

الباب الأول

انتشار الضوء في خطوط مستقيمة وقانون التريبع العكسى

١ - الضوء وامتداده من المرئى الى العين

يعرف الضوء مبدئياً تعريفاً بسيطاً بأنه المؤثر الخارجى الذى يحدث الاحساس الابصارى وقد كان يظن قديماً أن الاحساس الابصارى يحدث عن شئ يخرج من العين ويقع على المرئى وكانت هذه نظرية بعض فلاسفة اليونان كأفلاطون وأوقليدس ولكن أبطلها الحسن بن الهيثم العالم العربى المتوفى فى سنة ١٠٣٨ ميلادية اذ قرر أن الضوء يخرج من المرئى ويقع على العين فاذا حال حائل دون وقوعه عليها احتجب المرئى وانقطعت رؤيته والأدلة على صحة هذا رأى كثيرة فالإنسان لا يستطيع بتاتاً الرؤية فى الظلام المطلق ولو كان الضوء ينبعث من العين لما استحالت الرؤية فى هذه الحالة كما أن المشاهدات والمحسوسات تدل بوجه عام على أن المؤثر الذى يحدث الاحساس الابصارى له وجود ذاتى غير مرتبط بوجود العين فله مثلاً تأثيرات فتوغرافية وغير فتوغرافية لا ارتباط لها بالعين رأساً

٢ - انتشار الضوء فى خطوط مستقيمة

والأجسام أو المواد التى ينفذ الضوء خلالها تسمى « أوساطاً » ومنها الهواء والماء والزجاج بل والخلاء (أى الفراغ المجرد عن المادة) . ومن الخواص الأولية للضوء أن مسيره فى الوسط المتجانس الأجزاء^(١) والمتشابه الخواص فى جميع الاتجاهات^(٢) يكون على سمت خطوط مستقيمة فضوء الشمس مثلاً عند ما يدخل فى غرفة مظلمة من كوة فى الحائط يضىء دقائق الهباء أو الدخان

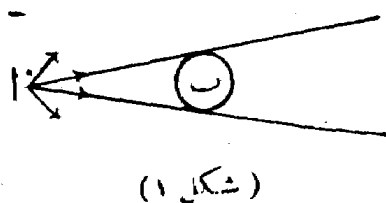
أو ما شابه ذلك مما ينتشر في الجو ويقع في سبيله ، فيتضح بجلاء أن اتجاه سيره مستقيم . وإذا أوقدت شمعة وحالت بينها وبين العين حوائل معتمة غير منفذة للضوء وكان بكل بها ثقب فانه لا يصل ضوء الشمعة الى العين الا اذا جعلت الثقوب جميعها في الخط المستقيم الواصل بين العين ولهب الشمعة .

والخط الذى يدل على اتجاه انتشار الضوء يسمى « شعاعاً » . فالنقطة المضيئة من النير تعد مصدر أشعة من الضوء تبتدىء منها وتذهب في الوسط المتجانس الاجزاء والمتشابه الخواص على هيئة خطوط مستقيمة . ويطلق لفظ « الحزمة » على مجموعة من الاشعة . والحزمة الضوئية مخروطية الشكل عادة حيث تتقابل أشعتها في نقطة واحدة ، فاذا كان صدور هذه الاشعة من هذه النقطة قيل ان الحزمة « متفرقة » أو « مبثرة » ، واذا كان ورودها الى النقطة قيل ان الحزمة « متجمعة » أو « ملبومة » . واذا كانت النقطة التى هى رأس المخروط على بعد شاسع جداً تعتبر الحزمة متوازية الاشعة كالحزمة التى يحصل عليها من ضوء الشمس مثلاً

٣ - الظلال

ولعل أكبر الادلة على انتشار الضوء في خطوط مستقيمة تلك الظواهر التى يمكن تحليلها تحليلًا بسيطاً على أساس هذا الاعتبار . ومن أهم هذه الظواهر تكون الظلال . فاذا وضع حائل معتم في سبيل الضوء المنبعث من مصدر صغير يكاد لصغره أن يكون نقطة تكون للحائل ظل يحد بامتدادات الخطوط المستقيمة التى تصل بين مصدر الضوء وأطراف الحائل

فاذا فرضنا أن مصدر الضوء نقطة مثل (١ شكل ١) ووضع في سبيل الضوء كرة معتمة مثل ب أصبح المكان المحدود بامتدادات المماسات المرسومة من (١) منطقة مظلمة لعدم وصول أشعة الضوء اليها فيتكون للكرة ظل على شكل مخروط ناقص ويكون مقطع هذا الظل

