الفصل السابع

انعكاس موجات الضوء عند السطوح الكروية (الكرية) وانكسارها

إعداد: أ/ محمد الحيلة

انعكاس موجات الضوء عند السطوح الكروية (الكرية):

المرايا الكروية (الكرية):

وهي نوعان أ- المرآة المقعرة (اللامة).

ب- المرآة المحدبة (المفرقة).

مفاهيم تتعلق بالمرايا الكروية:

مركز تكور المرآة (م): مركز الكرة التي تمثل المرآة جزءا من محيطها.

قطب المرآة (ق): النقطة التي تتوسط السطح العاكس للمرآة الكروية (الكرية).

نصف قطر تكور المرآة (نق): المسافة بين مركز تكور المرآة وأي نقطة على سطحها.

المحور الأصلي للمرآة: المستقيم الذي يمر بمركز تكور المرآة وقطبها.

المحور الثانوي: المستقيم الذي يمر بمركز تكور المرآة وأي نقطة على سطحها عدا القطب.

بؤرة المرآة (ب):

البؤرة الحقيقية: هي نقطة تجمع الأشعة المنعكسة على المرآة المقعرة بعد سقوطها عليها متوازية وموازية للمحور الأصلي.

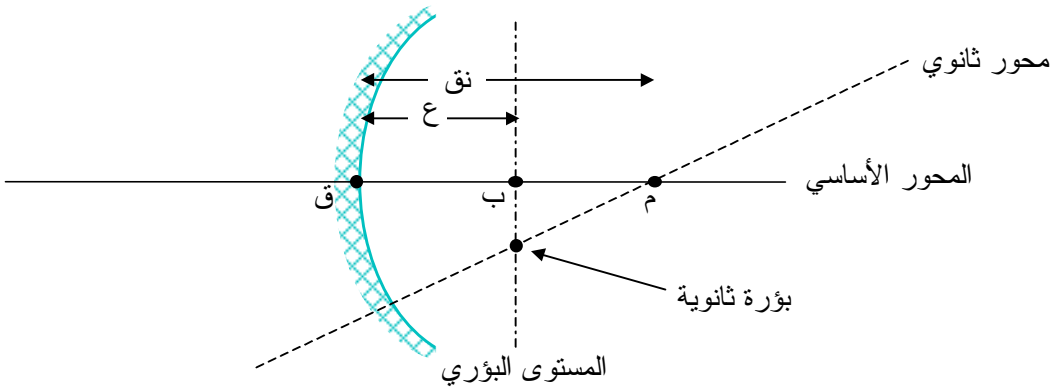
البؤرة التقديرية: هي نقطة تجمع امتدادات الأشعة المنعكسة على المرآة المحدبة بعد سقوطها عليها متوازية وموازية للمحور الأصلي.

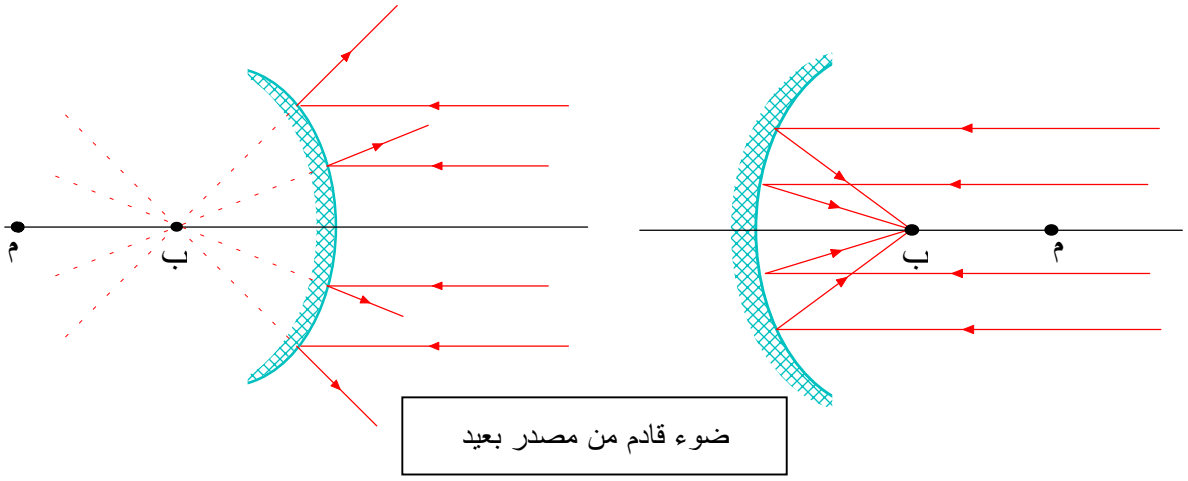
تعريف عام للبؤرة: هي نقطة تجمع الأشعة المنعكسة على المرآة بعد سقوطها عليها متوازية وموازية للمحور الأصلي وتكون البؤرة حقيقية في حالة المرآة المقعرة وتكون تقديرية في حالة المرآة المحدبة.

البعد البؤري (ع): المسافة بين البؤرة وقطب المرآة.

المستوى البؤري: خط وهمي عمودي على المحور الأصلي، ويمر بالبؤرة الأصلية وتقع عليه البؤرات الثانوية.

نصف قطر تكور المرآة=ضعف بعدها البؤري
نق = ٢ع





ضوء قادم من مصدر بعيد

تكون الصور باستخدام المرايا:

يجب اتباع القواعد التالية لكي نحصل على الصورة المتكونة لجسم بواسطة مرآة.

١. نرسم من رأس الجسم خطا يمثل شعاعا ضوئيا موازيا للمحور الأصلي للمرآة، ينعكس هذا الشعاع على المرآة بحيث يكون الشعاع المنعكس مارا ببؤرة المرآة (في حالة المرآة المقعرة) أو يكون امتداد الشعاع المنعكس مارا ببؤرة المرآة (في حالة المرآة المحدبة).

٢. نرسم شعاعا ساقطا من رأس الجسم مارا بمركز تكور المرآة (في حالة المرآة المقعرة) أو نرسم شعاعا ساقطا من الجسم امتداده يمر بمركز تكور المرآة (في حالة المرآة المحدبة)، فيكون هذا الشعاع عموديا على المرآة فينعكس على نفسه.

