وزارة التعليم العالي
والبحث العلمي
جامعة الانبار
كلية العلوم/ قسم الفيزياء

اسم المادة: الليزر/1

المستوى الدراسي: الدراسات الأولية

المرحلة: الثالثة

المحاضرة الاولى

عنوان المحاضرة: مقدمة عامة

مدرس المادة

أ.م. د جمال مال الله رزيج العبيدي

تمهيد لبعض المفاهيم الأساسية

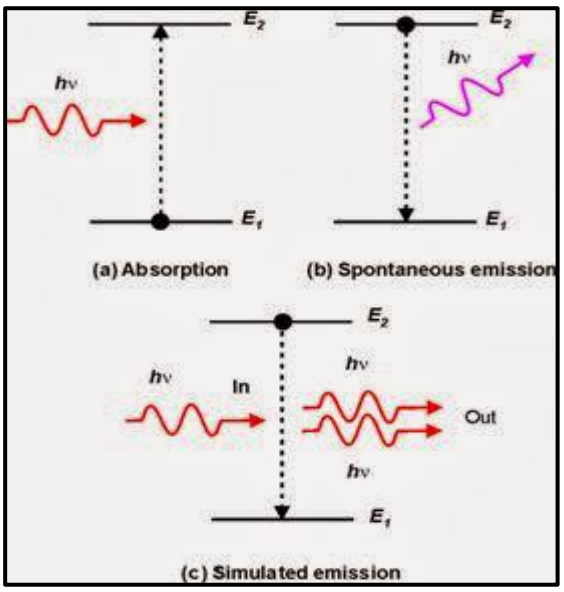
الليزر جوهريا: هو اشعاع كهرومغناطيسي ذو درجة عالية من خصائص متعددة منها، صفة أحادية الموجة كما انه يشكل مصدر ضوء للإشعاع المتشاكه–المتحد الطور في الزمان والمكان وينبعث باتجاه محدد قليل الانفراج وبهذا تتركز قدرة الاشعاع في حزمته الضيقة فيعطيها صفة الاتجاهية عالية الدقة ولمسافات كبيرة ضافة الى السطوع واللمعان. كما يمكن ترتيب هذا الانبعاث بشكل مستمر او بشكل نبضات ذات تردد عالي او امد نبضة قصيرة جدا، ويمكن تغير طول الموجة ضمن مدى موجي معين وبشكل محكم ومسيطر عليه بدقة. اما الاطوال الموجية التي يمكن الحصول عليها اليوم وبطريقة عمل الليزر، من حيث الأساس، فتمتد من الاشعة الميكروية (1.25 cm) المسماة بالميزر عبرا بالمدى المرئي للإشعاع الكهرومغناطيسي ولغاية الاشعة السينية الضعيفة النفوذية (21 nm) ، لاحظ الشكل (أ). ان مصدرا ضوئيا بهذه الصفات له استخدامات عديدة فقد دخل وبشكل روتيني في كثير من التطبيقات العملية ولا زالت استخداماته في نمو مطرد. لقد فتح البحث في موضوع الليزر آفاقا جديدة وأرسى اسسا علمية ساهمت الى حد كبير في تطوير النظرية الكهرومغناطيسية.

Class	Wavelength	Frequency (Hz)	Photon Energy (eV)
Gamma ray	less than 0.01 nm	more than 10 EHZ	100 keV - 300+ GeV
X-Ray	0.01 nm to 10 nm	30 EHz - 30 PHZ	120 eV to 120 keV
Ultraviolet	10 nm - 390 nm	30 PHZ - 790 THz	3 eV to 124 eV
Visible	390 nm - 750 nm	790 THz - 405 THz	1.7 eV - 3.3 eV
Infrared	750 nm - 1 mm	405 THz - 300 GHz	1.24 meV - 1.7 eV
Microwave	1 mm - 1 meter	300 GHz - 300 MHz	1.24 μeV - 1.24 meV
Radio	1 mm - 100,000 km	300 GHz - 3 Hz	12.4 feV - 1.24 meV

شكل (أ) طيف الاشعة الكهرومغناطيسي

الانبعاث والامتصاص: ان اشعة الليزر ناتجة أساسا عن عملية الانبعاث المحفز لذرات او جزيئات وسط معين ولقد وضع اينشتاين الأساس النظري لهذه العملية في مطلع القرن الحالي ولم يأتي التطبيق العملي الا بعد أربعين عاما. ان هذه العملية متممه لعمليتي الانبعاث الذاتي والامتصاص لإشاعة حالة التوازن في الوسط الذري او الجزيئي والشكل (ب) يعطي فكره عن العمليات الثلاثة.