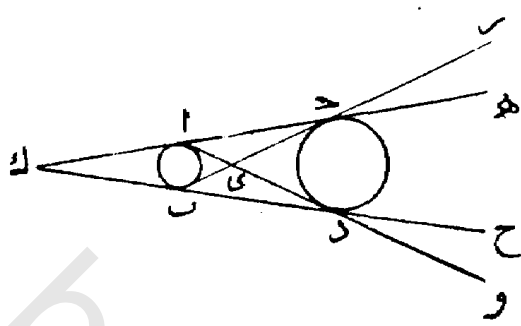


(شكل ١)

بمستوى عمودى على المسقيم الواصل بين نقطة (١) ومركز الكرة دائرة

واذا راعينا حالة أخرى يكون فيها مصدر الضوء كرة ويكون الجسم المعتم كرة أيضاً ولكنها أكبر حجماً من الأولى فبالنسبة الى نقطة (٢ شكل ٢) تتكون منطقة ظل تمتد في الشكل المسطح

الواقع في مستوى الورقة بالمستقيمين $ح ه د و$. وكذلك بالنسبة الى نقطة ب فانه تتكون



(شكل ٢)

منطقة ظل تحد في الشكل المذكور بالمستقيمين

$ح د ه$

فيبين أن المنطقة المظلمة تماماً والتي لا يبلغها

شيء من ضوء النير هي المحدودة في الشكل

بالمستقيمين $ح ه د و$ فاذا خرجنا من هذه

المنطقة الى أعلى أخذ ينكشف جزء من أعلى النير يزداد في الكبر كلما قربنا من المستقيم $ح ر$

او اذا خرجنا الى أسفل أخذ ينكشف جزء من أسفل النير يزداد أيضاً في الكبر كلما قربنا من

المستقيم $د و$. واذاً تكون المنطقتان المحدودتان في الشكل احدهما بالمستقيمين $ح ه د و$

والاخرى بالمستقيمين $د ح ه و$ وليستا بالمظلتين تماماً ولا بالمضيئتين تماماً ويزداد ضياء الاولى

كلما قربنا من $ح ر$ وضياء الثانية كلما قربنا من $د و$ وللتمييز بينهما وبين منطقة الظل التام تسميان

« شبه الظل »

وتتضح الهيئة التامة لمنطقتي الظل وشبه الظل في المكان ذي الابعاد الثلاثة اذا تصورنا ان

الشكل قد أدير حول المستقيم الواصل بين المركزين فيتكون من دوران $ح د و$ مخروط

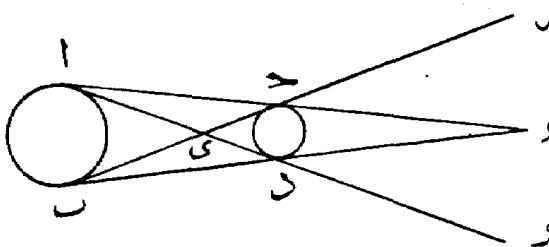
ناقص رأسه عند نقطة $ي$ ومن دوران $ح ه د و$ مخروط ناقص رأسه عند $ك$ فيمثل المخروط

الناقص الأخير هذا منطقة الظل ويمثل ما يبقى من المخروط الناقص الأول بعد ذلك منطقة

شبه الظل ويكون المقطع بمستوى عمودي على المستقيم الواصل بين المركزين دائرة مظلمة حولها

حلقة تزداد ضياء كلما قربنا من حافتها

واذا راعينا حالة ثلاثة يكون فيها كل من النير والجسم المعتم كرة ولكن كرة النير أكبر حجماً



(شكل ٣)

من كرة المعتم فان منطقة الظل في المكان ذي

الابعاد الثلاثة تكون مخروطاً كالمخروط

$ح ه د$ المبين بشكل (٣) في حين أن منطقة

شبه الظل تكون ما يبقى من المخروط الناقص

ح ر و د من بعد ذلك

وإذا كان النير كرة والجسم المعتم كرة تساويها في الحجم فمن السهل بيان أن منطقة الظل تكون

