



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministry of Higher Education and
Scientific Research



جامعة قاصدي مرباح ورقلة

University of Kasdi Merbah Ouargla

كلية الرياضيات وعلوم المادة

Faculty of Mathematics and Sciences of matter

قسم الكيمياء

Département of Chemistry

مذكرة مقدمة لنيل شهادة ماستر أكاديمي

في الكيمياء

التخصص: كيمياء المحيط

من إعداد الطالبة: - حمايمي شافية

بعنوان :

طريقة تحضير الكربون النشط من بذور النبات وإستعماله

في إزالة سمية العناصر الثقيلة من المياه

نوقشت علنا يوم: 2022/06/09

امام لجنة المناقشة المكونة من:

رئيسا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ محاضر (أ)	أ.د هادف الدراجي
مناقشا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ محاضر (أ)	أ.د بالفار محمد الأخضر
مشرفا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ محاضر (أ)	أ.د شربي رقية
مساعد مشرف	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ محاضر (أ)	أ.د زروقي حياة

الموسم الجامعي: 2022/2021



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



(وترى الأرض هامدة فإذا أنزلنا
عليها الماء اهتزت وربت وأنبتت
من كل زوج بهيج)

صَدَقَ اللَّهُ الْعَلِيِّ الْعَظِيمِ

سورة الحج الآية (5)

الإهداء

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على خاتم الأنبياء والمرسلين

أهدي هذا العمل إلى

الينبوع الذي لا يمل العطاء إلى من حاكت سعادتي بخيوط منسوجة من قلبها إلى

والدتي العزيزة رعاها الله

إلى من سعى وشقي لأنعم بالراحة والهناء الذي لم ييخل بشيء من أجل دفعي في طريق النجاح

الذي علمني أن أرتقي سلم الحياة بحكمة وصبر إلى

والدي العزيز حفظه الله

إلى من حبهم يجري في عروقي ويلهج بذكراهم فؤادي إلى

إخوتي الأعزاء

إلى من سرنا سويًا ونحن نشق الطريق نحو النجاح والإبداع إلى من تكاتفنا يدا بيد ونحن نقطف

زهرة تعلمنا إلى

صديقتي وزميلاتي (بن يابة أميمة، عوفي هاجر، بن يونس عائشة)

إلى من علموني حروفا من ذهب وكلمات من درر وعبارات من أسمى وأجلى عبارات في العلم إلى

من صاغوا لي من علمهم حروفا ومن فكرهم منارة تنير لنا مسيرة العلم والنجاح إلى

معلمي وأساتذتي الكرام

شافية

شكر و عرفان

قال رسول الله صل الله عليه وسلم

"من لم يشكر الناس لم يشكر الله"

صدق رسول الله صل الله عليه وسلم

الحمد لله على إحسانه والشكر له على توفيقه وامتنانه

بعد شكر الله سبحانه وتعالى على توفيقه لي لإنمام هذه المذكرة اتقدم بجزيل الشكر

إلى "الوالدين العزيزين" الذان أعانوني وشجعوني على الاستمرار في مسيرة العلم والنجاح ، كما نتوجه

بالشكر الجزيل

إلى الأستاذة المشرفة الدكتورة "شربي رقية" لإشرافها على المذكرة ولما قدمته لي من إرشاد وتوجيه .

كما اختص بالذكر الدكتورة "زروقي حياة" كأستاذ مساعد وأقول شكرا لك وجزاك الله خيرا على ماقدمته

وتقديمه لطلبتيك من علم ودعم ونصح وإرشاد.

واشكر أعضاء لجنة المناقشة "هادف الدراجي" رئيسا و "بالغار محمد الأخضر" مناقشا على قبولهم مناقشة

مذكرتي

والى كل الأساتذة و كل من ساهم بتلقينا العلم ولو بحرف في مسيرتنا الدراسية أقول لهم حروفكم كانت

ذهبا إرتقينا بها الى العلى.

الفهرس

I.....	الإهداء
II.....	شكر وعران
VII.....	المختصرات
VIII.....	قائمة الأشكال
X.....	قائمة الجداول
1.....	مقدمة عامة
3.....	مراجع المقدمة

الجزء النظري

الفصل الأول : الكربون النشط

5.....	1-I تعريف الكربون النشط
5.....	I-2 تواجد الكربون في الطبيعة
5.....	I-3 التفاعلات الكيميائية للكربون
6.....	I-4 المواد المستخدمة في تحضير الكربون النشط
6.....	I-5 تحضير الكربون النشط
7.....	I-5-1 نزع الماء
7.....	I-5-2 التفحيم
8.....	I-5-3 التنشيط
8.....	I-6 تنشيط الكربون
8.....	I-6-1 التنشيط الفيزيائي
8.....	I-6-2 التنشيط الكيميائي
9.....	I-7 أصناف الكربون النشط
9.....	I-7-1 الكربون المنشط المسحوق
9.....	I-7-2 الكربون النشط الحبيبي
10.....	I-7-3 الكربون النشط المقذوف
10.....	I-7-4 الكربون النشط المغلف بالبوليمرات
10.....	I-7-5 الكربون النشط بشكل مناخل جزئية

10.....	I-7-6 ألياف الكربون المنشط
10.....	I-8 خواص الكربون النشط
10.....	I-8-1 الخواص الفيزيائية
12.....	I-8-2 الخواص الكيميائية
13.....	I-9 تطبيقات وإستخدامات الكربون النشط
14.....	II_1 تعريف العناصر الثقيلة
14.....	II_2 مصادر العناصر الثقيلة
14.....	II_2_1 مصادر طبيعية
15.....	II_2_2 مصادر بشرية
15.....	II_3 أشكال العناصر الثقيلة في المياه
15.....	II_3_1 العناصر الثقيلة الذائبة
15.....	II_3_2 العناصر الدقائقية
15.....	II_3_3 العناصر الثقيلة في الرواسب القاعدية
15.....	II_3_3_1 العناصر المتبادلة
15.....	II_3_3_2 العناصر المتبقية
16.....	II_4 تصنيف العناصر الثقيلة
16.....	II_4_1 العناصر الأساسية
16.....	II_4_2 العناصر السامة
17.....	مراجع الفصل الأول

الفصل الثاني : ظاهرة الإمتزاز

23.....	III_1 نبذة تاريخية
23.....	III_2 تعريف الإمتزاز
23.....	III_3 تصنيف الإمتزاز
24.....	III_4 أنواع الإمتزاز
24.....	III_4_1 الإمتزاز الفيزيائي
24.....	III_4_2 الإمتزاز الكيميائي
25.....	III_5 آلية الإمتزاز
25.....	III_6 الفرق بين الإمتزاز الفيزيائي والكيميائي

26.....	III_7 العوامل المؤثرة في الإمتزاز
26.....	III_7_1 عوامل متعلقة بالماز
26.....	III_7_2 عوامل متعلقة بالممتز
26.....	III_7_3 عوامل متعلقة بالحالة الفيزيوكيميائية للمحلول
26.....	III_8 نمذجة معادلات الإمتزاز
26.....	III_8_1 إيزوتارم إمتزاز لانجومير
27.....	III_8_2 إيزوتارم إمتزاز فراندليش
28.....	III_8_3 إيزوتارم إمتزاز برونر، ايميت ، تيللر
29.....	III_9 تصنيف منحيات ايزوتارم الإمتزاز
30.....	III_10 حركية الإمتزاز
31.....	III_11 أهمية الإمتزاز
32.....	III_12 تطبيقات الإمتزاز
32.....	III_1 التطبيقات الصيدلانية للإمتزاز
32.....	III_2 تطبيقات الإمتزاز في الطور السائل
33.....	III_3 تطبيقات الإمتزاز في الطور الغازي
34.....	مراجع الفصل الثاني

الجزء التطبيقي

48.....	V_ مقدمة
48.....	V_1 طرق تحليل الكربون النشط
48.....	V_2 مفهوم نظرية BET
48.....	V_3 جهاز ال BET
48.....	V_4 نتائج ال BET
50.....	V_5 مفهوم طريقة MEB
50.....	V_5_1 جهاز ال MEB
51.....	V_5_2 طريقة العمل التجريبي ل MEB
51.....	V_6_3 تحليل نتائج MEB
54.....	V_7_7 مفهوم طريقة التحليل الطيفي FTIR
54.....	V_7_1 جهاز التحليل الطيفي FTIR

.55.....	2_7_V طريقة العمل التجريبي لجهاز التحليل الطيفي FTIR
.56.....	3_7_V نتائج تحليل FTIR
.62.....	8_V مقارنة النتائج
64.....	خلاصة عامة
65.....	الملخص

قائمة المختصرات :

CEFIC: Conseil européen des associations de l'industrie chimique.

CA: charbon actif.

CAP : charbon actif poudre.

CAG : charbon actif grain.

CAE: charbon actif Extrudé.

CAEP: charbon actif enrobe de polymers.

CAM: charbon actif dans les tamis moléculaires.

CAF: charbon actif de Fibre.

CU: Coefficient of uniformity.

I.U.P.A.C: The International Union of Pure and Applied Chemistry.

BET : Brunauer- Emmett – Teller.

MBE : La Microscopie électronique à balayage.

FTIR: Faurier Trans Infrared Spectrometry.

قائمة الأشكال

الصفحة	العنوان	الرقم
7	نموذج وحدة البنية القاعدية (U.S.B)	الشكل 1
7	البنية التحية للكربون المنشط	الشكل 2
9	المخطط العام لتحضير الكربون النشط	الشكل 3
12	جهاز تحديد المسامية prosimter	الشكل 4
14	إستعمال الكربون النشط في تنقية الهواء	الشكل 5
14	إستعمال الكربون النشط في الأدوية	الشكل 6
14	إستعمال الكربون النشط في الأقمعة	الشكل 7
14	إستعمال الكربون النشط في إزالة الألوان	الشكل 8
14	بعض العناصر الثقيلة	الشكل 9
24	تمثيل عملية الإمتزاز خلال مسامات مادة صلبة	الشكل 10
24	إيزوتارم الإمتزاز الكيميائي	الشكل 11
24	إيزوتارم الإمتزاز الفيزيائي	الشكل 12
27	الشكل النموذجي لإيزوتارم لانجومير LANGEMUR	الشكل 13
28	الشكل النموذجي لإيزوتارم فراندليش FRUNDLICH	الشكل 14
28	الشكل النموذجي لإيزوتارم BET	الشكل 15
29	أصناف إيزوتارم-إمتزاز المعتمد من طرف C.A.P.U.I	الشكل 16
31	مراحل إنتقال المادة وتثبيت الممتز في حالة الإمتزاز صلب _سائل	الشكل 17
41	الإختلافات بين التنشيط الفيزيائي والكيميائي في الغلاف الجوي والفيزيائي المضغوط	الشكل 18
42	مخطط مرفق لتحضير الكربون المنشط من قش الشعير	الشكل 19
44	تركيب تجريبي للكربنة الحرارية	الشكل 20
44	تركيب تجريبي لتنشيط البخار	الشكل 21
45	تركيب تجريبي لتحضير الكربون المنشط من نشارة الخشب	الشكل 22
48	جهاز قياس السطح النوعي Micro meritics	الشكل 23
49	توزيع حجم المسام للتيار المتردد	الشكل 24
50	إمتزاز النتروجين وإمتصاصه عند 77 كلفن	الشكل 25
51	جهاز المجهر الإلكتروني الماسح	الشكل 26

52	صور MEB وتوزيعات حجم المسام الصغير	الشكل 27
53	توزيع حجم المسام الصغيرة والمتوسطة للكربون المنشط (درجة الحرارة)	الشكل 28
53	توزيع حجم المسام الصغيرة والمتوسطة للكربون المنشط (وقت الانتصار)	الشكل 29
53	توزيع حجم المسام الصغيرة والمتوسطة للكربون المنشط (معدل تدفق الغاز)	الشكل 30
54	صور مسح المجهر الإلكتروني للكربون المنشط عن طريق التنشيط H_2O و CO_2	الشكل 31
54	مسح صور المجهر الإلكتروني للكربون المنشط عن طريق التنشيط بثاني أكسيد الكربون وبخار الماء	الشكل 32
55	جهاز التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء	الشكل 33
56	مطياف الأشعة السينية المشتت للطاقة للكربون المنشط بواسطة CO_2	الشكل 34
56	أطياف FTIR للكربون المنشط عن طريق ثاني أكسيد الكربون وتفعيل البخار	الشكل 35
57	توزيع حجم المسام للكربون المنشط الذي تم الحصول عليه	الشكل 36
58	توزيع حجم المسام للكربون المنشط من $2N$ ، CO_2	الشكل 37
59	صور MEB للكربون المنشط بناء على نفايات Shungite	الشكل 38
59	أطياف FTIR للكربون المنشط	الشكل 39
60	أنماط الأشعة السينية XRD للكربون المنشط	الشكل 40
60	أطياف رامان لمواد الكربون المنشط	الشكل 41
61	توزيع حجم المسام الدقيقة للكربون المنشط	الشكل 42
62	صور المجهر الإلكتروني لسطح الكربون المنشط من خشب التنوب	الشكل 43
62	نتائج التحليل الطيفي للكربون المنشط	الشكل 44

قائمة الجداول

الصفحة	العنوان	الرقم
6	مميزات بعض المواد المستعملة في تحضير الكربون النشط وخصائص الكربونات المحضرة منها	الجدول 1
11	تصنيف وخواص المسامات للكربون النشط	الجدول 2
16	تصنيف بعض العناصر الثقيلة حسب الكثافة والسمية	الجدول 3
24	الفرق بين الإمتزاز الفيزيائي والكيميائي	الجدول 4
41	نتائج BET للكربون المنشط	الجدول 5
43	نتائج الـ BET لمساحة السطح وإجمالي حجم المسام الصغيرة من إمتصاص 2N في درجة حرارة 77 كلفن	الجدول 6
44	إنتاج الكربون المنشط عند درجات حرارة مختلفة ومعدلات تدفق البخار	الجدول 7
47	نتائج BET عائد التنشيط والمعلومات الهيكلية للمادة المتفحمة C_6	الجدول 8
51	نتائج BET الخاصة بالكربون المنشط المحضر من قش الشعير	الجدول 9
55	نتائج BET مقارنة الكربون المنشط من المخلفات الزراعية مع طريقة التنشيط الفيزيائي	الجدول 10
56	نتائج BET الخاصة بالكربون المحضر من بقايا Shungite	الجدول 11
59	نتائج الـ BET لمساحة السطح ومتوسط قطر المسام، طريقة لانجوميير، طريقة HK لحجم المسام الصغيرة لإنتاج الهيكل المسامي في درجات حرارة مختلفة	الجدول 12

مقدمة عامة

يعد الماء هو الحياة لقوله تعالى في كتابه الكريم " وجعلنا من الماء كل شئ حيا " [1] والمورد البيئي للأرض والكائنات الحية وله ضرورة أساسية لحياة الإنسان، يقول ليورناردو دافينشي " الماء هو العالم هو دماء أجسامنا "سواء كان هذا الماء سطحيا أو باطنيا، فإنه هو العنصر الأساسي في حياتنا والعامل المحدد بامتياز.

يواجه الإنسان في العصر الحالي مشكلة كبيرة تحتاج الى تضافر الجهود للحد منها ومعالجتها تتمثل في تلوث البيئة ويزيد المشكلة خطورة الإنسان الذي له الدور الواضح في الحد منها في زيادة هذه المخاطر من خلال نشاطاته المختلفة التي أصبحت تهدد الحياة البشرية، كما أن تلوث البيئة له علاقة وطيدة بالتوسع السكاني في العالم [2].

يعتبر التلوث من المشاكل الكبيرة التي تواجه الإنسان والبيئة خاصة ونظرا للتطور التكنولوجي المرافق للحياة المعاصرة ويحدث التلوث بأشكاله المختلفة سواء كان تلوث الماء أو الهواء أو التربة نتيجة وجود بعض العناصر الضارة، ويحدث هذا التلوث جراء تدخلات الإنسان أو بفعل بعض الظواهر الطبيعية.

وتعد العناصر الثقيلة من ملوثات المياه عندما تزداد عن معيارها، فهي أحد مؤشرات تلوث الماء خصوصا وإن كانت بكميات ليست بقليلة من مركبات الرصاص والمعادن الخطرة الأخرى التي تنتشر في المياه وقد تبلغ مئات الآلاف من الأطنان خلال السنة الواحدة.

[3]

من بين التقنيات المستخدمة لإزالة العناصر الثقيلة السامة استعمال الكربون النشط حيث أظهر الإدمصاص (الامتزاز) على الكربون النشط أداء تقنيا واقتصاديا مثيرا للإهتمام.

تعتبر ظاهرة الإمتزاز واحدة من العمليات الأكثر فعالية والمتقدمة في معالجة المياه، حيث تؤدي هذه الأخيرة الى الحد من أثر المركبات العضوية وغير العضوية الخطرة المتواجدة في النفايات السائلة وذلك بعد المعالجة التقليدية، كما أنها تستعمل في إزالة المركبات الضارة من المياه الملوثة، تتمثل المزايا الإيجابية لطريقة الإمتزاز باستخدام الكربون النشط، علاوة على ذلك تعد هذه الطريقة إقتصادية لأنها تتطلب رأس مال منخفض، كما أنه هناك مواد منخفضة التكلفة ومتاحة يمكن أن تستغل كمادة مازة بعد عمليات التحضير المناسبة.

تعد طريقة الإمتصاص على السطوح الصلبة المسامية من الطرق الشائعة في تنقية المياه الملوثة، فقد أجريت دراسات بحثية عديدة على السطوح المسامية منها الرماد المتطاير والخشب والسليلوز والكربون المنشط وعلى المخلفات النباتية (قشور القمح، قشور جوز الهند، بذور النباتات...).

ما يميز الكربون النشط أنه من بين أفضل الممتزات للعناصر الثقيلة، حيث بينت العديد من الدراسات أن الكربون النشط المحضر إنطلاقا من بذور النباتات (مخلفات نباتية/زراعية) يمكن إستعماله في معالجة المياه من خلال إزالة العناصر السامة منها، حيث يتم نزع الكاديوميوم، الرصاص، الكوبالت، الزنك، النحاس [4] [5].

تهتم دراستنا هذه بتثمين المخلفات النباتية وتحضير الكربون النشط منها وقدرتها على إمتزاز المواد الملوثة (العناصر السامة) وإزالتها من المياه من خلال التطرق الى دراسات سابقة.

وقد تضمن هذا البحث أربع فصول وهي كالآتي :

- ❖ الفصل الأول: يتضمن عموميات حول الكربون النشط.
- ❖ الفصل الثاني : التطرق الى ظاهرة الإمتزاز.
- ❖ الفصل الثالث : يتضمن دراسات عملية سابقة حول تحضير للكربون النشط.
- ❖ الفصل الرابع : تناولنا فيه طرق تحليل الكربون النشط.
- ❖ واخيرا خلاصة.

مراجع المقدمة:

المراجع باللغة العربية:

[1] القرآن الكريم .

[3] فردوس عباس جابر وآخرون "دراسة الخصائص الكيماوية والفيزيائية لجسيمات الغبار المتساقط في المدينة الديوانية ،
جامعة القادسية /كلية الطب /قسم الكيمياء ، جامعة القادسية

المراجع باللغة الأجنبية:

[2] Tsai ,w.T ; Yang,J;M;Lai.Y H; Cheng, characterization and adsorption properties of egg shell and egg shell membrane,Bioresour . Technol. 97, PP: 488–493, (2006).

[4] Chaouch, N., Ouahrani , M.R., Chaouch, S ., Gherraf, N, Adsorption of cadmium (II) from aqueous solutions by activated carbon produced from Algerian dates stones of Phoenix dactylifera by H3PO4 activation, Desalination and Water Treatment, 51:10–12, 2087–2092, (2013).

[5] Awwad, N.S., El-Zahhar, A.A., Fouda, A.M., Ibrahim, H.A. , Removal of heavy metal ions from ground and surface water samples using carbons derived from date pits, J, Environ, Chem, Eng, 1, 416–423

الجزء والنظري

الفصل الأول

الكربون النشط

I_1 تعريف الكربون النشط:

الكربون النشط أو الفحم المنشط عرفه المجلس الأوروبي لإتحادات الصناعة الكيميائية (C. E.F. I.C) بأنه منتجات كربونية ذات هيكل مسامي ذو سطح اتصال داخلي كبير جدا تنتج هذه المواد من العمليات الصناعية الخشبية أو النباتية يمكن أن تمتص مجموعة من المواد، هذه المواد قادرة على امتصاص مجموعة متنوعة من المواد الموجودة على السطح الداخلي لها لذلك يطلق عليها الممتزات [1] وهو مادة مسامية ذات مستوى كربوني عالي مما يجعله مادة فعالة اتجاه إمتزاز المواد الكيميائية يستخدم كدواء معالج لأعراض التسمم .

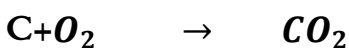
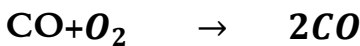
يحدد السطح النوعي الناتج والخواص الفيزيائية والكيميائية للأغشية وكذا عدد وأبعاد المسامات بنسبة الألياف الكربونية وطرق التنشيط [2].

I-2 تواجد الكربون في الطبيعة :

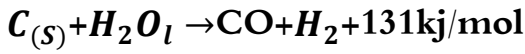
- ✓ تم اكتشاف الكربون منذ زمن بعيد الى ما قبل التاريخ ويرجع أصل كلمة كربون الى اللغة اللاتينية وتعني " الفحم " يعرف الكربون بسيد العناصر الكيميائية إذا أنه قاعدة الحياة وهو عنصر أساسي في معظم المركبات والجزيئات العضوية حيث انه العنصر الرئيسي في الفحم والنفط وعدد مركباته المعروفة التي تفوق المليون مركب .
- ✓ يتواجد الكربون في كوكب الأرض على شكل هيدروكربونات مثل (غاز، الميثان والنفط والفحم) بالإضافة الى وجوده على شكل حجر الكلس وهو خام الدولوميث.
- ✓ وجود الكربون ليس مختصرا فقط على كوكب الأرض وإنما يوجد كذلك بوفرة في النجوم والمذبيات وفي الكواكب ويوجد الالماس في جنوب افريقيا وروسيا وأمريكا الجنوبية على شكل بلورات صغيرة وقد اكتشف ايضا بشكل مجهري في بلورات النيازك.
- ✓ يعتبر الكربون من أحدث العناصر التي أحدثت ثورة في عالم الصناعة والعلوم حيث يعتبر الكربون مصدر المواد ذات خصائص ممتازة لعدد كبير من التطبيقات الصناعية إذا يمكن الحصول على أقوى أنواع الألياف من الكربون النشط وأفضل أنواع زيوت التشحيم الصلبة (الغرافيت) كما تعتبر اقطاب الغرافيت أحد أفضل أنواع الأقطاب ناقلية للكهرباء.
- ✓ يعد الكربون عموما اقسى انواع المواد [3].

I-3 التفاعلات الكيميائية للكربون :

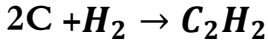
- يكون الكربون حاملا بدرجة الحرارة العادية يعني درجة(حرارة الغرفة)تفاعله يكون بدرجة حرارة أعلى مع عناصر عديدة، يتفاعل الكربون في الهواء ويحترق فيتفاعل في الاكسجين ليعطي غاز أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون وفق التفاعل الكيميائي التالي :



- الكربون لا يتفاعل مع الماء في الظروف الطبيعية ولكن تحت ظروف خاصة يتفاعل الكربون لإنتاج ما يعرف بغاز التصنيع وهو خليط من غاز الهيدروجين وغاز أول أكسيد الكربون وفق التفاعل التالي :



- كما يتفاعل مع الهيدروجين منتجا غاز الاسيلين (الإثيلين) حسب التفاعل :



- يتفاعل الكربون كذلك مع الهالوجينات كما يتفاعل الفلورين مع الرصاص الاسود ويتحد الكربون مع السليكون مكونا كريد السيلكون.

I-4 – المواد المستخدمة في تحضير الكربون النشط :

المواد التي بها مركبات تحتوي نسبة عالية جدا من الكربون ومحتوى المركبات غير العضوية بها نسب قليلة يمكن ان تستخدم كمواد اولية في تحضير وصناعة الكربون النشط.

يوجد عدد كبير من الكربونات النشطة يتم تحضيرها من مواد أولية نباتية مختلفة مثل قشور جوز الهند، الأرز، وقذائف الجوز، نوى التمور، بذور النبات، الطحالب، حبة البسلة..... ولكل منها تطبيقاته الخاصة [4].

الكربون النشط المتاح تجاريا يكون غالي الثمن واختياره يعتمد أساسا على معايير منها:

❖ سهل التنشيط.

❖ قليل التكلفة مع انحلاله المنخفض عند التخزين [5].

الجدول (1): يبين مميزات بعض المواد الأولية المستعملة في تحضير الكربون النشط وخصائص الكربونات

المحضرة منها [6].

المادة الاولية	نسبة الكربون (الكتلة%)	المواد الطيارة(الكتلة%)	الكثافة kg/m^3	الرماد(الكتلة%)	نسيج الكربون
الخشب اللين	40-50	55 - 60	400-600	0.3-1.1	لين, حجم المسام واسع
الخشب الصلب	40-42	55-60	550-800	0.3-1.2	صلب, حجم المسام واسع
اللجنين	35-40	58-60	300-400	-	صلب, حجم المسام واسع
القشور	40-45	55-60	1400	-	قاسي, حجم المسام واسع

الغيت	70-55	40-25	1350-1000	6-5	قاسي, حجم المسام واسع
الفحم اللين	80-65	30-20	1250-1500	12-2	حجم المسام متوسط
الفحم الصلب	95-85	15-5	1500-1800	15-2	قاسي, حجم المسام واسع

I-5- تحضير الكربون النشط :

يحضر الكربون النشط انطلاقا من عدد كبير من المواد النباتية أو الحيوانية أو المعدنية والتي تكون غنية بمادة الكربون مثل الخشب ومعادن الكربون وقشور الفول السوداني وأنوية التمر والزيتون والمخلفات البترولية.

- يمر تحضير ونتاج الفحم النشط بثلاث مراحل هي:

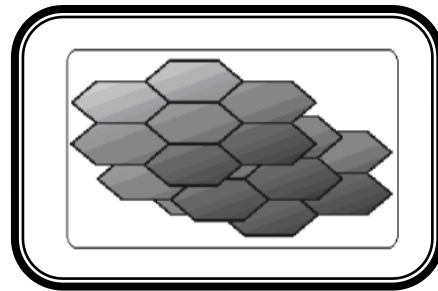
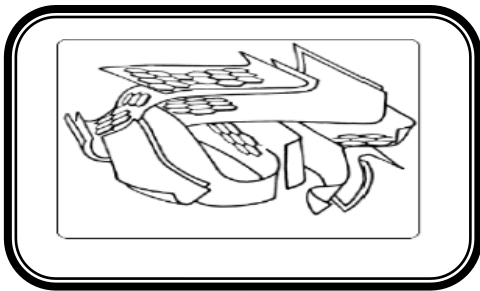
- نزع الماء (Déshydratation)
- التفحيم (Carbonisation)
- التنشيط (Activation)

I-5-1 نزع الماء:

الهدف من هذه المرحلة تخفيض درجة رطوبة المادة الكربونية وهي معالجة بسيطة، وتتم بتسخين المادة الكربونية في درجة حرارة تتراوح بين (100-170)° [7].

I-5-2 التفحيم (الكربنة):

التفحيم الحراري أو عن طريق التسخين للمادة العضوية تحت جو هامد بحرارة تتراوح بين (400-1000) دون وجود ذرات الأكسجين والهيدروجين وذلك من أجل الحصول على مادة كربونية قوية. ذرات الكربون تبقى متجمعة على شكل أوراق عطرية وتمتلك بنية مستوية وتكون هذه الأوراق على شكل أوراق مرتبة بشكل غير منظم، وتحصر هذه الأوراق فيما بينها فجوات، هذه الفجوات تدل على نشأة المسامات الأولى للمادة الكربونية كما يظهر في الشكلين الآتيين (الشكل 1 و الشكل 2):



الشكل 1: نموذج وحدة البنية القاعدية (U.S.B). الشكل 2: البنية التحتية للكربون المنشط.

- التفحيم يطور المادة الكربونية وذلك من خلال :
- ✓ توسيع المسامات الداخلية كنتيجة لفقدان المركبات المتبخرة داخل المسامات
- ✓ تشكيل تجمع من مادة غنية بالكربون وفيها تتكون مادة صلبة
- ميل المادة التي تكوين الغرافيت، وهذا يرفع درجة الحرارة أكثر من 1000 درجة مئوية وبالتالي غلق المسامات الأولية المشكلة [8].

I-5-3 التنشيط:

الهدف من هذه المرحلة زيادة حجم المسامات وتوسيعها كما أن طبيعة المادة الأولية المستخدمة أثناء التفحيم تؤثر على بنية وسعة المسامات.

-التنشيط يزيل البنية الكربونية المنظمة على شكل اوراق عطرية [7].

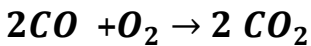
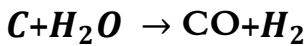
يتم التنشيط في درجة حرارة عالية أكثر من 500 درجة مئوية إذ تعمل على زيادة الكفاءة الإمتزازية للكربون النشط، يستخدم التنشيط كدلالة إلى كل العمليات التي تنتج كربونا منشطا تكون له القدرة على إمتزاز بعض المواد فيزيائيا أو كيميائيا [9].

I-6-6 تنشيط الكربون:

I-6_1_1 التنشيط الفيزيائي :

تتم عملية التنشيط الفيزيائي للكربون بتعرض المادة الكربونية إلى درجات حرارة تتراوح بين (600 الى 1000) درجة مئوية (الأكسدة في درجات حرارة مرتفعة) وبوجود غازات منشطة مناسبة مثل البخار ثنائي أكسيد الكربون أو الهواء إذ تؤدي هذه العملية الى فتح مسامات الكربون نتيجة لطرد المواد الملتصقة بسطحه والممتزة على مساماته [10].

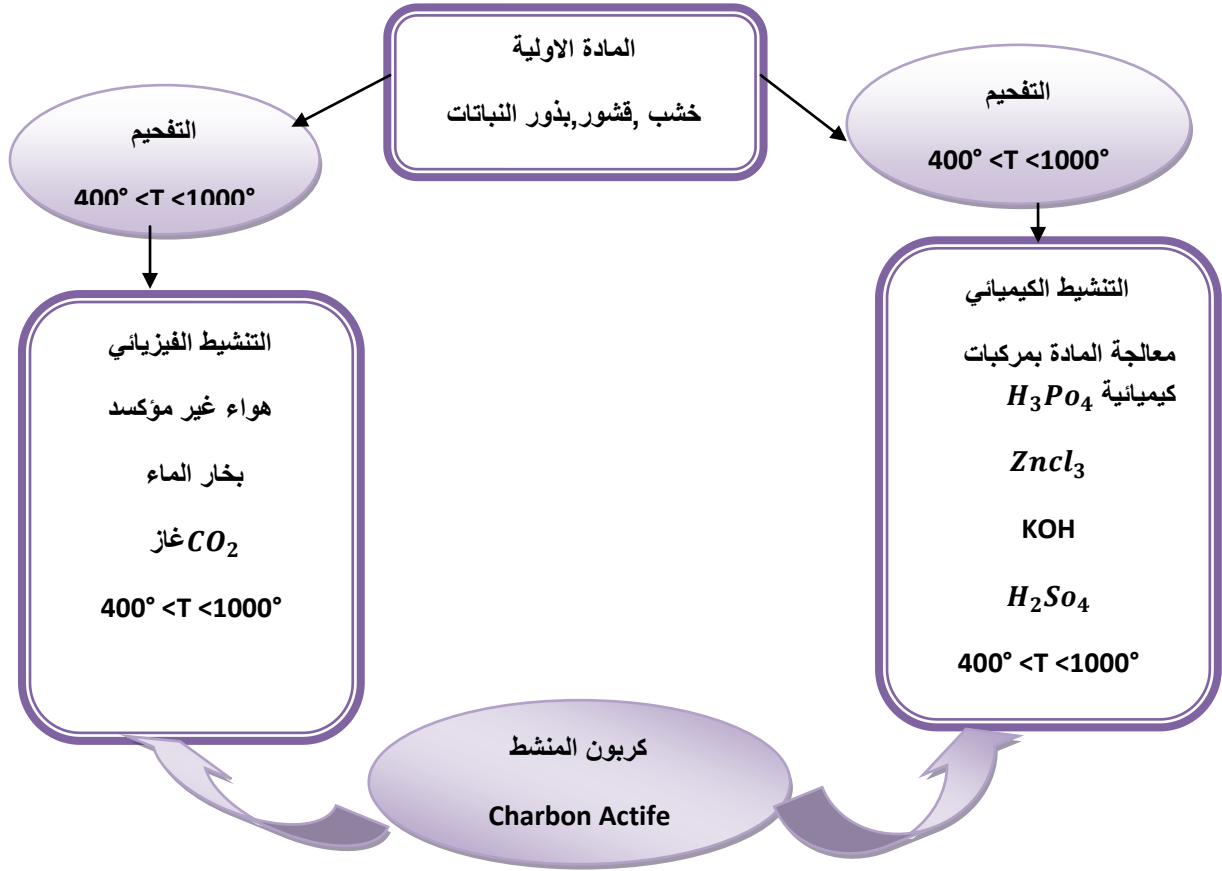
- التنشيط الفيزيائي يتركز على الأكسدة في درجات حرارة مرتفعة أكثر من 750° وبوجود أكاسيد غازية، الغاز المستعمل في هذه المرحلة هو الهواء، بخار الماء وثنائي أكسيد الكربون على شكل خليط.
- مستوى درجة الحرارة يلعب دورا في عملية التنشيط وتحديد تجانس وتوسيع المسامات .
- التفاعلات الكيميائية الناتجة من التنشيط الفيزيائي للكربون المنشط: [11]



I-6-2 التنشيط الكيميائي :

يتم التنشيط الكيميائي للكربون بغسل المادة المفحمة وهي المرحلة التي تعتبر شرطا لإتمام الأكسدة بإستعمال حمض الفوسفوريك (H_3PO_4) أو كلور الزنك ($ZnCl_2$) أو هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) أو حمض الكبريتات (H_2SO_4) وتعرض المادة لدرجة حرارة منخفضة مقارنة بعملية التنشيط الفيزيائي من أجل إعادة تنظيم نسبة المادة الكربونية المنشطة.

وبعد التفاعلات تغسل المادة الكربونية المنشطة بالماء المقطر جيدا لإزالة أثر المواد الكيميائية المتبقية [12].



الشكل 3: المخطط العام لتحضير الكربون النشط.

7-1-أصناف الكربون النشط :

هناك منتجات معقدة يصعب تصنيفها على أساس سلوكها ومساحتها السطحية وطريقة تحضيرها، ومن ضمن هذه المنتجات نجد الكربون النشط، ومع ذلك تم تصنيفه اعتمادا على خصائصه الفيزيائية إلى عدة أصناف :

7-1-1-الكربون المنشط بشكل مسحوق (ACP):

يبلغ حجم دقائق هذا الصنف من الكربون النشط أقل من (1,0 mm) ومتوسط أقطارها يتراوح بين (0.150-0.25 mm) ومساحة سطحية داخلية كبيرة، ويمرما يقارب (95_100%) من هذه الدقائق عبر شبكة مناخل جزئية بحجم 50mesh، ويستخدم هذا النوع في المرشحات الجاذبية (gravity filters) [13].

7-1-2-الكربون النشط الجيبي (ACG):

هذا الصنف من الكربون النشط يكون حجم دقائقه أكبر نسبيا وكذلك مساحته الخارجية صغيرة مقارنة مع الكربون النشط بشكل مسحوق، ويتراوح حجم دقائقها بين (1,5_2,5 mm) تستخدم الدقائق هذه لمعالجة المياه وإزالة الروائح وفصل مكونات نظام التدفق وامتزاز المواد الغازية والابخرة [14].

I-7-3- الكربون النشط المقذوف (ACE):

يحضر هذا الصنف من قذف كمية من الكربون المنشط بشكل مسحوق داخل شكل أسطواني فنتج كتلة من الكربون المنشط بقطر يتراوح بين (8mm, 130_0) يستخدم في تطبيقات الإمتزاز في الطور الغازي [13].

I-7-4- الكربون النشط المغلف بالبوليميرات (CAEP):

هذا الصنف من الكربون النشط يحضر من تغليف الكربون المنشط المسامي بمواد بوليميرية تعطي غلافا صقيلا ناعما نفاذا بحيث لا يسمح بحدوث إنسدادات للمسامات، ويستعمل في عمليات الترشيح بكثرة [13].

I-7-5- الكربون المنشط بشكل مناخل جزئية (CAM):

لهذا الصنف من أصناف الكربون المنشط هيئة على شكل مناخل جزئية ويحوي هذا النوع على نسبة عالية من حجوم المسامات الصغيرة مقارنة مع المسامات الأخرى يستخدم في فصل الغازات مثل فصل النتروجين والأكسجين في درجة حرارة عادية (درجة حرارة الغرفة) [14].

I-7-6- ألياف الكربون المنشط (ACF):

سنة 1970 تم تحضير هذا الصنف من الكربون المنشط من خلال التركيب البلوري للمادة الأولية كمادة الرايون والبوليميرات والراتنجات الفنولية في درجة حرارة (800)م° ومن ثم ينشط بالبخار عند درجة حرارة ما بين (800-1000)م°، تختلف ألياف الكربون المنشط عن الكربون المنشط الحبيبي بإمتلاكها مساحة فيزيائية كبيرة وتراكيب مسامية [15].

I-8- خواص الكربون النشط :

ترتكز كفاءة الإمتزاز على خصائص الكربون المنشط الفيزيائية والكيميائية، وعلى طبيعة وتركيز المادة الملوثة المراد إزالتها ودرجة الحموضة، ووقت التماس بين الكربون المنشط والمادة الملوثة. يتميز الكربون النشط بالخواص الفيزيائية والكيميائية التالية:

I-8-1- الخواص الفيزيائية :

- قياس ابعاد الحبيبات Granuletomry:

يعني قياس ابعاد حبيبات الكربون، حيث أنه تحتوي عينة واحدة من الكربون المنشط على حبيبات مختلفة الأبعاد، لأن هذه الأبعاد تؤثر على شدة الإمتزاز.

من بين الطرق المستعملة في تحديد ابعاد الحبيبات في الغريلة، طريقة الموصلات، الطريقة المكروسكوبية.

- التفتت Friability:

يقال عن الكربون النشط أنه يمتلك خاصية التفتت إذا ترك آثار على الأصابع ويعطي بالعلاقة التالية :

$$Friability = 10/9 (x-10) \dots \dots \dots (1)$$

حيث X: نسبة من كتلة المادة وتبين المادة المفقودة بعد الطحن، تحدد من البيان (Granulometry) قبل وبعد الطحن [16].

-معامل الوحدة (coefficient of unformity):

هو أحد العوامل التي تبين مدى الإنتظام للجيبات الكربون النشط وهو المساواة بين الطول الموافق بين النسبة 60، والموافق للنسبة 10 (تحدد انطلاقا من بيان حجم الجيبات) حيث نخذ من منحني القرانيلومتری القيمة للجيبات ذات الحجم الذي نسبته 60%-10% ويتم ذلك بالإسقاط على محور البيانات للمنحنى، يستخدم كثيرا في حالة الكربون الحبيبي [17] يعطى بالعلاقة التالية :

$$CU = \frac{(Taille\ de\ 60\%)}{(Taille\ de\ 10\%)}$$

يستحسن إستعمال صنف الكربون المنشط الحبيبي ذو معامل الوحدة الكبير، يعني أن حجم الجيبات متجانس حيث أنه كلما كان معامل الوحدة كبير كانت جهة ذروة الإمتزاز قريبة من قيمتها النظرية عموما يستخدم الكربون المنشط ذو قيمة معامل الوحدة من رتبة 1,6.

-السطح النوعي (Specifi area) :

عرف السطح النوعي بأنه السطح الذي يشغل وحدة كتلة المادة الصلبة، حيث يزيد السطح النوعي للصلب كلما زادت مساميته، وتقدر بوحدة م²/م.غ.

يحدد السطح النوعي بإستعمال طريقة (BET(Brunauer-emmett-teller).

-المسامية(Porosity):

يملك الكربون المنشط بنية مثل بنية الغرافيت، تظهر كتجمعات لطبقات مستوية من ذرات الكربون سداسية منتظم، هذه البنية تحدد المسامات الداخلية للكربون المنشط.

❖ صنف العالم DUBININ هذه المسامات في ثلاثة أقسام مختلفة كما يوضح الجدول انداه:

الجدول 2: تصنيف وخواص المسامات للكربون النشط.

نوع المسامات	القطر (نانومتر)	السطح النوعي م ² /م.غ	الكتلة الحجمية مل/غ
المسامات الدقيقة	<2	600-1500	0.2-0.6
المسامات المتوسطة	2-50	20-70	0.02-0.1
المسامات الكبيرة	>50	0.5-2	0.2-0.8

ملاحظة : الكربون النشط الجيد هو الكربون الذي تكون له مساحة سطح كبيرة ومسام دقيقة أقل وقطره أقل من 2 نانومتر.

❖ تحدد المسامية بجهاز يدعى Porosimter وفق الخطوات :

- ندخل سائل الزئبق ذو توتر سطحي معين في أوعية شعرية تكون لها شكل وأبعاد معروفة.
- نضيف ضغط معلوم على السائل.

$$P \cdot r = 2y \cos \theta$$

• تعطى العلاقة بين الضغط ونصف القطر للمسام في حالة المسامات الأسطوانية بالعلاقة:

حيث: Pالضغط.

θ زاوية الاتصال.

Y التوتر السطحي للزئبق.

r نصف قطر المسام.



الشكل 4: جهاز تحديد المسامية (Porosimeter).

-**الرطوبة واحتواء الرماد (maisture and ash cantent):** هذان البعدان مهمان في إختيار الكربون المنشط حيث تكون الرطوبة المنتشرة أقل من 5 بالمئة في حين إحتواء الرماد منعدم تقريبا يجب أن لا يتجاوز 10 بالمئة فال PH قد يصل الى قيم عالية ويسبب ترسب كربونات الماء على الكربون وبالتالي تقود الى قدرة امتزاز منخفضة.

- يعرف الرماد على أنه: واحدة من بقايا مواد الإحتراق ويضم الجسيمات الدقيقة التي ترتفع مع غازات الدخان وهو ناتج عن إحتراق الفحم.

❖ من بين الطرق المعروفة في تحديد نسبة الرطوبة وفق المعيار stador CEN 14774

- Simplified method (micro wave); Simplified method (FMG bucket pomdis 3000).
- Standard method (oven); Simplified method (humitest TIMB) Standard method (oven).

❖ أما الخطوات (الطرق) المعروفة في تحديد مقدار الرماد وفق المعيار (CEN14775) CEN فتتمثل في :

- نأخذ عينة من المادة ثم نطحنها عند قرانيلوميتري محدد.
- ثم نسخنها عند درجة الكربنة العظمى 550 م° حتى يتشكل الرماد.
- تعطى علاقة نسبة الرماد ب: $C = 100 \times (m_3 - m_1) / (m_2 - m_1)$

حيث: m_1 : كتلة الباسنة (مكان وضع العينة).

m_2 : كتلة الباسنة والعينة .

m_3 : كتلة الباسنة والرماد [18].

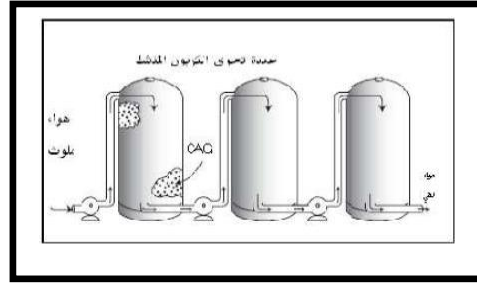
I-8-2- الخواص الكيميائية:

تعتمد الخواص الكيميائية أساسا على قدرة الإمتزاز للكربون المنشط والمادة الممتازة في بعض الدول الأوروبية وخاصة فرنسا تستعمل الدلالة « FINAD » للتعبير عن خمسة مواد ملوثة هي الفينول (F)؛ اليود (I)؛ والفينازون؛ (A) المنظفات و (D) اندول (N) وتحدد غالبا بدلالة FND.

