البحث الثالث

علم الضوء الهندسي

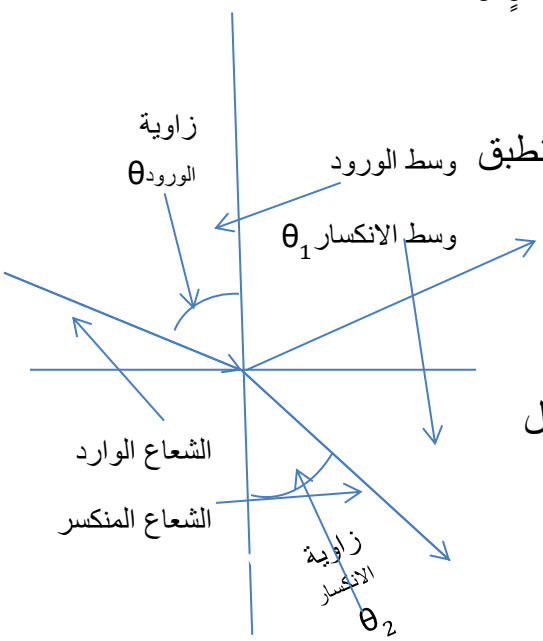
1 – 1 الانعكاس والانكسار

حين يسقط الضوء على سطح فاصل بين وسطين شفافين مختلفين بقرينة الانكسار، ،ينقسم إلى قسمين اثنين ، قسماً ينعكس إلى الوسط الذي ورد منه و يسمى الضوء المنعكس ،أما القسم الآخر ينفذ إلى الوسط الثاني مغيرًا جهة انتشاره ويسمى الضوء المنكسر .

يقوم علم الضوء الهندسي بدراسة القوانين التي تحدد اتجاه انتشار، وكذلك شدة كلٍ من الشعاع المنعكس والشعاع المنكسر، وهذا ما نسميه قوانين الانكسار والانعكاس .

1 – 2 تعاريف أساسية

1 – الاشعة الثلاث الوارد والمنعكس والمنكسر تقع في مستوٍ واحد



2 – نسمي الزاوية التي يجب أن يدورها الشعاع الوارد لينطبق على الناظم المقام على السطح الفاصل بين وسطي الانكسار، نسميها زاوية الورود *ونرمز لها بالرمز* θ

ومن المهم أن نشير إلى أن زاوية الورود تقع ضمن المجال

$$\theta \in [90^{\circ}, -90^{\circ}]$$

3) نسمي الزاوية التي يجب أن يدورها الشعاع المنعكس حتى ينطبق على الناظم المقام على السطح الفاصل بين وسطي الانعكاس زاوية الانعكاس ونرمز لها بالرمز(θ_1)

الشكل 1 –1

وترتبط زاوية الورود بزاوية الانعكاس بالعلاقة التالية

$$\theta = -\theta$$

وهذا هو قانون ديكارت الأول ،الذي ينص على أن زاوية الورود تساوي بالقيمة وتعاكس بالإشارة زاوية الانعكاس

4) نسمي الزاوية التي يجب أن يدورها الشعاع المنكسر

حتى ينطبق على الناظم المقام على السطح الفاصل بين وسطي

الانعكاس زاوية الانكسار ونرمز لها بالرمز(θ_2)

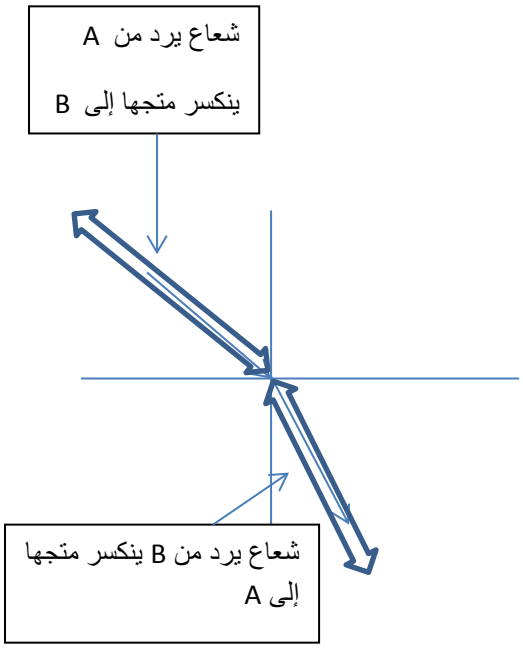
5) نسمي نقطة التقاء الشعاع الضوئي الوارد مع السطح الفاصل بين وسطي الانكسار نقطة الورد

6) نسمي العامود المقام على سطح الفصل من نقطة الورود الناظم

3–1 ـ قانون الانكسار :

ينص قانون الانكسار على أن نسبة جيب زاوية الورود إلى جيب زاوية الانكسار تبقى ثابتة وتساوي مقلوب النسبة بين قرينتي انكسار الوسطين الذين ينتشر فيهما الضوء.

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



أو بصيغة أخرى $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{n_2}{n_2} = const$

يسمى القانون السابق قانون سيل ـ ديكارت

4–1 ـ مبدأ عكوسية الضوء

ينص مبدأ عكوسية الضوء على أن الطريق الذي

يسلكه الضوء لا يتوقف على جهة انتشاره .

فإذا ورد الضوء من نقطة ما ولتكن A وانكسر

على السطح الفاصل متجها الى B هذا يعني

أنه أذا ورد من النقطة B فسوف يتجه حتما الى A الشكل 1–2 الشكل 1–2

5 –1 شدة الانعكاس وشدة النفوذ :

تعرف شدة الانعكاس بأنها نسبة الطاقة التي تحملها الحزمة الضوئية المنعكسة إلى الطاقة التي تحملها الحزمة الواردة .

أما شدة النفوذ فهي نسبة طاقة الحزمة المنكسرة (النافذة) إلى طاقة الحزمة الواردة .

تعطى شدة الانعكاس بالعلاقة التالية $R_N = \left(\frac{n_{2-}n_1}{n_{2+}n_1}\right)^2$

<u>تمرين</u>:

ترد جزمة ضوئية وحيد ة اللون من الهواء إلى السطح الفاصل لمادة شفافة قرينة انكسارها n=2,5 المطلوب : أحسب شدة الانعكاس وكذلك شدة النفوذ

<u>مناقشة قانون الانعكاس ــ الانعكاس الكلي :</u>

<u>1ــ</u> إذا كانت قرينة انكسار وسط الانكسار أكبر من قرينة انكسار وسط الورود أي أن $n_2 > n_1$ عند ذلك نجد ان :

$$\sin\theta_2 = \frac{n_1}{n_2}\sin\epsilon_1 \quad \text{..... (2)}$$

لكن وحسب الفرض لدينا $n_2 > n_1$ أي $\frac{n_1}{n_2} < 1$

ومن المعلوم أن $\sin\epsilon_1 < 1$ وذلك مهما كان قياسها ، إذا الطرف الثاني في العلاقة(2) دوما أقل من الواحد أي أن الانكسار يحدث مهما كانت قيمة زاوية الورود. كما أن الشعاع الوارد في هذه الحالة ينكسر مقتربا من الناظم

