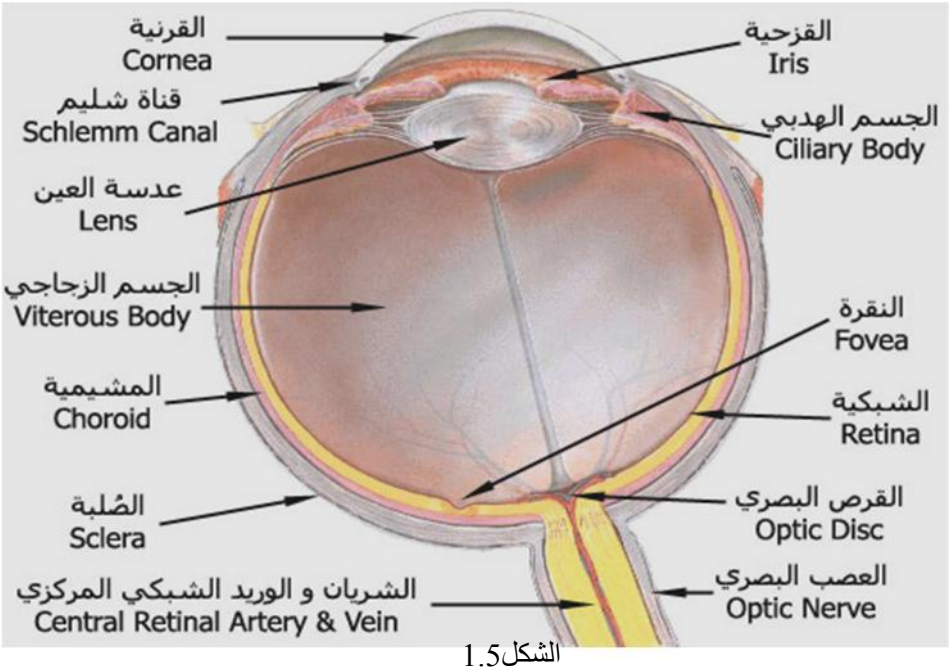
5- العين والأجهزة البصرية.

1.5 – المقدمة.

سنناقش في هذا الفصل العين والأجهزة البصرية مثل المكبر (المجهر البسيط) والمجهر المركب (المجهر) وأجهزة أخرى ذات أهمية في حياتنا مثل النظارة الفلكية والراصدة (les télescopes).

2.5 – تعريف العين.

العين شبه كرة مؤلفة من أغشية عديدة وأوساط كاسرة. يشكل مجموعها جملة كاسرة متمركزة ، تكون للأجسام الخارجية أخيلة حقيقية (الشكل 1.5).



الشكل1.5

ـ البؤبؤ: و هو فتحة في القزحية، يتغير قطرها من $2mm$ إلى $8mm$ تبعا للضوء الخارجي بواسطة الألياف العضلية للقزحية، و يجتاز الضوء الخارجي الأوساط التالية عند دخوله في العين.

– القرنية الشفافة: و هو غشاء رقيق أبيض شفاف متصل بالصلبة المتينة المعتمة، و معامل انكساره 1.37، و يغطي هذا الغشاء الأوعية الدموية الرقيقة.

– الخلط المائي: و هو سائل شفاف، يتكون معظمه من الماء، يملئ الفراغ الكائن بين القرنية الشفافة، و العدسة البلورية، قرينة انكساره.

– الجليدية: (العدسة البؤرية): و تشبه في شكلها عدسة شفافة محدبة الوجهين، يبلغ سمكها $4mm$ و نصف قطر انحناء وجهها الأمامي $R_1 \cong 10mm$ و نصف قطر انحناء وجهها الخلفي $R_2 \cong 6mm$ و تزداد قرينة الانكسار من خارج الجليدية إلى داخلها من القيمة 1.36 إلى القيمة 1.42.

– الجسمان الهدبيان: عبارة عن عضلات تحيط بالعدسة، وظيفتهما تغيير انحناء وجهي العدسة، و من ثم تغيير تقريبها، و بالتالي يؤدي إلى المطابقة.

– الخلط الزجاجي: سائل شفاف زجاجي أغلبيته ماء، يملئ الفراغ الواقع بين العدسة و الشبكية، و معامل انكساره 1.34 كسطح العدسة.

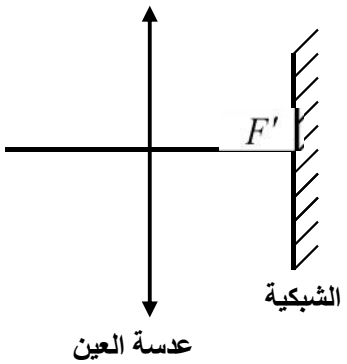
– الشبكية: في الأخير يصل الضوء إلى الشبكية، و هو غشاء حساس متفرع من العصب البصري، و يبطن قاع العين فوق المشيمية، و العين لا ترى الأجسام إلا إذا وقعت أخيلتها تماما فوق الشبكية، و عند تدقيق النظر في نقطة معينة يستدرج خيالها إلى البقعة الصفراء، و هي رقعة من الشبكية ذات حساسية عظمى.

– المشيمية: غشاء أسود اللون يبطن الصلبة، و هو غني بالأوعية الدموية. أما لون العين الذي يختلف من شخص إلى آخر فهو لون القزحية، و على العموم فان الإحساس بالرؤية ناتج من الشبكية، المكونة من عدد كبير من العصيات و المخاريط الحساسة للضوء، و المخاريط أكثر حساسية من العصيات التي تنقل الضوء للعصب البصري الذي ينقله إلى المخ فيقوم بترجمته.

يقدر قطر العين تقريبا $24mm$ و حجم حجرة العين يساوي $7cm^3$.

1.2.5 ـ تمثيل العين السليمة.

تمثل العين السليمة بعدسة رقيقة مقربة، يقع محرقها الخيالي على الشبكية في حالة الراحة (الشكل 2.5).



الشكل2.5

2.2.5 – المطابقة

يقع المحرق الخيالي للعين السليمة على الشبكية في حالة الراحة إذن، هذه العين، ترى الأجسام البعيدة بوضوح تام وبدون بذل أي جهد. قانون عدسة العين الموضوعة في الهواء:

$$\left\{\frac{1}{S}+\frac{1}{S'}=(n-1)\left[\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right]\right\}$$ حيث : $\{R_2 \cong 6\,mm\ ;\ R_1 \cong 10\,mm\}$.

عندما يقترب الجسم من العين ، لو كانت العين جملة صلبة ، لا تستطيع رؤية خيال هذا الجسم. لكن العين قادرة على تغيير قوتها (يزداد تحدب وجهي عدسة العين) حيث : $\{R_2 \cong 6\,mm; R_1 \cong 5.5\,mm\}$. يعرف هذا التغير الذي يطرأ على عدسة العين بالمطابقة.

1 – تسمى أبعد نقطة M تراها العين بوضوح تام وبدون مطابقة ، نقطة المدى ويدعى بعدها D عن عدسة العين ، البعد الأعظمي للرؤية الواضحة .

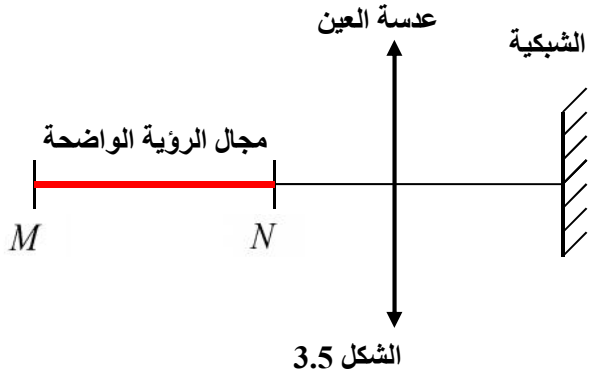
2 – كما تدعى أقرب نقطة N تراها العين بوضوح تام وبأقصى مطابقة نقطة الكثب ، ويسمى بعدها d عن عدسة العين ، البعد الأصغري للرؤية الواضحة.

3 – تسمى المسافة المحصورة بين N و M بمجال الرؤية الواضحة.

