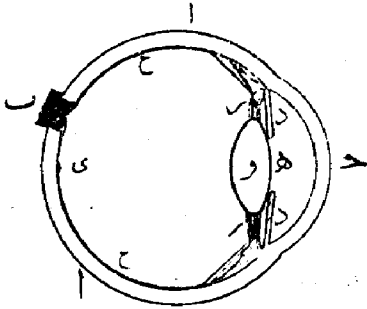


العين وآلات الابصار المألوفة

٨٥ - العين

عين الانسان تكاد تكون كرية الشكل يحيط بها من الخلف حول مايقرب من خمسة أسداس



سطحها غلاف صلب معتم يسمى «الصلبة»⁽¹⁾ (1) (شكل

٦٨) يخرقه من الخلف العصب البصري^(٢) (ب) ويكسو

سدسها الامامی غطاء شفاف محدب يسمى القرنية^(٢) (>)

هو بمثابة الجزء الأمامي من الصلبة ومن خلف القرنية

حاجز معتم يسمى «الحدقة»^(٤) أو «القرحية» (د)

يختلف لونه باختلاف الأشخاص وبالحدقة فتحة مستديرة قابلة للاتساع والضييق تسمى « انسان

العين،^(٥) (هـ) ومن خلف الحدقة عدسة محدبة الوجهين وجهها الخلفي أكثر تحدبا من وجهها

الامامى تسمى « العدسة الجليدية »^(٦) أو « البلورية » (و) وهذه العدسة متصلة عند حافتها

بعضلات^(٧) (ر) قابلة للتقلص والارتخاء.

والمكان المحصور بين القرنية والعدسة الجليدية مملوء بسائل شفاف يشبه الماء يسمى «الطوبة

المائة^(٨) أو « السائل المائي » والمكان الموجود خلف العدسة الجليدية مملوء بسائل يسمى

«الربوطة الجلدية»^(٩)، أو «السائل الزجاجي». والجزء الداخلي من العين مبطن بغشاء نصف شفاف

تتكون من ألياف عصبية هي أطراف العصب البصري وامتداداته وهذا الغشاء حساس

Iris (1)	Cornea (2)	Optical Nerve (2)	Sclerotic (1)
Ciliary Muscles (2)		Crystalline Lens (1)	Pupil (2)
Vitreous Humour (1)			Aqueous Humour (2)

بالضوء ويسمى « الشبكية » ^(١) (ح)

والعين تكاد تكون كرية الشكل لولا الانبعاج الحادث في القرنيه والمستقيم الواصل بين المرز البصرى للعدسة الجليدية ومنتصف القرنيه يسمى « محور العين » وهو يكاد يكون محور تماثل لجميع أجزاء العين. وفي منتصف الشبكية نقطة مستديرة صفراء اللون تكاد تقع على المحور تسمى « النقطة الصفراء » ^(٢) (ي) وهي شديدة الاحساس أو التأثر بالضوء، اذا تكونت عليها صور المرئيات كان ابصار المرئى واضحاً جلياً، وبالقرب من النقطة الصفراء وفي ناحية الأنف منها نقطة هي الموضع الذى ينبسط عنده العصب البصرى مكونا الشبكية وهذه النقطة عديمة التأثر بالضوء وتسمى « النقطة العمياء » ^(٣)

والعين السليمة يكون في المتوسط نصف قطر تكور القرنية فيها ثمانية مليمترات ونصف قطر تكور السطح الامامى من العدسة الجليدية عشرة مليمترات ونصف قطر تكور سطحها الخلفى ستة مليمترات والبعد بين القرنية والسطح الامامى للعدسة الجليدية أربعة مليمترات وسمك هذه العدسة أربعة مليمترات والبعد بين سطحها الخلفى والشبكية ثلاثة عشر مليمتراً وتقع النقطة العمياء على بعد قدره مليمترا ونصف المليمتر من النقطة الصفراء وذلك كله بالتقريب والعدسة الجليدية مركبة من طبقات مختلفة الكثافة ومعامل انكسار الضوء فيها يساوى بالتقريب ١,٤٥ وهو فى الرطوبتين المائية والجليدية يساوى بالتقريب ١,٣٤

٨٦ — عمل العين وتكيفها

وتحدث الرؤية عندما تتكون للمرئى صورة حقيقية مصغرة مقلوبة على الشبكية وتتكون هذه الصورة بانكسار الأشعة خلال الاجزاء الشفافة التى تتركب منها العين فهى فى مجموعها تعمل عمل عدسة لامة تحدث بوساطتها هذه الصورة. فاذا تكونت الصورة تأثرت الشبكية فانتقل التأثير بوساطة العصب البصرى الى المخ فيدرك الانسان روية المرئى . وعمل الحدقة فى هذا تعيين مقدار الضوء النافذ الى داخل العين . فاذا كان الضوء شديداً ضاق انسان العين واذا

كان ضعيفاً اتسع حتى ينفذ منه الى داخل العين القدر المناسب

والصورة التي تحدث على الشبكية مقلوبة وانقلابها يؤدي الى ادراك النفس اعتدال المرئى كما أن اعتدالها يؤدي الى ادراك النفس انقلاب المرئى ويمكن توضيح هذا بتجربة بسيطة . فاذا ثقت قطعة من الورق المقوى بدبوس ووجهت العين نحو ضوء السماء مثلاً ثم وضعت قطعة الورق بالقرب من العين على بعد بضعة سنتيمترات منها بحيث يقع عليها الضوء النافذ من ^{نفس} الدبوس ثم أتى بدبوس ووضع بين الثقب والعين بحيث يكون معتدلاً ورأسه عند المستقيم الواصل بين الثقب والعين فان بعض الضوء النافذ من الثقب يقع على الدبوس فيتكون للدبوس ظل معتدل يرمى جزء منه على الشبكية داخل الدائرة التي يقع عندها ضوء الثقب فيتراعى للانسان كأنه يرى داخل الثقب المضىء صورة مظلمة مقلوبة لرأس الدبوس تظهر كالمبين بشكل (٦٩)

ويمكن في التجربة ان يستبدل بالدبوس قطعة أخرى من الورق بها ثلاثة ثقوب صغيرة تكون فيما بينها مثلثاً صغيراً متساوى الاضلاع يقع في دائرة أصغر من دائرة انسان العين . فتوجه العين نحو ضوء كضوء السماء وتوضع القطعة ذات (شكل ٦٩) الثقب الواحد على بعد بضعة سنتيمترات منها وتوضع القطعة ذات الثقوب الثلاثة بينها وبين العين بحيث يقع بعض الضوء النافذ من الثقب الأول على الثقوب الثلاثة ومنها على العين فاذا كانت الثقوب الثلاثة على هيئة مثلث رأسه الى أعلى تراعى للانسان كأنه يرى ثقباً ثلاثاً على هيئة مثلث رأسه الى أسفل وهكذا

فشل هاتين التجربتين تبين أن الصورة المقلوبة على الشبكية تؤدي الى الذهن معنى المرئى المعتدل والصورة المعتدلة تؤدي معنى المرئى المقلوب ولكن للخبرة الشخصية أثراً كبيراً في تقدير الاعتدال أو الانقلاب في المرئيات . وقد أجريت تجارب استخدمت فيها عدسات على هيئة « نظارات » تجعل الصورة على الشبكية معتدلة واستعملت العدسات باستمرار مدة اسبوع أو أكثر فكان تأثير ذلك أن أصاب المحرب بادی الأمر دوار وفقدان للملكة ادراك المرئيات على حقيقتها ولكن ذلك زال بعد حين وصار يرى الأشياء معتدلة حتى اذا هو هم بخلع هذه النظارات أصابه حيناً ما أصابه بادی الأمر ثم اعتاد مرة أخرى رؤية المرئيات معتدلة على حقيقتها .

واذا كانت الرؤية نتيجة حدوث صورة مصغرة مقلوبة على الشبكية وكانت العين في مجموعها تعمل عمل عدسة لامة تتكون بواسطتها هذه الصورة كان المنتظر اذا كان البعد البؤرى لهذه العدسة ثابتاً الا تتكون الصورة على الشبكية الا اذا وضع المرئى على بعد معين من العين ، واذا كان المنتظر الا ترى المرئيات بوضوح وجلاء الا اذا كانت على قدر هذا البعد من العين . ولكن العدسة الجليدية ليست ثابتة فهي قابلة للتغير بفعل العضلات المتصلة بحافتها فقد يزداد تحذب وجهها لا سيما الأمامى أو يقل وقد تزاح عن موضعها قليلا حتى تكون صورة المرئى الحادثة على الشبكية واضحة دقيقة وان تغير بعده عن العين . ويعرف هذا التغير الذى يطرأ على العدسة الجليدية للغاية المذكورة باسم « التكيف »^(١)

والعين غير المتكيفة تكون معدة لرؤية الجسم البعيد أى لاستقبال الأشعة المتوازية ولمها على الشبكية . فاذا أخذ الجسم البعيد يقرب أخذت العين بفعل العضلات المشار اليها تكيف وذلك بأن يزداد بوجه خاص تحذب وجهها الأمامى (اذ يقل نصف قطر تكوره من عشرة مليمترات الى ستة مليمترات فى حين أن نصف قطر السطح الخلفى قد لا ينقص بمقدار يتجاوز نصف المليمتر فى أثناء ذلك) بحيث تعمل العين عمل العدسة ذات البعد البؤرى المناسب لحدوث الصورة على الشبكية ويستمر هذا التكيف حتى يصير الجسم المرئى على بعد معين من العين يسمى « أدنى مدى الرؤية الجلية »^(٢) وهذا البعد يساوى فى المتوسط لذوى العيون السليمة حوالى الثلاثين سنتيمتراً فاذا دنا الجسم من العين أكثر من ذلك لا تكيف العين التكيف اللازم ويكون موضع الصورة الواضحة الدقيقة أبعد من الشبكية . وتكون الرؤية ليست واضحة جلية . فالعين السليمة قابلة لرؤية الجسم أياً كان بعده ما دام هذا البعد لا يقل فى المتوسط عن ثلاثين سنتيمتراً بالتقريب

٨٧ — العيوب الشائعة فى العيون

و(شيراً ما يكون بالعين عيب لا يتفق وما ذكر آنفاً والعيوب الشائعة ثلاثة هى ما نعتبر عنه

فيما يلي « بطول النظر »^(١) « وقصر النظر »^(٢) « واللانقطية »^(٣)

(أولاً) طول النظر وكيفية اصلاحه

فالعين السليمة غير المتكيفة تجمع الأشعة المتوازية على الشبكية ولكن اذا كان موضع تجمع هذه الأشعة أبعد من الشبكية سمي هذا « طول نظر ». وفي هذه الحالة لا يتأق للشخص الذي بعينه هذا العيب أن يرى الاجسام البعيدة من غير أن تكيف عينه وكلما دنا الجسم زاد التكيف ولكنه يصل الى نهايته قبل أن يبلغ الجسم أدنى مدى الرؤية الجلية واذن يكون أدنى مدى الرؤية الجلية لمن بعينه هذا العيب أطول من أدنى مدى الرؤية الجلية للعين السليمة فاذا رمزنا لادنى مدى الرؤية الجلية للعين السليمة بالحرف ∞ وكان الجسم على بعد e من العين المصابة بطول النظر فانها بالرغم من تكيفها لا تستطيع أن تجعل الصورة واضحة دقيقة على الشبكية ويكون الموضع الذي تتكون عنده هذه الصورة أبعد من الشبكية . فاذا أريد اصلاح هذا العيب كان حتما زيادة لم الاشعة حتى يكون موضع تجمعها على الشبكية لا خلفها . واذن كان حتما الاستعانة لتلك بعدسة لامة