2 ـ أما إذا كان $n_2 < n_1$ فأن الشعاع سوف ينكسر مبتعدا عن الناظم وتأخذ زاوية الانكسار أكبر قيمة ممكنة لها عندما يكون الورود مماسيا أي عندما تكون زاوية الورود أعظمية قياسها 90 درجة عند ذلك تسمى زاوية الانكسار بالزاوية الحدية ويرمز لها بـــ ϵ_c وقياسها حتما أقل من تسعون درجة

أما قيمتها تحسب من العلاقة $\sin\theta_c = \frac{n_1}{n_2}$ ..... (3)

،بالعودة للعلاقة (2) وملاحظة أن $\frac{n_1}{n_2} > 1$ فرضا ، نستنتج بأن الزاوية الحدية يجب أن تكون أكبر زاوية ورود ممكنة من الوسط n_2 يحدث من أجلها انكسار للشعاع في الوسط n_1 ويقابلها زاوية إنكسار قائمة أي أن الشعاع ينكسر موازيا للسطح الفاصل بين الوسطين وتسمى زاوية الورود بهذه الحالة الزاوية الحرجة ، ومن أجل أي زاوية ورود أكبر من الزاوية الحرجة نرى أن الشعاع الوارد ينعكس كليا مرتدا إلى الوسط الذي ورد منه ولا ينفذ منه إلى الوسط الثاني أي قسم وهذا ما نسميه الانعكاس الكلي .

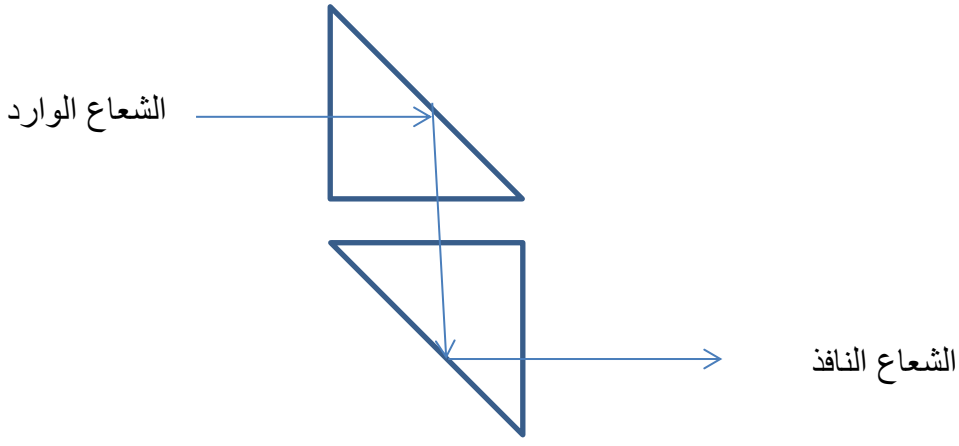
تمرين: أحسب قيمة الزاوية الحرجة للورود بالحالتين التاليتين :

1) $n_1 = 1$ و $n_2 = 2$ ، 2) $n_1 = 1$ و $n_2 = 1.5$

تطبيقات الانعكاس الكلي والانكسار الحدي

المنشور كلي الانعكاس : هو منشور قائم الزاوية زاوية ميله تساوي 45° مصنوع من مادة شفافة ومتجانسة ومتماثلة المناحي ، ومن أهم استخداماته التالي

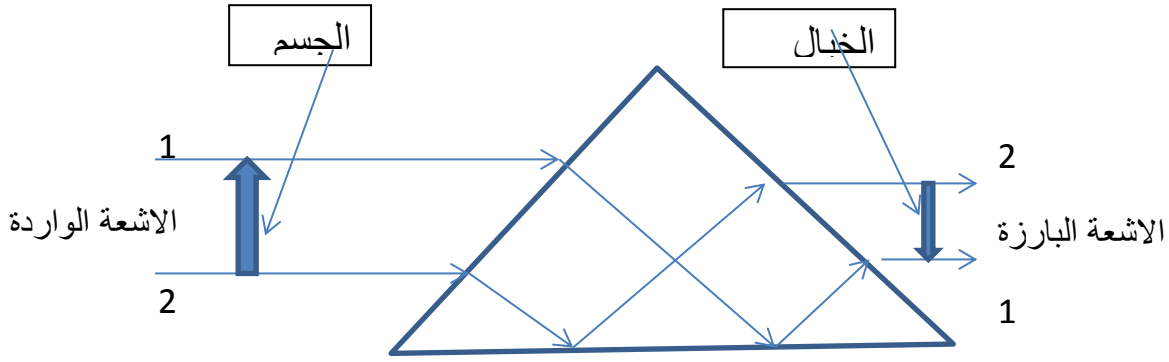
منظار الغواصات: يوضع منشورين قائمين بحيث يتوازى الوجهان القائمتان فيهما ويتعاكس الوجهان المائلان لهما ،فعندما يرد الضوء إلى الوجه القائمة للمنشور الاول ورودا ناظميا سوف ينفذ منه دون انحراف ليسقط على الوجه المائلة له حيث ينعكس معامدا للشعاع الوارد وينفذ من الوجه القائمة الثانية معامدا لها للوجه القائمة الاولى للمنشور الثاني ويخرج من الوجه القائمة الثانية له موازيا للشعاع الوارد علما بأن الانعكاس على كلتا الوجهين المائلتين يكون انعكاسا كليا . يوضح الشكل 2 مسار الشعاع الوارد في المنظار



الشكل ـ 3 منظار الغواصة

2) تصحيح الاخيلة المقلوبة :

