

شكل (٣-١٣) استنتاج علاقة نيوتن للعدسات

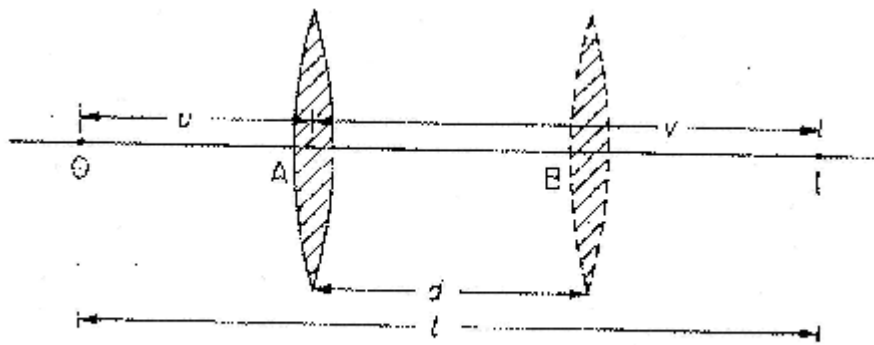
تعرف هذه العلاقة بقانون نيوتن للعدسات ويمكن استنتاجها مباشرة من القانون العام بوضع  $v = f$   
 $u = f + x$  ,  $x' = \frac{f}{x}$ .

كما يمكن منها استنتاج قوة التكبير  $m$  بحيث تكون:

$$m = \frac{x'}{x} = \frac{f}{x} \quad (3-13)$$

وتستخدم علاقة نيوتن في الحالات الخاصة التي يعرف فيها يُعرف فيها بُعد الجسم عن البؤرة المرافقة له (أي في نفس الجهة من السطح)، وكذلك بعد الصورة عن البؤرة المرافقة لها.  
**٣-٦: الوضعان المتبادلات لعدسة محدبة:**

في شكل (٣-١٤) نفرض أن جسم ما موضوع عند النقطة O أمام عدسة مجمعة A تكونت له صورة حقيقية على حائل للصورة عند I. إذا كان بعد الصورة عن العدسة أكبر من بعد الجسم عن العدسات كانت الصورة مبكرة.



شكل (٣-١٤) الوضعان المتبادلان

إذا ثبت مكان الجسم عند O والصورة عند I في موضعهما فإنه يمكن الحصول على صورة ثانية للجسم على الحائل بتحريك العدسة إلى موضع جديد B في هذه الحالة تكون هذه الصورة مصغرة؛ نظراً لأن بعد الصورة عن العدسة أصبح أقل من بعد الجسم عن العدسة، وتصبح النقطتان I, O نقطتين مترافقتين بحيث يكون  $OB = IA$  إذا كانت المسافة الثابتة بين الجسم عند O والصورة عند

I مساوية للمقدار l وكانت إزاحة العدسة من A إلى B مساوية d باستخدام قانون جاوس للعدسات عند موضعي العدسة A , B يمكن استنتاج العلاقة:

$$f = \frac{l^2 - d^2}{4l} \quad (3-14)$$

تستخدم هذه العلاقة لحساب البعد البؤري لعدسة مجمعة، حيث يتعذر لمس سطحي العدسة لقياس بعدي الجسم والصورة من مركز العدسة.

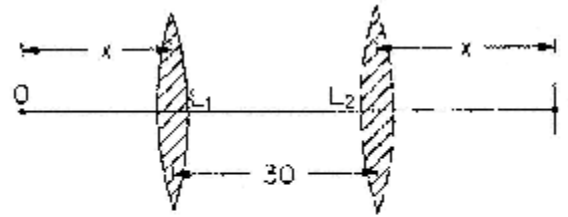
بالإضافة إلى ذلك، يمكن حساب طول الصورة h بدلالة أطوال الصورة المكبرة h1 في الحالة الأولى، والصورة المصغرة h2 في الحالة الثانية من العلاقة:

$$h = \sqrt{h_1 h_2} \quad (3-15)$$

وتفيد هذه النتيجة في حالة قياس طول جسم يتعذر الوصول إليه لتحديد طوليه بطريقة مباشرة، على سبيل المثال تعيين طول أو سعة فتحة في أنبوبة يمر منها ضوء.

مثال: ٩-٣:

وضع جسم مضيء وحائل لاستقبال صورة فوق منضدة ضوئية، وبينهما مسافة ثابتة تتحرك فيها عدسة محدبة. في موضع معين للعدسة تكون لجسم صورة بقوة تكبير للجسم. احسب من ذلك البعد البؤري للعدسة (شكل ٣-١٥).



شكل (٣-١٥) توضيح المثال ٩-٣

الحل:

من الشكل نجد أن بعد الجسم عن العدسة وهي في موضعها الأول  $L_1$ .

$$u = OL_1 = x \quad \text{بعد الجسم}$$

$$v = IL_1 = 30 + x \quad \text{بعد الصورة}$$

لكن

$$m = \frac{v}{u} = 2.5$$

$$\therefore \frac{30+x}{x} = 2.5$$

$$x = 20 \text{ cm} \quad \text{ومنها}$$

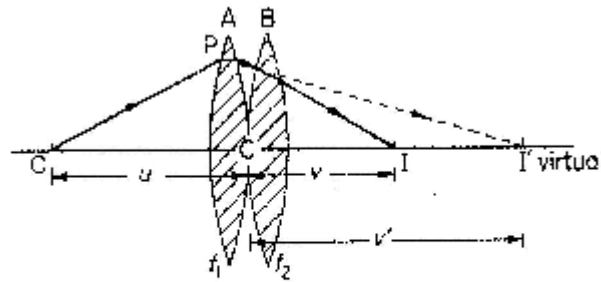
وتصبح المسافة (1) بين الجسم عند O والحائل عند I

$$\therefore l = 70 \text{ cm}$$

$$\therefore f = \frac{l^2 - d^2}{4l} = \frac{(70)^2 - (30)^2}{4 \times 70} = 14.3 \text{ cm}$$

### ٧-٣: تلامس العدسات:

عند تلامس عدستين رقيقتين عند قطبيهما كما في الشكل (٣-١٦) فإن مجموعتهما تعمل كعدسة واحدة مكافئة مركزها نقطة تلامس القطبين، ولإيجاد البعد البؤري المكافئ نضع جسم نقطي عند O على بعد u من مركز المجموعة فتتكون له صورة عند I وعلى بعد v'. عند O على بعد u من مركز المجموعة فتتكون له صورة عند I وعلى بعد v'.



شكل (٣-١٦) تلامس العدسات

وبتطبيق المعادلة العامة على العدسة الأولى A:

$$\frac{1}{v'} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f_1}$$

هذه الصورة تعتبر جسماً تقريبياً للعدسة الثانية B وعلى بعد v' منها فتتكون له صورة حقيقية عند I وعلى بعد v وتطبيق العلاقة العامة على العدسة B.

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{(-v')} = \frac{1}{f_2}$$

بجمع هاتين المعادلتين نجد أن:

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

وبما أن الصورة النهائية I هي صورة للجسم O بالانكسار خلال مجموعة العدستين، فبتطبيق العلاقة العامة على هذه الحالة باعتبار أن بعد الجسم u وبعد الصورة v عند المجموعة ذات البعد البؤري F:

$$\therefore \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{F} \quad (3-16)$$

من ذلك نجد أن:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \quad (3-17)$$

هذه العلاقة صالحة لأي مجموعة من عدستين مع مراعاة إشارة العدسات المكونة للمجموعة.

مثال: ١٠-٣:

عدسة رقيقة محدبة بعدها البؤري ٨ سم. وضعت ملامسة لعدسة رقيقة مقعرة بعدها البؤري ١٢ سم. احسب البعد البؤري المكافئ.  
الحل:

$$\begin{aligned} \frac{1}{F} &= \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \\ &= \frac{1}{(+8)} + \frac{1}{(-12)} = \frac{1}{24} \\ \therefore F &= +24 \text{ cm} \end{aligned}$$

وتدل الإشارة الموجبة على أن المجموعة تعمل كعدسة مجمعة.

وجدير بالذكر أنه إذا لم تكن العدستان متلامستين، وكانت بينهما مسافة  $d$  فإن البعد البؤري المكافئ يتعين بالعلاقة

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2} \quad (3-18)$$

على أن تكون  $d$  أقل من  $f_1, f_2$

تستخدم هذه المجموعة في أغراض التصوير، وهي تتألف من عدستين إحداها مجمعة والأخرى مفرقة، إلا أن البعد البؤري لهما متساوي، فإذا فرض أن البعد البؤري للعدسة المحدبة  $f +$  وللعدسة المقعرة  $f -$  وبينهما مسافة  $d$  فإن البعد البؤري المكافئ

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{(+f)} + \frac{1}{(f-)} - \frac{d}{(+f)(-f)} = \frac{d}{f} \quad (3-19)$$

مثال: ١١-٣:

عدسة مركبة تتألف من عدسة محدبة بعدها البؤري ٢٠ سم، وأخرى مقعرة وبعدها البؤري ٢٠ سم، بينهما ١٠ سم. احسب البعد البؤري المكافئ.  
الحل:

يتعين البعد البؤري المكافئ من العلاقة العامة:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2}$$

وبمراعاة الإشارات تكون:

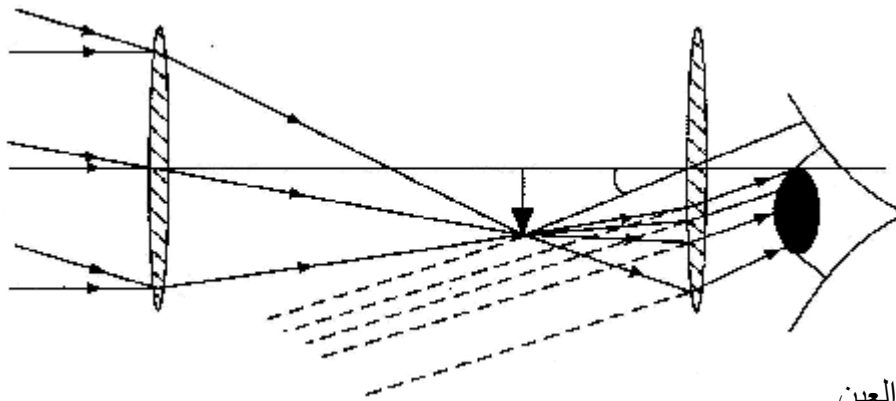
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{(+20)} + \frac{1}{(-20)} - \frac{d}{(+20)(-20)}$$
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{40}$$
$$\therefore F = +40 \text{ cm}$$

### أسئلة الفصل الثالث

- ١ - وضعت عدسة رقيقة متساوية التحدب فوق مرآة مستوية أفقية، وأمسك بسهم أفقياً فوق العدسة، وعلى بعد ٢٠ سم فانطبقت عليه صورته. ثم ملئ الفراغ بين العدسة والمرآة بطبقة من الماء فوجد أن صورة السهم تنطبق على نفسها عند ارتفاع ٢٧,٥ سم. فإذا كان معامل انكسار الماء ١,٣٣. احسب نصف قطر تكور سطحي العدسة (شكل ٢-١٧).
- ٢ - أوجد بعد الصورة المتكونة عن عدسة محدبة بعدها البؤري ١٢ سم إذا كان الجسم موضعاً على بعد:  
(أ) ١٦ سم. (ب) ٨ سم من العدسة. وضح إجابتك بالرسم.
- ٣ - عدسة محدبة بعدها البؤري ٢٠ سم. كونت صورة حقيقية مكبرة ثلاث مرات لجسم أمامها. احسب بعد الجسم.
- ٤ - أوجد بعد الصورة المتكونة عن عدسة مفرقة بعدها البؤري ١٢ سم، إذا كان الجسم موضعاً على بعد:  
(أ) ٢٤ سم. (ب) ٦ سم.
- ٥ - عدسة سالبة بعدها البؤري ٢٠ سم. أين يوضع الجسم لتتكون له صورة تساوي نصف طوله؟
- ٦ - عدسة مجمعة استخدمت كعدسة مكبرة لتكبير الجسم ثمانية مرات. أوجد البعد البؤري للعدسة إذا كان بعد الجسم وصورته ١٤ سم.
- ٧ - احسب البعد البؤري في الحالات التالية:  
(أ) عدسة مستوية مقعرة معامل انكسارها ١,٥، تكور سطحها ٢٠ سم.  
(ب) عدسة محدبة الوجهين، نصف قطر تكور سطحها الأول ٥ سم، والثاني ٢٠ سم، ومعامل انكسار مادتها ١,٦ سم.
- ٨ - حزمة ضوئية متجمعة عند نقطة على بعد ٨ سم خلف كل من:  
(أ) عدسة محدبة بعدها البؤري ١٠ سم.  
(ب) عدسة مقعرة بعدها البؤري ٢٥ سم.  
احسب بعد الصورة المتكونة في كل حالة.

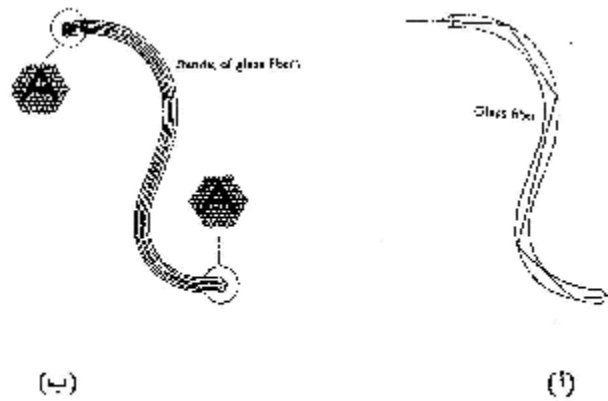
- ٩ - عدستان ملتصقتان أنصاف أقطارهما: الأولى ٢سم، ٨سم، والثانية ١٠سم، ٥سم. احسب البعد البؤري المكافئ لهما في الحالتين:
- (أ) إذا كانا من مادة واحدة معامل انكسارها ١,٥.
- (ب) إذا كان معامل انكسار العدسة الأولى ١,٥، والثانية ١,٣.

الفصل الرابع  
العين والأجهزة البصرية  
The Eye and the Optical Instruments



- ? تشريح العين.
- ? حدة البصر.
- ? زاوية الإبصار والتكبير الزاوي.
- ? التلسكوب الفلكي.
- ? التلسكوب العاكس.
- ? التلسكوب الأرضي.
- ? الميكروسكوب المركب.
- ? آلة التصوير الفوتوغرافي.
- ? أسئلة الفصل

يتميز العصر الحديث بانتشار واسع للأجهزة البصرية واستخدامها في شتى المجالات. ففي مجالات الرصد الفلكي والمساحي والعسكري تستخدم المقاريب (التلسكوبات)، وفي مجالات الفحوص المعملية والبحوث العلمية تستخدم المجاهر (الميكروسكوبات). وفي المجالات الطبية تستخدم المناظير بأنواعها المختلفة، فمنها ما هو خارجي لفحص قاع العين والأنف والأذن والحلق، ومنها ما هو داخلي كمنظار المعدة ومنظار القولون ومنظار الركبة ومنظار البطن. وقد أحدثت المناظير ثورة هائلة في مجال إجراء الجراحات الدقيقة. وتختلف نظريات عمل هذه الأجهزة. فمنها ما يعتمد على مرايا أو عدسات فقط، ومنها ما يعمل بالألياف الضوئية (شكل ٤ - ١)، إلا أنها تتفق حول غرض واحد وهو مشاهدة المرئيات بشكل مفصل ودقيق بواسطة العين.



شكل (٤ - ١) الألياف الضوئية

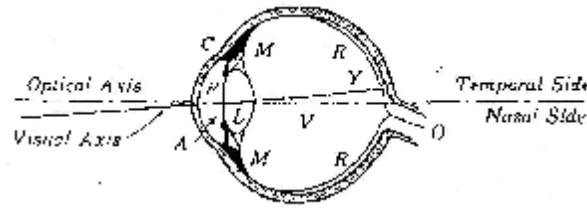
والشكل النهائي لهذه المشاهدات يظهر كصورة للعين. لهذا سوف نبدأ بدراسة تركيب العين وكيفية تكون الصورة فيها والتعرف على عيوب البصر الشائعة.

