[٨] الباب الثامن :

مبـادىء علـم الضـوء

[٨ ـ ١] مقدمـة تاريخية :

بدأ علم الضوء مع بداية البشرية ، فمنذ الفجر الأول للتاريخ ، لاحظ الإنسان أنه بالإمكان تبديد الظلام بإشعال النيران ، ثم لاحظ قرص الشمس فى السماء أثناء الشروق وفى وسط النهار وأثناء الغروب ووجد أن الشمس تبدد ظلام الليل كذلك .

وبعدها بدأ اهتمام الإنسان بالشمس وبضوئها وتتابعت مشاهدات الإنسان فوجد أن هنالك أقراصاً أو أجساماً أخرى لا تظهر إلا ليلاً وتتألق فى الليالى الصافية ، وتقوم بتبديد جزئى لظلام الليل .

ومن هذه الملاحظات ، بدأ الاهتمام بالضوء وشواهده ومظاهره وقد كان قدماء المصريين من أول الشعوب التى اهتمت بدراسة الضوء ثم تلاهم شعب اليونان .

ومن أقوال فيثاغورث (٥٤٠ ق .م.) : [إن الصور التى تتكون فى العيون تنبعث من الأجسام المرئية] .

إلا أن آخرين مثل أمبيدوكليس (٤٤٠ ق. م.) ذكروا ما يخالف هذا القول وكان أساس نظريتهم .

[إن العين تُصدر أشعة على الشىء المرئى فتضيئه بصورة تجعل بالإمكان رؤيته] .

وقد حاول أفلاطون التوفيق فيما بين أصحاب النظريتين (٤٣٠ ق. م.) .

فقال : [إن الضوء هو الظاهرة الطبيعية التى تحدث من تصادم وتعادل كل ما يخرج من كل من العين والجسم] .

وقد أضاف العرب الكثير إلى علم الضوء ، ومن أشهر العلماء العرب فى هذا المجال : الحسن بن الهيثم الذى أثبت بالتجربة والمشاهدة والاستنتاج ، أن [شعاع الضوء يأتى من الجسم المرئى إلى عين المشاهد] .

ومن بين العلماء العرب الذين أسهموا فى تقدم هذا العلم :

ابن حزم والبيرونى وابن سينا .

وأخذ الأوربيون عن العرب الكثير فى علم الضوء عن طريق الترجمة وتقدم علم الضوء بعد هذا تقدماً مذهلاً .

[٨ ـ ٢] ما هو الضـوء :

علمنا فيما سبق (الكتاب الثانى بهذه السلسلة) أن الضوء ، ما هو إلا صورة من صور الطاقة وليس له وزن ولا حجم ويمكن حالياً أن نقوم بتحويل الضوء (كأحد صور الطاقة) إلى طاقة كهربية باستخدام الخلايا الشمسية .

[٨ ـ ٣] أهمية الضوء :

١ ـ يحتاج الإنسان أثناء عمله إلى الضوء وخاصة (الطبيعى منه) .

٢ ـ تحتاج معظم الحيوانات خاصة (الغير ليلية) للضوء لكى ترعى وتمارس نشاطها .

٣ ـ يعمل الضوء على تحويل بعض المواد تحت طبقة الجلد إلى فيتامين (د) .

٤ ـ كثير من الأجهزة الكهربية والضوئية تعتمد على الضوء كأساس فى عملها .

٥ ـ الضوء ضرورى لرؤية الأجسام .

٦ ـ يحتاج النبات إلى الضوء فى عملية التمثيل الضوئى وهى عملية أساسية وحيوية لأى نبات ، ولغذاء النبات وبالتبعية ، غذاء الإنسان فالحيوان .

[٨ ـ ٤] مصادر الضوء :

يطلق على جميع الأجسام التى تصدر جزيئاتها وذراتها إشعاعاً مرئياً بمصادر الضوء ويمكن تقسيمها إلى عدة أنواع طبقاً لطريقة إثارة الجسيمات التى تشع الضوء .

