

فيزياء الليزر

أ.م. سناء سالم نجم

المرحلة الرابعة فيزياء / صباحي-مسائي

قسم العلوم/كلية التربية الأساسية/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 آخذا بنظر الاعتبار اصغر وابسط ذره هي ذرة الهيدروجين التي تتكون من النواة وإلكترون 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 :

$$E_2 - E_1 = \Delta E = h\nu$$

حيث أن :-

ΔE - تمثل فرق الطاقة بين المدارين

E_2 - تمثل الطاقة للمدار الأعلى .

E_1 - تمثل الطاقة للمدار الأسفل

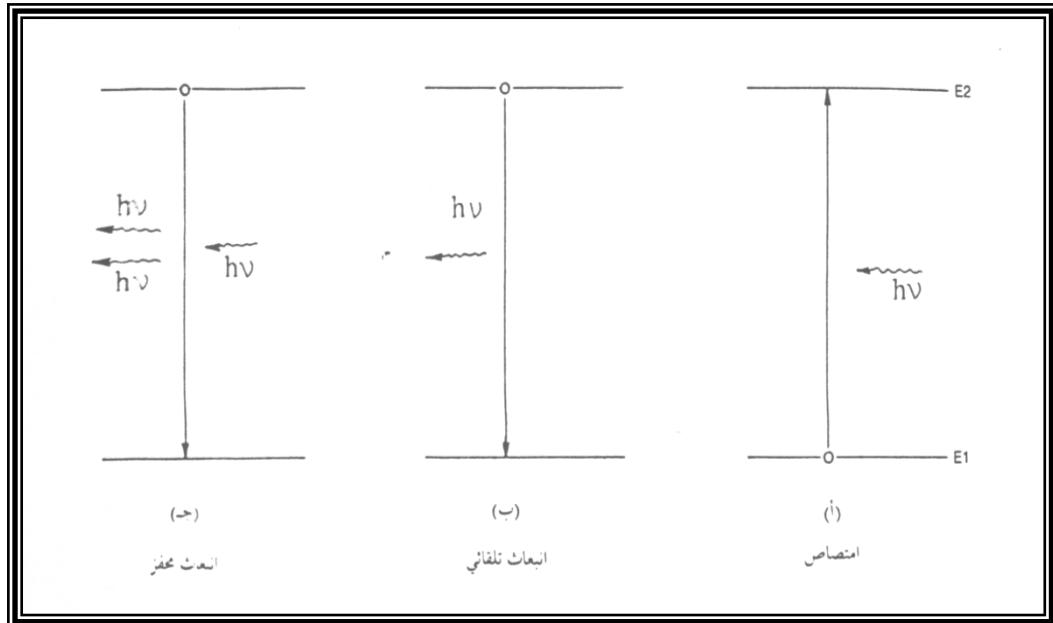
h -يمثل ثابت بلانك ν - يمثل تردد الفوتون .

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 (أ-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_2 و E_1 (بحيث أن $E_2 > E_1$) بصورة غير منتظمة أي قضاء الذرة فترة معينة في المستوى المثيج 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 الكهرومغناطيسي 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 عمليه اضطراريه تسببها الموجه الساقطة فالموجه المنبعثة من الذرة في هذه الحالة يكون لها نفس طور الموجه الساقطة فتتربط معها وتدعى الموجه الناتجة بالموجه المتشاكه.
٣. ان اتجاه الموجه الساقطة يحدد اتجاه الموجه المنبعثة . فالإشعاع المحفز يكون ملازما للإشعاع 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 .

التوزيع العكسي population Inversion :-

لنفرض 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 المستوى الأسفل وترتفع الذرة إلى المستوى الأعلى أو أن تحفز الذرة في المستوى الأعلى لتتهبط إلى المستوى الأسفل ، ويوجد كلا الاحتمالين لقد أوضح هذا العالم اينشتاين ولكن إذا كان عدد الذرات في المستوى الأعلى أكثر من الذرات في المستوى الأسفل سوف يزداد احتمال حدوث الانبعاث المحفز . أما إذا كان العكس فإن امتصاص الفوتون من قبل الذرات الموجودة في المستوى 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:

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

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 درجه 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 .

وعليه فأن تحقيق التأهيل العكسي هو شرط لحدوث عملية الانبعاث المحفز وهذا الشرط لا يحدث بظروف الاعتيادية وانما يتم بواسطة عملية الضخ Pumping او التحفيز. حيث يتم توليد الفوتونات بواسطة الضخ الكهربائي أو الضوئي ..الخ من انواع الضخ .