كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الاولى

المادة : بصريات هندسية

المحاضرة : الاولى/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

٦

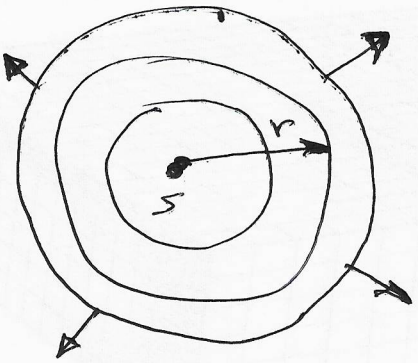
2025

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

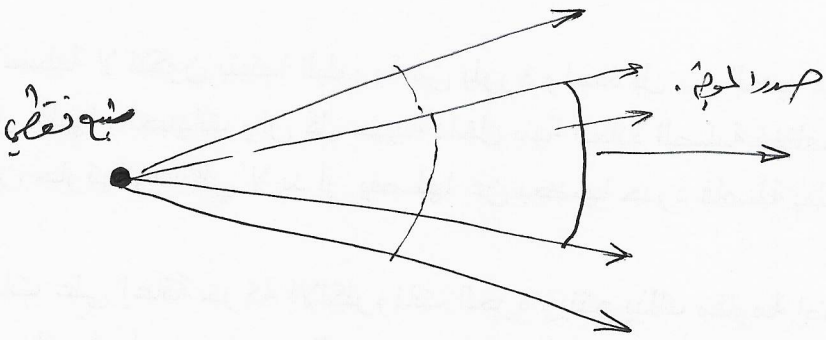
مفهوم الموجة:

يستخدم مفهوم الموجة لوصف انتشار الموجة وكيفية انتقال الطاقة بصفة عامة من نقطة إلى أخرى في أي وسط. وتعرف الموجة بأنها الحل الرياضي للنظام الذي ينتج عن اهتزاز واحد وطاقة اهتزاز واحدة.

إذا كان المنبع نقطياً كما في الشكل فإنه يصدر أمواجاً في الهواء فتصل بعد فترة زمنية t إلى سطح كرة نصف قطرها $r = ct$ ويكون عندئذ صدر الموجة كروياً كما في الشكل.



منبع نقطي يصدر أمواجاً طولية كروية باتساعات متساوية في كل الاتجاهات.



ملاحظة: إذا كان المنبع مستقيماً يصدر أمواجاً اسطوانية.

سطار الموجة الضوئية:

$$\lambda = vT = \frac{v}{\nu}$$

في حالة الخلاء $\lambda = cT = \frac{c}{\nu}$ أو $c = \lambda\nu$

مفهوم الشعاع في الضوء الهندسي :

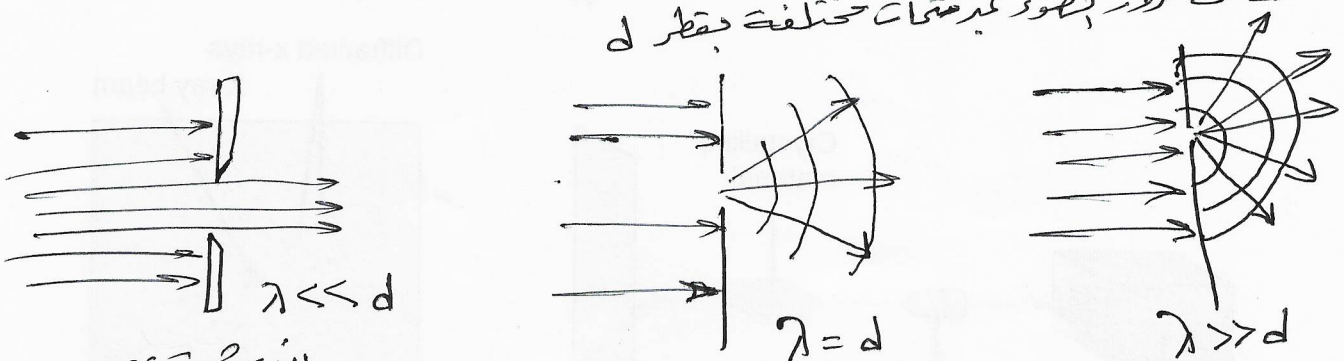
إن موضوع الضوء الهندسي يتضمن دراسة انتشار الضوء وذلك بفرض أن الضوء ينتشر باتجاه معين وفق خطوط مستقيمة في الأوساط المتماثلة المتناحي وغير متماثلة المتناحي مغيراً اتجاهه عندما يصادف سطحاً لوسط آخر.

وعليه فإن يدرس الضوء الهندسي ظاهرتي الانعكاس والانكسار للضوء.

أما مقدر الضوء الفيزيائي يدرس الطبيعة الموجية للضوء متداخلة واقترابه غير موجودة مع فتحة $d << \lambda$.

إن مفهوم الشعاع وحالة $d >> \lambda$ تستخدم في دراسة المرايا والعدسات والمواشير والأدوات الضوئية الذهرا كالمناظير والمجاهر والكيدات ونظارات العيون.

أشكال مرور الضوء عبر فتحات مختلفة بقطر d



الأشعة تتابع سيرها بدون انتشار

الأشعة تنتشر من الفتحة في جميع الاتجاهات

الفتحة تملأ سلوك منبع نقطي ويصدر أطوال كروية

قرينة الانكسار

تكون سرعة انتشار الضوء في الخلاء أعظمية وتساوي $3 \times 10^8 \ m/s$ وتقل عندما ينتقل في الأوساط المادية ولهذا الغرض يعرف مفهوم قرينة الانكسار للمادة ويرمز لها بالرمز (n) وتعرف بأنها سرعة انتشار الضوء في الخلاء (C) على سرعته في المادة v وتعطى بالعلاقة التالية:

$$n = \frac{c}{v} > 1$$

- عندما ينتشر الضوء وحيد اللون يحافظ على تواتره ولكنه تتغير طول موجته أي أن سرعة انتشار الضوء في الوسط تعطى بالعلاقة $v = \nu \lambda$

وبناء عليه يمكننا كتابة علاقة قرينة الانكسار وفقاً لطول الموجة وفق الشكل التالي:

$$n = \frac{\lambda}{\lambda_n}$$

حيث λ طول موجة الضوء في الخلاء

- λ_n طول موجة الضوء في الوسط الذي سرعة الضوء فيه v وقرينة انكساره n وأن $\lambda_n < \lambda$

مثال: ينتشر ضوء وحيد اللون في الهواء بطول موجة 780nm المطلوب:

1) أوجد سرعة انتشاره عندما يمر في وسط شفاف معادة قرينة انكساره $n = 1.55$ ثم أوجد طول موجته أيضا.

الحل:

$$v = \frac{c}{n} = \frac{3\times10^8}{1,55} = 1.97\times10^8 \ m/s$$

$$\lambda_n = \frac{\lambda}{n} = \frac{780}{1.55} = 503 \ nm$$

المسار الضوئي:

نقطع المسافة الهندسية D التي يقطعها الضوء في وسط ما خلال زمن t بالعلاقة $D = vt$ فإذا كان الوسط هو الخلاء تصبح العلاقة $D = ct$ حيث c سرعة الضوء في الخلاء.

نفرض أن شعاعا ضوئيا ينتقل من نقطة A إلى نقطة B عابرا بسلسلة من الأوساط المتجاورة المتماثلة المتناهية عددها مسافات هندسية في تلك الأوساط كما يلي:

D_1 ، D_2 ، D_3 ---- ستكون الزمن اللازم للوصول من A → B مساويا إلى:

$$t = \frac{D_1}{v_1} + \frac{D_2}{v_2} + \frac{D_3}{v_3} + \cdots \quad (1)$$

حيث أن v_1 ، v_2 ، v_3 -- هي سرعة الضوء في تلك الأوساط على التوالي.

فإذا ضربنا العلاقة (1) بسرعة الضوء في الخلاء (c) نحصل على:

$$ct = c\frac{D_1}{v_1} + c\frac{D_2}{v_2} + c\frac{D_3}{v_3} + \cdots \quad (2)$$

ولكون $n_1 = \frac{c}{v}$ فتصبح العلاقة

$$ct = n_1D_1 + n_2D_2 + n_3D_3 + \cdots = \sum D_i n_i = \Delta$$

حيث Δ هي المسار الضوئي بين الموجتين الموافقتين للنقطتين A و B ونقول أنه مثل المسافة الهندسية التي يقطعها الضوء في الخلاء خلال الفترة الزمنية t التي يقطع فيها الضوء في تلك الأوساط المسافات الهندسية D_i

أما إذا كان الوسط الذي ينتشر فيه الضوء غير متجانس وقرينة انكساره تابعة للإحداثيات في كل نقطة فإن، المسار الضوئي بين النقطتين A و B مقدراً بالعلاقة:

$$\Delta = \int_A^B n(x,y,z)\, dD$$

أمثلة:

الطول الموجي لضوء ليزر في الهواء 632.8nm والمطلوب:

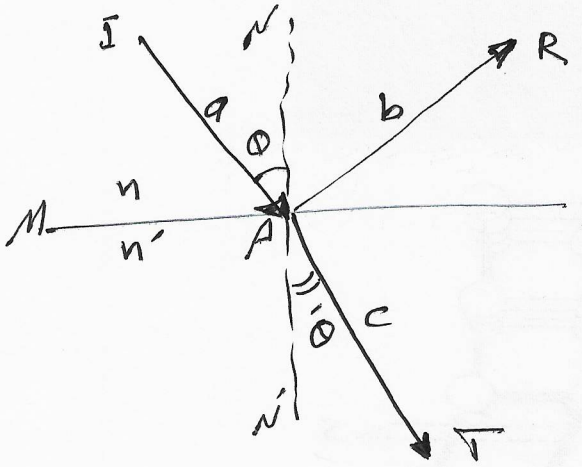
1- احسب تواتره

2- احسب طول موجته في زجاج قرينة انكساره 1,5

3- احسب سرعة الضوء في الزجاج.

ظاهرتي الانعكاس والانكسار

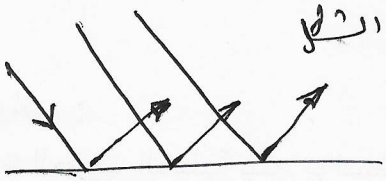
إن أكثر الأشياء التي نراها تكون مرئية لأنها تعكس الضوء الى أعيننا.
فعندما يرد شعاع ضوئي الى الحد الفاصل بين وسطين شفافين مختلفين في
قرينة الانكسار ينعكس قسم منه انعكاساً صقيلاً في اتجاه محدد وينتشر قسم
آخر في اتجاهات كثيرة بينما ينفذ القسم الأخير الى الوسط الثاني في اتجاه محدد كما في
الشكل



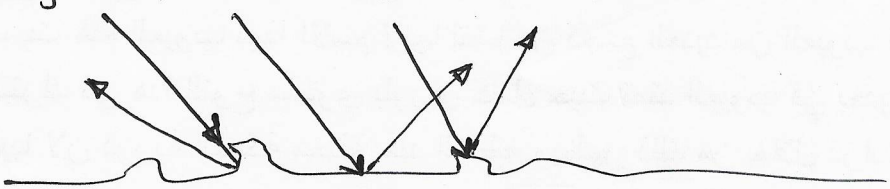
مثلاً:
عندما ينظر شخص الى نافذة مطعم من
الخارج فانه يرى منظر الشارع بالانعكاس
وكلما كان داخل المطعم مرئي المنظر نفسه
بالانكسار.

أنواع الانعكاس:

1- الانعكاس المرآتي (أو المنتظم) ويحدث عندما يكون السطح العاكس صقيلاً
جداً حيث تكون تضاريسه صغيرة جداً بالمقارنة مع طول موجة الضوء المنعكس وتكون
جبهة الأشعة المنعكسة متوازية فيما بينها كما في الشكل



2- الانعكاس المنتشر (أو المشتت) يحدث عندما يكون السطح العاكس خشناً (غير مصقول)
ويكون اعتبارياً ناجماً عن عدد كبير من الانعكاسات المرآتية عن سطوح صغيرة، تضاريس
المختلفة الاتجاه والتي يتكون منها السطح الخشن حيث تنعكس الأشعة في هذه
الحالة وفق اتجاهات عشوائية تحددها طبيعة السطح العاكس كما في الشكل



قوانين الانعكاس والانكسار

تعاريف:

١- زاوية الورود: هي الزاوية بين الشعاع الوارد والناظم على السطح في نقطة الورود

٢- " الانعكاس: " " " " المنعكس " " " "

٣- " الانكسار: " " " " المنكسر " " " "

٤- الناظم هو العمود المقام على السطح الفاصل بين الوسطين

٥- مستوى الورود: هو المستوي الذي يحوي الناظم والشعاع الوارد

٦- مستوى الانعكاس: " " " " والشعاع المنعكس

٧- " الانكسار: " " " " المنكسر

قانونا الانعكاس:

١- الشعاع المنعكس يقع في مستوي الورود.

٢- زاوية الانعكاس تساوي زاوية الورود.

قانونا الانكسار: قانون سنل أو قانون ديكارت

١- الشعاع المنكسر يقع في مستوي الورود.

٢- النسبة بين جيب زاوية الورود وجيب زاوية الانكسار ثابتة. أي:

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta'} = \frac{v_1}{v'} = \frac{n'}{n} \Rightarrow n\sin\theta = n'\sin\theta'$$

يطلق على النسبة $\frac{n'}{n}$ بقرينة الانكسار النسبية للوسط الثاني بالنسبة للوسط الأول.

وبالتالي يمكن قياس قرينة الانكسار (n) لمختلف الأوساط الشفافة فقياس الزاويتين θ و θ' تجريبيا.

وتعويضها في العلاقة أعلاه.

عندما تكون زوايا الانكسار صغيرة جدا يمكن التقريب: بدل جيبي زاويتي الورود والانكسار بالزاويتين نفسيهما فيصبح قانون كيبلر من أجل الزوايا الصغيرة بالشكل:

$$n\theta = n'\theta'$$

مناقشة ظاهرة الانكسار

- عندما ينتقل الضوء من وسط قرينة انكساره n_1 الى وسط قرينة انكساره n_2 حيث $n_1 < n_2$ فتكون سرعة انتشاره في الوسط الثاني أقل منه في الوسط الأول وبالتالي تكون زاوية

انكسارة أقل من زاوية الورود أي أن الضوء يقترب من الناظم في الوسط n_2 حيث يكون $\frac{n_2}{n_1} < 1 \Leftarrow \sin\theta_2 = \frac{n_1}{n_2}\sin\theta_1$ أي زاوية الانكسار أقل من زاوية الورود وهذا ما يفسر سبب رؤية قلم الرصاص ملتوي تحت الماء.

2- والعكس عندما تكون قرينة الوسط الثاني $n_1 > n_2$ أي سرعة الضوء في الوسط الثاني أكبر من الأول فإن الضوء ينكسر مبتعداً عن الناظم في الوسط الثاني n_2 وتكون زاوية الانكسار أكبر من زاوية الورود.

ويعلل ذلك رياضياً حيث $\frac{n_2}{n_1} < 1 \Rightarrow \sin\theta_2 = \frac{n_1}{n_2}\sin\theta_1$

ملاحظة: الأشعة العادية تحقق ناظمي على السطح الفاصل لا تنكسر أي تنفذ إلى الوسط الثاني بنفس الاستقامة) أما في حالة الانكسار فإن الأشعة العادية وحدها الناظم تنكسر عن نقله.

شدة الانعكاس R وشدة النفوذ T

تعرف شدة الانعكاس R بأنها نسبة طاقة الحزمة المنعكسة إلى طاقة الحزمة الواردة.

أما شدة النفوذ T فهي نسبة طاقة الحزمة المنكسرة إلى طاقة الحزمة الواردة. فإذا أهملنا ما يضيع من طاقة الضوء بالانتشار والامتصاص نستطيع كتابة:

$$R + T = I$$

أثبت تجريبياً على أن قيمة R تتوقف على طبيعة الوسطين الشفافين وأنه لأجل زوايا الورود الصغيرة أي الورود شبه الناظمي تعطى R بالعلاقة

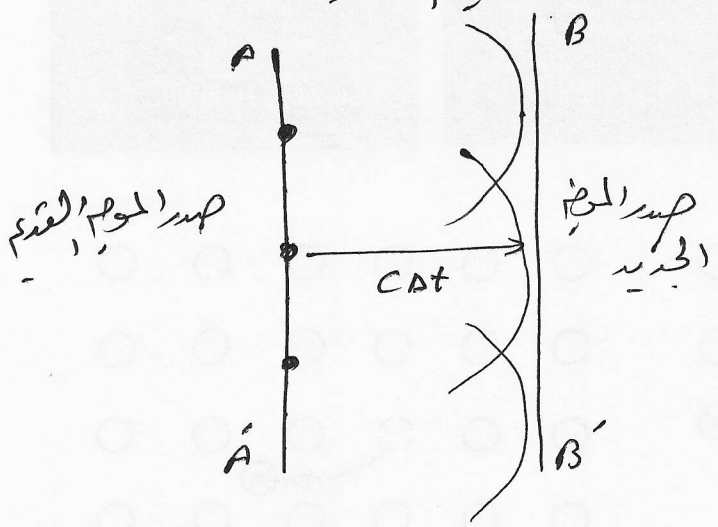
$$R_N = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1}\right)^2$$

مثال: احسب شدة الانعكاس الناظمي عند الهواء على وسط قرينته 2,5.

مبدأ هويجنس :

إن كل نقاط المتوقعة على صدر الموجة هي عبارة عن مصادر ضوئية ثانوية تولد أمواجاً كروية ثانوية تدعى موجيات وتنتشر للخارج بسرعة انتشار الموجة الذي يتميز به ذلك الوسط.

وصدر الموجة هو السطح المماس للأمواج الكروية الثانوية. كما في الشكل

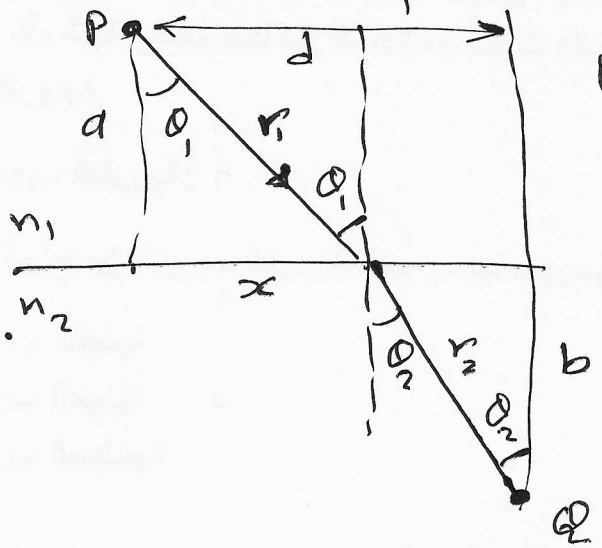


وتطبيق مبدأ هويجنس في الانعكاس والانكسار

مبدأ فيرما :

ينص على أنه عندما ينتشر الشعاع الضوئي من نقطة الى أخرى فإنه يسلك المسار الذي يتطلب أقصر فترة زمنية (وهي الخطوط المستقيمة)

يمكن اشتقاق قانون سنل في الانكسار باستخدام مبدأ فيرما، كما يلي:



نفرض أن الشعاع الضوئي ينتقل من النقطة P في الوسط الأول (n_1) الى النقطة Q في الوسط الثاني n_2 حيث أن المسافة P و Q يساوي عمد القطع الفاصل بين الوسطين بالمسافات a و b على الترتيب.

وأن سرعة الضوء في الوسط الأول $\frac{c}{n_1}$

وأن سرعة الضوء في الوسط الثاني $\frac{c}{n_2}$

ولنفرض أن الضوء يغادر P في اللحظة $t=0$ فإنه يصل الى النقطة Q بعد لحظة t.

نقطة العلاقة

$$(1) \quad t = \frac{r_1}{v_1} + \frac{r_2}{v_2} = \frac{\sqrt{a^2+x^2}}{\frac{c}{n_1}} + \frac{\sqrt{b^2+(d-x)^2}}{\frac{c}{n_2}}$$

للحصول على قيمة x عند أقل قيمة لـ t. نشتق العلاقة الأخيرة بالنسبة لـ x وعند ثم نجعل المشتق مساوياً للصفر أي:

$$\frac{dt}{dx} = \frac{n_1}{c}\frac{d}{x}\sqrt{a^2+x^2} + \frac{n_2}{c}\frac{d}{dx}\sqrt{b^2+(d-x)^2}$$

بإجراء اشتقاق نحصل

$$\frac{n_1 x}{c(a^2+x^2)^{\frac{1}{2}}} = \frac{n_2(d-x)}{c\left[b^2+(d-x)^2\right]^{\frac{1}{2}}} \quad \text{---} (2)$$

عند النظر إلى الشكل نجد أن:

$$\sin\theta_1 = \frac{x}{(a^2+x^2)^{\frac{1}{2}}} \quad , \quad \sin\theta_2 = \frac{d-x}{\left[b^2+(d-x)^2\right]^{\frac{1}{2}}}$$

بالتعويض في المعادلة (2) نجد أن

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

وهو قانون سنيل للانكسار.

بتطبيق الطريقة نقطع حادثة الانكسار ، ولكن يجب الأخذ بالاعتبار
أن الضوء ينتشر في الوسط نفسه أي أن $n_1 = n_2$ فتجد أن $\sin\theta = \sin\theta'$
وبالتالي زاوية الورود تساوي زاوية الانكسار $\theta = \theta'$

مكتبة A to Z