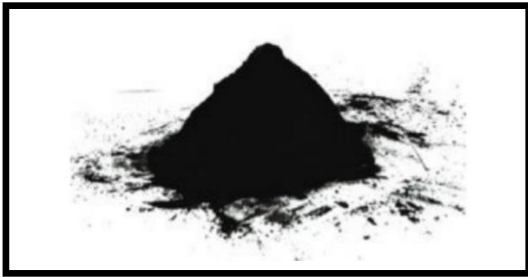
- * دلالة الفينول (phénol index) : وتستعمل لتقدير فعالية الكربون النشط في معالجة ملوثات الذوق والروائح [18].
- * دلالة اليود (Iodime) : وتستعمل لتحديد فعالية الكربون النشط في تنقية مركبات ذات الكتلة الجزيئية الضعيفة [19].
- I-9- التطبيقات والإستخدامات المتنوعة للكربون النشط :
- استعمل الكربون المنشط في تحضير وتصنيع عدة أشياء في مجالات مختلفة ومن أهم استعمالاته نذكر مايلي:
- إزالة اللون والرائحة والطعم والشوائب العضوية غير المرغوب فيها من المياه المعالجة الناتجة عن معالجة المياه المنزلية والصناعية [20].
- جاء في تعزيز وكالة حماية البيئة الأمريكية (US-EPA) عام 1991 و عام 1995 أن الامتزاز على سطح الكربون النشط يعد أفضل تكنولوجيا متاحة للمعالجة كل من المياه الجوفية والمياه السطحية من المذيبات العضوية والهيدروكربونات عديدة الحلقات وكلوريدات الفينولات والمواد الذائبة والمعادن الثقيلة [21].
- استخدم في مجالات صناعة الأقمعة الواقية من الغازات، وكبسولات الفضاء والطاقة النووية [22].
- يعد الكربون النشط معززا قويا من خلال تسارع الإنخفاض الميكروبي لمجموعات النيترو والكيماويات المحفزة وأكسدة مجموعة الميثيل والبلمرة مما يؤدي الى انخفاض حاد في PCB ويساعد على المحافظة على مستوى منخفض لمحتوى المواد السامة في التربة وخلق ظروف مواتية للنمو [23].
- يستخدم الكربون النشط في إزالة أيون الزئبق من المحلول المائي [24].
- استخدم في المجالات الطبية لمقاومة بعض أنواع البكتريا وإزالة أيونات (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Fe^{+3} , pb^{+2}) [25].
- أستعمل الكربون النشط لتنقية الكحول ويعتمد ذلك على حجم جزيئات الشوائب وكثافة ودرجة غليان هذه الشوائب الموجودة في الكحول [26].
- التحكم بتلوث الهواء عن طريق إزالة الغازات والأبخرة الضارة وإزالة بعض الملوثات المعقدة مثل المبيدات والفينول والزيوت المعدنية [27].
- يستخدم الكربون النشط لإزالة الأمونيا من حمض الخليك [28].
- يستعمل كذلك في إمتزاز الغازات والأبخرة مثل إمتزاز غاز الأمونيا [29].
- يستخدم كحامل (ساند) للحفازات مثل حفاز النحاس المستخدم في هدرجة الفورفورال [30].
- استعمل الكربون النشط المحضر من مواد خام طبيعية لنزع الكلوروفورم من مياه الشرب، حيث كانت نتائجه إيجابية لنزع هذا الأخير [31].



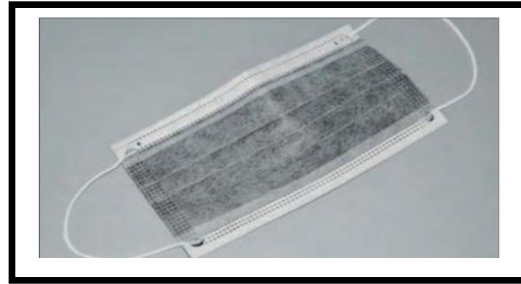
الشكل 6: استعمال الكربون في صناعة الأدوية.



الشكل 5: استعمال النشط في تنقية الهواء.



الشكل 8: استعمال الكربون في إزالة الألوان.



الشكل 7: استعمال الكربون في صناعة الأقنعة.

■ من اهم تطبيقات الكربون النشط إزالة سمية العناصر الثقيلة من المياه لأنه من افضل المميزات للمعادن الثقيلة.

II_1 تعريف العناصر الثقيلة :

العناصر الثقيلة هي تلك المعادن التي تمتلك عددا ذريا أكبر من (20) وكثافة أكبر من 5ملغ/سم، وهي مواد طبيعية المنشأ وتنتشر في الطبيعة بشكل واسع جدا وتتحرك بين أجزاء البيئة ومكوناتها بصورة مستمرة من مكان الى آخر ومن شكل الى آخر [32].



الشكل 9: صورة بعض العناصر الثقيلة.

II_2 مصادر ها :

تتلوث المياه بالعناصر الثقيلة من مصادر عديدة منها الطبيعية ومنها الناتجة عن النشاط البشري.

II_2_1 مصادر طبيعية:

تتواجد العناصر الطبيعية بكثرة في الطبيعة حيث تنطلق من خلال الدورات الجيوكيميائية الى البيئة ،توجد العناصر الثقيلة ضمن تركيزات متفاوتة بالرغم من ندرتها وتؤدي التجوية الفيزيائية والكيميائية والحيوية لصخور القشرة الأرضية الى انطلاق هذه المكونات

من الصخور المكونة لمادة الأصل حيث يحدث انحلال العناصر الثقيلة بالماء خلال الدورة الطبيعية للماء عبر الصخور أو من خلال التربة التي تحتوي كميات من هذه العناصر (الزئبق, الرصاص, الزنك, النيكل, الكاديوم, الكروم, الزرنيخ, الحديد, النحاس).

يحدث التلوث الطبيعي بالمعادن الثقيلة في باطن الأرض بسبب تفاعلات معادن الكبريت مع مواد مؤكسدة وعليه فإن هذه العناصر تتواجد طبيعياً في التربة لأنها جزء من مكوناتها.

II_2_2 مصادر بشرية (ناتجة عن النشاط البشري):

- إستخراج المعادن من المناجم وما ينتج عنها من مخلفات.
- مخلفات الصرف الصحي والصناعي حيث أن جميع الحمأة تحتوي تراكيز عالية من العناصر السامة.
- التخلص من النفايات الصلبة والسامة كمخلفات المنازل والمصانع والمستشفيات.
- إحتراق الوقود الأحفوري (الفحم , البترول) فينتج عنه عدد كبير من العناصر الثقيلة (V,C,Cu , Se, As, Cd,pb , Mn, Ba,Sb).
- المخلفات السائلة.
- الصناعات التعدينية.
- الأطعمة واللحوم والمشروبات غير المسكرة تحتوي على نسب كبيرة من الرصاص [33].

II_3 أشكال العناصر الثقيلة في المياه:

تكون العناصر الثقيلة في المياه على ثلاثة أشكال:

II_3_1 المعادن الثقيلة الذائبة: وهي العناصر المتواجدة في الطور المائي والتي تمر من خلال ورق الترشيح (قطرها $0,45\mu\text{m}$) عند ترشيح عينة المياه.

II_3_2 العناصر الثقيلة الدقائقية: وتتمثل في العناصر الموجودة مع المواد العالقة داخل مكونات المياه والتي لا يمكنها المرور خلال أوراق الترشيح (قطرها $0,45\mu\text{m}$) عند ترشيح عينة المياه.

II_3_3 العناصر الثقيلة في الرواسب القاعدية: وتحتوي على:

II_3_3_1 العناصر المتبادلة: وتضمن العناصر التي لا تدخل ضمن التراكيب الشبكية للرواسب، وإنما تكون ممدصة على الأسطح لجزيئات الرواسب القاعدية.

II_3_3_2 العناصر المتبقية: وتشمل العناصر التي تدخل ضمن التراكيب الشبكية للرواسب، وإنما تكون ممدصة على الأسطح لجزيئات الرواسب القاعدية.

عند وصول هذه العناصر إلى الأجسام المائية إما عن طريق انجراف التربة أو عن طريق الغبار المتساقط أو من مخلفات الصرف الصحي والصناعي، وتكون إما بحالة ذائبة في المياه أو مرتبطة مع المخلفات الحيوانية والنباتية [32].

II_4 تصنيف العناصر الثقيلة:

II_4_1 العناصر الأساسية: هي عناصر لاغنى عنها للعديد من العمليات الخلوية وتوجد بنسب قليلة جدافي الأنسجة البيولوجية،قد يصبح بعضها ساما عند تجاوز التركيز عينة معينة،هذه هي حالة النحاس(CU) والزنك (Zn) والحديد (Fe).
II_4_2 العناصر السامة: لها طابع ملوث مع تأثيرات سامة للكائنات الحية حتى عند التراكيز المنخفضة،وليس لديهم أي آثار مفيدة للخلية هذه هي حالة الرصاص(pb) والزرئبق (Hg)والكاديوم (Cd)[34].
الجدول3: تصنيف بعض العناصر الثقيلة حسب الكثافة والسمية [35].

المعدن	النبات	الحيوان	الكثافة(ملغ/سم)
Cd	T	At	8,65
Cr	/	E	7,20
Cu	ET	ET	8,92
Ni	T	E	8,9
Pb	T	T	11,34
Zn	ET	E	7,14
Mn	ET	E	2,20

ET:أساسية وسامة عند إرتفاع كثافتها.

E:الأساسية.

at: سام .

مراجع الفصل الأول :

المراجع باللغة العربية :

- [4] عباس كمرشو "استعمال كربون منشط محضر من مشتقات نخيل التمر (نواة تمر دقلة نور) في معالجة المياه المستعملة الحضارية . دراسة مقارنة " أطروحة لنيل شهادة دكتوراه كيمياء تحليلية ومراقبة المحيط ، جامعة قاصدي مرباح ورقلة - ص 31-34 (2017).
- [7] عباس كمرشو "نزع الفلوريد بواسطة الكربون النشط المحضر انطلاقاً من خشب النخيل : العوامل المؤثرة "مذكرة ماجستير كيمياء تحليلية ومراقبة المحيط ، جامعة قاصدي مرباح ورقلة - ص 52-57(2010).
- [9] سيماء إبراهيم خليل الطائي "تحضير أنواع جديدة من الكربون المنشط وإختيار كفاءتها من خلال إمتزاز بعض الأصباغ عليها ، دراسة ثرموديناميكية وحركية"أطروحة دكتوراه ، جامعة الموصل ، كلية التربية والعلوم /الصرفة - ص 7 (2017).
- [12] بن عاشورة إشراق ، حميتي كريمة "محاولة إزالة صبغة الميثيل الأزرق من محلولها المائي باستخدام الفحم المنشط من مخلفات عضام الدجاج "مذكرة ماستر ، جامعة قاصدي مرباح -ورقلة ص 19(2018-2019).
- [21] مجلة بيئتنا". الهيئة العامة للبيئة،"الكويت ،العدد (94) .
- [32] عقيل عباس حمد الشريفي "التلوث المحتمل لبعض العناصر الثقيلة وبعض العوامل البيئية لمياه جدول بني حسن محافظة كربلاء المقدسة " رسالة ماجستير، جامعة كربلاء -العراق , ص 9-11(2014).
- [33] عبد المهيمن إياد أحمد، ثمارة حسين عباس، فاطمة فاضل أحمد "دراسة العناصر الثقيلة في الخضروات "جامعة ديالي، كلية العلوم - العراق ص 4-5(2010).

المراجع باللغة الأجنبية :

- [1] Belaid ouahiba Utitisation d'un charbon actif préparé à partir des noyaux des dattes locales dans l'épuration des eaux usées urbaines Influence de la variété de dattes Thèse de doctorat Université Kasdi Merbah _ ouargla (2017)
- [2] GHALMI NOURIA et SIFER AICHA: « Essai d'adsorption de phénol et de cuivre sur charbon actif valorisé à base de Grignons d'olive », Thèse de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur en Génie de l'environnement, Département Génie de l'environnement, Université de Boumerdes (2006).
- [3] Manocha, S. M. Porous carbons. Sadhana, Department of Materials Science, Sardar Patel University, Vallabh Vidyanagar 388 120, India, 28(1-2), 335-348, February/April (2003) .
- [5] Rodriguez-Reinoso , Activated carbon: structure, characterization and applications., Chapter 2 , Publicaciones de la Universidad de Alicante, Apartado 99, 03080 Alicante, Spain .p. 35(1997) .
- [6] Streat, M., Patrick, J. W., and Camporro Perez, M. J., Sorption of phenol and parachlorophenol from water using conventional and novel activated carbons, Water Research, 29, pp. 467-472] (1995) .
- [8] AMI ILHAM et HADJOUTI LAMIA: « Essai d'adsorption de phénol et de cuivre sur charbon actif préparé à partir de marc café », Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur en Génie de l'environnement, Département Génie de l'environnement, Université de Boumerdes (2006).
- [10] Guan B.T.H., Latif P.A., Yap T.Y.H., "Physical Preparation of Activated Carbon from Sugarcane Bagasse and Corn Husk and Its Physical and Chemical Characteristics", Int. J. Engg. Res. and Sci & Tech., Vol.2, No.3, pp.1-14, (2013).
- [11] Mohammad khaled Bechki "préparation et caractérisation du charbon actif à partir des noyaux du palmier dattier et des copilles des noix" . Thèse doctorat. chimie – université Kasdi Merbah L . Ouargla p43(2018).

- [13] Pradhan S., "Production and characterization of Activated carbon produced from suitable Industrial Sludge", Che.Eng.National Institute of Technology Rourkela, pp.9-16 (2011) .
- [14] Shahbeig H., Bagheri N., Ghorbanian S.A., Hallajisani A., and Poorkarimi S. "A new adsorption isotherm model of aqueous solutions on granular activated carbon", World Journal of Modelling and Simulation, Vol.9, No.4, pp.243-254, (2013) .
- [15] Gottipati R. "Preparation and Characterization of Microporous Activated Carbon from Biomass and its Application in the Removal of Chromium(VI) from Aqueous Phase", Ph.D Thesis, Dept. Che. Eng. National Institute of Technology Rourkela, (2012) .
- [16] Degrémont . "Mémento Technique De l'eau ". 8ème edition (2012).
- [17] Dubois, V., Abriak, N. E., Zentar, R., & Ballivy, G, The use of marine sediments as a pavement base material. Waste Management, 29(2), pp. 774-782, (2009) .
- [18] Gicquel, L., et al . Adsorption of Atrazine by Powdered Activated Carbon : Influence of Dissolved Organic and Mineral Matter of Natural Waters Adsorption de L'atrazine Par Charbon Actif en Poudre: Influence des Matieres Organiques et Minerals Dissoutes des Eaux Naturelles, Environmental Technology , Taylor & Francis, (1997) .
- [19] Sedlacck, Z. Prohazora, I.; and Curda, P. " collection of czechoslovak chemical communications "56, iss.8, 1593, p35-40(1993).
- [20] Vivekanandam, S.; Jaya, S. and Lakshmi, Indian J. of Chemistry Section, Inorganic Bio-Inorganic Physical Theoretical and Analytical Chemistry, 387p (1999).
- [22] Kasmir, J. W., "Activated carbon", Columbus, Ohio, (2005) .
- [23] Vasilyeva G.K., Strijakova E.R., Shea P.J., "Use of Activated carbon for soil Bioremediation", University of Nebraska-Lincoln, pp3-23., (2006)
- [24] Khalkhali R.A., Omidvari R., "Adsorption of Mercuric Ion from

Aqueous Solutions Using Activated Carbon”, Polish.J.Envir.St., Vol.14, No.2,pp.185–188,(2005).

[25] Utrilla J.R., Toledo I.B., Garcia M.F., and Castilla M.”Activated carbon surface modifications by adsorption of bacteria and their effect on aqueous lead adsorption ”,J.Chem.Technol Biotechnol, Vol.76,

[26] Strand.,”Activated carbon for purification of alcohol”,S–202 12 Malma,Sweden.,(2001) .

[27] vasilyeva G.KanVasilyeva G.K.,Strijakova E.R.,Shea P.J,”Use of Activated carbon for soil Bioremediation”,University of Nebraska–Lincon,pp3–23,(2006) .

[28] Ahmed ,S.N; Stencel, J.M; Derby, F.J. and Boldwin, R.M., J. Fuel “ProcessingTechnology”, 34, Iss.29, P123,55 (1993) .

[29] Rao ,R.S, R.S.; Baker, R.T.K. and Vannice, M.A., “Catalysis Letters”, (1991). P51

[30] Shreve ,R.; Brink, J.A. and Jr., B., “Chemical Process Industries”, 4th Ed., New York, 163–166p (1976).

[31] Ikuo, A., Fukuhara, T., Maruyama, J., Tatsumoto, H., and Iwasaki, S., Preparation of carbonaceous adsorbents for removal of chloroform from drinking water, Carbon, 39 (7), pp. 1069–1073(2001).

[34] Hammadache Zineb,Guerrache Sama, Saib Samia ; Evaluation du transfert des métaux lourds dans le système sol–plante (Phragmites austrlis) dans le bassin versant d’oued Nil la région de Jijel ; Universite M’hamed bougara ; Années universitaire 2015–2016 ; p3– 4 (2016).

[35] Kadem Dhaou–El–Djabine Ecologue – Pédologue de l’Université de Constantine ; Évaluation et Comportement Des Métaux lourds (Cd – Cr – Cu – Ni – Pb – Zn et Mn) Dans Les sols à vocation agricole et à végétation naturelle soumis à une pollution atmosphérique. (EL–Hadjar – Annaba – est Algérien). Influence Da La Végétation sur la Dynamique de Ces métaux ; pour

L'obtention du grade de docteur d'état en écologie ; université mentouri De constantine ; (2005).

الفصل الثاني

ظاهرة الامتزاز

III _ 1 لمحة تاريخية:

إن التعامل مع الكربون واتساع مجالات استخدامه، أدت إلى بروز الصفات الإمتزازية له مما زاد أهميته بشكل كبير، وكانت أولى التطبيقات الصناعية لعملية الإمتزاز في بريطانيا نهاية القرن الثامن عشر وبالتحديد عام 1794، إذا استخدم في قصب السكر لإزالة الألوان منه.

ظهرت الأسلحة الكيميائية عند اندلاع الحرب العالمية الأولى، واستخدم الألمان الغازات السامة في هذه الحرب، ظهرت الحاجة الماسة إلى مواد ذات صفات إمتزازية عالية وهنا برزت أهمية الإمتزاز بواسطة الكربون المنشط في هذا المجال [1]. وفي عام 1971 استخدم الكربون النشط الخام كمادة مازة لإزالة بعض الأصباغ الحامضية والقاعدية من المحاليل المائية [2]. عرف مصطلح (sorption) عام 1909 من قبل w Mcbain وذلك لوصف الإنتقال الإنتقائي لسطح صلب أو تداخل هذا السطح، كما يعبر عن إمتزاز الغازات عبر السوائل أو إمتزاز السوائل عبر أغشية غير مسامية [3].

III _ 2 تعريف الإمتزاز:

الامتزاز ظاهرة فيزيوكيميائية تحدث عموماً لمواد سائلة أو غازية تكون في إحتكاك مع مادة صلبة، حيث تجذب المواد الممتزة من طرف الذرات السطحية للمادة الصلبة (الماز) [4].

تعرف عملية الإمتزاز بأنها العملية التي يحدث فيها إلتصاق الجزيئات أو ذرات أو أيونات المادة الممتزة على سطح الجسم الماز، وتسمى المادة التي يحدث لها الإمتزاز بالمادة الممتزة (Adsorbate)، بينما يدعى السطح الذي يتم عليه الإمتزاز بالمادة المازة (Adsorbent) [5] وتعد هذه الطريقة الأكثر استعمالاً لإزالة الملوثات ذات التراكيز التي يتعذر إزالتها بالطرق الأخرى ويمكن تمثيل ظاهرة الإمتزاز كالاتي : [6]

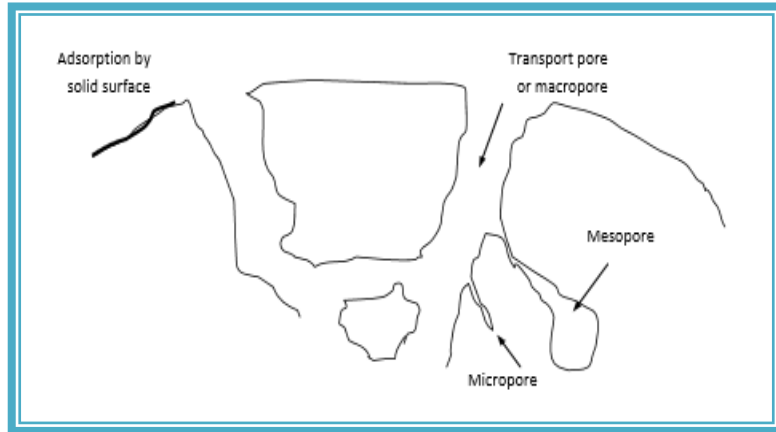


الممتز الماز ظاهرة الإمتزاز

III _ 3 تصنيف الإمتزاز :

يصنف الإمتزاز بالإعتماد على نوع وطبيعة القوى التي تربط الجزيئات أو ذرات المادة المازة بالسطح الصلب وتحدد هذه القوى حسب طبيعة المادة المازة فضلاً عن طبيعة السطح الماز من حيث نشاطه الإلكتروني، وعليه يمكن تصنيف الإمتزاز الى نوعين هما : 1 - الإمتزاز الفيزيائي .

2 - الإمتزاز الكيميائي. [5]



الشكل 10: تمثيل لعملية الإمتزاز خلال مسامات مادة صلبة.

III_4 أنواع الإمتزاز:

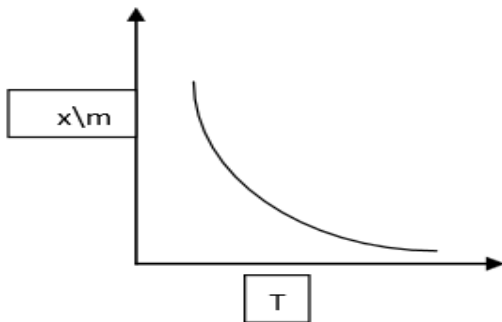
الإمتزاز نوعين حسب نوع القوى التي تربط المادة الممتزة مع السطح الصلب وهما:

III_4_1 الإمتزاز الفيزيائي (physi sorption):

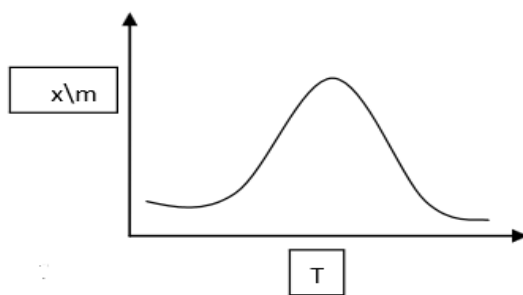
يدعى الإمتزاز الفيزيائي عندما تكون قوى التجاذب بين جزيئات الغاز أو السائل (الجزيئات الممتزة) وجزيئات الجسم الصلب من نوع فاندروالس وهي عبارة عن قوى الكترولستاتيكية ضعيفة حيث تكون قوى الترابط بين المادة الممتزة والجسم الماز أكبر من قوى الترابط بين الجزيئات الممتزة نفسها.

III_4_2 الإمتزاز الكيميائي (chimi sorption):

يشكل هذا النوع من الإمتزاز مركب كيميائي على سطح الصلب "مركب السطح" ويشمل على تبادل أو مشاركة إلكترونية بين سطح الماز والجزيء أو الذرة الممتزة ففي بعض الأحيان يحدث انتقال كامل للإلكترونات (تفقد الذرة إلكتروناتها إلى السطح الماز، تتحول إلى أيون موجب ممتز على سطح الصلب) [7].



الشكل 12: ايزوثيرم الإمتزاز الفيزيائي.



الشكل 11: ايزوثيرم الإمتزاز الكيميائي .

