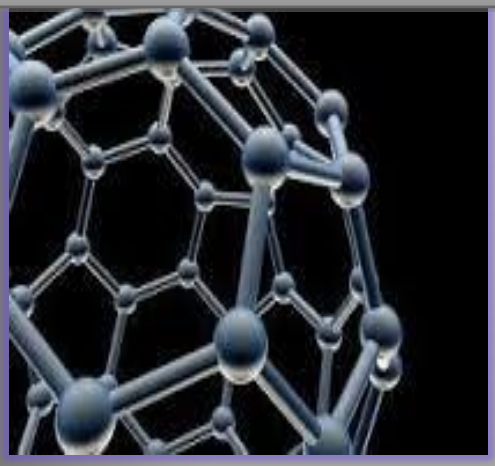
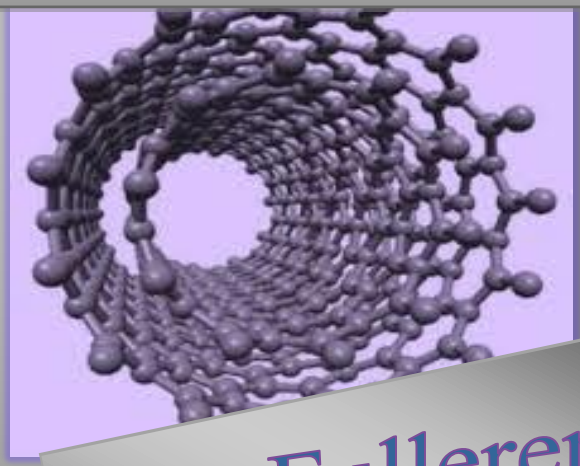
المركز الوطني للمتميزين

الفوليرين..... بوابة تكنولوجيا المستقبل





The Fullerene

N.C.D

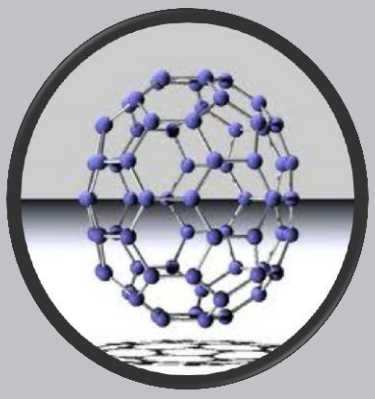
الجمهورية العربية السورية
وزارة التربية
المركز الوطني للمتميزين

Syria Arab Republic
Ministry of Education
National center for the distinguished

حلقة بحث في مادة الكيمياء بعنوان :

الفوليرين ..بوابة تكنولوجيا المستقبل

للعام الدراسي : 2014-2015



تقديم الطالبة: أماني شيخاني

إشراف المدرس : بسام أبو كف

المقدمة:

_ لطالما كان عنصر الكربون محط أنظار العلماء و حقلاً لتجاربهم ; وذلك بسبب الأعداد الهائلة من المركبات التي يكوِّنها – وذلك لقدرته على الارتباط بأربع ذرات – مما يتيح المجال لوجود العديد من المركبات التي أساسها هذا العنصر ، والتي ما يزال بعضها قيد الدراسة بسبب خواصه المدهشة .....

_ وتحدث حالياً ثورة في علم الكيمياء ، أساسها ذلك الجزيء العجيب الذي اكتشف منذ عدة سنوات و استحق على إثر ذلك كل من العلماء "ريتشارد سمولي" و "هارولد كروتو" و " روبرت كورل" جائزة نوبل في الكيمياء لاكتشافهم هذا الجزيء الذي في كل يوم يتضح أن له استخدامات مذهلة ، أنه ال " بوكيمينستر فوليرين " ، وهو الشكل البلوري الثالث الجديد لعنصر الكربون ، يتكون من ستين ذرة ذات تركيب هندسي فريد ومستقر يشبه كرة القدم المجوفة، ومنذ اكتشافه وهو في بؤرة الاهتمام في الأوساط العلمية، إذ تبين أنه يمكن استخدامه في صناعة بطاريات بالغة القوة ، و وقودا جبارا للصواريخ ومركبات الفضاء ، وفي الرقاقات المتطورة للكمبيوتر وموصلات فائقة ، وفي اللدائن الصناعية وحتى في علاج السرطان، والعديد من الاستخدامات الأخرى، وفتح ذلك الباب على مجال جديد تماما في علم الكيمياء.....إنه علم "الفوليرينات "

- بعد كل تلك المواصفات لابد لأن ينتابنا شعور بالفضول لمعرفة ما طبيعة هذا الجزيء؟؟ ، وما هي خواصه؟؟ ، والسؤال الأهم: كيف سيكون دوره في تأسيس تكنولوجيا المستقبل؟؟؟؟.....

  - كل هذه الأسئلة سوف أجيب عنها من خلال هذا البحث .....

➢ الفصل الأول: أشكال عنصر الكربون وخواصه:

➢ الباب الأول: التعريف بعنصر الكربون وصفاته:

_قبل الحديث عن الفوليرين سوف نبدأ بالتعرف على عنصر الكربون وصفاته :
تم اكتشاف الكربون في عصور ما قبل التاريخ فقد حصل عليه القدماء بحرق المواد العضوية لتصنيع الفحم .... وأصل كلمة كربون هو" كربو" و وتعني باللغة اللاتينية "فحم".
الكربون هو المكون الرئيسي لجميع المركبات العضوية ، وهو عنصر ذو صفات لا معدنية واضحة، رمزه الكيميائي C، يوجد في الجدول الدوري في الفصيلة (4A). تشمل هذه الفصيلة إضافة إلى الكربون السيليسيوم، والجرمانيوم، والقصدير، والرصاص.

" بنيته الإلكترونية $[He]\ 2s^2\ 2P^1$ [2], العدد الذري للكربون 6، ووزنه الذري مقدراً بوحدة الكتل الذرية 12.011. له تكافؤان +2 و+4. والتكافؤ +4، سواءَ كان ذلك بخسارة أو بإضافة أربعة إلكترونات استناداً إلى قاعدة «الثمانية» هو الأثبت"[3]. ولتزايد حجم الذرات من أعلى العمود في الجدول الدوري إلى أسفله (بسبب تزايد عدد المدارات حول النواة) تتناقص قوة الجذب بين النواة والكترونات التكافؤ، مما يؤدي إلى نقص تدريجي في تقبل العناصر إلكترونات إضافية وتزايد سهولة التخلي عن الإلكترونات بالاتجاه نفسه. ولهذا يكون الكربون لا معدنياً دوماً

➢ الباب الثاني :تآصل الكربون :

وجود العنصر في عدة صور مختلفة في الخواص الفيزيائية و متشابهة في الخواص الكيميائية يعرف بظاهرة التآصل.
و يتميز الكربون بهذه الظاهرة ... إذ يوجد منفرداً في الطبيعة في عدة صور منها ما هو بلّوري و منها ما هو غير بلّوري ، والأشكال التآصلية الأكثر شهرة لعنصر الكربون هي :

أولاً : الصور التآصلية غير البلّورية:

توجد أنواع عديدة من الكربون غير النقي تنتج عن تفاعلات كيميائية مصحوبة بالحرارة ، تتجمع على هيئة كتل سوداء تُعرف بالفحم , و هناك أنواع مختلفة من الفحم أشهرها :.

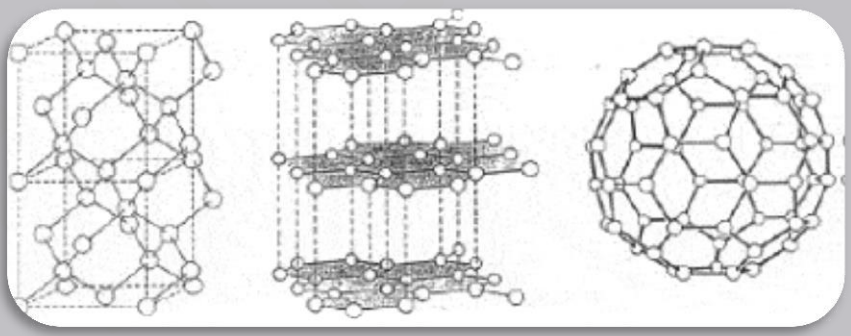
---

[2] تدل {He} على التوزيع الالكتروني للغاز الخامل الهليوم
[3] الموسوعة العربية الشاملة –المجلد السادس عشر- الكيمياء والفيزياء-الكربون

- فحم الخشب : و يحضر بتسخين الخشب في معزل عن الهواء كدفنه في حفرة و من ثم طمرها...
- فحم العظام (الفحم الحيواني) : و يحضر بتسخين العظام بعد تنظيفها و تنقيتها من المواد الدهنية ، و يمتاز هذا الفحم بقدرته على إزالة الألوان من المحاليل ؛ لذا فإنه يستخدم في صناعة الطلاء الأسود المستخدم في صناعة الجلود.
- الفحم الحجري : و يتكون نتيجة تعرض بقايا النباتات والحيوانات المطمورة في باطن الأرض لضغط وحرارة شديدين ..... حيث تحدث هذه التغيرات بالتدريج و بمعزل عن الهواء ، و يستخدم الفحم الحجري كوقود حيث يتميز بأنه لا يولد دخاناً .

ثانياً: الصور التآصلية البلّورية:

إن الصور التآصلية البلورية الشائعة لعنصر الكربون تتمثل بستة أشكال أشهرها هي : شكلان من الألماس ، و شكلان من الغرافيت ، حيث يتميز الألماس بخاصيتين مهمتين هما قساوته الشديدة فهو أقسى مادة معروفة ، والخاصية الثانية هي قرينة انكساره العالية التي تسمح بانكسار الضوء وظهور بريق الألماس المعروف ، أما الغرافيت فيتكون من حلقات سداسية تكونها ذرات الكربون على شكل طبقات مستوية ، وهو ذو لون غامق وعاتم وذو بريق معدني و ناقلية عالية.



الشكل (1) : الفوليرين _ الغرافيت _ الألماس

- وحديثاً تم اكتشاف الشكل البلوري الثالث للكربون الذي فتح مجالات عديدة للدراسات والأبحاث أمام العلماء ، لا سيما فيما يتعلق بتقنية النانو التي تشكل أساس تكنولوجيا المستقبل.....إنه جزيء الفوليرين أو ما يعرف ب "كرات البوكي" .

الباب الثاني : قصة اكتشاف الفوليرين:

–*بدأ اكتشاف* الفوليرين والأنابيب فائقة الدقة بالصدفة عام 1944 عندما لاحظ (أوتوهان) وجود سلاسل من الكربون أثناء إجرائه لتجارب كانت تستهدف تكوين ذرات ثقيلة من ذرات أخف عن طريق امتصاصها للنيوترونات , وأثناء مشاهدته لتلك النتائج ، لاحظ تكون سلاسل طويلة من الكربون و وحيث أنه لم يكن مهتماً بسلاسل الكربون فقد دوَّن ملحوظة بشأنها في نهاية تقريره ثم انطلق وراء الهدف الرئيسي من بحثه . ولم تتم متابعة النتائج التي توصل إليها بشأن سلاسل الكربون بعده مباشرة ، ولذا فقد تأخر اكتشاف C60 لسنوات عديدة .

_ في الثمانينات من القرن العشرين جاء من يهتم بتلك الجزيئات الكربونية ، ففي عام 1984 كان فريق عمل يرأسه الأمريكي " ريتشارد سمولي" ، يدرس خواص بعض العناقيد الذرية[4] لعدة عناصر بجهاز يستخدم أشعة الليزر والموجات فوق الصوتية، واقترح عليهم أستاذ جامعي إنجليزي زائر هو "هارولد كروتو"، إضافة الكربون إلى قائمة العناصر تحت الدراسة، إذ كان بحثه ينصب في معرفة كيفية تشكل جزيئات الكربون طويلة السلسلة الموجودة في الفضاء , والتي شكلت موضعاً للاهتمام بعد أن تم رصد وجود هذه السلاسل الكربونية ضمن سحابة من المواد المختلفة بين النجوم و والتي ربما تكونت في ظل درجات الحرارة الهائلة في أفران النجوم المعروفة ب "العمالقة الحمر" وهي غنية جداً بعنصر الكربون.

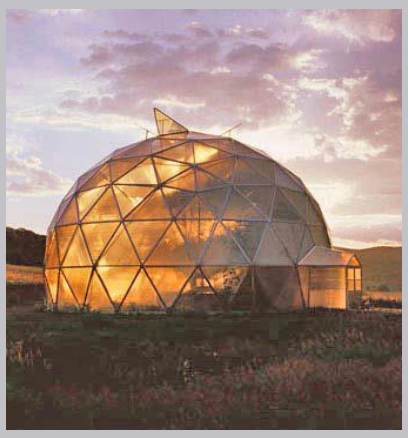
و قد ولّد الجهاز الذي صممه "سمولي" درجات حرارة تصل إلى عشرات الآلاف من الدرجات المئوية لمحاكاة هذا الفرن الكوني العملاق وقد استخدم هذا الجهاز على الغرافيت للحصول على السلاسل الكربونية الطويلة كالتي تتكون في الفضاء.

–وعندما نجح فريق العمل في تحطيم الغرافيت، نتجت عناقيد ذرية عديدة. ولكن كان هناك شيء عجيب في "العناقيد" ذات الـ 60 ذرة كربون، إذ كانت تزيد في كميتها بمقدار ثلاثة أمثال على أي عناقيد أخرى ذات عدد زوجي من الذرات.

_ وبمزيد من الدراسة اتضح أن C60 ليس "عنقودا من الذرات" ولكنه "جزيء "وبالتحديد جزيء على شكل كروي , ولكن كيف ل 60 ذرة مستوية من الكربون أن تشكل شكلاً كروياً ؟؟!!.....

[4] العناقيد الذرية: أكبر من الجزيئات ولكنها أصغر من الأجسام الصلبة المرئية

وكان أحد التفسيرات أن هذه الطبقات الرقيقة المستوية من الغرافيت، التفت حول نفسها لتكوين هذا الشكل الكروي المميز, ولكن رتشارد سمولي توصل فيما بعد أن هذا الشكل الكروي سببه وجود حلقات خماسية بالإضافة إلى الحلقات السداسية مما يمنح هذا الجزيء الشكل المنحني.

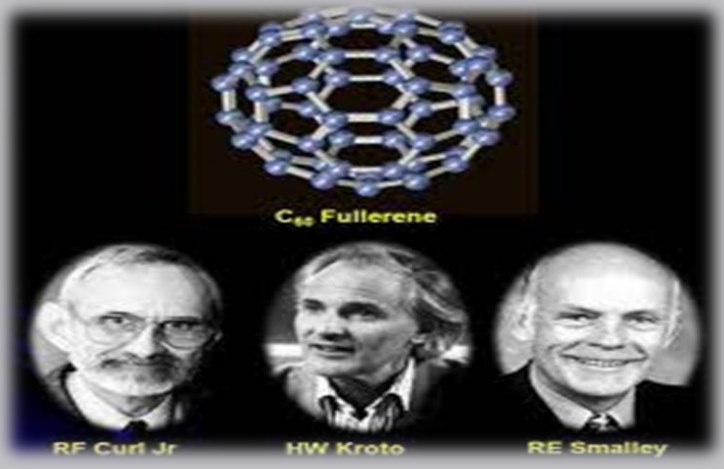


الشكل (2) القبة الجيوديسية

_ وقد استوحى " سمولي " فكرة الحلقات الخماسية من القبة الشهيرة التي تشبه الفوليرين والتي تدعى بالقبة الجيوديسية , و لذلك سمي جزيء C_{60} " كرة البوكي " نسبةً إلى المصمم المعماري الأمريكي الشهير (ريتشارد بوكيمنيستر فولير) الذي صمم القبة الجيوديسية . وسميت بقية الجزيئات التي تنتمي لعائلة C_{60} و التي تم اكتشافها لاحقاً ب " الفوليرينات ".

– بعد هذا الاكتشاف نال كل من العلماء هارولد كروت(Kroto Harold) ، و روبرت كورل (Robert Curl) ، وريتشارد سمولي (Smalley Richard) جائزة نوبل عام 1996 لاكتشافهم الفوليرين في جامعة رايس (Rice University) .

ذلك الاكتشاف كان له أثر هام في تطوير تكنولوجيا المستقبل فمنذ اكتشافهم الأول ،أصبح للفوليرين دور رئيسي في الأوساط العلمية.



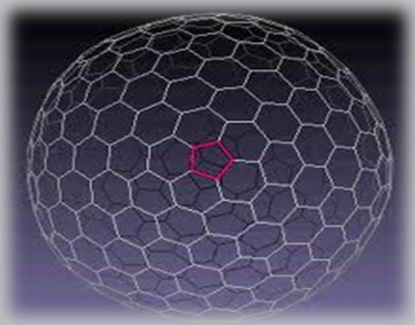
الشكل (3) العلماء الثلاثة الذين اكتشفوا ال C60

الباب الثالث : بنية جزيء الفوليرين.

" تعرف الفوليرينات بأنها عبارة عن جزيئات ضخمة _ مقارنة ببقية الجزيئات الأخرى_ تتكون فقط من ذرات الكربون التي تتجمع على شكل أقفاص كربونية مكونة من مضلعات خماسية وسداسية على شكل حلقات مفرغة متصلة مع بعضها البعض (انظر للشكل (4)) , وتشكل كل ذرة كربون نقطة تلاقي كل ثلاثة حواف لسداسيين و خماسي أو لثلاثة سداسيات متجاورة ، أي أنها توجد عند رؤوس المضلعات الخماسية والسداسية .

إن الرابطة المتشكلة بين كل سداسيين هي رابطة مزدوجة , بينما تكون الرابطة بين كل خماسي وسداسي رابطة أحادية , و طبقاً لنظرية العالم أويلر ، فإن أي سطح مغلق مكون من حلقات خماسية وسداسية يضم بالضبط 12 شكل خماسي و عدداً n من الأشكال السداسية , ويتحدد عددها وفقاً للقانون : " عدد الحلقات السداسيةّ = عدد ذرات الكربون _ 20 "[5]

2



الشكل (4) حلقات الكربون الخماسية والسداسية التي تكون الفوليرينات

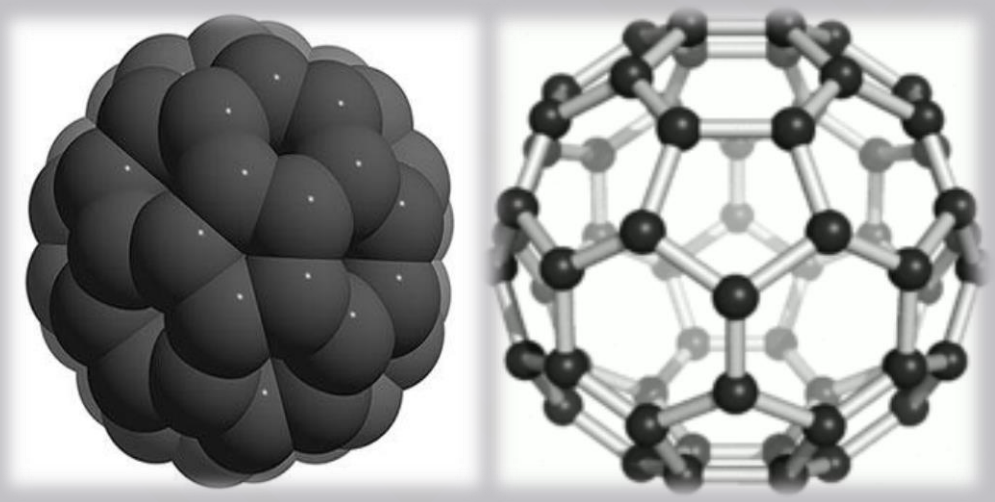
للوهلة الأولى قد يعتقد البعض أن الفوليرينات تشبه الغرافيت إلى حد كبير ، إلا أن الفوليرينات تتكون من حلقات خماسية بالإضافة لوجود الحلقات السداسية مما يعطيها الشكل الكروي بعكس الغرافيت الذي يكون على شكل طبقات متتالية .

[5] *Structure, properties and applications of fullerenes Structures and Physical Properties , page 17 .*

بنية جزيء C_{60} :

اتضح للعلماء تركيب جزيء الكربون العملاق الأول " كرة البوكي"، الذي نتج من التحام 60 ذرة كربون مع بعضها البعض لتكوين هيكل كروي الشكل ذي 12 مضلعا خماسيا و 20 مضلعاً سداسيا على سطحه يشبه كرة القدم المجوفة.

وتبعد كل ذرة كربون مسافة قدرها (3.55 Å) عن مركز الجزيء ,و الطول الوسطي للرابطة C —— C يقدر ب (1.44 Å) , و هو مقارب لطول الرابطة في الغرافيت .



الشكل (5) جزيء الفوليرين الأول C_{60}

الباب الرابع : تصنيف الفولرينات :

تصنف الفوليرينات بحسب المجسم الفراغي الذي تشكله مضلعات الكربون المكونة للفوليرين، فإذا كان المجسم الذي تكونه ذرات الكربون كروي تدعى الفوليرينات بالفوليرينات الكروية أو بكرات بوكي وتدعى الفوليرينات الأسطوانية بأنابيب الكربون النانوية أو بأنابيب بوكي.....

أولا: الفوليرينات الكروية:

" تشكل فيها مضلعات الكربون شكلا كرويًا وتدعى بكرات بوكي وذلك لأنها تشبه الكرات المستخدمة في كرة القدم وأهم مركب فوليرين كروي هو مركب الفوليرين C_{60}الذي يتألف من 60 ذرة من الكربون وهو يشبه كرة القدم التي تتألف من اثنتي عشر وجه خماسي وعشرين وجه سداسي"[6].

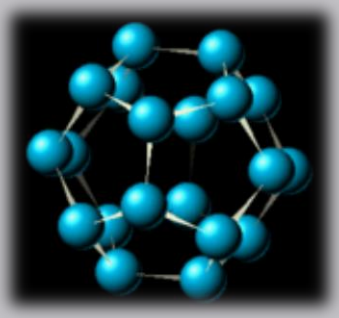
الشكل(6) جزيء الفوليرين C_{60}

الشكل (7) كرة القدم

بالإضافة إلى مركب C_{60}هناك فولرينات كروية أخرى هامة وهي المركبات C_{20} و C_{70}و C_{72} و C_{74} و C_{76}و C_{80} و C_{86} و C_{540} بالإضافة إلى فولرينات كروية أخرى ولكنها أقل أهمية من المركبات المذكورة.

[6] *ENCYCLOPEDIA* الموسوعة العربية الشاملة
المجلد السادس عشر ، العلوم الإنسانية ، عنصر الكربون

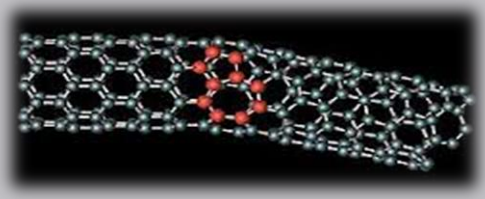
وتجدر الإشارة إلى أن أقل عدد من ذرات الكربون في كرة الفوليرين هو عشرين ذرة كربون وبالتالي فإن مركب الفوليرين C_{20} وهو أصغر كرة فوليرين من كرات بوكي ممكن الحصول عليها وهو يتألف من عشرين ذرة كربون ترتبط ببعضها البعض بمضلعات خماسية منتظمة فقط تحتل فيها ذرات الكربون رؤوس هذه المضلعات .



الشكل(8) أصغر جزيء في الفولرينات الكروية

ثانياً : أنابيب الكربون النانوية:

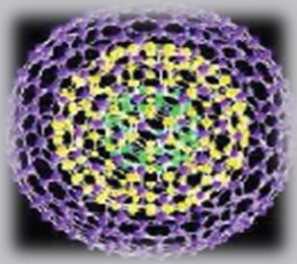
أخذت اسمها لأنها عبارة عن أنابيب ذات بنية أسطوانية مجوفة ورقيقه جداً ولها سطوح مؤلفة من حلقات كربونية خماسية وسدّاسية الشكل كخلية النحل،وذات أقطار متناهية في الصِغر قد تصل إلى أقل من النانومتر الواحد ويمتد طول الأنبوب الواحد إلى أطول من ذلك بمئات المرات وحتى آلاف المرات ليُشكل بذلك سلكا أو أنبوبا نانويًّا أحد أبعاده من مرتبة النانومتر وهذه الجزيئات وزنها خفيف إلا أنها قد تكون أمتن نسيج صنِّع..



الشكل (9) أنابيب الكربون النانوية

ثالثاً : الأبصال النانوية :

" وهي عبارة عن جسيمات نانوية كروية مبنية على طبقات كربونية متعددة محيطة بكرات البوكي وتتميز هذه الكرات بأنها خاوية المركز، و يدعى هذا الصنف من الفوليرينات بالأبصال النانوية لأن تركيبها الداخلي يشبه البصلة"[7]



الشكل(10) البصلة النانوية (الفوليرينية)

[7] *The fullerenes* الفولرينات
الدكتور ابراهيم الغريبي ـكلية العلوم- جامعة دمشق ، الصفحة (6)

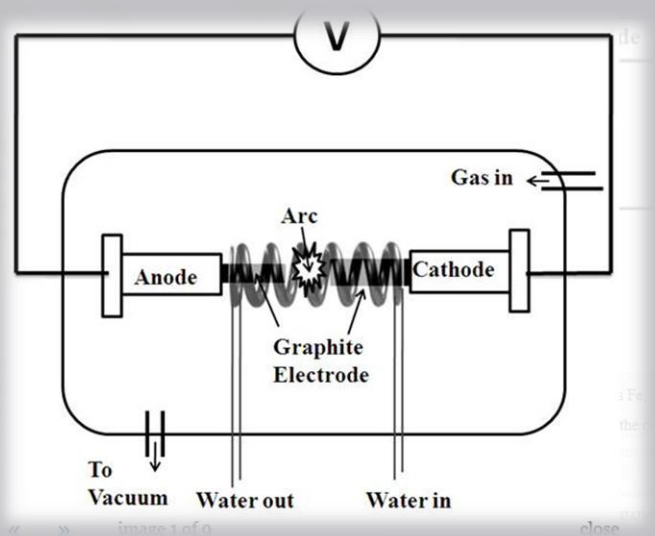
الباب الخامس : طرق اصطناع الفولرينات:

➢ طريقة التفريغ بالقوس الكهربائي أو التفريغ القوسي(Arc Discharge):

تعتمد هذه الطريقة على تبخير الغرافيت في ظل درجات حرارة مرتفعة لتحويله إلى بخار يعود لتكاثف ويتجمع على شكل فوليرينات معينة.

يتم في هذه الطريقة تطبيق فرق جهد منخفض وتيار مستمر مرتفع بين قضيبين مغلفين بطبقة من الغرافيت ، تفصل بينهما مسافة صغيرة، أحد القضيبين يوصل بالقطب الموجب لمولد كهربائي ويدعى بالمصعد والآخر يوصل بالقطب السالب للمولد ويدعى بالمهبط , يمكن أن يكون كلا القضيبين من الغرافيت أو أن يكونا من معدنين قادرين عل تحمل درجات الحرارة العالية التي قد تصل ما بين 1000 درجة حتى 4000 درجة مئوية , وفي حال استخدمنا قضيبين من مادة غير الغرافيت , يمكننا حينها تمرير قضيب من الغرافيت بينهما بحيث يتبخر بدرجات الحرارة العالية.

بعد وصل القضيبين يتم تمرير التيار الكهربائي المرتفع جداً مولداً درجات حرارة عالية و حدوث تفريغ كهربائي بين القطبين على شكل شرارة كهربائية , مما يؤمن الطاقة اللازمة لتبخر ذرات الكربون على شكل سخام (هباب الفحم) .



الشكل (11) طريقة التفريغ بالقوس الكهربائي

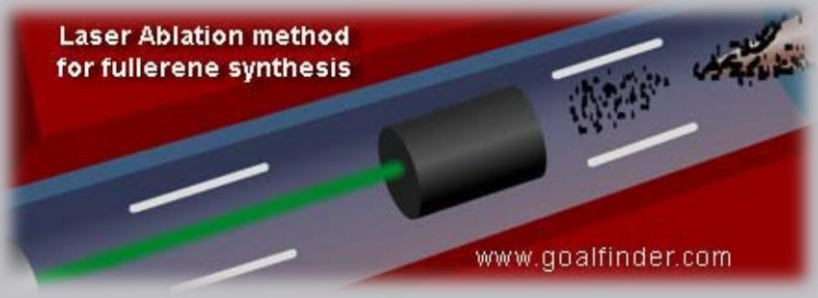
و تجدر الإشارة لأهمية إجراء هذه العملة في جو من الغاز الخامل ك "الهليوم " كي لا تتفاعل جزيئات الغاز مع بخار الغرافيت .

وبعد تبخير الغرافيت يتم إبعاد البخار عن منطقة القوس وحله في محلول غير قطبي , ثم يتم تجفيف المحلول وفصل جزيئات C_{60} و C_{70} عن بقية المحلول .

وتعد طريقة التفريغ بالقوس الكهربائي الطريقة الرئيسية في صناعة بعض أنواع الفوليرينات.

- طريقة التذرية الليزرية :

حيث يتم فيها تسليط شعاع من الليزر على هدف مكون من مزيج من الغرافيت موضوع في أنبوبة من الكوارتز مُخلاة تخلية عالية من الهواء , وتحتوي على غاز خامل .مما يؤدي إلى توليد سحابة من البلازما من غاز الكربون الذي يتكاثف بدوه على هيئة فوليرينات معينة.



الشكل (12) طريقة التذرية الليزرية

- وتصنع كرات بوكي عندما تصطدم ذرات كربون ساخنة جدا وشظايا الجرافيت بعضها بالبعض.

وتلتف شظايا الجرافيت لأن الذرات الموجودة في الحواف المتآكلة لطبقاتها الرقيقة،تكون متلهفة للالتصاق بأي شيء. فإذا قُدّر لأي ذرة كربون واحدة أن تصطدم بالحافة، فيمكنها أن ترتبط بطرفين سائبين لتكوين شكل خماسي. وهذه الأشكال الخماسية تميل لجعل السطح أكثر تقوسا.

الباب السادس : خصائص وصفات الفولرينات:

_ إن الفولرينات أو " كرات البوكي" تملك خصائص فيزيائية وكيميائية استثنائية ، تساعد على خلق العديد من التطبيقات الجديدة في مختلف المجالات و التي تعتمد على الفوليرين ،وأهم هذه الخواص :

➢ أولاً :الخواص الفيزيائية :

_ تبدي بعض مركبات الفوليرينات مثل K_3C_{60} و CS_2C_{60} و $C_{60}CHBr_3$ ناقلية فائقة عند درجات حرارة مرتفعة كما تبدي بعض الفوليرينات النقية مثل فوليرين بوكمنستر وأنابيب الكربون النانوية ناقلية فائقة عند درجات الحرارة المنخفضة.

_ تبدي الفوليرينات ظواهر كمومية معينة وهذا ما يجعل دراستها تكون ضمن مكانيك الكم وذلك عائد للبنية النانوية لهذه المركبات حيث أن الأبعاد الفاصلة بين ذرات الكربون في الحلقات الفوليرينية الخماسية والسداسية بحدود النانومتر.

_ تتمتع الفوليرينات بخصائص ميكانيكية فريدة مثل خفة الوزن والمرونة المرتفعة في نفس الوقت بالإضافة قابلية الثني والتشكيل وفي احدى تجارب الصدم التي أجريت على جزيء الكربون C_{60} تبين مدى المرونة العالية التي يتمتع بها هذا الجزئ ، فقد تم إطلاق هذا الجزيء بسرعة تساوي 24000km/h على جدار مرتفع الصلابة وارتد الجزئ نحو الخلف دون أن يغير أي شيء من صفاته ومن ثم اتضح أن الفوليرينات مرنة أكثر من أي جزيئات أخرى معروفة حتى الوقت الحاضر. وهذه الخاصية تجعلها صالحة لاستخدامها وقوداً للصواريخ ومركبات الفضاء، حيث يمكنها أن تتحمل ضغوطا هائلة..

_ تعد كرات البوكي جزيئات قوية جداً , قادرة على تحمل ضغط هائل ; إذ بإمكان هذه الجزيئات العودة لشكلها و حالتها الأصلية حتى بعد إخضاعها لضغط 3000 ATM ، هذه المرونة تفيد استخدام الفوليرينات لصنع أدوات متينة قادرة على تحمل الضغط .

_ يمكن أن تتفكك بعض الفوليرينات في درجات الحرارة المرتفعة قليلا كما يمكن لبعض الفوليرينات أن تتبخر عند درجات الحرارة المرتفعة وتعد هذه الخاصة أحد الخواص السيئة للفوليرينات.

➢ ثانياً : الخواص البنيوية :

_ تتصف بعض الفوليرينات بخاصة التماكب الضوئي وهذا يعود إلى وجود ايزوميرات مختلفة لهذه الفوليرينات ومن الفوليرينات التي تبدي خاصة التماكب الضوئي فوليرين الكربون C_{40}.

_ خاصية التناظر :

➢ تناظر جزيء C60 :

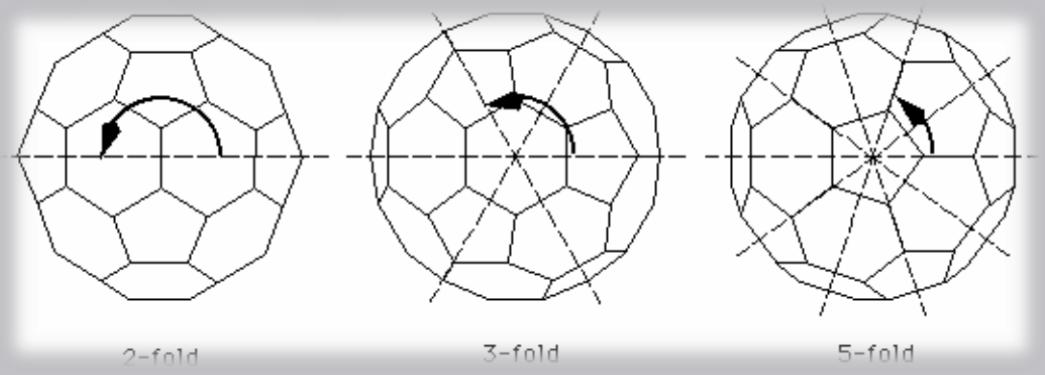
إن عمليات التماثل (التناظر) لجزيء C_{60} تقوم على عمليات المطابقة للأوجه الخماسية و السداسية ، ونتيجة لذلك يوجد لهذا الجزيء العديد من محاور الدوران التي إذا دار الجزيء وفقها بزوايا معينة يعود لينطبق على نفسه .

نلاحظ في الشكل (13) أنه يوجد لجزيء C_{60} أنواع لمحاور الدوران :

– النوع الأول 5 محاور لأضلاع كل وجهن خماسين متقابلين و تمر من مركزيهما , فإذا نظرنا لأحد الأوجه الخماسية نجد أن الجزيء يدور بزاوية مقدارها 72° = 360/5 درجة لينطبق الجزيء على نفسه.

– النوع الثاني عبارة عن 3 محاور لأضلاع كل سداسيين متقابلين وتمر من مركزيهما , وهنا يدور الجزيء بزاوية مقدارها 72° = 360/3 درجة لينطبق الجزيء على نفسه.

– و النوع الثالث هو محور لضلعي سداسيين متجاورين ويمر من مركزيهما بحيث يدور الجزيء بزاوية 180 درجة لينطبق على نفسه .



الشكل (13) الأنواع الثلاث لمحاور الدوران في جزيء C_{60}

وبما أنه يوجد 12 وجه خماسي فهذا يعني أنه لجزيء C_{60} (6) محاور دوران لأضلاع الأوجه الخماسية (لأن كل محور يمر بضلعي خماسين) ، و كذلك لدينا 20 وجه سداسي أي (10) محاور لأضلاع سداسيين متقابلين ، وبما أن كل سداسي مجاور لثلاثة سداسيات أخرى فهذا يعني أن عدد الأضلاع (الروابط) بين السداسيات هو 30= 2 /3*20 (لأنه توجد ضلع مشتركة بين سداسيين) ، مما عني أن المحاور المارة من ضلعي سداسيين متجاورين هي 15 (لأنه يوجد محور واحد لكل ضلعين متقابلين) .

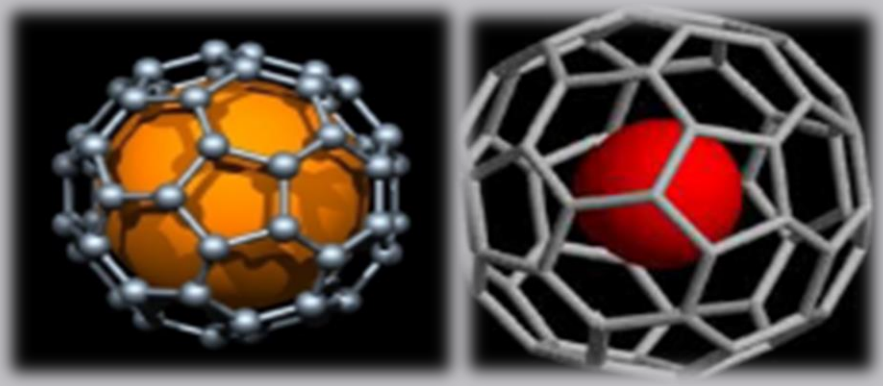
- إن هذا العدد الكبير من محاور الدوران يعني وجود العديد من عمليات التماثل مما يجعل جزيء C_{60} الجزيء المعروف الوحيد مع كل هذا العدد لعمليات التماثل .

-تتمتع بعض الفوليرينات الكروية بدوران ذاتي سريع للغاية،وكمثال على ذلك تبين أن فوليرين بوكمنستر يدور حول نفسه بسرعة زاوية هائلة جدا إذ يدور بمعدل مليار مرة في الثانية الواحدة.

_ يمكن لبعض الذرات أن تتوضع داخل الفوليرينات فيتشكل مركب جديد يدعى بمركب القفص الفوليريني وتدعى الذرة التي تتوضع داخله بالذرة الحبيسة، ويرمز لهذه المركبات بالرمز $M@C_N$ حيث M تشير إلى الذرة الحبيسة , وكمثال على هذا النوع من المركبات مركب $N@C_{60}$ وهو مركب يتألف من ذرة من الآزوت تتوضع داخل كرة بوكيC_{60}

يتم استخدام هذه الطريقة لتعديل خواص الفوليرينات , خاصة خواصها الكهربائية , إذ أن الذرة الحبيسة تستطيع تغيير الخواص الفيزيائية والمغناطيسية للفوليرين (الذرة الحبيسة قادرة على تقديم الكترونات للجزيء).

وهنالك عدة طرق لتكوين الأقفاص الفوليرينية, في إحدى هذه الطرق يتم إضافة أيون من معدن من المعادن القلوية أو معادن الأتربة النادرة إلى جزيء الفوليرين ، ويجب أن يتم ذلك أثناء عملية تشكل الجزيء , بحيث لا تتمكن الذرة الحبيسة من اختراق القفص الفوليريني المكتمل حولها , تسهم هذه العملية في زيادة ملحوظة في ناقلية الجزيء الفوليريني ، كما أنها تساعد على جعله قابلاً للانحلال في الماء .



الشكل(14) مركبات الأقفاص الفوليرينية

بالإضافة لبعض الخواص الكيميائية منها :

_الفوليرينات قابلة للانحلال في بعض الزيوت وفي بعض المحلات العطرية كالتولولين والبنزين وتعد الفوليرينات المركبات الوحيدة للكربون النقي التي تنحل في بعض المحلات عند درجة حرارة الغرفة "وتبدي محاليل الفوليرينات الألوان المميزة لها فمثلاً :

C_{60} : ارجواني

C_{70}: أحمر قرميدي

C_{76} : الأصفر الفاتح ، الأخضر

C_{84} : بني"[8]

_ كذلك فإن العديد جزيئات الفوليرين يمكن أن ترتبط مع بعضها مكونة البوليمرات الفوليرينية وهي عبارة عن سلاسل بوليميرية تتشكل بدرجات حرارة وضغوط مرتفعة جدا وتعد دراسة البوليمرات الفوليرينية أحد الفروع الهامة في علم الفوليرينات.

[8] *FULLERENE 5 , Mircea V. Diudea*
Faculty of Chemistry and Chemical Engineering Babes-Bolyai University، ROMANIA
Page 5 , Fullerenes–physico-chemical properties

الباب السابع : تطبيقات الفوليرينات:

تعد الفوليرينات أحد المواد النانوية الهامة في علم وتقانة النانو سواء من حيث الأهمية التاريخية وعلاقتها بتطور التقانة النانوية وآليات اصطناع المواد النانوية أم من حيث التطبيقات الهامة التي تتمتع بها هذه المواد.

للفوليرينات تطبيقات هامة في مختلف الميادين وهذه التطبيقات ناتجة طبعا عن صفاتها وخصائصها المميزة وأهم تطبيقات الفوليرينات في الميادين المختلفة:

- أولاً: تطبيقات في الطب:

أجريت عدة دراسات وبحوث على الفوليرينات لاستخدامها في الطب فمنذ العام 2007 أجريت دراسات على فوليرين بوكمنستر لمعالجة الخلايا السرطانية ولا تزال هذه الدراسات مستمرة حتى الآن.

كما يمكن استخدامها في بعض أجهزة التشخيص الطبي إذ يمكن إرسال بعض أنواع الفوليرينات إلى بعض الخلايا داخل جسم الإنسان كالمعدة والأمعاء الدقيقة حيث تشكل أداة دقيقة تصل إلى الخلية الهدف بشكل تام ، كذلك يمكن إرسال جزيء فوليرين صغير لإيصال الدواء مباشرة إلى الخلية المصابة دون التأثير على الخلايا السليمة،وذلك بالاعتماد على خاصية تشكيل الأقفاص الفوليرينية والسبب في ذلك هو الصغر الشديد في قطر أقفاص جزيئات الفوليرين النانوية التي يمكنها احتواء الدواء والمرور خلال أغشية الخلايا بسهولة.

وقد أجريت دراسة على فوليرين بوكمنستر لاستخدامه في امتصاص الأشعة الكهرطيسية الصادرة عن الأجهزة المحمولة والتي قد تؤذي بعض الخلايا الحية أثناء استخدام تلك الأجهزة.

بالإضافة إلى دراسات بينت إمكانية استخدام بعض الفوليرينات كمضادات حيوية واستخدام بعض الفوليرينات ضد فيروس HIV الذي يسبب مرض الإيدز إذ ما تزال الدراسات قائمة في هذا المجال لإيجاد علاج محتمل لمرض الإيدز :

الفولرينات و علاج مرض AIDS

" لقد وجه العلماء اهتمامهم إلى الفوليرينات" كرات البوكي" في مساعيهم إلى إيجاد علاج لمرض "الإيدز" ، فقد أظهرت الدراسات أن الأنزيم المطلوب لإعادة إنتاج HIV يظهر تجويفاً غير قطبي في بنيته الثلاثية الأبعاد ، وإذا تم إغلاق هذا التجويف يتوقف إنتاج الفيروس ، ولأن كرات البوكي غير قطبية و لديها تقريباً نفس قطر التجويف في الأنزيم يمكن استخدامهم كحاجز محتمل لإغلاق التجويف، والخطوة الأولى لتحقيق هذا الاحتمال هو أن نضيف إلى كرة البوكي جزيئات قطبية (وذلك من خلال تفاعل ضم إلى الرابطة المضاعفة بين كل سداسيين) مما يجعله قابلاً للانحلال في الماء وقادراً على التدفق في مجرى الدم ، وقد تمكن العلماء حالياً من تعديل السلاسل القطبية ليتمكنوا من ربطه بالأنزيم .

ما زال الطريق طويلاً للوصول إلى علاج للإيدز ، ولكن هذه واحدة من الوسائل العديدة والمختلفة التي يتخذها العلماء للوصول إلى علاج لهذا المرض ."

- ثانياً: تطبيقات في الفضاء:

للفوليرينات علاقة هامة في علوم الفضاء ; فقد تبين عام 2010 وجود آثار لبعض الفوليرينات في الغبار و الأشعة الكونية القادمة من أحد النجوم ومن دراسة هذه المواد المرصودة يمكن التعرف على بعض خواص ذلك النجم.

- ثالثاً: تطبيقات في الالكترونيات:

يمكن استخدام بعض أنواع الفوليرينات في بناء الدارات الالكترونية المدمجة لصناعة ثنائيات وترانزستورات نصف ناقلة والاستفادة من صغر حجمها كبديل عن دارات السيلكون التقليدية" وتجري دراسات على استخدامات الفوليرينات في صنع خلايا شمسية ذات فعالية أكبر من الخلايا العادية .

➢ رابعاً: تطبيقات في الصناعة:

تجري دراسات على استخدام بعض أنواع الفوليرينات التي تتمتع بخواص ميكانيكية فريدة كخفة الوزن والمرونة المرتفعة في تصنيع الطائرات والسيارات والمركبات الفضائية. كما تضاف بعض أنواع الفوليرينات إلى بعض البوليمرات الصناعية لإكسابها صفات ميكانيكية جديدة وصفات كهربائية جديدة كالناقلية الضوئية. وتستخدم حاليا بعض أنواع الفوليرينات في صناعة عدد من الأدوات الرياضية مثل كرات السلة ومضارب التنس.

وبسبب الخواص الكهربائية والحرارية التي تتمتع بها الفوليرينات فقد استخدمت في خطوط النقل الحديثة في بعض الدول الأوروبية. وتجري دراسات حديثة على بعض أنواع الفوليرينات لاستخدامها في توليد الطاقة الكهربائية.

وكذلك يمكن الاستفادة من قدرة الفولرينات على تشكيل أقفاص فولرينية في صنع مواد جديدة كلياً مثلاً عندما يحقن الفوليرين بالبوتاسيوم أو الصوديوم داخل تجويفه فإنه يصبح مادة ذات ناقلية فائقة ممتازة .

وبسبب الخواص الضوئية التي تتمتع بها بعض الفوليرينات فقد استخدمت في مواد الوقاية من الأشعة الشمسية، فعندما يشع الضوء على محلول جزيء C60 يتحول ليصبح عاتماً فوراً، وكلما زادت شدة الإضاءة أصبح عاتماً أكثر وهذا يخفض من حدة الإضاءة الشديدة لأقصى حد ممكن ، هذه الخاصية يمكن الاستفادة منها في تصنيع نظارات واقية تستخدم عند التعرض لضوء شديد وضار (كالذين يستخدمون أشعة الليزر في مجال عملهم).

كذلك يتم تطوير أنواع من الفولرينات للحصول على خواص تزييت مميزة (أفضل من زيوت التشحيم) وتأتي أهمية هذه الخواص في تخفيف الاحتكاك الناتج عن حركة الأجزاء المعدنية في الآلات و في المفاصل الصناعية التي يتم تركيبها بعد العمليات التجبيرية في الفخذ و الركبة.

و بالإضافة إلى التطبيقات المذكورة أعلاه ، فإن للفوليرينات تطبيقات عديدة أخرى يجري حاليا التحقق من بعضها.

الخاتمة :

_لقد جاء اكتشاف نوع جديد من الكربون مفاجأة مذهلة للعلماء، فالكربون أكثر العناصر التي تعرضت للبحث العلمي المكثف لأنه الأساس في معظم الجزيئات العضوية.

فالخواص المدهشة و العديدة لمركبات الكربون– سواء أن كانت مكتشفة أو خاضعة لبحوث العلماء حالياً– تجعل المستقبل يحمل بين طياته الكثير من الاحتمالات الجديدة المثيرة، سواء من حيث المعرفة العلمية الأساسية أو من حيث الاستخدامات التكنولوجية .
الفولرينات جزيئات كربونية ذات تركيب فريد تميزه الحلقات الخماسية و السداسية والشكل الكروي المنحني , ولها خواص عديدة تميزها عن غيرها من المركبات سوا أن كانت من حيث البنية أو من حيث الخواص الفيزيائية والكيميائية وغيرها ، وإمكانات الفوليرين و خواصه المدهشة دفعت العلماء إلى أن يصنفوا اكتشاف هذا الجزيء كأهم اكتشاف في الكيمياء ضمن سلسلة أعظم مئة اكتشاف كيميائي حتى الآن .

إن العلماء منبهرون بإمكانات الفولرينات عموما، وأثناء دهشتهم يتحدث بعضهم عن التطبيقات المستقبلية، ومنها استخدام الجزيء الأقل انتظاما من كرات البوكي، وهو الجزيء C70. إذ اتضح أن وضع طبقة رقيقة من هذه الجزيئات على سطح من السليكون، وتعريضها لغازي الميثان والهيدروجين الساخنين، يزيد من تحفيز نمو طبقة من الألماس، بمعدل ملايين المرات. ومثل هذه الطبقة الألماسية تصلّد أسطح العُدد والأدوات أو تستخدم في عزل الدوائر الإلكترونية الدقيقة عن بعضها البعض، ومن الممكن أيضا صنع الألماس من الفولرينات مباشرة , ولكن لم يتحقق هذا عمليا حتى الآن.

ولكن بعد كل تلك الخواص المدهشة والتطبيقات المفيدة للفوليرينات لا بد من الإشارة إلى أن العلماء لم يتوقفوا عند هذا الحد فما تزال الدراسات و البحوث قائمة من اجل البحث عن مزيد من الخواص الجديدة لهذه الجزيئات , و استخدامها في التطبيقات المختلفة بهدف خلق تكنولوجيا المستقبل الحديثة .

الفهرس :

الموضوع		الصفحة
_	صفحة الغلاف	1
_	المقدمة	3
أشكال عنصر الكربون و خواصه	الباب الأول	4
التعريف بعنصر الكربون وصفاته	الفصل الأول	4
تآصل الكربون	الفصل الثاني	4
قصة اكتشاف الفوليرين	الباب الثاني	6
بنية جزيء الفوليرين	الباب الثالث	8
تصنيف الفوليرينات	الباب الرابع	10
الفوليرينات الكروية	أولا	10
أنابيب الكربون الناوية	ثانياً	11
الأبصال الفوليرينية	ثالثاً	11
طرق اصطناع الفولرينات	الباب الخامس	12
خصائص وصفات الفوليرينات	الباب السادس	14
الخواص الفيزيائية	أولاً	14
الخواص البنيوية	ثانياً	15
تطبيقات الفوليرينات	الباب السابع	18
في مجال الطب	أولاً	18
في مجال الفضاء	ثانياً	19
في مجال الالكترونيات	ثالثاً	19
في مجال الصناعة	رابعاً	20
_	الخاتمة	21
_	الفهرس	22

فهرس الأشكال :

رقم الشكل	الموضوع	الصفحة
1	الفوليرين _ الغرافيت _ الألماس	5
2	القبة الجيوديسية	7
3	العلماء الثلاثة الذين اكتشفوا ال C_{60}	7
4	حلقات الكربون الخماسية و السداسية التي تكون الفوليرينات	8
5	جزيء الفوليرين الأول C_{60}	9
6	جزيء الفوليرين	10
7	كرة القدم	10
8	أصغر جزيء من الفوليرينات الكروية	11
9	أنابيب الكربون النانوية	11
10	البصلة النانوية (الفوليرينية)	11
11	طريقة التفريغ بالقوس الكهربائي	12
12	طريقة التذرية الليزرية	13
13	الأنواع الثلاثة لمحاور الدوران في جزيء C_{60}	15
14	مركبات الأقفاص الفوليرينية	17

المصادر و المراجع :

- *The fullerenes* الفولرينات ، الدكتور ابراهيم الغريبي ـكلية العلوم- جامعة دمشق.
- *ENCYCLOPEDIA*الموسوعة العربية الشاملة << المجلد السادس عشر << قسم الفيزياء و الكيمياء <<عنصر الكربون.
- كتاب " علم النانو " ، تأليف : الدكتورة المهندسة (خلـــود مـوصلـــي) باحث علمية وعضو هيئة تدريسية سابقة في الجامعات العربية ، موسكو *2010* .

- *FULLERENE 5 , Mircea V. Diudea.*
  Faculty of chemistry and chemical engineering
  Babes-Bolyai university, ROMANIA

- *Fullerene chemistry for materials science applications*
  J. Mater. Chem., 1997

- *Fullerenes, Nanotubes and Nobel Prizes ,Dr Jonathan Hare*
  The Creative Science Center, Sussex University. Vol. 115, No.8, September 2010

- *© 2007 Dove Medical Press Limited. All rights reserved*
  International Journal of Nanomedicine 2007:2(4) 639–649

- *PRISTINE C60 FULLERENES INHIBIT THE RATE OF TUMOR GROWTH AND METASTAS Experimental.*
  Oncology 33, 162–164, 2011 (September)
  S.V. Prylutska1, A.P. Burlaka2, Yu.I. Prylutskyy1, U.Ritter3, P. Scharff3.

- *Chemistry & Biology, Liposome Formulation of Fullerene-Based Molecular Diagnostic and Therapeutic Agents. Vol. 12, 1127–1135, October, 2005, © 2005 Elsevier Ltd. All rights reserved. DOI 10.1016/j.chembiol.2005.08.014 .*

- *Medicinal applications of fullerenes.*
  © 2007 Dove Medical Press Limited. All rights reserved
  International Journal of Nanomedicine 2007:2(4) 639_649.

- *Structure, properties and applications of fullerenes*
  International Journal of Nanotechnology and Applications
  ISSN 0973-631X Volume 2, Number 1 (2008), pp. 15–24 ,
  © Research India Publications
  written by : B.C. Yadav and Ritesh Kumar ,
  Email : balchandra_yadav@rediffmail.com

- *CARBON NANOTUBES , First edition 1996*
  Edited by:
  MORINUBO ENDO ,Shinshu University, Japan
  SUM10 IIJIMA , NEC, Japan
  MILDRED S. DRESSELHAUS .

- *A National Historic Chemical Landmark The Discovery of Fullerenes.*
  October 11, 2010 , ***American Chemical Society.***

- *Carbon Materials for Advanced Technologies*
  Edited by:
  Timothy D. Burchell.
  Oak Ridge, National Laboratory , TN 37831 -6088 U.S.A.

❖ ***Electronic and Optical Properties of Fullerene Nanostructures.***

© Yu.I. Prilutski, S.S. Durov .
Kiev Shevchenko University, 252033 Kiev, Ukraine.
E-mail: prilut@o_ce.ups.kiev.ua.