الضوء الهندسي

I/ الضوء الهندسي

1ــ مقدمة

علم الضوء هو دراسة الظواهر التي تؤثر على أعيننا.يعتبر العبقري المسلم "الحسن بن الهيثم"(950 ه– 1039 ه) منشئ علم الضوء بلا منازع،لا يقل أثره في علم الضوء عن أثر نيوتن في علم الميكانيكا و يعتبر كتابه "المناظر"المرجع لفيزياء الضوء لعدة قرون. وقد وضع بن الهيثم القوانين الأساسية لانعكاس الضوء وانكساره وكان من أهم انجازاته الخزانة ذات الثقب و التي تعتبر البداية و المقدمة لاختراع الكاميرا.

ــ **طبيعة الضوء:** هناك فرضيتين حول طبيعة الضوء هما:

النظرية الجسيمية لنيوتن و النظرية التموجية للعالم الهولندي هيغنز.

و لما لم تستطع هاتان النظريتان تفسير جميع الظواهر البصرية وضعت نظرية ثالثة توحد بين الخواص التموجية و الجسيمية للضوء، نذكر من أنصار هذه النظرية(بلانك– انشتين– بوهر).

ــ **خواص الضوء:**

- الخواص الهندسية: وهي قائمة على الانتشار المستقيم و السرعة المحدودة و على انعكاس الضوء و انكساره.
- الخواص التموجية: وهي الخاصية الكهرومغناطيسية،التداخل الحيود ،الاستقطاب الخ...
- الخاصية الكمية: و تدرس المدارات الذرية، مستويات الطاقة، الليزر الخ...

سنهتم في هذه الدراسة بداية بكل المسائل المرتبطة بسرعة انتشار الضوء، الانعكاس و الانكسار ثم سنتطرق إلى تطبيقات النتائج المتحصل عليها و المتمثلة في دراسة بعض الأجهزة الضوئية (البصرية) مثل المرايا،العدسات ،العين ،المكبرة والمجهر.

ــ **انتشار الضوء و قرينة الانكسار:**

الضوء عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تنتشر في الفراغ بسرعة (c) تساوي $c=3.10^8 m/s$ وتتوقف طاقة موجات الضوء على تواتر هذه الموجات،فكلما زاد تواتر الموجة زادت طاقتها،وتعتبر الشمس أكبر مصدر للطاقة الضوئية.

أما في وسط غير الفراغ فسرعة الانتشار(v) مرتبطة بتواتر الموجة وتكون قيمتها أقل من (c).

تدعى النسبة بين (c) و (v) قرينة الانكسار(n) للوسط:

$$\boxed{n=\frac{c}{v}} \qquad (1\text{-}1)$$

بما أن (v) أقل دائما من (c) فان (n) تكون دائما أكبر من واحد ($n>1$).

يوصف الوسط الذي لديه أكبر قرينة انكسار بالوسط الأشد كسرا للضوء وتتأثر قرينة الانكسار تأثيرا ضعيفا مع تواتر الموجة.

(فمثلا في وسط زجاجي يكون التغير بين 1% و2% على امتداد الطيف المرئي للضوء).

الضوء الأبيض:

تصدر منابع الضوء كما ذكرنا آنفا موجات كهرومغناطيسية ذات تواترات مختلفة في آن واحد ،نقول أن الضوء الصادر مركب من ألوان مختلفة،أما إذا كانت كل الموجات ذات تواتر واحد،نقول حينئذ عن الضوء أنه بسيط أو وحيد اللون.

يعتبر الضوء الأبيض مركب و هو خليط من ألوان الطيف السبعة و التي نجدها في كلمتي (حرص خزين) حيث يمثل كل حرف الحرف الثاني من اسم اللون و هي مرتبة تصاعديا حسب التواتر(أحمر- برتقالي- أصفر- أخضر- أزرق- نيلي- بنفسجي).

تستعمل في دراسة الأجهزة الضوئية و التطبيقات البيولوجية للضوء المرئي وحدة النانومتر($1nm=10^{-9}m$).

يمتد الطيف المرئي من طرف الإنسان ما بين البنفسجي(400nm) و الأحمر(700nm).

المصدر الضوئي هوالذي يحدد تواتر الموجة.لا يتأثر هذا التواتر عندما ينقل الضوء من وسط إلى آخر.

بما أن السرعة $v=\frac{c}{n}=\lambda f$ حيث (f هو التواتر و λ طول الموجة)،فان λ هو الذي يتغيرمع تغير قرينة الانكسار(c).

فمثلا إذا انتقل الضوء من وسط ذو قرينة انكسار(n_1) إلى وسط ذو قرينة انكسار(n_2)، فان طول موجته سيتغير لكي تبقى العلاقات التالية صحيحة:

$$f\lambda_1=\frac{c}{n_1} \quad و \quad f\lambda_2=\frac{c}{n_2}$$

بقسمة هاتين العلاقتين طرفا على طرف نجد:

$$\boxed{\frac{\lambda_2}{\lambda_1}=\frac{n_1}{n_2}} \qquad (2\text{-}1)$$

هذه العلاقة تبين أن طول الموجة يكون أصغر في الوسط الأشد كسرا للضوء.

مثال:

تدخل حزمة من الضوء الأخضر(طول موجته في الفراغ λ =5.10^{-7}m) في طبقة زجاجية ذات قرينة انكسار(n=1,5).

ــ أحسب سرعة الضوء الأخضر في الزجاج و طول موجته.

