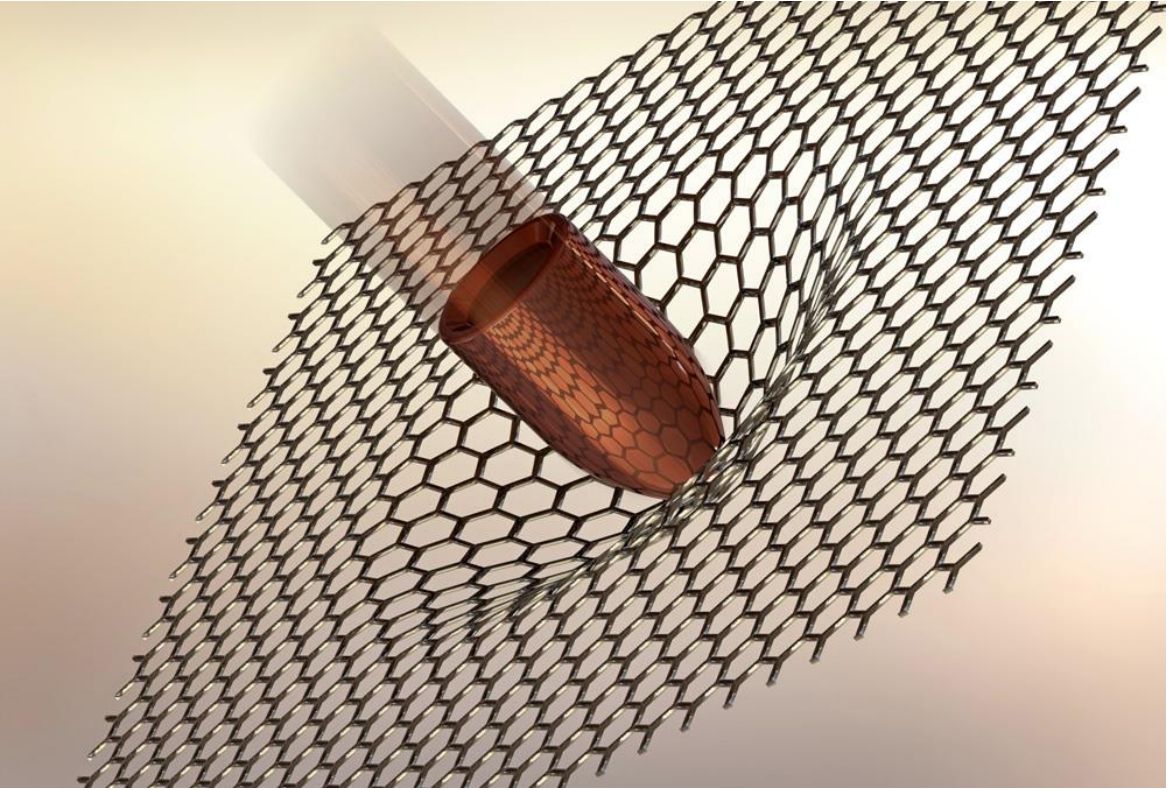


الغرافين مادة المستقبل



الدكتور المهندس

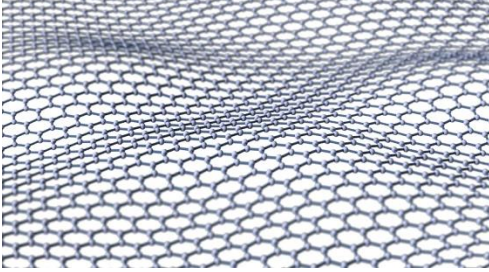
محمد علي السيد علي

2017



الغرافين، مادة نتعامل معها يومياً في الكثير من المواضع، حيث نجدها في نواة قلم الرصاص (متجمعة على شكل طبقات عديدة فوق بعضها تسمى "الغرافيت").

ما هو الغرافين Graphene ؟



الغرافين مادة بلورية مركبة من ذرات الكربون C على شكل سداسي، أي أن بنيتها البلورية سداسية (على شكل قرص العسل)، وتعتبر من أهم المواد ثنائية البعد 2D (مكونة من طبقة ذرية واحدة)، لذا تعد أرق مادة على وجه الأرض. من المواد الأخرى 2D (نتريد البور والفسفات الأسود)¹.

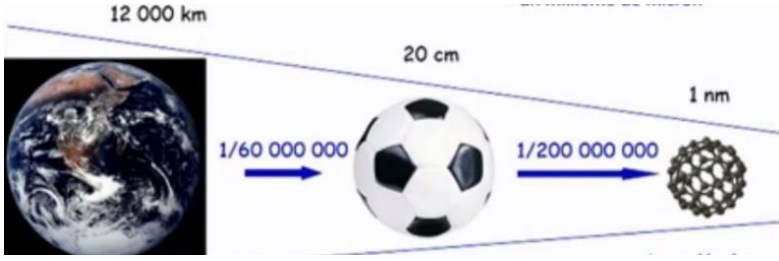
لماذا نعتبر الغرافين مادة مهمة جداً ولها مستقبل واعد ؟

نبيّن الجواب في الفقرات التالية:

- I- التقانة النانوية.
- II- من الكربون وصولاً إلى الغرافين.
- III- قصة الغرافين.
- IV- كيف يتم تصنيع الغرافين.
- V- بعض التطبيقات و الأبحاث على الغرافين.

¹ Mohamed-Ali Alsayed-Ali, [C-Nanoparticles Laser desorption ionization to produce heavy cations](#), LAMBERT, Germany, 2010.

I- التقانة النانوية Nanotechnology:

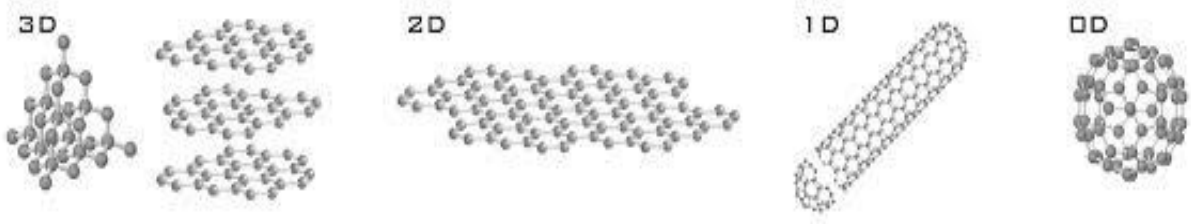


كلمة نانو مشتقة من الكلمة الإغريقية (Nanos) وتعني القزم أو الشيء الصغير جداً، الشكل (1). إن أخذنا شعرة وهي أصغر شيء يمكن تمييزه بالعين المجردة، يكون النانو أصغر منها بـ 100000 مرة².

الشكل (1): المتعارف عليه اليوم بكلمة نانو هو الجزء من مليار جزء، أي 10^{-9} .

الجسيم النانوي Nano Object: هو جسيم أحد أبعاداً من مرتبة النانو متر، وتتغير مواصفاته حسب هذا البعد. للجسيم النانوي عدة أنواع³، الشكل (2):

1. جسيم نانوي بعده **0D**: يكون إما جسيم نانوي أو جزيء نانوي.
2. جسيم نانوي بعده **1D**: يكون على شكل أنبوب أو ليف.
3. جسيم نانوي بعده **2D**: يكون على شكل أغشية أو سطوح أو أفلام رقيقة (بسمائة طبقة ذرية واحدة).



الشكل (2): أنواع الأجسام النانوية.

عندما يصبح أحد أبعاد المادة من رتبة النانومتر، يظهر ما يسمى بـ **أثر البعد**، ومنه:

² <http://www.syr-res.com/article/2566.html>

³ ALSAYED-ALI Mohamed-Ali, Mécanisme ionique de formation des nanoparticules, Editions universitaires européennes, France, 2011.

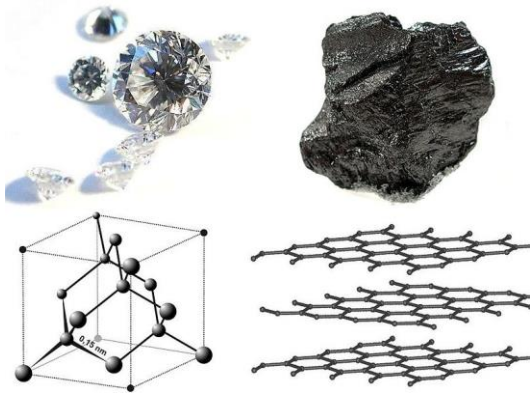
1. تتغير المواصفات الفيزيائية (مثال: درجة حرارة الإنصهار لسلك نحاسي قطره نانوي هي أقل بـ 350°C من درجه حرارة الإنصهار لمادة النحاس المعروفة و هي بحدود 1000°C)
2. تتغير المواصفات الكيميائية، وعموماً تزداد الفعالية والنشاط الكيميائي للمواد النانوية.
3. الظواهر الكوانتية: تتغير المواصفات الإلكترونية والضوئية ويظهر مفعول إنحصار الذرات في حيز ضيق .Confinement

الأجسام النانوية هي الأفضل لـ :

- 1- مزوجة المواصفات الكهربائية والميكانيكية والحرارية.
- 2- الربح في الوزن والحجم والأداء واستهلاك الطاقة.
- 3- تطوير الوظائف لمنظومات الكشف والتحسس والقياس، ... إلخ
- 4- الحصول على خصائص جديدة للمادة تتعلق بالبعد النانوي.

سنجد العديد من هذه المواصفات المتعلقة بالبعد النانوي في مادة الغرافين.

II- من الكربون وصولاً إلى الغرافين:



يأخذ الكربون شكلين بلوريين في حالته الطبيعية، هما: الألماس والغرافيت، الشكل (3). الغرافيت أسود قاتم هش وأما ألماس فهو صلب وشفاف.

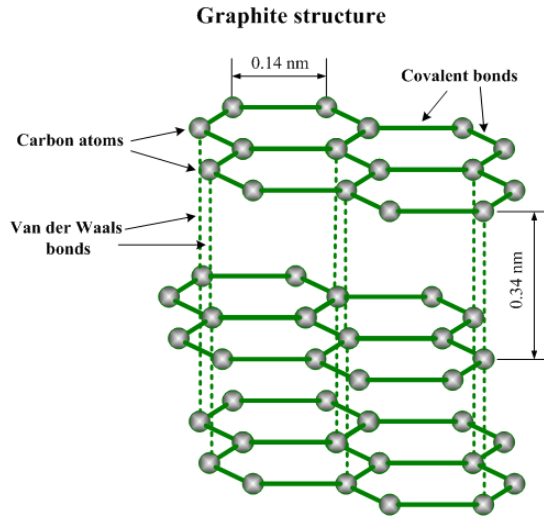
يتشكل الألماس والغرافيت والغرافين من ذرات الكربون، ويبقى الإختلاف بينهم من حيث البنية البلورية، التي تعتبر السبب الوحيد لاختلاف المواصفات في ما بينهم،

كما سنجد في الفقرات الثلاثة الآتية.

(b) (a)

الشكل (3) : البنية البلورية

للغرافيت (a) والألماس (b).



الغرافيت Graphite:

الغرافيت كلمة أغريقية تعني الكتابة، ويتشكل من ذرات الكربون المترابطة في المستوي بشكل قوي، بروابط تشاركية

Covalent bonds

C-C=0,14nm

وبين المستويات بروابط أضعف، روابط فاندرالس

Waals bonds C-C=0,34nm

الشكل (4).

الشكل (4): بنية الغرافيت.

مواصفات الغرافيت:

المواصفات الكهربائية:

الناقلية الكهربائية للغرافيت عائدة للروابط بين المستويات، وفيه المجال المحظور للناقلية تقريباً معدوم، لذلك يعتبر شبه معدن.

المواصفات الحرارية:

الغرافيت مستقر حتى $3000\text{ }^{\circ}\text{C}$

المواصفات الميكانيكية:

معامل المرونة في المستوى 1000Gpa (بينما هي للنحاس 900Gpa و للألمنيوم 600Gpa)، وخارج المستوى 4Gpa
معامل التمدد في المستوى أقل بـ 30 مرة منه خارج المستوى.

مواصفات أخرى:

حساس للإضطرابات في البنية وللإضافات الكيميائية.

وزنه النوعي 2.2

الألماس Diamond:



فلز يتركب من كربون حر C، عديم اللون أو بألوان متباينة، شفاف أو عاتم. إن خصائص وصفات الألماس المميّزة الأربعة (اللون، الوزن، الوضوح، القطع) هي بغاية الأهمية وعليها يُقدّر ثمنه وقيّمته الجمالية.

المواصفات الكهربائية:

بعض أنواع الألماس عبارة عن عازل جيد للكهرباء (Electrical insulators)، مجال مقاومته ($10^{11} - 10^{18}\ \Omega\cdot\text{m}$).

المواصفات الحرارية:

موصل جيد للحرارة (Thermal conductors)، على عكس أغلب العوازل الكهربائية، بسبب الروابط التشاركية القوية بين ذرات الكربون والتشتت القليل للفونونات فيه، قيمة الناقلية الحرارية للألماس تبلغ $22\ \text{W}/(\text{cm}\cdot\text{K})$ وهي بحدود خمسة أضعافها للنحاس.

يتأكسد الألماس بوجود الأكسجين إذا سخن إلى ما فوق $700\text{ }^{\circ}\text{C}$.

المواصفات الميكانيكية:

يفوق في قساوته جميع المواد المتوافرة في الطبيعة.

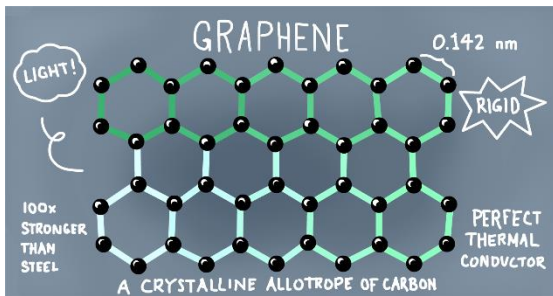
مواصفات أخرى:

وزنه النوعي 3.52

خامل كيميائياً ولا يذوب أو يتأثر بالأحماض أو القلويات وعند احتراقه بدرجات عالية جداً فإنه يتحول إلى ثاني أكسيد الكربون.

معامل الإنكسار الضوئي (refractive index) عالي جداً (2.417)، ومعامل التشتيت (moderate dispersion) معتدل (0.044).

الغرافين:



مواصفات الغرافين مشتقة من مواصفات الغرافيت العائدة للروابط في المستوي، وتتغير أحياناً نظراً لكونه جسم نانوي 2D.

المواصفات الكهربائية والإلكترونية:

العصابات الطاقية في بنية الغرافين تشكل مخروط ديراك (عصابة التكافئ و عصابة الناقلية) لذلك تكون العلاقة بين طاقة

الإلكترون والعزم الحركي علاقة خطية وليس من الدرجة الثانية كالعادة، وفيه تتحرك الإلكترونات بدون كتلة وبسرعة ثابتة مقدارها 10^3 Km/s ⁴.

الشكل (5).



كثافة الحالات الإلكترونية معدومة في مستوي فيرمي للطاقة

الشكل (5) : العصابات الطاقية في بنية الغرافين تشكل مخروط ديراك.

تم إثبات ما سبق تجريبياً عبر مفعول الإصدار الكهروضوئي، ذلك بتعريض الغرافين لحزمة أشعة فوق بنفسجية وتجميع الإلكترونات الصادرة عنه، لنجد مواصفات ناقلية كهربائية مميزة للغرافين ضمن حقل مغناطيسي.

⁴ <http://www.espace-sciences.org/conferences/mardis-de-l-espace-des-sciences/le-graphene-un-materiau-miracle>

فالغرافين يمتاز بقدرته على التوصيل الكهربائي دون مقاومة عالية فكفاءته في نقل الكهرباء ككفاءة النحاس.

المواصفات الحرارية:

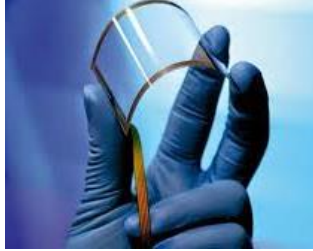
الغرافين موصل فائق للحرارة.

المواصفات الميكانيكية⁵:

قوة الرابطة بين ذرات الكربون في الغرافين $C-C=0,14nm$

إجهاد القطع لمادة الغرافين يساوي $42N/m$ ما يكافئ وزن 2 طن مطبق على $1mm$

معامل المرونة للغرافين $1000Gpa$

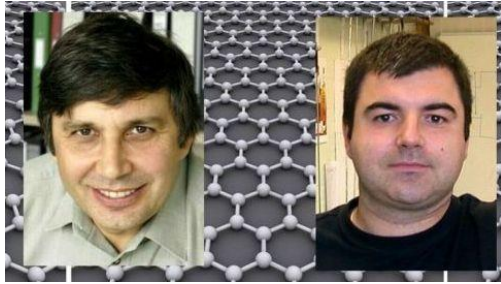


الروابط القوية الموجودة بين ذرات الكربون في الغرافين هي روابط مرنة جداً أيضاً، إذ يمكن شد وطي صفيحة الغرافين إلى حدود معينة دون أن تتحطم، مما يعني أن الغرافين مادة قابلة للحنى وللتمديد⁶.

مواصفات أخرى:

فائق الشفافية حيث يمتص $2,3\%$ من الضوء المرئي المار عليه ويفقد هذه الشفافية عند تعرضه لإجهاد.

III- قصة الغرافين:



قام العالمان (Kostya Novoselov, James Hone) بفصل مستوي واحد من الغرافيت للحصول على الغرافين، بتقنية غير معقدة باستعمال لاصق و بتكرار العملية لصق وفك اللاصق، توضع مستويات الغرافين على اللاصق، ومن ثم نقلو هذه المستويات إلى ركيزة سيليسيوم لدراستها بالمجهر الضوئي والمجهر

الإلكتروني وتحققا من استقرار الغرافين عبر أخذه لشكل متموج، واستمرا بدراسة الغرافين باستعمال المجهر النفقي، ليحصلوا بذلك على جائزة نوبل في الفيزياء عام 2010 عن عملهم هذا⁷.

⁵ Mechanical and electrical properties of graphene sheets, A Dissertation Presented to the Faculty of the Graduate School of Cornell University by Joseph Scott Bunch May 2008

⁶ <https://nasainarabic.net/education/articles/view/what-is-graphene-heres-what-you-need-to-know-about-a-material-that-could-be-the-next-silicon>

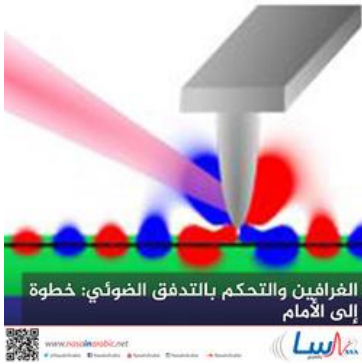
⁷ <https://en.wikipedia.org/wiki/Graphene>

IV- كيف يتم تصنيع الجرافين ؟

هناك بعض التقنيات الناشئة لتصنيع الجرافين مثل التدوير (Roll-to-Roll) والترسيب البخاري (Vapor Deposit) والطريقة التي ذكرناها سابقاً "تقنية اللاصق". لكنها لا تزال غير جاهزة تماماً وغير مناسبة لصناعة شاشة جهاز هاتف محمول مثلاً. كما أن الباحثون بحاجة إلى الاستمرار في العمل على تحسين شفافية وموصلية الجرافين⁸.

V- بعض التطبيقات والأبحاث على الجرافين:

1. يستعمل الجرافين بسبب قساوته ومرونته لصناعة السترات الواقية من الرصاص.
2. يستطيع الجرافين زيادة سرعة انتقال البيانات بشكل كبير أي مضاعفة سرعة الأنترنت عدة مرات.
3. الجرافين لتشكيل جلد صناعي.
4. يمكن تصنيع حساسات من الجرافين تمتاز بقابلية الضبط والحساسية العالية⁹.
5. الجرافين والتحكم بالتدفق الضوئي¹⁰
6. تكنولوجيا الجرافين لتطوير مصباح ضوء رقيق¹¹
7. طبقات سائلة من الجرافين للحصول على جرافين أكبر بمدة زمنية أقصر¹²
8. الجرافين المشوب موصل فائق¹³
9. الجرافين المغناطيسي¹⁴
10. الجرافين لزيادة معدل تشتيت الحرارة إلى أربع أضعاف¹⁵.
11. رقائق الجرافين لتصميم أجهزة إرسال فوق صوتية¹⁶
12. التعلق بالفونونات¹⁷



⁸ <https://nasainarabic.net/education/articles/view/what-is-graphene-heres-what-you-need-to-know-about-a-material-that-could-be-the-next-silicon>

⁹ <https://nasainarabic.net/main/articles/view/graphene-based-sensor-tunable-highly-sensitive>

¹⁰ <https://nasainarabic.net/main/articles/view/graphene-plasmons>

¹¹ <https://nasainarabic.net/main/articles/view/graphene-bright-world-thinnest-lightbulb>

¹² <https://nasainarabic.net/main/articles/view/faster-larger-graphene-liquid-layer>

¹³ <https://nasainarabic.net/main/articles/view/decorated-graphene-is-a-superconductor>

¹⁴ <https://nasainarabic.net/main/articles/view/synopsis-magnetic-graphene>

¹⁵ <https://nasainarabic.net/main/articles/view/graphene-layer-quadruple-condensation>

¹⁶ <https://nasainarabic.net/main/articles/view/graphene-sheets-enable-ultrasound-transmitters>

¹⁷ <https://nasainarabic.net/main/articles/view/phonons-group-graphene-vibrations>