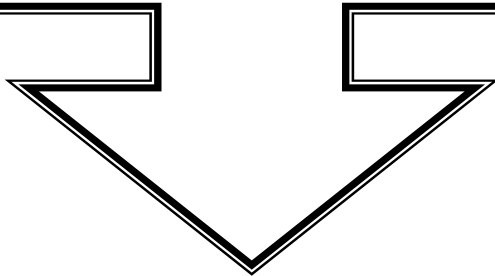


٣-١٢ : الوحدة الثالثة

الضوء



١ / تمهيد :

منذ أن تفتحت عينا الإنسان أدرك ما لضوء الشمس من أهمية بالغة ، ومع بزوغ فجر الحضارة القديمة بدأ الإنسان عدة محاولات للتعرف على طبيعة الضوء وتفسير بعض ظواهره ، ولعل المتتبع لتاريخ محاولات فهم طبيعة الضوء يلاحظ الطريقة التي تتطور بها النظريات العلمية، وعلى سبيل المثال كان الاعتقاد السائد عن كيفية رؤية العين للأشياء أن العين تصدر ضوءاً يسقط على الأجسام وبذلك تتم الرؤية ، وجاء العالم العربي (الحسن بن الهيثم) وصحح هذا الاعتقاد بل وأكد أن الضوء يصدر من الأجسام المضيئة ويسقط على المرئيات التي تعكسه لترها العين وبالإضافة إلى ذلك قام الحسن بن الهيثم بأبحاث كثيرة في علم الضوء تميزت بالتجربة ودقة الملاحظة ، وكان كتابه (المناظر) مرجعاً فريداً لقرون عديدة ثم جاء نيوتن ووضع نظرية تبحث في كنه الضوء وطبيعته تعرف بنظرية الدقائق (الجسيمات) ، كما وضع العالم (هايجتز) نظرية أخرى تعرف بالنظرية الموجية في نفس الوقت الذي وضع فيه نيوتن نظريته .

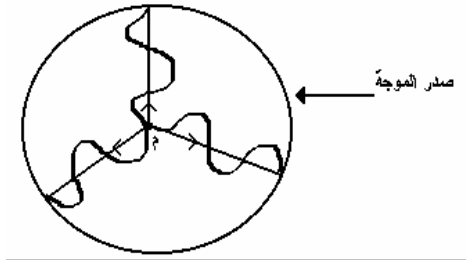
ثم جاء انشتين وقام بتوحيد النظريتين السابقتين إحداهما مع الأخرى ، وذلك بأن ربط الجسيمات بحركة موجية مصاحبة لها الأمر الذي يجعل الضوء ذا طبيعة مزدوجة فهو أحياناً يتصف بالجسيمية وأحياناً أخرى يتصف بالموجية .

٢ / نظرية الدقائق لنيوتن :

تنص النظرية على أن (الضوء يتكون من دقائق مادية متناهية في الصغر تنبعث من الجسم المضيء وتنتشر في خطوط مستقيمة وبسرعة كبيرة) .
وقد استطاعت نظرية الدقائق أن تقدم تفسيراً مقبولاً لظواهر انعكاس الضوء وانتشاره في خطوط مستقيمة إلا أنها عجزت عن تفسير ظاهري التداخل والحيود فضلاً عن أن تفسيرها لظاهرة انكسار الضوء يتطلب أن تكون سرعة الضوء في الأوساط الشفافة مثل الماء والزجاج أكبر من سرعته في الهواء وهذا ما يعارض النتائج التجريبية التي أجريت لقياس سرعة الضوء .
المقصود بالتداخل هي الظاهرة الموجية التي تنشأ من تراكب حركتين موجيتين تنتج عنها تقوية في شدة الضوء في بعض المواضع وانعدام في الشدة بعض في المواضع الأخرى .
أما المقصود بالحيود فهو ظاهرة موجية أخرى تحدث من تراكب الموجات فتجعلها تحيد (تميل) من الاتجاه الذي كانت عليه قبل حدوث الظاهرة .

٣ / نص نظرية الموجية لهايجنز :

تنص على أن (الضوء عبارة عن طاقة تنتقل من مكان لآخر بواسطة موجات تحدثها هذه الطاقة في وسط شفاف يفصل بين مصدر الضوء والعين يعرف بالأثير) .



شكل (٧٢)

ولبيان كيفية انتشار موجات الضوء نفرض مصدراً ضوئياً على هيئة نقطة (م) يبعث موجاته في وسط ضوئي كالهواء مثلاً ، هذه الموجات تنتشر في جميع الاتجاهات بسرعة واحدة وبعد زمن معين نجد هذه الموجات قد وصلت إلى سطح كرة مركزها المصدر الضوئي (م) شكل (٧٢) ، يطلق على سطح الكرة

اسم (صدر الموجة) والخط المستقيم الذي يدل على انتشار الموجة يعرف باسم (الشعاع الضوئي) ومن الواضح أن الأشعة الضوئية تكون عمودية على صدر الموجة مما يدل على أن النظرية الموجية تعتبر الضوء سلسلة من الموجات جبهاتها عمودية على مسارات انتشار الأشعة الضوئية.

بالرغم من نجاح النظرية الموجية في تفسير الظواهر التي عجزت عن تفسيرها نظرية الدقائق إلا أنها عجزت هي الأخرى عن تفسير ما يعرف (بالظاهرة الكهروضوئية) وهي ظاهرة انبعاث الإلكترونات (وهي جسيمات) من سطح بعض الفلزات عندما تسقط عليها الأشعة الضوئية .

٤ / نص النظرية الحديثة لآنشتين :

تنص النظرية الحديثة على أن (الضوء عبارة عن كمّات ذات طاقة محددة مقدارها (هـ د) تعرف بالفوتونات . هذه الفوتونات في حركتها تأخذ مسار الشعاع الذي تحدده الحركة الموجية) .

هـ ≡ مقدار ثابت يعرف بثابت بلانك (Planck Constant) .

د ≡ التردد وهو عبارة عن عدد الموجات الكاملة التي يحدثها الجسم في الثانية الواحدة .

ويتضح من نص النظرية الحديثة أن آنشتين افترض أن الضوء عبارة عن جسيمات كل منها له طاقة محددة وكتلة محددة مرتبطة بسرعة الضوء ، وطبقاً لهذا التصور لا تؤخذ

الفوتونات إلا وهي متحركة بسرعة واحدة وهي سرعة الضوء وإذا توقفت عن الحركة تلاشت كتلتها وتحولت إلى طاقة يمتصها الجسم الذي أوقف حركة الفوتون .

٥/ انعكاس الضوء على السطوح المستوية :

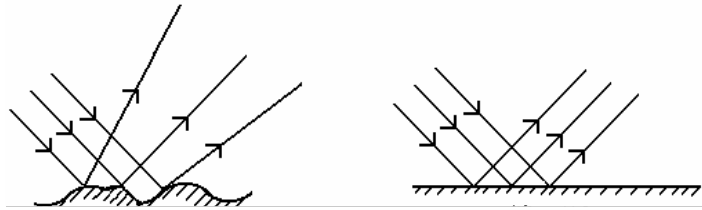
لعلك تذكر من المبحث السابق أن رؤية العين للأجسام تتم عندما تعكس تلك الأجسام الضوء الساقط عليها ، أي أن تلك الأجسام تغير من اتجاه انتشار الضوء ، وتغيير اتجاه الشعاع الضوئي بتلك الصورة يعرف اصطلاحاً بالانعكاس الضوء ، وبناءً على ذلك يمكن تعريف انعكاس الضوء بأنه تغيير اتجاه الشعاع الضوئي عندما يصطدم بسطح عاكس . يمكن تصنيف انعكاس إلى نوعين :

١ . انعكاس منتظم .