ولتعيين البعد البؤرى لهذه العدسة نرمز لادنى مدى الرؤية الجلية بالنسبة الى هذه العين بالحرف e ولنفرض أن العين تعمل عمل عدسة تبعد عن الشبكية بمقدار n فالبعد البؤرى لهذه العدسة عند ما يبلغ التكيف نهايته (أى عند ما يكون الجسم على بعد e منها) هو n طبقاً للمعادلة

$$\frac{1}{e} - \frac{1}{n} = \frac{1}{\infty}$$

حيث يلاحظ أن اشارة e سالبة طبقاً للقاعدة

$$\left(\frac{1}{e} + \frac{1}{n} \right) - = \frac{1}{\infty} \therefore$$

والبعد البؤرى لمثل هذه العدسة في العين السليمة (حيث أدنى مدى الرؤية الجلية ∞)

هو n طبقاً للمعادلة

$$\left(\frac{1}{s} + \frac{1}{e}\right) - = \frac{1}{p}$$

فإذا أريد تركيب عدسة مركبة من عدسة العين التي بها طول نظر وعدسة أخرى يراد تعيين بعدها البؤرى ولنرمز له بالرمز p لكي تكون القطعة المركبة بعدها البؤرى p وجب أن يكون

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{e} = \frac{1}{s}$$

$$\frac{1}{p} + \left(\frac{1}{e} + \frac{1}{e}\right) - = \left(\frac{1}{s} + \frac{1}{e}\right) - \therefore$$

$$\frac{1}{s} - \frac{1}{e} = \frac{1}{p} \therefore$$

ويلاحظ هنا أنه نظراً لأن $e < s$ فإن البعد البؤرى للعدسة المطلوبة يكون سالبا فتكون العدسة لامة ويتعين بعدها البؤرى طبقاً للمعادلة الأخيرة

ويمكن تعيين البعد البؤرى بطريقة أخرى فالعين السليمة ترى الأشياء عند أدنى مدى الرؤية الجلية وهى على بعد s منها أما ذات النظر الطويل فإنها تراها على بعد e منها ($e < s$) فلكى يتسنى لها أن ترى الجسم الموضوع على بعد s جلياً وجب أن تتكون له صورة على بعد e منها واذن تكون العدسة اللازمة لاصلاح العيب هى التى تحدث هذه الصورة فإذا رمزنا لبعدها البؤرى بالرمز p فإن

$$\frac{1}{s} - \frac{1}{e} = \frac{1}{p}$$

حيث يلاحظ أن اشارتى كل من e و s موجبة لأن الصورة تتكون فى الجانب الموجود فيه الجسم من العدسة المطلوبة

ويلاحظ فى كلتي الطريقتين اعتبار أن العدسة المستخدمة موضوعة قريباً جداً من العين

(ثانياً) قصر النظر وكيفية اصلاحه

أما اذا كانت العين غير المتكيفة تلم الأشعة المتوازية في موضع أقرب الى العدسة الجليدية من الشبكية سمي هذا « قصر نظر » وفي هذه الحالة لا تكون العين صالحة لرؤية الجسم البعيد ولكن نظراً لأنه اذا قرب الجسم من العدسة أخذت صورته تبعد عنها فان الجسم البعيد اذا أخذ يقرب فانه يبلغ موضعاً من العين تقع فيه صورته على الشبكية وفي هذه الحالة تراه العين جلياً فاذا زاد الجسم قربا الى العين تكيفت العين وصار من جراء هذا التكيف أن صورته تحدث على الشبكية ويبلغ عادة تكيف العين نهايته اذا بلغ الجسم موضعاً بعده عن العين أصغر من أدنى مدى الرؤية الجلية

ويتضح من هذا أن للعين المصابة بقصر النظر مدى أقصى يجب ألا يتعداه الجسم (في حين أن العين السليمة أقصى مداها غير محدود) كما أن أدنى مدى الرؤية الجلية لها أصغر منه للعين السليمة

ولاصلاح هذا العيب يستعان بعدسة تجعل الأشعة المتوازية التي تجمعها العين في موضع أقرب الى العدسة الجليدية من الشبكية تجمعها وتفترق قليلاً لكي تتجمع على الشبكية . واذن تكون هذه العدسة عدسة مفرقة . ولتعيين البعد البؤرى لهذه العدسة نفرض كما في الحالة الأولى أن العين تعمل عمل عدسة بعدها عن الشبكية e ، أو بتعبير آخر ولو أنه غير دقيق نفرض أن البعد بين عدسة العين والشبكية e ، فاذا رمزنا لأقصى مدى الرؤية الجلية للعين القصيرة النظر بالحرف e وللبعد البؤرى للعدسة التي تعمل العين عملها وهي غير متكيفة بالرمز n ، فان

$$\frac{1}{e} - \frac{1}{n} = \frac{1}{n} \quad (1)$$

أما في العين السليمة فان البعد البؤرى يكون مساوياً e ، واذن تكون العدسة المطلوبة هي التي اذا ركبت مع العين تكون عدسة مركبة بعدها البؤرى e ، فاذا رمزنا للبعد البؤرى للعدسة المطلوبة بالرمز n يكون

$$\frac{1}{\epsilon} - \frac{1}{\epsilon'} = \frac{1}{\epsilon} + \frac{1}{\epsilon''}$$

وبالتعويض من المعادلة (١) يتضح أن

$$\frac{1}{\epsilon} = \frac{1}{\epsilon''}$$

واذن تكون العدسة المطلوبة مفرقة (بعدها البؤرى موجب) ويكون بعدها البؤرى مساوياً أقصى مدى الرؤية الجلية

ويمكن الوصول الى هذه النتيجة باعتبار آخر . فنظراً لأن أقصى مدى الرؤية الجلية هو المدى الذى لا ترى العين المصابة بقصر النظر المرئى جلياً اذا تجاوزه ، فإن العدسة التى تلزمه لاصلاح هذا العيب هى التى تجعل للجسم البعيد جداً صورة على بعد من العين يساوى أقصى مدى الرؤية الجلية وفى الجانب الموجود فيه الجسم من العدسة فتكون عدسة مفرقة بعدها البؤرى يساوى هذا المدى

وبلاحظ هنا أيضاً أن العدسة المستخدمة تعتبر موضوعة قريباً جداً من العين واستعمال هذه العدسة يغير أدنى مدى الرؤية الجلية للعين فاذا رمزنا لادنى مدى الرؤية الجلية بالرمز ϵ فإن العين وهى فى نهاية تكيفها من غير استعمال العدسة تحدث صورة على الشبكية للجسم الذى يبعد عنها بمقدار ϵ أى يكون البعد البؤرى للعدسة التى تعمل العين عماها هو ϵ طبقاً للمعادلة

$$\frac{1}{\epsilon} - \frac{1}{\epsilon} = \frac{1}{\epsilon''}$$

واذن عند استعمال العدسة المفرقة (التى بعدها البؤرى ϵ) يكون البعد البؤرى للربة هو ϵ طبقاً للمعادلة

$$\frac{1}{\epsilon} - \frac{1}{\epsilon} - \frac{1}{\epsilon} = \left(\frac{1}{\epsilon} + \frac{1}{\epsilon} \right) - \frac{1}{\epsilon} = \frac{1}{\epsilon''}$$

ولكى تحدث هذه العدسة المركبة صورة على بعد e ، منها وجب أن يكون بعد الجسم عنها هو s طبقاً للمعادلة

$$\frac{1}{s} - \frac{1}{e} = \frac{1}{f} - \frac{1}{e} - \frac{1}{e}$$

$$\frac{1}{s} - \frac{1}{e} = \frac{1}{e}$$

فقيمة s اذن أكبر من e ، فيكون أدنى مدى الرؤية الجلية مع استعمال العدسة اطول منه عند عدم استعمالها

ويمكن الوصول الى هذه النتيجة نفسها على حسب الاعتبار الآتى . فبما أن أدنى مدى الرؤية هو e ، وجب عند استعمال العدسة المفرقة أن يوضع الجسم على بعد منها بحيث تتكون صورته على بعد e منها (ومن العين نظراً لأنهما متقاربان جداً) حتى يمكن رؤيتها بجلاء فاذا رمزنا لهذا البعد بالحرف s وجب أن يكون

$$\frac{1}{s} - \frac{1}{e} = \frac{1}{e}$$

$$\frac{1}{s} - \frac{1}{e} = \frac{1}{e} \text{ واذن}$$

(ثالثاً) اللانقطية : الاستجماتزم

وقد لا يكون تكور القرنية (وفي بعض الحالات تكور القرنية والعدسة الجليدية) تكوراً منتظماً فالقرنية اذا كانت كرية كانت أنصاف أقطار جميع المقاطع المارة بالمحور متساوية اما اذا لم يكن سطحها كريباً ، وفرضنا سهولة الشرح أن نصف قطر المقطع الأفقى المار بالمحور أطول من نصف قطر المقطع الرأسى أى تحذب المقطع الأفقى أصغر من تحذب المقطع الرأسى يترتب على هذا أن يكون البعد البؤرى للعين بالنسبة الى الأشعة الواقعة فى مستوى أفقى أطول منه بالنسبة

الى الأشعة الواقعة في مستوى رأسى فلا تكون هناك نقطة واحدة تلم فيها الحزمة الأفقية والحزمة الرأسية ويسمى هذا « باللانقطية » . فاذا نظرت العين الى خط أفقى على بعد معين منها فان موضع الصورة لا يكون عند موضعها اذا كان الخط رأسياً وعلى البعد نفسه

ويمكن اختبار وجود هذا العيب في العين اذا نظر بها دون الأخرى الى صفحة من الورق مسطرة بخطوط متوازية موضوعة على أدنى مدى الرؤية الجلية بحيث ترى الخطوط بوضوح وجلاء فاذا شوه عند ادارة الصفحة من غير أن يغير بعدها عن العين، أن الخطوط المتوازية تظهر واضحة جلية في موضع ولا تظهر كذلك في موضع آخر كان ذلك دليلاً على وجود اللانقطية

ولاصلاح اللانقطية تستعمل عدسة اسطوانية فاذا كان المقطع الأفقى أصغر تحديداً من المقطع الرأسى كما فرضنا فيما سبق توضع العدسة الأسطوانية بحيث يكون محورها رأسياً لكي يعوض انحناء سطحها ما ينقص من انحناء المقطع الأفقى للقرنية وهكذا

« الديوبتر »^(١)

العدسات التي تستعمل لاصلاح عيوب العين تعين عند أطباء العيون وصناع العدسات لا يبعدها البؤرى كما في البحوث النظرية وانما « بدرجتها أو قوتها »^(٢) وتقدر درجة العدسة بما يسمى « الديوبتر » والديوبتر هو مقلوب البعد البؤرى اذا قيس البعد البؤرى بالمتر فنحسب العدسة التي بعدها البؤرى متر يقال أن درجتها أو قوتها ديوبتر واحد وتلك التي بعدها البؤرى متران يقال ان درجتها نصف ديوبتر وتلك التي بعدها البؤرى نصف متر فدرجتها ديوبتران وهكذا

والعدسات اللامة في اصطلاح الاطباء وصناع العدسات تسمى موجبة والعدسات المفرقة

تسمى سالبة

٨٨ — بعض الامور الهامة المرتبطة بالعين وبالأبصار

النقطة العمياء

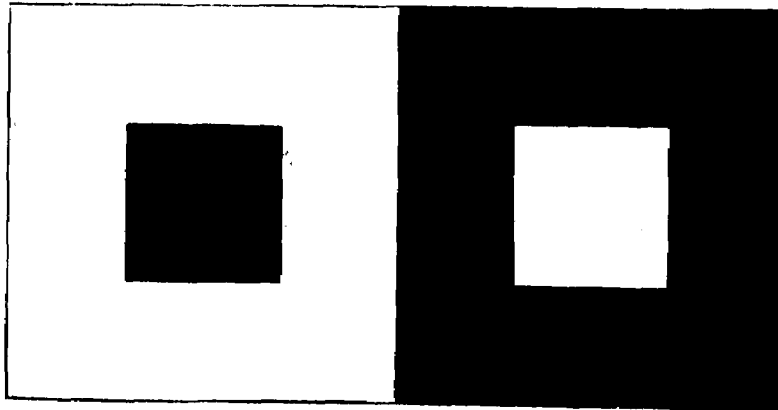
ذكرنا في وصف العين أن الرؤية تكون جلية واضحة اذا وقعت الصورة على النقطة الصفراء من الشبكية في حين أن هناك نقطة لا تتأثر بالضوء تسمى النقطة العمياء ويمكن بيان

وجود هذه النقطة بتجربة بسيطة ، فإذا اخذت قطعة من الورق الأبيض ورسمت عليها دائرة صغيرة قطرها بضعة مليمترات وظللت الدائرة ثم رسمت على بعد عشرة سنتيمترات منها دائرة أخرى أو نجمة أو أية علامة مناسبة ومسكت قطعة الورق أمام العينين بحيث يكون المستقيم الواصل بين الدائرة والعلامة أفقياً وبحيث تقع العلامة أمام العين اليسرى مثلاً وتقع الدائرة أمام العين اليمنى ثم أغمضت العين الأولى وهي اليسرى فرضاً ووجهت الأخرى الى العلامة ثم أبعدت قطعة الورق أو قربت فانه يشاهد أن الدائرة تختفي في وضع خاص حيث تقع صورتها في هذا الوضع على النقطة العمياء في العين اليمنى وبالمثل يمكن إعادة هذه المشاهدة بالنسبة الى العين الأخرى

انبساط الاثر على الشبكية

ومن صفات الشبكية أن التأثير الحادث فيها بفعل الضوء غير مقصور على موضع وقوع الضوء بل ينسبط الى ما حوله قليلاً فإذا لمت أشعة الضوء في نقطة مثلاً على الشبكية لا يكون التأثير الحادث مقصوراً على هذه النقطة بل يمتد الى ما حوها قليلاً ويصير الجزء المتأثر مساحة صغيرة ونعبر عن هذا بانبساط الاثر ^(١)

ويتوقف على انبساط الاثر حدوث مثال من أمثلة خداع البصر فإذا رسم على صفحة من



(شكل ٧٠)

الورق الأبيض
مربعان متساويان
أحدهما بجوار الآخر
(شكل ٧٠) ودهن
أحدهما بدهان أسود
وترك الآخر أبيض
ثم أحيط الأسود

باطار أبيض وأحيط المربع الأبيض باطار أسود وكان الشكلان متماثلين تراهي للناظر اليهما أن المربع الأبيض أكبر مساحة من المربع الأسود وذلك لأن الاثر الحادث في الشبكية من صورة الجزء الأبيض يتجاوز حدود هذه الصورة الى الاجزاء المحيطة به من الشبكية

استمرار تأثير الشبكية

ومن صفات الشبكية أن التأثير الحادث فيها بفعل الضوء لا يزول فجأة إذا انقطع الضوء الواقع عليها فجأة وإنما يدوم التأثير برهة من الزمن بعد انقطاع الضوء المؤثر . وهذه الصفة يعبر عنها « باستمرار التأثير » أو « استمرار الرؤية »^(١) واستمرار التأثير يدوم مدة تتراوح بين جزء من خمسين جزءاً وجزء من ثلاثين جزءاً من الثانية ولا بد لحذوئه من أن يدوم الضوء المؤثر مدة من الزمن تختلف تبعاً لاختلاف شدته

ويتوقف على هذه الصفة ظواهر عدة تشاهد في الحياة منها أنه إذا أدير قرص مقسم إلى قطاعات بعضها أبيض وبعضها أسود حول محوره بسرعة رؤى كأن لونه قائم منتظم أو إذا أدير ضوء أيا كان حول محيط دائرة بسرعة رؤى كأنه حلقة من نور . والتيارات الكهربية المستعملة في إضاءة المصابيح الكهربائية هي في العادة تيارات مترددة يبلغ ترددها في الثانية حوالي الأربعين في حين أن الضوء الحادث يرى كأنه منتظم مستمر غير متغير الشدة ولكن إذا حركت بسرعة عصاة مثلاً تحت ضوء مصباح منها رؤيت لها عدة صور منفصلة في مواضع متعددة . وتتوقف على استمرار التأثير نظرية الصور المتحركة فالصور التي ترتقى على الستار الأبيض صور فتوغرافية أخذت بالتتابع لجسم أو أجسام متحركة فتلبث كل صورة على الستار مدة تكفي لحدوث استمرار التأثير ثم تزول الصورة بسرعة وترتقى التي تليها وتبقى هي أيضاً مدة تكفي لحدوث الاستمرار وهكذا وتكون البرهة التي تمضي بين زوال الصورة ومجيء التي بعدها أقل من المدة التي يدومها استمرار التأثير

كلل الشبكية

وأجزاء الشبكية التي يقع عليها الضوء تكمل إذا دام الضوء مدة من الزمن ويعرف هذا بالكلل^(٢) فإذا نظر الإنسان بعين واحدة إلى مصباح كهربائي شديد وحول الطرف سريعاً نحو حائط أبيض شدة الاستضاءة على سطحه منتظمة كان تأثير الموضع الذي وقعت عليه صورة المصباح بالضوء الواقع من الحائط أقل من تأثير الأجزاء الأخرى به فيتراءى للناسر كأنه يرى

صورة مظلة للبصاح . وللتمييز بين الصورة المظلة التي ترى بتأثير الكل في هذه الحالة وبين الصورة المضئية التي ترى من جراء استمرار التأثير بعد انقطاع الضوء تسمى تلك بالصورة السالبة وتسمى هذه بالصورة الموجبة

النظر بالعينين الاثنتين ومجسمات الصور

ويرى الانسان المرئى مفرداً بالرغم من النظر اليه بالعينين الثنتين لوقوع الصورة التي تتكون على الشبكية في كل عين على جزءين متماثلين من الشبكية فتكونان في الحالتين على ابعاد متساوية ومواضع متماثلة من منتصف النقطة الصفراء . ويتقابل خط البصر بالنسبة الى احدى العينين وخط البصر بالنسبة الى الأخرى في النقطة التي يوجه اليها البصر من المرئى حتى اذا ازيحت كرة احدى العينين بالاصبع أو باجهد عضلى رؤى المرئى ثنائياً . وعندما ينظر الانسان الى جسم قريب بعينه الاثنتين فانه يجعل خطى البصر متقابلين في النقطة المنظورة من المرئى وهو بذلك يجهد العضلات المحركة لكرة العين اجهاداً يتغير تبعاً لتغير بعد المرئى عنه ويكون لاختلاف هذا الاجهاد أثره في تقدير الانسان مبلغ قرب الجسم منه أو بعده عنه

والصورة التي تتكون على الشبكية في احدى العينين تختلف بعض الاختلاف عن الصورة التي تتكون في الأخرى لاختلاف موضع احدى العينين عن موضع الأخرى بالنسبة الى المرئى وما يحيط به من المراتب ، ويتضح هذا اذا نظر الانسان الى منظر أياً كان باحدى عينيه مغمضاً الأخرى ثم بالثانية مغمضاً الأولى فانه يرى اختلافاً بيناً في مواضع الأجسام بعضها بالنسبة الى الآخر ويعزى الى اختلاف احدى صورتين عن الأخرى ادراك الانسان تجسم المراتب

وقد طبقت هذه الفكرة في صنع مناظير نسميها « مجسمات الصور »^(١) تتجسم بوساطتها الصور الفتوغرافية المسطحة وكثيراً ما تستخدم للتسلية. ونظريتها أن تصور صورتان فتوغرافيتان للجسم من موضعين مختلفين وذلك أما بوساطة آلة تصوير واحدة تلتقط صورة الجسم وهي في موضع معين ثم تلتقط صورة أخرى للجسم ذاته دون أن يتغير موضعه وهي في الموضع الثانى أو بوساطة آلة تصوير مزدوجة ذات عدستين منفصلتين بينهما مسافة تكون كل واحدة

منهما صورة خاصة للجسم تختلف بعض الاختلاف عن الصورة التي تكونها الأخرى فإذا طبعت الصورتان بالطريقة المعتادة ووضعت أحدهما بجوار الأخرى ونظر إلى الواحدة بأحدى العينين خلال عدسة مكبرة وإلى الأخرى بالعين الأخرى خلال عدسة مكبرة بحيث تحرف كل واحدة من العدستين الصورة التقديرية التي تكونها نحو الصورة التقديرية التي تكونها الأخرى اندمجت الصورتان وتكوّنت من اندماجهما صورة مجسمة بارزة للجسم

الزاوية الجليدية

والزاوية التي يصنعها المرئى عند العين أو عند العدسة الجليدية تسمى « الزاوية الجليدية » أو « زاوية الرؤية » (١) وهى تساوى أو تكاد تساوى الزاوية التي تصنعها الصورة الحادثة على الشبكية عند العدسة الجليدية فإذا كانت الزاوية الجليدية كبيرة تراهى المرئى كبيراً وإذا كانت صغيرة تراهى صغيراً والزاوية التي يصنعها جسم بعيد كمأذنة مثلاً عند العين تساوى بالتقريب ارتفاع الجسم مقسوماً على البعد بينه وبين العين فكلما بعد الجسم ظهر أصغر وقد يكون للاجهاد العضلى الذى يتطلبه تحريك العين عند ما يكتسح البصر جسماً من عاليه إلى سافله أو من أحد طرفيه إلى الآخر أثر فى تقدير كبر الجسم أو صغره هذا والانسان يحكم عادة على كبر الجسم أو صغره بالرجوع إلى شيئين أحدهما الزاوية التي يبصر منها وهى الزاوية الجليدية وثانيهما قربه أو بعده من العين . فإذا ظهر جسمان أحدهما بقرب الآخر وكانت الزاوية التي يبصر منها أحدهما مساوية مثلاً للزاوية التي يبصر منها الآخر وتوهم الانسان أو علم أن أحدهما أبعد تراهى له هذا اكبر . وقد علل الحسن بن الهيثم علة ظهور قرص القمر كبيراً وهو على الأفق أو بالقرب منه بهذه الكيفية

ويقدر الانسان بعد المرئى عنه اذا لم يكن قريباً بالرجوع إلى شيئين أحدهما الزاوية التي يبصر منها وثانيهما وجود اجسام أو مرئيات أخرى تقع بينه وبين المرئى البعيد . ففي السفر فى البحار يصعب على الانسان أن يقدر البعد بينه وبين الشاطئ إلا اذا حال بينهما بعض السفن وإذا أراد الانسان ان يقابل بين بعدين فإن انتظام بعض الاجسام أو المرئيات فى سمت

احدهما دون الآخر يؤثر تأثيراً كبيراً في صحة التقدير فالبعد بين a و b (شكل ٧١) والبعد بين b و c متساويان في حين انه يتراءى للناظر انهما ليسا كذلك



(شكل ٧١)

٨٩ - العدسة المكبرة ودرجة التكبير

من أبسط آلات الإبصار المستعملة لمعاونة العين على رؤية الاجسام الصغيرة عدسة التكبير المفردة وهي عدسة لامة تحدث للجسم الصغير صورة تقديرية مكبرة معتدلة ترى عند النظر خلال العدسة الى الجسم اذا كان بعده عن العدسة أقل من بعدها البؤرى

ودرجة تكبير العدسة تقدر بنسبة الزاوية الجليدية التي تصنعها الصورة التقديرية التي تحدثها العدسة الى الزاوية الجليدية اذا نظر الى الجسم بالعين المجردة ، فاذا ارئيد رؤية جسم صغير بالعين المجردة بحيث يظهر اكبر ما يمكن وجب وضعه اقرب ما يمكن من العين أى على بعد يساوى أدنى مدى الرؤية الجلية فاذا رمزنا لطول الجسم بالحرف a ولأدنى مدى الرؤية الجلية بالحرف e فان الزاوية الجليدية عندما ينظر الى الجسم بالعين المجردة وهو اكبر وأوضح ما يرى هي

$$e = \frac{1}{\theta}$$

واذا استخدمت عدسة بعدها البؤرى d وكان الجسم على بعد e منها حدثت صورة على بعد e' طبقاً للعادلة

$$\frac{1}{e} - \frac{1}{d} = \frac{1}{e'}$$

$$\frac{1}{e} - \frac{1}{e'} = \frac{1}{d} \quad \text{واذن}$$

ولما كانت نسبة طول الصورة الى طول الجسم كنسبة بعد الصورة الى بعد الجسم كان طول الصورة التي تحدثها العدسة مساوياً

$$\left(\frac{1}{j} - 1\right) = \frac{1}{e}$$

فاذا وضعت العين قريبة جداً من العدسة تكون الزاوية الجليدية التي تصنعها الصورة هي

$$\left(\frac{1}{j} - \frac{1}{e}\right) = \left(\frac{1}{j} - 1\right) \frac{1}{e}$$

وقيمة هذه الزاوية تختلف تبعاً لاختلاف قيمة e ، فلكي تكون الزاوية أكبر ما يمكن وجب أن تكون قيمة e أصغر ما يمكن واذن كان حتماً للحصول على أكبر الصور وأكثرها جلاء ووضوحاً أن تكون e مساوية e وفي هذه الحالة تكون الزاوية الجليدية هي

$$\left(\frac{1}{j} - 1\right) \frac{1}{e} = \left(\frac{1}{j} - \frac{1}{e}\right) = 0$$

واذن تكون درجة التكبير

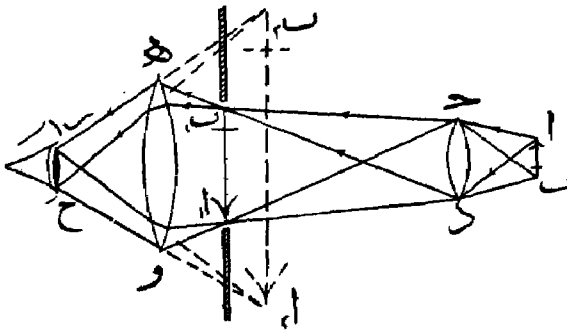
$$\frac{1}{j} - 1 = \frac{1}{e}$$

ومن هذه المعادلة يتضح أنه لكي تكون درجة التكبير أكبر من الواحد وجب أن تكون العدسة لامة أي يكون بعدها البؤري سالبا ولما صغرت قيمة البعد البؤري كانت درجة التكبير أعلى وتسمى أحيانا عدسة التكبير المفردة « الميكروسكوب البسيط »

٩٠ - الميكروسكوب المركب ودرجة تكبيره

يتركب هذا الجهاز في أبسط صورته من عدسة شبيثة تحدث صورة حقيقية مكبرة مقلوبة للجسم الصغير الذي يراد رؤيته ثم عدسة عينية تكبر هذه الصورة اذا نظر خلالها اليها فاذا فرضنا أن العدسة حد (شكل ٧٢) هي الشبيثة فان الجسم الصغير AB يوضع على بعد يتراوح بين البعد البؤري للشبيثة وضعفه فتحدث الصورة A_1B_1 على بعد منها أكبر من ضعف البعد البؤري أما العينية H و فتوضع بحيث تقع هذه الصورة على بعد منها أقل من بعدها البؤري فتتكون للصورة A_1B_1

صورة تقديرية مكبرة $ا ب$ تكون معتدلة بالنسبة الى $ا$ $ب$ ومقلوبة بالنسبة الى الجسم الاصل $ا ب$



(شكل ٧٢)

ويتبين في الشكل مسير الأشعة الواصلة

من $ا ب$ الى العين ولتعيين هذه الاشعة

تعين اولاً الصورة $ا ب$ ثم الصورة $ا ب$

فعند النظر الى $ا ب$ مثلاً يكون مخروط الاشعة

الواقعة على العين كأنه صادر من $ا ب$ وهو قبل

وقوعه على العدسة العينية آت من $ا ب$ وقد تجمع

عندها بعد نفوذه من العدسة الشيئية $ح د$ وكان واقعاً على الشيئية في الأصل من نقطة $ا$. ولذلك اذا

وصلت نقط تقابل المخروط $ا ب$ رح والمستوى الرئيسى للعدسة $ه$ ونقطة $ا$ ومدت هذه المستقيمت

حتى تقطع المستوى الرئيسى للعدسة $ح د$ ووصلت نقط تقابلها واياه بنقطة $ا$ تعينت مسيرات

الاشعة التي ترى العين بها $ا ب$ وهكذا بالنسبة الى أية نقطة أخرى

وبما يلاحظ في تركيب الميكروسكوب ان يخول اتساع كل من العدستين وقوع الاشعة

النافذة من الشيئية على العينية لكي تصل كلها بعد نفوذها من هذه الى العين فالاشعة الواقعة على

حافة العينية او بالقرب من حافتها ما كانت تصل الى العين لو كان اتساع العينية (البعد $ه و$)

اقل مما هو في الشكل . ويوضع عادة عند موضع تكون الصورة $ا ب$ حاجز ذو فتحة مستديرة

تخول وصول الاشعة التي تتكون من تجمعها اطراف الصورة (كالنقطتين $ا ب$ مثلاً) تخول وصولها

الى العينية وفائدته ان يحمل مجال النظر محدوداً ويتضح من الشكل ان الاشعة الصادرة من الحرف

الاعلى للشيئية $ا ب$ من نقطة $ح$ تتقابل بعد نفوذها من العينية في نقطة $ح$ وكذلك فالاشعة

الصادرة من نقطة $د$ تتقابل بعد نفوذها من العينية في نقطة $ر$ واذن $ح ر$ يمكن ان يعتبر

صورة حقيقية للعدسة الشيئية تحدث بفعل العدسة العينية وتكون هذه الصورة طبعاً مستديرة

ولكي تصل جميع الاشعة النافذة من العينية الى العين وجب أن توضع العين بحيث يكون

انسانها عند رح والصورة رح التي هي صورة العدسة الشيئية نسميها دائرة العين. وبعد الجهاز

عادة بحاجز ذي ثقب مستدير تساوى مساحته مساحة دائرة العين ويوضع بحيث ينطبق الثقب

على هذه الدائرة ويلاحظ عادة في اختيار العدسات ان تكون مساحة دائرة العين اصغر من مساحة انسان العين حتى يتحقق نفوذ جميع الاشعة الخارجة من العينية الى داخل العين والميكروسكوب الموصوف هنا هو أبسط صورة للميكروسكوب وسنرى في باب (١) آخر من هذا الكتاب لاسباب سيأتى بيانها فيه أن الشيئية أو العينية لا تكون عادة عدسة مفردة وانما تكون الواحدة منهما قطعة مركبة من عدستين أو أكثر وتسمى احدهما القطعة الشيئية والاخرى القطعة العينية

ولايجاد درجة تكبير الميكروسكوب نرسم لبعد الجسم a عن الشيئية بالحرف e ولبعد صورته a' منها بالرمز e' فتكون نسبة طول الصورة الى طول الجسم أى تكبير الشيئية $\frac{e'}{e}$ وبما أن درجة تكبير العينية $\frac{e}{e'}$ باعتبار أن e بعدها البؤرى وملاحظة أن اشارتها سالبة تكون درجة تكبير الميكروسكوب

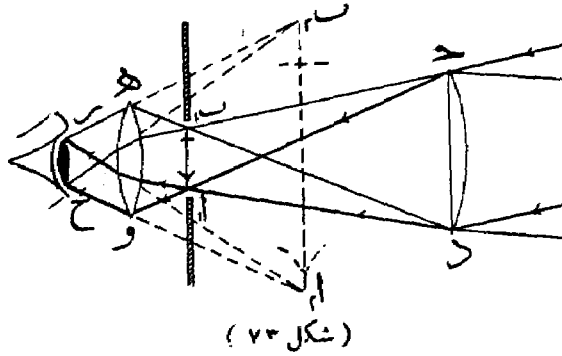
$$\left(\frac{e'}{e} - 1\right) \frac{e'}{e}$$

ومن هذا يتبين أن درجة تكبير الميكروسكوب تزداد كلما زادت e وصغرت e' فاذا كانت الشيئية ذات بعد بؤرى قصير ووضع الجسم على بعد منها وان كان أكبر من بعدها البؤرى ولكنه يكاد يساويه فإن درجة تكبير الميكروسكوب تكون كبيرة وكذلك فالتكبير يزداد تبعاً لصغر البعد البؤرى للعينية واذاً يلاحظ في الميكروسكوب أن تكون كل من الشيئية والعينية ذات بعد بؤرى قصير

٩١ - التلسكوب الفلكى ودرجة تكبيره

يتركب التلسكوب الفلكى (٢) فى أبسط صورته من شيئية لامة تحدث صورة حقيقية مصغرة مقلوبة للجسم البعيد وعينية تكبر هذه الصورة اذا نظر اليها خلالها فاذا فرضنا أن العدسة d (شكل ٧٣) هى الشيئية وكان الجسم بعيداً جداً من العدسة حدثت الصورة الحقيقية المصغرة المقلوبة a ب قريباً جداً من بؤرة الشيئية فاذا وضعت العينية e بحيث يكون بعد هذه الصورة عنها أقل من بعدها البؤرى حدثت الصورة التقديرية المكبرة a' ب وتكون معتدلة بالنسبة الى a ب ومقلوبة بالنسبة الى الجسم الاصلى

ويمكن بعد تعيين الصورة $ا ب$ والصورة $ا ب$ تعيين مسير الاشعة التي ترى العين بها صورة أية نقطة كما في الحالة السابقة مع ملاحظة أن الاشعة الواقعة على الشيئية تكاد تكون متوازية كما هو مبين بالشكل



ويوضع في التلسكوب حاجز ذو فتحة مستديرة عند موضع $ا ب$ لتحديد مجال النظر كما في الميكروسكوب ويلاحظ هنا أيضاً في اختيار العدستين أن يكون اتساع العدستين

بحيث تقع الاشعة النافذة من الشيئية على العينية ويمثل $ر ح$ صورة العدسة الشيئية التي تكون بفعل العينية ونسميها هنا أيضاً دائرة العين

والتلسكوب الموصوف هنا هو أبسط صورة للتلسكوب حيث تكون كل من الشيئية والعينية عدسة لامة مفردة

ولايجاد درجة تكبير التلسكوب نرمز لطول الجسم أو ارتفاعه بالحرف $ع$ ولبعده عن الشيئية بالحرف $ع$ ولبعد صورته عنها بالرمز $ع$ فيكون ارتفاع الصورة $ا ب$ أو طولها $ا ب$ فإذا رمزنا لبعد $ا ب$ عن العينية بالرمز $ع$ ولبعد $ا ب$ عنها بالرمز $ع$ فإن طول الصورة النهائي أو ارتفاعها يكون

$$\frac{ع}{ع} \cdot \frac{ع}{ع} = ١$$

وإذا وضعت العين قريبة من العينية تكون الزاوية الجليدية للصورة النهائية

$$\frac{ع}{ع} = ١$$

ولما كان الجسم الاصلى بعيداً جداً فبعده $ع$ عن الشيئية يمكن أن يعد مساوياً لبعده عن العين إذا نظر اليه بالعين المجردة واذن تكون الزاوية الجليدية إذا نظر الى الجسم بالعين المجردة

$$\frac{ع}{ع} = ١$$

فتكون درجة تكبير التلسكوب

$$\frac{1}{\epsilon} = \frac{1}{\epsilon}$$

ولما كان الجسم بعيداً جداً فإن قيمة ϵ تكاد تساوى البعد البؤرى للشيئية وليكن ϵ وبما أن العين غير المتكيفة تكون قابلة لاستقبال الأشعة المتوازية وتكون الأشعة النافذة من العينية متوازية إذا كانت قيمة ϵ مساوية للبعد البؤرى للعينية وليكن ϵ فإن درجة تكبير

$$\frac{1}{\epsilon} = \frac{1}{\epsilon}$$

ومنه يتضح أن التلسكوب الذى درجة تكبيره كبيرة يجب أن يكون البعد البؤرى للشيئية فيه كبيراً واذن يكون طوله (أى البعد بين الشيئية والعينية) كبيراً

٩٢ — إيجاد درجة تكبير كل من التلسكوب والميكروسكوب عملياً

يمكن استخراج درجة تكبير التلسكوب أو الميكروسكوب من المعادلة الدالة على ذلك إذا عرفت المقادير التى تتضمنها المعادلة وهناك طريقة عملية بسيطة يمكن بواسطتها إيجاد درجة التكبير

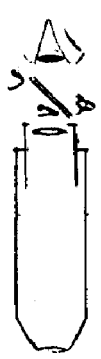
(أولاً) درجة تكبير التلسكوب

فلايجاد درجة تكبير تلسكوب بسيط كالذى يستعمل فى المعامل فى الشؤون المختلفة يمكن تهيئة مقياس طويل كمسطرة طولها متر فى وضع رأسى وعلى بعد طويل مناسب من التلسكوب فإذا عين على المقياس بعد مناسب بعلامتين يمكن رؤيتهما عن بعد بالعين من غير الاستعانة بالتلسكوب، ونظر الى المقياس خلال التلسكوب باحدى العينين ونظر اليه بالعين الأخرى رأساً، امكن بقليل من العناية وحصر الذهن أن تجعل صورة الجزء الذى يرى منه خلال التلسكوب منطبقة على العلامتين اللتين تريان بالعين الأخرى وقد يكون من اللازم تهيئة البعد بين عدستى التلسكوب الشيئية والعينية حتى اذا ازيمحت العين قليلاً نحو اليمين او الشمال لا تتحرك احدى الصورتين بالإضافة الى الأخرى بل تظل منطبقة عليهما . فاذا قيس البعد بين العلامتين

على المقياس وقدّر خلال التلسكوب البعد بين التدريجين اللذين تنطبق صورتاهما اللتان تريان خلال التلسكوب على العلامتين اللتين تريان بالعين رأساً **ك** كانت نسبة البعد الأول الى الثاني مساوية درجة تكبير التلسكوب فمثلاً اذا وجد ان صورة السنتيمتر الواحد من المقياس تكبر بواسطة التلسكوب بحيث ترى منطقة على البعد بين العلامتين وكان هذا البعد ١٥ سنتمترًا مثلاً فان درجة التكبير تكون ١٥ وهكذا

(ثانياً) درجة تكبير الميكروسكوب

وتطبق الفكرة السابقة بشيء من التعديل لايحاجد درجة تكبير الميكروسكوب. فيوضع مقياس دقيق (مقسم الى مليمترات او كسور المليمترات كما تقتضيه الحال) على قاعدة الميكروسكوب المعدة لوضع الاجسام الصغيرة عليها وتبدأ القاعدة بحيث تكون أفقية ويكون محور الميكروسكوب رأسياً ويهياً الميكروسكوب بتغيير البعد بين شيتته وعينته حتى ترى صورة المقياس بواسطة الميكروسكوب واضحة جلية . ثم يوضع مقياس آخر كمسطرة معتادة مثل ا ب (شكل ٧٤) في وضع رأسي

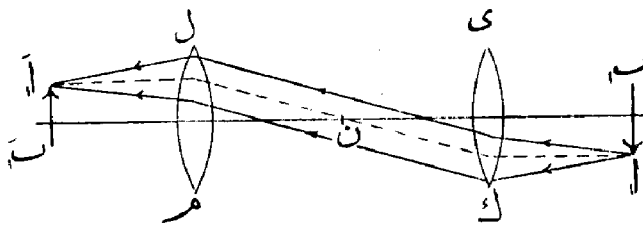


بحيث يكون منتصف المقياس حوالى المستوى الافقى المار بدائرة العين في عينية الميكروسكوب وهى المدلول عليها بنقطة **ج** فى الشكل وبحيث يكون بعد المقياس عن نقطة **ج** يساوى أدنى مدى الرؤية الجلية أى حوالى الثلاثين سنتمترًا . ثم يوضع لوح صغير من الزجاج مثل **د ه** فوق دائرة العين بحيث يميل بزاوية **هـ** على الافقى فاذا نظرت العين فى الوضع المبين بالشكل ترى أولاً صورة المقياس الدقيق أو صورة جزء منه خلال الميكروسكوب وثانياً صورة الجزء (شكل ٧٤) الاوسط من المقياس ا ب منعكسة عن سطح اللوح **د ه** وبشيء من العناية وحصر الذهن يمكن أن نجعل الصورتان منطبقتين كما فى الحالة الاولى فاذا قدر عدد أقسام المقياس الرأسى التى ترى منطقة على صورة قسم من أقسام المقياس الدقيق امكن استخراج درجة التكبير

٩٣ - التلسكوب الأرضي^(١)

التلسكوب الفلكي الذي سبق شرحه ترى بوساطته صورة الجسم البعيد مقلوبة وهذا لا يؤثر كثيراً في المشاهدات الفلكية ولكنه ليس من المناسب عند النظر الى جسم معتدل على سطح الارض ان ترى صورته مقلوبة . ولكي يطبق التلسكوب الفلكي للنظر به الى صور الاجسام الارضية تلحق به عادة عدستان تعتل بوساطتهما الصورة

فاذا فرضنا أن $أ ب$ (شكل ٧٥) هي الصورة الحقيقية المصغرة المقلوبة التي تحدثها الشيئية ووضعت العدسة اللامة $ي ك$ في الجانب الآخر من الصورة بحيث تكون $أ ب$



(شكل ٧٥)

على بعد منها يساوى بعدها البؤرى
فان الاشعة الملمومة في نقطة $أ$ اذا
وقعت عليها خرجت منها متوازية
كما هو مبين بالشكل ويمكن تعيين

مسيراتها اذا اعتبرنا أن الشعاع المرسوم مسيره نقطاً يقع من $أ$ موازياً للمحور فهو يخرج من العدسة $ي ك$ ماراً ببؤرتها $ن$ واذن تنفذ سائر الاشعة الواقعة من $أ$ على العدسة $ي ك$ موازية لمسير هذا الشعاع فاذا وضعت عدسة لامة أخرى $ل م$ بحيث تبعد عن نقطة $ن$ (بؤرة الاولى) بمقدار بعدها البؤرى فان الحزمة الواقعة عليها متوازية تخرج ملمومة في نقطة $أ$ تكون فوق المحور كما هو مبين بالشكل . ويمكن تعيين موضعها ، فالشعاع المرسوم مسيره نقطاً يقع على العدسة $ل م$ ماراً بنقطة $ن$ التي تبعد عنها بمقدار بعدها البؤرى فيخرج اذن منها موازياً للمحور فتكون نقطة $أ$ واقعة على امتداده بعد نفوذه من العدسة ونظراً لان الاشعة الواقعة على العدسة $ل م$ حزمة متوازية تكون النقطة التي تلم فيها على بعد من العدسة يساوى بعدها البؤرى فهي اذن على امتداد مسير الشعاع المذكور وتبعد عن العدسة $ل م$ بمقدار البعد البؤرى لها

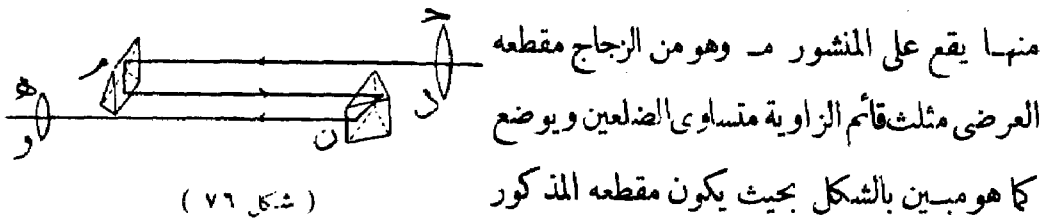
وبما سبق يتضح أنه اذا وضعت عدستان لامتان البعد بينهما يساوى مجموع بعدهما البؤريين بحيث تكون A, B الصورة الحقيقية المصغرة المقلوبة التى تكون بوساطة شيئية التلسكوب على بعد من احدهما يساوى بعدها البؤرى تكون بوساطة العدستين الصورة A', B' على بعد من الثانية يساوى بعدها البؤرى وتكون صورة حقيقية معتدلة فاذا وضعت عينة التلسكوب بحيث تقع A, B على بعد منها أقل من بعدها البؤرى ويكاد يساويه فان الصورة التى ترى بوساطة التلسكوب تكون معتدلة

وتسمى العدستان K, L اللتان تحولان بين الشيئية والعينية للغرض المذكور « العدستين العادلتين » (١)

٩٤ — المنظار ذو المنشورين

يتبين مما سبق أن زيادة درجة تكبير التلسكوب تتطلب اطالة البعد بين الشيئية والعينية ووضع العدستين العادلتين لكي تكون الصورة معتدلة يزيد أيضاً في طول التلسكوب وليس من المناسب أن يكون طول المنظار الذى يستعمل في الحياة العملية لرؤية الأجسام البعيدة كبيراً جداً . وقد أمكن صنع منظار قصير ذى درجة عالية في التكبير تكون الصورة التى ترى بوساطته معتدلة وذلك بإضافة منشورين من الزجاج يعكسان الضوء عكساً كلياً

