كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الاولى

المادة : بصريات هندسية

المحاضرة : الثانية/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2025

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

٥

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

الانعكاس الكلي الداخلي والزاوية الحرجة :

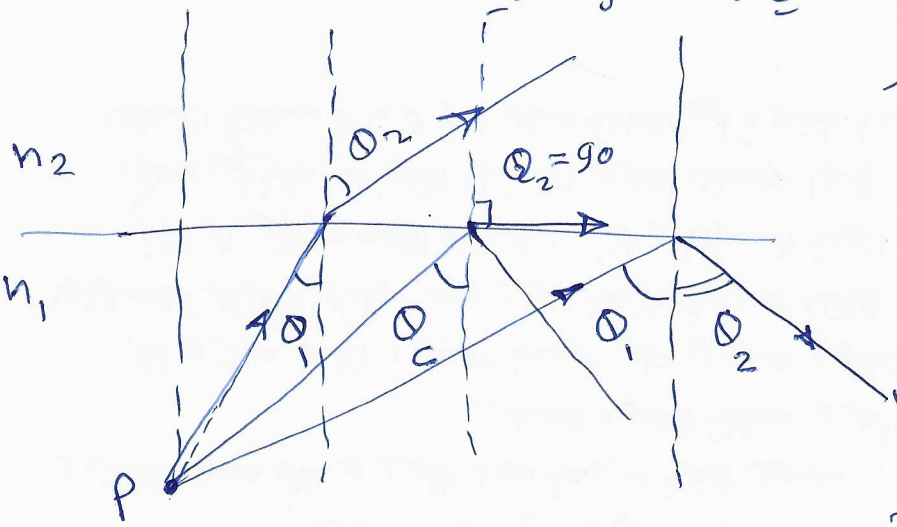
حالة الانعكاس الكلي الداخلي هي حالة انعكاس كلي للضوء في الوسط الذي يرد منه الأشعة الضوئية أي أن الشعاع الضوئي لا يبزغ للوسط الثاني .

ويحدث الانعكاس الكلي الداخلي إذا تحققت الشروط التالية :

١- أن تكون قرينة انكسار المادة التي ترد منها الأشعة الضوئية n_1 أكبر من قرينة انكسار الوسط الثاني n_2 أي أن $n_1 > n_2$

٢- أن زاوية ورود أكبر أو تساوي زاوية معينة تدعى بالزاوية الحرجة ويرمز لها بالرمز θ_c أي $\theta_1 \geq \theta_c$.

نمثل حالة الانعكاس الكلي الداخلي بالشكل الآتي :



حيث ترد بقعة أشعة متباعدة صادرة عن منبع ضوئي (P) في وسط قرينة انكساره (n_1) وتنتشر حتى تصطدم بطحي وسط آخر قرينة انكساره $n_1 > n_2$

نلاحظ خلال سير وتيارات في الانكسار وذلك لإيجاد الزاوية الحرجة .

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

فعندما تكون زاوية الورود θ_1 تساوي الزاوية الحرجة θ_c يكون الشعاع المنكسر موازياً لسطح المادة المشكلة للضوء أي $\theta_2 = 90^\circ$ وتصبح العلاقة كما يلي :

$$n_1 \sin\theta_c = n_2 \sin 90 = n_2$$

$$\Rightarrow \sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1} \quad (\text{for } n_1 > n_2)$$

أما إذا كانت $n_2 > n_1$ فعندئذ الجيب يكون أكبر من الواحد وهذا مستحيل ومن أجل أي وجود أكبر من θ_c ينعكس الشعاع انعكاساً كلياً على السطح الفاصل بين الوسطين وفقاً لقانون الانعكاس أي أن $\theta_1 = \theta_c$ كما في الشكل أعلاه

تطبيق عددي :

احسب الزاوية الحرجة في الحالتين التاليتين :

أ- الهواء وزجاج قرينته 1,5

ب- الماء وزجاج قرينته الأكبر الماء 1,34

تطبيقات الانعكاس الكلي الداخلي :

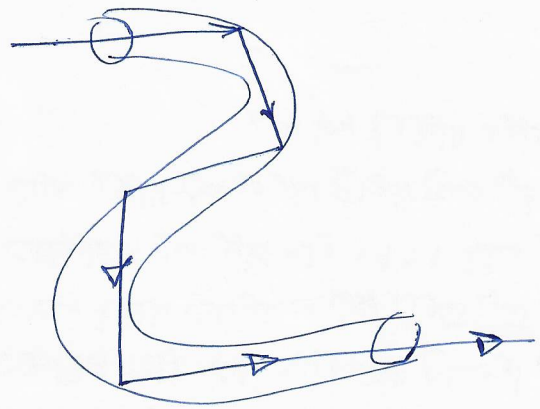
إن لظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي تطبيقات هائلة في مجالات كثيرة منها الطب والاتصالات وغير ذلك نعرض بعضا منها فيما يأتي :

(1) نقل الضوء بواسطة الليف الزجاجي.

يستند الضوء الليفي على ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي حيث يدخل الضوء من أحد طرفي حزمة من الألياف الزجاجية الدقيقة ويخرج من الطرف الثاني دون ضياع يذكر في الطاقة ويتألف ناقل الضوء هذا بشكل عام من :

1- ليف زجاجي اسطواني قرينته الكبيرة عالية

2- غلاف يحيط بالليف ويتكون من طبقة رقيقة من الزجاج قرينته الكبيرة منخفضة جدا بحيث الانعكاس الكلي الداخلي عن السطح الفاصل بين هذين الوسطين (الليف وغلافه) كما في الشكل.



من أهم تطبيقات الليف الزجاجي :

1- يستخدم كوسيلة لنقل الطاقة الضوئية من طرف لآخر مثلها ينقل الله عز وجل النبضات العصبية

2- يمكن نقل صورة جسم ما

3- يستخدم دليل الضوء في الطب لفحص أعضاء الجسم الداخلية كالمعدة

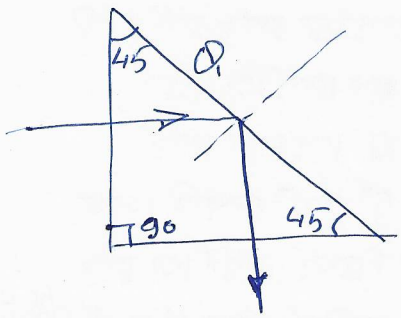
حيث يجهز لهذا الغرض في كل سيارة بحقيبة عدة مقربة بحيث يمثل دليل الصور (الليف الزجاجي) مكبر ويكون المنطقة المخصصة فيها لأكبر تراه عين الفاحص.

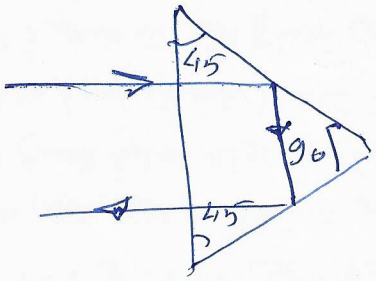
٤- وسيلة مثالية في الأعمال الجديدة.

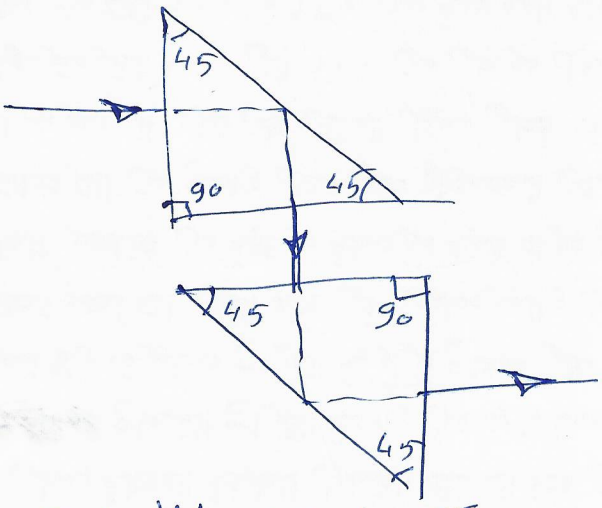
٥- أداة تحويل لحرفة اليدوية في الأجهزة الطبية.

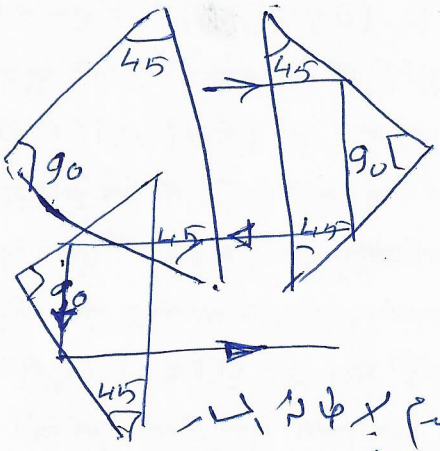
(٤) - الموشور المثلثي القائم:

وهو موشور زجاجي أحد زواياه قائمة والزاويتان الأخريان متساويتان وتساوي كل منها 45° ويكون له استعمالات متعددة منها في الأشكال الآتية:









يستخدم لإطالة المسار الضوئي

يستخدم هذا التركيب في منظار القواطعات

(٢) - النافورة الصغيرة:

إذا سقطت حوضة صغيرة متوازية ناطحيا على قطعة في أسفل وعاء محلول بالماء الأسفلة فقاعة واحدة كلية متعاقبة على جوانب أنبوب الماء المتوقف عند القمة ويبدو أن أنبوب الماء ملوناً بلون الضوء المستقل

٤ - قياس قرائن انكسار السوائل :

يعتمد مبدأ معظم مقاييس قرائن انكسار السوائل على قياس الزاوية الحرجة θ_c ويتم ذلك في مقياس آبي (Abbe) ومقياس (Pulfrich) باستعمال موشور من الزجاج ABC كما في الشكل

يوضع السائل المجهول القرينة (n) على الوجه AB عند النقطة (O)

أنبوب زجاجي أسطواني مفتوح يحتوي على السائل المجهول القرينة (n) على أن تكون أعظم من قرينة انكسار زجاج الموشور (n)

تسقط على الأنبوب حزمة أشعة ضوئية أحادية اللون متقاربة في النقطة (O) فالشعاع الوارد وفق الناظم BO يواصل انتشاره الشعاع المنكسر بالزاوية الحرجة θ_c OD والذي يتقبله الهواء وفق المنحى DE بزاوية انكسار θ_2.

نرى من الشكل أن الحزمة الضوئية البارزة يحدها المنحى DE في الأعلى أي أن هذا المنحى يؤلف الحد الفاصل بين الظلام والضياء، فإذا تم تحديد هذا المنحى باستعمال منظار عرفت عندئذ الزاوية θ_2 ومعها نكون معرفة الزاوية θ_1 بتطبيق قانون الانكسار عند النقطة D فإذا كانت زاوية رأس الموشور معروفة وتساوي مثلاً 90° أمكن حساب θ_c من العلاقة

$$\theta_c = \frac{\pi}{2} - \theta_1$$

وأمكن بالتالي حساب n' من العلاقة

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

مثال: احسب قرينة انكسار السائل n' إذا علمت أن قرينة انكسار زجاج الموشور القائم الزاوية تساوي $\sqrt{3}$، وأن الحد الفاصل بين الظلام والضياء في الوجه الذي تبزغ منه الأشعة أي الوجه AC يصنع زاوية مقدارها 60° مع الوجه الذي تدخل منه الأشعة.

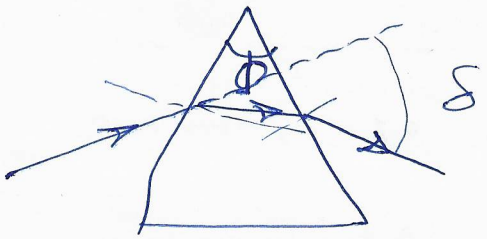
$$\theta_2 = 60°$$

التبدد الضوئي والموشور:

أهم خاصية لقرينة الانكسار (n) للمادة هي أنها تختلف باختلاف الطول الموجي للضوء المار من خلال هذه المادة وأن هذا السلوك يعد الأساس المسبب للظاهرة تدعى بظاهرة تبدد الضوء.

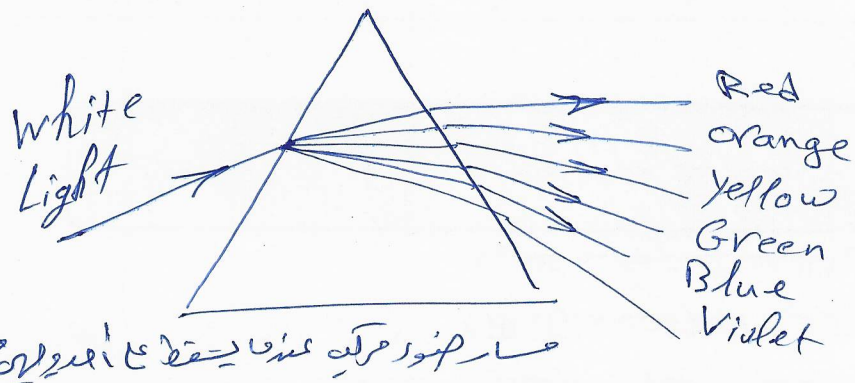
وبما أن قرينة الانكسار المادة (n) تابعة لطول الموجة وبسبب تأثير سبيل للانكسار فإن الضوء المركب ذا أطوال موجية مختلفة يتكسر بزوايا انكسار مختلفة عندما يرد هذا الضوء المركب على مادة كاسرة للضوء.

~~لتفهم~~ لفهم تأثيرات التبدد في الضوء، نفرض أنه لدينا ضوء وحيد اللون (طول موجة وحيد) يسقط على موشور كما في الشكل



حيث يلاحظ أن الضوء البارز من الموشور ينحرف عن اتجاه الضوء الذي ورد في الوجه الأول بزاوية مقدارها δ حيث تدعى بزاوية الانحراف وهذا ما سيتم التعرف عليه لاحقاً.

نفرض أن الضوء الوارد هو البياض الموشور هو الضوء الأبيض (يتألف من الأطوال الموجية المرئية) كما في الشكل التالي:



نلاحظ أن هذا الضوء يخرج من الوجه الثاني في سلسلة من الألوان تعرف بالطيف المرئي وهذه الألوان مرتبة حسب تناقص الأطوال الموجية وهي:

الأحمر - البرتقالي - الأصفر - الأخضر - الأزرق - البنفسجي.

حيث يتبين من الشكل أن زاوية الانحراف تقتصر أطوال الموجة فالضوء البنفسجي ينحرف أكثر من الألوان الأخرى.

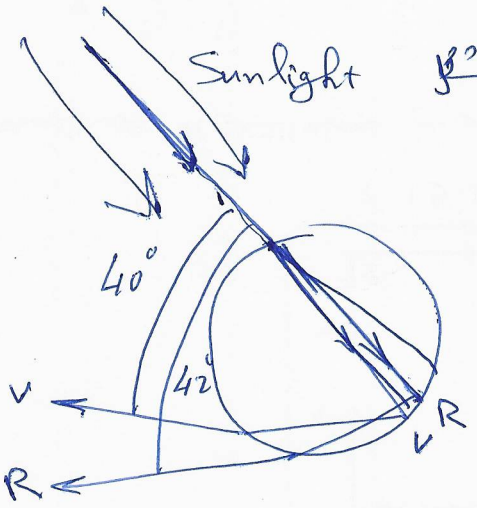
ولقد بين نيوتن أن كل لون يميز بزاوية انحراف معينة وأن الألوان البارزة من الموشور يمكنها أن تجتمع لتكون الضوء الأبيض الأصلي من جديد.

حسار ضوء مركب عندما يسقط على أحد وجوه موشور

قوس قزح:

قد لاحظ الجميع أيضاً في الطبيعة مثل هذا قوس قزح في السماء في الأيام الماطرة والمشمسة.