الحل:

ــ لحساب السرعة نطبق العلاقة $v=\frac{c}{n}$ و منها $v=\frac{3.10^8}{1,5}=2.10^8 m/s$

- فيكون طول الموجة $\lambda_2=\lambda_1\frac{n_1}{n_2}$ و منه $\lambda_2=5.10^{-7}\frac{1}{1,5}=3,33.10^{-7}m$.

قرائن الانكسار لبعض المواد(مقاسة بواسطة ضوء أصفر λ =589nm)

المادة	الهواء	الماء	الكحول	البنزين	**الزجاج**
القرينة	**1,00029**	**1,333**	**1,362**	**1,501**	**1,517**

جدول-1-

نلاحظ من هذا الجدول أن قرينة انكسار الهواء تساوي الواحد تقريبا أي أننا سوف نعتبر من هنا فصاعدا سرعة الضوء في الهواء هي نفسها في الفراغ (v=c).

2 ــ الانعكاس و الانكسار:

يمكن للضوء أن ينتشر في أوساط أخرى غير الفراغ والهواء تدعى الأوساط الشفافة (مثل الماء، الزجاج و الكحول الخ...).

فعندما تصل حزمة ضوئية إلى المستوي الفاصل بين وسطين،فان جزءا من الضوء ينعكس وهذا هو الانعكاس و جزء يمتص و الباقي ينفذ و هذا ما يسمى بالانكسار.

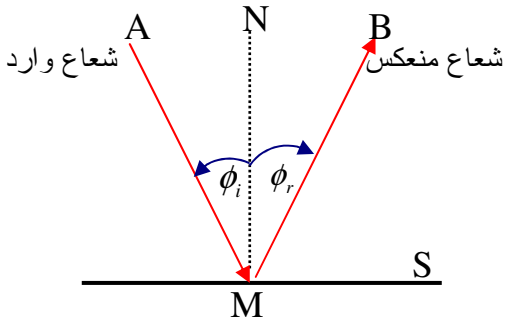
فعلى ورق أبيض مثلا، ينتشر الضوء كله تقريبا، أما على سطح معدني مصقول ينعكس جله تقريبا (90% في حالة الفضة)، أما على سطح زجاجي فينكسر(ينفذ) الجزء الأكبر و الباقي منه ينعكس.

فالانعكاس إذن هو ارتداد الشعاع الضوئي نتيجة سقوطه على سطح مصقول.

أما الانكسار فهو تغير مسار الشعاع الضوئي نتيجة مروره خلال وسطين مختلفي الكثافة.

2 ــ1ــ قانوني الانعكاس:

ليكن سطح مستوي عاكس (S) يسقط عليه شعاع ضوئي وارد غير عمودي بزاوية ورود(ϕ_i).



يشكل الشعاع (AM) و الناظم للسطح(NM) مستوي الورود.

ــ فيكون الشعاع المنعكس (MB) في مستوي الورود.

ــ و تكون زاوية الانعكاس(ϕ_r) مساوية لزاوية الورود(ϕ_i)

$$(\phi_r)=(\phi_i) \qquad (1\text{-}2)$$

تقاس الزاويتان بالنسبة إلى الناظم للسطح(NM).

يدعى هذان القانونان "قانوني الانعكاس ".

تحدد شدة الشعاع المنعكس (I_r) بقرينتي الانكسار(n_1) و (n_2) للوسطين المعتبرين.

فإذا كانت شدة الشعاع الوارد هي (I_0) نجد في حالة الورود الناظمي (ϕ_i =0):

$$\frac{I_r}{I_0}=\left[\frac{n_2-n_1}{n_2+n_1}\right]^2 \qquad (2\text{-}2)$$

تبقى هذه العلاقة صحيحة من جل زوايا ورود صغيرة.

مثال:

ما هي نسبة الضوء الذي ينعكس بورود ناظمي على عدسة من زجاج؟

– نعلم أن قرينة انكسار الهواء(n_1=1)و قرينة انكسارا لزجاج(n_2= 1,5) فان:

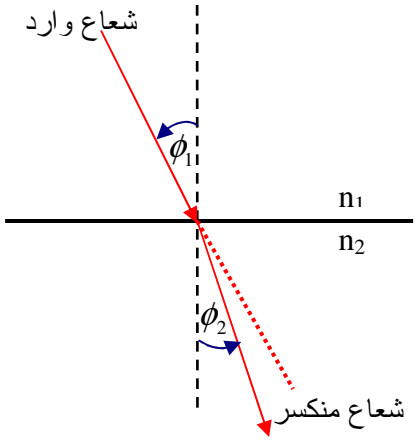
$$\frac{I_r}{I_0}=\left[\frac{1,5-1}{1,5+1}\right]^2=0,04$$

أي أن 4% من الضوء الوارد قد انعكس.

2 ــ 2 ــ الانكسار(قانوني سنيل ــ ديكارت):

إذا نفذت أشعة ضوئية من وسط شفاف إلى آخر نقول أنه حدث انكسار أي أن هذه الأشعة انحرفت عن مسارها.

ــ قانوني سنيل – ديكارت:



ــ إذا كانت قرينتي الانكسار (n_1) و (n_2) و إذا كانت زاوية الورود (ϕ_1) و زاوية الانكسار (ϕ_2) فان:

$$\boxed{n_1 \sin\phi_1 = n_2 \sin\phi_2} \qquad (3\text{-}2)$$

ــ يبقى الشعاع المنكسر في نفس مستوي الورود.

نلاحظ من قانون سنيل أن الزيادة في قرينة الانكسار يؤدي إلى النقصان في زاوية الانكسار.

النتيجة:

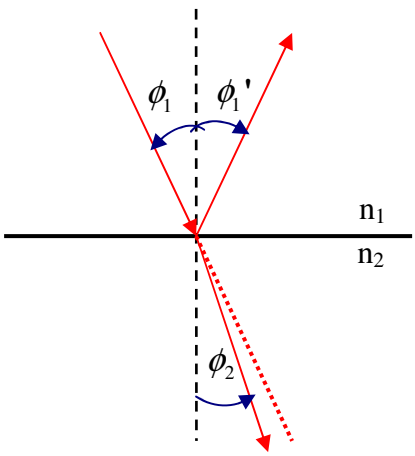
ــ يقترب الشعاع الضوئي المنكسر من الناظم عندما ينفذ إلى وسط أشد كسرا $(n_2 > n_1)$.
ــ يبتعد الشعاع المنكسر عن الناظم عندما يدخل إلى وسط أقل كسرا $(n_2 < n_1)$.
ــ إذا سقط الشعاع عموديا على السطح الفاصل ينفذ الشعاع دن أن يعاني انكسارا.

مثال:

تنتشر حزمة ضوئية في الهواء ثم تدخل في الماء بزاوية ورود(30^0).
ينعكس جزء من الضوء و الباقي ينفذ.
ــ حدد اتجاه كلا من الأشعة المنعكسة و الأشعة المنكسرة.

الحل: ــ يشكل الشعاع الوارد و الشعاع المنعكس مع الناظم زوايا متساوية.

إذن: $\phi_1' = \phi_1 = 30^\circ$



ــ بالنسبة للأشعة المنكسرة،نطبق قانون سنيل من أجل
$n_1=1$ و $n_2=1,33$

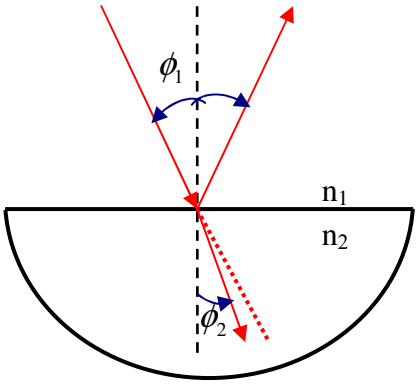
$$\sin\phi_2 = \frac{1}{1,33}\sin(30^\circ) = 0,375 \rightarrow \phi_2 = 22^\circ$$

2 ــ 3 ــ الانكسار الحدي والانعكاس الكلي:

ليكن لدينا وسطان هما الهواء (قرينته n_1) و وسط أشد منه كسرا للضوء وليكن قطعة من الزجاج على شكل نصف اسطوانة (قرينته n_2).

أ ــ الضوء وارد من الهواء:

نسقط حزمة ضوئية على السطح الفاصل بزاوية ورود صغيرة (تقرب°20)، نلاحظ أن الجزء الأكبر من الضوء ينفذ في الزجاج وينكسر و جزء ضعيف جدا منه ينعكس.

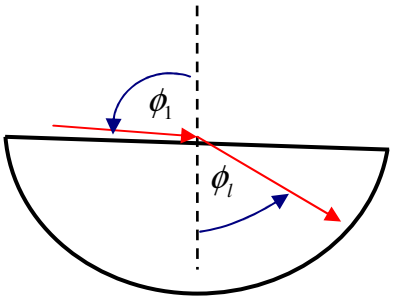


تكون زاوية الانكسار (ϕ_2) في هذه الحالة أكبر من زاوية

الورود (ϕ_1) لأن $(n_2 > n_1)$.
فإذا زدنا تدريجيا في الزاوية (ϕ_1) زادت الزاوية (ϕ_2) ولكن بسرعة أقل.
عندما تكون زاوية الورود كبيرة $(\phi_1 = 70^\circ)$، تزداد الحزمة المنعكسة ازديادا ملحوظا بعد ما ظل ضعيفا، فتنقص الحزمة المنكسرة.
و عندما تقترب زاوية الورود من(90°) تقترب زاوية الانكسار من قيمة(زاوية) حدية قريبة من $\phi_l = 42^\circ$.

يسمح قانون سنيل بحساب الزاوية الحدية(ϕ_l):

$$n_1 \sin\phi_1 = n_2 \sin\phi_2$$



(عندما تكون $\phi_1 = 90^\circ$ تكون $\phi_2 = \phi_l$) بالتالي تكون

$$\sin\phi_l = \frac{1}{n_2}$$

إذا كان الوسط الأول غير الهواء نحصل على العلاقة العامة:

$$\boxed{\sin\ \phi_l\ = \frac{n_1}{n_2}} \qquad (4\text{-}2)$$

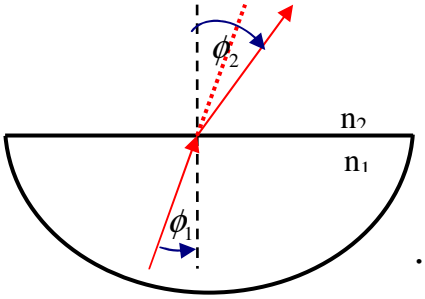
قيم الزوايا الحدية لبعض المواد

المادة	الماء	الزجاج	الألماس
القرينة	1.33	1.52	2.4
الزاوية الحدية (°)	49	42	25

جدول–2–

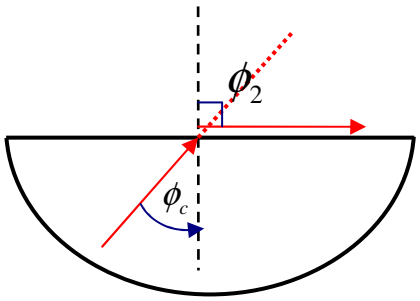
ب ــ الضوء وارد من وسط كاسر:

نستعمل نفس الوسط السابق (الزجاج) لكن في وضع تسقط فيه حزمة الضوء الوارد و تخرج الأشعة المنكسرة في الهواء.



نأخذ في البداية زاوية الورود صغيرة ($\phi_1 = 20°$).
الجزء الأكبر من الضوء ينكسر و يخرج إلى الهواء، أما الجزء الضعيف من الضوء فينعكس. في هذه الحالة يبتعد الشعاع المنكسر عن الناظم أكثر من الشعاع الوارد ($n_2 < n_1$).
عندما تزداد زاوية الورود ϕ_1، تزداد الزاوية ϕ_2 بأسرع مما تزداد ϕ_1.
في الوقت نفسه تزداد شدة الشعاع المنعكس و تنقص شدة الشعاع المنكسر.

وعندما تتساوى زاوية الورود مع الزاوية الحرجة (ϕ_c) ، يخرج الشعاع المنكسر إلى الهواء مماسا للسطح فتكون زاوية الانكسار ($\phi_2 = 90°$).
و إذا كانت زاوية الورود أكبر من الزاوية الحرجة ϕ_c فان الضوء الوارد لا ينتقل إلى الوسط الآخر إنما ينعكس الضوء كله، وتدعى هذه الظاهرة بـــ (الانعكاس الكلي).



تحسب الزاوية الحرجة باستخدام علاقة سنيل فنجد:

$$\sin\phi_c = \frac{n_2}{n_1} \qquad (4\text{-}2)$$

مثال: ما هي الزاوية الحرجة عندما ينتشر الضوء من الزجاج إلى الهواء؟

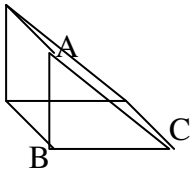
$$\sin\phi_c = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{1{,}5} = 0{,}667 \Rightarrow \phi_c = 42°$$

بالتالي كل الأشعة تنعكس إذا وردت بزاوية أكبر من 42°.

ـ بعض تطبيقات الانعكاس الكلي:

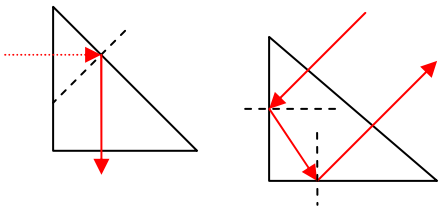
من أجل انعكاس كلي لا يوجد ضياع في شدة الضوء.لذا يستعمل هذا المبدأ في صناعة الأجهزة البصرية (المناظر الفلكية و آلات التصوير)، ومن بين التطبيقات الهامة لمبدأ الانعكاس الكلي، المنشور القائم والألياف البصرية.

ـ المنشور القائم:



هو كتلة من الزجاج العادي (n=1,5) على شكل منشور قائم متساوي الساقين.

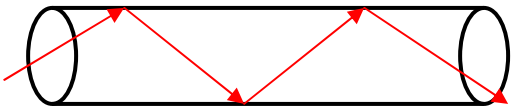
ـ يسقط الشعاع الضوئي عموديا على الوجه (AB) فيصل إلى الوجه (AC) بزاوية ورود تساوي (45°) أي أكبر من الزاوية الحرجة (42°) بالتالي ينعكس الشعاع كله.



و يمكن استعمال المنشور كمرآة باستعمال الوجه (AC)، حيث تنعكس كل الأشعة الواردة .

ـ الألياف البصرية:

تعتبر الألياف البصرية من أحد التطبيقات الهامة لظاهرة الانعكاس الكلي حيث يقوم"ليف" في سمك شعرة الرأس من الزجاج أو البلاستك بنقل الضوء من مكان إلى آخر و يتكون الليف البصري من قلب اسطواني و هو الذي يحمل الضوء مغلف بغلاف على شكل اسطوانة متحدة المحور مع القلب و يصنع القلب من الزجاج أو البلاستيك ذو قرينة انكسار أكبر من قرينة انكسار مادة الغلاف التي تكون عادة أيضا من نوع آخر من الزجاج أو البلاستيك. و بذلك فإن الضوء الذي يدخل من أحد طرفي الليف الضوئي بحيث يسقط على السطح الفاصل بين قلب الليف و الغلاف بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة ينعكس انعكاسا كليا ويرتد إلى القلب مرة أخرى و يسقط على السطح الفاصل في نقطة أخرى بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة.



و هكذا فإن الضوء يعاني انعكاسات كلية متعاقبة حتى يخرج من الطرف الأخر من الليف البصري.

وفى الأنواع الجيدة من الألياف البصرية تكون كمية الضوء المفقودة بالامتصاص في قلب الليف البصري قليلة جدا وبذلك يمكن نقل الضوء لمسافة قد تبلغ بضعة كيلومترات دون أن تقل شدته بكمية كبيرة.

وعادة يوضع عدد كبير من الألياف البصرية مع بعضها لتكون حزمة مرنة (كابل). و تستخدم كابلات الألياف البصرية في مجال الإتصالات حيث يحمل الضوء المعلومات خلال الألياف الضوئية تماما كما يحملها التيار الكهربائي خلال الأسلاك مع مميزات هامة للألياف البصرية منها أن الضوء المحلول لا يتأثر بتدخلات المجالات الكهربائية بالإضافة إلى السعة العالية لنقل المعلومات. فشعاع الليزر الذي ينتقل في ليف بصري واحد يمكنه نقل بضعة عشرات من المكالمات الهاتفية و بضعة برامج تلفزيونية في وقت واحد.