#### ٤-١: تشريح العين:

تعتبر العين واحدة من أدق الأنظمة البصرية التي ترصد المرئيات في سكونها وحركتها، قُربها وبعدها، طولها وعرضها وسمكها وارتفاعها وشدة إضاءتها وعتامتها، إضافة إلى تمييز ألوانها.

وهي في تركيبها تأخذ شكلاً كروياً قطره حوالي ٢,٥ سم (بوصة واحدة)، ويحيط بالجزء الأكبر من سطحها جدار صلب يعرف بالصلبة، شكل (٤-٢). وتزداد شدة التكور عند الجزء الأمامي من العين، وهذا الجزء مغطى بغشاء شفاف محدب يبلغ نصف قطره تكوره ٨,٠ سم. ويعرف بالقرنية C. والمنطقة التي تلي القرنية تحتوي على سائل A يعرف بالسائل المائي، يليه العدسة البلورية L وهي تحتمي خلف حاجز معتم P يعرف بالقزحية. وتتوسط القزحية فتحة مستديرة تسمى "إنسان العين" أو الحدقة. هذه الفتحة تتسع أو تضيق تبعاً لشدة الضوء الذي تستقبله كي تحفظ العين من أضرار الإضاءة الشديدة والمتوهجة. وتثبت العدسة البلورية في مكانها بفعل ألياف عضلية M عند أطرافها. وهذه الأجهزة تتصل بالجدار الداخلي لكرة العين، وبتقلصها وارتخائها تغير من انحناء سطح العدسة البلورية فيما يعرف بتكييف العين للرؤية الواضحة. وخلف العدسة تمتلئ العين بسائل جيلاتيني يعرف بالسائل الزجاجي V.





شكل (٢٠٤) تشريح العين

معامل انكسار السائل المائي والسائل الزجاجي يساوي ١,٣٣٦، وهي قيمة قريبة من مقدار معامل انكسار الماء، أما العدسة البلورية فمعامل انكسار مادتها غير متجانس وقيمتها المتوسطة (١,٤٣٧) ولا تختلف كثيراً عن قيم معاملات انكسار السوائل المحيطة بها، لذا فإن معظم الأشعة المنكسرة للضوء الداخلي إلى العين تتجمع عند القرنية.

والجزء الأكبر من السطح الداخلي مغطى بغشاء رقيق من ألياف عصبية هي الشبكية والنقطة الصفراء Y أكثر نقطة الشبكية تأثراً بالضوء الأبيض أو الملون، وهي عبارة عن فجوة صغيرة قطرها ٠,٢٥ سم. وتقع عند تقاطع محور العين مع الشبكية، وبالقرب من هذه النقطة وفي جهة الأنف تقع نقطة أخرى تتجمع عندها الألياف العصبية الدقيقة في العصب البصري O ولصغر الفجوة الموجودة عند مركز النقطة الصفراء، فإنه يلزم للعين أن تتحرك كي ترصد بوضوح نقطتين قريبتين.

ويسمى موضع دخول العصب البصري إلى داخل العين بالنقطة العمياء، حيث لا ترى فيها الخلايا العصبية والمخروطية.

أهم عيوب الإبصار هي:

أ - قصر النظر (ميوبيا).

ب - طول النظر (هيبروبيا).

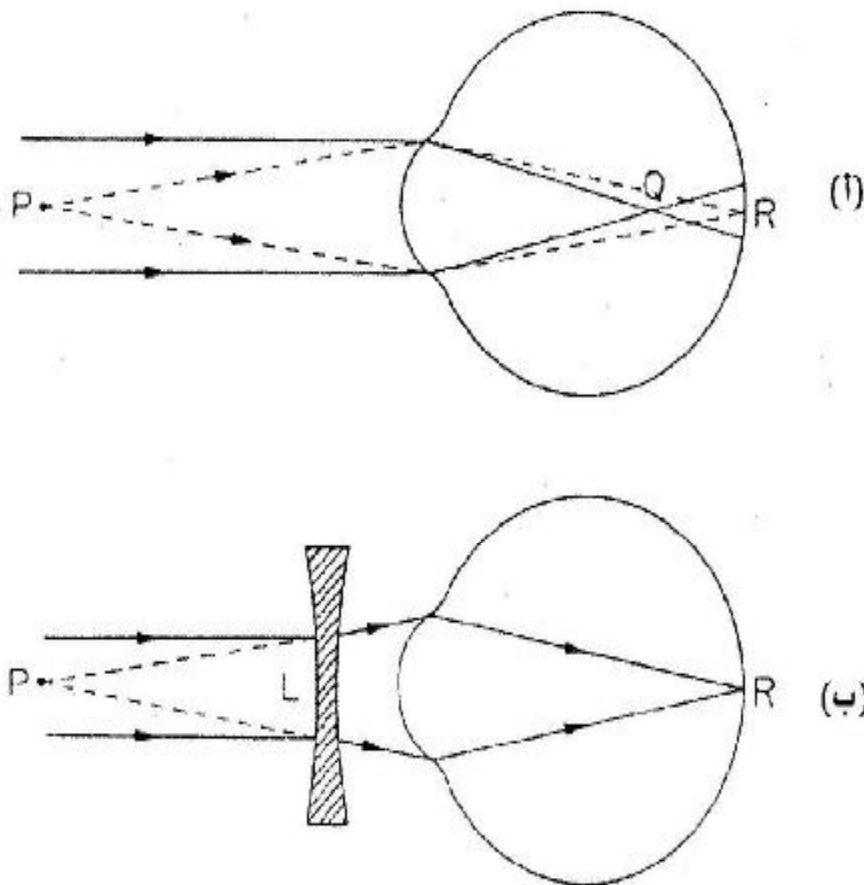
ج - ضعف قوة التكيف (برسبيوبيا).

د - اللاتقطعية أو اللابؤرية (استجماتيزم).

يمكن التغلب على هذه العيوب بتصميم عدسات رقيقة مناسبة لكل حالة، وهذه قد تكون عدسات لاصقة من مواد تعرف بالبلمرات، أو قد تكون زجاجية فيما يعرف بالنظارات الطبية.

(أ) قصر النظر (ميوبيا):

يعني هذا التعبير أن الأشعة المتوازية الصادرة من جسم بعيد تتجمع داخل العين في نقطة Q أمام الشبكية بدلاً من أن تكون عليها. وتستقبل بذلك الشبكية امتداد الأشعة المتجمعة عند Q فتبدو للجسم صورة غير واضحة، (شكل ٤ - ٤) ومع اقتراب الجسم تدريجياً من العين تأخذ الصورة في الوضوح حتى تصبح أدق ما يمكن عندما تقع على الشبكية تماماً. والعين المصابة بقصر النظر تقع نقطتها البعيدة عند مسافة محدودة عند النقطة P في الشكل (أ)، ولا تقع في ما لا نهاية.



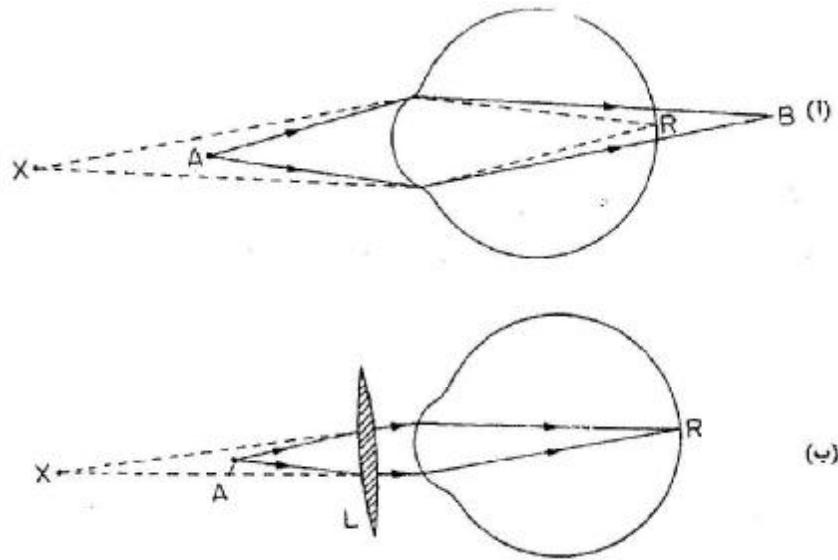
شكل (٤ - ٤) (أ) قصر النظر ، (ب) تصحيح للنقطة البعيدة

ويمكن إصلاح قصر النظر باستخدام عدسة مفرقة عند  $L$ ، لزيادة البعد البؤري لعدسة العين بالقدر الذي تنطبق به صورة الأجسام البعيدة على الشبكية تماماً عند النقطة  $R$  كما في الشكل (ب). ويتضح من الشكل أن البعد البؤري للعدسة المطلوبة يساوي المسافة  $PL$  وهذه تساوي عملياً بعد النقطة البعيدة عن العين.

#### (ب) طول النظر (هيبروبيا):

إذا وقعت النقطة البعيدة لعين ما في ما لا نهاية، وكانت نقطتها القريبة أبعد من البعد الطبيعي المقدر بـ ٢٥ سم، فإن هذه العين مصابة بطول النظر، وفي شكل (٤ - ٥ أ) تمثل  $X$  النقطة القريبة لعين مصابة بطول النظر والأشعة الصادرة من  $X$  تتجمع عند الشبكية  $R$  إلا أن الأشعة التي تنبعث من النقطة القريبة السوية عند  $A$  والموجودة على بعد ٢٥ سم من العين تتجمع عند نقطة  $B$  خلف الشبكية.

ويمكن إصلاح طول النظر باستخدام عدسة لامة  $L$  تعمل على زيادة قوة عدسة العين بالقدر الذي يجعل الأشعة المنبعثة من  $A$  تتجمع على الشبكية، وتبدو كما لو كانت صادرة من النقطة  $X$  في الشكل (٤ - ٥ ب).



شكل (٤ - ٥) (أ) طول النظر ، (ب) تصحيح للنقطة القريبة

فإذا كان هناك جسم عند النقطة القريبة  $A$  بحيث تكون  $AL$  مساوية ٢٥ سم فبدت صورته عند  $X$  بحيث كانت  $XL$  مساوية ٥٠ سم.

