كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الرابعة

المادة : فيزياء الليزر

المحاضرة : الثالثة /نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم

2026

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

نسبة احتمال الإصدار القسري إلى احتمال الإصدار التلقائي في الليزر:

وجدنا أنه: $W = R_2 = N_2 B_{21} \rho(\nu)$ احتمال الإصدار القسري ... (1)

$\dot{R}_2 = N_2 A_{21} = A$ احتمال الإصدار التلقائي ... (2)

ملاحظة (1):

$$[R_2]_{SI} = [N_2 B_{21} \rho(\nu)]_{SI} \Leftrightarrow s^{-1} = [B_{21}]_{SI} \cdot \frac{J}{m^3 s^{-1}}$$

$$\Leftrightarrow [B_{21}]_{SI} = J^{-1} \cdot m^3 \cdot s^{-2}$$

وهي واحدة قياس ثابت الإصدار القسري في الليزر في الجملة الدولية

ملاحظة (2):

$$[\dot{R}_2]_{SI} = [N_2 A_{21}]_{SI} \Leftrightarrow s^{-1} = [A_{21}]_{SI}$$

وهي واحدة قياس ثابت الإصدار التلقائي في الليزر في الجملة الدولية

من (1) و (2) نجد:

$$\frac{W}{A} = \frac{N_2 B_{21} \rho(\nu)}{N_2 A_{21}} = \frac{1}{\frac{A_{21}}{B_{21}}} \cdot \rho(\nu)$$

$$= \frac{1}{\frac{8\pi h}{\lambda^3}} \cdot \frac{8\pi \nu^2}{c^3} \cdot \frac{h\nu}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

$$= \frac{1}{\frac{8\pi h}{\lambda^3}} \cdot \frac{8\pi h \nu^3}{\lambda^3 \nu^3} \cdot \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1} = \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

$$\Rightarrow \frac{W}{A} = \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1} \quad \ldots (3)$$

نعلم أن الطاقة الوسطى للنمط داخل التجويف البزري

$$\overline{E}_m = \frac{h\nu}{e^{h\nu/kT} - 1} \quad \ldots (4)$$

(حيث:
m = mode = نمط = موجة مستقرة = نوع اهتزاز معين)

$$(4) \Rightarrow \frac{\overline{E}_m}{h\nu} = \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1} \quad \ldots (5)$$

نبدل (5) في (3):

$$\Rightarrow \frac{W}{A} = \frac{\overline{E}_m}{h\nu} \quad \ldots (6)$$

إذا كان عدد الفوتونات في النمط الواحد هو n فأن طاقة الفوتون الواحد $E = h\nu$ وبالتالي طاقة n فوتون تعطى بالعلاقة:

$$E = n h\nu$$

واعتماداً على ذلك تكون الطاقة الوسطى للنمط الذي يحوي n فوتون هي

$$\overline{E}_m = \bar{n} h\nu \quad \ldots (7)$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

حيث $\bar{n}$: هو عدد الفوتونات الوسطي في النبض

بدل (7) في (6) :

$$\frac{W}{A} = \frac{\bar{n}\, h\nu}{h\nu} = \bar{n} \quad , \quad \frac{W}{A} = \bar{n} \quad \ldots(8)$$

نستنتج من العلاقة (8) ما يلي :

نسبة احتمال الإصدار القسري إلى احتمال الإصدار التلقائي في أي ليزر يساوي متوسط عدد الفوتونات $\bar{n}$ في النبض المدروس في الليزر وتميز الحالات الآتية:

1- $\bar{n} = 1 \Rightarrow \frac{W}{A} = 1 \Rightarrow W = A$

احتمال الإصدار القسري يساوي احتمال الإصدار التلقائي. يعني عدد الفوتونات التي تصدر قسرياً ومترابطة زمانياً ومكانياً يساوي عدد الفوتونات المنبعثة تلقائياً أي الميز مترابطة زمانياً ومكانياً وبالتالي لا يحصل تضخيم للضوء أي لا ينبعث ليزر في هذه الحالة.

2- $\bar{n} \ll 1 \Rightarrow \frac{W}{A} \ll 1 \Rightarrow W \ll A$

لا يوجد ليزر مطلقاً.

3- $\bar{n} \gg 1 \Rightarrow \frac{W}{A} \gg 1 \Rightarrow W \gg A$

وفي هذه الحالة احتمال الإصدار القسري أكبر بكثير من احتمال الإصدار التلقائي أي أن عدد الفوتونات المترابطة زمانياً ومكانياً أكبر بكثير من عدد الفوتونات المبعثرة (غير مترابطة) أي نحصل على فوتونات كثيرة لها نفس التردد والطول الموجي والطور والاتجاه أي نحصل على

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

شعاع ليزر عالي الجودة.

ملاحظة هامة:

إذا كانت الفوتونات ضمن التجويف الليزري تمكث (تقيم) لفترة محددة من الزمن مقدارها τ_p (photon) لأن الفوتونات بالليزر تتحرك ضمن التجويف بالطالي تدخل وتخرج منه بشكل دائم.

نعرف القدرة الاشعاعية لليزر (الاستطاعة) P (power): بأنها طاقة الفوتونات خلال الزمن τ_p هنا يبين أن:

$$P = \frac{\overline{E_m}}{\tau_p} = \frac{\bar{n} h\nu}{\tau_p} \Rightarrow \bar{n} = \frac{P \tau_p}{h\nu} \quad \dots(9)$$

ونعلم أن $\frac{W}{A} = \bar{n}$

$$\Rightarrow \frac{W}{A} = \frac{P \tau_p}{h\nu}$$

وهو مقياس عمل الليزر

مسألة (1): وزمن مكوث الفوتون بالنظ $\tau_p = 1ons$

لدينا ليزر Nd:yAG يعطي شعاع ليزر طول موجته $\lambda = 1064nm$ وقدرته الاشعاعية $P = 0,5\ W$ والمطلوب ما يلي:

1- احسب عدد الفوتونات بالنظ. وهل يعمل الليزر بشكل مثالي أم لا يعمل

الحل:

$$\bar{n} = \frac{P \tau_p}{h\nu} \dots(1) \quad , \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8\ m.s^{-1}}{1064 \times 10^{-9} m}$$

$$= 0,0028 \times 10^{17} s^{-1} = 28 \times 10^{13} s^{-1}$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$$\overline{n} = \frac{0,5\ J.s^{-1} \cdot 10 \cdot 10^{-9}\ s}{6,62 \times 10^{-34}\ J.s \cdot 28 \times 10^{13}\ s^{-1}} = 0,026 \times 10^{12}$$

$= 26 \times 10^{9}$ $= 26$ مليار

ملاحظة $W = \frac{J}{s} = J.s^{-1}$

نلاحظ أن

$$\overline{n} = 26 \times 10^{9} \Rightarrow \frac{W}{A} = \overline{n} \Rightarrow \frac{W}{A} = 26 \times 10^{9}$$

$$\Rightarrow W = 26 \times 10^{9}\ A$$

وهذا يعني أن احتمال الإصدار القسري بالليزر أكبر بـ 26 مليار مرة من احتمال الإصدار التلقائي وبالتالي الليزر يعمل بشكل ممتاز (عالي الجودة)

مسألة (2):

ليزر هيليوم - نيون (He_Ne) يعمل ضمن مستويين طاقيين E_1 و E_2 وأن $E_2 > E_1$ بحيث

$$\Delta E = E_2 - E_1 = 3,14 \cdot 10^{-19}\ J$$

$$A_{21} = 10^{15}\ s^{-1}$$

و

و

$$\rho(\nu) = 10^{-10}\ \frac{J}{m^3.s^{-1}} = 10^{-10}\ J\,m^{-3}\,s$$

والمطلوب:

1- احسب تواتر وطول موجة الليزر

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

2- احسب ثابت الإصدار القسري

3- احسب معدل الإصدار القسري والتلقائي إذا علمت أن عدد الذرات في المستوى المثار $N_2 = 10^7$ و E_2

4- هل يعمل الليزر بشكل جيد.

مكتبة A to Z