وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة ميسان كلية العلوم

قسم الكيمياء

الدراسة المسائية

بحث مقدم إلى مجلس كلية العلوم قسم علوم الكيمياء

وهو جزء من متطلبات نيل شهادة البكلوريوس في علوم الكيمياء

عنوان البحث

أستعمال الكاربون المنشط في معالجة مياه الصرف الصحي

اعداد الطالب

سجاد رحيم حسين حمود

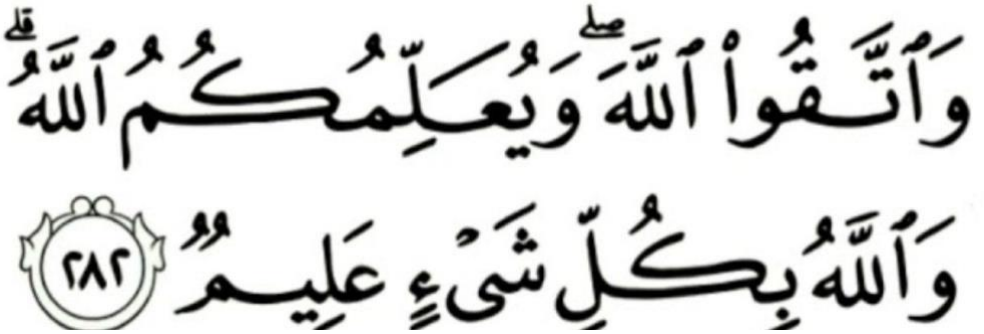
اشراف

أ. د بشار جبار جمعة

2024م

1445هـ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ



الآية ٢٨٢ سورة البقرة

الإهـــــداء

إلى من اخذتني بيدها نحو بر الأيمان من بعد رب العالمين مولاتي فاطمة الزهراء (ع)

إلى من كانت ولا زالت تراني طفلها المدلل أمي الحبيبة

إلى من تعلمت منهُ التعامل بالأنسانية قبل كل شيء أبي العزيز

إلى جميع أهلي وأصدقائي الأعزاء...

إلى أساتذتي الذين اشرفوا على تعليمي جميعهم دون إستثاء ..

اهدي لهم ثمرة جهدي مع المحبة □

ΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔ

الشكر و التقدير

نحمد الله عز و جل الذي وفقنا في إتمام هذا البحث العلمي، و الذي ألهمنا الصحةَ والعافية و العزيمة

فالحمد لله حمداً كثيراً

نتقدم بجزيل الشكر والتقدير إلى الأستاذ الدكتور

المشرف "بشار جبار جمعة " على كل ما قدمه لنا من توجيهات و معلومات قيمة ساهمت في إثراء موضوع دراستنا في جوانبها المختلفة، كما نتقدم بجزيل الشكر إلى أعضاء لجنة المناقشة الموقرة، والشكر موصول لكل أهلي و أصدقائي الذين ساهموا ولو بكلمة في أكمال هذا البحث مع التقدير ..

ΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔΔ

فهرس المحتويات

ت	الموضوع	رقم الصفحة
1	**المقدمة**	9
	الخلاصة	8
2	**الفصل الاول -الكاربون**	11
3	الكاربون	12
4	أشكال الكاربون	12
5	تفاعلات الكاربون	13
6	الكاربون المسامي	14
7	الكاربون المنشط	15
8	أشكال الكاربون المنشط	15
9	التطبيقات المختلفة للكاربون المنشط	16
10	طرائق أنتاج الكاربون المنشط	17
11	الخواص الفيزيائية للكاربون المنشط	20
12	الخواص الكيميائية للكاربون المنشط	22
١٣	الخواص الامتزازية للكربون المنشط	23
١٤	السطح النوعي (المساحة السطحية)	23
١٥	المسامية	24
١٦	تحديد الكثافة الحقيقية للمسامية	26
١٧	تطور الكاربون المنشط	27
١٨	أليأف الكاربون المنشط	28
٢٠	المازات البوليميرية المتكربنة والراتنجية	29
٢١	**الفصل الثاني - الامتزاز**	30
٢٢	الامتزاز	31
٢٣	تأريخ الامتزاز	31
٢٤	تعريف الامتزاز وتصنيفه	33

٢٥	العوامل المؤثرة على الامتزاز		34
٢٦	أنواع الامتزاز		35
٢٧	المازات		39
٢٨	بعض تطبيقات الصناعية للامتزاز		40
٢٩	تصنيف ايزوثيرمات الامتزاز للغازات		41
٣٠	ثوابت توازن الامتزاز		42
٣١	ايزوثيرمات الامتزاز		42
٣٢	المصادر		48

قائمة الجداول والأشكال

	عنوان الشكل		رقم الصفحة
1	(١-١)ترتيب ذرات الكربون ضمن بلوره الغرافيت		21
2	شكل(١-٢) التركيب المسامي للكاربون النشط		26
3	شكل (١-٣) نوعي الكاربون المنشط		27
٤	شكل (١-٤)تسارع امتزاز الغاز عند زياده درجه الحرارة في حال استخدام ألياف الكربون المنشط		29
	شكل (١-٥) تمثيل العملية الامتزاز خلال مسامات مادة صلبة		34
	الشكل (١-٦)الفرق بين منحني الامتزاز الكيميائي والفيزيائي		38
	(١-٧)الشكل النموذجي الايزوثيرم الفريندلخ		43
	الشكل(١-٨) الشكل النموذجي الايزوثيرم لانجميور		46
	الشكل (١-٩)الشكل النموذجي لايزوثيرم نظرية BET		47

قائمة الجداول

ت	عنوان الجدول	رقم الصفحة
	جدول (١-٢)الفرق بين الامتزاز الكيميائي والفيزيائي	38

قائمة الاختصارات

الرمز	المعنى
S	السطح النوعي مقدرة ب mg
Xm	كمية الامتزاز وهي وزن النتروجين الممتز مقسوما على وزن عينة الكربون
N	6.02523 ثابت
A	مساحة المقطع العرضي لجزيء النتروجين
M	الوزن الجزيئي للنتروجين
P	ضغط البخار عبر المسام ويقدر بmmHg
Po	ضغط إشباع البخار عند درجة الحرارة ويقدر بmmHg
Nm	التوتر السطحي للسائل ضمن المسام
P	ضغط الامتزاز المتوازن على السطح الصلب
Pº	ضغط بخار الامتزاز المشبع عند درجه حرارة الامتزاز المقاسة
V	حجم الغاز الممتز
Vº	حجم المادة الممتزة
C	ثابت متعلق بدرجة الحرارة

الخلاصة

عنصر الكاربون يقع ضمن المجموعة الثانية من الجدول الدوري ويصنف ضمن اللافلزات وهو من أهم العناصر تواجد على الأرض وله اشكال مختلفة ،تتميز ذرات الكاربون بقدرتها الكبيرة على الارتباط مع بعضها البعض بشكل كبير وتكوين سلاسل مستقيمه وسلاسل متفرعة ، يتواجد الكاربون الصناعي بعده انواع منها الكاربون المسامي والكاربون المنشط وغيرها .واهم الأنواع هو الكاربون المنشط وذألك لانه ويتميز بمسامية عالية وسطح نوعي كبير مما يطلبه خواص امتزازية تكون له عده تطبيقات صناعية إزالة الرائحة واللون والطعم بالإضافة إلى إزالة الشوائب العضوية الغير المرغوب فيها من المياه المعالجة الناتجة عن معالجة المياه المنزلية والصناعية ، ويمكن الحصول على هذا النوع من الكاربون بواسطة التنشيط الكيميائي والتنشيط الفيزيائي

يعتبر الكربون المنشط مادة امتزاز جيدة جداً نظراً لمساحته السطحية العالية مقارنة بحجمه، والتي تسمح بتراكم عدد كبير جداً من جزيئات الملوثات . ويعتبر السطح النوعي والمسامية إحدى أهم البارامترات المحددة للقدرة الامتزازية للكربون المنشط

على مدى العقود القليلة الماضية ظهرت عدة أبحاث لتطوير الكربون المنشط ومنتجاته وزيادة فعاليتها وذلك من خلال زيادة سطحها النوعي وتعميق بنيتها المسامية

وكذلك يمكن للكربون المنشط أمتزاز الملوثات عن طريق الامتزاز هو عملية تجمع الجزئيات المراد إزالتها على سطح المادة المازة، اي تجمع الملوثات على سطح الكربون المنشط لإزالتها

المقدمة

الكربون هو عنصر كيميائي له الرمز C و العدد الذرّي 6، ويقع ضمن عناصر الدورة الثانية وعلى رأس المجموعة الرابعة عشر (المجموعة الرابعة وفق ترقيم المجموعات الرئيسية) في الجدول الدوري وذلك كعنصر مجموعة رئيسي، حيث أنّ مجموعته تسمّى باسمه مجموعة الكربون. يصنّف الكربون ضمن اللافلزّات، وهو عنصر رباعي التكافؤ، بحيث أنّ لديه أربع إلكترونات متاحة من أجل تشكيل روابط تساهميّة، كما أنّ له القدرة على الارتباط مع ذرّات كربون أخرى لتشكيل سلاسل كربونيّة طويلة، كما يرتبط مع عدد من العناصر الأخرى، بحيث يشكّل الملايين من المركّبات العضويّة، يتوافر الكربون في كل أشكال الحياة العضويّة وهو أساس الكيمياء العضويّة، كما يوجد الكربون بصيغته اللاعضويّة في العديد من المركّبات والتي من أشهرها ثنائي أكسيد الكربون وأملاح الكربونات.(1)

الكربون هو أحد أكثر العناصر وفرة على الأرض وهو موجود بعدة أشكال مختلفة: ثاني أكسيد الكربون الموجود كغاز في الهواء، الكربون الذي تتكون منه كل جزيئات الكائنات الحية، والكربون الموجود في المعادن ورواسب الوقود الأحفوري في باطن الأرض. كل ذلك هو جزء من عملية ديناميكية تسمى "دورة الكربون" ويلعب التنفس الحيوي والتركيب الضوئي النباتي دورًا حيويًا في الحفاظ على توازن هذه العملية.

يوجد الكربون في الطبيعة بالشكل الحرّ على شكل عدة متآصلات أشهرها الألماس والغرافيت. تختلف الخواص الفيزيائيّة لعنصر الكربون حسب طبيعة الارتباط في المتآصل، فبينما يكون الألماس شفّافاً وصلداً وضعيف الموصليّة للكهرباء، فإنّ الغرافيت، على العكس من ذلك، يكون على شكل مادّة سوداء سهلة التفتّت، ذات موصليّة جيّدة للكهرباء. من المتآصلات الأخرى للكربون كلّ من الأنابيب النانويّة الكربونيّة والغرافين، اللّذَين لهما أعلى ناقليّة حراريّة من بين المواد المعروفة. للكربون ثلاثة نظائر معروفة، وهي الكربون-12 C12، والكربون-13 C13،

بالإضافة إلى النظير المشعّ كربون-14 C14، والذي يستخدم في التأريخ الإشعاعي.

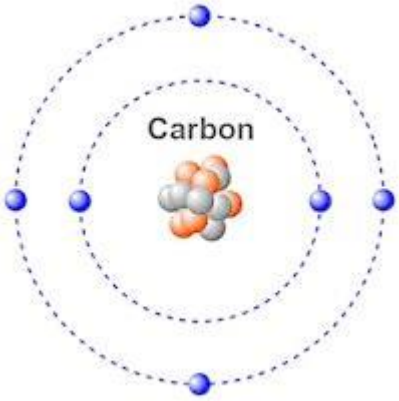
يتوفّر الكربون بشكل كبير في الطبيعة، فهو يحتلّ المرتبة الخامسة عشر في ترتيب وفرة العناصر في القشرة الأرضيّة من حيث التركيز، والرابع في الوفرة في الكون من حيث الكتلة. يعدّ الكربون ثاني أكثر العناصر وفرةً في جسم الإنسان من حيث الكتلة. يوجد الكربون بشكل مرتبط في العديد من المنتجات الطبيعيّة مثل صخور الكربونات وثنائي أكسيد الكربون وفي النفط وفي الفحم وفي الخثّ، بالإضافة إلى وجوده على شكل هيدرات الميثان في قاع المحيطات. نظراً للأهميّة الحيويّة للكربون، وتنوّعه وتشكيله لعدد كبير وضخم من المركّبات العضويّة، فإنّ الكربون يعدّ من العناصر الأساسيّة لوجود الحياة.