اسطوانية الشكل

٤ - الخسوف والكسوف

والحالة الثالثة التي ذكرناها فيما سبق تحدث في الطبيعة و يترتب على حدوثها كسوف الشمس وخسوف القمر . فكسوف الشمس يحدث من توسط القمر بينها وبين الأرض ، والشمس أكبر حجماً من القمر فيمكن اعتبار الكرة ١ ب (شكل ٣) تمثل الشمس والكرة > د تمثل القمر فإذا وقعت الأرض أو بالأحرى بعض أجزائها في منطقة مخروط الظل > هـ د احتجبت الشمس احتجاباً كلياً عن هذه الأجزاء فيحدث لديها ما يسمى «الكسوف الكلي» للشمس . أما أجزاء الأرض الواقعة في منطقة شبه الظل فنظراً لاحتجاب جزء من قرص الشمس عنها يحدث لديها ما يسمى «الكسوف الجزئي» للشمس وقد تقع الأرض من القمر والشمس موقعاً بحيث يكون بعض أجزائها على امتداد المستقيم الواصل بين مركز الشمس ومركز القمر ، ولكنه أبعد عن القمر من نقطة هـ التي هي رأس مخروط الظل ، فبالنسبة الى هذه الأجزاء يحتجب الجزء الأوسط من قرص الشمس دون حافته فيظهر مظهر الشمس كقرص مظلم حوله حلقة مضيئة ويسمى الكسوف في هذه الحالة « حلقياً »

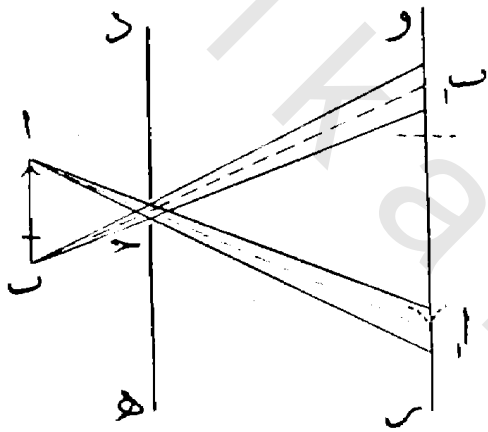
ويقع حلول القمر بين الشمس وبين الأرض حين يكون القمر هلالاً في أول الشهر العربي أو آخره ولذلك يقع كسوف الشمس في هذه الآونة

أما خسوف القمر فيحدث عند توسط الأرض بينه وبين الشمس فإذا وقع القمر في منطقة شبه الظل الحادث للأرض كان الخسوف جزئياً وإذا دخل منطقة الظل صار الخسوف كلياً ويحدث توسط الأرض بين القمر والشمس حين يكون القمر بديراً ولذلك يقع خسوف القمر حوالى نصف الشهر العربي

٥ - الحصول على صور المرئيات بواسطة ثقب صغير

وبما يترتب رأساً على انتشار الضوء في خطوط مستقيمة امكان الحصول بواسطة ثقب ضيق في حاجز معتم على صور المرئيات

فاذا فرضنا أن $ا ب$ (شكل ٤) يمثل مرئياً رأسياً كهب شمعة موقدة موضوعة في أحد جانبي حاجز رأسى معتم $د ه$ به ثقب ضيق عند $ح$ وفرضنا عند $و ر$ في الجانب الآخر من هذا الحاجز حاجزاً رأسياً أبيض كقطعة من الورق المقوى مثلاً فان من الأشعة الصادرة من نقطة $ا$ مخروطاً



(شكل ٤)

من الأشعة ينفذ خلال الثقب الى الجانب الآخر منه وتقع هذه الأشعة على الحاجز الأبيض عند $ا$ وكذلك ينفذ من الأشعة الصادرة من $ب$ مخروط يقع على الحاجز الأبيض عند $ب$ ، وبالمثل ينفذ من الأشعة الصادرة من أية نقطة من المرئى بين $ا ب$ مخروط يقع على الحاجز الأبيض في موضع مقابل لهذه النقطة بين $ا ب$ وبهذه الكيفية يتكون على الحاجز الأبيض صورة

$ا ب$ تشبه المرئى $ا ب$ لولا أنها غير واضحة وذلك لان صورة النقطة الواحدة من المرئى لا تكون نقطة مقابلة لها على الحاجز بل مساحة صغيرة هي مقطع مخروط الأشعة النافذة من الثقب وهذه المساحات يقع بعضها على الآخر. ولكن اذا ضاق الثقب ضاق تبعاً لذلك مخروط الأشعة النافذة منه وزادت الصورة دقة ولكنها تقل في الوقت نفسه سطوعاً لأن ضيق الثقب يقلل من الضوء النافذ منه

هذه وسيلة سهلة للحصول على صور المرئيات وهى في ذاتها دليل على انتشار الضوء في خطوط مستقيمة .

