المحاضرة 1: الضوء و خصائصه

المرحلة الثانية/ قسم الاتصالات

م.م سرى سلام محمد

الضوء و خصائصه

لقد أمرنا الله تعالى نحن المسلمين بالتفكر وتدبر هذا النظام الكوني العظيم فنستدل على قدرته ووحدانية سبحانه في مصداقية قوله تعالى:((سنريهم آياتنا في الافاق وفي انفسهم حتى يتبين لهم أنه الحق اولم يكف بربك انه على كل شئ شهيد)).

وعلم الفيزياء في الاساس علم تجريبي يعتمد على الملاحظة والقياسات الدقيقة لاستنباط القوانين والوصول الى النظريات وفهم الظواهر الطبيعية ومن ثم تسخيرها لما فيه خير الانسان لذا فان علم الفيزياء يساعدنا على فهم الكثير مما في عالمنا . بالإضافة الى ان علم الفيزياء يعد اساسا للعلوم التطبيقية والتقنيه ومن هنا تاتي اهميه هذا الاعلم وضرورة فهمه واستيعابه وتدريسه .

اذن الفيزياء هي التي تقود التقدم العلمي والتقني للبشر فهي بحق بهجة العلوم وروحها المتألقة دائما . وقد اشتهر علم الفيزياء بصعوبته بالمقارنة بالعلوم الاخرى ولكن كنوع

ماذا تقدم الفيزياء لدارسيها

معظم العلماء المشهورين مثل اينشتين ونيوتن وماكسويل .... كانوا فيزيائيين. يمكننا ان نقول ان الفيزيائيين هم اكثر العلماء المدربين في عدة مجالات مثل الرياضيات والكمبيوتر بل انهم احيانا يتفوقون على اقارنهم المتخصصين لانهم يتعاملون مع هذه العلوم على اساس تطبيقي كما ان الفيزيائي يمكن ان يكسر الحواجز بين العلوم التطبيقية الاخرى كالكيمياء والبيولوجي والجيولوجيا والهندسة والطب ولا يجد الفيزيائي صعوبة في فهم اي نوع من العلوم المختلفة ولاهمية هذا العلم ظهرت تخصصات لجميع الفيزياء مع العلوم الاخرى مثل الجيوفيزياء والبيوفيزياء. عندما تظهر تطبيقات علمية جديدة او اجهزة متقدمة فإن علم الفيزياء يكون مطلوباً...

ومن اقسام الفيزياء الهامة الضوء وقد احتار العلماء في ماهية الضوء واحتار معهم عامة الناس ومشروعنا هذا هو محاولة متواضعة لشرح وتفسير بعض الظواهر المتعلقة بالضوء

الضوء والابصار

- هل سألت نفسك يوما كيف ترى الاشياء ؟ وهل تصورت نفسك وأنت تدرس وانقطع التيار الكهربائي فجأة ؟لا بد أنك ستشعر بالانزعاج لأنك لن ترى شيئا ؛ فما هو الضوء وما علاقته بالابصار ؟
- الضوء شكل من أشكال الطاقة الكهرمغناطيسية يسبب لنا الاحساس بالرؤية .
- لقد كان التصور السائد قديما عند الاغريق ،أن الضوء يخرج من العين ويسقط على الجسم فنراه ، وبقي هذا الرأي سائدا الى أن جاء العلماء المسلمين وأبطلوا ذلك وبين العالم الحسن بن الهيثم وصحح هذه الفرضية وقال (ان الرؤية تتم نتيجة ورود الضوء من الاجسام المرئية الى العين فنراها) ولتأكيد ذلك

انواع الاجسام

- أجسام مضيئة :- وهي التي تصدر الضوء من ذاتها مثل(الشمس).
- أجسام مستضيئة :- وهي التي تعكس الضوء الساقط عليها مثل (القمر)
- ومن حيث الشفافية تقسم الى :-
- أجسام شفافة : تسمح للضوء بالنفاذ من خلالها (كالزجاج)
- أجسام غير شفافة :-لا تسمح للضوء بالنفاذ من خلالها (الخشب)

خصائص الضوء

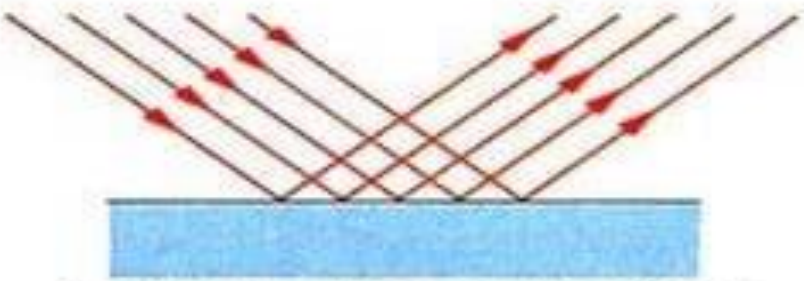
- للضوء خصائص وهي :-
- 1- يسير في خطوط مستقيمة .
- 2- الانعكاس .
- 3- الامتصاص .
- 4- النفاذ.
- 5- الانكسار .
- 6- الظلال.

الانعكاس (Reflection)

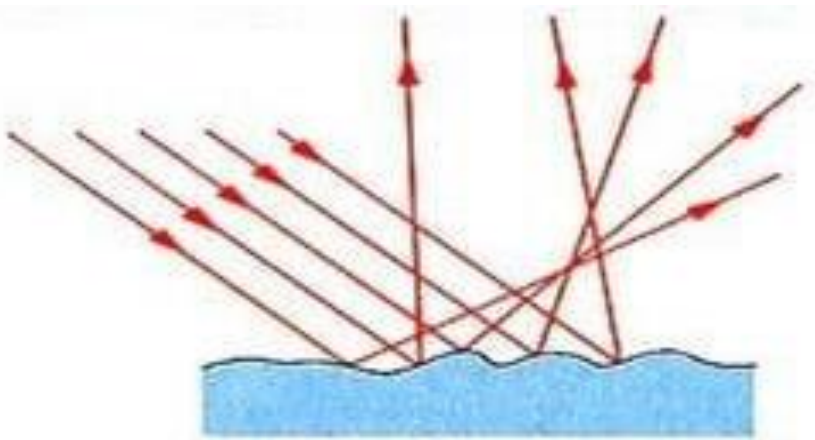
- الانعكاس هو ارتداد الضوء الساقط عن جسم فيبقى في الوسط نفسه ولا ينفذ للوسط الاخر .
- قانونا الانعكاس :-
- 1- الشعاع الساقط ،والشعاع المنعكس والعمود المقام على السطح العاكس من السقوط ،تقع جميعها في مستوى واحد يكون دائما عموديا على السطح العاكس
- 2- أن زاوية الانعكاس تزداد بازدياد زاوية السقوط وتنقص بنقصانها وأنهما في جميع الحالات متساويتان .

الانعكاس (Reflection)

- أنواع الانعكاس :-



(a) Specular reflection



(b) Diffuse reflection

Copyright John Wiley & Sons

الامتصاص (*Absorption*)

- إن أي جسم يسقط عليه الاشعاع يمتص جزءا منه وأن معامل الامتصاص للمواد المختلفة يتراوح بين (7%) للفضة المصقولة و (99%) للدهان الاسود .
- تتحول الطاقة التي يحدث لها امتصاص الى طاقه حرارية في المادة الماصة . وفي بعض الاحيان يصاحب هذا التحول ظواهر أخرى منها :ـــــ
- 1- في الخلية الكهروضوئية : ينتج من امتصاص الضوء الكترونات
- 2- في البطارية الشمسية :ينتج من امتصاص الضوء اختزان للطاقة الكهربائية .
- 3- في أوراق النبات الخضراء :ينتج من امتصاص الضوء

النفاذ (Transmission)

- النفاذ :- هو انتقال الضوء (عندما يسقط على السطح الفاصل بين وسطين)من الوسط الاول الى الوسط الثاني ويسمى الوسط الذي ينتقل فيه الضوء بالوسط الشفاف ، كالزجاج .
- أنواع المواد الشفافة :-
- 1- مواد تامة الشفافية:اذا نظرنا منها نرى معالم الجسم الموجود وراءها واضحة .
- 2- مواد نصف شفافة: هذه المواد لا تنفذ الضوء ؛لكنك لا تميز صورة الجسم الموجود وراءها بوضوح وتعمل هذه الجزيئات على تفريق الاشعة بداخلها ؛لذلك تنفذ الاشعة في اتجاهات مختلفة وبالتالي لا ترى بوضوح .
- 3- مواد مرشحة: وهذه المواد لا تنفذ جميع الوان الطيف ،بل تنفذ اللون الخاص بها فاذا نظرت في ورقة سلوفان صفراء

معامل□ النفاذ□ ومعامل□ الانعكاس

- لقياس معامل النفاذ تستخدم جهاز يسمى الفوتومتر ، نستقبل الضوء من مصدر معين ونجد شدة الاستضاءة (ش1)ثم نضع المادة الشفافة بين مصدر الضوء والفوتومتر ونجد شدة الاستضاءة (ش2)عندئذ فان:- معامل النفاذ = ش1 / ش2
- يسمى معامل النفاذ الشفافية وهو غير ثابت للمادة الواحدة اذ تعتمد قيمته على سمك المادة الشفافة .ان المادة الشفافة تمتص جزءا من الطاقة الضوئية ويعتمد هذا الجزء على طول مسار الشعاع الضوئي في المادة الشفافة .
- لقياس معامل الانعكاس نتبع الطريقة السابقة ،فنقيس شدة الاستضاءة الساقطة (ش1) وشدة الاستضاءة المنعكسة (ش2) فيكون :
- معامل الانعكاس = ش2 / ش1

(*) الفوتومتر: أداة يستخدم لقياس قوة الإضاءة لمصدر ضوئي أو المقارنة بين قوتي مصدرين ضوئيين .
(**) شدة الإستضاءة : كمية الطاقة الضوئية الساقطة على (1) م2من السطح في الثانية الواحدة وتعطى من :
ش= ق/ ف2* جتا(س) ق:قوة المصدر الضوئي – ف:البعد بين المصدر والسطح – س: زاوية السقوط

الانكسار (*Refraction*)

- لماذا يبدو قاع بركة السباحة أقل عمقًا من عمق البركة الحقيقي ؟وإذا وضعت قلما في كوب ماء ،خيل إليك أن القلم مكسور عند سطح الماء فما السر في ذلك ؟
- تعرفت سابقا أن الضوء يسير في خطوط مستقيمة في الوسط المتجانس ،وأنه إذا سقط على جسم غير شفاف فإن قسما منه ينعكس عنه بزاوية تساوي زاوية سقوطه ولكن ماذا يحدث للضوء إذا سقط على وسط شفاف يسمح له بالنفاذ منه ؟فما هو الانكسار؟ وما قوانينه ؟ وما التطبيقات عليه في المسائل الرياضية ؟وبعض مفاهيمه ؟ وبعض الظواهر الطبيعية المتعلقة به ؟وما هي المفاهيم الاساسية المتعلقة بالانكسار ؟ هذه الاسئلة وغيرها سنحاول

انكسار الضوء

- مفهوم الانكســـــار
- هو تغير مسار الشعاع الضوئي عند انتقاله من وسط شفاف الى اخر مختلف عنه .
- الكثافة الضوئية لوسط ما:

هو المقدار الذي يميز اعتماد سرعة انتشار الضوء على نوع الوسط وتقاس بالقيمة العددية لمعامل الانكسار المطلق للوسط أو هي قدرة الوسط على كسر الأشعة الضوئية عند نفاذها فيه

- السطح الفاصل :

انظر الشكل

http://www.ps.missouri.edu/rickspage/refract/refra

مصطلحات في الانكسار

- **الشعاع الضوئي الساقط :**

هو الشعاع المتجه الى السطح الفاصل ويقابله في نقطة السقوط

- **زاوية السقوط :**

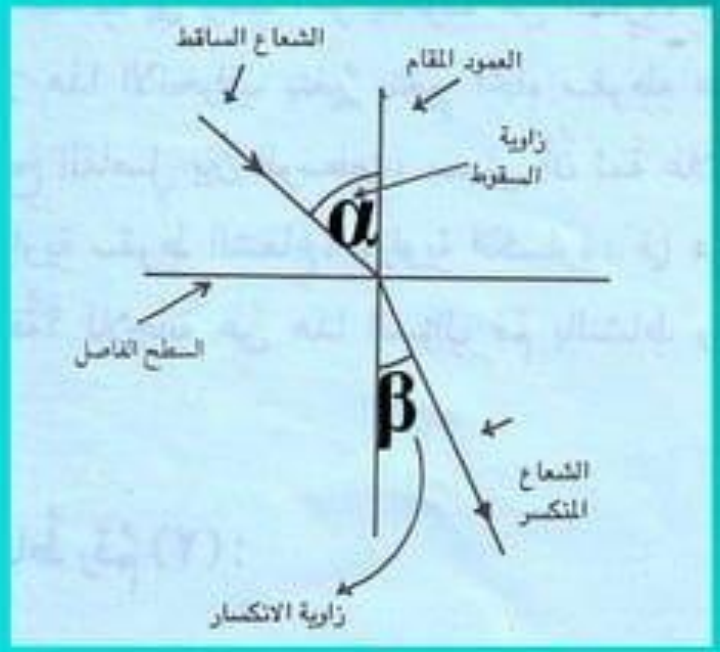
هي الزاوية المحصورة بين الشعاع الضوئي الساقط والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح الفاصل

- **الشعاع الضوئي المنكسر:**

هو المسار الجديد للشعاع الضوئي في الوسط الثاني بعد نفاذه من السطح الفاصل

- **زاوية الانكسار:**

هي الزاوية المحصورة بين الشعاع الضوئي المنكسر والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح الفاصل

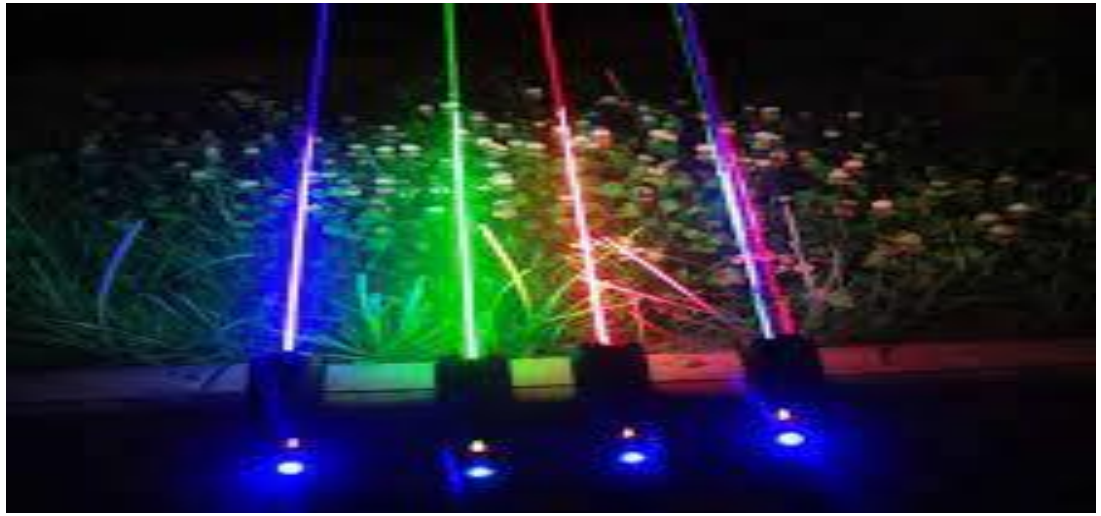


انظر الشكل

http://www.ps.missouri.edu/rickspage/refract/refr

المحاضرة 2: مقدمة عن الليزر وأبرز استخداماته في الحياة العملية

Introduction to Lasers, Laser spectroscopy, and Raman Spectroscopy



المرحلة الثانية/ قسم الاتصالات

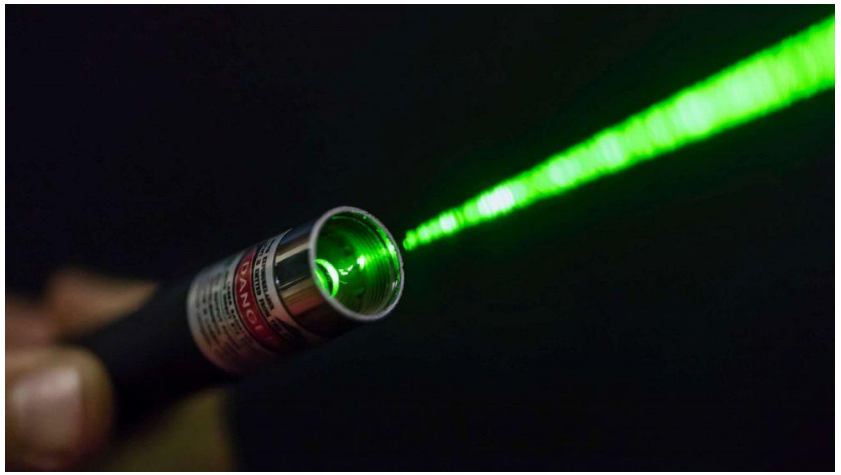
م.م سرى سلام محمد

الليزر واستخداماته

- **Laser**: **L**ight **A**mplification by **S**imulated **E**mission of **R**adiation

تضخيم الضوء بواسطة انبعاث الاشعاع المحفز

- الفكرة الرئيسية في عمل الليزر تقوم على أساس انبعاث الاشعاع المحفز(simulated emission of radiation) لتوليد نوع خاص من الضوء.



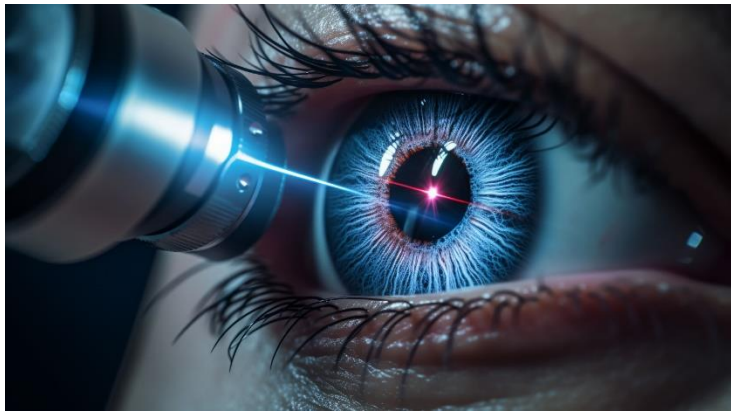
الليزر واستخداماته

- تستخدم الليزرات بشكل كبير أنواع مختلفة من الاستعمالات في خدمة المجتمع عامة و في الكيمياء خاصة. وله تأثيرات مذهلة على حياتنا ويستخدم فيها في جوانب كثيرة مثل:

* الانترنت
(في الألياف البصرية Fiber Optics)

الليزر واستخداماته

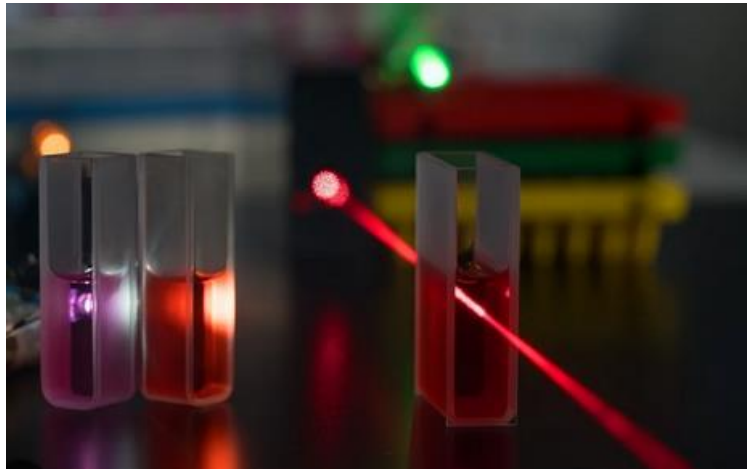
* السوبرماركت في أجهزة مسح scan الباركود.



* الطب (جراحة العيون بالليزر)

الليزر واستخداماته

* CDs, DVDs وغيرها

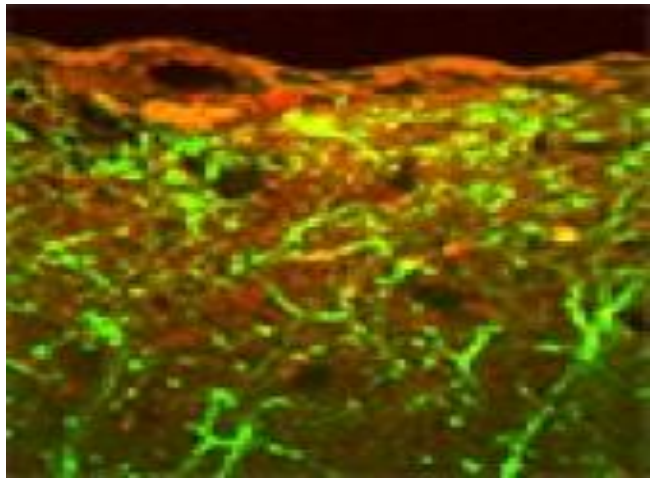


* الكيمياء (فالكثير من العمليات الكيميائية لا تتم بالضوء التقليدي ولكن باستخدام التحليل الطيفي لليزر)

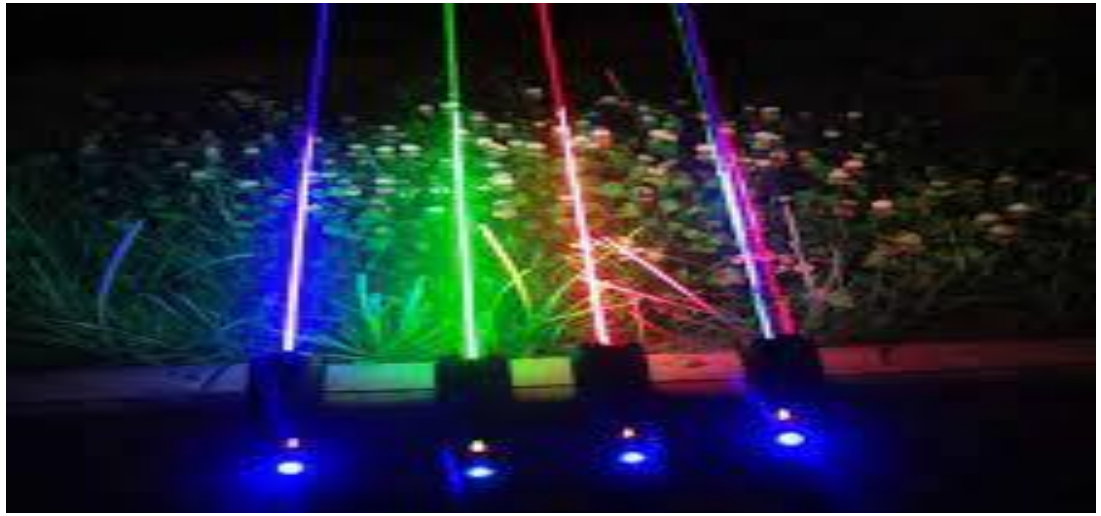
أبرز مميزات الليزر في الاستخدام

1. القياس الدقيق الحساس (بحيث لا نحتاج الى تركيز عالي للقياس عند استعماله)

2. السرعة (نستخدم fs لقياس سرعته والتي لا تستخدم الا لقياس المقادير الصغيرة جدا مثل القياسات في الذرات)



المحاضرة 3: الانتقال بين مستويات الطاقة
Transitions between Energy Levels



المرحلة الثانية/ قسم الاتصالات

م.م سرى سلام محمد

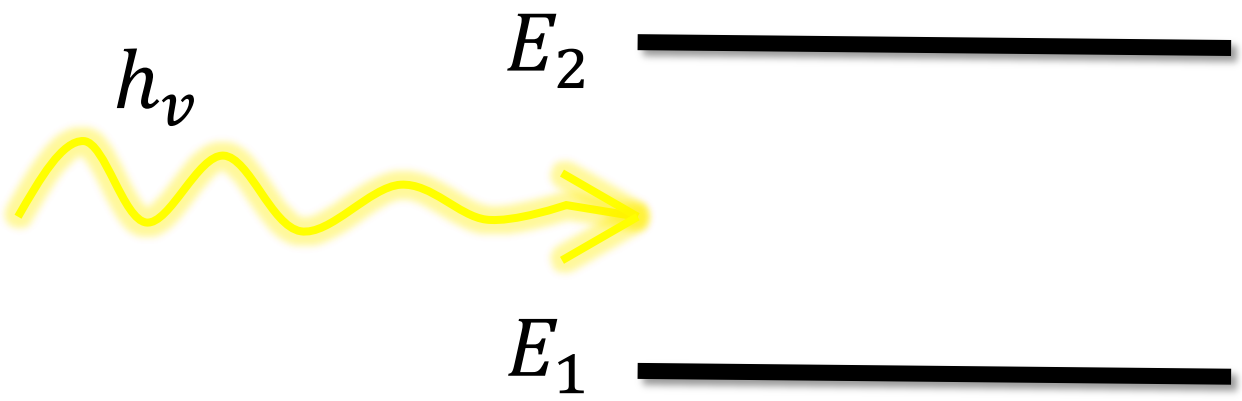
انتقال الذرة بين مستويات الطاقة

- قبل التعرف على طريقة عمل الليزر ومعنى أن يكون عبارة عن (ضوء مضخم ناتج من الانبعاث المحفز للإشعاع)، نحتاج أن نعرف ما هو **الانبعاث المحفز** وكيف يكون هو **المبدأ الأساسي الذي يعتمد عليه عمل الليزر**.

- **ماذا يحدث في الذرة عند انتقالها بين مستويات الطاقة؟ ومتى يحدث هذا الانتقال؟**

انتقال الذرة بين مستويات الطاقة

تخيل أن لديك نظاما بمستويين للطاقة E1 و E2.



اذا أرسلت ضوءا على هذا النظام مساويا للفرق بين طاقة المستويين. حيث:

$$\Delta E = E_2 - E_1 = h_v$$

انتقال الذرة بين مستويات الطاقة

- ستكون هناك ثلاث نتائج من المحتمل ظهور أحدها:

1. أن يمتص الضوء (light is absorbed) :

$$m^*_{(2)} \longrightarrow \mathbf{m}_{(1)} + h_v$$

حيث:

$m_{(1)}$: الحالة الأولى للذرة بمستوى الطاقة الأقل

$m^*_{(2)}$: الحالة الثانية للذرة بمستوى طاقة أعلى المثارة

h_v : الفوتون الذي تم امتصاصه

انتقال الذرة بين مستويات الطاقة

2. أن **ينبعث الضوء تلقائيا (Spontaneous emission):**

$$m^*_{(2)} \longrightarrow \underset{(1)}{m} + h_v$$

كما في المصابيح الكهربائية

3. **الانبعاث المحفز (Stimulated Emission):**

$$m^*_{(2)} + h_v \longrightarrow \underset{(1)}{m} + 2h_v$$

الانبعاث ناتج عن الضوء، مثل ضوء الليزر (laser light).

المحاضرة 4: نسب الامتصاص والانبعاث
Rates of Absorption and Emission

مادة الليزر/المرحلة الثانية/ قسم الاتصالات

م.م سرى سلام محمد

نسب الامتصاص والانبعاث

- اذا اردنا ان نعرف كيف نولد هذا النوع الخاص من الضوء الشديد (الليزر) يجب أولا ان نعرف كيف نولد الضوء أساسا وكم سرعة حدوث ذلك.. لذلك سنلقي نظرة الى النسب التالية:

1. نسبة حدوث الامتصاص
2. نسبة حدوث الانبعاث التلقائي
3. نسبة حدوث الانبعاث المحفز

نسبة الامتصاص

- لمعرفة نسبة حدوث حالة الامتصاص:

$$\frac{dN_2}{dt} = N_1 B_{12} \rho(\nu_{12})$$

حيث:

$\frac{dN_2}{dt}$: نسبة التغير في عدد الذرات في الحالة الثانية

N_1: عدد الذرات التي نبدأ فيها في الحالة الأولى

B_{12}:: معامل اينشتاين للامتصاص والانبعاث (مدى سهولة تحول الذرة من الحالة الأولى الى الحالة الثانية)- يعتمد على نوع الذرات ومستويات الطاقة.

$\rho(\nu_{12})$:: كثافة الاشعاع الطيفي (كمية الضوء التي لدينا، تعتبر لذلك ρ ohr) متغير يعبر عن شدة السطوع

نسبة الامتصاص

Q/ متى تكون نسبة تحول الذرة الى المستوى الثاني أسرع؟

Q/ متى يكون الامتصاص أبطأ؟

Q/ علام يعتمد (B_{12})؟

Q/ متى لا يحدث أي امتصاص على الاطلاق للذرة؟

نسبة الانبعاث المحفز

- لمعرفة نسبة حدوث حالة الانبعاث المحفز:

$$\frac{dN_2}{dt} = -N_2 B_{21} \rho(\nu_{12})$$

حيث:

$\frac{dN_2}{dt}$: نسبة التغير في عدد الذرات في الحالة الثانية

N_1: عدد الذرات التي نبدأ فيها في الحالة الثانية

B_{12}:: معامل اينشتاين للامتصاص والانبعاث (مدى سهولة تحول الذرة من الحالة الاولى الى الحالة الثانية)،

$$B_{12} = B_{21}$$

$\rho(\nu_{12})$:: كثافة الضوء التي لدينا (ρ ohr)، تعتبر لذلك (ρ) كمية الاشعاع الطيفي متغير يعبر عن شدة السطوع

نسبة الانبعاث المحفز

نسبة الانبعاث التلقائي

- لمعرفة نسبة حدوث حالة الانبعاث التلقائي:

$$\frac{dN_2}{dt} = -N_2 A_{21}$$

حيث:

$\frac{dN_2}{dt}$: نسبة التغير في عدد الذرات في الحالة الثانية

N_2: عدد الذرات التي نبدأ فيها في الحالة الثانية

A_{21}:: كمية الضوء التي تبعث بالاعتماد على الانبعاث التلقائي(معامل اينشتاين)

نسبة الانبعاث التلقائي

Q/ أي حالة من حالات الامتصاص والانبعاث للذرة لا تعتمد على وجود الضوء اطلاقا؟ لماذا؟

Q/ ماذا يعني بدلا التلقائي الانبعاث نسبة معادلة في استعماله سبب اذكر ؟؟A_{21} من B_{21}.

المحاضرة 5: انقلاب التعداد
Population Inversion

مادة الليزر/المرحلة الثانية/ قسم الاتصالات

م.م سرى سلام محمد

العمليات فى النظام الحقيقى

- في النظام الحقيقي تحدث العمليات الثلاثة (الامتصاص، الانبعاث التلقائي، الانبعاث المحفز) في نفس الوقت.

- جمع العمليات الثلاثة في معادلة واحدة يعني معرفة كيف تتغير (N_2) بالنسبة للزمن في ظل حدوث العمليات الثلاثة متزامنة في نفس الوقت:

$$\frac{dN_2}{dt} = (N_1 - N_2)\, B_{21}\, \rho(\nu_{12}) - N_2 A_{21}$$

توزيع بولتزمان

- عند تسليط الضوء ونصل الى حالة (الاتزان equilibrium)، لا نحصل على $\frac{dN_2}{dt}$. أي:

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

- **يمكن وصف عدد الذرات في حالات مختلفة من الطاقة ب(توزيع بولتزمان Boltzmann Distribution):**

$$\frac{N_2}{N_1} = e^{\frac{-(E_2-E_1)}{K_B T}} = e^{\frac{-h\upsilon}{K_B T}}$$

K_B: ثابت بولتزمان

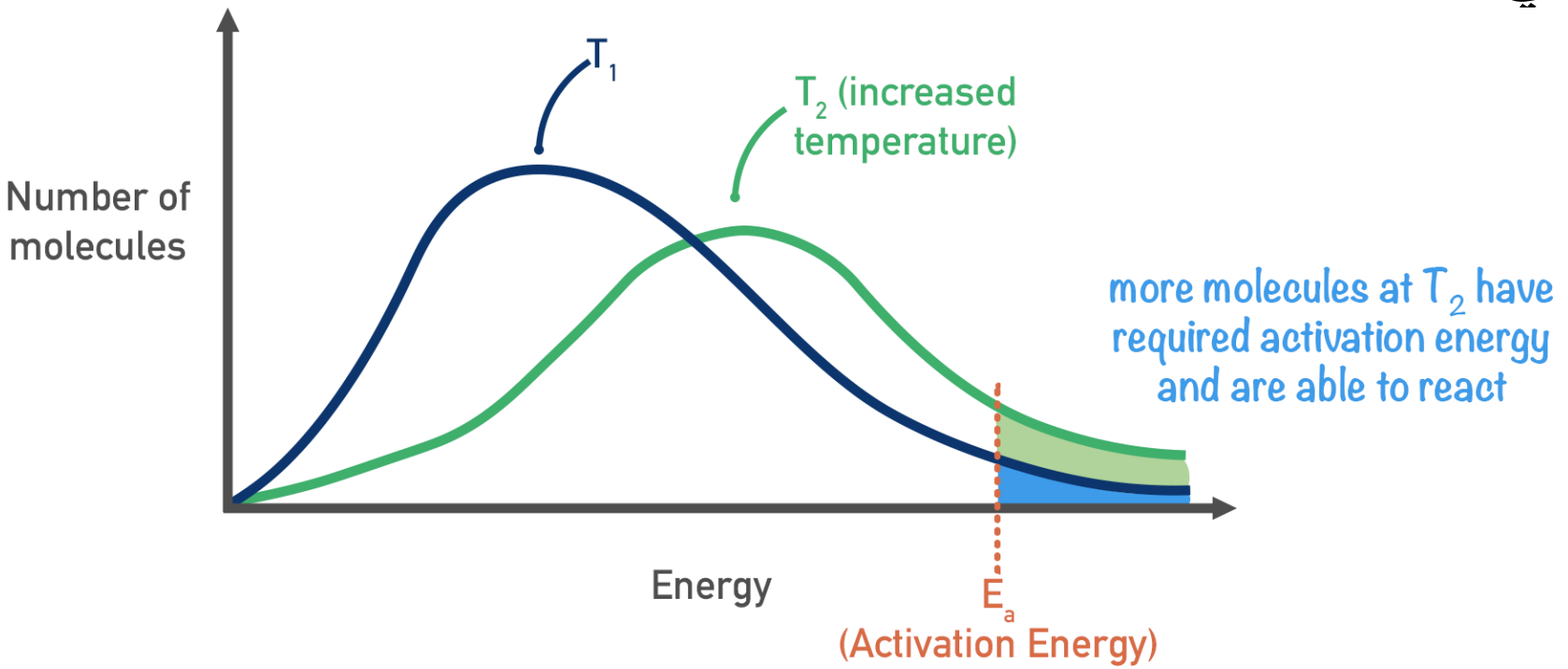
T: درجة الحرارة

توزيع بولتزمان

- ما يخبرنا به (توزيع بولتزمان) ان: N_2 تكون دائما اصغر من N_1.

$$N_2 < N_1$$

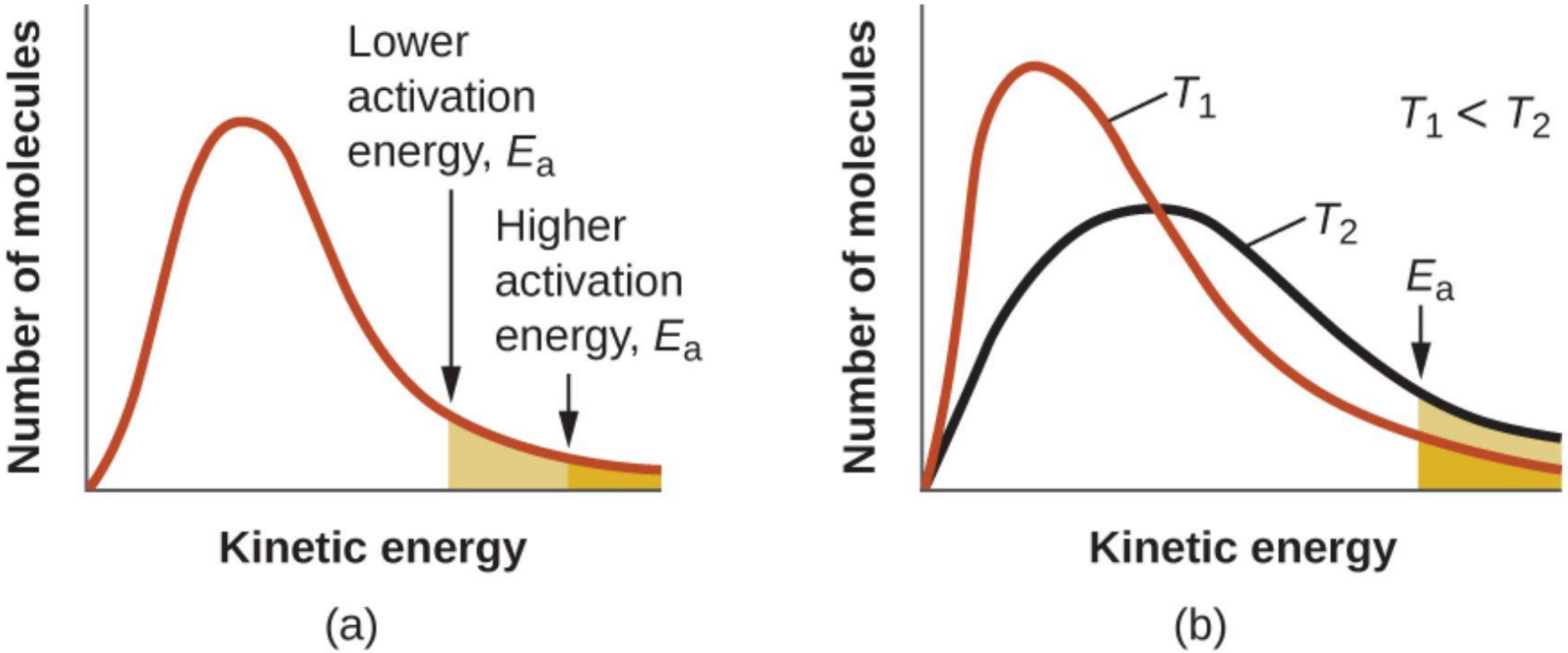
وهذا يعني ان مستوى الطاقة كلما كان اعلى كلما قل عدد الذرات التي يمكنها ان تتواجد في ذلك المستوى بغض النظر عن درجة الحرارة.



(توزيع بولتزمان)

Boltzmann Distribution

توزیع بولتزمان



(a) As the activation energy of a reaction decreases, the number of molecules with at least this much energy increases, as shown by the shaded areas. (b) At a higher temperature, T_2, more molecules have kinetic energies greater than E_a, as shown by the yellow shaded area.

انقلاب التعداد

- اذا ازدادت درجة الحرارة واقتربت من (even temperature) والتي تعتبر درجة الحرارة اللامتناهية كلما أصبح التوزيع متناصف بين N_1 و N_2 .

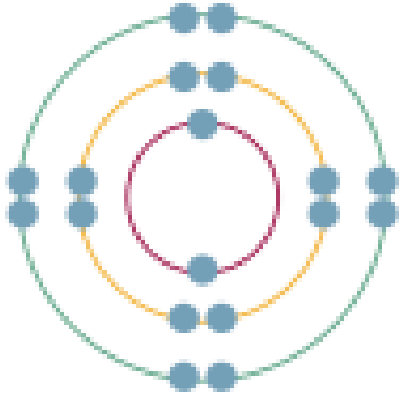
- لتسيطر حالة الانبعاث المحفز ونحصل على ضوء الليزر، يجب ان يكون $(N_2 > N_1)$وهو ما يعرف ب(انقلاب التعداد).

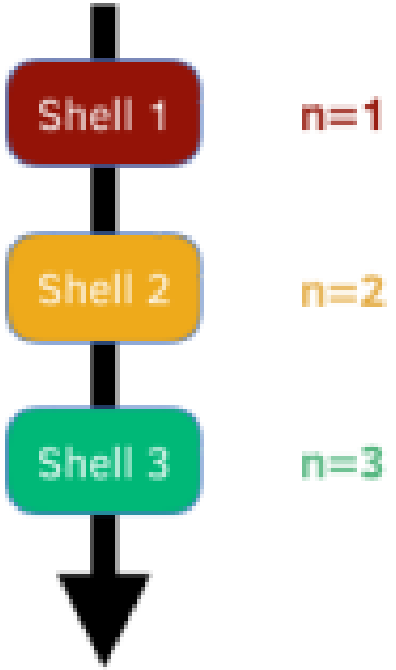
انقلاب التعداد

- (انقلاب التعداد) هو أمر لن تفعله الذرات من تلقاء نفسها. أي انه لا يحدث طبيعيا بدون عوامل خارجية مؤثرة عليه. وهذا هو أساس طريقة تكوين ضوء الليزر.

- عن طريق تحقيق (انقلاب التعداد Population Inversion) يمكن زيادة حالة الامتصاص المحفز وبالتالي الحصول على تضخيم الضوء اكبر من الضوء الذي قمنا بتسليطه من الأساس.

المحاضرة 6: كيفية تحقيق انقلاب التعداد
How to Achieve Population Inversion





المرحلة الثانية/ قسم الاتصالات

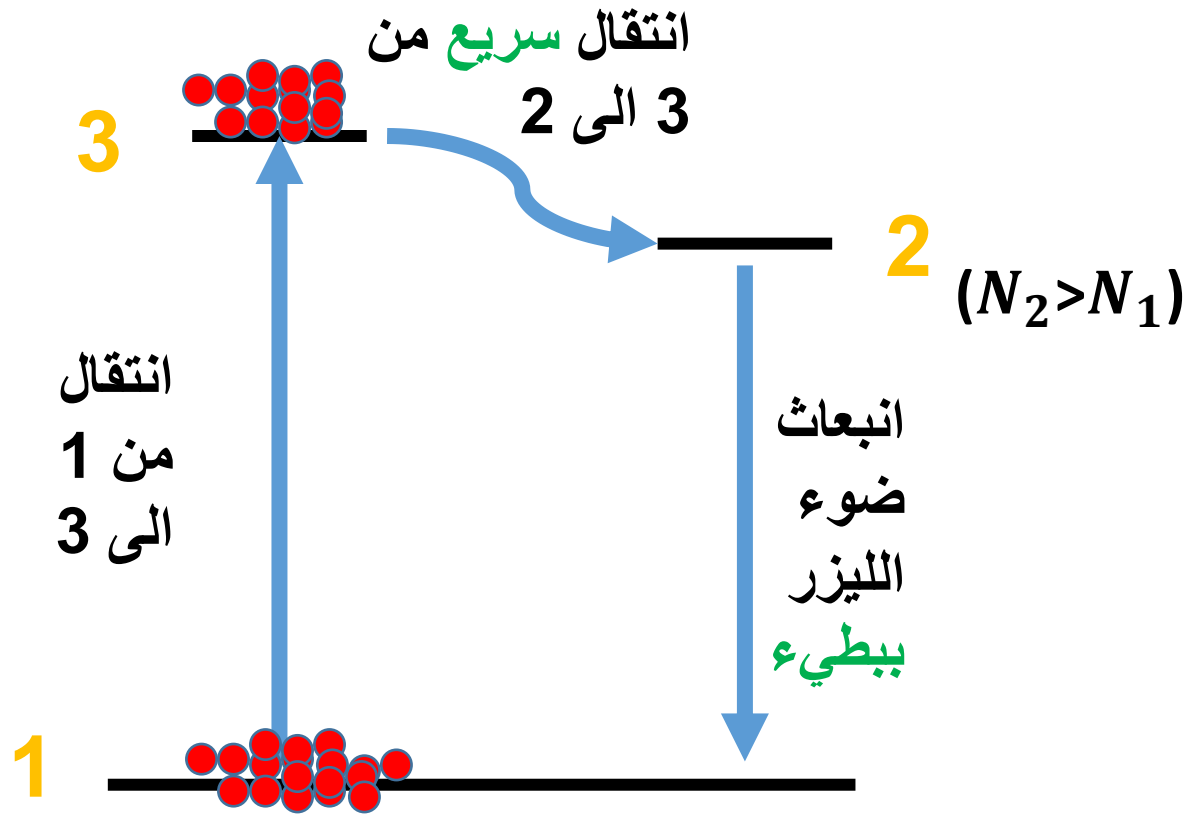
م.م. سرى سلام محمد

احداث انقلاب التعداد

- في النظام المؤلف من مستويين، من المستحيل الحصول على (انقلاب التعداد). لأنه اذا ولدنا وبإفراط ذرات في مستوى الطاقة 2 فإنها ما تلبث ان ترجع الى مستوى الطاقة 1. وبالتالي يبقى عدد الذرات في مستوى الطاقة 2 دائما اقل من عدد الذرات في مستوى الطاقة 1.

- لإحداث (انقلاب التعداد) وإنتاج ضوء الليزر نحتاج:
  - ذرات بثلاث مستويات للطاقة
  - ذرات بأربع مستويات للطاقة

احداث انقلاب التعداد في الذرات بثلاث مستويات



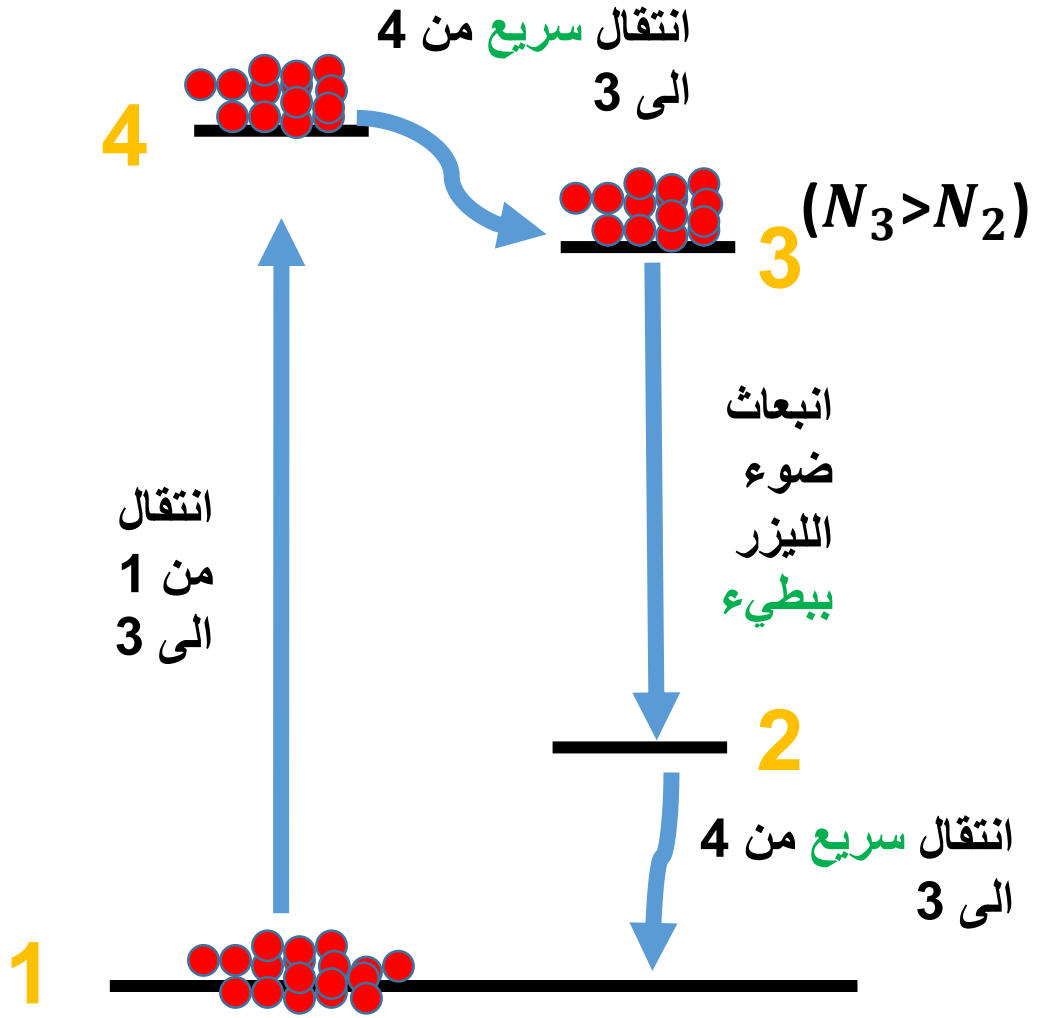
* يتم نقل الذرات من مستوى الطاقة 1 الى مستوى الطاقة 3، كيف؟

* كيف تحقق $(N_2>N_1)$ عندما الذرات في مستوى الطاقة 2 ؟

* كيف تكون عملية (الانبعاث المحفز) هي العملية المهيمنة على العمليات الأخرى في الذرات ذات الثلاث مستويات للطاقة على الأقل؟

* كيف تحقق انقلاب التعداد في النظام الذري؟

احداث انقلاب التعداد فى الذرات بأربع مستويات



* استخدام الذرات ذوات المستويات الأربعة للطاقة هو بديل شائع أكثر من الذرات ذوات المستويات الثلاث للطاقة لتوليد ضوء الليزر، لماذا؟

- كيف يتحقق $(N_3>N_2)$ في النظام الذري ذي مستويات الطاقة الأربعة؟

المحاضرة 7: مكونات الليزر

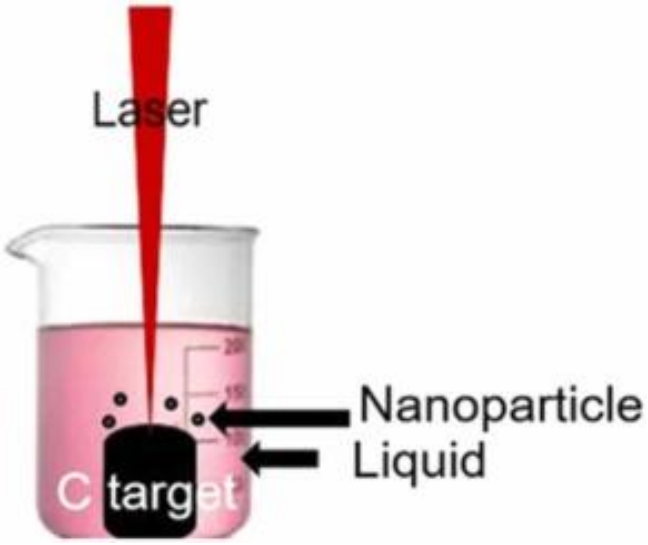
Components of Laser

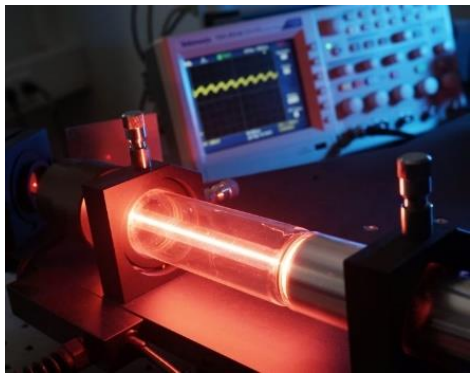
المرحلة الثانية/ قسم الاتصالات

م.م. سرى سلام محمد

وسط الليزر

- يسمى النظام الذي تم فيه احداث او تحقيق انقلاب التعداد ب (وسط الليزر lasing medium). ويمكن الحصول على وسط ليزر ذي أساس سائل (liquid-based lasing media) او وسط ليزر ذي أساس صلب (solids-based lasing media) او وسط ليزر ذي أساس غازي (gases-based lasing media).





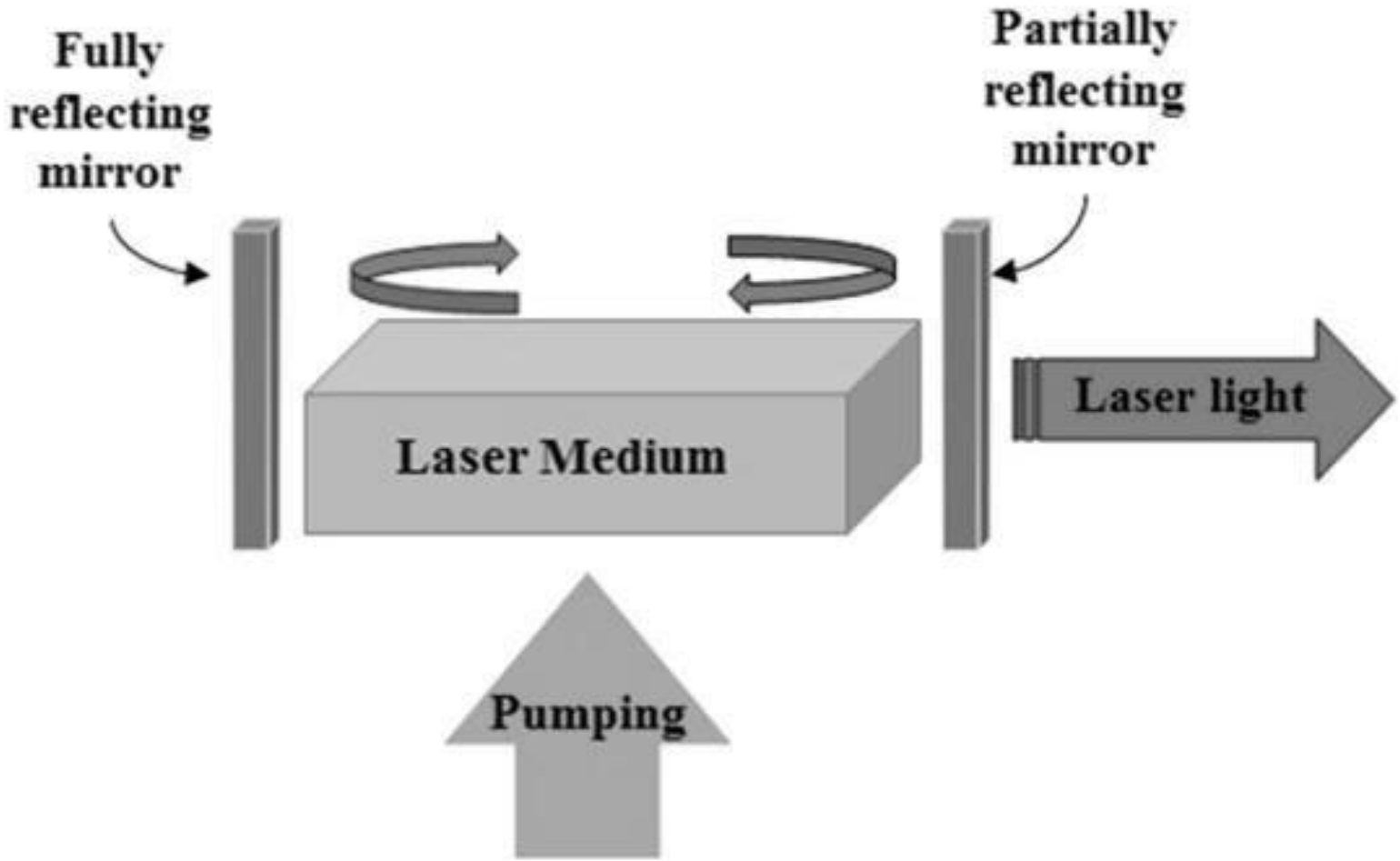
مكونات الليزر

* لنفترض أن لدينا وسط ليزر أيا كان نوعه، وبالتالي فهو حتما يتصرف كمضخم للضوء (Amplifier)- حيث تم تحقيق انقلاب التعداد بالشكل الصحيح في ذرات نظامه ذات الأربع مستويات للطاقة- ومع استعمال الضوء او الحرارة او الكهرباء لضخ الذرات وفي النهاية توليد ضوء الليزر، سنحتاج الى زوج من المرايا (mirrors). الأولى ذات انعكاس عالي جدا اكثر من 99%، ولذلك فان الضوء المتولد من المضخم (وسط الليزر) سيرتد من المرآة عائدا عبر وسط الليزر. وعند اجتيازه لوسط الليزر مجددا سيولد فوتونات ضوء اكثر.

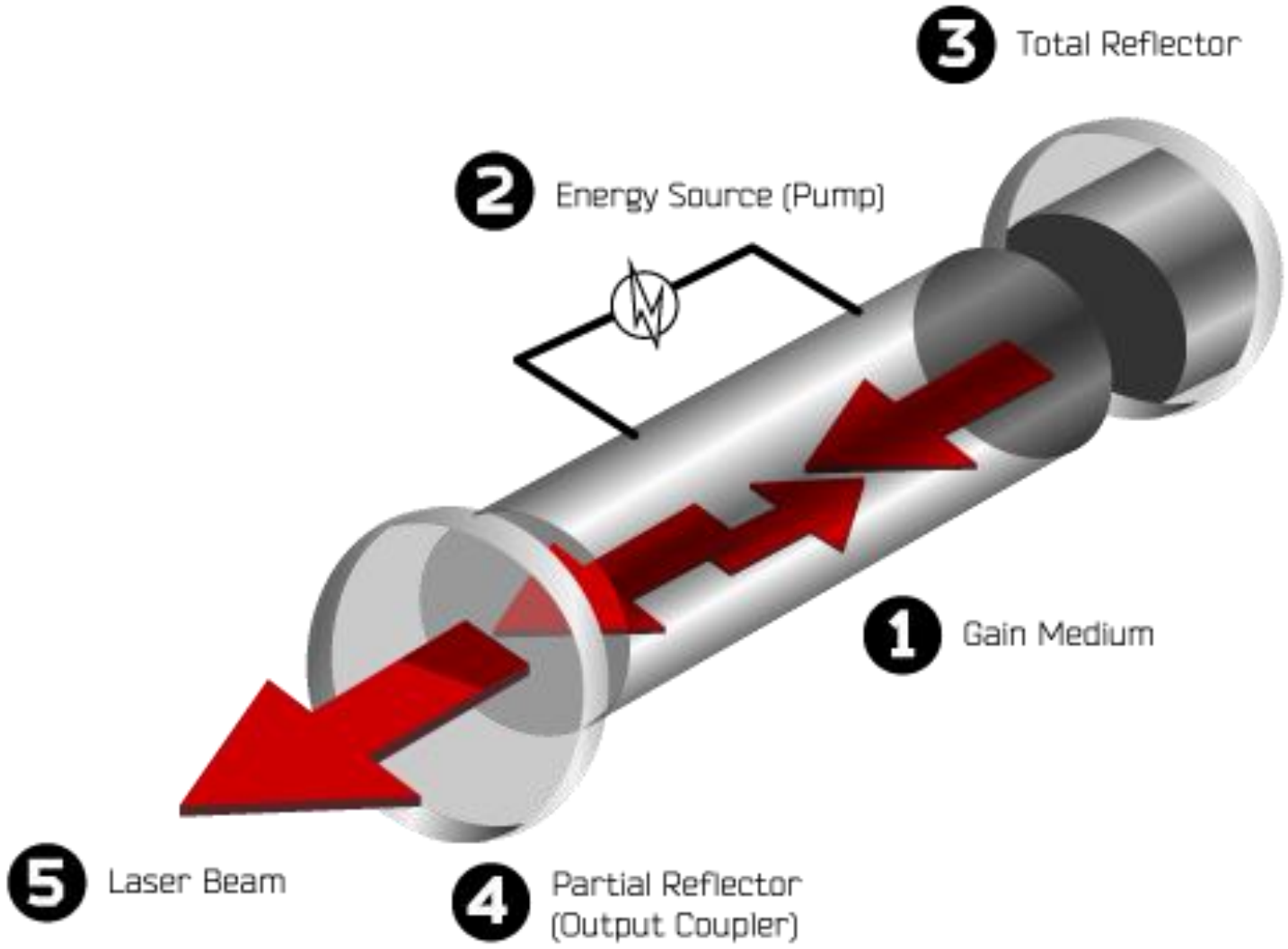
مكونات الليزر

هنا ستقابلنا مرآة جديدة على الجانب الاخر من وسط الليزر والتي نسميها (output coupler مقرنة او مزدوج الإخراج) والتي يتعمد في اختيارها ان تكون ذات انعكاس اقل للضوء مثل ان يكون انعكاسها مثلا 99% للضوء او اقل بقليل. ولذلك فان أغلب الضوء سيرتد مجددا.. ومع عبوره عبر المضخم فانه سيكون أكثر اضاءة ونحصل على المزيد والمزيد من الضوء. ما يجدر الأشارة اليه هو ان كل هذا الضوء يجب أن يكون بتردد معين. ولأن (output coupler) هي ذات انعكاس اقل بقليل، فان بعضا من الضوء يمكن أن يخرج عبرها. وهذا هو (شعاع الليزر laser beam) الذي نراه فعلا ونستخدمه لأغراض متعددة.

مكونات الليزر

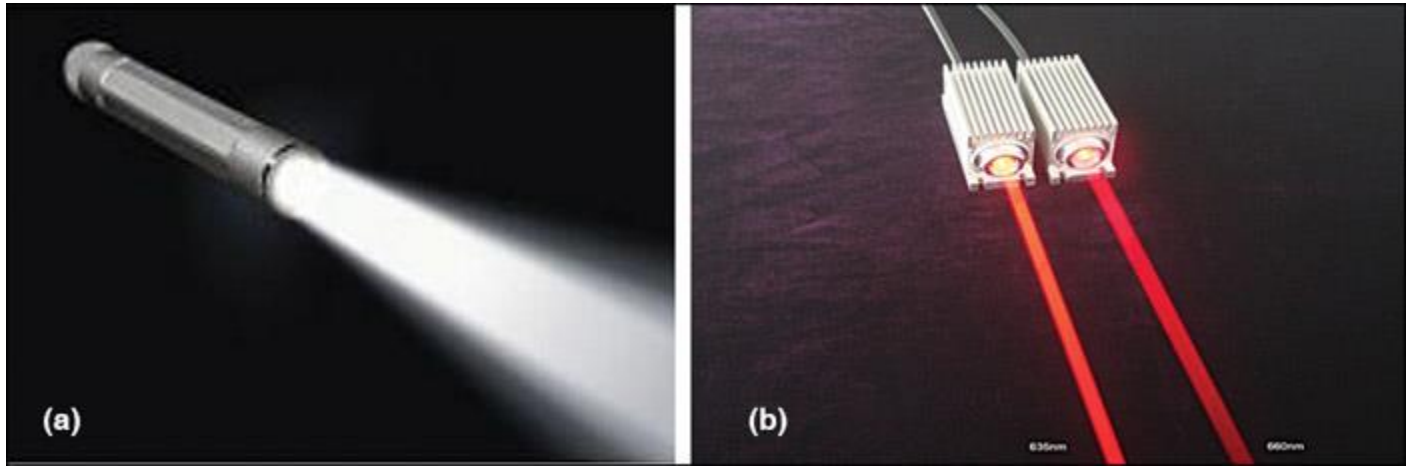


مكونات الليزر



مكونات الليزر

* ان بناء الليزر يعتمد على ما ان كان الليزر (ليزر مستمر continuous laser) او (ليزر نبضي pulse laser) او ان كان (وسط الليزر lasing medium) صلبا او سائلا او غازيا..



المحاضرة 8 و 9 و 10: مرنان الليزر/ أنواعه

المرحلة الثانية/ قسم الاتصالات

م.م. سرى سلام محمد

مرنان الليزر

المرنان: تجويف رنيني يشكل مصدر التغذية العكسية في الليزر، وهو عنصر ضروري كونه:

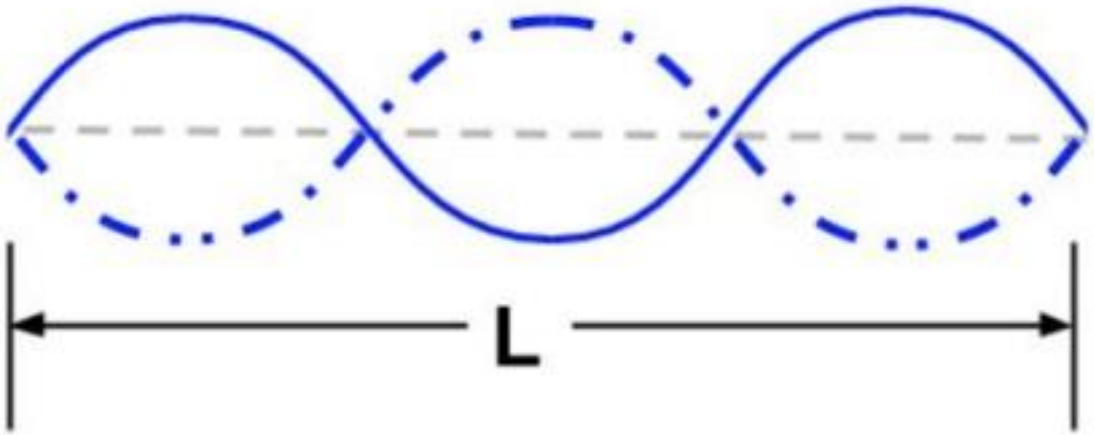
1-يدعم التكبير الحادث في الوسط الفعال نتيجة الانبعاث المحفز (المسؤول عن التغذية العكسية)

2-يعمل على توجيه الأشعة (منح الليزر خاصية الأتجاهية العالية)

3-المحافظة على صيغة التذبذب الطولية والمستعرضة لأنبعاث الليزر

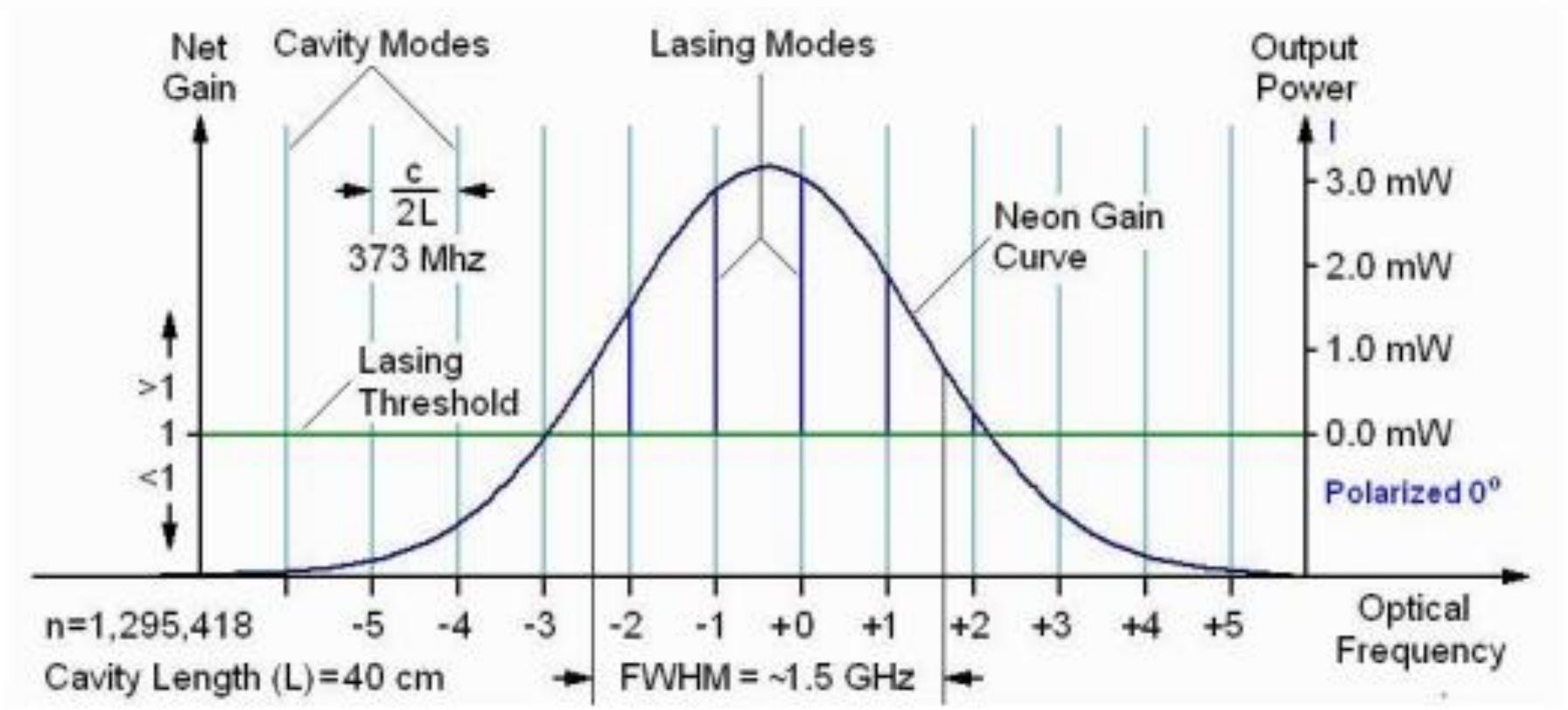
مرنان الليزر

يتم ذلك بوضع المادة الفعالة في تجويف رنيني مناسب لترددالأشعاع المنبعث حيث يعمل هذا التجويف كمذبذب رنيني مكونا ما يسمى بالموجات الواقفة شكل (25). ففي حالة الليزر ونظراً لقصر موجته، تكون المسافة بين أي صيغتين للتذبذب صغيرة جداً، وهذا يعني تواجد عدد كبير من صيغ التذبذب ضمن المنحني الذي يمثل غلاف الخط الطيفي للأنبعاث شكل (26)، لذا يستوجب العمل على انتخاب صيغ قليلة منها عن طريق تصميم تجويف بشكل معين.



شكل (25): الموجة الواقفة

مرنان الليزر



شكل (26): صيغ التذبذب الطولية ضمن منحني الانبعاث في الليزر

مرنان الليزر

يتألف مرنان الليزر من مرآتين توضعان بشكل متقابل وعلى مسافة (L) بينهما بحيث يتطابق محورهما البصري، أحدهما عاكسة كلياً والأخرى عاكسة جزئياً لتشكل مخرجا لنتاج الليزر. تكون المرآتين أما مستويتين أوكرويتين، لذلك فهناك تصاميم متنوعة للمرنان لأن له تأثير على جوهر عملية التغذية العكسية.

أنواع المرنان

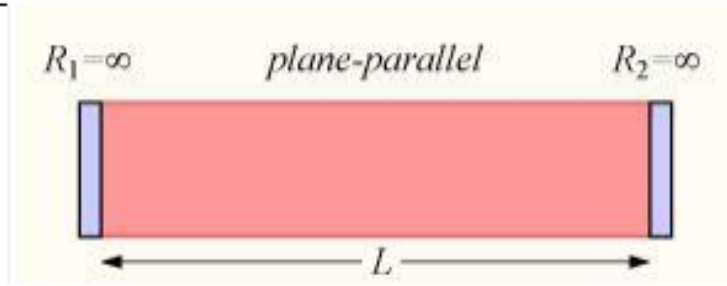
2-1-1: مرنان المرآتين المستويتين (مرنان فبري–بيروت)

يتألف من رآتين مستويتين متقابلتين بشكل موازي إحداهما الأخرى، ويعمل على الجمع بين موجتين مستويتين تنتقلان باتجاهين متعاكسين، وبذلك يمكن تحديد صيغ التذبذب بتحقيق شرط وهو: "*إن طول المرنان مساوي لعدد صحيح من أنصاف الطول الموجي*"، أي أن:

$$L = n\frac{\lambda}{2} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (97)$$

وهذا الشرط يضمن كون شدة المجال الكهربائي عند المرايا مساويا الى الصفر، وفق هذه العلاقة تكون الترددات الرنينية كالتالي:

$$\nu = n\frac{c}{2L} \dots\dots\dots\dots\dots (98)$$



شكل(27): مرنان فابري–بيروت ذو المرآتين المستويتين

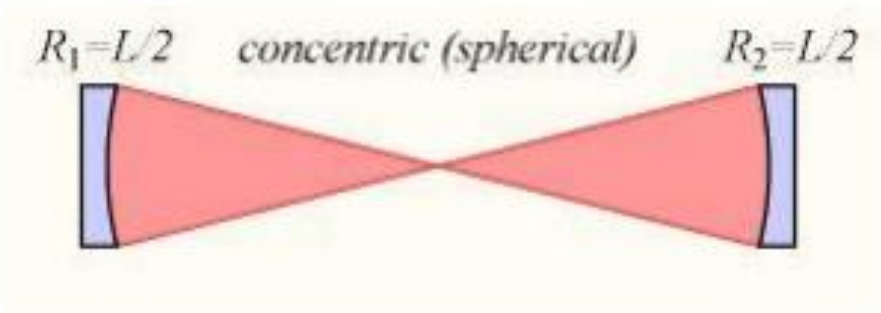
أنواع المرنان

2-1-2: المرنان الكروي:

للتغلب على خسارة حيود الاشعة في مرنان فابري- بيروت تستخدم المرآة الكروية وتكون على عدة أشكال:

أ- متحد المركز (concentric):

وتوضع المرآتين بحيث ينطبق مركز تكور للأولى على مركز تكور الثانية، اي ان المسافة بينهما تساوي قطر أحدهما (L=2R).



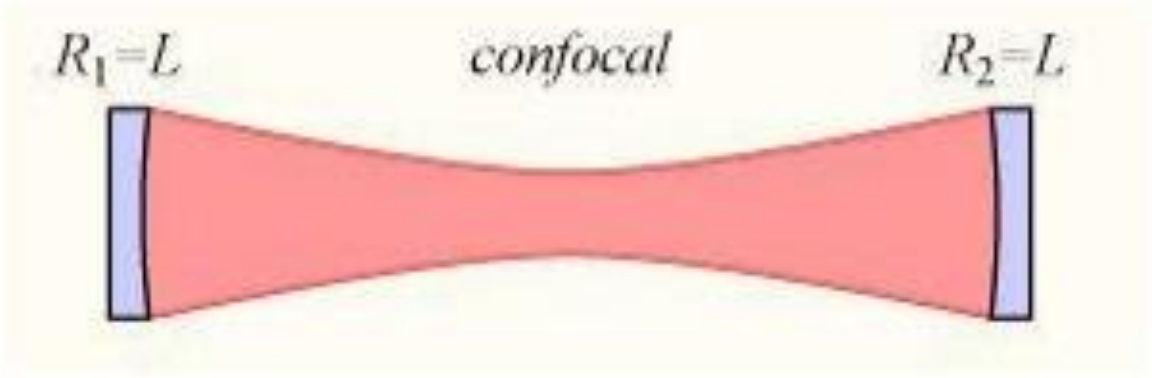
شكل (28): مرنان كروي متحد المركز

أنواع المرنان

ب- متحد البؤرة (Confocal)

توضع المرآتين بحيث ان المسافة بين المرآتين تساوي نصف قطر تكور أحداهما (L=R)

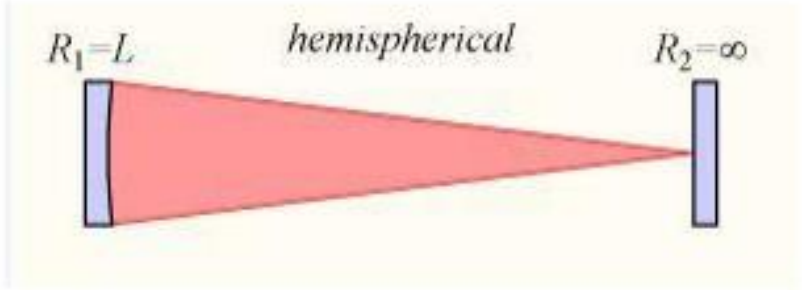
أي ان بؤرة المرآة الأولى F_1 تقع على بؤرة المرآة الثانية F_2.



أنواع المرنان

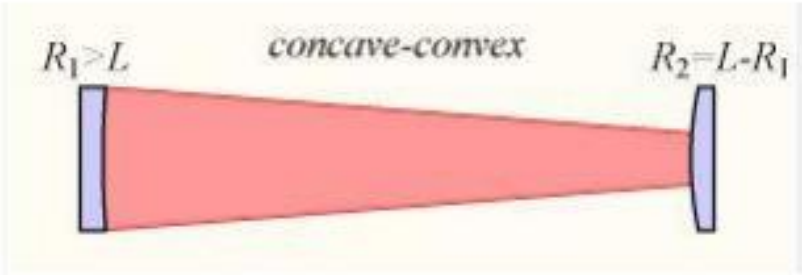
ج- المرنان الشبه كروي (Hemispherical):

يتألف هذا المرنان من مرآة كروية مقعرة وأخرى مستوية.



شكل (30): مرنان شبه كروي

د- مرنان المرآتين محدبة – مقعرة (concave- convex):



شكل (31): مرنان المرآتين مقعرة- محدبة

أنواع المرنان

2-2: المرنان الكروي العام:

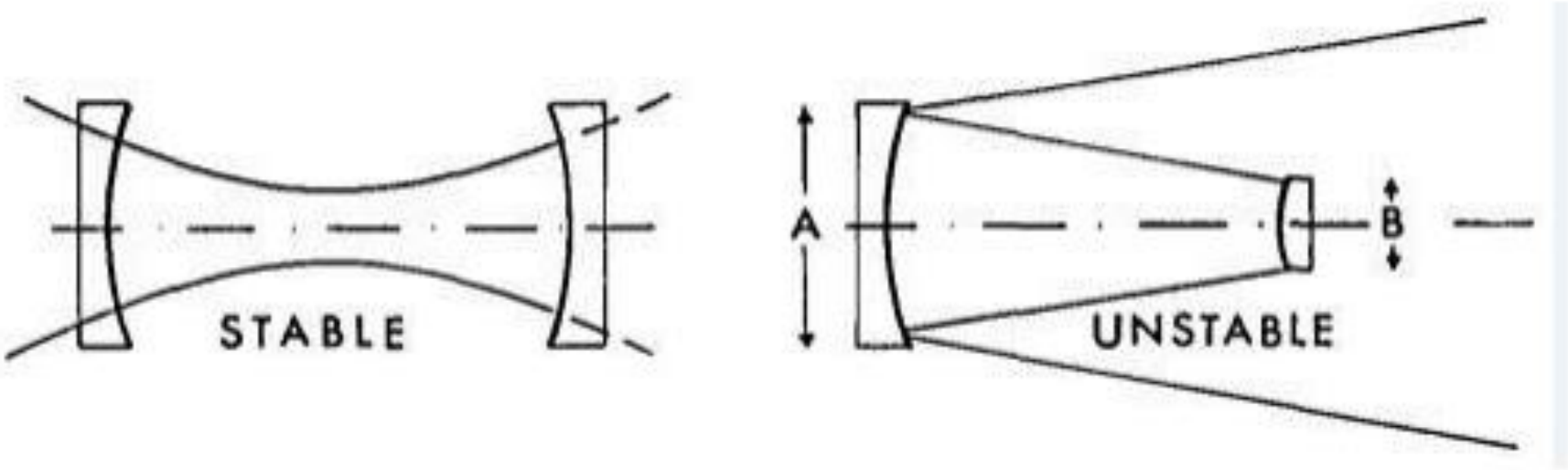
ويتألف من مرآتين بتكور مختلف، أي بأنصاف أقطار غير متساوية (مقعرة ومحدبة). توضع المرآتين على مسافة (L) عن بعضهما بحيث يتطابق محورهما، ولما كانت أنصاف أقطارهما تأخذ قيما مختلفة سالبة وموجبة فان اجتماع المرآتين يعطي أشكالا مختلفة.

يمكن تصنيف الأشكال الناتجة الى صنفين :

2-2-1: المرنان المستقر: وهو المرنان المصمم بحيث تحصر مراياه الأشعة داخل فجوة الليزر وتتذبذب باتجاه المحور البصري ذهبا وإياباً ولا تدعه يخرج. جميع النماذج المذكورة أعلاه (أ، ب، ج، بالأضافة الى مرنان فابري بيروت) أمثلة لمرنان مستقر.

أنواع المرنان

2-2-2: المرنان غير المستقر: يوصف المرنان غير المستقر عندما يحيد الشعاع بعد انعكاسات متكررة باتجاه يبتعد عن محور المرنان، مثل مرنان المرآتين مقعرة- محدبة.



شكل (32): المرنان المستقر والمرنان غير المستقر

أنواع المرنان

3-2: استقرارية المرنان:

يعتمد شرط الأستقرار على الأوصاف الهندسية للمرنان، أي على المقادير (L, R_1, R_2)، ويمكن اشتقاق شرط الأستقرار بالأستعانة بقواعد البصريات الهندسية ويعطى بالعلاقة:

$$0 \leq g_1 . g_2 \leq 1 \quad \dots\dots\dots\dots\dots (99)$$

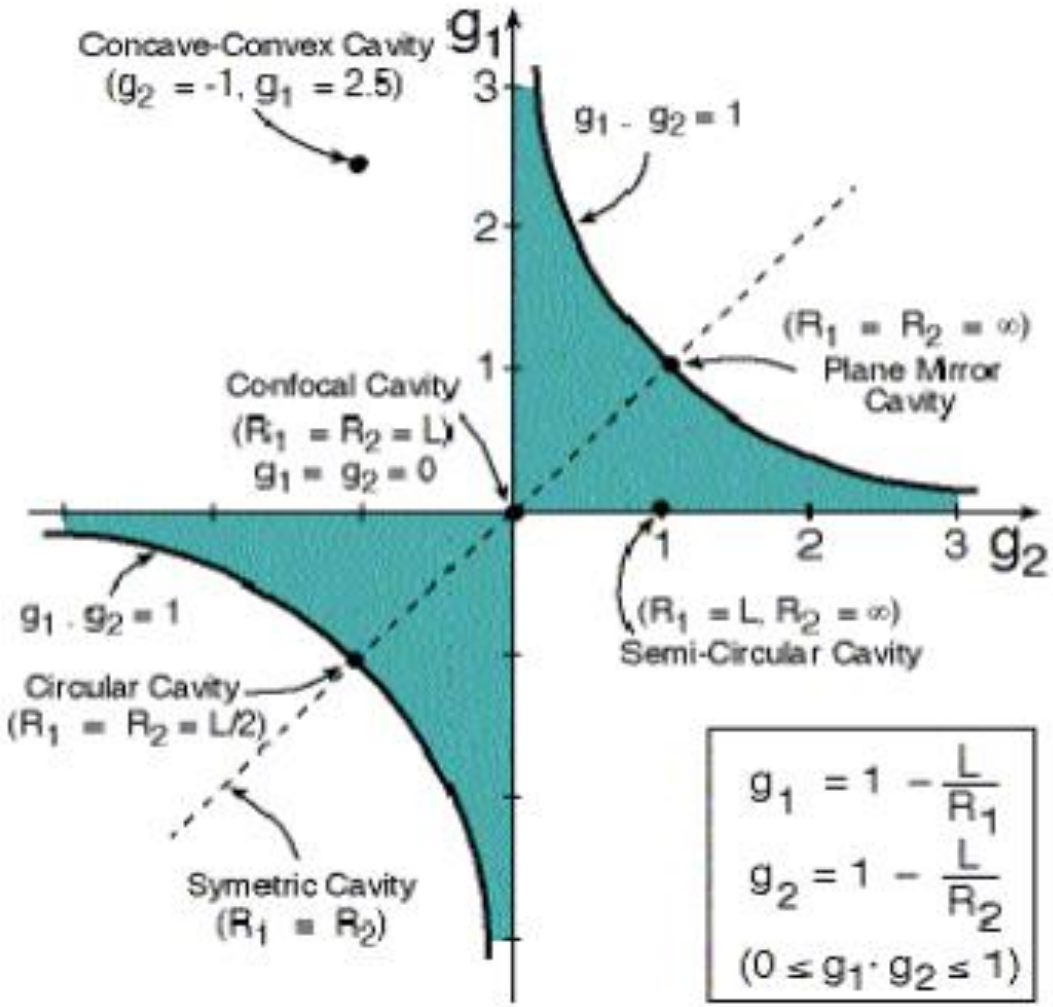
حيث ان:

$$g_1 = 1 - \frac{L}{R_1} \quad \& \quad g_2 = 1 - \frac{L}{R_2}$$

أنواع المرنان

يمكن تمثيل شرط الأستقرار بمخطط يعرف بمخطط الأستقرار شكل (33) تمثل فيه g_1 على محور السينات وقيم g_2 على محور الصادات فعند رسم منحني الحدود (g_1*g_2) وتضليل المناطق التي تحقق فيها قيم ($g_1.g_2$) شرط الأستقرار في معادلة (99) فان هذه المناطق تخص المرنان المستقر، أما الخط المستقيم (AC) تمثل النقاط الواقعة عليه مواصفات مجموعة المرنان الكروي. ان هذا الخط يمثل أعداد المرنان التي تمتلك مرآتيها نصف قطر تكور متساوي: (A) مرنان متحد المركز، (B) مرنان متحد البؤرة، (C) مرنان ذي مرآتين مستويتين.

أنواع المرنان



شكل (33): مخطط الأستقرارية لأنواع المرنان

أنواع المرنان

4-2: صيغ التذبذب للمرنان:

هي شكل وكيفية توزيع شدة المجال الكهرومغناطيسي في أي موضع داخل وخارج المرنان، ويعتمد على شكل وأبعاد المرآتين والمسافة بينهما.

المرنان ذو المرآتين المستويتين:

نفرض كل مرآة هي مكعبة الشكل وطول ضلعها (2a) والمسافة بينهما (L) فان التردد الرنيني يعطى:

أنواع المرنان

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{c}{2a}\left(n_x^2 + n_y^2 + n_z^2\right)^{\frac{1}{2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (100)$$

$$\nu = \frac{c}{2}\left[\left(\frac{l}{2a}\right)^2 + \left(\frac{m}{2a}\right)^2 + \left(\frac{n}{2L}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (101)$$

إذا حذفت جوانب التجويف أي يصبح بالأمكان إهمال كل من الأعداد (m,l) عند المقارنة بالعدد n، لذا يمكن كتابة المعادلة أعلاه بعد فتحها على شكل متسلسلة بطريقة مفكوك ذي الحدين والأكتفاء بالحدين الأول والثاني:

أنواع المرنان

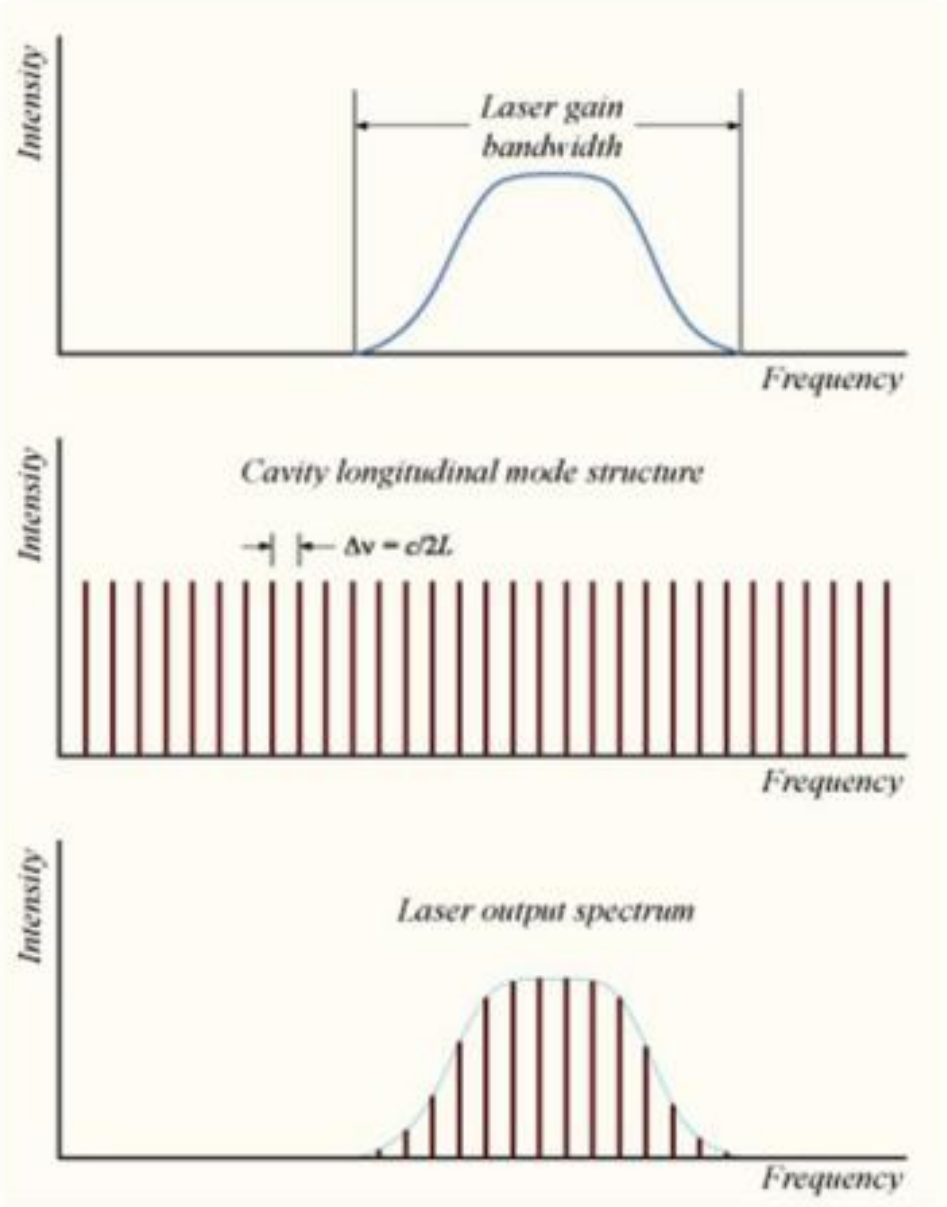
2-4-1: صيغ التذبذب (الأنماط) الطولية: (Longitudinal Modes)

هي شكل توزيع شدة المجال الكهرومغناطيسي داخل فجوة الليزر باتجاه المحور البصري z.

إن صيغ التذبذب التي يكون لها نفس القيم للمقادير (l&m) وتختلف في المقدار n، تختلف فيما بينها فقط في كيفية توزيع المجال على امتداد محور المرنان z (طولياً)، ويطلق على هذه الصيغ بالصيغ الطولية للتذبذب، لذا تسمى الفاصلة الترددية $\delta = \frac{c}{2L}$ بالمسافة الفاصلة بين صيغتين طوليتين (نمطين) متعاقبين.

ان عدد صيغ التذبذب الطولية يعتمد على عرض الخط الطيفي وعلى طول المرنان، فكلما زاد طول المرنان كلما قلت الفاصلة الترددية بين صيغتين متعاقبتين وهذا يؤدي ألى تذبذب عدد اكبر من الصيغ ضمن خط الأنبعاث الليزر.

أنواع المرنان



شكل (34): صيغ تذبذب الطولية لانبعاث الليزر

أنواع المرنان

2-4-2: صيغ التذبذب (الأنماط) المستعرضة: (Transverse Modes)

هي شكل توزيع شدة المجال الكهرومغناطيسي بشكل عمودي على اتجاه المحور البصري z.

اذا اختلفت صيغ التذبذب في المقدار (l&m) وكان لهما نفس القيم للمقدار n فتدعى بصيغ التذبذب (الأنماط) المستعرضة، فيكون الفرق بين تردد صيغتين مستعرضتين متعاقبتين تختلفان بالمقدار m يعطى بالعلاقة:

$$\Delta\nu_m = \frac{cL}{8na^2}\left(m+\frac{1}{2}\right) \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots (104)$$

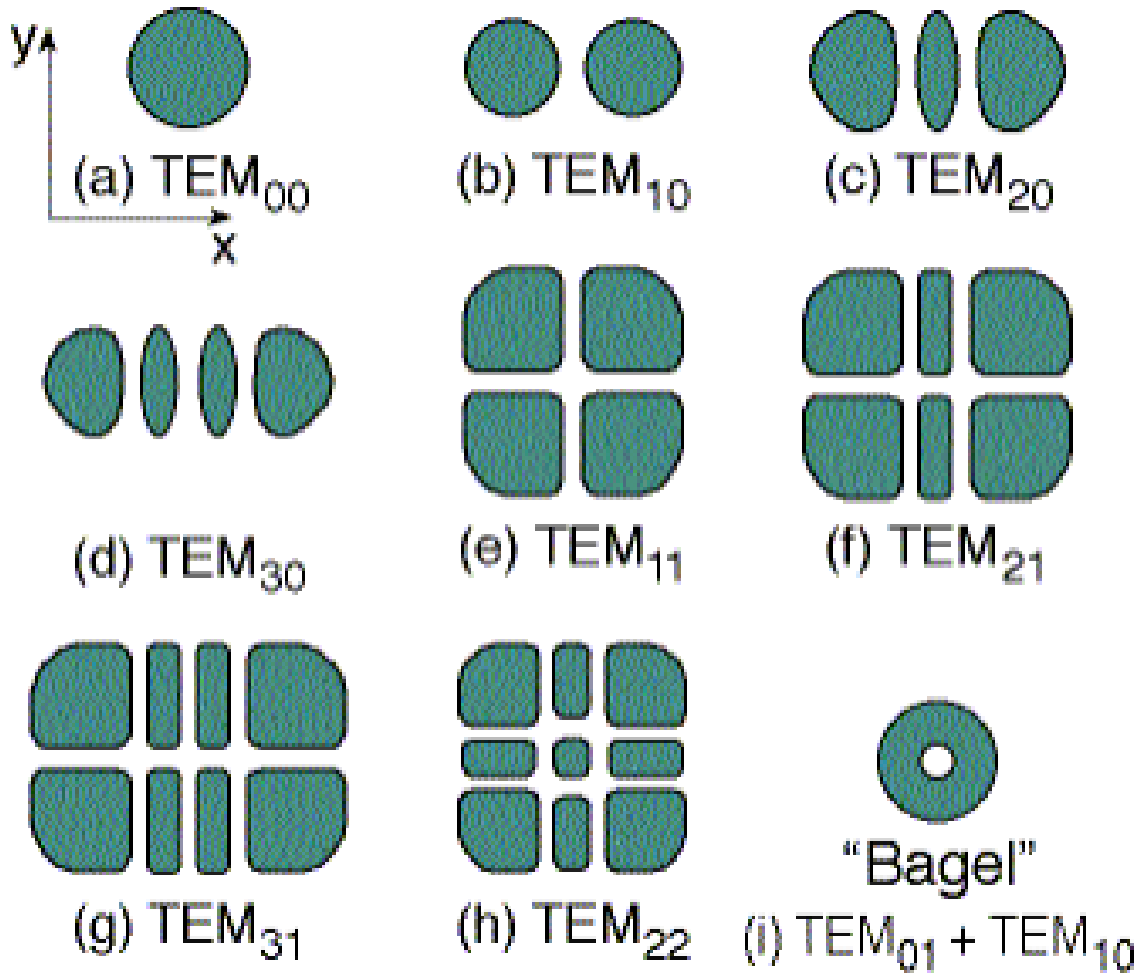
ان عدد صيغ التذبذب المستعرضة تعتمد على شكل المرآة وحجمها، فعندما تتواجد عدد من صيغ التذبذب في نتاج الليزر ، يقال ان الليزر متعدد الصيغ، شكل (35).

ولصيغة تذبذب مستعرضة فيها كل من (l&m=0) وتدعى مثل هذه الصيغة للتذبذب بالصيغة الأساسية أو المتماثلة ويرمز لها بالرمز TEM_{00}. وان صيغة التذبذب المستعرضة التي

أنواع المرنان

يكون فيها (l=1, m=0) او (l=0, m=1) هي صيغة تذبذب غير متماثلة او ثانوية وتعرف بالصيغة (TEM_{01} or TEM_{10})، لمثل هذه الصيغ تكون خسارة الحيود الناتجة عن مرآتي المرنان ولطول موجة معينة أكبر لصيغة تذبذب غير متماثلة TEM_{01} منها لصيغة تذبذب متماثلة TEM_{00}.

أنواع المرنان



شكل (35): صيغ التذبذب المستعرضة في الليزر

أنواع المرنان

2-5: قياس أبعاد حزمة الليزر:

2-5-1: نصف قطر الشعاع:

وهو قطر تقريبي بالنسبة للشعاع الكاوسي حيث ليس لهذا الشعاع حواف حادة تحدده وانما توزيعه يكون بالشكل الكاوسي ويعبر عنه بالعلاقة:

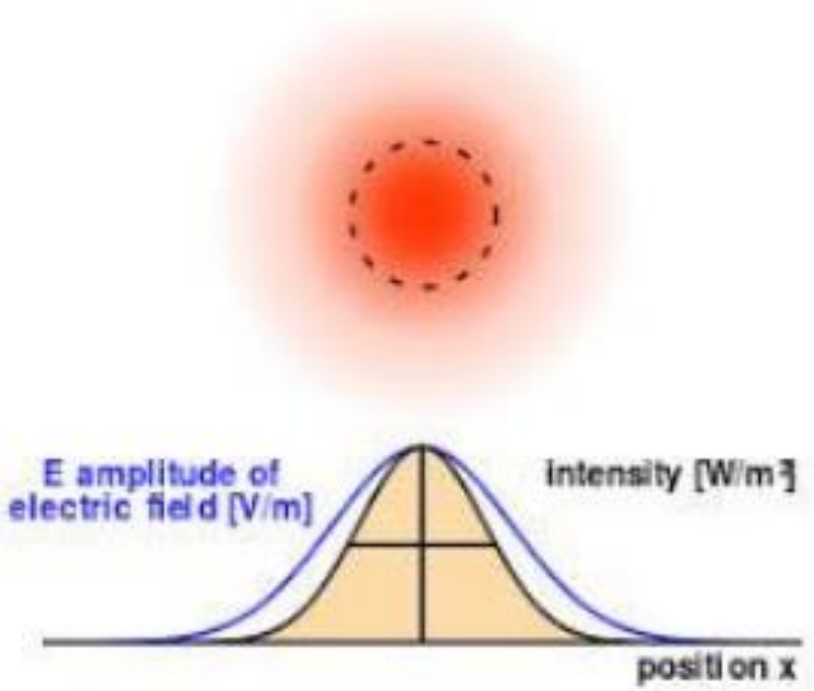
$$I = I_o e^{\frac{-2x^2}{\omega^2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (105)$$

I_o=الشدة عند المركز، x=المسافة من المركز، ω_z=نصف قطر الشعاع عند z.

$$\omega_z = \left(\frac{\lambda L}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}}$$

أنواع المرنان

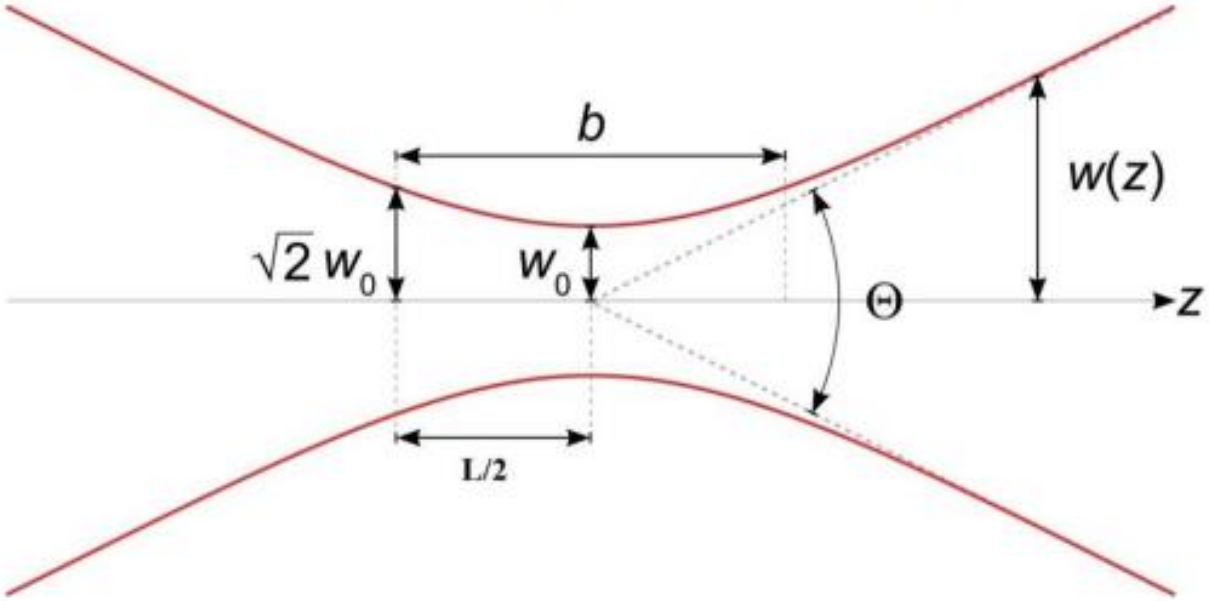
فالحواف في الشعاع تمثل بنقاط التي يكون فيها الشدة مساوي الى $\left(\frac{1}{e^2}\right)$ أي تقريباً 13% من الشدة في المركز، وهذه المنطقة تبدو للعين وكأنها حواف الشعاع.



شكل (36): قياس نصف قطر بقعة الليزر عملياً

أنواع المرنان

لغرض معرفة توزيع شدة المجال الكهرومغناطيسي عند أي موضع (داخل وخارج المرنان)، وعند الخذ بنظر الاعتبار تأثير ظاهرة الحيود في المرنان ولمرنان متحد البؤرة فان العلاقة اتي تعبر عن نصف قطر بقعة الليزر في اي موضع باتجاه المحور البصري z على اعتبار ان مركز المرنان z=0.



شكل (37): توزيع شدة شعاع الليزر داخل حجرة الليزر ويبين منطقة التخصر

$$\omega_z = \omega_o \left[1 + \left(\frac{2z}{L}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (106)$$

أنواع المرنان

حيث ω_o نصف قطر بقعة الليزر عند مركز المرنان $(z=0)$

$$\omega_o = \left(\frac{L\lambda}{2\pi}\right)^{\frac{1}{2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (107)$$

نلاحظ بان للحزمة تحصر في الموضع الذي يكون لبقعة الليزر اقل مساحة اي عندما $(z=0)$، نستنتج من ذلك بان نصف قطر البقعة عند المرآتين عند الموضع $(z=L/2)$:

$$\omega_{\frac{L}{2}} = \left(\frac{L\lambda}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (108)$$

أنواع المرنان

2-5-2: نصف قطر تكور جبهة الموجة:

توصف حزمة الليزر أيضا بمقدار نصف قطر تكور جبهة الموجة، ان جبهة الموجة لشعاع الليزر تكون كروية وذلك لان:

1-شعاع الليزر متشاكه (جميع مويجاته يطور واحد)

2-جبهة الموجة هي سطح تساوي الطور للمويجات

3-شعاع الليزر يعاني نسبة ضئيلة من الانفراجية

أنواع المرنان

تحسب الانفراجية بالنسبة للنمط الاساسي في شعاع الليزر بزاوية الانفراجية:

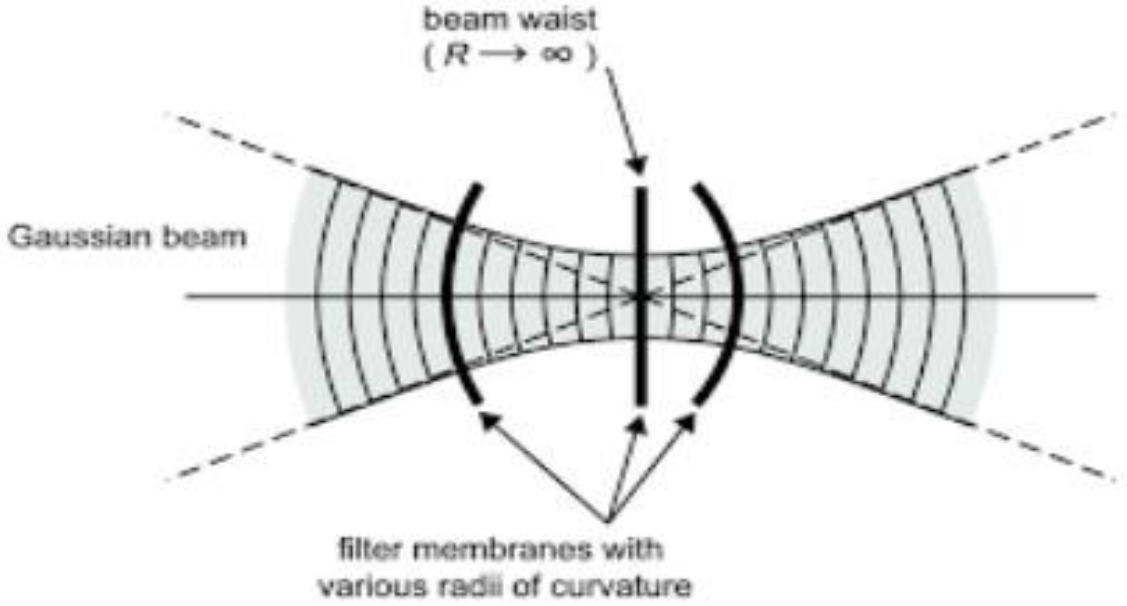
$$\theta_{div} = \frac{\lambda}{\pi \omega_o} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (109)$$

ويتغير نصف قطر تكور الشعاع مع انتشار الشعاع بالاتجاهين (اليمين واليسار) ويعبر عن نصف قطر تكور جبهة الموجةعند الموضع z على امتداد المحور z بالعلاقة:

$$R_z = z\left[1 + \left(\frac{L}{2z}\right)^2\right] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (110)$$

أنواع المرنان

وتكون قيمة نصف قطر تكورجبهة الموجة مساوياً الى اللانهاية في منطقة التخصر (beam waist) ويقل هذا تبعا كلما ابتعدنا عن هذه المنطقةليبدأ بالزيادة مرة اخرى، كذلك نرى بان قيمة Rzعند موضع المرآتين (z=L/2) تساوي L بسبب كون سطح المرآة تمثل جبهة كروية للموجة.



شكل (38): تطابق جبهة الموجة مع نصف قطر تكور المرآة

أنواع المرنان

6-2: عامل النوعية للمرنان Quality Factor of Resonator:

يعرف عامل النوعية للمرنان بانه النسبة بين الطاقة المخزونة والطاقة المتبددة خلال دورة واحدة:

$$\text{عامل النوعية} = \frac{\text{الطاقة المخزونة} \times 2\pi}{\text{الطاقة المتبددة}}$$

فالمرنان يكون ذو عامل نوعية عالي عندما يخزن الطاقة بصورة جيدة، بينما لايفعل المرنان ذو عامل النوعية الواطئ ذلك. إضافة الى ذلك يرافق عامل النوعية العالي خط طيفي ضيق ويرافق عامل النوعية الواطئ خط طيفي عريض نسبياً.

أنواع المرنان

والصيغة الرياضية لعامل النوعية يعبر عنه بانه النسبة بين تردد شعاع الليزر (ν) وعرض خط الانبعاث (استعراض الليزر) ($\Delta\nu$) أي ان:

$$Q = \frac{\nu}{\Delta\nu} = \frac{4\pi\nu L}{c(1 - R_1 R_2)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (111)$$

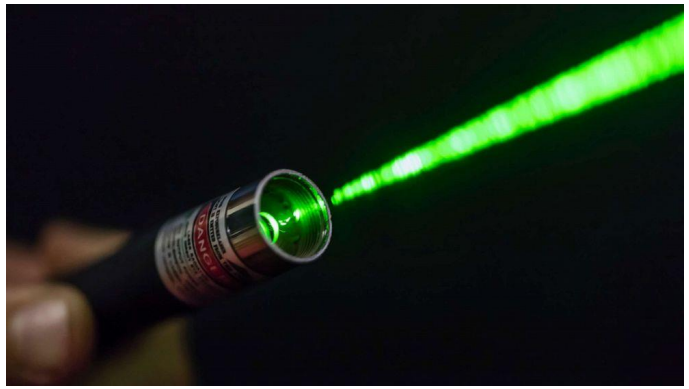
حيث ان R_1 &R_2 انعكاسية المرآتين الامامية والخلفية لمرنان الليزر.

المحاضرة 11: خواص الليزر
Properties of Laser

المرحلة الثانية/ قسم الاتصالات

م.م. سرى سلام محمد

خواص الليزر



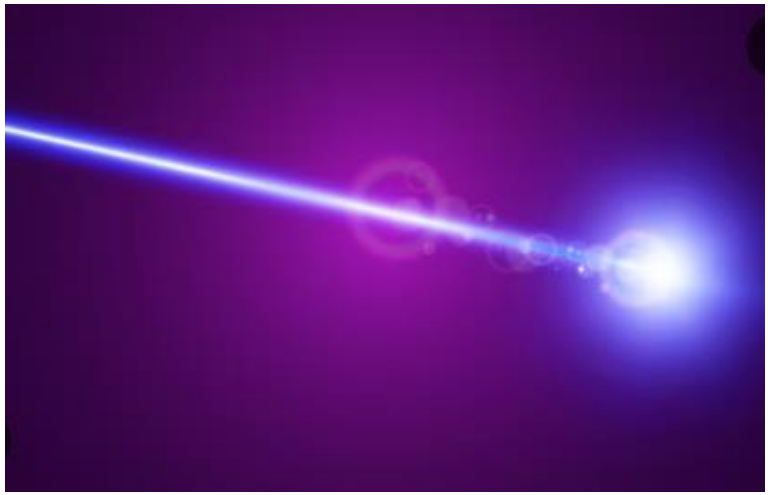
1. اتجاهي (directional):

وهذا يؤدي الى ان يكون اسهل في السيطرة عليه.

2. أحادي اللون (monochromatic):

وهذا يؤدي الى ان يكون اسهل في السيطرة عليه.

خواص الليزر

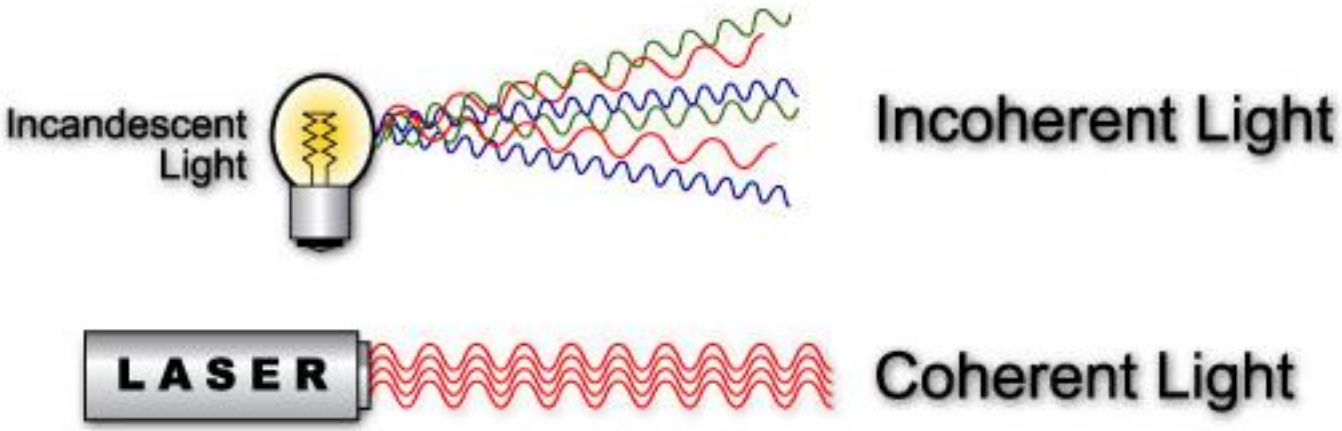


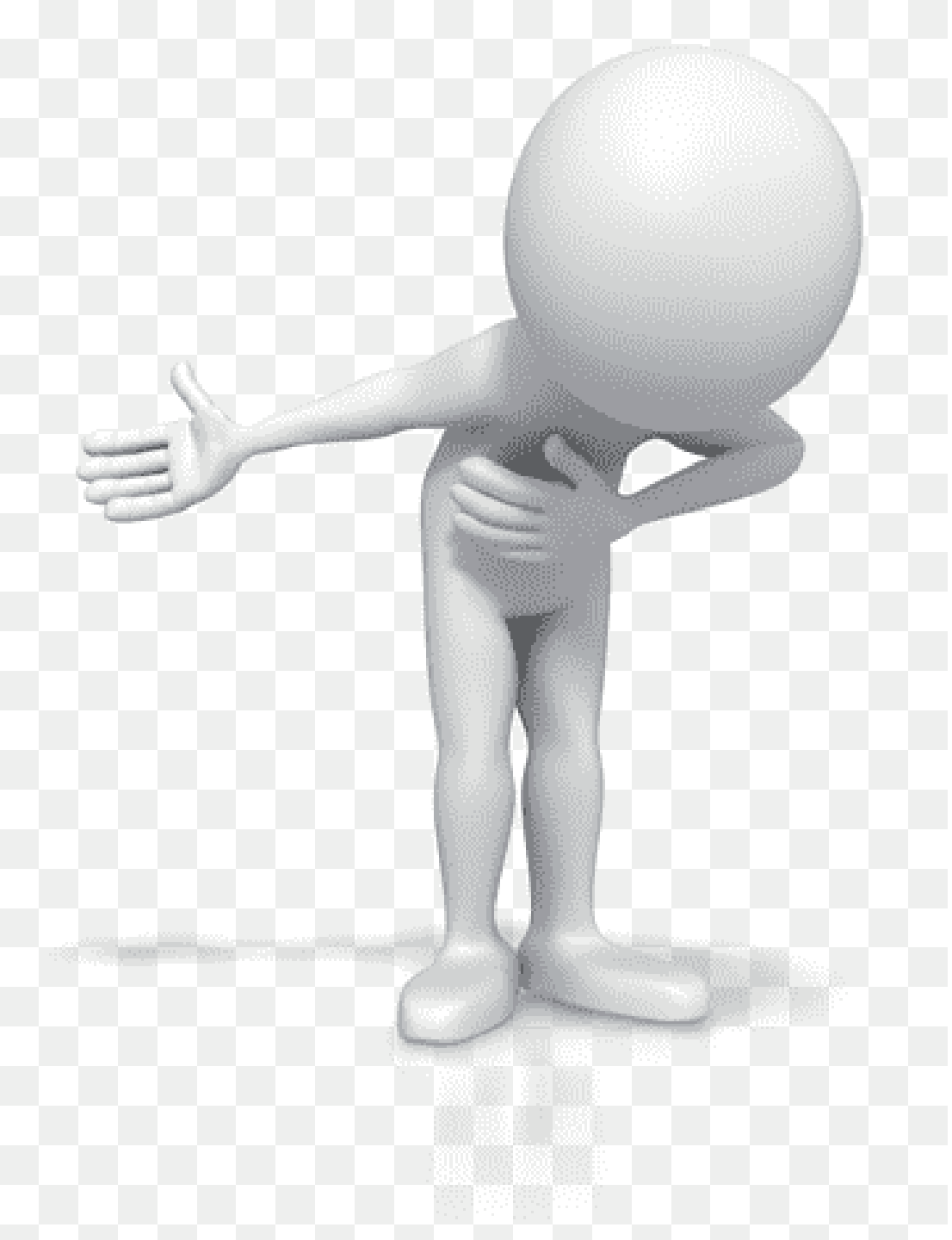
3. ساطع (bright):

بحيث يكون تضخيم الضوء (amplification) في بعض أنواع الليزر ذات الشعاع عالي الاتجاهية وعند ضوء معين أكبر من أشعة ضوء الشمس. ولهذا أهمية كبيرة جدا خاصة في جراحة العين بالليزر.

4. متماسك (coherent):

حيث تصطف جميع الموجات الكهرومغناطيسية سويا وتصبح بنفس ال (phase). ويستفاد من هذه الخاصية كثيرا في التحليل الطيفي لليزر.





Didn't you like the lecture?
It was very short!

المحاضرة 12: التشاكه (Coherence) وأنواعه

المرحلة الثانية/ قسم الاتصالات

م.م. سرى سلام محمد

التشاكه وأنواعه

من خصائص الليزر المهمة الأخرى هي خاصية التشاكه (Coherence).

عندما نتعامل مع الحركة الموجية فأننا نتعامل مع السعة والطور وهاتان الكميتان مرتبطتان مع بعضهما بقوانين الحركة الموجية ،وان صفة التشاكه تتعلق بمتقلبات الطور والسعة وتغيراتهما مع اختلاف الموضع في الفضاء وكذلك مع الزمن. الضوء المنبعث من الليزر يمتلك خاصية كونه متشاكه كليا تقريبا أما مصادر الضوء الأخرى مثل الأنبوبة المتفلورة ، مصباح الضوء الاعتيادي المستند إلى توهج سلك التنكستن ، الشمس فكلها تعتبر غير متشاكهة (in coherence) وبالإمكان جعل هذه المصادر متشاكهة ولكن تنتج من ذلك شدة قليلة جدا لا يمكن استعمالها في أكثر التطبيقات العملية . إن خاصية التشاكه التي يملكها الليزر جعلته من المصادر المهمة جدا في التطبيقات العامة .وأدت إلى اكتشاف أمور كثيرة في الفيزياء الحديثة ولجعل ضوء الليزر أو الضوء الذي نحصل عليه من المصادر الأخرى متشاكه يجب تحقيق شرطين :-

التشاكه وأنواعه

١ -أن يكون التردد قريبا جدا من كونه أحادي وهذا يعني بان عرض نطاق الحزمة (Band width) يجب أن يكون صغيرا ، ويقال عند تحقيق هذا الشرط بان هناك تشاكهاً زمنياً (Tempora coherence).

٢- شكل جبهة الموجة يجب ان يكون ثابتاً مع الزمن واذا تحقق هذا الشرط يمكن اعتبار الضوء متشاكه فضائياً (Spatially coherent).

التشاكه وأنواعه

التشاكه الزمني (Time coherence)

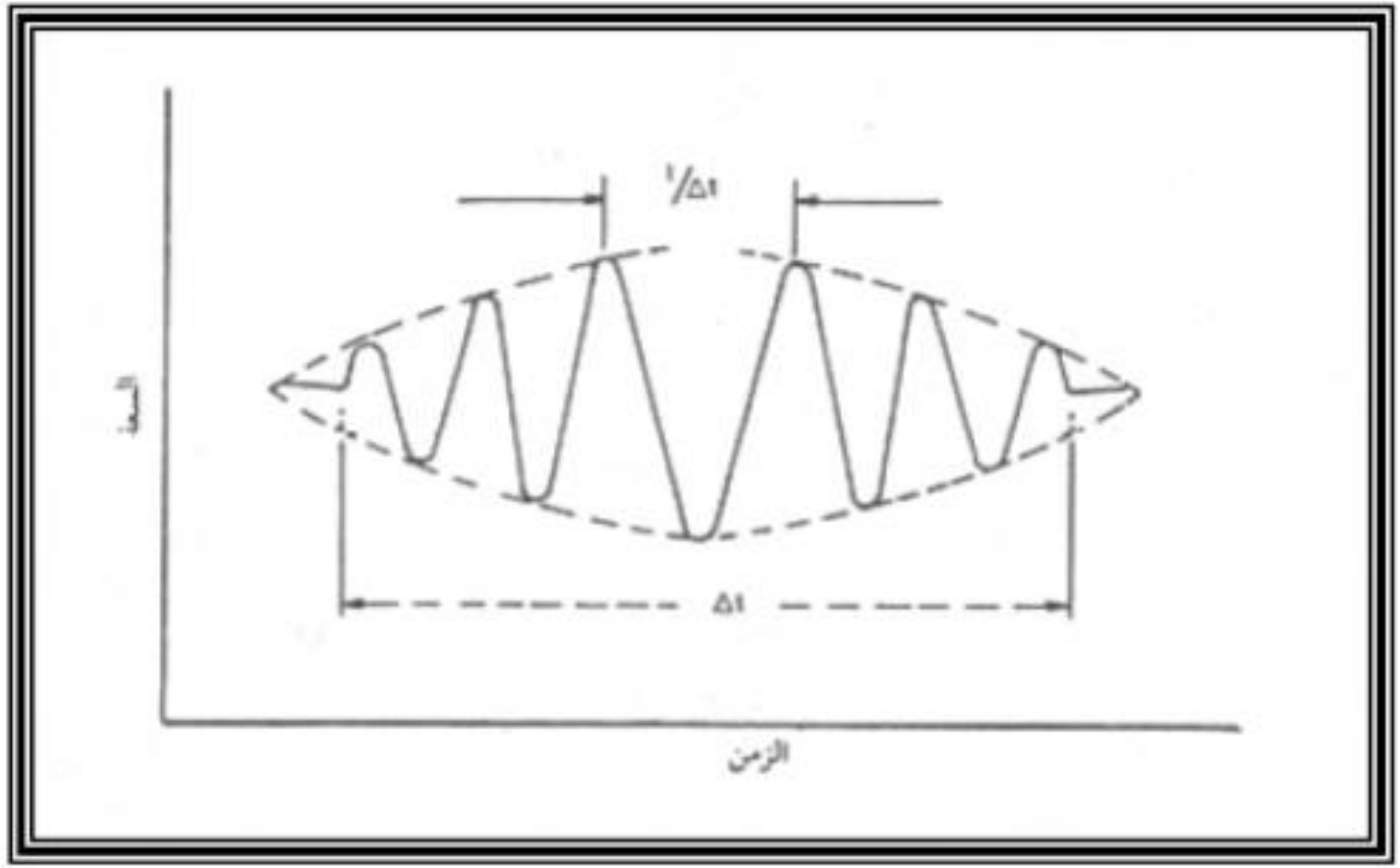
لكي نفهم ماذا نعني بالتشاكه الزمني ولماذا يرتبط بضيق عرض النطاق يجب أن نفهم كيف يتكون الفوتون الضوئي . لنفرض إن إلكترونا يدور حول نواة الذرة وأبدل مداره من مستوى طاقة لاخر اقل من المستوى الأول فان فرق الطاقة بين المدارين يبعث على شكل فوتون لها طاقة مقدارها ΔE وكما في المعادلة :

$$\Delta E = hv \text{ --------} \quad (1)$$

التشاكه وأنواعه

ان انبعاث الفوتون يتم خلال زمن يسمى بزمن العمر (Life time) ان قيم لذرة في الفضاء يقرب من 10^{-8} ثانية . اذن يمكن النظر الى الفوتون على انه موجة لها طول محدد ولها سعة تأخذ قيم من الصفر الى اعلى قيمة ثم تهبط مرة أخرى الى الصفر ، عند اكمال الالكترون انتقالة الى مستوى طاقة واطىء يكون شكل الموجة غاوسي (Gaussian) كما في الشكل (١)، تبعث في الحالات الاعتيادية موجات ذات ترددات مختلفة من الذرة عند تهيجها وبالنتيجة يكون متكوناً من مجموعة من الخطوط الأحادية (single lines) ولكن لغرض المناقشة الواردة سابقاً اخذنا خطا واحد ينتج من انتقال معين ، ان الضوء المنبعث من مصباح مملوء بالغاز ويهيج بالتفريغ الكهربائي يحتوي على اعداد كبيرة من رتل الأمواج (wave Trains) وكل موجة من هذه الأمواج منبعثة من الذرات المكونة للغاز والتي تعاني انتقالاً من مستوى طاقة اعلى الى مستوى طاقة واطىء.

التشاكه وأنواعه



شكل (١) رتل الموجة

التشاكه وأنواعه

يمكن القول ان الضوء متشاكه لزمن Δt وكلما كان هذا الزمن طويلاً يكون التشاكه اكبر وزمن العمر (Life time) يعرف ايضاً بزمن التشاكه ، ان هذا النوع من التشاكه يسمى بالتشاكه الزمني .

ان طول الرتل الموجي (L) يمكن ايجاده من حاصل ضرب عدد الدورات في هذا الرتل الموجي وطول الموجه .

$$L = \left[\frac{\Delta t}{1/\nu}\right] \quad \lambda \qquad .....(2)$$

$$L = C\,\Delta t \qquad ....(3)$$

التشاكه وأنواعه

التشاكه الفضائي (Space Coherence)

إن المصدر الضوئي يكون متشاكها في حالة امتلاكه لتشاكه زمني وتشاكه فضائي وكما ذكرنا سابقا يتضمن التشاكه الزمني احتمالية التنبؤ بالطور والسعة بعد فترة معينة من الزمن وهي تقع بين البداية والنهاية للمشاهدة .وإذا أمكن إعادة عملية التنبؤ بعد فترة زمنية لاحقة يحقق ذلك وجود زمن تشاكه مساوي للفترات الزمنية بين التنبؤين .في حالة تشاكه الفضائي لا نعني بمشاهد مختلفة وفي أزمان مختلفة على طول الرتل الموجي ،ولكن بمواقع مختلفة بالفضاء وعلى جبهة الموجة.ونقول بان الموجة متشاكهة فضائيا في حالة ثبوت فرق الطور بين أي نقطتين مختارتين على جبهة الموجة ، والثبوت يتطلب زمنا طويلا ولذلك يمكن إجراء عملية المشاهدة بالعين أو بالتصوير .إن أفضل أجهزة الليزر المصنعة تمكن الحصول على تشاكه فضائي بصوره غير محددة تقريبا على عكس التشاكه الزمني والذي نحصل عليه لأجزاء الثانية فقط.

التشاكه وأنواعه

وخلاصة ذلك يمكن ان نعرف:

١ .التشاكه الزمني بأن الضوء يكون متشاكهآ خلال الفتره الزمنيه القصيره (Δ t) والتي يطلق عليها (زمن عمر الفوتون) وهو الزمن الذي يستغرقه الفوتون للتحرر بصوره تلقائيه وكلما كان هذا الزمن طويل كان التشاكه افضل.

٢ .التشاكه المكاني(الفضائي) وهو حالة الموجه الكهرومغناطيسيه التي يبقى فيها فرق الطور بين أي نقطتين في الفضاء ثابت مع الزمن.

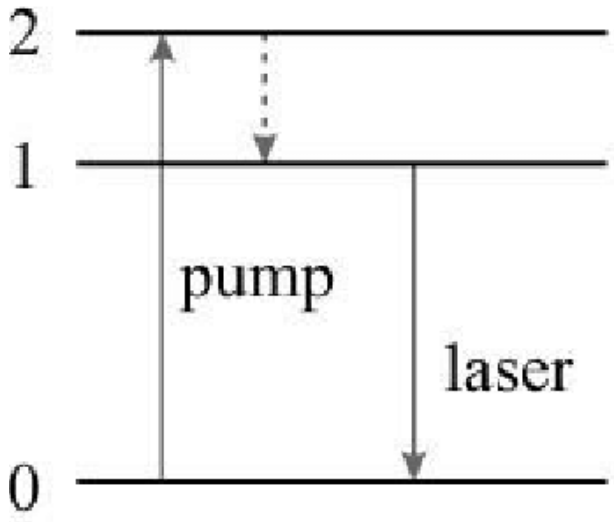
التشاكه وأنواعه

وهذان المفهومان غير متلازمين فقد يكون لمصدر ضوئي تشاكه مكاني تام وتشاكه زماني لدرجة ما او العكس. فى مصادر الليزر تنطلق الفوتونات بصوره مترابطه (متشاكه) زمانيا ومكانيا حيث تنطلق من المصدر فى نفس اللحظه وتحتفظ فيما بينها بفرق طور ثابت أثناء الانتشار لمسافات طويله وهذا يجعلها أكثر شده وتركيزا أما فوتونات الضوء العادي فتنطلق من صادرها بصوره عشوائيه غير مترابطه حيث تنطلق فى لحظات زمنيه مختلفه وتنتشر باختلاف كبير وغير ثابت فى فرق الطور. وفي كلتا الحالتين يكون التشاكه أحسن أو اكبر كلما تطول الفترة الزمنية ، ولتوضيح التشاكه عمليا فان تجربة مطياف مايلكسون توضح التشاكه الزمني ، وتجربة الشقين ليونك توضح التشاكه الفضائي. ويمكن تشبيه نبضة شعاع الليزر بالكتيبة العسكرية حيث يتقدم جميع العسكر بخطوات متوافقة منتظمة.

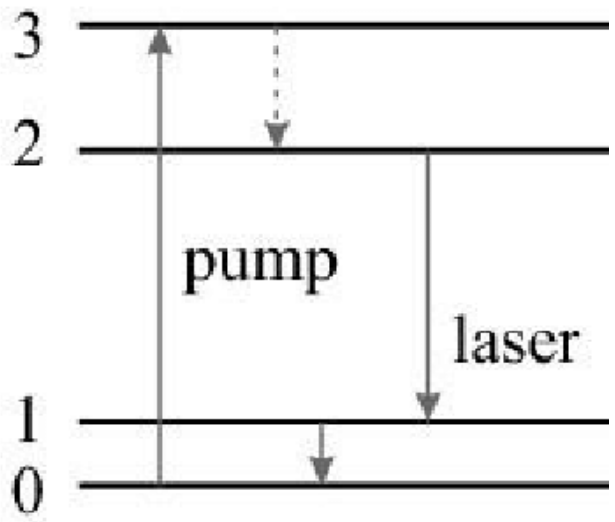
التشاكه وأنواعه

وبينما يشع المصباح العادي الضوء في موجات ضوئية مبعثرة غير منتظمة فلا يكون لها طاقة الليزر، فتكون كالناس في الشارع كل منهم له اتجاه غير الآخر. ولكن باستخدام بلورات من مواد مناسبة (مثل الياقوت الأحمر) عالية النقاوة يمكن تحفيز إنتاجها لأشعة ضوئية من لون واحد (أي ذو طول موجة واحدة) وكذلك تكون في طور موجي واحد. عندئذ تتطابق الموجات على بعضها البعض عن طريق انعكاسها عدة مرات بين مرآتين داخل بلورة الليزر فتصبح كالعسكر في الكتيبة فتنتظم الموجات وتتداخل تداخلا بناءا وتخرج من الجهاز بالطاقة الكبيرة المرغوب فيها.

المحاضرة 13: الضخ لإحداث انقلاب التعداد
Pumping for Population Inversion



3 level laser



4 level laser

المرحلة الثانية/ قسم الاتصالات

م.م. سرى سلام محمد

أنواع الضخ (Types of Pumping)

لإحداث انقلاب التعداد، يتوجب الضخ من مستوى الطاقة الأول الى مستويات طاقة أعلى مثارة في النظام ذي الثلاث أو أربع مستويات للطاقة. ولتحقيق هذا الضخ هناك طريقتان رئيسيتان مستعملتان:

1. **الضخ البصري (Optical Pumping):يعني اننا نستخدم الضوء (light).**

أنواع الضخ (Types of Pumping)

وهو يحدث بطرق مختلفة:

a) **فلاش اللمبة (flash lamp):** مثل نيوديميوم ليزر (Neodemium laser) حيث تستعمل مصابيح ساطعة جدا تشع على وسط الليزر وهو يستعمل لليزر النبضي (Pulse Laser) وهي تشع دوريا بتردد معين.

b) **باستعمال ليزر اخر:** وهذا يعني اذا كان لديك ليزر اخر ذو طول موجي يطابق الطول الموجي لضوء الليزر الذي تريد توليده، فبالإمكان استخدامه لإحداث الضخ.

أنواع الضخ (Types of Pumping)

2. **الضخ الكهربائي (Electrical Pumping):** وهو يعني استخدام الكهرباء كطاقة لإحداث الضخ المطلوب. وله اشكال مختلفة:

a) **استخدام التفريغ في الغاز (discharge in a gas):** كما في توليد ليزر الهيدروجين والهيليوم او كما في توليد ليزر النيون.

b) **تشغيل الكهرباء عبر شبه الموصل (run electricity through a semiconductor):**

وهذه الطريقة شائعة الاستخدام في توليد ضوء الليزر المستخدم في الاتصالات (الإنترنت).

المحاضرة 14: أنواع الليزر
Laser Types

المرحلة الثانية/ قسم الاتصالات

م.م. سرى سلام محمد

أنواع الليزر

النوع الأول:

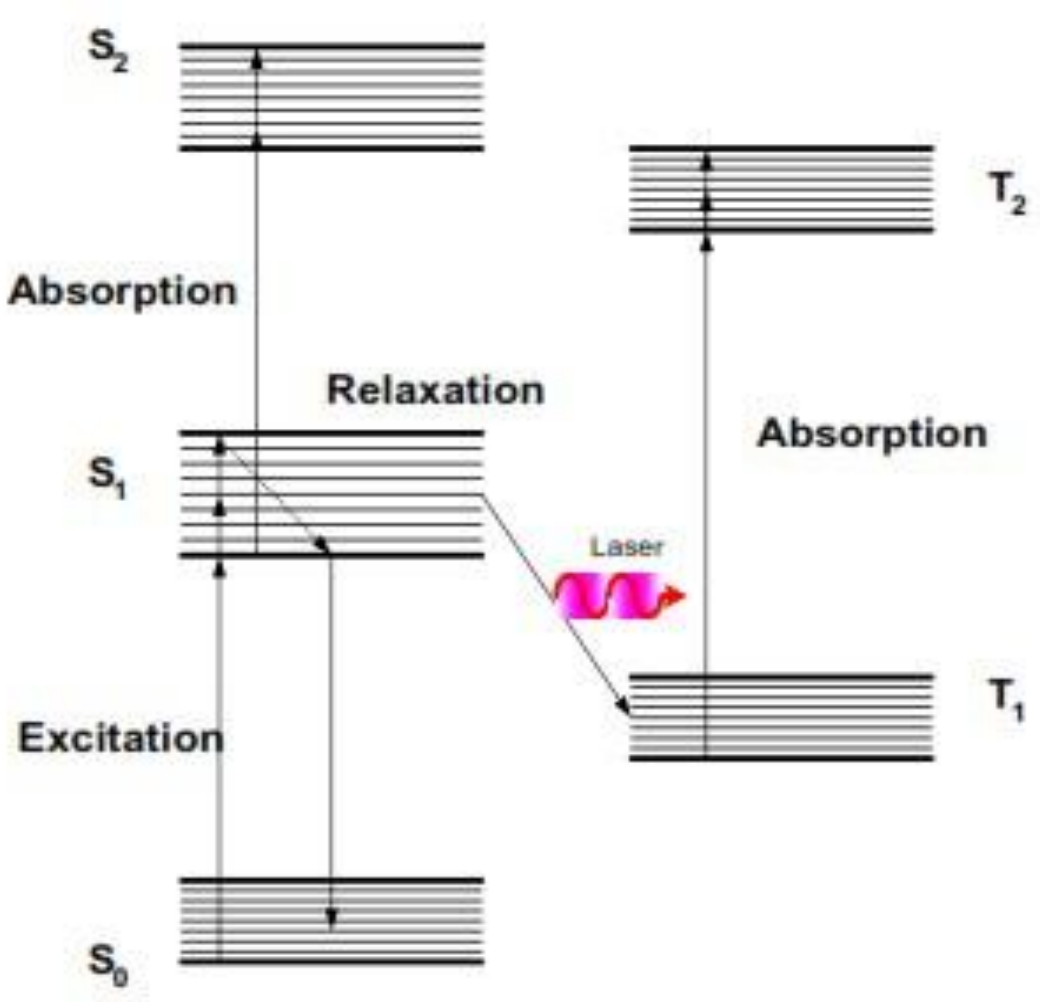
ليزرات الحالة السائلة (ليزر الصبغة) *(DYE LASERS)*

يتكون ليزر الصبغة من الوسط الفعال ومصدر الضخ ومجهز القدرة والأجزاء الملحقة.

الوسط الفعال: هو عبارة عن صبغة عضوية *(Organic Dye)* مذابة في محلول مناسب مثل الماء أوالكحول الأثيلي وغيرها.
مصدر الضخ: يستخدم المصباح الوميضي *(Flash Lamp)* كما في ليزرات الحالة الصلبة. يمكن أن يتم ضخ الوسط الفعال باستخدام شعاع ليزر آخر مثل ليزر بخار النحاس *(Cu-vapor Laser)* وهذه الطريقة تكون ذات كفاءة أعلى من طريقة الضخ بالمصباح الوميضي.

مجهز القدرة *(Power Supply)* والأجزاء الملحقة *(Accessories)*: كما ذكر في ليزرات الحالة الصلبة.

مميزات ومساوئ ليزرات الحالة السائلة



تمتاز ليزرات الحالة السائلة بما يلي:

١. إمكانية الحصول على حزمة عريضة من الأطوال الموجية لليزر وهذا يسمى التنغيم *(Tuning)*
٢. سهولة تكوين الوسط الفعال (إذابة الصبغة في المحلول)
٣. إمكانية تغيير تركيز الصبغة بسهولة (تقليله بتخفيف المحلول أو زيادته بتركيز المحلول)
٤. لا توجد عيوب بلورية
٥. سهولة عملية التبريد من خلال تحريك المحلول

مساوئ ليزرات الحالة السائلة هي:

١. عدم الاستقرار بسبب حركة السائل
٢. يمكن أن يسبب المذيب إلى منع توليد الليزر
٣. تتأثر بالحرارة بشكل كبير جداً
٤. تتحلل الصبغة عند تعرضها إلى الضوء

أبرز أنواع الليزر السائل

١. ليزر الصبغة رودامين 6G (R6G) ويبعث في المدى (570-610)nm
٢. ليزر الصبغة رودامين B (RB) ويبعث في المدى (605-635)nm
٣. ليزر صبغة الكومارين (Coumarin) ويبعث في المدى (400-575)nm
٤. ليزر صبغة البوليميثان (Polymethane) ويبعث في المدى (710-950)nm

ليزرات الحالة الغازية

النوع الثاني:

ليزرات الحالة الغازية (GAS LASERS)

يتكون الليزر الغازي من الوسط الفعال ومصدر الضخ (مجهز القدرة) والأجزاء الملحقة.

الوسط الفعال هو عبارة عن أنبوب من الزجاج أو السيراميك يحتوي على غاز واحد مثل ليزرات الأركون والزينون والهيدروجين والنيتروجين أو خليط من غازين مثل ليزرات الهيليوم-نيون وفلوريد الهيدروجين وكلوريد الزينون أو خليط من أكثر من غازين مثل ليزرات $CO_2:N_2:He$.

كما تقسم الليزرات الغازية إلى أنواع عديدة حسب آلية توليد الليزر إلى:

١. ليزرات الغازات المتعادلة مثل (He-Ne) (He-Cd)
٢. ليزرات الغازات الأيونية مثل (Ar^+) و (Kr^+)
٣. ليزرات الغازات الجزيئية مثل (CO_2) و (KrF)

ليزرات الحالة الغازية

يكون تركيز الذرات أو الجزيئات حوالي $(10^{18}\text{-}10^{19})m^3$ لذلك يكون حجم منظومة الليزر الغازي أكبر من حجم منظومة ليزر الحالة الصلبة.

لا يمكن ضخ الليزر الغازي باستخدام المصباح الوميضي لأن نطاق الامتصاص للغاز يكون ضيقا جدا.

مصدر الضخ هو عبارة عن مجهز قدرة كهربائية يقوم بتحويل القدرة الكهربائية إلى قطبين كهربائيين في الأنبوب (الأنود والكاثود) الذي يحتوي على الغاز (أو الغازات) فيحدث التفريغ الكهربائي للغاز (توليد البلازما) ويتولد الليزر.

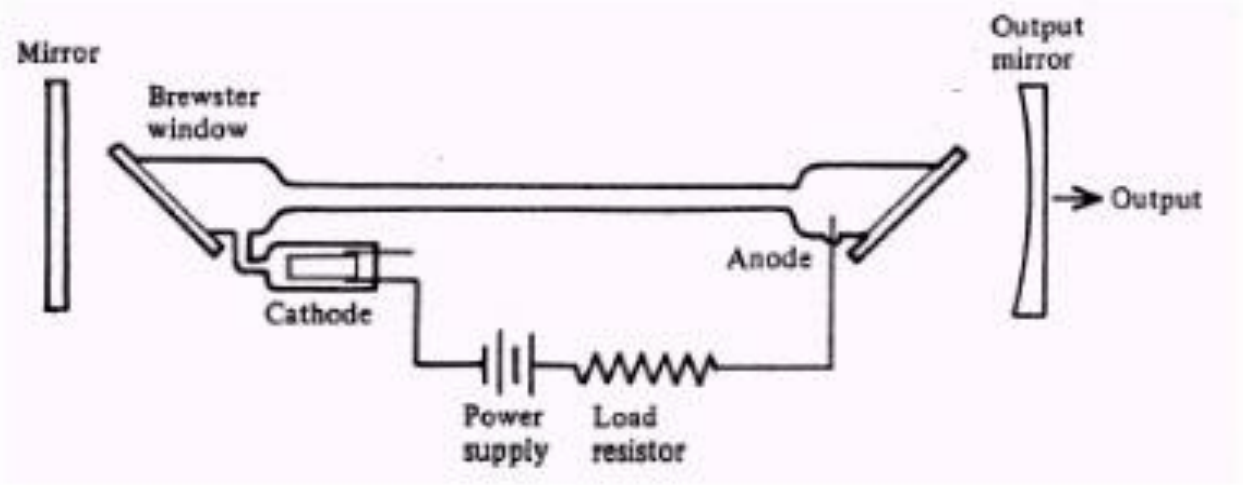
يمكن أن يتم تبريد أنبوب التفريغ الكهربائي من خلال مرور ماء أو هواء بارد حول الأنبوب أو من خلال ضخ الغازات (أو الغازات) بسرعة كبيرة إلى داخل أنبوب التفريغ.

عادة تكون مرايا الليزر الغازي ملصوقة على أنبوب التفريغ كما يمكن فصلها عنه.

ليزرات الحالة الغازية

ليزر الهيليوم-نيون (HELIUM-NEON)

يعتبر هذا الليزر مهما لأنه قليل الكلفة وكثير الاستخدامات ويعمل بنمط مستمر (CW) وليس خطر عند الاستخدام.

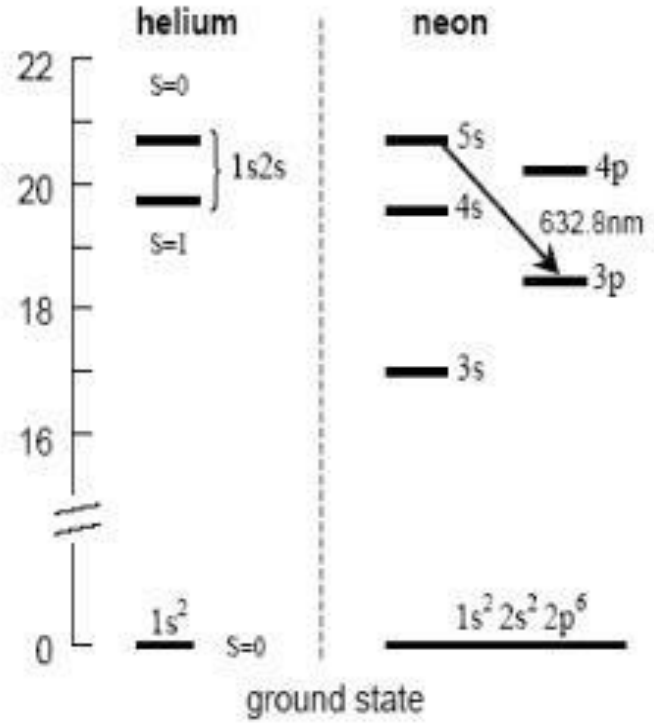


مخطط لمنظومة ليزر الهيليوم-نيون

ليزرات الحالة الغازية

الوسط الفعال هو عبارة عن خليط من غازي الهيليوم *(He)* والنيون *(Ne)* موضوعين في أنبوبة زجاجية طولها *(10-80)cm* وقطرها *(2-10)mm* تحت ضغط *(8-12)Torr*. مجهز القدرة يكون صغير الحجم لأن هذه المنظومة تحتاج إلى قدرة كهربائية قليلة للاشتغال.

الطول الموجي الخارج هو *(632.8nm)* في المنطقة الحمراء.

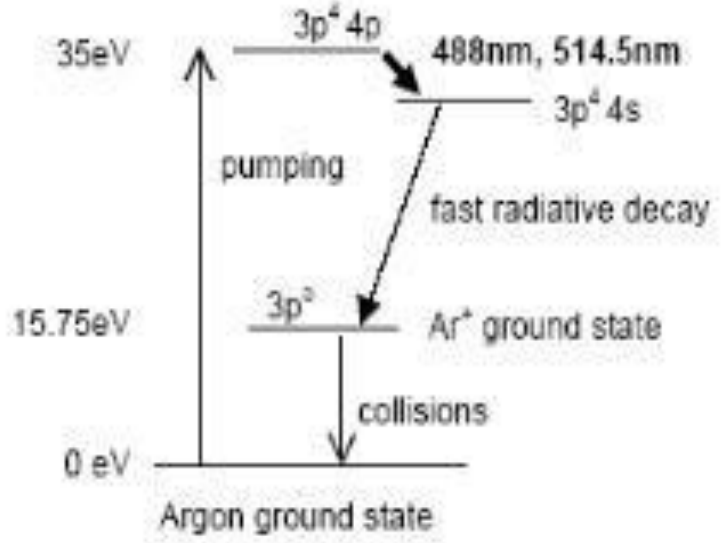


مخطط مستويات الطاقة لليزر الهيليوم-نيون

ليزرات الحالة الغازية

ليزر أيون الأركون (ARGON ION)

الوسط الفعال هو غاز الأركون المتأين وله طولين موجيين خارجين هما (488nm) (أزرق) و (514.5nm) (أخضر).
طول أنبوب التفريغ (1-2)m وتيار التفريغ الكهربائي بحدود (50A) وفولتية مقدارها (250V) والتبريد يتم بواسطة الماء
يستخدم في التطبيقات الطبية وخاصة جراحة العيون وكذلك في ضخ ليزرات أخرى مثل ليزر الصبغة.



ليزرات الحالة الغازية

ليزرات ثنائي أوكسيد الكاربون (CO_2 LASERS)

الوسط الفعال هو عبارة عن خليط من غازات ثنائي أوكسيد الكاربون (CO_2) والنيتروجين (N_2) والهيليوم (He) بنسب معينة. يوضع الخليط في أنبوب زجاجي يحتوي قطبين كهربائيين (الكاثود والأنود) ويتم تسليط الجهد الكهربائي على خليط الغازات بين القطبين فيتولد الليزر من غاز CO_2. أما دور غاز النيتروجين فهو تحسين عملية ضخ جزيئات غاز N_2 أما دور غاز He فهو تبريد غاز CO_2. لذلك يسمى هذا الليزر ليزر CO_2. يمكن أن يعمل هذا الليزر بالنمط المستمر أو النبضي وينتج قدرات عالية جداً. يستخدم هذا الليزر في مجالات كثيرة جداً وهو أكثر أنواع الليزرات استخداماً.تصل كفاءة هذا الليزر إلى حوالي (30%) وهي كفاءة عالية مقارنة بباقي أنواع الليزر. هذا الليزر يبعث مجموعة من الأطوال الموجية ما بين $\mu m(9.2\text{-}10.8)$ ولكن الطول الموجي الأقوى هو ($10.6\mu m$).

ليزرات الحالة الغازية

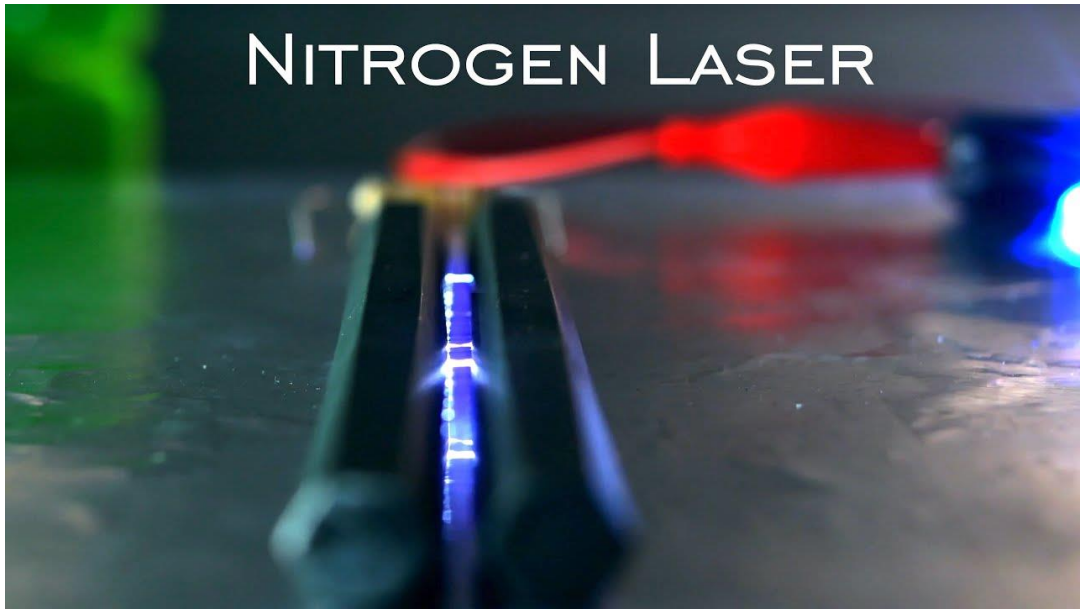
هنالك ستة أنواع من هذا الليزر هي:

١. ليزر الجريان الطولي والتفريغ المحوري (Longitudinal-Flow Axial-Discharge CO_2 Laser)
٢. ليزر الجريان السريع (Fast Flow CO_2 Laser)
٣. ليزر الأنبوب المختوم (Sealed-off CO_2 Laser)
٤. ليزر التهيج المستعرض للغاز (TE CO_2 Laser)
٥. ليزر التهيج المستعرض عند الضغط الجوي (TEA CO_2 Laser)
٦. ليزر الغاز الديناميكي (Dynamic Gas CO_2 Laser)

ليزرات الحالة الغازية

ليزر النيتروجين (NITROGEN LASER)

الوسط الفعال هو عبارة عن جزيئات غاز النيتروجين (N_2) في أنبوب زجاجي يحتوي قطبين كهربائيين (الكاثود والأنود) ويتم تسليط الجهد الكهربائي على الغاز بين القطبين فيتولد الليزر. يعمل هذا الليزر بالنمط النبضي فقط وينتج قدرات قليلة جداً. يستخدم هذا الليزر في المجالات الطبية والبيولوجية. الطول الموجي لشعاع الليزر الخارج هو (337nm) في المنطقة فوق البنفسجية (Ultraviolet).



المحاضرة 15: تكملة أنواع الليزر
Laser Types

المرحلة الثانية/ قسم الاتصالات

م.م. سرى سلام محمد

أنواع الليزرات

النوع الثالث:

ليزر أشباه الموصلات (SEMICONDUCTOR LASER)

تم اكتشاف هذا النوع من الليزر عام ١٩٦١ وهو يعتبر من ليزرات الحالة الصلبة لأن الوسط الفعال عبارة عن مادة صلبة ولكنه ليس بلورة مطعمة بأيونات فعالة وإنما تركيب من مواد شبه موصلة مانحة *(n-type)* وقابلة *(p-type)* وتمثل حزمة التوصيل *(Conduction band)* مستوي الليزر العلوي وحزمة التكافؤ *(Valence Band)* مستوي الليزر السفلي ويتم الضخ من خلال تيار كهربائي يحرك الإلكترونات والفجوات ما بين هاتين الحزمتين.
تعتبر مادة زرنيخيد الكاليوم *(GaAs)* أكثر المواد شبه الموصلة التي تستخدم كقاعدة لتصنيع ليزرات أشباه الموصلات وهذا النوع من ليزرات أشباه الموصلات يبعث في المنطقة تحت الحمراء القريبة حول الطول الموجي *(0.87μm)*.

مميزات ليزرات أشباه الموصلات:

١. صغيرة الحجم *(50*10*300)μm*
٢. رخيصة الثمن
٣. يتم ضخها مباشرة باستخدام التيار الكهربائي
٤. كفاءتها عالية (تصل إلى *32%*)
٥. يمكن التحكم بشدة شعاع الليزر المنبعث من خلال التحكم بتيار الضخ الكهربائي
٦. يمكن تنغيم الليزر الخارج أي الحصول على أطوال موجية محددة من نفس الجهاز

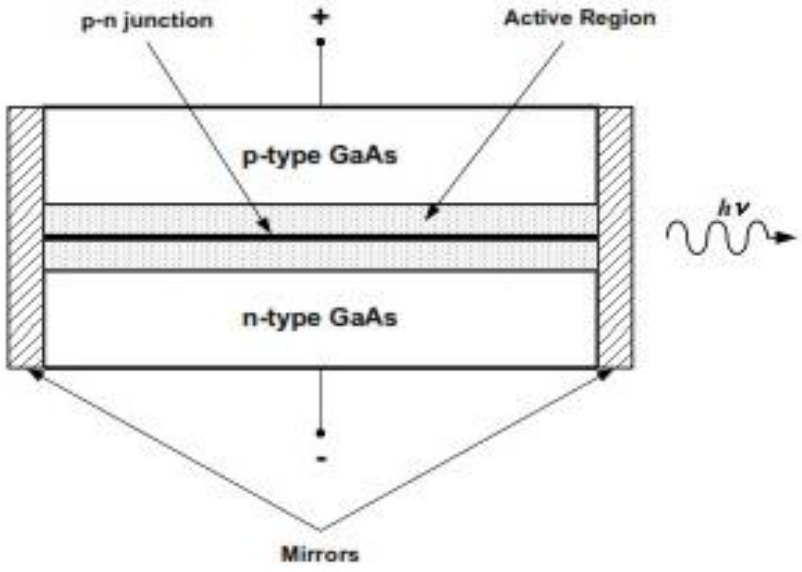
أنواع الليزرات

النوع الرابع:

ليزرات الحقن (INJECTION P-N JUNCTION LASERS)

في هذا النوع من ليزرات أشباه الموصلات يتم حقن حاملات الشحنة (الإلكترونات والفجوات) إلى داخل المنطقة الفعالة لغرض زيادة تركيز فوتونات الليزر المنبعثة وهي أفضل من ليزرات الانحياز الأمامي للوصلة الثنائية بما يلي:

١. قدرة الليزر الخارجة تكون أعلى *(mW)*
٢. عرض خط الانبعاث يكون أضيق *(10-9m)*
٣. قابليتها على التضمين أكبر بترددات عالية *(GHz)*
٤. كفاءة الانتقال داخل الألياف البصرية أعلى



مخطط لليزر الحقن

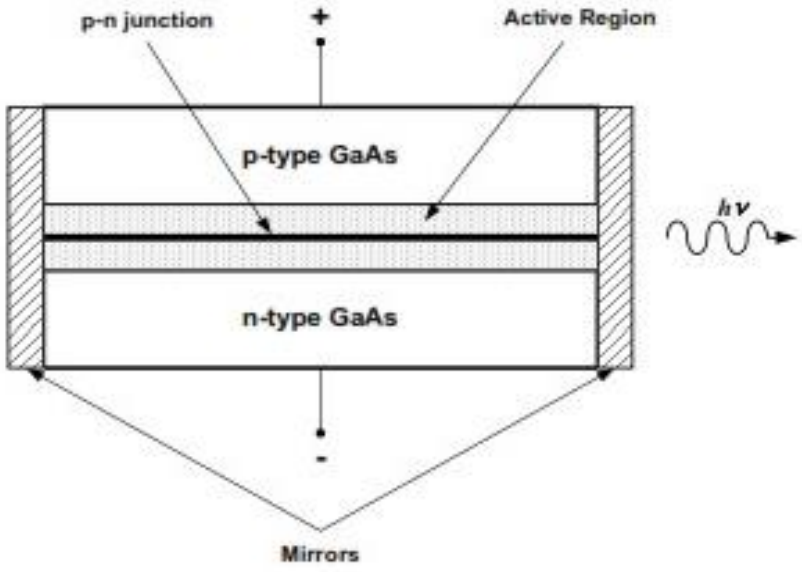
أنواع الليزرات

النوع الرابع:

ليزرات الحقن (INJECTION P-N JUNCTION LASERS)

في هذا النوع من ليزرات أشباه الموصلات يتم حقن حاملات الشحنة (الإلكترونات والفجوات) إلى داخل المنطقة الفعالة لغرض زيادة تركيز فوتونات الليزر المنبعثة وهي أفضل من ليزرات الانحياز الأمامي للوصلة الثنائية بما يلي:

١. قدرة الليزر الخارجة تكون أعلى *(mW)*
٢. عرض خط الانبعاث يكون أضيق *(10-9m)*
٣. قابليتها على التضمين أكبر بترددات عالية *(GHz)*
٤. كفاءة الانتقال داخل الألياف البصرية أعلى



مخطط لليزر الحقن

أنواع الليزرات

النوع الرابع:

هنالك أنواع أخرى حديثة من ليزرات أشباه الموصلات تستخدم بكثرة في الوقت الحاضر في منظومات الاتصالات البصرية وهي:

١. ليزر فابري-بيرو *(FP)*
٢. ليزر التغذية الخلفية الموزعة *(DFB)*
٣. ليزر حيود عاكس براك *(DBR)*
٤. ليزر اقتران الحجرة الملصوقة *(CCC)* أو *(C^3)*
٥. ليزر بئر الجهد الكمي *(QW)*
٦. ليزر بئر أو آبار الجهد الكمية المتعددة *(QW & MQW Lasers)*

ليزرات *DFB* و *DBR* و *CCC* تعمل بنمط واحد (منفرد) *(Single-mode)* وهذه المسألة مهمة جداً في الاتصالات البصرية لأنها تقلل من الضوضاء *(Noise)* وتحسن كفاءة عمل منظومة الاتصالات.

أنواع الليزرات

النوع الخامس:

ليزر السائل Liquid Laser

لليزر السائل ما يتميز به عن كل من ليزر الحالة الصلبة وليزر الغاز، حيث تكمن الصعوبة في ليزر الحالة الصلبة في تحضير البلورة التي يجب ان تكون على قدر عالي من التجانس وبتركيز معين من الايونات الفعالة ولايمكن تغيير مواصفاتها بتغيير تركيز المادة العالة فيها. كذلك هناك احتمالية تلف البلورة بسبب الحرارة العالية التي قد تتعرض لها اثناء التشغيل، اما الغاز فانه لا يحتوي على قدر عالي من الذرات او الجزيئات الفعالة بسبب قلة كثافة الغاز، لذلك اختيرت السوائل او محاليل المواد المختلفة حيث يحوي السائل على كثافة عالية من الذرات او الجزيئات الفعالة التي يمكن تغيير تركيزها بسهولة

أنواع الليزرات

النوع الخامس:

كذلك يكون تحضير السائل الفعال سهلاً ورخيصاً ويتم التعامل معه ببساطة. هناك الكثير من المواد العضوية التي تشكل محاليلها اوساط ليزر فعالة منها مادة الصبغة (محلول صبغة عضوية معينة في سائل مذيب معين مثل سائل أثيل الكحول او مثيل الكحول او الماء يشكل وسطاً فعالاً لليزر السائل ويدعى بليزر الصبغة. اكتشف هذا النوع عام ١٩٦٥ من قبل الباحث سوروكين ومجموعته من خلال تجاربهم على ايجاد محلول صبغة يمكن استخدامه كماص قابل للتشبع في عملية احكام عامل النوعية Q-witching.

المحاضرة 16: ليزر النديميوم

المرحلة الثانية/ قسم الاتصالات
م.م. سرى سلام محمد

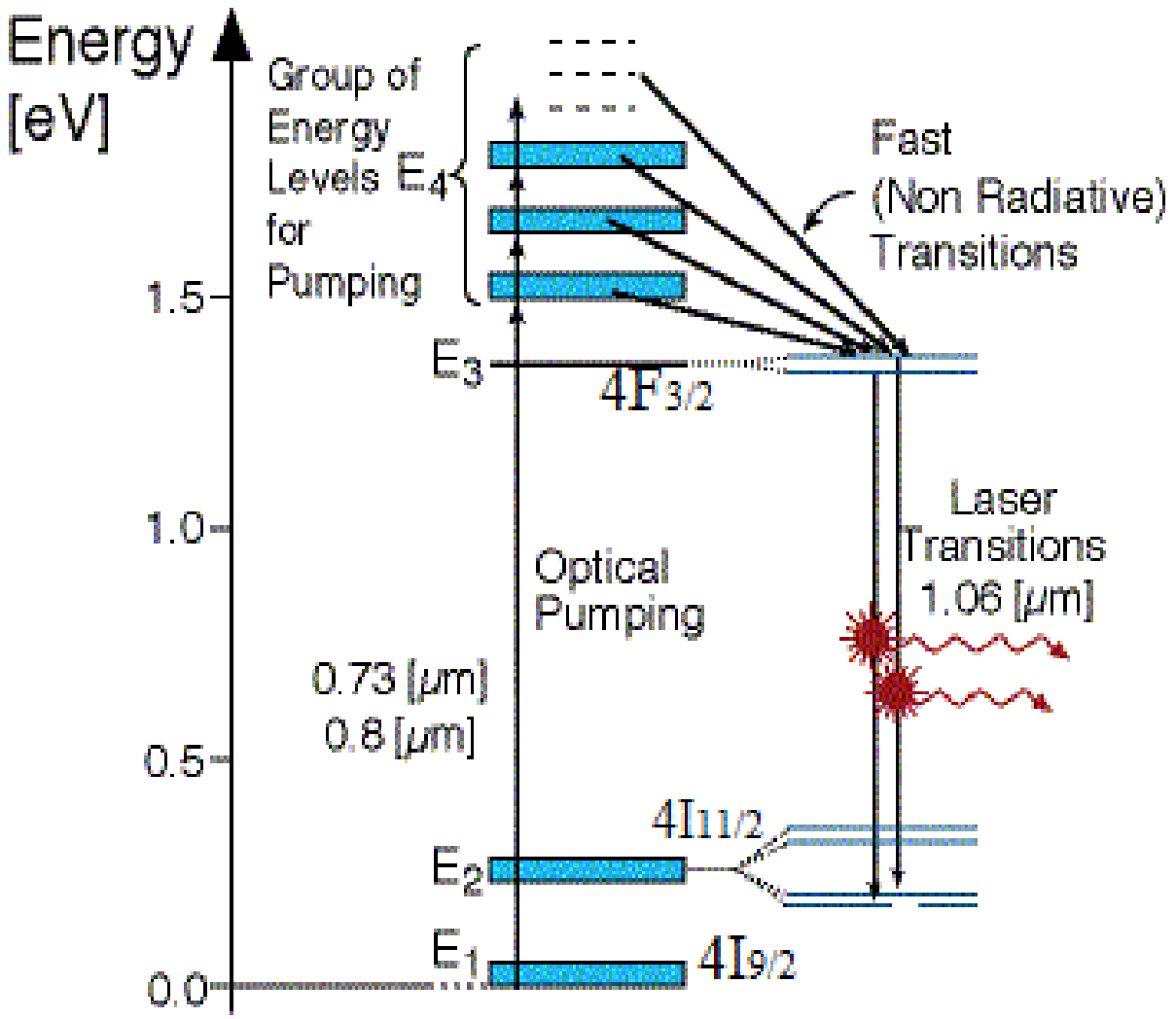
ليزر النديميوم

وهو الليزر الأكثر شيوعاً لأنواع ليزر الحالة الصلبة ويتألف الوسط الفعال فيه من الزجاج الذي يعمل كوسط مضّيف لأيونات الليزر الفعالة، أيونات النديميوم الثلاثية (Nd^{+3}) ويدعى بليزر النديميوم :زجاج ، كذلك تعمل بلورة اليوتريوم المنيوم كارنيت ($Y_3Al_5O_{12}$) والتي تدعى اختصاراً بالياك كوسط مضيَف لأيونات النديميوم Nd^{+3}ويدعى الليزر بليزر النديميوم ياك:.

ليزر النديميوم

تعطي أيونات النديميوم المتواجدة في الشبيكة البلورية انتقالات متعددة ولكن أشدها يقع عند الأنتقال الذي هو بطول موجة تساوي 1.064 µm بين مستويي الطاقة $^4F_{3/2}$ – $^4I_{11/2}$ وهذا الأنتقال ممنوع وفق قواعد الأنتقاء لثنائي القطب الكهربائي، لذا يكون متوسط زمن العمر للمستوى العلوي لأنتقال الليزر طويل نسبياً (τ=0.23 ms) أما المستوى الأعلى للضخ فيتمثل في مجموعة مستويات الطاقة التي تقع أعلى من المستوى $^4F_{3/2}$ ويحصل الضخ من المستوى الأرضي $^4I_{9/2}$ بنطاقين طيفيين حول الطول الموجي µm (0.8 & 0.73). إن المستويات العديدة المستخدمة للضخ وباستخدام مدر ضوئي ذي نطاق طيفي عريض يزيد من كفاءة الضخ كما أن المستويات العليا للضخ تتفرغ سريعاً وبانتقالات غير مشعة الى المستوى العلوي لأنتقال الليزر ($^4F_{3/2}$)

ليزر النديميوم

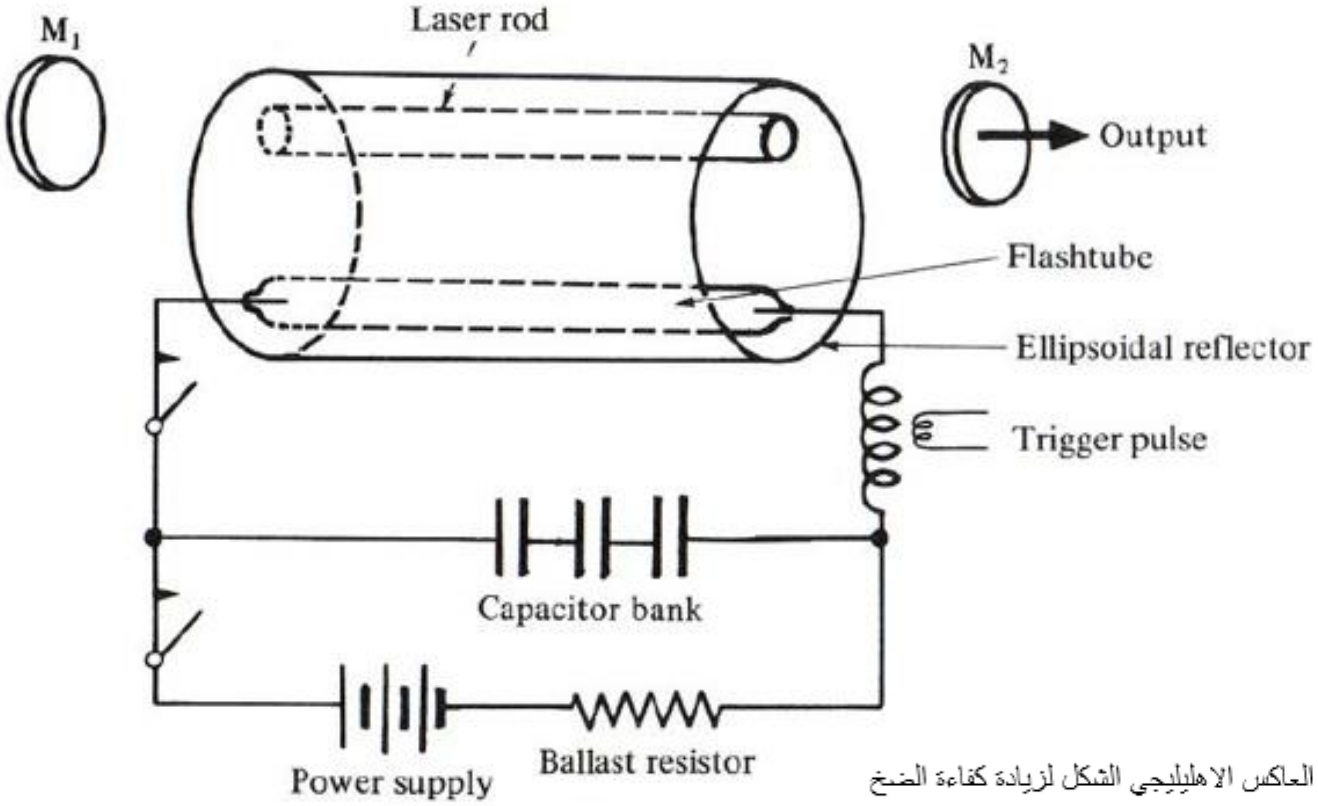


مخطط مستويات الطاقة لايون النديميوم في بلورة الياك ، يبين المخطط المستويات ذات العلاقة بخطة الضخ وانتقال الليزر

كما ان المستوى الأسفل لأنتقال الليزر ($^4I_{11/2}$) يتفرغ هو الآخر بشكل سريع وبانتقالات غير مشعة أيضاً الى المستوى الأرضي ($^4I_{9/2}$)، من الواضح بأن ليزر النديميوم: ياك يعمل بنظام رباعي المستويات ولهذا يفضل على ليزر الياقوت.

ليزر النديميوم

يشتغل ليزر النديميوم - ياك بموجة مستمرة (CW) أو بشكل نبضي وغالباً ما يستعان بالترتيب الأهليليجي للعاكس لزيادة كفاءة الضخ الذي يتم باستخدام مصباح الزينون (Xe).



الترتيب المالوف لليزر النديميوم حيث يستخدم العاكس الاهليليجي الشكل لزيادة كفاءة الضخ

ليزر النديميوم

لهذا الليزر تطبيقات كثيرة ومتنوعة منها في تصنيع المعادن وتعيين المدى وكذلك في الجراحة الليزرية، أما ليزر النديميوم: زجاج يستخدم كمضخم ليزر في أنظمة توليد الطاقة العالية المستخدمة في تجارب الأنصهار النووي حيث يمكن أن تعطي قدرة ذروة أكثر من 20 TW بطاقة حوالي 1.5 KJ

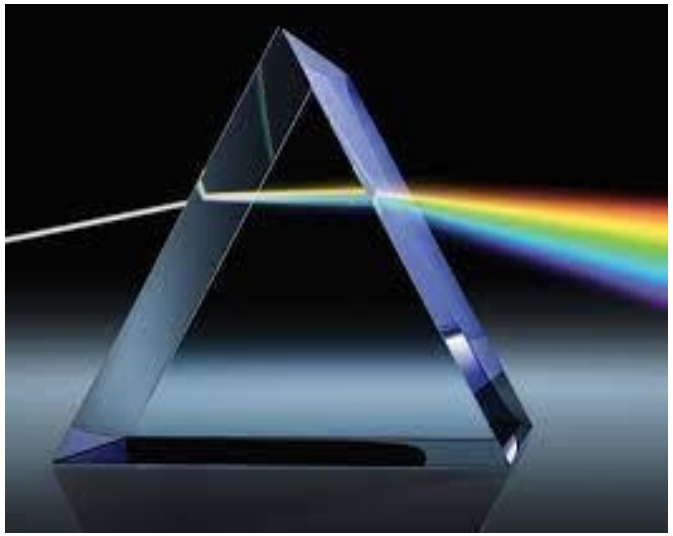
المحاضرة 17: قياس الطيف بالليزر
Laser Spectroscopy

المرحلة الثانية/ قسم الاتصالات

م.م. سرى سلام محمد

قياس الطيف بالليزر (Laser Spectroscopy)

بعد أن تعرفنا على ضوء الليزر وكيفية تكوينه وخصائصه، نتعرف الان على بعض التقنيات التي يمكن فيها استخدام ضوء الليزر في الكيمياء من خلال استخدامه في اجراء قياس طيف الامتصاص.



يقصد ب(قياس الطيف بالليزر): التقنيات التي تستخدم أشعة الليزر لقياس أو تحديد تركيز أنواع المواد في الحالة الغازية وذلك بواسطة (طيف الامتصاص).

قياس الطيف بالليزر (Laser Spectroscopy)

- ان لهذه التقنيات خصائص هامة وخاصة عند استعمالها لليزر والذي بدوره يتميز بكونه:

أحادي اللون	ضوء اللون المحدد	التجارب شديدة الدقة
ساطع جدا	الكثير من الضوء	يحسن من (S/N)

* وقد أصبح قياس طيف الامتصاص بالليزر التقنية الأكثر شيوعا لتحديد كمية الذرات والجزيئات في الطور الغازي.

قياس طيف الامتصاص المباشر Direct Absorption Spectroscopy

- الطريقة الأبسط التي يمكن أن نستغل بها مميزات ضوء الليزر في التحليل الطيفي هي عمل تجربة تعرف ب(قياس طيف الامتصاص المباشر Direct Absorption Spectroscopy).

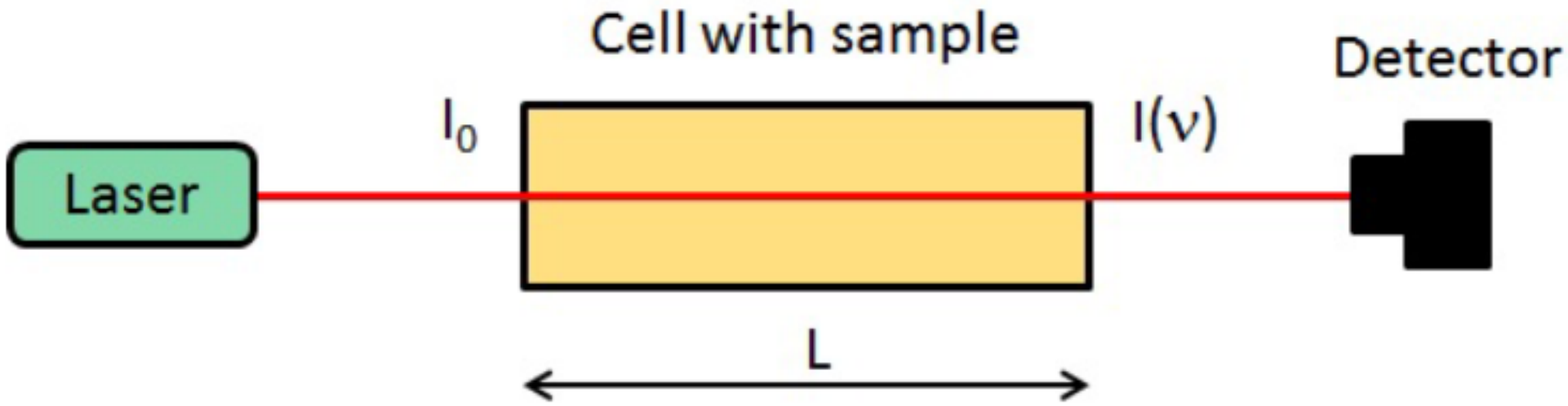
تقوم فكرة (تجربة قياس طيف الامتصاص المباشر) على:

1. استخدام ضوء (وهنا من الأفضل استخدام ضوء الليزر) ذي تردد قابل للتغيير (tunable laser) ويضبط على تردد مقارب لتردد للذرة أو الجزيء المطلوب قياس تركيزه
2. يرسل عبر العينة (Sample) المراد قياسها فتمتص العينة جزء من الضوء
3. يلتقط الكاشف الضوئي (Detector) كمية الضوء الباقية بعد مرورها من العينة
4. يحول الكاشف كمية الضوء الممتصة من قبل العينة الى رقم (ترتبط كمية الضوء الممتصة من قبل العينة مع التركيز الذري أو الجزيئي للعينة)
5. تنقل النتيجة الى حاسوب لمعالجتها وترسم النتيجة ضمن مخطط مباشرة

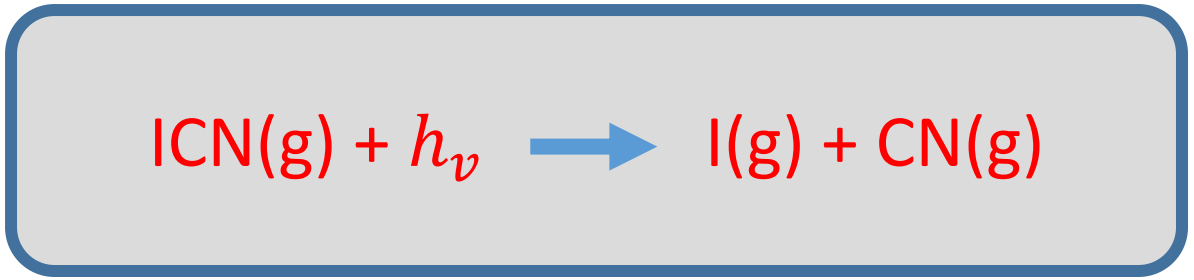
قياس طيف الامتصاص المباشر Direct Absorption Spectroscopy

- بالإمكان أيضا إضافة ما يعرف بخلية التمرير المتعدد (Multi-pass Cell) لتضيف ميزات معينة مثل قياس مكونات التركيز المنخفض أو لقياس الأطياف الضعيفة جدا في الغازات وبالتالي تحسين حساسية الكشف الضوئي. ويتم ذلك بواسطة زيادة طول المسار الضوئي الذي يمر عبر العينة الصغيرة.

طول مسار أكبر ← حساسية كشف أكبر



المحاضرة 18:
Time-resolved Spectroscopy



المرحلة الثانية/ قسم الاتصالات

م.م. سرى سلام محمد

Time-resolved Spectroscopy

هو نوع اخر من تقنيات تحليل الطيفي لليزر وفيه نستفاد من حقيقة أن نبضات الليزر تكون قصيرة جدا.

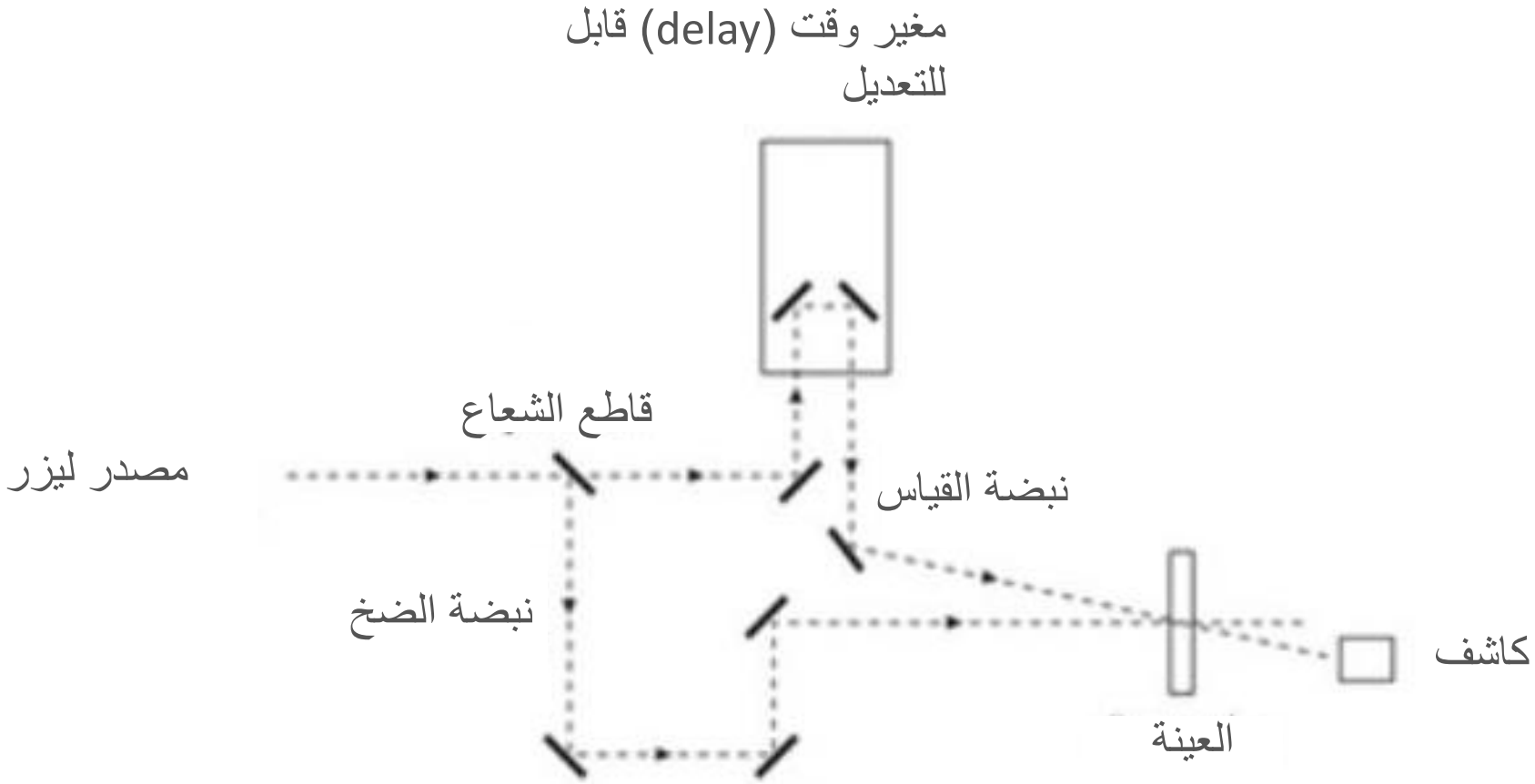
نبضات ليزر قصيرة جدا (ns) نزولا الى (fs) ←

الذرات تمتص هذا الضوء ←

قياس العمليات الديناميكية (المتحركة) بتدرجات الوقت (ns) الى (fs) لمعرفة ماذا يفعل الإلكترون بالضبط داخل الذرة

((وهذا يعرف بالتحليل الطيفي الضخ والقياس))

Pump/probe Spectroscopy
التحليل الطيفى الضخ والقياس



Pump/probe Spectroscopy
التحليل الطيفى الضخ والقياس

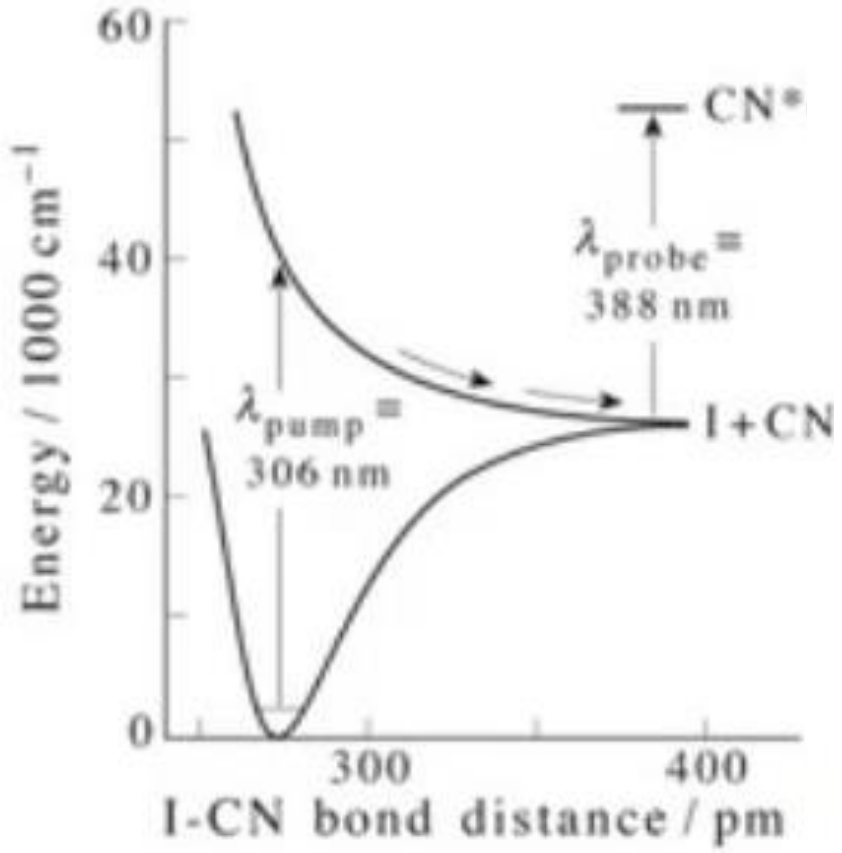
- نبضة الضخ تسير عبر طول مسار معين لتصل الى ذرات العينة لتحفزها
- تمتص ذرات العينة لون معين من الضوء
- تنهار الذرة لتنفصل الى ذرتين مختلفتين
- يتم ارسال نبضة القياس لتحفز احدى المخرجات (احدى أنواع الذرات الجديدة)
- يستخدم الكاشف لقياس الذرة ذات النوع الجديد المحفزة وبالتالي معرفة كم من الوقت احتاجت ذرات هذه العينة لتمتص الضوء وليتم تحفيزها لتهار وتنفصل الى ذرات جديدة

Pump/probe Spectroscopy
التحليل الطيفي الضخ والقياس

كمثال: انفصال ذرة الايوناید ساينايد بالحالة الغازية ICN(g) الى ذرتين مختلفتين عنها وهما الايوناید I(g) والسايناید CN(g).

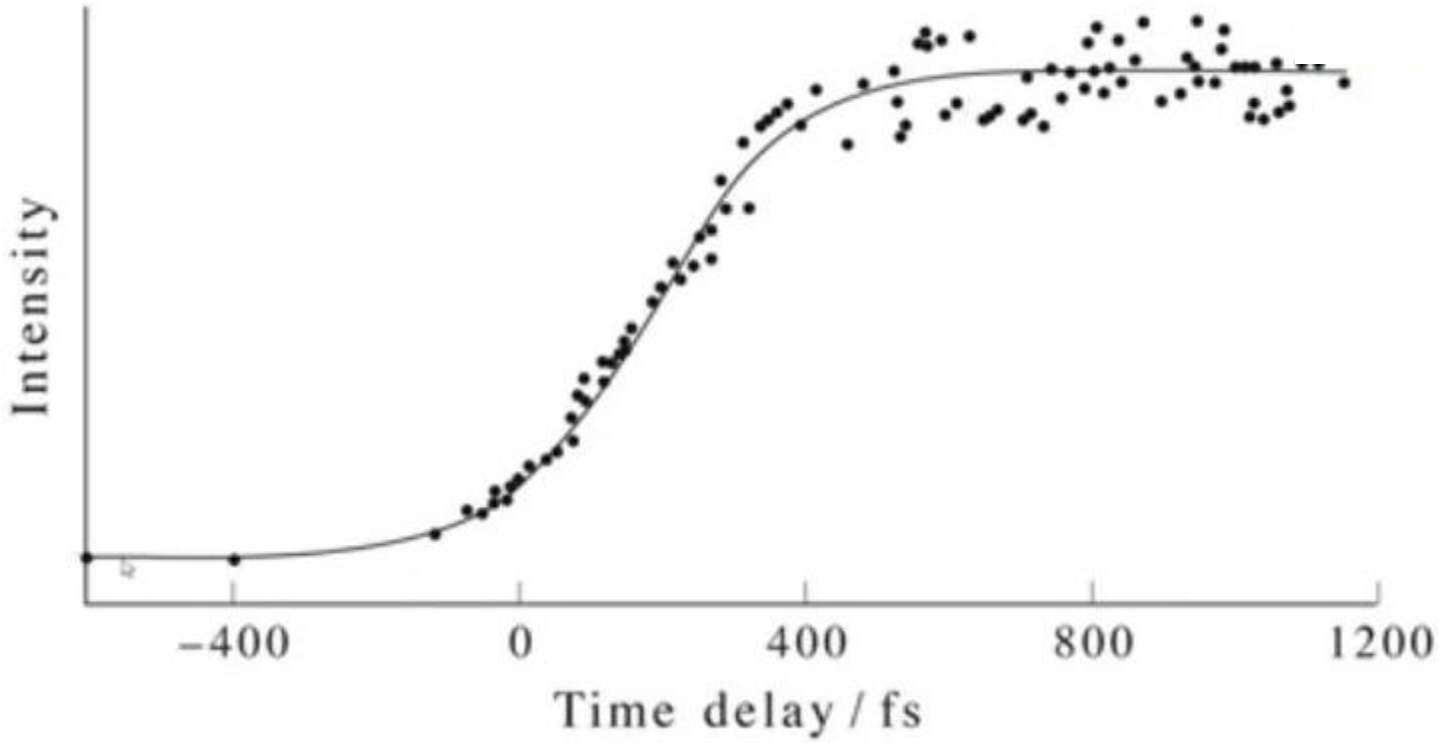
$$ICN(g) + h_v \longrightarrow I(g) + CN(g)$$

Pump/probe Spectroscopy
التحليل الطيفى الضخ والقياس



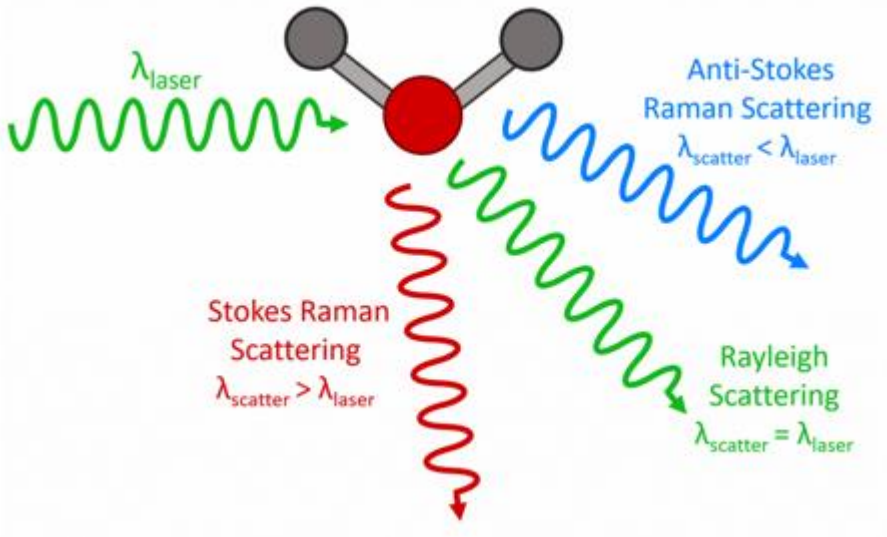
(رسم بياني للعلاقة بين الطاقة والمسافة للأصرة بين I و CN)

Pump/probe Spectroscopy
التحليل الطيفى الضخ والقياس



(رسم بياني للعلاقة بين شدة ذرات CN والتأخير بالوقت)

المحاضرة 19: التحليل الطيفي رامان
Raman Spectroscopy



المرحلة الثانية/ قسم الاتصالات

م.م. سرى سلام محمد

التحليل الطيفي رامان

هو نوع اخر من تقنيات تحليل الطيفي لليزر وفيه نحتاج الى ضوء مشع جدا لأنه بحد ذاته عملية ضعيفة جدا. بالإمكان استخدام أنواع أخرى من الضوء غير الليزر فيه على أن تكون مشعة جدا.

- ان أكثر أنواع التحليل الطيفي يتضمن امتصاص او انبعاث للضوء، لكن في التحليل الطيفي رامان فالأمر مختلف فهو يتضمن **(تشتت للضوء)**.

تشتت رايلى

في العادة يحدث (تشتت الضوء) بسقوط فوتونات الضوء على الذرات (العينة) فتمتص الذرات الجزء الأكبر من الضوء ويتشتت جزء منه خارجا منها باتجاهات مختلفة. وهذا ما يعرف ب (تشتت رايلي Rayleih Scattering). والغالبية العظمى من الذرات تفعل ذلك.

$$\nu_{1\ in} \longrightarrow \nu_{1\ out}$$

ولذلك نحصل على (نرى) نفس اللون الذي امتصته الذرات.

س/ لماذا نرى السماء باللون الأزرق؟

تشتت رامان

- توجد ذرة من بين 10^4 لون وتشتت معين لون فتمتص الطاقة تغير ذرة اخر وهذا ما يعرف ب (تشتت رامان)

- هنا بعد أن تسقط فوتونات الضوء على هذه الذرة تقوم بتبديل الطاقة فيها وتبديل طاقة الضوء المشتت الخارج منها بفوتون من الضوء فتعكس لونا اخر من الضوء غير اللون الساقط عليها.

$$\nu_{1\ in} \longrightarrow \nu_{2\ out}$$

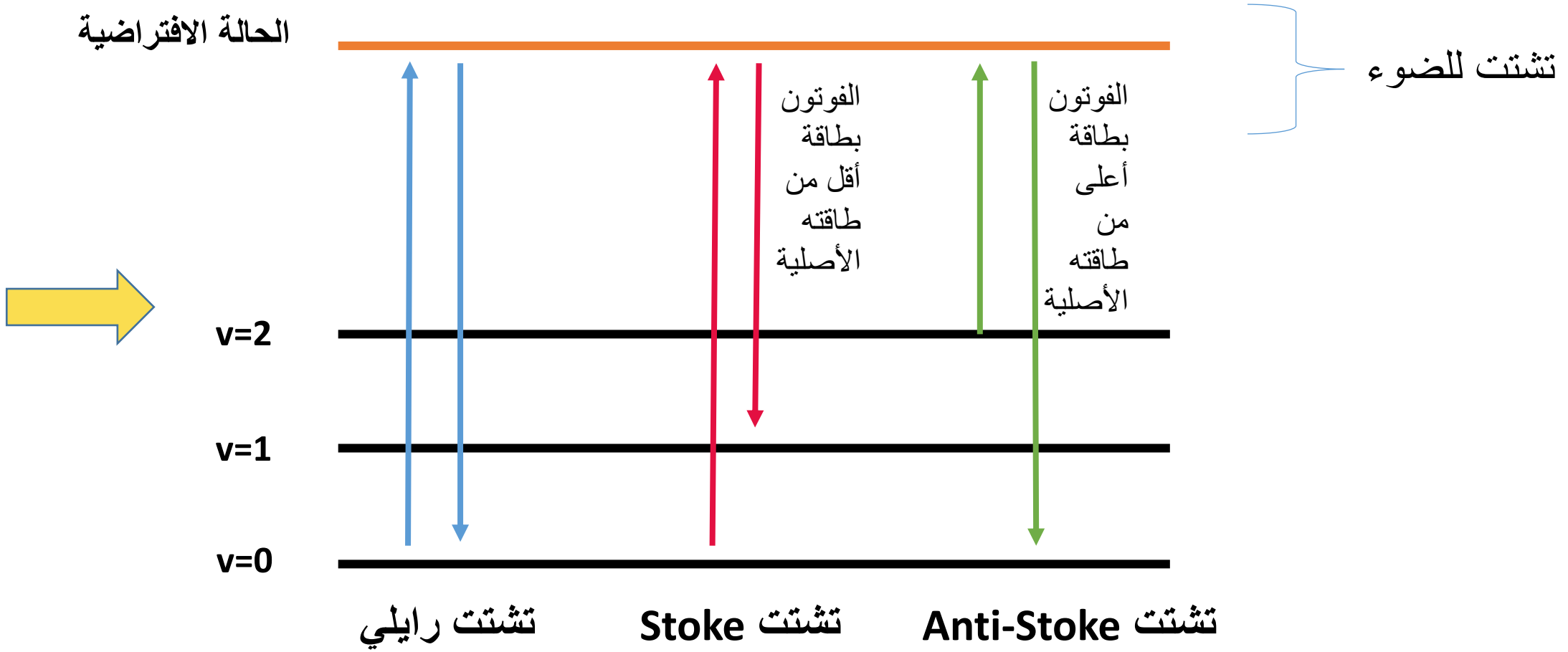
تشتت رامان

- يوجد نوعان من تشتت رامان بحسب نوع الذرة:

1. **تشتت Stokes:** وفيه تمتص الذرة الضوء لتنتقل الى مستوى طاقة افتراضي عالي ثم تشتت الضوء لتعود الى مستوى طاقة أعلى بقليل من مستواها الأصلي. هنا تكون طاقة الضوء الخارج أقل من الداخل.

2. **تشتت Anti-Stokes:** في هذا التشتت تبدأ الذرة بمستوى طاقة عالي وبعد أن تمتص الضوء لتنتقل الى مستوى طاقة أعلى (افتراضي) ثم تشتته، تعود الى مستوى طاقة أدنى من مستواها الأصلي. هنا يكون الفوتون الخارج ذو طاقة أقل من الطاقة التي بدأ بها حيث أعطى للذرة بعضا من الطاقة.

التحليل الطيفي رامان



التحليل الطيفي رامان

- وبشكل عام يستخدم التحليل الطيفي رامان لقياس حالات الاهتزاز للذرات. ولذلك فهو مكمل للتحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء.

- **باستعمال التحليل الطيفي رامان يمكننا قياس الاختلاف بين مستويات الطاقة لفوتونين وهذا سيعطينا الاختلاف بين مستويي اهتزاز الالكترونين.**

المحاضرة 20: تطبيقات الليزر
Laser Applications

المرحلة الثانية/ قسم الاتصالات

م.م. سرى سلام محمد

تطبيقات الليزر

تطبيقات الليزر هي نتيجة مباشرة للميزات الخاصة لضوء الليزر.

١- تطبيقات الليزر في الفيزياء والكيمياء:

١- دراسة سلوك الليزر وتفاعل اشعة الليزر مع المواد، كما في البصريات اللاخطية، فإن الشدة العالية لحزمة أشعة الليزر أدت إلى نشوء ظاهرة جديدة تنشأ من الاستجابة اللاخطية للمادة.

أمثلة:

أ- توليد التوافقيات الثانية والثالثة... وهكذا، وذلك بمضاعفة التردد $(v \Longrightarrow 2v)$ كما مر علينا في البصريات اللاخطية).

ب- الاستطارة المحتثة: ففي هذه الحالة تتفاعل أشعة الليزر الساقطة التي ترددها ν مع حالة مثارة للمادة عند ترددها v_0 (موجة صوتية) لإنتاج حزمة متشاكهة ترددها $v \mp v_o$ وهذا ما يسمى (استطارة ستوك).

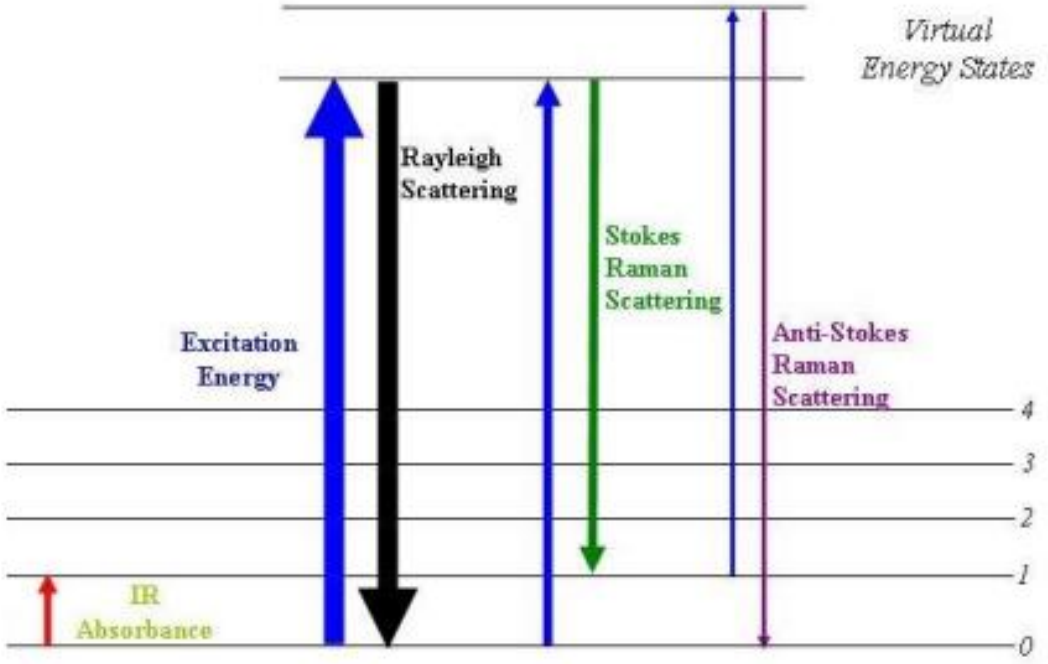
تطبيقات الليزر

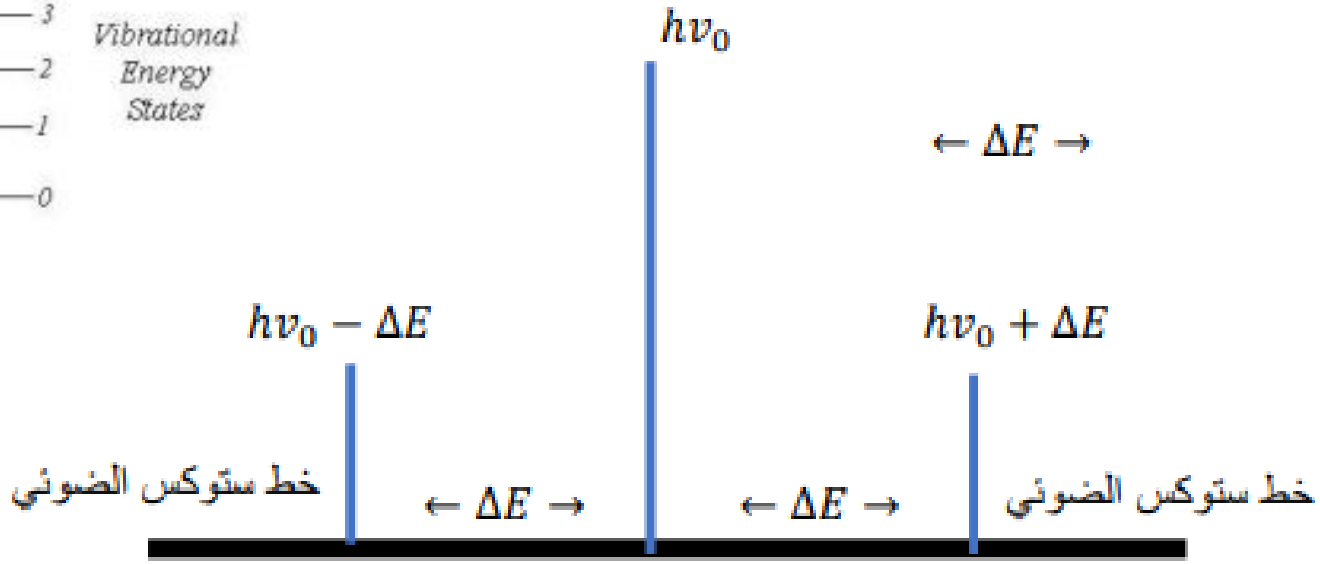
لاحظ رامان بأنه لو سقط ضوء شديد بطول موجة ما على جزيئة فإن شعاعاً بنفس الطول الموجي سيتشتت عن الجزيئة وكذلك خطوطاً أخرى ضعيفة الشدة متقاربة وبطول موجي أقصر بقليل أو أكبر بقليل من طول موجة الشعاع الساقط، فمثلاً لو كانت طاقة الشعاع الساقط hv_o فإن طاقة الأشعة المشتتة تعطى بالعلاقة:

$$hv = hv_o \mp \Delta E$$

حيث أن (ΔE) هي فرق الطاقة بين مستويين متذبذبين أو مستويين دورانيين للجزئية وهذا المقدار غير معتمد على المصدر الضوئي ويعتمد فقط على خصائص التركيب الجزيئي للمادة. فإذا كانت هذه الخطوط ترددها أقل من تردد الموجة الساقطة تدعى بخطوط ستوكس الضوئية.

تطبيقات الليزر





تطبيقات الليزر

٢–قياسات التحليل الزمني العالي جداً لسلوك المواد المختلفة بعد إثارتها بواسطة نبضات ضوئية قصيرة جداً بحدود بيكو ثانية ($10^{-12}\,\mathrm{sec} = pico\ second$)

لقد فتح هذا المجال لاحتمالية البحث في ظواهر متعددة تعتمد على القابلية الجديدة لقياسات التحليل الزمني القصير جداً. (معظم العمليات في الفيزياء والكيمياء وعلم الأحياء مقاييسها في حدود البيكوثانية).

٣– **علم الأطياف:** يمكن تضييق عرض النطاق الترددي إلى بضع عشرات كيلوهرتز (UV-VIS) وهذا يسمح للقياسات الطيفية لتعمل بقدر تحليلية بعدة مراتب ($3-6$) أعلى من تلك التي يمكن الحصول عليها من المطيافية التقليدية.

تطبيقات الليزر

مما تقدم يتبين أهمية استخدام مصدر الليزر كمصدر ضوئي في علم الأطياف مقارنة بالمصادر الضوئية التقليدية يمكن تلخيصها:

١. بما ان نسبة الجزء المتشتت من الأشعة الساقطة صغيرة جداً لهذا يحقق استخدام حزمة الليزر الشديدة وسيلة أدق وأسهل للكشف عن الجزء المشتت منها وقياسها.

٢. يحقق استخدام الليزر ازدياد في قدرة التحليل للطيف الناتج بسبب النقاوة الطيفية للمصدر.

٣. يزداد التشتت بزيادة تردد الإشعاع الساقط لذا فإن مصدر الليزر الذي يعمل قرب الضوء الأزرق (ليزر ايون الأركون) يكون استخدامه مثالياً.

٤. يمكن الكشف عن الأشعة المشتتة باستخدام أجهزة الكشف الاعتيادية والمتوفر استخدمها في المدى المرئي.

المحاضرة 21 و 22 و 23:
تكملة تطبيقات الليزر
Laser Applications

المرحلة الثانية/ قسم الاتصالات

م.م. سرى سلام محمد

تطبيقات الليزر

في الكيمياء: يستخدم الليزر في كل الأغراض التشخيصية ولإنتاج تفاعلات كيميائية غير قابلة للانعكاس (الكيمياء الضوئية باستخدام الليزر).

١- تقنية التشخيص (استطارة رامان المحتثة):

بهذه التقنية يمكن الحصول على معلومات هامة عن تركيب وخصائص الجزيئات متعددة الذرات، وكذلك لقياس التركيز ودرجة الحرارة لصنف معين من الجزيئات.

٢- الكيمياء الضوئية:

مثال: فصل النظائر، وهو إثار انتقائية لنوع النظير المرغوب فيه بواسطة أشعة الليزر، ويتم بطريقة التأين الضوئي للنظير المرغوب فيه U^{235} بضوء ذي طول موجي ملائم طالما هذا النظير قد ضخ إشعاعياً إلى عدد من الحالات المثارة بعد ذلك يجمع النظير المؤين باستخدام حقل كهربائي مستمر.

تطبيقات الليزر

الليزر في دراسة تلوث الجو:

يتم الكشف عن الملوثات وتحديد نسبها بدقة بالاستعانة بتقنيات التحليل الطيفي والمعتمدة على استخدام الليزر، إذ يمكن استخدام ليزر الأشعة تحت الحمراء لتطبيق فكرة الامتصاص الطيفي من قبل الغازات الملوثة كليزر ثاني أوكسيد الكاربون أو بتطبيق طريقة التشتت لرافات التي مرت علينا.

علم الأحياء:

يستعمل الليزر كأداة للتشخيص أو لإحداث تغير غير قابل للانعكاس في الجزيئة الحية للخلية أو للأنسجة (علم الأحياء الضوئي).

١. التفلور المستحث بواسطة نبضات الليزر القصيرة جداً في DNA.

تطبيقات الليزر

٢. استطارة رامان كواسطة لدراسة الجزيئات الحية مثل الهيموغلوبين والرودوبسين (المسؤول عن عملية الإبصار).

٣. مطيافية ترابط (التشاكه) الفوتون للحصول على معلومات ودرجة تجمع الجزيئات الحية المختلفة.

٤. تقنيات التحلل بضوء ومضائي بحدود بيكوثانية لفحص السلوك الديناميكي للجزيئات الحية بدقة وفي الحالة المثارة.

يستخدم الليزر في علم الأحياء لإحداث تغير غير قابل للانعكاس في الخلية أو مكونات الخلية (تقنية الحزمة الدقيقة Micro beam) حيث تركز أشعة الليزر بواسطة ميكروسكوب نحو مطقة من الخلية قطرها يساوي تقريباً الطول الموجي لليزر $0.5\mu m$ لغرض دراسة عمل الخلية بعد التغير الذي يحدثه الليزر في منطقة معينة من الخلية.

تطبيقات الليزر

٢- الليزر في الاتصالات الضوئية:

الاتصالات هي عملية نقل المعلومات وتتم عادة بتضمينها أي تحميلها على موجة نقالة وتستخدم لهذا الغرض الموجات الراديوية والمايكروية وبعد اكتشاف الليزر أصبح بالإمكان استخدام الجزء المرئي من الإشعاع الكهرومغناطيسي ولهذا سميت بالاتصالات الضوئية.

إن الانتقال من مدى الموجات المايكروية إلى المدى المرئي يعطي زيادة في تردد الحامل بمقدار 10^4 وهذا يعني استخدام نطاق ترددي أكبر بكثير من الموجات المايكروية، فمن المعروف ان كمية الملومات التي يمكن نقلها تتناسب مع عرض النطاق الترددي للموجة الناقلة.

تطبيقات الليزر

فوائد استخدام الليزر في الاتصالات:

١. بسبب الاتجاهية لحزمة الليزر مقارنة بالموجات المايكروية وبالتالي فإن هوائي الجهاز البصري يكون أصغر بكثير من هوائي الموجة المايكروية.

٢. القدرة على تحميل موجة الليزر لمعلومات أكثر بكثير مما يمكن تحميله للموجة المايكروية بسبب كون عرض النطاق الترددي لموجة الليزر أكبر بكثير منه للموجة المايكروية.

تطبيقات الليزر

مساوئ استخدام الليزر في الاتصالات:

ان انتقال الأشعة المرئية تعتمد على شفافية الوسط فسوء الأحوال الجوية يعمل على توهين الحزمة الضوئية لذا يتحدد استخدام الليزر في الاتصالات في الأجواء الصافية أو في الفضاء الخارجي أو في المسافات القليلة.

لذلك يتم اللجوء إلى استخدام الألياف الضوئية وهي عبارة عن سلك رفيع جداً من الزجاج أو البلاستيك يمثل الوسط الشفاف الذي يقيد انتقال الحزمة الضوئية وبأقل كمية من خسائر الطاقة الضوئية الناتجة من التوهين.

تطبيقات الليزر

٣- الهولوغرافي

يمكن بواسطتها أخذ صورة ثلاثية الأبعاد لأجسام ومناظر معينة، وأصلها (كاملا =Holo) (كتابة = Graphos).

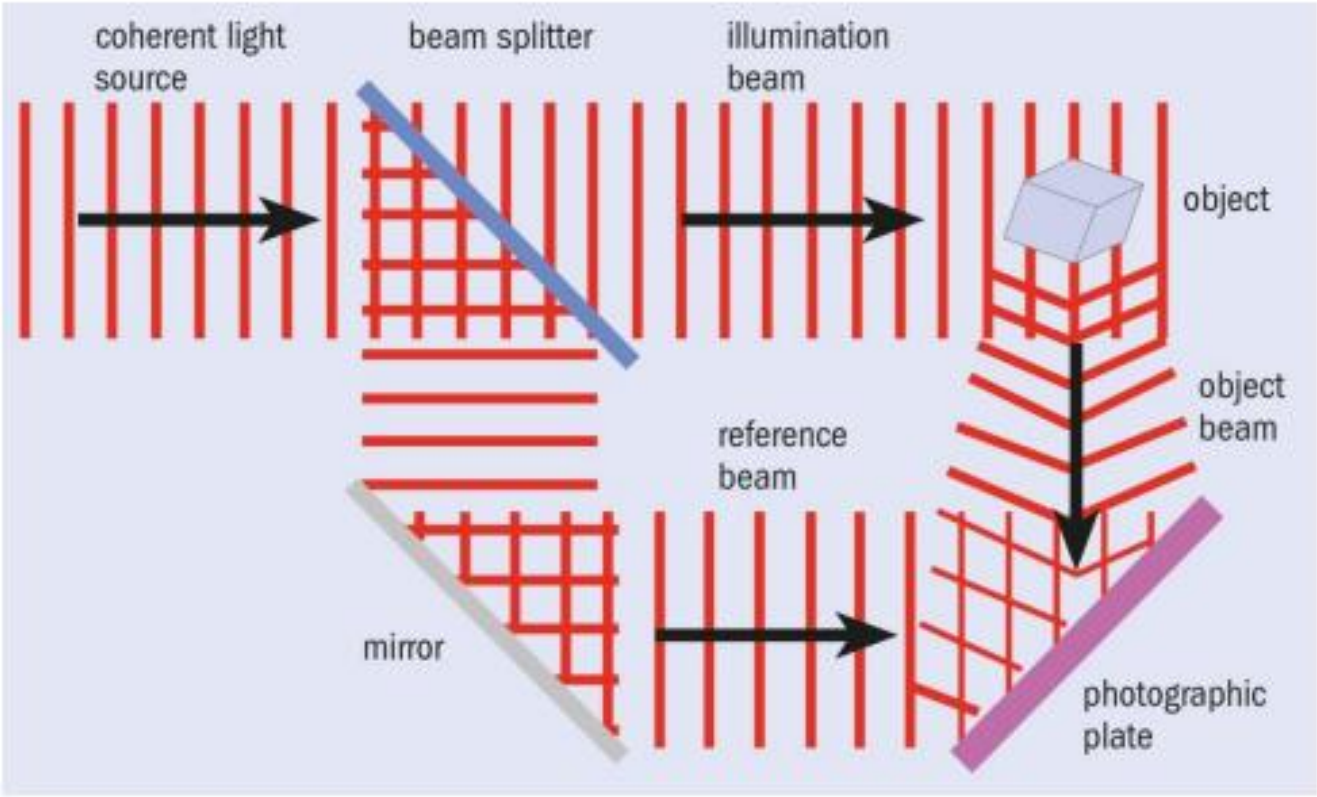
أساس عمل الهولوغرافي:

١- **التسجيل على الهولوغرام:** تقسم حزمة الليزر بواسطة مرآة نصف شفافة إلى حزمتين (A المنعكسة) (B النافذة) تسقط A مباشرة على لوح فوتوغرافي وتضيء B الجسم المراد تصويره، وهكذا فإن الضوء المتشتت من الجسم سوف يسقط على اللوح أيضاً ونتيجة لترابط الحزمتين يتكون نموذج تداخل أهداب على اللوح الفوتوغرافي.

تطبيقات الليزر

٢-الاستظهار للهولوغرام:

يعاد اللوح الهولوغرافي إلى محله ويتفاعل مع الحزمة A مع أهداب التداخل على اللوح لتحدث ثانية وراء اللوح انفراج، والمشاهد الناظرة على اللوح سوف يشاهد الجسم وراء اللوح كما لو أنه ما يزال هناك.



تطبيقات الليزر

شروط تكوين الهولوغرام:

١. تشاكهية عالية.

٢. المواضع النسبية لكل من الجسم واللوح يجب ان لا تتغير خلال فترة تعريض اللوح (أقل من نصف الطول الموجي لليزر لأشعة الليزر) حتى لا تختفي معالم التداخل (يوضع الليزر والجسم واللوح على منضدة ضد الاهتزاز).

٣. شدة التحليل للوح الهولوغرافي عالياً لتسجيل أهداب التداخل.

تطبيقات الهولوغرفي

تسجيل وقياس الاجهاد والاهتزاز للأجسام.

تطبيقات الليزر

شروط الحصول على الهولوغرافي:

١. ان تكون صفة التشاكه لأشعة الليزر كافية لكي تظهر أهداب التداخل على اللوح.

٢. لا تحدث تغير في موقع الجسم أو اللوح، ومصير الضوء أثناء عملية التصوير لأنه الحركة تسبب تمويه في تسجيل الأهداب.

٣. يجب ان يكون حساسية الفلم عالية لتسجيل تفاصيل الجسم الدقيقة على شكل أهداب تداخل متميزة عن بعضه البعض.

تطبيقات الليزر

٤- تطبيقات الليزر في الطب:

١. لغرض المعالجة: تجري الدراسات حول كيفية تدمير الخلية الحية أو أجزاء منها باستخدام تقنية حزمة الليزر المجهرية فيمر الضوء خلال العدسة الشيئية للمايكروسكوب إلى منطقة صغيرة من الخلية قطرها قريب من طول موجة الليزر المستخدم. ان الغرض الأساسي من هذه الدراسة هو مراقبة رد فعل الخلية وعملها بعد إحداث تدمير لجزء منها باستخدام الليزر.

٢. **في الجراحة:** أي استخدام مشرط الليزر كبديل للمشرط التقليدي فتستخدم حزمة الليزر المركزة وتنتخب الأشعة تحت الحمراء حيث تمتص انسجه الجسم هذا الجزء من الإشعاع بصورة جيدة ومن قبل جزيئات الماء مما سبب تبخراً سريعاً لهذه الجزيئات يتبعها قطع في النسيج.

تطبيقات الليزر

مزايا استخدام مشرط حزمة الليزر في الجراحة:

١. يمكن فتح الشق في الموضع المطلوب بدقة عالية وخاصة عندما توجه بمايكروسكوب (الجراحة المجهرية).

٢. يمكن إجراء العملية لمواضع يصعب الوصول إليها.

٣. التقليص في الخسائر الجانبية والناتجة عن قطع الأوعية الدموية والتي تحدث عند استخدام المشرط التقليدي.

مساوئ استخدام مشرط الليزر:

١. الكلفة العالية والتعقيد في تقنية هذه الوحدة الجراحية.

٢. سرعة هذا المشرط اقل من المشرط التقليدي.

٣. مشاكل الأمان المرافقة لاستخدام هذا المشرط.

تطبيقات الليزر

طب العيون: علاج انفصام الشبكية وتقرحها، يستخدم ليزر الاركون حيث يمتص شعاعه الأخضر خلال عدسة العين من قبل خلايا الدم الحمراء للشبكية ويؤدي التأثير الحراري الناتج إلى إمكانية إعادة ربط الشبكية.

الأنف والأذن والحنجرة: جراحة الأعضاء (القصبة الهوائية والبلعوم والأذن الوسطى والأعضاء التي يصعب الوصول إليها أو العمل عليها عن طريق مايكروسكوب.

جراحة الفم: إزالة الأورام الحميدة والخبيثة وأهميتها في وقف النزيف الدموي والتخفيف من الأوجاع واحتمالية التقرح.

تطبيقات الليزر

جراحة الفم: إزالة الأورام الحميدة والخبيثة وأهميتها في وقف النزيف الدموي والتخفيف من الأوجاع واحتمالية التقرح.

علم الجلد: إزالة البقع والوشم ومعالجة أمراض الأوعية الدموية التي تتسبب في تبقع الجلد وبعض أمراضه.

جراحة القلب: فتح قنوات جديدة إلى القلب للمرضى الذين يعانون من ألم الذبحة الصدرية والتصلب التعصدي الناتج عن انسداد أجزاء من الشرايين التاجية وفي المواضع التي لا يمكن ممارسة عملية التحويلة المعروفة.

تطبيقات الليزر

٥- تطبيقات الليزر في الصناعة:

يستخدم الليزر لهذا الغرض كمصدر للحرارة حيث تكمن الاستفادة من صفة الاتجاهية العالية وصغر الانفراج لحزمة الليزر كذلك القدرة العالية التي يمكن تركيزها في موضع صغير جداً وبدقة عالية.

تستخدم أشعة الليزر في تصنيع الكثير من المواد مثلاً القطع والتثقيب وللمعادن أيضاً في اللحام ومعاملة السطوح والتسبيك. وتتم هذه العمليات عن طريق امتصاص المادة لطاقة أشعة الليزر التي تتحول بدورها إلى حرارة في المادة نفسها فتعمل على انصهارها عند موضع سقوطها وبالتالي تتم عملية اللحام أو القطع أو التثقيب. نظراً لميزة إمكانية تركيز أشعة الليزر في حزمة ضيقة استخدمت أشعة الليزر في تثقيب الماس.

تطبيقات الليزر

الفوائد الرئيسية لاستخدام أشعة الليزر في الصناعة:

١. ان تسخين المادة الناتج عن استخدام أشعة الليزر هو لإجراء عملية معينة تشمل جزءاً منها يكون عادة اقل مما هو عليه باستخدام الطرق التقليدية لذلك ينخفض التشوه الحاصل في المادة ككل نتيجة سخونتها وبالتالي يمكن إجراء العملية والسيطرة عليها ضمن ظروف أفضل.

٢. إمكانية الاشتغال في مواضع لا يسهل الوصول إليها وعلى العموم يمكن التعامل مع أي موضع بواسطة الليزر إذا تم رصده بواسطة جهاز بصري.

٣. السرعة العالية في التنفيذ لذا تكون نسبة الإنتاج (سرعة اللحام) اعلى (10 m/min) بعشر مرات عن السرعة في جهاز القوس اللحام.

تطبيقات الليزر

٤. سهولة جعل العملية تتم بصورة أوتوماتيكية مبرمجة فيكمن تنفيذ حزمة الليزر بتحريك الجهاز البصري المستخدم في السيطرة على هذه الحركة بواسطة آلة حاسبة. هذه الطريقة توفر مثلاً إمكانية القطع الدقيق للتصاميم ذات الأشكال المعقدة.

٥. إمكانية إنجاز عمليات جديدة في علم المعادن لم تكن محنكة سابقاً. (بسبب سرعة الإحماء والانصهار العالية لليزر) يمكن معالجة سطوح المعادن والحصول على نوع جديد من السبائك مثل إمكانية بلورة سطح شبه الموصل غير متبلور.

٦. لا تتلف آلة الليزر نتيجة استخدامها لعملية ما كآلة القطع التقليدية.

٧. الاشتغال في ظروف تتسم بالهدوء بعيدة عن ضوضاء المكائن التقليدية.

تطبيقات الليزر

مساوئ استخدام الليزر في الصناعة:

١. الكلفة العالية للجهاز وكذلك كلفة تشغيله.

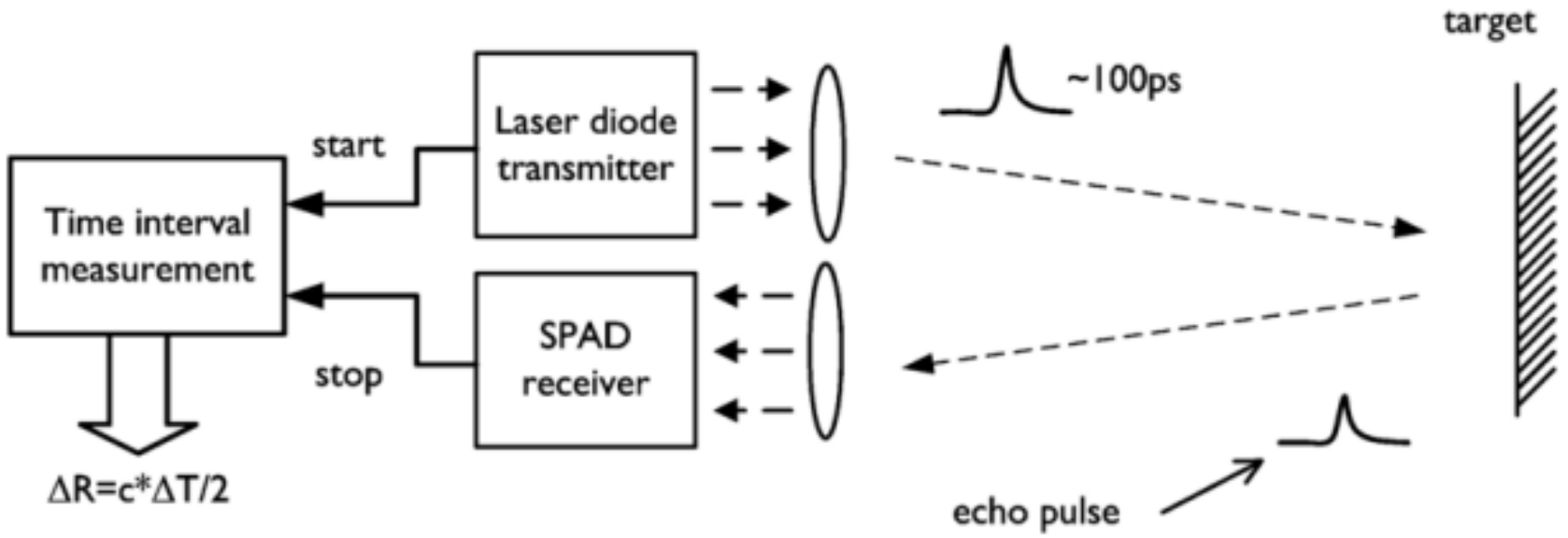
٢. مشاكل ضمان استمرارية الحصول على شعاع ليزر فهو ذو تقنية عالية ويحتاج إلى ايدي ماهرة.

٣. مشاكل الخطورة.

تطبيقات الليزر

٦- التطبيقات العسكرية:

١- مقدرة المدى الليزرية: ويعتمد من حيث المبدأ على نفس الأساس المستخدم في عمل الرادار حيث توجه نبضة ليزر قصيرة الأمد (بحدود 10 nsec) إلى موضع الهدف ويتم استقبال النبضة المستطارة المرتدة عنه بواسطة مستلم بصري يتضمن كاشف ضوئي، فقياس زمن طيران نبضة الليزر (ذهاب وإياب) وبمعرفة سرعة الضوء يمكن حساب بعد الهدف.

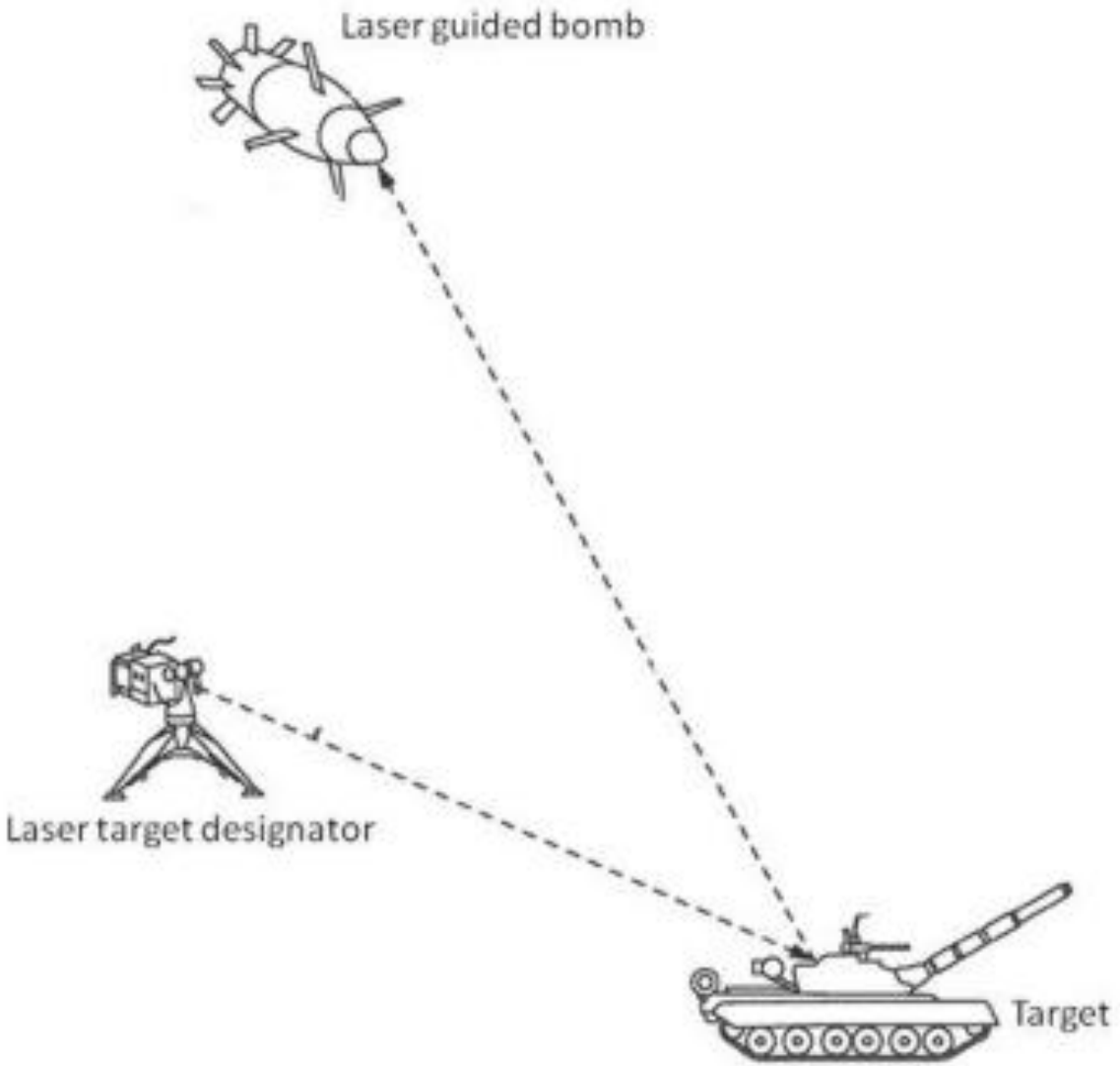


تطبيقات الليزر

٢- السيطرة والتوجيه:

تخصيص الهدف: ويعتمد عمل الليزر المستخدم لهذا الغرض على مبدأ بسيط وهو وضع الليزر في مكان استراتيجي بحيث يضيء الهدف، ونظراً للسطوع العالي لحزمة الليزر يظهر الهدف على شكل نقطة براقة عند رصده من خلال مرشح بصري، يتم رصد الهدف ومن ثم توجيه السلاح نحو الهدف من محطة أرضية أو طائرة، يزود السلاح المستخدم ضد الهدف بجهاز تحسس مناسب وقد يكون مؤلفاً من عدسة لتصوير الهدف وإسقاط الصورة على كاشف ضوئي رباعي والذي يسهل بدوره عملية إحكام حركة آلية توجيه السلاح وبهذا يقوده نحو الهدف بهذه الطريقة تنجز عملية تصويب دقيقة.

تطبيقات الليزر



المحاضرة 24:
أسباب الخسائر في منظومة الليزر

المرحلة الثانية/ قسم الاتصالات

م.م. سرى سلام محمد

أسباب الخسائر في منظومة الليزر

أ- الخسائر في الوسط الفعال: نتيجة امتصاص الوسط لنطاق عريض من طاقة الضخ فتحدث انتقالات لاعلاقة لها بانتقال الليزر، اضافة الى الخسائر الناتجة عن الأستطارة (scattering) بسبب فقدان الوسط الفعال التجانس البصري (هذا في ليزرات الحالة الصلبة).

أسباب الخسائر في منظومة الليزر

ب- **النفاذية في مرايا المرنان:** ان نفاذية أحداهما ضروري لأنه يمثل نافذة نتاج الليزر، بالأضافة الى خسائر الأمتصاص والأستطارة والحيود.

ولتقليص خسائر الأمتصاص في المرايا تستخدم عادة طلاءات عازلة ذات قدرة انعكاس عالية لأكساء المرايا وبطبقات عديدة بدلاً من الطلاء المعدني.

أسباب الخسائر في منظومة الليزر

إن هذه الطبقات لها معاملات انكسار متعاقبة (معامل انكسار عالي ثم معامل انكسار واطئ) ذات سمك ربع الطول الموجي (λ/4)، والذي يحدث عند تلامس أية طبقتين تكون جميع الأشعة المنعكسة بطور واحد وتتداخل بشكل بناء، تستخدم عادةً أكثر من عشرين طبقة للحصول على انعكاسية تقرب من 99.9% ولأنعكاسية أقل يكون عدد الطبقات أقل.

المحاضرة 25:
المخاطر وشروط السلامة في مختبرات الليزر

المرحلة الثانية/ قسم الاتصالات
م.م. سرى سلام محمد

المخاطر وشروط السلامة في مختبرات الليزر

ان المخاطر التي من الممكن ان يتعرض لها العاملون في مختبرات الليزر تقع في أربعة ابواب وهي:

١- مخاطر الأشعاع:

أ- تأثير الأشعاع على العين في جميع الليزرات تسبب تلف القرنية او الشبكية مما قد يحدث عمى دائمي، كما ان الاطوال الموجية الأقصر هي الأكثر ضرراً.

ب- تأثير الأشعاع على الجلد وخاصة ليزرات krF, Nd:YAG, CO_2 اما الليزرات المرئية فيكون تأثيرها اقل اذا كانت قدرتها قليلة مثل ليزر He-Ne وليزر اشباه الموصلات.

المخاطر وشروط السلامة في مختبرات الليزر

٢- مخاطر القدرة الكهربائية:

أ- تأثير القدرة الكهربائية العالية من مجهز القدرة

ب- الصعقة الكهربائية من نقاط التوصيلات والكيبلات

٣- مخاطر الأنفجار:

أ- انفجار المصابيح الوميضية في ليزرات الحالة الصلبة والسائلة

ب- المتسعات الكهربائية في مجهزات القدرة الكهربائية

ت- المحاليل الكيمياويةفي ليزرات الحالة السائلة او الليزرات الكيمياوية

المخاطر وشروط السلامة في مختبرات الليزر

٤- مخاطر التسمم:

أ- المواد المذابة او المذيبة في ليزرات الحالة السائلة

ب- الأبخرة الناتجة في الليزرات الكيمياوية (ليزر DF &HF) وليزرات بخار المعدن (ليزر بخار النحاس وليزر بخار الرصاص) وخاصة ليزر اول اوكسيد الكاربون السام.

ت- استخدام النتروجين السائل

أرشادات وتعليمات العمل فى مختبرات الليزر (شروط الأمان)

١- وضع علامات تحذير في الاماكن المعرضة لأشعاع الليزر

٢- يفضل الا يشتغل شخص بمفرده في مختبر الليزر.

٣- وضع مصباح تحذيري عند مدخل المختبر يضاء اوتوماتيكياً مع تشغيل الليزر لمنع دخول الاشخاص الى المختبر بشكل مفاجئ.

٤- تحديد اتجاه انتقال شعاع الليزر داخل المختبر بحيث لا يتعارض مع حركة العاملين داخل المختبر.

أرشادات وتعليمات العمل فى مختبرات الليزر (شروط الأمان)

٥- يجب ان تكون ارتفاع حزمة الليزر اقل من مستوى العين.

٦- عدم وضع الماكولات وقناني المشروبات في طريق شعاع الليزر لانها يمكن ان تسبب انعكاس الشعاع باتجاه العين.

٧- عمل ارضي كهربائي جيد للمختبر بصورة عامة ولمجهز القدرة الكهربائية بصورة خاصة وعدم ترك ارضية المختبر رطبة وعدم وقوف الشخص الذي يشغل مجهز القدرة الكهربائية على صفائح معدنية او مواد موصلة كهرائياً.

أرشادات وتعليمات العمل فى مختبرات الليزر (شروط الأمان)

٨- وضع حواجز وعارضات امام المواد االقبلة الانفجار.

٩- عدم التدخين في مختبر الليزر لان الدخان يمكن ان يسبب تلف المواد اليصرية كالمرايا والعدسات.

١٠- يجب لبس النظارات الواقية الخاصة بكل نوع من انواع الليزر ويجب اجراء فحص للعين كل ستة اشهر.

١١- عند التعامل مع المواد الكيمياوية والاصباغ والمحاليل فيجب لبس القفازات والنظارات الواقية.