اشعة الليزر وانواعها

د. حسن تيم

لعل أهم اكتشافين
علميين في هذا القرن
هما: الأول اكتشاف العلاقة بين
الكتلة والطاقة وما ترتب على هذا الاكتشاف
من صنع القنبلة الذرية الذي حدد مسار الحرب العالمية
الثانية . والثاني اكتشاف الانبعاث المستحث أو المحرض
للاشعاع والذي أدى إلى توليد أشعة الليزر وما ترتب عليها
من تطبيقات لا يعلم إلا الله مدى ما ستتركه من أثر على
حياة كل فرد على سطح الكرة الأرضية، والجدير
بالذكر أن واضع الأساس العلمي
لهذين الاكتشافين عالم واحد هو
« اينشتاين » .

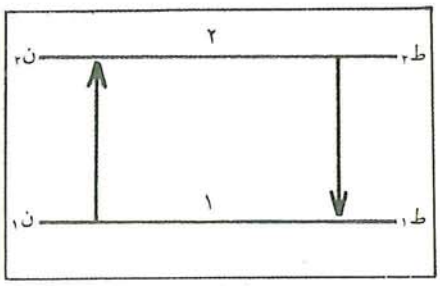
غير ان الفرق شاسع بين نتائج الكشفين فقد طور العلماء الاستخدام الهدام للاكتشاف الأول بصناعة القنبلة الذرية ثم بدأوا يبحثون ــ وبنجاح ــ عن الاستخدامات السلمية البناءة للطاقة الذرية ، أما الاكتشاف الثاني والخاص بأشعة الليزر فقد طور العديد من استخداماتها السلمية قبل ان يبدأ العلماء في تطوير استخداماتها العسكرية في عهد قريب فقط .

وقد تسللت أشعة الليزر إلى محيط معلوماتنا عبر ما قرأناه عن تطبيقاتها المذهلة واستخداماتها التي تصل إلى حد الإعجاز ، ثم وجدت طريقها إلى مؤسساتنا فأصبحنا نستخدمها في مستشفياتنا وجامعاتنا ومكاتبنا وأخيراً منازلنا .

ومع هذا فمازال الكثير منا ينبهر ــ ومعه الحق ــ بالكلمة دون ان يعرف حقيقتها وربما لأن اكتشافها أرتبط بمعادلات فيزيائية ورياضية متطورة ، وعلى الرغم من مضي أكثر من ربع قرن على تصميم واستخدام أول جهاز لتوليد أشعة الليزر فان كتب الفيزياء في مدارسنا لا تأتي على ذكر هذه الظاهرة بأي مستوى من التبسيط .

في هذا المقال محاولة لإيصال شرح واف مبسط لمفهوم الليزر إلى القارىء . لقد سميت أشعة الليزر بهذا الاسم تعريبا للكلمة الإنجليزية LASER والتي هي اختصار للتعبير: Light Amplification by Stimulated Emission Radiation ويعني بالعربية تكبير أو تضخيم الضوء بالاشعاع المنبعث بالتحريض ، ولكي نفهم طريقة توليد هذه الأشعة وطبيعتها ، علينا ان نستعرض بعض المفاهيم الأساسية في الكيمياء والفيزياء لنتعرف على بعض المصطلحات الواردة في تسمية هذه الأشعة مثل التكبير ، والاشعاع بالتحريض ، وأنواع الضوء .

ان ذرات العناصر وجزيئات المركبات تسعى دائماً لأن تتخذ الوضع الذي تكون فيه طاقتها في أدنى مستوى ممكن ويسمى هذا المستوى عادة بالمستوى الأرضي Ground State وان حدث وأثر عليها مؤثر خارجي

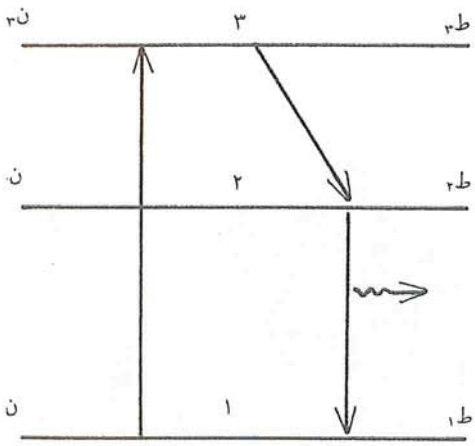


(شكل ١)
جسم ذو مستويين من الطاقة

فرفع طاقتها إلى مستوى أعلى من المستوى الأرضي فانها ترجع تلقائيا إلى هذا المستوى الأرضي بزوال المؤثر ، ومن المعروف ان طاقة الذرة أو الجزيء تتكون من مجموع طاقات الوضع الناتجة عن تجاذب الالكترونات والنواة ، وتنافر الالكترونات مع بعضها البعض والطاقات الحركية المرتبطة بمختلف مظاهر الحركة للالكترونات أو الذرات أو الجزيئات من انتقال واهتزاز ودوران . ولنأخذ جسماً في مستوى معين ولنفرض أن عدد جزيئاته في مستوى الطاقة ط١ هو ن١ وان عددها في المستوى الأعلى ط٢ هو ن٢ ، ولنعتبر ان المستوى ط١ هو المستوى الأرضي (شكل ١) فمن المتوقع ان تكون معظم الجزيئات في المستوى ط١ لكن لو عرضنا هذا الجسم إلى مصدر للطاقة (اشعاع ضوئي أو تيار كهربائي) ، فان بعض جزيئاته ستمتص الطاقة اللازمة لترفعه إلى المستوى ط٢ وهي في هذه الحالة (ط٢ ـ ط١) كما ان الجزيئات التي تجد نفسها في المستوى ط٢ ستعمد إلى الرجوع إلى المستوى ط١ ، وإذا فعلت فانها تشع مقداراً من الطاقة قدره (ط٢ ـ ط١) وهاتان الظاهرتان تمثلان الظاهرتين الأساسيتين للاشعاع : الامتصاص التلقائي للاشعاع وبث الاشعاع تلقائيا ، وماضوء الشمس الذي نراه كل يوم واشعاع المصابيح الكهربائية وغيرها إلا أمثلة على الاشعاع التلقائي وجميع هذه الاشعاعات أمواج كهرومغناطيسية تختلف عن بعضها البعض في حجم تردد الاشعاع (عدد الذبذبات في الثانية) أو طول موجته . ويوضح (الشكل ٢) الطيف الكهرومغناطيسي أي طول الموجه لكل نوع من أنواع الاشعاع الكهرومغناطيسي (بما فيها الضوء) . ويلاحظ انه كلما ازداد طول الموجه نقص عدد ذبذبات الاشعاع ونقصت طاقته أي أن أشد الاشعاعات الكهرومغناطيسية طاقة هي أشعة جاما وتليها أشعة أكس وهكذا . .

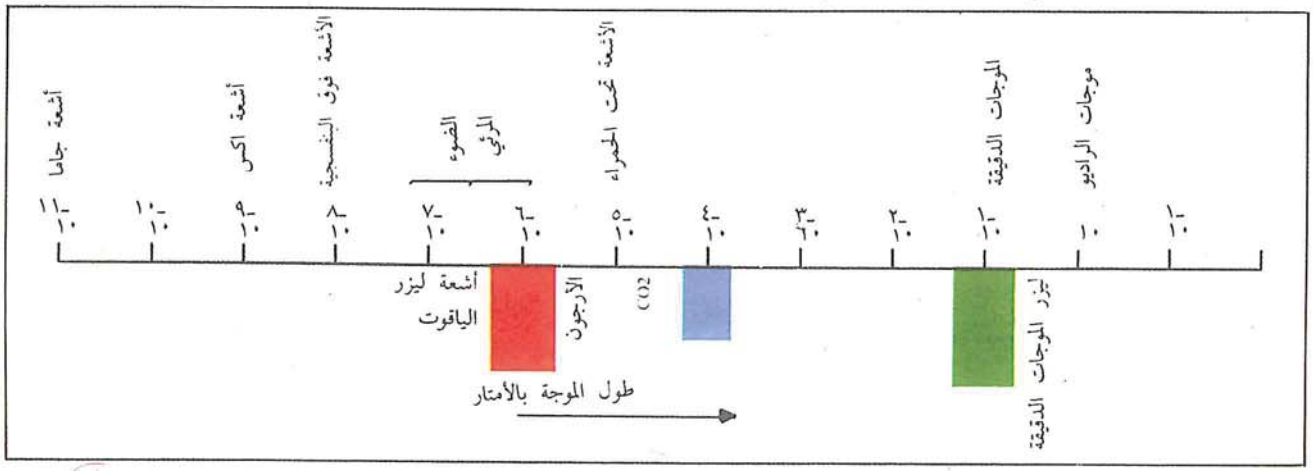
وتشير قوانين الاشعاع إلى أن كثافة الاشعاع تعتمد مباشرة على درجة حرارة الجسم المشع ، ولذا كانت الشمس أكثر الأجسام المشعة كثافة في اشعاعها ، ويعني هذا ان هناك حداً من كثافة الاشعاع لايمكن تخطية تملية درجة حرارة الجسم المشع والتي لايمكن ان تزيد ــ بالوسائل المعروفة ــ عن عشرات الألوف أو بضع مليونات على الأكثر ، غير أنه أمكن بعد اكتشاف أشعة الليزر توليد اشعاعات بكثافة تزيد عن كثافة الشمس ، بحيث لو رغبنا توليدها بتسخين الجسم المشع لاحتجنا إلى رفع حرارته إلى حوالي ١٠^٣٠ درجة وهذا أمر مستحيل علمياً ! ! فما ماهية أشعة الليزر هذه؟ وكيف تولد؟

لنرجع إلى الجسم ذي المستويين من الطاقة ط١ ، ط٢ ولنسقط عليه اشعاعاً ذا طاقة تساوي الفرق بين المستويين أي (ط٢ ـ ط١) ، ان مالاحظه اينشتاين ولم يتابع دراسته لسبر غور أهميته هو ان الاشعاع الساقط على الجسم يستحث الجسم (يثيره أو يحرضه Stimulate) بحيث يتسبب في انبعاث اشعاع جديد منه بطاقة تساوي طاقة الاشعاع الساقط (ط٢ ـ ط١) وبطور مماثل لطوره أيضاً أي ان مسار



(شكل ٣) جسم ذو ثلاثة مستويات قادر على توليد أشعة الليزر

الموجات المكونة للشعاعين المنبعثين يكون متطابقاً ، ويسمى هذا الاشعاع المنبعث بالتحريض ويجدر ملاحظة أنه يجب ان تكون هناك جزيئات من الجسم عند مستوى الطاقة ط٢ كي يمكن للاشعاع بالتحريض ان يتكون . ولما كان الاتجاه الطبيعي هو ان تكون درجة اكتظاظ المستوى ط٢ أقل من درجة اكتظاظ المستوى ط١ فإن احتمال حدوث الاشعاع بالتحريض ليس كبيراً ، وربما كان هذا هو السبب في ان هذه الظاهرة لم تدرس إلا بعد حوالي أربعين سنة من اكتشافها . ولإستغلال ظاهرة الاشعاع بالتحريض أصبح البحث يدور حول امكانية زيادة اكتظاظ المستوى ط٢ عن المستوى ط١ ، ولتحقيق ذلك علينا تأمين مصدر مستمر للطاقة يرفع الجزيئات من ط١ إلى ط٢ كلما رجعت إليه ، ولكن هذا ينتج عنه إهدار للطاقة بالقدر الذي تتولد به .



(شكل ٢) الطيف الكهرومغناطيسي وأطوال موجات أشعة الليزر المختلفة .

ولكن العلماء نجحوا في حل هذه المشكلة بالطريقة التالية : لننظر إلى جسم له ثلاثة مستويات من الطاقة (شكل ٣) ، الأول طاقته ط١ (الأرضي) ودرجة اكتظاظه ن١ ، والثاني طاقته ط٢ ودرجة اكتظاظه ن٢ ، والثالث طاقته ط٣ ودرجة اكتظاظه ن٣ ، وليكن من مميزات هذا الجسم ان فترة حياة المستوى ط٣ أقل بكثير من فترة حياة المستوى ط٢ ، بمعنى ان الجزيئات التي تكون في المستوى ط٣ تنحدر إلى المستوى ط٢ ، بدرجة أسرع بكثير من انحدار الجزيئات الموجودة في المستوى ط٢ إلى المستوى ط١ ، فاذا ما سلطنا على الجسم اشعاعاً بطاقة مناسبة (عادة مايكون ضوءًا ذا طول موجة معينة أو تياراً كهربائياً أو شحنة تفريغ كهربائي) تنقل بعض جزيئات من المستوى ط١ إلى المستوى ط٣ (وتسمى هذه العملية عملية الضخ) فان هذه الجزيئات سرعان ما تنحدر إلى المستوى ط٢ ثم (بمعدل ابطأ) إلى المستوى ط١ ، واذا أستمر الضخ لفترة فان درجة اكتظاظ المستوى ط٢ تصبح مرتفعة نسبياً ، وقد تصبح أكثر اكتظاظا من المستوى ط١ ، وتسمى هذه الظاهرة ظاهرة « قلب درجة الاكتظاظ » . والآن لو سلطنا على الجسم مقلوب الاكتظاظ ضوءًا بطاقة (ط٢ ـ ط١) فإنه يحرض الجسم على الاشعاع بطاقة (ط٢ ـ ط١) ، ونظراً لارتفاع اكتظاظ المستوى ط٢ فإن الاشعاع المحرض يتدفق بشدة ونقول أنه تضخم أو كبر Amplified وبذا نحصل على ليزر (أي تضخم الضوء بالاشعاع المنبعث بالتحريض) وتسمى المادة القادرة على تضخيم الأشعة بهذه الطريقة مادة نشطة .

ولكن المشكلة الآن هي ان تدفق الاشعاع سيتوقف بمجرد انخفاض اكتظاظ المستوى ط٢ ، فما العمل ؟

والجواب هو ان تُحول هذه المكبرات Amplifiers إلى مذبذبات Oscillators ، ويتم ذلك بان نضع الجسم الذي تحدثنا عنه بين مرآتين مستويتين متوازيتين (أو مقعرتين متقابلتين) وينعكس الضوء المنبعث بالتحريض عدة مرات ليعيد ضخ الجزيئات إلى المستويات المرتفعة ليحافظ على درجة الاكتظاظ المطلوبة للجسم (الاكتظاظ في المستوى ط٢ أكبر منه في المستوى ط١)، وتكون احدى المرآتين عاكسة والأخرى نصف عاكسة بحيث يسمح بمرور جزء من أشعة الليزر كحزمة رفيعة جداً للاستعمالات المناسبة . وتجدر الإشارة إلى ان ذبذبة أشعة الليزر التي يجرى ترددها في فجوة التجويف الرنان يجب ان تساوي ذبذبة الرنين لهذا التجويف ، وهذا يضع شرطا مهما بالنسبة للمسافة بين المرآتين العاكستين اذ يجب ان تكون مساوية تقريباً لطول موجة الاشعاع وهي مسافة صغيرة جداً تقارب في مقدارها البعد بين الأيونات المكونة للبلورة الواحدة .

ويمثل الليزر ذو الثلاثة مستويات من الطاقة الوضع في كثير من مولدات أشعة الليزر المعروفة وأولها ليزر الياقوت الذي سنتحدث عنه فيما بعد ، وهناك أنواع من المولدات بها أربع مستويات للطاقة لا تختلف كثيراً في مبدأ عملها عن النوع ثلاثي المستوى الذي مر ذكره .

وتمتاز أشعة الليزر بخواص هامة تعطيها الصفات الخاصة بها التي تفرقها عن الأشعة الضوئية العادية ، وهذه الخواص هي :

١ ـ دقة شعاع الليزر بالمقارنة مع أنواع الاشعاع الأخرى ويشار إلى هذه الصفة عادة بتعبير احادية اللون Monochromacity وهي امكانية الحصول على شعاع ذي لون واحد نقي (وبتعبير أدق ذي ذبذبة واحدة) بخلاف الضوء العادي المكون من خليط من الألوان ، وإذا أردنا أن نحصل على شعاع ذي لون محدد (أو ذبذبة معينة) فانا نعمد إلى مصابيح خاصة تعطي ذلك اللون ، فمثلا مصباح بخار الصوديوم يعطي شعاعاً أصفر فقط خاص بالصوديوم ، ونسمى هذا الشعاع ذا لون واحد (أو ذبذبة واحدة) ، ولكن في الواقع ان هذا فيه تجاوز كبير إذ ان شعاع الصوديوم أو أي شعاع نحصل عليه بطريقة الاشعاع التلقائي من أي مصدر مشع ، مهما كان دقيقاً ، يكون غليظاً إلى حد ما بحيث ان ذبذبة الشعاع تتراوح بين قيمتين متقاربتين جداً الفرق بينهما يبلغ كسراً بسيطاً من ذبذبة الشعاع ويسمى هذا الفرق عرض الشعاع ، وتمتاز أشعة الليزر بان عرض شعاعها يبلغ حوالي واحد من المليون فقط من عرض شعاع الضوء العادي ، وسبب ذلك هو ان ذبذبة واحدة فقط من الشعاع الساقط يجرى تكبيرها في جهاز توليد الليزر كما أن التجويف الرنان (Resonating Cavity) يسمح فقط بترديد الموجة التي يبلغ طولها طول موجة الرنين الخاصة بالتجويف . وهذه الخاصية من خواص أشعة الليزر مهمة جداً في الاستخدامات التي تتطلب توفر اشعاع رفيع (أحادي الذبذبة) كالحاجة إلى إحداث تفاعل كيميائي معين دون غيره من التفاعلات في مركب واحد .

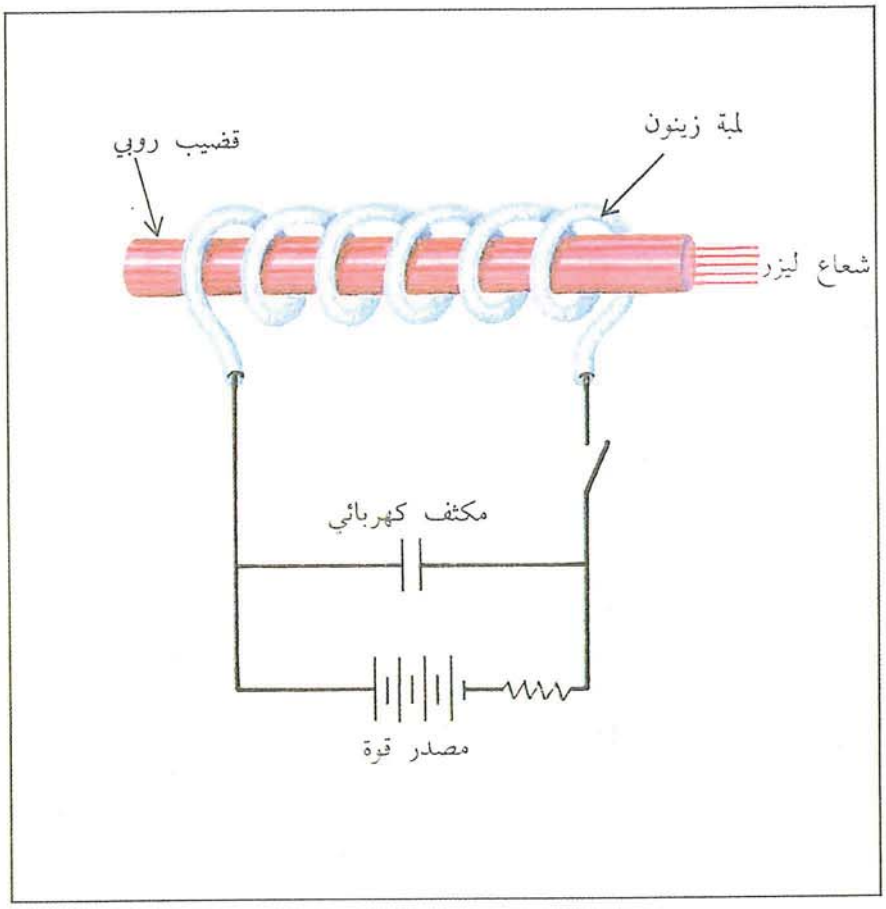
٢ ـ التماسك Coherence . وهذه من أهم الخواص الفريدة لأشعة الليزر ، وتعني هذه الخاصية أن قابلية التشتت في أشعة الليزر أقل بكثير منها في حالة أشعة الضوء العادية ، حتى أنه يمكن اطلاق شعاع ليزر من سطح الأرض ليصل بدائرة قطرها حوالي الميل على سطح القمر ، بينما يتشتت الضوء العادي مهما كانت شدته بعد أمتار أو كيلومترات على الأكثر .

٣ ـ استقامة الاتجاه Directionality : ينبعث الضوء العادي من مصدره عادة في جميع الاتجاهات ، ولكي يوجه الضوء العادي في اتجاه معين فاننا نعمد إلى استخدام الفتحات الضيقة والعدسات وما شابه ذلك ، أما أشعة الليزر فانها تنطلق بطبيعتها من الجهاز المولد لها في اتجاه واحد بحزم رقيقة جداً متوازية الجانبين إلى حد كبير (بسبب خاصية التماسك) وترجع استقامة الاتجاه هذه إلى أن المادة النشطة توضع عادة في تجويف رنان (مرآتين متقابلتين) ، ولا ينطلق من أشعة الليزر المتولدة إلا الموجات التي تنبعث منها على محور التجويف وينتج عن خاصية استقامة الاتجاه هذه استخدامات فريدة لأشعة الليزر في قياس المسافات بدقة وفي صناعة الرادار المبني على الليزر وقد أمكن تسليط أشعة الليزر على سطح القمر واسترجاعها إلى الأرض بواسطة مرايا عاكسة ثبتها رواد الفضاء الذين نزلوا على سطح القمر في رحلة أبوللو التاريخية .

٤ ـ البريق أو اللمعان Brightness ولقد نتج عن خاصية استقامة الاتجاه في أشعة الليزر أن أصبحت درجة بريقها عالية لدرجة لا يصل إليها أي ضوء عادي مهما

كان مصدره ، ففي حالة ليزر النيون ـ هليوم ، حيث يستخدم مصدر ضوء قوي لتحريض المادة النشطة طاقته ١٠-٨ واط في حين ان أشعة الليزر المتولدة تبلغ ١٠-٣ واط أي أن درجة البريق تبلغ مائة ألف ضعف بريق الاشعاع العادي .

وقد نتج عن اجتماع هذه الخواص الفريدة لأشعة الليزر أن أصبحت أداة طيعة لاستعمالات لم يكن الإنسان ليحلم أنه يمكن ان يتناولها في يوم من الأيام ، إذ أمكن ثقب الماس والفلزات بأشعة الليزر ، وأجراء العمليات الجراحية الدقيقة في أي جزء داخل جسم الإنسان مهما صغر ، وذلك عن طريق توصيل الأشعة إلى ذلك الجزء الدقيق (وقد أصبح ذلك ممكنا بتطوير الألياف الضوئية) . كما أمكن ارسال الأشعة إلى سطح القمر واسترجاعها . وتجرى الأبحاث السرية على استخدام أشعة الليزر ذات الطاقة الهائلة في تدمير الصواريخ المعادية أثناء انطلاقها في الفضاء إلى آخر ذلك من التطبيقات التي نتحدث عنها في صفحات أخرى من هذا العدد .



(شكل ٤) مولد روبي لليزر

أنواع مولدات الليزر :

من الممكن الآن ان نتوقع ان هناك أنواعاً مختلفة من مولدات الليزر تختلف باختلاف ذبذبات الأشعة التي تولدها (أو طول موجتها) وسنتحدث عن أربع مجموعات من أنواع المولدات : **المولدات الصلبة والمولدات الغازية والمولدات شبه الموصلة للكهرباء والمولدات السائلة** .

(أ) المولدات الصلبة :

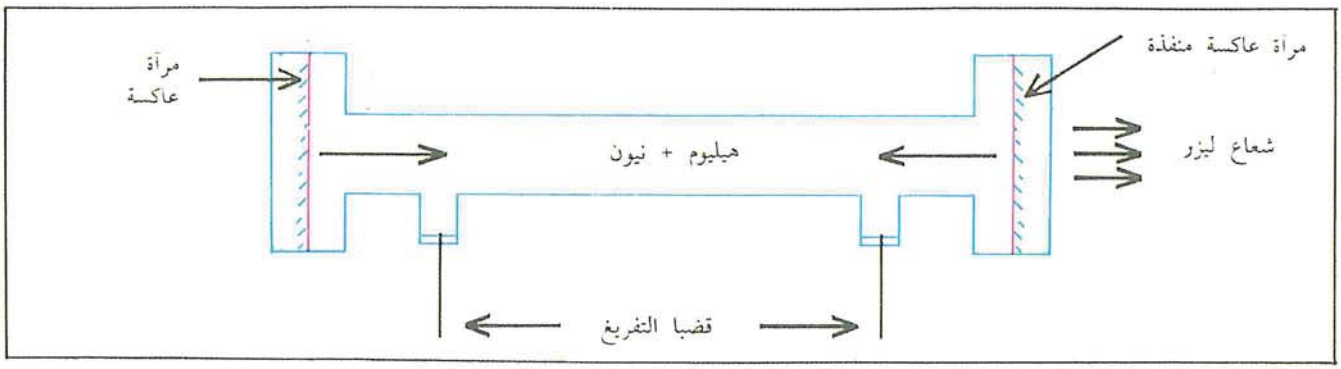
ان أول مولد لأشعة الليزر تم تطويره على يد العالم (ميمان) عام ١٩٦٠ الذي استخدم كمادة نشطة ايونات الكروم المثبتة في الياقوت (أكسيد الألومنيوم الذي تم استبادل حوالي ٠,٠٥٪ من ذرات الألومنيوم فيه بذرات الكروم) ويوضح(الشكل ٤) أجزاء هذا الجهاز الذي يتكون من بلورة واحدة من الياقوت مسطحة الطرفين طلي أحد طرفيها تماماً بالفضة ليصبح عاكساً بينما طلي السطح الآخر جزئياً بالفضة بحيث يصبح عاكساً منفذاً وتشكل هذه البلورة المادة النشطة والتجويف الرنان في نفس الوقت ، وتحاط هذه البلورة بمصباح زينون Xenon الذي يتصل بدوره بمكثف كهربائي يفرغ الطاقة الكهربائية في جزء صغير من الثانية تضخ الكترونات الجسم إلى مستوى مرتفع من الطاقة (ان ليزر الياقوت من النوع ذي المستويات الثلاثة الذي تحدثنا عنه سابقاً) ويبلغ طول موجه اشعاع ليزر الياقوت ٦٩٤٣ انجستروم (٦,٩٤٣×١٠-٧م) ولونه أحمر ، وعلى الرغم من نجاح ليزر الياقوت في استخدامات كثيرة إلا أنه بدأ يخلي طريقه لمولدات الليزر التي تستخدم عناصر اللنثيدات وأهمها ليزر YAG-ND أي بلورة جارنت الألومنيوم والأيتريوم Ytrium Aluminum Garnet التي تم استبادل جزء من ذرات الأيتريوم فيها بذرات عنصر النيوديميوم ويمتاز هذا المولد عن الياقوت بانه يحتاج إلى طاقة أقل من الطاقة اللازمة لتشغيل مولد الروبي .

(ب) مولدات الليزر الغازية :

تتم عملية ضخ الطاقة في مولدات الليزر الغازية بالتفريغ الكهربائي ، وأهم المولدات الغازية : مولد ليزر النيون ـ هيليوم، ومولد ليزر ثاني أكسيد الكربون.

(١) مولد ليزر الهيليوم ـ نيون :

وهو أول مولد ليزر غازي يتم اكتشافه ، وقد طورته شركة بل للتليفونات في الولايات المتحدة عام ١٩٦١ ، ويتكون المولد من أنبوب تفريغ كهربائي طوله حوالي ٨٠ سم وقطره حوالي ١ سم مملوء بالهيليوم (١ مم زئبق) والنيون (٠,١ مم زئبق) ويثبت عند طرفي أنبوب التفريغ مرآتان احداهما عاكسة تماما والأخرى عاكسة منفذة ، تشكلان التجويف الرنان وتبلغ أطوال



(شكل ٥) مولد ليزر الهيليوم - نيون

موجات أشعة الليزر التي يولدها هذا الجهاز ٣,٣٩ × ١٠$^{-٦}$م، ١,١٥ ×١٠$^{-٦}$م (في المنطقة تحت الحمراء) و٦,٣٢٨ × ١٠$^{-٧}$ (حمراء)، وتمتاز أشعة الليزر المولدة بمولدات غازية عن أشعة الليزر المولدة بمولدات صلبة بان الأولى أكثر استقامة في الاتجاه وأكثر ضيقاً (شكل ٥).

(٢) مولد ليزر ثاني أكسيد الكربون :

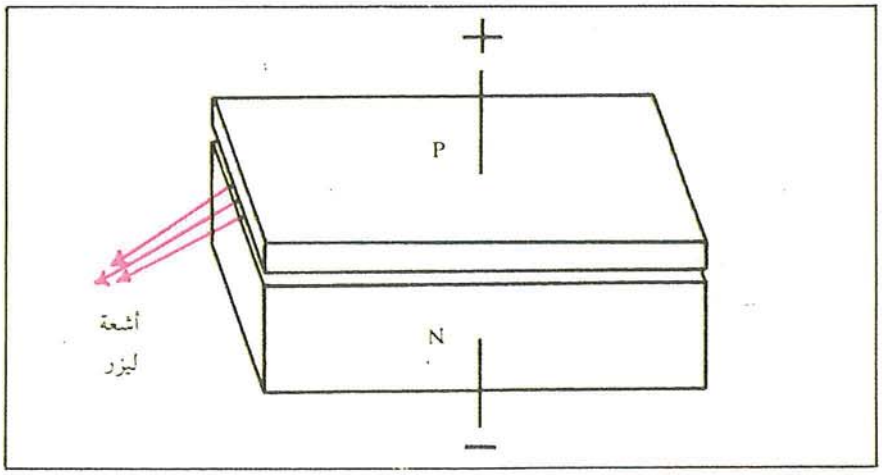
ان أشعة الليزر التي تولدها مولدات الياقوت والهيليوم - نيون ناتج عن انتقال المادة النشطة من مستوى مرتفع نسبياً من الطاقة إلى مستوى أقل، ويرجع الاختلاف في الطاقات في هذه المستويات إلى حركة الالكترونات بين المدارات الذرية المختلفة، أما في حالة ثاني أكسيد الكربون فان هناك مستويات أخرى من الطاقة يحدد مستواها حركة الجزيئ ككل مثل الأهتزاز (Vibration) أو الدوران (Rotation) ويكون فارق الطاقة بين مستوى وآخر أقل منه في حالة الحركات الالكترونية، مما ينتج عنه أشعة ليزر ذات موجات أطول (أو ذبذبات أقل)، ولذا فان ليزر ثاني أكسيد الكربون يولد أشعة طول موجتها ١٠,٦ × ١٠$^{-٦}$م أو ٩,٦ × ١٠$^{-٦}$م (أي في المنطقة تحت الحمراء)، ويمتاز ليزر ثاني أكسيد الكربون عن غيره من مولدات الليزر (الغازية وغيرها) بان مستوى الطاقة الذي ينتهي إليه الجزيئ بعد ان يبث شعاع الليزر بالتحريض يقع قريباً جداً من المستوى الأرضي للطاقة، بحيث ان هبوط الجزيئ إلى ذلك المستوى الأرضي لا يرافقه انبعاث كبير للطاقة الضائعة، بمعنى ان معظم الطاقة الناتجة عن الانتقال من مستوى طاقة مرتفع إلى مستويات أقل منه تظهر على شكل طاقة في أشعة الليزر المنبثعة، وهذا يعني كفاءة أكثر للمولد، ولذلك فان ليزر ثاني أكسيد الكربون يستعمل في لحام المعادن وقطعها، كما أن هذا المولد يمتاز بان طول موجات أشعة الليزر التي يولدها تقع في المنطقة التي لا تتأثر بالهواء الجوي ولذا فانها مناسبة جداً للاستخدام في الاتصالات الهوائية.

(ج) مولد ليزر المواد شبه الموصلة للكهرباء :

يتكون هذا النوع من المولدات من قطعة من مادة شبه موصلة للكهرباء من النوع الذي يفتقر إلى الالكترونات (P-type) مثل الجاليوم Ga، وأخرى من مادة شبه موصلة من النوع الغني بالالكترونات (N-type) مثل الزرنيخ As يفصل بينهما مسافة قصيرة جداً، ويتم ضخ الطاقة بواسطة تيار يمر عبر القطعتين (شكل ٦) ويمتاز هذا النوع من المولدات بصغر حجمه وبانه يوفر طريقة لتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية مباشرة ولذا فانه قد يجد تطبيقات في مجال الاتصالات بالموجات الضوئية، وفي أجهزة الرادار الضوئية المحمولة ... الخ.

(د) مولدات الليزر السائلة :

وتستخدم في هذه المولدات مادة نشطة من الأصباغ العضوية الصلبة التي تذاب في مذيب مناسب كالماء أو الكحول، وتمتاز بانها تعطي طيفاً عريضاً من الاشعاعات الليزرية نظراً لكثرة مستويات الطاقة فيها، ونتيجة للحركات الالكترونية ولانتقال المادة بين مستويات الاهتزاز والدوران مختلفة الطاقة، ولذا فانها تمتاز بانها تجعل من الممكن التحكم في مقدار طول موجة اشعاع الليزر بطريقة مناسبة. وتقع أغلب أشعة الليزر المولدة من الأصباغ المذابة في المنطقة المرئية للطيف.



(شكل ٦) مولد ليزر المواد شبه الموصلة