حصري من إنجاز الأستاذ: ج.لطفي
Lotphilosophie

الظــواهر الضوئيــة

ـ ماذا يحدث للضوء عندما يمر من وسط شفاف إلى آخر ؟
ـ يستعمل الإنسان أجهزة بصرية متنوعة في مجالات الطب ، الإتصال ، الصناعة ،.... ما هو مبدأ اشتغال البعض منها ؟
ـ ما هي ألوان الضوء الأبيض ؟ كيف نفسر تشكل قوس قزح ؟
ـ كيف نستفيد من رسائل الضوء لاستكشاف المادة و الفضاء ؟

النافورة الضوئية

الجديد و الحصري...زوروا موقعنا:
http://sites.google.com/site/lotphilosophie/

حصري من إنجاز الأستاذ: ج.لطفي
Lotphilosophie

1) إنكســار الضــوء

الكفاءات المستهدفة :

- يميز بين ظاهرتي الإنعكاس والإنكسار
- يفسر انحراف الضوء في وسط شفاف بقانوني الإنكسار
- يتعرف على بعضَ تطبيقات ظاهرة الإنكسار

- لماذا تبدو الأجسام المغمورة في الماء مشوهة ؟
- كيف نفسر ظاهرة السراب ؟
- ما هي الألياف البصرية ؟

فحص طبي بمنظار الألياف البصرية

الجديد و الحصري...زوروا موقعنا:
http://sites.google.com/site/lotphilosophie/

حصري من إنجاز الأستاذ: ج.لطفي
Lotphilosophie

إنكســـار الضـــوء

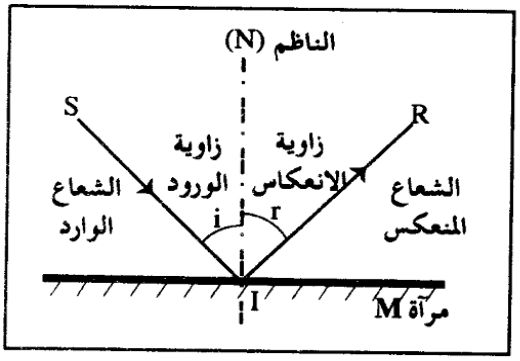
1. ظاهرة الإنكسار

تذكير حول ظاهرة انعكاس الضوء

ظاهرة ارتداد الضوء من سطح عاكس وفق جهة معينة تدعى **الإنعكاس** ،
حيث أن الشعاع **الوارد** والشعاع المنعكس و الناظم للسطح في نقطة الورود تقع في نفس المستوي .

ــ إذا كانت زاوية الورود معدومة فإن زاوية الإنعكاس كذلك معدومة .

ــ **الإنعكاس :** هو ظاهرة ارتداد الضوء في نفس الوسط على سطح عاكس.



قوانين الإنعكاس

ــ **القانون الأول :** الشعاع الوارد والشعاع المنعكس والناظم للسطح العاكس تقع في نفس المستوي .

ــ **القانون الثاني :** زاوية الورود تساوي زاوية الإنعكاس ، و يكتب :

$$i = r$$

ظاهرة الإنكسار

إنحراف الضوء

رأينا في سابقا أن الضوء ينعكس عندما يرد إلى سطح عاكس . ماذا يحدث له عندما يجتاز السطح الفاصل بين وسطين شفافين ؟

2.1 مشاهدات أولية

نشاط ــ 1

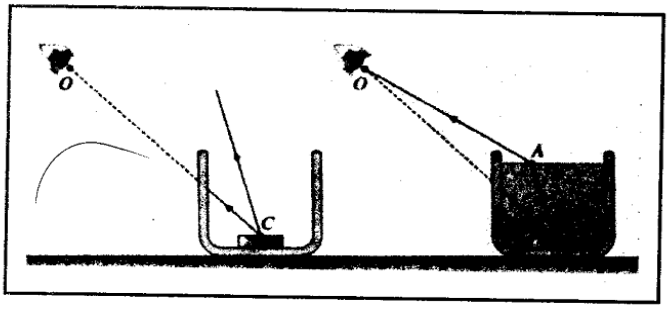
نضع قطعة نقدية في قعر فنجان موضوع فوق طاولة ، ابتعد عن الطاولة و توضع في المكان الذي تنتهي رؤية القطعة النقدية و لا تتحرك .

ــ اطلب من زميل لك أن يملأ الفنجان بالماء . ماذا تلاحظ ؟
لماذا لا ترى القطعة النقدية عندما يكون الفنجان فارغا ؟
لماذا تصبح القطعة النقدية مرئية عند ملأ الفنجان بالماء ؟
حسب رأيك ما هو المسار الذي اتبعه الشعاع الضوئي الحامل لصورة القطعة النقدية في كل حالة ؟

المنقشة :

ــ إذا كانت العين (ممثلة بـــ O) لا يمكن أن ترى المركز C للقطعة النقدية عندما يكون الفنجان فارغا فهذا راجع أن الشعاع الضوئي الممثل بالمستقيم CO لا يصل إلى العين بسبب جدار الفنجان . و هذا دليل على الإنتشار المستقيم للضوء .

ــ بعض الأشعة الضوئية الآتية من المركز C للقطعة النقدية تصل إلى العين O عندما يكون الفنجان مملوءا ، فهذا حتما تكون المستقيمات الممثلة لها قد غيرت مسارها بوجود الماء والهواء أي انكسرت عند السطح الفاصل بين الوسطين الماء و الهواء .



نتيجة :

يحدث انكسار للأشعة الضوئية و تغير من جهتها عند السطح الفاصل بين وسطين شفافين مختلفين .

الجديد و الحصري...زوروا موقعنا:
http://sites.google.com/site/lotphilosophie/

حصري من إنجاز الأستاذ: ج.لطفي
Lotphilosophie

نشاط ــ 2

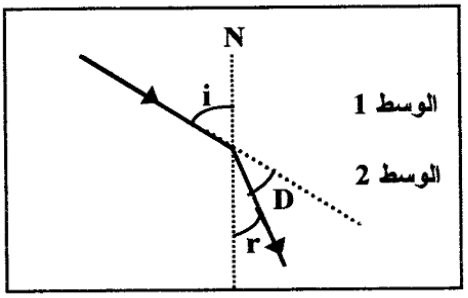
ضع كمية من الماء في حوض شفاف ، ثم أسقط حزمة ضوئية رفيعة على السطح الحر للماء .
لتجسيد مسار الضوء في الهواء استخدم غبار الطبشور مثلا ، و لتجسيد و مشاهدة مساره داخل الماء استعمل مادة ملونة مثل الفليورسين أو الإيوزين ، أو إضافة قطرات من الحليب للماء .

ــ صف ما تشاهده .

ــ نلاحظ أن الحزمة الضوئية تنحرف (تنكسر) عن مسارها عند السطح الحر للماء كما نلاحظ انعكاس لبعض الأشعة.
ــ نلاحظ أن الحزمة الواردة تقع في نفس المستوي للحزمة المنكسرة .

نتيجة :

ــ عندما تسقط حزمة ضوئية على سطح الماء ، يحدث لها انعكاس والجزء الآخر ينفذ في الماء مع حدوث انكسار في مساره .
ــ الحزمة الواردة والحزمة المنكسرة تقعان في نفس المستوي .
ــ تسمى هذه الظاهرة الأخيرة « ظاهرة انكسار الضوء » .



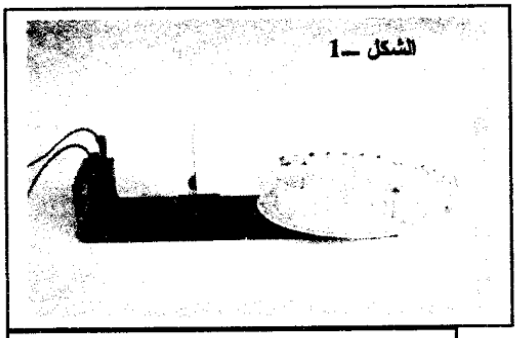
تعاريـــف

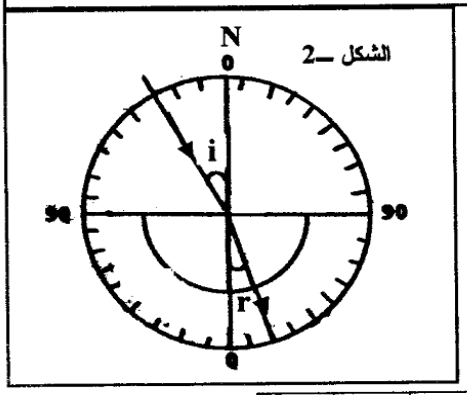
ــ نسمي الشعاع المنتشر في الوسط الأول : **الشعاع الوارد**
ــ نسمي الشعاع المنتشر في الوسط الثاني : **الشعاع المنكسر**
ــ نسمي السطح الذي يفصل بين الوسطين الشفافين الأول و الثاني : **السطح الكاسر.**
ــ نسمي المستقيم العمودي على السطح الكاسر : **الناظم .**
ــ نسمي الزاوية المحصورة بين الشعاع الوارد و الناظم : **زاوية الورود**

ــ نسمي الزاوية المحصورة بين الشعاع المنكسر و الناظم : **زاوية الإنكسار .**
ــ نسمي الزاوية المحصورة بين امتداد الشعاع الوارد و الناظم : **زاوية الإنحراف .**

الدراسة الكمية لظاهرة الإنكسار

نريد من خلال هذه الدراسة التجريبية الوصول إلى علاقة بين زاوية الورود و زاوية الإنكسار.





• الوسائل المستعملة :

ــ منبع ضوئي مغطى بحاجز عاتم و به شق ؛
ــ قرص بصري ؛
ــ قطعة من الزجاج أو من " البليكسيغلاس " ذات شكل نصف أسطواني ؛
ــ حوض من البلاستيك شكله نصف أسطواني و شفاف ؛
ــ ماء و سائل آخر (كحول مثلا) .

تجربة ــ1 : العلاقة بين i و r .

ــ شغل الجهاز واضبط التركيب (الشكل ــ1) بحيث يظهر أثر الحزمة الضوئية الواردة من المنبع على سطح القرص و تلاقي مركز الجسم نصف الأسطواني من الوجه المسطح .
ــ بتدوير القرص المدرج اضبط زاوية الورود i عند القيم المقترحة في الجدول الآتي ، واقرأ في كل مرة قيمة زاوية الإنكسار r الموافقة (الشكل ــ2).