ويمكن ايجاد نسبة طول الصورة الى طول الجسم . فاذا رسمنا المستقيم $ا ح$ ماراً بمركز الثقب والمستقيم $ب ح$ ماراً بمركز الثقب أيضاً ينتج من تشابه المثلثين $ا ب ح$ و $ا ب ح$ أن

$$\frac{a}{b} = \frac{a}{b} = \frac{a}{b}$$

وتساوى أيضاً هذه النسبة نسبة بعد الجسم عن الثقب الى بعد صورته عنه

٦ - شدة الاستضاءة وقانون التربيع العكسي

إذا عرضت في غرفة مظلمة صحيفة من الورق لضوء مصباح فإن الاستضاءة على سطح الصحيفة تتغير تبعاً لتغير بعدها عن المصباح وتتغير أيضاً تبعاً لتغير مقدار^(١) الضوء المنبعث من هذا المصباح وتتغير أيضاً بتغير ميل الأشعة على سطح الصحيفة . وتعرف « شدة الاستضاءة » في نقطة على سطح الصحيفة بمقدار الضوء الواقع في وحدة الزمن على وحدة المساحة عند هذه النقطة أما شدة الاستضاءة في نقطة ما فتعرف بمقدار الضوء الواقع في وحدة الزمن على وحدة المساحة عند هذه النقطة ولكن حين تكون هذه المساحة عمودية على الأشعة

فإذا تصورنا نقطة مضيئة ينبعث منها الضوء في خطوط مستقيمة باستمرار وانتظام في جميع الجهات ورسمنا كرة مركزها هذه النقطة فإن الأشعة المنبعثة من المركز تقع على سطح هذه الكرة عمودياً عليه ويكون من نصيب كل وحدة من وحدات المساحة من سطح هذه الكرة مقدار معين من الضوء في الثانية . فهذا المقدار هو شدة الاستضاءة في أية نقطة عند سطح هذه الكرة وهو أيضاً شدة الاستضاءة في أية نقطة تبعد عن المصدر بمقدار نصف قطر هذه الكرة . وإذا رمزنا لنصف قطر هذه الكرة بالحرف r ولمقدار الضوء المنبعث في وحدة الزمن من المركز بالحرف S ورمزنا لشدة الاستضاءة عند سطح الكرة بالحرف s فإن

$$s = \frac{S}{4\pi r^2}$$

(١) سندرج في هذا الفصل الى أن الضوء كم يمكن قياسه والضوء كما سيتبين من هذا الكتاب وطبقاً للنظرية المعمول عليها إنما هو حركة موجية . فانتقاله من مكان الى آخر هو انتقال للطاقة وكذا اذن هو كم الطاقة . غير أن البحث في هذا الفصل لا يتطلب الا اعتباره كما دون تحديد معنى هذا الكم . وكل ما سيقال هنا بخصوص قياسه لا يتجاوز المقابلة بين المقادير المنبعثة من المصادر المختلفة دون قياس كل مقدار منها قياساً مطلقاً

$$\frac{c}{c_1}$$

وبما أن $c = c_1$ ، $ح ا ه$
تكون شدة الاستضاءة على السطح $ا > ه$

س ه ح تا ه

ويتبين من الشكل أن زاوية $ه$ تساوى الزاوية المحصورة بين اتجاه الاشعة الواقعة على السطح
 $ا > و$ وبين العمود المرسوم على هذا السطح
ويتضح مما سبق أنه إذا رمز لشدة الاستضاءة في أية نقطة بالحرف $س ه$ فإن شدة الاستضاءة
عند هذه النقطة على سطح موضوع عمودياً على اتجاه الاشعة تكون $س ه$ أيضاً ولكنها على سطح
يميل على الاول بزاوية $ه$ تكون $س ه ح ا ه$
وان كنا في الشرح السابق فرضنا أن الضوء يقع على السطح $ا ب$ على هيئة حزمة من الاشعة
المتوازية فان الشرح نفسه ينطبق في حالة ما تكون الاشعة على هيئة حزمة مخروطية ورأس المخروط
النقطة المضيئة التي ينبعث منها الضوء على فرض أن المساحة $ا ب$ صغيرة للغاية (مقدار تفاضلى)
ففى هذه الحالة يصح اعتبار الاشعة عمودية عليها ويصح أيضاً اعتبار الاشعة كلها مائلة على العمود
المرسوم على المساحة $ا > ب$ بزاوية واحدة قدرها $ه$

٨ — قوى الاضاءة والمقابلة بينها

يعبر « بقوة اضاءة » المصدر عن مقدار الضوء المنبعث منه في وحدة الزمن وقد يعنى بقوة الاضاءة
مقدار الضوء الواقع في وحدة الزمن عمودياً على وحدة المساحات في نقطة على بعد قدره وحدة الاطوال
من المصدر وسواء أذهبنا المذهب الاول أم الثانى فى التعريف فانه يمكن المقابلة بين قوى اضاءة مصدرين
مختلفين بأن تجعل شدة الاستضاءة في نقطة معينة من جراء الضوء الصادر من أحد المصدرين
مساوية لشدة الاستضاءة في النقطة نفسها من جراء الضوء الصادر من الآخر. فاذا رمزنا لمقدار
الضوء المنبعث فى الثانية من المصدر الاول بالرمز $ص ه$ ، ولبعدنا عن النقطة المذكورة بالرمز $م$ ، ولمقدار

الضوء المنبعث في الثانية من المصدر الثاني بالرمز $\mathcal{M}_2$ ولبعده عن النقطة نفسها بالرمز r_2 فإن شدة الاستضاءة الحادثة بفعل المصدر الأول في هذه النقطة تكون

$$\frac{\mathcal{M}_1}{r_1^2}$$

وشدتها بفعل المصدر الثاني تكون

$$\frac{\mathcal{M}_2}{r_2^2}$$

باعتبار أن الضوء ينبعث بانتظام في جميع الجهات في الحالتين وبما أن الشدتين متساويتان يكون

$$\frac{\mathcal{M}_1}{r_1^2} = \frac{\mathcal{M}_2}{r_2^2}$$

كذلك إذا رمز بالرمز $\mathcal{U}$ لمقدار الضوء الواقع في الثانية عمودياً على وحدة المساحة في نقطة تبعد بمقدار وحدة الأطوال عن المصدر الأول وبالرمز $\mathcal{U}'$ لمثيله بالنسبة إلى المصدر الثاني وعلى فرض أن الضوء ينبعث بانتظام في جميع الجهات يكون

$$\frac{\mathcal{U}_1}{r_1^2} = \mathcal{U}$$

$$\frac{\mathcal{U}_2}{r_2^2} = \mathcal{U} \quad 6$$

وتكون شدة الاستضاءة

$$\frac{\mathcal{U}_1}{r_1^2} = \frac{\mathcal{U}_2}{r_2^2}$$

اذن

فاذا اتخذت قوة اضاءة أحد المصدرين عياراً أمكن إيجاد قيمة قوة اضاءة الثاني بالنسبة إلى

هذا العيار

والاجهزة التي تطبق بوساطتها الفكرة السابقة للمقابلة بين قوى الاضاءة لمصادر الضوء المختلفة تسمى « الفتومترات » أو مقاييس الضوء

٩ - المصدر العياري

والمصدر الضوئي الذي يتخذ عادة وحدة تقاس بالاضافة اليها قوى الاضاءة هو الشمعة ولكن لما كان مقدار الضوء المنبعث في وحدة الزمن من لهب الشمعة يختلف باختلاف نوع مادتها وسمكها ومعدل احتراقها وطول فتيلها وشكلها فانه يشترط في الشمعة التي تتخذ وحدة للقياس في انجلترا أن تكون مصنوعة من شمع القيطس (الحوت)^(١) وأن تكون كتلتها $\frac{1}{4}$ الباوند وقطرها $\frac{7}{8}$ البوصة ويحترق من مادتها في الساعة الواحدة ٠,٢٧ من الأونس بالتقريب ولكن بالرغم من هذا لما كان الضوء المنبعث يتوقف مقداره على طول الفتيلة وشكلها فان الشمعة بوجه عام لا تصلح أن تكون وحدة ثابتة يعتمد عليها

ولذلك يستبدل بالشمعة مصادر أخرى . وهي كثيرة نكتفي هنا بذكر واحد منها لسهولة تركيبه وسهولة الحصول عليه وهو مصباح « هفنر »^(٢)

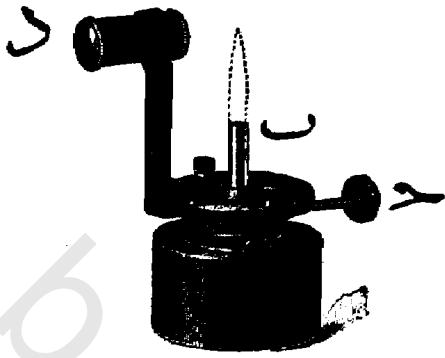
وهذا مصباح وقوده « اسيتات الاميل »^(٣) ويتركب كما هو مبين بشكل (٦) من وعاء ١ مصنوع من الشبه يبلغ قطره ٧ سنتيمترات وارتفاعه ٣,٨ من السنتيمتر يسع حوالى ١١٥ سنتيمتراً مكعباً من اسيتات الاميل ومثبت بأعلى الاناء انبوبة ب مصنوعة من الفضة الألمانية ارتفاعها ٢,٥ من السنتيمتر وقطرها الداخلى ٠,٨ من السنتيمتر وبداخلها فتيلة من القطن يمكن رفعها أو خفضها بوساطة المسمار المحوى >

ولاستعمال المصباح يهيا ارتفاع لهبه لكي يكون أربعين ملليمتر بالاضبط وليتيسر ذلك توجد بالمصباح انبوبة د مثبت في وسطها ماراً بمحورها لوح أفقى من الفولاذ حتى اذا نظر خلال الانبوبة الى اللهب وغير ارتفاعه حتى يلمس الطرف الاعلى للجزء المضىء من اللهب امتداد السطح الاسفل للوح الفولاذى يكون ارتفاع اللهب الارتفاع المطلوب

(١) يوجد الشمع ممزوجاً بزيت يستخرج من رأس نوع من القيطس اسمه (Spermwhale)

(٢) Hefner (٣) Amyl Acetate

أما في الأجهزة الدقيقة فإنه توجد في طرف الأنبوبة د القريب الى اللهب عدسة ويوجد في



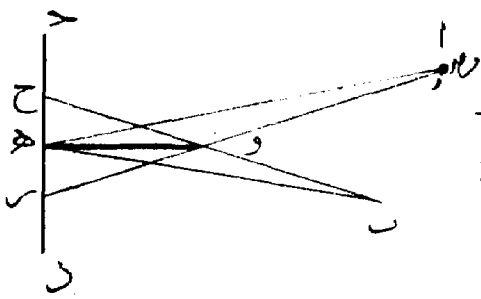
(شكل ٦)

طرفها الآخر لوح من الزجاج النصف الشفاف به خط أفقي حتى اذا وقعت صورة الطرف الاعلى للهب (وهي الصورة التي تتكون بواسطة العدسة) عند هذا الخط كان ارتفاع اللهب الارتفاع المطلوب ومن الضروري عند استعمال هذا المصباح أن يكون ارتفاع لهبه بالقدر المقدور فقد دلت التجارب على أن تغير الارتفاع بمقدار مليمتر

واحد يغير من قوة اضاءة المصباح بمقدار ثلاثة في المائة بالتقريب وتقدر قوة اضاءة هذا المصباح بمقدار ٩ ر . من الشمعة

١٠ — فتومتر « بوجير » ^(١)

يتركب هذا الفتومتر عادة من لوح رأسى ح د (شكل ٧) من الزجاج النصف الشفاف



(شكل ٧)

وحاجز رأسى هـ و قد طلى جانباه بطلاء اسود وثبت عمودياً على اللوح بحيث يقسمه قسمين متساويين كما هو مبين بالشكل فاذا وضع أحد المصدرين اللذين يراد المقابلة بينهما عند ا مثلاً أضاء هذا المصدر النصف ح هـ من اللوح وأحدث للحاجز ظلا هـ ر على النصف الآخر من

اللوح . كذلك اذا وضع المصدر الثاني عند ب أضاء النصف هـ د من اللوح وأحدث للحاجز ظلا ح على النصف الأول . فاذا وضع المصدران معاً أحدهما عند ا والآخر عند ب أضاء الواحد منهما الظل الناشئ عن وجود الثاني فاذا غير بعد أحدهما أو كليهما حتى يصير الظلان متشابهين ضياء أو ظلمة (وينظر الى الظلين للمقابلة بينهما من خاف اللوح) كانت شدة الاستضاءة عند الظل الناشئ عن وجود أحد المصدرين من جراء الضوء الواقع عليه من الآخر مساوية شدة الاستضاءة عند الظل الثاني من جراء الضوء الواقع عليه من المصدر الاول فاذا رمزنا لقوة اضاءة

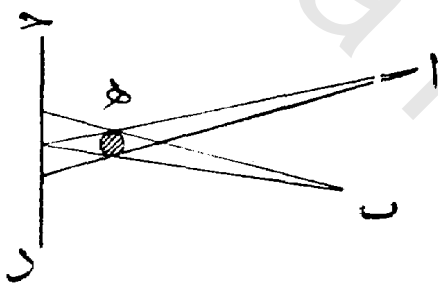
أحد المصدرين بالرمز m_1 ولبعد e_1 عن منتصف اللوح الزجاجي بالرمز m_2 ولقوة اضاءة
الثاني بالرمز m_2 ولبعد e_2 عن منتصف اللوح بالرمز m_2 يكون

$$\frac{m_1}{e_1} = \frac{m_2}{e_2}$$

ولكى يكون ميل اللوح الذى يحدث عليه الظلان على الأشعة واحداً بالنسبة الى المصدرين
يلاحظ عند تهيئة الجهاز أن تكون زاوية a و مساوية زاوية b و وقد يستبدل باللوح
الزجاجي النصف الشفاف في هذا الجهاز صحيفة من الورق الأبيض الرقيق النصف الشفاف

١١ - فتومتر « رمفرد »^(١)

يتركب من لوح رأسى cd (شكل ٨) من الزجاج النصف الشفاف قد وضع رأسياً



أمامه قضيب اسطوانى أسود اللون مدلول
لمقطعه في الشكل بالحرف h

فاذا وضع أحد المصدرين عند a والآخر عند
 b أحدث كل منهما ظلالاً للقضيب وأضاء كل واحد

شكل (٨)

الظل الذى يحدثه الآخر فاذا نظر الى الظلين من

خلف اللوح وغير البعدان حتى يظهر الظلان متشابهين ضياء أو ظلمة ينتج كما في البند السابق أن

$$\frac{m_1}{e_1} = \frac{m_2}{e_2}$$

ويستحسن عند استعمال الجهاز أن يوضع القضيب h في موضع يجعل الظلين متلامسين غير

منفصلين ولا متداخلين حتى تسهل المقابلة بينهما

وقد يستبدل باللوح النصف الشفاف صحيفة من الورق الأبيض الرقيق النصف الشفاف

أو من الورق الأبيض المقوى وفي هذه الحالة الأخيرة ينظر الى الظلين من الامام

يتركب من قرص مستدير من الورق الابيض الغير المصقول قد جعل في مركزه دائرة أو بقعة دهنية صغيرة (وقد يكفي للحصول على هذه البقعة الدهنية أن تقع قطرة واحدة من الشمع المنصهر على سطح الورقة ثم يزال الشمع بعد تجمده بحرف سلاح حاد) ويوضع القرص بين المصدرين اللذين يراد المقابلة بينهما بحيث يكون مستواه عمودياً على المستقيم الواصل بينهما ويكون مركز البقعة الدهنية واقفاً على هذا المستقيم

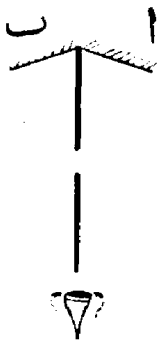
وليبيان الفكرة الاساسية التي يبنى عليها عمل هذا الجهاز نفرض أن كسراً معيناً قدره a من الضوء الواقع على البقعة الدهنية ينفذ خلالها الى الجانب الآخر والكسر الباقي وقدره $(1 - a)$ من الضوء الواقع عليها ينعكس عن سطحها . ولنفرض أيضاً أن كسراً معيناً قدره b من الضوء الواقع على سطح الورقة ينفذ منها الى الجانب الآخر والباقي وقدره $(1 - b)$ ينعكس عنها ولننظر من أحد الجانبين إلى أحد سطحي هذه الورقة . يتضح أن جزءاً من الضوء الواقع على البقعة الدهنية من المصدر الموجود في هذا الجانب وقدره $a - 1$ تعكسه البقعة الدهنية وجزءاً من الضوء الواقع عليها من المصدر الموجود في الجانب الآخر وقدره a ينفذ خلالها الى الجانب الأول فاذا كان الواقع على وحدة المساحة من البقعة الدهنية من ضوء أحد المصدرين مساوياً الواقع على وحدة المساحة من ضوء الآخر كان مقدار الضوء المنبعث في أي الجانبين من وحدة المساحة من البقعة الدهنية مساوياً $1 - a + a = 1$ أي كسراً قدره الواحد مما يقع على وحدة المساحة من ضوء أحد المصدرين

كذلك يتضح أن جزءاً وقدره $1 - b$ من الضوء الواقع على السطح الغير الدهني من الورقة من أحد المصدرين ينعكس وجزءاً وقدره b من الضوء الواقع من الآخر ينفذ فاذا كان الواقع على وحدة المساحة من أحد المصدرين مساوياً الواقع على وحدة المساحة من الآخر كان مقدار الضوء المنبعث في أي الجانبين من وحدة المساحة من سطح هذه الورقة مساوياً $1 - b + b = 1$

أى كسر أ قدره الواحد مما يقع على وحدة المساحة من ضوء أحد المصدرين
واذن يكون الضوء المنبعث فى أى الجانبين من وحدة المساحة سواء أمن البقعة الدهنية أم من
الأجزاء الغير الدهنية من الورقة واحداً واذن تظهر البقعة الدهنية وما يحيط بها من الأجزاء
الغير الدهنية من الورقة لا تميز بينهما اذا نظر اليها من أى الجانبين
فعند استعمال فتومتر بنزن يغير بعد المصدرين أحدهما أو كلاهما حتى اذا نظر الى البقعة
الدهنية من أى الجانبين تظهر كباقي أجزاء سطح الورقة فيكون مقدار الضوء الواقع فى وحدة
الزمن من أحد المصدرين على وحدة المساحة من السطح مساوياً بمقدار الضوء الواقع فى وحدة
الزمن من المصدر الآخر على وحدة المساحة من السطح وبالرمز لقوة اضاءة أحد المصدرين بالرمز
م_١ ولبعده عن سطح الورقة بالرمز م_١ ولقوة اضاءة الآخر بالرمز م_٢ ولبعده عن سطح الورقة
بالرمز م_٢ يكون

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{m_1^2}{m_2^2}$$

ويمتاز فتومتر بنزن ببساطة تركيبه . وعيه أن البقعة الدهنية وان أمكن جعلها تظهر
كسائر أجزاء سطح القرص اذا نظر اليها من أحد الجانبين فهى لا تظهر كذلك اذا نظر اليها من
الجانب الآخر دون تغيير فى الموضع وعلة هذا قد ترجع الى أن البقعة الدهنية تمتص جانباً من
الضوء النافذ فيها وأن صحيفة الورق تمتص جانباً من الضوء النافذ فيها وأن نسبة ما يمتص فى
الحالتين ليست واحدة . والامتصاص قد أغفل فى الشرح المذكور . هذا فضلاً عن أن أكثر
الضوء الذى ينفذ من البقعة الدهنية ينفذ فى استقامة الضوء الواقع

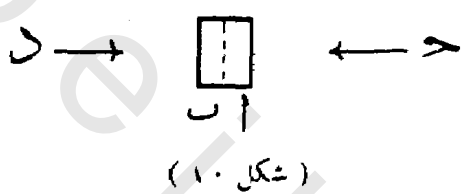


شكل (٩)

عليها من الجانب الآخر وهذا يجعل البقعة الدهنية يتغير ضياؤها
تبعاً لتغير ميل خط البصر على مستوى القرص . ولذلك يفضل
عند استعمال فتومتر بنزن أن تهيأ الموضع حتى تظهر البقعة الدهنية
واحدة بالنظر اليها من الجانبين ولتيسر ذلك يستحسن أن يثبت
بالقرص مرآتان ١ ٢ ب (شكل ٩) بحيث اذا نظر والعين على

امتداد مستوى القرص رؤيت صورة لأحد جانبي البقعة الدهنية حادثة بالانعكاس عن المرآة في هذا الجانب وصورة أخرى للجانب الثاني منها حادثة بالانعكاس عن المرآة في الجانب الثاني ويكون ميل الأشعة المنبعثة من البقعة الدهنية والواقعة على المرآة ميلها على مستوى القرص واحداً في الجانبين

١٣ - فتومتر « جولى »^(١)



يتركب من قطعتين متماثلتين من شمع البرافين مثل ١ ٦ ب (شكل ١٠) كل واحدة منهما على شكل متوازي مستطيلات والقطعتان

متلاصقتان وبينهما صفيحة من ورق القصدير ومخباتان في غلاف معتم يحجبهما من أعلى ومن أسفل ومن الخلف فإذا وضع مصدر ضوء عند ح نفذ بعض ضوئه من الجانب الأيمن خلال القطعة ١ فترى مضيئة إذا نظر إليها من الامام في حين أن الضوء لا يبلغ القطعة ب وتبقى هذه مظلمة كذلك إذا وضع مصدر الضوء عند د ظهرت القطعة ب مضيئة وبقيت ١ مظلمة وإذا وضع مصدران أحدهما عند ح والآخر عند د تظهر القطعتان مضيئتين فإذا غير البعدان حتى تظهر مضيئتين بشدة واحدة كانت نسبة قوتى اضاءة المصدرين كربع نسبة بعديهما ويلاحظ أن يوضع المصدران بحيث يكون المستقيم الواصل بينهما ماراً بمنتصفي الجانبين المكشوفين عمودياً عليهما^(٢)

(١) هو Joly المخترع

(٢) أنظر الباب السادس فيما يتعلق بالطرق الدقيقة لقياس قوى الاضاءة