كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الرابعة

المادة : فيزياء الليزر

المحاضرة : الاولى/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2025

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

٣

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

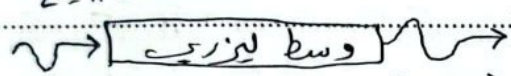
تعريف الليزر: هو اختصار للعبارة الإنكليزية التالية:

Light Amplification by stimulated Emission of Radiation

وكلمة Laser هي المشتقة من الأحرف الأولى من العبارة السابقة والعبارة الإنكليزية تعني تضخيم الضوء بواسطة الإصدار القسري (المحسوس) للإشعاع الكهرطيسي.

* تضخيم الضوء: هو عبارة عن عملية أو ظاهرة فيزيائية تستخدم لزيادة طاقة أو شدة الضوء نتيجة كمون الذرات أو الجزيئات لإصدار فوتونات إضافية لها نفس تواتر وطول موجة وطور واتجاه الفوتونات الواردة قبل التضخيم

$E=h\nu$



• أي أن الضوء المضخم مترابط زمانياً ومكانياً وهذا يعني أن جميع الفوتونات نفس التواتر و نفس طول الموجة، إذن $\nu = c : h$ حيث c سرعة الضوء بالخلاء

$h\nu = \varepsilon \Rightarrow \nu = \frac{\varepsilon}{\lambda}$ أو $\lambda = \frac{\varepsilon}{\nu}$

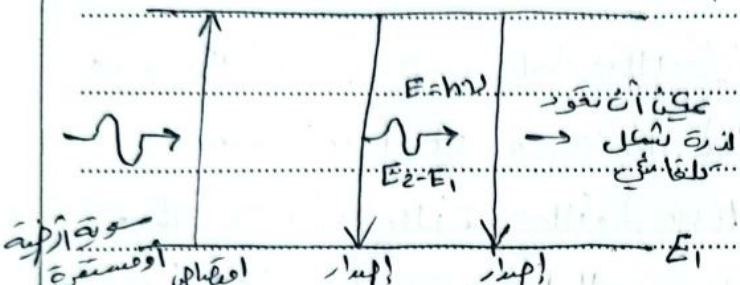
* الإصدار القسري والإصدار التلقائي للإشعاع الكهرطيسي:

في عام 1917 نشر أينشتاين بحثاً بعنوان الإصدار القسري والتلقائي للإشعاع الكهرطيسي، وقد فرض أينشتاين أن الجملة المدروسة عبارة عن سوية طاقة دنيا E_1 وعليا E_2 بحيث $E_2 > E_1$، وفرض أن الجملة في حالة توازن ترمودينامكي مع الوسط المحيط، ويقصد في ذلك أن درجة حرارة الجملة لا تتغير بقيت مساوية لدرجة حرارة المحيط، وطاقة الجملة لا تتغير أيضاً لا يوجد فروقات في الضغط، بالتالي لا توجد حركة ديناميكية للذرات ومتوازنة كيميائياً، أي تحدث التفاعلات الكيميائية المتساوية في الاتجاهين.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

مثال: $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ (غاز النوشادر، غاز الأمونيا)

إذا أتى الجملة يجب أن تكون متوازنة إشعاعياً مع المحيط (متوازن إشعاعي)، أي الإشعاعات المنطلقة يجب أن تساوي الإشعاعات الصادرة.



* لقد فرض أينشتاين أنه توجد ثلاثة انتقالات ممكنة بين سويتي الطاقة:

1) الامتصاص: هو انتقال الذرة من السوية E_1 إلى السوية E_2 عندما تتعرض لطاقة ضوئية أو غيرها.

2) الإصدار القسري: عندما تتعرض موجة ضوئية بتواتر مناسب الذرة المثارة الموجودة في المستوى E_2 على الهبوط فوراً إلى المستوى E_1 فاصدة فوتون طاقته:

$$E=E_2-E_1 \Rightarrow h\nu = E_2-E_1 \quad (1)$$

3) الإصدار التلقائي: قد تعود الذرة المثارة إلى الوضعية غير المثارة تلقائياً بدون الحاجة إلى طاقة خارجية لإصدارها.

ملاحظة: في حالة الإصدار القسري يجب أن يكون الفوتون المنبه فوتاً سبق أو قارب زمانياً ومكانياً مع الفوتون الوارد.

* ثوابت أينشتاين:

أولاً: ثابت الامتصاص B_{12}: انتقال الذرة من المستوى E_1 إلى المستوى E_2 مثيل احتمال امتصاص الذرة لفوتون وانتقالها إلى السوية المثارة.

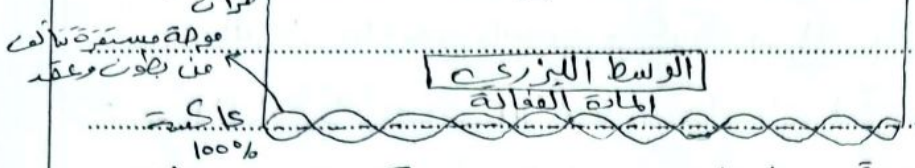
ثانياً: ثابت الإصدار القسري B_{21}: انتقال الذرة من المستوى E_2 إلى المستوى E_1 مثيل احتمال الإصدار بفوتون تواتره ν وعودة الذرة إلى السوية المستقرة.

ثالثاً: ثابت الإصدار التلقائي A_{21}: مثيل احتمال انتقال الذرة تلقائياً من السوية E_2 إلى السوية E_1 بدون طاقة إشعاعية خارجية.

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

رابعاً: الليزر يتألف من رنان ضوئي عبارة عن مرآتين متوازيتين إحداهما عاكسة 100% والأخرى نفوذة بمقدار 50% (والباقي عاكس) يتوضع بينهما الوسط الليزري



• الواقعين: يصدر الضوء عند ذهاباً وإياباً وتداخل الموجة الواردة مع الموجة المنعكسة وتشكل أمواج مستقرة (عدد كبير من الأمواج والضوء يتحرك بسرعة $3\times10^8\ m.s^{-1}$ في كل مرة تحرض ذرات (تثير ذرات).

• وعند ظروف ورود طاقة إشعاعية ضارية بتواترها ν تتشكل بين المرآتين أمواج مستقرة عددها يحلى بالعلاقة (حسب رايلي جينز): $N(\nu) = \frac{8\pi\nu^2}{c^3}$، كل موجة مستقرة عادة بنمط اهتزازين ولها طاقة وسطى تحلى بالعلاقة: $E = \frac{h\nu}{(e^{h\nu/kT}-1)}$

• وبالتالي تكون كثافة الطاقة الإشعاعية $P(\nu) = N(\nu).E$ و

$$P(\nu) = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \cdot \frac{h\nu}{e^{h\nu/kT}-1} \quad \cdots (2)$$

• تواتر الإشعاع الخارجي الوارد على الوسط الليزري، c سرعة الضوء في الخلاء، h ثابت بلانك، K ثابت بولتزمان، T درجة الحرارة المطلقة للوسط المحيط بالمادة الفعالة الليزر.

خامساً: $R_1 = N_1 B_{12} P(\nu)$: ويساوي عدد الذرات التي تمتص فوتوناً واحداً في السوية E_1 وتنتقل إلى السوية E_2 خلال واحدة الزمن (معدل الامتصاص)

• N_1 عدد الذرات في المستوى E_1 ويقاس بالحالة الدولية بالواحدة $[R_1]_{SI} = S^{-1}$

سادساً: $R_2 = N_2 B_{21} P(\nu)$ معدل الإصدار المحرض: وتمثل عدد الذرات في المستوى E_2 والتي تنتقل محرضاً خلال واحدة الزمن إلى المستوى E_1

$[R]_{SI} = S^{-1}$

سابعاً: $R'_2 = N_2 A_{21}$ معدل الإصدار التلقائي: نضرب بـ N_2 لأنه يوجد طاقة ولا يوجد وسيط وتمثل عدد الذرات التي تنتقل تلقائياً من المستوى E_2 خلال واحدة الزمن

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وحدة طاقة ضاربة موثرة $R'_2 \cdot J_{ST} = S^{-1}$: عدد الذرات في السوية N_2 ضرب

الطاقية E_2 .

