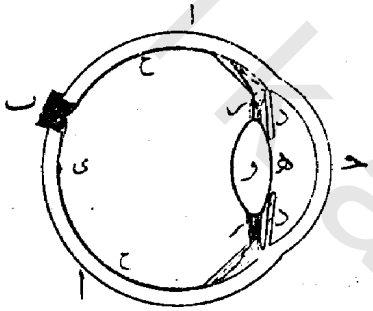
الباب الرابع

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»[١] (ا) (شكل ٦٨) يخترقه من الخلف العصب البصرى[٢] (ب) ويكسو سدسها الأمامى غطاء شفاف محدب يسمى القرنية[٣] (حـ) هو بمثابة الجزء الأمامى من الصلبة ومن خلف القرنية حاجز معتم يسمى «الحدقة»[٤] أو «القزحية» (د)



(شكل ٦٨)

يختلف لونه باختلاف الأشخاص وبالحدقة فتحة مستديرة قابلة للاتساع والضيق تسمى «انسان العين»[٥] (ه) ومن خلف الحدقة عدسة محدبة الوجهين وجهها الخلفى 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 «الرطوبة المائية»[٨] أو «السائل المائى» والمكان الموجود خلف العدسة الجليدية مملوء بسائل يسمى «الرطوبة الجليدية»[٩] أو «السائل الزجاجى». والجزء الداخلى من العين مبطن بغشاء نصف شفاف يتكون من ألياف عصبية هى أطراف العصب البصرى وامتداداته وهذا الغشاء حساس

---

(١) Sclerotic (٢) Optical Nerve (٣) Cornea (٤) Iris
(٥) Pupil (٦) Crystalline Lens (٧) Ciliary Muscles
(٨) Aqueous Humour (٩) Vitreous Humour

بالضوء ويسمى « الشبكية »[١] (ح)

والعين تكاد تكون كرية الشكل لولا الانبعاج الحادث فى القرنيه والمستقيم الواصل بين المركز البصرى للعدسة الجليدية ومنتصف القرنيه يسمى « محور العين » وهو يكاد يكون محور تماثل لجميع أجزاء العين. وفى منتصف الشبكية نقطة مستديرة صفراء اللون تكاد تقع على المحور تسمى « النقطة الصفراء »[٢] (ى) وهى شديدة الاحساس أو التأثر بالضوء، اذا تكونت عليها صور المرئيات كان ابصار المرئى واضحا جليا، وبالقرب من النقطة الصفراء وفى ناحية الأنف منها نقطة هى الموضع الذى ينبسط عنده العصب البصرى مكونا الشبكية وهذه النقطة عديمة التأثر بالضوء وتسمى « النقطة العمياء »[٣]

والعين السليمة يكون فى 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 الأمامى للعدسة الجليدية أربعة مليمترات وسمك هذه العدسة أربعة مليمترات والبعد بين سطحها الخلفى والشبكية ثلاثة عشر مليمتراً وتقع النقطة العمياء على بعد قدره مليمتران 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 عند ما 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 رؤية المرئى. وعمل الحدقة فى هذا تعيين مقدار الضوء النافذ الى داخل العين. فاذا كان الضوء شديداً ضاق انسان العين واذا

---

(١) Retina (٢) Yellow Spot (٣) Blind Spot

كان ضعيفاً اتسع حتى ينفذ منه الى داخل العين القدر المناسب

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

ويمكن فى التجربة ان يستبدل بالدبوس قطعة أخرى من الورق بها ثلاثة ثقوب صغيرة تكوّن فيما بينها مثلثاً صغيراً متساوى الاضلاع يقع فى 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 تراءى للانسان كأنه يرى ثقوباً ثلاثة على هيئة مثلث رأسه الى أسفل وهكذا

فمثل هاتين التجربتين تبين أن الصورة المقلوبة على الشبكية تؤدى الى الذهن معنى المرئى المعتدل والصورة المعتدلة تؤدى معنى المرئى المقلوب ولكن للخبرة الشخصية أثراً كبيراً فى تقدير الاعتدال أو الانقلاب فى 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 المجرب بادئ الأمر دوار وفقدان لملكة ادراك المرئيات على حقيقتها ولكن ذلك زال بعد حين وصار يرى الأشياء معتدلة حتى اذا هو خلع هذه النظارات أصابه حينا ما أصابه بادئ الأمر ثم اعتاد مرة أخرى رؤية المرئيات معتدلة على حقيقتها .

واذا كانت الرؤية نتيجة حدوث صورة مصغرة مقلوبة على الشبكية وكانت العين فى مجموعها تعمل عمل عدسة لامة تتكون بوساطتها 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 ، واذن كان المنتظر الا ترى المرئيات بوضوح وجلاء الا اذا كانت على قدر هذا البعد من العين . ولكن العدسة الجليدية ليست ثابتة فهى قابلة للتغير بفعل العضلات المتصلة بحافتها فقد يزداد تحدب وجهيها 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 تتكيف وذلك بأن يزداد بوجه خاص تحدب 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 اكثر من ذلك لا تتكيف 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 لكثيراً ما يكون بالعين عيب لا يتفق وما ذكر آنفاً والعيوب الشائعة ثلاثة هى ما نعبر عنه

---

(١) Accomodation (٢) Least Distance of Distinct Vision

فيما يلى « بطول النظر »[١] « وقصر النظر »[٢] « واللانقطية »[٣]

(أولا) طول النظر وكيفية اصلاحه

فالعين السليمة غير المتكيفة تجمع الأشعة المتوازية على الشبكية ولكن اذا كان موضع تجمع هذه الأشعة أبعد من الشبكية سمى هذا « طول نظر » . وفى هذه الحالة لا يتأتى للشخص الذى بعينه هذا العيب أن يرى الاجسام البعيدة من غير أن تتكيف 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 ء وكان الجسم على بعد ء من العين المصابة بطول النظر فانها بالرغم من تكيفها لا تستطيع أن تجعل الصورة واضحة دقيقة على الشبكية ويكون الموضع الذى 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 لذلك بعدسة لامة

ولتعيين البعد البؤرى لهذه العدسة نرمز لادنى مدى الرؤية الجلية بالنسبة الى هذه العين بالحرف ء ولنفرض أن العين تعمل عمل عدسة تبعد عن الشبكية بمقدار ء$_{١}$ فالبعد البؤرى لهذه العدسة عند ما يبلغ التكيف نهايته (أى عند ما يكون الجسم على بعد ء منها) هو ل$_{١}$ طبقاً للمعادلة

$$\frac{١}{ل_{١}} = \frac{١}{-ء_{١}} - \frac{١}{ء}$$

حيث يلاحظ أن اشارة ء$_{١}$ سالبة طبقاً للقاعدة

$$\therefore \frac{١}{ل_{١}} = -\left(\frac{١}{ء_{١}} + \frac{١}{ء}\right)$$

والبعد البؤرى لمثل هذه العدسة فى العين السليمة (حيث أدنى مدى الرؤية الجلية ء) هو ل طبقا للمعادلة

---

(١) Hypermetropia (٢) Myopia (٣) Astigmatism

$$\left(\frac{١}{ء} + \frac{١}{ع_١}\right) - = \frac{١}{ل}$$

فاذا أريد تركيب عدسة مركبة من عدسة العين التى بها طول نظر وعدسة أخرى يراد تعيين بعدها البؤرى ولنرمز له بالرمز ل$_٢$ لكى تكون القطعة المركبة بعدها البؤرى ل وجب أن يكون

$$\frac{١}{ل} = \frac{١}{ل_١} + \frac{١}{ل_٢}$$

$$\therefore \left(\frac{١}{ء} + \frac{١}{ع_١}\right) - = \left(\frac{١}{ع} + \frac{١}{ع_١}\right) - + \frac{١}{ل_٢}$$

$$\therefore \frac{١}{ل_٢} = \frac{١}{ع} - \frac{١}{ء}$$

ويلاحظ هنا أنه نظراً لان ع > ء فان البعد البؤرى للعدسة المطلوبة يكون سالبا فتكون العدسة لامة ويتعين بعدها البؤرى طبقا للمعادلة الاخيرة

ويمكن تعيين البعد البؤرى بطريقة أخرى فالعين السليمة ترى الأشياء عند أدنى مدى الرؤية الجلية وهى على بعد ء منها أما ذات النظر الطويل فانها تراها على بعد ع منها (ع > ء) فلكى يتسنى لها أن ترى الجسم الموضوع على بعد ء جلياً وجب أن تتكون له صورة على بعد ع منها واذن تكون العدسة اللازمة لاصلاح العيب هى التى تحدث هذه الصورة فاذا رمزنا لبعدها البؤرى بالرمز ل$_٢$ فان

$$\frac{١}{ل_٢} = \frac{١}{ع} - \frac{١}{ء}$$

حيث يلاحظ أن اشارتى كل من ع ، ء موجبة لأن الصورة تتكون فى الجانب الموجود فيه الجسم من العدسة المطلوبة

