المحاضرة السابعة

الاشعاع الضوئي: الليزر

الليزر: تعرف أشعة الليزر بأنها الأشعة الناتجة عن تضخيم الضوء بفعل انبعاث إشعاعي محفز، وهو مصدر ضوئي مختلف عن المصادر العادية، إذ يُنتج حزم ضيقة جدًا من الضوء ذات استخدامات مفيدة في العديد من التقنيات والأجهزة، ويرجع مبدأ أشعة الليزر إلى اقتراح قدمه العالم ألبرت أينشتاين في عام 1916، يوضح فيه أن الذرات يمكن أن تعطي طاقة إضافية على شكل ضوء عند تحفيزها في الظروف المناسبة. ويكون هذا الاشعاع الناتج من تضخيم الضوء هو عبارة عن اشعة ضوئية ذات فوتونات متساوية التردد والطول الموجي حيث تتداخل موجاتها تداخلا بناءا لتتحول الى نبضة ضوئية ذات طاقة عالية شديدة التماسك او موجات ضوئية مستمرة وتخضع اشعة الليزر الى قوانين الضوء مثل الانعكاس والانكسار والانحراف بالمرايا والعدسات.

خصائص اشعة الليزر

تتميز اشعة الليزر الضوئية عن الضوء العادي بالخصائص الاتية:

- اشعة احادية اللون أي تكون بطول موجي واحد
- اشعة موجهه أي تسير بأتجاه واحد فقط عكس انواع الضوء الاخرى مثل اشعة الشمس او ضوء المصباح حيث تسير هذه الاشعة بعدة اتجاهات
- التماسك وهذا يعني ان موجات الليزر الضوئية تسير بوحدة واحدة
- الشدة العالية تمتاز اشعة الليزر بأن لها شدة عالية تفوق الاف المرات شدة الضوء العادي

الفرق بين اشعة الليزر الضوئية والضوء العادي

اشعة الليزر والضوء العادي كلاهما اشعه كهرومغناطيسية ولكنهما يختلفان في:

1- تكون اشعة الضوء العادي تكون بأطوال موجية مختلفة على مدى واسع من الطيف الكهرومغناطيسي بينما اشعة الليزر تكون احادية الطول الموجي ومتجانسة

2- ان شدة شعاع الليزر اكبر مليون مرة من شدة الضوء العادي

3- يصعب تجميع الضوء العادي في حزمة ضوئية ضيقة اما شعاع الليزر ينبعث بحزم مركزة بحيث تصل مقدار القدرة الضوئية فيها الى مليون واط للسنتمتر المربع الواحد

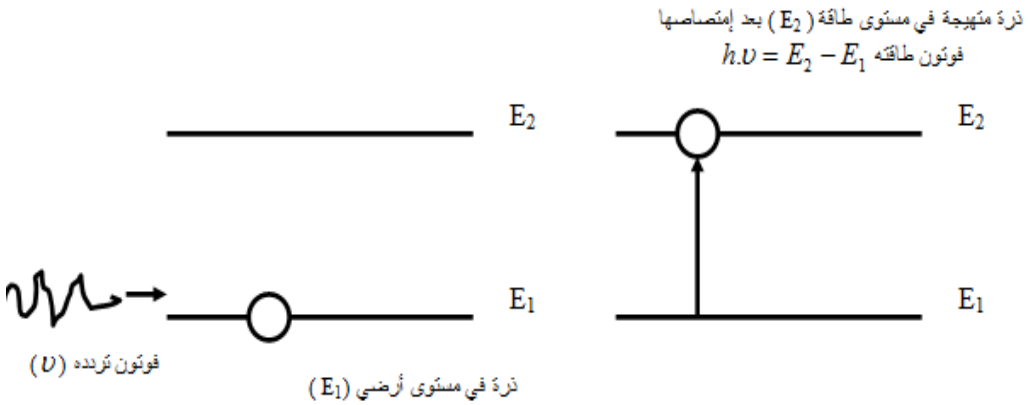
4- ان شعاع الليزر يغطي مناطق واسعة من الطيف الكهرومغناطيسي تشمل منطقة الطيف المرئي والمنطقة فوق البنفسجية واشعة تحت الحمراء بألوان متعددة من الطيف الضوئي

مبدأ عمل الليزر

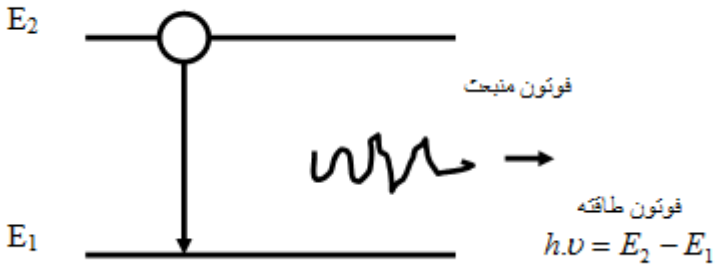
تتفاعل فوتونات الليزر الضوئية مع المادة من خلال ثلاث طرق:

1- الامتصاص: ان امتصاص ذرات المادة الى فوتونات اشعة الليزر يؤدي الى اثارة الالكترون من مستوى طاقة اوطئ او المستوى الارضي الى مستوى طاقة اعلى بشرط ان تكون طاقة هذه الفوتونات مساوية الى فرق الطاقة بين المستويين لكي تحدث الاثارة الالكترونية كما موضح بالشكل ادناه

$$\Delta E = E_2 - E_1 = h\,V$$

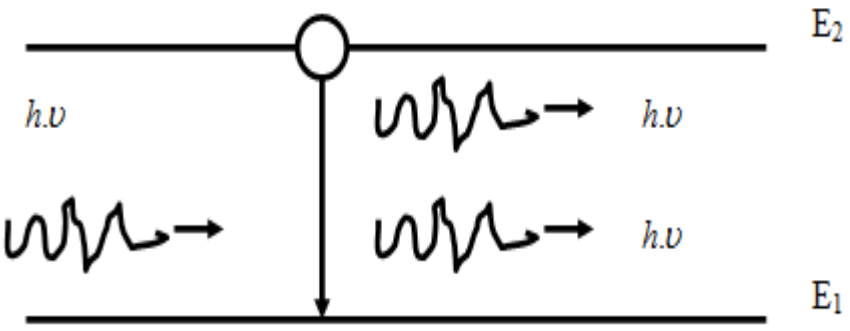


2- الانبعاث التلقائي: إن الالكترونات المثارة تميل دائما إلى حالة الاستقرار فتعود بعد فترة زمنية معينة إلى المستوى الأرضي عن طريق انبعاث الفوتونات بطاقة مساوية الى فرق الطاقة بين المستويين ويسمى هذا الانتقال بالانبعاث التلقائي ويكون زمن الالكترونات في الحالة المثارة قصير جدا يتراوح بين(10- 8 S) كما يوضحه الشكل



3- الانبعاث المحفز: في هذه العملية يتفاعل الفوتون الناتج من الانبعاث التلقائي مع الالكترون المثار الى مستوى طاقة اعلى ويجبره للعودة الى الحالة الارضية مما يؤدي الى انبعاث فوتون جديد مماثل في الطاقة والتردد لفوتون الانبعاث التلقائي اي ناتج عملية الانبعاث المحفز هو فوتونين، الاول هو فوتون الانبعاث التلقائي والثاني هو الفوتون المنبعث من الالكترون المثار.

ان الانبعاث المحفز يختلف عن الانبعاث التلقائي بأنه عملية غير طبيعية وانما عملية مصطنعة او محفزة .في الانبعاث التلقائي تبقى الالكترونات في الحالة المثارة حتى انتهاء عمرها الافتراضي ثم تعود إلى الحالة المستقرة عن طريق اطلاق الطاقة بشكل ضوء اما في الانبعاث المحفز لا تحتاج الالكترونات المثارة الى انتهاء وقت الاثارة لكي تعود الى الحالة المستقرة كما في الشكل



انواع الليزر

تنقسم أنواع الليزر من حيث طبيعة المادة الفعالة الموجودة في جهاز الليزر إلى أنواع كثيرة نذكر بعضا منها:

- ليزر الغاز: تستخدم اجهزة الليزرات الغازية خليط من الغازات كوسط فعال لتنشيط انبعاث ضوء الليزر مثل خليط من غاز الهليوم و غاز النيون او ليزر ثاني اوكسيد الكاربون وغيرها وتشتهر هذه الاجهزة بأنتاج عالي للطاقة واستخدام مدى واسع من الاطوال الموجية.

- ليزر الحالة الصلبة: تستخدم اجهزة ليزر الحالة الصلبة وسطا بلوريًا أو زجاجيًا صلبًا مشبعًا بالايونات مثل ايون الكروم الثلاثي كوسط فعال لتوليد ضوء الليزر. ومن الامثلة على هذا النوع هو ليزر الياقوت وتكون ليزرات الحالة الصلبة ذات ضغط عالي وكفاءة عالية ايضا.

- ليزر اشباه الموصلات: يستخدم جهاز ليزر أشباه الموصلات المعروف ايضا باسم ليزر الصمام الثنائي، مادة شبه موصلة كوسط فعال لتوليد الليزر الضوئي حيث تكون هذه المادة صغيرة الحجم، وموفرة للطاقة، واطئة التكلفة، مما يجعلها تستخدم على نطاق واسع في أجهزة التخزين الضوئية، وانظمة اتصالات الالياف الضوئية اضافة الى الطباعة الليزرية.

- ليزر الالياف: يستخدم ليزر الالياف، الالياف الضوئية كوسط فعال لتوليد ضوء الليزر. إنها توفر شدة عالية من شعاع الليزر اضافة الى الاستقرار والكفاءة. من الممكن استخدام

هذا النوع من الليزرات في اجهزة الاستشعار الضوئي لصغر حجمها واستخداماتها المتعددة.

- ليزر الحالة السائلة: ويسمى ايضا (ليزرات الصبغة)،يستخدم ليزر الاصباغ بعض المواد العضوية كمادة فعالة لتوليد ضوء الليزر وغالبا ما تكون مذابة في محلول سائل ومن هذه المواد العضوية هي صبغات الرودامين B والفلورسين والتتراسين وغيرها من الاصباغ .يوضع المحلول في انبوبة زجاجية من الكوارتز ويتم طلي سطحيها المتقابلين بالفضة للحصول على المرايا العاكسة وغالبا ما يتم استخدام اشعاع الليزر الذي يولد اللون الاخضر.

مكونات جهاز الليزر

يتكون جهاز الليزر من الاجزاء الاتية:

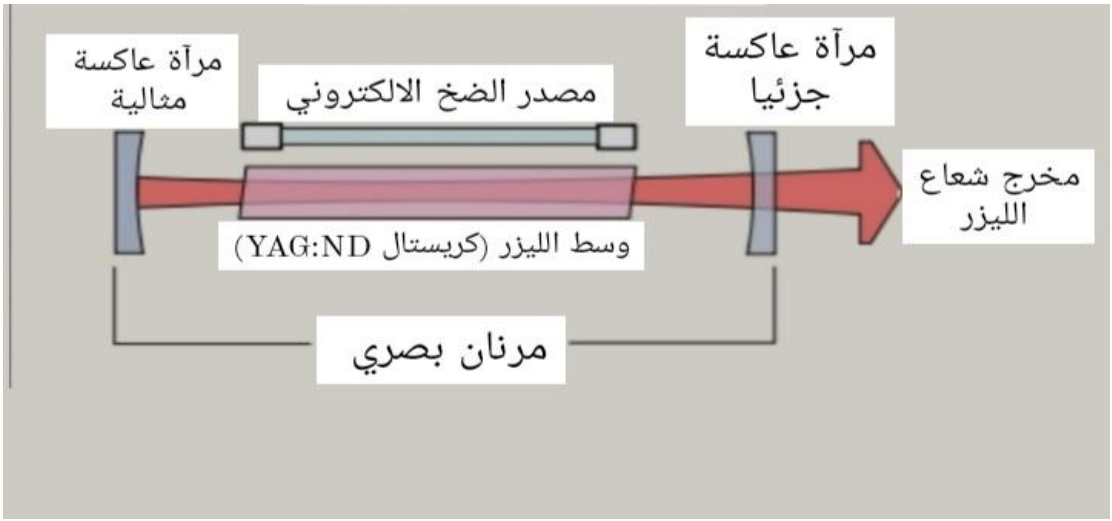
1- الوسط الفعال

2- مصدر الضخ الالكتروني

3- مرأة عاكسة مثالية

4- مراه عاكسة جزئية

5- مخرج شعاع الليزر



1- الوسط الفعال: 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 محفز)، وهناك بعض المواد تصلح لان تكون اوساطا فعالة مثل مزيج من غاز الهليوم والنيون او غاز ثاني اوكسيد الكاربون وغيرها.

2- مصدر الضخ الالكتروني: مصدر الضخ هو الجزء الذي يزود نظام الليزر بالطاقة. أمثلة على طرق الضخ (الضخ البصري، التفريغ الكهربائي، التفاعل الكيميائي، و الإثارة بالبلازما).

3- المرنان البصري: المرنان البصري في أبسط أشكالها هي مرآتين متوازيتين توضعان حول الوسط الليزري لتؤدي إلى انعكاس الضوء وتضخيمه. حيث يتألف المرنان من مرآتان الاولى عاكسة بشكل كلي والثانية عاكسة بشكل جزئي والمرآة الثانية هي التي تولد الحزمة الليزرية لأنها تسمح لبعض الضوء بترك المرنان لأنتاج الشعاع الليزري. الضوء الصادر عن الانبعاثات التلقائية حيث يتم عكسه بواسطة المرايا داخل الوسط الفعال ويتم تضخيمه بواسطة الانبعاث المحفز.

تطبيقات الليزر في مجال الكيمياء الضوئية

1- فصل النظائر: وهو إثارة انتقائية لنوع النظير المرغوب فيه بواسطة أشعة الليزر مثلا نظير عنصر اليورانيوم U^{235} يمكن اثارته بأستخدام الليزر بطول موجي مناسب ثم يجمع النظير المؤين بأستخدام حقل كهربائي.

2- يستخدم في الاغراض التشخيصية وانتاج تفاعلات كيميائية غير انعكاسية مثل التشخيص بأستخدام مطيافية رامان حيث توفر هذه التقنية معلومات مهمه عن تركيب وخصائص الجزيئات متعددة الذرات.

3- يستخدم الليزر كمصدر ضوئي في علم الاطياف حيث يزيد من كفاءة الاجهزة في تحليل الطيف الناتج للمركبات.

4- يمكن استخدام الاشعة الليزرية في مجال الاتصالات الضوئية.