محاضرة 1- مفهوم الليزر والميزر

1. مفهوم الليزر والميزر

اشتقت كلمة الليزر في اللغة الانكليزية من الاحرف الأولى للمبدأ الذي يتم بواسطته توليد الليزر وهي

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

LASER

وترجمتها هو الضوء المكبر (او المضخم) بواسطة الانبعاث المحفز للاشعاع الكهرومغناطيسي.

والليزر هو جهاز Device يستخدم لانتاج حزمة ضوئية رفيعة جدًا وذات شدة عالية. وبعض الأحزمة رفيعة لدرجة أنها قادرة على ثقب مائتي حفرة فوق نقطة في حجم رأس الدبوس. وبسبب إمكانية تبئير (تركيز) أشعة الليزر إلى هذا الحد من الدقة فإن هذه الأشعة تكون قوية جدًا. فبعض الأحزمة، على سبيل المثال، تستطيع اختراق الماس، وهو أصلب مادة في الطبيعة، وبعضها تستطيع إحداث تفاعل نووي صغير. ويمكن أيضًا نقل حزمة الليزر إلى مسافات بعيدة دون أن تفقد قوتها، حيث وصلت بعض الأحزمة إلى القمر.

اما الميزر فهو مختصر الكلمات التالية

Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation

MASER

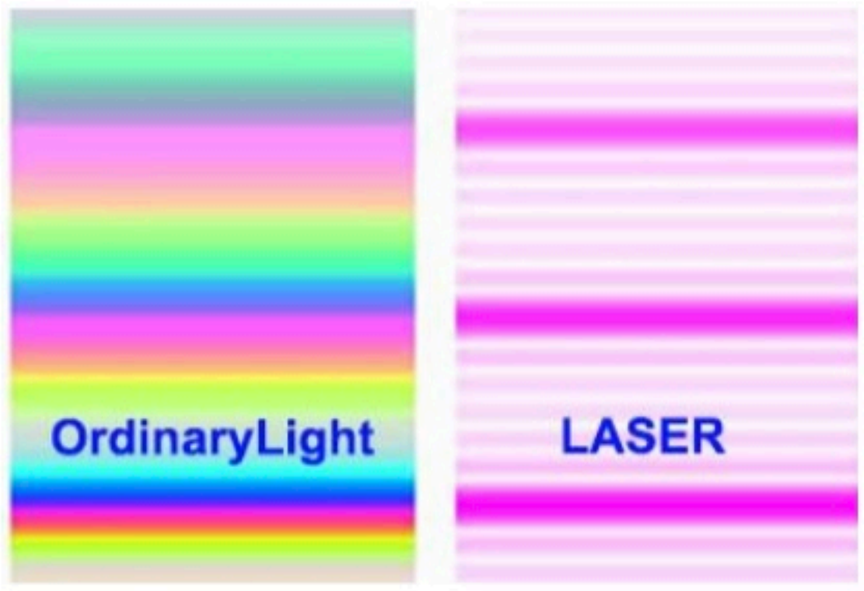
وترجمته هو تضخيم الموجات الميكروية بالانبعاث المحفز للاشعاع

وكما يظهر من الاسم فهو جهاز مشابه لمبدأ عمل الليزر الا انه يستخدم لتضخيم الموجات الدقيقة بدل الضوء المرئي.

2. خواص الليزر

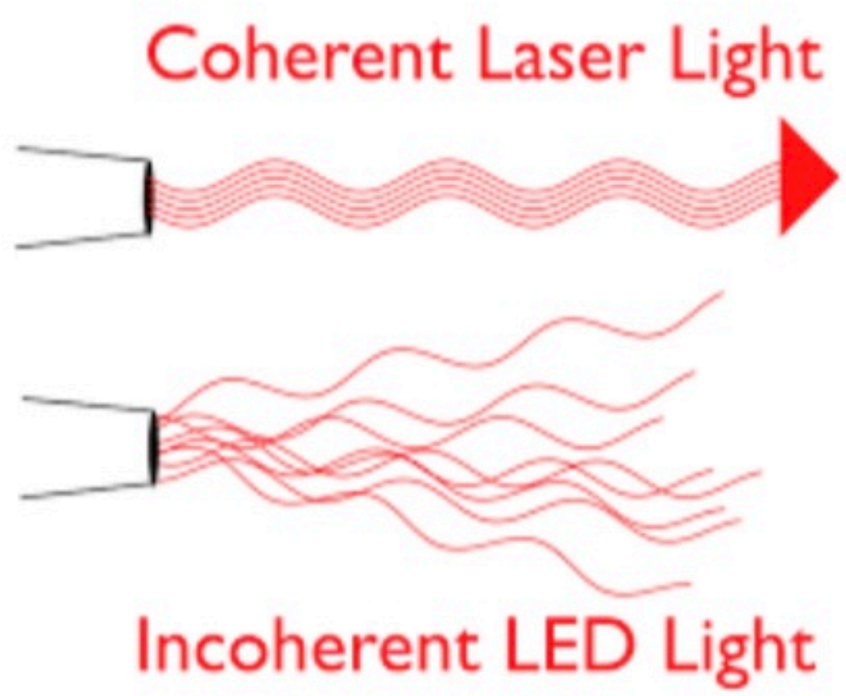
يمتاز الليزر بأربعة ميزات اساسية هي:

1. **احادية الطول الموجي (Monochromaticity)** (احادية التردد), وتعني ان شعاع الليزر له طول موجي واحد فقط أي تردد منفرد. لاحظ الشكل1-1.



شكل 1-1. الفرق بين احادية الطول الموجي لليزر والضوء العادي متعدد الاطوال الموجية

2. **التشاكه (Coherency)**, ويعني ان الفرق بين أي نقطتين على موجة شعاع الليزر يكون ثابت عند حركة الشعاع زمانيا ومكانيا.يعتبر الليزر المصدر الضوئي الوحيد الذي يمتلك صفة التشاكه مقارنة بالمصادر التقليدية الاخرى. كما في الشكل ادناه



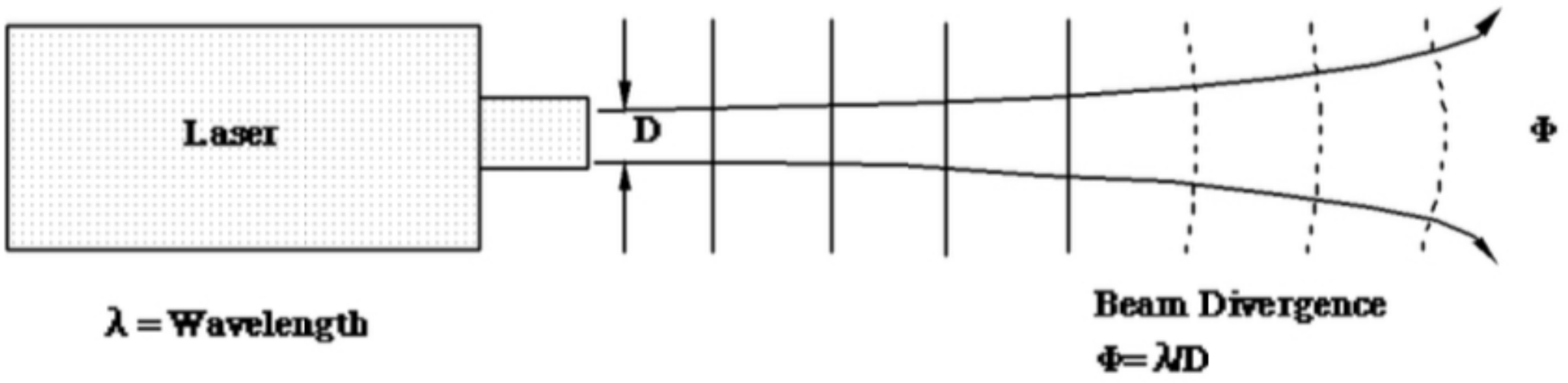
شكل 1-1. الفرق بين ضوء الليزر المتشاكه والضوء العادي الصادر من ثنائي باعث للضوء غير المتشاكه

3. **الاتجاهية (Directionality)**,وهي انتشار الحزمة باتجاه واحد ولمسافات طويلة جدا دون انفراجها عن محورها (أو انفراج قليل جدا لا يتجاوز بضعة سنتمترات لكل كيلومتر).

لضوء مثالي التشاكه، تنتشر حزمته ببقة قطرها D ستكون زاوية انفراج حزمته θ_d بسبب الحيود من قانون براغ

$$\theta_d = \beta\ \lambda\ /D$$

حيث λ هي الطول الموجي لحزمة الليزر، β معامل قيمته في مدى العدد 1 ويعتمد على نوع توزيع السعة للضوء المستخدم وقطر حزمته. الزاوية θ_d تسمى ايضاً انفراج الحيود المقيد.



مثال/ اوجد زاوية الانفراج لليزر طول موجته $1.06*10^{-3}$mm وقطر حزمته 3mm ومعامل انتشاره β=1.1.

الحل/

$$\theta_d = \frac{1.1 * 1.06 * 10^{-3}}{3} = 3.89 * 10^{-4}$$

4. **السطوع (Brightness)**,وهو ان كثافة قدرة شعاع الليزر في وحدة المساحة تكون عالية جدا. تسمى كثافة قدرة شعاع الليزر في وحدة المساحة بالشدة Intensity.

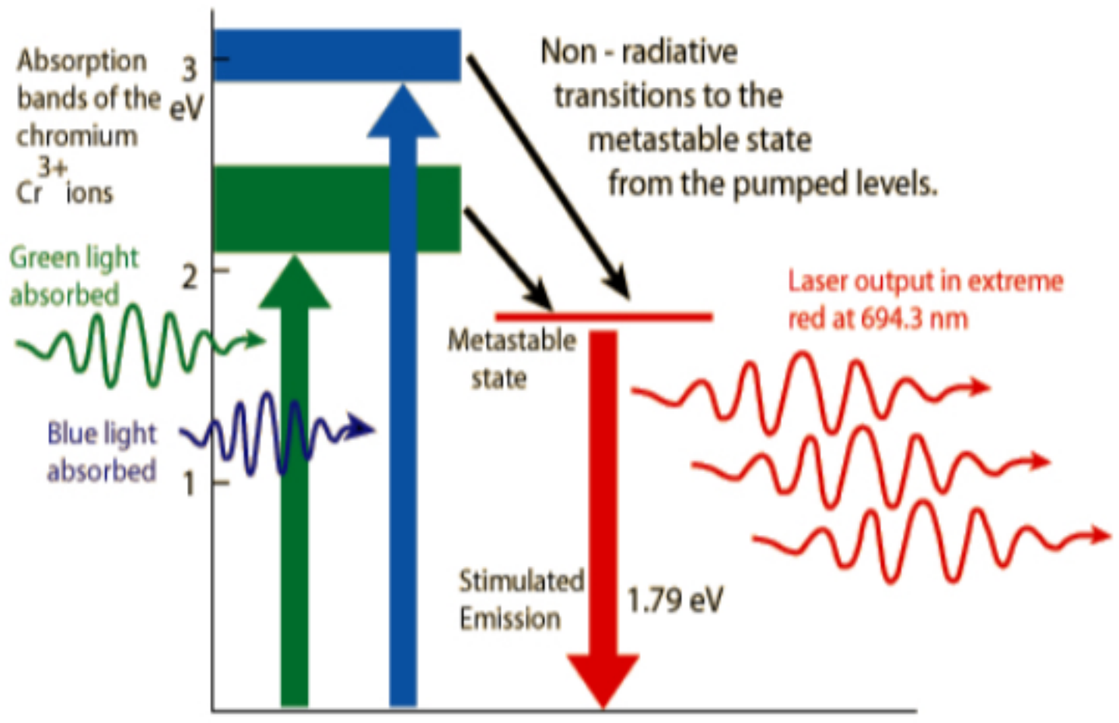
قانون السطوع Brightness (B)

$$B = \frac{power\ emitted\ (P)}{Area\ (A) \times Solid\ angle\ (\Omega)}$$

3. مبدأ عمل الليزر

قام أينشتاين في عام 1917م بدراسة تفاعل الأمواج الكهرومغناطيسية أو ما يسمى اختصارا بالإشعاع **(Radiation)** مع ذرات المادة ووجد أن هناك ثلاثة أنواع من التفاعلات وهي أولا الامتصاص**(Absorption)** وفيها تقوم ذرات المادة بامتصاص فوتونات الإشعاع المسلط عليها وتعمل طاقة الإشعاع الممتص على رفع الإلكترونات من مدارات منخفضة الطاقة إلى مدارات عالية الطاقة وتصبح الذرات في حالة الإثارة **(excited state)**. ولا يتم امتصاص الفوتونات من قبل المادة إلا إذا كانت

طاقتها تزيد عن فرق الطاقة بين مدارات الإلكترونات لذرات تلك المادة ولذا تكون المواد شفافة لجميع الإشعاعات التي تقل ترددا تها عن قيم محددة تتحدد من التركيب الذري لتلك المواد كما هو الحال مع الزجاج. أما التفاعل الثاني فهو الانبعاث التلقائي **(Spontaneous Emission)** وفيها تقوم الذرات المثارة بإشعاع موجات كهرومغناطيسية نتيجة نزول الإلكترونات من المدارات عالية الطاقة إلى المدارات منخفضة الطاقة. إن الإشعاع التلقائي الصادر عن المادة المثارة يسمى إشعاعا غير متر ابط **(Noncoherent radiation)** وذلك لأن الإلكترونات تنزل من تلقاء نفسها وبطريقة عشوائية بين



مدارات الذرة المختلفة ولذلك فإن هذا الإشعاع يحتوي على عدد كبير جدا من الترددات وتعتمد مصادر الضوء العادية على ظاهرة الانبعاث التلقائي في عملها. أما التفاعل الثالث فهو الانبعاث المستحث او المحفز **(Stimulated Emission)** وفيها تقوم الذرات المثارة بإشعاع موجات كهرومغناطيسية نتيجة نزول الإلكترونات من المدارات عالية الطاقة إلى المدارات منخفضة الطاقة ولكن ليس بطريقة تلقائية وعشوائية كما في الانبعاث التلقائي بل نتيجة لحثها بإشعاع له تردد محدد. إن الإشعاع المستحث الصادر عن المادة المثارة يسمى إشعاع متشاكه **(Coherent)** وذلك لأن الموجات الكهرومغناطيسية الناتجة عن نزول الإلكترونات لها تردد **(Frequency)** وطور **(Phase)** يساويان تماما تردد وطور الأمواج التي قامت بحث الإلكترونات على الإشعاع ولذلك فإن هذا الإشعاع له تردد واحد من الناحية النظرية. ويمكن حساب تردد الإشعاع المنبعث من المادة من خلال تقسيم فرق الطاقة بين المدارين الذي انتقل بينهما الإلكترون بثابت بلانك.

$$E_2 - E_1 = \Delta E = h\nu$$

4. شروط توليد الليزر:

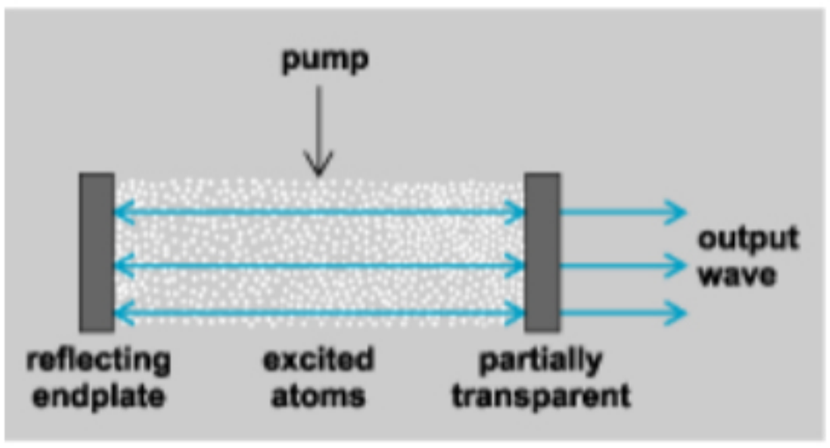
إن المبدأ الرئيسي الذي يقوم عليه عمل الليزر هو ظاهرة الانبعاث المستحث المذكورة آنفاً آنفا وهناك شروط ثلاثة تلزم لكي يولد الليزر ضوءا مترابطا من خلال هذه الظاهرة.

الشـرط الأول- التوزيـع العكسـي (Population inversion): وهـو تـوفر مـا يسـمى بـالتوزيع العكسـي (المقلـوب) (**Population inversion**) للإلكترونات في ذرات المادة التي ستولد الضوء والذي يعني أن عدد الإلكترونات في الحالة المثارة يجب أن يكون أعلى منها في الحالة غير المثارة.

الشرط الثاني- الوسط الفعال (active medium): ان شرط حدوث التوزيع العكسي هو وجود مايسمى بالوسط الفعال والذي هو عبارة عن بلورة من مادة صلبة يتم ادخال ايونات فعالة فيها لغرض توليد الليزر. من أكثر بلورات الليزر الشائعة هي الياقوت (Ruby) والنيـديميوم_ياك (Nd:YAG) والنيـديميوم_زجاج (Nd:Glass) والالكسـندرايت (Alexandrite) والتيتـانيوم_ ياقوت (Ti: Sapphire). كما يعتبر ليزر اشباه الموصلات من ليزرات الحالة الصلبة ولكنه لا يستخدم بلورة وانما تراكيب من اشباه الموصلات ويتم ضخها بواسطة التيار الكهربائي. ويشترط في مواد الوسط الفعال ان يكون عدد المدارات في حزمة التوصيل فيها (**conduction band**) ثلاثة أو أكثر وبحيث يوجد مدار شبه مستقر (**metastable**) بين المدار منخفض الطاقة والمدار عالي الطاقة.

الشرط الثالث- توفر مصدر ضخ: اما الشرط الثالث فهو توفر مصدر يقوم بضخ الإلكترونات (**Pumping**) من المدارات منخفضة الطاقة (غير المثارة) إلى المدارات عالية الطاقة (المثارة) وذلك للحصول على التوزيع المقلوب للإلكترونات.

الشرط الرابع- التغذية الراجعة الموجبة: أما الشرط الرابع فهو وجود نظام تغذية راجعة موجبة (**Positive feedback**) لكي يعمل الليزر كمذبذب (**Oscillator**) يقوم بتوليد تردد الضوء المطلوب وغالبا ما يتم استخدام المرايا (**Mirrors**) للحصول على هذه التغذية الراجعة. وعلى هذا فإن الليزر يعمل من خلال ضخ الإلكترونات باستخدام مصدر ضخ خارجي كالضوء أو التيار الكهربائي من المدار الأدنى إلى المدار الأعلى ومن ثم تهبط الإلكترونات المثارة من خلال الانبعاث التلقائي من المدار الأعلى إلى المدار شبه المستقر (**metastable state**) والذي يقع بين المدارين الأدنى والأعلى حيث تبدأ الإلكترونات بالتراكم في هذا المدار لتنتج التوزيع المقلوب المنشود. وإذا ما مر فوتون ضوئي بتردد محدد على المادة وهي في وضع التوزيع المقلوب فإنه سيحث بعض الإلكترونات الموجودة في المدار شبه المستقر للنزول إلى المدار الأدنى منتجة عددا من الفوتونات الضوئية لها نفس تردد وطور واتجاه الفوتون الذي قام بحثها أي أن الضوء المتولد سيكون له تردد واحد أي أنه أحادي اللون وذلك من الناحية النظرية. وتستخدم



المرايا لعكس بعض الفوتونات المتولدة لتمر من خلال ذرات المادة الفعالة لتوليد مزيدا من الفوتونات التي لها نفس الخصائص. وعادة ما تكون أحد المرايا ذات معامل انعكاس يقرب من الواحد وذلك لتعكس جميع الضوء الساقط عليها بينما يكون معامل انعكاس المرآة الثانية أقل من واحد وذلك لتسمح لجزء من الضوء المتولد للخروج منها لاستخدامه في التطبيقات المختلفة. وبما أن الفوتونات المستحثة لها نفس تردد الفوتونات التي قامت بحثها وتسير بنفس اتجاه سيرها فإن ضوء الليزر الناتج سيكون أحادي اللون تقريبا ويسير باتجاه واحد وذلك على العكس من طبيعة ضوء المصادر الأخرى. ويخرج الضوء المتولد من الليزر في العادة إما على شكل نبضات **(pulsed laser)** أو على شكل موجة مستمرة **(continuous wave laser)** والذي يتحدد من التركيب الذري للمادة الفعالة ونوع وكمية الضخ المستخدم وكذلك طريقة تركيب الليزر.

5. اجزاء الليزر

ومما ورد آنفا نستنتج انه لتوليد الليزر يتطلب جهاز يتألف من ثلاثة أجزاء رئيسية، هي 1- مصدر الطاقة 2- مادة تسمى الوسط الفعال 3- تركيب يغلف الوسط الفعال يسمى الفجوة البصرية. ويؤدي مصدر الطاقة وظيفة توفير التيار الكهربائي أو الضوء أو أي شكل آخر من أشكال الطاقة. وتمتص ذرات الوسط الفعال الطاقة، وتخزنها لفترة، ثم تطلقها في شكل ضوء. ويحفز بعض هذا الضوء ذرات أخرى لإطلاق طاقتها، ويعوَّض هذا الضوء بإضافة مزيد من الضوء إلى الضوء الحافز، حيث تعكس مرآتان مثبتتان على طرفي الفجوة البصرية الضوء مرة أخرى إلى الوسط الفعّال، ويسبب الضوء المنعكس انطلاق الضوء من مزيد من الذرات وبذلك يقوى الضوء، ويبرز جزء منه من الليزر ويبرز جزء منه من الليزر في شكل حزمة رفيعة. وبعض الأحزمة ترى بالعين المجردة، بينما تتكون أحزمة أخرى من أشكال غير مرئية من الإشعاع.

واجب بيتي/

1. ماذا يسمى التركيب المؤلف من المرايا المستخدم لمضاعفة الفوتونات داخل جهاز الليزر؟
2. بين كيف يتم قياس شدة الليزر من خلال معرفة قدرة جهازه بالواط.

نهاية المحاضرة