

الباب الأول: أساسيات الليزر

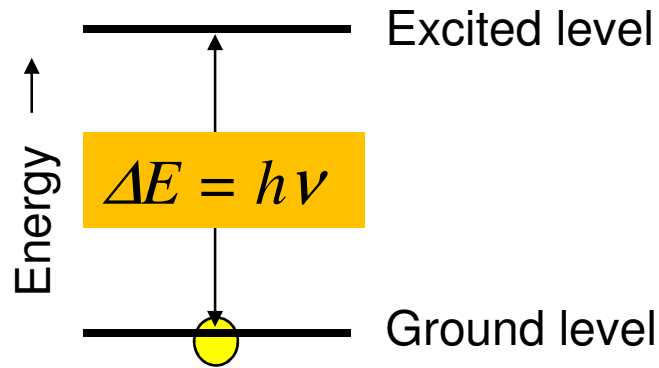
Laser Fundamentals

طبيعة الضوء
امتصاص وانبعث الضوء
تفاعل الإشعاع والمادة
علاقات اينشتاين
معامل الكسب
التوزيع المعكوس
الرنانات الضوئية
أنماط الليزر

1.3 تفاعل الإشعاع والمادة

Interaction of Radiation and Matter

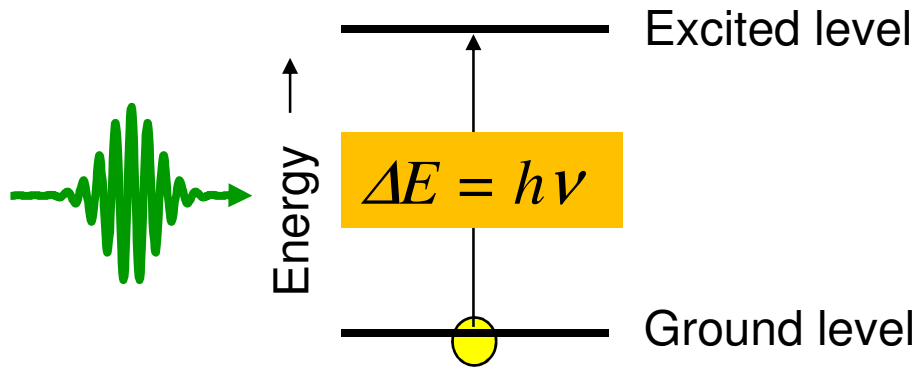
- في حالة ذرة لها مستويين من الطاقة، المستوى العلوي E_2 والسفلي E_1 ،



ذرة في الحالة الطبيعية

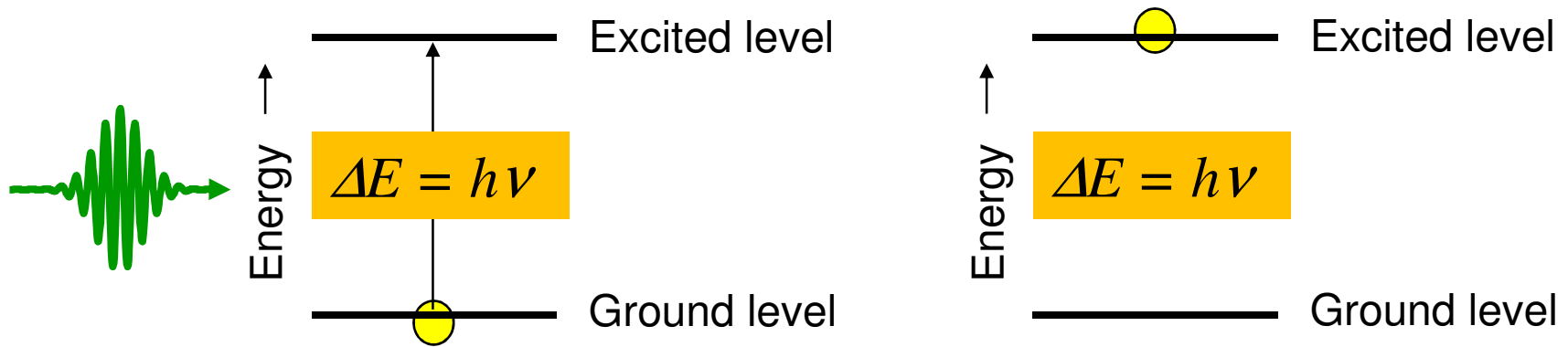
Stimulated Absorption الامتصاص المستحث

- عند سقوط شعاع (فوتون) تردده

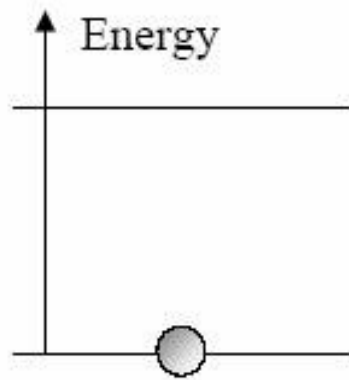


عندئذ يوجد احتمال كبير بأن تمتص الذرة طاقة الفوتون الساقط
ثم تستثار إلى المستوى العلوي.

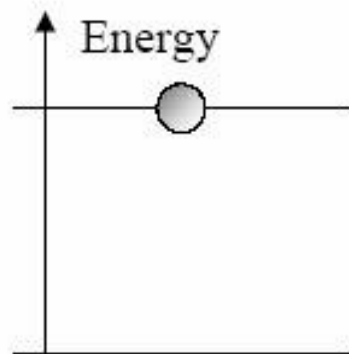
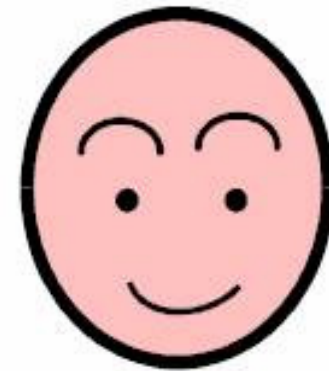
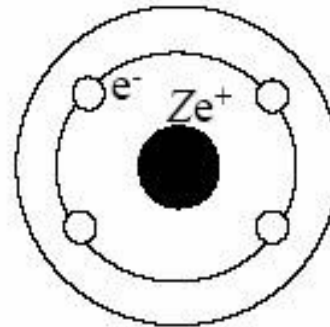
- يسمى هذا الانتقال بالامتصاص المستحث (stimulated absorption)



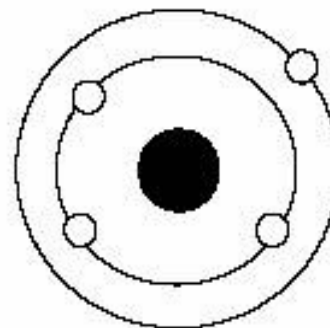
Semi-classical view of atom excitations



Atom in ground state

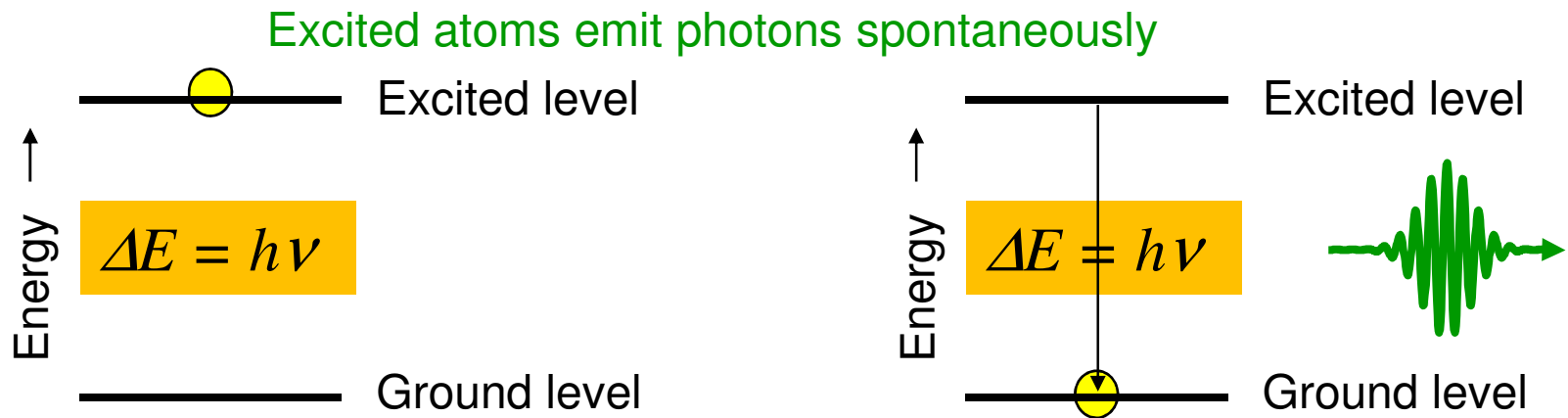


Atom in excited state



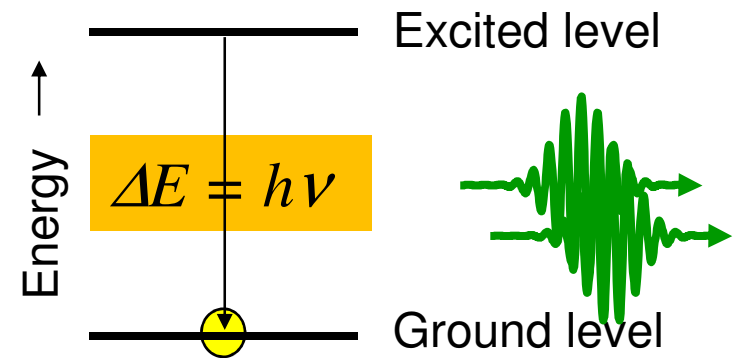
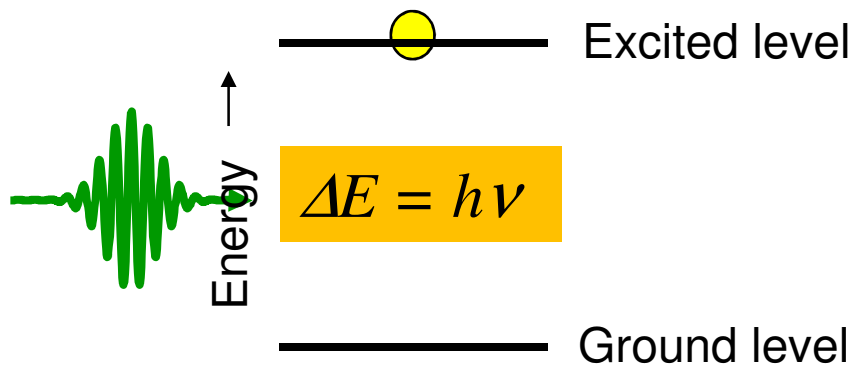
الانبعاث التلقائي Spontaneous Emission

- تميل الذرة بطبيعتها للعودة إلى المستوى السفلي بدون أي مؤثر خارجي.



Stimulated Emission الانبعاث المستحث

- يتم عند تسليط اشعاع خارجي على الذرة المثارة فيجبرها على الانتقال إلى المستوى السفلي

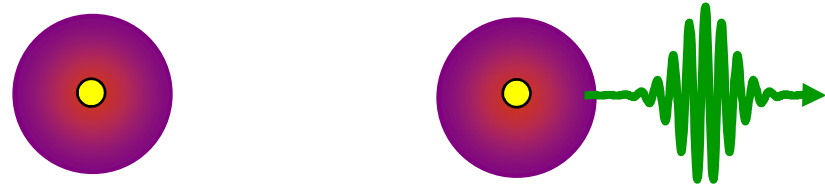


•

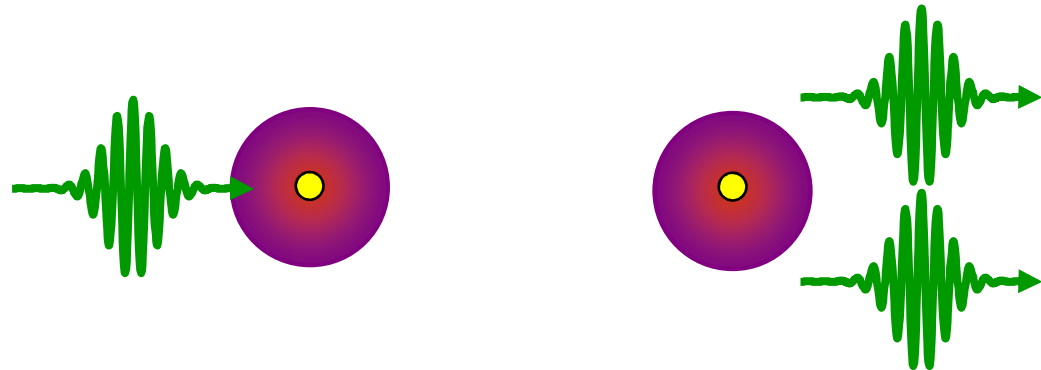
Absorption



Spontaneous emission



Stimulated emission



مزايا الانبعاث المحثوث:

- طاقة الفوتون الناتج له _____ .
- مما يعني أن سعة المحصلة النهائية تزداد (إضافة بناءة) مما يمكننا من الحصول على تضخيم الضوء بواسطة الانبعاث المحثوث للإشعاع.
- الموجات المصاحبة للهدين الفوتونين لهما _____ و نفس حالة _____ . وبذلك يتميز الإشعاع المحثوث بصفة الترابط .coherent
- في حالة الاتزان الحراري _____ الحصول على انبعاث تلقائي هو الغالب (1 - 10^{33}) وتكون الأشعة غير مترابطة. فلا بد من الابتعاد عن حالة الاتزان.

