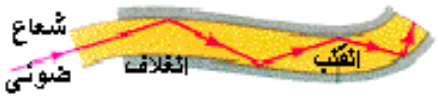
بعض التطبيقات على ظاهرة الانعكاس الكلى

الألياف الضوئية Fiber Optics:

تعتبر الألياف الضوئية من أحد التطبيقات الهامة لظاهرة الانعكاس الكلى حيث تقوم "ليفة" في سمك شعرة الرأس من الزجاج أو البلاستك بنقل الضوء من مكان إلى آخر و تسمى الليفة الضوئية Optical Fiber و

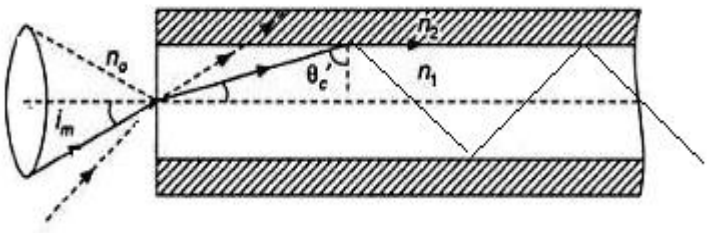
تتكون الليفة الضوئية من قلب core اسطوانى و هو الذى يحمل الضوء مغلف بغلاف cladding على شكل اسطوانة متحدة المحور مع القلب و يصنع القلب من الزجاج أو البلاستك ذو معامل انكسار(n_1) أكبر من معامل انكسار مادة الغلاف(n_2) التي تكون عادة أيضا من نوع آخر من الزجاج أو البلاستك.



شكل(٧) الليفة الضوئية

مبدأ عمل الليف البصري :

إذا ما سقط شعاع ضوئي عند مدخل الليفة الضوئية وضمن مادة اللب له وكانت زاوية سقوطه على الجدران الداخلية (أي عند الحد الفاصل بينه وبين غلافه) زاوية أكبر من الزاوية الحرجة لمادة اللب فإن الشعاع سينعكس انعكاسا كليا داخليا ليتوالى سقوطه على الجدران الداخلية سالكا مسلكا منكسرا داخل الليف ولغاية نهايته كما بالشكل (٨). ولما كان الليف البصري قابلية الإثناء لذا يصبح بالإمكان أن ينتقل الضوء بمسار متعرج .



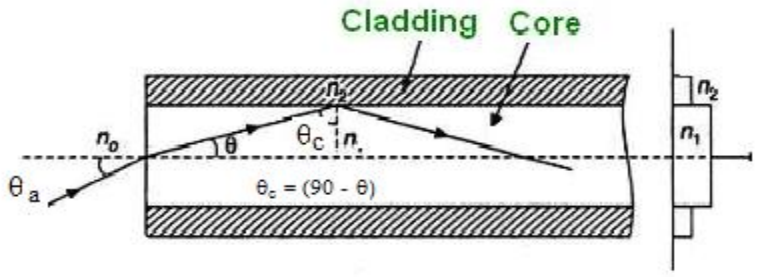
الشكل (٨) يوضح انتقال الضوء خلال الليفة الضوئية

زاوية القبول θ_a (Acceptance Angle)

هي اكبر زاوية يصنعها شعاع الضوء مع المحور البصري لليفة تسمح بدخوله الى الليفة الضوئية.

ويمكن حساب قيمة زاوية القبول كالاتي :

بتطبيق قانون سنل عند مدخل لليفة الضوئية كما يوضحه الشكل (٩)



الشكل(٩)

$$n_o \text{ Sin } \theta_a = n_1 \text{ Sin } (90 - \theta_c) \text{ ……. (1)}$$

$$n_o \text{ Sin } \theta_a = n_1 \text{ Cos } \theta_c$$

$$\because Cos\theta = \sqrt{1 - Sin^2\theta}$$

$$n_o \text{ Sin } \theta_a = n_1 \sqrt{1 - Sin^2\theta_c} \text{ ……(2)}$$

$$Sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

$$n_o \text{ Sin } \theta_a = n_1 \sqrt{1 - (\frac{n_2}{n_1})^2}$$

$$n_o \text{ Sin } \theta_a = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

الفتحة العددية (Numerical Aperture) (NA)

هو مقدار عددي يعبر عن مدى اقتران شعاع الضوء داخل الليف البصري وهو يعرف كالاتي :

$$NA = n_o \sin \theta_a$$

ان الفتحة العددية لليف الضوئي هي جيب زاوية القبول θ_a . وتعطى بالعلاقة:

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

مثال : ليف بصري فيه معامل انكسار منطقة اللب يساوي (1.5) ومعامل انكسار منطقة الغلاف يساوي(1.33)،احسب الزاوية الحرجة (θ_c) وزاوية القبول والفتحة العددية (NA) لهذا الغلاف.

الحل:

(١) الزاوية الحرجة : $Sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1}$

$$\sin \theta_c = 1.33/1.5 = 0.886$$

$$\theta_c = \sin^{-1}(0.886) = 62^o.37$$

(٢) زاوية القبول : $n_o \sin \theta_a = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$

$$\sin \theta_a = \sqrt{(1.5)^2 - (1.33)^2} = \sqrt{(2.25) - (1.7689)} = \sqrt{0.4811} = 0.694$$

$$\theta_a = \sin^{-1}(0.694) = 43^o.93$$

(٣) الفتحة العددية (NA): $NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \sqrt{(1.5)^2 - (1.33)^2} = 0.694$

سؤال: ليف بصري من السيليكا فيه معامل انكسار منطقة اللب (1.5) ومعامل انكسار الغلاف (1.47).احسب الزاوية الحرجة ما بين اللب والغلاف والفتحة العددية وزاوية القبول.

التطبيقات العملية للألياف الضوئية:

١- تستخدم المناظير الليفية في تشخيص أمراض الأعضاء الداخلية كالمعدة ؛ فيستطيع الطبيب أن يرى ما بداخل المعدة بإستخدام منظار المعدة من دون اللجوء إلى الجراحة . كما تستخدم المرشدات الضوئية لتقدم الإضاءة المناسبة في العمليات الجراحية الدقيقة .

٢- تستخدم المناظير الليفية في الصناعة ، إذ تساعد على فحص ومراقبة العمليات في المناطق التي يصعب الوصول إليها . كما تستعمل في قياس درجة الحرارة والضغط وسويات السوائل .

٣- تستخدم الالياف الضوئية في الاتصالات ؛ فالصوت يحول إلى إشارات تنقل بالضوء (أشعة الليزر) في نظام بصري ليقي ، بدلا من نقلها بالتيارات الكهربية والموجات اللاسلكية التي كانت تستخدم قديما ، ونظرا لان طول موجة هذا الضوء قصيرة جدا بالمقارنة مع طول موجة الإشارات الكهربائية العادية فإنه يمكن حشر عدد كبير من المعلومات في (كيبل) واحد .

خصائص ومميزات الألياف البصرية :

١-صغر الحجم ، القطر والوزن ، وتوفره بأطوال كافية للتطبيقات المختلفة .

٢-له قابلية انثناء عالية وفي جميع الاتجاهات .

٣-يمكنه أن ينقل مدى جيد من أطوال الموجات الكهرومغناطيسية وبخسارة نقل منخفضة .

٤-يؤمن قابلية وسعة نقل كبيرة جدا للمعلومات مقارنة بطرق الاتصالات التقليدية .

٥- يمكن تضمين الموجة الضوئية العابرة خلاله بالإشارات المعلوماتية دون أن يحدث تداخل بينها . وبدون إمكانية التجسس عليها .

ثانيا المنشور العاكس Reflection Prism

هو منشور ثلاثي من الزجاج زواياه (90 – 45 –45) اي انه منشور ثلاثي قائم الزاوية متساوي الساقين ونظرا لان الزاوية الحرجة بين الزجاج(معامل الانكسار المطلق له 1.5) والهواء حوالى 42 فإن المنشور العاكس يستخدم في تغيير مسار حزمة ضوئية بمقدار 90° او 180°

ما هو الاساس العلمي للمنشور العاكس ؟

الانعكاس الكلى للضوء:

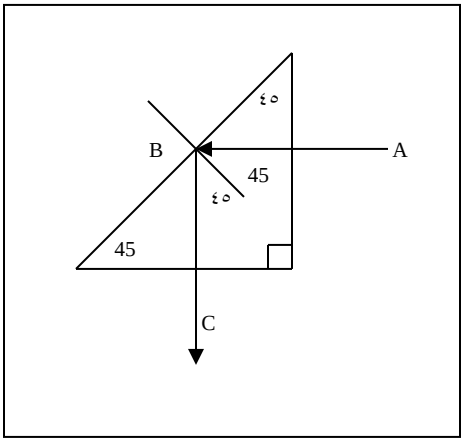
عندما تسقط الأشعة على أي وجه من الداخل فإن الأشعة تسقط عليه بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة فتنعكس الأشعة انعكاسا كليا.

فيما يستخدم المنشور العاكس ؟

١- يستخدم في تغيير مسار حزمة ضوئية بمقدار 90° او 180°

٢- يستخدم في بعض الآلات البصرية مثل البيرو سكوب الذى يستخدم في الغواصات البحرية

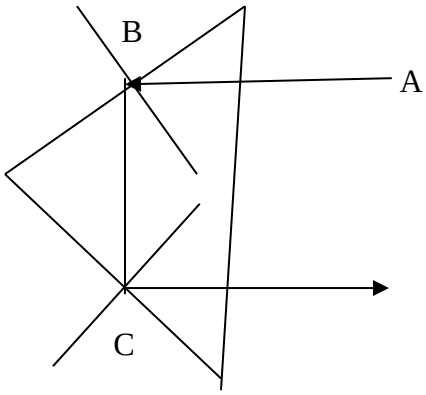
٣- يستخدم المنشور العاكس في مناظير الميدان



كيفية تغيير مسار الضوء بمقدار 90º

عند سقوط الشعاع AB عموديا على أحد وجهي الزاوية القائمة فإنه ينفذ على استقامته ثم يسقط على الوجه المقابل بزاوية 45º أي بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة بين الزجاج والهواء (٤٢º) لذلك ينعكس كليا ويتغير اتجاه مساره بمقدار 90º وتكون زاوية الخروج = صفر

كيفية تغيير مسار الضوء بمقدار ١٨٠ º



عند سقوط الشعاع AB عموديا على الوجه المقابل للزاوية القائمة (الوتر) فإنه ينعكس كليا مرتين مرة عند B ومرة عند C وفى الحالتين يسقط الشعاع على الوجه من الداخل بزاوية اكبر من الزاوية الحرجة فينعكس كليا مرتين ويتغير مسار الشعاع بمقدار 180º وتكون زاوية الخروج صفر

ثالثا : السراب الصحراوي : Mirage

هو ظاهرة طبيعية تحدث وقت الظهيرة في فصل الصيف في الايام شديدة الحرارة في الصحارى حيث ترى الاجسام البعيدة كما لو كانت منعكسة على سطح ماء أو تبدو الطرق كما لو كانت مغطاة بالماء.

تفسير ظاهرة السراب الصحراوي

١- في الايام شديدة الحرارة ترتفع درجة حرارة الطبقات الهوائية الملاصقة لسطح الارض فتقل كثافتها عن كثافة الطبقات التي تعلوها

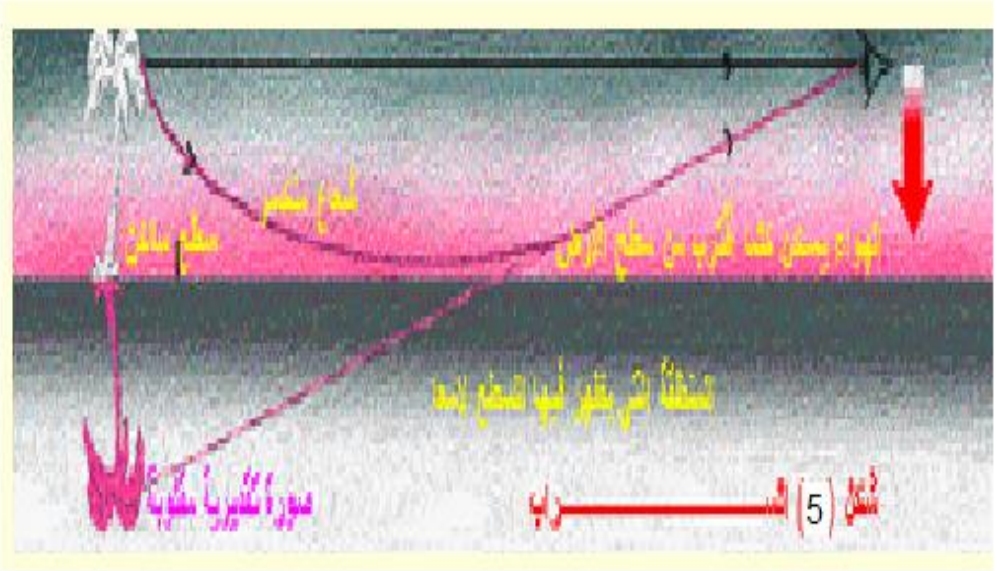
٢- يترتب على ذلك ان تكون معاملات انكسار طبقات الهواء العليا اكبر من تلك التي تحتها .

٣- اذا تتبعنا شعاعا ضوئيا صادرا من قمة نخلة مثلا فإن هذا الشعاع عند انتقاله من الطبقة العليا الى الطبقة التي تقع تحتها ينكسر مبتعدا عن العمود

٤- وعند انتقاله من هذه الطبقة إلى الطبقة التي تليها يزداد انحرافه ....وهكذا يزداد انحراف الشعاع أثناء انتقاله خلال طبقات الهواء المتتالية متخذاً مساراً منحنياً.

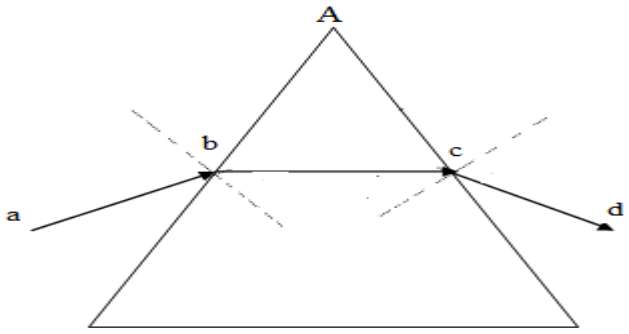
٥- عندما تصبح زاوية السقوط في إحدى الطبقات أكبر من الزاوية الحرجة بالنسبة للطبقة التي تحتها فإن الشعاع الضوئي ينعكس انعكاسا كليا متخذاً مسارا منحنيا الى اعلى حتى يصل الى العين .

٦- ترى العين صورة قمة النخلة على امتداد الشعاع الذى يصلها وهذا يفسر رؤية صورتها مقلوبة فيظن المشاهد أنها ماء .



المنشور الثلاثي : Prism

هو جسم شفاف مصنوع من الزجاج محدود بخمسة اوجه اثنان منهما على هيئة مثلث وثلاثة أوجه اخرى على هيئة مستطيلات .

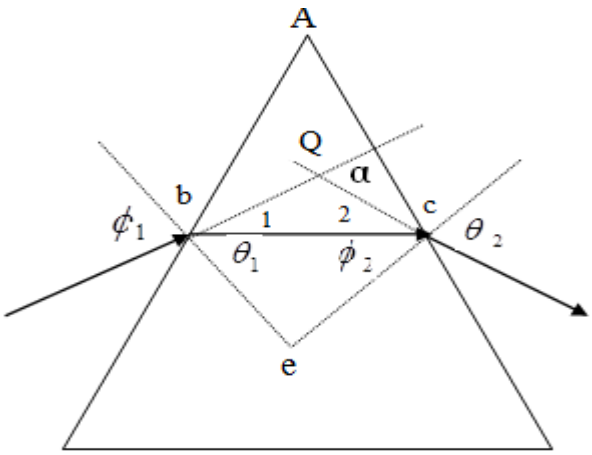


الشعاع ab ينتقل من الهواء إلى الزجاج وبسبب تغير سرعة الضوء في الوسطين فإنه ينكسر متخذا المسارbc ليسقط على الوجه المقابل وينكسر مرة أخرى في الهواء متخذا المسار cd .

