بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة الملك سعود

كلية العلوم

قسم الفيزياء والفلك

الأسم ..... **الرقم الجامعي**

تمارين للمبادئ الأساسية لليزر

السؤال الأول: **ضع دائرة حول الاجابة الصحيحة**

(١) الغرض من وجود مرايا في نهايتي أنبوب ليزر الهليوم والنيون هو:

(أ) لضمان عدم هروب أشعة الليزر.

(ب) لامتصاص بعض الفوتونات.

(ج) لحصر الضوء الناتج من الانبعاث التلقائي داخل الليزر.

(د) لزيادة عدد الإنبعاثات الحثية.

(٢) الفوتونات في شعاع الليزر لها نفس الطاقة والطول الموجي والطور بسبب:

(أ) أن جميع الفوتونات متشابهة من أي مصدر كانت.

(ب) أن جميعها تصدر من نفس الذرة.

(ج) أن المادة الفعالة لها حالتي طاقة مكممه.

(د) أن كل منها ينتج عن انبعاث يحفز أحدهما الاخر.

(٣) يتميز الشعاع الجاوسي (Gaussian beam) لليزر بأنه:

(ا) متعدد الأنماط (ب) TEM_{11} (ج) TEM_{00} (د) نصف قطره صغير جداً

(٤) إذا تضاعفت الشدة الضوئية بعد مرورها خلال مكبر ليزري طوله 0.5 m فان معامل الزيادة(الكسب) k يساوي:

(أ) $3\ m^{-1}$ (ب) $2.3\ m^{-1}$ (ج) $1.4\ m^{-1}$ (د) $0.7\ m^{-1}$

(٥) يستخدم الليزر في التصوير الشبحي (holography) نظراً لـ:

(أ) طول موجته (ب) سطوعه (ج) ترابط أمواجه (د) صغر حجمه

السؤال الثاني

يتكون ليزر He-Ne (λ=0.63 μm) من مرآتين مقعرتين نصف قطر تحدبهما يساوي 2 m والمسافة بينهما 30 cm ، إذا كان عرض الخط الناتج من اتساع دوبلر يساوي $\Delta\nu_D$ = 1.5 GHz ومعامل الانكسار داخل خليط الغاز n = 1

(ا) احسب الفرق في التردد بين نمطين طوليين متجاورين في تجويف (مرنان) هذا الليزر.

(ب) أثبت أن هذا المرنان مستقر.

(ج) احسب عرض الخط الناتج من اتساع دوبلر إذا ضوعفت درجة حرارة خليط الغاز.

(د) احسب نصف قطر تخصر الشعاع في مركز الليزر(w_0)

(هـ) احسب نصف قطر بقعة الليزر الناتجة علي سطح المرآيا.

(و) احسب نصف قطر بقعة الليزر الصادرة علي بعد 86.7 m من الليزر.

(ز) احسب زاوية انفراج الشعاع الصادر.

(ح) إذا كان معامل الفقدان الداخلي في الليزر γ = 1 % ومعامل الزيادة $k = 0.1\ m^{-1}$ وانعكاسية المرآة المقعرة R_2 = 100 % فاحسب انعكاسية مرآة مخرج الشعاع R_1 .

(ط) إذا كانت درجة حرارة أنبوبة التفريغ لليزر تساوى 400 K و كتلة النيون $m=3.34x10^{-26}$ kg . احسب عرض خط اتساع دوبلر للانتقالات الناتجة عند الطول الموجي 633 nm

(ي) باستخدام النتائج التي حصلت عليها في (ط) احسب طول الترابط (*coherence length*) لليزر المذكور.

السؤال الثالث

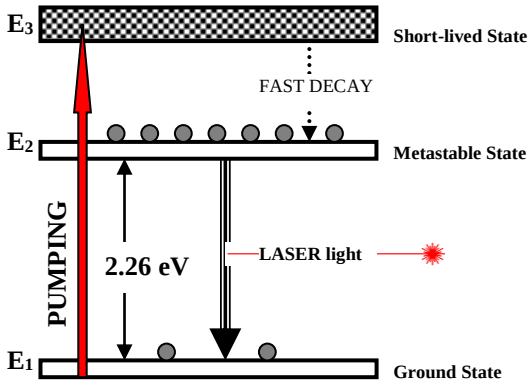
(١) احسب نسبة معامل الانبعاث التلقائي (spontaneous radiation coefficient) الى معامل الانبعاث الحثي (stimulated radiation coefficient) لليزر طوله الموجي 632.8 nm

(٢) اذا اعتبرنا الشمس جسماً أسود مشع ودرجة حرارة سطحها تساوي 6000 K ، فأحسب كثافة الطاقة الطيفية (spectral energy density $\rho(\nu)$) للشمس عند الطول الموجي 550 nm

(٣) تصدر أشعة ليزر من المستويات الثلاثة المبينة في الشكل.

