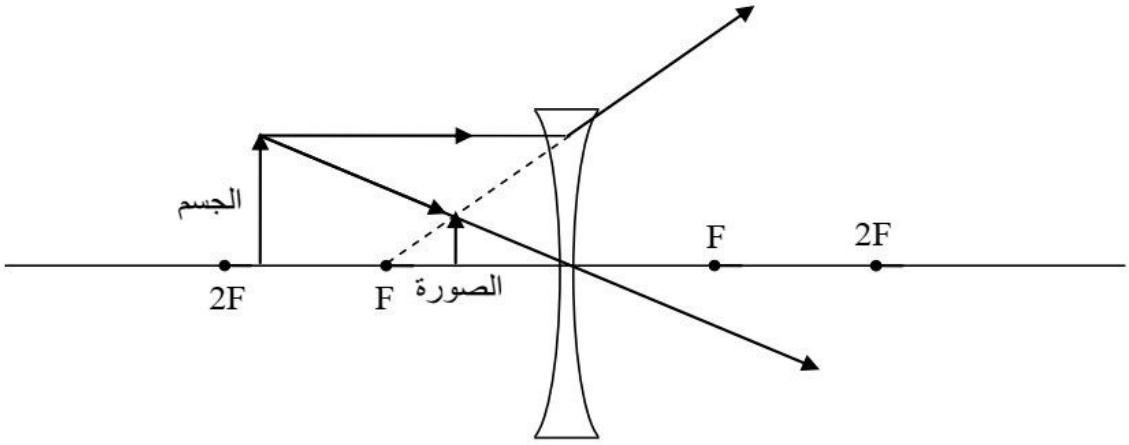
شكل **(12-11)** تتكون صورة حقيقية مقلوبة مكبرة عندما يكون موضع الجسم بين البعد البؤري وضعف البعد البؤري البؤري.



شكل **(12-12)** تتكون صورة حقيقية في مالانهاية للجسم عندما يكون موضع الجسم عند البعد البؤري.



شكل (**12-13**) تتكون صورة تقديرية معتدلة مكبرة عندما يكون الجسم بين البعد البؤري ومركز العدسة.

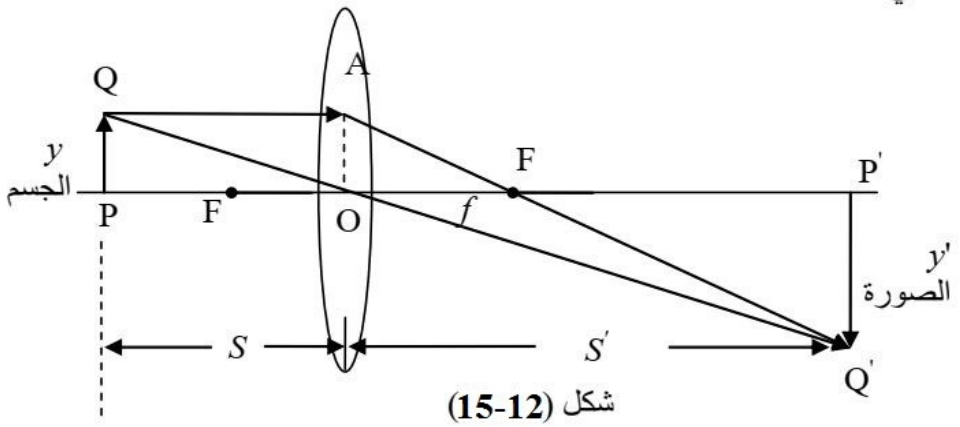


شكل (**12-14**) جميع الصور المتكونة في هذه الحالة تكون صورا تقديرية معتدلة مصغرة بغض النظر عن موضع الجسم.

