بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا
كـــلية الدراســـات العـــليا
ماجستير الفيزياء العامة

بحث تكميلي لنيل درجة الماجستير فى الفيزياء العامة
بعنوان:

# أثر تغير الحجم النانوي لحبيبات أكسيد النيكل على معامل الامتصاص

# The Effect of change of NiO Particles Nanosize on Absorption Coefficient

**إعداد الدارسة:**

**رنده يحيى جعفر إبراهيم**

**إشراف:**

**أ.د. مبارك درار عبد الله**

نوفمبر 2016م

بسم الله الرحمن الرحيم

# الآية

ٹ ڈ

چ ہ ھ ہ ھھ ے ے ۓ ۓ ڭڭ ڭ ڭ ۇۇ ۆ ۆ ۈ

ۈ ۇ ۋ ۋ و و ۋ ۉ ې ې ۑ ۑ ئا ئا ئەئە ئو ئو ئۇئۇ

ئۆ ئۆ ئۈ ئۈ ئۇئې ئې ئى ئى ئدى ى ى ی ی چ

صدق الله العظيم
سورة النور، الآية (35)

# الإهداء

....اهدي ....

نجاحي وباقة ورد معطر الي.....

من ساهم في وصولي لهذا النجاح .....

الي من علمني شئيا جديداً وغذي فكري بالعلم والمعرفة

الي كل اساتذة كلية العلوم

الي من جرع الكأس فارغا ليسقيني قطرة حب .... الي من كلت أنامله ليقدم لنا لحظة سعادة

الي من حصد الأشواك عن دربي ليمهد طريقي..... الي القلب الكبير

**((أبـــــــــــي))**

الي من أرضعتني الحب والحنان .. الي رمز الحب وبلسم الشفاء .. الي القلب الناصع بالبياض

**((أمـــــــــــي))**

الي سندي وقوتي ملاذي بعد الله ..الي من علموني علم الحياة .. الي من أظهرو لي ماهو

أجمل من الحياةكـلمةشـكر

**(( اخـــــــــــوتي))**

الي من كانو ملاذي و ملجئ ... الي من تذوقت معهم أجمل اللحظات ...

الي من سافتقدهم ..... واتمني ان يفقدوني

الي من جعلهم الله أخوتي في الله .... ومن احببتهم في اللة

((اصـــــــــــدقائي و زمـــــــــــلائي ))

# الشـكر والتقدير

لابد لنا ونحن نخطو خطواتنا الأخيرة في الحياة الجامعية من وقفة نعود الي اعوام قضيناها في رحاب الجامعة مع أستاذتنا الكرام الذين قدموا لنا الكثير باذلين بذلك مجهوداً كبيراً في بناء جيل

الغد لتبعث الأمة من جديد.....

وقبل ان نمضي نقدم أسمي أيات الشكر والامتنان والتقدير والمحبة الي الذين حملو أقدس رسالة في الحياة ... الي الذين مهدو لنا طريق العلم والمعرفة ....الي جميع أساتذتنا الأفاضل ....

" كن عالما..... فأن لم تستطع فكن عالما ... فأن لم تستطع فأحب العلماء فإن لم تستطع فلا تبغضهم "

وأخص بالتقدير والشكر:

البروفيسور/**مبارك درار عبد الله**

لمساعدتي علي أتمام هذا البحث بصورته النهائية

## المستخلص

يعتبر علم النانو من العلوم المهمة التي تهتم بتغيير الخواص الفيزيائية للمادة النانوية . لذا اهتمت هذه الدراسة بدراسة تغيير الخواص الضوئية لحبيبات نانوية من أكسيد النيكل بأحجام وأبعاد نانوية مختلفة هي: 173 nm, 107nm, 93nm, 85nm ووجد أن معامل الإمتصاص يزيد بزيادة الحجم النانوية متخذاً القيم 0.176, 0.154, 0.132, 0.044 على الترتيب كما تقل طاقة الفجوة بزيادة الحجم النانوي حيث تتخذ القيم 2.1 ev, 2.2ev, 2.2ev, 2.26ev على الترتيب.

# Abstract

Nano Science is one of the important sciences that concerned with the change of physical properties of nano material. Therefore this study is concerned with studying the change of optical properties of Nio nano partical having different volumes and non sizes when are: 85nm, 93nm, 107nm and 173nm.

It was found that absorption coefficient increase when nono volume increase having values: 0.176, 0.154, 0.132 and 0.044. Where as energy gap decrease up on increasing nano volume having values 2.1ev, 2.2ev, 2.2ev and 2.26ev.

## فهرست المحتويات


| العنوان | رقم الصفحة |
|---|---|
| الآية | أ |
| الإهداء | ب |
| الشكر والعرفان | ج |
| المستخلص | د |
| Abstract | ه |
| **الفصل الأول**<br>**الاطار العام للبحث** | |
| 1-1 المقدمة | 1 |
| 2-1 مشكلة البحث | 2 |
| 3-1 الغرض من البحث | 2 |
| 4-1 الدراسات السابقة | 2 |
| **الفصل الثاني**<br>**نظرية النطاقات والخواص الضوئية** | |
| 1-2 مقدمة | 4 |
| 2-2 نظرية النطاقات والخواص الكهربية | 4 |
| 3-2 انعكاس براج والنطاق الممنوع | 5 |
| 4-2 نموذج كروينج وبيني | 7 |
| 5-2 معامل الامتصاص الضوئي | 16 |

| | |
|---|---|
| **الفصل الثالث**<br>**تقنية النانو** | |
| 1.3 مقدمة | 20 |
| 2.3 تعريف النانو وعلم النانو | 20 |
| 3-3 المادة النانوية | 22 |
| 4-3 الاشكال النانوية | 24 |
| 6-3 الجسيم في صندوق (شرودنجر) | 30 |
| **الفصل الرابع**<br>**تأثير تغير حجم الجسيمات النانوية على معامل الامتصاص** | |
| 1-4 مقدمة | 32 |
| 2-4 الاجهزة والادوات | 32 |
| 3-4 خطوات التجربة | 32 |
| 4-4 النتائج | 33 |
| 5-4 المناقشة والتحليل | 37 |
| 6-4 الاستنتاج | 37 |
| المراجع | 38 |

# الباب الاول
# المقدمة

## 1-1 الضوء والنانو

الضوء هو اشعاع كهرومغناطيسي يوجد داخل جزء معين من الطيف الكهرومغنطيسي ويعد الضوء واضحاً للعين البشرية وتوجد موجات بين (700-400) نانو متر بين الاشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية ويعد الرئيسي للضوء على سطح الارض هو الشمس.

كان الاغريق القدماء هم أول من توصلوا إلى قلة من النظريات المتعلقة بالضوء. وبقيت هذه النظريات سائدة دون إثبات علمي يؤكد صحتها وكان للعلماء المسلمون خلال القرون الوسطى دور كبير في التحقق من تلك النظريات، برز الحسن بن الهيثم الذي أثبت أو شرح طبيعة الضوء والوظيفة الرئيسية له وقدم شروحات عن القمر والمرايا وحالة الكسوف والخسوف وشرح في علم البصريات عملية الابصار وان الضوء شيء منفصل كلياً عن اللون.

وتصل سرعة الضوء في الفراغ 299,7792,4458 م/ث وهي احدى الثوابت الاساسية في الطبيعة. الضوء ينبعث ويمتص في هيئة حزم صغيرة تدعي كمات دراستها كموجات او جسيمات وتسمى هذه الخاصية بازدواجية موجة الجسيمات[1] .

لم يظهر عالم في الضوء يعتد به بعد بن الهيثم إلا في القرن 17 أي بعد نحو سبعة قرون اكتشف اسحق نيوتن أن الضوء يتألف من جميع الألوان باستخدام المنشور ووضع نيوتن أن الضوء يتألف من أجسام صغيرة تنتقل من في خطوط مستقيمة خلال الفراغ وسمى النظرية نظرية الجسيمات الضوئية وفي نفس الوقت قال العالم الهولندي هويجنز ان الضوء يتألف من موجات وقدم نظريته الموجية لتفسير ظاهرة الضوء. وتبدو النظرية الموجبة والجسيمية متضادتان تماماً وفي بداية القرن 19 شرح الفيزيائي توماس يونغ تداخل الضوء.

من خواص الضوء الانكسار وهو تغير مسار اتجاه الموجة عندما تنتقل بزاوية من وسط إلى آخر حيث تكون سرعة الضوء مختلفة[2] .

ويختلف سلوك الضوء في تفاعله مع المادة عندما تتفكك المادة المعتمة لجسيمات صغيرة الحجم في حدود النانو ويساوي النانو واحد على مليون من المتر لان المادة في هذه الحالة تصبح ذات ابعاد ذرية وتوصف بقوانين الكم بدلاً من القوانين الكلاسيكيه.

علم النانو هو دراسة المبادئ الاساسية للجزيئات والمركبات التي لا يتجاوز قياسها 100 نانومتر وحدة قياس تساوي $10^{-1}$ ملي متر او $10^{-4}$ ويعتمد مبدأ هذه التقنية على ان الذرات متناهية الصغر لاي مادة تسلك سلوكاً مغايراً للمادة المعتمة وهذا ما سيتطرق اليه هذا البحث[3] .

## 2-1 مشكلة البحث

لا توجد دراسات كافية في السودان لدراسة الخواص الفيزيائية النانوية للمواد بصورة عامه. وهذا ناتج من انعدام الاجهزة المتطورة.

## 3-1 الغرض من البحث

دراسة تغير الخواص الضوئية مع الحجم النانوي لاكسيد النيكل.

## 4-1 الدراسات السابقة

في بحث اجري بالسودان تم تصنيع خلايا شمسية نانوية بصبغات مختلفة د.د.ت.ت.س والاركروم الاسود والرودامين ب، والكومارين 500، وحسب نطاق الطاقة لتلك الصبغات باستخدام جهاز طيف الاشعة فوق البنفسجية حيث تبين ان نطاق الطاقة لتلك الصبغات هي 3.27 ev , 2.20ev , 2.16ev , 3.60ev بالترتيب وبين البحث كذلك ان كفاءة هذه الصبغات هي 1.66, 1.31 ,1.49 ,1.62 ,1.66 بالترتيب [4].

في بحث آخر استخدم جهاز الترسيب الكيميائي لعمل توليفة من أنابيب الكربون النانوية للكوبالت وتمت دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية ولوحظ تكون أنابيب كربونية باقطار في حدود (3-2) نانومتر وتم التعرف على الشكل النانوي والقطر باستخدام المجهر الالكتروني الماسح [5].

وأيضاً استخدم باحث جهاز الترسيب الكيميائي لعمل توليفة من أنابيب الكربون النانوية للحديد وتمت دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية ولوحظ تكون أنابيب كربونية باقطار في حدود (3-2) نانومتر وتم التعرف على الشكل النانوي والقطر باستخدام المجهر الالكتروني الماسح[6] .

## 5-1 محتوى البحث

يحوي هذا البحث على أربعة أبواب الباب الأول هو المقدمة أما الباب الثاني فيختص بالخواص الضوئية.

الباب الثالث يحتوي على علم النانو والمادة النانوية وأشكالها ومعادلة شرودنجر والباب الرابع احتوى على تغير معامل إمتصاص أكسيد النيكل لتغير الحجم النانوي لحبيباته.

# الباب الثاني
# نظرية النطاقات والخواص الضوئية

## 2-1 مقدمة

تعتبر الخواص الكهربية والضوئية للمواد مهمة في كثير من التطبيقات التقنية حيث تستخدم هذه الخواص في فهم طبيعة الخلايا الشمسية والنبائط الالكترونية لذا سيهتم هذا الباب بهذه الخواص.

## 2-2 نظرية النطاقات والخواص الكهربية

تنقسم المواد من حيث خواصها الكهربية لموصلات واشباه موصلات وعوازل وموصلات فائقة التوصيل وتتمتع الموصلات بعدد كبير من الالكترونات الحرة التي توصل الكهرباء في حين توجد اعداد محددة منها في اشباه الموصلات وتنعدم هذه الالكترونات الحرة في المواد العازلة.

ورغم نجاح هذا التصنيف في ضوء مفهوم الالكترونات الحرة إلا ان التطبيقات الحديثة للنبائط الالكترونية الحديثة بينت ضرورة اعتماد نموذج يعتمد على علم الكمية.

وقد توصل علماء الجوامد والكمية لخاصية فريدة للذرات. حيث تبين لهم أن مستويات الطاقة للذرات الموجودة بمفردها في الفراغ تتحول لنطاقات عندما تتجمع الذرات لتشكل مادة معتمة وسميت هذه النظرية بنظرية النطاقات[7] .

وحسب هذه النظرية فإن المدار الخارجي يتحول لنطاق يسمى بنطاق التكافؤ اما المنطقة التي توجد بها الالكترونات الحرة فتسمى بنطاق التوصيل وتوجد بين النطاقين منطقة معتمة تسمى بنطاق الطاقة الممنوع. وفي ضوء هذه النظرية يمكن تصنيف الموصلات واشباه الموصلات والعوازل. حيث تتميز الموصلات بعدم وجود فجوة طاقة وشبه الموصلات بوجودة فجوة متوسطة للطاقة اما العوازل تتميز بوجود فجوة كبيرة للطاقة.

## 2-3 انعكاس براج والنطاق الممنوع

اعتبر ديبرولي الالكترونات امواج ذات طول موجي $\lambda$ يساوي

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{\lambda}{m\,v} \qquad (2.3.1)$$

حيث ان

$h \equiv$ ثابت بلانك

$p \equiv$ الاندفاع

$m \equiv$ كتلة الالكترون

v ≡ سرعة الالكترون

فاذا اعتبرنا الموج الالكتروني يسقط على البلورة ويستعرض قانون براغ للحيود والانعكاس

$$2d\sin\theta = n\lambda \qquad (2.3.2)$$

حيث ان

d ≡ المسافة بين طبقات الذارات

θ ≡ زاوية الانعكاس

n ≡ عدد صحيح يحدد درجة الحيود

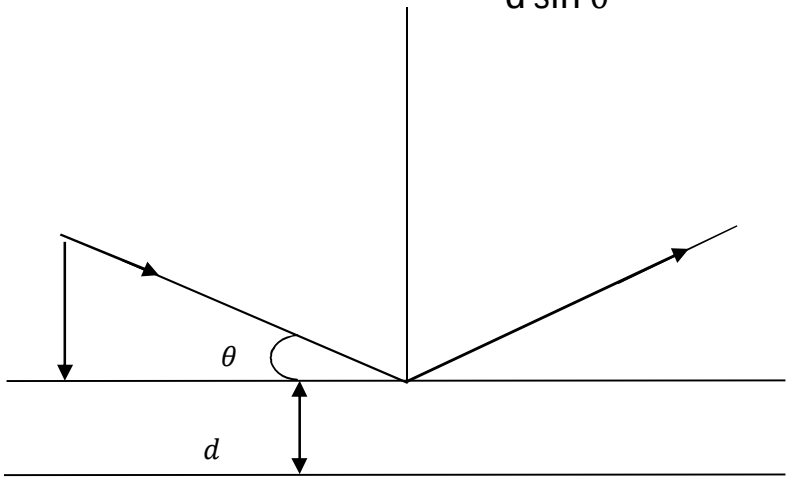
فان الالكترونات التي طولها الموجي

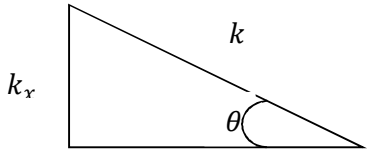
$$\lambda = \frac{2d\sin\theta}{n} \qquad (2.3.3)$$

تنعكس ولا تدخل البلورة لكن العدد الموجي k يساوي

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi n}{2d\sin\theta}$$

$$k = \frac{\pi}{d\sin\theta}n \qquad (2.3.4)$$




شكل (2.1) انعكاس براج

وبالنظر للرسم يتضح أن:

$$\frac{k_x}{k} = \sin\theta \qquad k_x = k\sin\theta \qquad (2.3.5)$$

إذن:

$$k_x = k\sin\theta = \frac{\pi}{d}n \qquad (2.3.6)$$

N= 1,2,3,……..

ولان الالكترون حر لذا تكون طاقته هي:

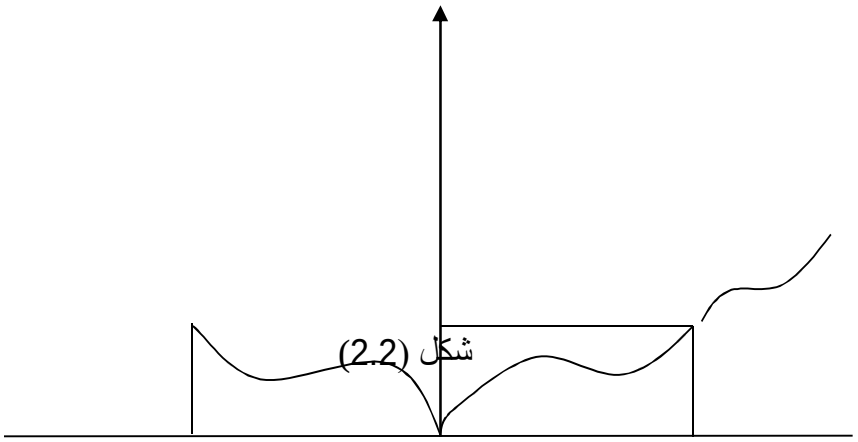
$$E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m} = \frac{\hbar^2 k_x^2}{2m}$$

$$= \frac{\hbar^2\pi^2}{2md^2}n^2 \qquad = \frac{h^2}{8md^2}n^2$$

$$E_n = \frac{h^2}{8md^2}n^2 \tag{2.3.7}$$

$$n = 1,2,3, \ldots \ldots \ldots$$

وهذا يعني ان كل الالكترونات التي طاقتها تستوفي المعادلة (2.3.7) تنعكس ولا تدخل البلورة. وهذا يعني ان هذه الطاقات لا توجد داخل البلورة مما يدل على وجود طاقات ممنوعة توصف بالمعالدلة (2.3.7)

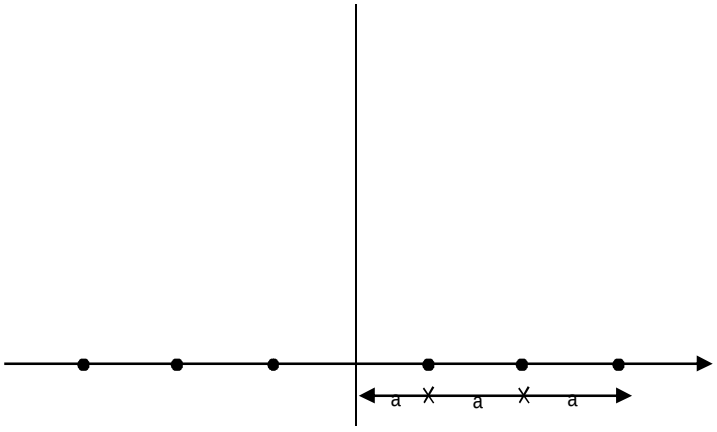


شكل (2.2)

$k = \frac{\pi}{d}$ $\qquad$ $k = \frac{\pi}{d}$

## 4-2 نموذج كر

لم تستطيع اي من النظرية الكلاسيكية أو النظرية الكمية للغاز الالكتروني تفسير تلك الفوارق الضخمة في التوصيل الكهربي للمواد المختلفة من عازلة إلى شبه موصلة إلى موصلة. لذلك أدخل في نظرية المناطق الحديثة تأثير ايونات الشبيكة على الإلكترونات الحرة[8] .




الشكل (2.3)

تتحرك الالكترونات في وجود بئر جهد دوري ناتج من تركيب الذرات في الشبيكة. فإذا كان الجهد عند النقطة x هو V(x) فان معادلة شرودنجر في اتجاه x تكون:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{8\pi^2 m}{\hbar^2}(E - V(x))\psi = 0 \qquad (2.4.1)$$

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + A\psi = 0$$

وقد تمكن بلوخ من حل هذه المعادلة لتعطي نوعين من الحلول:

$$(\psi) = e^{\pm\mu x} uK(x) \qquad \mu = \pm\sqrt{-A}$$

$$(\psi) = e^{\pm i\mu x} uK(x) \qquad K = \pm\sqrt{A}$$

الحل الاول مفروض لان $\psi \to \infty$ عندما $x \to \infty$ اما الحل الثاني فإن $\psi$ لا تؤول إلى $\infty$ عند $x \to \infty$ لان:

$$e^{ikx} = \cos Kx + i\sin kx$$

$$\cos kx \leq 1 \qquad \sin kx \leq 1$$

مهما كانت قيمة x

لذا فإن الحل المقبول هو الحل الثاني

حيث:

$K = \frac{2\pi}{\lambda}$ هو العدد الموجي.

u,K(x) هي دالة فيK وx وليست دالة في الزمن t وهي دالة دورية ولها نفس دورية الشبيكة أي أن:

$$uK(x + a) = uK(x)$$

حيث a هي المسافة بين اي نقطتين متتاليتين في الشبيكة.

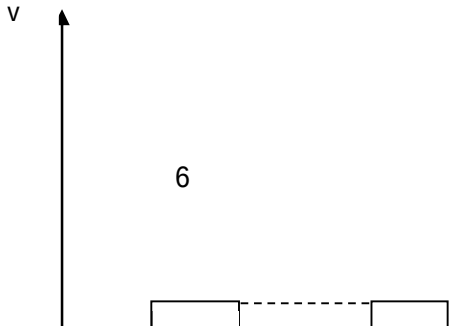
$$\psi(x + a) = e^{\pm ik(x+a)} uK(x + a)$$

$$\psi(x + a) = e^{\pm ika\, uK(x+a)}$$

لتوضيح وجود مناطق من الطاقة مسموح بها الالكترونات وآخرى ممنوعة عليه وضع كرونيج وبني نموذجاً في بعد واحد يمثل الشبيكة خطية مكونة من ذرات تبعد عن بعضها مسافة a+b حيث يمكن تمثيل الخواص المميزة لانتشار الامواج الالكترونية على هذه الشبيكة بترتيب دوري مربع له نفس دورية الشبيكة ويمثل بئر الجهد الذي تتحرك عليه الالكترونات.

