

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الفيزياء



مذكرة

ماستر أكاديمي

مجال: علوم المادة

فرع: فيزياء

تخصص: فيزياء المواد

من إعداد : كانون رانيا، جغويي نجاة

بعنوان:

تحضير الجرافين ودراسة بعض خصائصه

نوقشت يوم : 29 / 09 / 2020

أمام لجنة المناقشة :

د. معريف يسين	أستاذ محاضر (أ)	جامعة ورقلة	رئيسا
د. بن طويلة عمر	أستاذ محاضر (أ)	جامعة ورقلة	مناقشا
أ. د. باباحزي أم الخير	أستاذ تعليم عال	جامعة ورقلة	مشرفا
د. لمقدم سومييه	أستاذ محاضر (ب)	جامعة ورقلة	مساعد مشرف

الموسم الجامعي : 2020/2019

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته



الأهداء

أهدي ثمرة جهدي إلى من قال عز وجل فيهم :

" وقضى ربك ألا تعبدوا إلا إياه و بالوالدين إحسانا "

إلى من وهبني كل ما يملك حتى أحقق له آماله، إلى من كان يدفعني قدما نحو الأمام لنيل المبتغى، فحلم أن يراني في مثل هذا اليوم أطل الله في عمرك.

والدي الغالي

إلى الشمعة التي أنارت طريقي فكان دمانها سر نجاحي، إلى من ارتحت كلما تذكرت ابتسامتها إلى نبع الصبر والعنان أطل الله في عمرك لتري ثمارا حان قطافها.

أمي الحبيبة

إليهما أهدي هذا العمل المتواضع لأدخل على قلوبهما شيئا من السعادة.
إلى من شاركوني حزن الأم، إلى أنسي الذين سعدت برفقتهم في هذه الحياة

أختي ملاك

إخوتي *محمد* رضوان *أسامة*

حفظهم الله ورعاهم.

إلى من كانوا معي على طريق الخير والنجاح إلى من عرفتك كيف أجدهم وعلموني أن لا أضيعهم :
إلى: صهيب ، إلى : ازدهار، حنين، خوله.

إلى كل زملائي وأصدقائي دفعة 2020 دون استثناء إلى كل هؤلاء أهدي ثمرة جهدي.



الإهداء

إلى من أفضلها على نفسي، التي ضحت من

أجلي ولم تدخر جهدا في سبيل إسعادي على الدوام بعد المولى

عز وجل "أمي الغالية".

إلى من كان سندا وظهرا يحميني في الحياة

"أبي العزيز".

إلى بلسم روحي وأطيب إنسانة وأغلاها على قلبي "جدتي الحبيبة".

إلى من كان لهم بالغ الأثر في حل الكثير من العقبات والصعاب التي كانت في دربي "أشقائي الأبناء".

إلى الذين أشهد لهم بأنهم نعم الرفقاء لي "أصدقائي".

إلى من لم يتوانوا يوما من مد يد العون لي "أساتذتي الكرام"

إلى كل من منحني الكثير من الطاقة الايجابية "أعضاء نادي ابن

الهيثم للفيزياء".



قال صلى الله عليه وسلم

"من لا يشكر الناس لا يشكر الله"

الحمد لله الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدي لولا أن هدانا الله، الحمد لله على إحسانه والشكر لله على توفيقه والصلاة والسلام على رسول الله.

بعد رحلة بحث واجتهاد مرت بصعوبات وعوائق نذكر إحدى أسبابها جائحة كورونا، تم إنجاز هذا العمل المتواضع الذي يعد من فيض ذرة، ليكون لنا بطاقة في أوردة الزمن ونسكب به في أذن المستقبل علما نافعا، واجين من المولى عز وجل التوفيق والسداد والنجاح لكل من طرق بابا يطلب فيه علما لينير به أمة.

نتقدم أولا وأخرا بالشكر لله عز وجل الذي بنعمته تتم الصالحات، ولنا الشرف أن نتقدم بأسمى عبارات الشكر والعرفان لأهل الفضل الذين قدموا لنا يد المساعدة لإتمام هذا العمل ونخص بالذكر الدكتورة المحترمة "بابا حني أم الخير" على قبولها الإشراف واقتراحها لنا هذا الموضوع القيم، وعلى توجيهاتها التي لا تقدر بثمن.

نتقدم في هذا المقام بخالص الشكر والتقدير إلى من كانت لنا عوننا في إنجاز مذكرتنا الأستاذة "سومية لمقدم"، ونتوجه بجزيل الشكر إلى الأستاذ "معريف يسين" لرؤسه اللجنة، كما نتوجه بجزيل الشكر والتقدير إلى الأستاذ "بن طويلة عمر" و نتمنى أن يفيدونا بأرائهم القيمة.

وتحية طيبة إلى اللجنة التي تكرمنا بمناقشة مذكرتنا، والشكر موصول إلى كل أعضاء فريق البحث بمخبر الإشعاع والبلازما وفيزياء السطوح بقسم الفيزياء.

"رب أوزعني أن أشكر نعمتك التي أنعمت علي و على والديا وان العمل صالحا ترضاه وأدخلني

برحمتك في عبادك الصالحين"

فهرس المحتويات

أ	فهرس المحتويات
د	فهرس الجداول
هـ	فهرس الأشكال
1	المقدمة العامة
	الفصل الأول : دراسة نظرية حول الجرافين و خصائصه
2	I. المقدمة
2	1.I. الكربون
3	2.I. الجرافين
4	1.2.I. قوى فان درفالز
4	3.I. بنية الجرافين
4	1.3.I. البنية البلورية
5	2.3.I. البنية الإلكترونية
6	4.I. تقنيات إنتاج الجرافين
7	1.4.I. تقنية التقشير الميكروميكانيكية (Exfoliation micromécanique)
8	2.4.I. تقنية الترسيب الكيميائي للطور البخاري (Chemical Vapor Déposition)
8	3.4.I. تقنية اختزال أكسيد الجرافين (Réduction d'oxyde de graphène)
9	4.4.I. تقنية فتح الأنابيب النانو كربونية (Ouverture de nanotubes d carbones)
10	5.I. خصائص الجرافين
12	6.I. تطبيقات الجرافين
	الفصل الثاني : طرق تحضير الجرافين وأجهزة المعاينة
14	II. مقدمة
14	1.II. الطرق التجريبية لتحضير الجرافين
14	1.1.II. تحضير الجرافين تجريبيا بتقنية التقشير الميكانيكي
14	1.1.1.II. أقلام الرصاص
15	2.1.1.II. تحضير مسحوق الجرافيت
15	3.1.1.II. الخطوات التجريبية لتقنية التقشير بالشريط اللاصق
17	2.1.II. تحضير الجرافين بطريقة التحليل الكهربائي
17	1.2.1.II. مفهوم التحليل الكهربائي

فهرس المحتويات

18	2.2.1.II. أهمية التحليل الكهربائي
18	3.2.1.II. مبدأ تقنية التحليل الكهربائي
18	4.2.1.II. الخطوات العملية لتجربة التحليل الكهربائي
19	3.1.II. تحضير الجرافين بطريقة التقشير السائل
19	1.3.1.II. مفهوم التقشير السائل
19	2.3.1.II. مبدأ تقنية التقشير السائل
20	3.3.1.II. الخطوات التجريبية لتقنية التقشير السائل بالخلاط
21	4.1.II. تحضير الجرافين باستخدام آلة التغليف الحراري
21	1.4.1.II. مفهوم التغليف الحراري
22	2.4.1.II. جهاز التغليف الحراري
22	1.2.4.1.II. جهاز التغليف الحراري a4
22	3.4.1.II. أوراق التغليف الحراري
23	4.4.1.II. الخطوات العملية لتجربة التغليف الحراري
23	2.II. القواعد الزجاجية (الركيزة)
24	1.2.II. كيفية تنظيف القواعد الزجاجية (الركيزة)
24	3.II. أجهزة المعاينة والتركيب التجريبي
25	1.3.II. المجهر الضوئي
25	1.1.3.II. مبدأ عمل المجهر الضوئي
25	2.3.II. الخصائص الضوئية
26	1.2.3.II. مطيافية الأشعة فوق البنفسجية - المرئية
26	2.2.3.II. مبدأ عمل جهاز الأشعة فوق البنفسجية - المرئية
27	3.3.II. الأشعة تحت الحمراء IR
28	1.3.3.II. مبدأ مطيافية الأشعة تحت الحمراء
28	2.3.3.II. مبدأ عمل جهاز IR
	الفصل الثالث : تحضير شرائح الجرافين ودراسة خصائصه
30	III. المقدمة
30	1.III. مناقشة وتحليل نتائج تجربة التحليل الكهربائي لتحضير الجرافين
30	1.1.III. الملاحظات والتفسير العلمي لها
33	2.1.III. نواتج تجربة التحليل الكهربائي

فهرس المحتويات

33	2.III. تحديد خصائص طبقة الجرافين المحضرة
33	1.2.III. الخصائص الضوئية
34	1.1.2.III. الامتصاصية
34	2.1.2.III. مناقشة وتحليل نتائج العينة G1
35	3.1.2.III. مناقشة و تحليل نتائج العينة G2
36	4.1.2.III. مقارنة نتائج العينتين
37	2.2.III. نتائج قياس طيف الأشعة تحت الحمراء FTIR
38	1.2.2.III. تحليل و مناقشة نتائج مطيافية FTIR
39	3.2.III. الخصائص الكهربائية
40	1.3.2.III. الناقلية الكهربائية
40	2.3.2.III. مناقشة نتائج قياس الناقلية
41	الخلاصة العامة
	قائمة المراجع

فهرس الجداول

	<u>الفصل الثاني : طرق تحضير الجرافين وأجهزة المعاينة</u>
14	الجدول (1.II) : ألوان واستخدامات قلم الرصاص
18	الجدول (2.II) : مستلزمات تجربة التحليل الكهربائي
20	الجدول (3.II) : المواد اللازمة لتجربة التقشير السائل و دورها
22	الجدول (4.II) : الأدوات والمواد المستعملة في تجربة التغليف الحراري
	<u>الفصل الثالث : تحضير شرائح الجرافين ودراسة خصائصه</u>
39	الجدول (1.III) : الروابط المستخرجة من تحليل طيف الجرافين وترددتها

فهرس الأشكال

	الفصل الأول : عموميات حول الجرافين ودراسة بعض خواصه
2	الشكل (1.I) : صور الكربون
3	الشكل (2.I) : صورة للعالمين "جيم" و"نوفوسيلوف"
3	الشكل (3.I) : بنية الجرافين
5	الشكل (4.I) : أبعاد خلية الجرافين
6	الشكل (5.I) : البنية الإلكترونية للجرافين
6	الشكل (6.I) : (A) بنية الجرافين، (B,C) المواد النانوكربونية، (D) الجرافيت
7	الشكل (7.I) : تقنية التقشير المايكروميكانيكية
8	الشكل (8.I) : غرفة الترسيب الكيميائي للطور البخاري (CVD)
9	الشكل (9.I) : تشكل الجرافين من أكسيد الجرافيت
9	الشكل (10.I) : تشكل الجرافين من الأنابيب النانوكربونية
11	الشكل (11.I) : نظرة عامة حول تطبيقات الجرافين
	الفصل الثاني : طرق تحضير الجرافين وأجهزة المعاينة
15	الشكل (1.II) : صورة ملتقطة توضح أول خطوة
16	الشكل (1.1.II) : التقشير بالشريط للمرة الأولى
16	الشكل (2.1.II) : تكرار عملية التقشير بالشريط اللاصق
16	الشكل (3.1.II) : نقل العينة إلى الركيزة
17	الشكل (2.II) : عملية التحليل الكهربائي
19	الشكل (3.II) : البروتوكول التجريبي لتحضير الجرافين بالتحليل الكهربائي
20	الشكل (4.II) : تقشير الجرافيت باستخدام الخلاط الكهربائي
21	الشكل (5.II) : خطوات تحضير الجرافين بتجربة الخلاط الكهربائي
22	الشكل (6.II) : ورق وجهاز التغليف الحراري a4
23	الشكل (7.II) : الحصول على الجرافين بتجربة التغليف الحراري
24	الشكل (8.II) : صورة توضح الركائز الزجاجية
26	الشكل (9.II) : رسم تخطيطي لجهاز التحليل الطيفي ثنائي الحزمة
27	الشكل (10.II) : جهاز التحليل الطيفي (UV-Vis)

28	الشكل (11.II) : امتصاص الأشعة تحت الحمراء
29	الشكل (12.II) : جهاز مطيافية ما تحت الحمراء ولواحقه
	الفصل الثالث: تحضير شرائح الجرافين ودراسة خصائصه
34	الشكل (1.III) : تغيرات طيف امتصاص العينة الأولى للجرافين بدلالة الطول الموجي
35	الشكل (2.III) : تغيرات طيف امتصاص العينة الثانية للجرافين بدلالة الطول الموجي
36	الشكل (3.III) : تغيرات طيفي امتصاصية الجرافين بدلالة الطول الموجي
37	الشكل (4.III) : صورة ملتقطة لعينة من الجرافين بتقنية التقشير الميكانيكي
38	الشكل (5.III) : طيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء للجرافين
40	الشكل (6.III) : قياس المقاومة لعينة من الجرافين التغليف الحراري



المقدمة العامة

المقدمة العامة :

لا يزال العلم يدنو بخطاه اتجاه اكتشاف مواد جديدة ذو خصائص فريدة و استثنائية، وفي عملنا هذا سنتناول إبداع إحدى تلك الخطى والتي يطلق عليها بثورة المستقبل إنها مادة الجرافين. الجرافين أفق في علم المواد وفي علم الفيزياء المكتفة لما له من خصائص مميزة جعلته محط اهتمام الكثير من الباحثين و الصناعيين، تم عزل الجرافين من الجرافيت لأول مرة عام 2004 م. الجرافين طبقة رقيقة ثنائية الأبعاد مكونة من ذرات الكربون النقية فقط مرتبة في شبكة سداسية منتظمة.