4 – مجال الضبط : $[d, D]$.

5 – سعة الضبط (المطابقة) : $A=\frac{1}{d}-\frac{1}{D}$

تحسب كل من D, d, A بالكسيرات والأمتار على الترتيب.



الشكل 3.5

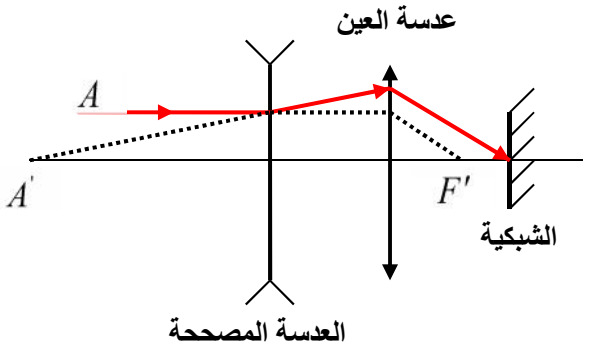
3.5ـ عيوب العين و تصحيح الرؤية.

يقع المحرق الخيالي للعين السليمة في حالة الراحة على الشبكية، مما يمكنها من رؤية الأجسام البعيدة بوضوح؛ لكن هناك بعض الحالات يقع فيها المحرق الخيالي قبل أو بعد الشبكية، لهذا فهي لا ترى الأجسام البعيدة بوضوح، نقول عن هذه العين أنها مريضة.

ـ العين الحسيرة (قصيرة النظر).

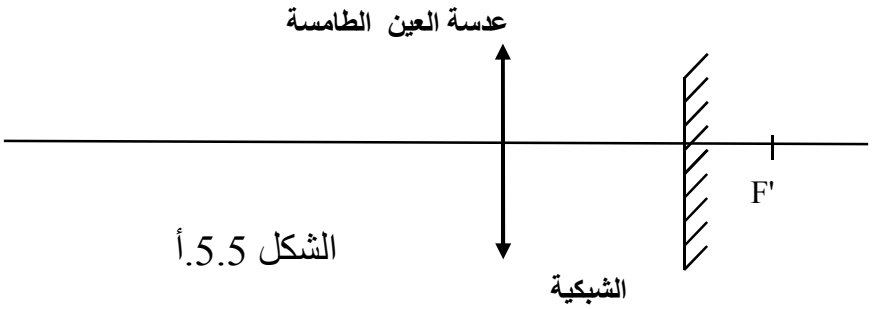
يقع المحرق الخيالي للعين الحسيرة أمام الشبكية في حالة الراحة، إذن لا يمكنها رؤية الأجسام البعيدة ، ومع اقتراب الجسم تدريجيا تتضح الصورة شيئا فشيئا حتى تصبح أدق ما يمكن عندما تقع على مركز الشبكية، و بهذا تقع أبعد نقطة PR تستطيع العين رؤيتها دون الحاجة إلى التكيف على بعد محدود .

نصحح العين الحسيرة بوضع عدسة مبعدة L_D أمام عدسة العين؛ تعطي هذه العدسة لجسم يقع في اللانهاية صورة وهمية تقع في محرقها الخيالي وهي نقطة المدى PR حقيقية لهذه العين(الشكل 4.5) .

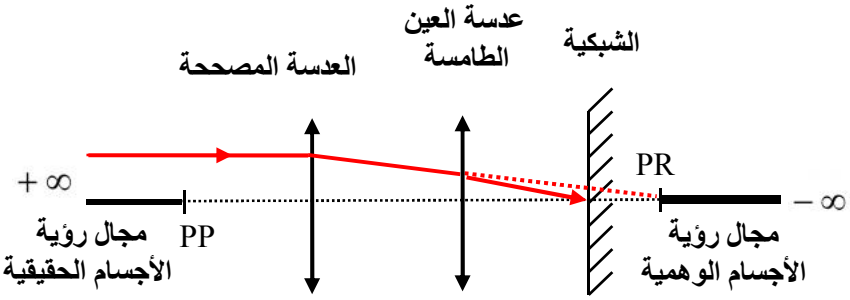


الشكل 4.5

2.3.5 ــ العين الطامسة (طول النظر).
يقع المحرق الخيالي للعين الطامسة خلف الشبكية في حالة الراحة، إذن لا يمكنها رؤية الأجسام البعيدة ولا القريبة في حالة الراحة (الشكل 5.5 أ) ، وبالمطابقة يكون مجال رؤيتها الواضحة الحقيقي أقل من مجال الرؤية الواضحة للعين السليمة. يتم تصحيح العين الطامسة بعدسة مقربة موجبة، تشكل لجسم حقيقي واقع في اللانهاية خيالا حقيقيا واقعا في محرقها الخيالي، هذا الأخير يقوم مقام جسم وهمي بالنسبة لعدسة العين، ويقع في نقطة المدى وهي وهمية (الشكل 5.5 ب).



الشكل 5.5.أ



الشكل 5.5.ب

3.3.5 ــ العين القادعة (ضعف قوة التكييف) .

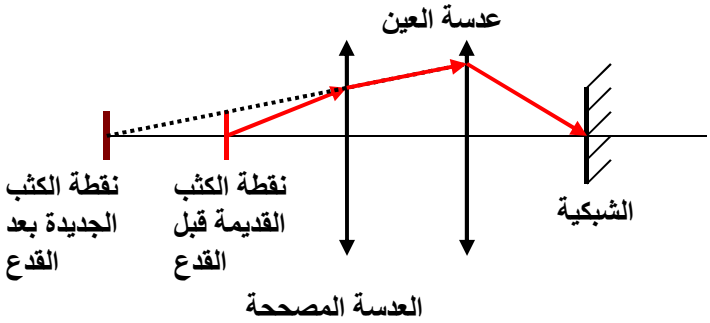
تفقد العضلات المتصلة بعدسة العين مرونتها مع تقدم السن. يصيب هذا المرض جميع العيون: السليمة والحسيرة والطامسة. يزداد هذا المرض مع تقدم سن الإنسان لأن تقلص العضلات التي تؤثر في عدسة العين تضعف فتتناقص سعة المطابقة وبالتالي تبتعد نقطة الكثب شيئا فشيئا ولا تعود العين ترى الأجسام القريبة منها بوضوح. تصحيح هذا المرض يتم بعدسة رقيقة مقربة ملائمة (الشكل 6.5).

4.5 – الأجهزة البصرية.

1.4.5 – المقدمة.

تنقسم الأجهزة البصرية إلى قسمين رئيسيين :

أولا: أجهزة تستعمل لمشاهدة الأجسام القريبة مسافتها أصغر من المسافة الصغرى لرؤية الواضحة مثل المجهر البسيط (



الشكل 6.5

المكبرة) والمجهر المركب

(المجهر).

ثانيا: أجهزة تستعمل لمشاهدة الأجسام البعيدة مسافتها أكبر من المسافة العظمى للرؤية الواضحة مثل النظارة الفلكية والراصدة.

2.4.5 – إحكام الأجهزة البصرية (Mise a point)

إن إحكام الأجهزة البصرية يعني جعل الجسم على بعد منها بحيث يمكن للعين أن ترى خياله بوضوح تام عبر هذا الجهاز أي أن يقع هذا الخيال في مجال الرؤية الواضحة.

أ – إذا وقع الخيل عند نقطة الكثب نقول إحكام في نقطة الكثب.

ب – أما إذا وقع الخيال عند نقطة المدى نقول إحكام في اللانهاية.

3.4.5 – تضخيم الأجهزة البصرية.

يعرف بالعلاقة : $\left[G = \frac{\alpha'}{\alpha} \right]$ [1.5]

حيث يمثل :

أ- α زاوية أبصار الجسم بالعين المجردة وهو في نقطة الكثب.

ب- α' زاوية أبصار الجسم عبر الجهاز البصري.

4.4.5 – استطاعة (قوة) الأجهزة البصرية.

تعرف كما يلي :

$$\left\{ P = \frac{\alpha'}{y} \right\} (2.5)$$

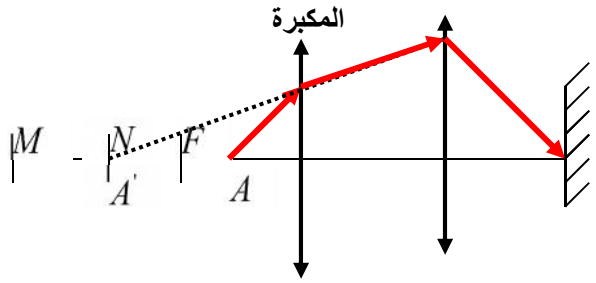
حيث y هو طول الجسم الأصلي.

5.5 – المجهر البسيط (المكبرة).

1.5.5 – تعريف المكبرة.

هي جملة عدسات متمركزة مكافئة لعدسة رقيقة مقربة بعدها المحرقي صغير (من رتبة آحاد السنتمترات). تشكل المكبرة للجسم المفحوص خيلا وهميا وأكبر منه تراه العين من خلال قطر ظاهري α' أكبر من α.

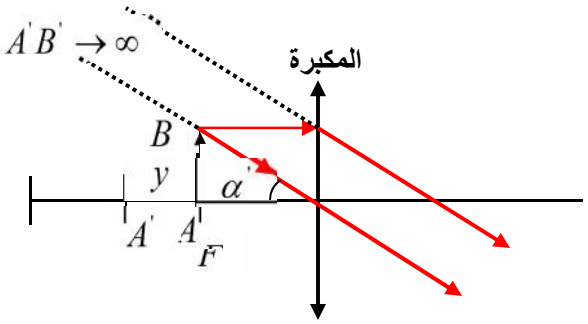
2.5.5 – إحكام المكبرة في نقطة الكثب.



الشكل 7.5

إذا وقع الخيال A' في نقطة الكثب ، اضطرت العين للقيام بأقصى مطابقة فيصيبها التعب إذا طال فحص الجسم.

3.5.5 – إحكام المكبرة في اللانهاية.



الشكل 7.5

نلاحظ حسب الشكل 7.5 :

$$\left\{G_{\infty}=\frac{\alpha_{\infty}^{'}}{\alpha}=\frac{d}{f}\right\}(3.5)\Leftarrow\left\{tg\alpha^{'}=tg\alpha_{\infty}^{'}\cong\alpha_{\infty}^{'}=\frac{y}{f}\right\}$$

التضخيم التجاري للمكبرة:

$$\left\{G_C=\frac{25.10^{-2}}{f}=\frac{1}{4f}\right\}(4.5)$$

استطاعة المكبرة:

$$\left\{G_C=\frac{P_{\infty}}{4}\Leftarrow P_{\infty}=\frac{\alpha_{\infty}^{'}}{y}=\frac{1}{f}\right\}(5.5)$$

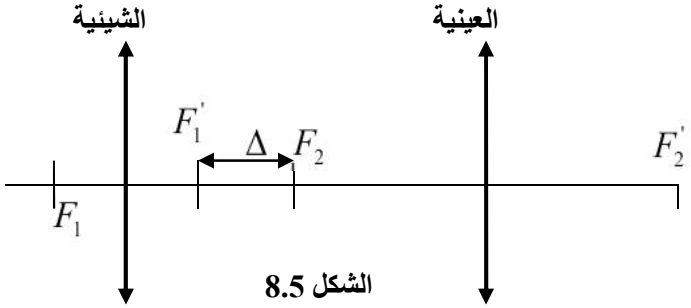
6.5 – المجهر.

1.6.5 – تعريف المجهر.

يتكون المجهر من جملتين من العدسات المتمركزة:

أ – تسمى القريبة من الجسم : الجسمية (الشيئية) . تكافئ الجسمية عدسة مقربة بعدها المحرقي من رتبة آحاد المليمترات .

