



دولة ليبيا

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة سبها

كلية العلوم _ قسم الكيمياء

بحث مقدم لاستكمال متطلبات الحصول على درجة البكالوريوس بعنوان:

دراسة الايزوتيرمات والديناميكا الحرارية والحركية لامتزاز صبغة الميثيلين الأزرق من

المحاليل المائية باستخدام الكربون المنشط المحضر من مخلفات الورق

**Isotherms, thermodynamic and kinetic study of adsorption of
methylene blue dye from aqueous solutions using activated
carbon prepared from paper waste**

إعداد الطالبة: أمل إدريس محمد مصباح

الرقم الدراسي : 2200175

تحت إشراف:

أ/ منصور فرج عبد الله

أ/ محمد مصباح عبد الرحيم

العام الجامعي: 2023_ 2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فَلْيَايُذُنْ لِيَايُذُنْ لِيَايُذُنْ
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

صَدَقَ اللَّهُ الْعَظِيمُ

الإهداء

إلى أبي وأمي الشمعتان اللتان تتحرقان لتضيئاً درب حياتي وتلهمانني طريق الرشاد
والصلاح، إلى قلبين يغمرانني ويبعثان لي الأمل والحياة.

إلى أخواني وأخواتي من أمدوني بيد العون وشاركوني معاناتي طيلة أيام دراستي وساهموا
في رفع خطواتي إلى الأمام.

إلى صديقتي رفيقة العمر التي هونّت عليا كل أحزاني وآلامي ومنحتني الصبر للوصول
إلى غايتي.

إلى كل زميلاتي اللاتي درسن معي وشاركنني كل لحظات الحزن والفرح

الشكر والتقدير

كل الشكر لله عز وجل الذي أمدنا بنعمة العقل والذي أوصلنا إلى هذا المستوى العلمي بفضلته العظيم. الحمد لله الذي بعد الدعاء أجاب دعوتي. وبعد الكرب فرج كربتي وبعد الصبر ساعدني في كتابة هذا البحث الذي أرجو أن يكون قد ظهر في الصورة المرضية الصحيحة فإن أصبت فذلك المراد ومن الله التوفيق وإن أخطأت فما أنا إلا باحثاً أخطي وأصيب وحسبي إنني اجتهدت.

تتزاحم العبارات لتتضم عقد الشكر لكي نهدئها لمن يستحقها. إليكما يا من أعطيتماني ولم تنتظرا عطاء.....وإليكما نهدئ عبارات الشكر والتقدير.

الأستاذ الفاضل | محمد مصباح عبد الرحيم

الأستاذ الفاضل | منصور فرج عبد الله

كما أتقدم بالشكر والعرفان لكل من ساعدني وساندني لإكمال هذا البحث، أرجوا من الله أن يجعله في ميزان حسناتهم.

المحتويات

الإهداء	ت
الشكر والتقدير	ث
قائمة الاشكال	خ
قائمة الجداول	ذ
الرموز المستخدمة في هذا البحث	ر
الملخص	س
أهداف البحث	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
1. المقدمة	1 -
1.2. التلوث	3
1.2.1. أنواع الملوثات	3
1.3. الأنواع الرئيسية للتلوث البيئي:	9
1.3.1. تلوث التربة:	9
1.3.2. تلوث الهواء:	10
1.3.3. تلوث الماء:	11
1.3.3.1. مياه الصرف الصناعية:	13
1.3.3.2. الأصباغ كملوثات للبيئة المائية:	13
1.4. صبغة الميثيل الأزرق:	14
1.4.1. خصائص صبغة الميثيل الأزرق:	15
1.5. الكربون المنشط:	17
1.6. الامتزاز	20
1.6.1. أنواع الامتزاز:	21
• الامتزاز الفيزيائي:	21
• الامتزاز الكيميائي:	21
1.6.2. آلية الامتزاز	22
1.6.3. العوامل المؤثرة على عملية الامتزاز:	22
2. الفصل الثاني (المواد والطرق)	25
2.1. الأجهزة المستخدمة:	25
2.2. الأدوات المستخدمة:	25
2.3. المواد المستخدمة:	26
2.5. تحضير محاليل صبغة الميثيلين الأزرق القياسية:	26
2.6. تجربة تحديد أفضل كتلة للكربون المنشط:	27
2.7. تجربة تحديد أفضل تركيز:	27
2.8. تجربة تحديد أفضل زمن تلامس:	27
2.9. تجربة تحديد أفضل قيمة للأس الهيدروجيني:	28
2.10. تجربة تحديد أفضل درجة حرارة:	28
2.11. ايزوثيرمات الإمتزاز:	28

28	.....	2.11.1 نموذج لانجمير :
29	.....	2.11.2 نموذج فريندلش:
29	.....	2.11.3 نموذج تيمكن:
29	.....	2.11.4 نموذج دوبنين - رادوشكفيتش:
2.12. الدراسة التيرموديناميكية: 30		
30	.....	2.12.1 حساب ثابت الاتزان التيرموديناميك :
30	.....	2.12.2 حساب طاقة التنشيط:
31	.....	2.13.1 دراسة حركية الامتزاز:
31	.....	2.13.1.1 نموذج حركية الرتبة الأولى الزائفة:
31	.....	2.13.2 نموذج حركية الرتبة الثانية الزائفة:
32	.....	الفصل الثالث
32	.....	النتائج والمناقشة
32	.....	3.1 منحنى المعايرة
33	.....	3.2 تجارب الامتزاز
33	.....	3.2.1 تأثير وزن المادة المازة
34	.....	3.2.2 تأثير تركيز الصبغة
35	.....	3.2.3 تأثير زمن الإتصال
38	.....	3.2.4 تأثير الاس الهيدروجيني
39	.....	3.3 دراسة ايزوتيرمات الامتزاز
39	.....	3.3.1 ايزوتيرم لانجمير
40	.....	3.3.2 ايزوتيرم فريندلش
42	.....	3.3.3 ايزوتيرم تمكين
43	.....	3.3.4 ايزوتيرم دوبنين - رادوشكفيتش (D-R):
44	.....	3.4 الدراسة التيرموديناميكية
44	.....	3.4.1 تحديد قيمة ثابت الاتزان
46	.....	3.4.2 تحديد قيم الدوال التيرموديناميكية
47	.....	3.5 دراسة حركية الامتزاز
47	.....	3.5.1 الرتبة الأولى
48	.....	3.5.2 الرتبة الثانية
49	.....	3.5.3 طاقة التنشيط
4	.....	4. الدراسات السابقة
50	.....	5. الاستنتاج
52	.....	4. التوصيات
	.....	( المراجع)

قائمة الاشكال

- الشكل رقم (1) يوضح أنواع الملوثات الطبيعية: (أ) - حرائق الغابات، (ب) - نفوق الأسماك، (ج) - الغازات المنبعثة من البراكين، (د) - الامطار الحامضية تأثيرها على الغابات 4
- الشكل رقم (2) يوضح أنواع الملوثات غير الطبيعية: (أ) - المخلفات الصناعية، (ب) - عوادم السيارات، (ج) - المفاعلات النووية، (د) - المبيدات الحشرية 5
- الشكل رقم (3) يوضح البكتيريا كملوثات بيولوجية 6
- الشكل رقم (4) يوضح غبار السيليكا الناتجة عند قطع أحد مواد البناء 7
- الشكل رقم (5) يوضح أعمال الإنشاءات ومساهمتها في التلوث الضوضائي 7
- الشكل رقم (6) يوضح فضلات الحيوانات كملوثات قابلة للتحلل العضوي 8
- الشكل رقم (7) يوضح المواد البلاستيكية كملوثات غير قابلة للتحلل العضوي 8
- الشكل رقم (8) يوضح تلوث التربة 9
- الشكل رقم (9) يوضح تلوث الهواء 10
- الشكل رقم (10) يوضح تلوث الماء 12
- الشكل رقم (11) يوضح الأصباغ كملوثات للبيئة المائية 14
- الشكل رقم (12) يوضح الشكل البنائي لصبغة الميثيل الأزرق 15
- الشكل رقم (13) يوضح مسحوق صبغة الميثيل الأزرق 16
- الشكل رقم (14) يوضح الكربون المنشط بشكل مسحوق 18
- الشكل رقم (15) يوضح الكربون المنشط الحبيبي 19
- الشكل رقم (16) يوضح الفرق بين الامتزاز والامتصاص 21
- الشكل رقم (17) يوضح منحنى معايرة صبغة الميثيلين الأزرق عند طول موجي 662nm 32
- الشكل رقم (18) يوضح تأثير وزن المادة المازة على النسبة المئوية للازالة وكفاءة الامتزاز عند درجة حرارة الغرفة 33
- الشكل رقم (19) يوضح تأثير تركيز صبغة الميثيلين الأزرق على (أ) النسبة المئوية للازالة و (ب) كفاءة الإمتزاز عند درجات حرارة مختلفة 35
- الشكل رقم (20) يوضح تأثير زمن اتصال السطح الماز والمادة الممتزة على (أ) النسبة المئوية للازالة و (ب) كفاءة الامتزاز عند درجات حرارة مختلفة 37
- الشكل رقم (21) يوضح تأثير الاس الهيدروجيني على كفاءة الامتزاز والنسبة المئوية للازالة 38
- الشكل رقم (22) يوضح ايزوتيرم لانجمير عند درجة حرارة ($35C^0$ ، $45C^0$ ، $55C^0$) لإمتزاز صبغة الميثيلين الأزرق على سطح الكربون المنشط 40
- الشكل رقم (23) يوضح ايزوتيرم فريندلش عند درجات حرارة ($35C^0$ ، $45C^0$ ، $55C^0$) لامتزاز صبغة الميثيلين الأزرق على سطح الكربون المنشط 41
- الشكل رقم (24) يوضح ايزوتيرم تمكين عند درجات حرارة ($35C^0$ ، $45C^0$ ، $55C^0$) لامتزاز صبغة الميثيلين الأزرق على سطح الكربون المنشط 42

- الشكل رقم (25) يوضح ايزوثيرم (D_R) عند درجات حرارة ($35C^0$ ، $45C^0$ ، $55C^0$)، لامتناز صبغة الميثيلين الأزرق على سطح الكربون المنشط 43
- الشكل رقم (26) يوضح التمثيل البياني للعلاقة بين qe و $\log(qe/Ce)$ لتحديد قيمة ثابت الاتزان الثيرموديناميكي عند درجات حرارة مختلفة 45
- الشكل رقم (27) يوضح التمثيل البياني لعلاقة فان ت هوف 46
- الشكل رقم (28) يوضح التمثيل البياني لنموذج الرتبة الاولى عند درجة حرارة ($35C^0$ ، $45C^0$ ، $55C^0$) لامتناز صبغة الميثيلين الأزرق على سطح الكربون المنشط 47
- الشكل رقم (29) يوضح التمثيل البياني لنموذج الرتبة الثانية عند درجة حرارة ($35C^0$ ، $45C^0$ ، $55C^0$) لامتناز صبغة الميثيلين الأزرق على سطح الكربون المنشط 48
- الشكل رقم (30) يوضح طاقة التنشيط من خلال معادلة أرهينيوس 49

قائمة الجداول

- الجدول رقم (1) يوضح الأجهزة المستخدمة 25
- الجدول رقم (2) يوضح الأدوات المستخدمة 25
- الجدول رقم (3) يوضح المواد المستخدمة 26
- الجدول رقم (4) يوضح قيم الامتصاصية المولارية لصبغة الميثيلين الأزرق المحسوبة باستخدام جهاز الأشعة المرئية والفوق بنفسجية المستخدمة لبناء منحى المعايرة 32
- الجدول رقم (5) يوضح نتائج امتزاز صبغة الميثيلين الأزرق على سطح اوزان مختلفة من الكربون المنشط 33
- الجدول رقم (6) يوضح نتائج دراسة تأثير تركيز صبغة الميثيلين الأزرق عند درجات حرارة مختلفة عند امتزاز الصبغة على سطح الكربون المنشط 34
- الجدول رقم (7) يوضح العلاقة بين زمن التلامس و كلا من كفاءة الإمتزاز ونسبة الإزالة عند فترات زمنية مختلفة ودرجات حرارة مختلفة 36
- الجدول رقم (8) يوضح نتائج دراسة تأثير الاس الهيدروجيني على امتزاز الصبغة على سطح الكربون المنشط 38
- الجدول رقم (9) يوضح حسابات ايزوتيرم لانجمير عند درجات حرارة مختلفة لامتزاز صبغة الميثيلين الأزرق على سطح الكربون المنشط 39
- الجدول رقم (10) يوضح حسابات ثوابت ايزوتيرم لانجمير عند درجات حرارة مختلفة لامتزاز صبغة الميثيلين الأزرق على سطح الكربون المنشط 39
- الجدول رقم (11) يوضح حسابات ايزوتيرم فريندلش عند درجة حرارة مختلفة لامتزاز صبغة الميثيلين الأزرق على سطح الكربون المنشط 40
- الجدول رقم (12) يوضح حساب ثوابت ايزوتيرم فريندلش عند درجات حرارة مختلفة لامتزاز صبغة الميثيلين الأزرق على سطح الكربون المنشط 41
- الجدول رقم (13) يوضح حساب ثوابت ايزوتيرم تمكين عند درجات حرارة مختلفة لامتزاز صبغة الميثيلين الأزرق على سطح الكربون المنشط 42
- الجدول رقم (14) يوضح حساب ثوابت ايزوتيرم (D-R) لامتزاز صبغة الميثيلين الأزرق على سطح الكربون المنشط 43
- الجدول رقم (15) يوضح قيمة ثابت الإتزان التيرموديناميكي عند درجات الحرارة المختلفة 44
- الجدول رقم (16) يوضح حساب الدوال التيرموديناميكية القياسية عند درجات حرارة مختلفة 46
- الجدول رقم (17) يوضح حساب ثابت الرتبة الأولى، فترة نصف العمر عند درجات حرارة مختلفة 47
- الجدول رقم (18) يوضح حساب ثابت الرتبة الثانية ، فترة نصف العمر عند درجات حرارة مختلفة 48
- الجدول رقم (19) يوضح مقارنة قيم (Qmax (mg/g) للدراسات السابقة و (Qmax (mg/g) المدروسة في هذا البحث 50

الرموز المستخدمة في هذا البحث

وحدة القياس	التعريف	الرمز
g/l	التركيز الأساسي لصبغة الميثيلين الأزرق	C_1
g/l	التركيز المطلوب بعد التخفيف	C_2
g/l	التركيز الابتدائي للمادة الممتزة	C_0
g/l	التركيز النهائي للمادة الممتزة	C_e
g/l	تركيز المادة الممتزة عند زمن الاتزان	C_t
g	كتلة المادة المازة	M_s
ml	الحجم	V
ml	الحجم المأخوذ من التركيز الأساسي للصبغة قبل التخفيف	V_1
ml	حجم الدورق القياسي الذي تم فيه التخفيف	V_2
$M^{-1}.Cm^{-1}$	الامتصاصية	A
mg/g	كفاءة الامتزاز	q_e
mg/g	كفاءة الإمترا عند زمن الاتزان	q_t
mg/g	الكمية الممتزة العظمى	Q_{max}
Nm	طول الموجة العظمى	λ_{max}
/	نسبة الإزالة	%R
KJ/mol	التغير في طاقة جيبس الحرة	ΔG°
KJ/mol	التغير في الإنثالبي	ΔH°
KJ/mol .K	التغير في الإنتروبي	ΔS°
min ⁻¹	ثابت سرعة الامتزاز من الدرجة الأولى	K_1

gm/ml.min	ثابت سرعة الإمتزاز من الدرجة الثانية	K_2
s	فترة نصف العمر	$t_{1/2}$
g/mg	ثابت لانجمير	K_L
mg/g	ثابت فريندلش	K_F
l/mg	يدل على كثافة الإمتزاز	n
K	درجة الحرارة بالكلفن	T
J/mol.K	ثابت الغاز العام = (8.314)	R
KJ/mol	حرارة الإمتزاز	b
l/g	ثابت ربط توازن تيمكن	A_T
KJ^2/mol^2	ثابت (D_R)	ϵ
KJ/mol	طاقة الإمتزاز	E
	ثابت الإتران	K_c
	معامل الفاعلية للمادة المازة	a_1
	معامل الفاعلية للمادة الممتزة	a_2
		B
		K_{add}
/	درجة الحموضة	PH
K.J/mol	طاقة التنشيط	E_a
/	صبغة الميثيلين الأزرق	MB
/	مطياف الأشعة فوق البنفسجية المرئية	UV_Vis
/	امتزاز فيزيائي	ACPD

الملخص

تعاني البيئة من مشكلة التلوث الذي يعرض حياة الإنسان والكائنات الحية إلى الخطر، وهذا ناتج عن التطور الصناعي الذي يعرضنا إلى التلوث بالأصباغ الصناعية، ولهذا استوجب علينا حماية البيئة بشتى الطرق، وفي بحثنا هذا قمنا بأخذ مخلفات الورق واستعمالها في التخلص من الأصباغ الصناعية من المحاليل المائية، وهذا باستغلال المخلفات الورقية الاستغلال الأمثل وتحويلها إلى كربون ثم تنشيطه للحصول على كربون منشط واستعماله في التخلص من الأصباغ الصناعية وهذا لامتلاكه خاصية امتزاز عالي.

لتقليل التلوث البيئي من مياه الصرف المحتوية على الأصباغ تمت دراسة كفاءة الكربون المنشط كمادة مازة قوية للأصباغ الكاتيونية، تم استخدام الكربون المنشط لامتزاز صبغة الميثيلين الأزرق (MB) من المحلول المائي. تمت دراسة العوامل المختلفة مثل: كتلة المادة المازة، درجة الحموضة، زمن التلامس، تركيز الصبغة، درجة الحرارة ووجدنا ان افضل وزن لعملية الامتزاز يساوي (0.02 g) حيث أعطت كفاءة امتزاز عالية (44.96 mg/g) ونسبة إزالة (36.19 %) و افضل دالة حموضة (pH = 2) بناء على الكفاءة (74.58 mg/g) ونسبة الإزالة (59.82%) و أفضل تركيز كان عند درجة حرارة (55C⁰) هو (100 ppm) بناع على كفاءته العالية (59.46 mg/g) ونسبة إزالة (47.71 %) و أفضل زمن اتصال كان عند درجة حرارة (55C⁰) هو (240 min) بناء على نسبة الإزالة (47.00%) والكفاءة (85.46 mg/g) حيث أنه يزداد مدى إزالة أزرق الميثيلين مع زيادة زمن التلامس وكتلة المادة المازة ودرجة حموضة المحلول والتركيز، تم تحديد الدوال الديناميكية الحرارية القياسية مثل: طاقة جيبس الحرة القياسية ($\Delta G^0 = -2.65 \text{ KJ/mol}$)، والمحتوى الحراري القياسي ($\Delta H^0 = -19.94 \text{ KJ/mol}$)، والإنتروبيا القياسية ($\Delta S^0 = -57.72 \text{ J/K.mol}$) حيث أظهرت أن عملية الامتزاز كانت طاردة للحرارة في نطاق درجات الحرارة التي تمت عندها الدراسة . تم تحليل ثابت الإتزان التيرموديناميكي وثابت الاتزان الحركي و(Q_{max}) باستخدام منحنيات لانجمير وفروندليتش وتيمكين و(D_R) وتم اختيار نموذجين حركيين مبسطين لمنحنيات الرتبة الأولى والثانية لمتابعة عمليات الامتزاز .

الكلمات المفتاحية: كربون منشط، حركية، ايزوثيرم، الميثيلين الأزرق، مخلفات الورق، الديناميكية الحرارية.

Abstract

The environment is adversely affected by pollution, which endangers human life and living organisms. This is a consequence of industrialisation, which results in the exposure of humans and other organisms to pollution caused by industrial dyes. It is therefore imperative that measures be taken to safeguard the environment. In this study, we employed the use of paper waste to facilitate the removal of industrial dyes from aqueous solutions. This is achieved by optimally exploiting paper waste and converting it into carbon, which is then activated to obtain activated carbon. The latter is then used to remove industrial dyes, given the high adsorption properties of the carbon.

In order to reduce the environmental pollution caused by wastewater containing dyes, the efficiency of activated carbon was investigated as a potential adsorbent for cationic dyes. The objective of this study was to evaluate the efficacy of activated carbon as an adsorbent for methylene blue (MB) dye in an aqueous solution. The impact of various factors, including the mass of the adsorbent, pH, contact time, dye concentration, temperature, and others, was investigated. The findings revealed that the optimal weight for the adsorption process was 0.02, as it demonstrated the highest adsorption efficiency (44.96 g) and removal ratio (36.19). Additionally, the optimal acidity function (pH 2–7) exhibited the greatest efficiency (74.5 mg/g) and removal ratio (59.82). Furthermore, the optimal concentration was observed at a temperature of 59°C. The best contact time was at a temperature of 550, with a removal ratio of 47.00 and efficiency of 85.46. This is based on the extent of methylene blue removal increasing with increasing contact time, mass of the adsorbent, pH of the solution and concentration. The standard thermodynamic functions were determined, including: The Gibbs energy was found to be -19.94 kJ/mol, while the standard enthalpy and standard entropy were 57.72 kJ/mol and 1 mol/, respectively. These findings indicate that the adsorption process is exothermic within the temperature range under consideration. The thermodynamic equilibrium constant, kinetic equilibrium constant and Q_{max} were analysed using Langmuir, Freundlich, Timpkin and D_R curves. Furthermore, two simplified kinetic models of the first and second order were selected to elucidate the adsorption processes.

