الباب الأول
المقدمة

1.1 الضوء

أثبتت أحدث نظريات تشكيل الكون أن الكون تشكل نتيجة لإنفجار عظيم للضوء، فالضوء بدأ مع بداية الكون وهو يحمل جميع أسراره ويجوب أرجاءه بسرعة فائقة هي أعلى سرعة عرفتها الطبيعة إلى الآن بحركة لا تعرف السكون، أثار فضول الفلاسفة والعلماء منذ أقدم العصور فحير العقول وأذهل الأذهان فمنذ أن وجد الإنسان على الأرض جذب الضوء إهتمامه وأصبح محور تفكيره وأثار دهشته فهو يلاحظ الضوء في كل مكان دون أن يتمكن من إمساكه أو إيقافه وفحصه وبنفس الوقت لا يستطيع أن يتجاهله، وهذا ما دفع العلماء إلى وضع الكثير من الفرضيات والنظريات التي تحاول كشف ماهية الضوء [1]. بدأت المحاولات العلمية والعملية الهادفة إلى دراسة سلوك الضوء ومعرفة القوانين التي تحكمه وتفسير ماهيته منذ ما يزيد عن الألف عام حيث كانت الريادة العزمية للعلماء العرب الذين أبدعوا في شتى المجالات والتي كان الضوء واحداً من أهمها . كان من أبرز رواد هذا المجال إبن الهيثم وجابر بن حيان وبعد ذلك عقبهم العديد من العلماء الأوربيون أمثال نيوتن (Newton) وهينجنز (Huygens) وماكسويل (Maxwell) وهيرتز (Hertz) وبلانك (Planck) وإنشتاين (Einstein) [2].

سنعرض أهم النظريات التي حاولت شرح طبيعة الضوء وتفسير سلوكه.

1.2 النظرية الجسيمية

صاحب هذه النظرية هو العالم إسحاق نيوتن (Isaac Newton) قال فيها أن الضوء يتكون من سيل من الجسيمات تصدر من المنابع المضيئة وتنتشر في الفضاء وفق خطوط مستقيمة وان هذه الجسيمات تحرض حاسة الرؤية عند دخولها العين .

تمكن نيوتن من إستخدام هذه النظرية من تفسير إنعكاس وإنكسار الضوء ، قبل معظم العلماء بنظرية نيوتن الجيسمية على الرغم من أن نظرية إخرى خلال فترة حياة نيوتن إفترض أن الضو ربما يكون شكل من أشكال الحركة الموجية [2].

1.3 النظرية الموجية

إقترح الفيزيائي الألماني كريستيان هينجنز (Christian Huygens) في عام 1678م ان للضوء طبيعة موجية تشبه الأمواج المنتشرة على سطح الماء مستنداً في ذلك إلى ظاهرة إنعراج الضوءعند الحواف أو عند إجتيازه ثقباً أو شقاً ضيقاً وهي ظاهرة موجية، وبين هينجنز أن يمكن تفسير إنعكاس الضوء وإنكساره بناءاً على النظرية الموجية للضوء . لم تلق النظرية الموجية قبولاً لدى العلماء في ذلك الحين كون الأمواج المعروفة في تلك الفترة هي أمواج ميكانيكية لا يمكنها الإنتشار في الخلاء لأنها تحتاج إلى وسط تنتشر ضمنه والذي يدعى وسط الإنتشار ويعتبر وجوده شرطاً لوجود مثل هذه الأمواج وإنتشارها . بينما يقطع الضوء ملايين الكيلومترات في الخلاء قادماً من الشمس والنجوم الأكثر بعداً وهذا ما حذى بالعلماء فيما بعد بفرض وجود وسط يملأ الفضاء أسموه الأثير [2].

قدم توماس يونغ (Thomas Young) في عام 1801م أول دليل واضح على الطبيعة الموجية للضوء من خلال تجربته المشهورة التي بين فيها أن أشعة الضوء تتداخل مع بعضها البعض لتشكل مناطق ذات شدة إضاءة عظمى ومناطق مظلمة ضمن شروط ملائمة لا يمكن تفسير مثل هذا السلوك في ذلك الوقت إستناداً إلى النظرية الجسمية للضوء لأنه لا يمكن تخيل طريقة يلتقي فيها جسيمات أو أكثر ويفني إحداهما الآخر وكانت النظرية الموجية للضوء هي وحدها القادرة على تفسير مثل هذه التجربة [2].

1.4 النظرية الكهرومغناطيسية

تعتبر النظرية الكهرومغناطيسية من أهم أعمال الفيزيائي ماكسويل والتي قادت إلى قبول شامل للنظرية الموجية للضوء مع بعض التطورات والتوضيحات حول الطبيعة الموجية للضوء.

بيّن ماكسويل عام 1873م أن الضوء هو موجة كهرومغناطيسية مؤلف من حقلين كهربي ومغناطيسي متعامدين فيما بينهما ، تنتشر الموجات الكهرومغناطيسية في الخلاء بسرعة ثابتة وهي سرعة الضوء في الخلاء وهي لا تحتاج إلى وسط تنتشر فيه وهذا ما دعا إلى التخلي عن فكرة وجود وسط يدعى بالأثير . قدم هيرتز في عام 1878م برهاناً تجريبياً على صحة نظرية ماكسويل الكهرومغناطيسية عندما قام بإصدار وإستقبال الأمواج الكهرومغناطيسية [2].

1.5 نظرية تكميم الضوء Light Quantization Theory

على الرغم من أن النظرية الكهرومغناطيسية كانت قادرة عل تفسير معظم الخواص والظواهر المعروفة للضوء من إنعكاس وإنكسار وإنعراج وتداخل إلا أنها عجزت عن عن تفسير بعض الحوادث التي تم ملاحظتها مؤخراً أثناء بعض التجارب.

لاحظ هيرتز إنه عند سقوط الضوء على سطح معدن فإنه من الممكن أن يتم إقتلاع بعض الإلكترونات من سطح المعدن وتعتمد على تردد هذا الإشعاع وهذا ما يتعارض من النظرية الموجية للضوء التي تنص على (أنه يجب أن تكون الطاقة الممنوحة للإلكترون كبيرة بقدر ما تكون شدة الإشعاع كبيرة) . إن تفسير المفهوم الكهروضوئي قدمه أنشتاين (Einstein) عام 1905م ضمن نظرية إستخدمت مفهوم التكميم الذي كان قد طرحه الفيزيائي الشهير ماكس بلانك (Max Planck) عام 1900م يفترض النموزج الكمي إن تدفق شعاع كهرومغناطيسي ذو التردد يتألف من كمات . هذه الكمات هي أصغر كمية من الطاقة يمكن أن توجد مستقلة في الشعاع ويمكن ان تتفاعل مع المادة كوحده مستقلة وقد دعيت هذه الكمات من الطاقة بالفوتون photons يجب أن ينظر إلى الضوء على أنه ذو طبيعة مذدوجة فهو لا يمتلك خصائص موجية فقط وإنما يمتلك خصائص جسيمية وهو يتصرف أحياناً كموجة وأحياناً كجسيم[1،2،3].

1.6 شعاع الليزر

الليزر هو عبارة عن ضوء مضخم وحيد اللون شدته عالية ومركز في حزمة ضيقة وهو مصدر لتوليد الضوء المرئي وغير المرئي تصدره بقية مصادر الضوء الطبيعية والصناعية وكلمة Laser هي إختصار للأحرف الأولى لكلمات الجملة Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation والتي تعني تضخيم الضوء بالإنبعاث المستحث للإشعاع، حيث يقوم الليزر بتوليد نوع مميز من الضوء يختلف في خصائصه عن الضوء الإصطناعي الصادر من مختلف أنواع المصابيح الكهربائية. ويتميز ضوء الليزر بعده خصائص اهمها انه كامل الطاقة الضوئية تتركز في شعاع له مقطع عرض متناهي في الصغر قد لا يتجاوز في بعض أنواعه عدة مايكرومترات سريعة ولهذا فإنه يسير لمسافات طويلة محتفظاً بطاقته ضمن هذا الشعاع الرقيق.

وبما ان جميع الطاقة الضوئية التي يولدها الليزر تتركز ضمن هذا المقطع الصغير للإشعاع فإنه بالإمكان الحصول على شدة إضاءة قد تزيد بملايين المرات عن شدة الضوء الصادر من المصادر الأخرى أما الخاصية الثانية فهي ان ضوء الليزر يتكون من حزمة ضعيفة جداً من من الترددات لذا فهي تبدو للعين كضوء

أبيض يحتوي على جميع أنواع وألوان الطيف المرئي بينما يبدو ضوء الليزر للعين بلون واحد إلتقاء كاللون الأحمر والاخضر والأزرق[4].

1.7 مشكلة البحث

تتمثل مشكلة البحث في عدم وجود صيغة لشروط توليد الليزر وتضخيم الضوء في المواد النانوية .

1.8 الغرض من البحث

الغرض من هذا البحث إيجاد شروط التضخيم في جسيمات نانوية كروية ومكعبة.

1.9 الدراسات السابقة

أجريت دراسات عديدة لتوضح شروط تضخيم الضو وتوليد الليزر ففي دراسة أعتدها الباحثة عرفة أوضحت أن الضوء يمكن تضخيمه بشروط تعتمد على زمن الإسترخاء[5].

في بحث آخر أعده عبد الرحمن أوضح أنه إمكانية استخدام الموجة المستطيلة الدقيقة النانوية كخلية شمسية وتجويف لانتاج الليزر[6] .

وفي بحث آخر شارك فيه الباحث مبارك أثبت أن التضخيم الضوئي يعتمد على معامل الإحتكاك [7].

1.10 هيكلة البحث

هذا البحث يحتوي على ثلاثة أبواب ، حيث تناول الباب الأول المقدمة أما الباب الثاني فيختص بتفاعل الإشعاع مع المادة ، وكذلك الباب الثالث ففيه المساهمة النظرية.

الباب الثاني
الليزر والتضخيم الضوئى

2.1 المقدمه

ادى اكتشاف انشتاين لظاهرة الانبعاث المستحث لنظريه تضخيم الموجات الكهرومغنطيسيه نظريا .

وفي النصف الثاني من القرن العشرين تمكن العلماء من توليد ضوء مضخم اطلقوا عليه الليزر .

في هذا الباب سنستخدم معادلات الانبعاث والامتصاص لاستنباط معادله التضخيم.

2.2 تفاعل الضوء مع الماده

نجد ان تفاعل الاشعاع و الذرات والايونات مع الوسط المحيط بها كان مهملا ولكن اتضح ان موضوع تفاعل الاشعاع مع الماده واسع جدا وهنا سنقتصر علي بعض الظواهر المتعلقه بالاشعاع وهي اللتي نعني بها تفاعل الضوء مع الماده وهي عمليات الامتصاص واعاده الاشعه التي تقوم بها الذرات المعينه والنفاذيه من خلال الوسط والانعكاس والانكسار والانبعاث التلقائي.سوف نتناول كل ظاهره علي حدا .

2.3 الامتصاص والنفاذيه

عند انتقال الضوء من وسط ما الي وسط اخر فانه قد يمتص في هذا الوسط او ينفذ منه او الاثنين معا ومعرف بالعلاقه الاتيه :

$$I = I_0 e^{-\alpha x} \qquad (2.1)$$

$I \equiv$ شده الضوء النافذ

$I_0 \equiv$ شده الضوء الساقط

$\alpha \equiv$ معامل امتصاص الماده

$X \equiv$ سمك الماده

$e \equiv$ العدد النيبيري

2.4 الانعكاس

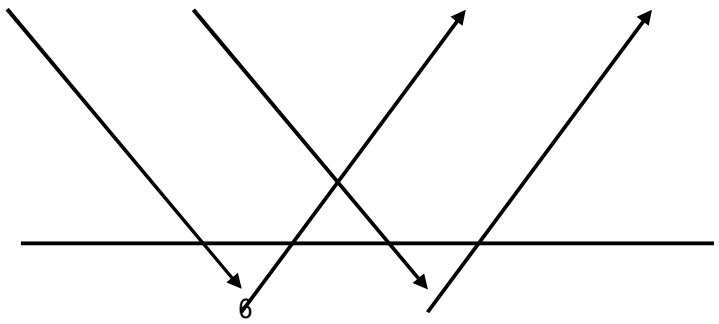
عند ما يعترض شعاع ضوء يتقدم في وسط معين حاجز وسط اخر فان جزء من الضوء الساقط سوف ينعكس . تكون الاشعه موازيه بعضها الى البعض الاخر ويكون اتجاه الشعاع المنعكس والشعاع الساقط في المستوى العمودي على السطح العاكس . ان انعكاس الضوء من مثل هذا السطح الاملس يطلق عليه الانعكاس المرآوي (البراق) لو كان السطح خشنا او محببا فان السطح لايعكس الاشعه كمجموعه متوازيه ولكن يعكسها اتجاهات مختلفه بسبب عدم الانتظام المجهري للسطح البيئي ويعتمد السطح المضبوط للانعكاس على تركيب السطح ويعرف الانعكاس من اي سطح خشن بالانعكاس المتشتت .

ان احد امثله للانعكاس المتشتت هو انعكاس لامبرت (Lam pertain reflection) الذي ينعكس الضوء فيه باضاءة متساويه في كل الاتجاهات ويعتبر الجسم الاسود مشع لامبرت مثالي [8].

ويمكن تعريف الانعكاس على انه هو عمليه ارتداد الضوء عن جسم ما او وسط اخر اي انه عندما يعترض شعاع ضوء يتقدم في وسط وهو نوعان :

1/انعكاس منتظم

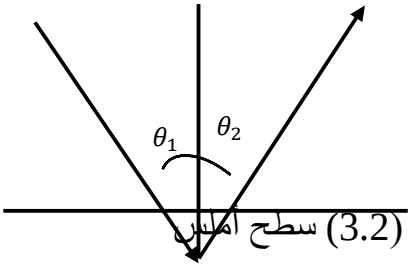
وهو ارتداد الضوء عن جسم املس كما موضح بالشكل الاتي :



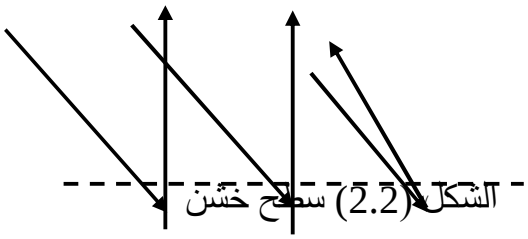
الشكل (1.2)إنعكاس منتظم

2/انعكاس غير منتظم

وهو ارتداد الضوء عن جسم خشن كما موضح في الشكل الاتي :



الشكل (3.2) سطح املس



الشكل (2.2) سطح خشن

حيث:

θ_1**زاويه السقوط:**وهي الزاويه المحصوره بين الشعاع الساقط والعمود المقام علي السطح

θ_2**زاويه الانعكاس:** وهي الزاويه المحصوره بين الشعاع المنعكس والعمود المقام علي السطح

العمود المقام: هو الخط الوهمي الذي يقع عند نقطه تلاقي الشعاع الساقط مع الشعاع المنعكس ويصنع زاويه مقدارها 90 مع السطح .

هنالك قوانين للانعكاس:

1. زاويه السقوط =زاويه الانعكاس
   أي أن $\theta_1 = \theta_2$
2. الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود المقام تقع في مستوى واحد

2.5 الانكسار

عندما يعترض شعاع ضوء يتقدم خلال وسط شفاف حدود وسط شفاف اخر فان جزء من الشعاع ينعكس وينفذ الجزء الأخر في الوسط الثاني ؛ان الجزء النافذ الي الوسط الثاني ينحني عند الحد ويطلق عليه قد انكسر (Reflected). حيث يقع

الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والشعاع المنكسر في المستوى نفسه .تعتمد زاويه الانكسار علي خواص الوسطين وعلى زاويه السقوط من خلال العلاقه التاليه :

$$\frac{\sin_{\theta_2}}{\sin_{\theta_1}} = \frac{V_2}{V_1} = constant \qquad (2.2)$$

اذ ان (V_1) هي انطلاق الضوء في الوسط الاول (V_2)هي انطلاق الضوء في الوسط الثاني . ان مسار شعاع الضوء خلال وسط كاسر يكون قابلا للانعكاس (reflection) .

2.5.1 معامل الانكسار

ان سرعه الضوء في اي ماده هي اقل من سرعته في الفراغ حيث يتقدم الضوء بسرعته العظمى في الفراغ ومن المناسب تعريف معامل انكسار وسط (n)ليكون النسبه:

$$n = \frac{\text{sped of light vacum}}{\text{speed of hight in medium}} = \frac{C}{V} \qquad (2.3)$$

اذا يمكن ان نوضح ان الانكسار : هو تغير في مسار الضوء عند مرور من وسط لاخر، حيث نجد ان معامل انكسار الوسط (n) ليس له وحده قياس واكبر من واحد لان (V) دائما اقل (C) وان (n) تساوي واحد في الفراغيتناسب معامل انكسار الماده تناسب عكسي مع سرعه الضوء في الوسط كما موضح في العلاقه الاتيه :

$$n \propto \frac{1}{V} \qquad (2.4)$$

$$\therefore n = \frac{C}{V} \qquad (2.5)$$

حيث:

$C \equiv$ سرعه الضوء في الفراغ

$V \equiv$ سرعه الضوء في الوسط

$n \equiv$ معامل انكسار الوسط

نلاحظ انه:

1/ اقل وسط كثافه هو الهوا ء معامل انكساره يساوي 1

اذن سرعه الضوء في الهواء اكبر سرعه ممكنه من اي وسط اخر اذن (V<C)اذا سرعه الضوء في اي وسط غير الفراغ هي اقل من (3×10^8)يعني اقل من (C>V)

2/ دائما معامل الانكسار اكبر من 1

$$V < C \qquad (2.6)$$

$$n > 1$$

2.5.2 قوانين الانكسار

عندما يتقدم الضوء من وسط لاخر فان تردده لا يتغير ولكن يتغير طوله الموجي .ولذلك نجد العلاقه ($V = f\lambda$)صحيحه في كل الوسطين ولان ($f_1 = f_2 = f$) ونجد ان:

$$V_1 = f\lambda_1 \qquad V_2 = f\lambda_2 \qquad (2.7)$$

ولأن $V_2 \neq V_1$ وينتج أن $\lambda_1 = \lambda_2$

يمكننا الحصول على علاقه بين معامل الانكسار والطول الموجي من خلال قسمه المعادله (2.7) ومن ثم إستعمال المعادلة :

$$n = \frac{C}{\lambda} \qquad (2.8)$$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{c/n_1}{c/n_2} = \frac{n_1}{n_2} \qquad (2.9)$$

وهذا يعطينا : $n_1\lambda_1 = n_2\lambda_2$ فراغاً .

فلو كان الوسط (1)فراقاً او لكل الاغراض العلميه هواء فان ($n_1 = 1$) وبذلك يتضح من المعادله (1)ان معامل انكسار اي وسط يمكن التعبير عنه كالاتي :

$$n = \frac{\lambda}{\lambda_n} \qquad (2.10)$$

اذ ان (λ) هو الطول الموجي للضوء في الفراغ وان (λ_n) هو الطولالموجي في الوسط ذي معامل الانكسار (n) لان n>1 فإن $\lambda_n < \lambda$

يمكننا الان التعبير عن المعادلـه $\left(\frac{\sin_{\theta_2}}{\sin_{\theta_1}} = \frac{V_2}{V_1} = constant\right)$فلو استبدلنا الحد (V_2/V_1) في المعادله $\left(\frac{\sin_{\theta_2}}{\sin_{\theta_1}} = \frac{V_2}{V_1}\right)$ مع (n_2/n_1) من المعادله(2.9) :

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{c/n_1}{c/n_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

سنحصل علـوان الاكتشـاف العلمـي لـهذه العلاقـه سـجل باسم ويلـي بـرود اسـنل التـي اطلق عليها **قانون اسنل** [8].

حيث:

$n_1 \equiv$ معامل انكسار الوسط الاول

$n_2 \equiv$ معامل انكسار الوسط الثاني

$\theta_1 \equiv$ زاويه السقوط

$\theta_2 \equiv$ زاويه الانكسار

عند انكسار الضوء يحدث الاتي:

1. لا يتغير تررده
2. يتغير طوله الموجي حسب العلاقه الاتيه [9]

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{v}{f}$$

2.6 الامتصاص

مـن المعـروف انـه تبقـى الـذره فـي الحالـه الارضـيه ان لـم يكـن هنالـك مـا يسـب اثارتـهـا او تهيجهـا وقـد يـتم تحريضـهـا عـن طريـق تشـعيعها بطاقـه اشـعاع كهـرو مغنطيسي ذي تردد معين يكفي لان ينقل الذره من المستوى الارضـي الـي مستوى الطاقـه المطلـوب ان لهـذه العمليـه احتماليـه محـدوده للـذره لكـي ترتقـي للمسـتوى المطلوب بالرغم من توفر الاشعاع بالتردد المناسب وان هذه الاحتماليـه لاتعتمد فقط علـى طاقـه المسـتوييين المعنيـين بعمليـه الامتصـاص وانمـا ايضـاعلي شـدة الاشـعاع

الساقط وكما هو الحال في الانبعاث والذي غالبا ما يدعى بعمليه الامتصاص سالبه او عمليه امتصاص باتجاه معكوس.

لنفرض الان الذره موجوده في البدايه في المستوى الاول (1)فاذا كان هذا المستوى هو المستوى الارضي للذره فسوف تبقى الذره في هذا المستوى مالم يؤثر عليها محفز خارجي.

ولان نفرض ان موجه كهرومغنطيسيه لها تردد محدد سقطت علي الماده ففي هذه الحاله هنالك احتماليه معينه لانتقال الذره الي المستوى الثاني (2)ان فرق الطاقه (E_2-E_2) اللازمه لهذا الانتقال تحصل عليها الذره من الموجه الكهرومغنطيسيه الساقطه وهذه تمثل عمليه الامتصاص.

ويمكن ان نعرف معدل الامتصاص (ω_{21}) بالمعادله :

$$\frac{dN_1}{dt} = -\omega_{21}N_1 \qquad (2.11)$$

حيث :

$N_1 \equiv$ عدد الذرات في وحده الحجم الموجوده في زمن معين في المستوى الاول (E_1)[1].

ومن الملاحظ ان الامتصاص عمليه مهمه لحدوث الانبعاث ،اذ تضخ الطاقه الى الجهاز الذري عن طريق امتصاصها وكذلك من دون عمليه الامتصاص لايكون لدينا مصادر للاشعاع الكهرومغنطيسي تعما وفق مبادئ الفيزياء الحديثه [10].

2.7 الانبعاث التلقائي (الذاتي)

ان الانبعاث التلقائي هو انبعاث عشوائي يفيد في عودة المنظومه المتهيجه الى حالة الاستقرار حتى عند عدم وجود انبعاث محتث اذا ان هنالك متوسط زمني تمكث فيه الذره المتهيجه يسمى عمر الحاله تعود بعده الى حالتها الطبيعيه نفترض وجود عدد من الذرات في احدى مستويات الطاقه وليكن (E_1) يقع تحت مستوى طاقه اخر (E_2) حيث $(E_1 < E_2)$ فعند امتصاص فوتون طاقته $(hf = E_2 - E_1)$ تنتقل الذرات من المستوى الادنى فتنبعث فوتونات عشوائيه الطاقه والاتجاه والطور عبر الانتقال التلقائي بافتراض وجود (N_2) من الذرات في مستوى

الطاقه الاعلي E_2 التي تسترخي الى مستوى الطاقه الادنى E_1عن طريق الانتقال التلقائي بمعدل يتناسب مع (N_2).

$$\frac{dN_2}{dt} \propto N_2 \qquad (2.12)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = -A_{21}N_2 \qquad (2.13)$$

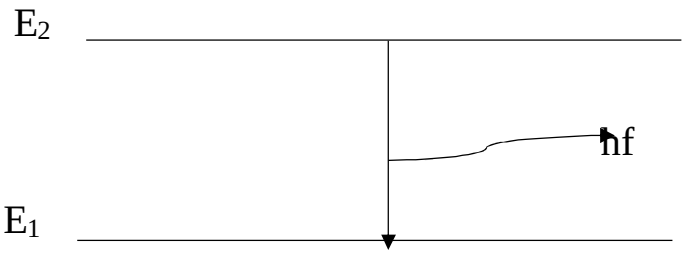
حيث (A_{21}) هي احتماليه الانبعاث التلقائي او معدل الانبعاث التلقائي في المستوى الاعلىE_2 اما العلامه (-) في المعادله السابقة فتبين ان معدل تغير (N_2)هو مقدار سالب اي ان (N_2) في حاله تناقصوبالامكان كتابه (A_{21}) بدلاله عمر الانبعاث التلقائي (t Spont) حيث :

$$A_{21} = \frac{1}{t\ spont} \qquad (2.14)$$

وهذا التناسب المعكوس يدل على ان متوسط زمن المكوث في الحاله العاليه من الطاقه كان طويلا فان احتمال الانبعاث يكون قليلا اي ان عمر الحاله يتناسب عكسيا مع احتمال الانتقال [11].

اي ان اذا كان لدينا منظومه ذريه تتكون من مستويين مستوى ادنى (E_1)و اعلى (E_2) وان هنالك ذرات في المستوى الاعلى (E_2) نجدها تنتقل تلقائيا من المستوى المثار الاعلى (E_2)الى المستوى الارضي الادنى (E_1)بحيث الفرق في الطاقه بين المستويين يصدر في شكل فوتون[4].

وهذا الفوتون ليس له اتجاه معين كما موضح بالشكل :



الشكل (4.2)احتمال حدوث الانبعاث التلقائي

2.8 الإنبعاث المستحث Stimulated Emission

يحدث عندما تكون الذرة في مستوى الإثارة وتستطيع الإنتقال إلى المستوى الأرضي عند إصطدامها بفوتون يسقط على الذرة هذا الشرط يحفظ الذرة في المستوى الأعلى للإنتقال إلى المستوى الأدنى مما يردي إلى إنبعاث فوتون جديد مماثل لفوتون الإنبعاث التلقائي في التردد والطور .

وإذا كان عدد الذرات في مستوى الإثارة E_2 والتي تستطيع الإنتقال إلى المستوى الأرضي E_1 بتاثير فوتون خارجي فإن الذرة تولد فوتون آخر بموجب العلاقة :

$$hf = E_2 - E_1 \qquad (2.15)$$

ولابد أن يتم ذلك وفوق إحتمالية معينة لأن الفوتون سيحث الإلكترونات على الإنتقال إلى المستوى الأرضي بإسلوب الإنبعاث المستحث حيث يتناسب الإنبعاث المستحث مع شدة المجال المسلط في حين أن الإنبعاث التلقائي لا يعتمد على الإنتقال من E_1 إلى E_2ويعطى معدل الإنبعاث المستحث للإنتقال بالعلاقة التالية:

$$\frac{dN_2}{dt} = -\omega_{12} N_2 \qquad (2.16)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = -B_{21} N_2\, p \qquad (2.17)$$

حيث :

$B_{21} \equiv$ إحتمالية الإنبعاث المستحث

$N_2 \equiv$ عدد الذرات في مستوى الإثارة E_2

$p \equiv$ كثافة الإشعاع

2.9 التضخيم الضوئي

إنه إذا سقط ضوء شدته I_0 على الوسط فإن شدته تزيد إلى I عند المسافة Z داخل الوسط كما موضح حسب الصيغة :

$$I = I_0 e^{BZ} \qquad (2.18)$$

حيث:

$B \equiv$ معامل التضخيم

إذا كان هنالك ضوء يحتوي على كثافة إشعاعية P ساقطاً على وسط معدل إلكتروناته المغادرة مستوى الطاقة الاول يعطى بواسطة B_{12} بينما معدل الإلكترونات القادمة من مستوى الطاقة E_2 إلى مستوى الطاقة E_1 بواسطة الإنبعاث التلقائي يعطى $A_{21}N_2$، $B_{21}N_2$ على التوالي لذلك معدل تغير الإلكترون في المستوى الأول يعطى بالمعادلة:

$$\frac{dN_1}{dt} = (-B_{12}N_1 + B_{21}N_2)P + A_{21}N_2 \qquad (2.19)$$

كذلك معدل التغير للإلكترون في المستوى الثاني E_2 يعطى بالآتي :

$$\frac{dN_2}{dt} = (B_{12}N_1 - B_{21}N_2)P - A_{21}N_1 \qquad (2.20)$$

عند الإتزان تكون عدد الذرات N_2 في مستوى الطاقة الثاني ثابت لذلك فإن معدل التغير لـ N_2 يتلاشئ أي ان :

$$\frac{dN2}{dt} = 0 \qquad (2.21)$$

فإن المعادلة :

$$\frac{dN_2}{dt} = (B_{12}N_1 - B_{21}N_2)P - A_{21}N_1 \qquad (2.22)$$

تصبح:

$$(B_{12}N_1 - B_{21}N_2)P - A_{21}N_1 = 0 \qquad (2.23)$$

إذا كان:

$$B_{12} = B_{21} = B$$

فإن:

$$\mathrm{PB}(N_1 - N_2) = A_{21}N_1 \qquad (2.24)$$

من ناحيه اخرى معدل انتقال الالكترون يساوي:

$$-\frac{dN_2}{dt}\, A\, \Delta\, Z \qquad (2.25)$$

من المستوى الثانيE_2يساوي معدل انبعاث الفوتون :

$$\frac{\Delta I}{hf}\, A \qquad (2.26)$$

خلال المسافة A

$$-\frac{dN_2}{dt}\, A\, \Delta\, Z = \frac{\Delta I}{hf}\, A \qquad (2.27)$$

بالرجوع الي المعادلـه أعـلاه واهمـال عمليـه الانبعـاث الذاتي نتحصـل علـي المعادلـه الاتيه

$$(B_{12}N_1 - B_{21}N_2)PA\, \Delta\, Z = \frac{\Delta I}{hf}\, A \qquad (2.28)$$

لكن : I = PC

إذاً أن :

$$(B_{12}N_1 - B_{21}N_2)\frac{IA\, \Delta\, Z}{C} = \frac{\Delta I}{hf}\, A \qquad (2.29)$$

بإعتبار أن:

$$B_0 = B_{21} = B_{12}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta Z} = \frac{dI}{dZ} = B(N_2 - N_1)\frac{hfI}{c} \qquad (2.30)$$

أيضاً:

$$\int \frac{dI}{I} = B(N_2 - N_1)\frac{hf}{c}\int dZ \qquad (2.31)$$

$$lin\ I = B(N_2 - N_1)\frac{hf}{c} + C_0 \qquad (2.32)$$

$$I = I_0 e^{B(N_2 - N_1)\frac{hf}{c}\mathrm{Z}} \qquad (2.33)$$

بمقارنة المعادلة:

$$I = I_0 e^{BZ}$$

مع المعادلة:

$$I = I_0 e^{B(N_2 - N_1)\frac{hf}{c}\mathrm{Z}}$$

يمكن إيجاد معامل التضخيم B الذي يعطى بالعلاقة

$$B = B_0(N_2 - N_1)\frac{hf}{c} \qquad (2.34)$$

استناداً على المعادله:

$$I = I_0 e^{B(N_2 - N_1)\frac{hf}{c}\mathrm{Z}}$$

فانIتزيد عند دخول الاشعاع اكثر داخل الوسط عندما :

$$B(N_2 - N_1)\ \frac{hf}{c} > 0 \qquad (2.35)$$

$$N_2 > N_1$$

الذي يعني أن سكانN_2 في المستوى الأعلى E_2 سيصبح أكثر من عدد سكان للمستوى السفلى E_1 هذا الشرط يسمى الإنقلاب السكاني [12] [13].

2.10 إمتصاص وإنبعاث الفوتون من جسيم في صندوق:

عند التعامل مع منظومة كمية تخضع مستويات الطاقة لجسيمات المنظومة لمعادلة شرودنجر :

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\psi + V\psi = E\psi \qquad (2.36)$$

حيث:

$\psi \equiv$ دالة الموجة

$V \equiv$ طاقة الوضع

فإذا أردنا وصف سلوك أي جسيم داخل صندوق بعده L وطاقة وضعه V_0فإن معادلة شرودنجر له ستكون في الصيغة :

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\psi + V_0\psi = E\psi \qquad (2.37)$$

ويمكن حل المسألة بوضع :

$$\psi = A\ sin\ \alpha x + B\ cos\ \alpha x \qquad (2.38)$$

$$\nabla^2\psi = -\alpha^2\psi \qquad (2.39)$$

$$\left(\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + V_0\right)\psi = E\psi \qquad (2.40)$$

$$\alpha = \frac{1}{\hbar}\sqrt{2m(E - V_0)} \qquad (2.41)$$

لإيجاد A,B يمكن الإستفادة من حقيقة أن :

$$\psi = (x = 0) = 0 \qquad \psi = (x = L) = 0$$

لأن الجسيم لايوجد خارج الصندوق فينعدم إحتمال وجود $|\psi|^2$

$$\psi(x = 0) = A\ sin\ 0 + B\ cos\ 0 = B = 0 \qquad (2.42)$$

$$\psi = (x = L) = A\ sin\ \alpha L = 0 \qquad (2.43)$$

$$\alpha L = n\,\pi$$

$$n = 0,1,2, \ldots \ldots$$

$$\frac{1}{\hbar} = \sqrt{2m(E - V_0)} = \frac{n\,\pi}{L} \qquad (2.44)$$

$$E_n = \frac{n^2\pi^2\hbar^2}{2mL^2} + V_0 \qquad (2.45)$$

2.11 علــم النانــو

كلمة النانو هي بادئة منحوتة من اللغة اليونانية القديمة وتعني قزم (Nano) وفي مجال العلوم يعني النانو جزءا من مليار (جزء من ألف مليون) فمثلا نانو ثانية (وحدة لقياس الزمن تعني واحدا على مليار من الثانية الواحدة، وبالمثل يستخدم النانومتر كوحدة لقياس أطوال الأشياء الصغيرة جدا التي لا ترى الا تحت المجهر(ميكروسكوب)الكتروني. وتستخدم هذه الوحدة للتعبير عن ابعاد أقطار ومقاييس ذرات وجزيئات المواد المركبة والجسيمات المجهرية مثل البكتريا والفايروسات، والنانو متر الواحد يساوي جزءا من الف مليون (مليار) جزء من المتر و بتعبير آخر فأن المتر الواحد يحتوي على مليار جزء من النانو متر وللمقارنة فأن النانو متر الواحد يعادل قياس طول صف مكون من 13 ذرة من ذرات غاز الهيدروجين اذا ما تخيلنا أنها وضعت متراصة بعضها بجوار البعض .يبلغ مقياس أطوال بكتريا الكوليرا نحو 1 ماكروميتر وهو ما يعادل 1000 نانو متر.

2.11.1 المواد النانوية

يمكننا تعريف المواد النانوية Nanomaterial بأنها تلك الفئة المتميزة من المواد المتقدمة التي يمكن انتاجها بحيث تتراوح مقاييس أبعادها او ابعاد حبيباتها الداخلية بين 1 نانومتر و 100 نانومتر، وقد ادى صغر احجام ومقاييس تلك المواد الى ان تسلك سلوكا مغايرا للمواد التقليدية كبيرة الحجم التي تزيد ابعادها على 100 نانومتر وان تتوافر بها صفات وخصال شديدة التمييز لا يمكن ان توجد مجتمعة في المواد التقليدية.

وتعد المواد النانوية هي مواد البناء للقرن الحادي والعشرين ولبناته الأساسية والركن المهم من اركان تكنولوجيات القرن الحادي والعشرين (تكنولوجيا النانو تكنولوجيا الحيوية، تكنولوجيا المعلومات والاتصالات) والتي تعتبر معيارا لتقدم وحضارة الأمم ومؤشرا لنهضتها. هذا وتتنوع المواد النانوية من ناحية المصدر ،حيث تختلف باختلاف نسبها،كأن تكون مواد عضوية أو غير عضوية او مواد طبيعية أو مخلَّقة. هذا وتعد جميع انواع المواد الهندسية المعروفة مثل العناصر الفلزية وسبائكها(Metal and Metal Alloys) ، أشباه الموصلات

Semiconductors، والأكاسيد والمعادن Oxides and metals ، وكذلك في هذا القرن وتعزيز الأداء على نحو فريد غير مسبوق.

وبينما يبدو تعريف علم النانو أمرا سهلاً فان وضع تعريف محدد لتكنولوجيا النانو يُعد أمرا أكثر صعوبة ،وذلك نظرا لتشعبها ودخولها في المجالات التطبيقية المختلفة، حيث أن كلا من هذه المجالات ينظر الى هذه التكنولوجيا من وجهة النظر الخاصة به وعامة فان تكنولوجيا النانو يمكن تعريفها بأنها تلك التكنولوجيا المتقدمة القائمة على تفهم ودراسة علم النانو والعلوم الأساسية الأخرى تفهما عقلانيا وإبداعيا مع توافر المقدرة التكنولوجية على تخليق المواد النانوية والتحكم في بنيتها الداخلية عن طريق أعادة هيكلة وترتيب الذرات والجزيئات المكونة لها مما يضمن الحصول على منتجات متميزة وفريدة توظف في التطبيقات المختلفة .وبهذا اضحت تكنولوجيا النانو بمنزلة بحر علمي مترامي الأطراف تمتاز مياهه الساخنة بالإنجازات العلمية المثيرة بالمياه العذبة لينابيع العلوم الأساسية والهندسية والطبية وغيرها من أفرع العلم والمعرفة .

ولم تكن لتكنولوجيا النانو أن تبلغ ما وصلت اليه اليوم ألا من خلال اختراع وابتكار عدة تقنيات فريدة كان من شأنها أن تمكن تلك التكنولوجيا من التحكم في البنية الجزئية Molecular Structureالتلاعب بذرات المادة وتصميمها وفق البوليمرات Polymersتعد بمنزلة المواد الأولية التي تعتمد عليها تكنولوجيا النانو في تحضير وإنتاج المواد والاجهزة النانوية وتمنح المادة الصفة (النانوية)أذا ما كانت مقاييس أحد أبعادها – بعد واحد على الأقل – ما دون 100نانو متر.

2.11.2 علم النانو وتكنولوجيا النانو

ربما لم تحظ أي تكنولوجيا سابقة بأهتمام وترقب كمثل الذي حظيت به تكنولوجيا النانو Nanotechnology التي تعد وبحق تكنولوجيا القرن الحادي والعشرين، والمفتاح السحري للتقدم والأنماء الاقتصادي المبني على العلم والمعرفة.

فعلم النانو يقصد به ذلك العلم الذي يعتني بدراسة وتوصيف مواد النانو وتعيين خواصها وخصالها الكيميائية والفيزيائية ، والميكانيكية مع دراسة الظواهر المرتبطة الناشئة عن تصغير أحجامها .وغني عن البيان أن تصغير أحجام ومقاييس المواد الى مستوى النانو متر ليس هدفا بحد ذاته بل هو فلسفة علمية راقية و انقلاب نوعي وعلمي على كلاسيكيات وثوابت النظريات الفيزيائية والكيميائية ،يهدف الى انتاج فئة جديدة من المواد تعرف باسم المواد النانوية لتتناسب خواصها المتميزة مع متطلبات التكنولوجيا المتقدمة للغرض التطبيقي المراد .وانطلاقا من هذا المفهوم فأن تطبيقات تكنولوجيا النانو لا تقتصر على فرع واحد بعينه من أفرع العلوم أو الهندسة أو الطب، بل تمتد تطبيقاتها لتشمل جميع الفروع والتطبيقات.

يخطأ من يتصور أن تكنولوجيا النانو هي مجرد أداة أو وسيلة للحصول على منتج متميز، ولعل من الانصاف ان تعرف بانها ارقى من هذا بكثير ،فكما ذكرنا من قبل انه في غياب تلك التكنولوجيا وتقنياتها ما كان لنا ان نحقق تلك الطفرات الجبارة والقفزات العملاقة في دنيا عالم الاتصالات والمعلومات وما كان لنا ان نتبحر لنسبح في المياه العميقة للهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية .في غياب تكنولوجيا النانو لم يكن للعالم ان يحقق تلك الانجازات المتلاحقة في عالم الطب والدواء ومكافحة السرطان ودحره في مرقده ،كما لم يكن ممكنا لنا ان نطوع ذرات المواد الكيميائية لان تبحر خلال الشرايين الدموية متخذة في ذلك قواربها من كرات الدم الحمراء حتى تصل الى الخلايا الغليلة في الجسم كي تقدم لها الامل والعلاج ، لم يكن في استطاعة العالم ان يتحدث عن امكان توظيف الخلايا الشمسية وتصنيع بطاريات الهيدروجين لولا تلك الوثبات التكنولوجية الرائدة التي سخرتها لنا تكنولوجيا النانو [14،15،16].

الباب الثالث

شروط التضخيم الضوئي لكرات ومكعبات نانوية

3.1 المقدمة

نسبة لإنتشار تطبيقات النانو لذا وجب التعرف على شروط التضخيم الضوئي لجسيمات نانوية وهذا ما سيفعله هذا الباب بإستخدام معادلات شرودينجر الكمية .

3.2 طاقة الفوتون لجيسم في صندوق وكره

إذا كان الجسيم في صندوق فإن طاقته تساوي حسب المعادلة ....

$$E_n = \frac{n^2\pi^2\hbar^2}{2mL^2} + V_0 = \frac{n^2\pi^2\hbar^2}{8\,mL^2} + V_0 \qquad (3.1)$$

$$E_n = \frac{n^2\pi^2\hbar^2}{8\,mL^2} + V_0 \qquad (3.2)$$

وعند إنتقال الجسيم من المستوى n+1 إلى المستوى n فإنه يشع فوتون طاقته :

$$hf = E_{n+1} - E_n = \frac{[(n+1)^2 - n^2]\hbar^2}{8\,L^2m} \qquad (3.3)$$

$$= \frac{[n^2 + 2n + 1 - n^2]\hbar^2}{8\,L^2m} = \frac{[2n+1]\hbar^2}{8\,L^2m} \qquad (3.4)$$

حيث f تمثل تردد الفوتون .

ويمكن الحصول على صيغة الطاقة لجسيم داخل كرة نصف قطرهاa بإستخدام معادلة شرودنجر في الإحداثي الكروي في الصيغة:

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2\psi}{\partial r^2} = (E - V_0)\psi \qquad (3.5)$$

ويكون الحل في الصيغة :

$$\psi = A\,sin\,\alpha r + B\,cos\,\alpha r \qquad (3.6)$$

وبتعويض هذه المعادلة في المعادلة $\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2\psi}{\partial r^2} = (E - V_0)\psi$ نحصل على :

$$\frac{\hbar^2}{2m}\alpha^2\psi^2 = (E - V_0)\psi \qquad (3.7)$$

$$\alpha = \frac{1}{\hbar} = \sqrt{2m(E - V_0)} \qquad (3.8)$$

وبتطبيق شرط إنعدام وجود الجسيم خارج الكره عند r = a حيث أن :

$$A\ sin\ \alpha\ a + B\ cos\ \alpha\ a = 0 \qquad (3.9)$$

$$A\ sin(-\alpha\ a) + B\ cos\ (-\alpha\ a) = 0 \qquad (3.10)$$

ولكن :

$$sin - \alpha\ a = -\ sin\ \alpha\ a$$

$$cos\ -\alpha\ a = -cos\ \alpha\ a$$

إذن من المعادلتين أعلاه نحصل على :

$$-A\ sin\ \alpha\ a + B\ cos\ \alpha\ a = 0 \qquad (3.11)$$

ومن المعادلة $A\ sin\ \alpha\ a + B\ cos\ \alpha\ a = 0$

نجد:

بالجمع:

$$-A\ sin\ \alpha\ a + B\ cos\ \alpha\ a = 0$$

$$\underline{A\ sin\ \alpha\ a + B\ cos\ \alpha\ a = 0}$$

$$2B\ cos\ \alpha\ a = 0 \qquad (3.12)$$

وعليه تصبح B = 0، بتعويض قيمة B نحصل على:

$$A\ sin\ \alpha\ a = 0 \qquad (3.13)$$

ويتطلب حل هذه المعادلة أن تكون:

$$\alpha\, a = n\,\pi$$

$$\alpha = \frac{n\,\pi}{a} \tag{3.14}$$

وبالتعويض ينتج أن:

$$E_n = E = \frac{\hbar^2 \alpha^2}{2m} + V_0 \tag{3.15}$$

$$= \frac{n^2 \pi^2 \hbar^2}{2m\, a^2} + V_0 \tag{3.16}$$

$$E_n = \frac{n^2 \pi^2 \hbar^2}{2m\, a^2} + V \tag{3.17}$$

وعليه تكون طاقة الفوتون الذي بنتقل من n + 1 إلى n هي :

$$hf = E_{n+1} - E_n \tag{3.18}$$

$$= \frac{[(n+1)^2 - n^2]\hbar^2}{8\, m\, a^2} \tag{3.19}$$

3.3 علاقة التضخيم بالبعد النانوي :

من المعادلة :

$$hf = \frac{(2n+1)\hbar^2}{8\, m\, L^2} \tag{3.20}$$

$$B = B_0 (N_0 - N_1) \frac{hf}{c} \tag{3.21}$$

$$\therefore B = B_0(N_0 - N_1)\frac{(2n+1)\hbar^2}{8\,L^2 mC} \qquad (3.22)$$

$$B = B_0\frac{\left[\left(N_2(2n\hbar^2 + n^2)\right) - \left(N_1(2n\hbar^2 + n^2)\right)\right]}{8\,m\,L^2 C} \qquad (3.23)$$

هذه المعادلة هى التي تمثل علاقة معامل التضخيم بالبعد النانوي .

3.4. المناقشة

بالنظر للمعادله (3.2) يتضح ان طاقه الفوتون المنبعث تعتمد على طول ضلع المكعب والعدد الكمي المداري والكتله ,حيث تزيد طاقه الفوتون المنبعث بزياده العدد الكمي . اما
بالنسبه للجسيم الكروي فان طاقه الفوتون المنبعث تتناسب طرديا مع العدد الكمي المداري وعكسيا مع نصف قطر الكره حسب المعادله (3.19)
وبتعويض قيمة طاقه الفوتون للجسيم في صندوق من المعادله (3 . 4)
في معادله التضخيم (2.34)

فان معامل التضخيم في المعادله (3.23) يتضح ان التضخيم الضوئي يجسيم في صندوق يمكن زيادته بزياده العدد الكمي المداري وبتقليل حجم المكعب وتقليل كتلة الجسيم المولد للضوء الليزري

قد وضح هذا البحث امكانيه ايجاد معامل التضخيم (التكبير الضوئي)والعلاقه بين معامل التضخيم والبعد النانوي .

الخاتمــة

نحن لا نتكلم عن خيالات علمية وأحلام بل نتحدث عن واقع بدأ الإنسان التدريب عليه منذ اكثر من ألالاف السنين وأصبح التطور فيه مزهلاً وفريداً ليكون علماً نافعاً يستفاد منه . ومن هنا إنطلقت الفكرة في إستخدام معادلات لإيجاد معادلات ومعاملات أخرى .

ونسأل الله الإعانة والسلام وان يتقبل منا جميعاً .

3.6 التوصيات

- يجب الإهتمام بالنظريات في الفيزياء وتحديث لها بقدر المستطاع .
- تأهيل معامل الليزر بتوفير الدعم المتاح لتنفيذ التجارب والإيتفادة من الليزر.
- المشاركة في السمنارات الإجتماعية والداخلية والخارجية لإكتساب الخبرات في تطور علم الفيزياء .

المصادر والمراجع

[1] Serwy jewett, (2004), Physics for scientists and Engineers, town son, Books.

[2] Mario Bertolotti, (2005), the Histor of the Laser, lop puplising Ltd,.

[3] محمد احمد الزوباني، ورقة علمية : تصميم وبناء ليزر صلب مضخوخ بدايودات ليزرية ، المعهد العالي لبحوث الليزر وتطبقاته ، جامعة دمشق

[4] أورازيو زفلتو ، صبيحة شريف عبد الله ، منعم مشكور،(1988م)، مبادئ الليزرات ، الطبعة الثانية ، مديرية دار الكتب ، الموصل .

[5] Arfa.A etal, sep (2012) I JSEAS,V.2, I(a),

[6] Abel Rahman, A. H etal, march (2012) Natural and Medical scienes, SUST, vol. 13 (Nms No-1).

M. Drar, The.J of in Scien and Eng Research I(3) Nov

[7](2016).

[8] غازي ياسمين القيس ،(2009م) ، أساسيات البصريات والليزر، دار الميسرة ، عمان ، الأردن .

[9] حسن راشد نزال (2006)، البصريات الهندسية ، دار اليازودي ، عمان ، (الأردن).

[10] سهام عفيف قندلا(1992)، الأسس الفيزيائية وبعض التطبيقات العلمية ، دار الشئون الثقافية العامة، بغداد.

[11] محمد مصطفى كامل ، (1989م) ، ضوئيات الكم والليزر ، الجامعة العربية، بغداد .

[12] مجاهد محمد عبد الوهاب (2000)، ورقة علمية بعنوان المنابع والكواشف الضوئية المستخدمة في أنظمة الإتصالات .

[13] المهدي علي الحاج احمد (2011)، ورقة علمية بعنوان : دور الطور بين المجال الكهربي الخارجية والداخلي في تضخيم الموجة .

[14] محمد هاشم البشير محمد،(2010)، تكنولوجيا النانو القاهرة .

[15] محمد الصالحي ، مقال عن عالم النانو .

[16] عبد الله بن صالح الضويان ، و محمد بن صالح الصالحي ،(2007م)، مقدمة في تقنية النانو ، جامعة الملك سعود ،السعودية .