و لقد لاقت تطبيقات الألياف البصرية في مجال الطب نجاحا منقطع النظير و على سبيل المثال في مجال المناظير التي تستخدم في التشخيص للأمراض الداخلية (الرئة و المعدة و الأمعاء و غيرها) و كذلك في مجال الجراحة لمعظم أعضاء الجسم والتي أصبحت تتم بفتحات صغيرة جدا.

3 ــ الجمل الضوئية

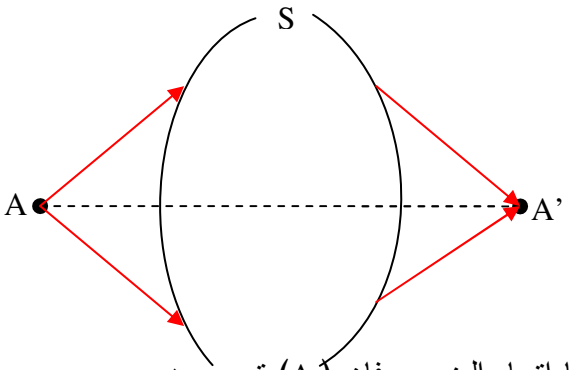
3 ــ1ــ تعريف الجملة الضوئية:

ندعو جملة ضوئية مجموعة الأوساط الشفافة و المفصولة عن بعضها بسطوح ملساء،يخضع الضوء أثناء انتشاره لانعكاسات وانكسارات.

هناك نوعان من الجمل الضوئية:

- الجمل الكاسرة وهي التي يخترقها الضوء من وجه ليخرج من الوجه الأخر.
- الجمل العاكسة وهي التي يخضع فيها الضوء لسلسلة قصيرة أو طويلة من الانعكاسات.

3 ــ 2 ــ صورة نقطة ضوئية:



لتكن نقطة ضوئية (A) ، ترسل أشعة إلى جملة ضوئية (s).

إذا مرت حوامل الأشعة كلها بنفس النقطة(A')

نقول أن هناك (منظارا عتما).

ندعو (A) الجسم النقطي و(A') الصورة النقطية

ونقول أن هذه الصورة هي منظار عتم لــ (A).

يبين المبدأ العكسي أنه إذا كانت(A') هي الجسم النقطي وعكسنا اتجاه الضوء، فان (A) تصبح هي الصورة أي المنظار العتم لــ A'.

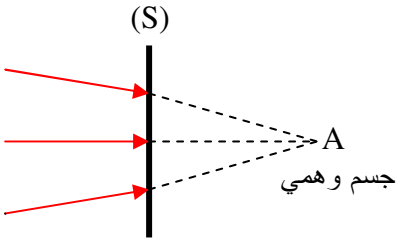
لذا نقول أن (A) و(A') نقطتان مشتقتان بالنسبة لــ (s) و أن (s) منظار للثنائي المشتق (A) و (A').

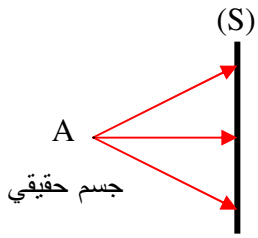
3 ــ 3 ــ الجسم و الصورة بين الحقيقة و الوهم:

في جملة ضوئية (S) تكون النقطة الضوئية (A) :

ــ جسما حقيقيا: عندما تصدر من (A) كل الأشعة التي تتلقاها لجملة(S).

ــ جسما وهميا: عندما تجتمع كل الأشعة عند (A) لو لم تعترضها الجملة(S).

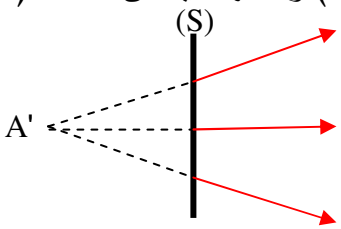


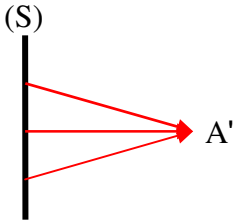


تشكل الجملة (S) للجسم النقطي (A) صورة نقطية (A'):

ــ الصورة (A') حقيقية: عندما تتقارب كل الأشعة الخارجة من الجملة (S) في النقطة (A').

ــ الصورة (A') وهمية: عندما تبدو كل الأشعة الخارجة من الجملة(S) و كأنها آتية من النقطة (A').





ويمكن لهذه الصورة (A') أن تصبح جسما(حقيقيا أو وهميا) لجملة ضوئية ثانية (S').

خلاصة:

ــ لكي تكون النقطة جسما لابد للجملة أن تتلقى منها أشعة.

و يكون الجسم حقيقيا عندما تكون الأشعة متجهة نحو الجملة ومتباعدة و يكون وهميا حينما تكون الأشعة داخلة و متقاربة.

ــ تكون النقطة صورة إذا كانت الأشعة خارجة من الجملة.

و تكون الصورة حقيقية إذا كانت الأشعة خارجة من الجملة وتجتمع حقيقة عند النقطة و تكون وهمية حينما تكون الأشعة خارجة من الجملة و تبدو و كأنها آتية من النقطة.

4 ــ المرايا

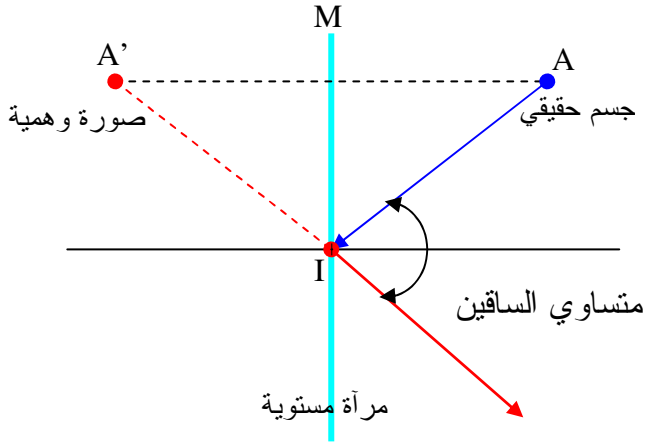
4 ــ 1 ــ المرايا المستوية:

تعرف المرآة المستوية بأنها كل سطح مستوي أملس **على درجة عالية من النعومة** عاكس **لمعظم الأشعة الساقطة عليه و قد يصل نسبة ما يعكسه من الضوء إلى 98% أو أكثر.**

تملك المرآة المستوية الخواص الأساسية التالية:

ــ لكل جسم نقطي صورة نقطية دقيقة مناظرة له بالنسبة لسطح المرآة.

ــ يكون الشعاع المنعكس في مستوي الورود ويتقاطع مع الناظم على المرآة في نقطة تبدو و كأن الشعاع المنعكس منطلق منها.



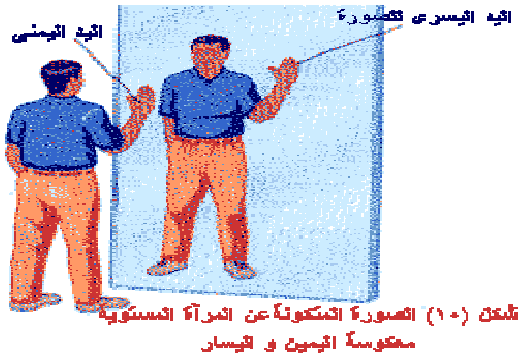
تبين مساواة الزوايا على الشكل أن المثلث A'IA متساوي الساقين

و بالتالي 'A مناظرة لـــ A .

تعتبر 'Aصورة وهمية لـــ A.

إذا كان الجسم الحقيقي غير نقطي فإن صورته تكون دائما وهمية و متناظرة مع الجسم بالنسبة لمرآة ولكنها لا تنطبق عليه.

هذا ما تلاحظه عندما ترفع يدك اليمنى أمام مرآة فيبدو ان يدك اليسرى هي المرفوعة .



الشكل (١٠) الصورة المتكونة عن المرآة المستوية معكوسة اليمين و اليسار

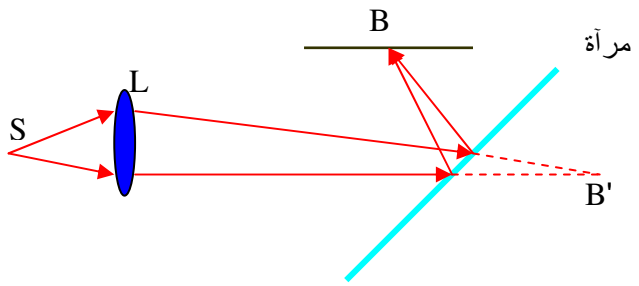
نتيجة:

إن المرآة المستوية تعطي لجسم حقيقي A صورة وهمية 'A مناظرة له.

ـ كيفية الحصول على صورة حقيقية:

تتقارب الأشعة الصادرة من المنبع (S)عند النقطة B بواسطة عدسة مقربة (L) ثم نعترض مسارها بمرآة مستوية(انظر الشكل).

تعتبر النقطة B جسما وهميا لأن الأشعة تبدو و كأنها تتقارب عندها، أما النقطة B' رأس الحزمة الضوئية المتقاربة المنعكسة التي تصل إليها الأشعة الضوئية الحقيقية و التي يمكن استقبالها على شاشة فتشكل صورة نقطية حقيقية للجسم الوهمي B.



نتيجة:

تعطي المرآة المستوية صورة حقيقية لجسم وهمي و تكون هذه الصورة الحقيقية متناظرة مع الجسم الوهمي بالنسبة للمرآة.

خلاصة :

تعطي المرآة المستوية للجسم صورة مناظرة له و معاكسة لطبيعته من حيث الوهم و الحقيقة.

4 ـ 2 ـ المرايا الكروية

تعريف:

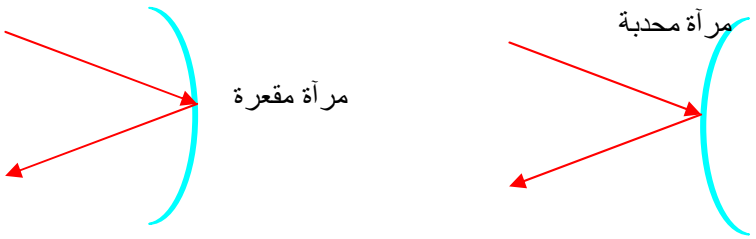
تعرف المرآة الكروية بأنها كل سطح كروي عاكس يحدد بمركزه و نصف قطره.

تشكل المرايا الكروية غالبية الأسطح المنحنية العاكسة.

هناك نوعن من المرايا الكروية وذالك حسب السطح العاكس: مرايا محدبة و مرايا مقعرة.

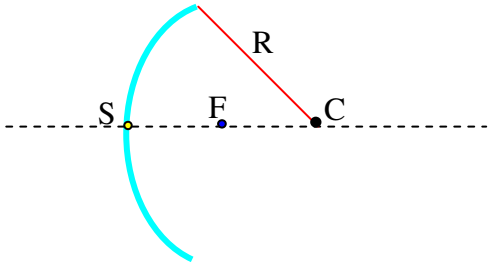
ـ تكون المرآة محدبة إذا كانت الأشعة الضوئية الواردة تنعكس نحو خارج التكور.

وتكون المرآة مقعرة إذا كانت الأشعة الضوئية الواردة تنعكس نحو داخل التكور.

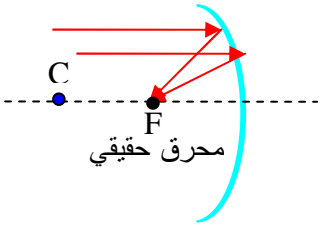


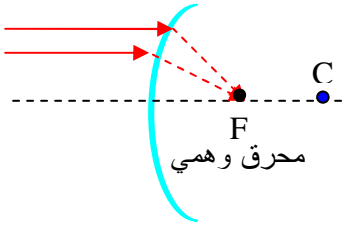
4 ــ 2 ــ 1ــ مصطلحات و تعاريف:

ــ مركز تكور المرآة(C): و هو مركز الكرة التي تكون المرآة جزء منها.
ــ ذروة المرآة(S) : هي النقطة التي تتوسط السطح العاكس للمرآة الكروية.
ــ نصف قطر تكور المرآة (R): هو المسافة بين مركز تكور المرآة و أي نقطة على سطحها.
المحور الرئيسي للمرآة : هو المستقيم المـــــار بمركز تكور المرآة وذروة المرآة.



ــ محرق المـــــرآة : إذا سقطت على المرآة حزمه من الأشعة المتوازية والموازية لمحورها الرئيسي وقريبة منه فإنها تنعكس بحيث تتجمع في نقطة على المحور الرئيسي في حالة المرآة المقعرة أو بحيث تتجمع امتداداتها خلف السطح العاكس و على المحور الرئيسي في حالة المرآة المحدبة، و تسمى المحرق الرئيسي للمرآة.
ويكون المحرق حقيقيا في حالة المرآة المقعرة و وهميا في حالة المرآة المحدبة.





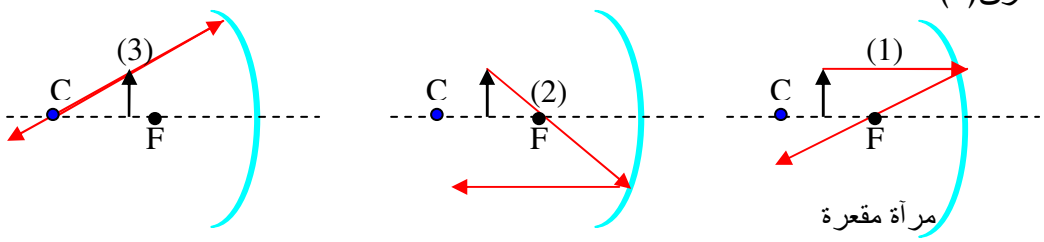
ــ البعد المحرقي : و هو المسافة بين المحرق وذروة المرآة و يساوى نصف تكور المرآة .

$$f = \frac{R}{2} \qquad (1\text{-}4)$$

4 ــ 2 ــ 2ــ الصور المتكونة في المرآة الكروية:

إذا وضع جسم أمام مرآه كروية فإن الأشعة الضوئية التي تخرج من كل نقطة من نقاط الجسم تنعكس على المرآة حسب قانوني الانعكاس لتشكل هي أو امتداداتها صورة لهذا الجسم.
ويمكن تحديد موضع الصورة ومواصفاتها باستخدام ثلاثة أشعة سهلة التتبع وهى كالآتي :

الشعاع الأول (1):الشعاع الوارد من رأس الجسم الموازي للمحور الرئيسي للمرآة والقريب منه ينعكس ماراً بالمحرق(F).



الشعاع الثاني (2): الشعاع الوارد المار بالمحرق(F) ينعكس موازياً لمحور المرآة.

الشعاع الثالث (3): الشعاع الذي يسقط على المرآة ماراً بمركز تكورها يسقط عمودياً عليها وينعكس على نفسه.

وفى الواقع يكفي استخدام اثنين فقط من هذه الأشعة لتحديد الصورة المتكونة عن المرآة.
تتقاطع هذه الأشعة المنعكسة أو امتداداتها في نقطة واحدة بإسقاطها عموديا على المحور الرئيسي نحصل على صورة الجسم.
وبصفة عامة يعتمد موضوع تكون الصورة وطبيعتها على بعد الجسم عن المرآة.

وهناك الحالات العامة الآتية :

1- إذا كانت مسافة الجسم عن المرآة أكبر من نصف قطر تكورها تكون الصورة حقيقية مصغرة مقلوبة وتقع بين مركز تكور المرآة والمحرق.

2- إذا وُجد الجسم في مركز تكور المرآة تكونت له صورة حقيقية عند مركز التكور (منطبقة على جسم) وتكون مقلوبة ومساوية للجسم في الحجم.

3- إذا كان الجسم بين المحرق ومركز التكور تكونت له صورة حقيقية مكبرة مقلوبة على مسافة من المرآة أكبر من نصف قطر تكورها.

4- إذا كان الجسم في المحرق انعكست الأشعة الساقطة منه على المرآة متوازية وتكون الصورة في ما لانهاية.

5- أما إذا كان الجسم على مسافة من المرآة أقل من البعد المحرقي فإن الأشعة الساقطة منه على المرآة تنعكس متفرقة وتراها العين خلف المرآة غير مقلوبة مكبرة وهمية عند نقطة تلاقى امتداد الأشعة المنعكسة.

4 ــ 2 ــ 3ــ معادلات المرايا الكروية:

تربط معادلات المرايا الكروية مميزات الجسم والصورة (بعداهما عن المرآة) بمميزات المرآة(بعدها المحرقي و نصف قطر تكورها).

$$\boxed{\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}=\frac{2}{R}} \qquad (2\text{-}4)$$

حيث:
p:بعد الجسم عن المرآة و يكون p موجبا عندما يكون الجسم أمام المرآة.
q: بعد الصورة عن المرآة و يكون q موجبا عندما تكون الصورة أمام المرآة وسالبا عندما تكون الصورة خلف المرآة.
R : نصف قطر تكور المرآة و هو موجب في المرآة المقعرة وسالب في المرآة المحدبة.
F : البعد المحرقي للمرآة و هو موجب في المرآة المقعرة وسالب في المرآة المحدبة.

ــ التكبير الخطي للمرآة: هو نسبة طول الصورة الى طول الجسم.
ادا كان طول الجسم هو(h) و طول الصورة هو(h') فان التكبير(m) يعبر عنه بالعلاقة:

$$\boxed{m=\frac{h'}{h}=-\frac{q}{p}} \qquad (3\text{-}4)$$

اذا كان m موجبا فان الصورة تكون قائمة(غير مقلوبة).
و اذا كان m سالبا فان الصورة تكون مقلوبة.

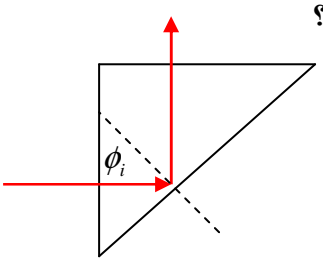
تمارين على
الانعكاس والانكسار و المرايا الكروية

تمرين1:
نعتبر شعاعا ضوئيا ينتقل بين وسطين، من الماء ذو قرينة انكسار $n_1=1,33$ إلى الزجاج ذو قرينة انكسار $n_2=1,5$.
احسب القرينة النسبية للزجاج بالنسبة للماء.

تمرين2:
ترد حزمة ضوئية من الهواء إلى وسط زجاجي بزاوية قدرها 60^0.
أ- احسب قرينة الزجاج لكي تنحرف الأشعة المنكسرة عن مسارها بزاوية قدرها 25^0.
ب- ارسم مسار الحزمة الضوئية إذا كان الورود من الزجاج إلى الهواء بنفس الزاوية.

تمرين3:
احسب الزاوية الحرجة ϕ_c عندما يرد الضوء من الألماس إلى الهواء علما أن قرينة انكسار الألماس هي 2,42.

تمرين4:
سقط شعاع ضوئي عموديا على أحد أوجه منشور زجاجي ثلاثي فانعكس كلّيا كما في الشّكل.
- إذا كانت زاوية الورود $\phi_i=45^0$، ماذا يمكن استنتاجه عن معامل انكسار الزّجاج؟
- ماذا يحدث إذا وضع المنشور الزجاجي في الماء ؟ (بفرض$n=1,5$).



تمرين5:
عندما تنظر سمكة نحو الأعلى صوب سطح بحيرة أملس تماما، يبدو السطح مظلما باستثناء مساحة دائرية فوق السمكة.
_ أوجد الزاوية φ التي تقابل هذه المساحة.

تمرين6:
يسقط شعاع ضوئي بزاوية قدرها θ_1 على إحدى نهايتي ليف بصري.
زاوية انكسار هذا الشعاع هي θ_2.يصدم الشعاع المنعكس جانب الليف بالزاوية φ_2.
_ما هي أكبر زاوية ممكنة θ_1 لسقوط الشعاع كي يحافظ الشعاع معها على حالة انعكاسه الكلي من على جدار الليف الداخلي، علما بأن معامل انكسار الليف هو1,3.

تمرين7:
تطفو طبقة من البنزين (قرينة انكسار1,5) فوق سطح الماء.

إذا كانت زاوية ورود الضوء من الهواء إلى البنزين 60^{o}، ما هي الزاوية التي يصنعها الضوء مع الاتجاه الناظمي في كل من البنزين والماء؟

تمرين8:

يوضع جسم حقيقي خارج مركز الانحناء c لمرآة مقعرة.

- ما هي الصورة التي تكونها المرأة للجسم وكم تبعد عنها؟ **ت.ع:** $f=+20cm,s=+45cm,h=+5cm$.

تمرين9:

يوضع جسم حقيقي بين مرآة مقعرة و بين محرقها.

ـــ ما هي الصورة التي تكونها المرآة للجسم وما هو بعدها المحرقي؟

ت.ع: $h=+5cm,s=+15cm,f=+20cm$.

تمرين10:

نصف قطر تقوس مرآة مقعرة 0,8m.

- عند أية نقطة تجمع هذه المرأة ضوء الشمس؟

تمرين11:

يبعد جسم طوله 10cm مسافة قدرها 50cm عن مرآة مقعرة بعدها المحرقي 20cm.

- جد بعد و ارتفاع و نوع الصورة.