يأتي الكربون في المرتبة الرابعة من حيث وفرة العناصر الكيميائيّة في الكون بعد الهيدروجين والهيليوم والأكسجين. يدخل عنصر الكربون في تركيب الشمس والنجوم والمذنّبات، وفي تركيب الغلاف الجوّي لأغلب الكواكب. تحوي بعض الأحجار النيزكيّة على كمّيّات مكروئيّة من الألماس، والتي تشكّلت عندما كانت المجموعة الشمسيّة لا تزال في مرحلة القرص الكوكبي؛ كما تتشكّل هذه الألماسات المكروئيّة نتيجة الضغط الهائل ودرجات الحرارة المرتفعة عند مواقع ضربات الأحجار النيزكيّة

يعتقد العلماء أنّ حوالي 20% من الكربون الموجود في الكون هو على شكل هيدروكربون عطري متعدّد الحلقات (PAHs)، حيث يظنّ أنّ لهذه المركّبات دوراً في عملية التولّد التلقائي أثناء تخليق الكون، وتشكّلت بعد عدّة بلايين من السنين من حدوث الانفجار العظيم، ثم انتشرت في الكون، وأنّ لها دوراً في ولادة النجوم والكواكب خارج المجموعة الشمسيّة.(٢)

Chapter one -1-

Carbon



يعود اكتشاف عنصر الكربون إلى زمن بعيد يعود إلى ما قبل التاريخ يرجع أصل كلمة كربون إلى اللغة اللاتينية وتعني الفحم ، يُعرف الكربون بسيد العناصر الكيميائية إذ أنه قاعدة الحياة وهو عنصر أساسي في معظم المركبات والجزيئات العضوية حيث أنه العنصر الرئيسي في الفحم والنفط وعدد من مركباته المعروفة التي تفوق المليون مركب . يوجد الكربون في كوكبنا الأرض على شكل هيدروكربونات مثل (غاز الميثان والنفط والفحم)بالإضافة إلى وجوده على شكل حجر الكلس وهو خام الدولوميت

لا يوجد الكربون في الأرض فقط وإنما يوجد كذلك بوفرة في النجوم والمذنبات وفي جو أكثر الكواكب، ويوجد الألماس في جنوب أفريقيا وروسيا وأمريكا الجنوبية على شكل بلورات صغيرة وقد اكتشف أيضاً بشكل مجهري في بلورات النيازك.

يعتبر الكربون من أحد العناصر التي أحدثت ثورة في عالم الصناعة والعلوم ، حيث يعتبر الكربون مصدر لمواد ذات خصائص ممتازة لطائفة واسعة من التطبيقات الصناعية ، إذ يمكن الحصول على أقوى أنواع الألياف من الكربون المنشط، وأفضل أنواع زيوت التشحيم الصلبة(الغرافيت) ، كما تعتبر أقطاب الغرافيت أحد أفضل أنواع الأقطاب ناقلية للكهرباء. ويعتبرا الالماس أقسى أنواع المواد.(٣)

أشكال الكاربون

تتميز ذرات الكربون بقدرتها على الارتباط مع بعضها البعض بشكل كبير جدا مشكلة سلاسل مستقيمة أو متفرعة أو خلفية ، كما تتميز ذرة الكربون بالقدرة على الارتباط مع ذرات العناصر الأخرى وتكوين أشكال بنائية مختلفة من المركبات ولذلك تفوق مركبات الكربون المليون مركب، كما أن هذا العدد من المركبات يزداد كل عام بعشرات الألوف من المركبات عن طريق الحصول عليها من المصادر الطبيعية أو عن طريق تحضيرها في المختبرات .

ومن أشكال الكربون :

الرصاص الأسود(الغرافيت) يتواجد طبيعيا وهو مركب أملس وطري ويعود ذلك إلى طريقة تكوينه إذ أن لذرة الكربون هذا أربع روابط تربطها مع ذرات كربون أخرى.

الألماس

يتشكل طبيعياً وهو مركب صلب ويعتبر من أقسى المركبات المعروفة ويكون لكل ذرة كربون تمتلك عدة روابط هنالك شكل ثالث للكربون أكتشف حديثاً ويتكون من 60 ذرة كربون وهو لا يملك شكل محدد أي لا شكل له . (٤)

تفاعلات الكربون :

يكون الكربون خاملاً في درجة الحرارة العادية (درجة حرارة الغرفة)، ولكنه يتفاعل عند درجة حرارة أعلى مع عناصر عديدة

يتفاعل الكربون في الهواء أو يحترق في الهواء فيتفاعل مع الأكسجين ليعطي غاز أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون :(٥)

$$S2C+O2 \rightarrow 2CO$$

$$C+O2 \rightarrow CO2$$

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

$$C(s) + H2O \rightarrow CO + H2 + 131\ kj/mol$$

🔵كما يتفاعل مع غاز الهيدروجين منتجاً غاز الأسيتيلين (الإيثاين):_

$$S2C + H2 \rightarrow C2H$$

الكربون المسامي

يعتبر الكربون المنشط واحد من أهم الكربونات الصناعية وهو معروف منذ آلاف السنين ، فقد استخدمه المصريون القدماء منذ 2000 سنة قبل الميلاد للتنقية المياه المستخدمة للأغراض الطبية، وأول تطوير لهذا النوع من الكربون كان خلال الحرب العالمية الأولى وقد ترافق تطوره مع تطور الصناعة (2005 Bansal)

يتكون الكربون المسامي من حلقات مناسبة من الكربون غير منتظمة وغير متكاملة وبخاصة عند الحواف، وهذا التركيب يضيف بعض الخصائص المميزة للكربون المنشط فمثلاً عشوائية توزيع حلقات الكربون المنشط يؤدي إلى تواجد ثقوب أو فجوات متنوعة في الحجم ومتفاوته في الشكل لدرجة أن المساحة السطحية للغرام الواحد من الكربون المنشط أي مجموع الفراغات الموجودة) تصل إلى 1000 معنى ذلك أن 5 غرام من الكربون المنشط قد تساوي في مساحتها مساحة ملعب كرة قدم يعود عدم اكتمال حلقات الكربون المنشط عند الحواف إلى تواجد بعض المجموعات الذرية على السطح مما يحدد طبيعة سطح الكربون (حامضي ، قاعدي. متعادل وتعتبر طبيعة المادة العام المستخدمة في تحضير الكربون المنشط بالإضافة إلى أسلوب التنشيط من أهم العوامل المؤثرة في نوعية وكمية المسامات السطحية.

يقوم الكربون المنشط بامتزاز الملوثات من خلال المسامات المنتشرة على السطح حيث إما أن تتكون روابط كيمائية بين ذرات أو جزيئات المادة المازة (الكربون المنشط) غير المقدمة الكترونيا وذرات أو جزيئات المادة الممتزة (الشوائب) وعندها يسمى الامتزاز بالامتزاز الكيميائي، أو أن يتم الامتزاز من خلال الفراغات والمسامات حيث تنتقل المادة الممتزة عبر الفراغات حتى تصل إلى السطوح الداخلية للمسامات وترتبط معها تلقائياً بواسطة قوى فاندر فالز وعندها يسمى

الامتزاز بالامتزاز الفيزيائي حيث أن القوة الإمتزازية في هذا النوع من الامتزاز تعتمد على نوع المسامات والسطح النوعي للكربون المنشط بالإضافة إلى حجم الجزيئات الممتزة

يقسم الكربون المسامي إلى قسمين :

الكربون الرغوي : وقد استخدم مؤخرا لصناعة قوالب السيراميك

الكربون المنشط :ويتميز بمسامية عالية وسطح نوعي كبير مما يعطيه خواص امتزازية. (٦)

أشكال الكاربون المنشط

الكربون المنشط المسحوق (Powdered activated carbon)

الكربون المنشط المسحوق أو بودرة الكربون المنشط هو عبارة عن كربون منشط مطحون أو ذات حجم أقل من 100مليمتر وأقطار تتراوح ما بين (15-25) تتميز بسطح داخلي كبير ومساحة نشر صغيرة . من مواصفات هذه المادة سهولة الترطيب وقدرة تعليق طويلة وسعة كبيرة الامتزاز الروائح حيث لا بد عند استخدام هذه البودرة من رشها بالماء لتصبح على شكل معلق سميك كما يجب أن يكون تركيز هذا المعلق 120 من الكربون في كل لتر معلق . يجري عادة استخدام هذا الشكل من الكربون المنشط في المعالجات المنفصلة ، حيث يضاف جزء من الكربون عند نقطة بداية المعالجة ويضاف الجزء الآخر المتبقي عند نقطة أخرى (مثلا قبل الفلترة مباشرة) عند إزالة المركبات الفينولية من الماء يفضل استخدام الجزء الأكبر من بودرة الكربون قبل الكلورة لمنع اتحاد الكلور والفينولات لتشكيل الكلوروفينول التي تنتج طعما ورائحة كريهتين جدا (رائحة الكلوروفينيل (٧)

حبيبات الكربون المنشط (Granulated activated carbon)

وهي عبارة عن حبيبات أكبر من تلك المكونة للبودرة وبالتالي فإن سطحها الداخلي أصغر إذا ما تمت مقارنتها مع البودرة ويفضل استخدام هذا الشكل من الكربون المنشط لإمتزاز الغازات والأبخرة لأن معدل الانتشار فيها أسرع كما تستخدم لمعالجة المياه وفصل مكونات نظام التدفق بالإضافة إلى استخدامها في فلاتر الضغط أو في الفلاتر الرملية في الطبقة العلوية منه(٨)

كريات الكربون المنشط

Spherical activated Carbon

وهي عبارة عن كريات يتم تكوينها بوجود النفثالين أو التوترلين وتحول إلى كريات مرتبطة بالنفثا المستخرج من النفثالين مما يؤدي إلى تشكيل بنية مسامية بعدها تسخن هذه الكريات الناتجة في درجة حرارة تتراوح بين (100-400 بوجود غاز مؤكسد يشكل الأوكسجين 30% من وزنه ، ثم نسخن الكريات المؤكسدة بدرجة حرارة تتراوح بين (150-700 بوجود النتروجين وبالتالي يتم تنشيطها . تمتلك هذه الكريات قوة ميكانيكية عالية وقدرة على امتزاز و NO و SO

الكربون المنشط المخصب (Ampregnated carbon)

وهو من أنواع الكربون المنشط والمسرب بمواد كيمائية كاليود والفضة وبعض الكاتيونات مثل Ca Li Al, Mn In Fe ويستخدم لتنقية الهواء وخصوصاً في المتاحف والصالات الكبيرة، يستخدم الكربون المنشط المخصب بالرصاص التنقية المياه المنزلية ، كما يمكن الحصول على مياه صالحة للشرب من المياه الطبيعة بمعالجتها بخليط من الكربون المنشط و A(OH) . وأيضاً يستخدم الكربون المنشط المخصب الامتزاز HS ويستخدم الكربون المنشط المشرب بأيونات النصية أو النحاس العمليات تطهير المياه

الكربون المنشط المغطى بالبوليمرات (Polymers coated carbon) :

ممكن تغطية الكربون المنشط بطبقة من البوليمرات لزيادة فعالية مسامات الكربون ويستخدم هذا الشكل من الكربون في العطريات المتجانسة (٩)

التطبيقات المختلفة للكربون المنشط

يعتبر الكربون المنشط مادة فريدة من نوعها نظراً لتميزها بسطح نوعي كبير، ولبنيتها المسامية. والخصائص الامتزاز التي تتمتع بها بالإضافة إلى درجة تفاعل سطحها العالية .

ومن أهم التطبيقات الصناعية للكربون المنشط هي :

- إزالة الرائحة واللون والطعم بالإضافة إلى إزالة الشوائب العضوية الغير المرغوب فيها من المياه المعالجة الناتجة عن معالجة المياه المنزلية والصناعية.

⚠ استعادة المذيبات

⚠ تنقية الهواء في المناطق المزدحمة كالمطاعم والمشافي .

⚠ التحكم بتلوث الهواء عن طريق إزالة الغازات والأبخرة الضارة وإزالة بعض الملوثات المعقدة مثل المبيدات والفينول والزيوت المعدنية.

⚠ في صناعة السكر للتنقية محلول السكر من الشوائب والألوان والحصول على بلورات نقية

⚠ يستخدم بشكل فعال لأغراض العزل

⚠ يستخدم الكربون المنشط لإزالة الأمونيا من حمض الخليك

⚠ ويستخدم بشكل واسع الامتزاز انبعاثات الزئبق من محطات الطاقة العاملة بالفحم ومحارق النفايات الطبية.

⚠ كما يستخدم في إزالة المركبات العضوية المتطايرة من غرف التنظيف الجاف والدهان

⚠ وفي تنظيف وإعادة التأهيل المواقع الملوثة.(١٠)

طرائق أنتاج الكاربون المنشط

يمكن الحصول على الكربون المنشط بالاستعانة بإحدى الطريقتين التاليتين :

التنشيط الفيزيائي : يتم غالباً باستخدام وسيط تنشيط هو بخار غاز ثاني أكسيد الكربون مع الهواء أو مزيج من عدة غازات، وخلال هذه العملية يتم التشكيل البنية البلورية المسامية للكربون المنشط

التنشيط الكيميائي : ويتم بإضافة وسيط كيميائي والذي يحد من تشكل القطران وبالتالي تحصل على كربون منشط ذو مواصفات عالية يمكن استخدام العديد من المركبات كما يمكن أن ZnCl, H_2PO, KOH, Kor KCNS الكيميائية كوسطاء تنشيط يتم التنشيط بأكثر من وسيط

غالباً يتم الدمج بين الطريقتين السابقين للحصول على نتائج أفضل ويحسب التطبيق

المراد استخدام الكربون المنشط فيه يتم اعتماد الطريقة الملائمة للتنشيط حيث يجري استخدام التنشيط الكيميائي في عملية استرداد المذيبات في حين يستخدم التنشيط الفيزيائي في عملية معالجة المياه.

التنشيط الفيزيائي physical activation

تمر عملية التنشيط الفيزيائي بمرحلتين :

المرحلة الأولى ← التفحيم

يملك التفحيم تأثير كبير على خواص المنتج النهائي، والهدف من هذه المرحلة هو تقليل المواد الطيارة وتهيئة المادة للتنشيط الفيزيائي حيث تكون نسبة الكربون في هذه المرحلة حوالي 20% يتم في هذه المرحلة التخلص من معظم العناصر غير الكربونية ويتم التخلص من الأوكسجين والهيدروجين حيث تنطلق بشكل غازي مع بدء عملية التحلل الحراري كما يتم أيضا تجميع ذرات الكربون الحرة وتنظيمها بشكل بلورات ويتشكل ما يعرف بالبلورة الابتدائية

والمنتج النهائي الناتج عن هذه المرحلة هو عبارة عن مركب يحوي بلورات غير

منتظمة توجد فراغات فيما بينها. يتم ملأ هذه الفراغات لكربون غير منتظم أو غير متبلور وتكون قدرة امتزاز العينة في المرحلة ضعيفة جداً، ونتيجة للحرارة المنخفضة المستخدمة في هذه المرحلة يترسب جزء من القطران الناتج من التحلل الحراري في مسامات العينة على سطحها وتتم إزالة هذا القطران المترسب عن طريق التسكين بواسطة تيار غازي حامل الكبريت، أو عن طريق استخدام مذيب مناسب أو من خلال تفاعل كيمائي.

المرحلة الثانية ← التنشيط الفيزيائي phraisal activation

في هذه المرحلة تتم زيادة القدرة الإمتزازية للكربون المنشط عن طريق تنشيط المواد المتقدمة بواسطة التسخين بتيار من غاز ثاني اكسيد الكربون أو الأوكسجين وعموماً تتم مرحلة التنشيط الفيزيائي بدرجات حرارة تصل إلى 1100 وضمن هذه المرحلة يتم حرق الكربون غير المنتظم ويتم فتح المسامات المسدودة والمطلقة ما بين البلورات ، وبالتخلص من الكربون غير المنتظم يصبح سطح العينة أكثر تجاوباً لعملية التنشيط من خلال تشكيل مسامات جديدة وتطوير الهيكل المسامي بشكل عام وذلك من خلال هدم الجدران بين المسامات الماكروية وتوسيعها، أما عملية حرق البلورات فيجب أن يتم في مرحلة أخرى وبغير مواقع من السطح المعرض للتفاعل وإلا فلن يتم تشكيل مسامات جديدة.

كانت هاتان العمليتان تتمان بشكل منفصل عن بعضهما في الدراسات السابقة أما الدراسات الحديثة فتميل إلى إجراء العمليتين معاً في أن واحد. (١١)

التنشيط الكيميائي chemical activatio

في عملية التنشيط الكيميائي نحتاج الوسيط كيميائي يعمل على سحب المياه الموجودة في المواد الخام الأولية، حيث تشبع المواد الأولية بالمواد الكيميائية الجافة والمستقرة ليتم بعد ذلك تحسين التركيب المسامي للمواد الخام في ظروف التحلل الحراري بهدف الحصول على بنية كربون أكثر ترابطا وذات مسامية عالية ومساحة سطحية كبيرة ومناسبة ومن المواد الكيميائية المستخدمة في التنشيط : حمض الفوسفور H_3PO_4، والصودا الكاوية NaOH وهيدروكسيد البوتاسيوم KOH ، وحمض كلور الماء HCl وحمض الكبريت H_2SO_4، وبيروكسيد الهيدروجين H2O2 وهيبوكلوريت الصوديوم NaOCl، ورابع كلور الفحم ، إضافة الكربونات والحديد والكالسيوم والمغنيسيوم الخ ... ومن مميزات التنشيط الكيميائي أن الوقت المستغرق في عملية التنشيط أقل من الوقت المستغرق في عملية التنشيط الفيزيائي وكذلك فإن درجة الحرارة تكون أقل . بالإضافة إلى أن السطح النوعي الناتج يكون أعلى كما أن المحتوى الكربوني يكون أعلى وذلك لأن المواد الكيميائية المستخدمة في عملية التنشيط هي مواد تمتلك خصائص الهيدروجين والتي تحول دون تشكل القطران الذي يملأ المسامات وتقلل من تشكيل المواد الطيارة، كما أنها تنقص إمكانية تشكيل الخ ...(methanol) والميثانول) acetic acid حمض الخليك عادة ما تتبع عملية إضافة الوسيط الكيميائي بعملية معالجة حرارية بهدف زيادة فعالية المادة الأولية وتحسين البنية الهيكلية والمسامية للكربون الناتج لكن يؤخذ على عملية التنشيط الكيميائي عدة عيوب منها أن العينة بعدها تحتاج لغسيل للتخلص من الشوائب المتشكلة نتيجة التفاعل الكيميائي الذي يحدث بعد إضافة الوسيط الكيميائي، إذ أن هذه الشوائب تترسب في مسامات الكربون المنشط وتغير في خواصه الامتزازية) تعتبر نسبة التشريب من أهم العوامل في مرحلة التنشيط الكيميائي وتعرف بأنها نسبة الوزن من وسيط التفعيل الامامي إلى الجزء الصلب من العينة، وكلما زادت درجة التشريب كلما زادت حجوم المسامات حتى الوصول إلى نقطة معينة تؤدي بعدها الزيادة في درجة التشريب إلى تقليل حجم المسامات.(١٢)

الخواص الفيزيائية للكربون المنشط

إن بنية وخواص الكربون المنشط تشبه إلى حد كبير بنية وخواص الغرافيت حيث أن الغرافيت يتكون من عدة طبقات من ذرات الكربون السداسي والمشابه لتلك

الموجودة في المركبات العضوية العطرية تبلغ المسافة ما بين ذرات الكربون في الطبقة الواحدة لذرة الغرافيت حوالي 0.142 في حين أن المسافة فيما بين الطبقات المتوازية تبلغ حوالي 0.335 كما هو موضح بالشكل (1). ورغم ذلك نلاحظ أن هناك اختلاف بسيط ما بين بنية الغرافيت والكربون المنشط حيث أنه وخلال عملية الكربنة تتشكل في الكربون المنشط عدة نوى عطرية وتصل المسافة الفاصلة ما بين مستويات الكربون إلى 0.36 ، كما أنه في هيكل الكربون تتكون حلقات سداسية تنصهر مع ذرات الكربون وتشكل هيكلا واحد وبالتالي يمكن اعتبار الكربون مكون من مجموعة مترابطة من microcrytallites وكل microcrytallites تحتوي على عدة طبقات من (Smisek and Cemy

وقد أظهرت الدراسات أنه يمكننا التمييز بين هيكلين للكربون المنشط :

الكربون اللاغرافيتي nongraphitizing carbons :

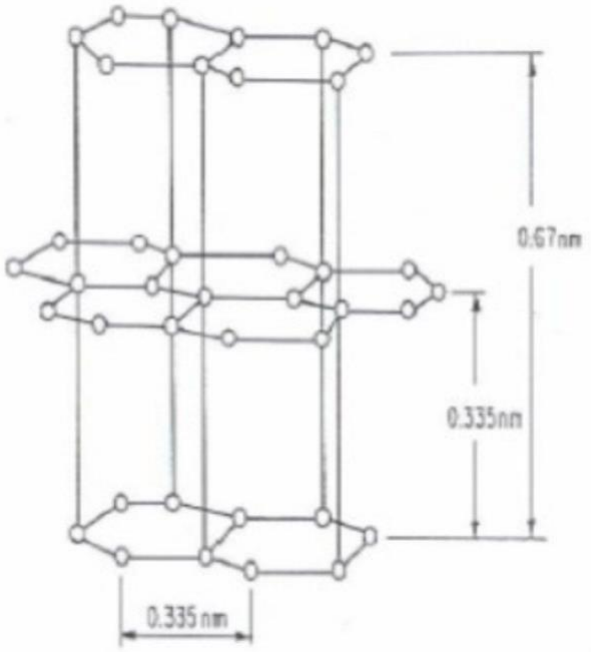
يتم تشكليه بظروف تشكيل أولية تحتوى على نسبة عالية من الأوكسجين وكمية قليلة من الهيدروجين

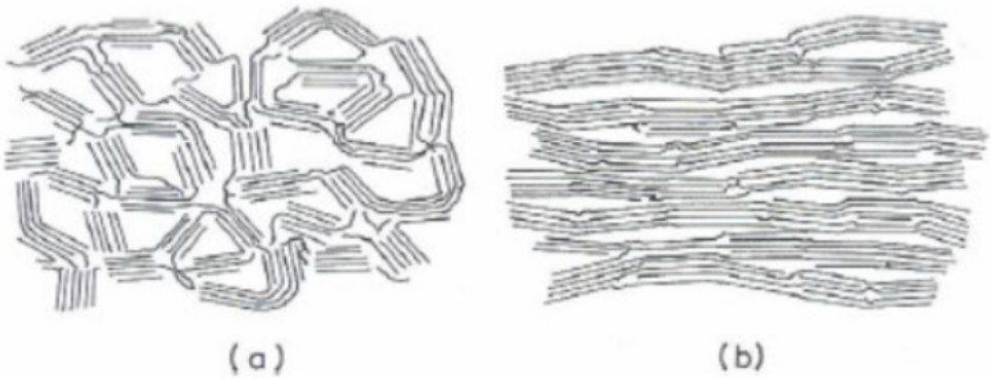
يتكون هيكل قوي من البلورات المتصالبة وبدرجات حرارة منخفضة وتتشكل بنية مسامية، انظر الشكل رقم (2-1

الكربون الغرافيتي

graphitizing carbon

يتم تشكيله بظروف تشكيل أولية تحتوي على نسبة أعلى من الهيدروجين وهنا تكون بنية الكربون أضعف والروابط بين البلورات أضعف وبالتالي المسامية أقل، انظر الشكل رقم (2-1) (١٣)





Schematic Representation of (a) Nongraphitizing and (b) Graphitizing Structure of Carbon (Smisek and Cerny, 1970)

(١-١)ترتيب ذرات الكربون ضمن بلوره الغرافيت

الخواص الكيميائية للكربون المنشط .

