[١٣] الباب الثالث عشر :

العدســـات Lenses

[١٣ ـ ١] عـــام :

العدسة هى وسط من الزجاج (غالباً) شفاف ومتجانس ويختلف سمكها فى الوسط عن سمكها عند الحواف ويحدد سطحها بوجهين كرويين أو بوجه واحد كروى ووجه آخر مستوى .

وهى تُستخدم فى العدسات الطبية « النظارات الطبية » لتصحيح عيوب العين (قُصر نظر وطول نظر وخلافه) وفى الميكروسكوب (المجهر) عند النظر إلى أجسام صغيرة جداً لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة .

وتستخدم فى التلسكوب ذو العينين telescopes and prism binoculars لرؤية الأشياء البعيدة (نظارة الميدان ـ نظارة السباق) .

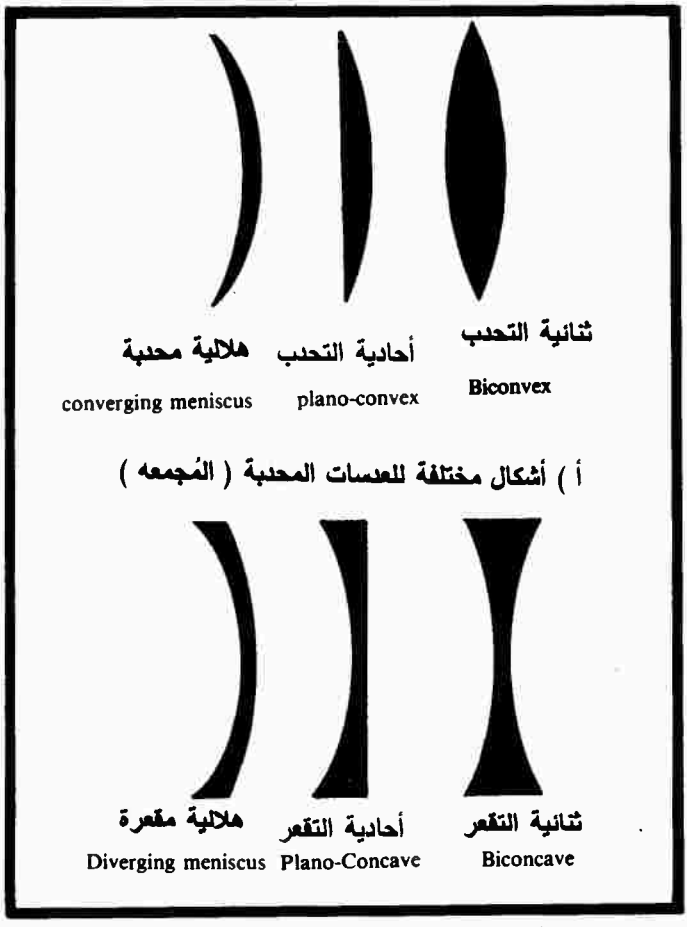
وتستخدم كذلك فى الكاميرات ، والفانوس السحرى film projectors .

وقد استخدمت العدسات فى تركيز الضوء منذ القدم وكان يطلق عليها الزجاج الحارق .

[١٣ ـ ٢] أنواع العدسات Types of Lenses :

يوضح شكل (١٣ ـ ١) أ ، ب مجموعتين من العدسات ، العدسات الثلاثة فى الشكل أ ، نلاحظ أنها رقيقة عند الحافة وتزداد سمكاً فى الوسط ويطلق عليها عدسات محدبة أو مُجمّعة Converging or Convex Lenses .

بينما العدسات الثلاثة فى الشكل (ب) ، تتميز بكونها رقيقة فى الوسط وتزداد سمكاً عند الحافة ، ويطلق عليها عدسات مُقعّرة أو مفرقة . Diverging or Concave Lenses .



أ) أشكال مختلفة للعدسات المحدبة (المُجمعه)

ب) أشكال مختلفة للعدسات المقعرة (المُفرقة)

شـكل [١٣ ـ ١]

وتُستخدم العدسات ثنائية التحدب وثنائية التقعر ، عادة فى المعامل بينما العدسات ، أحادية التحدب وأحادية التقعر فإنها تُستخدم فى الأجهزة البصرية .