(أ) اذا تم إغلاق مصدر الضخ في هذا الليزر فماهي نسبة تعداد المستوي E_2 الى المستوي E_1 اذا كانت درجة الحرارة تساوي 300 K

(ب) احسب درجة الحرارة اللازمة لكي تصل النسبة أعلاه الى النصف.



(٤) لإبقاء اهتزازات الليزر يجب أن يكون معامل الزيادة أو الكسب كبيرا كي يتغلب على الفقدان في مرنان الليزر ، أذكر مصادر الفقدان في مرنان الليزر.

السؤال الرابع:

(١) إذا كان ليزر النيادميوم–ياق (Nd:YAG) له الخواص التالية:

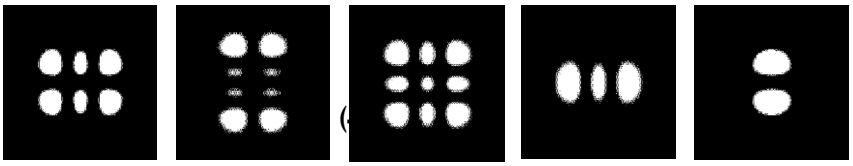
$n = 1.82, \quad \Delta\nu = 3\times10^{12}$ Hz, $\quad \lambda = 1.06$ μm , $\quad \tau_{21} = 230$ μs

(أ) احسب قيمة التوزيع المعكوس (*Population Inversion*) اللازم لكي يكون معامل الزيادة (الكسب) $k = 1$ m^{-1}

(ب) احسب قدرة الضخ الحرجة (*Threshold pumping power*) إذا كان المستوى العلوي (مستوى الضخ) له طاقة تساوى 1.4 eV

(ج) إذا كان طول الليزر أعلاه يساوي 10 cm وعوامل الفقد داخل التجويف الرنان له تساوي 10 % ، فاحسب انعكاسية المرايا اللازمة لإبقاء الاهتزازات الليزرية داخله (مع افتراض أن انعكاسية المرايا متساوية).

(٢) سمي الأنماط المستعرضة (*Transverse Modes*) التالية:



السؤال الخامس

(١) ليزر He-Ne طوله 14 cm وله مرآتين انعكاسية إحداهما 90% والآخرى 100% ومعامل الزيادة للوسط الفعال يساوي $0.15\ m^{-1}$ ، مع إهمال مصادر الفقد الأخرى ($\gamma=0$) :

(ا) احسب عدد المرات التي تمر الفوتونات ذهاباً و إياباً حتى يتم الحصول على الحد الحرج لمعامل الزيادة ٠

(ب) احسب زمن الاضمحلال للفوتونات t_c ٠

(ج) احسب معامل النوعية (Q-value) اذا كان طول الموجة الصادرة من الليزر تساوي 633 nm

(٢) إذا كان نصف قطر التحدب لمرايا مرنان ليزر هو $r_1 = +50\ cm$, $r_2 = +100\ cm$ فأحسب المسافة بين المرآتين التى يكون فيها المرنان شبه مستقر (marginally stable) "٣ قِيّم"

السؤال السادس

١ – احسب درجة الحرارة التى يكون معدل الانبعاث التلقائى مساويا للانبعاث الحثى عند الطول الموجي 500 nm

٢ – احسب الطول الموجي الذى يكون معدل الانبعاث التلقائى مساويا للانبعاث الحثى عند درجة حرارة الغرفة (T=300 K)

٣ – اذا تضاعفت الشدة الضوئية بعد مرورها خلال مكبر ليزري طوله 0.5 m فاحسب معامل الزيادة(الكسب) k مع اهمال اي فقدان لهذه الشدة ٠

