



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة ديالى

كلية التربية للعلوم الصرفة

قسم الكيمياء

بحث تخرج بعنوان...

" تحضير المتراكبات الثلاثية للكربون النانوي متعدد الجدران مع

الكربون الفعال والنحاس النانوي "

بحث تخرج مقدم الى عمادة كلية التربية للعلوم الصرفة /جامعة ديالى/قسم  
الكيمياء وهو جزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في الكيمياء

إعداد

هاجر احمد مهدي

رجاء محمود محمد

إشراف:

م.د. فراس حبيب عبدالرزاق

بسم الله الرحمن الرحيم

{ قَالُوا سُبْحَانَكَ لَا عِلْمَ لَنَا إِلَّا مَا عَلَّمْتَنَا إِنَّكَ أَنْتَ  
الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ }

سورة البقرة (٣٢)

## الإهداء

إلى من جرع الكأس فارغاً ليسقيني قطرة حب ....  
إلى من كَلَّتْ أنامله ليقدّم لنا لحظة سعادة ....  
إلى من حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم ....  
إلى القلب الكبير....(والدي العزيز)  
إلى من أرضعتني الحب والحنان ....  
إلى رمز الحب وبلسم الشفاء....  
إلى القلب الناصع بالبياض....(والدتي الحبيبة)  
إلى القلوب الطاهرة الرقيقة والنفوس البرينة إلى رياحين  
حياتي....(إخوتي)  
الآن تفتح الأشرعة وترفع المرساة لتنتقل السفينة في عرض بحر واسع  
مظلم هو بحر الحياة وفي هذه الظلمة لا يضيء إلا قنديل الذكريات ذكريات  
الأخوة البعيدة....إلى اللواتي أحببتهن وأحببني (زميلاتي)

## كلمة شكر

في مثل هذه اللحظات يتوقف اليراع ليفكر قبل أن يخط الحروف ليجمعها  
في كلمات ... تتبعثر الأحرف وعبثاً أن يحاول تجميعها في سطور  
سطوراً كثيرة تمر في الخيال ولا يبقى لنا في نهاية المطاف إلا قليلاً من  
الذكريات وصور تجمعنا برفاق كانوا إلى جانبنا .....  
فواجب علينا شكرهم ووداعهم ونحن نخطو خطواتنا الأولى في غمار  
الحياة

ونخص بالجزيل الشكر والعرفان إلى كل من أشعل شمعة في دروب علمنا  
وإلى من وقف على المنابر وأعطى من حصيلة فكره لينير دربنا  
إلى الأساتذة الكرام في كلية التربية للعلوم الصرفة/قسم الكيمياء ونتوجه  
بالشكر الجزيل إلى

الدكتور....(فراس حبيب )

الذي تفضل بالإشراف على هذا البحث فجزاه الله عنا كل خير فله منا كل  
التقدير والاحترام ..



## محتويات البحث

الموضوع	الصفحة
١-١ المقدمة.....	٢
الفصل الأول (الجزء النظري)	
٢-١ أنابيب الكربون النانوية Carbon Nano tubes CNTs.....	٥
٣-١ خصائص أنابيب الكربون النانوية.....	٧
٤-١ تطبيقات أنابيب الكربون النانوية.....	٨
٥-١ تشخيص أنابيب الكربون النانوية المؤكسدة مطيافية رامان للكربون النانوي.....	٩
٦-١ طرق تحضير أنابيب الكربون النانوية.....	١٤
الفصل الثاني (الجزء العملي)	
١-٢ أسماء الادوات الزجاجية المستخدمة في التجربة.....	١٧
٢-٢ أسماء الاجهزة المستخدمة في التجربة.....	١٧
٣-٢ المواد المستخدمة في هذه التجربة.....	١٧
٤-٢ طريقة العمل.....	١٨
٥-٤ النتائج.....	٢٣

## ١-١ المقدمة:

الكربون واحد من العناصر الأكثر انتشارا في الطبيعة، فهو يكون التركيبية الأساسية للمركبات الحيوية المسؤولة والمسببة للحياة على كوكب الأرض، من خلال امتلاكه لصفه فريده وهي امكانيه دخوله لتكوين مختلف انواع التهجين مع مختلف العناصر والذي يعطي الخصائص الفيزيائية والكيميائية لهذه المركبات. فضلا عن ذلك هناك امكانيه لذرات الكربون ان تتواجد في تراكيب لوحدها ليست بشكل خامات قط بل من خلال تكوين مركبات ذات خصائص استثنائية غير اعتيادية، فعلا سبيل المثال الماس والكرافيت البنية الأساسية المكونة لهذين التركيبين هو الكربون فقط لكن احدهما يمتاز بكونه ذو لون اسود هش الهيئة بينما الاخر يمتاز بألوانه البراقة والصلادة العالية لكنهما يمتلكان درجات انصهار متقاربة ،هناك العديد من الامثلة التي تؤكد على الخصوصية الاستثنائية لهذا العنصر. البنية الالكترونية لذره الكربون

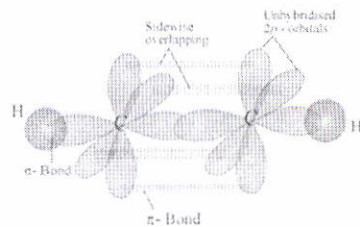
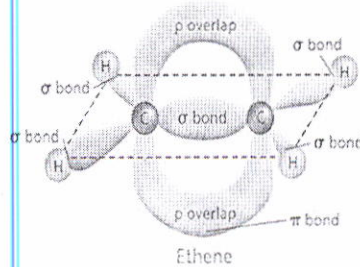
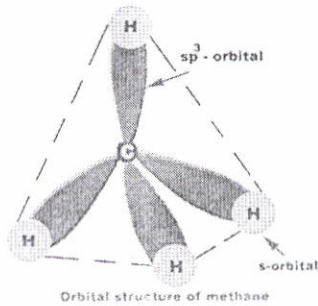
لذره الكربون ستة الكترونات موزعه كالآتي لذره الكربون ستة الكترونات موزعه كالآتي

$$C_6 = 1S^2 2S^2 2P^2$$

كما مبين في الترتيب الالكتروني يوجد الكترونين في الغلاف الاول وبطاقة لهذا المستوى مقدارها 285 ev وهذا المقدار العالي من الطاقة يمنع هذا المستوى الطاقى من الاشتراك في التفاعل الكيميائي وتأثيرها يكون مقتصرًا على كونه وسيط ما بين الالكترونات الخارجية والنواة اما بالنسبة للخصائص الفيزيائية فيكون محدد جدا. الالكترونات الاربعة المتبقية متوزعه بواقع الكترونين في الاوربيتال 2S والكترونين في الاوربيتال 2P وبطاقة مقدارها 285 ev تجعل هذا المقدار مؤهل وبامتياز لان يشترك في التفاعلات الكيميائية مكونا عدد لا يحصى من المركبات الكيميائية من خلال التهجين الذي يشترك فيه مع معظم العناصر والذي سيوضح في الفقرة التالية

## تهجين ذرة الكربون Hybridizations of carbon atoms

يشترك الكربون في ثلاثة انواع رئيسيه من التهجين ففي الميثان  $CH_4$  فانه سيكون التهجين من نوع  $SP^3$  ، والاثيلين  $C_2H_4$  يعطي  $SP^2$  ، اما الاستيلين  $C_2H_2$  فيمتاز بخاصيه  $SP$



شكل (١) يوضح تهجين ذره الكربون في ثلاثة مركبات مختلفة .

والذي يهمننا في هذا البحث هو المركبات التي يكونها الكربون لوحده كبنية اساسيه من دون اشتراك اي عنصر اخر وهي كما مبين باختصار في الفقرة الاتية

### المركبات الكربونية

المقصود بهذه العبارة المركبات المتكونة من الكربون فقط دون العناصر الاخرى وهي كالآتي.

الكربون الغير متبلور ٢-الكرافيت ٣-الماس ٤-الكربون الفعال

٥-الفولارين ٦-البصلة الكرافيتية ٧-الياف الكربون النانوية

٨-انابيب الكربون النانوية

### الكربون الأسود

هي مادة حاوية على عنصر الكربون وهي تنتج من الاحتراق غير الكامل للمنتجات الحاوية على الهيدروكربونات مثل المشتقات الثقيلة للنفط مثل قطران التكسير الحفزي(FCC)، وقطران الفحم.

يعد أسود الكربون شكلاً من أشكال الكربون اللابلوري، ولديه نسبة مرتفعة من مساحة السطح إلى الحجم ( $A/V$ )، ولكنها دون الفحم المنشط، وهو يختلف بوجود هذه الخاصية عنالسناج بارتفاع تلك نسبة  $A/V$ ، وبوجود نسبة أقل بشكل واضح من الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات.

يستخدم أسود الكربون كخضاب في صناعة اللدائن والدهانات والأحبار، كما يستخدم كمادة مالئة في صناعة الإطارات وفي منتجات مطاطية أخرى.

حسب تصنيف الوكالة الدولية لأبحاث السرطان (IARC)، فإن أسود الكربون ربما قد يكون أحد المسرطنات للبشر، وهو ضمن المجموعة 2B.[Group 2B.] قد يؤدي التعرض قصير الأمد إلى تراكيز مرتفعة من أسود الكربون إلى حالات مهيجة للمجرى التنفسي.

### أكسيد النحاس النانوي

يمكن تحضير جزيئات بحجم النانو من اكسيد النحاس بعدة طرق منها طريقة ترسيب اكسيد النحاس عن طريق اختزالها باستخدام عامل مختزل.هناك العديد من التطبيقات التي يدخل فيها اكسيد النحاس بحجم النانو منها استخدامها في خلايا الوقود والتطبيقات الطبية وكذلك في تعقيم المياه من البكتيريا. في هذه الدراسة تم تحضير اكسيد النحاس بحجم النانو بالشكل العصوي وبثلاثة احجام مختلفة واستخدامها كمضاد لثلاثة انواع من البكتيريا في المياه العادمة،



وهذه الانواع هي TC و FC و E. faecalis، وتعتبر هذه الانواع كمؤشر لوجود انواع اخرى من الملوثات في المياه. وقد تم تحضير اكسيد النحاس بحجم النانو بطريقة ترسيب اكسيد النحاس باستخدام عامل مختزل عند درجات حرارة مختلفة هي ٦٥ و ٧٥ و ٨٥ س وكذلك تم تغليف اكسيد النحاس باستخدام مثبت سطحي له خاصية مضادة للبكتيريا. وقد تم تشخيص اكسيد النحاس بحجم النانو لمعرفة حجم الجزيئات وشكلها باختلاف درجة حرارة التحضير وتأثير وجود المثبت على الحجم والشكل، وقد تم هذا التشخيص باستخدام اجهزة SEM و XRD. تم دراسة اثر العديد من المتغيرات على تأثير اكسيد النحاس بحجم النانو على البكتيريا الموجودة في المياه العادمة، وكانت هذه المتغيرات هي حجم جزيئات النانو بوجود وعدم وجود المثبت وتركيز جزيئات النانو ووقت المعالجة وتغيير درجة حموضة المياه العادمة ودرجة حرارتها وكذلك اثر تحريك جزيئات النانو في عينات المياه العادمة على فعاليتها في مكافحة البكتيريا. اظهرت النتائج ان حجم جزيئات النانو المَحَضَّرَة كانت تتراوح بين ٧ و ١٢ نانومتر، بحيث كانت العلاقة عكسية مع ارتفاع درجة حرارة التحضير بحيث كانت كلما ازدادت درجة حرارة التحضير كانت جزيئات النانو بحجم اصغر. وكذلك كانت العينات المثبتة اصغر حجما من العينات غير المثبتة عند نفس درجات الحرارة. وكذلك فان جميع العينات المَحَضَّرَة كانت بالشكل العصوي. اظهرت الدراسة فعالية قوية لأكسيد النحاس بحجم النانو المغلف بالمواد الفعالة سطحيا ضد البكتيريا المستهدفة في المياه العادمة، وكذلك كان هناك تأثير للعديد من المتغيرات على فعالية هذه الجزيئات حيث كانت الفعالية الاقوى للجزيئات ذات الحجم المتوسط للعينات المثبتة (٩.٩ نانومتر) و العينات غير المثبتة (١١.٤ نانومتر). وكذلك فان فعالية العينات المثبتة كانت اكبر من العينات غير المثبتة وكان هناك تأثير خفيف لزيادة الوقت وتغيير درجة الحموضة بحيث كانت الفعالية تزيد كلما زاد وقت المعالجة ومع انخفاض درجة الحموضة. وكانت اقوى فعالية للجزيئات المثبتة عند درجة حرارة ٢٥ س بينما كانت ٣٥ س للجزيئات غير المثبتة. الفحص على عينات مياه عادمة من خلال تمريره في اكسيد النحاس المثبت اثبتت فعالية تمكن من استخدامها في التطبيقات العملية لتنقية المياه العادمة.



## الفصل الاول (الجزء النظري)

### ٢-١ أنابيب الكربون النانوية Carbon Nano tubes CNTs

ان اول اكتشاف لأنابيب الكربون النانوية كان في سنة ١٩٩١ كنتاج ثانوي لعملية تحضير الفلورين بواسطة العالم الياباني سوميو ايجيما وقد حدث تطور ملحوظا في ال ١٤ سنة الماضية تتضمن اكتشاف نوعين اساسيين من انابيب الكربون النانوية وفي طرق تحضيرها وتنقيتها وكذلك ايجاد الخصائص الفيزيائية والاهم من ذلك هو كيفية الاستفادة منها ومن خصائصها في تنقية البيئة وتخليصها من الملوثات التي ينتجها الانسان في المعامل والمصانع المختلفة... وفي الكرافيت فان ذرات الكربون تترتب بشكل شبكة (Hexagonal lattice) من ذرات الكربون بشكل شيتات او شرائح ويمكن لهذه الشرائح ان تلتف من اطرافها بواسطة قوى فاندر فالز لتكون تراكيب اسطوانية شبيهة بالأنبوب ذات قطر نانوي وطول يزيد عن قطرها بكثير واطلق على هذه التراكيب انابيب الكربون النانوية.

نتيجة لهذا التركيب السداسي وكذلك التركيب الاسطواني تكونت خصائص مهمة لهذه الانابيب منها ميكانيكية وحرارية وضوئية وكهربائية وكذلك خصائص امتزاز ونتيجة لمساحتها السطحية العالية كثر الاهتمام بها .

يمكن ان تعتبر انابيب الكربون النانوية فيولارين ذو درجة عالية من الاستطالة ، الاختلاف بين انابيب الكربون النانوية واليااف الكربون النانوية عدم وجود الفجوة او التركيب الانبوبي المفرغ في الالياف بينما يكون من العلامات المميزة للاول . مع التركيب الاسطواني للكربون نانوتيوب هنالك البناء ذو الطول والقطر بنسبه تصل الى ١:١٣٢٠٠٠٠٠٠٠٠ وهو يمثل حجم استثنائي يميز عن المركبات الكيميائية على العموم و الكربونية المذكورة بهذا التقرير على وجه الخصوص.

تمتاز الجزيئة الكربونية بخصائص غير اعتيادية مكنتها من ان تكون واحده من اهم اسس علم النانو تكنولوجي وعلم الالكترونيات والبصريات والكثير من علوم المواد، فهي تمتاز باستثناء مذهب للتوصيل الحراري والخصائص الميكانيكية والكهربائية، كما وجد تطبيقات كبيره كماده مضافة لمختلف التراكيب على سبيل المثال استخدامه لصناعه العديد من اجزاء السيارات الحديثة .

يتكون الكربون النانوي الانبوبي من طبقه (الكرفن) واحده مكونه من جدار بسمك ذرة كربون احاديه ذات تهجين SP2 ملتفه على نفسها بزوايه معينه مكونه تركيبها الانبوبي، اتجاه لف طبقه الكرفن يحدد الخصائص المميزة لهذا النوع فيما لو كان من النوع الموصل او شبه الموصل وهو احد الطرق المعتمدة في تصنيف الكربون النانوي الانبوبي.



تصنف الانابيب الكربونية حسب عدد الطبقات

١. الكربون النانوي الانبوبي احادي الجدران (Single-walled CNT(SWNTS)

يتكون من طبقة واحدة من الكرفن فقط ملتفة حول محورها باتجاه معين مكونا تركيب انبوبي يتراوح قطره (0.4-1.7nm) وباطوال مختلفة

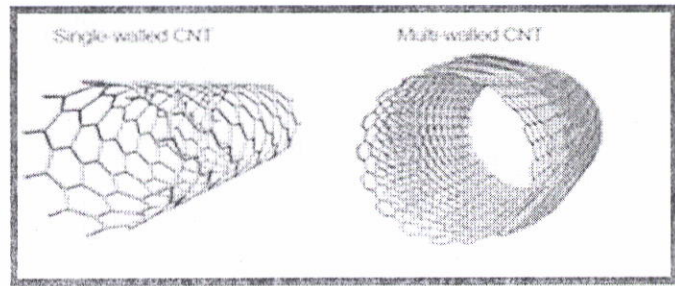
٢- الكربون النانوي ثنائي الجدران

يتكون من طبقتين من الكرفن الملتفه بحيث تأخذ شكل اسطوانة ثنائية الجدران وبابعاد مقاربة لأحادية الجدران

٢. الكربون النانوي الانبوبي متعدد الجدران (Multi-walled CNT (MWNTs)

تتكون من اكثر من (٥) طبقات من الكرفن متراسه مع بعضها مكونه شكل انبوبي ذو قطر سميك من الجدار الخارجي وباطوال مختلفة

هنا يتكون التركيب الانبوبي من اكثر من طبقة اي ان طبقة الكرفن ملتفه على نصف قطرها لاكثر من لفة فيظهر جدارها المحيط بسمك لاكثر من ذره كربون واحده والتي تحافظ على هذا التوضع او الاستقرار بفعل اواصر فاندرفالزو الذي يحفز للظهور في هذه التراكيب بفعل تاصرات باي المنتشرة على طول السطح الكرافيني. بمعنى اخر اكثر اختصارا فان الطبقة ثنائية البعد Two Dimension للكرفن تتحول الى طبقة صفريه البعد Zero Dimension.



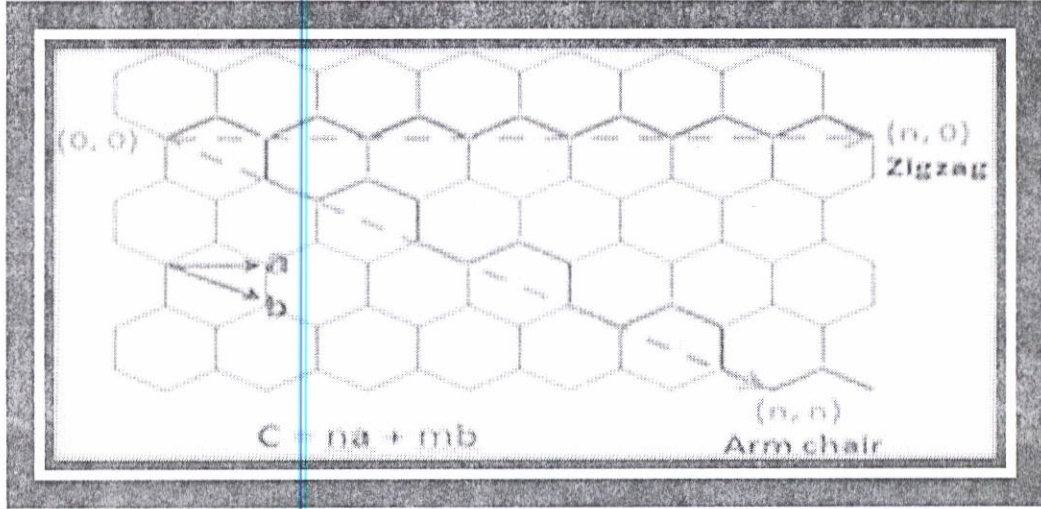
شكل رقم (٢) انواع انابيب الكربون النانوية حسب التركيب

ومن اجل وضع تصور اكثر دقه وتفصيل سنتطرق الى نوع اخر من التصنيفات التي تستخدم لدراسة الكربون النانوي الانبوبي والتي تعتبر من اهم التصنيفات لانها فعلا فسرت الكثير من خصائص هذا التركيب فضلا عن كونها اجابت عن الكثير من التساؤلات في لهذا التركيب ، وهو يعتمد على الصفة الكيرالية التي تمتاز بها المركبات العضوية على وجه الخصوص.

الانابيب النانويه لمختلف الانواع يمكن وصفها بالاستعانه العامل الكيرالي Chiral Vector او المتجه الكيرالي والذي يشار له بالمعادله الاتيه

$$C_{n,m} = n a_1 + m a_2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

كلا من  $n, m$  يشيران الى المتجه الصادي والسيني للمستوي الكرافيني على التوالي، اما  $a_1, a_2$  فهما يمثلان معاملات عدديه للمتجه الصادي والسيني على الخاصية الكيرالية او المعامل الكيرالي يعين باخذ نقطه افتراضيه على المستوي كما مبين في الشكل ادناه



### ١-٣ خصائص الانابيب الكربون النانوية

اولا-الخصائص الميكانيكية لانابيب الكربون النانوية تعتمد بصورة خاصة على طبيعة الاواصر بين ذرات الكربون وهي:

١-القوة : تعتمد على التشوهات بالتركيب وكذلك على ترتيب ذرات الكربون في الشبكة وهي الاقوى والاكثر صلابه من بين المواد المكتشفة من حيث المقاومة الشد ومعامل المرونة والتي تنتج بسبب اواصر قوية التي تربط ذرات الكربون حيث وصلت قوة احد الانابيب المختبرة الى ٦٣ غيغا باسكال

٢-الصلادة : يعتبر الماس اكثر صلادة ولكن عندما يتم ضغط انابيب الكربون النانوية الى ٢٤ غيغا باسكال فانها سوف تنتج مادة شديدة الصلادة تصل حتى الى ٦٢-١٥٢ غيغا باسكال

٣- الحركية : هذه الخاصية مهمة لنوع انابيب الكربون المتعددة الجدار بحيث ان الطبقات الداخلية يمكن ان تنزلق بصورة مرنة بحيث يمكن الاستفادة منها في تصنيع اصغر محرك دوار بالعالم

### ثانيا-الخصائص الكهربائية

بسبب التركيب الفريد للكرافين الذي بالتفافه يكون الانابيب النانوية فان بنية هذا الانبوب تؤثر على الخصائص الكهربائية له بالاعتماد على متجه الوحدة  $(n, m)$  ففي حالة  $n=m$  فان الانبوب يتمتع بصفات فلزية واما لو كانت قيمة  $n-m$  هي ثلاثة اضعاف من ٣، فان



الانبوب النانوي يكون شبه موصلا ذا فجوة نطاق صغيرة ومن ثم فان كل الانابيب النانوية اريكية الشكل  $(m, n)$  هي معدنية ، في حين تكون الانابيب  $(9, 4)$  و  $(9, 1)$  اشباه موصلات .

### ثالثا- الخصائص البصرية

تشير الخصائص البصرية للأنابيب الى الامتصاص ومطيفية رامان وتعد هذه الخصائص مهمة من الناحية الصناعية حيث يمكن ان تساهم في تحديد نوعية الانابيب النانوية الناتجة وذلك من خلال تحديد المحتوى الكربوني لها والكشف عن عيوبها التركيبية

### رابعا- خصائص الامتزاز

ان انابيب الكربون النانوية عبارة عن اسطوانات مسامية تستطيع امتزاز المركبات على سطحها وان هذا التداخل بين المركبات والسطح الصلب يعتمد على حجم المسامات وشكلها وامها تمتلك مساحة سطحية كبيرة مما يجعلها من المواد المازة الجيدة تستعمل لأزالة الملوثات مثل العناصر الثقيلة والاصباغ من البيئة

## ١-٤ تطبيقات انابيب الكربون النانوية

(تطبيقات كيميائية. تطبيقات ميكانيكية. تطبيقات كهروصوتية. تطبيقات كهرومغناطيسية)

- المنسوجات: بتصنيع أقمشة مقاومة للتمزق والمياه
- سترات حماية: يتم العمل في معهد ماساتشوستس للتقانة MIT على تصنيع دروع واقية باستخدام الأنابيب النانوية الكربونية كأللياف فائقة القوة يمكنها التصدي للرصاص
- الخرسانات: حيث يتم في الخرسانات زيادة قوة الشد
- بولي إيثيلين: وجد الباحثون أن إضافة الأنابيب النانوية الكربونية إلى البولي إيثيلين يزيد من معامل اللدونة للبولىمر بمقدار ٣٠%.
- المعدات الرياضية: تستخدم الأنابيب النانوية الكربونية في صنع مضارب التنس، وأجزاء الدراجة الهوائية، وكرات الغولف، ومضارب البيسبول والجولف بشكل أقوى وأخف وزناً.
- مصعد الفضاء: يتم دراسة الأنابيب النانوية الكربونية كمكون محتمل لحبل الشد الذي يمكن لمصعد الفضاء تسلقه وهذا يتطلب الحصول على قوة شد أعلى من ٧٠ غيغاباسكال.
- العضلات الاصطناعية: بسبب معدل الانقباض/التمدد الكبير للأنابيب النانوية الكربونية مولدة بذلك تياراً كهربائياً، تعتبر الأنابيب مناسبة للاستخدام في العضلات الاصطناعية



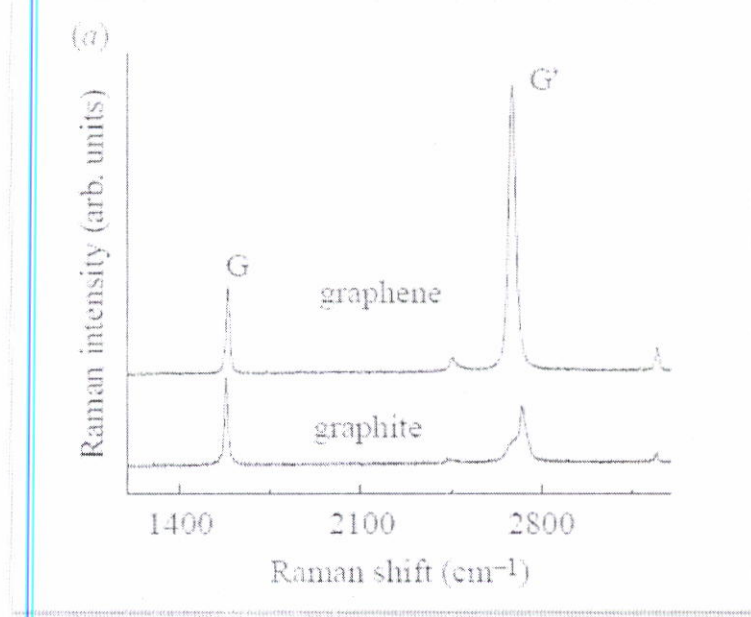
- ألياف ذات قوة شد عالية: تتطلب الألياف المنتجة باستخدام كحول البولي فينيل ٦٠٠ جول/غرام لكسرها.
- الجسور: يمكن للأنايبب النانوية الكربونية أن تستخدم بدلاً من الفولاذ في الجسور المعلقة
- الشاشات: يمكن استخدام الأنايبب النانوية الكربونية كمدافع الكترونية دقيقة يمكن استخدامها كأنايبب الأشعة المهبطية مصغرة في الشاشات الرقيقة، ذات الوزن الخفيف، والطاقة المنخفضة، والسطوع العالي.
- مرشح لتلوث الهواء: يمكن لأغشية الأنايبب النانوية الكربونية أن ترشح ثاني أكسيد الكربون المنبعث من محطات الطاقة.
- حافظات تقنية حيوية: يمكن ملء الأنايبب النانوية الكربونية بجزيئات بيولوجية حيوية تساعد في التقنية الحيوية.
- تخزين الهيدروجين: إن الأنايبب النانوية الكربونية لديها القدرة على تخزين ما بين ٤.٢ - ٦٥ % من وزنها من الهيدروجين
- ترشيح الماء: يمكن لأغشية الأنايبب النانوية الكربونية أن تستخدم في عملية الترشيح، وهذا من شأنه أن يقلل من كلفة تحلية المياه بمقدار ٧٥ %، وتكون الأنايبب رقيقة جداً بحيث تسمح للجزيئات الصغيرة (كجزيئات الماء) بالمرور عبرها، بينما تمنع الجزيئات الأكبر (كأيونات الكلوريد في الملح) من المرور.
- الأسلاك النانوية الكيميائية: وإضافة لما سبق يمكن استخدام الأنايبب النانوية الكربونية لإنتاج أسلاك نانوية مصنعة من مواد كيميائية أخرى كالذهب أو أكسيد الزنك

## ١-٥ تشخيص انابيب الكربون النانوية المؤكسده

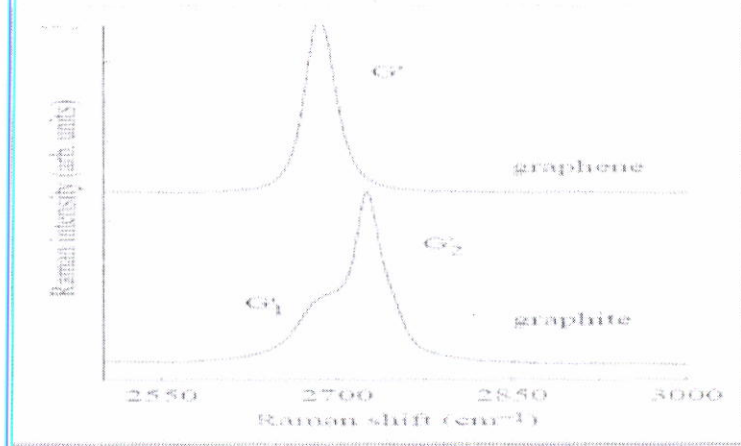
### مطيافية رامان للكربون النانوي

تعتبر هذه التقنية من افضل الطرق المستخدمة لتشخيص الكربون النانوي الانبوبي بل يعتبر الدليل القاطع على التركيب الانبوبي الكربوني وذلك لان التركيب المتناظر لذرات الكربون يجعل امكانيه تشخيص هذا التركيب غير ممكن على الاطلاق الا في حاله وجود مجاميع فعاله متاصره مع التركيب النانوي بحيث تجعل امكانيه حصول تغير ولو طفيف في الانسقاطات ممكن فانه يمكن ملاحظه بعض من خصائص الاواصر المتاثره بالمجموعه الفعاله. فيما يخص مطيافيه رامان ولاجل الزياده في التوضيح سنبداء بشرح الكرفن في مطيافيه رامان باعتبار الكرفن هو الوحده المكونه للتركيب الانبوبي ، طيف الكرفن الماخوذ من تقنيه رامان يظهر منطقتين الاولى: والتي تسمى G-band في المرتبه الاولى للمطيافيه وهي العائده للطور او السلوك البصري التذبذبي لذرتين متجاورتين من الكربون في طبقه الكرفن ضمن المجموعه

المكونه للكرافيت والتي تظهر في الطول الموجي  $1500\text{ cm}^{-1}$  وهي تزااح حوالي  $15\text{ cm}^{-1}$  فيما لو اخذا الطيف لطبقه كرفن بصوره منفردة ولمزيد من الدقه فان الانزياح يعتمد على عدد الطبقات المكونه للكرافيت وبعلاقه عكسيه  $(n/1)$  حيث  $n$  يمثل عدد الطبقات المكونه للكرافيت. المنطقه الاخرى المميزه للكرفز هو القمه الظاهره في الجزء الممتد عند  $1270\text{ cm}^{-1}$  والذي يشار له بالرمز  $G^*$  وهذه تظهر في المركبات التي تحتوي على كاربون من نوع  $sp^2$ . هذه القمه الاخيريه والتي تصنف من المرتبه الثانيه لمطيافيه رمان ناتجه عن عمليه الرنين المزدوجه لاثنين من الفونونات لمتجه الموجه المتعكس

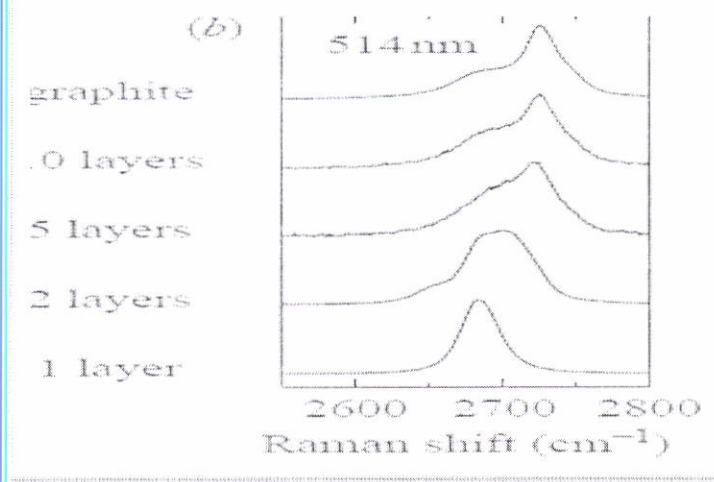


وهنا يجب الاشاره الى ان التمييز بين الكرفن ( $n=1$ ) والكرافيت ممكن الحصول عليه وبوضوح تام حيث ان الكرافيت يمتاز بشده عاليه ثنائيه القمه بينما الاول يمتاز بقمه مفردة احاديه



في حاله الكرفن احادي الطبقة والذي يشار اليه في اغلب المصادر بالرمز (GL1) حيث يحصل عمليه رنين مفردة، اما لطبقتين فانه يحصل عمليه رنين مزدوجه كذلك فان المنطقه  $G^*$  مهمه

جذا في تعيين عدد طبقات الكرفن في عينه معينه حيث سلاحظ تمايز واضح لهذه القمه يتناسب مع عدد الطبقات كما موضح في الطيف الماخوذ لهذه المنطقه

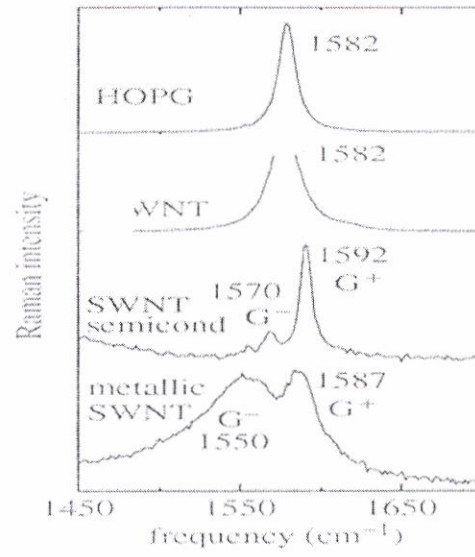


هنالك قمه اخرى يتوقع ظهورها وهي ناتجه عن التشوه الذي يحصل عند حافه تركيب الكرفن وهو ناتج عن حركه الشبكة الكربونية وتأثيرها على مركز منطقته البريليون وتكون موجوده بين ١٢٧٠-١٤٥٠

اما فيما يخص التركيب الكربوني النانوي فان الحزم الثلاث التي ذكرت في الكرافيت والكرفن فانها ستظهر في هذا التركيب حتى انها ستصبح علامه مميزه لهذا المكون الكربوني. اولا القمه التي تشير الى عدم الانتظام (D) تظهر عند  $\text{cm}^{-1}1130$  ، ثانيا G تقع عند  $\text{cm}^{-1}1580$  والناتجه من انتظام المجموعه C-C ، وثالثا G' تقع عند  $\text{cm}^{-1}1270$  وهي ناتجه عن الرنين للاصره المزدوجه C=C. شدة الحزمه للقمم الناتجه تعطي هي الاخرى مؤشرات على نوع CNT فمثلا ان كانت النسبه (ID/IG) قليله فانه يدل على ان نسبة MWNT هي الاكثر في الناتج المحظر، والعكس صحيح علما ان النسبه المثلى لهذه النوع هي ٠.٤٧ وكذلك الحال بالنسبه للشده بين (IG'/ID) حيث ان النسبه المثلى لتواجد MWNT عندما يقترب من المقدار ٢.٥٢.

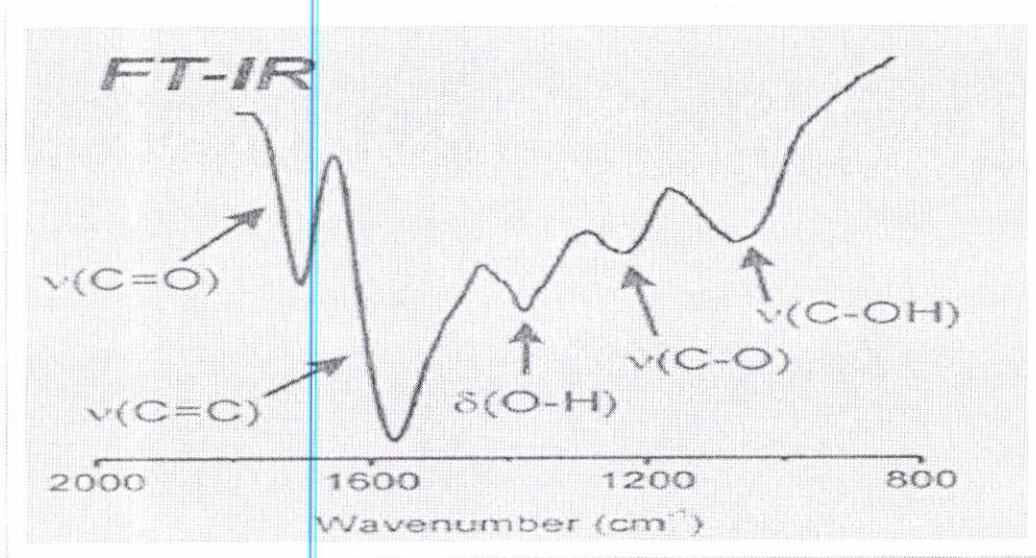
ومن اجل المقارنه بين الكرفن والكربون النانوي الانبوبي باستخدام هذه التقنيه ناخذ الطيف الموضح ادناه.





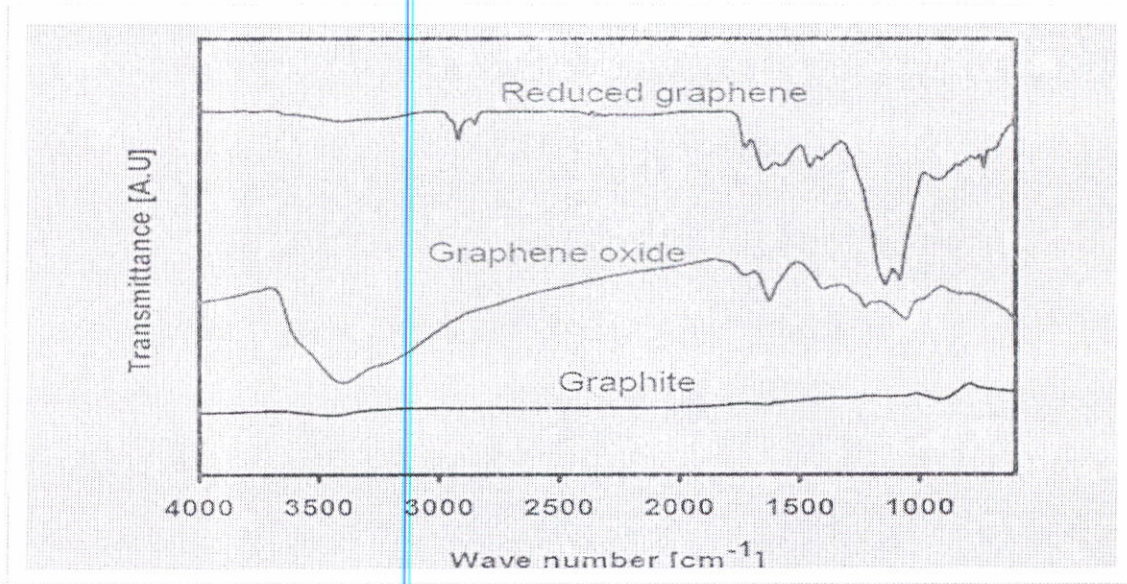
### تقنية FTIR

للكرفن أوكسيد يعطي المجاميع الفعالة الاتية والموضحة في المخطط الاتي



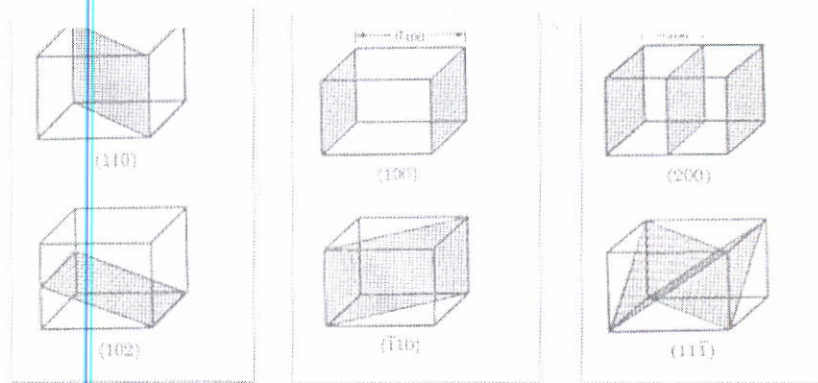
الشكل الاتي يمثل الطيف الخاص بالكرفن واوكسيد الكرفن والكرافيت والماخوذ بتقنيه FTIR .





### التشخيص باستخدام تقنية X-Ray Diffraction

هذه الطريقة تعين الذرات وتركيب الجزيئات في البلورة، على أساس ان ذرات البلورة تسبب انعكاس حزمه اشعه X-Ray الى اتجاهات خاصه ومن خلال قياس زاويه وشده حزمه الانكسار يمكن وضع هويه تعريفه خاصه لهذا التأثير بين الاشعة والبلورة، كما ان هذه التقنية يمكن ان تعطي صورته ثلاثية الابعاد لكثافته تواجد الالكترونات في البلورة وموقع الذرات بالاضافة الى الاواصر الكيميائية وتوزيع المجاميع اي الانتظام للتركيب البلوري. من خلال الاستعانة بمعادله براغ امكن دراسة CNTs وهي اساس عمل هذه التقنية حيث ان التركيب البلوري يترجم الى الاشكال الاتية



## ١- ٦ طرق تحضير انابيب الكربون النانوية

في الوقت الحاضر ونتيجة للدراسات المتعددة التي تخصصت لفهم تركيب ومميزات CNT والتي برهنت على اهمية هذا التركيب لما يمتاز به من خصائص فيزيائية وميكانيكية استثنائية، فقد ظهرت العديد من الطرق لتحضير هذا المكون وهي بشكل عام تتضمن التقنيات الاتية

١. تفريغ القوس الكهربائي Arc-discharge methods

٢. الصهر بالليزر Laser ablation methods

٣. الترسيب الكيميائي للبخار Chemical vapor deposition

٤. الضغط العالي CO الكربون High pressure of CO

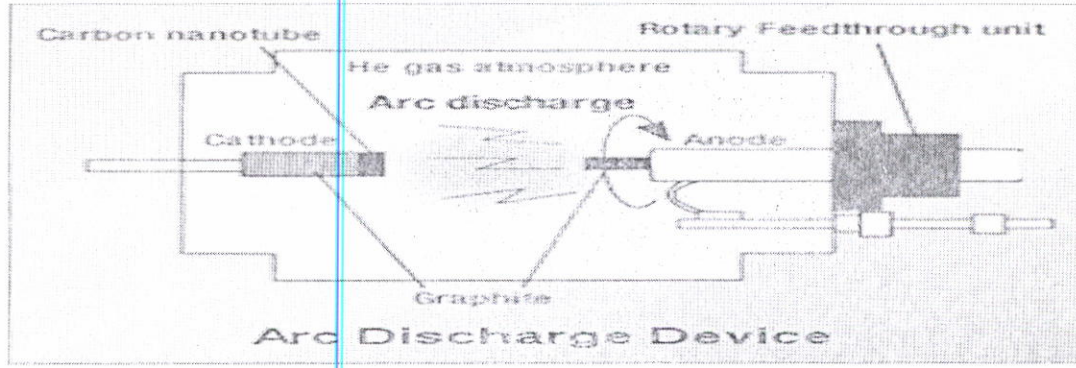
هذه الطرق هي المستخدمة بصوره رئيسيه في التحضير وهناك طرق اخرى وتقنيات مطوره من هذه المذكوره وعلى الاغلب تستخدم مصادر للتسخين من نوع معين دون الاخر مثل طريقه البلازما التي تستخدم تقنيه ذات درجه حراره اقل مقارنة بالطرق الاخرى بالاضافه الى الضغط المنخفض مع استخدام المايكروويف والتفاعل يتم باستخدام هيدروكربونات غازيه مثل الميثان، الايثان، الايثان، الاستلين، واول اوكسيد الكربون مع استخدام عوامل مساعده مثل الحديد والنيكل والكوبلت

### التحضير باستخدام التفريغ بالقوس الكهربائي

يتم داخل حيز مفرغ من الغازات مع امرار غاز خامل مثل الاركون ، المصدر الكربوني المستخدم هو قضبان من الكرافيت تستخدم كقطبين انود وكاثود حيث يوضعان بصوره اشبه ما تكون مماسيه تقريبا من بعضهما يتم التفاعل بامرار تيار ذو فولتية عاليه تؤدي الى تبخر الانود وتكثيف الكربون على سطح الكاثود كربون نانوي انبوبي CNT . اكثر الاحيان يوضع العامل المساعد مع الانود وهنا غالبا يؤدي الى تكون SWNT وفي حاله عدم اضافه العامل المساعد فان الناتج يكون MWNT. يمكن في هذه التقنيه استخدام الفحم كمصدر للكربون بعد تنقيه من العناصر والمواد الغير مرغوبه وطحنه جيدا الى دقائق صغيره يصل حجمها الى بضعة مايكرومترات .

تعتبر هذه الطريقه الاولى لاكتشاف الانابيب الكربونية النانوية ونسبة الانتاج لهذه الطريقه حوالي بنوعيه احادية الجدار ومتعددة الجدار وبطول تصل الى ٥٠ مايكرومتر وباقل عيوب بنوعيه احادية الجدار ومتعددة الجدار وبطول تصل الى ٥٠ مايكرومتر وباقل عيوب تركيبية

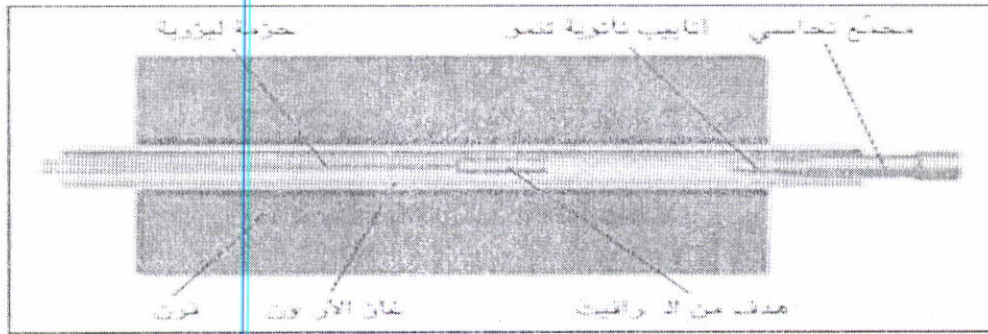




طريقه استخدام تقنيه الليزر تستخدم لانتاج SWNT وهنا يضخ الليزر على شكل نبضات ودفعات من تبخير المزيج الكربوني الذي يجب ان يحتوي على العامل المساعد من النيكل او الكوبلت، يوضع المزيج داخل فرن انبوبي tube- furnace بدرجه حراره تصل الى  $1200^{\circ}\text{C}$  وبضغط يصل الى  $500 \text{ torr}$ .

حيث يتم وضع الكرافيت في المفاعل الذي يكون بدرجه حرارية عالية وبعدها يضخ الغاز الخامل الى المفاعل للتخلص من الاوكسجين الذي يسبب عيوب بنائية وبعدها يتم تسليط الليزر النابض على الكرافيت الهدف مما يؤدي الى تبخيره ومن ثم يتكثف على سطح الاعلى للمفاعل الذي يكون ابرد وينتج الانابيب النانوية التي تنمو وتتطور على السطح وتصل نسبة الانتاج في هذه العملية الى حوالي 70% من الوزن وكذلك يمكن

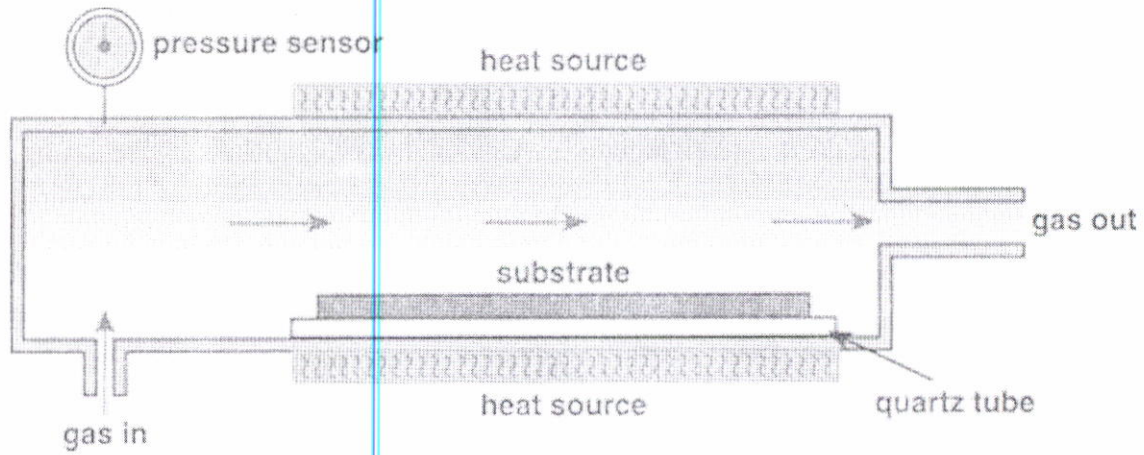
السيطرة على قطر الانابيب الناتجة من خلال التحكم بدرجات الحرارة في المفاعل



طريقة الضغط العالي لتحويل اول اوكسيد الكربون الى CNT هي الطريقه الوحيده التي تتطلب ضغط يصل الى  $10 \text{ atm}$  على خلاف باقي الطرق التي تتطلب ضغط منخفض جدا يصل الى اجزاء صغيره من الجوا لكن يجب الاشاره هنا الى ان هذا الضغط في هذه الطريقه يشير الى كميه اوكسيد الكربون المضافه الى حجرة المفاعل اي ان الطريقه تتطلب هي الاخرى تفريغ الحجرة من الهواء ولكن ليس بقدر ما تتطلبه الطرق الاخرى. المصدر الكربوني المستخدم هن هو اول اوكسيد الكربون ودرجه حراره تتراوح بين  $800-1200^{\circ}\text{C}$  والناتج الذي يتولد هو SWNT.

طريقة الترسيب الكيميائي للبخار تستخدم فرن انبوبي دوار مع جهاز تفريغ بحيث يصل ضغط المفاعل الخاص بالترسيب الى  $10^{-5} \text{ bar}$  ودرجه حراره تتراوح بين  $850-1250^{\circ}\text{C}$  مع

امرار غاز خامل مثل الاركون الذي يقوم بمهمته نقل المصدر الكربوني الى داخل الفرن بحاله البخاريه او الغازيه وهنا يجب الاشاره الى ان المصدر الكربوني المستخدم يتطلب ان يكون سائل يفضل ان يمكن تبخيره بدرجات حراريه ليست كبيره اي تتجاوز ١٥٠°C، وخاصتا عندما يستخدم خامس كاربونيل الحديد  $Fe(CO)_5$  المفضل كعامل مساعد للترسب ، او يمكن استخدام المواد الصلبه التي يمكن ان تتسامى بدرجات حراريه ليست كبيره بالنسبه للعامل المساعد يمكن استخدام الحديد ، النيكل ، الكاديوم وهنالك مصادر يتم فيها تحضير CNT باستخدام مزيج لعامل ترسيب حيث اعطى نسبه ترسيب ومنتوج اعلى مقارنة بالطرق التي تستخدم عامل ترسيب مساعد منفرد. ان الناتج لهذه الطريقه يكون مزيج من MWNT, SWNT وبكميات كبيره مقارنة بالطرق الاخرى فضلا عن قله تعقيد الطريقه على خلاف الطرق السابقه الذكر. تستخدم في هذه الطريقه وكذلك الطرق السابقه الواح من السليكون او الزيولايت كطور ساند للعامل المساعد المرسب.



Alcohol catalytic CVD: طورت هذه الطريقه بدرجة كبيره لانتاج انابيب الكربون النانويه باقل كلفة وبقطر حوالي ١ نانومتر حيث يتم تبخير الكحولات مثل الايثانول والميثانول وباستعمال عوامل مساعدة فلزيه مثل الحديد او الكوبلت تكون مستندة على الزيوليت وباستعمال درجات حراريه تصل الى حوالي ٥٥٠ درجة مئوية ولكن من عيوب هذه الطريقه هي تكوينها لجزر الهيدروكسيل الحر الذي يؤثر على تركيب الانابيب النانويه وكذلك يقلل من درجة نقاوتها الى درجة كبيره

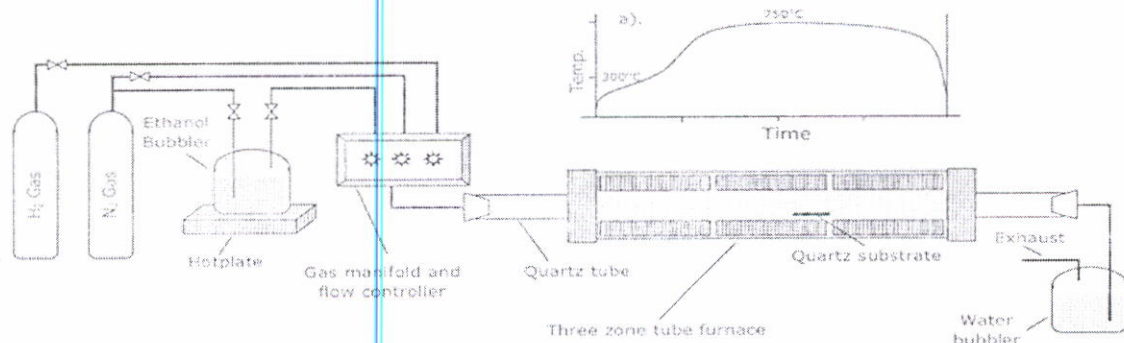


Figure 1. Schematic of the CVD apparatus; a) is the inset of the reactor's temperature profile during CNT synthesis.



## الفصل الثاني (الجزء العملي)

### ٢-١ أسماء الادوات الزجاجية المستخدمة في التجربة:

- ١- بيكر
- ٢- اسطوانة مدرجة
- ٣- قنينة حجمية
- ٤- ميزان كهربائي حساس
- ٥- ورق مخروطي
- ٦- ورق جمبي
- ٧- قنينة غسل
- ٨- ملعقة
- ٩- PH-paper
- ١٠- زجاجة ساعة

### ٢-٢ أسماء الاجهزة المستخدمة في التجربة :

- ١- Heating Magnetic Stirring bar
- ٢- فرن كهربائي (Oven)
- ٣- جهاز تصعيد
- ٤- F-IR

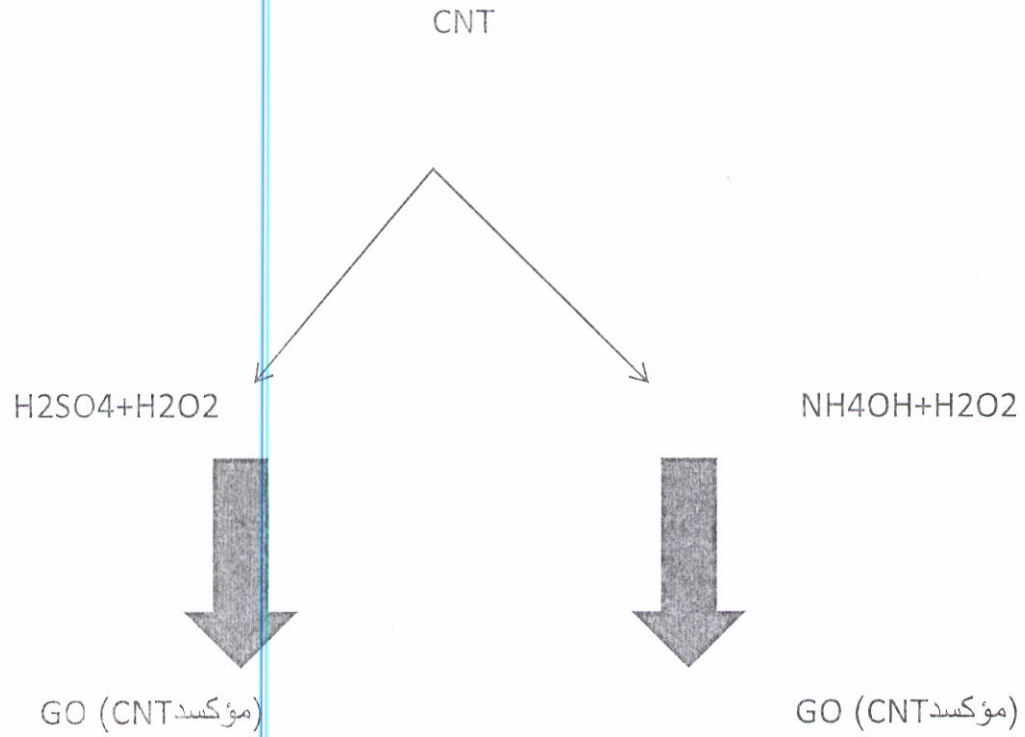
### ٢-٣ المواد المستخدمة في هذه التجربة :

الكاربون الاسود (A.C)

- أنابيب الكاربون النانوية (MWNT)
- حامض الكبريتيك المركز ( $H_2SO_4$ )
- ماء مقطر
- أوكسيد النحاس (CUO)
- كحول الايثانول  $CH_3CH_2OH$
- هيدروكسيد الصوديوم (NaOH)

٢-٤-٢ طريقة العمل:

٢-٤-١ الجزء الاول/



٢-٤-٢ الجزء الثاني / التحميل:

A.C/CU

A.C/CU +MWNT

MWNT/CU

العينة الاولى:

## طريقة العمل :

نأخذ 1gm من A.C ونذوبه في 250 mL من الماء المقطر لغرض الغسل . ونضع المزيج المتكون من (ماء+A.C ) على محرك مغناطيسي لمدة 10 ساعات

بعد ذلك نقوم بسحب الماء المستخدم لغسل A.C واعيد جمع A.C المغسول ونضعه داخل قنينة حجمية سعة 250 ML ومن ثم اكمال الحجم الى العلامة الان نأخذ 250 Mg من A.C من القنينة الحجمية

نسحب 0.25 gm من A.C ونضعه في قنينة حجمية سعتها 62.5 mL ثم نضع 125 mg من أوكسيد النحاس CUO فوق البيكر الذي به المحلول ونتركه الى اليوم التالي على المحرك يمتز CU على سطح A.C

بعدها نضيف 1mL من  $H_2SO_4$  بصورة تدريجية لأنه قوي ومركز لكي يساعد على ذوبانية A.C في المحلول المائي ليساعد على زيادة نسبة CU الممتز .

نضع المزيج المكون من (A.C+CU+ $H_2SO_4$ ) في دورق دائري مع اضافة 4gm من NaOH ثم نعمل له عملية Reflux (تصعيد)

تستمر عملية التصعيد لمدة من الزمن ثم نضعه على هيتز بحرارة منخفضة للتخلص من جزيئات الماء وبعدها ننقله الى OVEN بدرجة حرارة 90 لمدة 6 ساعات لتجفيفه ، نعيد توقيت OVEN مرتين الى ثلاث مرات بعدها نجمع المادة المجففة لغرض اجراء الفحوصات عليها

العينة الثانية:

نقسم المادة التي حصلنا عليها من الخطوة الأولى حيث نأخذ 0.66 من (Cu/A.C) ثم نضيف نفس الكمية (0.66) من MWNT المؤكسد ونضعهما في بيكر ثم نضيف لهما كحول الأيثانول بمقدار 20mL ثم نغلفه لكي لا يتطاير الكحول وبعدها نتركه الى اليوم التالي لكي يحصل الأمتزاز وبعدها نضع البيكر الذي يحتوي على الخليط في جهاز (الأمواج فوق الصوتية) لتفكيك المادة وإعادة تركيبها من جديد يتم تشغيل الجهاز لمدة خمس ساعات وبعدها نتركه حتى يتبخر الكحول وتجف المواد.

نقوم بجمع المادة الموجودة في البيكر وبعد ذلك ننقلها الى (oven) لكي يتم تجفيفها بصورة جيدة وبعدها نجمع المادة لكي يتم فحصها.



### العينة الثالثة:

بما ان وزن CU قليل لا يمكن وزنه بالميزان لذلك يتم تحويله الى حجم وكالاتي:

نأخذ 0.100gm من CU

نضيف له 40mL من الماء المقطر

الان نأخذ 2.85mL من النحاس ونضعه على 0.057gm من MWNT المؤكسد الموجود في البيكر ونضع هذا المزيج في جهاز الامواج الفوق الصوتيه لكي تنتشر المادة وتتجانس بشكل جيد لمدة ساعة ونصف .

ننقل هذا الخليط بعد وضعه في الجهاز الى دورق مخروطي ثم نظيف له كمية قليلة من الماء ويوضع الدورق على محرك مغناطيسي لمدة من الزمن .

في اليوم التالي نضيف الى الخليط 0.23gm من NaOH ونغطي فوهة الدورق لكي لا يمتص الرطوبة مع التحريك المستمر

نأخذ ثلث من المادة التي حضرناها سابقا بمعنى نأخذ 40mL

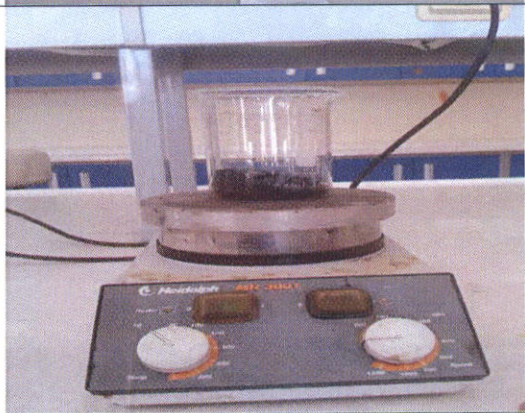
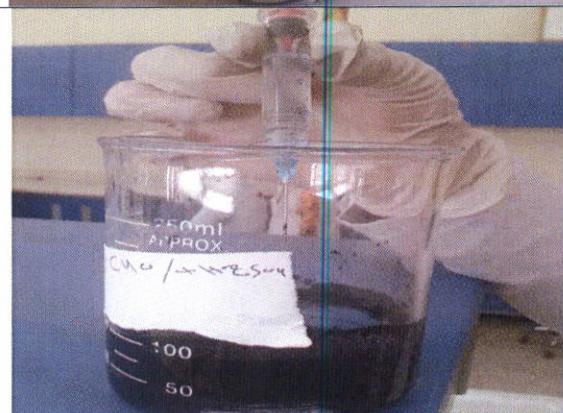
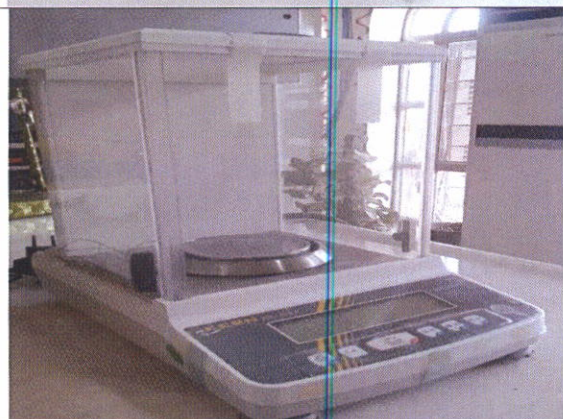
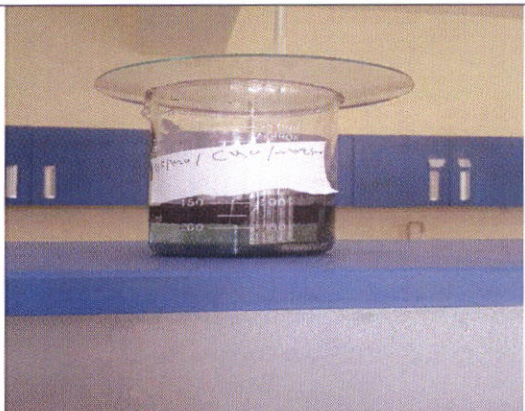
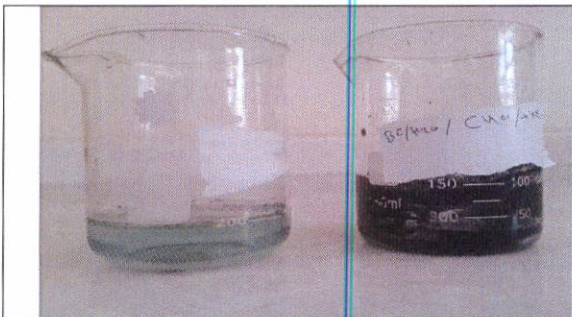
من 100mL من MWNT/CU نتركه لكي يترسب ثم نسحب الماء منه ونضعه على الهيتير بدرجة حرارة ( 50-60 ) للتخلص من جزيئات الماء ثم يجمع الراسب ويعدھا ينقل الى Oven بدرجة 100C لمدة 4 ساعات لكي يتم تجفيفه ثم تجمع المادة وتصبح جاهزة للفحص .

### العينة الرابعة:

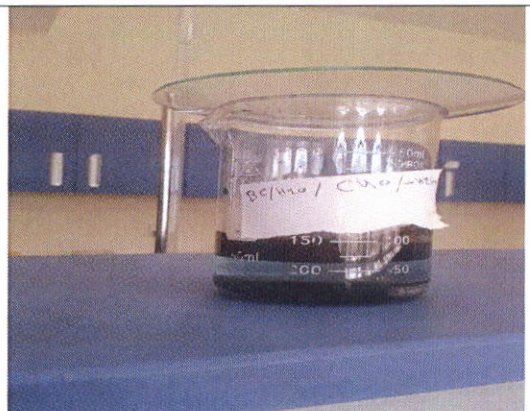
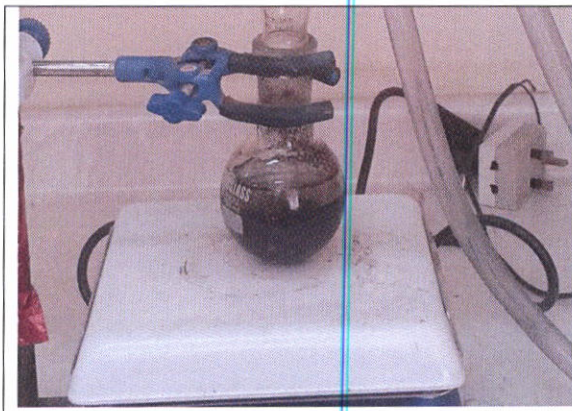
نأخذ 60mL المتبقية ونضيف له 8.55mL من A.C ثم نضعه على الهيتير لمدة 4 ساعات بدرجة حرارة ( 50-60 ) وبعدها نجري عملية غسل أكثر من مرة حتى يصبح PH=7 ثم ننقله الى الفرن لمدة 6 ساعات بدرجة 100C ° لكي يتم تجفيفه ومن ثم تجمع المادة وتصبح جاهزة للفحص .











## النتائج والمناقشة:

تم اجراء تشخيص العينات المحضرة وذلك باستخدام تقنية حيود اشعة اكس والتي ادرجت في الشكل 1 و2 وكما مبين للمترابكات الثنائية والثلاثية. كانت الغاية من هذا العمل بيان التأثير الذي يمكن ان يحصل عند تغيير الترتيب في تحميل المكونات الاساسية بالازافة الى تحضير المترابكات. كانت العملية تتضمن اضافة النحاس الى الكربون الفعال مرة ومرة اخرى اضافة الى اوكسيد الكرفن, والنتيجة تكوين مترابكات ثنائية :

### Cu/AC

### Cu/GO

بعدها يؤخذ المترابك ويضاف له المكمل وهي تتمثل بالاتي : اخذ المترابك الثنائي كاربون الفعال/نحاس ويضاف له اوكسيد الكرفن.

### (Cu/AC)GO

كذلك الحال بالنسبة لمترابك اوكسيد الكرفن/النحاس يضاف له الكربون الفعال

### (Cu/GO)AC

بالتالي الحصول على اربعة مترابكات اثنين منها ثنائية واثنين منها ثلاثية التركيب . في البدء ملاحظة التشخيص الثنائي والثلاثي المبين في الشكل 1 مقارنة بالكربون المنشط واوكسيد الكرفن والذي يفصل كما في النقاط الاتية:

1-من الشكل 1 و2 نلاحظ المشتركات الاتية:

ا-الكربون المنشط يمتاز بقمه عريضة تمتد من 14 الى 23 درجة وهي تعود للكربون المنشط ذو التركيب المنخفض البلورية

ب-اوكسيد الكرفن هو الاخر في الشكلين 1 و2 يمتاز بقمة مميزه للتركيب الكريفي عند 27 درجة والتي تمتاز بحتها وشدتها والتي تشير الى البلورية العالية للتركيب الكرفني. كما يمكن ملاحظة قمة حادة منخفضة عند 17 درجة وهي الاخرى تعود للتركيب الكرافيني البلوري المناظر للتركيب في المنطقة 27 درجة.

ج-من المشتركات الاخرى وجود النحاس واضحا في كل من المترابك الثنائي والثلاثي وفي مناطق مميزة لتركيب النحاس الناي بصيغة اوكسيد النحاس الثنائي في كل من 28, 37, 39 درجة.

2- نقاط الخلاف بين المترابك الثنائي والثلاثي في الشكل 1 يتمثل بزيادة بلورية المترابك الثلاثي مقارنة بالثنائي المكون من كاربون المنشط والنحاس بحيث ظهرت قمم الثلاثي بشدة اكبر مع انزياح سالب.

3-اما المقارنة بين المترابكين الثنائي

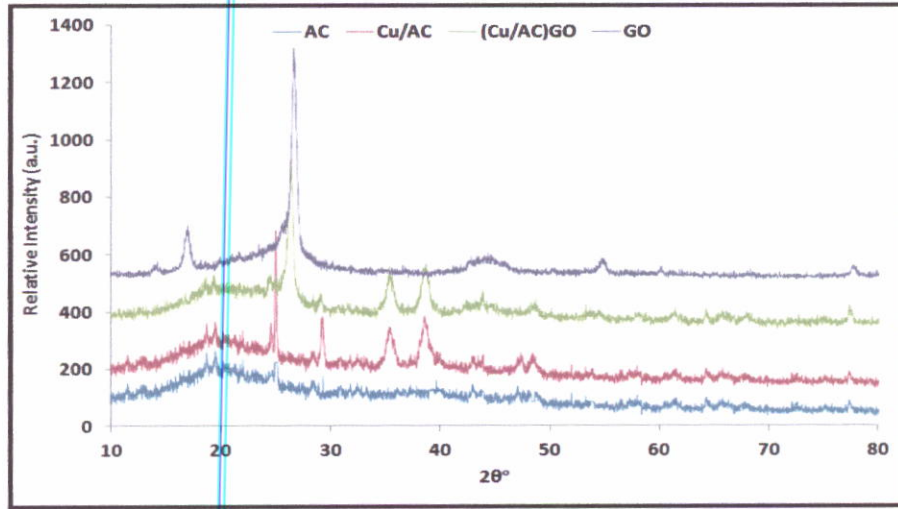
## Cu/GO Cu/AC

نلاحظ بروز القمم الخاصة بالنحاس وبشكل واضح لمتراكب النحاس مع اوكسيد الكرافن واكثر من النحاس مع الكربون المنشط وهذا يمكن ان يعزي الى البلورية العالية للكرافيت مقارنة بالآخر.

4- كذلك المقارنة بين الثلاثي

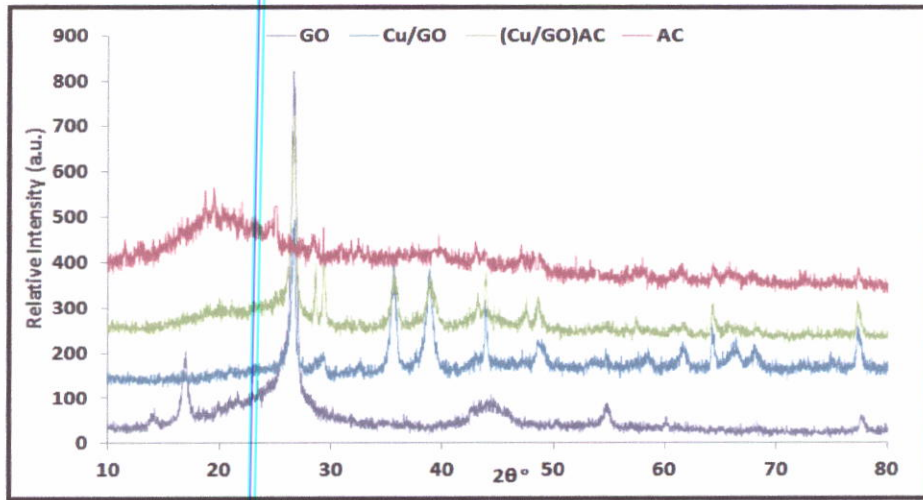
## (Cu/GO)AC (Cu/AC)GO

هو الآخر يكون تأثير الترتيب في الاضافة واضح حيث ان المتراكب الثلاثي الذي ينتهي باضافة الكربون المنشط يظهر فيه القمم المميزة للنحاس اكثر من الآخر وكذلك فان القمة المميزة للكربون المنشط تظهر في الثلاثي عند ارتباط النحاس معه وتختفي عندما يكون الكربون المنشط اخر من يحمل في الثلاثي .



شكل 1. تحليل المتراكبات باستخدام حيود اشعة اكس للمدى من 10-80 درجة لمتراكبات الكربون المنشط

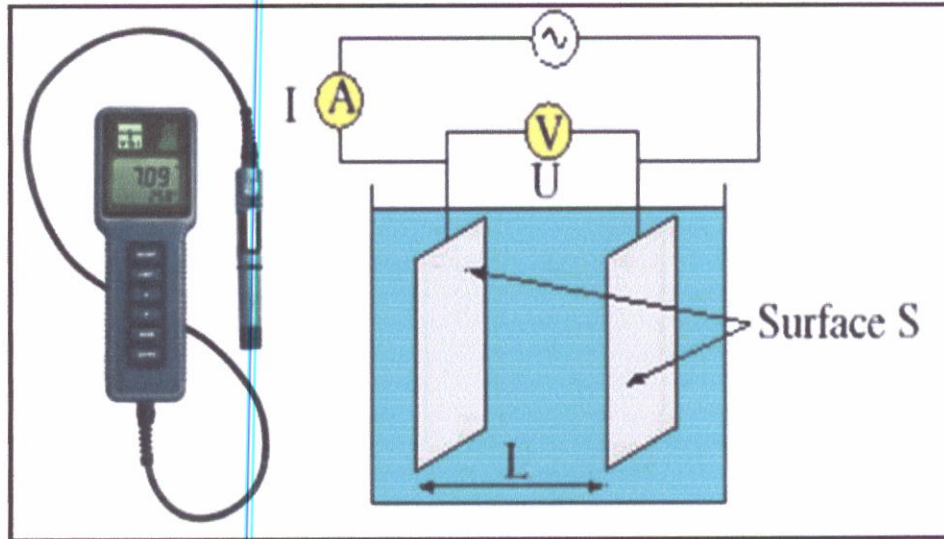




شكل 2. تحليل العينات بطريقة حيود الاشعة السينية للمدى من 10-80 درجة لمتراكبات اوكسيد الكرفن

قياس المساحة السطحية والتوصيلية الكهربائية :

تم قياس المساحة السطحية للمترابكات الثنائية والثلاثية وكذلك المواد الأولية المستخدمة في تحضيرها. كما تم قياس التوصيلية الكهربائية للعينات وذلك كما مبين في الشكل 3.



شكل 3: المنظومة المستخدمة لقياس التوصيلية الكهربائية للمترابكات والامواد الاساسية في الوسط المائي.

تم ادراج النتائج المستحصلة لقيم التوصيلية الكهربائية والمساحة السطحية في الجدول رقم 1 والتي بينت التغير الملحوظ والناجم من ادخال الكربون المنشط او اوكسيد الكرفن الى المترابك الثلاثي .

جدول 1: يبين قيم التوصيلية الكهربائية والمساحة السطحية للعينات المنفردة والمترابكات الثنائية والثلاثية المحضرة

Sample	Conductivity S/m	$S_{BET}$ (m/g)
CuO	0.081	96
GO	0.039	160
AC	0.000041	143
Cu/GO	0.114	189
Cu/AC	0.053	153
(Cu/GO)AC	0.098	176
(Cu/AC)GO	0.076	164

من الجدول يتبين ان التوصيلية الاعلى حصلت للمترابك الثنائي بين النحاس واوكسيد الكرفن وكذلك بالنسبة للمساحة السطحية. اما بالنسبة للمترابكات الثلاثية فان المترابك (Cu/GO)AC بين المساحة السطحية الاعلى والتوصيلية الكهربائية الافضل . ومن الناحية الاقتصادية فان المترابكات الثلاثية بينت جدوى اقتصادية عالية مقارنة بالثنائي Cu/GO . يمكن استخدام هذه المترابكات في صناعة الاقطاب الكهربائي وكذلك في صناعة الخلايا الشمسية.

Refferance:

- [1] Huaqing Xie W. Y., (2012), A review on Nanofluids: Preparation, Stability Mechanisms, and Applications. *J. Nanomater.* Volume 2012, [Article ID 435873] 17 pages.
- [2] Steven B. W., Albert J. M., Kevin P. P, (2011), Investigation of the electrical conductivity of propylene glycol-based ZnO nanofluids. *Nanosca. Res. Lett.* 6: 346-351.
- [3] Randy D. D., Jay H. L., (2005), Conductivity Analyzers and Their Application. *Environmental Instrumentation and Analysis Handbook*, Wiley. 491–510.
- [4] Zhang Y. X., Jiang W., Wang L. Q., (2010), Microfluidic synthesis of copper nanofluids. *Microf. Nanofl.* 9: 727-735.
- [5] Wei X. H., Wang L. Q., (2010), Microfluidic method for synthesizing Cu<sub>2</sub>O nanofluids. *Theosophy's Heat Transfer.* 24: 445-448.
- [6] H. Pierson, "Handbook of Carbon, Graphite, Diamond and Fullerenes", William Andrew Publishing, Norwich, 1993].
- [7] A. H. R. Palser, " Interlayer interactions in graphite and carbon nanotubes ", *Phys. Chem.*, vol.1, pp. 4459-4464, 1999
- [8] A. H. R. Palser, " Interlayer interactions in graphite and carbon nanotubes ", *Phys. Chem.*, vol.1, pp. 4459-4464, 1999.],