

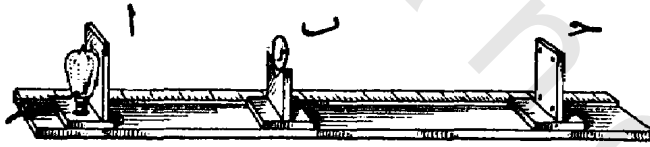
الباب السادس

تعيين الابعاد البؤرية للمرايا الكرية وللعدسات الرقيقة

وايجاد معامل انكسار الضوء وقياس قوى الاضاءة

١٢٣ - لوحة الابصار

يستعمل عادة في التجارب العملية التي يجريها الطلبة في موضوع المرايا الكرية والعدسات جهاز يسمى « لوحة الابصار » . ومن أبسط أنواعه الجهاز المبين بشكل (١٠٤) ويتركب من قاعدة على هيئة لوح يبلغ طوله متراً أو اثنين مثبت عليها مقياس مدرج . وفوق القاعدة (أولاً)



(شكل ١٠٤)

حامل أ قابل للانزلاق عليها يحمل
مصدر ضوء (كمصباح كهربائي مثلاً)
أمامه حاجز رأسى به ثقب مستدير
مثبت فيه خيطان متعامدان وقد

يوضع على الثقب قطعة من الورق الرقيق النصف الشفاف وقد رسم عليها خطان متعامدان
إذا كان مصدر الضوء قوياً

(ثانياً) حامل ب قابل للانزلاق هو أيضاً على القاعدة يستخدم لحمل المرايا أو العدسات

(ثالثاً) حامل ج قابل هو أيضاً للانزلاق على القاعدة ويحمل حاجزاً رأسياً أيضاً لكي

تتكون عليه الصور الحقيقية التي تحدث بواسطة العدسة أو المرآة

وبكل من هذه الحوامل علامة يتعين بها موضع الحامل على المقياس المدرج . وعند قياس

البعد بين الخيطين المتعامدين وبين العدسة أو المرآة الموضوعة على الحامل ب أو بين هذه وبين

الحاجز ج فقد لا يكون البعد بين العلامتين على الحاملين مساوياً تماماً للبعد المراد قياسه إذ قد

لا تكون العلامة على الحامل ب مثلاً واقعة في المستوى الرأسى الموضوعة فيه العدسة أو المرآة التى يحملها الحامل . ولتصحيح الخطأ الذى ينشأ عن هذا يؤق بساق مستقيمة ويقاس طولها بالضبط ثم تثبت أفقية موازية للقياس بحيث يمس أحد طرفيها المرآة أو العدسة الموضوعة على الحامل ب والطرف الآخر الحاجز المراد قياس بعده عنها ويقاس البعد بين العلامتين على الحاملين فيكون الفرق بين هذا البعد وبين طول الساق هو المقدار الذى يصحح به البعد المقيس بين العدسة أو المرآة وبين الحاجز فى أى وضع آخر فإذا كان البعد بين العلامتين أطول من طول الساق فإن هذا الفرق يطرح . أما إذا كان أقصر فإنه يضاف . ولا مندوحة عن اجراء هذه العملية إذا كانت على الحوامل المذكورة ورنيات تتحرك على المقياس المدرج

١٣٤ — إيجاد البعد البؤرى للمرآة المقعرة

الطريقة الأولى — الاستعانة بجسم بعيد

من أبسط الطرق لإيجاد البعد البؤرى لمرآة مقعرة أن يوجه سطحها العاكس نحو جسم بعيد جداً كبناء قائم بحيث يسقط الضوء من الجسم البعيد على سطح المرآة ثم ينعكس ويقع على حاجز أبيض أمامها . فإذا غير بعد الحاجز عن المرآة أمكن الحصول على وضع تتكون فيه صورة واضحة دقيقة على الحاجز وتكون الصورة مصفرة مقلوبة . ولما كان الجسم بعيداً جداً أمكن أن يعتبر بعد صورته عن المرآة مساوياً للبعد البؤرى واذن يكون بعد الحاجز عن المرآة هو البعد البؤرى المطلوب

الطريقة الثانية — الحصول على صورة مماثلة للجسم

تستعمل لوحة الابصار وتوضع المرآة على الحامل ب (شكل ١٠٤) بحيث يتجه سطحها العاكس نحو الثقب فى الحاجز ا ويتخذ الثقب جسماً ثم يغير بعد المرآة عن الثقب حتى تتكون على الحاجز بجوار الثقب صورة للخططين المتعامدين فنظراً لأن الجسم والصورة على بعد واحد من المرآة فإن هذا البعد يكون مساوياً نصف قطر تكور المرآة أو ضعف البعد البؤرى

الطريقة الثالثة - تطبيق القانون في حالة الصور الحقيقية

تستعمل لوحة الابصار ويتخذ الثقب في الحاجز ا ج س م وتوضع المرآة على الحامل ب وسطها العاكس متجه نحو الثقب فالضوء الواقع منه على سطح المرآة ينعكس مكوناً الصورة الحقيقية في الجانب الموجود فيه الجسم . فاذا كان الجسم على بعد من المرآة أكبر من نصف قطر تكورها تكون الصورة مصغرة ويبحث عنها فيما بين الثقب والمرآة فيوضع الحاجز الابيض > بينهما بكيفية مناسبة حتى لا يحول دون وقوع الضوء من الثقب على المرآة ، ويحرك نحو المرآة أو بعيداً عنها حتى يوجد الموضع الذى تكون الصورة الحادثة عليه واضحة دقيقة . أما اذا كان الجسم على بعد من المرآة يتراوح بين بعدها البؤرى ونصف قطر تكورها فان الصورة تكون مكبرة ويكون موضعها أبعد عن المرآة من موضع الثقب وفي هذه الحالة يوضع الحاجز الابيض > أبعد عن المرآة من الثقب ويبحث عن الصورة هناك

وفي كلتي الحالتين توضع المرآة على الحامل ب بازورار قليل نحو احد الجانبين حتى يتسنى وضع الحاجز ذى الثقب والحاجز الابيض أحدهما بالنسبة الى الآخر بحيث لا يحجب الثانى عن المرآة الضوء الصادر من الثقب في حالة الصورة المصغرة ولا يحجب الأول عن الثانى الضوء المنعكس عن المرآة في حالة الصورة المكبرة . واذا كان بالحاجز الابيض > فتحة مستديرة قطرها مناسب (سنتيمتر او سنتيمتر ونصف سنتيمتر) ويوضع بحيث يكون مركز الثقب ذى الخيطين المتعامدين ومركزها وقطب المرآة في استقامة واحدة فان الضوء الواقع على المرآة يسلك في سبيله اليها خلال هذه الفتحة وتتكون الصورة المصغرة على الحاجز نفسه ولا يكون وجوده حائلاً دون وصول الضوء الى المرآة

فاذا قيس بعد الثقب عن المرآة ولنرمز له بالحرف ع وبعد صورته عنها ولنرمز له بالرمز ع_١ تستخرج قيمة البعد البؤرى ولنرمز له بالحرف د من المعادلة

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{e} + \frac{1}{e_1}$$

حيث يلاحظ أن اشارة كل من ع ع_١ موجبة

وتعاد العملية في كل من حالتى الصورة المصغرة والصورة المكبرة بضع مرات تقدر في كل مرة على حدتها قيمة n . ثم يستخرج متوسط قيمتها من المقادير المختلفة

الطريقة الرابعة - تطبيق القانون في حالة الصورة التقديرية

إذا وضع الجسم امام المرآة المقعرة وعلى بعد منها أقل من بعدها البؤرى كانت الصورة تقديرية مـبرة معتدلة ويمكن تعيين موضع الصورة في هذه الحالة بطريقة انطباق المواضع . ولاجراء هذه التجربة يستحسن أن تبسط صحيفة من الورق الأبيض على نضد أفقى ويرسم عليها بالقلم الرصاص مستقيم ثم يؤتى بحامل كالحامل ب (شكل ١٠٤) وعليه المرآة ويوضع حوالى منتصف المستقيم المرسوم بحيث يكون محور المرآة موازياً ما أمكن لهذا المستقيم ورأسياً فوقه ثم يؤتى بدبوس طويل أو ابرة من الصلب وتحرك أمام المرآة على المستقيم المرسوم حتى تأخذ وضعاً فيه تتكون لها خلف المرآة صورة تقديرية مناسبة فتثبت عنده في وضع رأسى وتعتبر جسماً ثم يؤتى بآبرة طويلة أخرى بحيث إذا أمسكت باليد خلف المرآة وطرفها الأسفل على المستقيم المرسوم أمكن رؤية طرفها الأعلى ناتئاً فوق المرآة ، فإذا نظر الى الصورة التقديرية بحيث يكاد يكون خط البصر موازياً للمستقيم المرسوم وحركت هذه الآبرة خلف المرآة على هذا المستقيم أمكن إيجاد الوضع الذى تظهر فيه منطبقاً على الصورة التقديرية المرئية . فإذا ثبتت الآبرة في هذا الوضع كان موضعها موضع الصورة التقديرية . فإذا قيس بعد الآبرة الاولى عن المرآة ولنرمز له بالحرف e وبعد الثانية عنها ولنرمز له بالرمز e_1 فان قيمة البعد البؤرى ولنرمز له بالحرف n تستخرج من المعادلة

