جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا
كلية الدراسات العليا
قسم الفيزياء

استخـدام ليـزر (Nd- YAG) فـي عــلاج الجلكومــا

Use of Lasers (Nd-YAG) in the Treatment of Glaucoma

بحث تكميلي لنيل درجة الماجستير فى علوم الفيزياء

إعداد:
آثار عبد الواحد محمد

إشراف الدكتور/
أحمد الحسن الفكي

2016م

بسم الله الرحمن الرحيم

الآيـــة

﴿ اللَّهُ نُورُ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ مَثَلُ نُورِهِ كَمِشْكَاةٍ فِيهَا مِصْبَاحٌ الْمِصْبَاحُ فِي زُجَاجَةٍ الزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا كَوْكَبٌ دُرِّيٌّ يُوقَدُ مِنْ شَجَرَةٍ مُبَارَكَةٍ زَيْتُونَةٍ لَا شَرْقِيَّةٍ وَلَا غَرْبِيَّةٍ يَكَادُ زَيْتُهَا يُضِيءُ وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌ نُورٌ عَلَى نُورٍ يَهْدِي اللَّهُ لِنُورِهِ مَنْ يَشَاءُ وَيَضْرِبُ اللَّهُ الْأَمْثَالَ لِلنَّاسِ وَاللَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ ﴾

صدق الله العظيم

(سورة النور: الآية 35)

الإهـداء

إلى من ابتغي رضاهما بعد رضا الله تعالى
مجاهدة لبرهما ما إستطعت إلى ذلك سبيلا ...والديّ العزيزين
إلى من تعب معي كثيراً ... زوجي العزيز
إلى من جعلني أشعر بنعمة الحياة .. وأسمعنى أجمل كلمة تقت إلى سماعها منذ نعومة أظافري
إبني الحبيب – وليد

إلى كل من علمنيحرفاً وكان لي خير زاد في درب العلم الطويل إليهم أهدي هذا الجهد.. محبة ... ووفاء ... وعرفاناً

إهداء لكل طالب علم وكل باحث

إهدي جهدي المتواضع راجيةً من الله العلي القدير أن يجعلهنبراساً يضئ الطريق لكل من أراد البحث في هذا المجال

الباحثة

شكـــر وتقديـــر

الشكر لله سبحانه وتعالى من قبل ومن بعد فلا أملك إلا أن اشكر **الله**كثيراً لما منحني من قوة وعزم وصبر لإخراج هذا البحث ، والصلاة والسلام على النبي محمد صل الله علية وسلم.

الشكر والتقدير للصرح الذي أفسح لي المجال جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا كلية الدراسات العليا ، وكلية العلوم قسم الفيزياء أساتذة وموظفين وعمال.

والشكر اجزله لكل من كان له فضل بعد الله سبحانه وتعالي في اتمام هذا البحث وأخص بالشكر الدكتور الفاضل **احمد الحسن الفكي** الذي كانت توجيهاته خير دليل استرشدت بها.

الحمدلله الذي سخر لي من عباده من أخذ بيدي وجعل الصعبسهلاً وذلل لي الصعاب ومن لايشكر الناس لايشكر الله وأنه لمن دواعي سروري أن أتوجه بكل معاني التقدير والإمتنان الى كل العاملين بمستشفى مكة.

واتقدم بالشكر إلى زملائي وزميلاتي بجامعة السودان .

والشكر موصول إلى العاملين بمكتبات : واخص جزيل الشكر والتقدير مكتبة كلية العلوم وجميع العاملين بها، ومكتبة معهد الليزر.

ختاماً اتقدم بشكري وتقديري واحترامي إلى أفراد اسرتي والى كل من ساعدني في اخراج هذا البحث وأمدني بالدعم العلمي والمعنوي الذي كان يشد ويقوي عزيمتي.

وأخيراً أسأل الله أن يجزي عني كل من ساهم في إنجاز هذا العمل فله مني كل التقدير وجزى الله الجميع عني كل خير وأسأل الله أن يجعل هذا العمل في ميزان حسناتهم وأسأل الله أن يكونخالصاً لوجهه ويجعل منه العلم النافع في خدمة الدين والوطن وصلي اللهم على سيدنا محمد معلمنا وهادينا وعلى آله وصحبه وسلمتسليماً كثيرا.

المستخلص

في هذا البحث تم التعرف على أسس عمل الليزر وخصائصه وتطبيقاته. وتناولت هذه الدراسة استخدام الليزر في علاج مرض الجلوكوما وطريقة عمل جهاز ليزر(Nd-YAG) وهو جهاز ذو قدرة منخفضة يقوم بمعالجة العديد من أمراض العيون. وقد تم إجراء تجربة توضح تأثير ليزر الانديك في علاج الجلوكوما وقد بيّنت التجربة أن الليزر فعال جداً في علاج المياه الزرقاء (الجلوكوما) وأن هذه الطريقة أفضل من طرق العلاج الأخرى في أنها سريعة ودقيقة وغير مكلفة وآمنة. وقد اتفقت هذه النتائج مع نتائج بحث رهام صديق محمد أحمد.

Abstract

In this research the basis of laser work, its characteristics and applications has been identified. This study addressed the use of lasers in the treatment of glaucoma, the way of working of the Nd-YAG laser device, a device with a low power, it processes many eye diseases. An experiment was conducted to illustrate the effect of Nd-YAG laser in the treatment of glaucoma. The experiment has shown that the laser is very effective in the treatment of glaucoma, and this method is better than other treatment methods because it is fast, accurate, inexpensive and safe. These results agreed with Riham Siddig Mohamed Ahmed results.

الفهـرس

الموضـــــــوع	رقم الصفحة
الآية	أ
الإهداء	ب
شكر وتقدير	ج
المستخلص	د
Abstract	هـ
الفهرس	و

الفصل الأول	
1.1 المقدمة	1
2.1 مشكلة البحث	1
3.1 أهداف البحث	1
4.1 أهمية البحث	1
5.1 محتوى البحث	2
6.1 منهجية البحث	2
الفصل الثاني: طبيعة الليزر	
1.2 المقدمة	3
2.2 مفاهيم أساسية في الليزر	3
3.2 مكونات المنظومة الليزرية	6
4.2 خصائص ومميزات أشعة الليزر	9
5.2 أنواع الليزرات	10
6.2 تطبيقات الليزرات	16
7.2 السلامة والأمان في مختبرات الليزر	17
8.2 الطرق الصحيحة للسلامة	18
الفصل الثالث: الليزرات الطبية وتطبيقاتها	
1.3 مقدمة	19
2.3 أهمية الليزر في العلوم الطبية ومميزاته	19
3.3 الليزرات الطبية	20
4.3 استخدامات الليزر في الطب	21
الفصل الرابع: نبذة عن داء المياه الزرقاء (الجلوكوما) - الجانب العملي	
1.4 المياه الزرقاء (جلوكوما)	23
2.4 الجانب العملي	26
3.4 التحليل	30
4.4 المناقشة	31
5.4 الخاتمة	31
6 .4 التوصيات	32
المراجع	33

الفصل الأول

1.1 المقدمة:

إن الليزر Laser (مختصر لعبارة تضخيم الضوء بوساطة الانبعاث المحفز للإشعاع Light Amplification by stimulated Emission of Radiation) هو مصدر ضوء يبعث الفوتونات الضوئية على شكل حزمة مترابطة coherent beam. إن كلمة laser وهي فعل تعني إنتاج ضوء الليزر(سي. بي.هتز ، 1984م).

يعتبر الليزر من اهم ابتكارات هذا العصر ويستخدم حالياً لاغراض متعددة ، وفي كثير من حقول الابحاث العلمية والتقنية المختلفة بما فيها العلوم الطبيعية كالفيزياء والكيمياء وعلوم الحياة كذلك في الصناعة وعالم الالكترونيات والطب وتمثل الاستخدامات الطبية لليزر الأكثر تطوراً وفائدة للإنسان, فلقد استخدمت أشعة الليزر بمختلف أنواعها في علاج الكثير من الأمراض بل وحتى الوقاية من حدوث هذه الأمراض في أحايين أخرى (سي. بي.هتز ، 1984م).

وهناك دراسات سابقة عديدة اجريت فيما يخص تاثير الليزر على النسيج الحي, ففي دراسة اجريت بمعهد الليزر بجامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا(رهام صديق محمد ، 2014م) ، قامت الباحثة بدراسة تأثير الليزر في تحسين النظر وقد اتضح من هذه الدراسة أن العلاج بالليزر أفضل وأسرع من طرق العلاج الأخرى. وفي دراسة أخرى اجربت بنفس المعهد(ابتهال هاشم الامام حماد ، 2014م) قامت أيضاً بدراسة علاج انفصال شبكية العين باستخدام الليزر ، أظهرت الدراسة أن العلاج بالليزر منخفض القدرة ناجحة وسريعة وقليل الآثار الجانبية.

2.1 مشكلة البحث:

إن الطرق غير الليزرية في علاج المياه الزرقاء (الجلوكوما) تأخذ الكثير من الوقت والطاقة ، ومع ذلك لا يكون هناك علاج بصورة كبيرة لذا كان لابد من تسليط الضوء على واحدة من أنجح سبل علاج المياه الزرقاء وهي إستخدام ليزر الانديك لعلاج المياه الزرقاء.

3.1 أهداف البحث:

- التعرف على الطريقة التي يتم بها العلاج بواسطة الليزر.
- التعرف على تطبيقات الليزر في مجال الطب.
- الاستفادة من دقة تركيز الليزر لاستخدامه في الجلوكوما.

4.1 أهمية البحث:

تأتي أهمية هذا البحث في أن استخدام الليزر في العلاج يعتبر وسيلة لتوفير الطاقة والوقت مقارنة بالطرق الأخرى ، كما ان إستخدام الليزر يعتبر وسيلة لا ينتج عنها تلوث للبيئة المحيطة وبالتالي فهو حل لكثير من المشاكل.

5.1 محتوى البحث:

يحتوي هذا البحث على اربعة فصول, تناولنا في الفصل الأول المقدمة والفصل الثاني تحدثنا عن الليزر وأنواعه وتطبيقاته ومميزاته وفي الفصل الثالث الليزرات الطبية وتطبيقاتها أما الفصل الرابع فهو عبارة عن إستخدام لليزر الانديك في علاج المياة الزرقاء (الجلوكوما).

6.1 منهجية البحث:

استخدمت الباحثة المنهج التجريبي.

الفصل الثاني
طبيعة الليزر

1.2 المقدمة:

في عام 1917 إكتشف العالم الفيزيائى البرت انشتاين بأنه تحت شروط معينة تستطيع الذرات والجزيئات وهي المكونات الأساسية لكل المواد إمتصاص الضوء او أي طاقة أخرى ومن ثم يمكن حث هذه الذرات على بعث ما إستعارته من طاقة على شكل جسيمات ضوئية. وعلى أثر ذلك وبين 1950- 1958 إقترح كل من الدكتور جارلس تاونس وارثر سالوه من الولايات المتحدة تكبير إشعاعات هذه الجسيمات الضوئية بطريقة الانبعاث المحثث stimulated emission وقد صمم جهازا لهذا الغرض ، أستخدمت فيه مادة غاز الأمونيا للحصول على أول شعاع ليزري في منطقة المايكرويف "الأمواج الدقيقة" عرف هذا الجهاز انذاك بإسم الميزر ""maser" والذى نالوا عليه جائزة نوبل للفيزياء سنة 1964م (سي. بي.هتز ، 1984م).

ومن ناحية أخرى قام الدكتور ميمن عام 1965م في إستعمال مادة الياقوت الصناعي لإنتاج شعاع ليزري في المنطقة المرئية من الطيف وعرف هذا الجهاز بالروبي ليزر Ruby laser وهو يبعث شعاعا فريداً من نوعه قرمزي اللون يفوق الشمس بريقاً. ومن ذلك الحين وأسم الليزر لم يتوقف عن التشعب المذهل في التصميم والقدرات، وجارفاً معه الكثير من الباحثين والعلماء وفاتحاً المجال لعدد لايحصى من التطبيقات والأعمال(ف. س. غولوييف , ف.ق. ليبديف ، 1992م).

2.2 مفاهيم أساسية في الليزر:

للحصول على أشعة الليزر من الضروري توفر الشروط الآتية:

1.2.2 الامتصاص:

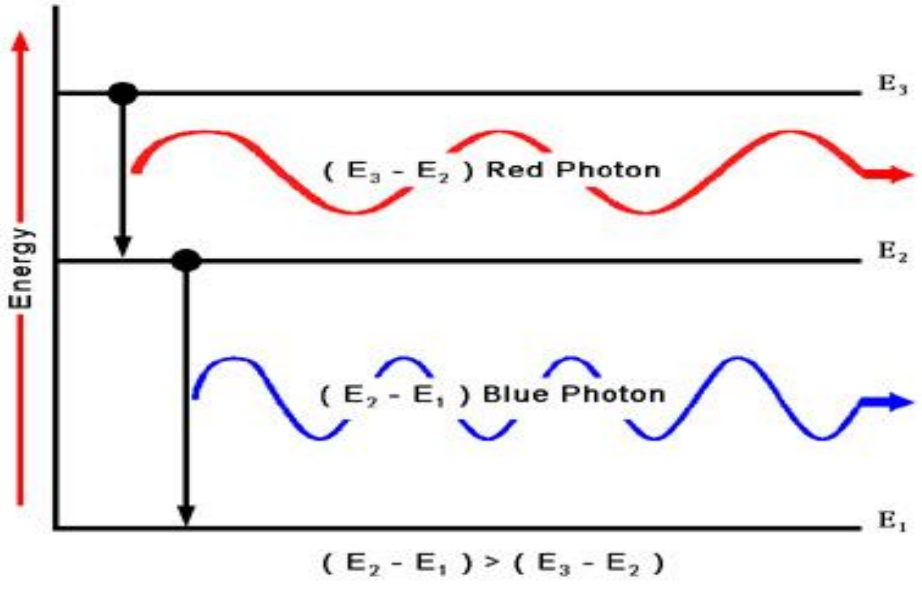
تكون الذرة في الحالة الأرضية إن لم يكن هنالك ما يسبب إثارتها أو تهيجها ، وقد يتم تحريضها عن طريق تشعيعها بطاقة إشعاع كهرومغناطيسي ذي تردد معين يكفي لأن تنتقل الذرة من المستوى الأرضي إلى مستوى الطاقة المراد رفعها إليه ، إن لهذه العملية احتمالية محددة للذرة لكي ترفعها إلى المستوى المطلوب بالرغم من توفر الإشعاع بالتردد المناسب ، وإن هذه الاحتمالية لا تعتمد فقط على طاقة المستويين المعنيين بعملية الامتصاص ، وإنما أيضاً على شدة الإشعاع الساقط(ف. س. غولوييف , ف.ق. ليبديف ، 1992م).

2.2.2 الانبعاث التلقائي:

عند تهيج ذرات المادة أي إنتقال الإلكترونات فيها إلى مستويات طاقة أعلى من المستوى الأرضي، فإن الذرة تبقى قترة زمنية بحالتها المتهيجة هذه ، ثم تهبط تلقائياً وبدون أي مؤثر خارجي إلى حالتها الأرضية، وتكون

هذه الإنتقالات عشوائية غير منتظمة مع الزمن ويصحب هذا إنبعاث طيف الذرة(ف. س. غولوييف , ف.ق. ليبديف ، 1992م).
إن الزمن الذي تبقى فيه الذرة في مستوى معين هو من خصائص ذلك المستوى ، وتختلف أزمان بقاء هذه الذرات باختلاف الذرة التي تتكون منها المادة ، إن جميع مصادر الضوء التقليدية تعمل على أساس الإنبعاث التلقائي ، وفيما يلي مجمل خصائص الضوء المنبعث من مصدر طيفي:

1. إن الطيف المنبعث للذرات الهائلة يكون ذو أطوال موجبة متعددة.
2. الإنتقال الذي تحدثه ذرات متهيجة ليس له علاقة طور محددة بالإنتقال الذي تحدثه ذرة أخرى.
3. إن الموجات الكهرومغناطيسية المنبعثة نتيجة لإنتقال ذرة محرضة قد تنبعث بأي إتجاه ، فالإنبعاث يكون عموماً في الأبعاد الثلاثة(ف. س. غولوييف , ف.ق. ليبديف ، 1992م).

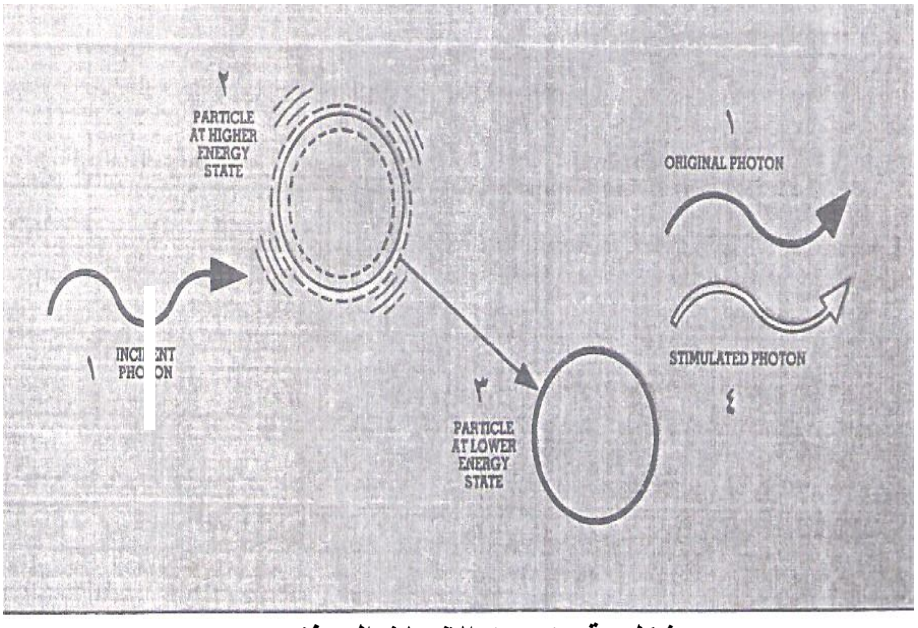


شكل رقم (1.2) الإنبعاث التلقائي

3.2.2 الإنبعاث المحفز:

يتم هذا الانبعاث عن طريق تحفيز الذرة وهي في المستوى المثار لكي تنتقل إلى مستوى أدنى ، ويتم ذلك بواسطة إثارة هذه الذرة بفوتون له طاقة مساوية تماماً لفرق الطاقة بين المستويين ، مما يؤدي إلى انبعاث فوتون ثاني له نفس التردد ونفس الطول الموجي للفوتون المحفز ، إلاّ أن احتمالية هذه العملية لا تعتمد فقط على المستويين ، ولكنها تعتمد أيضاً على شدة الإشعاع الكهرومغناطيسي المحفز.
الصفات التي يتميز بها الضوء الصادر عن الانبعاث المحفز هي:

1. إن الطيف الناتج هو طيف انتقال معين محدد بطول موجة أو تردد، وأن الانتقال بين مستويين والذي يساوي تردد الضوء الساقط المحفز فهو إذن طيف لون واحد، والموجة المنبعثة يكون لها نفس طول الموجة الساقطة، فتترابط معها وتدعى الموجة الناتجة بالموجة أحادية الطول الموجي(ف. س. غولوييف , ف.ق. ليبديف ، 1992م).
2. بما أن حالة الانبعاث هذه نتيجة عملية اضطرارية تسببها الموجة الساقطة ، فالموجة المنبعثة من الذرة في هذه الحالة يكون لها نفس طور الموجة الساقطة ، فتترابط معها وتدعى الموجة الناتجة بالموجة أحادية الطول الموجي(ف. س. غولوييف , ف.ق. ليبديف ، 1992م).
3. اتجاه الموجة الساقطة يحدد اتجاه الموجة المنبعثة ، فالإشعاع المحفز يكون ملازماً للإشعاع الساقط وباتجاهه(ف. س. غولوييف , ف.ق. ليبديف ، 1992م).



شكل رقم (2. 2) الإنبعاث المحفز

الشكل (2.1) يوضح أن: الفوتون الساقط(1) على ذرة في مستوى طاقة عليا (2) يحثها للهبوط في مستوى طاقة أقل (3) باعثة فوتون طاقته مساوية للفرق بين طاقة المستويين وهذا الفوتون (4) المستحث له طور مشابه للفوتون المسبب للحث(1) (سي. بي.هتز ، 1984م).

4.2.2 التعداد المعكوس:

يتطلب إنبعاث الليزر العمل على زيادة عدد الذرات في مستويات الطاقة العليا ، أي زيادة تعدادها عن الحالة الطبيعية فيها بإستخدام طاقة خارجية مثلاً ، وعندما يكون عدد الذرات في مستويات الطاقة العليا أكثر من عدد الذرات في مستويات الطاقة الدنيا نستطيع القول بأنه حصل انقلاب سكاني أو عكس التعداد ، وهو ما سميناه بالتعداد المعكوس وتحت هذه الشروط يكون احتمال حدوث الانبعاث المحفز كبير، ويمكن الحصول على فوتونات مترابطة في الطور مع بعضها البعض. فالتعداد المعكوس هو الذي يجعل الضوء الذي تنتجه المادة ليزراً وإذا لم نصل إلى مرحلة إنقلاب التعداد نحصل على ضوء عادي(فاروق بن عبدالله الوطبان ، 1987م).

5.2.2 الضخ:

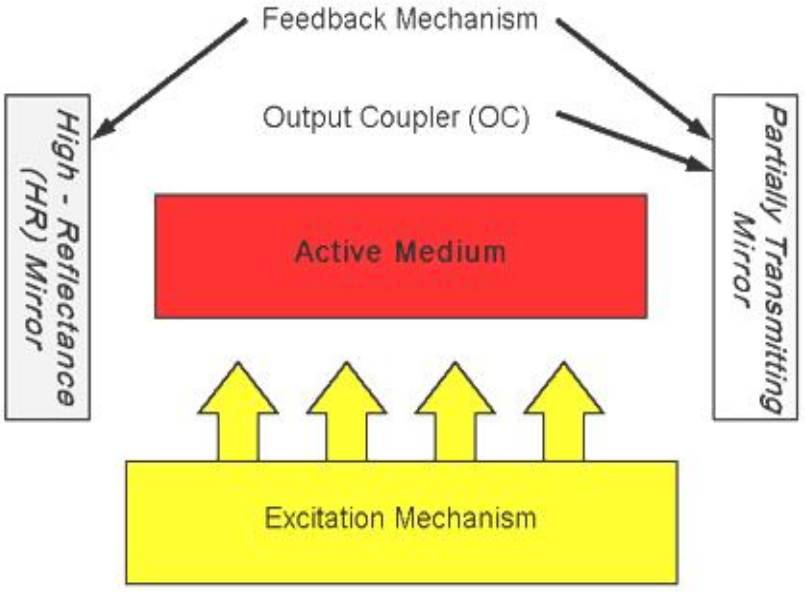
عندما تجبر مجموعة من الذرات أو الجزيئات لتكون في وضع متهيج ، أي تمتلك طاقة عالية بمعنى آخر الحصول على تعداد كثيف في مستويات الطاقة العليا ، فإن انبعاث فوتون مفرد خلال انتقال الذرة أو الجزيئة إلى مستوى أقل سوف يحث غالبية الذرات الأخرى الموجودة في نفس مستويات الطاقة للإنتقال ، وبعث الطاقة الزائدة على شكل فوتون في الليزر النبضي Pulse laser ، يجب ضخ النظام مرة أخرى للحصول على تعداد معكوس آخر ، ونبضة ليزرية أخرى ، وذلك بعد اكمال عملية الانبعاث المحفز ورجوع غالبية الذرت المهيجة إلى وضع الاستقرار ، ويجرى عادة الضخ باستمرار إما بفوتونات خارجية أو بتفريغ كهربائي خصوصاً للمواد الغازية.

أما بالنسبة لليزرات التي تنتج إشعاع مستمر C.W بدلاً من حزمة نبضية فإنها تحتاج إلى وجود ثلاثة مستويات للطاقة لأحكام شرط التعداد المعكوس بدلاً من المستويين في حالة الإشعاع النبضي.

وفي هذا النوع تضخ الذرات باستمرار في مستويات الطاقة الأرضية إلى مستويات الطاقة العليا ، ومن ثم تنتقل هذه الذرات المتهيجة إلى مستوى ثالث وسطي قيمة طاقته تقع بين المستوى الأرضي والمستوى الأعلى(فاروق بن عبدالله الوطبان ، 1987م).

3.2 مكونات المنظومة الليزرية:

تتكون من ثلاثة عناصر أساسية مشتركة وهي(خالد عبدالحميد الخطيب ، وليد خلف حمودي ، 1989م):



شكل رقم (2. 3) مكونات المنظومة الليزرية

High_Reflectance Mirror: مرآة عالية الإنعكاسية
Partialiy Transmitting Mirror: مرآة عاكسة جزئياً
Excitation Mechanism: آلية الضخ
Active Medium: الوسط الفعال
Feedback Mechanism:الية التغذية الراجعة
Output Coupler: الخرج الناتج

1.3.2 الوسط الفعال:

ويقصد به الوسط أو (المادة) الذي تكون له قابلية احتواء التعداد المعكوس ، فقد يكون مجموعة من ذرات أو جزئيات أو أيونات عنصر أو مركب أو مزيج بحالة صلبة أو سائلة أو غازية ، اختيار الوسط المناسب لإنبعاث أشعة الليزر وفق خطط ضخ ، ولظروف أكثر ملائمة يوفركثيراً من الطاقة اللازمة للضخ عن طريق تقليص الخسارة في الوسط نفسه. وتوافر المادة الفعالة بالكمية المناسبة، وقد تكون مكونة أو محاطة بالمرنان ومن أمثلة المواد الفعالة الشائعة الاستعمال حالياً:

- البلورات الصلبة Crystalline مثل الياقوت Ruby Laser وعقيق الألمونيوم والزجاج المسمى بالياج Nd- Yag.
- المواد الغازية مثل خليط الهيليوم والنيون He – Ne.
- الغازات المتأينة Ionized gases مثل أول أكسيد الكربون co laser وثاني أكسيد الكربون co_2 – laser.
- الصبغات السائلة Liquid dyes وهي صبغات كيميائية عضوية مذابة في الماء.
- المواد الصلبة شبه الموصلة Semiconductors مثل أرسنيك الجاليوم Ga- As laser(سهام عفيف قندلة ، 1991م).

2.3.2 مصدر الطاقة (طرق الضخ):

وهي التي تحدد طريقة الحث لإثارة المادة الفعالة وحثها على بعث إشعاع الليزروتتنوع مصادر الطاقة المستخدمة حالياً ومنها:

أ. الطاقة الكهربائية:

وتتمثل في إستعمال الطاقة الكهربائية بأسلوبين مثل:-إستخدام مصادر الترددات الراديوية كطاقة داخلية اوإستخدام التفريغ الكهربائي في التيار المستمرمثل co_2 – laser وHe – Ne. لظاهرة التفريغ الكهربائي خلال الغازات دراسات وافية ، وغدت طريقة التفريغ الكهربائي الطريقة المعهودة اليوم لتهييج الغازات

المختلفة في معظم مصادر الضوء التقليدية ، فلا غرابة أن تكون هذه الطريقة هي الأكثر ملائمة لتشغيل ليزر الغاز وللحصول على التفريع الكهربي ، حيث يتم حصر الغاز الفعال أو خليط منه في أنبوب من الزجاج أو الكوارتز تزود بقطبينكهربائيين يسلط بواسطتهما فرق جهد عالٍ يكفي لإمرار تيار كهربائي خلال الغاز ، وقد يكون هذا التيار مستمر أو على شكل نبضات فيحدث تأيناً في الغاز ، وتعجل كل من الأيونات الموجبة والإلكترونات السالبة بواسطة المجال الكهربي ، فيكسبها هذا طاقة حركية إضافية تصبح حينئذ قادرة على تحريض الذرات عن طريق التصادم ، هذا التصادم يتم عادة بواسطة الإلكترونات السريعة وخاصةً لضغط منخفض للغاز، وإذا كان الغاز يتكون من مزيج من غازين مختلفين مثلاً ، فقد تحرض ذرة أحدهما الأخرى عن طريق التصادم فيما بينها ، وأيضاً بتصادم كل منهما مع الإلكترونات السريعة(سهام عفيف قندلة ، 1991م).

ب. **الطاقة الضوئية:**

وهي المعروفة باسم الضخ الضوئي، ويمكن أن تنبعث من مصدرين رئيسيين:

i. إستخدام المصابيح الوهاجة ذات القدرة الكبيرة، كما ليزر الياقوت Ruby laser ، وتكون عادة هذه المصابيح وميضية أي تبعث نبضات من الطاقة ، أما نوع الغاز المستخدم فيها وضغطه فيعتمد على المدى المطلوب من طول الموجة اللازم للضخ للمستويات ذات العلاقة، بعمل الليزر في خطة الضخ للوسط الفعال حيث تقوم ذرات أو جزئيات وسط الليزر بإمتصاص هذا الجزء من الإشعاع الصادر عن المصباح فتتهيج للمستوى المطلوب، ومن المصابيح المستخدمة مصباح الزينون والكربتون والنتروجين، تستخدم هذه الطريقة لضخ بلورة الياقوت أو النيودنيوم للحصول على ليزر في المنطقة الحمراء أو تحت الحمراء على التوالي.

ii. إستخدام إشعاع الليزر كمصدر طاقة إلى ليزر آخر، وهذا يعد نمو الليزر وانتاجه تجارياً ، وأصبح من السهل اجراء عملية الضخ الضوئي بصور انتقائية أي الضخ إلى المستوى المطلوب ، وذلك بإستخدام ليزر ذي طول موجي معين لضخ مادة فعالة والحصول على ليزر ذي مدى طول موجي يختلف عن الليزر المستخدم في عملية الضخ، وبهذه الطريقة يمكن توسيع نطاق الأطوال الموجية لليزر وتوفيرها. وهذه شائعة الإستخدام في انتاج إشعاعات ليزرية كثيرة في مناطق الطيف المختلفة، مثال لذلك ليزرات الصبغات السائلة(سهام عفيف قندلة ، 1991م).

ج. الطاقة الكيميائية:

وفي هذه الحالة لا تحتاج إلى مصدر طاقة خارجي لضخ الوسط الفعال، فهي تتوفر ضمنياً كنتيجة للتفاعل الكميائي بين مادتين نتيجة التفاعل، وتوفير التعداد السكاني(سهام عفيف قندلة ، 1991م).

د. الطاقة الحرارية:

يمكن أن يتسبب كل من الضغط الحركي للغازات والتغيرات في درجات الحرارة في حث وإثارة المواد لتبعث أشعة الليزر(سهام عفيف قندلة ، 1991م).

3.3.2 حجرات الرنين (المرنان):

وهي الوعاء الحاوي والمنشط لعملية التكبير، والمقصود بالمرنان فجوة جدرانها الداخلية عاكسة ، وتحتوي على وسط متجانس متناظر عازل وغير فعال ، أما صيغة التذبذب في هذا المرنان فيعبر عنه بدلالة ترتيب الموجات الواقفة للإشعاع الكهرومغناطيسي، والذي يخضع لقوانين ماكسويل وشروط الانعكاس عن الجدران الثابتة ، وهذه هي صفات المرنان المستخدم في حالة الميزر ، بينما في حالة الليزر فالمرنان البصري يختلف عن ذلك المستخدم للأشعة المايكروية بنقطتين رئيسيتين هما:

أ. مرنان الليزر مرنان مفتوح والمقصود بهذا عدم وجود جدران أو حواجز بصرية على الجوانب.

ب. إن أبعاد المرنان كبيرة إذا ما قورنت بطول موجة الليزر.

المرنان البصري بشكل عام يتكون من مرآتين متقابلتين على مسافة من بعضهما البعض ، بحيث يتطابق محورهما البصري وكل منهما ذات قابلية انعكاس عالية، أحدهما شفافة جزئياً لتشكل مسرباً لليزر ، أما شكل المرآتين فقد تكونا مستويتين أو مقعرتين، أو إن أحدهما مستوية والاخرى مقعرة، أن تقنية المرايا وأشكالها كذلك الدقة في كيفية ترصيف المرايتين ، والمسافة بينهما تشكل عوامل لها تأثير كبير ومباشر على جوهر عملية توليد الليزر، واستمرار تشغيله وفي العادة يستخدم إما مرنان داخلي أو مرنان خارجي:

i. **المرنان الداخلي:** يتمثل في طلاء نهايات المادة الفعالة لتعمل عمل المرآه ، كما في ليزرات بلورات الياقوت Ruby laser ، وليزر عقيق الألمونيوم والزجاج Nd- Yag laser ، وفي الليزرات الصلبة بصورة عامة.
ii. **المرنان الخارجي:** وهو مرآتان متوازيتان في نهاية الأنبوب الحاوي للمادة الفعالة ، وتكون الإنعكاسات المتعددة بينهما هي الأساس في عملية الضوء ، كما في الليزرات الغازية. وفي كل الحالتين يجب أن تكن إحدي المرآتين عاكسة كلياً للفوتونات الضوئية والأخرى تسمح بالنفاذ الجزئي، لكي يتسنى لشعاع الليزر الخروج من خارج المرنان(سهام عفيف قندلة ، 1991م).

4.2 خصائص ومميزات أشعة الليزر:

يتميز شعاع الليزر أياً كانت مادته أو منطقة طيفه بالخواص الرئيسية التالية:

1.4.2 أحادي اللون:

أي ذو عرض طيفي ضيق ينتج عنه تردد مفرد نقي، وهذه الصفة الموجية كانت تتميز بها الأشعة الراديوية دون سواها. يتم إحراز هذه الصفة نتيجة شرطين يتم تحقيقهما في عمل الليزر ، أولهما إمكانية تكبير الموجة الكهرومغنطيسية، وثانيهما إستخدام مخطط المرآتين المتقابلتين للعمل كفجوة رنينية، فهي تحدد تردد التذبذب فقط وفق ترددات الرنين الخاصة بها، وفي الحقيقة يكون لهذه الفجوة تأثير في اتساع الإشعاع الناتج ، فغالباً ما يكون هذا أصغر بكثير من الاتساع التقليدي الذي يعطيه الإنبعاث التلقائي للذرة في مصادر الضوء الاعتيادية.
إن هذا يؤدي ايضا إلى كون الطاقة المرافقة للإنبعاث مركزه ضمن نطاق ضيق ، وعليه تكون الشدة أعلى مما هي عليه في مصادر الضوء الاعتيادية ، عندما نبغى الحصول على ضوء احادي اللون منها. (ف. س. غولوييف , ف. ق. ليبديف ، 1992م).

2.4.2 الترابط (التشاكهة):

أن صفة التشاكهة تتعلق بمتقلبات الطور والسعة وتغيراتهما مع الموضع في الفضاء ، وكذلك مع الزمن فقد يتحقق التشاكهة بصورة تامة أو جزئية ، وبهذا يكون للتشاكهة مفهومين أما التشاكهة الفضائي أو التشاكهة الزمني ، وهذان المفهومان غير متلازمين فقد يكون لمصدر ضوئي تشاكهة فضائي تام وتشاكهة زمني لدرجة ما أو العكس.
يمكن تعريف التشاكهة الفضائي على أنه حالة الموجة الكهرومغنطيسية التي يبقى فيها فرق الطور بين أي نقطتين في الفضاء ثابتاً مع الزمن ، فإذا بقي فرق الطور بينهما يساوي صفر بعد أية فترة ، يقال أن هناك تشاكها فضائياً تاماً بين النقطين وأن الليزر يملك هذه الصفة بصورة تامة.
أما التشاكهة الزمني فهي صفة تتعلق بنطاق تردد الخط الطيفي الذي يعطي الاتساع فزمن التشاكهة لموجة أحادية اللون ، أي أن اتساع الخط الطيفي لها يساوي صفر يكون لا نهائي ، وبهذا يكون التشاكهة الزمني تاماً، ومن هنا يتضح أن مصادر الضوء التقليدية مصادر غير متشاكهة زمنياً نظراً لاتساع خطوطها الطيفية .
الترابط ين موجات الحزمة الواحدة مكانياً وزمنياً يساعد الموجات الضوئية أو الفوتونات في تقوية بعضها البعض لتعطي طاقة وقدرة عالية للحزمة الواحدة(ف. س. غولوييف , ف. ق. ليبديف ، 1992م).

3.4.2 الشدة:

شدة الشعاع عالية ومركزة في حزمة ذات قطر ضيق لا يتجاوز 1mm ، وعند إستخدام البصريات الملائمة يمكن تعريفها وفق الحاجة ، بالإضافة إلى أننا نستطيع تركيزها في بقعة صغيرة تملك قدرة كثافية هائلة، إن القدرة التي تحملها النبضة تكون أعلى بكثير من القدرة الخارجة لليزر يعمل بموجة مستمرة(ف. س. غولوييف , ف. ق. ليبديف ، 1992م).

4.4.2 السطوع:

قد تبدو بعض الغرابة أو الشك عند النظر إلى أشعة الليزر ومشاهدة الشدة العالية ، ثم مقارنة قدرة هذا المصدر الضوئي بمصادر الضوء التقليدية ، وبناءً على كون أن انبعاث أشعة الليزر يقع ضمن حزمة ضيقة ذات انفرج بسيط في الفضاء، مقارنةً بمصادر الضوء التقليدية والتي تنتشر منها الطاقة إلى جميع الاتجاهات ، لذا بدلاً من التعامل مع شدة الموجة المنبعثة التعامل مع كمية تعبر عن شدة الموجة المنبعثة ، ضمن وحدة الزاوية المجسمة ، حيث يطلق على هذه الكمية بالسطوع على هذا الأساس يعرف سطوع مصدر ضوئي ، على أنه مقدار الطاقة المنبعثة في وحدة الزمن ولوحدة المساحة من السطح ولوحدة زاوية مجسمة(ف. س. غولوييف , ف. ق. ليبديف ، 1992م).

فالمسؤول عن هذه المميزات هو الانبعاث المستحث بينما في الضوء العادي يكون الانبعاث التلقائي حيث يخرج كل فوتون بصورة عشوائية لا علاقة له بالفوتون الآخر(ورازيوزفلتو ، 1988م).

5.2 أنواع الليزرات:

تصنف الليزرات حسب نمط الخرج الليزري الى المستمر أو النبضي ، وحسب المنطقة من الطيف الكهرومغنطيسي وحسب القدرة الخارجة منخفضة أو عالية وحسب الخطورة وحسب المادة الفعالة(ورازيوزفلتو ، 1988م).

أما تصنيف الليزرات حسب المادة الفعالة المستخدمة تنقسم إلى ثلاثة أنواع رئيسية:

1.5.2 ليزر الحالة الصلبة:

هو الليزر الذي ينتج بواسطة مادة أو خليط من مواد صلبة مثل الياقوت أو خليط من الألمونيوم واليتريوم والنيوديميم neodymium:yttrium-aluminum ويسمى بليزر الـ TAGاختصاراً ، ويكون طوله الموجي في منطقة الأشعة تحت الحمراء(ورازيوزفلتو ، 1988م).

2.5.2 ليزرات الحالة الغازية:

وهى تعتمد على مادة غازية مثل الهيليوم والنيون وغاز ثاني أوكسيد الكربون وتكون أطوالها الموجية في مدى الأشعة تحت الحمراء ، وتستخدم في قطع المواد الصلبة لطاقتها العالية (ورازيوزفلتو ، 1988م).

