المركز الوطني للمتميزين
NATIONAL CENTER FOR THE DISTINGUISHED
/NCDSyria

تقرير حلقة بحث (أو مشروع) بعنوان :

الليزر و استخداماته المتعددة

The laser

تقديم الطالب :فجر عفاشة.

الصف: العاشر.

تاريخ:٢٠١٥/١/١٠م.

اشراف: رشيد سيو.

الليزر و استخداماته المتعددة

مقدمة :

نتيجة التطور في علم الاتصالات و الأمواج الراديوية.... وبسبب الحاجة لإرسال المزيد من المعلومات والصور .. توجه العلماء في البداية لزيادة الترددات كي يتمكنوا من تحميلها بمعلومات أكثر فمن المعلوم أن التردد الأعلى يمكنه حمل بيانات أكثر....

ونتيجة لذلك توجه تفكيرهم لإمكانية استعمال الضوء في الاتصالات كونه عبارة عن موجات كهرطيسية ذات تردد عالٍ جداً.. لكن المعضلة هي إمكانية تصنيع جهاز قادر على توليد الأمواج الضوئية بنفس المردود و الصفاء الذين تتولد فيهما الأمواج الراديوية..

حتى تم اختراع الليزر (The Laser)عام ١٩٦٠ م .وما يزال تحسينه و تطويره قائماً ... حيث استعمل في البداية على نطاق صغير في الاتصالات لكنه انتشر أخيراً في جميع مجالات الحياة ....

ما هو الليزر ؟؟؟؟

الليزر عبارة عن حزمة ضوئية دقيقة ذات طاقة و تركيز عاليين.

و قد كان للخيال العلمي التأثير الكبير على مدى سمعة و استخدام الليزر فقد دعا هذا الجزء من الخيال لاستخدامه في الطب و الصناعة و العسكرة و الحاسبات لكن تطبيق هذه الاستخدامات من خلال الليزر تعذر في البداية حتى أدخلت عليه تحسينات عديدة مكّنت من استخدامه في شتى المجالات .. أهمها في مجال الاتصالات باستخدام الألياف الضوئية و المجالات الطبية و العسكرية و الصناعية و استخدامه في عمليات القطع و اللحام بدقة كبيرة.[1]

[1] المراجع: الليزر –أشعة ليزر و الأشعة النووية.

كما تم استخدامه في مجال التصوير ثلاثي الأبعاد و المجاهر و قياس المسافات كذلك في التصوير الهولوغرافي الذي يعطينا إمكانية رؤية الجسم المصور كما لو أنه حي حيث يمكن رؤية ما خلف الجسم بتغيير زاوية الرؤية.

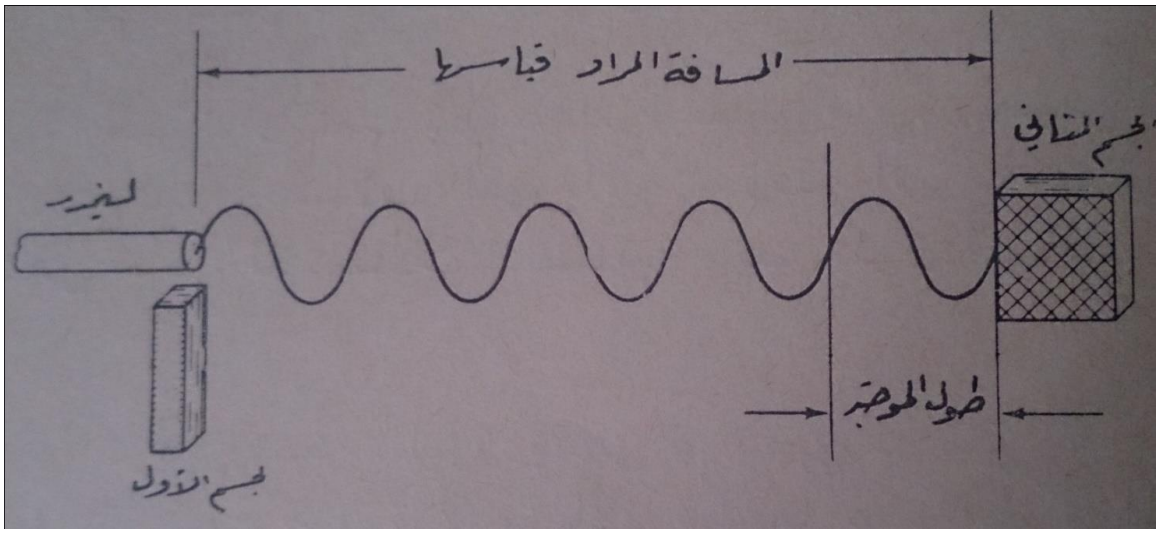
و للتعرف على كيفية تكون شعاع الليزر لا بد من المرور على المجال الترددي الكهرومغناطيسي العام.

الطيف الكهرومغناطيسي:

إن ٨٥% من معلومات الإنسان يتلقاها من خلال حاسة البصر أي باستخدام الضوء.. والذي أثبت العالم الإنكليزي إسحاق نيوتن أنه عبارة عن مجموعة من ألوان قوس قزح..

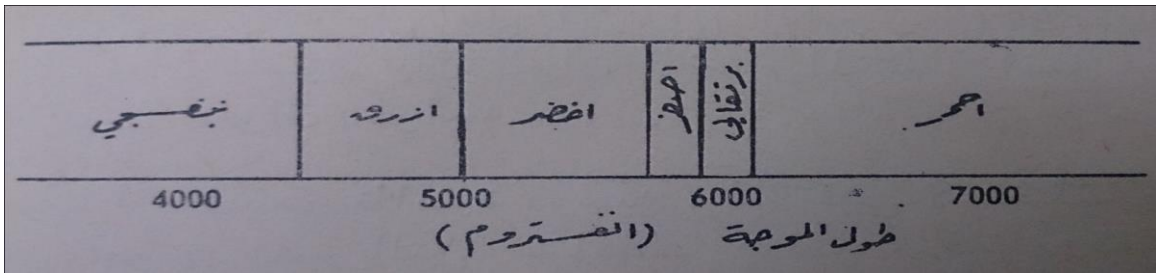
أما العالم كريستيان هويغنز فقد افترض أن الضوء عبارة عن حركة موجية و قد أثبت ذلك الافتراض العالم يونغ بتجربة التداخل على الأمواج الضوئية إذاً يكون الفرق بين ألوان الضوء هو اختلاف في طول الموجة.