ان الذرة او الجزيئة المهيجة تبعث بمحض طبيعتها، دون تأثير خارجي، الاشعاع الكهرومغناطيسي بغية العودة الى وضع تكون فيه طاقتها اقل ما يمكن وهو انبعاث تلقائي عشوائي الاتجاه والطور. ان معظم مصابيح الضوء التقليدية يكون مصدر اشعتها الواقع في المدى المرئي من الاشعاع الكهرومغنطيسي بناء على هذه العملية.



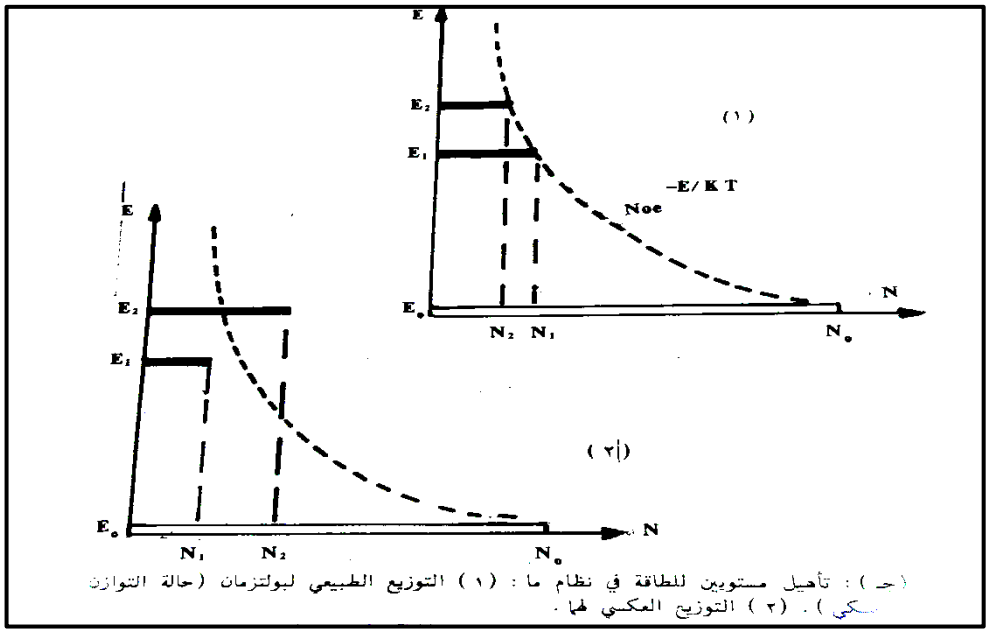
شكل (ب) الامتصاص والانبعاث التلقائي والانبعاث المحفز

اذن لابد للذرة او الجزيئة ان تمتص أولا مقدارا من الطاقة كي تكون مهيَّجة وهذه هي عملية الامتصاص، اما عملية الانبعاث المحفز فلا يكفي ان تكون الذرة مهيجة فقط بل يجب ان تكون تحت تأثير اشعاع كهرومغناطيسي ذي تردد مناسب لاحد انتقالاتها فيدفعها او يضطرها لهذا الانتقال باعثة اشعاعا كهرومغناطيسيا بالتردد والطور ذاته وباتجاه الاشعة الساقطة، من هنا جاءت صفة الاتجاهية العالية وصفة التشاكه وصفة النقاوة الطيفية للانبعاث المحفز (اشعة الليزر). ان احتمالية حدوث عملية الانبعاث المحفز في وسط ذري او جزيئي في حالة توازن تكون ضعيفة للانبعاث الواقع في المدى المرئي ولتنشيط هذه العملية لابد من ضخ الطاقة الى الوسط بشكل معين للحصول على عدد أكبر من دقائقه في المستوي المهيَّج المطلوب.

<u>دالة التوزيع لبولتزمان:</u> عنما يكون النظام الذري او الجزيئي لوسط ما في حالة توازن ثرموديناميكي، مثلا غاز بدرجة حرارة (T)، فان ذرات الوسط او جزيئاته تتوزع على مستويات الطاقة وفق دالة توزيع معينة تدعى بدالة التوزيع لبولتزمان حيث تتناقص عدد الجزيئات المتواجدة

في وحدة الحجم في مستو ما مع الزيادة في طاقة المستوي كما في الشكل (جـ ـ1)، فكلما كانت فاصلة الطاقة بين مستويين أكبر (طول الموجة المناظرة أصغر) كلما كان الفرق في تأهيل المستويين أكبر. لمثل هذه الأوساط وفي درجة حرارة الغرفة يمكن اعتبار جميع ذرات الوسط او جزيئاته تقريبا في المستوي الأرضي(E_0) وهو اوطأ مستوي للطاقة وان المستويات الأعلى منه تكون شبه فارغة.

التأهيل العكسي: في الأوساط التي يكون فيها فاصل الطاقة بين مستويات ذراتها او جزيئاتها كبير نسبيا (طول الموجة يقع ضمن المدى المرئي) يكون تأهيل المستوي الأعلى صغيرا واحتمالية حدوث عملية الانبعاث المحفز واطئة. ولتنشيط هذه العملية بين مستويين للطاقة يجب ضخ الطاقة الى النظام بشكل يكفل جعل تأهيل المستوي الأعلى أكثر من المستوي الأوطأ منه، أي الاخلال بحالة التوازن التي أشرنا اليها أعلاه. في هذه الحالة يقال بان التأهيل عكسي بين هذين المستويين قد تحقق (راجع الشكل جـ ـ 2) فاذا ما سلطنا اشعاعا كهرومغناطيسيا بتردد يناسب فرق الطاقة بين هذين المستوين بدأت عملية الانبعاث المحفز وتضخم الاشعاع الساقط وفي هذه الحالة لا يمكن تطبيق قوانين الاتزان الثرموديناميكي على مثل هذا النظام.



(جـ) : تأهيل مستويين للطاقة في نظام ما : (١) التوزيع الطبيعي لبولتزمان (حالة التوازن الحراري). (٢) التوزيع العكسي لهما.

المرنان: تجويف رنيني او رنان الغرض منه تقوية التذبذب وتغذيته والعمل على ديمومته وهو جزء ضروري في جهاز الليزر حيث يوضع الوسط الذي تحدث فيه علمية الانبعاث المحفز بداخله. ان ارتداد الأشعة ذهابا وإيابا عن جدرانه وتشكيلها بما يسمى بالموجات الواقفة تمنح فرصة تزويد

الوسط نفسه بنفسه (تغذية استرجاعية) بالفوتونات ذات المواصفات المطلوبة لعملية الانبعاث المحفز. ان لمرنان الليزر تصاميم خاصة لا يمكن ان تكون على هيئة صندوق مقفل ذي ابعاد تناسب طول الموجة لان طول الموجة الضوئية صغير جدا، فمثلا للضوء الأصفر حوالي ($0.05\times10^{-3}\,nm$) فلا يمكن عمليا نجاح تصميم مغلق بمثل هذه الابعاد.

المفاهيم التالية هي صفات طيفية يوصف بها المصدر الباعث للضوء وبدرجات متفاوتة ولكن اشعة الليزر عموما تتمتع بمجمل هذه الصفات وبدرجة عالية منها لذا تمّيز هذا المصدر ن غيره وانفرد بخدمة العديد من التطبيقات التي لم تتمكن المصادر الضوئية التقليدية ان اجتمعت على تأديتها.