٣. نرسم شعاعا من رأس الجسم مارا بالبؤرة الأصلية (في حالة المرآة المقعرة) أو امتداد هذا الشعاع يمر بالبؤرة الأصلية (في حالة المرآة المحدبة)، وينعكس هذا الشعاع موازيا للمحور الأصلي.

٤. نسقط عمودا من نقطة تلاقي الأشعة المنعكسة على المحور الأصلي أو امتداده فيكون الخط الناتج ممثلا للصورة المتكونة، والتي يمكن استقبالها على حائل وتعرف بالصورة الحقيقية (في حالة المرآة المقعرة) أو تكون خلف المرآة ولا يمكن استقبالها على حائل وتعرف بالصورة التقديرية (في حالة المرآة المحدبة).

ملاحظات:

أ. يمكن الاكتفاء برسم شعاعين فقط من الأشعة الثلاثة السابقة الذكر لتكوين الصورة.

ب. ترسم الصورة على شكل خط متقطع في حالة تكونه بتلاقي امتدادات الأشعة الضوئية دليلا أنها تقديرية.

ج. تعتبر الأشعة القادمة من مصدر بعيد متوازية.

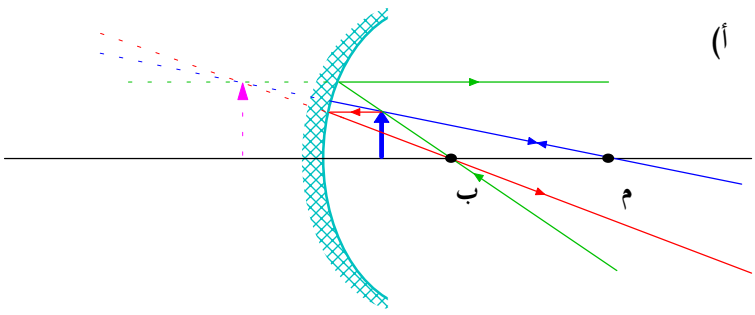
حالات تكون الصور بواسطة المرايا:

١. المرآة المقعرة (اللامة):

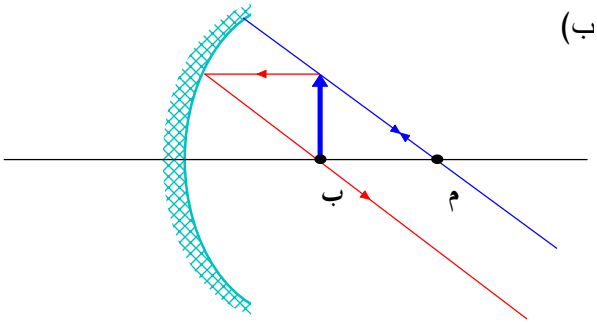
لها خمس حالات وذلك عندما يكون الجسم:

أ) قبل البؤرة. ب) عند البؤرة. ج) بين البؤرة ومركز التكور. د) عند مركز التكور. هـ) بعد مركز التكور

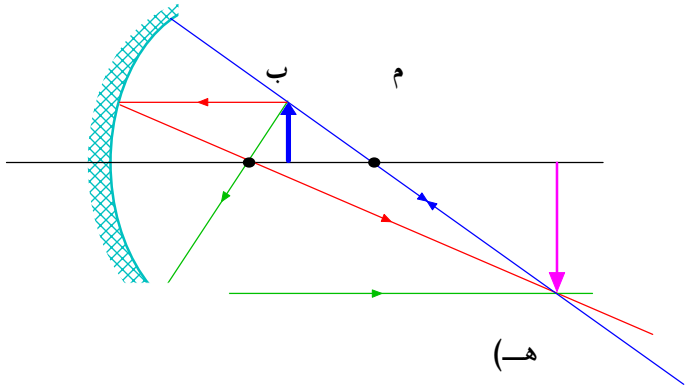
أ)



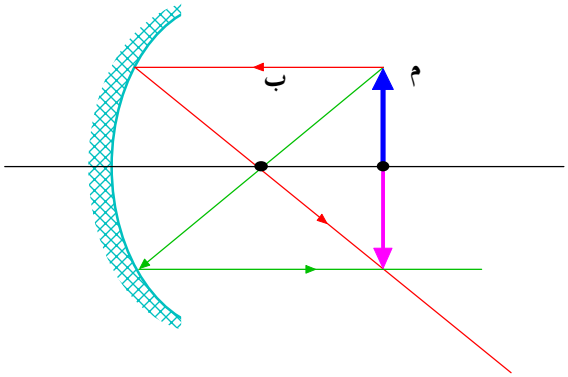
ب)



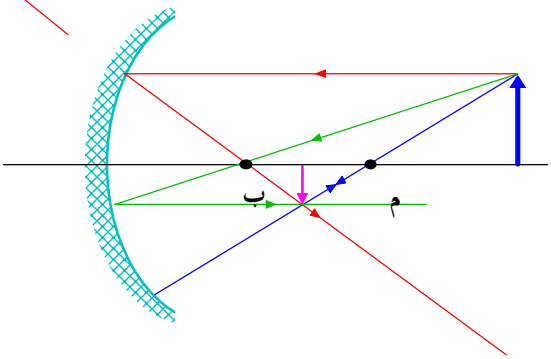
ج)



د)

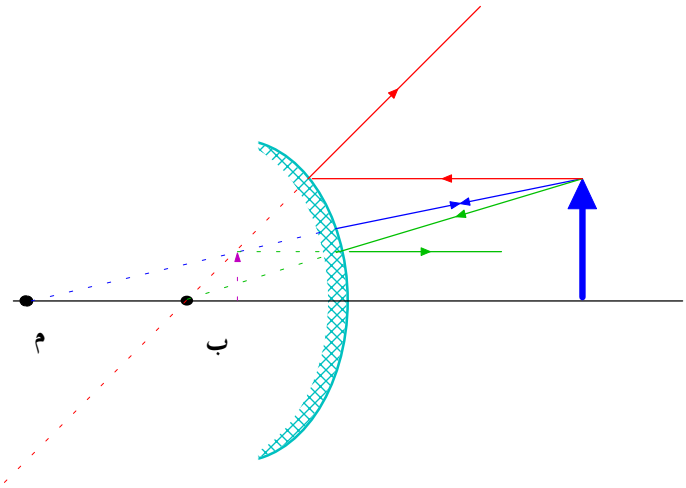


هـ)



٢. المرآة المحدبة (المفرقة):

حالة واحدة فقط.



انكسار موجات الضوء عند السطح الكروية (الكرية):

العدسات:

وهي نوعان أ- عدسات محدبة (لامة).

ب- عدسات مقعرة (مفرقة).

مفاهيم تتعلق بالعدسات:

مركز تكور العدسة (م): تعتبر العدسة متكونة نتيجة تقاطع كرتين لذا فللعدسة مركزا تكور على كل جهة حيث يمثل كل مركز تكور مركز إحدى الكرتين والتي يعتبر السطح جزء منها.

المركز البصري للعدسة(ص): النقطة المتوسطة بين وجهي العدسة، ولا تعاني الأشعة أي انحراف إذا مرت بالمركز البصري.

نصف قطر تكور أحد سطحي العدسة (نق): المسافة بين المركز البصري والبؤرة في الجهة الأخرى.

المحور الأصلي للعدسة: المستقيم المار بمركزي تكور وجهي العدسة.

المحور الثانوي للعدسة: أي مستقيم يمر بالمركز البصري للعدسة خلاف محورها الأصلي.

بؤرة العدسة (ب):

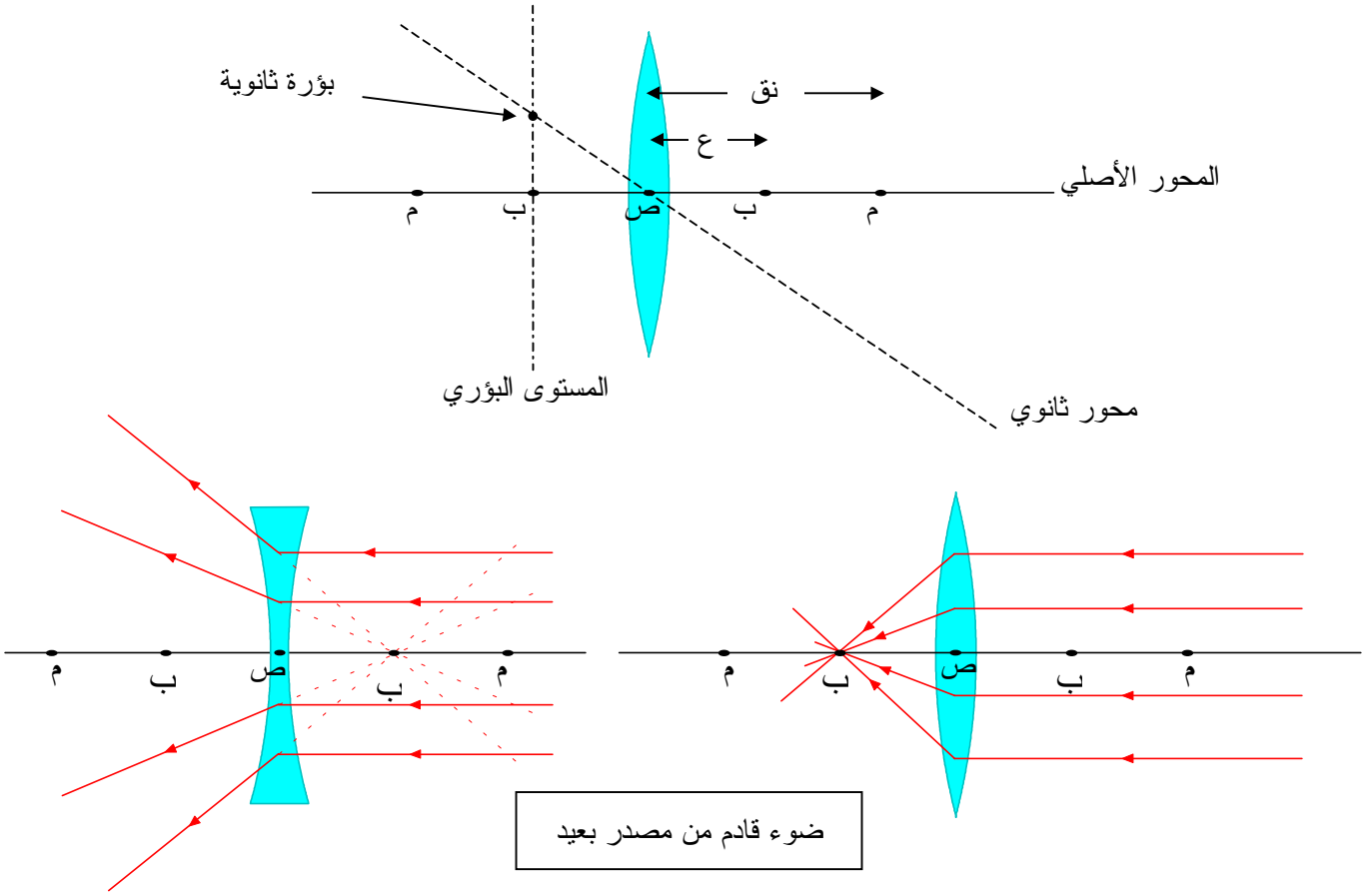
البؤرة الحقيقية: نقطة تتجمع فيها الأشعة النافذة من العدسة المحدبة عندما تسقط الأشعة متوازية وموازية للمحور الأصلي.

البؤرة التقديرية: نقطة تتجمع فيها امتداد الأشعة النافذة من العدسة المقعرة عندما تسقط الأشعة متوازية وموازية للمحور الأصلي.

تعريف عام للبؤرة: نقطة تتجمع فيها الأشعة النافذة من العدسة (أو امتداداتها) عندما تسقط الأشعة متوازية وموازية للمحور الأصلي.

البعد البؤري (ع): هو المسافة بين البؤرة والمركز البصري للعدسة.

المستوى البؤري: خط وهمي عمودي على المحور الأصلي ويمر بالبؤرة الأصلية وتقع عليه البؤرات الثانوية.



تكون الصور باستخدام العدسات:

يجب اتباع القواعد التالية لكي نحصل على الصورة المتكونة لجسم بواسطة عدسة.

١. نرسم شعاعا ضوئيا من رأس الجسم موازيا للمحور الأصلي للعدسة، فيمر بالبؤرة بعد نفاذه من العدسة (في حالة العدسة المحدبة) أو يمر امتداده بالبؤرة بعد نفاذه (في حالة العدسة المقعرة).

٢. نرسم شعاعا من رأس الجسم مارا بالبؤرة(في حالة العدسة المحدبة) أو امتداده يمر بالبؤرة (في حالة العدسة المقعرة)، فينفذ من العدسة موازيا للمحور الأصلي.

٣. نرسم شعاعا من رأس الجسم بحيث يمر بالمركز البصري للعدسة، ويخرج من العدسة على استقامته دون أن يغير اتجاهه وهذا ينطبق على نوعي العدسات.

٤. نسقط من نقطة تلاقي الأشعة النافذة من العدسة عمودا على المحور الأصلي أو امتداده، فيكون الخط الناتج ممثلا للصـورة المتكونة، والتي يمكن استقبالها على حائل وتعرف بالصورة الحقيقية (في حالة العدسة المحدبة) أو تكون أمام العدســة ولا يمكن استقبالها على حائل وتعرف بالصورة التقديرية (في حالة العدسة المقعرة).

ملاحظات:

أ. يمكن الاكتفاء برسم شعاعين فقط من الأشعة الثلاثة السابقة الذكر لتكوين الصورة.

ب. ترسم الصورة على شكل خط متقطع في حالة تكونه بتلاقي امتدادات الأشعة الضوئية دليلا على أنها تقديرية.

ج. تعتبر الأشعة القادمة من مصدر بعيد متوازية.

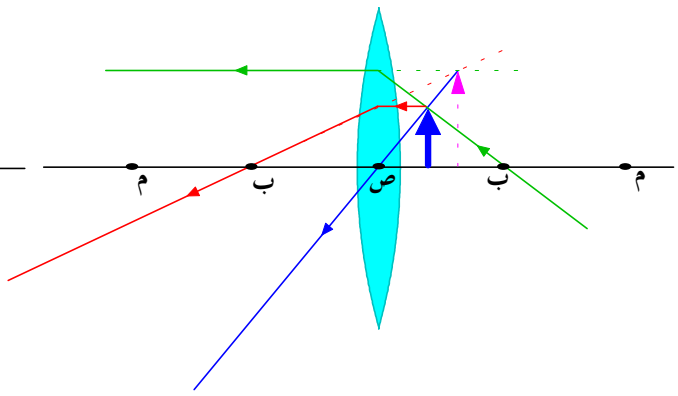
حالات تكون الصور بواسطة العدسات:

١. العدسة المحدبة (اللامة):

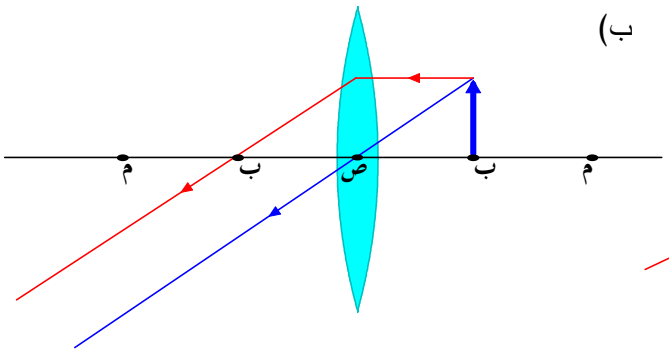
لها خمس حالات وذلك عندما يكون الجسم:

أ) قبل البؤرة. ب) عند البؤرة. ج) بين البؤرة ومركز التكور. د) عند مركز التكور. هـ) بعد مركز التكور.

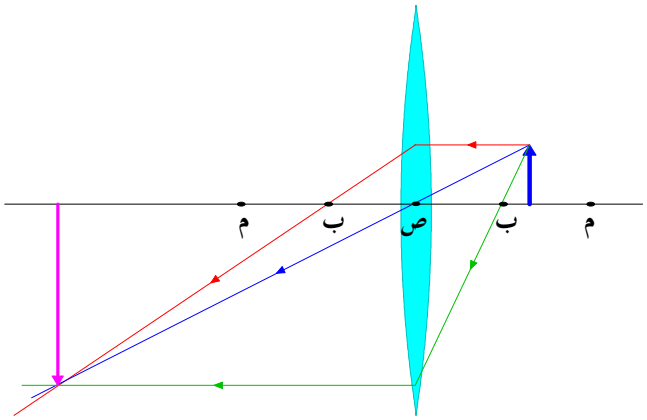
أ)



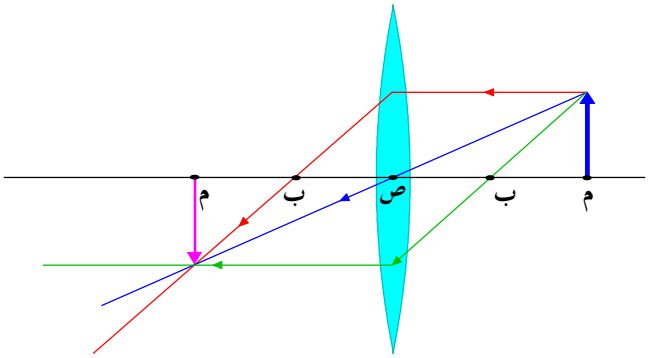
ب)



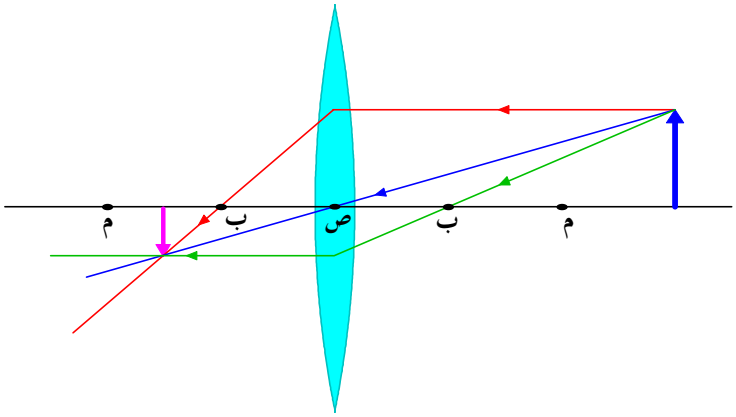
ج)



د)

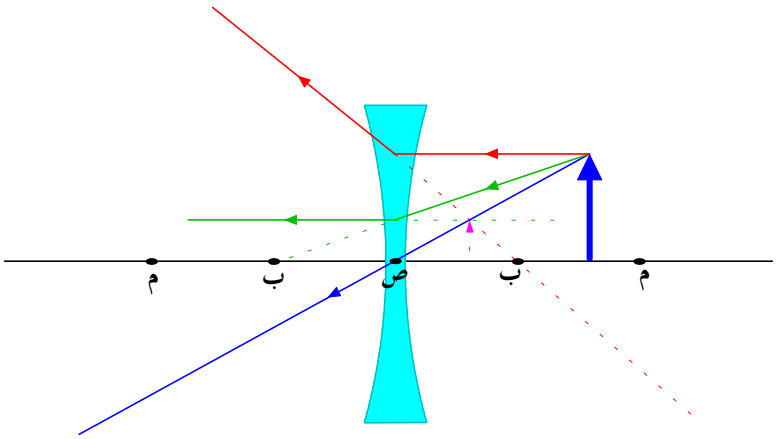


هـ)



٢. العدسة المقعرة (المفرقة):

حالة واحدة فقط.



القانون العام للمرايا والعدسات:

$$\frac{١}{ص} + \frac{١}{س} = \frac{١}{ع}$$

حيث أن:

ع: البعد البؤري للقطعة الضوئية.

س: طول الجسم أو بعد الجسم عن القطعة الضوئية.

ص: طول الصورة أو بعد الصورة عن القطعة الضوئية.

ملاحظة: القطعة الضوئية اسم عام للعدسات والمرايا سواء كانت لامة أو مفرقة (محدبة أو مقعرة).

قاعدة الإشارات:

ع موجب: إذا كانت القطعة الضوئية لامة.

سالب: إذا كانت القطعة الضوئية مفرقة.

س موجب: إذا كان الجسم له وجود حقيقي.

سالب: إذا كان الجسم له وجود تقديري.

ص موجب: إذا كانت الصورة (حقيقية ومقلوبة).

سالب: إذا كانت الصورة (تقديرية ومعتدلة).

التكبير:

تعريفه: هو النسبة بين طول الصورة وطول الجسم.

تعريف آخر: هو النسبة بين بعد الصورة عن القطعة الضوئية وبعد الجسم عن القطعة الضوئية.

$$\text{التكبير} = \frac{\text{طول الصورة}}{\text{طول الجسم}} = \frac{\text{بعد الصورة}}{\text{بعد الجسم}}$$

$$ت = \frac{ص}{س}$$

وبالتعويض عن س من القانون العام نحصل على :

$$ت = ١ - \frac{ص}{ع}$$

قيم التكبير:

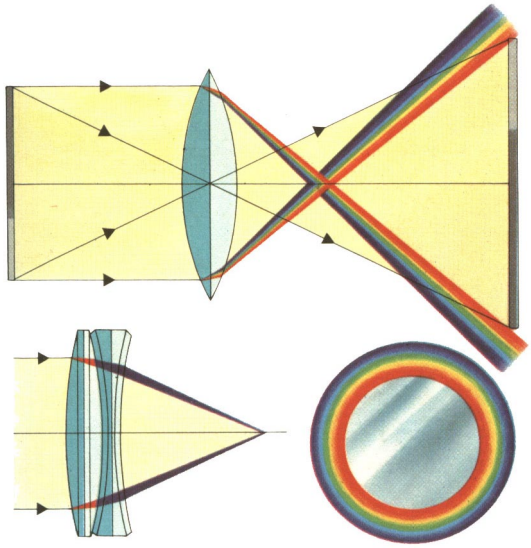
إذا كان التكبير =١ كانت الصورة مساوية للجسم.

<١ كانت الصورة مكبرة.

>١ كانت الصورة مصغرة.

عيوب العدسات:

١) الزيغ اللوني:



وجد أن البعد البؤري لعدسة يتوقف على نصف قطر تكور كل من وجهي العدسة (نق١،نق٢) وكذلك على معامل انكسار الضوء في مادة العدسة (م) وذلك طبقا للمعادلة التالية:

$$\frac{١}{ع} = (م - ١)\left(\frac{١}{نق_{١}} + \frac{١}{نق_{٢}}\right)$$

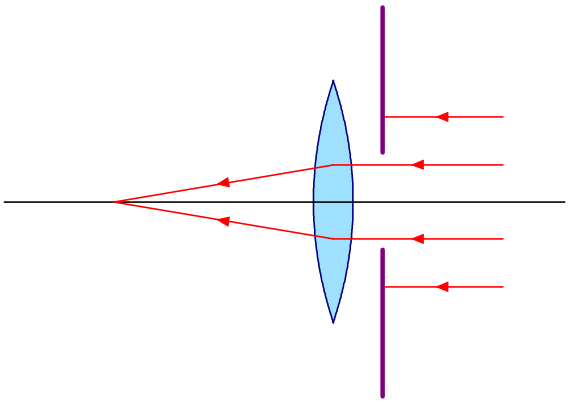
وبالرجوع لهذه المعادلة ولما كان معامل الانكسار يعتمد على الطول الموجي للضوء المستخدم لذا فان البعد البؤري للعدسة يعتمد على الطول الموجي وبذلك يكون لكل لون من ألوان الطيف بؤرة خاصة بسبب اختلاف الأطوال الموجية للألوان وتعرف هذه الظاهرة بالزيغ اللوني.

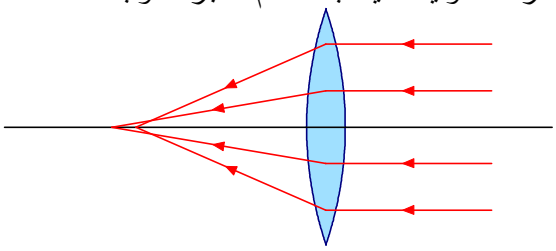
العلاج: استخدام مجموعة من عدستين ملتصقتين إحداهما لامة والأخرى مفرقة حتى يمكن أن يتجمع الضوء في بؤرة واحدة.

