مقرر
فيزياء الليزر

الفرقة الرابعة
كلية التربية
رابعة اساسي علوم

أستاذ المقرر

أد/ خالد صلاح الدين

العام الجامعي
2023 / 2024 م

الكلية:التربية
المادة:فيزياء الليزر
الفرقة :رابعة اساسي
التخصص :علوم
تاريخ النشر:2023
عدد الصفحات :70
المؤلفون:أد /خالد صلاح

أ-	تعريف المقرر ووصفه	علاقات اينشتاين – أنظمة المستويات – شروط انبعاث أشعة الليزر – الرنانات – خواص أشعة الليزر – أنواع أللليزر – تطبيقات الليزر.
ب-	وصفه باللغة الإنجليزية	**Introduction to Laser. Resonators. Transient Laser Behavior Properties of Laser beams. Types of Laser., Application of Laser.**
ج-	أهداف المقرر	تعريف الطالب بالتقنيات الحديثة في علم الفيزياء مثل : كيفية انبعاث الليزر - خواص أشعة الليزر - أنواع الليزر - تطبيقات الليزر
د-	الأقسام المستفيدة من المقرر	الفيزياء
ه-	الموضوعات الرئيسية في المقرر	• كيفية انبعاث الليزر • خواص أشعة الليزر • أنواع الليزر • تطبيقات الليزر
و-	الطرائق المقترحة لتدريس المقرر	باستخدام السبورة - عارض البيانات- والحاسب الآلي PowerPoint
ز-	نظام التقييم	إجراء اختبار أسئلة اختيار متعدد – تمارين متنوعة – أسئلة نمطية .

المحتوي

الفصل الأول أساسيات فيزياء الليزر	
الموضوع	الصفحة
مقدمة	5
الأشعة (الموجات) الكهرومغناطيسية	7
أساسيات فيزيائية حول الذرة	9
تفاعل الإشعاع مع المادة	13
الميزر والليزر	14
تاريخ تطور الليزر	15
شروط حدوث الإشعاع المستحث(الليزر):	17
مبدأ عمل الليزر	17
تصنيف الليزر	18
خصائص ضوء الليزر	19
مكونات جهاز الليزر	25
طرق الضخ	21
معاملات اينشتين	27
تمارين	29
الفصل الثاني أنواع الليزر	
تصنيفات الليزر	32
العناصر الأساسية لليزر	33
أنواع الليزر	35
ليزر الحالة الصلبة	35
ليزر الحالة الغازية	39
ليزر السائل	40
ليزر شبه الموصل	41
الليزرات الكيميائية	41
مصادر الطاقة	42
مسبب الرنين	42
نظام المستويين والثلاث مستويات	50
الفصل الثالث تأثيرات الليزر وتطبيقاته	
تصنيفات الليزر من حيث المخاطر	54
تأثيرات الليزر	55
تطبيقات الليزر الطبية	56
تطبيقات الليزر في المجالات الأخري	58
الألياف الضوئية	65
أنواع الآلياف الضوئية	65
مكونات نظام الآلياف البصرية	67
مميزات الألياف الضوئية	67
كيف تصنع الألياف الضوئية	68
تطبيقات عملية على استخدامات الالياف الضوئية	70

الفصل الأول

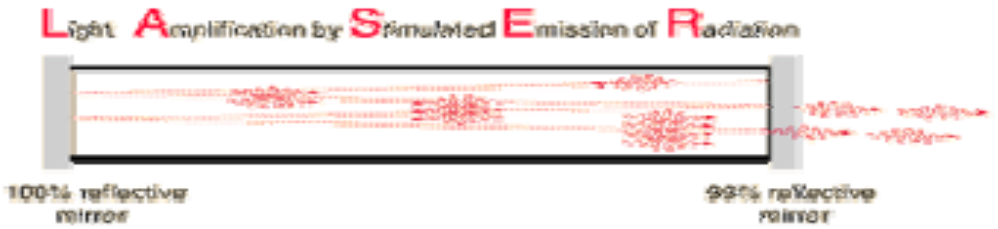
أساسيات فيزياء الليزر

دخلت أشعة الليزر في العديد من المنتجات التكنولوجية فتجدها عنصر اساسي في أجهزة تشغيل الأقراص المدمجة أو في ألات طبيب الأسنان أو في معدات قطع ولحام الحديد أو في أدوات القياس وغيرها من المجالات. كل تلك الأجهزة تستخدم الليزر ولكن ما هو الليزر وما الذي يجعل الليزر مميز عن غيره من المصادر الضوئية. سوف نقوم بشرح كل ما يتعلق بالليزر بشكل مبسط وواضح. تعتبر تكنولوجيا الليزر من العلوم المتطورة التي تدخل في العديد من التطبيقات مثل استخدام الليزر في التطبيقات الطبية والاتصالات والأبحاث العلمية والهندسية والعسكرية .وأي مستخدم لليزر مهما اختلف تخصصه فهو بحاجة إلى فهم مبدأ عمل الليزر أي ما يعرف **بفيزياء الليزر**

.إن جهازالليزر هو عبارة عن جهاز يحول الطاقة من مصادر مختلفة إلى صورة أشعاع كهرومغناطيسي .وهذا تعريف بسيط للبدأ في الموضوع وتوضيح فكرة عمل الليزر حيث أننا نحصل في النهاية على شعاع كهرومغناطيسي (ضوء) يمتلك العديد من الخواص التي تميزه عن أي مصدر ضوئي.وقد جاءت تسمية كلمة ليزر من الأحرف الأولي لفكرة عمل الليزر أي أن :

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation.

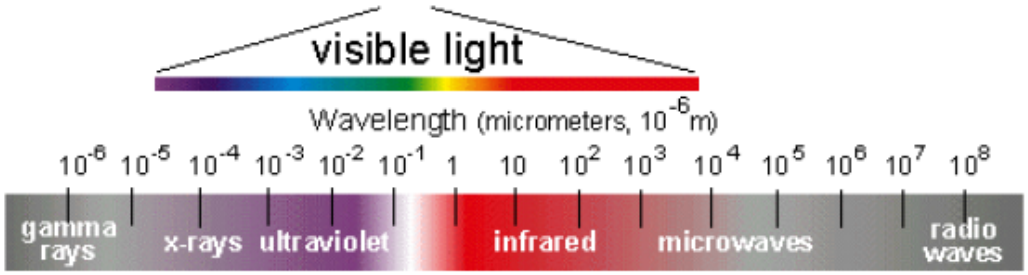
LASER



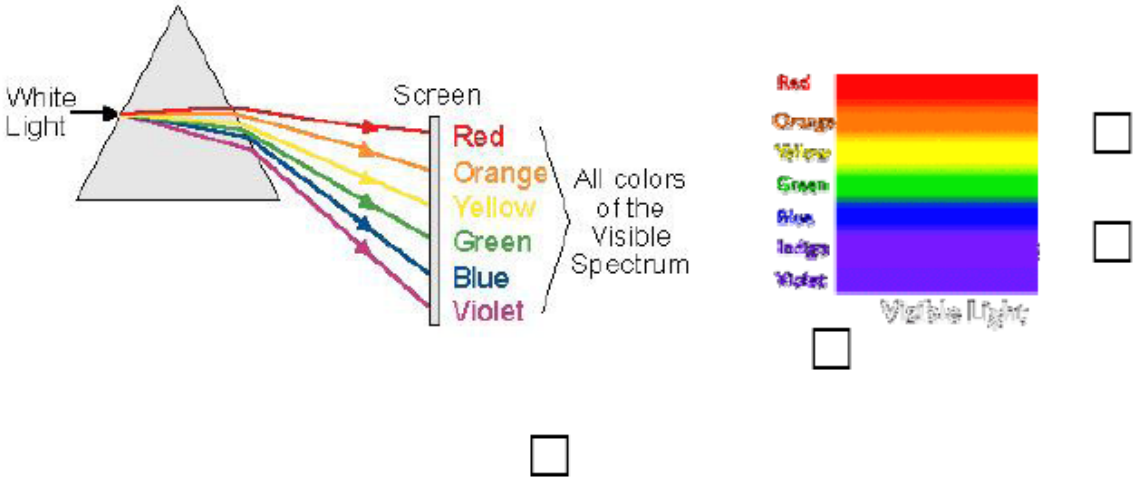
وتعني تضخيم الضوء بإنبعاث الإشعاع المحفز وهو عبارة عن حزمة ضوئية ذات فوتونات تشترك في ترددها وتتطابق موجاتها بحيث تحدث ظاهرة التداخل البناء بين موجاتها لتتحول إلى نبضة ضوئية ذات طاقة عالية . بينما يشع المصدر الضوئي العادي موجات ضوئية مبعثرة غير منتظمة فلا يكون لها قوة الليزر . وباستخدام بلورات لمواد مناسبة(مثل الياقوت الأحمر) عالية النقاوة يمكن تحفيز انتاجها لأشعة ضوئية من لون واحد أي ذو طول موجة واحدة وكذلك في طور موجي واحد ، وعند تطابقها مع بعضها وانعكاسها عدة مرات بين مرآتين داخل بلورة الليزر فتنتظم الموجات وتتداخل وتخرج من الجهاز بالطاقة الكبيرة المرغوب فيها وتستخدم كلمة الليزر للتعبير عن أية منطقة من مناطق الطيف، ولمعرفة الليزر يجب في الواقع التعرف على الطيف الكهرومغناطيسي والذي يبدأ من الموجات الراديو الطويلة إلى الموجات القصيرة لأشعة جاما العالية الطاقة كما هو موضح في شكل رقم ١-١ . وكما هو معروف فإن المنطقة الضيقة من الطيف. والمعروفة لنا بالمرئية أو الضوء الأبيض. تتكون من الألوان الضوئية التالية: أحمر، برتقالي، أصفر، أخضر، أزرق، وبنفسجي كما هو موضح في شكل رقم ١-٢ . كما أن ترددات هذه الإشعاعات وأطوالها الموجية مختلفة ومضطربة، فهي أشبه بالضوضاء بمقارنتها مع الموجات الصوتية، بينما نجد أن ضوء أشعة الليزر منظم ومركز. وفي الليزر عمل

الاضطراب الطبيعي للموجات على ترابطها Coherence، حيث تنبعث الفوتونات، الوحدات الأساسية لكل الإشعاعات الطيفية على شكل دفعات منتظمة ذات تردد واحد، ونظراً لأن الموجات تترابط فإن الفوتونات تقوي بعضها البعض وتزيد من قدرتها على نقل الطاقة.

أن تقنية الليزر توسعت لتشمل ما وراء منطقة الموجات فوق البنفسجية باتجاه الطاقة العالية للأشعة السينية، وكل طول موجي في هذه المناطق يعطي القدرة والمساعدة للإنسان على ابتكار تطبيقات متنوعة.



شكل رقم ١-١



شكل رقم ١- ٢

والليزر ينتج حزمة ضوئية رفيعة جدًا وقوية. وبعض الأحزمة رفيعة لدرجة أنها قادرة على ثقب مائتي حفرة فوق نقطة في حجم رأس الدبوس . وبسبب إمكانية تركيز أشعة الليزر إلى هذا الحد من الدقة وعلية فإن هذه الأشعة تكون قوية جدًا. فبعض الأحزمة، على سبيل المثال، تستطيع اختراق الماس ، وهو أصلب مادة في الطبيعة، وبعضها تستطيع إحداث

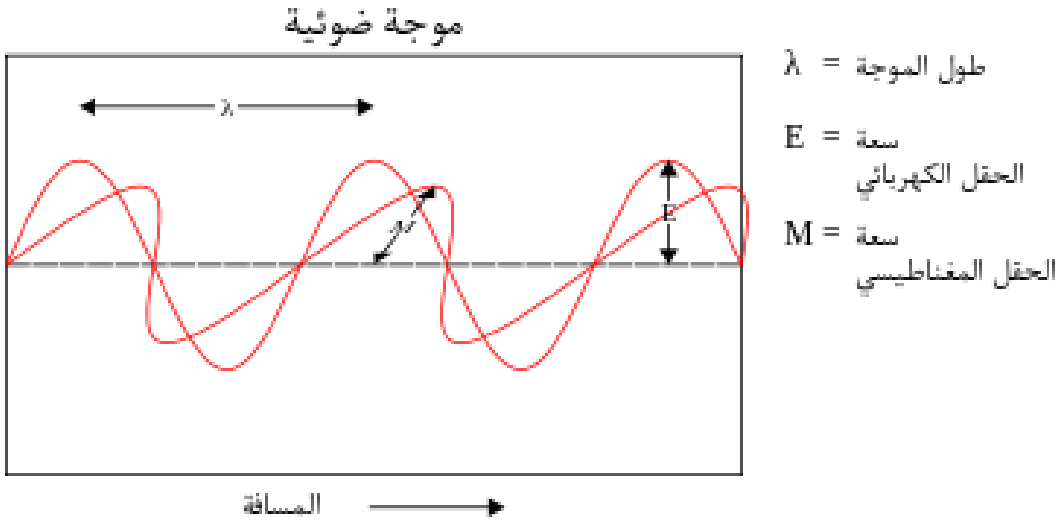
الأشعة (الموجات) الكهرومغناطيسية

الاشعة (الموجات) الكهرومغناطيسية هي صورة من صور الطاقة التي لا تستند على كتلة مادية، اي انها كيان غير مادي وعديم الكتلة . وانما هي طاقة متمثلة في صورة مجالين احدهما الكهربائي والاخر مغناطيسي يتغيران بمرور الزمن وبتغير الموضع.ويمكن انت تتولد الموجات الكهرومغناطيسية من مصادر متنوعة ومختلفة فمنها ما يتولد عن الشحنات الكهربائية المتسارعة او المتباطئة عن التيارات الكهربائية المترددة.ومنها مايتولد من الاجسام الساخنة غير المتوهجة اومن الاجسام الملتهبة المتوهجة.كذلك.يمكن ان تتولد الموجات الكهرو مغناطيسي عندا الانتقال الالكترونات بين المدارات المختلفة في الذرة او نتيجة لاضمحلال طاقة الاثارة في نواة الذرة .

وتختلف بعض خصائص الموجات (الاشعة) الكهرومغناطيسية اختلافاً هائلاً بتغير مصدر توليدها رغم اشتراكها في عداد من الخصائص العامة مهما تغير المصدر وسوف يرد فيما يلي سرد لبعض الخصائص العامة للموجات الكهرومغناطيسية.

الخصائص العامة للموجات الكهرومغناطيسية

الموجة الكهرومغناطيسية (المسماة أحياناً بالفوتون) هي عبارة عن مجالين متغيرين (متناوبين) احدهما كهربائي والاخر مغناطيسي تتغير شدتهما بتغير الزمن والموضع، وينتشران معاً في مستويين متعامدين فيما بينهما بحيث يكون يكون المجال الكهربائي في احد هذين المستويين .ويكون المجال المغناطيسي بالتالي في المستوى الاخر العمودي على الاول وتنتشر الموجة من نقطة التوليد في اتجاه المستقيم الذي يمثال مستقيم تلاقي هذين المستويين المتعامدين .



ويتغير كل من المجالين الكهربائي والمغناطيسي بين قيمة موجبة قصوى يطلق عليها اسم "القمة"واخرى سالبة قصوى يطلق عليها اسم "القاع"، مروراً بالصفر ويحدث التغير وفق العلاقة الرياضية بسيطة تعرف بالدالة التوافقية البسيطة وتوصف الموجات الكهرومغناطيسية بأنها موجات مستعرضة.

وقد توصف الموجات الكهرومغناطيسية بانها موجات مستقطبة .وقد يكون الاستقطاب أفقياً او رأسيا (بالنسبة لسطح الارض) او في اي اتجاه اخر .ويستخدم الاستقطاب الافقي او الرأسي في الارسال التلفزيوني وغيره. ويقصد بالموجات المستقطبة افقياً ان تنتشر المركبة الكهربائية لجميع الموجات الكهرومغناطيسية في المستوى الافقي (اي الموازي لسطح الارض)،في حين تنتشر المركبة المغناطيسية لهذه الموجات في المستوى الرأسي (أي العمودي على سطح الارض اما بالنسبة للموجات المستقطبة رأسياً فتنتشر المركبة الكهربائية في المستوى الرأسي في حين تنتشر المركبة المغناطيسية في المستوى الافقي.

وتتميز كل موجة بكمية فيزيائية يطلق عليها "طول الموجة" يرمز لها في المراجع عادة بالرمز (λ)لامدا(وهي عبارة عن المسافة بين اي قمتين متتاليتين،او قاعين متتاليين للمجال الكهربائي والمغناطيسي).وتختلف اطوال الموجات الكهرومغناطيسية اختلافا هائلاً تبعاً لشريحة هذه الموجات ، وتتروح هذه الاطوال بين اكثر من ألف كيلومتر للموجات الكهرومغناطيسية الطويلة اي منخفضة الطاقة. وحوالي الفمتومتر(الفمتومتر ويعادل 1×10^{-15}من المتر).

كما تتميز اي موجة الكهرومغناطيسية بكمية اخرى يطلق عليها "تردد الموجة" (ν) نيو، وهو عدد يمثل عدد الموجات الكاملة (الاهتزازات الكاملة) في ثانية واحدة . ويقاس التردد بوحدة أطلق عليها هيرتز ،تخليداً لذكرى العالم الذي توصل الى توليد هذه الموجات والكشف عنها عملياً لاول مرة وعندما يقال تجاوزا أن تردد الموجة يساوي الهيرتز الواحد فإن هذا يعني تكرار الموجة الكاملة مرة واحده في الثانية ، وعندما يقال ان التردد 50 ميغا هيرتز فهذا يعني ان الموجة الكاملة تتكرر 50 مليون مرة في الثانية الواحدة تتراوح ترددات الموجات الكهرومغناطيسية المختلفة بين حوالي عدة عشرات من الهيرتز بالنسبة للموجات فائقة الطول (أي منخفضة الطاقة)، وبين أكثر من 10^{-23} هيرتز بالنسبة للموجات شديدة القصر (أي فائقة الطاقة مثل إشعاعات جاما)

ويرتبط طول الموجة (بالمتر) وترددها ν(بالهيرتز)، لاية موجة كهرومغناطيسية مع سرعة الضوء C (بالمتر\ ثانية) في الفراغ بعلاقة بسيطة هي:

$$C = \nu \cdot \lambda$$

وجدير بالذكر ان شدتي المجالين الكهربائي E والمغناطيسي B يرتبطان في اية لحظة بعلاقة بسيطة حددها ماكسويل وهي :E = C B حيث Cهي سرعة الضوء في الفراغ. ونظراً لضخامة سرعة الضوء من حيث المقدار (حوالي ثلاثمئة مليون متر في الثانية)من هنا يتضح ان شدة المجال الكهربائي يكون محسوسة من الناحية العملية بالمقارنة بشدة المجال المغناطيسي . لذلك يسهل التقاط المركبة الكهربائية للموجة الكهرومغناطيسية بواسطة هوائيات الاستقبال اللاسلكي . وتقوم اسس عمل جميع الهوائيات المستخدمة للبث اوالاستقبال على استخدام المركبة الكهربائية .

وتتحدد الطاقة الكهرومغنطيسية E التي تحملها الموجة الكهرومغناطيسية (الفوتون)من تردد الموجة F بعلاقة خطية طردية استنتجها انشتاين وهي :

$$E = h\nu$$

حيث h هو ثابت يعرف باسم ثابت بلانك ويساوي $6{,}63\times10^{-34}$ جول. ثانية

مثلما تتميز الموجة الكهرومغناطيسية (رغم عدم وجود كتلة لها) فانها تتميز كذالك بزخم(Momentum) يمكن حسابه بيسر ،بقسمة طاقة الموجة E على سرعة الضوء في الفراغ C ،وفقاً للعلاقة التي اشتقها ماكسويل. وبالتالي فإنه عندما تسقط موجة كهرومغناطيسية (فوتون) على سطح ما وتمتص فيه يقع على هذا السطح ضغط يمكن حسابه بيسر من الزخم. وعندما يكون السطح عاكساً مثالياً يتضاعف الزخم الواقع على السطح وفقاً لقوانين انحفاظ الزخم، وبالتالي يتضاعف الضغط الواقع على هذا السطح.

الفوتون والموجة الكهرومغناطيسية

ثبت من دراستنا للضوء المرئي كأحد صور الموجات الكهرومغناطيسية أن الضوء يسلك مسلك الموجات الكهرومغناطيسية في بعض الظواهر كالانعكاس والانكسار والاستقطاب وغيرها. ويمكن شرح جميع هذه الظواهر بدقة في ضوء الطبيعة الموجية للضوء ، أي على اساس اعتبار الضوء موجة كهرومغناطيسية. أما بالنسبة لبعض الظواهر الأخرى كاستطارة الضوء (أي حيوده عن مساره) أو الظاهرة الكهروضوئية (التي تتمثل في امكانية تحرر وانطلاق الإلكترونات من أسطح بعض الفلزات والمواد عند سقوط الضوء عليها) ولبعض الظواهر الأخرى، فإنه يستحيل شرح هذه الظواهر استناداً إلى الطبيعة الموجية للضوء، وانما يمكن شرح هذه الظواهر بيسر باعتبار أن كل موجة يمكن تمثيلها بجسيم وحيد عديم الكتلة عند السكون يطلق عليه اسم فوتون Photon.

ويقال أن هذا الفوتون هو حامل المجالين الكهربائي والمغناطيسي. وهكذا تتصف الموجات الكهرومغناطيسية بخضوعها لمبدأ عرف بأسم مبدأ الأزدواجية "Duality".الذي يمثل في أن الموجة الكهرومغناطيسية يمكن ان تسلك مسلك الموجة بالنسبة لبعض الظواهر ومسلك الجسيم عديم الكتلة بالنسبة لبعض الظواهر الأخرى.

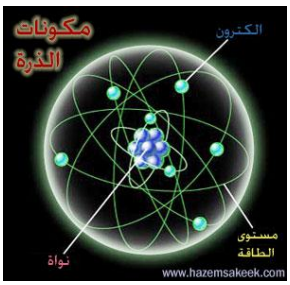
لذلك جرت العادة عند ذكر مصطلح موجة كهرومغناطيسية وحيدة (منفردة) أن يطلق عليها، اسم الفوتون .وعند الحديث عن حزمة من الموجات فإنه يمكن التعبير عن ذلك بحزمة من الفوتونات.

أساسيات فيزيائية حول الذرة

يوجد في الكون 100 نوع مختلف من الذرات وكل شيء حولنا هو مكون من الـ 100 ذرة تلك، ولكن كيف تتحد وتترابط الذرات مع بعضها البعض لتكون المواد مثل الماء المكون من ذرتين هيدروجين وذرة اكسجين أو كيف تكونت قطعة من الحديد أو النحاس. إن الذرات في حركة مستمرة حيث تتذبذب الذرات حول موضع استقرارها في المادة كما أن الذرات لها حركة دائرية أو حركة انتقالية أيضاً. فلو نظرت إلى طاولة خشبية مثلاً وبالرغم من أنها ثابتة في مكانها إلى أنها ذراتها التي كونت الخشب في حركة مستمرة.

نتيجة لحركة الذرات التي تكتسبها من الطاقة الحرارية فإنها تتواجد في حالات مختلفة من الأثارة أو بمعنى آخر أن الذرات لها طاقات مختلفة، فلو زودت ذرة ما بكمية من الطاقة فإن الذرة تنتقل من المستوى الأرضي ground state الذي تتواجد فيه إلى مستوى طاقة أعلى يسمى بمستوى الإثارة excited state. يعتمد مستوى الإثارة على كمية الطاقة التي ذودت بها الذرة ومصدر الطاقة إما حرارة أو ضوء أو كهرباء.

في الشكل التالي نموذج توضيحي لمكونات الذرة



نموذج بسيط لتمثيل شكل الذرة يتكون من النواة والالكترونات التي تدور في مدارات حول النواة.

تحتوي الذرة على النواة (المكونة من البروتونات والنيوترونات) والإلكترونات التي تدور حول النواة في مدارات مختلفة كل مدار هو عبارة عن مستوى طاقة.

امتصاص الطاقة Absorbing Energy

إذا ذودت الذرة بطاقة حرارية أو طاقة من مصدر ضوئي أو كهربائي فإن بعض الإلكترونات في الذرة سوف تنتقل من المدار ذو مستوى الطاقة الأدنى إلى مدار طاقته أعلى وابعد من النواة.

امتصاص الطاقة

تمتص ذرة الطاقة من الحرارة أو الضوء أو الكهرباء. تنتقل الإلكترونات من مستوى الطاقة الأقل إلى مستوى طاقة أعلى.

هذه الفكرة السابقة هي مبسطة عن امتصاص الطاقة في الذرة ولكن تعتبر الأساس في دور الذرة لانتاج الليزر.

عندما ينتقل الإلكترون إلى المدار ذو مستوى الطاقة الأعلى فإنه ما يلبث إلا أن يعود وينتقل إلى المستوى الطاقة الأدنى، وعندها فإن الإلكترون يحرر طاقة في صورة فوتون (ضوء).

تصدر الإلكترونات الفوتونات عند اثارتها وعلى سبيل المثال عند تسخين معدن مثل سلك السخان الكهربي فإنه يتحول لونه من اللون المعتم إلى اللون المتوهج وهذا التوهج ناتج من الفوتونات التي انطلقت بعد اثارة ذرات مادة سلك السخان الكهربي. كذلك لو فكرنا في فكرة عمل شاشة التلفزيون فهي تعطي الصورة من خلال الفوتونات التي تنتجها مادة الشاشة (الفوسفور) عند اثارتها بشعاع إلكتروني.

إذا نستنتج أن الضوء ينتج من الفوتونات المنبعثة من إثارة إلكترونات الذرة وتعتمد لون الفوتون (لون الضوء) على طاقة الفوتون.

علاقة الذرة بالليزر

لتعريف مبسط لجهاز اليزر معتمدين على الشرح السابق أنه جهاز يقوم بالتحكم في كيفية تحرير الذرات للفوتونات.

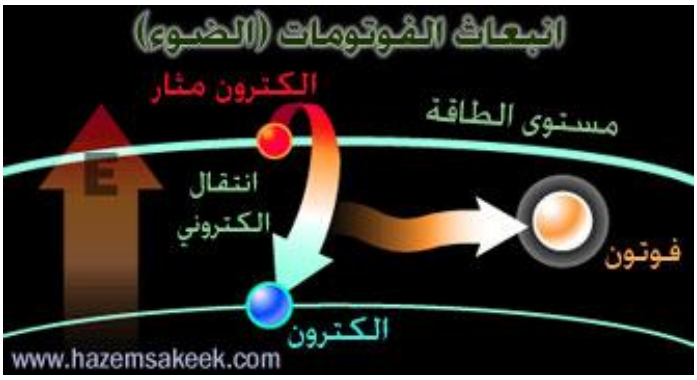
وكما ذكرنا فإن كلمة ليزر هي اختصار للجملة light amplification by stimulated emission of radiation والتي معناها يشرح بالتفصيل فكرة عمل الليزر والذي يعتمد على إن الليزر ماهو إلا ضوء مكبر بواسطة عملية تسمى الإنبعاث الإستحثاثي للإشعاع وهذا ما قصدنا به التحكم بكيفية تحرير الذرة للفوتون.

بالرغم من وجود عدة أنواع من الليزر إلا انهم جميعاً يشتركون في نفس الخصائص. ففي الليزر يوجد المادة التي تنتج الليزر يتم اثارتها بواسطة عملية ضخ pumping للإلكترونات من المستوى الأرضي إلى مستوى الإثارة. يستخدم للضخ الإلكتروني ضوء فلاش قوي أو بواسطة التفريغ الكهربي ويساعد هذا الضخ على تزويد أكبر قدر ممكن من الإلكترونات لتنتقل إلى مستويات الطاقة الأعلى فتصبح مادة الليزر مكونة من ذرات ذات إلكترونات مثارة ونسميها بالذرة المثارة. ومن الجدير بالذكر أن أنه من الضروري جداً إثارة عدد كبير من الذرات للحصول على ليزر وتسمى هذه العملية بإنقلاب التعداد population inversion أي جعل عدد الذرات المثارة في مادة الليزر أكبر من عدد الذرات الغير مثارة.

قلب التعداد هو الذي يجعل الضوء الذي تنتجه المادة ليزراً وإذا لم نصل إلى مرحلة انقلاب التعداد نحصل على ضوء عادي.

وكما امتصت الإلكترونات طاقة كبيرة من خلال عملية الضخ فإن الإلكترونات هذه تطلق الطاقة التي امتصتها في صورة فوتونات أي ضوء.

الفوتونات المنبعثة لها طول موجي محدد (ضوء بلون محدد) يعتمد على فرق مستويات الطاقة التي انتقل بينها الإلكترونات المثارة. وإذا كان الإنتقال لكافة الإلكترونات بين مستويين طاقة محددين كما هو موضح في الشكل أدناه فإن كل القوتونات المنبعثة سيكون لها نفس الطول الموجي.



الإلكترون باللون الأحمر مثار ينتقل إلى مستوى طاقة أدنى (الإلكترون باللون الأزرق) ويفقد طاقته في صورة فوتون

<u>ضوء الليزر</u>

ضوء الليزر يختلف عن الضوء العادي حيث يكون له الخصائص التالية:

الضوء المنبعث أحادي اللون **monochromatic** أي أن له طول موجي واحد. يحدد الطول الموجي لون الضوء الناتج وكذلك طاقته.

الضوء المنبعث من الليزر يكون متزامن **coherent** أي ان الفوتونات كلها في نفس الطور مما يجعل شدة الضوء كبيرة فلا تلاشي الفوتونات الضوئية بعضها البعض نتيجة لاختلاف الطور بينها.

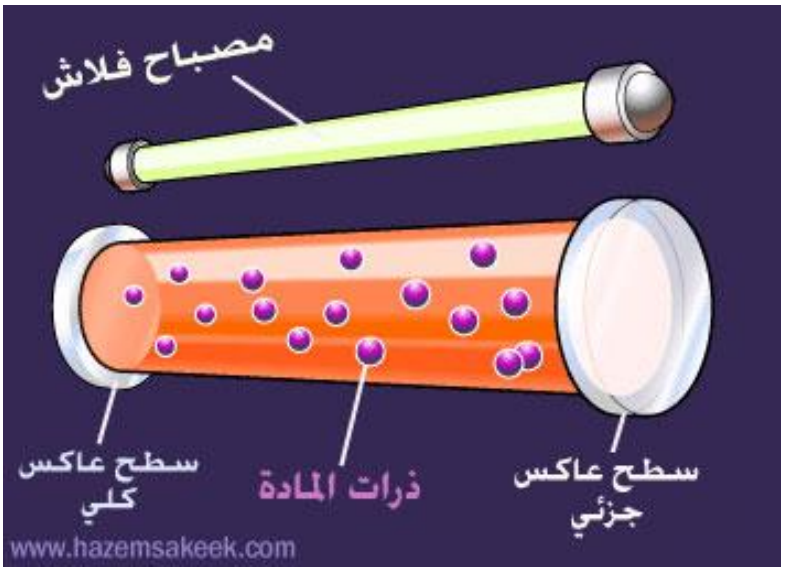
الضوء المنبعث له اتجاه واحد **directional** حيث يكون شعاع الليزر عبارة عن حزمة من الفوتونات في مسار مستقيم بينما الضوء العادي يكون مشتت وينتشر في أنحاء الفراغ.

المسؤول عن هذه الخصائص هي عملية الانبعاث الإستحثاثي **stimulated emission** بينما في الضوء العادي يكون الإنبعاث تلقائي حيث يخرج كل فوتون بصورة عشوائية لا علاقة له بالفوتون الآخر.

العامل المهم في انتاج الليزر هو المرايا المثبتة على جانبي مادة انتاج الليزر. تساعد المرايا على عكس بعض الفوتونات إلى داخل مادة الليزر عدة مرات لتعمل هذه الفوتونات على استحثاث الكترونات مثارة أخرى لتطلق مزيدا من الفوتونات بنفس الطول الموجي ونفس الطور، وهذه هي عملية التكبير للضوء light amplification. تصمم إحدى هاتين المرأتين لتكون عاكسيتها اقل من 100% لتسمح لبعض الفوتونات من الخروج عبرها وهو شعاع الليزر الذي نحصل عليه.

ليزر الياقوت Ruby Laser

مكونات ليزر الياقوت عبارة عن مصدر ضوء فلاش وساق من الياقوت ومرأتين مثبتتين على طرفي الساق احدى هاتين المرأتين لها مقدار انعكاس 90%. يعتبر المصدر الضوئي مسؤولاً عن عملية الضخ وساق الياقوت هو مادة انتاج الليزر.



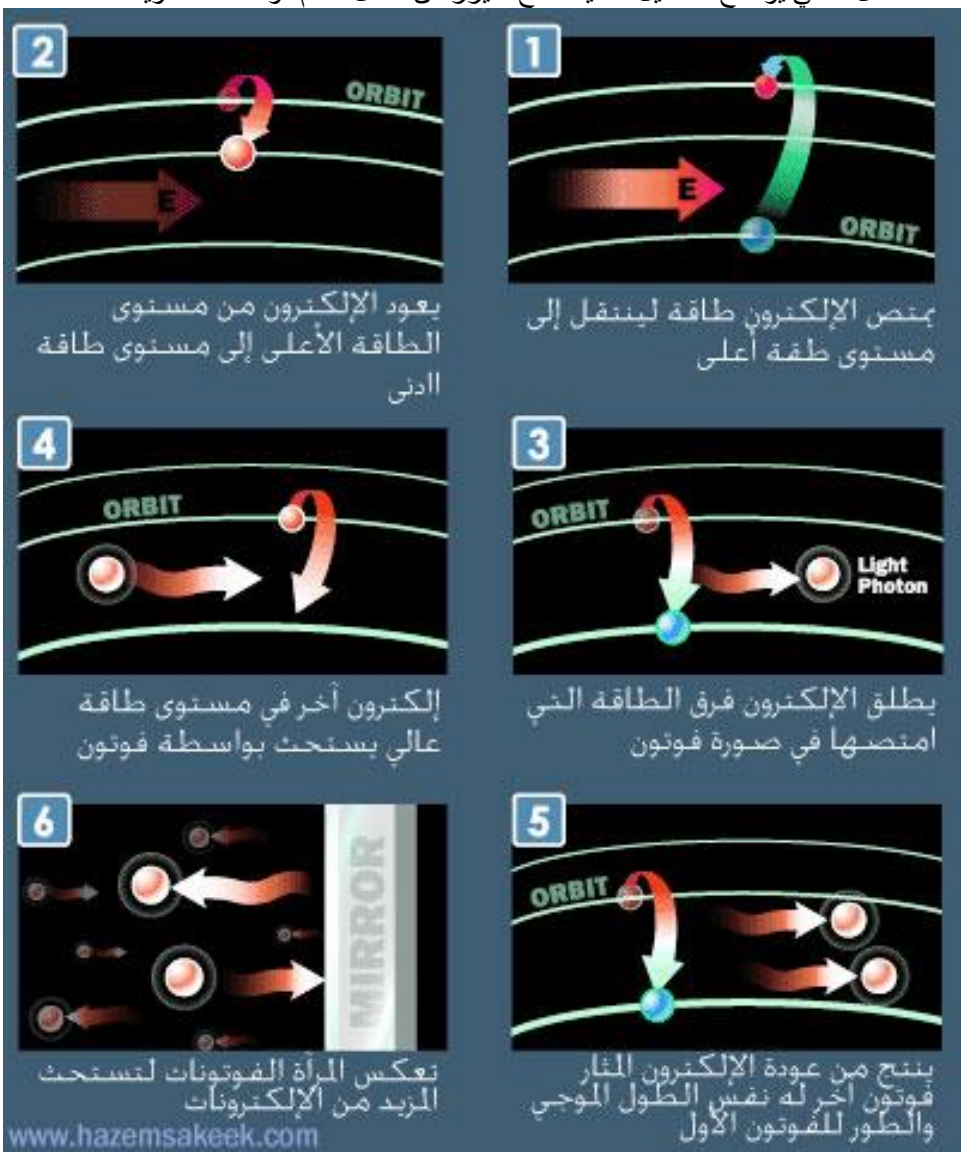
(1) مكونات ليزر الياقوت

نظام ليزر ثلاثي المستويات

تسلسل مراحل انتاج شعاع ليزر

يتميز الليزر بطوله الموجي فمثلا الطول الموجي لليزر الياقوت هو 694nm، ويتم أختيار مادة الليزر بناء على الطول الموجي المطلوب كما في الجدول التوضيحي أدناه، فمثلاً يستخدم ليزر غاز ثاني أكسيد الكربون في قطع المعادن الصلبة لأن طوله الموجي في مدى الأشعة تحت الحمراء وهي أشعة حرارية إذا سقطت بتركيز على سطح معدن تذيبه.

الشكل التالي يوضح تفاصيل عملية انتاج الليزر من خلال نظام ذو ثلاث مستويات للطاقة



نوع الليزر	الطول الموجي لليزر(nm)
Argon fluoride (UV)	193
Krypton fluoride (UV)	248
Xenon chloride (UV)	308
Nitrogen (UV)	337
Argon (blue)	488
Argon (green)	514
Helium neon (green)	543
Helium neon (red)	633
Rhodamine 6G dye (tunable)	570-650
Ruby ($CrAlO_3$) (red)	694
Nd:Yag (NIR)	1064
Carbon dioxide (FIR)	10600

تفاعل الإشعاع مع المادة

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

أ – الإمتصاص(Absorption):

وفيها تقوم ذرات المادة بامتصاص فوتونات الإشعاع المسلط عليها وتعمل طاقة الإشعاع الممتص على رفع الإلكترونات من مدارات منخفضة الطاقة إلى مدارات عالية الطاقة وتصبح الذرات في حالة الإثارة **(excited state)**. ولا يتم إمتصاص الفوتونات من قبل المادة إلا إذا كانت طاقتها تزيد عن فرق الطاقة بين مدارات الإلكترونات لذرات تلك المادة ولذا تكون المواد شفافة لجميع الإشعاعات التي تقل ترددتها عن قيم محددة تتحدد من التركيب الذري لتلك المواد كما هو الحال مع الزجاج طبقا للمعادلة التالية:

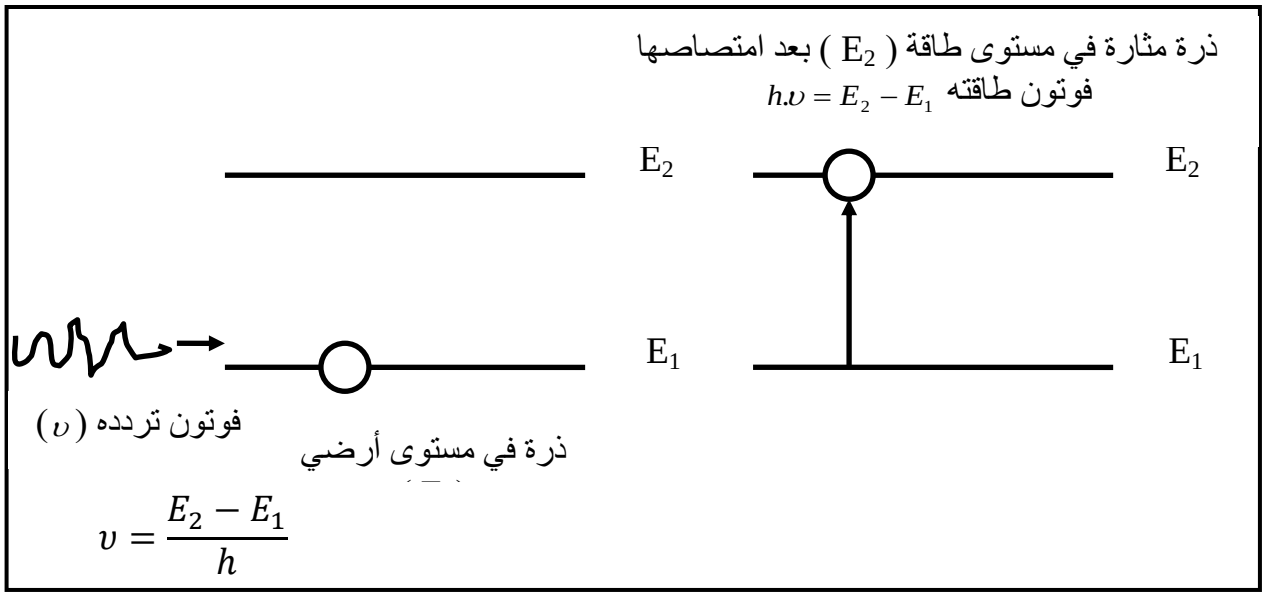
$$h.\upsilon = E_2 - E_1$$

حيث :

h : ثابت بلانك (Planck Constant) ويساوي ($6.63x10^{-34}\,J.s$) .

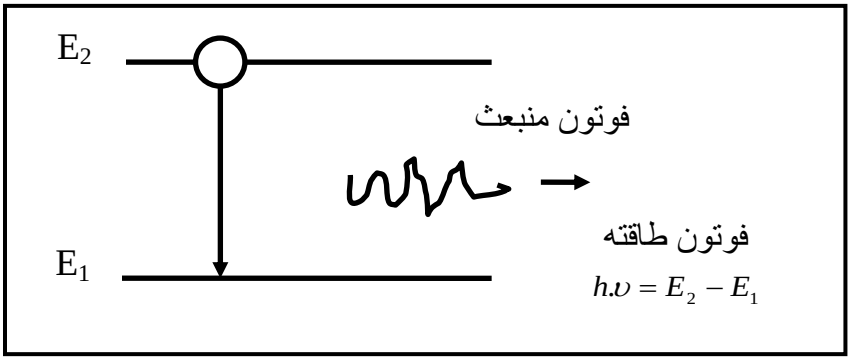
υ : تردد الفوتون .

E_1 : المستوى الأرضي (Ground State) , E_2 : مستوى الإثارة (Excited State)



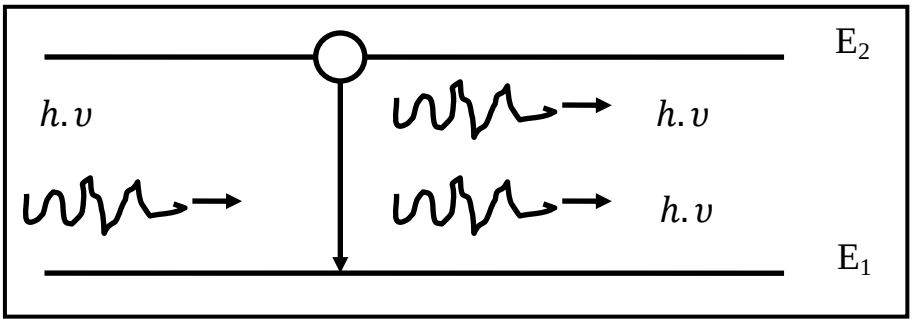
ب - الإنبعاث التلقائي(Spontaneous Emission):

وفيها تقوم الذرات المثارة بإشعاع موجات كهرومغناطيسية نتيجة نزول الإلكترونات من المدارات عالية الطاقة إلى المدارات منخفضة الطاقة. إن الإشعاع التلقائي الصادر عن المادة المثارة يسمى إشعاعاً غير مترابط **(Noncoherent radiation)** وذلك لأن الإلكترونات تنزل من تلقاء نفسها وبطريقة عشوائية بين مدارات الذرة المختلفة ولذلك فإن هذا الإشعاع يحتوي على عدد كبير جداً من الترددات وتعتمد مصادر الضوء العادية على ظاهرة الإنبعاث التلقائي في عملها.

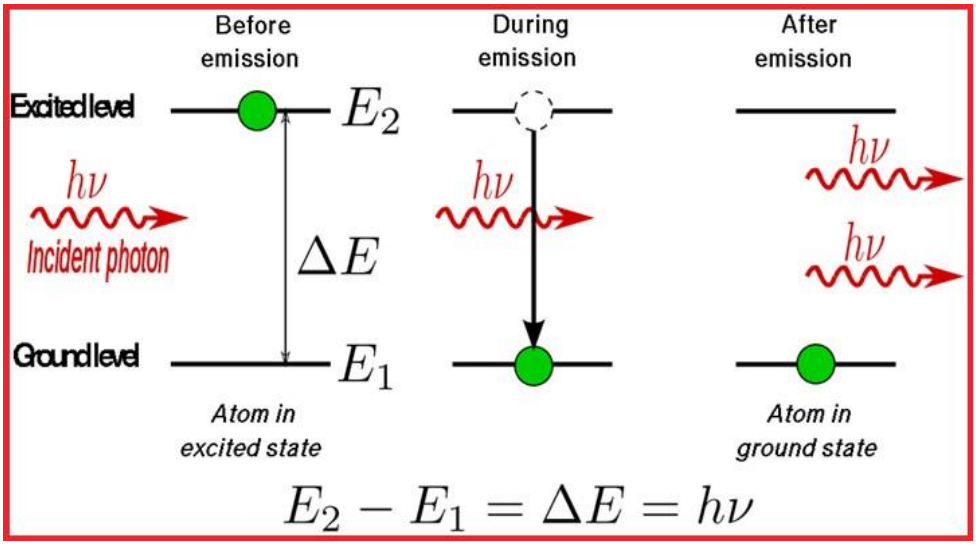


ج - **الانبعـاث المستحث (Stimulated Emission):**

وفيهـا تقـوم الـذرات المثـارة بإشـعاع موجـات كهرومغناطيسـية نتيجـة نـزول الإلكترونـات مـن المـدارات عاليـة الطاقـة إلـى المـدارات منخفضـة الطاقـة ولكـن ليس بطريقـة تلقائيـة وعشـوائية كمـا فـي الإنبعـاث التلقائـي بـل نتيجـة لحثهـا بإشـعاع لـه تـردد محـدد .إن الإشـعاع **المستحث** الصـادر عـن المـادة المثـارة يسـمى إشـعاع مترابـط **(Coherent)** وذلـك لأن الموجـات الكهرومغناطيسـية الناتجـة عـن نـزول الإلكترونـات لهـا تـردد **(Frequency)** وطـور **(Phase)** يسـاويان تمامـا تـردد وطـور الأمـواج التـي قامـت بحـث الإلكترونـات علـى الإشـعاع ولذلـك فـإن هـذا الإشـعاع لـه تـردد واحـد مـن الناحيـة النظريـة. ويمكـن حسـاب تـردد الإشـعاع المنبعـث مـن المـادة مـن خـال تقسـيم فـرق الطاقـة بيـن المداريـن الـذي انتقـل بينهمـا الإلكتـرون بثابـت بانـك .



يمكن إيجاز مراحل هذه الظاهرة بالشكل التالي:



الميزر والليزر

كانت أول محاولة تجريبية للحصول على إشعاع مستحث(ناتج بعملية الحث الكهرومغناطيسي) هي تلك التي قام بها العلماء تاوتز في الولايات المتحدة وباسوف وبروكورف في روسيا عام 1954 حيث تم الحصول على موجات ميكروية مضخمة أو مكبرة باستخدام أشعة في مدى تلك الموجات وأطلق على الموجات أو الاشعاع الناتج اسم الميزر (maser) وهو اختصارللجملةMicrowave Amplification by Stimulated of Radiation

ومعناها : تكبير أو تضخيم الموجات الميكروية بالانبعاث المستحث للشعاع وفي عام 1960 تمكن العالم الامريكي مايمان من الحصول على اشعاع مضخم ناتج بالحث في مدى موجات الضوء وأطلق عليه اسم الليزر : light amplification by stimulated emission of radiation.

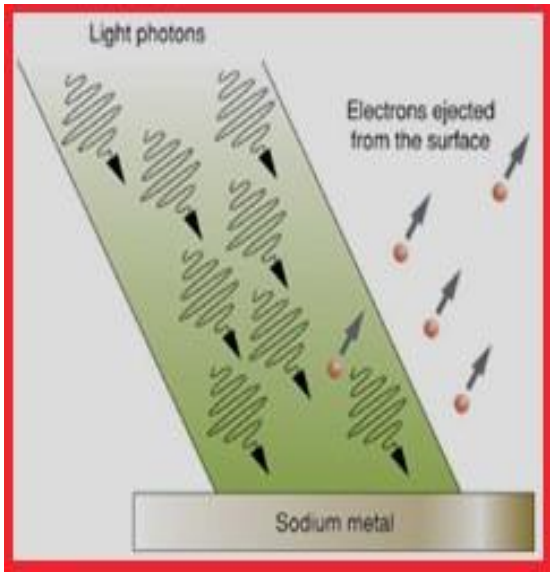
ومعناها : تكبير الموجات الضوئية بلالنبعاث المستحث للإشعاع وقد تم منح كل من تاوتز الامريكي وباسوف وبروكورف (الروسيان) جائزة نوبل في الفيزياء عام 1964 نتيجة اكتشافاتهم المتعلقة بأشعتي الميزر والليزر

يقوم الليزر بتوليد نوع مميز من الضوء يختلف في خصائصه عن الضوء الطبيعي الصادر عن الشمس والنجوم والضوء الاصطناعي الصادر عن مختلف أنواع المصابيح الكهربائية. 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 ميكرومترات مربعة ولهذا فإنه يسير لمسافات طويلة محتفظا بطاقته ضمن هذا الشعاع الدقيق. وبما أن جميع الطاقة الضوئية التي يولدها الليزر تتركز ضمن هذا المقطع الصغير للشعاع فإنه بالإمكان الحصول على شدة إضاءة قد تزيد بمايين المرات عن شدة الضوء الصادر عن الشمس أو المصابيح الكهربائية.
- ✓ أن ضوء الليزر يتكون من حزمة ضيقة جداً من الترددات بعكس أنواع الضوء الأخرى التي تتكون من طيف واسع من الترددات ولذا فهي تبدو للعين كضوء أبيض يحتوي على جميع ألوان الطيف المرئي بينما يبدو ضوء الليزر للعين بلون واحد عالي النقاء كاللون الأحمر والأخضر والأزرق .

ويعتبر اختراع الليزر من أكثر الاختراعات إثارة في هذا العصر حيث لم يكن يخطر على بالـ أحد أن هذا المصدر الضوئي البسيط سيفتح أبواباً لا حصر لها من التطبيقات ذات الأهمية البالغة في حياة البشر. فلقد تساءل العلماء فيما بينهم بعد تصنيع أول ليزر في عام 1960 عن ما ستكون التطبيقات لهذا الجهاز العجيب حيث أن الدافع وراء الأبحاث المكثفة التي أدت لاختراع الليزر كان لإشباع فضول العلماء ليس إلا وذلك على العكس من كثير من الاختراعات والتي كانت الحاجة وراء اختراعها. ولكن وبعد مضي سنوات معدودة تلقف العلماء في مختلف الإختصاصات هذا الإختراع العجيب واستخدموه في تطبيقات لا حصر لها وقد أحدث ثورة في حياة البشر لا تقل عن الثورة التي أحدثها الصمام الإلكتروني والترانزستور. فعلى سبيل المثال فقد أدرك مهندسو الاتصالات الكهربائية أهمية هذا الإختراع العظيم بعد أن تبين لهم أن ضوء الليزر يمكن أن يستخدم بديا عن الموجات الراديوية كحامل للمعلومات وذلك لقدرته على حمل كمية معلومات تفوق بآلاف المرات قدرة أعلى الحامات الراديوية وذلك بسبب ارتفاع ترددات ضوء الليزر. وأما مهندسو الميكانيك فقد بدأت الأحام تراودهم بعد أن تبين لهم شدة تركيز ضوء الليزر في استخدامه لقطع وقص الألواح المعدنية وغير المعدنية بدقة متناهية وبالشكل الذي يريدونه لتلبي حاجة مختلف الصناعات وكذلك استخدامه في عمليات لحام المعادن. أما المهندسون المدنيون فقد وجدوا في شعاع الليزر المرئي الذي يسير لمسافات طويلة على شكل خيط دقيق ضالتهم المنشودة في أعمال المساحة والإنشاءات بمختلف أنواعها وذلك لضبط استقامتها وقياس الأبعاد. أما الأطباء فقد كان لهم نصيب وافر من هذا الإختراع فقد استخدموه كمشرط عالي الدقة لا يترك نزفاً وراءه وقد يصل لأماكن في جسم الإنسان لا يمكن أن تصل إليه مشارطهم المعدنية إلا بعد حدوث ضرراً كبير. واستخدموه في تصحيح البصر وإزالة الأورام

وتفتيت الحصى وحفر الأسنان وإزالة البثور والحبوب والتجاعيد والدمامل وغيرها من أمراض وعيوب الجلد.



تاريخ تطور الليزر

لقد تمكن الفيزيائي الفذألبرت إينشتاين (**Albert Einstein**) في عام 1917 من وضع الأسس النظرية التي يقوم عليها عمل الليزر وذلك في أبحاثه حول الظاهرة الكهروضوئية **(photoelectric effect).** وفي هذه الظاهرة لاحظ العلماء أنه عند تسليط إشعاع كهرومغناطيسي ضوئي على سطح معدني فإن الإلكترونات تنبعث من هذا السطح

فقط إذا تجاوز تردد الضوء قيمة حدية معينة أما إذا كان تردد الضوء أقل من ذلك فإن الإلكترونات لا تنبعث أبداً مهما بلغت شدة الضوء المسلط .
وبقيت هذه الظاهرة لغزاً يحير العلماء إلى أن تمكن إينشتاين في عام 1905 من حل هذا اللغز بعد أن أثبت أن الضوء ذي طبيعة موجية وجسيمية وذلك على العكس من الإعتقاد السائد حينئذ وهو أن الضوء ذي طبيعة موجية فقط. وقد أثبت إينشتاين أن الضوء وكذلك بقية أنواع الإشعاعات الكهرومغناطيسية ليست سيل متصل من الطاقة بل تتكون من وحدات صغيرة يحمل كل منها كمية محددة من الطاقة أطلق عليها إسم الفوتونات (**photons**). وتتناسب كمية الطاقة التي يحملها الفوتون الواحد من الضوء طردياً مع تردد الضوء أما ثابت التناسب فهو رقم فيزيائي ثابت لا يتغير أبداً على كامل مدى الطيف الكهرومغناطيسي وقد أطلق عليه إسم ثابت بانك (**Planck's constant**)نسبة إلى الفيزيائي الألماني الشهير ماكس بانك (**Max Planck**) الذي وضع أسس نظرية الكم (**quantum theory**).
ولقد ساعد هذا الإكتشاف إلى جانب تفسيره لهذه الظاهرة على وضع نماذج صحيحة لتركيب الذرة وتبين أنها تتكون من إلكترونات تدور في مدارات محددة حول النواة وأن الإلكترونات لا تنتقل من مدار منخفض الطاقة إلى آخر بطاقة أعلى إلا من خلال تسليط إشعاعات كهرومغناطيسية عليها وبحيث تكون طاقة فوتون الإشعاع أعلى من فرق الطاقة بين المدارين. أما عند هبوط إلكترون من مدار عالي الطاقة إلى مدار منخفض الطاقة فإن فرق الطاقة ينبعث على شكل إشعاع بحيث تكون طاقة الفوتون مساوية تماما لفرق الطاقة بين المدارين. ولقد قام إينشتاين بدراسة التفاعات بين الإشعاعات الكهرومغناطيسية وذرات المادة وتمكن من وضع المعادلات التي تحكم هذه التفاعات والتي سميت فيما بعد باسمه وقد تنبأ من خال هذه المعادلات بوجود ما يسمى بظاهرة الإصدار (الانبعاث) المستحث (**Stimulated Emission**) والتي يقوم عليها عمل الليزر. ولقد حاول العلماء جاهدين للحصول على الإصدار (الانبعاث) المستحثإلا أن جهودهم باءت بالفشل ووصل اليأس ببعضهم إلي إنكار وجود مثل هذه الظاهرة الضوئية.
وفي عام 1947 تمكن الفيزيائي الأمريكي وليس لامب (**Willis Lamb**) عمليا من إثبات وجود ظاهرة الإصدار (الانبعاث) المستحث. وفي عام 1954 تمكن الفيزيائي الأمريكي تشارلز تاون (**Charles H. Townes**) من الحصول على الإصدار (الانبعاث) المستحثفي نطاق الأمواج الدقيقة (**microwave**) وأطلق اسم الميزر (**Maser**) على هذا الجهاز وهو مختصر للجملة الإنكليزية (**Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation**). وبهذا الإنجاز تجددت آمال العلماء للحصول على الإصدار (الانبعاث) المستحثفي النطاق الضوئي المرئي أو غير المرئي ومن ثم تصنيع الليزر.
وفي عام 1955 اقترح الفيزيائيان الروسيان بروكوروف وباسوف (**Prokhorov and Basov**) إستخدام الضخ الضوئي (**optical pumping**) للحصول على ما يسمى التوزيع المقلوب للإلكترونات وهو أحد شروط عمل الليزر كما سنبين ذلك لاحقاً.
وفي عام 1960 تمكن الفيزيائي الأمريكي ثيودور ميمان (**Theodore Maiman**) من تصنيع أول ليزر في نطاق الضوء المرئي وهو يتكون من قضيب اسطواني من الياقوت النقي تم صقل جانبيه بدقة متناهية وقد تم لف قضيب الياقوت بمصباح كهربائي مكون من أنبوب زجاجي مملوء بغاز الاكزينون. وعند تشغيل المصباح الكهربائي عمل الضوء الصادر عنه على إثارة ذرات الكروميوم الموجودة في الياقوت فقامت بإشعاع ضوء أحمر صافي خرج على شكل نبضات من أحد جانبي قضيب الياقوت.
وفي عام 1960 تمكن الفيزيائي الإيراني علي جافان (**Ali Javan**) والأمريكي وليم بنت (**William Bennett**) من تصنيع ليزر باستخدام غازي الهيليوم والنيون وكان يعطي إشعاعاً مستمراً وليس نبضياً كما هو الحال في ليزر الياقوت.
وفي عام 1962 تمكن المهندس الأمريكي روبرت هول (**Robert Hall**) من تصنيع ليزر أشباه الموصلات (**Semiconductor laser**) الذي يتميز بصغر حجمه.
وفي عام 1964 تم تصنيع ليزر ثاني أكسيد الكربون والذي يتميز بقدرة إشعاعه العالية

شروط حدوث الإشعاع المستحث(الليزر):

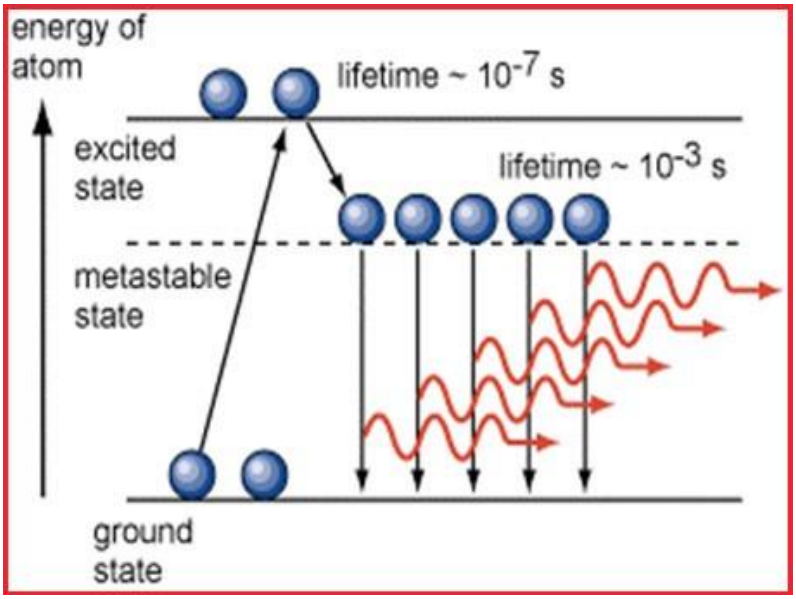
- أن تثار ذرات المادة لمستويات طاقة عالية وبأعداد هائلة ويتم ذلك بتطبيق طاقة إثارة مناسبة عليها.
- أن تكون المادة الفعالة المستعملة ذات ثلاث مستويات للطاقة أو أكثر.
- أن توضع المادة الفعالة بين مرآتين كي يتحقق انعكاسات متعددة للشعاع بينهما وبالتالي تحقيق أكبر عدد ممكن من الإصدارات المحثوثة ذات الفوتونات المتماسكة.
- أن تطبق على الجملة طاقة حقن خارجية كي تحدث إثارة لذرات المادة وشحنها بالطاقة وبالتالي لجعلها جاهزة ومهيأة لإطلاق الفوتونات المتماسكة حال حدوث اصطدامات مع فوتونات سريعة تعبر المادة .

مبدأ عمل الليزر:

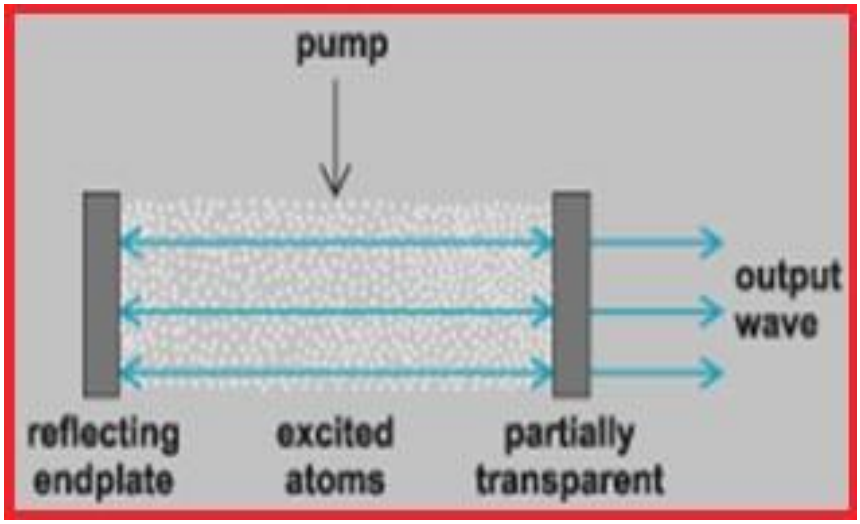
إن المبدأ الرئيسي الذي يقوم عليه عمل الليزر هو ظاهرة الانبعاث **المستحث** التي شرحناها آنفا وهناك شروط ثلاثة أساسية لكي يولد الليزر ضوءاً مترابطاً من خال هذه الظاهرة .

- الشرط الأول فهو توفر ما يسمى بالتوزيع الإسكاني المقلوب **(Population inversion)** للإلكترونات في ذرات المادة التي ستولد الضوء والذي يعني أن عدد الإلكترونات في الحالة المثارة يجب أن يكون أعلى منها في الحالة غير المثارة. وهذا الشرط لا يتحقق إلا في مواد معينة تسمى الوسط الفعال **(active medium)** التي يكون عدد المدارات في نطاق توصيلها **(conduction band)** ثلاثة أو أكثر وبحيث يوجد مدار شبه مستقر **(metastable)** بين المدار منخفض الطاقة والمدار عالي الطاقة .توجد شروط معينة كي يحدث ضمنها الإصدار **المستحث** وهي توازي ما تنبأ به آينشتاين.

فلو كان لدينا N ذرة ذات مستويين للطاقة N_1 و E_1 في الحالة الأساسية و N_2 و E_2 في الحالة المثارة.
والإصدار **المستحث** يتناسب مع عدد الذرات في المستوى العلوي. وللحصول على إصدار **المستحث** كبير يجب أن يكون $N_1>N_2$ أي يجب قلب التوزع الإسكاني ويطلق عليه في حالة إثارة خارجية اسم الضخ.



- الشرط الثاني فهو توفر مصدر يقوم بضخ الإلكترونات **(Pumping)** من المدارات منخفضة الطاقة (غير المثارة) إلى المدارات عالية الطاقة (المثارة) وذلك للحصول على التوزيع المقلوب للإلكترونات .
- الشرط الثالث فهو وجود نظام تغذية راجعة موجبة **(Positive feedback)** لكي يعمل الليزر كمذبذب **(Oscillator)** يقوم بتوليد تردد الضوء المطلوب وغالبا ما يتم استخدام المرايا **(Mirrors)** للحصول على هذه التغذية الراجعة .



وعلى هذا فإن الليزر يعمل من خلال ضخ الإلكترونات باستخدام مصدر ضخ خارجي كالضوء أو التيار الكهربائي من المدار الأدنى إلى المدار الأعلى ومن ثم تهبط الإلكترونات المثارة من خلال الإنبعاث التلقائي من المدار الأعلى إلى المدار شبه المستقر **(metastable state)** والذي يقع بين المدارين الأدنى والأعلى حيث تبدأ الإلكترونات بالتراكم في هذا المدار لتنتج التوزيع الإسكاني المقلوب المنشود .

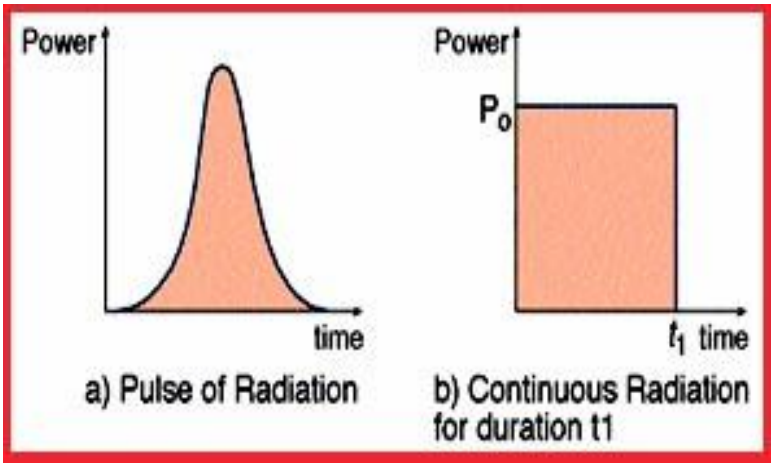
وإذا ما مر فوتون ضوئي بتردد محدد على المادة وهي في وضع التوزيع المقلوب فإنه سيحث بعضالإلكترونات الموجودة في المدار شبه المستقر للنزول إلى المدار الأدنى منتجةً عدداً من الفوتوناتالضوئية لها نفس تردد وطور واتجاه الفوتون الذي قام بحثها، أي أن الضوء المتولد سيكون له تردد واحد أي أنه أحادي اللون وذلك من الناحية النظرية.

وتستخدم المرايا لعكس بعض الفوتونات المتولدة لتمر من خال ذرات المادة الفعالة لتوليد مزيدا من الفوتونات التي لها نفس الخصائص. وعادةً ما تكون أحد المرايا ذات معامل انعكاس يقرب من الواحد وذلك لتعكس جميع الضوء الساقط عليها بينما يكون معامل انعكاس المرآة الثانية أقل من واحد وذلك لتسمح لجزء من الضوء المتولد للخروج منها لاستخدامه في التطبيقات المختلفة. وبما أن الفوتونات المستحثة لها نفس تردد الفوتونات التي قامت بحثها وتسير بنفس اتجاه سيرها فإن ضوء الليزر الناتج سيكون أحادي اللون تقريباً ويسير باتجاه واحد وذلك على العكس من طبيعة ضوء المصادر الأخرى. ويخرج الضوء المتولد من الليزر في العادة إما على شكل نبضات **(pulsed laser)** أو على شكل موجة مستمرة **(continuous wave laser)** والذي يحُدد ذلك التركيب الذري للمادة الفعالة ونوع وكمية الضخ المستخدم وكذلك طريقة تركيب الليزر.

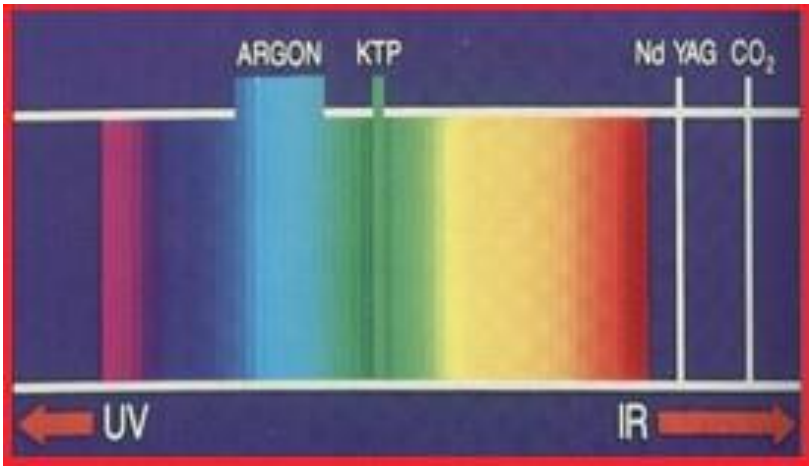
تصنيف الليزر:

أ - **استمرارية الإشعاع:** مستمر (continuous) أو نبضي (pulsed)

فالليزر النبضي يصدر أشعته على شكل سلسلة من نبضات الضوء البالغة القصر. وتصدر هذه النبضات فقط عندما يكون الوسط الفعال في أعلى حالات الإثارة. وبعض أنواع أجهزة الليزر تصدر أشعتها بمعدل نبضة واحدة كل عدة دقائق. وهناك أنواع من الليزر مثل ليزر ثاني أكسيد الكربون، يمكن أن تكون موجاته نبضية أو مستمرة .

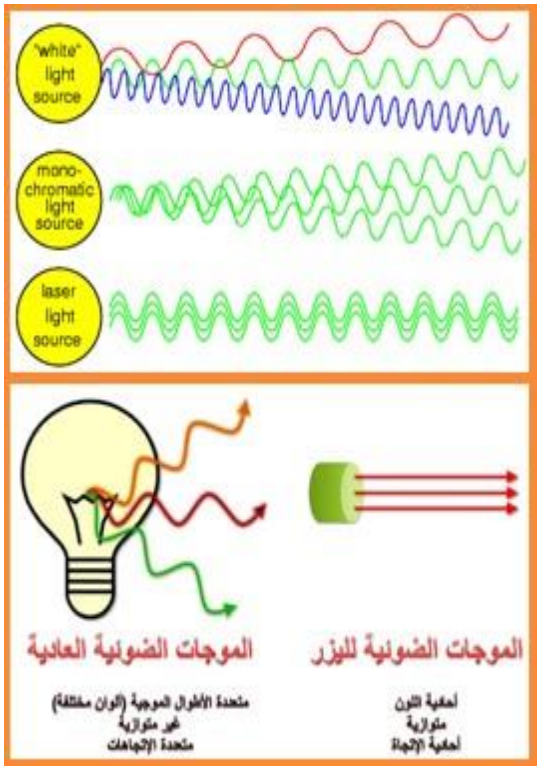


ب - تردد الإشعاع: الضوء المرئي، الأشعة فوق البنفسجيةّ، الأشعة تحت الحمراء، ليزر أشعة اكس.



<u>خصائص ضوء الليزر:</u>

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



أ - **الاتجاهية (Directionality)** وهي أن شعاع الليزر له زاوية انفراج **(divergence angle)** غاية في الصغر بحيث يمكنه أن يسير لمسافات طويلة دون أن تتشتت طاقته. فعلى سبيل المثال فإن زاوية انفراج شعاع ليزر نيون-هيليوم تبلغ جزئين من عشرة آلاف جزء من الدرجة وهذا يعني أنه إذا ما تم إرسال شعاع هذا الليزر من الأرض إلى القمر فسيكون قطره على القمر بحدود كيلومتر ونصف علما بأن المسافة بين الأرض والقمر تبلغ 384 ألف كيلومتر. إن قطر شعاع هذا الليزر يبلغ ملليمترين عند خروجه من الليزر بينما سيكون قطره خمسة ملليمترات فقط بعد أن يسير ألف كيلومتر. وتتحدد زاوية انفراج شعاع الليزر من عدة عوامل أهمها: عرض الشعاع عند خروجه من المصدر، وطول موجة الإشعاع حيث تتناسب عكسيا مع عرض الشعاع الابتدائي وطردياً مع طول الموجة أي أن الزاوية تقل مع زيادة عرض الشعاع ونقصان طول الموجة. وتستغل خاصية الاتجاهية في

تطبيقات كثيرة كقياس المسافات البعيدة والقصيرة على السواء والتأشير على الأهداف بدقة متناهية كما في أنظمة المساحة ورسم الخطوط المستقيمة في أعمال الإنشاءات المختلفة .

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

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

د - **أحادية اللون (Monochromaticity)**حيث أن ضوء الليزر يتكون من حزمة ضيقة جداً من الترددات الضوئية بعكس أنواع الضوء الأخرى التي تتكون من طيف واسع جداً من الترددات ولذا فإنها تبدو للعين كضوء أبيض يحتوي على جميع ألوان الطيف المرئي بينما يبدو ضوء الليزر بلون واحد فقط عالي النقاء. وتستغل هذه الخاصية في استخدام ضوء الليزر كحامل للمعلومات بدلا من الحاملات الراديوية خاصة في أنظمة اتصالات الألياف الضوئية التي تتطلب وجود مصادر ضوئية أحادية اللون أي أن عرض نطاق ترددات ضوءها غاية في الصغر .

ه - **الترابط (Coherence)** وهي أن الترددات التي يتكون منها شعاع الليزر لها نفس الطور (**phase**) وكذلك نفس الاستقطاب (**polarization**) وتستغل هذه الخاصية للحصول على أشكال تداخلية (**in-terference patterns**) لا يمكن الحصول عليها من خال استخدام أنواع الضوء الأخرى. ويستخدم التداخل الضوئي (**Interferometry**) في أشعة الليزر في تطبيقات لا حصر لها كما في قياس المسافات والسرعات ودراسة تركيب المواد والتصوير ثلاثي الأبعاد .

و - **أنه يمكن التحكم بجهاز الليزر** بحيث يتم إطلاق ضوءه على شكل نبضات بمعدلات محددة ويمكن كذلك التحكم بعرض النبضة ليصل في بعض التطبيقات إلى عدة أجزاء من مليون بليون جزء من الثانية. ومن خلال تقليل عرض النبضة الضوئية فإنه يمكن الحصول على شدة ضوء غاية في العلو قد تصل إلى آلاف الميغاواطات ولكن لفترات زمنية قصيرة جداً وذلك مهما كانت كمية الطاقة التي تحملها النبضة. وتستخدم هذه الخاصية في تطبيقات لا حصر لها كإذابة أو تبخير المعادن أو قطع ولحام مختلف أنواع المواد أو إجراء العمليات الجراحية أو تسريع التفاعات الكيميائية وحتى النووية .تستخدم أشعة الليزر القوية في الأغراض الصناعية، مثل تثقيب وقطع المعادن، بينما تستخدم الأشعة الضعيفة لتشغيل الأقراص البصرية التي تسجل عليها الموسيقى. أما الأشعة متوسطة القوة فتستخدم في الأغراض الطبية .

ز - **إمكانيةّ الومضات الضوئيةّ** القصيرة والمتكررة.

ح - **الانتقائية (أو النوعية):** حيث أن لكل ليزر يوجد نسيج أو عدة أنسجة يؤثر فيها الليزر بشكل نوعي دون أن يؤثر على سواها، ويؤدي هذا التأثير لإنتاج حرارة عالية في النسيج المستهدف وهذه الحرارة هي التي تعطي الليزر خواصه العلاجية، ويعتمد عمل الليزر على طول موجة، ولون نسيج المستهدف وحجمه. فعلى سبيل المثال هناك أنواع من الليزر تستهدف الهيموغلوبين المرتبط بذرة الأكسجين وبالتالي عند تأثيرها على الهيموغلوبين تنتج حرارة عالية تؤدي لتكسير الوعاء الدموي الشعري الحاوي على هذا الهيموغلوبين وبالتالي لانقطاع التدفق الدموي ويستفاد من هذه الخاصية على سبيل المثال في علاج وحمة الصباغ الخمري Port wine stain ، أو توسعات الأوعية الدموية الشعرية.

ط – الأمان: في حال استخدامه في المكان المناسب من الجسم من قبل طبيب مختص خبير متفهم لتأثيرات الليزر النوعية على الأنسجة قادر على حماية نفسه وحماية مريضه من تأثيرات الليزر غير المرغوب فيها .

وبما أن أشعة الليزر عبارة عن أشعة ضوئية مركزة، فإنها تخضع لقوانين الضوء من حيث: الانعكاس ،والانكسار، والانحراف بواسطة المرايا والعدسات والمناشير الزجاجية. وقد تمكن الفنانون من استخدام أشعة الليزر في تشكيل صور رائعة باستخدام العدسات والمرايا والألياف البصرية Fiber Optics، وذلك من خلال انعكاس وانكسار أشعة الليزر المتوهجة، وتحويلها إلى نماذج ضوئية مبهرة.

ولكن يجب أن نشير إلى أن من أهم عيوب الليزر هو تدني كفاءة تحويل الطاقة فيه حيث تتراوح بين واحد بالمائة وعشرين بالمائة لمعظم أنواعه وهذا يعني أنه يلزم للحصول على واط واحد من ضوء ليزر كفاءته واحد بالمائة تزويده بمائة واط من الطاقة حيث تضيع التسعة وتسعون واط المتبقية كحرارة في داخل جسم الليزر وهذا يتطلب أنظمة تبريد معقدة خاصة في الأنواع التي تنتج قدرات عالية قد تصل لعدة كيلواطات كليزر ثاني أكسيد الكربون.

١ - ٢ خصائص شعاع الليزر

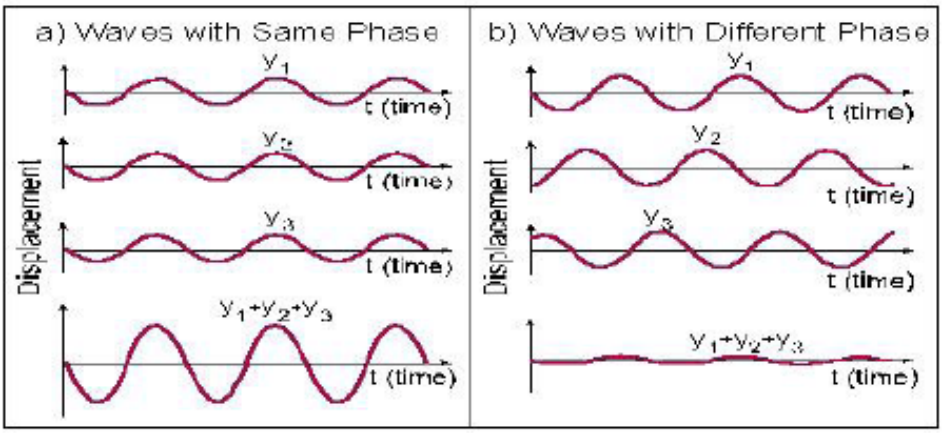
- أحادي اللون Monochromatic وتعني أن له عرض طيفي ضيق ينتج عنه تردد مفرد نقي، وهذه الصفة الموجية كانت تتميز بها الأشعة الراديو دون سواها
- توازي الحزم الضوئية Collimation هذا يعني أن التشتت أو التفريق في الحزمة يكون معدوماً، كما أنها بطبيعتها مركزة دون حاجة لاستخدام عدسات، وقطرها قد يصل إلى أقل من قطر الدبوس، ويمكنها أن تنتقل إلى مسافات طويلة بفقد قليل في الطاقة خصوصاً إذا انعدم وجود مواد ممتصة في مسارها .

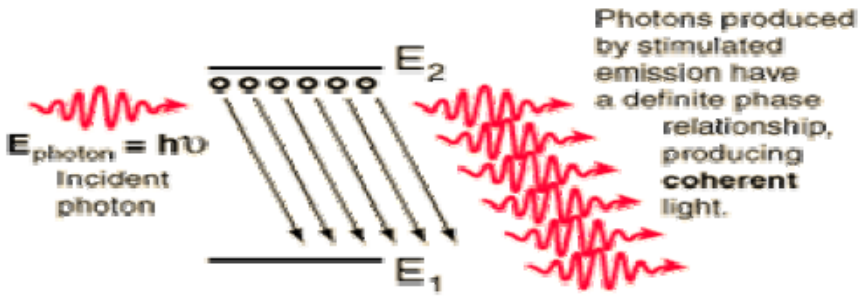
توازي الحزم الضوئية COLLIMATION او الاتجاهية DIRECTIONALITY

الضوء العادي ترى نجد انه منفرج ويزداد الانفراج لذلك الضوء بالابتعاد عن مصدر ذلك الضوء. حيث ان جميع المصادر التقليديه عبارة ضوء يتبعث في جميع الاتجاهات (مثل الضوء المنبعثة من ضوء اللمبة). "الاتجاهية" هي سمة من سمات ضوء الليزر التي تسبب له الانتقال في اتجاه واحد ضمن نطاق ضيق مخروط الاختلاف. جميع أنواع الضوء تنتشر بحزم في نهاية المطاف) تتباعد) حيث انها تتحرك عبر الفضاء. ولكن ضوء الليزر هو أكثر بكثير مما كان اتجاهي ضوء تقليدية من اي مصدر ، وبالتالي أقل المتباينه. أي يكاد التشتت أو التفريق في الحزمة يكون معدوم

- الترابط Coherence الترابط بين موجات الحزمة الواحدة عالي جدا ومتزامن وهذا يساعد الموجات الضوئية أو الفوتونات في تقوية بعضها البعض لتعطي طاقة وقدرة عالية للحزمة الواحدة وهذا الترابط اما ان يكون الترابط بناء وفيه فرق الطور(Phase) بين الموجات يساوي صفر و اما ان يكون الترابط هدام وفيه يكون هنالك فرق في الطور بين الموجات كما موضح في شكل (١-٣أ-١-٣ب) والترابط هو ما يميز ضوء الليزر ويبرز هذا لترابط عند حدوث الانبعاث الحثي الذي يعد عامل

اساسيا في التكبير لضوء بحيث ان الفوتونات المنبعثه لها فرق طور محدد ومتوافق مع بعضها كما هو موضح في شكل ١-٤ . هذا الترابط يوصف علي انه ترابط زمني وترابط فضائي وكلاهما مهم في انتاج التداخل والذي يسخدم في رسم الضوء العاي الغير مترابط وذلك بسبب انه قادم من ذراه مستقله والتي تبعث فوتونات برمن وقدره 10^{8}sec .





شكل ١-٤ ترابط الفوتونات المكونة لشعاع الليزر

- الشدة الضوئية Light Intensity شدة الشعاع عالية ومركزة في حزمة ذات قطر ضيق لا يتجاوز الواحد مليمتر، وعند استخدام البصريات الملائمة يمكن تعريضها وفق الحاجة، بالإضافة إلى أننا نستطيع تركيزها في بقعة صغيرة تملك قدرة كثافية Power density، هائلة (وهي القدرة في وحدة المساحة).

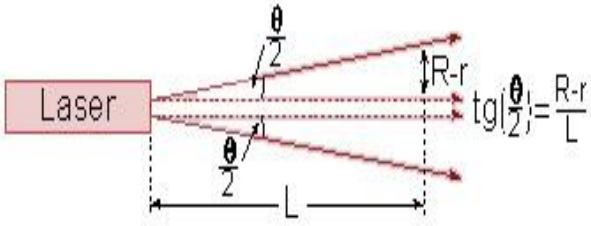
شعاع الليزر يمتلك خصائص تميزه عن أية مصدر من مصادر الإشعاع الكهرومغناطيسي وهذه الخصائص هي:
هذه الخصائص جعلت لشعاع الليزر العديد من التطبيقات في كافة المجالات .
Monochromaticity--------- Directionality ----------Coherence.

Monochromaticity

تعني أن الليزر أحادي اللون وهذا ما يميزه عن الضوء العادي حيث أن بتحليل الضوء الأبيض الصادر من الشمس أو من مصباح ضوئي فإنه يحتوي على العديد من الأطوال الموجية، كما هو واضح عند تحليل الضوء باستخدام المنشور

Directionality

الضوء الصادر عن الليزر له اتجاه واحد بحيود مهمل بالمقارنة بالضوء الصادر من مصباح كهربي حيث أن الضوء ينبعث في كافة الاتجاهات وبحيود كبير كما في الشكل التالي.



Coherence

حيث أن الشعاع الكهرومغناطيسي يمتلك خاصية موجية يمكن وصفها بالمعادلة التالية

$y = A\cos(wt+f)$ A = Amplitude w = Angular Frequency.

f = Initial Phase of the wave (Describe the starting point in time of the oscillation).
(wt+f) = Phase of the wave.

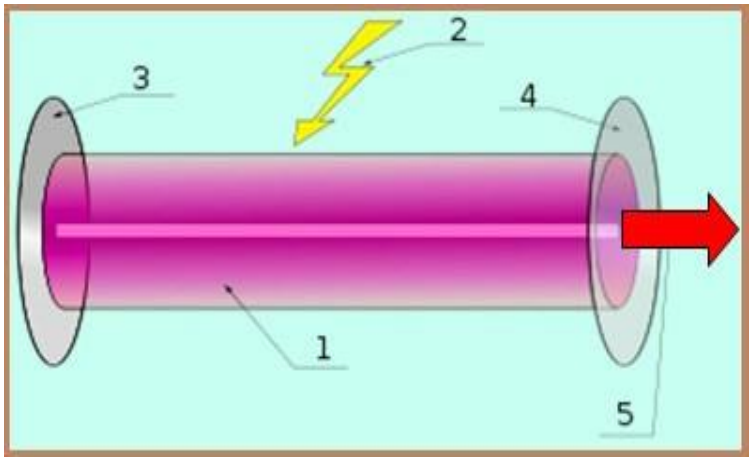
الخاصية الفيزيائية Coherent تعني أن هنالك علاقة ثابتة في فرق الطور بين الأمواج المتداخلة مما تسبب في ظاهرة التراكب البناء

Coherent waves are waves that maintain the relative phase between them.

الشكل التالي يوضح كيف أن ثلاث موجات لها نفس الطور تعطي تراكب بناء بينما تلك التي تخلف في الطور تكون المحصلة هي تلاشي لموجة

مكونات جهاز الليزر:

يتكون أي جهاز مولد لشعاع الليزر مما يلي:



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

(الوسط الفعالactive medium):

وهو الوسط الذي تتولد منه الأشعة وقد يكون الوسط عبارة عن مجموعة من ذرات أو جزيئات أو عنصر أو مركب أو مزيج بحالة صلبة أو سائلة أو غازية له عدد من المستويات الطاقية تصلح لأن تتحقق بينها الانتقالات الثلاثة الضرورية (امتصاص, انبعاث تلقائي, انبعاث مستحث). يصنف الوسط الفعال اعتماداً على احتمالية الانتقال بين المستويات.بعض أنواع تلك المواد الفعالة ضوئياً وليزرياً:غاز نقي (ذري)هيليوم – نيون مزيج

غازي غاز الكربون CO_2-مزيج غازي (جزئي)بلورة الياقوت المطعم بالكروم صلب (بلورة)الزجاج المنشط YAG صلب (بلورة)أوكسي كلور الفوسفور المشوب بالنيوديميوم (سائل).

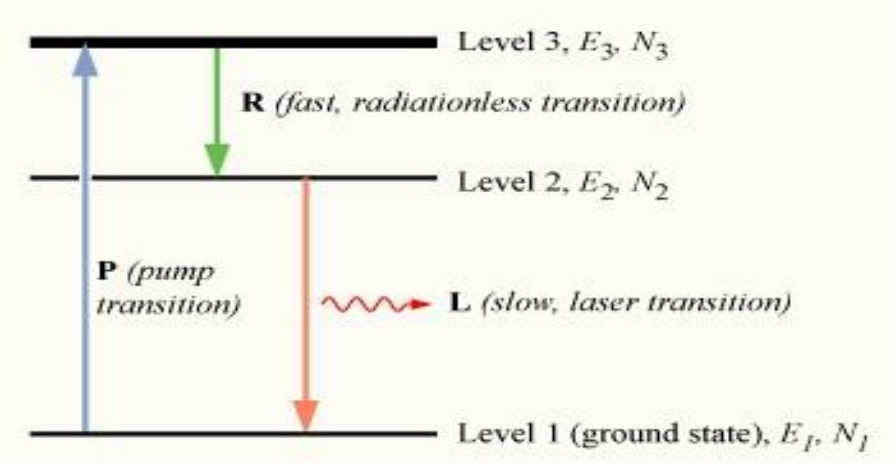
خطط الضخ:

أي دراسة عن كيفية ضخ الوسط الفعال بطاقة من مصدر ما لتحقيق التأهيل العكسي بمقدار يتجاوز القيمةالحرجة للمستويين ويؤدي إلى إشعاع يتضخم عن طريق الأنبعاث المحفز. إن هذا الهدف لايمكن تحقيقه باستخدام نظام ذري ذو مستويين فقط للطاقة لأنه باستخدام إشعاع كهرومغناطيسي شديد ذو تردد مناسب مثلاً لعملية الضخ سرعان مايولد حالة الأشباع عندها يتساوى تأهيل المستويين ذات العلاقة ويصبح الوسط شفافاً. لذلك يمكن العمل على ليزر ذي ثلاثة أو أربعة مستويات للطاقة:

أ - نظام ليزر ثلاثي المستويات 3-Level Laser System

أن مستويات الطاقة التي يحدث بينهما الفعل الليزري هما: المستوي الليزري السفلي (E1) والمستوي الليزري العلوي (E2)، للحصول على الليزر يجب أن تضخ كمية كبيرة من الطاقة للحصول على التعداد المعكوس بحيث يكون عدد الذرات في المستوى الثاني (E2) أكبر من عددها في المستوى الأرضي (E1).

بما أن العمر الزمني (life time) للمستوى (E2) كبير نسبياً (10^{-3}sec~) معظم الذرات تبقى في هذا المستوي، فأذا كانت طاقة الضخ كبيرة بما فيه الكفاية بحيث أنه أكثر من 50% من عدد الذرات تستقر في المستوى 2E فسوف نحصل على التعداد المعكوس ويحصل الفعل الليزري.

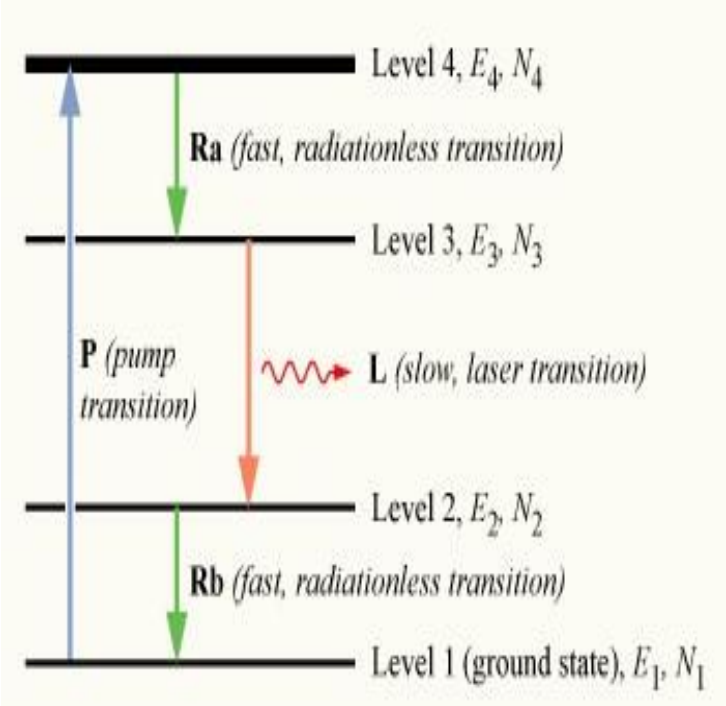


ب - نظام ليزر رباعي المستويات 4- Level Laser System

بالمقارنة مع نظام ليزر ذي ثلاث مستويات هناك مستوى طاقة إضافي فوق المستوى الأرضي، وهذا المستوى الأضافي له عمر زمني قصير جداً.

إن عملية الضخ في نظام الأربع مستويات مشابه إلى عملية الضخ في نظام الثلاث مستويات، وهذا يتم من خلال الحصول على التوزيع المعكوس للمستوى E3 من خلال الحصول على التوزيع المعكوس للمستوى E3 من خلال المستوي الطاقي E4.

ان فائدة نظام المستويات الأربعة هو حقيقة ان تعداد المستوى الطاقي E2 قليل، وللحصول على التعداد المعكوس ليس هناك حاجة لأن تكون أكثر من 50% من الذرات في المستوي الليزري العلوي.



وبعد ذلك التعداد في المستوى الليزري السفلي 2N سوف تضمحل بشكل سريعإلى المستوى الأرضي، لذا فهي تعد عملياً فارغة. لهذا السبب يمكن يكون من الممكن العمل بانمط المستمر حتى ولو كان 99% من الذرات تبقى في المستوى الأرضي.

مميزات ليزر الأربعة مستويات بالمقارنة مع نظام الثلاث مستويات:

- ✓ حد العتبة للفعل الليزري في نظام المستويات الأربعة أقل
- ✓ الكفاءة تكون أعلى
- ✓ يحتاج إلى طاقة ضخ أقل
- ✓ يمكن العمل بالنمط المستمر

معاملات آينشتين

لنفترض عدد N من الذرات المتجانسة داخل فجوة الليزر ، وبكل ذرة مستويين من الطاقة بحيث يكون :

$$h f = E_2 - E_1 \qquad (26)$$

ولنفترض أن كثافة الذرات الموجودة في المستوى E_1 و E_2 يعطى بالأعداد السكانية N_1 و N_2 على التوالي والتي بدورها تتأثربالانتقالات المشعة طبقاً لمعادلات آينشتاين التالية :

*** ينحل الإسكان العلوي N_2 بسبب الانبعاث التلقائي وفقاً للمعدل التالي :**

$$\left(\frac{dN_2}{dt}\right)_{spon} = -A_{21} N_2 \qquad (27)$$

حيث A_{21} هو احتمالية حدوث الانبعاث التلقائي لكل وحدة زمن . (لماذا الاشارة السالبة ؟)

* يزداد الإسكان العلوي N_2 بسبب الامتصاص وفقاً للمعدل التالي :

$$\left(\frac{dN_2}{dt}\right)_{abs} = +B_{12}\ N_1\ \rho(f) \qquad (27)$$

حيث B_{12} هو احتمالية حدوث الامتصاص لكل وحدة زمن و $\rho(f)$ هي كثافة طاقة الاشعاع .

* ينحل الإسكان العلوي N_2 بسبب الانبعاث المستحث وفقاً للمعدل التالي :

$$\left(\frac{dN_2}{dt}\right)_{stim} = -B_{21}\ N_2\ \rho(f) \qquad (28)$$

حيث B_{21} هو احتمالية حدوث الانبعاث المستحث لكل وحدة زمن .

تسمى المعاملات A و B بمعاملات آينشتين .

وعليه يكون المعدل الكلي للتغير في الاسكان الذري على النحو التالي :

$$\frac{dN_2}{dt} = -\frac{dN_1}{dt} = +B_{12}\ N_1\ \rho(f) - B_{21}\ N_2\ \rho(f) - A_{21}\ N_2 \qquad (29)$$

حالة الاتزان الحراري

في حالة الاتزان الحراري يكون معدل انتقال الذرات إلى المستوى العلوي (الامتصاص) مساوياً لمعدل اتحلالها (بالانبعاث التلقائي أو المستحث) أي أن :

$$B_{12}\ N_1\ \rho(f) = B_{21}\ N_2\ \rho(f) + A_{21}\ N_2 \qquad (30)$$

$$\Rightarrow \quad \rho(f) = \frac{A_{21}}{\frac{N_1}{N_2}B_{12} - B_{21}} \qquad (31)$$

وحيث المنظومة الذرية المتزنة حرارياً تتبع توزيع بولتزمان وباستخدام المعادلة (25) يمكننا كتابة الانعكاس السكاني كالتالي :

$$\frac{N_2}{N_1} = \exp\left(-\frac{hf}{KT}\right) \qquad (32)$$

الاشارة السالبة في الدالة الأسية تدل على أن الانعكاس السكاني في انحلال وتوهين والمنظومة الليزرية بحاجة إلى عملية ضخ كما سنرى في الفصل القادم .

وبتعويض المعادلة (32) في (31) وافتراض أن مستويات الطاقة غير منحلة نحصل على :

$$\rho(f) = \frac{A_{21}}{\exp\left(\frac{hf}{KT}\right)B_{12} - B_{21}} \qquad (33)$$

ينص قانون بلانك لإشعاع الجسم الأسود على أن كثافة الإشعاع تعطى بالصيغة الرياضية التالية

$$\rho(f)=\frac{8\pi hf^3}{c^3}\left(\frac{1}{\left[\exp\left(\frac{hf}{KT}\right)\right]-1}\right) \qquad (34)$$

وبمقارنة المعادلتين الأخيرتين نجد أن :

$$B_{21}=B_{12}=B \qquad (35)$$

$$\frac{A_{21}}{B}=\frac{8\pi hf^3}{c^3} \qquad (36)$$

لقد وجد آينشتاين أن النسبة بين معدل الانبعاث التلقائي والانبعاث المحفز في حالة الاتزان الحراري تعطى بالعلاقة :

$$R=\frac{A_{21}}{B\ \rho(f)} \qquad (37)$$

وباستخدام العلاقة (34) نحصل على علاقة للمعدل كدالة في درجة الحرارة وتردد الإشعاع :

$$R=\exp\left(\frac{hf}{KT}\right)-1 \qquad (38)$$

تمارين

1- اوجد الطول الموجي الذي يتساوي فيه معدل الانبعاث التلقائي مع الانبعاث المحفز في درجة حرارة الغرفة عند شرط التوازن الحراري .

2 - وضح حسابيا انه لايوجد توليد لشعاع الليزر عندما تكون الطاقة الحرارية مساوية لطاقة الفوتون ثابت بلانك $6.63\times10^{-34}\,\mathrm{J.s}$ ثابت بولتزمان $1.38\times10^{-23}\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K}}$

3 - ماهي درجة الحرارة اللازمة لحدوث الفعل الليزري وتوليد الليزر ؟

4- احسب النسبة ما بين الانبعاث التلقائي والانبعاث المحفز لمصباح تنجستن بعمل بدرجة حرارة T=1727 C حيث أن الضوء يكون مرئيا

أنواع الليزر

يأتي الليزر بأنواع مختلفة حسب الاستخدامات وتنوع الليزر يأتي من تنوع المادة المستخدمة لإنتاجه فهناك من المواد الصلبة والسائلة والغازية، ويعتبر نوع المادة الأساس الاكثر استخداماً للتميز بين الأنواع المختلفة. ويسمى الليزر من خلال نوع المادة المستخدمة فمثلاً ليزر الهيليوم نيون He-Ne يعني ان المادة المستخدمة هي خليط من الهيليوم والنيون وليزر الياقوت يعني ان المادة المنتجة لليزر هي الياقوت وهكذا لباقي الأنواع الأخرى. ولنأخذ بعض الأمثلة لأنواع مختلفة لليزر:

1 ليزر الحالة الصلبة solid-state laser هو الليزر الذي ينتج بواسطة مادة أو خليط من مواد صلبة مثل الياقوت ruby أو خليط الالومنيوم واليتريم والنيوديميم neodymium:yttrium-aluminum ويسمى بليزر الـ TAG اختصاراً ويكون طوله الموجي في منطقة الأشعة تحت الحمراء.

2 ليزر الغاز Gas laser وهو يعتمد على مادة غازية مثل الهيليوم والنيون وغاز ثاني اكسيد الكربون وتكون اطوالها الموجية في مدى الاشعة تحت الحمراء وتستخدم في قطع المواد الصلبة لطاقتها العالية.

وهي تشمل العديد من الغازات النقية أو بشكل مزيج منها ويتم مزجها بنسب معينة وبشروط خاصة من الضغط والحرارة . وهي تبدأ بغاز الهيدروجين وحتى تشمل جميع الغازات تقريباً . وحتى بالإمكان الحصول على إشعاع ليزر في الهواء لكن ضمن شروط معينة . وبما أن لكل غاز ميزة فريدة تميزه عن غيره من الغازات .
لذا يكون لكل متطلب ما يناسبه من تلك الليزرات . **أهم الليزرات الغازية هي :** الآزوتي - الآرغوني المؤين – وغاز الكربون - والليزر الغازي هيليوم - نيون .

3) ليزرات السوائل :

مثل ليزر معقد الشيلات في محلول الكحول المشوب بشاردة النوديميوم وهناك ليزر أوكسي كلور الفوسفور وليزر الروادمين - والليزرات الصبغية - والليزرات الكيميائية .

ليزر الإكسيمر Excimer laser وتطلق على أنواع الليزر التي تستخدم الغازات الخاملة مثل غاز الكلور أو الفلور أو الكربتون أو الأرجون وتنتج هذه الغازات اشعة ليزر ذات أطوال موجية في مدى الأشعة فوق البنفسجية.

ليزر الأصباغ Dye laser وهي عبارة عن مواد عضوية معقدة مثل الرودامين rhodamine 6G مذابة في محلول كحولي وتنتج ليزر يمكن التحكم في الطول الموجي الصادر عنه.

ليزر أشباه الموصلات Semiconductor laser ويطلق عليه احياناً بليزر الديود ويعتمد على المواد شبه الموصلة ويمتاز بحجم ليزر صغير ويستهلك طاقة قليلة ولذلك يستخدم في الأجهزة الدقيقة مثل أجهزة السي دي وطابعات الليزر.

نعلم أن الذرة تكتسب طاقة وتفقدها بصورة مستمرة وإن انتقال الطاقة إلى الذرة يتم بواسطة طريقتين هما:
Collisions with other atoms, and the transfer of kinetic energy as a result of the collision. This kinetic energy is transferred into internal energy of the atom.

Absorption and emission of electromagnetic radiation

وحيث أن عملية الليزر تعتمد على انتقال الطاقة من خلال امتصاص **Absorption** الاشعاع الكهرومغناطيسي ثم تكبيره وانبعاثه **emission** على شكل شعاع ليزر، لذا سندرس ظاهرة الامتصاص والانبعاث.

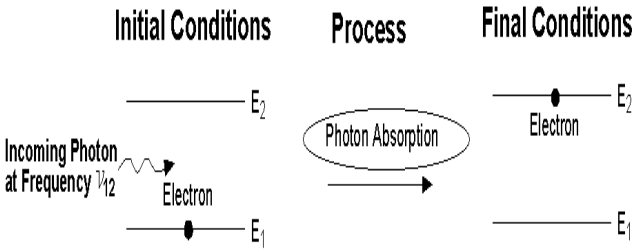
The Interaction of Electromagnetic Radiation with Matter

The interactions between electromagnetic radiation and matter cause changes in the energy states of the electrons in matter. Electrons can be transferred from one energy level to another, while absorbing or

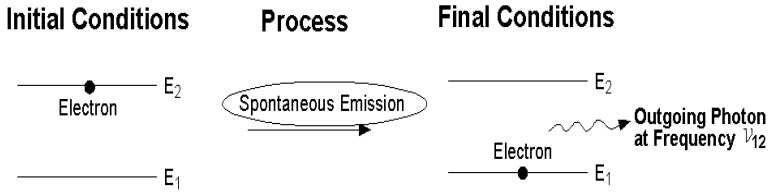
Possible Processes Between Photons and Atoms

Three possible processes between photons and atoms: absorption, spontaneous emission, and stimulated emission.

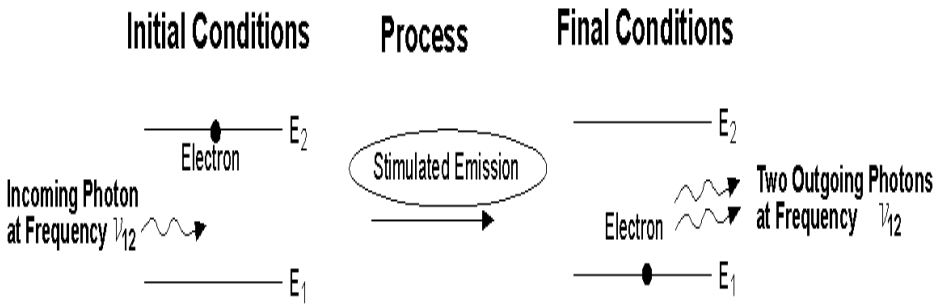
Photon Absorption: A photon with frequency n_{12} hits an atom at rest (left), and excites it to higher energy level (E_2) while the photon is absorbed.



Spontaneous emission of a photon: An atom in an excited state (left) emits a photon with frequency n_{12} and goes to a lower energy level (E_1).



Stimulated emission of a photon: A photon with frequency n_{12} hit an excited atom (left), and cause emission of two photons with frequency n_{12} while the atom goes to a lower energy level (E_1).



We saw that the process of **photon absorption** by the atom is a process of raising the atom (electron) from a lower energy level into a higher energy level (excited state), by an amount of energy which is equivalent to the energy of the absorbed photon.

الفصل الثاني

أنواع الليزر

تصنيفات الليزر

يصنف الليزر بأربعة تصنيفات تعتمد على خطورتها على الخلايا الحية. فعند التعامل مع الليزر يجب الإنتباه إلى الإشارة التي توضح تصنيفه.

إشارة تحذير بوجود ليزر

التصنيف الأول Class I هذا يعني أن شعاع الليزر ذو طاقة منخفضة ولا يشكل درجة من الخطورة.

التصنيف الأول Class IA هذا التصنيف يشير إلى أن الليزر يضر العين إذا نظرنا في اتجاه الشعاع ويستخدم في السوبرماركت كماسح ضوئي وتبلغ طاقة الليزر الذي يندرج تحت هذا التصنيف 4mW.

التصنيف الثاني Class II هذا يشير إلى ليزر ضوئه مرئي وطاقته لا تتعدى 1mW.

التصنيف الثالث Class IIIA طاقة الليزر متوسطة وتبلغ 1-5mW وخطورته على العين إذا دخل الشعاع المباشر في العين. ومعظم الأقلام المؤشرة تقع في هذا التصنيف.

التصنيف الثالث Class IIIB طاقة هذا الليزر أكثر من المتوسط.

التصنيف الرابع Class IV وهي انواع الليزر ذات الطاقة العالية وتصل إلى 500mW للشعاع المتصل بينما لليزر النبضات فتقدر طاقته بـ $10\ J/cm^2$ ويشكل خطورة على العين وعلى الجلد واستخدام هذا الليزر يتطلب العديد من التجهيزات وإجراءات الوقاية.

المكونات الأساسية لجهاز الليزر

How the First Ruby Laser Works

سنعرض فكرة عمل أول ليزر تم اكتشافه وهو Ruby Laser لتوضيح العناصر الأساسية لمبدأ عمل الليزر قبل الشروع في دراسة تأثير كل عنصر على حدى. في الشكل التالي نلاحظ ساق بلورة الياقوت محاطاً بانبوب الفلاش الحلزوني وهو مصدر الطاقة التي ستعمل على إثارة الذرات. كما نلاحظ شعاع الليزر الأحمر. في الشكل التوضيحي التالي نوجز مراحل توليد اشعة الليزر في 4 خطوات على النحو التالي:

رغم تعدد وتنوع الأجهزة الليزرية إلا أنها تتفق بشيء واحد هو تركيبها . ونقصد بتركيب العناصر الداخلة في تقنية أجهزة الليزر . إذ يشترط لعمل أي جهاز ليزر توفر العناصر التالية، وبدونها لا تعمل تلك الأجهزة وهي :

1) المادة الفعالة .
2) جملة ضخ الطاقة .
3) جملة التضخيم الضوئي .

1) المادة الفعالة :

وهي الوسط المادي المولد للأشعة المحثوثة (الليزرية) والمضخم الأولي لها . وقد تكون تلك المادة غازاً نقياً أو مزيجاً منه ، وقد تكون سائلة أو صلبة . ويتم اختيار المادة الفعالة بعد دراستها طيفياً وتحديد جميع سويات الطاقة فيها والتعرف على مداراتها الالكترونية ، وخاصة المدارات التي تحدث بينها الإصدارات الضوئية التلقيائية والليزرية .

2) جملة ضخ الطاقة :

وهي تتكون من فلاش ضوئي (وامض) ومن النوع المستعمل في التصوير الفوتوغرافي العادي . وهي بشكل أنبوب زجاجي حلزوني يرفيع ، وتومض الإشارة الضوئية فيه بسبب حدوث تفريغ كهربائي للتيار المار في الغاز الموجود فيه . وللومضة الضوئية الصادرة عنه فترة زمنية هي جزء بالألف من الثانية الواحدة . وهذه الفترة الزمنية كافية لإثارة شوارد الكروملسوية طاقة عالية . بحيث يؤدي ذلك لحدوث انعكاس جماهيري للذرات . وينقلب عندئذ منحني بولتزمان ، وتصبح قاعدة هرم توزع الذرات في الأعلى ، ورأسه في الأسفل ويغذي هذا الفلاش الوامض مجموعة من المكثفات الكهربائية بطاقة إجمالية تبلغ 4000 فولط . ويكون الضوء الصادر عنه أبيض اللون ، ويحقن هذا الضوء في مادة القضيب من جميع أطرافها . كما تتروح طاقة الفلاش الضوئية بين 100-1000 جول .

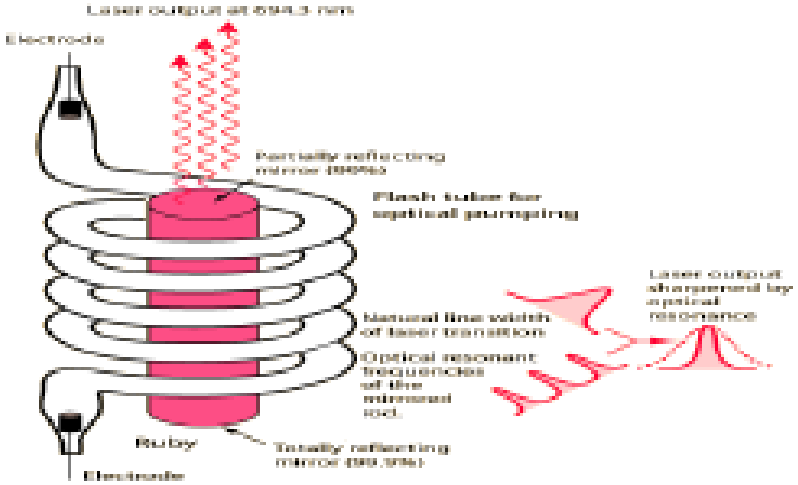
3) جملة التضخيم الضوئية (الرنانة الضوئية) .

وهي تتكون من مرآتين مستويتين أو كرويتين ، وتوضعان متقابلتين ، والوجه العاكس لهما سكون نحو الداخل ، أي باتجاه المادة الفعالة . وهذا الترتيب يقوم بعملية تضخيم وتكبير وتنمية الإشعاع المحثوث بطريقة التغذية الراجعة . لأن تضخيم المادة الفعالة لوحده لا يكفي لانبثاق شعاع الليزر منها . كما أن الفوتونات الصادرة عنها تكون متناثرة في كل الاتجاهات والمناحي . فتقوم الرنانة الضوئية بتجميعها وتنظيمها في حزمة ضيقة جداً لا يزيد قطرها عن بضع ميليمترات ، وعملها هو جعل الفوتونات تهتز جيئة وذهاباً ضمن المادة الفعالة لزيادة طاقتها وتركيز شدتها .

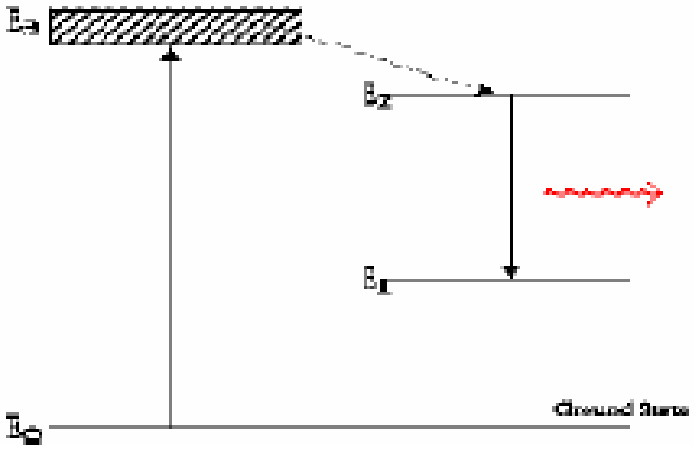
× عن حركة الفوتونات التكرارية ضمن المجاوبة الضوئية يطيل مسارها ضمن المادة الفعالة، وبالتالي يحدث لها تغذية وتقوية . وتزداد طاقة الشعاع شدته

١-٣: العناصر الأساسية لليزر:

إن العنصر الليزري يحمل في طياته القدرة على النفاذ في أغوار المواد سواء كانت غازية، أو صلبة، أو سائلة لتسخين ذراتها وجزيئاتها وحث كل منهما أو (تحفيزهما) لإنتاج وبعث شعاع فريد في صفاته الفيزيائية، وحيد في مميزاته التطبيقية، فائق الجودة في خواصه، يتألف من دقائق ضوئية (تسمى بالفوتونات)، ذات ترددات أو أطوال موجية معتمدة على نوع المادة المستحثة (المثارة)، والطريقة المستخدمة في الحث (الإثارة). هذا الشعاع قد يكون مرئياً للإنسان أو غير مرئي، مستمر التدفق أو متقطع (نبضي).



شكل ١ـ٥ مكونات جهاز الروبي الليزر



شكل ١ـ٦ مستويات الطاقة لذرات الكروم

من المعروف في علم المواد، أن المواد المختلفة تتكون من ذرات عنصر أو أكثر من عناصر الجدول الدوري والتي لا يتجاوز عددها (١٠٤) تتحد ذرات هذه العناصر بصورة متنوعة لتؤلف عدداً لا يحصى من الجزئيات التي بدورها تكون المركبات المختلفة، محطية الصفات المعروفة للمواد. ومن الممكن نظرياً بعث شعاع الليزر من كل هذه العناصر أو مركباتها، وعملياً تستوجب هذه العملية إيجاد طرق الحث المناسبة. وقد تم فعلاً التوصل خلال الأعوام القليلة الماضية إلى تكوين شعاع الليزر من عدد كبير من الذرات والجزيئات سواء كانت على شكل مركبات غازية، أو صلبة، أو سائلة. ومن هذه الأجهزة ما يباع تجارياً، ومنها ما هو قيد التجربة والبحث. وتمتاز هذه الأجهزة بأشكالها وأحجامها وطاقاتها المختلفة، إلا أن أساسيات تصميمها واحدة وهي توافر ثلاثة عناصر رئيسية مشتركة : " الوسط المادي، مصدر الطاقة، والمرنن ".

١ ـ الوسط المادي: Material Medium

المادة الفعالة الشائعة الاستعمال حالياً لإنتاج أشعة الليزر هي على النحو التالي:

- *البلورات الصلبة Crystalline solid*، مثل الياقوت الصناعي Ruby وعقيق الألمنيوم والزجاج المسمى بالياج Nd: YAG... فعلى سبيل المثال الوسط الفعال لجهاز الروبي هو عبارة عن بلورة اكسيد الالمنيوم مطعمة بذرات الكروميم التي تتميز بأنها المسولة عن خصائص الوسط الفعال بجهاز الروبي ليزر لإنتاج اللون الأحمر من أشعة الليزر بحيث تقوم ذرات الكروم بامتصاص الضوء ذي ألوان الزرق والخضر وتعكس فقط اللون الأحمر . أن الوسط الفعال هنا له شكل اسطواني يوجد في احد نهايتي هذه الاسطوانة مراءاة عاكسة تماما للأشعة والطرف الثاني به مراءاة عاكسة جزئيا للأشعة يحاط بهذه الاسطوانة لبه ضوئية عالية الشدة تعمل على تمرير الضوء الأبيض بداخل الوسط الفعال ومن المعروف أن طيف الضوء الأبيض الكهرومغناطيسي يتكون من ألوان متحدة بالتالي فان دور ذرات الكروم هو امتصاص اللون الأزرق والأخضر لهذا الضوء مما يؤدي إكساب الكترونات الذرات الكروم طاقه تمكنه من الانتقال من المستوي الطاقة الأرضي إلي مستوي طاقة اعلي وأثناء عودة هذه الالكترونات إلي

- **المواد الغازية** *Gas*، مثل خليط غاز الهليوم والنيون He- Ne وخليط غاز الهليوم والكادميوم He- Cd وبخار الماء H_2O . فلو أخذنا الوسط الفعال الهليوم نيون وهو يعتبر من أشهر مواد الوسط الفعال للليزرات الغازية وغير مكلف ماديا يعمل هذا النوع من الليزر عند الطول الموجي 632nm في منطقة اللون الأحمر في الطيف الكهرومغناطيسي وكذلك عند الطول الموجي 543.5nm في منطقة اللون الأخضر من الطيف الكهرومغناطيسي وفي المنطقة تحت الحمراء عند الطول الموجي 1523nm.

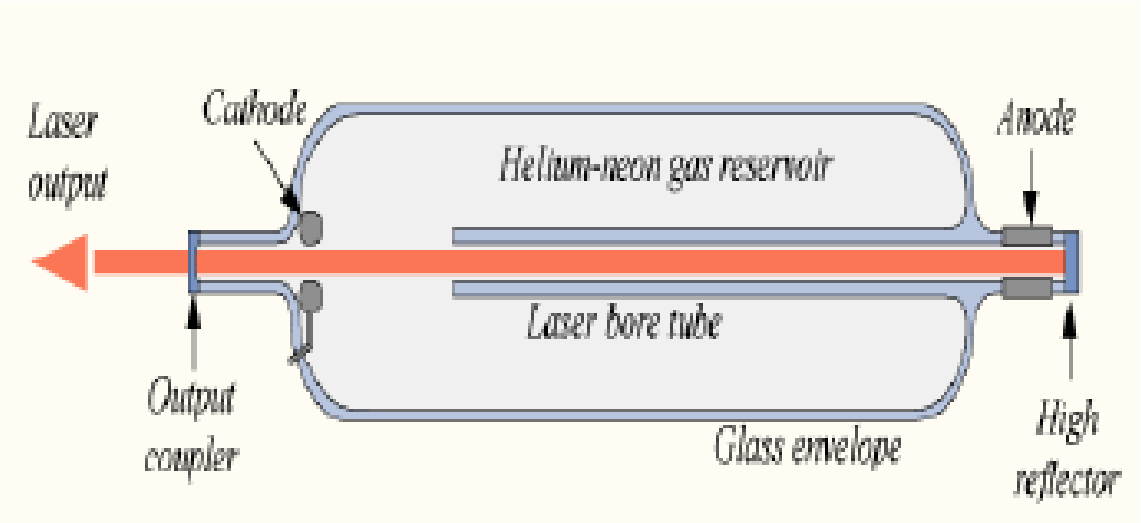
ان قرب مستوي الطاقة (20.60ev) لذرات الهيليوم من مستوي الطاقة (20.66ev) لذرت النيون الموضح في الشكل ١-٨ قد يتسبب في حدوث تصادمات للذرات في المستويين ويحدث انتقال للطاقة لذرات النيون وبالتالي تنتقل هذه الذرات الي مستويات اعلي مما ينجم عنه انبعاث مستمر للفوتونات باتجاهات عشوئية وباطوار مختلفه ولكن يوجد طول موجي واحد منها مطلوب ومن المهم هنا معرفة تركيب الجهاز وكيفية عمله فجهاز الهليوم نيون ليزر هو عبارة عن الوسط الفعال (خليط من غاز الهليوم وغاز النيون) بداخل انبوب زجاجي تحت ضغط منخفض ومصدر الطاقة عبارة عن تفريغ كهربي في حدود ١٠٠٠ وفولت وتتم عملية التفريغ من خلال الكاثود والانود الموجودة عند نهايتي الانبوب تبداء عملية انتاج الليزر اول عند يحدث تصادم بين الكترونات التفريغ وذات الهليوم في الغاز وهذه العملية تتسبب في اثارة ذرات الهيليوم وانتقالها من المستوي الارضي الي المستوي 2^3S_1 و 2^1S_0 وهي المستويات المثاره ويحدث تصادم بين ذرات الهليوم المثارة في المستوي الارضي مع ذرات النيون القريبة منه عند هذا المستوي من الطاقة بحيث يحدث انتقال لطاقة الي ذرات النيون وبالتالي فان الكترونات ذرات النيون سوف تنتقل المستوي $3S_2$ نتيجة لتوافق مستويات طاقة ذرات الهيليوم مع مستويات طاقة ذرات النيون وهذا يعطي بالمعادلة التفاعلية التالية :-

$$He(2^1S)^* + Ne + \Delta E \rightarrow He(1^1S) + Ne3s_2^*$$

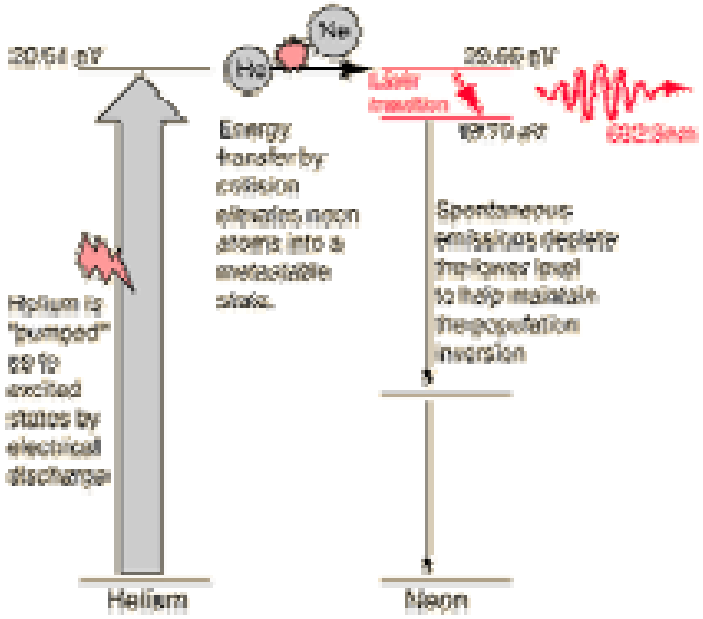
حيث ان (*) تعني حالة استثاره لمستوي الطاقة

ΔE تعني فرق الطاقة بين اثنين من مستويات الطاقة لذرتين

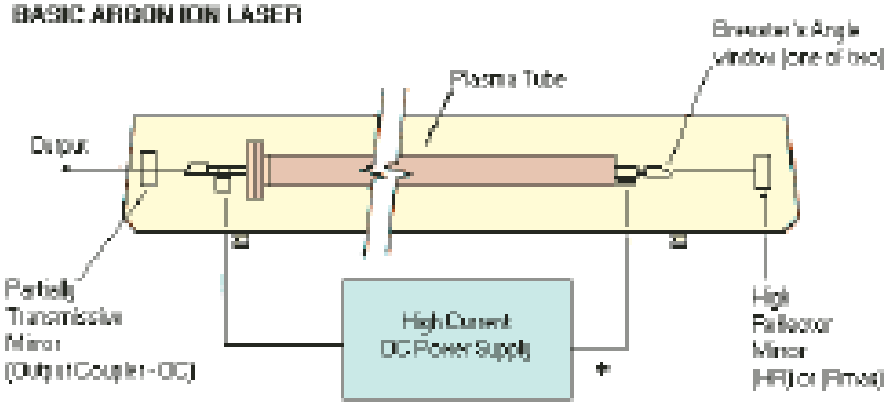
ويحدث انبعاث لشعاع الليزر وتعمل المرايا علي عكس هذا الشعاع مرة اخري ويحدث تصادمات وتتكرر عملية الإنبعاث لتحصل علي الليزر . يوضح الشكل ١-٧ تركيب جهاز الهيليون نيون الليزر .

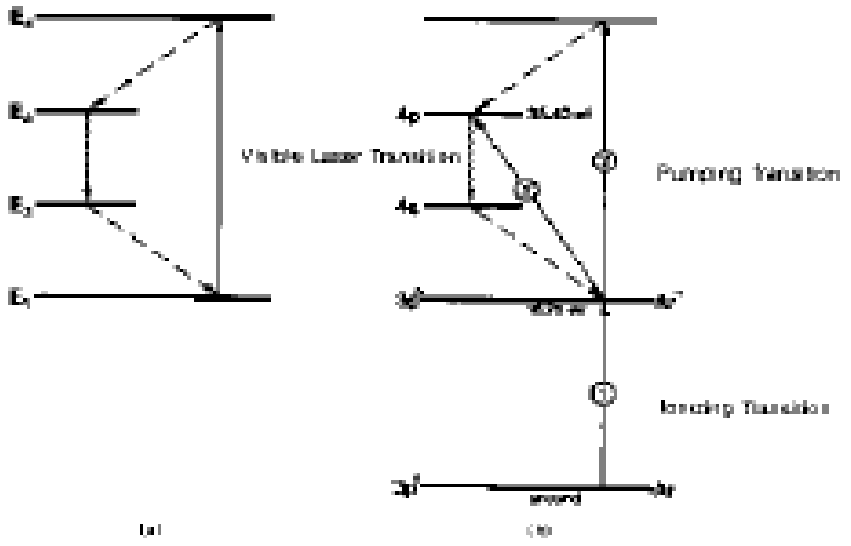


شكل ١-٧ جهاز الهيليوم نيون



- **الجزيئات المتأينة** ***Ionic gases*** مثل غاز الأرجون Ar وغاز الكريتون Kr . يعتبر غاز لارجون من الغازات النادرة ويستخدم هنا كوسط فعال لانتاج ليزر الارجون ويعمل بصورة موجات مستمره عند الاطوال الموجية ما بين 408.9nm الى 686.1nm ويعمل بقدرة عالية تصل الى ١٠٠ وت مستخدما عدد من الانتقالات (transitions). يتكون جهاز الارجون ليزر من انبوبة البلازما مزودة بقاذفه وهما تحت تفريغ عالي و مركبة مرنان (*Resonator Assembly*) والتي فيها تعمل القاذفه (bore) بدور العدسة لتجميع الضوء المتوافق في الطول الموجي الوحد حتي تتمكن انبوبة البلازما من انتاج الطاقة الليزرية وللحصول علي هذه الطاقة الليزرية توضع مرايا عاموديه عند طرفي القاذفه احداهما عاكسة تماما لضوء والاخري عاكسه جزئيا لضوء بحيث يمكن ضبط زوايا المرايا . لكي تقوم انبوبة البلازيعملها يجب ان تدعم بمصدر جهد حتي تتمكن من اجراء عملية التفريغ بداخل القاذفه ومن ثم تحدث استثارة وتأين لذرات الارجون لتنتقل من مستوي الطاقة E_0 الارضي الي مستوي الطاقة E_1 او مباشرة تنتقل الي مستوي الطاقة الفرعي 4_P في مستوي الطاقة E_3 او الي مستوي الطاقة E_4 (التي بدورها تسقط الي 4_P) ايونات الارجون في 4_P تضمحل لتصل الي 4_S في مستوي الطاقة E_2 اما مباشرة او عندما تتم عملية استثارة فوتون الذي له طاقة مناسبه . والطول الموجي للفوتون تعتمد علي الطاقة المحددة للمستوي الموجود فيه وهي ما بين 400 الي 600nm مع انبعاث فوتونات فوق بنفسجية . يمثل الشكل ١-٩ نموذج لتركيب جهاز الارجون والشكل ١-١٠ يمثل مستويات الطاقة للوسط الفعال



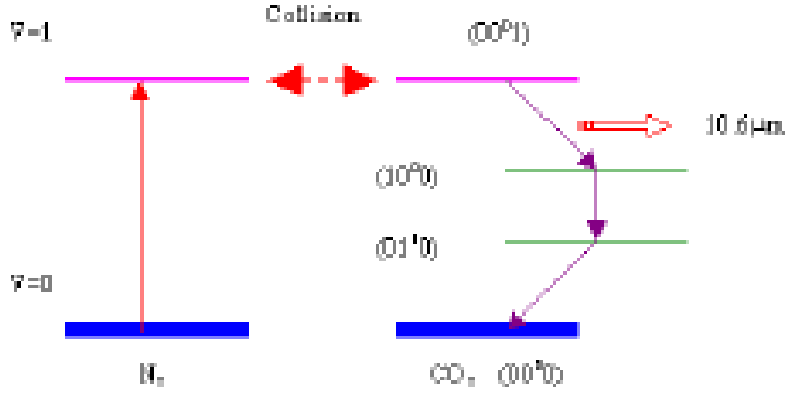


شكل ١ـ١٠ مستويات الطاقة للوسط الفعال لمادة الارجون

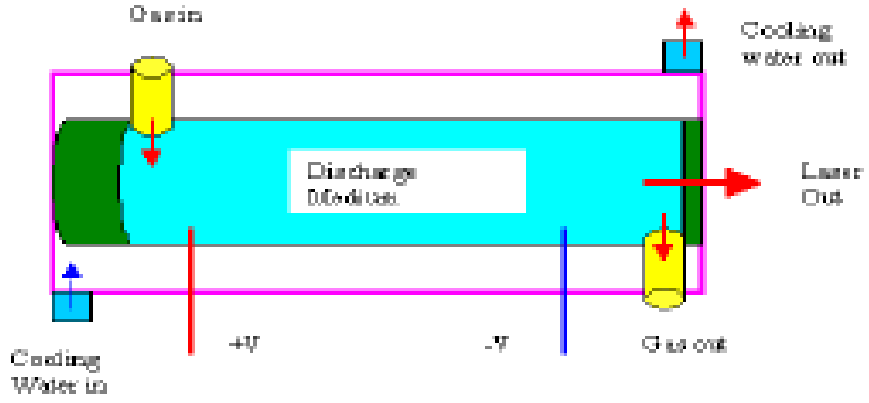
- ***الجزيئات الغازية Molecular gases***، مثل غاز أول أوكسيد الكربون CO وغاز ثاني أوكسيد الكربون CO... هذا النوع من الوسط الفعال لديه القدرة على انتاج ليزر متصل بقوة ١٠ كيلو وات وكذالك وطريقة عمله مشابه الطريقة عمل الهيليوم-نيون ليزر فهو يستخدم عملية التفريغ الكهربي في ضخ الالكترونات باستخدام نسبة من غاز النتروجين كغاز . ان ليزر اكسيد الكربون له دور فعال ويمكن انتاج الليزر حتى وان كانت كفائيه في حدود ٣٠% فهو يستخدم في اللحام وعمليات القص. يحدث الانبعاث لهذا النوع من الليزر عند الطول الموجي m ميكرو 10.6 وقدرة شعاعه تتراوح ما بين ١٠ وات الي ٢٥ كيلو وات او الي ١٠٠ كيلو وات والوسط الفعال عبارة عن خليط من غاز ثاني اكسيد الكربون والهيليوم و النتروجين بنسب وقدرها $CO_2:N_2:He::0.8:1:7$ وعملية ضخ الالكترونات تتم اما عن طريق التفريغ الكهربي بتيار متردد او تيار

مستمر وتتم العملية عندما تمتص طاقة التفريغ الكهربي في غاز النيتروجين فقط جزء من هذه الطاقة يمتص بواسطة جزيئات غاز ثاني اكسيد الكربون مباشرة ثم ترتفع تحت مستوي الطاقة الارضي (000) الي مستوي الطاقة الاعلي (001) كما ان عدد كبير من جزيئات ثاني اكسيد الكربون تتصادم مع جزيئات النتروجين وبالتالي تحدث اثاره لجزيئات ثاني اكسيد الكربون ومن ثم فان جزيئات ثاني اكسيد الكربون في المستوي E_1 تبداء في فقد طاقتها وتسقط لمستويات الطاقة(100) او (020) الموضحة في شكل ١-١١ محدثة انبعاث لضوء الليزر عند التردد 10.6μ m او 9.6 μ علي التوالي اما باقي الاضمحلالات من المستويات (100) الي (010) ، (020) الي (010) او من (010) الي المستوي الارضي (000) جميعها تفقد طاقتها علي شكل حرارة بدل من الضوء .

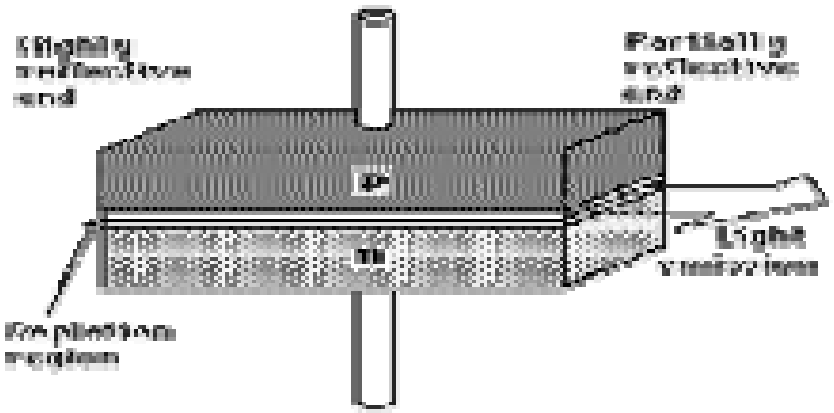
كما يوضح الشكل ١-١٢ نموذج لجهاز ثاني اكسيد الكربون.



شكل ١-١١ مستويات الطاقة لثاني اكسيد الكربون



- **الصبغات السائلة** *Liquid dye*، وهي صبغات كيميائية عضوية مختلفة مذابة في الماء. يعمل هذا النوع من الليزرات عند الترددات المستمره مع جزيئات محدده ذات الصبغة الكيميائية حيث ان جزيئات هذه الصبغات لها عدد كبير من خطوط الطيف وكل خط طيف له خصائصه و تردد هذه الخطوط المتداخلة يمكن ضبطها لإنتاج الليزر الفعال . ان رودمين (rhodamine 6G) يعتبر من اشهر انوع الصبغات المستخدمه وفي الحقيقة ان الوسط الفعال له عبارة عن صبغه في وسط مائي .
- **المواد الصلبة نصف الموصلة** *Semi - conductors*، مثل أرسنيك الجاليوم -Ga... As. الوسط الفعال لهذا النوع من الليزرات يعطي ضوء احادي اللون ومترابط من خلال وصلة p-n المتكونه من طبقات الجاليوم وفي نهايتي هذا المركب وضعت مرايا متوازيه احداهما عاكسه تماما للضوء وفي الطرف الاخر مرايا عاكسه جزئيا للضوء ويرتبط طول الوصله بطول الموجي للضوء الخارج وهذا النوع من الوصلات هو من نوع الانحياز الامامي كما هو موضح في الشكل ١-١٣ التالي



شكل ١-١٣ تمثل الوصله المنتجه لاشعة الليزر

٢ـ مصادر الطاقة: Source of Energy

وهي التي تحدد طريقة الحث لإثارة المادة الفعالة وحثها على بعث إشعاع الليزر...

وتتنوع مصادر الطاقة المستخدمة حالياً ومنها:

* الطاقة الكهربائية *Electrical energy*، وتتمثل في استعمال الطاقة الكهربائية المباشرة بأسلوبين مثل:

استخدام مصادر للترددات الراديووية R.F. كطاقة داخلة. أو استخدام التفريغ الكهربائي في التيار المستمر مثال ذلك ليزر غاز ثاني أوكسيد الكربون - وليزر الهليوم / نيون، وليزر غاز الأرجون... الخ.

* الطاقة الضوئية *Radiant energy*، والمعروفة باسم الضخ الضوئي، ويمكن أن تنبعث من مصدرين رئيسيين:

استخدام المصابيح الوهاجة Flash lamp ذات القدرة الكبيرة كما في ليزر الياقوت.

أو استخدام شعاع الليزر كمصدر طاقة إلى ليزر آخر، وهذه الأخيرة شائعة الاستخدام في إنتاج إشعاعات ليزرية كثيرة في مناطق الطيف المختلفة، ومثال ذلك ليزرات الصبغات السائلة Dye المتوفرة تجارياً.

* الطاقة الحرارية *Thermal energy*، يمكن أن يتسبب كل من الضغط الحركي للغازات، والتغيرات في درجات الحرارة في حث وإثارة المواد لتبعث أشعة الليزر.

* الطاقة الكيميائية *Chemical energy*، تعطي التفاعلات الكيميائية بين مزيج من الهيدروجين H_2 والفلور F_2 طاقة مسببة لحث هذه الجزيئات على بعث الإشعاع الليزري، وكذلك مع خليط فلوريد الديتريوم DF، وثاني أوكسيد الكربون.. مثال ذلك الليزرات الكيميائية.

٣ – مسبب الرنين Resonator

وهو الوعاء الحاوي والمنشط لعملية التكبير، وفي العادة يستخدم إما:

* المرنن الخارجي: وهو مرآتان متوازيان في نهاية الأنبوب الحاوي للمادة الفعالة، وتكون الانعكاسات المتعددة بينهما هي الأساس في عملية التكبير الضوئي Amplification، كما في الليزرات الغازية .

* المرنن الداخلي: ويتمثل في طلاء نهايات المادة الفعالة لتعمل عمل المرآة، كما في ليزر بلورات الياقوت Ruby وليزر عقيق الألمنيوم والزجاج Nd: Yag، وفي الليزرات الصلبة بصورة عامة.

وفي كلا الحالتين يجب أن تكون إحدى المرآتين عاكسة كلياً للفوتونات الضوئية والأخرى تسمح بالنفاذ الجزئي لكي يتسنى لشعاع الليزر الخروج منها خارج المرنن.

مثال ليزر بلورات الياقوت Ruby Laser

استخدم في تصميم أول ليزر، قضيب من بلورات الياقوت الصناعي (المخضب بذرات الكروم)، كمادة فعالة طوله بوصتان وقطره نصف بوصة. طلي نهايتا هذا القضيب بالفضة ليكون عرفة عاكسة للضوء داخله مكونة بذلك مرنن Resonator من نفس المادة. وقد طليت إحدى النهايتين لتكون أقل انعكاساً للضوء عن الأخرى، وذلك للسماح لبعض من الأشعة المنعكسة الداخلية بالنفاذ خارج القضيب الياقوتي ... أحيط هذا القضيب الياقوتي بأنبوب حلزوني يحوي غاز الزينون Xe الذي يعطي وميض ضوئي متقطع إلى البلورة الياقوتية عند تشغيله بفعل التفريغ الكهربائي، وكما يلاحظ فإن طريقة الحث هنا تتم بوساطة مصدر ضوئي للطاقة.

عند امتصاص الياقوت لهذه الطاقة الوميضية الضوئية تبدأ ذرات الكروم في التهيج، حيث إن اكتساب ذرات الكروم لهذه الطاقة يرفعها إلى مستويات طاقة أعلى مما كانت عليه، كما أن ذرات الكروم غير قادرة على الصمود في مستويات الطاقة العليا هذه أكثر من واحد على مليون من الثانية، تبدأ بعدها بالنزول (أو ما يعرف بالانحلال Decay)، محولة بذلك الطاقة المكتسبة إلى ذرات الياقوت المجاورة، وهذه بدورها تبعثها على شكل دفائق ضوئية أو فوتونات، والتي تنعكس يميناً ويساراً داخل القضيب الياقوتي بسرعة الضوء فتجتمع في لحظة زمنية عدد هائل من الدفائق الضوئية المترابطة في الطور من كل ذرات الياقوت،

٤ ـ موصفات العدسة:ـ

قد يكون سطح العدسة الداخلي مستويا أو مقعرا وذلك بحسب الغرض المرغوب فيه .ويطلى السطح الداخلي للعدسة بطلاء فضي نصف عاكس حتى يستطيع شعاع الليزر الخروج من الوسط إلى الخارج . وإذا كانت هناك رغبة في تجميع الشعاع الخارج وتركيزة في بؤرة يكون السطح الخارجي للعدسة مقعرا .كما يطلى السطح الخارجي بطلاء يمنع الانعكاس ، لكي يتيح خروج شعاع الليزر الناتج من دون فاقد .

معامل انعكاس العدسة:

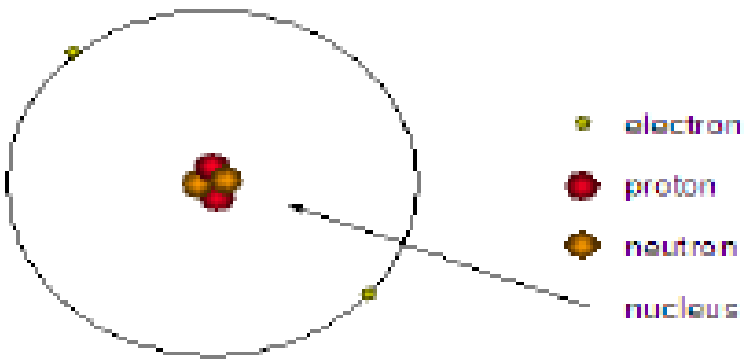
يعتمد عدد الانعكاسات لأشعة الضوء المتراكمة داخل الوسط على نوع الوسط المستخدم . ففي ليزر الهيليوم-نيون تحتاج إلى درجة انعكاس للمرآة بنسبة ٩٩ % لكي يعمل الجهاز . وأما في حالة ليزر النيتروجين فلا حاجة للانعكاس الداخلي (درجة انعكاس ٠ %) حيث أن ليزر النيتروجين يتميز بدرجة فائقة على إنتاج الأشعة. ومن جهة أخرى تعتمد خواص العدسة المتعلقة بانعكاس الضوء على طول موجة الضوء . ولهذا يُعطى للخواص الضوئية للعدسة عناية خاصة عند تصميم جهازا الليزر .

١ـ3: شروط الانبعاث الليزري:

للحصول على أشعة الليزر من الضروري توفر ثلاثة شروط أساسية وهي:

a. توفر الانبعاث الحثي
b. حدوث التعداد المعكوس
c. إيجاد التكبير الضوئي.

ولشرح هذه الظواهر، يجب أن نتذكر أن كل المواد المتوفرة في الطبيعة، بدون تميز، سواء كانت في حالة صلبة أو سائلة أو غازية، تتألف من عنصر أو أكثر على شكل جزيئات أو ذرات. تتألف هذه الجزيئات والذرات من الكترونات وبروتونات وجسيمات نووية أخرى كما موضح في شكل ١-١٦. توجد جميع هذه الجسميات في الطبيعة في حالة استقرار، أو في حالة تهيج، ونعبر عن ذلك بوجود هذه الجسيمات في مستويات طاقة مختلفة، ومستويات الطاقة هي المميزة لذرة عن أخرى أو جزئية عن أخرى. الذرة هي أصغر الجسيمات الموجودة المكونة للعناصر وهي تحتفظ بخصائص العنصر. وهي تتألف من نواة ذات شحنة موجبة محاطه" بسحابة" من الالكترونات السلبيه كما هو موضح في شكل ٧ بغض النظر عن العنصر فان جميع ذرات عنصر معين يكون لها نفس العدد من الشحنة الموجبة (البروتونات) في النواة والشحنة السالبة) الالكترونات) فيل سحابة. محتوى الذرات على مستوي طاقة من نوع معين قد تتغير اعتمادا على مصادر الطاقة الواردة من الألكترونات داخل العينه فمن المعروف بأنه قد تجد مثلاً في غاز الأكسجين عدداً كبيراً من ذرات الأكسجين في مستويات طاقة منخفضة (ويعرف أحياناً بالأرضية) ، بالإضافة إلى عدد يسير من ذراته في حالة تهيج ،أي في مستويات طاقة عالية . حيث ان لكل نوع من أنواع الذرة يحتوي على كميات معينة من الطاقة. عندما الذرة تحتوي على كمية اقل من الطاقة لما هو متاح لها ، حينئذ تسمى "المستوى الارضي الذري "atomic ground state."=". حيث انه اقل مستوى من حيث قيمة الطاقة في الذرة.ما اذا الذرة تحتوي على طاقة اضافية فوق مستواها الارضي حينئذ تسمى ومن "المستوى الذري المتهيج او المحفز excited atomic state."الشكل١-١٧ الاتي هو شكل مبسط يبين مستويات الطاقة للذرة ذو ثلاثة مستويات وفي هذه تملك ثلاث الطاقة .. المستوى طاقة او اكثر الحاله فان الذرة مستويات من حيث ان الارضي



يسمىS_1والمستوى المتهيج يسمى S_2 S_3فعندما يطلق المستوى المتهيج الطاقة الزائدة فان الالكترونات سوف تنخفض الى المستوى الأدنى للطاقة او ما يسمى بالارضي .المستويات الثلاثة هي طريقة تستخدم هنا لغرض التوضيح.

b- الانبعاث المحتث Stimulated Emission

تحت الظروف الطبيعية (العادية) تكون غالبية الذرات في مستوى الطاقة الأقل، وعدد قليل منها يكون في المستويات العليا. والذرات التي تكون في حالة تهيج أي في مستويات طاقة عليا تنبعث الفوتونات تلقائياً للتخلص من حالة التهيج، أي الطاقة الزائدة وللنزول إلى مستويات طاقة أقل، ومثل هذه العملية تكون عشوائية الحدوث، والفوتونات المنبعثة لا تكون مترابطة مع بعضها البعض، أي لا تكون بنفس الطور يوضح في الشكل ١-١٨ طريقة اكتساب الإلكترون المداري لطاقه ضوئية لكي تمكنه من الانتقال إلي مستوي طاقة اعلى .

b - التعداد المعكوس Population Inversion

ويتطلب ابعاث أشعة الليزر العمل على زيادة عدد الذرات في مستويات الطاقة العليا، أي زيادة تعدادها عن الحالة الطبيعية فيها باستخدام طاقة خارجية مثلاً، وعندما يكون عدد الذرات في مستويات الطاقة العليا أكثر من عدد الذرات في مستويات الطاقة الدنيا نستطيع القول بأنه حصل انقلاب في **التعداد أو عكس التعداد**، وهو ما سميناه بالتعداد المعكوس Population Inversion. وتحت هذه الشروط يكون احتمال حدوث الانبعاث المحتث كبير، ويمكن الحصول على فوتونات مترابطة في الطور مع بعضها البعض كما هو موضح في شكل ١-٢٠.

شكل ١-٢٠ التعداد المعكوس

c - التكبير الضوئي Light Amplification

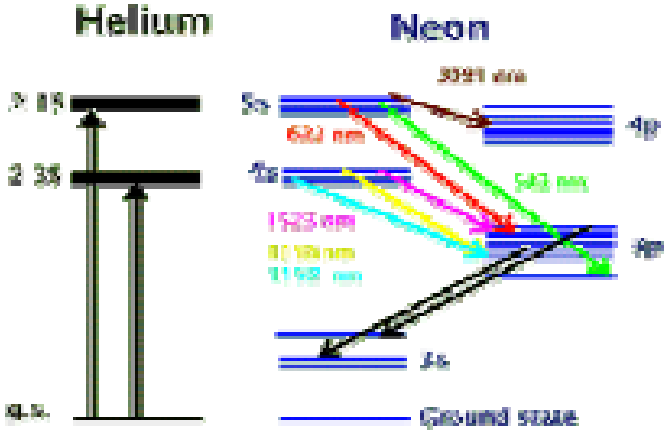
عندما تجبر مجموعة من الذرات أو الجزئيات لتكون في وضع متهيج، أي تملك طاقة عليا، بمعنى آخر الحصول على تعداد كثيف في مستويات الطاقة العليا، فإن انبعاث فوتون مفرد خلال انتقال الذرة أو الجزئية إلى مستوى أقل سوف يحث غالبية الذرات الأخرى الموجودة في نفس مستويات الطاقة لانتقال وبعث الطاقة الزائدة على شكل فوتون

يسمى الليزر بالليزر النبضي pulse laser عندما يضخ النظام مرة أخرى للحصول على تعداد معكوس آخر ونبضة ليزرية أخرى وذلك بعد إكمال عملية الانبعاث المحثث ورجوع عالية الذرات المهيجة إلى وضع الاستقرار. ويجري عادة ضخ باستمرار إما بفوتونات خارجية، أو بتفريغ كهربائي خصوصاً للمواد الغازية.

أما بالنسبة لليزرات التي تنتج إشعاع مستمر C.W. Laser بدلاً من حزمة نبضية فإنها تحتاج إلى وجود ثلاثة مستويات للطاقة لإحكام شرط التعداد المعكوس بدلاً من المستويين في حالة الشعاع النبضي. وفي هذا النوع تضخ الذرات باستمرار من 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.

مثال ذلك ليزر غاز الهليوم - نيون He - Ne Laser يمثل هذا النوع أحد الليزرات المتوفرة تجارياً على نطاق واسع، حيث ينتج ضوءاً طوله الموجي ٦٣٢,٨نانومتر، وهو أحمر اللون، والمادة الفعالة لهذا الليزر هي خليط من غاز الهليوم والنيون، كما أن عالية ذرات هذين الغازين تقع في المستويات الإلكترونية n=2 وn=1 على التناظر. وعند إثارة هذه الذرات إلى مستويات طاقة عليا فإنها يجب أن تعود إلى المستوى 1S في الهليوم، و2s في النيون لإعادة الاستقرار في مستويات الطاقة الأرضية.

بالنسبة لذرات الهليوم فإن طاقة المستوى 2S(n=2,1=0) تقدر بـ ٢٠,٦١ إلكترون فولت فوق المستوى الأرضي، وهي أقل من مستوى الطاقة 2p(n=2,1=1) عند حدوث التفريغ الكهربائي في الغاز، أي عند إثارة ذراته، فإن الالكترونات المتركزة في المستوى 2s لا تستطيع العودة إلى المستوى الأرضي 1S وذلك لكون الزخم الدائري المداري Orbital angular momentum لكلا المستويين متشابه، وكذلك كون طبيعة المستوى 2S شبه المستقرة تجعل الكثير من الإلكترونات تنتهي بها.أما بالنسبة لذرة النيون فإن طاقة المستوى 4S(n=4.1=0) تقدر بـ ٢٠,٦٦ إلكترون فولت فوق المستوى الأرضي شكل ١-٢١



شكل ١-٢١ مستويات الطاقة لهيليوم-نيون ليزر

لهذا ولتقارب الطاقة بين المستويين 2S في الهليوم و 4S في النيون توفر أحد المنافذ لرجوع الالكترونات الموجودة في المستوى 2S في الهليوم إلى المستوى الأرضي عن طريق تصادمها مع إلكترونات النيون والذي يؤدي بدوره إلى تهيج إلكترونات النيون في المستوى 2p إلى المستوى 4S . أما فرق الطاقة الجزيئي بين المستويين 2S في الهليوم و 4S في النيون فعادة يعوض من الطاقة الحركية الحرارية لذرات الهليوم . (20.61-0.05= 20.66 الكترون فولت). وفي الواقع فإن استمرار إثارة الإلكترونات إلى المستوى 2S في الهليوم يؤدي إلى ضخ الإلكترونات إلى المستوى 4S في النيون.

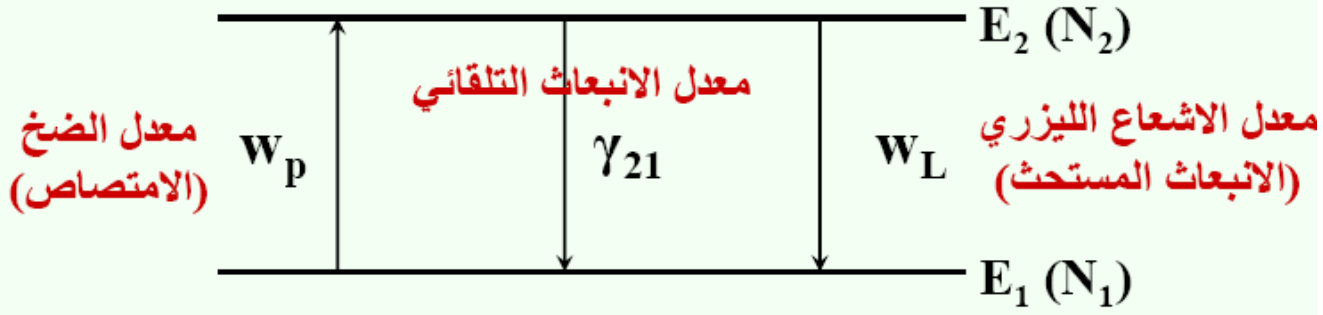
ويحدث فعل الليزر عند انتقال الإلكترونات من المستوى 4S إلى المستوى 3P في النيون باعثة فوتونات جزئية ذات طول موجي مقداره ٦٣٢,٨ نانومتر.وفي خليط غاز الهليوم والنيون يمكن حدوث انتقالات مترابطة أخرى، ولكن بأطوال موجية أخرى تقع في المنطقة تحت الحمراء (غير مرئية).

يمكن تلخيص ما ذكر سابقا على انه يجب أن يُضخ الوسط المادي من مصدر طاقة لحث الذرات والجزيئات على التهيج، أي الارتفاع إلى مستوى طاقة أعلى لا تتواجد فيه عادة تحت الظروف الطبيعية، وتكون ما يسمى بالتعداد المعكوس، والذي فيه تكون غالبية ذرات وجزيئات المادة في مستويات الطاقة العليا بدلاً من المستويات المنخفضة. وبعدها يتبعث الشعاع الليزري بوساطة الانبعاث المحث وعمليات التكبير الضوئي .

إن طول موجة هذا الشعاع الليزري يتناسب عكسياً مع مقدار الفرق في قيمة الطاقة بين المستويات العليا والمنخفضة من ذرات أو أيونات أو جزيئات المادة الباعثة.

وتتناسب كفاءة الوسط الليزري مع معدل الفرق في طاقة المستويات بالنسبة إلى طاقة المستوى العلوي. الكفاءة الحقيقية لليزرات التي تكون أوساطها المادية متألفة من جزيئات مثل غاز ثاني أكسيد الكربون أكبر كفاءة من الليزرات المتألفة من ذرات مثل الهليوم- نيون، أو الأيونات مثل الأرجون. فمثلاً تتراوح كفاءة ليزر ثاني أكسيد الكربون من ١٠ إلى ٢٠% بينما تقدر كفاءة ليزر الأرجون بمعدل ١%.

نظام المستويين 2-Level System



في أي لحظة زمنية ، يكون معدل تغير الإسكان الذري لمستويات الطاقة كالتالي :

$$\frac{dN_1}{dt} = \underbrace{-w_p(N_1 - N_2)}_{\text{الضخ}} + \underbrace{\gamma_{21}N_2}_{\text{الانبعاث التلقائي}} + \underbrace{w_L(N_2 - N_1)}_{\text{الانبعاث المستحث}} \qquad (39)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = -\frac{dN_1}{dt} = w_p(N_1 - N_2) - \gamma_{21}N_2 - w_L(N_2 - N_1) \qquad (40)$$

حيث $N_1 + N_2$ يساوي العدد الكلي لذرات النظام ، وفي حالة ثبات النظام فإن :

$$\frac{dN_1}{dt} = \frac{dN_2}{dt} = 0$$

ومنها نجد أن المعادلة (40) تؤول إلى :

$$w_p(N_1 - N_2) - \gamma_{21}N_2 - w_L(N_2 - N_1) = 0$$

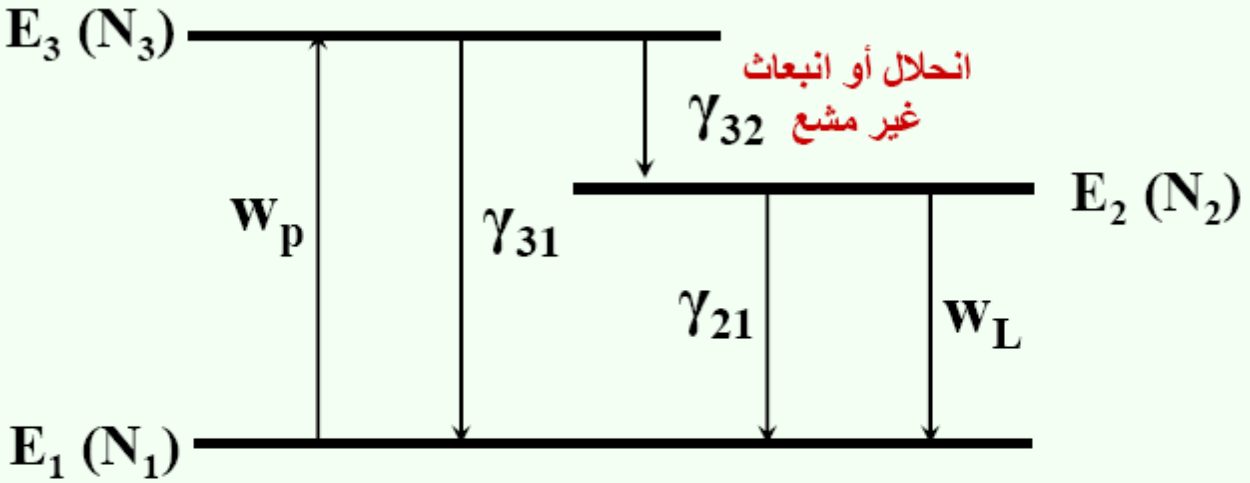
$$\Rightarrow \quad (w_p + w_L)N_1 - (\gamma_{21} + w_p + w_L)N_2 = 0$$

فإذا كان معدل الانبعاث التلقائي ضئيل جداً $(\gamma_{21} \to 0)$ فإن المعادلة الأخيرة سوف تؤدي إلى :

$$N_{2\ max} = N_1$$

أي أنه من المستحيل تحقيق الانعكاس السكاني بواسطة الضخ المباشر في النظام ثنائي المستوى
ولابد من استخدام نظام ذري ذي ثلاث مستويات أو أكثر

نظام الثلاث مستويات 3-Level System



W_p معدل الضخ أو الامتصاص
W_L معدل الاشعاع الليزري أو الانبعاث المستحث
γ_{31} معدل الانبعاث التلقائي من المستوى الثالث إلى المستوى الأول
γ_{32} معدل الانبعاث التلقائي من المستوى الثالث إلى المستوى الثاني
γ_{21} معدل الانبعاث التلقائي من المستوى الثاني إلى المستوى الأول

ويكون معدل تغير الإسكان في المستويات الثلاثة كالتالي :

$$\frac{dN_1}{dt} = -w_p(N_1 - N_3) + \gamma_{21}N_2 + \gamma_{31}N_3 + w_L(N_2 - N_1) \quad (41)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = \gamma_{32}N_3 - \gamma_{21}N_2 - w_L(N_2 - N_1) \quad (42)$$

$$\frac{dN_3}{dt} = w_p(N_1 - N_3) - \gamma_{32}N_3 - \gamma_{31}N_3 \quad (43)$$

وفي حالة ثبات النظام فإن المعادلات السابقة تؤول إلى الصفر (المشتقة بالنسبة للزمن = صفر)

$$-w_p(N_1 - N_3) + \gamma_{21}N_2 + \gamma_{31}N_3 + w_L(N_2 - N_1) = 0 \quad (44)$$

$$\gamma_{32}N_3 - \gamma_{21}N_2 - w_L(N_2 - N_1) = 0 \quad (45)$$

$$w_p(N_1 - N_3) - \gamma_{32}N_3 - \gamma_{31}N_3 = 0 \quad (46)$$

شرط العتبة Threshold Condition

الانعكاس السكاني $\Delta N = N_2 - N_1 \quad \Leftarrow \quad N_1 = N_2 - \Delta N$

وحيث الاسكان الكلي يساوي مجموع الذرات في كل مستوى فإن $N = N_1 + N_2 + N_3$

وفي ليزر المستويات الثلاث وبسبب الانبعاث غير المشع عالي المعدل فإن إسكان المستوى 3 يؤول إلى الصفر وتصبح المعادلة الأخيرة كالتالي :

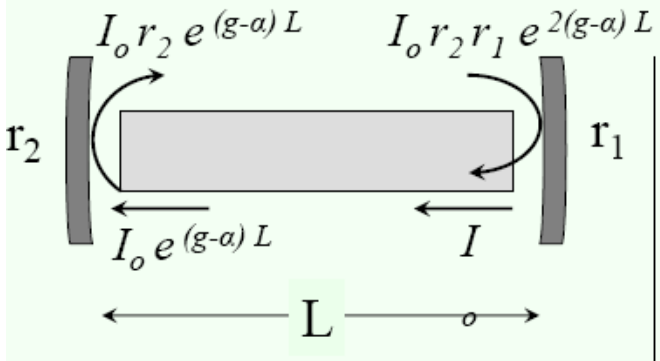
$$N = N_1 + N_2$$

وبالتعويض عن قيمة N_1 نحصل على :

$$N_2 = \frac{N}{2} + \frac{\Delta N}{2} \quad (54)$$

أي أن أكثر من نصف ذرات الوسط الفعال في المنظومة الليزرية يجب أن تكون في حالة إثارة أي في المستوى 2

الكسب الكلي في المنظومة الليزرية
خلال دورة كاملة



L	طول فجوة الليزر
r	انعكاسية سطحي الفجوة
g	معامل الكسب
α	الفقد داخل الفجوة
I_o	الشدة الابتدائية

$$G = \frac{\text{الشدة النهائية خلال دورة كاملة}}{\text{الشدة الابتدائية}}$$

$$G = \frac{I_o r_2 r_1 e^{2(g-\alpha) L}}{I_o}$$

$$G = r_2 r_1 e^{2(g-\alpha) L} \qquad (62)$$

وباعتبار شرط العتبة للحصول على الليزر هو $G = 1$

$$g(f) = \frac{1}{2L} \ln\left(\frac{1}{r_1 r_2}\right) + \alpha \qquad (63)$$

الفصل الثالث

تأثيرات الليزر وتطبيقاته

تصنيفات الليزر من حيث المخاطر

يصنف الليزر بأربعة تصنيفات تعتمد على خطورتها على الخايا الحية. فعند التعامل مع الليزر يجب الإنتباه إلى الإشارة التي توضح تصنيفه.

إشارة تحذير بوجود ليزر

تصنف أنواع الليزرات طبقا لقوانين السامة في المقاييس الدولية بناء على درجة ضررها على جسم الإنسان ولابد من التذكير بأن أكثر الأضرار الناتجة عن استخدام الليزر ليست بسبب أشعته وإنما بسبب سوء استعمال مصادر الطاقة الازمة لبعض أجهزة الليزر خاصة الكبيرة من ذلك أجهزة توليد الطاقة عالية الجهد أو المواد الكيميائية المؤذية للإنسان. أما الضرر الناتج عن أشعتها فيكون غالباً على عين مستخدمه وهذا لا يعني عدم خطورتها على الأعضاء الأخرى. تعتمد الأضرار التي قد يتسبب بها الليزر للعين البشرية على التالي:

1 - مدة التعرض للأشعة.
2 - شدة الأشعة .
3 - لون الليزر (أو ما يعرف بالطول الموجي).

خطورة الليزر على العين:

إن أقصى شدة إضاءة تتحملها عين الإنسان دون أن تصاب بأضرار تبلغ حوالي 5 ميكروجول على السنتيمتر المربع. ولما كانت الطاقة التي تتعرض لها عين الإنسان تقل كلما ابتعد عن مصدر أشعة الليزر، فإن مسافة الأمان هي أقل مسافة بين العين وجهاز الليزر، بحيث إذا تعرضت العين لنبضة ليزر مباشرة فا تصاب بضرر. وتختلف هذه المسافة حسب العوامل الآتية:

أ - حالة الجو .
ب - أجهزة التكبير الضوئية المستخدمة في أجهزة الرؤية .
ج - الانعكاسات الضارة .
د - درجة تركيز شعاع الليزر .
ه - نوع مادة الليزر .
و - نوع شعاع الليزر، نبضي أو مستمر.

- التصنيف الأول Class I هذا يعني أن شعاع الليزر ذو طاقة منخفضة ولا يشكل درجة من الخطورة .وهي آمنة بحيث لا تتجاوز طاقتها الحد الأقصى من مستوى الإشعاع المسموح به على العين.
- التصنيف الأول Class IA هذا التصنيف يشير إلى أن الليزر يضر العين إذا نظرنا في اتجاه الشعاع ويستخدم في السوبرماركت كماسح ضوئي وتبلغ طاقة الليزر الذي يندرج تحت هذا التصنيف 4mW.
- التصنيف الثاني Class II هذا يشير إلى ليزر ضوئه مرئي وطاقته منخفضة لا تتعدى 1mW وهي آمنة ومصدر الأمان هنا حساسية العين بالإغماض اللاإرادي عند تعرضها لهذه الأشعة مباشرة أي بعد ربع ثانية.
- التصنيف الثالث Class IIIA طاقة الليزر متوسطة وتبلغ 1 - 5mW وخطورته على العين إذا دخل الشعاع المباشر في العين. ومعظم الأقام المؤشرة وليزرات ألعاب الأطفال تقع في هذا التصنيف.

- التصنيف الثالث Class IIIB طاقة هذا الليزر أكثر من المتوسط.
- التصنيف الرابع Class IV وهي انواع الليزر مرئية وغير مرئية (سواء تحت حمراء أو فوق بنفسجية) ذات الطاقة العالية وتصل إلى 500mW للشعاع المتصل بينما لليزر النبضات فتقدر طاقته بـ $10^2 J/cm$ ويشكل خطورة على العين وعلى الجلد واستخدام هذا الليزر يتطلب العديد من التجهيزات وإجراءات الوقاية.
- التصنيف الخامس Class V وهي ليزرات القدرة العالية وتبعث أشعة مرئية وغير مرئية وهنا يجب الحذر من انعكاس الأشعة ولو من أجسام خشنة أو معتمة وهذا النوع قد يؤدي إلى حدوث حريق في الممتلكات .

تأثيرات الليزر

التأثير الحراري The thermal effect

يعتبر التأثير الحراري من أهم التأثيرات بالنسبة لليزر. ينتج هذا التأثير عن امتصاص النسيج للطاقة التي يحتوي عليها شعاع الليزر، وتبعاً لذلك ينشأ ثلاث درجات من التأثير هي: التخثر، القطع، والتبخير .يستخدم تأثير التخثر إما في إتلاف (تخريب) الظواهر الورمية الصغيرة، وإما في الارقاء (وقف النزف). يستخدم تأثير التبخير في إتلاف (تخريب) أورام أكبر ما هو عليه في حالة تأثير التخثر .فإذا كانت المنطقة المُتبخرة صغيرة جداً 1(0.1−mm) نحصل على ما يسمى فعل القطع مع ارقاء ممتاز للحواف. يمكننا اليوم إحصاء عدد كبير من تطبيقات الليزر الحرارية الطبية نذكر منها ما يلي:

- ☒ لحم الشبكية: يسهم تأثير التخثر الضوئي باستخدام ليزر الأرجون في: الوقاية من انفصال الشبكية، ومعالجة بعض أمراض الشبكية السكرية.
- ☒ في معالجة الحنجرة وآفات الحبال الصوتية الحميدة بشكل خاص، وفي جراحة الأذن الداخلية وفي الأنف. كما تسُتخدم في معالجة الأمراض النسائية وذلك بإتلاف آفات عنق الرحم الإلتهابية التي تؤدي إلى ظهور سرطان لاحق، وكذلك في علاج نوع خاص من العقم (العقم البوقي).
- ☒ في معالجة بعض آفات الأنبوب الهضمي النزفية وذلك باستخدام مخثرات فوتوليزرية، كما يمكن إتلاف بعض السليات في المستقيم أو القولون ووقايتها من السرطان. كما يستعمل في حالات استئصال بعض مراحل سرطان المعدة والأورام المبكرة في القولون ويستعمل أيضاً كخط عاجي لإزالة الانسداد نتيجة للأورام المتقدمة في المريء والقولون وذلك عن طريق استعمال مناظير الجهاز الخطي, كما يستعمل في استئصال قرح الجلد والبروستات وبعض أورام الأوعية الدموية لأنه لا يصلح في ذلك الجراحة التقليدية, بالإضافة إلى توسيع الشرايين في حال انسدادها.
- ☒ في الجراحة التجميلية وجراحة الحروق والوشم وطب الأسنان. في مجال طب الأسنان لقد أجريت أبحاث وتجارب عديدة للوقاية من نخور الأسنان، وكان هدف هذه المعالجة زيادة مقاومة ميناء الأسنان في مناطق شديدة الخطورة وذلك عن طريق تغطية السن بطبقة شفافة رقيقة باستخدام نبضة ليزرية قصيرة مما يؤدي إلى تصلب الجزء السطحي من الميناء دون ظهور صدوع، يمكن أن تشكل مركزاً إنتانياً يتسبب في النخر. تعالج النخور حالياً بالليزر الذي يعقم البؤرة الالتهابية مما يوقف النخر فوراً ويعالجه في مدة قصيرة.

التأثير الكهركيميائي The electrochemical effect

يستخدم التأثير الكهركيميائي في تخريب بعض الأحماض الأمينية (تيروزين، تريبتوفان، وفينيانّين) وكذلك السيتوكروم C. كما يفُيد في تشكل الفيتامين D وآلية الإبصار. كما يمكن بواسطة القيام بتشخيص طبوغرافي دقيق، وذلك عن طريق وسم الخلايا بملون يتفلور لدى إضاءته بشكل دائم. وإذا أمكن بالإضافة لذلك تحريض تفاعات كهركيميائية في الملون نحصل بنتيجة ذلك على تأثير عاجي في الوقت نفسه، كما هو الحال في معالجة الصُداف وبعض الأورام السرطانية. ومن الممكن أيضاً استخدام هذا التأثير في معالجة بعض الحصيات الكلوية.

التأثير الكهرميكانيكي The electro-mechanical effect:

يتميز بهذاالتأثير الليزر ذو الاستطاعة العالية، وذلك بتوليده لموجات صدم تتسبب بانتشارها في تأثيرات متلفة (مخربة)، فإذا أمكن السيطرة على مثل هذا النوع من الليزرات يصبح مفيداً في طب العيون وذلك في معالجة بعض الآفات.

تطبيقات الليزر الطبية

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

وفي الجراحة يتم استخدام شعاع الليزر كمشرط في العمليات الجراحية حيث يتميز بدقته العالية إلى جانب عدم حدوث أي نزيف في مكان الجرح بسبب قيامه بلحام النهايات الطرفية للشعيرات الدموية ويستخدم كذلك بإزالة الأورام بمختلف أنواعها من خال تبخيرها بدلا من استئصالها بالمشرط مما يقلل من الضرر على الأنسجة السليمة المحيطة بها وخاصة في الأعضاء الحساسة كالدماغ والكبد والعيون. ومن أنواع الليزر المستخدمة في هذا المجال ليزر ثاني أكسيد الكربون والأرغون. وفي طب الأسنان يستخدم الليزر لحفر الأسنان بشكل بالغ الدقة وكذلك لتنظيف أسطحها. وفي الأمراض الجلدية يستخدم الليزر لإزالة البثور وحب الشباب والتجاعيد والوحمات والنمش وآثار الحروق والوشم والشعر الزائد وفي معالجة بعض الأمراض الجلدية كالبهاق والصدفية. ويستخدم الليزر في تفتيت حصى الكلى والمرارة وإزالة الأورام في داخل أعضاء جسم الإنسان وذلك من خال نقل شعاعه بواسطة ألياف زجاجية دقيقة يمكن إدخالها بكل سهولة في التجويفات والمسالك والأوعية أو من خال ثقوب صغيرة يتم فتحها في جلد الجسم.

تطبيقات الليزر في طب الأسنان

غدا شعاع الليزر في السنوات الأخيرة حجر الأساس في عالم طب الأسنان وجراحتها ،حفر السن، إزالة العصب الملتهب، تنظيف وتهيئة قنوات العصب، كما يمكن تنظيف الأسنان واللثة وإعادة بياض الأسنان، وإزالة رائحة الفم الكريهة الناتجة عن أمراض اللثة. ويزيل البقع الناشئة عن التسوس. ويوقف انتشاره في أجزاء السن السليمة. إذ يقوم بتعقيمها من الجراثيم والبكتيريا ويساعده في ذلك اللون القاتم لموضع التسوس. فالجزء القاتم من السن أشد امتصاصاً لطاقة الليزر من باقي أجزاء السن السليمة البيضاء. والتي تمتاز بإنعكاسية شديدة له. إزالة الأورام الحميدة وبدون الحاجة في كثير في الحالات للمخدر الموضعي أو خياطة الجرح.

إطالـة التـاج Crown Lengthening: وذلـك بإزالـة أجـزاء بسـيطة مـن اللثـة ليتمكـن طبيـب الأسـنان مـن إعـداد التركيبـة المناسـبة للأسـنان.
لإزالـة بعـض الأورام الصلبـة أو الطريـة Epulis Soft Tissue الموجـودة علـى الفكيـن أو أحدهمـا للمسـاعدة فـي اسـتخدام أطقـم للأسـنان، وكذلـك إزالـة الأنسـجة المتورمـة بسـبب بعـض الأدويـة.
لتخفيف الألم والالتهابات التي تصيب المفصل الصدغي.

ابتسـامة اللثـة gummy Smile: يسـتخدم الليـزر أيضـاً لإعـادة تشـكيل أنسـجة اللثـة وعـرض أجـزاء أكبـر مـن الأسـنان السـليمة وتحسـين الشـكل لابتسـامة عنـد الأفـراد الذيـن يتصفـون بظهـور اللثـة عنـد تبسـمهم.إزالة الأنسجة المغطية جزئياً للأرحاء الثالثية البازغة جزئياً.
عـلاج الخراجـات باللثـة وعـاج قنـوات جـذور الأسـنان الملتهبـة، وتقليـل أعـداد البكتريـا الموجـودة فـي جيـب اللثة.
علاج مشاكل النطق التي بسبب (Tongue tie) والتي تمنع الحركة الطبيعية للسان.
زيـادة مقاومـة أنسـجة السـن، سـواء طبقـة المينـا او طبقـة العـاج، لاحتمـال حـدوث التسـوس، وذلـك نتيجـة تأثيـر اشـعة الليـزر والطاقـة الاشـعاعية المصاحبـة لهـا فـي صهـر والتحـام بعـض أجـزاء جسـم السـن. وفـي الوقـت نفسـه فـإن حمايـة انسـجة السـن عـن طريـق اضافـة الفلـور، تعتبـر مـن اكثـر الوسـائل اسـتخداما كوقايـة ضـد التسـوس، لذلـك اعتبـر دمـج الطريقتيـن باسـتخدام اشـعة الليـزر ملحقـة بإضافـة محلـول الفلوريـد، قـد يكـون وسـيلة جديـدة ومؤثـرة لحمايـة طبقـات الاسـنان مـن التسـوس. وهـذا حقـق الـى حـدّ مـا أهـم اهـداف العـاج المحافـظ لاسـنان، وهـو الحفـاظ علـى جسـم السـن مـن خـال العـاج والوقايـة مـن حـدوث التسـوس.

فوائد استخدامات الليزر في الطب

يمكن باختصار عرض تلك الفوائد كما يلي:

- لا يوجد أي اتصال بين الأدوات المستخدمة والهدف (مكان الجراحة).
- قلة النزف الذي يصحب عمليات جراحة اللثة.
- رفع عتبة الألم (تقليل الألم) أثناء العمل الجراحي وبعده.
- عدم الحاجة إلى التعقيم (تعقيم مثالي).
- تقليـل الحاجـة لاسـتخدام سـنابل الحفـر والتحذيـر الموضعـي ممـا يجعـل المريـض يحـس براحـة أكثـر ويقلـل مـن الخـوف مـن عيـادات الأسـنان.
- في كثير من الأحيان يعتبر عاجاً وتدخاً أكثر دقة More Precise.
- تقليل العدوى البكتيرية حيث High Energy Beam يعقم المنطقة.
- تدمير الأنسجة المحيطة يقل.
- وضوح الرؤية عند أداء العمليةّ.
- سهولة العمل تحت المجهر.
- إمكانية إحداث شق موضعي محدد (دقة القطع).

- إرقاء ممتاز للأوعية الصغيرة.
- امكانيةّ معالجة أنسجة دون أخرى (باختيار طول موجي معينّ).
- اجراء عمليات من غير فتح جراحي (باستخدام الألياف البصريّة) وذلك لمعالجة أورام المثانة والرئة والكلية.
- في جراحات الأمراض الخبيثة مثل السرطان والقروح وجراحات الأوعية الدموية، ويستعمل أيضاً في توسيع الشرايين وعاج قصور الدورة الدموية في الأطراف وفي عاجات الحبل الشوكي وجراحات أخرى كالمعدة والكبد.
- اندمال جيد للجروح.
- فترة المعالجة قصيرة ويغادر بعدها المريض المشفى.
- علاج الآفات الذروية، معالجة حساسية الأعناق، القاع، والتواج.
- الدقة في العاج وذلك من خال التحكم في العمليةّ عن طريق الحاسب الآلي.
- يقلل من الحاجة للتخدير الموضعي.
- يقلل من قلق المريض بسبب انخفاض صوت الجهاز مقارنة بجهاز حفر الأسنان الاعتيادي. لذا فان المريض يكون أقل توتراً.
- اثناء عملية حفر الأسنان، يقوم الليزر بالمحافظة على الأجزاء السليمة من السن المراد حفره.

مساوئ استخدام الليزر في طب الأسنان

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

تطبيقات الليزر في المجالات الأخري

توجد حالياً أنواع وأحجام مختلفة من الليزرات ، منها الكبيرة لدرجة أنها تملأ ملعب كرة قدم ، وأخرى صغيرة قد تصل إلى حجم رأس الدبوس ، وكما أسلفنا فإن ضوءها يغطي مناطق كثيرة من المنطقة المرئية إلى فوق البنفسجية وتحت الحمراء ، والمرئية منها بألوان متعددة تشمل كل ألوان قوس قزح تقريباً .

إن بعض هذه الليزرات يقدر نبضها بواحد من البليون من الثانية ، وأخرى تبقى مستمرة لسنوات تماثل أشعة الموت التي تخيلها الروائي ويلز عام 1898م ، وبعض الليزرات يمكن أن تركز الضوء في نقطة صغيرة كافية لتبخير الحديد أو أية مادة أرضية أخرى . وتعتبر الطاقة المركزة فيها أسرع وأشد مليون مرة من الإنفجار النووي . والأخرى لا تبعث من الطاقة ما يكفي لسلق بيضة .

إن الخدمات التي أضافتها أشعة الليزر عبر الأيام والأشهر قد أوضحت بأن أكتشاف هذا الشعاع ليس بالأمر البسيط ، لأنه في الواقع يبشر بمستقبل باهر ، ممتع وغريب ، ونذكر منها ما يلي :-

- دراسة تأثير الفيروسات (الجراثيم) والإنزيمات وجزئيات الحموض النووية الريزوبية اللااكسيجنية DNA ، والمبادئ الأساسية للمعلومات عن الجينات التي تحمل السمات والوراثية .
- الطاقة غير المحدودة للمساعدة في عملية اندماج نظائر الهيدروجين في تقليد للوقود النووي في الشمس .
- علاج الأورام السرطانية والقضاء عليها ، وإعادة فتح الشرايين والأوردة المغلقة في الجسم .
- القدرة على تعقب جزئية واحدة من بين آلاف البلايين من الجزئيات والتقاط حركتها السريعة أو تدجينها لعمل المحفزات والعقاقير .

- بناء الحسابات الآلية الصغيرة الحجم ، ذات كفاءة التخزين الكبيرة والسريعة من الدوائر الضوئية أو تدجينها لعمل المحفزات والعقاقير .
- القدرة على رفع الكفاءات الحربية في الفضاء الكوني ، عرقلة وتوفيت أي هجوم نووي على الأرض .

لا تستهين بالليزر . فإنه يسخر ويطيع الضوء ، الشكل الأساسي للطاقة . فقط طيعنا وسخرنا الطاقة في أشكالها الأخرى وحصلنا على الثورة الصناعية في العالم . إن معرفة خفايا وكوامن الضوء والسيطرة عليها تعطي تقنية عميقة وقادرة ، وتفتح علوماً طالما خفيت على الإنسان ، ومن التطبيقات الصناعية ندرج الأمثلة التالية :-

1- الصناعات الكهربائية :-

البقعة الفائقة الشدة في حرارتها والمتكونة من تركيز طاقة الليزر تستعمل في صناعة الدوائر والأجهزة الإلكترونية الدقيقة . وكمثال على ذلك من الممكن لحام (إذابة وصهر) نهايتي سلكين منفصلين صغيرين بعد وضعهما داخل أنبوب زجاجي مغلق وبدون الحادة إلى إخراجهما من الأنبوب الزجاج وبدون التأثير عليه ، بينما يمتص من قبل نهايتي السلكين ويصهرهما مع بعضهما . ربما نذكر القارئ الكريم بملايين المصابيح واللمبات الكهربائية والإلكترونية والتي يمكن إعادة تصنيعها بهذه الطريقة.

2- عصر الفضاء :

إن تطور الليزر كان ولا يزال سريعاً ، لهذا الدخل في تطبيقات متنوعة وفي فترة زمنية وجيزة ، حيث إن الاستفادة من اتجاهيته وقدرته وضعه في موضع اهتمام في الاتصالات الفضائية لدراسة الكواكب والنجوم في هذا الكون الفسيح ، ولنا وقفة عاجلة هنا ، حيث ذكر اينشتاين في سنة 1905م في دراسته عن النسبية والكون الأحدب ،كيف أنه إذا أريد لنا أكتشاف المجرات الكونية والنجوم يلزمنا مركبة تنتقل بسرعة الضوء ووفقاً لنفس نظرياته المؤكدة عملياً اليوم بأن أي جسم يملك كتلة ويتحرك بسرعة الضوء تزداد كتلته إلى ما لا نهاية . . . هذا التناقض الواقعي وضع علماء الفضاء أمام عقدتين مستحيلتين في الوصول إلى الفضاء دراسته **(أولهما)** لا تيسر حالياً أية إمكانية في الوصول إلى سرعة تقدر بسرعة الضوء حتى لو استخدمت كل ما يوجد في الأرض من طاقة نووية اللهم إلا إذا أراد الله لنا أن نكتشف في الكواكب القريبة من مجموعتنا الشمسية مواد جديدة غير معروفة لنا . وكل ما اخترعه الإنسان حتى اليوم من صواريخ وعابرات قارات .... الخ ، لا تزيد سرعتها عن ثلث سرعة الضوء ، لذا اعتبرت سرعة الضوء مطلقة .

(ثانيهما) . . . وحتى لو فرض بالحصول على جسم يتحرك بسرعة الضوء فإن كتلته حسب قوانين اينشتاين المثبتة عملياً تزداد إلى ما لا نهاية (أثبتت عملياً باستخدام المعجلات في مسارعة الجسيمات الذرية مثل الإلكترونات والبروتونات ، ووجد أن كتلتها تزداد بزيادة سرعتها ، خصوصاً عند الأقتراب من سرعة الضوء) هذه الحقيقة تعني أن الانفجار بالنسبة للمركبات الفضائية والأجسام المتألفة من سبائك مختلفة ، لذا يبدو من المستحيل الوصول إلى المجرات والكواكب الأخرى والذي من المعروف أن مسافاتها تقاس بالسنين الضوئية أي المسافة التي يتحركها الضوء في سنة كاملة .

3- التفاعلات النووية

تمثل التفاعلات النووية ، (عدا استخداماتها الحربية في انتاج القنابل النووية) احدى مصادر الطاقة المهمة في التزود بالطاقة الحرارية والطاقة الكهربائية ، وكما هو معروف يستخدم في هذه المفاعلات عناصر أصبحت نادرة وباهظة الثمن مثل اليورانيوم وفي طريقها (مثلها مثل أي عنصر آخر) إلى النضوب ، إلا أن مركبات اليورانيوم مثل فلوريد اليورانيوم موجودة ويتطلب لاستخدامها فصل اليورانيوم عن الفلوريد ، والطرق المعروفة حالياً باهظة الثمن والتكاليف .

والليزر بقدرته الهائلة والسيطرة على اختيار تردده أو طوله الموجي يعطي فتحاً جديداً في مجال العلوم النووية لفصل النظائر المشعة ، والأبحاث في أكثر من مختبر في العالم سارية بكل جدية في فصل الفلوريد عن اليورانيوم ، وكذلك في التفاعلات الاندماجية النووية الذرية Fusion ، وفي مجالات أخرى لفا تقل أهمية ، ولشدة قدرة الليزر يستخدم اليوم في البدء بالتفاعلات النووية المتسلسلة ، وبذلك تقصف النوويات من عدة اتجاهات بعدد من أجهزة الليزر الفائقة القدرة ، ويتم اندماج ذرتان خفيفتان مع بعضهما لتكوين ذرة واحدة ثقيلة . ولكن كتلتها لا تساوي المجموع الجبري لكتلتي

الذرتين المندمجتين - حيث يبقى باقي في الكتلة يتحول إلى طاقة ذرية أن تؤدي إلى انفجار كبير . . أو تحويلها إلى الأنواع الأخرى من الطاقة للاستعمالات السلمية مثل الطاقة الكهربائية أو الطاقة الحرارية .

4 - المدى والتلوث

استخدمت إلى حد قريب أجهزة الرادار Radar ، كوسيلة للكشف عن الأجسام القريبة وتعيين مواقعها ، وهذا الجهاز من الحرب العالمية الثانية وحتى اليوم وضع في تطبيقات سواء كانت عسكرية أو صناعية عديدة . واليوم ينظر إلى أشعة الليزر كبديل واسع وقوع ، والجهاز المستخدم يعرف باسم الايدر Lidar حيث يمكن بأجهزة الكايدولايت تصوير المعمورة من الجو وإعطاء أدق التفاصيل على خطوط بيانية .

أمكن قياس المسافة بين الأرض والقمر بدقة عالية باستخدام العاكس التراجعي الذيو وضع على سطح القمر ، ووجد أن خطأ القياس كان قليلاً جداً بالمقارنة بالطرق التقليدية المتبعة سابقاً ، علماً بأن ضوء الليزر يأخذ زمناً قدره ثانيتين ونصف في ذهابه وإيابه من الأرض إلى القمر - وقد استخدم الليزر النبضي - ويعرف بصدى النبضات الليزرية .

كما استخدم الصدى النبضي لليزر في دراسة وقياس التلوث الجوي في المدن الصناعية التي تكثر بها المداخن المختلفة من بقايا المحروقات النفطية أو الفحم الحجري . وكذلك يمكن مساعدة الطيارين في الكشف عن الأحوال الجوية إذا كانت ملائمة وآمنة للإقلاع والهبوط في المطارات .

من الليزرات الشائعة الاستعمال لهذا الغرض هو ليزر خليط الهليوم والنيون وذلك لبساطة تصنيعه وصغر حجمة خصوصاً للقدرات الصغيرة مثل 0.5 ملي واط .

5- التطابق الهندسي :-

في البحث عن المراكز الهندسية وفي التأكد بدقة من توازي وتعامد المستويات يعطي الليزر ، إما بالنظر المباشر أو بالقراءة الرقمية ، الدقة في التطابقات الهندسية حيث يحل وبكفاءة محل جهاز الفيديولايت الهندسي المعروفي والمستخدم في حفر أنفاق السيارات والقاطرات تحت أو فوق سطح الأرض

6- نسخ المعلومات

يستطيع الليزر التعرف على الرموز المختلفة سواء كانت كتابات معينة أو رموز تجارية أو مصطلحات مخفية ، حيث إن شعاعه الدقيق يمكن أن يتحرك حول الرموز ، ويمكن كشف الحزم المنعكسة منها أو النافذة بأجهزة خاصة تعطي صورة دقيقة عن ماهية هذه المعلومات ، وإذا ربطت هذه الأجهزة بالكمبيوتر استطاع آلياً برمجة عمله لاعطاء الكشف الواضح أو نسخ ونقل المعلومات .

ومن الأعمال الأخرى في التسجيل بشعاع الليزر هي : نقل المعلومات من أجهزة المراصد الفلكية ، ونقل وصف خطوط المطابع الورقية ، والتسجيل التلفزيوني وقراءة الميكروفلم والكتابة منه على مواد مختلفة إما مباشرة أو باستخدام محولات كهروستاتيكية والعمل جاري لإيجاد مواد جديدة حساسة لضوء ليزر الهليوم - نيون . يعطي ضوء الليزر فوائد مهمة في عمليات التسجيل والنسخ منها

أ) السرعة العالية جداً والتي لا وجود لجهاز ميكانيكي أو الكتروني حالي يضاهيهاب) التحليل النقي والذي لا يتحوي على ذبذبات تداخلية أو ضوضاء صوتية .

ج) السيطرة الكفوءة على استعماله عند ربطه بأجهزة الكمبيوتر وأجهزة التنظيم الصوتية والضوئية .

7- القياسات :

تستخدم صفة أو أكثر من صفات الليزر الرئيسية في القياس بهذه الأشعة مثل آحادية الطول الموجي ، والترابط الموجي ، والشدة العالية التركيز ، والتفريق القليل لحزمته .

والليزر حساس في القياس والتعرف على العيوب السطحية في المواد مثل الخدوش والكسور، والحُفر وقياس سماكة وأقطار الأجزاء المختلفة ، وخصوصاً في قطع الغيار التي كثيراً ما يحصل الخطأ في التشخيص العادي لها .

8- علم الطيف

ويستخدم ف علم الطيف في دراسة المواد المختلفة كماً ونوعاً ، وكان سابقاً يتم دراسة المواد باستخدام الموجات الكهرومغيطية في الترددات الراديووية إلى منطقة الميكروويف ، أي باستخدام ترددات تتراوح بين 30 كيلة هيرتز و وما زاد عن ذلك تستخدم مصادر متعددة غير دقيقة .

9- الصناعات الإلكترونية الدقيقة :

يدخل الليزر في صناعة الإلكترونات Resistors المختلفة من تقليم وتقصيص دقيق لابعادها ، إما يدوياً أو آلياً وبذلك يعطي حجم وقيمة كهربائية للمقاومة دقيقة جداً ، بالإضافة إلى الحفر في المواد المختلفة لتكوين المتسعات المتناهية الصغر ، وكذلك يدخل في لحم ووضع العديد من الدوائر الإلكترونية الدقيقة والصغيرة الحجم المستخدمة في الأجهزة الإلكترونية المختلفة .

10- السباكــة :

الشدة الحرارية لليزر وخصوصاً بعد تركيزه ، وصغر مقطعه وسهولة السيطرة عليه يجعله مهماً في عالم السباكة ومعاملة المواد ، حيث أنه قادر على إذابة وتبخير المعادن ، من ثقبها إلى حفرها ، ومن قطعها إلى لحمها مع بعضها ، كلها يمكن أن تتم بهذه الأشعة بمجهود قليل وبدقة عالية ، كونه لا يحتاج إلى ضغط ميكانيكي في عمله .

وقد أثبت باستخدام الليزر النبضي بطاقة 20 جول في النبضة الواحدة ،إمكانية تبخير المادة بدلاً من إذابتها ، و 5 جول من النبضات المستمرة قاردة على الثقب واستعماله كمثقاب .

11- المواصفات والمقاييس :

في هذا المجال يدخل الليزر في أعمال كثيرة منها : آلة تصوير (كاميرا) سينمائية ذات سرعة عالية حوالي 10.000 صورة في الثانية لمراقبة التفاصيل الزمنية والمكانية للظواهر الحرجة مثل الانفجارات المختلفة ، ومراقبة أبخرة الاحتراق المتصاعدة من المحركات النفاثة . . . الخ .

12- الاتصالات اللاسلكية :

أجهزة الاتصالات الكهرومغنيطية العصرية معتمدة كلياً على الترددات الراديووية والموجات الدقيقة (الميكروويف) ، أما إهمال الموجات الضوئية في الاتصالات فهو لعدم توفر المصادر الضوئية بالإضافة إلى الصعاب الكثيرة الناتجة عن تفرق وتشتت الموجات الضوئية والامتصاص الجوي لها ... إلا أنه بتطور الليزر أوجد المصدر الضوئي المثالي للاتصالات اللاسلكية المستقبلية .

13- ذاكرة الحاسبات الآلية :

تستخدم حالياً طريقة التخزين المغنيطي للمعلومات في ذاكرة العقول الإلكترونية Computers ، وذلك بالإستفادة من المجال المغنيطي في التأثير على تركيب وتوزيع المواد في الشريط أو القرص الحافظ للمعلومات ، وفي العادة نحصل على شرائط طويلة في أقراص كبيرة .

سجل هذا العصر التطور في التخزين الضوئي للمعلومات باستخدام الليزر وقد أنتج قرص عرضه (5سنتيمتر) له سعة تخزين تصل إلى 10ملين بايتز (بلغة الكمبيوتر) أي أن 5000 صفحة من كتاب يمكن أن تخزن في جهة واحدة من القرص . وهذه الذاكرة تخزن المعلومات بمعدل 250 كيلو بايتز في الثانية وتعطي المعلومات بنفس المعدل .

وتصل دقة بحث الذاكرة في 0.1 من المليون في المتر ، ودقة التركيز تقدر بواحد من المليون في المتر .

14- الزراعــة :

عند تعريض بذور الحنطة لأشعة الليزر أحدثت تشوهات جنينية فيها والتي أدت بدورها إلى زيادة الإنتاج بمقدار 80% . بالإضافة إلى ذلك إمكانية التعقيم وقتل البكتيريا والجراثيم الضارة بأشعة الليزر يجعلها في مستوى تفاؤلات كثيرة لمستقبلها في هذا المجال الحيوي .

15- علم الأرصاد :

كون نفاذ وامتصاص أشعة الليزر معتمداً على الطول الموجي المنبعث (أي نوع الليزر) ، فإذا أخذنا شعاع ليزر غاز ثاني أكسيد الكربون ذا طول موجي 10.6 ميكرومتر ، فإن نفاذ وامتصاص حزمة هذا النوع تعتمد بقوة على حجم وتوزيع القطرات المائية والبلورات الثلجية في الجو ، لذا فإن هذا النوع من الليزر يمكن الإستفادة من خدماته بكل سهولة لدراسة التركيب الميكروسكوبي الدقيق والتركيب الخارجي لتكون الغيوم فيما يخص علم الأرصاد .

16-علم الفلك :

من المعروف أن التشتت أو التفريق الصغير جداً لحزمة الليزر يطور ويحسن القياسات للمسافات بين النجوم وحركتها ، خصوصاً كون أحد أنواع الليزرات يملك طول موجي معين له القدرة على النفاذ من الجو إلى الفضاء الفسيح وبأقل أمتصاص من مكونات الجو الأرضي ولهذه الصفة أهمية في الاتصالات الفضائية .

17- علم طبقات الأرض :

قدرة الليزر على اختراق الصخور لأعماق طويلة عن طريق تبخير مكوناتها ، هذا البخار المتصاعد يوجه في نفس خط الحفر إلى جهاز مطياف Spectroscope ، لمعرفة مكونات الصخور من العناصر المختلفة والنسبة المئوية لتواجدها ،والميكانيكية الرئيسية في استعمال الليزر لمعاملة المواد هي العملية الثنائية في الإذابة والتبخير . تصرف الطاقة الشعاعية الساقطة على سطوح المواد بتركيز حزمة الليزر بأربع طرق :

1) جزء من الطاقة يعكس ويفقد .

2) تستعمل أكثر الطاقة المتبقية لذوبان المعادن .

3) يستخدم جزء صغير نسبياً من الطاقة لتبخير السوائل المعدنية .

4) يوصل الجزء الأصغر من الطاقة إلى المعادن غير الذائبة على شكل حرارة .

يمكن استخدام الليزر في المناجم للتعرف على مكونات الصخور من المعادن المختلفة، وكذلك من الممكن الاستفادة منه في حفر الآبار البترولية والكشف عن كميات ومعدلات وجود البترول والمواد الأخرى المصاحبه لها ، وأعماقها الأرضية ، ونوعية طبقات التربية.

18- تصنيع المواد

ليزر الياقوت ، وليزر الياج ، وليزر الزجاج ، وليزر ثاني أكسيد الكربون ، والأرجون . فطريقة الحث في الليزرات الثلاثة الأولى تتم بالضخ الضوئي ، أي تستخدم مصادر ضوئية متوهجة ذات قدرات عالية في إثارة موادها وتحفيزها على بعث شعاع الليزر . أما الليزرين الآخرين فطريقة الحث فيهما بالضخ الكهربائي أي تستخدم أقطاب كهربائية تحت جهد عالي في تأين الغازات المستخدمة ، وبالتالي إثارة ذراتها وتحفيزها على إشعاع الليزر أو ما يعرف بالحصول على التعداد المعكوس ، المبدأ الأساسي في الحصول على شعاع الليزر من المواد .

1) أجهزة الليزر مع معاملة المواد :

يُستخدم الليزر في عمليات تصنيعية عديدة أبدى فيها كفاءة عالية في رفع الإنتاج وتقليل التكلفة من جراء السرعة العالية في الإنجاز ، وهبوط معدلات الضياع والفقدان ومن الأجهزة والوحدات الشائعة الاستعمال حالياً ، نذكر منها ما يلي :

أ) وحدة القطع والحفر :

تستعمل هذه الوحدة لقطع وحفر المواد التالية : المعادن بأنواعها ، والمواد البلاستيكية، والخزف أو السيراميك ، والأنسجة الكيميائية ، والأقمشة المختلفة ، وحتى المواد الزجاجية عندما يطلى سطحها بطبقات من المواد الماصة للإشعاع الضوئي مثل الكربون .

ب) وحدة التشذيب :

في عمل الدوائر الإلكترونية المتناهية في الصغر يجرى ترسيب المواد الموصلة والعازلة على رقائق من المواد نصف الموصلة للتيار الكهربائي مثل السيليكون والعقيق والخزف ومن ثم تسلخ الزوائد من الرقائق الدقيقة بين الدوائر الإلكترونية وتفصل عن بعضها لإعطاء الصيغة النهائية للدائرة الإلكترونية .

19- الليزر فى التصوير الشبحى الهولوجراف

أولاً : مبادئه وأهميته

استخدام أشعة الليزر في التصوير الشبحي المتكامل المجسم بأبعاده الثلاثة :

تعتبر القدرة على الرؤية المجسمة إحدى الخواص الفريدة التي تملكها العين عند الإنسان ، والليزر فتح المجال للقدرة على التصوير المجسم ، لما يمتلكه من صفات غير عادية في خصائص شعاعه ، أهمها في هذا المجال هي شدته وترابط موجاته المنبعثة في الزمان والمكان أو ما يعرف بالترابط الموجي لإشعاعاته . وقد عرف هذا العالم الجديد باسم الهلولوجراف وهذا تعبير مركب من كلمتين يونانيتين الأصل هي هولو ... وجراف ومعناهما التسجيل المتكامل ، وفي الواقع ليس تصويراً بمعنى التصوير التقليدي (الفوتوغرافي) بل إظهاراً وتسجيلاً متكاملاً للجسم بحيث لا نفرقه عن أصله ولا نميزه عن حقيقته إلا إذا قيل لك .

عندما ترى الهولوجرام لجسم ما فإنك تجد التفاصيل الدقيقة ، وتستطيع أن تتفحصه من كل الجهات وباختلاف الزوايا كأنك ترى شبحاً مجسماً في الفضاء وإذا هممت بتلمسه انبرى لك فضاء فارغاً وتصعقك الحقيقة لأول وهلة بأنها خيالاً مجرداً ، لا حياة فيه ، ولا تملك إلا أن تتساءل كيف حيث هذا ؟

أما في الهولوجراف فإنك ترى كل الجسم وعندك متسع من الوقت لفحصه ودراسته من كل الجوانب والاتجاهات لترى حقائق أخرى قد غابت عنك في واقعها . يسحرك هذا العالم ويدخلك عالماً آخراً تمتزج فيه الصورة والخيال .
لا حاجة في الهولوجراف لاستخدام العدسات ، بل نحتاج إلى شعاع الليزر في أبسط أشكاله ، وصفيحة شفافة وحساسة لضوء الليزر مع مرآة عاكسة . يقسم شعاع الليزر إلى قسمين : القسم الأول يسمى بشعاع الجسم حيث يتجه إلى الجسم نفسه وينعكس منه حاملاً في طيات أمواجه التفاصيل الكاملة له على صيغة التغييرات الحادثة في أطوار وسعات الموجات والجزء الآخر من الشعاع والمسمى بالشعاع الأصل يعكس بمرآة ليلتقي مع الجزء الأول على الصفيحة الحساسة والتي تسمى بالهولوجرام ومن تداخل هاتين الحزمتين . تتكون على الصفيحة الحساسة دوائر مركزية وخطوط متشعبة لا تمت بصلة للجسم المصور ولكننا إذا أمعنا النظر في داخلها فسنرى عالماً آخر تجد فيه الجسم المصور يحتل مكاناً بارزاً وإن ثُبتت الصفيحة الحساسة ووجهت عليها الإضاءة الملائمة برز الجسم بأبعاده الثلاثة وبشجيته المذهلة مرتكزاً في الفضاء الفارغ .
ولو أردت أن تكون نفس هذه الصورة بالطرق الفوتوغرافية العادية لوجدت أنك بحاجة لأخذ ملايين الصور وبزوايا مختلفة لتعطي كامل التفاصيل الدقيقة ، وطبعاً من المجال جمعها سوياً .
والأغرب من ذلك لو أنك حطمت الصفيحة الحساسة (الهولوجرام) إلى قطع صغيرة متناثرة سوف تجد في كل قطعة منها الصورة الشبحية نفسها كأن شيئاً لم يتغير فيها ولكنك لو دققت النظر سوف تجد بأن إحدى الزوايا مفقودة .

ثانياً : تطبيقات الهولوجراف

يمكن إيجاز أهم تطبيقات الهولوجراف في النقاط التالية : -
إنه استقطب خيال الكثير من المهندسين والباحثين في التطبيقات الصناعية ، المدنية منها والعسكرية فبوساطة ، الهولوجراف تخزن المعلومات في الكمبيوتر وبذلك ترتفع كفاءة وسعة وسرعة خزن المعلومات في ذاكرة العقول الإلكترونية

- في المجاهر (الميكروسكوبات) يمكن استطلاع ورؤية الخلايا الحية وبأبعادها المجسمة الثلاثة ، وبذلك تعطي العلماء والباحثين ولأول مرة القدرة على رؤية الخلايا والجسيمات الدقيقة والتي لا ترى بالعين المجردة ، بوضعها الطبيعي المجسم .
- تصوير الأجزاء المعدنية والميكانيكية في السبائك والمواد المطاطية المختلفة ، وتدرس بذلك عيوب التصنيع وجودة الآلات ، بالإضافة إلى مراقبة التغيرات الحادثة نتيجة الاستعمال والاستهلاك وهي تعطي مؤشرات الخطورة قبل وقوعها .
- لمنع السرقات للتحف والآثار الثمينة أو المجوهرات النادرة والأعمال النفيسة فإنه تصور بالهولوجراف ، وعرض صورها المجسمة بدلاً منها وهذه الصور لا تفرق عن أصولها في كل دقيقة من دقائق تكوينها ، وهذه ، كما لا يخفى ، معالجة رائعة ومذهلة لسرقات التحف النفيسة .
- يستفاد من طريقة الهولوجراف في الطرق الدولية داخل المدن في إظهار الإرشادات المختلفة لسائقي العربات على شكل كلمات مجسمة للتدليل عن إغلاق لبعض الممرات ، أو استخدام مسارات مختلفة منعاً لوقوع الحوادث ، ويستعاض عن النشرات الراديوية بذلك .

20- الاستخدامات العسكرية:

بالنسبة لهم ستكون مثل هذه التقنية ذات أهمية كبيرة، فهي تُنافس الخدمات في زيادة الضغط على النطاق الترددي من الطيف الكهرومغناطيسي المزدحم، من أجل استيعاب المنصات غير المأهولة وأجهزة الاستشعار والأجهزة الأخرى التي تقدم مقاطع فيديو في الوقت الفعلي وغيرها من مجموعات البيانات الكبيرة، كما أن وكالة مشاريع الأبحاث المتقدمة للدفاع تبحث في تقليل الحجم والوزن والطاقة لمتطلبات الليزر التي يمكن استخدامها في الأسلحة وكذلك في الاتصالات ذات النطاق الترددي العالي. ويمكنك أن تتخيل مدى أهمية الليزر في الاتصالات ونقل البيانات عندما تعلم أن فيسبوك يجرب حاليًا استخدام الليزر، بدلًا من الموجات الراديوية، لإجراء اتصالات أفضل للأقمار الصناعية الفضائية، مما قد يؤدي إلى ارتفاع معدلات البيانات والوصول إلى الإنترنت أسرع في كثير في البلدان النامية.

21- استخدامات الليزر في الاتصالات

شكّل الليزر حجر الأساس لجميع أنواع التكنولوجيا الرقمية في القرن الحادي والعشرين، وفي كل مرة تذهب فيها للتسوق ويمر ماسح الباركود على مُشترياتك، فأنت تستخدم الليزر لتحويل الباركود المطبوع إلى رقم يمكن أن يفهمه جهاز الكمبيوتر المتصل بالجهاز، إضافةً إلى كابلات الألياف الضوئية، إذ يُستخدم الليزر على نطاق واسع في تقنية تسمى الضوئيات، وهي تستخدم فوتونات الضوء للتواصل، وغيرها الكثير من الاستخدامات التي سنتطرق لها فيما يأتي:

الألياف الضوئية: لقد أحدث الليزر ثورة في الطريقة التي نتواصل بها وهي مسؤولة إلى حد كبير عن ظهور عصر المعلومات، وتُعد شبكة الألياف البصرية التي تُمثّل جوهر الاتصالات الهاتفية البعيدة المدى والإنترنت من أهم العوامل في هذا العصر الجديد لنقل المعلومات، تعتمد هذه الشبكات على نقل المعلومات عبر الألياف الزجاجية أو البلاستيكية على شكل نبضات ضوء الليزر، إذ تتحول نبضات الضوء في وجهتها إلى إشارات كهربائية تُعبّر عن المعلومات، وقد حلّت أنظمة الألياف الضوئية بسرعة فائقة محل شبكات الأسلاك النحاسية الموجودة مسبقًا، فقد تميزت بمرونتها وتكلفتها الأقل وكفاءتها العالية ووضوح إشارتها وقدرتها المتزايدة على نقل أضعاف حجم البيانات مقارنةً بالأسلاك النحاسية، مما جعلها خيارًا ممتازًا لصناعة الاتصالات السلكية واللاسلكية[٣]. تكنولوجيا المعلومات والاتصالات: نظرًا لأن الليزر يمكنه أن يحمل كميات كبيرة من المعلومات كنبضات، فقد وُظّف على نطاق واسع في صناعة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، وتشمل الأمثلة على المجالات التي يستخدم فيها الليزر: التخزين وحفظ البيانات: يمكن لأجهزة الليزر قراءة المعلومات المشفرة كـ "حفر" مجهرية على الأقراص المضغوطة وأقراص DVD و Blu-Rayوغيرها من وسائط التخزين وكتابتها. زيادة سرعة المعالج: يمكن أن توفر أشعة الليزر الصغيرة بديلًا عالي السرعة للترانزستورات، ويمكن استخدام الإشارات الضوئية لتوصيل الدوائر المتكاملة بسرعة الضوء، وكذلك توفير أساس لجيل جديد من الذاكرة ثلاثية الأبعاد.

الليزر ديود :(Laser Diode) ويُعد الليزر ديود من المكونات الرئيسية لأي أنظمة اتصالات ذات النطاق العريض، إذ تُستخدم كجهاز إرسال عالي السرعة في شبكات الألياف البصرية الرقمية والتناظرية، لضخ أشعة الليزر في مضخمات Erbium doped amplifiers، أو أشعة ليزر عالية الطاقة في مجال الاختبار والقياس، وتضُم الاتصالات البصرية أي شكل من أشكال الاتصالات التي تستخدم الضوء كوسيلة نقل للبيانات، ويتكون نظام الاتصال البصري من جهاز إرسال يشفر رسالة بصورة إشارة ضوئية وقناة تحمل الإشارة إلى وجهتها وجهاز استقبال يعيد إنتاج الرسالة من الإشارة الضوئية المستلمة.

22- استخدام الليزر في مجال التعدين

التعدين: هو استخلاص المعادن القيمة او اي مواد جيولوجية اخرى من باطن الارض عادة (وليس دائما) من جسم خام المواد التي يحصل عليها بالتعدين تتضمن الحجر الجيري والفحم والنحاس والذهب والفضة والالماس والحديد والرصاص والفوسفات والصخر النفطي واليورانيوم واي مادة لا يمكن تنميتها بالعملية الزراعية او خلقها اصطناعيا في معمل او مصنع.

يزور الجيولوجيون وعلماء آخرون المواقع للنظر في الصخور واجراء القياسات وتحديد المخزون ورسم الخرائط الجيولوجية لتقييم ما اذا كانت المنطقة لديها امكانية لاحتواء المعادن. أصبحت الطرق التقليدية للحصول على قياسات التفجير غير مقبولة بسبب مطالب اليوم بزيادة سلامة العمال وانتاجية الالغام هذا هو السبب في فتح المجال لاستخدام تقنية الليزر المتمثلة في ادوات قياس الترصيف وتنميط وجه الصخور لتصميم الانفجار وقياسات حجم المخزون ورسم الخرائط، حيث يتم التقاط البيانات عن طريق الوقوف على الارض ولم يعد من الضروري تسلق اكوام الحجارة، مجرد نقطة واطلاق ليزر، مما جعل من تلك المهام اسهل واسرع وأكثر أمانا، وهذا يعني التوفير في الوقت والمال وايضا الحفاظ على حياة العاملين.

الألياف الضوئية Optics Fiber

كلما تحدث الناس عن أنظمة التلفون أو التلفزيون التي تعمل بالكوابل الأرضية أو شبكات الانترنت اقترن الحديث دوما بذكر الألياف الضوئية fiber optics فما هي الألياف الضوئية.

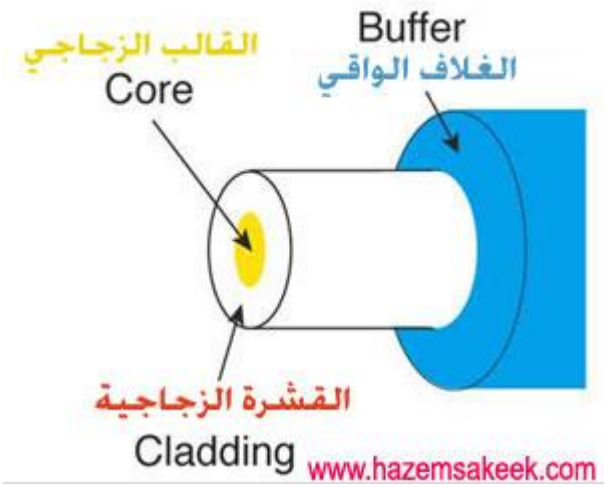
الألياف الضوئية هي عبارة عن شعيرات طويلة من زجاج على درجة عالية من النقاء يصل رفعها إلى حد أن تماثل شعرة رأس الانسان. تصطف هذه الشعيرات معا في حزمة تسمى الحبل الضوئي (optical cable). إذا نظرت عن قرب لأحد هذه الألياف الضوئية ستجد انه يتكون من:

القالب Core وهو قلب من الزجاج الفائق النقاء يمثل المسار الذي ينتقل من خلاله الضوء.

القشرة الزجاجية cladding و هو المادة الخارجية التي تحيط بالقلب الزجاجي و هي مصنوعة من زجاج يختلف معامل انكساره عن معامل انكسار الزجاج الذي يصنع منه القلب ويعكس الضوء باستمرار ليظل في داخل القالب الزجاجي

الغلاف الواقي Buffer coating و هو غلاف بلاستيكي يحمي القلب من الضرر

مئات أو ربما الآلاف من هذه الألياف الضوئية تصطف معا في حزمة لتكون الحبل الضوئي الذي يحمى بغطاء خارجي يسمى جاكيت.



أنواع الآلياف الضوئية

الألياف الضوئية يمكن أن تقسم بصفة عامة إلى نوعين أساسيين:

- **الآلياف الضوئية ذات النمط الاحادي single mode fiber** تنتقل من خلالها إشارة ضوئية واحدة فقط في كل ليفة ضوئية من ألياف الحزمة و هي تستخدم في شبكات التلفون و كوابل التلفزيون. هذا النوع من الألياف يتميز بصغر نصف قطر القلب الزجاجي حيث يصل إلى حوالي9 micron و تمر من خلاله أشعة الليزر تحت الحمراء ذات الطول الموجي 1.3-1.55 nm.

الآلياف الضوئية ذات النمط المتعدد multi -mode fibers و بها يتم نقل العديد من الإشارات الضوئية من خلال الليفة الضوئية الواحدة مما يجعل استخدامها أفضل لشبكات الحاسوب. هذا النوع من الألياف يكون نصف قطره اكبر حيث يصل إلى 62.5micron و تنتقل من خلاله الأشعة تحت الحمراء.

كيف تعمل الألياف الضوئية و كيف تنقل الضوء خلالها؟

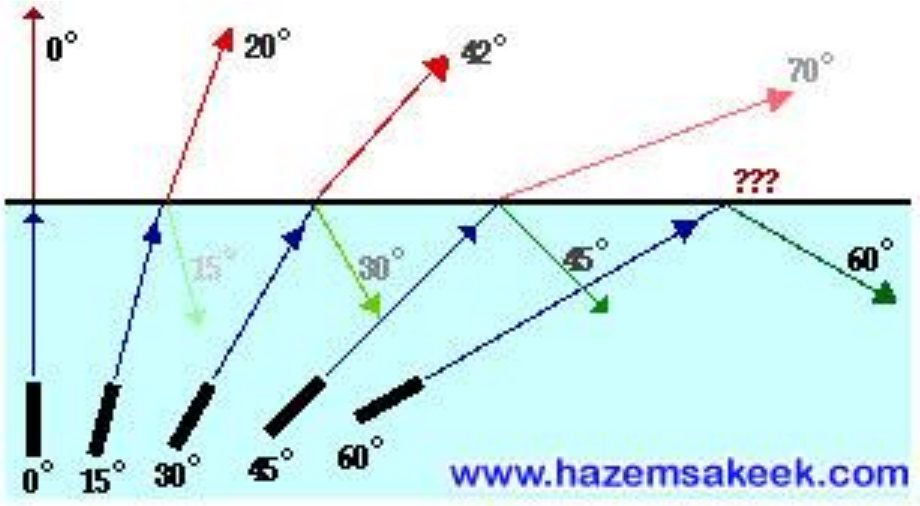
افترض انك تريد أن توصل ومضة ضوئية خلال مسار طويل مستقيم كل ما عليك هو أن توجه الضوء خلال هذا المسار ولان الضوء ينتقل في خطوط مستقيمة فانه سيصل للطرف الآخر بلا مشاكل. لكن ماذا لو كان المسار به انحناء؟ بسهولة يمكن أن تتغلب على ذلك بوضع مرآة عند الانحناء لتعكس الضوء إلى داخل المسار مرة أخرى. و بنفس الطريقة تحل المشكلة لو كان المسار كثير الانحناءات حيث تصف مرايا على طول المسار لتعكس الضوء باستمرار من جانب الأخر ليبقى في مساره. هذه بالضبط هي فكرة عمل الألياف الضوئية. حيث ينتقل الضوء بواسطة الانعكاس المستمر عن الجدار المحاذي للقالب الزجاجي (cladding) انعكاسا داخليا كليا. و لان هذا الجدار لا يمتص أي من الضوء الساقط عليه فان الإشارة الضوئية يمكن أن تسافر مسافات طويلة. و لكن يحدث أحيانا أن يفقد جزء من الضوء حيث تمتصه الشوائب الموجودة في القلب الزجاجي.

لكي تحدث الانعكاسات المستمرة على جدار الغلاف الواقي داخل الآلياف الضوئية فإن هذا يعتمد على ظاهرة فيزيائية تسمى ظاهرة الإنعكاس الداخلي الكلي total internal reflectionفما هي هذه الظاهرة وكيف تعمل؟

الأساس الفيزيائي لنقل الضوء خلال الآلياف البصرية

ظاهرة الإنعكاس الداخلي الكلي total internal reflection هي الأساس الفيزيائي لتكنولوجيا نقل الضوء عبر الآلياف الزحاجية حيث ان أننا ذكرنا سابقا أن كلا من القالب الزجاجي والقشرة الزجاجية من الزجاج ولكن معامل انكسارهما مختلف. فلماذا كان معامل الانكسار مختلف ولماذا وجدت طبقتين من الزجاج؟

تخيل لو اننا قمنا بالتجربة الموضحة في الشكل التالي والتي تمثل شعاع من الليزر في حوض من الماء وتشكل حافة الماء حاجز بين وسطين هما الماء الذي معامل انكساره اكبر من وسط الهواء، فعندما يسقط شعاع الليزر عموديا على الحاجز فإنه ينفذ بالكامل، اما اذا زادت الزاوية تدريجياً كما في الشكل التالي:

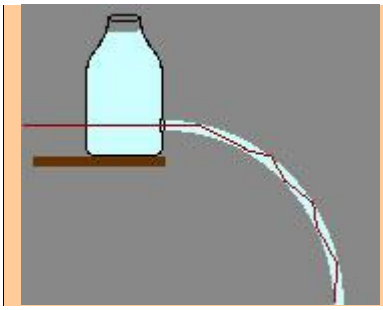


نلاحظ أن جزء من الشعاع ينفذ والجزء الأخر ينعكس داخل الماء وكلما زادت زاوية السقوط كلما قلت شدة الشعاع النافذ وازدادت شدة الشعاع المنعكس، وعند زاوية (تقريباً 48.6 درجة) تسمى الزاوية الحرجة يخرج الشعاع موازياً لسطح الماء واذا زادت زاوية السقوط قليلاً عن الزاوية الحرجة فإن الشعاع ينعكس بالكامل ولا ينفذ منه شيئاً وهذه الحالة تسمى الإنعكاس الكلي الداخلي total internal reflection.

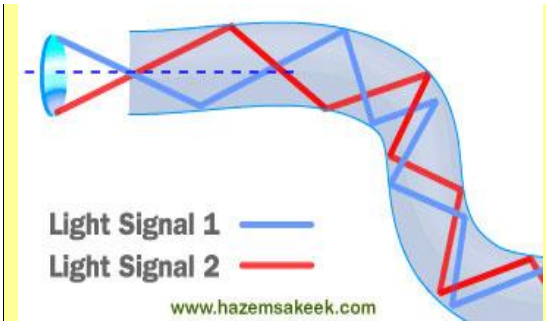
تحدث ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي اذا تحقق الشرطين التاليين:

(1) ان ينتقل الضوء من وسط ذو كثافة ضوئية أعلى (معامل انكساره كبير) إلى وسط أقل كثافة ضوئية (معامل انكساره اقل).

(2) ان تكون زاوية السقوط اكبر من الزاوية الحرجة.



كتطبيق على ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي قم بتسليط شعاع ليزر على ماء مندفع من فتحة صغيرة كما في الشكل، وستجد ان مسار الليزر ينحرف مع انسياب الماء، والسبب في ذلك ان الليزر ينعكس على السطح الداخل للماء حيث يفصل هذا السطح بين وسطين مختلفين في معامل الانكسار.



نفس الظاهرة تحدث في الليزر عبر الالياف الضوئية حيث أن الضوء بمجرد عبوره إلى داخل القالب الزجاجي core سينعكس على السطح الداخلي للقشرة الزجاجية لان معامل انكسارها اكبر من القالب ويستمر الليزر بالانعكاس على جانبي القالب بغض النظر اذا كانت الالياف الضوئية مستقيمة أو منحنية.

مكونات نظام الألياف البصرية

الألياف الضوئية من ثلاث أجزاء أساسية هي:

- **المرسل transmitter**

و هو الذي ينتج و يشفر الإشارة الضوئية حيث يكون الجزء الأساسي به هو المصدر الضوئي الذي قد يكون ليزر أو الدايود الضوئي، فإذا أردنا مثلا نقل إشارة تلفزيونية أو أي معلومة فانه من الضروري تحوير الشارة الضوئية طبقا للمعلومة المراد نقلها. تحوير الإشارة الضوئية قد يتم بتغيير شدتها ارتفاعا و انخفاضا analogue modulation أو إشعالها و إطفائها في تتابع و هو ما يعرف بـdigital modulation

- **الألياف البصرية fiber-optic**

و هو الذي يقوم بتوصيل الإشارة الضوئية عبر المسافات و هو الجزء الذي تم شرحه مسبقاً.

- **المستقبل receiver**

يستقبل الإشارة الضوئية و يفك شفرتها ليحولها إلى إشارة كهربية ترسل إلى المستخدم الذي قد يكون التلفزيون أو التلفون

مميزات الألياف الضوئية

لقد أحدثت الألياف الضوئية ثورة في عالم الاتصالات لتميزها على أسلاك التوصيل العادية فهي:

- أكثر قدرة على حمل المعلومات لأن الألياف الضوئية ارفع من الأسلاك العادية فانه يمكن وضع عدد كبير منها داخل الحزمة الواحدة مما يزيد عدد خطوط الهاتف أو عدد قنوات البث التلفزيوني في حبل واحد. يكفي أن تعرف إن عرض النطاق للألياف الضوئية يصل إلى 50THz في حين إن اكبر عرض نطاق يحتاجه البث التلفزيوني لا يتجاوز 6MHz.
- اقل حجما حيث أن نصف قطرها أقل من نصف قطر الأسلاك النحاسية التقليدية، فمثلا يمكن استبدال سلك نحاسي قطره 7.62سم بآخر من الألياف الضوئية قطره لا يتجاوز 0.635سم و هذا يمثل أهمية خاصة عند مد الأسلاك تحت الأرض.
- اخف وزنا فيمكن استبدال أسلاك نحاسية وزنها 94.5كجم بأخرى من الألياف الضوئية تزن فقط 3.6كجم.
- فقد اقل للإشارات المرسلة في الألياف الضوئية منه في الأسلاك النحاسية.
- عدم إمكانية تداخل الإشارات المرسلة من خلال الألياف المتجاورة في الحبل الواحد مما يضمن وضوح الإشارة المرسلة سواء أكانت محادثة تلفونية أو بث تلفزيوني. كما إنها لا تتعرض للتداخلات الكهرومغناطيسية مما يجعل الإشارة تنتقل بسرية تامة مما له أهمية خاصة في الأغراض العسكرية.
- غير قابلة للاشتعال مما يقلل من خطر الحرائق.
- تحتاج إلى طاقة اقل في المولدات لان الفقد خلال عملية التوصيل قليل.

بسبب هذه المميزات فان الألياف الضوئية دخلت في الكثير من الصناعات و خصوصا الاتصالات و شبكات الكمبيوتر. كما تستخدم في التصوير الطبي بأنواعه و في كمجسات عالية الجودة للتغير في درجة الحرارة والضغط بما له من تطبيقات في التنقيب في باطن الأرض.

كيف تصنع الألياف الضوئية

كما سبق و ذكرنا تصنع الألياف الضوئية من زجاج على درجة عالية من النقاء حيث وصفت إحدى الشركات ذلك بان قالت لو كان هناك محيط من الألياف الضوئية يصل للعديد من الأميال و نظرت من على سطحه للقاع يجب أن تراه بوضوح. وتتم صناعة الألياف الضوئية على النحو التالي:

1-عمل اسطوانة زجاجية غير مشكلة

2-سحب الألياف الضوئية من هذه الاسطوانة الزجاجية

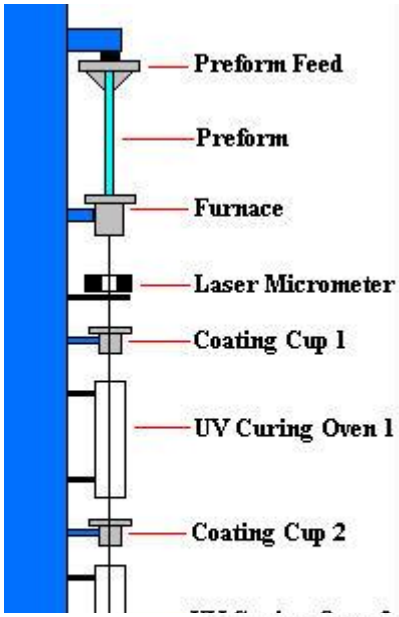
3-اختبار الألياف الضوئية

الزجاج المستخدم في عمل الاسطوانة الغير مشكلة يصنع من خلال عملية تسمى modified chemical vapour deposition حيث يمرر الأكسجين على محلول من كلوريد السليكون و كلوريد الجرمانيوم كيماويات أخرى ثم تمرر

الأبخرة المتصاعدة داخل أنبوب من الكوارتز موضوع في مخرطة خاصة عندما تدار يتحرك مجمر حول أنبوب الكوارتز حيث تتسبب الحرارة العالية في حدوث شيئين

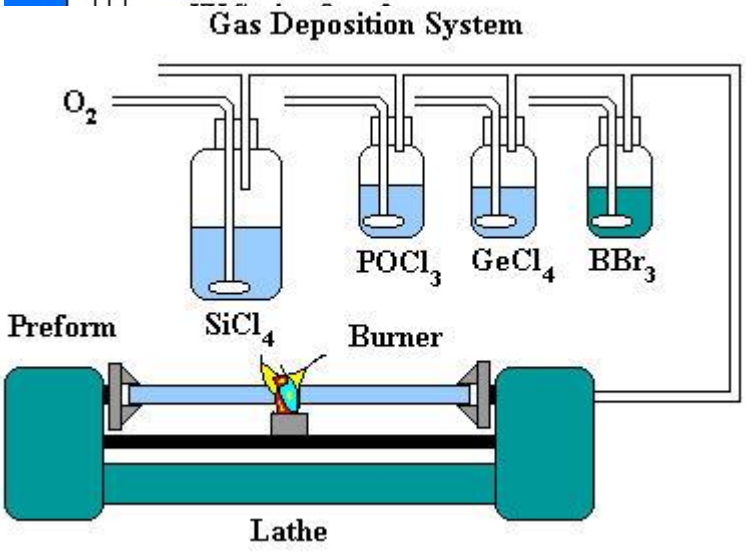
(1) يتفاعل السليكون و الجرمانيوم مع الأكسجين لتكوين أكسيد السليكون و أكسيدالجرمانيوم

(2) يترسب أكسيد السليكون و أكسيد الجرمانيوم على جدار الأنبوب من الداخل و يندمجان معا لتكوين الزجاج الخام المطلوب حيث يمكن التحكم بدرجة نقاء و صفات الزجاج المتكون من خلال التحكم بالخليط.



الآن يتم سحب الألياف من هذه اسطوانة الخام الغير مشكلة بوضعها في أداة السحب حيث ينزل الزجاج الخام في فرن كربوني درجة حرارته 2,200-1,900 درجة سليزية فتبدأ المقدمة في الذوبان حتى ينزل الذائب بتأثير الجاذبية و بمجرد سقوطه يبرد مكونا الجديلة الضوئية. هذه الجديلة تعالج بتغليف متتابع أثناء سحبها بواسطة جرار مع قياس مستمر

لنصف القطر باستخدام ميكرومتر ليزري. تسحب الألياف من القالب الخام بمعدل m/s20.



يتم بعد ذلك اختبار الألياف من ناحية: معامل الانكسار، الشكل الهندسي و خصوصا نصف القطر، تحملها للشد، تشتت الإشارات الضوئية خلالها، سعة حمل المعلومات، تحملها لدرجات الحرارة و إمكانية توصيل الضوء تحت الماء

تطبيقات عملية على استخدامات الالياف الضوئية

رغم إن استخدام الألياف الضوئية لنقل المعلومات عبر المسافات الطويلة استحوذ على معظم الاهتمام إلا أنها تستخدم لنقل المعلومات عبر المسافات القصيرة أيضا حيث تصل بين الكمبيوتر الرئيسي و الكمبيوترات الجانبية أو الطابعة.

بعيدا عن مجال الاتصالات ظهرت هناك استخدامات أخرى عديدة و مهمة لهذه الألياف فمثلا نتيجة لمرونتها و دقتها دخلت في صناعة الكاميرات الرقمية المتعددة المستخدمة في التصوير الطبي مثل التصوير الشعبي و المناظير. كما دخلت في تصنيع الكاميرات المستخدمة في التصوير الميكانيكي لفحص اللحام و الوصلات في الأنابيب و المولدات. و لفحص أنابيب المجاري الطويلة من الداخل.

استخدمت الألياف الضوئية أيضا كمجسات لتحديد التغير في درجات الحرارة و الضغط strain حيث تفضل على المجسات العادية لصغر حجمها و حساسيتها للتغيرات الصغيرة و دقة أدائها. احد التطبيقات المهمة لها كمجسات لقياس strain يكون بإدخالها في صناعة جدار بعض الطائرات مما يمنح الطائرة جدار مميز يحذر الطيار من الضغط الواقع على أجنحة أو جسم الطائرة

المرجع

1- **الليزرات: مبادىء و تطبيقات د/ محمد الصالحي – عبد الله الضويان** المملكة العربية السعودية

2- محاضرات وكتاب أساسيات الليزر لطلاب الكليات العلمية والهندسية. ا .د/ نجم الحصيني جامعة الجوف – المملكة العربية السعودية

3- محاضرات وكتاب الليزر. ا .د/ حازم سكيك جامعة الازهر – غزة – فلسطين https://www.hazemsakeek.net

4- كتاب الليزر وتطبيقاته د/ سعود بن حميد اللحياني المملكة العربية السعودية

5- أساسيات الليزر عدي حمادي

6- فيزياء الليزر الفرقة الرابعة تربية أساسي شعبة علوم إعداد د/ علاء حسن جامعة جنوب الوادي - كلية العلوم - قسم الفيزياء 2020

References

1- An Introduction to Laser Technology and Its Applications, SCIENCE resource Guide United States Academic Decathlon 2018®

2- Laser Physics & applications , Prof. Dr. Safwat William Zaki Mahmoud,

Physics Department - Faculty of science - Minia University

3- https://www.anits.edu.in/online_tutorials/ENGINEERING-PHYSICS/UNIT-IV.pdf

4- https://www.olympus-lifescience.com/en/microscope-resource/primer/java/lasers/stimulatedemission/

5- https://www.olympus-lifescience.com/en/microscope-resource/primer/java/lasers/heliumneonlaser/

6- https://www.olympus-lifescience.com/en/microscope-resource/primer/java/lasers/gainbandwidth/

7- https://books-library.net/free-991494181-download

8- http://230nsc1.phy-astr.gsu.edu/hbase/optmod/lasapp.html#c1

https://www.hazemsakeek.net -9

Title: "**The laser guidebook**" / Jeff Hecht. Publisher: New York : McGraw-Hill, 1986.

Description: x, 380 p. : ill. ; 24 cm.

Title: "**Optics and lasers : including fibers and optical waveguides**" / Matt Young.

Publisher: Berlin ; New York : Springer-Verlag, 1992.

Description: 4th rev. ed. xv, 343 p. : ill. ; 25 cm.

Title: "**Principles of lasers**" / Orazio Svelto ; and edited by David C. Hanna.

Publisher: New York : Plenum, 1989. Description: 3rd ed. xiii, 494 p. : ill. ; 24 cm.

Title: "**Understanding lasers : an entry-level guide**" / Jeff Hecht.

Publisher: New York : IEEE Press, 1994. Description: 2nd ed. xx, 422 p. : ill. ; 23 cm.

Series: IEEE Press understanding science & technology series

Title: "**Engineering applications of lasers and holography**" / Winston E. Kock.

Publisher: New York : Plenum Press, 1975. Description: xv, 400 p. : ill. ; 24 cm.

Series: Optical physics and engineering, Notes: Edition for 1969 published under title: Lasers and holography.

Title: "**Fundamentals of laser optics**" / Kenichi Iga ; technical editor, Richard B. Miles.

Publisher: New York : Plenum Press, 1994. Description: xv, 285 p. : ill. ; 24 cm.

Series: Lasers, photonics, and electro-optics

Title: "**Introduction to laser physics**" / Koichi Shimoda ; Publisher: Berlin ; New York : Springer-Verlag, 1986. Description: 2nd ed. xi, 233 p. : ill. ; 24 cm.

Series: Springer series in optical sciences ; v. 44