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

(ثانياً) قصر النظر وكيفية اصلاحه

أما اذا كانت العين غير المتكيفة تلم الأشعة المتوازية فى موضع أقرب الى العدسة الجليدية من الشبكية سمى هذا « قصر نظر » وفى 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 وفى 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 (فى 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 التى تجمعها العين فى موضع أقرب الى العدسة الجليدية من الشبكية تجعلها تتفرق قليلا لكى تتجمع على الشبكية . واذن تكون هذه العدسة عدسة مفرقة . ولتعيين البعد البؤرى لهذه العدسة نفرض كما فى الحالة الأولى أن العين تعمل عمل عدسة بعدها عن الشبكية ع١ أو بتعبير آخر ولو أنه غير دقيق نفرض أن البعد بين عدسة العين والشبكية ع١ فاذا رمزنا لأقصى مدى الرؤية الجلية للعين القصيرة النظر بالحرف ع والبعد البؤرى للعدسة التى تعمل العين عملها وهى غير متكيفة بالرمز ل١ فان

$$\frac{١}{ل_١} = \frac{١}{-ع_١} - \frac{١}{ع} \quad \ldots\ldots (١)$$

أما فى العين السليمة فان البعد البؤرى يكون مساوياً — ع١ واذن تكون العدسة المطلوبة هى التى اذا ركبت مع العين تكوّن عدسة مركبة بعدها البؤرى — ع١ فاذا رمزنا للبعد البؤرى للعدسة المطلوبة بالرمز ل٢ يكون

$$\frac{١}{ع_{١}} - = \frac{١}{ل_{١}} + \frac{١}{ل_{٢}}$$

وبالتعويض من المعادلة (١) يتضح أن

$$\frac{١}{ع} = \frac{١}{ل_{٢}}$$

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 جليا اذا تجاوزه ، فان 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

ويلاحظ 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 $ع_{١}$ فان العين وهى فى نهاية تكيفها من غير استعمال العدسة تحدث صورة على الشبكية للجسم الذى يبعد عنها بمقدار $ع_{١}$ أى يكون البعد البؤرى للعدسة التى تعمل العين عملها هو $ل_{٣}$ طبقاً للمعادلة

$$\frac{١}{ل_{٣}} = \frac{١}{-ع_{١}} - \frac{١}{ع_{١}}$$

واذن عند استعمال العدسة المفرقة (التى بعدها البؤرى ع) يكون البعد البؤرى للربة هو $ل_{٤}$ طبقاً للمعادلة

$$\frac{١}{ل_{٤}} = \frac{١}{ع + } - \left(\frac{١}{ع_{١}} + \frac{١}{ع_{١}}\right) - \frac{١}{ع} - \frac{١}{ع_{١}} - \frac{١}{ع_{١}}$$

ولكى تحدث هذه العدسة المركبة صورة على بعد ـــ ع١ منها وجب أن يكون بعد الجسم عنها هو س طبقاً للمعادلة

$$\frac{١}{ع} - \frac{١}{ع_١} = \frac{١}{ع_١ - ع} - \frac{١}{س}$$

$$\therefore \frac{١}{س} = \frac{١}{ع_١} - \frac{١}{ع}$$

فقيمة س اذن أكبر من ع١ 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 ع١ وجب عند استعمال العدسة المفرقة أن يوضع الجسم على بعد منها بحيث تتكون صورته على بعد ع١ منها (ومن العين نظراً لأنهما متقاربان جداً) حتى يمكن رؤيتها بجلاء فاذا رمزنا لهذا البعد بالحرف س وجب أن يكون

$$\frac{١}{ع} = \frac{١}{ع_١} - \frac{١}{س}$$

واذن $$\frac{١}{س} = \frac{١}{ع_١} - \frac{١}{ع}$$

(ثالثاً) اللانقطية : الاستجماتزم

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

الى الأشعة الواقعة فى مستوى رأسى فلا تكون هناك نقطة واحدة تلم فيها الحزمة الأفقية والحزمة الرأسية ويسمى هـذا « 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 فى 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 شوهد عند ادارة الصفحة من غير أن يغير بعدها عن العين، أن الخطوط المتوازية تظهر واضحة جلية فى موضع ولا تظهر كذلك فى موضع آخر كان ذلك دليلا على وجود اللانقطية

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

« الديوبتر »[1]

العدسات التى تستعمل لاصلاح عيوب العين تعين عند أطباء العيون وصناع العدسات لا ببعدها البؤرى كما فى البحوث النظرية وانما « بدرجتها أو قوتها »[2] وتقدر درجة العدسة بما يسمى « الديوبتر » والديوبتر هو مقلوب البعد البؤرى اذا قيس البعد البؤرى بالمتر فمثلا العدسة التى بعدها البؤرى متر يقال أن درجتها أو قوتها ديوبتر واحد وتلك التى بعدها البؤرى متران يقال ان درجتها نصف ديوبتر وتلك التى بعدها البؤرى نصف متر فدرجتها ديوبتران وهكذا

والعدسات اللامة فى اصطلاح الأطباء وصناع العدسات تسمى موجبة والعدسات المفرقة تسمى سالبة

٨٨ — بعض الامور الهامة المرتبطة بالعين وبالأبصار

النقطة العمياء

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

---

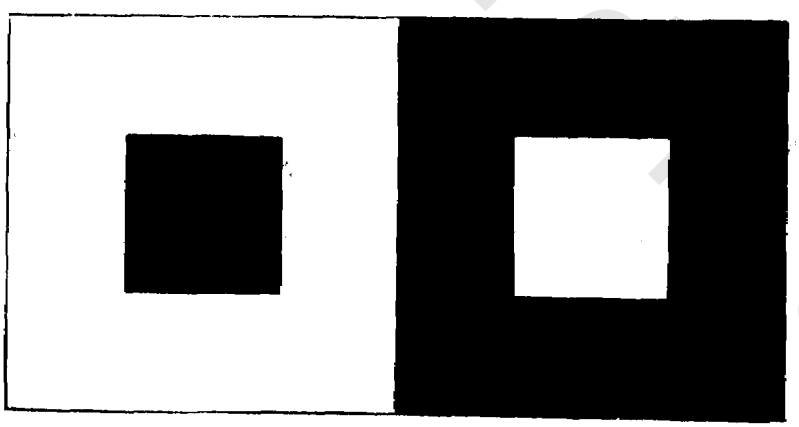
(١) Dioptre (٢) Power

وجود هذه النقطة بتجربة بسيطة . فاذا اخذت قطعة من الورق الأبيض ورسمت عليها دائرة صغيرة قطرها بضعة ملليمترات 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 مثلا وتقع الدائرة أمام العين اليمنى ثم أغمضت العين الأولى وهى اليسرى فرضا ووجهت الأخرى الى العلامة ثم أبعدت قطعة الورق أو قربت فانه يشاهد أن الدائرة تختفى فى وضع خاص حيث تقع صورتها فى هذا الوضع على النقطة العمياء فى العين اليمنى وبالمثل يمكن اعادة هذه المشاهدة بالنسبة الى العين الأخرى

انبساط الأثر على الشبكية

ومن صفات الشبكية أن التأثير الحادث فيها بفعل الضوء غير مقصور على موضع وقوع الضوء بل ينبسط الى ما حوله قليلا فاذا لمت أشعة الضوء فى نقطة مثلا على الشبكية لا يكون التأثير الحادث مقصوراً على هذه النقطة بل يمتد الى ما حولها قليلا ويصير الجزء المتأثر مساحة صغيرة ونعبر عن هذا « بانبساط الاثر »[1]

ويتوقف على انبساط الاثر حدوث مثال من أمثلة خداع البصر فاذا رسم على صفحة من الورق الأبيض مربعان متساويان أحدهما بجوار الآخر (شكل ٧٠) ودهن أحدهما بدهان أسود وترك الآخر أبيض ثم أحيط الأسود بإطار أبيض وأحيط المربع الأبيض باطار أسود وكان الشكلان متماثلين تراءى للناظر اليهما أن المربع الأبيض أكبر مساحة من المربع الأسود وذلك لأن الاثر الحادث فى الشبكية من صورة الجزء الأبيض يتجاوز حدود هذه الصورة الى الاجزاء المحيطة به من الشبكية



(شكل ٧٠)

(١) Irradiation

استمرار تأثر الشبكية

ومن صفات الشبكية أن التأثير الحادث فيها بفعل الضوء لايزول فجاءة اذا انقطع الضوء الواقع عليها فجاءة وانما يدوم التأثير برهة من الزمن بعد انقطاع الضوء المؤثر . وهذه الصفة يعبر عنها « باستمرار التأثر » أو « استمرار الرؤية »[١] واستمرار التأثر يدوم مدة تتراوح بين جزء من خمسين جزءاً وجزء من ثلاثين جزءاً من الثانية ولا بد لحدوثه من أن يدوم الضوء المؤثر مدة من الزمن تختلف تبعاً لاختلاف شدته

ويتوقف على هذه الصفة ظواهر عدة تشاهد فى الحياة منها انه اذا أدير قرص مقسم الى قطاعات بعضها أبيض وبعضها أسود حول محوره بسرعة رؤى كأن لونه قاتم منتظم أو اذا أدير ضوء أيا كان حول محيط دائرة بسرعة رؤى كأنه حلقة من نور . والتيارات الكهربائية المستعملة فى اضاءة المصابيح الكهربائية هى فى العادة تيارات مترددة يبلغ ترددها فى الثانية حوالى الاربعين فى حين أن الضوء الحادث يرى كأنه منتظم مستمر غير متغير الشدة ولكن اذا حركت بسرعة عصاة مثلا تحت ضوء مصباح منها رؤيت لها عدة صور منفصلة فى مواضع متعددة . وتتوقف على استمرار التأثر نظرية الصور المتحركة فالصور التى ترتمى على الستار الابيض صور فتوغرافية أخذت بالتتالى لجسم أو أجسام متحركة فتلبث كل صورة على الستار مدة تكفى لاحداث استمرار التأثر ثم تزول الصورة بسرعة وترتمى التى تليها وتبقى هى أيضاً مدة تكفى لاحداث الاستمرار وهكذا وتكون البرهة التى تمضى بين زوال الصورة ومجىء التى بعدها أقل من المدة التى يدومها استمرار التأثر

كلل الشبكية

وأجزاء الشبكية التى يقع عليها الضوء تكل اذا دام الضوء مدة من الزمن ويعرف هذا بالكلل[٢] فاذا نظر الانسان بعين واحدة الى مصباح كهربائى شديد وحول الطرف سريعاً نحو حائط أبيض شدة الاستضاءة على سطحه منتظمة كان تأثر الموضع الذى وقعت عليه صورة المصباح بالضوء الواقع من الحائط أقل من تأثر الأجزاء الأخرى به فيتراءى للناظر كأنه يرى

---

(١) Persistance of vision

(٢) Fatigue

صورة مظلمة للمصباح . وللتمييز بين الصورة المظلمة التى ترى بتأثير الكل فى هذه الحالة وبين الصورة المضيئة التى ترى من جراء استمرار التأثر 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 الثنتيين لوقوع الصورة التى تتكون على الشبكية فى كل عين على جزءين متماثلين من الشبكية فتكونان فى الحالتين على ابعاد متساوية ومواضع متماثلة من منتصف النقطة الصفراء . ويتقابل خط البصر بالنسبة الى احدى العينين وخط البصر بالنسبة الى الأخرى فى النقطة التى يوجه اليها البصر من المرئى حتى اذا ازيحت كرة احدى العينين بالاصبع أو باجهاد عضلى رؤى المرئى ثنائياً . وعندما ينظر الانسان الى جسم قريب بعينيه الاثنتين فانه يجعل خطى البصر متقابلين فى النقطة المنظورة من المرئى وهو بذلك يجهد العضلات المحركة لكرة العين اجهاداً يتغير تبعاً لتغير بعد المرئى عنه ويكون لاختلاف هذا الاجهاد أثره فى تقدير الانسان مبلغ قرب الجسم منه أوبعده عنه

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

وقد طبقت هذه الفكرة فى صنع مناظير نسميها « مجسمات الصور »[1] تتجسم بوساطتها الصور الفتوغرافية المسطحة وكثيراً ماتستخدم للتسلية. ونظريتها أن تصور صورتان فتوغرافيتان للجسم من موضعين مختلفين وذلك أما بوساطة آلة تصوير واحدة تلتقط صورة الجسم وهى فى موضع معين ثم تلتقط صورة أخرى للجسم ذاته دون أن يتغير موضعه وهى فى الموضع الثانى أو بوساطة آلة تصوير مزدوجة ذات عدستين منفصلتين بينهما مسافة تكوّن كل واحدة

---

(١) Stereoscopes

منهما صورة خاصة للجسم تختلف بعض الاختلاف عن الصورة التى تكونها الأخرى فاذا طبعت الصورتان بالطريقة المعتادة ووضعت احداهما بجوار الأخرى ونظر الى الواحدة باحدى العينين خلال عدسة مكبرة والى الاخرى بالعين الاخرى خلال عدسة مكبرة بحيث تحرف كل واحدة من العدستين الصورة التقديرية التى تكونها نحو الصورة التقديرية التى تكونها الاخرى اندمجت الصورتان وتكونت من اندماجهما صورة مجسمة بارزة للجسم

الزاوية الجليدية

والزاوية التى يصنعها المرئى عند العين أو عند العدسة الجليدية تسمى « الزاوية الجليدية » أو « زاوية الرؤية » (١) وهى تساوى أو تكاد تساوى الزاوية التى تصنعها الصورة الحادثة على الشبكية عند العدسة الجليدية فاذا كانت الزاوية الجليدية كبيرة تراءى المرئى كبيراً واذا كانت صغيرة تراءى صغيراً والزاوية التى يصنعها جسم بعيد كمأذنة مثلا 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 جسما من عاليه الى سافله أو من أحد طرفيه الى الآخر أثر فى تقدير كبر الجسم أو صغره

هذا والانسان يحكم عادة على كبر الجسم أو صغره بالرجوع الى شيئين أحدهما الزاوية التى يبصر منها وهى الزاوية الجليدية وثانيهما قربه أو بعده من العين . فاذا ظهر جسمان أحدهما بقرب الآخر وكانت الزاوية التى يبصر منها أحدهما مساوية مثلا للزاوية التى يبصر منها الآخر وتوهم الانسان أوعلم أن أحدهما أبعد تراءى 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 الى شيئين أحدهما الزاوية التى يبصر منها وثانيهما وجود اجسام أو مرئيات أخرى تقع بينه وبين المرئى البعيد . ففى السفر فى البحار يصعب على الانسان أن يقدر البعد بينه وبين الشاطىء الا اذا حال بينهما بعض السفن واذا أراد الانسان ان يقابل بين بعدين فان انتظام بعض الاجسام أو المرئيات فى سمت

---

(١) Angle of Vision

احدهما دون الآخر يؤثر تأثيراً كبيراً فى صحة التقدير فالبعد بين ا ، ب (شكل ٧١) والبعد بين ب ، حـ متساويان فى حين انه يتراءى للناظر انهما ليسا كذلك

(شكل ٧١)

٨٩ — العدسة المكبرة ودرجة التكبير

من أبسط آلات الأبصار المستعملة لمعاونة العين على رؤية الاجسام الصغيرة عدسة التكبير المفردة وهى 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 التى تصنعها الصورة التقديرية التى تحدثها العدسة الى الزاوية الجليدية اذا نظر الى الجسم بالعين المجردة ، فاذا اريد 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 ا ولأدنى مدى الرؤية الجلية بالحرف ع فان الزاوية الجليدية عند ما ينظر الى الجسم بالعين المجردة وهو اكبر وأوضح ما يرى هى

$$\text{ة} = \frac{\text{ا}}{\text{ع}}$$

واذا استخدمت عدسة بعدها البؤرى ل وكان الجسم على بعد ع منها حدثت صورة على بعد ع_1 طبقاً للمعادلة

$$\frac{1}{\text{ل}} = \frac{1}{\text{ع}_1} - \frac{1}{\text{ع}}$$

واذن

$$\frac{1}{\text{ع}} = \frac{1}{\text{ع}_1} - \frac{1}{\text{ل}}$$

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

$$\text{ا}_{\text{ع}_{١}} = \frac{\text{ع}_{١}}{\text{ع}} \text{ ا} \left(\frac{\text{ع}_{١}}{\text{ل}} - ١ \right)$$

فاذا وضعت العين قريبة جداً من العدسة تكون الزاوية الجليدية التى تصنعها الصورة هى

$$\frac{\text{ا}}{\text{ع}_{١}} \left(\frac{\text{ع}_{١}}{\text{ل}} - ١ \right) = \text{ا} \left(\frac{١}{\text{ل}} - \frac{١}{\text{ع}_{١}} \right)$$

وقيمة هذه الزاوية تختلف تبعاً لاختلاف قيمة ع$_{١}$ فلكى تكون الزاوية أكبر ما يمكن وجب أن تكون قيمة ع$_{١}$ أصغر ما يمكن واذن كان حتما للحصول على أكبر الصور وأكثرها جلاء ووضوحا ان تكون ع$_{١}$ مساوية ء وفى هذه الحالة تكون الزاوية الجليدية هى

$$\text{ة}_{١} = \text{ا} \left(\frac{١}{\text{ل}} - \frac{١}{\text{ء}} \right) = \frac{\text{ا}}{\text{ء}} \left(\frac{\text{ء}}{\text{ل}} - ١ \right)$$

واذن تكون درجة التكبير

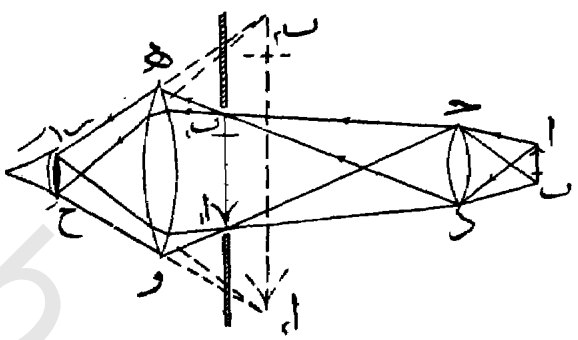
$$\frac{\text{ة}}{\text{ة}_{١}} = \frac{\text{ء}}{\text{ل}} - ١$$

ومن هذه المعادلة يتضح أنه لكى تكون درجة التكبير أكبر من الواحد وجب أن تكون العدسة لامة أى يكون بعدها البؤرى سالبا وكلما صغرت قيمة البعد البؤرى كانت درجة التكبير أعلى وتسمى أحياناً عدسة التكبير المفردة « الميكروسكوب البسيط »