Keywords: Activated carbon, kinetics, isotherm, methylene blue, paper waste, thermodynamics.

1. المقدمة

أدت الزيادة الهائلة في عدد السكان إلى التضخم الصناعي والزراعي في القرن العشرين، لعدم اتباع الطرق المناسبة في معالجة مصادر التلوث، وانعدام الإدارة البيئية الرشيدة إلى الإخلال بالأنظمة البيئية، وتلوث عناصر البيئة الرئيسية، كالأرض، الهواء، المياه، واستهلاك الموارد الطبيعية.

مصطلح التلوث البيئي يعنى بكافة الطرق التي يتسبب بها النشاط البشري في إلحاق الضرر بالبيئة الطبيعية، حيث يشهد معظم الناس تلوث البيئة في صورة مسطح مائي مكشوف للنفايات، أو في صورة دخان أسود ينبعث من أحد المصانع، وقد يكون التلوث غير منظور، ومن غير رائحة أو طعم. إن بعض أنواع التلوث قد لا تتسبب حقيقة في تلوث اليابسة والهواء والماء، ولكنها كفيلة بإضعاف متعة الحياة عند الناس والكائنات الحية الأخرى؛ فالضجيج المنبعث من حركة المرور والآلات مثلاً يمكن اعتباره شكلاً من أشكال التلوث. والتلوث البيئي أحد أكثر المشاكل خطورة على البشرية وعلى أشكال الحياة الأخرى التي تدب حالياً على كوكب الأرض. ففي مقدور الهواء الملوث أن يسبب الأذى للمحاصيل، وأن يحمل في طياته الأمراض التي تهدد الحياة. لقد قللت بعض ملوثات الهواء من قدرة الغلاف الجوي على ترشيح إشعاعات الشمس فوق البنفسجية، ويعتقد العديد من العلماء أن هذه الإشعاعات وغيرها من ملوثات الهواء قد أخذت تحدث تغييراً في مناخ العالم. كما أن ملوثات الماء والتربة تهدد أيضاً قدرة المزارعين على إنتاج الغذاء الضروري لإطعام سكان العالم. كذلك فإن الملوثات البحرية تهدد الكثير من الكائنات العضوية البحرية [1].

إن كثيراً من الناس يرى في ملوثات الهواء والماء والتربة أشكالاً متميزة من أشكال التلوث. إلا أن كل جزء من أجزاء البيئة، أي الهواء والماء والتربة، يعتمد كل منها على الآخر، وعلى النباتات والحيوانات التي تعيش ضمن هذه البيئة، وتشكل العلاقات بين كل الكائنات الحية وغير الحية في بيئة معينة نظاماً يسمى النظام البيئي وترتبط كل الأنظمة البيئية بعضها ببعض. وهكذا فإن الملوث الذي يبدو وكأنه يؤثر في جزء واحد فقط من البيئة، ربما يؤثر أيضاً في أجزاء أخرى. فالدخان المنبعث من محطة قدرة -على سبيل المثال قد يبدو مؤثراً على الغلاف الجوي فقط، إلا أن الأمطار في مقدورها أن تحمل بعض الكيمائيات الضارة الموجودة في الدخان وتسقطها على الأرض أو على مجاري المياه.

تنبعث بعض الملوثات مثل أنبوب المجاري الذي يصب ماء متسخاً في نهر من الأنهار من نقطة محددة أو مكان محدد، ويعرف هذا بتلوث المصدر المحدود، بينما تنبعث ملوثات أخرى من مناطق

واسعة؛ ففي مقدور الماء الجاري في المزارع أن يحمل معه المبيدات والأسمدة إلى الأنهار، كما أن مياه الأمطار يمكن أن تجرف الوقود والزيت والأملاح من الطرق ومواقف السيارات وتحملها إلى الآبار التي تزود الناس بمياه الشرب، ويسمى التلوث الصادر عن مثل هذه المناطق الواسعة بتلوث المصدر اللامحدود.

كل شخص في هذا العالم تقريبا يرغب في الحد من التلوث، ولكن معظم التلوث الذي يهدد صحة كوكب الأرض حاليا، يأتي من منتجات يحتاجها كثير من الناس ويرغبون فيها. فمثلاً، توفر السيارات الراحة بنقلها للأشخاص، ولكنها تنتج نسبة عالية من ملوثات الهواء في العالم. وتنتج المصانع منتجات يستخدمها الناس ويستمتعون بها، ولكن العمليات الكيميائية في تلك المصانع بمقدورها أن تسبب التلوث، وتساعد المبيدات والأسمدة في نمو كميات كبيرة من الأغذية، ولكنها تسمم التربة ومجري المياه.

ومن أجل وضع نهاية للتلوث، أو التقليل منه إلى حد كبير، يتوجب على الناس أن يقللوا من استخدام السيارات، ووسائل الراحة الحديثة الأخرى، كما أن على بعض المصانع أن تغلق أبوابها أو أن تغير طرق إنتاجها، ولكن إغلاق هذه المصانع سيزيد من البطالة، وذلك لأن معظم أعمال الناس تعتمد على صناعات تسهم في التلوث البيئي. وبالإضافة إلى ذلك، قد يؤدي توقف المزارعين عن استخدام المبيدات والأسمدة إلى الحد من الغذاء اللازم لإطعام الناس في هذا العالم، وعلى أي حال، يمكن تقليل التلوث بعدة طرق بدون أي تعطيل مؤثر لمسيرة حياة الناس، فمثلاً، يمكن للحكومات أن تسن تشريعات تشجع المؤسسات على اتخاذ طرق تشغيلية قليلة التلوث، ويمكن للعلماء والمهندسين أن يطوروا منتجات تصنيعية نظيفة وأكثر أماناً بالنسبة للبيئة. كما يمكن للأفراد والجماعات في العالم أن يجدوا بأنفسهم طرقاً تقلل من التلوث البيئي. يعتبر التلوث ظاهرة بيئية من الظواهر التي أخذت قسطاً كبيراً من اهتمام حكومات دول العالم منذ النصف الثاني من القرن العشرين، وتعتبر مشكلة التلوث أحد أهم المشاكل البيئية الملحة التي بدأت تأخذ أبعاداً بيئية، واقتصادية، واجتماعية خطيرة، خصوصاً بعد الثورة الصناعية في أوروبا، والتوسع الصناعي الهائل والمدعوم بالتكنولوجيا الحديثة؛ حيث أخذت الصناعات في الآونة الأخيرة اتجاهات خطيرة، متمثلة في ظهور بعض الصناعات المعقدة والتي يصاحبها في كثير من الأحيان تلوث خطير، يؤدي عادة إلى تدهور المحيط الحيوي، والقضاء على تنظيم البيئة العالمي. وعلى ذلك، فالتلوث في أبسط تعريفاته هو إطلاق عناصر، أو مركبات، أو مخاليط غازية، أو سائلة، أو صلبة، إلى عناصر البيئة المتمثلة في الهواء، والماء، والتربة، مما يسبب تغيراً في جودة هذه العناصر ويسبب تلوثها، ويؤثر على الكائنات الحية التي تعتمد على هذه العناصر [2].

1.2. التلوث

لقد عرف التلوث بطرق مختلفة منها، هو أي تغيير فيزيائي، أو كيميائي، أو بيولوجي مميز يؤدي إلى تأثير ضار على الهواء، أو الماء، أو الأرض أو يضر بصحة الإنسان والكائنات الحية الأخرى، وكذلك يؤدي إلى الأضرار بالعملية الإنتاجية كنتيجة للتأثير على حالة الموارد المتجددة. وعرف بأنه تدمير أو تشويه النقاء الطبيعي لكائنات حية أو لجمادات بفعل عوامل خارجية منقولة عن طريق الجو أو المياه أو التربة. هو كل تغيير كمي أو كيميائي في مكونات البيئة الحية أو غير الحية، لا تقدر الأنظمة البيئية على استيعابه دون أن يختل اتزانها. هو كل ما يؤدي إلى إضافة مادة غريبة إلى الهواء أو الماء أو الغلاف الأرضي في شكل كمي، تؤدي إلى التأثير على نوعية الموارد وعدم ملاءمتها وفقدانها خواصها، أو تؤثر على استقرار تلك الموارد. هو إدخال أي مادة غير مألوفة إلى أحد الأوساط البيئية، وتؤدي هذه المادة الدخيلة عند وصولها لتركيز ما، إلى حدوث تغيير في نوعية وخواص تلك الأوساط. إدخال مواد أو طاقة بواسطة الإنسان سواء بطريق مباشر أو غير مباشر إلى البيئة، بحيث يترتب عليها آثار ضارة من شأنها أن تهدد الصحة الإنسانية، أو تضر بالموارد الحية أو بالنظم البيئية أو تتال من قيم التمتع بالبيئة أو تعوق الاستخدامات الأخرى المشروعة لها[1].

1.2.1. أنواع الملوثات

يعتبر التلوث من أهم الظواهر البيئية المميزة للعصر الحديث، وفي الحقيقة فإن التلوث بآثاره المختلفة، يجب أن يتسع مفهومه ليشمل تلوث المياه والهواء والتربة، وكذلك التلوث الناجم عن الضوضاء والإشعاع. ويمكن تقسيم الملوثات إلى عدة أنواع طبقاً لنشأتها، طبيعتها تأثيرها، قابليتها للتحلل وتنقسم الملوثات حسب طريقة تكوينها إلى قسمين:

1.2.1.1. حسب تكوين الملوثات:

• الملوثات الطبيعية

هي الملوثات ذات المصدر الطبيعي والتي تنتج من مكونات البيئة ذاتها دون تدخل الإنسان، أي أن الإنسان وحضارته ليس لهما أي دور في إنتاج تلك الملوثات وبنها إلى البيئة، مثل: الغازات والأتربة التي تقذفها البراكين، وأكاسيد النيتروجين التي تتكون في الهواء نتيجة للتفريغ الكهربائي، وحبوب اللقاح التي تنتقل وتنتشر من النباتات الزهرية وتسبب بعض أمراض الحساسية. وفي الحقيقة فإن تأثير هذه الملوثات الطبيعية على البيئة ضئيل جداً، بل يصل إلى الدرجة التي يمكن القول بأن هذه الملوثات تصبح ذات تأثير غير ملوث أو ضار بالإنسان أو النبات أو الحيوان.

ومن أمثلة هذه الملوثات الطبيعية:

- مخلفات أجسام الكائنات الميتة والتي تجد طريقها إلى المياه فتلوثها.
- الرواسب والمواد الذائبة التي تحملها مياه الأمطار أثناء مرورها فوق التربة والصخور، وهذه الرواسب تحوي الرواسب المعدنية والفضلات العضوية الناتجة من تعفن النباتات الميتة.
- المطر الحمضي.
- الحرائق الناتجة عن الظواهر الطبيعية كالبرق والرعد، وخاصة حرائق الغابات التي تلوث الجو بنواتج احتراق الأشجار.
- الأملاح الذائبة والتي توجد في مياه البحار بنسب عالية جدا، مما يتسبب عنه تسمم مياه تلك البحار بحيث تصبح غير صالحة لحياة الكائنات البحرية، كما أن هذه الأملاح قد تصل إلى التربة الزراعية بنسب عالية فتفسدها، وتجعلها مالحة جدا وغير صالحة للزراعة.
- البراكين: حيث تقذف البراكين في الجو كميات كبيرة من الغازات والملوثات الأخرى.



(ب)



(أ)



(د)



(ج)

الشكل رقم (1) يوضح أنواع الملوثات الطبيعية: (أ) - الغازات المنبعثة من البراكين ، (ب) - الامطار الحامضية
تأثيرها على الغابات ، (ج) - حرائق الغابات ، (د) - نفوق الأسماك

• الملوثات غير الطبيعية

تلك الملوثات الناتجة من فعل الإنسان واستخدامه للأجهزة والتقنيات الحديثة، كتلك الناتجة عن شتى التنجيرات النووية، ووسائل النقل والمواصلات، وكذلك النفايات الصناعية[3]. وتعتبر هذه الملوثات

الضريبة التي فرضتها الحضارة الحديثة والتقنيات المتقدمة على بني البشر ومجتمعاتهم التي يعيشون فيها، ويدخل ضمن قائمة الملوثات غير الطبيعية:

- المخلفات الصناعية، وهي المواد الكيميائية الناتجة عن الصناعات المختلفة.
- المخلفات الناتجة عن احتراق الوقود وخاصة وقود السيارات والناقلات.



(ب)



(أ)



(د)



(ج)

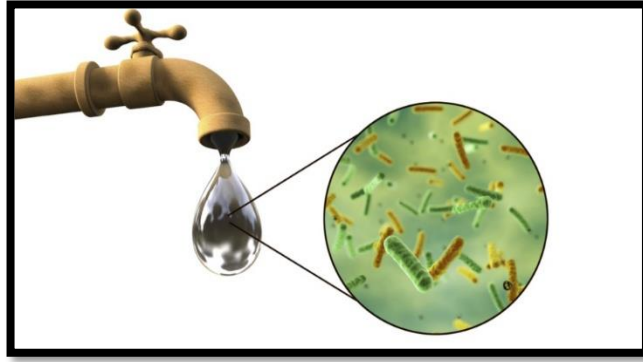
الشكل رقم (2) يوضح أنواع الملوثات غير الطبيعية: (أ) - المخلفات الصناعية، (ب) - عوادم السيارات، (ج) - المفاعلات النووية، (د) - المبيدات الحشرية

- الإشعاعات الناتجة عن التفجيرات النووية، كالإشعاعات المتسربة من بعض المفاعلات النووية، أو التي تصاحب انفجار هذه المفاعلات، حيث تؤثر هذه الإشعاعات على مصادر الغذاء النباتية والحيوانية.
- المبيدات الحشرية المستخدمة للقضاء على الآفات والحشرات الضارة بالتربة والمزروعات أو بالإنسان، حيث تتراكم المبيدات في التربة وتغير من خواصها، وتغير ما يزرع فيها من محاصيل، كما أنها قد تصل إلى الإنسان من خلال غذائه وشرابه أو الهواء الذي يتنفسه، فتسبب له المتاعب والأمراض أو قد تؤدي إلى هلاكه.

• حسب طبيعة تأثير الملوثات:

• ملوثات أحيائية (بيولوجية):

الملوثات الناتجة عن الأحياء التي إذا وجدت في مكان أو زمان بكم غير مناسب تسبب أضرارا للإنسان والنبات والحيوان، مثل: الفيروسات والبكتيريا التي تنتشر أنواعها في الهواء والماء وتسبب أمراضا للكائنات الحية. ومثال ذلك أيضا حبوب لقاح بعض النباتات الزهرية والتي تنتشر في مواسم معينة مسببة أمراض الحساسية في الجهاز التنفسي للإنسان.



الشكل رقم (3) يوضح البكتيريا كملوثات بيولوجية

• ملوثات كيميائية

• وتشمل الغازات المتصاعدة من المصانع والسيارات، والمبيدات بأنواعها، وكذلك الجسيمات الدقيقة التي تنتج من مصانع الإسمنت، والأسبستوس، والكيمياويات السائلة التي تلقى في التربة أو الماء، مما يسبب أضرارا بالكائنات الحية جميعها، فمصانع الورق والحديد والصلب والإسمنت والأسمدة والألمونيوم وغيرها تسهم في ارتفاع نسبة الأتربة الناتجة من دخان تلك المصانع ومخلفاتها. ومن الأخطار التي تهدد سكان بعض المناطق انتشار نسبة السيليكا الحرة وثاني أكسيد السيليكون في الهواء، حيث تنعكس آثارها على الرئتين، كما أن انتشار غبار الأسبستوس يسبب مرض الأسبستية .



الشكل رقم (4) يوضح غبار السيليكا الناتجة عند قطع أحد مواد البناء

• ملوثات فيزيائية:

مثل الضوضاء، والتلوث الحراري، والإشعاعات بأنواعها، وخاصة الإشعاعات الصادرة عن المفاعلات النووية. وتشكل المواد المشعة خطرا كبيرا على الإنسان كما ونوعا، فالأشعة تحطم الخلايا الحية بجسم الإنسان وتتلفها وتسبب مرض سرطان الدم أو سرطان الجلد أو سرطان العظام.

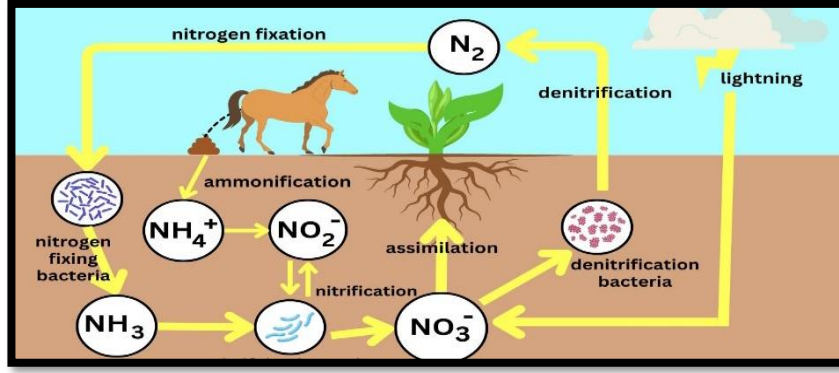


الشكل رقم (5) يوضح أعمال الإنشاءات ومساهمتها في التلوث الضوضائي

1.2.1.2. حسب قابلية الملوثات للتحلل:

1. ملوثات قابلة للتحلل العضوي:

وهي تلك الملوثات التي يمكن للعوامل الطبيعية والمناخية والبيئية تفكيكها وامتصاصها ويندرج تحتها غاز ثاني أكسيد الكربون ومركبات النترات.



الشكل رقم (6) يوضح فضلات الحيوانات كملوثات قابلة للتحلل العضوي

2. ملوثات غير قابلة للتحلل العضوي:

وهي تلك الملوثات التي لا يمكن تفتيتها عضويا أو أن عملية تفتيتها تستغرق زمنا طويلا، ومثل تلك الملوثات تظل عالقة في الأنظمة الطبيعية وتؤدي إلى تلوئتها ومنها المخلفات المعدنية، مثل المطاط والزجاج، وكذلك المخلفات الصناعية، مثل: منتجات البلاستيك، ومساحيق التنظيف المنزلية، والكيمياويات المختلفة، وتعتبر الصناعات وخاصة التحويلية منها هي المصدر الأساسي للملوثات غير القابلة للتحلل العضوي بفعل الأنظمة البيئية، كذلك فإن الصناعات التحويلية من المصادر الهامة للملوثات السامة، مثل: مركبات المعادن الثقيلة كالرصاص والزنبق والكاديوم وغيرها، والتي تؤدي إلى تزايد مشاكل التلوث البيئي [2].



الشكل رقم (7) يوضح المواد البلاستيكية كملوثات غير قابلة للتحلل العضوي

1.3. الأنواع الرئيسية للتلوث البيئي: 1.3.1. تلوث التربة:

التربة هي خليط من المواد المعدنية والمواد العضوية التي تكونت خلال عمليات بالغة التعقيد في فترة زمنية طويلة تقدر بآلاف السنين. وتعتبر التربة هي البيئة الصالحة والضرورية لنمو النبات ولإنتاج الزراعي، وتلوث التربة يعني تراكم المركبات الكيميائية السامة فيها، والأملاح، والكائنات الدقيقة الممرضة، والمواد المشعة، بتركيزات تؤثر على حياة الإنسان والحيوان.



الشكل رقم (8) يوضح تلوث التربة

فالتربة هي المستقبل الرئيسي للعديد من مخلفات المواد الكيميائية المستخدمة في المجتمع المتحضر، وعند دخول هذه المواد إلى التربة تصبح جزءا منها، وبالتالي تؤثر على جميع صور الحياة. ولقد أدى سوء الإدارة للأتربة إلى تدهور خواصها وصفاتها الطبيعية وبالتالي تلوثها. فالاستخدام الكثيف للأسمدة الكيميائية والمبيدات بكافة أنواعها تداخل مع العمليات الطبيعية التي تحدث في التربة، مؤديا إلى تدمير الكائنات الحية المفيدة في التربة، فعلى سبيل المثال، يقوم المزارعون منتجو محصول الفراولة إلى تعقيم التربة باستخدام بروميد الميثيل للقضاء على الكائنات الحية الضارة للمحصول، وتعقيم التربة بهذه الوسيلة لا يقضي على الكائنات الضارة بالمحصول فقط، وإنما يقضي أيضا على الكائنات الحية المفيدة التي تقوم بكثير من العمليات الحيوية في التربة ذات الصلة بخصوبة التربة.

والملوثات شائعة الانتشار والتي تصل إلى التربة بكميات كبيرة تشمل الأسمدة الكيميائية، والمبيدات بأنواعها، والملوثات غير العضوية السامة، والمخلفات العضوية، وعندما تصل هذه الملوثات إلى التربة تصبح جزءا من دورة الحياة، وتتجمع في أنسجة الحيوان والإنسان بتركيزات سامة، ولذلك فإنه من الضروري وضع ضوابط صارمة للحد من انطلاق هذه الملوثات ووصولها إلى التربة[3].

1.3.2. تلوث الهواء:

يتكون الغلاف الجوي للكرة الأرضية من خليط من عدة غازات أهمها غاز الأكسجين، وغاز النيتروجين، وهما يشكلان حوالي (21% و78%) من وزن الهواء على الترتيب، بالإضافة إلى بعض الغازات الأخرى التي توجد بنسبة أقل، مثل غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يوجد في الهواء بنسبة (0.03%)، وبعض الغازات الخاملة الأخرى مثل: الهيليوم، والنيون، والأرجون، والكربتون، التي توجد في الغلاف الجوي للأرض بنسب ضئيلة جدا. وخليط الهواء بتركيبه السابق حيوي جدا بالنسبة لجميع الكائنات الحية؛ حيث تحتاج النباتات إلى كل من غازي ثاني أكسيد الكربون والنيتروجين في صنع غذائها واستكمال نموها، بينما تحتاج كل الكائنات الحية بجميع أنواعها إلى غاز الأكسجين لأداء وظائفها الحيوية.

ويعتبر الهواء ملوثا إذا حدث تغير كبير في تركيبه لسبب من الأسباب، أو إذا اختلطت به بعض الشوائب أو الغازات الأخرى بقدر يضر بحياة الكائنات التي تستنشق هذا الهواء وتعيش عليه. وتتعدد أشكال المواد المسببة لتلوث الهواء، وقد تدخل جسم الإنسان عن طريق الجهاز التنفسي فتصل إلى الدم مباشرة، أو قد تدخل إلى الجسم عن طريق مسام الجلد، أو عن طريق الجهاز الهضمي مع الأغذية والمشروبات الملوثة. وأغلب العوامل المسببة لتلوث الهواء عوامل مستحدثة من صنع الإنسان، حيث بدأت في الظهور منذ أن ابتكر الإنسان الآلة واستخدمها في كل نواحي الحياة.

وقد ظلت هذه العوامل تتزايد مع زيادة التقدم العلمي للإنسان، ونتيجة أخذه بالأساليب الصناعية والتكنولوجية الحديثة، وظل أثر هذه العوامل يتراكم على مر السنين دون أن يلاحظه أحد، حتى ظهر أثرها واضحا في النصف الثاني من القرن العشرين، حيث شعر الإنسان بخطرها على حياته، وفطن إلى أثرها المدمر في البيئة المحيطة به.



الشكل رقم (9) يوضح تلوث الهواء

وقد صاحب التقدم الصناعي للإنسان استخدام كميات هائلة من مختلف أنواع الوقود مثل: الفحم، وبعض مقطرات زيت البترول والغاز الطبيعي، وعند إحراق هذا الوقود في محطات القوى، أو في المصانع، أو في محركات السيارات، تنتج منه كميات هائلة من الغازات التي تتصاعد إلى الهواء على هيئة دخان محمل بالرماد، وبكثير من الشوائب، وتنتشر هذه الغازات في جو المدن، وفي جو المناطق المحيطة بالمنشآت الصناعية، وغالبا ما تحمل الرياح هذه الغازات إلى مناطق أخرى بعيدة كل البعد عن هذه المنشآت، لتسقط عليها على هيئة أمطار حمضية، وتتعدد أنواع الغازات والشوائب التي تتصاعد إلى الهواء نتيجة إحراق الوقود في المصانع، ومحطات القوى، وفي محركات السيارات، ولكن أهم هذه الغازات هي غازات ثاني أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكبريت، وبعض أكاسيد النتروجين بالإضافة إلى بعض الشوائب المحملة بأبخرة بعض الفلزات الثقيلة مثل الرصاص.[4]

1.3.3. تلوث الماء:

كان هناك نوع من الاعتقاد السائد لدى الجميع، وهو اعتقاد خطير، بأن الأنهار والبحيرات والمحيطات هي أنسب مكان لإلقاء مخلفات المدن والمخلفات الصناعية وأي فضلات أخرى يراد التخلص منها، وأن البيئات المائية لها القدرة الكافية للتخفيف من هذا التلوث ومن ثم تستعيد توازنها المعهود، وقد يكون هذا الاعتقاد صحيحا بعض الشيء في حالة كون الملوثات قليلة، ولكن تزايد فعاليات الإنسان والنمو الصناعي والزراعي والتجمعات البشرية أدخل العديد من التأثيرات السلبية التي تنعكس بصورة واضحة على دورة المياه في الطبيعة، ابتداء من مرحلة تبخر المياه من الأرض انتهاء بعودتها ثانية إليها محملة بالملوثات المختلفة، وقد يكون للطبيعة دور إيجابي في تحسين كثير من حالات تلوث المياه، حيث تسهم في إزالة أو تقليل عدد من الملوثات المضافة من قبل الإنسان، إلا أن هذا السلاح الطبيعي ضعيف ويزداد ضعفا مع زيادة النمو الصناعي وزيادة الملوثات التي تقذف بتراكيز عالية، مما سبب خلا جسيما في التوازن البيئي لهذه المسطحات المائية.



الشكل رقم (10) يوضح تلوث الماء

يعرف تلوث الماء بأنه إحداث تلف أو إفساد لنوعية المياه، مما يؤدي إلى حدوث خلل في نظامها البيئي بصورة أو بأخرى بما يقلل من قدرتها على أداء دورها الطبيعي، بل تصبح مؤذية عند استعمالها أو تفقد الكثير من قيمتها الاقتصادية، خاصة مواردها من الأسماك والأحياء المائية، كما عرفت منظمة الصحة العالمية WHO تلوث المياه: "بأنه أي تغير يطرأ على العناصر الداخلة في تركيبه بطريقة مباشرة أو غير مباشرة بسبب نشاط الإنسان، الأمر الذي يجعل هذه المياه أقل صلاحية للاستعمالات الطبيعية المخصصة لها أو بعضها، أو بعبارة أخرى عبارة عن التغيرات التي تحدث في الخصائص الطبيعية والبيولوجية والكيميائية للماء مما يجعله غير صالح للشرب أو للاستعمالات المنزلية والصناعية والزراعية".

ومن جانب آخر فالمقصود بتلوث الماء هو إفساد نوعية مياه الأنهار والبحار والمحيطات بالإضافة إلى مياه الأمطار والآبار الجوفية، مما يجعل هذه المياه غير صالحة للاستعمال، ويعد تلوث المياه إحدى صور الفساد الذي يتسبب فيه الإنسان بطرق مباشرة أو غير مباشرة، لأنه على الرغم من معرفة الإنسان لأهمية المياه إلا أنه اختارها لطرح فضلاته، الأمر الذي أدى إلى تلوثها بالمواد العضوية، والمواد الكيميائية، والبكتيريا الضارة التي تنتقل إلى الإنسان عن طريق الجلد والجروح، وعن طريق الفم عند الشرب، أو الاستخدام، أو السباحة، في هذه المياه الملوثة، وكذلك عند تناول الإنسان الأسماك والكائنات البحرية أو النهريّة المصابة بالأحياء الدقيقة المنتشرة في مثل هذه المياه الملوثة، ولا ننسى أن النزلات المعوية، والإسهال، والقيء، والكوليرا، والتهابات الكبد، والجهاز العصبي، وغيرها من أجهزة الجسم أسبابها تلوث المياه الناتج عن مخلفات الإنسان، وتمثل المياه بالرغم من أهميتها للحياة وسيطاً للأمراض

المائية كالكوليرا والبهارسيا، وهناك قلق متزايد في الوقت الحاضر بشأن زيادة نسبة العناصر الكيميائية في مياه الشرب، والتي من شأنها التسبب بأمراض سرطانية، كما يمكن أن يؤدي وجود معادن ثقيلة في مياه البحر إلى تلوث الثروة السمكية وهو ما يمكن أن يؤثر فيما بعد على الإنسان. [5]

1.3.3.1. مياه الصرف الصناعية:

تساهم كثير من الصناعات مثل: صناعة التعدين، والورق، والنسيج، والصبغة وغيرها في إنتاج قدر كبير من المخلفات، ويزداد حجم هذه المخلفات كثيرا في الدول الصناعية الكبرى. ففي الولايات المتحدة تبلغ مخلفات الصناعة بها نحو 380 مليوناً من الأطنان في العام، ويتكون جزء كبير منها من المخلفات السائلة التي تسبب كثيرا من الأخطار. وعندما تخلو هذه المياه من المواد السامة أو الضارة فإنه يمكن إلقاؤها مباشرة في المجاري المائية دون الحاجة إلى معالجتها، ومن أمثلة ذلك: المياه المستخدمة في تبريد الأجهزة الصناعية، وهي مياه لا تحتوي إلا على قدر صغير من الشوائب، ولا يخشى منها في إحداث تلوث بالمجاري المائية. تحتوي مياه الصرف الصناعي على العديد من المواد الكيميائية الضارة بالبيئة وبصحة الإنسان، ولذلك يجب معالجة هذه المياه، كما أن بعض هذه المواد الكيميائية قد يسبب تآكلا شديدا لشبكة الصرف، وقد يدمر هذه الشبكة تماما، ولا يمكن حصر أعداد المواد الكيميائية التي قد توجد في مياه صرف المصانع الكيميائية، فهناك نحو 35000 مادة كيميائية يمكن اعتبارها من المواد الضارة بالصحة العامة بشكل أو بآخر، فمنها ما هو شديد السمية ومنها ما يمثل خطورة كبيرة على الأطفال، وعلى السيدات الحوامل، ومنها ما يسبب السرطان، وكثير منها لا تظهر آثاره الضارة إلا بعد فترة من الزمان. وهناك أنواع أخرى من المواد الكيميائية التي قد تسبب الحساسية أو الإصابة بالالتهابات الجلدية، ومنها ما يسبب اشتعال النيران ونشوب الحرائق، ومنها ما هو شديد الانفجار. ويتبين من ذلك صعوبة التخلص من هذا التنوع الهائل في المواد التي قد توجد في مخلفات الصرف الصناعي، ولذلك لا يمكن إجراء عمليات المعالجة بشكل إجمالي في نهاية خطوط الصرف، ولكن يجب أن تجرى عمليات المعالجة محليا، أي أن يقوم كل مصنع بمعالجة مخلفاته، فهو الأقدر على معرفة المواد التي تحتوي عليها مياه صرفه الخاصة. ومع ذلك يجب أن تكون هناك رقابة شديدة على هذه العمليات، وتفقيش

دوري للتأكد من إجرائها بالشكل المطلوب. [6]

1.3.3.2. الأصباغ كملوثات للبيئة المائية:

أدى وجود الأصباغ الصناعية في النفايات السائلة إلى إطلاق كمية كبيرة من السمية لنظام المياه، مما أثر على البشر وكذلك على النباتات والحيوانات، تستخدم الأصباغ على نطاق واسع في صناعات

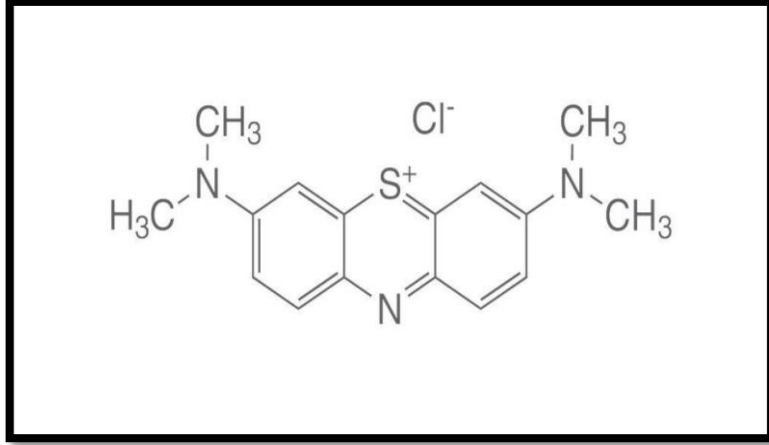
مختلفة، مثل: المنسوجات، والمطاط، والبلاستيك، والطباعة، والجلود، ومستحضرات التجميل، وكذلك في إنتاج المنتجات الملونة، يتم إنتاج حوالي (700000) صبغة سنويًا في السوق العالمية. وتشير التقديرات إلى أن حوالي 2% من هذه الأصباغ يتم تصريفها في النظام المائي مع معظم المصادر المتولدة من الصناعات النسيجية، تؤثر الأصباغ على تغلغل ضوء الشمس في المسطحات المائية وبالتالي تتداخل مع نمو البكتيريا وتعيق عملية التمثيل الضوئي في النباتات المائية. تشكل الأصباغ تهديدًا خطيرًا للبشرية ونوعية المياه، وبالتالي فهي مسألة ذات أهمية حيوية حيث تسبب تأثيرات حادة ومزمنة عند تعرض جلد الإنسان لها، مثل: الحساسية، والتهاب الجلد، وتهيج الجلد، والسرطان، والطفريات، وما إلى ذلك. [5]



الشكل رقم (11) يوضح الأصباغ كملوثات للبيئة المائية

1.4. صبغة الميثيل الأزرق:

صبغة الميثيل الأزرق عبارة عن مركب كيميائي عطري حلقي غير متجانس ذو هيكل مستو، بوزن جزيئي يبلغ 319.85 جرام/مول، وصيغة كيميائية $C_{16}H_{18}N_3SCl$ ، وهي من الصبغات الزرقاء

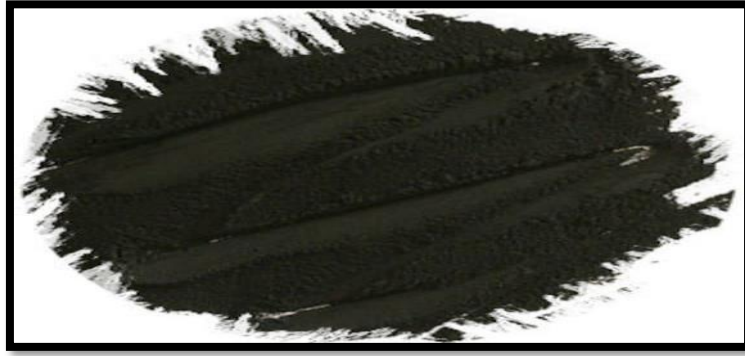


الشكل رقم (12) يوضح الشكل البنائي لصبغة الميثيل الأزرق

الكاتيونية السائدة، والتي تم استخدامها على نطاق واسع في صناعة النسيج كعامل تلوين للألياف، وكذلك في مجال الطب كعوامل تطيخ ولأغراض وقائية وعلاجية.

1.4.1. خصائص صبغة الميثيل الأزرق:

عبارة عن مسحوق أخضر داكن صلب عديم الرائحة في درجة حرارة الغرفة، وينتج محلولاً أزرق اللون عند إذابته في الماء، لها انتشار جزيئي يبلغ ($4.7 \times 10^6 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$) عند (25°C)، ويبلغ طول الجزيء منها (13.82) أنجستروم أو (14.47) أنجستروم، وعرضه (9.5) أنجستروم. لها قيمة P_{ka} تساوي (3.8)، وهي قابلة للذوبان في الميثانول، 2-بروبانول، الماء، الإيثانول، الأسيتون، وخدمات الإيثيل. وتبلغ قابليتها للذوبان في الماء (43.6 g/l) عند (25°C). وتتراوح نقطة انصهارها ما بين (100-110) درجة مئوية. تتميز صبغة الميثيلين الأزرق بلون أزرق غامق مميز في الحالة المؤكسدة، وتكون عديمة اللون في الحالة المختزلة. [7]



الشكل رقم (13) يوضح مسحوق صبغة الميثيل الأزرق

1.4.2. استخدامات صبغة الميثيل الأزرق:

تم استخدام صبغة الميثيل الأزرق في الطب البشري والبيطري للعديد من الإجراءات التشخيصية والعلاجية، حيث لها خصائص مختلفة مفيدة للتطبيقات الطبية الحيوية، وتستخدم كعامل علاجي فعال لعلاج فقر الدم والملاريا.

كما أن لها العديد من التطبيقات في صناعة النسيج والأدوية والورق والصبغة والطباعة والطلاء والصناعات الغذائية، وهي الصبغة الأكثر شيوعاً في صناعة النسيج، وتعتبر من أشهر ملونات الملابس، حيث تلتصق وتثبت بقوة على القماش. [7]

1.4.3. إزالة صبغة الميثيل الأزرق:

تعتبر معالجة مياه الصرف الصحي المحتوية على صبغة الميثيل الأزرق قبل تصريفها في البيئة ذات أهمية كبيرة بسبب آثارها الضارة على جودة المياه. هناك طرق مختلفة لإزالة هذه الصبغة وأصباغ النسيج الأخرى من النفايات الصناعية، وتشمل هذه الطرق الامتزاز، والمعالجة النباتية، والتخثير الكهربائي، والتقطير بالغشاء الفراغي، والترشيح النانوي، وغيرها.

ونظراً لاستقرار الحراري والضوئي وعدم قابلية هذه الصبغة للتحلل الحيوي، فمن الصعب تحليلها إلى صبغة غير عضوية أصغر باستخدام الطرق الشائعة. كل من طرق المعالجة المذكورة سابقاً لها مزاياها وعيوبها من حيث التكلفة والجدوى والكفاءة والأثر البيئي. [7]

ومن بين التقنيات المختلفة المتاحة، ثبت أن المعالجة بتقنية الامتزاز هي الطريقة الأكثر فعالية.

الامتزاز هو عملية تشير إلى ربط الجزيئات بالسطح. ويعتمد ذلك على حقيقة أن بعض المواد الصلبة تمتاز بشكل تفضيلي مذاًباً آخر من المحلول على أسطحها. تتم إزالة الأصباغ بشكل خاص باستخدام مواد مازة مختلفة. وقد تم استكشاف العديد من هذه المواد المازة مثل قشر البرتقال، وقشور الزيتون، والفحم وما إلى ذلك. ومع ذلك، فقد أظهر الكربون المنشط خصائص إزالة ممتازة مقارنة بالمواد المازة الأخرى. [5]

1.5. الكربون المنشط:

يعتبر من أحسن المواد التي تستخدم في الامتزاز، وهو على درجة عالية من المسامية، صلب غير متبلور، ويتم إعداده في صورة حبيبات صغيرة أو مسحوق، والكربون المنشط مادة غير قطبية ورخيصة، ومن أهم عوائق استخدامه هي أنه قابل للاشتعال، والكربون المنشط يمكن تصنيعه من مواد كربونية، بما في ذلك الفحم، والخشب، أو القشور [8].

يستخدم الكربون المنشط لامتزاز المواد العضوية، والمواد غير القطبية القابلة للامتزاز، وأيضاً يستخدم عادة لمعالجة المياه الملوثة، وعلى ذلك فهو أكثر المرات استعمالاً، وفائدته مستمدة أساساً من وجود مسام كبيرة الحجم ومساحة سطح كبيرة.

تستخدم أعمدة من البلاستيك المقوى بالألياف الزجاجية، أو الفولاذ المقاوم للصدأ، معبأة بالكربون المنشط الحبيبي في معالجة المياه الملوثة. والكربون المنشط هو تكنولوجيا متقدمة، يتم استخدامها لإزالة الكلور، واللون، والرائحة، والعناصر العضوية، وبقايا المبيدات من المياه الملوثة، عن طريق عملية الامتزاز، وباختصار يمكن القول إن الكربون المنشط الحبيبي يتيح مساحة أكبر لإزالة الملوثات بكفاءة عالية.

وتستخدم عمليات الغسيل العكسي، أي غسيل أعمدة الكربون المنشط الحبيبي من الاتجاه المعاكس لتنظيف الكربون المنشط الحبيبي؛ من أجل كفاءة أعلى وحياة أطول، ويتم تثبيت أعمدة الكربون المنشط الضخمة في أحواض المياه، بحيث تدخل المياه إلى العمود من أعلى، ويتم سحبها من أسفل أو من القاع حيث يوجد الكربون. [8]

تعريف الكربون المنشط:

هو مادة ذات لون أسود، وتكون صلبة وعديمة الطعم وتتميز بدرجة عالية من المسامية، ويشمل مصطلح "الكربون المنشط" عائلة كبيرة من المواد الفحمية، والتي ليس لها تركيب كيميائي معين، حيث يمكن تصنيعها من عدة مواد وبطرق مختلفة. [9]

1.5.1. تصنيف الكربون المنشط:

الكربون المنشط من المنتجات المعقدة التي يصعب تصنيفها على أساس سلوكها ومساحتها السطحية وطريقة تحضيرها، ومع ذلك تم تصنيفه اعتماداً على خصائصه الفيزيائية إلى عدة أنواع، منها:
الكربون المنشط بشكل مسحوق:

هذا الصنف من الكربون المنشط يبلغ حجم دقائقه أقل من (1.0 مم) ومتوسط أقطارها يتراوح بين (0.15-0.25 مم)، وتمتلك مساحة سطحية داخلية كبيرة، ويمر ما يقارب (95-100%) من هذه الدقائق عبر شبكة مناخل جزئية، ويستخدم هذا النوع في مرشحات الجاذبية.



الشكل رقم (14) يوضح الكربون المنشط بشكل مسحوق

الكربون المنشط الحبيبي:

حجم دقائق هذا الصنف من الكربون المنشط تكون أكبر نسبياً، والمساحة السطحية الخارجية أصغر عند مقارنتها مع الكربون المنشط بشكل مسحوق، حيث يتراوح حجم دقائق الكربون المنشط الحبيبي بين (1.5-2.5 مم) وتستخدم دقائق الكربون هذه لمعالجة المياه وإزالة الروائح وفصل مكونات نظام التدفق وامتزاز المواد الغازية والأبخرة.



الشكل رقم (15) يوضح الكربون المنشط الحبيبي

الكربون المنشط المقذوف:

يحضر هذا الصنف من قذف كمية من الكربون المنشط بشكل مسحوق داخل شكل أسطواني، فتنج كتلة من الكربون المنشط بقطر يتراوح بين (0.8-130 مم). ويستخدم في تطبيقات الامتزاز في الطور الغازي.

الكربون المنشط المغلف بالبوليمرات:

يحضر من تغليف الكربون المنشط المسامي بمواد بوليميرية لتعطي غلظاً صقيلاً ناعماً نفاذاً بحيث لا يسمح بحدوث انسدادات للمسامات، ويستخدم في عمليات الترشيح.

الكربون المنشط بشكل مناخل جزئية:

يمتلك هذا الصنف من أصناف الكربون المنشط هيئة على شكل مناخل جزئية، ويحتوي هذا النوع على نسبة عالية من حجوم المسامات الصغيرة مقارنة مع مسامات الأنواع الأخرى، ويستخدم هذا النوع في فصل الغازات مثل فصل النيتروجين والأوكسجين في درجة حرارة الغرفة [10].

1.5.2. تحضير الكربون المنشط:

يمر تحضير الكربون المنشط بمرحلتين:

الكربنة أو الانحلال الحراري:

هي العملية التي تتعرض فيها العينة لدرجات حرارة عالية بين (400-600 درجة مئوية) في جو خامل، بحيث تسمح هذه الخطوة بإزالة جزء من العناصر غير المتجانسة الأكسجين، الهيدروجين، النيتروجين في شكل غاز بالإضافة إلى تكوين منتج كربوني صلب ذو بنية مسامية.

التنشيط:

يعمل التنشيط على زيادة حجم المسامات وتوسيعها وهناك طريقتان للتنشيط هما:

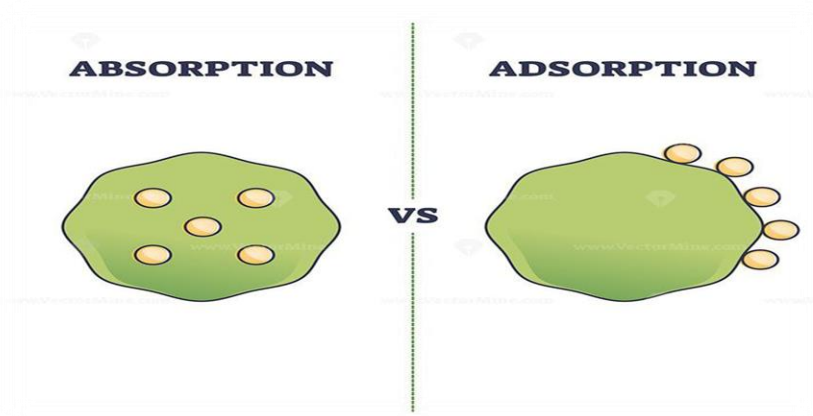
التنشيط الفيزيائي: عملية تتركز على عامل مؤكسد (هواء، بخار الماء، ثاني أكسيد الكربون) في درجة حرارة عالية (850-1100 درجة مئوية) لإنتاج منتج مسامي ذو كتلة أقل، حيث يشير فقدان هذه الكتلة إلى معدل التنشيط.

التنشيط الكيميائي: يتم بغسل المادة المفحمة، وهي المرحلة التي تعتبر شرطاً لإتمام الأكسدة باستعمال حمض الفوسفوريك، أو كلوريد الزنك، أو هيدروكسيد البوتاسيوم، أو حمض الكبريتيك.

ونعرض المادة لدرجة حرارة منخفضة مقارنة بالتنشيط الفيزيائي من أجل إعادة تنظيم بنية المادة الكربونية المنشطة، وبعد التفاعلات، تغسل المادة الكربونية المنشطة بالماء المقطر جيداً لإزالة كل أثر للمواد الكيميائية. [10]

1.6. الامتزاز

تعرف عملية "الامتزاز" بأنها: "العملية التي يحدث فيها التصاق جزيئات أو ذرات أو أيونات المادة الممتزة على سطح الجسم الماز، حيث تتكون طبقة جزيئية رقيقة على السطح الماز في حالة الامتزاز أحادي الجزيئية، أو تتكون طبقة بسمك عدة جزيئات على السطح الماز، وتسمى العملية عندئذ بالامتزاز متعدد الجزيئات. وفي ضوء تعريف عملية الامتزاز (adsorption)، فإن المادة التي يحدث لها امتزاز تسمى المادة الممتزة (adsorbate)، بينما يسمى السطح الذي تحدث عليه عملية الامتزاز بالسطح الماز (adsorbent). فعند سطح السائل تكون القوى الجزيئية في حالة عدم توازن أو في حالة عدم تشبع، ويكون الشيء نفسه بالنسبة لسطح الجسم الصلب، حيث تكون قوى الجزيئات أو الذرات الموجودة على سطح الصلب غير مكتملة، وتشتمل تلك القوى على التكافؤ والقوى الجاذبية الأخرى، كما هو الحال في بطن السائل أو الصلب. ونتيجة لعدم التشبع هذا، فإن سطوح الصلب أو السائل تميل إلى استكمال هذه القوى غير الكاملة باكتساب مواد أخرى على سطحها تبقى عليها. وتسمى عملية تركيز بعض المواد على سطوح الصلب أو السائل بالامتزاز. [11]



الشكل رقم (16) يوضح الفرق بين الامتزاز والامتصاص

يصنف الامتزاز بالاعتماد على نوع وطبيعة القوى التي تربط جزيئات أو ذرات المادة الممتزة بالسطح الماز، وتتحد هذه القوى حسب طبيعة المادة المازة فضلا عن طبيعة السطح الماز من حيث نشاطه الإلكتروني، وعليه يمكن أن يصنف الامتزاز إلى نوعين: [12]

• الامتزاز الفيزيائي:

الامتزاز الفيزيائي أو الطبيعي، وهو عبارة عن قوى فيزيائية ضعيفة أو قوى تجاذب طبيعية تحدث بين السطح الماز وبين الذرات أو الأيونات التي تمتز على السطح. الجزيئة أو الذرة التي يتم امتزازها على السطح الماز لا ترتبط بالسطح الماز ارتباطاً كيميائياً لكن تشغل مساحة محددة من السطح، وهذه المساحة تعتمد على حجم الجزيئات أو الذرات أو الأيونات الممتزة، لذلك الامتزاز الفيزيائي لا يتميز بأي خصوصية؛ أي غير انتقائي. [13]

• الامتزاز الكيميائي:

يشتمل الامتزاز الكيميائي على تكوين مركب كيميائي على سطح الصلب، يسمى "مركب السطح" ويشتمل على تبادل أو مشاركة إلكترونية بين السطح الماز والجزيء أو الذرة المميزة. في بعض الأحيان، يحدث انتقال كامل للإلكترونات حيث تفقد الذرة إلكتروناتها إلى السطح الماز، وتتحول إلى أيون موجب ممتز على سطح الجسم الصلب.

وتحدث هذه العملية بشكل كبير على سطح المادة الصلبة، وهذا النوع من الامتزاز يعد الخطوة الأولى للتفاعل الكيميائي، لذلك فإنه يحتاج إلى طاقة تنشيط عالية. يحدث الامتزاز الكيميائي على سطح معين عند ظروف معينة أو مناسبة من درجة حرارة وضغط لذلك يمتاز هذا النوع من الامتزاز بالانتقائية.

المحتوى الحراري للامتزاز الكيميائي يكون أعلى بكثير من الامتزاز الفيزيائي، وعند تكوين طبقة أحادية على السطح الماز ينتهي الامتزاز الكيميائي. [14]

1.6.2. آلية الامتزاز

يحدث الامتزاز بشكل رئيسي في أربع خطوات:

الخطوة الأولى: انتشار المادة الممتزة من الطور السائل الخارجي إلى المنطقة القريبة من سطح المادة المازة (مرحلة سريعة جدا).

الخطوة الثانية: انتقال المادة الممتزة نحو سطح المادة المازة (مرحلة سريعة).

الخطوة الثالثة: انتقال المادة داخل البنية المسامية للسطح الخارجي للحبيبات نحو المواقع النشطة (مرحلة بطيئة).

الخطوة الرابعة: الاتصال مع المواقع المنشطة (مرحلة سريعة جدا). [15]

1.6.3. العوامل المؤثرة على عملية الامتزاز:

تأثير درجة الحرارة: تؤثر درجة الحرارة في كل من مدى ومعدل الامتزاز الذي يحدث عنده الامتزاز، إذ يزداد معدل الامتزاز مع ارتفاع درجة الحرارة وينخفض مع انخفاض الحرارة.

• تأثير الشدة الأيونية:

تتأثر عملية الامتزاز بالشدة الأيونية، فقد يقل الامتزاز أو يزداد بزيادة الشدة الأيونية للالكتروليت المضاف إلى المحلول، كما قد تؤثر الكتروليتات القوية على عملية الامتزاز عن طريق تنافسها مع المادة الممتزة بالامتزاز على السطح الماز.

• تأثير الدالة الحامضية:

يؤدي تغيير حموضة المحلول دوراً رئيساً في عملية الامتزاز، وذلك يحدث بسبب تأثير الدالة الحامضية على المادة الممتزة والسطح الماز والمذيب. هذا التأثير يظهر من خلال تنافس المادة الممتزة والسطح الماز والمذيب على أيونات (OH) و (H) ونتيجة لذلك فإنها تؤثر إيجاباً أو سلباً على عملية الامتزاز وتؤثر أيضاً على كمية أو سعة المادة الممتزة على السطح الماز من مركب الى مركب اخر [16].