النقاوة الطيفية: هي صفة احادية الموجة او أحادية اللون حيث يكون الانبعاث عن المصدر الضوئي بطول موجي واحد تقريبا. ان معظم المصادر الضوئية التقليدية يكون طيفها المتصل او المتقطع عريض ويمكن الحصول منها على مصدر لإشعاع ذي نقاوة طيفية جيدة باستخدام وحدات بصرية مثلا المرشح، لكن هذا بالطبع يأتي على حساب شدة المصدر مما يحدد من استخدامه لذلك فان لنتاج الليزر نقاوة طيفية تفوق أي مصدر ضوئي اخر.

الاتجاهية: هذه الصفة الواضحة للعيان لأول وهلة حيث يشاهد حزمة ضيقة مستقيمة يتحدد بها انتقال نتاج الليزر وهي الصفة التي ينفرد بها عن غيره من المصادر الضوئية. تبعث مصادر الضوء التقليدية الاشعاع في جميع الاتجاهات وضمن زاوية مجسمه[1] مقدارها 4π من الزوايا نصف قطرية المجسمة في ين ينحصر انبعاث الليزر في مخروط يغطي زاوية مجسمه لا تتعدى البضع مايكرو زاوية نصف قطرية مجسمة.

الزاوية السطحية: تقاس بالراديان و الراديان هي الزاوية المحصورة بين نصفي قطر في دائرة , يقطعان من محيطها قوسا طوله يساوي نصف القطر.

الزاوية المجسمة: تقاس بالستيراديان و الستيراديان هي الزاوية المجسمة التي تقع قمتها في مركز كرة و تقطع من سطح هذه الكرة مساحة مربع طول ضلعه يساوي نصف قطر الكرة.

ان الانفراج البسيط في حزمة الليزر هو نتيجة الحيود عن فتحة المسرب لمرنان الليزر ولذل يمكن تعيين زاوية الانفراج، او قدر بقعة الليزر على بعد مسافات كبيرة وبصورة تقريبية جيدة باستخدام معادلة الحيود للموجة الضوئية من فتحة دائرية مثلا.

التشاكه: تتصف الموجة الضوئية بالسعة والطور وهاتان الكميتان مرتبطتان مع بعضهما بقوانين الحركة الموجية. ان صفة التشاكه تتعلق بمتقلبات السعة والطور وتغيراتهما مع اختلاف الموضع في الفضاء وكذلك مع الزمن ومن هنا جاء مفهوم التشاكه الفضائي والتشاكه الزمني على التوالي فقد يكون للمصدر الضوئي تشاكه فضائي شبه تام وتشاكه زمني لدرجة ما والعكس وارد أيضا. فاذا وصف الضوء بالتشاكه فهذا يعني بانه يحقق مبدا التشاكه الفضائي والزمني لدرجة كبيرة كما هو الحال في اشعة الليزر. ان التشاكه الزمني يرتبط بالنقاوة الطيفية، فالمصدر الضوئي ذو النقاوة الطيفية العالية يمتلك درجه عالية من التشاكه الزمني.

السطوع: قد يتصور المشاهد لحزمة اشعة من الليزر البراقة بان قدرة هذا المصدر تفوق بكثير قدرة مصابيح الإنارة التقليدية. ان العكس هو الصحيح فالأخيرة تفوق قدرتها عدة مراتب قدرة الليزر ويعزى سبب الشدة العالية لحزمة الليزر الى تركيز الطاقة المنبعثة فضائيا في حزمة ضيقة القطر بسيطة الانفراج. من هنا جاءت علاقة هذه الصفة بصقة الاتجاهية، اذ يُعرف سطوع مصدر ضوئي على انه مقدار الطاقة المنبعثة في وحدة الزمن لوحدة المساحة من السطح ولوحدة الزاوية المجسمة. ولهذا يمكن القول بان ليزر الهيليوم ـ نيون الذي لا تتجاوز قدرته عن واحد ملي واط هو مصدر اسطع من الشمس!!!

المصادر

1- فيزياء الليزر – سهام عفيف قندلا

2- Introduction to Laser Physics 1st Edition- K. Shimoda

3- Basics of Laser Physics: For Students of Science and Engineering. (Graduate Texts in Physics) 2nd Edition.