12-4 القانون العام للمرايا والعدسات:

The general formula for mirrors and lenses

هناك علاقة تربط بين موضع الجسم S ، وموضع الصورة S' والبعد البؤري f وسوف نستنتج هذه العلاقة وذلك بالاستعانة بالشكل التالي:



شكل (**12-15**)

من تشابه المثلثين FP'Q' ،FOA نجد أن:

$$\frac{P'Q'}{OA}=\frac{FP'}{FO}$$

$$\frac{y'}{y}=\frac{s'-f}{f} \quad (1)$$

ومن تشابه المثلثين OP'Q' ،OPQ نجد أن:

$$\frac{P'Q'}{PQ}=\frac{P'O}{PO}$$

$$\frac{y'}{y}=\frac{S'}{S} \quad (2)$$

بمقارنة (1) ، (2) نجد أن

$$\frac{S'}{S}=\frac{S'-f}{f}=\frac{S'}{f}-1$$

$$\frac{1}{S}=\frac{1}{f}-\frac{1}{S'}$$

$$\boxed{\frac{1}{S}+\frac{1}{S'}=\frac{1}{f}} \quad (12\text{-}2)$$

وبالرغم من أن المعادلة (**12-2**) قد اشتقت للعدسة اللامة فإنه يمكن أن نشتقها للعدسة المفرقة ، وكذلك للمرآة المحدبة والمقعرة ، والمعادلة (**12-2**) تعرف بالقانون العام للمرايا والعدسات.

ولكن عند استخدام هذا القانون يجب مراعاة التالي:

1- البعد البؤري (f) يكون موجبا في حالة المرآة اللامة(المقعرة) والعدسة اللامة(المحدبة) ويكون سالبا في حالة المرآة المفرقة(المحدبة) والعدسة المفرقة(المقعرة).

2- بعد الجسم S يكون موجبا إذا كان الجسم حقيقيا ، ويكون سالبا إذا كان الجسم غير حقيقي .

3- بعد الصورة S' يكون موجبا إذا كانت الصورة حقيقية وسالبا إذا كانت الصورة تقديرية.

4- جميع المسافات S'-S-f تقاس من مركز المرآة أو العدسة.

وقبل أن نوضح هذا القانون بأمثلة نود أن نشير بأن تكبير العدسة أو المرآة يمكن أن يعبر عنه كما هو واضح من المعادلة (2) كما يلي :

$$\boxed{m=\frac{y'}{y}=\frac{S'}{S}} \quad (12\text{-}3)$$

أي أن التكبير هو النسبة بين طول الصورة وطول الجسم أو بعد الجسم.

مثال (12-1)

وضع جسم طوله *5cm* على بعد *4cm* من مرآة مقعرة بعدها البؤري *5cm* . جد بعد وطول الصورة وكذلك التكبير في المرآة.

الحل:

Y=5cm S=4cm F=+5cm S′=? Y=?

$$\frac{1}{S}+\frac{1}{S'}=\frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{S'}=\frac{1}{f}-\frac{1}{S'}$$

$$\frac{1}{S'}=\frac{1}{5}-\frac{1}{4}$$

$$S'=-20cm$$

والإشارة السالبة لبعد الصورة تدل على أن الصورة تقديرية

$$m=\frac{y'}{y}=\frac{S'}{S}$$

$$\frac{y'}{5}=\frac{20}{4}=5$$

$$y'=5\times5=25cm$$

نستنتج أن الصورة مكبرة وكذلك تقديرية وذلك لأن بعدها سالب ، كما أن الصورة ستكون معتدلة أيضا.

قارن هذه النتيجة مع الشكل **(12-5-5)** الذي مر عليك سابقا في المرايا المقعرة وذلك عندما يقع الجسم على بعد أقل من البعد البؤري للمرآة.

التكبير في المرآة:

$$m=\frac{y'}{y}=\frac{25}{5}=5>1$$

$$\because m>1$$

وحيث أن *m* أكبر من الواحد الصحيح فإن الصورة مكبرة.

مثال (12-2)

وضع جسم طوله *5cm* على بعد *40cm* من مرآة مقعرة بعدها البؤري *15cm* ، أوجد بعد وطول الصورة وكذلك التكبير في المرآة.

الحل:

y=5cm S=40cm F=15cm S′=? Y′=?

$$\frac{1}{S}+\frac{1}{S'}=\frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{S'}=\frac{1}{f}-\frac{1}{S}=\frac{1}{15}-\frac{1}{40}=\frac{25}{600}$$

$$S'=24cm$$

$$m=\frac{y'}{y}=\frac{S'}{S}$$

$$\frac{y'}{5}=\frac{24}{40}$$

$$y'=\frac{24}{40}\times 5=3cm$$

نلاحظ من النتائج ان:

1- الصورة ستكون مصغرة.

2- الصورة حقيقية لان بعدها موجب.

3- الصورة مقلوبة.

قارن هذه النتيجة مع الشكل **(12-5-1)**.

التكبير في المرآة: $m=\frac{y'}{y}=\frac{3}{5}=0.6<1$

وحيث أن $m<1$ فان الصورة تكون مصغرة.

مثال (12-3)

وضع جسم على بعد $27cm$ من مرآة محدبة بعدها البؤري $9cm$ ، أوجد طبيعة الصورة المتكونة.

الحل:

$$s=27cm, f=-9cm$$

$$\frac{1}{s}+\frac{1}{s'}=\frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{27}+\frac{1}{s'}=\frac{1}{-9}\Rightarrow \frac{1}{s'}=-(\frac{3+1}{27})$$

$$s'=\frac{-27}{4}=-6.75cm$$

وحيث أن بعد الصورة سالب فان هذا يعني أن الصورة تقديرية

$$m=\frac{s'}{s}=\frac{6.75}{27}=0.25<1$$

وحيث أن التكبير اقل من الواحد الصحيح فان الصورة تكون مصغرة

مثال (12-4)

وضع جسم طوله *2.5cm* على بعد *10cm* من عدسة محدبة بعدها البؤري *8cm* ، جد طول الصورة.

الحل:

$$\frac{1}{s}+\frac{1}{s'}=\frac{1}{f}$$

$$\therefore \frac{1}{10}+\frac{1}{s'}=\frac{1}{8}\Rightarrow \frac{1}{s'}=\frac{10-8}{(8)(10)}$$

$$\therefore s'=\frac{80}{2}=40cm$$

وحيث أن S' موجبة فان الصورة تكون حقيقية .

$$\therefore m=\frac{s'}{s}=\frac{y'}{y}$$

$$y'=y\frac{s'}{s}$$

$$\therefore y'=2.5\times\frac{40}{10}=10cm$$

إذن الصورة مكبرة لأن $y' > y$.

الاجهزة البصرية

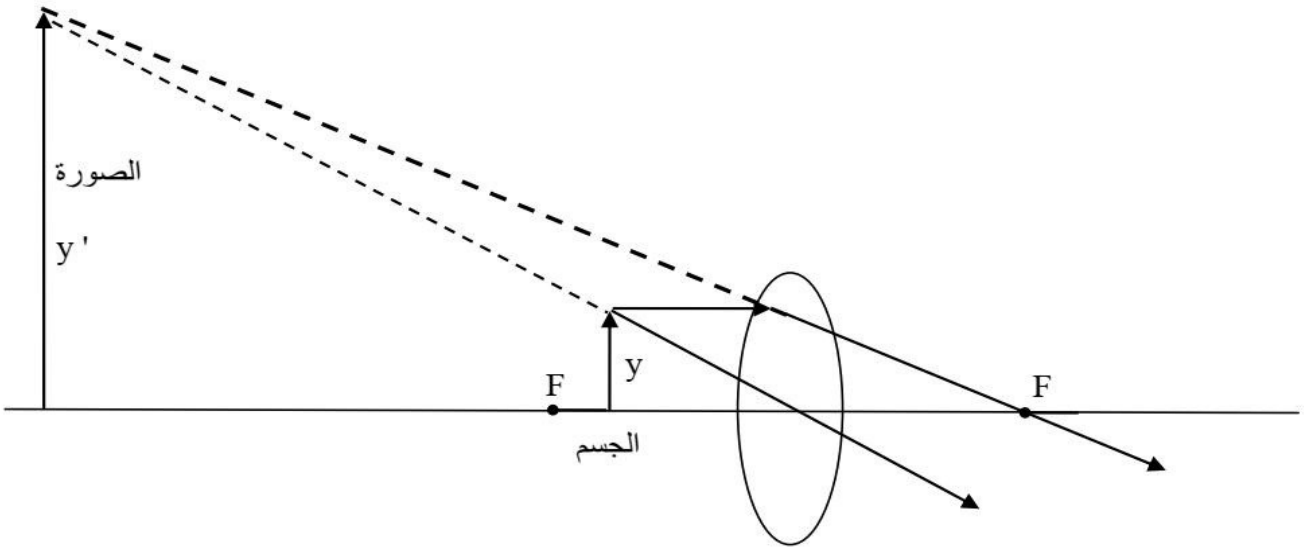
Optical instruments

5-12 المجهر_البسيط Simple microscope

المجهر البسيط شكل (11-19) ليس أكثر من عدسة محدبة، ويوضع الجسم المراد تكبيره بين مركزها وبؤرتها كما في الشكل، والصورة النهائية تكون تقديرية معتدلة، وفي العادة تكون على بعد *25cm*، وهي النقطة القريبة للعين، ويكون تكبير المجهر البسيط اذا كانت الصورة النهائية على بعد *25cm* هو:

$$m=\frac{S'}{S}=\frac{25cm}{S} \qquad \textbf{(12-4)}$$

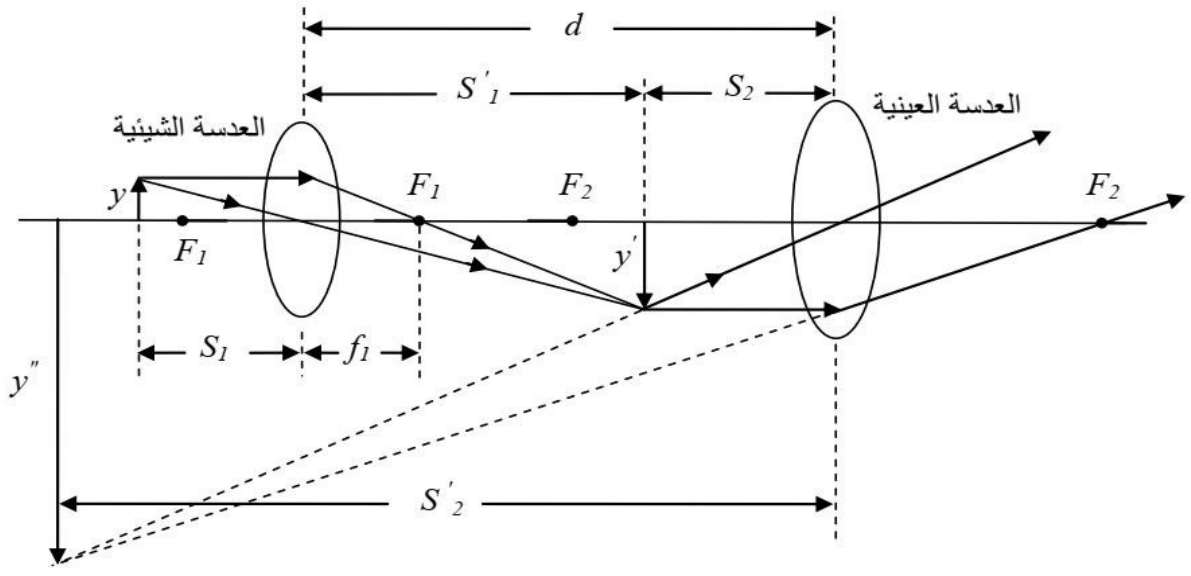
حيث S مقاسة بوحدة السنتيمتر.



شكل (12-16) المجهر البسيط

6-12 المجهر المركب Compound microscope

يتكون المجهر المركب من عدستين محدبتين بحيث تكون الصورة الناتجة عن العدسة الأولى (العدسة الشيئية Objective lens) بمثابة جسماً للعدسة الثانية (العدسة العينية Ocular lens). المسافة بين العدستين يمثل طول المجهر والشكل (12-17) يوضح عمل المجهرالمركب .



شكل (12-17) المجهر

يوضع الجسم المراد تكبيره ابعد قليلاً من البعد البؤري للعدسة الشيئية ،فتتكون له صورة حقيقية مكبرة بحيث يكون موضعها داخل البعد البؤري للعدسة العينية ، وتعمل العدسة العينية عمل المجهر البسيط فتكون له صورة تقديرية مكبرة ويكون تكبير المجهر المركب هو

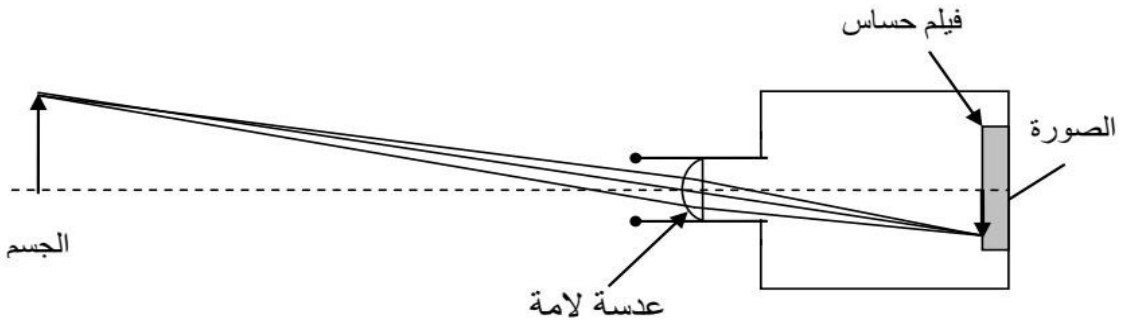
$$m = \frac{y''}{y} = \frac{y''}{y'} = \frac{y''}{y'} \bullet \frac{y'}{y} = m_2 m_1$$

$$\therefore m = m_1 m_2 \qquad \textbf{(5-12)}$$

حيث m_1 تشير الى تكبير العدسة الشيئية و m_2 تشير الى تكبير العدسة العينية.

7-12 آلة التصوير Camera

آلة التصوير عبارة عن عدسة لامة ،وصندوق معتم ، وفيلم حساس ، ويكون بعد الجسم المراد تصويره اكبر من البعد البؤري ،وتتكون له صورة مقلوبة على الفيلم كما في الشكل (**12-18**).

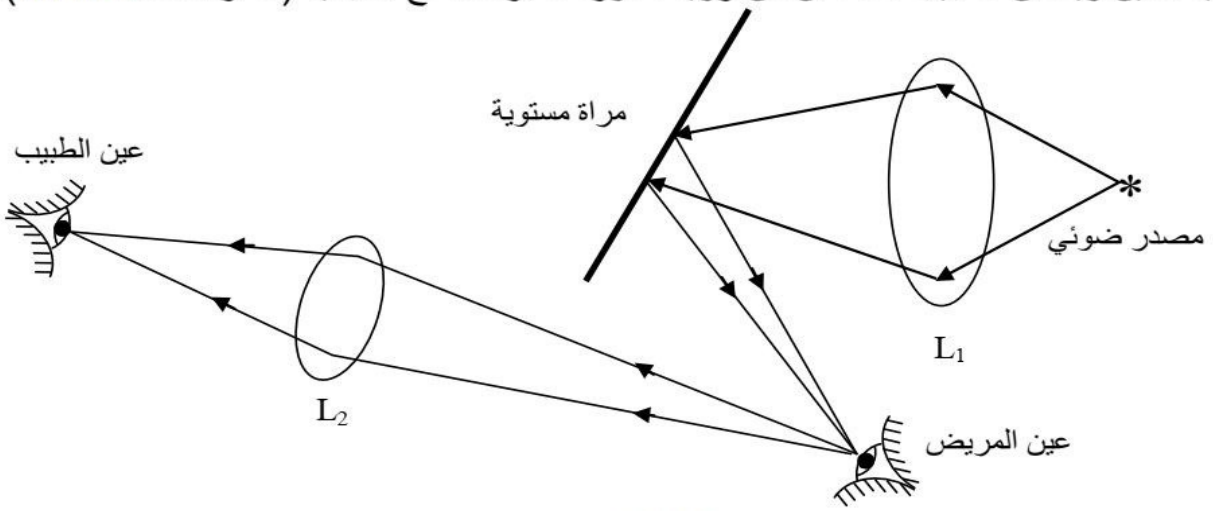


شكل(**12-18**) آلة التصوير

ويوجد غطاء آلي يتحكم في مقدار الضوء الذي يدخل الآلة ، ويتناسب مقدار الضوء مع مساحة العدسة.

8-12 المعيان Ophthalmoscope

وهو جهاز لفحص باطن العين ، ويستخدمه اطباء العيون لمعاينة مقلة العين الداخلية ،ويتكون من مصدر ضوئي قوي يتم تركيزه باستخدام عدسة محدبة على سطح مرآة لينعكس على عين المريض وينير جزء من شبكية العين ويتمكن الطبيب الفاحص من رؤية صورة مكبرة لسطح الشبكية (انظر الشكل **12-19**) .



شكل (**12-19**) المعيان

مسائل على الفصل الحادي عشر والثاني عشر

1- احسب سرعة الضوء في زجاج معامل انكساره 1.66 ، علما بأن سرعة الضوء في الفراغ تساوي $2.99\times10^8 m/s$.

2- ما هو معامل انكسار كلوريد الصوديوم إذا اخترقه الضوء بسرعة $1.99\times10^8 m/s$ علما بأن $C=2.99\times10^8 m/s$ للفراغ.

3- سقط ضوء في الهواء بزاوية 30 درجة على سطح لوح زجاجي معامل انكساره 1.66

أ- احسب زاوية انكسار الضوء داخل الزجاج.

ب- هل ينكسر الشعاع مقتربا أم مبتعدا عن العمود المقام ؟

ج- احسب زاوية انحراف الضوء.

4- سقط شعاع ضوئي من الماء $(n_1=1.33)$ بزاوية $(\theta_1=30^0)$ على سطح لوح من الزجاج $(n_2=1.52)$

أ- جد اتجاه الشعاع المنعكس $(\theta_r = ?)$

ب- جد اتجاه الشعاع المنكسر $(\theta_2= ?)$.

5- عندما وضع جسم أمام مرآة مقعرة على بعد $34cm$ تكونت له صورة مماثلة في الطول ، احسب البعد البؤري للمرآة .

6- جسم طوله $2.5cm$ على بعد $15cm$ من عدسة محدبة فتكونت له صورة على بعد $45cm$ ، جد:

أ- البعد البؤري للعدسة. ب- طول الصورة.

7- وضعت عدستان بعدهما البؤري $(+10cm)$ و$(+5cm)$ بحيث كانت المسافة بينهما $30cm$. صف طبيعة الصورة النهائية لجسمٍ وضع على بعد $18cm$ من العدسة $+10cm$.

الجواب $(S_2'=-15cm)$

أي أن الصورة النهائية صورة تقديرية وفي منتصف المسافة بين العدستين.

References:

1- Physics for Scientists and Engineers (with PhysicsNOW and InfoTrac), Raymond A. Serway - Emeritus, James Madison University , Thomson Brooks/Cole © 2004, 6th Edition, 1296 pages.

2- مبادئ الفيزياء العامة، د. عقيل مهدي كاظم، الطبعة الأولى، 2009

3- محاضرات فيزياء عامة، الدكتور عبدالحي صلاح، جامعة الملك سعود

http://faculty.ksu.edu.sa/AbdelhaySalah/Arabic/Documents/Forms/AllItems.aspx

4- محاضرات فيزياء عامة 102 للدكتور محمد مرسي،

http://faculty.ksu.edu.sa/elmorsy/Pages/102physics.aspx