1.4 علاقات أينشتاين The Einstein Relations

- بافتراض وجود عدد N_1 من الذرات في مستوى طاقة E_1 الذي يقع تحت مستوى طاقة آخر E_2 ويحتوي على N_2 من الذرات (حيث $E_1 > E_2$).
- عند سقوط شعاع طاقته $h\nu = E_2 - E_1$ فإن ذلك يؤدي إلى اكتساب الذرة طاقة من الإشعاع وتنتقل في هذه العملية بامتصاصها فوتون إلى المستوى العلوي من الطاقة أو الحالة المثيجة من الذرة.
- يتناسب مقدار ما تكتسب ذرات الحالة السفلى من فوتونات طردياً مع كثافة الإشعاع الساقط ρ_ν (كثافة الطاقة للفوتونات).

• احتمالية الانتقال لأعلى

• معدل الامتصاص المحثوث (معدل الانتقال إلى أعلى في الثانية الواحدة):

Absorption rate

N_1 عدد الذرات في المستوى السفلي.
 ρ_ν كثافة الطاقة للفوتونات

• معدل الانتقال التلقائي يتناسب مع N_2 :

Spontaneous emission rate

حيث $A_{21} = 1/\tau_{21}$
يتناسب عكسياً مع زمن المكوث في الحالة العالية من الطاقة.

N_2 عدد الذرات في المستوى السفلي.

• احتمالية حدوث الانبعاث المستحث

• معدل الانبعاث المحثوث (معدل الانتقال إلى المستوى السفلي في الثانية الواحدة):

Stimulated emission rate

• أثبت إينشتاين أنه في حالة الاتزان الحراري أن:
معدل الانتقال من المستوى السفلي (1) إلى العلوي (2) =
معدل الانتقال من المستوى العلوي (2) إلى السفلي (1).
• معدل الامتصاص المحثوث = معدل الانبعاث المحثوث +
معدل الانبعاث التلقائي.

تسمى B_{12} , A_{21} , B_{21} بمعاملات إينشتاين.

$$B_{12} N_1 \rho_v = A_{21} N_2 + B_{21} N_2 \rho_v$$

- إذا كان النظام في اتزان حراري، فإن توزيع بولتزمان يمكن كتابته:

$$N_j = N_o \frac{\exp(-E_j / kT)}{\sum_i \exp(-E_i / kT)} \quad (7)$$

Recalling the Maxwell-Boltzmann Distribution

N_o عدد الذرات الكلي

N_j عدد الذرات في المستوى

$$\rho_\nu = \frac{A_{21} / B_{21}}{(B_{12} / B_{21}) \exp[h\nu / k_B T] - 1} \quad (9)$$

بمقارنة المعادلة 9 مع إشعاع الجسم الأسود

$$\rho_\nu = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3} \left(\frac{1}{\exp[h\nu / k_B T] - 1} \right) \quad (10)$$

نجد أن:

(11)