- ب – وتسمى القريبة من العين : العينية. وتكافئ العينية عدسة مقربة بعدها المحرقي من رتبة آحاد السنتمترات .
- تكون الجسمية للجسم المفحوص (الجسم الأصلي) خيالا حقيقيا وأكبر منه ومقلوب ويقع بين المحرق

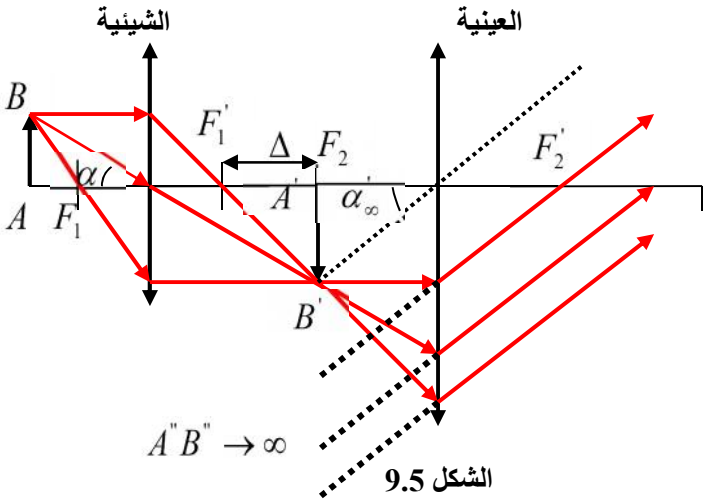


الشكل 8.5

الجسمي F_2 للعينية ومركزها البصري.

- تشكل له العينية خيالا وهميا وصحيحا وأكبر منه ويقع في مجال الرؤية الواضحة للعين فترى العين الخيال النهائي خلال قطر ظاهري $\alpha^{'}$ أكبر بكثير من القطر الظاهري α .

2.6.5 – إحكام المجهر في اللانهاية.



الشكل 9.5

3.6.5 – استطاعة المجهر:

$$\left\{P = \frac{\alpha'}{y} = \left(\frac{\alpha'}{y'}\right)\left(\frac{y'}{y}\right) = P_2 . m_{t1}\right\} (6.5)$$

$P_2 = \frac{\alpha'}{y'}$: استطاعة العينية

$m_{t1} = \frac{y'}{y}$: التكبير العرضي للشيئية.

4.6.5 – تضخيم المجهر.

$$G_C = \frac{P_\infty}{4} \Leftarrow \left\{G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \left(\frac{\alpha'}{y}\right)\left(\frac{y}{\alpha}\right) = P.d\right\} (7.5)$$

7.5 – النظارة الفلكية.

1.7.5 – استعمالها.

تستخدم النظارة الفلكية في فحص الأجسام السماوية مثل النجوم والكواكب التي تبتعد عن الأرض بمسافات كبيرة جدا.

2.7.5 – تركيب النظارة الفلكية.

تتكون النظارة الفلكية من جملتين من العدسات المتمركزة:

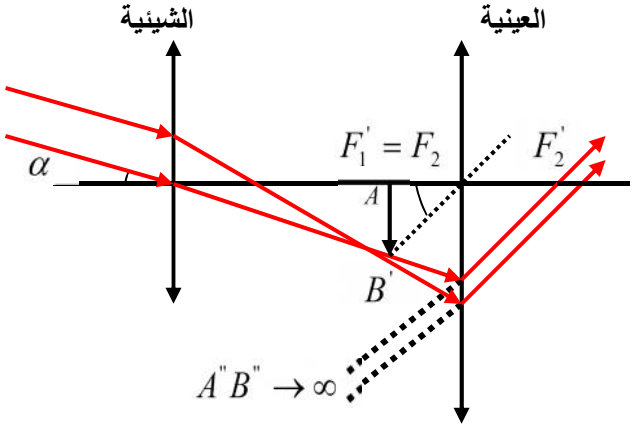
أ – تسمى القريبة من الجسم : الجسمية (الشيئية) . تكافئ الجسمية عدسة مقربة بعدها المحرقي كبير .

- ب – وتسمى القريبة من العين : العينية. وتكافئ العينية عدسة مقربة بعدها المحرقي صغير .

3.7.5 – إحكام النظارة الفلكية في مالا نهاية.

نستنتج من الشكل 10.5 ما يلي :

$$\left\{G_\infty = \frac{\alpha'_\infty}{\alpha} = \frac{-\frac{A'B'}{f_2}}{-\frac{A'B'}{f'_1}} = \frac{f'_1}{f_2}\right\} (8.5)$$



الشكل 10.5

8.5 – الراصدة.

1.8.5 – الإضاءة العظمى للخيال في النظارة الفلكية.

حيث : $2R$ يمثل قطر فتحة الجسمية.

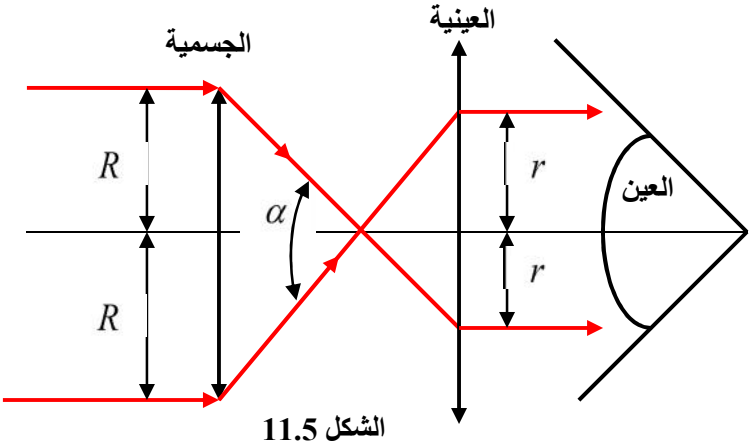
$2r$ يمثل قطر بؤبؤ العين.

من الشكل 11.5 نستنتج ما يلي :

$$\left\{ tg\frac{\alpha}{2} = \frac{R}{f_1'} = \frac{r}{f_2} \right\} (9.5)$$

من العلاقة (8.5) :

$$\left\{ G_\infty = \frac{f_1'}{f_2} = \frac{2R}{2r} \right\} (10.5)$$



الشكل 11.5

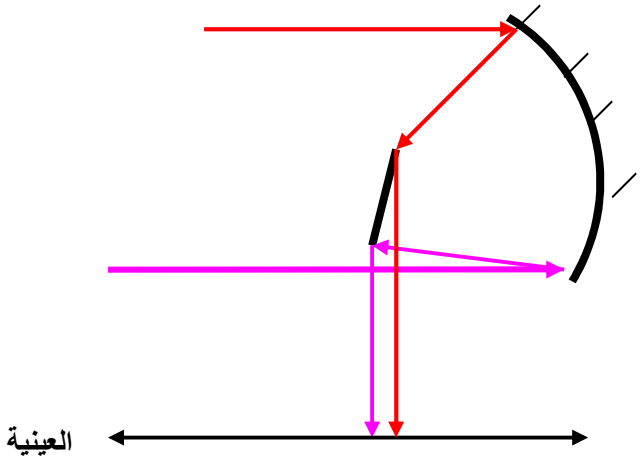
ولما كانت شدة الضوء الواردة على العين تتناسب مع $(2r)^2$ وكانت ما يسقط على من خلال النظارة الفلكية يتناسب مع $(2R)^2$ فإن نسبة شدة إضاءة الخيل تعطى كما يلي:

$$\left\{ G_\infty^2 = \left(\frac{2R}{2r} \right)^2 \right\} (11.5)$$

يتبين لنا من العلاقة (11.5) أن شدة إضاءة الخيال تزداد كثيرا بازدياد قطر فتحة الجسمية. لذلك نسعى إلى جعل هذا القطر أكبر ما يمكن إلا أن صنع عدسة جسمية ذات فتحة كبيرة ليس بالأمر الهين بسبب صعوبة تحقيق التجانس في زجاجها وتخفيف الزيغ اللوني.

فلزياد فتحة الجسمية والتخلص من الزيغ اللوني ، نلجأ إلى استعمال جملة مرايا تصنع خصيصا لهذا الغرض ويطلق على هذه النظارة حينئذ اسم : الراصدة.

نكتفي هنا بالإشارة إلى جسمية نيوتن التي تتكون من مرآة مقرة ومرآة مستوية كما يوضح الشكل 12.5



الشكل 12.5