1ــ سجل النتائج المتحصل عليها في الجدول ثم أكمله :

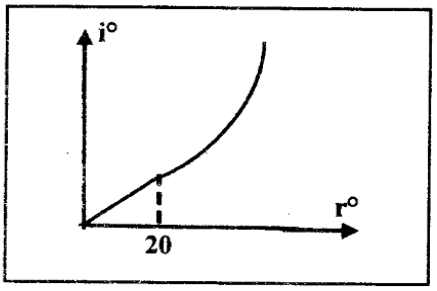
زاوية الورود i(°)	0	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90
زاوية الإنكسار r(°)											
i / r											
sin i											
sin r											
sin i / sin r											

الجديد و الحصري...زوروا موقعنا:
http://sites.google.com/site/lotphilosophie/

حصري من إنجاز الأستاذ: ج.لطفي
Lotphilosophie

1ــ تسجيل النتائج المتحصل عليها في الجدول ثم اكماله :

زاوية الورود i(°)	0	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90
زاوية الإنكسار r(°)	0	6,5	9,9	12,9	19	25	31	35	39	41	42
i / r		1,5	1,5	1,5	1,57	1,6	1,61	1,7	1,8	1,95	2,1
sin i	0	0,17	0,25	0,34	0,5	0,64	0,76	0,86	0,93	0,98	1
sin r	0	0,11	0,17	0,22	0,32	0,42	0,51	0,57	0,62	0,65	0,67
sin i / sin r		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5



1ــ ماذا تلاحظ ؟

ــ نلاحظ أن : $i / r = 1,5$ قيمة ثابتة في حالة الزوايا الصغيرة فقط .

ــ نلاحظ أن : $\sin i / \sin r = 1,5$ قيمة ثابتة في كل الحالات .

2ــ ارسم بيان تغيرات i بدلالة r . ماذا تستنتج ؟

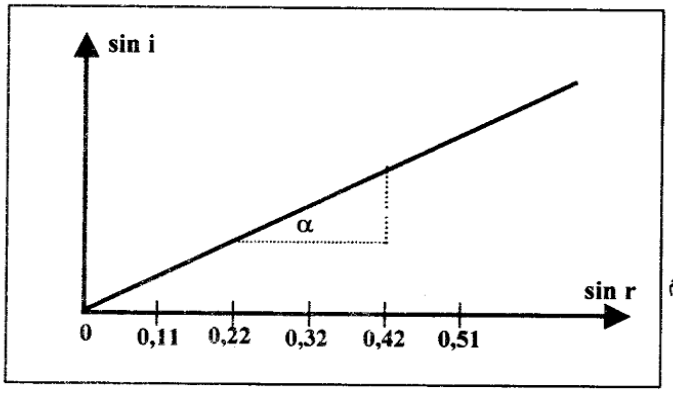
ــ بيان تغيرات i بدلالة r عبارة عن خط مستقيم يمر من المبدأ (0 ، 0) و من أجل الزوايا الصغيرة الأقل من 20° بعدها المنحنى كيفي .

ــ نستنتج أنه من أجل الزوايا الصغيرة :

$$i / r = Cte = 1,5 = n \quad \text{أو} \quad r = n \cdot i$$

ــ ارسم بيان تغيرات sin i بدلالة sin r . ماذا تستنتج ؟ احسب معامل توجيه المنحنى .

ــ اقترح صيغة رياضية بين i و r .



ــ رسم منحنى sin i بدلالة sin r : انظر الشكل :

2ــ استنتاج من البيان العلاقة الرياضية التي تربط sin i بدلالة sin r : نلاحظ من البيان في الشكل المقابل أن كل النقاط الممثلة موجودة تقريبا على نفس الإستقامة ، فمنحنى sin i بدلالة sin r عبارة عن خط مستقيم مائل يمر من المبدأ (0 ، 0) أي أن عبارة تغيرات sin i بدلالة sin r هي دالة خطية من الشكل : $\sin i = n \cdot \sin r$ ، حيث a معامل التوجيه للمستقيم و هو ثابت و موجب و يمكن إيجاد قيمته :

$$n = \tan \alpha = (0,64 - 0,34)/(0,42 - 0,22) = 1,5.$$

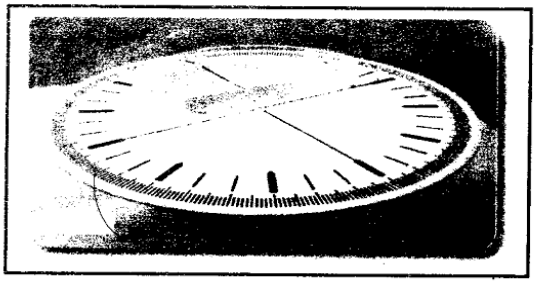
و منه نستنتج العلاقة الرياضية التي تربط الفاصلة sin i بدلالة sin r : $\sin i = 1,5 \sin r$

$\sin i / \sin r = n$.

مفهوم قرينة الإنكسار

تجربة ــ2 :

أعد التجربة السابقة باستعمال الحوض نصف الأسطواني في التجهيز السابق.



ــ املأ الحوض بالماء و أعد نفس العمليات السابقة : حدد i ، قس r ، ثم احسب sin i و sin r ، و النسبة sin i / sin r ، و لخص ذلك في جدول .

نكمل نفس الجدول السابق و نلاحظ تغير في قيم زوايا الإنكسار و لكن نحصل على نسب ثابتة مثل التجربة الأولى و لكن بقيمة مختلفة .

$$i / r = Cte = n'$$

$$\sin i / \sin r = n'$$

ــ ماذا تستنتج من التجربتين 1 و 2 ؟

نتيجة : تكون النسبة : $\sin i / \sin r = n$ دائما ثابتة بالنسبة لوسطين شفافين و نرمز لها بـــ n .

الجديد و الحصري...زوروا موقعنا:
http://sites.google.com/site/lotphilosophie/

حصري من إنجاز الأستاذ: ج.لطفي
Lotphilosophie

ــ تطور قانوني الإنكسار عبر التاريخ

ــ **بطليميوس (ptolémée) : 110 – 160** : اهتم العالم اليوناني "بطليميوس" بظاهرة الإكسار كيفيا و صرح أن الشعاع الوارد والشعاع المنكسر يقعان في مستو عمودي على سطح وسط الإنكسار والأشعة التي ترد عمودية على هذا السطح لا تنكسر.

ــ **روبيرغرستات (R.Grossetete) : 1178 – 1253)** : يعتبر هذا العالم من الأوائل اللذين اعتمدوا الطريقة التجريبية الحديثة لدراسة قوانين الإنكسار ، و اقترح أن زاوية الإنكسار تساوي ضعف زاوية الورود .

ــ **جوهانيس كيبلر (J.Kepler) : 1571 – 1630)** : اقترح علاقة طردية بين زوايا الإنكسار والورود من أجل قيم صغيرة لزوايا الورود .

ــ **روني ديكارت (R.Descartes) : 1596 – 1650)** : اعتمادا على نتائج نظرية و تجريبية صاغ « ديكارت » قانون الإنكسار بالعلاقة الآتية : $n_1 . \sin i = n_2 . \sin r$

حيث n_1 القرينة المطلقة للوسط الأول و n_2 القرينة المطلقة للوسط الثاني و تدعى النسبة n_2 / n_1 بقرينة انكسار الوسط الثاني بالنسبة للموسط الأول .

1ــ من الإقتراحات المذكورة أعلاه ، ما هي التي تحقق تجريبيا ؟
2ــ علما أن قرينة انكسار الهواء هي $n = 1$ ، ما هي قرينة انكسار كل من الزجاج والماء ؟
3ــ ما هما القانونان اللذان يمكن إعطائهما لظاهرة الإنكسار ؟

ــ للإجابة على هذه الأسئلة نقوم بتحليل النتائج التجريبية السابقة :
نستنتج من جدول القياسات ان النسبة $i / r = Cte = n'$ ثابتة فقط بالنسبة للزوايا الصغيرة .
هذه التجربة تحقق إقتراح **جوهانيس كيبلر ((J.Kepler)** المذكور أعلاه .

ــ النسبة $\sin i / \sin r$ تكون ثابتة دائما . نرمز للنسبة الثابتة $\sin i / \sin r$ بالرمز **n** و نسميها القرينة النسبية لإنكسار الوسط 2 بالنسبة للوسط 1 . فمثلا في التجربة السابقة يكون : $n = 1,50$ و هي القرينة النسبية لإنكسار الزجاج بالنسبة للهواء . هذه التجربة تحقق إقتراح **روني ديكارت (R.Descartes)** المذكور أعلاه .

ــ نلاحظ أن الحزمة الواردة والحزمة المنكسرة تقعان في نفس المستوي . و منـــه نستنتج :

القانون الأول للإنكسار :

الشعاع الضوئي الوارد و الشعاع الضوئي المنكسر الموافق له يقعان في نفس المستوي الذي هو مستوى الورود .

القانون الثاني للإنكسار :

ــ تكون النسبة $i / r = Cte = n$ ثابتة في حالة زوايا ورود صغيرة أي أقل من $10°$.
ــ من أجل وسطين شفافين ، متجانسين ، تكون النسبة بين sin زاوية الورود و sin زاوية الإنكسار ثابتة و هذا مهما كانت زاوية الورود .

$$\sin i / \sin r = Cte = n$$

ــ الثابت n يرمز للقرينة النسبية لإنكسار الوسط 2 بالنسبة للوسط 1 لذا يرمز للثابت n بـــ $n_{2/1}$.

بينت التجارب بأن $n_{2/1} = V_2 / V_1$ حيث V_1 سرعة الضوء في الوسط 1 ، V_2 سرعة الضوء في الوسط 2 .
نسمي القرينة النسبية لإنكسار وسط شفاف بالنسبة للفراغ بالقرينة المطلقة لإنكسار هذا الوسط ، و يرمز لها بالرمز **n**

$$n = C / V$$

حيث **C** سرعة الضوء في الفراغ ، **V** سرعة الضوء في هذا الوسط .

