كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الرابعة

المادة : فيزياء الليزر

المحاضرة : الثانية/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2025

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

المحاضرة الثانية / الليزر / س٤-ف

أنواع الليزر

أولاً - حسب المادة الفعالة (الوسط الليزري).

1- ليزر الحالة الصلبة (Solid-State Laser):

يستخدم بلورات أو زجاجاً مطعماً بأيونات عناصر أرضية نادرة مثل النيوديميوم Nd^{3+} أو الكروميوم Cr^{3+}

أمثلة:

أ- ليزر النيوديميوم-ياغ Nd:YAG.

الطول الموجي لهذا الليزر $\lambda = 1064\,nm$ ويستخدم في الطب، الصناعة، والبحوث العلمية.

ب- الليزر الياقوتي (Ruby Laser).

الطول الموجي لهذا الليزر $\lambda = 694,3\,nm$ ويستخدم في الطب، الصناعة، الجراحة، البحث العلمي.

2- ليزر الغاز (Gas Laser):

يستخدم غازات منزوعة أو مخلوطة كوسيط ليزري مثل الهليوم، النيون، ثاني أكسيد الكربون، ...

أمثلة:

أ- ليزر هليوم-نيون He-Ne طول موجته $\lambda = 632,8\,nm$

ب- ليزر ثاني أكسيد الكربون CO_2 طول موجته $\lambda = 10600\,nm$

تستخدم هذه الليزرات في الجراحة، الطباعة، القياسات الدقيقة، الصناعة، ...

3- ليزر الصبغة أو السائل (Dye Laser or Liquid):

يستخدم صبغات عضوية مذابة في مذيبات مثل الإيثانول أو الماء

أمثلة:

أ- ليزر الرودامين Rhodamine طول موجته $\lambda = 590\,nm$

ب - ليزر الكومارين Coumarin مجال الطول الموجي لهذا الليزر $\lambda = 400nm \rightarrow \lambda = 800\,nm$ ويستخدم في البحوث الطيفية، الطب، الكيمياء.

4 - ليزر أشباه الموصلات Semiconductor Laser أو Diode Laser :

يعتمد على مواد شبه موصلة مثل GaAs أو InGaAsP ويعمل باستخدام وصلة ثنائية.

أمثلة:

أ - دايود ليزر (Diode Laser) مجال الطول الموجي $\lambda = 370nm \rightarrow \lambda = 1600\,nm$، ويستخدم في الاتصالات، المؤشرات الليزرية، الإلكترونيات.

5 - ليزر البلازما (Plasma Laser) يعتمد على توليد وسط بلازمي عالي الكثافة باستخدام تفريغ كهربائي أو ليزر عالي الطاقة.

أمثلة:

أ - ليزر أشعة X (X-ray Laser) طول موجته يتراوح في المجال $\lambda = 1nm \rightarrow \lambda = 10\,nm$.

ب - ليزر الأشعة فوق البنفسجية EUV Laser

مجال الطول الموجي له يتراوح بين $\lambda = 1nm \rightarrow \lambda = 100nm$ ويستخدم في الطباعة النانوية، تيزياء الطاقة العالية، الأبحاث العلمية.

حيث EUV هي اختصار العبارة Extreme Ultraviolet.

ثانياً - حسب طبيعة تشغيله (Mode of Operation).

تقسم إلى قسمين رئيسيين:

1 - ليزر مستمر (Continous Wave - CW)

أ - تصدر شعاع ليزر مستمر وثابت بمرور الزمن.

ب - يستخدم تياراً "كهربائياً" أو ضخاً "مستمراً".

ج - أمثلة: ليزر الهليوم نيون (He-Ne)، ليزر ثاني أكسيد الكربون (CO_2) المستمر.

د - التطبيقات: الطب (العمليات الجراحية الدقيقة)، الاتصالات، القياسات.

2 - ليزر نبضي (Pulsed Laser - PW):

أ - يصدر الليزر طاقة على شكل نبضات قصيرة تقاس بمئات توقف.