و هي من حيث الشكل كالأمواج المتولدة من رمي حجر في بركة ماء تأخذ الشكل التالي:

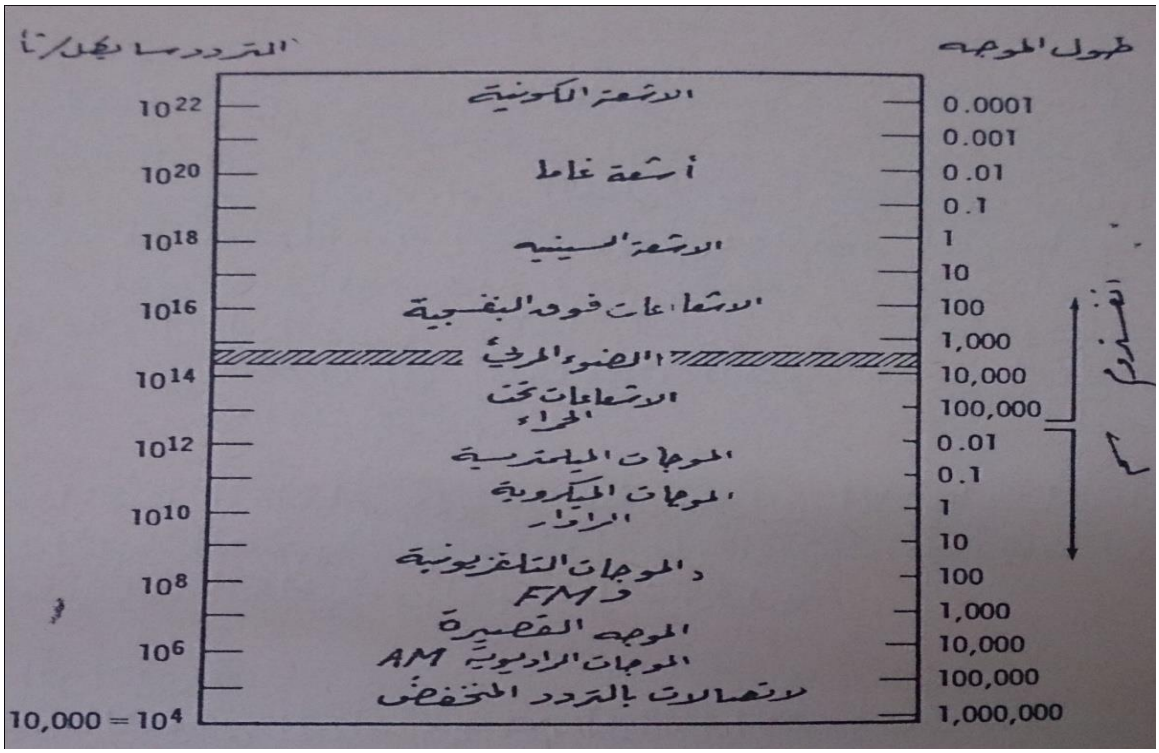


الشكل الموجي لأشعة الليزر

و طول موجة الضوء من رتبة الأنغستروم و التي تساوي: ٨١٠-١٠ م و الضوء المرئي تتراوح موجاته بين الأحمر ٧٠٠٠ أنغستروم و البنفسجي ٤٠٠٠ أنغستروم و الشكل التالي يوضح ذلك:



و قد قام العالم ويليام هرشل بتحليل الضوء بواسطة موشور ووضع مقياس حرارة في كل ضوء فوجد أن الحرارة تزداد عندما نتحرك باتجاه الضوء الأحمر و بمتابعة دراسة أمواج الأشعة الضوئية من طرفي الضوء المرئي نتج عنه ((الطيف الكهرومغناطيسي)) الموزع كما في الجدول التالي:

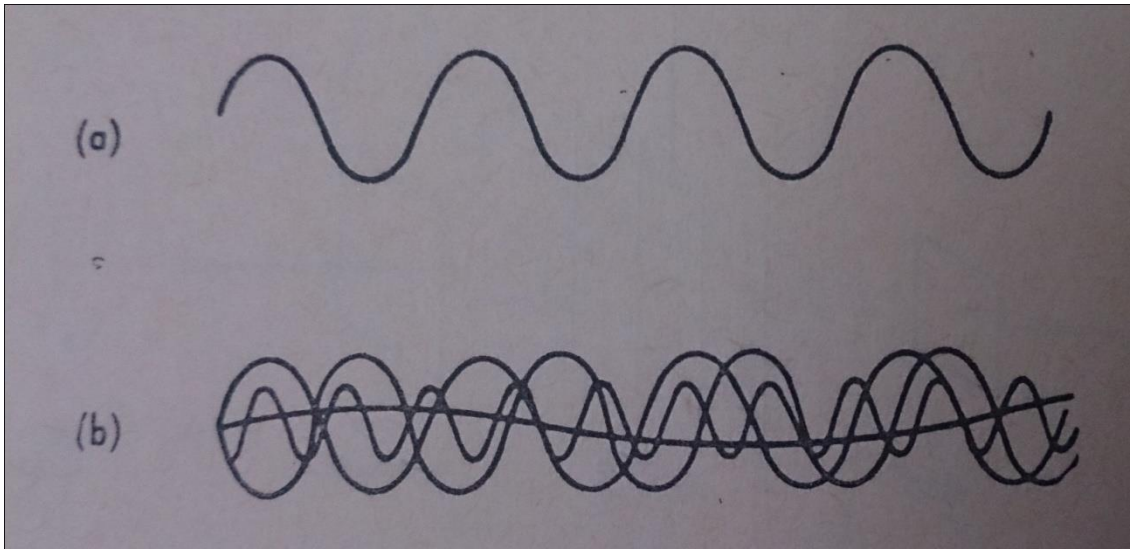


حيث يعطى طول الموجة بالعلاقة: طول الموجة = سرعة الضوء/تردده.

و نجد من الجدول السابق أن الضوء المرئي يشكل نطاقاً ضيقاً من المجال الكهرطيسي ككل و لا بد لفهم آلية عمل الليزر دراسة بعض خصائص أمواج الطيف الكهرطيسي و النطاق المتعلق منها بالضوء على وجه الخصوص.

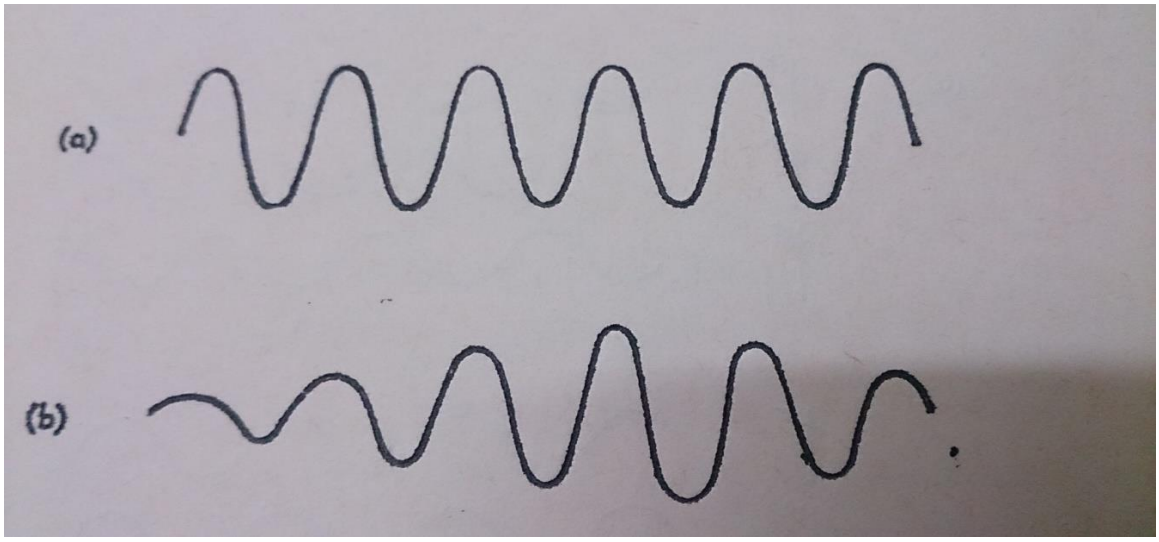
أمواج الراديو:

تعد من أوائل الإشعاعات المكتشفة والمستخدمة و تتميز بطول موجتها و انخفاض التردد مما سهل عملية إنتاج موجة و تركيز طاقتها بتردد واحد و هذا ما سمي((الترابط الزماني))



أ-أشعة مترابطة مكانياً ب- أشعة غير مترابطة مكانياً

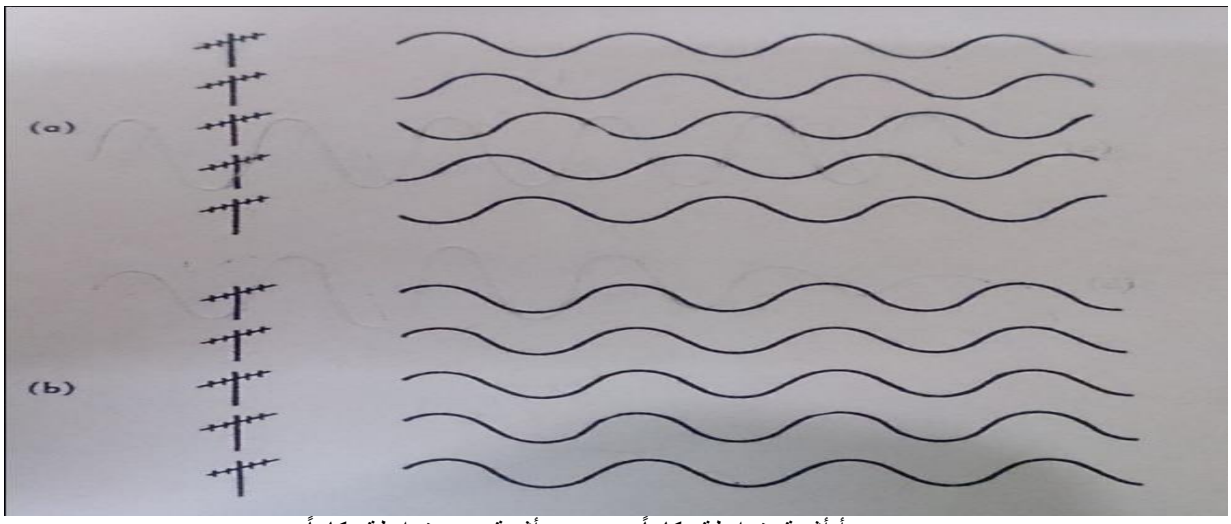
مما يسهل من تركيبه و جمعه و تقويته أما التداخل غير المترابط يجعل الموجة غير مستقرة و عشوائية.. و من هذه الموجات يمكن توليد الإشارات الراديوية عن طريق هزازات و تحميل إشارات الكلام عليها و التحكم بترددها بدقة كما في الشكل :



أ-أشعة راديوية غير معدلة ب-أشعة راديوية غير معدلة

و يمكن لعدة مصادر موجات إشعاع موجاتها بنفس البداية أي مترابطة مكانياً و بالتالي زيادة قوة الموجة لحدود كبيرة لكن ذلك غير كاف لإرسال المعلومات الكثيفة كما دعا لزيادة التردد.

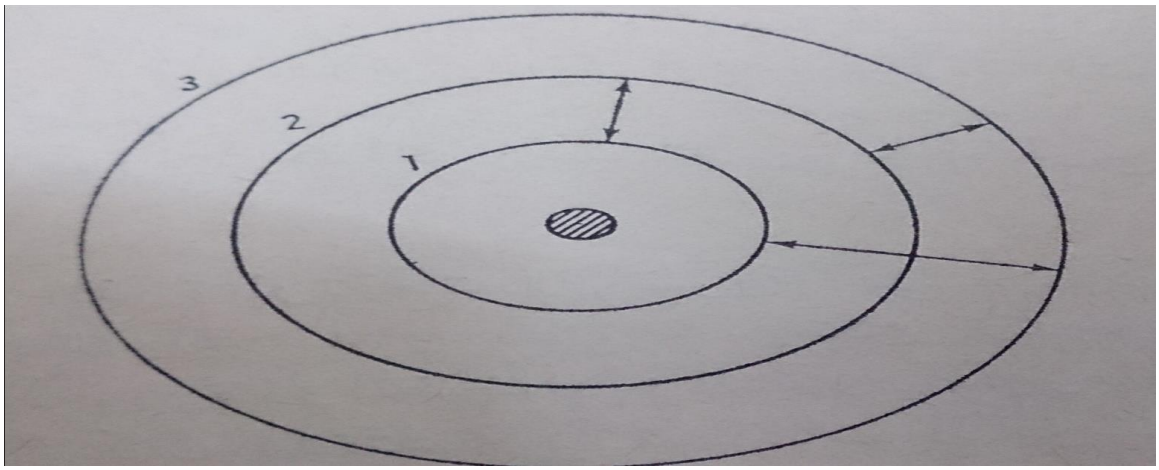
حيث بازدياد المجال الترددي يزداد عدد أقنية الاتصال. .فاتجه العلماء بالتفكير إلى الضوء و بمجاله الترددي العالي. .حيث يكون توليده بالاعتماد على حركة الإلكترونات داخل الذرة و ليس خارجها. .وتركيب الذرة هو عبارة عن نواة فيها بروتونات و نيترونات يدور حولها إلكترونات في مدارات حول الذرة و عددها يساوي عدد البروتونات بالتالي فالذرة متعادلة كهربائياً ولكي ينتقل الإلكترون من مدار إلى مدار أعلى يحتاج طاقة و يفقد طاقة عند نقله إلى مدار أدنى و هذه الطاقة هي على شكل إشعاع.



أ-أشعة مترابطة مكانياً ب- أشعة غير مترابطة مكانياً

و تقدم الطاقة بأشكال عديدة:((تسخين-ضغط-طاقة كهربائية.....)).

و عند تقديم طاقة أكبر من اللازم للإلكترون سوف يترك الذرة كلياً و تتحول الذرة إلى أيون موجب.



مخطط توضيحي لمدارات الإلكترونات و مستويات الطاقة في الذرة حيث تمثل الدوائر مدارات مستقلة وتعبر الأسهم عن فرق الطاقة

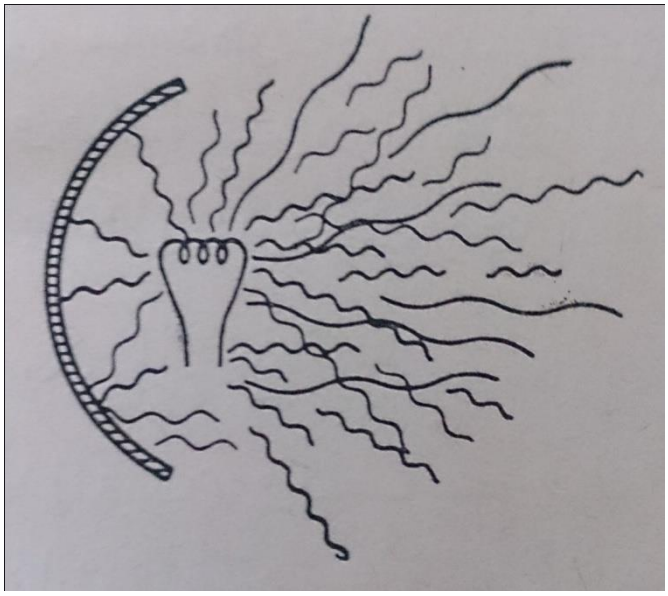
فإذا كان فرق الطاقة بين مستويين موافقاً للترددات ما بين ١٤٨١٠و١٥٨١٠هرتز تصدر الإشعاعات بشكل ضوء مرئي و زيادةً عن ذلك تصدر بشكل أشعة سينية (فوق بنفسجية).

أي بازدياد فرق الطاقة يزداد التردد. فرق الطاقة=التردد.ثابت بلانك

و هذا الفهم لفرق الطاقة ليس دقيقاً تماماً فقد يكون الفرق بين مستويي طاقة صغير جداً مما يؤدي إلى طيف واسع من الإشعاعات ومردود توليد الضوء عن طريق التسخين كونه يضيع جزء كبير منه في الإصدار الحراري لذلك يكون مردود مصباح النيون (٤٠ واط) أفضل من مردود اللمبة العادية (١٥٠ واط) لأن إشعاعه أفضل تنظيماً.. و يمكن التحكم بلون الإضاءة من المصدر بالتحكم في سويات الطاقة المقدمة.. لكن رغم ذلك لا يعتبر التردد وحيداً أي لا ترابط زماني كذلك لا ترابط مكاني فكل ذرة تصدر إشعاعها((فوتونها)) بشكل تلقائي[2].

.

[٢] المراجع: الليزر – أشعة ليزر و الأشعة النووية

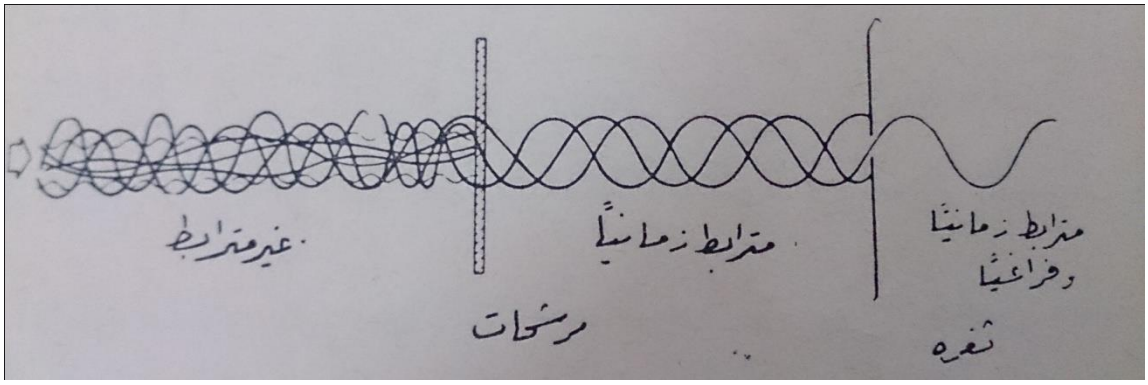


أمواج الضوء العادي

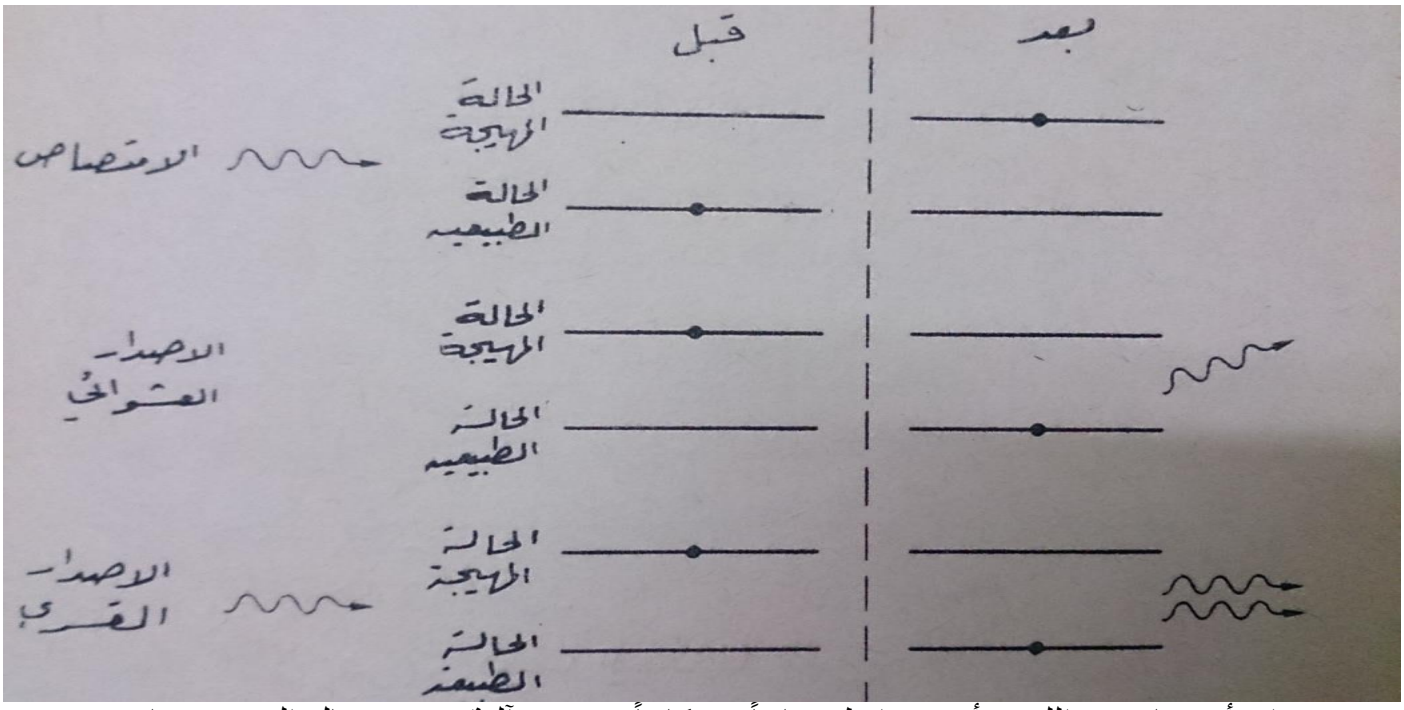
هذا مناسب للإضاءة فقط و ليس لنقل المعلومات أي لا يمكن تعديله

كالأمواج الراديوية. وإذا وضعنا مرشحات بطريق الضوء يصبح وحيد

لكن ضعيف.



كيفية الحصول على الضوء المترابط بواسطة المرشحات



إن أهم ما يميز الليزر أنه مترابط زمانياً و مكانياً بصورة آلية و في مجال التصوير فإن الصور التي تعتمد على الضوء العادي تؤخذ بناء على تباين شدة الإضاءة في نقاط الصورة المختلفة فقط أما في التصوير باستخدام الضوء المترابط يعطي معلومات إضافية عن المسافات بين أجزاء الجسم كافة. أكثر ما تستخدم في المجاهر الإلكترونية لأن المسافات صغيرة جداً و أي خطأ ولو بسيط جداً له مدلولاته حيث يعطي الليزر المسافة بدقة متناهية تصل إلى١٠-٨١٠-١٣ متر و بخطأ لا يتجاوز جزء من مليونين من السنتيمتر كما يمتاز الليزر كذلك بتركيزه في حزمة رفيعة تحافظ على دقتها وصغر قطرها.. لذلك يستخدم الليزر في الاتصالات الفضائية لما لدقة الحزمة من أهمية في المسافات البعيدة..

و تركيز هذه الأشعة يساعد على تحديد أماكن تأثيرها حيث يمكن تنفيذ ثقب لا يتجاوز قطره ١٠-٨١٠-٤ سنتيمتر و هذا عجّل من استعمال أشعة الليزر في العمليات الجراحية لما فيه من دقة و على الأخص في مجال تصحيح الرؤية...وبسبب تركيز الليزر على نقطة صغيرة يمكن مقارنته بإشعاع الشمس التي تصدر ٦٥٠٠ واط/سم٢٨ من سطحها بينما وصلت استطاعة الليزر إلى ٥٠٠مليون واط /سم٢٨و الليزر يختلف كلياً عن الشمس أو أي ضوء عادي حيث تقوم الذرة عند توليدها للضوء بإصداره بشكل تلقائي غير منظم لكن الليزر يجبر الذرة على امتصاص الطاقة واختزانها ثم إطلاقها عند الحاجة وهذا يعادل التضخيم للأمواج الراديوية.

الإشعاع المنظم:

نُشرت أسس نظرية الليزر و قبله الميزر في منتصف القرن العشرين بعد نظرية أينشتاين التي ساهمت بشكل كبير في اكتشاف نظرية الكم على يد العالم الكبير ماكس بلانك.

((إذا ارتفع مستوى طاقة الذرة يمكن إجبارها على تحرير طاقتها بتعريضها لطلقة إشعاع كهرومغناطيسي بتردد مناسب حيث يتسبب الفوتون الضوئي /الطلقة/ بخفض الإلكترون من مدار أعلى إلى آخر أدنى يصدر الإلكترون فوتون آخر بنفس التردد و الاتجاه و بذلك تضاف طاقة الفوتون الجديد إلى الأول الذي حثّه على الإصدار وهذه هي طريقة تضخيم/ تقوية الضوء/))

و الميزر و الذي هو باختصار مولد الأمواج الميكروية المستحثة

و إنتاجه لأول مرة كان عبارة عن علبة معدنية صغيرة فيها

جزيئات مهيجة من غاز النشادر حيث نسلط حزمة أمواج

ميكروية على غاز النشادر فتصدر العلبة حزمة صافية و قوية

من الأمواج عالية التردد لا يتجاوز خطأ استقرارها ١٠-٨١١

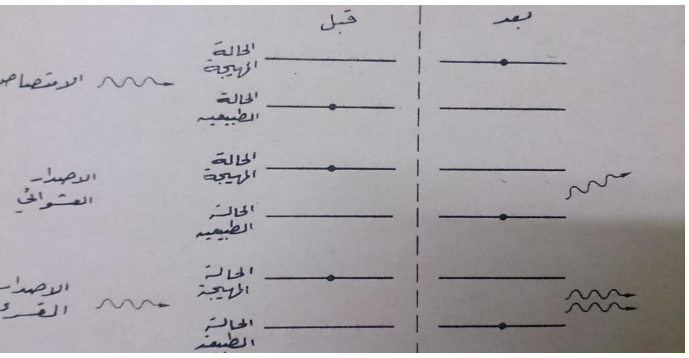
من طول الموجة. أي ما يعادل ثانية واحدة كل عدة آلاف من

السنين و تم اختيار النشادر لوجود ميزات مناسبة منها وجود

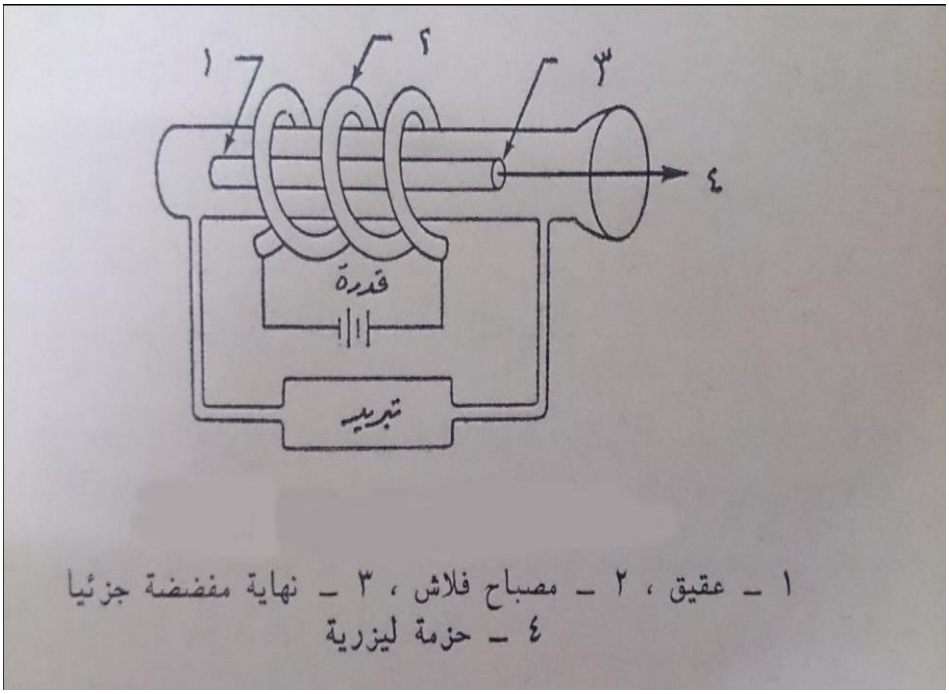
مستويي طاقة فيه بينهما فجوة طاقة تناسب تردد ٢٣.٧٨٠

ميغا هرتز و بتطوير الميزر من الأمواج الميكروية إلى الضوء

حصلنا على الليزر.



المراجع: الليزر.



١ ـ عقيق ، ٢ ـ مصباح فلاش ، ٣ ـ نهاية مفضضة جزئيا
٤ ـ حزمة ليزرية

بداية الليزر:

الليزر هو الميزر الضوئي .. إن طول أمواج الضوء أقل بكثير من الأمواج الميكروية و لذلك يوجد صعوبة كبيرة في إنتاجها عن طريق هزازات كم الأمواج الميكروية.

و قد صُنِّع أول ليزر عن طريق العالم مايمان عام ١٩٦٠ م و الذي نفّذ نظرية تاونس وشافلوف لإنتاج الميزر الضوئي عن طريق تحقيق الطنين بجعل الأمواج تتحرك ذهاباً و إيّاباً داخل أسطوانة طويلة من مضخمة ضمن عاكسين متوازيين.

المادة المضخمة هي العقيق (أكسيد الألمنيوم)أبدل فيه بعض ذرات الألمنيوم بأيونات الكروم حيث تقوم بامتصاص الضوء الأزرق مما يجعل لون العقيق أحمر.

تتهيج ذرات الكروم بامتصاصها ضوءاً أزرقاً أو أخضراً تسمى هذه العملية بالضخ و ينفذ بوضع قضيب من العقيق ضمن مصباح نبضي لولبي مثل مصابيح الفلاش في الكاميرات.

عندما يومض المصباح يصدر العقيق حزمة ساطعة من الضوء الأحمر صادرة عن طرفه المطلي بالفضة جزئيّاً..

زمن استمرار النبضة لا يتجاوز ٠.٣ ميلي

ثانية لكنها كثيفة للغاية و قد تصل إلى

عشرات الألوف من الواط و الشكل الأولي

التجاري هو:

إذاً الليزر هو اختصار للعبارة التالية: تضخيم الضوء بواسطة الإصدار القسري للأشعة.

يوضح الشكل الطريقة الأساسية و الدقيقة لتوليد أشعة الليزر.

استخدامات الليزر :

١-البحث العلمي ٢- استخدام تجاري ٣- صناعي

٤- حربي ٥-طبي...

ففي المجال الطبي تستطيع أشعة الليزر اختراق الأجسام الشفافة

كعدسة العين مما يمكن الطبيب من لحام الشبكية دون عمل جراحي

كذلك في العمليات الجراحية الأخرى يمكن تحديد قطع الجسم

المطلوب استئصاله بدقة متناهية و بزمن قصير و خاصة للأجزاء

الدقيقة من الجسم حيث لا يمكن للمشارط العادية معالجتها دون أن

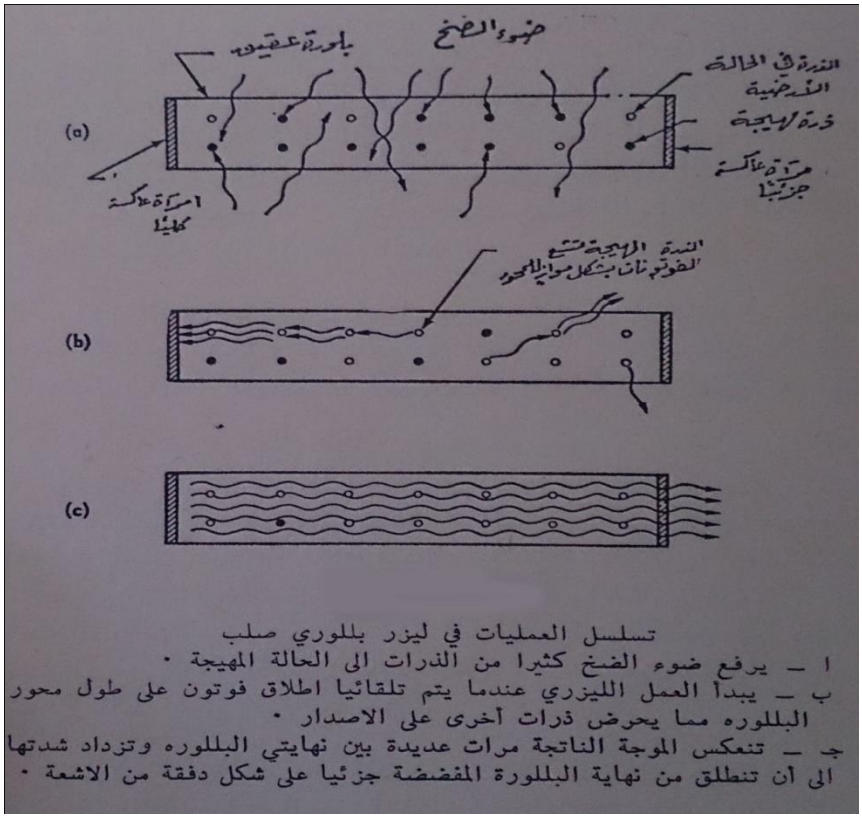
تحدث ضرراً لما يجاورها.

أما في الصناعة فقد زادت من دقة صناعة المواد كونها مستقيمة و

مستقرة بشكل كبير ..كما استخدمت في لحام الفولاذ بشكل أكثر دقة

كذلك في عمليات قص المعادن و على وجه الخصوص في صناعة الحاسبات المجهرية الدقيقة و معالجتها. حيث لا يمكن لحام الأسلاك قليلة الأقطار بالطرق التقليدية.. إضافةً إلى استعماله في تثقيب الألماس و ما في ذلك من توفير للوقت و للمال .

ويستخدم الليزر في الاستعمالات الحربية للاتصالات و التوجيه الدقيق للقذائف كما بُدِئ استخدامه حديثاً في حرق الأجسام.



تسلسل العمليات في ليزر بللوري صلب
ا ـ يرفع ضوء الضخ كثيرا من الذرات الى الحالة المهيجة ٠
ب ـ يبدأ العمل الليزري عندما يتم تلقائيا اطلاق فوتون على طول محور البللوره مما يحرض ذرات أخرى على الاصدار ٠
جـ ـ تنعكس الموجة الناتجة مرات عديدة بين نهايتي البللوره وتزداد شدتها الى أن تنطلق من نهاية البللورة المفضضة جزئيا على شكل دفقة من الاشعة ٠

أما في مجال البحث العلمي فقد أوجد طرق جديدة لجميع أنواع التجارب في التبريد و التسخين و علم الأحياء و الكيمياء لدقته حيث أن التعامل على مستوى الذرات ساهم في فتح الباب أمام تكنولوجيا النانو و ساعد العلماء كثيراً في مجال بحوث (دي إن أة) أي البصمة الجينية الوراثية و القدرة على التعديل عليها و حذف و إضافة ما يريد من خصائص للنبات و الحيوان و حتى الإنسان..

كما استخدم الليزر في مراقبة البلازما و هي عبارة عن غازات متأينة يمكن بدراستها التحكم في تفاعلات الالتحام النووي و ما في ذلك من استفادة في تأين الطاقة بما يشابه ما يحدث في شمسنا و مردود ذلك أكثر بكثير من الانشطار النووي المطبق في المفاعلات الحالية و أقل تلويثاً للبيئة. و دقة و قوة شعاع الليزر و إمكانية تركيزها على

نقطة وحيدة يمكّن العلماء من الحصول على البلازما و من ثم تحقيق الالتحام النووي / وليس الانشطار المطبق حالياً/ ودرجة الحرارة المطلوبة هي أكبر من ١٠ ملايين درجة مئوية.