٢ . انعكاس غير منتظم .

من المشاهدات اليومية يمكن ملاحظة أن بعض الأجسام خاصة اللامعة أو المصقولة (الأجسام الملساء) تعكس الضوء بنسبة كبيرة جداً وفي اتجاه واحد محدد ومن أمثلة هذه الأجسام المرايا بأنواعها المختلفة ، هذا النوع من الانعكاس يعرف بالانعكاس المنتظم . أما الأجسام الأخرى غير الملساء أو غير المصقولة (الأجسام الخشنة) مثل الأشجار والمنازل والأشخاص فإنها تعكس الضوء بنسبة قليلة وفي عدة اتجاهات هذا النوع من الانعكاس يعرف بالانعكاس غير المنتظم .

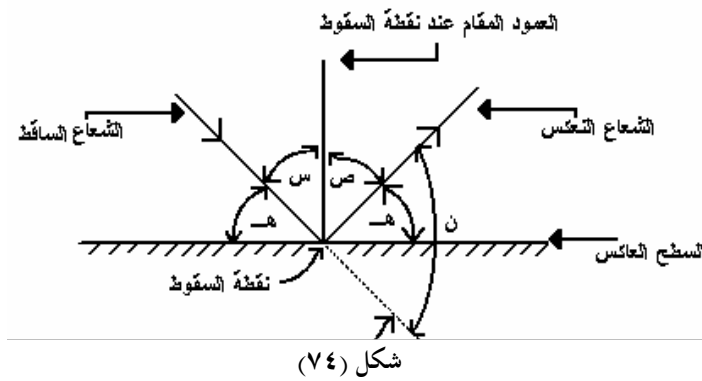
ويتضح مما سبق أن الانعكاس المنتظم يحدث عندما تسقط الأشعة الضوئية على سطح عاكس أملس وفي اتجاه محدد ولذا فهو يساعد على الرؤية من جهة واحد ، أما الانعكاس غير المنتظم فإنه يحدث عندما تسقط الأشعة الضوئية على سطح عاكس خشن وفي عدة اتجاهات ولذلك يساعد على الرؤية من جهات متعددة والشكل (٧٣) يوضح الفرق بين الانعكاسيين .



شكل (٧٣)

٦ مصطلحات خاصة بالانعكاس :

- ١- السطح العاكس
 - ٢- الشعاع الساقط .
 - ٣- امتداد الشعاع الساقط
 - ٤- الشعاع المنعكس .
 - ٥- العمود المقام عند نقطة السقوط
 - ٦- زاوية السقوط (س) .
 - ٧- زاوية الانعكاس (ص)
 - ٨- زاوية الإبصار (أو زاوية الرؤية) (هـ) .
 - ٩- زاوية الانحراف (ن) .
- انظر الشكل (٧٤) الذي يوضح هذه المصطلحات .



٧/ تعريفات :

١. زاوية السقوط : هي الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المقام عند نقطة السقوط .
٢. زاوية الانعكاس : هي الزاوية المحصورة بين الشعاع المنعكس والعمود المقام عند نقطة السقوط .
٣. زاوية الإبصار : هي الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط (أو الشعاع المنعكس) والسطح العاكس .
٤. زاوية الانحراف : هي الزاوية المحصورة بين امتداد الشعاع الساقط والشعاع المنعكس (أو المنكسر) .
٥. الصورة الحقيقية : هي التي تتكون نتيجة لالتقاء أشعة حقيقية ولذلك يمكن استقبالها على حائل (شاشة) .
٦. الصورة الخالية : (التقديرية) هي التي تتكون نتيجة لالتقاء امتدادات الأشعة ولذلك لا يمكن استقبالها على حائل .

٨ / قانونا انعكاس الضوء :

- ١ / زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس .
- ٢ / الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود المقام عند نقطة السقوط تقع جميعها في مستوى واحد يتعامد مع السطح العاكس .

تجربة لإثبات قانوني انعكاس الضوء :

الأدوات المطلوبة : مرآة مستوية ، دبائيس ، ورقة بيضاء .

طريقة التجربة :

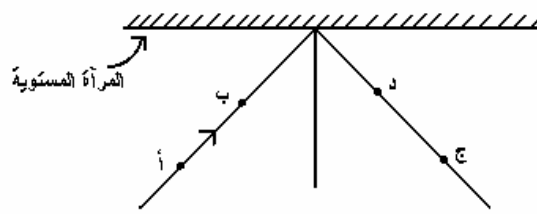
- ١ . أرسم خطأً مستقيماً في وسط الورقة ثم ضع المرآة على الورقة بحيث تتعامد مع الورقة وتكون حافتها مطابقة للخط المستقيم .
- ٢ . ثبت دبوسين (أ) ، (ب) أمام المرآة بحيث يكون الخط الذي يصل بين مكانيهما مائلاً على المرآة . أنظر شكل (٧٥) .
- ٣ . ثبت دبوسين آخرين (ج) ، (د) بحيث يكونان على استقامة واحدة مع صورتني (أ) ، (ب) .
- ٤ . أبعاد المرآة وصل مكان كل دبوسين بمستقيم . (المستقيم أ ب يمثل الشعاع الساقط ، والمستقيم ج د يمثل الشعاع المنعكس) .
- ٥ . مد كلاً من (أ ب) ، (ج د) ليلتقيا عن السطح العاكس في نقطة السقوط .
- ٦ . أقم خطأً عمودياً عند نقطة السقوط ثم قس كلاً من زاويتي السقوط والانعكاس .
- ٧ . كرر العمل السابق عدة مرات .

المشاهدة :

من الخطوات أعلاه يمكن ملاحظة الآتي :

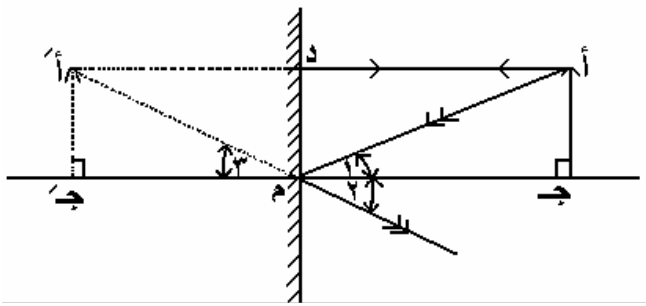
- ١ / زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس .
- ٢ / المستقيم الذي يمثل الشعاع الساقط والمستقيم الذي يمثل الشعاع المنعكس والخط العمودي كلها رسمت على سطح الورقة (مستوى واحد) عمودي على المرآة (السطح العاكس) .

الاستنتاج : قانونا انعكاس الضوء صحيحان .



شكل (٧٥)

٩/ صفات وخواص الصورة المتكونة بواسطة المرآة المستوية :



شكل (٧٦)

إذا وقفت أمام مرآة مستوية لإصلاح شأنك ، ترى صورة لنفسك خلف المرآة ، ولتحديد موضع وصفات هذه الصفات يمكن الاستعانة بالشكل (٧٦).