إن معرفة الهيكلية المسامية للعينة الناتجة لا تكفي لتحديد القدرة الامتزازية للكربون المنشط لذلك لابد من دراسة الخواص الكيميائية للعينة أيضاً. يعتبر مدى تشتت قوى فاندر فالز العنصر الأهم في تحديد القدرة الامتزازية للكربون المنشط الناتج حيث أن تغير الترتيب الالكتروني في هيكل الكربون كعدم الإشباع أو عدم

التكافؤ يؤدي إلى ظهور إحدى الالكترونات الحرة المفردة الأمر الذي يؤثر على الخواص الامتزازية للكربون المنشط وخاصة بالنسبة للمواد القطبية.

يحتوي الكربون المنشط على خلطين أساسيين :

الخليط الأول : ممثل بالعناصر الكيميائية الأوكسجين والهدروجين والتي تدخل في تركيب بنية الكربون منذ بداية عملية المعالجة وتبقى جزء من البنية الهيكلية له ، ويتم تواجدها إما نتيجة لعملية الكربنة الابتدائية أو نتيجة لعمليات التنشيط الكيميائي.

أما الخليط الثاني : الذي يوجد في الكربون المنشط فهو الرماد وهو الجزء الغير العضوي في المنتج يختلف محتوى الرماد وتركيبه باختلاف نوع الكربون المنشط . والجدير بالذكر أن الخواص الامتزازية للكربون المنشط تتأثر بمحتوى الرماد حتى كان صغير جداً

عادة ما يكون التركيب الكيميائي للكربون المنشط :

(C %90-85)

(0.5% N).

(1% S)

(H %0.5)

(0%5)

والجدير بالذكر أن النسب السابقة لا تعتبر كمقاييس الجودة الكربون المنشط الناتج .(١٤)

الخواص الامتزازية للكربون المنشط :

يعتبر الكربون المنشط مادة امتزاز جيدة جداً نظراً لمساحته السطحية العالية مقارنة بحجمه، والتي تسمح بتراكم عدد كبير جداً من جزيئات الملوثات . ويعتبر السطح النوعي والمسامية إحدى أهم البارامترات المحددة للقدرة الامتزازية للكربون المنشط .(٢٠)

السطح النوعي (المساحة السطحية)

ينقاس السطح النوعي المساحة السطحية للكربون المنشط عادة باستخدام النتروجين الجزيئي الذي يغطي مساحة المسام داخل بنية الكربون لدى قياس السعة الامتزازية له عند درجة حرارة 77 ويمكن قياس السطح النوعي للكربون المنشط بقياس السعة الامتزازية لـ CO عند درجة حرارة 298 يستخدم السطح النوعي كمؤشر أولى للتعبير عن مستوى فعالية مادة الامتزاز استناداً إلى منطق السطح النوعي الأكبر والعدد الأعلى للمواقع المتاحة لحدوث الامتزاز تعملي فعالية أكبر لمادة الامتزاز.

وهناك أكثر من طريقة لتقييم السطح النوعي للكربون المنشط مثل نظرية BET ، ونظرية .. plot والطرق التي تستخدم معادلة Dubinin-Radushkevich . وتعتبر نظرية BET في طور الضغط المنخفض لا يزوثيرم الامتزاز لغاز دو جزئ معروف الأبعاد كغاز النتروجين . والتي نشرت من قبل Brunaver Emmett and Teller في عام 1938، هي النظرية الأولى التي وصفت بنجاح الامتزاز الطبقي متعدد المراحل للغازات على مجموعة كبيرة من الأجسام الصلبة المسامية وغير المسامية. وتستخدم نظرية BET في الوقت الحالي كمعادلة معيارية التحليل الامتزاز الايزوثيرمي بغية الحصول على مساحة سطحية محددة للأجسام الصلبة .(١٥)

على افتراض أنه تم امتزاز جزيء واحد عميقا خلائل سطح الكربون يمكن حساب السطح النوعي بالعلاقة :

$$S = \frac{Xm \cdot N \cdot A}{M}$$

حيث أن :S السطح النوعي مقدرة ب $m^2\backslash g$

Xm : كمية الامتزاز وهي وزن النتروجين الممتز مقسوما على وزن عينة الكربون

N : ثابت وهو 6.025 E+23

A : مساحة المقطع العرضي لجزئ النتروجين مقدراً بالانستغروم angstroms

M: الوزن الجزيئي للنتروجين.

المسامية

تلعب المادة الخام الأولية المستخدمة الإنتاج الكربون المنشط وكذلك طريقة الإنتاج دوراً أساسياً في تحديد حجم المسامات وشكلها وهذا سبب اختلاف البيئة المسامية بين نوع كربون منشط وأخرى تم خلال عملية التنشيط تنظيف المسافة ما بين بلورات الكربون من المواد الكربونية المختلفة ومن الكربون غير المنتظم كما تتم إزالة الكربون من بين الطبقات الغرافيتية للبلورة وتسمى الفراغات الناتجة عن عملية التنظيف هذه بالمسامات وتشير الدراسات إلى وجود عدة أشكال للمسامات، حيث توجد مسامات عميقة ذات اتصال بالهيكل الداخلي شكلها يشبه شكل زجاجة الحبر) ، كما يوجد مسامات تشبه الشعيرات الدموية مفتوحة من الطرفين أو مغلقة من جهة واحدة ، ومسامات تأخذ شكل شقوق تصل ما بين طبقات العينة ومسامات تأخذ شكل حرف V ومسامات مدينة ومسامات ذات أشكال أخرى

في معظم الحالات يصعب تحديد شكل المسام بشكل دقيق وموثوق ومع ذلك فإن حساب الأقطار للمسامات على افتراض أنها أسطوانية شعرية يمكن أن تقربنا من الشكل الحقيقي للمسام وعليه قام الاتحاد العالمي للكيمياء النظرية والتطبيقية (IUPAC) بتصنيف المسامات تبعاً لحجمها كالاتي:

◆ مسامات ماكروية (Macropores) وهي مسامات أبعادها أكبر mm25 وعادة ما يكون حجم المسام ما بين cm and 0.5mg2. أما المساحة السطحية فتكون

m^2/g to 2 m^2/g 0.5

◆ مسامات ميزوية (Mesopores) – المسامات الانتقالية : وهي المسامات الشعرية وهي التي تعطي مرحلة التباطؤ في ايزوتيرم الامتزاز تكون أبعادها ما بين mmmm to 25

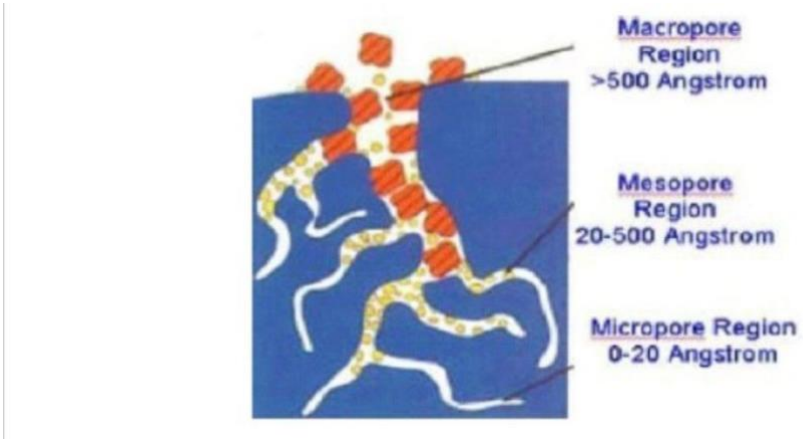
Nm. أما مساحتها السطحية تشكل 5%% من إجمالي الكربون المنشط

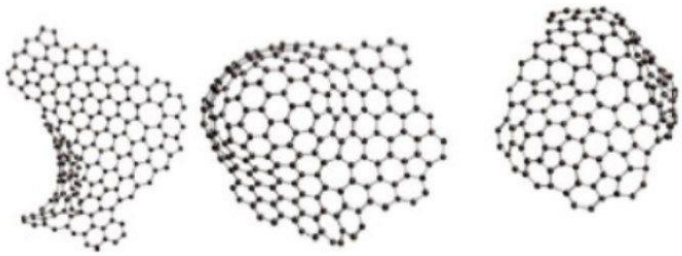
◆ المسامات الميكروية (Micropores) وهي مسامات أبعادها أقل من mnm 2 ويبلغ حجمها حوالي mg to0.15 0.50 ، أما مساحتها فتشكل حوالي 90% من إجمالي مساحة الكربون المنشط .

ويؤثر حجم المسامات والتركيب المسامي الداخلي المتشكل خلال عمليات تنشيط الكربون المنشط على خواصه الامتزازية

إن تعريف وتصنيف الكربون على أساس المسامات الميكروية أو المسامات الميزوية لا تستند إلى مقاييس دقيقة ولا تدل على تمثيل الحجم الصلب. ومن المعروف أن الجزء الأكبر من عملية الامتزاز يحدث في المسامات الميكروية والمسامات الميزوية، بينما تعمل المسامات الماكروية كفتاة لنقل الملوثات إلى داخل الكربون المنشط، وتكون المسامات الماكروية عريضة يصعب فيها الحصول على درجة التعادل الحراري (ايزوتيرم) لأن الضغط النسبي قريب جداً من

الواحد ويبين الشكل (٣)التركيب المسامي للكربون المنشط بشكل عام





شكل(٢-١) التركيب المسامي للكاربون النشط

تحديد الكثافة الحقيقية للمسامية

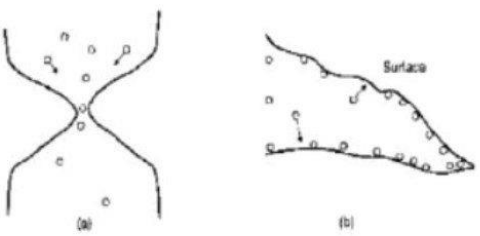
تعرف الكثافة الحقيقة للمسامية الصلبة بأنها نسبة الكتلة إلى الحجم الناتجة أو المشغولة من واحدة الكتلة ولهذا يجب استبعاد الحجم المشغول من قبل المسام أو الفراغات الداخلية عند تحديد الكثافة الحقيقية ولتحديد الكثافة الحقيقة للجزء

الصلب نحن بحاجة لحجم السائل غير المتفاعل الذي يملأ كامل الفراغات تماما ولكن بالحقيقة لا يوجد سائل يملأ كامل الفراغات الموجودة في الكربون المنشط وعلية يمكن الحصول على قيمة الكثافة الحقيقة عبر الهيليوم والذي هو أصغر جزئ حيث يبلغ القطر الذري للجزيء 1.7 وبالتالي إمكانية ملأه الفراغات الكربون المنشط تكون أكبر من أي مادة أخرى (١٧)