أنواع الليزر:

لا يكفي نوع معين لإحداث كل هذه التطبيقات لذلك تنوعت المواد المستخدمة فكان منها: ١- الليزر البلوري:

مثل ليزر العقيق .

٢- الليزر الغازي:

أفضل من البلوري من ناحية الترابط الترددي و قد استخدمت غازات متعددة حسب طوال الموجة المطلوبة و كذلك الاستطاعة و يمكن في هذا النوع الاستغناء عن ضوء الضخ و استعمال موجات راديوية بدل منه.

كما أنه يمكن الحصول على ضوء مستمر و ليس نبضي..

و من عيوب الليزر الأساسية مردوده المنخفض حوالي ١ % لكن حالياً وصل مردود ليزر أنصاف النواقل إلى ٤٠ % و من المتوقع الوصول إلى الحدود النظرية المقاربة ل ١٠٠ % و تعد ليزرات أنصاف النواقل الأقل كلفة و الأصغر حجماً لعدم حاجتها لمصدر خارجي للضخ..وتجميع أغلب الوظائف في البلورة النصف ناقلة ..... وتتصف كذلك بالبساطة لكن استطاعتها ليست كبيرة و أكثر ما تستخدم في الاتصالات.. و خاصة الفضائية لما فيه من إمكانية لنقل الكثير من البيانات و بزمن قصير جداً .. لكنه يحتاج لدقة في التوجيه....وآخر ابتكارات الليزر هو الليزر المُغذّى من الشمس لاستعماله على المركبات الفضائية.

المراجع: الليزر-أشعة ليزر و الأشعة النووية

ليزر الذرة المفردة :

و بعد اكتشاف و تصنيع الليزر العادي و تزايد استعمالاته في شتى مجالات الحياة حالياً دأب العلماء على تطويره و تحسين أداءه و مردوده ..فاتجه التفكير إلى نمط جديد من الليزرات التي تسخّر طاقة الذرات المنفردة لتبيّن كيفية تفاعل الضوء مع المادة فيما

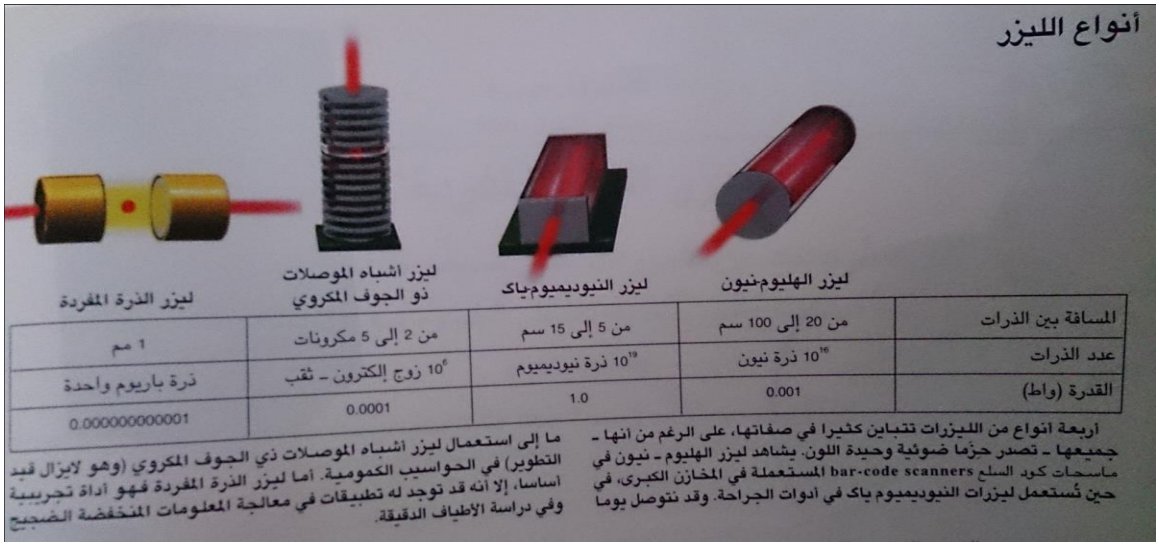
يسمّى ((ليزر الذرة المفردة))سبق و علمنا بأن الليزر العادي يستعمل مصدراً طاقيّاً ((كالتفريغ الكهربائي)).

لرفع الذرات النشيطة من مستوى الطاقة الدنيا إلى مستوى الحالة المثارة و لكن الذرات المثارة لا تبقى مثارة إلى ما لا نهاية بل تميل بصورة طبيعية إلى الهبوط إلى مستوى الطاقة الدنيا فتبث أثناء هبوطها الضوء في شتى الاتجاهات بصورة عشوائية و تدعى هذه العملية (الإصدار التلقائي).إن نسبة ضئيلة من هذا الضوء (نموذجياً مضاعفات قليلة من ٨١٠-٦) ترد إلى إحدى المرآتين و تنعكس من جديد نحو الوسط الليزري فيحث ((يحرض)) الضوء المنعكس الذرات المثارة و يجعلها تصدر فوتونات إضافية لها نفس الطول الموجي و الاتجاه و الطور إن عملية إصدار الضوء الذي يحمل صفات الضوء الأصلي (والتي تدعى الإصدار المحفز) مسؤولة عن الكثير من الخصائص غير العادية لضوء الليزر و خلال انعكاس الليزر جيئةً و ذهاباً بين المرآتين فإنه يضَخّم باستمرار بوساطة الوسط الليزي.وينقل قسم صغير من هذا الضوء عبر إحدى المرآتين المصممة بحيث تكون أقل عكساً من الأخرى و بذا تبزغ حزمة الليزر المألوفة.

و لحدوث عملية اهتزاز الليزرة يجب أن يتجاوز الربح (وهو الزيادة في شدة الضوء خلال مروره في الوسط الليزري) الضياع في شدة الحزمة الذي تسببه العيوب في المرايا إضافة إلى مختلف العوامل الأخرى و يعرف هذا المتطلب بشرط عتبة الليزر.

لذا يجب أن تحتوي الليزرات العادية على وسط يضم عدداً هائلاً من الذرات أو الجزيئات لتأمين ربح كاف بقدر يتجاوز الضياع فعلى سبيل المثال يحتوي ليزر الهليوم-نيون الذي يصدر طاقة قدرها ملي واط واحد على عدة ترليونات من ذرات النيون و ما يناهز عشرة أضعاف هذا العدد من ذرات الهليوم.

المراجع: مجلة العلوم الأمريكية



و يصل تضخيم الضوء إلى مرحلة التوازن عندما يرتد ما يزيد عن بمليون فوتون بين مرآتي المجاوب أي يلزمنا وضع عدة ملايين من ذرات النيون و عشرات الملايين من ذرات الهليوم لإبقاء كل فوتون ضمن المجاوب.

هناك طرق عديدة لإنقاص عدد الذرات اللازمة في عملية الليزرة إذ يمكننا الحد من الضياع في شدة الحزمة عير تحسين انعكاسية المرايا كي تخزن الفوتونات مدة أطول في المجاوب و ليكون بوسعها التنامي بسهولة أكبر و في بعض الحالات يمكن زيادة ربح الليزر عبر إنقاص عدد ذرات الخلفية التي تعوق عملية تضخيم الضوء عبر تصادمها بالذرات الفعالة بيد أن أفضل الليزرات العادية فعالية يتطلب عملياً نحو مئة ألف ذرة لكل فوتون مخزون في المجاوب و هذا يعني بوضوح أنه لا يمكن لليزر العادي توليد حزمة ضوئية بذرة واحدة فقط.

المراجع:مجلة العلوم الأمريكية

ذرات في الأجواف :

يستعمل ليزر الذرة المفردة طريقة مختلفة لتضخيم الضوء و هي تستند إلى سيرورة تسمى اهتزاز (تأرجح) رابي المكمم .

درست هذه الظاهرة من قبل الباحثين في حقل الإلكترودينامیك الكمومي في الجوف الذي يتحكم في سلوك الذرات الموجودة في المجاوبات الفائقة الصغر و ربما كان ذلك أبسط أشكال التأثرات بين الضوء و المادة .

يعرف اهتزاز رابي بأنه التغير الدوري لتبادل الطاقة بين الذرات و الحقل الكهرمغنطيسي و كان الفيزيائي رابي أول من درس هذه السيرورة في الثلاثينات من القرن العشرين فعندما عرّض (رابي) عيّنة من

الذرات لموجات راديوية مولّفة على تردد مناسب وجد أن الذرات في الحالة الدنيا

تنتقل إلى حالة مثارة عند امتصاصها للطاقة من الحقل ويحدث هذا الامتصاص بسبب

توافق التردد الراديوي للفوتونات مع فرق الطاقة بين الحالة الدنيا و الحالة المثارة

و عندما تصل جميع الذرات إلى الحالة المثارة لا يعود بإمكانها امتصاص المزيد من

الطاقة من الموجات لذا تنعكس السيرورة فمع استمرار الإشعاع تبدأ الذرات بإصدار

طاقتها من جديد و إعطائها للحقل المطبق لتعود إلى الحالة الدنيا ثم تبدأ بامتصاص

الطاقة من الحقل مرة ثانية معيدة الدورة من جديد.

لم يكن ممكناً ملاحظة تفاعلات الذرات المنفردة مع الفوتونات في تجارب رابي ولما

كانت الفوتونات الراديوية التردد تمتلك طاقة ضئيلة جداً فإن موجاتها تحتوي على

عدد هائل من الفوتونات لذا تحدث تبادلات طاقية عدة بين الذرات و الفوتونات بحيث تفني تأثيرات بعضها بعضاً مانعة فرص دراسة الطبيعة الكمومية للتبادل الطاقي ولكن في بداية الستينيات من القرن العشرين طور كل من جاينز و كمينكز نظرية تشرح كيفية تأثر ذرة مفردة ذات مستويي طاقة مع موجة ضوئية تحتوي على عدد صغير من الفوتونات فعندما تكون لدينا ذرة وحيدة لا يمكن أن يكون تردد اهتزازات رابي اختيارياً إذ يجب عليه أخذ قيم مكممة كما هي الحال في مستويات الطاقة المتقطعة

المتمايزة بمعنى آخر ستمتص ذرة ذات مستويين الفوتونات و تصدرها بمعدلات متمايزة (واضحة المعالم) تحددها شدة الحقل الكهرمغناطيسي المحيط.

المراجع: مجلة العلوم الأمريكية

ن إحدى النتائج اللافتة للانتباه لهذه النظرية هي إمكان حث ذرة مثارة على أن تصدر فوتوناً عبر وضعها ضمن جوف صغير جداً و إذا كان هذا الجوف في حالة تجاوب مع الذرة ((أي أن جدرانه عاكسة و أبعاده مصممة بحيث يمكن للفوتونات الصادرة عن الذرة التنامي في داخله)) يحدث قرن كمومي يؤدي إلى إصدار الذرة لفوتون بسرعة تفوق سرعة إصدارها في الفراغ الحر بكثير و إذا ما بقيت الذرة في الجوف فإنها تمتص الفوتون الذي أصدرته و تعيد الدورة من جديد تدعى هذه العملية اهتزاز رابي في الخلاء لعدم وجود حقل كهرمغناطيسي في الجوف و إذا وجد فوتون أو أكثر في الجوف قبل دخول الذرة المثارة إليه فإنها ستعاني اهتزاز رابي المكمم بكثير من الحالة السابقة.

تم إثبات هذه الظاهرة في المختبر عام ١٩٨٤م. عندما طور والثر الميزر المكروي و هو جهاز يصدر موجات مكروية استناداً إلى النظرية الكمومية في تجربة والثر سارت حزمة من ذرات ريدبرك و هي ذرات تثار فيها الإلكترونات الخارجية إلى مدارات كبيرة دائرية الشكل واحدة إثر أخرى عبر جوف معدني صغير ذي جدران فائقة الانعكاس.

و كان هذا الجوف مشابها للمجاوب الليزري (إذ تتناسب أبعاده مع طول موجة الفوتونات المكروية التي تصدرها ذرات ريدبرك عند هبوطها إلى حالة طاقية أخفض) و أثناء مرورها عبر الجوف تصدر الذرات الفوتونات بمعدل مطرد كما تنبأ كل من جاينز و كيمينكز و قد أمكن للفوتونات أن تتراكم في المجاوب بسبب الموصلية الفائقة لجدرانه حيث تم تبريد الجدران إلى درجة حرارة قريبة من الصفر المطلق بغية زيادة انعكاسيتها إلى الحد الأقصى.

إن ليزر ذرة مفردة هو النسخة الضوئية للميزر المكروي حيث تتدفق الذرات المثارة ذات المستويين الطاقيين واحدة إثر الأخرى إلى مجاوب صغير ثم تصدر هذه الذرات فوتونات في مجال الضوء ما تحت الأحمر القريب .

يصدر الفوتون الأول إلى الجوف الفارغ بسبب اهتزاز رابي في الخلاء ثم يحدث تضخيم إضافي للضوء عبر سيرورة اهتزاز رابي المكمم و مع تزايد عدد الفوتونات

في الجوف يزداد احتمال إصدار الذرة التي تمر عبر المجاوب لفوتون آخر إن هذا التعزيز هو السيرورة الأساسية التي تستند إليها عمية الإصدار المحثوث في الليزر التقليدي.

المراجع: مجلة العلوم الأمريكية

المراجع

- مجلة العلوم الأمريكية:المجلد ١٦ العدد ٩ أ
- أيلول ٢٠٠٠م.
- شارك في هذا العدد : إبراهيم بلال- محمد يوسف حسن-أحمد الحصري-رياض الحلوجي-عدنان الحموي - عثمان الدسوقي- أسامة ربيع .....
- كتاب أشعة ليزر و الأشعة النووية: للمهندس فاروق سكر
- دار الحكمة للطباعة و النشر- دمشق سلسلة العلوم الحديثة ٢ ١٩٨٣م
- الليزر للكاتب هال هلمان ترجم من قبل الدكتور مظفر شعبان و المهندس سمير شعبان – حلب ١٩٧٨م من منشورات مؤسسة الطاقة الذرية الأمريكية.