جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل
كلية التربية للعلوم الصرفة
قسم الفيزياء

التطبيقات الطبية لليزرات الصبغه

بحث مقدم الى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة
كجزء من متطلبات نيل شهادة البكلوريوس في كلية التربية / قسم الفيزياء

من قبل الطالبة

زهراء نصير محمد

بأشراف

م.د. محمد جواد كاظم البيرماني

1445هـ

2024م

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

{ قالوا سبْحَانَكَ لا عِلْمَ لَنَا إِلاّ مَا عَلَّمْتَنَا
إِنَّكَ أَنْتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ }

صدق الله العلي العظيم

[سورة البقرة: الاية 32]

إهداء

إلى...

الفاتح لما أغلق * والخاتم لما سبق * والناصر للحق بالحق * والهادي الى الصراط المستقيم * سيد الخلق وحبيب الحق * نبينا محمد عليه وعلى اله وصحبه أفضل الصلاة والتسليم *

إلى...

من أوصى الله بطاعتهما ..... والدي العزيزين * حسباً وتقديراً وعرفاناً بالجميل *

إلى...

كل من ساندني وأزرني خطوة بخطوة على هذا الطريق * رمز النقاء والوفاء * والمحبة ونبض القلب * أصدقائي وأخوتي

إلى...

إلى اساتذتي الافاضل وكل من ساهم في تعليمي *

أهدي ثمرة جهودي وأرجو قبولها

شكر وتقدير

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف الخلق والمرسلين الرسول الكريم محمد وعلى أله الطيبين الطاهرين .

أتوجه بالشكر الجزيل الى جميع اساتذتي الافاضل في قسم الفيزياء كلية التربية للعلوم الصرفة جامعة بابل الذين بذلوا جهداً في توجيهي وامدادي بما احتجت اليه من النصيحة .

وأرى أن اقف شاكراً لأستاذي الفاضل الدكتور محمد جواد البيرماني الذي بذل جهده معي وأعاني ووجهني في كتابتي لهذا البحث.

وأشكر كل من ساعدني وأعانني من الأصدقاء على انجاز هذا البحث فلهم في النفس منزلة وان لم يسعف المقام لذكرهم فهم اهل للفضل والخير والشكر .

المحتويات

ت	المحتويات	الصفحة
الفصل الاول		
1-1	المقدمة	1
2-1	تاريخ تطور الليزر	2
3-1	شروط حدوث الاشعاع المحثوث (الليزر)	4
4-1	مبدأ عمل الليزر	4
5-1	خصائص ضوء الليزر	8
6-1	مكونات جهاز الليزر	11
الفصل الثاني		
1-2	المقدمة	15
2-2	الامتصاص والفلورة الخطيه	15
3-2	الفلورة	18
الفصل الثالث		
1-3	المقدمة	24
2-3	الليزر في الجراحة	25
3-3	استخدامات الليزر في طب الاسنان	34
4-3	فوائد استخدامات الليزر في الطب	35
المصادر		

الاشكال

ت	المحتويات	الصفحة
	الفصل الاول	
1-1	يبين الظاهرة الكهروضوئية	2
2-1	يوضح مبدأ عمل الليزر	5
3-1	يوضح الانبعاث التلقائي	5
4-1	يوضح الانبعاث المحثوث	6
5-1	يوضح مراحل الانبعاث المحثوث	6
6-1	يوضح توزيع الاسكاني المقلوب للالكترونات	7
7-1	يوضح ضخ الالكترونات من المدارات منخفضة الطاقة	7
8-1	يوضح خصائص ضوء الليزر	8
9-1	مكونات جهاز الليزر	11
10-1	يوضح الوسط الفعال	13

الفصل الثاني		
1-2	يبين الانتقالات الالكترونية الاهتزازية	17
2-2	تناضر طيفي الامتصاص والانبعاث	18
3-2	يوضح تأثير المذيب على الخواص الطيفية للمادة الباعثة	18
4-2	يوضح ميكانيكية انتقال الطاقة بين الجزيئة المهيجة والكابتة	22
الفصل الثالث		
1-3	ثقب حفرته اشعة الليزر في خلية دموية حمراء	26
2-3	الملقط الضوئي الليزري	27
3-3	جهاز الكشف على سطح القرنية	32
4-3	يوضح استخدامات الليزر في طب الاسنان	34

الخلاصة

ضوء الليزر يتميز بخصائص هي أن كامل الطاقة الضوئية تتركز في شعاع له مقطع عرضي متناهي في الصغر لذا يسير لمسافات طويلة محتفظا بطاقته ضمن هذا الشعاع الدقيق فإنه بالإمكان الحصول على شدة إضاءة قد تزيد بملايين المرات عن شدة الضوء الصادر عن الشمس أو المصابيح الكهربائية. أن ضوء الليزر يتكون من حزمة ضيقة جداً من الترددات بعكس أنواع الضوء الاخرى التي تتكون من طيف واسع من الترددات ويعتبر اختراع الليزر من أكثر الاختراعات إثارة في هذا العصر حيث لم يكن يخطر على بال أحد أن هذا المصدر الضوئي البسيط سيفتح أبواباً لا حصر لها من التطبيقات ذات ألاهمية البالغة في حياة البشر. وبعد مضي سنوات معدودة تلقفه العلماء في مختلف الاختصاصات هذا الاختراع العجيب واستخدموه في تطبيقات لا حصر لها وقد أحدث ثورة في حياة البشر لا تقل عن الثورة التي أحدثها الصمام إلالكتروني والترانزستور فقد أدرك مهندسو الاتصالات الكهربائية أهمية هذا إلاختراع العظيم بعد أن تبين لهم أن ضوء الليزر يمكن أن يستخدم بديلا عن الموجات الراديوية كحامل للمعلومات وذلك لقدرته على حمل كمية معلومات تفوق بآلاف المرات قدرة أعلى الحاملات الراديوية . وأما مهندسو الميكانيك فقد بدأت ألاحلام تراودهم بعد أن تبين لهم شدة تركيز ضوء الليزر في استخدامه لقطع وقص ألالواح المعدنية وغير المعدنية بدقة متناهية وبالشكل الذي يريدونه لتلبي حاجة مختلف الصناعات وكذلك استخدامه في عمليات لحام المعادن. أما المهندسون المدنيون فقد وجدوا في شعاع الليزر المرئي الذي يسير لمسافات طويلة على شكل خيط دقيق ضالتهم المنشودة في أعمال المساحة وإلانشاءات بمختلف أنواعها. أما ألاطباء فقد كان لهم نصيب وافر من هذا إلاختراع فقد استخدموه كمشرط عالي الدقة لا يترك نزفاً وراءه وقد يصل لأماكن في جسم إلانسان لا يمكن أن تصل إليه مشارطهم المعدنية إلا بعد حدوث ضرراً كبير. واستخدموه في تصحيح البصر وإزالة ألأورام وتفتيت الحصى وحفر ألاسنان وإزالة البثور والحبوب والتجاعيد والدمامل وغيرها من أمراض وعيوب الجلد.

الفصل الاول

البيزرات

1-1- المقدمة

الليـزر هـو مصـدر لتوليـد الضـوء المرئـي وغيـر المرئـي والـذي يتميـز بمواصفـات مميـزة لا توجـد فـي الضـوء الـذي تصـدره بقيـة مصـادر الضـوء الطبيعيـة والصناعيـة. وكلمـة ليزر **(Laser)** هـي اختصـار للأحـرف الاولـى لكلمـات الجملـة الانجليزيـة:

(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) والتـي تعنـي (تضخيـم الضـوء بالانبعـاث المحثـوث للاشـعاع . يقـوم الليـزر بتوليـد نـوع مميـز مـن الضـوء يختلـف فـي خصائصـه عـن الضـوء الطبيعـي الصـادر عـن الشـمس والنجـوم والضـوء الصطناعـي الصـادر عـن مختلـف أنـواع المصابيـح الكهربائيـة. ويتميـز ضـوء الليـزر بعـدة خصائـص أهمهـا: أن كامـل الطاقـة الضوئيـة تتركـز فـي شـعاع لـه مقطـع عرضـي متناهـي فـي الصغـر قـد لا يتجـاوز فـي بعـض أنواعـه عـدة ميكرو مترات مربعـة ولهـذا فإنـه يسـير لمسـافات طويلـة محتفظـا بطاقتـه ضمـن هـذا الشـعاع الدقيـق. وبمـا أن جميـع الطاقـة الضوئيـة التـي يولدهـا الليـزر تتركـز ضمـن هـذا المقطـع الصغيـر للشـعاع فإنـه بالإمكان الحصـول علـى شـدة إضـاءة قـد تزيـد بملايين المـرات عـن شـدة الضـوء الصـادر عـن الشـمس أو المصابيـح الكهربائيـة.

أمـا الخاصيـة الثانيـة فهـي أن ضـوء الليـزر يتكـون مـن حزمـة ضيقـة جـداً مـن التـرددات بعكـس أنـواع الضـوء الاخـرى التـي تتكـون مـن طيـف واسـع مـن التـرددات ولـذا فهـي تبـدو للعيـن كضـوء أبيـض يحتـوي علـى جميـع ألـوان الطيـف المرئـي بينمـا يبـدو ضـوء الليـزر للعيـن بلـون واحـد عالـي النقـاء كاللـون الأحمر وألاخضـر وألازرق [1].

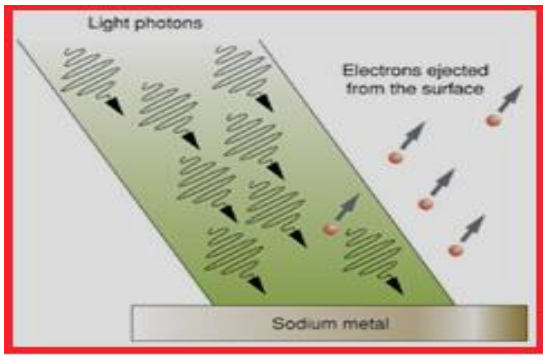
هناك بحوث عديدة أستغرقت عشرات السنين الماضية لتطوير المواد الباعثة للضوء ومكوناتها، ومنها ليزرات الصبغة **(Dye Lasers)** وموادها الفاعلة. ان ليزرات الصبغة تعد من الليزرات المهمة في التطبيقات العلمية والطبية والصناعية والعسكرية...الخ من التطبيقات اليومية. فضلاً عن كون ليزرات الصبغة لها قابلية على التنغيم حيث يمكنها العمل بمدى واسع من الاطوال الموجية كما هو معروف، هناك بعض التطبيقات يختص بها مدى موجي معين والاخرى ممكن أستخدام أي مدى فالتطبيقات مثلا للضوء الازرق تمتد من تخزين البيانات الى المسوحات ونقل الاشارات تحت الماء.

إن الخاصية الفريدة التي يتمتع بها ليزر الصبغة ، في إمكانية الحصول من وسائطه المختلفة ، على مدى طيفي واسع يمتد من المنطقة فوق البنفسجية إلى المنطقة تحت الحمراء القريبة ، وبالتالي يمكن توليفه (**Tuning**) والحصول على أطوال موجية ليزرية عديدة جعلت منه المصدر المثالي للدراسات الطيفية . [2]

1-2- تاريخ تطور الليزر :

لقد تمكن الفيزيائي الفذألبرت أينشتاين **(Albert Einstein)** في عام 1917 من وضع الأسس النظرية التي يقوم عليها عمل الليزر و ذلك في أبحاثه حول الظاهرة الكهروضوئية **(Photoelectric)** .

وفي هذه الظاهرة لاحظ العلماء أنه عند تسليط إشعاع كهرومغناطيسي ضوئي على سطح معدني فإن الإلكترونات تنبعث من هذا السطح فقط إذا تجاوز تردد الضوء قيمة حدية معينة أما إذا كان تردد الضوء أقل من ذلك فإن الإلكترونات لاتنبعث أبداً مهما بلغت شدة الضوء المسلط [3].



شكل (1-1) يبين الظاهرة الكهروضوئية [3].

وبقيت هذه الظاهرة لغزاً يحير العلماء إلى أن تمكن أينشتاين في عام 1905 من حل هذا اللغز بعد أن أثبت أن الضوء ذي طبيعة موجية وجسيمية وذلك على العكس من الاعتقاد السائد حينئذ وهو أن الضوء ذي طبيعة موجية فقط. وقد أثبت أينشتاين أن الضوء وكذلك بقية أنواع الإشعاعات الكهرومغناطيسية ليست سيل ممتصا من الطاقة بل تتكون من وحدات صغيرة يحمل كل منها كمية محددة من الطاقة أطلق عليها اسم الفوتونات **(Photons)** .

وتتناسب كمية الطاقة التي يحملها الفوتون الواحد من الضوء طردياً مع تردد الضوء أما ثابت التناسب فهو رقم فيزيائي ثابت لا يتغير أبداً على كامل مدى الطيف الكهرومغناطيسي وقد أطلق عليه اسم ثابت بلانك **(Planck's constant)** نسبة إلى الفيزيائي الألماني الشهير ماكس بلانك **(Max Planck)** الذي وضع أسس نظرية الكم (**Quantum Theory**) ولقد ساعد هذا الاكتشاف إلى جانب تفسيره لهذه الظاهرة على وضع نماذج صحيحة لتركيب الذرة وتبين أنها تتكون من إلكترونات تدور في مدارات محددة حول النواة وأن الإلكترونات لا تنتقل من مدار منخفض الطاقة إلى آخر بطاقة أعلى إلا من خلال

تسليط إشعاعات كهرومغناطيسية عليها وبحيث 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 ينبعث على شكل إشعاع بحيث تكون طاقة الفوتون مساوية تماما لفرق الطاقة بين المدارين.

ولقد قام أينشتاين بدراسة التفاعلات بين الإشعاعات الكهرومغناطيسية وذرات المادة وتمكن من وضع المعادلات التي تحكم هذه التفاعلات والتي سميت فيما بعد باسمه وقد تنبأ من خلال هذه المعادلات بوجود ما يسمى بظاهرة الإصدار (الانبعاث) المحثوث (**Stimulated Emission**) و التي يقوم عليها عمل الليزر. ولقد حاول العلماء جاهدين للحصول على الإصدار (الانبعاث) المحثوث إلا أن جهودهم باءت بالفشل ووصل اليأس ببعضهم إلي إنكار وجود مثل هذه الظاهرة الضوئية. وفي عام 1947 تمكن الفيزيائي الأمريكي وليس لامب (**Willis Lamb**) عمليا من إثبات وجود ظاهرة الإصدار (الانبعاث) المحثوث.

وفي عام 1954 تمكن الفيزيائي الأمريكي تشارلز تاون (**Charles H. Townes**) من الحصول على الإصدار (الانبعاث) المحثوث في نطاق الأمواج الدقيقة (**Microwave**) وأطلق اسم الميزر (**Maser**)على هذا الجهاز وهو مختصر للجملة الإنكليزية. (**Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation**) وبهذا الإنجاز تجددت آمال العلماء للحصول على الإصدار (**الانبعاث**) المحثوث في النطاق الضوئي المرئي أو غير المرئي ومن ثم تصنيع الليزر. وفي عام 1955 اقترح الفيزيائيان الروسيان بروكوروف وباسوف (**Prokhorov and Basov**) استخدام الضخ الضوئي (**Optical Pumping**) للحصول على ما يسمى التوزيع المقلوب لإلكترونات وهو أحد شروط عمل الليزر كما سنبين ذلك الحقاً.

وفي عام 1960 تمكن الفيزيائي الأمريكي ثيودور ميمان (**Theodore Mailman**) من تصنيع أول ليزر في نطاق الضوء المرئي وهو يتكون من قضيب اسطواني من الياقوت النقي تم صقل جانبيه بدقة متناهية وقد تم لف قضيب الياقوت بمصباح كهربائي مكون من أنبوب زجاجي مملوء بغاز الزينون. وعند تشغيل المصباح الكهربائي عمل الضوء الصادر عنه على إثارة ذرات الكروميوم الموجودة في الياقوت فقامت بإشعاع ضوء أحمر صافي خرج على شكل نبضات من أحد جانبي قضيب الياقوت. وفي عام 1960 تمكن الفيزيائي الإيراني علي جافان (**Ali Javen**) والأمريكي وليم بنت (**William Bennett**) من تصنيع ليزر باستخدام غازي الهيليوم والنيون وكان يعطي إشعاعاً مستمراً وليس نبضاي كما هو الحال في ليزر الياقوت. وفي عام 1962 تمكن المهندس الأمريكي روبرت هول (**Robert Hall**) من

تصنيع ليزر أشباه الموصلات **(Semiconductor Laser)** الذي يتميز بصغر حجمه. وفي عام 1964 تم تصنيع ليزر ثاني أكسيد الكربون والذي يتميز بقدرة إشعاعه العالية[3].

1-3- شروط حدوث الاشعاع المحثوث (الليزر) :

أن تثار ذرات المادة لمتسويات طاقة عالية وبأعداد هائلة ويتم ذلك بتطبيق طاقة إثارة مناسبة عليها. أن تكون المادة الفعالة المستعملة ذات ثلث مستويات للطاقة أو أكثر .

ان توضع المادة الفعالة بين مرآتين كي يتحقق انعكاسات متعددة للشعاع بينهما وبالتالي تحقيق أكبر عدد ممكن من الإصدارات المحثوثة ذات الفوتونات المتماسكة.أن تطبق على الجملة طاقة حقن خارجية كي تحدث إثارة لذرات المادة وشحنها بالطاقة وبالتالي لجعلها جاهزة ومهيأة لاطلاق الفوتونات المتماسكة حال حدوث اصطدامات مع فوتونات سريعة تعبر المادة.

وهكذا يقصد بالاصدار المحثوث الليزري هو أن نضبط ونروض بلايين المحركات الانفجارية الصغيرة في المادة الفعالة وهي الالكترونات بأن تمتص الطاقة الواردة إفرادياً ونجعلها تحرر تلك الطاقة دفعة واحدة بشكل فوتونات متماسكة[4] .

1-4-مبدأ عمل الليزر :

قام أينشتاين في عام 1917 بدراسة تفاعل الأمواج الكهرومغناطيسية أو ما يسمى اختصاراً بالإشعاع **(Radiation)** مع ذرات المادة ووجد أن هناك ثلاثة أنواع من التفاعلات وهي [4]:

أ- 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 ترددتها عن قيم محددة تتحدد من التركيب الذري لتلك المواد كما هو الحال مع الزجاج.

شكل (1-2) يوضح مبدأ عمل الليزر[4].

ب - **الانبعاث التلقائـي (Spontaneous Emission) :**

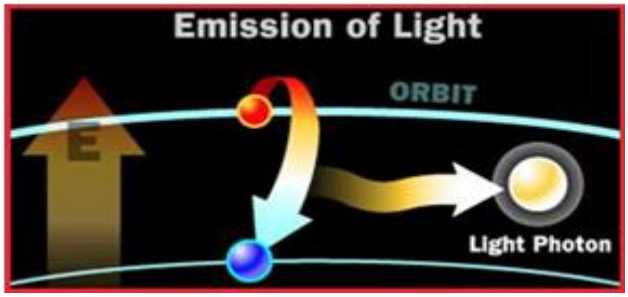
وفيهـا تقـوم الـذرات المثـارة بإشـعاع موجـات كهرومغناطيسـية نتيجـة نـزول الإلكترونات مـن المـدارات عاليـة الطاقـة إلـى المـدارات منخفضـة الطاقـة. إن الإشعاع التلقائـي الصـادر عـن المـادة المثـارة يسـمى إشـعاعاً غيـر مترابـط **(No coherent Radiation)** وذلـك ألن الإلكترونات تنـزل مـن تلقـاء نفسـها وبطريقـة عشـوائية بيـن مـدارات الـذرة المختلفـة ولذلـك فـإن هـذا الإشعاع يحتـوي علـى عـدد كبيـر جـداً مـن التـرددات وتعتمـد مصـادر الضـوء العاديـة علـى ظاهـرة الانبعاث التلقائـي فـي عملهـا.

شكل (1-3) يوضح الانبعاث التلقائي[4].

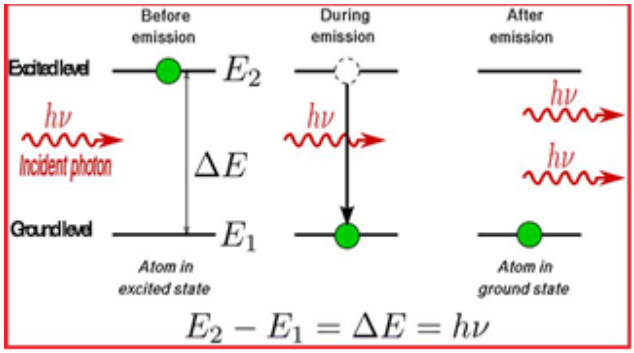
ج - الانبعاث المحثـوث (Stimulated Emission) :

وفيهـا تقـوم الـذرات المثـارة بإشـعاع موجـات كهرومغناطيسـية نتيجـة نـزول الإلكترونات مـن المـدارات عاليـة الطاقـة إلـى المـدارات منخفضـة الطاقـة ولكـن ليـس بطريقـة تلقائيـة وعشـوائية كمـا فـي الانبعاث التلقائـي بـل نتيجـة لحثهـا بإشـعاع لـه تـردد محـدد. إن الإشعاع المحثـوث الصـادر عـن المـادة المثـارة يسـمى إشـعاع مترابـط **(Coherent)** وذلـك ألن الموجـات الكهرومغناطيسـية الناتجـة عـن نـزول الإلكترونات لهـا تـردد **(Frequency)** وطـور **(Phase)** يسـاويان تمامـا تـردد وطـور الأمواج التـي قامـت بحـث الإلكترونات علـى الإشعاع ولذلـك فـإن هـذا الإشعاع لـه تـردد واحـد مـن

الناحيــة النظريــة. ويمكــن حســاب تــردد الإشعاع المنبعــث مــن المــادة مــن خــال تقسـيم فـرق الطاقــة بيــن المداريــن الــذي انتقــل بينهمــا الإلكترون بثابــت بلانك.



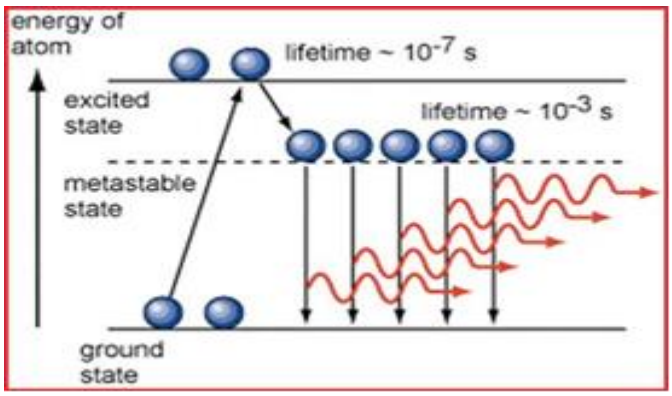
شكل (1-4) يوضح الانبعاث المحثوث[4].



شكل (1-5) يوضح مراحل الانبعاث المحثوث [4].

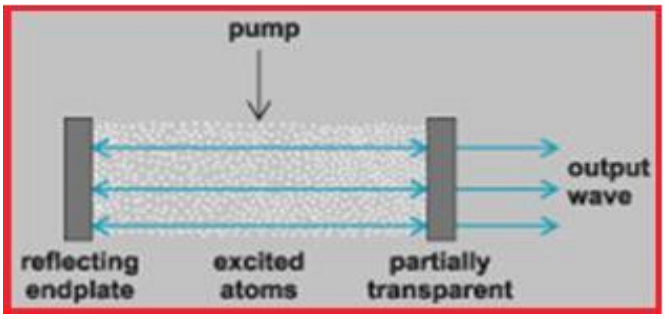
إن المبـدأ الرئيســي الــذي يقـوم عليــه عمـل الليـزر هــو ظاهـرة الانبعاث المحثـوث التــي شـرحناها آنفــا وهنــاك شــروط ثلاثة أساسـية لكــي يولـد الليـزر ضــوءاً مترابطــاً مــن خــلال هــذه الظاهــرة.

الشــرط الأول فهــو توفــر مــا يســمى بالتوزيــع السكاني المقلــوب **(Population Inversion)** للإلكترونات فــي ذرات المــادة التــي ستولد الضــوء والــذي يعنــي أن عــدد إلالكترونــات فــي الحالــة المثــارة يجــب أن يكــون أعلــى منهــا فــي الحالــة غيــر المثــارة. وهــذا الشــرط لا يتحقــق إلا فــي مــواد معينــة تسـمى الوسـط الفعــال **(Active Medium)** التــي يكــون عــدد المــدارات فــي نطــاق توصيلهــا **(Conduction Band)** ثلاثة أو أكثــر وبحيــث يوجــد مــدار شــبه مســتقر **(Metastable)** بيــن المــدار منخفــض الطاقــة والمــدار عالــي الطاقــة. توجــد شــروط معينــة كــي يحــدث ضمنهــا الإصدار المحثــوث وهــي تــوازي مــا تنبــأ بــه آينشــتاين. فلــو كان لدينــا N ذرة ذات مســتويين للطاقــة N_1 و E_1 فــي الحالــة الأساسية و N_2 و E_2 فــي الحالــة المثــارة. والإصدار المحثــوث يتناســب مــع عــدد الــذرات فــي المســتوى العلــوي. وللحصــول علــى إصــدار محثــوث كبيــر يجــب أن يكــون $N_2 > N_1$ أي يجــب قلــب التــوزع السكاني ويطلــق عليــه فــي حالــة إثــارة خارجيــة اسـم الضــخ.



شكل (1-6) يوضح التوزيع الاسكاني المقلوب للالكترونات [4].

الشرط الثاني 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 الثالث 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.



شكل (1-7) يوضح ضخ الالكترونات من المدارات منخفضة الطاقة الى مدارات عالية الطاقة[4].

وعلى هذا فإن الليزر يعمل من خال 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 الإسكاني المقلوب المنشود.

إذا 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 منتجةً عدداً 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.

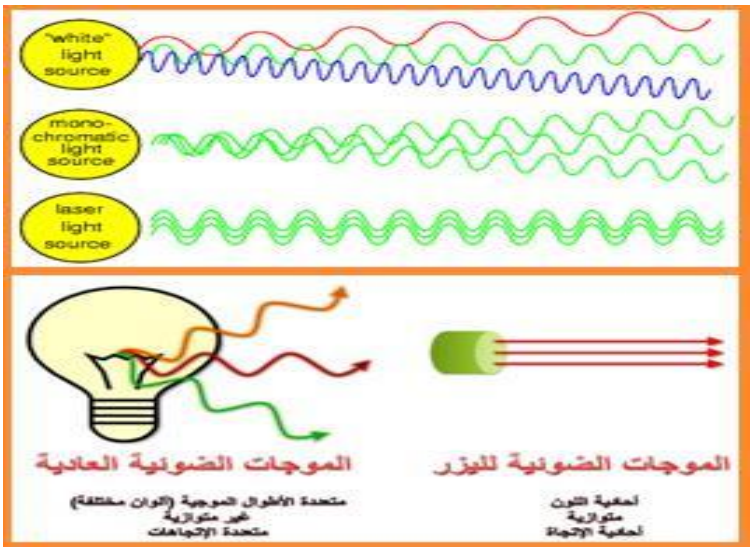
وتستخدم المرايا لعكس بعض الفوتونات المتولدة لتمر من خال ذرات المادة الفعالة لتوليد مزيدا من الفوتونات التي لها نفس الخصائص. وعادةً ما تكون أحد المرايا ذات معامل انعكاس يقرب من الواحد وذلك لتعكس جميع الضوء الساقط عليها بينما يكون معامل انعكاس المرآة الثانية أقل من واحد وذلك لتسمح لجزء من الضوء المتولد 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 تقريباً 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 يُحدد ذلك التركيب الذري للمادة الفعالة ونوع وكمية الضخ المستخدم وكذلك طريقة تركيب الليزر[4].

1-5-خصائص ضوء الليزر :

يتميز ضوء الليزر على بقية أنواع الضوء الصادر عن المصادر الطبيعية كالشمس والمصابيح التقليدية والصناعية كالمصابيح الكهربائية بعدة خصائص مهمة تؤهله لاستخدامه في كثير من التطبيقات. ومن أهم هذه الخصائص[3]:

أ- **الاتجاهية (Directionality) :** وهي أن شعاع الليزر له زاوية انفراج **(Divergence Angle)** غاية في الصغر بحيث يمكنه أن يسير لمسافات طويلة دون أن تتشتت طاقته. فعلى سبيل المثال فإن زاوية انفراج شعاع ليزر نيون-هيليوم تبلغ جزئين من عشرة آلاف جزء من الدرجة وهذا يعني أنه إذا ما تم إرسال شعاع هذا الليزر من الأرض إلى القمر فسيكون قطره على القمر بحدود كيلومتر ونصف علما بأن المسافة بين الأرض والقمر تبلغ 384 ألف كيلومتر.

إن قطر شعاع هذا الليزر يبلغ ملليمترين عند خروجه من الليزر بينما سيكون قطره خمسة ملليمترات فقط بعد أن يسير ألف كيلومتر. وتتحدد زاوية انفراج شعاع الليزر من عدة عوامل أهمها: عرض الشعاع عند خروجه من المصدر، وطول موجة الإشعاع حيث تتناسب عكسيا مع عرض الشعاع الابتدائي وطردياً مع طول الموجة أي أن الزاوية تقل مع زيادة عرض الشعاع ونقصان طول الموجة. وتستغل خاصية الاتجاهية في تطبيقات كثيرة كقياس المسافات البعيدة والقصيرة على السواء والتأشير على الأهداف بدقة متناهية كما في أنظمة المساحة ورسم الخطوط المستقيمة في أعمال الإنشاءات المختلفة[3].



شكل (1-8) يوضح خصائص ضوء الليزر[3].

ب - **متراصة(Monolith) :** بمعنى أنها تبقى محافظة على سماكتها وثخنها نفسهما حتى بعد أن تقطع مسافة معينة. ويؤدي تراص وتجانس أشعة الليزر لامتلاكها كثافة عالية من الطاقة يمكن أن ينتج ضوء الليزر تأثيرات نسيجية مختلفة اعتماداً على طول الموجة وكثافة الطاقة، ومدة التعرض، والخواص الامتصاصية للنسيج المستهدف[3].

ج - علو شدة ضوء الليزر (High Intensity Light) : وذلك بسبب أن شعاع الليزر له مقطع عرضي صغير جداً قد ال يتجاوز في بعض أنواعه عدة ميكرومترات مربعة وبما أن جميع الطاقة الضوئية الصادرة عن الليزر رغم قلتها تتركز ضمن هذا المقطع الصغير فإنه بالإمكان الحصول على شدة إضاءة قد تزيد بملايين المرات عن شدة الضوء الصادر عن الشمس أو المصابيح الكهربائية ولهذا فيمكن لشعاع الليزر أن يسير لمسافات كبيرة جداً دون أن يخبو ضوءه. ولتوضيح ذلك فإن ليزر بقدرة واحد واط وبمقطع عرضي مساحته ألف ميكرومتر مربع يعطي ضوء شدته بليون واط لكل متر مربع أي يزيد بمليون مرة عن شدة ضوء الشمس على سطح الأرض. وتستغل هذه الخاصية للضوء في حفر وقطع ولحام المواد بدقة كبيرة وفي إجراء العمليات الجراحية ومعالجة كثير من أمراض العيون والجلد [4].