في حالة التوازن الترموديناميكي : يكون عدد الانتقالات الصاعدة = عدد الانتقالات الواطئة

عدد الذرات التي ترتفع للأعلى = عدد الذرات التي تهبط للأسفل) وهذا يعني أن :

معدل الإصدار التلقائي + معدل الإصدار المستحث = معدل الامتصاص .

$$R_1 = R_2 + R'_2 \Rightarrow N_1 B_{12} \rho(\nu) = N_2 B_{21} \rho(\nu) + N_2 A_{21} \quad \cdots (3)$$

وحسب قانون بولتزمان تتناسب عدد الذرات في السوية الطاقية E_i تناسباً طردياً مع عدد

الذرات في وحدة الحجم N_0 ومع المقدار $e^{-E_i/KT}$

$$N_i \sim N_0 e^{-E_i/KT} \Rightarrow N_i = C N_0 e^{-E_i/KT}$$

$$\Rightarrow N_1 = C N_0 e^{-E_1/KT} \cdots (4) \text{ و } N_2 = C N_0 e^{-E_2/KT} \cdots (5)$$

نعوض (4) و (5) في (3) : $C N_0 B_{12} \rho(\nu) e^{-E_1/KT} = C N_0 B_{21} \rho(\nu) e^{-E_2/KT} + C N_0 A_{21} e^{-E_2/KT}$

$$B_{12} \rho(\nu) e^{-E_1/KT} = B_{21} \rho(\nu) e^{-E_2/KT} + A_{21} e^{-E_2/KT} \quad \cdots (6)$$

في حالة التوازن الحراري فالعلاقة (6) صحيحة من أجل جميع درجات الحرارة المطلقة

الحالية لذلك نلاحظ عندما $T \to \infty \Rightarrow e^{-E_i/KT} \to 1$.

$$\Rightarrow B_{12} \rho(\nu) = B_{21} \rho(\nu) + A_{21}$$ نعوض العلاقة (6) :

$$B_{12} = B_{21} + \frac{A_{21}}{\rho} \Rightarrow \boxed{B_{12} = B_2}$$ نقسم على $\rho(\nu)$:

هذا يعني أن ثابت الامتصاص = ثابت الإصدار المستحث

نعوض في (6) : $B_{21} \rho(\nu) e^{-E_1/KT} = B_{21} \rho(\nu) e^{-E_2/KT} + A_{21} e^{-E_2/KT}$

$$B_{21} \rho(\nu) e^{-E_1/KT} - B_{21} \rho(\nu) e^{-E_2/KT} = A_{21} e^{-E_2/KT}$$

$$B_{21} \rho(\nu) \left[e^{-E_1/KT} - e^{-E_2/KT} \right] = A_{21} e^{-E_2/KT}$$

$$\Rightarrow A_{21} = \frac{B_{21} \rho(\nu) \left[e^{-E_1/KT} - e^{-E_2/KT} \right]}{e^{-E_2/KT}}$$

$$\Rightarrow A_{21} = B_{21} \rho(\nu) \left[\frac{e^{-E_1/KT}}{e^{-E_2/KT}} - 1 \right]$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

$= B_{21} \rho(\nu) \left[e^{(E_2 - E_1)/KT} - 1 \right]$

$A_{21} = B_{21} \rho(\nu) \left[e^{h\nu/KT} - 1 \right]$ وبحسب العلاقة (1) نكون

$A_{21} = B_{21} \rho(\nu) \left(e^{h\nu/KT} - 1 \right)$ وبحسب العلاقة (2)

$= B_{21} \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \cdot \frac{h\nu}{e^{h\nu/KT} - 1} \left(e^{h\nu/KT} - 1 \right)$

$A_{21} = B_{21} \frac{8\pi h \nu^3}{c^3}$

$\Rightarrow \boxed{\frac{A_{21}}{B_{21}} = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3}} \quad \cdots (*)$

أو يمكن حساب العلاقة (*) بدلالة طول موجة الشعاع λ:

$\frac{A_{21}}{B_{21}} = \frac{8\pi h\nu^3}{\lambda^3 \nu^3} = \frac{8\pi h}{\lambda^3}$ $\quad c = \lambda \cdot \nu$

$\boxed{\frac{A_{21}}{B_{21}} = \frac{8\pi h}{\lambda^3}} \quad \cdots (*')$

تمرين: ليزر (الهيليوم نيون) إشعاع ليزري طول موجته $\lambda = 632.8\,nm$ بفرض أن الشعاع عبارة عن اسطوانة كما في الشكل وقطره $d = 1mm$ ويصل زاوية انفراج شعاع الليزر، واستطاعة جهاز الليزر $P = 5mW$ والمطلوب:

1- احسب تواتر فوتون واحد من شعاع الليزر

2- احسب طاقة فوتون واحد من شعاع الليزر

3- احسب عدد الفوتونات المنبعثة خلال ثانية واحدة من الزمن.

4- احسب شدة شعاع الليزر

5- احسب شدة B_1 لموجة التفاعل إذا علمت أن الموجة الضوئية لشعاع الليزر هذا استنتج النسبة الحاصلة

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner