الفصل الأول

المقدمة

1.1 مراحل تطور الليزرات :

لقد راود تفكير الانسان منذ أقدم العصور إمكانية الحصول على الأشعة الضوئية والحرارية العالية الشدة والتحكم بها ، بغية استخدامها لأغراض سلمية مختلفة، إضافة تسخيرها كسلاح فعال واستراتيجي في المجال العسكري.

في بداية الخمسينات من هذا القرن ما تم اكتشاف الأشعة الليزرية والتي تعد أحد الانجازات العلمية العظيمة في العصر الحديث ، ودخلت تطبيقاتها الواسعة حداً المجالات السلمية والعسكرية كافة من الجدير بالذكر أنه يمكن إرجاع نظرية الليزر إلى النظريات التي وضعها آينشتاين عام 1917م ،حيث بين إمكانية التحكم بالإشعاع الصادر عن الذرة تحت شروط معينة .حيث بين أن فوتون الضوء الساقط على ذرة يمكنه اجبارها على إصدار فوتون بنفس اتجاه تردد وطور الفوتون الساقطة .

وقد تبين بعد حوالي ثلاثين عاماً ،أنه في حالة جملة ذرية غير متوازية حرارياً ، تم توليد اشعاع كهرومغناطيسي مرابط بطريقة الإصدار المحثوث ففي عام 1951م اقترح فابريكانت V.A.F إمكانية تضخيم الاشعاع الكهرومغناطيسي عند عبوره خلال وسط تكون فيه معظم الذرات في مستويات الطاقة المثارة العليا . لقد بقي الليزر ضمن الاطار النظري حتى بداية الخمسينيات من هذا القرن ، ففي عام 1954م تمكن تاونس C.H. Townes وفريقه في مختبرات Bell في الولايات المتحدة الأمريكية من توليد وتضخيم أمواج ميكروية مترابطة بواسطة الإصدار المحثوث . ودعي الاشعاع الصادر بالميزر maser وحصل على ميزر غاز النشادر يتردد 24000Hz حيث أن كلمة ميزر اختصار للعبارة الانجليزية التالية maser : Micro Wave Amplification by Stimulated Emission of Radiation وتعني تضخيم الأمواج الميكروية بالإصدار المحثوث للإشعاع في الحقيقة ، بدأ

تاريخ تطور الليزر عام 1953م من تصميم مبادئ الميزر وتطبيقاتها على المجال المرئي من الطيف ، حيث دعي الاشعاع الصادر بالميزر الضوئي . وفي 1956م دعي بالليزر Laser وهي اختصار للعبارة الإنجليزية التالية LASER: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. وتعني تضخيم الضوء بالإصدار المحثوث للإشعاع.

في عام 1960م صمم ميمان Miman في مختبرات Hughes ليزر الياقوت المكون من بلورة الياقوت المشوبة بالكروم ، ذات التركيب الكيميائي $(AL_2O_3+Cr_2O_3)$.

وتعتمد آلية عمل الياقوت علي قدرة كهربائية (مختزنة في مكثفة مشحونة) في حبابة حلزونية وقاضية محيطة ببلورة قضيب الياقوت الذي تكون إحدى نهايتيه مفضضة كلياً والأخرى نصف مفضضة ، تم تشغيلها بدفقة ضوئية عالية الشدة وتستخدم الطاقة نفسها في عملية ليزر الياقوت بحث تصدر من إحدى نهايتي قضيب الياقوت نبضة ضوئية شديدة ذات لون أحمر (ضوء مترابط وحيد اللون) .

وفي عام 1961م صمم A.Java ليزر غاز He- Ne في مختبرات Bell واستخدام في اثارة المادة الفعالة حقلاً كهرومغنطيسياً راديوياً ، وحصل على شعاع ليزر في مجال الأشعة تحت الحمراء.

كذلك تم تصميم ليزرات انصاف نواقل عام 1962م وبعدها طورت الليزرات الصلبة والغازية المستمرة والنبطيةبالإضافة الي الليزرات الكيميائية البلاستيكية .

يعد الليزر مولداً كمياً يحوي الطاقة الكيميائية أو الحرارية أو الكهربائية أو الضوئية الي طاقة اشعاع كهرومغناطيسي مركزة أو يعمل على تضخيم الاشعاع ضمن المجال الموجي

$0.4\mu m < \lambda \leq 100m$.

ويولد إشعاعا مترابطاً مكانياً وزمانياً ووحيد الاتجاه والتردد والاستقطاب ويكون على شكل شعاع طيف ذي شدة عالية واستطاعية كبيرة وتباعد زاوي صغير جداً.

إن معرفة أسس عمل الليزرات وكيفية تضخيم الضوء الليزري ، تتطلب دراسة آليات امتصاص واصدار الاشعاع من الجملة الكونتية بالإضافة الي الطيوف الذرية والجزئية . [1]

1.2 تعريف الليزر Laser :

تعني تضخيم الضوء بالانبعاث المستحث للإشعاع light Amplification by Stimulated Emission of Radiation هو اشعاع كهرومغناطيسي تكون فوتوناته مساوية في التردد ومتطابقة الطور الموجي حيث تتداخل تداخلاً بناء بين موجاتها للتحول الي نبضة ضوئية ذات طاقة عالية وشديدة التماسك زمانياً ومكانياً ذات زاوية انفراج صغيرة جداً وهو ما لم يمكن تحقيقه باستخدام تقنيات أخرى غير تحفيز الاشعاع وأيضاً هو مصدر لتوليد الضوء المرئيوغير المرئي والذي يتميز بمواصفات مميزة لا يوجد في الضوء الذي تصدره بقية مصادر الضوء الطبيعية والصناعية . يقوم الليزر بتوليد نوع مميز من الضوء يختلف في خصائصه عن الضوء الطبيعي الصادر من الشمس والنجوم والضوء الاصطناعي الصادر عن مختلف أنواع المصابيح الكهربائية . ويتميز ضوء الليزر بعدة خصائص أهمها أن كامل الطاقة الضوئية تتركز في شعاع له مقطع عرضي متناهي في الصغر قد لا يتجاوز في بعض أنواعه عدة ميكرو مترات مربعة ولهذا فإنه يسير لمسافات طويلة محتفظاً بطاقته ضمن هذا الشعاع الدقيق.

أما الخاصة أخرى أن ضوء الليزر يتكون من حزمة ضيقة جداً من الترددات يعكس أنواع الضوء الأخرى التي تتكون من طيف واسع من الترددات ولذا فهي تبدأ للعين كضوء أبيض يحتوي علي جميع ألوان الطيف المرئي بينما يبدو ضوء الليزر للعين بلون واحد عالي النقاء كاللون الأحمر والأخضر والأزرق ونستخدم كلمة ليزر للتعبير عن أي منطقة من مناطق الطيف.[2]

1.3 تطبيقات الليزر :

يتميز الاشعاع الليزري عن الاشعاعات الصادر من مصادر أخرى بعدة ميزات منها أنه عالي التشاكه المكاني والزمني (spatially and to temporally) ويمكن توليده علي شكل نبضات قصيرة جداً وبقدرات عالية وبكثافة عالية جداً بسبب تشاكه المكاني العالي وإضافة الي الخواص الأخرى التي تجعل الليزرات أدوات وعدد فريدة من نوعها لكثير من التطبيقات العلمية ومنها مثل معالجة المواد وانتاج المكونات الإلكترونية والعلوم النووية والعمليات الكيميائية الضوئية وأعمال المساحة ومتابعة الأهداف في المجالات العسكرية وفي العلوم الطبية المختلفة ويستخدم في الجراحة وتفتيت الحصاوي وهو يستخدم أيضاً في الاتصالات والكشف عن التلوث البيئي وغيرها من التطبيقات .[2]

1.4 الغرض من البحث :

يهتم هذا البحث بالتعرف علي تطبيقات الليزر الطبية وخاصة في طب العيون .

1.5 محتوى البحث :

يحوي هذا البحث علي أربعة أبواب الباب الأول منها هو المقدمة والثاني يهتم بفيزياء الليزر والثالث يتناول تطبيقاته الطبية في حين يهتم الرابع علاج العين بالليزر .

الباب الثاني

فيزياء الليزر

2.1 مقدمة :

يعتبر الليزر من أحد أهم أنواع الأشعة المستخدمة علي نطاق واسع في التطبيقات التقنية المختلفة . ويعتبر توليد الليزر من أهم المواضيع الفيزيائية . لذا سيتناول هذا الباب تفاعل الاشعاع الكهرومغناطيسي مع المادة ثم يعرج لظواهر الامتصاص والانبعاث المختلفة ثم يوضح كيفية تضخيم الضوء وتوليد الليزر .

2.2 تفاعل الإشعاع الكهرومغناطيسي مع المادة :

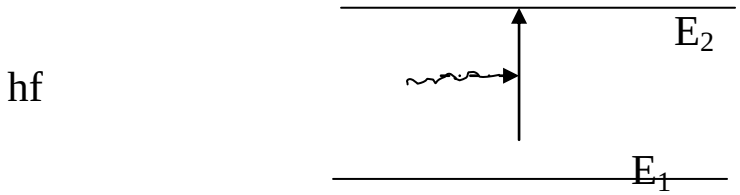
عند سقوط موج كهرومغناطيسي على مادة فإنها إما أن تمتصها ذرات المادة أو كلياً أو تعيد إشعاعها كلياً أو جزئياً من جديد.

