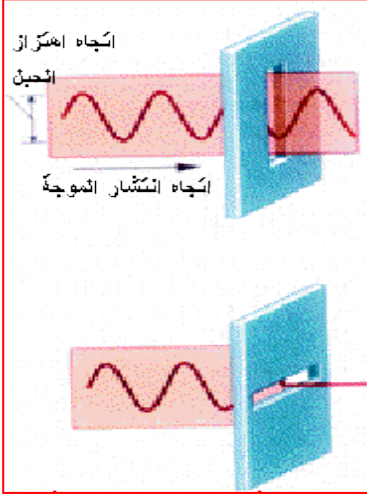


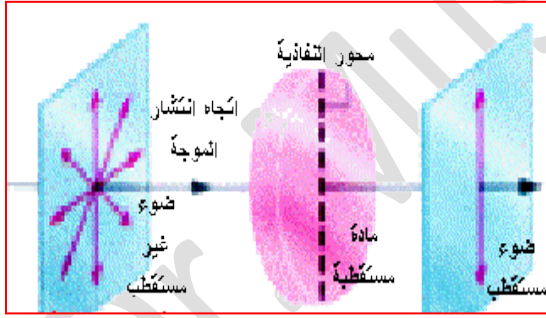
## الفصل الرابع / الخصائص العامة للموجات

### استقطاب الضوء:



لتوضيح معنى الاستقطاب نلاحظ الشكل المجاور الذي يمثل موجة مستعرضة تنتشر في حبل يهتز. و هذه الموجة مستعرضة لأنها تنتشر على طول الحبل الذي يهتز في اتجاه عمودي على اتجاه انتشار الموجة نلاحظ في الشكل أنه إذا كان اهتزاز الموجة يحدث في اتجاه الفتحة فإن الموجة ستنفذ خلال الفتحة و في هذه الحالة تسمى موجة مستقطبة خطيا أي أن الموجة تمر في الفتحة إذا كان اتجاه استقطابها موازيا لاتجاه الفتحة أما عندما تكون الفتحة متعامدة مع اتجاه استقطاب الموجة فإن الموجة لا تمر. و يسمى الاتجاه الذي يحدث فيه اهتزاز الموجة المستقطبة خطيا باتجاه الاستقطاب و إذا اعتبرنا الموجة الكهرومغناطيسية سنجد أن الموجة تنتشر في اتجاه محور X

ويتذبذب المجال الكهربائي في اتجاه محور Y بينما يتذبذب المجال المغناطيسي في اتجاه المحور Z هذه الموجة مستقطبة خطيا و يؤخذ اتجاه المجال الكهربائي على أنه اتجاه الاستقطاب أو محور الاستقطاب . وعادة لا يذكر المجال المغناطيسي للسهولة ولأنه دائما عمودي على المجال الكهربائي. أما الموجات الكهرومغناطيسية التي تنبعث من مصدر ضوئي عادي كفتيل المصباح الكهربائي مثلا فإنها تكون غير مستقطبة وفي هذه الحالة يتذبذب المجال الكهربائي للضوء الغير مستقطب في جميع الاتجاهات مع كونه متعامدا مع اتجاه انتشار الضوء و في حالة الضوء الغير مستقطب يمكن تحليل المجال الكهربائي إلى مركبتين في اتجاهين متعامدين كلاهما متعامد مع اتجاه انتشار الموجة.



### المستقطب Polarizer - البولارويد Polaroid :

يمكن الحصول على ضوء مستقطب من الضوء الغير مستقطب بالاستعانة بمواد معينة تسمى مستقطب polarizer و من المواد المستخدمة تجاريا تلك التي تدرج تحت اسم بولارويد مثل هذه المواد تسمح لمركبة الضوء ( أي مركبة المجال الكهربائي ) التي تتذبذب في اتجاه معين بالمرور خلالها بينما تمتص مركبة المجال المتعامد مع هذا

الاتجاه كما هو موضح في الشكل المجاور و يسمى الاتجاه الذي تسمح فيه هذه المادة بمرور المجال ( أو الضوء ) محور النفاذية أو محور الاستقطاب للمادة . ومهما كان اتجاه محور النفاذية فإنه عند سقوط الضوء غير المستقطب على هذه المادة فإن شدة الضوء المار من خلالها تكون نصف شدة الضوء الساقط والسبب في ذلك هو أن الضوء غير المستقطب يحتوي على مجال كهربائي يتذبذب في جميع الاتجاهات وبنفس الشدة. ويمكن تحليل المجال الكهربائي إلى مركبتين إحداهما في اتجاه محور النفاذية والأخرى في الاتجاه العمودي والمركبتين متساويتين في الشدة . ولما كانت المركبة الموازية لمحور النفاذية هي التي تمر فإن الضوء تكون شدته نصف شدة الضوء الساقط.

## تداخل الموجات :

تحدث ظاهرة التداخل للموجات بصفة عامة عندما تتلاقى الموجات الصادرة من مصادر مختلفة في منطقة ما. و هي من الخصائص العامة للموجات و تعتمد على مبدأ عام بالنسبة للموجات و هو مبدأ تراكب الموجات principle of superposition أو الاضطرابات بصفة عامة و الذي ينص على أن المحصلة ( أي محصلة الاضطراب ) عند نقطة هي مجموع الاضطرابات الناتجة عن الموجات المتلاقية.

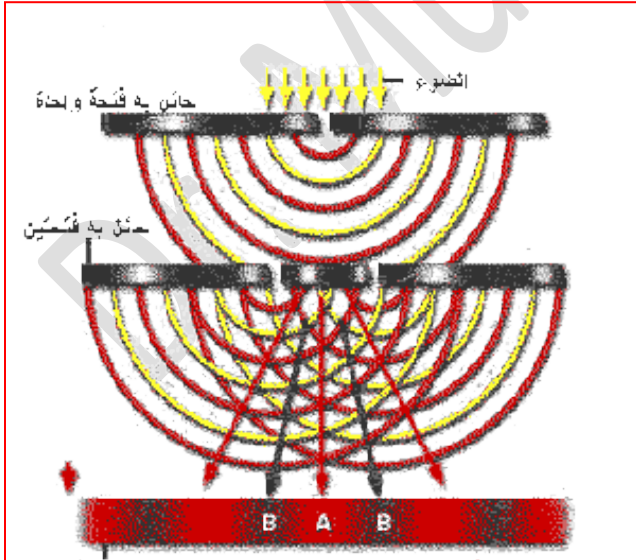
و لما كان الضوء عبارة عن موجات و هي موجات كهرومغناطيسية لذلك فهي تتبع أيضا مبدأ التراكب. فعندما تمر (أو تتلاقى) موجتان ضوئيتان (أو أكثر) بنقطة فإن المجالات الكهربائية لهذه الموجات تتراكب (أو تتحد) طبقا لمبدأ التراكب مكونة المجال المحصلة. ( و من المعلوم أن شدة الضوء تتناسب مع مربع شدة المجال الكهربائي أي مربع السعة ) و لذلك فإن شدة الضوء الناتج تتغير أي تزداد و تقل نتيجة للتداخل و ذلك حسب ما إذا كان التداخل بناءيا أي أن الموجتان تقوى إحداهما الأخرى أو هدميا في حالة ما إذا كانت الموجتان تضعف إحداهما الأخرى .

**شروط التداخل :** إذا وضع مصباحين احدهما بجانب الآخر لا يلاحظ أي تداخل لان الموجات الضوئية من احد المصباحين تنبعث غير معتمدة على الموجات المنبعثة من المصباح الثاني.

ولكي يمكن ملاحظة التداخل في الموجات الضوئية يجب أن تتحقق الشروط الآتية :

- 1- يجب أن تكون المصادر الضوئية متشاكهة ( Coherent ) لتعطي موجات متشاكهة والموجات المتشاكهة هي موجات متساوية التردد والسعة ويكون فرق الطور بينها ثابت.
- 2- يجب أن تكون المصادر أحادية الطول الموجي (monochromatic).

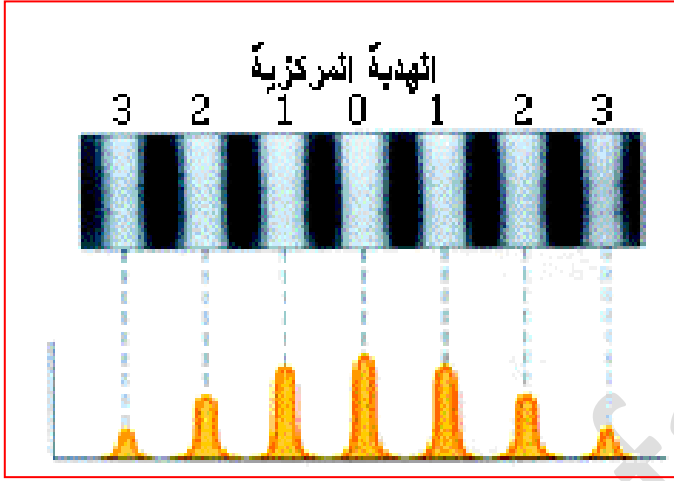
## تجربة يونج - ( تجربة الشق المزدوج ) :



في عام 1801 قام العالم توماس يونج بإجراء تجربته التاريخية الشهيرة التي أثبت بها الطبيعة الموجية للضوء بأن أوضح أن الموجتين الضوئيتين المتراكبتين تتداخلان . و قد زاد من أهمية هذه التجربة أنه بواسطتها تمكن يونج من تعيين الطول الموجي للضوء . و يوضح الشكل المجاور أساس عمل هذه التجربة حيث يسقط الضوء من مصدر ضوئي أحادي اللون أي أحادي الطول الموجي monochromatic على فتحة مستطيلة ضيقة S موضوعة على بعد مناسب منه و يسقط الضوء المار من هذه الفتحة على حائل به فتحتان

مستطيلتان ضيقتان و متقاربتان  $S_1$  و  $S_2$  ولذلك تسميان بالشق المزدوج double slit و هذان الشقان يعملان كمصدرين مترابطين للموجات الضوئية ، حيث إنهما يقعان على نفس جبهة الموجة الصادرة من الفتحة (s)

وبذلك تكون الموجتان الصادرتان منهما نفس التردد و الطور و أيضا نفس السعة طالما كان للشقين نفس الاتساع لذلك فإن إضاءة الشق المزدوج بالضوء الصادر من شق واحدة أمر هام لإجراء هذه التجربة . و تتقابل الموجات الصادرة من الشقين عند الشاشة أو الحائل المعد لاستقبالها على مسافة كبيرة نسبيا من الشق المزدوج و هذه الموجات تتداخل و يكون التداخل عند النقاط المختلفة على الحائل بنائيا أو هدميا حسب الفرق في المسار الذي قطعه الموجات من الشقين إلى الحائل . و يظهر على الحائل مجموعة التداخل أو مجموعة من هدب التداخل كمناطق مضيئة ( في حالة التداخل البنائي ) تتخللها مناطق مظلمة (في حالة التداخل الهدمي ) .



والشكل المجاور يوضح أن الهدبة المركزية المتكونة عند النقطة التي تقابل منتصف المسافة بين الفتحتين تكون هدبة مضيئة و ذلك لأن طول المسار الذي تقطعه الموجتان الصادرتان من الشقين إلى هذه النقطة يكون متساويا أي أن فرق المسار يساوي الصفر و بذلك يكون التداخل بنائيا و تسمى الهدبة المركزية أيضا الهدبة الصفرية . أما عند أي نقطة على جانبي الهدبة المركزية فإن المسافة التي تقطعها الموجات الصادرة من الشقين تختلف و لذلك فإن الموجات التي تتقابل عند هذه

النقطة تتداخل تداخلا بنائيا أي تحدث تقوية للشدة إذا كان الفرق في المسار الذي قطعه الموجتان مساويا عددا صحيحا من الأطوال الموجية و بصفة عامة يكون التداخل بنائيا عندما يكون فرق المسار مساويا لـ  $(m \lambda)$  حيث  $m$  تساوى صفر أو عدد صحيح و  $\lambda$  الطول الموجي للضوء الساقط . و يتكرر هذا الوضع على الجانب الآخر من الهدبة المركزية. أما عن النقاط التي يكون فيها الفرق في المسار مساويا عددا فرديا من أنصاف الطول الموجي فإن الموجات التي تصل إلى هذه النقاط تتداخل تداخلا هدميا أي يكون عند هذه النقاط مظلمة وبصفة عامة فإن شرط تكون الهدب المظلمة هو أن يكون فرق المسار مساويا لـ  $[ (m + \frac{1}{2}) \times \lambda ]$  حيث  $m$  تساوى صفر أو عدد صحيح . و تتغير شدة الإضاءة للهدب المضيئة كلما بعدنا عن الهدبة المركزية كما يوضحه الشكل أعلاه .

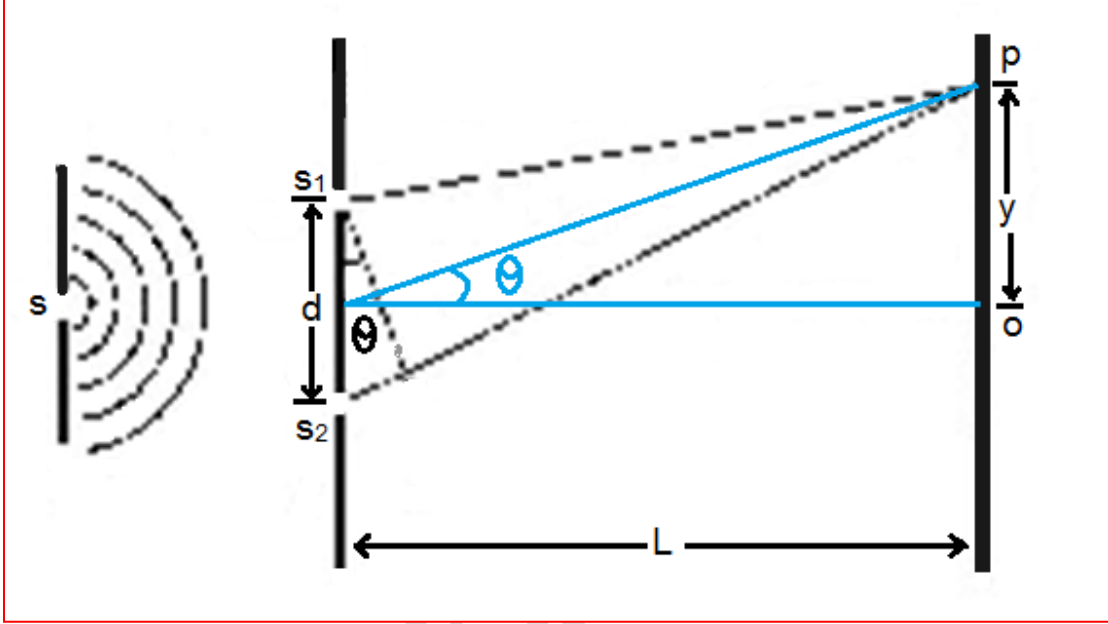
ومن الشكل أدناه : ولحساب فرق المسار البصري للهدبة المضيئة يكون :  $d \sin\theta = m \lambda$

و فرق المسار البصري للهدبة المظلمة يكون :  $d \sin\theta = (m+1/2) \lambda$

وإن  $\sin\theta = y / L$

وعلى فرض أن  $(d)$  هي المسافة بين الشقين  $(s_1, s_2)$  و  $(L)$  هي المسافة من الشقين إلى الشاشة أو الحاجز و  $(y)$  هي المسافة بين النقط  $(o)$  والنقطة  $(p)$  .

ولغرض الحصول على صيغة لمواقع الأهداب المضيئة والمظلمة مقاسة عموديا من نقطة مثل (o) إلى نقطة (p) نفرض أن المسافة بين الشقين ( $s_1$  و  $s_2$ ) والشاشة أو الحائل اكبر بكثير من المسافة بين الشقين أي أن ( $L \gg d$ ) كما نفرض أيضا أن المسافة بين الشقين اكبر بكثير من الطول الموجي أي أن ( $d \gg \lambda$ ) كما مبين في الشكل أدناه:



نجد أن مواقع الأهداب المضيئة مقاسة من نقطة (o) تحسب من المعادلة:

$$y_{bright} = \frac{\lambda L}{d} m$$

وبنفس الطريقة بالنسبة للأهداب المظلمة تحسب من المعادلة :

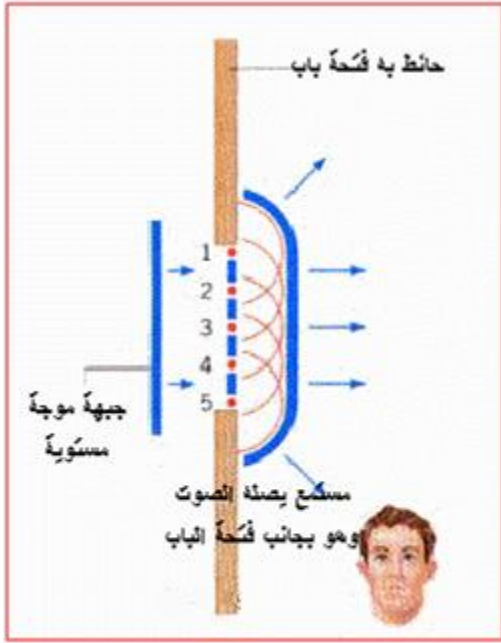
$$y_{dark} = \frac{\lambda L}{d} \left( m + \frac{1}{2} \right)$$

وتعتبر تجربة الشقين ليونج هي طريقة لقياس الطول الموجي للضوء ( $\lambda$ ) وان هذه التجربة أعطت النظرية الموجية مصداقية كبيرة ولازلنا إلى اليوم نستخدم ظاهرة التداخل لتوضيح الكثير من الظواهر التي تتعلق بسلوك الموجات.

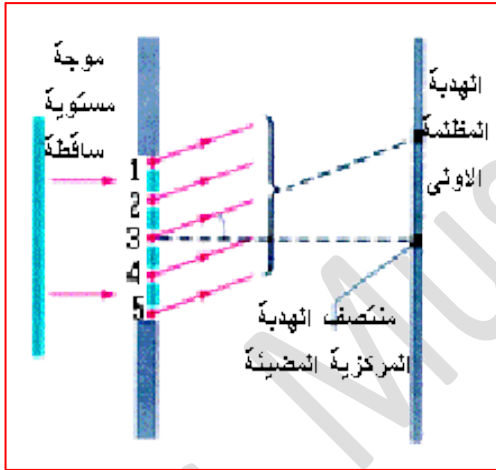
$$\lambda = \frac{y d}{m L}$$

## حيود الضوء :

**الحيود :** هو خاصية من الخصائص العامة للموجات و تحدث للموجات عندما تمر بحافة عائق أو خلال فتحة ضيقة كما يحدث عند مرور الصوت خلال فتحة باب مثلا.