فاذا اعتبرنا ان الجهد عند النواة يساوي صفراً وان قيمته عند منتصف المسافة بين قيمتين متجاورتين هو ($V_0$) فإن

$$V(x) = V(x + a + b)$$



الشكل (2.4)

حيث:

$b \equiv$ سمك حاجز الجهد

$a \equiv$ اتساع بئر الجهد

ولحل معادلة شرودنجر فاننا سنستخدم دوال بلوخ حيث:

$$\psi = uKe^{ikx} = ue^{ikx}$$

$$\frac{d\psi}{dx} = e^{ikx} = \frac{due^{ikx}}{dx} + ikue^{ikx}$$

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} = e^{ikx} = \frac{d^2u}{dx^2} + 2ike^{ikx}\frac{due^{ikx}}{dx} + i^2k^2ue^{ikx}$$

وبالتعويض في معادلة شرودنجر

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{8\pi^2m}{\hbar^2}(E - V)\psi = 0$$

نحصل على:

$$\frac{d^2u}{dx^2} + 2ik\frac{du}{dx} - k^2 + \frac{8\pi^2m}{\hbar^2}(E - V)u = 0$$

وبوضع

$$E_k = \frac{\hbar^2k^2}{8\pi^2m}$$

ونحصل على:

$$\frac{d^2u}{dx^2} = 2ik\frac{du}{dx}\frac{8\pi^2m}{\hbar^2}(E - E_k - V)u = 0$$

وحل هذه المعادلة هو:

أ/ في المنطقة داخل بئر الجهد $0 < x < a$ يكون الحل هو:

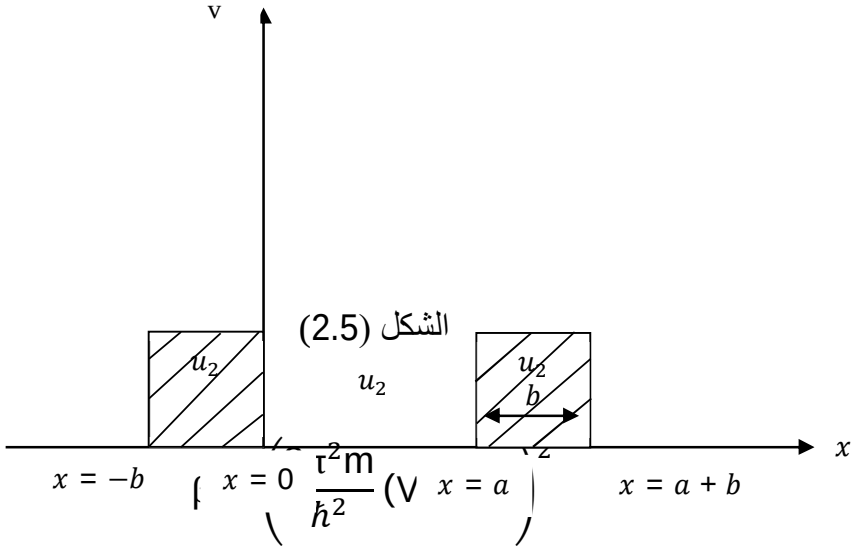
$$U_1 = Ae^{i(\alpha-k)x} + Be^{-i(\alpha-k)x}$$

حيث:

$$\alpha = \sqrt{\frac{8\pi^2mE}{\hbar^2}} = \frac{2\pi}{\hbar}\sqrt{2mE}$$

ب/ في المنطقة $a < x < a + b$ داخل حاجز الجهد:

$$U_2 = Ce^{i(\beta - ik)x} + De^{(\beta - ik)x}$$




الشكل (2.5)

حيث: $\frac{2m}{\hbar^2}(V$

لايجاد (A,B,C,D) فإننا سنستخدم حقيقة ان الدوال $u, \frac{du}{dx}$ متصلة خاصة عند (a,a-b) الدالة متصلة عند (x=0)

$$U_1(0) = U_2(0) \left.\frac{du_1}{dx}\right|_{x=0} = \left.\frac{du_2}{dx}\right|_{x=0}$$

$$A + B = C + D$$

$$i(\alpha - k)A - i(\alpha - k)B = (\beta - ik)C - (\beta + ik)D$$

وبما ان الدالة (u) دورية إذن قيمتها $(x = a)$ هي نفس قيمتها عند $(x = -b)$

$$u_1(a) = u_2(-b)$$

$$\left(\frac{du_1}{dx}\right)_a = \left(\frac{du_2}{dx}\right)_{-b}$$

$$Ae^{i(\alpha - k)a} + Be^{-i(\alpha - k)a} = Ce^{-(\beta - ik)b} + De^{(\beta - ik)b}$$

$$i(\alpha - k)Ae^{i(\alpha - k)a} - i(\alpha - k)Be^{-i(\alpha - k)a}$$

$$(\beta - ik)Ce^{-(\beta - ik)b} - (\beta - ik)De^{(\beta - ik)b}$$

$$(1 \quad 1 \quad 1 \quad 1)\begin{pmatrix} A \\ B \\ C \\ D \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \quad \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ i(\alpha-k) & -i(\alpha-k) & -(\beta-ik) & -(\beta-k) \\ e^{i(\alpha-k)a} & e^{i(\alpha-k)a} & e^{-(\beta-ik)b} & e^{(\beta+ik)b} \\ i(\alpha-k)e^{i(\alpha-k)a} & -i(\alpha-k)e^{-i(\alpha-k)a} & (\beta-ik)e^{-(\beta-ik)b} & -(\beta-ik)e^{(\beta-ik)} \end{pmatrix}$$

والحل النهائي هو:

$$| \quad | = 0$$

$$\frac{\beta^2-\alpha^2}{2\beta\alpha}\sinh\beta b\sin\alpha a + \cos h\,\beta\, b\cos\alpha a = \cos k(a+b)$$

وللحصول على حل ابسط اجرى كرونيج التقريب الآتي:

ضع

$b \to 0 \qquad V_0 \to \infty \quad$ قيمة محدودة $\to bv_0$

إذن:

$$\beta = \left(-\frac{8\pi^2 m}{\hbar^2}v_0\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$v_0 \gg E$$

$$\sinh\beta b \to \beta b$$

$$\sinh x = \frac{e^{ix}-e^{-ix}}{2i}$$

$$\frac{\beta^2-\alpha^2}{2\beta\alpha}\sinh\beta b\sin\alpha a \;\beta \to \infty$$

$$\alpha \ll \infty$$

$$= \frac{\beta^2 b}{2\alpha}\sin\alpha a \qquad \frac{\alpha b}{2}\sin b\alpha a \to 0$$

$$\cos h\beta b \to 1 \qquad b \to 0$$

$$\cos hk(a+b) \to \cos ka$$

$$\frac{\beta^2 b}{2\alpha}\sin\alpha a + \cos\alpha a = \cos ka$$

ودراسة هذه المعادلة ترسم بيانياً

وليكن:

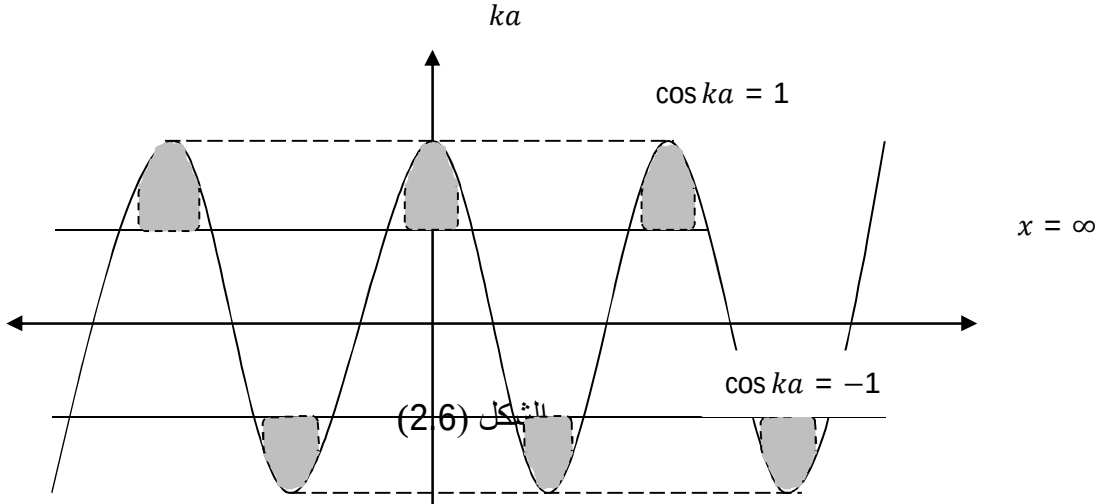
$$x = \alpha a \qquad \frac{p\sin\alpha a}{\alpha a} + \cos\alpha a$$

يساوي الطرف الايسر

وبوضع:

$$p = \frac{\beta^2 ba}{2} = \frac{4\pi^2 m v_0 ab}{h^2}$$

$$p = \frac{\sin \alpha a}{\alpha a} + \cos \alpha a = \cos ka$$




الشكل (2.6)

$$x = \alpha a \to 0$$

$$\sqrt{E} = \alpha \left( \frac{\hbar}{2\pi \sqrt{2ma}} \right)$$

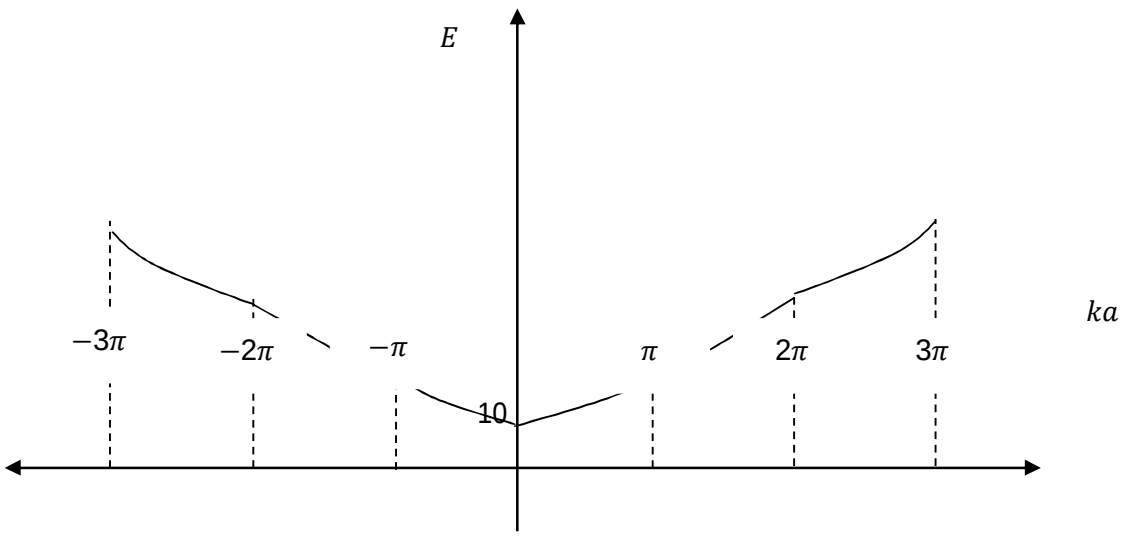
$$\cos \alpha a \to 1 \quad \frac{\sin \alpha a}{\alpha a} \to 1$$

$$\alpha a \to \pi$$

اما الطرف الأيمن $\cos ka$ فهو محصور بين +1 ,-1

$$|y| \leq 1$$

وان يمة $\alpha = \frac{2\pi}{\hbar}\sqrt{2mE}$ تجعل $|y| \leq 1$ هي قيمة ممنوعة مما يعني وجود مناطق للطاقة مسموح بها في شكل نطاق وأخرى غير مسموح بها في شكل نطاق أيضاً وذلك نتيجة للجهد الدوري للشبكة كما بالرسم



شكل (2.7)

ويلاحظ انه كلما إزداد ارتفاع بئر الجهد (اي $bv_0$ تزداد) يقل اتساع المنطقة الحرجة وطبقاً لهذا التصور فإنه يمكن تعريف المواد من حيث مقدارها على التوصيل الكهربي كما يلي:

**1/ المواد الموصلة**

هي المواد التي تكن نطاقات الطاقة بها متداخلة مما يمكن الالكترونيات ان تأخذ اي طاقة عند تسليط مجال كهربي وبالتالي يصبح حراً (اي ان هناك تداخل بين نطاق التوصيل ونطاق التكافؤ).

**2/ المواد شبه الموصلة**

هي المواد التي يكون النطاق المحرم الموجود بين نطاقات الطاقة المختلفة (وخاصة نطاق التوصيل ونطاق التكافؤ) ضيق العرض مما يسمح لاي إلكترون ان يقفز من نطاق التكافؤ إلى نطاق التوصيل عندما يكتسب طاقة حرارية بسيطة.

**3/ المواد العازلة**

هي المواد التي يكون فيها عرض النطاق المحرم كبير مما لا يسمح للإلكترون ان يتحرك من نطاق التكافؤ إلى نطاق التوصيل عند تسليط مجال كهربي أو بفعل الحرارة العادية.

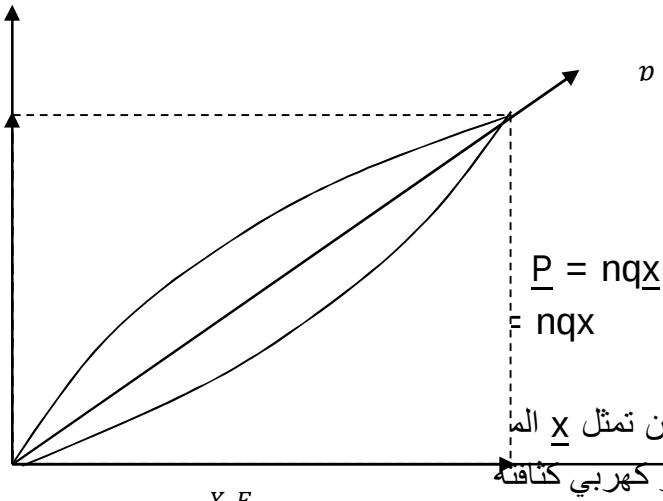
## 2-5 معامل الامتصاص الضوئي

تتكون بعض المواد من ثنائيات اقطاب كهربية فاذا سلطنا عليها موج كهرومغنطيسي في الصيغة

$$E = E_0 e^{i(kx-\omega t)} \qquad (2.5.1)$$

فان هذه الذرات التي تتكون في هيئة ثنائيات اقطاب كهربية. فاذا كانت هذه الثنائيات غير موازية لاتجاه المجال الكهربي الخارجي المسلط المتذبذب فإن العزم الكهربي يمكن كتابته في صيغة مركبة في الصورة

$$\underline{P} = x\underline{E} = (x_1 + ix_2)E \qquad (2.5.2)$$




شكل (2.8)

$$\underline{P} = nq\underline{x}$$

$$= nqx \qquad (2.5.3)$$

حيث تمثل x القابلية الكهربية للمادة في حين تمثل $\underline{x}$ الم

القطبين. ويؤدي تذبذب هذا الثنائ $E$ بار كهربي كثافته

$$j = \frac{d\underline{P}}{dt} = x\frac{dE}{dt} = -i\omega xE = -i\omega(x_1 + ix_2)E \qquad (2.5.4)$$

ولكثافة التيار الكهربي علاقة بالموصلية σ في الصورة

$$\underline{J} = \sigma\underline{E} = (\sigma_1 + i\sigma_2)\underline{E} \qquad (2.5.5)$$

حيث كتبنا الموصلية في صيغة عدد مركب ايضاً. وبمقارنة المعادلتين (3.4) و (3.5) نجد ان

$$\sigma_1 = \omega x_2 \qquad \sigma_2 = \omega x_1 \qquad (2.5.6)$$

هذه العلاقات يمكن استخدامها لايجاد معامل الامتصاص α والذي يعطي وفق علاقة شدة الاستضاءة

$$I = I_o e^{-\alpha x}$$

$I_0$ = شدة الاستضاءة خارج الجسم أو المادة

x = المسافة التي توغلها الشعاع داخل المادة

I = شدة الاستضاءة عند المسافة x

ويمكن ايجاد علاقة α بالعدد الموجي من العلاقة (2.5.1) بوضع

$$K = K_1 + ik_2 \qquad (2.5.7)$$

$$I = |E|^2 = \left|E_0 e^{i(k_1 + ik_2)x - i\omega t}\right|^2$$

$$= \left|E_0 e^{-k_2 x}\, e^{i}(k_1 x - \omega t)\right|^2$$

$$= E_0^2 e^{-2k_2 x}\left|e^{i\theta}\right|^2$$

$$= E_0^2 e^{-2k_2 x} = I_0 e^{\alpha x} \qquad (2.5.8)$$

حيث ان:

$$\theta = k_1 x - \omega t$$

$$I_0 = E_0^2$$

$$\alpha = 2k_2 \qquad (2.5.9)$$

باستخدام المعادلة (2.5.7) وتعريف العدد الموجي نجد ان:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi f}{\lambda f} = \frac{\omega}{v} = \omega\sqrt{\mu\varepsilon} \qquad (2.5.10)$$

$$k\frac{\omega}{c}\left(\frac{C}{v}\right) = \frac{\omega}{c}n \qquad (2.5.11)$$

$$k_1 + ik_2 + \frac{\omega}{c}(n_1 + in_2) = \omega\sqrt{\mu\varepsilon} \qquad (2.5.12)$$

$$(n_1 + in_2)^2 = c^2(\mu\varepsilon)\frac{\mu\varepsilon}{\mu_0\varepsilon_0} = \frac{\mu_0\varepsilon}{\mu_0\varepsilon_0}\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \qquad (2.5.13)$$

حيث اعتبرنا ان المادة غير مغنطيسية وهذا يعني ان:

$$\mu = \mu_0$$

إذن:

$$n_1^2 - n_2^2 + 2in_1n_2 = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = \frac{n_1 + n_2}{\varepsilon_0} \qquad (2.5.14)$$

وعليه تصبح

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_0(n_1^2 - n_2^2)\varepsilon_2 = i\varepsilon_0 n_1 n_2 \qquad (2.5.15)$$

ومن (2.5.12) و (2.5.15) نجد ان

$$k_2 = \frac{\omega}{C} n_2 = \frac{\omega\varepsilon_2}{2\varepsilon_0 n_1} \qquad (2.5.16)$$

وبالنظر للمعادلة (2.5.9) نجد ان معامل الامتصاص يساوي

$$\alpha = 2k_2 = \frac{\omega\varepsilon_2}{\varepsilon_0 n_1}$$

وبما ان كثافة الفيض تساوي

$$d = \varepsilon E = \overline{\varepsilon_0}(1 + x)E$$

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + i\varepsilon_2 = \varepsilon_0(1 + x_1 + ix_2)$$

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_0(1 + x_1) \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_0 x_2$$

ومن المعادلة (2.5.6) نجد ان:

$$\varepsilon_2 = \frac{\varepsilon_0\sigma_1}{\omega} = \varepsilon_0 x_2$$

إذن معامل الامتصاص يساوي

$$\alpha = \frac{\omega}{\varepsilon_0 n_1}\left(\frac{\varepsilon_0\sigma_1}{\omega}\right) = \frac{\sigma_1}{n_1}$$

# الباب الثالث
# تقنية النانو

## 1.3 مقدمة

تقنية النانو هي العلم الذي يهتم بدراسة معالجة المادة على المقياس الذري والجزي. تهتم تقنية النانو بابتكار تقنيات ووسائل جديدة تقاس ابعادها بالنانو متر. وهذا ما ستتم دراسته في هذا الباب.

## 2.3 تعريف النانو وعلم النانو

تتعامل تقنية النانو مع تجمعات ذرية تتراوح بين خمس ذرات إلى ألف وهي أبعاد أقل كثيراً من أبعاد البكتريا والخلية الحية.

أيضاً تكنولوجيا النانو (Nanotechnology) يقصد به ذلك العلم الذي يعتني بدراسة وتوصيف مواد النانو وتعيين خواصها وخصالها الكيميائية والفيزيائية والميكانيكية مع دراسة الظواهر المرتبطة الناشئة عن تصغير أحجام الحبيبات وبينما يبدو تعريف علم النانو أمراً سهلاً فإن وضع تعريف محدد لتكنولوجيا النانو يعد أمراً أكثر صعوبة، وذلك نظراً لتشبعها ودخولها في المجالات التطبيقية المختلفة حيث أن كلاً من هذه المجالات ينظر إلى هذه التكنولوجيا من وجهة النظر الخاصة به وعامة يمكن القول أن تكنولوجيا النانو هي تلك التكنولوجيا المتقدمة القائمة على تفهم ودراسة العلوم النانويةتفهماً عقلانياً وابداعياً مع توافر المقدرة التكنلوجيا على تخليق مواد النانو والتحكم في بنيتها الداخلية وإعادة هيكلة وترتيب الذرات والجزيئات المكونة لها بهدف الوصول على منتجات مميزة وفريدة.

كانت بدايات هذا العلم قبل ما يقارب خمسين عاماً حيث قام عالم الفيزياء الامريكي الشهير البروفيسور ريتشارد فينمان (Richarl Feynman) الحائز على جائزة نوبل لجهوده في علوم ميكانيكا الكم بالغاء محاضرته المشهورة التي كانت بعنوان (هنالك الكثير من الغرف بالقاع) ورقم أن فينمان لم يشر إلى هذا المصطلح تحديداً في محاضرته إلا أنه تنبأ بإمكانية تحريك الذرات وترتيبها إلا أن ذلك لم يتم فعلياً إلا بعد وفاة فينمان. حيث قام فريق بحث بشركة BM في عام 1989 بعد وفاة فينمان بعام بتوظيف الابرة الدقيقة الموجودة بالميكروسكوب النفقي الماسح في النقاط ذرات عنصر الزينون الخامل وتركيبها بدقة متناهية لاعادة ترتيبها واحدة تلو الأخرى على سطح بارد من فلز النيكل كانت الشرارة التي اوقدها فينمان بداية ثورة القرن الواحد والعشرين والتي لم يمر وقت طويل حتى اقتحمت تطبيقاتها الكثير من المجالات فاتجهت إليها انظار الدول الكبرى والنامية معاً وتسابقوا من أجل سير اغوار هذا العلم الهائل والمهم. يقول البروفيسور أدون توماس المتخصص في النانو "النانو شيء مهمول وذو فوائد عظيمة للبشرية في المجتمعات والاقتصاد وغيرها. فهو علم مستقل ويقع في الأهمية في وضع موازي للكهرباء والترنزستور والانترنت والمضادات الحيوية. بالرغم من أن هذا العلم يقارب الخميس عاماً إلا أن العرب عموماً لم يقتحمو هذا المجال إلا في السنوات القليلة الماضية والمملكة العربية السعودية ابرز الدول العربية في هذا المجال ثم الحقتها مصر مؤخراً وغيرها.

ونسبة لاهمية هذه التقنية أطلق مجموعة من العلماء والتخصصين العرب مبادرة أهلية لحشد الجهود العربية بهدف وضع خطة استراتيجية لتدعيم قدرة العرب على فهم واستيعاب علوم وتقنيات النانو والتحكم بها وتطويعها[10] .

## 3-3 المادة النانوية

رغم ان العلماء لم يضعوا تعريفاً دقيقاً للمواد النانوية إلال أنهم اجمعوا على انها مواد تتميز بحجمها الصغير جداً المقاييس بالنونمتر جزء من 1000000000 متر أي تقريباً اصغر من مائة الف مرة قطر شعرة الرأس للانسان.

ومن الامثلة على تكنولوجيا النانو في الطبيعة الاذن الداخلية للضفدع تحتوي على تنوءات ميكانيكية نانوية تقيس الانحراف الناتج عن الصوت حتى ثلاثة نانومتر كما تستخدم النملة خواص نطاق النانو لزيادة حساسية البصر عندما وتتلخص اهمية المواد النانوية بشكل عام في انها فريدة ومهمة عندما تتم معالجتها وهندستها على نطاق صغير جداً هذه الخصائص قد تكون مرئية، مغناطيسية كهربية أو اي خصائص أخرى على سبيل المثال يمكن استخدام هذه التقنية في تصميم بعض الادوية والعقاقير مثل (الادوية المستخدمة للسرطان) حيث يمكن جعلها تستهدف خلايا او أعضاء أو انسجة معينة في جسم الكائن الحي فقط بالتالي تقلل من التأثيرات الجانبية وترفع من كفاءة العلاج حيث يمكن ايضاً اضافتها للملابس والاسمنت ومختلف المواد الاخرى لجعلها أقوى بوزن أخف. ايضاً يجعلها حجمها الصغير عملية جداً في صناعة الالكترونات حيث يتم تصنيف المواد النانوية طبقا لعدد ابعادها الغير موجودة في نطاق النانو متر أي ان المواد تنقسم إلى اربعة اقسام هي:

**1/ مواد صفرية الابعاد**

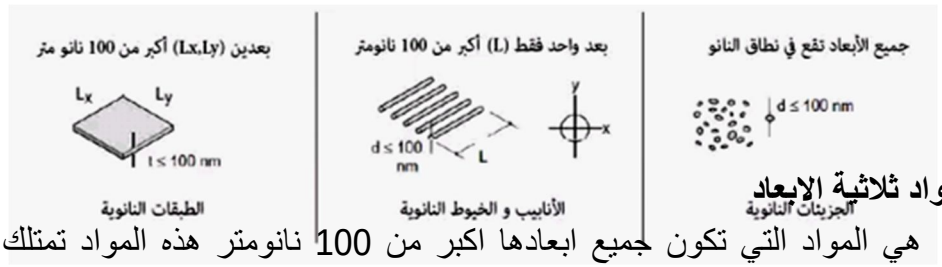
في العشر سنوات الاخيرة قطع العلماء شوطاً كبيراً من الابحاث حول تلك المواد التي تكون جميع ابعادها اصغر من 100 نانومتر من الامثلة على هذه المواد (النقاط الكمومية) التي دخلت مؤخراً في صناعة الترانزستور وبعض خلايا الطاقة الشمسية.

**2/ المواد أحادية الابعاد**

هي المواد التي تحتوي على بعد واحد فقط أكبر من 100 نانومتر من الامثلة على هذه المواد الانابيب النانوية والخيوط النانوية من المتوقع ان تلعب هذه المواد دوراً مهماً في صناعة الالكترونيات.

**3/ المواد ثنائية الابعاد**

في السنوات الاخيرة اتجه عدد كبير من الباحثين لدراسة تصنيع هذه المواد التي تحتوي على بعد اكبر من 100 نانومتر من الامثلة عليها الطبقات النانوية وتدخل في صناعة المستشعرات (Sensors), والحاويات النانوية Nanocontainers.

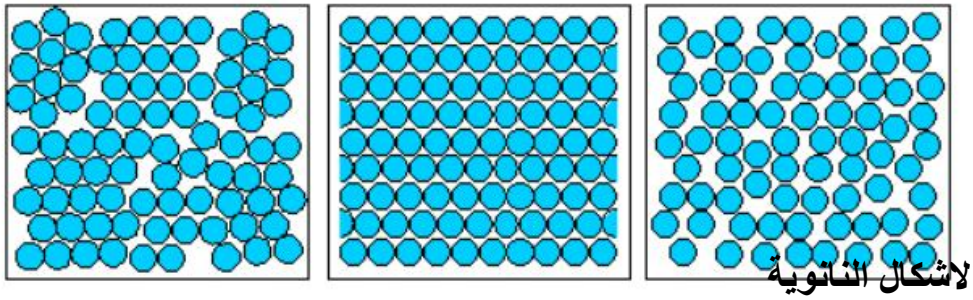



**4/ المواد ثلاثية الابعاد**

هي المواد التي تكون جميع ابعادها اكبر من 100 نانومتر هذه المواد تمتلك اما تركيب بلوري نانوي او بعض خصائص نطاق النانو الناتجة عن احتوائها على مواد أخرى صغيرة أو احادية او ثنائية الابعاد.

**التركيب الكيميائي والترتيب الذري للمواد النانوية**

لجميع المواد التي تتم صناعتها بتكنولوجيا النانو يمكن ان تصنع من من عنصر كيميائي واحد مثل (انابيب الكربون النانوية) Carbon nanotubes وقد تصنع من مركب كيميائي. اما عن ترتيبها الذري فقد تكون مواد لا بلورية اي انها لا تمتلك ترتيب ذري محدد بل تكون عشوائية التريب تماماً ايضاً قد تكون في صورة مواد احادية البلورة اي انها تمتلك ترتيب محدد ثابت للذرات يتكرر باستمرار. وقد توجد في صورة مواد متعددة البلورات اي انها تمتلك اكثر من ترتيب محدد للذرات بشكل عشوائي[11].



## 4-3 الاشكال النانوية

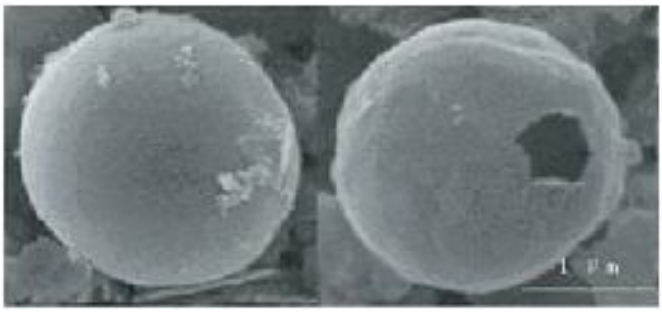
تتخذ المواد النانوية الاشكالاً عدة لكل منها تراكيبها وخواصها ومقياس لقطرها وطولها ولكل منها استخدامات مميزة لها ويمكن تصنيف المواد النانوية حسب الشكل إلى:

**1/ الفولورين Fullerene**

تركيب نانوي غريب الكربون وهو عبارة عن جزئ مكون من 60 ذرة كربون ورمز لها C60 وقد اكتشف عام 1985م أن جزئ الفولورين كروي يشبه كرة القدم وهو يحضر منذ اكتشافه وحتى الآن بكميات تجارية وقد سمي بالفولورين نسبة للمخترع (بكمنستر فولر) وقد نشأ فرع كيمياء جديد يسمى الفولورين حيث عرف أكثر من 9000 مركب فولورين منذ عام 1997 وظهرت تطبيقات مختلفة لكل من هذه المركبات ومنها المركبات $K_3C60$ $Rbc_sC60$ التي ابدت توصيلية فائقة كما اكتشفت اشكال اخرى منها كالفولورين المخروطي والانبوبي والكروي.

**2/ الكرات النانوية Nanoballs**

من أهمها كرات الكربون النانوية التي تنتمي إلى فئة الفولورينات من مادة C60 ولكنها تختلف عنها قليلاً بالتركيب حيث إنها متعددة القشرة كما إنها خاوية المركز والكرات النانوية لا يوجد على سطوحها فجوات وبسبب أن تركيبها يشبه البصل فقد سماها العلماء (البصلة) وقد يصل قطر الكرة الواحدة إلى 500 نانو متر أو اكثر.



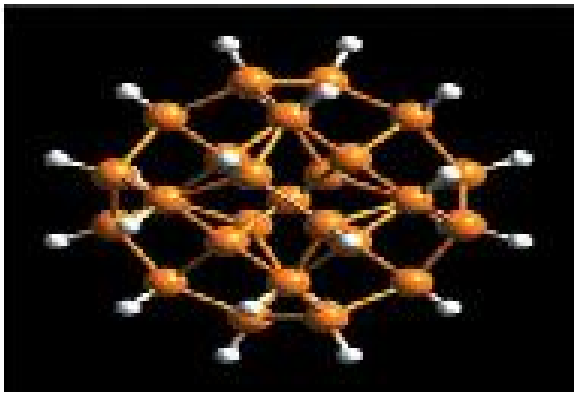
**3/ الجسيمات النانوية**

على الرغم من أن كلمة الجسيمات النانوية حديثة الاستخدام إلا أن هذه الجسيمات كانت موجودة في المواد المصنعة أو الطبيعة منذ قديم الزمان.

ويمكن تعريف الجسيمات النانوية على انها عبارة عن مجمع ذري أو جزئي ميكروسكوبي يتراوح عددها من بضع ذرات _جزئ) إلى مليون ذرة وتكون مرتبطة مع بعضها البعض بشكل كروي تقريباً ونصف قطره أقل من 100 نانومتر.

عندما يصل حجم الجسيم النانوي إلى مقياس النانو في بعد واحد فإنها تسمى البئر الكمي Guahtum well اما عندما يكون حجمها النانوي في بعدين فتسمى السلك الكمي Quantum wire وعندما يكون بثلاثة ابعاد يسمى النقطة الكمية Quantum doto ولابد هنا من الاشارة إلى أن التغير في الابعاد النانوية في التركيبات الثلاثة السابقة الذكر سوف يؤثر على الخصائص الالكترونية لها مما يؤدي إلى حدوث تغير كبير على الخصائص الالكتروني لها مما يؤدي إلى حدوث تغير كبير في الخصائص الضوئية للتركيبات النانوية.

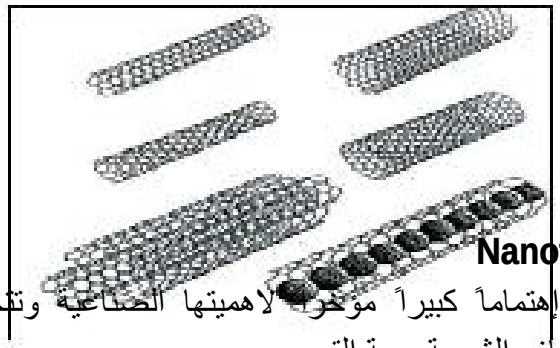
لقد امكن حديثاً تصنيع جسيمات نانوية من الفلزات والعوازل واشباه الموصلات والتركيبات المهجنة (مثل الجسيمات النانوية المغلقة) وكذلك تصنيع نماذج لجسيمات نانوية ذات طبيعة شبه صلب وتعتبر جسيمات النحاس النانوية واقل من 50 نانومتر ذات صلابة عالية وغير قابلة للطرق والسحب على عكس جسيمات النحاس العادية حيث يمكن تنيها وطرقها وسحبها.



**4/ الانابيب النانوية Nano tubes**

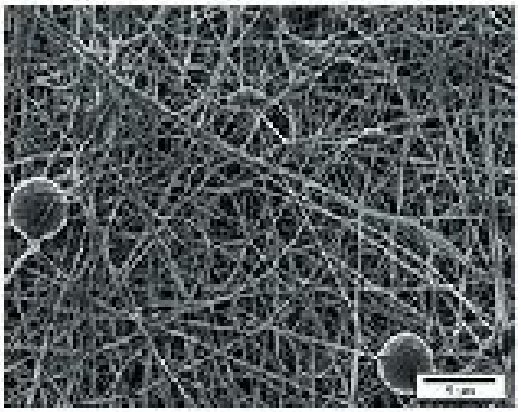
هي عبارة عن شرائح تطوي بشكل اسطواني وغالباً تكون نهاية الانبوب مفتوحة والاخرى مغلقة بشكل نصف دائرة تصنع من مواد عضوية (كربون) أو مواد غير عضوية (أكاسيد الفلزات

اكاسيد الفناديوم او المنجنيز) تتمتع هذه الانابيب بالقوة والصلابة والناقليه ولكن اكاسيد الفلزات اثقل واضعف من انابيب الكربون.
ويتراوح قطر الانبوب النانوي بين 1 نانومتر و 100 نانومتر وطولها يبللغ 100 ميكرو متر ليشكل سلك نانوي للانابيب النانوية عدة اشكال فقد تكون مستقيمة، لولبية، متعرجة خيزرانيه او مخروطية وغير ذلك.



**5/ الالياف النانوية Nanofiber**

لاقت هذه المواد إهتماماً كبيراً مؤخراً لاهميتها الصناعية وتتخذ عدة اشكال كالالياف السداسية والحلزونية والالياف الشبيهة بحبة القمح.
تتميز الالياف النانوية بان مساحة سطحها إلى حجمها كبيرة حيث ان عدد ذرات السطح كبيرة بالنسبة للعدد الكلي وهذا ما يكسبها خواص ميكانيكية مميزة كالصلابة وقوة الشد وغيرها ولكنها تعاني من صعوبة التحكم باستمراريتها واستقامتها وتراصفها.
تستخدم هذه الالياف في الطب وزراعة الاعضاء كالمفاصل والتئام الجروح ونقل الادوية في الجسم كما تستخدم في المجالات العسكرية كالتقليل من مقاومة الهواء.



**6/ المركبات النانوية Nano Posites**

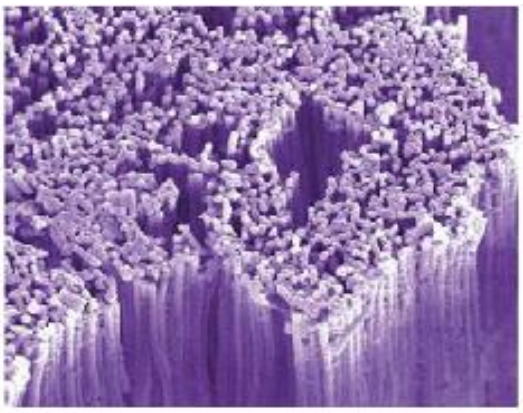
هي عبارة عن مواد يضاف اليها جسيمات نانوية خلال تصنيع تلك المواد ونتيجة ذلك فإن المادة النانوية تبدي تحسناً كبيراً في خصائصها فعلى سبيل المثال يؤدي إضافة انابيب الكربون النانوية إلى تغير خصائص التوصيلية الكهربية والحرارة للمادة وقد يؤدي إضافة انواع اخرى من الجسيمات النانوية إلى تحسين الخصائص الضوئية وخصائص العزل الكهربي وكذلك الخصائص الميكانيكية مثل الصلابة والقوة.

يجب ان تكون النسبة المئوية الحجمية للجسيمات النانوية المضافة منخفضة جداً في حدود 0.5% إلى 5%) وذلك بسبب أن النسبة بين المساحة السطحية إلى للحجم لجسيمات النانوية تكون عالية.

**7/ الاسلاك النانوية Nano Wire**

هي اسلاك نانوية قد يقل قطرها عن نانو متر واحد وباطوال مختلفة أي نسبة طول إلى عرض تزيد عن 1000 مرة لذا فهي تلحق بالمواد ذات البعد الواحد وهي تتفوق على الاسلاك العادية التقليدية لان الالكترونات فيها تكون محصورة كمياً باتجاه جانبي واحد مما يجعلها تحتل مستويات طاقة محددة تختلف عن تلك المستويات الفريضة الموجودة في المادة المحسوسة. وهذه الاسلاك فير موجودة في الطبيعة بل تحضر في المختبر بطرق عديدة منها الكحت الكيميائي لسلك كبير او قذف سلك كبير بواسطة جسيمات ذات طاقة عالية وتتخذ اشكالاً عديدة متعددة حلزونية او متماثله خماسيه وعند تحضيرها تكون معلقة من الطرف العلوي او مترسبة على سطح آخر.

اسلاك النانوية العديد من الاستخدامات المستقبلية كربط مكونات الالكترونية داخل دائرة صغيرة وبناء الدوائر الالكترونية المنطقية وقد تستخدم مستقبلا لتصنيع الكمبيوتر الرقمي[12].



## 5-3 النقاط الكمية Quantumdot

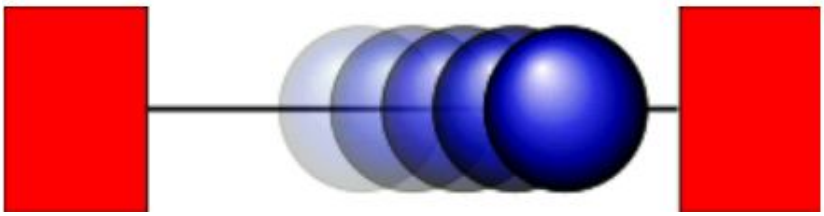
هي عبارة عن شبه موصل تكون ايكسيتوناته محددة (مقصورة) ضمن نطاق الثلاثة ابعاد المكانية نتيجة لذلك تكون لتلك المواد خصائص الكترونية تتوسط بين كتل اشباه الموصلات والجزيئات المنفصلة اكتشفها Alex Ekimov في مطلع الثمانينات من القرن العشرين في مصفوفة زجاجية وكذلك اكتشفها Louise Brlls في مطلع الثمانيات من القرن العشرين في مصفوفه زجاجيه وكذلك اكتشفها louise brllsفي المحاليل القروانيه إلا أن mark reed هو من صاغ مصطلح نقطه كموميه

قام الباحثون بدراسة النقطه الكموميه في كل من المقابل ، الخلايا الشمسيه الصمامات الثنائيه الباعثه للضوء وثنائي الاقطاب الليزري ، كما أنهم قامو ببحث وإستقصاء النقاط الكميه كاصباغ وتستخدم في التصوير الطبي ونأمل أن يتم استخدامها مستقبلاً في مجال الحوسبه الكموميه.

وبصياغه مبسطه فإن النقاط الكموميه هي أشباه مواصلات تتسم خصائصها الالكترونيه بأنها شديدة الغرب والارتباط بحجم وشكل البلوره المفرده. وكما تناقص حجم البلوره كلما تزايدت فجوة

كلما تزايدت فجوة النطاق وكلما تزايد فرق الطاقه فيما بين أعلي نطاق تكافؤ وأقل نطاق توصيل يصعب عليه الامر ومن ثم تكون هنالك حاجه إلي المزيد من الطاقه لإثارة النقطه، وفي الوقت ذاته تنبعث المزيد من الطاقه عند عوده البلوره لحالتها المستقره فعلي سبيل المثال في صياغ تطبيقات النيون (الفلوروسنت) يعادل هذا التردد الأعلي للضوء المنبعث بعد إثارة النقطه نتيجة أن حجم البلوره اصبح أصغر مما يسفر عن تحول لوني في الضوء المنبعث من اللون الاحمر إلي الازرق . وبالاضافة إلي مثل ذلك التناغم فهنالك ميزه رئيسيه للنقاط الكميه تتمثل في أنه يسبب القدره العاليه علي الضبط المسموح بها لحجم الكرستاله المنتجه ، فمن الممكن أن يكون هنالك ضبط وتحكم دقيق للخصائص الانتاجيه للماده كما أنه يمكن تجميع النقاط الكموميه متنوعة الاحجام ضمن غشاء ثانوي متعدد الطبقات[13].

## 7-3 الجسيم في صندوق (شرودنجر)



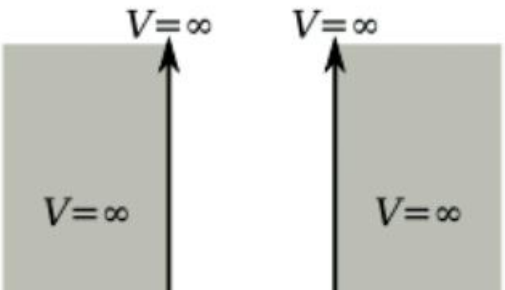
جسيم في صندوق يتحرك بين حائطين عندما تقترب جدران الصندوق جداً تبدأ الظواهر الكموميه في الظهور ويتخذ الجسيم طاقات منفصله محدده تسمي مستويات الطاقه. جسيم في صندوق أو بئر جهدي لانهائي في ميكانيكا الكم هي مسالة تصف جسم يتحرك في حيز ضيق يحيطه حائط غير نفاذ ويستخدم هذا النموذج لبيان الفرق بين الميكانيكا الكلاسكيه وميكانيكيا الكم تنطبق علي الانظمه الكمومية .

تنجح ميكانيكيا الكم في وصف الانظمه الكمومية ،أي الانظمه الصغيره جدا في حجم الذرات والجسيمات الاوليه ، حيث تبدا الظواهر الكمومية في الظهور في حين تفشل الميكانيكا التقليديه في وصفها حيث نطبق الميكانيكيا الكلاسكيه علي الاجسام الكبيرة في الانظمه التقليديه مثل كره منحصره في صندوق فيمكن للكره التحرك داخل الصندوق بأي سرعه ويكون إحتمال وجودها في أي نقطه داخل الصندوق متساويه .

ولكن عندما يصغر الصندوق في حيز عده ناتو مترات تصبح التأثيرات الكموميه مهمه وتملي نفسها علي كيفية سلوك الجسيمات . ويبدأ الجسيم لاتخاذ مستويات طاقه موجبه معينه في الصندوق .

في نفس الوقت فإنه من المستحيل أن تكون طاقة الجسيم صفراً.بمعني أن الجسيم لا يمكن ان يوجد في حاله سكون تام . وعلاوه علي ذلك فإن الجسيم يمكنه التواجد في اماكن في الصندوق ولايتواجد في نقط اخري ويعتمد علي ذلك مستوي طاقته (أو سرعته) أي تكون بعض المواضع داخل الصندوق لا يمكن وجود الجسيم فيها تسمي عقد مكانيه spatial noods [14].

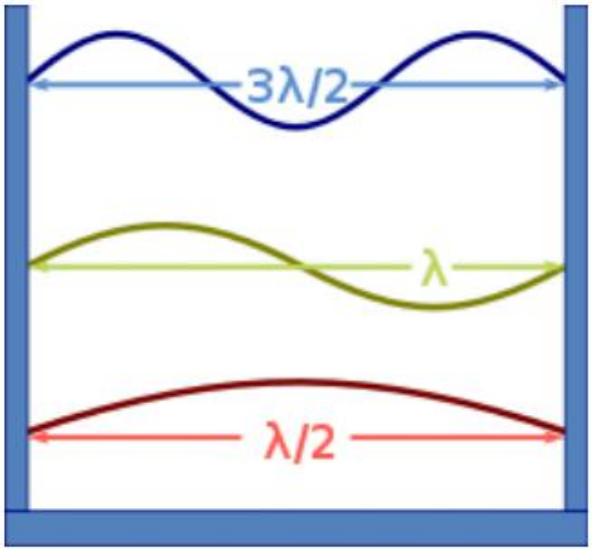
**تكوين الصندوق وشروطه**



يمثل الجهد اللانهائي حائط الصندوق ويبلغ الجمله داخل الصندوق صفراًيتكون النظام من نموذج بئر أحادي الابعاد ويوجد به جسيم حر الحركه مثل جزئي غاز محصور بين جهدين كبيرين يمكنه التحرك بينهما وفي الشكل اعلاه يمثل الجهدين الكبيرين بحائطين احداهما على مسافة x=0 من المحور السيني والاخر عند المسافة x=l والحائطان متوازيان ويمثل هذا التمثيل نموذج مبسط (صندوق جهدي) ونفترض عدم وجود قوة داخل الصندوق تؤثر على الجسيم مثل قوة الجاذبية أو مجال كهرومغناطيسي) وان عرض الصندوق L بما ان الجهد خارج الصندوق كبير لا نها ئي فانه ليس من استطاعة الجسيم مقادرة الصندوق.

وبناءاً على ذلك سيتحرك الجسيم في الصندوق بسرعة منتظمة v وينعكس على الجدران بدون فقد في طاقته[15].

**دالة الحالة وإحتمال وجود الجسيم**




في صندوق جهدي تتخذ الموجات مقادير محددة فقط بحيث يكون عرض الصندوق مساوياً لعدد صحيح من نصف طول الموجة λ.

تصف فيزياء الكم الجسيم بدالة موجبة بسيطة ويترتب على ذلك أن الجسيم يتخذ داخل الصندوق أوضاعاً بحيث يكون عرض الصندوق L مساوياً مضاعفات نصف طول جوجتها حيث ان انعكاس الموجة على نفسها يتم على الجدارين مكونة موجة ساكنة فاذا كانت L ليست مساوية لعدد صحيح من نصف طول الموجة فإن الموجة تمحو نفسها وتتلاشى بسبب التداخل الهدام وتلك هي

احدى نتائج ميكانيكياً الكم التي تصف حركة الجسيم داخل صندوق الجسيم داخل الصندوق يتخذ مستويات طاقة معينة فقط تعتمد على عدد كم رئيسي n.

والخاصية الثانية الهامة لنظرية الكم تخص باحتمال وجود الجسيم في نقطة معينة في الصندوق واحتمال وجود الجسيم داخل الصندوق يقدر ب 1 وخارج الصندوق صفر 5 حيث أن الجسيم لا يمكن ان يخرج من الصندوق ومع ذلك فإن احتمال وجود الجسيم في مكان ما داخل الصندوق مختلفة وتعتمد على حالة الجسيم (سرعته).

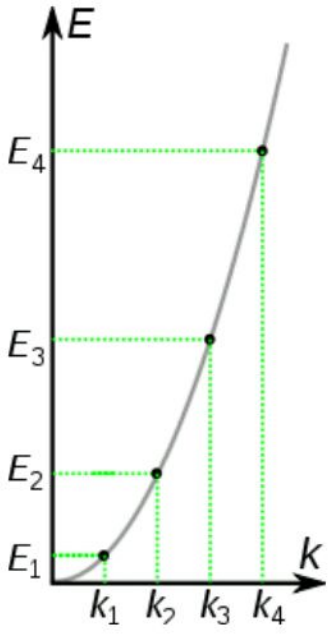
والاغرب من ذلك لنظرية الكم انه يوجد احتمال نفاذ الجسيم إلى خارج البئر "الجهد طبقاً لظاهرة النقص الكمومي حيث يكون جهد البئر محدوداً وليس نهائياً هذا التبسيط يتناول حركة الالكترون في جهد نواة الذرة حيث يعمل التأثير الكهرومغنطيسي طبقاً قانون كولوم على جزب الالكترون السالب الشحنة ليدور في غلاف حول النواة الموجبة الشحنة ويبقى مرتبط بها[16].

**طاقة الجسيم**

نظراً لان اجسيم داخل صندوق جهده لابد أن يتخذ حالات محددة معتمدة على الصحيح n فانه يتخذ فقط كما ان طاقة محددة منفصلة معتمدة على n. وينطبق ذلك ايضاً في حالة ان يكون جهد الصندوق محدداً وليس لا نهائياً، ويترتب عليه خواص خاصة بتركيب الذرة وعلى امل معالجة المسألة السابقة فيمكن صياغة طاقة (E) الجسيم بالاعتماد على اي ان طاقة الجسيم الكلية تساوي طاقته الحركية حيث ان طاقة الوضع مساوية للصفر.

سنقوم في التالي بحل معادلة شرونجر التي تعتمد على الزمن (حلول القيم الذاتية لمعامل هاملتون ومسألة تفسير الطيف).

**الجسيم داخل صندوق**



طاقة جسيم في صندوق تتخذ قيم e محددة منفصلة (كموجة) وتعتمد على العدد الموجي K.
الخط (المستمر) يصف حركة جسيم حر وليس محبوساًفي صندوق تعادل معادلة شرودنجر الساكنة (تهمل الزمن) في الصندوق معادلة جسيم حر، وهي معادلة تفاضلية في الدرجة الثانية[17].

$$\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2}{dx^2}\varphi(x) = E\varphi(x), \qquad (0 \le x \le L)$$

وباختيار الدالة الموجبة $\varphi(x)$ داخل الصندوق نحصل على:

$$\varphi(x) = Asin\,(kx) + B\,\cos(ks)$$

وبالتعويض بهذا في معالة شرودنجر وإجراء التفاضل بالنسبة للمكان يكون:

$$\frac{d^2}{dx^2}\varphi(x) = -k^2\varphi(x)$$

$$\frac{\hbar^2}{2m}(-k^2)\varphi(x) = E\varphi(x)$$

بذلك نحصل على طاقة الجسيم $E$ واعتمادها على العدد الموجب $K$:

$$E\,\frac{\hbar^2k^2}{2m}$$

العدد الموجب K هو عدد الاطوال الموجبة في وحدة طول خارج الصندوق الحالة المستمرة.
خارج الصندوق يجب ان تكون الدالة الموجبة للجسم مساوية للصفر حيث ان جهد الصندوق كبير لا نهائي، اي ان:

$$\varphi(x) = 0, \qquad (x < 0, x > L)$$

ونظراً لوجوب ان تكون ادالة الموجبة مستمرة في كل مكان، فلابد من اختيار شروط الدالة الموجبة داخل الصندوق، وهو ان تكون مساوية للصفر عند الجدارين $\varphi(x) = 0$:

$$\varphi(x = 0) = 0 \quad \text{و} \quad \varphi(x = l) = 0$$

**الشرط الاول**

ينتج من الشرط الاول الدالة الموجبة داخل الصندوق:

$$\varphi(x = 0) = A\sin(k.0) + B\cos(k.o)$$

$$a = A.0 + B.1$$

ولكي تكون المعادلة قابلة للحل فلابد من وضع B=0 وبذلك تبسط الدالة الموجبة إلى الصيغة.

$$\varphi(x) = A\sin(kx)$$

**الشرط الثاني**

بواسطة الشرط الثاني نحصل على الدالة الموجبة داخل الصندوق

$$\varphi(x = L) = A\sin(kL) = 0$$

ولكي يمكن حل تلك المعادلة فلابد ان تكون KL عدد مضاعفاً لـ π (حيث ان الحل بوضع المطال A=0 يعني عدم وجود الموجة على الاطلاق)، وبهذا يصبح

$$KL = n\pi, \qquad n = 1,2,3, \ldots \ldots \ldots$$

وبناءاً على ذلك فلابد ان تتخذ قيمة العدد الموجب *K* قيم ذاتية منفصلة *descrete valnes*.

$$k = kn = \frac{\pi}{L} n, \qquad n \in N$$

بمساعدة الشرط الثاني نحصل على $N \in Z$ عدداً صحيحاً.

عندما تكون *n=0* تصبح الدالة الموجبة $\varphi(x) = A \sin(0.x) = 0$

مساوية للصفر في كل مكان ولا يمكن توحيد الدالة وعلى ذلك فيكون الحل *n=0* غير مسموح به.

وبالنسبة للقيم السالبة $\grave{n} = -n < 0$ تكون الدالة الموجبة نفسها كما في حالة *n* الموجبة ما عدا اختلافها في الاشارة اي ان:

$$\sin(k_n, x) = A \sin(-k_n x) = -A \sin(k_n x)$$

وتؤدي الدوال الموجبة ذات اعداد n– صحيحة سالبة إلى وجود مستويات للطاقة جديدة لذلك تختصر على الحلول التي تعطي $n \in N$.

وكما رأينا فإن الطاقة E تعتمد على العدد الموجب K وبالتعويض عنه نحصل على:

$$\frac{\hbar^2 k^2 n}{2m} = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2mL^2} n^2 = \frac{h^2}{8mL^2} n^2, \quad n \in N$$

ونظراً لان n تتخذ اعداداً صحيحة فقط، فينطبق ذلك ايضاً على الطاقة تتخذ هي الاخرى قيماً محددة. اي ان طاقة الجسيم تكون كموجة وبالتالي تكون مستويات الطاقة منفصلة.

# الباب الرابع
# تأثير تغير حجم الجسيمات النانوية على معامل الامتصاص

## 4-1 مقدمة

لمعرفة تأثير تغير حجم الحبيبات النانويةعلى بعض الخواص الضوئية لاكسيد النيكل حيث اجريت هذه التجربة في جامعة النيلين وقد استعرض هذا الباب ادوات التجربة وخطواتها ونتائجها وتم تحليل النتائج ومناقشتها ايضاً في هذا الباب.

## 4-2 الاجهزة والادوات

لاجراء هذه التجربة استخدمت الادوات الآتية

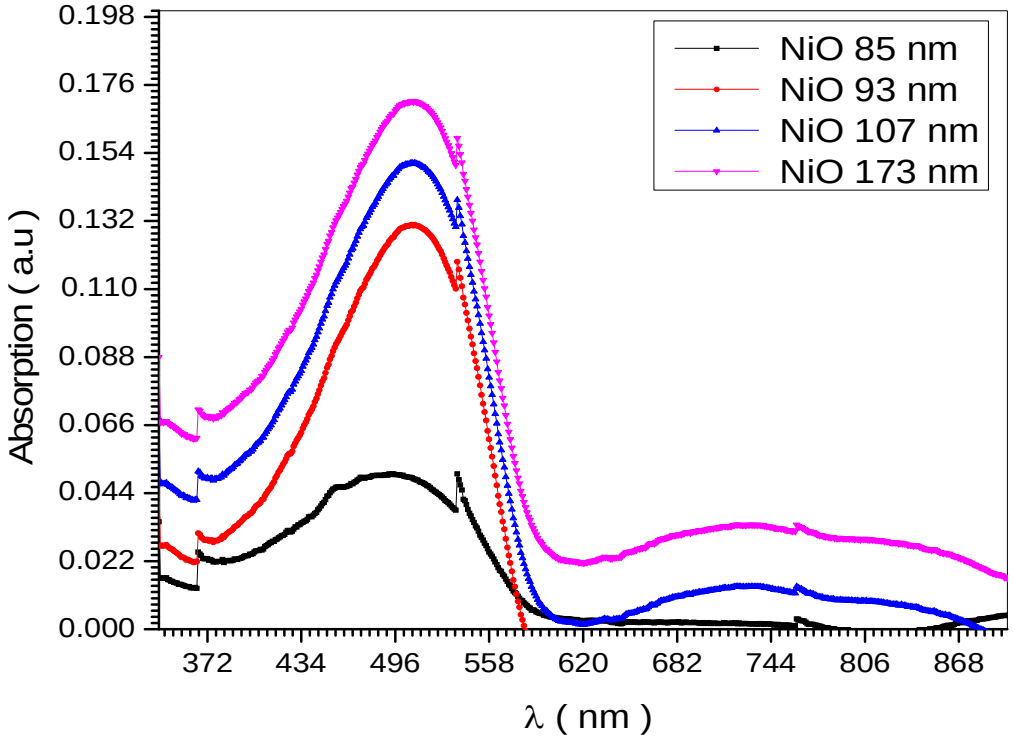
نترتيت النيكل , ماء مقطر , شرائح زجاجية, أدوات كيميائية (سحاحة – ميزان حساس – بيكر), جهاز مطياف USB200, برنامج معالجة إحصائية على الحاسوب (Ongin 8.6)

## 3-4 خطوات التجربة

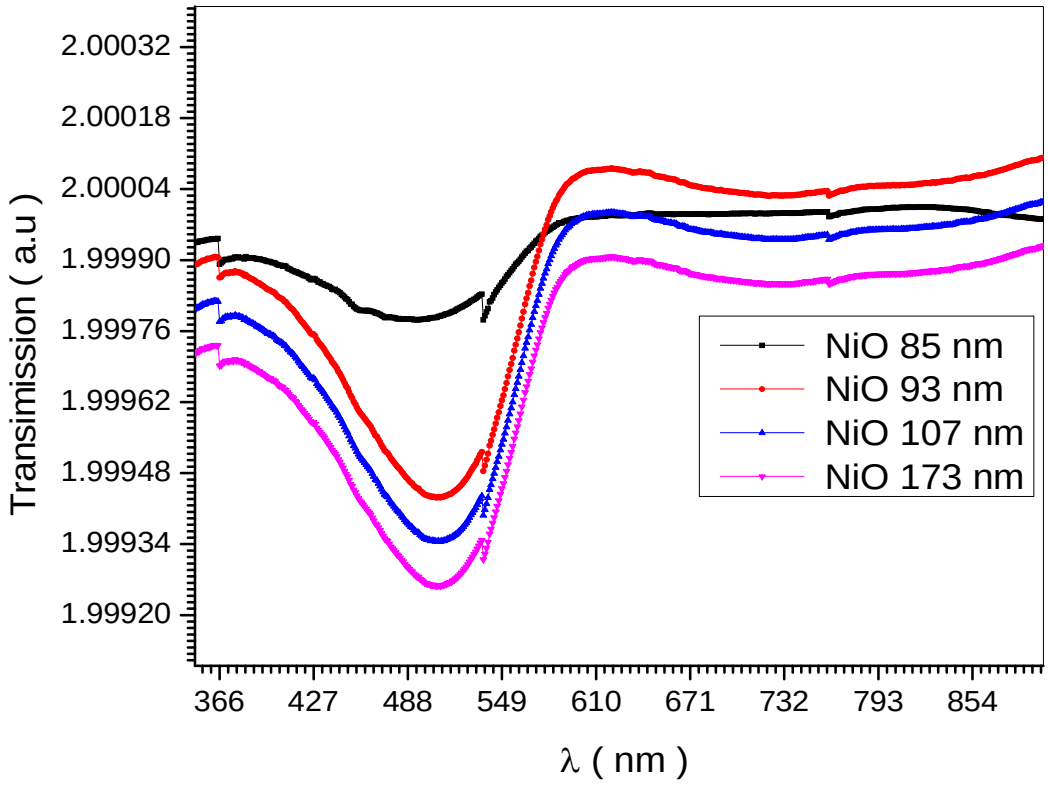
- عرضت الشريحة القاعدية بعد وزنها لدرجة حرارة $390^0$ م ثم تم ترسيب هيدروكسيد النيكل عليها وبذلك تم طرد الهيدروجين بفعل التسخين وتبقى اكسيد النيكل.
- وزنت الشريحة التي تحوي اكسيد النيكل.
- حسب الفرق في الوزن بعد وقبل الترسيب.
- حسبت مساحة الشريحة.
- قسم فرق الوزن على مساحة الشريحة لايجاد السمك والكثافة.
- عرضت الشريحة التي تحوي أكسيد النيكل لجهاز قياس الطيف الكرومغناطيسي لدراسة الخصائص الضوئية له.

## 4-4 النتائج

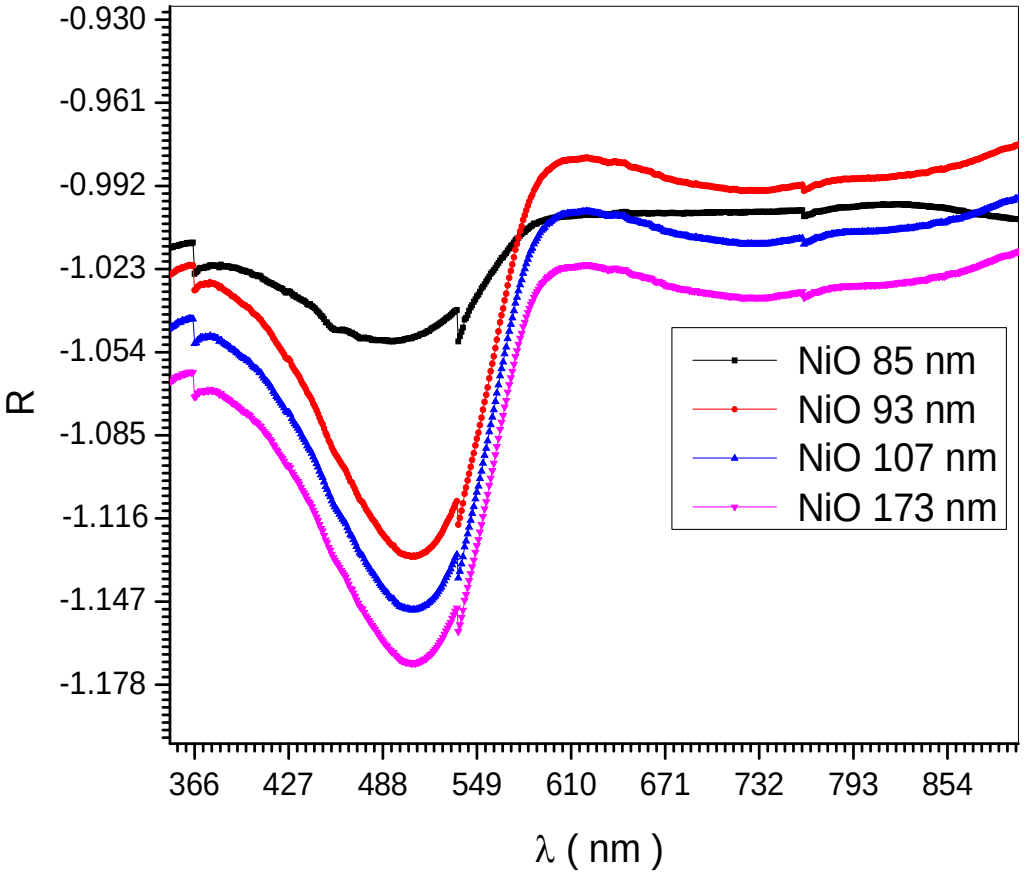
من الرسومات (4.1) و (4.2) و (4.3) تحصلنا على أن معامل الإمتصاص يزيد بزيادة الحجم النانوي وأن فجوة الطاقة تقل بزيادة الحجم النانوي لاكسيد النيكل.



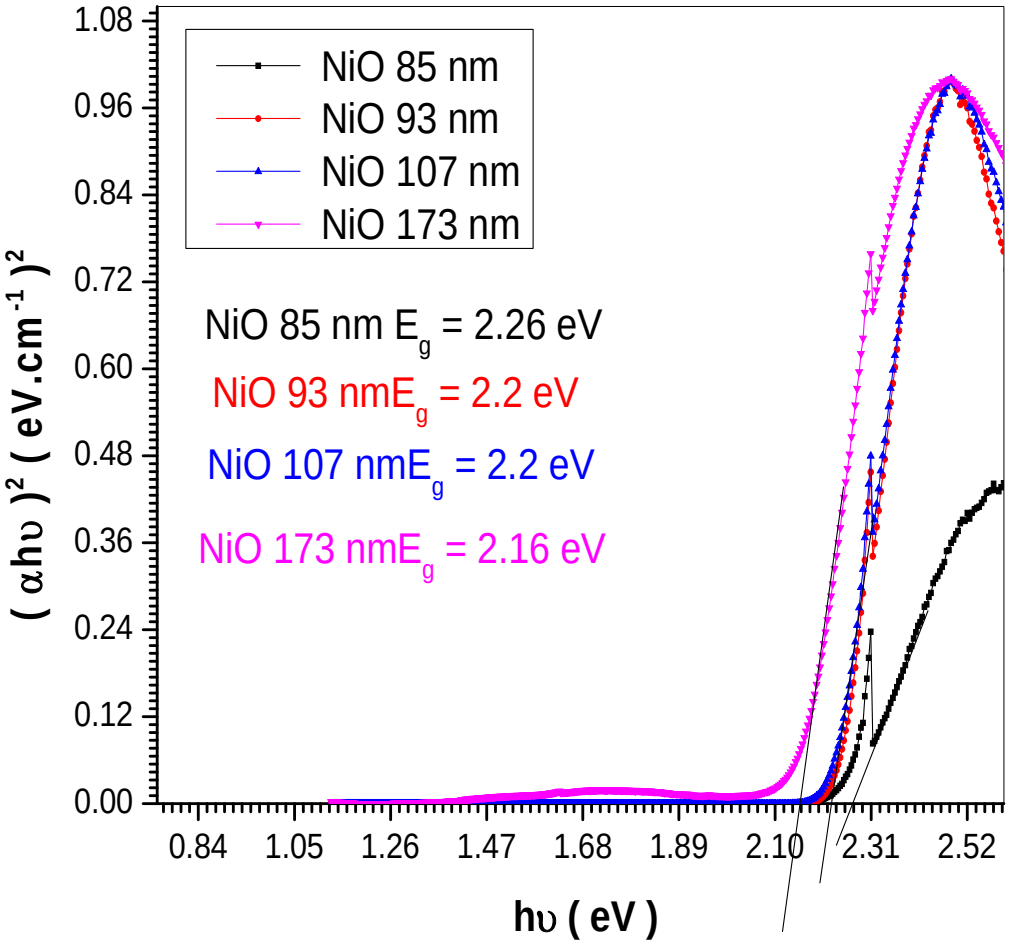

**الشكل (4-1 ) يوضح طيف الامتصاص لاكسيد النيكل**




**الشكل (2-4 ) يوضح طيف النفاذ لاكسيد النيكل**




**الشكل (3-4 ) يوضح طيف الإنعكاس لاكسيد النيكل**




**الشكل (4-4 ) يوضح حساب فجوة الطاقة لاكسيد النيكل**

## 4-5 المناقشة والتحليل

بالنظر لشكل (1.3) يتضح ان معامل الامتصاص يزيد بزيادة الحجم النانوي للجسيمات حيث تؤدي زيادة قطر الحبيبات بالقيم 85nm و 93nm و 107nm و 173nm لزيادة معامل الامتصاص بالقيم العضوي 0.044 و 0.132 و 0.154 و 0.176 ويتضح طيف النفاذ في شكل (3.2) نقصان معامل النفاذ بزيادة حجم الحبيبات النانوية. حيث يؤدي زيادة قطر الحبيبات بالقيم 85nm 93nm و 107nm و 173nm إلى نقصان معامل النفاذ متخذاً القيم 1.99924 و 1.99934 و 1.99940 و ..... بالترتيب.

ويوضح الشكل (3.4) ان زيادة حجم الحبيبات وقطرها متخذة القيم 85nm و .....و 173nm يقلل فجوة الطاقة لتتخذ القيم 2.1 ev, 2.2 ev, 2.2ev, 2.26 ev بالترتيب.

ويتسق نقصان فجوة الطاقة مع زيادة الامتصاص لان نقصان فجوة الطاقة يتيح لعدد اكبر من الالكترونات لامتصاص قدر اكبر من الفوتونات لان نقصان الفجوة يجعل حتى الفوتونات ذات الطاقات المنخفضة يتم امتصاصها من الالكترونات.

## 6-4 الاستنتاج

يمكن التحكم من معامل الامتصاص وزيادته بزيادة قطر الحبيبات النانوية ويمكن استخدام هذه الظاهرة في زيادة كفاءة الخلايا الشمسية والمنظومات الكهروضوئية او لاضوئية الحراري.

## المراجع


[1] Laufer, Gabriel (13 July 1996), introduction to optics and lasers in Engineering, Cambridge University press.

[2]ف. بوش (1982), أساسيات الفيزياء, دار ماكجروهيل للنشر, القاهرة.

[3] C.B. Murray, C.R. Kagan, M. G. Bawendi Monodisperse Nanocrystals and Close-packed anocryystal Assemblies. Annual Review of Materials Research. 30 (1): 545-610.

[4] Sakina Ibrahim Ali, Mubarak Dirar Abdalla, Sawsan Ahmed Elhouri Ahmed (2016), the Relationship Between Energy Gab & Efficiency in Dye Solar Cells, international Journal of Current Trends in Engineering & Research (IJCTER).

[5] H. Idriss, K. M. Haroun, M. D. Abd Allah, M. H. Eisa, A. E. Elfaki (2016), Effect of Acetylene Rates and Temperature Variations of Cobalt Nanoparticles in Carbon Nanotubes, international Journal of scientific and Technology Research, V,I.

[6] H. Idriss, K. M. Haroun, M. D. Abd Allah, M. H. Eisa, A. E. Elfaki (2016), Effect of Acetylene Rates and Temperature Variations of Iron Nanoparticles in Carbon Nanotubes, international Journal of mathmetics and physical sciences Research, V4, I1.

[7]أ.د. عبد الفتاح الشاذلي (2003), فيزياء الجوامد, الدار العربية للنشر والتوزيع, القاهرة.

[8]د. رأفت كامل واصف (1981), المدخل لعلوم الجوامد, دار المعارف, القاهرة.

[9]د. رأفت كامل واصف (2008), أساسيات فيزياء الجوامد, دار النشر للجامعات, القاهرة.

[10] Bagheri, A. Jabbari, N, (2008), An Empirical Studying of Barriers for Technology Transfer the case of Iran, IEEE 978.

[11] cristina Buzea, levan Pacheco and Kevin Robbie (2007), Nanomaterials and Nanoparticles: Sources and toxicity, Biointerphases PMID 9041982.

[12]علي يوسف (2014), النانو تكنولوجي وتطبيقاته في المستقبل, المركز الوطني للمتميزين, سوريا.

[13] Ekimov, A. I and Onushchenko, A. A, (1981), Quantum size effect in three-dimensional microscopic semiconductor crystals, JETP. Lett. 34: 345-349.

[14] Davies, John. (2006), the Physics of Low Dimensional Semiconductor:An Introduction 6th reprint), cambridge University press ISBN 0-521-48491.

[15] د. محمد نبيل يس البكري – د. صلاح الدين يس البكري (2005), دار الفكر العربي, القاهرة.

[16] Griffiths, David J. (2004), introduction to Quantum Mechanics (2nd ed.), prentice Hall ISBN 0-13-111892-7.

[17] Joachain C. J (2000), Quantum mechanics. Education, Essex, ISBN 0-582-35691-1.