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{e} + \frac{1}{e_1}$$

مع ملاحظة وضع اشارة e_1 سالبة طبقاً لقاعدة الاشارات

وتعاد هذه العملية بضع مرات يغير في كل مرة موضع الآبرة الاولى وتقدر n في كل مرة على حدتها ثم تستخرج القيمة المتوسطة

الطريقة الخامسة - تطبيق القانون في حالة الجسم التقديرى

تستعمل لوحة الأبصار ويستعان بعدسة لامة د (شكل ١٠٥) في تكوين صورة حقيقية عند ب للخيطين المتعامدين في الثقب الموجود عند ا ويعين موضع هذه الصورة على المقياس المدرج ثم توضع المرآة ح بين ب والعدسة فبمجرد وضعها تحتفى الصورة ب وتنعكس الأشعة عن سطح المرآة فاذا جعلت المرآة مزورة قليلاً نحو أحد الجانبين ووضع الحاجز الأبيض



(شكل ١٠٥)

امامها مع ملاحظة عدم حجب الضوء الواقع

على المرآة وحركت المرآة أو الحاجز أو كلاهما دون تحريك العدسة أمكن الحصول على صورة حقيقية ب تتكون على سطح الحاجز الأبيض

فالصورة ب التي تحدثها العدسة قبل وضع المرآة تعتبر جسماً تقديرياً والصورة ب التي تحدث بالانعكاس عن سطح المرآة تعتبر صورة حقيقية لهذا الجسم التقديرى فاذا رمزنا لبعد الأولى عن المرآة بالحرف ع ولبعد الثانية عنها بالرمز ع_١ وللبعد البؤرى للمرآة بالحرف ر تستخرج قيمة ر من المعادلة

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{e} + \frac{1}{e_1}$$

حيث يلاحظ وضع اشارة ع سالبة . وتعاد هذه العملية بضع مرات تستخرج في كل مرة على حدها قيمة ر ثم يقدر المتوسط

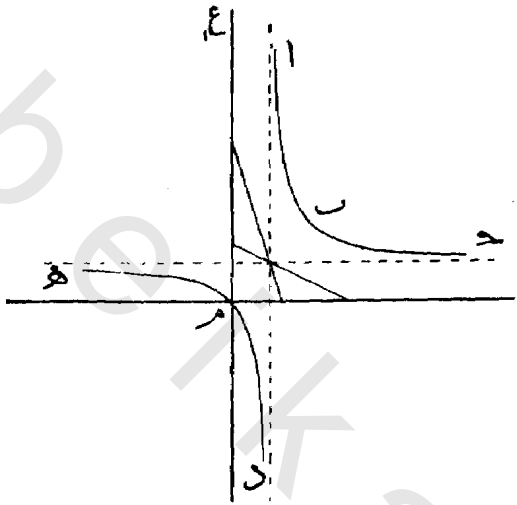
بيانه العمود بين بعد الجسم وبعد الصورة بالرسم البياني

الخط البياني الدال على علاقة المقدارين ع ٦ ع_١ أحدهما بالآخر في المعادلة

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{e} + \frac{1}{e_1}$$

قطع زائد كالمبين بشكل (١٠٦) ويمكن من نتائج التجارب السابقة تحقيق ذلك . فلذا قيست قيمات ع على المحور الأفقى وقيمت ع_١ على المحور الرأسى فان نتائج الطريقة الثالثة حيث

يكون كل من المقدارين ϵ و δ موجباً يتكون منها الخط البياني ab وهو أحد فرعي القطع الزائد. ونتائج الطريقة الرابعة حيث يكون المقدار ϵ موجباً والمقدار δ سالباً يتكون منها الجزء cd من الفرع الثاني ونتائج الطريقة الخامسة حيث يكون المقدار ϵ سالباً والمقدار δ موجباً يتكون منها الجزء ef من هذا الفرع



(شكل ١٠٦)

ويلاحظ أن المستقيم المرسوم موازياً للمحور الرأسى وعلى بعد منه قدره δ ومعادلته $y = \delta$ والمستقيم المرسوم موازياً للمحور الأفقى وعلى بعد منه يساوى δ ومعادلته $x = \delta$ يمسان ϵ القطع الزائد فى ما لا نهاية وعند نقطة تقابلها يتساوى الاحداثيان الأفقى والرأسى ويعين كل منهما البعد البؤرى

ويلاحظ أنه إذا عينت قيمة ϵ على المحور الأفقى وقيمة δ التى تقابلها على المحور الرأسى ووصل المستقيم بين النقطتين فإنه يمر بنقطة تقابل المستقيمين اللذين يمسان فرعى القطع الزائد فى ما لا نهاية وذلك لأن معادلة أى مستقيم من المستقيمت المذكورة هى

$$1 = \frac{y}{\delta} + \frac{x}{\epsilon}$$

$$\text{وبما أن } \frac{1}{\delta} = \frac{1}{\epsilon} + \frac{1}{\epsilon}$$

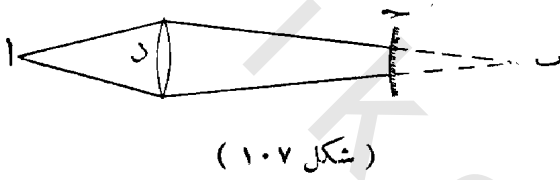
$$\text{أى } 1 = \frac{y}{\epsilon} + \frac{x}{\epsilon}$$

فإن معادلة المستقيم من المستقيمت المذكورة تتحقق إذا استبدلت δ بالمقدارين ϵ ، δ فيها فإذا وصلت النقط التى تعين قيمات ϵ المختلفة على المحور الأفقى والنقط التى تعين قيمات δ المختلفة على المحور الرأسى الواحدة من الأولى بالمقابلة لها من الثانية فإن احداثي نقطة تقابل جميع هذه المستقيمت يكونان متساويين ويساوى الواحد منهما البعد البؤرى

١٣٥ — إيجاد البعد البؤرى للمرآة المحدبة

الطريقة الاولى — الاستعانة بعدسة لامة

تستعمل لوحة الابصار ويستعان بعدسة لامة د (شكل ١٠٧) بحيث تتكون صورة حقيقية عند ب للخيطين المتعامدين فى الثقب الموجود عند ا ثم توضع المرآة المحدبة ح بين العدسة وبين الصورة فاذا وقعت الاشعة عموديا على سطحها انعكست فى مسيراتها الاولى ونفذت من العدسة متجمعة عند ا مرة اخرى . فاذا وضعت المرآة بازورار قليل وحركت نحو العدسة أو بعيداً عنها



(شكل ١٠٧)

أمكن الحصول على موضع تتكون عنده للخيطين المتعامدين صورة على الحاجز الموجود به الثقب . ومتى كانت الصورة واضحة دقيقة

كان البعدين ب وبين المرآة ح مساوياً نصف قطر تكورها . وتتطلب هذه الطريقة أن توضع العدسة اللامة د بحيث يكون البعد بينها وبين الصورة ب أكبر من نصف قطر تكور المرآة ح

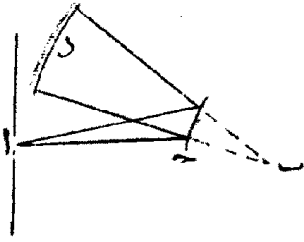
الطريقة الثانية — تطبيق القانون والاستعانة فى ذلك بطريقة انطباق المواضع

نظراً لأن الصور التى تحدثها المرآة المحدبة للأجسام الحقيقية هى دائماً صور تقديرية فانه يمكن بتطبيق طريقة انطباق المواضع كما فى الطريقة الرابعة التى سبق ذكرها فى المرآة المقعرة تعيين موضع الصورة التقديرية . فاذا رمز لبعـد الجسم عن المرآة المحدبة بالحرف ع و لبعـد صورته التقديرية عنها بالرمز ع_١ وللبعـد البؤرى بالحرف د فان قيمة د تستخرج من المعادلة

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{e} + \frac{1}{e_1}$$

مع ملاحظة وضع اشارة ع_١ سالبة ، حيث يلاحظ أن قيمة د المستخرجة من المعادلة تكون سالبة أيضاً

الطريقة الثالثة - تطبيق القانون والاستعانة في ذلك بمراجعة مقعرة



$$\frac{1}{j} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2-j}$$

مع ملاحظة وضع إشارة ع ، سالبة . وتكرر هذه العملية بضع مرات تقدر في كل مرة على
حدها قيمة ن ثم يستخرج متوسط قيمتها

ولكى يتييسر للطالب اجراء هذه التجربة بسهولة يستحسن تهيئة الحامل ب (شكل ١٠٤) والحاجز ١ من لوحة الابرار في وضعهما الميينين بشكل (١٠٤) ثم وضع المرأة المحدة بازوار قليل على الحامل ب و سطحها العاكس نحو ١ وليكن الازوار نحو الجانب الايمن بالنسبة الى الناظر من خلف المرأة الى الحاجز ١ . فهذه الكيفية تتوجه كمية كبيرة من الضوء المنعكس عن سطح المرأة المحدة الى هذا الجانب فتوضع المرأة المقعرة على حامل آخر في الجانب المذكور

