

## فيزياء الليزر

م. سناء سالم نجم

المرحلة الرابعة فيزياء / صباحي-مسائي

قسم العلوم/كلية التربية الاساسيه/جامعة بابل

### المحاضرة الثالثة

#### مبدأ عمل الليزر

#### الانبعاث والامتصاص ( Emission and Absorption )

في سنة (1911 م) وضع رذرفورد (Rutherford) نظريته الذرية على أساس أن الذرة تتكون من نواة مركزية موجبة الشحنة تحيط بها غيمة من الإلكترونات السالبة الشحنة وكما هو معروف بأن النظرية الكلاسيكية لا تستطيع تفسير عدم انجذاب هذه الإلكترونات نحو الجسم الموجب الموجود في مركز الذرة . عام 1913 حاول بور (Bohr) تفسير هذه الظواهر أخذا بنظر الاعتبار اصغر وابسط ذره هي ذرة الهيدروجين التي تتكون من النواة والإلكترون واحد واقترح بأن مدار الإلكترون يحدد بحالات محددة من الطاقة ولا يمكنه اخذ غيرها وان هذا الإلكترون يأخذ مدارات معينة وعند انتقاله بين المدارات تتحكم به قوانين خاصة .

فإذا انتقل إلكترون من احد المدارات العليا إلى احد المدارات السفلى فإن فرق الطاقة بين المدارين سوف ينبعث على شكل فوتونات وكما يتضح من معادلة اينشتاين :

$$E_2 - E_1 = \Delta E = h\nu \text{ ----- (١-٢)}$$

حيث أن :-

$\Delta E$  - تمثل فرق الطاقة بين المدارين

$E_2$  - تمثل الطاقة للمدار الأعلى .

$E_1$  - تمثل الطاقة للمدار الأسفل

$h$  -يمثل ثابت بلانك  $\nu$  - يمثل تردد الفوتون .

تبعث مجموعة من ذرات الهيدروجين طيفا له خطوط محددة . وتمتلك ترددات معينة نتيجة الانتقالات الممكنة بين مستويات الطاقة العليا والسفلى للذرة الواحدة . من كل ما تقدم تمكن بور من تفسير طيف الهيدروجين وكذلك يمكن تفسير الطيف للذرات البسيطة الأخرى .

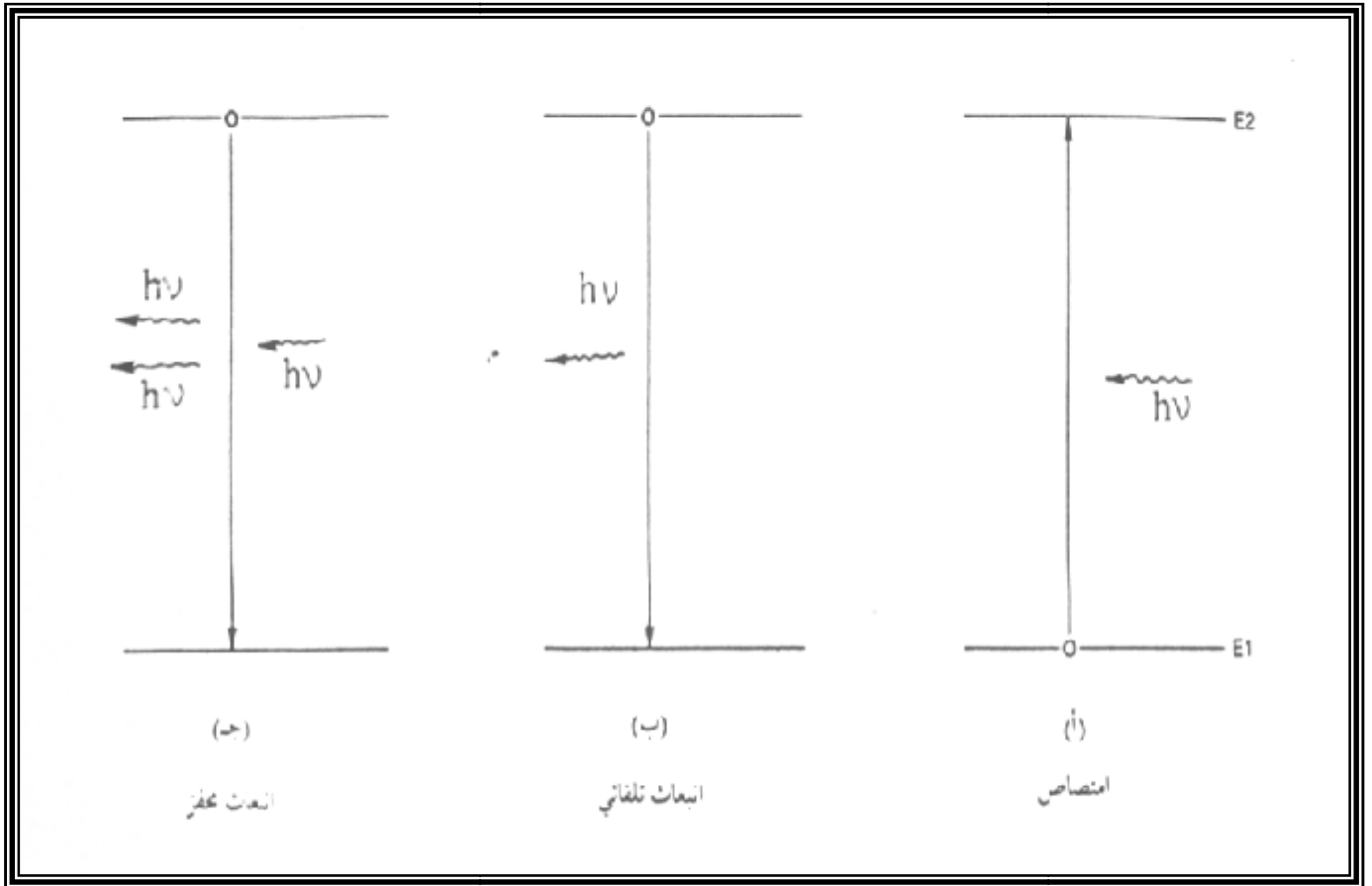
إن تفسير بور (Bohr) يبقى مفيدا بالنسبة للذرات المعقدة غير إن الحسابات تصبح أكثر صعوبة وللتبسيط سوق نتصور ذرة لها مستويات للطاقة فقط وكما موضح بالشكل (١-١) .

في حالة وجود ذرة في مستوى طاقته  $E_1$  فإن امتصاصها لفوتون سوف ينقلها إلى مستوى آخر هو  $E_2$  ( $E_2 > E_1$ ) وفي حالة وجودها في مستوى طاقته  $E_2$  وانتقالها إلى مستوى آخر طاقته  $E_1$  فسوف تبعث فوتون له طاقة مساوية لفرق الطاقة بين المستويين وكما مبين في الشكل (ب ، أ ، ١-١) .

لقد أوضح العالم اينشتاين عام 1917 إمكانية حدوث نوعين من الانبعاث هما : -

#### أ - الانبعاث التلقائي Spontaneous Emission :-

هو انتقال الذرة بين المستويين  $E_1$  و  $E_2$  (بحيث أن  $E_2 > E_1$ ) بصورة غير منتظمة أي قضاء الذرة فترة معينة في المستوي المثييج ومن ثم هبوطها تلقائيا بدون أي مؤثر آخر وبشكل عشوائي مع الزمن .



شكل (١-١)

### وفيما يلي مجمل خصائص الضوء المنبعث من مصدر طيفي كهذا:

١. ان طيف الذره المنبعث نتيجة هذا الانتقال يكون ذا اطوال موجيه متعدده او بتعبير اخر يكون الضوء الصادر من مثل هذه المصادر ضوء متعدد الالوان.
٢. ان الضوء المنبعث عن هذا الانتقال يكون غير متحد الطور (ليس له علاقة طور محدده) او غير متشاكه.
٣. ان الموجه الكهرومغناطيسيه المنبعثه نتيجة الانتقال لذره محرضه قد تنبعث باي اتجاه. فالانبعاث يكون عموما في الابعاد الثلاثه للفضاء.

### ب – الانبعاث المحفز ( Stimulated Emission ) :-

وهو تحفيز الذرة على الانتقال من المستويات المتهيجة إلى مستويات أخرى بواسطة فوتون له طاقة مساوية إلى فرق الطاقة بين المستويين مما يؤدي إلى انبعاث فوتون ثان له نفس التردد وب نفس الطور. كما يتضح من الشكل (ج ١-١) .

### اما الصفات التي يتميز بها الضوء الصادر عن الانبعاث المحفز فيمكن اجمالها كالتالي:

١. ان الطيف الناتج هو طيف انتقال معين محدد بطول الموجه او تردد الانتقال بين مستويين معينين والذي يساوي تردد الضوء الساقط المحفز فهو اذن طيف لون واحد ويدعى بالضوء الاحادي اللون.
٢. بما ان حالة الانبعاث هذه نتيجة عملية اضطراريه تسببها الموجه الساقطه فالموجه المنبعثه من الذره في هذه الحاله يكون لها نفس طور الموجه الساقطه فتتربط معها وتدعى الموجه الناتجه بالموجه المتشاكه.
٣. ان اتجاه الموجه الساقطه يحدد اتجاه الموجه المنبعثه. فالاشعاع المحفز يكون ملازماً للاشعاع الساقط وباتجاهه.

والآن يتبادر إلى الذهن كيف نستطيع جعل اكبر عدد من الذرات في المستويات العليا حتى نحصل على أعداد كبيرة من الفوتونات لها مواصفات الضوء المتشاكه وهذا السؤال يقودنا إلى ظاهرة التوزيع العكسي .

#### ١-٤: التوزيع العكسي population Inversion :-

لتفرض مرة أخرى إن هناك مستويين للطاقة الشكل (١-١) وفي حالة سقوط فوتون له نفس فرق الطاقة بين المستويين على هذه الذرات الموجودة في المستويين فهناك احتمالان أما أن يمتص هذا الفوتون من قبل ذرة في المستوي الأسفل وترتفع الذرة إلى المستوي الأعلى أو أن تحفز الذرة في المستوي الأعلى لتهبط إلى المستوي الأسفل ، ويوجد كلا الاحتمالين لقد أوضح هذا العالم اينشتاين ولكن إذا كان عدد الذرات في المستوي الأعلى أكثر من الذرات في المستوي الأسفل سوف يزداد احتمال حدوث الانبعاث المحفز . أما إذا كان العكس فإن امتصاص الفوتون من قبل الذرات الموجودة في المستوي الأسفل يكون اكبر .

يتبين مما تقدم بان الحاجة قائمة لوجود أعداد كبيرة من الذرات في المستويات مقارنة بالذرات في المستويات السفلى لكي نحصل على الانبعاث المحفز وكان هذا هو سبب في تأخر ولادة الليزر إلى الخمسينيات وبداية الستينيات .

في حالة التوازن الحراري ( Thermal equilibrium ) يخضع توزيع الذرات على المستويات لما يعرف بتوزيع بولتزمان ( Boltzman Distribution ) ومفاده أن النظام الذي فيه مستويات للطاقة  $E_1$  ،  $E_2$  يتم توزيع  $N_1$  و  $N_2$  على التعاقب حسب العلاقة التالية:

$$\frac{N_2}{N_1} = \exp[-(E_2 - E_1)/KT] \text{-----} (١-٣)$$

حيث أن

K = ثابت بولتزمان

T = درجة الحرارة المطلقة

إذا فرضنا أن  $E_2$  اكبر من  $E_1$  وكان فرق الطاقة بين المستويين يساوي (KT) يساوي 0.025 إلكترون فولت تقريبا في درجة حرارة الغرفة فإن التوزيع في المستويات العليا يكون بحدود (1/e) أو تقريبا (0.37) مقارنة بالمستويات السفلى ومن المعادلة أعلاه يتضح انه مهما تزداد درجة الحرارة لا يمكن الحصول على عدد ذرات في المستويات العليا اكبر من المستويات السفلى إلا إذا كانت درجة الحرارة سالبة وهذا غير ممكن في بعض المصادر القديمة يطلق على التوزيع العكسي تسميه درجة الحرارة السالبة وهذه التسمية خاطئة إذ إن التوزيع العكسي يحصل في درجة الحرارة الاعتيادية ولكن بدون تطبيق توزيع بولتزمان لان حالة التوزيع العكسي هي حالة عدم اتزان حراري .