(أ) مصادر مضيئة ذاتياً (منابع ضوئية) :

١ ـ *مصادر حرارية للضوء* : ويتم فيها الإضاءة على حساب إثارة الذرات والجزيئات بالحركة المشوشة للجسيمات فى المادة فى درجة حرارة عالية بصورة كافية .

مثل النجوم والشموس والشموع وأعواد الثقاب المشتعلة .

٢ ـ *مصادر إنارية للضوء* : ويتم إثارة ذراتها وجزيئاتها ، لا بسبب درجة حرارة عالية ، بل بسيل من الجسيمات المتطايرة للمادة ، مثلاً الإلكترونات وبفعل إشعاع كهرومغناطيسى خارجى أو تفاعل كيميائى .

وفى هذه الحالة تنتج طاقة الإشعاع على حساب الطاقة الكهربائية أو الكيميائية أو الميكانيكية أى على حساب طاقة مصادر خارجية أخرى .

ومن أمثلة هذه المصادر ، إضاءة مصابيح النيون ومصابيح الغاز وإضاءة الألوان الفلورسنت وشاشة التلفزيون .

وعموماً فالمنابع الضوئية هى التى تُرسل الضوء الذى تنتجه .

(ب) مصادر غير ذاتية الإضاءة (أجسام مُضاءة) :

وهذه المصادر أو الأجسام هى التى تُرسل الضوء الذى يصلها من منبع ضوئى فتعكسه فتبدو مضيئة ، مثل القمر والكواكب وكذلك صفحات هذا

الكتاب الذى بين يديك ، فإذا كنت تقرأه فى أوقات النهار فإن ضوء الشمس (النهار) يسقط على الكتاب حيث يتشتت جزء منه أو ينعكس إلى عينيك حيث تقوم أحبار الطباعة بامتصاص كل الألوان ما عدا الأسود فتراه بذات اللون .

[٨ ـ ٥] نفاذية الأجسام للضوء :

يمكننا تقسيم الأجسام من حيث درجة نفاذيتها للضوء إلى :

١ ـ *أجسام أو أوساط شفافة* :وهى التى تسمح للغالبية العظمى من كمية الضوء الساقطة عليها باجتيازها ويُرى ما خلفها بوضوح مثل الزجاج والهواء والماء (إلى حد) .

٢ ـ *أجسام أو أوساط نصف شفافة* : وهى التى تسمح لجزء من الضوء **الساقط** عليها بالاجتياز وتمنع نفاذ أو إجتياز الجزء الآخر ولا يُرى ما خلفها بوضوح .

مثل الستائر الرقيقة والورق المدهون بالزيت والزجاج الخشن المُصنّفر .

٣ ـ *الأجسام أو الأوساط المُعتمة* : وهى التى لا تسمح مطلقاً بنفاذ الضوء الساقط عليها ولا يُرى أى شىء خلفها مثل المعادن والأخشاب والورق المقوى .

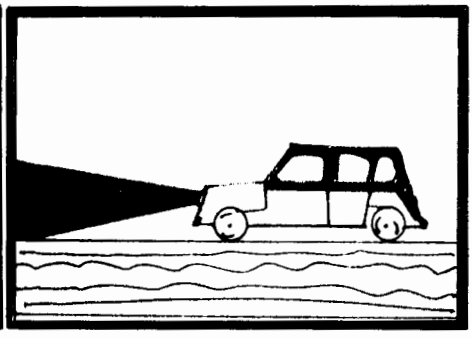
ملاحظـــات :

١ ـ الماء النقى يكون شفافاً إذا كان سمكه رقيقاً ويكون نصف شفاف إذا كان سمكه بضعة أمتار بينما يصبح معتماً إذا بلغ عمق أو سمك الماء عدة مئات من الأمتار كما فى قاع المحيطات .

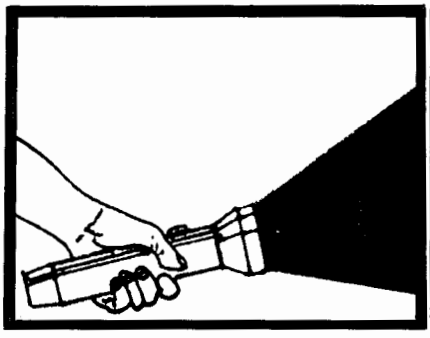
٢ ـ فى الحالة البخارية للماء يكون البخار أو الضباب شبه منفذ .

٣ ـ الزجاج المنفذ للضوء ، عند جعله على هيئة مسحوق (بودرة) يصبح غير منفذ ويبدو هذا جلياً عند إصابة زجاج السيارة بما يعرف بسرطان الزجاج حيث يستحيل الرؤية حينئذ .

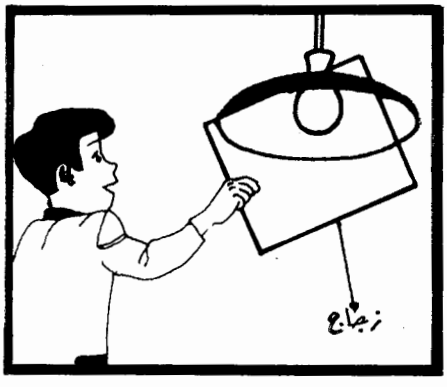
انظر الرسم شكل (٨ ـ ٣) أ ، ب ، جـ ، وهو يوضح نفاذية الأجسام المختلفة لضوء مصباح كهربى .



شكل [٨ ـ ١]
حزمة ضوئية من مصباح السيارة



شكل [٨ ـ ٢]
حزمة ضوئية من مصباح الجيب



أ) أجسام شفافة (الزجاج)

ب) أجسام نصف شفافة (ورقة مزيته)

جـ) أجسام معتمة ورق مقوى ـ كرتون

شكل [٨ ـ ٣]
أ ، ب ، جـ
نفاذية الأجسام للضوء

[٨ ـ ٦] إنتشـــار الضـــوء :

نقوم بإجراء التجربة البسيطة التالية :

تجربـــة :

١ ـ أحضر شمعة أو مصباح كهربى وبضعة حوائل من الخشب أو الكرتون (مادة غير منفذة للضوء) .

٢ ـ نجعل بكل منها ثقباً ضيقاً فى مركزها « وسطها » تماماً ونثبتها رأسياً .

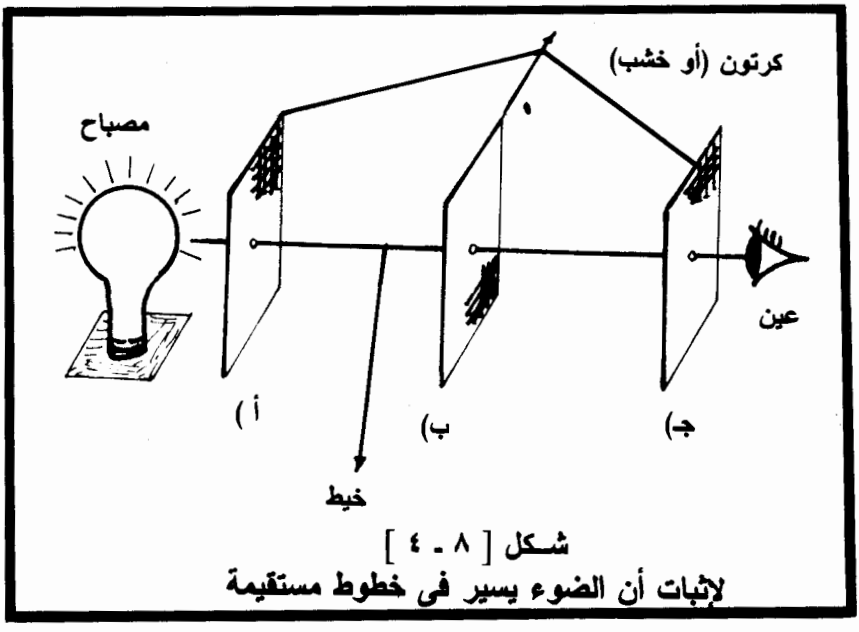
٣ ـ نحاول أن ننظر إلى لهب الشمعة أوإلى ضوء المصباح بتحريك الحوائل الخشبية يميناً ويساراً ولأعلى ولأسفل .

المشاهدة : لا يمكننا رؤية الضوء إلا عندما تكون الحوامل متوازية أمام المنبع الضوئى والثقوب على استقامة واحدة .

الاستنتـــاج : الضوء ينتشر فى الوسط الشفاف المتجانس وفق خطوط معتقيمة .

وهو ما يعرف بمبدأ انتشار الضوء فى خط مستقيم .

انظر الرسم شكل (٨ ـ ٤) وهو يوضح هذه التجربة .



شـكل [٨ ـ ٤]

لإثبات أن الضوء يسير فى خطوط مستقيمة

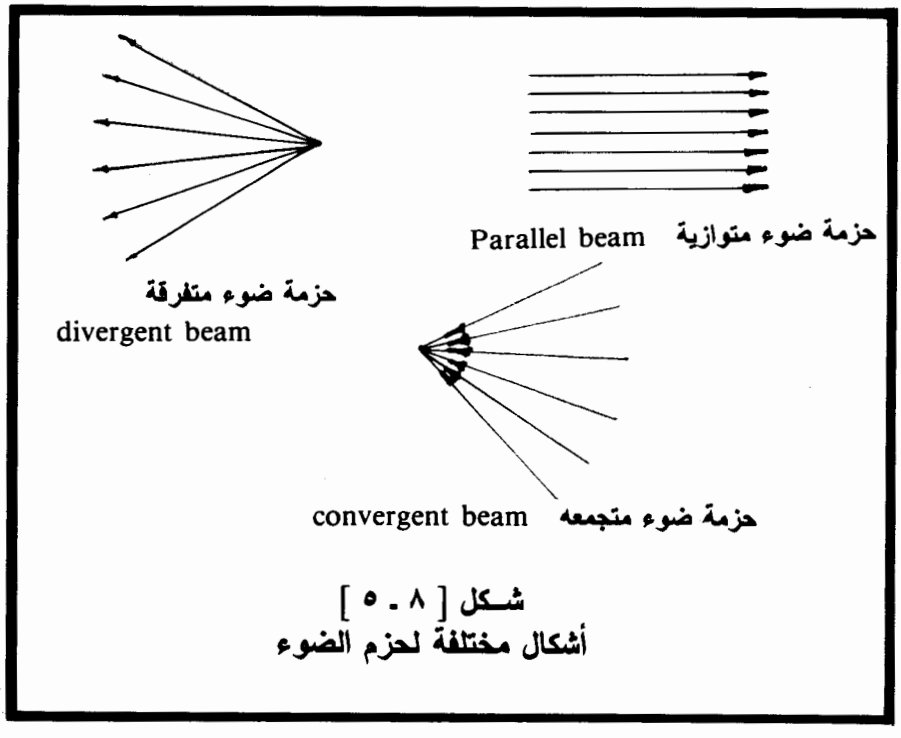
وهنالك كثير من الشواهد الأخرى التى تؤكد أن الضوء يسير فى خطوط مستقيمة فإذا شاهدت ضوء مصباح السيارة أو الكشاف أو مصباح القطار ليلاً واعترض هذا الضوء بعض الغبار المنتشر فى الجو فإنك ستشعر حينئذ بأن الضوء ينتشر على هيئة خطوط مستقيمة .

وكذلك إذا شاهدت ضوء الشمس يدخل من النافذة أو من كوة صغيرة واعترضه بعض الغبار فإنك ستتأكد من ذلك ، ارجع لشكل (٨ ـ ٣) .

[٨ ـ ٧] أشعة الضوء *Rays of light* :

يطلق على الاتجاه أو المسار الذى تنتقل خلاله الطاقة الضوئية بأشعة الضوء .

فى حين يطلق على مجموعة الأشعة الضوئية بالحزمة الضوئية وفى شكل (٨ ـ ٥) مجموعة حزم ضوئية مختلفة ، تصدر من منبع أو مصدر ضوئى صغير جداً (مصدر أو منبع نقطى) .



شكل [٨ ـ ٥]
أشكال مختلفة لحزم الضوء

ويمكن تضيف الحزم الضوئية إلى :

١ ـ حزمة ضوئية إسطوانية (أو متوازية) : والأشعة المكونة لها تكون متوازية .

٢ ـ حزمة ضوئية متفرقة : الأشعة المكونة لها تكون متفرقة .

٣ ـ حزمة ضوئية متجمعة : الأشعة المكونة لها تتجمع فى نقطة واحدة .

٤ ـ حزمة ضوئية دقيقة : وهى عبارة عن حزمة دقيقة (صغيرة) من الأشعة .

[٨ ـ ٨] تطبيق على سير الضوء فى خطوط مستقيمة : (الخزانة ذات الثقب)

١ ـ نحضر علبة أو صندوق من مادة معتمة مثل الخشب أو الكرتون أو الصفيح ونُزيل أحد جوانبه ثم نثقب بإبرة خياطة ثقب صغير جداً فى الجانب المقابل للجانب الذى تم إزالته .

٢ ـ نضع مكان الجانب المزال ، مادة شبه منفذة للضوء مثل الورق المدهون بالزيت أو الزجاج المصنفر أو ورق الرسم بالحبر (كلك) .

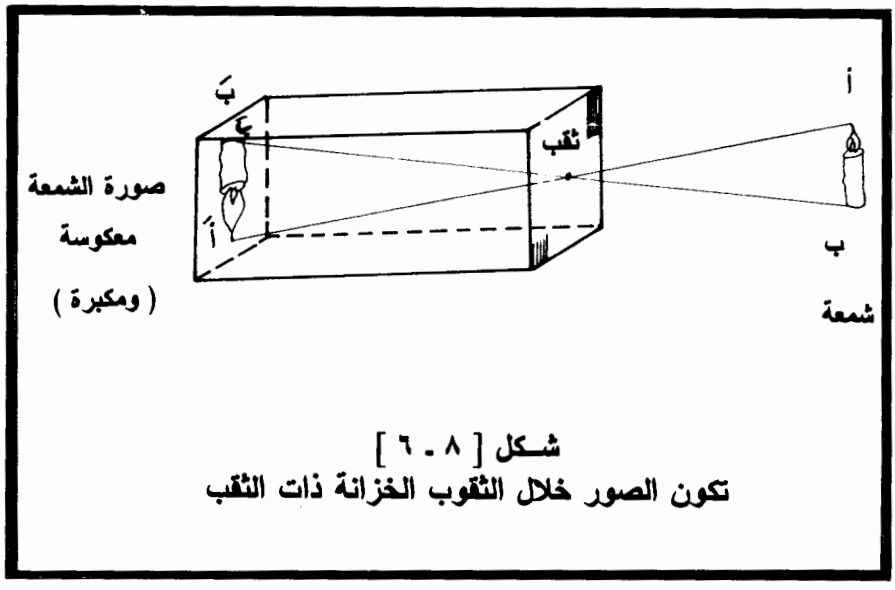
٣ ـ نضع العلبة بحيث يكون ثقبها فى مواجهة شمعة مشتعلة أو أى شىء آخر .

٤ ـ نلاحظ تكون صورة مقلوبة على الجانب الشبه منفذ للضوء وهذه هى فكرة الكاميرا الأولى كما سيرد فيما بعد .

والذى يحدث هو أنه تنبعث من كل نقطة مضيئة من لهب الشمعة ، شعاع يمر عبر ثقب العلبة فى خط مستقيم ويُشكل بقعة ضوئية على الوسط النصف شفاف (الشبه منفذ للضوء) .

وبذلك تتكون صورة مقلوبة للجسم المُضىء من مجموع هذه البقع وتكون الصورة أكثر وضوحاً كلما كان الثقب ضيقاً ، وعند وضع معين

للجانب طبقاً لبعده عن الثقب ولبعد الثقب عن الشمعة انظر الرسم شكل (٨ ـ ٦) وهو يوضح هذا .



شـكل [٨ ـ ٦]
تكون الصور خلال الثقوب الخزانة ذات الثقب

[٨ ـ ٩] الكاميرا ذات الثقب Pin – hole Camera. :

تعتبر أول أنواع الكاميرات التى عرفها الإنسان وقد تم إختراعها فى حوالى عام ١٥٥٠ وذلك قبل صناعة العدسات .

وهى تعتمد فى عملها على مبدأ أن الضوء يسير فى خطوط مستقيمة .

تجربـة : يمكن عمل نموذج بسيط لهذا النوع من الكاميرات برفع أحد جوانب صندوق كما سبق ، مع وضع لوح من ورق الرسم الشبه شفاف وبحيث يتم عزل الصندوق عن أى مصدر للضوء الخارجى ثم نعمل ثقب صغير بالجانب المقابل للوح ورق الرسم ، فى منتصفه تماماً .

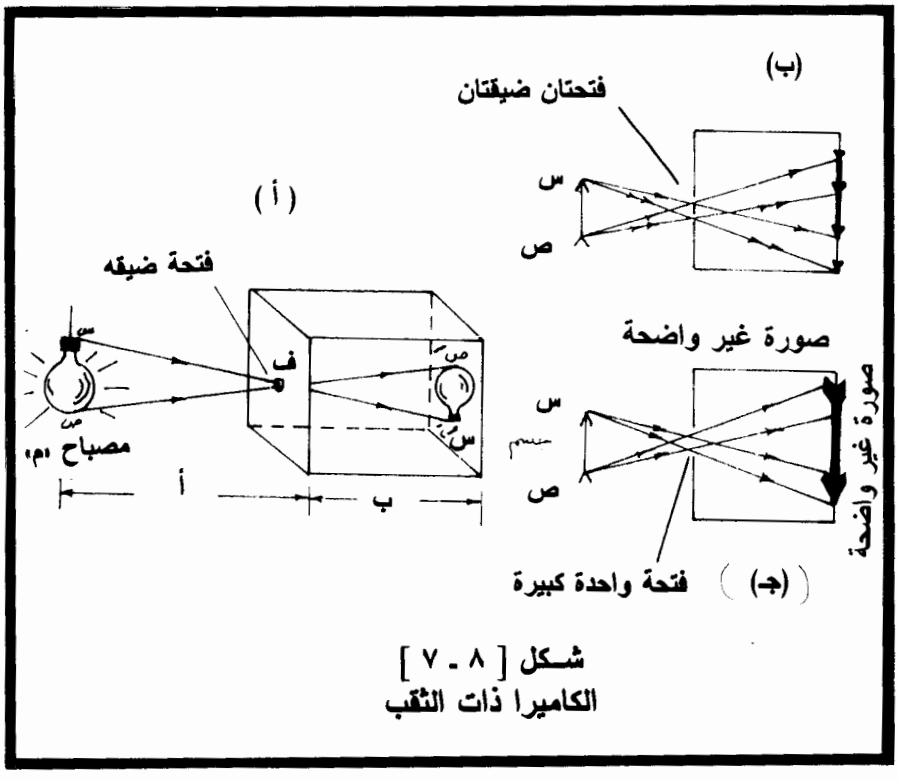
ثم نثبت الصندوق فى حجرة مُظلمة ونضع مصدر ضوئى متوهج (مصباح كهربى) أمام الثقب ثم لاحظ ما يلى :

١ ــ هل الصورة مقلوبة أم معتدلة .

٢ ــ تأثير تحرك الصندوق قريباً من أو بعيداً عن المصدر الضوئى ، على حجم الصورة .

، قم بعمل عدة ثقوب أخرى رفيعة قرب الثقب الأول ولاحظ ما إذا كانت الصورة لا تزال واضحة أم لا .

، ثم قم بعمل ثقب كبير بدلاً من الثقب الأول الصغير ولاحظ حجم الصورة انظر الرسم شكل (٨ ــ ٧) وهو يوضح خطوات هذه التجربة .



شـكل [٨ ـ ٧]
الكاميرا ذات الثقب

وفيما يلى شرح لنتائج هذه التجربة :

تتكون صورة من أشعة الضوء الصادرة من مصدر الضوء .

