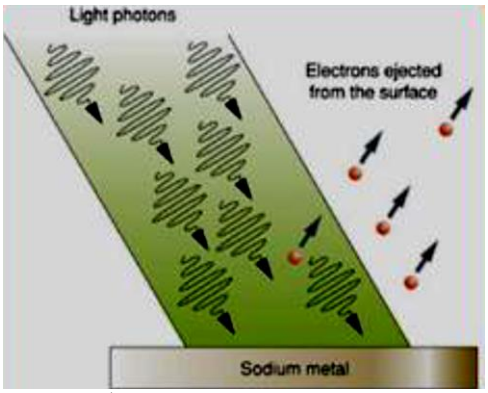
الفصل الاول: مفاهيم اساسية

١-١) نظرة تاريخية Historical Vision

لقد راود تفكير الإنسان منذ أقدم العصور امكانية الحصول على الأشعة الضوئية والحرارية عالية الشدة والتحكم بها من اجل استخدامها لأغراض سلمية مختلفة بالإضافة الى تسخيرها كسلاح فعال في المجال العسكري. تمكن الفيزيائي آينشتاين في عام 1917 من وضع الأسس النظرية التي يقوم عليها عمل الليزر وذلك في أبحاثه حول الظاهرة الكهروضوئية. وفي هذه الظاهرة لاحظ العلماء أنه عند تسليط إشعاع كهرومغناطيسي ضوئي على سطح معدني فإن الإلكترونات تنبعث من هذا السطح إذا تجاوز تردد الضوء قيمة حدية معينة، أما إذا كان تردد الضوء أقل من ذلك فإن الإلكترونات لا تنبعث أبداً مهما بلغت شدة الضوء المسلط.



شكل (١-١): انبعاث الالكترونات من سطح المادة

بعد التوصل الى وضع نماذج صحيحة لتركيب الذرة تبين أنها تتكون من إلكترونات تدور في مدارات محددة حول النواة وأن الإلكترونات لا تنتقل من مدار منخفض الطاقة إلى آخر ذو طاقة أعلى إلا من خلال تسليط إشعاعات كهرومغناطيسية عليها بحيث تكون طاقة فوتون الإشعاع أعلى من فرق الطاقة بين المدارين. أما عند هبوط إلكترون من مدار عالي الطاقة إلى مدار منخفض الطاقة فإن فرق الطاقة بينهما ينبعث على شكل إشعاع بحيث تكون طاقة الفوتون مساوية تماما لفرق الطاقة بين المدارين. قام آينشتاين بدراسة التفاعلات بين الإشعاعات الكهرومغناطيسية وذرات المادة وتمكن من وضع المعادلات التي تحكم هذه التفاعلات. وقد تنبأ من خلال هذه المعادلات بوجود ما يسمى بظاهرة الانبعاث المحفز والتي يقوم على اساسها عمل الليزر. حاول العلماء جاهدين للحصول على الانبعاث المحفز إلا أن جهودهم باءت بالفشل ووصل اليأس ببعضهم الى إنكار وجود مثل هذه الظاهرة الضوئية. في عام 1947 تمكن الفيزيائي الأمريكي Lamb عمليا من إثبات وجود ظاهرة الانبعاث المحفز. وفي عام 1954 تمكن الفيزيائي الأمريكي Townes من الحصول على الانبعاث المحفز في نطاق الموجات الدقيقة (Microwave) واطلق اسم (الميزر Maser) على هذا الجهاز وهو اسم مختصر يمثل الاحرف الاولى لكلمات الجملة الانكليزية (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation)، وبهذا الإنجاز تجددت آمال العلماء للحصول على الانبعاث المحفز في النطاق الضوئي المرئي أو غير المرئي ومن ثم تصنيع الليزر.

في عام 1955 اقترح الفيزيائيان الروسيان Prokhorov and Basov استخدام الضخ الضوئي للحصول على ما يسمى التوزيع المقلوب للإلكترونات وهو أحد شروط عمل الليزر. وفي عام 1960 تمكن الفيزيائي الامريكي Maiman من تصنيع أول ليزر في نطاق الضوء المرئي ويتكون من قضيب اسطواني من الياقوت النقي تم صقل جانبيه بدقة متناهية، وقد تم لف قضيب الياقوت بمصباح كهربائي مكون من أنبوب زجاجي مملوء بغاز الاكزينون. فعند تشغيل المصباح الكهربائي يعمل الضوء الصادر عنه على إثارة ذرات الكروميوم الموجودة في الياقوت فتقوم بإشعاع ضوء أحمر صافي يخرج على شكل نبضات من أحد جانبي قضيب الياقوت. في عام 1960 تمكن الفيزيائي الإيراني Ali Javan والامريكي Bennett من تصنيع ليزر باستخدام غازي الهيليوم والنيون، وكان يعطي إشعاعاً مستمراً وليس نبضياً كما هو الحال في ليزر الياقوت. في عام 1962 تمكن المهندس الأمريكي Hall من تصنيع ليزر أشباه الموصلات والذي يتميز بصغر حجمه. وفي عام 1964 تم تصنيع ليزر ثاني أكسيد الكربون والذي يتميز بقدرة إشعاعه العالية. بعد ذلك اصبح الليزر من اهم الاكتشافات العلمية التي تستخدم التقنيات الكهروضوئية والتي انتشر استخدامها في مجالات عديدة، وازداد الاهتمام بهذه الأشعة كثيرا حيث أصبحت مصدر فضول لكثير من العلماء للتعرف على تاريخها وخواصها وفكرتها وتصنيفها ومدى خطورتها على الكائن الحي.

١-٢) تعريف الليزر Laser Definition

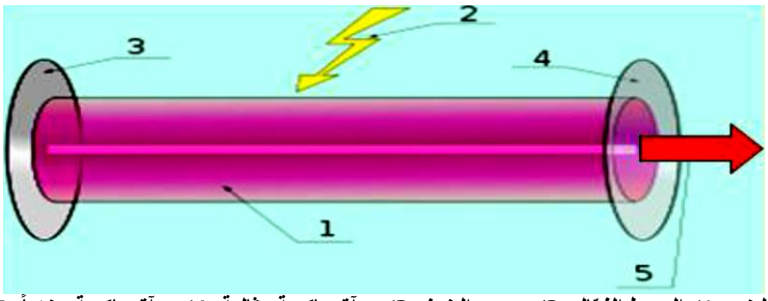
الليزر هو مصدر لتوليد الضوء المرئي وغير المرئي الذي يتميز بمواصفات لا توجد في الضوء الذي تصدره مصادر الضوء الطبيعية والصناعية، أي انه أداة تنتج حزمة ضوئية رفيعة جداً وقوية قادرة على قطع أصلب مادة طبيعية (الماس)، وبعض الحزم يمكن نقلها إلى مسافات بعيدة يمكن ان تصل إلى القمر دون أن تفقد قوتها. وكلمة (ليزر Laser) هي اختصار للأحرف الاولى لكلمات الجملة الانكليزية (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) والتي تعني (تضخيم الضوء بالانبعاث المحفز للإشعاع). يقوم الليزر بتوليد نوع مميز من الضوء يختلف في خصائصه عن الضوء الطبيعي الصادر عن الشمس والنجوم والضوء الاصطناعي الصادر عن مختلف أنواع المصابيح الكهربائية. أن تقنية الليزر توسعت لتشمل ما وراء منطقة الموجات فوق البنفسجية باتجاه الطاقة العالية للأشعة السينية، وكل طول موجي في هذه المناطق يعطي القدرة والمساعدة للإنسان على ابتكار تطبيقات متنوعة.

- ✓ ضوء الليزر Laser Light: عبارة عن حزمة ضوئية ذات فوتونات تشترك في ترددها وتتطابق بحيث تحدث ظاهرة التداخل البناء بين موجاتها لتتحول إلى نبضة ضوئية ذات طاقة عالية نسبياً.
- ✓ الفوتون Photon: هو مقدار الطاقة الضوئية في الموجة الكهرومغناطيسية ويمتلك تردد وطول موجي خاص به.
- ✓ الطور Phase: هو حالة الموجة الكهرومغناطيسية عند نقطة معينة في الفضاء ولحظة زمنية معينة.
- ✓ التداخل Interference: هو حالة وجود موجتين كهرومغناطيسيتين أو اكثر على مسار بصري واحد بوجود أو عدم وجود فرق بالطور بين الموجتين.

- ✓ التداخل البناء Constructive Interference: هو التداخل الذي لا يكون فيه فرق بالطور بين الموجتين ومحصلة السعة هي ناتج جمع السعتين، وهو شرط مرايا الليزر ذات الطبقات المتعددة.
- ✓ التداخل الهدام (الاتلافي) Destructive Interference: هو التداخل الذي يوجد فيه فرق بالطور بين الموجتين حيث تقوم إحدى الموجتين بإضعاف الموجة الثانية أو إلغائها تماما، وهذا التداخل يضر بالليزر.

١-٣) مكونات جهاز الليزر Laser Components

من الممكن نظرياً انبعاث شعاع الليزر من أي عنصر او مركباته، وعملياً تستوجب هذه العملية ايجاد طرق الحث او التحفيز المناسبة. لقد تم التوصل خلال الأعوام الماضية إلى تكوين شعاع الليزر من عدد كبير من الذرات والجزيئات سواء كانت على شكل مركبات غازية او صلبة او سائلة، ومن هذه الاجهزة ما يباع تجارياً ومنها ما هو قيد التجربة والبحث. وتمتاز هذه الأجهزة بأشكالها وأحجامها وطاقاتها المختلفة، إلا أن أساسيات تصميمها واحدة وهي توافر ثلاث عناصر رئيسية مشتركة: الوسط المادي، مصدر الضخ (الطاقة)، والمرنان.



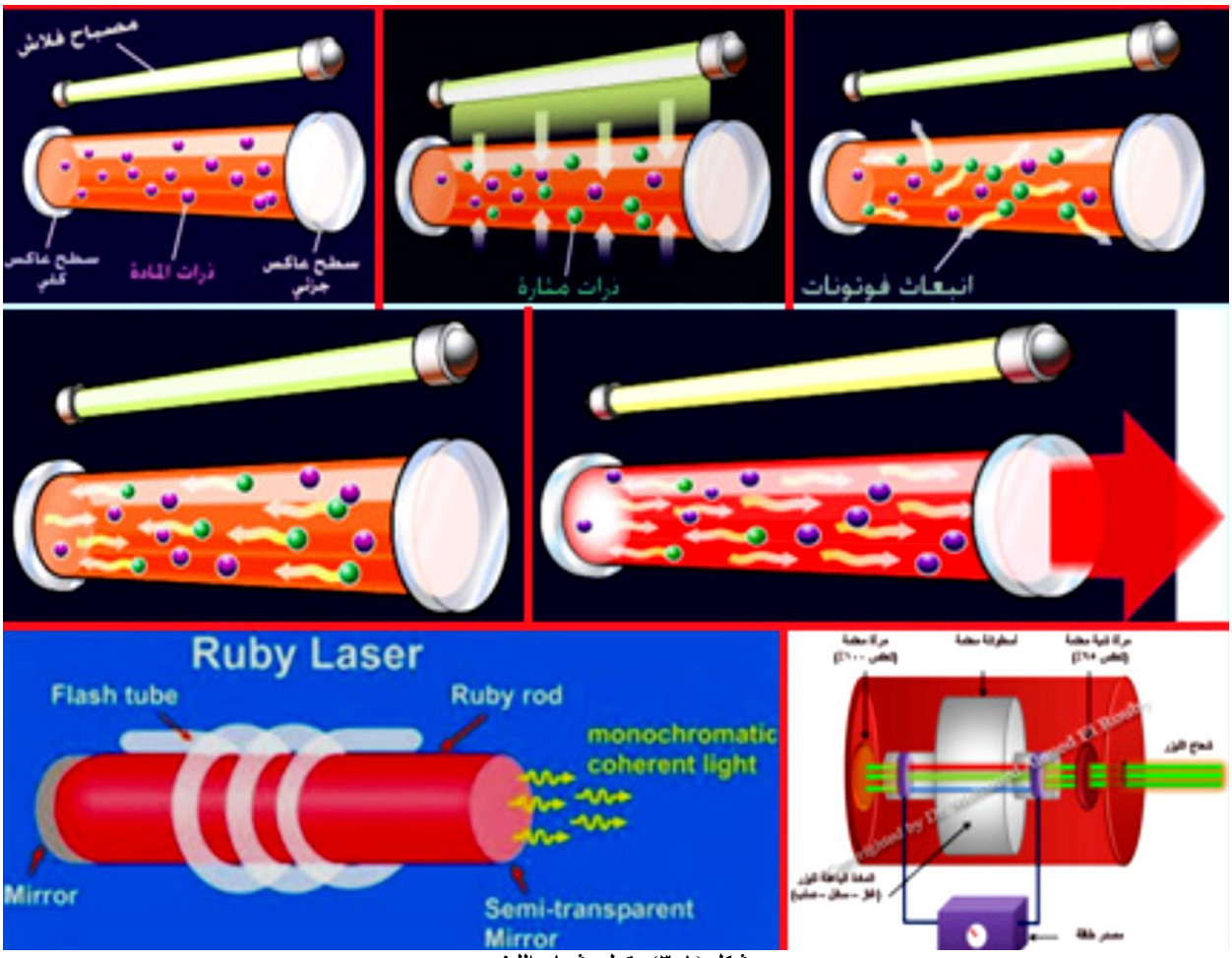
شكل (١-٢): اجزاء الليزر: 1) الوسط الفعّال، 2) مصدر الضخ، 3) مرآة عاكسة مثالية، 4) مرآة عاكسة جزئياً، 5) مخرج شعاع الليزر

١) الوسط الفعال Active Medium:

هو الوسط الذي تتولد منه الأشعة وقد يكون الوسط عبارة عن مجموعة من ذرات أو جزيئات أو عنصر أو مركب أو مزيج بحالة صلبة أو سائلة أو غازية له عدد من المستويات الطاقية تصلح لأن تتحقق بينها الانتقالات الثلاثة الضرورية (امتصاص، انبعاث تلقائي، انبعاث محفز). يصنف الوسط الفعال اعتماداً على احتمالية الانتقال بين المستويات.

٢) مصدر الضخ Pumping Source:

يستخدم للضخ ضوء فلاش قوي أو قد يكون بواسطة التفريغ الكهربائي، ويساعد هذا الضخ على تزويد أكبر قدر ممكن من الإلكترونات بالطاقة لتنتقل إلى مستويات الطاقة الأعلى فيصبح الوسط الفعّال في الليزر مكون من ذرات ذات إلكترونات مثارة. من الضروري جداً إثارة عدد كبير من الذرات للحصول على ليزر، وتسمى هذه العملية بالتوزيع او التأهيل المعكوس أي جعل عدد الذرات المثارة في المادة أكبر من عدد الذرات غير المثارة. وهذا التوزيع هو الذي يجعل الضوء الذي تنتجه المادة ليزراً. وكما امتصت الإلكترونات طاقة كبيرة من خلال عملية الضخ فإن الإلكترونات هذه تطلق الطاقة التي امتصتها في صورة فوتونات ضوئية لها طول موجي محدد يعتمد على فرق مستويات الطاقة التي انتقلت بينها الإلكترونات المثارة.



شكل (١-٣): توليد شعاع الليزر

٣) المرنان Resonator:

هو عبارة عن مرآتين متقابلتين مستويتين أو كرويتين مقعرتين توضع بينهما المادة الفعالة والوجه العاكس لهما يكون نحو الداخل أي باتجاه المادة الفعالة، وهذا الترتيب يقوم بعملية تضخيم وتكبير وتنمية الإشعاع المحفز بطريق التغذية الراجعة وينشأ عن ذلك ما يسمى بموجة مستقرة ليزرية ذات لون واحد. وعادة تكون إحدى المرآتين عاكسة 100% والأخرى ذات انعكاسية اقل فينتج عن ذلك بأن لها نفوذية يخرج منها شعاع الليزر. تساعد المرايا على عكس بعض الفوتونات إلى داخل مادة الليزر عدة مرات لتعمل هذه الفوتونات على تحفيز الكترونات مثارة اخرى لتطلق مزيداً من الفوتونات بنفس الطول الموجي ونفس الطور، وهذه هي عملية تضخيم الضوء. لكي يأخذ الإشعاع المنبعث تذبذبه الصحيح (أي أن طول المسار البصري يساوي أعدادا صحيحة من أنصاف طول الموجة) فيحدث التداخل البناء للحصول على حزمة من أشعة الليزر ذات اتجاهية عالية.

- الضوء المرشد (الدليل) Guide: يستخدم في حالة إشعاع الليزر في منطقة ضوئية غير مرئية مثل الأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء.