الانعكاس والانكسار

د. ياسين حميد

المقدمة :

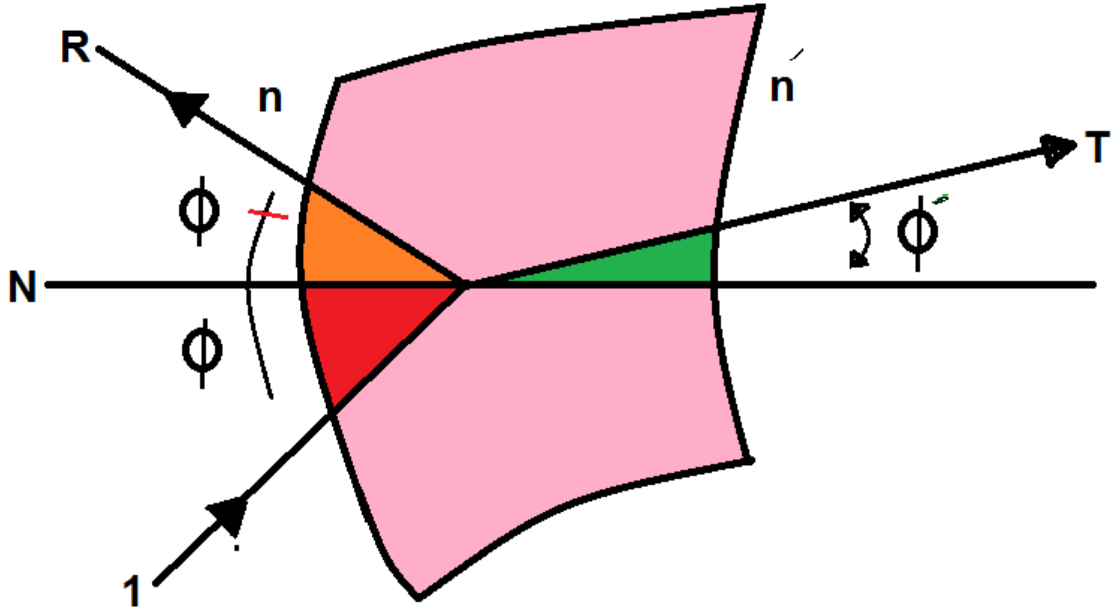
لنأخذ كخطوة اولى في دراسة انعكاس وانكسار الضوء عن المرايا والمواشير و العدسات قضية عامة عن سلسلة الموجات الكهرومغناطيسية المستوية والمتنقلة في وسط معين فتسقط على سطح مستو يفصل وسط ثان تختلف سرعة انتشار الموجة فيه عن الوسط الاول .وقد يعتقد المرء انه اذا كان الوسطان شفافين فان سلسلة الموجات الساقطة ستستمر في مسارها في الوسط الثاني .ولكن من خبرتنا العامة نعلم ان هذا لا يحصل .فقد شاهد كل منا صورة الشمس المنعكسة عن سطح حيز من الماء او ان الصورة المتكونة بالانعكاس عن سطح لوح زجاجي صاف. اضافة الى ذلك فان ظاهر **انكسار المجذاف المغمور في الماء** و انثناء اشعة الضوء في **الموشور** تثبت ان موجات الضوء تغير اتجاهها عادة عند عبورها سطحاً فاصلاً بين وسطين مختلفين.

يوضح ما يحدث فعلاً لسلسة الامواج الساقطة و سلسلة الموجات المنعكسة او النافذة عند السطح الفاصل و فيما عدا بعض الحالات الخاصة فان ما ينفذ الى الوسط الثاني هو جزء من الضوء الساقط فقط اما الباقي فينعكس . وان اتجاهات انتقال الموجات المنكسرة (عدا حالات خاصة ايضاً) تختلف الاشعة الساقطة .

قوانين الانعكاس و الانكسار

لقد اكتشف قانونا الانعكاس والانكسار تجريبياً قبل ان يدرك مغزاهما بزمن طويل , وانهما معاً يكونا القاعدة او الاساس لدراسة موضوع البصريات الهندسية كله . وقد يكون من الممكن اشتقاقهما من بعض المبادئ العامة التي ستناقش فيما بعد و لكن في الوقت الحاضر سنكتفي بذكر نصهما كما لو كانا حقائق تجريبية ثابتة .فعند اصطدام شعاع ضوئي بسطح يفصل و سطين شفافين تختلف سرعة الضوء فيهما بشكل ملحوظ فان شعاع الساقط ينقسم بصورة عامة الى شعاع منعكس و شعاع منكسر .

ذلك حيث فرض ان(IA) يمثل الشعاع الساقط وانه يصنع مع العمود (NA)زاوية قدرها(∅) والتي تسمى بزاوية السقوط والمستوي المحدد بالمستقيمين (IA) و (NA) يسمى بمستوى السقوط



- نص قانون الانعكاس :- يقع الشعاع المنعكس في مستوي السقوط وتكون زاوية الانعكاس مساوية لزاوية السقوط .
- اي ان IA , NA , RA
- جميعها واقعة في مستوي واحد وان ϕ = ϕ"<
- كما يمكن اعطاء قانون الانكسار والذي يسمى بقانون سنل SNELL
- يقع الشعاع المنكسر في مستوي السقوط وان نسبة جيب زاوية الانكسار الى جيب زاوية السقوط ثابتة

$$\frac{\sin\phi}{\sin\phi`} = \text{كمية ثابتة}$$

- فاذا كان الجانب الايسر من السطح الفاصل في الشكل هو الفراغ
- الهواء عادتا فان قيمة الثابت يدعى بمعامل الانكسار (n) الضوء للوسط . فبالقياس التجريبي للزاويتين يمكن تعيين قيم (n) لمواد شفافة مختلفة .وفي الحالة التي يكون فيها الانكسار عند الحد فاصل بين وسطين لهما معاملا انكسارين(n''/n)يمكن التعبير عن قانون

$$n\sin\phi = \grave{n}\sin\grave{\phi}$$

- سنل بالشكل المتماثل
- وتدعى النسبة (n/n'')
- بمعامل الانكسار النسبي للوسط الثاني نسبة الى الوسط الاول .
- ان النسبة الثابتة للجيوب تساوي هذا المعامل النسبي
- وعندما تكون زاوية السقوط صغيرة نسبيا فان المعادلة زاوية الانكسار صغيرة

$$\frac{\grave{n}}{n} = \frac{\phi}{\grave{\phi}}$$

مبدا الانعكاسية

- ان التناظر الموجود في المعادلتين(2-1)(2-3) انه اذا انقلب اتجاه الشعاع الضوئي الذي انعكس او انكسر فانه سيرجع من حيث اتى اي يرجع الى مساره الاصلي فاذا اعتبرنا وسطين معينين لهما معامل انكسار (n,n') فان اي قيمة لزاوية السقوط ϕ ترتبط بقيمة معينة لزاوية الانكسار ϕ'
- ويكون هذا القول صحيحا ايضا عندما ينقلب الشعاع على اتجاهه وتصبح ϕ' هي زاوية السقوط في الوسط الذي معامل انكساره (n')
- فتصبح ϕ عند ئذ زاوية الانكسار وحيث ان الانعكاسية تكون صحيحة عند اي سطح عاكس او كاسر فانه يكون صحيح في المسارات المعقدة

المسار الضوئي

- ولكي نعطي مبدأ عام يشمل على كل من قانون الانعكاس وقانون الانكسار يفضل ان نعطي تعريفاً لكمية معينة تدعى بالمسار الضوئي . فعندما يسير الضوء مسافة قدرها (d) في و سط معامل انكساره (n) فان المسار الضوئي هو حاصل الضرب (nd) . ان المسار الضوئي يمثل المسافة التي يتمكن الضوء من قطعها في الفراغ بنفس الوقت الذي قطع به المسافة (d) في الوسط العين واذا كانت عدة اوساط اسماكها d1,d2,.....di.

- $n1d1+n2d2++n3d3+\ldots\ldots\ldots\ldots=\sum_{i=i}^{m} ni.di[d]=$

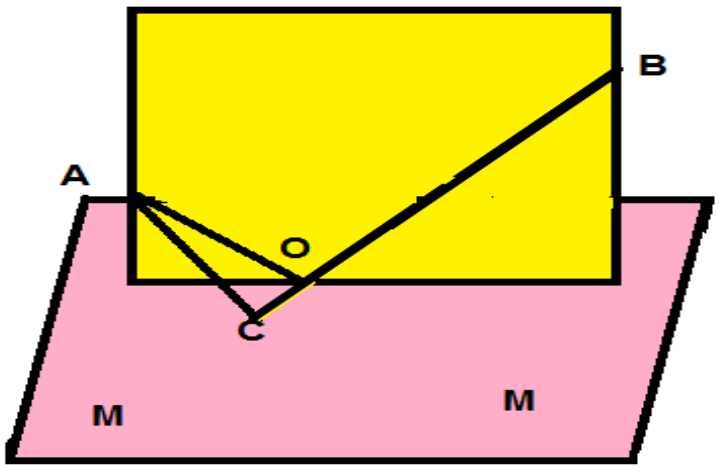
- حيث (mi) هو العدد الكلي للأوساط اما اذا كان معامل الانكسار يتغير باستمرار فمن الممكن تعريف المسار الضوئي بنفس العلاقة بعد استبدال علامة المجموع بعملية التكامل.
- وعندئذ يكون المسار الضوئي للشعاع منحنيا ويفقد قانون الانكسار معناه.

مبدا فرمات في الزمن الادنى

- يمكن ان نبين بان قوانين الانعكاس والانكسار تنتج من مبدا عام كان اول من اعطى نصه هو العالم فرمات
- نص على (ان مسار الشعاع الضوئي من نقطة الى اخرى هو ذلك الذي يحتاج اقل زمن)
- فاذا كان الوسط متجانسا فان المسار الاقل زمنا هو المسار الاقل مسافة. ولهذا فان الاشعة الضوئية في وسط مثل هذا هي خطوط مستقيمة اما اذا مر الشعاع الضوئي في اوساط مختلفة متتالية كل منها متجانسا فمسار الشعاع الضوئي متتالية كل منها متجانسا فمسار الشعاع في كل منها مستقيما والا فان الزمن لا يكون هو الاقل

اشتقاق قانون الانعكاس حسب مبدأ فرمات

المستوي العاكس MM وان الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود على المستوي في نقطة السقوط تقع جميعها في نفس المستوي. ألان لنفرض إن الشعاع من Aانعكس في نقطة مثل c مر في النقطة Bبعد انعكاسه نرسم عمودا على هذا المستوي .فلا تنطبق نقطة O على c فان CAيكون اكبر



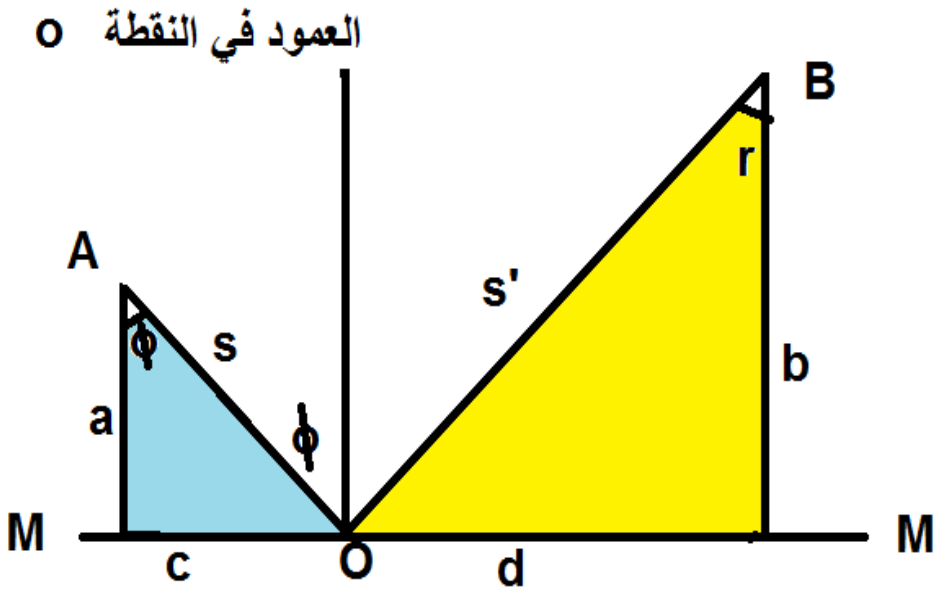
- وكذلك BC > BOلان كل منهما وتر مثلث قائم الزاوية-ولهذا فالزمن للمسار BCA اكبر زمن مسار ل BOA وهذا يخالف مبدأ فرمات لذا فان C يجب ان تنطبق على O وعندئذ تقع الأشعة , OA,BO
- والعمود على MM في O مستوى واحد هو BOA

وهذا ما اردنا اثباته

ولان نجد ان موقع النقطة O بحيث ان الزمن من A الى B يكون اقل ما يمكن ففي الشكل 4-2 يمثل مستوى الشكل المستوى العمود في الشكل السابق

- لنفرض ان النقطة o قد تقع في اى مكان من المستقيم MM نسقط اعمدة من A,B على MM ثم نقيم العمود في النقطة O في النقطة o فتكون الزاويتين r,ϕ تمثلان زاويتي السقوط والانعكاس. الان لنفرض ان سرعة انتشار الضوء في الوسط هي v فيكون طول المسار الضوئي هو $s+s_1$ وزمن المسار هو

- $t\ v = s+s_1$
- ويرينا الشكل ان :
- $bsecr = s_1\ ,asec\phi = s$
- فبالتعويض نحصل على ان :
- $(a\ \sec\phi + b\ \sec r)\frac{I}{v} = t$



- فاذا از يحت O قليلا فان الزاويتين ϕ , r وتتغيران بالمقدار dr, dϕ في زمن قدره dt
- اذن :
- $dt = \frac{1}{v}\left(asec\phi.tan\phi\ d\phi + bSec\ r.\tan r\ dr\right)$
- فاذا كان الزمن هو ادنى زمن فان dt =0
- وينتج ان:
- a $Sec\phi$ tan ϕdϕ=-b Sec r tan r dr -----$$
- ولكن التغير في قيم r, ϕ ليس مستقلاً انما تجد من
- الشكل السابق ان :
- كمية ثابتة =A tan ϕ+b tanr = c+d وبتفاضل الطرفين نجد ان :

$$aSec^2\phi d\phi + bSec^2 r\, dr = 0$$

ومنها نجد ان :

$$dr = \frac{aSec^2\phi d\phi}{bSec^2 r}$$

و بتعويض هذه النتيجة في المعادلة $$ نحصل

$$aSec\phi Sec\, r \tan\phi d\,\phi = bSec\phi \tan r\, d\, p$$

اي ان :

$$\frac{\tan\phi}{Sec\phi} = \frac{\tan r}{Sec\, r}$$

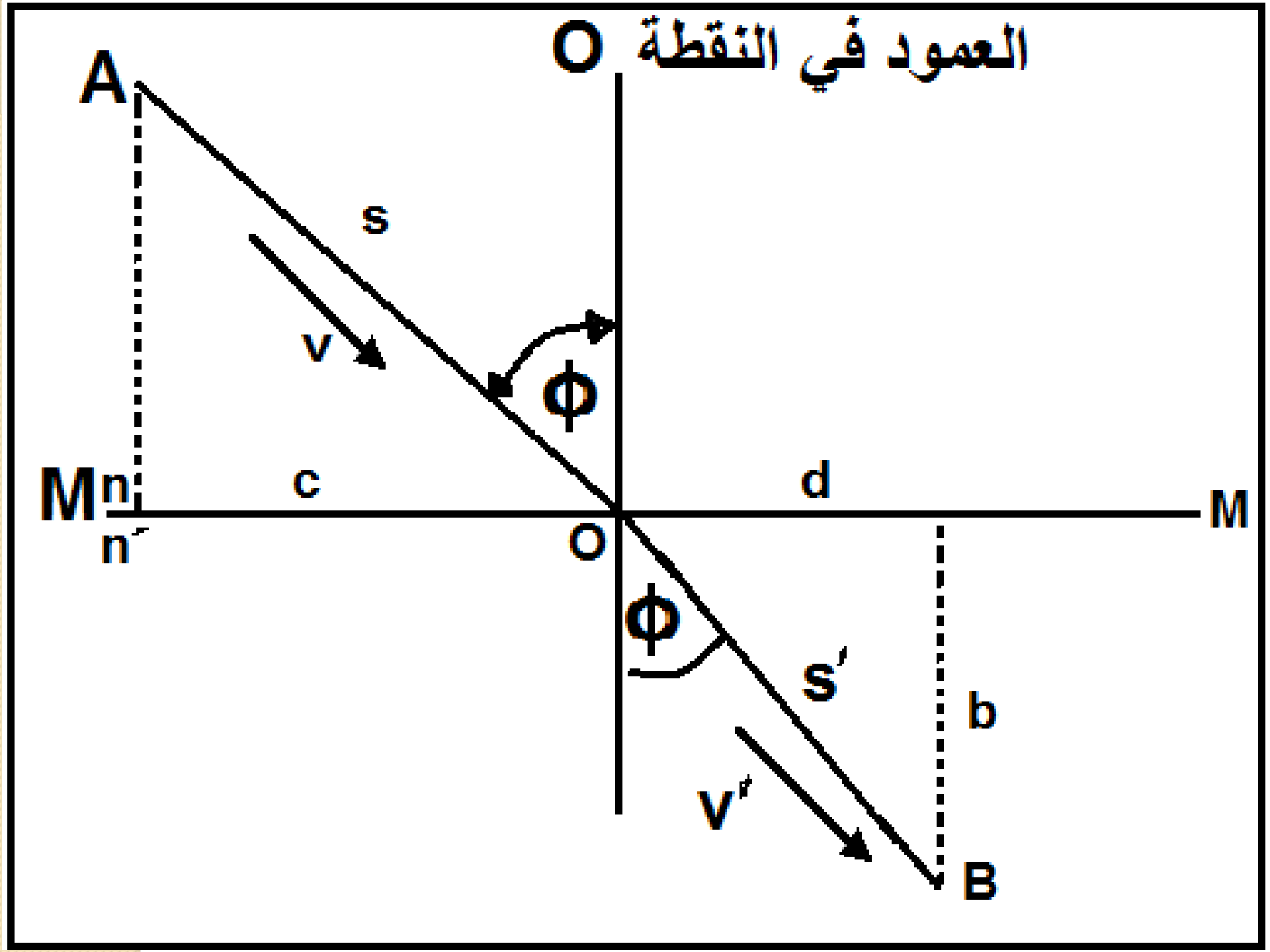
أو:

$$Sin\phi = Sin\, r$$

اي ان المسار الضوئي AOB الذي قطعه الضوء في اقل زمن تكون فيه زاوية الانعكاس مساوية لزاوية السقوط .

$$\emptyset = r$$

ومن الممكن اشتقاق قانون سنيل بطريقة مشابهة . وحيث ان طريقة اثبات ضرورة وقوع الشعاع الساقط و المنكسر والعمود في مستوى واحد تشابهه الطريقة السابقة في الانعكاس لذا فاننا سنكتفي باثبات الجزء الاخر من القانون


العمود في النقطة O
A
s
v
ϕ
M
n
c
d
M
n´
O
ϕ
s´
b
v´
B

- يمثل الخط MM السطح الفاصل بين مادتين معاملا انكسارهما $n, \acute{n}$ والسرعتين المناظرة لهم هما $v, \acute{v}$.و يمثل المسار AOB مسار الشعاع من A الى B وان $\phi, \acute{\phi}$ تمثلان زاويتا السقوط
- و الانكسار على التوالي ان الزمن من A الى B هو :
- $$t = \frac{S}{V} + \frac{\acute{S}}{V} = \frac{a Sec\phi}{V} + \frac{b Sec\acute{\phi}}{\acute{V}}$$
- فاذا ازيحت النقطة O قليلاً فأن:
- $$dt = \frac{a Sec\phi tan\acute{\phi} d\phi}{V} + \frac{b Sec\phi\ \acute{d}\phi}{\acute{V}}$$
- فاذا كان الزمن هو ادنى زمن يستغرقه الضوء في قطع مساره فان dt =0 ويكون عندئذ:
- $$\frac{a Sec\phi tan\phi d\phi}{V} = -\frac{b Sec\acute{\phi} d\acute{\phi}}{\acute{V}}$$

- وحيث ان c+d = كمية ثابتة اذن :
- $aSec^2\phi d\phi = bSec^2\phi^2 d\phi^2$
- وبقسمة المعادلتين كل على الاخرى نحصل:
- $\frac{Sin\phi}{V} = \frac{Sin\acute{\phi}}{\acute{V}}$
- وحيث أن :
- $\acute{V} = \frac{C}{\acute{n}} . \mathrm{v} = \frac{C}{n}$
- $\mathrm{n}\, Sin\phi = n'\acute{S}in\acute{\phi}$