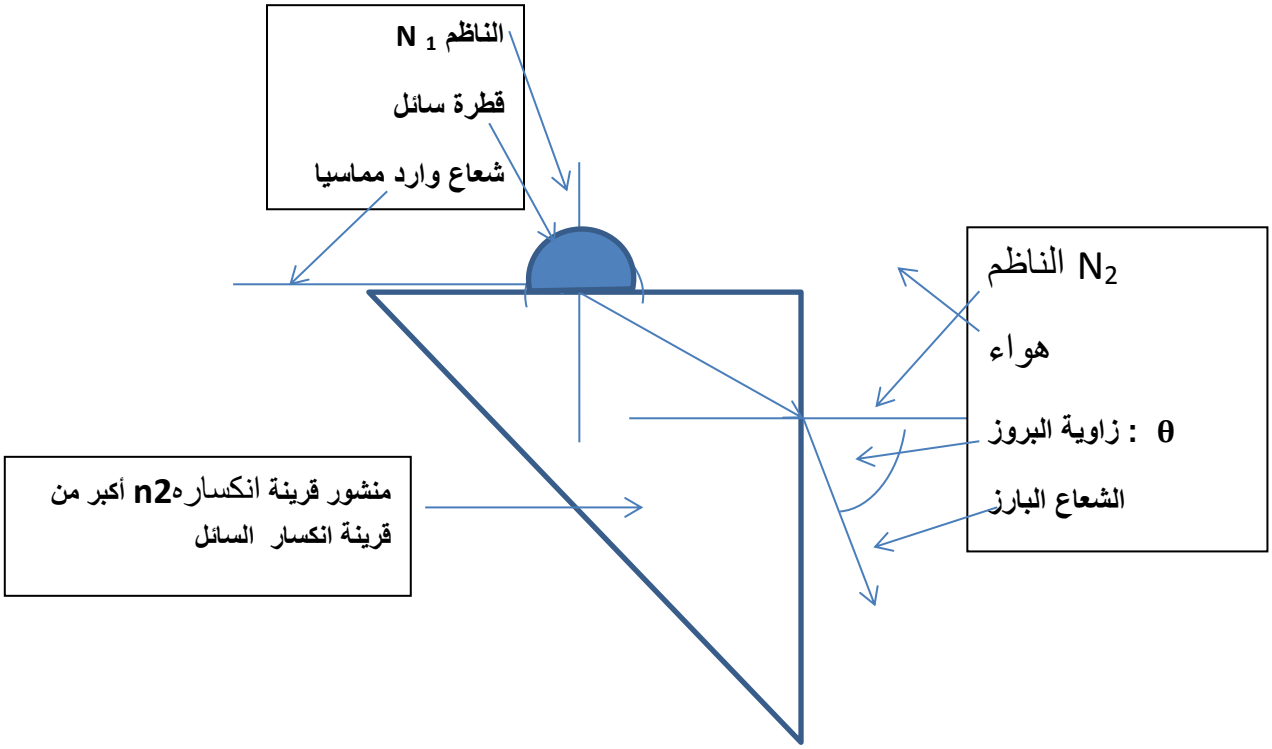
في هذه الحالة يرد شعاعان ضوئيان على الوجه القائمة الاولى للمنشور موازيان للوجه المائل له فينفذان من الوجه القائمة الثانية له موازيان لنفسيهما **لكن الشعاع** البارز المقابل للشعاع الوارد الاعلى يبرز أسفل الشعاع البارز المقابل للشعاع الوارد الاخفض وتستخدم هذه الخاصية لتصحيح الاخيلة المقلوبة كما هو موضح بالشكل 4



الشكل ـ 4 تصحيح الخيال المقلوب

3 ـ قياس قرائن انكسار السوائل

يستخدم لهذا الغرض موشور كلي الانعكاس ، ويشترط أن تكون قرينة انكسار مادته أكبر من قرينة انكسار السائل المراد تعيينها وذلك لكي يتحقق شرط االانكسار الحدي داخل المنشور. كما يوضح الشكل ـ 5



الشكل ـ 5

المبدأ :

توضع قطرة من السائل على إحدى الوجهين القائمتين للمنشور ،ثم يرد شعاع ضوئي من السائل مماسيا للسطح الفاصل مع المنشور سوف ينكسر بزاوية حدية θ_cليبرز من الوجه القائمة الثانية للمنشور بزاوية محددة θ يمكننا قياسها بسهولة . يوضح الشكل ـ 5 مسار الأشعة الضوئية ،بمعرفة قرينة انكسار المنشور n وقياس زاوية البروز يمكننا بتطبيق قانون ديكارت تحديد قرينة انكسار السائل بسهولة كالتالي:

1 ـ تطبيق علاقة ديكارت **<u>على الوسط سائل ـ موشور</u>**:

بفرض أن قرينة إنكسار السائل هي n_1 وأن قرينة انكسار الموشور هي n_2 حيث تتحقق العلاقة $n_2 > n_1$ عند ذلك نجد بتطبيق قانون ديكارت أن

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

فإذا كان الشعاع الوارد مماسيا للسطح الفاصل سائل ـ موشور أي زاوية الورود قائمة عند ذلك سوف ينكسر الشعاع الوارد داخل الموشور بزاوية حدية أي

$\theta_1 = 90^\circ \rightarrow \sin\theta_1 = 1 \rightarrow \theta_2 = \theta_c$ حدية

بتطبيق قانون ديكارت نجد

$$\sin\theta_c = \frac{n_1}{n_2} \quad \text{أو} \quad n_1 = n_2 \sin\theta_c$$

نربع طرفي العلاقة السابقة فنجد $(\sin\theta_c)^2 = \frac{{n_1}^2}{{n_2}^2}$ 1

2) تطبيق علاقة ديكارت **<u>على الوسط ـ موشور ـ هواء</u>** :

إن الشعاع المنكسر بزاوية حدية داخل الموشور سوف ينفذ من الوجه القائمة الثانية له إلى الهواء ويصنع مع الناظم عليه زاوية البروز θ ولما كانت قرينة انكسار الهواء تساوي الواحد نجد: $\sin\theta = n_2 \sin\theta_3$ أو $(\sin\theta_3)^2 = \frac{(\sin\theta)^2}{{n_2}^2}$

من الشكل يبدو واضحا أن $\theta_3 = 90 - \theta_c$ ومن المعلوم أن $\sin(90 - \theta_c) = \cos\theta_c$

نعوض فنجد $(\cos\theta_3)^2 = \frac{(\sin\theta)^2}{{n_2}^2}$ 2

بجمع العلاقتين 1 و2 طرفا لطرف نجد

$$(\sin\theta_c)^2 + (\cos\theta_3)^2 = \frac{{n_1}^2}{{n_2}^2}\frac{(\sin\theta)^2}{{n_2}^2}$$

بجذر الطرفين نجد $n_1{}^2 = n_2{}^2 - (\sin\theta)^2$ أو

$$n_1 = \sqrt{{n_2}^2 - (\sin\theta)^2} \quad \text{.....(4)}$$

n_1 : قرينة انكسار السائل . n_2 قرينة انكسار الموشور .θ زاوية البروز

مثال: توضع قطرة من سائل على الوجه القائمة لموشور قائم قرينة انكساره $n_2 = \sqrt{3}$ فيبرز الشعاع الوارد إليها ورودا مماسيا من الوجه القائم الثاني للموشور مشكلا مع الناظم زاوية قياسها $\theta = 60^\circ$ المطلوب حدد قرينة انكسار السائل.

الحل :

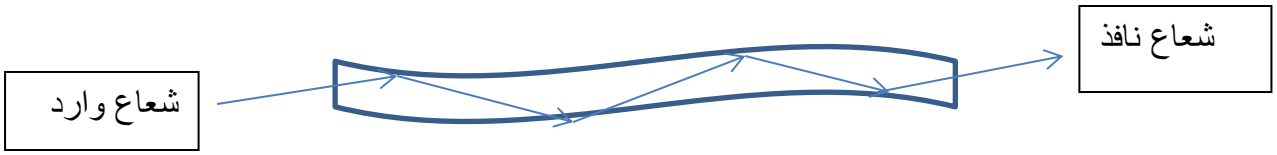
بالتعويض نجد $n_1 = \sqrt{{n_2}^2 - (\sin\theta)^2}$

$$n_1 = \sqrt{3-(\frac{\sqrt{3}}{2})^2} \quad \text{ومنه} \quad n_1 = 1.5$$

4) النافورة المائية

5) دليل الضوء أو الليف الزجاجي

الليف الزجاجي عبارة عن سلك اسطواني دقيق مصنوع من الزجاج فعندما يدخل الضوء من أحد فتحتيه يعاني داخله من عدة انعكاسات كلية ليبرز من الفتحة الثانية لليف دون ضياع بالطاقة وبذلك يتم نقل الضوء عبر الليف من منطقة إلى اخرى ،ومن أهم استخداماته اجهزة التنضير .يوضح الشكل –6 كيفية انعكاس الضوء على الجدار الداخلي لليف.



الشكل – 6

الأشعة السينية وتطبيقاتها

تعريف: الاشعة السينية هي عبارة عن اشعة كهرطيسية أطوال أمواجها تتراوح بين m (10^{-9} – 10^{-12}) و هي أقصر من التباعد بين شقوق شبكات الانعراج ، أما طاقتها تقع ضمن المجال ev (10^{2} – 10^{5}) للفوتون الواحد . وهي طاقة عالية لذلك تعتبر الأشعة السينية مؤذية .

تولبد الاشعة السينية:

يمكننا توليد الأشعة السينية بإخضاع سلك من التنغستين لفرق كمون مرتفع يتراوح بين kv (50 – 30) موضوع داخل حبابة زجاجية مفرغة مما يسبب تولد غمامة الكترونية حوله، ثم نقوم بتسريع حركة الكترونات الغمامة وذلك بإخضاعها لحقل كهربائي منتظم متولد بين لبوسي مكثفة

لتسقط الكترونات الغمامة بعد ذلك على المصعد

فتسبب انتقالا قسريا لإلكتروناته من المدارات الدنيا

إلى المدارات العليا وعندما تعود إلكترونات المصعد

المهيجة إلى وضعها المستقر تصدر الطاقة التي اكتسبتها

على شكل أشعة x ، ولما كانت طاقتها عالية

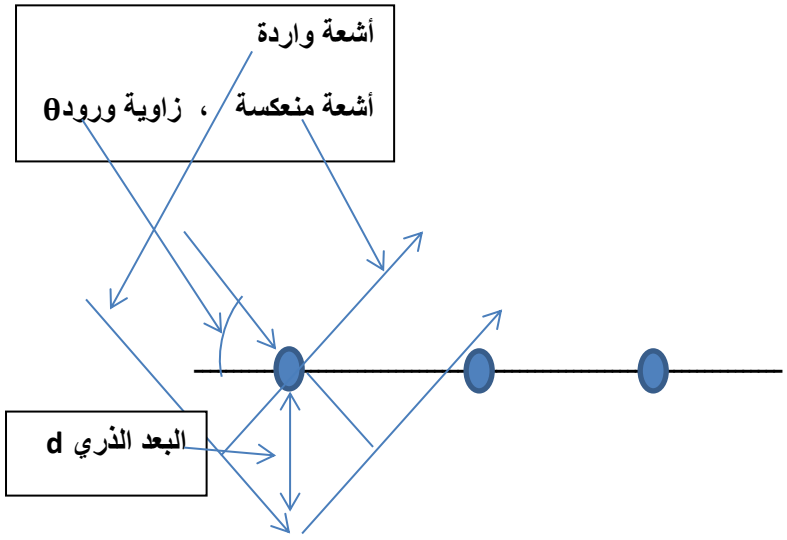
لذلك نجد أن الالكترونات تستطيع اختراق الاجسام

لمسافات متفاوتة تتعلق بكثافة الاجسام التي تتعرض لها .

كما يوضح الشكل – 1

بسبب كون أطوال امواج الأشعة السينية قصيرة لذلك نرى أنها لا تنعرج ولا تتداخل أثناء مرورها عبر شبكات الانعراج، غير أن الجسم الصلب، وكما هو معروف، يتألف من صفيف ذري منتظم ، البعد بين ذراته عمليا من رتبة طول موجة هذه الاشعة لهذا لسبب نرى أن الاشعة السينية تنعرج وتتداخل عند مرورها عبر الاجسام الصلبة . وقد وضع العالمان لاويه وبراغ قانونا يعطي شرط تداخل الاشعة السينية ، تعطى صيغته بالعلاقة التالية:

$$m\,\lambda = 2d\sin\theta$$



حيث:

d البعد بين المستويات البلورية المتوازية

والمتجاورة في البلورة .

m عدد طبيعي يشير إلى رتبة التداخل . الشكل ــ 2

λ : طول موجة الأشعة السينية التي اخترقت البلورة .

θ : الزاوية التي تشكلها الاشعة مع سطح البلورة (الزاوية المكملة لزاوية الورود)

من أهم تطبيقات قانون براغ استخدامه من أجل دراسة البنية البلورية والذرية للمواد وذلك لأن مقدرة الفصل للأشعة السينية عالية للغاية مما يسمح لنا عند استخدامها من التعرف على الكثير من البنى والتراكيب الكيماوية ، مثلا على بنية الـ *DNA* . ويعتبر التصوير بالأشعة السينية من أهم التطبيقات العملية لها .

التصوير بالأشعة السينية :

على الرغم من خطورة استخدام الأشعة السينية ،ذلك لأنها تسبب التهابات خطيرة للجلد عند تعرضه لها ،غير أن قدرتها على عبور الأجسام لمسافات تتعلق بكثافة هذه الأجسام يسمح بإعطاء صورة للجسم يبدو فيها التباين الضوئي واضحا ليعكس المناطق المختلفة الكثافة للجسم ،ذلك لأن المناطق الأكثر كثافة سوف تمتص الأشعة بصورة أكبر من المناطق الأقل كثافة مما يعطي صورة حقيقية للأجسام الداخلية. لكن من أهم عيوب الصورة الداخلية التقليدية أنها تتضمن عدة صور متراكبة لأعضاء الجسم و النسج التي تمر بها الأشعة ،لهذا السبب يتم اللجوء إلى تضييق عرض الحزمة ، واستخدام الكواشف التي تمكننا من الحصول على مقاطع مختلفة للعضو المصور .

أهم ميزات التصوير بالأشعة السينية :

1) المقدرة على المرور من خلال الجسم وتكون عملية المرور أسهل كلما كانت طاقة الأشعة أكبر أي كلما كان الكمون المسرع للإلكترونات أكبر .
2) تتخامد أسيا كلما تقدمت اثناء عبورها الجسم ويكون تخامدها أسرع كلما كانت طاقة الأشعة قليلة ، مما يسبب نشوء مفعول فوتو كهربائي (توليد تيار كهربائي)، ويظهر مفعول كومبتون في حال الطاقات العالية . تعطى شدة الأشعة بدلالة البعد عن نقطة الورود بالعلاقة التالية:

$$I_x = I_0 e^{-\mu x}$$

من أجل تخفيض كمية الجرعة يجب استخدام الإشعاعات عالية الطاقة وحذف الإشعاعات المنخفضة الطاقة .