في الشكل (٧٦) :

$١ = ٢$ زاويتا سقوط وانعكاس .

$٢ = ٣$ تقابل بالرأس .

$١ = ٣$ استنتاج .

□ أ جـ يمثل ارتفاع الجسم ، أ جـ يمثل ارتفاع الصورة .

□ جـ م يمثل بعد الجسم ، جـ م يمثل بعد الصورة .

□ النقطة أ تمثل أعلى الجسم ، النقطة أ تمثل أعلى الصورة .

ومن الشكل (١-٥) أيضاً :

□ المثلثان أ جـ م ، أ د م متطابقان .

□ المثلثان أ جـ م ، أ د م متطابقان .

ومن ذلك يمكن استنتاج أن المثلثين أ ج م ، أ ج م متطابقان ، ومن تطابقهما يمكن استنتاج الصفات الآتية للصورة :

- الصورة خلف السطح العاكس فهي خيالية (تقديرية) .
- وضع أ ج م يماثل وضع أ ج م فالصورة معتدلة .
- ج م = ج م هذا يعني بعد الصورة يساوي بعد الجسم .
- أ ج م = أ ج م هذا يعني طول الصورة يساوي طول الجسم .
- المستقيم أ م يتعامد مع المرآة وهذا يعني أن المستقيم الذي يصل مكان الصورة بمكان الجسم يتعامد مع السطح العاكس .

١٠ / تعدد صور الجسم الموضوع بين مرآتين مستويتين :

وجد من التجربة إنه إذا وضع جسم بين مرآتين مستويتين بينهما زاوية تتكون لهذا الجسم عدداً من الصور نتيجة لتعدد الانعكاسات من مرآة لأخرى ، ومن نتائج تلك التجارب تم الوصول إلى قانون يمكن تطبيقه لإيجاد عدد الصور وهو ينص على :

$$\text{عدد الصور} = \frac{360}{\text{س}} - 1$$

حيث أن س الزاوية المحصورة بين المرآتين المستويتين .

ومن الملاحظات الهامة التي يجب مراعاتها عند تطبيق القانون أعلاه الآتي :

إذا كانت (٣٦٠) لا تقبل القسمة على (س) عندئذ يُجبر الكسر مهما كان صغيراً ولا

نطرح الواحد الصحيح ولتوضيح ذلك تابع حل المثال الآتي :

مثال :

وضع جسم بين مرآتين مستويتين بينهما زاوية مقدارها ٧٠ درجة احسب عدد الصور المتكونة لذلك الجسم .

الحل :

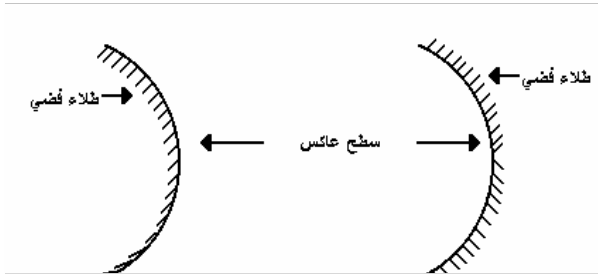
$$\text{عدد الصور} = \frac{360}{\text{س}} - 1$$

$$1 - \frac{360}{70} =$$

$$1 - 5,1 =$$

٣٦٠ لا تقبل القسمة على ٧٠ ، نجبر الكسر ولا نطرح الواحد الصحيح
عدد الصور = ٦ صورة .

١١ / انعكاس الضوء على السطوح المنحنية (المرايا الكرية) :



شكل (٧٧)

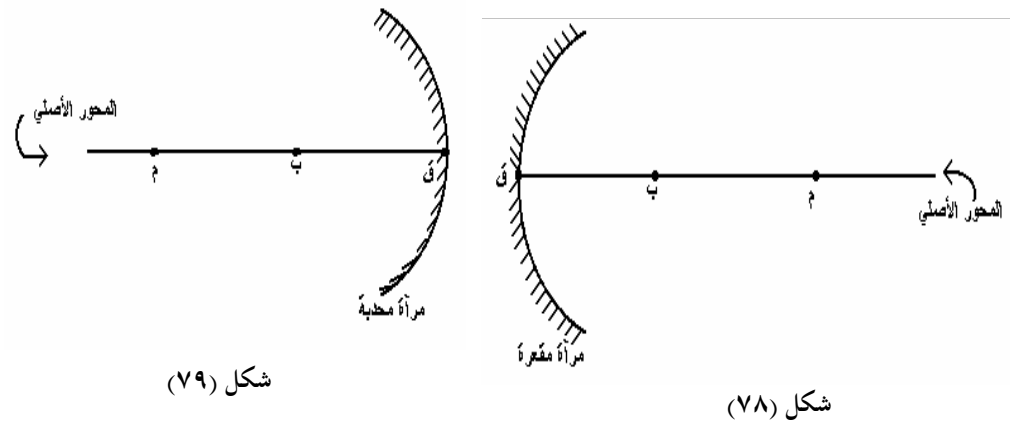
المراة الكرية هي جزء من
كرة جوفاء طلى أحد سطحيها
بالفضة فأصبح السطح الآخر
عاكساً للضوء والمراة
الكرية نوعان:

- ١ . مراة مقعرة (مراة لامة) .
 - ٢ . مراة محدبة (مراة مفرقة) .
- ولتوضيح الفرق بين المرأتين
انظر الشكل (٧٧) .

١٢ / مصطلحات خاصة بالمراة الكرية :

- ١ . قطب المراة (ق) هي نقطة في منتصف المراة .
 - ٢ . مركز تكور المراة (م) هو مركز الكرة التي كانت المراة جزءاً منها .
 - ٣ . المحور الأصلي هو المستقيم الواصل (بامتدادته) بين مركز تكور المراة وقطبها .
 - ٤ . البؤرة الأصلية (ب) هي نقطة التي تتجمع فيها الأشعة المنعكسة (أو امتدادتها) التي سقطت متوازية وموازية للمحور الأصلي وقرية منه .
- هذا التعريف يشمل البؤرة الأصلية لكل من المراة المقعرة والمحدبة . هل باستطاعتك
استنتاج تعريف البؤرة الأصلية للمراة المحدبة والمقعرة كلاً على حده ؟
- البؤرة الثانوية هي النقطة التي تتجمع فيها الأشعة المنعكسة (أو امتدادتها) التي سقطت متوازية وغير موازية للمحور الأصلي .
 - البعد البؤري (ع) هو المسافة بين قطب المراة وبؤرتها الأصلية .
 - نصف قطر التكور (نق) هو المسافة بين قطب المراة ومركز تكورها .

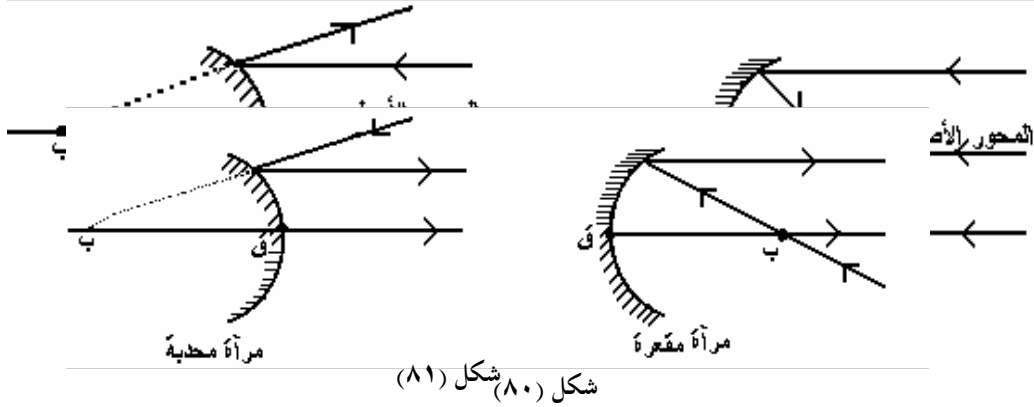
انظر الشكلين (٧٨) ، (٧٩) اللذين يوضحين هذه المصطلحات .



في الشكلين أعلاه : ق : قطب المرآة ، ب : البؤرة الأصلية ، م مركز التكور .

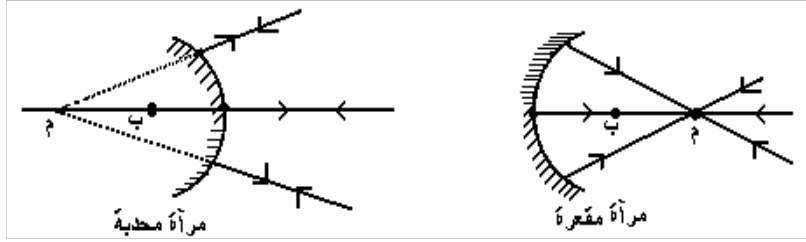
١٣ / بعض الأشعة الضوئية الهامة (أشعة ذات خواص ثابتة) :

□ الشعاع الساقط موازياً للمحور الأصلي ينعكس (هو أو امتداده) ماراً بالبؤرة الأصلية كما في الشكل (٨٠) .



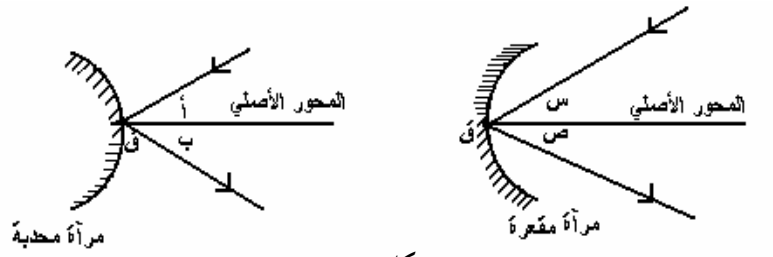
□ الشعاع الساقط ماراً بالبؤرة الأصلية (هو أو امتداده) ينعكس موازياً للمحور الأصلي كما في الشكل (٨١) .

□ الشعاع الساقط ماراً بمركز التكور (هو أو امتداده) ينعكس على نفسه لأنه سقط متعامداً مع المرآة أي زاوية سقوطه تساوي صفرًا ، كما في الشكل (٨٢) .



شكل (٨٢)

□ الشعاع الساقط بزاوية معينة على قطب المرآة ينعكس صانعاً مع المحور الأصلي نفس الزاوية التي صنعها الشعاع المنعكس كما في الشكل (٨٣) .

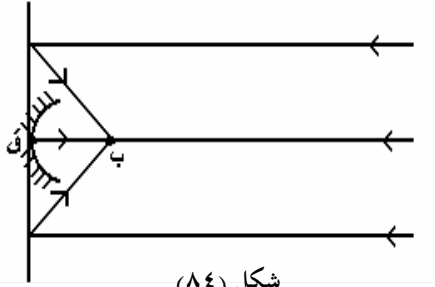


شكل (٨٣)

$$س = ص ، أ = ب$$

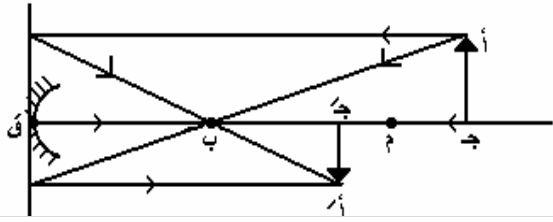
الأشعة الأساسية المذكورة في المبحث السابق هي التي يستعان بها في إيجاد مكان الصورة المتكونة لجسم موضوع أمام المرآة الكرية ، فكيف يكون ذلك ؟

١٤ / إيجاد خواص الصورة المتكونة بواسطة المرآة المقعرة بالرسم :



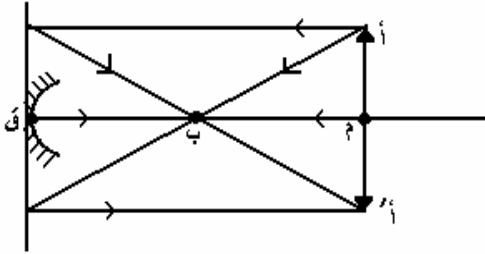
شكل (٨٤)

أولاً : الجسم في ما لا نهاية انظر شكل (٨٤) .
خواص الصورة : حقيقية ، مقلوبة ، مصغرة جداً
في البؤرة الأصلية .



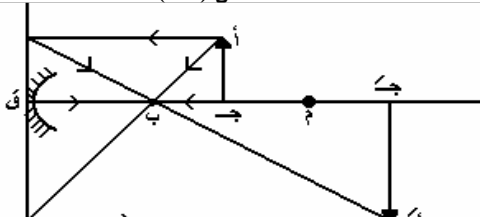
شكل (٨٥)

ثانياً : الجسم على بعد أكبر من مركز التكور ، انظر شكل (٨٥) .
خواص الصورة : حقيقية ، مقلوبة ، مصغرة .

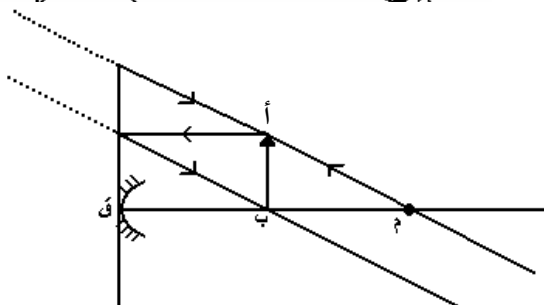


شكل (٨٦)

ثالثاً : الجسم في مركز التكور ، انظر الشكل (٨٦) .
خواص الصورة : حقيقية ، مقلوبة ، مساوية للجسم .



رابعاً : الجسم بين البؤرة الأصلية ومركز التكور ، انظر شكل (٨٧) .
خواص الصورة : حقيقية ، مقلوبة ، مكبرة .



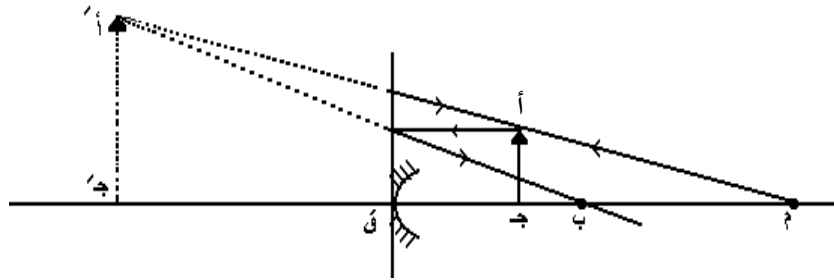
شكل (٨٨)

خامساً : في البؤرة الأصلية ، انظر

شكل (٨٨) .