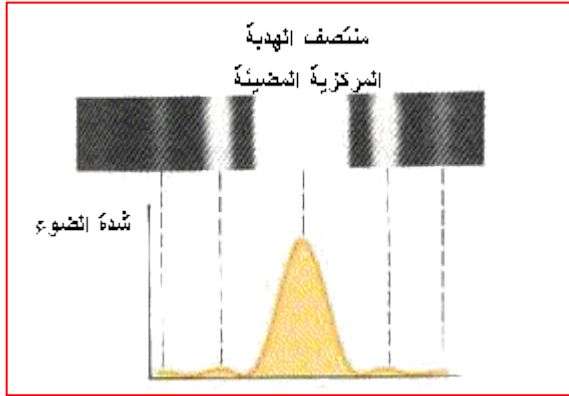
و لهذا فإن الشخص الموجود بجانب باب حجرة مفتوح ( كما في الشكل المجاور ) يمكنه سماع الصوت الصادر في الحجرة حتى ولو لم يكن أمام فتحة الباب مباشرة . ولشرح الحيود نستخدم أيضا مبدأ تراكم الموجات الذي تفسر على أساسه ظاهرة التداخل. والواقع أن ظاهرة الحيود تنشأ أيضا من تداخل الموجات كما سنرى . فعلى أساس قاعدة هايجنز (Huygens) فإنه عند أي لحظة زمنية تعتبر كل نقطة على جبهة الموجة مصدرا لموجات كروية صغيرة تنتشر بنفس سرعة الموجة وأنه عند أي لحظة زمنية تالية فإن السطح الذي يغلف هذه المويجات يعتبر الجبهة الجديدة للموجة.



والشكل المجاور يوضح موجة مستوية تسقط على فتحة في حائل و إذا اعتبرنا مثلا خمس نقاط في هذه الفتحة على جبهة الموجة فإن كل نقطة ستعتبر مصدرا لموجة و بعد لحظة زمنية يكون السطح المغلف لهذه المويجات هو الجبهة الجديدة للموجة.

وإذا كانت هذه الموجات موجات صوتية والفتحة هي باب حجرة فإن الشخص الموجود على جانب الباب سيصل إليه الصوت الصادر من الحجرة . وما يحدث للصوت يحدث تماما للضوء ولكن ربما نتساءل إذا كنا نسمع الصوت و نحن على جانبي الباب بسبب حيود الموجات الصوتية ، فلماذا لا نرى ما في الحجرة و

نحن على جانبي الباب بسبب حيود الموجات الضوئية. الواقع أن الضوء يحيد أيضا و لكن درجة انحنائه أو حيوده تكون صغيرة بما لا يكفي أن نرى ما بداخل الحجرة. فدرجة الانحناء تعتمد على النسبة بين الطول الموجي و اتساع الفتحة و تبعا لذلك يكون حيود الضوء مدركا كلما كان اتساع الفتحة صغيرا بالنسبة للطول الموجي . والشكل يوضح ماذا يحدث لموجة مستوية ( أشعة متوازية ) تسقط على فتحة ضيقة يوجد أمامها حائل على مسافة كبيرة منها. يمكن اعتبار كل نقطة من نقاط هذه الفتحة مصدرا لموجات تنتشر بنفس سرعة الموجة و سنعتبر للسهولة خمس من هذه النقاط . سنجد أنه عند النقطة التي تقابل منتصف الفتحة فإن الموجات التي تصلها تتداخل تداخلا بنائيا و تظهر هدبة مركزية مضيئة.



بينما على جانبي الهدبة المركزية يكون التداخل إما بنائياً أو هدمياً وتظهر مناطق أو هدب مضيئة و هدب مظلمة على جانبي الفتحة أي أن الضوء يحيد عن مساره و تظهر هدب مضيئة في أماكن على جانبي الفتحة لا يمكن تفسير تكونها إلا باعتبار أن الضوء عبارة عن موجات .

والشكل المجاور يوضح صورة فوتوغرافية لهدب الحيود الناشئة عن فتحة واحدة ضيقة و يوضح الرسم البياني توزيع الإضاءة على هدب الحيود هذه.

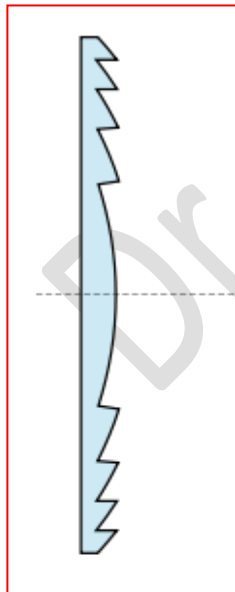
### المحزرات:



إنّ محرز الحيود أو شبكة الانعراج هو عنصر بصري ذو طراز منتظم، يقسم الضوء ويحيده إلى عدة حزم ضوئية بعدة اتجاهات. وتتحدد اتجاهات تلك الحزم الجديدة وفق تباعد التحزيز وطول موجة الضوء الساقط، فالمحزز يقوم بعمل عنصر مشتت للضوء .