إن تطور الأبحاث في دراسة الجرافين دفعت الباحثين إلى استحداث طرق تحضير جديدة و تطوير طرق أكثر دقة في دراسة خواصه، سنتطرق إلى بعض الطرق في هذه المذكرة و التي قمنا بتقسيمها إلى ثلاث فصول :

الفصل الأول : تناول دراسة نظرية لأهم المعلومات والمفاهيم حول مادة الجرافين و إبراز ما تتميز به. يلي ذلك تسليط الضوء على بعض خواصها المختلفة منها الفيزيائية و الضوئية و غيرها.

الفصل الثاني : يعتبر بداية الجزء العملي وفيه يتم القيام بسلسلة من التجارب لتحضير طبقة من الجرافين. يتم تقديم مجموعة من الأفكار حول طرق معاينة خواص المادة كاستخدام جهاز تحليل الأشعة فوق البنفسجية وجهاز التحليل بالأشعة تحت الحمراء.

الفصل الثالث : نعرض فيه محصلة للعمل التجريبي واهم ما تم انجازه فهو يضم النتائج المتحصل عليها و مناقشتها.

أنهينا هذا العمل بخلاصة أوجزنا فيها أهم النتائج التي تحصلنا عليها.



الفصل الأول

دراسة نظرية حول الجرافين وخصائصه

I. مقدمة :

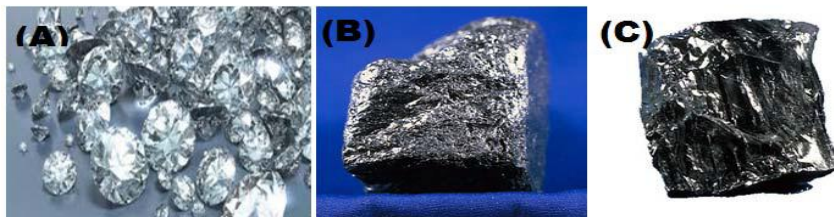
حظيت مادة الجرافين مؤخرا باهتمام كبير من طرف الكثير من العلماء و هذا نظرا لما تتميز به هذه المادة من خصائص استثنائية، سنتطرق في هذا الفصل إلى التعرف على الجرافين ودراسة بعض خصائصه و طرق تحضيره و كذا تطبيقاته في مختلف المجالات.

1.I. الكربون:

يعرف الكربون بأنه أحد العناصر الكيميائية، الذي يرمز له بالرمز " C " و هو أحد عناصر المجموعة 14 في الجدول الدوري.

من بين صور الكربون المتواجدة في الطبيعة :

- ❖ صورة صلبة و شفافة هي الألماس بحيث كل ذرة كربون ترتبط ب 4 ذرات C الشكل (A).
 - ❖ صورة سوداء هي الجرافيت حيث تتوضع فيها ذرات الكربون في شكل سداسي متراس حيث كل ذرة ترتبط ب 3 ذرات "C" فقط الشكل (B).
 - ❖ صورة الفحم هو شكل غير متبلور من الكربون يستخدم كوقود منذ العصور القديمة الشكل (C).
- يكنم الاختلاف بين صورالكربون في الترتيب الذري و تعديل خصائصه، فتعدد الأشكال والأصل واحد.

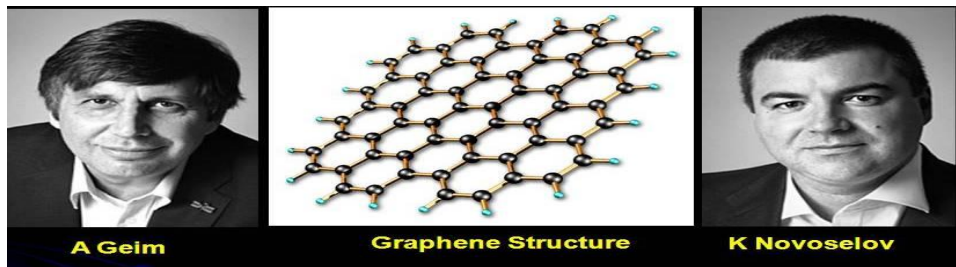


الشكل (1.I) : صور الكربون [1].

2.I. الجرافين :

في عام 2004 م قام العالمان "كوستيا نوفوسيلوف" و "اندرية جيم" في جامعة مانشستر البريطانية بتفحص قطعة من شريط لاصق استخدمت لاستخراج طبقة رقيقة من لوح الجرافيت فاكتشفوا مادة جديدة أطلق عليها بثورة المستقبل إنها مادة الجرافين.

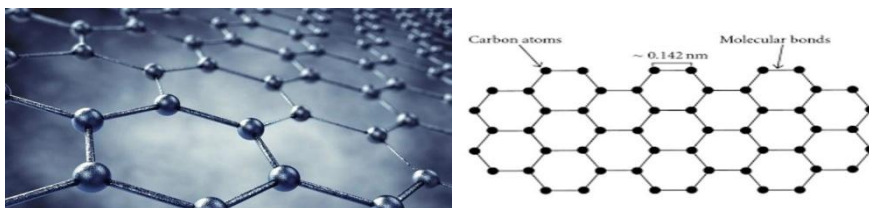
نال كل من العالمين جائزة نوبل في الفيزياء عام 2010 م تقديرا لأبحاثهما على الجرافين، حيث تمكنا من الحصول على الخصائص التي تميزه عن بقية المعادن الأخرى كالنحاس و الألماس... الخ [2].



الشكل (2.I) : صورة للعالمين " جيم" و " نوفوسيلوف" [3].

يعرف الجرافين بأنه احد المواد المتأصلة للكربون، وهو مادة أحادية الطبقة المستوية ذات التهجين الإلكتروني : SP^2 ، و ينتمي إلى فئة الشبكات البلورية ثنائية البعد (2D) [4]. يتألف الجرافين من ذرات الكربون النقية فقط المرتبطة مع بعضها بنظام معين، تترتب هذه الذرات في نمط سداسي منتظم يشبه بيوت النحل المتراسة [4].

يعد الجرافين وحدة أساسية في بناء مادة الجرافيت (SP^3)، إلا أن بنيته الإلكترونية تختلف عن بنية الجرافيت، و الجرافين أحد المواد النانو كربونية [5]. كما هو موضح في الشكل (3.I) :



الشكل (3.I) : بنية الجرافين [5].

نحصل على مادة الجرافيت (المادة الموجودة في قلم الرصاص) انطلاقاً من توضع العديد من

مستويات الجرافين فوق بعضها و هو مادة ثلاثية الأبعاد.

ترتبط مستويات الجرافين بقوى فان در فالز الضعيفة لتشكيل الجرافيت [5].

1.2.I. قوى فان در فالز:

بالإنجليزية « van der waals force » : هي قوى التأثيرات المتبادلة بين جزيئات المادة

الواحدة المتعادلة كهربائياً، تظهر هذه القوى عندما لا توجد قوى أخرى أعظم قيمة منها فتطغى عليها، و

تنشأ هذه القوى بين الذرات أو الجزيئات مثل : ذرات الغازات الخاملة (Ar, Ne, Kr) و الجزيئات مثل :

(O_2, N_2, CH_2, H_2, CO) تعتبر مهملة في المعادن، إلا أنها تعد قوى كهربائية ضعيفة جداً [6].

3.I. بنية الجرافين:

1.3.I. البنية البلورية :

الجرافين مادة بلورية ذات بعد ثنائي تتألف من ذرات الكربون، ترتبط الذرات فيما بينها بروابط

تساهمية تحوي الخلية الواحدة للجرافين على صنفين من الذرات A و B، تقع على مسافة

$a_{C-C} = 1.42 \text{ \AA}$ و هي مكونة من شبكتين ثلاثيتين متطابقتين كما يبينه الشكل (4.I).

متجه الشبكات في الفضاء المباشر معرف كالتالي [7]:

$$a_2 = \frac{a_{C-C}}{2}(3\vec{i}, -\sqrt{3}\vec{j}) \text{ و } a_1 = \frac{a_{C-C}}{2}(3\vec{i}, \sqrt{3}\vec{j})$$

و ثوابت الشبكة في الفضاء العكسي :

$$\| \vec{k}_1 \| = \| \vec{k}_2 \| = a = 2.456 \text{ \AA}^{-1}$$

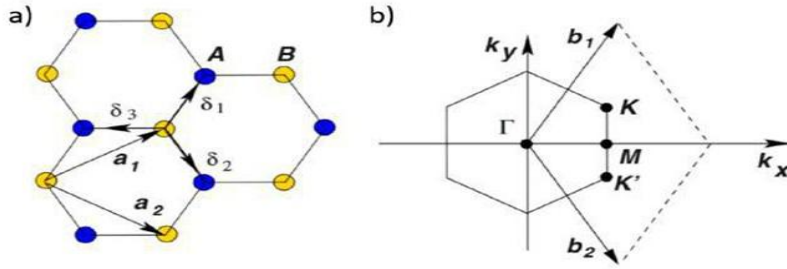
و في المستوى يتم تعريف المتجهات :

$$b_1 = \frac{2\pi}{3a_{c-c}} (1\vec{i}, \sqrt{3}\vec{j}) \text{ و } b_2 = \frac{2\pi}{3a_{c-c}} (1\vec{i}, -\sqrt{3}\vec{j})$$

و لدينا متجه الوحدة K و K' :

$$\vec{k}' = \left(\frac{2\pi}{3a_{c-c}}, -\frac{2\pi}{3\sqrt{3}a_{c-c}} \right) \text{ و } \vec{k} = \left(\frac{2\pi}{3a_{c-c}}, \frac{2\pi}{3\sqrt{3}a_{c-c}} \right)$$

يبين الشكل (4.I) أبعاد خلية الجرافين :



الشكل (4.I) : أبعاد خلية الجرافين [7].

2.3.I. البنية الإلكترونية :

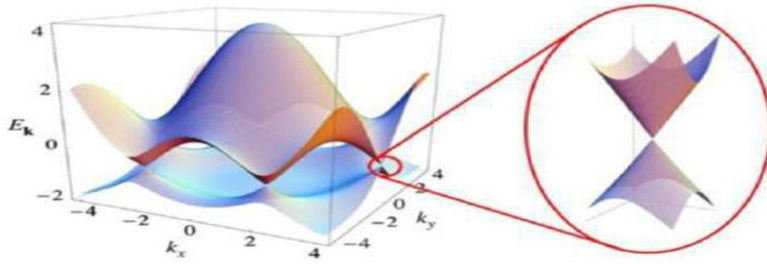
التكوين الإلكتروني للكربون هو $1s^2 2s^2 2p^2$ وبالتالي الكربون له أربعة إلكترونات تكافؤ في

الجرافين اثنين في المدار s و اثنين في المدار p من ذرة الكربون C ذو التهجين sp^2 ، يتم توجيه هذه المدارات ب 120° في مستوي الجرافين.

ترتبط ذرات الكربون بروابط قوية σ و σ^* هي المسئولة على تماسك وترابط الشبكة البلورية و كذا

الروابط π ، π^* كما هو موضح في الشكل (5.I).

التركيب الإلكتروني المميز للجرافين يعطيه خصائص الكترونية مهمة. حركة الإلكترون عالية في الجرافين و يمكن أن تصل إلى : $\mu=230000 \text{ cm}^2/(\text{s.v})$ في درجة حرارة الغرفة للجرافين المنتج بتقنية التقشير الميكانيكي [7].

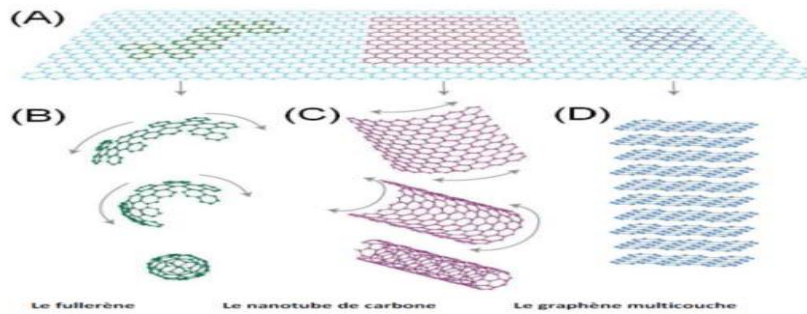


الشكل (5.I): البنية الإلكترونية للجرافين [7].

4.I. تقنيات إنتاج الجرافين :

يتم إنتاج الجرافين باستخدام العديد من التقنيات المختلفة، لكل منها خصائص تميزها عن غيرها من التقنيات.

يحضر الجرافين بتقنيات مشابهة للتقنيات المستخدمة في إنتاج مواد الفلورين و الأنابيب النانو كربونية كما في الشكل (6.I) :



الشكل (6.I): (A) بنية الجرافين، (B,C) المواد النانو كربونية، (D) الجرافيت [8].

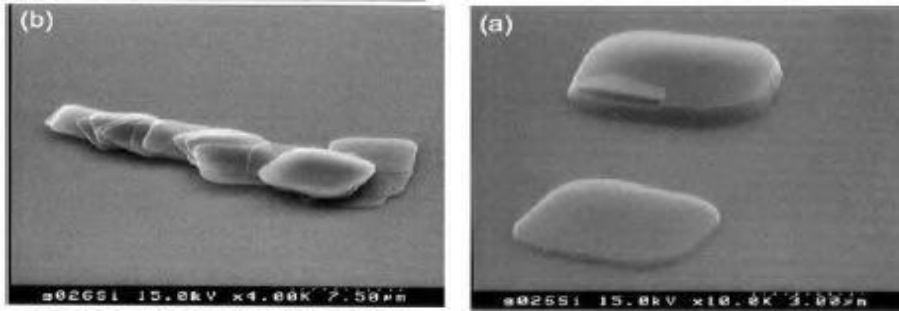
من بين هذه التقنيات :

1.4.I. تقنية التقشير الميكروميكانيكية :

(Exfoliation micromécanique)

هي تقنية بسيطة يستعمل فيها الشريط اللاصق لفصل طبقة جرافين من رقائق الجرافيت، استعملت هذه الطريقة من طرف Rouff et all و هي تتطلب التكرار عدة مرات للحصول على الجرافين أحادي الطبقة وهي لا تحتاج لدرجة حرارة عالية [9].

يتم إنتاج الجرافين بهذه التقنية من الجرافيت بخطوة واحدة وذلك بإيجاد وسيلة للحد من قوى فان در فالز الضعيفة بين صفائح الجرافين، وذلك بكسر الروابط بين المستويات لأن القوة بين الذرات أكبر من القوة بين المستويات [9].



الشكل (7.I) : تقنية التقشير المايكرو ميكانيكية [9].

إن تقنية التقشير الميكانيكي تستخدم على نطاق واسع في المختبرات كونها أفضل طريقة إنتاج

للبحث الأكاديمي حول دراسة الخصائص الأساسية للجرافين [10].

ميزة هذه الطريقة كونها واضحة لا تتطلب إضافة أي مادة و أن الجرافين المنتج بواسطتها يمتاز

بجودة عالية. إلا أن العيب فيها يكمن في الكمية المنتجة من الجرافين لأنها قليلة جدا [10].

2.4.I. تقنية الترسيب الكيمائي لطور البخار:

(Chemical Vapor Déposition ou CVD)

هي طريقة أخرى لإنتاج الجرافين أحادي الطبقة بكميات كبيرة، تعتمد على استعمال معادن محفزة تدعى بالركيزة (Substrat).

يتم في هذه التقنية تسخين المعدن المراد ترسيب الجرافين عليه (الركيزة) إلى درجة حرارة عالية حوالي 1000 درجة مئوية، من بين هذه المعادن التي يرسب عليها الجرافين : النحاس، النيكل، الكوبالت... الخ، والتي يتم إزالتها بعد تشكل الجرافين على سطحها، ثم ينقل الجرافين إلى معدن آخر عبر مراحل معينة [11].

ما يميز هذه الطريقة كونها غير مكلفة والطبقات المنتجة للجرافين بواسطتها تكون ذات جودة عالية.



الشكل (8.I) : غرفة الترسيب الكيمائي للطور البخار (CVD) [11].

3.4.I. تقنية اختزال أكسيد الجرافين :

(Réduction d'oxyde de graphéne)

أكسيد الجرافين هو مادة ثلاثية الأبعاد متناهية الصغر مكونة من الملايين من طبقات الكربون

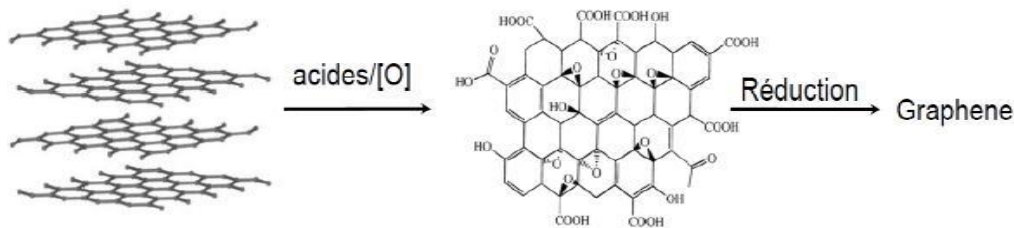
المشتقة من أكسيد الجرافيت والتي يختزل منها ذرات الأكسجين والهيدروجين [12].

تتضمن الخطوة الأولى أكسدة الجرافيت بواسطة نفع الجرافيت في حمض و باستخدام الموجات فوق

الصوتية تتيح الخطوة الموالية تحويل أكسيد الجرافين أحادي الطبقة إلى جرافين عن طريق اختزاله [6].

يتميز أكسيد الجرافيت بالاستقرار الكيميائي والذوبان والانحلال في الماء، وهي تقنية تتميز

بانخفاض كلفتها [12].



الشكل (9.I) : تشكل الجرافين من أكسيد الجرافيت [6].

4.4.I . تقنية فتح الأنابيب النانو كربونية :

(Ouverture de nanotubes de carbones)

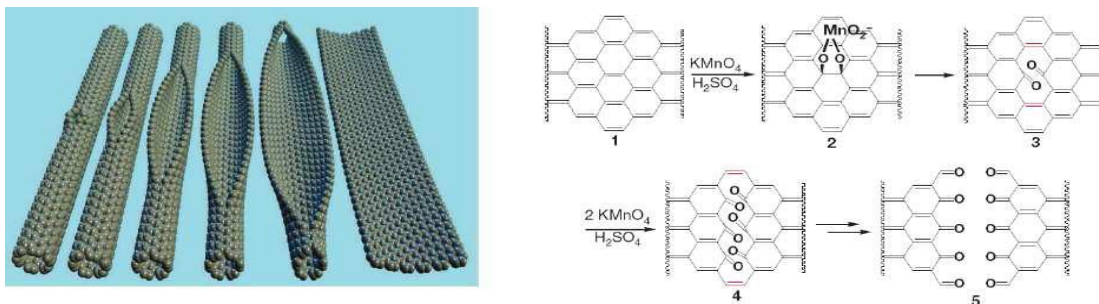
تعتمد هذه الطريقة على فتح الأنابيب النانو كربونية في إنتاج الجرافين و نحصل على كميات

صغيرة جدا من الجرافين [13].

يتم أكسدة الأنابيب في محلول برمنغنات البوتاسيوم ($KMnO_4$) في وسط حامض (H_2SO_4)

حيث تضعف الروابط الكربونية وتتأكسد أيضا، ويحدث تفاعل بين جميع الروابط المزدوجة وبالتالي يفتح

الأنبوب النانو كربوني [14] كما في الشكل (9.I) :



الشكل (10.I) : تشكل الجرافين من الأنابيب النانو كربونية [14].

هناك طرق أخرى لإنتاج الجرافين لم يتم ذكرها، و لكنها أقل شيوعاً و استعمالاً مثال : التركيب

العضوي [15].

5.I. خصائص الجرافين:

الجرافين كمادة حديثة الاكتشاف ينفرد بمزايا استثنائية، هذا ما أدى إلى إعجاب و اهتمام العديد من

الباحثين به، اقتحم مجال الكيمياء و الإلكترونيات و فيزياء المواد خاصة. من بين مزايا الجرافين :

1- بنية الجرافين :

يمتلك الجرافين بنية بسيطة جعلته مادة سهلة التصنيع [8].

2- وحدة القياس :

وحدة قياس سمك الجرافين هي رتبة النانو متر (nm)، فهو من المواد المتناهية الصغر ذو طبقة

رقيقة جداً مرنة وشفافة [16].

3- المرونة والتمدد :

الروابط القوية الموجودة بين ذرات الكربون هي روابط مرنة جداً، إذ يمكن سحب وثنى صفيحة

الجرافين إلى حدود معينة دون تحطم مما يعني أن الجرافين مادة قابلة للثني و التمدد، حيث تقدر نسبة

التمدد ب % 20 زيادة عن طوله الأصلي [17].

4- الامتصاص والشفافية :

يعادل معامل امتصاص الضوء لطبقة واحدة من الجرافين هو 2.3% (للضوء ذو الطول الموجي

550nm) من الضوء المرئي الذي يصدم سطحه، مما يدل على أنه يمكن الرؤية عبر هذه المادة فهي

شفافة بنسبة تقدر ب %97.7 [17].

5- سرعة الإلكترونات :

التيار الكهربائي هو حركة منتظمة للإلكترونات، لذلك عند سماح الجرافين للإلكترونات بالتحرك بسرعة (1000Km/s) فإنه يساعد على سرعة تدفق التيار الكهربائي. ترتبط سرعة الإلكترونات في المادة بالحركية وهي تقدر بـ 150 مرة مقارنة بالسليسيوم (Si) (7Km/s)، الذي كان العنصر الأفضل ناقلية على الإطلاق قبل اكتشاف الجرافين سنة 2004 م [18].

إن حركية الشحنات لذرات الكربون سريعة مما أدى إلى تسجيل أكبر قيمة عرفت خلال 2013 م و المقدرة بـ $2.10^5 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ S}^{-1}$ [19].

6- القوة والصلابة :

يعتبر الجرافين من أقوى المواد المكتشفة من خلال الروابط الكيميائية القوية بين ذرات الكربون ألا وهي الروابط التساهمية أو التكافؤية التي تلعب دورا مهما في المتانة و الصلابة [20]، و الجرافين أقوى بحوالي 200 مرة من الفولاذ [21].

7- الناقلية الكهربائية والحرارية :

يعود الفضل الكبير في اكتشاف الناقلية الكهربائية للجرافين إلى العالمين كوستيا نوفوسيلوف و اندريه جيم حيث تقدر بـ $7200(\text{S/m})$ [22]، وكذلك الناقلية الحرارية ما يقارب $(4.48 \pm 0.44) \cdot 10^3 (\text{w.m}^{-1} \cdot \text{k}^{-1})$ إلى $(5.30 \pm 0.48) \cdot 10^3 (\text{w.m}^{-1} \cdot \text{k}^{-1})$ [23].

8- اللمعان :

اللمعان صفة تشترك فيها مادتي الجرافين و الجرافيت، هذا الأخير يعتبر المكون الأساسي لقلم الرصاص [24].

9- النقاء :

طبقات الجرافين ثنائية البعد خالية من العيوب والشوائب و هي ذات جودة عالية [25].

6.I. تطبيقات الجرافين :

إن استخدام الجرافين في كافة جوانب الحياة اليومية مستقبلا ليس بالأمر البعيد أبداً، و يتجلى ذلك في اهتمام الباحثين به و استخدامه في عدة مجالات نذكر منها:

❖ الجرافين من المواد الثنائية الأبعاد، وهذا نظرا لاملاكه خصائص مميزة لها تأثير كبير على تلبية احتياجات العصر. ينتمي الجرافين إلى المواد النانو متر البلورية الهجينة ثنائية الأبعاد التي أساسها الجرافين [19].

❖ يستخدم في بطاريات البوليمرات الجرافينية التي تسمح للسيارات الكهربائية بالسير لمدى 800 كلم وصناعة الطائرات لكونه مادة خفيفة ذات متانة عالية [19]، أيضا في تخزين الطاقة في الأجهزة الإلكترونية بكفاءة عالية [26].

❖ يستخدم الجرافين لتنقية المياه ذات التكلفة المنخفضة (تحتوي على مواد منحلة بها) حيث أعدت أغشية باستخدام أكسيد الجرافين لتحليه مياه البحر من الجسيمات الضارة بتكلفة أقل من التقنيات التقليدية [27].

❖ يستخدم الجرافين كمادة هامة من أجل الطلاء لأنه يحمي من التآكل [27].

❖ تطبيق الجرافين في شرائح حاسوبية ضوئية عالية السرعة، تعمل بالضوء بدلا من الكهرباء [28].

❖ يكمن أن يستخدم الجرافين في الاتصالات و شاشات العرض المرنة للهواتف الذكية و أجهزة تسجيل الصوت والموسيقى [28].

❖ يمكن تصنيع أجهزة استشعار عن بعد باستعمال قاعدة من الجرافين للكشف عن العلامات البيولوجية المتعلقة بالخلايا السرطانية و هذا في علم البيولوجيا [8].

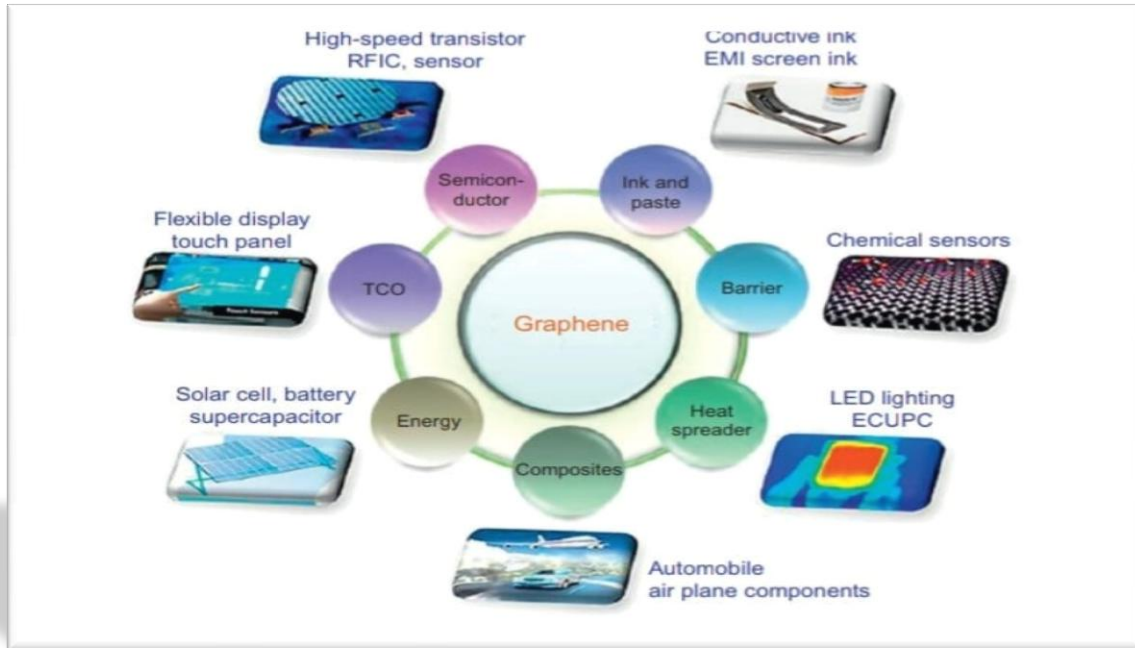
❖ الجرافين مادة مثالية للتطبيقات في الأجهزة الكهربائية (النواقل الكهربائية، المكثفات، المقاومات، البطاريات، خلايا الوقود) [29].

❖ يستخدم الجرافين في المركبات الكيميائية، فيتم مثلا دمج الجرافين مع مواد أخرى لأنه يعتبر المعدن

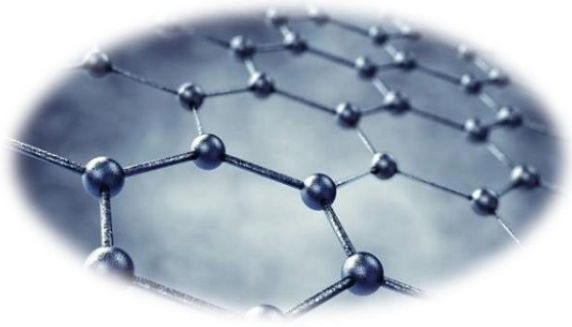
الذي له الناقلية الحرارية الأعلى واستنتجت هذه الخاصية خلال سنة 2011 م [26].

❖ تطبيق الجرافين في الخلايا الشمسية و ذلك باستبدال الأقطاب التقليدية مثل أكسيد القصدير

الأنديوم و الفلور بأقطاب الجرافين الشفافة [30].



الشكل (11.I) : نظرة عامة حول تطبيقات الجرافين [31].



الفصل الثاني

طرق تحضير الجرافين و أجهزة المعاينة

II. مقدمة:

نتناول في هذا الفصل سلسلة من التجارب نقوم من خلالها بتحضير الجرافين انطلاقاً من سن قلم الرصاص (الجرافيت) مع ذكر الخطوات المتبعة للقيام بها، كما يتم التعقيب على الأجهزة المستعملة في تحليل مادة الجرافين لتحديد خصائصه باستخدام جهاز التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية و جهاز الأشعة تحت الحمراء.

II.1. الطرق التجريبية لتحضير الجرافين :

II.1.1. تحضير الجرافين تجريبياً بتقنية التفشير الميكانيكي :

II.1.1.1. أقلام الرصاص:

لا بد أن أقلام الرصاص معروفة لدى الجميع، لكنها لا تصنع أبداً من الرصاص بل من مادة الجرافيت أو الكربون الممزوج بالطين وهو ما يكسبه القساوة أو الليونة.

قلم الرصاص هو أداة أسطوانية الشكل تستخدم في الكتابة و الرسم كما تتميز بقابليتها للمسح و الإزالة [32].

يتم تصنيف أقلام الرصاص وفق تدرج مصطلح عليه حيث تتراوح درجات هذه الأقلام من H الخفيف إلى B الثقيل، يعتبر 9H الأخف بين الأقلام و 9B الأثقل بينها بينما يعتبر HB النوع المتوسط [32].

الجدول (II.1): ألوان واستخدامات قلم الرصاص [32].

قلم الرصاص	اللون	الاستخدام
نوع H	اسود فاتح	رسم الخطوط الأساسية عند الرسامين.
نوع HB	رمادي	أكثر استخداماً للكتابة قابلة للمسح.
نوع B	اسود غامق	تستخدم في تظليل الرسومات.

2.1.1.II. تحضير مسحوق الجرافيت:

لعلك معتاد على شكل قلم الرصاص، لكن هل سبق لك أن فكرت مما يتكون سن قلم الرصاص ؟

إن الجرافيت هو المكون الرئيسي لسن قلم الرصاص، حيث نقوم بتحضير مسحوق الجرافيت

بواسطة سحق قلم الرصاص و ذلك وفق مراحل كالتالي:

❖ نأخذ قلم رصاص من نوع HB المتوسط، ثم نقوم بنزع غلافه الخشبي بواسطة سكين خاصة

ونستخرج محتوى قلم الرصاص.

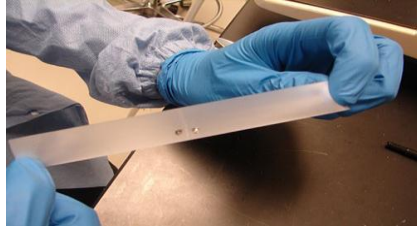
❖ نضع محتوى القلم داخل مهراس "هاوون" بعد تنظيفه ونقوم بسحقه حتى الحصول على بودرة

الجرافيت.

3.1.1.II. الخطوات التجريبية لتقنية التقشير بالشریط اللاصق:

نشرع في عملية التقشير باستخدام الشريط اللاصق من خلال عدة خطوات :

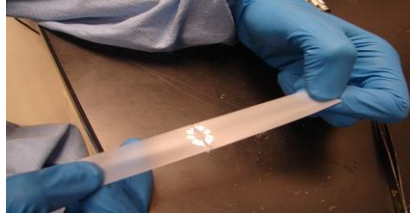
خطوة 1: نضع كمية من مسحوق الجرافيت على قطعة من الشريط اللاصق العادي.



الشكل (1.II) : صورة ملقطة توضح أول خطوة [33].

خطوة 2: بعد لصق وتثبيت المسحوق على الشريط اللاصق نقوم بانتزاعه ليترك خلفه عددا من

طبقات الجرافين في شكل شظايا رقيقة على سطحه.



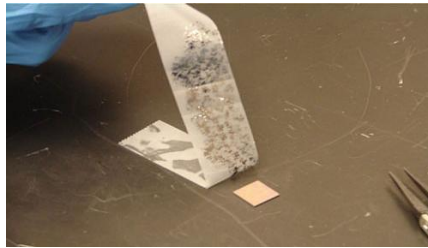
الشكل (1.1.II): التقشير بالشريط للمرة الاولى [33].

خطوة 3 : يتم إعادة تقشير الطبقات الموجودة على سطح الشريط ، تتكرر عملية التقشير عشرات المرات و هذا يسمح إحصائيا بالمرور من الصفائح الأولية ذات سمك الميكرومتر الواحد تقريبا إلى صفائح أحادية الطبقة .



الشكل (2.1.II): تكرار عملية التقشير بالشريط اللاصق [33].

خطوة 4: نقوم بنقل الجرافين المتحصل عليه إلى ركيزة نظيفة و مناسبة من أجل دراستها، بكل بساطة عن طريق الضغط الخفيف فوق الشريط الموضوع على الركيزة.



الشكل (3.1.II) : نقل العينة إلى الركيزة [33].

تتعتمد جودة الجرافين الذي تم الحصول عليها على الجودة الأولية للجرافيت المستخدم [1].

هذه هي الطريقة التي تم عزل الجرافين بها و دراسته لأول مرة. رغم كونها دقيقة و شاقة إلا أن

هذه الطريقة اليدوية تجعل من الممكن الحصول على بلورات رائعة [13].

✚ عيب الشريط اللاصق المستعمل في هذه التجربة هو أنه يترك مادة لاصقة (بقايا الغراء) على

العينة مما يؤدي إلى تقليل حركة الإلكترونات [13].

2.1.II. تحضير الجرافين بطريقة التحليل الكهربائي :

تعتمد هذه الطريقة على النقشير الكهربائي لأقطاب الجرافيت (قلم الرصاص) في الماء نحو رقائق

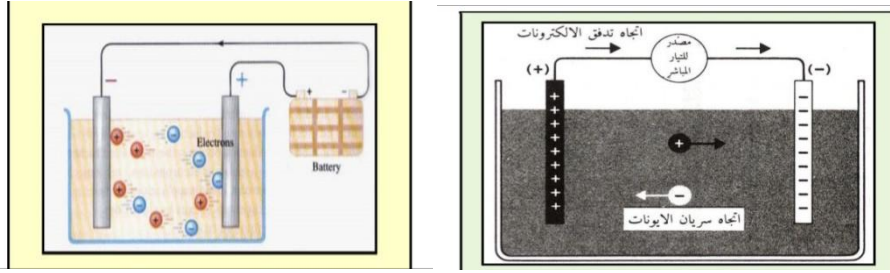
الجرافين.

1.2.1.II. التحليل الكهربائي (electrolysis):

هو عملية يتم فيها تسليط تيار كهربائي على خلية تحوي محلولاً شاردياً (أيونات موجبة و سالبة)

لإطلاق تفاعل كيميائي فيها لا يتم تلقائياً (تفاعلات أكسدة وإرجاع)، و تسمى الخلية في هذه الحالة

الخلية الإلكتروليتية [33].



الشكل (2.II): عملية التحليل الكهربائي [33].

*القطب الذي يحدث عنده الإرجاع يسمى مهبط Cathode.

*القطب الذي يحدث عنده التأكسد يسمى مصعد Anode.

يدخل التحليل الكهربائي ضمن طرق تحضير الجرافين، و هذا يمكن من الحصول على مادة

الجرافين بتحلل مادة الجرافيت وفق البروتوكول التجريبي للتحليل الكهربائي [33].

II.2.2.1.2. مبدأ تقنية التحليل الكهربائي :

في هذه التجربة حاولنا إعداد الجرافين وفق بروتوكول تجريبي بسيط بالتحليل الكهربائي وذلك باستخدام أقطاب قلم الرصاص (الجرافيت) أحدهما يمثل المصعد والآخر المهبط وغمرها في محلول كلور الصوديوم (NaCl).

الجدول (2.II): مستلزمات تجربة التحليل الكهربائي.

المواد	الأدوات
ماء (H ₂ O)	إناء بلاستيكي
ملح (كلور الصوديوم)	بطارية (9v)
قلم رصاص نوع HB	شريط لاصق

II.3.2.1.3. خطوات تجربة التحليل الكهربائي :

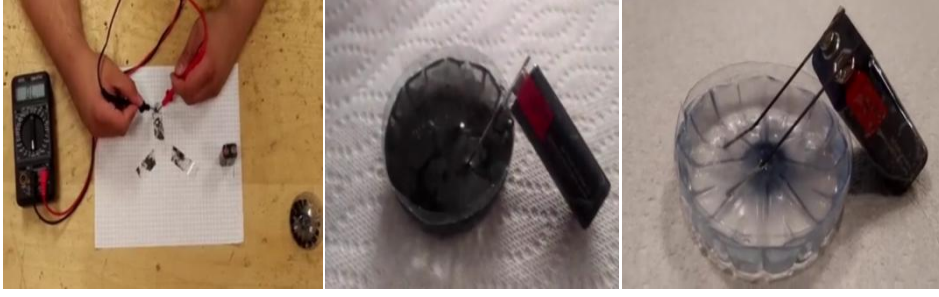
خطوة 1: نضع كمية من الماء مع إضافة ملعقة من ملح كلور الصوديوم والتحريك حتى الذوبان.

خطوة 2 : نقوم بتثبيت قطبي قلم الرصاص على البطارية احدهما كمصعد (+) والآخر كمهبط (-)

بواسطة شريط لاصق، ثم نغمرهم في محلول كلور الصوديوم.

خطوة 3 : بعد مدة زمنية معينة تتشكل طبقة سوداء خفيفة على سطح المحلول نقوم بنزعها بوضع

شريط لاصق عليها ونقوم بقياس الناقلية الكهربائية للمادة الناتجة و هي الجرافين.



الشكل (3.II): البروتوكول التجريبي لتحضير الجرافين بالتحليل الكهربائي [34].

تعتبر الطرق الكهروكيميائية جذابة لأنها تقضي على استخدام المؤكسدات الكيميائية كقوة دافعة لإجراء عمليات التقشير [35].

3.1.II. تحضير الجرافين بطريقة التقشير السائل:

1.3.1.II. التقشير السائل: (l'exfoliation par voie liquide)

تقنية بسيطة تسمح بإنتاج كميات كبيرة من صفائح الجرافين، مناسبة للأبحاث لأنها تحتوي

على جميع المزايا اللازمة لاستخدامات الجرافين في الصناعة منها [1]:

- إنتاج كميات ضخمة من الجرافين.
- طريقة غير مكلفة.
- يمكن إجرائها بسهولة.
- تمكن من إنتاج الجرافين متعدد الطبقات مع الحفاظ على الخصائص الإلكترونية [1].

2.3.1.II. مبدأ تقنية التقشير السائل:

يعتمد هذا النوع من التقشير على فصل صفائح من مسحوق الجرافيت عن طريق التقشير

السائل باستخدام الخلاط الكهربائي للحصول على الجرافين [1].



الشكل(4.II) : تفشير الجرافيت باستخدام الخلاط الكهربائي [1].

الجدول (3.II) : المواد اللازمة لتجربة التفشير السائل ودورها [36].

المواد اللازمة	المقدار	دورها
خلاط كهربائي	400W	القوة الناتجة عن دوران شفرات الخلاط بسرعة تؤدي إلى فصل شرائح الجرافين دون الإضرار ببنيته الثنائية الأبعاد.
منظف أطباق (صابون سائل)	1g	يعمل على تعليق جزيئات الجرافين بالخلط ويمنع من تكتلها معا.
مسحوق الجرافيت	8g	يسمح بالحصول على الجرافين.
الماء	0.50 l	لتسهيل عملية المزج و التفشير.

II.3.3.1. الخطوات التجريبية لتقنية التفشير السائل بالخلط :

الخطوة 1: بعد تحضير المكونات اللازمة نضعها في الخلاط الكهربائي ونقوم بالتحريك لمدة دقيقة

إلى دقيقتين حتى يمتزجا.

الخطوة 2: نقوم بضبط المؤقت لمدة 25 دقيقة، نترك الخليط يمتزج و ذلك بتشغيل الخلاط على

سرعة عالية.

الخطوة 3: عند مزج الجرافيت فانه ينتج سائل اسود لزج، هذا الأخير نضعه في وعاء زجاجي و

نقوم بنزع الرغوة، ثم بعد ذلك نتركه لمدة أسبوعين.

الخطوة 4: بعد مرور أسبوعين نلاحظ أن الماء تبخر و ما بقي هو الجرافين الناتج نقوم بسحقه جيدا حتى نحصل على مسحوق ناعم.

الخطوة 5: بعد السحق نقوم باختبار الموصلية للجرافين في وجود بطارية 9V و أسلاك توصيل، بحيث نستخدم بودرة الجرافين كامتداد للسلك الأحمر.



الشكل (5.II): خطوات تحضير الجرافين بتجربة الخلاط الكهربائي [36].

هذه التجربة مكنت من الحصول على صفائح الجرافين بكميات كبيرة، ميزة هذه الطريقة أنها قليلة العيوب [1].

السائل الناتج عن هذه التقنية يمكن استخدامه على السطوح كشرائح من الجرافين أو استخدامه كطلاء [1].

الجرافين الناتج من تقنية التفشير السائل بالصابون أدى إلى توهج المصباح هذا ما يثبت الخاصية الموصلية لديه.

4.1.II. تحضير الجرافين باستخدام آلة التغليف الحراري:

1.4.1.II. مفهوم التغليف الحراري:

يعرف بالانكماش الحراري، وهو أحد طرق التغليف الأكثر تطورا حيث يستخدم فيلم الانكماش

المغلف في المنتج أو التغليف الخارجي [37].

II.2.4.1. جهاز التغليف الحراري:

يعد جهاز التغليف الحراري من الآلات الحديثة لهذا العصر لكثرة مجالات استخدامه وسهولة

استعماله، له عدة أنواع من بينها جهاز التغليف الحراري a4.

II.2.4.1.1 جهاز التغليف الحراري a4 [37]:

هي آلة كهربائية بسيطة الاستعمال صغيرة الحجم متعددة الألوان تعمل على حفظ الأوراق الهامة و

المستندات من التلف، تستخدم في المؤسسات التجارية و ميدان التعليم [37].

II.3.4.1. أوراق التغليف الحراري :

ورق التغليف الحراري بلاستيك شفاف يستخدم لحفظ المستندات و الأوراق من التلف بواسطة جهاز

التغليف الحراري [37].



الشكل (II.6): ورق وجهاز التغليف الحراري a4 [37].

الجدول (II.4): الأدوات والمواد المستعملة في تجربة التغليف الحراري.

الأدوات و المواد	
جهاز تغليف حراري من نوع a4	1
ورق تغليف حراري من نوع a4	2
علبة حافظة	3

ورق ماص	4
قلم رصاص من نوع HB	5

II.4.4.1. الخطوات العملية لتجربة التغليف الحراري :

الخطوة 1: نحضر ورق التغليف الحراري و نأخذ كمية مناسبة من مسحوق الجرافيت لقلم الرصاص نوع HB و نضعها في منتصف ورق التغليف ثم نوزعها بالتساوي على كامل الورقة مع الفك جيدا.

الخطوة 2: نفرغ الزائد من مسحوق الجرافيت المتوضع على ورق التغليف الحراري، بعدها نقوم بإدخالها في جهاز التغليف الحراري a4 .

الخطوة 3: نكرر عملية التغليف الحراري مرتين، بعد ذلك نأخذ الورق الناتج و نفتحه ليتم المسح عليه مطولا باستخدام الورق الماص، و منه نحصل الجرافين .



الشكل (II.7): الحصول على الجرافين بتجربة التغليف الحراري [38].

II.2. القواعد الزجاجية (الركيزة) :

هي إحدى الأدوات المخبرية التي تستخدم في دراسة تركيب الأجزاء الصغيرة بدقة مثل التركيب

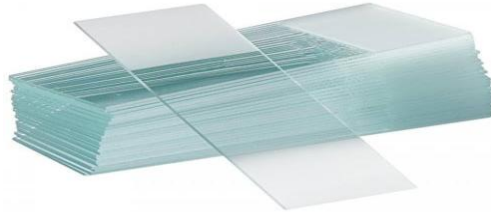
الدقيق للأنسجة و الخلايا، كما تستخدم لفحص الأشياء والعينات لتعرف عليها [39].

1.2.II. كيفية تنظيف القواعد الزجاجية (الركيزة):

اعتمدنا في دراستنا هذه على استخدام ركائز زجاجية ذات مساحة ($2.5 \times 7.5 \text{ cm}^2$)، و قد تم اختيار الزجاج كركيزة لتوضع بسبب وفرته وتكلفته المنخفضة بالإضافة إلى أنه يحافظ على الخصائص الضوئية للطبقة الرقيقة [39].

و من الجدير بالذكر ضرورة الانتباه إلى أهمية تنظيف الركائز و العمل ضمن جو معقم لإزالة جميع الشحوم و الغبار عليها، و لتحقيق ذلك قمنا بالخطوات التالية :

- ✓ غسل القواعد الزجاجية بالصابون السائل و الماء المقطر كأول خطوة.
- ✓ تغمر الركائز في بيشر يحتوي على محلول الميثانول و شطفها بالماء المقطر.
- ✓ غمر الركائز في بيشر يحوي محلول الأستيتون لبضع دقائق لإزالة الشوائب العالقة على السطح.
- ✓ تشرفط الركائز الزجاجية، لتجفف باستخدام المجفف الكهربائي.
- ✓ بعد ذلك يتم حفظ الركائز النظيفة في حاوية مخبرية مناسبة.



الشكل (II.8) : صورة توضح الركائز الزجاجية [39].

3.II. أجهزة المعاينة والتركيب التجريبي:

نهدف في هذا الجزء إلى التعرف على مختلف أجهزة المعاينة المستخدمة في تحديد الخصائص المميزة لمادة الجرافين، و لهذا الغرض سنتطرق إلى ذكر التقنيات المستخدمة في عملنا ومن بينها :

1.3.II. المجهر الضوئي :

هو جهاز لتكبير الأجسام الصغيرة التي لا ترى بالعين المجردة و تشمل استخداماته العديد من المجالات الحياتية، تم تصميمه في أواخر القرن 15 وله القدرة في التكبير تصل إلى 1000 مرة، يعتبر جهاز مهم جدا لأن له دور كبير في فهم العديد من الظواهر [40].

1.1.3.II. مبدأ عمل المجهر الضوئي:

توضع الشريحة الزجاجية الحاملة للعينة فوق فتحة في منضدة المجهر، من خلال مصدر الضوء كالمصباح المثبت أو المرآة، يوجه الضوء إلى الأعلى ويمر عبر العينة ثم يمر عبر العدسة الشيئية الموضوعة فوقها والعدسة الشيئية بدورها تكبر العينة المدروسة بعدها تسقط الصورة المكبرة عبر القصبه نحو العدسة العينية المثبتة في قطعة العين إذ تكبر أكثر [40].تحتوي معظم المجاهر الضوئية على مجموعة عدسات شئية ذات درجات تكبير مختلفة.

تكبر العدسة الشيئية المركبة في مجهر ضوئي الصورة بقدر 100 مرة ضعف الحجم الأساسي للعينة. توجد بالمجهر الضوئي مرآة أسفل المنضدة وظيفتها توجيه الضوء لينفذ من فتحة ويسلط على العينة المثبتة على الشريحة، وفي بعض المجاهر تكون مزودة بمصباح كهربائي بدلا من مرآة [40].

2.3.II. الخصائص الضوئية:

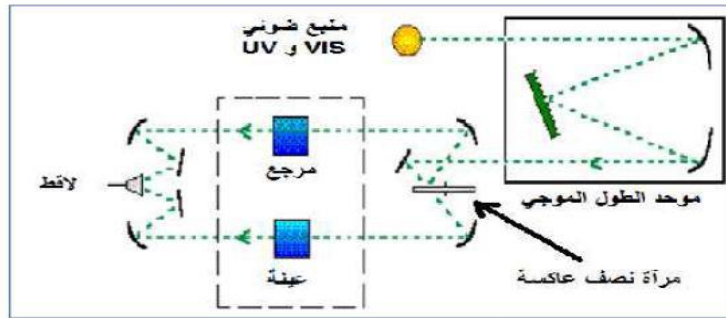
تتم دراسة الخصائص الضوئية للأغشية الرقيقة (الجرافين) عن طريق التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية المرئية هذه الأخيرة تسمح لنا بوصف عدد كبير من الثوابت المميزة للطبقة الرقيقة، و تمتاز الطرق الضوئية عن الكهربائية لكونها غير متلفة و حساسة [41].

1.2.3.II. مطيافية الأشعة فوق البنفسجية - المرئية :

يعتمد مبدأ هذه التقنية على تفاعل الضوء مع العينة المراد تحليلها بحيث جزء من الشعاع الساقط يمتص أو ينفذ عبر العينة، عندما تمتص المادة الضوء في نطاق الأشعة فوق البنفسجية والمرئية فإن الطاقة الممتصة تسبب اضطرابات في البنية الإلكترونية للطبقة الرقيقة مما ينتج عنها انتقال للإلكترونات من مستوى طاقي أقل إلى مستوى طاقي أعلى، تقع هذه التحولات الإلكترونية في المجال المرئي بين (350nm . 800nm) والأشعة فوق البنفسجية بين (200nm- 350nm) [42].

2.2.3.II. مبدأ عمل جهاز الأشعة فوق البنفسجية - المرئية :

القياسات التجريبية سنقوم بها باستخدام جهاز مطيافية الأشعة فوق البنفسجية - المرئية من نوع : Cary Series UV-Visible-NIR Spectrophotomètre المتواجد في مخبر الإشعاع والبلازما وفيزياء السطوح (LRPPS)، مضاعف الحزمة واحدة للمرجع (الزجاج) و الأخرى للعينة (زجاج + طبقة) و الذي يعتمد مبدأ عمله على مصدر ضوء مكون من مصباحين : مصباح الديتريوم (180nm إلى 400nm) و مصباح التنغستن (400nm إلى 800nm) كما هو موضح بالشكل (9.II) [42].



الشكل (9.II) : رسم تخطيطي لجهاز التحليل الطيفي ثنائي الحزمة [39].

ينتج من موحد الطول الموجي لتحديد الأطوال الموجية في كل مرة حزمة فوتونات لها طول موجي معين فتوجه هذه الأخيرة نحو مرآة نصف عاكسة لتقسم حزمة الفوتونات إلى حزمتين واحدة تمر عبر

العينة و الأخرى تمر عبر المرجع بعد ذلك توجه الحزمتان نحو الكاشف لمقارنة النتائج و رسمها [43].
كما هو موضح في الشكل (10.II).



الشكل (10.II): جهاز التحليل الطيفي (UV-Vis).

3.3.II. الأشعة تحت الحمراء IR:

الأشعة تحت الحمراء هي أشعة كهرومغناطيسية حرارية مصدرها الشمس، ناتجة عن انبعاث الأشياء المحيطة بنا و قد تكون من الاحتكاك أو تسخين أي جسم، لا تكفي طاقة الأشعة تحت الحمراء لإحداث إثارة إلكترونية في معظم المواد، إلا أنها كافية لإحداث اهتزازات انثناء و امتطاط لروابط، كل أنواع الروابط تستجيب لهذا المقدار من الطاقة لتحث فيها اهتزاز و منه تمتص منطقة تحت الحمراء على شرط أن يؤدي الامتصاص إلى تغير في العزم القطبي، باعتبار الأشعة تحت الحمراء مكمة عند حدوثها تعني أن المركب امتص الطاقة في جزء معين من الطيف، بحيث ينقسم مجال الأشعة تحت الحمراء إلى ثلاثة مجالات و هي [44]:

-الأشعة تحت الحمراء الدنيا $1400-4000 \text{ cm}^{-1}$

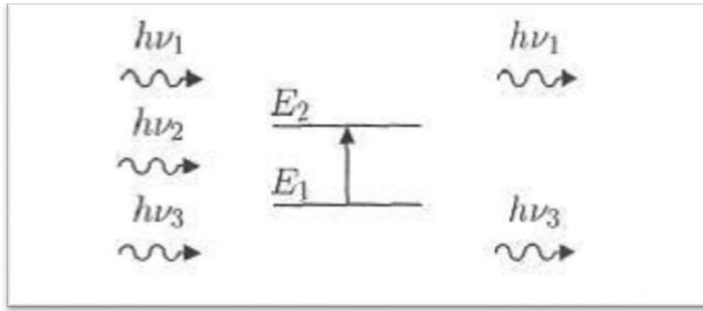
- الأشعة تحت الحمراء المتوسطة $4000-650 \text{ cm}^{-1}$

- الأشعة تحت الحمراء الطويلة $650-20 \text{ cm}^{-1}$

في حين أن أغلب تحليلات الطيف تتم في منطقة الأشعة تحت الحمراء المتوسطة [44].

1.3.3.II. مبدأ مطيافية الأشعة تحت الحمراء:

يحدث اهتزاز للجزيئات بشكل طبيعي بسعة ضعيفة جدا، عند توافق تواتر الفوتون الوارد مع اهتزاز الأنماط العادية للجزيء فإنه يستجيب معه بصورة مباشرة وهذا يعني عند تساوي طاقة الفوتون مع الطاقة اللازمة للجزيء للمرور من حالة طاقة منخفضة إلى حالة مثارة يمتص وتحول طاقته إلى طاقة اهتزاز كما هو موضح بالمخطط (11.II) في الشكل التالي [45]:



الشكل (11.II): امتصاص الأشعة تحت الحمراء [45].

الفوتون الذي طاقته ($h\nu_2$) المساوية لطاقة الانتقال ($E_2 - E_1$) هو الوحيد الذي يمتص و بالتالي فإن الفوتون الممتص يحدث خلافا في الإشعاع المنبعث [45].

امتصاص بعض الفوتونات الواردة يؤدي لظهور خطوط توافق الفوتونات الممتصة للجزيء في منحنى طيف الأشعة تحت الحمراء، يميز هذا الامتصاص الروابط بين الذرات و بما أن كل نمط اهتزاز يوافق حركة وحيدة للجزيء إذا يوجد توافق مباشر بين الإشعاع الممتص و بنية الجزيء [46].

2.3.3.II. مبدأ عمل جهاز IR:

يستخدم جهاز مطياف الأشعة تحت الحمراء من أجل الحصول على منحنى طيف العينة المدروسة حيث جهاز المطياف كما هو موضح بالشكل (12.II):



الشكل (12.II): جهاز مطيافية ما تحت الحمراء ولواحقه [39].

عند تسليط ضوء متعدد الألوان ينقسم إلى حزمتين يتم توجيهها بواسطة مرايا العتبة، يمكن لأحد المرايا التحرك لتسمح مسير برسم المنحني، أي وجود فرق مسير للحزمة الضوئية، كما نجد كاشف حراري في مركز المنحني يقوم بقياس شدة الإشارة بدلالة انتقال المرآة فيم الحصول على إشارة ناتجة عن العينات، نحول هذه الإشارة إلى رقمية ثم نحسب تحويل فوري للحصول على طيف لأشعة ما تحت الحمراء [45].



الفصل الثالث

تحضير شرائح الجرافين وتحديد خصائصها

III. المقدمة :

نعرض في هذا الفصل النتائج و نناقشها. نبدأ بتفسير الملاحظات التي سجلت خلال تجربة التحليل الكهربائي لتحضير الجرافين، بعد ذلك نعمل على شرح المنحنيات التجريبية لطيفي UV و IR ثم نقوم بتحديد بعض الخصائص لطبقة الجرافين.

III.1. مناقشة وتفسير نتائج تجربة التحليل الكهربائي لتحضير الجرافين :

نقوم بتفسير الملاحظات التي تم تسجيلها أثناء القيام بتجربة التحليل الكهربائي لمحلول كلور الصوديوم NaCl (ملح الطعام) للحصول على طبقة الجرافين.

III.1.1. الملاحظات والتفسير العلمي لها :

➤ الملاحظات :

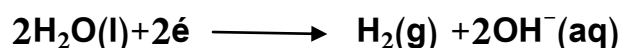
- 1 ظهور فقاعات عند القطب المتصل برأس كل قلم رصاص.
- 2 تلاحظ نقصان في كمية الماء.
- 3 تلاحظ أن مسرى الجرافيت المتصل بالقطب الموجب يتفكك.
- 4 ظهور طبقة خفيفة سوداء اللون.
- 5 انطلاق رائحة مادة الجافيل.

➤ التفسيرات :

- 1 - يستخدم لعملية التحليل الكهربائي قطبان من الجرافيت (قلم رصاص) متصلان بالبطارية و مغموران في الماء، عند إضافة القليل من ملح NaCl (ملح الطعام) يصبح المحلول ناقلا للتيار الكهربائي ما يدل على وجود شحنات حرة مسؤولة على نقله في الدارة، وبالتالي تؤدي إلى حدوث سلسلة من التفاعلات الكيميائية عند كل قطب على النحو التالي :

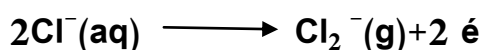
1 * القطب السالب (المهبط) :

تحدث عملية الإرجاع تتحلل جزيئات الماء بالقرب من المهبط لتكتسب إلكترونات سالبة تتحول إلى ذرات هيدروجين متعادلة حيث تتحد كل ذرتين منها لتكون جزيء من غاز الهيدروجين المنطلق و تنتج شوارد الهيدروكسيد وفق المعادلة التالية :



2*القطب الموجب (المصعد):

في عملية التأكسد تتجه أيونات الكلور السالبة نحو المصعد لتفقد إلكتروناتها فتتحول إلى ذرات كلور متعادلة تتحد الذرات مثنى مثنى لتكون جزيء غاز الكلور المنطلق وفق المعادلة :



تعطي المعادلة الإجمالية لعملية التحليل الكهربائي لمالح NaCl :



2 - سبب نقصان كمية الماء يعود إلى تفكك جزيئاته إلى أيونات (H^+) و (OH^-) أثناء عملية التحليل الكهربائي لمحلول (Na^++Cl^-).

3 - خلال عملية التأكسد التي تحدث عند القطب الموجب فان قوى "فان در فالز" الضعيفة الناشئة ما بين طبقات الجرافيت تتلاشى أمام باقي القوى عند المصعد و بالتالي تؤدي إلى انفصال الطبقات عن بعضها البعض و هو ما يسمى بالتقشير الكيميائي.

4 - التفاعلات الكيميائية التي تحدث في التحليل الكهربائي تؤدي إلى تفكك مسرى الكربون (الجرافيت) عند القطب الموجب فتتشكل طبقة سوداء هي الجرافين.

5 - خلال عملية التحليل الكهربائي لمحلول (NaCl) تتشكل شوارد الهيدروكسيد التي ترتبط بشوارد الصوديوم لتعطي الصودا (Na^+, OH^-)، وبوجود غاز الكلور المنطلق فان الصودا تتفاعل معه مشكلة مادة أخرى هي هيبوكلوريت الصوديوم ($ClO^- + Na^+$) المادة الفعالة في الجافيل وفق المعادلة التالية :



III.1.2. النواتج في تجربة التحليل الكهربائي لمحلول كلور الصوديوم (NaCl) :

1- انطلاق غاز الهيدروجين.

2-إطلاق غاز الكلور.

3- تشكل هيدروكسيد الصوديوم (NaOH).

4- عند تفاعل غاز الكلور مع هيدروكسيد الصوديوم ينتج ما يسمى بماء الجافيل NaClO

(هيبوكلوريت الصوديوم).

5-تشكل طبقة رقيقة من الجرافين على السطح.

III.2. تحديد خصائص طبقة الجرافين المحضرة :

قمنا بتحضير عينتين من طبقة الجرافين بتقنية التقشير الميكانيكي لدراسة خصائصها المميزة

بالاعتماد على أجهزة التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية-المرئية و الأشعة تحت الحمراء، فتحصلنا

على نتائج قمنا بدراستها.

III.1.2. الخصائص الضوئية :

قصد تحقيق دراسة الخصائص الضوئية نستخدم تقنية قياس الطيف الضوئي في مجال الأشعة

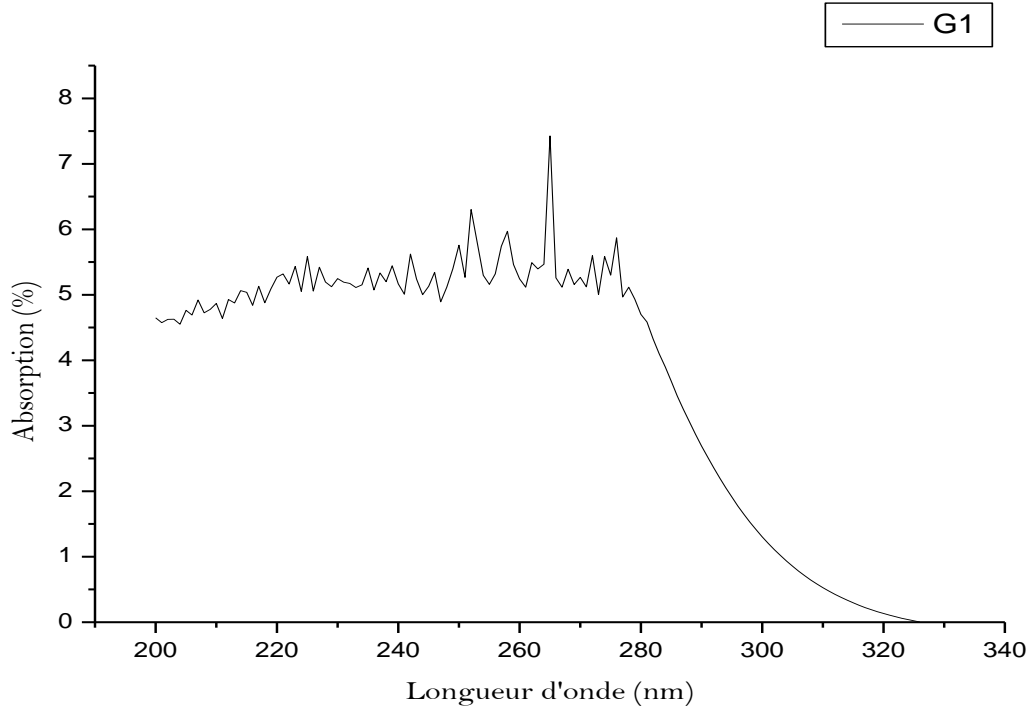
فوق البنفسجية و المرئية مما يسمح بالحصول على طيف الامتصاص لأغشية الجرافين المحضرة.

III.1.1.2. الامتصاصية :

العينة 01 :

يوضح الشكل (1.III) طيف الامتصاص للعينة الأولى المحضرة من الجرافين بدلالة الطول

الموجي ضمن مدى الاطوال الموجية (200nm – 340nm).



الشكل (1.III) : تغيرات طيف امتصاص الجرافين بدلالة الطول الموجي.

2.1.2.III. مناقشة وتحليل نتائج العينة G1:

أوضحت لنا هذه النتائج أن عينة الجرافين المحضرة (G1) تمتلك نسبة امتصاص عالية

تصل قيمتها إلى % 7.5 في المنطقة فوق البنفسجية عند طول موجي أعظمي يقدر ب :

$\lambda_{max} = 264 \text{ nm}$ في النطاق (200nm – 320nm) أما في المجال ما بين (320nm – 400nm)

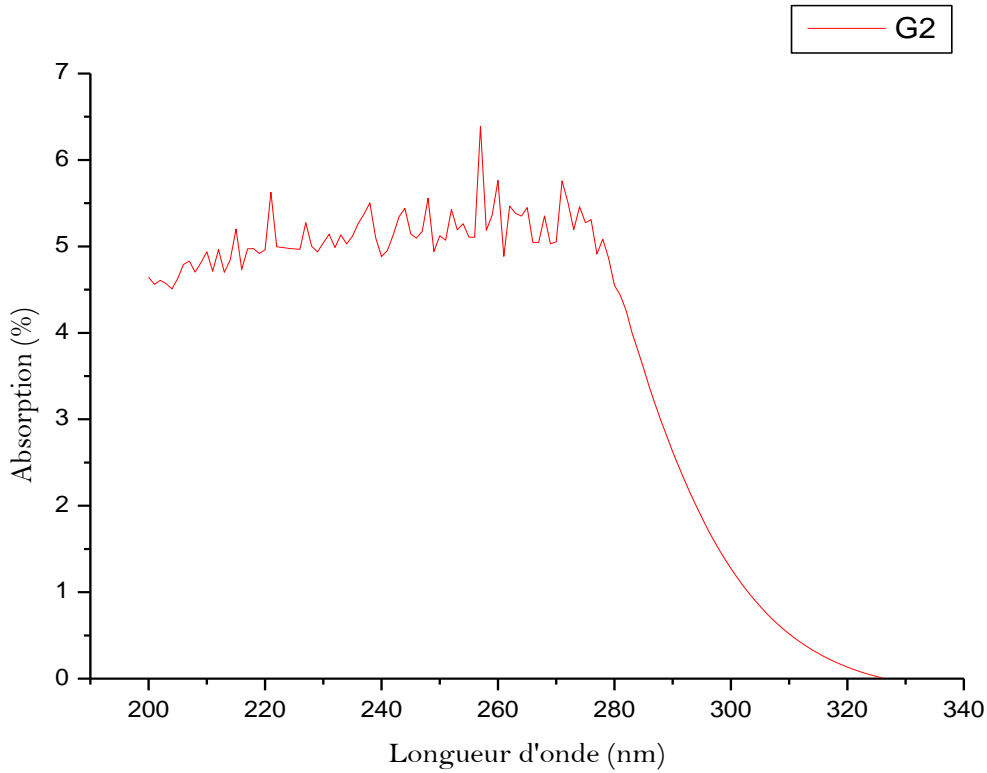
نلاحظ أن شدة الامتصاص تتناقص، بينما في المنطقة المرئية ما بين (400nm – 800nm) فلا يحدث

امتصاص.

عند مقارنة القيمة التي تم تسجيلها من العينة الأولى للجرافين : $\lambda_{max} = 264 \text{ nm}$ مع القيمة المثبتة في المراجع العلمية عن أعمال سابقة [47] والتي تقدر ب: $\lambda_{max} = 262 \text{ nm}$ [47] نجد أنها تتوافق تقريبا معها .

العينة 02:

يمثل الشكل (2.III) تغيرات طيف الامتصاص بدلالة الطول الموجي للعينة الثانية من طبقة الجرافين المحضرة اعطيت في المجال (200nm – 340nm).



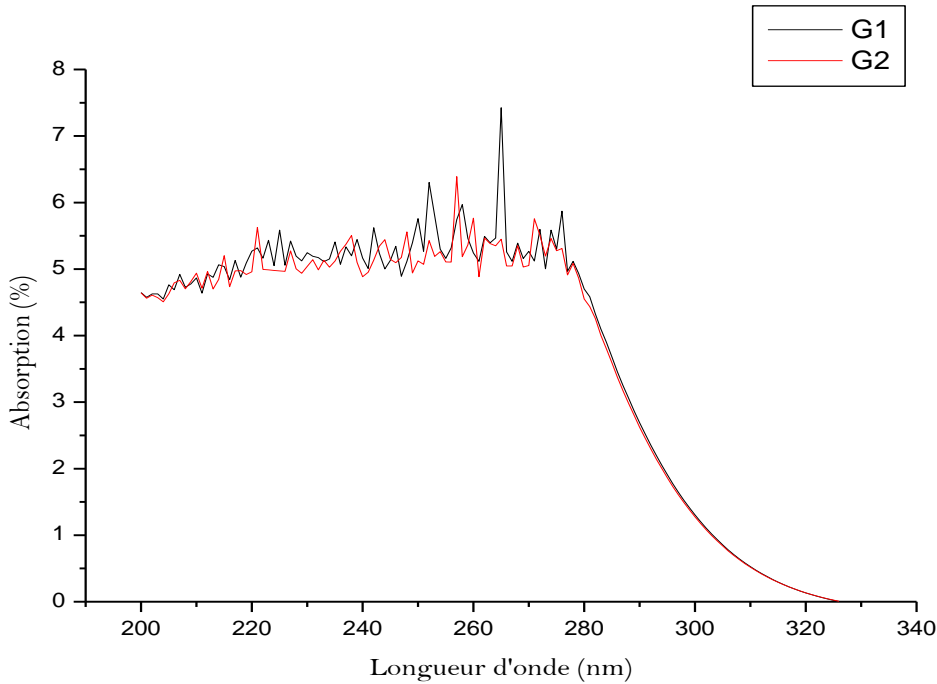
الشكل (2.III) : تغيرات طيف امتصاص العينة الثانية للجرافين بدلالة الطول الموجي.

3.1.2.III. مناقشة وتحليل نتائج العينة G2 :

من خلال المنحنى الموضح في الشكل (2.III) يتضح أن العينة الثانية (G2) للجرافين المحضرة سجلت قيمة أعظمية في المنطقة فوق البنفسجية تقدر ب: $\lambda_{max} = 257 \text{ nm}$ ضمن مدى الأطوال (200nm – 320nm) التي تتميز بشدة امتصاص عظيم بلغت 6.5% ثم تتناقص في المجال (320nm- 400nm)، أما في نطاق المنطقة المرئية (400nm – 800nm) فلا يحدث امتصاص. بمقارنة القيمة المتحصل عليها تجريبيا من العينة الثانية (G2) $\lambda_{max} = 257 \text{ nm}$ نجد أنها تتوافق تقريبا مع قيم أعمال سابقة في المراجع العلمية تعطى ب: $\lambda_{max} = 262 \text{ nm}$ [47].

العينات G1 و G2 :

المنحنى في الشكل (3.III) يبين طيفي امتصاصية الجرافين للعينات معا بدلالة الطول الموجي تم تسجيله في نطاق (200nm – 320nm).



الشكل (3.III) : تغيرات طيفي امتصاصية الجرافين بدلالة الطول الموجي.

4.1.2.III. مقارنة نتائج العينتين :

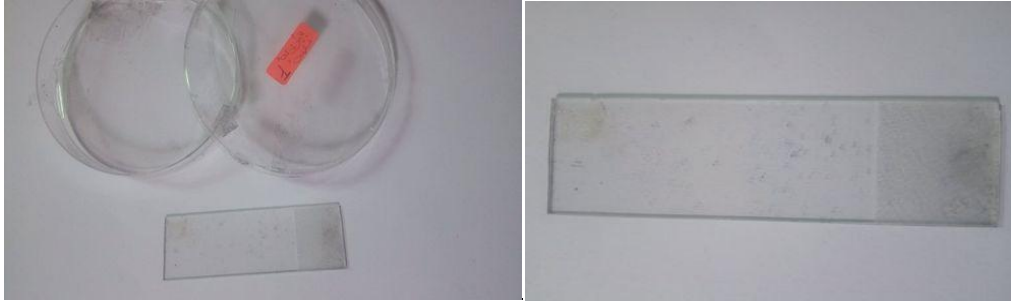
يظهر من خلال طيفي الامتصاصية المسجلين في الشكل (3.III) للعينات المحضرة أن المنحنيين متطابقان لهما نفس الامتصاص الأعظمي تقريبا مما يدل على أنها نفس المادة و هي الجرافين.

بعد مقارنة هذه القيم التجريبية لعينات الجرافين المحضرة نجد أنها تتوافق تقريبا مع القيمة النظرية

$$\lambda_{max} = 262 \text{ nm} [47]$$

إن قيمة الامتصاص الأعظمي للعينتين صغير جدا (7.5 %) و هذا يعني أن معظم الإشعاع ينفذ

عبر العينة أي بنسبة 92.05%، هذا دليل على أن العينة شفافة تسمح بمرور الإشعاع عبرها.



الشكل (4.III) : صور ملتقطة لعينة من الجرافين بتقنية التفسير الميكانيكي.

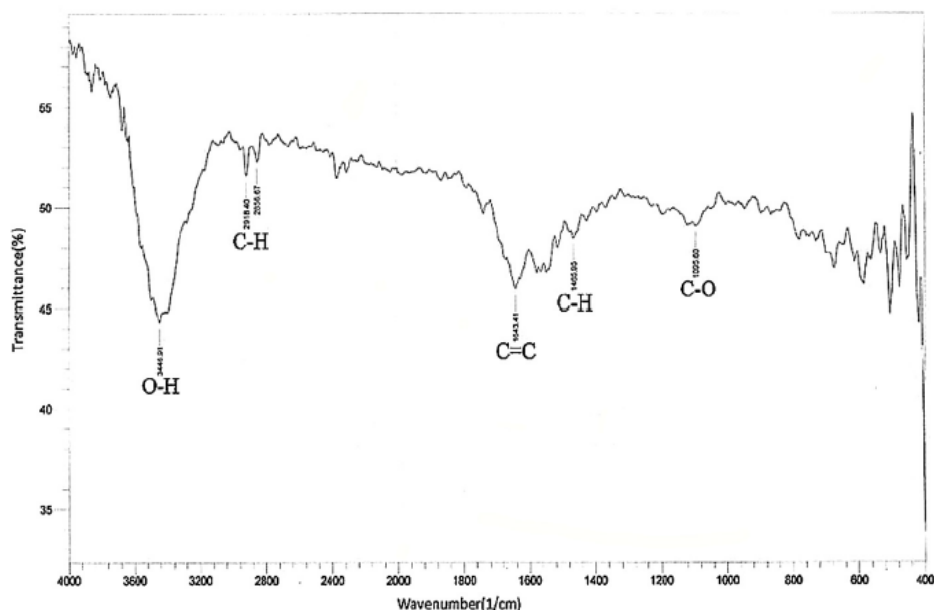
2.2.III. نتائج قياس طيف الأشعة تحت الحمراء FTIR :

يمثل الشكل (5.III) طيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء [48] للتعرف على الروابط الكيميائية

لطبقة الجرافين، يتم ذلك من خلال تحديد موقع اهتزازها في طيف الأشعة تحت الحمراء.

يتجلى طيف الجرافين ضمن مجال ($400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$)، و ذلك من خلال قياس طيف

الامتصاص بدلالة العدد الموجي .



الشكل (5.III): طيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء للجرافين [48].

1.2.2.III. تحليل و مناقشة نتائج مطيافية FTIR:

نلاحظ من خلال الشكل (2.III) وجود عصابة امتصاص واسعة في حدود 3446.91 cm^{-1} الموافق لـ O.H رابطة اهتزاز تمدد، و وجود قمتان لعصابة الامتصاص عند 2865.67 cm^{-1} و عند 2918.4 cm^{-1} الموافق لـ C.H رابطة اهتزاز تمدد في منطقة التردد العالي مع وجود ذروة حادة عند 1465.95 cm^{-1} الموافقة لـ C.H رابطة اهتزاز انحناء.

في حين أن وجود قمتي عصابة امتصاص لوحظت في منطقة التردد المتوسط عند 1643.41 cm^{-1} و 1095.6 cm^{-1} الموافقة لـ C=C و C.O رابطة اهتزاز التمدد يمكن أن يعزى إلى تشكل أكسيد الجرافين. أبدت هذه النتائج توافقا مع أعمال سابقة وصل إليها باحثون آخرون

[51،50،49].

الجدول (1.III) : الروابط المستخرجة من تحليل طيف الجرافين و تردداتها.

نوع الاهتزاز	
O.H اهتزاز تمدد	3446.91 cm ⁻¹
C.H اهتزاز تمدد	2865.67cm ⁻¹
C.H اهتزاز تمدد	2918.4 cm ⁻¹
C.H اهتزاز انحناء	1465.95 cm ⁻¹
C=C اهتزاز تمدد	1643.41 cm ⁻¹
C.O اهتزاز تمدد	1095.6 cm ⁻¹

الاستنتاج :

أظهر طيف FTIR وجود رابطة C=C التي تشير إلى تكوين الجرافين، وكذلك وجود أنواع أخرى مختلفة من وظائف الأكسجين مع الجرافين مثل روابط O-H و C-O وهذا يعود طريقة تحضير الجرافين. نظرا للظروف الصحية القاهرة وانتشار جائحة كورونا (COVID 19) لم تتمكن من تحليل العينات بالأشعة تحت الحمراء.

3.2.III. الخصائص الكهربائية :

تعتبر الخصائص الكهربائية لشرائح الجرافين ذات أهمية كبيرة في العديد من التطبيقات الصناعية، من بين هذه الخصائص يمكن ذكر المقاومة الكهربائية و الناقلية الكهربائية.

1.3.2.III. الناقلية الكهربائية:

تعد الناقلية الكهربائية أحد أهم الخصائص الكهربائية يمكن التعبير عنها انطلاقا من قيم المقاومة

الكهربائية (R) بالعلاقة (5.III) :

$$G = \frac{1}{R(\Omega)} \dots (5.III)$$

III.2.3.2. مناقشة نتائج قيم الناقلية الكهربائية :

قمنا بقياس مقاومة الطبقة المحضرة باستعمال الآلة الحرارية للتغليف وذلك بواسطة جهاز متعدد القياسات استخدمنا مقياس " الأوم" و قد تم تسجيل قيمة صغيرة للمقاومة الكهربائية :
($R_2=0.3 \Omega$ ، $R_1=0.1 \Omega$).

القيم المسجلة بمقياس الأوم تكون متغيرة لكنها تبقى صغيرة مما يدل على أن الناقلية الكهربائية تكون كبيرة.



الشكل (6.III) : قياس المقاومة لعينة من الجرافين بتقنية التغليف الحراري.



الخلاصة العامة

الخلاصة العامة

اكتشفت مادة الجرافين المستخلصة من الجرافيت لأول مرة سنة 2004م، منذ ذلك الحين اهتم بها و تبناها العديد من الباحثين لما تتصف به هذه المادة من خصائص جعلتها استثنائية. إن الجرافين دخل إلى تطبيقات و تكنولوجيات عديدة كما فتح الباب لتطوير عدة صناعات حيث نقلها إلى عصر جديد.

لقد سعينا في مذكرتنا هذه إلى تحضير الجرافين و دراسة بعض خصائصه المميزة. و في سبيل ذلك قمنا أولاً بعرض دراسة نظرية حول بنية الجرافين و خصائصها، كما تطرقنا إلى كيفية تحضير طبقة من الجرافين بطرق مختلفة حيث تمكنا من الحصول عليه بعدة طرق، كما قمنا بدراسة بعض الخصائص التي يمكن تحديدها باستعمال كل من جهاز مطياف الأشعة فوق البنفسجية و أيضاً جهاز التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء.

تمكنا من تحضير الجرافين بطرق عدة منها طريقة التقشير الميكانيكي و باستخدام آلة التغليف الحراري. قمنا بمعاينة بعض الخصائص لهذه المادة كالشفافية حيث كان الامتصاص الأعظمي للعينات المحضرة بالتقشير الميكانيكي صغيراً جداً (% 7.5). إن امتصاص الجرافين يحدث في منطقة الأشعة فوق البنفسجية (200nm – 320nm) حيث وجدنا أن الطول الموجي عند الامتصاص الأعظمي يقدر ب $\lambda_{max} = 264 \text{ nm}$. كانت هذه النتيجة متوافقة كثيراً مع أعمال أخرى.

كما قمنا بقياس مقاومة الطبقة المحضرة باستعمال الآلة الحرارية للتغليف ، فتحصلنا على قيم صغيرة للمقاومة الكهربائية : ($R_1=0.1 \Omega$ ، $R_2=0.3 \Omega$). القيم المسجلة بمقياس الأوم تكون متغيرة لكنها تبقى صغيرة مما يدل على أن الناقلية الكهربائية تكون كبيرة.

إن هذا الأمر لا يتوقف عند هذا الحد بل نطمح لدراسة أوسع وأشمل تسمح ب :

دراسة الخصائص الأخرى للجرافين و كذا تطبيقاته في المجالات الأخرى كالخلايا الشمسية.

المراجع

قائمة المراجع :

- [1] Francesca. K. D; "Exfoliation du graphène par voie liquide en vue d'une application aux contacts électriques"; Thèse de doctorat; Université Paris-Sud (2016).
- [2] Harder. B, Faster. S; "La Recherche Britannique Sur Le Graphene"; Science et Technologie au Royaume-Uni (2013).
- [3] Cooper. D. R, Al; "Experimental review of grapheme"; ISRN Condensed Matter Physics (2012).
- [4] بزيو. ح، "مساهمة في دراسة توضع الجرافين بتقنية الترسيب الكيميائي CVD"، مذكرة ماستر جامعة ورقلة (2015).
- [5] Tejada. A, Talab-Ibrahimi. A, Berger. Cù ; "Les proprietes du Graphène en mille-feuille"; Refiles de la physique; EDP Sciences; pp: 84 (2013).
- [6] Olivier. D; "Développement de la croissance de graphène par CVD sur cobalt, analyses morphologique et structurale"; thèse de doctorat de l'université Paris-Saclay; préparée au NIMBECEA-CNRS UMR 3685 (2015).
- [7] Israelachvili. J. N; "intermolecular and surface force"; academic Press; 2e edition, Ianders (1997).
- [8] Azevedo. J; "Assemblage contrôlé de graphène et de nanotubes de carbone par transfert de films de tensioactifs pour le photovoltaïque"; Autre [cond-mat.other] ; Université Paris Sud - Paris XI (2013).
- [9] Kunar. S and R; "A Reviens on the Propretés and Applications of Graphene"; Journal of Materiel Science and Mechanical Engineering; No.10; Vol.2; pp: 70-37 (2015).
- [10] RPDRIGUES DA CUNHA. T. H; "Chemical Vapor Deposition of graphène at very low pressures"; Brazil (2014).
- [11] Babahani. O; "Simulation numérique par la méthode de Monte Carlo de la déposition de couche minces par procédés CVD"; Thèse de Doctorat; Université Kasdi Merbah (2013).

[12] achaby.El. M; "Nanocomposites Graphène Polymé Thermoplastique : Fabarication et Etude des Propriétés Structurales; Thermiques Rhéologiques et Mécaniques"; Thèse de doctorat ; Université Mohammed V-Agdal (2012).

[13] Allard. A; "Etude ab-initio des phonon du Graphène sur substrat métalliques"; Université sciences et Technologies Lille; December (2011).

[14] Clavel. M; "Etude de l'intégration de transistors à canal en graphène épitaxie é par une technologie compatible CMO"; thèse de doctorat ; l'université de Grenoble 30 juil (2012).

[15] Shin. H. J, Choi. W. M, Chui. D, Han G. H, Yoon. S. M, Park. H. K, S. W. Kim. S. W, Jin. Y. W, Lee. S. Y, Chui. J. Y, and Lee Y.H; "Control of Electronic Structure of Graphène by Various Dopants and Their Effects on a Nanogenerator"; J.Americane Chemical Society; 132; pp: 15603-15609 (2010).

[16] Brown. A. M, Crosser. S. M, Leyden. R. M, Yabing Qi, and Minot. D. E; "Measurement of high carrier mobility in graphene in an aqueous electrolyte environment Appl"; phys.Lett.109, 09310 (2016).

[17] Kuilla. T, Bhadra. S, Yao. D, Hoon Kin. N, Bose. S, Hee. J; "Recent advances in graphene based polymer composites"; Progress in polymer; pp: 1350-1375 (2010).

[18] Nair. R. R, Blak. P, Grigorenka. A. N, Novoselov. K. S, Peres. T. J, Geim. A. K; "Fine Structure Constant Defines Visual Transparency of Graphene" Science; Vol.320 (2008).

[19] بالمهدي م، " حساب احتمالات التفاعل خلال توضع طبقة جرافين على سطح Cu بطريقة PECVD " ، مذكرة
ماستر جامعة ورقلة (2017).

[20] Castro Nero A. H, Guinea. F, Peres. N. M. R, Nevelov. K. S and Geim A. K; "The electronic properties of graphene"; Reviews of mode physics; Vol.81 (2009).

[21] Geim. A. K, Novoselov. K. S; "The rise of graphene"; Nature Materaile ; Vol.6; pp: 183-191 (2007).

[22] Balandin. A, Ghosh. S, Bao. W, Calzo. I, Teweldebrhn. D, Miao. F, Ninglair. C; "Superior Thermal Conductivity of Single-Layer Graphene"; Nano Letter; Vol.8; No.3; pp: 902-907 (2008).

[23] Mattevi. C, Hokwonkin, Chhowall. M; "Areview of Chemical Vapor Déposition ofGraphene on copper"; The Royel Society of Chemical; Vol.21; pp: 3324-3334 (2011).

[24] Fuchs. J. N, Goerbig. M. O et Plaçais. B; "le graphene : Qunde la mécanique quantique rencontre la relativité dans un trait de crayon"; Reflets de la Physique des solides ; Université Paris-Sud et CNRS (2010).

[25] Al-Shurman. K. M, Naseem. H; "CVD Graphene Growth Mécanisme on Nickel Thin Films"; Excerpt From the Proceedings of the 2014 COMSOL Conference in Boston (2014).

[26] Sun.W. Lv. F, Tang. D.M. , Ch , Liu, Cheng . Q. H.; "A sandwich structure of graphene and nickel oxide with excellent supercapacitive preformance "; Journal of Materials Chemistry ; J. Mater. Chem;Vol 21; pp: 9014-9019 (2011).

[27] Cohen-Tanugi, David, Grossman, Jeffrey. C. ;"Water Dasalination across Nanoporous Graphene "; Nan Letters ; No.7 ; Vol.12 ;pp: 3602-3608 (2012).

[28] Czernaik-Reczulaska. M, Niedzielska. A, Jedrzejak. A, "Graphene as a material for solar cells application" ;Material Science; Vol.15; No.4(46) ;(2015).

[29] Geng . D., Yang. S., Zhang. Y., Liu. J., Sham .T. K., Sun. X.U., Ye .S, Knights. S; "Nitrogen doping effects on the structure of graphéme "; Applied Surface Science; 257, pp: 9193-9198 (2011).

[30] Yin .Z, Wu .S, Zhou. X, Huang. X, Zhang. Q, Boey. F, Zhang .H; "Electrochemical Deposition of ZnO Nanorodson Transparent Reduced Graphene Oxide Electrodes for Hybrid Solar Cells "; Small ;No.2 ; Vol.6 ;pp: 307-312 (2010).

[31] Chandra Ray. S ; "Applications of Graphene and Graphene-Oxide Based Nanomaterials" Département of Physics ,Collegy of Science, Engineering and Technology, University of South Africa, 978-323-37521-4 ; (2015).

[32] [https://www.elwatannews.com\(22/06/2020\)](https://www.elwatannews.com(22/06/2020)).

[33] الهزازي ع. ب ، الكيمياء الكهربائية ،"التحليل الكهربائي" ، جامعة ام القرى (2017/03/24).

[34] [https://youtu.be/hpP2qOw_Baw\(23/02/2020\)](https://youtu.be/hpP2qOw_Baw(23/02/2020)).

المراجع

[35] Pei Yu, Sean Lowe. E, George Simon. P, Zhang Y. L; " Electrochemical exfoliation of fonctionnel graphene " ; Journal Department of Materials Science and Engineering, Monash University ; Vol 20 ; PP : 329-338 ; (2015).

[36] [https://youtu.be/iZoWgoCsAm0\(16/06/2020\)](https://youtu.be/iZoWgoCsAm0(16/06/2020)).

[37] [https://www.haeaty.com\(11/11/2018\)\(19/07/2020\)](https://www.haeaty.com(11/11/2018)(19/07/2020)).

[38] [https://www.youtube.com/oisuvrxfu-8\(13/07/2020\)](https://www.youtube.com/oisuvrxfu-8(13/07/2020)).

[39] نقودي. ن، " دراسة الخصائص البنيوية والكهربائية والضوئية لأغشية أكسيد القصدير (SnO_2) المطعمة بالنيكل (Ni) والمرسبة بتقنية الرش الكيميائي الحراري" مذكرة ماستر فرع فيزياء، جامعة الوادي 2018.

[40] حامد م. ع، "التجهيزات المجهرية" (2012).

[41] عطا ف. ع. الله، " ترسب و تشخيص شرائح نيتريد السيليسيوم اللامتبلور المحضرة بطريقة الرش الذهبية " أطروحة دكتوراه، جامعة بسكرة (2005).

[42] Taabouche. A "Etude structurale et optique de films minces ZnO élaborés par voie physique et/ou chimique " ; Thèse de DOCTORAT; Université Constantine (2015).

[43] Frank. A, Prentice. H, "Handbook of instrumental techniques for analytical chemistry"; U.S.A (1997).

[44] Rouessac. F, Rouessac. A , " ANALYSE CHIMIQUE Méthodes et techniques instrumentales moderns " ; Dunod (2004).

[45] Maget .V, "Développement de méthodes de traitement de signaux spectroscopiques: estimation de base et du spectre de raie" ; Univ Henri Poincaré Nancy 1 pp:20-21,(2005).

[46] دريوش. ب " تحضير و تحليل المواد النانوية لكبريت الزنك (ZnS) " ، مذكرة ماستر، جامعة حمة لخضر الوادي (2019).

[47] Tarko Fentaw. E, Delele Worku. A; "Controlled Synthesis, Characterization and reduction of graphene oxide : A convenient methode for large scale production " journal of Basic and Applied Sciences ;Vol 4,Issue 1, pp :74-79, (2017).

- [48] Raneen. I. J, Mustafa. K.A.M ; " Production of graphene powder by electrochemical Exfoliation of graphite electrode immersed in aqueous solution" ; Science Direct ; Department of Applied science, University of Technology, Baghdad, Iraq PP: 6384-6389 (2016).
- [49] shahriary. L., Athawale. A; "Graphene Oxide Synthesized by using Modified Hummers Approche" ; Int.J.Renew. Energy Environ. Eng.2, pp: 0157-2348, (2014).
- [50] Aldosari. A, Othman. A, Alsharaeh. E. H; "Synthesis and characterzation of the in situ bulk Polymérisation of PMMA containing graphene sheets using microwave irradiation"; Molecules 18, pp: 3152-3167,(2013).
- [51] Satish. B, Venkateswara. K, Shilpa Chakra. CH, Thunugunta. T; "Synthesis and characterzation of graphene oxide and its antimicrobial activity aganst Klebseilla and Staphylococcus"; Int. J. Adv. Biotechnol. Res. 4, pp: 142-146, (2013).

الملخص:

تمكنا من تحضير الجرافين بطرق عدة منها طريقة التقشير الميكانيكي و باستخدام آلة التغليف الحرارية. قمنا بمعاينة بعض الخصائص لهذه المادة كالشفافية حيث كان الامتصاص الأعظمي للعينات المحضرة بالتقشير الميكانيكي صغير جدا (7.5%). إن امتصاص الجرافين يحدث في منطقة الأشعة فوق البنفسجية (200nm – 320nm) حيث وجدنا أن الطول الموجي عند الامتصاص الأعظمي يقدر ب: $\lambda_{max} = 264 \text{ nm}$. كانت هذه النتيجة متوافقة كثيرا مع نتائج أعمال أخرى. كما قمنا بقياس مقاومة الطبقة المحضرة باستعمال الآلة الحرارية للتغليف، فتحصلنا على قيم صغيرة للمقاومة الكهربائية: ($R_1=0.1 \Omega$ ، $R_2=0.3 \Omega$). القيم المسجلة بمقياس الأوم تكون متغيرة لكنها تبقى صغيرة مما يدل على أن الناقلية الكهربائية تكون كبيرة.

الكلمات المفتاحية: قلم الرصاص – الجرافين – طرق التحضير – تحليل طيفي – الناقلية الكهربائية.

Résumé :

Nous avons préparé le graphène par plusieurs méthodes, y compris la méthode l'exfoliation mécanique du graphite et en utilisant une machine d'emballage thermique. Nous avons examiné certaines propriétés de ce matériau comme la transparence, où l'absorption maximale des échantillons préparés par l'exfoliation mécanique était très faible (7,5%). L'absorption du graphène se produit dans la région ultraviolette (200 nm - 320 nm). Nous avons constaté que la longueur d'onde à l'absorption maximale est estimée à: $\lambda_{max} = 264 \text{ nm}$. Ce résultat était cohérent avec d'autres travaux. Nous avons également mesuré la résistance de la couche préparée à l'aide d'une machine de plastification thermique, et nous avons obtenu de petites valeurs de résistance électrique: ($R_1 = 0,1 \Omega$, $R_2 = 0,3 \Omega$). Les valeurs obtenus par l'ohm-mètre sont variables mais restent faibles, ce qui montre que la conductivité électrique est importante.

Mots de clefs : crayon, graphène, méthodes de préparation, spectroscopie, conductivité électrique.

Summary:.

We prepared graphene by several methods including mechanical exfoliation of graphite method and using thermal packaging machine. We examined some properties of this material such as transparency, where the maximum absorption of samples prepared by mechanical exfoliation was very low (7.5%). Absorption of graphene occurs in the ultraviolet region (200 nm - 320 nm). We have found that the wavelength at maximum absorption is estimated at: $\lambda_{max} = 264 \text{ nm}$. This result was consistent with other work. We also measured the resistance of the prepared layer using a thermal lamination machine, and we obtained small values of electrical resistance: ($R_1 = 0.1 \Omega$, $R_2 = 0.3 \Omega$). The values obtained by the ohm-meter are variable but remain low, which shows that the electrical conductivity is important.

Keywords: pencil, graphene, preparation methods, spectroscopy, electrical conductivity.