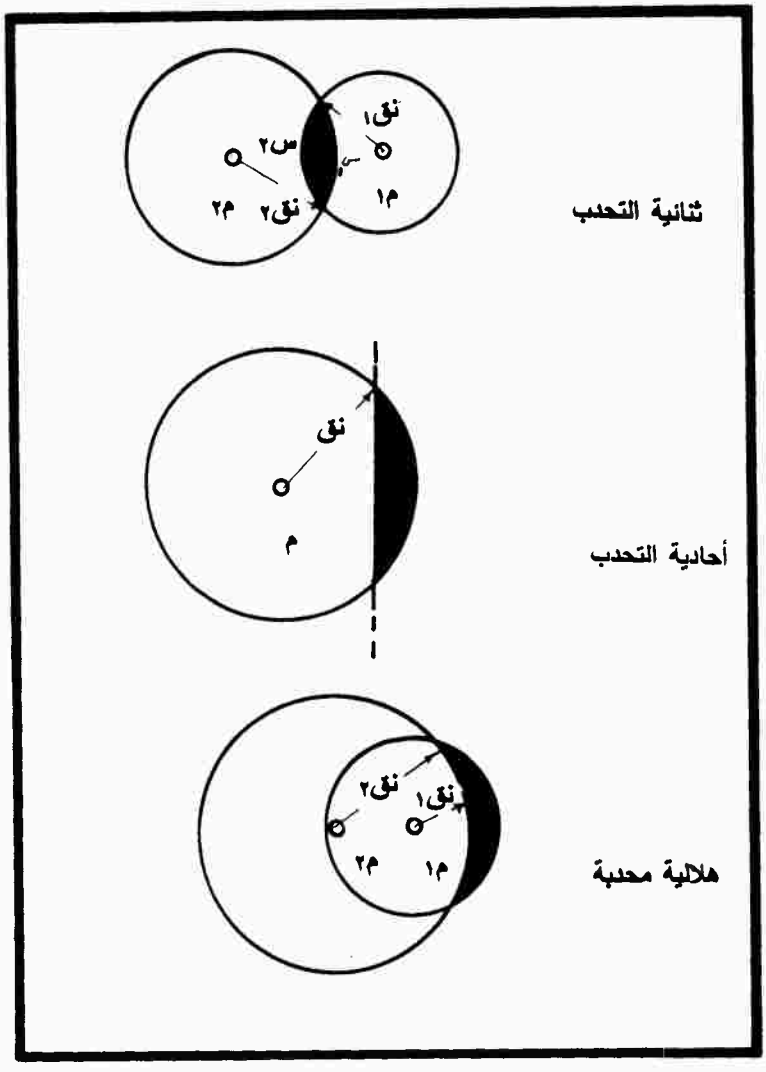
أما العدسات الهلالية ، سواء محدبة أو مقعرة فتُستخدم فى العدسات اللاصقة Contact lenses ، فى علاج حالات الإبصار المختلفة .

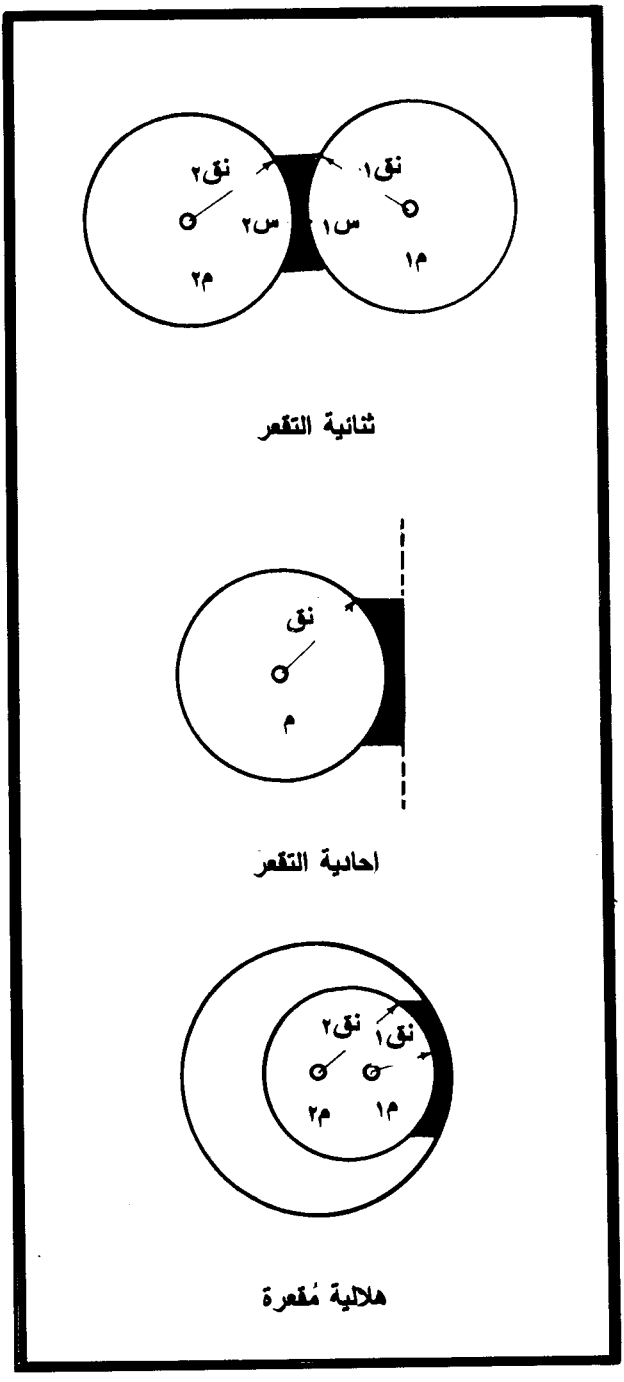
وعين الإنسان لها عدسة مُجمعة طبيعية ، فى حين أن الكاميرات تزود بعدسات مُجمعة من الزجاج .