تكون كثافة الوسط الفعال للغازات قليلة ومن هنا يكون التوزيع المعكوس صغير عند مقارنته مع ليزرات الحالة الصلبة وتعد هذه إحدى أسباب كبر حجم منظومات الليزر الغازية مقارنة بحجم ليزرات الحالة الصلبة للقدرة ذاتها. إن ضيق خطوط امتصاص ذرات الغازات يجعل الضخ الضوئي ليس عملياً ، لذلك يتم القيام بالضخ بوساطة التفريغ الكهربائي. يوضع الغاز في أنبوبة زجاجية مفرغة تحت ضغط منخفض وتوجد عند نهايتي الأنبوبة أقطاب التفريغ الكهربائي الكاثود Cathode والأنود Anode, تتسارع الإليكترونات التي تنتج من خلال التفريغ الكهربائي باتجاه الأنود وبسبب الاصطدمات تكتسب الذرات المتعادلة أو الأيونات طاقة إضافية تتهيج بواسطتها إلى مستويات طاقة أعلى . يؤدي اكتساب الطاقة هذا إلى حصول التوزيع المعكوس الذي يكون الشرط اللازم لفعل الليزر . من الملائم تقسيم الليزرات الغازية إلى ليزرات غازية ذرية وليزرات أيونية وليزرات جزيئية بسبب الاختلاف بين الاسس النظرية والعملية التي تعتمد عليها(خالد عبدالحميد الخطيب ، وليد خلف حمودي ، 1989م).

- **ليزرات الغازات الذرية:**

- ليزر هليوم – نيون:

من ناحية التصميم يتكون ليزر الهليوم – نيون التقليدي من أنبوبة زجاجية تحتوي على غازات وعلى وسائل القيام بالتفريغ الكهربائي ومرايا عند نهايات الأنبوبة لتكون حجرة المرنان . تكون المرايا خارج أنبوب البلازما بحيث يتم إخراج الضوء خارج الأنبوبة بأقل انعكاس ويتم ذلك بواسطة استعمال نافذة بريستر Brewster Widows التي هي عبارة عن صفائح زجاج بصرية مسطحة تتجه عند زاوية بريستر Brewster angleويكون عند هذه الزاوية الانعكاس الداخلي ضمن الأنبوبة صفراً لضوء ذي استقطاب معين(خالد عبدالحميد الخطيب ، وليد خلف حمودي ، 1989م).

الوسط الفعال لهذا النوع من الليزرات الغازية هو خليط من غازي الهليوم والنيون. تتم عملية الضخ من خلال تسليط فرق جهد كافي لإحداث التفريغ الكهربائي . بواسطة جهاز قدرة يتم تزويد المنظومة بالفولتية والتيار اللازمين . تتم الانتقالات الليزرية بين مستويات الطاقة الخاصة بغاز النيون إذ أن هناك العديد من الانتقالات تبدأ من المستويين (2s,3s) ولعدم وجود انتقالات إلكترونية من المستوى الأرضي إلى هذه المستويات خلال عملية الضخ يتم إضافة غاز الهليوم الذي يمتلك مستويات طاقة متهيجة تتطابق مع المستويين (3s , 2s) لغاز النيون . يمكن تصنيف ليزر الهليوم- نيون ضمن نظام المستويات الأربعة، يبعث ليزر الهليوم– نيون أطوال موجية هي 543nm و594nm و612nm و633nm وهو من الأنواع الشائعة الاستعمال في المعامل بسبب كلفته المنخفضة . تكون هذه الليزرات ذات كفاءة قليلة (0.01% to 0.1%) وقدرة قليلة (max 10mV) يستعمل ليزر الهليوم – نيون في الأبحاث الكيميائية والتحليل الطيفي والصور المجسمة (الهولوغرافي) والاتصالات(خالد عبدالحميد الخطيب ، وليد خلف حمودي ، 1989م).

- ليزر بخار النحاس:

جهاز ليزر بخار النحاس Cooper Vapor Laser (CVL) يشابه ليزر بخار الذهب . اخترع عام 1966م وأول جهاز على المستوى التجاري صدر للأسواق كان عام 1980م . ويتميز هذا الجهاز بكفاءته العالية نسبياً في مجال الطيف المرئي وهو من أنواع الليزرات النبضية.
من ناحية التصميم يتكون من أنبوبة مصنوعة من الألومنيا Alumina أو الزركونيا Zirkonia مع نوافذ ومرايا عند نهايات الأنبوبة . انعكاسية واحدة من المرايا تكون 100% بينما تكون الأخرى مرآة شفافة حيث تعكس فقط 10%. يتم ملأ الأنبوبة بغاز خامل وكمية قليلة من نحاس نقي. يتم ملأ الأنبوبة في العادة بغاز النيون . يكون قطر الأنبوبة بحدود 10-80mm . يمكن لهذا الليزر العمل بدون حجرة بصرية لأن هذه الليزرات تمتلك وسط فعال كبير.
يمثل بخار النحاس الوسط الفعال لهذا النوع من الليزرات ولأن بخار النحاس يتطلب حرارة عالية فهذا يتطلب أن تبقى أنبوبة التفريغ الكهربائي عند درجة حرارة عالية. إن ليزر بخار النحاس هو ليزر المستويات الثلاثة وهو كذلك ليزر نبضي بسبب ازدياد مستويات الطاقة بسرعة كبيرة لا يكون بعدها التوزيع العكسي كافياً للمحافظة على الانبعاث. ان المستويات الثلاثة في ليزر بخار النحاس تؤدي إلى انبعاث طولين موجيين منفصلين أحدهما عند 0.578µm منتجاً ضوءاً اصفراً والآخر عند 0.578µm منتجاً ضوءاً أخضراً.
لليزر بخار النحاس إستخدامات في العلاج الضوئي الحركي photo-dynamic Therapy لمرضى السرطان وتصوير الانطلاق السريع للحصول على صور واضحة عند السرع العالية وكمصدر ضخ لليزرات الصبغة Dye lasers ويستعمل في تحليل طبعات الأصابع(خالد عبدالحميد الخطيب ، وليد خلف حمودي ، 1989م).

- **ليزرات الغازات الأيونية:**

من بين نماذج هذا النوع مايلي:

- **ليزر أيون الاركون:**

تنتقل الاليكترونات في هذا النوع من الليزرات بين مستويات الطاقة للأيون بعد ضخها في انبوبة التفريغ الكهربائي إذ تبدا العملية بتأين ذرات الأركون (طاقة تأينها بحدود 15.75eV) ثم يتم تزويدها بطاقة إضافية لتحفيزها إلى مستويات طاقة أعلى من المستوى الأرضي (بحدود 19.68eV). إن كفاءة هذا النوع من الليزرات صغيرة بسبب ما تتطلبه من طاقة ضخ كبيرة ويمكن زيادة الكفاءة في حالة تسليط مجال مغناطيسي يتجه باتجاه محور انبوبة التفريغ الكهربائي . يبعث هذا الليزر أطوال موجية هي 458nm و488nm و514.5nm (خالد عبدالحميد الخطيب ، وليد خلف حمودي ، 1989م).

- **ليزر الهليوم – كادميوم:**

يعد ليزر الهليوم – كادميوم أفضل الليزرات المعروفة من عائلة الليزرات التي تبعث بخطوط أبخرة المعادن المتأينة وفي الحقيقة أنه أول ليزرات بخار المعدن المكتشف ويمكنه إنتاج قدرات مستمرة إلى حدود تصل إلى 100mW عند الطول الموجي 442nm في الطيف الأزرق وإلى حدود 20mW عند الطول الموجي 325nm في الإشعاع فوق البنفسجي.
يتم في هذه الليزرات تسخين الكادميوم في انبوبة تفريغ كهربائية تحتوي على غاز الهليوم وعند تسخين معدن الكادميوم يتحول جزء من الكادميوم إلى بخار ثم يتأين وتصبح ذراته في حالة استثارة ومن خلال تبادل الطاقة مع ذرات الهليوم المستثارة يتحرر الكترون من خلال عملية تبادل الطاقة هذا مكتسباً فرق الطاقة بين ذرة الهليوم وأيون الكادميوم المستثارين(خالد عبدالحميد الخطيب ، وليد خلف حمودي ، 1989م).

- **ليزر الهليوم – فضة:**

يولد أطوال موجية فوق بنفسجية بطول موجي 224nm (خالد عبدالحميد الخطيب ، وليد خلف حمودي ، 1989م).

- **ليزر النيتروجين N2:**

اخترع ليزر النيتروجين عام 1963م وهو ليزر غازي ويبعث نبضات قصيرة بمعدل إعادة عالي في مدى الإشعاع فوق البنفسجي عند الطول الموجي 337.1nm. وفترة النبضة الناتجة تكون في حدود 10ns أو أقل وتردد النبضة في حدود 1-200 Hz (خالد عبدالحميد الخطيب ، وليد خلف حمودي ، 1989م).

من ناحية التصميم يختلف ليزر النيتروجين عن ليزر ثاني أوكسيد الكربون باختفاء مرآة الخرج. وفضلاً عن ذلك تتوض كل جزئيات النتروجين المتهيجة اضمحلالاً إشعاعياً عبر فترة زمنية قصيرة عاملة على تفريغ الحجرة من طاقتها بفعالية وبذلك يتم إنتاج نبضة ذات شدة عالية دون الحاجة للتمرير المتكرر للضوء إلى الأمام والخلف بين المرايا . وفي الواقع يمكن لليزر النتروجين العمل بنجاح دون اي مرايا عند النهايات وأن الحاجة لمرآة توضع عند إحدى نهايات الحجرة هو فقط لغرض توجيه الخرج.
يعمل ليزر النتروجين عبر الانتقالات الإلكترونية فيتم تهيج الغاز بواسطة تفريغ كهربائي بفولتية عالية والذي يجعل المستوى الإلكتروني الثلث مشغولاً ويمتلك مستوى الليزر الأعلى عمر حياة قصيرة جداً 40ns ونتيجة لذلك لا يمكن المحافظة على التوزيع المعكوس ويمتلك مستوى الطاقة الاقل لانتقال الليزر عمر حياة طويل يجعله يمتلأ بالجزيئات والذي سيحدد معدل إعادة النبضات.
يمكن لهذا الليزر إنتاج ذروة شدة في مدى 1010W/m2 وبذلك يكون أحد المصادر التجارية ذات القدرة الأكبر نوعاً ما بالنسبة للإشعاع فوق البنفسجي . نتيجة لذلك غالباً ما يستعمل في الدراسات الكيميائية الضوئية كما يستعمل في تحليل الأطياف وفي عمل الضخ لليزر الصبغة وفي التحكم بالتلوث (التحسس عن بعد) ويستعمل في قياسات عمر الحياة الذرية والجزيئية ، وكذلك في الأبحاث الطبية والإحيائية (خالد عبد الحميد الخطيب ، وليد خلف حمودي ، 1989م).

- **ليزرات الغازات الجزيئية:**

- ليزر ثاني أوكسيد الكربون:

يعتبر من أنواع ليزر الغاز الجزيئى ، ويعد ليزر ثاني أكسيد الكربون co_2 من أهم الأنواع لكفاءته العالية التي تبلغ حوالي 30% ، وكبر حجم القدرة الخارجية التي قد تصل إلى عشرات الكيلوواط والتي تكون في بعض الأنواع تعمل بنمط التشغيل المستمر ، وهذه القدرة الكبيرة هي ما أوحت للصحافة الشعبية بتسمية الليزر (بأشعة الموت) ، وهي التي جعلت هذا النوع يستخدم في كثير من التطبيقات الصناعية والعسكرية(خالد عبدالحميد الخطيب ، وليد خلف حمودي ، 1989م).
وينتج هذا الجهاز البصري حزمة ليزر مستمرة بقدرة خارجة تصل إلى 100kW وبأطوال موجية هي 9.6μm و10.6μmويستمر محافظاً على درجة عالية نسبياً من النقاوة والترابط وتكمن أهمية ليزر كهذا من خلال قدرته على قطع الماس وألواح سميكة من الفولاذ في غضون ثوان. اضافة إلى ذلك يولد ليزر كهذا مدى واسع من ترددات الأشعة تحت الحمراء ويمكن تضمينها لمدى من الأطوال الموجية ولأشعتها تطبيقات في أنظمة الاتصالات البصرية كالرادارات البصرية وتكون مناسبة للأنظمة الأرضية والفضائية لأن الأشعة تحت الحمراء تتشتت أو تمتص بشكل طفيف بوساطة الغلاف الجوي فقط(خالد عبدالحميد الخطيب ، وليد خلف حمودي ، 1989م).
يعد طيف الغازات الجزيئية أكثر تعقيداً من تلك التي لعدد من الغازات الذرية فبالإضافة لمستويات الطاقة الإلكترونية للذرات الحرة هنالك جزيئيات تمتلك مستويات تظهر من اهتزازات ودوران كمي للذرات نفسها. وبذلك يكون هنالك لهيئة إلكترونية في جزيئة معطاة عدد من مستويات اهتزاز متباعدة بالتساوي تقريباً وهنالك لكل مستوى اهتزاز عدد من مستويات دورانية.
يؤدي إضافة غاز النتروجين N_2 لحجرة الليزر إلى ارتفاع انتقائي لجزيئات CO_2 إلى مستويات ليزر مطلوبة وهذه مشابهة للانتقال الانتقائي لطاقة التهيج من ذرات الهليوم إلى ذرات النيون في ليزر الهليوم-نيون(خالد عبدالحميد الخطيب ، وليد خلف حمودي ، 1989م).
ترجع الكفاءة العالية لليزر CO_2 إلى مساهمة حقيقية لحاجة المستويات الاهتزازية والدورانية لطاقة أقل للتهيج وأن جزءاً كبيراً من هذه الطاقة يتحول إلى حزمة الليزر بينما لغرض تهيج ذرة هليوم إلى أول مستوى غير مستقر metastable تحتاج إلى ما يصل إلى 20V وأن ثلثا منها فقط مطلوب لاستثارة جزئية CO_2 إلى مستوياته الاهتزازية والدورانية الأولى المنخفضة(خالد عبدالحميد الخطيب ، وليد خلف حمودي ، 1989م).

3.5.2 ليزر الحالة السائلة:

ويتميز بسهولة تحضيره في المختبرات، كما أن المواد المستخدمة فيه اقتصادية إلى درجة كبيرة، بالمقارنة بأجهزة الليزر الأخرى ، بالإضافة إلى إمكانية تغيير السائل المستخدم بسهولة للحصول على أشعة ليزر ذات

مواصفات جديدة ، دون تغيير جهاز الليزر. ويمكن لجهاز ليزر السوائل أن ينتج أشعة ليزر بألوان مختلفة، وبموجات ضوئية ذات أطوال متباينة. والسوائل المستخدمة هنا تعتمد في تركيبها على مادة الصبغة العضوية الكيماوية التي توجد في الطبيعة على هيئة أجسام صلبة تختلف في التركيب الكيماوي(خالد عبدالحميد الخطيب ، وليد خلف حمودي ، 1989م).

4.5.2 ليزر الاصباغ Dye Laser:

وهو عبارة عن مواد عضوية معقدة مثل الرودامين مذابة في محلول كحولي وتنتج ليزر يمكن التحكم في الطول الموجي الصادر عنه(أورازيوزفلتو ، 1988م).

وإضافة إلى هذه الأنواع الثلاثة هنالك نوع رابع هو ليزر أشباه الموصلات. فعلى الرغم من كون الوسط الفعال في هذا النوع مادة صلبة ، إلا أن جوهر العمل لهذا النوع يختلف تملماً عن ليزرات الحالة الصلبة ويطلق عليه احيانا ليزر الدايود ويعتمد على المواد شبه الموصلة ويمتاز بحجم صغير ويستهلك طاقة قليلة ولذلك يستخدم في الاجهزة الدقيقة مثل اجهزة السي وطابعات الليزر. ولكن اكثر انواع الليزرات المستخدمة في التطبيقات الصناعية هي(أورازيوزفلتو ، 1988م):

1. ليزر ثنائي أوكسيد الكربون المستمر.
2. ليزر ثنائي أوكسيد الكربون النبضي.
3. ليزر النيدميوم – ياك المستمر.
4. ليزر النيدميوم – ياك النبضي.
5. ليزر النيدميوم – زجاج المستمر.
6. ليزر الياقوت النبضي.
7. ليزر التيتانيوم – زفير.
8. ليزر فلوريد الكربتون.

جدول رقم (2. 1) المعلومات حول عمل أنواع الليزرات(ف. س. غولوييف , ف . ق . ليبديف، 1992م)

نوع الليزر	نمط الاشتغال	طول الموجة (نانومتر)	منطقة الطيف	القدرة (واط)
ليزر غاز الهليوم نيون	المستمر	632.8	المرئية	تصل الى 20 ملي
ليزر غاز الارجون	المستمر	514.5	المرئية	تصلى الى 20
ليزر ثانى اوكسيد الكربون	المستمر	10600	تحت الحمراء	تصل الى الاف
ليزر ثانى اكسيد الكربون	النبضى	10600	تحت الحمراء	تصل الى ملايين
ليزر الياقوت	النبضى	694.3	المرئية	اكثر من 100 الف
ليزر الياج	النبضى أو المستمر	1064	تحت الحمراء	اكثر من الاف
الليزر الصبغي	المستمر	900-360	فوق البنفسجية	تصل الى عشرات
ليزر انصاف الموصلات	المستمر	900	تحت الحمراء	تصل الى اجزاء
ليزر الهليوم كادميوم	المستمر	441.6-325	فوق البنفسجية	تصل الى اجزاء
ليزر النتروجين	المستمر	337	فوق البنفسجية	تصل الى اجزاء
ليزر الكربتون	المستمر	647-476	فى المرئية وفوق البنفسجية	تصل الى بضع

6.2 تطبيقات الليزرات:

تستعمل الليزرات في القياس الدقيق للمسافات البعيدة ففي السنوات الحالية أصبح مهماً بالنسبة للأغراض الفلكية والجيوفيزيائية قياس المسافات بدقة كبيرة من نقاط مختلفة على سطح الأرض إلى نقطة على سطح القمر(فاروق بن عبدالله الوطبان ، 1987م).

يستخدم الطب حقيقة إمكانية امتصاص الأطوال الموجية لليزر في أنسجة بايلوجية معينة. فعلى سبيل المثال ، بعض إجراءات الليزر تمتلك إمكانية عالية في تقليص العمى في مرضى الجلوكوما وداء السكر(فاروق بن عبدالله الوطبان ، 1987م).

إن عملية بسيطة بالليزر يمكنها أن تفتح بعملية الحرق فتحة متناهية في الصغر في غشاء متخثر مخففة الضغط الاتلافي. أحد العوارض الجانبية للسكري تكمن في الأوعية الدموية الضعيفة التي غالباً ما تسرب الدم وعند حدوث التسرب في الشبكية تصبح الرؤية متدهورة وأخيراً تتلف الشبكية(سهام عفيف قندلة ، 1991م).

يستخدم الليزر الآن في العمليات الجراحية بشكل واسع ، فبإمكان أشعة تحت الحمراء بطول موجي 10µm من ليزر ثاني أوكسيد الكاربون أن تقطع أنسجة عضلية(سهام عفيف قندلة ، 1991م).

لليزر أهمية كبيرة في البحوث البايولوجية والطبية وخصوصاً في عمليات عزل وجمع الخلايا غير الاعتيادية لغرض دراستها وتنميتها(سهام عفيف قندلة ، 1991م).
لقد استخدم شعاع الليزر في الكثير من المجالات ، وذلك نسبةً لمميزات هذه المنظومة ، مما جعلها ملائمة للاستخدام في بعض التطبيقات ، ومن هذه المميزات الآتي:

1. عدم وجود تماس مباشر بين العينة ومنظومة أشعة الليزر ، وبالتالي استبعاد أي تلوث او جهد ميكانيكي عند استخدام المساكات الميكانيكية التقليدية.
2. إن الطاقة الحرارية لأشعة الليزر تنفذ إلى العمق المطلوب بإنتشار عرضي صغير جداً ، وبذلك تحافظ على شكل المادة وليس لها تأثير كثير على خواصها الفيزيائية ، مقارنة مع الطرق الميكانيكية.
3. إمكانية استخدام الليزر في تصنيع المواد المختلفة سواء كانت من معادن فلزية أو سيراميكية صلدة قابلة للكسر مثل الزجاج والسيراميك دون أن تحدث أي تلف.
4. إمكانية الحصول على لحام نقطي أو ثقوب متناهية في الصغر بسبب القدرة الكبيرة على تركيز الشعاع على بقعة صغيرة.
5. سرعة انجاز العمليات الصناعية باستخدام الليزر خصوصاً الدقيقة منها مقارنةً بالطرق التقليدية.

إن هذه المميزات التي ذكرت تعتبر مساوئ عند استخدام منظومة الليزر في بعض التطبيقات ، حيث نجد أن بعض التطبيقات مثلاً تحتاج إلى وجود تماس مباشر بين العينة ومنظومة الليزر. إلاّ أن هذه المساوئ لا تعتبر عائقاً من استخدام منظومة الليزر ، وذلك نسبةً لتميزها بخواص أخرى تساعد على إجراء التطبيق المطلوب ، فعلى سبيل المثال تعتبر ليزرات الثنائي (Diode) أو أشباه الموصلات صالحة للاستعمال في الطابعات الليزرية، وفي المعامل البحثية والتعليمية ، وذلك لتميزها بالخواص الآتية:

أ. صغر حجمها.
ب. سهولة تشغيلها.
ج. قلة كلفتها.

بالإضافة إلى الخصائص العامة فإن ليزر الثنائيات ذات الطول الأحادي والذي يعني أن شعاع الليزر الذي يتذبذب بشكل طولي وأساسي مفرد ذو فائدة كبيرة في الفيزياء الذرية ، بالرغم من صغر حجمها فإنها تعطي قدرة معقولة من الموجات المستمرة مع كفاءة كهربية وبصرية. أما ليزر أشباه الموصلات يمتاز بصغر حجمه وطوله المحدود وبسهولة التضمين عند الترددات العالية لذلك نجد ان له تطبيقات مهمة في كثير من مجالات البحوث الأساسية والتكنولوجيا ، كالتمثيل الطيفي للغازات الدقيقة وفي مراقبة تلوث الجو وفي المجال الطبي.
ولقد استخدم الليزر في تقدير وتعيين بعد القمر ، كما استخدم تضاؤل حزم الليزر واستطارتها في دراسة الغلاف الجوي ، وثمة تغيير من تجربة ميكلسون مورلي تم إجراءه باختيار حساس لإنزياح الأثير أن تتحد حزمتين من ليزر الأشعة تحت الحمراء ، تختلفان في ترددهما اختلافاً طفيفاً بواسطة مجزئ الخدمة ، ويمكن كشف الضربات الناتجة في التردد بواسطة مضخم الشدة الضوئية ودوائر التسجيل الإلكترونية ، تكون الضربات الناتجة في التردد كما في أمواج الصوت مساوية للفرق بين ترددي حزمتي الليزر ، ويحكم التردد المضبوط الذي يعمل به الليزر بوساطة طول كل تجويف رنين وسرعة الضوء داخله (غازي ياسين القيسي ، 2009م).

7.2 السلامة والأمان في مختبرات الليزر:

يتعلق هذا البند بموضوع مخاطر إستخدام أشعة الليزر وكيفية أخذ الحذر والحيطة للوقاية منها عند التعرض لها أو التعامل معها.إن هذه المخاطر تقع في أربعة أبواب وهي:

1. مخاطر الاشعاع.
2. مخاطر القدرة الكهربائية.
3. مخاطر الإنفجار.
4. مخاطر التسمم.

لقد درست هذه المخاطر بشكل وافي حتى ذهبت بعض الدول إلى وضع تعليمات رسمية تطبق على المنتج والمستهلك غرضها من ذلك السلامة والأمان لجميع العاملين في مختبرات أجهزة الليزر.إن مخاطر الإشعاع يقع تأثيرها وبصورة رئيسة على عين وجلد الإنسان.أما الخطر الكهربائي فيكمن في مصادر توليد القدرة

الكهربائية اللازمة لعمل الليزر وتأثير الصعقة الكهربائية أما مخاطر ألانفجار فتكمن في فشل عمل بعض أنواع الليزر كفشل عمل المصابيح الوميضية أو إنفجار في المحاليل الكيميائية .أما مخاطر التسمم فتنتج معظمها عن تعامل أشعة الليزر الموجهة ذي القدرة العالية مع المواد المختلفة التي تقع في طريقها فتؤينها أو تحدث تغيراً في تركيبها تكون بعدها مصدراً للتسمم ، كذلك قد تستخدم بعض المواد الكيميائية كمواد مذيبة أو منشطة لفعالية الليزر وقد تكون ذات أبخرة مؤذية عند إستنشاقها (http://www.hazemsakeek.com/physics lectures/laser/laser lectures13.htm).

8.2 الطرق الصحيحة للسلامة:

1. توضع علامات تحذير في الأماكن المعرضة لإشعاع الليزر،كذلك يثبت مصباح ضوء تحذيري عند مدخل المختبر ويضاء أوتوماتيكياً مع تشغيل جهاز الليزر بداخل المختبر ليمنع الدخول الفجائي إليه.
2. يحدد الإتجاه الذي ينتقل فيه الليزر في المختبر بحيث لا يتعارض مع الحركة بداخله كما يجب أن لا تكون حزمة الليزر على إرتفاع قريب من مستوى العين.
3. لا توضع المأكولات في طريق الأشعة فقد ينعكس عنها الليزر إلى العين كذلك قد تتفكك هذه المواد بسبب ألاشعاع إلى مواد لا يصل تناولها ،كما لا يسمح بخزن الغذاء في مختبرات الليزر كذلك يجب أن تتوفر شروط التهوية المستمرة.
4. يكون لمصادر القدرة الكهربائية العالية ،أرضي جيد قبل تشغيلها كذلك يتجنب من يشغل هذه الأجهزة أو يفحصها الوقوف على صفائح معدنية أو أرض رطبة أو اي مادة جيدة التوصيل بالأرض وينصح بلبس الاحذية المطاطية وأن لا يشتغل الفرد لوحده في المختبر.
5. يجب لبس النظارات الخاصة بكل طول موجة لحماية العين.
6. يقوم المشرف على المختبر بإعطاء طلابه جميع التعليمات والإرشادات ذات العلاقة بسلامته داخل المختبر وقبل أن يشغل أي جهاز لليزر(د. أحمد الناغي ، د. رشا فؤاد السيد ، 2001م).

الفصل الثالث
الليزرات الطبية وتطبيقاتها

1.3 مقدمة:

تبرز الاستفادة الحالية من شعاع الليزر من وجهة النظر الطبية في طاقته الحرارية العالية والمتركزة في قطر ضيق جداً. وهذ الليزر قد اثبت كفاءة عالية في الجراحة بصورة عامة ، وفي الجراحة الدقيقة بصورة خاصة . كما اصبح اليوم شائع الاستخدام في افرع طبية عدة منها : جراحة الأنف والأذن والحنجرة ، وأمراض النساء ، وأمراض المستقيم ، والأسنان وأمراض الفم ، والامراض الجلدية ، وجراحة التجميل التي تشمل جراحة التقويم(أي تقويم الأعضاء وإصلاح التشوهات) ، وجراحة العظام ، وجراحة الأعصاب وحتى لارشاد فاقدي

البصر. حيث استخدمت كثير من مستشفيات العالم الليزر في العمليات الجراحية للقطع أو التبخير أو اللحام أو العلاج (غازي ياسين القيسي ، 2009م).

2.3 أهمية الليزر في العلوم الطبية ومميزاته:

وللإجابة على أهمية استخدامه في العمليات الجراحية ، يجدر بنا تفحص مميزاته التالية:

أ. تقليل هدم الأنسجة بهدف الالتئام السريع:

تمتص المواد العضوية بالخلية الحية حزمة ليزر ثاني أكسيد الكربون عند تركيزها علي الأنسجة. يؤدي ذلك الى ارتفاع درجة حرارة ماء الخلية الداخلي والخارجي ، الممتص لطاقة الحزمة ، الى100ْم أي الى درجة تبخره ، وبذلك يحصل قطع الانسجة المراد ازالتها ، علما بان التاثير على الانسجة المحيطة لا يزيد قطره 100 ميكرون (واحد بالمليون من المتر) من نقطة الاتصال مما يجعل فترة الالتئام قصيرة وبالتالي مدة اقل من العناية بعد الجراحة. وبما أن فترات النبضات الليزرية يمكن التحكم فيها ، فهي تتراوح من0,1 من الثانية الي نبضه في الثانية ، أو بصورة نبضات مستمرة ، فهو يعطي الجراح القدرة على استعمال حزمة الليزر لتبخير الأنسجة أو قطعها حسب الحاجة. وفي الحالة الأخيرة يمكن التحكم الدقيق بموقع الحزمة مما يجعل الليزر بديلاً كفء عن المبضع أو المشرط التقليدي في الجراحة(غازي ياسين القيسي ، 2009م). إن شعاع ليزر ثاني أكسيد الكربون قادر على لحم الأوعية الدموية التي يقل قطرها عن نصف مم تلقائياً عن طريق تخثبر الدماء في النهايات المفتوحة. وهذا التأثير يجعل الجراحة بالليزر في مجال جاف تقريباً ، ولذلك فوائد كثيرة منها التقليل من نقل الدم خلال الجراحة ، بالإضافة الى توفير الرؤية الجيدة للجراح(غازي ياسين القيسي ، 2009م).

ب. تقليل الالتهاب ما بعد العملية الجراحية:

لا تتأثر الخلايا القريبة من نقاط تماس الشعاع وذلك لكونقطر شعاع صغيراً جداً، (في حدود1 ملم) مما يجعل استرجاع حيوية الخلايا المقطوعة سريع(غازي ياسين القيسي ، 2009م).

ج. تقليل الآلام الناتجة عند الجراحة:

شعاع الليزر قادر على غلق نهايات الأعصاب الدقيقة المقطوعة بسبب الجراحة. هذا من شأنه تخفيف الآلام لدرجة أنه في بعض الأحيان لا حاجة إلى التخدير(غازي ياسين القيسي ، 2009م).

د. الدقة المتناهية:

حيث ان المستخدم لليزر يستطيع السيطرة الكاملة على عمق الاختراق من قبل الحزمة ، والتي بدورها تعتمد على قدرة الليزر ومدة التعرض. وبالاستعانة بالمجهر يستطيع الجراح التحكم في موقع الحزمة بكل دقة ، ولكن الليزر يعمل من مسافة فهذا يعطي للجراح مجال رؤية أكبر(غازي ياسين القيسي ، 2009م).

هـ. لا تأثير ميكانيكي:

لا وجود لخطورة الحركة الميكانيكية للخلايا الحية التي تنتج عن الضغط ، وذلك بسبب انعدام الضغط عند استخدام شعاع الليزر(غازي ياسين القيسي ، 2009م).

و. التعقيم:

لا خطورة من التلوث لعدم وجود ملامسة بين أدوات الجراحة ، والأنسجة المعالجة بالاضافة الى ان شعاع الليزر قادر على تبخير الجراثيم المرضية القريبة من موقع الجراحة(غازي ياسين القيسي ، 2009م).

3.3 الليزرات الطبية:

إن قدرة شعاع الليزر من ثاني اكسيد الكربون المستخدم حالياً لا تزيد على 100 واط في الحالات العادية ، ويمكن الحصول مستقبلاً على قدرة تصل إلى 250 واط أو500 واط ، والتي قد يحتاج لها في جراحة العظام. إن شعاع ثاني اكسيد الكربون يقع في المنطقة تحت الحمراء كما أسلفنا ، وهو ذو طول موجي قدره 10.6 ميكرومتر ، ويستخدم عادة في الجراحات العامة. بالإضافة إلى ذلك تتوفر حالياً ليزرات أخرى مثل الليزر الزجاجي المعروف باسم (ياج ليزر) والتي تصل قدرته إلى 100 واط ، وطوله الموجي إلى 1.06 ميكرومتر في المنطقة تحت الحمراء ، علماً بأن استعمالات ليزر الياج اليوم تتمثل غالبيتها في الجراحات المعوية بواسطة المنظار ، ويختلف عن شعاع ثاني اكسيد الكربون في انه اقل امتصاصا من قبل الخلايا والأنسجة مما يجعله مبضعاً أقل اختراقاً . بينما ليزر غاز الارجون ، يستخدم حالياً في عمليات حساسة مثل

ترقيع الشبكية، ولحام العصب البصري المنفصل الذي يسبب العمي المؤقت، إلا أن قدرة امتصاصه في الخلايا والأنسجة تكون أقل من ليزر الياج. لهذا فان أجهزة الليزر الشائعة الاستخدام لأغراض مختلف العمليات الجراحية هي شعاع غاز ثاني أكسيد الكربون ، وشعاع ليزر الياج ، وشعاع ليزر الارجون ، وهي تمتاز بقابلية امتصاص الأنسجة والخلايا بدرجات متفاوتة: امتصاص عالي، وامتصاص متوسط ، وامتصاص قليل على التوالي. وتتنوع استخدامات هذه الليزرات مثل استئصال الأورام السرطانية المختلفة ، وإزالة الكثير من التشوهات منها تشوهات الولادة. وكذلك يستخدم الليزر في إزالة وتبخير الأورام غير الخبيثة في الحبال الصوتية للحنجرة وأمكن بذلك تقويم الحبال الصوتية ، وتنقية الصوت ، وقد تكون هذه هي البداية لإزالة الكثير من الغموض حول كيفية تنقية الأصوات البشرية. وعملية من هذا النوع تتم بمدة قصيرة جداً ، ولا حاجة لتنويم المريض وكذلك الأمر بالنسبة إلى ترقيع الشبكية فهي لا تتطلب أكثر من دقائق في اجرائها ، بالإضافة إلى ذلك فإن الكثير من الجراحات وخصوصاً الجراحات الجلدية لا تحتاج الى استخدام المخدر العام. أو حتى المخدر الموضعي حيث - كما أسلفنا- فإن قدرة الليزر على لحام الأعصاب عند قطعها يقلل من الألم بشكل ملحوظ في الجراحات البسيطة (سهام عفيف قندلة ، 1991م).

أما إذا أخذنا الجانب الآخر وهو العلاج بشعاع الليزر ، فقد أثبتت التجارب الحالية أن استخدام الليزر المعروف بليزر الصبغات (وتتكون مادته الفعالة من مواد كيميائية عضوية صبغية وإشعاعه يقع في المنطقة المرئية من الاشعاع الكهرومغنيطي) قد أعطى الأمل الكبير في معالجة الأورام السرطانية وبدون استئصالها. إن قتل الخلايا الخبيثة وبدون التأثير على الخلايا السليمة يتم بإعطاء المريض جرعات من عقاقير محددة تمتصها الخلايا السرطانية فقط ، ومن ثم يسلط شعاع الليزر ، الذي تمتصه هذه الخلايا المشبعة بالعقار المحدد ، والنتيجة قتل الخلايا السرطانية فقط(سهام عفيف قندلة ، 1991م).

4.3 استخدامات الليزر في الطب:

لازالت اجهزة الليزر واستخدام الليزر في الطب وبالرغم من شيوع استعماله ، حكرا على المراكز الطبية والمستشفيات ذات التخصصات الدقيقة في جميع ارجاء العالم ، حتى الليزر في جراحة وطب العيون الذي أصبح أساسياً وفعالاً ولا سبيل لغيره ، لا يتواجد إلا في مراكز معدودة ومختصة ، يرجع ذلك لعدة أسباب من أهمها أن الطبيب المعالج باستخدام أشعة الليزر ينظر الى خبرته الطويلة في استلامه لحالات عديدة ، يكتسب من خلالها القدرة الفنية والطبية اللازمة ، فبين قطع الأنسجة أو تبخير الأجزاء أو لحمها فوارق بسيطة في الاستعمال تتطلب المهارة والمران الكافي ، ويحدث ذلك عند زيادة عدد الحالات المستخدم فيها الليزر ، وكذلك الحاجة إلى اختصاصي الليزر لضمان الاختبار والتأكد الدوري لطاقة الاشعاع ، وعرض حزمته ، والسيطرة النوعية على استخدامه(خالد عبدالحميد الخطيب ، وليد خلف حمودي ، 1989م).

لذا لا ينصح علي الاطلاق بشراء اجهزة الليزر في المستشفيات التي لا تستعملها بكثرة حيث أنه في هذه الحالات ، بالإضافة إلى غياب السيطرة النوعية ، سوف لا تكون لدى الطبيب المعالج الخبرة والمران الكافي على استخدامها(خالد عبد الحميد الخطيب ، وليد خلف حمودي ، 1989م).

بالنسبة الى ليزر غاز الأرجون المستخدم بصورة شاسعة في طب وجراحة العيون ، فإن المراكز الطبية التي توجد فيها هذه الأجهزة في الدول العربيةمحدودة وقليلة جداً.

جدول رقم (1.3) تصنيف الليزرات المستخدمة في التطبيقات الطبية حسب خطوراتها (أورازيوزفلتو ، 1988م)

نوع الليزر		الطول الموجي	التصنيف حسب القدرة والنوع			
		(نانومتر)	I الأول	II الثاني	III الثالث	IV الرابع
.1	غاز الأرجون (مستمر الطاقة)	514,488	القدرة أقل من 0,4 مايكرو واط	اقل من 1 ملي واط	أقل من 0,5 واط	أكثر من 0,5 واط
.2	الهليوم–نيون(مستمر الطاقة	632,8	القدرة أقل من 6,5 واط مايكرو واط	اقل من 1 ملي واط	أقل من 0,5 واط	أكثر من 0,5 واط
.3	اليـاج-نايدوميوم (مستمر الطاقة)	1064	القدرة اقل من 620 مايكرو واط	لايوجد	أقل من 0,5 واط	أكثر من 0,5 واط
.4	اليـاج-نايدوميوم(نبضي الطاقة) النبضة 10 نانومتر	1064	الطاقة اقل من 2 ميكروجول	لايوجد	كثافة الطاقة أقل من 0,34 جوال / سم3	كثافة الطاقة أكثر من 0,34 جوال/ سم3
.5	ثاني اكسيد الكربون (مستمر الطاقة)	10,600	القدرة اقل من 800 مايكرو واط	لايوجد	أقل من 0,5 واط	أكثر من 0,5 واط
.6	الجاليوم ارسنايد (المستمر والنبضي) 10,000 نبضة في الثانية	910	القدرة اقل من 310 مايكرو واط	لايوجد	أقل من 0,5 واط	أكثر من 0,5 واط

الفصل الرابع
نبذة عن داء المياه الزرقاء (الجلوكوما) - الجانب العملي

1.4 المياه الزرقاء (جلوكوما):

1.1.4 تأثيرات ارتفاع ضغط العين:

المياه الزرقاء مرض يصيب العين البشرية ويمكن ان يسلبها الرؤية في صمت بالغ دون شعور المريض بعمق المشكلة ، وغالباً ما يبلغ نقطة معينة يصعب بعدها عودة بسرعة الإبصار لسابق عهده ، والمشكلة تتعلق بارتفاع ضغط العين الي الحد الذي يدمر الألياف العصبية الرقيقة الموجودة ، بالعصب البصري. مستوي ارتفاع ضغط العين الذي يسبب تدمير الألياف العصبية يختلف من شخص آخر. وكمية الدمار الحادث لا تتوقف على مدي ارتفاع ضغط العين فحسب ولكن أيضا على مدي حساسية العصب البصري لعملية التدمير. فالارتفاع المعتدل في الضغط الداخلي لعين شخص ما قد لا يسبب تدميراً للألياف العصبية بينما نفس هذا الارتفاع في ضغط عين شخص آخر ، يكون عصبه البصري أكثر حساسية ، يمكن أن يؤدي لفقدان البصر(http://www.hazemsakeek.com/physics lectures/laser/laser lectures13.htm).

2.1.4 أسباب تكون المياه الزرقاء:

أ. جروح العين.
ب. عدوي خطيرة للعين.
ج. اسباب خلقية . Congential
د. اسباب متعلقة بأمراض أخري مثل السكر.
ه. تناول عقاقير أو أدوية معينة مثل الكورتيزون.
و. اسباب خاصة بتجمع الدم في الأوعية الدموية بالعين.
ز. اسباب خاصة ببنية العين.
ح. ضيق متدرج في قنوات صرف السوائل بالعين بدون سبب معروف (جلوكوما مزمنة ذات زاوية مفتوحة Chronic open Angle Glaucoma) وهذا اكثر الاسباب شيوعا لحدوث مرض المياه الزرقاء(http://www.hazemsakeek.com/physics lectures/laser/laser lectures13.htm).

3.1.4 فسيولوجيا المياه الزرقاء (الجلوكوما):

داخل اي عين يوجد سائل مائل له ضغط معتاد ليحافظ على العين في حالة صحية. ولنتصور حوضا او وعاء يصب فيه الماء من خلال صنبور وينصرف من خلال قنوات صرف معينة ، يمكن ان يتراكم السائل في الحوض (الوعاء) اذا زاد معدل صب الماء من الصنبور أو إذا حدث انسداد في قنوات الصرف. وفي العين البشرية ، علمتنا الأبحاث العلمية ان العامل السائد المسبب لزيادة الضغط داخل العين هو الانسداد المتدرج لقنوات الصرف من العين والمعروف بـ "الشبكة الحاجزة trabecular mesh work اذا ظل الضغط عالياً بدرجة كافية ، ولفترة طويلة نسبياً فإن الألياف العصبية الرقيقة الموجودة بالعصب البصري ستدمر. وإذا دمرت فإن الألياف البصرية لن تتولد من جديد ولهذا السبب فان مفتاح علاج المياه الزرقاء يكمن في التشخيص المبكر بحيث تتخذ الاجراءات لتقليل ضغط العين قبل حدوث التدمير. ومن المهم جداً ان يدرك المرء ان ضغط العين الفعلي لابد ان يفحص دورياً لكل فرد بغض النظر عن عمره ، وليس ذلك فحسب ، بل يجب بالإضافة لذلك اختبار العصب البصري. وإذا بدأ أي شك في حدوث المياه الزرقاء فيجب عمل اختبار مجال رؤية (هو اختبار للرؤية المحيطة يجري بمساعدة جهاز كمبيوتر) (http://www.hazemsakeek.com/physics lectures/laser/laser lectures13.htm).

4.1.4 الخيارات المطروحة لعلاج المياه الزرقاء:

يعتمد علاج المياه الزرقاء عامة على تحليل المشاكل سابقة الذكر والمسببة لحدوث المرض . وبغرض علاج العوامل المتعلقة بهذا المرض فإن السيطرة على مشكلة ضغط العين قبل حدوث عطب محسوس يمكن تقسيمها كالتالي:

أ. علاج موضعي (قطرة العين):

أقدم طريقة لتقليل الضغوط الداخلية للعين تتضمن استخدام قطرة العين . وهناك عدد كبير من الأنواع المستخدمة لعلاج مشكلة المياه الزرقاء . وهذه الأدوية تعمل علي تقليل سريان (صب) سائل العين أو على زيادة اتساع الشبكة الحاجزة trabecular meshwork أي قنوات صرف سائل العين drainage channels وفي العامين او الثلاثة الأخيرة حدث تحسن ملحوظ في كفاءة هذه الأدوية. ومع ذلك فإن لأغلب هذه الأدوية آثارا جانبية على بعض الأفراد (وليس جميعهم). ان اختيار الدواء المناسب أو تركيبة من الأدوية يحتاج لتقويم دقيق. من طبيب العيون المعالج للمريض في ضوء حالته الصحية بصفة عامة (http://www.hazemsakeek.com/physics lectures/laser/laser lectures13.htm).

ب. أدوية منتظمة (أقراص):

هناك عدد صغير من الأقراص التي تعمل على تقليل ضغط العين وذلك بتقليل سريان أو صب سائل العين. ومن أمثلة ذلك دياموكس Diamox ونبتازين Neptazine. وهذه الأدوية بصفة عامة ذات فائدة محدودة على المدي الطويل بسبب آثارها الجانبية ، ولكنها ذات أهمية للعلاج قصير الأجل (http://www.hazemsakeek.com/physics lectures/laser/laser lectures13.htm).

ج. الليزر:

i. ليزر الأرجون:

استخدم ليزر الارجون (ضوء أخضر) لسنوات عديدة في علاج المياه الزرقاء مفتوحة الزاوية المزمنة chronic open angle glaucoma في هذه العملية ، تستخدم عدسة معقدة التركيب توضع أمام العين ومن خلالها يتم تركيز شعاع الليزر في منطقة الشبكة الحاجزة (قناة الصرف). ويتم تسليط شعاع الليزر عدة مرات حول منطقة الشبكة الحاجزة بهدف توسيع فتحاتها وتسليك قنوات الصرف "trabeculoplasty" وبالتالي تقليل الضغط داخل

العين. وعامة لا يصاحب هذه العملية أي شعور أو إحساس بعدم الراحة، ويصبح المريض قادراً على مزاولة نشاطه المعتاد فور انتهاء العملية. (http://www.hazemsakeek.com/physics lectures/laser/laser lectures13.htm).

وتجري عملية توسيع قنوات الصرف بواسطة ليزر الارجون (ALT) argon laser trabeculoplasty لأغلب الناس عندما يتحقق لديهم استجابة مناسبة للعلاج بالأدوية أو إذا سببت لهم هذه الأدوية آثارا جانبية عديدة. وفي بعض الحالات ، يتخذ قرار العلاج بأشعة ليزر الارجون دون محاولة تجربة العلاج بالأدوية. وتختلف كل حالة عن الأخرى ، وطريقة العلاج المناسبة لشخص ما يمكن ان تتحد فقط بتقويم سليم من قبل طبيب العيون المعالج (د. أحمد الناغي ، د. رشا فؤاد السيد ، 2001م).

وليزر الأرجون علاج جيد بصفة عامة ، وغالباً (وليس دائماً) يؤدي لتقليل اعتماد المريض على القطرات. ولكن هناك شعور عام بأن تأثير العلاج بالليزر يزول خلال (7 – 10) سنوات وقد يضطر المريض لإعادته. ومع ذلك فإذا أمكن بواسطة هذا العلاج الحفاظ على ضغط العين منخفضاً (غير مرتفع) في حالة مريض المياه الزرقاء فقد يؤدي ذلك لقطع شوط بعيد في منع فقدان البصر(د. أحمد الناغي ، د. رشا فؤاد السيد ، 2001م).

ii. ليزر الايريدوتومي:

في حالة مريض المياه الزرقاء ذي الزاوية الضيقة narrow angle glaucoma وبسبب وجود عيب في بنية العين ، فإن الممر المؤدي للشبكة الحاجزة يكون ضيقاً جداً وقد يغلق فجأة لاسيما عند البالغين. ومنذ عشر سنوات تقريباً كان العلاج الوحيد المتاح لهذا المرض هو إجراء عملية جراحية تتضمن قطع وعمل فتحة اصطناعية في الحدقة. ومع التقدم في تقنية الليزر أمكن تجنب إجراء هذا النوع من العمليات. ويستخدم الليزر بكفاءة وبدون ألم في عمل فتحة بحدقة العين لفتح الممر المؤدي للشبكة الحاجزة. ويتم عمل الفتحة عادة بواسطة ليزر الأرجون ، ولكن أحياناً يستخدم ليزر "ياج YAG" عندما يحتاج الأمر لاستخدام قدرة أعلى(د. أحمد الناغي ، د. رشا فؤاد السيد ، 2001م).

iii. ليزر الصمام الثنائي:

في بعض الأشخاص لاسيما الذين يعانون من مرض المياه الزرقاء طويل الأمد، يستخدم ليزر الصمام الثنائي ذو القدرة العالية. ويتم تعريض الجزء الأبيض من العين في المنطقة المحيطة بالجسم الهدبي Ciliary body (وهو الجزء من بنية العين المسئول عن إنتاج السائل داخل العين أي الصنبور) . ويقوم الليزر بالتدمير الجزئي لهذه الخلايا المنتجة لسائل العين وبالتالي يُغلق الصنبور(د. أحمد الناغي ، د. رشا فؤاد السيد ، 2001م).

iv. جراحة المياه الزرقاء:

عندما لا يستجيب المريض للعلاج بالأدوية أو بأشعة الليزر ويظل ضغط العين مرتفعاً فإن الخيار الوحيد المتبقي يصبح إجراء جراحة تعرف بـ "فتح قنوات صرف Trabeculectomy". وفي هذه العملية يتم جراحياً عمل فتحة اصطناعية لتسمح لسائل العين بالسريان وتجاوز المكان المغلق طبيعياً والمخصص للصرف. والتقنيات الحديثة زادت من نسبة نجاح هذه العملية ولكن كأي جراحة مازال لها بعض المخاطر(د. أحمد الناغي ، د. رشا فؤاد السيد ، 2001م).

2.4 الجانب العملي:

1.2.4 جهاز ليزر (Nd – YAG):

اسم الجهاز ophthalmic Yag Laser ، الموديل 1600- yc ، اسم الشركة NIDEK هو جهاز ذو قدرة منخفضة يقوم بمعالجة العديد من امراض العيون. وتتراوح قدرته بين(12-2) ملي جول حيث يمكن ضبط الجهاز على القدرة المناسبة حسب حالة المريض وذلك عن طريق المفاتيح الموجودة على سطح الجهاز.وأن الوسط الفعال لهذا الجهاز هو نيوديميوم يتيريوم المنيوم.

شكل رقم (4. 1) جهاز ليزر Nd- YAG ذو الطول الموجي 1.06 مايكروميتر

2.2.4 مكونات الجهاز:

عدس عينية – عدسة شيئية – لمبة الجهاز – عاكس لضوء اللمبة – مصدر لتوليد الليزر – مفتاح لإخراج ضوء الليزر –مفتاح تحكم اصدار الليزر – مفتاح لتحريك الضوء – مفتاح لزيادة عدد النبضات- مفتاح لزيادة قدرة الليزر.

3.2.4 طريقة العمل:

وضعت عدسة بالقرب من عين المريض لتركيز أشعه الليزر ومن ثم فتح الجهاز وحددت القدرة المناسبة حسب حالة المريض بواسطة مفتاح القدرة وتم تحديد نقطة توجيه الليزر داخل العين في منتصف المنطقة المصابة من العين وبعد ذلك تم فتح مفتاح اصدار الليزر ، ومن ثم تطبيق الليزر الخارج على عين المريض،كررت العملية عدة مرات وعلى عدة جلسات حسب حالة المريض.

4.2.4 النتائج:

تم تطبيق ليزر Nd - YAG على عدد من الذكور والاناث المصابون بمرض الجلوكوما كما موضح بالجداول رقم (4. 1) و(4. 2).