فالشعاع الخارج من النقطة « ص » (بالمصباح الكهربى) ، يمر عبر الفتحة « ف » حيث يصطدم بالورقة بالصندوق عند النقطة (صَ) .

ويخرج الشعاع من « س » عبر الفتحة « ف » إلى النقطة (سَ) على الورقة بالصندوق حيث تتكون صورة مقلوبة للمصباح (سَ صَ) .

وكلما كانت الفتحة « ف » ضيقة كلما كانت الصورة (سَ صَ) أكثر وضوحاً .

وتستخدم الكاميرا ذات الثقب مع مساحى الأراضى ومشرفى العمل ويفضلونها عن الكاميرا ذات العدسات لأن الأخيرة تسبب تشوهاً (تشويش) ويعيب الكاميرا ذات الثقب أنها تحتاج إلى وقت طويل حتى تتكون الصورة على لوح التصوير الحساس (الذى يوضع مكان لوح الورق فى مقابل الثقب) .

وذلك لأن كمية الضوء المارة عبر الثقب تكون صغيرة .

وفى حالة استخدام أكثر من ثقب أو عند استخدام ثقب واحد كبير [الوضعان (ب) ، (جـ) ـ فى شكل (٨ ـ ٧)] فإن الصورة تصبح مشوشة وذلك لأن كل ثقب سيولد الصورة الخاصة به على الشاشة مما يؤدى لتداخل الصور مع بعضها .

ونفس الشىء يحدث عند استخدام ثقب واحد كبير حيث أنه يعتبر بمثابة عدد كبير من الثقوب مما يؤدى لتداخل أكثر لعدد أكبر من الصور مما يؤدى لزيادة تشويه الصورة .

[٨ ـ ١٠] طول الصورة :

إذا نظرنا إلى المثلثين المتشابهين س ف ص ، سَ ف صَ فى شكل (٨ ـ ٧) ، فإنه :

$$\frac{\text{سَ صَ}}{\text{س ص}} = \frac{\text{ب}}{\text{ا}}$$

$$\therefore \frac{\text{طول الصورة}}{\text{طول الجسم}} = \frac{\text{بعد الصورة عن الفتحة}}{\text{بعد الجسم عن الفتحة}}$$

فإذا فرضنا أن طول صندوق الكاميرا = « ١٠ » سم وأن إرتفاع الجسم « ٢ » متر وأن بعد الجسم عن الفتحة = « ٤ » متر .

$$\therefore \frac{\text{طول الصورة}}{\text{٢ متر}} = \frac{\text{١٠ سم}}{\text{٤ متر}} = \frac{\text{١}}{\text{٤٠}}$$

$$\therefore \text{طول الصورة} = \text{٢ متر} \times \frac{\text{١}}{\text{٤٠}} = \frac{\text{٢٠٠}}{\text{٤٠}} = \text{٥ سم}$$

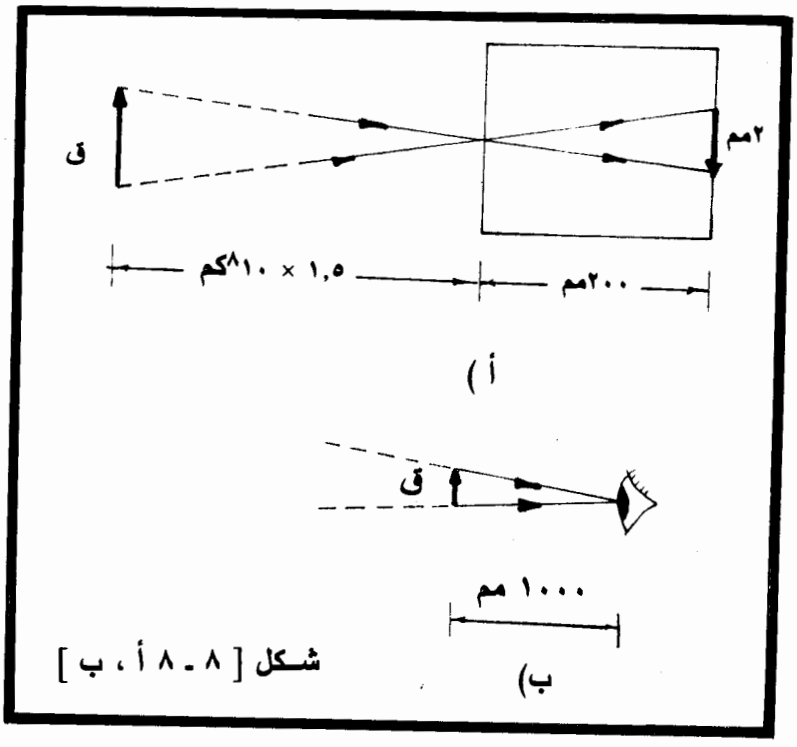
مثال على الكاميرا ذات الثقب :

(أ) كاميرا ذات ثقب ، طولها = ٢٠ سم تنتج صورة لقرص الشمس قطرها = ٢ ملليمتر .

فإذا كان بعد الشمس عن الأرض = ١,٥ × ١٠ ^ ٨ كم (١٥٠ مليون كيلومتر) فاحسب قطر الشمس .

(ب) احسب قطر قرص ، إذا علم أنه يكاد يغطى قرص الشمس عند وضعه على بعد (١) متر عن العين .

انظر الرسم شكل (٨ ـ ٨) .



شكل [٨ ـ ٨ أ ، ب]

الحـــل : كما يظهر من الشكل (٨ ـ ٨) أ :

(أ) ش هى الشمس ذات القطر ق

$$\frac{\text{ق}}{١,٥ \times ١٠^{٨} \text{ كيلومتر}} = \frac{٢ \text{ مم}}{٢٠ \text{سم}} = \frac{٢}{٢٠} = \frac{١}{١٠٠}$$

$$\therefore \text{ق} = ١,٥ \times ١٠^{٨} \times \frac{١}{١٠٠} = ١,٥ \times ١٠^{٦} \text{ كيلو متر .}$$

$$= ١٥ \text{ مليون كيلو متر .}$$

(ب) نفترض أن ق هى قطر القرص ، انظر شكل (٨ ـ ٨ ـ ب) .

$$\therefore \frac{\text{ق}}{\text{١ متر}} = \frac{\text{قطر الشمس}}{\text{البعد عن الشمس}} = \frac{١,٥ \times ١٠^{٦}}{١,٥ \times ١٠^{٨}} = \frac{١}{١٠٠}$$

$$\therefore \text{ق للقرص} = \frac{١}{١٠٠} \times ١٠٠٠ = ١٠ \text{ ملليمتر .}$$

لمعلوماتك :

١ ـ تمتص الأوساط المختلفة (شفاف ونصف شفاف ومعتم) الضوء بدرجات متفاوتة أما في الفراغ فلا يكون هنالك أى امتصاص للضوء .

٢ ـ يعتبر الحسن بن الهيثم أول من أجرى تجارب ضوئية باستخدام الخزانة ذات الثقب والتى أثبت بها أن الضوء يسير في خطوط مستقيمة .

٣ ـ عند سقوط حزمة ضوئية على ثلاثة أجسام معتمة بألوان مختلفة ، فإن الأجسام ذات الألوان الداكنة تمتص الضوء أكثر من الأجسام المعتمة ذات الألوان الفاتحة ، مما يسبب سخونتها .

٤ ـ تستخدم لحساب المسافات عبر الفضاء الكونى وحدة يطلق عليها السنة الضوئية وهى المسافة التى يقطعها الضوء فى سنة أرضية كاملة بسرعة ٣٠٠ ٠٠٠ كم/ث وهى تعادل ٩٤٦٠ مليار كيلومتر تقريباً .

٥ ـ يقطع ضوء الشمس المسافة فيما بين الشمس والأرض حوالى ١٥٠ مليون كيلومتر فى ثمان دقائق ، ١٣ ثانية بينما يصل ضوء النجم القطبى إلى الأرض فى زمن قدره ٤٦ سنة بسرعة ٣٠٠ ٠٠٠ كم/ث .