3) تظهر المناطق الأقل كثافة التي تعبرها الأشعة على فيلم التصوير أكثر سوادا من المناطق الأكثف لذلك تظهر مثلا العظام باللون الأبيض بينما يظهر الهواء في القصيبات الهوائية أو بالرئة باللون الأسود .
4) تنتشر الأشعة السينية وفقا لخطوط مستقيمة
5) تتخامد ذاتيا كلما ابتعدنا عن المنبع وفقا لعلاقة تربيعية عكسية

إنبوب الأشعة السينية : يمثل الشكل التالي رسما تخطيطيا لإنبوب الأشعة السينية

تقنيات وخصائص الصورة الشعاعية:

إن مسائل الكشف تختلف باختلاف التقنية المستخدمة والغرض المراد منها وكلفتها ونذكر هنا أهم التقنيات المستخدمة في التصوير الشعاعي :

1) **التصوير الشعاعي التقليدي : في** هذه الطريقة يعرض الجسم للأشعة البارزة من الإنبوب ويكشف عن الأشعة النافذة من الجسم بواسطة فيلم التصوير السلبي وتستخدم هذه التقنية لتصوير القدم واليد أو العظام حيث تظهر باللون الأبيض أما منطقة الكسر تظهر ملونة باللون الأسود

تستخدم أحيانا مواد ماصة للأشعة (أبر اليود) ذلك لإظهار المجاري البولية والأقنية الصفراوية والأوعية الدموية

من المهم الإشارة إلى أن الحركة أثناء عملية التصوير تؤدي إلى تشويش الصورة كما أن قصر زمن التصوير يؤدي لنفس النتيجة

2) التنظير الشعاعي التقليدي:

في حالة التنظير الشعاعي يعتمد أثناء التصوير نفس طريقة التصوير التقليدي السابقة لكن عرض الفيلم يتم على شاشة مفلورة (شاشة تلفاز)لهذا السبب يلزم وضع الشاشة في غرفة مظلمة نسبيا لكي نرى الصورة بوضوح، وهي أكثر خطورة من الطريقة السابقة ذلك لأن التشعيع فيها عالي للغاية

3) التنظير الشعاعي المتلفز

من أهم ميزات هذه الطريقة أن الجرعة المعطاة للمريض تبلغ عشر الجرعات في الحالات السابقة وبالتالي يكون الضرر بالمريض أقل بكثير ،كما أنه يمكن رؤية الصورة بالأماكن المضاءة . لكن زمن التعرض للأشعة هنا يكون أطول ولا يمكن الحصول على وثيقة دائمة (لا يوجد الصورة)

4)التصوير الرقمي المتلفز

وهي من الطرق الحديثة للتصوير حيث أنه يتم استخدام الرقميات فيها وهذا يجعل إمكانية فصل البيانات في الصورة أكثر وضوحا

5)التصوير الوعائي الرقمي

تستخدم في هذه الحالة نفس خطوات الطريقة السابقة ،لكن هنا يتم حقن المريض بمستحضر تباين (إبر كلسية) قبل عملية التصوير مما يزيد من حدة التباين ويسمح بإظهار التباين داخل الأوردة الدموية حتى في النقاط البعيدة عن منطقة الحقن كما أنه في هذه التقنية لا يلزم تخدير المريض ، وهي من أهم الطرق المستخدمة لتصوير الأوعية القلبية .

6) التصوير المقطعي المحوري

الهدف من هده الطريقة بالتصوير هو تجنب عملية تراكم الصور وإظهار صورة أو مقطع لمنطقة محددة . أما المبدأ يعتمد على أرسال حزمة دقيقة من الأشعة نحو الجسم ثم استقبال **الأشعة** النافذة من الجسم بكاشف يقيس كمية الأشعة النافذة ،ويمكننا أخذ العديد من القياسات وذلك لأنه يمكن تدوير الحزمة الواردة وكذلك الكاشف حول الجسم ، تكرر عملية التصوير خلال فواصل زمنية قصيرة مع التدوير بزوا **يا** مختلفة من درجة واحدة حتى 180 درجة ،ثم يقوم الحاسوب ببناء الصورة على الشاشة . من المهم أن نشير هنا أنه لتقليل مدة تعرض الجسم للأشعة يستخدم العديد من الكواشف تصف على قوس مقابل للجسم .

الليزر

1 – 1 تعريف : الليزر يعني تضخيم الضوء أو الإشعاعات الكهرطيسية مهما كان توارها وذلك بالإصدار المحثوث

1 – 2 المبدأ الأساسي لإصدار الليزر

تتم عملية توليد الليزر وفقا للمراحل التالية

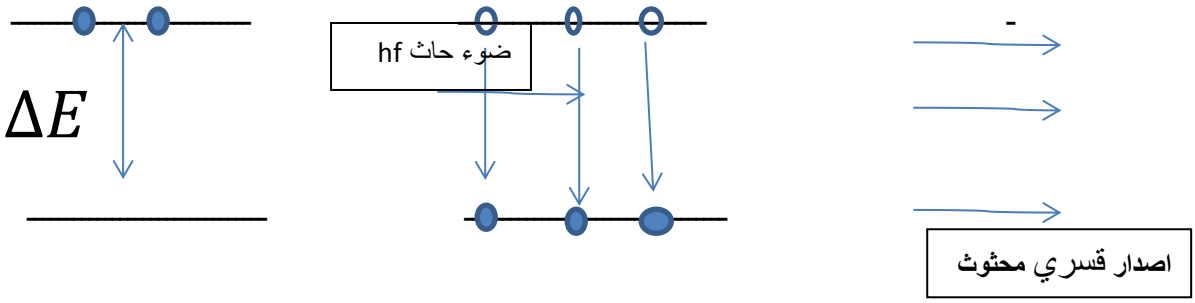
1) مرحلة الامتصاص : عندا تتعرض ذرات المادة لمؤثر خارجي كالضوء مثلا ، وإذا كانت طاقة المؤثر الخارجي كافية ،تقوم الذرات بامتصاص الطاقة مما يسبب انتقال إلكتروناتها من السويات الطاقية الأدنى إلى سويات طاقية مثارة أعلى وذلك بحيث تتحقق علاقة بور $E_2 - E_1 = hf$

2) مرحلة الاصدار التلقائي: عند أزالة المؤثر الخارجي الذي أدى لحدوث الإثارة ،يجب أن تعود الذرات المثارة إلى حالتها الطاقية الأساسية (المدار الذي انتقلت منه) وعليها أن تصدر الطاقة التي امتصتها إما على شكل حرارة أي أنها تهتز اهتزازا متخامدا حول مراكز توازنها ، أو على شكل إشعاع محثوث له تواتر محدد تعطيه العلاقة التالية