III_ 5 آلية الإمتزاز:

- ❖ الإمتزاز هو ظاهرة سطحية ناتجة عن تكثف جزيئات أو أيونات على سطح مادة مازة صلبة سببها قوى إلكتروستاتيكية، فمن المسلم به أن التفاعلات بين العناصر أو الجزيئات لا تتم في كل الإتجاهات حيث نجد قوى مطبقة متجهة إلى الخارج يتم تحديد هذه القوى عندما نثبت جزيئات المادة المتحركة على سطح المادة المازة نقول أنها إمتزت [9] [8].
- ❖ تبقى هذه الظاهرة مستمرة حتى يحدث إتران بين الطورين، نسمي تركيز المادة الممتزة بتركيز التوازن، والزمن اللازم لهذه العملية يسمى بزمن التلامس الذي يعطي فكرة على نوع الإمتزاز وحركيته من الناحية الطاقوية هذه الطريقة يمكن أن تكون ماصة للحرارة أو ناشرة للحرارة [11] [10].
- ❖ إن سعة الإمتزاز للمادة المازة مرتبطة بخصائصها التركيبية والهيكلية، كما أن طبيعة الإتصال ماز- ممتز مرتبطة بوضع وظروف الإتصال [13] [12].

III_ 6 الفرق بين الامتزاز الكيميائي والفيزيائي: يختلف الإمتزاز الكيميائي عن الفيزيائي في عدة نقاط نذكر منها

الجدول 4: يبين الفرق بين الإمتزاز الفيزيائي والكيميائي [5] [14].

الإمتزاز الفيزيائي	الإمتزاز الكيميائي
حرارة الإمتزاز الفيزيائي منخفضة (أقل من 140 kJ.mol في بعض التقديرات).	حرارة الإمتزاز الكيميائي مرتفعة (أكبر من 80kJ.mol).
طاقة التنشيط منخفضة باعتبار أن عملية الإمتزاز هنا عكسية حيث يمكن فصل المادة الممتزة برفع درجة الحرارة أو خفض الضغط بشكل معتدل.	طاقة التنشيط هنا أعلى بكثير من مثلتها في الإمتزاز الفيزيائي، فعملية الإمتزاز هنا غير عكسية، إذ يعصب فصل المادة الممتزة إلا باستخدام ضغوط عالية أو إستخدام طرق التحليل الكهربائي.
زيادة ضغط المادة الممتزة تزيد من معدل الإمتزاز الفيزيائي (علاقة طردية).	زيادة ضغط المادة الممتزة تقلل من معدل الإمتزاز الكيميائي (علاقة عكسية).
تتكون أكثر من طبقة واحدة ممتزة، إذ الإمتزاز على هيئة طبقات جزئية متعددة.	يؤدي الإمتزاز هنا (في الغالب) إلى تكوين طبقة واحدة فقط إذ يحدث الإمتزاز على هيئة ذرات وبطاقة كافية لكسر الرابطة الجزيئية.
لا تتأثر المادة الممتزة كيميائياً، إذ يمكن أن تنفصل دون أن تتغير كيميائياً.	تتأثر المادة الممتزة كيميائياً، فمثلاً: يمتز غاز، H_2 ، على سطح Ni على هيئة أمونيا NH_3 وينفصل على هيئة وينفصل O_2 عن الفحم على هيئة CO_2 ، CO .

III_7 العوامل المؤثرة في الإمتزاز: تتأثر ظاهرة الإمتزاز بالعوامل التالية

III_7_1 عوامل متعلقة بالماز:

تكون قدرة الإمتزاز في علاقة طردية مع السطح النوعي للمادة المازة، حركية التفاعل تتأثر بحجم وشكل المسامات وتوزعها [15].

III_7_2 عوامل متعلقة بالمتز:

- تتأثر طبيعة المادة على ظاهرة الإمتزاز تكتب وفقا لقاعدة "لين دليوس" (أدنى ماينحل من المادة، أقصى مايمتز) [16].
- المادة الممتزة القطبية تكون أكثر ألفة بالنسبة للمذيب أو المادة المازة بحسب قوة قطبيته [17].
 - بوجهة عامة المادة المازة غير منحللة أو المعتدلة تكون أحسن إمتزازا من المادة المائية [18].

III_7_3 عوامل متعلقة بالحالة الفيزيوكيميائية للمحلول:

تتأثر ظاهرة الإمتزاز بالعوامل الفيزيوكيميائية التالية:

III_7_3_1 درجة الحرارة (T):

الإمتزاز الفيزيوكيميائي ناشر للحرارة، مايجعل نسبة الإمتزاز تكون جيدة عند درجة الحرارة المنخفضة [18].

III_7_3_2 الأس الهيدروجيني (ال PH):

كل تغيرات ال PH تفضل نقصان الذوبانية للمادة الممتزة في محلول معين، ينتج عنه زيادة في الإمتزاز [18].

III_8 نمذجة معادلات الإمتزاز :

III_8_1 إيزوتارم إمتزاز لانجمير (LANGMUR): [19] [20] [21]

أقترح نموذج لانجمير سنة 1918 سمي (إيزوتارم لانجمير)، وتعتمد نظريته على الافتراضات الآتية:

- 1- تشكيل طبقة وحيدة الجزئية على سطح الصلب.
- 2- يحدث الإمتزاز على مراكز فعالة متوزعة بشكل متجانس على السطح ويتلقى كل مركز فعال جزئ واحد من الغاز.
- 3- تتمتع كافة المراكز الفعالة بخواص ثرموديناميكية متطابقة .
- 4- التوازن إمتزاز- تحرر مشابه لحالة التوازن بين السائل وبخاره وهذا مايمثل الحالة الفيزيائية للإمتزاز.

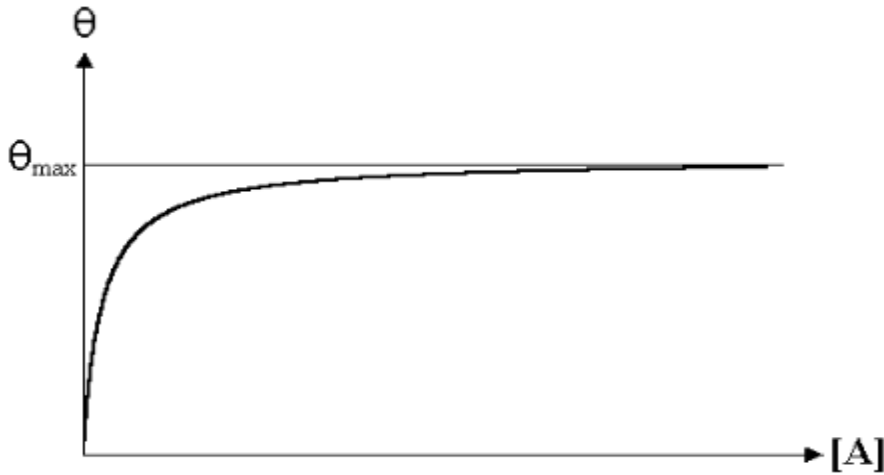
$$\theta = \frac{KL \cdot Ce}{1 + (KL \cdot Ce)} \dots \dots (1)$$

حيث:-

θ : السطح المشغول إلى السطح الكلي.

KL: درجة الإمتزاز.

Ce : التركيز عند التوازن.



الشكل 13: الشكل النموذجي لايزوترم لانجمير (LANGMUR) [22] :

III_8_2_ إيزوترام إمتزاز فراندليش (FREUNDLICH) : [21] [7]

أقترح إيزوترام الإمتزاز لفراندليش سنة 1962، بناء على الإفتراضات التالية:

- 1 -المواقع النشطة لها مستويات طاقة مختلفة .
- 2 -كل موقع نشط يثبت عدة جزيئات .
- 3 -عدد المواقع الفعالة غير محدود .

تطبق معادلة فراندليش عند الضغوط المنخفضة، ولكن عند الضغوط المرتفعة يحدث حيود، تكون معادلة لانجمير أكثر ملائمة في هذه الحالة [7]

يعتمد على المعادلة التجريبية التالية:

$$X/m = kcn \dots \dots (2)$$

حيث :

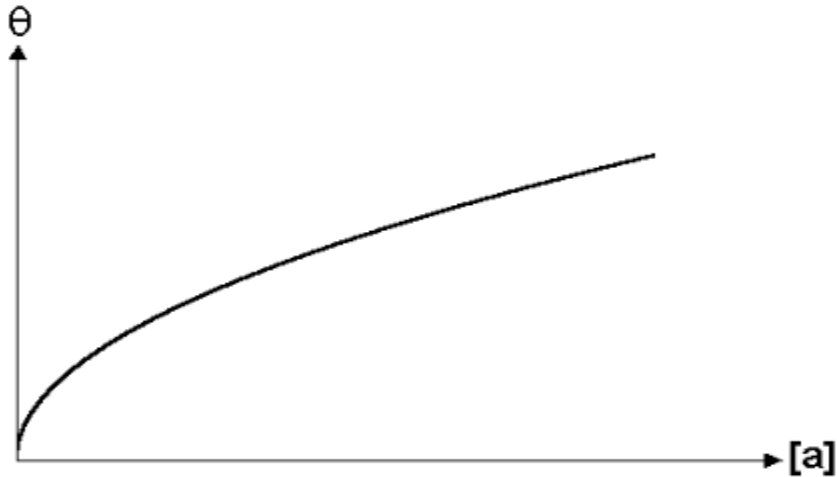
X: كمية الغاز الممتز .

m : كمية الجسم الماز (الصلب)

n و k ثوابت تجريبية موجبة و متعلقة بدرجة الحرارة وطبيعة الجسم الماز والمادة الممتزة.

بينما تكون معادلة فراندليش أكثر فائدة بالشكل اللوغاريتمي:

$$\text{Log } X/m = \text{log } K + n \text{ log } C \dots \dots (3) \quad [21]$$



الشكل 14: الشكل النموذجي لايوزورثم فراندليش (FRUNDLICH) [22]

III_8_3 إيزوتارم إمتزاز بروناور، ايميت، تيللر (B.E.T): [21] [20]

كل أنواع إيزوتارم الإمتزاز الأخرى تمثل إمتزاز وحيد الطبقات الجزيئية، ولذلك تصبح العلاقات السابقة غير كافية لدراسة كافة أنواع الإمتزاز، وإن كانت صالحة دوماً لدراسة مرحلة من مراحل الإمتزاز، وإستناداً إلى ذلك فإن مجموعة من الباحثين (برونر، ايميت، تيللر) قاموا بتطوير علاقة "لانجمير" لكي تصبح صالحة للتطبيق في حالة الإمتزاز متعدد الطبقات الجزيئية، وعرفت بإسم طريقة (B.E.T).

■ معادلة إيزوتارم الإمتزاز ل B E T تكتب على الشكل التالي:

$$X_m = A C X_0 / ((C S - C) [1 - (A - 1) C C S]) \dots \dots (4)$$

حيث :-

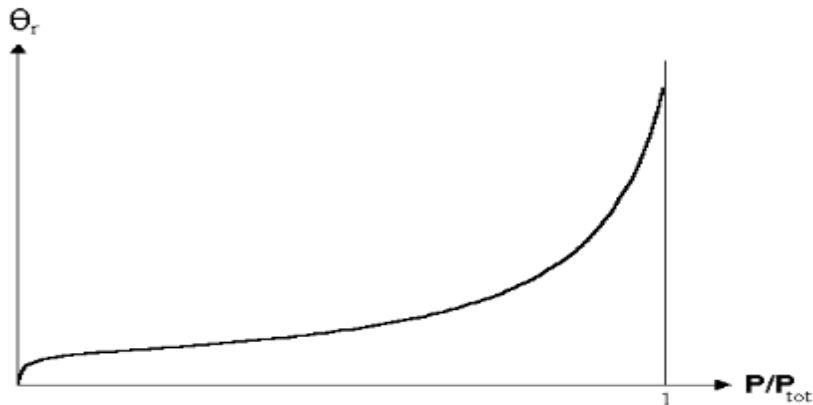
X_0 : كتلة الشوائب الممتزة بواسطة الطبقة الأولى بوحدة كتلة الفحم المنشط.

$C S$: تركيز التشيع.

A : ثابت محدد تجريبياً.

• يمكن إعادة كتابة المعادلة (4) بالطريقة التالية :

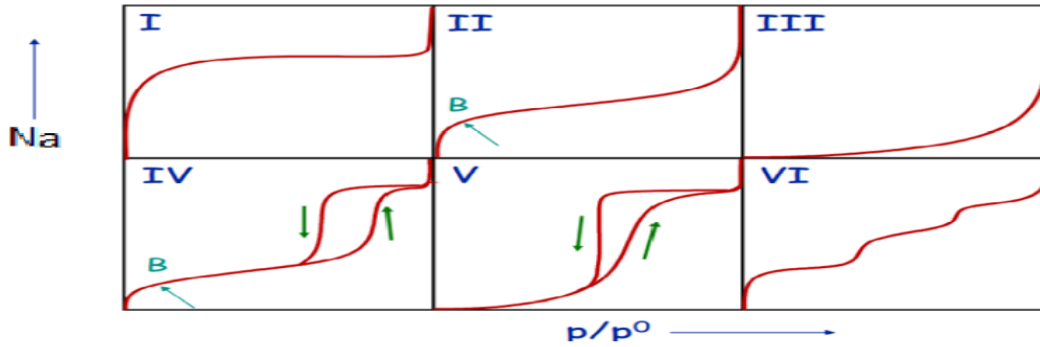
$$C (C S - C) X_m = (1 A X_0) ((A - 1) A X_0) (C C S) \dots \dots (5)$$



الشكل 15: الشكل النموذجي لإيزتارم نظرية (B.E.T) [22]

III_9 تصنيف منحنيات إيزوتارم الإمتزاز:

في عام 1940 أجرى الباحثون Teller, Emmett, Brunauer دراسة مستقصية لكافة النتائج التجريبية التي نشرت في الدوريات العلمية حتى ذلك التاريخ عن الإمتزاز فوجدوا أن بالإمكان تصنيف جميع النتائج ضمن خمس مجموعات رئيسية [7]. والصف السادس إقترحه (I.U.P.A.C) كما هو مبين في الشكل التالي:



الشكل 16: أصناف إيزوتارم - الإمتزاز المعتمد من طرف I.U.P.A.C

Na: الكمية الممتزة.

P0: ضغط التشبع.

P: ضغط الغاز.

B: النقطة الممتزة.

III_9_1 الصنف الأول I :-

يمثل إمتزاز أحادي الطبقة (mono couche) على الماز، يكون فيزيائيا أو كيميائيا حيث تكون المادة الصلبة أي الماز عديم المسامات أو الدرات ميكرو مسامات قطرها حوالي 5Å أو أقل، تكون في هذه الحالة المسامات لها أبعاد الجزيئات الممتزة نفسها [23]

➤ يمكن اعتبار النوع I بأنه سلوك مشابه لإمتزاز لانجمير، كما أن الفحوم المنشطة وجلات السليكا وخاصة الزيوليتات تظهر سلوك النوع I [24]

III_9_2 الصنف الثاني II :-

الإمتزاز على السطوح الصلبة ذات مسامات أكبر من 200Å حيث يشكل طبقة وحيدة متبوعة مباشرة يتشكل الطبقات أخرى على الطبقة الأولى.

III_9_3 الصنف الثالث III :-

الإمتزاز من هذا النوع يكون متعدد الطبقات (multi couche) حيث يعد سلوك هذا النوع نادرا إذا ما قورنت بباقي الأنواع ➤ إن إمتزاز H_2O على الكربون الجرافي أو على البولي إيثيلين يبدي سلوك موافقا للنوع III [24]

➤ لا تحدث ظاهرة الإمتزاز I، II، III.

III 9_4 الصنف الرابع IV :-

هذا النوع من الإمتزاز يكون للمادة الصلبة مسامات من 2-5 nm غالبا تبدي المواد الصناعة والحفازات سلوك من هذا النوع

III 9_5 الصنف الخامس V :-

في هذا الصنف من الإمتزاز متعدد الطبقات ونادرا ما يحدث.

III 9_6 الصنف السادس VI :-

هذا النوع يمثل عدة إمتزازات أحادية [24]

III 10 _ حركية الإمتزاز:

حركية الإمتزاز هي أحد طرق وصف الإمتزاز، وهي أحد الجوانب الهامة في تقييم الإمتزاز كوحدة عملية .

دراسة حركية الإمتزاز تكون معتبرة عندما يكون حجم الجزيئات الممتزة ضعيفا وكتلتها المولية مرتفعة، تركيز المادة الممتزة مرتفع وذوبانيتها ضعيفة، والسطح النوعي للماز معتبر.

في المحاليل المائية، كثير من الطرق الفيزيائية والكيميائية قادرة على تحديد حركية الإمتزاز بحيث تكون مرتبطة بالمادة المازة وذلك بمعرفة:

- إمتزاز نوعي على جدار المسامات.

- التجاذب يكون أكثر أو أقل قوة بحسب الوظائف الكيميائية الموجودة على سطح الماز.

- انتشار المادة الممتزة على سطح الماز.

تمر ظاهرة الإمتزاز بين السطوح صلب - سائل في تفاعل موضعي في المسامات حركي بثلاث مراحل، كما هو مبين في الشكل التالي:

انتشار خارج الحبيبات:

تنتقل المادة الممتزة من المحلول الى السطح الخارجي للماز وتتوضع على الطبقة الحدية.

تتأثر هدم المرحلة بسرعة التحريك.

انتشار داخل الحبيبات :

المادة الممتزة تنتقل من الطبقة الحدية الى الموقع النشط متوغلة عبر المسامات، تتأثر هذه المرحلة بحجم الجزيئات ودرجة الحرارة وهي بطيئة جدا.

تنشيط المادة الممتزة على الموقع النشط:

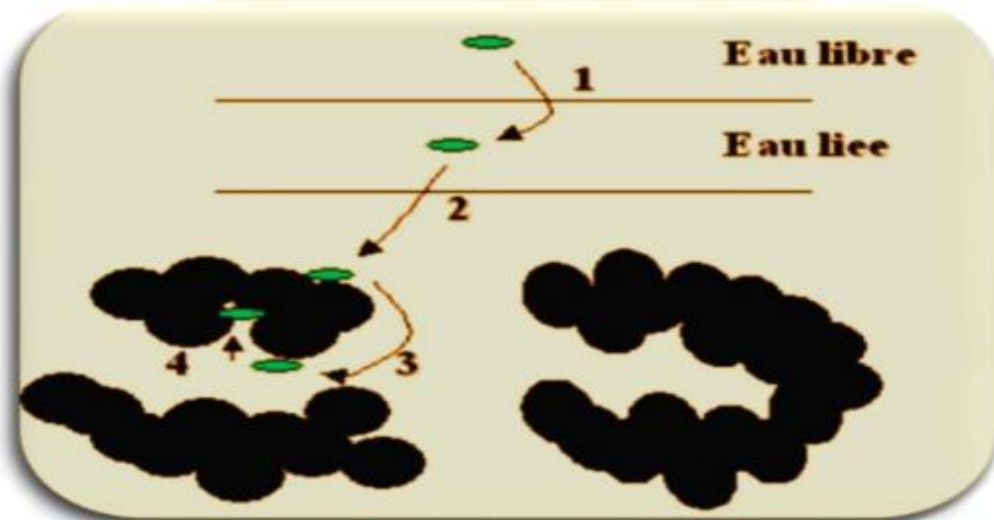
هذه المرحلة سريعة جدا وهي تمثل المرحلة الأساسية في الإمتزاز، تتأثر بدرجة الحرارة .

*حركية الإمتزاز تحدد بسبب الإنتشار خارج الحبيبات وفقا للشروط التالية:

- التحريك الضعيف للمحلول.
- جزيئات المذاب دقيقة.
- قوة ألفة المذاب تجاه الماز.

*حركية الإمتزاز تحدد بسبب الإنتشار داخل الحبيبات وفقا للشروط:

- التراكيز المرتفعة للمذاب.
- التحريك الضعيف للمحلول .
- حجم الجزيئات الصلبة الممتازة يكون معتبرا.
- ضعف ألفة المذاب تجاه الماز [25].



الشكل 17: مراحل انتقال المادة وثبيت الممتز على الماز في حالة الإمتزاز صلب - سائل.

III_11_ أهمية الإمتزاز :

بالرغم من أن الإمتزاز يعد من التقنيات القديمة فإنه يمتلك من الأهمية ما يجعل أي صناعة في الوقت الحاضر لا تستغني عنه في تطبيقاتها وإستخداماتها، فهو يستخدم في عدة صناعات:

- صناعات البترول .
 - الصناعات الغذائية كالزبوت والألبان .
 - صناعة الأصباغ وغيرها من الصناعات التي لا مجال لحصرها. [26] [27]
- وتكفي الإشارة الى أنه تكاد توجد صناعة قائمة في الوقت الحالي على الصعيدين المدني والعسكري خالية من عمليات الإمتزاز. تستخدم عملية الإمتزاز لإنجار العديد من عمليات الفصل [28] خاصة تلك التي يتعذر إنجازها أو أن إنجازها يكون غير عملي وغير مجد بإستخدام الطرق التقليدية مثل التقطير أو الإمتصاص أو حتى بإستخدام النظم ذات الأساس العشوائي. [29]

إن أكثر التطبيقات المعروفة لعملية الإمتزاز شيوعا هي عملية معالجة وتنقية المياه، خاصة تلك الناتجة من العمليات الصناعية المختلفة ومياه الصرف الصحي وذلك لإزالة أثر المواد الملوثة ذات السمية الكبيرة على البيئة والمجتمع فضلا عن معالجة اللون والطعم والرائحة الناتجة عن التلوث . [30]

توسعت عمليات تطبيق الإمتزاز في الأونة الأخيرة في هذا المجال بسرعة كبيرة جدا بسبب الحاجة المتزايدة إليها وإرتفاع المتطلبات البيئية بصورة واسعة كما ونوعا.

وقد سهلت هذه التطبيقات التطور التكنولوجي الكبير في تحضير وتوفير العديد من المواد المازة المتنوعة وساعد هذا الأمر بدوره على إنجاز الكثير من التطبيقات المهمة في عمليات الإمتزاز وللأغراض مختلفة. [29]

وعلى مدى فترة طويلة من الزمن حاول العديد من الباحثين بناء مفهوم وتصور واضح حول الميكانيكية التي تحصل بها عملية الإمتزاز، في الحقيقة قاد هذا التطور الى صياغة العديد من المعادلات الرياضية التي تصف عمليات الإمتزاز للإستخدامات المختلفة بصورة شبه تجريبية.

وأخيرا أصبح من الممكن حل هذه المعادلات الرياضية ذات العلاقة بالإمتزاز، وقد مكن تطور البرمجيات وتوفير الحاسبات المتطورة الى تحديد ودراسة العوامل المؤثرة على الإمتزاز مباشرة دون الخوض في مجالات مضللة [29]

III_12_ تطبيقات الإمتزاز:

III_12_1 التطبيقات الصيدلانية للإمتزاز:

- ✓ يستعمل مايعرف بالترياق العالمي (universal Antidote) من أجل تخفيف الآثار السمية في حالات التسمم وذلك بتناوله عن طريق الفم وهو مكون من الفحم، أكسيد المنغزيوم وحمض التانيك.
 - ✓ يستخدم في عملية الديليزة (Dialysis) لإزالة الآثار السمية للأدوية (الناتجة عن الجرعات الزائدة) وذلك من خلال تمرير الدم عبر غشاء الديليزة فوق الفحم النشط وبعض المازات الأخرى.
 - ✓ إزالة الطعم غير المقبول لأدوية، يمكن لبعض الأدوية مثل ديازيبام أن على بعض المازات للحد من طعمه غير المرغوب فيه
- [31]

III_12_2 تطبيقات الإمتزاز في الطور السائل:

تنقسم تطبيقات الإمتزاز في الوسط السائل الى مجالين لفصل المركبات الكيميائية نذكر منها مجال معالجة المحاليل الممددة و مجال تجزئة الخلائط .

III_12_2_1 مجال معالجة المحاليل الممددة:

يجب التمييز هذا النوع من العلاج بين إزالة الأملاح التي تعتبر شوائب، وهو مجال تصفية المذيبات عن طريق الإمتزاز أو استرداد المواد المذابة وهذا هو المجال الإستخلاص عن طريق الإمتزاز، لهذا الغرض التطبيقات الصناعية عديدة أهمها معالجة المياه مثل تبيض عصير السكر، تنقية المنتجات البيترولية والمواد الدهنية الحيوانية والنباتية.

III_12_2_2 تجزئة الخلائط السائلة :

يوجد عدد قليل من العمليات الصناعية تسمح بتجزئة نطاق واسع عن طريق الإمتزاز انطلاقاً من خلائط مهمة اقتصادياً مثل المنتجات البترولية، إلا أن طرق التحليل الأخرى مثل كروماتوغرافي السائل عند ضغط مرتفع إحتلت المرتبة الأولى كفاءتها و أدائها [32]

III_12_3 تطبيقات الإمتزاز في الطور الغازي:

أبرز تطبيقات الطور الغازي تتعلق بالتجفيف و تصفية الهواء [33]

مراجع الفصل الثاني :

المراجع باللغة العربية :

- [7] د. حسن أحمد شحاتة: "كيمياء السطوح والحفز"، دار الفجر الطبعة الأولى، القاهرة، (2004)، ص 45 – 55 .
- [20] د. نصر الحايك: "مدخل الى كيمياء السطوح". دار البعث. قسنطينة (1989). ص، 90، 92، 96.
- [24] غاري أثار و كولين بارنس: "السطوح"، سلسلة أكسفورد لمبادئ الكيمياء، ص. 17 (1997).
- [28] ر. ك. يوسف "تحضير الفحم المنشط من تفاعل المخلفات النفطية الثقيلة مع الفضلات الصناعية الناتجة من تنقية كبريت المشاراق" رسالة ماجستير ، جامعة الموصل (1977).
- [31] د. إبراهيم راهب " محاضرات مقرر الكيمياء الفيزيائية" جامعة الشام الخاصة /كلية الصيدلة – اللاذقية – سوريا (2018).

المراجع باللغة الأجنبية :

- [1] A. M. Samuel and B. Land Jerom, "Fundamental of physical chemistry", 1st edition, London, p 753, (1974)
- [2] S. P. Nandi, P. L. Walker and Jr, (1971), "Adsorption of dyes from aqueous solution by coals, chars, and active carbons", Fuel., 50, 4, 345–366.
- [3] Gregory Vovk, Masters of Science. DSORPTION STUDIES OF TIN CHALCOGENIDES, Depamnent of Chernistry. University of Toronto,(1997).
- [4] chen,c.,et al., adsorption of Ni(II) from aqueous solutions using oxidized multi wall carbon nanotubes ,industrial engineering chemistry research p 45 (2006).
- [5] H. Li, Z. Sun, Y. Tian, G. Cui, S. Yan, RSC Advances, 5 ,79765–79773,(2015).
- [6] Atkins P. W., "Physical Chemistry", 8th edition, Oxford University Press, Oxford , p.857–866 (2006).
- [8] Cases,J.M.,Villiéras,F.,Michot,L., Adsorption,exchange and retention phenomena at the solide–aqueous solution interface .Influence of structural ,textural and superficial properties of solides,J,comptesrendus de l'Académie des sciences – series IIA– earth and planetary science p763–773 (2000).
- [9] F.eedeline : "l'épuration physico_chimique des eaux théorie et technologie",1éme édition CEBEDOC sprl,li ege p251–271 (1998).
- [10] Sun, L.M., meunier, F., Adsorption.Theoreticalaspect, journal techniques de l'ingénieur, génie des procédés, ISSN–1762–8725 (2008)
- [11] Chemseddine chitour : "pysico_chimie des surfaces",2éme édition ,tom 2,office publication universitaires,Alger, p 461 (2004).
- [12] Tanaka, H ., et al ., Competitive adsorption of cationic polyacrylamides with different charge densities onto polystyrene latex, cellulose beads and cellulose fibres, Journal of pulp and paper science, No 8, pp. 283–288, (1999).

- [13] Eedeline, F. " L'épuration physico-chimique des eaux : théorie et technologie "4 éme édition, Edition CEBEDOC sprl , Liège (1998).
- [14] A.R. West, solid state chemistry and its Application, John Willey & Sons Ltd,(1985)
- [15] Spains, N, " Etude comparative de l'activation chimique d'un composé ligno cellulosique local (noyaux d'olives) par le chlorure de zinc et l'hydroxyde de potassium". These Mag , U.S.T.H.B.Alger
- [16] Krishnan, K.A., et al., Kinetic and equilibrium modeling of cobalt (II) adsorption onto bagasse pith based sulphurised activated carbon" Chemical Engineering Journal 137 257 – 264(2008).
- [17] Gicquel, L., et al, Adsorption of Atrazine by Powdered Activated Carbon : Influence of Dissolved Organic and Mineral Matter of Natural Waters Adsorption de L'atrazine Par Charbon Actif en Poudre: Influence des Matieres Organiques et Minerales Dissoutes des Eaux Naturelles" Environmental Technology , 1997 – Taylor & Francis, (2008).
- [18] Bamba, D., et al., Etudes comparées des méthodes de préparation du charbon actif, suivies d'un test de dépollution d'une eau contaminée au diuron , J, Soc. Ouest-Afr. Chim 028 , 41 – 52, (2009) .
- [19] CHENINE Mouad, Préparation et caractérisation d'un charbon actif issu d'un déchet de café par voie chimique (effet de taux d'adjuvant), mémoire master, université KasdiMerbah Ouargla. Page 10_12.(2012).
- [21] MESSROUK HOURIA, Etude de l'effet du taux d'adjuvant sur la capacité d'adsorption d'un charbon actif préparé à partir de noyaux de dattes locales (GHARS),.Page 12_14(2020). .
- [22] Kristian Keidingog Torben Snabe ' Adsorption processes'.
- [23] Chemseddine Chitour : "physico_chimie des surfaces", 2ème édition , tom 2, office publication universitaires, Alger, 461p(2004).

- [25] chaouch , N. " Utilisation des sous–produits du palmier dattier dans le traitement physico–chimique des eaux polluées" , thèse doctorat science, universite hadj lakhder , batna , page 37. (2015) .
- [26] T.O. Ryabukhova, S. Arzamaa, A.B. Okishevana and S.N. Konovalova, "Adsorption of alcohol's from binary solution on activated carbons", Russian J. of Physical Chemistry, 74,2,281–283(2000) .
- [27]J.R. Brown and G. Deschenes, "Characterization of the gold complex adsorption on activated carbon from chloride, Cyanide and thiourea solution", J. Fuel Processing Technology, 86, 67. 79–87, (1993) .]
- [29] S. Knaebel Kent, "Adsorbent selection", Adsorption Research, Inc., Dublin, Ohio, 43016, pp. 1–23(2003) .
- [30] F. H. Frimmel, "Water chemistry at the EBI", Annual Report of the Water Chemistry Division, Engler–Bunte–Institute, pp. 1–15, (2000) .
- [32] Chittour, C. " Physico chimique des surfaces" , 2^{eme} edition, Tome 2 p 461. (2004).
- [33] Huber, M., & Oudar, J., Modèles de haute symétrie pour l'étude structurale des composés d'adsorption, Surface Science, 47(2), 605–621, (1975) .

الجزء التطبيقي

الفصل الثالث

دراسة مقالات علمية حول التنشيط الفيزيائي

1_IV تمهيد:

يتم إنتاج الكربون charbon Actif من عملية تنشيط فيزيائية أو كيميائية، يتم الإعتماد على طرق التنشيط الفيزيائية بشكل واسع في العمليات الصناعة بسبب تكاليف إنتاجها المنخفضة، وتوفر المواد الأولية (المخلفات) بوفرة . يستخدم التنشيط الفيزيائي بكثرة بسبب انخفاض سعر التنشيط (البخار، ثاني أكسيد الكربون ، أو الهواء) والتشغيل البسيط بالإضافة لكونها طريقة آمنة وصديقة للبيئة وكذا التلوث البيئي القليل.

➤ من خلال هذه الدراسة تطرقنا الى دراسة مقالات علمية عالمية كما يوضح الجدول الآتي:

الجدول : بعض المقالات العلمية العالمية حول الدراسات السابقة لتحضير الكربون النشط.

المرجع	سنة النشر	معامل التأثير	اسم الناشر	الجريدة	المقال
[1]	2021	9.594	Hyeonseok yi et al	Carbon	التنشيط الفيزيائي المضغوط: طريقة إنتاج بسيطة للكربون النشط بهيكل مسامي متطور للغاية.
[2]	2018	5.061	Javier pallarés Et al	Biomass and bioenergy	إنتاج وتوصيف الكربون المنشط من قش الشعير عن طريق التنشيط الفيزيائي بثنائي أكسيد الكربون والبخار .
[3]	2013	9.642	Cafer saka et al	Biore Source Technology	تحضير وتوصيف الكربون المنشط من قشر البلوط التنشيط الفيزيائي باستخدام CO_2-H_2O في معالجة من خطوتين .
[4]	2021	5.909	k.k.kshibayev et al	Journal of Environmental chemical Engineering	الخواص الفيزيائية والكيميائية للكربون المنشط المصنع من نفايات النبات shungite لإلتقاط ثاني أكسيد الكربون CO_2 .
[5]	2021	7.963	Yi Wei et al	e Science of thTotal Environment	خطوة واحدة كربنة وتفعيل نشارة خشب التنوب إلى الكربون المنشط بواسطة الكربونات المنصهرة والبخار القابلة لإعادة التدوير

IV_2_ طرق تحضير الكربون النشط:

❖ المقال 1:

التنشيط الفيزيائي المضغوط: طريقة إنتاج بسيطة للكربون النشط بهيكل مسامي متطور للغاية.

✓ في هذا المقال يتم تحضير الكربون النشط عن طريق التنشيط الفيزيائي للكربون النشط باستخدام غاز CO_2 :

IV_1_1_ المواد والأدوات :

* راتنج كروي (مادة عضوية سائلة على شكل حليب ناتجة عن أشجار الصنوبر).

* غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 .

* غاز النتروجين N_2 .

* جهاز التسخين.

* مطحنة.

IV_2_1_ طريقة تحضير الكربون النشط:

■ يتم تفحيم الراتنج عند 600°C درجة مئوية لمدة واحدة في 2N بمعدل تدفق $200 \text{ سم}^3/\text{دقيقة}$ ، كان متوسط إنتاج الكربنة 52% .

■ تم تسخين المادة المتفحمة (C_6) عند درجة حرارة (700 الى 900) $^\circ\text{C}$ درجة مئوية بمعدل 5 درجة مئوية/دقيقة في تدفق

(150-200) $\text{سم}^3/\text{دقيقة}$ من ثاني أكسيد الكربون النقي عند ضغط 1،0 أو 0،1 ميغا باسكال للتنشيط الفيزيائي الجوي

أو المضغوط.

■ يتم الاحتفاظ بأجزاء أخرى من C_6 عند 900°C درجة مئوية في تدفق ثاني أكسيد الكربون لفترات مختلفة .

■ نقوم بتعيين الكربون النشط (AC) الذي يتم الحصول عليه على أنه Z TY_n P_X حيث تشير y و x إلى الضغط

ودرجة الحرارة.

IV_3_1_ المواد الممتازة :

- غاز النتروجين N_2 .

IV_4_1_ النتائج :

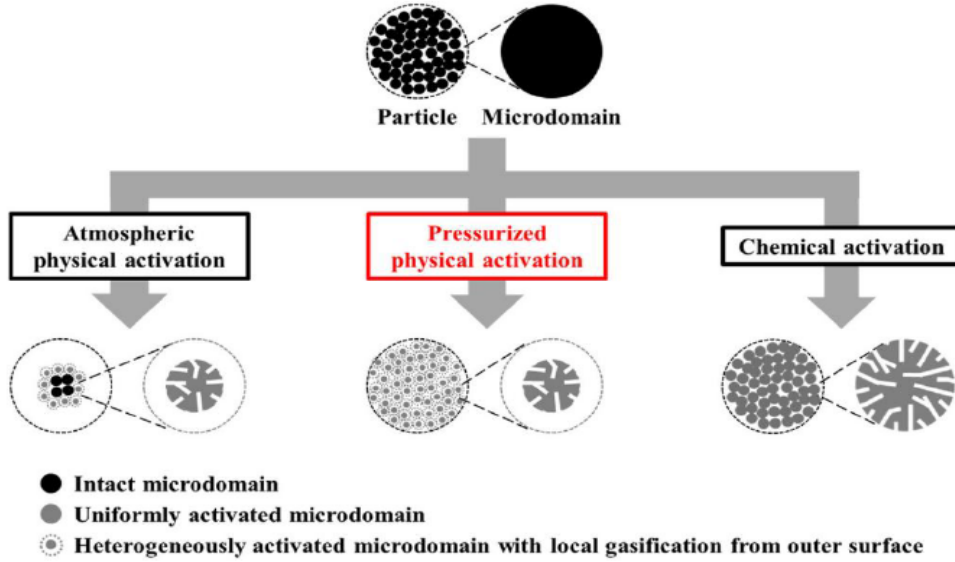
■ أظهرت نتائج هذه الدراسة عند تنشيط الكربون باستخدام ثاني أكسيد الكربون، حيث بلغت مساحة السطح (BET)

$1650 \text{ م}^2/\text{غ}$ ، وإجمالي حجم المسام عند ضغط $0.59 \text{ سم}^3/\text{غ}$ وعائد التنشيط 13% .

■ عند إجراء التنشيط عند ضغط ثاني أكسيد الكربون بلغ 0.1 ميغا باسكال لوحظ زيادة في إدمصاص 2N عند درجة حرارة

التنشيط البالغة 800°C درجة مئوية، وتطوير المسام عند 900°C درجة مئوية.

- تشير مساحة السطح المحددة الأعلى بكثير وحجم المسام الكلي لتيار المضغوط المتردد الى أن الضغط يجب أن يعزز قابلية انتشار CO_2 في جزيئات الكربون، بلغت مساحة السطح $2630 \text{ م}^2 / \text{غ}$ وإجمالي حجم المسام $1.31 \text{ سم}^3 / \text{غ}$ بنسبة 12% عند 1.0 ميغا باسكال وعند درجة حرارة 900°C درجة مئوية.



الشكل 18: الاختلافات بين التنشيط الفيزيائي والكيميائي في الغلاف الجوي والفيزيائي المضغوط.

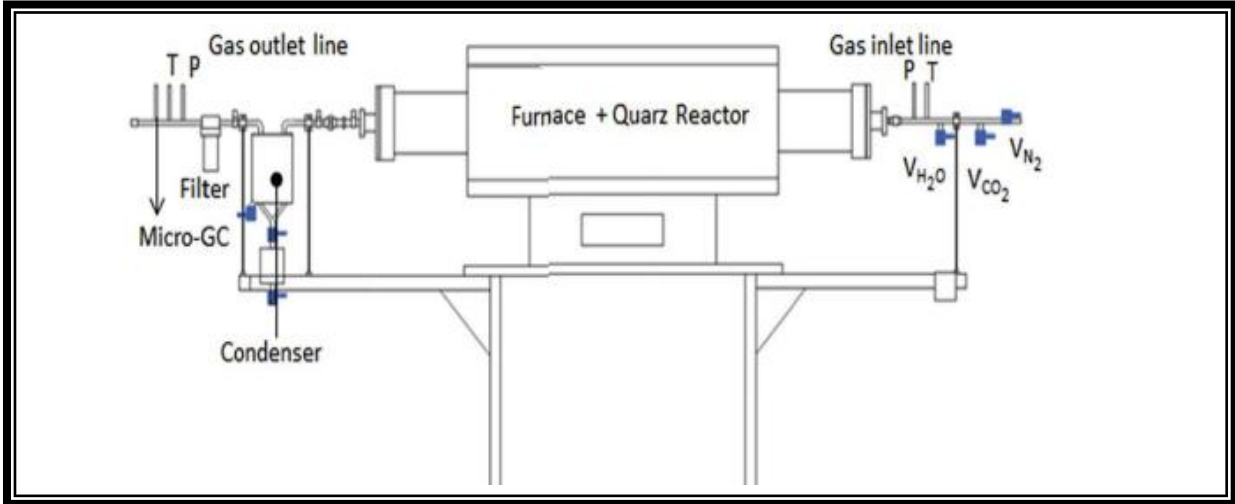
- ❖ **المقال 2:** إنتاج وتوصيف الكربون المنشط من قش الشعير عن طريق التنشيط الفيزيائي بشنائي أكسيد الكربون والبخار .
- ✓ في هذا المقال يتم تحضير الكربون النشط عن طريق التنشيط الفيزيائي للكربون النشط باستخدام CO_2 و البخار .

1_2_IV المواد والأدوات :

- المادة الأولية (قش الشعير) .
- غاز CO_2 .
- غاز النتروجين N_2 .
- البخار .
- فرن التسخين والتجفيف .
- مطحنة .

2_2_IV طريقة تحضير الكربون النشط:

- تحضر 25 غ من المادة الأولية (قش الشعير) في وعاء عينة من الكوارتز .
- تجفف المادة الأولية، ثم تطحن وتغربل (الشكل 19) .
- يتم حفظ العينات لمدة 24 ساعة في فرن التجفيف عند درجة حرارة 105°C درجة مئوية.



الشكل 19: مخطط مرفق لتحضير الكربون المنشط من قش الشعير.

IV_2_3 المواد الممتزة:

* النتروجين.

* البخار.

IV_2_4 تأثير درجة الحرارة على تحضير الكربون النشط:

من خلال مناقشة الشروط التجريبية للدراسة وجد أن زيادة درجة حرارة الإنحلال الحراري من (500° إلى 600°) درجة مئوية ينتج عنها إنخفاض في مساحة السطح BET من (704 إلى 789 م² / غ) والحجم الكلي من (0.3199 إلى 0.3495 سم³ / غ) وحجم المسام الدقيقة من (0.2936 إلى 0.3268 سم³ / غ) من الكربون النشط بشكل عام .

تؤدي زيادة درجة الإنحلال الحراري الى اطلاق أكبر للمادة المتطايرة، مما يؤدي الى زيادة البنية المسامية الأولية (علاقة طردية)، التي سيتم تطويرها بشكل أكبر أثناء مرحلة التنشيط.

عندما تكون درجة الإنحلال الحراري مرتفعة كثيرا، يحدث تليين وتلييد المواد المتطايرة ذات الوزن الجزيئي العالي وينتج عن ذلك إزالة البلمرة وإنكماش المادة المتطايرة .

IV_2_5 النتائج:

في هذه الدراسة تم إنتاج الكربون المنشط (AC) من قش الشعير باستخدام التنشيط الفيزيائي بتنشيطين مختلفين (البخار و CO₂)، حيث بلغت مساحة السطح BET باستخدام ثنائي أكسيد الكربون 789 م² / غ وحجم المسام الصغير 0.3268 سم³ / غ، بينما بالبخار كانت مساحة السطح BET 552 م² / غ وحجم المسام 0.2304 سم³ / غ على التوالي .
تم عرض الكربون المنشط الذي تم الحصول عليه :

أ- حالة: ثنائي أكسيد الكربون CO₂

كانت البنية المسامية الدقيقة متطورة.

ب- حالة البخار:

كانت المسامية للمادة هي السائدة أيضا لكن بدرجة أقل من درجة التطور في التنشيط باستخدام ثنائي أكسيد الكربون CO_2 بسبب وجود تفاعل أعلى للبخار عند درجات حرارة عالية، مما يؤدي إلى توسع المسام على نطاق واسع وزيادة في الميزوبورية على حساب المسامية الدقيقة.

❖ **المقال 3:** تحضير وتوصيف الكربون المنشط من قشرة البلوط عن طريق التنشيط الفيزيائي باستخدام CO_2-H_2O في معالجة من خطوتين.

✓ التنشيط الفيزيائي عن طريق CO_2-H_2O معا .

IV_3_1 المواد والأدوات:

- قشور البلوط .
- غاز CO_2 .
- H_2O .
- فرن حراري .
- مطحنة .

IV_3_2 طريقة العمل (تحضير الكربون النشط من قشور البلوط) :

- تم جمع قوقعة البلوط.
- غسل وتجفيف قشور البلوط.
- سحق قشور البلوط وغربلتها ثم نخلها .
- يتم تحليل قشور البلوط (تسخين) في فرن مستطيل أفقي، حيث تم الحصول على أقصى إنتاجية عند $600^\circ C$ لمدة 24 ساعة تحت جو $2N$.

IV_3_3 تأثير درجة الحرارة على تحضير الكربون النشط:

- تؤدي زيادة درجة الحرارة التنشيط إلى زيادة تجاعيد تطوير المسام، مما يزيد من قدرة إمتصاص الكربون المنشط المحضر عن طريق التنشيط عند درجة حرارة (600-800) $^\circ C$ درجة مئوية إلى الحد الأقصى.
- عند درجة حرارة $850^\circ C$ مثل حجم المسام ب $1344 \text{ سم}^3 / \text{غ}$ ، زيادة عدد اليود يرفع درجة حرارة التنشيط من $600^\circ C$ إلى $850^\circ C$ درجة مئوية.

IV_3_4 النتائج :

- ✓ في هذه الدراسة تم تحضير الكربون المنشط من قشور البلوط عن طريق التنشيط الفيزيائي باستخدام CO_2-H_2O عند حرارة $850^\circ C$ درجة مئوية.
- ✓ زيادة مساحات السطح BET وعدد اليود الكربون المنشط المنتج .

- ✓ يمكن القول أن الكربون المنشط المحض من قشور البلوط يمكن استخدامه في تطبيقات الإمتزاز .
 - ✓ تم الحصول على الحد الأقصى لمساحة السطح BET وحجم المسام الصغيرة وعرض المسام DFT للكربون الناتج :
- الجدول 5 : نتائج ال BET للكربون المنشط .

مساحة السطح BET	حجم المسام الصغيرة	عرض المسام DFT
1779 م	0.927 سم ³ /غ	1.688 نانومتر

❖ المقال 4:

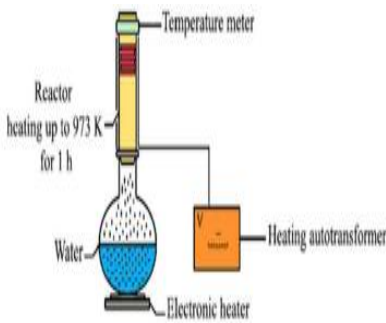
- الخواص الفيزيائية والكيميائية للكربون المنشط المصنع من نفايات النبات shungite لإلتقاط ثاني أكسيد الكربون Co₂.
- ✓ التنشيط الفيزيائي باستخدام Co₂.

1_4_IV المواد والأدوات المستخدمة:

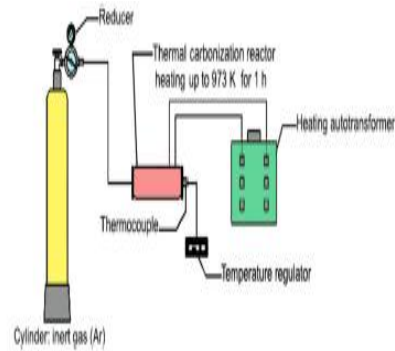
- مواد خام (كوز الذرة، بذور العنب، خشب البتولا) .
- غاز Co₂ .
- مطحنة السكين الدوارة .
- فرن حراري .

2_4_IV طريقة تحضير الكربون النشط :

- طحن المواد الخام ومعالجتها حراريا في جو أرجون Ar خامل.
- تسخين المواد الأولية عند درجة حرارة 973 كلفن /د لمدة 60 دقيقة.
- تنشيط المواد التي تم الحصول عليها ببخار الماء لزيادة مسامية ومساحة السطح .
- إجراء عملية التنشيط عند درجة حرارة 973 كلفن مع وقت إحتجاز قدره 60 د كما يظهره الشكلين (20 و21).



الشكل 21: تركيب تجريبي للتنشيط بالبخار.



الشكل 20: تركيب تجريبي للكربنة الحرارية.

3_4_IV النتائج :

- ✓ أكدت النتائج على أنه تم الحصول على كربون منشط عالي المسامية حيث كانت مساحة السطح المحددة BET من 424 إلى 738 م² / غ وحجم المسام من 0.27 إلى 0.50 سم³ / غ .

✓ الكربون النشط الذي يسهل إحتراقه من الكتلة الحيوية (أكواز، الذرة وبنور العنب..). هو الذي تم الحصول عليه من خلال التنشط الفيزيائي .

✓ يوضح الجدول (1) مساحة السطح BET وإجمالي حجم المسام وحجم المسام الصغيرة من إمتصاص 2 N عند درجة حرارة 973 كلفن وحجم المسام الصغيرة من إمتصاص CO₂ عند 273 كلفن .

الجدول 6: نتائج ال BET لمساحة السطح وإجمالي حجم المسام وحجم المسام الصغيرة من متصاص 2N عند درجة حرارة 77 كلفن .

N ₂	Activated carbon	S _{BET} [m ² ·g ⁻¹]	V _{total} [cm ³ ·g ⁻¹]	V _{mic} [cm ³ ·g ⁻¹]	% of micropores	V _{mic} CO ₂ [cm ³ ·g ⁻¹]	% of micropores till 0.7 nm	Average pore width [nm]
1	CC	566	0.32	0.29	89	0.24	78	1.24
2	GS	448	0.27	0.24	89	0.20	83	1.69
3	Birch	688	0.49	0.35	90	0.26	84	1.57
4	Sh PS	738	0.50	0.37	89	0.24	76	1.41
5	PC	424	0.34	0.21	53	0.18	79	1.17

❖ **المقال 5:** خطوة واحدة كربنة وتفعيل نشارة خشب التنوب إلى الكربون المنشط بواسطة الكربونات المنصهرة والبخار القابلة لإعادة التدوير .

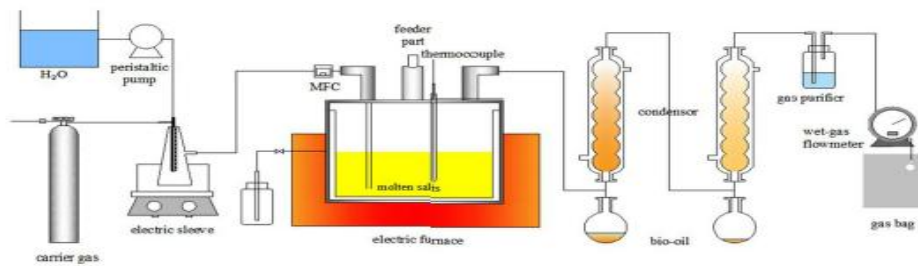
✓ التنشيط الفيزيائي باستخدام البخار .

IV_5_1 المواد المستخدمة في تحضير الكربون النشط:

- نشارة الخشب .
- الكربونات المنصهرة .
- فرن حراري .
- مطحنة .

IV_5_2 طريقة تحضير الكربون النشط :

- تم تجفيف خام نشارة الخشب عند درجة حرارة 120° درجة مئوية لمدة 24 ساعة في الفرن الحراري .
- سحق (طحن) النشارة وغربلتها ثم نخلها الى أجزاء بحجم أقل من 0.2 مم .



الشكل 22: تركيب تجريبي لتحضير الكربون المنشط من نشارة الخشب .

IV_5_3 تأثير درجة الحرارة على تحضير الكربون المنشط :

- يؤدي إرتفاع درجة الحرارة من 550 إلى 750° درجة مئوية إلى إنخفاض عائد الكربون المنشط CAMS من 8.6 % إلى 3.1 % .
 - إرتفاع درجة الحرارة أدى إلى تفاعل التكسير الثانوي للناتج المتولد (الكربون المنشط) .
 - ناتج الكربون المنشط CAMS الذي تم الحصول عليه عند 700° كان أقل مقارنة ب ACM عند نفس درجة الحرارة .
 - يوضح الجدول انداء انتاج الكربون المنشط عند درجات حرارة مختلفة ومعدلات تدفق البخار .
- الجدول 7: إنتاج الكربون المنشط عند درجات حرارة مختلفة ومعدلات تدفق البخار .

Sample	T (°C)	S _{act} ^a (m ² /g)	d _{por} ^a (nm)	V _{tot} ^b (cm ³ /g)	V _{micro} ^c (cm ³ /g)	V _{meso} ^c (cm ³ /g)	V _{micro} /V _{tot} (%)	V _{meso} /V _{tot} (%)
MSAC-550-0.20	550	16207	4.01	0.16	0.07	0.09	43.53	56.47
MSAC-600-0.20	600	17942	3.01	0.14	0.08	0.05	62.06	37.94
MSAC-650-0.20	650	29164	2.90	0.21	0.13	0.08	63.73	36.27
MSAC-700-0.20	700	82202	2.39	0.47	0.36	0.11	76.60	23.40
MSAC-750-0.20	750	89739	3.83	0.86	0.39	0.47	45.65	54.35
MAC-700-0	700	31127	2.86	0.22	0.14	0.08	65.29	34.71
SAC-700-0.20	700	34460	2.68	0.23	0.01	0.22	3.38	96.62
BC-700-0	700	10015	3.24	0.08	0.02	0.06	26.84	73.16

^a Multi-Point BET method for surface area and mean pore diameter.

^b Multi-Point Langmuir method for total pore volume.

^c H-K(Original) method for micropore volume.

IV_5_4 النتائج :

- أظهرت نتائج BET مساحة سطح نوعية ممتازة تبلغ 822.02 م² / غ و قطر مسام تبلغ 2.39 نانومتر وإرتفاع مساحة السطح ل BET ل ACMS من 162.0 م² / غ إلى 897.39 م² / غ مع إرتفاع درجة الحرارة من 550° إلى 750°، بينما إنخفاض قطر مسام الكربون المنشط بمقدار النصف من 4.01 إلى 2.39 نانومتر .
- عند درجة حرارة تتراوح بين 650° و 750° درجة مئوية، وجدت مساحة السطح BET مساوية ل 897.39 م² / غ نتيجة تفاعل التكسير الثانوي للقطران و زاد حجم من 0.21 سم³ / غ إلى 0.86 سم³ / غ مع زيادة حجم المسام الدقيقة من 0.31 سم³ / غ إلى 0.39 سم³ / غ.

الفصل الرابع

طرق تحليل الكربون النشط

V_ مقدمة :

هناك عدة تقنيات وطرق عديدة تستخدم لدراسة خصائص سطح الكربون المنشط وتحليله، ومن بين الطرق المعتمدة في تحليل بنية الكربون النشط المحضر نجد نظرية (برونار - ايميت - تيلر) محلل مساحة السطح وحجم المسام للكربون النشط والمعروفة بطريقة ال BET الأكثر شيوعاً، وطريقة التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء، (FT- IR) كذلك طريقة التحليل عن طريق المسح بالمجهر الإلكتروني (MEB).

V_1 طرق تحليل الكربون النشط :

هناك عدة طرق لتحليل الكربون النشط نذكر منها (BET، MEB، FT- IR):

V_2 مفهوم نظرية ال BET :

يعد مفهوم النظرية إمتداداً لنظرية لانجمير، وهي نظرية للإمتصاص الجزيئي أحادي الطبقة وعادة ما تستخدم ال BET غازات الفحص (الممتزات) التي لا تتفاعل كيميائياً مع أسطح المواد مثل الممتزات .

لتحديد مساحة السطح يعد التروجين 2N أكثر الممتزات الغازية شيوعاً المستخدمة لتحديد السطح عند درجة غليان 77 كلفن

V_3 جهاز ال BET :

▪ تقاس مساحة السطح S_{BET} وحجم المسام V_{BET} بجهاز يدعي محلل مساحة السطح النوعي (Micro meritics) .



الشكل 23 : جهاز قياس السطح النوعي (Micro meritics).

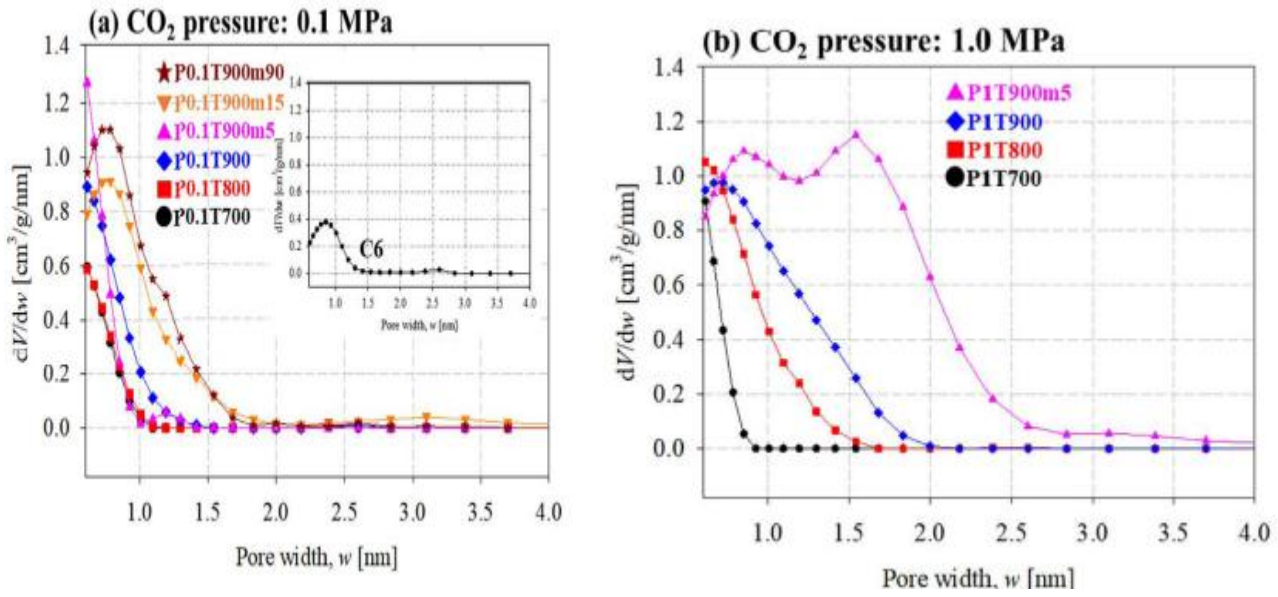
❖ المقال 1 :

V_4 نتائج ال BET :

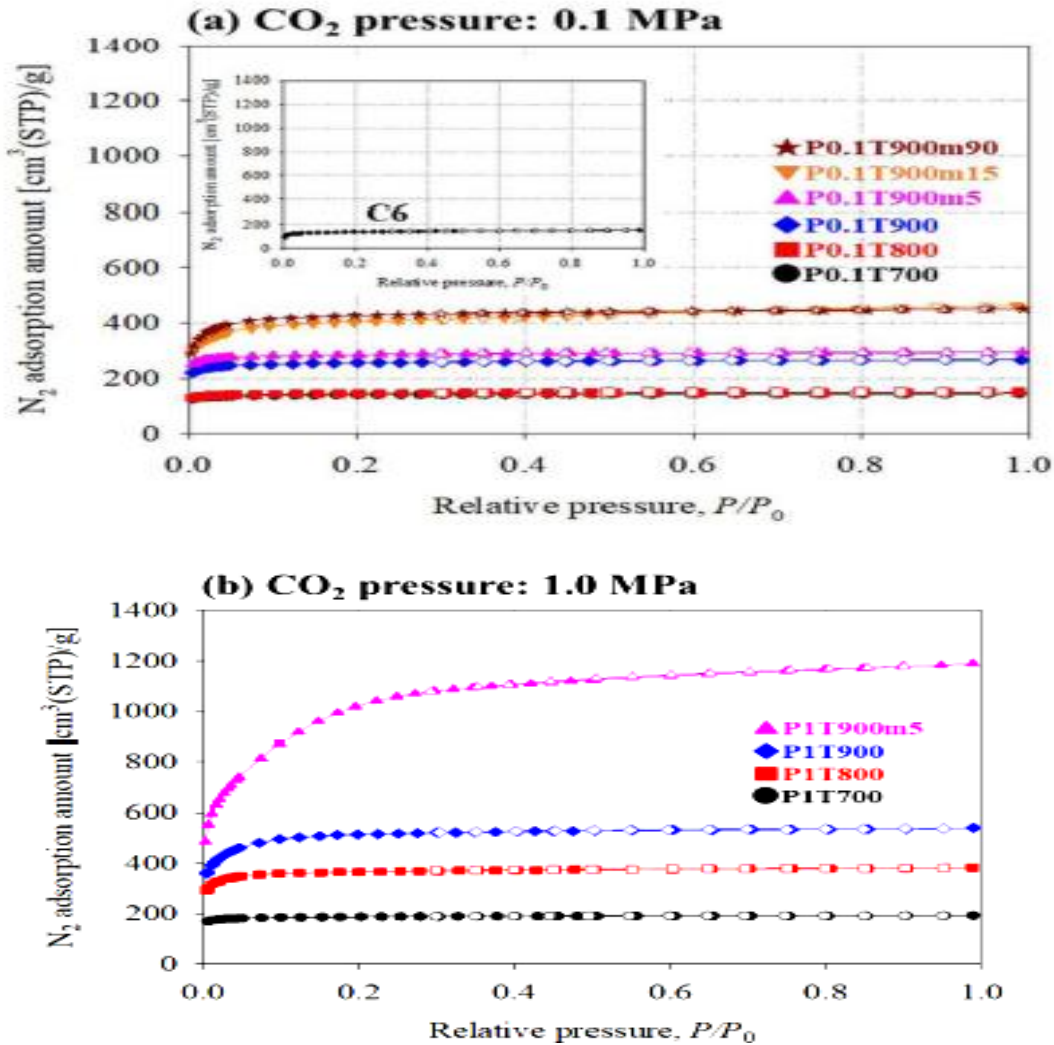
▪ يوضح الجدول التالي نتائج ال BET (مساحة السطح المحددة، إجمالي حجم المسام) المتحصلة عليها من تحليل الكربون المحضر:

الجدول 8: نتائج BET (عائد التنشيط، مساحة السطح، حجم المسام) للمادة المتفحمة (C₆) للكربون المنشط والمحضر بواسطة الغلاف الجوي والفيزيائي المضغوط.

Sample	Activation pressure [MPa]	Activation yield [%]	Specific surface area [m ² /g]	Total pore volume [cm ³ /g]
C6	-	-	570	0.18
P0.1T700	0.1	86	570	0.18
P0.1T800	0.1	82	590	0.18
P0.1T900	0.1	66	1020	0.32
P0.1T900m5	0.1	44	1150	0.36
P0.1T900m15	0.1	21	1410	0.49
P0.1T900m90	0.1	13	1650	0.59
P1T700	1.0	78	760	0.24
P1T800	1.0	53	1390	0.46
P1T900	1.0	40	1940	0.65
P1T900m5	1.0	12	2630	1.31
P1T900m15	1.0	0	-	-



الشكل 24: توزيع حجم المسام للتيار المتردد.



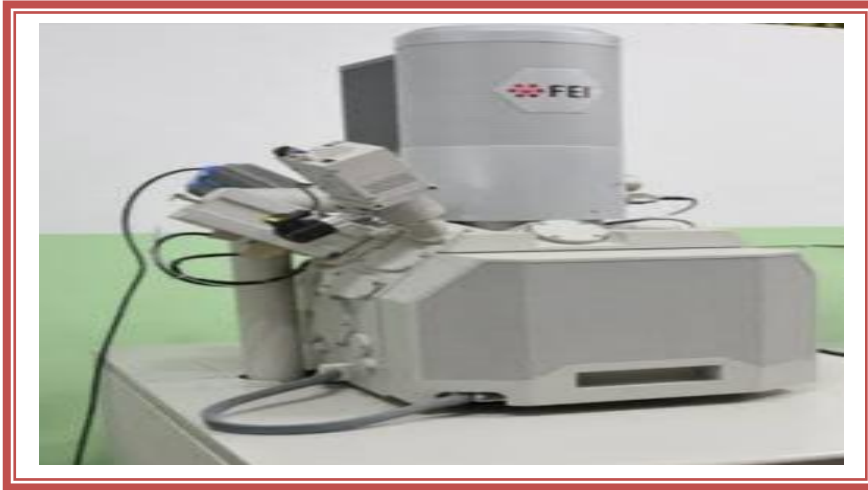
الشكل 25: إمتزاز النتروجين وإمتصاصه عند 77 كلفن (a): الغلاف الجوي و (b): الكربونات المنشطة الفيزيائية المضغوطة.

5_V مفهوم طريقة (MEB):

هي تقنية تحليلية لتوصيف الكربون النشط المنتج، تستخدم الصور المجهرية للمسح الإلكتروني (MEB) بشكل شائع لإظهار التغيرات المورفولوجيا للمواد نتسجة المعالجة الحرارية أو الكيميائية أثناء عملية تحويل المواد الخام الى الكربون المنشط.

1_5_V جهاز المجهر الإلكتروني الماسح (MEB):

❖ يتم تحليل بنية سطح الكربون المنشط بجهاز المجهر الإلكتروني الماسح يدعى (Microscopie électronique Baloyage).



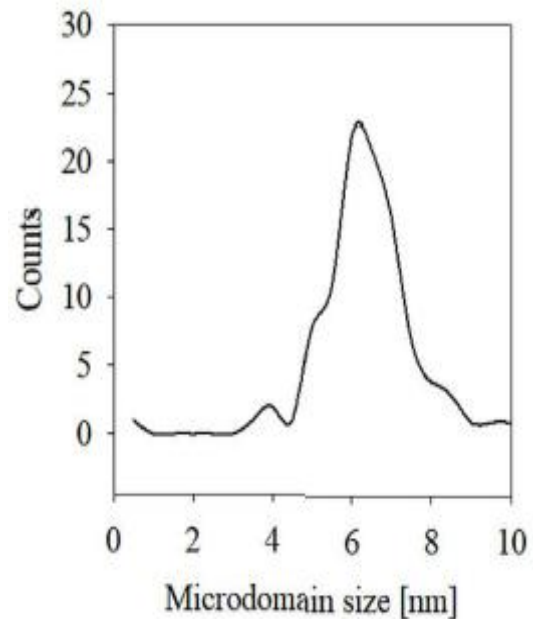
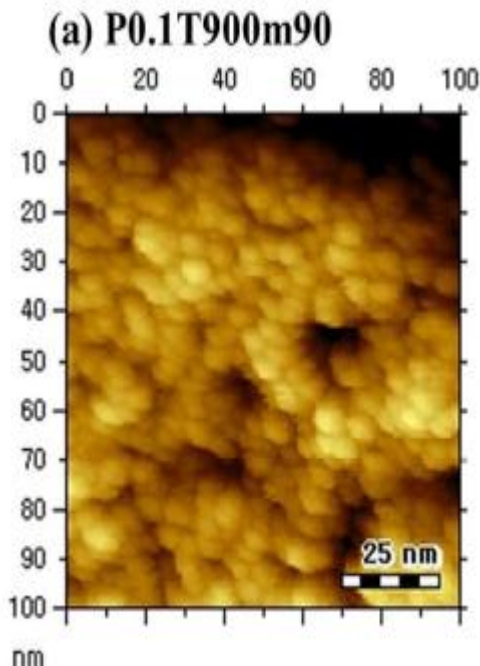
الشكل 26: جهاز المجهر الإلكتروني الماسح (Microscopie électronique Baloyage).

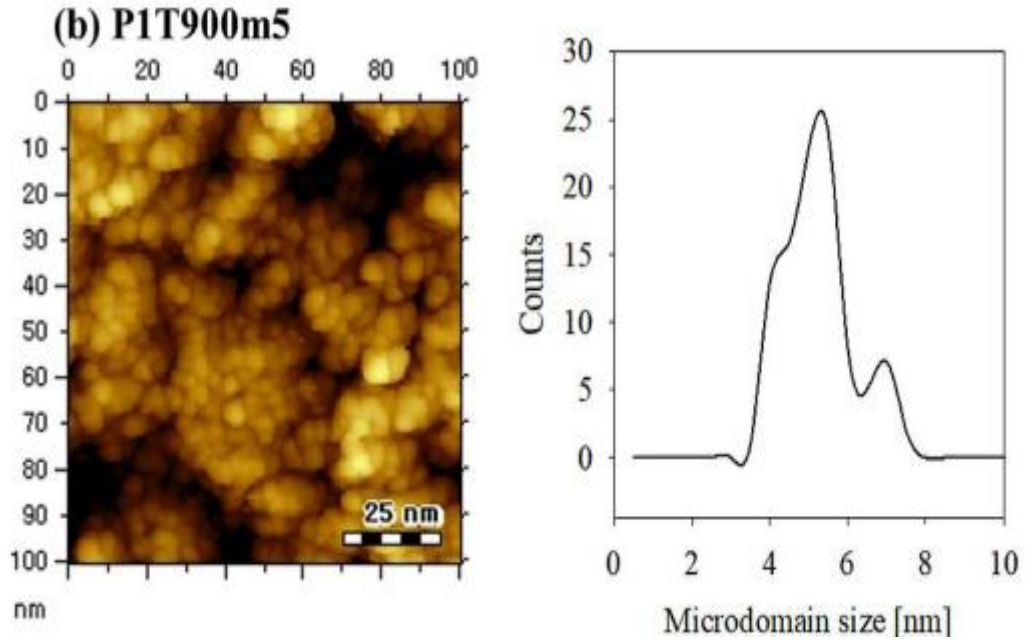
2_5_V طريقة العمل التجريبي لمجهر الإلكتروني الماسح (MEB):

- يتم تفريغ الهواء (شطفه للخارج).
- يقوم قاذف الإلكترونات بإطلاق شعاع من الإلكترونات عالية الطاقة.
- يتم تبخير شعاع الإلكترونات عبر عدسات.
- تحرك لفائف المسح الضوئي لشعاع عبر العينة.
- يتم التخلص من الإلكترونات الثانوية من على السطح.
- يقوم المكشف بعد وحساب الإلكترونات.
- تعطى الصورة بمقياس عدد الإلكترونات (الدقة 5 نانومتر).

6_V تحليل نتائج MEB :

الصور المجهرية للمسح الإلكتروني المتحصل عليها لبنية الكربون النشط المحضر.





الشكل 27: صور MEB وتوزيعات حجم المسام الصغير.

❖ المقال 2:

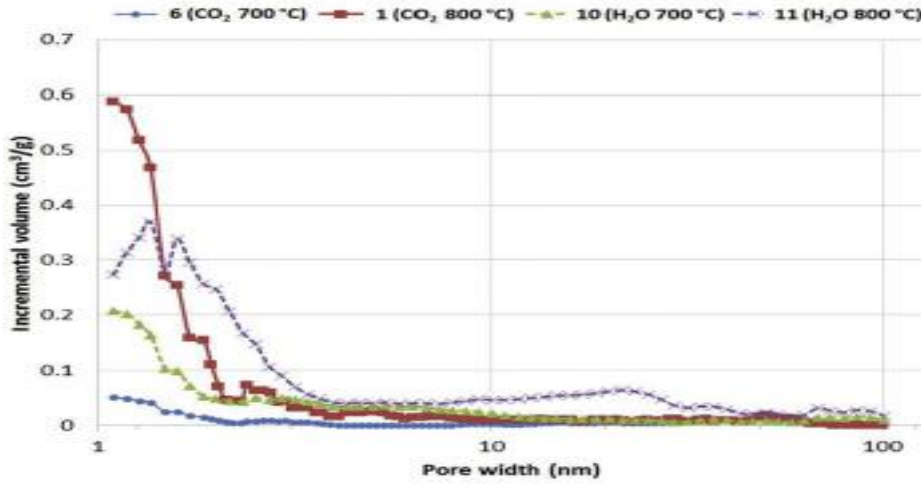
- نتائج ال BET:

• بين الجدول التالي نتائج ال BET الخاصة بالكربون النشط الذي تم تحضيره في هذه الدراسة .

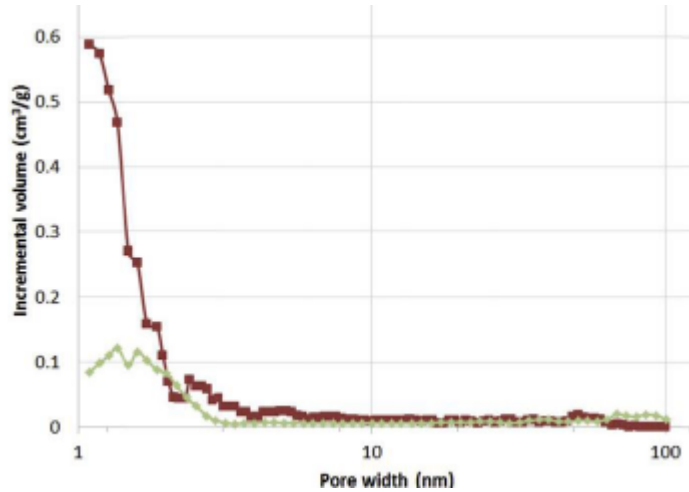
الجدول 9: نتائج ال BET الخاصة بالكربون المنشط المحضر من قش الشعير.

Test	M ₀ (g)	M ₁ (g)	Weight loss (%)	S _{mes} (m ² /g)	S _{macro} (m ² /g)	V _t (cm ³ /g)	V _{macro} (cm ³ /g)	D (nm)
1	25.141	3.486	86.14	789	778	0.3495	0.3268	1.773
2	25.802	3.454	86.62	704	693	0.3199	0.2936	1.819
3	24.903	3.178	87.24	718	705	0.3268	0.2986	1.822
4	25.007	3.529	85.89	769	766	0.3438	0.3252	1.789
5	25.046	3.806	84.81	759	748	0.3434	0.3175	1.810
6	25.006	7.465	70.14	211	209	0.0938	0.0830	1.778
7	25.013	1.150	95.40	-	-	-	-	-
8	25.164	1.956	92.23	160	154	0.0849	0.0657	2.121
9	26.329	7.504	71.50	-	-	-	-	-
10	26.217	6.122	76.65	552	540	0.2576	0.2304	1.867
11	26.160	2.582	90.13	534	500	0.2994	0.2186	2.235
12	27.517	6.544	76.22	530	519	0.2440	0.2210	1.843

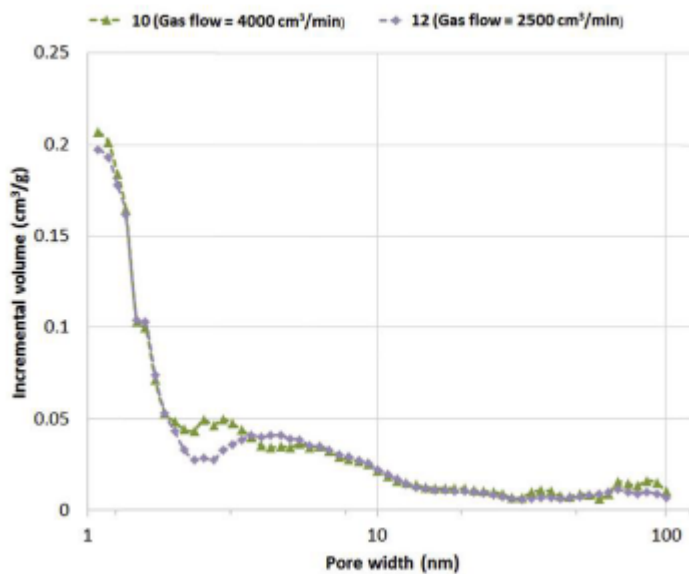
❖ توضح الأشكال التالية توزيع حجم المسام الصغيرة والمتوسطة للكربون المنشط .



الشكل 28: توزيع حجم المسام الصغيرة والمتوسطة للكربون المنشط (درجة الحرارة).



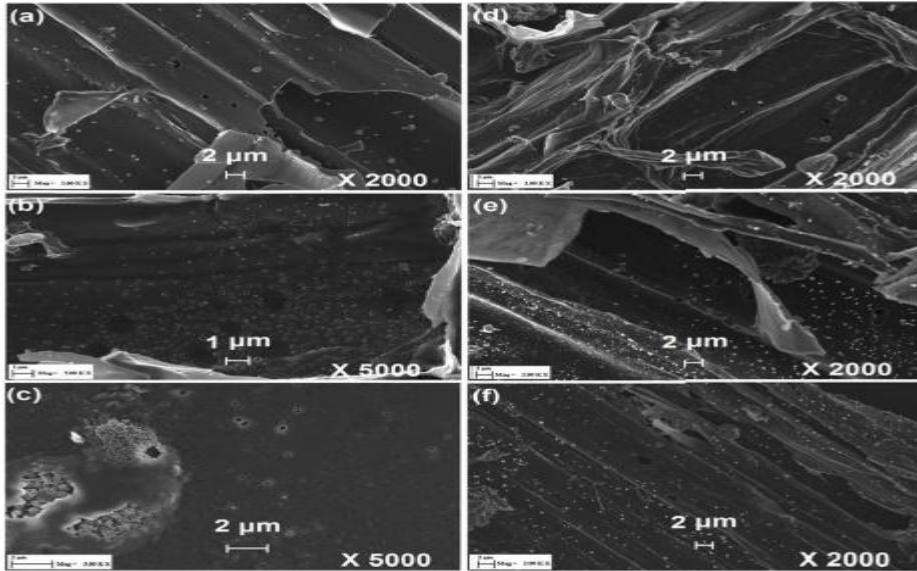
الشكل 29: توزيع حجم المسام الصغيرة والمتوسطة للكربون المنشط (فترة الإنتضار).



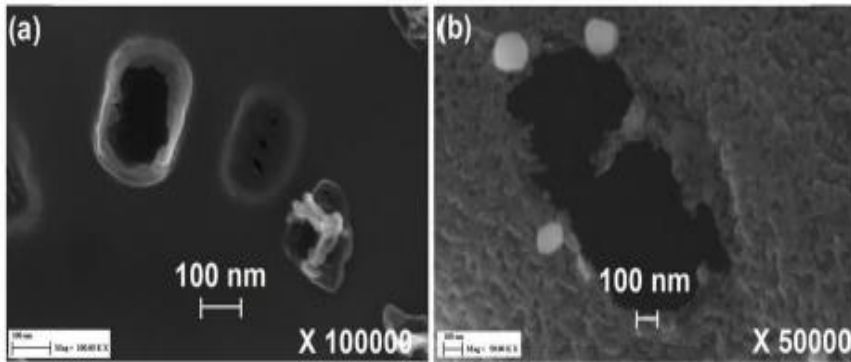
الشكل 30: توزيع حجم المسام الصغيرة والمتوسطة للكربون المنشط (معدل تدفق الغاز).

- تحليل ال MEB :

✓ تظهر الأشكال التالية صور المجهر الإلكتروني للكربون المنشط عن طريق التنشيط الفيزيائي بثاني أكسيد الكربون و بخار الماء .



الشكل 31: صور مسح المجهر الإلكتروني للكربون المنشط عن طريق التنشيط بثاني أكسيد الكربون عند 700° (a) وعند 800° (b) و900° (c) وعن طريق تنشيط H₂O عند 600° (d)، 700° (e) و800° (f).



الشكل 32: مسح صور المجهر الإلكتروني للكربون المنشط عن طريق التنشيط بثاني أكسيد الكربون عند 800° (a) وعن طريق التنشيط ب H₂O عند 700° (b).

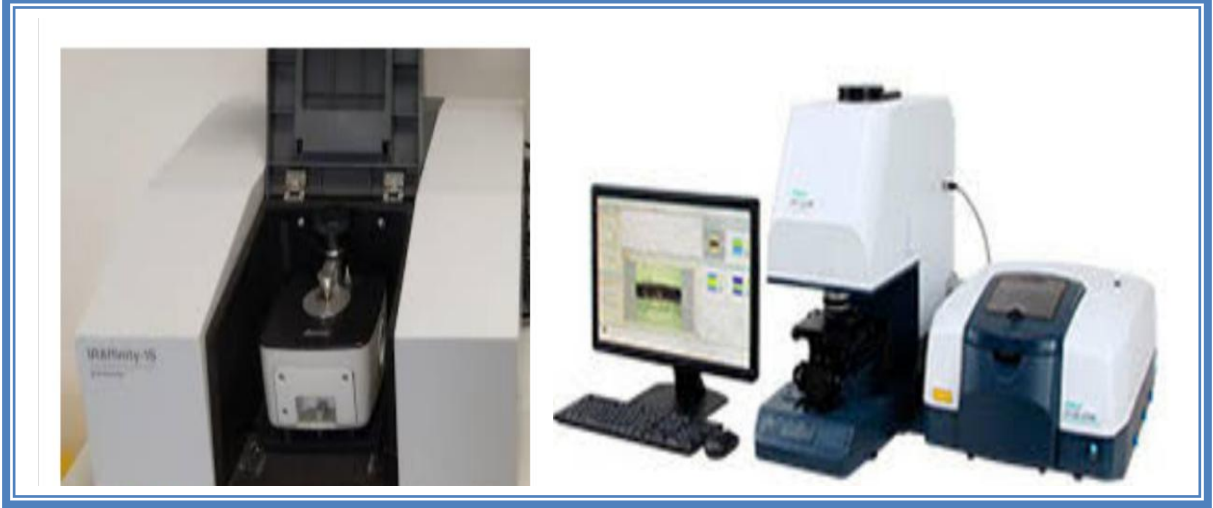
V_7 مفهوم طريقة التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء FTIR:

دراسات التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء (FTIR) هو تقنية تحليلية تستخدم على نطاق واسع لتحديد الأنواع الموجودة على أسطح المواد الصلبة .

يكون نطاق الأشعة الحمراء المتوسطة هو (400 << 200 سم).

V_7_1 جهاز التحليل الطيفي (FTIR):

- يتم تحديد أطياف الكربون المنشط باستخدام مقياس يسمى جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء لتحويل فورييه .



الشكل 33: جهاز التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء (Spectrophotometer infra rouge) (à transformée de fourier).

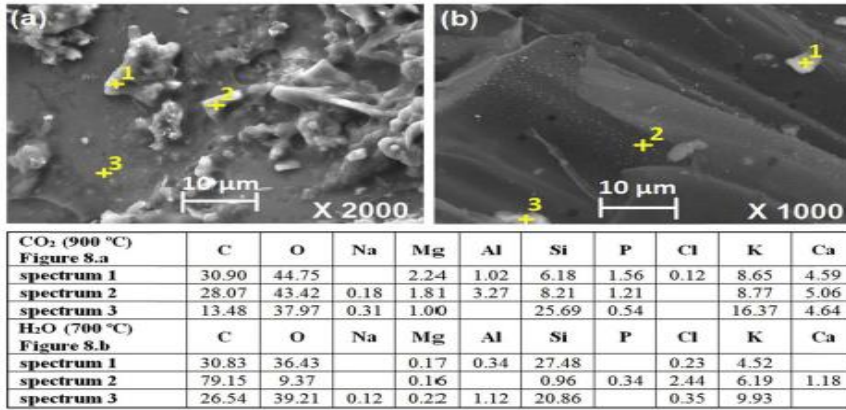
2_7_V طريقة العمل التجريبي لجهاز التحليل الطيفي (FTIR):

الهدف من أي مطياف إمتصاص (FTIR) هو قياس مدى إمتصاص العينة للضوء عند كل طول موجي، لذلك فإن طريقة

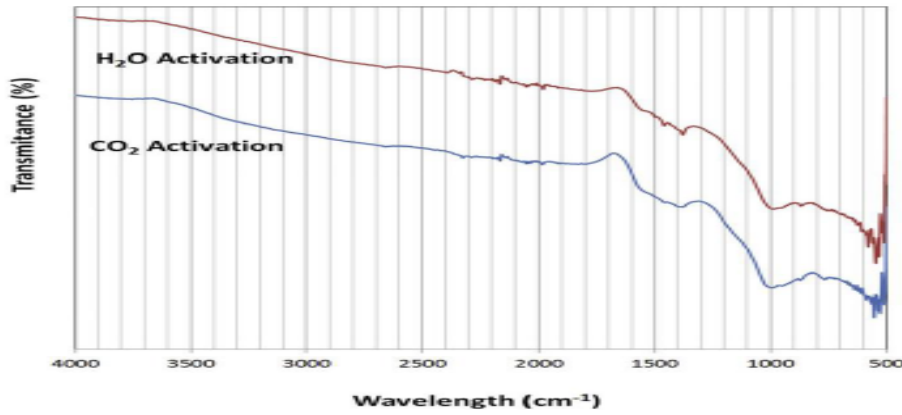
عمل تقنية التحليل الطيفي FT-IR هي :

- تسليط شعاع ضوء أحادي اللون على العينة .
- قياس مقدار إمتصاص الضوء .
- تكرار كل طول موجة مختلف .
- تحدث هذه التقنية شعاعا يحتوي على العديد من ترددات الضوء في وقت واحد .
- يتم قياس مقدار الإمتصاص الذي تمتصه تلك الحزمة من العينة .
- تكرار العملية عدة مرات .
- يأخذ الحاسوب البيانات ويعمل على إستنتاج الإمتصاص في كل طول موجة .

3_7_V تحليل FTIR:



الشكل 34: مطياف الأشعة السينية المشتت للطاقة للكربون بواسطة تنشيط ثاني أكسيد الكربون عند 900° (a) و تنشيط عند 700° (b).



الشكل 35: أطياف FTIR للكربون المنشط عن طريق ثانس أكسيد الكربون (CO₂) عند 800° وتفعيل البخار (H₂O) عند 700°.

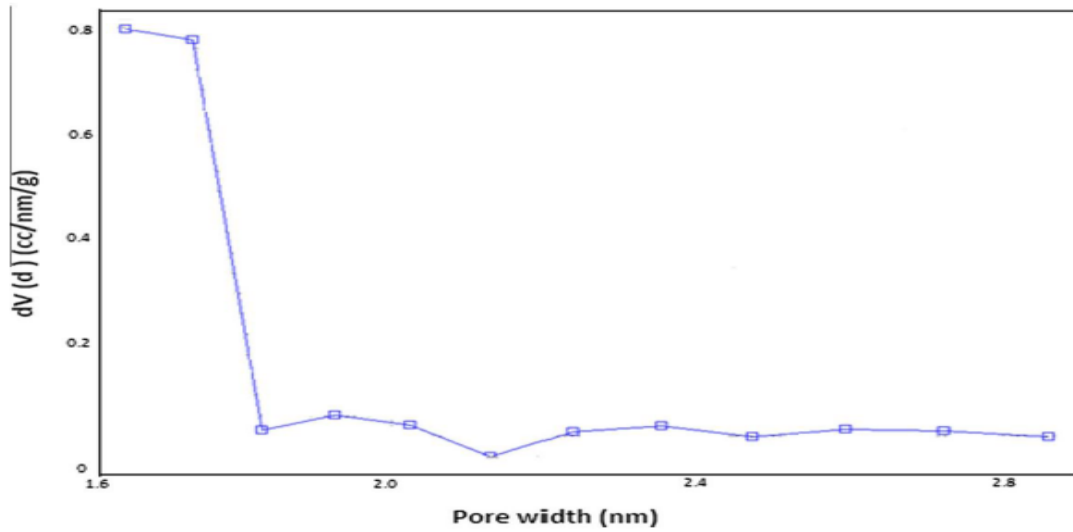
❖ المقال 3:

- نتائج ال BET:

- تم حساب مساحة السطح BET باستخدام معادلة (brunauer - teller - Emmett)، تم الحصول على الحد الأقصى لمساحة السطح S_{BET} مساوية 1779 غ / م² وحجم المسام V_{BET} مساويا ل 0.927 سم³ / غ وعرض المسام D_{E_BT} مساويا ل 1.688 نانومتر .

الجدول 10: نتائج BET ومقارنة الكربون المنشط من المخلفات الزراعية مع طريقة التنشيط الفيزيائي.

Raw material	Chemical treatment	Method	BET surface area (m ² /g)
Pistachio shell	Physical, CO ₂	Two-step physical method	3256
Cotton stalk	Physical, CO ₂	Two-step physical method	2053
Pistachio-nutshells	Physical, CO ₂	Two-step physical method	1050
Peanut hulls	Physical, CO ₂	Two-step physical method	1177
Corn cob	Physical, steam	Two-step physical method	607
Almond shells	Physical, steam	One-step pyrolysis/activation	998
Empty fruit bunches	Physical, steam	One-step pyrolysis/activation	635.16
Date palm seed	Physical, CO ₂	One-step pyrolysis/activation	666
Rice-husk	Physical, steam	Steam activation	272
Acorn shell	Physical, CO ₂	Two-step physical method	1779



الشكل 36: توزيع حجم المسام للكربون المنشط الذي تم الحصول عليه.

❖ المقال 4:

- نتائج ال BET:

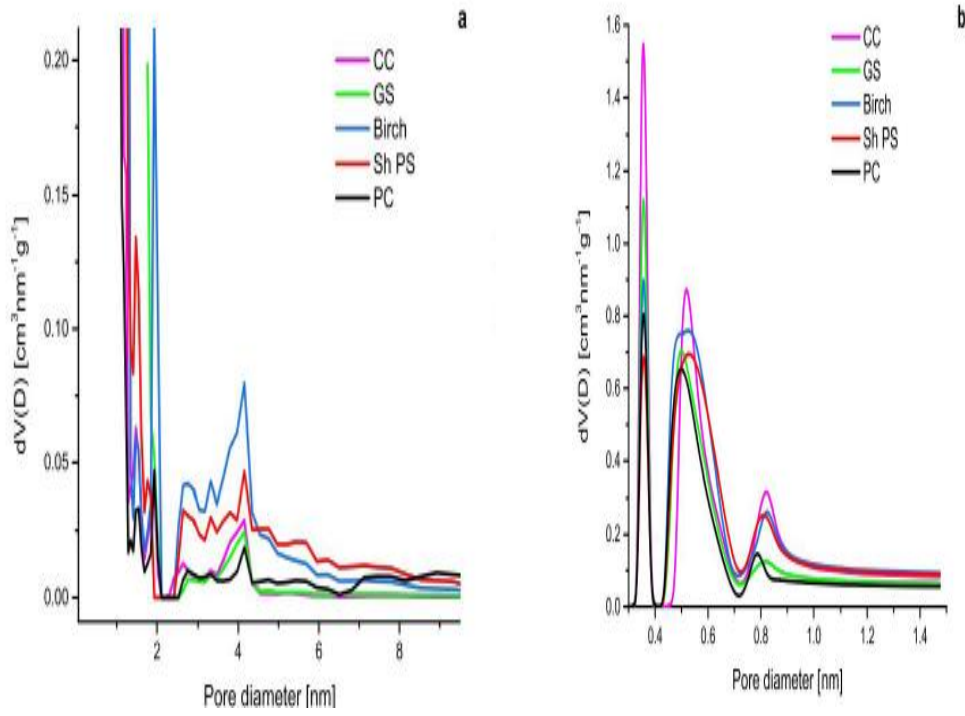
عند إجراء التحليل التركيبي للكربون باستخدام إمتصاص 2N عند 77 كلفن أعطى تحليل BET مساحة السطح— 424 م²

S_{BET} محددة ب 738/غ.

وحجم المسام V_{BET} محدد ب 0.27 سم³/غ.

الجدول 11: نتائج BET الخاصة بالكربون النشط المحضر من بقايا نبات SHungite.

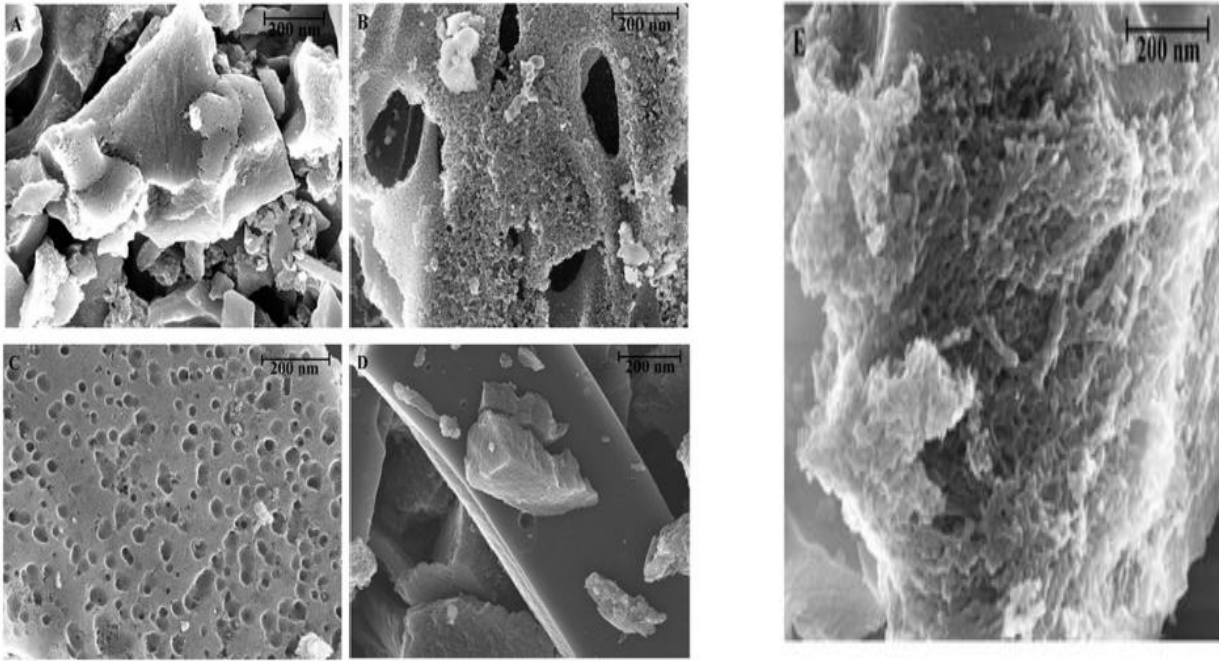
N ^o	Activated carbon	S _{BET} [m ² .g ⁻¹]	V _{total} [cm ³ .g ⁻¹]	V _{atN2} [cm ³ .g ⁻¹]	% of micropores	V _{atCO2} [cm ³ .g ⁻¹]	% of micropores till 0.7 nm	Average pore width [nm]
1	CC	566	0.32	0.29	89	0.24	78	1.24
2	GS	448	0.27	0.24	89	0.20	83	1.69
3	Birch	688	0.49	0.35	90	0.26	84	1.57
4	Sh PS	738	0.50	0.37	89	0.24	76	1.41
5	PC	424	0.34	0.21	53	0.18	79	1.17



الشكل 37: توزيع حجم المسام للكربون المنشط: الحالة (a) 2N، الحالة (b) Co₂

- نتائج الـ المجهر الإلكتروني (MEB):

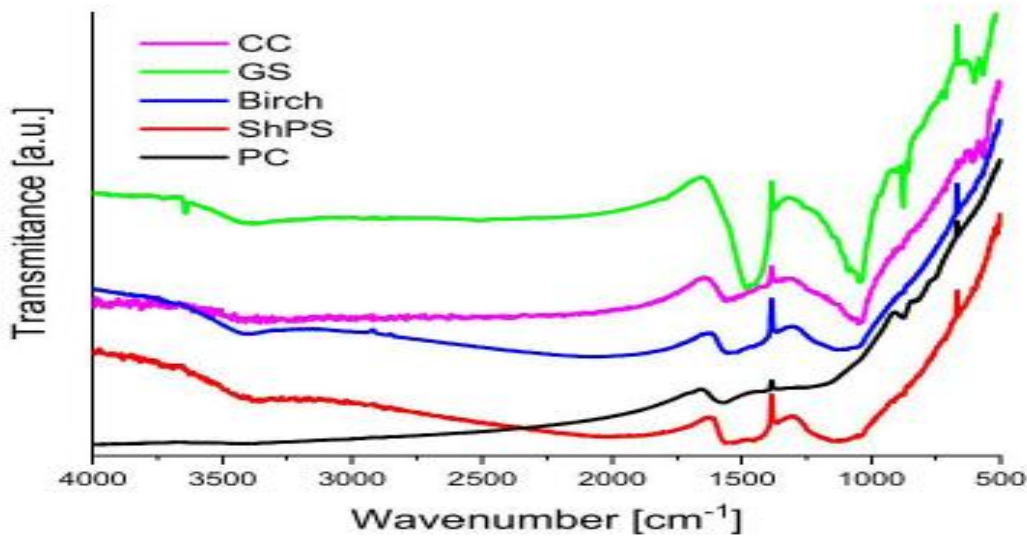
أعطى تحليل المجهر الإلكتروني عالي الدقة على الكربون المنشط الصور المجهرية التالية:



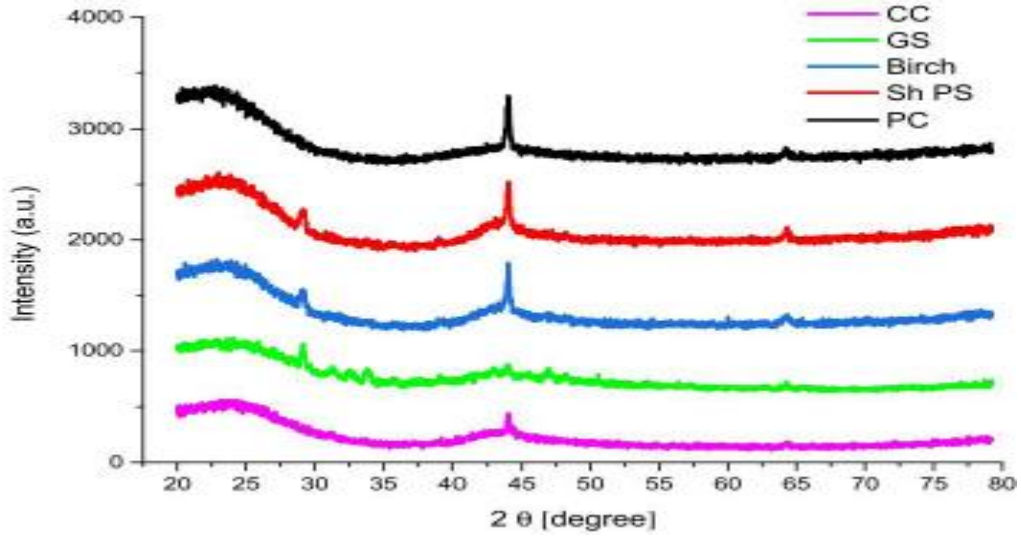
الشكل 38: صور MEB للكربون المنشط بناء على نفايات SHungite (a) كيزان الذرة (b) بذور العنب (C) البتولا (d) مسحوق الشونجيت (e) مخاريط الصنوبر.

- تحليل نتائج (FTIR):

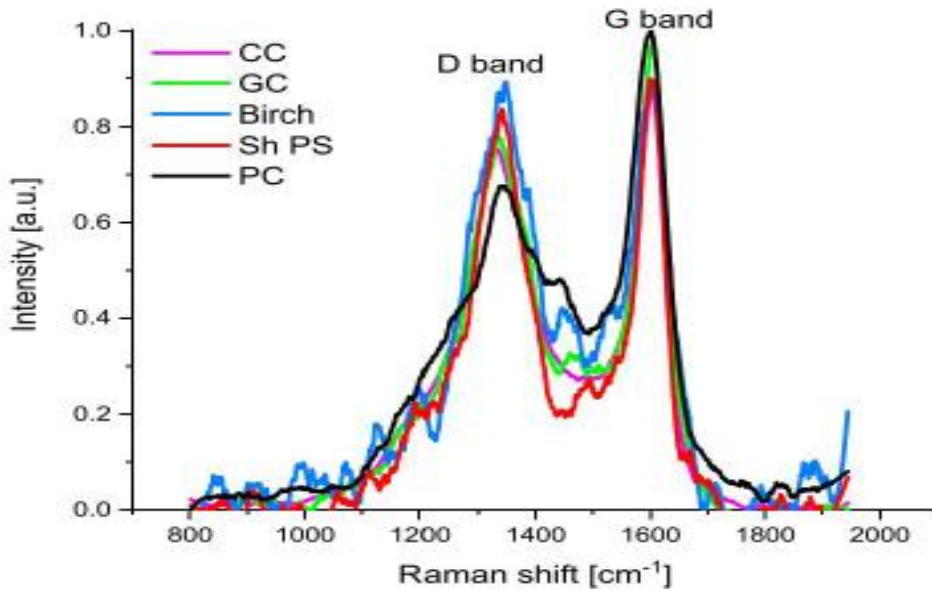
تم إجراء تحديد أطياف الكربون المنشط باستخدام مقياس طيف الأشعة تحت الحمراء لتحويل فوربييه، أظهر تحليل FTIR النتائج التالية:



الشكل 39: أطياف FTIR للكربون المنشط.



الشكل 40: أنماط الأشعة السينية XRD للكربون المنشط.



الشكل 41: أطياف رامان لمواد الكربون المنشط.

❖ المقال 5:

- تحليل نتائج ال BET:

التحليل التي أجريت على الكربون المنشط في هذه الدراسة أعطت النتائج التالية :

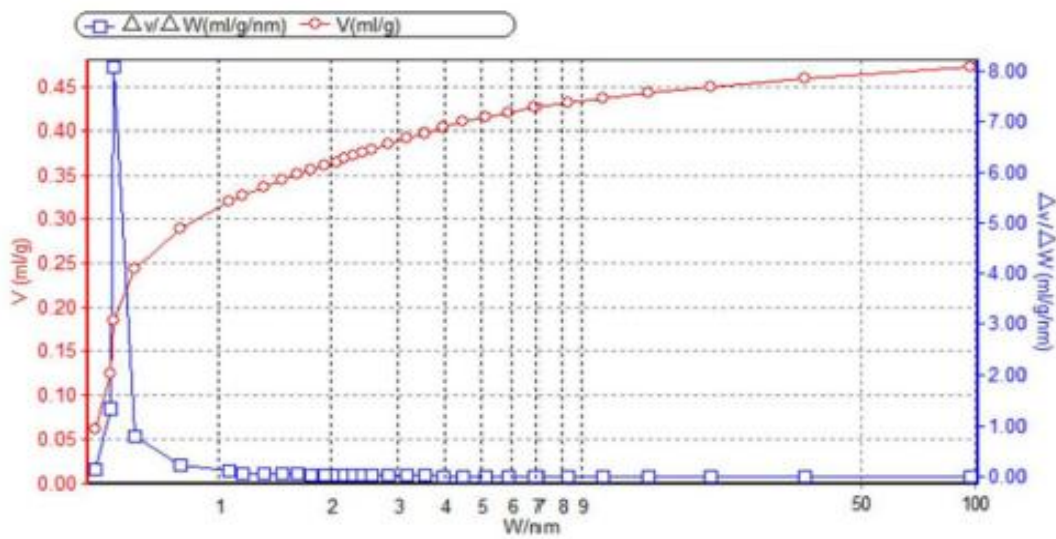
الجدول 12: نتائج BET لمساحة السطح ومتوسط قطر المسام، طريقة لانجموير لحجم المسام الكلي، طريقة HK لحجم المسام الصغيرة لإنتاج الهيكل المسامي في درجات حرارة مختلفة.

Sample	T (°C)	S_{BET}^a (m ² /g)	d_{pore}^a (nm)	V_{Tot}^b (cm ³ /g)	V_{Micro}^c (cm ³ /g)	V_{Meso}^c (cm ³ /g)	V_{Micro}/V_{Tot} (%)	V_{Meso}/V_{Tot} (%)
MSAC-550-020	550	162.07	4.01	0.16	0.07	0.09	43.53	56.47
MSAC-600-020	600	179.42	3.01	0.14	0.08	0.05	62.06	37.94
MSAC-650-020	650	291.64	2.90	0.21	0.13	0.08	63.73	36.27
MSAC-700-020	700	822.02	2.39	0.47	0.36	0.11	76.60	23.40
MSAC-750-020	750	897.39	3.83	0.86	0.39	0.47	45.65	54.35
MAC-700-0	700	311.27	2.86	0.22	0.14	0.08	65.29	34.71
SAC-700-0.20	700	344.60	2.68	0.23	0.01	0.22	3.38	96.62
BC-700-0	700	100.15	3.24	0.08	0.02	0.06	26.84	73.16

^a Multi-Point BET method for surface area and mean pore diameter

^b Multi-Point Langmuir method for total pore volume.

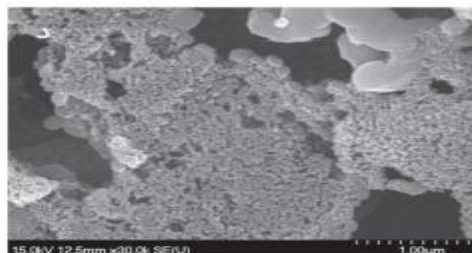
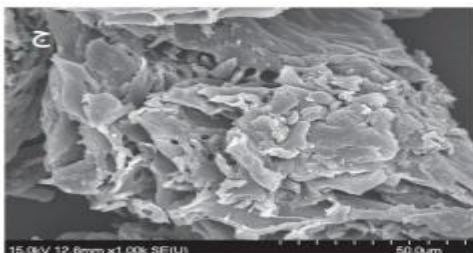
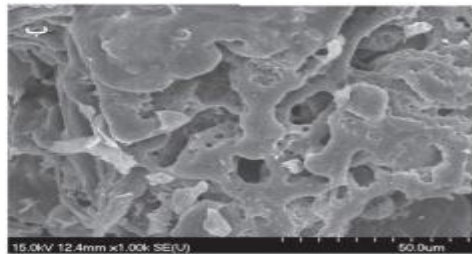
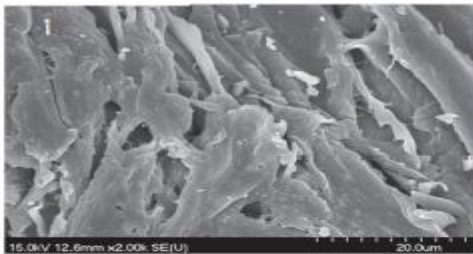
^c H-K (Original) method for micropore volume.

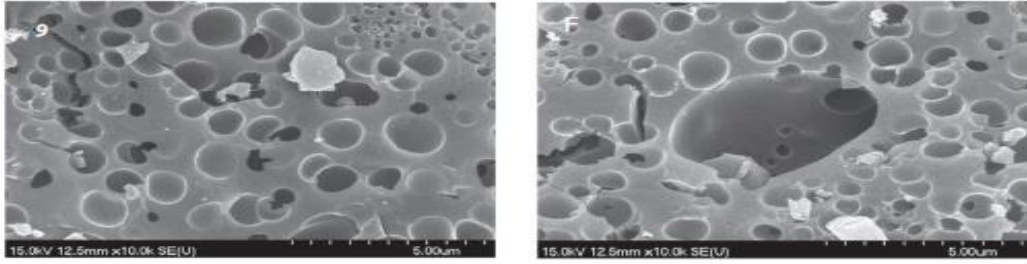


الشكل 42: توزيع حجم المسام الدقيقة للكربون المنشط.

- نتائج المجهر الإلكتروني (MEB):

أظهر تحليل الماسح الإلكتروني للكربون المنشط الصور المجهرية الإلكترونية التالية :

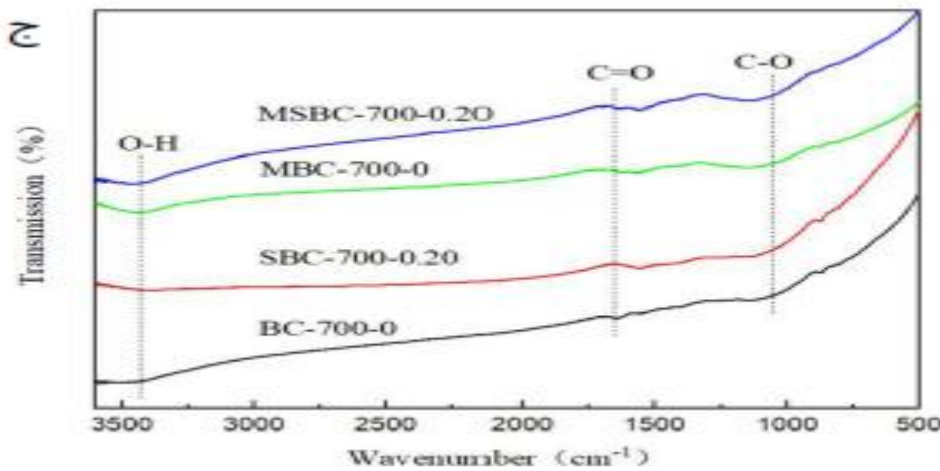




الشكل 43: صور المجهر الإلكتروني (MEB) لسطح الكربون المنشط من خشب التنوب.

- نتائج التحليل الطيفي (FTIR):

أظهرت نتائج التحليل الطيفي المنحنيات التالية، أستخدم التحليل الطيفي رامان من أجل تحديد جودة الكربون المنشط.



الشكل 44: نتائج التحليل الطيفي للكربون المنشط (أ) أطيف رامان، (ب) أطيف الأشعة السينية، (ج) XRD

أطيف FTIR.

8_V مقارنة النتائج :

1_8_V الخصائص الفيزيائية للكربون المنشط :

✓ من خلال نتائج الدراسات التي تمت مناقشتها لتنشيط الكربون المنشط فيزيائياً باستخدام الغازات وبخار، لوحظ أنه:

1_ عند التنشيط باستخدام ثاني أكسيد الكربون (CO_2) : كانت مساحة سطح الكربون المنشط $738 \text{ م}^2 / \text{غ}$ وحجم المسام $0.50 \text{ سم}^3 / \text{غ}$.

2- عند التنشيط بالبخار (H_2O) : قدرت مساحة سطح الكربون المنشط بـ $897.39 \text{ م}^2 / \text{غ}$ وحجم المسام $0.39 \text{ سم}^3 / \text{غ}$.

3- عند التنشيط باستخدام $\text{Co}_2\text{-H}_2\text{O}$ معا: أظهرت النتائج أن مساحة سطح الكربون المنشط بلغت $1779 \text{ م}^2 / \text{غ}$ وإجمالي حجم المسام $0.927 \text{ سم}^3 / \text{غ}$.

✓ من نتائج BET لتحديد مساحة السطح وحجم المسام تبين أن التنشيط الفيزيائي بالبخار يعطي مساحة سطح أكبر، نوعية وممتازة ومسام دقيقة أضيق وأكثر شمولاً مقارنة بالتنشيط الفيزيائي باستخدام ثاني أكسيد الكربون CO_2 .



الخلاصة

تبيين من خلال دراستنا أنه يمكن إزالة سمية العناصر من المياه بإستعمال مواد محلية متوفرة بكثرة وغير مكلفة تمثلت في المخلفات النباتية (بدور نباتات) وهو الكربون النشط المحضر والذي يستعمل فيما بعد في عملية الإمتزاز، ومن خلال هذه الدراسات تبين مايلي:

- التنشيط الفيزيائي للكربون النشط أفضل من التنشيط الكيميائي، فأهم ميزة في التنشيط الفيزيائي هي إنتاجه الصديق للبيئة (آمن على البيئة) بدون نفايات ثانوية مقارنة بالتنشيط الكيميائي.
- طريقة التنشيط بالبخار هي الطريقة الأبسط والأكثر فاعلية لتفعيل مراكز الإمتزاز .
- تؤدي زيادة درجة حرارة من 500° في مرحلة التنشيط الفيزيائي الى 700° الى إرتفاع قيمة السطح النوعي، حيث طريقة التنشيط تلعب دور هام في تحديد خواص المواد .
- أشارت الدراسات أن حجم المسام الأنسب هو 0.5 نانومتر لإمتصاص CO_2 ، وقطر المسام الأمثل يكون أقل من 2 نانومتر.

آفاق وتوصيات

- بما أن الكربون النشط مادة مهمة متوفرة وغير مكلفة نوصي بتحضيره من المخلفات النباتية والحيوانية المتوفرة في بلادنا (الجزائر) لإستفادة من مزايا الكربون المنشط والحفاظ على البيئة من التلوث بالنفايات .
- العمل في المستقبل على إزالة العناصر السامة والملوثات العضوية من الوسط المائي وإستغلال المخلفات النباتية لتصنيع الكربون النشط.
- إستخدام سطوح مازة ذات قدرة عالية وغير مكلفة إقتصاديا .
- يمكن تحضير كربون نشط من أي مادة خشبية متراصة ذات نسبة كربون عاية وإستغلال أي مخلفات نباتية أو غير نباتية لتحضير وصناعة الكربون النشط .

الملخص

تعد العناصر الثقيلة من أخطر ملوثات المياه عندما تزيد على معيارها، اذ تعتبر أحد مؤشرات تلوث الماء.

يهدف عملنا هذا الى حماية البيئة من أضرار التلوث وخاصة تلوث المياه بالعناصر الثقيلة، ويبين إمكانية إستخدام وتثمين المواد الناتجة من المخلفات وتحويلها الى كربون نشط، مما يرجع بالنفع على البيئة والإقتصاد الوطني ولصناعة الكربون .

تم تنشيط الكربون النشط فيزيائيا بإستخدام التنشيط عن طريق غاز ثاني أكسيد الكربون والبخار، كانت النتائج كالتالي:

$$S_{BET} = 897.39 \text{ m}^2 / \text{g} \text{ ومساحة المسام } V_{BET} = 0.39 \text{ cm}^3 / \text{g} \text{ H}_2\text{O}$$

التنشيط الفيزيائي الأنسب هو التنشيط بإستخدام البخار لأنه يعطي مساحة سطح أكبر ومسام أضيّف وأكثر دقة بالإضافة لكونه آمن على البيئة .

الكلمات المفتاحية : الكربون النشط ،العناصر الثقيلة ،تلوث المياه ،التنشيط الفيزيائي ،مساحة السطح ، حجم المسام،الإمتزاز.

Abstract

Heavy metals are among the most dangerous water pollutants when they exceed their standard, as they are considered one of the indicators of water pollution .

Our work aims to protect the environment from pollution damage, especially water pollution with heavy metals, and shows the possibility of using and valuing materials resulting from waste and converting them into active carbon, which is beneficial to the environment, the national economy and the carbon industry.

The activated carbon was physically activated using activation by carbon dioxide and steam, the results were as follows: –

Co₂: surface area $S_{BET} = 738 \text{ m}^2 / \text{g}$ and pore size $V_{BET} = 0.50 \text{ cm}^3 / \text{g}$

– H₂O : surface area $S_{BET} = 897.39 \text{ m}^2 / \text{g}$ and pore size $V_{BET} = 0.39 \text{ cm}^3 / \text{g}$

The most appropriate physical activation is the activation using steam because it gives a larger surface area and more precise pores, in addition to being safe for the environment.

Key words: activated carbon, heavy metals, water pollution, physical activation, surface area, pore size, adsorption.