تطور الكربون المنشط

على مدى العقود القليلة الماضية ظهرت عدة أبحاث لتطوير الكربون المنشط ومنتجاته وزيادة فعاليتها وذلك من خلال زيادة سطحها النوعي وتعميق بنيتها المسامية وسنذكر فيما يلي أهم منتجات الكربون المنشط وتطبيقاته

مناحل الكربون الجزيئية هي نوع من أنواع الكربون المنشط تتميز بمسامات صغيرة وتوزيع دقيق في المسامات الماكروية حيث يتم تعديل بنية الكربون المنشط عن طريق طلاء أطراف المسامات المتفحمة بالبوليمرات، وبالتالي يتم الحصول على خصائص حركية أفضل ويكون السطح ذو خاصية قطبية يمتاز هذا النوع بامتزاز الغازات والسوائل ذات التراكيز المنخفضة كامتزاز غاز الايثلين للحفاظ على الفواكه والخضار طازجة وأيضا يستخدم الفترة الغازات الخطرة في محطات توليد الطاقة إلا أن أهم التطبيقات لهذا النوع من الكربون المنشط هو في نظام فصل الغازات نظرية الامتزاز المتأرجح swing adsorption method) كاستخراج نتروجين عالي النقاء من الهواء باستخدام امتزاز سوينغ حيث أن حجم المسامات للـ (CMS) مماثلة لحجم الجزيئات الممتزة المتمثلة بجزيئات النتروجين وبسبب انتشار الغازات الممتزة ضمن المسامات الماكروية فإن درجة الحرارة تتحكم بسرعة الامتزاز الحرارة الأعلى تعطي امتزاز أسرع



شكل (٣-١) نوعي الكاربون المنشط

يبين الشكل٤ المرسوم من قبل Bergban-Forschung النوع CMSN2 2 نو اختناقات 50 نانومتر الذي تم تشكليه بترسيب فحم الكوك في المسام والنوع٦

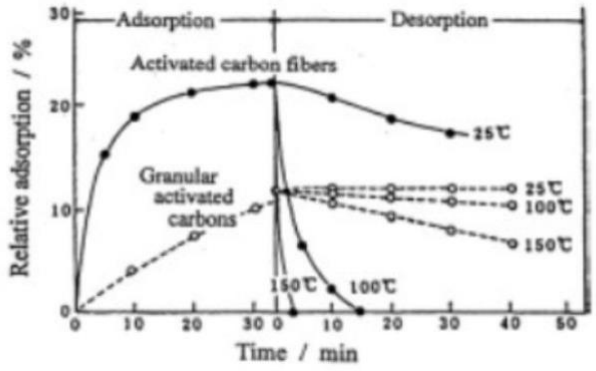
يعتبر استخدام مناخل الكربون الجزئي أكثر اقتصادية عند استخدامه الامتزاز النتروجين والهدروجين حين يكون معدل استهلاك الطاقة منخفضاً ، ودرجة الحرارة المستخدمة منخفضة وتكون التجهيزات المستخدمة أقل ما يمكن

ألياف الكربون المنشط

تم الوصول إلى هذا النوع من الكربون المنشط في العام 1994 إن تكنولوجيا تصنيع ألياف الكربون المنشط هي عبارة عن مزيج لتكنولوجيا تصنيع ألياف الكربون وتكنولوجيا تنشيطها وذلك عندما لا تكون الخواص الميكانيكية المطلوبة عالية وعندما لا تستخدم سلائف من أنواع خاصة لإنتاج هذه الألياف حيث يفضل استخدام السلائف الناتجة عن الكربون غير المتبلور بما أن هذه السلائف أكثر قابلية للتنشيط تتضمن عملية إنتاج ألياف الكربون المنشط معالجة سلائف الكربون غير المتبلور حتى درجة حرارة تبلغ 1000 ، وتتبع هذه الخطوة بالتنشيط بالبخار بدرجة حرارة بين 800-1000 . يمكن الوصول لألياف كربون بسطح نوعي حتى 2500 Mays 1.6 mlg ومسامات بحجم(m^2g) . وبفضل بنيتها المسامية وسطحها النوعي الكبير تمتلك ألياف الكربون المنشط عدة استخدامات هامة .بالمقارنة مع الكربون المنشط الحبيبي نلاحظ أن معدل وسرعة الامتزاز عبر ألياف الكربون المنشط أكبر منه عبر حبيبات الكربون المنشط إذا أن ألياف الكربون المنشط تتميز بسرعة الوصول للمسامات الميكروية مباشرة بعد تماسها للسطح في حين أن جزيئات الغاز وخلال امتزازها بواسطة حبيبات الكربون المنشط تعبر المسامات

الماكروية ثم المسامات الميزوية وصولا للمسامات الميكروية. ويوضح الشكل رقم 5 مقارنة بين نوعين من الكربون المنشط الامتزاز غاز التلوين، ويبين تسارع امتزاز الغاز عند زيادة درجة الحرارة في حال استخدام ألياف الكربون المنشط كما تستخدم ألياف الكربون المنشط لامتزاز أكاسيد النتروجين وغاز 50 من غازات المداخن التي تحرق الفحم والبنزين وكذلك يستخدم لتنقية الهواء من المركبات العضوية)

(١٨)



شكل (٤-١)تسارع امتزاز الغاز عند زياده درجه الحرارة في حال استخدام ألياف الكربون المنشط

المازات البوليميرية المتكربنة والراتنجية :

يمكن أن تتحول الراتنجات مثل الفينول والفورمالديهايدات والستيرينات المسلفنة والبنزين

وراتنجات التبادل الأيوني المواد مازة مكربنة ذات مسامات ماكروية وميكروية وميزوية

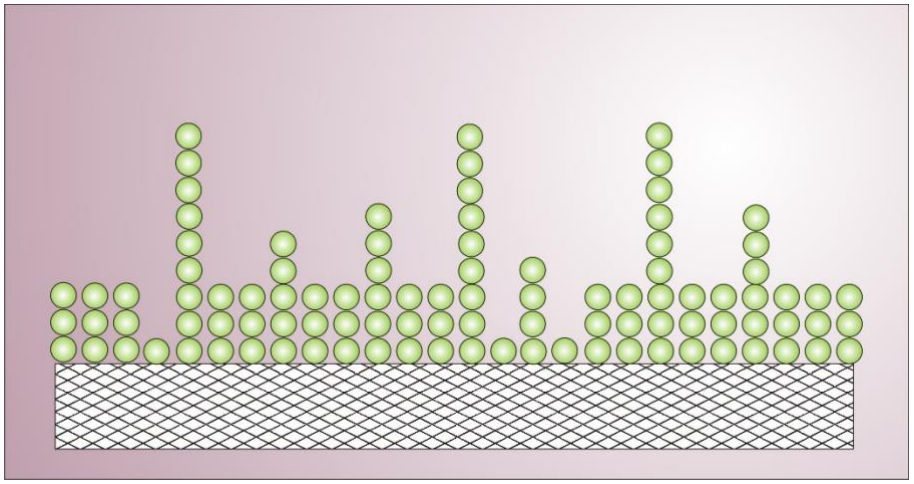
وسطح نوعي كبير يصل إلى (mg1100 . يميل هذا النوع من المازات ليكون

كارها للماء hydrophobic أكثر من حبيبات الكربون المنشط يستخدم هذا النوع من المازات أو الكربون المنشط لإزالة المركبات العضوية من الماء .(١٩)

Chapter II

Adsorption

((الامتزاز))



الفصل الثاني

الامتزاز

ترافقت عمليات التطور الصناعي بزيادة كمية الملوثات والفضلات السامة الناتجة عن هذا التطور والتي أصبحت تشكل خطراً حقيقياً على البيئة بكافة عناصرها وعلى المجتمع.

بينت الأبحاث العلمية أن أكثر الملوثات للمسطحات المائية هي أيونات المعادن الثقيلة ، وبسبب المخاطر الكبيرة التي يمكن أن تسببها هذه الأيونات وذلك لما لها من سمية لجميع العناصر البيئية من تربة ومياه وهواء حتى في حالات تواجدها بتراكيز قليلة. وقد تطور خطر هذه المواد مع التطور التكنولوجي الكبير ومع زيادة الحاجة لهذه الفلزات وتنوع استخداماتها سواء على شكل خامات أولية أو أشكال أخرى في الصناعات الحديثة، مما دفع الهيئات والمنظمات التي تعنى بالحفاظ على البيئة إلى فرض قوانين صارمة على المعامل والمصانع المختلفة وأجبرتهم على إيجاد سبل المعالجة الفضلات الصناعية قبل طرحها للبيئة بحيث لا تتجاوز المواد السامة فيها الحدود المسموحة . وقد حث هذا الأمر العاملين في المجال البيئي على تشجيع الباحثين لتكريس جهودهم في إيجاد طرائق فعالة وغير مكلفة اقتصادياً لإزالة خطر هذا النوع من الملوثات .

تجري عمليات تنقية المياه من أيونات المعادن الثقيلة وغيرها من الملوثات الأيونية بتقنيات مختلفة كالتبادل الأيوني والتناضح العكسي .... الخ، إلا أن هذه الطرائق تعتبر ذات تكاليف باهظة ، مما دفع العلماء إلى البحث عن وسائل أقل تكلفة وأكثر فعالية والتوصل إلى تقنية الامتزاز على الفحم المنشط

تاريخ الامتزاز

يعتبر الامتزاز جزء لا يتجزأ من مجموعة واسعة من العمليات الفيزيائية والبيولوجية والكيميائية، وقد لعبت هذه العملية دوراً رئيساً في التحكم بتلوث الهواء كما أدت دوراً كبيراً في تنقية المياه من الشوائب المنحلة المختلفة .

اكتشفت ظاهرة الامتزاز في النصف الثاني من القرن الثامن عشر عندما لاحظ العالم السويدي شيلي في عام 1773 والعالم الفرنسي فونتانا (Fontana) عام 1777 امتزاز الفحم للغازات كما قام العالم الروسي فوتيس (Fotis) في عام 1875 بملاحظة امتزاز الفحم للمواد العضوية في المحاليل المائية .

درس العالم زيلنيسي (Zellnesa) امتزاز الغازات على الفحم المنشط لصنع القناع الواقي من الغازات السامة حيث جرى امتزاز أبخرة المواد السامة من الهواء على طبقة من الفحم المنشط موضوعة ضمن فلتر القناع .

وبعدها دخل تطبيق هذه التكنولوجيا في مجالات واسعة من الصناعة والتحليل الكهربائي وأول من استخدم الامتزاز في تحليل مزيج من المواد هو العالم الروسي تسفيت (Tesfat) في عام ١٩٠٣ حيث استعمل مواد مازة لفصل مركبات ملونة فعالة حيويا .

كما عرف مصطلح (sorption) في عام 11909 من قبل العالم J. W. McBain وذلك لوصف الانتقال الانتقائي لسطح صلب و أو إلى داخل هذا السطح ، كما يعبر عن امتزاز الغازات عبر السوائل و/ أو امتزاز السوائل عبر أغشية غير مسامية وحاليا يجري التركيز على عملية الامتزاز لفعاليتها واقتصاديتها في معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي وتحسين نوعية المياه الطبيعية.

خلال عملية الامتزاز تنتشر الجزيئات أو الدرات أو الأيونات الموجودة في التيارات الغازية أو السائلة خلال سطح المادة المازة وترتبط بهذا السطح بفضل قوى فاندر فالس و أو قوى التشتت التي تنشأ نتيجة الاستقطاب أو التفاعلات غير المنعكسة.(٢٠)

مصطلحات وتعاريف :

السطح أو المادة المازة (adsorbent) هي المادة أو السطح التي تنتشر ضمنها الجزيئات الواجب إزالتها لتنقية التيار السائل أو الغازي

المادة الممتزة (adsorbate) هي الجزئيات المزالة من التيار السائل أو الغازي الواجب تنقيته والموجودة في مسامات المادة المازة.

الامتزاز (adsorpation) : هو عملية تجمع الجزئيات المراد إزالتها على سطح المادة المازة.

الانتزاز (desorption) هو عكس عملية الامتزاز وهو عبارة عن انفصال الذرات أو الجزئيات عن سطح المادة المازة وعودتها إلى النظام ويصاحب حدوث هذه العملية تحرر الطاقة الناتجة من كسر الروابط أو قوى التجاذب) وعودتها إلى النظام ، وهي العملية معاكسه لعملية الامتزاز .

$$\underset{(3)}{A} + \underset{(4)}{R} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftharpoons}} \underset{(5)}{A-R} \quad \underset{(6)}{}$$

Where (1) adsorption. عملية الامتزاز

(2) desorption.: عملية الإنتزاز

(3) solute.: المذيب

(4) and (6) adsorbent. : المادة المازة

(5) adsorbate.: المادة الممتزة

تعريفه الامتزاز وتصنيفه :

هو ظاهرة تجمع مادة غازية أو سائلة بشكل جزيئات أو ذرات أو أيونات لمادة معينة يطلق عليها المادة الممتزة (adsorbate على سطح مادة أخرى صلبة مسامية يطلق عليها اسم المادة المازة (adsorbent) ويحدث الارتباط بين جزيئات المادة الممتزة بالمساحات الفعالة للسطح الماز من خلال قوى فاندر فالز (Vander waals) الضعيفة وعندها يكون الامتزاز فيزيائياً ، أو من خلال تكوين روابط كيمائية مع الذرات النشطة على السطح الماز وعندها يكون الامتزاز كيمائياً. وبعد الامتزاز من التقنيات ذات الكفاءة والواسعة الاستخدام .

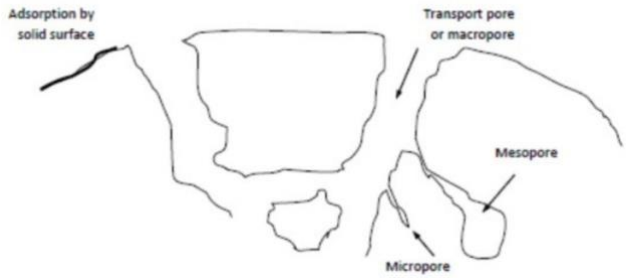
يزداد الامتزاز على سطح المادة المازة بازدياد سطحها ويسمى السطح الموافق لغرام واحد من المادة المازة بالسطح النوعي .

تملك العديد من المواد التجارية المتوفرة في الأسواق الخواص الامتزازية الجيدة مثل الفحم المنشط هلام السليكا ، الزيوليت ، الأطيان المسامية).

قد يقتصر الامتزاز على تكوين طبقة جزئية واحدة على السطح الماز، وتدعى هذه الظاهرة عندئذ بالامتزاز أحادي الطبقة Unimolecula Adsorption ويشمل الامتزاز أحياناً على تكوين طبقات جزئية عدة على السطح الماز وتسمى العملية

عندئذ بالامتزاز متعدد الجزيئات Multimolecular Adsorption وكثيراً ما يرافق حدوث عملية الامتزاز تغلغل المادة الممتزة في المسامات الموجودة على السطح الماز فيكون تسمية الامتزاز في هذه الحالة مضللة وليس دقيقا ويطلق عليه حينئذ بـ (Sorption)وغالباً ما تحدث هذه العملية على السطوح الصلبة

المسامية وتكون أنثالبية .(٢١)



شكل (٥-١) تمثيل العملية الامتزاز خلال مسامات مادة صلبة

العوامل المؤثرة على الامتزاز

السطح النوعي :

يرتبط معدل الامتزاز مع مساحة السطح النوعي الفعال حيث أن السطح النوعي الفعال هو نسبة من السطح الكلي المعد للامتزاز. إذ أن الجذب أحد آليات الامتزاز التي تحدث على السطوح الخارجية في المواقع غير المسامية .

درجة حرارة الامتزاز :

تعتبر عملية الامتزاز عملية تلقائية تترافق بنقص في الطاقة الحرة للسطح الذي تحدث عليه ويرافقه نقص في الانتروبي لأن الجزيئات التي تمتز تصبح مفيدة بسبب ارتباطها بالسطح الماز وبذلك تفقد بعض درجات حريتها وذلك بالمقارنة بالحالة التي كانت عليها سابقا ..ويترتب على ذلك نقص بالمحتوى الحراري

$$G=\Delta H-T\Delta s$$

ومن الجدير بالذكر أن حرارة الامتزاز تتناقص مع زيادة كمية المادة الممتزة وذلك لتواجد مساحات فعالة وأخرى غير فعالة للامتزاز على السطح الماز غير المتجانس وعندما تمتلئ المساحات الفعالة فإن امتزاز الجزيئات الأخرى يحدث على مناطق أقل فعالية وبالتالي تكون شدة الارتباط أقل .

انواع الامتزاز :

يصنف الامتزاز بالاعتماد على نوع وطبيعة القوى التي تربط جزيئات أو ذرات المادة الممتزة بالسطح الصلب وتتحدد هذه القوى حسب طبيعة المادة المازة فضلاً عن طبيعة السطح الماز من حيث نشاطه الالكتروني. وعليه يمكن أن يصنف الامتزاز على نوعين

الامتزار الفيزيائي(Vander waals adsorption)

ويطلق عليه عادة بالامتزاز الطبيعي أو امتزاز فاندر فالس وهو عبارة عن قوى تجاذب طبيعية على نمط القوى التي تسبب إسالة الغاز والتي تحدث بين السطح الماز والذي يكون حاملاً بسبب التشبع الإلكتروني لذراته نتيجة للروابط التي ترتبط بها تلك الذرات مع الجزيئات أو الأيونات التي يتم امتزازها على سطح الذرات المجاورة للمادة نفسها. وتعد قيمة حرارة الامتزاز من أحسن المعايير المستخدمة للتمييز بين نوعي الامتزاز الفيزيائي والكيميائي إذ تكون قيمتها في الامتزاز الفيزيائي أقل من (mol40) وعليه فهو يحدث في الظروف الاعتيادية وعند الدرجات الحرارية المنخفضة أي أن طاقة تنشيطه منخفضة. وتكون للذرة أو الجزيئة الممتزة على السطح في هذا النوع قدرة على الحركة ضمن مساحة محددة ويمكن أن تتجمع المادة الممتزة بطبقات عدة على السطح الصلب ويسمى بذلك امتزاز متعدد الجزيئات أو تتجمع على طبقة واحدة ويسمى امتزاز أحادي الطبقة كما تم ذكره مسبقا

الامتزاز الكيميائي :

يحدث هذا النوع من الامتزاز على السطوح النشطة غير المشبعة الكترونياً ، إذ تميل فيه السطوح إلى تكوين روابط كيميائية مع الذرات أو الجزيئات أو الأيونات التي يتم امتزازها على السطح .(٢٢)

ويمتاز الامتزاز الكيميائي بكونه أكثر خصوصياً (Specific) إذ أنه يمكن أن يحدث في ظروف معينة ولا يحدث على سطح آخر عند الظروف نفسها أو أنه قد لا يحدث على السطح نفسه عند تغير هذه الظروف وتصل حرارة الامتزاز الكيميائي إلى أكثر من (80\mol) وبعد هذا النوع من الامتزاز الخطوة الأولى في التفاعل الكيميائي لذا فإنه يحتاج إلى طاقة تنشيط عالية وتحتاج الدقائق الممتزة امتزازا كيميائياً إلى طاقة تنشيط ثابتة بالنسبة للسطح المتجانس في حين يمكن أن تتفاوت قيمة طاقة التنشيط من موقع إلى آخر على نفس السطح الماز عندما يكون غير متجانس من حيث توزع الطاقة. وتتكون في الامتزاز الكيميائي طبقة واحدة من المادة الممتزة على السطح كحد أقصى ويسمى هذا النوع من الامتزاز بأحادي الجزئية وبناء على ما تقدم فإن الامتزاز الفيزيائي يمكن أن يحدث في درجات حرارة تقترب أو نقل من درجة غليان المادة الممتزة عند توفر الظروف المناسبة ، أما الامتزاز الكيميائي فيحدث في درجات حرارة تزيد عن درجة غليان المادة الممتزة ، أي أن درجة الحرارة تؤدي دوراً مهماً في حدوث عملية الامتزاز إذ يمكن أن يحدث امتزاز فيزيائي في درجة حرارة منخفضة يتبعه حدوث امتزاز كيميائي عند درجات الحرارة العالية.

نقاط الاختلاف بين الامتزاز الفيزيائي والامتزاز الكيميائي :

تعتبر الأشعة الحمراء هي الطريقة المثلى للتفرقة بين الامتزاز الفيزيائي والامتزاز الكيميائي . حيث ينشأ طيف الأشعة الحمراء نتيجة الاهتزاز الذرات داخل الجزيء، فعند امتزاز الجزيء فيزيائياً فإن طيف الأشعة الحمراء يبدي انزياحات قليلة عن الطيف الذي يظهر للجزيء وهو في الحالة الحرة حيث تحدث إزاحة للطيف لا تتعدى 1%، أما في حالة الامتزاز الكيميائي فإن شكل طيف الامتزاز يختلف كليا عن الطيف في حالة الجزيء الحر إذ تحصل على طيف جديد من شدة الامتزاز

ويمكن تميز الفرق بين الامتزاز الفيزيائي والامتزاز الكيميائي كما يلي :

الاختيارية : يتميز الامتزاز الفيزيائي بأنه غير اختياري (non-specific)

لذا فإن كل الغازات تستطيع أن تمتز على الأسطح المسامية الصلبة بأنواعها المختلفة.

وبالعكس فإن الامتزاز الكيميائي يكون اختياريا فالغاز يمتز امتزاز كيمائياً فقط على الأسطح النشطة التي تتيح ارتبطاً كيمائياً معه.

السرعة : يكون الامتزاز الفيزيائي لحظياً ولا يحتاج إلى وقت كبير لحدوثه ، أما الامتزاز الكيميائي فيحتاج إلى وقت كافي لحدوث التفاعل الكيميائي بين جزيئات المادة الممتزة وسطح الامتزاز والجدير بالذكر أن الامتزاز الفيزيائي يمكن أن يحدث في جزء بالمائة من الثانية .

الانعكاسية : في حالة الامتزاز الفيزيائي يكون الوصول إلى حالة الامتزاز لحظياً ويتم بطريقة انعكاسية أي أنه يمكن الجزيئات الممتز أن تتحول إلى الحالة الغازية الحرة دون تغير في خواصه الطبيعية ، أما الامتزاز الكيميائي فهو غير الانعكاسي كما أن الطبقة الممتزة فيزيائيا من الغاز من السهل إزالتها بإجراء تغير في الضغط أو التركيز وعلى العكس من ذلك فإن إزالة الطبقة الممتزة كيمائيا تحتاج إلى ظروف صعبة مثل التسخين الدرجات حرارة مرتفعة .

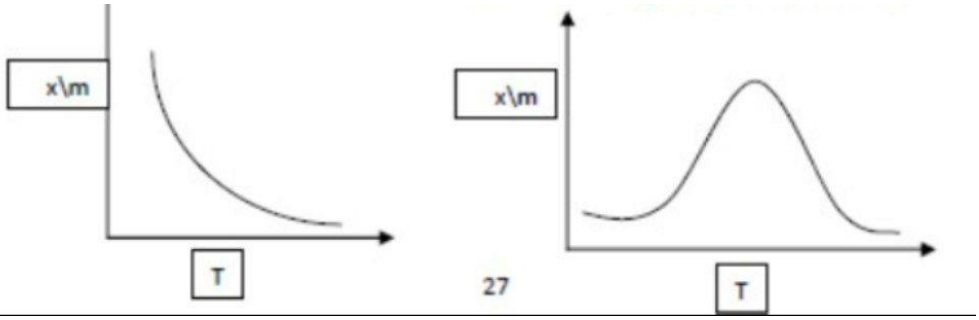
حرارة الامتزاز يتميز الامتزاز الفيزيائي بأن له درجة حرارة امتزاز صغيرة تقل عن (40 k mol) ، أما الامتزاز الكيميائي فيتميز بأن حرارة الامتزاز مرتفعة تتراوح بين (40 – 400 kmol والتي تقارب درجة الحرارة التي ترافق التفاعلات الكيميائية لذا فإن المحتمل أن جزيئات الغاز تكون مركبات كيمائية بالاتحاد مع ذرات السطح الماز ..