خواص الصورة : الصورة في ما لا نهائية .

سادساً : الجسم بين البؤرة الأصلية وقطب المرآة ، انظر شكل (٨٩) .



شكل (٨٩)

خواص الصورة : خيالية ، معتدلة ، مكبرة .

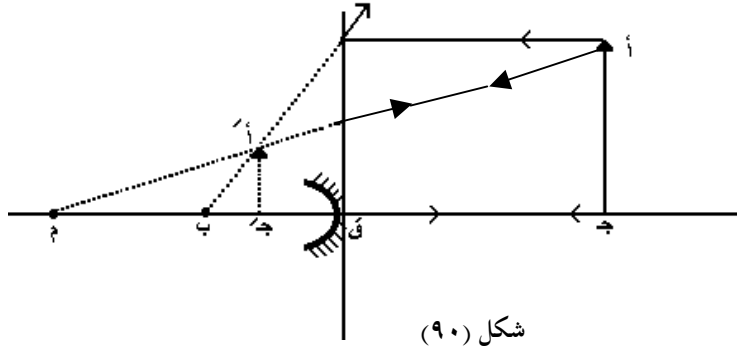
في جميع الأشكال أعلاه :

ق: قطب المرآة ، ب : البؤرة الأصلية ، م : مركز التكور ، أ جـ : الجسم ،
أ جـ : الصورة .

١٥ / إيجاد خواص الصورة المتكونة بواسطة المرآة المحدبة بالرسم :

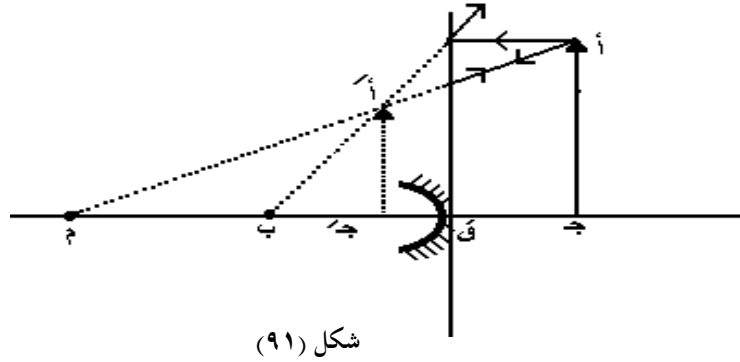
لأن خواص الصورة المتكونة بواسطة المرآة المحدبة خواص ثابتة مهما تغيّر بعد الجسم من المرآة لذلك سنكتفي بذكر حالتين من الحالات الست المذكورة في المرآة المقعرة .

الجسم على بعد أكبر من البعد البؤري ، انظر شكل (٩٠) .



شكل (٩٠)

خواص الصورة : خيالة ، معتدلة ، مصغرة بين البؤرة الأصلية وقطب المرآة .
الجسم على بعد أقل من البعد البؤري انظر شكل (٩١) .



شكل (٩١)

خواص الصورة : خيالية ، معتدلة ، مصغرة ، بين البؤرة الأصلية وقطب المرآة

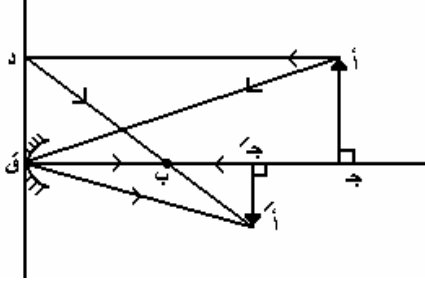
١٦ / استنتاج القانون العام للمرآة الكرية :

القانون العام للمرآة الكرية ينص على :

$$\frac{1}{\text{بعد الصورة (ص)}} + \frac{1}{\text{بعد الجسم (س)}} = \frac{1}{\text{البعد البؤري (ع)}}$$

أولاً : بالنسبة للمرآة المقعرة :

إذا وضع جسم متعامداً مع المحور الأصلي وعلى بعد أكبر من البعد البؤري تتكون له صورة كما في شكل (٩٢) .



شكل (٩٢)

في الشكل :

أ جـ \equiv طول الجسم ، أ جـ \equiv طول الصورة ، جـ ق \equiv بعد الجسم (س) ، جـ ق \equiv بعد الصورة (ص) ، ب ق \equiv البعد البؤري (ع) .

في الشكل أيضاً :

المثلثان (أ جـ ق) ، و (أ جـ ق) متشابهان (كيف ؟)

ومن التشابه ينتج :

$$(١) \quad \frac{أ جـ}{أ جـ} = \frac{جـ ق}{جـ ق} = \frac{أ جـ}{أ جـ}$$

بالمثل المثلثان : (أ جـ ب) ، (د ق ب) متشابهان (كيف ؟) .

ومن التشابه ينتج :

$$(٢) \quad \frac{أ جـ}{د ق} = \frac{جـ ب}{ب ق}$$

$$جـ ب = ص - ع$$

أ د ق جـ متوازي أضلاع ، إذاً أ جـ = د ق

وبالتعويض في العلاقة (٢) تصبح كالاتي :

$$(٣) \quad \frac{أ جـ}{أ جـ} = \frac{ص - ع}{ع} = \frac{ص - ع}{ع}$$

الوحدة الثالثة : (الضوء)

من العلاقة (١) ، (٢) ينتج :

$$1 - \frac{ص}{ع} = \frac{ص}{س}$$

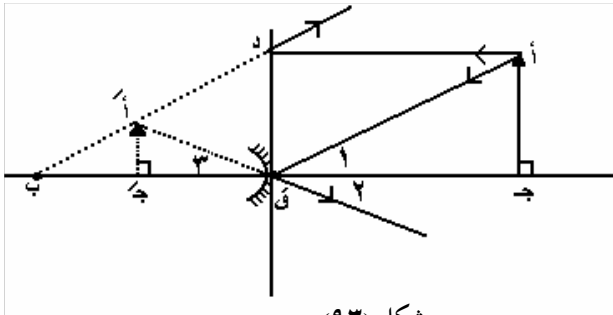
بقسمة جميع الحدود على (ص)

$$\frac{1}{ص} - \frac{1}{ع} = \frac{1}{س}$$

$$\frac{1}{ص} + \frac{1}{س} = \frac{1}{ع}$$

وهو المطلوب

حيث أن: (ع) هي البعد البؤري ، (س) هي بعد الجسم ، (ص) هي بعد الصورة .



شكل (٩٣)

ثانياً : بالنسبة للمرآة المحدبة :

عندما يوضع جسم أمام مرآة محدبة متعامداً مع محورها الأصلي تتكون له صورة خيالية كما في شكل (٩٣).

في الشكل أعلاه :

المثلثان : (أجـ ق) ، و(أجـ ق)

متشابهان (كيف ؟) . ومن التشابه ينتج:

$$(١) \quad \frac{أجـ}{أجـ ق} = \frac{جـ ق}{جـ ق} = \frac{ص}{س}$$

وبالمثل : المثلثان : (أجـ ب) ، و(دق ب) متشابهان (كيف ؟) ومن التشابه ينتج:

$$(٢) \quad \frac{أجـ ب}{دق ب} = \frac{جـ ب}{دق ب}$$

$$\begin{aligned} \text{جـ ب} &= \text{ع} - \text{ص} \\ \text{أ د ق} &\text{ متوازي أضلاع} \\ \text{أ جـ} &= \text{د ق} \end{aligned}$$

وبالتعويض في العلاقة (٢) تصبح كالاتي :

$$(٣) \quad \frac{\text{أ جـ}}{\text{أ جـ}} = \frac{\text{ع} - \text{ص}}{\text{س}} = \frac{\text{أ} - \text{ص}}{\text{ع}}$$

من (١) ، (٢) ينتج :

$$\text{بقسمة جميع الحدود على ص ينتج} \quad \frac{\text{أ} - \text{ص}}{\text{ع}} = \frac{\text{ص}}{\text{س}}$$

$$\frac{\text{أ}}{\text{ع}} - \frac{\text{ص}}{\text{ص}} = \frac{\text{ص}}{\text{س}}$$

مع مراعاة إشارة ص ، ع السالبتين يصبح شكل القانون كالاتي :

$$\text{وهو المطلوب} \quad \frac{\text{أ}}{\text{ع}} + \frac{\text{ص}}{\text{س}} = \frac{\text{أ}}{\text{ع}}$$

ملاحظة : إذا رجعت إلى العلاقة (١) في الحالتين السابقتين فإنه يمكن كتابتها لفظياً كالاتي :

$$\frac{\text{طول الصورة}}{\text{طول الجسم}} = \frac{\text{بعد الصورة}}{\text{بعد الجسم}}$$

وهو ما يعرف بقانون التكبير العام ومنه يمكن استنتاج الآتي :

$$\frac{\text{طول الصورة}}{\text{طول الجسم}} = \text{التكبير}$$

أو

$$\frac{\text{بعد الصورة}}{\text{بعد الجسم}} = \text{التكبير}$$

١٧/ قاعدة الإشارات :

- قاعدة الإشارات تنص على (كل مسافة أمام المرآة موجبة وكل مسافة خلفها سالبة) .
وبناءً على ذلك ينبغي عند تطبيق القانون العام للمرايا مراعاة الآتي :
١. بعد الصورة الحقيقية بالموجب بينما بعد الصورة الخيالية بالسالب .
 ٢. بعد الجسم الحقيقي بالموجب بينما بعد الجسم الخيالي بالسالب .
 ٣. البعد البؤري للمرآة المقعرة بالموجب بينما البعد البؤري للمرآة المحدبة بالسالب .

مثال (١) :

مرآة لامة نصف قطرها ٤٠ سم وضع أمامها جسم مرة على بعد ٣٠ سم وأخرى على بعد ١٠ سم أحسب بعد وتكبير الصورة المتكونة .

الحل :

أولاً : الجسم على بعد ٣٠ سم .

$$ع = \frac{نق}{٢} = \frac{٤٠}{٢} = ٢٠ \text{ سم}$$

$$\therefore \frac{١}{ع} + \frac{١}{س} = \frac{١}{ص}$$

$$\therefore \frac{١}{٢٠} + \frac{١}{٣٠} = \frac{١}{ص}$$

ومنها ص = ٦٠ ، بعد الصورة = ٦٠ سم

$$٢ = \frac{٦٠}{ص} = \frac{ص}{س} = \text{تكبير الصورة}$$

ثانياً : الجسم على بعد ١٠ سم

$$\frac{١}{٢٠} + \frac{١}{١٠} = \frac{١}{ص} ، \text{ ومنها ص} = -٢٠$$

الإشارة السالبة تعني أن الصورة خيالية
بعد الصورة = ٢٠ سم

$$٢ = \frac{٢٠}{١٠} = \frac{ص}{س} = \text{تكبير الصورة}$$

مثال (٢) :

وضع جسم أما مرآة كرية على بعد ٢٠ سم فتكونت له صورة خيالية مصغرة على بعد ١٥ سم ما نوع المرآة؟ وما بعدها البؤري؟

الحل :

:: الصورة خيالية ومصغرة

:: نوع المرآة محدبة

$$\frac{١}{ص} + \frac{١}{س} = \frac{١}{ع} ::$$

$$\frac{١}{١٥} - \frac{١}{٢٠} = \frac{١}{ع} :: \text{ومنها } ع = -٦٠$$

الإشارة السالبة تعني أن المرآة محدبة .

البعد البؤري للمرآة = ٦٠ سم

مثال (٣) :

جسم طوله ١٢ سم وضع أفقياً على المحور الأصلي لمرآة مقعرة نصف قطر تكورها ٣٠ سنتيمتراً فإذا كان بعد الطرف القريب للجسم ١٨ سم . أحسب تكبير الصورة الناتجة .

الحل :

عندما يوضع الجسم أفقياً على المحور الأصلي يختلف بعد طرفاه من المرآة .

فإذا كان بعد الطرق القريب = ١٨ سم .

إذاً بعد الطرف البعيد = ١٨ + ١٢ = ٣٠ سم .

الوحدة الثالثة : (الضوء)

بالنسبة للطرف القريب :

$$ع = \frac{نق}{٢} = \frac{٣٠}{٢} = ١٥ \text{ سم}$$

$$\therefore \frac{١}{ص} + \frac{١}{س} = \frac{١}{ع} \quad \text{ص ١ : بعد صورة الطرف القريب}$$

$$\therefore \frac{١}{ص} + \frac{١}{١٨} = \frac{١}{١٥} \quad \text{ومنها ص ١ = ٩٠ سم}$$

بالنسبة للطرف البعيد :

$$\frac{١}{ص} + \frac{١}{٣٠} = \frac{١}{١٥} \quad \text{ص ٢ : بعد صورة الطرف البعيد}$$

$$\text{ومنها ص ٢ = ٣٠ سم}$$

$$\text{طول الصورة المتكونة} = ٩٠ - ٣٠ = ٦٠ \text{ سم}$$

الأسئلة والتمارين :

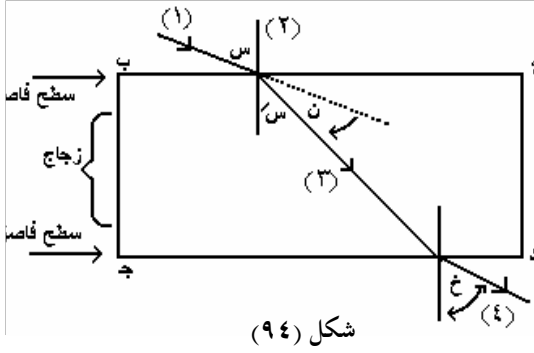
- ١/ مرآة مقعرة بعدها البؤري ٢٠ سم وضع أمامها جسم على بعد ٤٠ سم ، أحسب بعد وتكبير الصورة المتكونة .
- ٢/ وضع جسم على بعد ٦٠ سم من مرآة محدبة نصف قطر تكورها ٦٠ سم أحسب بعد وتكبير الصورة الناتجة .
- ٣/ مرآة مقعرة بعدها البؤري ١٥ سم وضع جسم أمامها وعلى بعد ١٢ سم منها ، ما هو بعد الصورة المتكونة ؟ وما هي صفاتها ؟
- ٤/ مرآة لامة بعدها البؤري ١٠ سم وضع أمامها جسم فتكونت له صورة خيالية طولها ٥ سم وعلى بعد ٣٠ سم من المرآة . أحسب بعد وطول الجسم .
- ٥/ يبعد جسم ٦٠ سم من مرآة كرية فإذا تكونت للجسم صورة معتدلة ومكبرة $\frac{1}{2}$ مرة . ما نوع المرآة ؟ وما نصف قطر تكورها ؟
- ٥/ وضع جسم أمام مرآة كرية فتكونت له صورة خيالية ومكبرة مرتين وعلى بعد ٣٠ سم من الجسم ما نوع المرآة ؟ وما بعد الجسم منها ؟ ومن ثم أحسب البعد البؤري للمرآة .

انكسار الضوء

تمهيد :

إذا انتقل الضوء من وسط شفاف كالهواء مثلاً لآخر مختلف عنه كالماء مثلاً فإنه ينحرف عن مساره . تعرف هذه الظاهرة بالانكسار . تحدث ظاهرة انكسار الضوء نتيجة لاختلاف سرعة الضوء عندما ينتقل من وسط لآخر . ومن الظواهر الطبيعية التي يسببها انكسار الضوء تغيير أشكال الأشياء داخل الماء ، وبعدها حسب ما يترأى للمشاهد أو رؤيتها وكأنها مكسورة .

١/ مصطلحات خاصة بالانكسار :



في الشكل المقابل :

أ ب ج د يمثل متوازي

مستطيلات من الزجاج

□ (١) يمثل الشعاع الساقط .

□ (٢) يمثل العمود المقام عند نقطة

السقوط .

□ (٣) يمثل الشعاع المنكسر .

□ (٤) يمثل الشعاع الخارج .

□ س تمثل زاوية السقوط .

□ س ن تمثل زاوية الانكسار .

□ ن تمثل زاوية الانحراف .

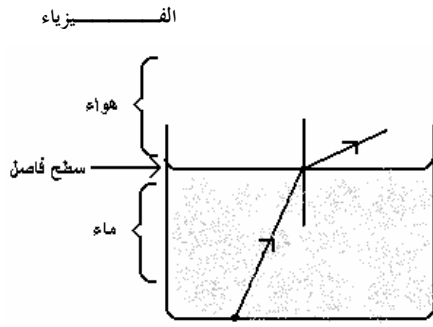
□ خ تمثل زاوية الخروج .

□ الكثافة الضوئية هي مقدرة الوسط على كسر الشعاع الضوئي .

مقدار الكثافة الضوئية يختلف من وسط لآخر ، ومن نتائج التجارب التي أجريت الآتي :

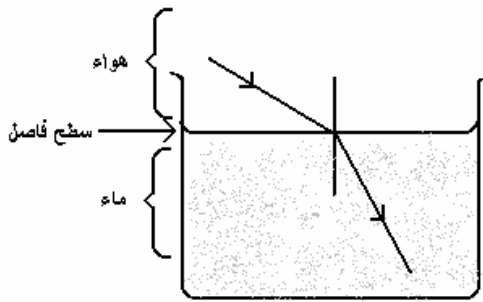
١/ عندما ينتقل الشعاع الضوئي من وسط كبير الكثافة الضوئية (كالماء مثلاً) إلى

آخر أقل كثافة ضوئية (كالهواء مثلاً) فإن الشعاع الضوئي ينكسر مبتعداً من



شكل (٩٥)

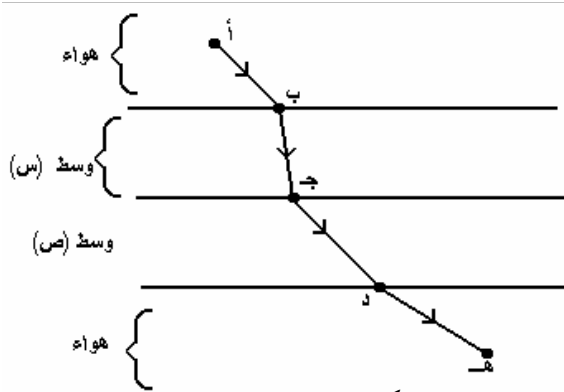
العمود المقام عند نقطة السقوط كما في شكل (٩٥) وعندئذ تكون زاوية الانكسار أكبر من زاوية السقوط .



شكل (٩٦)

٢ / وعندما ينتقل الشعاع الضوئي من وسط قليل الكثافة الضوئية إلى آخر كبير الكثافة الضوئية فإنه ينكسر مقترباً من العمود المقام عند نقطة السقوط شكل (٩٦) وعندئذ تكون زاوية السقوط أكبر من زاوية الانكسار .

٢ / مبدأ رجوع الضوء (نظرية عكسية الضوء) :



شكل (٩٧)

هذه النظرية تكاد تكون العمود الفقري الذي يعتمد عليه في معظم الأسئلة والمشكلات الضوئية ففي الشكل (٩٧) يعتبر (أ) مصدراً للضوء وعليه ينطلق الشعاع الضوئي في الاتجاه (أ ب ج د هـ) وإذا عكس موضع مصدر الضوء وأصبح في (هـ) ينص مبدأ رجوع الضوء على أن الضوء يرجع في نفس المسار ، ولكن في الاتجاه (هـ د ج ب أ) وبناءً على هذا المبدأ

ليس من الضروري تصنيف (زاوية السقوط) (زاوية الانكسار) ، (زاوية الخروج) بل يكفي التحدث عن (زاوية الوسط فقط) .

٣ / قانونا انكسار الضوء :

١ / الشعاع الساقط والشعاع المنكسر والعمود المقام عند نقطة السقوط تقع جميعها في مستوى واحد يتعامد مع السطح الفاصل .

٢ / إذا انتقل الضوء من وسط لآخر فإن النسبة بين جيب زاوية السقوط (س) إلى جيب زاوية الانكسار (س_٢) لهذين الواسطين تساوي مقداراً ثابتاً . يعرف القانون الثاني بقانون سنل (SNELL) نسبة للعالم سنل الذي كان أول من اكتشفه .
القانون الثاني يمكن صياغته بصورة رياضية كالآتي :

$$\frac{\text{جاس}}{\text{جاس}_2} = \text{مقدار ثابت}$$

المقدار الثابت يعرف بمعامل الانكسار (م)

$$\frac{\text{جاس}}{\text{جاس}_2} = \text{م}$$

حيث أن :

م \equiv معامل الانكسار

س \equiv زاوية السقوط

س_٢ \equiv زاوية الانكسار

٤ / معامل الانكسار المطلق ومعامل الانكسار النسبي :

$$\frac{\text{جاس في الهواء أو الفراغ}}{\text{جاس في المادة}} = \text{معامل الانكسار المطلق للمادة}$$

ومقداره ثابت بالنسبة للمادة الواحدة وهو أحد خصائصها مثل اللون والكثافة ... الخ .
أما معامل الانكسار النسبي فيمكن تعريفه كالآتي :

$$\frac{\text{جاس للمادة (١)}}{\text{جاس في المادة (٢)}} = \text{معامل الانكسار النسبي}$$

الفيزياء

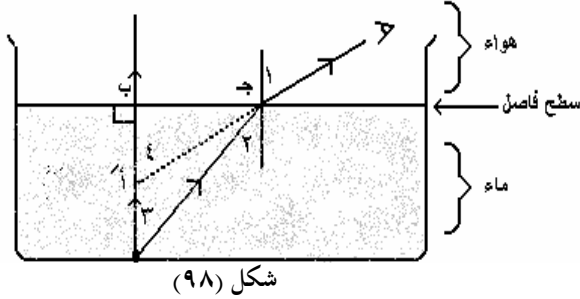
بشرط أن لا تكون إحدى المادتين هواءً . معامل الانكسار النسبي للمادة الواحدة يختلف في المقدار باختلاف المادة التي سقط منها الضوء .

٥/ البعد الحقيقي والبعد الظاهري :

لماذا تبدو العصا المستقيمة مكسورة عند غمرها في الماء بميلان؟ ولماذا تبدو السمكة في الماء على عمق أقل من عمقها الحقيقي؟ للإجابة على مثل هذه الأسئلة يمكننا أن نقول أن تلك المشاهدات المذكورة تحدث نتيجة لظاهرة انكسار الضوء ، ولكي تتفق ظاهرة الانكسار مع تلك المشاهدات لنفرض أن هناك جسماً مضيئاً (أ) في قاع إناء به ماء شكل (٢-٥) . إن الأشعة الضوئية التي يرى بواسطتها الجسم (أ) تنطلق منه أولاً في الماء ثم تنتقل إلى الهواء وهي بذلك تعاني انكساراً ولهذا السبب فإننا لا نرى الجسم في موقعه الحقيقي بل نراه في موقع آخر يعرف بالموقع الظاهري ، ولتحديد الموقع الظاهري يكفي تتبع الشعاعين الآتيين :

١. الشعاع (أ ب) الساقط عمودياً على السطح الفاصل ينفذ على استقامته ولا يعاني انكساراً.

٢. الشعاع (أ ج) الساقط بميلان على السطح الفاصل ينكسر مبتعداً من العمود المقام عند نقطة السقوط .



شكل (٩٨)

من شكل (٩٨) :
(أ ب) يمثل البعد الحقيقي ،
(أ ب) يمثل البعد الظاهري .
وعلى حسب مبدأ رجوع الضوء

$$\frac{\text{جا } ١}{\text{جا } ٢} = \text{معامل انكسار الماء}$$

$$١ = ٤ \text{ تناظر}$$

$$٢ = ٣ \text{ تبادل}$$

$$\frac{\text{جا } ٤}{\text{جا } ٣} = \text{معامل انكسار الماء (هـ)}$$

$$\text{جاء} = \frac{\text{ب جـ}}{\text{أ جـ}} \text{ من مثلث أ ب جـ}$$

$$\text{جـا} = \frac{\text{ب جـ}}{\text{أ جـ}} \text{ من مثلث أ ب جـ}$$

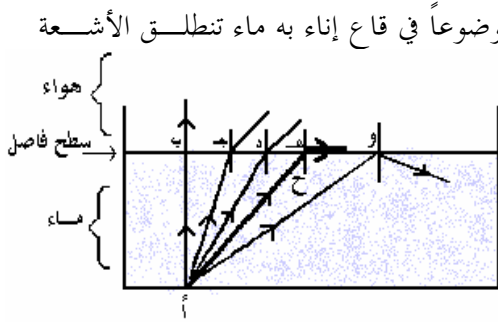
بالتعويض في العلاقة (هـ) تصبح كالآتي :

$$\frac{\text{أ ب}}{\text{أ جـ}} = \text{معامل انكسار الماء}$$

فإذا نظرت العين رأسياً لأسفل عندئذ تنطبق (جـ) مع (ب) وعليه :
 أ جـ يصبح أ ب وهو البعد الحقيقي
 أ جـ يصبح أ ب وهو البعد الظاهري

$$\frac{\text{البعد الحقيقي}}{\text{البعد الظاهري}} = \text{معامل الانكسار}$$

٦/ الزاوية الحرجة والانعكاس الكلي الداخلي :



شكل (٩٩)

- يوضح شكل (٩٩) مصدراً ضوئياً (أ) موضوعاً في قاع إناء به ماء تنطلق الأشعة الضوئية من هذا المصدر في جميع الاتجاهات يمكن تتبع بعضها على النحو التالي :
- الشعاع (أ ب) الساقط عمودياً على السطح الفاصل ينفذ على استقامته .
 - الشعاع (أ جـ) الساقط بميلان ينكسر مبتعداً من العمود المقام عند نقطة السقوط .
 - الشعاع (أ د) لأن زاوية سقوطه أكبر من زاوية سقوط الشعاع (أ جـ) ينكسر مبتعداً من العمود المقام عن نقطة السقوط بمقدار أكبر .
- ومن هذا يتضح كلما زادت زاوية سقوط الشعاع زاد ابتعاد الشعاع المنكسر من العمود المقام عند نقطة السقوط وزاد اقترابه من السطح الفاصل .

الفيزياء

- الشعاع (أ هـ) ينكسر منطبقاً على السطح الفاصل تسمى زاوية السقوط في هذه الحالة بالزاوية الحرجة (ح).
- الشعاع (أ و) الساقط بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة فإنه ينعكس انعكاساً كلياً داخلياً.
- ومما سبق يتضح لكي تحدث ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي لا بد من توفر شرطين هما:
١/ أن ينتقل الشعاع الضوئي من وسط كبير الكثافة الضوئية إلى آخر قليل الكثافة الضوئية
٢/ أن تكون زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة .
ويمكن تعريف الزاوية الحرجة على هذا النحو :
هي زاوية سقوط في وسط كبير الكثافة الضوئية تقابلها زاوية انكسار مقدارها ٩٠ درجة في وسط قليل الكثافة الضوئية ، والزاوية الحرجة خاصية ثابتة لكل وسط ضوئي .

٧/ العلاقة بين معامل الانكسار والزاوية

الحرجة (ج) :

من شكل (١٠٠) :

(أ) مصدر ضوء .

(أ ب) شعاع ساقط عمودياً على السطح الفاصل فإنه ينفذ على استقامته.

(أ جـ) شعاع ساقط بمقدار الزاوية الحرجة فإنه ينكسر منطبقاً على السطح الفاصل .

وعليه من الشكل (١٠٠) وعلى حسب مبدأ رجوع الضوء :

$$\text{معامل انكسار الماء} = \frac{\text{جا} ٩٠}{\text{جـ}} = ١$$

$$\text{معامل الانكسار} = \frac{١}{\text{جـ}}$$

حيث (ح) تمثل الزاوية الحرجة .

الأسئلة والتمارين :

- ١/ ما هما قانونا انكسار الضوء ؟
- ٢/ ما هو الفرق بين معامل الانكسار المطلق ومعامل الانكسار النسبي ؟
- ٣/ وضح بالرسم كيف تبدو الأجسام المغمورة في الماء على عمق أقل من عمقا الحقيقي .
- ٤/ ما هي الشروط المطلوبة لحدوث ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي ؟
- ٥/ كيف تفصل الزاوية الحرجة بين ظاهرتي انعكاس وانكسار الضوء ؟
- ٦/ سقط شعاع ضوئي على قطعة من الزجاج بزاوية مقدارها ٤٥ درجة فإذا كان معامل الانكسار المطلق للزجاج $\frac{3}{2}$ أحسب زاوية سقوط الشعاع .
- ٧/ إذا كانت الزاوية الحرجة لوسط ما ٣٠ درجة ما مقدار معامل انكسار هذا الوسط .