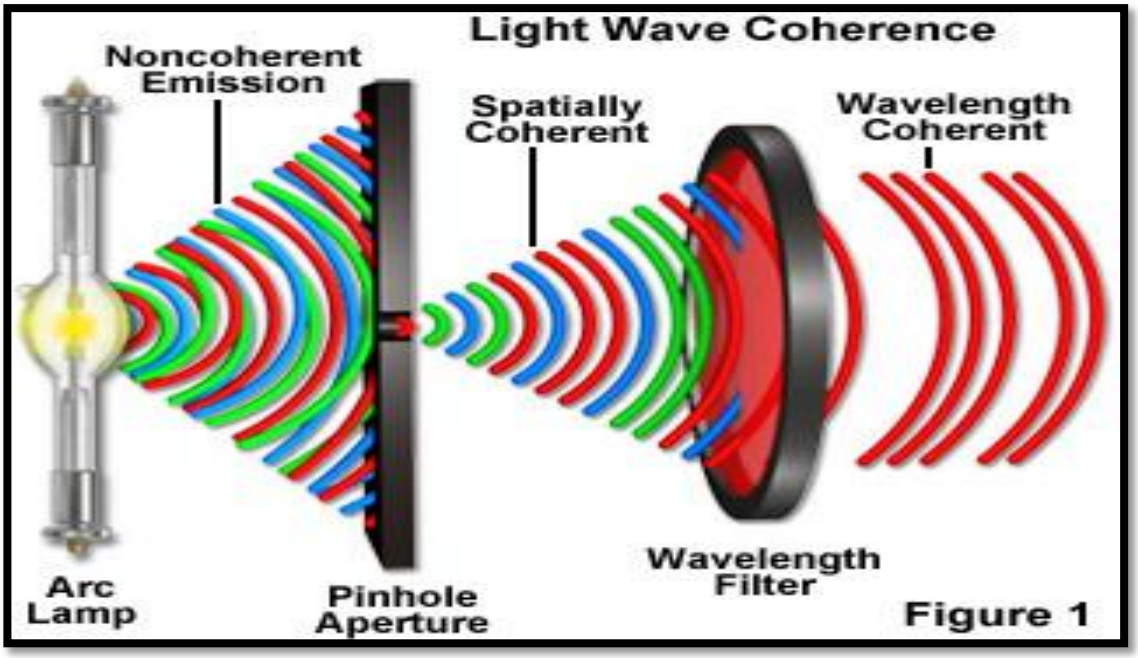
البصريات الفيزيائية

المرحلة الثالثة – الكورس الثاني

2024-2023



د. فالح لفته مطر الجشعمي

التشاكة ، تراكب الموجات ، التداخل و الحيود

1-التشاكه

يعرف الطور (Phase) على انه حالة الموجة الكهرومغناطيسية عند نقطة معينة في الفضاء ولحظة زمنية معينة.

التشاكه (Coherence)

وهي صفة المحافظة على شكل الموجة ثابتاً بمرور الزمن (التشاكه المكاني أو الفضائي) وهذا يحدث عندما يكون عرض الخط الطيفي صغير جداً, وان يكون الفرق بين أي نقطتين على جبهة الموجة ثابتاً بمرور الزمن (التشاكه الزمني). وهذا يعني أن الفرق بين أي نقطتين على موجة شعاع الليزر يكون ثابت عند حركة الشعاع زمانيا ومكاني . يعتبر الليزر المصدر الضوئي الوحيد الذي يمتلك صفة التشاكه مقارنة بالمصادر التقليدية الأخرى.

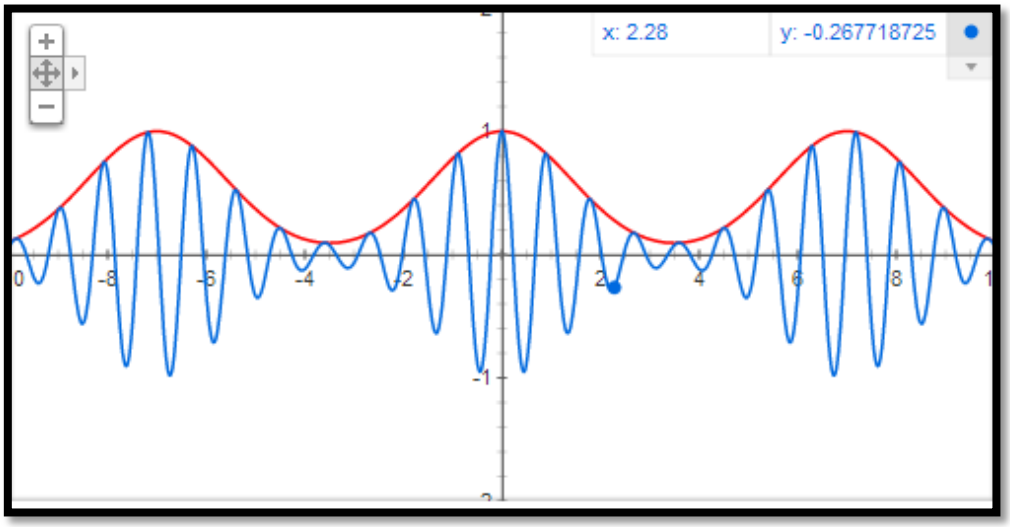
لاشعة الليزر (مصدر ضوئي) درجة عالية من صفة التشاكه، اي ان له درجة عالية من التشاكه الزماني والمكاني أو الفضائي. اما المصادر التقليدية كالمصابيح فيقال انها مصادر ضوئية غير متشاكهة. يمكن ان نتصور بان ضوء الليزر عبارة عن امواج ذات تردد يقع تقريباً في حدود 10^{14}Hz (بطول موجة تقدر ببضع مايكرومتر) لكي تتصف مثل هذه الامواج بصفة التشاكه يجب ان تحقق شرطان، الاول: ان يكون لها تقريباً قيمة واحدة للتردد، اي ان انتشار التردد حول هذه القيمة (تعرض الخط الطيفي لها) يكون صغيراً فاذا ما توفر هذا الشرط فيقال ان الضوء له درجة عالية من التشاكه الزمني، والثاني: يجب ان تحافظ جبهة الموجة على شكلها مع الزمن فاذا ما توفر هذا الشرط فيقال ان الموجة لها تشاكه فضائي أو مكاني ولكي يكون المصدر الضوئي ذو تشاكه تام يجب ان يكون له تشاكه زمني تام وتشاكه فضائي تام.

i. <u>التشاكه الزمني</u>

لكي ندرك مفهوم التشاكه الزمني لاشعة الليزر وعلاقته بتعريض خط الانبعاث الذي يمثل نتاجها لابد من ان نرجع الى عملية انبعاث الفوتونات من المستوى الاعلى الى المستوى الاوطأ للانتقال.

ان الذرة تبعث فوتوناً في زمن محدود وهو مايسمى متوسط زمن عمر المستوى الاعلى للانبعاث (τ) ولذرة بعيدة عن التأثيرات الخارجية يكون هذا الزمن في حدود (10^{-8} sec) لذا

يمكن ان نتصور بان قطار الموجة الذي ينبعث خلال هذا الزمن يبدأ بشدة تساوي صفر من المستوى الاعلى وينتهي الى الصفر بوصول الذرة الى المستوى الاوطأ، هذا بالنسبة الى ذرة واحدة، ونظراً لتواجد اعداد كبيرة من الذرات في المستوى الاعلى حيث تضخ اليه باستمرار فهناك اعداداً كبيرة من هذا النموذج من الموجة، فلو فرضنا باننا نتمكن من مراقبة السعة والطور لمثل هذا القطار من الموجة فان الجهاز الذي سنوفره فرضاً سيكون قادراً على تتبع المراقبة لفترة لاتتجاوز الزمن (τ) يدعى هذا الزمن بزمن التشاكه للموجة.



شكل (1) قطار الموجة ضمن غلافه بزمن تشاكه يساوي (τ)

من هنا يتبين بان التشاكه الزمني يرتبط مباشرة بصفة احادية الموجة حيث يكون للموجة الكهرومغناطيسية التي لها زمن تشاكه (τ) تعريض يساوي (τ) اي ان:

$$\Delta\nu_o = \frac{1}{\tau} \quad \text{.....(1)}$$

فكلما كان متوسط زمن العمر اكبر كلما كان زمن التشاكه اطول. اما مسافة التشاكه (X) والتي تناظر هذا الزمن فتعطى بالعلاقة:

$$X = c\,\tau \quad \text{.....(2)}$$

حيث (c) سرعة الضوء، وان:

$$X = \frac{c}{\Delta\nu_o} \quad \text{.....(3)}$$

اما اذا كانت الذرة المحرضة تبعث قوتوناً بحضور ذرات او جزيئات اخرى (تعريض الضغط او التصادم) وكذلك تحت تأثير حركة ذرات او جزيئات اخرى (تعريض دوبلر) فان زمن

التشاكه سيكون اصغر وبالتالي مسافة التشاكه ايضاً فقد تصل قيمة (X) الى اجزاء الميليمتر.

ii. التشاكه المكاني أو الفضائي

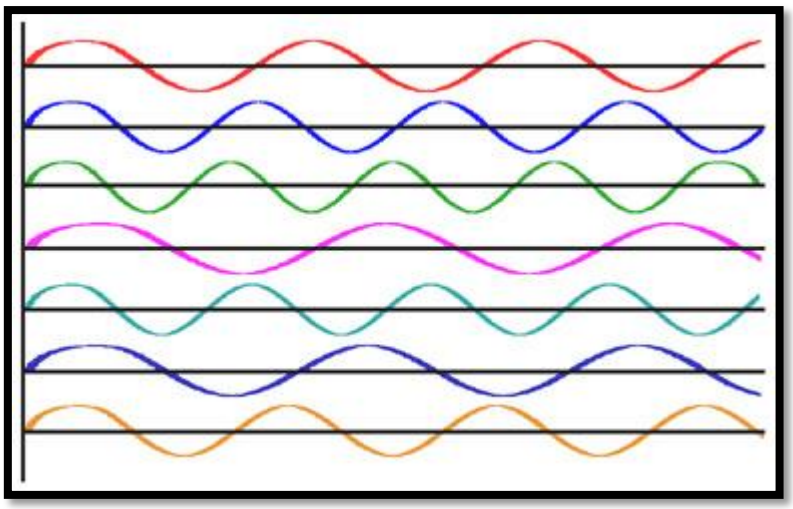
في هذه الحالة، ليس من المهم مراقبة السعة والطور للموجة في موضع ما ضمن فترة زمنية معينة ولكننا نود مراقبة الطور للنقاط الواقعة على جبهة واحدة للموجة فاذا بقي فرق الطور بين اي نقطتين على الجهة الواحدة ثابتاً مع الزمن فيقال ان للموجة تشاكه مكاني أو فضائي، عموماً يكون هذا الزمن غير محدد لذلك يكون التشاكه الفضائي لنتاج الليزر تام تقريباً وعليه تكون مسافة التشاكه المناظرة غير محدودة ايضاً على العكس من التشاكه الزمني الذي قد تكون مسافة التشاكه له قصيرة محدودة.

ان سبب كون المصادر التقليدية غير متشاكهة او ذي تشاكه ضعيف يقع في عملية انبعاث الفوتون ففي هذه المصادر يكون الانبعاث ذاتياً عشوائياً لاترتبط الموجات التي تمثل هذه الفوتونات ببعضها بعلاقة طور محددة في حين تكون الفوتونات المنبعثة نتيجة عملية الانبعاث المحفز مترابطة بشكل محدد لذا تكون الموجات التي تمثلها متحدة في الطور.

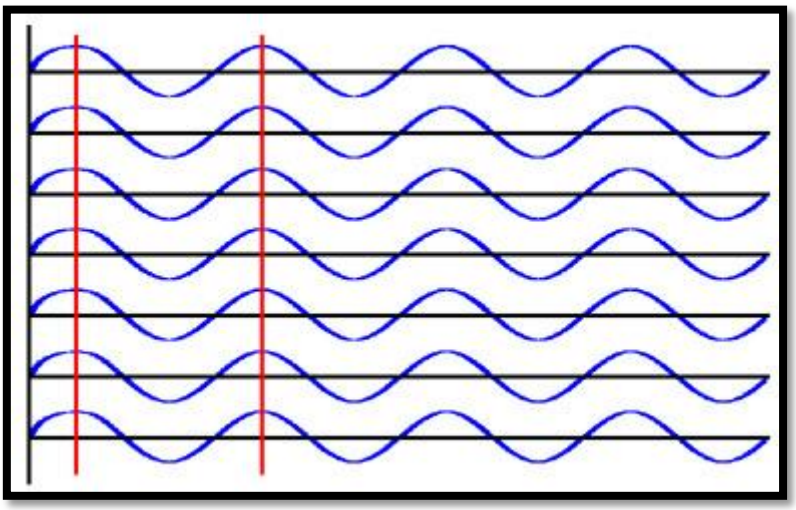
واخيرا يمكن ان نلخص التشاكه الزمني والفضائي كما يلي:

عندما نتكلم عن التشاكه الزمني فاننا نتكلم عن طور الموجة الكهرومغناطيسية في نقطة معينة في زمن (t) وبعد فترة زمنية لاحقة (τ) فاذا بقي فرق الطور ثابتاً ولأي زمن (t) فيقال بان للموجة تشاكه زمني للمدة (τ) او ان (τ) هو زمن التشاكه للموجة وقد يعبر عن التشاكه الزمني بمسافة تمثل طول قطار الموجة المناظر لزمن التشاكه.

من جانب آخر يتعلق التشاكه الفضائي بالطور النسبي لنقطتين واقعتين على جهة واحدة للموجة الكهرومغناطيسية فان بقي فرق الطور بين هاتين النقطتين ثابتاً مع الزمن وحدث هذا لاية نقطتين واقعتين على هذه الجبهة فيقال بان للموجة تشاكه فضائي خلال هذا الزمن او للمسار المناظر له.



موجات الضوء غير متشاكهة



موجات ضوء متشاكهة

1- التشاكه الفضائي: فرق الطور بين اي نقطتين على الجبهة الواحدة ثابتا مع الزمن

2- التشاكه الزمني : ان انتشار التردد بقيمة واحدة للتردد وبتعريض الخط الطيفي اي تبقى الموجات بطور واحد ولمختلف الاطوال الموجية كلما الشعاع ذا لون احادي الموجي اصبح ذا تشاكه زمني اكبر.

يتم استخدام مصادر الضوء المتشاكهة على نطاق واسع في الفحص المجهري ، الطباعة الحجرية والاتصالات البصرية وما إلى ذلك. هذا النوع من المصادر معروف جيدًا ببعض الأداء البصري المتميز. على سبيل المثال، تقلل ظاهرة التشاكة من تأثير البقع ويحسن جودة التصوير.