يتبين من هذا الشكل ان :

الشعاع الضوئي في المنشور ينكسر مرتين ونتيجة لذلك ينحرف الشعاع عن مساره بزاوية معينة هي زاوية الانحراف

عرف زاوية الانحراف ؟



هي الزاوية الحادة المحصورة بين امتدادي كل من الشعاعين الساقط والخارج في المنشور الثلاثي . حيث

ϕ_1 هي زاوية السقوط عند الوجه الأول

θ_1 هي زاوية الانكسار عند الوجه الاول .

ϕ_2 هي زاوية السقوط الثانية

θ_2 هي زاوية الانكسار عند الوجه الثاني(زاوية الخروج من المنشور)

استنتاج قوانين المنشور رياضياً

الشكل bAce رباعي دائري اي ان $\angle b+\angle A+\angle C+\angle e=360^o$

$$\angle b=\angle C=90^o$$

$$\angle A+\angle e+180^o=360^o$$

$$\angle A+\angle e=360^o-180^o=180^o \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (١)$$

مجموع زوايا المثلث bec الداخلة = 180°

$$\theta_1+\phi_2+e=180^o \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٢)$$

$$A+e=\theta_1+\phi_2+e$$

بحذف e من الطرفين نجد ان :

$$A=\theta_1+\phi_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (٣)$$

$1+\theta_1=\phi_1$ $\qquad$ $1=\phi_1-\theta_1$

$2+\phi_2=\theta_2$ $\qquad$ $2=\theta_2-\phi_2$

الزاوية α خارجة عن المثلث Qbc

$\therefore$ α = مجموع الزاويتين الداخلتين عدا المجاورة لها .

$\alpha=1+2$ $\qquad$ $\therefore$ $\qquad$ $\alpha=\phi_1-\theta_1+\theta_2-\phi_2$

$$= \phi_1 + \theta_2 - \theta_1 - \phi_2$$

$$= \phi_1 + \theta_2 - (\theta_1 + \phi_2)$$

وبالتعويض من المعادلة (٣)

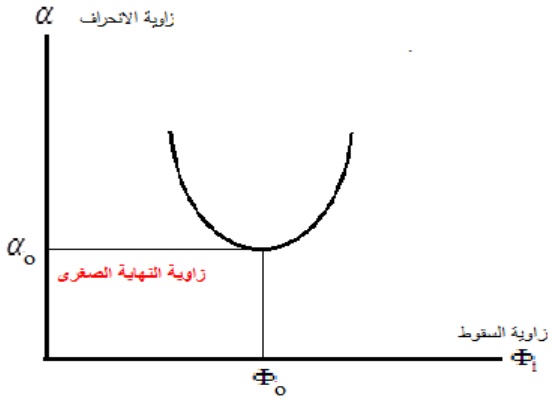
$$\therefore \alpha = \phi_1 + \theta_2 - A$$ زاوية الانحراف

زاوية الانحراف α تتوقف على زاوية السقوط ϕ_1 . وزاوية الخروج θ_2 وزاوية راس المنشور A

زاوية النهاية الصغرى للانحراف:

هي أصغر زاوية محصورة بين امتدادي الشعاعيين الساقط والخارج من المنشور الثلاثي وعندها تكون

زاوية السقوط Φ_1 = زاوية الخروج θ_2



خصائص وضع النهاية الصغرى للانحراف :-

١- زاوية السقوط الأولى Φ_1 = زاوية الخروج θ_2

٢- زاوية الانكسار الاولى θ_1 = زاوية السقوط الثانية ϕ_2

٣- يحسب معامل الانكسار في هذه الحالة من العلاقة :-

$$n = \frac{\sin \frac{\alpha_\circ + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

ملحوظة :- اذا كانت هناك زاوية انحراف لها زاويتي سقوط فان زاوية السقوط التي يحدث عندها زاوية الانحراف = مجموع زاويتي السقوط ÷ ٢

استنتاج قيمة معامل انكسار مادة المنشور عند وضع النهاية الصغرى للانحراف:

عند وضع النهاية الصغرى للانحراف يكون:

$\Phi_1 = \theta_2 = \Phi_\circ$

$\theta_1 = \phi_2 = \theta_\circ$

$A = \theta_1 + \phi_2 \qquad A = 2\ \theta_\circ \qquad \theta_\circ = \frac{A}{2}$

$\because\ \alpha_\circ = \phi_1 + \theta_2 - A$

$\therefore\ \alpha_\circ = 2\Phi_\circ - A$

$\alpha_\circ + A = 2\Phi_\circ \qquad \frac{\alpha_\circ + A}{2} = \Phi_\circ$

بتطبيق قانون سنل عند السطح الاول للمنشور .

$$n_o Sin\phi_o = nSin\theta_1$$

حيث n_o معامل انكسار الهواء = ١ و n معامل انكسار مادة المنشور

معامل انكسار مادة المنشور عند وضع النهاية الصغرى للانحراف

$$n = \frac{\sin\frac{\alpha_\circ + A}{2}}{\sin\frac{A}{2}}$$

المنشور الرقيق Thin Prism

هو منشور ثلاثي من الزجاج زاوية راسه لا تتعدى10° درجات ويكون دائما في وضع النهاية الصغرى للانحراف

استنتاج معامل انكسار مادة المنشور تتعين من العلاقة

$$n = \frac{\sin\frac{\alpha_\circ + A}{2}}{\sin\frac{A}{2}}$$

ونظرا لان $\frac{\alpha_{\circ+}A}{2}$ و $\frac{A}{2}$ زوايا صغيرة

يكون جيب الزاوية بالتقدير الستينى مساويا لقيمة الزاوية بالتقدير الدائري

وعلى ذلك يكو ن $\sin \frac{\alpha_{\circ+}A}{2} = \frac{\alpha_{\circ+}A}{2}$

$$\sin \frac{A}{2} = \frac{A}{2}$$

$$n = \frac{\frac{\alpha_{\circ+}A}{2}}{\frac{A}{2}}$$

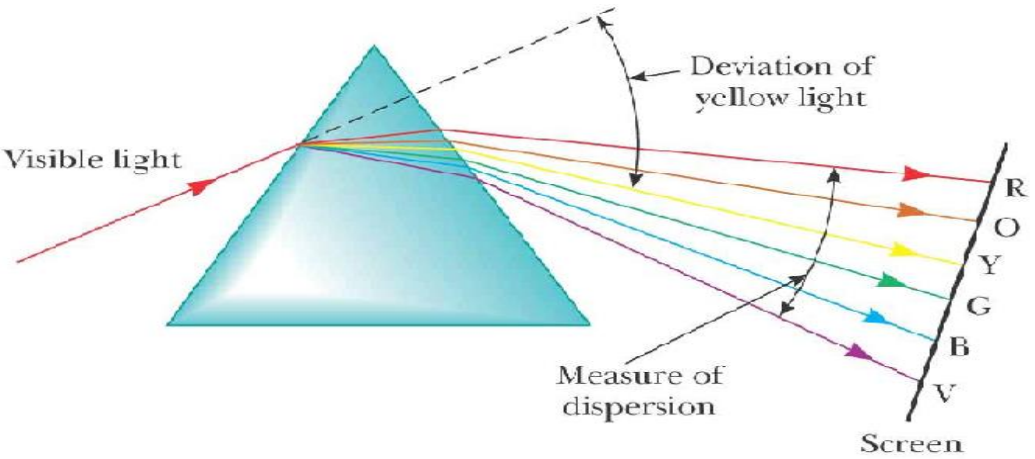
$$n = \frac{\alpha_{\circ} + A}{A}$$

$$\alpha_{\circ+}A = An$$

$$\therefore \alpha_{\circ} = An - A \quad \therefore \quad \alpha_{\circ} = A(n-1)$$

قوة التفريق اللوني :

عند سقوط ضوء ابيض على منشور ثلاثي يتفرق هذا الضوء الى الوان الطيف المعروفة بسبب اختلاف معاملات انكسارها تبعاً لاختلاف اطوالها الموجية .



(احمر Red – برتقالي Orange – اصفر Yellow – اخضر Green – ازرق Blue – نيلي Indigo – بنفسجي Violet)

زاوية انحراف اللون الاحمر في المنشور الرقيق : $(\alpha_\circ)_r = A(n_r - 1)$

زاوية انحراف اللون الازرق في المنشور الرقيق : $(\alpha_\circ)_b = A(n_b - 1)$

بالطرح : $(\alpha)_b - (\alpha)_r = A(n_b - 1 - n_r + 1)$

$\therefore \quad (\alpha)_b - (\alpha)_r = A(n_b - n_r)$

يمثل الطرف الايسر الانفراج الزاوي للشعاعين الازرق والاحمر .

زاوية انحراف اللون الاصفر $(\alpha_\circ)_y = A(n_y - 1)$.

بقسمة الانفراج الزاوي على انحراف اللون الاصفر : $\frac{(\alpha_\circ)_b - (\alpha_\circ)_r}{(\alpha_\circ)_y} = \frac{A(n_b - n_r)}{A(n_y - 1)}$

المقدار السابق يسمى" قوة التفريق اللوني" ω_α والتي لا تتوقف على زاوية رأس المنشور

$$\omega_\alpha = \frac{(\alpha_\circ)_b - (\alpha_\circ)_r}{(\alpha_\circ)_y}$$

$$\omega_\alpha = \frac{(n_b - n_r)}{(n_y - 1)}$$

$$n_y = \frac{n_b + n_r}{2}$$

معامل الانكسار المتوسط

هو معامل انكسار مادة المنشور للون الاصفر

الانفراج الزاوي بين شعاعين

هو الزاوية المحصورة بين الشعاعين بعد خروجهما من المنشور (يساوى زاوية انحراف الاول – زاوية انحراف الثاني) .

قوة التفريق اللوني

هي النسبة بين الانفراج الزاوي بين الشعاعين الازرق والاحمر الى زاوية انحراف الضوء الاصفر (الانحراف المتوسط) .

مثال:

منشور زجاجي بزاوية راس (72^o) درجة ومعامل انكسار مادته (1.66) غمر بالكامل داخل سائل معامل انكسار مادته (1.33) ماهي قيمة زاوية النهاية الصغرى للانحراف فيه.

الحل

نحسب معامل الانكسار النسبي بين الماء والزجاج

$$_{l}n_{g} = \frac{n_g}{n_l} = \frac{1.66}{1.33} = 1.248$$

وبتطبيق فانون معامل الانكسار للمنشور

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\alpha_o + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)} \Rightarrow 1.248 = \frac{\sin\left(\frac{\alpha_o + 72}{2}\right)}{\sin\left(\frac{72}{2}\right)}$$

$$\alpha_o = 22^o, 22'$$

<u>تمارين:</u>

س (١) أحسب معامل انكسار مادة منشور متساوي الزوايا اذا كانت زاوية النهاية الصغرى للانحراف له تساوي 38^0 .

س (٢) سرعة الضوء في الماء تساوي 3/4 سرعته في الهواء؛

- ما تأثير انتقال الضوء من الهواء إلى الماء على التردد والطول الم وجي؟
- احسب معامل انكسار الماء؟

س (٣) مر شعاع ضوء طوله الموجي 589 nm خلال كوارتزمعامل انكسارها 1.45 ؟

- اوجد سرعة الضوء وطوله الموجي وتردده في الكوارتز؟

س (٤) مر ضوء طوله الموجي 436 nm خلال حوض زجاجي مملوء بالماء؛ احسب الطول الموجي للضوء في الماء (n= 1.33)وفي الزجاج (n= 1.5)