الفصل الأول

طبيعة الضوء

1.1. I مقدمة

كان الاعتقاد السائد حتى منتصف القرن السابع عشر هو أن الضوء عبارة عن سيل من الجسيمات تصدر من منابع الضوء كالشمس آو لهيب الشمعة.ثم تسير مبتعدة من منبعها في خطوط مستقيمة. فادا وجدت أجساما شفافة نفدت منها و آدا وجدت أجساما عتمة انعكست على سطوحها. ومتى دخلت العين هيجت فيها حس الرؤية.

و في منتصف القرن السابع عشر نمت فكرة جديدة تذهب إلى أن الضوء قد يكون نوع من أنواع الحركات الموجية ، أن أكثر العاملين في علم الضوء تمسكوا بالنظرية الجسيمة . و في عام 1678 برهن كرسيان هوينغنز على أنه يمكن تفسير قوانين الانعكاس و الانكسار بالاستناد إلى النظرية الموجية.

أن هده النظرية قادرة على أن تفسر تفسيرا مقنعا ظاهرة الانكسار المضاعف التي كانت قد أكتشف قبل دلك بقليل ولكن النظرية الموجية لم تلق قبولا سريعا. لقد عارضها البعض قائلين انه لو كان الضوء حركة موجية لحق لنا أن نرى ما وراء الحواجز، لأن الأمواج قادرة على أن تدور حول الحواجز القائمة في طريقها.

و نعلم اليوم أن أطوال موجات الضوء قصيرة قصرا يجعل انعطاف الأمواج عن مسارها المستقيم انعطافا صغيرا جدا لا نستطيع أن نكشف وجوده في الشروط العادية.

لأن هدا الانعطاف موجود، فالضوء ينعطف حقا حول أطراف الأجسام التي يلقاها في طريقه.و قد كان العالم غريما هو ا لدي اكتشف هده الظاهرة المسماة بالانعراج. في عام 1665 إلا أن الناس لم ينتبهوا إلى قيمة اكتشافه هدا في زمنه.

و في الربع الأول من القرن التاسع عشر قام العالمان توماس ينغ و أوغستن فرنل بتجارب لدراسة التداخل. قاس العالم ليون فوكو بعدها بزمن سرعة الضوء في الموائع، فبرهنت هده القياسات و تلك التجارب برهانا قاطعا على وجود ظواهر ضوئية تعجز عن تفسيرها النظرية الجسيمة.

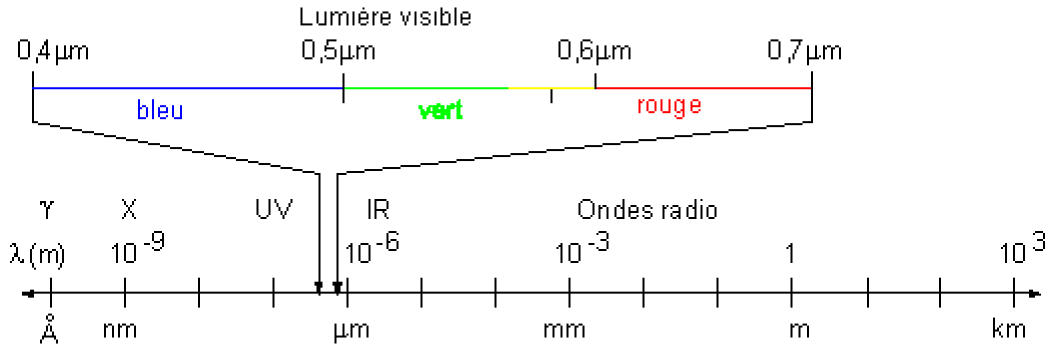
و سندرس ظاهرتي التداخل و الانعراج في الدروس القادمة، و سنرى عندئذ أن هاتين الظاهرتين هما الظاهرتين اللتان نتوقع وجودهما آدا كان الضوء حركة موجية. و قد تمكن يونغ بتجاربه من قياس طول موجة و برهن فرنل على أن انتشار الضوء في خط مستقيم، وعلى أن ظواهر الانعراج التي شاهدها غريما لدي و غيره من العلماء، هي أمور يفسرها سلوك أمواج قصيرة طول الموجة. ثم نلت دلك خطوة كبيرة في نظرية الضوء هي أعمال العالم ماكسويل.

2.1.I الأمواج و الأشعة:

ستكون جل دراستنا للضوء مركزا على الانتشار و على تكوين الخيلات بالمرايا و العدسات. كل هده أمور تفسرها الموجية الضوئية. عندما تصدر الأمواج من منبع صغير، وتنتشر في وسط متجانس، فان صدور الأمواج تكون

عل شكل كرات مركزها المنبع. وتزداد أنصاف اقطر هده الكرات مع ازدياد البعد من المنبع، حتى تكاد صدور الأمواج تصبح مستويات.

طول موجة الأمواج الكهرو مغنطيسية ممثلة في الشكل التالي و نلاحظ أن طول الأمواج القادرة على التأثير على حسن الرؤية محصورة بين **0.00004 cm** و **.0.00007 cm** و يستحسن أن نعبر عن هده الأطوال الصغيرة جدا بوحدة طول صغيرة مناسبة هي **u**



Echelle des rayonnements électromagnétiques

γ = rayons gamma, X = rayons X, UV = ultra-violet, IR = infra-rouge

3.1. I منابع الضوء:

تتعلق طاقة الإشعاع الكهرطيسي أو طاقة الإشعاعية و الصادرة في وحدة الزمن بدرجة حرارة سطح الجسم الذي يصدرها و بطبيعة هدا السطح. وهدا الإشعاع خليط من أطوال موجات مختلفة . و آدا كانت درجة الحرارة تساوى 300^0 درجة مئوية كانت اشد هده الأمواج تلك التي يساوي طول موجتها $500x10^{-9}$m أو 5000mu ، و تقع هده الموجة في المنطقة تحت الحمراء و آدا بلغت درجة الحرارة 800^0 اصدر طاقة إشعاعية مرئية كافية لجعله منيرا إنارة حمراء .إلا أن القسط الأعظم من الطاقة الصادرة يبقى مع دلك مركزا في الأمواج تحت الحمراء. وادا بلغت درجة الحرارة 3000^0 و هي قريبة من درجة حرارة الفتيل في المصباح المتوهج، غدت الطاقة الإشعاعية حاوية على مقدار وافر من أطوال الأمواج المرئية التي تقع بين $400m\mu$ و $700m\mu$ ، و هو الضوء البيض .

4.1.I سرعة الضوء

قد آجري دومون و كرهن أدق قياس فكانت سرعة الضوء تساوي $c=2.997929\times10^8 m/\sec$ **و قد أجرى روزا ودورسي أدق قياس تجربي و قاما بالقياس في المكتب الوطني للمعايير في الوليات المتحدة و قد استخدما المعادلة التالية :**

$$c=\sqrt{1/\varepsilon_0\mu_0}$$

فوجدا القيمة التالية:

$$c=(2.9979\pm0.001)\times10^{8} m/\sec$$

5.1.I قرينة الانكسار:

أن سرعة الضوء في وسط مادي، و هي سرعة نشير إليها بالرمز V اقل من سرعته في الفضاء الخالي، و لا تسنتا من دلك إلا حالات قليلة.

و نضيف إلى دلك أن أمواج الضوء المختلفة في أطوال موجتها تنتشر بسرعة واحدة في الفضاء الخالي، أما في الوسط المادية فليس لسرعة الأمواج المختلفة قيمة واحدة. و يسمى هدا الفعل بالتبدد.

تسمى نسبة سرعة الضوء في الخلاء إلى السرعة الطورية لضوء ذي طول موجة محدد في مادة من المواد، بقرينة انكسار.و تعرف بما يلي :

$$n=\frac{c}{V}$$

6.1.I مبدأ فرما

- **المسار الضوئي أو المسير البصري**

لاشتقاق واحد من أهم المبادئ في البصريات الهندسية من الضروري تعريف كمية تسمى المسير البصري. لنفترض أن شعاع ضوئي يسير وفق خط مستقيم. القطعة المستقيمة AB التي تربط النقطتين Aو B موجودين في وسط متجانس قرينة انكساره n . نعبر ب l_{AB} على المسافة بين Aو B. ونعرف المسار الضوئي بين Aو B بالمقدار:

$$L_{AB}=nl_{AB}$$

خصائص:

- **في الفراغ $n=1$ ، نحصل على $L_{AB}=l_{AB}$**
- **آدا كان المجال غير متجانس، قرينة الانكسار تصبح دالة $n(P)$ حيث P نقطة من المجال الذي يمر منه الشعاع الضوئي. في هده الحالة نعرف المسار الضوئي الذي يفصل بين نقطتين متجاورتين تفصل بينهما المسافة Δl. المسار الضوئي الجزئي بين نقطتين هو :**

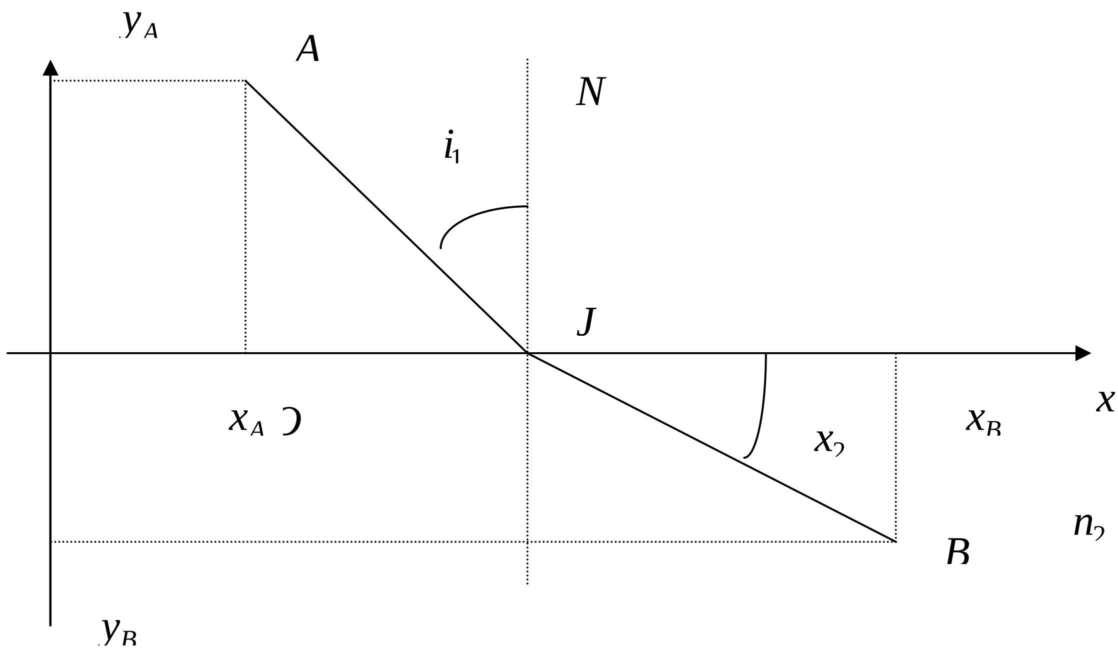
$$\Delta L=n(P)\Delta l$$

المسار الضوئي الكلي بين نقطتين هو مجموع المسارات الجزئية بين النقطتين:

$$L_{AB}=\sum\Delta L_i=\sum n(P_i)\Delta l_i$$

- **صياغة مبدأ فرما:**

المسير الذي يتبعه شعاع ضوئي في الانتقال من النقطة A إلى النقطة B خلال سلسلة من الأوساط هو دلك الذي يجعل مسيره البصري مساويا، في التقريب الأول، للمسيرات الأخرى المجاورة و القريبة قربا كبيرا من المسير الفعلي.



السطح xoy **السطح الكاسر آدا وضعنا** $x=O\bar{J}$ **و آدا كان** $x_A \langle x \langle x_B$ **أطوال القطعتين** AJ **و** JB **:**

$$l_{AJ}=\sqrt{(x-x_A)^2+y_A^2}$$

$$l_{JB}=\sqrt{(x-x_B)^2+y_B^2}$$

بالنسبة إلى المسرين الضوئيين:

$$L_{AJ}=n_1 l_{AJ}=n_1\sqrt{(x-x_A)^2+y_A^2}$$

$$L_{JB}=n_2 l_{JB}=n_2\sqrt{(x-x_B)^2+y_B^2}$$

المسار الضوئي بين A **و** B **هو :**

$$L_{AJB}=L_{AJ}+L_{JB}=n_1 l_{AJ}+n_2 l_{JB}$$

$$L_{AJB}=n_1\sqrt{(x-x_A)^2+y_A^2}+n_2\sqrt{(x-x_B)^2+y_B^2}$$

مشتقة هدا المقدار بالنسبة إلى x

$$\frac{dL_{AJB}(x)}{dx}=n_1\frac{x-x_A}{\sqrt{(x-x_A)^2+y_A^2}}+n_2\frac{x-x_B}{\sqrt{(x-x_B)^2+y_B^2}}$$

نلاحظ من الشكل انه:

$$\sin i_1 = \frac{x - x_A}{\sqrt{(x - x_A)^2 + y_A^2}}$$

$$\sin i_2 = \frac{x - x_B}{\sqrt{(x - x_B)^2 + y_B^2}}$$

$$\frac{dL_{AJB}(x)}{dx} = n_1 \sin i_1 - n_2 \sin i_2$$

قانون شال ديكارت يستنتج من:

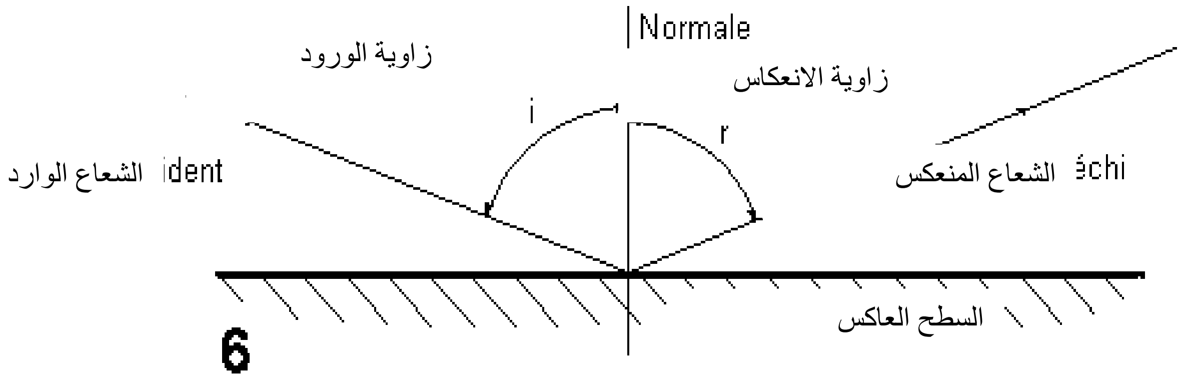
$$\frac{dL_{AJB}(x)}{dx} = 0$$

II لانعكاس و الانكسار على السطوح المستوية

II .1انعكاس الضوء

إن أكثر الأجسام التي نراها تكون مرئية لأنها تعكس الضوء إلى أعيننا. أكثر حالات الانعكاس شيوعا هو الانعكاس المنتشر بحيث ينعكس الضوء في كل الجهات. فادا كان لدينا مثالا كتاب موضوع على الطاولة في غرفة ينيرها منبع ضوئي، رأينا الكتاب من أي موقع في الغرفة. ويحدث هدا النوع من الانعكاس كلما كانت خشونة الجسم العاكس دات أبعاد كبيرة ادا ما قرنت بطول موجة الضوء المنعكس.

الصنف الأخر من الانعكاس، وهو المسمى بالانعكاس النظامي أو النقطي. تنعكس حزمة ضوئية ضيقة في منحى واحد فقط و يحدث هدا النوع من الانعكاس على السطوح الصقيلة التي تكون تضاريسها صغيرة ادا ما قرنت بطول موجة الضوء المنعكس فالانعكاس على غطاء السرير انعكاس منتثر و أما الانعكاس على مرآة فهو انعكاس نقطي. و الانعكاس على هيكل سيارة مصقول هو أمر بين هدا وداك، أي أن بعض الضوء المنعكس منتشر و البعض الأخر نقطي. مجال دراستنا هو الانعكاس النقطي

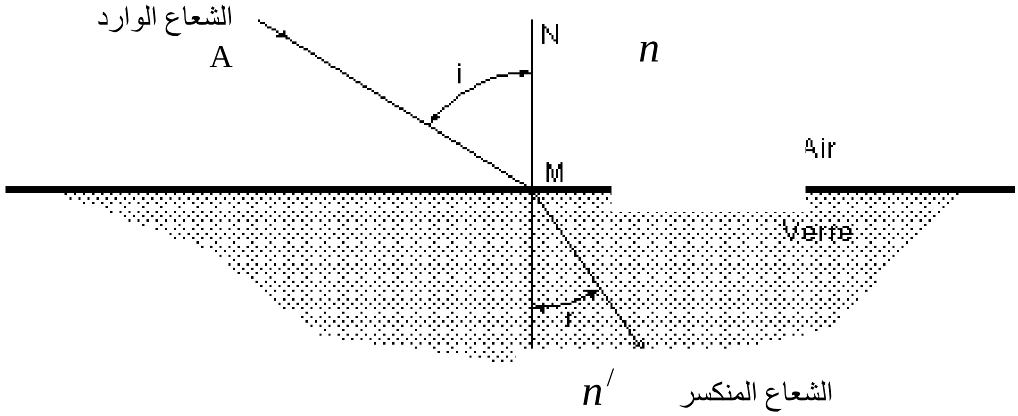


6

قانون الانعكاس:

ادا انعكست موجة مستوية على سطح مستوي تساوت زاوية انعكاسها مع زاوية ورودها حسب القانون التالي :

$$i = i'$$



آدا انتشرت الأمواج الضوئية في وسط شفاف، ثم اصطدمت بوسط شفاف أخر قرينة انكساره تختلف عن قرينة انكسار المجال الأول تولد عن هد موجتان جديدتان عند السطح الفاصل بين الوسطين.

فتنتشر أحد الموجتين و هي الموجة المنعكسة مرتدة على أعقابها إلى الوسط الأصلي. آما الأخرى و تسمى بالموجة المنكسرة فأنها تنتشر في الوسط الثاني.

يعطى منحى الموجة المنعكسة بقانون الانعكاس المذكور في الفقرة السابقة. سنسعى الآن إلى أجاد منحى انتشار الموجة المنكسرة.

يوضح الشكل السابق طريقة بسيطة لرسم شعاع ضوئي عبر الحد الفاصل بين وسطين شفافين ضوئيا. وحيث أن المبادئ المستخدمة في هدا التمثيل تنطبق بسهولة على النظم البصرية المعقدة.

بعد رسم الخط الفاصل بين وسطين معاملي انكسارهما n و n' نختار شعاع ضوئي زاوية وروده i ثم نرسم الشعاع المنكسر الذي يصنع زاوية r مع الناظم . العلاقة التي تربط بين زاوية الورود و زاوية الانكسار و قرينة انكسار الوسط هي

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

وينتج من دلك أن الأشعة و الناظم على السطح الفاصل تقع كلها في مستوي واحد، و في الحالة العامة يسمى المستوي الذي يحدده الشعاع الوارد والناظم على السطح في نقطة الورود بمستوي الوارد. ويعطينا قانون سنل الذي يتلخص في قانون الانكسار والانعكاس بدلالة الأشعة في ما يلي:

- آدا انعكس شعاع ضوئي، تساوت زاوية وروده مع زاوية انعكاسه.
- الشعاع الوارد والشعاع المنعكس و الناظم على السطح في نقطة الانعكاس متوجدان في نفس المستوي.
- آدا انكسر شعاع ضوئي العلاقة التي تربط بين الشعاع الوارد والشعاع المنكسر هي العلاقة التالية:

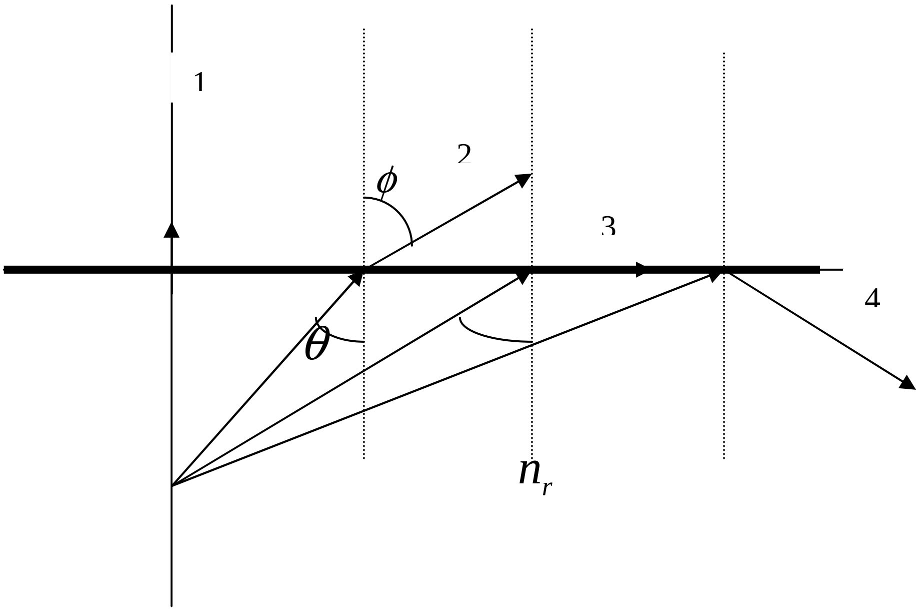
$$n \sin i = n' \sin r$$

- الشعاع الوارد و الشعاع المنكسر و الناظم على السطح عند نقطة الورود متواجدين في نفس المستوي.

2.II الانعكاس الكلي و الزاوية الحرجة

لقد رأينا سابقا أنه عندما يمر الضوء من وسط كالهواء إلى وسط أخر كالزجاج أو الماء فان زاوية الانكسار تكون أقل دائما من زاوية الورود. يوجد مدى من الزوايا المنكسرة لا يمكن أن يوجد فيه ضوء منكسر، وهو يمثل عدد ا من زوايا السقوط، من 0 إلى 90 و زوايا الانكسار المناظرة من 0 إلى ϕ_c على ترتيب .

سوف نرى في الحالة الحدية ، عندما تقترب الأشعة الساقطة من زاوية سقوط قدرها 90 مع العمود ، أن الأشعة المنكسرة تقترب من قيمة ثابتة ϕ_c ، التي تقابل زاوية سقوط تساوي $\phi = 90$ تسمى الزاوية الحرجة و يمكن الحصول على صيغة لحساب الزاوية الحرجة بوضع $\phi = 90$ او $\sin \phi = 1$ في قانون الانكسار (سينل)



$$\sin\phi_C = \frac{n'}{n}$$

وهـي كميـة أصـغر دائمـا مـن الوحـدة .مثـال الزجـاج عـادي معمـل انكـساره 1.25 **المحـاط بـي الهـواء هـي** $.\sin\phi_c = 0.656 \Rightarrow \phi_C = 41^0 8$

الزاوية الحرجة لسطح فاصل بين وسطين بصريين بأنها أصغر زاويـة سقوط ، فـي الوسط ذي معامل الانكسار الأكبر ، ينعكس عندها الضوء انعكاسا كليا. الانعكاس الكلي بمعنى أنه لا يحدث أي فقدان للطاقة عند الانعكاس .

3.II اللوح ذو الأسطح المستوية المتوازية

عندما يعبر شعاع ضوئي واحد لوحا زجاجيا دو أسطح مستوية و متوازية فانه سوف يخرج موازيا لاتجاهه الأصلي و لكن بإزاحة جانبية d تزداد بزيادة زاوية السقوط.

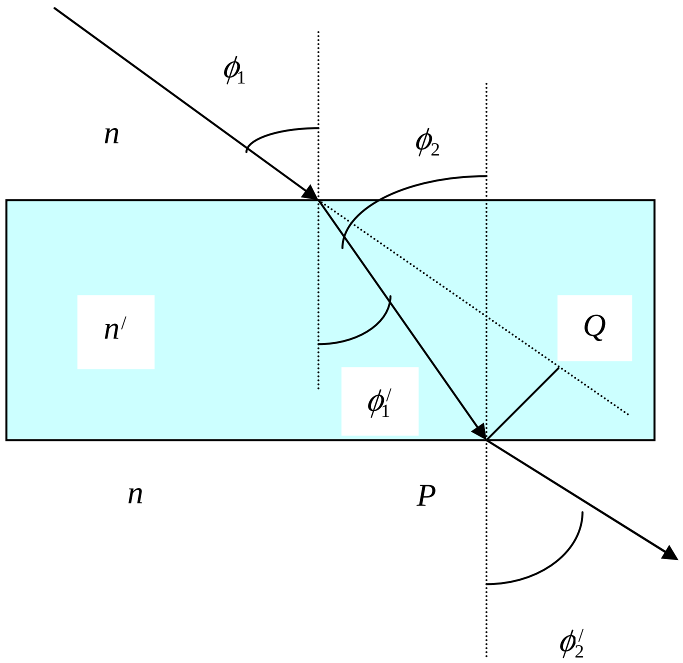
$$d = l\left(\sin\left(\phi_1 - \phi_2'\right)\right)$$

لنفرض أن الضوء يسقط بزاوية سقوط ϕ_1 **على السطح الأعلى للوح شفاف ذو أسطح مستوية و متوازية كما في الشكل التالي.** ϕ_1' **زاوية الانكسار عند السطح الأعلى.** ϕ_2 **و** ϕ_2' **زاويتي الورود و الانكسار عند السطح الأسفل.** n **قرينة الانكسار الوسط الواقع على أحد طرفي اللوح.** n_1' **قرينة انكسار اللوح. الشكل مرسوم في حالة** $n' \rangle n$ **يعطينا قانون سنل :**

$$n\sin\phi_1 = n^{/}\sin\phi_1^{/}$$

$$n^{/}\sin\phi_2 = n\sin\phi_2^{/}$$

ولكننا نرى بوضوح في المخطط أن $\phi_1^{/} = \phi_2$ فادا تأملنا في هده العلاقات وجدنا: $\phi_1 = \phi_2^{/}$ أي أن الشعاع البارز موازي للشعاع الوارد.



<u>4.II الانكسار بواسطة المنشور</u>

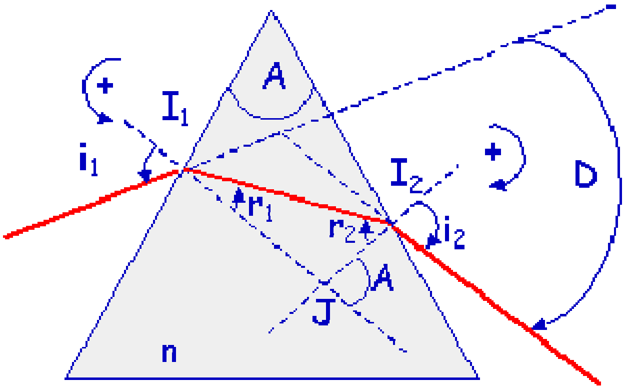
الأكثر فائدة في الأجهزة الضوئية المنشور و لا تضاهيه في ذلك الا العدسة. سوف ندرس الانحراف و التبديد اللذين يسببهما المنشور.

في أي منشور يميل السطحان أحدهما عن الأخر بزاوية معينة A كما هو مبين في الشكل بحيث يحدث انحراف بسبب السطح الأول و السطح الثاني يسبب زيادة في الانحراف.

لنتأمل في الشعاع الضوئي يرد على وجه من الوجوه المنشور بزاوية ورود تساوي i_1 كما هو مبين في الشكل. لتكن n قرينة انكسار المنشور، ولتكن A زاوية رأس المنشور و لنفترض أن الوسط الواقع على طرفي المنشور هو الهواء.

غايتنا حساب زاوية الانحراف D بتطبيق قانون سينل عند السطح الأول. نحسب زاوية الانكسار ثم نستخدم القواعد الهندسية لحساب زاوية الورود عند السطح الثاني.

فادا طبق قانون سنل مرة ثانية أمكن حساب زاوية الانكسار عند السطح الثاني. فيعرف عندئذ منحى الشعاع البارز و تحسب زاوية الانحراف.

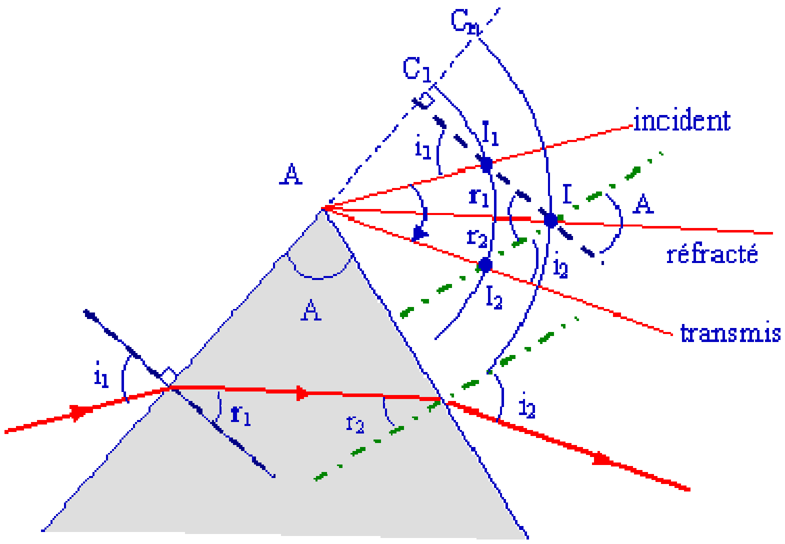


$$\sin i_1 = n \sin r_1$$
$$n \sin r_2 = \sin i_2 \ (1)$$
$$A = r_1 + r_2$$ في J

انحراف الشعاع الضوئي من خلال المنشور يعطى بالعلاقة التالية:

$$\mathbf{D = i_1 + i_2 - A}$$

هده القيم جبرية حسب الصورة السابقة الزوايا الموجودة في محيط I_1 تحسب موجبة في اتجاه عقرب الساعة.و في محيط I_2 الزوايا تحسب موجبة في الاتجاه المعاكس لعقارب الساعة.



شروط خروج الشعاع الضوئي من المنشور

معامل المنشور n أكبر دائما من الواحد يوجد دائما شعاع منكسر داخل المنشور مهما تكون زاوية الورود.

على الوجه الثاني للمنشور لكي يخرج شعاع من المنشور يجب أن تكون الزاوية r_2 أقل من الزاوية الحدية ϕ_C. و هده الزاوية تعطى بي:

$$\sin\phi_C = \frac{1}{n}$$

و بتالي:

$$-\phi_C \le r_2 \le \phi_C = \arcsin\frac{1}{n}$$

هده العلاقة تؤدي إلى شرطين التليين

- **الشرط الأول على زاوية المنشور**

$$-\phi_C \le r_2 \le \phi_C \text{ بما أن } r_2 = A - r_1 \quad \Rightarrow \quad -\phi_C \le A - r_1 \le \phi_C$$

أي $\quad r_1 \le \phi_C$ بما أن $-\phi_C \le \mathbf{A} \le \phi_C + r_1$

الشرط الوحيد لكي يخرج شعاع من المنشور هو:

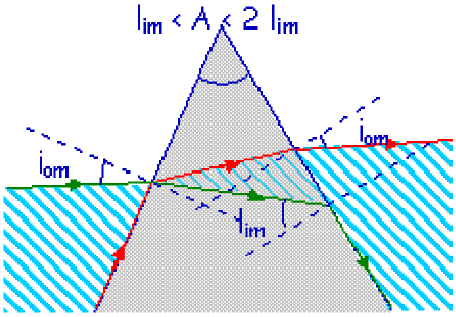
$$0 \le A \le 2\phi_C = 2Arc\sin\frac{1}{n}$$

- **الشرط على زاوية الورود**

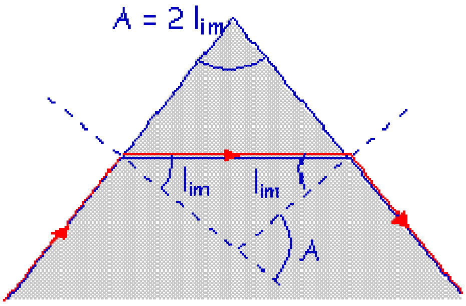
شعاع يخرج من المنشور أدا كان يحقق الشرط التالي:

$$\mathbf{i_{0m} = Arcsin\,[n\,sin\,(A - \phi_c)] \le i_1 \le 90°}$$

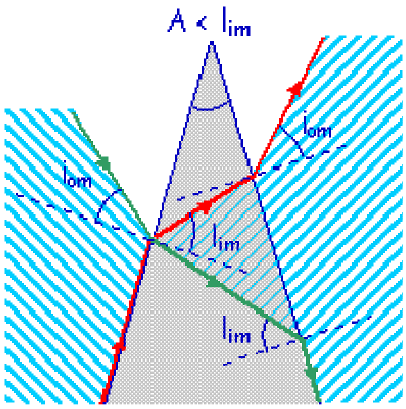
- **تمتيل شعاع وارد على منشور**



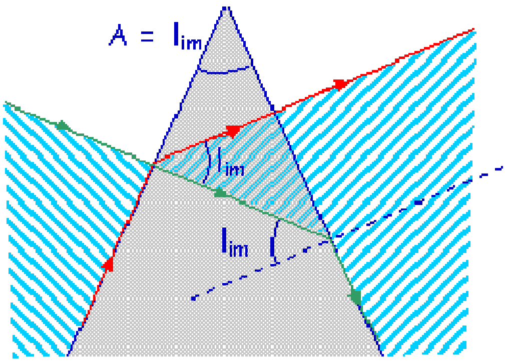
الزاوية i_{0m} موجبة



الشعاع المماسي لسطح الدخول   يستطيع الخروج من المنشور



الزاوية i_{0m} سالبة



زاوية الورود محصورة بين 0 و 90^0 الخروج من المنشور

دراسة الانحراف

سير الشعاع الضوئي في منشور مبين في الشكل السابق و الانحراف يعطى بالعلاقة التالية

i_1 , شعاع الوارد

n معمل الانكسار للمنشور

A زاوية المنشور .

عندما نقوم بالاشتقاق بالنسبة إلى المتغيرات التلات $(i_1 ; n ; A)$ نحصل على :

$$\cos i_1\, di_1 = n \cos r_1\, dr_1 + dn \sin r_1 \qquad 1$$

$$\cos i_2\, di_2 = n \cos r_2\, d r_2 + dn \sin r_2 \qquad 2$$

$$dA = dr_1 + dr_2 \qquad 3$$

$$dD = di_1 + di_2 - dA \qquad 4$$

عندما نعوض i_2 , r_1, et r_2 في المعدلات السابقة نحصل على :

$$dD = \left[1 - \frac{\cos i_1 \cos r_2}{\cos i_2 \cos r_1}\right] di_1 + \left[\frac{\sin A}{\cos i_2 \cos r_1}\right] dn + \left[n \frac{\cos r_2}{\cos i_2} - 1\right] dA$$

هده العلاقة تكتب :

$$dD = \left(\frac{\partial D}{\partial i_1}\right)_{n,A} di_1 + \left(\frac{\partial D}{\partial n}\right)_{i,A} dn + \left(\frac{\partial D}{\partial A}\right)_{i,n} dA$$

من هده العلاقة نستنتج.

$$d\,D = \frac{n \cos r_1}{\cos i_1} dr_1 + \frac{n \cos r_2}{\cos i_2} dr_2$$

الانحراف الأصغر يكون عند $dD = 0$

$$\frac{\cos r_1}{\cos i_1} = \frac{\cos r_2}{\cos i_2}$$

الحالة الوحيدة المقبولة التي تعطينا الانحراف ألأصغر هي $i_1 = i_2$ و $r_1 = r_2 = A/2$

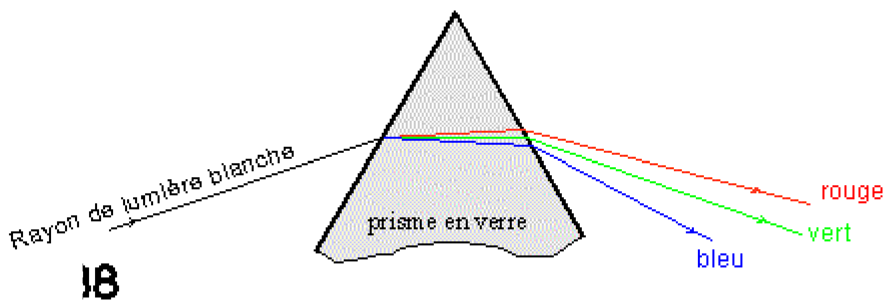
في هده الحالة $M_{inimum} = 2\, i - A$ أي:

$$\boxed{n = \frac{\sin \frac{A + D_m}{2}}{\sin \frac{A}{2}}} \quad i = \frac{A + D_m}{2}$$

5.IIالتشتت اللوني

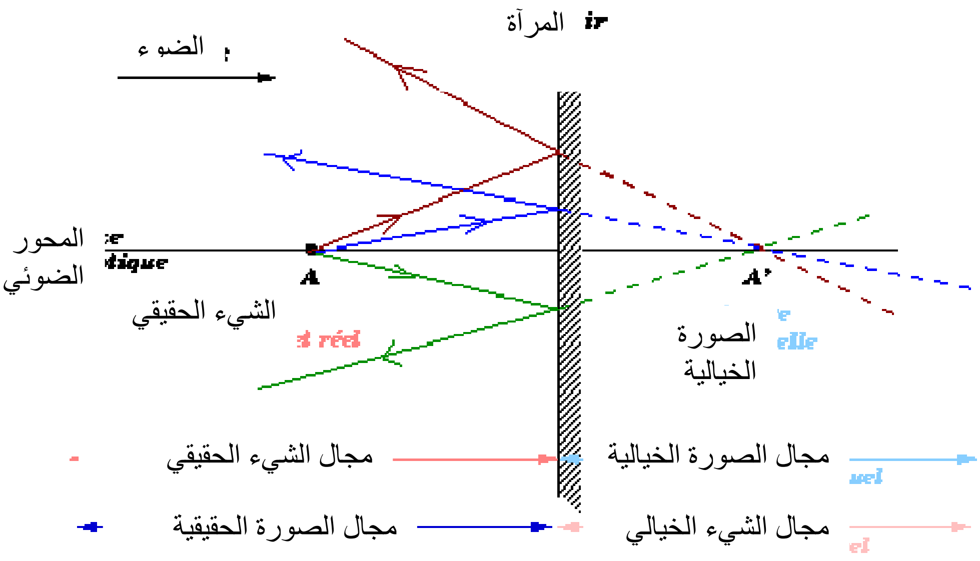
من المعروف جيدا لمن درس الفيزياء أن الانكسار يسبب فصل الضوء الأبيض الى ألوانه المركبة . و من ثم ، كما هو مبين في الشكل فان الشعاع الضوء الأبيض الساقط يعطي أشعة منكسرة ذات ألوان مختلفة . لكل منها قيمة مختلفة عن الزاوية

الحزم الضوئية مزيج من الأمواج التي تمتد أطوال موجاتها على طول الطيف المرئي و مع أن سرعة الأمواج الضوئية في الخلاء واحدة لكل أطوال الأمواج فان سرعة في الأجسام المادية تختلف باختلاف أطوال الأمواج.فقرينة انكسار مادة ما تتبع أدن طول الموجة.
ويقال عن مادة تتغير فيها سرعة الموجة بتغير طول موجتها أنها مادة ذات تبديدا. لنتأمل في شعاع من الضوء الأبيض الذي هو مزيج من كل طول الأمواج المرئية. ولنفرض أن هذا الشعاع يسقط على موشورا كما هو مبين في الشكل لما كان الانحراف الناتج عن الموشور يزداد كلما زادت قرينة الانكسار.

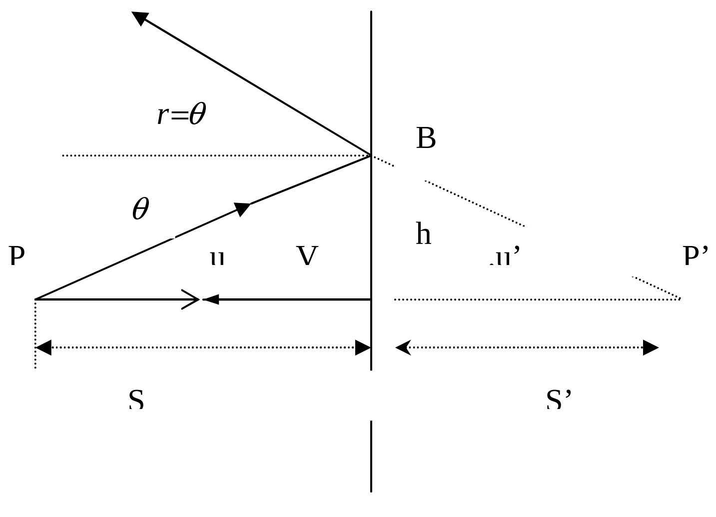


6.II الأنعكاس على مرآة مستوية

ينعكس بعض الضوء على أي سطح فاصل بين وسطين دوي قرينتين مختلفتين، ولكننا قد نرغب أحيانا في أن تكون نسبة الضوء المنعكس أعظم ما يمكن.
فادا صنع السطح من معدن مصقول صقلا ممتازا، أو طلي السطح مصقول بي غشاء معدني رقيق. فيصبح الضوء المنعكس قريب من 100% ويسمى السطح الصقيل العاكس عكسا جيدا بمرآة المعدلات التي نحصل عليها صحيحة أيضا في السطوح الصقيلة التي لا تعكس الضوء إلا عكسا جزئيا، كسطح زجاج الناقدة.



يبدو في الشكل آلا على شعاعان متباعدان صادران من النقطة A تقع على مسافة S عل يسار مرآة نسنسمي A بالنقطة الجسمية (الشيئية) و نسمي S بالبعد الجسمي (الشيئي) . وعندما نقيس البعد الجسمي فإننا نبتدئ دوما من اليسار إلى اليمين فادا كانت هده الجهة في نفس جهة الضوء كان البعد الجسمي S موجبا و من الواضح أن في الشكل الأعلى موجب



ويعود الشعاع PV الذي يرد المرآة فاصما على أعقابه سائرا في مساره الأصلي.أما الشعاع PB الذي يصنع مع PV زاوية تحكمية u فانه يرد المرآة بزاوويكون: $\phi = u$ و ينعكس بزاوية r ويكون:

$$r=\phi=u$$

لنمدد الأشعة المنعكسة بخطوط منقطعة إلى يمين المرآة كما هو مبين فتتقاطع هده الخطوط المنقطعة في الواقعة على

بعد S' إلى يمين المرآة . سنبرهن على أن الأشعة المنعكسة، المتولد من جميع الأشعة الصادرة من النقطة P آدا هي

مدت إلى الوراء في المنطقة الواقع خلف المرآة تلاقت في النقطة P'.

كما هو مبين في الشكل فاد نضر الناضر نحو المرآة من اليسار، رأت عينه الأشعة المنعكسة المتباعدة و كأنها

صادرة حقا من النقطة P' . نقول أن P' هي سورة النقطة P ة نسمي S' بعد الصورة.

تمارين محلولة

تمرين 1

حزمة ضوء متوازية تسير في الهواء ساقطة بزاوية 60^0 مع الناظم على صفيحة زجاجية شفافة.أوجد أنجاه الشعاع النافد داخل الصفيحة آدا كان معامل الانكسار الزجاج $n_v = 1.5$.

الحل

$$n_{air}\sin\theta_1 = n_v \sin\theta_1$$

$$\sin\theta_r = \frac{n_{air}}{n_v}\sin\theta_i = \frac{1}{1.5}\sin 60^0$$

$$\Rightarrow \theta_r = 35^0$$

تمرين2

سقط شعاع ضوئي بزاوية $\theta = 58^0$ على شريحة زجاجية مستقرة على سطح ما ء كما في الشكل. ولقد لوحظ أن الشعاع المنكسر داخل الشريحة يكون عموديا على الشعاع المنعكس.

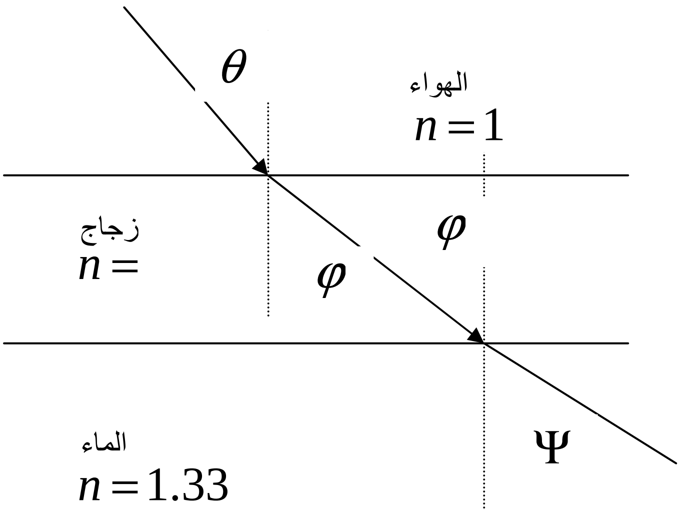
- أحسب معامل انكسار الزجاج.
- ما هي الزاوية التي يصنعها الشعاع النافد على الماء مع الناظم على سطح الماء Ψ .
- كيف تتغير الزاوية Ψ مع تغير معامل انكسار مادة الزجاج.

الحل

$$\theta + \varphi = \frac{\pi}{2} \quad 1\times\sin\theta = n\sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right)$$

$$n = tg\theta = tg58^0 = 1.6 \Rightarrow \varphi = 32^0$$

$$1.6\sin 32^0 = 1.33\sin\Psi \Rightarrow \Psi = 39.5^0$$



نكتب المعادلتين

$$1\sin 58 = n\sin\varphi$$
$$n\sin\varphi = 1.33\sin\Psi$$
$$\Rightarrow \Psi = 39.5^0$$

تمرين3

سقط شعاع ضوئي طول موجته في الهواء $\lambda = 500nm$ على شريحة زجاجية بزاوية $\theta = 60^0$ فنكسر داخلها بزاوية $\varphi = 35.26^0$.

- أحسب سرعة الضوء في الزجاج.
- طول موجة و تردد الضوء المدروس في الزجاج.

الحل

$n_v = \dfrac{\sin\theta}{\sin\varphi} = 1.5$ و منه نستنتج $V = \dfrac{C}{n_v} = 2.10^8$

$$n_{verre} = \frac{C}{V_{erre}} \quad , \quad n_{air} = \frac{C}{V_{air}}$$

$$n_V V_V = n_a V_a$$

$$\frac{V_a}{V_V} = \frac{n_V}{n_a}$$

وباعتبار انه عند الانكسار لا يتغير لون الموجة الساقطة الأحادية اللون أي أن تردد الموجة لا يتغير و بالتالي الذي يتغير هو طول الموجة و سرعتها بحيث تبق العلاقة $\gamma = \frac{V}{\lambda}$ ثابتة و منه $\frac{V_a}{\lambda_a} = \frac{V_v}{\lambda_v}$

و منه نستنتج $\lambda_a = 333.4nm$ $\lambda_V = \frac{n_a}{n_V}$ و هو طول موجة الضوء في الزجاج.

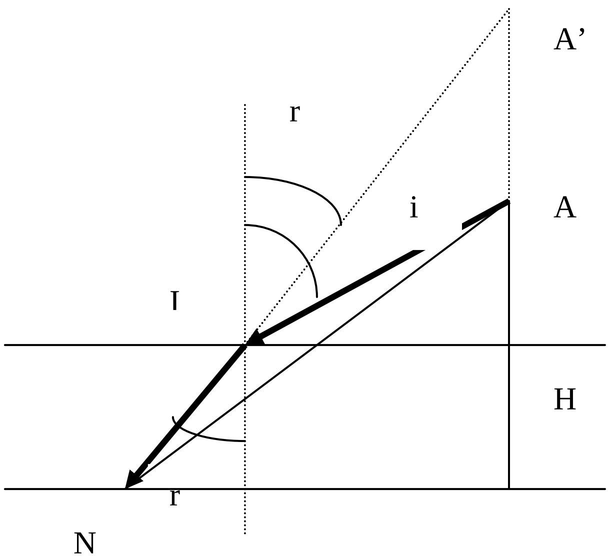
امتحان رقم 2 السانة 1996

الوقت 1h30

تمرين رقم 4

إنسان راقد في مسبح وينظر إلى سطح الماء (n=1,33) ما هو مجال رأيته بالدرجات

الحل



$\tan i = \frac{IH}{HA}$ و $\tan r = \frac{IH}{HA'}$ **في حالة الزاوية الصغيرة نحصل على ما يلي** $i = \frac{IH}{HA}$ و $r = \frac{IH}{HA'}$ و $ni = n'r$

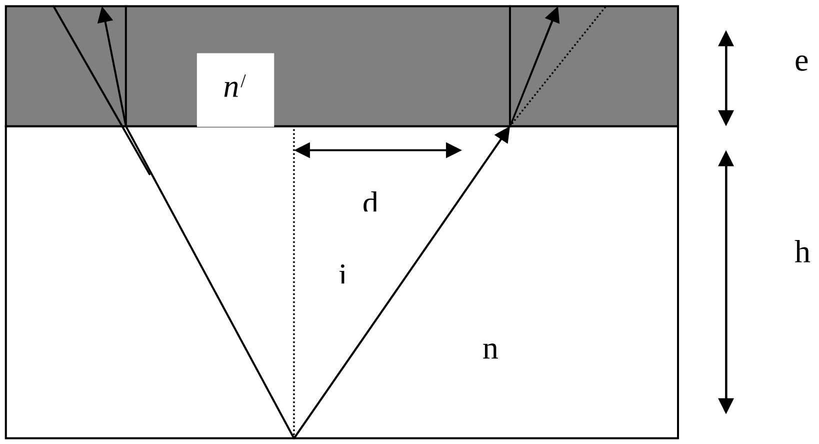
فنستخلص $HA' = \frac{n'}{n} HA$

تمرين رقم 5

مصباح يوجد في قعر بئر . ويضئ سطح الماء بي زاوية انحراف تساوي 60^0 بالنسب الى الناظم لسطح الماء n=1,33. ما هو مسار شعاع ضوئي .

نفس السؤل عندما توجد طبقة من الزيت قرينة انكساره تساوي 1,2 على السطح الماء

الحل



$$\tan i=\frac{d}{h}\Rightarrow d=\tan i\bullet h$$

في حالة وجود طبقة من الزيت سمكها e

$$\tan r=\frac{x}{e}.(1)$$

و العلاقة التي تربط بين زاوية الورود و زاوية الانكسار

$$\sin r=\frac{n}{n^/}\sin i \;\Leftarrow\; n\sin i=n^/\sin r$$

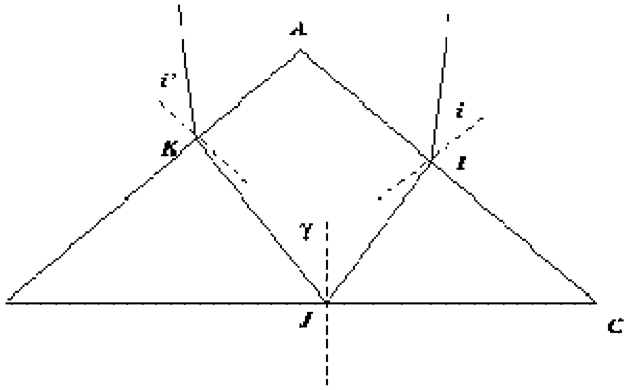
من العلاقة رقم 1 نحصل على $.x = e\times\tan r$

البقعة المضيئة بالمصباح الموجود في قعر الإناء $l = x + d = e\times\tan r + \tan i\times h$

تمرين6

قطعة من الزجاج منحوتة على شكل مثلث متساوي الساقين قائم الزاوية في A

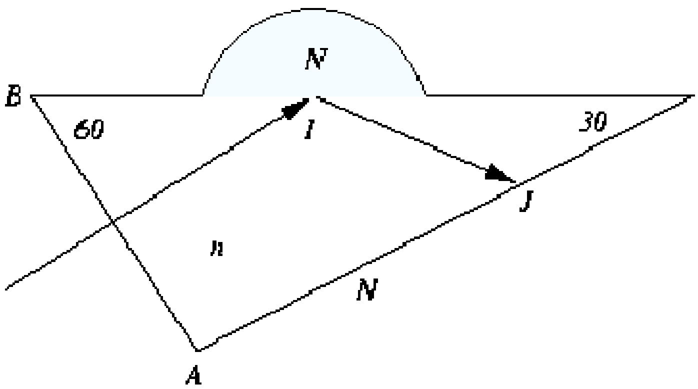
معامل انكساره يساوي $1,5$. شعاع وارد في النقطة I بزاوية ورود i ، ويخرج كم النقطة K بزاوية $i^{/}$ بعدما ينعكس انعكاس كلي على القاعدة في النقطة J بزاوية γ. ماهية زاوية الورود العظمة لكي الانعكاس يكون كلي في النقطة J. في حالة الانعكاس الكلي برهن أن $i = i^{/}$



الحل

الشعاع ينكسر على السطح AB بزاوية r_1 فيسقط على السطح BC في النقطة J بزاوية r_2 لدينا $r_1 + r_2 = 45^0$ بحيث $r_1 = 45^0 - r_2$ الشعاع ينطلق بنفس الزاوية r_2 ويصل الى الوجه AC بزاوية r_3 بحيث $r_3 + r_2 = 45^0$ في هده الحالة نحصل على $r_3 = 45^0 - r_2 = r_1$ الشعاع يخرج بنفس الزاوية الورود .ادا فالشعاع الوارد موازي لشعاع الدي يخرج من الوجه BC

تمرين 7



لدينا قطعة من زجاج $(1,5)$ مصقولة على شكل مثلث. شعاع ضوئي يسقط عموديا على الوجه AB. ما هي قرينة انكسار N لقطرة من سائل موضوعة فوق السطح BC لكي نحصل على انعكاس كلي في النقطة I. في هده الحالة هل الشعاع يخرج أم لا من الوجه AC

الحل

الشعاع الوارد و الذي يلتقي بي قطرة الزيت يخضع إلى قانون الانكسار الذي يكتب :

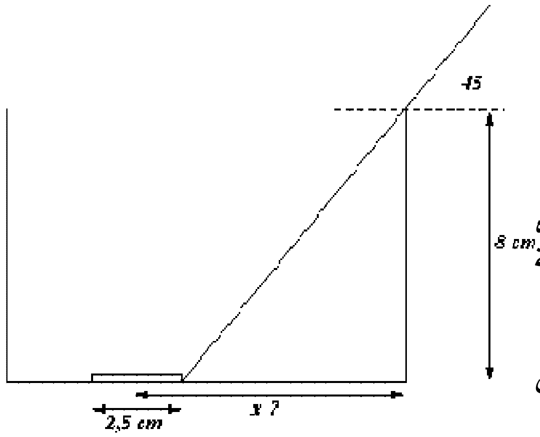
$$n\sin 60 = N\sin r$$

القيمة الصغرى التي يكون من أجلها الانعكاس كلي هي

$$n\sin 60 = N = 1,5\sin 60 = 1,299$$

الشعاع يخرج من الوجه AC في النقطة J لأن شعاع الورود على هد الوجه هو 30^0

تمرين 8



أناء عمقه $8cm$ نضع بداخله قطعة نقود قطرها $2,5cm$.ناضر ينضر إلى الإناء بزاوية تقدر 45^0.

على أي بعد من جانب الإناء نضع قطعة النقود لكي ترى كلية .

نضع النقطة على بعد $5.5cm$ من جانب الإناء .ثم نسكب سائلا قرينة انكساره 1,658 في الإناء .ما هو العلو السائل المسكوب في الإناء لكي نرى القطعة النقدية كلية .

أين توجد صورة القطعة النقدية وضح ذلك برسم .أحسب المسافة الفاصلة بين القطعة النقدية و صورته

تمرين9

برهن على أن شعاعا ضوئيا يقطع أقصر مسافة ممكنة عند انتقاله من النقطة A إلى النقطة B بعد انعكاسه على المرآة المستوية M

تمرين10

يرد ضوء لوحا زجاجيا بزاوية ورود تقدر بي 60 درجة. فينعكس البعض وينكسر البعض الأخر. ويلاحظ أن الزاوية بين الجزء المنعكس و الجزء المنكسر تساوي 90 درجة ما هي قرينة انكسار الزجاج.

يرد شعاعا ضوئي سطحا مستويا فاصلا بين مادتين شفافتين قرينتاهما 1.6و 1.4 . و تساوي زاوية الورود 30 درجة، وينطلق الشعاع من الوسط ذي القرينة الأكبر احسب زاوية الانكسار.

تمرين11

يقع منبع ضوئي نقطي على بعد $1cm$ من السطح الفاصل الماء و الهواء.أحسب زاوية انكسار الأشعة الصادرة من المنبع و التي تساوي زواياها مع الناظم 10,20,30,40 درجة و أرسم هده الأشعة في مخطط

تمرين12

يجعل لوح زجاجي متوازي الوجهين، وذو قرينة انكسار تساوي 1.5 ، فوق سطح الماء في خزان . ويرد شعاع من الأعلى بزاوية ورود تساوي 45 درجة مع سطح الزجاج العلوي.

- ما هي زاوية الشعاع مع الناظم في الماء

- كيف تتغير هده الزاوية بتغير قرينة انكسار الزجاج

تمرين13

لدينا مكعب زجاجي موضوع في الهواء، و ذو قرينة انكسار تساوي 1.5 ، تدخل أشعة ظوئية متوازية من الأعلى وهي مائلة ، ثم تصدم جانبا من جوانب المكعب .هل يمكن للأشعة أن تبرز من هدا الجانب

تمرين 14

يقع منبع ضوئي نقطي تحت سطح الماء، وعلى بعد $4cm$ منه. أحسب قطر أكبر دائرة، واقعة على سطح الماء. يستطيع الضوء آن ينفد من خلالها إلى خارج الماء.

تمرين15

يتكون قعر خزان من مرآة، ويملأ الخزان بالماء حتى ارتفاع $20cm$ يعلق جسم صغير و هو ساكن على بعد $8cm$ تحت سطح الماء .

ما هو العمق الظاهر لصورته آدا نظر إليه ناظر ناظما.

تمرين16

يأتي شعاع من الهواءو يسقط على قطعة جليد بزاوية ورودا تساوي 45 درجة و ينكسر الشعاع في الجليد بزاوية انكسار تساوي 30 درجة.

- ما هي الزاوية الحرجة في الجليد.

توجد قطعة من الوسخ داخل الجليد و على بعد $3/4cm$ من السطح ما هو عمقها الظاهر آدا نظر إليها الناظر نظميا.

تمرين17

يحكم مجهر على السطح العلوي للوح زجاجي، و يوضع لوح ثان فوق الأول. فيلاحظ انه آدا أريد أحكام المجهر على السطح السفلي من اللوح الثاني لزم رفعه بمقدار $1mm$ و انه آدا أريد أحكامه على السطح العاوي يجب رفعه بمقدار $2mm$ فوق رفعه الأول. احسب قرينة انكسار اللوح الثاني

تمرين

تطفو طبقة من الاتر، التي تساوي قرينة انكساره 1.36 ، على الماء الذي تساوي قرينة انكساره 1.33 . يبلغ عمق طبقة الإتير $2cm$ ويبلغ عمق الماء $4cm$ ما هو انتقال الظاهر على سطح الإتير إلى قعر طبقة الماء، آدا نظر إليها الناظر ناظميا.