جدول رقم (4. 1) نتائج مجموعة من الإناث اللاتي يتعالجن من مرض الجلوكوما

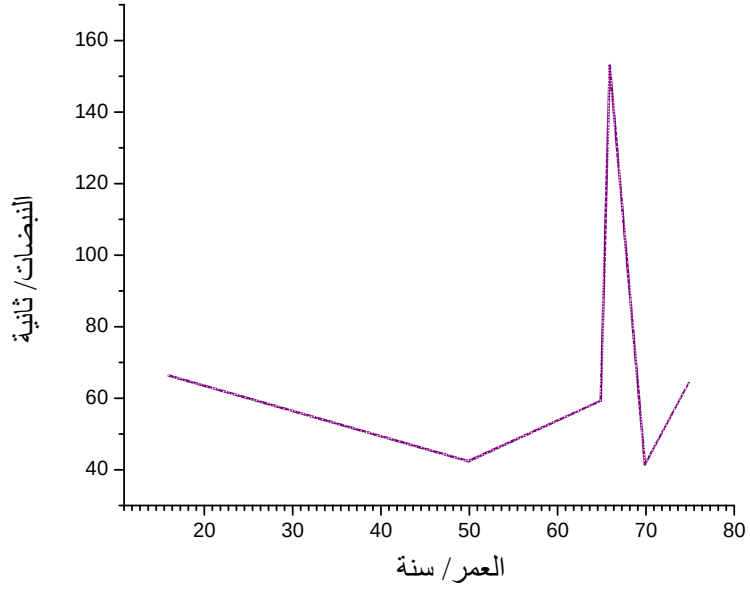
العمر/ سنة	عدد النبضات/ الثانية	الطاقة/ ملي جول
79	42	11.5
76	42	9.6
71	117	9.7
67	28	11.2
61	32	9.5
60	75	11.5
47	65	9.9
20	50	11

جدول رقم (4. 2) نتائج مجموعة من الذكور الذين يتعالجون من مرض الجلوكوما

العمر/ سنة	عدد النبضات/ الثانية	الطاقة/ ملي جول
75	64	9.5
70	41	10.4
66	153	10.8
65	59	6.8
50	42	11.6
16	66	11

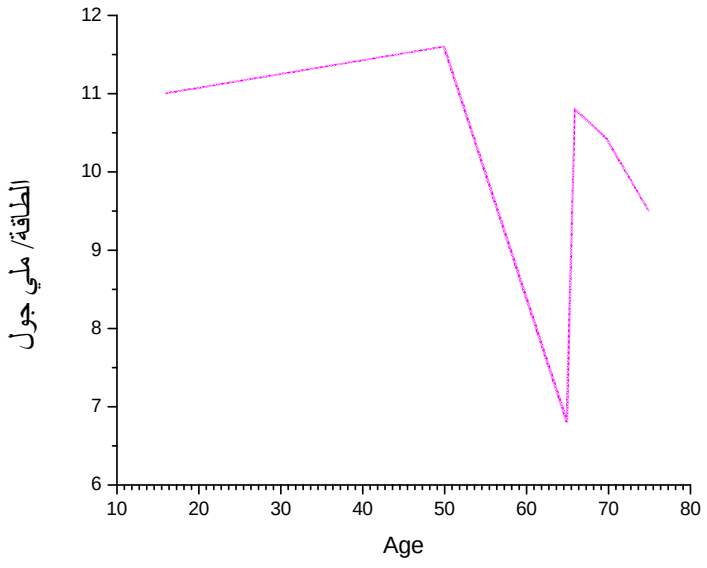
5.2.4 الرسومات البيانية:

في الجداول (4. 1) و (4. 2) ، تم تمثيل النتائج في الرسوم البيانية ، التي توضح علاقة تأثير العمر على عدد النبضات ، وتأثير العمر على الطاقة في الأشكال أدناه (4. 2) (4. 3) (4. 4) (4. 5):

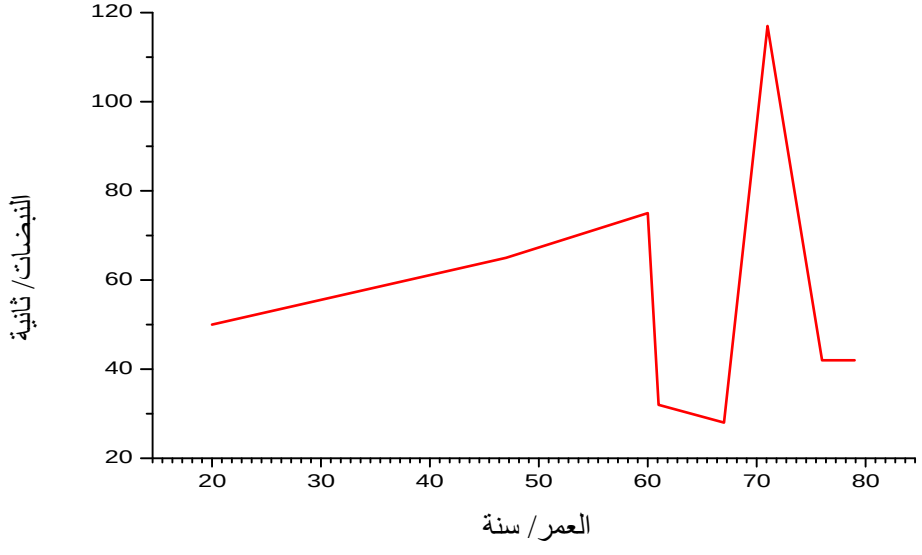


الشكل (4. 2) العلاقة بين العمر/ سنة وعدد النبضات/ ثانية لمجموعة من المرضى الإناث اللاتي يتعالجن من مرض الجلوكوما بواسطة جهاز ليزر YAG ذو الطول الموجي 1.06 مايكروميتر.

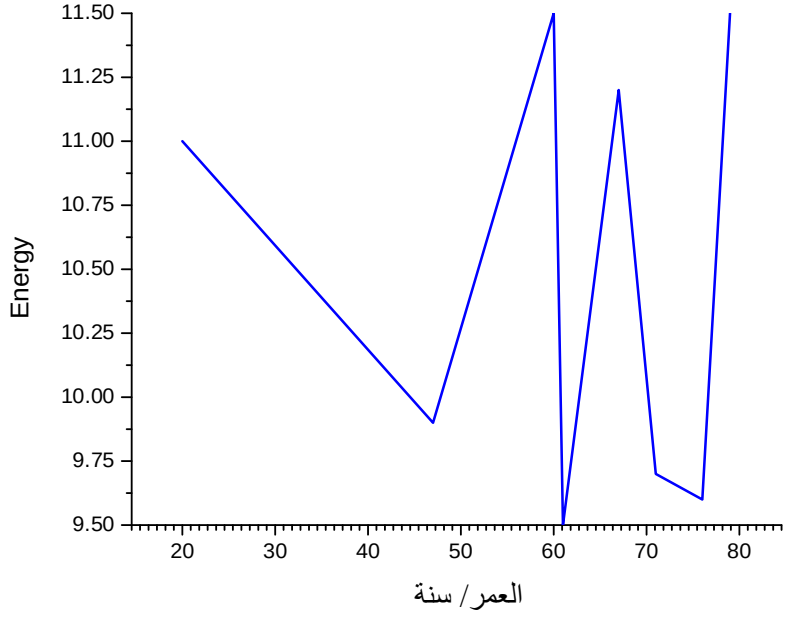
العمر/ سنة



رسم بياني (4. 3) العلاقة بين العمر/ سنة والطاقة/ ملي جول لمجموعة من المرضى الاناث اللاتي يتعالجن من مرض الجلوكوما بواسطة جهاز ليزر YAG ذو الطول الموجي 1.06 مايكروميتر



الشكل (4. 4) العلاقة بين العمر/ سنة وعدد النبضات/ ثانية لمجموعة من المرضى الذكور الذين يتعالجون من مرض الجلوكوما بواسطة جهاز ليزر YAG ذو الطول الموجي 1.06 مايكروميتر



الشكل (4. 5) العلاقة بين العمر/ سنة والطاقة/ ملي جول لمجموعة من المرضى الذكور الذين يتعالجون من مرض الجلوكوما بواسطة جهاز ليزر YAG ذو الطول الموجي 1.06 مايكروميتر

4. 3 التحليل:

1. بالنسبة للإناث:

أ. علاقة عدد النبضات و العمر:

فى الاعمار ما بين 10-55 نجد أن عدد النبضات تتراوح ما بين 40-60 نبضة ، أما عند الأعمار ما بين 67- 56 نجد أن عدد النبضات تتراوح ما بين 60-145 نبضة , أما بالنسبة للأعمار ما بين 68 فأكثر نجد أن عدد النبضات تتراوح بين 45-145 نبضة.

ب. علاقة الطاقة مع العمر:

نجد أن فى الأعمار ما بين 10-65 الطاقة تتراوح بين 10.5-11 ، أما عند الأعمار ما بين 65-86 نجد أن الطاقة دائماً تكون أقل من 10 وعند الأعمار من 66 فما فوق نجد أن الطاقة تتراوح بين 6 - 9.

2. بالنسبة للذكور:

أ.علاقة عدد النبضات والعمر:

نجد أن الأعمار ما بين 20-60 ان عدد النبضات تكون ما بين 45-50 نبضة , أما الأعمار ما بين 61-67 نجد أن عدد النبضات أقل من 40 نبضة ، وأن الاعمار ما بين 68-70 هناك تدرج يصل إلى أكثر من 11.5 نبضة عند 70.

ب. علاقة الطاقة والعمر:

عند الأعمار ما بين 4-20 تتراوح الطاقة ما بين 9.9-11 ، وعند العمر 87 نحتاج إلى طاقة تصل إلى 11.5 ، وعند العمر 65 فإننا نحتاج إلى طاقة تقارب 10 ، وعند الأعمار ما بين 70-89 نحتاج إلى طاقة تصل إلى 9.5.

4 4. المناقشة:

هدفت هذه الدراسة لمعرفة تأثير شعاع الليزر وفعاليته في علاج مرض الجلوكوما من منظور فيزيائي ، وللتأكد من فعل الليزر على علاج مرض الجلوكوما أجريت التجربة كما مبين بالبند (1. 4) حيث سلط شعاع ليزر Nd - YAG على عدد من المصابون بمرض الجلوكوما بأعمار مختلفة من الإناث والذكور ، ويمكن السيطرة على كمية الطاقة في كل نبضة وعدد النبضات وزمن النبضة الواحدة باستخدام المفاتيح الموجودة على سطح الجهاز ، وبينت العلاقات البيانية أنه لا توجد علاقة بين العمر والطاقة وعدد النبضات. وأخيراً قد أتضح من هذه الدراسة أن الليزر فعال في علاج الجلوكوما وهذا يتفق مع نتائج دراسة الباحثة رهام صديق أحمد وكذلك مع نتائج دراسة ابتهال هاشم الإمام حماد التى درست علاج الانفصال الشبكي بستخدام أشعة الليزر الحارقة وقد اتضح من هذه الدراسة ان العلاج بالليزر افضل واسرع من الطرق الاخرى .

4. 5 الخاتمة:

ساهم الليزر مساهمة فعالة في مجال الطب ، حيث استفيد منه في مجال العلاج في طب العيون. وجد من خلال هذه الدراسة لمرض الجلوكوما أنه لا توجد علاقة بين عمر المريض والطاقة وعدد النبضات. توضح هذه الدراسة فعالية الليزر في علاج مرض الجلوكوما.

4. 6 التوصيات:

- يجب على أطباء العيون والمختصون بطب العيون مواكبة تطورات علاجات الجلكوما المتجددة ، واكتساب المهارات والخبرة حول التقنيات والأجهزة الحديثة التي تستخدم في علاج الجلكوما.
- العمل على نشر الوعي الطبي بالليزر بكل السبل المتاحة لاستعماله في العلاج وتبصير المرضى.
- نوصى باستخدام أشعة الليزر لسهولة إجراء العملية وقلة الأذى على المريض ولدقتها العالية حيث انه عند إجراء العملية تكون مركزة فقط على العضو المصاب دون حدوث أى ضرر على بقية أعضاء الجسم ويتم ذلك عند استخدام إجراءات الأمن والسلامة وتعتبر أشعة الليزر غير مكلفة ولاتستغرق زمن.

- كما نوصى ايضا بتطوير المراكز التى تستخدم الليزر وتوسيعها وزيادة الأجهزة والاهتمام الكامل بغرف العمليات.
- عمليات علاج الجلوكوما بالليزر يجب ان تجد رعاية من قبل المسؤليين ومن يختص في هذا المجال .

نحن لا نتكلم عن خيالات علمية أو احلام بل نتحدث عن واقع تقني بدأ الانسان في التدرب عليه منذ اكثر من عشرين عاماً و اصبح التطور فيه مذهلا و فريدا ليكون علماً وهو علم الليزر و تطبيقاته عن التشعب المذهل في التصميم و القدرات جارفاً معه الكثير من الباحثين والعلماء وحتى انه قبل ان ينتهي عصرنا هذا سوف لا يسمى بعصر الذرة او الفضاء بل عصر الليزر.

من هنا انطلقت فكرة إستعماله في علاج الجلوكوما وهي الهدف لإيجاد الحلول و العلاج البديل وتخفيف المعاناة عن المرضى .

ونتمنى من الله ان يوفق كل من أراد أن يضع بصمة في هذا المجال.

ونسأل **الله** السلامة **والله** المعين

المراجـــع

[1] ابتهال هاشم الإمام حماد ، 2014م - علاج انفصال شبكية العين باستخدام الليزر.

[2] أورازيوزفلتو ، 1988م - مبادئ الليزرات- ترجمة: صبيحة شريف عبدالله ومنعم مشكور- دار الكتب للطباعة والنشر.

[3] خالد عبد الحميد الخطيب ، وليد خلف حمودي- 1989م- ضوئيات الكم والليزر- المكتبة الوطنية ببغداد.

[4] د. أحمد الناغي ودكتور رشا فؤاد السيد - 2001م- أشعة الليزر واستخداماتها في الطب- دار الفكر العربي.

[5] رهام صديق محمد أحمد ، 2014م- استخدام الليزر في تحسين النظر.

[6] سهام عفيف قندلة ، 1991م- الليزر والأسس الفيزيائية وبعض التطبيقات العملية- الطبعة الأولى- دار الشئون الثقافية العامة.

[7] سي. بي. هتز ، 1984م - مفاهيم تكنولوجيا الليزر- ترجمة: صالح نووي صالح وهشام محمد أحمد الراوي.

[8] غازي ياسين القيسي، 2009م- أساسيات البصريات والليزر- دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة.

[9] ف. س. غولوييف , ف .ق . ليبديف ، 1992م - الأسس الفيزيائية لليزرات التقنية- ترجمة: محمد غانم - الطبعة الأولى - المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر.

[10] فاروق بن عبدالله الوطبان ، 1987م- الليزر وتطبيقاته- دار المريخ للنشر.

[11] http://www.hazemsakeek.com/physics lectures/laser/laser lectures13.htm