٢) الزيغ الكروي (الكري):

عندما تسقط حزمة ضوئية من ضوء أحادي اللون على عدسة، وكانت الحزمة متوازية وموازية للمحور الأصلي فان الأشعة بعد انكسارها خلال العدسة لا تتجمع في نقطة واحدة حيث تتجمع الأشعة البعيدة عن المحور الأصلي في موضع اقرب إلى العدسة، بينما تتجمع الأشعة القريبة من المحور الأصلي في موضع أبعد من العدسة وبذلك تتعدد البؤرات ويعرف هذا العيب بالزيغ الكروي.

العلاج: إسقاط حزمة ضوئية ضيقة باستخدام حاجز مثقوب.





عيوب الإبصار:

١. طول النظر:

تتكون الصورة خلف الشبكية عندما يكون الجسم قريبا (عند أقصر مدى للبصر الواضح أو أبعد بقليل نسبيا).

النقطة القريبة: هي اقرب نقطة يمكن أن يرى الشخص المصاب بهذا العيب الأجسام بوضوح.

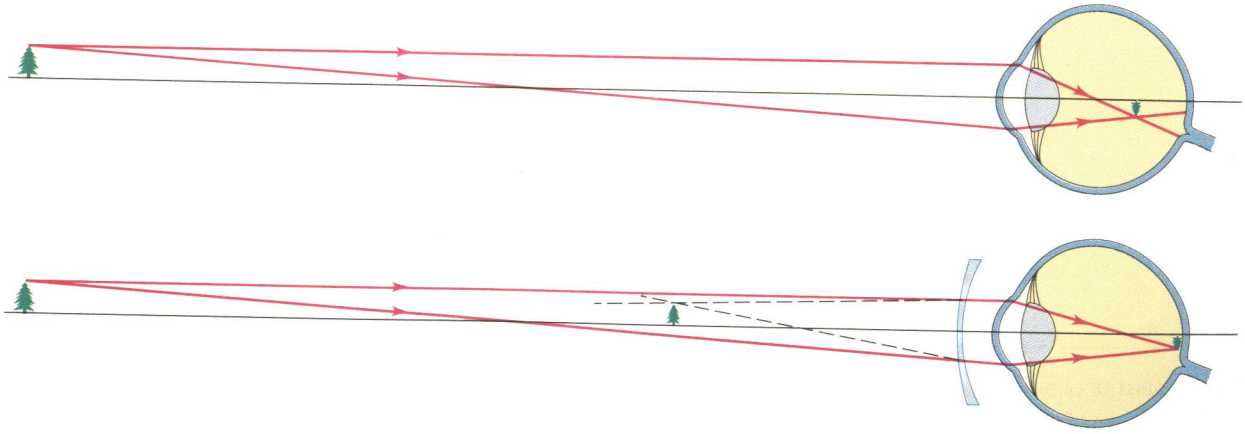
العلاج: استخدام عدسة محدبة توضع أمام العين.

٢. قصر النظر:

تتكون الصورة أمام الشبكية عندما يكون الجسم بعيدا.

النقطة البعيدة: هي أبعد نقطة يمكن أن يرى الشخص المصاب بهذا العيب الأجسام بوضوح.

العلاج: استخدام عدسة مقعرة أمام العين.



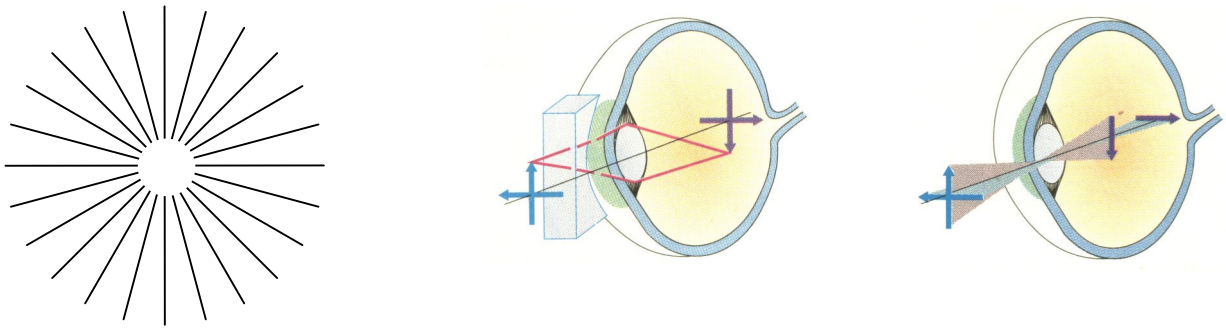
ملاحظة: أقصى مدى للبصر الواضح للشخص السليم البصر هو مالا نهاية وأقصر مدى للبصر الواضح ٢٥سم.

٣. الاستجماتزم (اللانقطية):

يشكو الشخص الذي يصاب بهذا العيب من أن عينه لا تستطيع رؤية مجموعة من الخطوط المتعامدة على الشبكية في آن واحد.

العلاج: استخدام عدسة محدبة مستوية (أسطوانية).

الفحص: وذلك بالنظر إلى مجموعة من الخطوط السوداء المتشابهة تماما والتي تميل على بعضها بزوايا كما في الشكل، فإذا بدت بعض الخطوط أوضح من الأخرى كانت العين مصابة بالاستجماتزم.

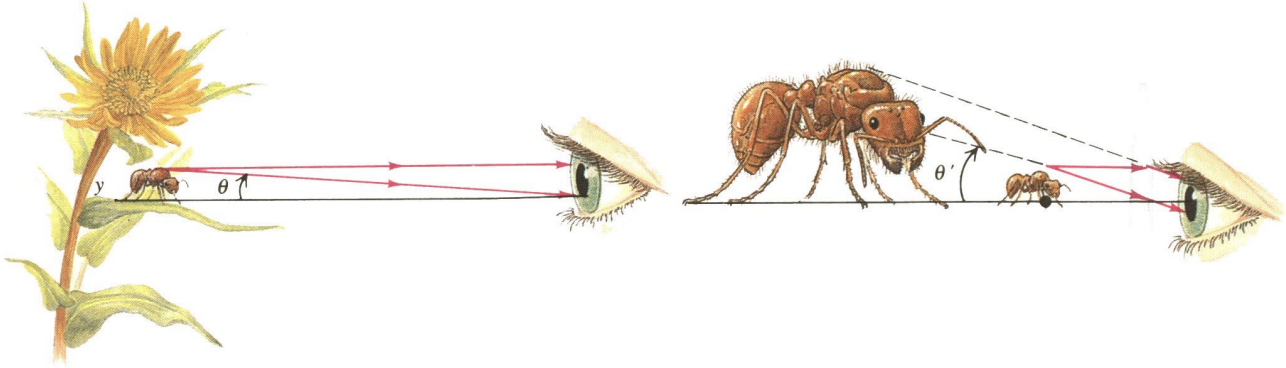


الأجهزة البصرية:

زاوية الإبصار:

هي الزاوية التي تصنعها الأشعة التي تحصر الجسم عند عدسة العين.

فكرة عمل الأجهزة البصرية: هي العمل على زيادة زاوية الإبصار التي تكونها الأشعة الصادرة من الأجسام عند العين لكي يزداد وضوح هذه الأجسام.



أنواع الأجهزة البصرية:

١. أجهزة لرؤية الأشياء الدقيقة وتعرف بالميكروسكوبات.

٢. أجهزة لرؤية الأشياء البعيدة وتعرف بالتلسكوبات.

<u>الميكروسكوبات:</u>

١. الميكروسكوب البسيط:

تركيبه: عدسة محدبة بعدها البؤري صغير نسبيا.

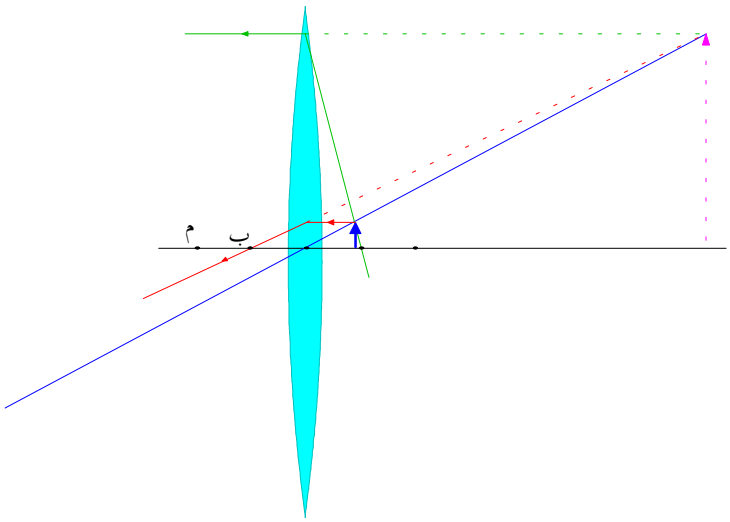
فكرة عمله: عندما يكون الجسم على بعد أقل من البعد البؤري تتكون له صورة مكبرة معتدلة تقديرية ويجب أن تتكون الصورة على بعد أقصر مدى للبصر الواضح للشخص.

معادلة حساب قوة التكبير للميكروسكوب البسيط هي:

$$\text{ت} = 1 + \frac{\text{ص}}{\text{ع}}$$

حيث ص: أقصر مدى للبصر الواضح للشخص.

ملاحظة: بالرجوع للمعادلة يتضح أن قوة التكبير في الميكروسكوب البسيط تزداد كلما قل البعد البؤري للعدسة.



٢. الميكروسكوب المركب:

تركيبه: عدستين محدبتين، إحداهما عينية ويكون بعدها البؤري أكبر من البعد البؤري للعدسة الأخرى (العدسة الشيئية).

عمله: يوضع الجسم على بعد أكبر قليلا من البعد البؤري للعدسة الشيئية، تتكون له صورة حقيقية مكبرة مقلوبة، وتقع هذه الصورة على بعد أقل من البعد البؤري للعدسة العينية فتتكون له صورة تقديرية معتدلة مكبرة، تظهر مقلوبة بالنسبة للجسم الأصلي.

معادلة حساب قوة التكبير للميكروسكوب المركب:

$$\text{ت} = \left(\frac{\text{ص}_1}{\text{ع}_1} - 1\right)\left(1 + \frac{\text{م}}{\text{ع}_2}\right)$$

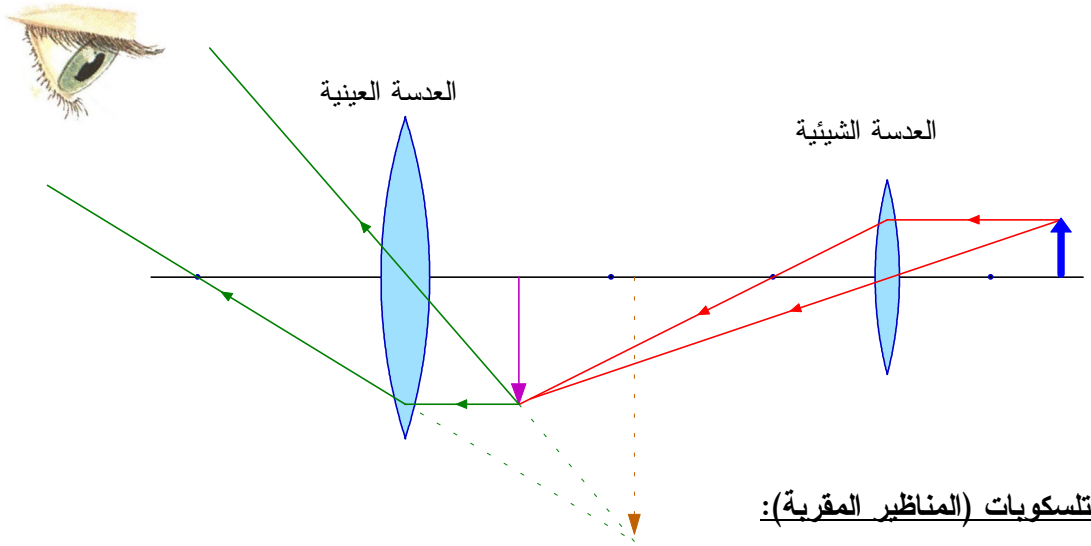
حيث أن

ع_1: البعد البؤري للعدسة الشيئية:

ص_1: بعد الصورة المتكونة بواسطة العدسة الشيئية (عن العدسة الشيئية).

ع_2: البعد البؤري للعدسة العينية.

م: بعد الصورة المتكونة بواسطة العدسة العينية (عن العدسة العينية) وتكون عند أقصر مدى للبصر الواضح.



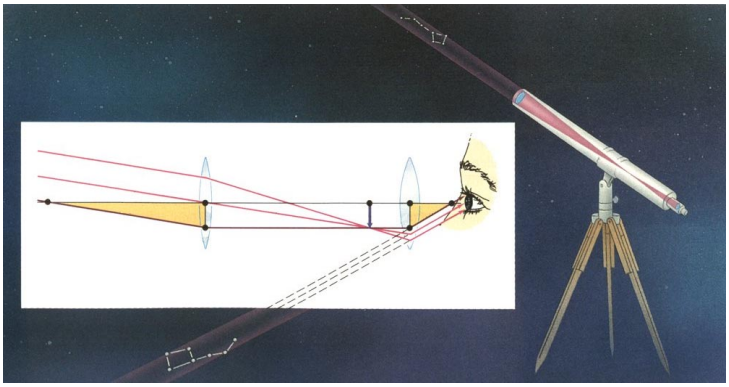
التلسكوبات (المناظير المقربة):

١. التلسكوب الفلكي:

تركيبه: عدسة شيئية محدبة بعدها البؤري كبير، وأخرى عينية محدبة بعدها البؤري صغير نسبيا.

عمله: تستقبل العدسة الشيئية الأشعة الضوئية من جسم بعيد فتسقط عليها متوازية وتتكون بذلك صورة للجسم حقيقية مقلوبة عند بـــؤرة العدسة. وعندما تقع هذه الصورة على بعد أقل قليلا من البعد البؤري للعدسة العينية، فإنها تكون بالتالي صورة تقديرية معتدلـــة مكـــبرة ولكنها مقلوبة بالنسبة للجسم الأصلي.

قانون تقريبي لحساب قوة التكبير:



$$\text{قوة التكبير} = \frac{\text{البعد البؤري للشيئية}}{\text{البعد البؤري للعينية}}$$

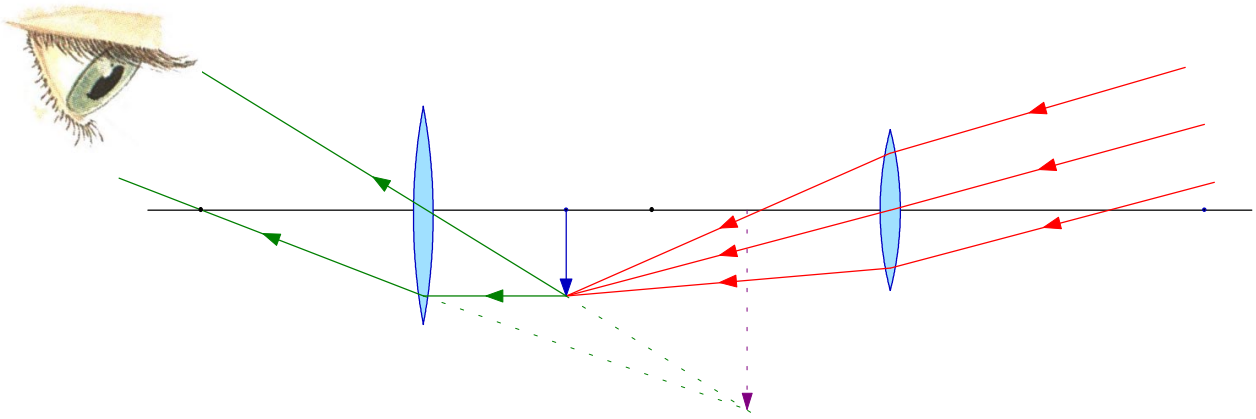
$$\text{ت} = \frac{\text{ع}_{\text{ش}}}{\text{ع}_{\text{ع}}}$$

$$\text{طول القصبة} = \text{ع}_{\text{ش}} + \text{ع}_{\text{ع}}$$

حيث أن:

ع$_{ش}$: البعد البؤري للعدسة الشيئية.

ع$_{ع}$: البعد البؤري للعدسة العينية.



٢. منظار جاليليو:

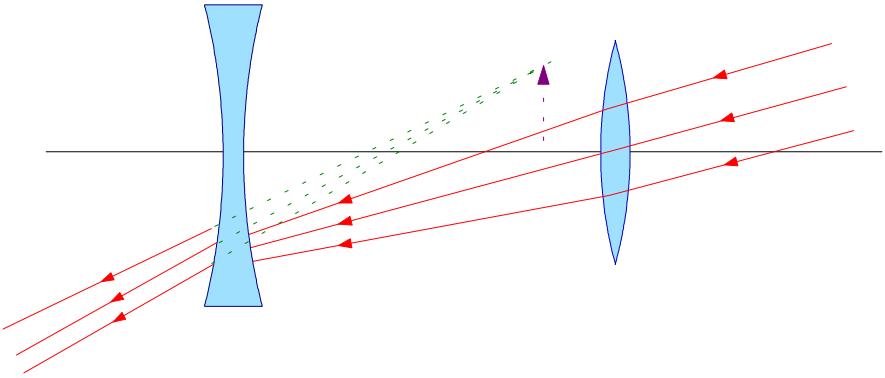
تركيبه: عدسة شيئية محدبة وعدسة عينية مقعرة.

عمله: يعمل على تكوين صورة نهائية معتدلة وبذلك فهو مفيد مثلا لمراقبة سباق الخيل.

حساب قوة التكبير:

$$\text{ت} = \frac{\text{ع}_{\text{ش}}}{\text{ع}_{\text{ع}}}$$

طول القصبة = $\text{ع}_{\text{ش}} + \text{ع}_{\text{ع}}$



٣. التلسكوب العاكس:

وتستخدم المرايا الكروية بدلا من العدسات، حيث يتركب أساسا من مرآة مقعرة كبيرة.

علل: يفضل استخدام المرايا الكروية على العدسات في التلسكوب الحديثة:

للتخلص من عيوب العدسات المتمثلة في الزيغ اللوني والزيغ الكروي.

تلسكوب نيوتن