وسطحها العاكس موجه نحو المحدبة بحيث يقع عليها أكبر ما يمكن من الضوء المنعكس عن المحدبة . فاذا أمسكت باليد قطعة من الورق الأبيض ووضعت خلف المرآة المحدبة أمكن بمراقبة الضوء الواقع على هذه الورقة آتياً من سطح المقعرة تهيئة وضع هذه المرآة بحيث يجعل هذا الضوء يسقط على سطح المحدبة فيتحقق بهذه الكيفية رجوع الضوء ثانية نحو الحاجز الذى به الثقب منعكساً عن سطح المحدبة ولا يجد الطالب بعد ذلك صعوبة ما فى تهيئة الأبعاد لى تكون الصورة الحادثة على هذا الحاجز واضحة دقيقة

الطريقة الرابعة — تطبيق القانون فى حالة الجسم التقديرى

تستعمل لوحة الأبصار ويستعان بعدسة لامة كما فى الطريقة الأولى للحصول على صورة حقيقية عند ب للثقب الموجود عند ا (شكل ١٠٧) ثم توضع المرآة المحدبة ح بين الصورة ب والعدسة اللامة بازورار قليل ويوضع الحاجز الأبيض المعد لى تتكون عليه الصورة بحيث يقع عليه الضوء المنعكس عن سطح المرآة دون أن يقع على العدسة . فاذا أبعدت أو قربت المرآة المحدبة بالنسبة اليه أو هو بالنسبة اليها أو هما معاً أمكن الحصول على صورة حقيقية تتكون على الحاجز تعتبر صورة للجسم التقديرى ب . فاذا رمزنا لبعد الحاجز عن المرآة المحدبة بالرمز ع، ولبعد ب عنها بالحرف ع، وللبعد البورى بالحرف د، تستخرج قيمة د من المعادلة

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{e} + \frac{1}{e - c}$$

مع ملاحظة وضع اشارة ع سالبة . وتكرر هذه العملية بضع مرات وتقدر قيمة د فى كل مرة على حدها ثم يستخرج المتوسط

١٣٦ — إيجاد البعد البورى لعدسة لامة

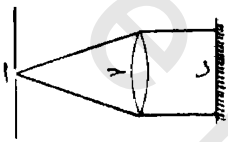
الطريقة الاولى — الاستعانة بجسم بعيد جداً

يراعى (كما فى الطريقة الأولى لإيجاد البعد البورى للمرآة المقعرة) جسم بعيد جداً كبناء قائم ويتخذ جسماً بالنسبة الى العدسة اللامة يتكون له فى الجانب الآخر منها صورة حقيقية مصغرة مقلوبة على حاجز أبيض معد لذلك ويها بعد الحاجز عن العدسة حتى تكون الصورة

أدق وأوضح ما يمكن فيكون هذا البعد مساوياً البعد البؤرى للعدسة

الطريقة الثانية - الاستعانة بمرآة مستوية

تستعمل لوحة الابصار ونظرية الطريقة موضحة بشكل (١٠٩) حيث يسقط الضوء من الثقب ا ذى الخيطين المتعامدين على العدسة ثم يقع بعد نفوذه منها على مرآة مستوية د فاذا كان البعد بين العدسة والثقب مساوياً البعد البؤرى فان الأشعة النافذة من العدسة تكون متوازية بحيث اذا سقطت على المرآة المستوية عمودياً عليها انعكست في مسيراتها الاولى فتجتمع مرة أخرى



(شكل ١٠٩)

عند ا فاذا وضعت المرآة بميل طفيف تكونت على الحاجز الذى به الثقب وبجوار الثقب صورة واضحة دقيقة للخيطين المتعامدين واسهولة اجراء التجربة يستحسن أولاً وضع العدسة والمرآة متلامستين وتوجيه العدسة

نحو الثقب ا فاذا أبعدت المرآة والعدسة معا أو قربتا معا أمكن بسهولة إيجاد الوضع الذى ترى فيه بجوار الثقب صورة للثقب نفسه ، وبعد تحديد هذا الموضع توضع العدسة عنده على حداثها وتوضع المرآة فى الجانب الآخر منها وسطحها العاكس نحو العدسة ويعدل موضع العدسة حتى تصير صورة الخيطين المتعامدين على الحاجز واضحة دقيقة فيكون البعد بين العدسة والحاجز مساوياً البعد البؤرى

ويلاحظ فى هذه التجربة أن تقريب المرآة أو إبعادها عن العدسة لا تأثير له فى وضوح الصورة ودقتها وإمالة المرآة يغير طبقاً موضع الصورة على الحاجز وإزالة المرآة من موضعها يضعف الصورة وبالأمرين الآخرين يتأكد من أن الصورة هى الحادثة بالانعكاس عن سطح المرآة

الطريقة الثالثة - تطبيق القانون فى حالة الصورة الحقيقية

تستعمل لوحة الابصار وتوضع العدسة على الحامل ب فى وضعه المبين بشكل (١٠٤) ويكون الحاجز الذى به الثقب ذو الخيطين المتعامدين والحاجز الابيض المعدل لى تتكون الصورة عليه فى الوضعين المبينين فى الشكل المذكور ثم يغير موضع العدسة وموضع الحاجز الابيض أحدهما أو كلاهما حتى يتكون على هذا الحاجز صورة حقيقية مقلوبة للخيطين المتعامدين. فاذا رمزنا لبعد الثقب عن العدسة بالحرف ع ولبعد صورته عنها بالرمز ع_١ وللبعد البؤرى للعدسة بالحرف د تستخرج قيمة د من المعادلة

$$\frac{1}{u} = \frac{1}{v} - \frac{1}{f}$$

مع ملاحظة أن إشارة f سالبة وأن قيمة u المستخرجة من المعادلة توجد سالبة أيضا وتعاد هذه العملية عدة مرات تكون الصورة في بعضها مكبرة وفي بعضها مصغرة وتقدر قيمة u في كل مرة على حدها ثم يستخرج المتوسط

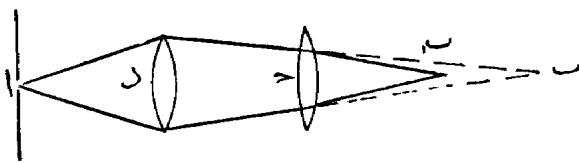
الطريقة الرابعة — تطبيق القانون في حالة الصورة التقديرية

إذا كان الجسم على بعد من العدسة أقل من بعدها البؤري فإن الصورة تكون تقديرية معتدلة مكبرة ولايجاد موضع الصورة في هذه الحالة يمكن الاستعانة بطريقة انطباق المواضع كما سبق في الطريقة الرابعة في حالة المرآة المقعرة مع ملاحظة وضع الدبوس أو الإبرة التي تتخذ جسما بالنسبة إلى العدسة في أحد جانبيها ثم ينظر إلى هذا الجسم من الجانب الآخر خلال العدسة وتقرب العدسة منه حتى ترى صورته مكبرة معتدلة. ثم يؤتى بالإبرة الطويلة الثانية وتحرك في الجانب الموجود فيه الجسم حتى يرى الجزء الناقى منها فوق العدسة أو من تحتها على امتداد الصورة التقديرية الأولى بحيث إذا حركت العين قليلا يظل الانطباق باقيا. فإذا رمز لبعدها الجسم عن العدسة بالحرف u ولبعد صورته عنها بالرمز v وللبعد البؤري للعدسة بالحرف f تستخرج قيمة u من المعادلة

$$\frac{1}{u} = \frac{1}{v} - \frac{1}{f}$$

مع ملاحظة أن إشارتي كل من u و v موجبة. وتعاد هذه العملية بضع مرات كما في الحالات الأخرى

الطريقة الخامسة — تطبيق القانون في حالة الجسم التقديرى



(شكل ١١٠)

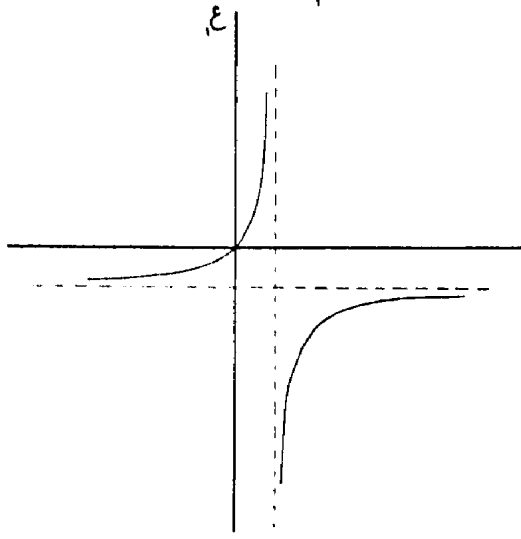
تستعمل لوحة الإبصار ويستعان بعدسة لامة أخرى د (شكل ١١٠) ليس من الضروري معرفة بعدها البؤري بحيث

يتكون بوساطتها عند ب على الحاجز المعدل تلك صورة حقيقية للثقب ا ثم يوثق بالعدسة اللامة ح المطلوب إيجاد بعدها البؤرى وتوضع بين ب و د فبمجرد وضعها تحتق الصورة ب وتعتبر هذه الصورة جسماً تقديرياً بالنسبة إليها فإذا حرك الحاجز المعدل لى تتكون عليه الصورة نحو العدسة ح أمكن إيجاد الوضع الذى تتكون عنده صورة حقيقية ب تكون صورة للجسم التقديرى ب فإذا رمز للبعد بين ب والعدسة ح بالحرف ع وللبعد بين ب وبينها بالرمز ع_١ ولبعدها البؤرى بالحرف ب فان قيمة ب تستخرج من المعادلة

$$\frac{1}{b} = \frac{1}{e} - \frac{1}{e_1}$$

مع ملاحظة أن اشارتى كل من ع_١ و ع_١ سالبة . وتعاد هذه العملية بضع مرات ويقدر متوسط قيمة ب كما فى الحالات السابقة

بيانه العمود بين بعد الجسم وبعد الصورة بالرسم البيانى يرسم محوران أحدهما أفقى والآخر رأسى وتعين على الأول قيمات ع وعلى الآخر قيمات ع_١ المقابلة لها فتتأج الطريقة الثالثة تعين القيمات الموجبة للمقدار ع والقيمات السالبة التى تقابلها للمقدار ع_١ وتتأج الطريقة الرابعة تعين القيمات الموجبة للمقدار ع والقيمات الموجبة التى تقابلها للمقدار ع_١ أما نتائج الطريقة الخامسة فتعين القيمات السالبة للمقدار ع والقيمات السالبة التى تقابلها للمقدار ع_١ ونظراً لأن قيمة ب سالبة فان ع_١ تكون دائماً سالبة ما دامت ع سالبة



(شكل ١١١)

والمنحنى المدال على العلاقة بين ع_١ و ع_١ قطع زائد كالمبين بشكل (١١١) ويلاحظ هنا أيضاً كما فى المرآة المقعرة أنه اذا وصلت النقط التى تدل على قيمات ع على المحور الأفقى بالنقط التى تدل على قيمات ع_١ على المحور الرأسى الواحدة من الأولى بالتى تقابلها من الثانية فإن المستقيمات

جميعها تتقابل في نقطة واحدة يكون احداثياتها متساويين ويساوى الواحد منهما البعد البؤرى للعدسة

الطريقة السادسة — طريقة الازاحة

نظرية هذه الطريقة أنه اذا وضع جسم على بعد قدره s من عدسة لامة وتكونت له صورة حقيقية على بعد قدره s' منها فإنه اذا وضع الجسم على بعد s من العدسة تكونت صورة حقيقية على بعد s'' منها وبيان ذلك أنه اذا رمز للبعد البؤرى للعدسة بالحرف f نتج من الفرض المذكوران

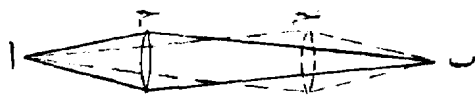
$$\left(\frac{1}{s} + \frac{1}{s'}\right) - = \frac{1}{f} \quad \therefore \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{s} - \frac{1}{s''}$$

وبما أن الجسم في الحالة الثانية على بعد s عن العدسة فبالرمز لبعد صورته عنها بالرمز s'' يكون

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

$$s - = s''$$

فاذا فرضنا أن العدسة في الوضع $ح$ (شكل ١١٢) وتكون للجسم $ا$ صورة حقيقية عند $ب$ وكان بعد الجسم عن العدسة s وبعد صورته عنها s' فان هناك موضعاً آخر $ح'$ للعدسة يكون بعد الجسم $ا$ عنها هو s وبعد صورته عنها هو s'' ويكون موضع الصورة لا يزال هو



(شكل ١١٢)

$ب$ ويكون البعد بين $ا$ والعدسة في الموضع الأول مساوياً للبعد بين $ب$ والعدسة في الموضع الثاني

فاذا رمزنا للبعد بين الجسم $ا$ وبين صورته $ب$ في الحالتين بالحرف $د$ وللبعد بين موضعي العدسة بالحرف $د'$ يكون البعد بين $ا$ والموضع الاول للعدسة ($ح$) مساوياً $\frac{1}{2}(د - د')$ واذن يكون البعد بين $ب$ والموضع الاول للعدسة أى بين العدسة والصورة التي تحدثها وهي في الموضع الاول مساوياً

$$\frac{1}{2}(د + د') = \frac{1}{2}(د - د') - f$$

فإذا رمزنا للبعد البؤرى للعدسة بالحرف u يكون

$$\frac{1}{u} = \frac{1}{\frac{s-1}{2}} - \frac{1}{\frac{s+1}{2}}$$

$$\frac{1}{u} = \left(\frac{2}{s-1} + \frac{2}{s+1} \right) - \frac{1}{u}$$

$$\therefore \frac{2s-2}{1} = u \quad (1)$$

ولتطبيق هذه الفكرة تستعمل لوحة الابصار ويهياً الثقب ذو الخيطين المتعامدين والعدسة والحاجز الأبيض بحيث تحدث على هذا الأخير صورة حقيقية مقلوبة ولتكن مكبرة مثلاً للثقب ويعين موضع العدسة ثم تراح العدسة نحو الحاجز الأبيض دون أن يغير موضع الثقب أو موضع هذا الحاجز حتى يتكون عليه صورة حقيقية مقلوبة مصغرة ويقاس البعد بين موضع العدسة وهو المقدار المرموز له بالحرف s فيما سبق. وكذلك يقاس البعد بين الثقب والحاجز الأبيض وهو المرموز له بالحرف u ثم تقدر قيمة u من المعادلة السابقة. وتكرر العملية بضع مرات يغير في كل البعد بين الثقب والحاجز وتقدر قيمة u في كل مرة على حدها ثم يستخرج متوسط قيمتها

ويلاحظ من المعادلة (١) أنه إذا كانت s صفراً فإن $u = \infty$ عدداً وفي هذه الحالة تكون العدسة في منتصف البعد بين الثقب والحاجز (أى بين الجسم وصورته) وتكون الصورة الحقيقية المقلوبة مساوية الجسم. ومن هذا يتبين أن في طريقة الازاحة تكون الصورة في أحد وضعى العدسة مكبرة وفي الآخر مصغرة

١٢٧ — إيجاد البعد البؤرى للعدسة المفرقة

الطريقة الاولى — تطبيق القانون والاستعانة في ذلك بطريقة انطباق المواضع الصور التي تحدثها العدسات المفرقة للأجسام الحقيقية تكون دائماً صوراً تقديرية ويمكن تعيين موضع الصورة التقديرية بالكيفية التي سبق ذكرها في الطريقة الرابعة في حالة العدسة

اللامة مع ملاحظة أن الصورة التقديرية في حالة العدسة المفرقة تكون مصغرة لا مكبرة فإذا رمز لبعد الجسم عن العدسة بالحرف e ، ولبعدها البؤرى بالحرف f فإن قيمة n تستخرج من المعادلة

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

مع ملاحظة اعتبار اشارتى كل من e و e' موجبة

وتعاد العملية بضع مرات تقدر في كل مرة على حدتها قيمة n ثم يستخرج متوسط قيمتها

الطريقة الثانية — تطبيق القانون والاستعانة في ذلك بمرآة مقعرة معلوم نصف قطر تكورها

نظرية هذه الطريقة موضحة بشكل (١١٣) فالجسم a تتكون له صورة تقديرية b بوساطة العدسة فتنفذ الاشعة النافذة من العدسة كأنها صادرة من b فإذا وضعت في الجانب الآخر من العدسة مرآة (شكل ١١٣)

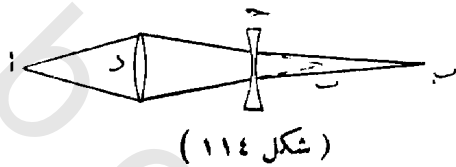
مقعرة d سطحها العاكس متجه نحو العدسة وسقطت عمودياً عليها الاشعة النافذة من العدسة انعكست الاشعة في مسيراتها الأولى فتنفذ من العدسة متجمعة مرة أخرى عند a ولتطبيق هذه الفكرة تستعمل لوحة الابصار ويتخذ الثقب ذو الخيطين المتعامدين جسماً وتوضع العدسة المفرقة أمامه وفي الجانب الآخر منها المرآة المقعرة وتوضع بازورار طفيف وتحرك هي أو العدسة المفرقة أو كليهما حتى يتكون على الحاجز الذي به الثقب وبجوار الثقب صورة واضحة دقيقة للخيطين المتعامدين فتكون الصورة التقديرية التي تحدتها العدسة للثقب عند مركز تكور المرآة المقعرة وإذا كان الفرق بين بعد العدسة عن المرآة وبين نصف قطر تكور المرآة مساوياً بعد الصورة عن العدسة ومن المعادلة المذكورة فيما سبق تقدر قيمة n . وتعاد العملية بضع مرات ويستخرج متوسط قيمة n كما في الحالات السابقة

الطريقة الثالثة — تطبيق القانون في حالة الجسم التقديرى

تستعمل لوحة الابصار ويستعان بعدسة لامة d (شكل ١١٤) في تكوين صورة حقيقية

عند b للثقب a ثم توضع العدسة المفرقة عند c بين اللامة وبين الصورة b فبمجرد وضعها

تختفى الصورة ب واذن يمكن اعتبار هذه الصورة جسماً تقديرياً بالنسبة الى العدسة المفرقة . وبالرمز لبعـد الجسم بالحرف e وللبعد البؤرى بالحرف f يتبين كما سبق في بند (٨٢) انه اذا كانت $e > f$ فان الصورة تكون حقيقية . وفي هذه الحالة اذا أبعد الحاجز الابيض الذى تتكون عليه الصورة ب أمكن ايجاد الموضع ب الذى تتكون فيه على الحاجز صورة حقيقية للجسم التقديرى ب فاذا رمزنا لبعـد ب عن العدسة المفرقة بالحرف e ولبعـد ب عنها بالرمز e , تستخرج قيمة البعد البؤرى من المعادلة



(شكل ١١٤)

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

مع ملاحظة أن اشارة كل من e و e' سالبة . ويلاحظ في هذه التجربة أن البعد بين ب والعدسة المفرقة قد لا يكون أقل من بعدها البؤرى فلا يكفى للحصول على الصورة الحقيقية ب ابعاد الحاجز وحده اذ يتطلب ذلك تقريب العدسة e من موضع ب أيضاً حتى يتوافر شرط امكان حدوث الصورة الحقيقية للجسم التقديرى وتعاد العملية السابقة بضع مرات ويستخرج في كل مرة قيمة f ثم يقدر المتوسط

الطريقة الرابعة — تركيب عدسة مزدوجة

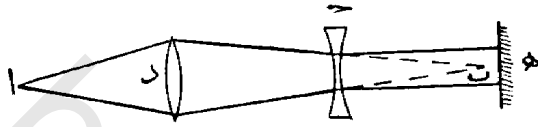
تستعمل لوحة الابصار ويستعان بعدسة لامة معروف بعدها البؤرى وتوضع ملاصقة للعدسة المفرقة بحيث تتكون منهما قطعة تعمل عمل عدسة لامة . ويوجد البعد البؤرى لهذه القطعة اللامة بأحدى الطرق التى سبقت فى ايجاد البعد البؤرى للعدسة اللامة (وأسهلها الطريقة الثانية) فاذا رمزنا للبعد البؤرى للعدسة اللامة بالرمز f وللبعد البؤرى للمفرقة بالرمز f وللبعد البؤرى للقطعة المركبة منهما بالحرف f فان

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{f} = \frac{1}{f}$$

حيث يلاحظ فى التعويض أن قيمتى f و f سالبتان ، ويجب أن تكون العدسة اللامة التى يستعان بها فى هذه التجربة ذات بعد بؤرى مناسب حتى يتكون بضم المفرقة اليها قطعة لامة

الطريقة الخامسة — الاستعانة بمرآة مستوية

نظرية هذه الطريقة موضحة بشكل (١١٥) حيث يستعان بعدسة لامة د في تكوين صورة حقيقية عند ب ثم توضع العدسة المفرقة ح بين اللامة وبين الصورة ب ، وفي الجانب الآخر منها مرآة مستوية ه فاذا وقعت الاشعة النافذة من العدسة متوازية ، عمودية على سطح المرآة انعكست في مسيراتها الاولى وتجمعت



(شكل ١١٥)

مرة أخرى عند ا وفي هذه الحالة تكون الصورة ب على بعد من العدسة ح يساوى بعدها البؤرى ولتطبيق هذه الفكرة تستعمل لوحة الأبصار ويتخذ الثقب ذو الخيطين المتعامدين جسماً وتكون الغاية من التجربة الحصول على صورة للخيطين المتعامدين على الحاجز الموجود فيه الثقب . ولكي يتيسر للطلاب اجراء التجربة من غير عناء يستحسن أن يضع العدسة اللامة أولاً في وضع مناسب لكي تتكون صورة حقيقية للثقب على الحاجز الأبيض الموضوع في الجانب الآخر منها دون أن يعين موضع العدسة مبدئياً ثم يضع العدسة المفرقة بين اللامة وبين الصورة المذكورة ويحركها قريباً الى اللامة أو بعيداً عنها حتى يرى موضع وقوع الأشعة النافذة منها على الحاجز الأبيض مستديراً يكاد قطره يساوى قطر العدسة المفرقة ويظل قطر استدارته ثابتاً اذا ابعد أو قرب الحاجز وحده وبهذه الكيفية يهتدى الى تحديد موضع العدسة المفرقة حيث تنفذ الأشعة منها متوازية . ويلاحظ بالرجوع الى شكل (١١٥) انه اذا كان البعد بين العدسة اللامة د والصورة ب أقل من البعد البؤرى للمفرقة استحال نفوذ الأشعة من المفرقة متوازية وفي هذه الحالة يلزم تقريب العدسة اللامة من الثقب ا حتى تبعد الصورة ب عنها ويصير البعد بين هذه الصورة والعدسة اللامة اكبر من البعد البؤرى للمفرقة . وبعد الاهتداء بالكيفية السابقة الى موضع العدسة المفرقة حيث تنفذ منها الأشعة متوازية توضع المرآة المستوية في موضع كاليمين بالشكل وبازرار طفيف فلا يجد الطالب عناء في تحقيق عودة الأشعة مرة أخرى الى الحاجز الذى به الثقب فاذا عدل وضع العدسة المفرقة أو العدسة اللامة قليلاً رؤيت صورة واضحة دقيقة للخيطين المتعامدين على هذا الحاجز ويلاحظ أن تقريب المرآة أو إبعادها لا تأثير

له في هذه الصورة من وجهة الوضوح والدقة اما امالتها فيغير طبعاً من موضع الصورة على الحاجز
 فاذا حصل الطالب على الصورة بالكيفية السابقة يعين موضع العدسة المفرقة بالضبط
 ثم يزيل المرآة وحدها (مع ابقاء العدستين والحاجز الذى به الثقب فى أمكنتها) ويتأكد من
 أن ازالة المرآة تضع الصورة ثم يزيل بعد ذلك العدسة المفرقة وحدها ويأتى بحاجز أبيض
 ويبحث عن مكان الصورة الحقيقية بوهى التى تحدثها اللامة ويعين مكانها بالضبط فيكون
 البعد بين موضع هذه الصورة وموضع العدسة المفرقة مساوياً البعد البؤرى لهذه العدسة
 وتعاد العملية بضع مرات ويستخرج متوسط البعد البؤرى

١٣٨ - إيجاد معامل انكسار مادة العدسة

اذا وجد نصف قطر تكور كل من سطحى العدسة ووجد أيضاً بعدها البؤرى أمكن إيجاد
 معامل انكسار الضوء فى مادتها من المعادلة

$$\frac{1}{r} = \left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right] (1 - \mu)$$

مع ملاحظة الاشارات . ففي العدسة المحدبة الوجهين مثلاً يراعى أن قيمة r تكون سالبة
 و ذلك قيمة r_1 . أما فى العدسة المقعرة الوجهين فان اشارة r_2 وحدها تكون سالبة
 ولايجاد البعد البؤرى تستخدم احدى الطرق التى سبق ذكرها وقد تكون الطريقة التى يستعان
 فيها بمرآة مستوية أصلحها فى حالتى العدسة اللامة والعدسة المفرقة . ولايجاد نصف قطر تكور كل
 من سطحى العدسة يمكن استخدام مقياس التكور ^(١) بالكيفية المعروفة ولكن هناك طريقة
 ضوئية مناسبة يمكن بها إيجاد نصف قطر التكور نوردها فيما يأتى

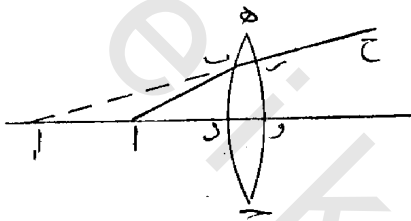
(أولاً) العدسة المقعرة الوجهين

فى العدسة الزجاجية المقعرة الوجهين ينعكس الضوء عن كل من سطحها كما ينعكس عن

سطح المرآة الكرية المقعرة ولذلك يمكن ايجاد نصف قطر تكور كل من سطحها على حدة بالطريقة الثانية مثلاً التي سبقت في حالة المرآة المقعرة

(ثانياً) العدسة المحدبة الوجهين

أما في العدسة الزجاجية مثلاً المحدبة الوجهين فإنه يمكن أيضاً تطبيق الانعكاس عن كل من سطحها لايجاد نصف قطره . فإذا استعملت لوحة الأبصار وكان الثقب ذو الخيطين المتعامدين هو المدلول عليه بالحرف ا (شكل ١١٦) فإن الضوء الذي يقع منه على السطح ح د ه للعدسة



(شكل ١١٦)

ويخترق مادتها ينعكس جانب منه عن سطحها الداخلي ح د ه فإذا كانت الأشعة الواقعة على هذا السطح عمودية عليه كالشعاع ا ب ر فإن الأشعة المنعكسة تسير في مسيراتها الأولى وتخترق مادة العدسة اياباً . ثم تخرج من

السطح ح د ه متجمعة مرة أخرى عند ا وفي هذه الحالة يتكون بالانعكاس عن السطح ج د ه صورة للثقب عند موضع الثقب نفسه . أما الأشعة الخارجة من العدسة من السطح ح د ه فإنها تخرج على امتدادات الأشعة الساقطة على هذا الوجه كالشعاع ب ر مثلاً فهو يخرج على امتداد ب ر ح ويمر امتداده اذن بنقطة ا التي هي مركز تكور السطح ح د ه . واذن تكون الأشعة النافذة من العدسة كأنها صادرة من مركز تكور السطح ح د ه . ويتضح من هذا أنه عند الحصول بالانعكاس عن السطح ح د ه على صورة للثقب عند موضع الثقب أو بجواره يكون موضع صورة الثقب الحادثة بالانكسار خلال العدسة عند مركز تكور السطح ح د ه . فإذا رمزنا لبعـد الثقب ا عن العدسة بالحرف ع وبعدها البؤري بالحرف د وبعـد ا عنها بالرمز س (نصف قطر تكور السطح ح د ه) فإن

$$\frac{1}{s} - \frac{1}{s'} = \frac{1}{r}$$

مع ملاحظة أن اشارة د سالبة ومن هذه المعادلة تستخرج قيمة س_٢ ولتطبيق هذه الفكرة عملياً يوجد أولاً البعد البؤري للعدسة باحدى الطرق السابقة ثم نوضع

العدسة على الحامل في لوحة الأبصار قريبة جداً من الثقب وتبعد عنه بالتدريج حتى يتكون على الحاجز ذى الثقب وبجوار الثقب صورة للخططين المتعامدين وهذه الصورة تتكون كما تبين فيما سبق بالانعكاس لا عن السطح المواجه للثقب رأساً بل عن السطح الآخر للعدسة ويقاس بعد الثقب عن العدسة ثم تستخرج قيمة s_p من المعادلة المذكورة

وبعد ذلك تقلب العدسة بحيث يصير سطحها المواجه للثقب متجهاً الى الجانب الآخر وتعاد العملية وتستخرج قيمة s_p نصف قطر السطح الثانى للعدسة
(ثالثاً) العدسة المحدبة المقعرة أو المقعرة المحدبة

والطريقة السابقة تصلح أيضاً لإيجاد نصف قطر تكور كل من السطحين في العدسة المحدبة المقعرة أو المقعرة المحدبة وفي الحالتين توضع العدسة وسطحها المقعر متجه نحو الثقب وفي الحالتين يتكون بالانعكاس عن السطح المقعر المواجه للثقب صورة يتعين بها مركز تكور هذا السطح رأساً ويتكون بالانعكاس عن السطح الآخر للعدسة صورة ويطبق قانون العدسة كما في الحالة السابقة حيث يستخرج منه نصف قطر تكور السطح الآخر للعدسة

فاذا راعينا أولاً العدسة المحدبة المقعرة أى التى تحدبها أكبر من تقعرها ورمزنا لنصف قطر سطحها المقعر بالرمز s_p ولنصف قطر سطحها المحدب بالرمز s_c يكون $s_p < s_c$ وإذا رمزنا بالحرف e لبعد الثقب عن العدسة عند ما تتكون بالانعكاس الداخلى عن السطح المحدب للعدسة صورة للخططين المتعامدين على الحاجز الذى به الثقب وبالحرف u للبعد البؤرى للعدسة يتضح مما سبق أن

$$\frac{1}{u} - \frac{1}{e} = \frac{1}{s_p} \quad \therefore \quad \frac{1}{e} - \frac{1}{s_p} = \frac{1}{u}$$

$$\text{ومنه يتضح أن } \frac{1}{e} > \frac{1}{s_p}$$

$$\therefore e < s_p$$

$$\therefore e < s_p < s_c$$

ولذلك عند ما يوضع السطح المقعر للعدسة متجهاً نحو الثقب والعدسة قريبة جداً منه ثم

يؤخذ في ابعادها رويداً رويداً فاول صورة تتكون بالانعكاس وتظهر على الحاجز الذى به الثقب تكون هى الحادثة بالانعكاس الداخلى عند السطح المحدب واذا رمز لبعـد الثقب عن العدسة بالحرف e وللبعد البؤرى بالحرف r تقدر قيمة r من معادلة العدسة كما سبق بيانه . ثم اذا أبعـدت العدسة بعد ذلك أخذت وضعاً آخر تتكون فيه صورة أخرى على الحاجز فيكون بعد الثقب عن العدسة مساوياً نصف قطر تكور السطح المقعر للعدسة

واذا راعينا العدسة المقعرة المحدبة أى التى تقعرها اكبر من تحدبها فانه يمكن كما فى الحالة الأولى بيان أنه اذا وضعت العدسة قريبة جداً من الثقب وسطحها المقعر متجه نحوه ثم ابعـدت رويداً رويداً فان أول صورة تتكون على الحاجز الذى به الثقب هى الحادثة بالانعكاس عن السطح المقعر ثم اذا أبعـدت بعد ذلك أخذت وضعاً آخر تتكون فيه صورة أخرى على الحاجز تكون هى الحادثة بالانعكاس الداخلى عند السطح المحدب للعدسة .

١٣٩ — إيجاد معامل انكسار السائل بتركيب عدسة منه

اذا وضعت عدسة محدبة الوجهين مثلاً على سطح مستوى ووضعت بضع قطرات من سائل كالماء مثلاً بين العدسة والسطح المستوى تتكون بينهما عدسة مائية أحد وجهيها مستوى والآخر مقعر نصف قطر تكوره كنصف قطر تكور وجه العدسة الملامس للسطح المستوى فاذا رمزنا لنصف قطر تكوره بالرمز r وللبعد البؤرى للعدسة المائية بالحرف r ولمعامل انكسار الماء بالحرف m فان

$$\frac{1}{r} = (m - 1) \frac{1}{r} \dots \dots \dots (1)$$

فاذا عرفت قيمة r و m أمكن استخراج قيمة m من هذه المعادلة

ولتطبيق هذه الفكرة عملياً يوجد أولاً البعد البؤرى للعدسة المحدبة ثم يوجد نصف قطر تكور أحد وجهيها وتوضع العدسة بحيث يكون هذا الوجه ملامساً لسطح مرآة مستوية أفقية ويوضع بين العدسة والمرآة بضع قطرات من الماء (أو السائل) لى تتكون العدسة السائلة . ثم يؤتى بآبرة طويلة من الصلب مثلاً وتمسك فى اليد فى وضع أفقى رأسياً فوق العدسة المركبة وينظر من فوق الآبرة نحو العدسة المركبة حتى ترى الصورة الحقيقية الحادثة من جراء انعكاس

الضوء عن سطح المرآة . ويغير بعد الابرة حتى ترى الصورة منطبقة عليها بحيث اذا أزيحت العين قليلاً يظل الانطباع باقياً . فيتكون في هذه الحالة صورة للجسم (أى الابرة) عند موضع الجسم على أساس الفكرة التي سبق ذكرها في الطريقة الثانية لاييجاد البعد البؤرى للعدسة اللامة وبعد تعيين الموضع المذكور للابرة تعييناً تقريبياً تثبت الابرة على حامل مناسب ويعدل موضعها حتى يحدث الانطباع على أتم وجه ثم يقاس بعد الابرة عن العدسة المركبة فيكون مساوياً بعدها البؤرى واذا رمزنا له بالرمز p ورمزنا للبعد البؤرى للعدسة المحدبة بالرمز p_1 وللبعد البؤرى للعدسة السائلة بالحرف p يكون

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p_1} = \frac{1}{p}$$

حيث يراعى أن اشارة كل من p_1 و p سالبة ومن هذه المعادلة تقدر قيمة p ومتى عرفت p و p_1 أمكن استخراج قيمة m من المعادلة (١)

١٤٠ - ايجاد معامل الانكسار بوساطة السبكترومتر

اذا كانت المادة المراد تعيين معامل انكسار الضوء فيها يمكن الحصول منها على منشور ثلاثى أمكن " بقياس زاوية المنشور ولتكن α وقياس النهاية الصغرى لزاوية الانحراف ولتكن β تعيين معامل الانكسار من المعادلة

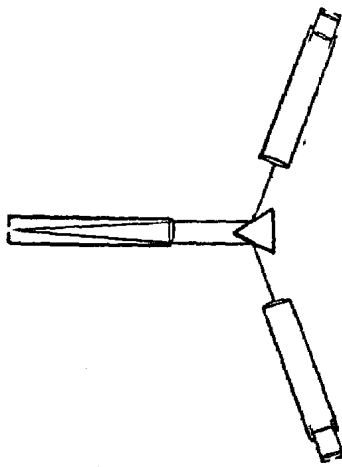
$$n = \frac{\frac{\alpha + 1}{2} \text{ حـا}}{\frac{1}{3} \text{ حـا}}$$

ولتطبيق هذه الطريقة بالدقة يستعمل السبكترومتر ويهيا الجهاز للاستعمال كما سبق ذكره في بند (١٠٧) ويعين موضع التلسكوب على الدائرة المدرجة عند ما ترى صورة الفتحة خلال التلسكوب وهو على امتداد المحور (قبل وضع المنشور) منطبقة على الخيط الرأسى من الخيطين المتعامدين في عينية التلسكوب أو منطبقة على نقطة تقاطعهما اذا لم يكونا متعامدين ثم يوضع المنشور على القاعدة المعدة له فاذا كان الضوء الذى يضىء الفتحة بسيطاً كان طيفه خطاً مفرداً

كضوء لمب الصوديوم اذا أغفلنا ازدواج خطيه فيها الجهاز لرؤية الخط الطيفي في الوضع الذي تكون فيه زاوية الانحراف عند نهايتها الصغرى ويجعل الخيط الرأسى من الخيطين المتعامدين منطبقاً على الخط الطيفي في هذا الوضع ويحدد موضع التلسكوب على الدائرة المدرجة فتكون الزاوية بين موضعيه هي الزاوية الصغرى للانحراف وهي قيمة θ في المعادلة السابقة واذا كان طيف الضوء ذا خطوط طيفية عدة يعين أحدها وتوجد الزاوية الصغرى للانحراف بالنسبة اليه حيث تكون قيمة θ المستخرجة هي معامل انكسار ضوء هذا الخط خلال مادة المنشور

ولايجاد زاوية المنشور يوضع المنشور على القاعدة المعدة لذلك وحرفه الحارف متجه نحو المجمع كما هو مبين بشكل (١١٧) بحيث يكون هذا الحرف على امتداد محور المجمع ما أمكن فيقع جانب من الضوء الخارج من عدسة المجمع على احد سطحي المنشور والجانب الآخر على السطح الآخر

ثم يدار التلسكوب حتى ترى خلاله صورة للفتحة حادثة بالانعكاس عن أحد السطحين ويهياً حتى تكون الصورة منطبقة على الخيط الرأسى في العينية أو على نقطة تقاطع الخيطين ويحدد موضع التلسكوب على الدائرة المدرجة (أنظر شكل ١١٧) ثم يدار التلسكوب في الجهة الأخرى حتى ترى صورة للفتحة حادثة بالانعكاس عن السطح الآخر للمنشور ويهياً حتى تكون منطبقة على الخيط الرأسى أو نقطة تقاطع الخيطين ويحدد موضع التلسكوب على الدائرة المدرجة فتكون الزاوية بين الموضعين مساوية ضعف زاوية المنشور



(شكل ١١٧)

ولكى يسهل الحصول على الموضعين المذكورين للتلسكوب يستحسن عند وضع المنشور على القاعدة أن ينظر الى كل من

سطحيه بالعين المجردة للتأكد من انعكاس جانب من الضوء عن كل من سطحيه فاذا نظر مرة أخرى الى أحدهما بحيث يقع الضوء المنعكس على العين وأدير التلسكوب حتى ينطبق محوره على

خط البصر لا يكون ثمت عناء في رؤية الصورة الحادثة بالانعكاس خلال التلسكوب وتصلح الطريقة المذكورة لتعيين معامل انكسار السائل فيوضع في منشور ثلاثي أجوف مصنوع من ألواح من الزجاج قد عني باستوائها

وقد طبقت الطريقة لايجاد معامل انكسار الغازات المختلفة بالنسبة الى الهواء . ويلاحظ في هذه الحالة (كما في حالة السوائل) انه اذا كانت جوانب المنشور الزجاجي الأجوف مصنوعة من ألواح من الزجاج مستوية السطحين متوازيتهما بالضبط وهي السبكترومتر بحيث يكون المجمع والتلسكوب على استقامة واحدة وبحيث ترى صورة الفتحة منطبقة على الخيط الرأسى في العينية أو على نقطة تقاطع الخيطين ثم وضع بعد ذلك المنشور الأجوف في موضعه بين المجمع والتلسكوب فان وجوده بينهما لا يحدث انحرافاً ما في الضوء النافذ من جوانبه وتبقى صورة الفتحة في موضعها أما اذا استبدل بالهواء داخل المنشور الأجوف غاز يختلف معامل انكسار الضوء فيه عن معامل انكساره في الهواء حدث انحراف طفيف وأزيمحت الصورة عن موضعها ولكي يسهل قياس زاوية الانحراف في هذه الحالة يهيا الجهاز بحيث تقع الصورة على الخيط الرأسى أو نقطة تقاطع الخيطين عند نفوذ الضوء في المنشور الأجوف وهو مملوء بالغاز المراد ايجاد معامل انكسار الضوء فيه^(١) ويحدد موضع التلسكوب على الدائرة المدرجة ثم تدار القاعدة الموضوع فوقها المنشور (دون ازاحته عن موضعه فوقها) بمقدار قائمتين فينحرف الضوء النافذ خلاله في الاتجاه المضاد لانحرافه الأول . فاذا هي التلسكوب بحيث تقع الصورة على الخيط الرأسى أو نقطة تقاطع الخيطين وحدد موضعه على الدائرة المدرجة فان الزاوية بين موضعيه تكون مساوية ضعف زاوية الانحراف التي يقدر منها معامل الانكسار

١٤١ - طريقة أخرى لاعداد السبكترومتر للاستعمال

الطريقة التي سبق ذكرها في بند (١٠٧) لاعداد السبكتروسكوب للاستعمال تتطلب أن ينظر بواسطة التلسكوب الى جسم بعيد ولكن قد لا يكون من المناسب أحياناً تحريك الجهاز من موضعه أو فصل التلسكوب عنه وفي هذه الحالة تتبع طريقة تعرف بطريقة «شوستر»^(٢) تتلخص

Schuster (٢)

(١) - يكون المنشور في الوضع الذي يجعل الانحراف عند نهايته الصغرى

في اضاءة فتحة المجمع بضوء ذى لون واحد كضوء لهب الصوديوم ووضع المنشور على القاعدة وتهيئته بحيث تكون زاوية انحراف الضوء خلاله عند نهايتها الصغرى بحيث اذا نظر خلال التلسكوب رؤيت صورة ولكنها ليست واضحة دقيقة نظراً لان الجهاز لما يعد للاستعمال فرضاً. تم تدار القاعدة الموضوع فوقها المنشور قليلاً بحيث يميل الحرف الحارف للمنشور نحو التلسكوب وتنظر الصورة خلال التلسكوب ويهاً هذا حتى ترى واضحة دقيقة وبعد ذلك تدار القاعدة في الاتجاه الآخر حتى يتجاوز الوضع الذى يكون عنده الانحراف عند نهايته الصغرى ويميل حرفه الحارف نحو المجمع قليلاً وتنظر الصورة خلال التلسكوب فلا ترى واضحة دقيقة وفي هذه الحالة يهاً المجمع (دون التلسكوب) بابعاد الفتحة عن العدسة أو تقريباها اليها حتى تظهر الصورة في التلسكوب واضحة دقيقة وبعد ذلك يعاد ادارة المنشور كما في الحالة الأولى وتنظر الصورة ويهاً التلسكوب (دون المجمع) حتى تظهر واضحة دقيقة ثم يدار في الجهة الأخرى ويهاً المجمع دون التلسكوب ويكرر ذلك بضع مرات حتى تبقى الصورة واضحة دقيقة كيفما أديرت القاعدة

ويراعى في هذه الطريقة الترتيب المذكور فيبدأ بادارة حرف المنشور نحو التلسكوب ويهاً التلسكوب أما اذا بدىء بادارة حرف المنشور نحو المجمع فيهاً المجمع وهكذا وان لم يراع الترتيب المذكور فالصورة بدلا من أن تزداد دقة مع تكرار العملية فانها تسوء

١٤٢ — ايجاد معامل الانكسار بوساطة الميكروسكوب المتحرك

نظرية هذه الطريقة تتلخص في تحديد الموضع الحقيقى لجسم موضوع في المادة المراد ايجاد معامل انكسار الضوء فيها ثم تحديد موضع صورته عندما ينظر الى الجسم من الهواء عمودياً على السطح ثم تقدير معامل الانكسار ويساوى نسبة بعد الجسم عن السطح الحادث عنده الانكسار الى بعد صورته عنه

ولتطبيق هذه الفكرة بالدقة يستعمل ميكروسكوب يتصل به (فضلاً عن المسبار المحوى المعد لتهيئته به) لولب دقيق يمكن بوساطته ازاحة الميكروسكوب في استقامة محوره بمقادير صغيرة

يمكن قياسها فإذا أريد إيجاد معامل انكسار سائل مثلاً يؤتى باناء صغير مفلطح من الزجاج وتخدش على قراره من الداخل علامة بمبرد أو بسن من الماس ويوضع الاناء على قاعدة الميكروسكوب والميكروسكوب محوره رأسى ويهيا الجهاز بحيث ترى العلامة بوضوح ثم تصب طبقة ذات سمك مناسب من السائل من غير أن يتغير موضع الاناء أو الميكروسكوب فنظراً لوجود السائل تصير صورة العلامة أقرب الى السطح الخالص للسائل ولذلك تتطلب رؤيتها خلال الميكروسكوب بوضوح أن يزاح هذا رأسياً الى أعلى فيدار رأس اللولب المدرج حتى يزاح الازاحة اللازمة وترى العلامة أدق وأوضح ما يمكن ويقاس قدر هذه الازاحة ولتكن δ وهى تكون مساوية للبعد بين الجسم وبين صورته

ثم ينثر على السطح الخالص للسائل قليل من مسحوق الليكوبوديوم^(١) ويدار رأس اللولب لى يزاح الميكروسكوب الى أعلى حتى ترى خلاله دقائق الليكوبوديوم الطافية فوق سطح السائل واضحة دقيقة وتقدر الازاحة الثانية ولتكن δ_1 وتكون مساوية للبعد بين الصورة وبين السطح الخالص للسائل واذن يكون البعد بين العلامة الحقيقية وبين السطح الخالص للسائل هو $\delta + \delta_1$ ويكون معامل الانكسار

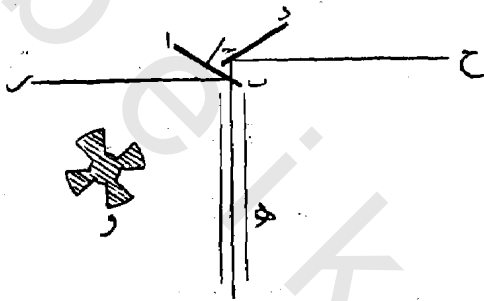
$$\frac{\delta + \delta_1}{\delta}$$

وبما يجب ملاحظته فى هذه الطريقة أن الميكروسكوبات التى تستعمل لهذه الغاية مدى اللولب فيها محدود أى أن اللولب الدقيق المدرج يكون فيها قابلاً لازاحة الميكروسكوب بمقدار محدود قد لا يتجاوز خمسة مليمترات فى بعض الاجهزة . لذلك يجب فى مبدئ الامر أن يدار رأس اللولب المدرج حتى يكون الميكروسكوب عند مبدئ مداه فيمكن بادارته فى الجهة المضادة ازاحة الميكروسكوب الى أعلى بمقدار المدى كله ويهيا الميكروسكوب لرؤية العلامة رأساً قبل وضع السائل باستعمال المسمار اللولبى المعد لذلك (لا اللولب المدرج) واذا وضعت طبقة السائل يراعى ألا يتجاوز سمكها وهو المقدار $\delta + \delta_1$ مدى اللولب المدرج

وتطبق هذه الطريقة لايجاد معامل انكسار مادة صلبة تتخذ منها ألواح شفافة وذلك بان يهيا الميكروسكوب لرؤية علامة مخدوشة على لوح من الزجاج ثم يوضع اللوح من المادة المراد تعيين معامل انكسارها للضوء على هذه العلامة وتكرر العملية السابقة

١٤٣ — قياس قوة الاضاءة بواسطة الفتومتر الخافق

يتركب الفتومتر الخافق^(١) كما هو مبين بشكل (١١٨) من حاجز أبيض اب مصنوع على



(شكل ١١٨)

شكل صليب كالمبين عند و في الجزء المنفصل من الشكل وهذا الحاجز قابل للدوران حول محور عمودي على مستواه مار بمركزه بواسطة جهاز آلى كأجهزة الساعات ومثبت بجوار هذا الصليب حاجز أبيض ح د بحيث اذا نظر خلال أنبوبة سوداء ه رأى الانسان

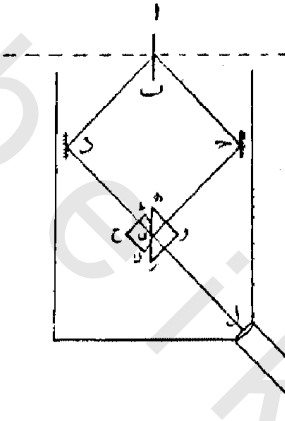
اما فرع الصليب اب يغطى الجزء الواقع خلفه من الحاجز ح د أو الفرجة بين فرعى الصليب تكشف ذلك الجزء . والجهاز مهيا بحيث يكون ر أحد مصدرى الضوء فى استقامة المستقيم ر ب وهذا يصنع مع مستوى الصليب زاوية قدرها ٣٠° ويكون ح المصدر الآخر فى استقامة المستقيم ح د الموازى للاول ويصنع مع الحاجز ح د زاوية قدرها ٣٠° أيضاً و بحيث يكون محور الانبوبة ه عمودياً على هاتين الاستقامتين

فاذا دار الصليب وكانت شدة الاستضاءة على سطح فرع الصليب عند ب وهى الحادثة بفعل المصدر ر لا تساوى شدة الاستضاءة على سطح الحاجز ح د عند ح وهى الحادثة بفعل المصدر ح رؤى المجال خافقاً فيشتد الضوء اذا تعرض السطح الشديد الاستضاءة للعين ويضعف اذا زال وانكشف من خلفه أو غشيه من أمامه السطح الضعيف الاستضاءة . فاذا هي بعد المصدرين أحدهما أو كليهما حتى يبطل هذا الخفقان كانت شدة الاستضاءة واحدة . فاذا رمز لقوة المصدر ر بالرمز ن ، ولبعده عن ب بالرمز و ، ولقوة المصدر ح بالرمز ن ، ولبعده عن ح بالرمز و ، كان

$$\frac{N_1}{W_1^2} = \frac{N_2}{W_2^2}$$

١٤٤ - قياس قوة الاضاءة بوساطة فتومتر لومر وبرودهان

يتركب فتومتر لومر وبرودهان ^(١) من حاجز أبيض اب يضاء أحد جانبيه بأحد



(شكل ١١٩)

مصدرى الضوء والآخر بالمصدر الآخر ويوضع المصدران بحيث يكون المستقيم الواصل بينهما عمودياً على الحاجز . وبالجهاز سطحان عاكسان أحدهما ح موضوع بحيث يعكس ما عليه من الضوء الصادر عن الوجه الايمن للحاجز نحو منشور قائم الزاوية هـ ور . والآخر د موضوع بحيث يعكس هو أيضاً ما يقع عليه من الضوء الصادر عن الوجه الأيسر للحاجز نحو منشور قائم الزاوية ح ط ي ك قد حذب سطحه المقابل للقائمة ثم سوى

وسطه ووضع الوسط ملاساً لمساً تماماً الوجه هـ ر المقابل للقائمة في المنشور الاول فالاشعة الواقعة عمودياً على الوجه هـ و من المنشور الاول تسقط على وجهه هـ ر بزاوية سقوط اكبر من الزاوية الحرجة فتعكس انعكاساً كلياً عن جميع أجزاء هذا الوجه الا الجزء الملامس للجزء المستوي من الوجه المحذب في المنشور الثاني . كذلك فالاشعة التي تقع عمودية على الوجه ح ط تنعكس انعكاساً كلياً عن السطح ط ي ك الا الاشعة الواقعة على الجزء المسوى منه فانها تنفذ في المنشور الاول في اتحاده دى

فاذا هيء الجهاز بالكيفية المذكورة وراعينا انعكاس الضوء الصادر عن الوجه الايمن للحاجز الأبيض اب وحده ونظر بوساطة تلسكوب في اتجاه لى رؤيت صورة للوجه الايمن حادثة عن الانعكاس مرة عند السطح ح و مرة عند السطح هـ ر وترى على هيئة اطار أبيض في وسطه دائرة معتمة نظراً لأن الضوء الواقع على الجزء الأوسط من السطح هـ ر ينفذ الى المنشور الثاني دون أن ينعكس . اما اذا راعينا انعكاس الضوء الصادر عن السطح الأيسر للحاجز الأبيض على حدته ونظر كما في الحالة الاولى فانه ينعكس عند السطح د ثم ينفذ متجهاً الى العين

خلال الجزء المسوى الملامس للسطح هـ أما الضوء الواقع على الاخزاء الأخرى من السطح طى ك فإنه ينعكس فلا يصل الى العين ولذلك تظهر دائرة بيضاء فى موضع الدائرة المظلمة الاولى ويكون ما يحيط بها معتما . فاذا حدث الانعكاسان معا ظهرت الدائرة الوسطى مضيتة وظهر ما حولها مضيتاً أيضاً ويمكن تمييز أحدهما عن الاخرى ما دامت شدتا الاستضاءة على وجهى السطح ا ب غير متساويتين . فاذا هيء بعد المصدرين أحدهما أو كليهما حتى يزول الاختلاف بين الدائرة الوسطى وما يحيط بها كانت شدة الاستضاءة على جانبي الحاجز ا ب واحدة وكانت قوة اضاءة كل واحد من المصدرين متناسبة ومربع بعده عن الحاجز والفتومتر يركب عادة داخل صندوق أسود به فتحتان ينفذ منهما الضوء الى الحاجز ا ب