د- أحادية اللون (Mon Chromaticity) : حيث أن ضوء الليزر يتكون من حزمة ضيقة جداً من الترددات الضوئية بعكس أنواع الضوء الأخرى التي تتكون من طيف واسع جداً من الترددات ولذا فإنها تبدو للعين كضوء أبيض يحتوي على جميع ألوان الطيف المرئي بينما يبدو ضوء الليزر بلون واحد فقط عالي النقاء. وتستغل هذه الخاصية في استخدام ضوء الليزر كحامل للمعلومات بدال من الحامات الراديوية خاصة في أنظمة اتصالات الألياف

الضوئيــة التــي تتطلــب وجــود مصــادر ضوئيــة أحاديــة اللــون أي أن عــرض نطــاق تــرددات ضوءهــا غايــة فــي الصغــر[4].

هـ - **الترابط (Coherence) :** وهــي أن التــرددات التــي يتكــون منهــا شــعاع الليــزر لهــا نفــس الطــور **(Phase)** وكذلك نفس الاستقطاب **(Polarization)** وتستغل هـذه الخاصيـة للحصـول علـى أشـكال تداخليــة **(Interference Patterns)** لا يمكــن الحصــول عليهــا مــن خــلال اســتخدام أنــواع الضــوء الأخرى. ويســتخدم التداخــل الضوئــي **(Interferometry)** فــي أشــعة الليــزر فــي تطبيقــات ال حصــر لهــا كمــا فــي قيــاس المســافات والســرعات ودراســة تركيــب المــواد والتصويــر ثلثــي الأبعاد.

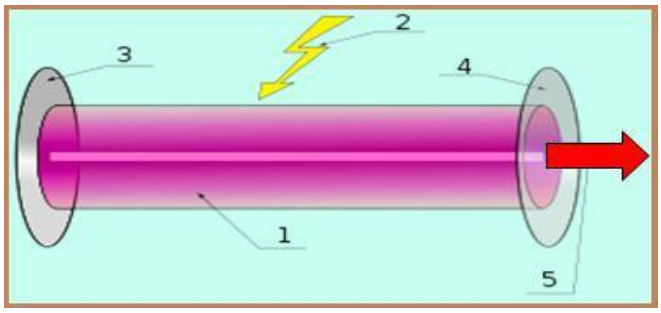
أنــه يمكــن التحكــم بجهــاز الليــزر بحيــث يتــم إطــلاق ضــوءه علــى شــكل نبضــات بمعدلات محــددة ويمكــن كذلــك التحكــم بعــرض النبضــة ليصــل فــي بعــض التطبيقــات إلــى عــدة أجــزاء مــن مليــون بليــون جــزء مــن الثانيــة. ومــن خــال تقليــل عــرض النبضــة الضوئيــة فإنــه يمكــن الحصــول علــى شــدة ضــوء غايــة فــي العلــو قــد تصــل إلــى آلاف الميغاواطــات ولكــن لفتــرات زمنيــة قصيــرة جــداً وذلــك مهمــا كانــت كميــة الطاقــة التــي تحملهــا النبضــة. وتســتخدم هــذه الخاصيــة فــي تطبيقــات لا حصــر لهــا كإذابــة أو تبخيــر المعــادن أو قطــع ولحــام مختلــف أنــواع المــواد أو إجــراء العمليــات الجراحيــة أو تســريع التفاعلات الكيميائيــة وحتــى النوويــة. تســتخدم أشــعة الليــزر القويــة فــي الأغراض الصناعيــة، مثــل تثقيــب وقطــع المعــادن، بينمــا تســتخدم الأشعة الضعيفــة لتشــغيل الأقراص البصريــة التــي تســجل عليهــا الموســيقى. أمــا الأشعة متوســطة القــوة فتســتخدم فــي الأغراض الطبيــة[3].

ح- الانتقائية (أو النوعيــة): حيــث أن لــكل ليــزر يوجــد نســيج أو عــدة أنســجة يؤثــر فيهــا الليــزر بشــكل نوعــي دون أن يؤثــر علــى ســواها، ويــؤدي هــذا التأثيــر لإنتاج حــرارة عاليــة فــي النســيج المســتهدف وهــذه الحــرارة هــي التــي تعطــي الليــزر خواصــه العلاجية، ويعتمــد عمــل الليــزر علــى طــول موجــة، ولــون نســيج المســتهدف وحجمــه. فعلــى ســبيل المثــال هنــاك أنــواع مــن الليــزر تســتهدف الهيموغلوبيــن المرتبــط بــذرة الأكسجين وبالتالــي عنــد تأثيرهــا علــى الهيموغلوبيــن تنتــج حــرارة عاليــة تــؤدي لتكســير الوعــاء الدمــوي الشــعري الحــاوي علــى هــذا الهيموغلوبيــن وبالتالــي لانقطــاع التدفــق الدمــوي ويســتفاد مــن هــذه الخاصيــة علــى ســبيل المثــال فــي عــلاج وحمــة الصبــاغ الخمــري (**Port wine stain**) ، أو توســعات الأوعية الدمويــة الشــعرية[3].

ط- الأمان: فــي حــال اســتخدامه فــي المــكان المناســب مــن الجســم مــن قبــل طبيــب مختــص خبيــر متفهــم لتأثيــرات الليــزر النوعيــة علــى الأنسجة قــادر علــى حمايــة نفســه وحمايــة مريضــه مــن تأثيــرات الليــزر غيــر المرغــوب فيهــا.

وبما أن أشعة الليزر عبارة عن أشعة ضوئية مركزة، فإنها تخضع لقوانين الضوء من حيث: الانعكاس، والانكسار، والانحراف بواسطة المرايا والعدسات والمواشير الزجاجية. وقد تمكن الفنانون من استخدام أشعة الليزر في تشكيل صور رائعة باستخدام العدسات والمرايا والألياف البصرية (**Fiber Optics**)، وذلك من خال انعكاس وانكسار أشعة الليزر المتوهجة، وتحويلها إلى نماذج ضوئية مبهرة.ولكن يجب أن نشير إلى أن من أهم عيوب الليزر هو تدني كفاءة تحويل الطاقة فيه حيث تتراوح بين واحد بالمائة وعشرين بالمائة لمعظم أنواعه وهذا يعني أنه يلزم للحصول على واط واحد من ضوء ليزر كفاءته واحد بالمائة تزويده بمائة واط من الطاقة حيث تضيع التسعة وتسعون واط المتبقية كحرارة في داخل جسم الليزر وهذا يتطلب أنظمة تبريد معقدة خاصة في الأنواع التي تنتج قدرات عالية قد تصل لعدة كيلواطات كليزر ثاني أكسيد الكربون[4].

1-6-مكونات جهاز الليزر : يتكون أي جهاز مولد لشعاع الليزر مما يلي[4]:



شكل (1-9) يوضح مكونات جهاز الليزر [4].

1-الوسط الفعّال 2 -مصدر الضخ الإلكتروني 3 –مرآة عاكسة مثالية 4–مرآة عاكسة جزئياً 5 – مخرج شعاع الليزر.

1- الوسط الفعال (Active Medium):

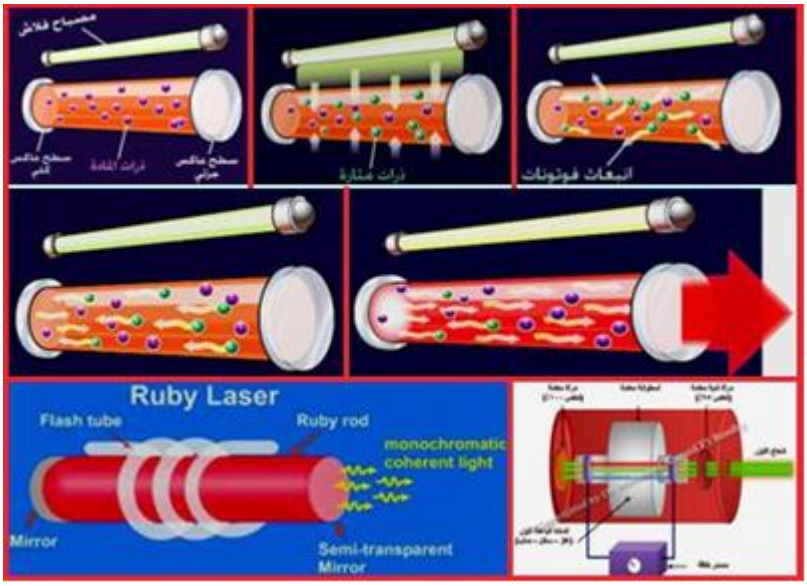
وهو الوسط الذي تتولد منه الأشعة وقد يكون الوسط عبارة عن مجموعة من ذرات أو جزيئات أوعنصر أو مركب أو مزيج بحالة صلبة أو سائلة أو غازية له عدد من المستويات الطاقية تصلح لان تتحقق بينها الانتقالات الثلاثة الضرورية (امتصاص, انبعاث تلقائي, انبعاث محفز). يصنف الوسط الفعال اعتماداً على احتمالية الانتقال بين المستويات. بعض أنواع تلك المواد الفعالة ضوئياً وليزرياً: آزوت غاز نقي (ذري) ، هيليوم – نيون مزيج غازي،غاز الكربون CO_2 مزيج غازي (جزئي)،بلورة الياقوت المشوب بالكروم صلب (بلورة)، الزجاج المنشط YAG صلب (بلورة)

أوكسي كلور الفوسفور المشوب بالنيوديميوم (سائل).

2- مصدر الضخ (Pumping Source) الإلكتروني:

يستخدم للضخ الإلكتروني ضوء فلاش قوي أو بواسطة التفريغ الكهربي ويساعد هذا الضخ على تزويد أكبر قدر ممكن من الإلكترونات بالطاقة لتنتقل إلى مستويات الطاقة الأعلى فتصبح الوسط الفعّال في الليزر مكون من ذرات ذات إلكترونات مثارة ونسميها بالذرة المثارة. ومن الجدير بالذكر أنه من الضروري جداً إثارة عدد كبير من الذرات للحصول على ليزر وتسمى هذه العملية بإنقلاب التعداد (**Population Inversion**) أي جعل عدد الذرات المثارة في مادة الليزر أكبر من عدد الذرات غير المثارة. قلب التعداد هو الذي يجعل الضوء الذي تنتجه المادة ليزراً وإذا لم نصل إلى مرحلة انقلاب التعداد نحصل على ضوء عادي. وكما امتصت الإلكترونات طاقة كبيرة من خلال عملية الضخ فإن الإلكترونات هذه تطلق الطاقة التي امتصتها في صورة فوتونات ضوئية. الفوتونات المنبعثة لها طول موجي محدد (ضوء بلون محدد) يعتمد على فرق مستويات الطاقة التي انتقلت بينها الإلكترونات المثارة. وإذا كان الانتقال لكافة الإلكترونات بين مستويين طاقة محددين كما هو موضح بالشكل أدناه فإن كل الفوتونات المنبعثة سيكون لها نفس الطول الموجي.

في الليزر الياقوتي تكون بشكل أنبوب زجاجي حلزوني رفيع من معدن الكزينون وتومض الإشارة الضوئية فيه بسبب حدوث تفريغ كهربائي للتيار المار في الغاز الموجود فيه, وللومضة الضوئية الصادرة عنه فترة زمنية هي جزء بالألف من الثانية الواحدة, وهذه الفترة كافية لإثارة شوارد الكروم Cr_3 لسوية طاقة عالية بحيث يؤدي ذلك لحدوث انعكاس جماهيري للذرات.

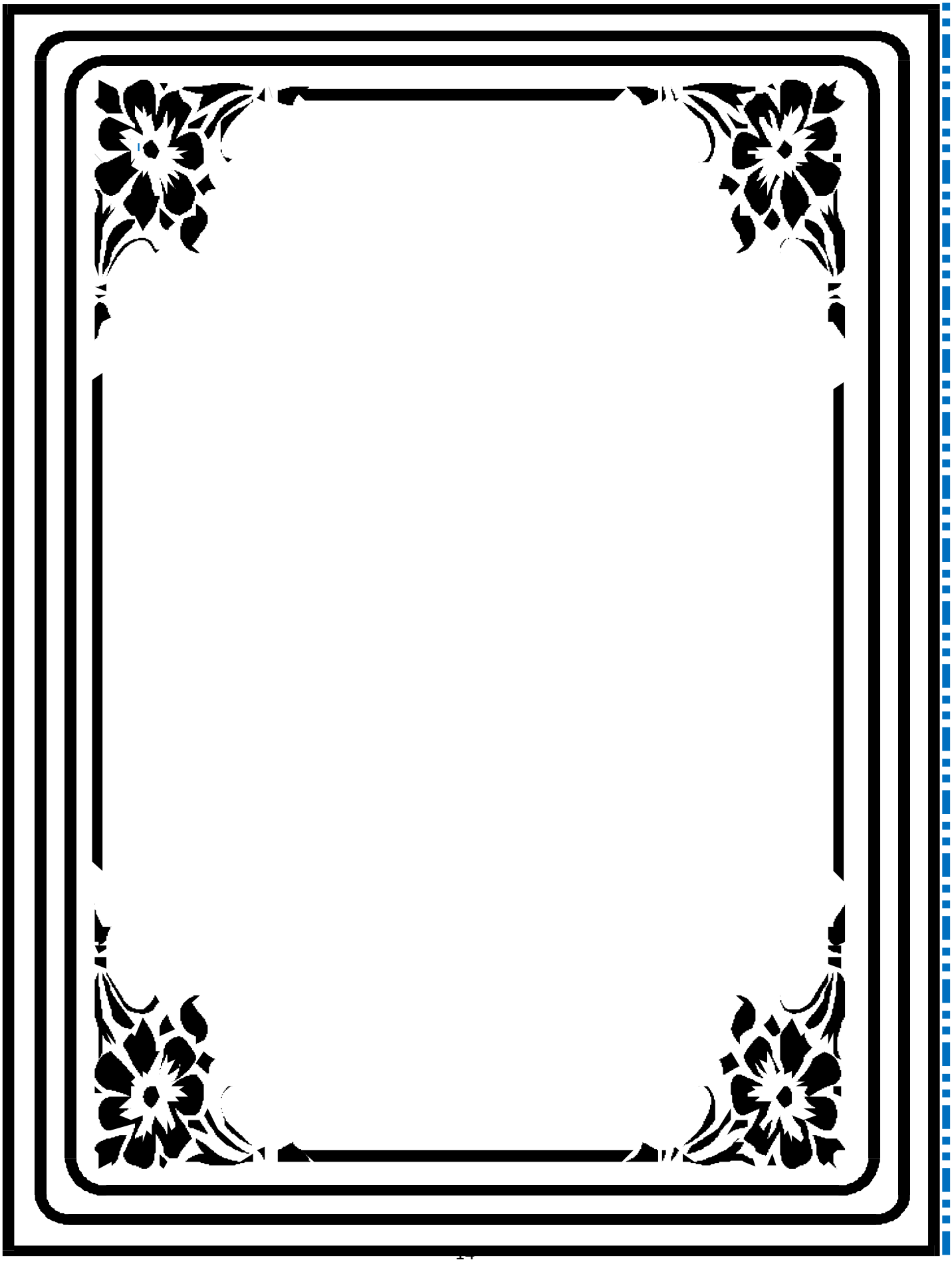


شكل (1-10) يوضح الوسط الفعال[4].

3- **المرنان (resonator):**

وهـو عبـارة عـن مرآتيـن متقابلتيـن مسـتويتين أو كرويتيـن مقعرتيـن وتوضعـان متقابلتـان توضـع بينهمـا المـادة الفعالـة والوجـه العاكـس لهمـا يكـون نحـو الداخـل أي باتجـاه المـادة الفعالـة، وهـذا الترتيـب يقـوم بعمليـة تضخيـم وتكبيـر وتنميـة الإشعاع المحثـوث بطريـق التغذيـة الراجعـة وينشـأ عـن ذلـك مـا يسـمى بموجـة مسـتقرة ليزريـة ذات تواتـر (لـون) واحـد . وعـادة تجعـل انعكاسـية إحـدى المرآتيـن عاكسـة 100 % والأخرى عاكسـة أقـل مـن 100 % وينتـج عـن ذلـك بـأن لهـا نفوذيـة يخـرج منهـا شـعاع الليـزر. تسـاعد المرايـا علـى عكـس بعـض الفوتونـات إلـى داخـل مـادة الليـزر عـدة مـرات لتعمـل هـذه الفوتونـات علـى تحفيـز الكترونـات مثـارة أخـرى لتطلـق مزيـدا مـن الفوتونـات بنفس الطـول الموجـي ونفس الطـور، وهـذه هـي عمليـة تضخيـم الضـوء (**light Amplification**) . لكـي يأخـذ الإشعاع المنبعـث تذبذبـه الصحيـح (أي أن طـول المسـار البصـري يسـاوي أعـدادا صحيحـة مـن أنصـاف طـول الموجـة المسـتعمل) فيحـدث التداخـل البنـاء للحصـول علـى حزمـة مـن أشـعة الليـزر ذات اتجاهيـة عاليـة.

4- **الضوء المرشد (Guide):** يسـتخدم فـي حالـة إشـعاع الليـزر فـي منطقـة ضوئيـة غيـر مرئيـة مثـل الأشعة البنفسجية والحمراء.



2-1- المقدمة

يتمتع ليزر الصبغه بخاصيه فريدة , في أمكانية الحصول من وسائطه المختلفه, على مدى طيفي واسع يمتد من المنطقه فوق البنفسجيه الى المنطقه تحت الحمراء والحصول على اطوال موجيه ليزريه (Tuning) القريبه , وبالتالي يمكن توليفه عديده جعلت منه المصدر المثالي للدراسات الطيفيه . أن الصبغه العضويه هي انظمه جزيئيه كبيره ومعقده , تحتوي على اواصر مزدوجه مترافقه وتمتلك عادة حزم امتصاص قوية في , (Conjugated Double Bonds) المنطقة المرئيه وفوق البنفسجيه من الطيف , وعندما تثار بضوء ذي طول موجي ملائم , تظهر أطياف التفلور ضمن نطاق واسع وشديد , أي ان هذه الصبغه لها امكانية اظهار الفعل الليزري عند الاطوال الموجيه التفلوريه . ان الصبغات المستعمله في الوسط الليزري , تكون بشكل عام في حالة سائلة , وان السيطره على الوسط الفعال في هذه الحاله صعب جدا, لذلك فأن استبدال الوسط الفعال السائل بوسط فعال صلب , هو اكثر ملائمه. فالوسط الفعال في ليزر الصبغه العضويه هو عبارة عن ماده متفلوره عضويه ,ومن المواد المستخدمه كوسط فعال في هذا البحث مادة رودامين وتشكل هذه المادة الوانها من انطقة امتصاصية قوية تقعB(Rhodamine B) , في منطقة الاشعه المرئيه , وتتم اثارة هذه المادة بواسطة الضخ البصري. اما الاشاره الخارجه من ليزر الصبغه فهي عباره عن نبضه قصيرة ذات محتويات

طيفيه واسعه , وتتم اثارة هذه الليزرات بواسطة المصابيح الوميضيه المصممه خاصة لأنتاج قدرة خارجه عاليه , وذات فترة زمنيه قصيرة لبناء النبضه . اضافة الى ذلك فأن ليزر الصبغه يمتلك كفائة تحويليه عاليه لذلك يمكن الحصول منه على نبضات قصيره حيث أن[5]-:

$$gain^{\gamma} = \frac{1}{\tau} \qquad \text{..... (1-2)}$$

γ : الكسب

τ: زمن النبضه

حيث يمكن ان تصل هذه النبضات الى النانو ثانية10^{9} والبيكو ثانيه 10^{12} م لذا فأن ليزر الصبغه سوف يقضي على كثير من المعوقات التي تقف امام الدراسات الطيفيه التي تحتاج الى قدرة تحليل عاليه , وفي الاخص في مجال تخصيب العناصر , وفصل النظائر وكذلك في المجالات الصناعية والطبية[5].

2-2- الامتصاص والفلورة الخطيه

الامتصاص والفلوره الخطيه من الظواهر المعروفه جدا في علم الفيزياء الضوئيه فالامتصاص يعرف بالقانون الاتي[6]:–

$$I = I_0 e^{-\varepsilon cd} \quad \text{..... (2-2)}$$

حيث

I_0 شدة الحزمه الضوئيه الساقطه :

I شدة الحزمه الضوئيه النافذه:

c التركيز:

ε معامل الاخماد المولاري:

d : سمك الماده

ان زيادة طاقة الضوء الساقط تزيد من قابلية أمتصاص المادة للضوء ومن ثم الانتقال الى مستويات طاقة متهيجة اعلى.

الأمتصاص الخطي (عملية أمتصاص فوتون واحد)لايعتمد على شدة الضوء الساقط لكن يعتمد على عدد او كثافة الجزيئات الماصة في المواد مشبعة الأمتصاص, وان معامل الأمتصاص (α) يقل عند زيادة طاقة الليزر حيث تصبح أغلب جزيئات المادة او جميعها في المستويات المتهيجة, ولما كانت شدة الضوء تقل أسياً مع زيادة عمق الاختراق (x) خلال العينة وفق العلاقة[6]-:

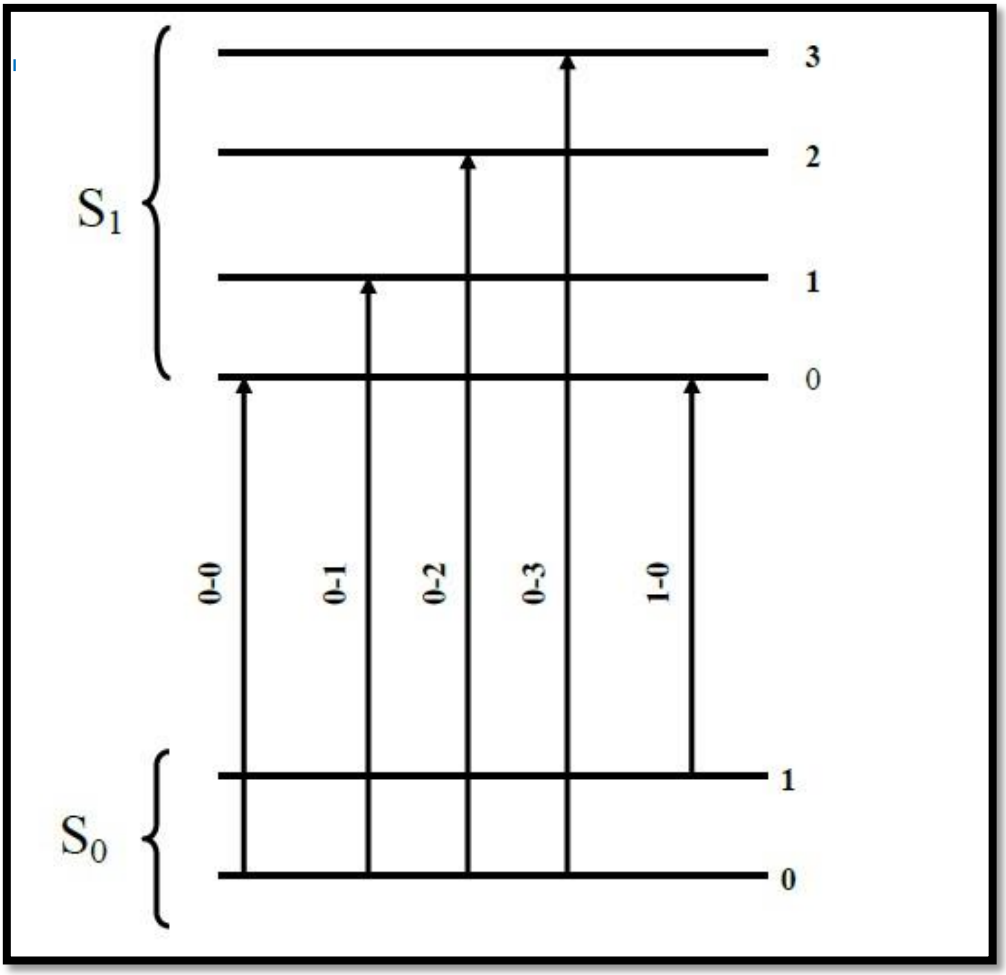
$$I = I_0 e^{-\alpha x} \quad \text{..... (3-2)}$$

ان مساحة المقطع العرضي للأمتصاص (a) له دور في زيادة الأمتصاصية ويعتمد على كثافة الجزيئات الماصة, ويعرف على انه النسبة بين معامل الأمتصاص (α) والكثافة العددية للجزيئات (N).عند سقوط حزمة من ضوء على مادة ما فان الفوتونات الساقطة ستمتص من الجزيئة, وان الالكترون الموجود في المستوى ألاحادي الارضي لهذه الجزيئة سوف ينتقل الى مستويات أهتزازية متهيجة. ان هذا الأمتصاص يحدث اذا كان الفارق بين المستويين الارضي وأحد المستويات المتهيجة متطابق مع طاقة الفوتون الساقط وان أعظم أمتصاص يحدث اذا كان فارق الطاقة بين هذين المستوين ΔE مساوياً الى طاقة الفوتون الساقط[7]:

$$\Delta E = h\upsilon = h\frac{c}{\lambda} \quad \text{..... (4-2)}$$

ΔE فرق الطاقة بين المستويين, h ثابت بلانك, υ تردد الفوتون الممتص.

الشكل (2-1) يبين الانتقالات الالكترونية الاهتززية (Vibronis transitions) من الحالة الارضية الى المستوي المتهيج الاول. كذلك يبين الانتقال من المستوي الاهتزازي الاول و الذي يمثل انتقال الجزيئات المهيجة حراريا قبل التهييج الضوئي والذي يسمى بالحزمة الساخنة.

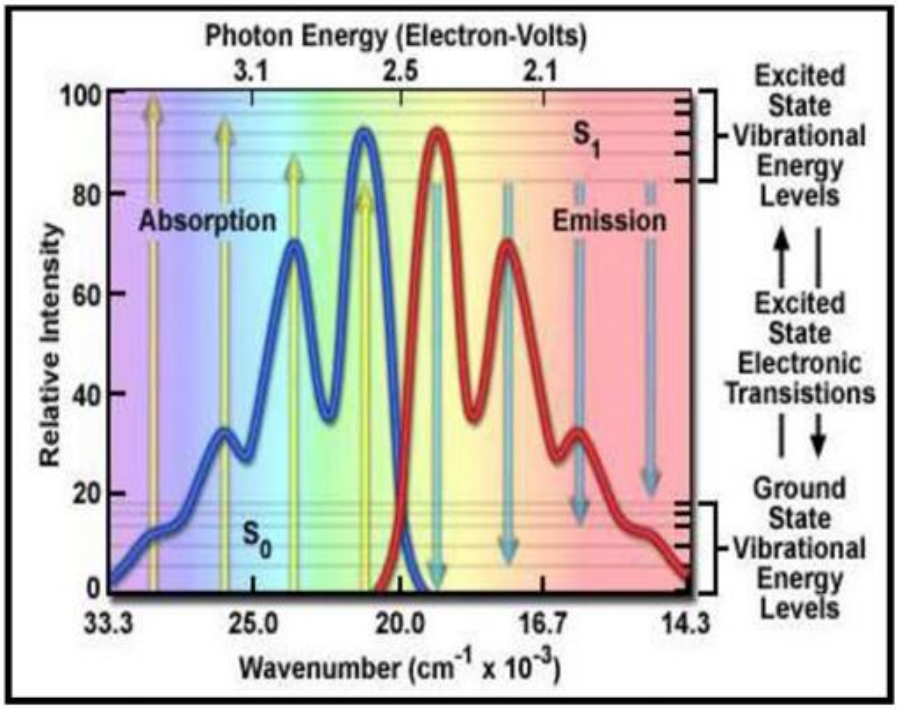


الشكل (2-1) يبين الانتقالات الالكترونية الاهتززية[7]

بعد ان أصبح الالكترون في مستوي متهيج علوي لابد ان يعود الى الحالة الاكثر أستقراراً أي الى المستوى الاقل تهيجاً لذا فانه سوف يبدأ بالتحلل غير الاشعاعي عن طريق عملية أسترخاء حراري(Thermal Relaxation) يطلق عليها بالتحول الداخلي(Internal Conversion) للوصول الى اوطأ مستوى أهتزازي متهيج للمستوى S_1 وهو المستوى المتهيج ألاحادي الاول , فلو كان هناك فوتون آخر موجود فانه من ممكن ان نحفز هذا الالكترون للنزول الى المستوى الاحادي الارضي مما يسبب عودة النظام الى الحالة المستقرة الارضية وبعث فوتون له نفس الطور والطول الموجي بوصفه فوتوناً محفزاً[8].

ان الطاقة المنبعثة سوف تكون أقل من الطاقة الممتصة بسبب الفقدان غير الاشعاعي. ان فارق الطاقة بين طاقة الفوتونات الممتصة وفوتونات الانبعاث يطلق عليها أنحراف ستوك ونتيجة لهذه العمليات فان الطول الموجي للانبعاث سيكون أطول من الطول الموجي للأمتصاص؛ أي انه سيزاح أزاحة حمراء مقارنة بالأمتصاص[9].

ان طيف الأمتصاص ما هو الا بصمة أبهام الانتقال من المستويات ألاهتزازية الارضية S_0 الى المستويات ألاهتزازية المتهيجة S_p , حيث p يمثل عدد صحيح) 4,3,2,1 .....الخ (وحينما يكون التداخل بالدوال الموجية للمستويات ألاهتزازية S_p كبيراً فان ذلك يؤدي الى زيادة قابلية الامتصاص , وان التشابه في منحنيات S ,$_0S_p$, يؤدي الى التناظر(Mirror-Image) في اطياف الامتصاص والانبعاث [6] كما موضح بالشكل (2-2).



الشكل (2-2) تناضر طيفي الامتصاص والانبعاث[6].

2-3- الفلوره

ان تهيج الذره أي اعطاءها طاقه عن طريق عملية الامتصاص للفوتونات او الطاقه الحراريه او أي شكل اخر من اشكال الطاقه سيؤدي بالجزيئه الى الانتقال الى مستويات متهيجه كما بينا ذلك سابقا , وأن الطبيعه تنزع بأستمرار للاستقرار ؛ لذا فأن هذا سوف يؤدي بهذه الجزيئه المتهيجه الى ان تعود الى حالتها

السابقه هذه العوده يمكن حدوثها عن طريق عمليات لا أشعاعيه(Non Radiative Processes) أو بعمليات اشعاعيه(Radiative Processes) كما هو معروف[10,11].

