مقدمـــــــــة

تداخل الموجات :

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

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

تجربة يونج - تجربة الشق المزدوج :

فى عام 1801 قام العالم توماس ينج بإجراء تجربته التاريخية الشهيرة التى أثبت بها الطبيعة الموجية للضوء بأن أوضح أن الموجتين الضوئيتين المتراكبتين تتداخلان . و قد زاد من أهمية هذه التجربة أن ينج أمكنه بواسطتها تعيين الطول الموجى للضوء .
و يوضح شكل ( 62 ) أساس عمل هذه التجربة حيث يسقط الضوء من مصدر ضوئى أحادى اللون (أى أحادى الطول الموجى monochromatic) على فتحة مستطيلة ضيقة م موضوعة على بعد مناسب منه و يسقط الضوء المار من هذه الفتحة على حائل به فتحتان مستطيلتان ضيقتان و متقاربتان م1 و م2 و لذلك تسميان بالشق المزدوج double slit

وهاتان الفتحتان تعملان كمصدرين مترابطين للموجات الضوئية ، حيث أنهما تقعان على نفس جبهة الموجة الصادرة من الفتحة م وبذلك تكون الموجتان الصادرتان منهما لهما نفس التردد و الطور و أيضا نفس السعة طالما كان للفتحتين نفس الاتساع .

لذلك فإن إضاءة الشق المزدوج بالضوء الصادر من فتحة واحدة أمرهام لإجراء هذه التجربة . و تتقابل الموجات الصادرة من الفتحتين عند 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 فى المسار الذى قطعته الموجات من الفتحتين إلى الحائل . و يظهر على الحائل مجموعة التداخل أو مجموعة من هدب التداخل كمناطق مضيئة ( فى حالة التداخل البنائى ) تتخللها مناطق مظلمة ( فى حالة التداخل الهدمى ) .
وشكل ( 63 ) يوضح أن الهدبة المركزية المتكونة عند النقطة التى تقابل منتصف المسافة بين الفتحتين تكون هدبة مضيئة و ذلك لأن طول
المسار الذى تقطعه الموجتان الصادرتان من الفتحتين إلى هذه النقطة يكون متساويا أى أن فرق المسار يساوى الصفر و بذلك يكون التداخل بنائيا و تسمى الهدبة المركزية أيضا الهدبة الصفرية .
أما عند أى نقطة على جانبى الهدبة المركزية فإن المسافة التى تقطعها الموجات الصادرة من الفتحتين تختلف و لذلك فإن الموجات التى تتقابل عند هذه النقطة تتداخل تداخلا بنائيا أى تحدث تقوية للشدة إذا كان الفرق فى المسار الذى قطعته الموجتان مساويا عددا صحيحا من الأطوال الموجية و بصفة عامة يكون التداخل

بنائيا عندما يكون فرق المسار مساويا ml حيث m تساوى صفر أو عدد صحيح . و يتكرر هذا الوضع على الجانب الآخر من الهدبة المركزية. أما عن النقاط التى يكون فيها الفرق فى المسار مساويا عددا فرديا من أنصاف الطول الموجى فإن الموجات التى تصل إلى هذه النقاط تتداخل تداخلا هدميا أى يكون عند هذه النقاط ظلمة .
وبصفة عامة فإن شرط تكون الهدب المظلمة هو أن يكون فرق المسار مساويا ( ½l + m ) حيث m تساوى صفر أو عدد صحيح . و تتغير شدة الإضاءة للهدب المضيئة كلما بعدنا عن الهدبة المركزية كما يوضحه الشكل .

حيود الضـــوء :

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 فى شكل 64 ) يمكنه سماع الصوت الصادر فى الحجرة حتى ولو لم يكن أمام فتحة الباب مباشرة. ولشرح الحيود نستخدم أيضا مبدأ تراكب الموجات الذى تفسر على أساسه ظاهرة التداخل. والواقع أن ظاهرة الحيود تنشأ أيضا من تداخل الموجات كما سنرى فيما بعد. فعلى أساس قاعدة Huygens هيجن (1629-1695) فأنه عند أى لحظة زمنية تعتبركل نقطة على جبهة الموجة مصدرا لمويجات كروية صغيرة تنتشر بنفس سرعة الموجة وأنه عند أى لحظة زمنية تالية فإن السطح الذى يغلف هذه المويجات يعتبر الجبهة الجديدة للموجة .

وشكل ( 65 ) يوضح موجة مستوية تسقط على فتحة فى حائل و إذا اعتبرنا مثلا خمس نقاط فى هذه الفتحة على جبهة الموجة فإن كل نقطة ستعتبر مصدرا لمويجة و بعد لحظة زمنية يكون السطح المغلف لهذه المويجات هو الجبهة الجديدة للموجة .
وإذا كانت هذه الموجات موجات صوتية والفتحة هى باب حجرة فإن الشخص الموجود على جانب الباب سيصل اليه الصوت الصادر من الحجرة . وما يحدث للصوت يحدث تماما للضوء . ولكن ربما نتساءل إذا كنا نسمع الصوت و نحن على جانبى الباب بسبب حيود الموجات الصوتية ، فلماذا لا نرى ما فى الحجرة و نحن على جانبى الباب بسبب حيود الموجات الضوئية. الواقع أن الضوء يحيــد أيضا و لكن درجة انحنائه أو حيوده تكون صغيرة بما لا يكفى أن نرى ما بداخل الحجرة .

فدرجة الانحناء تعتمد على النسبة بين الطول الموجى و اتساع الفتحة و تبعا لذلك يكون حيود الضوء مدركا كلما كان اتساع الفتحة صغيرا بالنسبة للطول الموجى . 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 لمويجات تنتشر بنفس سرعة الموجة . و سنعتبر للسهولة خمس من هذه النقاط . سنجد أنه عند النقطة التى تقابل منتصف الفتحة فإن الموجات التى تصلها تتداخل تداخلا بنائيا و تظهر هدبة مركزية مضيئة.
بينما على جانبى الهدبة المركزية يكون التداخل إما بنائيا أو هدميا وتظهر مناطق أو هدب مضيئة و هدب مظلمة على جانبى الفتحة أى أن الضوء يحيد عن مساره و تظهر هدب مضيئة فى أماكن على جانبى الفتحة لا يمكن تفسير تكونها إلا باعتبار أن الضوء عبارة عن موجات .
شكل ( 66 ) يوضح صورة فوتوغرافية لهدب الحيود الناشئة عن فتحة واحدة ضيقة single slit diffraction و يوضح الرسم البيانى توزيع الإضاءة على هدب الحيود هذه .