من العلاقة : $n_{2/1} = V_1 / V_2$ لدينا : $n_{2/1} = V_1 / V_2 . C/C = V_1 / C . C/V_2$.

$$n_{2/1} = n_2 / n_1 \quad \text{إذن :}$$

نعوض في العلاقة السابقة نجد : $\sin i / \sin r = n_{2/1} = n_2 / n_1$

و منه نستنتج العلاقة العامة للقانون الثاني للإكسار و هي : $n_1 . \sin i = n_2 . \sin r$

و في حالة الزوايا الصغيرة : $n_1 . i = n_2 . r$

الجديد و الحصري...زوروا موقعنا:
http://sites.google.com/site/lotphilosophie/

حصري من إنجاز الأستاذ: ج.لطفي
Lotphilosophie

ملاحظات :

1ــ سرعة الضوء في الفراغ تساوي تقريبا سرعته في الهواء فإن القرينة المطلقة لإنكسار الهواء تساوي 1 .
القرينة المطلقة لإنكسار وسط تساوي قرينة إنكساره النسبية بالنسبة للهواء والتي نسميها اختصارا قرينة إنكسار الوسط .

2ــ عندما تكون قرينة إنكسار وسط 1 أكبر من القرينة إنكسار وسط 2 يقال أن الوسط 1 أشد كسرا من الوسط 2 .

ــ قيم قرائن الإنكسار n لبعض المواد :

المادة	الهواء	الجليد	الماء	الكحول الآيثيلي	الزجاج العادي	زجاج الفلينت الخفيف	الماس
n	1	1,31	1,33	1,36	1,38	1,58	2,42

2ــ الإنكسار الحدي و الإنعكاس الكلي

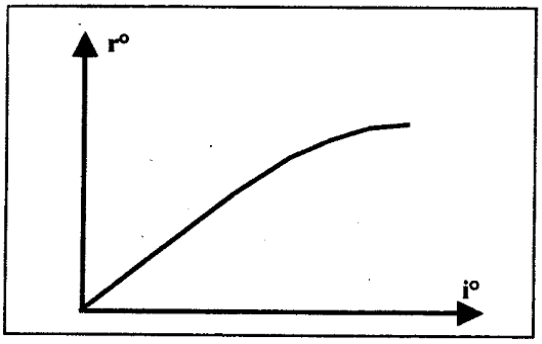
بنفس التجهيز السابق نستمر في الدراسة التجريبية لظاهرة الإنكسار .

أــ الإنكسار الحدي

من جدول نتائج التجربة ــ1 السابقة ،

زاوية الورود i(°)	0	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90
زاوية الإنكسار r(°)	0	6,5	9,9	12,9	19	25	31	35	39	41	42

1ــ ارسم بيان تغيرات r بدلالة i .
2ــ من المنحنى ، هل يمكنك أن تعبر عن علاقة تربط بين r و i في مجال القيم الصغيرة لــ i ؟
3ــ ماذا يحدث للزاوية r ابتداء من قيمة معينة لــ i ؟



1ــ رسم بيان تغيرات r بدلالة i :

2ــ علاقة بين r و i في مجال القيم الصغيرة لــ i ؟

ــ رسم منحنى r بدلالة i : انظر الشكل :

ــ استنتاج من البيان العلاقة الرياضية التي تربط r بدلالة i :
نلاحظ من البيان في الشكل المقابل أن كل النقاط
الممثلة **في مجال القيم الصغيرة لــ i** موجودة تقريبا على نفس الإستقامة ،
فمنحنى r بدلالة i عبارة عن خط مستقيم مائل يمر من المبدأ (0 ، 0)
أي أن عبارة تغيرات r بدلالة i هي دالة خطية من الشكل :

$r = a \cdot i$ ، حيث a معامل التوجيه للمستقيم و هو ثابت و موجب و يمكن إيجاد قيمته :

$$a = \tan\alpha = (13 - 6,5)/(20 - 10) = 0,64.$$

ــ نعم يمكن إيجاد علاقة تربط بين r و i في مجال القيم الصغيرة لــ i و هي :
نعوض بقيمة a في علاقة r فنحصل : $r = 0,64 \cdot i$ ..... (1) ،
نقارن هذه العلاقة بالعلاقة التي حصلنا عليها سابقا : $i / r = 1,5 = n$ ..... (2)

فنستنتج أن :

$$i = n \cdot r \quad \text{أو} \quad r = 1/n \cdot i$$

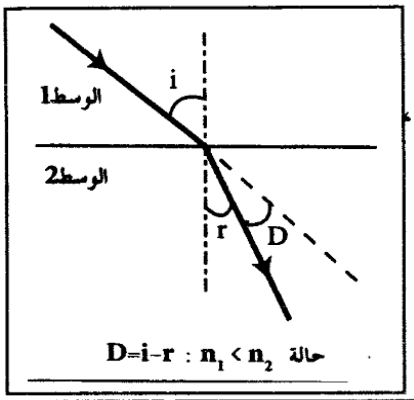
3ــ ابتداء من قيمة معينة لــ i و هي 90° يحدث للزاوية r ثبوت أي تصل إلى حد معين و يساوي 42° و تثبت عندها.

الجديد و الحصري...زوروا موقعنا:
http://sites.google.com/site/lotphilosophie/

حصري من إنجاز الأستاذ: ج.لطفي
Lotphilosophie

التحليـــل :

ــ الحالة التي ينتقل فيها الضوء من وسط أقل كسرا إلى وسط أشد كسرا (من الهواء إلى الزجاج) :

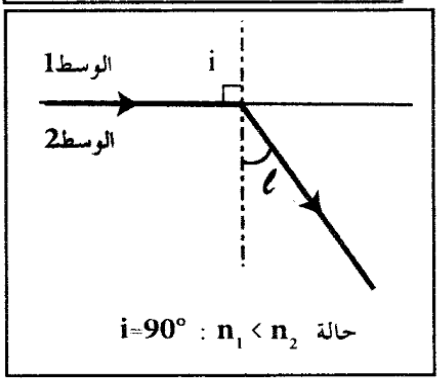


لدينا : $n_1 . \sin i = n_2 . \sin r$ $\Rightarrow$ $n_2 > n_1$ $\Rightarrow$ $\sin r < \sin i$ $\Rightarrow$ $r < i$

فالشعاع المنكسر ، إذن ، يقترب أكثر من الناظم (الشكل) :

نتيجة : عندما ينتقل شعاع ضوئي من وسط أقل كسرا إلى وسط أكثركسرا ، فإنه ينحرف مقتربا أكثر من الناظم و من السهل ملاحظة زاوية الإنحراف ، ف ، على الشكل و تعطى قيمتها بالعلاقة : $D = i - r$

ــ عندما تتغير قيمة زاوية الورود **i** من 0° إلى 90° ، تتغير ، تبعا لذلك ، قيمة زاوية الإنكسار من 0° إلى قيمة حدية **L** . و تسمى زاوية الإنكسار الحدية ، من أجل هذه القيمة الحدية ، **زاوية الإنكسار الحدي** (الشكل)



بتطبيق العلاقة : $n_1 . \sin i = n_2 . \sin r$ على هذه الحالة :

(حيث $i = 90°$ ، $r = L$)

يكون : $\sin L = n_1 / n_2$

مما سبق يمكن أن نستنتج بأن كل شعاع ضوئي ينتقل من وسط أقل كسرا إلى وسط أشد كسرا عبر نقطة ورود ثابتة يؤدي إلى شعاع منكسر يكون محصورا داخل مخروط نصف زاوية رأسه L ، و هذا مهما كانت زاوية ورود هذا الشعاع الضوئي .

ب ــ الإنعكاس الكلي

بنفس التجهيز السابق نستمر في الدراسة التجريبية لظاهرة الإنكسار ، لكن هذه المرة ندرس مرور الضوء من الزجاج (أو البليكسيغلاس) إلى الهواء .

1ــ أكمل الجدول الأتي :

زاوية الورود i(°)	0	10	20	30	40	42	44	46	48	50	60	70	80
زاوية الإنكسار r(°)													

1ــ صف بجملة أو جملتين ملاحظاتك .

عندما تتغير قيمة الورود i من 0° إلى القيمة 42° تتغير ، تبعا لذلك ، قيمة زاوية الإنكسار r من 0° إلى 90° و من أجل القيمة 42° لزاوية الورود يكون الشعاع الضوئي المنكسر منطبقا على السطح الفاصل بين الوسطين.

2ــ حدد قيمة الزاوية i التي يحدث عندها انعكاس كلي للشعاع الوارد .

الزاوية i التي يحدث عندها انعكاس كلي للشعاع الوارد هي 42°

3ــ قارن هذه القيمة مع الحدية للانكسار المحددة سابقا (في التجربة أــ).

هذه القيمة 42° هي نفس القيمة التي وجدناها سابقا (في التجربة أــ) والتي تمثل زاوية الإنكسار الحدي L .

4ــ استبدل في التجهيز السابق الجسم الزجاجي بالحوض المائي و حدد مباشرة قيمة الزاوية الحدية في هذه الحالة.

عندما نستبدل في التجهيز السابق الجسم الزجاجي بالحوض المائي و نحدد مباشرة قيمة الزاوية الحدية فنجدها 48°

5ــ استبدل في التجهيز السابق الجسم الزجاجي بالحوض به كحول و حدد مباشرة قيمة الزاوية الحدية في هذه الحالة.

عندما نستبدل في التجهيز السابق الجسم الزجاجي بالحوض به كحول و نحدد مباشرة قيمة الزاوية الحدية فنجدها 47°

5ــ في رأيك بماذا تتعلق هذه الزاوية التي نسميها بزاوية " الإنكسار الحدي " ، و التي نرمزلها بالرمز L

تتعلق هذه الزاوية التي نسميها بزاوية " الإنكسار الحدي " بطبيعة الوسطين أي بقرينة انكسار الوسط الأول و الثاني.

الجديد و الحصري...زوروا موقعنا:
http://sites.google.com/site/lotphilosophie/

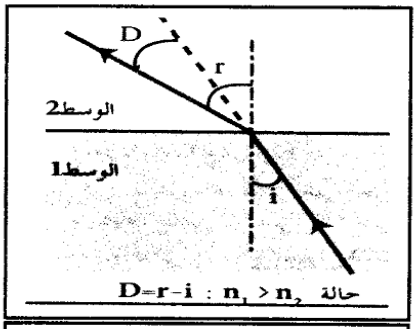
حصري من إنجاز الأستاذ: ج.لطفي
Lotphilosophie

التحليـــل :

ـ الحالة التي ينتقل فيها الضوء من وسط أشد كسرا إلى وسط أقل كسرا (من الزجاج إلى الهواء)

عندما ينتقل الضوء من الزجاج إلى الهواء : $n_2 < n_1$

لدينا : $n_1 . \sin i = n_2 . \sin r \Rightarrow \sin r > \sin i \Rightarrow r > i$



فالشعاع المنكسر ، إذن ، يبتعد أكثر من الناظم (الشكل) :

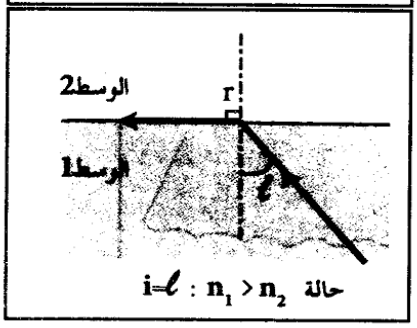
نتيجة : عندما ينتقل شعاع ضوئي من وسط أشد كسرا إلى وسط أقل كسرا ، فإنه ينحرف مبتعدا عن الناظم و تكون زاوية الإنحراف ، ف ، على الشكل و تعطى قيمتها بالعلاقة : $D = r - L$

عندما تتغير قيمة الورود i من 0° إلى القيمة الحدية L تتغير ، تبعا لذلك ، قيمة زاوية الإنكسار r من 0° على 90° .

و من أجل القيمة الحدية L لزاوية الورود يكون الشعاع الضوئي المنكسر منطبقا على السطح الفاصل بين الوسطين . أما عندما يرد الشعاع الضوئي بزاوية ورود $i > L$ ، فإن هذا الشعاع لا ينفذ إلى الوسط 2 (لا ينكسر) و لكنه يرجع في الوسط 1 ، و تحدث له ظاهرة الإنعكاس فقط . و تسمى هذه الظاهرة :

ظاهرة الإنعكاس الكلي .

يلعب الكاسر المستوي في هذه الحالة دور مرآة مستوية .



ملاحظة : يمكن استخلاص من كل هذه النتائج بتطبيق مبدأ الرجوع العكسي للضوء على النتائج المتحصل عليها في الفقرة السابقة.

عندما تقترب i من L ، مع بقاء $i < L$ دائما ، نلاحظ أن جزءا من الضوء ينكسر و جزءا منه ينعكس (انعكاس جزئي).

ملاحظة : في الحالة العامة تحسب الزاوية الحدية للإنكسار بالعلاقة $\sin L = n_1 / n_2$. $(n_1 / n_2 \leq 1)$

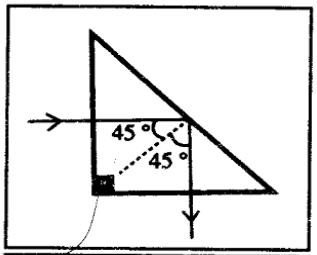
حيث : n_1 هي قرينة الإنكسار المطلقة للوسط الأول (وسط الورود) و n_2 قرينة الإنكسار المطلقة للوسط الثاني .

بعض تطبيقات الإنكسار الحدي و الإنعكاس الكلي

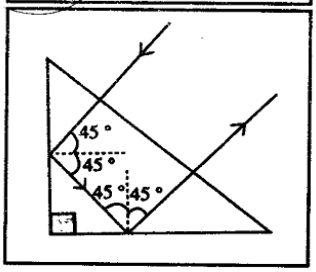
أ) ـ الموشور ذو الإنعكاس الكلي

هو موشور مصنوع من الزجاج يتميز بمقطع رئيسي على شكل مثلث قائم الزاوية ومتساوي الضلعين . يستخدم في كثير من الأجهزة البصرية .

يمكن استعماله بطريقتين مختلفتين :



1ـ يرسل الشعاع الضوئي عمودي على أحد وجهيه من جهة الزاوية القائمة فيدخل إلى الموشور دون انحراف ثم يحدث له انعكاسا كليا عندما يصل إلى الوجه المقابل للزاوية القائمة (لأن زاوية الورود في هذه الحالة تساوي 42°) ، فيبرز من الوجه الثالث دون انحراف ، صانعا زاوية قائمة مع منحى الورود .



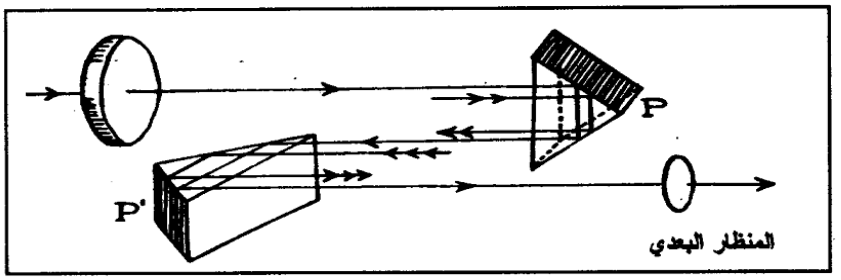
2ـ يرسل الضوء على الوجه المقابل للزاوية القائمة (وتر المثلث) فيسقط على أحد الوجهين للزاوية القائمة بزاوية قدرها 45° ، فيحدث له انعكاسين متتاليين لينفذ من الموشور موازيا لمنحى الورود . فهو إذن يسلك ، في هذه الحالة ، سلوك مرآتين مستويتين متعامدتين .

يدخل هذا النوع من الموشور في كثير من الأجهزة البصرية المختلفة . بإستعمال موشورين أو أكثر من هذه النوع ، بتركيبة معينة نحصل على جملة بصرية لها وظيفة قيادة الشعاع الضوئي دون ضياع .

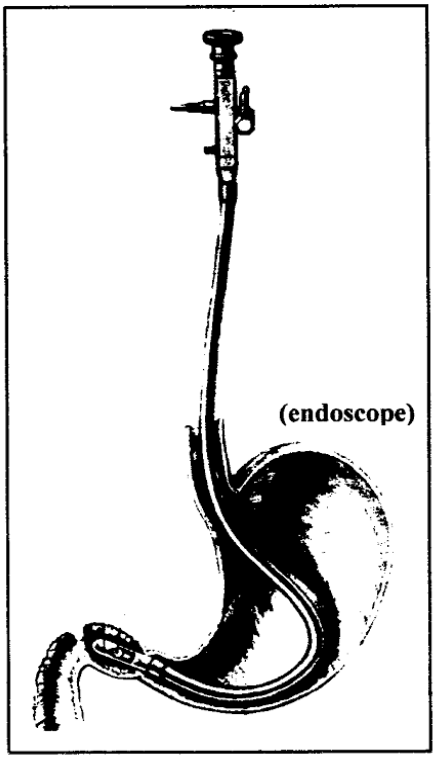
مثل " منظار الأفق " (périscope) الذي يستعمل في الأماكن التي تصعب فيها الرؤية المباشرة ؛ مثلا داخل الغواصات أو للنظر عن بعد بواسطة " المنظار البعدي " **(jumelles à prismes)**

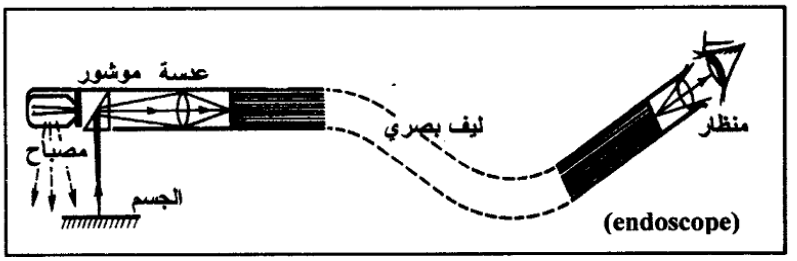
الجديد و الحصري...زوروا موقعنا:
http://sites.google.com/site/lotphilosophie/

حصري من إنجاز الأستاذ: ج.لطفي
Lotphilosophie



و جهاز المجواف (**endoscope**) الذي يحتوي كذلك عدسات وألياف بصرية و يستخدم في الطب خاصة لفحص الأعضاء الداخلية الإنسان .





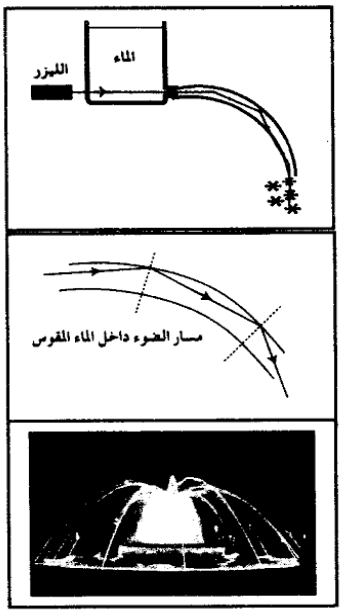
ب) النافورة الضوئية

ـــ لدينا حوض مائي به فتحة في الأسفل يتدفق منها الماء . يرسل عبر الحوض حزمة أفقية من ضوء الليزر . نلاحظ أن الحزمة لا تبقى أفقية ، بل تتبع خيط الماء المقوس الخارج من فتحته السفلية حتى يتجزء إلى قطرات صغيرة ، فينبعث منها الضوء .

كيف نفسر هذه الظاهرة ؟

ـــ يمكن أن نفسرها بظاهرة انكسار الضوء (حالة الإنعكاس الكلي) ، حيث أن قرينة انكسار الماء أكبر من قرينة انكسار الهواء .

في هذه الحالة يلاقي الشعاع الضوئي السطح الفاصل بين الماء والهواء بزاوية ورود أكبر من الزاوية الحدية للماء (49°) فيحدث انعكاس كلي ثم ينعكس من جديد عند نقاط أخرى بالتتالي بنفس الكيفية ، متبعا المنحى المقوس للماء حتى يخرج منه على شكل قطرات مضيئة .

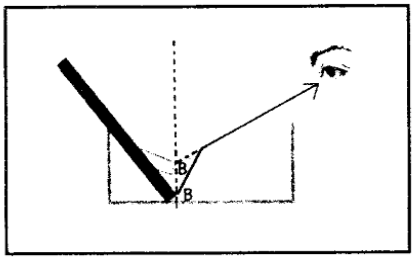


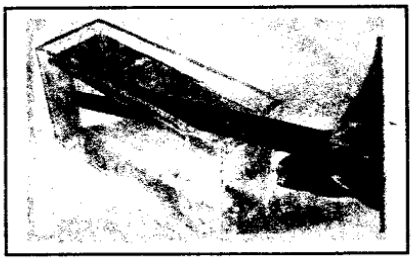
ـــ يستخدم نفس المبدأ في النافورة المائية ، حيث يدفع الماء شاقوليا للأعلى و تنفتح الخيوط المائية المضيئة على شكل باقة مضاءة الأطراف بسبب ظاهرة الإنتشار .

ـــ تحدث نفس الظاهرة داخل أنبوب من الزجاج أو من البلاستيك إذا كان منحنيا بشكل كاف ، فنستعملها لقيادة الضوء و توصيله إلى أماكن يصعب إرسال الضوء بشكل مستقيم أو مباشر .

و تستخدم هذه الخاصية في كثير من الأجهزة البصرية في الطب (المنظار الداخلي أو المجواف) و في مجال الإتصالات الحديثة (الهاتف ، البث التلفزيوني ، ...) باستخدام ما يسمى بـــ « **الألياف البصرية** » .

جـــ) لماذا يبدو الجسم المغمور في الماء مشوها ؟





لماذا يبدو القضيب و كأنه انكسر في الماء ؟

إن الشعاع الضوئي المنبعث من النقطة B (نهاية الجزء المغمور من القضيب) يمر من الماء إلى الهواء ، فيحدث له انكسار عند السطح الفاصل ، فيبتعد عن الناظم .

تستقبل العين هذا الشعاع و كأنه آت من النقطة B' (تقاطع امتداد الشعاع المنكسر مع الناظم لسطح الماء بالنقطة B) .

الجديد و الحصري...زوروا موقعنا:
http://sites.google.com/site/lotphilosophie/

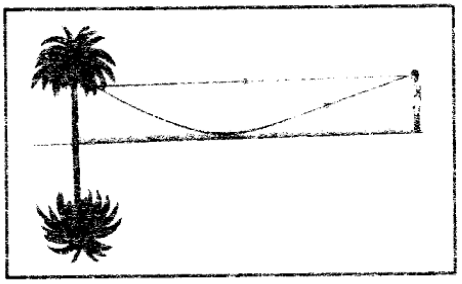
حصري من إنجاز الأستاذ: ج.لطفي
Lotphilosophie

د) كيف نفسر ظاهرة السراب ؟

السراب ظاهرة فيزيائية تحدث أحيانا عند توفر بعض الشروط المناخية و هو خداع بصري يفسر بظاهرة انكسار الضوء . يحدث في المناطق التي يكون فيها تفاوت في درجة حرارة طبقات الهواء المتجاورة مغيرة قرينة انكسار الهواء من طبقة إلى أخرى .

مثـال :

صورة النخلة المقلوبة التي تظهر في الصحراء و كأنه هناك طبقة من الماء تعكسها .



ـ التفسير الفيزيائي :

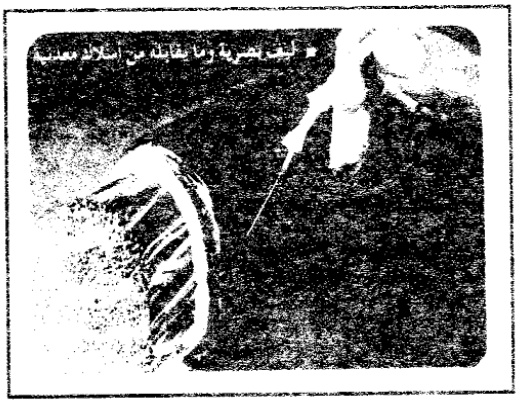
من الأشعة الضوئية الصادرة من نقطة A للنخلة التي تستقبلها عين المشاهد ، نميز إثنين منها :

- الشعاع الأول (1) المار من فوق طبقة الهواء الساخن ، لا يحدث له أي انحراف و يساهم في إعطاء الصورة الحقيقية للنخلة ..
- الشعاع الثاني (2) ينحرف عن مساره بالقرب من التربة بسبب طبقة الهواء الساخن بسبب انكسارات متتالية ويساهم في إعطاء صورة وهمية للنخلة مقلوبة بالنسبة للأولى .

هـ) ـ أضواء اللؤلؤ (Les Feux du diamant)

بالنسبة للؤلؤ ، تكون قرينة انكسار مادته كبيرة ($n = 2,4$) فتكون زاويته الحدية صغيرة ($L = 25°$) بالإضافة لأبعاده المناسبة عندما يستقبل الضوء المنتشر فإنه يحدث له انعكاس أو عدة انعكاسات كلية قبل خروجه من اللؤلؤ و بذلك نفسر الأضواء الوهاجة للؤلؤة .

ن) ـ الألياف البصرية



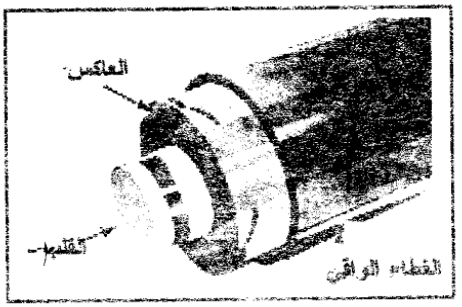
وسيلة الإتصال في العصر الحديث ، تقنية الألياف البصرية !...
جعلت الألياف البصرية الملايين من المشتركين يحصلون على خدمات رائدة في الإتصالات خلال دقائق، ونقلت الإنترنت إلى القارات عبر البحار.

ما هي الألياف البصرية؟

الألياف البصرية هي مجموعة من ألياف مصنوعة من الزجاج النقي طويلة و رفيعة لا يتعدى سمكها سمك الشعرة يجمع العديد من هذه الألياف في حزم أي مئات أو ربما الآلاف من هذه الألياف الضوئية ، تصطف معا في حزمة لتكوّن الحبل الضوئي الذي يُحمى بغطاء خارجي و تستخدم في نقل الإشارات الضوئية لمسافات بعيدة جدا ، مئات أو الآلاف الكيلومترات . تستعمل بالخصوص في شبكات الاتصال .الألياف البصرية هي إحدى التطبيقات العملية لظاهرة الإنعكاس الكلي .

ـ ما هي مكونات الليف البصري ؟

يتكون الليف البصري من :



القلب : زجاج رفيع ينتقل فيه الضوء ، قرينة انكساره أكبر من قرينة انكسار الغلاف الخارجي ($n_c > n_g$) .

العاكس : مادة تحيط بالقلب الزجاجي وتعمل على عكس الضوء مرة أخرى إلى داخل الليف البصري .

الغطاء الواقي : غلاف بلاستيكي يحمي الليف البصري من الرطوبة كما يحميه من الضرر و الكسر.

مئات أو ربما الآلاف من هذه الألياف البصرية تصطف معا في حزمة لتكون الحبل الضوئي الذي يُحمى بغطاء خارجي.

تنقسم الألياف الضوئية بصفة عامة إلى نوعين أساسيين :

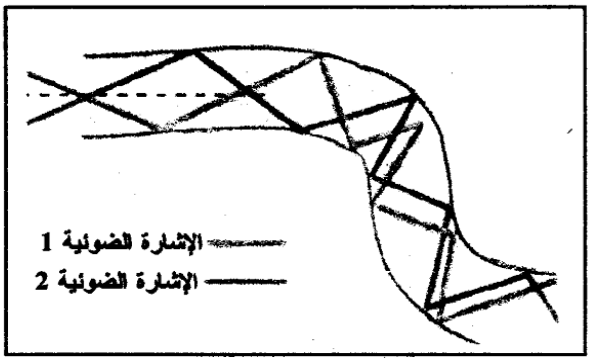
1ـ الألياف البصرية أحادي الإشارة الضوئية : تنتقل من خلالها إشارة ضوئية واحدة فقط في كل ليفة ضوئية من ألياف الحزمة و هي تستخدم في شبكات التلفون وأسلاك النقل في التلفزيون . هذا النوع من **الألياف** يتميز بصغر نصف قطر القلب الزجاجي حيث يصل إلى حوالي 9 micron و تمر من خلاله أشعة الليزر تحت **الحمراء .**

2ـ الألياف البصرية متعددة الإشارة الضوئية : و بها يتم نقل العديد من الإشارات الضوئية خلال الليفة الضوئية الواحدة مما يجعل استخدامها أفضل لشبكات الحاسوب. هذا النوع من الألياف يكون نصف قطره أكبر حيث يصل إلى 62.5 micron وتنتقل من خلاله الأشعة تحت الحمراء .

الجديد و الحصري...زوروا موقعنا:
http://sites.google.com/site/lotphilosophie/

كيف تعمل الألياف البصرية ؟ و كيف تُوصل الضوء ؟

إن الضوء ينتقل وفق خطوط مستقيمة، فإنه عند توجيه ومضة ضوئية خلال مسار طويل مستقيم ، فإنها ستصل للطرف الثاني من دون مشكل . ولكن ماذا لو كان بالمسار انحناء ؟



بسهولة يمكن أن تتغلب على ذلك بوضع مرآة عند الإنحناء لتعكس الضوء إلى داخل المسار مرة أخرى . و بنفس الطريقة تحل المشكلة لو كان المسار كثير الإنحناءات حيث تصطف مرايا على طول المسار لتعكس الضوء باستمرار من جانب للآخر ليبقى في مساره . هذه بالضبط هي فكرة عمل الألياف الضوئية . حيث ينتقل الضوء بواسطة الإنعكاس المستمر عن الجدار المحاذي للقلب الزجاجي انعكاسا داخليا كليا . و لأن هذا الجدار لا يمتص أي من الضوء الساقط عليه فإن الإشارة الضوئية يمكن أن تسافر مسافات طويلة دون تغير في شدتها.

يتكون نظام الألياف البصرية من ثلاث أجزاء أساسية :

1ــ الباعث (المرسل) : و هو الذي ينتج و يشفر الإشارة الضوئية حيث يكون الجزء الأساسي به هو المصدر الضوئي الذي قد يكون منبعا ضوئيا من الليزر أو صمام ثنائي ضوئي ، فإذا أردنا مثلا نقل إشارة تلفزيونية أو أي معلومة فإنه من الضروري تحرير الإشارة الضوئية طبقا للمعلومة المراد نقلها ، بتغيير شدتها ارتفاعا و انخفاضا أو إشعالها و إطفائها في تتابع .

2ــ الليف البصري : يقوم بتوصيل الإشارة الضوئية بتكرار انعكاسها وهو الجزء الذي تمّ شرحه بالتفصيل .

3ــ المستقبل : صمام ثنائي ضوئي ، يستقبل الإشارة الضوئية ليحولها إلى إشارة كهربائية ترسل إلى المستخدم الذي قد يكون التلفزيون أو التليفون .

مميزات الألياف البصرية :

تتميّز الألياف البصرية عن أسلاك التوصيل الكهربائية العادية بأنها :

1ــ أكثر قدرة على حمل المعلومات ، لأن الألياف البصرية ارفع من الأسلاك العادية فإنه يمكن وضع عدد كبير منها داخل الحزمة الواحدة مما يزيد عدد خطوط الهاتف أو عدد قنوات البث التليفزيوني في حبل واحد . يكفي أن تعرف إن عرض النطاق للألياف الضوئية يصل إلى 50 Mhz في حين أن أكبر عرض نطاق يحتاجه البث التليفزيوني لا يتجاوز 6 Mhz.

2ــ أقل حجما حيث أن نصف قطرها أقل من نصف قطر الأسلاك النحاسية التقليدية فمثلا يمكن استبدال سلك نحاسي قطره 7,62 cm بآخر من الألياف الضوئية قطره لا يتجاوز 0,635 cm و هذا يمثل أهمية خاصة عند مد الأسلاك تحت الأرض.

3ــ أخف وزنا ، فيمكن استبدال أسلاك نحاسية وزنها 94,5 kg بأخرى من الألياف الضوئية تزن فقط 3,6 kg .

4ــ أقل ضياع للإشارات الضوئية المرسلة.

5ــ عدم إمكانية تداخل الإشارات المرسلة من خلال الألياف المتجاورة في الحبل الواحد مما يضمن وضوح الإشارة المرسلة سواء أكانت محادثة تلفونية أو بث تلفزيوني . كما أنها لا تتعرض للتداخلات مما يجعل الإشارة تنتقل بسرية تامة مما له أهمية خاصة في الأغراض العسكرية .

6ــ غير قابلة للإشتعال مما يقلل من خطر الحرائق .

7ــ تحتاج إلى طاقة أقل في المولدات لأن الفقد خلال عملية التوصيل قليل .

بسبب هذه المميزات فإن الألياف البصرية دخلت في الكثير من الصناعات و خصوصا الإتصالات و شبكات الكمبيوتر. كما تستخدم في التصوير الطبي بأنواعه و في المجسات عالية الجودة للتغير في درجة الحرارة والضغط بما له من تطبيقات في التنقيب في باطن الأرض .

8ــ تحدي اقتصادي حيث الألياف البصرية أقل تكلفة من نظام أسلاك التوصيل الكهربائي .

كيف تصنع الألياف البصرية ؟

يُمرر الأكسوجين على محلول كلوريد السيليكون و كلوريد الجرمانيوم ثم تمرر الأبخرة الناتجة داخل أنبوب من الكوارتز و بدرجة الحرارة المرتفعة يترسب أوكسيد السيليكون و أوكسيد الجرمانيوم على الجدران الداخلية للأنبوب و يندمجان معا لتكوين الزجاج الخام المطلوب في صناعة الألياف البصرية ، و يمكن التحكم في درجة نقاء و صفات الزجاج المتكون من خلال التحكم في مكونات الخليط و تفاعلات أبخرته ، ثم يتم سحب الزجاج على شكل ألياف في فرن كربوني درجة حرارته 2200°–1900° بسرعة 10 – 20 m/s ، مع الحرص على ثبات نصف القطر.

الجديد و الحصري...زوروا موقعنا:
http://sites.google.com/site/lotphilosophie/

حصري من إنجاز الأستاذ: ج.لطفي
Lotphilosophie

ما هي أسس اختبار الألياف البصرية ؟

يتم اختبار الألياف البصرية من حيث :

قرينة الانكسار ، الشكل الهندسي ، نصف القطر، تشتت الإشارة الضوئية ، سعة حمل المعلومات ، تحملها لدرجات الحرارة ، إمكانية توصيل الإشارات الضوئية تحت الماء .

ما مكان الألياف البصرية في سلم التكنولوجيات الحديثة ؟

استحوذ استخدام الألياف البصرية على نقل المعلومات عبر المسافات الطويلة ، إلا أنها تستخدم أيضا لنقل المعلومات لمسافات قصيرة ، مثل : تبادل المعلومات بين الكمبيوتر الرئيسي والكمبيوترات الجانبية أو الطابعة في شبكات الإتصال .

و نتيجة لمرونة الألياف البصرية ودقتها أدخلت في صناعة الكاميرات الرقمية المتعددة المستخدمة في التصوير الطبي كالمنظار و كذلك في التصوير الميكانيكي لفحص اللحام والوصلات داخل أنابيب المجاري الطويلة . كما استخدمت الألياف البصرية كمجسات لتحديد درجات الحرارة والضغط نظرا لحساسيتها الصغيرة و دقة أدائها ، مثال : مجسات على جدران وأجنحة بعض الطائرات لتنبيه الطيار عن الضغط المسلط على جسم أو أجنحة الطائرة .

الخلاصـــة

1ــ الإنعكاس : هو ظاهرة ارتداد الضوء في نفس الوسط على سطح عاكس .

- القانون الأول : الشعاع الوارد والشعاع المنعكس والناظم للسطح العاكس تقع في نفس المستوي .
- القانون الثاني : زاوية الورود تساوي زاوية الإنعكاس ، و يكتب $i = r$

2ــ الإنكسار: هو التحول المفاجئ لمسار الضوء عندما يجتاز السطح الفاصل لوسطين شفافين .

ــ **القانون الأول :** الشعاع المنكسر يقع في مستوي الورود . يشمل مستوي الورود الشعاع الوارد والناظم للسطح الكاسر عند نقطة الورود .

ــ **القانون الثاني :** من أجل وسطين شفافين ، نسبة sin زاوية الورود إلى sin زاوية الإنكسار ثابتة ، و تكتب : $\sin i / \sin r = n$.

الثابت n يدعى قرينة الإنكسار النسبية للوسط الثاني بالنسبة للوسد الأول ، و تساوي نسبة قرينة انكسار الوسط الثاني إلى قرينة انكسار الوسط الأول ، و تكتب : $n = n_2 / n_1$

و يصاغ القانون الثاني على الشكل : $n_1 \sin i = n_2 \sin r$.

إذا كان الوسط الأول هو الهواء تدعى هذه النسبة قرينة الإنكسار المطلقة للوسط الثاني ،

و يكتب القانون الثاني على الشكل : $\sin i = n \sin r$

ــ عندما ينتقل الضوء من وسط أقل كسر إلى وسط أكثر كسر : يقترب الشعاع المنكسر من الناظم ، و ينحرف عن مساره بزاوية تدعى زاوية الإنحراف يرمزلها D .

ــ عندما ينتقل الضوء من وسط أكثر كسر إلى وسط أقل كسر : يبتعد الشعاع المنكسر عن الناظم.

3ــ الإنكسار الحدي و الإنعكاس الكلي

ــ في الحالة التي ينتقل فيها الضوء من وسط أقل كسر إلى وسط أكثر كسر ، فإن زاوية الإنكسار تأخذ قيمة حدية L عندما تؤول زاوية الورود إلى القيمة 90° .

ــ في الحالة التي ينتقل فيها الضوء من الهواء إلى وسط شفاف n تحسب الزاوية الحدية بالعلاقة : $\sin L = 1/n$

ــ في الحالة التي يرد فيها الضوء من وسط أكثر كسر إلى وسط أقل كسر ، فإنه :

ــ ينفذ إلى الوسط الثاني مبتعدا عن الناظم إذا كانت : $i \leq L$.

ــ ينعكس كلية عندما تكون : $i > L$.

بعض تطبيقات الإنكسار الحدي و الإنعكاس الكلي

أ) ــ الموشور ذو الإنعكاس الكلي

يدخل هذا النوع من الموشور في كثير من الأجهزة البصرية المختلفة . بإستعمال موشورين أو أكثر من هذه النوع بتركيبة معينة نحصل على جملة بصرية لها وظيفة قيادة الشعاع الضوئي دون ضياع .

ب) النافورة الضوئية

جـــ) يبدو الجسم المغمور في الماء مشوها

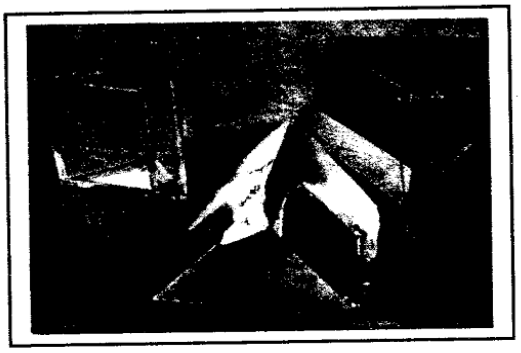
د) ظاهرة السراب

هـــ)ــ الألياف البصرية

الجديد و الحصري...زوروا موقعنا:
http://sites.google.com/site/lotphilosophie/

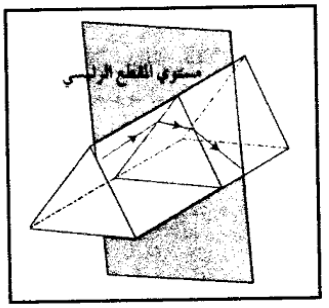
حصري من إنجاز الأستاذ: ج.لطفي
Lotphilosophie

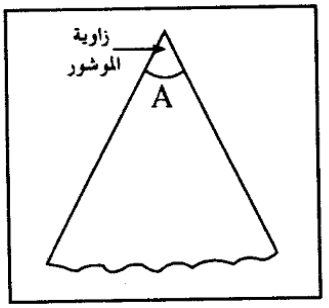
2) انحراف الضوء بالموشور



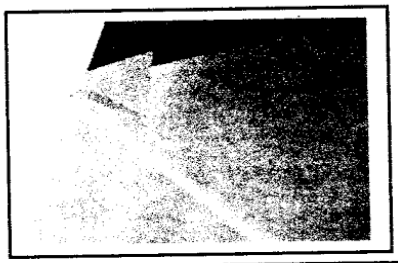
1ـ تعاريـف

ـ الموشور وسط شفاف و متجانس محدد بسطحين مستويين غير متوازيين ،
ـ نسمي السطحين وجهي الموشور و خط تقاطعهما يدعى حرف الموشور .
ـ الزاوية المحصورة بين السطحين تسمى زاوية الموشور ، رمزها A ،
ـ كل مستوي عمودي على حرف الموشور ، يدعى مستوي المقطع الرئيسي ، فإنه يواصل مساره حسب القانون الأول للإنكسار على نفس المستوي ، وهذا ما نعتبره لاحقا لتمثيل الموشور على شكل مثلث .





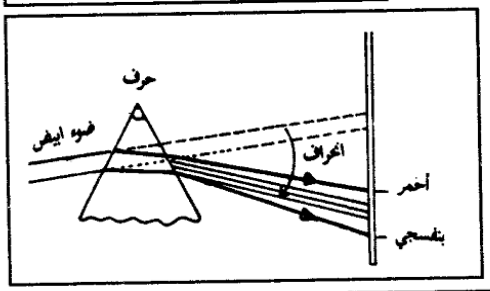
2ـ ماذا يحدث للضوء عندما يجتاز موشورا ؟



نشـــاط

في يوم مشمس و في مكان يوجد به ضوء الشمس و ظل ، اختر موقعا في الخط الفاصل بين الضوء والظل . خذ موشورا وضع رأسه في نقطة من هذا الخط بحيث تسقط أشعة الشمس على أحد وجهيه ، أنظر الصورة ، ماذا تلاحظ ؟

الشعاع الضوئي الذي يجتاز الموشور يحدث له انحراف وأن حزمة الضوء تبرز منحرفة و مقزحة (مع ظهور ألوان) .



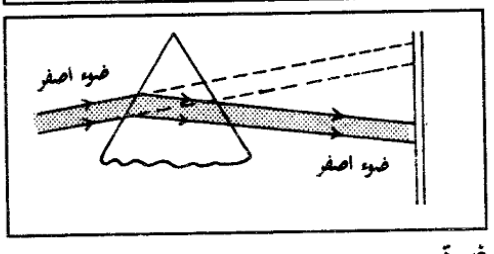
ـ ارسم مخططا مبسطا للتجربة تجسد فيه أشعة الشمس الواردة على رأس الموشور والأشعة التي تبرز من الموشور.
ـ في رأيك ماذا حدث لضوء الشمس إثر اجتيازه الموشور ؟

الضوء الأبيض ضوء أيض مركب يتحلل إلى عدة ألوان ، ، إثر اجتيازه للموشور .

• خذ مرشحا ملون مزودا بحاجز عاتم به شق ، وعرضه لأشعة الشمس واستقبل الضوء النافذ من الشق على ورقة بيضاء . ماذا تلاحظ ؟

نلاحظ أن الأشعة تبرز من المرشح بنفس لون المرشح .

ـ عرض رأس الموشور السابق للضوء المتحصل عليه.



الشعاع الضوئي الذي يجتاز الموشور يحدث له انحراف وأن حزمة الضوء تبرز منحرفة و تكون وحيدة اللون بنفس لون المرشح.

ـ ارسم مخططا تجسد فيه الشعاع الوارد والشعاع البارز من الموشور .
ـ ماذا تستنتج ؟

• أعد نفس التجربة باستعمال مرشحات ملونة مختلفة . لخص ملاحظاتك بفقرة صغيرة .

عندما نعيد نفس التجربة باستعمال مرشحات ملونة مختلفة نحصل في كل حالة حزمة الضوء البارزة منحرفة و تكون وحيدة اللون بنفس لون المرشح .

الجديد و الحصري...زوروا موقعنا:
http://sites.google.com/site/lotphilosophie/

حصري من إنجاز الأستاذ: ج.لطفي
Lotphilosophie

نتيجة : الموشور يبدد ضوء الشمس(الضوء الأبيض) و يحلله إلى عدة ألوان (ألوان قوس قزح) أما الضوء الوحيد اللون فلا يمكن أن يتحلل فينحرف عن مساره دون أن يحدث تغير في لونه .

3ـ الدراسة الكمية لإنحراف الضوء في الموشور

تجربـة :

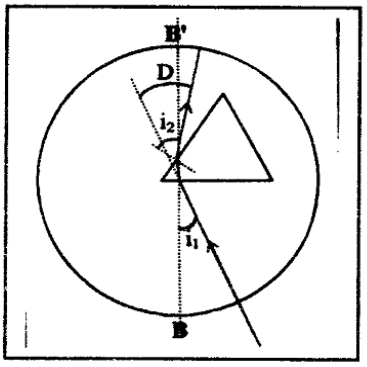
الهدف من هذه التجربة هو دراسة مسير الشعاع الضوئي عبر الموشور . من أجل ذلك نستعمل :

ـ منبعا ضوئيا وحيد اللون ،

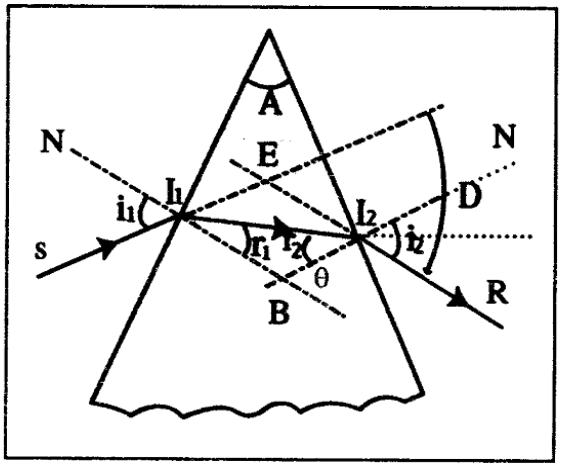
ـ موشور قرينته n معروفة .

ـ ضع الموشور فوق ورقة بيضاء و اضبط وضعه بحيث تحصل على شعاع بارز من الوجه الآخر .

ـ اقترح كيفية عملية لقياس زاويتي البروز و الورود .



ـ نرسم على الورقة دائرة مركزها o قبل وضع الموشور فوقها.
ـ نسلط على الورقة أفقيا حزمة ضوئية وحيدة اللون (ضوء الليزر) أو ضوء (أبيض + مرشح ملون) ، بحيث يترك أثرا على سطح الورقة ، ثم نجسده برسم خط مستقيم (القطر BB') يمر من مركز الدائرة .
ـ نضع بعد ذلك الموشور فوق الورقة بحيث يكون رأسه بجوار مركز الدائرة رأسه يغطي المركز وأحد الوجهين عمودي على BB' (الذي يمثل الناظم لهذا الوجه).
بتدوير الورقة حول مركز الدائرة و ترك المصدر الضوئي ثابتا نحدد زاوية الورود i_1 و نقيسها (انظر الشكل المقابل).
ـ عند الحصول على الشعاع البارز من الوجه الآخر للموشور ، نرسم أثره على الورقة و كذا شكل الموشور ثم ننزعه.
ـ عند نقطة بروز الشعاع نرسم الناظم لوجه الموشور.
ـ بالمنقلة نقيس i_2 و برسم امتداد الشعاع الوارد يمكن قياس زاوية الانحراف D.



ـ قس زاوية الورود i_1 و زاوية البروز i_2 و زاوية الإنحراف D .
ـ هل هذه القيم تتعلق بوضع نقطة الورود على الوجه الأول للموشور ؟
لا ، هذه القيم لا تتعلق بوضع نقطة الورود على الوجه الأول للموشور.
ـ مستعينا بالرسم الموضح بالشكل المقابل و القانون الثاني للانكسار ، احسب قيمتي كل من r_1 و r_2.
قيمة قرينة انكسار الموشور المستعمل تساوي : 1,5

ـ استنتج هندسيا أن : $A = r_1 + r_2$ ؛ $D = i_1 + i_2 - A$
ـ الزاوية θ خارجية للمثلث I_1I_2B ، فهي تساوي مجموع الزاويتين الداخليتين لهذا المثلث ما عدا المجاورة لها أي : $\theta = r_1 + r_2$
و لدينا الزاويتين A و θ أضلاعهما متعامدة فهما متساويتين $A = \theta$.
و منه نستنتج أن : $A = r_1 + r_2$
ـ الشعاع الوارد يحدث له انحرافين ، الأول عند الوجه الأول للموشور : $D_1 = i_1 - r_1$
و الإنحراف الثاني يحدث له عند الوجه الثاني للموشور : $D_2 = i_2 - r_2$
يصبح الإنحراف الكلي : $D = D_1 + D_2 = i_1 - r_1 + i_2 - r_2 = i_1 + i_2 - (r_1 + r_2)$.
و منه نستنتج أن : $D = i_1 + i_2 - A$

ـ تأكد بالحساب من قيمة D .
ـ تأكد بالقياس المباشر من قيمة الزاوية A .
ـ هل هناك تطابق بين قيم D و A المقاسة و المحسوبة ؟

4ـ شروط بروز الشعاع الضوئي من الموشور

1) الشرط الأول :
عند النقطة I_2 ، إذا كانت الزاوية r_2 أكبر من L (الزاوية الحدية للموشور) فإن الشعاع ينعكس كلية عند الوجه الثاني للموشور.
و لذا يجب أن تكون : $r_2 < L$

الجديد و الحصري...زوروا موقعنا:
http://sites.google.com/site/lotphilosophie/

حصري من إنجاز الأستاذ: ج.لطفي
Lotphilosophie

و من جهة أخرى لدينا : $r_1 < L$ و منه $r_1 + r_2 < L$
أي : $A < 2L$ و هو الشرط الأول للبروز .

الشرط الثاني للبروز :
نتأكد من أن الشرط الأول للبروز محقق ، ثم نبحث بالتركيب التجريبي السابق عن زاوية الورود i_0 التي من أجلها يكون الشعاع البارز من الموشور مماسيا للوجه الثاني له .
ــ نلاحظ أنه من أجل زاوية ورود i أقل من i_0 لا يبرز الشعاع من الموشور ، بل ينعكس كلية عند وصوله للوجه الثاني له.
و بما أن $A < 2L$ أي $r_2 < L$ فإن : $A - r_1 < L$ أو $r_1 > A - L$
و منه : $\sin r_1 > \sin (A - L)$
و بضرب الطرفين بـــ n نجد : $n \sin r_1 > n \sin (A - L)$ أو $\sin i_1 > n \sin (A - L)$
ــ من أجل $i_1 = i_0$ يكون الشعاع البارز مماسيا للوجه الثاني للموشور و منه نكتب :
$\sin i_0 = n \sin(A - L)$ و نستنتج أن **الشرط الثاني للبروز** و هو أن يكون : $i_1 > i_0$
حيث i_0 هي أدنى قيمة لزاوية الورود على الوجه الأول للموشور.

جـــ ــ زاوية الإنحراف الأدنى (D_m)

الدراسة التجريبية للإنحراف
نلاحظ من العلاقات : $D = i_1 + i_2 - A$ ، $\sin i = n \sin r$ ، $n \sin r' = \sin i'$ ، أن الإنحراف D يتوقف على قيمة كل من زاوية الموشور A و زاوية الورود i و قرينة انكسار الموشور n .

- **تأثير زاوية الموشور على زاوية الإنحراف :**
يزداد الإنحراف بزيادة زاوية الموشور .

- **تأثير قرينة انكسار الموشور على زاوية الإنحراف :**
الإنحراف يزداد بزيادة قرينة انكسار الموشور .

- **تأثير زاوية الورود على الإنحراف :**

إليك جدول يحتوي على نتائج دراسة تجريبية لتغيرات زاوية الإنحراف D بدلالة زاوية الورود i على الوجه الأول لموشور زاويته $A = 50°$ و قرينة انكساره $n = 1,52$.

i	**13,5°**	**16°**	**20°**	**30°**	**40°**	**51°**	**66°**	**75°**	**90°**
i'	**90°**	**75°**	**66°**	**51°**	**40**	**30°**	**20°**	**16°**	**13,5°**
D									

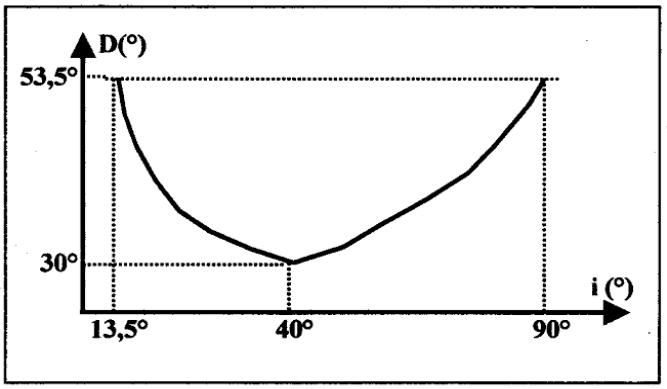
أ ــ اكمل الجدول ثم ارسم بيان تغيرات D بدلالة i أي : $D = f(i)$. ماذا تلاحظ ؟
ب ــ هل الشرط الأول للبروز محقق ؟
جـــ ــ لماذا بدأت قيم i من القيمة 13,5° ؟
د ــ اوجد أصغر قيمة لزاوية الإنحراف بطريقتين مختلفتين .

المناقشة :
أ ــ اكمال الجدول ثم رسم بيان تغيرات D بدلالة i أي : $D = f(i)$.

i	13,5°	16°	20°	30°	40	51°	66°	75°	90°
i'	90°	75°	66°	51°	40°	30°	20°	16°	13,5°
D	53,5°	41°	36°	31°	30°	31°	36°	41°	53,5°

الجديد و الحصري...زوروا موقعنا:
http://sites.google.com/site/lotphilosophie/

حصري من إنجاز الأستاذ: ج.لطفي
Lotphilosophie



ــ نلاحظ أنه كلما زادت زاوية الورود ابتداءا من القيمة $i_0 = 13,5°$ ، فإن زاوية الإنحراف تتناقص إلى أن تصل إلى قيمة معينة تكون صغرى $D_m = 30°$ ، يحدث بعدها تناسب آخر أي يصبح كلما زادت زاوية الورود ، زاوية الإنحراف تزداد.

ب ــ الشرط الأول للبروز هو : $A < 2L$ حيث : $A = 50°$
لنحسب قيمة الزاوية الحدية :

$$\sin L = 1 / n = 1 / 1,52 = 0,657 \Rightarrow L = 41,14°$$
$$2\,L = 82,28° \Rightarrow A < 2L$$

ــ نعم الشرط الأول للبروز محقق .

جـ ــ بدأت قيم i من القيمة 13,5° : لكي يتحقق الشرط الثاني للبروز .

ــ من أجل i_0 ـ i_1 يكون الشعاع البارز مماسيا للوجه الثاني للموشور و منه نكتب : $\sin i_0 = n \sin(A - L)$

$$\sin i_0 = n \sin(A - L) = 1,52 \sin (50° - 41,14°) \Rightarrow i_0 = 13,5°$$

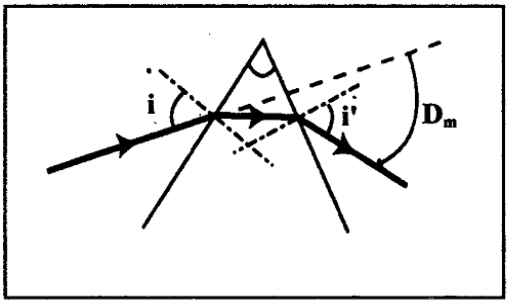
ــ من أجل $i_1 = i_0 = 13,5°$ ، حيث i_0 هي أدنى قيمة لزاوية الورود على الوجه الأول للموشور.
نستنتج أن الشرط الثاني للبروز أن يكون : $i_1 > 13,5°$

د ــ إيجاد أصغر قيمة لزاوية الإنحراف بطريقتين مختلفتين .

ــ الطريقة الأولى : من المنحنى البياني على الشكل وهي أصغر قيمة لـــ D و هي : $D_m = 30°$.

ــ الطريقة الثانية : حسابيا من العلاقة : $\sin (D_m + A) /2 = n \sin A/2$

$$\Rightarrow \sin (D_m + A) / 2 = 1,52 \sin 25° = 0,64$$
$$\Rightarrow (D_m + A) / 2 = 40° \Rightarrow D_m = 29,9°$$



نلاحظ من ذلك ، و من المنحنى البياني ، أن : $D = D_m$ من أجل $i = i'$.
من أجل $D = D_m$ يكون $i = i'$ و منه فإن : $r = r'$ أي أن :
عندما يكون الإنحراف أصغريا ، تكون زاوية الورود تساوي زاوية البروز .

تطبيق : قياس قرينة انكسار الموشور .

لدينا : $D = i + i' - A$ إذن : $D_m = 2\,i - A$
و منه : $i = (D_m + A) / 2$

لدينا : $\sin i = n \sin r$ و $n \sin r' = \sin i'$ و نعلم أن : $A = r + r'$
من قانون الإنكسار الثاني ، لدينا : $n \sin r' = \sin i'$; $\sin i = n \sin r$
ــ عند الإنحراف الأصغري يتحقق لدينا :

$$r = r' = A/2 \; ; \; i = i' \; ; \; D_m = 2\,i - A \Rightarrow i = (D_m + A) / 2$$

2ــ لدينا : $\sin [(D_m + A) /2] = n \cdot \sin (A/2)$

$$\Rightarrow n = \sin [(D_m + A) /2] / \sin (A/2)$$

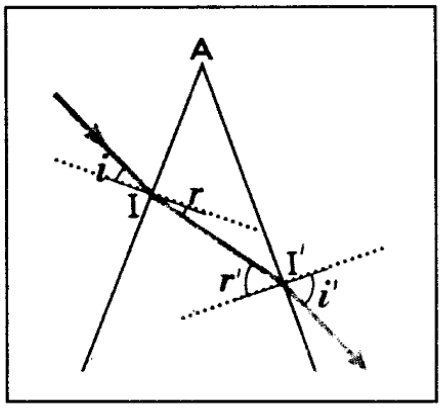
نتيجة :
نحصل على أدنى انحراف D_m للشعاع البارز ، عندما تكون الزاويتان i_1 و i_2 لزاويتي الورود و البروز متساويتين .
حيث أن : $\sin (D_m + A) / 2 = n \cdot \sin (A/2)$
حيث : $i_2 = i_1 = (D_m + A) /2$

ملاحظة : هذه العلاقة لها أهمية كبيرة ، لأنها تسمح بحساب قرينة انكسار الموشور بدقة انطلاقا من قياس A و D_m .

الجديد و الحصري...زوروا موقعنا:
http://sites.google.com/site/lotphilosophie/

ملاحظة هامة :

العلاقات السابقة للموشور تطبق باستخدام قيم عددية للزوايا انطلاقا من الحالة الخاصة الممثلة في الشكل المستخرج منها فقط .



و هذه العلاقات هي : $D = i_1 + i_2 - A$ ، $A = r_1 + r_2$

تكون هذه العلاقات عامة و يكون من الممكن تطبيقها على جميع الحالات بشرط أن يعطى لقياس الزوايا i , i' , r , r' ، قيم جبرية موجبة و تحدد إشارة كل من هذه الزوايا حسب الإصطلاحات التالية :

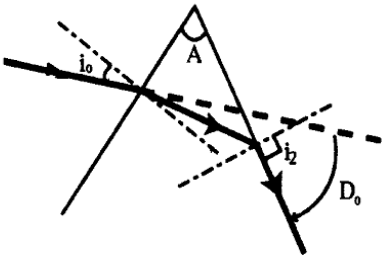
ـــ A دائما موجبة ،

ـــ i و i' موجبتان إذا كانتا موجودتين في جهة قاعدة الموشور بالنسبة لنصف العمود الخارجي في نقطتي الورود و البروز .

ـــ r و r' لهما نفس إشارة i التي لها نفس إشارة i'

نجد في الشكل المرفق حالة خاصة يكون فيها : i و r سالبات .

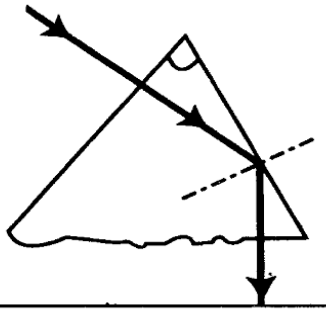
الخلاصـــة



$r' = L$, $i = i_0$

هنا الشعاع البارز مماسي للوجه الثاني

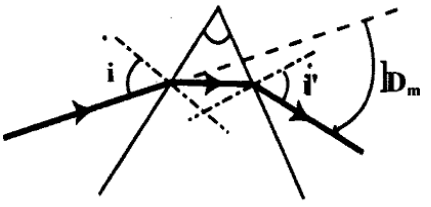
يحدث انحراف أعظمي $D = D_0$



$i < i_0$

هنا $i = 0$

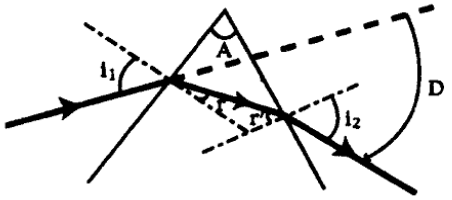
يحدث انعكاس كلي عند الوجه الثاني للموشور



$i = i'$

هنا $i_2 = i_1$

يحدث انحراف أصغري $D = D_m$



$i_m > i > i_0$

هنا $i_2 > i_1$

يحدث انحراف $D_1 < D_0$

الجديد و الحصري...زوروا موقعنا:
http://sites.google.com/site/lotphilosophie/