الجزيئه الموجوده في المستويات الأهتزازيه المتهيجه للمستوى الأحادي الاول S_1تطلق الطاقه بعمليات أسترخاء حراري للوصول الى اوطأ مستوى اهتزازي للمستوى الأحادي الاول S_1. التألق هنا يحدث بأنتقال اشعاعي بين اوطأ مستوى اهتزازي للمستوى الاحادي الاول S_1والمستويات الاهتزازيه للمستوى الأرضي S_0 ومن ثم ينبعث فوتون لتعود الجزيئه مستقره في المستوى الاحادي الارضيS_1.

أن حدوث العمليات غيرالأشعاعيه بعد عملية الأمتصاص يؤدي الى فقدان طاقه , وهذا الفقدان سينعكس على صورة التألق اذ ان تردد الفوتون المنبعث سيكون اقل من تردد الفوتون الممتص ومن ثم فأن هناك ازاحة حمراء(Red Shift) من طيف الانبعاث مقارنه بطيف الامتصاص [12].

2-3- عمليات كبت الفلورة: -

هناك مجموعة من العمليات الداخلية التي تؤثر وتكبت عملية العودة الى المستوى الارضي للجزيئات المتهيجة بشكل تألق, ومن ثم فاننا سنحصل على أنبعاث وسلوك يختلف عن السلوك الحقيقي للجزيئة و تكون هذه العمليات بعدة انواع تصنف حسب السبب القائم وراء عملية الكبت[13].

2-3-1- الكبت الناشئ عن الشوائب

هذا النوع من الكبت يؤدي الى كبت طاقة التهيج في الحالة المتهيجة الاحادية S_1 ويعززعملية العبور البيني والتحول الداخلي. كلما زاد تركيز الشوائب:

$$^1M^* + Q \xrightarrow{K_Q[Q]} Products \quad \ldots\ldots(3\text{-}4)$$

ومن ثم فان مواصفات التألق سوف تتغير, على سبيل المثال زمن عمر التألق سيقل. يعد الاوكسجين كابتًا جيدًا وله تأثير مغناطيسي كونها أي جزيئة الاوكسجين جزيئة بارامغناطيسية لها مستوى واطيء ثلاثي التعدد. ان عملية الكبت ستؤدي الى تقليل الناتج الكمي أيضاً.

ان عملية التخلص من الاوكسجين مما بيناه سابقا تكون مهمة, وان الباحثين أهتموا بالتخلص من الاوكسجين خارج العينات بعدة طرائق منها: التجميد مع التفريغ المتعاقبين اوأخراج الاوكسجين عن طريق أمرار غاز مثل النتروجين او أي غاز آخر لا يؤثر في الفلورة[6].

2-3-2- الكبت الناشئ عن الامتصاص الذاتي

من المعروف ان أغلب المركبات الليزرية التي تعتمد كوسط فعال في ليزرات الصبغة،تمتلك تداخل كبير بين حزمة الأمتصاص والانبعاث وهذا التداخل يؤدي بالتالي الى أمتصاص جزء من الفوتونات المنبعثة قبل خروجها خارج العينة, وهذه العملية يطلق عليها بالأمتصاص الذاتي [13].

عملية الأمتصاص الذاتي تغير مواصفات حزمة الانبعاث بشكل تألق كليا , وان من النقاط المهمة في دراسة أية جزيئة لاختيارها بوصفها وسطا ليزريا هو كفاءتها الكمية وزمن عمرها, وكما هو معروف فأننا نحتاج الى زمن عمر قصير وكفاءة كمية عالية, ان تأثير الأمتصاص الذاتي يقلل الكفاءة الكمية ويزيد زمن العمر, ان أنخفاض الكفاءة الكمية يرافقه أنخفاض في شدة حزمة الفلورة فضلا عن ظهور حزمة ذات نطاق عريض خالية من التراكيب ألاهتزازية. يمكن تقليل تأثير الأمتصاص الذاتي عن طريق أستخدام محاليل ذات تراكيز مخففة, او تسجيل طيف الانبعاث بطريقة الانعكاس[6].

2-3-3- الكبت الناشئ عن التركيز

لقد وجد عمليا ان زيادة التركيز في المحاليل الجزيئية يؤدي الى أنخفاض كفاءة الجزيئة الكمية, وتغير زمن العمر, وظهور حزمة عريضة عند الاطوال الموجية الطويلة خالية من التراكيب ألاهتزازية. ان تفسير هذه الظاهرة يكمن في ان زيادة التركيز يؤدي الى تفاعل جزيئة متهيجة مع جزيئة أخرى غير متهيجة مكونة نظام يطلق عليه بالاكسايمر أي ثنائي الجزيئة المتهيج, وهذا النظام يكون مستقرا في الحالة المتهيجة[14].

ربما يكون هناك أكثر من هذا الثنائي فقد يكون ثلاثياً او أكثر من المعقدات الجزيئة, ومثل هذه المعقدات ستؤدي الى ظهور حزم في مناطق مختلفة عند الاطوال الموجية الطويلة، فعلى سبيل المثال ان جزيئة البايرين تعطي طيف أنبعاث 380 نانومتر ولكن ثنائي الجزيئة المعقد يظهر عند الطول الموجي 480 نانومتر وهكذا لأنواع المعقدات الجزيئية جميعا ، وان هذه الحزم تبدو أكثر وضوحاً عند زيادة التركيز يصاحبها أنخفاض واضح في حزمة التألق حتى اننا نجد حزمة التألق تختفي عند وصولنا الى تراكيز عالية[6].

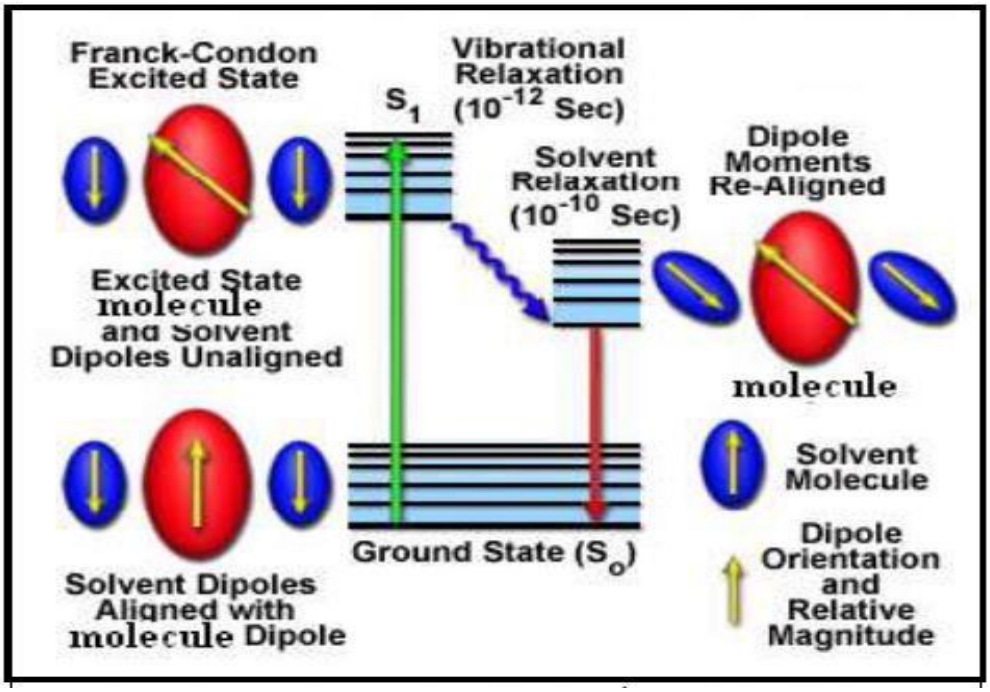
2-3-4- الكبت الناشئ عن التجمع الجزيئي في جزيئات الصبغة

ان المعروف عن الصبغات الليزرية منذ سنوات بعيدة في ليزر الصبغة ان محلول الصبغات المائي ينحرف بسلوكه عن قانون(Beer-Lambert) , وان هذا الانحراف عن سلوك القانون العام فسر على أساس تكون المعقدات الجزيئية.

يمكن دراسة عمليات التجمع الجزيئي للصبغات عن طريق قياس وحساب معامل الاخماد المولاري(Molar Extinction Coefficient) مع تغير تركيز الصبغات. التغيرات الطبيعية الناشئة عن عمليات التجمع الجزيئي للصبغات تعتمد على كثير من العوامل المرتبطة بصفات الجزيئة المنفصلة, وان درجة تغير الطيف لاتعطى مؤشرا مباشرا عن درجة التجمع. أفترض هنالك مجموعة من العوامل المسؤولة عن التجمعات في جزيئات الصبغات, ربما ان هناك قوة ناشئةعن تفاعل الكروموفور تلعب دورا مهما في العملية اوالآصرة الهيدروجينية في جزيئات الصبغة والتفاعلات الأيونية[12].

2-3-5- الكبت الناشئ عن المذيب

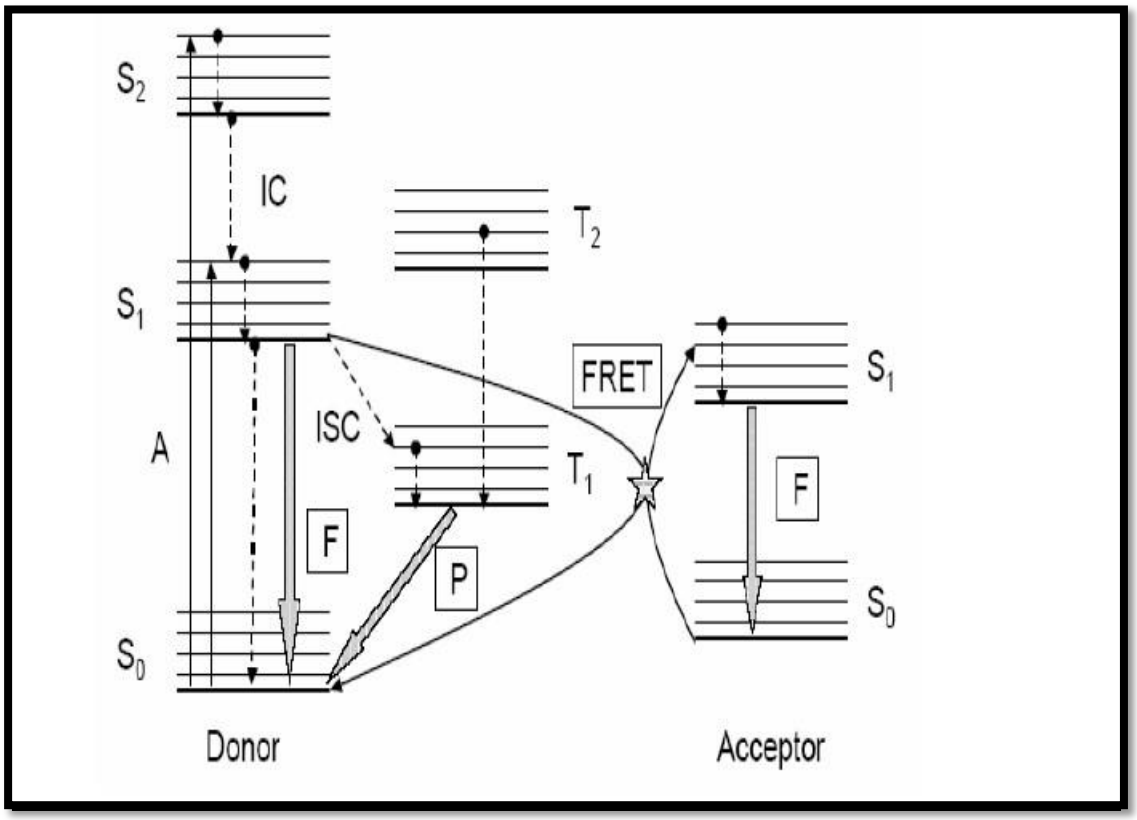
هناك صورتان يمكن تمييزهما في طيف أية جزيئة هما التعريض الناشيء عن تفاعل المذيب مع المذاب وأزاحة ستوك أي عدم تطابق حزمتي الأمتصاص نتيجة لتأثيرات الاذابة. ان طيف تألق أغلب الجزيئات والانبعاث عند حزمة (0-0) العطرية ومنها مركباتنا الليزرية (الصبغات) وموقعها يتأثر بشكل كبير بنوع المذيب. الشكل(2-3) يوضح تأثير المذيب على الخواص الطيفية للمادة الباعثة للفلورة[15].



الشكل(2-3) يوضح تأثير المذيب على الخواص الطيفية للمادة الباعثة للفلورة[15].

2-3-6- الكبت الناشئ عن أنتقال الطاقة

هذه ميكانيكية اخرى للكبت تؤدي الى كبت الحاله المتهيجه الاحاديه فضلا عن الحاله المتهيجه الثلاثيه على السواء . هذه الميكانيكيه تحدث عندما يكون للجزيئه الكابته مستوى طاقه مساوٍ او اقل من مستوى طاقة الجزيئه المكبوته . هذا النوع من الكبت يكون واضحا في العينات السائله حيث تكون الجزيئه المتهيجه والكابته قريبيتين من بعضهما البعض ويكون زمن الانتشار(Diffusion Time) بينهما اقل من زمن عمر المستوى المتهيج[15].

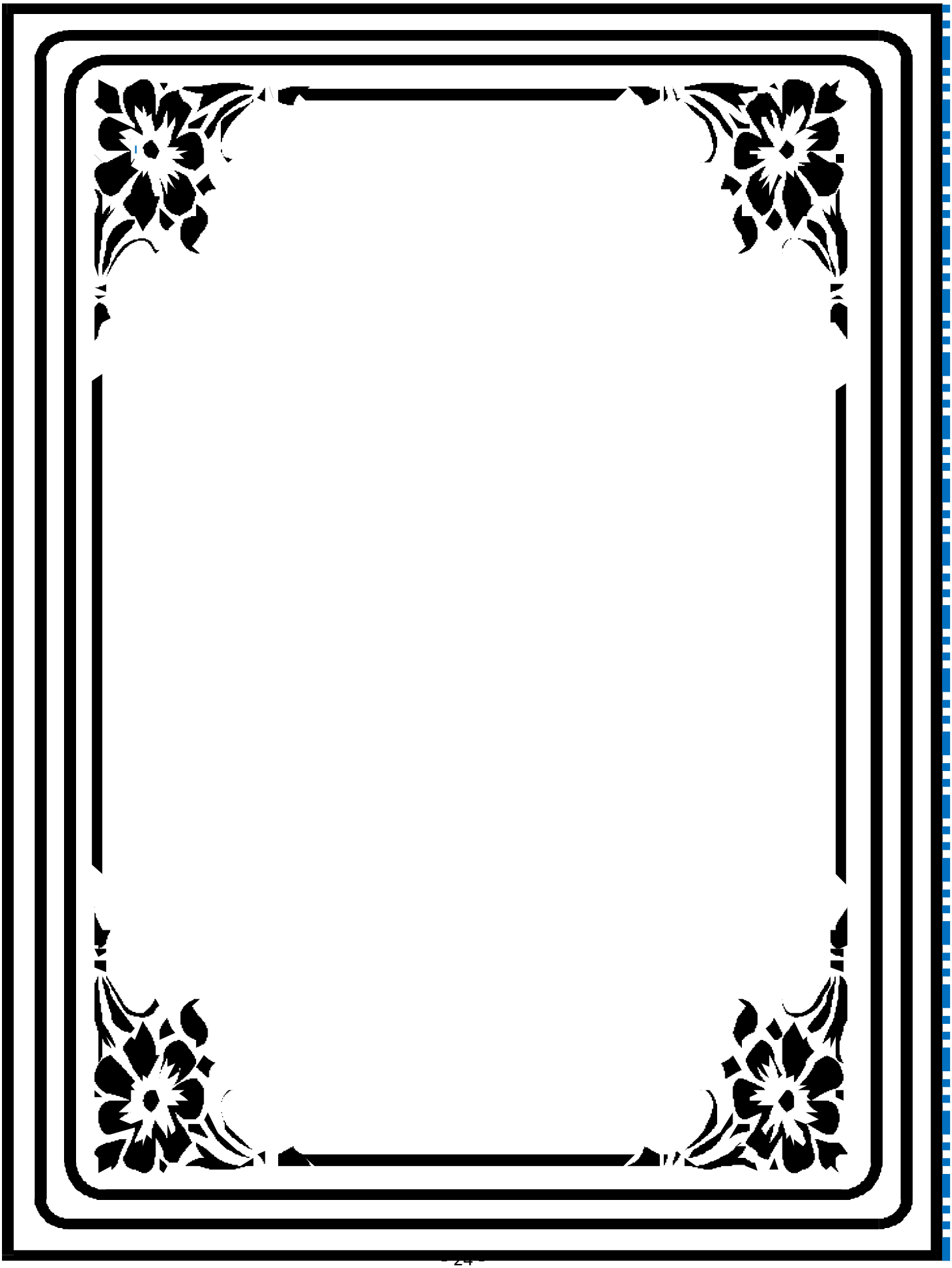


الشكل (2-4) يوضح ميكانيكية أنتقال الطاقة بين الجزيئة المتهيجة والكابتة[15].

ان انتقال الطاقه يحدث بين الجزيئه المتهيجه ($M1^{1*}$) والجزيئه الكابته (y^1) على وفق المعادله:

$$({}^1M^* + {}^1\mathrm{y} \rightarrow {}^1\mathrm{M} + {}^1y^*) \qquad .....(5\text{-}3)$$

يعتمد معدل حدوث هذا النوع من الكبت على تركيز الكابت المولاري y^1. ان أنتقال الطاقة هنا يحدث أما بطريقة أشعاعية اوغيرأشعاعية, وان كبت أنتقال الطاقة يؤدي الى تغير زمن عمر الحالة والناتج الكمي. للتخلص من هذا النوع من الكبت وجب علينا أستخدام مذيبات وجزيئات صبغة عالية النقاوة لكي يتسنى لنا الخلاص من هذا النوع من الكبت او أستخدام أسلوب التنقية[6].



1-3- المقدمة

تستخدم أشعة الليزر بمختلددف أنواعها في الجراحة وفي مجال طب الأسنان وطب العيون والأمراض الجلدية. ففي مجال طب وجراحة العيون يستخدم الليزر في علاج العتمات السطحية للقرنية وفي علاج العيوب الانكسارية للعين كقصر النظر وطول النظر وإلاستجماتيزم وذلك عن طريق العديد من التقنيات أهمها تقنية الليزك(**LASIK**) وتقنية اللازك **(LASEK)** وغالباً ما يستخدم ليزر إلاكسايمر **(Excimer)** في هذا النوع من العلاج بسبب قصر طول موجته وصغر قطر شعاعه. وتستخدم كذلك في علاج المياه البيضاء والزرقاء في العين من خلال إجراء ثقوب صغيرة جداًفي قزحية العين يعمل على تصريف هذه المياه والتخفيف من ضغط العين. ويستخدم الليزر في علاج أمراض الشبكية الناتجة عن مرض السكري أو غيره من الأمراض كوقف نزيف الشبكية من خلال كي نهايات الأوعية الدموية وكذلك وقف انفصال الشبكية عن الملتحمة من خلال كيها باستخدام ليزر الأرغون.

في الجراحة يتم استخدام شعاع الليزر كمشرط في العمليات الجراحية حيث يتميز بدقته العالية إلى جانب عدم حدوث أي نزيف في مكان الجرح بسبب قيامه بلحام النهايات الطرفية للشعيرات الدموية ويستخدم كذلك بإزالة الأورام بمختلف أنواعها من خلال تبخيرها بدلا من استئصالها بالمشرط مما يقلل من الضرر على الأنسجة السليمة المحيطة بها وخاصة في الأعضاء الحساسة كالدماغ والكبد والعيون. ومن أنواع الليزر المستخدمة في هذا المجال ليزر ثاني أكسيد الكربون والأرغون.

في طب الأسنان يستخدم الليزر لحفر الأسنان بشكل بالغ الدقة وكذلك لتنظيف أسطحها. وفي الأمراض الجلدية يستخدم الليزر لإزالة البثور وحب الشباب والتجاعيد والوحمات والنمش وآثار الحروق والوشم والشعر الزائد وفي معالجة بعض الأمراض الجلدية كالبهاق والصدفية. ويستخدم الليزر في تفتيت حصى الكلى والمرارة وإزالة الأورام في داخل أعضاء جسم الإنسان وذلك من خلال نقل شعاعه بواسطة ألياف زجاجية دقيقة يمكن إدخالها بكل سهولة في التجويفات والمسالك والأوعية أو من خلال ثقوب صغيرة يتم فتحها في جلد الجسم [16].

3-2-الليزر في الجراحة :

اثبت الليزركفاءه عاليه في الجراحه بصوره عامه و في الجراحه الدقيقه بصوره خاصه وتكمن فعاليته من وجهه النظر الطبيه في طاقته الحراريه العاليه و المتركزه في قطر ضيق جدا وحتى نتعرف على اهميه الليزر في الطب والجراحة وتقليل هدم الانسجه بهدف الألتئام السريع تمتص المواد العضويه بالخليه الحية حزمه ليزر ثاني الكربون عند تركيزها على الانسجة .يؤدي ذلك الى ارتفاع درجه حراره ماء الخليه الداخلي والخارجي الممتص لطاقة الحزمة الى 100 م وبذلك يسهل قطع الانسجه المراد ازالتها علما بان التاثير على الانسجه المحيط لا يزيد قطره عن 100 مايكرون من نقطة الاتصال مما يجعل فترة الالتئام قصيرة وبالتالي مدة اقل من العناية بعد الجراحة وتستخدم الاشعة في العمليات الجراحية التي يصاحبها قطع الكثير من الاوعية الدموية كما هي الحال في جراحة المعدة والكبد والرئة ويكون للشعاع الليزري عملان في ان واحد هما القطع وتخثير الدماء في النهايات المفتوحة ليتسنى للجراح الاهتمام بالعملية دون إضاعة الوقت في وقف النزيف الدموي لا تتاثر الخلايا القريبة من نقاط تماس الشعاع وذلك لان شريط القطع يكون ضيقا بعد تركيز شعاع الليزر بعدسات خاصة ليكون قطر الشعاع صغيرا جدا مما يجعل استرجاع حيوية الخلايا المقطوعة سريع .

شعاع الليزر قادر على غلق نهايات الاعصاب الدقيقة المقطوعة بسبب الجراحة ويؤدي هذا الى تخفيف الالام لدرجة تنتفي معها الحاجة أحيانا الى التخدير كما هو الحال في علاج العيون ويستطيع مستخدم جهاز الليزر السيطرة الكاملة على عمق اختراق الحزمة الليزرية والتي بدورها تعتمد على قدرة الليزر ومدة التعرض وبالاستعانة بالمجهر يستطيع الجراح التحكم في موقع الحزمة بدقة ولكون الليزر يعمل من مسافة فهذا يعطي للجراح مجال رؤية اكبر .احتمال الخطأ عند التعامل مع الأجزاء الحساسة في الدماغ والحبل الشوكي يكون معدوما والخطأ سابقا ينشأ نتيجة لاهتزاز يد الجراح لكن مع الليزر يعين الجراح مسبقا منطقة سقوط الاشعة وبعدها يطلق الاشعة لتصيب الخلايا بدقة ولا وجود لخطورة الحركة الميكانيكية للخلايا الحية التي تنتج عن الضغط وذلك بسبب انعدام الضغط عند استخدام شعاع الليزر ويمكن نقل طاقة الاشعة عن طريق الالياف البصرية وتوصيلها الى المناطق الداخلية المصابة من الجسم وبالتالي علاجها وتعالج بعض حالات انسداد الشرايين بهذه الطريقة ولا خطورة من التلوث لعدم وجود ملامسة بين أدوات الجراحة والانسجة التي يتم علاجها بالإضافة الى ان شعاع الليزر قادر على تبخير الجراثيم المرضية القريبة من موقع الجراحة[17]

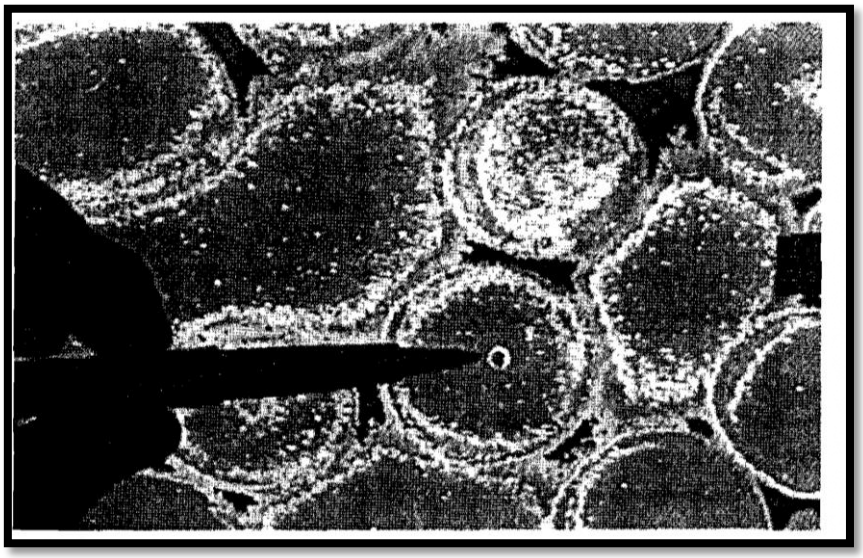
.

هناك عدة أدوات جراحية ليزرية مستخدمة في الوقت الحالي منها [17]:

- **مقصات ليزرية**

ان الحزم الضوئية المركزة والنقية والمعروفة بالليزرات صارت مكونات نموذجية في أجهزة شائعة مثل الات تشغيل الأقراص المدمجة والطابعات وان شيوع هذه الليزرات في حياتنا اليومية لا يعني ان اداءها قد اقتصر على الاعمال المألوفة اذ يمكننا تصور تركيز حزمة بشكل محدد اوتركيب معين داخل أي خلية حية شكل (3-1) وان الحزمة تستطيع حقا الإمساك بذلك الكيان المتناهي في الصغر وتثبيت حركته بينما تعمل هذه الحزمة كملقط فأن بوسع حزمة ثانية تعمل كمقص او كمشرط لاجراء جراحة دقيقة .

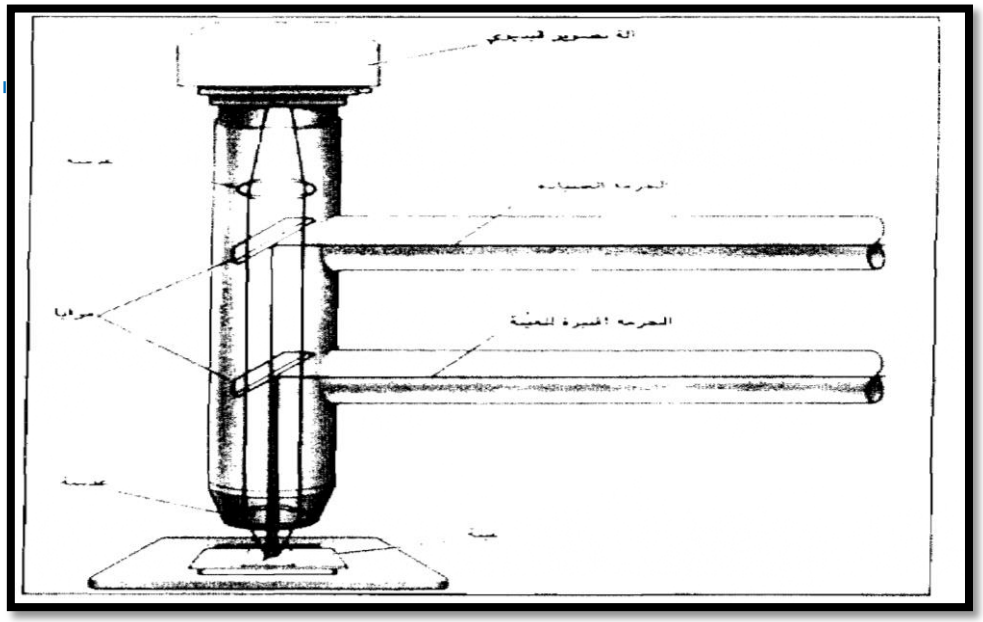
ظهرت مقصات الليزر أولا فقبل نحو ثلاث حقب زمنية من عام 1998م اقترح بيرنز مع راوندز اثناء عملهما في مؤسسة باسادينا للبحوث الطبية امكان استخدام الليزرات في دراسة بنيان الخلايا والعضيات واستقصاء وظائفها .في السنوات التي أعقبت بدء الدراسة وجد بيرنز مع زملائه انه بالإمكان استخدام مقصات الليزر في دراسة عضيات نووية مثل الصبغيات والتدخل حتى اثناء الطور المغزلي لانقسام الصبغيات (الكروموسومات)خلال عملية الانقسام الخلوي الدقيقة وقد يسرت الليزرات أيضا دراسة مكونات مثل الميتوكندريات وهي محطات الطاقة في الخلية وغيرها من العضيات وعلى الرغم من معرفة العلماء الدقيقة بكيفية احداث الليزرات للتغيرات المحددة في مكونات الخلية فأن بوسعهم احداث تغيرات معينة مطلوبة مرارا وتكرارا دون تعريض الخلية للخطر .



شكل (3-1):ثقب حفرته اشعه الليزر في خلية دموية حمراء [17].

واظهرت لنا الأدوات البايلوجية التقليدية مثل المجهر الضوئي والمجهر الالكتروني شكل (3-2) ان بوسع مقصات الليزر احداث تغيير معين في صبغى ما موجود في أعماق الخلية وقد بينت الأبحاث المبكرة ان بوسع المقصات إيقاف نشاط جزء مختار من صبغى ما في الخلايا المنقسمة وهو على وجه التحديد منطقة تحتوي على جينات او مورثات تتحكم في بناء عضية نووية تعرف باسم (النوية) علاوة على ذلك يستمر التغيير الذي حدث في سلالات الخلايا التي نتجت بواسطة استنساخ تلك الخلايا فقد امتلكت جميعها نسخة خاملة من الجينات في المنطقة نفسها .

في جميع تطبيقات مقصات الليزر يحتاج الباحثون الى توخى الدقة والانتقائية وتعنى الدقة توجيه حزمة الليزر الى النقطة المستهدفة بدقة تامة اما الانتقائية فتتعلق باحداث تغيير متحكم به في الهدف وعدم الحاق ضرر بما يحيط به [17].



شكل (2-3):الملقط الضوئي الليزري [17].

ويمكن الوصول الى دقة مناسبة بفضل المستوى الرفيع للعناصر الضوئية للمجاهر الحديثة اذ تصنع العدسات الشيئية وتصقل بدقة كما تصحح لونيا ضمن الطيف المرئي بأكمله بحيث تتباعد اوتتجمع جميع الاطوال الموجية عند النقطة نفسها في الفضاء وفي احدث ما ينتج من العدسات الشيئية المغمورة في الزيت للمجاهر الضوئية وتسمى العدسة الشيئية الزيتية وهي عدسة ذات شكل نصف كروي ويواجه سطحها المستوى الشريحة الزجاجية التي وضعت عليها العينة ويبلغ تكبيرها مئة مرة ويمكن تحقيق الانتقائية أي التغير المتحكم فيه حسبما يتضح من التطبيقات التي تم تطويرها حتى الان وعلى الرغم من ذلك لايعلم الباحثون كيفية ضمان الانتقائية في كثير من التطبيقات الجديدة وعلى الرغم من وجود هذه المجاهيل فان بالإمكان اجراء عمليات استئصال ليزرية بالغة الدقة نحطم فيها مناطق معينة من الأهداف او يوقف نشاطها في أي مكان من المكونات الخلوية التي يمكن رؤيتها بواسطة المجهر الضوئي .

بالنسبة لغير المتخصصين في علم الفيزياء يبدو استخدام الضوء للامساك بشئ وتحريكه امرا غير معقول فكون الضوء قادرا على التسخين او الاحتراق او القياس او المعايرة يبقى امرا معقولا اما فكرة كون الضوء قوة يمكنها الإمساك بشئ وتحريكه فقد تبدو غريبة مع ذلك فالضوء عزم يمكن ان يقدمه للهدف الذي يبلغه وتكون القوى الناتجة بالغة الضالة بحيث يقصر ادراكنا الحسى عنها .

في منتصف الثمانينيات اكتشف اشكين ان حزمة ليزرية مستمرة الموجة منخفضة الطاقة (اقل من وات واحد) بوسعها القيام بصيد ضوئي لبكتيرات منفردة ولحيوانات وحيدة الخلية وقد بين هو ومعاونوه (مستخدمين

ليزر الارجون المتأين الأزرق المخضر ومن بعده ليزر الياج الذي يعمل في مجال الاشعة تحت الحمراء والذي تكون الخلايا اكثر شفافية بالنسبة اليه) امكان الإمساك بخلايا كاملة وكذلك بعضياتها وتحريكها حسب الطلب شكل (3-3) بعد ذلك تمكن شو الذي نال جائزة نوبل في الفيزياء عام 1997 م ومساعدوه في جامعة ستانفورد من توضيح ان بإمكان ملاقط الليزر الإمساك أيضا بالجزيئات اذ قاموا بربط حبيبات شفافة من البولي ستايرين بنهايات دنا (DNA) لولبي مكشوف ثم استخدموا قوى الصيد الضوئي في سحب الحبيبة ومط جزئ الدنا الى كامل طوله وتمكن مجموعة من العلماء في ايرفاين وهم كاهلان وترومبرك من استخدام ملاقط الليزر في تحليل العلاقة بين الشكل والوظيفية في الخلايا التائية الموجودة في الجهاز المناعي وتبين لهم ان تعريض الجزيئات الغريبة او مولدات الاضداد للخلايا البائية الموجودة في الجهاز المناعي يعمل على بدء سلسلة من التفاعلات التي تشمل ارتفاع في ايونات الكالسيوم في الخلايا التائية ويؤدي هذا الارتفاع الى تخصص الخلايا التائية وتكاثرها وهما امران حيويان بالنسبة الى المناعة .وللخلايا التائية مظهرا مستقطبا يحدده شكلها والاتجاه الذي تسلكه في زحفها وقد استخدمت ملاقط ليزرات التيتانيوم في صيد الخلايا البائية ووضعها عند نقاط مختلفة من سطح خلية تائية وعندما وضعت خلية بائية عند النهاية الخلفية لخلية تائية لم تحدث أي استجابة وانفصلت الخلية البائية عن الخلية التائية في غضون دقيقتين [18].

اما وضع خلية بائية عند الحافة المتقدمة للخلية التائية نفسها فقد سرع من ارتفاع تركيز ايونات الكالسيوم داخل الخلية مما يدل على ان سلسلة التفاعلات المتضمنة في الاستجابة كانت جارية فعلا .هذه النتيجة تتفق تماما مع فكرة كون الخلايا التائية وغيرها من خلايا الدم البيضاء تهاجر في اتجاهات معينة ويرجع ذلك جزئيا الى استجابتها لاشارات تتسلمها بواسطة مستقبلات موجودة على طرفها الامامي .

وتستطيع ملاقط الليزر صيد الخلايا المتحركة أيضا فقد امكن لمجموعة علماء في ايرفاين وهم تادير وسونك ورايت ان يبينوا لأول مرة ان بإمكان الملاقط الليزرية الإمساك بالخلايا المنوية البشرية ومعالجتها حسب الرغبة (29). تختلف حزم المقصات والملاقط بعضها عن بعض اختلافا بينا في مدتها وشدتها فبينما تستخدم الملاقط اشعة مستمرة ذات كثافة اشعاعية منخفضة ويتعين ان يكون الهدف شفافا بالنسبة لضوء الملاقط حتى تمر الحزمة من خلاله من دون ان يمتص منها قدر ملموس من الطاقة التي تتحول الى حرارة مخربة او حتى انها تولد مفاعيل ضوئية كيميائية ضارة وتشكل مقصات وملاقط الليزر أدوات قوية كل في حد ذاته [18].

شكل (4-3): بخلية الليزر يمكن الامساك بخلايا كاملة او بعضياتها وتحريكها حسب الطلب [18].

لكن الطرائق التي تستخدمها كلا منهما على حده او الاثنين معا تتيح اجراء عمليات اكثر حذقا وابداعا في مجال معالجة الخلايا وتغييرها ثم استخدمت مقصات وملاقط الليزر معا حيث تم استخدام ملقط الليزر الذي يعمل في مجال الاشعة تحت الحمراء لتحريك خليتي (ورم نخاعي) بشريتين ومقص ليزر النيتروجين النبضي ذا الضوء البنفسجي لقطع غشائي خليتين متلامستين بحيث اندمجت الخليتان في خلية هجينة واحدة تحتوي على جينومي الخليتين معا .

ان الربط بين مقصات وملاقط الليزر يتيح معالجة عضيات وخلايا كاملة على نحو لم يسبق له مثيل وأجريت بالتعاون بين العالمين (بيرنز) و(سالون) دراسات على مستوى العضيات باستخدام مقصات الليزر لقطع صبغيات في غمرة الانقسام الخلوي المتساوي او الخيطي ثم قاما باستعمال ملاقط الليزر في تحريك القطع داخل الخلية وكان الهدف دراسة القوى التي يبذلها مغزل الانقسام وهو الأداة الخلوية التي تسحب البغيات المتناسخة الى الطرفين المتقابلين من الخلية اثناء انقسامها.

- **مشارط ليزرية**

تشكل الليزرات مشارط جراحية من النوع الجيد لقدرتها على الانتقاء الفائق اكثر من كونها مجرد أدوات تقطع أي شيء تصادفه وتلك الخاصية هي التي تسمح لاشعته بالنفاذ الى داخل خلية ما او عضو معين في حين يبقى ظاهرهما سليما وهو ما لا يستطيعه أي مشرط جراحي اخر .

الفكرة الأساسية في استخدام الليزر كمشرط طبي تقوم على الاستفاده من الشعاع المستقيم ل(الليزر) ذي الانفراج الصغير والذي يمكن تركيزه الى نقطه صغيره بوساطة العدسات كما ان طاقة الشعاع تمتص بسرعة من قبل الماء في الخلايا والانسجة فتعمل الحرارة المتولدة على إزالة هذه الانسجة وتبخيرها .

ان عمق ومكان القطع المطلوب تحقيقه يعتمد على الطول الموجي ل (الليزر) المستخدم فقد أظهرت الأبحاث ان الليزر بطول موجي مرئي ينفذ لعمق اكبر نسبيا في الانسجة ولهذا فهو اقل استعمالا كمشرط فمثلا نبضات شعاع ليزر الياقوت بطول موجي مرئي ينفذ لعمق اكبر نسبيا في الانسجة ولهذا فهو اقل استعمالا كمشرط فمثلا نبضات شعاع ليزر الياقوت بطول موجي 0.623 تؤثر بشدة على العضو المعالج والانسجة السليمة الواقعة تحته ولهذا يفضل استخدام ليزرات باطوال موجية اعلى من 1.5 ميكرومتر لقطع الانسجة وبهذا ستكون منطقة التأثير محصورة ولا تتعدى منطقة القطع بكثير .وعند دمج الليزر مع الأجهزة المجهرية (الميكروسكوبية) يتمكن الجراح من أداء ادق العمليات .يمكن استخدام اشعة الليزر مع الالياف البصرية في اجراء جراحات داخل الجسم بكفاءة وامان .

يعتمد هذا على تقنيات الالياف البصرية التي أحدثت ثورة في رؤية أعضاء جسم الانسان الداخلية مما انعكس على دقة تشخيص وعلاج الامراض المختلفة هذه الالياف المرنة الدقيقة فتحت نافذة لرؤية الانسجة الحية اذ بإدخال الالياف من خلال الفتحات الطبيعية في جسم الانسان او من خلال فتحات صغيرة جراحية ودفعها خلال الممرات الموجودة في الجسم امكن للطبيب المعالج ان يرى الشعب الهوائية في الرئة وحجرات القلب وأجزاء أخرى لم تكن متناوله من قبل .كما يمكن اجراء جراحات داخل جسم الانسان عن طريق توجيه حزمه اشعه منبعثه من الليزر عبر الشعيرة البصرية وبفضل هذه الطريقة امكن توفير كثيرا من الإجراءات المعقدة التي كان يلجأ اليها الطبيب للوصول الى موقع المرض والتي كانت تسبب أحيانا عن طريق الخطأ في قطع انسجة سليمة .

- **المناظير الطبية**

كان المنظار الطبي اول تطبيق لتكنولوجيا الالياف البصرية في مجال الطب فهو جهاز للرؤية من خلال الالياف البصرية ويتكون من حزمتين من الالياف احدهما توفر الإضاءة وتحمل الضوء الى الانسجة والأخرى هي حزمة تكوين الصورة التي تنقل الصورة الى الراصد وتشمل حزمة حزمه الالياف البصرية في المنظار عشرة الاف شعيرة وسمك الحزمة كلها لايتعدى ملليمترا واحدا ويمكنها تكوين صور نقطية لاجسام عرضها يصل الى 70 ميكرونا ويمكن ادخال المنظار في الاوردة داخل ذراع الانسان.

كان اهم تطبيق للالياف البصرية في مجال الطب هو توفير طاقة ليزرية وادخالها داخل الجسم للعلاج او لاجراء الجراحات ويتوقف تفاعل اشعة الليزر مع انسجة الجسم على كل من الطول الموجي وشدة الاشعة حيث يتم امتصاص الضوء من قبل الانسجة بدرجة تختلف تبعا لطول الموجه ونسبة المواد الملونة مثل الهيموجلوبين والميلانين ويحدث جهاز الليزر الذي تنبعث منه اشعة ضئيلة القدرة تسخينا موضعيا يجلط الدم وعن طريق ذلك يقوم شعاع الليزر بلحم الانسجة واغلاق الجروح اما الاشعة الليزرية عالية القدرة فتعمل على إزالة الانسجة وفي اغلب الأحوال عن طريق تبخير الماء الداخل في تركيبها ومثل هذه الاشعة يمكنها اجراء

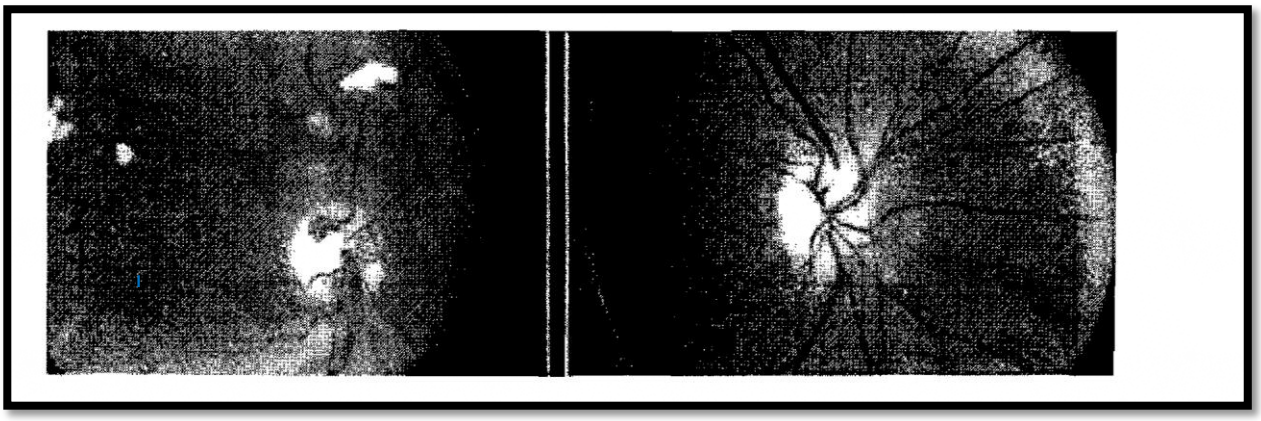
جراحة نظيفة يقل فيها نزيف الدم او يكاد ينعدم تماما وتصنع الالياف البصرية المستخدمة في نقل الصور والتشخيص من زجاج السليكا في حين ان الالياف البصرية المستخدمة مع الليزر تصنع من مادة الكوارتز[18].

- **الاندوسكوب او ما يسمى بجهاز المجواف**

يحتوي منظارا يعمل بالالياف الضوئية ومستشعرات ضوئية والة جراحية يمكن بواسطتها اخذ عينات من الأجزاء المصابة بالجسم ويصل قطر هذا الجهاز الى اقل من 2 ملليمتر وبه شعيرة لنقل اشعة الليزر .تستخدم المستشعرات في قياس ضغط الدم ودرجة الحرارة وسرعة تدفق الدم كما توجد شعيرة لضخ السوائل والغازات من خلالها ويتم ادخال المجواف في الاوعية الدموية وبذلك يمكن للطبيب ان يرى الانسداد وقياس سرعة تدفق الدم ويتم إيقاف تدفق الدم باستخدام بالون وبمرور اشعة الليزر خلال الشعيرة يتم تبخير الانسداد وضخ الغازات الناتجة من التبخير الى خارج الجسم وتقوم المستشعرات المتصلة بالحاسب الالي بتنبيه الطبيب عند وصول درجة التسخين الى درجة اعلى من المطلوب[17].

3-2-1-الليزر في الهندسة الوراثية

على الرغم من عدم المعرفة الدقيقة بكيفية احداث الليزرات للتغيرات المحددة في مكونات الخلية فانه بوسعنا احداث تغييرات معينة مرارا وتكرارا دون تعريض بنيان التركيب المستهدف اوبيئته لاى خطر فمثلا بوسع مقصات الليزر احداث تغيير معين في صبغى ما موجود في أعماق الخلية وقد بينت أبحاث مبكرة انه بوسع المقصات الليزرية إيقاف نشاط جزء مختار من صبغى ما في الخلايا المنقسمة وهي منطقة تحتوي على مورثات تتحكم في بناء عضية نووية هي (النوية) ويستمر التغيير الحادث في سلالات الخلايا التي نتجت بواسطة استنساخ تلك الخلايا فقد امتلكه جميعها نسخة خاملة من الجينات في المنطقة نفسها .وقد يكون التثقيب الضوئي أي احداث تثقيب بوساطة وسائل ضوئية مفيدا ومناسبا في المعالجات الجينية عموما وفي المعالجة الجينية الوراثية للنباتات خصوصا اذ تكون جدران الخلايا النباتية صلبة نسبيا اذا ما قورنت بالاغشية الخلوية للخلايا الحيوانية .ولقد تم استخدام التثقيب الضوئي لايلاج جينات في خلايا مفردة من نباتات الأرز وقد كونت هذه الخلايا التي تم تحويرها جينيا نباتات كاملة كانت كل خلية من خلاياها تحمل الجينات التي تم إدخالها وتعطي صفاتها وقد قام بهذه التجربة كل من (بيرنز) وزميله (لياتك) في جامعة كاليفورنيا (ايرفاين) وتثبت هذه التجارب اثباتا واضحا امكان استخدام مقصات الليزر في إضافة الجينات او في حذفها كما في الشكل ادناه .[18]



شكل (4-3):جهاز الكشف على سطح القرنية .

3-2-2-الليزر في جراحة الاوعية الدموية

غالبا ما تنشأ امراض القلب بسبب ترسبات الدهون في شرايين القلب ولقد بينت الاختبارات ان اشعة الليزر الموجة بواسطة الالياف البصرية يمكنها تبخير هذا الدهن وبالتالي إزالة الانسداد وتطبيقات الليزر في جراحة الاوعية الدموية كبيرة وكثيرة منها عمل فتحة داخل جلطة لجعل الدم يسير في مساره الأصلي كان مثل هذا الاجراء حلما واصبح حقيقة وكذلك التئام وتوصيل الاوعية الدموية وعمل الوصلات بقليل من الخيوط فهو انجاز ونامل ان يتم بدون خيوط اطلاق .

ويقوم أطباء القلب والاوعية الدموية ومختصو الاشعة بإدخال ليف ضوئي مفرد او حزمة مرنة من الالياف داخل احد الاوعية الدموية الى ان تصل الى مكان الانسداد سواء في الاوعية المحيطة او الاوعية التاجية وعندئذ تقوم الالياف الضوئية بنقل اشعة الليزر الى مكان السدادة فتبددها وتعمل على استعادة الدورة الدموية المنتظمة ولقد كانت هذه العملية التي يطلق عليها تسليك الاوعية بالليزر تجري في الأصل بوساطة اشعة الليزر الحرارية كعامل مساعد لتسليك الاوعية بالبالون حيث كان الليزر يستخدم في فتح قناة خلال الاوعية الدموية المسدودة كليا او جزئيا ثم يتبع ذلك عملية التسليك بالبالون بعد إدخاله من خلال القناة المذكورة ونفخه ما يؤدي الى توسيع الوعاء الدموي .ولقد اجرى في الولايات المتحدة العديد من عمليات التسليك للشرايين التاجية بمساعدة الليزر وبنسبة احتمال مضاعفات لا تتجاوز تلك المعتادة في تسليك الشرايين بوسائل أخرى وما تزال عمليات معالجة انسداد الاوعية التاجية بالليزر حتى وقت قريب في المرحلة التجريبية حتى تصبح اشعة الليزر المستخدمة وكذا أجهزة التصوير اكثر تطورا ودقة .

3-2-3-الليزر في جراحة الاعصاب

يستخدم ليزر ثاني أكسيد الكاربون او ليزر الياج في استئصال اورام المخ والحبل الشوكي في العمود الفقري ويستخدم ليزر ثاني أكسيد الكاربون أيضا في استئصال الأورام السحائية وفي تقويم التشوهات الولادية في الوجه والجمجمة واستئصال الأورام الدبقية وتخفيف الالام الناتجة عن تضيق منتصف جبهة المخ ومن مميزات الليزر في هذه الجراحات تقنية عدم اللمس ولذلك فان غشاء المخ لايتأثر بالعملية وتقل فترة النقاهة التي

يحتاجها المرضى بشكل ملحوظ ومن اعظم استخدامات الليزر في هذا المجال استخدامه لاستئصال الغدة النخامية وذلك من خلال العظم الوتدي الاسفيني بقاع الجمجمة بطريقة سهلة ويستخدم ليزر ثاني أكسيد الكربون CO_2 في جراحة المفاصل لإزالة الشظايا العظمية وإزالة الترسبات الكلسية وجراحة الرقائق القرصية الرابطة وخزع الاغشية الزلالية وتحرير المفاصل وتقوميها واستئصال الأورام الخبيثة العظمية .اما في جراحة العمود الفقري فقد استعمل الليزر بنجاح وأعطى للجراح المقدرة على إزالة ورم كان من الصعب استئصالة كليا مثل ورم النخاع الشوكي اذ يقل الضرر الواقع على الحبل الشوكي او إصابة جذور الاعصاب الخارجه منه وكذلك في قص عضلات الظهر في عمليات النخاع الشوكي ورفع الغضاريف الفقارية واستعمال الليزر في جراحات الظهر في قص العضلات لايحدث التشنجات فيها مقرنة بجهاز الكلى العادي وبذلك يقل الألم بعد الجراحة وكذلك يستخدم في استبدال المفاصل التالفة بمفاصل صناعية ولقد احرز العلماء تقدما كبيرا في نقل شعاع الليزر عبر مناظير المفاصل الى داخل المفصل بطريقة تسمح بتشكيل الغضاريف وهناك العديد من التجارب تجرى على استخدام الليزر في جراحات العظام التقويمية الدقيقة

3-2-4-الليزر في جراحة التجميل والتقويم

يستخدم في تقويم الجفن او ترقيعه وتقويم الثدي وإزالة الانسجة الشحمية وكذلك جراحة تقويم الوجه والفكين بينما يستخدم ليزر الارجون في إزالة الأورام العرقية الدموية ويستخدم في عمليات شد الوجه وسنفرة البشرة وإزالة التجاعيد وترقيع الاجفان وإزالة خطوط الشفاه وأيضا في النحت والتشكيل الدهني او ما يسمى سيلويت والسيلويت نوع من العلاج يستخدم في عملية التجميل لإزالة الترسبات الدهنية والخلوية وقد نشأت هذه التقنية وطورت في فرنسا وأثبتت كفاءتها في تنعيم البشرة وإزالة الشحوم من البدن وإعادة تشكيل الجسم ولاسيما السيقان وتقنية السلهويت بالاستعانة باشعة الليزر وملحق بها حاسب الى ومعدات لعمل مساج للعميل مما يجعله يشعر بالاسترخاء والتخلص من الاجهاد والشد العصبي وذلك يؤدي لعلاج الترسبات الدهنية ويكسب الانسان شكلا رشيقا .

وكذلك يستخدم الليزر في طب وجراحة العيون وفي امتصاص انسجة العين للضوء .يستخدم الليزر في علاج امراض الشبكية والجسم الزجاجي وفي علاج المياه الزرقاء والمياه البيضاء وعلاج عتمات القرنية السطحية وفي قصر النظر وطول النظر والاستجماتيزم وان الليزر يستخدم في علاج الاعتلال الشبكي السكري وفي جراحة خزع المحفظة الخلفية لعدسة العين وفي طب وجراحة العين وتساؤلات حول استخدام ليزر الاكسيمير في جراحات العيون وتشخيص علاج السرطان كأداة جراحية وكوسيلة علاجية ويستخدم في امراض النساء والعقم والامراض النسائية وتكنلوجيا الاخصاب والحمل بوساطة الليزر وأيضا الليزر وتشوهات الولادة في الأطفال حديثي الولادة وفي المسالك البولية .الليزر يستخدم في جراحة الاذن والانف والحنجرة وفي الامراض الجلدية والحروق والليزر كبديل للابر الصينية وكذلك في الامراض الباطنية وفي التحاليل الطبية والعلاج الطبيعي [18] .

3-3-استخدامات الليزر في طب الاسنان

غدا شعاع الليزر في السنوات الأخيرة حجر الأساس في عالم طب الأسنان وجراحتها حفر السن، إزالة العصب الملتهب، تنظيف وتهيئة قنوات العصب، كما يمكن تنظيف الأسنان واللثة وإعادة بياض الأسنان، وإزالة رائحة الفم الكريهة الناتجة عن أمراض اللثة. ويزيل البقع الناشئة عن التسوس. ويوقف انتشاره في أجزاء السن السليمة. إذ يقوم بتعقيمها من الجراثيم والبكتيريا ويساعده في ذلك اللون القاتم لموضع التسوس. فالجزء القاتم من السن أشد امتصاصاً لطاقة الليزر من باقي أجزاء السن السليمة البيضاء. والتي تمتاز بانعكاسية شديدة له. إزالة الأورام الحميدة وبدون الحاجة في كثير في الحالات للمخدر الموضعي أو خياطة الجرح. إطالة التاج Crown: Lengthening وذلك بإزالة أجزاء بسيطة من اللثة ليتمكن طبيب الأسنان من إعداد التركيبة المناسبة للا سنان. لإزالة بعض الأورام الصلبة أو الطرية Epulis Soft Tissue الموجودة على الفكين أو أحدهما للمساعدة في استخدام أطقم للأسنان، وكذلك إزالة الأنسجة المتورمة بسبب بعض الأدوية. لتخفيف الألم والالتهابات التي تصيب المفصل الصدغي[19].

شكل (3-5) يوضح استخدامات الليزر في طب الاسنان [19].

ابتسامة اللثة gummy Smile يستخدم الليزر أيضاً لإعادة تشكيل أنسجة اللثة وعرض أجزاء أكبر من الأسنان السليمة وتحسين الشكل للابتسامة عند الأفراد الذين يتصفون بظهور اللثة عند تبسمهم. إزالة الأنسجة المغطية جزئياً للأرحاء الثالثية البازغة جزئياً. علاج الخراجات باللثة وعلاج قنوات جذور الأسنان الملتهبة، وتقليل أعداد البكتريا الموجودة في جيب اللثة. علاج مشاكل النطق التي بسبب (Tongue tie) والتي تمنع الحركة الطبيعية للسان. زيادة مقاومة أنسجة السن، سواء طبقة المينا او طبقة العاج، لاحتمال حدوث التسوس، وذلك نتيجة تأثير اشعة الليزر والطاقة الاشعاعية المصاحبة لها في صهر والتحام بعض أجزاء جسم السن. وفي الوقت نفسه فإن حماية انسجة السن عن طريق اضافة الفلور، تعتبر من اكثر الوسائل استخداما كوقاية ضد

التسوس، لذلك اعتبر دمج الطريقتين باستخدام اشعة الليزر ملحقة بإضافة محلول الفلوريد، قد يكون وسيلة جديدة ومؤثرة لحماية طبقات الاسنان من التسوس. وهذا حقق الى حدّ ما أهم اهداف العلاج المحافظ للاسنان، وهو الحفاظ على جسم السن من خلال العلاج والوقاية من حدوث التسوس [4] .

3-3-1-مساوئ استخدام الليزر في طب الاسنان

يمكن باختصار عرض تلك المساوىء كما يلي [18]:

- لا يمكن استخدام الليزر على الأسنان التي بها حشوات قديمة.
- لا يمكن استخدام الليزر على الأسنان المتسوسة كليا.
- لايمكن استخدام الليزر لتحضير الأسنان لاستلام تاج أو جسر .
- العلاج بالليزر لا يغني كليا عن التخدير.
- تكلفة العلاج بالليزر غالباً ما تكون أعلى.

3-4-فوائد استخدامات الليزر في الطب

يمكن باختصار عرض تلك الفوائد كما يلي[19]:

1. لا يوجد أي اتصال بين الأدوات المستخدمة والهدف (مكان الجراحة).
2. قلة النزف الذي يصحب عمليات جراحة اللثة.
3. رفع عتبة الألم (تقليل الألم) أثناء العمل الجراحي وبعده.
4. عدم الحاجة إلى التعقيم (تعقيم مثالي).
5. تقليل الحاجة لاستخدام سنابل الحفر والتحذير الموضعي مما يجعل المريض يحس براحة أكثر ويقلل من الخوف من عيادات الأسنان.
6. في كثير من الأحيان يعتبر علاجاً وتدخلاً أكثر دقة More Precise.
7. تقليل العدوى البكتيرية حيث High Energy Beam يعقم المنطقة.
8. يقل تدمير الأنسجة المحيطة.
9. وضوح الرؤية عند أداء العمليّة.
10. سهولة العمل تحت المجهر.
11. إمكانية إحداث شق موضعي محدد (دقة القطع).
12. إرقاء ممتاز للأوعية الصغيرة.
13. امكانيّة معالجة أنسجة دون أخرى (باختيار طول موجي معيّن).

14. اجراء عمليات من غير فتح جراحي (باستخدام الألياف البصريّة) وذلك لمعالجة أورام المثانة والرئة والكلية.
15. في جراحات الأمراض الخبيثة مثل السرطان والقروح وجراحات الأوعية الدموية، ويستعمل أيضاً في توسيع الشرايين وعلاج قصور الدورة الدموية في الأطراف وفي علاجات الحبل الشوكي وجراحات أخرى كالمعدة والكبد.
16. اندمال جيد للجروح.
17. فترة المعالجة قصيرة ويغادر بعدها المريض المشفى.
18. علاج الآفات الذروية، معالجة حساسية الأعناق، القلاع، والتواج.
19. الدقة في العلاج وذلك من خلال التحكم في العمليّة عن طريق الحاسب الآلي.
20. يقلل من الحاجة للتخدير الموضعي.
21. يقلل من قلق المريض بسبب انخفاض صوت الجهاز مقارنة بجهاز حفر الأسنان الاعتيادي. لذا فان المريض يكون أقل توتراً.
22. اثناء عملية حفر الأسنان، يقوم الليزر بالمحافظة على الأجزاء السليمة من السن المراد حفره.

References **ألمصادر**

1. O. Kuhn and H. Kuhn, J. Chem. Phys. 17 1198 (1949).
2. محمد عبد الله حميد ، **"دراسة طيفية لصبغتي C.V 670 و R101 في الاوساط السائلة والصلبة "**، كلية العلوم ، جامعة بغداد، 2005.
3. محمد الكوسا ، **"فيزياء الليزر وتطبيقاته"** ،جامعة دمشق ،2005.
4. سعود بن حميد اللحياني ، **"الليزر وتطبيقاته"**، جامعة ام القرى .
5. بيلا لينكل- ترجمة فاروق عبودي قيصر **"الليزرات"** جامعة الموصل 1998.
6. M. A. Hameed, MSc. Thesis, Baghdad University College of Science, 2005
7. C. A. Parker, "**Photoluminescence of Solution** ", Elsevier Amsterdam,1968
8. V. J. Bogllouvo, J. Appl. Spec.Vol. 33, No.1, p.707, 1980.
9. N. Allen and John Mekllar, "**Photochemistry of Dye and Polymer**", London, 1980.
10. H. H. Ali, M.Sc. Thesis University of Baghdad College of science ,2009.
11. Uliich Brackmann, "**Lambdachrome Laser Dyes**", Lambda Physik AG D-37079 Goettingen 3rd Edition, Germany,2000.
12. B.T. AL-Khafhji, Ph.D. Thesis, University of Baghdad college of Science ,1993.
13. P. R. Hammond, J. Chem.Phys. Vol. 70, p 3884, 1970.
14. A. B. Sharba, MSc. Thesis, Baghdad University College of Science, 2010.
15. A. F. Safrazaden, Amiric. Chem.Phys., Vol. 25, p 145,1988.
16. S A. Kandela, "**Laser Physics in Medicine**", ELHekima Publishing and Printing Establishment Bagdad, 1991 .

17. K. Ball, “**Lasers the Perioperative Challenge**”, second Edition, Published in Nabcy L. Coon, USA. 1995.
18. J. Hecht; “**The Laser and Applications Layers** “, Francis LTD London, 1971.
19. M. J. Weber, "**Handbook of Lasers**", CRC Press, 2000.