علما بان عملية الإصدار تتم تلقائيا وعشوائيا وليس لحظيا ،كما أنها تتناقص مع الزمن وفقا للعلاقة الأسية التالية : $\Delta E = E_0 e^{\frac{t-}{\tau}}$

حيث τ قيمة ثابتة وتساوي عمر الحالة المثارة وتتعلق بنوع الذرة المثارة والموجة الصادرة عنها ،وتمتد من 1 ثانية إلى أجزاء من النانو ثانية

3) مرحلة الإصدار المحثوث للإشعاع :هي عملية تنظيم للإصدار التلقائي وتوجيهه أي جعل معظم ذرات المادة تشع نفس الضوء بهبوطها من سوية طاقية واحدة إلى سوية أخرى أكثر انخفاضا وذلك بحال مرور ضوء له نفس التواتر أي طاقته تساوي الفارق الطاقي بين سويتي الانتقال . يمثل الشكل – 1 رسما تخطيطيا للعملية



1 – 3 صفات الإصدار القسري: يتصف الإصدار القسري بالصفات التالية:

1) للضوء المهيج والمتهيج نفس قيمة التواتر والطور والجهة و الاستقطاب ، وهذا يعني أن الضوء المحرض قد تضخم وزادت طاقته
2) في حالة التوازن الحراري لا يوجد عمليا اشعاع ،ذلك لأنه لو أخذنا مادة مؤلفة من N ذرة فيها N_2 ذرة مثارة و N_1 ذرة غير مثارة (تتواجد في حالة توازن حراري) ،فإن النسبة بين القيمتين يجب أن يخضع لتوزع بولتزمان :

$$2.....\frac{N_2}{N_1} = \exp(E_1 - E_2)\,/KT$$

حيث $K=1.3810^{-23}\,{}^{J}/_{K^\circ}$ وتسمى ثابت بولتزمان

مثال: بفرض أن طول موجة الضوء الصادر $\lambda = 1\mu m$ ما هي

القيمة التقريبية للنسبة $\frac{N_2}{N_1}$

الحل:

لدينا $E_2 - E_1 = hf = 10^{-27}$ بالتعويض بالعلاقة (2) نجد أن

$$\frac{N_2}{N_1} \approx e^{-48}$$

أي لا يوجد ذرات مثارة عمليا في حالة التوازن الحراري . أما إذا أردنا الحصول على اصدار كبير علينا أن نجعل النسبة $\frac{N_2}{N_1} > 1$ ،وهذا ما نسميه قلب التوزع الإسكاني

إن عملية قلب التوزع الاسكاني حراريا أمر غير ممكن لأن الطاقة الحرارية صغيرة ،لذلك لابد من استخدام مصدر إثارة خارجية للذرات وهذا ما نسميه عملية الضخ .

1 ـ 4 استخدامات الليزر

1) ترميم القرنية في العين
2) قياس المسافات في المساحة
3) توليد درجات حرارة عالية للغاية في مفاعلات الاندماج النووي
4) التصوير الهولوغرافي ـ الصور ثلاثية الأبعاد
5) تجهيز رضاعات الأطفال بالثقوب
6) قص الدارات الإلكترونية والمعادن والأقمشة
7) جراحة الأعصاب (عمليات قطع الأعصاب ولحمها)
8) التعقيم
9) المعالجة الفيزيائية (رفع درجة حرارة مناطق محددة من النسج)

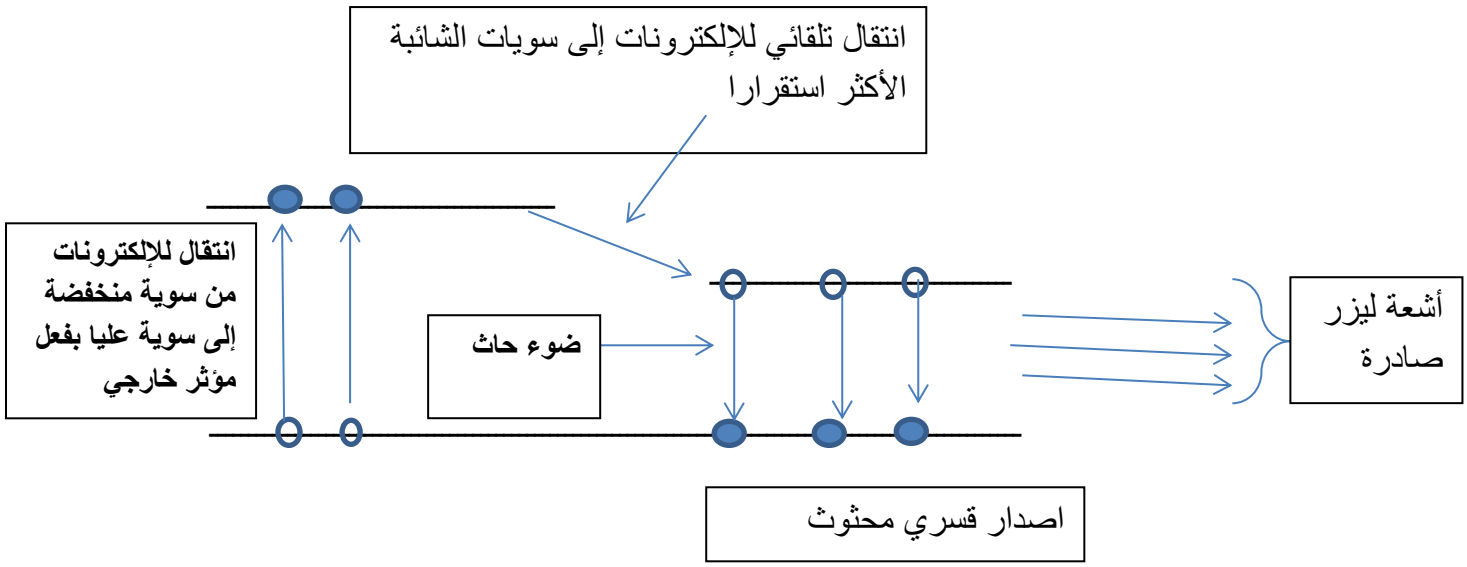
10) إستئصال العديد من الأورام كأورام اللسان مثلا
11) فتح صمامات القلب (مشرط الليزر)
12) إزالة الوشم عن الجلد وكذلك إزالة وحمات الولادة

وهناك العديد من الاستخدامات في التقنيات الحربية وغيرها

1 – 5 عناصر الليزر وكيفية توليده

يتألف الليزر من وسط ربح وهي حالة طاقية (سوية طاقية) تتجمع فيها الإلكترونات المثارة ثم يمرر ضوء وحيد اللون فيسبب سقوط الإلكترونات التي تشغلها إلى الحالة الأرضية بنفس اللحظة معاً ،بعد ذلك يتم وبواسطة مرايا عاكسة تردد

الضوء ضمن منطقة الربح مما يؤدي إلى تضخيمه وعدم السماح له بالمرور إلا من خلال فتحة صغيرة بالمرآة لذلك يخرج الضوء مضخما أي يحمل طاقة عالية . كما هو موضح بالشكل – 2



1 – 6 بعض أنواع الليزر

لليزر عدة أنواع تتعلق بطول موجة الضوء الذي تصدره ومنها

1) الليزر الغازي ومنها ليزر الهليوم – نيون يعمل هذا الليزر عند طول موجة قدره $\lambda = 6\ 33\text{n}m$ لكن مردوده ضعيف للغاية حوالي 1%
2) ليزر الآرغون الأيوني طول الموجة التي يصدرها يقع ضمن المجال $\lambda \in [351 - 528]nm$
3) ليزر النتروجين: يعطي ضوء يقع في المجال فوق البنفسجي $\lambda = 337.1\text{n}m$
4) ليزر الأيونات المعدنية : تصدر ضوء تقع في المجال فوق البنفسجي البعيد

5) ليزر الإكسايمر: يقع في المجال البنفسجي من الطيف ،ويستخدم في جراحة العيون . من أهم خواصه أنه يسبب تبخر الجزيئات وتفككها دون أن يسبب أي حروق ،وهذا ما يسمى الاستئصال الضوئي ،لذلك يستخدم في جراحة العيون وفي معالجة البثور الجلدية ،وهو دقيق للغاية حيث يمكننا تجميع حزمة الضوء الصادرة عنه في بقعة صغيرة للغاية ، وإزالة منطقة من الجسم سماكتها لا تتجاوز 0.5% من عرض شعرة بشرية .

وهناك العديد من أنواع الليزر الأخرى مثل ليزر أنصاف النواقل والليزر الصباغي وغيرها.

_____

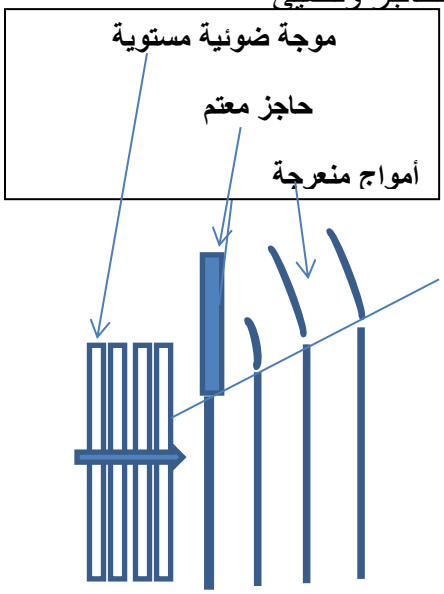
_____

_____

_____

الانعراج

عندما تسقط موجة ضوئية على حاجز معتم نرى أنها لا تتجاوزه متابعة مسيرها وفقا لخطوط مستقيمة وذلك حسب مبدأ الضوء الهندسي فقط ،وإنما تنحني حول الحاجز وتضيئ المنطقة الواقعة خلفه ، ويحصل نفس الأثر عند مرور الضوء من خلال الثقوب الضيقة حيث نرى أن الموجة الضوئية تنتشر. بعد اجتيازها الثقوب ،متوسعة في الطرف الآخر بعد الثقب تسمى الظاهرة السابقة **ظاهرة الانعراج** ،وهي تبدو أكثر وضوحاً كلما كان الحاجز أكثر ضيقاً ،كما أن الحاجز الأكثر عرضاً يسبب انعراج الموجات الضوئية طويلة الموجة بصورة أكبر من الموجات قصيرة طول الموجة



شكل –1

انعراج الضوء عندما يعترض طريقه حافة حاجز معتم

1 ـ ! أمثلة على ظاهرة الانعراج

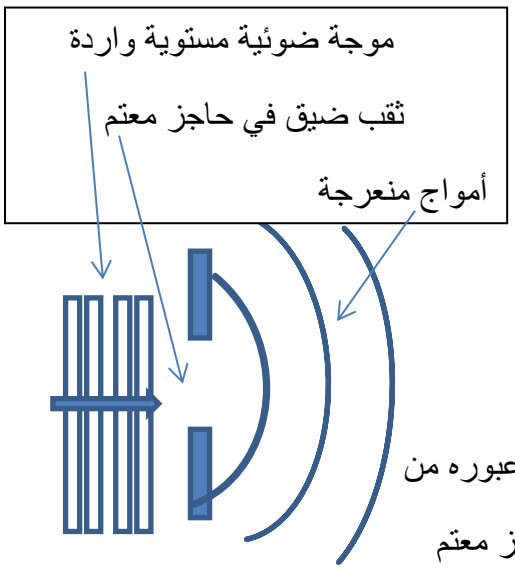
1 ـ يسمع الصوت بسهولة خلف جدار فاصل ،وكذلك يمكننا رؤية الاشياء خلفه بحال وقع المنبع الضوئي أمامه

2 ـ تعتبر ظاهرة انعراج الضوء دليلاً واضحاً على أن الضوء ظاهرة موجية

3 ـ ظهور حلقات ضوئية ملونة حول المصابيح في الضباب

4 ـ قلص عينيك وانظر من خلال رموشك لمنبع ضوئي تشاهد ظاهرتي التداخل والانعراج بوضوح

5 ـ انظر من خلال جورب لمنبع ضوئي



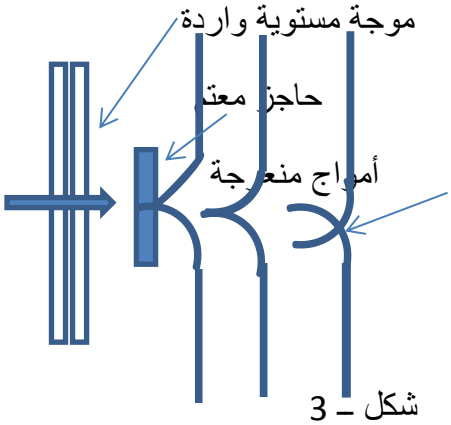
شكل ـ 2

انعراج الضوء أثناء عبوره من خلال فتحة بحاجز معتم

ترى التداخل والانعراج

6 ـ أنظر للضوء من خلال ريشة طائر

يمكنك رؤية التداخل والانعراج بوضوح



شكل ـ 3 انعراج الضوء بعد حاجز مظلم

1 ـ 2 تفسير هويغنز لظاهرة الانعراج

لقد فسر هويغنز ظاهرة الانعراج هندسياً بشكل مقبول ، وكان الفضل الأكبر في ذلك للعالم الفرنسي فرينل ،لذلك يمكننا تقسيم الانعراج إلى نوعين مميزين :

1) انعراج فرينل : يحصل عندما يعترض طريق الضوء أي حاجز ضيق ،حيث يتشكل خلفه خيالاً ذي أهداب للأجسام الواقعة أمامه .

2) انعراج هوفر : يحدث إذا كانت الموجة الضوئية الصادرة موجة مستوية حيث يمكننا رؤية خيالاً ذو أهداب للمنبع الضوئي.

1 ـ 3 انعراج فرينل:

ضع شفرة حلاقة امام منبع ضوء وحيد اللون ، تلاحظ تشكل أهداب انعراج مضيئة وأخرى مظلمة ، وتحدث نفس الظاهرة لو استخدمنا رأس دبوس ، حيث يظهر في هذ ه الحالة بقعة ضوئية في مركز الخيال . من كل التجارب السابقة نستنتج أن الضوء له طبيعة موجية .

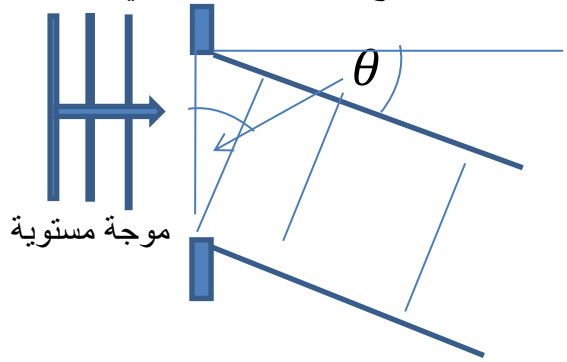
تمارين :

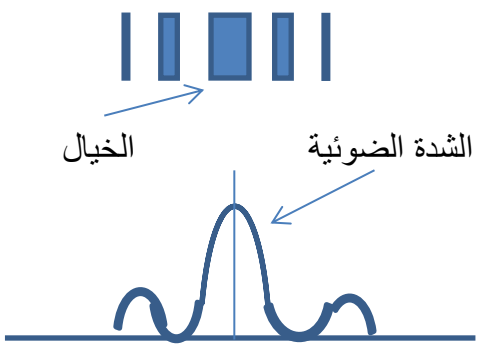
1) فسر ما تراه عندما تنظر إلى حبابة مصباح من خلال منديل ـــ من خلال جورب مطاطي . ما هو الظاهرة الناتجة إذا استبدلت المنديل بآخر أكثر نعومة

2) فسر ظهور هالات ملونة حول مصابيح الطرق في الضباب .

1 ـ 4 انعراج هوفر

1 ـ الانعراج عند مرور الضوء خلال شق مفرد :عندما يمر أي ضوء وحيد اللون عبر فتحة صغير يظهر خيال الفتحة ،كما هو مبين بالشكل لاحظ الانعراج العريض على جانبي الشق .





تبين الدراسة أن فرق المسير الضوئي يعطى بالعلاقة

$$\Delta l = a \sin\theta$$

من هنا نجد أنه إذا كان فرق المسير بين الشعاعين الصادرين من طرفي الشق مساوياً لطول موجة الضوء الوارد أو من مضاعفاته يكون فرق الطور بين الشعاعين مساوياً

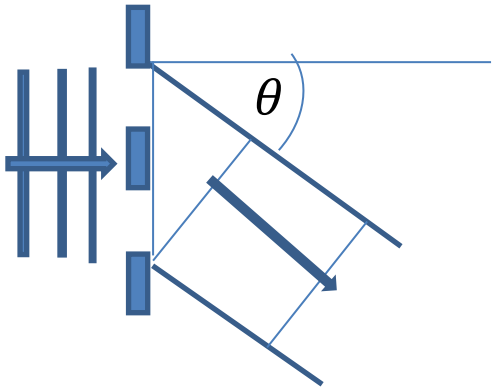
عدداً فردياً من π ويلاحظ تشكل هدب مظلم . إذا شرط تشكل الأهداب المظلمة هو:

$$m\lambda = a \sin\theta$$

حيث a عرض الفتحة التي يمر منها الضوء

λ طول موجة الضوء و m عدد صحيح

2 ـ الانعراج عند مرور الضوء خلال شق مضاعف صغير يظهر خيال الفتحة ،كما هو مبين بالشكل لاحظ الانعراج العريض على جانبي الشق .



في هذه الحالة يلتقي الضوء الصادر من شقين

متجاورين وعلى عكس الحالة السابقة يكون شرط

تشكل الهدب المضيئ هو نفس شرط الهدب المظلم في

حالة الشق المفرد

$$m\lambda = d \sin\theta$$

d : البعد بين الفتحتين ، λ طول موجة الضوء و m عدد صحيح

1 ـ 4 شبكات الانعراج

تعتبر شبكة الانعراج تعميماً للحالة السابقة (حالة الشقين) ،لكن في شبكة الانعراج يكون لدينا عدد كبير للغاية من الفتحات (الشقوق) الضيقة والمتماثلة والمتساوية الابعاد عن بعضها البعض ، ويزيد عدد الشقوق في الشبكة على 20 شقاً في الميليمتر الواحد وقد يصل إلى 3000 شق في كل مم واحد ،مما يزيد ظهور الانعراج وضوحاً ذلك أن الامواج المنعرجة تشد أزر بعضها البعض (تتجمع شداتها)

سوف ندرس ظاهرة الانعراج الناتج عن حزمة ضوئية سطوحها مستوية وتسقط ناظمياً على سطح شبكة انعراج عرض كل فتحة من فتحاتها d وفسحتها (e)

حيث $e = \frac{1}{N}$

N : عدد الشقوق في المتر الواحد من الشبكة

عند ذلك نجد ان شرط النهاية العظمي (مركز الهدب المضيئ) يعطى بالعلاقة التالية:

$$m\lambda = e \sin\theta$$

m : مرتبة الطيف ، ومن الواضح أن الطيف من المرتبة الأولى يتشكل من أجل $m = 1$

مثال : يسقط ضوء طول موجته 589 nm ناظمياً على شبكة انعراج تحوي 6000 في السنتمتر الواجد المطلوب :

1) ما هي الزاوية التي يرى عندها الخيال من المرتبة الثانية

2) هل الحصول على خيال من المرتبة الثالثة ممكن

الحل

المعطيات : $\theta = ?\ , m = 2\ , \lambda = 589\ 10^{-9}\ , N =$

لدينا $m\lambda = e \sin\theta$ بالتعويض بالقيم نجد

$$2 * 58910^{-9} = \frac{1}{6\ 10^5} \sin\theta \longrightarrow \sin\theta = 0.7$$

$$\longrightarrow \theta = \arcsin(0.7) = 45^{\circ}$$

2) من اجل m=3 نجد أن

$$\sin\theta = 3 * 589\ 10^{-9} * 6\ 10^5 = 1.05 > 1$$

أي الهدب الثالث لا يمكن رؤيته لأنه لا يوجد زاوية جيبها أكبر من الواحد

<u>مثال 2</u>