السؤال السابع

(ا) جهاز ليزر الهليوم والنيون له طول موجي يساوي 632.8 nm وقطر شعاع يساوي 1 mm وقدرة تساوي 1 mW وكثافة الطاقة الإشعاعية داخله تساوي $\rho_v=2.8\times10^{-12}\ J.s/m^3$

١ – احسب عدد الفوتونات المنبعثة في الثانية ٠

٢ – احسب نسبة معدل الانبعاث الحثي إلى معدل الانبعاث التلقائي لهذا الليزر ٠

٣ – احسب درجة الحرارة المكافئة لاشعاع الجسم الاسود ٠

٤ – إذا كانت درجة حرارة أنبوبة التفريغ لهذا الليزر تساوى 400° K و كتلة النيون $m=3.34x10^{-26}\ kg$. احسب عرض خط اتساع دوبلر للانتقالات الناتجة عند طول موجى يساوى 632.8 nm وعند طول موجى يساوى 3.39 μm

٥ – باستخدام النتائج التي حصلت عليها في (٤) احسب طول الترابط (*coherence length*) لليزر المذكور ٠

السؤال الثامن

١ – اذا كان العمر الزمني لمستوي الطاقة العلوى فى ليزر الهليوم و النيون ذو الطول الموجى $\lambda = 632.8\ nm$ يساوي 1×10^{-7} sec، احسب التوزيع المعكوس (population inversion) اللازم لكي يكون معامل الزيادة $k = 0.07\ m^{-1}$ مع اهمال تأثير الاتساع الخطى (اى ان $g(\nu)=1$) واعتبار $n = 1$

٢ – ما هي الخواص التى تتميز بها أشعة الليزر؟

السؤال التاسع

(ا) يتكون ليزر من مرآتين ذات انعكاسية $R_1=100\%$ و $R_2=50\%$ وطول مادته الفعالة $L=7.5\ cm$ والمقطع العرضي للانتقال (Transition cross-section) يساوي $\sigma = 8.8\times10^{-19}\ cm^2$ ٠ احسب الحد الحرج للتوزيع المعكوس (Population Inversion)

السؤال العاشر

١ – إذا علمت أن كثافة إشعاع الجسم الأسود حسب نظرية بلانك هي:

$\rho_\nu=(8\pi h\nu^3/c^3)[exp(h\nu/kT)-1]^{-1}$

ومعدل الانتقال الامتصاصي بين مستويين هو $(dN_1/dt)_{absor}=N_1B_{12}\,\rho_\nu$

ومعدل الانتقال التلقائي بين مستويين هو $(dN_2/dt)_{spont}=N_2A_{21}$

ومعدل الانتقال الحثي بين مستويين هو $(dN_2/dt)_{stimu}=N_2B_{21}\,\rho_\nu$

حيث ν هي تردد الشعاع المنبعث و k هو ثابت بولتزمان و c هي سرعة الضؤ و h هو ثابت بلانك و T هي درجة حرارته المطلقة و N_1 هي تعداد المستوى الأول وN_2 هي تعداد المستوى الثاني و $A_{21}=1/\tau_{21}$ هو معدل الانتقال و τ_{21} هو العمر الزمني للمستوى المثار ٠ عند وضع الاتزان الحراري:

(ا) استنتج العلاقات التي تربط بين معاملات أينشتين (*Einstein Coeff.*) B_{21},B_{12},A_{21}

(ب) استنتج النسبة بين معدل الانبعاث التلقائي و معدل الانبعاث الحثيٌ ($\bar{R}$)٠

PHYSICAL CONSTANTS		
Rest mass of electron	**m**	**$= 9.110 \times 10^{-31}$ kg**
Charge of electron	***e***	**$= 1.602 \times 10^{-19}$ C**
Avogadro's constant	**N_A**	**$= 6.022 \times 10^{23}$ mol^{-1}**
Planck's constant	***h***	**$= 6.626 \times 10^{-34}$ J s**
Boltzmann's constant	***k***	**$= 1.381 \times 10^{-23}$ J K^{-1}**
Speed of light (vacuum)	**c**	**$= 2.998 \times 10^{8}$ m s^{-1}**
Stefan-Boltzmann constant	**σ_{SB}**	**$= 5.670 \times 10^{-8}$ W m^{-1} K^{-4}**

WE ALL KNOW WHAT LIGHT IS, BUT IT IS NOT EASY TO TELL WHAT IT IS.