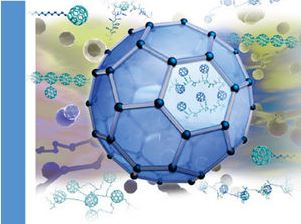
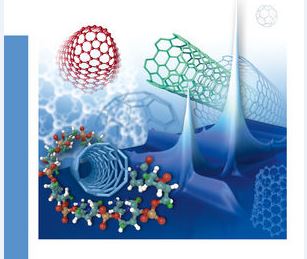
مشروع بحثي بعنوان

الفيوليرين

Fullerene



تقديم الطلاب:

أيلة بارود سدرة شلبي ثراء العمَار

آية الجاني فرح شدود محمد عيد حمودة

إشراف: أ. لؤي حمرة

للعام الدراسي 2014-2015م

الفهرس

|  |  |
| --- | --- |
| رقم الصفحة | الموضوع |
| 2 | الفهرس |
| 3 | المقدمة |
| 5 | الفصل الأول: نانو وتقاناته |
| 32 | الفصل الثاني: الهندسة الكروية |
| 42 | الفصل الثالث: الكيمياء والاصطناع |
| 65 | الفصل الرابع: آلة القوس الكهربائي |
| 72 | القسم العملي |
| 74 | الخاتمة |
| 75 | فهرس الجداول والصور |
| 78 | المصادر والمراجع |
| 80 | الشكر |

المقدمة

هل سبق لنا أن تساءلنا ما هي أصلب مادة في العالم وأهميتها في حياتنا اليومية و هل يمكن اصطناعها وتطويرها و الاستفادة منها؟؟؟

للأسف لدى أغلب العالم فكرة خاطئة عن الموضوع ألا وهي أن الألماس هو أصلب مادة عرفها العالم مما يسبب غلاء سعره و كانت هذه الفكرة صحيحة حتى نهايات القرن الماضي، منذ اكتشاف الفوليرين تم إدحاض هذه النظرية، وأثبت العكس تماما، ووجهت أنظار العالم بأسره، لتوقفه لحظة وتجعله يدرك حقا أنه مع تطور العلم يستطيع المرء أن ينقض الفرضيات ويناقش صحتها ويصل إلى ما هو أكثر صحة ودقة.

على الرغم من أن C60 والألماس أصلهما واحد وهو الكربون ولكن المذهل كيف يمكن اصطفاف ذرات الكربون أن يؤثر على كثير من الأمور وأن يتلاعب بتطوَر العالم والعلوم بأسرهم، فإن ترتيبها هو أمر كاف ليجعلها تختلف في خواصها (الكيميائية أو الفيزيائية) وهذا الأمر يسلط الضوء على أهمية الهندسة الجزيئية وأهمية التقانة النانوية وهي تقانة قادرة على الوصول إلى أحجام متناهية في الصغر لتصل إلى أحجام الجزيئات الضخمة وتتلاعب بها وتؤثر عليها وتنظمها بطريقة مثالية لتخدمنا في أمور عديدة.

إن C60 عادة يكون مؤلف من حلقات سداسية وخماسية متصلة ببعضها بشكل مدروس و منتظم ودقيق لتشكل كريَّةً ذات أبعاد نانوية، وأهمية عالمية!

وهنا نستطيع إدراك فكرةٍ وهي فكرة أنّ الكربون ليس مادةً كيميائية بحتةً، بل هي مادة تتداخل فيها جميع العلوم وتتعاون فيما بينها لتشكّل روعة التطور ومعجزات العلوم، فمثلاً في مجال الفيزياء تختص بعلم النانو البحت لتصبح من أساسياته ومرتكزاته وتضع نفسها محطّ اهتمام علماء الرياضيات، خاصَّةً من يحب البحث عن الهندسة الكروية والريمانية والإقليدية لنصل إلى معادلاتٍ تثبت قدرة ومعجزة الC60 وخواصه "الخارقة للطبيعة"، وفي مجال المعلوماتية والبرمجة الآلات، علينا تحديد الآلة وبرمجتها بشكل يسمح لنا بإدخال المادة وإدخال شروط وظروف التجربة فيقرأها معالج الآلة لتعطينا مخرجات وهي المادة المرغوبة (C60)، وهذا إثبات على تداخل العلوم وترابطها مع بعضها البعض وخاصَّةً بموضوع اصطناع هكذا مادة.

ولكن ما أهمية هذه المادة؟ وهل يمكنها إحداث ثورة علمية عالمية في هذا المجال؟ وهل يمكننا تطويره ليخدمنا في الحياة اليومية؟ وماهي المجالات التي يمكن لنا أنّ نستثمره بها؟ هل يمكن لنا استغلال ناقليته الفائقة للحرارة والكهرباء؟ وماهي أهميته في المجالات العسكرية؟ هل يمكن اصطناع بدلات واقية للرصاص منه؟ هل يمكننا ابتكار طرق جديدة لاصطناعه وتطوير هذه الطرق؟

الفصل الأول:

# **1.1معنى كلمة نانو:**

- النانو: تطلق كلمة نانو باللغة الإنجليزية على كل ما هو ضئيل الحجم دقيق الجسم.

وكلمة النانو هي بادئة منحوتة من اللغة اليونانية القديمة وتعني (قزم) وفي مجال العلوم يعني النانو جزءاً من مليار (جزء من ألف مليون) فمثلاً نانو ثانية تعني واحد على مليار من الثانية الواحدة، وبالمثل يستخدم النانومتر كواحدة لقياس أطوال الأشياء المجهرية الدقيقة التي لا تُرى إلّا بالمجهر الالكتروني (ميكروسكوب).

* يعادل عشرة أضعاف وحدة القياس الذري المعروفة بالأنجستروم.
* وحجم النانو أصغر بحوالي عشرات آلاف المرات من قطر الشعرة.
* والنانو متر الواحد يساوي واحد على مليار من المتر وبتعبير مكافئ أي أن المتر الواحد يحوي مليار جزء من النانو وتستخدم هذه الواحدة للتعبير عن أبعاد أقطار ومقاييس ذرات وجزيئات المواد المركبة والجسيمات المجهرية مثل الفيروسات.

فإن النانو متر الواحد يعادل قياس طول صف مكون من 13 ذرّة من ذرات غاز الهيدروجين إذا ما وضعت متراصة بعضها بجوار البعض.[[1]](#footnote-1)

لا يعرف أحد بدقة متى بدأ الإنسان باستخدام المواد النانو مترية ولكن من الواضح بأن كأس الملك الروماني (ليكورغوس) الذي عاش في القرن الرابع الميلادي [[2]](#footnote-2)والموجود في المتحف البريطاني في لندن هو دليل على قِدم تقانة النانو، إذ يظهر الكأس باللون الأحمر عند إصدار الضوء من داخله وباللون الأخضر نتيجة انعكاس الضوء عليه. يعود سبب هذه الخواص الضوئية إلى وجود كميات صغيرة من غرويات لجسيمات نانوية من الفضة والذهب في الكأس. يعد هذا الكأس المقعر مثالا لطريق تصنيع الكؤوس حيث يصنع في البداية من الزجاج الثخين من خلال النفخ أو الصب للوصول للكأس المطلوب. [[3]](#footnote-3)

، كما أن زجاج الكنائس القديمة مطعمة بجسيمات الذهب والفضة النانوية لذا فيعد صانعي الزجاج هم من أوائل الناس الذين تعاملوا مع تقانة النانو. وكما أن السيوف الدمشقية المصنوعة من الفولاذ الدمشقي المزدان بخطوط متموجة من الكربون كانت جزء من تقانة النانو[[4]](#footnote-4).

صنع السيف الدمشقي للمرة الأولى في القرن الثامن الميلادي حيث تتميز بصلابتها وقوة قطعها.

فلقد قيل إن نصلة السيف تستطيع قطع الحرير الساقط عليها سقوطا حرا كما يبقى على قوة قطعه وحدته أيضا حتى بعد قطع الأحجار أو المعادن أو السيوف الأخرى.

لقد فقدت تقنيات تصنيع تلك السيوف لقرون عديدة وأن سر السيوف لم يكن معروفا حتى تم اكتشافه حديثا.

استعمل بيتر بوفلر وزملائه في الجامعة التقنية في دريسدن بألمانيا المجهر الالكتروني لدراسة عينات من نصلات من سيوف دمشقية مصنوعة في القرن السابع عشر، ولقد وجدوا في العينات المدروسة أسلاكاً نانوية بالغة الصغر وأنابيب نانوية. اعتمادا على الورقة العلمية المنشورة من قبلهم في دورية الطبيعة وبعد دراسات موسعة تبين للمرة الأولى وجود أنابيب الكربون النانوية في السيوف. كما إنها موجودة في الفولاذ.

استخدمت التقانة النانوية في تصنيع سيوف سميث في القرون الوسطى دون المعرفة بأن هذه التقانات التي يستخدمونها تعطي القوة والمرونة للسيف.

صنّعت السيوف في الهند بعملية الطرق لفولاذ الووتز منذ زمن بعيد ويعود ذلك إلى 300 سنة قبل الميلاد. حيث اكتشف بيتر بوفلر وزملاؤه بنية مجهرية لأنابيب نانوية الأبعاد تشبه الأنابيب النانوية، لقد ظنوا بأن فولاذ الووتز القادم من الهند يحتوي على شوائب لعناصر انتقالية معدنية. واعتقدوا انه عند درجات حرارة عالية فإن هذه الشوائب المعدنية للعناصر الانتقالية تؤدي دور وسيط محفز على نمو الأنابيب النانوية من الكربون الناتج عن احتراق الخشب.[[5]](#footnote-5)

كما استعمل أزرق مايا من قبل المايا وهو مكون من النيلة والسيليكا ومن بلورات نانوية من أكسيد المعادن.

يبدو واضحا أن إمكانية تحضير البلورات النانوية سبق فهم الظاهرة على مستوى النانو.[[6]](#footnote-6)

في عام 1857 قام مايكل فاراداي بعمل خارق سمي طحن المعادن حيث حدد الخواص الأساسية للغرويات المعدنية بأبعاد نانوية.

ذكر مايكل فاراداي بأنه يمكن تصغير جسيمات الذهب بشكل كبير إلى جسيمات دقيقة حيث يمكن أن تنتشر معطية أواني جميلة للسوائل المختلفة.

يعود سبب اختلاف الألوان بين الأحمر والأخضر، والبنفسجي والأزرق للذهب المحضر إلى درجة نعومة المعدن المحضر.[[7]](#footnote-7)

إن علم الجسيمات ذات القياس النانوي لم يناقش أو يتم التطرق إليه إلا مؤخرا جدا في 29 كانون الأول عام 1959م حيث أشار الفيزيائي ريتشارد فاينمان في الاجتماع السنوي للجمعية الفيزيائية الأمريكية إلى أن هناك حيز كبير في الأسفل.

وبالتالي فهو بطريقة ما اقترح مقاربة للتعامل مع الأشياء من الأسفل إلى الأعلى وقد عبر عنها بقوله التالي:" من المثير أن يصبح بإمكان الفيزيائي أن يقوم بتركيب أي مادة كيميائية يكتب صيغتها الكيميائي الذي يعطي التعليمات والفيزيائي يركبها، حيث نضع الذرات حيث يقول الكيميائي وبالتالي يمكنك صنع المادة."[[8]](#footnote-8)

**1.2 علم وتقنية النانو(Nanotechnology):**

لقد حظيت تكنولوجيا النانو بالكثير من الاهتمام فهي تعتبر تكنولوجيا القرن الحادي عشر.

حيث أن علم النانو هو ذلك العلم الذي يعتني بدراسة وتوصيف مواد النانو وتعيين خواصها وصفاتها الكيميائية والفيزيائية ويهدف إلى إنتاج مواد جديدة وهي المواد النانوية حيث أن تطبيقات تكنولوجيا النانو لا تقتصر على علم محدد بل تمتد تطبيقاتها لتشمل جميع العلوم والتطبيقات.

وإن تكنولوجيا النانو ليست مجرّد وسيلة أو طريقة للحصول على منتج مميز فهي أرقى من هذا بكثير حيث أنه بفضل تكنولوجيا النانو تمكن العالم من تحقيق انجازات متلاحقة في عالم الطب والاتصالات والدواء ومكافحة السرطان وبفضله استطعنا أن نجعل من الإمكان تطويع ذرات المواد الكيميائية. وبدونه ما تمكّن العالم من أن يتحدث عن إمكان توظيف الخلايا الشمسية وتصنيع بطاريات الهيدروجين وغيره من استخدام الأجهزة المحمولة وتنقية مياه الشرب والمياه الجوفية.

وإن استخدام المواد النانوية في بعض التطبيقات يرجع إلى مئات السنين وخاصة في مجال الكيمياء -تحضير المركبات الكيميائية وتوصيفها-حيث أن ذلك يعود إلى أن أبعاد ومقاييس كل الجزيئات الكيميائية تعود إلى مستوى النانو متر.

**كيف يختلف عالم النانو عن العالم الذي حولنا:**

لا يمكننا في عالم النانو رؤية الأشياء بالعين المجردة ولا يمكننا لمسها او التعامل معها بأيدينا أو بالأدوات الأخرى والتي نستخدمها عادة.

إن الأشياء التي نتعامل معها في عالم النانو بالغة الصغر وهي قريبة لأبعاد الذرات والجزيئات.

إن تأثير الجاذبية والعطالة صغير في عالم النانو ولكن هناك تأثير للتوتر السطحي والقوى الجزيئية الأخرى.**[[9]](#footnote-9)**

تعد الخلايا أمثلة متكاملة عن أنظمة نانوية مشغولة متعددة المهام. إنها صغيرة جدا في ابعادها وتتكون من بضعة نانومترات في الحجم.

تزود الخلايا الآلية المنهج اللازم لتطوير الانظمة النانوية الخاصة بها.[[10]](#footnote-10)

قانون مور:

يعد غوردن مور أحد مؤسسي شركةINTELحيث أبدى ملاحظة عام 1965 بقوله: " يمكن أن يتضاعف عدد الترانزستورات في الدارة الواحدة سنويا: خلال العقد الذي يلي تلك السنة قام بالتعديل لاحقا ليصبح التضاعف خلا 24 شهرا بدلا من 12 شهرا. ولقد كانت الدارة وقتها تحت ال 30 ترانزستورا.

أطلق كارفن ميد على هذه الظاهرة قانون مور.

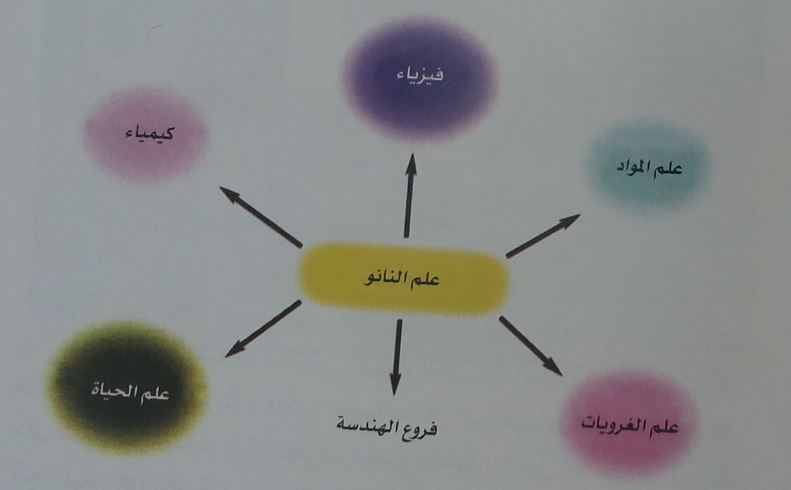
يجب ان نتذكر أن قانون مور ليس قانونا علميا وليس قانونا طبيعيا

انه عبارة عن تصريح تنبؤي ولقد عبّر مور عن قانونه بما يلي: يعبر قانون مور أن كل شيء يتغير بشكل أسي.

يعد التغير بشكل اسي أحد الاسباب التي جعلت علم النانو مهما هذه الايام.[[11]](#footnote-11)

علم النانو علم متعدد الاختصاصات:

كم أن علم النانو يقع على الحافة الفاصلة للعلوم. فهو علم متعدد الاختصاصات يبين الرسم التالي تنوع حقول علم النانو.[[12]](#footnote-12)



الصورة(1):

وفي مجال الرياضيات والفيزياء فقد تناول العالم – ألبرت أينشتاين-في جزء من برنامجه العملي في رسالة الدكتوراه كيفية انتشار وذوبان السكر في الماء حيث تمكن من حساب أبعاد جزئ واحد من السكر ووجد أنه لا يتجاوز النانو متر الواحد.

ولكن فيما بعد ومع تطور التقنيات تم التعرف على أبعاد الجزيئات المكونة للمادة وعلى كل الخلايا النباتية والحيوانية والفيروسات والجسيمات الدقيقة ومنها من تدنّى في الحجم إلى مستويات أقل من 100 نانو متر مما أودى باكتشاف اينشتاين إلى أن يصبح غير مثير.

وفي أيامنا هذه: فلا نكتفي فقط بدراسة تأثير صغير الحبيبات المكونة للمادة على الخواص المختلفة لها وإيجاد التفسيرات والتبريرات العلمية لهذا الارتباط الوثيق*.*

إن العلوم على المقياس النانوي لها إسقاطات واسعة وغايات يتوجب إدراكها من وجهات نظر مختلفة، وعلى الإنسان أن يتعلم من الطبيعة، لأن ممارساته التصنيعية والعملية بدائية ولا يخفى على أحد أنه يحتاج المزيد من العمل ليكون أقرب إلى الطبيعة.[[13]](#footnote-13)

فعلى سبيل المثال: لم يصل أحد إلى مستوى مردودية أو فاعلية التركيب الفوتونية في تخزين الطاقة، ولا أحد بمقدوره تسهيل انتقال الطاقة أو طاقة الإلكترون بالفاعلية نفسها التي تقوم بها الجزيئات الحيوية. كما إنه ليس بمقدور أي مصنع بتقنية مياه وتخزينها بالفاعلية التي تقوم أشجار جوز الهند أو البطيخ الأحمر والأصفر.

إن دماغ فرد واحد يستطيع من حيث المبدأ تخزين ومعالجة معلومات أكثر من حاسبات اليوم.

تقول الحكمة التقليدية: إنما يحدث في مصنع ليس إلا تقانة عالية، فالتقانة تحول المواد البدائية غير المستعملة إلى مواد مفيدة حديثة.

لكن التقانة لها أثر كبير في الطبيعة يتعاظم مع تزايد تعقيد التقانة، ونلاحظ أن تأثير التقانة يزداد مع التقدم الحضاري للبشرية وإن ما طورناه ليس تقانة عالية بالمطلق.

وإن استخدام التقانة التقليدية لم يؤمن المردود الأمثل في عمليات تحويل الطاقة وفي هذا السياق اقترح دريكسلر طريقة بديلة لإنتاج الأشياء وذلك بتجميعها من الأسفل إلى الاعلى والذي اتفق على تسميتها بالتقانة النانوية.

وإن التجميع بهذه الطريقة أدى لتقديم بنى معقدة ويجب التنويه إلى أن الطبيعة قد أخذت وقتا طويلا للسيطرة على هذا التعقيد.[[14]](#footnote-14)

يتطلب تنفيذ طرائق الطبيعة ومنهجياتها تفهما شاملا للآلات الجزيئية، أي تكوين معرفة حول هذه الوسائل والطرائق والتي في حال تطبيقها على المواد غير العضوية تؤدي إلى توليد مواد وظائفية. ومن خلا هذه المواد الوظائفية يمكن إنشاء بنى فائقة ذات وظائف مشابهة لتلك التي نصادفها في البيولوجية مثل الجزيئات الناقلة للمادة من نهاية إلى أخرى والفوليرين والأنابيب الكربونية النانوية.[[15]](#footnote-15)

* **التعامل مع المواد على المقياس النانوي:**

يمكن رصد وقياس المواد على المقياس النانوي باستخدام الالكترونات والفوتونات والمسابير الماسحة والشوارد الذرات وغير ذلك.

هناك طيف واسع من التقنيات المتوافرة لكل مجال من هذه المجالات، وهناك تطبيقات لأدوات متعددة تقود إلى فهم كامل للمنظومة، بالإضافة إلى ذلك أصبحت القياسات النانوية بفضل هذه الأدوات حقيقة واقعة.

نعلم أن الملاحظة والرصد هما المفتاح في صنع الاكتشافات وهذا ينطبق بشكل خاص على المقياس النانوي.

يجري القياس أو الرصد بواسطة مسبار يمكن أن يتألف من الفوتونات والإلكترونات والنيترونات والشوارد، وحتى إبرة حادة ذريا. فيما يتعلق بالمواد النانوية، إن الضوء أو الجزيء له ترددات متغيرة تراوح من أشعة غاما إلى ما تحت الحمراء، أو ما بعد ذلك في حالة الفوتونات أو الفرط الحراري، إلى الطاقات النسبية في حالة الجزيئات.[[16]](#footnote-16)

هناك العديد من المجاهر المتوافرة والهادفة إلى دراسة المواد النانوية.[[17]](#footnote-17)

هي تصنف تحت الفئات التالية:

1. المجهر البصرية
2. مجاهر الإلكترون
3. مجاهر السبر المسحي
4. مجاهر أخرى

* **مجاهر الإلكترون:**

تتكون هذه المجاهر من مصدر إضاءة وعدسات مكثفات لتجميع الحزمة على العيّنة وتركيزها عليها، وعدسات مقرّبة لتضخيم الصورة، وعدسات إسقاطية لإسقاط الصورة على شكل صورة مستوية يمكن أن تخزّن. في مجاهر الإلكترون تستخدم الطبيعة الموجية للإلكترون للحصول على الصورة.

في الواقع يوجد شكلان مهمان لمجاهر الإلكترون هما المجهر الإلكتروني المسحي والمجهر الإلكتروني النقلي، وكلاهما يستعمل الإلكترونات كمنبع لإضاءة العيّنة، ولكنهما يختلفان من عدة جوانب: فالعدسات المستخدمة في مجاهر الإلكترون المسحي هي عدسات كهرطيسية تختلف اختلافا واسعا عن العدسات الزجاجية في المجاهر الإلكترون النقلي على الرغم من وجود مبادئ متشابهة تطبّق في كل منهما.[[18]](#footnote-18)

* **المجاهر المسبارية المسحية:**

في تقنية المسبر المسحي يستخدم مسبر ذو أبعاد نانوية لفحص مادة ما حيث يتم الفحص على سطحها. ويتم ذلك عن طريق الحفاظ على بقاء رأس المسبر متحركا على المادة.

إن المعلومة التي يمكن التقاطها بتحريك العينة، تتم بأنواع متعددة من الطرائق، إن البيانات الملتقطة وتغيراتها عبر العينة تستخدم لخلق صورة للعينة، حيث إن دقة صورة كهذه تتعلق بالعينة، وبمدى التحكم بالحركة ما بين رأس المسبر والعينة والطبيعة الأصلية للبيانات.

ويوجد نوعان من التقنيات المجهرية المسبارية وبشكل واسع، وتسمى المجهرية النفقية المسحية، ومجهر القوة الذرية[[19]](#footnote-19)

لقد كانت هذه المجاهر نتيجة العمل الإبداعي الذي قام به كل من غرد بنغ وهاينريش رورر في الثمانينيات من القرن الماضي

تستعمل هذه الأنواع من المجهر رأساً حاداً كمجسات لتتبع التعرج الطبولوجي لسطح العينة

* **المجهر النفقي الماسح:**

يعطي هذا المجهر النفقي الماسح صورا ثلاثية الأبعاد على مستوى ذري لسطح العينة[[20]](#footnote-20) وهذا المجهر رأس كاشف حاد جدا، حيث تمسح ذروة الكاشف سطح العينة من مسافة محددة. يستعمل هذا المجهر في دراسة بنية سطح العينة. ويتم مسح سطح العينة ببطء من مسافة من مرتبة قطر الذرة.

يسم ذلك لرأس بمسح أدق تفاصيل سطح العينة والحصول على مقطع ثلاثي البعد لسطح العينة.

يعد المجهر النفقي الماسح اداة قوية لفحص السطوح على مستوى ذري. يعمل هذا المجهر في ظروف متباينة حيث يستخدم في الخلاء الفائق وفي الجو العادي بوجود سوائل أو غازات مختلفة وعند درجات حرارة تتراوح م 0 كلفن حتى بضع مئات من درجات الحرارة المئوية.

يتطلب عمل المجهر الفقي الماسح بيئة ثابتة جدا عديمة الاهتزازات. تستخدم عادة لمنع الاهتزازات النوابض المعدنية أو الغازية او الوسادات الهوائية أو أن يوضع المجهر على منصة كبيرة من الفولاذ.

وبذلك نجد أن المواد النانوية مختلفة وتحتاج طرائق مختلفة للتركيب والتشكيل والتطبيق.[[21]](#footnote-21)

خواص المواد النانوية:

إن سلوك الذرات على المقياس الصغير يكو لا شبه شيء على القياس الكبير ولهذا كلما صغر المقياس وتعاملنا مع الذرات في ذلك المقياس فغن ما يطبق هو قوانين مختلفة تمام.

* **ما هي الخواص الأساسية للمواد النانوية؟**

تعود الميزة الأساسية في خواص تلك المواد إلى أبعادها، فعند التعامل مع جسيمات في عالم واقعي فإن لخواص لا تغير كثير مع الأبعاد لكن، في عالم النانو تتغير الخواص بشكل كبير نتيجة التغير الكبير في أبعاد تلك الجسيمات.

إذا قمنا باختزال حجم المادة إلى جسيمات صغيرة جدا جدا ولنقل 1 نانومتر فإن جميع الذراع المكونة لتلك الجسيمات تكون على السطح. وكلما تكت زيادة الأبعاد من 1 نانومتر إلى 2 أو 5 نانومتر فإن عدد الذرات على السطح سوف يتناقص.

كمثال على تغير الخواص: لو أخذنا مادة الحديد أو أي مادة اخرى لها خواص مغناطيسية وقمنا بتصغير أبعاد الجسيمات، فإن الخواص سوف تتغير وستفقد هذه الجسيمات خواصها المغناطيسية نتيجة الصغر المتناهي لأبعادها.

يلمع الذهب كمعدن، لكن عندما تصبح جسيمات الذهب صغيرة وبأبعاد من رتبة النانومتر فإن الذهب يفد خواصه المعدنية، ولا تلمع هذه الجسيمات كالذهب.

يعد الذهب غير فعال كيميائيا ولذلك يصنع من الحلي. لكن عندما تكون الجسيمات من أبعاد نانوية فأن الذهب يصبح فعالا كيميائيا. وتتغير نقطة الانصهار للأجسام الصلبة عندما تتحول جسيماها إلى أبعاد نانوية فعلى سبيل المثال: تنصهر جسيمات الذهب ذات الأبعاد الصغيرة عند درجة حرارة أقل م الجسيمات ذات الأبعاد الكبير.[[22]](#footnote-22)

* **ابعاد الجسيمات وتأثيراتها:**

عندما تكون الجسيمات ذات أبعاد نانوية ولنفترض 50 نانو مترا فإن خواصها تكون مشابهة للمادة الأساسية كما نعرفها. وعندما تكون أبعاد الجسيمات أصغر من ذلك فإن خواها تتغير بشكل خطي مع الأبعاد. عندما تصبح الجسيمات صغيرة فإننا نحص على خواص جديدة غير معتادة.[[23]](#footnote-23)

الخواص المتعلقة بأبعاد سيلنيوم الكادميوم:

عندما نأخذ هذه المادة نصف الناقلة على سبيل المثال: عند تسليط الضوء عليها فإنها تعطي ضوء بألوان مختلفة، حيث يصدر الضوء الاحمر عندما يكون قطره 5 نانو متر والأخضر عندما يكن بقطر 3 نانومتر.[[24]](#footnote-24)

* **الطرائق المختلفة لتحضير المواد النانوية:**
* **الطرائق الفيزيائية:** هناك طريقة فيزيائية وكيميائية لتحضير المواد النانوية، حيث نستطيع طحن المواد باستعمال طاحونة الكرات، أو بتبخير المواد إلى الطور الغازي الحصول على جسيمات صغيرة كما يمكن استعمال الليزر لإنتاج جسيمات صغيرة لكن تعد الطرائق الكيميائية أكثر فاعلية في تحضير المواد النانوية.
* **الطرائق الكيميائية:** نستطيع تحضير جسيمات نانوية من معدن ما يتفاعل ملح المعدن من الكحول أو وسيط آخر من مادة مرجعة مثل حمض الليمون. تنحل جسيمات المعدن الصغيرة في محاليل عضوية محددة ليتشكل المحلول النانوي للمعدن. من أجل تحضير الجسيمات النانوية للمعادن أو أكاسيدها أو مواد مشابهة. يمكن أخذ خليط المعدن مع وسيط مرجع في محل قابل للغلي مثل الماء أو الهيدروكربون أو أمين عضوي ومن ثم يتم التسخين. من المفضل غالبا أن يكون التسخين في وعاء مغلق بإحكام يعمل ك "قنبلة". وتحت الشروط سوف تتشكل أنواع عدة من الجسيمات النانوية.
* **الطرائق الهدروحرارية والمذيبات الحرارية:**

تسمى طريقة استعمال الماء بوصفه مذيبا للغلي بالطريقة الهدروحرارية وفي حال استعمل المذيب العضوي المغلي مثل مركبات الهيدروكربون فإن هذه الطريقة تدعى بالمذيبات الحرارية.

ومثال على ذلك، إذا أخذنا خلات المعدن وقمنا بتسخينها في وعاء محكم الإغلاق بوجود مذيب هيدروكربوني فإننا نحصل على جسيمات نانوية من المعدن أو من أكسيده.[[25]](#footnote-25)

* **تفاعلات المذيبات الحرارية:**

يعد استخدام تفاعلات المذيبات الحرارية من الطرق الشائعة في تحضير أنواع عديدة من الجسيمات النانوية. يضاف عادة البوليمير أو وسيط إحاطة أو حصر لمزيج التفاعل من أجل التحكم في شكل الجسيمات، يمكن القيام ببلورة انتقالية من أجل الحصول على الجسيمات النانوية ذات الأبعاد المتساوية.

* **الأنابيب الكربونية اللا عضوية:**

عرفت الأنابيب النانوية الكربونية منذ عام 1991. وبعد سنوات عدة كان بالإمكان تحضير أنابيب نانوية من سلفيدات وأكاسيد المعادن ومواد أخرى، ولذلك فإن الأنابيب النانوية ليست مصنوعة من الكربون فقط.

* **تجمع المواد النانوية:**

هناك تحد أخر بعد تصنيع المواد النانوية، وهي كيف يمكن ترتيب المواد النانوية المحضرة بأسلوب معين للتطبيقات المطلوبة؟ تستخدم عادة أنواع مختلفة من الوسائط لتجميع البنى النانوية للمواد النانوية المحضرة. وفي حال الجسيمات النانوية المعدنية. يستخدم بشكل شائع كبريت الألكانات المحتوي على الرابطة H-S لتجميع تلك الجسيمات.

كما يحدث ارتباط لذرات الكبريت مع المعدن مشكلة الروابط معدن-كبريت.

نستخدم مركبات أخرى مثل البوليمرات والأمينات كوسائط حصر بهدف الحصول على جسيمات نانوية بأشكال أو بنى مختلفة.

* **تحضير الجسيمات النانوية المعدنية:**

تحضر الجسيمات النانوية المعدنية مثل الذهب بإرجاع أملاح المعدن في بعض المذيبات ذلك باستخدام مرجع مناسب. ويمكن أن يكون الوسيط المرجع المناسب حمض الليمون أو هيدريد المعدن. وقد يحدث الإرجاع في بعض الأحيان بوجود البوليمرات أو بعض المركبات الكيميائية الأخرى بهدف التحكم بشكل الجسيمات النانوية المحضرة وأبعادها.

* **تحضير الغرافين:**

يمكن الحصول على طبقة أحادية من الغرافين من خلال إزالة الطبقة العليا للغرافيت وذلك باستخدام شريط لاصق. وتوضع الطبقة الناتجة بعد ذلك على حامل صلب لدراسة خواصها، من خلال معالجة الغرافيت بشدة بالأمواج فوق الصوتية في المت أو بسوائل أخرى، فإن طبقة الغرافين تنفصل. هناك طرق كيميائية معروفة للحصول على الغرافين. إذ يمكن أن يتفكك غاز الميتان على سطح معدن النيكل للحصول على الغرافين. وهناك طريقة أخرى لتحضير الغرافين وذلك بتحضير أكسيد الغرافيت من خلال أكسدة الغرافيت والحصول على طبقة وحيدة من أكسيد الغرافين بالصعق الحراري. ومن ثم إرجاع أكسيد الغرافيت للحصول على الغرافين. [[26]](#footnote-26)

**المواد النانوية:**

1. **جزيئات الفولليرين الكربونية:**

إن علم الفولليرين هو علم قديم إلى حد ما. كما انه يبشر بقفزات عالية في العلم النانوي.

لقد فتح اكتشاف هذه الجزيئات في العام 1985 عهدا جديدا للعلم ككل.

يمكن وصف الفولليرين بأنها أشكال جزيئية من الكربون والتي تختلف اختلافا بينا عن أشكال الكربون الواسعة والمعروفة منذ ألف عام، إذ توجد أشكال جزيئية عديدة له وكلها ذات بنية كروية.

نرسم هنا المجال من هذا الشكل المتأصل الأوحد لأي عنصر قد تم اكتشافه في القرن العشرين، والذي يركز في المقام الأول على C**60.**

اكتشف العلماء عن طريق الصدفة جزيء مكون من ستون ذرة كربون مكافئة والتي تشكل نموذجا مشابها لكرة القدم وبتناظر عالي وقد دلت الدراسات النظرية على وجود بنى كهذه منذ العام 1970.

وإن الفولليرين كربون مشابه الغرافيت ولكن ليس في التركيب الكروي للفولليرين المجوف الذي يتكون من مجموعة من المسدسات والمخمسات التي تمنع الشكل من أن يكون مستويا.

* **نشأة الفولليرين:**

كان هناك دراسات من قبل علماء أسهمت إلى اكتشاف الفولليرين حيث كان العالم هيوستن وفريقه يعملون على منبع عنقودي والذي استخدم الليزر والتبخير وتمدد الحزمة الجزيئية فوق الصوتية وغيرها من أجل اكتشاف المواد في نهاية المطاف.

كما أن هناك دراسات مشابهة أنجزت بواسطة كل من كالدور وكوكس وقد أظهرت دراساتهما التي سبقتها دراسات smally وجود عناقيد كربونية أثقل من C**33** علما أنه وبشكل مثير للاهتمام لم يلحظ أي عدد فردي للعناقيد.

لقد وجد أيضا أن هذه العناقيد كانت بشكل خاص غير تفاعلية بالمقارنة مع العناقيد الأخفض منها.

وفي هذه الجزيئات يكون عدد المخمسات ثابتا ويساوي 12 ويكون عدد المسدسات عشوائي.

في C**60** يوجد 12 وجها مخمسا 20 وجها مسدسا علما أنه يحوي ذرة كربون مميزة واحدة وC70 يوجد فيه خمس ذرات المميزة.

في جزيئات الفولليرين الكبيرة هناك أمكانية وجود مركبات كيميائية آيزوميرية وبعض جزيئات الفولليرين هي أيضا كيرالية، كما أن الفولليرين تملك العديد من المركبات الآيزوميرية يشكل أكبر مما يعتقد، ولكن بسبب قاعدة المخمس المعزول يكون عدد المركبات الآيزوميرية محدودا.[[27]](#footnote-27)

* **تركيب وتنقية الفولليرين:**

في عملية تركيب الفولليرين كل ما يحتاجه الأمر هو محوّل لحام وغرفة موصولة إلى مضخة تفريغ وبعض قضبان الغرافيت، توضع الكترودات الغرافيت في حالة تلامس قريب مع بعضها البعض وإطلاق قوس من الهليوم أو الأرغون، واستدامة هذا القوس نحتاج إلى توتر من رتبة 20 فولت مستمر أو متقطع.

بشكل عام يستخدم الغرافيت ذو المسامية العالية والنقي من وجهة نظر الحقل الطيفي، من أجل تحقيق معدل تبخر عالي، إن السخام المتولد يتجمع على السطوح المبردة بالماء والذي ممكن أن يتواجد في الجدران الداخلية لغرفة الفراغ، هذا وبعد ديمومة القوس لمدة خمس دقائق، يتحطم الفراغ والسخام ويتم تجميعه ومن ثم يستخرج السوكسليت في فترة 5-6 ساعات أو البنزين، الذي يؤدي إلى محلول بني -أحمر مظلم والذي هو خليط من الفولليرين.

تتطلب جزيئات الفولليرينHPLCمن أجل التنقية.

إن التبخير القوسي ليس الطريقة الوحيدة لصنع الكربون60، فقد وجدت جزيئات الفولليرين في ألسنة اللهب بعد ترسب البخار الكيميائي المستخدم ذاته لإنتاج الماس، وهو ناشئ عن تأثير نيزك قديم ويتواجد في مكان سقوطه. كما أنه يمكن صنع الفولليرين من الماس ومع ذلك لم يصنع أحد الفيوليرين من خلال التفاعلات الكيميائية على الرغم من أنها كانت إمكانية أو احتمالا أثار الكيميائيين العضويين، ويقال إنه يمكن تصنيع الفيوليرين من الكافور.

لقد بين التحليل الطيفي الكتلي أن عناقيد الكربون العليا يمكن تشكيلها من خلال التبخير الليزري للبوليمرات، بعد التبخير الليزري، تنتج المنظومات الحلقية الغنية بالكربون غير المشبعة، تنتج الكربون 60، علما أنه توجد عدة وسائط غريبة أخرى لإنتاج الكربون 60[[28]](#footnote-28)

* **كيمياء الكربون في الطور المكثف:**

اساسا كان يعتقد ان الكربون 60 هو جزئ آروماتي لأنه يملك قرابة 12500 طينية محتملة ولكن يجب ان نتذكر انه في بعض الانظمة حيث تكون المخمسات قريبة من المسدسات تتجنب هذه الانظمة الروابط المضاعفة في المخمسات يعود السبب في ذلك الى وجود الرابطة المضاعفة في المخمسات التي تقلل من مساحات الروابط مما يزيد من الانفعال وفي حالة الكربون 60 هذه توجد بنية واحدة فقط تتجنب الروابط المضاعفة هي المخمسات وهذا يعني ان عملية نزع الالكترونات هي ضعيفة وان الكربون 60 هو قليل العطرية.

تجدر الاشارة الى ان الفيوليرين يخضع لتفاعلات اندماجية في الطور الغازي حيث في التبخر الليزري لأفلام الفولليرين وجد ان الطيف الكتلي يبين ذروة عند الكتل العالية جدا ما فوق 720 m/z وهذا يقترح دمج أقفاص الكربون 60 لتشكيل هياكل ففصية أكبر.[[29]](#footnote-29)

* **أثار الضغط:**

إن كلا من الكربون 60 والكربون 70 هي أجسام صلبة ناعمة وإن انضغاطيتها تقارن مع انضغاطية الغرافيت حول المحور –c عند تطبيق الضغط , تزداد درجة حرارة الترتيب الاتجاهي بمعدل 10 k عند ضغط قرابة 20 Gpa يخضع الكربون 60 لانتقال إلى بنية تناظرية و فوق الضغط22Gpa ,تخضع المادة إلى مرحلة لا ترتيبية و يبين هذا الطور برهاناً حول الكربون المهجن sp3 في الكربون C70 , يحدث اللاترتيب قرابة الضغط 12Gpa و يرى عندئذ فقط الكربون المهجن sp2 ويؤدي إلى ذلك إلى اقتراح مفاده, بما أن البلمرة عبر إضافة ديليز-الدر Diels-Alder ينبغي أن تتم في الكربون C60. فلا يمكن أن يحدث تفاعل في الكربونC70، علماً أنه قد لوحظ بلمرة Polymerization بعد الإشعاع الضوئي هذا وتحت شروط ضغط قصوى، يمكن تحويل الكربون C60 إلى ماس عند درجات حرارة منخفضة، كما يمكن رؤية هكذا تحويل أيضاً في الكربون C70.

عند ضغوط منخفضة تماماً وتحت الضغط "الأمور في" اللا مرتبamorphization، تخضع نطاق الإضاءة الفوتونية Photoluminescence عند eV1.6 إلى انزياح أحمر، أي انزياح نحو أطوال الموجة الأكبر في الخطوط الطيفية المرسلة من جسم ثقيل. عند الضغط 3.2Gpa ،يندمج النطاق مع الخلفية الموافقة لانهيار الفجوة الضوئية الفوتونية. ينشأ ذلك عن توسع ال HOMO وال LUMO والتي تنتج عن تقصير للمسافة الضمن جزيئية Inter-molecular وعن زيادة مصاحبة في تكامل الترنح ضمن الكرة.[[30]](#footnote-30)

* **الموصلية (الناقليّة) والموصلية الفائقة في الفبوليرينات المستحضرة:**

إن المزج مع البوتاسيوم الموافق لعملية حساب كميات عناصر K3C60، ينتج نصف ناقل فائق مع درجة حرارة انتقالية بحدود 19.8K، ولقد وجد الطور KxC60 مبكراً إنه معدنياً.

ومن المفيد الإشارة إلى أن الغرافيت المستحضر(الممزوج) مع البوتاسيوم يؤدي أيضاً إلى موصلية فائقة لكن عند درجات حرارة منخفضة جداً. من جهة ثانية، إن مزج Naو Liلا يؤدي إلى موصلية فائقة، لكن معادن "الكالية alkali" تنتج مواصلات فائقةsuperconductivity عند درجة حرارة انتقال عالية Tc وأن المزج بين المعادن يبين نفس الظاهرة. هذا وبما أن t1uLUMO وهو ثلاثي التدهور، يمكن حقن ستة إلكترونات أخرى في t1gLUMO. تجدر الإشارة إلى أنه وبسهولة يمكن نقل هذه الالكترونات من ذرات المعدن المتوضع داخل فراغات fcc c60 الرباعيّة والثمانيّة الأوجه. تجدر الإشارة هنا إلى الناقل الفائق العضوي عند درجة الحرارة العالية tc الذي هو Rb2 Cs C60 له درجة حرارة تساوي 31 k = tc.

إن التحليل الطيفي يبين أن الملء المستمر ل LUMO يتم بعد التعرض الممتد وإن نطاق ال LUMO ينزاح إلى ما تحت Er جاعلا إياه عازلا.

ويمكن القول إن الطاقة الاهتزازية البين جزيئية هي مسؤولة عن الحالات الأرضية فائقة الموصلية في هذه المواد ولم تذكر الموصلية الفائقة للفولليرينات العالية نظرا لتناظريتها المنخفضة.[[31]](#footnote-31)

* **المغناطيسية الآنية في الكربون C60 TADE:**

هناك خاصية مهمة تنشأ كنتيجة لنقل الشحنة هي المغناطيسية الآنية.

إن المغناطيسية الآنية العضوية هي ظاهرة نادرة وقد برهن عليها فقط في بعض المنظومات إذ يوجد فق\ مانح واحد فقط والذي يعرف عنه أنه ينتج المغناطيسية الآنية نتيجة للتعقيد أو التراكب مع الكربونC60 وهوTDAE "tetrakisdimethylaminoethylene"، إن درجة الحرارة الملحوظة Tcهي161k والتي تعتبر درجة الحرارة الأعلى الموجودة في المواد العضوية.

كما تم البحث عن عدد من المانحين العضويين لمغناطيسية عضوية محتملة، على الرغم من أن جميعهم قد أظهر ترابطا مغناطيسيا واضحة.[[32]](#footnote-32)

* **الخواص البصرية:**

يعطي C60 الملتقط بمناخل جزيئية ضوئا احمر، كما أن الخواص النقلية للضوء في الكربون C60 المجسد في أفلام السيليكا درست. كما وجد أن الكربون C60 هو مادة مثيرة من أجل البصريات غير الخطية وبشكل خاص التوليد التوافقي الخاص.[[33]](#footnote-33)

* **بعض الخواص غير الاعتيادية:**

أظهر الكربون C60 سلوكا غير عادي من حيث قابليته للانحلال أو الذوبان.

وتشير الدراسات على الكربون C60 أنه توجد محلولية أعظمية عند درجة حرارة الغرفة أي 280k ويكون التفكك ماصا للحرارة تحت درجة الحرارة الغرفة بينما يكون ناشرا للحرارة فوقها وسبب ذلك تغير في الطور للكربون C60 في الحالة الصلبة المعدلة بواسطة التبلل العائد للمذيب.

إن بعض أنواع الفيوليرين سميّ نتيجة تفاعلها في أوساط مائية، وتستطيع هذه الفولليرينات توليد الأيونات السالبة فائقة التأكسد التي تسبب تلف الخلايا وموتها.

من أحدث الطرق في تركيب الفيوليرين متعدد الأوجه هي تركيب جزئ هيدروجين داخل الكربون C60 وفق تفاعل بأربع خطوات أدى إلى إغلاق تام لها.[[34]](#footnote-34)

* **التنظيم أو الترتيب الاتجاهي:**

بالاستناد إلى الخواص المتعددة للفولليرينات، فإن مظهرها الذي بحث بشكل واسع هو ذو ترتيب اتجاهي. بشكل عام تتبلور الجزيئات ذات التناظر النقطي العالي عند درجة معينة من اللا ترتيب الاتجاهي. بعض الفولليرينات المنخفضة هي كروية الشكل إلى حد بعيد وتظل مع بعضها البعض بواسطة قوى "فان در فالز Van der waals " الضعيفة وإن اتجاهات جزيئاتها لا تحتاج كي تكون مرتبة كما هو الحال في الكريستال المرتب. لقد أثبتت هذه التناظرية العالية بحقيقة أن البارامترات الحرارية الكبيرة تستوجب أن تلائم الأشكال الانكسارية الملحوظة. يشكل عدم التناظر هذا السبب في الحاجة إلى تثبيت الكربون C60مع جزيء لتنعيم الأوضاع الذرية كما فعلها "هاوكينز Hawkins".[[35]](#footnote-35)

1. **الكرات النانوية:**

من أهمها كرات الكربون النانوية التي تنتمي إلى فئة الفولليرينات من جزيئات الكربونC60 لكنها تختلف قليلاً عنها بالبنية إذ أنها مؤلفة من قشور متراكبة فوق بعضها البعض ومركزها خاوي ولا يوجد على سطحها فجوات، وهذه البنية تشبه إلى حد كبير بنية البصل لذا فقد أطلق عليها اسم البصل وقد يصل قطر هذه الكرات النانوية إلى أكثر من 500 نانو.

1. **الجسيمات النانوية:**

الجسيمات النانوية هو مصطلح حديث العهد إلا أن هذه الجسيمات كانت مستخدمة في الماضي فهي موجودة في المواد المصنعة والطبيعية منذ قديم الزمان، مثلاً في زجاج بعض الكنائس القديمة كانت تنبعث منها الألوان الجميلة، إذ يوجد فيها مجموعات عنقودية صغيرة من أكاسيد الذهب أو الفضة ممزوجة مع هذا الزجاج وقد يصل حجم التجمع العنقودي إلى ما يقارب طول موجة الضوء المرئي، وبالتالي تصبح قادرة على تشتيت الضوء وتفريقه إلى ألوانه الرائعة.

إذاً فالجسيم النانوي على إنه تجمع ذري أو جزيئي لعدد من الذرات (أو الجزيئات) حيث يتراوح عددها من بضعة ذرات إلى مليون ذرة وترتبط ببعضها البعض بشكل كروي تقريباً وبنصف قطر لا يتعدى 100 نانومتر .[[36]](#footnote-36)

لقد كانت الصبغة المشهورة: بنفسجي كزيوس تصنع من تفاعل الحمض القصديري مع حمض كلورا لأوريك الذي يتكون فعليا من اكسيد القصدير مع الجسيمات النانوية من الذهب

لقد كان الرومان مهرة في تطعيم الزجاج بالجسيمات معدنية للوصول إلى تأثيرات معبرة في الزجاج المصنع.[[37]](#footnote-37)

*.*

1. **أنابيب الكربون النانوية:**

* **مدخل**

لقد تمكن العالم (سوميو ليجيميا) من جامعة ميجي في عام 1991 من اكتشاف أنابيب الكربون النانوية سميت بذلك لأن قطره من رتبة النانو متر , وهي عبارة عن أنابيب اسطوانية مجوفة قطرها بضع نانو مترات و مصنوعة من شرائح الغرافيت تطوى حول محور لتأخذ الشكل الاسطواني وقد تم الحصول على أنبوب مستقيم نهايته مغلقة بالفوليرين (C60)أما الأنبوب نفسه فهو مكون من شبكة سداسية في كل عقدة منها ذرة كربون وقد دلت تجارب على أنها تصبح شديدة الناقلية في جوار 0.3 كلفن, ولكن ذلك يتعلق بطول الأنبوب ,حيث يصل طول الأنبوب إلى 100ميكروميتر.[[38]](#footnote-38)

ويتم تصنيع هذه الأنابيب بتقانات متعددة منها: الانفراغ بالقوس الكهربائي، القشر بالليزر، الترسيب باستخدام أول أكسيد الكربون وتحت ضغط عالي جداً.

* **أنواع الانابيب النانوية الكربونية:**

يمكن ان تكون الانابيب الكربونية النانوية أحادية الجدار single walled او متعددة الجدار multi walled

تمتلك الانابيب النانوية الكربونية الأحادية الجدار قطرا يتراوح من 1 إلى 10 نانو مترات وبطول قد يصل الى مئات النانومترات كما تتكون الانابيب النانوية الكربونية المتعددة الجدار من طبقات الغرافيت التي تحيط بالأنبوب المركزي الصغير الذي يتراوح قطره من 1 الى 10 نانومترات

تجدر الإشارة الى الانابيب النانوية الكربونية الأحادية الجدار مكونة من أنبوب وحيد بقطر من 1 الى 10 نانومترات وغير محاطة بأي طبقات أخرى من الغرافيت

اعتمادا على طريقة لف الصفائح الغرافيت فانه يمكن الحصول على انابيب نانوية مختلفة في اليدوية والخواص يمكننا الحصول على انابيب نانوية تتمتع بخواص معدنية او نصف ناقلة نتيجة لاختلاف عملية لف صفائح الغرافيت

الانابيب النانوية الكربونية متعددة الجدار:

تتكون الانابيب النانوية الكربونية متعددة الجدران من طبقات عدة من الغرافيت بحيث يتم لف صفائح الغرافيت الواحدة ضمن الأخرى للحصول على شكل أنبوب يمكن تشبيه بنية الانابيب الكربونية النانوية المتعددة الجدران بنموذجين مألوفين

نموذج الدمية الروسية او نموذج البرشمان ففي النموذج الدمية الروسية تكون صفائح الغرافيت مرتبة الواحدة داخل الأخرى على شكل أسطوانة متحدة المركز مع زيادة القطر اما في نموذج البرشمان فيحدث نتيجة لف طبقة واحدة من الغرافيت حول نفسها كما لو أنك تقوم بلف جريدة إخبارية حول نفسها.[[39]](#footnote-39)

كما نعلم بأن الغرافيت يتكون من طبقات عدة وكل طبقة مكونة من حلقات كربون سداسية.

تضع الحالة الصلبة المهجنة SP2 للكربون بنى هيكلية ثنائية البعد، وإن أكثرها دراسة هي شكلها المتأصل الغرافيت، ويوجد الشكل المتأصل الآخر الأكثر شهرة هو الماس ذو الذرات المهجنة SP3. تجعل الصفائح ثنائية البعد من الكربون المهجن SP2قابلاً للف والثني مثل قطعة الورق، ويمكن بالتالي صنع الاسطوانات منه، هذا وباستخدام المسدسات لوحدها، لا يمكن للكربون أن يعطي بنى هيكلية ثلاثية البعد مغلقة، ويؤدي إدخال المخمسات إلى بنية هيكلية ثلاثية ذات قفص مغلق، حيث يحتاج على الأقل ستة مخمسات على كل جانب من جوانب الأسطوانة.

تسمى الصفيحة الوحيدة من الكربون بالغرافين grapheme ,ومن خلالها نستطيع صناعة أنبوب كربون نانوي, ويمكننا لف صفائح الكربون المسطحة بطريقة مختلفة, حيث يمكن جعل صفيحة الكربون ذات شكل حلزوني حول محور الأنبوب ,وإذا رغبنا بطوي "الغرافين" بشكل تناظري فإنه يمكن ترتيب المسدسات في الأنبوب الناتج عنها جنباً إلى جنب , وعليه يمكن أن نتصور فيما إذا طوي "الغرافين " بشكل مختلف و من زاوية معينة , يؤدي ذلك إلى خلق أنبوب , حيث تشكل فيه المسدسات ملفاً حول محور الأنبوب , حيث يوجد عدد لا نهائي من الطرائق لطوي صفيحة "الغرافين" مما يشكل أنابيب ذات حلزونيات مختلفة ,وكلها تشكل أنواع مختلفة من الأنابيب.

ومع العلم بأن هذا المجال الحلزوني للأنابيب يتغير وهذا ما يساعدنا على وقوعها على هياكل أنبوبية متعددة، تؤدي إلى تنوع وتعدد في خواص الأنابيب وبما أن الحلزونية تتغير فإن البنية الإلكترونية تتغير.

* يمكن تقديم وصف أفضل للأنبوب الأسطواني بعبارات:

1-قطر الأنبوب.

-2-زاوية التماكب chiralϴ، حيث يعرف لدينا أنبوب شعاع التماكب chiral: C= na1+ma2 وفق بارمترين ϴوd. تعرف واحدة الشعاع a1، a2 صفيحة الغرافين. في صفيحة الغرافين المسطحة (صفيحة واحدة للغرافين)، وترتب ذرات الكربون وفق هيكلية سداسية، بحيث يتم وصل كل ذرة مع ثلاث من جيرانها.

ونحن نجد كل ذرة أو رأس يكافئ ذرة كربون.

بحيث يصل الشعاع C بين نقطتين متكافئتين من وجهة نظر علم الكريستال.

تساوي الزاوية ϴ بالنسبة محور "الزيكزاك" إلى ثلاثين درجة من أجل الأنبوب الكرسي ذي الذراعين. إذا لففنا نهاية الأنبوب مع النهاية الأخرى، نحصل على أسطوانة، علماً أن اللف يمكن أن يحصل وفق عدة طرائق، وأن زوايا الروابط

لا تتشوه عند صناعة الأسطوانة. إذا فيمكن أن نقول إن خواص الأنبوب تتغير وفقاً لزاوية التماكب ϴوللقطر d.

تتمايز الأنابيب بالترميز (n، m)، فمثلاً أنبوب ترميزه (4,2). وهنا يكون الشعاع C=4a1+2a2 , والذي يمكن وصفه بأجزاء أربعة انتقالات وفق الاتجاه "زيكزاك",و انتقالين وفق زاوية 120 درجة من محور الزيكزاك, تسمى الأنابيب n,0)) بالأنابيب الزكزاكية ,لأن ϴ=صفر, وبالتالي فإن الأنابيب(n,n) تسمى بالأنابيب ذات الكرسي بذراعين ,حيث30= ϴدرجة,يملك هذان النوعان من الأنابيب تناظرية عالية ومستوى تناظر عمودي على محور الأنبوب,وهناك نوع آخر من الأنابيب هو الأنبوب "التماكبي"(n,m) chiral هذه الأنابيب يمكن أن تكون يسارية أو يمينية ,سوف تكون الانابيب نشطة بصرياً للضوء المستقطب دورانياً وذلك على طول محور الأنبوب.[[40]](#footnote-40)

يمكننا أن نوجد البارمتران d وϴ من m وn وذلك عن طريق المعادلات:

ϴ =

حيث r c-c هي C-C أي المسافة من طبقة الغرافين (1.421أنجستروم) وc طول الشعاع التماكبي هذا وبسبب تناظر طبقة الغرافين على الرغم من أن العديد من الأنابيب لها الترميزات نفسها (n,m ) فهي تظل نفسها، إذا كان لدينا أنبوب (0,n) فيكون هو الأنبوب نفسه ذا الترميز(n,0), ومع زيادة mوn يزداد قطر الأنبوب.

هذا كله فقط عن أنابيب الكربون النانوية الأحادية single والتي تسمى الأنابيب النانوية أحادية الجدار single-walled nano tubes لكن الأنابيب التي تمت ملاحظتها تجريبياً هي الأنابيب متعددة ال جدرانmulti walledوهي عبارة عن أنابيب مكدسة واحدة داخل الأخرى وفي تجمعات الأنبوب النانوي من هذا النوع، لا يوجد ترتيب ثلاثي البعد بين الطبقات الغرافيتية، كما الحال في جسم الغرافيت يعود السبب في ذلك إلى درجة الحرارة في الدوران الموجودة بين الأنابيب والتي تسمى

"القيد الطبقي"، ولقد وجد هذا النقص في الترتيب ثلاثي البعد داخل الأنبوب متعدد الجدران (MWNT) عن طريق القياسات STM الدقيقة ذرياً، لا يمكن إلباس أي أنبوب في أنبوب معين بسبب النقص في الفراغ، لأنه من أجل إلباس أنبوب في آخر يجب أن تتوفر فجوة قدرها على الأقل 3.44أنجستروم بين الطبقات.[[41]](#footnote-41)

* **التركيب والتنقية:**

لوحظت أنابيب الكربون النانوية للمرة الأولى في سخام الغرافيت المترسب على الإلكترود ذي الشحنة السالبة والمستخدم في التركيب التفريغي القوسي للفوللورين. في إجرائية " كراتشمار-هوفمان Kratschmer-Huffman" تتبخر قضبان الغرافيت في جو ديناميكي للهيليوم (الهيليوم المترسب عند منظومة التفريغ). من الناحية النموذجية يستخدم ضغط 130 torr من الهيليوم وقوس يعمل تحت كمون 30V تيار مستمر(dc) يظل محافظاً على قيمته بحدود 180أنجستروم، تجدر الإشارة إلى أن الكربون المترسب على الكاتود cathode يمتلك لب داخلي طريا وغطاء خارجي قاسي. حيث يحتوي اللب على أنابيب نانوية متعددة الجدران MWNTs مستخرجة ومعلقة في مذيبات مناسبة، وتظهر الأنابيب على شكل أسطوانات مفرغة تستند بشكل عمودي إلى حزمة الإلكترونات، وذلك على طول مادة الكربون اللا متبلور amorphous، كما أن الفجوة " الضمن طبقية " هي بحدود 0.34نانومتر، وقريبة من الفراغ الموجود في الغرافيت. والصور الأولى قد أخذت من قبل "ليجيميا Lijima"، وذلك على طول الهندسة التصويرية عن القطر الداخلي للأنبوب والفراغ "الضمن طبقيinterlayer " والطول والزاوية التماكبيةchiral angle(ϴ) يمكن تحديدها جميعً من صور ال TEM، بما أن القطر والفراغ والطول واضحة المعالم من صورة ذات دقة عالية، بينما تحديد زاوية التماكب (ϴ) يتطلب قياساً لشكل أو لنموذج لتداخل المستويات المتوازية فلا يتم ذلك أثناء روتين فحص ال TEM للأنابيب النانوية.

وجد أن معظم الأنابيب النانوية مغلقة النهايات أو الأطراف أو من كل جانب، على الرغم من أنه يوجد بعض الأنابيب المفتوحة، إذاً فالأنابيب هي عبارة عن أجسام ذات أقفاص مغلقة ثلاثية الأبعاد، حيث يوجد على الأقل 12 مخمساً بالاستناد إلى قانون "أويلر Euler"، تجدر الإشارة إلى أن المسدسات هي التي تضع الجسم المدد للأنبوب، والأطراف هي التي تحوي كلاً من المسدسات والمخمسات، بحيث تكون على كل وجه على الأقل ستة مخمسات. ولكن مع ذلك توجد عيوب على كل من الأطراف وجسم الأنبوب، هذا وبما أن المخمسات تؤدي إلى انحناء إيجابي، فإن عيوب الأوجه السباعية تؤدي إلى انحناء سلبي، علماً أن كلاً من العيوب تمت ملاحظتها.

إن السباعيات هي التي الأنابيب الأصغر والأكبر، بينما المخمسات هي التي يمكن أن تلغي هذا الانحناء، وفي هذا السياق وجدت أنواع متنوعة من مورفولوجيا نهايات الأنبوب.

أشارت الأدبيات ذات الصلة بتركيب الأنابيب النانوية، أن هناك تعديلات متنوعة على عملية التفريغ القوسي، حيث في هذه العملية يتبخر" الأنود "القطب الموجب ذي القطر الأصغر 3 nm على وجه" الكاتود "القطب السالب 6nm ذي القطر الأكبر، وذلك في جهاز قوس تفريغ تيار مباشر، وهكذا فإن التجويف الذي ينشأ على القطب السالب "الكاتود" يحتوي على أنابيب متعددة الجدران، وهذا ويمكن أن يتحطم التجويف ويؤرض، ويمكن أن تعلق الأنابيب النانوية على مذيب ملائم ويترسب على شبكات ال TEM من أجل الفحص والقياس.

إن تجميع وتجسيد المعادن الانتقالية في المقادير المحفزة يؤدي إلى تشكيل أنابيب كربون نانوية أحادية الجدران، في الواقع يضاف المعدن التحفيزي داخل الأنود أي القطب الموجب وفي هذا السياق جربت العديد من المنظومات ثنائية المعدن مثل Co-NiوCo-pt. وNi-Y، وجدت ترسبات تشبه نسيج العنكبوت حول " الكاتود"، أو في المناطق الأبرد في وعاء التفاعل، حيث تحوي هذه المواد على كميات معتبرة من الأنابيب النانوية أحادية الجدار، وتأتي على شكل حبال محتوية من 5 أنابيب إلى أنبوب أحادي الجدران من كربون لا متبلور، وجسيمات نانوية ذات مكونات كربون;معدن.

من جهة أخرى، يعد التبخير بالليزر طريقة أخرى، حيث يمكن بواسطتها إنتاج مجموعة كبيرة من الأنابيب أحادية الجدران (\*) وفي هذا السياق من الممكن تركيب أنابيب أحادية الجدران بواسطة تسخين مزيج من الغرافيت، مع Fe وNi كمحفزات عند درجة حرارة 1200 درجة مئوية، وتشعيع هذه المادة بالليزر، يبلغ الأنابيب النانوية قرابة 50-70%من المنتج، وعليه تشكل هذه الأنابيب المركبة حبالاً، حيث تنتظم فيها الأنابيب الإفرادية في تجمع سداسي، وهذا يبين بوضوح تجانسية الأنابيب المركبة.

إن الترسيب البخاري الكيميائي هو طريقة تسمح أخرى تسمح بتركيب كل من الأنابيب أحادية الجدران SWNT ومتعددة الجدران MWNT (\*), يمكن خلط مادة عضوية مع كربون يحتوي على غاز مغذ , ويحل في أنبوب كوارتزيQuartz , وبذلك يمكن تجميع الأنابيب النانوية من نهاية المبرد لوعاء التفاعل , هذا ويمكن أن يحتوي الغاز المغذي feed gas على عدة أنواع , وهو غالباً ما يمزج مع غاز خامل ,هذا وتتم تنمية الأنابيب النانوية على مواد محفزة صلبة مثل : Sio2 والكوارتز, والأمونيا...الخ, والذي يمكن أن يحتوي مواد معدنية انتقالية ,هذا ويمكن القول أن إن مقاربات كهذه مهمة لصنع مجمعات MWNT مدعومة من أجل تطبيقات خاصة بتغذية أنواع من المواد الملائمة , حيث يصبح ممكناً تجسيد ذرات أخرى مثل النتروجين داخل هيكلية الأنبوب النانوي , وذلك بالتبديل , يمكن أيضاً تعديل مورفولوجيا الأنابيب بتعديل المواد.

يتم تشكيل كل من الأنابيب SWNT وMWNT من كميات معتبرة من المادة المكربنة. وهنالك طريقة واحدة لفصل الأنابيب عن كتلة الكربون: وهي المعالجة بالتسخين للمنتج هذا وعلى الرغم من أن الكربون بكل أشكاله يتفاعل مع الأوكسجين, فإنها تتم بنسب متغيرة , تجدر الإشارة إلى أن كل مواد الكربون اللا متبلور يمكن أن تحترق بتسخين السخام عند درجة حرارة 750درجة مئوية لنصف ساعة (\*) في نهاية هذه العملية , يترك أقل من 1%من المادة الأصلية ,ولكن يظل المنتج الذي تم الحصول عليه مزيجاً من الأنابيب النانوية , هذا وبسبب وجود عدد كبير من الشوائب في الكربون اللا متبلور , يمكن أن يجعله يتفاعل على نسبة عالية بالمقارنة مع الأنابيب النانوية في هذا السياق يمكن استخدام إجراءات تنظيف مؤسسة على الحمض.[[42]](#footnote-42)

* **ملء الأنابيب النانوية:**

تكون الأنابيب النانوية التي يحصل عليها من مباشرة من إجرائية التركيب مغلقة من كل نهاياتها , هذا ويمكن أن تفتح النهايات بواسطة الكيمياء الملائمة ,إن واحدة من الطرق المستخدمة هي المعالجة "بالأسيد" أي بالحمض والتي تؤكسد النهايات وتترك وراءها الأوكسيد المحتوي على الوظائف, إن المجموعات الوظيفية المشتركة هي COOH وOH- يمكن إزالتها بواسطة تسخين الأنابيب عند درجة حرارة 600 درجة مئوية في المادة الAr الطائر, وهناك عدة طرائق لملء الأنابيب المفتوحة بالمواد, وفي واحدة منها تُنقع الأنابيب في محلول مركز من ملح المعدن المرغوب ومن ثم يجفف ويحرق في جو مخفف وعند درجة حرارة عالية وذلك لتشكيل معادن من المقياس النانومتري. تجدر الإشارة إلى أن عملية الملء يمكن ان تتم من مصهور المادة الواجب ملؤها في حال كان التوتر السطحي أقل من 200 \_100 نانومتر. يقود ذلك إلى تطويل كريستالات المادة المملؤة بحيث تتم عملية الملء بشكل متجانس داخل الأنبوب.

توجد أساليب أخرى لملء الأنابيب النانوية وإن أبسطها استخدام عملية التبخير بالقوس لأنودات الغرافيت المملوءة بالمواد الملائمة، مما ينتج معادن أو كربيدات المعادن الأنابيب. كما إن حل أو انحلال الجزيئات العضوية فوق المعادن ينتج ايضا MWNT.

تجدر الإشارة إلى أن معظم جهود الانحلال أنفة الذكر، تهدف إلى صنع انابيب نانوية نقية باستخدام عملية التحفيز. بهذا الصدد ينبغي القول إن الأنابيب النانوية أحادية الجدران المملوءة قد تم صنعها، وعليه فإن البروتوكول المطبق على الأنابيب SWNT هو نفسه من أجل الأنابيب متعددة الجدران. ولكن مع عملية الفتح لهذه الأنابيب المتبوعة بعملية ملء بأنواع من المواد الملائمة وعملية الحرق عند درجة حرارة في جو ملائم. في معظم الأحيان عملية ملء كهذه تقود إلى تغطية المادة المملوءة في كل من داخلها وأيضا على سطح الأنبوب النانوي حيث يحتاج الأمر إلى طريقة انتقائية للتنقية لإزالة المادة المملوء من على السطح الخارجي للأنبوب النانوي.

ما تزال عملية نمو الأنبوب النانوي غير مفهومة حيث يعود السبب في ذلك إلى وجود الأنابيب متعددة الجدران وأحادية الدران في شروط محفزة وغير محفزة على الترتيب مما يدل على أن هاتين الطريقتين من النمو قابلتان للتطبيق في هذا الشأن. هذا وفي آلية النهاية المفتوحة والتي تكون فيها الذرات مضافة بصورة مستمرة إلى النهاية النامية. تكون طاقة حبل التعليق مستقرة بواسطة التفاعل بين الطبقات المتلاصقة.

يمكن للرابطة أن تتفكك وتتشكل على محيط أنبوب ذو نهاية مفتوحة وهذا في حالة الأنابيب أحادية الجدران تعتبر المحفزات مهمة، ويظهر أن ذرات المحفز تزخرف النهاية النامية والتي تمتص وتدمج الذرات الكربون الوارد في بنية الأنبوب النانوي.

في هذا الصدد يجب القول ن الاقتراح الأحدث ذا الصلة بهذه الألية () هو أن ألياف الكربون تنمو على كريستالات النيكل النانوية عن طريق تفاعل تحريضي لإعادة صياغة أو تشكيل الجسيمات.

يمكن أن تمتلك الأنابيب النانوية خواص الكترونية مختلفة وبتمايز، وذلك حسب التماكب فيما بينها. توقعت الحسابات المبكرة في هذا الصدد أن هذه الخواص يمكن أن تكون نصف ناقلة أو معدنية وذلك حسب نوع البنية.

فالأنابيب ذات الكرسي بالذراعين هي دائما معدنية، بينما الأنابيب الأخرى يمكن أن تكون نصف ناقلة أو معدنية. هذا وبزيادة القطر تصبح الأنابيب مشابهة للغرافيت والتي يمكن أن تكون معدنية.[[43]](#footnote-43)

* **خواص النقل:**

بينت المطيافية النفقية المسحية أن الفجوات الطاقية للأنابيب النانوية تتغير من 0.2 ev إلى 1.2 ev. علما أن هذه الفجوة تتغير على طول الأنبوب وتصل إلى قيمة دنيا عند نهاية الأنبوب ويعود ذلك إلى وجود التشوهات المتوضعة في النهايات العائدة إلى الحالات الإضافية.

إن السلوك التوصيلي للأنابيب MWNT كان متلائما ومناسبا للتموضع ثنائي البعد الضعيف للحوامل أو النواقل. في الأنابيب SWNT يحدث التوي أو يتم عبر الحالات الإلكترونية التقطيعية والتي تعتبر متماسكة أو متلاحمة مع اللامس الكهربائية. يعني ذلك أن الأنابيب النانوية يمكن أن تعامل على أساس أنها أسلاك كوانتية. على الأقل عند درجات حرارة منخفضة جدا.[[44]](#footnote-44)

الخواص الميكانيكية:

تعد رابطة C-C من أمتن الروابط وكنتيجة لذلك، فإن أي بنية قائمة على هذه روابط كربون \_ كربون متراصة سوف تمتلك متانة قصوى، وعليه تكون الأنابيب النانوية هي ألياف الكربون الأعلى متانة.

إن المشكلة مع الأنابيب MWNT هي أن الأسطوانة الإفرادية يمكن أن تنزلق بعيدا، بحيث تعطي تقديرا أخفض لعامل يونغ. كما أنه من الممكن أيضا من أجل الأنابيب SWNT أن تنزلق من رزمه، لتصغير معامل يونغ المقاس تجريبيا.

إن واحدة من اهم خواص الأنابيب النانوية قدرتها على مقاومة انفعال أقصى للتوتر وبالتالي يمكن للأنابيب أن تصمد أو أن تستعيد نفسها ضد التشوهات الإنشائية القاسية.

إن أي تشوه لأنبوب سوف يغير الربط لذرات الكربون ولكي تعود إلى البنية المستوية، على الذرات أن تنعكس وتعود إلى التهجين 2SP إذا تعرض الأنبوب لتمدد مرن يفوق الحد فإن الروابط تنكسر وبالتالي فإن التشوه يمكن إعادة توزيعه على طول سطح الأنبوب.[[45]](#footnote-45)

* **الخواص الفيزيائية:**

إن الأنابيب النانوية مفيدة للتطبيقات التي تتطلب أوزانا خفيفة. وهي ذات مقاومة عالية للهجوم الكيميائي ومن الصعب أكسدتها. علما ان بداية الأكسدة في الانابيب النانوية 100 درجة مئوية وهي أعلى منها في ألياف الكربون وبالتالي فإن درجة الحرارة لا تشكل حدودا للتطبيقات العملية الأنابيب الناوية.

يتوقع أن يكون للأنابيب النانوية موصلية حرارية عالية وقيمتها تزداد مع تناقص القطر (

ولها العديد من التطبيقات حيث تصنع منها الترانزستورات ومسابر المجاهر

الفصل الثاني:

1. مقدمة الفصل

نشأت الهندسة نتيجة لبحث الإنسان عن قواعد عمليه تمكنه من قياس الزوايا ومساحه بعض الأشكال وحجومها واستخدمت لمسح الأراضي وتشييد الأبنية ووضعت هذه القواعد بصيغ عامه وانتقلت الهندسة من قياسات أطوال ومساحات إلى تحديد واستخدام منطق رياضي في البرهان

فأصبحت علم استنتاجي حاولوا العلماء إثبات مسلمه التوازي الإقليدية التي تنص إن (لا يمكن رسم أكثر من مواز واحد لمستقيم معلوم من نقطه خارجه عنه التي أنشأها إقليدس في أول نظام رياضي للهندسة في عام 300 ق.م ثم ظهرت هندسه جديدة وهي

اللااقليديه سميت الهندسة الزائدية تستند على نقيض مسلمه التوازي الإقليدية وتنص (وجود موازيين على الأقل لمستقيم معلوم من نقطه خارجه عنه وظهرت نوع جديد من الهندسات اللااقليديه أطلق عليها

الهندسة الناقصية عبر العالم الألماني ريمان وتنص (عدم وجود مواز لأي مستقيم استخدمت في النظرية النسبية العامة). حيث إن هناك أنواع من الحركة مثل حركة مواضع الأجسام السماوية لا يمكن وصفها بدقة دون الاستعانة بالهندسة الكروية.

والهندسة الكروية هي دراسة عناصر الهندسة بأشكالها المختلفة على سطح الكرة بشكل مشابه لدراسة الهندسة الاقليدية وخواصها على المستوي.

وفي هذا الفصل سنميز بين الهندسة الاقليدية والريمانية وسنشرح بالقليل عن الهندسة الشعاعية في التحليل لمتجهي وبعض مسلماتهما.

تقسم المقادير الفيزيائية إلى شعاعيه: ك (قوة سرعة تسارع) وتقاس بعدد حقيقي وواحدة قياس وجهه

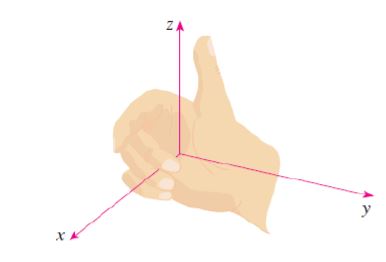
أما المقادير السلمية: ك (طول ودرجة حرارة وكثافة) وتقاس بعدد حقيقي وواحدة قياس

وكما تعلمنا العمليات الحسابية على المقادير السلمية وكذلك تعلمناها على المقادير الشعاعية كجمع شعاعين وضربهما (الجداء الداخلي والجداء الخارجي) وضربهما بعدد حقيقي وطرحهما من بعضهما

1.الإحداثيات الديكارتية في لفراغ:

الفضاء 3R هو الجداء الديكارتي لمجموعه الأعداد الحقيقية بنفسها ثلاث مرات

ويحقق قاعدة اليد اليمنى: نضع السبابة بجهة OX والإصبع الوسطى بجهة OY والإبهام بجهة OZ

الشكل 1(توضيح لقاعدة اليد اليمنى)

مثال:

إيجاد الشكل الفراغي للأسطوانة

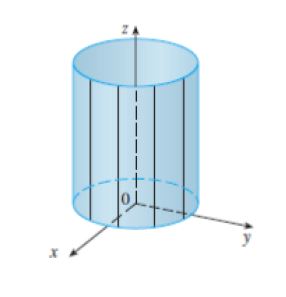
إيجاد مجموعة النقاط

S1= {(x, y, z) ϵ R3: x2+y2=1}

في الفراغR3

نرسم مجموعة النقط التي تحقق العلاقة x2+y2=1 وهي دائرة مركزها مار من المبدأ و

نصف قطرها 1 ثم نرسم من كل نقطة من نقاط الدائرة مستقيم عمودي على المستوي oxy[[46]](#footnote-46)

فنحصل على الاسطوانة كما في الشكل

مثال:

ليكن التابع الشعاعي

R (t): [0,4π] →R3

t→r (t) = (cost, sint, t)

نلاحظ أن مسقط هذا المنحني علىoxyهي دائرة الواحدة

أن التابع الشعاعي يصف حركة نقطة مادية انطلقت من النقطة

1, 0, 0)) = r (0) في اللحظة t=0 ثم في اللحظة t=π/2 وصلت إلى

النقطة 0,1,π/2))، واستمرت بهذه الحركة اللولبية إلى أن وصلت في اللحظة t=2π إلى النقطة 1,0,2π))، وانتهت الحركة عند النقطة

1, 0,4π)) في اللحظة t =4π هذه الحركة اللولبية تمت على سطح اسطوانة قاعدتها قرص الواحدة وارتفاعها4π[[47]](#footnote-47)



مثال:

ليكن لدينا التابع الشعاعي

R (t): (cos (t), sin (t), 2-sint)

أي أن المعادلات الوسيطية لراسم خطاه

Z=2-sint y=sint x=cost

وهذا يكافئ كون

X2+Y2=1 z=2-y

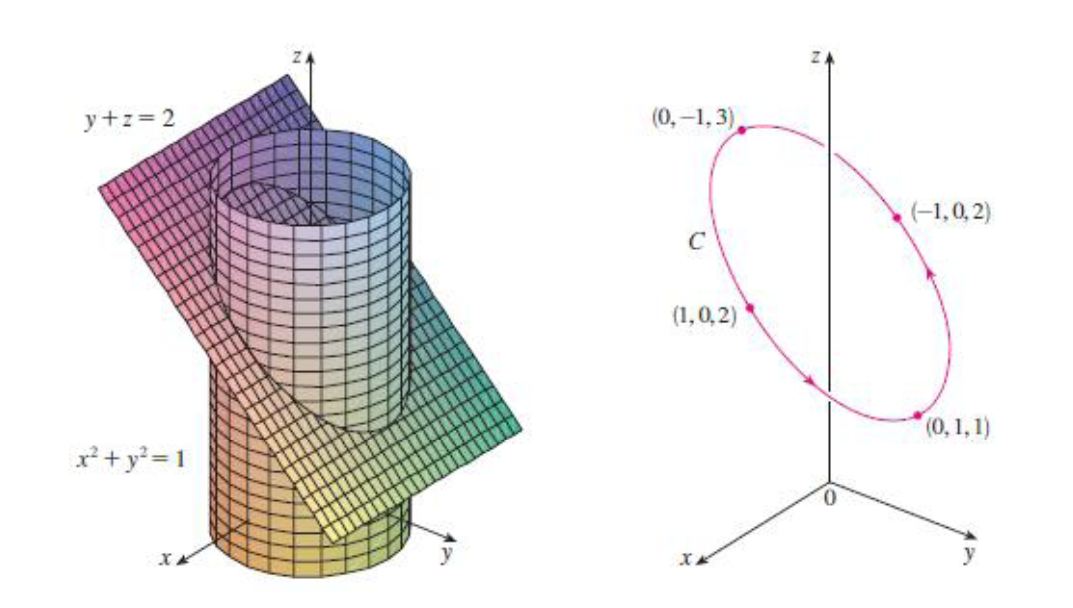
هي معادلة أسطوانة في الفراغ X2+y2=1 لكننا نعلم أن

(Ozتوازيا مع المحور X2+y2=1 تنتج عن انسحاب منحني الدائرة الذي معادلته)

معادلة لمستوي في الفراغ فتكون مجموعة النقاط التي تحققZ=2-y كما نعلم أنها

كلا المعادلتين هي تقاطع الأسطوانة والمستوي السابقين معا وبالتالي فان راسم الخطى هو القطع الناقص في الفراغ بالشكل ب

الشكل 2 (يعبر عن القطع الناقص الناشئ من تقاطع المستوي مع الأسطوانة)[[48]](#footnote-48)



**الدخول إلى الهندسة الريمانية أو الكروية:**

بعض التعاريف الأساسية:

. تدعى الدائرة الناتجة من تقاطع نقاط المستوي المار من مركز الكرة بالدائرة 1.

خلاف ذلك تدعى الدائرة الناتجة بالدائرة الصغيرة Rالعظمى ذات نصف القطر

النقطة على سطح الكرة هي النقطة الكروية والدائرة العظمى مقابلة (r<R)

للمستقيم العادي في الهندسة الاقليدية فتعرف الدائرة العظمى بالمستقيم

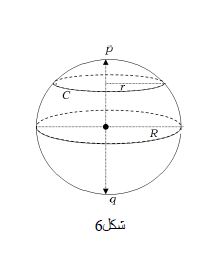
نهايتي قطر الكرة Pو Q ولتكن النقطتان S دائرة كيفية على الكرة C لتكن .2.

العمودي على مستوي الدائرة ندعو النقطتين

بالمركزين الكرويين للدائرة إذا كانت صغيرة وندعوهما بقطبي الدائرة PوQ

إذا كانت الدائرة عظمى ونقول في الحالتين أنهما متعاكستان.

(كما في الشكل التوضيحي رقم 3)

بالقطعة (أي من دائرة عظمى) AوBيدعى الجزء من المستقيم المحدد بنقطتين .3.

المستقيمة الكروية الواصلة بين هاتين النقطتين

من الدائرة العظمى بالمسافة AوBالواصل بين ABيدعى طول القوس الأصغر.4.

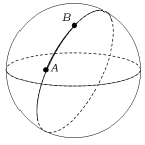
الكروية بين هاتين النقطتين. (تعرف مثل هذه الأقواس بالفيزياء بالخطوط الجيوديزية).

تعرف الزاوية بين دائرتين متقاطعتين (أو مستقيمين على الكرة) على أنها .5.

الزاوية الناتجة من تقاطع نصفي المستقيمين المماسين لهاتين الدائرتين في نقطة التقاطع

(المسافة الكروية بين نقطتين معاكستين على سطح الكرة إلى نصف طول الدائرة π) R العظمى وتساوي

Rπ المسافة الكروية بين أية نقطتين غير متعاكستين على سطح الكرة أقل من

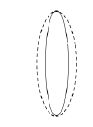


*بعض مسلمات الهندسة الكروية:*

1-أي نقطتين تحددان مستقيماً واحداً ما لم تكونا متعاكستين، يمكن تمديد أي جزء من مستقيم بمقدار معطى إلى أن يلتقي مع نفسها. دائرة معلومة مركزها ونصف قطرها أقل من نصف قطر الكرة أو يساويه، كل الزوايا القائمة متساوية، أي مستقيمين يلتقيان في نقطتين [[49]](#footnote-49)

التقاط.PNG

2-المستقيمات على الكرة هي دوائر عظمى، كل دائرة مارة من القطبين المتقابلين على الكرة هي دائرة عظمى، وهناك لا نهاية من مثل هذه الدوائر المارة من القطبين تعرف بخطوط الطول.



يوجد لا نهاية من الدوائر المتعامدة مع خطوط الطول تعرف بخطوط العرض وبين جميع هذه الدوائر توجد دائرة عظمى واحدة تعرف بخط الاستواء.

مقارنة في نقاط التشابه بين كل من الهندستين الاقليدية والريمانية (الكروية أو الناقصية):

|  |  |
| --- | --- |
| **الهندسة القطعية** | **الهندسة الاقليدية** |
| الخط المستقيم هو الدائرة العظمى على الكرة | الخط المستقيم ليس له نهاية |
| القطعة المستقيمة هي جزء من دائرة عظمى | القطعة المستقيمة جزء من المستقيم |
| المستقيمان يتقاطعان دائماً في نقطتين | المستقيمان قد يتقاطعان في نقطة واحدة |
| من نقطتين غير متعاكستين يمر مستقيم وحيد | من نقطتين مختلفتين يمر مستقيم وحيد |
| المستقيمات المتعامدة تلتقي في نقطتين | المستقيمات المتعامدة تلتقي في نقطة واحدة |
| من أجل 3 نقاط على استقامة واحدة تصلح أي واحدة لتكون واقعة بين النقطتين الباقيتين | من أجل 3 نقاط على استقامة واحدة تكون واحدة منها واقع بين النقطتين الباقيتين |

[[50]](#footnote-50)

**الإحداثيات الأسطوانية:**

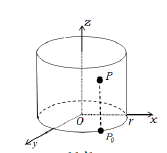
سوف نستخدم العلاقة بين الأسطوانة والكرة التي ستمكننا من إيجاد مساحة الكرة دون استخدام حساب التفاضل والتكامل، وسنبدأ بتعريف الإحداثيات الأسطوانية:

جملة نظامية متعامدة في الفراغ ثلاثي الأبعاد (تعرف بالجملة الديكارتية) O X Y Z ولتكن ولنأخذ الأسطوانة الدائرية التي معادلتها:

X2+ Y2 = R2 R>0

ولتكن: نقطة كيفية واقعة على هذه الأسطوانة وP (X، Y، Z)

OXY مسقط هذه النقطة على المستوي P0 (X, Y)



**.1.**

OXوالمحور Oجملة الإحداثيات القطبية ذات القطب OXYلنأخذ في المستوي

في هذه الجملة هي P0(X، Y) ولنفرض أن إحداثيات النقطة

: بحيث (r, ᴓ)

ندعو ثلاثية الأعداد: 0 ≤ ᴓ < 2π وR>0

(r, ᴓ, z), r >0, 0 ≤ ᴓ < 2π

pبالإحداثيات الاسطوانية للنقطة

من التعريف نلاحظ وجود تقابل وحيد التعيين بين نقاط الفراغ (غير الواقعة على المحور

. (oz

معطاة بالعلاقات pونلاحظ أيضا انه إذا كانت إحداثيات النقطة. (r, ᴓ, z) وبين ثلاثيات الأعداد

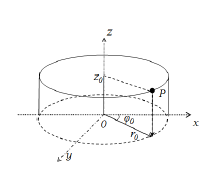
فان: r = r0 ، ᴓ = ᴓ0 ، z = z0

ozو محور دورانها pتعين اسطوانة دورانية تمر من النقطة r=r0المعادلة

P ويمر من النقطة oz تعين مستوياً طرفه المحور 0 ≤ ᴓ < 2πالمعادلة 0ᴓ = ᴓ و

Pويمر من النقطة OZ تعين معادلة مستو عمودي على المحور Z =Z0المعادلة

هي نقطة هذه السطوح في الإحداثيات الاسطوانية. Pوبذلك تكون

[[51]](#footnote-51)

……………………………..

الفصل الثالث:

1. **مقدمة الفصل:**

مع اكتشاف علم النانو والتطور الهائل على صعيد الاكتشافات تم اكتشاف مواد نانوية كربونية فائقة تتمتع بخواص فائقة....

الفيوليرين يتمتع بخواص فائقة وهو مركب ذو أوزان جزيئية عالية ولكن هل من الممكن أن نصنع منه بوليمرات؟؟

هل يتمتع بخواص جزيئية فائقة؟؟؟ هل يتمتع بمرونة وصلابة عاليتين؟؟؟

الC60 من وجهة نظرٍ كيميائية:

وبالنهاية الC60 مؤلفٌ أساساً من اتحاد ذرات الكربون (بحالة خاصة: سنتطرق لذكرها في هذا الفصل) وكما نعلم أن ذرات الكربون هي أساساً قادمة من مركبات عضوية، فهل يمكننا الاستعانة بالمركبات العضوية لتشكيل جزيئة ضخمة كالC60؟ وماهي الطرق والسبل المؤدية لتشكيله وتكوينه؟

لاحقاً في هذا الفصل سنتطرق لذكر الخواص الكيميائية والفيزيائية للC60.

* **اكتشاف الفيوليرين:**

في عام 1985 اكتشف C60 صدفة خلال عملية تحضير بالتبخير الليزري للغرافيت في هالة من الكربون والتي تدعى النجم الكربوني الأحمر.

الجزيء عزل لأول مرة بالتحليل الكتلي في عام 1990.

هذا الأمر أدى إلى انفجار في خواصها الكيميائية والفيزيائية.

هذا الجزيء واجه قبولا بشكل واسع وهذه الظاهرة وعدت بتطبيقات جديدة على المستوى التقني والتطبيقي الصناعي.

هذه الخواص للكربون 60 حفزت أخيلة العديد من العلماء كالعالم لايمان وغيره من العلماء.

لم يستطع العلماء فهم أن الكربون60 هو الشكل المتآصل الثالث للكربون ولم يتم اكتشاف هذا الأمر حتى نهاية القرن العشرين تقريباً.

اجتمعت الجمعية الملكية للكيمياء والفيزياء لدراسة الكربون ونظم هذا الاجتماع العلماء: كروتو، ماكاي، تيرنر ووالتون وقدم هذا الاجتماع الأوراق التي قدمها العلماء وكانوا هم الذين لعبوا دوراً أساسيا في اكتشاف الفيوليرين وغيرهم ممن كشف عن خصائص رائعة فيه في الوقت الراهن.

* **الفيوليرين:**

هو جزيء من الكربون له عدة أشكال منها مجسم القطع الناقص، انبوب، والعديد من الأشكال الأخرى.

الفيوليرين الكروي يدعى (Bucky balls) ويشبه في شكله كرات كرة القدم.

الفيوليرين ذو الشكل الاسطواني يدعى (Carbon nanotubes) أو (Bucky tubes).

الفيوليرين مماثل للغرافيت من ناحية التركيب وهو يتكون من عدة طبقات من الغرافين أي حلقات سداسية مرتبطة لكن يمكن أن تحتوي على مخمسات أو نادرا مربعات.

* **تطبيقات الفيوليرين:**

طوال العقد الماضي كانت الخواص الكيميائية والفيزيائية للفيوليرين موضوعا مثيرا في حقل البحث والتطوير ومن المتوقع أن يستمر لفترة طويلة.

ناقش العلم العام استعمالات محتملة للفيوليرين في الاستعمالات العسكرية في نيسان 2003.

تمت دراسة الفيوليرين من الناحية الطبية المحتملة ومنها:

زرع مضادات حيوية معينة إلى تركيب الفيوليرين لاستهداف البكتيريا المقاومة وبعض خلايا السرطان مثل الورم الملائي وفي عام 2005 وصفت استعمال الفيوليرين كوسيط لمحاربة المكروبات التي تتنشط بالضوء.

في حقل تكنولوجيا النانو كانت دراسات مقاومة الحرارة والناقلية الفائقة من أكثر الدراسات التي تمت حول الفيوليرين[[52]](#footnote-52).

* **طرق اصطناعه:**

يمكن اصطناعه بطرق كثيرة ولكن أشهرها هي القوس الكهربائي ولكن يمكن اصطناعه بطرق مثل التبخير الليزري والانفراغ الكهربائي.

* **القدرة على التفاعل:**

الأبحاث كانت قادرة على جعل الفيوليرين يتفاعل وذلك بزرع زمر وظيفية معينة على سطح الجزيء.

ولكن الجزيء لا يمتلك القدرة العالية على التفاعل وذلك لأن الإلكترونات في المسدسات الحلقية والتي لا تتخذ موقع معين على الجزيء.

الشكل الكروي للفيوليرين المتكون من n ذرة كربون يحتوي على n عدد روابط بايπ ولكن حتى يتمكن الجزيء نم القدرة العالية على التفاعل يجب أن تكون الإلكترونات حرة الارتباط على سطح الجزيء وهذا ما استطاعت الكوانتية تحقيقه وذلك بوصل الفيوليرين بالشكل الأحادي من النظرية الكوانتية المعروفة للذرة الأحادية.

وفي حالة الاستقرار كأن يكون n=2,8,18,32.... ضعفي الرقم المعطى مربعاً ولكن هذه السلسلة لا تضم الكربون60.

قاعدة 2(N+1)2 وبشرط أن يكون N عدد صحيح مما يجعل الشكل الثلاثي الأبعاد يحاكي قاعدة (Huckel') والإلكترونات وفق هذه القاعدة ستحفز كون الجزيء عطريا.

هذا الأمر أثبت بنظرية الكوانتية والتي أثبتت وجود شكل كروي ديامغناطيسي وبالنتيجة الكربون 60 في الماء يستطيع أن يتحمل إلكترونين ويصبح أيون سالب.

nC60 يمكن أن يؤدي إلى تشكيل رابطة معدنية

* **كيمياء الفيوليرين:**

الفيوليرين ثابت كيميائيا ولكن ليس كليا إذ أنها قادرة على التفاعل بسبب روابط SP2 الهجينة بين ذرات الكربون, والتي يكون لديها أقل مستوى من الطاقة في حالة الغرافيت إن كان يحتوي روابط ثنائية ولكن بعضها يجب أن ينتزع لتكوين الشكل الكروي المغلق أو الأنابيب والتي تشكل ما يدعى "خطوط الزوايا" هذا الأمر الذي يحدد أن التفاعل يكون بإضافة الإلكتروفيلات على 6,6الروابط و الذي يشكل خطوط الزوايا بتحويل نمط التهجين من SP2 إلى SP3 و هذا التغير في الروابط يؤدي إلى تغير في زوايا الجزيء في روابط SP2 تكون 120 بينما في SP3 تكون الزوايا 109.5.

هذا التغير في زوايا يؤدي إلى إغلاق الشكل إلى أنابيب أو كرة ولهذا تكون أكثر استقرارا>

* الفحم الفعَّال (Activated Carbon):

الفحم الفعَّال هو ذرات كربون التي غالباً تتوضع مشكلةً طبقات من الغرافين. يمكن اصطناع الفحم الفعال بطرق مختلفة منها الفيزيائية والكيميائية بمختلف أطوار المادة العضوية المصنَّع منها الفحم (الصلبة، السائلة، الغازية). ولكن عند اصطناع هذه الذرات تشكِّل فيما بينها حلقات سداسية بينها مسامات أو فجوات مغلقة وهذه المسامات هي السر في فعالية الفحم، هذه المسامة المغلقة محددة، فهي مسافة نانوية وإذا كانت أصغر من 2nm وتدعى microporosity مسامات صغرى وإذا كانت المسافة تتراوح ما بين ال 2وال 50nm تدعى المسافة mesoporosity متوسط المسام والمسافات الأكبر تدعى macroporosity أو مسامات كبرى.

والميزة الأساسية لهذه المسافات احتواءها على قوى فان دير فالس (wan der walls) فيما بين الذرات وهي المسؤولة عن حصول تفاعلات التكثيف.

والكربون الفعَّال محضَّر من المركبات العضوية الأم عن طريق عملية الكربنة Carbonization سواءً في الحالة الصلبة أو السائلة أو الغازية، ويجدر الذكر هنا أنه في كل طورٍ من هذه الأطوار الفيزيائية للمادة توجد طريقة مختلفة للقيام بالكربنة.

وأيضاً عملية الكربنة ليست عملية واحدة يمكن القيام بها، فعملية الكربنة يمكن أن تكون كيميائية أو فيزيائية (ضغط، عملية حرارية، ..) وهنا يتم تحديد عملية الكربنة حسب المادة المراد تصنيعها وحالتها الفيزيائية واستجابتها لتغيرات الضغوط الجوية والتفاعلات الحاصلة في محيطها وحجم المسام المراد الحصول عليه في الفحم الفعَّال المُنتج والمواد أو الآلات المتوافرة.

* عند اصطناع الفحم الفعَّال نراعي أهمية تحديد حجم المسام لأن هذا يساعد في تسهيل عملية تحويل الفحم الفعَّال إلى المادة المرغوب اصطناعها منه.

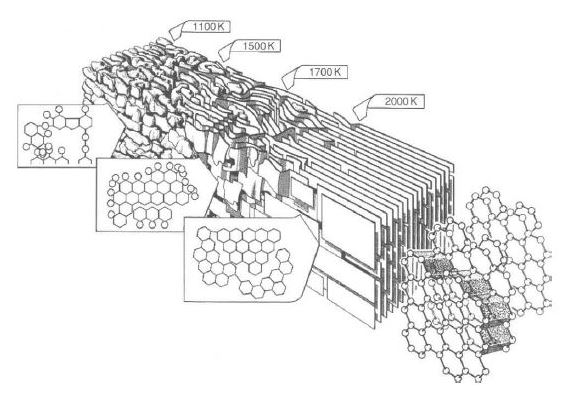
وفي حالة الC60 نحتاج فحماً فعَّالاً ذو مسامٍ صغرى ليساعدنا في اصطناعه بالطرق الأسهل والأمثل ومنه علينا التركيز على كيفية اصطناع فحمٍ فعَّالٍ ذو مسامٍ صغرى بالطرق الكيميائية، لأنه من السهل علينا تحديد حجم المسام في الطرق الكيميائية والتحكم به.

يمكننا توسيع المسامات في المادة الأولية عند عملية الكربنة في الطور الغازي، ولكن هذا لا يتم في التفاعلات المتضمنة حدوث تغير حراري أو تغير في الضغط أو تسخين للمادة، لأنه من الصعب التحكم بحجوم وأعداد المسامات المكوّنة، ولكن في التفاعلات الكيميائية يسهل تغيير حجوم وأعداد المسامات.

عند البدء باصطناع الفحم الفعَّال من المركبات السيللوزية اللينونية يجب أن نتخلص من كمية الماء الزائد الموجود في مادة مثل مادة السيللوز (نحو 48% من كتلة المادة هي مكونة من الماء)، ونحن هنا نتخلص من الماء الزائد حتى لا يتبقى ذرات أخرى مخالفة للكربون، لأن بقاءها يعتبر ظهوراً للشوائب الغير مرغوبة والواجب التخلص منها.

ولدرجة الحرارة عند حدوث تفاعل الكربنة دور هام في التخلص من هكذا شوائب، فمن المفترض أن عملية الكربنة المعتادة تزيل من كمية الماء نحو 20 إلى 30% من نسبته في المادة، وهذه الكمية غير كافية أو غير مرغوبة، فإذا كان الناتج الوحيد عن العملية هو الماء يفضَّل إحداث تفاعل كيميائي تكون فيه المادة الوسيطة سهلة التخلص منها (المفضَّل أن تكون المادة قابلة للتبخُّر)، عند إضافتها سيزداد معدل التبخُّر للماء الزائد ومعدل التفسُّخ الحراري للمادة الأولية مما يؤدي لتغييرٍ لاحق في تعديل حجوم وأعداد المسامات.

في دراساتٍ[[53]](#footnote-53) أَحدِثت على المركبات السيللوزية اللينونية:

* أُثبت أنَّ الحرارة المعتادة للتفاعل إذا كانت بين ال 200-350 درجة مئوية سيتشكَّل لدينا شوائب كال CO2، CO، H2O، CH4، وألدهيدات ومواد أخرى.
* وعند تقطير المركبات الهيدروكربونية الأثقل بين درجتي حرارة 350-500 درجة مئوية ومن الممكن أن تكون أعلى تحدث خسارة بسيطة في الوزن ولكن تتوضَّح فيها صورة الفحم المتشكِّل وبنيته الفعلية.
* عند درجات الحرارة بين ال 450-600 درجة مئوية عادةً تحصل تفاعلات كيميائية بوجود الوسيط (ZnCl2، H3PO4) ويجب التنويه أنّه في هذه الحالة لا تتم الكربنة كاملةً وسيتشكَّل لدينا مادة من الكربون الفعَّال (بعد غسل المواد الكيميائية منها) لها بنية
* كربونية بين المادة الأم والكربون الفعَّال ممَّا يعني تشكُّل مادة كربونية غير فعَّالة[[54]](#footnote-54).

الشكل 4

عند حدوث التفاعلات الكيميائية نلاحظ حدوث تغيُّر بديهي في الحجم وذلك بسبب النقصان الحاصل في كمية الماء للمادة، في دراسةٍ أُجريت على قشور اللوز ظهر عامل فقدان الوزن وذلك بتقريب خسارة 75% من كمية الماء، هنا نقول إن الكاشف يتَّحد مع الأجزاء الداخلية للمادة الأولية، ويتوقع هنا أن يكون الانقباض مترافقاً مع ازدياد درجة الحرارة، وهذا يعني أن الكاشف قد يعمل على أنَّه قالب تشكيل المسامات الصغرى، وهنا الكواشف الأكثر شيوعاً هي ZnCl2، KOH، H3PO4.[[55]](#footnote-55)

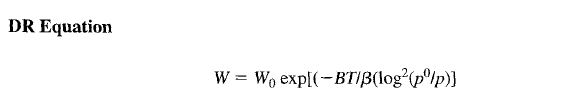
إنَّ الغرض من هذا القسم هو تقديم نظرة عامة عن التفاعلات الكيميائية للمركبات السيللوزية اللينونية التي تشكِّل الكربون الفعَّال الحبيبي بدقة واهتمام تام بشكل المسامة الصغرى.

ومن خلال تحليل المسامات وأصنافها وكيفية تشكلها نقوم بمقارنة الطرق المستخدمة في كل من كواشف عملية التفعيل، ودراسة المادة الأولية أحد أهم العوامل المهمة والمأخوذة على محمل الجد هي قدرة الكاشف على التجانس مع الخليط المكوَّن.

وعند الرغبة في تصنيع الكربون الفعَّال الحبيبي علينا العمل بكامل الدقة وخاصَّة عند عملية التشريب لأنها مرحلة حساسة يجب أن يكون فيها التجانس الحاصل هو التجانس المثالي المطلوب.

تتم عمليات القياس المفروضة على المسامات عند امتزاز المادة من الطور الغازي، وهنا يتم غمر المسعر بالمادة وملئ الجو أو الفراغ الباقي من المسعر بجو خامل ولنفترض أنَّه الهيليوم فنقيس حجم الهيليوم داخل المسعر والكثافة المعطى بها.

وهنا نقيس حجم المسامات الصغرى بمعادلة Dubinin-Radushkevichوالتي تنص على أنَّه:



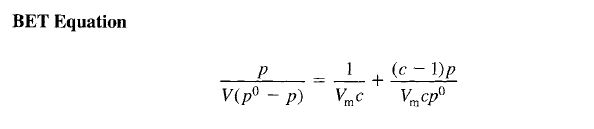
حيث:

* *W* هي الحجم المملوء بالمادة المكثفة داخل المسامة الصغرى.
* *W0* هي الحجم الكلي لفضاء المسامة الصغرى.

وهنا ننوه أن قيم *W0* تفترض أنها تساوي قيم *Vm*وبالتالي na، وبالتالي إلى توقع وحدات الطبقة السطحية من *W* و *W0* اللاتي تقاس بال cm3 (mL).g-1.

طبعاً معادلة DR تؤدي إلى علاقتين مرتبطتان بها وتساعدان في حلها وفهمها وهما معادلة BET ومعادلة Langmuir.

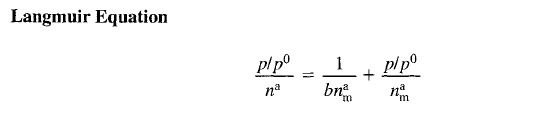
**إن معادلة BETتنص:**

******

حيث:

* V كمية الكثافة الحجمية بالcm3.g-1
* Vm هي السعة الحجمية وأيضاً تقاس بالcm3.g-1

**وبالنسبة لمعادلة Langmuir:**



حيث:

* P هو الضغط في حالة التوازن في واحدة القياس الباسكال.
* P0هو الضغط في حالة الإشباع وأيضاً في واحدة القياس الباسكال.
* Naهو معدل التكثيف.
* nmaهو السعة الحجمية للطبقة الأولى ولكن بواحدة القياس mmolg-1.

في الواقع لا يوجد شك في أنَّ هذه المعادلات الثلاث هم أساس دراسة تكوين المسام في الطور الصلب.

إنَّ معادلة Langmuir مبنيَّة على الافتراضات التالية:

* خلال كامل التفاعل لا يحدث الامتزاز إلا على الطبقة الأولى
* تفاعل الامتزاز محدد بحيث أنَّه لا يمكن حدوث أي تفاعل بين مادة متكثفة ومادة أخرى متكثفة.
* الحرارة المقدمة عند تفاعل الامتزاز تعتمد على الغطاء السطحي للمادة، وهنا على المادة المتأثرة أن يكون سطحها الخارجي مستقراً كهربائيّاً

وبالنسبة إلى الجانب العملي من الفكرة نستطيع حساب حجم المسامات المتوسطة عن طريق طرح الحجم بالكامل من كمية النتروجين المكثفة وهي لنفترض P/P0.

فإذا استخدمنا قيمتين للكثافة للكربون (القيمة الابتدائية قبل التفاعل والنهائية بعد التفاعل) نستطيع حساب حجم الهيكل الكربوني والحجم الكامل للمسامات.

إن غمر المسعر بكميات من المواد الكربونية السائلة صاحبة الأبعاد المختلفة مثلاً:

ديكلوروالميتان: 0.33nm

البنزن: 0.37nm

2, 2 دي متيل البوتان: 0.57nm

يسمح لنا بحساب السطح القابل للوصول إليه وللوصول إلى قياس حجوم المسامات وتوزعها.

مثالٌ عليها دراسة امتزاز مادة الميثان في درجة حرارة 298K ونظام امتزاز حجمي ذو ضغطٍ عالٍ VTI(High-Pressure Volumetric Adsorption System) وهناك أيضاً طرقٌ اعتيادية مثل المقياس الزئبقي وفحص المطيافية الإلكترونية [SEM] وتستخدم أيضاً للتأكد من بنية وتوصيف بنية الكربون.

التفعيل الكيميائي باستخدام كاشف كلوريد الزنك ZnCl2:

مثالٌ آخرٌ على استخدامات كلوريد الزنك للتفعيل هو عمل دراسةٍ حُضِر فيها الكربون الفعَّال الحبيبي ذو تقريباً2mm كحجم جزيئي وتم التفعيل الكيميائي له من بذور المشمش مع ZnCl2. وهنا استطعنا تقييم درجة التفعيل من كمية الزنك المتحدة مع المادة الأساسية وهو تقريباً بين ال 0.20 إلى 1.2 غرام من الزنك على 1 غرام من المادة الأولية.

وكانت كمية التسخين المعطاة في ظروف جوية من النتروجين هي 500 C0 وتم تدقيق ومراجعة هذه الأعمال من قبل الكثيرين، وتم جمع الدراسات ومقارنتها[[56]](#footnote-56).

التفعيل الكيميائي باستخدام الكاشف H3PO4:

لدراسة[[57]](#footnote-57) تفاعل حمض الفوسفور في عملية التفعيل تم تحضير الكربون الفعَّال الحبيبي (حيث الحجم الجزيئي 2.5mm) من تشريب بذور المشمش بمحلول من هذا الحمض مع مختلف التراكيز، تم تقييم درجة التفاعل بمعدل المادة الفوسفورية المتفاعلة مع الأجزاء وكانت تتراوح بين 0.09 إلى 0.91 غرام من الفوسفور على 1 غرام من المادة الأولية، عندما تسخن المادة المُشرَّبة مع القليل من النتروجين في الجو بدرجة حرارة 450 C0 وبعدها يتم غسلها حتى تصبح غير قادرة على إبداء أيِّ تفاعل. وهذه الدراسة مع بعض الدراسات الأخرى تم تدقيقها ومراجعتها[[58]](#footnote-58).

التفعيل باستخدام KOH:

وُصِفت دراسةً في تحضير كربون فعَّال حبيبي باستخدام الKOH بحيث يتفاعل دون انحلال المادة الكربونية وتحويلها من الحبيبات إلى البودرة، ووصف تفاعلها مع بذور الزيتون (ذات الحجم الجزيئي 3mm) والنواتج كانت كربنتها بجو مليء بالنتروجين ودرجة حرارة إما 300 أو 500 أو 800 مئوية، وبعدها تتفاعَل مع المحاليل المائية للKOH نسبة من 0.005 إلى 3 غرام من البوتاسيوم على 1 غرام من المادة الأولية وذلك قبل أن تسخن بالنتروجين، وعندما تصل نسبة التشريب إلى ما هو أعلى من 0.1/1 تستخدم بذور الزيتون الجزيئية المشرَّبة (التي أحياناً تنحل إلى البودرة) لنسبة أعلى من 2g من البوتاسيوم على 1 غرام من المادة الأولية.

أجزاء الفحم المشرَّبة دائماً ما تتحول إلى بودرة، بعد عملية التسخين لاحقاً، وعامل الحرارة هو عامل هام جداً لتغيير وتطوير المسام، فالمسام في الفحم الفعَّال بين درجة حرارة 500و 700 تكون قليلة ولا دخل للمادة الأولية فيها ومع الملاحظة أنَّه عند درجة حرارة بين 850 و 900 تزداد وتتضخَّم المسام.

وهكذا نقترح استخدام مجال حراري حسّاس يساعد في عملية التفعيل بال KOH وهنا في دراسة أخرى تمّ تسجيل نواتج لعملية مشابهة.

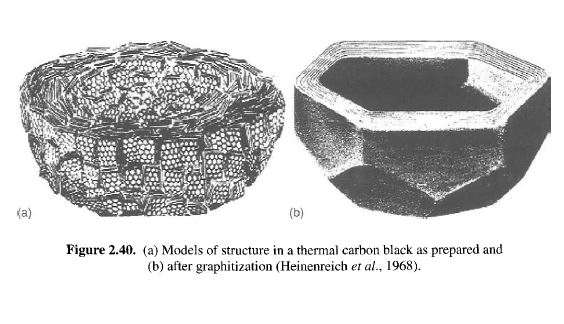
* تفعيل مواد سيللوزية لينونية مع كربونات البوتاسيوم، في المقابل تقل نسبة الماء من المادة بين ال20 وال25% وذلك مشابه للخسارة عند كربنة المادة الأوّليّة، ولكن مترافقة مع تغيّر قليل وقلة تحكم بالمسام.
* ولكن في المواد المفعَّلة أكثر يكون فيها الخسارة أٌقل حوالي 10 إلى 15% وهي مشابهة للخسارة في التفاعلات الحرارية للمواد السيللوزية وهذا يقترح احتمالية أنَّ تغير المسام بنسبة تفعيل ال KOH مرتبطة بالتفاعلات الغازية.
* عندما نفعِّل المواد السيللوزية اللينونية بزيادة تركيز الكواشف ZnCl2، KOH، H3PO4 يحصل تغير ملحوظ في المسام الصغرى.

بديهياً ، هناك درجة للتفعيل خاصة بكل مادةٍ كيميائية، لتزيد من حجم المسام الصغرى وتصبح متوسطة صغرى، وهذا يعني أننا بحاجة كمية معينة من كل كاشف ستكون هي الكمية المحددة بدقة حتى يتمّ التفاعل وتتكوَّن النواتج المطلوبة وهذه الكميَّات هي 0.4 cm3.g-1للKOH، 0.5 cm3.g-1 للZnCl2، 0.6 cm3.g-1للH3PO4، وهنا يجب ذكر أنَّه عند زيادة الكمية يزداد الحجم قليلاً وتصبح المسامات ذات الحجم الواحد متوزعة بشكل متجانس، الKOH عند الازدياد في الكمية، تتوسع المسامات الصغرى لتوزيع حجم المسام الصغيرة أكثر وأوسع، مع تشكيل للمسام المتوسطة القابلة للإهمال، أمَّا الZnCl2 يساهم في تطوير المسام الصغرى الواسعة والمسام المتوسطة الصغيرة.

H3PO4 يقوم فوراً بتحويل المسام الصغرى إلى مسام متوسطة وكبيرة.

* المواد الكربونية الناتجة عن تفعيل KOH تعتمد على المادة الأولية وظروف التجربة المقّدمة.
* أحادي حمض للكربون الفعَّال مع ZnCl2وH3PO4 تحضر بسهولة عند تشريب المادة الأولية عند ضغط ،130MPa وقبل التسخين يكون الحجم المحتل من قبل البنى الكربونية تكون متشابهة في كل ال disks، وهذا عامل لعملية التسخين الحراري الأقصى Heat Treatment Temperature (HTT). لنأخذ على سبيل المثال المتان أكبر قيمة تم التّوصّل إليها (185 cm3g-1 for Xp=0.35) في المسام الصغرى تكون 131V/V.

إن كتل المتان المكثف متعلقة بالتوزيع، وكثافة المتان المكثف تزداد وضوحاً مع ازدياد الضغط في المسام الصغرى الضيقة، وتصبح مستقرة عند تقريب ال 2.5 MPa إلى 2.25 g.cm-3 كثافة المثان أقل بكثير في المسام الصغرى الواسعة، ولكن أيضاً تزداد بازدياد الضغط إلى 0.09g.cm-3 عند ضغط 3.4MPa.

**ثانياً: لمحة عامة عن علاقة ال C60 بالفحم الفعَّال:**

الشكل 5:

عند عمليات التحليل الحراري للهيدروكربونات في الحالة الغازية يمكن لها أن تشكِّل كتلة متخمة.

وعند تشكيل هذه الكتلة، تم اكتشاف بنية كربونية(غرافيتية) ذات أحجام نانوية. وخلال السنوات السابقة شهد العالم ظهور بنى غرافيتية من طبقات الغرافين متحوّلة إلى شكلٍ كروي لتصنِّع جزيئةً ضخمة كجزيئة الفوليرين.

إن عائلة الكربون60 أساسها حلقات خماسية وسداسية وأحياناً سباعية من الكربون وهي من الحجم النانوي وهنا يمكن أن نعتبر الفجوة الكروية الداخلية مسام، ولكنها غير قابلة للوصول إليها من قبل المادة المُكثِفة العادية والظروف العادية.

خلال التصنيع، قد تندمج جزيئات الفوليرين مع عناصر أخرى.

اكتشاف الغرافيت الكروي أحدث ضجةً كبيرة بين العلماء المهتمين بالبحث عن الكربون في ذلك الوقت، وكان الحدث الأكبر هو جائزة نوبل التي أُعطيت لدراسات وتنبؤات لخصائص فريدة من نوعها، كونه حفَّازاً في التفاعلات أو غير ذلك، ونشرت عنه دراسات تقريباً بشكلٍ يومي.

الملايين من الدولارات من أموال الأبحاث استثمرت فيه وعدة مئات من أوراق الأبحاث نشرت عنه في مجالات واسعة من الحياة العامة. ولكن أبحاث تطويره كانت قليلةً بعض الشيء مما جعلهم لا يحدثون تقدماً كبيراً في معرفته عند الحديث عنه. وأروع شيء القدرة المذهلة على الدمج بين تقنيتين نانويتين لخلق مثبطات فعَّالة لأنزيمات فايروس ال HIV والمساهمة في تسهيل علاجات السرطان.

وهناك الكثير بعد، الفوليرين كان خطوةً عظيمة نحو استيعاب فكرة التحليل الحراري للمركبات الغنية بالكربون في حالتها الغازية. وخلال ظروف مختلفة كثيرة، لتمنح عائلةً جديدةً بشكلٍ كليٍّ للبنى الكربونية، المعروفة باسم الNanotubes. هذه المركبات لديها القدرة على نقل الكهرباء والحرارة، وأيضاً ناهيةً عن ذكر صفاتٍ ميكانيكية أخرى وهي تقود إلى بنية تقريباً مثالية عن الألياف (الشعيرات الغرافيتية).

يمكن تصنيع الأنابيب النانوية بطرق مختلفة ومتنوعة، مثل التفريغ الكهربائي والتحليل الحراري للهيدروكربونات عبر المحفّزات والتبخير الليزري، أو حتى التفجيرات! ومنطلقاً من هذا الأساس قامت الكثير من الدراسات حول أصول البنى النانوية في اليابان ومراجعة هذا العمل بدقة[[59]](#footnote-59).

الأنابيب النانوية تنتمي إلى العالم الحديث المعاصر وهو عالم مواد النانوية، وهي تؤمن إمكانياتٍ رائعة للكيمياء الفيزيائية والفيزيائيين أصحاب الاهتمامات بالبنى الإلكترونية. وهنا يظهر سؤالٌ ألا وهو أيوجد رابطة صلة بين الكربون الفعَّال وال C60. وهنا الإجابة إيجابية تماماً. لأن الأنابيب النانوية وعلى الرغم من اختلافاتها تقود إلى بنى تتحلل بال TEM بسهولة، والملاحظات العملية تدل على أن البنية للكربون الفعَّال تتغير بشكلٍ دائم.

**خواص الفيوليرين:**

مظهر الكربون60 يختلف تبعا لاختلاف السماكة للطبقة الكربونية المصطنع منها سواء كان محلولا أم لا وطبيعة المحل[[60]](#footnote-60).

أفلام رقيقة جدا من الفيوليرين ويؤثر هذا الأمر في فاعلية الفيوليرين ولون محاليله مع زيادة سماكة الفيوليرين.

يكون لون الفيوليرين في الأفلام الرقيقة ويكون بني محمر ومن ثم أسود عندما يصبح أقل سماكة.

كما ذكرنا سابقا يكون لون الكربون60 في محاليله قرمزياً أو وردي داكن ويكون بني في بعض المحاليل الحاوية على الرابطة Pi(π) وذلك يعود إلى انتقال طفيف في الشحنة ومن الممكن أن يكون بعض المركبات الإلكتروفيلية إضافة إلى حموض لويس في الحافظات الزجاجية.

محاليل الكربون70­ في الهيدروكربونات يكون لونه أحمر وفي ذات المحلات يعطي الكربون76­ اللون الأصفر المخضر و تحمل محاليل الكربون84 ذات الألوان في محاليله. بينما الكربون82 يكون أقل ميلا للاخضرار و الكربون78 يكون لون محاليله ذهبي.

معامل الإظهار للكربون70 في الطيف المرئي أعلى من الكربون60.

عواقب هذا الأمر أن المحلول السابق له تأثير على العين وهذا الأمر يجعل من المحترفين حكاماً على درجة نقاوة الكربون60 المصطنع باستخدام الكروماتوغرافيا ودون التطرق إلى عامل الزمن وبالتحليل باستخدام طيف الرنين النووي المغناطيسي.

يكون الفيوليرين بشكل عام في الحلة الصلبة أسود اللون وأحيانا يظهر بلون بني وذلك يعود لأكسدة الهواء للمادة ويتزايد ذلك مع ازدياد مساحة السطح.

البلورات مختلفة الشكل والحجوم يمكن أن تصطنع بشكل سهل من البنزن. ولكن إعادة البلورة من البنزن بطيئة جداً.

البلورات ذات اللون القرمزي الداكن من C604C6H6 تلاحظ.

معظم المواد مجهزة من قبل المصنعين وتتراوح الحبيبات من الحجوم الصغيرة إلى الكبيرة نسبياً وهي 1mm وإلا المجهزون اصطناعه بدقة وإزالة المغلق من المحلول، وأيضا الكبريت.

ومن الضروري للعمل أن يكون الفيوليرين رفيعا في الفراغ في درجة حرارة 400C، 0.01mmHg في هذه الطريقة بلورة في زيادة الوزن إلى 100 mg.

للتحضير الكيميائي (تبعا للقياسات الفيزيائية) في معظم الحالات لن تكون النقاوة بالتصعد مهمة، النقاوة تفصل عن طريق المحل الكروماتوغرافي ويكون ذلك بسيطا واقتصاديا وتستخرج الشوائب باستعمال أعمدة معبأة بالكربون النقي.

الناتج الصلب يفصل أكثر من مرة باستخدام الأسيتون كمحل والذي يخرجه المصنع عن طريق أنابيب باستور إلى أن يصبح عديم اللون وهذا يزيل الشوائب من المركب. ويمرر الناتج في وسط من النتروجين لإزالة الشوائب المتبقية ويتم تسخين الناتج الصلب إلى درجة 170C، 0.5mmHg لمدة ساعتين.

لأن البلورة تزداد بازدياد النقاوة،

الكربون60 النقي يكون عادة حله أصعب من بقية المواد التي تحتوي على شوائب.

نفس عملية التنقية والحل يتوقع إمكانية تطبيقها على الكربون70.

**1-التحليل الطيفي للفيوليرين:**

1. C13NMR:

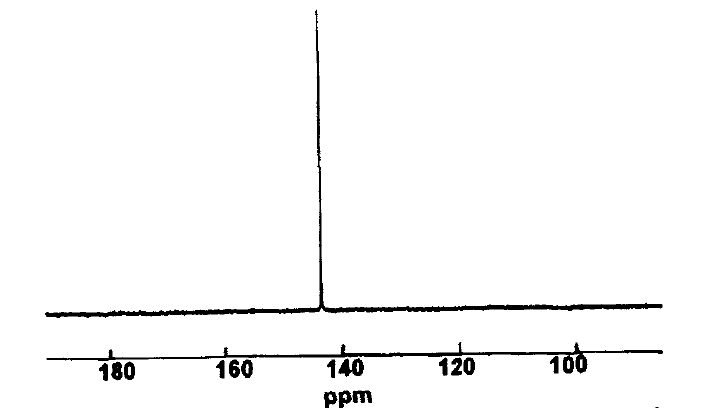
وهو أكثر المطيافيات قدرة على تحديد درجة نقاوة الفيوليرين.

ولكن يوجد بعض العقبات وذلك بسبب اختلاف أعداد ذرات الكربون في كل فيوليرين. لذا كمثال الكربون70 يمتلك خمسة أنواع لذرات الكربون كل نوع من هذه الأنواع يقارن مع الكربون60 لذا وجود الكربون70 ­ في الكربون60­ ­­­­­لا يرى إلا إذا حدث شيء طويل بما فيه الكفاية وتراكم مع الزمن للطيف المستخدم.

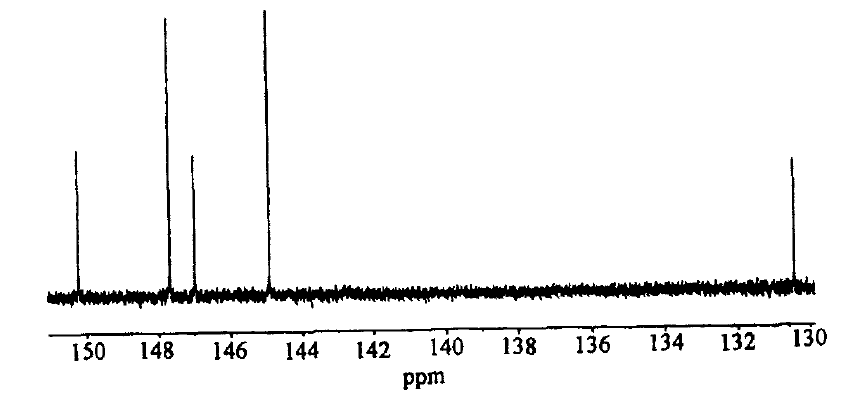
كل جزيء من الفيوليرين سوف يعطي إشارة بحسب تركيزه.

يمرر ناتج عملية الاصطناع عادة قبل التوصيف بوسط من الكروم وذلك لمدة 6 ثواني ومن ثم تنزع مركبات الكروم ويمرر الفيوليرين النقي في الأسيتون (ملاحظة: الفيوليرين غير ذواب في الأسيتون إذ أن الأسيتون غير قادر على حل الفيوليرين) وينتج أيضا سائل يطفو ويزال هذا السائل عن طريق أنابيب باستور.

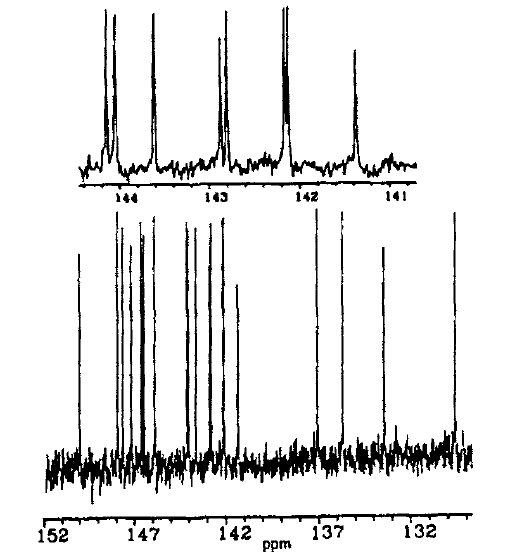
التحليل الطيفي سوف يعتمد نسبيا على المحل المستخدم ويستخدم مركب غير ثابت كمجمع للإشارة.



الشكل (6): طيف الكربون60 في محل البنزن (CDCl3 كمجمع إشارة)



الشكل(7): طيف الكربون70 في محل البنزن (CDCl3 كمجمع إشارة)



الشكل(8) طيف الفيوليرين[76-D2] باستعمال الأسيتون كمجمع للإشارة.

من أجل إضافة الفيوليرين تستعمل مطيافية 13C NMR وتعطي معلومات عن موقع معامل التجميع. للمثال في معظم الحالات، إضافة الكربون60 تأخذ مكان على الرابطة 1,2 لكي يتم الرنين على ذرتي الكربون1,2 يظهر بشكل SP3 في منطقة الطيف.

وباقي الذرات ال58، اثنتين منها C55&C60­ أي الذرات الحاملة للأرقام الموجودة تقع على محور التناظر Cs وبشكل عام تعطي القيم العظمى في الشحنة الجزيئة 146.5 و 147.5 إن كان معامل التجميع غير عاموديا على المحور Cs في المستوي.

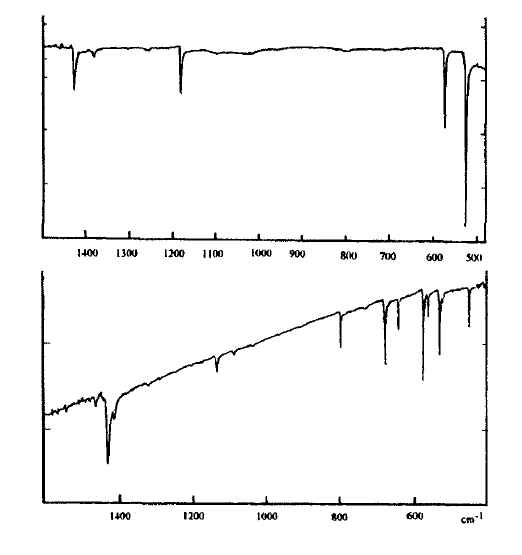
ولكن إن كان معامل التجميع يحوي مثل هذا المستوي المتناظر (في حالة الإضافة لزمرة CHR)، وعندها سيكون خط واحد من الSP3 في منطقة الطيف.و 27 صف (الكثافة2) وأربع صفوف (الكثافة 1) في نمط التهجينSP2 في منطقة الطيف.

1. طيفIR:

هذه المطيافية بالنسبة للكربون60­ والكربون70 نشرت خلال مستويات الجزيء.

المكون لهذه الجزيئات الذي يحتوي على أربع صفوف فقط وذلك بموافقة الحسابات النظرية عند القيم527، 576.5، 1182.5,1429cm-1 بالنسبة للكربون70 الطيف يظهر 12 صفا عند458.2، 535.5، 578.0، 642.4، 674.2، 795.1، 1087.0، 1133.2، 1414.0، 1430.7، 1461.0cm-1 قبل تطبيق مطيافيةIR من المهم أن الفيوليرين يجب أن يعرض للحرارة كما هو مشروح سابقا وإلا سوف تظهر الشوائب بوضوح ف المحل. وحتى في أفلام الفيوليرين المستخلصة من المحاليل باستخدام صفائح بروميد البوتاسيوم، التسخين بشكل مطول مطلوب إلى درجة حرارة 200C قبل تبخير المحل بشكل كامل.

ولكن لا يوجد منشورات عن مطيافية IR تتعلق بالفولارينات الأعلى.



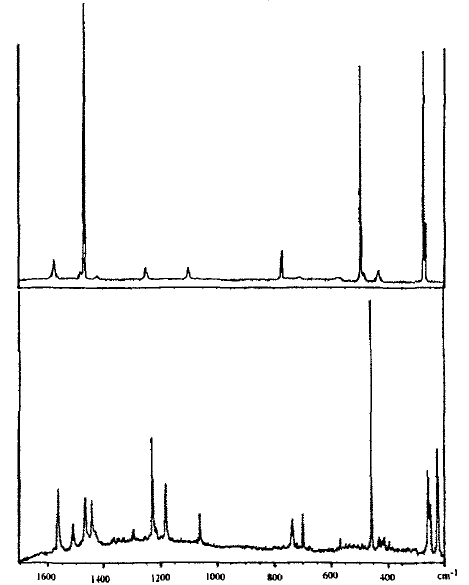
الشكل(9): طيف ال IR في الكربون60 (الأعلى) والكربون70 (الأدنى).

مطيافية رامان:

وهو طريقة أخرى للتحليل الطيفي وتحديد الكربون60 و الكربون70.

لذا نحتاج إلى معدات كثيرة للعمل الدقيق (محلول 1cm-1) ولكن هذه المطيافية ليست متوفرة بسهولة. المطيافية حددت الاهتزازات المكتسبة للكربون60 عند الحجوم 272,429,495,570,772,1099,1250,1422,1467 a573.5cm-1 ومع القيم الصغيرة عند القيم 266,485,711, 1479cm-1 من الممكن أن تعطي نفس القيم عند C60O من أجل الكربون70 القيم الاهتزازية المعطاة عند الحجوم 226,252,259,394,410,417, 430, 456, 566, 700, 736, 1061, 1180, 1221, 1226, 1294, 1423, 1465, 1509, 1562 cm-1 مع الإضافات الضعيفة عند القيم 489, 520 , 534, 547, 1329, 1348, 1365 cm-1

لا يوجد قيم أخرى سجلت في مطيافية رامان عن الفولارينات الأعلى.



الشكل(10): طيف رامان للكربون60 (الأعلى) والكربون­60 (الأسفل).

مطيافية الUV:

إن هذه المطيافية التي هي أصلا سهلة الحصول عليها، إلا أن معلوماتها عن درجة نقاوة مادة معينة أقل.[[61]](#footnote-61)

بالنسبة للكربون60­ يكون طيفه ذو حواف حادة عند القيم 214, 257, 329 nm (بحيث:

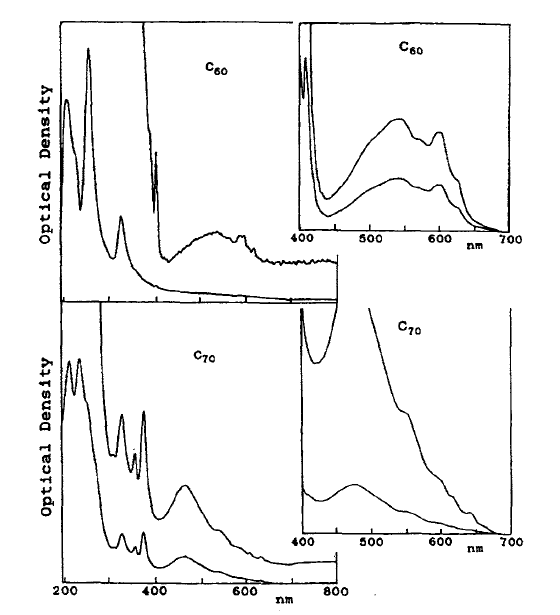
135.000, 175.000, 51.000. =maxε)

وأطياف أخرى ضعيفة عند القيم 500, 540, 570, 600 625 nm

الاشتقاقات تتكون بإضافة عرضية على الرابطة 1,2 والتي توصف عند القيمة 435nm.

من أجل الكربون70 يكون طيفه يحوي حواف حادة عند القيم 214, 246, 331, 360, 378, 468 nm وطيف ضعيف عند القيم 550 , 600, 620, 645, 665 nm.

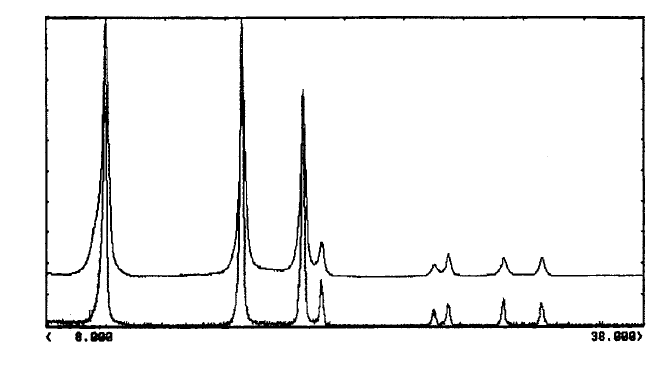
طيف ال UV نشر ل [C76-D2] ونشر أيضاً لC2v وأيضاً لإيزوميرات الكربون78.



الشكل(11): طيف ال(UV) في الكربون60 والكربون70 المسجل في المسدسات وتركيز عالي للبنزن.

طيف الأشعة السينية:

تستخدم لتحليل درجة نقاوة مسحوق ما وذلك عن طريق التحليل بانعراج الأشعة السينية.



الشكل(12): انعراج الأشعة السينية عن الكربون60.

**2-الانحلالية:**

الفيوليرين قابل للانحلال في الكثير من المحلات،

المحلات الشائعة له غالبا ما تحمل الصفات العطرية مثال التولوين وأخرى كمحاليل الكربون، محاليل الكربون60­ يكون لونها وردي داكن.

[](http://en.wikipedia.org/wiki/File:C60_Fullerene_solution.jpg)

الصورة (2)

محاليل الكربون70 لونها بني محمر ولكن محاليل الفولارينات الأعلى مثل C76 يمتلك ألوان مختلفة في محاليله.

C76 له متماكبان فقط بينما الأعلى لها متماكبات عديدة ومختلفة في البنية.

الفيوليرين هو الشكل المتآصل الوحيد للكربون الذي يمكن أن يحل في درجة حرارة الغرفة.

بعض أنواع الفيوليرين لا يمكن أن تنحل لأن المسافة بين أرضيتها وأعلى نقطة فيها صغيرة جدا وهذا يتضمن الفيوليرينات الصغيرة مثل C28،C36،C50,C72

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  | | --- | | C72 ذو بنية صغيرة أيضا, ولكن البنى التي تحوي الزمرة اللانتانيدية قابلة للانحلال.**نت7/**  **170** | | \* | | \* | | 36.2 mg/mL | | \* | | \* | | 9.875 mg/mL | | \* | | \* | | 3.985 mg/mL(p-xylene) | | \* | | \* | | 1.406 mg/mL | | 1.3 mg/mL | | 0.121 mg/mL | | \* | | 0.013 mg/mL | | 0.08 mg/mL | | \* | | \* | | \* | | \* | | 0.002 mg/mL | | 0.047 mg/mL | | 0.042 mg/mL | | \* | | 0.053 mg/mL | | 0.098 mg/mL | | \* | | 0.0019 mg/mL | | 0.0021 mg/mL | | \* | | 1.472 mg/mL | | 0.080 mg/Ml | | |  | | --- | | **C60** | | 51 mg/mL | | 33 mg/mL | | 24 mg/mL | | 18 mg/mL | | 16 mg/mL | | 8 mg/mL | | 8 mg/mL | | 7 mg/mL | | 5 mg/mL | | 5 mg/mL | | 4 mg/mL | | 3 mg/mL | | 1.5 mg/mL | | 0.447 mg/mL | | 0.25 mg/mL | | 0.046 mg/mL | | 0.035 mg/mL | | 0.006 mg/mL | | 0.004 mg/mL | | 0.000 04 mg/mL | | 1.3×10−11 mg/mL | | 0.004 mg/mL | | \* | | 0.025 mg/mL | | 0.026 mg/mL | | 0.070 mg/mL | | 0.091 mg/mL | | 0.126 mg/mL | | \* | | \* | | 0.0041 mg/mL | | 0.997 mg/mL | | 0.254 mg/mL | | |  | | --- | | **Solvent** | | [1-chloronaphthalene](http://en.wikipedia.org/wiki/1-chloronaphthalene) | | | [1-methylnaphthalene](http://en.wikipedia.org/wiki/1-methylnaphthalene) | | | [1,2-dichlorobenzene](http://en.wikipedia.org/wiki/1,2-dichlorobenzene) | | | [1,2,4-trimethylbenzene](http://en.wikipedia.org/wiki/1,2,4-trimethylbenzene) | | | [tetrahydronaphthalene](http://en.wikipedia.org/wiki/Tetrahydronaphthalene) | | | [carbon disulfide](http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_disulfide) | | | [1,2,3-tribromopropane](http://en.wikipedia.org/wiki/1,2,3-tribromopropane) | | | [chlorobenzene](http://en.wikipedia.org/wiki/Chlorobenzene) | | | [xylene](http://en.wikipedia.org/wiki/Xylene) | | | [bromoform](http://en.wikipedia.org/wiki/Bromoform) | | | [cumene](http://en.wikipedia.org/wiki/Cumene) | | | [toluene](http://en.wikipedia.org/wiki/Toluene) | | | [benzene](http://en.wikipedia.org/wiki/Benzene) | | | [carbon tetrachloride](http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_tetrachloride) | | | [chloroform](http://en.wikipedia.org/wiki/Chloroform) | | | n-[hexane](http://en.wikipedia.org/wiki/Hexane) | | | [cyclohexane](http://en.wikipedia.org/wiki/Cyclohexane) | | | [tetrahydrofuran](http://en.wikipedia.org/wiki/Tetrahydrofuran) | | | [acetonitrile](http://en.wikipedia.org/wiki/Acetonitrile) | | | [methanol](http://en.wikipedia.org/wiki/Methanol) | | | [water](http://en.wikipedia.org/wiki/Water) | | | [pentane](http://en.wikipedia.org/wiki/Pentane) | | | [heptane](http://en.wikipedia.org/wiki/Heptane) | | | [octane](http://en.wikipedia.org/wiki/Octane) | | | [isooctane](http://en.wikipedia.org/wiki/Isooctane) | | | [decane](http://en.wikipedia.org/wiki/Decane) | | | [dodecane](http://en.wikipedia.org/wiki/Dodecane) | | | [tetradecane](http://en.wikipedia.org/wiki/Tetradecane) | | | [acetone](http://en.wikipedia.org/wiki/Acetone) | | | [isopropanol](http://en.wikipedia.org/wiki/Isopropanol) | | | [dioxane](http://en.wikipedia.org/wiki/Dioxane) | | | [mesitylene](http://en.wikipedia.org/wiki/Mesitylene) | | | [dichloromethane](http://en.wikipedia.org/wiki/Dichloromethane) | | |

جدول(1):

انحلال الكربون60 في بعض المحلات يبين سلوكا غير طبيعيا خلال تواجد المحلول في الأطوار المختلفة.

في البنزن تكون أكبر نسبة للانحلالية في الكربون60 في درجة حرارة 313K.

هذه البنية تكون (FCC) مكعب مركزي الوجوه.

في درجات حرارة أعلى من أعلى حد ممكن يكون بلورات ذات حجوم ميلليمترية من الكربون60 والكربون70

**3-الثبات الحراري:**

نقطة ذوبان الفيوليرين لم تحدد حتى الآن ولكن من المتوقع أن تكون أكبر من 1000C.

لم يذكر أي منشور علمي نقاط ذوبان الفيوليرين. ولكن من المتوقع حسب الدراسات الأخيرة أن تكون كالبوليمرات.

الكربون60­ هو مركب قليل الثبات عند درجات الحرارة العالية جدا ويمكن أن يتفكك عند درجات الحرارة الأعلى من750C ولكن هذا الأمر بشكل عام لن يشكل مشكلة بالنسبة للاصطناع العضوي للجزيء.

التفكك يكون أسرع بكثير في حالة وجود الأوكسجين والذي يمكن أن يستوعب لمدى 4% من الأوكسجين بكل جزيء من الكربون60 على سبيل المثال عند درجة حرارة 250C الأكسدة في نمط عدم وجود الهيدريدات ويلاحظ أن ناتج عملية الأكسدة هو حمض.

في درجات الحرارة العالية تكون نواتج الأكسدة تحوي على CO و CO2.

درجة التأكسد في وجود طيف ال(UV) واكتشف هذا الأمر خلال عملية تحليل بالكروماتوغرافيا لأكسيد الألمنيوم المحايد ويكون بشكل سريع جداً وتكون النواتج قابلة للانحلال بالماء.

ثنائي أوكسيد التيتانيوم يكون أيضا في درجات عالية من التحليل الطيفي في ال(UV) بالنسبة للكربون70­.

تفاعل مع الأوكسجين في وسط من الإشعاع ويوظف في زيادة تركيز إشارة ال ESR الضعيفة والتي يتأثر بها الكربون­60 وتم اكتشاف أن هذه الإشارة يفترض أن تكون غير موجودة في الطيف ولكن عملية الأكسدة سمحت له بالظهور.

تمت دراسة حول محاليل الفيوليرين في التولوين أظهرت أن كل من الكربون60 والكربون70 تأكسدا بشكل سريع جدا بكل درجات الحرارة بين -78 و+100C وينتج أكسيد أحدي وثنائي ومن الممكن أن ينتج أكاسيد أعلى ولكن الكربون60­ يتفاعل بشكل أسرع من الكربون70.

دراسة مشابهة تمت على الفيوليرينات التالية: 60 , 70 , 76 , 78, 84

في درجة حرارة 23.5C وأظهر أن الفيوليرينات خفضت حرارتها بسبب الأوزون ولكن الكربون70 خصوصاً كان الأقل سرعة وأيضاً لم يتم تحديد أكاسيد ناتجة عن الفيوليرينات 76 , 78, 84 .

لأن كلا من الكربون60­ والكربون70 يحتويان على (low-lying HOMOS), الأكسدة بواسطة الكيمياء الكهربائية صعبة للغاية ولكن تمت أكسدة الفيوليرين بهذه الطريقة سابقاً.

الأكسدة بواسطة تحرير إلكترون واحد فقط تستعمل مجموعة من الموجات الرجعية وتعطي كاتيونات ومدة التفاعل أكثر من 30s ويطبق جهد كهربائي بين 1.20 إلى 1.26v، ومن أجل الكربون70 تأخذ ذات عملية الأكسدة مكانها عند جهد 1.75v وتعطي كاتيون ثنائي الإيجابية.

**4-خواص الأكسدة والسمية:**

الكربون60 هو منتج نقطي لذرة أكسجين ويجب أن تكون عوامل السلامة الأولية لتجنب ملامسة الجلد للجزيء. طالما كان الفيوليرين يحوي على حمض كربوكسيلي والفيوليرين قابل للانحلال بالماء سوف يكون فعال بيولوجياً.

باستعمال الطيف الغير مرئي وطيف الUV الإشعاعي وفي ظل وجود جزيئات الأوكسجين، الألكنات سيجري التفاعل مع الأوكسجين إذا أثر في الفيوليرين ليعطي الصور الأوكسجينية ولكن يوجد اختلاف في وجهات النظر عن التأثير في هذا التفاعل إن كان يعود إلى الكربون60 أو الكربون70، بعض العلماء وجدوا أن الكربون70 هو المحفز الأقوى ولكن علماء آخرين وجدوا أن الكربون60 هو المحفز الأقوى[[62]](#footnote-62). وذلك يعود إلى أن الكربون60 يحتوي على low-lying] [LUMO, بهذه الحالة ستة إلكترونات ممكن أن تستقبل في الظروف الكهروكيميائية.

النقط التي تضاف فيها الإلكترونات تعتمد على نوع المحل أو تستقبل منها الإلكترونات. لذلك الكربون60 يمتلك خواص أكسدة ومن الممكن أن يستعمل لأكسدة مواد أخرى. وأثبت أنه يستعمل لأكسدة كبريتات الهيدروجين للكبريت.

الفيوليرين الذي يحوي على الهيدروجين يكون قابل للأكسدة ولكن يجب على المصطنع أن يعلم أن الهيدروجين المكتسب هو ليس من الفيوليرين الأصلي الداخل في التفاعل. وهذا يدل مجددا على أن الفيوليرين يمتلك صفات مؤكسدة.

خواص متنوعة:

بعض المعلومات الهامة حول الكربون60:

القطر المتوسط للكربون60 6.83 A

القطر الخارجي 10.18 A القطر الداخلي 3.84 A متوسط طول الرابطة C-C 1.44 A

FCC (Face-Centred Cubic) ثابت الشبكة 14.17 A

كثافة الكتلة 1.72 g cm-1 الكثافة الجزيئية 1.44\*1021 cm-3 الناقلية الحرارية عند درجة حرارة 300 K 0.4 W mK-1

تغيرات الحرارة تبعاً لمرحلة التفاعل90K, 260K

طاقة كامنة في الذرة 7.4 eV طاقة الإلكترون 2.65 eV

نقطة بداية التأين 7.58 eV النقطة الثانية للتأين11.5 eV

المسافة بين HOMO-LUMO 1.7eV

نسبة الدوران في درجة حرارة الغرفة 1\*1010 s-1

الكربون70 في درجة حرارة الغرفة يكون غير منتظم دورانياً,

الفصل الرابع:

**آلة القوس الكهربائي:**

تصطنع أنابيب الكربون النانوية وجزيئات الـ C60 بعدة طرق لكل منها الشروط والبارامترات المطلوبة للحصول على أفضل النتائج ذات الكفاءة العالية وفي بحثنا هذا سنتناول طريقة اصطناعه باستخدام آلة القوس الكهربائي وهي من أكثر الطرق انتشاراً، والتي تعتمد مبدأ التفريغ الكهربائي للشحنات:

الطريقة العامة لتصنيع هذه الأنابيب لنانوية في آلة القوس الكهربائي أن يتم حرق الكربون بين قطبين من الغرافيت حيث يتبخر الكربون من الأنود أو المصعد وتترسب على الكاثود أو المهبط ويكون الترسب عبارة عن كربون عشوائي التوضع ومواد نانوية أخرى، وتتغير جودة الناتج تباعا للشروط المتوافرة والمطبقة للتجربة كتغير التيار المطبق والضغط والحقل المغناطيسي وغيرها.

* **أجزاء الآلة:**
* **غرفة التفاعل:**

وهي الحجرة التي يتم بداخلها التفاعل وتكون مخلاة عدة مرات من الهواء(وذلك للتخلص من الأوكسجين خصوصا ) ومملوءة بأحد الغازات الخاملة من مثل الأرغون أو النيون أو الهيليوم أو مزيجا منهم جميعا والذين يتحولون فيما بعد الى وسط بلازمي وهو أحد البارامترات المهمة في التفاعل ( و ذلك لمنع تفاعل المواد الداخلة في التفاعل مع الوسط المحيط بها ) , ويكون الضغط داخلها حوالي 0.2 إلى 0.5 بار تحوي هذه الحجرة صفيحة وهي التي يوضع عليها الكربون أثناء الحرق , وبابين أحدهما لوضع الكربون في بداية التفاعل وثانيهما لسحبه في نهاية التفاعل , ولا يجوز عكس الأبواب من حيث الوظيفة وذلك لأسباب تتعلق بالترموديناميك وتبدلات الضغط داخل غرفة التفاعل .



الصورة (3).

**الأقطاب (الأنود والكاثود):**

وهما القطبان اللذان يتم بينهما تفاعل احتراق الكربون، موجودان داخل غرفة التفاعل، أحدهما يمثل المصعد والآخر يمثل المهبط، مصنوعين من الغرافيت يتراوح قطر قطب (المصعد) حوالي 6 مم وحوالي 20 مم لقطب (المهبط) موصول إليهم تيار مستمر DC))، تكون شدته حوالي 60 الى 100 أمبير.

المساحة بين هذين القطبين حوالي 1 مم2، موصولين الى متحكم منطقي وظيفته المحافظة على الفولتاج ضمن المجال من (18 الى 21) فولت (وذلك لأن استهلاك الأنود خلال عملية التبخر يؤدي الى زيادة المسافة بين القطبين ويرفع قيمة الفولتاج بينهم فهذا المتحكم يقارن بين قيمة الفولتاج الأولية وقيمته المتغير باستمرار وبدقة (0.1) فولت ويعدلها بشكل أن يحافظ عليها) .

كل من الأنود والكاثود (المصعد والمهبط) يستند إلى حامل يمتد إلى خارج غرفة التفاعل.

يمكن وضع نظام تبريد مائي لكل من الأقطاب وتلك هي وظيفة الحوامل التي تستند إليها هذه الأقطاب حيث أن الحرارة المرتفعة تؤدي الى الحاق الدمار بأنابيب الكربون النانوية المتشكلة وبلوراتها ولكن كذلك الحرارة المنخفضة لا تؤدي لنتائج مرضية وذات كفاءة ودقة عاليتين كما لو كانت الحرارة معتدلة بشكل مثالي، لذا فيجب أن تكون الحرارة معتدلة مثالية.

الشكل (13).



**خلال التفاعل:**

يبدأ التفاعل بفتح باب غرفة التفاعل الأول و وضع كمية من الكربون على الصفيحة ووصل تيار مستمر مقداره 60 إلى 100 أمبير على أقطاب الغرافيت داخل غرفة التفاعل في وسط بلازمي (الغازات الخاملة المتأينة ) , تـرتفع درجة حرارة الأقطاب والذي يؤدي إلى تبخر الكربون من المصعد وترسبه على سطح المهبط بشكل كربون عشوائي التوضع و أيضا مواد نانوية أخرى ويكون ذلك مترافقا مع درجة حرارة مثالية (الحرارة المنخفضة لا تؤدي للتبخر و كذلك الحرارة العالية تؤدي إلى تدمير أنابيب الكربون النانوية المتشكلة ) لذا فالمثالية أن تكون معتدلة , وهذا الوسط يؤمن تشكلا مضمونا للكربون بشكل أنابيب كربون نانوية وجزيئات C60 , ومن المهم أن تبقى درجة الحرارة تلك ثابتة وذلك كي لا تؤذي أنابيب الكربون النانوية المتشكلة , .يمكننا وصل نظام التبريد المائي على الحوامل . لدينا هنا أيضا ما يعرف بـ المحرك الخطوي وهو الذي يحرك القوس الكهربائي (المتشكل من حرق الكربون) على سطح المهبط وذلك ما أظهر كفاءة عالية في الإنتاج. وأظهر نتائج مرضية في أغلب التجارب.

والآن بعد أن تبخر القسم الأكبر من المصعد وترسب على المهبط تكون طرأت على الكربون الموضوع أولا على الصفيحة عدة تفاعلات وينتج لدينا مركبا يتألف من قسمين: الأول هو الصدفة الخارجية وهي عبارة عن الغرافيت القاسي والقسم الثاني عبارة عن النواة الداخلية وهي 2/3 أنابيب الكربون النانوية و1/3 الفوليرين وبوجود بعض الشوائب -كما في الصورة أدناه –، وهذا يعتمد على التيار، المحفزات، الفولتاج، الضغط، المادة التي صنعت منها الأقطاب .... وغيرها من الشروط. يتم التخلص من الشوائب بالطرق المناسبة ويتم بعدها فصل أنابيب الكربون النانوية عن C60.

وتبقى نسبة أنابيب الكربون النانوية المتشكلة أخيرا ً تعتمد على الحرارة.

 الصورة (4).

**بعض الشروط المطلوبة أو المستخدمة:**

لأننا نسعى دائما وراء العملية ذات التقنية العالية والمنتج ذو الجودة الأفضل في هذه الفقرة نبحث عن الشروط والبارامترات الواجب توافرها في العملية لنحصل نهاية على الجودة والتقنية وتوجد عدة عوامل تؤثر في تلك الجودة فلندرس كل منها وما تأثيره في العملية:

**المحفزات:**

قد يملأ () المصعد بالمحفزات أو خليط محفز من الكربون حتى، ولا سيما الحديد والذي أظهر فعالية عالية في مثل هكذا تفاعلات، حيث تندمج جزيئات الحديد بمركبات الكربون خلال العملية وتحت تأثيرها تتشكل أنابيب الكربون النانوية ذات الخاصية المغناطيسية.

وكما ذُكِر آنفا أن جزء من المصعد يتبخر ويترسب على المهبط، فإذا كانت العملية بدون محفزات تتشكل لدينا أنابيب الكربون النانوية متعددة الجدران (MWNTs) ولكن عندما تكون العملية بوجود المحفزات كـــ (Fe، Co، Ni) وغيرها كثر عندها من الممكن الحصول على أنابيب كربون نانوية وحيدة الجدران (SWNTs).

**الفولتاج:** كما ذكرنا أن الفولتاج يجب أن يكون تقريبا في المجال 18 إلى 21 فولت، كما أنه بينما يتبخر المصعد تزداد المسافة بين القطبين، لذا فيفضل أن يبقى الفولتاج ثابتا في مرحلة ازدياد الفجوة بين الأقطاب.

**التيار:** ويكون عبارة عن تيار مستمر (DC) يكون في المجال 0.05 – 15 (أمبير / مم2)، مع مراعاة ذروة (رأس) المصعد التي تقدم البخار للمهبط.

**ضغط الغاز:** يجب أن يكون محصورا في المجال حوالي 0.2 إلى 0.5 بار**.**

**الوسط**: وسط التفاعل يجب أن يكون بلازمي أي أنه خليطا من الغازات الخاملة وذلك لمنع تفاعل المواد الداخلة في التفاعل مع الوسط وممكن أن يكون أحد الغازات الهيليوم أو الأرغون أو الزينون أو النيون أو غيرها أو ممكن أن يكون مزيجا بينها كلها.

**أبعاد أقطاب الغرافيت (المصعد والمهبط):**

بالرغم من أن ذروة كل من الأقطاب غير محددة ولكن يجب أن تكون ذروة المصعد أقل من 10 مم.

**المسافة بين الأقطاب:** المسافة هنا يجب أن تكون في المجال من 1 مم إلى 5 مم.

**الحقل المغناطيسي أو الوشيعة:** من التطبيقات التي أبدت فعالية جيدة عند فحص نتائج التجارب المتعددة ... (تطبيق حقل مغناطيسي) يؤثر في المهبط مما يؤثر بدوره في تنظيم طريقة وشكل توضع ذرات الكربون الموضوعة على الصفيحة، ويؤثر أيضا في حركة القوس الاهتزازية حيث أنه يتحرك مهتزا على سطح المهبط.

**ويمكن تطبيق هذا الحقل بشكلين:**

1. وضع مغناطيس داخل غرفة التفاعل
2. أو بوضع وشيعة ملتفة على حامل المهبط، وتطبيق عليها تيار مستمر (DC) شدته 5 أمبير وتكون عدد اللفات فيها 390 لفة. ويشرح الشكل التخطيطي في الأسفل كيفية وصل هذه الوشيعة إلى التجربة.



الشكل (14).

1. حامل المصعد
2. حامل المهبط
3. المصعد
4. المهبط
5. الوشيعة الموضوعة حول حامل المهبط

**الحرارة:**

كما ذكرنا من قبل أن درجة الحرارة يجب أن تكون مثالية فلا هي عالية ولا منخفضة حيث أن درجة الحرارة إضافة إلى الحالات التي تم ذكرها سابقا فأنها إذا كانت منخفضة أيضا سوف لن تؤدي إلى تبخر المصعد أو أنه قد يتبخر ولكن يترسب على جدران غرفة التفاعل بدل من أنها تشكل على سطح المهبط، وكذلك إذا كانت درجة الحرارة عالية فإن المواد المتبخرة بشكل سريع تتوضع في أماكنها الصحيحة ولكن أنابيب الكربون النانوية سوف تتأذى وتتدمر.



الصورة (5)

وهنا مقارنة بين ناتج من عملية تمت بدرجة حرارة عالية جدا، وأخرى ناتج عن عملية تمت بدرجة حرارة منخفضة جدا. لذا فمن المهم أن نحافظ على درجة الحرارة مثالية أثناء التفاعل كاملا ً.



الصورة (6).

شرحا موجزا عن الصورة والمسميات:

1. غرفة التفاعل
2. المتحكم المنطقي القابل للبرمجة (وهو المسؤول عن الفولتاج)
3. المحرك الخطوي (المسؤول عن تحريك بقعة القوس الكهربائي على سطح المهبط أثناء التفاعل)
4. مزود الطاقة (ومنه نستمد التيار بين الـ 60 إلى 100 أمبير)

القسم العملي:

## الاستشارات العلمية:

[1] قمنا بزيارة إلى المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا وزرنا العديد من المخابر المختلفة وكان عملنا في قسم مخابر البيئة وتعرفنا إلى العديد من الآلات التي تعمل بتقنية النانو في هذا المخبر كــ جهاز الغزل الكهربائي مثلا والتي عرفنا إليها الـ د. مازن جلاد.

وكان عملنا في البحوث هو مراقبة عملية لكيفية عمل جهاز الغزل الكهربائي وشاهدنا اصطناع ألياف نانوية بالتجربة المباشرة أمامنا





[2] وقمنا بجولتنا للبحث عن معلومات تتعلق بالسيف الدمشقي وحصلنا على جزء من المعلومات آنفة الذكر في قسم النانو وتوثيقها.

[3] واستعننا بالمشرف الأكاديمي لمادة الفيزياء في المركز الوطني للمتميزين د. ضيف الله نصور وبعد نقاش وبحث تعلمنا منه طريقة لتطبيق واثبات تقنية النانو بشكل مبسط وأقل تكلفة.

[4] وأيضاً استعننا بخبرات المشرف الأكاديمي لمادة الكيمياء في المركز الوطني للمتميزين الدكتور نبيل طعمة و سألناه بعض الأسئلة حول خصائص الكربون60 وخصوصا المغناطيسية والتوزع الفراغي للجزيء واستفدنا منه في المعلومات النظرية للمشروع والتوثيق.

الخاتمة(النتائج والمناقشة):

في دراستنا وبحثنا عن المادة تعرفنا على الفيوليرين بشكل عام وخاصةً الكربون60 وتوسعنا في مفهوم علم النانو والحديث عن تقانة النانو، ودرسنا بدايات الهندسة الريمانية والكروية وذلك لنبدأ رحلتنا في البحث عن هندسة الجزيئات وإثبات الخواص عن طريق حلّ المعادلات الرياضية

ومن حيث الجانب الكيميائي تعرفنا على طرق اصطناعه والمواد الواجب الابتداء في تصنيعه منها ووصلنا إلى خواص الكربون60 ودرسنا خواصه وأهميتها و استطعنا إثبات سلامة الفيوليرين من حيث السمية.

من الناحية العملية درسنا طرق اصطناع الفيوليرين والتخصص بالقوس الكهربائي ذلك لأن اصطناعه عن طريقها أسهل وأوسع انتشاراً بين الأوساط العلمية وأكثر سلامة من بعض الطرق الأخرى، لتصبح هذه الدراسة هي خطوتنا الأولى في طريق البحوث والعلوم والدراسات في السنوات القادمة وننطلق منها إلى البحث الموسّع عن الحقيقة وإثبات أهمية الفوليرين وتطبيقاته والوصول إلى حقائق علمية عن الفوليرين وإثباتها بالطرق العلمية الصحيحة.

**الفهارس:**

**1-فهرس الجداول:**

|  |  |
| --- | --- |
| انحلالية الكربون­60 و الكربون70 في المحلات الشهيرة. | الجدول(1): |

**2-فهرس الصور**

|  |  |
| --- | --- |
| تطبيقات علم النانو | الصورة(1) |
| محلول الكربون60 | الصورة(2) |
| غرفة التفاعل | الصورة(3) |
| نواتج عملية القوس الكهربائي | الصورة(4) |
| مقارنة بين ناتج عملية القوس الكهربائي تمت بدرجة حرارة عالية وأخرى بدرجة حرارة منخفضة | الصورة(5) |
| صورة للآلة | الصورة(6) |

**3-فهرس الأشكال**

|  |  |
| --- | --- |
| توضيح لقاعدة اليد اليمنى | الشكل(1) |
| شكل يعبر عن القطع الناقص الناشئ من تقاطع المستوي مع الأسطوانة | الشكل(2) |
| شكل توضيحي للكرة | الشكل(3) |
| شكل توضيحي لمراحل تشكُّل الفوليرين | الشكل(4) |
| أنماط البنية في التأثير الحراري عند التحضير وبعد عملية إضافة الغرافيت | الشكل(5) |
| طيف الكربون60 في محل كمجمع إشارة(CDCl3( البنزن | الشكل(6) |
| طيف الكربون70 في محل كمجمع إشارة(CDCl3( ا | الشكل(7) |
| طيف الفوليرين 6- | الشكل(8) |
| **طيف ال( ) في الكربون 60 الأعلى والكربون 70 الأدنى** | الشكل(9) |
| **طيف رامان للكربون 60 الأعلى وكربون 70 الأدنى** | الشكل(10) |
| **طيف الـ () في الكربون 60 والكربون 70 المسجل في حلقات سداسية وتركيز عالي للبنزن** | الشكل(11) |
| **انفراغ الأشعة السينية عن الكربون 60** | الشكل(12) |
| **مخطط تفصيلي لتوضع الأقطاب** | الشكل(13) |
| **مخطط لتوضع الوشيعة حول المهبط** | الشكل(14) |

***المصادر والمراجع:***

**عنوان المقالة:**

**CARBON NANOTUBES SYNTHESIS BY ELECTRIC ARC PLASMA WITH [1] EXTERNAL MAGNETIC FIELD / بتصرف23. - 25. 10. 2012, Brno, Czech Republic, EU**

**عنوان المقالة**

[2] **DIAGNOSTICS OF ELECTRIC ARC FOR CARBON NANOTUBES SYNTHESIS FOR MEDICAL APPLICATIONS/ بتصرف** 23. - 25. 10. 2012, Brno, Czech Republic, EU

الكتب

1-Fullerenes Chemistry and Reactions, 2004, Andreas Hirsch &Michael Brettreich.

2- Handbook of carbon nanomaterials, 2009, Francis D'Souza

3- Activated carbon, 2010, H.Marsh

4-Nanotechnology: Science and Computation, 2006, Junghuei Chen · Nataša Jonoska

5- Carbon nanotubes: science and applications, 2005, M.Meyyappan

6- Fullerene polymers, 2012, Nazario Martin

7- Carbon nanotubes and related structures, 2013, Nazario Martin

8- Understanding Carbon Nanotubes from Basics to Applications, 2006, A. Loiseau P. Launois P. Petit

9- Fullerenes, nanotubes, onions and related carbon structures(journal),1995, Ram Seshadri, A. Govindaraj, Rahul Sen

10- Raman spectrascopy: fullerenes and nanotechnology, 2010, Maher S.Amer

11- Carbon nanotubes basic concept and physical properties, 2008. S.Reich

12- Fullerenes, 2005, Elena sheka

13- The chemistry of fullerene, 2003, Roger Taylor

14- Physics and chemistry of fullerene, 2006, Peter W.Stephenes

15-SOME ELEMENTARY CONCEPTS ABOUT

SPHERICAL GEOMETRY

16-التحليل المتجهي كلية العلوم جامعة دمشق

17- جلال الحاج عبد مفاهيم الهندسة والدوال الاهليلجية

18- spectroscopy Donald L.Pavia, Gary M.Lampman, George S, Kriz third edition.

19- Introduction to Nanotechnology Charles P.Poole Jr, Frank J.Owens.

20- Springer Handbook of NanoTechnology - B. Bhushan 2009.

21- T. Pradeep-Nano the Essentials-McGraw-Hill Professional (2008)

22- عالم النانو منشورات هيئة الطاقة الذرية.

**الشكر الخاص :**

**شكراً لقائد الوطن**

**والوطن وجنود الوطن**

**شكراّ للمركز الوطني للمتيزين لدعمه الدائم وجهوده لتنمية قدراتنا وإبداعنا**

**نشكر الـ د. اسكندر منيف مدير المركز الوطني للمتميزين.**

**نشكر إدارة المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا لتقديم المساعدة لنا والسماح لنا بالبحث والتعرف إلى تقانة النانو في مخابرهم.**

**نشكر المشرف الأكاديمي للكيمياء في المركز الوطني للمتميزين د. نبيل طعمة.**

**نشكر المشرف الأكاديمي للفيزياء في المركز الوطني للمتميزين د. ضيف الله نصّور.**

**نشكر الأستاذ لؤي حمرة المشرف الأكاديمي للمشروع.**

**نشكر كل من ساهم في مساعدتنا لإتمام هذا العمل.**

1. [↑](#footnote-ref-1)
2. أساسيات النانو إدراك علم النانو وتقنياته، ت.براديت، ترجمة: أ.د. آصف دياب و أ.د. عبد القادر رحمو، دار علاء الدين للنشر، ص23 ,24 [↑](#footnote-ref-2)
3. عالم النانو مدخل إلى علم النانو وتقانته، س.ن.ر.راو: ترجمة د. إبراهيم عثمان، د. عبد الوهاب علاف، من منشورات الطاقة الذرية، ص 14, 15 [↑](#footnote-ref-3)
4. المواد النانوية وتقانة النانو، د. ضيف الله نصور [↑](#footnote-ref-4)
5. عالم النانو مدخل إلى علم النانو وتقانته، س.ن.ر.راو: ترجمة د. إبراهيم عثمان، د. عبد الوهاب علاف من منشورات الطاقة الذرية، ص17,16 [↑](#footnote-ref-5)
6. عالم النانو مدخل إلى علم النانو وتقانته، س.ن.ر.راو: ترجمة د. إبراهيم عثمان، د. عبد الوهاب علاف من منشورات الطاقة الذرية، ص14 [↑](#footnote-ref-6)
7. عالم النانو مدخل إلى علم النانو وتقانته، ص16, 15

   أساسيات النانو إدراك علم النانو وتقنياته، ت.براديت، ترجمة: أ.د. آصف دياب و أ.د. عبد القادر رحمو، دار علاء الدين للنشر، ص 25,24 [↑](#footnote-ref-7)
8. [↑](#footnote-ref-8)
9. عالم النانو مدخل إلى علم النانو وتقانته، س.ن.ر.راو: ترجمة د. إبراهيم عثمان، د. عبد الوهاب علاف من منشورات الطاقة الذرية، ص18,17 [↑](#footnote-ref-9)
10. عالم النانو مدخل إلى علم النانو وتقانته، س.ن.ر.راو: ترجمة د. إبراهيم عثمان، د. عبد الوهاب علاف من منشورات الطاقة الذرية، ص23 ,24 [↑](#footnote-ref-10)
11. عالم النانو مدخل إلى علم النانو وتقانته، ص24,25 [↑](#footnote-ref-11)
12. النانو مدخل إلى علم النانو وتقانته 27 [↑](#footnote-ref-12)
13. أساسيات النانو إدراك علم النانو وتقنياته، ت.براديت، ترجمة: أ.د. آصف دياب و أ.د. عبد القادر رحمو، دار علاء الدين للنشر، ص 13 [↑](#footnote-ref-13)
14. أساسيات النانو إدراك علم النانو وتقنياته، ص 14 [↑](#footnote-ref-14)
15. أساسيات النانو إدراك علم النانو وتقنياته، ت.براديت، ترجمة: أ.د. آصف دياب و أ.د. عبد القادر رحمو، دار علاء الدين للنشر، ص 16 [↑](#footnote-ref-15)
16. أساسيات النانو إدراك علم النانو وتقنياته، ص31 [↑](#footnote-ref-16)
17. أساسيات النانو إدراك علم النانو وتقنياته، ص 36 [↑](#footnote-ref-17)
18. أساسيات النانو إدراك علم النانو وتقنياته، ت.براديت، ترجمة: أ.د. آصف دياب و أ.د. عبد القادر رحمو، دار علاء الدين للنشر، ص38 [↑](#footnote-ref-18)
19. أساسيات النانو إدراك علم النانو وتقنياته، ص 68,69 [↑](#footnote-ref-19)
20. عالم النانو مدخل إلى علم النانو وتقانته، س.ن.ر.راو: ترجمة د. إبراهيم عثمان، د. عبد الوهاب علاف من منشورات الطاقة الذرية، ص42 [↑](#footnote-ref-20)
21. عالم النانو مدخل إلى علم النانو وتقانته, 46 ,47 [↑](#footnote-ref-21)
22. عالم النانو مدخل إلى علم النانو وتقانته، س.ن.ر.راو: ترجمة د. إبراهيم عثمان، د. عبد الوهاب علاف من منشورات الطاقة الذرية، ص35 , 36 ,37 [↑](#footnote-ref-22)
23. عالم النانو مدخل إلى علم النانو وتقانته، ص 37, 38، [↑](#footnote-ref-23)
24. عالم النانو مدخل إلى علم النانو وتقانته، س.ن.ر.راو: ترجمة د. إبراهيم عثمان، د. عبد الوهاب علاف من منشورات الطاقة الذرية، ص38 ,39 [↑](#footnote-ref-24)
25. عالم النانو مدخل إلى علم النانو وتقانته, 51, 52 [↑](#footnote-ref-25)
26. عالم النانو مدخل إلى علم النانو وتقانته، س.ن.ر.راو: ترجمة د. إبراهيم عثمان، د. عبد الوهاب علاف من منشورات الطاقة الذرية، ص53, 54، , 55 , 56 [↑](#footnote-ref-26)
27. أساسيات النانو إدراك علم النانو وتقنياته، ت.براديت، ترجمة: أ.د. آصف دياب و أ.د. عبد القادر رحمو، دار علاء الدين للنشر، ص 132 133، [↑](#footnote-ref-27)
28. أساسيات النانو إدراك علم النانو وتقنياته، ت.براديت، ترجمة: أ.د. آصف دياب و أ.د. عبد القادر رحمو، دار علاء الدين للنشر ص135, 136 [↑](#footnote-ref-28)
29. أساسيات النانو إدراك علم النانو وتقنياته، ص 139 , 140 [↑](#footnote-ref-29)
30. أساسيات النانو إدراك علم النانو وتقنياته، ت.براديت، ترجمة: أ.د. آصف دياب و أ.د. عبد القادر رحمو، دار علاء الدين للنشر ص 146، [↑](#footnote-ref-30)
31. أساسيات النانو إدراك علم النانو وتقنياته، ت.براديت، ترجمة: أ.د. آصف دياب و أ.د. عبد القادر رحمو، دار علاء الدين للنشر ص147 , 148، [↑](#footnote-ref-31)
32. أساسيات النانو إدراك علم النانو وتقنياته 148 [↑](#footnote-ref-32)
33. أساسيات النانو إدراك علم النانو وتقنياته ص 149 [↑](#footnote-ref-33)
34. أساسيات النانو إدراك علم النانو وتقنياته، ت.براديت، ترجمة: أ.د. آصف دياب و أ.د. عبد القادر رحمو، دار علاء الدين للنشر، ص 149 , 150 , 151 [↑](#footnote-ref-34)
35. أساسيات النانو إدراك علم النانو وتقنياته، ص 144 [↑](#footnote-ref-35)
36. المواد النانوية وتقانة النانو، د. ضيف الله نصور [↑](#footnote-ref-36)
37. عالم النانو مدخل إلى علم النانو وتقانته، س.ن.ر.راو: ترجمة د. إبراهيم عثمان، د. عبد الوهاب علاف من منشورات الطاقة الذرية، ص14 [↑](#footnote-ref-37)
38. المواد النانوية وتقانة النانو، د. ضيف الله نصور [↑](#footnote-ref-38)
39. عالم النانو مدخل إلى علم النانو وتقانته، س.ن.ر.راو: ترجمة د. إبراهيم عثمان، د. عبد الوهاب علاف من منشورات الطاقة الذرية، ص33 [↑](#footnote-ref-39)
40. أساسيات النانو إدراك علم النانو وتقنياته، ت.براديت، ترجمة: أ.د. آصف دياب و أ.د. عبد القادر رحمو، دار علاء الدين للنشر، ص 163 [↑](#footnote-ref-40)
41. أساسيات النانو إدراك علم النانو وتقنياته، ت.براديت، ترجمة: أ.د. آصف دياب و أ.د. عبد القادر رحمو، دار علاء الدين للنشر، ص 164 ,165 [↑](#footnote-ref-41)
42. أساسيات النانو إدراك علم النانو وتقنياته، ت.براديت، ترجمة: أ.د. آصف دياب و أ.د. عبد القادر رحمو، دار علاء الدين للنشر، ص 165 , 166 , 167 , 168 ,169 [↑](#footnote-ref-42)
43. أساسيات النانو إدراك علم النانو وتقنياته، ت.براديت، ترجمة: أ.د. آصف دياب و أ.د. عبد القادر رحمو، دار علاء الدين للنشر، ص 169 , 170 [↑](#footnote-ref-43)
44. أساسيات النانو إدراك علم النانو وتقنياته، ت.براديت، ترجمة: أ.د. آصف دياب و أ.د. عبد القادر رحمو، دار علاء الدين للنشر، ص 172 , 173 [↑](#footnote-ref-44)
45. أساسيات النانو إدراك علم النانو وتقنياته، ت.براديت، ترجمة: أ.د. آصف دياب و أ.د. عبد القادر رحمو، دار علاء الدين للنشر، ص 173 , 174 [↑](#footnote-ref-45)
46. التحليل المتجهين د. وسام طلب جامعة دمشق كلية العلوم [↑](#footnote-ref-46)
47. التحليل المتهيج د. وسام طلب (كلية العلوم جامعة دمشق). [↑](#footnote-ref-47)
48. جلال الحاج عبد مفاهيم الهندسة والدول الاهليجية [↑](#footnote-ref-48)
49. Spherical geometry 2012 [↑](#footnote-ref-49)
50. The geometry of the sphere [↑](#footnote-ref-50)
51. جلال الحاج عبد مفاهيم الهندسة والدوال الاهليلجية [↑](#footnote-ref-51)
52. **Fullerene - Containing Polymers: An Overview**

    *Francesco Giacalone , Nazario Mart ي n , and Fred Wudl* [↑](#footnote-ref-52)
53. e.g: Caturla *et* a*l*, 1991; Hu *et al,* 2001

    [↑](#footnote-ref-53)
54. (Almansa *et al,* 2004). [↑](#footnote-ref-54)
55. Activated carbon chapter6 p.323 [↑](#footnote-ref-55)
56. Molina Sabio & Rodriguez-Reinoso (2004) [↑](#footnote-ref-56)
57. Molina Sabio et al. (1995) [↑](#footnote-ref-57)
58. Molina Sabio& Rodriguez-Reinoso (2004) [↑](#footnote-ref-58)
59. Inagaki et al. (2004) [↑](#footnote-ref-59)
60. Fullerene: nanochemistry [↑](#footnote-ref-60)
61. Kroto :The fullerene [↑](#footnote-ref-61)
62. The chemistry of fullerene [↑](#footnote-ref-62)