وهنالك عدة عمليات تصنف ضمن عملية الامتصاص ومنها عمليات التصادم والتشتت المرن والغير مرن. ففي عملية التصادم يمكن أن يفقد جسم الاشعاع الكهرومغنطيسي المسمى بالفوتون جزء من طاقته ثم ينفذ عبر المادة وفي عملية التشتت تتغير زاوية واتجاه الشعاع الساقط . وتنقسم عمليات التفاعل لعدة أنواع أهمها الامتصاص والانبعاث التلقائي والمستحث.

2.3 الامتصاص :

عند سقوط فوتون طاقة hf الكترون في المستوى الارضي E_1 فانه ينتقل الي المستوى الأعلى E2 بشرط أن تساوي طاقته الفرق بين طاقة المستويين أي أن:

$$hf = E_2 - E_1 \qquad (2.3.1)$$



شكل (2-1) إلكتروني ينتقل للمستوى الأعلى نتيجة لامتصاص فوتون .

فإذا كان لدينا N_1 إلكترون في المستوى E_1 فان معدل انتقاله للمستوى E_2 يساوي

$$\frac{dN}{dt} = W_{12}N_1 \qquad (2.3.2)$$

حيث يسمى العامل W_{12} بمعامل أينشتاين و N_1 هو عدد ذرات (في وحدة الحجم) موجود في زمن معين في مستوى طاقة E_1 كما في الشكل أعلاه .

2.4الانبعاث التلقائي spontaneous emission :

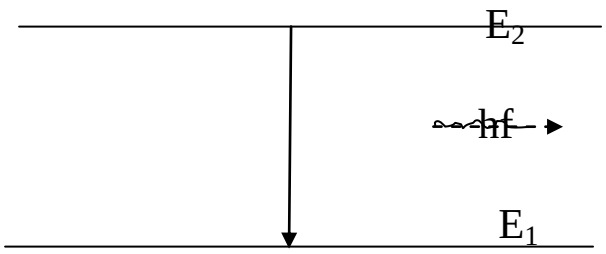
أعتبر أن هنالك مستويين E_1 ,E_2 من مستويات الطاقة لذرة معينة طاقتها E_1,E_2 حيث ($E_1<E_2$) ويمكن اختيار المستوى E_1 ليكون المستوى الأرضي ، ولنفترض أن ذرة أو (جزئية) المادة الموجودة ابتداء في المستوى E_1 وبما أن $E_2>E_1$ فالإلكترون سينتقل للمستوى E_2 ويحرر فوتون وعندما تكون الطاقة المتحررة علي شكل موجات كهرومغناطيسية يطلق على العملية بالانبعاث التلقائي (أو الإشعاعي) ويتعدد بترد الموجة المشعة بعلاقة بلانك (تردد الفوتون f)

$$hf = E_2-E_1 \qquad (2.4.1)$$

حيث h ثابت بلانك ، ولهذا فإن الانبعاث التلقائي يتميز بانبعاث فوتون وذلك عندما تنحل الذرة من المستوى E_1 الي المستوى E_2 الي المستوى E_1 . ومما يجب ملاحظته أن الانبعاث . من الممكن توضيح احتمالية الانبعاث التلقائي بطريقة الآتية .

فإذا كان هنالك N_2 ذرة (لكل وحدة حجم) في المستوى E_2 عند لحظة t فإن معدل الانحلال هذه الذرات بالانبعاث التلقائي $\frac{dN}{dt}$ يتناسب بطبيعة الحال مع N_2 أي أن :

$$\frac{dN_2}{dt} = -AN_2 \qquad (2.4.2)$$



شكل (2.2) إلكترون ينتقل للمستوى الأرضي بالانبعاث التلقائي .

المعامل A يطلق عليه احتمالية الانبعاث التلقائي أو معامل Aلأينشتاين Einstein coefficient(لقد توصل إليه آينشتاين من دراسته في الديناميكية الحرارية) أن الكمية t_{sp} 1/A = يطلق عليها فترة العمر للانبعاث التلقائي والقيمة العددية للمعامل A وكذلك (t sp) تعتمد علي الانبعاث المعين .

2.5 الانبعاث المتحفز stimulated Emission:

لنفرض مرة ثانية أن الذرة موجودة في المستوى E_2 وسقطت علي المادة موجة كهرومغناطيسية ذات تردد f المحدد بالمعادلة (2.4.1) . أي يساوي تردد الانبعاث التلقائي ،وبما أن تردد الموجة الساقطة يساوي التردد الانبعاثي من الذرة فهنالك احتمالية معينة على أن الموجة الساقطة سوف تجبر الذرة الانتقال من المستوى E_2 الي المستوى E_1 في هذه الحالة فإن فرق الطاقة E_2-E_1 تتحول الى موجة كهرومغناطيسية تضاف الي الموجة الساقطة . وهذه هي ظاهرة الانبعاث المتحفز.

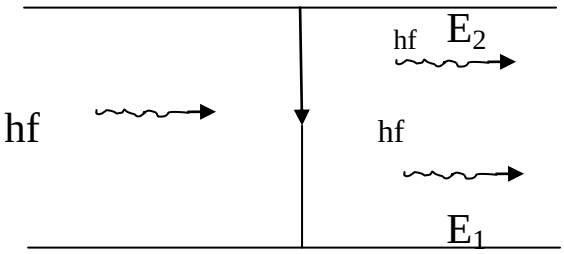
في هذه الحالة يمكننا وصف عملية الانبعاث المتحفز بالمعادلة الآتية :

$$\frac{dN_1}{dt} = W_{12}N_1 \qquad (2.5.1)$$

أي أن $\frac{dN_2}{dt}$ معدل الانتقال من المستوى E_2 الي المستوى E_1 التي تحدث نتيجة الانبعاث المتحفز W_{21} يطلق عليه احتمالية الانتقال المتحفز . كما في حالة المعامل A والذي عرف سابقاً بالمعادلة (2.4.2) فإن المعامل W_{21} له أيضاً الوحدة (time) خلافاً لـA، فإن W_{21} لا يعتمد فقط على الانتقال الخاص ولكن يعتمد على شدة الموجه الكهرومغناطيسية الساقطة . وبصورة أدق فإنه في حالة موجة مستوية أي أن :

$$W_{21} = 6_{21} I \qquad (2.5.2)$$

حيث I يمثل فيض الفوتونات photon flux للموجة، 6_{21} كمية لها وحدات المساحة (ويطلق عليها المقطع العرضي cross section)للانبعاث المحفز . ويعتمد هذه الكمية على خصائص الانتقال المعينة فقط .



شكل (3.2) إلكترون ينتقل للمستوى الأرضي بالانبعاث المستحث .[3]

2.6 التضخيم :

يتم تضخيم أشعة الليزر بواسطة المرنات وعملية الكسب في الوسط الليزري تؤدي الى تضخيم بسيط وبالتالي نحتاج إلى مضاعفة التضخيم وتكبير وتنمية الاشعاع المحثوث مرات خلال الوسط الفاعل وتعرف هذه العملية بالتغذية الراجعة (feed Back) لأن تضخيم المادة الفاعلة لوحده لا يكفي لخروج شعاع الليزر منها كما أن الفوتونات الصادرة عنها تكون متناثرة في كل الاتجاهات ، فيقوم المرنان الضوئي بتجميعها وتنظيمها في خزمة ضيقة جداً لا يزيد قطرها عن بضع ملمترات وعملها هو جعل الفوتونات تهتز ذهاباً وإياباً ضمن المادة

الفاعلة لزيادة طاقتها وتركيز شدتها ، وينشأ عن ذلك ما يسمي بموجة مستقرة ليزرية ذات تردد محدد ، وعادة لا يسمح المرنان بمرور سوى لون واحد فقط هو شعاع الليزر.

ولكي يخفف ذلك يجعل البعدين للمرآتين عدد صحيحاً من طول موجة شعاع الليزر الصادر عنها .

إن حركة الفوتونات التكرارية ضمن المرنان الضوئي يطيل مسارها ضمن المادة الفاعلة وذلك تحدث لها تغذية وتقوية وتزداد طاقة الشعاع وشدته.

وعادة تجعل انعكاسية إحدى المرآتين 100% أي عاكسة تماماً في حين تجعل المرآة الأخرى عاكسة جزئياً أي 99% وينتج عن ذلك بأن لها نفوذية 1% فقط من الطاقة السائدة ضمن المرنان.

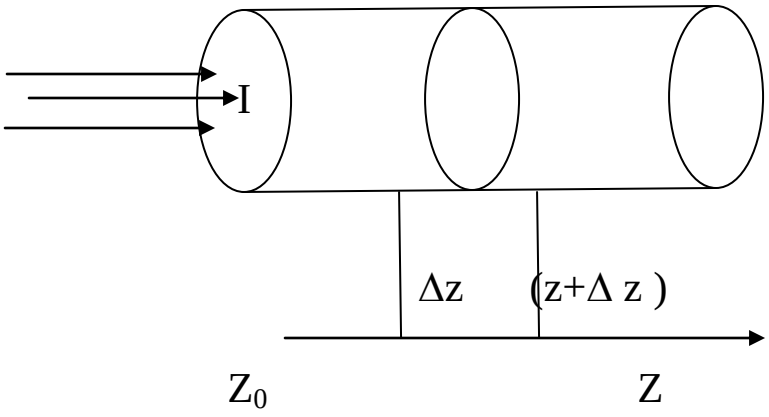
هناك عدة حالات لوضع المرايا بحيث تكون الأشعة محصورة بين المرآتين وتعرف المرايا في هذه الحالة بالمرنان المستقر .

الأصل للمولدات الكم أو الليزر يرجع الي العالم أينشتاين الذي قام بدراسة نظرية لحالة وسلوك مجموعة من الذرات في بناء ذري تأثير مصدر طاقة خارجي وحدد العناصر التي يقوم عليها الاتزان بين الأشعة المؤثرة والاشعاع المنبعث والممتص من الذرات وأوضح وجود نوع جديد من الاشعاع بجانب الاشعاع التلقائي الذي يصدر من جميع المصادر الضوئية العادية والاشعاع الجديد هو الانبعاث المستحث ، وقد تمكن آينشتاين من اشتقاق القوانين التي تحدد العلاقات بين الانبعاث التلقائي والمستحث.

الانبعاث المستحث هو الاساس في إصدار الليزر ولكي نحصل علي ذلك لابد من حدوث إسكان معكوس ولكي يحدث الاسكان المعكوس لابد من أن يكون عدد الذرات في مستويات الطاقة العليا أكبر مقارنة بعدد الذرات في مستويات الطاقة الدنيا أي أن يحدث

عكس ما هو موجود في الطبيعة ولكي نحصل على ليزر لابد من التعاون مع المستويات الثلاثة أو الأربعة.

نفترض أن هناك أشعة متوازية أحادية الطول الموجي ساقطة على وسط الامتصاص (المادة الفعالة) كما موضح في الشكل أدناه



وبافتراض أن الامتصاص يتم بواسطة إلكترون واحد للانتقال من المستوى E_1 الي المستوى E_2 ، نجد أن التغيير في إشعاعيته عند مروره خلال الوسط هو

$$\Delta I_{(z)} = I(z+\Delta z)-I(z) \qquad (2.6.1)$$

إذا كان الوسط متجانساً فإن ΔI تتناسب طردياً مع المسافة Δz والاشعاعية $I(z)$ أي أن:

$$\Delta I_{(z)} = - \alpha \Delta Z I_{(z)} \qquad (2.6.2)$$

حيث α ثابت التناسب أو يعرف بمعامل الامتصاص ويمكن كتابة المعادلة أعلاه في الصورة التالية :

$$\frac{dI_{(z)}}{I_{(Z)}} = -\propto dz$$

$$I = I_0 e^{-\propto z} \qquad (2.6.3)$$

حيث I_0 الاشعاعية الساقطة على الوسط ،كمية الامتصاص (قيمة α) تعتمد على عدد الذرات N_1 في المستوى E_1 وعدد الذرات N_2 في المستوى فعندما N_2 تساوي صفر فإن عملية الامتصاص تكون ذات قيمة عظمى وإذا كانت N_1 تساوي صفر لا توجد عملية امتصاص وتكون عملية الانبعاث المستحث هي العملية السائدة من الناحية العملية نجد أن عملية الامتصاص تعتمد على الفرق بين N_2,N_1 عند الاتزان الحراري عند $N_1>N_2$ وذلك تقل الاشعاعية بصورة أسية عند الانتقال خلال الوسط ولكن إذا كان بالإمكان جعل N_2 أكبر N_1 فان معامل الامتصاص (α) يكون سالب ولذلك $z\alpha$ في المعادلة (2.6.3) تكون موجبة وتكون الاشعاعية في صورة أسية ويمكن كتابة بصورة التالية :

$$I = I_0 e^{-\beta z} \qquad (2.6.4)$$

حيث β معامل إشارة الكسب .

ويمكن إيجاد علاقة β بدلالة التعداد المعكوس مع عوامل أخرى لوسط الليزر ، فإن الفقدان في الفوتونات من الحزمة عند الإنتقال خلال مسافة Δz على مقطع يساوي وحدة المسافة تعطي بالعلاقة التالية :

$$\frac{dN}{dt} = N1\rho\omega_{12} - N_2\rho\omega_{21} \qquad (2.6.5)$$

حيث N عدد الفوتونات لوحدة الحجم وبما أن

$$\omega_{12} = \omega_{21} = \omega$$

فإن :

$$\frac{\mathrm{dN}}{\mathrm{dt}} = (N_1 - N_2)\rho\omega_{21} = (N_1 - N_2)\rho\omega \qquad (2.6.6\ )$$

وبما أن الإشعاعية عبارة عن الطاقة المارة خلال وحدة الحجم في الثانية ولذلك يمكن أن تعطي:

$$I = \rho c$$

حيث أن ρ كثافة الطاقة وc سرعة الضوء في الوسط

وبالتالي التغير في الفوتونات خلال الوسط عند حدود وسط الامتصاص عبارة عن المعادلة التالية:

$$-dN = \frac{I(Z) - I(Z + \Delta Z)}{hfc} \qquad (2.6.7)$$

إذا كانت قيمة ΔZ صغيرة جداً فإن المعادلة أعلاه تصبح

$$-dN = \left(\frac{dI}{dz}.dz\right)\frac{n}{hfc} \qquad (2.6.8)$$

وبما أن معدل تغير الفوتونات يساوي

$$\frac{\mathrm{dN}}{\mathrm{dt}} = \left(\frac{dI}{dZ}\right)\left(\frac{1}{hfc}\right).n\frac{dz}{dt} \qquad (2.6.9)$$

$$dt = \frac{ndz}{c}$$

$$\frac{\mathrm{dN}}{\mathrm{dt}} = \left(\frac{dI}{dZ}\right)\left(\frac{1}{hfc}\right) = (N_2 - N_1)\frac{I}{c}\omega$$

$$\frac{dI}{I} = \left(\frac{N_2 - N_1}{c}\right)\omega chf \qquad (2.6.10)$$

بأخذ التكامل نتحصل على المعادلة أدناه :

$$lnI = (N_2 - N_1)\omega hfz + c$$

$$I = I_{\circ} e^{(N_2 - N_1)\omega hfz} \qquad (2.6.11)$$

مقارنة بين المعادلتين (2.6.11) و (2.6.4)نتحصل على قيمة معامل إشارة الكسب βأي أن :

$$\beta = (N_2 - N_1)\omega hf \qquad (2.6.12)$$

كسب الليزر عند التذبذب لابد أن يكون كافياً علي الفقدان في المنظومة ومن مصادر الفقدان :

- نفاذية المرأة
- الامتصاص والتشتت بواسطة المرايا
- القيود عند حواف المرايا
- الامتصاص بواسطة الوسط الليزري
- التشتت بواسطة الوسط الليزري نتيجة لعدم التجانس في الوسط ولكي يتلاشى الفقدان يجب أن تأخذ في الاعتبار كل الفقدان ما عدا الليزر في المعامل (ω, σ) .[4]

2.7خصائص حزم أشعة الليزر :

يتميز شعاع الليزر بدرجة عالية جداً من الخصائص :

2.7.1 أحادية اللون Monohromaticity:

يتميز حزمة من الضوء بصفة أحادية اللون (أو طول الموجي) عندما يكون لها تردد واحد (أو طول موجة واحدة) يعطي وفق المعادلة التالية :

$$hf = E_1 - E_2 \qquad (2.7.1)$$

ويملك المصدر الضوئي درجة عالية من صفة أحادية اللون عندما يحقق الطيف الصادر منه نطاقاً ضيقاً جداً من الترددات حول التردد المعطى بالمعادلة أعلاه أي أن نطاقاً صغيراً جداً من التردد يحدده اتساع الخط الطيفي الناتج عن الانبعاث. ويتم إحراز هذه الصفة نتيجة شرطين يتم تحقيقهما في عمل الليزر ، أولهما إمكانية تكبير الموجة الكهرومغناطيسية التي

لها تردد(f) يحقق المعادلة (2.7.1) وثانيهما استخدام مخطط المرآتين المتقابلتين للعمل كفجوة رنينية فهي تحدد تردد التذبذب في تحديد تردد التذبذب فقط وفق ترددات الرنين الخاصة بها .

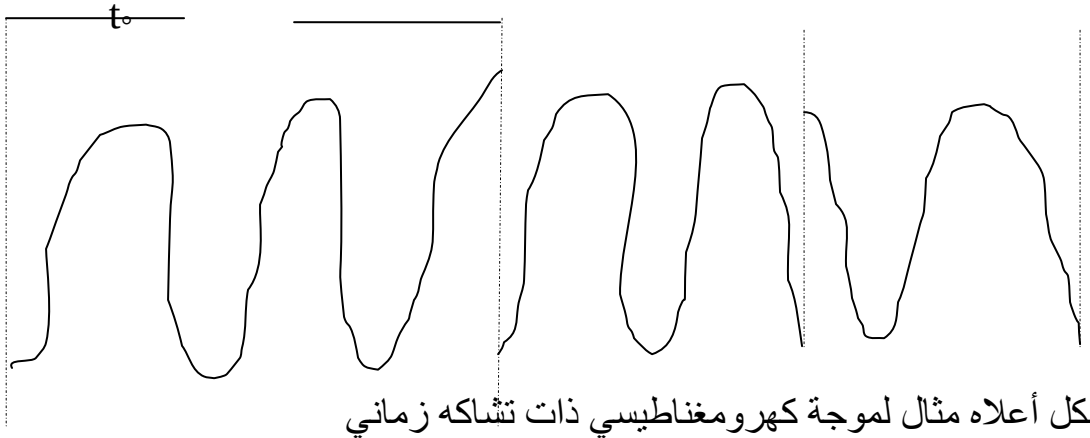
2.7.2 التشاكه Coherence :

عندما نتعامل مع الحركة الموجية فإننا نتعامل مع السعة والطور وهاتان الكميتان مرتبطتان مع بعضهما البعض بقوانين الحركة الموجية وأن صفة التشاكه تتعلق بمتقلبات الطور والسعة وتغيراتها مع اختلاف الموضع في الفضاء وكذلك مع الزمن ، لذا فقد يتحقق التشاكه بصورة تامة أو جزئية وبهذا يكون للتشاكه مفهومات ، وهما التشاكه المكاني (فضائي) spatial والتشاكه الزماني temporal.

لتوضيح التشاكه المكاني تتصور نقطتين p_2 و p_1 تكونان عند اللحظة $t=0$ علي نفس الجبهة لموجه كهرومغناطيسية . ونفرض أن المجال الكهربائي عند هاتين النقطتين , $E_2(t)$ $E_1(t)$ على التوالي . وأن فرق الطور بين هذين المجالين يساوي صفراً عنما $t=0$ لأي زمن $t>0$ فيقال عندئذ أنه يوجد تشاكه تام perfect بين النقطتين وإذا تحقق هذا لأي نقطتين علي جبهة الموجة فيقال أن الموجة لها تشاكه مكاني تام . من الناحية التطبيقية ، لكي نحصل علي ترابط جيد للطور ، لأي نقطة p_1 يجب أن تقع النقطة p_2 ضمن منطقة محددة حول النقطة p_1 وفي هذه الحالة يقال أن الموجة لها تشاكه مكاني جزئي.

أما التشاكه الزماني فهي صفة مرتبطة بصفة أحادية اللون التي تكلمنا عنها ، أي أنها تتعلق بنطاق تردد الخط الطيفي الذي يعطي الاشعاع ونتصور المجال الكهربائي للموجة الكهرومغناطيسية عند نقطة معينة p في اللحظتين t , t+t . إذا بقى فرق الطور بين المجالين ثابت بعد تأخر زمني محدد t . وبقي ثابتاً لأي زمن t فيقال أنه يوجد تشاكه زماني خلال الفترة الزمنية t . واذا تحقق هذا لأية قيمة لـ (t) أن الموجه الكهرومغناطيسية لها تشاكه زماني تام أما إذا تحقق هذا لتأخر زمني (t) بحيث أن $0<t.<t$ فيقال أن الموجة لها تشاكه زماني جزئي بزمن تشاكه تساوي t_0 الشكل أدناه (يبين) موجة الكهرومغناطيسية جيبييه

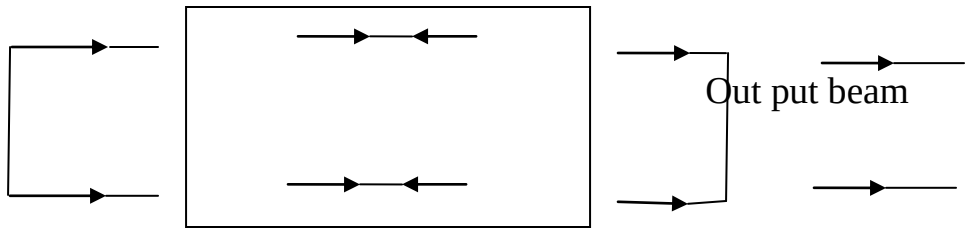
مجالها الكهربائي يعاني تغيؤاً مفاجئاً بالطور بعد فترات زمنية تساوي t_0 ولها عرض نطاق ترددي band width $\Delta f \approx \frac{1}{\tau_\circ}$ وأن مفهومي التشاكه الزماني والمكاني لا يعتمد أحدهما على الآخر.



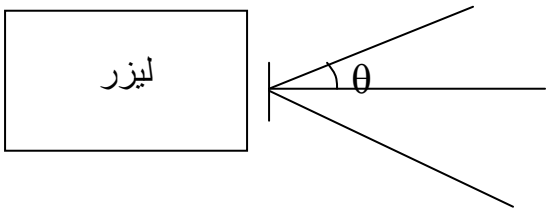
الشكل أعلاه مثال لموجة كهرومغناطيسي ذات تشاكه زماني

2.7.3 الاتجاهية Directionality :

عند تشغيل جهاز توليد ليزر تدرك مباشرة بأنك تتحصل علي حزمة ضيقة من الضوء تنتقل باستقامة واحدة إلا إذا كان انعكاساً أو حيوداً فيقال بأن لحزمة الليزر هذه درجة عالية من صفة الاتجاهية أي أن انتشاره يكون باتجاه واحد والي مسافات بعيدة بشيء قليل من الانفراج يكون من الصفر بمقدار لا يتجاوز بضعة سنتمترات لكل كيلومتر . إن هذه الصفة نتيجة حتمية لعمل الليزر تضمنها حقيقة وضع الوسط الفعال (المكبر) في التجويف الرنين والذي يتألف من مرآتين مستويين متوازيتين متقابلتين كما في الشكل أدناه :



للحصول على فهم أدق الخصائص الاتجاهية لحزمة أشعة الليزر وحساب مقدار الانفراج لها والمتمثل بالزاوية (θ) ولاحظ شكل أدناه والذي سببه الحيود عن المرايا والذي يعطي تعريفاً أوسع يزداد للمسافات الكبيرة.



شعاع ليزر شدته منتظمة وموجته مستوية يسقط على فتحة دائرية قطرها (d) ، يمكن تسلم نموذج الحيود على حاجز واقع خلف الفتحة الدائرية وهو ناتج حسب مبدأ هو يكنز في الحركة الموجية بتركيب الموجات الصادر عن كل نقطة واقعة على الفتحة نفسها . إن المقدار المحدود للفتحة يعطي انفراجاً محدوداً للشعاع الحائد عنها ومقداره يعطي حسب معادلة الحيود المعرفة :

$$\theta = \beta\lambda/d$$

حيث أن λ الطول الموجي ، d قطر حزمة الأشعة و numerical

βمعامل عددي coefficient قيمته بحدود الواحد. وتعتمد على شكل توزيع السعة على الطريقة المتبعة في تعريف كل من الطول الموجى وقطر الحزمة . [5]

2.8 أنواع الليزر :

لكل نوع من أنواع الليزر يتميز بخاصية التي يتمتع بها دون سواه من الأجهزة . فالجهاز الذي يصلح في العمليات الجراحية لا يصلح لصهر المعادن والذي يستخدم التحليل الكيميائي لا يصلح في تعيين المسافات ، وإن كل جهاز ليزر متطلب يلبيه ، وإن توفره ميزة ما في جهاز ليزر تكون على حساب مميزات أخرى فيه . وإذا أردنا تصميم جهاز ليزر لإستخدامه

في تجارب الاندماج النووي مثلاً فلا يهمنا لونه بقدر ما يهمنا استقرار طول موجته وتردده وهكذا يمكن تصنيف أجهزة الليزر وفق الأنواع التالية :

2.8.1 ليزر الغاز :

تستخدم غازات كثيرة لإنتاج شعاع الليزر ، وهي تستخدم في أغراض كثيرة . ومن أهم الليزرات الغازية ليزر الهيليوم النيون (HeNe) الذي ينبعث في مجموعة متنوعة من الموجات في نطاق 633 نانو متر ، وهو شائع في التعليم نظراً لتكلفتها المنخفضة ، وليزر ثاني أكسيد الكربون يمكن أن ينبعث بقدره عدة مئات كيلو واط عند 9.6ميكروميتو ، وغالباً ما تستخدم في صناعة القطع واللحام ، تبلغ كفاءة ليزر ثاني أكسيد الكربون أكثر من 10% . وليزر أيون الأرجون الذي ينبعث ضوء في نطاق طول الموجة من 351 نانومتر الي 28.4 5 نانومتر .

اعتماداً على البصريات وأنبوب الليزر ، وعلى عدد مختلف من الخطوط الصالحة للاستعمال ، لكن الخطوط الأكثر شيوعاً هي 458 نانومتر و 488 نانومتر و 514.5 نانومتر . وليزر النيتروجين عرضية التفريغ الكهربائي في الغاز عند الضغط الجوي . الليزر الغازي رخيص والأشعة فوق البنفسجية الناتجة لها طول موجة 337.1 نانومتر .

وليزر الغاز الأكثر شيوعاً وغير مكلفة وعادة ما شيدت ليزر الهيليوم نيون للعمل في المنطقة الحمراء عند 632.8 نانو متر .