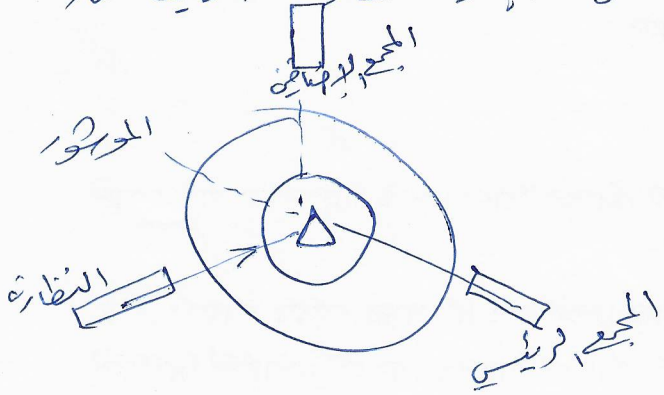
لنفهم كيف يتشكل قوس قزح انظر إلى الشكل



حيث أن شعاع الشمس الوارد من الأعلى (ضوء مركب) يسقط على قطرة الماء المعلقة في الجو فينكسر وينعكس وينكسر ثانية قبل أن نراه. بداية ينكسر على السطح الأمامي للقطرة حيث اللون البنفسجي ينحرف أكثر من اللون الأحمر R أما عندما يرتد على السطح الخلفي للقطرة فينعكس الضوء انعكاساً كلياً داخلياً ليعود إلى السطح الأمامي للقطرة حيث يعاني انكسارة أخرى (انكسار) أخير عندما ينتقل من الماء إلى الهواء. حيث يلاحظ من الشكل أن الزاوية بين الضوء الأبيض والضوء البنفسجي العائد إلينا هي 40° وأن الزاوية بين الضوء الأبيض واللون الأحمر العائد إلينا هي 42° إن هذا الفرق الزاوي البسيط في الأشعة العائدة إلينا يجعلنا نرى القوس الملون.

المطياف ذو الموشور:

ذكرنا سابقاً أن الألوان المكونة للضوء الأبيض لا تظهر ظهوراً واضحاً إلا باستعمال الموشور. فالموشور يستخدم في تحليل الضوء الأبيض إلى مركباته أي تبديده وكشفه. إذا كان الضوء بسيطاً وحيد اللون وذلك باستعماله في الجهاز المسمى بمقياس الطيف ذي الموشور المبين في الشكل: حيث يتألف مقياس الطيف من الأجزاء التالية:



١- الموشور: جسم يرتكز على قاعدة أفقية بحيث يكون حرفه الأساسي أفقياً.

٢- المجمع الرئيسي: ويتألف من سقف طيفي S يجعل في المستوى المحرقي لعدسة مقربة، بحيث تصدر منه أشعة متوازية لتقاط الموشور.

٣- المجمع الدوراني: ويتألف من سطرة طيفية مدرجة تدريجاً دقيقاً جداً. ويمكنه الدوران داخل أنبوب المجمع الجامل تقع في المستوى المحرقي لعدسة جامل تصدر منه أشعة متوازية لدى إصابة السطرة الدقيقة عمودياً من خارج.

٤- النظارة: وتتألف من عدسة جسمية وعدسة عينية وذلك من خلال طيف المنبع الضوئي الموجود أمام السقف وكذلك خيال تدريجات السطرة الدقيقة التي تفيد في تحديد مواقع خطوط الطيف.