طبيعة المادة المازة والممتزة : إن عملية الامتزاز الفيزيائي مشابه تماماً لعملية تكثيف أبخرة السوائل شريطة توفر الظروف الملائمة من الضغط ودرجة الحرارة أما الامتزاز الكيميائي فلا يتم إلا إذا كانت هناك فرصة تكوين رابطة كيمائية بين الذرات الممتزة والسطح الماز .

. تأثير الضغط : إن زيادة ضغط المادة الممتزة تزيد من معدل الامتزاز الفيزيائي تناسب طردي بينما يؤدي زيادة ضغط المادة الممتزة إلى تناقص معدل الامتزاز الكيميائي تناسب عكسي

تأثير درجة الحرارة : يحدث الامتزاز الفيزيائي بشكل ملحوظ عند درجات حرارة قريبة

من درجة حرارة إسالة الغاز الممتز كما أن معدله يقل بزيادة درجة الحرارة . أما الامتزاز الكيميائي فغالباً يحدث عند درجات الحرارة العالية إلا في بعض الحالات التي يمكن عندها أن يزداد معدل الامتزاز الكيميائي في درجات الحرارة المنخفضة ولكن بالعموم الامتزاز الكيميائي يزداد بازدياد درجة الحرارة إلى أن تصل إلى قيمة معينة ثم يقل مرة أخرى كما توضح المنحنيات التالية(٢٣)



الشكل (٦-١)الفرق بين منحني الامتزاز الكيميائي والفيزيائي

الامتزاز الفيزيائي	الامتزاز الكيميائي
الروابط بين الجزيئة الممتزة وسطح الامتزاز هي روابط طبيعية	الروابط بين الجزيئة الممتزة وسطح الامتزاز هي روابط كيميائية تتضمن انتقال للالكترونات
حرارة الامتزاز اقل من 40 kj\mol	حرارة الامتزاز تتراوح بين 400 – 40 kj\mol
يحدث مع كل الأنظمة الصلبة بشرط توفر الظروف المناسبة من الضغط ودرجة الحرارة وهو لا اختياري	يحدث فقط في حالة إمكانية الانتقال الالكتروني بين الغاز والسطح الصلب وهو اختياري
يتم بطريقة انعكاسية	يتم بطريقة لا انعكاسية
يكون ملاحظاً عند درجة الحرارة العالية والضغط المرتفع	يحدث عند درجة الحرارة العالية ويقل معدله بزيادة درجة الحرارة
يحتاج لوقت لحظي للوصول إلى حالة الإتزان	قد يكون سريعاً وقد يكون بطيئاً
يحدث على كامل مساحة سطح التبادل تقريباً	يحدث فقط في المساحات الفعالة من سطح التبادل

جدول (١-٢)الفرق بين الامتزاز الكيميائي والفيزيائي(٢٤)

المازات

يوجد بعض الخواص التي يجب أن تتوافر في المادة المازة مثل :

- **الانتقائية العالية وإمكانية الفصل الحادة.**
- **ان تتميز بقدرة تكثيف عالية تقلل قدر الإمكان من كمية المادة المازة المستخدمة ..**
- **أن تمتلك خصائص حركية وانتقالية تؤمن سرعة امتزاز عالية.**
- **الاستقرار الكيميائي والحراري وعدم انحلال في السائل المراد تنقيته ، وذلك للحفاظ على كمية المادة المازة وخصائصها .**

- الصلابة والقوة الميكانيكية تمنعها من التأكل والتكسر .
- المقاومة العالية للقاذورات.
- أن تمانع حدوث التفاعلات الكيميائية غير المرغوب فيها.
- أن تكون من المواد التجارية المحلية مع إمكانية إعادة تنشيطها.
- أن تكون قليلة التكلفة .
- مسامات ميزوية : امتزاز غاز النتروجين .
- مسامات ميكروية : بخار الامتزاز أو غربلة جزيئات الغاز.

تستخدم نظرية امتزاز النتروجين لتحديد توزع قياس المسام وتعتمد على افتراض هندسة المسام (مسامات طولية أو اسطوانية الشكل بعد ضغط الغاز مما يقود إلى التكلف ليتحول النتروجين إلى سائل مشكلاً طبقة رقيقة فوق سطح المسامات وأخير تتحدد هذه الطبقة لتشكل عدسة سائلة تؤدي إلى ظاهرة التكثيف الشعري ، عند نسبة ضغط p/po = = 1.0 يمتلئ الحجم الداخلي للمسامات عند الحد القياسي بالنتروجين السائل. وقد حدد العالم كلفين العلاقة ما بين ضغط غاز النتروجين وقطر المسام كما يلي (٢٥)

$$= \ln(p/p^{\circ})$$

$$v, \cos \theta \, RTd40$$

معادلة ١

حيث أن :

p ضغط البخار عبر المسام و يقدر ب (mmHg)

Po ضغط اشباع البخار عند درجة الحرارة T و يقدر ب (mmHg)

التوتر السطحي للسائل ضمن المسام (Nm)

عدد مول للسائل ضمن المسام ويقدر بالمول

والنتروجين السائل تعطى هذه الثوابت بالقيم التالية :

$$mmHg \text{ at temperature } -195.8^{\circ}C; = p^{o} \, 760$$

Nm^3 with 80°; and,= σ 0.00827

$cm^3mol.$ V 34.7

بعض التطبيقات الصناعية لعملية الامتزاز

في مجال تنقية الغازات :

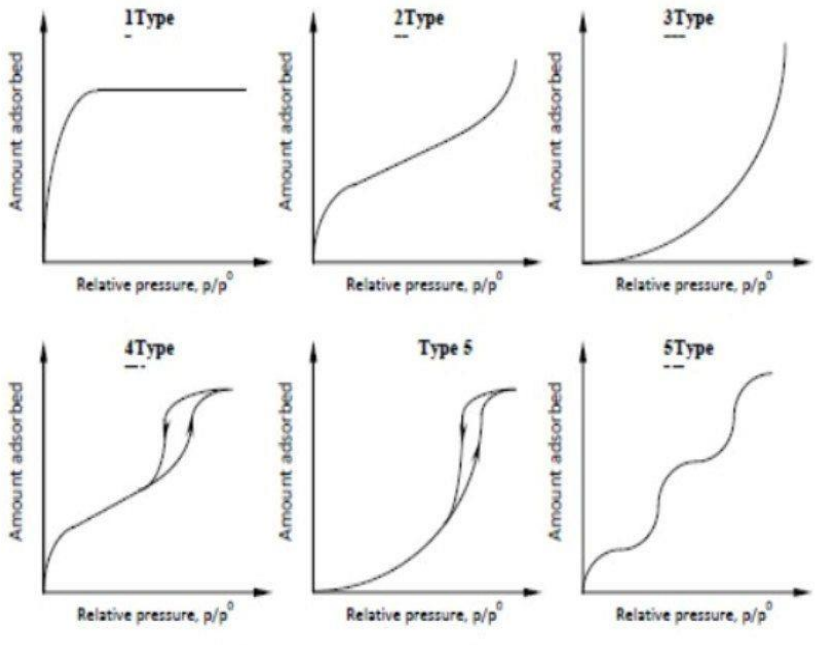
- **إزالة المواد العضوية من التيارات الهوائية.**
- **إزالة SO .**
- **إزالة مركبات الكبريت من التيارات الغازية ..**
- **إزالة بخار الماء من الهواء وغيرها من الأبخرة الغازية .**
- **إزالة Nox من N**
- **إزالة : CO من الغاز الطبيعي.**

في مجال تنمية السوائل :

- **أزالة H2O من المحاليل العضوية .**
- **إزالة المركبات العضوية من H2**
- **إزالة مركبات الكبريت من المحاليل العضوية (٢٦)**

تصنيف ايزوثيرمات الامتزاز للغازات

صنفت IUPAC الايزوتيرمات الأساسية لامتزاز الغازات وفق ستة ايزوتيرمات:



✓ **النوع الأول يشير إلى جود تكثيف قليل في المسامات الميكروية**

✓ **النوع الثاني يعتبر من أكثر أنواع ايزوتيرمات الامتزاز شيوعاً ، وخاصة عندما يحدث الامتزاز على بودرة غير مسامية أو بودرة ذات مسامات قطرها أكبر من قطر المسامات الميكروية وعادة ما تحدث نقطة الانعطاف في ايزوتيرمات الامتزاز عند الانتهاء من مرحلة الامتزاز أحادي الطبقة ومع زيادة الضغط النسبي يتم الإنتهاء من الامتزاز على الطبقة الثانية حتى الوصول لدرجة الاشباع، يزيد الانحدار في هذا الايزوتيرم بوجود ضغط عالي**

✓ **النوع الثالث من ايزوتيرمات الامتزاز عندما يكون التفاعل ما بين المادة الممتزة والطبقة المازة**

أقوى من التفاعل الحاصل على سطح المادة المازة.

✓ **النوع الرابع غالباً ما يكون عندما يحدث الامتزاز في المسامات الميزوية.**

✓ **النوع الخامس ينتج هذا النوع عندما يحصل تفاعل صغير ما بين المادة الممتزة و سطح الطبقة**

المازة adsorbate-adsorbent كما هو الحال في النوع الثالث كما يحصل ارتباط مع المسامات الميزوية كما في النوع الرابع .

✓ كما تم التوصل فيما بعد لنوع سادس من ايزوتيرمات الامتزاز وهو نوع نادر جداً ويتألف من سلسلة من الخطوات .(٢٧)

ثوابت توازن الامتزاز

خلال عملية الامتزاز يؤدي توازن الحالة الديناميكية إلى توزع المادة المذابة ما بين الحالة الصلبة والسائلة عادة ما يتم التعبير عن التوازن من حيث :

التركيز إذا كانت المادة الممتزة سائل ، أو الضغط الجزئي إذا كانت المادة الممتزة غاز.

تحميل المذاب على السطح المار: والذي يعبر عنه بالكتلة أو بعدد المولات أو حجم المادة الممتزة على واحدة الحجم أو واحدة المساحة للمادة المازة لا توجد نظرية تساعد في تحديد كيفية انتشار المادة الممتزة في المادة المازة كالنظرية التي تشرح التوزع ما بين الحالة البخارية - السائلة والسائلة – السائلة المتوازنة. لهذا فإنه من الضروري تحيد بيانات التوازنات التجريبية للمذاب الجزئي أو الخليط المذاب أو و المذيبان وعينة من المادة الصلبة الممتزة الفعلية. إذا أخذت البيانات عبر مجموعة من تراكيز السائل بدرجة حرارة ثابتة فإن الحمل المذاب على السطح الماز بمختلف التراكيز أو بمختلف قيم الضغط الجزئي فإن كل حالة تعطي ايزوتيرم امتزاز مختلف.(٢٨)

ايزوثيرمات الامتزاز

Henry's law (Linear Isotherm قانون هنري الايزوثيرم الخطي

يحدد قانون هنري كمية المادة الممتزة كعلاقة خطية مع الضغط أو الضغط النسبي المطبق :

P H P or. Hp معادلة ١

علاقة فريندلخ Freundlich isotherm

هي علاقة غير تجريبيه وغير خطية مع الضغط ومع أنها نسبة الفريندلخ

إلا أن الفريندلخ هو الذي أعطاها الشكل التالي :

معادلة 2 = %Kp

تتعلق الثوابت n،k بدرجة الحرارة حيث أن يتعلق بجودة الامتزاز و (10) يتعلق بقوة الامتزاز، تتراوح قيمة ما بين (5-1) عنما تكون تساوي 1 تتحول العلاقة إلى علاقة هنري الخطية . تستطيع في الحقيقة تحليل بيانات الامتزاز يأخذ لوغاريتم طرفي العلاقة السابقة حيث يعطي التحليل البياني قيمة (1) ونقطة التقاطع هي K وبالرغم من أن شكل العلاقة خطي إلا أن الخط البياني الناتج هو منحني

معادلة 3 Inq = Ink+Imp n

ويجدر بالذكر أن قيمة تنقص بزيادة درجة الحرارة في حين 1 تزداد بزيادة درجة الحرارة . يستخدم ايزوتيرم فريندلخ لتحليل نتائج دراسة امتزاز الغازات السوائل.

والخلائط ، حيث أن التحليل الخطي هو الأكثر انتشاراً.(٢٩)

(٧-١)الشكل النموذجي الايزوثيرم الفريندلخ

ايزوثيرم لانجميور Langmuir isotherm

تم التوصل إلى هذا الايزوثيرم في عام 1960 لتقيم امتزاز الغازات على سطح مادة صلبة وتعتمد على اربع نظريات :

- ◆ سطح المادة المازة موحد أي أن الامتزاز هو نفسه في كل مواقع السطح الماز المستخدم.
- ◆ الجزئيات الممتزة لا تتفاعل مع بعضها .
- ◆ كل عمليات الامتزاز تتم وفق الميكانيزم نفسه.
- ◆ في أقصى حالات الامتزاز يتم تشكيل طبقة أحادية فقط أي أن الجزيئات الممتزة
- ◆ لا تلتصق فوق بعضها في طبقات وإنما تلتصق فقط على السطح الماز).

يقتصر ايزوثيرم لانجميور على وصف الامتزاز من النوع (1) من الشكل رقم (9) . تم التوصل لهذه المعادلة من خلال تحليل mass-action kinetics تفاعلات الكتلة الحركية بافتراض أن 50 هو سطح الامتزاز في حين أن S هو المساحة من السطح والمعرضة لضغط الغاز P وبالتالي فإن السطح الشاغر هو (S-s) وبالاعتماد على النظرية الحركية يكون

معدل امتزاز المادة القابلة للامتزاز في الحالة الغازية تعطى بالعلاقة :

$$\text{Rate of desorption} = k_{es}S$$

معدل الامتزاز من خلال السطح الماز في الحالة الغازية تعطى بالعلاقة :

$$\text{Rate of adsorption} = k_{ads}p(S^0 - S)$$

يعطى التوازن المادي لهذه العلاقات بالشكل التالي :

معادلة 4 $$\frac{dq}{dt} = k_{ads}p(S^{\circ} - S) - k_{des}S$$

معادلة 5 $$q = \frac{q_m Kp}{1 + Kp}$$

عندما dq/dt يساوي الصفر تتحول معادلة لا نجمبيور لتعبر عن كمية المادة الممتزة بفعل الضغط

بإعادة كتابة العلاقة بالشكل الخطي تحصل على كمية الطبقة الأحادية المازة وبأخذ القيمة ذاتها الثابت عمليتي الامتزاز والانتزاز .

وبالتالي العلاقة الخطية لهذا الايزوتيرم والناتجة عن الافتراضات السابقة تكون بالشكل:

معادلة 6 $$\frac{p}{q} = \frac{1}{Kq_m} + \frac{p}{q_m}$$

حيث أن $K = k_{ads}/k_{des}$

في حالة الضغط المنخفض وعند $Kp << 1$ تصبح هذه المعادلة كقانون هنري ، وفي حالة الضغط المرتفع وعند $Kp >> 1$ كمية المادة الممتزة تساوي تقريبا ..

(٣١)

الشكل(٨-١) الشكل النموذجي الايزوثيرم لانجمبيور

BET equation BET

ادت دراسات BET إلى صياغة نظرية لقياس كمية المادة الممتزة على طبقة أحادية على سطح المادة المازة - تجربة امتزاز النتروجين تعبر عن القياس الحجمي بافتراض أن سلوك الغاز مثالي

إن نظرية تحليل بيانات الامتزاز تطبق عندما تكون درجة الضغط 0.05 / 0.35

الافتراضات الأساسية التى تعتمد عليها هذه النظرية :

-1 سلوك الغاز مثالي ..

2 الجزيئات الممتزة تتفاعل مع السطح الصلب فقط أي لا توجد تفاعلات ما بين الجزيئات الممتزة .

-3- المحتوى الحراري للطبقة الأحادية للامتزاز يعادل حرارة الامتزاز.

-4 الطبقة الثانية واللاحقة من الامتزاز تتشكل عند تسييل الطبقة الممتزة والمحتوى الحراري يعادل الحرارة الكامنة للامتزاز

توصلت الدراسة النظرية للعلاقة التالية :

معادلة 7

$$\frac{p/p^0}{v(1-p/p^0)} = \frac{1}{v_m c} + \frac{(c-1)}{v_m c}\frac{p}{p^0}$$

حيث:

p ضغط الامتزاز المتوازن على السطح الصلب

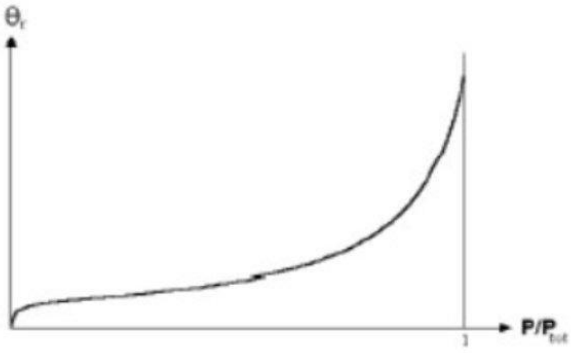
p^0 ضغط بخار الامتزاز المشبع عند درجة حرارة الامتزاز المقاسة

V حجم الغاز الممتز عند STP (0 °C and 760 mmHg)

v_m حجم المادة الممتزة والذي يعاد حجم الطبقة الأحادية

C ثابت متعلق بدرجة حرارة الامتزاز والذي يساوي تقريبا

$$\exp[(\Delta H_{cond} - \Delta H_{ads})/RT]$$



الشكل (٩-١)الشكل النموذجي لايزوثيرم نظرية BET

والجدير بالذكر أن منحني (BET) غالباً ما يستخدم الدراسة خواص الرطوبة (hygroscopic) للمواد أي دراسة امتزاز الماء وبالتالي اختبار امتزاز الماء للمواد المستخدمة في البناء.

المصادر العربية

3-معالجة مياه الصرف الصناعي، محمد السيد خليل 2007

7-أحمد السروي معالجة مياه الصرف الصناعي دار الكتب العلمية.

8-(Tarek Kakhia. All rights reserved. http://tarek.kakhia.org

معالجة المياه-)

9-المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي في محطات الصرف الصحي، د. عبد الرازق محمد سعيد

التركماني، 2009.

19-مقارنة تأثير أسلوبي التهوية المستمرة والتهوية المتقطعة على كفاءة أنظمة الحماة المنشطة ذات

التهوية المطولة والجريان المستمر، د. قصي كمال الدين الأحمدي، جامعة الموصول.

22- برنامج إدارة مياه الشرب والصرف الصحي - دورة مراجعة تصميم محطات تنقية المياه، الجمعية الألمانية للتعاون الدولي، أكتوبر 2008

31-معالجة مياه الصرف الصحي باستخدام تقنية الأغشية لتحقيق استدامة إعادة استعمال المياه المعالجة.

د. عبد الرزاق محمد سعيد التركماني.

26-تشغيل واستثمار محطات معالجة الصرف الصحي، جامعة حلب كلية الهندسة التقنية قسم تقانات الهندسة البيئية – د. فاطمة جعارة.

14-البيئة والمجتمع د. أيمن سليمان مزهرة د. على فالح الشوابكة، 2010.

29-استخدام معدات الترشيح (الفلترة) في معالجة مياه الشرب معهد التدريب المتخصص للصناعات الكيماوية – المملكة الأردنية – م. جمال عبد الله ذيب.

10-تحضير الكاربون المنشط بواسطة التنشيط الكيميائي بحامض الفسفوريك المركز باستخدام نوى التمر كمادة أولية كمادة أولية، سوزان فرج جبار البدران قسم الكيمياء / كلية العلوم جامعة البصر.

25-التخلص من ملوثات المياه بواسطة ظاهرة الامتزاز جامعة القادسية كلية العلوم قسم علوم الكيمياء.

المصادر الأجنبية

1- Improvements in Wastewater Treatment Technology, Wisaam S. Al-Rekabi,

He Qiang and Wei Wu Qiang, Faculty of Engineering, Basrah University, Basrah, Iraq, 2007.

4- CLARIFIERS, Prepared by Michigan Department of Environmental Quality, Operator Training and Certification Unit.

11- Wastewater Treatment Technology, Michigan Environmental 2010 Michigan Environmental Compliance Conference.

6- Review on Chemical treatment of Industrial Waste Water, O.P. SAHU; P.K CHAUDHARI, Department of Chemical Engineering, KIOT, Wollo University1, Ethiopia.

http://www.bioline.org.br/pdf?ja13028.

2- Coagulation-Flocculation Treatment of Industrial

5- Wastewater Using Tamarind Seed Powder

Coagulation-Flocculation Treatment of -20
Industrial Wastewater Using Tamarind Seed
Powder, International Journal of ChemTech
.Research, Jun 11, 2016

Overview of flotation as a wastewater -18
treatment technique, J. Rubio, M.L. Souza a,
R.W. Smith, Metallurgical and Materials
Engineering, Mackay School of Mines,
.University of Nevada-Reno, USA, 2002

Flotation: As Primary Treatment of Waste -26
Water

DAF-dissolved air flotation: Potential 30
applications in the mining and mineral
processing industry, Rafael Teixeira Rodrigues,
Jorge Rubio, Departamento de Engenharia de
Minas, Laboratório de Tecnologia Mineral e
Ambiental, Universidade Federal do Rio
.Grande do Sul, July 2006

Future Solution for Water Treatment, -15
.Metropolia University of Applied Science 2017

Pilot project on availability, use and -12
sustainability of water production of nuclear
and fossil energy Geo-localised inventory of
water use in cooling processes, assessment of

vulnerability and of water use management measures, End Report, the European Commission Directorate General Environment, .2014

http://ec.europa.eu/environment/archives/water/ .adaptation/pdf/InventoryCoo lingWaterUse.pdf

Introduction the importance of Water -13 Cooperation, (UN-Water, 2013), http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/2013_11_water cooperation mon ograph eng.pdf

-16 http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/lvo_bref_0203.pdf page 174

A simple model to help understand water use -17 at power plants, Working Paper, Massachusetts .Institute of Technology Energy Initiative

https://sequestration mit.edu/pdf/2012_AD HJH Working Paper WaterUse a t PowerPlants.pdf

Small-molecule aggregates inhibit amyloid -21 polymerization. Nat Chem Biol 4(3):197-9, .(Feng, 2008)

https://www.yeastgenome.org/reference/S000125 .405

Technical EIA Guidance Manual for -23
Petrochemical Complexes, The Ministry of
.Environmental and Forests, India, 2010

Integrated Pollution Prevention and Control -24
Reference Document on Best Available
Techniques for the Manufacture of Organic Fine
Chemicals, EUROPEAN COMMISSION,
water2006

http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/o
fc bref 0806.pdf

Water Pollution Control, Springer -27
International Publishing