I-1 مقدمة

إن مفهوم الرؤية جد مهم بالنسبة للإنسان، فهو يسمح له بالتعرف على الوسط الذي يعيش فيه والموجود حوله. يمكن أن نرى الأشياء بطريقتين:

- إذا كان الجسم عبارة عن مصدر ضوئي بحد ذاته مثل أن يكون مصباحا، أو الشمس ونقول عليه أن جسم مضيء.
- عن طريق إنعكاس الاشعة الضوئية على الأجسام (تتشكل الصور) وهنا يكون الجسم مضاءا.

عبر الزمن، كان هناك إختلاف حول طبيعة الضوء فهناك:

- الطبيعة الجسيمية للضوء (نيوتن)
- الطبيعة الموجية (ماكسويل، يونغ وغيرهما)

وفي الأخير وبعد إجراء عدة تجارب تبين أن للضوء طبيعة مزدوجة ، أي موجية وجسيمية في آن واحد.

I-2 تعاريف

I-2-1 الضوء

هو عبارة عن جسيمات دقيقة تسمى الفوتونات (photons) وكل فوتون يملك طاقة E قدرها: $E=h\nu$ حيث h هو ثابت بلانك و ν تردد الموجة. هذه الفوتونات تنتقل في الفضاء على شكل أمواج كهرومغناطيسية (electromagnetic waves) وهي موجات تتشكل من حقلين متعامدين أحدهما كهربائي $\vec{E}$ وآخر مغناطيسي $\vec{B}$ وكليهما يعامدان شعاع إنتشارها . سرعة إنتشار الضوء في الفراغ تعطى بالعلاقة:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 . \mu_0}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث:

ε_0: السماحية الكهربائية للفراغ وتساوي $8.84x10^{-12}$

μ_0: النفاذية الكهربائية للفراغ وتساوي $1.26x10^{-6}$

ومنه فإن قيمة c ستكون : $c \cong 3.10^8\ m/s$

وفي وسط آخر يختلف عن الفراغ فإن سرعة إنتشار الضوء تعطي بالعلاقة:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\ .\mu}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث:

ε: السماحية الكهربائية للوسط

μ: النفاذية الكهربائية للوسط

من جهة أخرى فإن :

$$\varepsilon = \varepsilon_r . \varepsilon_0 \quad و \quad \mu = \mu_r . \mu_0 \ldots \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

حيث:

ε_r و μ_r هما السماحية والنفاذية النسبية على الترتيب.

بتعويض المعادلة (3) في المعادلة (2) نحصل على:

$$= c . \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_r . \mu_r}} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r . \mu_r}} v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 . \mu_0} . \sqrt{\varepsilon_r . \mu_r}}$$

مع $\varepsilon_r \geq 1$ و $\mu_r \geq 1$ $\Leftarrow$ $c \geq v$ ، ونعرف n التي تسمى بالكثافة الضوئية لوسط الانتشار (قرينة الانكسار) على أنها:

$$= \frac{c}{v} \geq 1 n = \sqrt{\varepsilon_r . \mu_r}$$

وتختلف قيمتها من وسط لآخر وتتعلق بالخواص الفيزيائية والكيميائية للوسط. نبين في الجدول التالي بعض قيم n لبعض الأوساط.

الوسط	n
الماء	4/3
الزجاج	1.58 – 1.32
الكوارتز	1.46
الهواء	1.003
البنزين	1.501

ملاحظة:

قرينة الانكسار المطلقة تتناقص بتسخين المادة وتتزايد بتبريدها.

I-2-2 الطيف المرئي

هو جزء من طيف الأمواج الكهرومغناطيسية ويتشكل من ألوان ولكل لون طول موجة موافقة له كما يبينه الجدول التالي:

اللون	الأحمر	البرتقالي	الأصفر	الأخضر	الأزرق	البنفسجي
طول الموجة λ (μm)	0.79	0.61	0.59	0.57	0.50	0.40

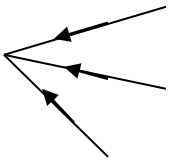
λ: طول الموجة بحيث $\lambda=cT$ أو $\lambda=c/\nu$

T: الدور للإشعاع الكهرومغناطيسي و ν تردده.

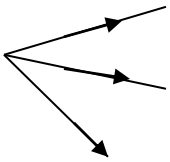
I-2-3 الحزمة الضوئية

هي مجموعة من الأشعة الضوئية الصادرة من منبع ضوئي وهي أنواع:

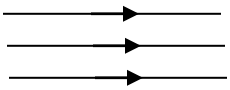
- حزمة متقاربة تتجمع كلها في نقطة واحدة



- حزمة متباعدة تنطلق من نقطة واحدة ثم تتباعد



- حزمة متوازية لا تلتقي فيها الأشعة



I-2-4 المسار الضوئي (δ)

هو المسافة التي يقطعها الضوء في الفراغ في نفس الزمن t الذي يقطعه الضوء في وسط قرينة انكساره n.

أي: $\delta=AB= v.t = \frac{c}{n} t$

n A B

ومنه: $\delta.n = c.\ t$

I-2-5 التجانس والتناحي

نقول عن وسط أنه متجانس إذا كانت خواصه الفيزيائية لا تتغير كميا من نقطة إلى أخرى فيه، ومنه ستكون سرعة الضوء وقرينة إنكساره لهما قيمة ثابتة.

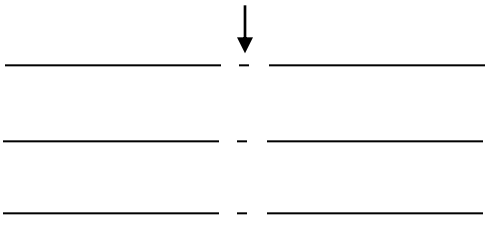
ونقول عن وسط أنه متماثل المناحي أو متناحي إذا كانت سرعة الضوء وقرينة انكساره لا تختلف باختلاف المنحى أو الاتجاه.

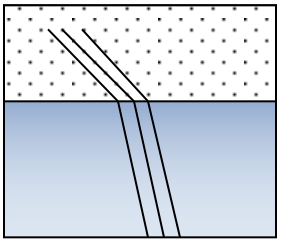
خلال دراستنا سنعتبر أن كل الاوساط متجانسة ومتماثلة النواحي.

I-3 مبادئ الضوء الهندسي

I-3-1 مبدأ الانتشار المستقيم

الشعاع الضوئي بين نقطتين من وسط متجانس هو خط مستقيم.



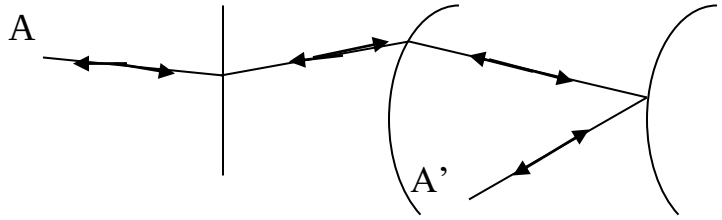


I-3-2 مبدأ استقلال الأشعة الضوئية

إن كل شعاع من الحزمة الضوئية مستقل في سلوكه عن الأشعة الأخرى، أي أن الشعاع لا يتأثر في انتشاره ولا في انكساره ولا في انعكاسه بما يحدث للأشعة الأخرى جملة وتفصيلا.

I-3-3 مبدأ الرجوع المعكوس

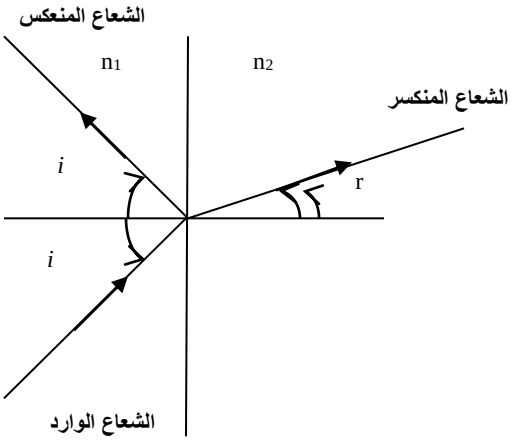
الطريق الذي يسلكه الضوء لا يتعلق بجهة انتشاره. أي أن الضوء يقطع نفس المسار بغض النظر عن الجهة.



I-3-4 قوانين الانعكاس والانكسار

ليكن لدينا وسطين مختلفين في قرينة الانكسار $n_1 \neq n_2$

إذا سقط شعاع ضوئي على الحاجز الفاصل بين الوسطين عند النقطة I فإن جزء منه سوف ينعكس في وسط الورود بزاوية



انعكاس i ونسميه بذلك الشعاع المنعكس. والجزء المتبقي سينكسر

في الوسط الثاني بزاوية انكسار r ونسميه بذلك الشعاع المنكسر.

I-3-4-1 قوانين الانعكاس

- الشعاع الضوئي الوارد والمنعكس يقعان في نفس المستوي
- زاوية الورود = زاوية الانعكاس أي:

$$i = r \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

I-3-4-2 قوانين الإنكسار

- الشعاع الضوئي المنكسر والشعاع الوارد يقعان كذلك في نفس المستوي
- النسبة بين $\sin i$ و $\sin r$ مقدار ثابت أي،

$$\frac{\sin i}{\sin r} = C^{te}$$

وهذا المقدار الثابت يساوي إلى النسبة بين سرعتي الانتشار في الوسطين أي:

$$=\frac{n_2}{n_1}\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{c/n_1}{c/n_2}$$

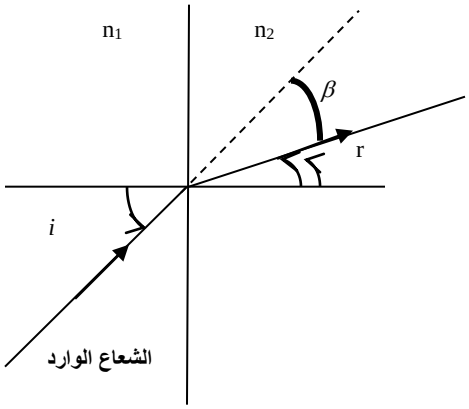
ومنه :

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

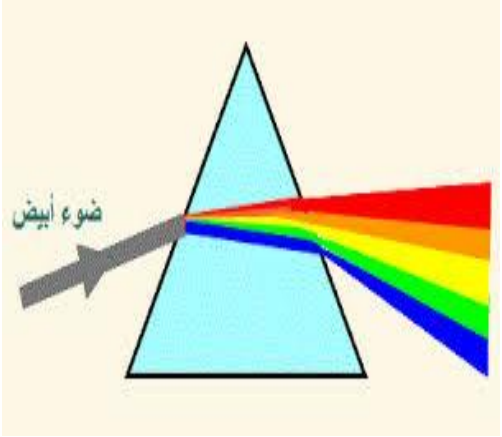
- زاوية الانحراف (β)

هي الزاوية التي ينحرف بها الشعاع المنكسر عن

الاتجاه الابتدائي للشعاع الوارد أي أن: $\beta = |i - r|$

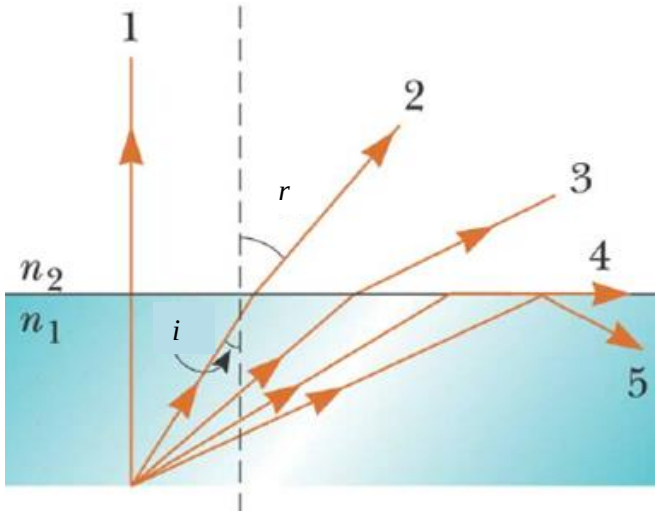


I -3-4-3 الزاوية الحرجة وظاهرة الانعكاس الداخلي الكلي



تحدث هذه الظاهرة عندما يمر شعاع من وسط كثيف إلى وسط أقل كثافة ضوئية فانه ينكسر مبتعدا عن الناظم، أي أن زاوية الانكسار تكون أكبر من زاوية السقوط كما بالشكل المقابل. و من الملاحظ أنه كلما زادت زاوية السقوط زادت زاوية الانكسار حتى إذا بلغت زاوية السقوط قيمة معينة فان الشعاع المنكسر يخرج في الوسط الثاني موازيا للسطح الفاصل و زاوية انكساره قائمة.

تحدث ظاهرة الانعكاس الداخلي الكلي إذا كانت زاوية الورود اكبر من الزاوية الحرجة فإن الضوء الوارد لا ينتقل إلى الوسط الآخر، إنما ينعكس كليا من السطح الفاصل و بذلك تحدث ظاهرة الانعكاس فقط و هذا كما يظهر في الشكل أدناه.



تحليليا:

الحالة الأولى: $n_2>n_1$

$n_1 \sin i = n_2 \sin$

$\rightarrow \sin r = \frac{n_1}{n_2} \sin i \ \rightarrow r < i$

أي أن زاوية الانكسار تكون أقل من زاوية الورود

نعلم أن : $(\sin i)_{max} = 1$ من أجل $i=90°$

ومنه : $(\sin r)_{max} = \frac{n_1}{n_2} < 1$

وهذا يعني أنه في هذه الحالة الشعاع المنكسر موجود دوما مهما كانت قيمة زاوية الورود من 0 إلى 90°.

الحالة الثانية : $n_2<n_1$

$\sin r = \frac{n_1}{n_2} \sin i \ \rightarrow r > i$

في هذه الحالة زاوية الانكسار تكون اكبر من زاوية الورود.

نلاحظ أنه كلما ازدادت زاوية الورود i فسوف تزداد زاوية الانكسار، حتى نصل إلى زاوية ورود نسميها الزاوية الحرجة i_c والتي من أجلها تصبح $r=90°$. (الشعاع رقم 4 في الشكل السابق).

وعليه فإن تعريف الزاوية الحرجة هو: الزاوية الحرجة هي الزاوية التي من أجلها تكون زاوية الانكسار قائمة. نرمز لها بالرمز i_c أي:

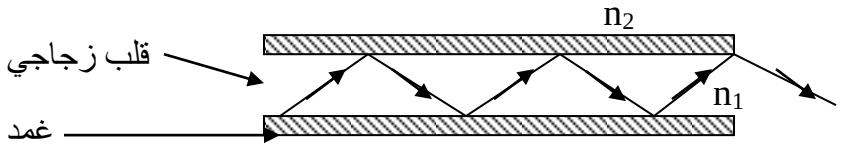
$$i=i_c \rightarrow r=\frac{\pi}{2}$$

بالتعويض في العلاقة (6) نجد:

$n_1 \sin i_c = n_2 \sin \frac{\pi}{2} \ \rightarrow \ \sin i_c = \frac{n_2}{n_1} < 1$.....(7)

$\rightarrow i_c = \text{arc sin} (\frac{n_2}{n_1})$

من بين تطبيقات ظاهرة الانعكاس الداخلي الكلي هي الألياف البصرية التي لها تطبيقات عديدة في مجال الاتصالات والطب وغيرهما.

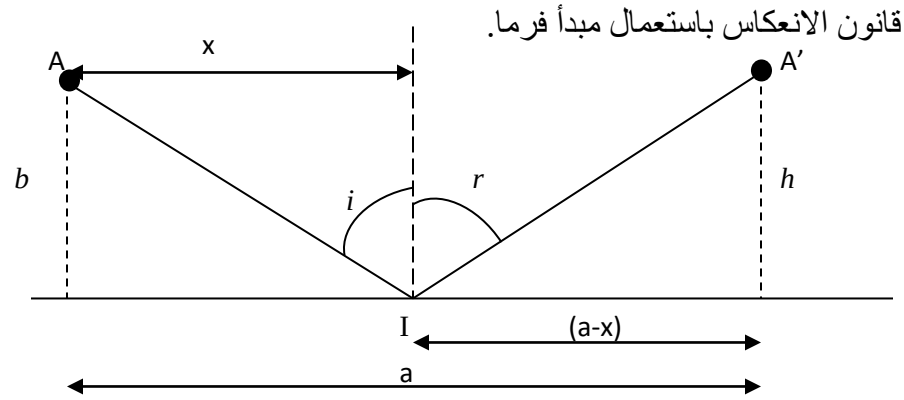


I-3-5 مبدأ فرما (Fermat principle)

نصه: **" إن الطريق الفعلي لانتشار الضوء من نقطة A إلى نقطة B هو ذلك المسير الضوئي الذي يستغرق أقل زمن ممكن"**

رياضيا: $d\delta=0$

تطبيق 1: برهان قانون الانعكاس باستعمال مبدأ فرما.



الشعاع الضوئي ينتقل من A إلى A' في الوسط ذو قرينة الانكسار n_1 وعليه:

$$\delta = n_1.\overline{AI} + n_1.\overline{IA'} \rightarrow \delta = n_1.\sqrt{b^2+x^2} + n_1.\sqrt{(a-x)^2+h^2}$$

حسب مبدأ فرما: $d\ \delta = 0$

$$d\delta = \frac{n_1}{2}\left(\frac{2x}{\sqrt{b^2+x^2}} + \frac{(-2(a-x)}{\sqrt{(a-x)^2+h^2}}\right)$$

$$d\delta = 0 \rightarrow \frac{2x}{\sqrt{b^2+x^2}} + \frac{(-2(a-x)}{\sqrt{(a-x)^2+h^2}} = 0 \Rightarrow \frac{x}{\sqrt{b^2+x^2}} = \frac{(a-x)}{\sqrt{(a-x)^2+h^2}}$$

$$\Rightarrow \mathbf{\sin i = \sin r} \Rightarrow \boldsymbol{i = r}$$