تختلف الأطياف باختلاف المادة المثارة واختلاف الحال التي تكون فيها تلك المادة فلكل مادة طيف يميزها ويمكن استخدام المطياف ذو الموشور للكشف عن نوعية المادة الطبيعية وذلك من خلال مقارنة الطيف الناتج مع طيفها أو أطياف أخرى لمواد معروفة الطيف وفيما يلي نذكر أبرز أصناف الأطياف:

١- الطيف المتصل: ويصدر عادة عن الأجسام الصلبة والسائلة لدى إثارتها

٢- الطيف الخطي: ويصدر عن ذرات مثارة وهي في حالة الجزء أو غازات

٣- الطيف الشريطي: يشبه الطيف الخطي إلا أن كل شريط فيه يكون مؤلفاً من مجموعة خطوط متراصة. ويصدر هذا الطيف عن الغازات المضغوطة أو عن الجزيئات

٤- طيف الامتصاص: وهو طيف متصل تتقطعه خطوطاً أو شرائط أو مجالات سوداء تدل الأطوال الموجية وذلك حسب المادة أو الوسط الذي يعترض طريق الضوء الأبيض الآتي من الطيف المتصل.

وكذلك يستعمل مقياس الطيف لقياس قرائن انكسار مادة ما بأن يضع منها موشوراً ينصب في مقياس الطيف ويضاء المطياف بضوء وحيد اللون وتحسب قرينة انكسار تلك المادة من أجل هذا الضوء بالعلاقة التالية:

$$n' = \frac{\sin\left(\frac{\alpha + \delta_{min}}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$$

حيث α زاوية رأس الموشور

δ_{min} زاوية الانحراف الأصغري

n' قرينة انكسار مادة الموشور

ملاحظة: قرينة الانكسار ترتبط بطول الموجة للضوء بالعلاقة التالية:

$$n_\lambda = A + \frac{B}{\lambda^2}$$

تعرف هذه العلاقة بعلاقة كوشي حيث أن B ثابت كوشي الأول و A ثابت كوشي الثاني.

- يتعلق التبدد بالفرق بين قرينة انكسار الضوء الأزرق n_B وقرينة انكسار الضوء الأحمر n_R وتعرف قدرة التبدد ω علاقتها بالعلاقة التالية:

$$\omega = \frac{n_B - n_R}{n_y - 1}$$

- انحراف الطيف الكامل يتحدد بقرينة انكسار الضوء الأصفر n_y الذي يتموضع منتصف المسافة تقريباً بين الأحمر R والبنفسجي V أو الأزرق B

مسائل

(1) تضيء حزمة ضوئية متوازنة زاويتها قدرها 30° سطح لوح زجاجي قرينة انكساره 1,5. المطلوب:

أ- أوجد الزاوية بين الحزمة المنكسرة وسطح الزجاج

ب- كم يجب أن تكون زاوية الورود θ حتى تكون زاوية الانكسار مساوية $\frac{\theta}{2}$

(2) - يرد ضوء أبيض لوح زجاجي بزاوية ورود مقدارها 60° فينعكس بعض الحزمة وينكسر بقطع الأشعة ويلاحظ أن الزاوية بين الجزء المنعكس والجزء المنكسر تساوي 90°، ما هي قرينة انكسار الزجاج؟

(3) - يقع منبع ضوئي نقطي تحت سطح الماء وعلى بعد 20cm منه، احسب قطر أكبر دائرة واقعة على سطح الماء يستطيع الضوء أن ينفذ من خلالها خارج الماء

2/10

(٤) - نصف كرة شفافة متجانسة أنكسارها n ، ونصف قطرها r ، يسقط عليها شعاع ضوئي مستوي متوازي للمحور الأصلي على بعد x منه.

أ - ما هو الشرط الذي ينبغي أن يحققه x حتى يحدث انكسار كلي للشعاع الوارد على السطح المستوي؟

ب - ما هي قيم x التي تجعل الشعاع الوارد السابق يتزامن مع العمود المستوي عموديا عليه بعد أن يعاني k انكسارا كليا على الوجه الكروي؟

(٥) - يرد شعاع ضوئي متوازي لمحور (O,x) على السطح الأفقي لمكعب شفاف متجانس أنكساره n ، والمطلوب:

أ - ما أصغر قيمة لـ n بحيث لا يحدث للشعاع المنكسر انكسار كلي داخلي على الوجه الجانبي ab للمكعب.

ب - ما أعظم قيمة لـ n التي من أجلها يمكن للشعاع الوارد ما سبق على الوجه ab أن يبزغ من الوجه ab ؟