وشكل (٧٦) يبين الفكرة الأساسية في هذا المنظار فالعدسة H تمثل الشيئية والضوء النافذ



موازي المستوى الورقة وبحيث يقع الضوء على وجهه المستطيل المقابل للقائمة فينعكس الضوء انعكاسين كليين (راجع بند ٤٩) ثم يسقط على منشور آخر N موضوع وحرفه عمودى على حرف الأول فينعكس فيه أيضاً انعكاسين كليين ويقع بعد ذلك على العينية H . فالمنشور الأول يقلب الاشعة المنعكسة فيه عاليها سافلها والمنشور الثانى يقلبها قلباً جانبياً وبذلك تكون الصورة الحادثة بفعل

الشيئية نظراً لوجود المنشورين صورة معتدلة فتكبرها العينية ه و فتظهر الصورة النهائية التي ترى
خلال الجهاز معتدلة كالجسم الاصلى

واذا وضع المنشور م قريباً من العينية والمنشور ن قريباً من الشيئية فان الضوء يقطع في مسيره
من الشيئية الى العينية طول المنظار ثلاث مرات. فوجود المنشورين يترتب عليه تقصير طول
المنظار الى الثلث بالتقريب

ويصنع المنظار ذو المنشورين في العادة مزدوجاً بحيث يتركب من منظارين ينظر الى الجسم
باحدى العينين خلال أحدهما وبالأخرى خلال الآخر

٩٥ - تلسكوب غاليلي^(١)

يتركب هذا المنظار من عدسة لامة تحدث صورة حقيقية مصغرة مقلوبة للجسم البعيد وعينية
من عدسة مفرقة توضع بين الشيئية والصورة الحقيقية المذكورة بحيث تكون هذه الصورة بمثابة
جسم تقديرى للعدسة المفرقة وتكون الصورة التى تحدثها هذه لهذا الجسم التقديرى صورة تقديرية
ولتوضيح هذا نفرض أن > د (شكل ٧٧) العدسة الشيئية وأن ا ب هى الصورة الحقيقية
المصغرة التى تحدثها الشيئية للجسم البعيد ولزيادة التوضيح نفرض أن هذا الجسم هو ا ب فاذا
وضعت العدسة ه و بين ا ب وبين العدسة اللامة > د أمكن اعتبار ا ب جسماً تقديرياً بالنسبة
الى العدسة المفرقة فاذا رمزنا للبعد البؤرى للمفرقة بالحرف ن وللبعد بينها وبين ا ب بالحرف ع
فان الصورة التى تتكون بوساطة المفرقة تكون على بعد ع منها طبقاً للعادلة

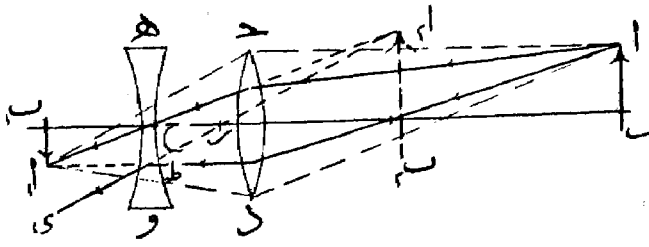
$$\frac{1}{\epsilon} - \frac{1}{\epsilon} = \frac{1}{n}$$

حيث يلاحظ أن إشارة ن موجبة وإشاره ع سالبة طبقاً لقاعدة الاشارات واذاً يكون

$$\frac{1}{\epsilon} - \frac{1}{n} = \frac{1}{\epsilon} \quad (١)$$

فتكون قيمة e موجبة اذا كانت $e < r$ وفي هذه الحالة تكون الصورة الحادثة بفعل العدسة المفرقة في الجانب الذى تقع منه الاشعة الحقيقية عليها اى تكون الصورة النهائية التى تحدث بفعل العدستين معاً صورة تقديرية

ويمكن توضيح هذه المسألة بطريقة الرسم وذلك بأن نعين أولاً الصورة a, b التى تتكون



(شكل ٧٧)

بفعل العدسة اللامة h فتكون جميع الاشعة التى تقع من a على العدسة اللامة متقابلة في نقطة a بعد نفوذها منها . فاذا وضعت

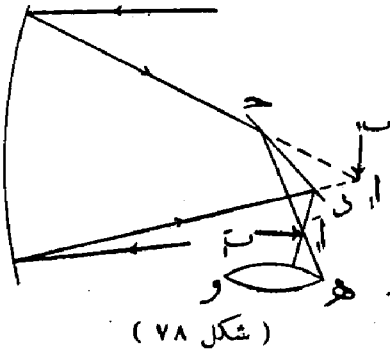
العدسة المفرقة h و بين العدسة اللامة وبين a, b فان مسيرات جميع هذه الاشعة تتغير ما عدا مسير شعاع واحد منها هو الذى يمر بالمركز البصرى للمفرقة ويكون المستقيم الواصل بين a وبين المركز البصرى للعدسة المفرقة وهو a هو مسير هذا الشعاع . ولتعيين مسير شعاع آخر بعد نفوذه من المفرقة نراعى الشعاع الذى يقع على المفرقة موازياً للمحور فهذا بعد نفوذه منها يخرج على امتداد r ط y باعتبار أن نقطة r هى بؤرة المفرقة ويتضح من الرسم أن الشعاعين h, a ط y لا يتقابلان فعلاً اذا كان بعد a, b عن المفرقة أكبر من بعدها البؤرى وفي هذه الحالة يتقابل امتداداهما في نقطة a وتكون الصورة تقديرية . أما اذا كان بعد a, b عن المفرقة أقل من بعدها البؤرى فانهما يتقابلان فعلاً في نقطة على يسار العدسة في الشكل وتكون الصورة حقيقية وفي منظار غاليلي توضع العدسة العينية وهى المفرقة بين الصورة a, b التى تحدثها الشيئية وبين الشيئية نفسها بحيث يكون بعدها (أى المفرقة) عن a, b أكبر من بعدها البؤرى ويكاد يساويه فتكون الصورة النهائية التى ترى خلال المنظار صورة معتدلة تقديرية ونظراً لان بعد هذه الصورة عن المفرقة أكبر من بعد a, b عنها (ويتضح هذا من الرسم أو من المعادلة « ١ » فان الصورة التى تحدثها المفرقة تكون بالنسبة الى الصورة a, b التى تحدثها الشيئية مكبرة

ويمتاز تلسكوب غاليلي ببساطة تركيبه وقصر طوله واعتدال صورته وهو يصنع عادة مزدوجاً

وكثيراً ما يسمى « منظار الاوبرا »

٩٦ - تلسكوب نيوتن^(١)

يتركب هذا التلسكوب من سطح كرى مقعرا كس يحدث للجسم البعيد صورة حقيقية مصغرة مقلوبة على بعد منه أكبر من البعد البؤرى ويكاد يساويه وأمام السطح الكرى العاكس سطح مستوي صغير عاكس موضوع على المحور ويميل عليه بزاوية قدرها ٤٥° ومتجه نحو السطح المقعر العاكس ويحول دون تجمع الأشعة المنعكسة عن هذا السطح في الصورة الحادثة على المحور فإذا فرضنا أن السطح المقعر يحدث الصورة الحقيقية A_1B_1 (شكل ٧٨) لو لم يكن السطح المستوي



(شكل ٧٨)

العاكس C د موجوداً فإن هذا السطح يعكس الأشعة الواقعة عليه والتي كانت تتقابل في نقطة A_1 بحيث يجعلها تتقابل في نقطة A_2 أمامه ويكون بعد هذه النقطة عن السطح المستوي العاكس كبعد A_1 عنه وبالمثل فالأشعة التي كانت تتقابل في نقطة B_1 تنعكس بحيث تتقابل في نقطة B_2 . فتحدث اذن

من جراء وجود السطح المستوي العاكس الصورة A_2B_2 كما هو مبين بالشكل ولرؤية هذه الصورة مكبرة توضع عدسة عينية لامة H و بحيث يكون بعد A_2B_2 عنها أقل من بعدها البؤرى ويكاد يساويه فتكون بوساطة هذه العدسة صورة تقديرية مكبرة معتدلة للصورة A_2B_2 وتكون هي التي ترى بوساطة التلسكوب

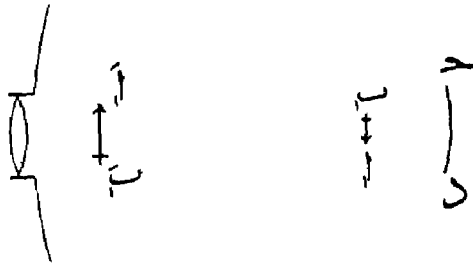
ووضع السطح العاكس C د بحيث تتكون الصورة A_1B_1 على جانب من المحور يجعل من الممكن رؤية الصورة النهائية دون أن تحول رأس الناظر في سبيل الضوء الواقع من الجسم البعيد على السطح الكرى العاكس وقد يستبدل بالسطح المستوي العاكس C د منشور مقطعه العرضي مثلث قائم الزاوية متساوي الضلعين يوضع في الوضع المناسب لكي يقوم مقام السطح العاكس

ويسمى تلسكوب نيوتن هذا « التلسكوب العاكس »

٩٧ - تلسكوبات جريجورى وكاسجران وهرشل

وقد عدل التلسكوب الذى اخترعه نيوتن بعض التعديل فى التلسكوب المعروف باسم « جريجورى »^(١) جعل السطح الكرى المقعر العاكس سطحاً كبيراً يحدث الصورة A_1B_1 (شكل ٧٩) وجعل سطح عاكس كرى مقعر آخر CD سطحه العاكس متجه نحو السطح العاكس الكبير بحيث تقع الصورة A_1B_1 أمامه (أى السطح الصغير) وعلى بعد منه يقع بين بعده البؤرى وضعفه فتكون بالانعكاس عنه صورة مكبرة حقيقية A_2B_2 تكون مقلوبة بالنسبة الى A_1B_1 ومعتدلة بالنسبة الى الجسم الأصى. ولكى ترى هذه الصورة مكبرة جعلت السطح الكبير فتحة مستديرة ركبت عليها عدسة عينية (أو قطعة عينية) تتكون بوساطتها صورة مكبرة تقديرية معتدلة للصورة A_1B_1 ترى بالنظر خلال العينية من خلف السطح الكرى الكبير

أما فى التلسكوب المعروف باسم « كاسجران »^(٢) فقد استبدل بالسطح الكرى المقعر الصغير



(شكل ٧٩)

CD فى التلسكوب السابق سطح صغير يرى محدب عاكس يوضع بين السطح المقعر الكبير وبين الصورة A_1B_1 التى تتكون بفعله فهذه الصورة تعد بالنسبة الى السطح المحدب جسماً تقديرياً فاذا رمزنا لبعده عنه بالحرف e واللبعد

البؤرى للسطح المحدب بالحرف r فان الصورة الحادثة بالانعكاس عند السطح المحدب تكون على بعد e عنه طبقاً للمعادلة

$$\frac{1}{e} + \frac{1}{r} = \frac{1}{-r}$$

حيث يلاحظ ان اشارة كل من r و e سالبة طبقاً لقاعدة الاشارات

Cassegrain (٢)

(١) نسبة الى مخترعه Gregory

$$\text{واذن } \frac{1}{d} - \frac{1}{e} = \frac{1}{f}$$

واذن يكون بعد الصورة مقداراً موجباً اذا كان $e > d$ وفي هذه الحالة تكون الصورة حقيقية فاذا روعي هذا الشرط فانه يحدث بالانعكاس عن السطح المحدب صورة حقيقية مثل a, b تكون مكبرة بالنسبة الى a, b نظراً لأن قيمة $e < e$ ومقلوبة لان اشارتي e, e مختلفتان ويمكن النظر اليها خلال عدسة عينية لامة أو قطعة عينية كما في الحالة السابقة

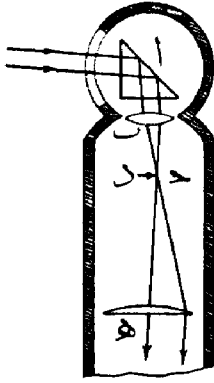
أما في التلسكوب المعروف باسم «هرشل»^(١) فقد جعل محور السطح المقعر العاكس الكبير بحيث يميل بزاوية مناسبة على اتجاه أشعة الضوء الواقعة عليه فيكون موضع الصورة الحقيقية المصغرة المقلوبة لا على المحور تماماً وإنما على جانب منه فيتسنى النظر اليها خلال عدسة عينية لامة أو قطعة عينية دون أن تحول كثيراً هذه القطعة أو رأس الناظر في سبيل الضوء الواقع على السطح المقعر

٩٨ — البرسكوب أو منظار الغواصة

جهاز يتسنى بوساطته لرائد الغواصة رؤية المراتب فوق ظهر البحر والغواصة غائصة في الماء وشكل (٨٠) يوضح تركيب جهاز بسيط من هذا القبيل . وهو يتكون من جزئين أحدهما مثبت في الطرف الاعلى لانبوبة رأسية طويلة . طرفها الاعلى هذا نائى فوق سطح الماء وبه فتحة عليها لوح من الزجاج . وهذا الجزء يتركب من (أولا) منشور a من الزجاج مقطعه مثلث قائم الزاوية متساوى الساقين يسقط عليه خلال الفتحة المذكورة بعض الضوء الصادر من الجسم في اتجاه أفقى أو يكاد يكون أفقياً فينعكس بوساطته انعكاساً كلياً الى أسفل (ثانياً) عدسة لامة b يقع عليها الضوء المنعكس هذا فيتكون بوساطتها صورة حقيقية c, d (ثالثاً) عدسة لامة e موضوعة بحيث تقع الصورة c, d على بعد منها يساوى بعدها البؤرى فتتخذ الأشعة منها متوازية وتسير في الانبوبة الطويلة في اتجاه يكاد يكون موازياً لمحورها . أما

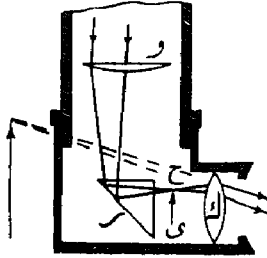
(١) نسبة الى مخترعه Herschell

الجزء الثانى فثبت عند الطرف الأسفل للانبوبة وهو يتركب من (أولاً) عدسة لامة و مناظرة للعدسة ه تقع عليها الاشعة المتوازية وتتكون بواسطتها صورة حقيقية للصورة ح د (ثانياً) منشور من الزجاج مقطعه مثلث قائم الزاوية متساوى الساقين موضوع أقرب الى العدسة و



من بؤرتها لكي تقع عليه الأشعة النافذة من العدسة قبل تجمعها فتعكس انعكاساً كلياً فى اتجاه أفق وتتكون الصورة التى تحدث بواسطة العدسة عند ح ي وتكون معتدلة (ثالثاً) عدسة عينية ك ينظر خلالها الى الصورة ح ي فترى مكبرة

ويصنع الجهاز بحيث يتسنى ادارة الطرف الأعلى من الانبوبة فيتيسر توجيه فتحته فى اتجاهات مختلفة



(شكل ٨٠)

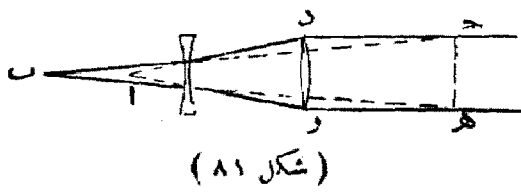
ومما تجدر ملاحظته فى هذا الجهاز أن تركيب كل جزء من جزئه يشبه تركيب التلسكوب الفلكى لولا وجود المنشور العاكس فيه فالعدسة ه فى الجزء الأعلى أو و فى الجزء الأسفل بمثابة شبيبة التلسكوب والعدسة ب فى الجزء الأعلى أو ك فى الأسفل بمثابة العينية ولكن يلاحظ أن الجزء الأعلى معكوس وضعه إذا قيس بالتلسكوب المعتاد. والغرض من هذا يتضح إذا علم أن قطر الانبوبة الرأسية حوالى خمسة عشر سنتيمتراً وطولها حوالى ستة امتار فلولا وجود الجزء الأعلى لكان مجال النظر ضيقاً صغيراً لا يتسع عما يرى الانسان اذا نظر خلال مثل هذه الانبوبة الطويلة

٩٩ — آلة التصوير الفتوغرافى

الأجزاء الأساسية فى آلة التصوير الفتوغرافى هى صندوق أسود أو ما يقوم مقامه يوضع فى أحد جوانبه من الداخل لوح أو غشاء (فلم) فتوغرافى حساس وفى منتصف الجانب المقابل له فتحة مركب عليها عدسة لامة أو بالأحرى قطعة مركبة من بضع عدسات تقوم مقام عدسة لامة وسنسميها عدسة الجهاز وأمام العدسة حاجز به ثقب قابل للالتساع والضيق وأمام هذا حاجز آخر كستار يمكن رفعه وقت التقاط الصورة والجهاز كله جوانبه معتمة سوداء حتى لا يتسنى للضوء

التسرب الى داخله الا خلال العدسة عند كشف الستار المذكور عنها والعدسة قابلة للتحرك بعيداً عن موضع اللوح الحساس أو قريباً منه فيتمكن بذلك تهيئة بعدها عنه بحيث تكون الصورة الحادثة عليه واضحة

والنظرية الطبيعية المبني عليها الجهاز تتلخص في أن العدسة تحدث على اللوح صورة حقيقية (مصغرة في العادة) مقلوبة للجسم المراد تصويره



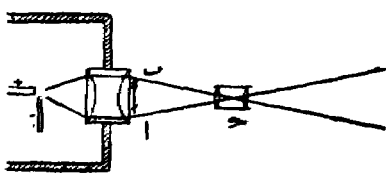
وتعدل عدسة الجهاز أحياناً لكي يتسنى بالآلة تصوير الأجسام البعيدة فإذا كان الجسم بعيداً جداً كانت صورته مصغرة جداً ولكن إذا استعملت

عدسة ذات بعد بؤري أطول فإن صورة الجسم البعيد التي تتكون بوساطتها تكون اكبر ويتضح ذلك من المقدار الدال على تكبير العدسة والذي يتضمن البعد البؤري وبعد الجسم عنها . فالتكبير يساوى $\frac{u}{v} + 1$ فإذا ظل بعد الجسم u واحداً فإن قيمة هذا الكسر تزداد تبعاً لزيادة قيمة v ولكن إذا كان البعد البؤري لعدسة الجهاز كبيراً جداً كانت آلة التصوير طويلة وهذا غير مرغوب فيه من الوجهة العملية ولذلك تجعل العدسة من قطعتين احدهما لامة والاخرى مفردة وتوضع المفردة موضع عدسة الجهاز والمحدبة أمامها من الخارج . ولسهولة الشرح نفرض أن كلا منهما عدسة مفردة كالمبين بشكل (٨١) ولنفرض أن الحزمة المتوازية $ح د هـ$ وتلم بوساطة العدسة اللامة في بؤرتها $ا$ لولا وجود العدسة المفردة التي تجعل الأشعة تتجمع في نقطة $ب$ وامتدادات الأشعة النافذة من العدسة المفردة تتقابل والأشعة الساقطة عند $ح د هـ$ ولذلك فإن العدستين اللامة والمفردة تعملان من حيث لم الأشعة المتوازية عمل عدسة لامة واحدة موضعها $ح د هـ$ وبؤرتها عند $ب$

١٠٠ — الفانوس السحري والإيدياسكوب

يتركب الفانوس السحري من مصدر ضوء شديد كقوس فولتى أو مصباح كهربائى ذى قوة كبيرة موضوع داخل صندوق مقفل به فتحة مركب عليها عدستان سميكتان كل واحدة منهما

محدب أحد وجهيها ومستوى الآخر توضعان بحيث يكون وجهاهما المحدبان أحدهما قبل الآخر كما هو مبين بشكل (٨٢) ويتركب منهما ما يسمى « المكثف » ويوضع أمام المكثف اللوح



(شكل ٨٢)

الفتوغرافي الموجب الذي يراد الحصول على صورته المكبرة على الستار الأبيض وهو مدلول عليه في الشكل بالحرفين ا ب وأمامه توجد قطعة ح مركبة في العادة من عدستين لامتين يمكن أن تستبدل بها لسهولة الشرح

عدسة لامة والقطعة تسمى عدسة الفانوس وعملها أن تحدث على الستار صورة حقيقية مقلوبة مكبرة للوح الفتوغرافي ا ب الذي يكون بمثابة جسم لها وفائدة المكثف أن يكشف الضوء الواقع عليه على اللوح ا ب وعلى عدسة الفانوس ح كما هو مبين بالشكل حتى تكون كمية الضوء الواقعة على الستار كبيرة فتظهر الصورة ساطعة ولكي تظهر الصورة الحادثة على الستار الأبيض معتدلة يوضع اللوح الفتوغرافي ا ب مقلوباً

وكثيراً ما يستعمل في الوقت الحاضر جهاز يسمى الإيدياسكوب^(١) يمكن بوساطته الحصول على صورة مكبرة للجسم معتم أو صفحة مطبوعة من كتاب أو صورة مطبوعة على قطعة من الورق أو ما شابه ذلك ولا يختلف هذا في نظرية تركيبه عن الفانوس السحري وإنما يعنى فيه بأن يكون مصدر الصور شديداً جداً ويوجه الضوء على سطح الجسم أو صفحة الورق حتى تضئ بشدة فتكون بوساطة عدسة الجهاز صورة مكبرة لهذا السطح على الستار الأبيض وشكل (٨٣)

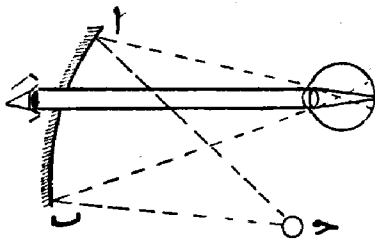
يوضح جهازاً من هذا القبيل فالضوء يقع من المكثف ح على سطح عاكس ه
د يعكسه نحو الجسم ا ب فيضئ سطحه بشدة ويقع الضوء الصادر منه على
سطح عاكس ه فينعكس عنه الى عدسة الجهاز و كأنه صادر عن الصورة
التي تحدث للجسم ا ب بالانعكاس عند السطح ه فتكون لها عدسة
الجهاز صورة حقيقية مكبرة مقلوبة

وفي كثير من الاجهزة يستعان لزيادة الاضاءة بمصدرى ضوء يستخدم مع كل واحد منهما

مكثف خاص موضوع بحيث يتكثف به ضوء المصدر رأساً على سطح الجسم ، وفي مثل هذه الاجهزة توجد مرآة واحدة مثل هـ ينعكس عنها الضوء الصادر من الجسم نحو عدسة الجهاز و .

١٠١ - الافئالموسكوب أو جهاز فحص العين

الافئالموسكوب جهاز يستعمله أطباء العيون لفحص العين وهو في أبسط صورته يتركب من



(شكل ٨٤)

سطح كروي مقعر عا كس ا ب (شكل ٨٤) به فتحة يمكن النظر خلالها من الخلف فيقع الضوء من مصباح جانبي مثل هـ وينعكس عن السطح المقعر متجهاً الى العين المراد فحصها بحيث تتجمع الاشعة المنعكسة داخل العين بين عدستها الجليدية وبين الشبكية وتتفرق بعد ذلك واقعة على الشبكية فتضيئها كما هو مبين بالخطوط المتقطعة في الشكل

فاذا ما أضيئت الشبكية أو أضىء جزء منها بهذه الكيفية يصدر الضوء عنه ويقع على العدسة الجليدية ثم ينفذ خارجاً من العين فاذا كانت العين سليمة غير متكيفة خرجت أشعة الضوء منها متوازية ونفذت من الفتحة الموجودة في السطح المقعر فتقع على عين الطبيب الفاحص كما هو مبين في الشكل فيتسنى لهذا رؤية شبكية العين وفحصها وعينه في أثناء ذلك غير متكيفة

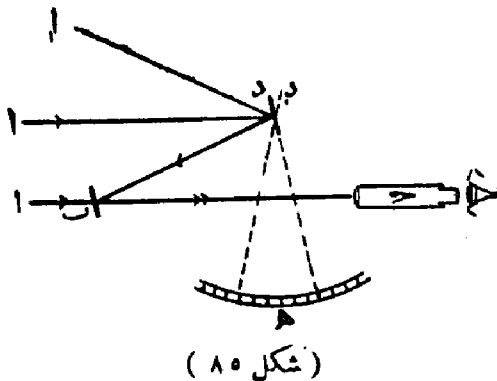
واذا كان بالعين المفحوصة قصر نظر فان بعد الشبكية يكون أكبر من البعد البؤري للعين ولذلك لا تخرج الأشعة من العين متوازية بل تخرج متجمعة فلكي يرى الطبيب صورة الشبكية واضحة وعينه غير متكيفة يضع في سبيل الأشعة عدسة مفرقة لكي يجعلها متوازية فيكون البعد البؤري لهذه العدسة اذا وضعت قريباً جداً من العين المفحوصة هو البعد البؤري للعدسة اللامة لاصلاح قصر النظر بوساطتها

أما اذا كانت العين المفحوصة بها طول نظر وكانت غير متكيفة فان بعد الشبكية يكون أقل من البعد البؤري للعين ولذلك تخرج الأشعة من العدسة متفرقة فلكي يتسنى للطبيب رؤية صورة الشبكية يضع بالقرب من العين المفحوصة عدسة لامة تجعل الأشعة متوازية ويكون البعد البؤري

هذه العدسة هو البعد البؤرى للعدسة اللازمة لاصلاح طول النظر في العين
وقد يرى الطبيب الفاحص من المناسب عند فحص الشبكية أن يحدث لها صورة حقيقية
عند أدنى مدى الرؤية الجلية بالنسبة اليه فيراها رأساً أو يراها بوساطة عدسة مكبرة . وفي هذه
الحالة يضع أمام العين المراد فحصها عدسة لامة ويجعل الاشعة المنعكسة عن السطح ا ب تلم على
سطح هذه العدسة عند مركزها البصرى فتتخذ خلال هذه العدسة الى باطن العين ويكون
موضع تجمعها بفعل العين خلف الشبكية لأنها تقع على العين كأنها صادرة من نقطة قريبة جداً
منها فيتسنى بهذه الكيفية اضاءة سطح الشبكية فيصدر الضوء منها ويخرج من العين السليمة اشعة
متوازية فتتخذ هذه الاشعة خلال العدسة المحدبة الموضوعة فتكون صورة حقيقية للشبكية أو
الجزء المفحوص منها بفعل هذه العدسة وعلى بعد منها يساوى بعدها البؤرى وتنبأ الأبعاد بحيث
تكون هذه الصورة عند أدنى مدى الرؤية الجلية بالنسبة الى الطبيب الفاحص

١٠٢ — ذات السدس

ومن آلات الأبصار البسيطة التركيب الكثيرة الاستعمال آلة تسمى ذات السدس (١)
تستخدم لقياس الزاوية التي يصنعها عند العين جسمان بعيدان أو يصنعها بعد محدود بين نقطتين
بعيدتين . وكثيراً ما تستخدم لقياس ارتفاع الشمس لمعرفة درجة العرض



والجهاز يتركب كما في شكل (٨٥) من لوح ب
من الزجاج نصفه شفاف ونصفه مفضض عاكس
وسطحه العاكس متجه نحو تلسكوب عند
ويتركب أيضاً من مرآة د سطحها العاكس متجه
نحو ب ومثبتة في نهاية ذراع قابلة للتحرك على

قوس مدرجة ه من دائرة مركزها عند منتصف المرآة د والذراع والمرآة د تدوران حول
محور عند مركز الدائرة ينطبق على سطح المرآة وبطرف الذراع عند القوس المدرجة ورنية

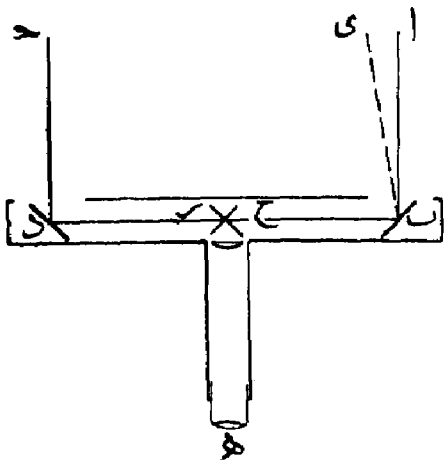
ونظرية الجهاز أنه اذا سقط شعاع مثل ا ب يأتي من جسم بعيد على الجزء الشفاف من اللوح ب نفذ منه الى التلسكوب وأمكن بواسطة التلسكوب رؤية الجسم البعيد خلال الجزء الشفاف من اللوح فاذا أدير المرآة د حتى تصير موازية للوح ب و وقع عليها شعاع مثل ا د مواز للاول وآت من الجسم البعيد فينعكس عن سطحها في اتجاه د ب ويقع على الجزء المفضل من اللوح ب فينعكس عنه نحو التلسكوب واذن يمكن خلال التلسكوب رؤية صورة أخرى للجسم البعيد بحوار الصورة الأولى . فاذا ثبت الجهاز في هذا الوضع واعتبرنا لسهولة الشرح ب د مسير شعاع ساقط على سطح المرآة د فانه ينعكس في استقامة د ا فاذا أديرت هذه المرآة بزاوية قدرها و في اتجاه حركة عقرب الساعة فالشعاع الواقع عليها في استقامة ب د ينعكس في استقامة د ا بحيث تكون الزاوية بين د ا وبين د ا مساوية ٣ و واذن اذا فرضنا أن المرآة د أديرت حتى يقع على سطحها شعاع مثل ا د يأتي من جسم آخر بعيد بحيث ينعكس عند سطحها في استقامة د ب ويقع على الجزء المفضل من اللوح ب وينعكس عنه نحو التلسكوب أمكن خلال التلسكوب رؤية صورة لهذا الجسم بحوار صورة الجسم الأول وهي التي ترى خلال الجزء الشفاف من اللوح ب أى في موضع الصورة الثانية التي رؤيت للجسم الأول في الحالة الأولى واذن تكون الزاوية التي أديرت خلالها المرآة د وهي التي تقاس على القوس المدرجة مساوية لنصف الزاوية التي يصنعها الجسمان ا هـ عند المرآة د أو عند عين الراقب

ويصنع في بعض الأجهزة اللوح ب بحيث يكون سطحه نصف مفضل بمعنى أنه يكون مكسواً بطبقة رقيقة من الفضة تعكس مقداراً من الضوء الواقع عليها في استقامة د ب وتنفذ في الوقت نفسه مقداراً من الضوء الواقع عليها في استقامة ا ب وعندئذ ترى صورتان (سواء أكانتا هما صورتى الجسم الأول أم كانت احدهما صورة الاول والاخرى صورة الجسم الثاني) تريان منطبتين حيث ينطبق مسير الشعاع ب ح باعتباره النافذ من ا ب ومسيره باعتباره المنعكس من د ب

١٠٣ — مقياس المدى^(١)

جهاز يتسنى بواسطته قياس بعد الجسم عن الراقب . وهو في أبسط صوره يتركب من أنبوبتين

ويلاحظ في الجهاز المذكور أن الزاوية بين السطحين العاكسين ثابتة ولكن البعد بينهما ور متغير ويهياً حتى يصير المستقيم و رقاعدة للثلث الذي يقع الجسم المرقوب ح عند رأسه ويوجد نوع آخر من مقياس المدى يكون فيه البعد بين السطحين العاكسين ثابتاً ولكن الزاوية بينهما متغيرة وتسمى الاجهزة التي من هذا النوع « ذات القاعدة الثابتة الطول » (١) وشكل



(شكل ٨٧)

(٨٧) يوضح ضرباً بسيط التركيب منها وفيه مدلول بالحرفين ب و د لمرآتين البعد بينهما ثابت مثبتتين عند طرفي أنبوبة فيها أمام كل منهما فتحة يتسنى منها وقوع الضوء عليهما

ومثبت بمنتصف الأنبوبة تلسكوب هـ محوره عمودى على محور الأنبوبة وأمامه عند منتصف البعد بين المرآتين عاكسان ر و ح بينهما قائمة وأولهما يعكس الأشعة المنعكسة

عند المرآة د نحو التلسكوب والثاني يعكس الأشعة المنعكسة عند المرآة ب نحو التلسكوب أيضاً فإذا كانت المرآتان ب و د متعامدتين وكان المستقيم ب د أفقياً وأحد العاكسين ر أو ح رأسياً فوق الآخر وسقطت على المرآتين أشعة صادرة من جسم بعيد جداً كالشعاعين ا ب و ح د رؤيت في التلسكوب صورتان احدهما رأسياً فوق الأخرى أما اذا كان الجسم على مدى محدود وليكن واقعاً عند نقطة تقابل امتدادى د ح ب و ب ي كانت الصورتان مزاحتين احدهما بالنسبة الى الأخرى فى الاتجاه الأفقى فاذا أدير المرآة ب حتى تصير احدهما رأسياً فوق الأخرى وتبطل هذه الازاحة الأفقية ورمزنا لزاوية دوران المرآة بالحرف هـ يتضح من الشكل أن

$$\angle ب ا د = ٢ هـ$$

وتساوى الزاوية التي تصنعها القاعدة ب د عند الجسم فاذا عرف طول المستقيم ب د وعينت قيمة هـ أمكن تقدير بعد الجسم كما فى الحالة السابقة