• طبيعة المادة الممتزة:

تتأثر عملية الامتزاز بطبيعة المادة الممتزة؛ حيث يزداد الامتزاز بزيادة الكتلة الجزيئية للمادة الممتزة، كما أن عملية الامتزاز تتأثر بالخصائص الكيميائية للمادة الممتزة، حيث أن قابلية ذوبان المادة الممتزة في المذيبات المختلفة تؤثر على عملية الامتزاز؛ فكلما كانت ذوبانية المادة الممتزة في المحلول أقل، كلما زادت سعة الامتزاز. هذه العوامل جميعها لها دور فعال في تحديد التداخل مع سطح المادة المازة

وكفاءة الامتزاز، وهذا الاختلاف في الصفات يؤدي إلى حدوث الامتزاز لأحد مكونين عوضاً عن الآخر، أي حدوث امتزاز انتقائي، ولاسيما في الأنظمة ذات المكونات المتعددة [17].

• طبيعة المادة المازة:

تعتمد كفاءة الامتزاز على الخصائص الكيميائية والفيزيائية، وبصورة أساسية على التركيب الكيميائي والمساحة السطحية للسطح الماز. والمساحة السطحية تؤثر كبير في عملية الامتزاز، فكلما زادت المساحة السطحية بنقصان حجم دقائق المادة المازة، كلما ازداد عدد المواقع الفعالة على السطح الماز، وهذا يؤدي إلى زيادة في سعة الامتزاز.

• تأثير زمن الاتزان:

هو الزمن الذي يحصل خلاله التوازن بين المادة الممتزة والمادة المازة، أو بمعنى آخر هي الفترة الزمنية التي لا وجود بعدها لانخفاض في تركيز المحلول.

• تركيز المادة الممتزة:

مع زيادة التركيز تزداد كمية المادة الممتزة، وذلك يؤدي إلى زيادة في سعة الامتزاز بسبب زيادة معدل انتشار وانتقال الكتلة على السطح الماز. [14]

7.1. الدراسات السابقة:

في السنوات الأخيرة، أجريت بحوث كثيرة لوضع بدائل جديدة لتصنيع واستخدام المواد الامتزازية غير المكلفة مثل المواد الطبيعية الوفيرة، والمنتجات الثانوية الصناعية والنفايات التي تتطلب معالجة قليلة، وفي بعض الدراسات السابقة نجد من بين هذه المواد الكربون المنشط، حيث تم استخدامه في معالجة المياه لإزالة العديد من الملوثات والأصبغ من محاليلها المائية. وعند استعراض الدراسات السابقة نجد أن هناك العديد من الطرائق والمواد التي استخدمت في تحضير الكربون المنشط وفيما يأتي بعض منها:

تمكن كل من Sato و Yamaguchi من إنتاج الكربون المنشط من إضافة بعض القواعد مثل: KOH إلى مادة اللكنين أو مشتقاتها ومن ثم معالجة الناتج حرارياً عند 600 درجة مئوية وكان الكربون المنشط الناتج ذو صفات امتزازية عالية. [18]

وحضر رمضان وآخررون كربون منشط من خشب الصندل باستخدام نسب متفاوتة من هيدروكسيد الصوديوم NaOH وقد أثبتت الدراسة أن زيادة القاعدة تؤدي إلى إنتاج أنواع جيدة ذات طبيعة متعادلة [18].

وتمكن Ramakrishnan وآخرون من تحضير أنواع من الكربون المنشط من قشور الجاتروفا (*Jatropha husk*) وتم تنشيطها كيميائياً، وتمت دراسة الخواص الفيزيائية والكيميائية، ووجد أن أنواع الكربون المنشط المحضرة ذات تكلفة منخفضة ويمكن أن تستخدم في إزالة المواد العضوية وغير العضوية من المياه. [19]

8.1. اهداف البحث:

- إيجاد طريقة سهلة وسريعة لإزالة الصبغة من محلولها المائي وهذه الطريقة تتمثل في عملية تقنية الإمتزاز.
- استخدام الكربون المنشط المحضر من مخلفات الورق كمادة مازة لغرض إزالة صبغة الميثيلين الأزرق من محلولها المائي.
- تحديد الظروف المثالية لعملية الإمتزاز المتمثلة في (تأثير وزن المادة المازة ، تأثير تركيز الصبغة ، تأثير زمن الإتصال ، تأثير الأس الهيدروجيني ، تأثير درجة الحرارة).

الفصل الثاني

المواد والطرق المستخدمة

2. الفصل الثاني (المواد والطرق)

2.1. الأجهزة المستخدمة:

الجدول رقم (1) يوضح الأجهزة المستخدمة

الرقم	اسم الجهاز	نوعه
1	(UV) جهاز قياس الاشعة البنفسجية المرئية	Thermo Evolution300
2	جهاز تقطير	GFL (2013)
3	جهاز الطرد المركزي	HERMLE
4	جهاز مسخن كهربائي مع الرجاج	BOECO
5	فرن الحرق	Stuart
6	ميزان حساس	OHAJS
7	جهاز قياس الأس الهيدروجيني	Jen way
8	مناخل جزئية	Ret sch

2.2. الأدوات المستخدمة :

الجدول رقم (2) يوضح الأدوات المستخدمة

الرقم	الأداة	الرقم	الأداة
1	ماصة ميكروليترية	7	قمع
2	ماصة حجمية	8	مناخل جزئية
3	كؤوس	9	قضيب زجاجي
4	ملعقة	10	قطارة
5	ورق ألومنيوم	11	مغناطيس للرج
6	بواتق حرق	12	دوارق قياسية

المراجع:

1. شحاتة، م.ح.ع.ح.أ.، البيئة ومشكلات التلوث 2017، القاهرة
2. الخطيب، أ.أ.، النظام البيئي والتلوث 2004 الإسكندرية الجامعة المصرية
3. إسلام، أ.م.، التلوث مشكلة العصر 1990 الكويت
4. ربيع، ح.ج.ف.ع.م.، التلوث المائي ، مصادر، مخاطره ، معالجته 2011، عمان _ الأردن مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع
5. Samal, D.P., *Characterization of activated carbon and study of adsorption of methylene blue dye using activated carbon*. 2014.
6. Oladoye, P.O., et al., *Methylene blue dye: Toxicity and potential elimination technology from wastewater*. 2022. **16**: p. 100678.
7. Khan, I., et al., *Review on methylene blue: Its properties, uses, toxicity and photodegradation*. 2022. **14**(2): p. 242.
8. شريف، ج.ز.ب.م.أ.، ملوثات المياه ، مصادر، وطرق معالجتها 2018 القاهرة دار النشر للجامعات
9. عثمانى، ش.ع.م.ب.ا.س.، تحضير فحم منشط انطلاقاً من سعف النخيل وتطبيقه في إزالة صبغة أزرق الميثيلين من محلول مائي 2020 جامعة الشهيد حمه لخضر _ الوادي الجزائر
10. الطائي، س.إ.خ.، تحضير أنواع جديدة من الكربون المنشط واختبار كفاءتها من خلال امتزاز بعض الأصباغ عليها. اطروحة دكتوراه، 2017.
11. شحاتة، ا.ح.أ.، كيمياء السطوح والحفز. 2004، دار الفجر للنشر والتوزيع.
12. زينب، ق.م.ب.ع.ش.، المعالجة الكيميائية للمخلفات الزراعية وتطبيقها في إزالة تلوث الماء بالامتزاز جامعة الشهيد حمه لخضر_ الوادي 2022.
13. توفيق، إ.م.، دراسة قابلية وحركية امتزاز بعض الصبغات العضوية على سطح مسحوق الصخور السليسية العراقية. جامعة بغداد 2019.
14. إيمان، ن.م.ا.ب.م.ف.ا.س.، دراسة مقارنة لطرق تحضير الكربون النشط وتطبيقاته. جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2022.
15. خولة، ش.ر.ز.ح.غ.ن.ا.ش.ر.ل.، دراسة إحصائية حول تئمين المخلفات الزراعية واستعمالها في إزالة المعادن الثقيلة. جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2022.
16. كمرشو and عباس، استعمال كربون نشط محضر من مشتقات نخيل التمر (نواة ثمرة دقلة نور) في معالجة المياه المستعملة الحضرية. دراسة مقارنة. جامعة قاصدي مرباح ورقلة.
17. Bechki, M.K., *Préparation et caractérisation du charbon actif à partir des noyaux du palmier dattier et des coquilles des noix*. 2018, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA.
18. بحة، ا.ب.ا.، تحضير وتشخيص مادة مازة انطلاقاً من مخلفات النخيل (السعف) و تطبيقها في إزالة تلوث الماء بصبغة أزرق الميثيلين. جامعة الشهيد حمه لخضر_ الوادي، 2019.
19. هدار، نفيسة، and قريدة، معالجة المياه المصاحبة لإنتاج النفط بالمنطقة الصناعية «حوض الحمراء» باستخدام كرب النخيل. جامعة قاصدي مرباح ورقلة.
20. Obaid, S.A. *Langmuir, Freundlich and Tamkin adsorption isotherms and kinetics for the removal aartichoke tournafortii straw from agricultural waste*. in *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. IOP Publishing.
21. Darweesh, M.A., et al., *Adsorption isotherm, kinetic, and optimization studies for copper (II) removal from aqueous solutions by banana leaves and derived activated carbon*. 2022. **40**: p. 10-20.
22. بو عش، et al., تحضير واستخدام الكربون المنشط المحضر انطلاقاً من الحمأة لإمتزاز أصباغ من محاليلها المائية. جامعة قاصدي مرباح-ورقلة.
23. خليفه، (المساهمة في دراسة إمتزاز صبغة أزرق الميثيلين باستعمال مخلفات النخيل (قواعد السعف). جامعة قاصدي مرباح-ورقلة.
24. محمد، س.ا.ف.، إزالة صبغة الميثيلين الأزرق من المحاليل المائية باستخدام مسحوق لحاء شجرة الهلجج 2021.

Latif, M., A.M. Ibrahim, and M.J.J.o.A.s. El-Kady, <i>Adsorption -Abd El equilibrium, kinetics and thermodynamics of methylene blue from aqueous solutions using biopolymer oak sawdust composite</i> . 2010. 6 (6): p. 267-283.	.25
Silva, F., et al., <i>Biosorption of methylene blue dye using natural biosorbents made from weeds</i> . 2019. 12 (15): p. 2486.	.26
Hu, Y., et al., <i>Application of wasted oolong tea as a biosorbent for the adsorption of methylene blue</i> . 2019. 2019 (1): p. 4980965.	.27
Fiaz, R., M. Hafeez, and R.J.W.E.R. Mahmood, <i>Ficcus palmata leaves as a low-cost biosorbent for methylene blue: Thermodynamic and kinetic studies</i> . 2019. 91 (8): p. 689-699.	.28
Rubio, A., et al., <i>Removal of methylene blue using cassava bark residue</i> . 2018. 65 : p. 751-756.	.29
Lim, L.B., et al., <i>Breadnut peel as a highly effective low-cost biosorbent for methylene blue: equilibrium, thermodynamic and kinetic studies</i> . 2017. 10 : p. S3216-S3228.	.30