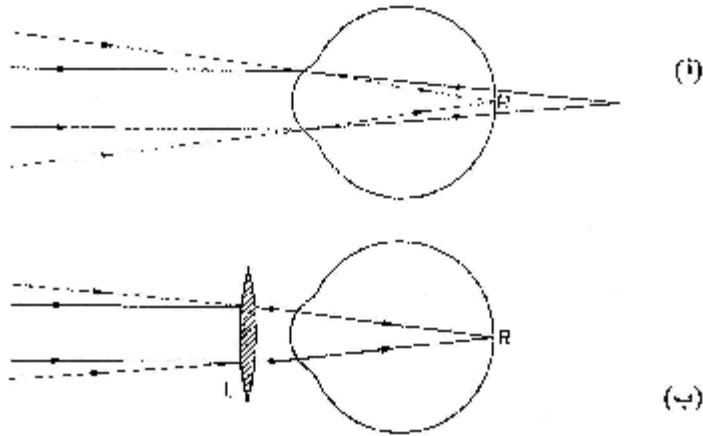
تكون بذلك العدسة المطلوبة من المعادلة العامة:

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{(+25)} + \frac{1}{(-50)} = \frac{1}{F}$$

ومنها يكون البعد البؤري لهذه العدسة هو  $f = 50 \text{ cm}$

وقد يحتاج الأمر إلى تصحيح موضع النقطة البعيدة، وذلك حين تتجمع الأشعة المتوازية في نقطة خلف الشبكية كما في شكل (٤- أ) ويمكن التغلب على هذا العيب باستخدام عدسة محدبة  $L$  كما في شكل (٤- ب) لتعمل على تجمع الأشعة المتوازية عند الشبكية  $R$ .



شكل (٤- ب) طول النظر وتصحيح للنقطة البعيدة

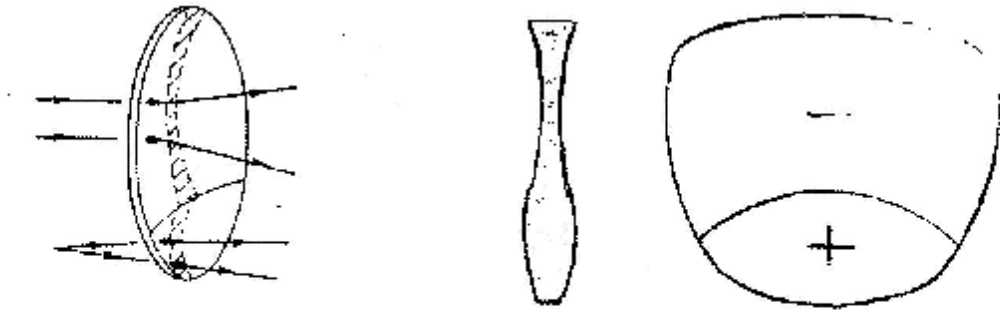
### (ج) ضعف قوة التكيف (برسيوبيا):

يتضح مما سبق أن قصر النظر وبعد النظر إنما هما من عيوب انكسار الأشعة الداخلية للعين، بحيث تتجمع الأشعة المنكسرة إما قبل الشبكية أو بعدها. والعين المصابة بأي من هذين العيبين تظل لها القدرة على التكيف، وهي القدرة على تغيير انحناء سطحي العدسة (ومن ثم قوتها البصرية) تبعاً لقرب أو بعد المرئيات والمشاهدات كي يتم رصد هذه المرئيات بوضوح تام، وقد تفقد عدسة العين هذه القدرة بسبب اضمحلال مرونة العضلات المتصلة بالعدسة، وخاصة مع تقدم العمر، ويعرف هذا العيب بالبرسيوبيا.

وإذا فقدت العين قدرتها على التكيف، ولم تكن تعاني من قصر النظر، فإن نقطتها البعيدة تكون في ما لانهاية، وتحتاج إلى عدسة لامة عند النظر إلى الأجسام القريبة. أما إذا كانت العين تعاني من قصر النظر، بالإضافة إلى ضعف قوة التكيف فإنها تحتاج إلى عدستين إحداها مفرقة

عند النظر إلى أجسام على مسافات أكبر من نقطتها البعيدة، والأخرى لامة للنظر إلى أجسام قريبة وعلى مسافات أقل من نقطتها البعيدة.

وللتغلب على البرسبيوبيا تستعمل عدسات ثنائية البعد البؤري لتصحيح كل من النقطة القريبة والنقطة البعيدة. ففي هذه العدسات يكون الجزء السفلي عدسة لامة موجبة القوة لتصحيح النقطة القريبة، ويستخدم لرؤية الأجسام القريبة والقراءة. أما الجزء العلوي من هذه العدسة فتمثل عدسة مفرقة سالبة القوة لتصحيح النقطة البعيدة، (شكل ٤ - ٧) وميزة ذلك تجنب إبدال العدستين عند تنقل النظر بين الأجسام البعيدة والقريبة والافتقار على تحريك العين للنظر خلال الجزء العلوي أو خلال الجزء السفلي من العدسة الثنائية.



شكل (٤ - ٧) مقاطع مختلفة لعدسة ثنائية البعد البؤري لتصحيح الرؤية القريبة والبعيدة

وقوة التكيف تبلغ مداها في عيون الأطفال، ثم تتناقص كلما أمد العمر ويعزي ذلك إضافة إلى ما سبق ذكره من فقد عضلات العدسة مرونتها فقداً تاماً أو جزئياً إلى أنه يحدث مع كبر السن أن يزداد معامل انكسار الطبقات الخارجية لهذه العدسة. وبذلك تقل القوة المركبة للمجموعة، وتصبح العين بذلك طويلة النظر، مما يترتب عليه أن تنعدم أو تقل قوة تكيف العين.

ومن المعتاد في القياسات البصرية عامة، وعلم أمراض العيون خاصة أن نعبر عن البعد البؤري لأية عدسة بالأمتار، وأن نتحدث عن قوة العدسة بوحدة الديوبتر. وقوة العدسة بالديوبتر يعبر عنها بمقلوب البعد البؤري مقاساً بالأمتار.

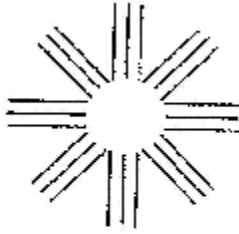
فمثلاً إذا كان البعد البؤري لعدسة = + ٥٠ سم،

$$= + ٥,٠ \text{ متر}$$

وهكذا فالعدسات اللامة لها قوة موجبة، في حين أن العدسات المفرقة لها قوة سالبة. وتصنع عدسات النظارات الطبية إلى أقرب 1/4 ديوبتر.

(د) اللانقطة أو اللابؤرية (الاستجماتيزم):

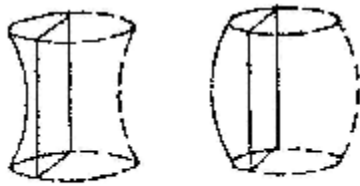
ينشأ هذا العيب إذا فقدت كرة العين أو فقد أحد الأسطح الكاسرة فيها تماثله الكروي، وأهم هذه السطوح هي القرنية. وينتج عن ذلك أن تختلف القوة البصرية للعين في المقاطع المختلفة المارة بمحور بصرها، ويختلف بذلك وضوح أجزاء الجسم. فإذا نظرت مثل هذه العين إلى مجموعتين من الخطوط الرأسية والخطوط الأفقية في لوحة واحدة (شكل ٤ - ٨) فإنها لا يمكنها أن تتبين بوضوح إلا مجموعة واحدة منهما في آن واحد.



ويمكن التغلب على هذا العيب الاستجماتية في العين باستخدام عدسة استجمية، (شكل ٤ - ٩) بحيث يتكون من هذه العدسة والسطح الكاسر الاستجمي في العين كالقرنية على سبيل المثال مجموعة متماثلة بالنسبة للمحور البصري.

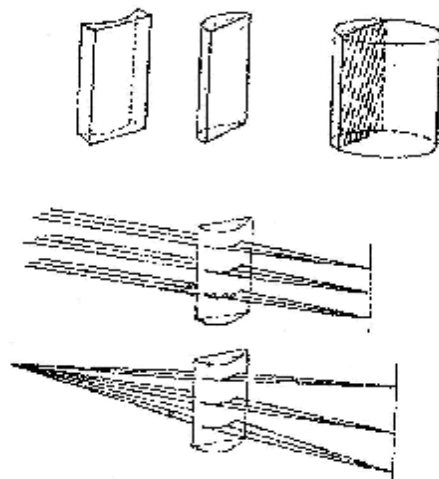
وقد يكون العيب في تكور القرنية في مقطع رئيسي واحد (الأفقي مثلاً) دون المقطع العمودي عليه، في هذه الحالة يمكن إصلاح اللانقطية باستخدام عدسة اسطوانية مستوية توضع أمام العين بحيث يوازي محورها المقطع الذي لا عيب فيه فتعوض بذلك نقص أو زيادة قوة العين في اتجاه المقطع الآخر.

أما إذا كانت العين تعاني عيباً استجمياً مصحوباً بقصر نظر أو طول نظر، كأن يشتمل العيب في تكور القرنية المقطعين الرئيسيين المتعامدين الأفقي والرأسي مثلاً، فإن صورة أي من الخطين المتعامدين لا تنطبق تماماً على الشبكية.

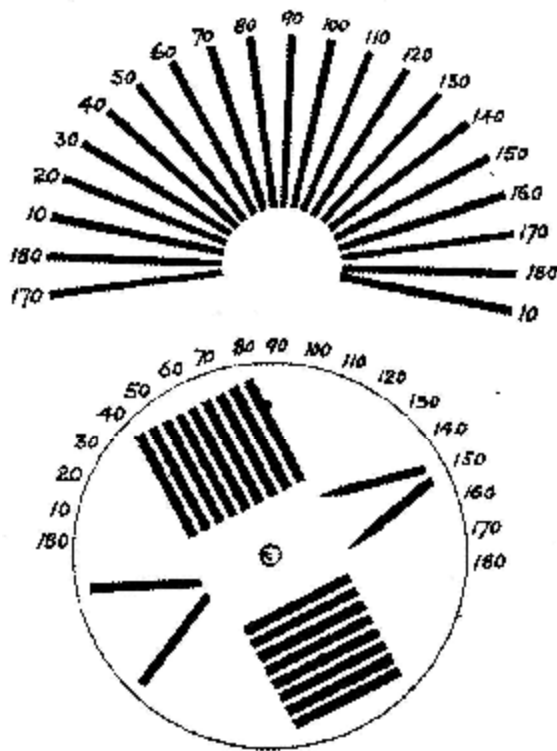


شكل (٤ - ٩) العدسة الطورية

في هذه الحالة يمكن إصلاح هذا العيب باستخدام عدسة اسطوانية كرية أو عدسة طوريدية (شكل ٤ - ٩ب) تكون قوتها في المقطعين الرئيسيين بحيث يتكون منها ومن القرنية والعدسة البلورية مجموعة متماثلة القوة حول المحور البصري للعين. وفي كلتا الحالتين تكون العدسة إما مفرقة أو مجمعة وفقاً لما تكون عليه العين من قصر أو من طول في النظر.



شكل (٤ - ١٩) عدسة استجمية ومسار الأشعة في إحداها



شكل (٤ - ١١٠) لوحة الكشف على الاستجماتيزم

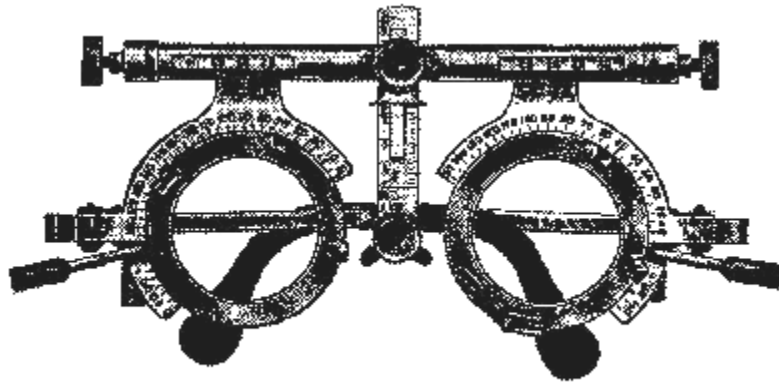
وقد يكون تكور سطح القرنية غير منتظم لدرجة يصعب معها إصلاح العيب بالعدسات الاستجمية، وفي هذه الحالة تستخدم عدسة رقيقة من مادة بلمرية (غير زجاجية) توضع بحيث يكون حافتها تحت جفن العين، ويملاً الفراغ بينها وبين القرنية بسائل له نفس معامل انكسار السائل المائي الذي يملأ الحيز بين القرنية والعدسة البلورية. وبذلك تعمل العدسة الرقيقة عمل القرنية تماماً بينما لا يعاني الضوء انكساراً عند سطح القرنية نفسها، لأن السائل على جانبيها له معامل انكسار واحد، وهذه العدسة الرقيقة تُعرف بالعدسة اللاصقة.

ويمكن الكشف عن الاتجاه الذي يوجد به العيب الانحنائي في العين باستخدام إحدى اللوحات الخاصة المبينة في شكل (٤ - ١١٠) فإذا نظرت العين المصابة بالاستجماتيزم إلى الشكل العلوي مثلاً، فإنها سوف تلاحظ كأنما هناك فرق واضح في درجة سواد هذه الخطوط، ففي اتجاه خاص تظهر الخطوط قاتمة السواد، بينما تظهر في الاتجاه المتعامد وكأنها رمادية اللون.

وفي الشكل السفلي تدار اللوحة حول المحور البصري إلى أن تظهر إحدى مجموعتي الخطوط أوضح من الأخرى أو أكثر سواداً عنها. من ذلك يستنتج أن العدسة الاستجمية المطلوبة يجب أن توضع بحيث يتعامد محورها الاسطواني مع اتجاه الخطوط الأكثر وضوحاً في اللوحة.

ولو فرضنا أن العين كانت ترى الخطوط الأفقية واضحة تماماً، فإن هذا معناه أنها قادرة على تمييز سمك هذه الخطوط بدقة كافية، أي أنها مثالية في الاتجاه الرأسي، ومن ثم فإن العدسة الاسطوانية يجب ألا تؤثر في هذا الاتجاه المثالي، أي أنها يجب أن توضع بحيث يكون محورها الاسطواني رأسياً حتى يقتصر تأثيرها على الاتجاه الأفقي.

ويبين (شكل ٤ - ١٠ب) رسماً لإطار النظارة من الجهة المقابلة للعين المصابة بالاستجماتيزم، وبه تدرج زاوي من صفر إلى  $180^\circ$ ، ويختلف عن تدريج لوحة الفحص في الشكل السابق بزاوية  $90^\circ$ . وبذلك تكون مهمة الطبيب الفاحص أن يقرأ على لوحة الفحص الاتجاه الذي يرى فيه المريض الخطوط واضحة، ويؤشر لهذه القراءة نفسها على شكل الإطار، فيكون هذا هو الاتجاه الذي يعين على صنع النظارة أن يضع فيه المحور الاسطواني للعدسة الاستجمية.



شكل (٤ - ١٠ب) الإطار المستخدم في الكشف على اتجاه الاستجماتيزم

وبعد أن يتحدد موضع هذا المحور يبقى بعد ذلك تعيين قوة العدسة الاسطوانية المطلوبة، ويأتي ذلك بطريق المحاولة فيستخدم الطبيب عدداً من العدسات الاسطوانية ذات قوى متزايدة تدريجياً تزيد كل منها عن سابقتها  $\frac{1}{4}$  ديوبتر حتى ينتقي منها العدسة التي يتمكن بها المريض من رؤية جميع خطوط اللوحة بوضوح تام.

#### ٤-٢: حدة البصر:

سبق أن ذكرنا بأن سطح الشبكية يتكون من شبكة كثيفة جداً لشعيرات من الأعصاب بعضها على شكل قضبان، والبعض الآخر على شكل مخروطات. وطبقاً لنظرية هلمهولتز في الإبصار فإن القضبان تختص بتمييز اللونين الأبيض والأسود فقط، أما المخروطات فتميز الألوان، بالإضافة إلى اللونين الأبيض والأسود. وتبلغ درجة كثافة القضبان على الشبكية أقصاها عند النقطة الصفراء حيث تقدر المسافة بين اثنين منها بنحو  $0.04$  مم.