وكثيراً ما يستخدم محرز الحيود في موحّدات اللون (Monochromator) والمطيافات لهذا الغرض. إنّ الفلم الانعكاسي (Reversal film) ذا الخطوط

السوداء القاتمة والدقيقة يشكل محرز حيود بسيط. ولكن محزرات الحيود عملياً تكون عبارة عن أخاديد على سطحها بدلاً من هذه الخطوط الداكنة. وقد تكون هذه الأخاديد إما شفافة أو عاكسة . بإمكان بعض المحزرات أن تعدل طور الموجة الضوئية فقط، فضلاً عن تعديل جبهاتها . **والمحزز عموماً هو أداة تستخدم لفصل وتفريق الضوء إلى مكوناته اللونية (أو الأطوال الموجية المكونة له) وله أهمية كبيرة حيث لا غنى للعاملين في مجال علم البصريات عنه. و المحزرات تكون على أنواع منها العاكس ومنها النافذ ففي النوع الأول تتفرق الأشعة إلى نفس جهة الضوء الساقط، في حين تتفرق إلى الجهة المغايرة في النوع الثاني، كما يمكن أن يصنع المحزز العاكس على شكل مقعر، ويستخدم لأغراض الإضاءة في الفنارات والمسارح وغيرها. وكان العالم الفرنسي فريسنل أول من اكتشف تلك الظاهرة. وقد تصنع شقوق أو أخاديد المحزز على نحو متقارب جداً من بعضها البعض بحيث تكون المسافة بين شقين متتاليين صغيرة جداً وقد تصل إلى 2 ميكرومتر، وأقل من ذلك في حالة الأجهزة التي تتطلب دقة عالية. ويستخدم المحزز بكثرة في تجارب الحيود.**



## أمثلة محلولة:

س1/ في تجربة يونج كانت المسافة بين شقي يونج 0.02 سنتيمتر وكان بعد الشاشة عن الشقين 130 سنتيمتر وعند سقوط ضوء أبيض على الشقين تكون نمط للتداخل بحيث كانت المسافة بين كل هديين معتمين متتاليين 0.32 سنتيمتر ، احسب معدل الطول الموجي للضوء الأبيض ؟

الحل:

$$\lambda = \frac{y d}{m L} \implies \frac{0.32 \times 0.02}{1 \times 130} = 4.923 \times 10^{-5} \text{ cm}$$

$$\implies \lambda = 4.923 \times 10^{-5} \times 10^8 = 4923 \text{ A}^{\circ}$$

س2/ في تجربة يونج استخدم حاجز به شقين المسافة بينهما 0.01cm وأسقط عليه ضوء أحمر طوله الموجي  $6565 \text{ A}^{\circ}$  ، احسب المسافة التي يجب وضع الشاشة عندها حتى يتكون نمط للتداخل تكون فيه المسافة بين هديين مضيئين متتاليين تساوي 1cm ؟ ثم احسب عرض الهدب إذا استخدم ضوء بنفسجي طوله الموجي  $4100 \text{ A}^{\circ}$  بدلا من الضوء الأحمر؟

$$L = \frac{y d}{m \lambda} = \frac{(1 \times 10^{-2}) \times (0.01 \times 10^{-2})}{1 \times (6565 \times 10^{-10})} = 1.52 \text{ m}$$

الحل :

$$y = \frac{m \lambda L}{d} = \frac{1 \times (4100 \times 10^{-10}) \times 1.52}{0.01 \times 10^{-2}} = 6.23 \times 10^{-3} \text{ m}$$

**س3/** في تجربة يونج إذا كانت الشاشة موضوعة على مسافة  $1.2 \text{ m}$  عن الشقين وكانت المسافة بين الشقين  $0.03 \text{ mm}$  فإذا قيس الهدب المركزي المضيء من المرتبة الثانية ( $m = 2$ ) بحيث كانت المسافة بينه وبين الهدب المركزي المضيء  $4.5 \text{ cm}$  احسب : a- الطول الموجي للضوء المستخدم ؟ b- المسافة بين الأهداب المضيئة ؟

**الحل :**  $m=2$  ,  $y_2 = 4.5 \times 10^{-2}$  ,  $L = 1.2 \text{ m}$  ,  $d = 0.03 \times 10^{-3} \text{ m} = 3 \times 10^{-5} \text{ m}$

$$\text{a- } \lambda = \frac{y d}{m L} = \frac{(4.5 \times 10^{-2}) \times (3 \times 10^{-5})}{2 \times 1.2} = 5.6 \times 10^{-7} \text{ m} = 5600 \text{ \AA}$$

**b-**

يمكن الحصول على المسافة بين أي هذين مضيئين متجاورين ( $m$ ) و ( $m+1$ ) كما يلي :

$$\begin{aligned} \Delta y = y_{m+1} - y_m &= \frac{\lambda L}{d} (m + 1) - \frac{\lambda L}{d} m = \frac{\lambda L}{d} m + \frac{\lambda L}{d} - \frac{\lambda L}{d} m \\ &= \frac{\lambda L}{d} = \frac{(5.6 \times 10^{-7}) \times 1.2}{3 \times 10^{-5}} = 2.25 \times 10^{-2} \text{ m} = 2.25 \text{ cm} \end{aligned}$$

### أسئلة:

**س1/** في تجربة يونج إذا كان الطول الموجي للضوء المستخدم  $589 \text{ nm}$  والمسافة بين الشاشة والشقين  $2 \text{ m}$  فإذا لوحظ أن الهدب المظلم العاشر يقع على مسافة  $7.26 \text{ mm}$  عن الهدب المركزي المضيء . احسب المسافة بين الشقين ؟

**س2/** ضوء طوله الموجي  $460 \text{ nm}$  سقط على شقين المسافة بينهما  $0.3 \text{ mm}$  فإذا كانت المسافة بين الهدب المظلم الأول والثاني  $4 \text{ mm}$  جد المسافة بين الشاشة والشقين ؟



## أمثلة محلولة على محرز الحيود

س 1 / استخدم محرز الحيود وفيه (  $5 \times 10^3 \frac{\text{شق}}{\text{cm}}$  ) لدراسة طيف الصوديوم ، جد البعد الزاوي للخطين الاصفرين للصوديوم ( 589.592 nm ) و ( 588.995 nm ) في الهدبة المضيئة الثانية؟

الحل :

$$\frac{1}{d} = 5 \times 10^3 \frac{\text{شق}}{\text{cm}} \implies d = \frac{\text{cm}}{5 \times 10^3} = \frac{10^{-2} \text{ m}}{5 \times 10^3} = 2 \times 10^{-6} \text{ m}$$

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

$$\sin \theta = \frac{m \lambda}{d} \implies$$

$$\theta_1 = \sin^{-1} \left( \frac{m \lambda}{d} \right) = \sin^{-1} \left( \frac{2 \times 589.592 \times 10^{-9}}{2 \times 10^{-6}} \right) = 36.13^\circ$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left( \frac{m \lambda}{d} \right) = \sin^{-1} \left( \frac{2 \times 588.995 \times 10^{-9}}{2 \times 10^{-6}} \right) = 36.09^\circ$$

$$\Delta \theta = \theta_1 - \theta_2 = 36.13^\circ - 36.09^\circ = 0.04^\circ$$

س 2 / محرز حيود فيه (  $4525 \frac{\text{شق}}{\text{cm}}$  ) اضيء باشعة الشمس المباشرة ، ينتشر الطيف ذي الرتبة الاولى على شاشة بيضاء معلقة على حائط في الجهة المقابلة للمحز:

أ - على اي زاوية يظهر الضوء الازرق اذا كان طوله الموجي ( 422 nm ) ؟

ب - على اي زاوية يظهر الضوء الاحمر اذا كان طوله الموجي ( 655 nm ) ؟

الحل :

$$\frac{1}{d} = 4525 \frac{\text{شق}}{\text{cm}} \implies d = \frac{\text{cm}}{4525} = \frac{10^{-2} \text{ m}}{4525} = 2.21 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$d \sin \theta = m \lambda \implies \sin \theta = \frac{m \lambda}{d} \implies \theta = \sin^{-1} \left( \frac{m \lambda}{d} \right) \implies$$

$$\text{أ- } \theta_b = \sin^{-1} \left( \frac{m \lambda}{d} \right) = \sin^{-1} \left( \frac{1 \times 422 \times 10^{-9}}{2.21 \times 10^{-6}} \right) = 11.0^\circ$$

$$\text{ب - } \theta_r = \sin^{-1} \left( \frac{m \lambda}{d} \right) = \sin^{-1} \left( \frac{1 \times 655 \times 10^{-9}}{2.21 \times 10^{-6}} \right) = 17.2^\circ$$

س 3 / يدخل ضوء طوله الموجي ( 353 nm ) من خلال محرز حيود فيه ( 795  $\frac{\text{شق}}{\text{cm}}$  ) ، احسب زاوية رصد الهدبة المضيئة الثانية؟

الحل:

$$\frac{1}{d} = 795 \frac{\text{شق}}{\text{cm}} \implies d = \frac{\text{cm}}{795} = \frac{10^{-2} \text{ m}}{795} = 1.26 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$d \sin \theta = m \lambda \implies \sin \theta = \frac{m \lambda}{d} \implies$$

$$\theta = \sin^{-1} \left( \frac{m \lambda}{d} \right) = \sin^{-1} \left( \frac{2 \times 353 \times 10^{-9}}{1.26 \times 10^{-5}} \right) = 3.22^\circ$$

س 4 / يصدر احد مصابيح غاز الصوديوم في الشارع ضوء احادي اللون، اذا سقط هذا الضوء على باب خشبي فيه شقان مستقيمان ومتوازيان ، فان نمط تداخل يظهر على حائط خلف الباب ، فاذا كان البعد بين الشقين ( 0.3096 mm ) والهدبة المضيئة الثانية تقع على زاوية ( 0.218° ) من الهدبة المركزية احسب:

أ - الطول الموجي للضوء ؟

ب - زاوية الهدبة المضيئة الثالثة ؟

ت - زاوية الهدبة المضيئة الرابعة ؟

الحل:

$$\text{أ - } d \sin \theta = m \lambda \implies \lambda = \frac{d \sin \theta}{m} = \frac{0.3096 \times 10^{-3} \times \sin 218^\circ}{2} = 5.89 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$d \sin \theta = m \lambda \implies \sin \theta = \frac{m \lambda}{d} \implies \theta = \sin^{-1} \left( \frac{m \lambda}{d} \right) \implies$$

$$\text{ب - } \theta_3 = \sin^{-1} \left( \frac{m \lambda}{d} \right) = \sin^{-1} \left( \frac{3 \times 5.89 \times 10^{-7}}{0.3096 \times 10^{-3}} \right) = 0.327^\circ$$

$$\text{ت - } \theta_4 = \sin^{-1} \left( \frac{m \lambda}{d} \right) = \sin^{-1} \left( \frac{4 \times 5.89 \times 10^{-7}}{0.3096 \times 10^{-3}} \right) = 0.436^\circ$$

س 5 / يقاس الخط المضيء ذو الطول الموجي ( 546.1 nm ) للزئبق عند زاوية (  $81.0^\circ$  ) في الهدبة المضيئة الثالثة من نمط حيود تَكُونُ باستخدام محرز ، احسب عدد الشقوق في السنتمتر الواحد للمحرز؟

الحل :

$$d \sin \theta = m \lambda \implies d = \frac{m \lambda}{\sin \theta} \implies \frac{1}{d} = \frac{\sin \theta}{m \lambda} = \frac{\sin 81}{3 \times 546.1 \times 10^{-7} \text{ cm}}$$

$$\implies \frac{1}{d} = 6030 \frac{\text{شق}}{\text{cm}}$$

س 6 / تدخل حزمة ضوئية تشمل على طولين موجيين (  $\lambda_1$  ) و (  $\lambda_2$  ) في محرز مكون من مجموعة من الشقوق المتوازية في نمط التداخل ، يقع الخط المضيء الرابع للطول الموجي الاول والخط المضيء الخامس للطول الموجي الثاني في الموقع نفسه ، فاذا كانت (  $\lambda_1 = 540 \text{ nm}$  ) احسب قيمة (  $\lambda_2$  ) ؟

الحل : بما انه قال في السؤال يقع الخط المضيء الرابع للطول الموجي الاول والخط المضيء الخامس للطول الموجي الثاني في الموقع نفسه هذا يعني ان (  $\theta$  ) هي نفسها للخطين. و ( d ) نفسها اذن يكون :

$$d \sin \theta = m_1 \lambda_1 \text{ and } d \sin \theta = m_2 \lambda_2 \implies$$

$$m_1 \lambda_1 = m_2 \lambda_2 \implies 4 \times \lambda_1 = 5 \times \lambda_2 \implies \lambda_2 = \frac{m_1 \lambda_1}{m_2} = \frac{4 \times 540 \text{ nm}}{5} = 432 \text{ nm}$$

س 7 / عند تسليط ضوء ذو طول موجي (400 nm) على محرز حيود نستطيع رؤية الهدبة المضيئة ذات الرتبة الاولى بالكامل ، ولكن لانرى شيئاً من الهدبة المضيئة ذات الرتبة الثانية ، فما القيمة القصوى للمسافة بين شقوق المحرز؟

**الحل:** بما انه قال في السؤال لانرى شيئاً من الهدبة المضيئة ذات الرتبة الثانية فهذا يعني ان  $(\theta)$  للهدبة الثانية تساوي  $(90^\circ)$  وبهذا يكون  $(\sin \theta = \sin 90 = 1)$  وعليه :

$$d \sin \theta = m \lambda \implies d = \frac{m \lambda}{\sin \theta} = \frac{2 \times 400 \times 10^{-9}}{1} = 8 \times 10^{-7} \text{ m}$$