٩٠ ـ الميكروسكوب المركب ودرجة تكبيره

يتركب هذا الجهاز فى أبسط صوره من عدسة شيئية تحدث صورة حقيقية مكبرة مقلوبة للجسم الصغير الذى يراد رؤيته ثم عدسة عينية تكبر هذه الصورة اذا نظر خلالها اليها فاذا فرضنا أن العدسة حـ د (شكل ٧٢) هى الشيئية فان الجسم الصغير ا ب يوضع على بعد يتراوح بين البعد البؤرى للشيئية وضعفه فتحدث الصورة ا$_{١}$ ب$_{١}$ على بعد منها أكبر من ضعف البعد البؤرى أما العينية هـ و فتوضع بحيث تقع هذه الصورة على بعد منها أقل من بعدها البؤرى فتتكون للصورة ا$_{١}$ ب$_{١}$

صورة تقديرية مكبرة ا٢ ب٢ تكون معتدلة بالنسبة الى ا١ ب١ ومقلوبة بالنسبة الى الجسم الاصلى ا ب



(شكل ٧٢)

ويتبين فى الشكل مسير الأشعة الواصلة من ا ، ب الى العين ولتعيين هذه الاشعة تعين اولا الصورة ا١ ب١ ثم الصورة ا٢ ب٢ فعند النظر الى ا٢ مثلا يكون مخروط الاشعة الواقعة على العين كأنه صادر من ا٢ وهو قبل وقوعه على العدسة العينية آت من ا١ وقد تجمع عندها بعد نفوذه من العدسة الشيئية ح د وكان واقعاً على الشيئية فى الأصل من نقطة ا . ولذلك اذا وصلت نقط تقابل المخروط ا٢ ر ح والمستوى الرئيسى للعدسة ه و بنقطة ا١ ومدت هذه المستقيمات حتى تقطع المستوى الرئيسى للعدسة ح د ووصلت نقط تقابلها واياه بنقطة ا تعينت مسيرات الاشعة التى ترى العين بها ا٢ وهكذا بالنسبة الى أية نقطة أخرى

ومما يلاحظ فى تركيب الميكرسكوب ان يخول اتساع كل من العدستين وقوع الأشعة النافذة من الشيئية على العينية لكى 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 فى الشكل . ويوضع عادة عند موضع تكوّن الصورة ا١ ب١ حاجز ذو فتحة مستديرة تخول وصول الاشعة التى تتكون من تجمعها اطراف الصورة (كالنقطتين ا١ ، ب١ مثلا) تخول وصولها الى العينية وفائدته ان يجعل مجال النظر محدوداً ويتضح من الشكل ان الاشعة الصادرة من الحرف الاعلى للشيئية اى من نقطة ح تتقابل بعد نفوذها من العينية فى نقطة ح وكذلك فالاشعة الصادرة من نقطة د تتقابل بعد نفوذها من العينية فى نقطة ر واذن ح ر يمكن ان يعتبر صورة حقيقية للعدسة الشيئية تحدث بفعل العدسة العينية وتكون هذه الصورة طبعاً مستديرة ولكى تصل جميع الاشعة النافذة من العينية الى العين وجب أن توضع العين بحيث يكون انسانها عند ر ح والصورة ر ح التى هى صورة العدسة الشيئيه نسميها دائرة العين . ويعد الجهاز عادة بحاجز ذى ثقب مستدير تساوى مساحته مساحة دائرة العين ويوضع بحيث ينطبق الثقب

على هذه الدائرة ويلاحظ عادة فى اختيار العدسات ان تكون مساحة دائرة العين اصغر من مساحة انسان العين حتى يتحقق نفوذ جميع الاشعة الخارجة من العينية الى داخل العين

والميكرسكوب الموصوف هنا هو أبسط صورة للميكرسكوب وسنرى فى 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 احداهما القطعة الشيئية والاخرى القطعة العينية

ولايجاد درجة تكبير الميكرسكوب نرمز لبعد الجسم ا ب عن الشيئية بالحرف ع ولبعد صورته ا١ ب١ منها بالرمز ع١ فتكون نسبة طول الصورة الى طول الجسم أى تكبير الشيئية $\frac{ع_١}{ع}$ وبما أن درجة تكبير العينية ١ — $\frac{ع}{ل}$ باعتبار أن ل بعدها البؤرى وملاحظة أن اشارتها سالبة تكون درجة تكبير الميكرسكوب

$$\frac{ع_١}{ع}(١ - \frac{ع}{ل})$$

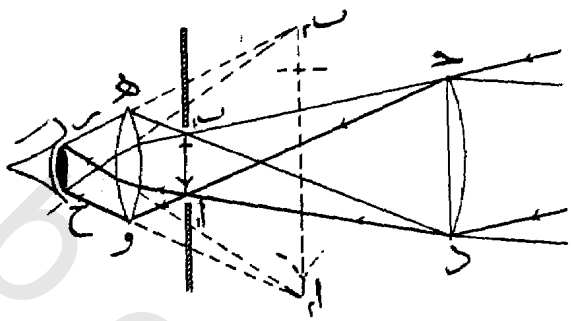
ومن هذا يتبين أن درجة تكبير الميكرسكوب تزداد كلما زادت ع١ وصغرت ع فاذا كانت الشيئية ذات بعد بؤرى قصير ووضع الجسم على بعد منها وان كان أكبر من بعدها البؤرى ولكنه يكاد يساويه فان درجة تكبير الميكرسكوب تكون كبيرة وكذلك فالتكبير يزداد تبعاً لصغر البعد البؤرى للعينية واذن يلاحظ فى الميكرسكوب أن تكون كل من الشيئية والعينية ذات بعد بؤرى قصير

٩١ — التلسكوب الفلكى ودرجة تكبيره

يتركب التلسكوب الفلكى (٢) فى أبسط صوره من شيئية لامة تحدث صورة حقيقية مصغرة مقلوبة للجسم البعيد وعينية تكبر هذه الصورة اذا نظر اليها خلالها فاذا فرضنا أن العدسة ح د (شكل ٧٣) هى الشيئية وكان الجسم بعيداً جداً من العدسة حدثت الصورة الحقيقية المصغرة المقلوبة ا١ ب١ قريباً جداً من بؤرة الشيئية فاذا وضعت العينية هـ و بحيث يكون بعد هذه الصورة عنها أقل من بعدها البؤرى حدثت الصورة التقديرية المكبرة ا٢ ب٢ وتكون معتدلة بالنسبة الى ا١ ب١ ومقلوبة بالنسبة الى الجسم الاصلى

(١) الباب السابع Astronomical Telescope

ويمكن بعد تعيين الصورة ا١ ب١ والصورة ا٢ ب٢ تعيين مسير الاشعة التى ترى العين بها صورة أية نقطة كما فى الحالة السابقة مع ملاحظة أن الاشعة الواقعة على الشيئية تكاد تكون متوازية كما هو مبين بالشكل



(شكل ٧٣)

ويوضع فى التلسكوب حاجز ذو فتحة مستديرة عند موضع ا١ ب١ لتحديد مجال النظر كما فى الميكرسكوب ويلاحظ هنا أيضاً فى اختيار العدستين أن يكون اتساع العدستين بحيث تقع الاشعة النافذة من الشيئية على العينية ويمثل ر ح صورة العدسة الشيئية التى تتكون 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 ا ولبعده عن الشيئية بالحرف ع ولبعد صورته عنها بالرمز ع١ فيكون ارتفاع الصورة ا١ ب١ أو طولها ا $\frac{ع_١}{ع}$ فاذا رمزنا لبعد ا١ ب١ عن العينيه بالرمز عَ ولبعد ا٢ ب٢ عنها بالرمز عَ١ فان طول الصورة النهائيه أو ارتفاعها يكون

$$ا \frac{ع_١}{ع} \cdot \frac{عَ_١}{عَ}$$

واذا وضعت العين قريبة من العينية تكون الزاوية الجليدية للصورة النهائية

$$ة_١ = ا \frac{ع}{ع عَ}$$

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

$$ة = \frac{ا}{ع}$$

فتكون درجة تكبير التلسكوب

$$\frac{\text{ق}_{١}}{\text{ق}} = \frac{\text{ع}_{١}}{\text{ع}}$$

ولما كان الجسم بعيداً جداً فان قيمة ع$_{١}$ تكاد تساوى البعد البؤرى للشيئية وليكن ل$_{١}$ وبما أن العين غير المتكيفة تكون قابلة لاستقبال الأشعة المتوازية وتكون الأشعة النافذة من العينية متوازية اذا كانت قيمة ع مساوية للبعد البؤرى للعينية وليكن ل$_{٢}$ فان درجة تكبير التلسكوب للعين غير المتكيفة تكون $\frac{\text{ل}_{١}}{\text{ل}_{٢}}$

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 — ايجاد درجة تكبير كل من التلسكوب والميكرسكوب عملياً

يمكن استخراج درجة تكبير التلسكوب أو الميكرسكوب من المعادلة الدالة على ذلك اذا عرفت المقادير التى تتضمنها المعادلة وهناك طريقة عملية بسيطة يمكن بوساطتها ايجاد درجة التكبير

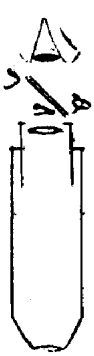
(أولا) درجة تكبير التلسكوب

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 فاذا 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 الاخرى وقد يكون من اللازم تهيئة البعد بين عدستى التلسكوب الشيئية والعينية حتى اذا ازيحت العين قليلا نحو اليمين او الشمال لا تتحرك احدى الصورتين بالاضافة الى الاخرى بل تظل منطبقة عليها . فاذا قيس البعد بين العلامتين

على المقياس وقدر خلال التلسكوب البعد بين التدريجين اللذين تنطبق صورتاهما اللتان تريان خلال التلسكوب على العلامتين اللتين تريان بالعين رأساً كانت نسبة البعد الأول الى الثانى مساوية درجة تكبير التلسكوب فمثلا اذا وجد ان صورة السنتيمتر الواحد من المقياس تكبر بوساطة التلسكوب بحيث ترى منطبقة على البعد بين العلامتين وكان هذا البعد ١٥ سنتمتراً مثلا فان درجة التكبير تكون ١٥ وهكذا

(ثانياً) درجة تكبير الميكرسكوب

وتطبق الفكرة السابقة بشيء من التعديل لايجاد درجة تكبير الميكرسكوب. فيوضع مقياس دقيق (مقسم الى مليمترات او كسور المليمترات كما تقتضيه الحال) على قاعدة الميكرسكوب المعدة لوضع الاجسام الصغيرة عليها وتهيأ القاعدة بحيث تكون أفقية ويكون محور الميكرسكوب رأسياً ويهيأ الميكرسكوب بتغيير البعد بين شيئيته وعينيته حتى ترى صورة المقياس بوساطة الميكرسكوب واضحة جلية . ثم يوضع مقياس آخر كمسطرة معتادة مثل ا ب (شكل ٧٤) فى وضع رأسى بحيث يكون منتصف المقياس حوالى المستوى الافقى المار بدائرة العين فى عينية الميكرسكوب وهى المدلول عليها بنقطة حـ فى الشكل وبحيث يكون بعد المقياس عن نقطة حـ يساوى أدنى مدى الرؤية الجلية أى حوالى الثلاثين سنتمتراً . ثم يوضع لوح صغير من الزجاج مثل د هـ فوق دائرة العين بحيث يميل بزاوية ٤٥° على الافق فاذا نظرت العين فى الوضع المبين بالشكل ترى أولا صورة المقياس الدقيق أو صورة جزء منه خلال الميكرسكوب وثانياً صورة الجزء الاوسط من المقياس ا ب منعكسة عن سطح اللوح د هـ وبشيء من العناية وحصر الذهن يمكن أن تجعل الصورتان منطبقتين كما فى الحالة الاولى فاذا قدر عدد أقسام المقياس الرأسى التى ترى منطبقة على صورة قسم من أقسام المقياس الدقيق امكن استخراج درجة التكبير

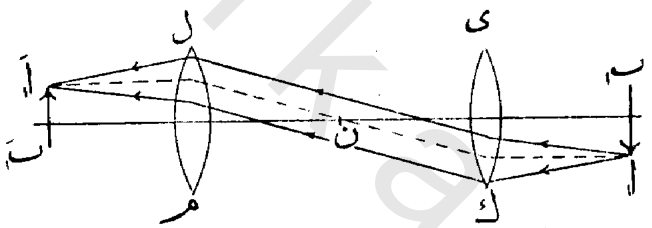


(شكل ٧٤)

٩٣ — التلسكوب الأرضى[١]

التلسكوب الفلكى الذى سبق شرحه ترى بوساطته صورة الجسم البعيد مقلوبة وهذا لا يؤثر كثيرا فى المشاهدات الفلكية ولكنه ليس من المناسب عند النظر الى جسم معتدل على سطح الارض ان ترى صورته مقلوبة . ولكى يطبق التلسكوب الفلكى للنظر به الى صور الاجسام الارضية تلحق به عادة عدستان تعتدل بوساطتهما الصورة

فاذا فرضنا أن ا١ ب١ (شكل ٧٥) هى الصورة الحقيقية المصغرة المقلوبة التى تحدثها الشيئية ووضعت العدسة اللامة ى ك فى الجانب الآخر من الصورة بحيث تكون ا١ ب١ على بعد منها يساوى بعدها البؤرى فان الاشعة الملومة فى نقطة ا١ اذا وقعت عليها خرجت منها متوازية كما هو مبين بالشكل ويمكن تعيين



(شكل ٧٥)

مسيراتها اذا اعتبرنا أن الشعاع المرسوم مسيره نقطاً يقع من ا١ موازياً للمحور فهو يخرج من العدسة ى ك ماراً ببؤرتها ن واذن تنفذ سائر الاشعة الواقعة من ا١ على العدسة ى 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 ملومة فى نقطة ا٢ تكون فوق المحور كما هو مبين بالشكل . ويمكن تعيين موضعها ، فالشعاع المرسوم مسيره نقطاً يقع على العدسة ل م ماراً بنقطة ن التى تبعد عنها بمقدار بعدها البؤرى فيخرج اذن منها موازياً للمحور فتكون نقطة ا٢ واقعة على امتداده بعد نفوذه من العدسة ونظراً لان الاشعة الواقعة على العدسة ل م حزمة متوازية تكون النقطة التى تلم فيها على بعد من العدسة يساوى بعدها البؤرى فهى اذن على امتداد مسير الشعاع المذكور وتبعد عن العدسة ل م بمقدار البعد البؤرى لها

---

(١) Terrestrial Telescope

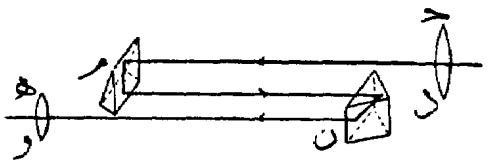
ومما سبق يتضح أنه اذا وضعت عدستان لامتان البعد بينهما يساوى مجموع بعديهما البؤريين بحيث تكون ا ١ ب ١ الصورة الحقيقية المصغرة المقلوبة التى تتكون بوساطة شيئية التلسكوب على بعد من احداهما يساوى بعدها البؤرى تتكون بوساطة العدستين الصورة آ ١ ب ١ على بعد من الثانية يساوى بعدها البؤرى وتكون صورة حقيقية معتدلة فاذا وضعت عينية التلسكوب بحيث تقع آ ١ ب ١ على بعد منها أقل من بعدها البؤرى ويكاد يساويه فان الصورة التى ترى بوساطة التلسكوب تكون معتدلة

وتسمى العدستان ى ك ، ل م اللتان تحولان بين الشيئية والعينية للغرض المذكور « العدستين العادلتين »[1]

٩٤ — المنظار ذو المنشورين

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

وشكل (٧٦) يبين الفكرة الاساسية فى هذا المنظار فالعدسة حـ د تمثل الشيئية والضوء النافذ منها يقع على المنشور مـ وهو من الزجاج مقطعه العرضى مثلث قائم الزاوية متساوى الضلعين ويوضع كما هو مبين بالشكل بحيث يكون مقطعه المذكور



(شكل ٧٦)

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

(١) Erecting Lenses

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

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

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

٩٥ — تلسكوب غاليليي[1]

يتركب هذا المنظار من عدسة لامة تحدث صورة حقيقية مصغرة مقلوبه للجسم البعيد وعينية من عدسة مفرقة توضع بين الشيئية والصورة الحقيقة المذكورة بحيث تكون هذه الصورة بمثابة جسم تقديرى للعدسة المفرقة وتكون الصورة التى تحدثها هذه لهذا الجسم التقديرى صورة تقديرية

ولتوضيح هذا نفرض أن حـ د (شكل ٧٧) العدسة الشيئية وأن ا١ ب١ هى الصورة الحقيقية المصغرة التى تحدثها الشيئية للجسم البعيد ولزيادة التوضيح نفرض أن هذا الجسم هو ا ب فاذا وضعت العدسة هـ و بين ا١ ب١ وبين العدسة اللامة حـ د أمكن اعتبار ا١ ب١ جسما تقديرياً بالنسبة الى العدسة المفرقة فاذا رمزنا للبعد البؤرى للمفرقة بالحرف ل وللبعد بينها وبين ا١ ب١ بالحرف ع فان الصورة التى تتكون بوساطة المفرقه تكون على بعد ع١ منها طبقا للمعادلة

$$\frac{١}{ل} = \frac{١}{ع_١} - \frac{١}{ع}$$

حيث يلاحظ أن اشارة ل موجبة واشاره ع سالبة طبقاً لقاعدة الاشارات واذن يكون

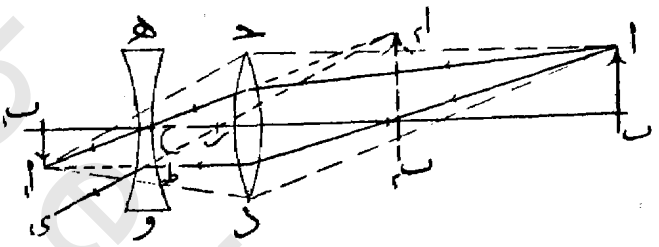
$$\frac{١}{ع_١} = \frac{١}{ل} - \frac{١}{ع} \quad \ldots\ldots (١)$$

---

(١) نسبة الى Galileo Galilei مخترعه

فتكون قيمة ع١ موجبة اذا كانت ع > د وفى هذه الحالة تكون الصورة الحادثة بفعل العدسة المفرقة فى 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 أولا الصورة ا١ ب١ التى تتكون بفعل العدسة اللامة حـ د فتكون جميع الأشعة التى تقع من ا على العدسة اللامة متقابلة فى نقطة ا١ بعد نفوذها منها . فاذا وضعت



(شكل ٧٧)

العدسة المفرقة هـ و بين العدسة اللامة وبين ا١ ب١ فان مسيرات جميع هذه الأشعة تتغير ما عدا مسير شعاع واحد منها هو الذى يمر بالمركز البصرى للمفرقة ويكون المستقيم الواصل بين ا١ وبين المركز البصرى للعدسة المفرقة وهو حـ ا١ 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 ر ط ى باعتبار أن نقطة ر هى بؤرة المفرقة ويتضح من الرسم أن الشعاعين حـ ا١ و ط ى لا يتقابلان فعلا اذا كان بعد ا١ ب١ عن المفرقة أكبر من بعدها البؤرى وفى هذه الحالة يتقابل امتداداهما فى نقطة ا٢ وتكون الصورة تقديرية . أما اذا كان بعد ا١ ب١ عن المفرقة أقل من بعدها البؤرى فانهما يتقابلان فعلا فى نقطة على يسار العدسة فى الشكل وتكون الصورة حقيقية

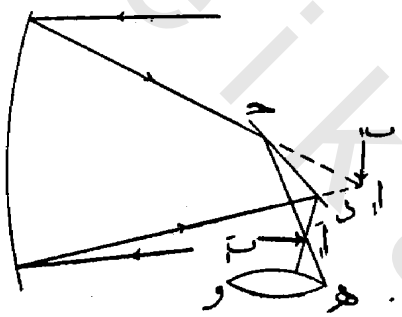
وفى منظار غاليلي توضع العدسة العينية وهى المفرقة بين الصورة ا١ ب١ التى تحدثها الشيئية وبين الشيئية نفسها بحيث يكون بعدها (أى المفرقة) عن ا١ ب١ أكبر من بعدها البؤرى ويكاد يساويه فتكون الصورة النهائية التى ترى خلال المنظار صورة معتدلة تقديرية ونظراً لان بعد هذه الصورة عن المفرقة أكبر من بعد ا١ ب١ عنها (ويتضح هذا من الرسم أو من المعادلة «١» فان الصورة التى تحدثها المفرقة تكون بالنسبة الى الصورة ا١ ب١ 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 مقعر عاكس يحدث للجسم البعيد صورة حقيقية مصغرة مقلوبة على بعد منه أكبر من البعد البؤرى ويكاد يساويه وأمام السطح الكرى العاكس سطح مستوى صغير عاكس موضوع على المحور ويميل عليه بزاوية قدرها ٤٥° ومتجه نحو السطح المقعر العاكس ويحول دون تجمع الاشعة المنعكسة عن هذا السطح فى الصورة الحادثة على المحور

فاذا فرضنا أن السطح المقعر يحدث الصورة الحقيقية ا١ ب١ (شكل ٧٨) لو لم يكن السطح المستوى العاكس حـ د موجوداً فان هذا السطح يعكس الأشعة الواقعة عليه والتى كانت تتقابل فى نقطة ا١ بحيث يجعلها تتقابل فى نقطة أَ١ أمامه ويكون بعد هذه النقطة عن السطح المستوى العاكس كبعد ا١ عنه وبالمثل فالأشعة التى كانت تتقابل فى نقطة بَ١ تنعكس بحيث تتقابل فى نقطة بَ١ . فتحدث اذن من جراء وجود السطح المستوى العاكس الصورة أَ١ بَ١ كما هو مبين بالشكل



(شكل ٧٨)

ولرؤية هذه الصورة مكبرة توضع عدسة عينية لامة هـ و بحيث يكون بعد أَ١ بَ١ عنها أقل من بعدها البؤرى ويكاد يساويه فتتكون بوساطة هذه العدسة صورة تقديرية مكبرة معتدلة للصوره أَ١ بَ١ وتكون هى التى ترى بوساطة التلسكوب

ووضع السطح العاكس حـ د بحيث تتكون الصورة أَ١ بَ١ على جانب من المحور يجعل من الممكن رؤية الصورة النهائية دون أن تحول رأس الناظر فى سبيل الضوء الواقع من الجسم البعيد على السطح الكرى العاكس وقد يستبدل بالسطح المستوى العاكس حـ د منشور مقطعه العرضى مثلث قائم الزاوية متساوى الضلعين يوضع فى الوضع المناسب لكى يقوم مقام السطح العاكس

ويسمى تلسكوب نيوتن هذا « التلسكوب العاكس »

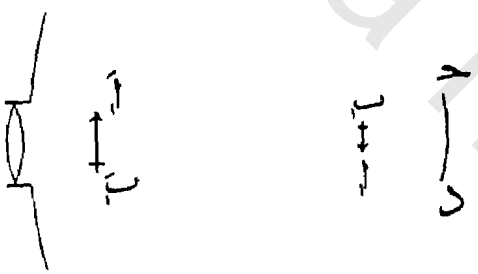
---

(١) نسبة الى Newton مخترعه

٩٧ — تلسكوبات جريجورى وكاسجران وهرشل

وقد عدّل التلسكوب الذى اخترعه نيوتن بعض التعديل فى التلسكوب المعروف باسم « جريجورى »[١] جعل السطح الكرى المقعر العاكس سطحاً كبيراً يحدث الصورة ا١ ب١ (شكل ٧٩) وجعل سطح عاكس كرى مقعر آخر حـ د سطحه العاكس متجه نحو السطح العاكس الكبير بحيث تقع الصورة ا١ ب١ أمامه (أى السطح الصغير) وعلى بعد منه يقع بين بعده البؤرى وضعفه فتتكون بالانعكاس عنه صورة مكبرة حقيقية أ١َ ب١َ تكون مقلوبة بالنسبة الى ا١ ب١ ومعتدلة بالنسبة الى الجسم الأصلى. ولكى ترى هذه الصورة مكبرة جعلت السطح الكبير فتحة مستديرة ركبت عليها عدسة عينية (أو قطعة عينية) تتكون بوساطتها صورة مكبرة تقديرية معتدلة للصورة أ١َ ب١َ ترى بالنظر خلال العينية من خلف السطح الكرى الكبير

أما فى التلسكوب المعروف باسم « كاسجران »[٢] فقد استبدل بالسطح الكرى المقعر الصغير حـ د فى التلسكوب السابق سطح صغير ىرى محدب عاكس يوضع بين السطح المقعر الكبير وبين الصورة ا١ ب١ التى تتكون بفعله فهذه الصورة تعد بالنسبة الى السطح المحدب جسما تقديرياً فاذا رمزنا لبعده عنه بالحرف ع وللبعد



(شكل ٧٩)

البؤرى للسطح المحدب بالحرف ل فان الصورة الحادثة بالانعكاس عند السطح المحدب تكون على بعد ع١ عنه طبقاً للمعادلة

$$\frac{١}{-ل} = \frac{١}{ع_١} + \frac{١}{-ع}$$

حيث يلاحظ ان اشارة كل من ل ، ع سالبة طبقاً لقاعدة الاشارات

---

(١) نسبة الى مخترعه Gregory (٢) Cassegrain

واذن $\frac{١}{ع_١} = \frac{١}{ع} - \frac{١}{د}$

واذن يكون بعد الصورة مقداراً موجبا اذا كان ع < د وفى هذه الحالة تكون الصورة حقيقية فاذا روعى هذا الشرط فانه يحدث بالانعكاس عن السطح المحدب صورة حقيقية مثل $أ_١ ب_١$ تكون مكبرة بالنسبة الى $ا_١ ب_١$ نظراً لأن قيمة $ع_١ > ع$ ومقلوبة لان اشارتى $ع ، ع_١$ مختلفتان ويمكن النظر اليها خلال عدسة عينية لامة أو قطعة عينية كما فى الحالة السابقة

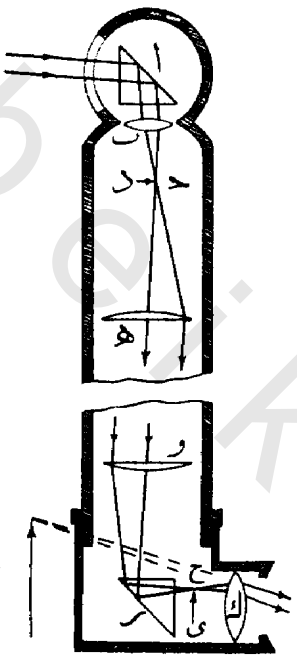
أما فى التلسكوب المعروف باسم «هرشل»(١) فقد جعل محور السطح المقعر العاكس الكبير بحيث يميل بزاوية مناسبة على اتجاه أشعة الضوء الواقعة عليه فيكون موضع الصورة الحقيقية المصغرة المقلوبة لا على المحور تماماً وانما على جانب منه فيتسنى النظر اليها خلال عدسة عينية لامة أو قطعة عينية دون أن تحول كثيراً هذه القطعة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

٩٨ — البرسكوب أو منظار الغواصة

جهاز يتسنى بوساطته لرائد الغواصة رؤية المرئيات فوق ظهر البحر والغواصة غائصة فى الماء وشكل (٨٠) يوضح تركيب جهاز بسيط من هذا القبيل . وهو يتكون من جزءين أحدهما مثبت فى الطرف الاعلى لأنبوبة رأسية طويلة . طرفها الأعلى هذا ناتىء فوق سطح الماء وبه فتحة عليها لوح من الزجاج . وهذا الجزء يتركب من (أولا) منشور ا من الزجاج مقطعه مثلث قائم الزاوية متساوى الساقين يسقط عليه خلال الفتحة المذكورة بعض الضوء الصادر من الجسم فى اتجاه أفقى أو يكاد يكون افقياً فينعكس بوساطته انعكاساً كلياً الى أسفل (ثانياً) عدسة لامة ب يقع عليها الضوء المنعكس هذا فيتكون بوساطتها صورة حقيقية حـ د (ثالثاً) عدسة لامة هـ موضوعة بحيث تقع الصورة حـ د على بعد منها يساوى بعدها البؤرى فتنفذ الأشعة منها متوازية وتسير فى الانبوبة الطويلة فى اتجاه يكاد يكون موازياً لمحورها . أما

(١) نسبة الى مخترعه Herschell

الجزء الثانى فمثبت عند الطرف الأسفل للانبوبة وهو يتركب من (أولا) عدسة لامة و مناظرة للعدسة ه تقع عليها الاشعة المتوازية وتتكون بوساطتها صورة حقيقية للصورة حـ د (ثانياً) منشور من الزجاج مقطعه مثلث قائم الزاوية متساوى الساقين موضوع أقرب الى العدسة و من بؤرتها لكى تقع عليه الأشعة النافذة من العدسة قبل تجمعها فتنعكس انعكاساً كلياً فى اتجاه أفق وتتكون الصورة التى تحدث بوساطة العدسة عند ح ى وتكون معتدلة (ثالثاً) عدسة عينية ك ينظر خلالها الى الصورة ح ى فترى مكبرة



(شكل ٨٠)

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

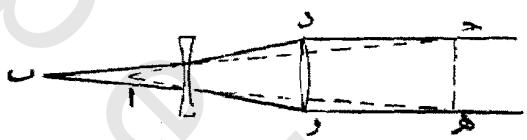
ومما تجدر ملاحظته فى هذا الجهاز أن تركيب كل جزء من جزءيه يشبه تركيب التلسكوب الفلكى لولا وجود المنشور العاكس فيه فالعدسة ه فى الجزء الأعلى أو و فى الجزء الأسفل بمثابة شيئية التلسكوب والعدسة ب فى الجزء الأعلى أو ك فى الأسفل بمثابة العينية ولكن يلاحظ أن الجزء الأعلى معكوس وضعه اذا قيس بالتلسكوب المعتاد . والغرض من هذا يتضح اذا علم أن قطر الانبوبة الرأسية حوالى خمسة عشر سنتمتراً وطولها حوالى ستة امتار فلولا وجود الجزء الأعلى لكان مجال النظر ضيقاً صغيراً لا يتسع عما يرى الانسان اذا نظر خلال مثل هذه الأنبوبة 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 أوغشاء (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 للاتساع 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 فيتسنى بذلك تهيئة بعدها عنه بحيث تكون الصورة الحادثة عليه واضحة

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



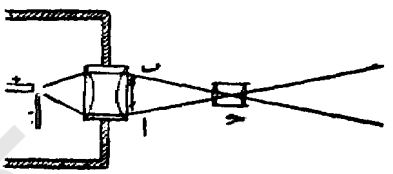
(شكل ٨١)

وتعدل عدسة الجهاز أحياناً لكى يتسنى بالآلة تصوير الأجسام البعيدة فاذا كان الجسم بعيداً جداً كانت صورته مصغرة جداً ولكن اذا استعملت عدسة ذات بعد بؤرى أطول فان صورة الجسم البعيد التى تتكون بوساطتها تكون اكبر ويتضح ذلك من المقدار الدال على تكبير العدسة والذى يتضمن البعد البؤرى وبعد الجسم عنها . فالتكبير يساوى $\frac{ل}{ع + ل}$ فاذا ظل بعد الجسم ع واحداً فان قيمة هذا الكسر تزداد تبعاً لزيادة قيمة ل ولكن اذا كان البعد البؤرى لعدسة الجهاز كبيراً جداً كانت آلة التصوير طويلة وهذا غير مرغوب فيه من الوجهة العملية ولذلك تجعل العدسة من قطعتين احداهما لامة والأخرى مفرقة وتوضع المفرقة موضع عدسة الجهاز والمحدبة أمامها من الخارج . ولسهولة الشرح نفرض أن كلا منهما عدسة مفردة كالمبين بشكل (٨١) ولنفرض أن الحزمة المتوازية حـ د هـ و تلم بوساطة العدسة اللامة فى بؤرتها ا لولا وجود العدسة المفرقة التى تجعل الأشعة تتجمع فى نقطة ب وامتدادات الأشعة النافذة من العدسة المفرقة تتقابل والاشعة الساقطة عند حـ ، هـ ولذلك فان العدستين اللامة والمفرقة تعملان من حيث لم الاشعة المتوازية عمل عدسة لامة واحدة موضعها حـ هـ وبؤرتها عند ب

١٠٠ — الفانوس السحرى والابدياسكوب

يتركب الفانوس السحرى 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 الفتوغرافى الموجب الذى يراد الحصول على صورته المكبرة على الستار الابيض وهو مدلول عليه فى الشكل بالحرفين ا ى ب وأمامه توجد قطعة حـ مركبة فى العادة من عدستين لامتين يمكن أن تستبدل بها لسهولة الشرح



(شكل ٨٢)

عدسة لامة والقطعة تسمى عدسة الفانوس وعملها أن تحدث على الستار صورة حقيقية مقلوبة مكبرة للوح الفتوغرافى ا ب الذى يكون بمثابة جسم لها وفائدة المكثف أن يكثف الضوء الواقع عليه على اللوح ا ب وعلى عدسة الفانوس حـ كما هو مبين بالشكل حتى تكون كمية الضوء الواقعة على الستار كبيرة فتظهر الصورة ساطعة ولكى تظهر الصورة الحادثة على الستار الابيض معتدلة يوضع اللوح الفتوغرافى ا ب مقلوباً

وكثيراً ما يستعمل فى الوقت الحاضر جهاز يسمى الابدياسكوب[1] يمكن بوساطته الحصول على صورة مكبرة لجسم معتم أو صفحة مطبوعة من كتاب أو صورة مطبوعة على قطعة من الورق أو ما شابه ذلك ولا يختلف هذا فى نظرية تركيبه عن الفانوس السحرى وانما يعنى فيه بان يكون مصدر الصور شديداً جداً ويوجه الضوء على سطح الجسم أو صفحة الورق حتى تضىء بشدة فتتكون بوساطة عدسة الجهاز صورة مكبرة لهذا السطح على الستار الابيض وشكل (٨٣) يوضح جهازا من هذا القبيل فالضوء يقع من المكثف حـ على سطح عاكس د يعكسه نحو الجسم ا ب فيضىء سطحه بشدة ويقع الضوء الصادر منه على سطح عاكس هـ فينعكس عنه الى عدسة الجهاز و كأنه صادر عن الصورة التى تحدث للجسم ا ب بالانعكاس عند السطح هـ فتكوّن لها عدسة الجهاز صورة حقيقية مكبرة مقلوبة

(شكل ٨٣)

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

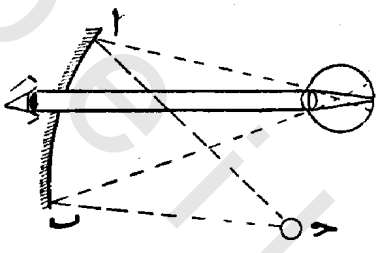
---

(١) Epidiascope

مكشف خاص موضوع بحيث يتكشف به ضوء المصدر رأساً على سطح الجسم ، وفى مثل هذه الاجهزة توجد مرآة واحدة مثل ه ينعكس عنها الضوء الصادر من الجسم نحو عدسة الجهاز و .

١٠١ ـــ الافثالموسكوب أو جهاز فحص العين

الافثالموسكوب جهاز يستعمله أطباء العيون لفحص العين وهو فى أبسط صوره يتركب من سطح كرى مقعر عاكس ا ب (شكل ٨٤) به فتحة يمكن النظر خلالها من الخلف فيقع الضوء من مصباح جانبي مثل ح وينعكس عن السطح المقعر متجهاً الى العين المراد فحصها بحيث تتجمع الاشعة المنعكسة داخل العين بين عدستها الجليدية و بين الشبكية وتتفرق بعد ذلك واقعة على الشبكية فتضيئها كما هو مبين بالخطوط المتقطعة فى الشكل



(شكل ٨٤)

فاذا ما أضيئت الشبكية أو أضيء 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 فى السطح المقعر فتقع على عين الطبيب الفاحص كما هو مبين فى الشكل فيتسنى لهذا رؤية شبكية العين وفحصها وعينه فى أثناء ذلك غير متكيفة

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

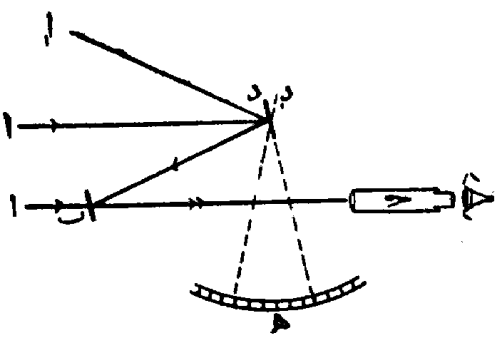
أما اذا كانت العين المفحوصة بها طول نظر وكانت غير متكيفة فان بعد الشبكية يكون أقل من البعد البؤرى للعين ولذلك تخرج الاشعة من العدسة متفرقة فلكى يتسنى للطبيب رؤية صورة الشبكية يضع بالقرب من العين المفحوصة عدسة لامة تجعل الأشعة متوازية ويكون البعد البؤرى

لهذه العدسة هو البعد البؤرى للعدسة اللازمة لاصلاح طول النظر فى 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 . وفى هذه الحالة يضع أمام العين المراد فحصها عدسة لامة ويجعل الاشعة المنعكسة عن السطح ا ب تلم على سطح هذه العدسة عند مركزها البصرى فتنفذ 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 فتنفذ هذه الأشعة خلال العدسة المحدبة الموضوعة فتتكون صورة حقيقية للشبكية أو الجزء المفحوص منها بفعل هذه العدسة وعلى بعد منها يساوى بعدها البؤرى وتهيأ 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[1] تستخدم لقياس الزاوية التى يصنعها عند العين جسمان بعيدان أو يصنعها بعد محدود بين نقطتين بعيدتين . وكثيراً ما تستخدم لقياس ارتفاع الشمس لمعرفة درجة العرض



(شكل ٨٥)

والجهاز يتركب كما فى شكل (٨٥) من لوح ب من الزجاج نصفه شفاف ونصفه مفضض عاكس وسطحه العاكس متجه نحو تلسكوب عند ح ويتركب أيضاً من مرآة د سطحها العاكس متجه نحو ب ومثبتة فى 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

(١) Sextant

ونظرية الجهاز أنه اذا سقط شعاع مثل ا ب يأتى من جسم بعيد على الجزء الشفاف من اللوح ب نفذ منه الى التلسكوب وأمكن بوساطة التلسكوب رؤية الجسم البعيد خلال الجزء الشفاف من اللوح فاذا أديرت المرآة د حتى تصير موازية للوح ب و وقع عليها شعاع مثل ا د مواز للاول وآت من الجسم البعيد فينعكس عن سطحها فى اتجاه د ب و يقع على الجزء المفضض من اللوح ب فينعكس عنه نحو التلسكوب واذن يمكن خلال التلسكوب رؤية صورة أخرى للجسم البعيد بجوار الصورة الأولى . فاذا ثبت الجهاز فى هذا الوضع واعتبرنا لسهولة الشرح ب د مسير شعاع ساقط على سطح المرآة د فانه ينعكس فى استقامة د ا فاذا أديرت هذه المرآة بزاوية قدرها و فى اتجاه حركة عقربى الساعة فالشعاع الواقع عليها فى استقامة ب د ينعكس فى استقامة د ا بحيث تكون الزاوية بين د ا وبين د ا مساوية ٢ و واذن اذا فرضنا أن المرآة د أديرت حتى يقع على سطحها شعاع مثل ا د يأتى من جسم آخر بعيد بحيث ينعكس عند سطحها فى استقامة د ب ويقع على الجزء المفضض من اللوح ب وينعكس عنه نحو التلسكوب أمكن خلال التلسكوب رؤية صورة لهذا الجسم بجوار صورة الجسم الأول وهى التى ترى خلال الجزء الشفاف من اللوح ب أى فى موضع الصورة الثانية التى رؤيت للجسم الأول فى الحالة الأولى واذن تكون الزاوية التى أديرت خلالها المرآة د وهى التى تقاس على القوس المدرجة مساوية لنصف الزاوية التى يصنعها الجسمان ا ، ا عند المرآة د أو عند عين الراقب

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

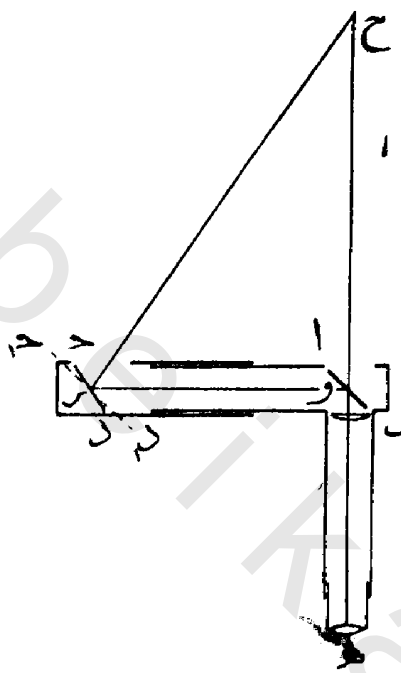
١٠٣ — مقيـاس المدى[1]

جهاز يتسنى بوساطته قياس بعد الجسم عن الراقب . وهو فى أبسط صوره يتركب من أنبوبتين

---

(١) Range Finder

تزلق احداهما داخل الأخرى ومثبت فى الطرف الخارجى للاولى لوح ا ب (شكل ٨٦) من الزجاج نصف المفضض وفى الطرف الخارجى للثانية مرآة مستوية حـ د وبالجهاز تلسكوب هـ يتسنى بوساطته أن ينظر خلال اللوح نصف المفضض الى الجسم المرقوب ولشرح عمل الجهاز نفرض أن اللوح ا ب يميل على المحور و ر للانبوبتين بزاوية قدرها ٤٥° وان المحور هـ و للتلسكوب عمودى على و ر فاذا هيئ الجهاز بحيث يقع الجسم المرقوب على امتداد محور التلسكوب وليكن هذا الجسم عند ح أمكن فى التلسكوب رؤية صورة له خلال اللوح ا ب واذا كانت المرآة حـ د تميل بالنسبة الى اللوح ا ب الميل المناسب أمكن أيضاً رؤية صورة للجسم تتكون بالانعكاس مرة عند السطح حـ د ومرة أخرى عند السطح نصف المفضض للوح فاذا رسمنا عند ر حـ١ د١ موازياً للوح ا ب ورمزنا للزاوية حـ ر حـ١ بالحرف هـ يتضح أن



(شكل ٨٦)

٢ هـ = ∠ ر ح و

وبالرمز للبعد و ر بالحرف م ونظراً لان ∠ ح و ر فى المثلث ح و ر قائمة ينتج أن

و ح = م طا ٢ هـ ..... (١)

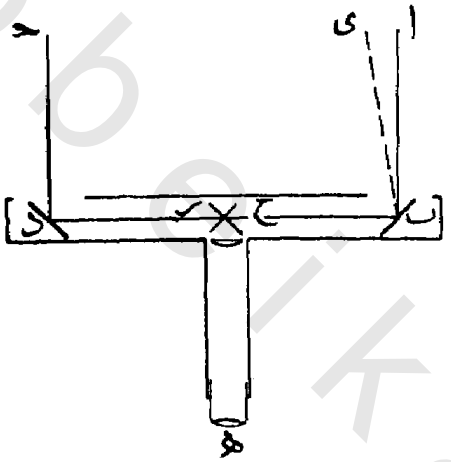
فاذا عرفت قيمتا م ، هـ أمكن ايجاد و ح وهو بعد الجسم عن الجهاز

ويصنع الجهاز بحيث تكون الزاوية بين المرآة حـ د وبين اللوح ا ب ثابتة ومعروفة قيمتها ويكون البعد و ر قابلا للتغير بزلق احدى الانبوبتين فى الاخرى

وطريقة استعماله أن ينظر الى الجسم المرقوب بوساطة التلسكوب خلال اللوح ا ب فترى له صورة . ثم يغير البعد بين المرآة حـ د وبين اللوح ا ب حتى ترى له صورة أخرى تتكون بالانعكاس مرة عند سطح المرآة ومرة أخرى عند السطح المفضض للوح ويهيأ هذا البعد حتى تنطبق احدى الصورتين على الاخرى ويقدر مدى الجسم من المعادلة (١) المذكورة آنفاً

ويلاحظ فى الجهاز المذكور أن الزاوية بين السطحين العاكسين ثابتة ولكن البعد بينهما و ر متغير ويهيأ حتى يصير المستقيم و ر قاعدة للمثلث الذى 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 التى من هذا النوع « ذات القاعدة الثابتة الطول »[1] وشكل



(شكل ٨٧)

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

ومثبت بمنتصف الانبوبة تلسكوب ه محوره عمودى على محور الانبوبة وأمامه عند منتصف البعد بين المرآتين عاكسان ر ى ح بينهما قائمة وأولهما يعكس الأشعة المنعكسة عند المرآة د نحو التلسكوب والثانى يعكس الأشعة المنعكسة عند المرآة ب نحو التلسكوب أيضاً فاذا كانت المرآتان ب ى 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 ى ح د رؤيت فى التلسكوب صورتان احداهما رأسياً فوق الأخرى أما اذا كان الجسم على مدى محدود وليكن واقعاً عند نقطة تقابل امتدادى د ح ى ب ى كانت الصورتان مزاحتين احداهما بالنسبة الى الأخرى فى الاتجاه الأفقى فاذا أديرت المرآة ب حتى تصير احداهما رأسياً فوق الأخرى وتبطل هذه الازاحة الأفقية ورمزنا لزاوية دوران المرآة بالحرف ه يتضح من الشكل أن

∠ ى ب ا = ٢ ه

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

---

(١) «of fixed base length»