علاقات أينشتاين

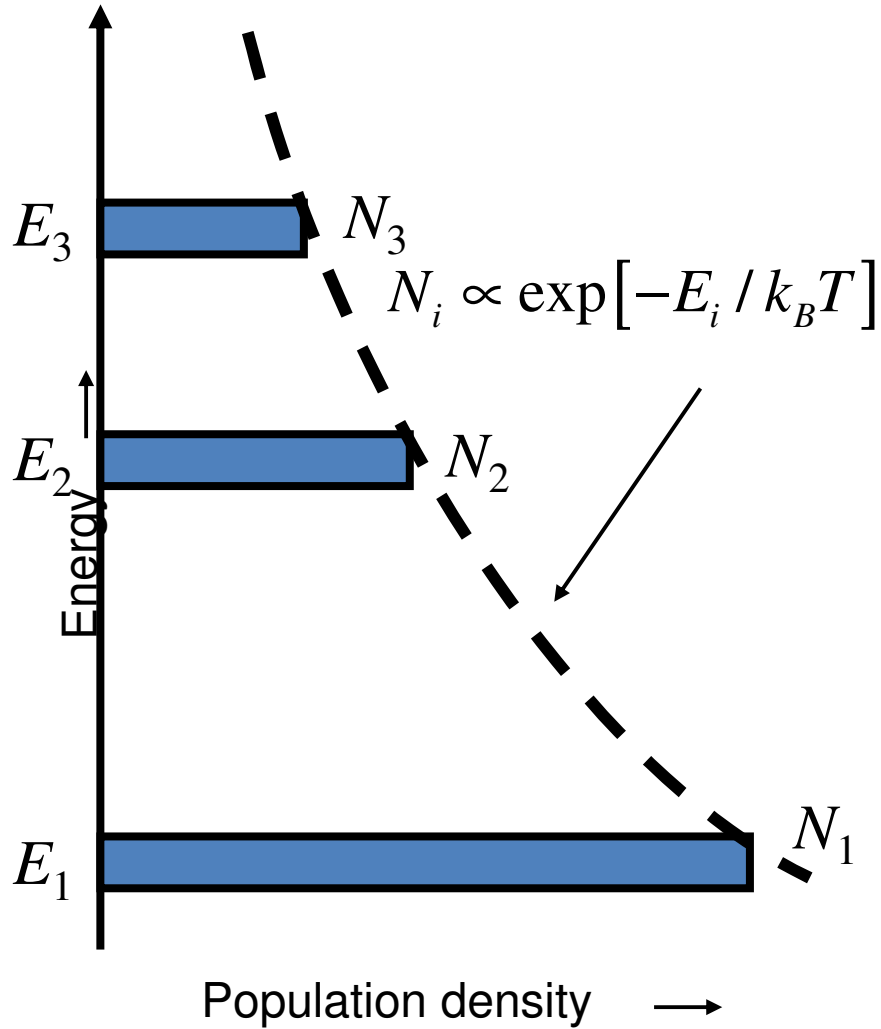
(12)

- حساب معدل الانبعاث التلقائي إلى معدل الانبعاث المحثوث لزوج من مستويات الطاقة في حالة الاتزان الحراري R :

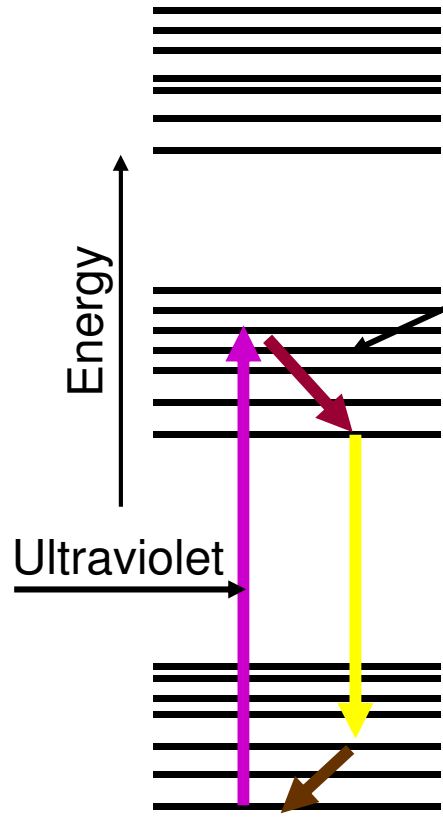
- حساب معدل الانبعاث التلقائي إلى معدل الانبعاث المحثوث لزوج من مستويات الطاقة في حالة الاتزان الحراري R :

$$R = \frac{N_2 A_{21}}{N_2 \rho_v B_{21}}$$

- مثال: احسب معامل النسبة R للضوء المنبعث نتيجة التفريغ الكهربائي في غاز النيون الموجود في ليزر الهيليوم نيون He-Ne. درجة حرارة التفريغ 370K، والتردد المنبعث للخط الأحمر $\nu = 4.74 \times 10^{14} \text{ Hz}$.



- للحصول على هذه العملية لزوج من المستويات، يجب أن تزداد كثافة التوزيع في المستوى العلوي وكذلك كثافة الإشعاع.
- حيث أن $B_{21} = B_{12}$ ، فيجب أن تكون $N_2 > N_1$ على الرغم من أن $E_2 > E_1$ أي لابد من إيجاد حالة



- عادة يحتوي النظام على عدد كبير من مستويات الطاقة المختلفة، مما يمكن من حدوث انتقالات مختلفة ذات احتمالات متفاوتة بين أي زوج من مستويات الطاقة.
- في حالة حدوث الليزر في وسط ما، يجب الأخذ في الاعتبار الانتقالات الحادثة بين جميع الأزواج من المستويات، ولكن من الناحية العملية يتم عادة تخفيض العدد الكلي لهذه المستويات إلى ثلاثة أو أربعة مستويات.