وبعض العدسات الطبية المستخدمة فى النظارات تكون من نوع العدسات المُفرّقة وبعضها الآخر من نوع العدسات المُجّمعة .

وفى بعض أنواع التلسكوبات ، تكون مزودة بكل من النوعين ، أى بها عدسات مجمعة وعدسات مفرقة بداخلها .

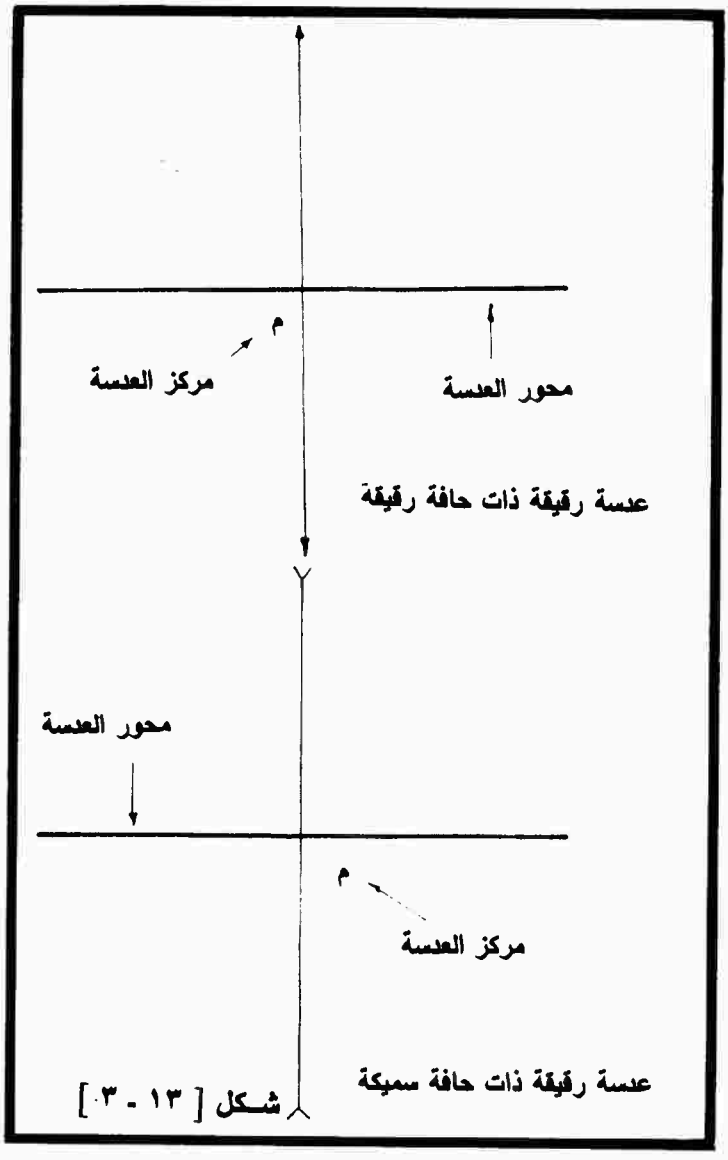
وتُصنع العدسات من أنواع خاصة من الزجاج ، مثلاً زجاج الصوان flintglass ومواد أخرى لها دليل انكسار ملائم ، انظر الرسم شكل (١٣ – ٢) .





شـكل [١٣ ـ ٢]
كيفية نشوء العدسات

ويطلق على المستقيم المار بمركزى الكرتين م١ ، م٢ أو بمركز الكرة م والذى يكون عمودياً على السطح المستوى للعدسة ، بالمحور البصرى الرئيسى للعدسة principle axis of the lens ، وعندما يكون السُمك س١ س٢ رقيقاً جداً [شكل (١٣ ـ ٢) ، ثنائية التحدب وثنائية التقعر] ، يقال أن العدسة رقيقة وبالتالى يمكن اعتبار النقطتين س١ ، س٢ منطبقتين فى نقطة واحدة تُسمى مركز العدسة (م) ، انظر شكل (١٣ ـ ٣) .



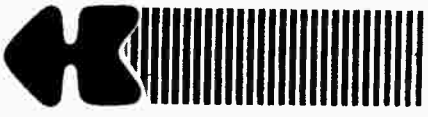
شكل [١٣ ـ ٣]

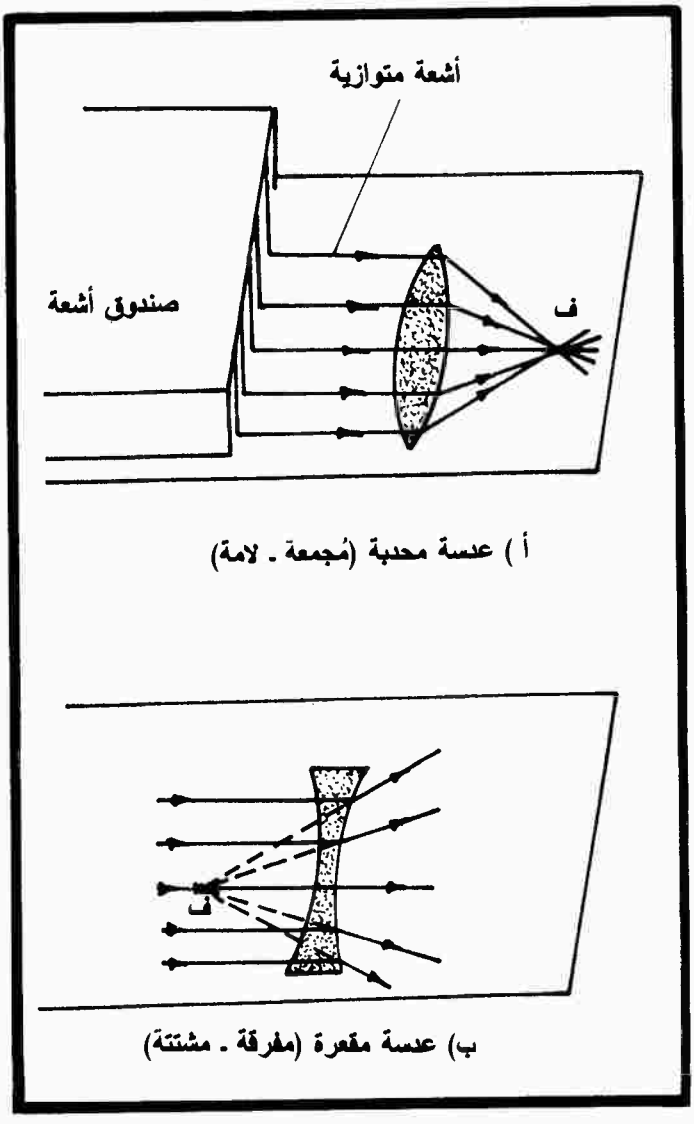
[١٣ ـ ٣] تفسير انكسار الأشعة المتوازية بالعدسة المحدبة (المُجمّعة) والعدسة المقعرة (المفرقة) :

إذا نظرنا إلى شكل (١٣ ـ ٤) ، نجد عدسة محدبة تقوم بعملية انكسار للأشعة المتوازية الساقطة من صندوق أشعة ، حيث نجد أن الأشعة تتجمع فى نقطة أمام العدسة ، يُطلق عليها البؤرة (ف) ـ focus .

فى حين نجد أن العدسة المُقعرة ، عند سقوط أشعة متوازية عليها ، فإنها تنكسر متفرقة حيث يمر امتداد الأشعة فى نقطة (ف) ـ البؤرة focus خلف العدسة « فيما بين العدسة ومصدر الأشعة » .

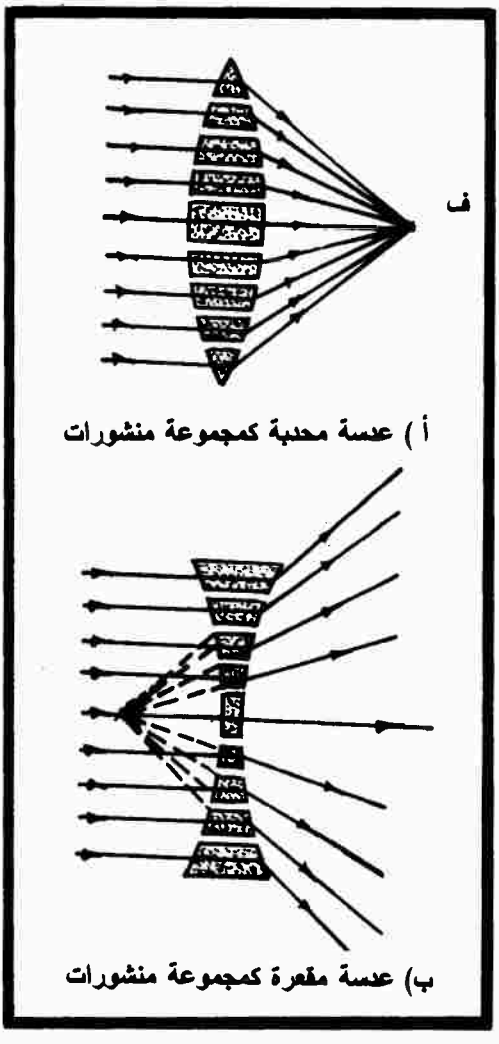
وواضح أن تأثير العدسة المقعرة مضاد لتأثير العدسة المحدبة على الأشعة المتوازية .





شـكل [١٣ ـ ٤]
الانكسار فى العدسات المحدبة والمقعرة

ويوضح شكل (١٣ ـ ٥) ، كيفية تفسير التغير فى سير الأشعة المتوازية بواسطة العدسات ، حيث يمكن اعتبار أن العدسات تتكون من عدد كبير جداً من الموشورات ، ويمكن اختيار الموشورات بحيث أنه عندما تخترقها الأشعة المتوازية ، تتجمع كلها تقريباً فى نقطة واحدة (البؤرة) ، فإذا جمعت هذه المنشورات (أو الموشورات) بصورة متراصة ، تكون عندئذ جسماً قريباً فى هيئته من العدسة (سواء محدبة أو مقعرة) .



شـكل [(١٣ ـ ٥) أ ، ب]

وفى شكل (١٣ ـ ٥ ـ أ) ، يتضح أن العدسة المحدبة تتكون من منشورات بدون رؤوس (شبه منحرف) فيما عدا المنشور العلوى والسفلى فهما كاملان (شكل مثلث) ويزداد تقوس أجناب الموشورات كلما اتجهنا لأعلى بعيداً عن المحور الرئيسى للعدسة مما يؤدى لزيادة انحراف الأشعة (انكسارها) كلما بعدنا عن المحور الرئيسى .

وبنفس الطريقة نجد فى شكل (١٣ ـ ٥ ـ ب) ، العدسة المقعرة ، إلا أن وضع المنشورات بها معكوساً ، حيث تكون قاعدة الموشور لأعلى ورأسه فى اتجاه مركز العدسة . وبذلك فإن الأشعة تنحرف هنا (تنكسر) فى اتجاه مخالف لانكسارها فى حالة العدسة المحدبة .

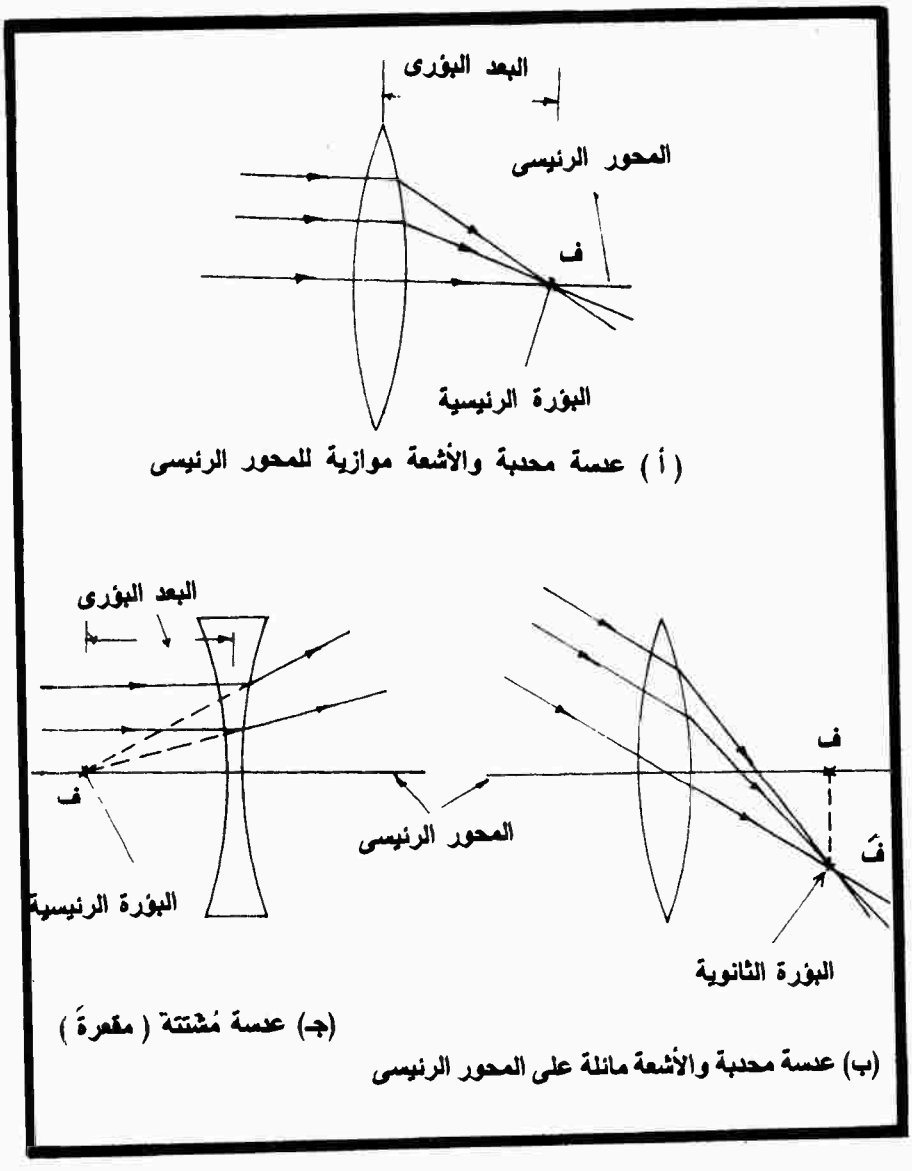
ويتضح من الرسم أن الجزء الموجود بمنتصف العدسة (المحدبة والمقعرة) تكون أجنابه تقريباً متوازية وعمودية على محور العدسة .

وبذلك فإن الشعاع المار منطبقاً على محور العدسة يكون عمودياً على سطح العدسة حيث ينفذ بدون انكسار .

[١٣ ـ ٤] البؤرة والبعد البؤرى *Principal focus, focal length*

يوضح شكل [(١٣ ـ ٦) ـ أ] ثلاث أشعة متوازية من الضوء تسقط على عدسة مُحدبة ، الشعاع رقم (١) يكون منطبقاً على المحور الرئيسى للعدسة والشعاعان رقم (٢) ، رقم (٣) ينحرفان حيث يتقاطعان عند نقطة (ف) على المحور الرئيسى للعدسة .

ويطلق على نقطة (ف) ، بالبؤرة الرئيسية للعدسة (هنالك بؤرة ثانوية) وهى تعرف بأنها . نقطة على المحور الرئيسى للعدسة والتى تلتقى عندها الأشعة المتوازية حال خروجها من العدسة .



(أ) عدسة محدبة والأشعة موازية للمحور الرئيسى

(ب) عدسة محدبة والأشعة مائلة على المحور الرئيسى

(جـ) عدسة مُشتتة (مقعرةَ)

شـكل [(١٣ - ٦) - (أ ، ب ، جـ)]

فى حين يوضح شكل [(١٣ ـ ٦) ـ ب] ثلاث أشعة متوازية تسقط على العدسة ولكنها مائلة بزاوية على المحور الرئيسى للعدسة .

حيث نجد أن الشعاع الذى يمر بمركز العدسة (م) يمر مباشرة دون أى انحراف لأن سمك الزجاج قليل (عدسة رقيقة) وتكون أجنابها فى هذه المنطقة تقريباً متوازية .

فى حين نجد أن الشعاعين الآخرين ينحرفان ويلتقيان فى نقطة أخرى (فَ) أسفل نقطة (ف) وتعرف نقطة (فَ) بأنها البؤرة الثانوية للعدسة secondary focus .

ونجد أن كل من ف ، فَ توجدان فى مستوى **متعامد** مع المحور البصرى الرئيسى ويطلق على هذا المستوى بالمستوى البؤرى للصورة .

ولكل عدسة بؤرتان رئيسيتان وبؤرتان ثانويتان ومستويان بؤريان والمستويان البؤريان للعدسة المحدبة حقيقيان وللعدسة المقعرة خياليان .

وفى شكل [(١٣ ـ ٦) ، جـ] ، نجد البؤرة الرئيسية للعدسة المقعرة وهى نقطة على المحور الرئيسى للعدسة والتى تلتقى عندها الأشعة (إمتداد الأشعة) بعد خروجها من العدسة متفرقة .

ومما سبق نلاحظ أن :

١ ـ البؤرة الرئيسية للعدسة المُجمّعة (المحدبة) ، حقيقية .

٢ ـ البؤرة الرئيسية للعدسة المفرقة (المقعرة) تقديرية (خيالية) .

البعد البؤرى للعدسة focal length : هوالمسافة فيما بين البؤرة الرئيسية ومنتصف العدسة ، وسيقتصر تعاملنا (دراستنا) مع العدسات الرقيقة وسوف نهمل سمك العدسة عند حساب البعد البؤرى .

[١٣ ـ ٥] قوة العدسة The power of the lens :

تعتمد قوة العدسة على طول بعدها البؤرى ، فالعدسة المجمعة ذات البعد البؤرى الكبير وليكن ٦٠ سم مثلاً ، يمكنها أن تقوم بكسر الأشعة المتوازية

وتجميعها فى البؤرة على بعد ٦٠ سم من العدسة .

فى حين أن العدسة المحدبة التى طول بعدها البؤرى ٦ سم فقط ، يمكنها أن تقوم بكسر الأشعة وتجميعها على بعد ٦ سم فقط من العدسة .

ومن المنطقى والواضح أن العدسة التى يمكنها تجميع الأشعة على بعد ٦ سم فقط من العدسة أقوى من تلك التى تجمعها على بعد ٦٠ سم .

فكلما صغر البعد البؤرى ، كلما زادت قوة العدسة وقوة العدسة هى مقلوب البعد البؤرى .

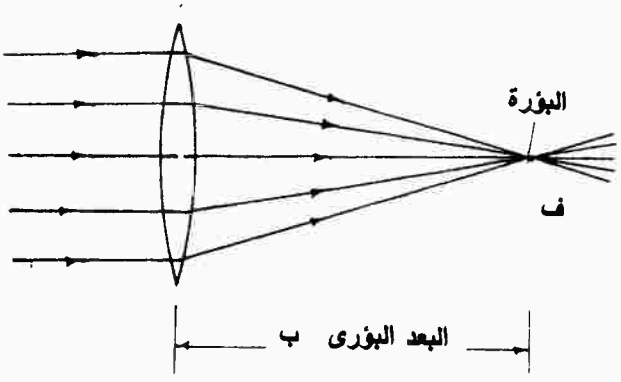
أى = $\frac{١}{\text{البعد البؤرى}}$ وتقاس بوحدة اسمها الديوبتر dioptres

وذلك عندما يكون البعد البؤرى بالأمتار .

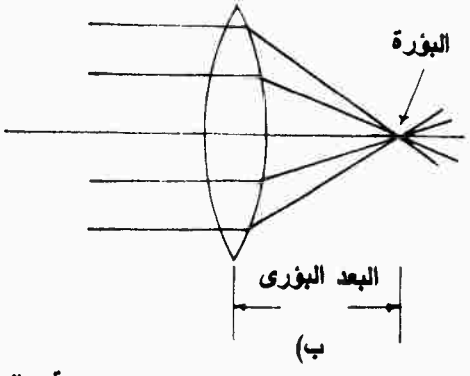
والديوبتر : هو القوة البصرية لعدسة بعدها البؤرى الرئيسى = ١ متر وقد اتفق على اعتبار القوة البصرية للعدسات المجمعة (وكذلك بعدها البؤرى ف) موجبة وللعدسات المشتتة ، سالبة .

انظر الرسم شكل (١٣ ـ ٧) أ ، ب لتوضيح قوة العدسة .

أ)



عدسة منخفضة القوة (ب طويلة)



عدسة عالية القوة (ب صغيرة ـ قصيرة)

شـكل [(١٣ ـ ٧) أ ، ب]
قوة العدســـات

[١٣ ـ ٦] الصُور المتكونة بالعدسة المحدبة :

الرسوم التالية توضح طبيعة وحجم الصور المتكونة فى مختلف الحالات وليكن طول الجسم أو الشىء = ٥ سم مع عدسة مجمعة بعدها البؤرى = ١٠ سم .

الحالة الأولى : بعد الجسم أو الشىء عن العدسة أكبر من ضعف البعد البؤرى أى أكبر من ٢٠ سم .

الحالة الثانية : بعد الجسم عن العدسة = ضعف البعد البؤرى = ٢٠ سم .

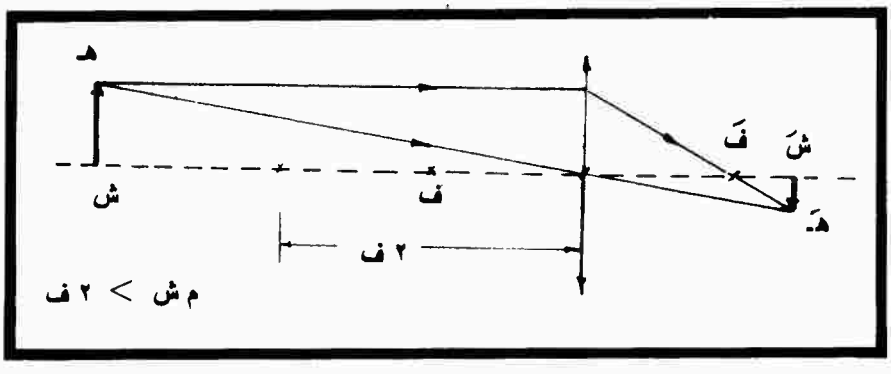
الحالة الثالثة : بعد الجسم عن العدسة ينحصر بين البعد البؤرى وضعف البعد البؤرى أى فيما بين ١٠ ، ٢٠ سم .

الحالة الرابعة : بعد الجسم عن العدسة = طول البعد البؤرى = ١٠ سم .

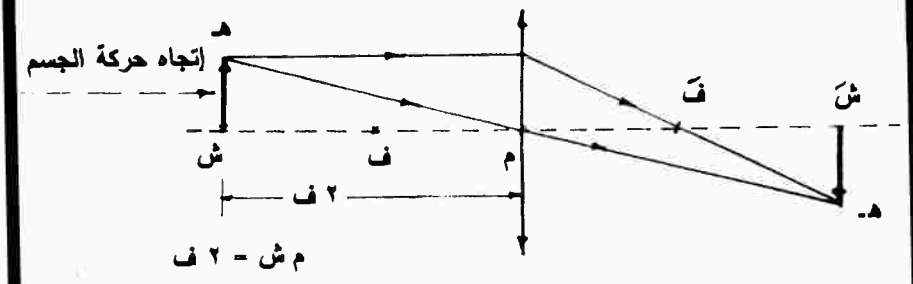
الحالة الخامسة : بعد الجسم عن العدسة أقل من البعد البؤرى أى أقل من ١٠ سم .

انظر الرسم شكل [(١٣ ـ ٨) ـ (أ ، ب ، جـ ، د ، هـ)]

أ) الحالة الأولى

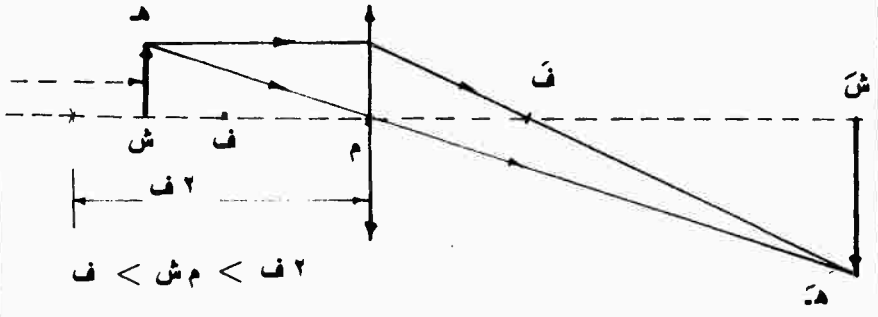


ب) الحالة الثانية



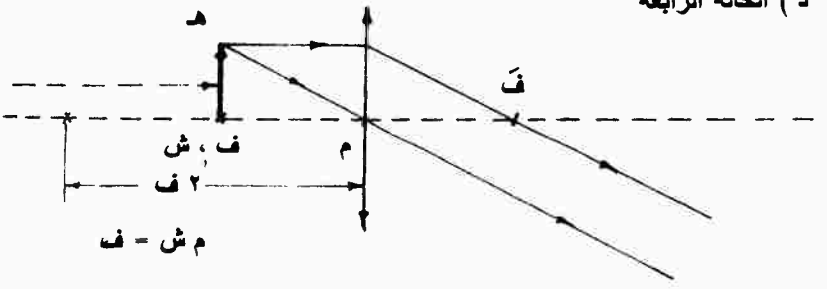
م ش = ٢ ف

جـ) الحالة الثالثة



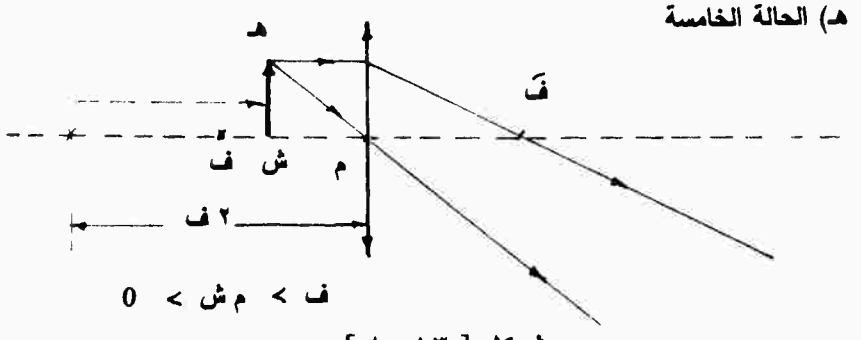
٢ ف > م ش > ف

د) الحالة الرابعة



م ش = ف

هـ) الحالة الخامسة



ف > م ش > 0

شكل [١٣ ـ ٨]

الحالات المختلفة للصور بالعدسات المحدبة

ففى الحالة الأولى نجد أن :

قياس بعد الشيء = م ش = ٣٠ سم .

قياس بعد الصورة = م شَ = ١٥ سم .

قياس طول الصورة = هَـ شَ = ٢,٥ سم .

والصورة مقلوبة وطولها أصغر من طول الشيء وبعدها عن العدسة أقل من بعد الجسم (الشيء) عن العدسة .

ويمكن أن نرى الصورة هَـ شَ على شاشة لأنها صورة حقيقة .

وفى الحالة الثانية : م ش = ٢ ف = ٢٠ سم .

قياس بعد الصورة = ٢٠ سم .

قياس طول الصورة = ٥ سم .

والصورة هَـ شَ مقلوبة وحقيقية وطولها يعادل نفس طول الجسم وتبعد عن العدسة مسافة تعادل بُعد الجسم عن العدسة .

وفى الحالة الثالثة : ٢٠ سم > م ش > ١٠ سم .

م ش = ١٥ سم .

، بعد الصورة = ٣٠ سم .

، طول الصورة = ١٠ سم = ضعف ش هـ (ضعف الجسم) .

والصورة هَـ شَ مقلوبة وحقيقية وطولها أكبر من طول الجسم وتبعد عن العدسة بمسافة تزيد عن بعد الجسم عن العدسة .

وفى الحالة الرابعة : عندما م ش = البعد البؤرى = ١٠ سم فإن الأشعة تخرج متوازية من العدسة .

وفى الحالة الخامسة :

عندما يكون الجسم ش هـ على بعد أقل من البعد البؤرى نجد أن الأشعة

الخارجة من العدسة متفرقة ولا يمكننا مشاهدة صورة على الشاشة وبذلك فهى صورة خيالية ، وهمية .

إلا أن امتداد هذه الأشعة يتلاقى فى جهة الجسم من جهة سقوط الأشعة حيث يمكن رؤية الصورة الوهمية شَ هـَ عند النظر لها من جهة البؤرة الرئيسية .

وفى هذه الحالة م ش = ٥ سم .

، بعد الصورة م شَ = ١٠ سم .

، طول الصورة شَ هـَ = ١٠ سم .