ب - يمكن أن تكون النبضات نانوية، بيكو، فيمتو ثانية.

$1ns = 10^{-9}s$, $1ps = 10^{-12}s$, $1fs = 10^{-15}s$

ج - التطبيقات: النقش، الجراحة الدقيقة، البحث العلمي، توليد البلازما.

ثالثاً: حسب عدد سويات الطاقة.

1 - ليزر ذو سويتي طاقة (System Two - Level Laser)

أ - الوصف: يعتمد على سويتي طاقة فقط: مستوى أرضي ومستوى مثار.

ب - العملية: يتم ضخ الإلكترونات من الأرضي إلى السوية المثارة، ويعود الفوتون الناتج بإثارة إلكترون آخر.

ج - الصعوبة: تحقيق الانعكاس السكاني هنا صعب جداً، لأن الإلكترونات تفضل العودة مباشرة إلى الحالة الأرضية.

د - النتيجة: هذا النوع غير عملي لإنتاج الليزر فعلياً.

هـ - أسئلة: نظري أكثر منه عملي.

2 - ليزر ثلاثي المستويات (System Three - Level Laser)

أ - الوصف: يحتوي على ثلاث سويات طاقية

E_1 - الحالة الأرضية.

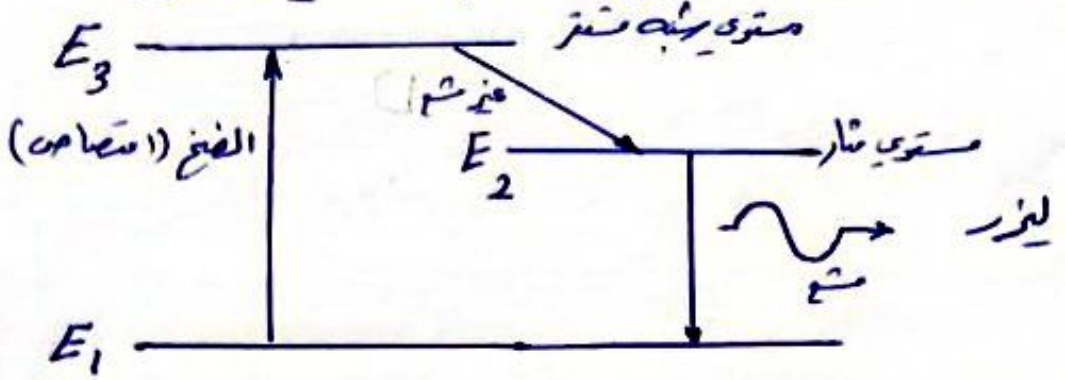
E_2 - الحالة شبه المستقرة (Metastable).

E_3 - الحالة المثارة السريعة.

ب - يتم ضخ الإلكترونات من السوية الطاقية E_1 إلى السوية الطاقية E_3.

ج - تنتقل الإلكترونات بسرعة إلى السوية E_2 (التي تعيش فترة زمنية أطول).

هـ - يحدث الإصدار القسري من E_2 إلى E_1 كما في الشكل.



الصعوبة: الانبعاث الحفز (القسري) يتم من E_2 إلى E_1، لكن E_1 هو المستوى الأرضي ويكون ممتلئاً دائماً، لذا من الصعب تحقيق انعكاس سكاني.

مثال: ليزر الياقوت (Ruby Laser) يصدر ضوءاً أحمر بطول موجي $\lambda = 694,3nm$ هو ليزر ثلاثي المستويات.

3 - ليزر رباعي المستويات (Four-Level Laser).

E_1 - المستوى الأرضي (Ground State).

E_2 - مستوى منخفض (Final State of Laser Transition).

E_3 - المستوى شبه المستقر (Metastable State).

E_4 - مستوى الإثارة.

آلية العمل:

أ- يتم ضخ الإلكترونات من E_1 إلى E_4.

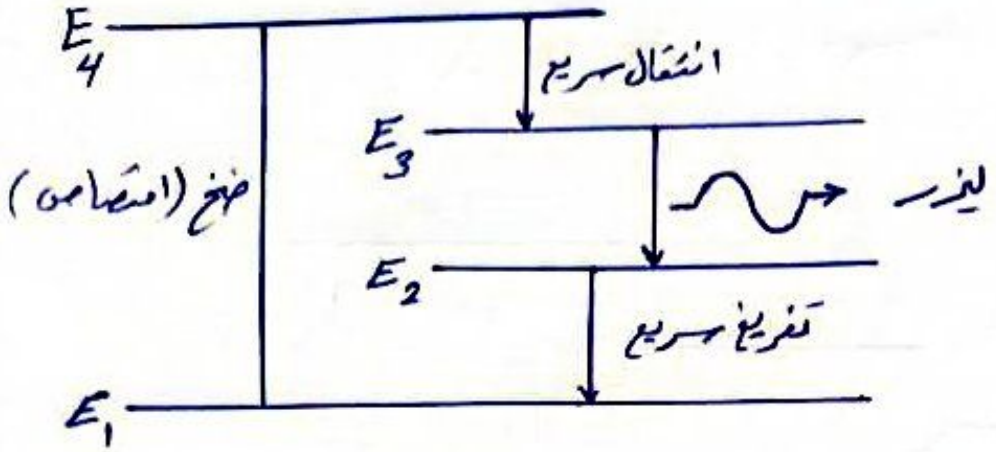
ب- تهبط الإلكترونات سريعاً من E_4 إلى E_3 (بدون إشعاع)

جـ - من E_3 إلى E_2 يحدث الانبعاث القسري وينتج ضوء الليزر.

د - تهبط الإلكترونات من E_2 إلى E_1 (بدون إشعاع)

الميزة الكبيرة:

لأن E_2 شبه فارغ دائماً، فإن تحقيق انعكاس الإشغال بين E_3 و E_2 سهل جداً، لذلك هذا النوع الأكثر استخداماً وكفاءة.



أمثلة :

أ- ليزر النيوديميوم ياغ Nd:YAG طول موجته $\lambda = 1064\ nm$.

ب- ليزر ثاني أكسيد الكربون CO_2 طول موجته $\lambda = 10600\ nm$.

الخصائص الفيزيائية لشعاع الليزر :

1- أحادية الطول الموجي (Monochromaticity) :

شعاع الليزر يتكون من موجات ضوئية لا طول موجي واحد تقريباً (أو نطاق ضيق جداً من الأطوال الموجية)، لأنه ناتج عن انتقالات طاقية محددة بين مستويات طاقة الذرات أو الأيونات داخل الوسط الليزري، وهذا يجعل الليزر ممتازاً في التطبيقات التي تتطلب طيفاً ضيقاً، مثل الطيفيات أو الاتصالات الضوئية.

2- الترابط (Coherence) :

- شعاع الليزر مترابط زمنياً أي أن جميع فوتونات الشعاع لها ذات التواتر ν وذات الطول الموجي λ مع مرور الزمن.
- شعاع الليزر مترابط مكانياً أي أن جميع فوتونات الشعاع لها طور ثابت (أي ذات الطور) ونفس الاتجاه في الفضاء.

3- اتجاهية عالية (High Directionality) :

شعاع الليزر ينتشر في خط مستقيم ضيق جداً، على عكس الضوء العادي الذي ينتشر في جميع الاتجاهات.

4- التوازي الشديد (Highly Collimated):
الأشعة الخارجة من الليزر تبقى متوازية لمسافات طويلة، ولا تتباعد بسهولة.

5- السطوع العالي (High Brightness):
يشير هذا إلى كمية الطاقة الضوئية التي يمكن تركيزها في منطقة صغيرة جداً، وغالباً ما يُقاس من خلال القدرة الضوئية بالنسبة إلى الزاوية والمساحة.

أ.د. أنور الدوري

موعد المحاضرة: ٢٠٢٥/٥/٢٧

مكتبة A to Z