كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الرابعة

المادة : فيزياء الليزر

المحاضرة : الخامسة/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

٣

2025

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

مسألة: نظام ذري ليزري يتألف من سويتي طاقة E_2 و E_1 ($E_2 > E_1$) توافق الإشعاع بينهما $\nu = 5\times10^{14}\ s^{-1}$ والعرض الوسطي للذرة المثارة (متوسط زمن الحياة) $\tau = 2\times10^{-8}\ s$ وكثافة الطاقة الإشعاعية في واحدة الحجم وواحدة التواتر $\rho(\nu) = 2.58\times10^{-17}\ J.m^{-3}.s$

المطلوب: 1) حساب ثابت آينشتاين A_{21} للإشعاع التلقائي.

2) حساب ثابت آينشتاين B_{21} للإشعاع المستحث.

3) حساب طاقة الفوتون الملقى في الوسط الليزري E_p

4) حساب عدد النمط في واحدة الحجم وواحدة التواتر $N(\nu)$

5) حساب الطاقة الوسطى بالنمط الواحد $\bar{E}$

6) حساب درجة إثارة الوسط الليزري.

الحل: 1) لدينا سابقاً أن: $\tau = \frac{1}{A_{21}}$

$$\tau = \frac{1}{A_{21}} \Rightarrow A_{21} = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{2\times10^{-8}} = \frac{10}{2\times10^{-8}\times10} = 5\times10^{7}$$

2) ولدينا في الحاضرة الذكية أن: $\frac{A_{21}}{B_{21}} = \frac{8\pi h}{\lambda^3}$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3\times10^{8}\ m\,s^{-1}}{5\times10^{14}\ s^{-1}} = 6\times10^{-7}\ m$$

$$B_{21} = A_{21}\frac{\lambda^3}{8\pi h} = \frac{5\times10^{7}\ s^{-1}\ (6\times10^{-7}\ m)^3}{18\times3.14\times6.62\times10^{-34}\ J.s} = 6.49\times10^{20}\ J^{-1}m^{3}s^{-2}$$

3) $E_p = h\nu = 6.62\times10^{-34}\ J.s\times5\times10^{14}\ s^{-1}$

$$= 33.1\times10^{-20}\ J$$

4) $N(\nu) = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} = \frac{8\times3.14\,(5\times10^{14}\ s^{-1})^2}{(3\times10^{8}\ m.s^{-1})^3} = 23.3\times10^{4}\ \frac{s^{-2}}{m^3 s^{-3}}$

$$= 23.3\times10^{4}\ m^3.s$$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

$$\rho(\nu).N(\nu).\bar{E} = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \cdot \frac{h\nu}{e^{h\nu/KT}-1} \quad (S1)$$

$$\Rightarrow \bar{E} = \frac{\rho(\nu)}{N(\nu)} = \frac{2.52\times10^{-17}\ J.m^{-3}.S}{23.3\times10^{4}\ m^{-3}.S} = 0.11\times10^{-21}\ J$$

$$\bar{E} = \frac{h\nu}{e^{h\nu/KT}-1} \quad \text{نعوض (6}$$

$$\bar{E} = \frac{E_p}{e^{E_p/KT}-1} \Rightarrow e^{E_p/KT}-1 = \frac{E_p}{\bar{E}} \Rightarrow e^{E_p/KT} = \frac{E_p}{\bar{E}} + 1$$

$$Ln\,(E_p/KT) = Ln\left(\frac{E_p}{\bar{E}}+1\right) \Rightarrow \frac{E_p}{KT} Lne = Ln\left(\frac{E_p}{\bar{E}}+1\right)$$

$$\Rightarrow \frac{E_p}{KT} = Ln\left(\frac{E_p}{\bar{E}}+1\right) \Rightarrow KT = \frac{E_p}{Ln\left(\frac{E_p}{\bar{E}}+1\right)}$$

$$T = \frac{E_p}{K\,Ln\left(\frac{E_p}{\bar{E}}+1\right)} = \frac{33.1\times10^{-20}\ J}{1.38\times10^{-23}\left(\frac{33.1\times10^{-20}\ J}{0.11\times10^{-21}\ J}+1\right)}$$

$$= 2997.5\ K \approx 3000\ K$$

* التضخيم الضوئي بالليزر والانعكاس السكاني :

حالة السكاني في الليزر تعني عدد الذرات التي تسكن في سوية طاقة معينة أي تواجد في سوية طاقة معينة ويطلق أحياناً عليها (أهلية السوية الطاقية) وبما أن الليزر عبارة عن تضخيم الضوء بواسطة الإصدار المستحث للإشعاع لذا لابد الحصول على الليزر يجب زيادة عدد الذرات المثارة على حساب تناقص الذرات المستقرة في السوية الأرضية معنى يجب ضخ الذرات من السوية الأرضية إلى السوية المثارة.

وكما هو معروف أن الذرة تعيش فترة قصيرة جداً في الحالة المثارة.

• لتعود إلى السوية الأرضية إما بإصدار مستحث أو إصدار تلقائي والحالة المرغوبة للحصول على ليزر عكس التوزع السكاني للذرات أي جعل عدد الذرات في السوية المثارة أكثر من عددها في السوية الأرضية.

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

والليزر يتم بثلاثة مراحل: ① امتصاص كما وضحنا في الحالة الأولى $R_1 = N_1 B_{12} \rho(\nu)$

② إصدار قسري $R_2' = N_2 A_{21}$ ③ إصدار تلقائي $R_2 = N_2 B_{21} \rho(\nu)$

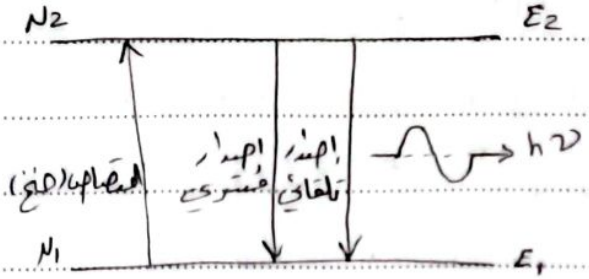
- للحصول على الليزر يجب أن يكون عدد الفوتونات المنبعثة قسرياً أكبر من عدد الفوتونات الممتصة وهذا يعني أن $R_2 > R_1$

$$R_2 > R_1 \Leftrightarrow N_2 B_{21} \rho(\nu) > N_1 B_{12} \rho(\nu)$$

وكما وضحنا في حالة التوازن الحراري $B_{12} = B_{21}$

$$N_2 B_{12} > N_1 B_{21} \Rightarrow \boxed{N_2 > N_1}$$

وهو الشرط الأساسي للحصول على الليزر أي سوبر طاقة كما بالشكل التالي



وبالتالي المعادلة الأساسية

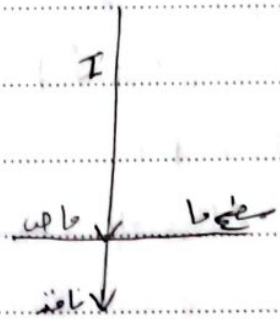
لتشغيل أي ليزر هي:

ليزر ← قسري ← إصدار ← عكاس ← ضخ

* ضغط إشعاع الليزر على سطح مادة معينة

بشكل عمودي وكانت شدة إشعاع الليزر الساقط I

فإن هذا الإشعاع يؤثر على سطح المادة بضغط مقداره P



حسب العلاقة بين P و I كالتالي:

① إذا كان السطح ناقداً للإشعاع أو ماص كلياً للإشعاع

فالعلاقة بينهما $P = \frac{I}{c}$ و $c = 3 \times 10^8 \, m \cdot s^{-1}$ ضغط

② إذا كان السطح عاكس كلياً للإشعاع فإن الإشعاع الوارد ينعكس على نفس السطح عند النقطة التأثير وهذا المنعكس يحدث تأثير نفس الضغط السابق وبالتالي الضغط الكلي في هذه الحالة يتضاعف $P = \frac{2I}{c}$ عاكس كلياً.

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

تمرين: ليزر ياقوت Nd: YAG ينبعث طول الموجة $\lambda = 1064\,nm$ وطاقة $E = 0.5\,J$ تسقط على رسم بشكل عددي مشكلة بقعة ضوئية قطرها $d = 1.5\,mm$ وزمن سقوط النبضة $\Delta t = 1\,ns$

المطلوب: 1- احسب كثافة طاقة النبضة الليزرية على سطح الهدف

2- احسب استة النبضة الليزرية المنبعثة

3- احسب الضغط الإشعاعي الأظمي على السطح إذا كان ماصاً للإشعاع أو ماصاً

4- احسب الضغط الإشعاعي الأظمي على السطح إذا كان عاكساً كلياً

5- احسب عدد الفوتونات في النبضة الليزرية

الحل: ①

$$f = \frac{\text{طاقة النبضة}}{\text{سطح البقعة الضوئية}} = \frac{E_{pulse}}{\pi(\frac{d}{2})^2} = \frac{0.5\,J}{3.14 \times (\frac{1.5}{2} \times 10^{-3}\,m)^2}$$

$$= 2.83 \times 10^5\,J/m^2 = 2.83 \times 10^5\,J \cdot m^{-2}$$

$$I = \frac{\text{كثافة الطاقة}}{\text{الزمن}} = \frac{f}{\Delta t} = \frac{2.83 \times 10^5\,J \cdot m^{-2}}{10 \times 10^{-9}\,s} = 2.83 \times 10^{13}\,W \cdot m^{-2} \quad ②$$

$$P = \frac{I}{C} = \frac{2.83 \times 10^{13}\,W \cdot m^{-2}}{3 \times 10^8\,m \cdot s^{-1}} = 0.94 \times 10^5\,W/m^2 \cdot s^{-1} \quad ③$$

$$= 0.94 \times 10^5\,\frac{N \cdot m}{m^3} = 0.94 \times 10^5\,N/m^2$$

$$\boxed{P = 0.94 \times 10^5\,Pa}$$

$$P = \frac{2I}{C} = 2 \times 0.94 \times 10^5\,Pa = 1.88 \times 10^5\,Pa \quad ④$$

⑤ حساب طاقة الفوتون:

$$E_p = h\nu = h\frac{c}{\lambda} = \frac{6.62 \times 10^{-34}\,J \cdot s \times 3 \times 10^8\,m \cdot s^{-1}}{1064 \times 10^{-9}\,m} = 0.018 \times 10^{-17}\,J$$

$$= 1.8 \times 10^{-19}\,J$$

$$N = \frac{E_{pulse}}{E_p} = \frac{0.5\,J}{1.8 \times 10^{-19}\,J} = 0.28 \times 10^{19}\,Photon.$$

انتهت المحاضرة

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

مكتبة A to Z