2.8.2 ليز السائل :

ليزر السائل (أو ليزر الصيغة) هو الليزر الذي يكون وسطه الفعال عبارة عن سوائل ، حيث تذاب أصباغ عضوية في كحول أثيلي . أدى اكتشاف ليزر السائل إلى حل بعض المشاكل التي كانت تواجه العلماء في عدة مجالات كالطب والميكانيك والاتصال ... الخ . بعد قيام العالم ما يمان بنشر المقالة الأولى باكتشاف ليزر الياقوت الصلب ، اتجهت

الأنظار إلى إكتشاف أوساط فعالة أخرى لتوليد الليزر كالأوساط الغازية والسائلة . إن استخدام السوائل وسطاً فعالاً لتوليد الليزر يساعد على حل بعض المشاكل التي تواجه تصميم الليزرات الصلبة تحضير البلورة وتقطيعها وصقلها واختيار أبعادها الملائمة إضافة الي صعوبة تغيير نسبة الشوائب الأيونية في الاوساط الصلبة وصعوبة التخلص من العيوب والتخديشات التي تحدث في البلورة نتيجة تحميلها فوق طاقتها.

يتكون الوسط الفعال السائل عادة من جزئيات أصباغ عضوية مذابة في مذيبات عضوية إذ يوضح الجدول أدناه مجموعة من الأصباغ العضوية والمذيبات الخاصة بها مع الطول الموجي لكل منها

الطول الموجي المنبعث	المذيبات	الأصباغ العضوية
اللون الأحمر (360 – 600)	EtoH	اكرديدين الأحمر
اللون الأصفر (570-610)	DMSO/ H2O	رود أمينG6
اللون الأخضر (530-560)	EtoH/H2O	فلورسين الصوديوم
اللون الأزرق (450-470)	H_2O,PH=9	اسكولين

2.8.3 ليزر الحالة الصلبة :

تشمل الياقوت (أكسيد الألمنيوم المطعم بالكروم) وعقيق الألمونيوم والزجاج مسمى بالياج YG وهي ليزرات تهيج بالأشعة الضوئية وتتكون من مادة العقيق التي تنتشر فيها مادة الليزر ويجب أن تكون المادة العقيق :

- ليست محدودة لعمليات الليزر .
- شفافة للأشعة المهيجة .
- لها خصائص بصرية وحرارية جيدة.

2.8.4 ليزر شبة الموصل :

يعرف الليزر شبه الموصل باسم الليزر المحقون Injection laser وتوجد أمثال كثيرة لهذا النوع الشائع الاستعمال منها ارسنيك الجاليوم ويقع شعاعه في المنطقة تحت الحمراء ، كما يبث اشعاعه ما بين (820- 905) نانومتر ، يمكن تشغيل هذه الليزرات في درجة حرارة الغرفة ، وأن غالبية استخداماتها في مجال الاتصالات اللاسلكية وقد تتصل قدرتها الي عشرات الواطات في نبضات ضوئية ، أما ما يعمل في نمط الانبعاث المستمر فقدراته أقل ، وبحدود الملي واط . وكذلك النوع المطور منه (Ga- Al - As) فهو مشابه الي(Ga- As كلا النوعين يستخدمان في أغراض تجارية مثل الفيديو القرص Video Disc وأجهزة الاتصالات باستخدام الألياف الزجاجية Fiber optic . أما أنواع الليزرات الأخرى مثل Ga-Al-p و Ga-In-Al-As التي تتراوح أطوالها الموجية ما بين (3000 – 870) نانومتر فهي غير شائعة الاستخدام وذلك لأنه يجب تبريدها الي درجات حرارة منخفضة جداً قبل التشغيل.[6]

الباب الثالث

التطبيقات الطبية

3.1 مقدمة:

تبرز الاستفادة من شعاع الليزر من وجهة النظر الطبية في طاقته الحرارية العالية والمتركزة في قطر ضيق جدا ،وهذا الليزر قد اثبت كفاءة عالية في الجراحة بصورة عامة، وفي الجراحة الدقيق بصورة خاصة. كما اصبح اليوم شائع الاستخدام في افرع طبية عدة منها جراحة الانف والاذن والحنجرة ، والامراض المستقيم والاسنان ، وامراض الفم والامراض الجلدية ، والتجميل التي تشمل جراحة العظام ، وجراحة الاعصاب وحتى لإرشاد فاقدي البصر، حيث استخدمت كثير من مستشفيات العالم الليزر في العمليات الجراحة للقطع او التبخير او اللحام او العلاج . يستعرض هذا الباب أهمية الليزر الطبية واستخداماته وكذلك اخطار الليزر.

3.2اهمية الليزر في العلوم الطبية ومميزاته:

تنبع اهمية استخدام الليزر في العمليات الجراحة في كونه يعمل على تقليل هدم الانسجة بهدف الالتئام السريع للجروح تمتص المواد العضوية بالخلية الحية حزمة ليزر ثاني اكسيد الكربون عند تركيزها على الانسجة .ويؤدي ذلك الى ارتفاع درجة الحرارة ماء الخلية الداخلي والخارجي ، الممتص لطاقة الحزمة ، أي الى درجة تبخره وذلك يحصل على قطع الانسجة المواد وازالتها ،علما بأن التأثير على الانسجة المحيطة لا يزيد فطره عن 100ميكرون(واحد بالمليون من المتر) من نقطة الاتصال مما يجعل فترة الالتئام قصيرة . وبما أن فترات النبضات الليزرية يمكن التحكم فيها .فهي تتراوح من 0.1 من الثانية الى نبضة في الثانية ، وبصورة نبضات مستمرة ،فهو يعطي الجراح القدرة على استعمال حزمة الليزر لتبخير الأنسجة او قطعها حسب الحاجة .

لشعاع الليزر ثاني اكسيد الكربون قدرة على لحم الأوعية الدموية التي يقل قطره عن نصف مم تلقائيا عن طريق تخثر الدماء في النهايات المفتوحة . وهذا التأثير يجعل الجراحة بالليزر في مجال جاف ،ولذلك فوائد كثيرة منها التقليل من نقل الدم خلال الجراحة ،بالإضافة الى توفير الرؤية الجيدة للجراح ويعمل الليزر على تقليل الالتهاب ما بعد العملية الجراحية .لا تتأثر الخلايا القريبة من نقاط تماس الشعاع وذلك يكون قطر الشعاع صغيرة جداً (في حدود ملم) مما يجعل استرجاع حيوية الخلايا المقطوعة سريع .كما يعمل على تقليل الالام الناتجة عند الجراحة لأن شعاع الليزر قادر على غلق نهايات الأعصاب الدقيقة المقطوعة بسبب الجراحة .هذا من شأنه تحفيف الألآم لدرجة أنه في بعض الأحيان لا حاجة الى التخدير.

وتتميز شعاع الليزر بدقة المتناهية حيث ان المستخدم لليزر يستطيع السيطرة الكاملة على عمق الاحتراق من قبل الحزمة ، والتي بدورها تعتمد على قدرة الليزر ومدة التعرض .ولاستعانة بالمجهر يستطيع للجراح مجال رؤية أكبر .ولا وجود لخطورة الحركة الميكانيكية للخلايا الحية التي تنتج عن الضغط ، وذلك بسبب انعدام الضغط عند استخدام شعاع الليزر . ولاتوجد أيضا خطورة من التلوث لعدم وجود ملامسة بين ادوات الجراحة ،والأنسجة المعالجة ،وبالإضافة إلى أن شعاع الليزر قادر على تبخير الجراثيم المرضية القريبة من موقع الجراحة .

3.3 استخدامات الليزر في الطب :

لا زالت اجهزة الليزر واستخدام الليزر في الطب ، بالرغم من شيوع استعماله ، حكرا على المراكز الطبية و المستشفيات ذات التخصصات الدقيقة في جميع أرجاء العالم حتى الليزر في جراحة وطب العيون الذي اصبح أساسياوفعالاولاسبيل لغيره ، لا يتواجد إلا في مراكز معدودة ومختصة ،يرجع ذلك لعدة اسباب واهمها ان الطبيب المعالج باستخدام أشعة الليزر ينظر إلى خبرته الطويلة في استلامه لحالات عديدة ،يكتسب من خلالها القدرة الفنية والطبية اللازمة ،فبين قطع الأنسجة أو تبخير الأجزاء او لحامــها 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 الإشعاع وعرض حزمته ،والسيطرة النوعية على استخدامه .

بالنسبة إلى ليزر غاز الأرجون المستخدم بصورة شاسعة في طب وجراحة العيون ،فإن المراكز الطبية التي توجد فيها هذه الأجهزة في الدول العربية محدودة وقليلة جداً.أما بالنسبة إلى ليزر غاز ثاني اكسيـد الكربون المستخدم في الجراحات المختلفة فيكاد ينعدم استخدامه في الدول العربية.

تصنيف الليزرات المستخدمة في التطبيقات الطبية حسب خطورتها:-

الليزر	الطول الموجي	التصنيف حسب القدرة والنوع			
نوع	نانومتر	الأول	الثاني	الثالث	الرابع
غازا لأرجون	514.488	اقل من 0.4 مايكرو واط	اقل من 2 ملي واط	اقل من 0.5 واط	اكثر من 0.5 واط
الهيليوم-نيون	632.8	اقل من 6.5 مايكرو واط	اكثر من 2 ملي واط	اقل من 0.5 واط	اكثر من 0.5 واط
الياج-نادميوم مستمر الطاقة	1064	اقل من 620 مايكرو واط	لا يوجد	اقل من 0.5 واط	اكثر من 0.5 واط
الياج-نادميوم نبضي الطاقة	1064	اقل من 2 مايكرو واط	لا يوجد	اقل من 0.340 جول/سم مربع	اكثر من 0.340 جول/سم مربع
ثاني اكسيد الكربون	10.600	اقل من 800 مايكرو واط	لا يوجد	اقل من 0.5 واط	اكثر من 0.5 واط
الجاليوم ارسنايد	910	اقل من 310 مايكرو واط	لا يوجد	اقل من 0.5 واط	اكثر من 0.5 واط

الليزر المستمر تقاس قدرته ووحدتها الواط ، الليزر النبضي تقاس طاقته بالجول ، وكثافة الطاقة وحداتها جول لكل سنتمتر مربع وطول نبضته بالمتر وتردد نبضته وحدتهنبضه لكل ثانية.

3.4الأخطار العامة لأشعة الليزر في الجراحة:

كل تقنية جديدة تتطلب الحرص والمتابعة لدرء الأخطار التي قد تأتي منها وهناك بعض الأخطار المحتملة الحدوث مثل اخطار تماس اشعة الليزر مع غازات القابلة للاحتراق في خضور مادة التخدير العام مما قد يسبب في حدوث انفجار وهنا أيضا اخطار انعكاس اشعة الليزر على الاجسام المعدنية المختلفة وبالتالي إصابة الأشخاص في مناطق حساسة في الجسم وقد تسبب الحوق الجلدية أو العمى عند إصابتها للعين .وهناك أخطار ناجمة منها تلوث الهواء المحيطة نتيجة تبخير الأنسجة الحية في الجسم بالإضافة لأخطار الصاعقات الكهربائية . كنتيجة لوجودجهد كهربائي عالي في تشغيل اجهزة الليزر .و هناك أخطار أخرى قد تتأتي نتيجة لعدم اتباع إرشادات السلامة وامان في استعمال أجهزة الليزر وللحماية من الاحتراق الداخلي والخارجي من مواد التخدير ينبغي تجنب الغازات القابلة للاشتعال عند استعمال مادة التخدير بالإضافة لحماية الانابيب الناقلة لهذه الغازات بقطع قماشيه مشبعة بالمياه المالحة في حاله ليزر ثاني اكسيد الكربون مع استخدام انابيب معدنيه لا تعكس الضوء الليزر لنقل غازات التخدير خصوصا داخل الأنبوب الرغامي و لذلك عدم استعمال الأغطية الورقية لاحتمالية اندلاع الحرارة فيها عند تماسها بأشعة الليزر ويستعاض عنها بأغطية قماشية خاصة لهذه الغاية .كما ينصح استعمال الإسفنج المعقم والمنقع بمادة ملحية خصوصا مع ليزر ثاني اكسيد الكربون

وللحماية الشخصية ضد انعكاسات الليزر من الأدوات فحص غرفة عمليات الليزر بدقة للتأكد من عدم وجود أجسام عاكسة لضوء الليزر وتستعمل أدوات جراحية مطلية أو مغطاة من الخارج لمنع انعكاس الأشعة منها ودرء احتمالية إصابة الأشخاص العاملين .وينتبه إلى

نوعية الطلاء أوالغطاء تعتمد على طول موجة الليزر، كما يجب استعمال واقيات النظر الخاصة بنوعية الليزر لجميع العاملين في غرفة العمليات ويجب وضع قطعة قماشية لحماية عين المريض على أن يكون سميكة بعد وضع غطاء بلاستيكي مطلي بالفضة على كرة العين.

3.5 التأكد من سلامة اجهزة واشعة الليزر:

يجب التأكد قبل أي استعمال ،من خواص الشعاع الليزري مثل تطابق أشعة الليزر غير المرئية مع الأشعة المرئية الموجهة ،و كذلك قيمة قدرة الشعاع وكثافته في نقطة تماسه مع النسيج ، واتجاه الحزمة الليزرية ، ونقطة تركيز الأشعة ،ومقدار طاقة الشعاع مع العمل على وجود فني متدرب على استخدام أجهزة الليزر ،وخواص شعاعه للفحص الدوري النوعي للأجهزة والشعاع والتأكد من سلامتها وصحة خواصها المطلوبة ،وعدم السماح للأشخاص غير المدربين على الليزر باستخدام ، كما يجب التأكد بصورة عامة من نوع الجراحة المزمع القيام بها ،مثل قطع الأنسجة أوتبخيرها ، التئامها مع بعض ،وتوافقها مع الليزر المستخدم بالإضافة إلى اختبار كثافة القدر المناسبة للأنسجة المزمع العمل عليها. حيث أن علاقة الليزر (طول موجته) مع خواص النسيج الضوئية لها كل الأساس في إعطاء الكفاءة المطلوب بأقل ضرر للأنسجة المحيطة.[7]

الباب الرابع

علاج العين بالليزر

4.1 مقدمة:

تعتبر العين البشرية من اهم الحواس حيث انها تأخذ جزء كبير من طاقة الانسان الحيوية.لذا يهتم هذا الباب بخواص العين البشرية وامراضها وعلاجها.

4.2 العين البشرية وخواصها:

العين البشرية تشبه الة التصوير ،ولا تكف عن الالتقاط ما دامت مفتوحة. وعند مقدمتها يوجد انتفاخ بسيط ، وعرضها في الطفل حديث الولادة حوالي ثلاثة أرباع بوصة تزداد إلى بوصة في الشخص البالغ و الغلاف الخارجي لمقلة العين أبيض إلا عند لا نتفاخ الأمامي حيث يكون شفافا وبذلك يسمح للضوء بالدخول إلى العين ، ويسمى هذا الانتفاخ الشفاف (بالقرنية) ووظيفتها الأساسية حماية العين لونها من أزرق الى رمادي الي عسلي ولون الجانب الخلفي للقزحيةاقحواني قاتم دائما .وفي منتصف القزحية ثقب مستدير يسمي (إنسان العين)تتحكم في اتساعه مجموعتان من العضلات،ففي الضوء الحافت يتسع قطر الثقب أما في الضوء القوي فيضيق.وتوجد العدسة خلف إنسان العين مباشرة ، وهي عباره عن قرص دقيق يبلغ قطره ثلث بوصه ، وهي رفيع عند الخواف ، سميك في الوسط .وتوجد حول العدسة عضله دائريه تستطيع بانقباضها أن تجعل العدسة أقل قطراً وأكبر سمكاً .وبهذه الطريقة تستطيع العين رؤيه الأشياء الغريبة في وضوح تام .وعند ترتخي العضلة تستطيع العين رؤيه الأشياء البعيدة في وضوح .ويملأ الفراغ الموجود بين القرنيةوالعدسة سائل معظمه من الماء يسمي (السائل المائي).وتظهر هذه الأشياء في مؤخرة العين علي ها غشاء رقيق يسمي (الشبكية)يحتوي علي النهايات أعصاب حساسة للضوء .ويدخل بالشبكة نوعان من الخلايا الحساسة للضوء .حوالي ست ملايين خليه مخروطيه وأخري علي شكل فضيان

يبلغ عددها ما يقرب من مائه وعشرين مليوناً .وظيفه الخلايا المخروطيةولفيضانيه في استقبال النبضات الضوئيةوتحويلها إلي تيارات كهربائية وإرسال للمخ عبر الألياف البصرية ليترجمهاإلى ما تسميه بالرؤية .والخلايا المخروطية هي المسئولة عن عملية الإبصار في ضوء النهار .إن رؤية الألوان هي قدرة الشبكية على التمييز بين الألوان المختلفة .

4.3أمراض العين:

يعتبر أمراض العين من أخطر الأمراض الذي يصيب العين البشرية وهي كثيرة ولكن يدرس بعض منها كالمياه البيضاء ،والمياه الزرقاء ، وإنفصال الشبكية وعيوب الإبصار.

أ-عيوب الأبصار:

عيوب الأبصار مثل طوله وقصره ليست أمراضاً ولكنها عيوب في النظر .فهي لا تحدث بسبب كائنات دقيقة ولكن تحدث في الغالب نتيجة تشوه في الشكل عين .قصر البصر تتكون أمام الشبكية ومن ثم تحدث الرؤيةالواضحة فقط عندما يكون الجسم المرئي قريبا من العين. يحدث قصر النظر نتيجة لاستطاله العين أو التحدب الشديد للقرنية يتركز الضوء في نقطه أمام الشبكية وعندما يصل إليها الضوء لا يصبح مركزاً .أما في الحالة طول البصر تتكون الصورة خلف الشبكية ، ومن ثم لا يمكن رؤيه الجسم بوضوح إلا اذا تم إبعاده عن العين بمسافه كافية ويحدث طول البصر نتيجة لقصر العين أو تسطح القرنية يتركز الضوء في نقطه تقع خلف حلف الشبكية ولهذا فإن الضوء الواصل فعلا للشبكية لا يكون مركزاً.كما في الحالة اللانقطية (اللابؤريه)تكون قوة قرنيه العين ليست متساوية في كل المحاور ، لأن القرنية تأخذ شكلاً غير كرويه أي كامل الاستدارة فإن الضوء منكسر في اتجاه ما بمقدار يختلف عنه في اتجاه آخر وبالتالي لا يتم تركيز الضوء بدقه في نقطه واحده علي الشبكية ويؤدي ذلك لعدم وضوح الرؤية.

ايضا في الحالة ضعف عضلات تركيز البصير (طول البصر الشيخوخي)تركيز الضوء بسبب التقدم في العمر .وهذا التقدم بسبب فقدان عدسات العين لمرونتها التي كانت في ربيع العمر وبفرض عدم وجود مشاكل صحيه بالعين مثل تكوّن المياه البيضاء أو المياه الزرقاء أو الانفصال الشبكي ....الخ ،فإن السبب الرئيسي لعدم وضوح الرؤية يرجع لعيب في عمليه انكسار الضوء خلال مروره بالعين .وذلك لا يتم تركيز الضوء المنعكس من الاجسام المرئية عل نقطه محدده علي الشبكية. وحديثاً تمكن العلماء من استخدام ليزر الأرجون في معالجة عمي الشيخوخة وهو ما يعني ضمور الجزء بالضمور بالتدريج مع تقدم العمر ، وينصح الأطباء الجميع بالكشف المبكر ومراعاة الاغراض المنذرة مبكرا وأهمها رؤيه الخطوط المستقيمة منحنيه أو مشوهة ، عندئذ يصبح دور الليزر مؤثراً فكلما تم إ كتشاف المرض مبكر أمكن العلاج بنجاح في غضون أسبوعين من بداية ظهور الأعراض ، وحتي في هذه الحالة تكون نسبه النجاح 85% من الحالات وتهبط هذه النسبةإلي 10% اذا مضي عل ظهور الاعراض.

ب-**المياه البيضاء:**

تقوم عدسه العين بتركيز الضوء علي الشبكية مثلما تمركز عدسه آلة التصوير الضوء المنعكس من الجسم علي الفيلم الحساس واذا حدث وكانت عدسه آلة التصوير غير نظيفة وغير صافيه فإن الصورة التي تلتقطها هذه الآلة تكون غير واضحه وضبابيه .إن ذلك يشبه بدرجة كبيره ما يحدث عندما تتكون المياه البيضاء في العين فحيث إن المياه البيضاء تعني تكوّن سحب علي عدسة العين التي تكون صافيه في حالتها الطبيعية فإن ذلك يؤدي إلي ضبابيه الصور الضوئية المتكونة علي شبكيه العين .وتقوم الشبكية بتحويل الصور الضوئية إلي إشارات كهربيه تنتقل إلي المخ عن طريق العصب البصري ومره أخري إذا كانت هذه الصور الضوئية ضبابيه يسبب تكوّن المياه البيضاء فإن الرؤية التي تكون واضحه.وعادة يرجع تكوّن البيضاء بالعين إلي عملية التقدم الطبيعي في العمر والذي يؤثر علي العين .وما زال مرض المياه البيضاء بالعين بعد السبب الأول في الإصابة بفقدان

النظر، ولكن مع تقدم العملي (العلمي)والطبي أمكن بنجاح إعادة النظر لمن فقدوه لهذا السبب وقد ظهر في السنوات الأخيرة أسلوب تفتيت هذه المياه بالموجات الضوئية من خلال ثقب جراحي صغير جداً وشفقها وزرع عدسه لينه مرنة مكانها ، إلا أنه يصيب هذا الاسلوب أنه لا يلائم جميع الحالات.واخيراً ظهر أسلوب جديد أكثر تطوراً لإذابة المياه البيضاء بالليزر، وهو أسلوب آمن ويمكن التدخل به في كل الحالات ويتم من فتحة أصغر مما في حالة الموجات فوق الصوتية ويستغرق وقتاً أقل اثناء العملية بل وسهل التدرب عليه عن الموجات فوق الصوتية.

إن المياه البيضاء تصيب عدسة العين الشفافة المسئولةعن تركيز الصورة علي سطح الشبكية ، لذللك يشكو المريض من عدم وضوح الرؤية وتزيد الحالة سوءاً تدريجياً مع الوقت ، وهذا المرض يمكن أن يصيب العين في أي وقت من العمر. فيمكن أن تظهر بعد الولادة في العين أو في عين واحد ، وسببها نقص (فيتامين اس)خلال الحمل أو إصابة الأم ببعض الأمراض الفيروسية كما يصيب المياه البيضاء كنتيجة لمضاعفات مرض البول السكري خاصة في حالة عدم ضبطه لعدة سنوات ، وفي الغالب تنتشر المياه البيضاء أكثر بين كبار السن ولم يستطيع العلم أن يبرهن سبب انتشار هذا المرض بالعين في العالم كله. إلا أن هناك شواهد علي نقص بعض الأنزيمات اللازمة للتمثيل الغذاء لعدسه العين، ولكن ليس هذا دليلاً قاطعا.

ج- **المياه الزرقاء:**

المياه الزرقاء مرض يصيب العين البشرية وتمكنه أن يسلبها الرؤية في ضمن بالغ دون الشعور بعمق المشكلة ، وغالباً ما يبلغ نقطة معينه يصعب بعدها عودة الابصار لسابق عهده المشكلة تتعلـق بارتفاع ضغط العين إلي الحد الذي يدمر الألياف العصبية الرقيقة الموجودة بالعصب البصري. ومستوي ارتفاع الضغط العين الذي يسبب تدمير الألياف العصبية يختلف من شخص لأخر وكمية الدمار الحادث لا تتوقف علي مدي ارتفاع ضغط

العين فحسب ولكن علي مدي حساسية العصب البصري لعملية التدمير فالارتفاع المعتدل في الضغط الداخلي لعين شخص ما قد لا يسبب تدميرا للألياف العصبية بينما نفس هذا الارتفاع في ضغط عين شخص أخر، يكون عصبه البصرى أكثر حساسية يمكن لفقدان البصر وايضا سبب تكوّن المياه الزرقاء تناول عقاقير أو عدوية معينة مثل الكورتيزون واسباب خاصة بتجمع الدم في الاوعية الدموية بالعين وضيق متدرج في قنوات صرف السوائل بالعين بدون سبب معروف وهذا اكثر الاسباب شيوعا لحدوث مرض المياه الزرقاء.

داخل أي عين يوجد سائل مائي له ضغط معتاد ليحافظ على العين في حالة صحية. وأن الأبحاث العلمية أن العامل السائد المسبب لزيادة الضغط داخل العين هو الانسداد المتدرج لقنوات الصرف من العين والمعروف ب(الشبكة الحاجزة) . اذا ظل الضغط عاليا بدرجة كافية والفترة طويلة نسبيا فإن الألياف العصبية الرقيقة الموجودة بالعصب البصرى ستدمر. وإذا دُمرت فإن الألياف البصرية لن تتولد من جديد ولهذا السبب فإن مفتاح علاج المياه الزرقاء يمكن في التشخيص المبكر بحيث تتخذ الإجراءات لتقليل ضغط العين قبل حدوث التدمير .

د- انفصال الشبكية:

تلعب شبكية دوراً مهماً في عملية الإبصار كونها مسؤولة عن استقبال الضوء الساقط على العين بفضل ما تحويه من ملايين الخلايا البصرية . لذا يساعد الاكتشاف المبكر لأعراض انفصال الشبكية الذي يحدث بشكل غير ملحوظ في الحماية من فقدان البصر .

إن الضوء يصل إلى داخل العين عن طريق الحدقة . وتنعكس الصورة المرئية على الجدار الحلفي للعين ، مثلما يحدث داخل كاميرات التصوير الكلاسيكية .أن الشبكية لا تلتصق بالعين بشكل ثابت ، إنما تلتصق بالجدار الحلفي لها من خلال مادة مشابهة للاصقة الفيكرو ، مشيراً أن الجسم الزجاجي عبارة عن مادة جلاتينية شفافة يسهم في جعل الشبكية ملتصقة

بالجدار الخلفي للعين ، ما يساعد في إمدادها بالعناصر الغذائية المهمة عن طريق طبقات الجلد الموجود أسفلها .ولكن عند الإصابة بانفصال الشبكية ، لا يصل هذا الإمداد إلى الخلايا البصرية في الشبكية ، فيؤدي إلى موتها في أسوأ الأحوال . انفصال الشبكية قد يرجع إلى العديد من الأسباب ، من بينها الإصابة بضعف خلقي بسيط في العين . كما أن الأشخاص المصابين بقصر البصر أكثر عرضة بانفصال الشبكية . وتتمثل أعراض انفصال الشبكية في رؤية ومضات ضوئية وبقع سوداء متحركة في عين واحد .

4.4 علاج أمراض العين بالليزر:

يستخدم الليزر في علاج العديد من الأمراض لعل اهمها الانسداد في الوريد الشبكي وعلاج ارتفاع ضغط العين (الجلو كوما) وعلاج طول وقصر البصر واللأبؤرية وعلاج الانسداد في القنوات الدموية وعلاج بعض الأمراض داخل العين وايضا يستخدم علاج المياه البيضاء والمياه الزرقاء وغيرها من الامراض.نستعرض فيما يلي بعض منها بتفصيل .

أ-علاج عيوب الإبصار:

يتم علاج عيوب الإبصار باستخدام عدسة مقعرة في الحالة قصر البصر ، أما في الحالةبعد النظر(طول البصر) باستخدام عدسة محدبة ، وفي الحالة اللأبؤرية (اللانقطية)يستخدم نظارات طبية ذات عدسات اسطوانية . كما يستخدم الليزر في عمليات تمزيق عتمة السائل الزجاجي أو قطع خيوط السائل الزجاجي ، وإجراء عمليات مثل شق القرنية الطرفي وقطع الالتصاقات ورفع بعض المواد المزروعة ، وكذلك قطع الأنشوطات والأورام القثابية من العين في الحالة ضعف عضلات تركيز البصر (طول البصر الشيخوخي) .

ب- علاج المياه

البيضاء

ظهر اسلوب أكثر تطورا لعلاج المياه البيضاء ،وذلك باستخدام شعاع الليزر أربيوم ياج وهو يعمل على إذابة المياه البيضاء من خلال فتحة صغيرة جدا لا تتعدى 2مللي ، مقابل فتحة تصل إلى 4 مللي في حالة استخدام الموجات فوق الصوتية ، ويستغرق الإذابة وشفط المياه البيضاء حوالي ربع ساعة فقط ، تتميز أشعة الليزربعدم وجود ذبذبات عالية التردد ومؤثر على العين ، واستخدام الليزر أسهل بكثير من الموجات فوق الصوتية في التدريب والتعلم لأنه أكثر أمانا ،وبتالي يمكن التدخل به في جميع الحالات ، يستخدم الليزر نفس العدسات الرخوة التي أصبحت أكثر تطورا وأقل تفاعلات مع الجسم ، أكثر كفاءة ، وشعاع الليزر يذيب بعمق أقل من واحد مللي حيث يتم إذابة المياه البيضاء وشفطها طبقة تلو الأخرى .

ج-علاج المياه الزرقاء:

استخدام ليزر الأرجون (ضوء اخضر) لسنوات عديدة في علاج المياه الزرقاء مفتوحة الزاوية المزمنة في هذه العملية تستخدم عدسة مقعدة التركيب توضع أمام العين ومن خلالها يتم تركيز شعاع الليزر في منطقة الشبكة حاجزة (قناه الصرف).ويتم تسليط شعاع الليزر عدة مرات حول منطقة الشبكة الحاجزة بهدف توسيع فتحاتها تسليك قنوات الصرف وبالتالي تقليل ضغط داخل العين لا يصاحب هذه العملية أي شعور أو إحساس بعدم الجراحة و يصبح المريضقادرا على مزاولة نشاطه المعتادة فورا انتهاء العملية .وأيضاً يستخدم الليزر الايريدوتومي في حالة المياه البيضاء ذي الزاوية الضيقة وبسبب وجود عيب في بنية العين ، فإن الممر المؤدي للشبكة الحاجزة يكون ضيقا جداً وقد يغلق ، ويستخدم الليزر بكفاءة وبدون ألم في عمل فتحة بحدقة العين لفتح الممر المؤدي للشبكة الحاجزة .

ويتم عمل الفتحة عادة بواسطة الليزر الأرجون ، ولكن احياناً يستخدم ليزر (ياج) عندما يحتاج الأمر لاستخدام قدرة أعلى.

د-علاج انفصال الشبكية بالليزر

في حالات انفصال الشبكية في العين البشرية أي تمزقها ، والذي قد يسبب فقدان البصر ، وأمكن استخدام أشعة الليزر الدقيقة . بعد قليل طاقتها إلى حد كبير ، لحام الشبكية في نقاط صغيرة بمؤخرة العين ، ومن ثم أمكن إعادة البصر للأشخاص الذين كانوا يعانون من انفصال الشبكي أو من الانفصال الشبكي السكري الذي قد ينتج إصابة مزمنة بمرض السكر. وفي توجه أشعة الليزر إلى داخل عين المريض عبر عدسة العين ، دون أن تحدث أي ضرار، أنها شفافة ، تفيد حرارة الليزر في لحام الشبكية من جديد في موضعها الأصلي

4.5 الجراحة الانكسارية:

الجراحة الانكسارية اصطلاح عملي يطلق على مجموعة من العمليات الجراحية المختلفة التي تغير العلاقات بين مركبات العين المُركزة للضوء. وذلك في محاولة تجميع الضوء في بؤرة محددة على الشبكية دون التعرض للمصاعب التي قد ينجم عن ارتداء النظارات الطبية أو العدسات اللاصقة . وفي الفقرات التالية نستعرض بعض الجراحات الانكسارية .

أ- شق القرنية النصف القطري

تتضمن هذه العملية استخدام شفرة من الماس لعمل شقوق نصف قطرية في الجزء المحيطي والمحيطي الأوسط من القرنية إلى عمق يبلغ حوالي 90% ، من ذلك يسبب تسطح الجزء المركزي من القرنية عن طريق إضعاف الأجزاء المحيطة المساندة لبنية القرنية وبالتالي تقلل أو تزيل قصر البصر.

ب- شق القرنية اللأبؤري

في هذه الحالة يتم عمل شقوق في الجزء المماس المحيطي من القرنية أو عمل شقوق جزئية تستطيع الجزء المحدب المحيطي من القرنية وجعلها كروية الشكل . ومن مزايا جراحات شق القرنية أنها قليلة التكاليف نسبياً ، وتؤدي نتائج جيدة للأشخاص الذين يعانون من قصر بصر لا يتعدى ثلاثة ديو بتر . أما عيوبها كثيرة منها قد تزيد الشقوق عن المطلوب فتؤدي لبعد البصر ، وهناك إمكانية لحدوث ندبات من أثر الجروح ، كما قد تؤدي هذه العملية لضعف عام في بنية القرنية وعدم وضوح الرؤية عتد الارتفاعات الشاهقة .

ج- تقويم القرنية الصفائحي المؤتمت

بدا إجراء هذه العملية منذ عام 1949م ، ولكن حدث تقدم ملموس في السنوات الأخيرة فقط كنتيجة للتقدم الهائل في الأجهزة و المعدات المستخدمة .و يستخدم في هذه العملية أداء معقدة التركيب يسمى (الميكروكيراتوم المؤتمت) يتم بها فتح الجزء السطحي من القرنية ويسمى (قبعة القرنية) ثم يزال جزء معين من الأنسجة من المركز القرنية . ثم يعاد قبعة القرنية لمكانها دون الحاجة لعمل خياطة جراحية.إن إزالة هذه الأنسجة المركزية من القرنية يسمح بتسطيحها وتقليل تحدبها و بالتالي من تقليل قصر البصر وإزالته . ومن مزايا هذه العملية أنها يسمح بإصلاح قصر البصر شديد (حتى 18ديوبتر) وكذلك تسمح بالنقاهة السريعة وعودة المصاب لنشاطه المعتاد في وقت قصير ، وعيوبها قد ينشأ عنها المشاكل التقنية نتيجة الإزالة الميكانيكية لأنسجة القرنية مما قد يُسبب حدوث ندبات أو نتائج غير متوقعة ، وذلك فقد حل الليزر الآكسيمر محل هذه التقنية .

يستخدم جهاز ليزر الاكسيمر نبضات عالية الطاقة من الأشعة فوق البنفسجية التي تقطع الروابط الجزئية بين الخلايا القرنية بدقة عالية . ويختلف ليزر الاكسيمر عن الأنواع أخرى من كونه يبعث بأشعة ضوئية (بارد) أو غير حرارية ولهذا فإن هذه التقنية نموذجية لإعادة تشكيل القرنية حيث انها لا تسبب أية اضرار للخلايا المحيطة بمنطقة العملية.

ويستخدم جهاز حاسب (كمبيوتر)معقد التركيب لدقة السيطرة والتوجيه لشعاع الليزر. وفى عملية يذيل شعاع الليزر كمية صفيرة (ميكروسكوبية)من انسجة القرنية الموجودة على السطح الأمامي للجزء المركزي من القرنية مما يجعل هذه المنطقة المركزية اكثر تسطيحا وبالتالي يسمح بتركيز الضوء بدقة على الشبكية. ومن مزايا عملية انها تحقق نتائج جيدة لقصر البصر البسيط (حتى ثلاثة ديوبتر) ، وانها ادق من عملية ويستطيع المريض لمزاولة حياته الطبيعية في غضون يومين او ثلاثة بعد اجراء العملية. اما عيوبها ان فترة النقاهة تكون طويلة نسبيا لحالات قصر البصر التي يذيد ان اربعة ديوبتر وقد تدمع العين لمدة ثلاثة ايام حتى يلتئم الجروح . [8]

التوصيات

يعتبر هذا البحث العملى من اصعب البحوث إجرا فى السودان وذلك لعدم توفير الاجهزة الدقيقة مما يتطلب تدعيم هذا البحث باجهزة الليزر نسبه لدقتها .

الاستفادة من هذا البحث من تطبيقات الليزر فى مجالها الطبى والتاكد من اخطار العامه فى اشعه الليزر فى الجراحة وسلامتها.

المراجع :

1. زيدان أسعد ، مبادئ الليزر وتطبيقاته ، 1998م
2. مبارك المهل ، محاضرات الليزر ، 2013م
3. أورازيو زفلتو ، مبادئ الليزر ، دار الكتب للطباعة والنشر ، العراق، 1988م
4. خالد عبد الحميد ألخطيب ' وليد خلف حمودى ،ضوئيات الكم والليزر.
5. أورازيو زفلتو ، مبادئ الليزر ، مصدر سابق
6. سهام عفيف قندلا ، الأسس الفيزيائية وبعض التطبيقات العملية ، دار الشؤون للثقافة العامة – بغداد ، 1992م.
7. فاروق عبد الله الوطبان ، الليزر وتطبيقاته ، دار المريخ للنشر ، العراق ، 1988م.
8. أحمد الناغي ، رشاد فؤاد السيد الفيزياء الطبية ، دار الفكر العربي – القاهرة ، 2001م