

الدكتور عايد راضي خنفر

التلوث البيئي

الهواء - الماء - الغذاء

مع أطيب تحياتي د. سلام حسين الهلالي salamhelali@yahoo.com



التلوث البيئي

(الهواء - الماء - الغذاء)

عايد خنفر

إهداء

ولله نعماء علينا عظيمة والله إحسان وفضل عطاء
(أبي العتاهية)

إله من أنار وروى حياي

والدي

إله السجرة السني للأنصب

والدي

إله من فرحت معي جنباً إله جنب

إخوتي وأخواني

إله من لازمني في السراء والضراء

زوجتي

إله السعنا والنا أضاءنا خريتي

فلذات قلبي

أحمد ونال

مع تحيات د. سلام حسين عويد الهلالي

<https://scholar.google.com/citations?>

[user=t1aAacgAAAAJ&hl=en](https://scholar.google.com/citations?user=t1aAacgAAAAJ&hl=en)

salamalhelali@yahoo.com

<https://www.facebook.com/salam.alhelali>

[https://www.facebook.com/groups/
/Biothesis](https://www.facebook.com/groups/Biothesis)

[https://www.researchgate.net/profile/
/Salam_Ewaid](https://www.researchgate.net/profile/Salam_Ewaid)

07807137614



تمهيد

قال تعالى: **ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ
بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ** [الروم:41]

قدر للإنسان أن يدفع من بدنه وصحته ثمن الرقي والتقدم العلمي – الصناعي، الذي ينعكس تلوثاً في الهواء والغذاء وانتشاراً للغازات السامة والإشعاعات القاتلة في الأرض والجو والبحر، وأمراضاً قاتلة وآلاماً وعذاباً تقض مضاجع الأمنين.

ودرءاً لهذه المآسي وحرباً على الداء المستفحل فإن العلماء يشحذون الهمم ويبحثون ويختبرون توصلاً لا ابتكار الدواء لكل داء.

البيئة هي قضية اليوم، إذ تؤثر على صحة الإنسان في القرية، المدينة، الطريق، المصنع والحقل. البيئة هي قضية المستقبل إذ تؤثر على الموارد الطبيعية كالأرض وخصوبتها، الهواء ونقاؤه والمياه وما فيها من ثروات أحيائية، وليس الاهتمام بقضايا البيئة ترفاً يقصد به صون جمال ما حولنا ونقاؤه ولكنه اهتمام يتصل ببقاء الإنسان وصحته وإنتاج موارده وبمسئوليته تجاه الأجيال القادمة.

يعتبر التلوث من أهم مخاطر العصر التي تهدد كرتنا الأرضية ولا بل حياة الكائنات الحية كافة والإنسان خاصة، لذا كان لا بد من دراسة مسببات هذا التلوث للقضاء عليه أو السيطرة على مصادره من خلال الدراسات المعملية والميدانية التي تعتبر المصدر الوحيد لإضافة الجديد من المعلومات إلى هذا الطراز من العلوم ولا شك أن هذه الإضافات العلمية الجديدة هي ثمار جهد أيادٍ قد دربت تدريباً معملياً وميدانياً على أساس علمي سليم أكسبها خبرة ومراناً، ولما تحتله الدراسات المعملية والميدانية من مكانة بالغة الأهمية في العلوم الحياتية ومنها العلوم البيئية في إتاحتها المجال للأستاذ، الباحث والطالب من تأدية مهامه على أحسن وجه تمشياً مع متطلبات العصر الحديث من التقنية والعلمية. لذا، وضعنا هذا الكتاب المتواضع بفصوله الثمانية كمحاولة لتغطية دراسة مصادر التلوث للهواء والماء وعناصرهما المختلفة من كافة جوانبها من طرق جمع، طرق تحليل، وبالتالي إعدادها للدراسات المعملية والميدانية لمعرفة تراكيبها الدقيقة، ومكوناتها الأساسية للسيطرة عليها.

تمهيد

كما يحتوي هذا الكتاب على صور توضيحية للمساعدة على الاستفادة إلى أقصى حد ممكن إلى جانب شروحا تفصيلية لطرق إعداد وعمل بعض الأجهزة والأدوات المعملية والميدانية بحيث يمكن استخدام هذا الكتاب في كليات العلوم بمراحلها المختلفة ومعاهد ومراكز الدراسات البيئية والهندسية والعلوم المتعلقة بها.

مختنما ما بذلناه من جهد متواضع بالدعاء إلى الباري عز وجل أن نكون قد وفقنا في إعداد هذا الكتاب، آخذين بعين الاعتبار الملاحظات القيمة التي يديها الأستاذ الفاضل، الباحث والطالب الكريمين خلال مراحل الدراسة والبحث المختلفة.

وصدق الله العظيم حينما قال في كتابه الكريم: (وَقُلْ اَعْمَلُوا
فَسَيَرَى اللّٰهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ
وَسَتُرَدُّونَ اِلَىٰ عَالِمِ الْغَيْبِ وَالشَّهَادَةِ فَيُنَبِّئُكُمْ
بِمَا كُنْتُمْ تَعْمَلُونَ)

[التوبة:105]

المؤلف

د. عايد راضي خنفر

المحتويات

III.....	تمهيد
1.....	الفصل الأول المقدمة
3.....	المقدمة
6.....	مصادر تلوث الهواء:
7.....	ثانياً: تلوث الماء:
11.....	الفصل الثاني
13.....	البيئة – العناصر والمراحل
29.....	الفصل الثالث مراحل التلوث
31.....	التآكل بالاحتكاك:
31.....	التبخر:
32.....	الاحتراق:
43.....	الفصل الرابع الملوثات – حالاتها ومصدرها
45.....	الملوثات: حالاتها ومصدرها
50.....	الكبريت ومركباته:
57.....	الهيدروكربونات:
58.....	غاز أول أكسيد النيتروجين (NO):
58.....	غاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO ₂):
59.....	ظاهرة الأمطار الحمضية:
60.....	أهم المعادن الملوثة للهواء:
67.....	الفصل الخامس التلوث الإشعاعي
69.....	النواة والنشاط الإشعاعي:

تمهيد

70	إنتاج النشاط الإشعاعي:
74	أخطار التعرض للتلوث الإشعاعي:
75	كوارث وأمراض خطيرة يسببها التلوث الإشعاعي:
81	الفصل السادس تقدير تلوث الهواء – I
85	طرق جمع الملوثات الغازية:
87	تقدير الملوثات الغازية:
88	طريقة الاختزال:
88	الطريقة المطيافية:
89	الطريقة الطيفية:
90	طريقة التحليل المطيافي:
91	طريقة التحليل الطيفي:
97	الفصل السابع تقدير تلوث الهواء – II
99	تقدير تلوث الهواء – II
99	أسس طرق الرصد:
103	برامج الرصد البيئي:
104	1- رصد غاز ثاني أكسيد الكبريت:
121	الفصل الثامن التحكم والسيطرة في ملوثات الهواء.
123	التحكم والسيطرة في ملوثات الهواء:
124	التلوث الصناعي:
125	الملوثات الغازية:
127	أجهزة ووسائل الاحتراق:
129	شفط المخلفات:
130	الجسيمات العالقة والغبار:

الفصل التاسع التلوث المائي طرق جمع عينات الماء	133
التلوث المائي طرق جمع العينات	135
جهاز جمع عينات المياه المعملية البسيط:	139
الفصل العاشر التحليل الفيزيائي – الكيميائي للمياه	143
التحليل الفيزيائي – الكيميائي للماء	145
الأكسجين المذاب:	145
طريقة المقياس الضوئي للهب:	168
الفصل الحادي عشر الكائنات الحية في الماء	185
الكائنات الحية في الماء	187
مقدمة	187
الطحالب	191
أهمية الطحالب:	191
الفصل الثاني عشر الأحياء الدقيقة في الماء	199
الأحياء الدقيقة في المياه	201
مقدمة:	201
الفصل الثالث عشر الكتلة الحيوية	213
الكتلة الحيوية	215
مقدمة:	215
الفصل الرابع عشر دراسة الإنتاجية الأولية	221
دراسة الإنتاجية الأولية	223
مقدمة: الإنتاجية الابتدائية	223
الفصل الخامس عشر التلوث الغذائي	229

تمهيد

231	..... التلوث الغذائي
231	..... مقدمة
233	..... مفاهيم أساسية في الغذاء والتغذية
236	..... أنواع الغذاء:
239	..... أنواع الملوثات الغذائية:
255	..... كيف نتجنب التسمم ببكتيريا روث البقر
256	..... كيفية تجنب هذا النوع من التسمم الغذائي
257	..... التسمم الغذائي بالملوث <i>monocytogen Listeria</i>
261	..... التسمم الغذائي بالديوكسينات
262	..... مصادر التلوث بالديوكسينات
263	..... آثار الديوكسينات على صحة الإنسان
264	..... الوقاية من التعرض للديوكسينات والحد منه
267	..... المراجع
267	..... أولاً: المراجع العربية
267	..... ثانياً: المراجع الأجنبية

الفصل الأول المقدمة

المقدمة

تخضع الحياة إلى نظام بالغ الدقة والتوازن، حيث توجد الكائنات الحية في طبقة رقيقة من الكرة الأرضية تدعى المحيط الحيوي وهو المجال الذي يحدث فيه نشاط مكثف للكائنات الحية، وهذا المحيط ليس واحدا بل يمكن تقسيمه إلى غابات وصحارى وبحيرات وبحار وأنهار وغيرها، ويعرف كل قسم بالنظام البيئي الذي يحتل مساحة من الطبيعة وما تحويه من كائنات حية، نباتية وحيوانية إلى جانب المواد غير الحية.

البيئة Environment، والتي يوحى تركيبها اللغوي بمعنى التداخل، ويؤكد معناها في الواقع المادي هذا التداخل، هي وجود معرفي وواقعي تتناسج فيه خيوط عدة. وعلى المستوى المعرفي تطلب ذلك إيجاد روافد عدة لهذا الاختصاص، منها - على سبيل المثال - الهندسة البيئية، الزراعة البيئية وعلم النفس البيئي، هي مجموعة العوامل والعناصر الطبيعية والأرضية والجوية والنباتية والحيوانية المحيطة بالإنسان، تتعرض البيئة أو الوسط الذي يعيش فيه الإنسان للهدم بواسطة الإنسان نفسه، بطريقتين:

1: تلوث البيئة. 2: عدم توازن البيئة.

أولاً: تلوث الهواء:

وهو عبارة عن حدوث أي تغيير في تركيب الهواء سواءً كان ذلك عن طريق الغازات أو الأدخنة أو الأبخرة أو الرماد أو الأتربة أو الإشعاعات أو غير ذلك.

تلوث الهواء. يعني اختلاط الهواء بمواد معينة، مثل وقود العادم والدخان. وبإمكان تلوث الهواء الإضرار بصحة النباتات والحيوانات، وتخريب المباني والإنشاءات الأخرى، وتقدر منظمة الصحة العالمية أن ما يقرب من خمس سكان العالم يتعرضون لمستويات خطيرة من ملوثات الهواء.

يتكون الغلاف الجوي، في وضعه الطبيعي، من النيتروجين والأكسجين وكميات صغيرة من ثاني أكسيد الكربون والغازات الأخرى والهبائيات (جسيمات دقيقة من المواد السائلة أو الصلبة)، ويعمل عدد من العمليات الطبيعية على حفظ التوازن بين مكونات الغلاف الجوي، فمثلاً، تستهلك النباتات ثاني أكسيد الكربون وتطلق الأكسجين، وتقوم الحيوانات بدورها باستهلاك الأكسجين وإنتاج ثاني أكسيد الكربون من خلال دورة التنفس. وتتبعث الغازات والهبائيات إلى الغلاف الجوي من جراء حرائق

المقدمة

الغابات والبراكين، حيث تجرفها أو تبعثرها الأمطار والرياح. يحدث التلوث الهوائي عندما تطلق المصانع والمركبات كميات كبيرة من الغازات والهباتيات في الهواء، بشكل تعجز معه العمليات الطبيعية عن الحفاظ على توازن الغلاف الجوي. ويوجد نوعان رئيسيان من التلوث هما:

1- التلوث الخارجي. 2- التلوث الداخلي.

تلوث الهواء الخارجي، تُطلق في كل عام مئات الملايين من الأطنان من الغازات والهباتيات داخل الغلاف الجوي، ويحدث معظم هذا التلوث نتيجة احتراق الوقود المستخدم في تشغيل المركبات وتدفئة المباني، كما يصدر بعض التلوث عن العمليات الصناعية والتجارية. فمثلاً، يُستخدم مركب فوق كلوريد الإثيلين - وهو ملوث خطير - في الكثير من معامل التنظيف الجاف، لإزالة الأوساخ من على الملابس. وقد يؤدي حرق النفايات إلى انطلاق الدخان والفلزات الثقيلة مثل الرصاص والزنك داخل الغلاف الجوي، ومعظم الفلزات الثقيلة سامة جداً. ومن أكثر الملوثات الهوائية الخارجية شيوعاً **الضباب الدخاني**، وهو مزيج ضبابي من الغازات والهباتيات بني اللون، يتكون عندما تتفاعل غازات معينة، منطلقة نتيجة احتراق الوقود والمنتجات البترولية الأخرى، مع أشعة الشمس في الغلاف الجوي، حيث ينتج عن هذا التفاعل مواد كيميائية ضارة تشكل الضباب الدخاني. ومن الكيمياءيات الموجودة في الضباب الدخاني شكل سام من أشكال الأكسجين يسمى **الأوزون**. ويؤدي التعرض لتركيزات عالية من الأوزون إلى الإصابة بالصداع وحرقة العيون وتهيج المجرى التنفسي لدى العديد من الأفراد. وفي بعض الحالات قد يؤدي وجود الأوزون في الطبقات المنخفضة من الغلاف الجوي إلى الوفاة، كما يمكن للأوزون أن يدمر الحياة النباتية، بل ويقتل الأشجار.

يطلق مصطلح **المطر الحمضي** على المطر وغيره من أشكال التساقط، التي تتلوث بشكل رئيسي بحمضي الكبريتيك والنيتريك. ويتكون هذان الحمضان عندما يتفاعل غاز ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين مع بخار الماء في الهواء. وتنتج هذه الغازات أساساً عن احتراق الفحم والغاز والزيت في المصانع ومحطات القدرة. وتتحرك الأحماض الموجودة في المطر الحمضي خلال الهواء والماء، ويسبب الضرر للبيئة على مدى مساحات شاسعة. وقد أدى المطر الحمضي إلى قتل تجمعات سمكية كاملة في عدد من البحيرات. ويؤدي أيضاً إلى تلف المباني والجسور

الفصل الأول

والنصب التذكارية. ويرى العلماء أن التركيزات العالية من المطر الحمضي يمكنها أن تتسبب في الإضرار بالغابات والتربة. وتشمل المناطق المتأثرة بالمطر الحمضي أجزاء شاسعة من شرق أمريكا الشمالية و اسكندينايا ووسط أوروبا. وتلوث كيميائيات تسمى الكلوروفلوروكربونات طبقة الأوزون في الغلاف الجوي العلوي، وتستخدم هذه المركبات في الثلجات والمكيفات وفي صناعة عوازل الرغوة البلاستيكية. ويشكل الأوزون، وهو الملوث الضار الموجود في الضباب الدخاني، طبقة واقية في الغلاف الجوي العلوي، حيث تحمي سطح الأرض من أكثر من 95% من إشعاعات الشمس فوق البنفسجية. ولأن الكلوروفلوروكربونات تقلل طبقة الأوزون فإن المزيد من الإشعاعات فوق البنفسجية سيصل إلى الأرض. ويدمر التعرض المفرط لهذه الإشعاعات النباتات، ويزيد من خطورة تعرض الناس لسرطان الجلد.

وتأثير البيت المحمي هو التسخين الناتج عن احتباس الغلاف الجوي لحرارة الشمس. ويسبب هذه الظاهرة غاز ثاني أكسيد الكربون والميثان والغازات الجوية الأخرى، والتي تسمح لأشعة الشمس بالوصول إلى الأرض، ولكنها تحول دون خروج الحرارة من الغلاف الجوي. وتسمى هذه الغازات التي تعمل على احتباس الحرارة من الغلاف الجوي. يؤدي احتراق الوقود والنشاطات البشرية الأخرى إلى زيادة كمية غازات البيت المحمي في الغلاف الجوي. ويعتقد كثير من العلماء أن هذه الزيادة تكثف تأثير البيت المحمي وتؤدي إلى رفع درجة الحرارة عالمياً. وقد تؤدي هذه الزيادة في درجة الحرارة والتي تسمى **التدفئة العالمية** إلى حدوث مشاكل كثيرة. وبإمكان تأثير البيت المحمي، إذا كان قوياً، أن يتسبب في انصهار المثالج وأغطية الجليد القطبية، وأن يؤدي إلى فيضان الشواطئ. وبإمكانه أيضاً إحداث تحول في أنماط تساقط الأمطار، مما يؤدي بدوره إلى ازدياد الجفاف وحدوث العواصف المدارية الشديدة.

تلوث الهواء الداخلي، يحدث هذا التلوث عن احتباس الملوثات داخل المباني التي تعاني أنظمة تهويتها من سوء التصميم. وأنواعه الرئيسية هي : دخان السجائر، والغازات المنبعثة من المواقد والأفران، والكيميائيات المنزلية، وجسيمات الألياف، والأبخرة الخطرة المنبعثة من مواد البناء، مثل العوازل والبويات والأصباغ، وتتسبب الكميات الكبيرة من هذه المواد داخل بعض المكاتب في حدوث الصداع وتهيج العيون ومشاكل صحية أخرى للعاملين فيها. وتسمى مثل هذه المشاكل الصحية أحياناً **متلازمة المباني المريضة**. والرادون - وهو غاز مشع ينبعث عن انحلال اليورانيوم

المقدمة

في الصخور الأرضية - ملوث خطر آخر، ففي مقدوره أن يسبب سرطان الرئة إذا ما استنشق بكميات وافرة. ويتعرض الناس لغاز الرادون إذا ما تسرب هذا الغاز إلى الطوابق السفلى من المنازل المبنية فوق تربة أو صخور مشعة، وفي مقدور المباني عالية الكفاءة، والتي تحافظ على الهواء الساخن أو البارد داخلها، أن تحتبس الرادون في الداخل وأن ترفع من تركيزه.

مصادر تلوث الهواء:

- 1: وسائل المواصلات البرية والجوية والبحرية.
- 2: مولدات الطاقة سواءً كانت هذه الطاقة حركية أو ضوئية أو حرارية أو إشعاعية أو كهربائية أو ذرية أو نووية أو غير ذلك.
- 3: الكائنات الحية الدقيقة (الميكروبات) .
- 4: ذرات الرماد والأترية .
- 5: المواد المعلقة (الهباء) أي الخفيفة الوزن والتي تظل معلقة في الهواء لمدد طويلة دون أن تسقط.
- 6: المواد المشعة.
- 7: سفن ومركبات الفضاء.

أضرار تلوث الهواء:

- 1: التأثير على عملية التنفس في الإنسان والكائنات الحية الراقية مما قد يصل في بعض الحالات الخطيرة إلى درجة الاختناق.
- 2: نشر كثير من الأمراض سواءً عن طريق الغازات والمكونات الكيماوية مثل أمراض سرطان الرئة وهبوط القلب أو عن طريق الكائنات الدقيقة مثل الأنفلونزا والحميات.
- 3: الشعور بالإرهاق والتعب وعدم القدرة على بذل مجهود كبير .
- 4: حدوث التهابات في الأغشية المبطنة للأعضاء الخارجية مثل العين والفم وغيرها .
- 5: الإضرار بالجلد.
- 6: التأثير الضار على نمو النباتات.
- 7: إتلاف المباني والمنشآت والتماثيل المصنوعة من الحجر الجيري والمواد التي تتأثر بالرطوبة الجوية وأبخرة الأحماض الناتجة من الغازات الضارة.
- 8: التأثير على الطقس والظواهر الكونية.

ثانياً: تلوث الماء:

الماء المصدر الحيوي الأساسي للحياة على هذا الكوكب وهو المصدر الذي يتأثر عكسياً نوعاً وكماً من جميع النشاطات الأدمية على الأرض وفي الهواء والماء، ومع ذلك فتلوث الماء ظاهرة نتيجة للنشاطات الأدمية قديمة قدم الهضاب والتلال، فالتطور الصناعي والتمدن والنشاطات التنموية جلبت أزمة حقيقية للماء. اليوم معظم الأنهار في العالم تستقبل ملا بين اللترات من مياه المجاري، الأطنان من النفايات المنزلية والصناعية والزراعية التي تحوي مواد مميزة ومختلفة من المواد المغذية البسيطة والشديدة السمية إن مصير المياه الجوفية يواجه المصير نفسه في معظم مناطق العالم.

تحتل الصناعة مركزاً متقدماً ومستمرًا كمسبب رئيسي لتلوث الأنظمة المائية لتنوع المخلفات والنفايات التي تنتج عنها. تلوث المياه مسئول عن حالات كثيرة من الموت والعجز في العالم، حالة التلوث لمصادر المياه قادت لتدهور ثابت ومنتظم للثروة السمكية واثراً سلبياً على الأراضي الزراعية المرورية، خلال العقود الماضية تمت دراسة المياه الطبيعية والملوثة تفصيلاً في جميع أنحاء العالم وتوفر الكثير من البيانات والدراسات للعديد من الملوثات وتأثيرها على الأنظمة البيئية المختلفة والمتنوعة والأحياء بشكل عام، هناك العديد من العوامل المحددة لنوعية المياه باستخداماتها المتنوعة حيث يعمل العديد منها على كشف الملوثات وتحديد مصادر التلوث والحد من الكوارث والأمراض التي من الممكن أن تنتشر من تلوث المياه ومصادرنا الطبيعية.

وتقسم هذه العوامل المؤثرة إلى ثلاثة فئات: الفيزيائية، الكيميائية والحيوية.

1- العوامل الفيزيائية: وتتضمن درجات الحرارة، اللون، الطعم والرائحة، العكورة، الرغوة والزبد، التوصيل الكهربائي.

2- العوامل الكيميائية: وتشمل المواد الكيميائية العضوية منها وغير عضوية والمعادن المختلفة والمواد الأخرى مثل المواد الصلبة الذائبة، الأس الهيدروجيني pH، القلوية، الحموضة، الأوكسجين المذاب، الطلب الحيوي والكيميائي للأوكسجين، النشادر، النترات، النتريت، الفوسفور، الكبريت، الكبريتيد، الكلور، السيليكا، العسرة، الكالسيوم، المغنيسيوم،

الصوديوم، البوتاسيوم، الحديد، المنظفات الصناعية والمبيدات الحشرية.

3- المعادن الثقيلة: المعادن الثقيلة هي المعادن التي تملك كثافة أكثر من 5 مرات مقارنة بكثافة الماء. تتواجد عادة بكميات ضئيلة في المياه الطبيعية ولكن أكثرها سامة حتى بنسب قليلة جدا. نسبها تزداد في الماء نتيجة لإضافة مياه المجاري والمخلفات الصناعية، البعض منها يتعاظم حيويا في المياه وتتكدس عند المستويات الاستوائية المرتفعة الأخرى مثال: الأسماك، سرطان البحر والأحياء المائية الأخرى، بعض المعادن الثقيلة ضرورية للإنسان، على سبيل المثال، الكوبالت، النحاس... الخ، لكن كميات كبيرة منها ممكن أن تسبب اضطرابات فسيولوجية ومنها تكون حادة. المعادن مثل الرصاص، الكاديوم، الزئبق، السيلينيوم والزرنيخ شديدة السمية بأقل الكميات، معظم أنواع الصخور التي تحتوي هذه المعادن قليلة الذوبان وهذا يحد من تركيزها في المياه الطبيعية، زيادة كمية المعادن الثقيلة في مصادرنا المائية من القضايا ذات الشأن العظيم في هذا الوقت وخصوصا أن هناك عدد كبير من الصناعات التي تصرف مخلفاتها المعدنية للمياه العذبة بدون معالجة كافية. كميات لا بأس بها من المعادن الثقيلة تنتقل من خلال المصارف الزراعية محتوية مخلفات أو بقايا المبيدات المعدنية العضوية. الصدا في الأنابيب وإطلاق النحاس، الرصاص والكاديوم لمياه الشرب كذلك له أهمية خاصة، الزرنيخ موجود في مياه المجاري للكثير من الصناعات مثل الخزف، دباغة الجلود، الكيماويات، تحضير المعادن والمبيدات لها القدرة على التراكم في أنسجة الجسم مسببة مواد مسرطنة Arsenosis وتؤثر على الكبد والقلب، الكاديوم يتواجد في مياه المجاري من صناعات الطلاء، الكيمائية، الطواحين ونفايات مناجم الرصاص والخارصين، إنها تتراكم في العديد من أجزاء الجسم (الكبد، البنكرياس والكلية... الخ) والمعروف عنها أنها تسبب مرضا عظريا شديدا الألم يطلق عليه مرض اتي- اتي وهو شائع في اليابان. الكروم يتواجد بنسب مرتفعة في مخلفات صناعة الطلي، الأصباغ، الدهان، دباغة الكروم، المتفجرات وصناعات الخزف والورق وتضاف كذلك لمياه التبريد للكشف عن الصدا. هناك تقارير أكدت أن تراكم الكروم بنسب عالية بغض النظر عن كثافتها لكن سميتها أكبر عند استنشاق كميات كبيرة تسبب سرطان الشعب التنفسية، النحاس في المياه الطبيعية بتركيز عالي سببه التلوث، يستخدم مع الكبريتات كمبيد ومنفصلا مبيدا

للطحالب، بالرغم مع أنه يعبر من خلال الجسم إلا أن هناك شواهد على ترسباته بكميات في الكبد، كمياته المحدودة في المعايير ليس فقط لتأثيره السام بل بسبب سعة قدرته المطعمة. الرصاص أيضا عنصر سام وزيادته في الماء بسبب تصريف مياه المجاري الصناعية، كما في المطابع، الأصباغ ومصافي تكرير النفط... الخ، يتراكم في الجسم وغالبا في العظام، ويتواجد في المخ، الكلى والعضلات، سمية الرصاص بسبب تراكمه المتزايد وليس بسبب التعرض لجرعات صغيرة. لذا، في الحالات القصوى للتسمم بالرصاص فاحتمالية الموت واردة. الزئبق مادة شديدة السمية ويزداد تركيزه في المياه الطبيعية من خلال المخلفات الصناعية، يستخدم الزئبق في تحضير غاز الكلور، صناعات الصودا الكاوية، البطاريات، المبيدات، العقاقير، مستحضرات التجميل، المواد الملونة والكيماويات، غالبا ما يتراكم الزئبق على هيئة ميثيل الزئبق ويصيب الجهاز العصبي وجرعته الكبيرة مهلكة ومميتة. السيلينيوم مادة واسعة الانتشار في الطبيعة، كيميائيا السيلينيوم مشابه للكبريت، الكبريت الطبيعي غالبا كبريتيدات وتحتوي على كميات كافية من السيلينيوم، يزداد في المسطحات المائية بشكل رئيسي عن طريق تصريف النفايات الصناعية من صناعات الأصباغ، الزجاج، الكهربائية، المطاط والمبيدات الحشرية والتي تستخدم فيها السيلينيوم. الكميات القليلة من السيلينيوم مطلوبة للجسم لكن النسب العالية تسبب التسمم الحاد والموت، وهو أيضا ينتج سمية مزمنة للحيوانات مخلقا العرج، تشوه الحافر، فقدان الشعر والهزل، مع أن معظم السيلينيوم ينتقل عبر الجسم لكن في التراكيز المرتفعة يتراكم جزء منه في الكبد والكلى. الفضة، أغلب أملاحها غير قابلة للذوبان، لا تتشكل بكميات مهمة في الطبيعة، المصدر الرئيسي للفضة في المياه تصريف النفايات الصناعية، الكميات الزائدة من الفضة في الجسم يؤدي الى ازرقاق دائم للجلد يسمى بـ "أرجيري. الخارصين يتواجد بنسب مرتفعة في فضلات الصناعات الدوائية، طلي المعادن، الدهانات، المواد الملونة، المبيدات الحشرية ومستحضرات التجميل. الخارصين ضروري بكميات ضئيلة لجسم الإنسان ومن الممكن أن يسبب تسمم في التراكيز العالية، أملاح الخارصين تسبب مذاقا غير مساغ للماء، وأيضا تظهر الماء حليبي اللون وبالغليان تكون سطح دهني رغوي في الماء.

4- **العوامل الأحيائية:** لعل العوامل الأحيائية تعتبر من أهم وأخطر العوامل من وجهة نظر الإنسان، جميع المياه الطبيعية تحوي مختلف الكائنات الحية النباتية والحيوانية معا كحياة حيوانية ونباتية طبيعية . نتيجة لطرح مياه المجاري، النفايات المنزلية والمخلفات الصناعية من المحتمل تواجد مسببات العدوى أو الكائنات الممرضة وتشمل الفيروسات، البكتيريا، الكائنات الأولية والطحالب . البكتيريا تسبب الإصابات بداء العصيات القولونية والكوليرا والتيفوئيد والزحار وهي تصل إلى الماء عن طريق المخلفات البشرية أو فضلات الحيوانات المطروحة في قنوات المجاري المائية والى المسطحات المائية. المياه الملوثة كذلك تحتوي على العديد من الفيروسات المعدية وتسبب الإصابة بشلل الأطفال والتهاب الكبد الوبائي، بعض الأمراض التي تسببها الكائنات الأولية مثل الزحار الأميبي الدوسنتاريا الأميبية، تنتشر بتناول المياه الملوثة، في المياه الراكدة البلهارسيا تمر أطوارها في مراحل عالية ومثيرة في الرخويات، كالقواقع. إن فحص وجود الكائنات الممرضة وانتشارها في مياه الشرب بالغ الضرورة، المراقبة الحيوية للمياه المستخدمة بأحواض السباحة والترويحية، كذلك يعتبر بالغ الأهمية فحص تواجد هذه الكائنات الممرضة من عدمه بجانب الكائنات الممرضة، النمو الغير مطلوب للطحالب، الفطريات والنباتات الزهرية أيضا أكبر أهمية، كهذا النمو شيء معتاد لظهور الإثراء الغذائي في المياه ليمنع الاستجمام ويفسد القيمة الجمالية لهاو يكلف أكثر في معالجة المياه ماديا.

الفصل الثاني

1- البيئة – عناصر ومراحل

2- الغلاف الجوي

البيئة – العناصر والمراحل

البيئة لغويا تعني محيط الشيء على سبيل المثال، محيط الشجرة يعود إلى الظروف المطلوبة لنمو أنواع من النباتات حيث تختلف الظروف البيئية من مكان لآخر. الإنسان يحتل مكانا مركزيا حيث استطاع أن يستخدم كافة أشكال الحياة في المجالات الحياتية لجميع الاستخدامات كتوفير الطعام والمأوى، لذلك من الضروري دراسة مختلف العناصر البيئية التي تؤثر بالإنسان وكافة الأشكال الحية الأخرى على هذا الكوكب.

العناصر البيئية:

الأرض، حيث مختلف أنواع الحياة التي تعيش وتستمر تحت ظروف مختلفة. الغلاف الجوي الذي يحيط بالأرض يحتوي غازات كالأكسجين الضروري لكل أنواع الحياة. الغلاف الجوي يلطف درجات الحرارة ويخففها على سطح الأرض. هذا هو السبب في اختلاف درجات الحرارة خلال النهار والليل أو اختلافها ما بين الفصول خلال السنة. الاعتدال في درجات الحرارة يساعد كذلك في انتظام الماء بمختلف أشكاله في الغلاف الجوي كذلك على الأرض، لهذا فان كوكب الأرض لا مثيل له باحتوائه طبقة داعمة للحياة (الطبقة الحيوية).

معظم أشكال الحياة من كائنات بسيطة وكبيرة متواجدة في الطبقة الحيوية مثل الميكروبات، النباتات والحيوانات، أنواع هذه الكائنات المختلفة تعيش في أجزاء معينة من الطبقة الحيوية اعتمادا على العناصر الفيزيائية والكيميائية الغير حية وكذلك العناصر الحية للبيئة. أنواع النباتات والحيوانات التي تعيش على سبيل المثال في الصحراء تختلف كثيرا عن تلك التي تعيش في الغابات أو الأنهار والبحيرات.

العناصر الفيزيائية الغير حية للبيئة تتضمن الهواء، الماء واليابسة بينما تحتوي الطبقة الحيوية العناصر الحية أو الأحيائية وتشمل النباتات، الحيوانات وباقي الكائنات الحية، هذه العناصر مجتمعة تؤثر بحياة الكائنات الحية، لذلك فان بيئة كل كائن حي تتضمن الجو، الماء، اليابسة والأحياء.

العوامل البيئية:

أي قوة خارجية أكانت مادة أو ظرف والتي تحيط أو تؤثر بحياة الكائنات الحية بأية طريقة يصبح عاملا في هذه البيئة. هذه العوامل المتباينة سميت بالعوامل البيئية، كانت عوامل طبيعية أو عوامل غير

الفصل الثاني

طبيعية. كل عنصر بيئي يتضمن عاملاً أو أكثر، على سبيل المثال، الجو كجزء من البيئة هو في الحقيقة مجموعة من هذه العوامل كالضوء، الحرارة، الرطوبة، الأمطار (الهطول) والعديد من الغازات التي تشمل الأكسجين، ثاني أكسيد الكربون والنيتروجين. وعلى نحو مماثل فالماء وبجانب عوامل الحرارة والضوء يتضمن كذلك المغذيات العضوية وغير عضوية بمختلف أنواعها متوفرة للكائنات الحية، أما اليابسة فتحتوي على المعادن، أنواع مختلفة من المواد العضوية، ماء، حرارة... الخ كعوامل بيئية، وفي النظام الحيوي بجانب أشكال الحياة العديدة فأنواع معينة من الكائنات الحية تعتبر كعوامل بيئية وتظهر درجات مختلفة من التداخل بينها.

الموطن البيئي يمثل وحدة النظام البيئي حيث يمثل الملجأ أو المسكن للكائن الحي ليشمل جميع معالم فيزيائية وكيميائية غير حية وحيوية (أحيائية).

تفاعلات العوامل البيئية:

من الصفات البارزة لتأثير البيئة على الكائن الحي هو تفاعل العوامل البيئية، فالعوامل البيئية الأحيائية وغير حية تتفاعل مع بعضها البعض، فالتغير في عامل طبيعي (غير حي) يحدث تغيراً في عامل بيئي آخر وبالتالي يحدث تغيراً في المكونات الحية للبيئة.

في الظروف الطبيعية تتأثر حياة الكائن الحي بعدد من العوامل البيئية وليس بعامل واحد، فكل العوامل مترابطة، والتغيرات في عامل واحد قد تؤثر بآخر، على سبيل المثال، فالزيادة في درجات الحرارة يقلل من درجات الرطوبة، بالإضافة إلى الدور المؤثر الذي تلعبه زيادة كثافة الضوء على عملية البناء الضوئي ومعدلاتها وبنفس الوقت تؤثر على معدل الرطوبة في الجو.

على هذا النحو، وخلال فترة زمنية تلعب هذه العوامل المتداخلة مجتمعة دوراً مؤثراً بحياة الكائن الحي لذلك فمن الصعب في بعض الأحيان القول أن عاملاً بمفرده هو المسئول عن هذا التأثير الواضح في حياة الكائن الحي، لهذا فإن العوامل البيئية المؤثرة على حياة الكائن الحي في الظروف الطبيعية تعمل بشكل متحد وليس منفصلاً أو فردياً، لفهم آلية التأثير البيئي فمن الضروري دراسة تأثير كل عامل بيئي على حدة وبشكل منفصل.

الفصل الثاني

مناخ أي منطقة أو إقليم يحدد من خلال التأثيرات الجوية مثل الرطوبة النسبية للهواء، درجات الحرارة، قوة الرياح ومعدلات التبخر، بشكل رئيسي ترتبط هذه العوامل مع البيئة الهوائية للكائنات الحية شاملة الضوء، حرارة الهواء، رطوبة الهواء، الهطول (تساقط الأمطار) والمكونات الغازية للغلاف الجوي.

البيئة الفعالة:

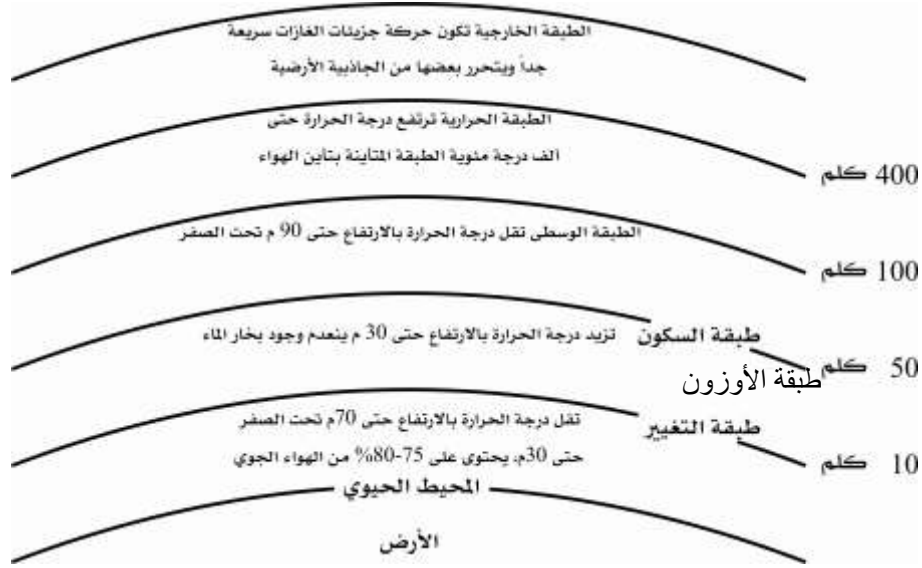
كلا المكونات البيئية الحية والغير حية فعالة في الطبيعة وتظهر تغيرات زمنية وحيزية. تحدث التغيرات ببطء أو بشكل مفاجئ في الطبقات الصخرية محورة تشكيلات الأرض الطبيعية. هذا نموذج لدورة الهواء والماء في الغلاف الجوي والتي تحدث تغيرات في الظروف المناخية في مختلف الفصول، بجانب هذه التغيرات الفصلية وتقلبات الجو، هناك تغيرات طويلة الأمد في العناصر الطبيعية للبيئة، ممكن أن ينتج عنها خمود أو انقراض بعض أشكال الحياة وتطور أشكال جديدة تكيف مع البيئة المتغيرة. طبيعة هذه العوامل هي المسؤولة عن هذه التغيرات طويلة الأمد المختلفة. في بعض الأحيان، المكونات الحية للبيئة وكننتيجة لنشاطاتها تغير في البيئة، هذه عمليات طبيعية تقوم من خلال المجتمعات بتحويل بيئاتها وتنشئ طريقا لمجتمعات أخرى أفضل تكيفا للبيئة المتغيرة، يطلق على هذه العملية بالتعاقب البيئي أو البيئة الفعالة، بهذه الطريقة تتحول البركة إلى غابة بعد عدة سنوات، التغيرات في البيئة هي المسؤولة عن تطور ونمو الحياة على هذا الكوكب بما فيه الإنسان لمليون سنة ماضية.

الغلاف الجوي:

هو المدى الفسيح من الهواء والذي يغطي الأرض، وهو عبارة عن غطاء غازي يحيط بالسطح الصلبة والسائلة من الأرض، غلاف سميك فوق سطح الأرض ويشاركها دورانها الدائم غير أن كثافته تنخفض مع الارتفاع عن سطح إلى درجة تصبح شبه معدومة وتصير مماثلة لكثافة الفضاء الخارجي ويمتد على مسافة مئات الكيلومترات حتى أن يلتقي بالنظام الشمسي. يتكون الغلاف الجوي من عدة أغلفة تتمايز فيما بينها بنظامها الحراري ومكوناتها وهذه الأغلفة يوضحها الشكل-1. الغلاف الجوي يحتوي على خليط من العناصر وغيرها من المركبات، ومن أكثر العناصر في الهواء النيتروجين (78%)، الأكسجين (21%) أي ما نسبته

الفصل الثاني

99% من حجم الهواء، باقي الـ1% مكونة من غازات أخرى مثل الأرجون (0.93%)، ثاني أكسيد الكربون (0.03%)، الهيدروجين، الهليوم، الكريبتون، الزينون والأوزون (النسب المختلفة لهذه الغازات موضحة في الجدول-1).



شكل 1- يوضح رسم تخطيطي للأغلفة الحيوية وموضع طبقة الأوزون والمحيط الجوي

الفصل الثاني

جدول - 1: يوضح النسب المختلفة للغازات المكونة للغلاف الجوي (بالحجم)

الغازات	النسبة	الغازات	النسبة
النيتروجين	78.0841	الكربتون	0.00011
الأكسجين	20.9486	الزيتون	0.00009
الارغون	0.934	الهيدروجين	0.00006
ثاني أكسيد الكربون	0.0318	الميثان	0.0002
النيون	0.0018	أكاسيد النيتروجين	0.00005
الهليوم	0.0005	الأوزون	0.000004

بجانب الغازات، يتكون الهواء من بخار الماء، ذرات الغبار، الدخان، أملاح وبقايا الشوائب، الكائنات الحية الدقيقة وحبوب اللقاح.... الخ التي تتواجد في الهواء بنسب مختلفة في الطبقات السطحية من الغلاف الجوي. تنفرد الكرة الأرضية دون غيرها من الكواكب بأنه يحيط بها مثل هذا الغلاف الجوي الذي تتجدد فيه التفاعلات الكيميائية بصفة مستمرة، وهذا ما جعل كرتنا الأرضية متميزة بظاهرة الحياة المتعددة الصور على سطحها بل وفي باطنها من هذه المكونات العديدة، فثاني أكسيد الكربون، ذرات الغبار، بخار الماء والأوزون من أعظمها أهمية لظروف مناخ الأرض.

بخار الماء:

هو من الغازات الأكثر تغيرا وتنوعا في الغلاف الجوي، من الممكن أن يشغل 4% من حجم الهواء في المناطق الدافئة والرطبة في حين لا يصل إلى 1% في المناطق الجافة والباردة من الصحراء والمناطق القطبية. تقل كمية بخار الماء بالارتفاع.

يمتص بخار الماء أجزاء من الإشعاعات الشمسية لتصل إلى سطح الأرض بكميات قليلة، كذلك يحفظ الحرارة المشعة للأرض. على هذا النحو يعمل كحرام يسمح للأرض أن تكون باردة أو حارة. يوجد الماء بشكل طبيعي في الأرض في حالات صلبة وسائلة بجانب البخار. أثناء تحول الماء يمتص أو يطلق حرارته الكافية. يمتص بخار الماء الحرارة خلال عملية التبخر. تقوم الرياح بنقل الحرارة الكامنة مع بخار الماء من مكان لآخر، حيث تطلق هذه الحرارة من خلال عمليات التكثيف والهطول. الطاقة التي تطلقها جزيئات الماء (تكثيف الطاقة الحرارية الكامنة) من خلال التكثيف والهطول مساوية للطاقة الممتصة في عملية

الفصل الثاني

التبخير. تلعب الطاقة المحررة دورا مهما في عملية تكوين الجو الشديد أو العنيف كالإعصارات الاستوائية والعواصف الرعدية.

ذرات الغبار:

إن حركة الغلاف الجوي تكون كافية لترك كمية كبيرة من الذرات الصلبة الدقيقة ومعلقة فيه. مصادر نشأة ذرات الغبار هي جزيئات أملاح البحر، التربة الناعمة، سخام الدخان، الرماد، حبوب اللقاح، الغبار وشذرات النيازك المتفككة أو المتحطمة.

ذرات الغبار غالبا ما تتركز في الطبقات السفلية من الغلاف الجوي، ومن الممكن أن تنتقل الى ارتفاعات أعلى بواسطة التيارات الهوائية. كمية ذرات الغبار تكون أكثر في المناطق الشبه استوائية والمعتدلة بسبب الجفاف وكثرة الرياح. لذرات الغبار أهمية جوية كبيرة، أغلبها تعمل كذرات هيجروسكوبية في المكان الذي يتكثف في بخار الماء ليكون السحب، كذلك فهي تعترض وتعكس إشعاعات الشمس، الغبار في الهواء يكون ظاهرة مذهلة وعجيبة من تدريجات اللون الأحمر والبرتقالي وقت شروق وغروب الشمس. الضباب الكثيف والضباب الدخاني يتكونان نتيجة لتواجد ذرات الغبار في الغلاف الجوي.

الغازات الأخرى:

خليط الهواء بتركيبه حيوي بالنسبة لجميع الكائنات الحية فكما تحتاج الكائنات الحية بجميع أنواعها إلى غاز الأكسجين لأداء وظائفها الحيوية، فغاز ثاني أكسيد الكربون بنسبته الضئيلة في الهواء له كذلك أهمية جوية كبيرة بشفافيته للإشعاعات الشمسية وعدم شفافيته للإشعاعات الأرضية الخارجة، فهو يمتص الإشعاعات الأرضية ومن ثم يسمح لجزء منها بالمرور للسطح. هكذا تبقى على دفاء الهواء القريب من الأرض وبالتالي يمنع التسرب الكامل وعودة هذه الأشعة الحرارية مرة أخرى إلى الفضاء الخارجي ويؤدي هذا إلى ما يسمى بتأثير البيوت الزجاجية في الغلاف الجوي، الذي يعمل على ارتفاع الحرارة الكونية للأرض.

أما غاز الأوزون فهو من أهم العناصر المهمة من مكونات الغلاف الجوي، حيث يعمل كمصفاة ويمتص الأشعة فوق البنفسجية، يتركز بشكل رئيسي ما بين 10-15 كم فوق سطح الأرض، الأوزون يحمي الحياة على الأرض من التعرض للأشعة فوق البنفسجية، في السنوات القليلة الماضية، وقع نزوب في طبقة الأوزون في الغلاف الجوي أي قد تم اختزاله في منطقة القطب المتجمد الجنوبي وأخيرا في منطقة القطب المتجمد الشمالي،

الفصل الثاني

وهذه الظاهرة يعزى حدوثها بسبب تسرب غازات الكلوروفلوروكربون أو الفريون، وحين وصول هذه الغازات لطبقة الأوزون فإن ذرات الكلور تنحل بها وتعمل على تدمير غلاف الأوزون واختزاله وذلك بتكوين ثقب ضخمة تسمح لأشعة الشمس الفوق بنفسجية بالنفاذ بمعدل 90% إلى الأرض.

تركيب الغلاف الجوي:

الغلاف الجوي يتكون غالبا من طبقات هوائية ذات مركز واحد بكثافة ودرجات حرارة متنوعة، على سطح الأرض تكون الكثافة عالية وتقل بالارتفاع. يقسم الغلاف الجوي إلى عدة طبقات أو مناطق (شكل-2)، وهي:

1- طبقة التغيير Troposphere: وهي الطبقة السفلى من الغلاف الجوي الملاصقة لسطح الأرض وتمتد حتى 10 كم فوق خط الاستواء وفيها تتناقص درجة الحرارة كلما زاد الارتفاع. تحدث فيها الظواهر الجوية المعروفة من ضباب وسحب وأمطار ورياح وتيارات رأسية ومطبات هوائية وعواصف وتحتوي على أكسجين ونيروجين وثاني أكسيد الكربون وبعض الغازات بالإضافة إلى بخار الماء.

2- طبقة السكون Stratosphere: تمتد هذه الطبقة من خط التروبوبوز Tropopause والذي يحد طبقة التغيير من أعلى إلى خط الستراتوبوز وتنحصر ما بين 10-50 كم وفيها تزايد درجات الحرارة مع الارتفاع ثم تأخذ بالتناقص ثانية بعد 50 كم. تحتوي هذه الطبقة على غاز الأوزون الذي يكون غطاء الأوزون الواقي من أشعة الشمس الفوق بنفسجية. حركة الهواء أفقية ولا توجد تيارات رأسية.

3- الطبقة الوسطى Mesosphere: هذه الطبقة الثالثة فوق طبقة السكون وتمتد حتى 80 كم. تنخفض فيها درجة الحرارة مع الارتفاع لتصل حتى 100 م° عند 80 كم.

4- الطبقة المتأينة Ionosphere: تمتد ما بين 80-400 كم. هذه الطبقة مشحونة كهربائيا، وفي هذه الطبقة يتم عكس الموجات اللاسلكية القصيرة وإعادتها إلى سطح الأرض مما تسمح بالاتصالات اللاسلكية. درجات الحرارة تزداد بالارتفاع نتيجة لتعرضها لأشعة الشمس الفوق بنفسجية وتأيّن ذرات الهواء فيها.

الفصل الثاني

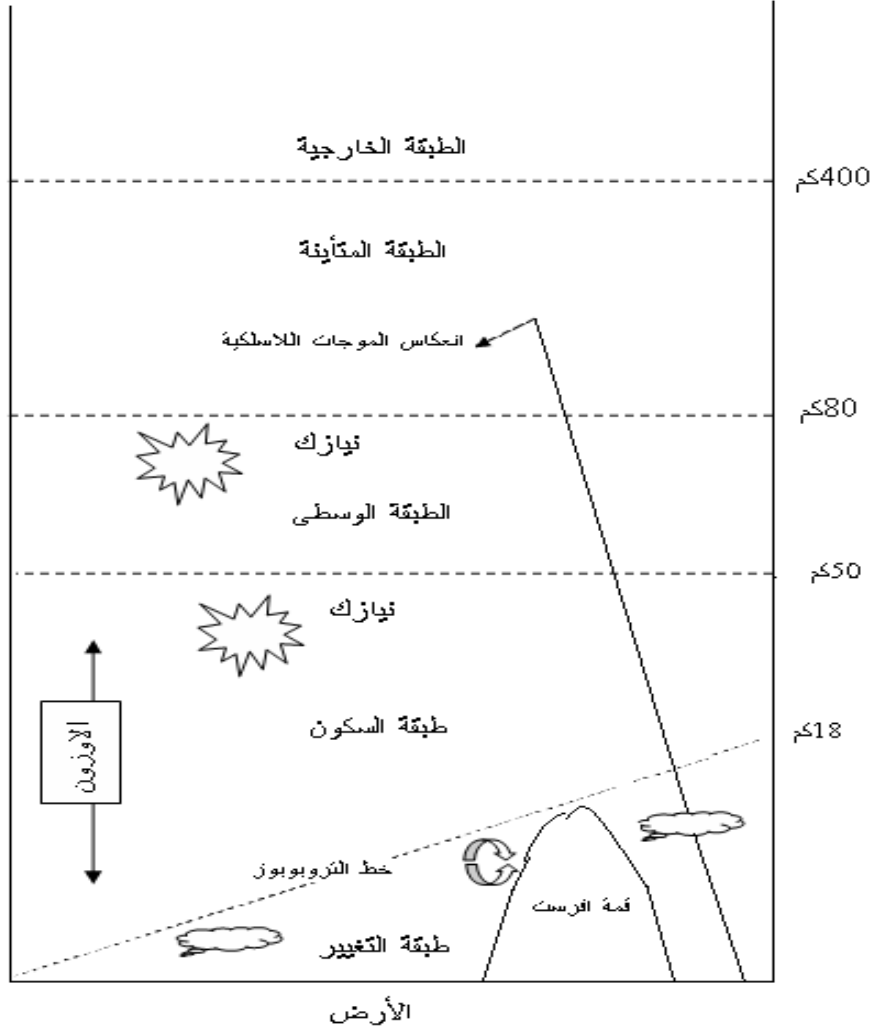
5- **الطبقة الخارجية Exosphere:** هذه الطبقة هي الطبقة الأعلى من الغلاف الجوي فوق الطبقة المتأينة على ارتفاع فوق الـ800كم نحو الفضاء الكوني. هذه الطبقة شديدة التخلخل من الهواء وتمتد تدريجياً لتتضم وتندمج بالفضاء الخارجي.

سنبحث باختصار تقسيم العوامل الأحيائية المختلفة في الغلاف الجوي، مثل الضوء، الحرارة، الرطوبة، الضغط، الرياح والهطول وتأثيرها في تحديد توزيع الكائنات الحية من حيوانات ونباتات في المجتمعات البيئية، لأن هذه العوامل هي التي تحدد الجو والمناخ للمكان.

عوامل الضوء والحرارة:

المصدر الرئيسي للضوء والحرارة هو الإشعاعات الشمسية بشكل أمواج كهرومغناطيسية تصل إلى سطح الأرض من الشمس.
الشمس: المصدر الرئيسي لمصدر الطاقة لكل المدارات والطبقات في الغلاف الجوي هو الشمس. الشمس عبارة عن كتلة ضخمة من الغازات الحارة تحتوي بشكل رئيسي على الهيدروجين والهليوم، في لب مركز الشمس يتحول الهيدروجين إلى الهليوم ليطلق كمية ضخمة من الطاقة في كل الجهات.

الفصل الثاني



شكل-2: رسم تخطيطي يوضح تركيب الغلاف الجوي

تشع الشمس الطاقة الحرارية بشكل متواصل كأمواج كهرومغناطيسية في الفضاء، والتي تعرف بالإشعاعات الشمسية. ما يصل الأرض هو نحو 0.3% من مجموع الطاقة الشمسية فقط، ومع أن هذه النسبة ضئيلة إلا أنها عظيمة الأهمية باعتبارها المصدر الرئيسي للطاقة على الأرض، وتتحكم في العديد من العمليات الحيوية والطبيعية على الأرض.

الفصل الثاني

الإشعاعات الشمسية: هي الإشعاعات القادمة من الشمس. تصل إلى الأرض كموجات قصيرة. سطح الأرض يستقبل هذه الإشعاعات بمعدل 2 سعرات حرارية (وحدة حرارية) لكل سنتيمتر مربع في كل دقيقة. تشع الشمس ما يقارب نصف طاقتها من ثلاث مكونات حسب طول موجة الأشعة وأهم هذه المكونات للحياة هي الضوء المرئي والذي يتميز بطول موجة يتراوح ما بين 380-780مليمكرون، وعند سقوط الأشعة الشمسية على سطح الأرض تنعكس أو تمتص معظم هذه الطاقة وما تبقى منها إما أن تنتشر في المحيط الجوي أو يتحول إلى حرارة. الأشعة الشمسية المنعكسة تحدث في السحب، حقول الثلج، المحيطات والمسطحات المائية الأخرى. ما نسبته 35% من الأشعة الشمسية تفقد بالانعكاس. طبقة الأوزون المتواجدة في الطبقة العليا من الغلاف الجوي تمتص الأشعة الشمسية فوق البنفسجية، باقي الغازات، ذرات الغبار.... الخ في الغلاف الجوي تمتص مجتمعة ما يقارب 14% من الأشعة الشمسية.

الإشعاعات الأرضية: ما نسبته 51% من الإشعاعات الشمسية التي تصل إلى الأرض تصبح حرارة، بدوره سطح الأرض يحولها لموجات طويلة ويطلق عليها بالإشعاعات الأرضية. كما أن مقدار الطاقة المشعة من الأرض مساوية لمقدار الإشعاعات الممتصة من قبل سطح الأرض. الإشعاعات الأرضية ممكن أن تقدر عند 51وحدة، يقصى من ذلك، بخار الماء، ثاني أكسيد الكربون، وبقية الغازات في الطبقة السفلى من الغلاف الجوي تمتص 34وحدة أو ما يقارب 70%. الوحدات الـ17 الباقية تشع مرة أخرى للفضاء.

التوازن الحراري: شكل-3 يوضح أن هناك توازن حراري دقيق في النظام ومعدل الحرارة للأرض إلى حد ما يبقى ثابت، وهذا ممكن بسبب التوازن ما بين مقدار الأشعة الشمسية القادمة ومقدار الأشعة الأرضية الراجعة للفضاء. هذا التوازن الإشعاعي القادم والعائد يطلق عليه بالتوازن الحراري.

لنفترض أن مجموع الحرارة المستقبلية من الغلاف الجوي هي 100وحدة، نحو 35وحدة تعود منعكسة للفضاء قبل أن تصل سطح الأرض، من هذه 27وحدة تنعكس عائدة من أعلى السحب، وحدتان من الثلج، وباقي الـ6 وحدات من الأجزاء الأخرى للغلاف الجوي، الأت 65وحدة الباقية تمتص 14وحدة من خلال الغلاف الجوي و51وحدة من قبل سطح الأرض. الأرض تعيد إشعاع 51وحدة على هيئة إشعاعات

الفصل الثاني

أرضية، من هذه 17 وحدة تشع إلى الفضاء مباشرة والـ34 وحدة الباقية تمتص من الغلاف الجوي (6 وحدات تمتص مباشرة من الغلاف الجوي، و9 وحدات عن طريق الحمل الحراري والاضطراب و19 وحدة من خلال الحرارة الكامنة لعملية التكثيف).

من هنا فمن الضروري أن نعلم بأن تسخين وتبريد الغلاف الجوي ليس بسبب الإشعاعات القادمة، بل يعتمد على الإشعاعات الأرضية. الغلاف الجوي يمتص ما مقداره 34 وحدة من الإشعاعات الأرضية و 14 وحدة من الأشعة الشمسية وهو نفس المقدار التي تشع عائدة للفضاء.

على هذا النحو، مجموع الأشعة الراجعة من الأرض والغلاف الجوي حسب الترتيب هي $65 = 17 + 48$ وحدة وهي ما توازن مجموع الـ65 وحدة الواصلة من الشمس وهذا ما يطلق عليه بالتوازن الحراري للأرض. تأثير الضوء على الكائنات الحية:

تحدث كثافة الضوء التي تصل إلى الأرض تغيرات وفراغات عديدة لتأثرها بالعوامل المختلفة مثل الغلاف الجوي بما يحتويه من غازات، الجزيئات الصلبة والمعلقة، طبقات الماء، طبقات الحياة النباتية كما في الغابات والعوامل الطبوغرافية كحالة سطح الأرض من منحدرات وميول. هناك صلة وثيقة ما بين كثافة الضوء ودرجات الحرارة والرطوبة للغلاف الجوي، تتأثر الكائنات الحية مباشرة وغير مباشرة بالضوء، على سبيل المثال، يؤثر الضوء مباشرة بالعمليات الفسيولوجية الأساسية للنباتات (عملية البناء الضوئي، عملية النتح، استنبات البذور ونمو وتفتح الأزهار) وتؤثر بالحيوانات أيضا (عمليات البناء، التكاثر، النمو، الحركة، التطور، التصبيغ... الخ). الطبقات النباتية تحدث تغيرا في كثافة الضوء التي تصل سطح الأرض عند مختلف الارتفاعات للجبال، هذا مؤشر ودليل على أن النسبة العظمى من كثافة الضوء تمتص من قبل الأشجار وبالتالي يصل الضوء إلى النباتات الأرضية بأقل من 90-98% من الضوء الذي يصل للمناطق المفتوحة.

تعتمد كمية الضوء التي تصل إلى أرضية الغابات على ارتفاع الغطاء، وعلو نمو الأشجار، عمر الأشجار والمكونات والمميزات الظاهرية لأنواع النباتية المختلفة. على هذا النحو، تستقبل الأشجار الناضجة كاملة النمو والطويلة كل الإشعاعات الشمسية، ويصل الضوء الخافت وأشعة ضوئية خفيفة للشجيرات السفلية الأقل طولاً، وتنمو الأعشاب في ظروف

الفصل الثاني

الضوء الضعيف والقليل، عندما تكون أوراق الشجرة متفتحة كلياً فان غطاءها يقلل أو ينقص من الضوء أكثر من ما نسبته 1% من كمية الإشعاعات الشمسية.

طبقات الماء لها تأثير واضح على كثافة الضوء في المسطحات المائية نجد أن أشكال الحياة تنمو وتتطور في مناطق متباينة. تستقبل النباتات المغمورة ضوء أضعف من ما تستقبله النباتات المكشوفة، نظراً لانعكاس جزء من الضوء عند سطح الماء والجزء المتبقي يمتص من قبل الطبقات العليا للماء. تعتمد نفاذية الضوء في الماء على العكورة، المحتوى الملحي، الحركة ونمو العوالق للماء. كثافة الضوء تدريجياً مع زيادة العمق، عموماً عند طلوع الشمس، غروبها وفي الماء تكون كثافة الضوء ضعيفة، يسود النهار إلى ما يقارب الـ 12 ساعة في كل 24 ساعة عند خط الاستواء في كل من الصيف والشتاء، وكلما اتجهنا نحو القطبين يمتد النهار في الصيف لأكثر من 12 ساعة.

الحرارة:

يجب أن لا نخلط ما بين الحرارة ودرجات الحرارة. فالحرارة شكل من أشكال الطاقة ومصدرها الشمس، بمعنى آخر هي مقدار الطاقة التي تجعل الأشياء أكثر حرارة. درجات الحرارة هي مقياس حدة الحرارة، مثال لذلك، درجة سخونة والعاملين مرتبطان. تسخين وتبريد هواء الغلاف الجوي تحدث بثلاثة طرق:

1- الإشعاعات، التسخين المباشر من خلال نقل وتوصيل الموجات الحرارية.

2- التوصيل، نقل الحرارة عبر المواد من خلال نشاط الجزيئات.

3- الحمل الحراري، انتقال الحرارة من خلال حركة كتلة أو مادة من مكان لآخر.

يسخن الغلاف الجوي أكثر بواسطة الإشعاعات الأرضية من الأشعة الشمسية، كمية الإشعاعات التي تصل لسطح الأرض ومدى تأثيرها بالوحدة/ منطقة يعتمد على:

1- زاوية أو ميل أشعة الشمس.

2- طول اليوم أو مدة استمرارية أشعة الشمس.

3- شفافية الغلاف الجوي.

يصل المعدل السنوي للأشعة الشمسية للحد الأعلى عند النطاق الاستوائي وتتناقص كلما اتجهنا للأقطاب. بناءً على الاختلاف في درجات الحرارة هناك ثلاثة مناطق مدارية، **الاستوائية** (أقصىها حرارة)، **المعتدلة** (أكثر تبايناً ما بين الصيف والشتاء مما هو عليه في الاستوائية) و**القطبية** (منخفضة لحد ما).

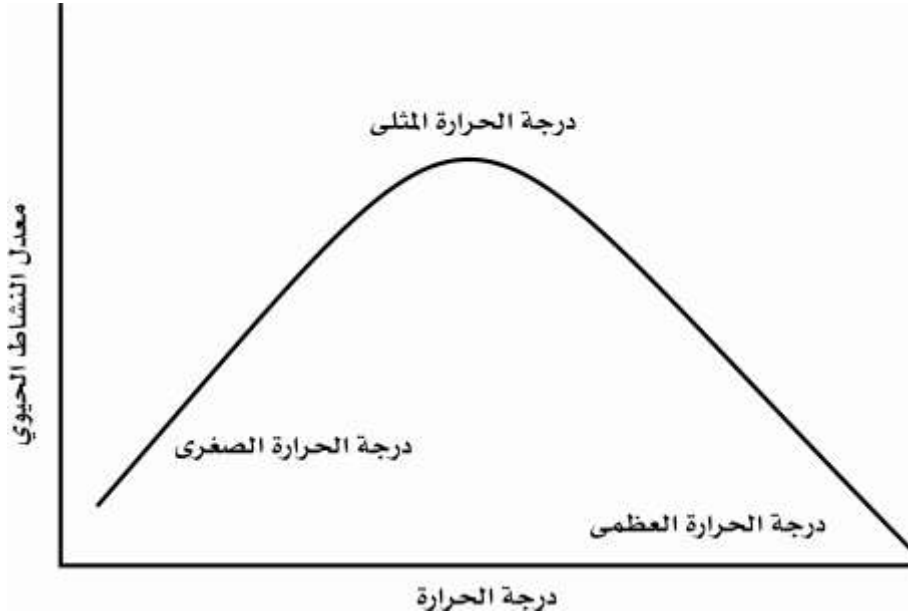
العوامل المؤثرة على درجات الحرارة: بما أن الغلاف الجوي يسخن بالأساس من الإشعاعات الأرضية، فشكل الأرض ودورانها وتطورها من العوامل المهمة المؤثرة على درجات الحرارة، هناك العديد من العوامل المؤثرة على درجات الحرارة ومنها: خطوط العرض، اليابسة والمياه، الرياح، تيارات المحيط، الارتفاع عن سطح البحر والانحدارات.

درجات الحرارة وتوزيع النباتات: تعتبر الحرارة من العوامل الرئيسية المحددة لحياة ونمو ونشاط وتوزيع الكائنات الحية ولعل هذا العامل قد أخذ الحيز الأكبر من البحوث العلمية نظراً للإجماع العام بأنه من العوامل المحددة والتي تتفاعل مع باقي العوامل الحياتية وغير الحياتية وتحتل الحرارة المرتبة الأساسية في تأثيرها على الكائنات الحية النباتية والحيوانية.

من المعروف أن درجة الحرارة تتغير على مدار اليوم وعلى مدار العام، كما أنها تتغير باختلاف خط العرض والارتفاع عن سطح البحر. كما أنها تتغير باختلاف الانحدار، كما أن اختلاف درجة الحرارة يعتمد على الوسط البيئي، فالبيئات المائية لا يحدث بها سوى تغيرات طفيفة في درجة الحرارة من الليل إلى النهار ومن الشمس إلى الظل، ولكن هناك اختلافاً جوهرياً بين الكائنات الحية من حيث العلاقة بينها وبين درجة الحرارة في الوسط البيئي، فالنباتات كائنات متغيرة الحرارة تميل درجة حرارتها إلى التماثل مع درجة حرارة الوسط البيئي، وعلى الرغم من أن درجة حرارة النبات تتبع درجة حرارة بيئته فإن هناك درجة حرارة صغرى ودرجة حرارة عظمى. أما درجة الحرارة التي ينتعش عندها النبات فتعرف بدرجة الحرارة المثلى. ومن المعروف أن النمو الجيد للنباتات هو محصلة العمليات الحيوية التي يقوم بها النبات، وبصفة خاصة التمثيل الضوئي، فهذه العمليات يزداد معدلها بزيادة درجة الحرارة حتى درجة الحرارة المثلى، ثم يبدأ المعدل في التناقص وتتوقف هذه العمليات تماماً عند درجة حرارة أقل أو أعلى من العظمى كما يتضح من الشكل-4.

الفصل الثاني

تختلف درجة الحرارة التي يحدث عندها النمو الجيد للنباتات من مكان لآخر، ففي المناطق الباردة يبدأ النمو عند درجات قليلة فوق الصفر وحتى 15°م ، أما في المناطق المعتدلة فإن درجة الحرارة المثلى للنمو تتراوح بين 15°م و 30°م في حين تتراوح درجة الحرارة العظمى للنمو بين 30°م و 40°م (شكل-5). في المناطق الحارة وبصفة عامة فإن الجذور تستطيع النمو في درجات حرارة أقل من المجموع الخضري، ولذلك فمن المعتاد أن المجموع الجذري يبدأ في النمو قبل المجموع الخضري، وبالطبع فإن الأنواع المختلفة من النباتات تتباين في معدل نموها بالنسبة لدرجة الحرارة، كما أن النباتات المنتمية إلى نفس النوع قد تنمو ولكن بمعدلات مختلفة في أماكن تتباين بها درجة الحرارة. كما أن نفس النباتات تحتاج إلى درجات حرارة مختلفة عند المراحل المختلفة من النمو، وفي معظم النباتات نجد أن النمو الخضري يتم في درجة حرارة أقل من تلك التي يحدث عندها ظهور الأزهار و حدوث التلقيح والإخصاب وإنتاج البذور. ويوضح الجدول-2 درجات الحرارة الصغرى والمثلى والعظمى لمجموعات نباتية مختلفة في أماكن مختلفة من العالم التي يحدث عندها إنبات هذه النباتات.



شكل-4 منحنى يوضح معدل النشاط الحيوي مع درجة حرارة الجو

الفصل الثاني

جدول-2: يوضح درجات الحرارة الصغرى والمثلى والعظمى لمجموعات نباتية مختلفة

(عن لارشر Larcher، 1980م)

درجة الحرارة المنوية			المجموعة النباتية
العظمى	المثلى	الصغرى	
40 - 30	30 - 15	5 - 0	الطفيليات الممرضة للنبات
35	25	5	فطريات التربة
60	55 - 45	25	الفطريات المحبة للحرارة
30	25	4 - 3	حشائش المراعي
37 - 30	25 - 20	5 - 2	الحبوب بالمناطق المعتدلة
50 - 45	40 - 32	20 - 10	حشائش المناطق الاستوائية
40 - 35	30 - 20	5 - 2	أعشاب المراعي من ذوات الفلقتين
40 - 30	25 - 15	3 - 1	نباتات المناطق المعتدلة من ذوات الفلقتين
50 - 45	40 - 30	20 - 10	نباتات المناطق الاستوائية
40 - 35	30 - 20	10	النباتات الصحراوية الصيفية
30	20 - 10	صفر	النباتات الصحراوية الشتوية
40 - 35	30 - 20	10 - 0	أشجار المناطق المعتدلة

الفصل الثالث مراحل التلوث

مراحل التلوث

تخوض البيئة معارك خاسرة مع التلوث الهوائي من صنع الإنسان. امتد واتسع الدخان والروائح الكريهة لحدود الريف. الضباب الحالم شريك في جريمة القتل. وبدأت الأيام المشمسة والساكنة تحمل الأمراض، وتهددنا بالاختناق. هذا الفصل يهدف لتوضيح كيف يقع التلوث ومراحل انبعاثه ليقضي على كل شيء من حولنا. تنقسم ملوثات الهواء من النشاطات الحضارية البشرية إلى ثلاثة أنواع رئيسية:

1- التآكل بالاحتكاك. 2- التبخر. 3- الاحتراق.

التآكل بالاحتكاك:

ليست هناك أية صعوبة لفهم هذا النوع الأول. التآكل بالاحتكاك هي الطحن بواسطة الاحتكاك والذي يحدث في كل مظاهر الحياة، بداية من إنهاك المواد الأساسية والاعتيادية مثل نعل الحذاء وإطارات السيارات. من المظاهر المميزة للاحتكاك بالتآكل كتلوث يأتي من عزمها على تشتيت الجسيمات (رقائق صلبة أو سائلة) في الغلاف الجوي. عملية الاحتكاك بالتآكل تشمل الكتبان الرملية، الطحن أو الاحتكاك، الهدم، الثقب والرذاذ. الصناعات المتعددة تساهم بإحداث التلوث عبر التآكل بالاحتكاك.

التبخر:

تغير المواد من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية تسمى التبخر. عملية التبخر لها مظهران كمساهمة في التلوث الجوي أو الهوائي، أحدهما تبخر المواد تحت تأثير الحرارة أو الضغط، والآخر هو عملية التبخر الطبيعية للمواد المتطايرة (هي المواد التي تتبخر عند درجات حرارة طبيعية). عملة التبخر هي مصدر رئيسي للروائح الكريهة والمزعجة. يقال للسائل بخار عندما يتحول لغاز عند درجة حرارة تحت درجة غليانه، هذا تغير فيزيائي في الحالة فقط، وليس هناك تغير في التركيب الداخلي للجزيئات، لهذا فهي تختلف عن التغير الكيميائي، والتي من خلالها ينحل الجزيء إلى ذرات لتتحد لتشكل جزيء جديد.

الجزيء، هو أصغر وحدة التي يحدث فيها التغيرات الكيميائية لمادة جديدة، على سبيل المثال، كمية محددة من الماء مكونة من نفس عدد الجزيئات تمام، كل واحد مكون من ذرتي هيدروجين وذرة أكسجين. الجزيئات في المواد الصلبة مترابطة نسبياً ومتماسكة. لذلك فهي تنتقل لمسافات قصيرة وأبطأ إلى حد ما.

مراحل التلوث

أما في السوائل، فإن الجزيئات ليس أقوى تماسكا لذا، فهي تتحرك لمسافات أكبر وأسرع. أما الغازات، فهي أكثرها انفصالا وتتحرك بحرية أكثر وأسرع، تتحرك الجزيئات بواسطة الحرارة والحركة تصدر حرارة، جزيئات السائل بحركتها الثابتة، البعض منها يصل مستوى حرارة وطاقة تسمح لها بالابتعاد عن السطح. في الواقع، هذه الجزيئات المستقلة وصلت لنقطة الغليان، أي أصبحت غاز، بعض المواد متطايرة بشكل واضح، يعني أنها تتحول بسهولة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية عند درجات حرارة منخفضة، كل ما تحتاجه هو فراغ لتنتشر فيه (البنزين، مثال لذلك)، مواد أخرى لا تتبخر إلا تحت الحرارة والضغط. لكن في الكثير من العمليات الصناعية والكيميائية يستخدم التسخين والضغط ليحدث التغيير بالمواد. خلال هذه العمليات تتبخر بعض العناصر أو مكوناتها، وهكذا يقع التلوث.

الاحتراق:

تثلي المشاكل التي تسببها الحضارة والتقدم الإنساني هو الاحتراق، وغالبا هي المشكلة الرئيسية لتلوث هوائنا، الاحتراق هي عملية اشتعال، عملية الاحتراق تعرف علميا على أنها اتحاد كيميائي لمواد معينة مع الأكسجين، وتكون النتيجة هو إصدار الطاقة، الاحتراق المثالي أو المطلق لا يتحقق إلا نظريا كما يحدث في بعض الوقود العضوي النقي وهي مكونة من الكربون والهيدروجين وهي عناصر تنتج الطاقة بسهولة. الوقود الإحفوري يتكون من مواد عضوية (الفحم، الغاز والبتروول من الوقود الإحفورية لسبب أنها البقايا القديمة للكائنات الحية من نباتات وحيوانات والتي حفظت لملايين السنين الطاقة التي امتصتها من الشمس خلال دورة حياتها)، بواسطة استخدام التسخين، يتحد الوقود مع كمية دقيقة من الأكسجين في الهواء عند درجة حرارة مائة ولوقت كافي. النتيجة حرارة عالية أو طاقة والمنتجات الثانوية هي بخار الماء، ثاني أكسيد الكربون وعناصر غير مؤذية للهواء، الجسم ينتج الطاقة في نفس الطريقة، الوقود هو الطعام المتناول، والأكسجين من الهواء المتنفس، والمنتجات الثانوية هي الماء، وثاني أكسيد الكربون يزفر مع المواد الإخراجية، الاحتراق الغير تما وقع- بمعنى أن الوقود لم يستخدم تمام والجسم مثل الفرن المصنوع بيد الإنسان يبعث مواد ملوثة.

مواقع الاحتراق:

1- الفرن: الفرن أو حجرة الاحتراق هي أي بناء مغلق تولد فيه الحرارة، عندما يدخل الهواء أو الوقود للفرن وتستعمل الحرارة فيه، في العادة يحدث احتراق غير تام لسبب إما للوجود الكبير للهواء أو قلته لأن درجة الحرارة منخفضة جدا ووقت الاحتراق ليس كافي أو أحد هذه العوامل، نتيجة لذلك، المنتجات الثانوية المنبعثة المدخنة تلوث الهواء. من الممكن أن تحتوي على القليل من الكربون، غاز أول أكسيد الكربون، ورماد متطاير وغازات ملوثة من الوقود. عندما يستخدم الفرن لصهر المعادن أو لعمليات صناعية أخرى تحتاج للحرارة لتعطي غازات ملوثة أكثر. عندما يتواجد الكبريت في الوقود ويكون من الصعب إزاحته من الاعتيادي أن يتحول إلى غاز، حوالي 89% ثاني أكسيد الكبريت و 2% ثالث أكسيد الكبريت، تتحد هذه الغازات مع المواد الأخرى مكونة مركبات جديدة البعض منها يكون مصدر خطر حقيقي. تتولد ملوثات أخرى بحال وقوع الاحتراق.

الملوثات المتكونة في كميات هائلة وغير عادية تحت الظروف التي يطلق عليها بالاحتراق المثالي أو التام أي اختلاط كافي للهواء والوقود، درجة حرارة عالية جدا أو كميات زائدة من الهواء المستخدمة كيميائيا مع الوقود لإصدار الطاقة الحرارية، درجات الحرارة العالية هي سبب لاتحاد الأوكسجين والنيتروجين الموجودين في الهواء يكونا أكسيد النيتروجين، علاوة على ذلك، يتبع هذا التفاعل ولتحرك الغاز من مصدر الحرارة، تحدث عمليات أكسدة أخرى ويتشكل غاز ثاني أكسيد النيتروجين، وكما نعلم فإن غاز ثاني أكسيد النيتروجين أصبح من مسببات المشاكل الرئيسية للمجتمعات المدنية.

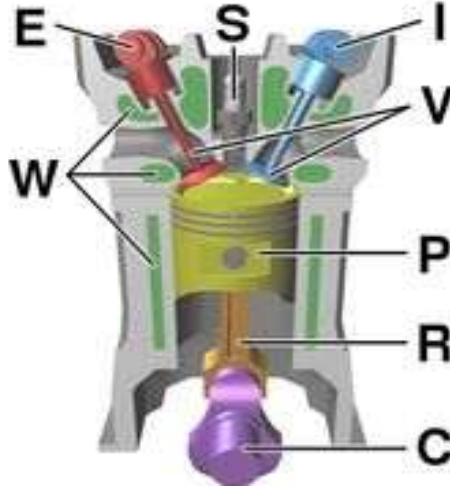
2- المحرك الداخلي للاحتراق: إلى حد ما هناك اختلاف في المشاكل التي يسببها المحرك الداخلي للاحتراق للسيارات، الشاحنات، الحافلات والطائرات وهي على الأقل تستحق لانتشارها وتفشيها معاملة ومعالجة خاصة ومنفصلة، المحرك هو آلة ينتج طاقة ميكانيكية أو حركية، يهمننا هنا المحركات التي تصدر طاقة حرارية من خلال الاحتراق ومن ثم تحولها لقوة تستطيع أداء عمل وهي المحرك الداخلي للاحتراق.

المحرك التقليدي للسيارة ذو الدوران الرباعي:

في محركات البنزين التقليدية، خليط من الوقود والهواء تلقم في الاسطوانة (غرفة المحرك) بواسطة المكربن ويكبس ويشعل بواسطة شمعة الإشعال (حديثا العديد من الشركات المصنعة تستبدل المكربن بما

مراحل التلوث

يسمى بنظام الحقن للوقود- Fuel injection system لغرض إدخال البنزين على نحو دقيق في الاسطوانة (شكل-5). الطاقة المتفجرة من احتراق الخليط تنتقل إلى المكبس وحركة المكبس تنتقل إلى العمود المرفقي الذي يحرك السيارة.



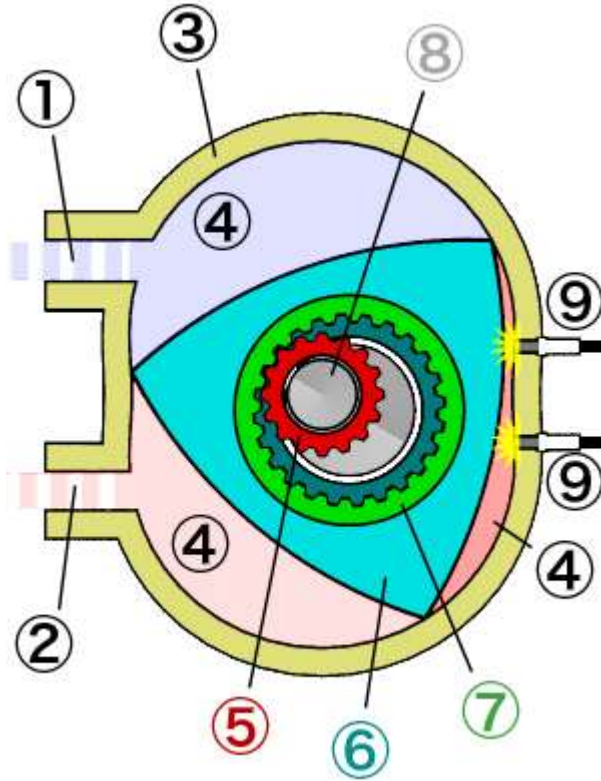
E: عادم عمود الحدبات،
I: مسرب عمود الحدبات،
S: شمعة الإشعال،
V: الصمامات، P: المكبس،
R: ذراع التوصيل،
C: العمود المرفقي،
W: حجرة تبريد الماء.

الشكل-5: يوضح تركيب المحرك التقليدي للسيارة رباعي الدوران

المحترق، الخليط المستهلك يخرج من المحرك ومن ثم خارجا عبر العادم أو ماسورة السحب، هذا النوع من المحركات أقل فعالية من فرن كبير، نظرا لأنها ستواجه مصادر طاقة وقوة متفرعة، رطل من البنزين ممكن حرقه تماما عند خلطه مع 15 رطلا من الهواء. من ناحية أخرى، يجب أن تكون نسبة الهواء أقل من نسبة الوقود للحصول على الطاقة القصوى، أغلب المحركات تعمل عند معدل 1:15، ويكون الاحتراق غير تام والكميات الأساسية من المواد غير ثاني أكسيد الكربون والماء تقذف في البيئة لسوء الحظ، يطلق أول أكسيد الكربون بدلا من ثاني أكسيد الكربون في الهواء كنواتج ناقص أو غير كاف والناتج الثانوي الآخر هو البنزين الغير محروق ويبقى كذلك منتجات بعض أنواع المواد العضوية التي تتفاعل بسهولة مع الكيماويات الأخرى. الأمر المحتوم هو أكسيد النيتروجين، هي نتاج تحويل النيتروجين والأكسجين في المحركات عالية الحرارة. المواد العضوية وأكاسيد النيتروجين ينتجا معا كلما يسير الإنسان المحرك الداخلي للاحتراق وتغذو من المسببات الرئيسية للضباب الدخاني الكيموضوي.

محرك دوراني المكبس (محرك واينكل):

آلية عمل المحرك دوراني المكبس (شكل-6) مثل آلية عمل المحركات التقليدية بل وأقل تعقيدا، فلا حاجة هنا لذراع التوصيل، الدوران السريع للدوار يحرك العمود المرفقي وبدوره يحرك العجلات بالإضافة لذلك، تزال الصمامات وأجزاء أخرى. المحرك دوراني المكبس ليس بسيط فقط لكنه خفيف وصغير والسيارات الصغيرة والخفيفة ممكن أن تعمل من خلاله، في ما يتعلق بالتلوث، انبعاث أكاسيد النيتروجين أقل منها مقارنة بالمحركات التقليدية والمواد العضوية وأول أكسيد الكربون ممكن السيطرة عليها، مع ذلك فالمحرك دوراني المكبس ليس مثالي للبيئة.



شكل-6: يوضح أجزاء المحرك دوراني المكبس

- 1: مدخل المحرك، 2: مخرج العادم، 3: العلبة، 4: حجرة الاحتراق، 5: مسننات ساكنة، 6: الدوار، 7: مسننات داخلية، 8: عمود غير مركزي، 9: شمعة الإشعال.

مراحل التلوث

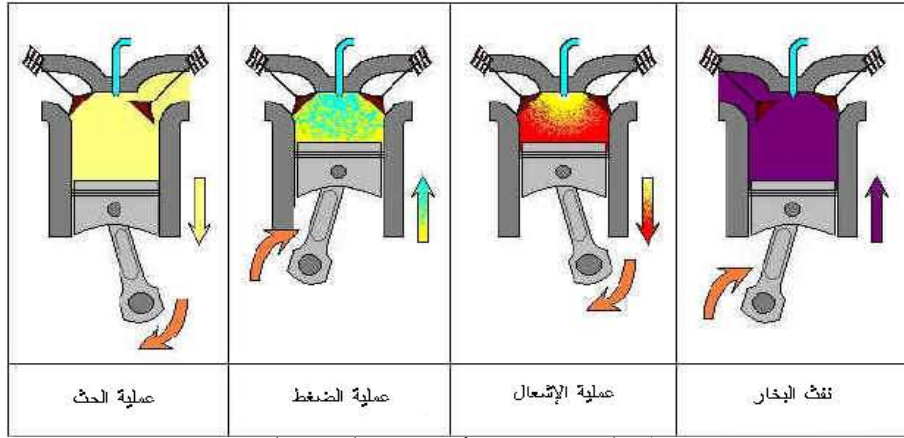
محرك الديزل:

يختلف محرك الديزل عن محرك البنزين ذو شمعة الإشعال في ثلاثة نقاط:

الأولى: مزود الهواء غير مخنوق، لذا فانسيابه في المحرك يكون غير مقيد ومحدود. لذا، محرك الديزل عادة يعمل عند معدل هواء أقل من معدل الوقود كما هو في محركات البنزين.

الثانية: يحقن الوقود مباشرة إلى حجرة الاحتراق ولا حاجة للمكربن، تتغير الطاقة المنتجة من خلال معدل حقن الوقود.

الثالثة: ليس هناك نظام شمعة الإشعال ويسخن الهواء بواسطة الضغط، بمعنى، يكبس الهواء في اسطوانة المحرك حتى يبذل ضغط عالي وكافي لرفع درجة الحرارة حتى 1000°C والتي تكون كافية لإشعال زيت الوقود عندما يتحقق في المحرك. ماذا يعني هذا كله في ما يتعلق بالبيئة؟ نظرا لان محرك الديزل يعمل مع زيادة في الهواء، فان كميات أكاسيد النيتروجين المنتجة تكون أكثر من ما هو منتج عن محركات السيارات النموذجية، والكربون المحتوي على الجزيئات تظهر كدخان إضافي برائحة غير لطيفة (شكل-7).

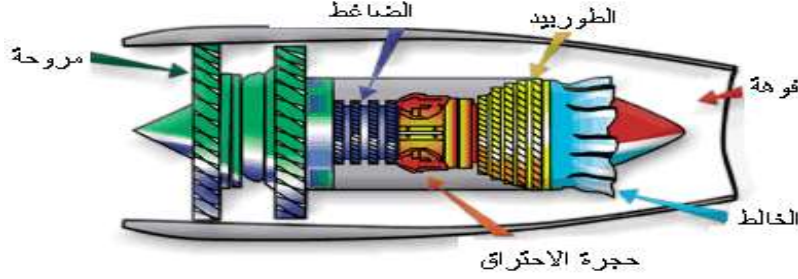


شكل-7: بين خطوات عمل محرك
محرك الطائرات: ٢٠٠١١١

تسبب محركات الطائرات مشاكل تلوث كبيرة للبيئة، تعمل الطائرات بمحركات يسيرها مكبس (شكل-8) بالمبدأ نفسه التي تعمل فيه محركات السيارات، تعمل الطائرات بشكل مختلف بمحركات نفاثة، فالهواء يسحب عبر مقدمة المحرك، يضغط ويسخن بواسطة الوقود المحترق في حجرة

الفصل الثالث

الاحتراق. الخليط الغازي الساخن الناتج يدفع بواسطة توسع وتمدد ناشئ عن حركة المجرى النفث السريع. كرد فعل لذلك تدفع الطائرة للأمام.

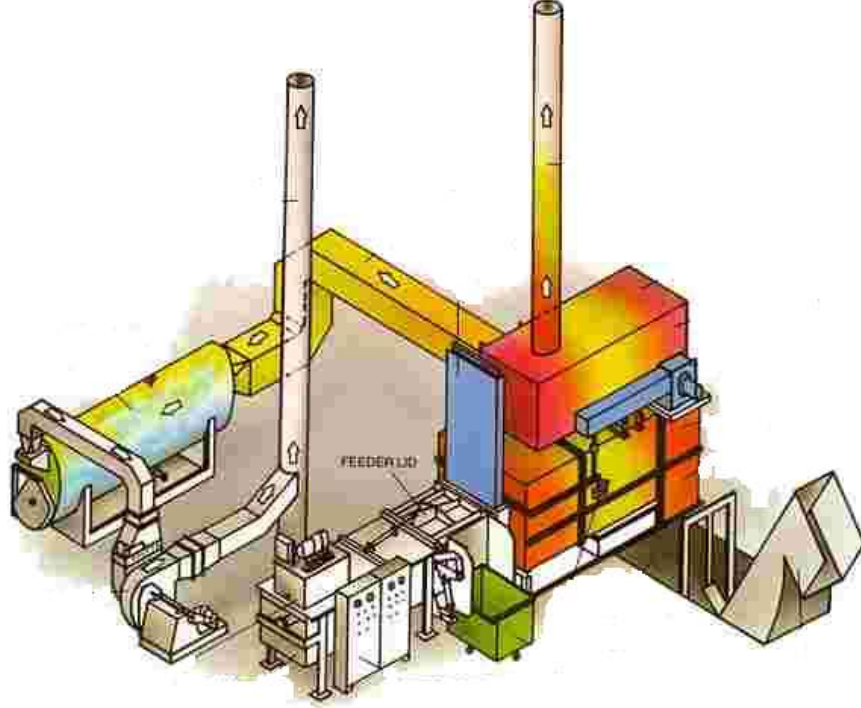


شكل-8: يوضح أجزاء محرك الطائرات

1- **المرمد (موقد لحرق القمامة):** عادة تحرق المخلفات المنزلية والصناعية في بناء يسمى المرمد (شكل-9). المرمد يلتهم مواد من جميع الأنواع – سريعة الاحتراق، بطيئة الاحتراق وغير قابلة للحرق – المواد التي من الممكن أن تتفاعل تحت الحرارة في طرق مذهلة وروائح كريهة. المرمد المصمم بدقة أو كما ينبغي والذي يحرق على نحو نظيف يعتبر جزء من الحل لمشكلة التخلص من المخلفات الصلبة، لكن أغلبية حاويات الحرق الموجودة تشبع الهواء مع الغازات والجزيئات لأنواع كثيرة لا تحصى ولا تصنف.

التآكل بالاحتكاك، التبخر والاحتراق هي العمليات الثلاث الرئيسية التي تسبب تلوث هوائنا. لكن هناك أيضا عمليات ثانوية تزيد من التلوث قبل تبديدها نهائيا. بعض الملوثات المحررة من أحد العمليات الموصوف ممكن أن يتفاعل في الهواء الطلق مع مواد أخرى، وإما مع ملوثات أخرى أو المكونات الطبيعية للجو، هذه النتيجة بعيدة الأثر والنطاق، كما سنرى من النقاش التالي لما يعرف بالعمليات الثانوية والتي تحدث ظاهرة الضباب الدخاني الكيموضوي.

مراحل التلوث



شكل- 9: يبين أحد مواقع حرق النفايات

ظاهرة الضباب الدخاني الكيموضوي:

هذه الظاهرة تحدث خاصة في المناطق الصناعية ومراكز المدن المزدحمة بالسكان، وتحدث هذه الظاهرة نتيجة لدخول الأكاسيد النيتروجينية وبالأخص غاز ثاني أكسيد النيتروجين في سلسلة من التفاعلات الكيموضوية مع مركبات الهيدروكربون غير المشبعة في الهواء (في وجود الضوء) فيؤدي في النهاية إلى تكون غاز الأوزون ونترات البيروتسي أسيتيل وبالتالي تكون ما يسمى **بالضباب الدخاني الكيموضوي**.

يجب هنا أن نفرق ما بين نوعان من الضباب الدخاني، المصطلح الأصلي لا يعود إلى منتجات لتفاعل كيموضوي لكن لاتحاد الضباب مع الدخان كما هو الشائع في لندن، بينما كان الفحم هو المستخدم الشائع لتسخين البيوت وإنتاج الطاقة في لوس أنجلس في الولايات الأمريكية المتحدة. من ناحية ثانية، الضباب الدخاني كان موجودا قبل أن يعرف

الفصل الثالث

المنتج كنتيجة لظواهر مختلفة. تلعب الشمس دورا رئيسيا لان طاقتها ممكن أن تمتص من قبل ثاني أكسيد النيتروجين بوجود بعض المواد العضوية (الهيدروكربونية). في هذه العملية، يفصل المركب إلى أكاسيد نيتروجينية وأكسجين ذري (يتواجد الأكسجين عادة في الهواء كجزئ O_2 وليس كأكسجين ذري O). الأكسجين الذري يتفاعل مع جزئ الأكسجين والعناصر الأخرى لعوادم السيارات مكونة مجموعة من المنتجات بما فيها الأوزون. الأوزون بحد ذاته ضار ويتسبب بسرعة على شكل سلسلة من المركبات بتفاعلات متواصلة ومستمرة.

الضباب الدخاني الكيموضوي هو فقط عامل واحد، وان يكن عامل رئيسي من المركبات المعقدة المسببة لتلوث هوائنا، فالعمليات الصناعية وانبعثاتها متحدة دوما لتشكل كتل متشابكة فظيعة من الغبار، السديم (الضباب الدقيق)، الغازات والروائح ليكون فرز هذه الملوثات بشكل فردي عملية صعبة للغاية ولا تصدق ولكنها حيوية وضرورية.

انبعاثات المداخل للمصانع:

هناك العديد من الصناعات التي تعتبر من مصادر التلوث. مصافي البترول هي المصدر الرئيسي للغازات الملوثة، الغازات الرئيسية هي ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين. أما مصانع الاسمنت تبعث الكثير من الغبار، والذي يعتبر كارثة صحية وبيئية كامنة.

المحطات الحرارية لإنتاج الطاقة:

يتم حرق ملايين الأطنان من الفحم في هذه المحطات. الملوثات الرئيسية الناتجة عنها هي الرماد المتطاير، أكاسيد الكبريت، أكاسيد النيتروجين، أول أكسيد الكربون، المواد الهيدروكربونية، الألهيد والمواد الجزئية (الجسيمات الدقيقة).

جدول-3 يوضح مستوى أنويه البنزين (البنزوبيرين Benzopyrene) المنبعث من عوادم وسائل النقل المختلفة في بعض مدن العالم والتي تسبب تلوث هوائي خطير للغاية.

جدول-3: يوضح مستويات البنزوبيرين في بعض مدن العالم

الدولة	المدينة	المستوى (ميكروجرام/م ³)
--------	---------	--

مراحل التلوث

1863 - 17	هامبورج	ألمانيا
133 - 29	وارسو	بولندا
1060 - 32	بودابست	المجر
9.4 - 0	مدريد	اسبانيا
63 - 0.61	طهران	إيران
27 - 15	ستوكهولم	السويد
11.1	أوساكا	اليابان

أما جدول-4، يوضح مصادر التلوث للهواء خلال عدة سنوات في الدول المتقدمة بالنسبة المئوية حيث يبين ازدياد النسبة المئوية لمكونات الهواء من المصانع ومخلفاتها وما تنفثه من غازات، غبار، رماد وجزئيات صلبة وسائلة معلقة وغيرها من المصادر الأخرى.

جدول-4: يوضح أهم مصادر تلوث الهواء خلال عدة سنوات بـ (%) في الدول المتقدمة

المصدر	1973	1978	1983	1986	1990
مصادر منزلية	34.2	43.5	47.12	53.58	55
مواقع تجارية	4.92	6.15	6.34	6.95	7
مناطق صناعية	43.8	51.2	56.4	64.4	70
محطات توليد الطاقة	12.2	12.2	48.94	46.95	40
وسائل النقل	39.8	64.6	10.63	13.14	15.6
مصادر أخرى	40	64.6	10.64	13.15	15

جدول-5، يظهر مدى التلوث الذي يحدثه حرق الوقود المحتوية على الكبريت، وكأن الخشب لا يسبب تلوث (منعدم = صفر)، انه فقير القدرة على توليد الحرارة، بينما الوقود الزيتي ينتج تلوث بسبب احتوائه ثاني أكسيد الكبريت ولها مقدرة عالية على توليد الحرارة.

جدول-5: يوضح كميات الكبريت في أنواع الوقود الذي ينتج غاز ثاني أكسيد الكبريت

المادة	% الكبريت	القدرة على توليد الحرارة
الخشب	صفر	18
الخث	1	18
اللجنيت (فحم حجري)	1.3	23.2

الفصل الثالث

25.5	1.6	الحمزي
34	1	فحم الانثراسيت
29	1 >	فحم الكوك
---	3 - 0.5	النفط الخام
43.5	4 - 2	نفط الوقود
37.8	0.5	وقود قطران الفحم
18.6	---	غاز المدينة
34	ضئيلة	الغاز الطبيعي
4.5	---	غاز مولدات الطاقة

الفصل الرابع الملوثات – حالاتها ومصدرها

الملوثات: حالاتها ومصدرها

كما أشرنا، الآلاف من المواد التي تساهم في معاناة الإنسان بالعبث في غلافه الجوي إنها تتدفق من محركات 100 مليون مركبة، نفايات 200 مليون إنسان ونشاطاته من المصافي، المصانع والمشاريع التجارية والصناعية التي تستخدم مليارات الكيلووات من الكهرباء. إنها منتجات ثانوية للحضارة والتقدم، هذه الانبعاثات تنتشر سمومها حول الأرض.

الملوثات حقيقة واقعة:

يمكن أن تخرج الملوثات على هيئة صلبة، قطرات سائلة أو غاز. الحالتين الغازية والسائلة تسمى بالجسيمات أو المواد الجزئية، ويقصد بها ما يحمله الهواء من دقائق صلبة أو سائلة. والجسيمات العالقة تعتبر أخطر الجسيمات الملوثة للهواء، وتتوقف خطورة الجسيمات على الصحة والبيئة تبعاً لحجمها وتركيزها وطبيعتها الكيميائية وتراكم الجسيمات في الهواء ينتج عنه أيضاً الضباب الدخاني الذي يصاحبه عادة الانعكاس الحراري. تكمن خصوصيتها في المقام الأول بحجمها، وهنا وصف مختصر للملوثات الجسيمية تبعاً لحجمها:

حجم الفيروسات ما بين 0.01 و 0.1 ميكرون؟
حجم البكتيريا ما بين 1 – 25 ميكرون.
حجم قطرات الضباب ما بين 5 – 60 ميكرون.
حجم قطرات المطر ما بين 400 – 5.000 ميكرون.
ملاحظة: الجسيمات بقطر أكبر من 10 ميكرون ممكن رؤيتها بالعين المجردة.

حجم الجسيمات:

جسيمات الغبار الخشنة قطرها أكبر من 10 ميكرون والرماد المتطاير يتشكل من مخلفات الفحم المحترق.

الدخان، الغبار وجسيمات الضباب يتراوح حجمها أقل من 1 وحتى 10 ميكرون، ويعتمد حجمها بشكل رئيسي على المسافة التي تقطعها في الهواء.

الجسيمات بقطر أقل من 1 ميكرون، عادة ما تسمى بالهباء الجوي (Aerosol) لأن لها القدرة على أن تبقى معلقة في الجو لصغر حجمها.

الملوثات

الجسيمات الملوثة تتكون من تشكيلة من المواد الناتجة عن نشاطات الإنسان التي لا تعد ولا تحصى، وبسبب حجمها الدقيق فحالتها تؤثر على سلوكها بشكل كبير. كثيرا ما تسمى كالتالي، عدا أسماءها الكيميائية:

• **الدخان، Smoke:** هي المواد الجسيمية من سوائل وصلبة لا يزيد حجم قطرها عن 1ميكرون، من الممكن أن تتشكل خلال عمليات الاحتراق والتقطير، بإزاحة الشوائب من السوائل عن طريق التسخين حتى درجة الغليان ومن ثم تكثيف الأبخرة الناتجة عنها، الاسم "الدخان" ممكن أن يشمل **البخار أو الغاز (Fume)**.

• **البخار أو الغاز، Fume:** تعني الجزيئات الصلبة بقطر لا يزيد حجمه عن 1ميكرون والتي تتشكل كأبخرة مكثفة أو تفاعلات كيميائية. البخار أو الغاز ينبعث من العمليات الصناعية، شاملة تنقية المعادن بالصهر والتكرير.

• **الغبار، Dust:** هي أكثر عمومية من مصطلح البخار أو الغاز (Fume). وتطلق على الجزيئات التي يزيد حجم قطرها عن 1ميكرون، الغبار ممكن أن يتشكل نتيجة لعمليات التآكل بالاحتكاك الطبيعية أو من العمليات الصناعية والزراعية التي لا تحصى.

• **السديم أو الضباب الدقيق، Mist:** يتشكل من جزيئات سائلة يصل حجم قطرها إلى 100ميكرون، ممكن أن تطلق من خلال العمليات الصناعية مثل الرش (البخاخ) والتلقيح أو عن طريق تكثيف البخار في الغلاف الجوي أو بتأثير أشعة الشمس على عوادم السيارات وما دام السديم يتصاعد، يتشكل الهباء الجوي السائل بتركيز أكبر.

خواص الجسيمات:

عندما تنبعث مادة سائلة أو صلبة إلى الهواء كمواد جزئية، فمن الممكن أن تتغير خواصها وتأثيرها. الجسيمات الثانوية، هي تلك التي تتشكل في الغلاف الجوي من تفاعلات الغازات مع بعضها البعض، والتي من الممكن أن صفاتها متغايرة كلياً عن المواد الأصلية، سواء كانت مواد جزئية أساسية أو ثانوية، الجسيمات الجوية لها صفات خاصة ومميزة:

الهباء الجوي: الضباب الدقيق جدا بحجم قطر يتراوح من 0.001 إلى 0.1 ميكرون يستطيع التفاعل كنواة يسهل نسبيا تكثيفها كبخار، وبالتالي من الممكن أن تزداد وتمتد أو يطيل الضباب، والسديم الأرضي والأمطار.

الفصل الرابع

الجزئيات بحجم أقل من 2 أو 3 ميكرون ويكون وزنها حوالي النصف بالنسبة للمواد الجزئية المعلقة في هواء المدن والتي تقدر بأن تكون صغيرة بما يسمح لها أن تصل إلى أجزاء الرئة الغير محمية بالمخاط وتستطيع جذب وحمل مواد كيميائية ضارة مثل غاز ثاني أكسيد الكبريت. غاز ثاني أكسيد الكربون سيذوب على المخاط قبل أن يصل إلى الأنسجة الحساسة.

تستطيع الجزئيات أن تعمل **كمحفزات** (التحفيز هي عملية يحدث من خلالها تغيير كيميائي للمركب أو يسرع التغيير من خلال مواد خارجية تبقى غير متغيرة. المواد الغير متغيرة تعرف بالمحفزات). مثال على ذلك، تغير غاز ثاني أكسيد الكبريت إلى حمض الكبريتيك بمساعدة أكاسيد الحديد المحفزة.

يستطيع الهباء الجوي الدقيق أن **يمتص الطاقة** الإشعاعية الشمسية وإيصال الحرارة بسرعة كبيرة إلى الغازات المحيطة بالغلاف الجوي. الغازات التي ليس لها القدرة على امتصاص الطاقة الإشعاعية بنفسها. كنتيجة لذلك، الهواء المحتك أو المتلامس مع الهباء الجوي يسخن.

مصادر الملوثات:

من المصادر المختلفة لتلوث الهواء، تطلق مجموعة من الملوثات إلى الغلاف الجوي. الملوثات الرئيسية للهواء تنبعث من المصادر المختلفة التالية:

1- **مركبات الكربون** – بشكل رئيسي غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز أول أكسيد الكربون، الأول يطلق من عملية احتراق تامة للوقود الاحفوري والآخر من عوادم السيارات.

2- **مركبات الكبريت** – هذه تشمل غاز ثاني أكسيد الكبريت، غاز كبريتيد الهيدروجين وحمض الكبريتيك، في الأغلب تنبعث من احتراق الوقود الاحفوري (الفحم)، محطات توليد الطاقة (الحرارية) والوحدات الصناعية كالمصافي ومحطات التكرير.

3- **أكاسيد النيتروجين** – تشمل بشكل رئيسي غاز أول أكسيد النيتروجين، ثاني أكسيد النيتروجين وحمض النيتريك، وفي الأغلب تنبعث من وسائل النقل، محطات إنتاج الطاقة والوحدات الصناعية.

4- **الأوزون، O_3** – يرتفع معدله في الغلاف الجوي نتيجة للنشاطات الصناعية للإنسان.

الملوثات

5- **الفلوريدات** – تأتي من الصناعات، المبيدات الحشرية، البخاخات... الخ.

6- **المواد الهيدروكربونية** – هذه المواد بشكل رئيسي هي البنزين، والتي تنفث من وسائل النقل والوحدات الصناعية.

7- **المعادن الثقيلة** – تشمل الرصاص، النيكل، الزرنيخ، البريليوم، القصدير، التيتانيوم، الفاناديوم، الكاديوم... الخ، تتواجد في الهواء كمواد صلبة أو بشكل قطرات سائلة أو غازية. تنتج بشكل رئيسي من خلال عمليات التعدين، وسائل النقل.

8- **النفائات الصلبة** – من نفائات منزلية، مخلفات طبية، صناعية، زراعية... الخ.

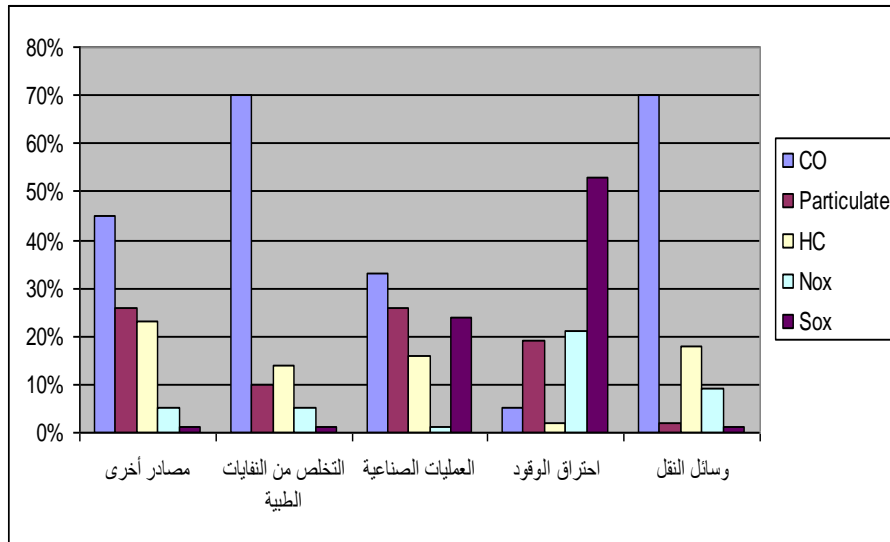
9- **مصادر أخرى** – تشمل حرائق الغابات، تبخر البنزين والمذيبات، التلوث الحاصل عن نفائات الفحم من احتراق ركام الخشب والغابات.

من هذا كله نستنتج أن أهم مصادر تلوث الهواء هي وسائل النقل، احتراق الوقود من المصادر غير متحركة أو ثابتة، العمليات الصناعية والتخلص من النفائات الصلبة، من الجدير ملاحظته أن أقصى انبعاث لغاز أول أكسيد الكربون هو من وسائل النقل (شكل-10)، بينما أقصى انبعاث لغاز ثاني أكسيد الكبريت نتيجة لحرق الوقود من المصادر الساكنة أو الثابتة. انبعاثات عوادم السيارات تولد 8 - 10 مليون طن سنويا من أكاسيد النيتروجين، أعلى نسبة انبعاث للمواد الهيدروكربونية تطلق من صناعة وسائل النقل والمواصلات، بينما المواد الجسيمية المعقدة تتولد من مصادر أخرى وكذلك من احتراق الوقود.

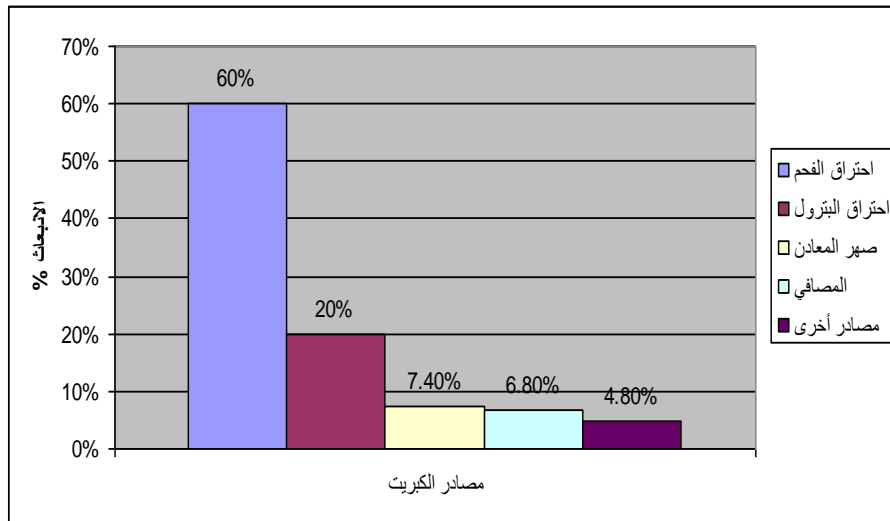
من بين هذه الملوثات غاز ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين هي الأكثر خطورة. شكل-11، يوجز المصادر الرئيسية الباعثة والناشرة لغاز ثاني أكسيد الكبريت. نرى أن احتراق الفحم ينفث 41% من الملوثات، بينما حرق النفط يطلق 16%، صهر المعادن يعطي 5%، منتجات المصافي تعطي 7% والمصادر الأخرى تطلق 5% من الملوثات، وبالتالي فإن المصدر الرئيسي للتلوث هو احتراق الفحم، أكاسيد النتروجين تأتي في المرتبة التالية من الخطورة بعد غاز ثاني أكسيد الكبريت.

الفصل الرابع

تظهر معظم المعاينات والتقارير للمدن الصناعية أن انبعاثات عوادم السيارات هي الأكثر مسؤولية عن إطلاق أكاسيد النيتروجين، وأخطرها هي غاز أول أكسيد النيتروجين وغاز ثاني أكسيد النيتروجين وذلك بسبب تفاعلها مع إشعاعات الغلاف الجوي والتفاعلات الكيموضوئية تشكل الضباب الدخاني. غاز أول أكسيد النيتروجين يتحول إلى غاز ثاني أكسيد النيتروجين ويسبب إخلال بالتوازن البيئي ومشاكل صحية جدية للكائنات الحية وخاصة الإنسان.



شكل-10: يوضح أهم مصادر التلوث الهواء



الفصل الرابع

إلى أضرار في المخ. يؤدي الرصاص إلى مخاطر صحية بالغة، حيث يتداخل مع الجمل الأنزيمية، كما يؤدي إلى تسمم الأعصاب والكلية وأعضاء التكاثر. كما يسبب اضطرابات قلبية وزيادة ضغط الدم وخفض معدل الذكاء وبخاصة عند الأطفال ويترافق باضطرابات عدوانية ونقص في التركيز والانتباه، إضافة إلى إهمال الواجبات الدراسية.

الزئبق (Ag):

الزئبق، معدن سائل متطاير يتواجد في الصخور والترربة وتواجده في الهواء نتيجة للنشاطات البشرية بحيث يستخدم الزئبق في إنتاج المبيدات الفطرية، الأصباغ، مستحضرات التجميل، الورق... الخ، هو أيضا من أخطر المواد الملوثة للهواء وخصوصا انه بهيئته غير العضوية يمكن أن يتحول إلى صور عضوية أشد سمية بواسطة بعض الكائنات الحية الدقيقة، ويوجد أيضا في صورة بخار.

استنشاق الزئبق عند معدل 1ملجم/م³ لمدة ثلاثة أشهر ممكن أن يقود للوفاة، تأثيراته السامة تدمر الجهاز العصبي، الكبد والعيون، ومن الأعراض الأخرى لسمية الزئبق؛ الصداع، الإجهاد العصبي، القلق، وأمراض الكلى وغيرها الكثير.

الخارصين (Zn):

الخارصين ليس من مكونات الهواء الطبيعية، يظهر حول مصاهر الخارصين ومصافي تكرير نفايات الخارصين. معامل تكرير النحاس، الرصاص والفولاذ تطلق كذلك الخارصين في الهواء، فرن المدفأة المفتوحة تنفث من 20 - 25 جم من الخارصين لكل ساعة في تكرير نفايات الحديد المكلفن. في الأغلب يتشكل الخارصين في الهواء بهيئة أكسيد الخارصين (كدخان ابيض) وهو خطر على الإنسان.

الكاديوم (Cd):

يظهر في الهواء نتيجة للنشاطات البشرية والصناعية، الصناعات التي تهتم باستخلاص، تكرير، الطلاء بالكهرباء ولحام المواد الحاوية على الكاديوم، وعمليات تكرير النحاس، الرصاص والخارصين من المصادر الرئيسية للكاديوم في الجو. إنتاج بعض المبيدات الحشرية والأسمدة الفوسفاتية كذلك تنفث الكاديوم في الجو. هذا المعدن يطلق كبخار، وبهذه الهيئة يتفاعل بسرعة مكونا مركبات جديدة (أكاسيد، كبريتات وكلوريدات).

الملوثات

الكاديوم معدن سام حتى بمعدلات ضئيلة ومن المعروف عنه انه يتراكم في كبد و كلية الإنسان، انه يسبب فرط ضغط الدم، انتفاخ الرئة ويؤدي الكلية، ومن الممكن أن يتحول إلى مادة مسرطنة للتدييات.

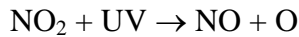
الفلور (F):

الفلورين غاز لم يوجد أبدا بحالته النقية في الطبيعة. مركبات الفلوريد، من ناحية أخرى، تتشكل في النباتات وخامات المعادن، الطين والتربة.

ينبعث الفلوريد إما بهيئة غازية أو صلبة من صناعات الأسمدة الزراعية، الألمنيوم، صهر خامات الحديد وصناعات الخزف. صناعات الأسمدة الزراعية والألمنيوم حملت مشاكل الفلوريد منذ بدايتها. الفلوريدات المنقولة جوا تدمر النباتات. مع هذا، بعض النباتات تستطيع أن تركز وتكدس هذه الفلوريدات، ومن ثم تستهلك المواشي، الدواجن والدواب هذه النباتات كعلف حيواني لتغدو مريضة. تناول الفلوريدات بمعدلات منخفضة جيد لعظام وأسنان الإنسان والحيوان على حد سواء. ولهذا السبب يضاف الفلور في شبكات توزيع المياه. لذا، هناك تساؤل يطرح نفسه عن ما إذا تعرض الإنسان للفلور سواء عن طريق تناول الأطعمة، الاستنشاق والماء بكميات غير متوقعة (معدلات عالية) أن لها تأثير عكسي على الإنسان. عند أي تركيز، يكون الإنسان القريب من المصادر الصناعية الملوثة بالفلوريدات معرضا لإصابات العيون، تهيجات الجلد، التهاب الجهاز التنفسي وصعوبة بالتنفس.

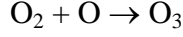
الأوزون (O₃):

يتشكل غاز الأوزون، كغاز عديم اللون، لاذع في عملية تشكيل ظاهرة الضباب الدخاني الكيموضوي حيث يتحد غاز ثاني أكسيد النيتروجين مع مركبات الهيدروكربونات غير المشبعة في الهواء. كذلك يتشكل هذا الغاز في الهواء تحت تأثير الأشعة الشمسية والبرق وخاصة إذا كان يحتوي الهواء على الأكاسيد النيتروجينية. تبدأ التفاعلات الكيموضوية، حيث يتم امتصاص الأشعة فوق بنفسجية من أشعة الشمس بواسطة ثاني أكسيد النيتروجين ويتشكل أول أكسيد النيتروجين وذرة أكسجين:

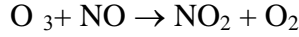


يتفاعل الأكسجين الذري مع الأكسجين الجزيئي في الهواء مكونا الأوزون:

الفصل الرابع



ثم يتفاعل غاز الأوزون مع غاز أول أكسيد النيتروجين مكونا غاز ثاني أكسيد النيتروجين كالتالي:



ويتم تكوين غاز الأوزون الضار في الطبقة السفلى للغلاف الجوي بدلا من الطبقة العليا للغلاف الجوي أو المنطقة الأصلية. وهذا الغاز الأوزوني المتكون قريبا من الأرض يعتبر من أخطر الملوثات المؤكسدة حتى في تراكيزات منخفضة جدا.

يلعب غاز الأوزون في موقعه الأصلي دورا هاما كدرع واق لكوكب الأرض وما عليها من كائنات حية، حيث أنه يستطيع امتصاص ما يقرب من 90% من أشعة الشمس فوق بنفسجية الضارة بصحة الإنسان. غاز الأوزون ممكن أن يسبب السعال، الاختناق، الصداع ويؤدي إلى الانهيار العصبي. أظهرت الدراسات الحيوانية، أن أجسام الحيوانات أقل مناعة للعدوى لهذا الغاز، يؤدي كذلك إلى تبقع أوراق النباتات وموتها ويحدث تصدع بالمطاط، يتلف الأقمشة ويبهت الألوان.

نضوب طبقة الأوزون بواسطة نشاطات الإنسان والتي ينتج عنها تصاعد غازات اامة لهذه الطبقة، وبذلك تسمح بِنفاذ الأشعة فوق البنفسجية إلى سطح الأرض ملحقة أضرارا بالغة بكل ما عليها من كائنات حية. ومن هذه الغازات الكلوروفلوروكربون والفريون المستخدم في أجهزة التكييف والتبريد حيث لها القدرة على تدمير هذه الطبقة وتحليل غاز الأوزون إلى ذرة أكسجين وجزئي أكسجين:



نترات البيروكسي أسيتيل (PAN) والألديهيد:

منتج آخر من الضباب الدخاني، ومن المعروف عنه أنه يسبب تهيج العيون، الحلق والجهاز التنفسي، ويبدو أن نفس التأثيرات التهيجية على الرئتين كالأوزون والمؤكسدات الأخرى، وتدمير النباتات.

لكن لا تزال هناك مجموعة أخرى من منتجات الضباب الدخاني الكيموضوي تسجل ضد السيارات وهي الألديهيد، تتشكل نتيجة لاتحاد

الملوثات

بعض الهيدروكربونات مع الأوكسجين، عديمة اللون، إما توجد بهيئة سائلة أو غازية ولها رائحة حادة، مهيجة وخانقة. هي أيضا، مهيجة قوية للعيون، الجلد والجهاز التنفسي. تتشكل الألديهيد عدا عن الضباب الدخاني من انبعاثات السيارات كذلك هي من بين منتجات الاحتراق الغير تام لجميع أنواع الوقود.

الكلوروفلوروكربون (CFCs):

تنتج هذه المركبات من صناعات عديدة أهمها الأيروسول aerosol، الملوثات الرئيسية المسؤولة عن نضوب طبقة الأوزون هي المركبات الكلوروفلوروكربون، يوجد أنواع عدة من مركبات الكلور والفلور، وهي غالبا مشتقات هالوجينية لبعض المركبات الأليفاتية ذات الوزن الجزيئي الصغير ولكنها جميعها تحتوي على عدة ذرات من الكلور وأغلبها غازات في درجات الحرارة العادية وتسيل بسهولة تحت الضغط لذلك تستعمل في أجهزة التبريد والمبيدات ومصنفات الشعر وإزالة روائح العرق ولها قابلية الانتشار والتصاعد في الهواء الجوي حتى تصل إلى طبقة السكون حيث يتكون الأوزون الواقى لسطح الكرة الأرضية وبذلك تتعرض لأشعة الشمس وتتحلل إلى ذرات الكلور النشطة لتهاجم طبقة الأوزون وتحولها إلى أكسجين.



يوجد تركيز من هذه المركبات في طبقات الجو على بعد 18 كم فوق المناطق القطبية. وتقدر كمية هذه المركبات التي تنطلق في الجو بما يزيد على مليون طن سنوياً. وعند وصول هذه المركبات لطبقة الإستراتوسفير stratosphere التي بها طبق الأوزون فإنها تتحلل بفعل الأشعة فوق بنفسجية الموجودة في الشمس إلى ذرات الكلور والفلور التي تقوم بمهاجمة الأوزون وتحويله إلى أكسجين وبذلك تساعد على تحطيم طبقة الأوزون.

ملوثات أخرى – أخطار جديدة:

أية مادة غير مرغوب بها أو كريهة تصبح مادة ملوثة ما أن نفذت للغلاف الجوي، العديد من مثل هذه الملوثات ظهرت في الآونة الأخيرة، جزء منها تمت دراستها والجزء الآخر يراقب.

البيريليوم (Be):

الفصل الرابع

أحد هذه المواد المعدنية السامة عنصر نادر يسمى البيريليوم. يستخدم بشكل متزايد في صناعات مختلفة كمركب نفيس وقيم في الأشابة وهو خط

من معدنين خسيس ونفيس. الهدف الرئيسي للبيريليوم هو الجهاز التنفسي، حالات التسمم بالبيريليوم قاتلة، ليست مقتصرة على العمال في الوحدات الصناعية التي تستخدمه، بل تنتشر ما بين الناس الذين يقطنون بالقرب من هذه الوحدات الصناعية.

الزرنوخ (As):

من المواد المعروفة بشدة سميتها الحادة هي الزرنوخ، عنصر صلب. يعتقد بأنه يسبب سرطان الرئة لمن يعمل في وحدات صهر النحاس ويصيب كذلك الناس الذين يسكنون بالقرب من هذه الوحدات وللعمال الذين يشتغلون بالزراعة بتعرضهم للمبيدات الحشرية المستخدمة لرش المحاصيل الزراعية المختلفة، استخدام الزرنوخ في صهر المعادن يبقى المصدر الرئيسي والمستمر لها النوع من الملوثات الخطرة.

الحرير الصخري (الأسبستوس):

الاسم التجاري هو الأسبستوس، يستخدم في العديد من المواد المعدنية واسعة الاستخدام في تبطين المكابح أو الفرامل، التسقيف، المواد العازلة والقرميد المنزلي، هذه الاستخدامات في الأغلب مؤثرات مهلكة، لذا فغبار الحرير الصخري محتوم وصوله للبيئة، الحرير الصخري من المخاطر المسلم بها لمن يتعامل معها، إنها مرتبطة بالعديد من أمراض الرئة، بما فيها السرطان. عمال الحرير الصخري الذين يدخنون السجائر معرضون أكثر من غيرهم للإصابة.

وآخرون:

لا يزال هناك مواد أخرى، الكادميوم (معروف بأنه سام للجهاز التنفسي)، البلاستيك (الذي يحدث مواد ثانوية عالية السمية عند التخلص منه بواسطة الحرق)، الزئبق وكلوريد الفينيل (يعدان من أخطر ملوثات هواءنا)، الفاناديوم، النيكل، المنجنيز والكروم لها دور كبير بتلوث الهواء، المجتمعات السكانية الكائنة بالقرب من هذه المحطات والوحدات الباعثة لهذه المواد السامة معرضين مباشرة للهواء الفاسد الذي يحملها وينقلها منها.

الملوثات

الكائنات الدقيقة أو الميكروبات :

تنتشر في الهواء أنواع عديدة من البكتريا والفطريات في حالة ساكنة وتصيب الإنسان إذا توفرت الظروف الملائمة . ومن أجناس البكتريا:

Yersina , *Streptococcus* *Mycobacterium* , *Corynebactrium* ,

أما الفطريات:

Pentium , *Candida* , *Aspergillus*

ويعتبر فيروس الأنفلونزا أكثر الفيروسات انتشاراً في الهواء .تستخدم الميكروبات في الحروب الجرثومية لسهولة انتشارها في الهواء وتسبب أمراضاً فتاكة بالإنسان ومن أشهر هذه الميكروبات في وقتنا الحاضر الجمرة الخبيثة التي تسببها *Bacillus anthrax* ويمكن انتشار غيرها عن طريق الهواء مثل الطاعون *Pasture plague* *Upsets* والجذري الذي يسببه فيروس *Small pox* .

الفصل الخامس التلوث الإشعاعي

التلوث الإشعاعي

أحدث ملوثات الهواء، التلوث الإشعاعي من الوقود النووي، تستحق مناقشة ودراسة منفصلة وبحث تفصيلي. للطلب المتزايد على الطاقة واستنزاف مصادر الوقود الاحفوري بشكل سريع ومخيف جعل العلماء يركزون على مصدر آخر، مصدر طاقة أوسع – نواة الذرة.

تركيب الذرة:

للبدء بالحديث عنها، علينا أن نتخطى المفهوم البسيط للذرة كوحدة أساسية والنظر إلى تركيب الذرة نفسها.

الذرة، هي أصغر وحدة للعنصر تحتفظ بالخواص الكيميائية لهذا العنصر. لكن لها خواص هي نفسها في كل العناصر، خواص تنتمي لأجزاء ضمن الوحدة الذرية.

أجزاء الذرة تتألف من نواة مركزية صغيرة جدا يحيط بها جسيمات دقيقة تسمى الكترونات. تتركز كتلة الذرة في النواة، والتي تتشكل من جزيئات دقيقة تسمى بالبروتونات والنيوترونات. الالكترونات تدور في فراغ حول النواة بطبقات متتابعة، كل الالكترونات متماثلة، وكذلك كل البروتونات والنيوترونات، الإلكترون يملك شحنة كهربائية سالبة، والبروتون شحنة موجبة، بينما النيوترونات ليس له شحنة (متعادلة). المميز لذرة عنصر عن أخرى يكمن في ترتيب وعدد الالكترونات، البروتونات والنيوترونات، مع الالكترونات السالبة تتوازن النواة بواسطة البروتونات الموجبة الموجودة داخلها. العدد الكلي للبروتونات في النواة يحدد العدد الذري للعناصر. وبما أن البروتونات في النواة متوازنة مع الالكترونات التي تدور حولها، فيعتبر العدد الذري هو نفسه عدد الالكترونات في الذرة. تعتبر الالكترونات المشارك الأفعال في تكوين المركبات الكيميائية الهيدروكربونية، يتشكل مجددا إلى غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار ماء، ويطلق حرارة، الالكترونات حول النواة تقوم بالاتحاد وإعادة الاتحاد بينما لا تمس النواة وتبقى كما هي.

النواة والنشاط الإشعاعي:

الطاقة المحررة من نشاط الالكترونات تظهر بسهولة ووضوح. بينما، العكس هي حقيقة الطاقة النووية، تتماسك مكونات نواة الذرة مع بعضها البعض بواسطة قوة أكبر مما يربط المركبات الكيميائية بعضها ببعض. تطلق القوة من تغير في النواة – التغير يحدث عندما تنحل النواة.

التلوث الإشعاعي

هذا الانبعاث النووي يسمى بالنشاط الإشعاعي. فهم قوتها من خلال مثال الراديوم، الذي يبعث طاقة إشعاعية تلقائياً. الأونس الواحد (الأونس = 28,35 جرام) يستطيع أن ينتج حرارة تعادل الحرارة التي تنتجها 10 أطنان من الفحم. أما وزناً، ينتج الراديوم 320,000 مرة من الطاقة مقارنة مع الفحم.

طبيعة النشاط الإشعاعي:

حقيقة النشاط الإشعاعي هو شيء ملازم لانحلال وتحول عنصر كيميائي لآخر. عندما تنحل النواة هذا يعتبر أن انحلال إشعاعي قد وقع - تصدر النواة ثلاثة أنواع من الأشعة ويطلق عليها أشعة ألفا، أشعة بيتا وأشعة جاما.

تتشكل أشعة ألفا من تيارات من جسيمات موجبة الشحنة، كما هو في نواة الهليوم، الواحدة تتكون من 2 بروتون و2 نيوترون.

أشعة بيتا تتكون من تيارات سريعة الحركة، بالالكترونات سالبة الشحنة من انقسام نيوترونات النواة، ولو أنه، ليس من طبقات الإلكترون وهي قوية لأن تخترق طبقة رقيقة من الألمنيوم بسمك بعض الآلاف من البوصات.

أشعة جاما هي موجات طاقة مشعة تنتقل بسرعة الضوء، لها القدرة على الاختراق أكثر من أشعة ألفا وأشعة جاما.

النشاط الإشعاعي التلقائي:

الراديوم، مشع تلقائي، انه أحد العناصر الغير مستقرة لإطلاق أشعة دون تأثير قوة خارجية. عندما تتحلل ذرة راديوم، تقذف نواتها جسيمات ألفا بجانب أشعة بيتا وأشعة جاما. لكن مع خسارة 2 بروتون من جسيمات ألفا وتلازم أشعة جاما وأشعة بيتا، ويتحول الراديوم إلى الرادون، عنصر غازي إشعاعي النشاط يملك 2 بروتون أقل.

ذرة الرادون، كذلك غير مستقرة، وتطلق أيضاً جسيمات ألفا بالإضافة لأشعة بيتا وأشعة جاما. هذا يغيره إلى البولونيوم، عنصر فلزي إشعاعي النشاط، غير مستقر، تستمر نفس التغيرات إلى أن تتشكل ذرة مستقرة من الرصاص.

إنتاج النشاط الإشعاعي:

نظرياً، كل العناصر تستطيع التحول من عنصر إلى آخر بواسطة إعادة ترتيب مكوناتها الذرية، العنصر بعدد قليل من البروتونات الأكثر

الفصل الخامس

يعد الأكثر نجاحا للتحويل لعنصر آخر، ويتحرر مقدار ضخم من الطاقة نتيجة لعملية تحولها.

لنأخذ الهيدروجين، والذي يحوي بروتون واحد فقط. الذرة الواحدة تتحد مع الأخرى أو مع ذرات أصغر حجما لتشكل ذرة أكبر، هذه العملية يطلق عليها بالاندماج (التحام النوى الذرية). من جهة أخرى، اليورانيوم الذي يمتلك 92 بروتون، تنقسم الذرة الواحدة لتشكل ذرات أصغر، هذه العملية تسمى بالانشطار النووي.

الاندماج، هو عملية تزويد الطاقة من الشمس والنجوم، أما الانشطار النووي فهو عملية نشاط إشعاعي طبيعي.

في أيامنا هذه، يقوم الإنسان بإنتاج الطاقة النووية مطبقا العمليتين، ومع ذلك فإن عملية الانشطار النووي ممكن إجراؤها بحكم قابلية الاستعمال.

النظائر:

في مضمار الحصول على الطاقة النووية، وجد العلماء أن العناصر لا تستطيع فقط التحول إلى عناصر أخرى بل تستطيع إيجاد نظائر لها كذلك.

النظائر هي تغيرات في عنصر يمتلك نفس العدد الذري، أي نفس عدد الإلكترونات والبروتونات ولكن بأوزان ذرية مختلفة وسلوك إشعاعي متغاير. بما أن الوزن الذري للعناصر مرتبط بعدد النيوترونات والبروتونات، هناك نظائر لعناصر مختلفة، بأعداد مختلفة من النيوترونات.

النظائر المشعة هي تلك العناصر التي من الممكن إنتاجها بعمليات صناعية والتي تستخدم في عمليات الانشطار النووي، ليس فقط في محطات إنتاج الطاقة بل في الأدوية، العلوم والصناعة كذلك.

عملية الانشطار النووي:

لإحداث انشطار نووي، يجب أن يقذف العنصر المنحل بجسيمات أصغر من الذرة، ولاحقا تمتص بواسطة بروتون الذرة الهدف. نواة الذرة المقذوفة ستتحل وتطلق الطاقة في التفاعل.

في الانشطار النووي لنظائر اليورانيوم، أغلب الانشطارات النووية المألوف هي تلك التي يمتص بها النيوترون، تتحل ذرة اليورانيوم إلى شظايا، تنتج نظائر الباريوم والكريبتون وتطلق المزيد من الطاقة ونيوترونات إضافية. هذه النيوترونات الإضافية ممكن أن تمتص بواسطة ذرات

التلوث الإشعاعي

اليورانيوم الأخرى، وهذه السلسلة من التفاعلات تستمر حتى تتغير جميع نظائر اليورانيوم إلى باريوم وكريبتون.

التأين:

تكمّن خطورة النشاط الإشعاعي المرافق للنشاط الإشعاعي بالتأين، التأين هي العملية التي تشحن من خلالها الذرة كهربائيًا، وكما ذكرنا سابقًا، الكاتيونات وبروتونات ذرة ما يتوازنا مما يجعل الذرة متعادلة كهربائيًا. لكن الكاتيونات المدارية ممكن أن تنتزع. ومن ثم تشحن الذرة التي فقدت الكاتيونات بشحنة موجبة، والذرة أو الذرات التي اكتسبتها تصبح سالبة الشحنة، الذرة التي فقدت إلكترون أو أكثر تسمى أيون موجب، أما الذرة التي اكتسبت إلكترون أو أكثر فيطلق عليها بالأيون السالب.

إن خطورة النشاط الإشعاعي استطاعته أن يؤين الهواء الذي تمر عبره أو أي مادة ممكن أن تتعرض لها، وتستطيع أن تخترق جسم الإنسان وتستمر بتأين الذرات داخل الجسم، وهكذا يبدأ تفاعل تكون نهايته تدمير جزيئات حرجة في خلايا جسم الإنسان، علاوة على ذلك، لا يقتصر انحلال النشاط الإشعاعي في زمن أو تغير تحت الضغط أو الحرارة، لذا يبقى خطر التعرض لها مادامت عملية التحلل مستمرة، حتى ينتج عنصر مستقر وتحرر كل الطاقة الزائدة، هنا تختلف المدة الزمنية من نظير إلى آخر ولكنها تكون ثابتة لكل نظير، ويطلق على هذه الفترة الزمنية بالعمر النصف للمادة، العمر النصف للمادة هي الفترة الزمنية المطلوبة لمادة لتفقد نصف قيمتها الأصلية – هذا الوقت الضروري لتغيير نصف ذرة لمادة مشعة.

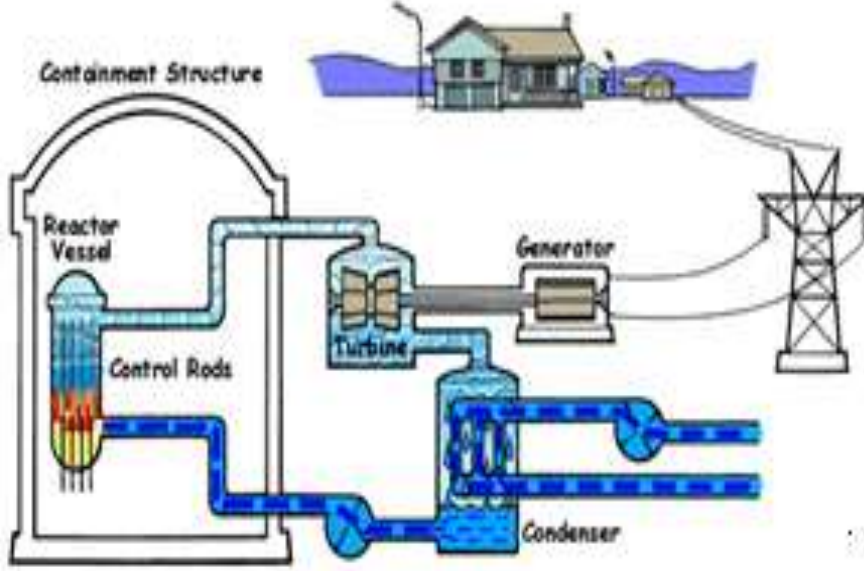
مصادر الإشعاعات النووية:

معظم المواد المشعة الموجودة في غلافنا الجوي تأتي من مصادر طبيعية. كل إنسان يمتلك بعض المواد المشعة في جسمه، تتجمع من الهواء الذي يستنشق والطعام الذي يتناوله. فهو يقذف من جميع الاتجاهات، من الشمس، الكون والأرض.

حديثًا، أضاف الإنسان للغلاف الجوي كميات جديدة وكبيرة، ممكن أن تطلق الإشعاعات من خلال العمليات، الصناعات أو استخدامات المواد النووية – الأسلحة، المواد المتفجرة، الوقود والنظائر المشعة. كل هذه العمليات – من إنتاج الطاقة النووية إلى استخدام النظائر المشعة في الصناعة، الزراعة، الأدوية والأبحاث العلمية – مسيطر عليه بحذر.

الفصل الخامس

على سبيل المثال، في محطات الطاقة النووية، يبدأ الانشطار النووي داخل المفاعل (المفاعل هو الأداة التي تتم في عملية الانشطار النووي، شكل-12)، عملية الانشطار النووي تطلق كميات هائلة من الطاقة الحرارية، هذه الطاقة الحرارية تمتص بواسطة مبرد (المبرد هو مادة تدور من خلال المفاعل النووي لإزاحة كميات كبيرة من الطاقة الحرارية المتكونة، من المبررات الشائعة الماء، الهواء وثاني أكسيد الكربون). تحدث حرارة المبررات البخار، وهي القوة التي تنشط المولد الذي ينتج بالنهاية الطاقة المستخدمة – الطاقة الكهربائية.



شكل-12: يوضح إنتاج الطاقة الكهربائية من المفاعل النووي

التلوث الإشعاعي:

من أخطر ملوثات الجو في العصر الحديث هو التلوث بالمواد المشعة المختلفة التي تستعمل في القنابل الذرية والهيدروجينية ، وفي الأفران الذرية الحرارية وهي تؤدي إلى السرطان، وتؤثر على الصفات الوراثية للأجيال القادمة.

يحدث التلوث الإشعاعي عند انطلاق أو تسرب المواد المشعة (صلبة ، سائلة أو غازية) من الأوعية التي تحتويها من خلال ثقوب أو شروخ بها أو نتيجة لانفجارها ، تندمج المواد المشعة بعد تسربها في عناصر البيئة المختلفة مثل الماء والتربة والهواء لتنتقل بعد ذلك إلى الإنسان. وعند

التلوث الإشعاعي

تلوث الهواء يؤدي ذلك إلى انتشار عام للتلوث في مناطق شاسعة إذا لعبت الرياح دورها في تحريك السحابة المشعة (كما حدث في حادث تشيرنوبل) . و قد ينتهي التلوث الهوائي بتساقط الغبار المشع علي مناطق مختلفة مما يؤدي إلى تلوث الأرض و الماء ، وهذا التلوث لا يحدث إلا في الحوادث الرئيسية الذي يدمر فيها قلب المفاعل، ويحدث أيضا تلوث الهواء عند زيادة تركيز غاز الرادون به، وغاز الرادون غاز خامل، عديم اللون و الرائحة و له نشاط إشعاعي ولذلك يتحلل بانبعاث جسيمات ألفا المشحونة إلى نواتج صلبة تسمى ببنات الرادون

(Rn-daughters) ، وعندما يستنشق الإنسان هذا الغاز تلتصق جسيمات ألفا المؤينة بالغشاء المبطن للشعب الهوائية بالرئة و تستقر كذلك بنات الرادون (Pb^{214} , Bi^{214} , Po^{218}) السامة بها.

أخطار التعرض للتلوث الإشعاعي:

يتعرض جسم الإنسان الاعتيادي إلى المواد السامة والعناصر المشعة عن طريق الاستنشاق والهضم بدرجة رئيسية وعن طرق أخرى بدرجات أقل مثل الجلد أو طريق الفحوص

والعلاج وغير ذلك، إن الدقائق المادية مهما كان منشأها مشعة أم غير لا تستطيع الوصول إلى الرئتين حيث تمنعها العديد من الوسائل الدفاعية الميكانيكية والنسجية في الجهاز التنفسي للإنسان ومنها الشعيرات الأنفية والأهداب المبطننة للقصبات والسوائل المخاطية وغيرها ما عدا الدقائق ذوات الأقطار الأقل من (5 ميكرومتر) التي تعرف بأنها قابلة للاستنشاق التي تتمكن من الدخول إلى أعماق مختلفة، أما الدقائق الأكبر قطرا أي ما بين (5-10) ميكرومتر مثلا قد تقف في البلعوم ثم تنتقل بعدها إلى المريء وعن طريق اختلاطها بالإفرازات المخاطية ثم تصل إلى المعدة بعد ذلك في حين تتصرف الدقائق الأقل قطرا من ميكرومتر واحد تصرف الغازات فقد تصل إلى الرئتين ويعاد طردها بنسبة حوالي 50% مع هواء الزفير.

تنشأ الكثير من حالات التلوث بالعناصر المشعة على شكل غبار أو دقائق مادية عالقة في الهواء فإذا كان الانطلاق إلى الهواء فان مآلها النهائي هو تساقطها على التربة أو على المسطحات المائية أو على أوراق النباتات وتزداد سرعة التساقط بزيادة رطوبة الهواء أو بوجود الأمطار التي تعمل على غسل الهواء من هذه الدقائق وإيصالها بسرعة إلى سطح

الفصل الخامس

الأرض وهو ما يعرف بالغسل الجوي للملوثات وعند وصولها إلى سطح الأرض فإنها تبقى على سطح التربة أو تغسل مع المياه لتتغلغل إلى أعماق مختلفة في التربة ويتحدد العمق على ضوء ميل العنصر أو مركباته للذوبان في الماء بالدرجة الرئيسية لكن هذا الاختراق والتغلغل بصورة عامة يعتبر عملية بطيئة نسبياً.

ومن أخطر ملوثات الجو في العصر الحديث هو التلوث بالمواد المشعة المختلفة التي تستعمل في القنابل الذرية والهيدروجينية، وفي الأفران الذرية الحرارية وهي تؤدي إلى السرطان، وتؤثر على الصفات الوراثية للأجيال القادمة. ولعل من أخطر أنواع التلوث الذي يصيب البيئة، التلوث الإشعاعي فننتجها تعد من الكوارث البيئية المروعة المسببة لمختلف الأمراض القاتلة. وتبدأ مشكلة التلوث الإشعاعي بعد اختراق القذيفة للهدف إذ تتولد حرارة وضغط شديدين يحولان عنصر اليورانيوم إلى مسحوق يتألف من ثاني أكسيد اليورانيوم U_2O_3 ويؤكد الخبراء المختصون أن المسبب في التحول الذي يجري على هيئة العنصر وشكله يعود إلى تسخين اليورانيوم في الهواء إلى درجة 500 درجة مئوية أو أكثر مما يؤدي إلى احتراقه ببطء وتحوله في عملية تأكسد إلى أكسيد العنصر.

إن وصول المواد المشعة إلى الأعضاء التناسلية يعتبر ممكناً ومؤكداً وهو ما يمثل خطراً صحياً كبيراً من خلال ما يحدث من تلف في الخلايا التكاثرية وبالتالي حالة عقم أو إنتاج الولادات المشوهة أو حدوث الطفرات الوراثية وتؤدي في النهاية إلى تكوين الأورام، إن من الأمراض التي يسببها التلوث بالإشعاعات مرض السرطان ومنها سرطان الثدي والغدد اللمفاوية وسرطان الدم لاسيما عندما تخترق دقائق العناصر المشعة جدران الشرايين والوصول إلى الدم إلى جانب ظهور حالات التشوهات الولادية وارتفاع حالات الإجهاض لدى الحوامل والولادات الميتة والاعتلال العضلي.

كوارث وأمراض خطيرة يسببها التلوث الإشعاعي:

أثبتت تجارب وإحصائيات عديدة أن المفاعلات الحرارية والذرية تظهر كثيراً بالذين يعيشون بالقرب منها أو العاملين فيها وتتسبب في حدوث ولادات غير طبيعية وأنواع مختلفة من السرطان حيث ظهرت تشوهات عند الأطفال اليابانيين الذين كانت أمهاتهم حوامل بهم في سنة 1945 أثناء إلقاء القنابل الذرية على هيروشيما وناجازاكي، وهناك أولاد

التلوث الإشعاعي

مشوهين لا يزالون يولدون في اليابان والبلاد المجاورة لها بسبب تلك القنابل، كما أن أمراض سرطان الدم في هيروشيما وناجازاكي تزيد تسعة أضعاف عنها في سائر أنحاء اليابان ، ولقد ورد في أحد تقارير اللجنة العلمية التابعة للأمم المتحدة تأثير الإشعاعات الذرية سنة 1969 وجاء فيه ما يلي، تسبب سقوط المواد المشعة الناتجة عن الانفجاريات النووية بحدوث 5000 ولادة غير طبيعية في الولايات المتحدة، وما يقارب 68،000 ولادة غير طبيعية في العالم سنة 1963.

صدر في مارس-2001 تقريران بشأن اليورانيوم الناضب، المتهم الأول في الكثير من حالات السرطان وأعراض الكلى، التقرير الأول صادر عن برنامج البيئة التابع للأمم المتحدة شهر مارس الماضي بعد إتمام عمليات تحليل العينات المأخوذة من بعض مناطق القصف في كوسوفا، والتقرير الثاني صادر عن منظمة الصحة العالمية منذ عدة أيام بعد أن أتموا دراسة نظرية شاملة عن اليورانيوم الناضب وآثاره الصحية.

يبدأ التقريران في شرح ماهية اليورانيوم الناضب، ولا يمكن فهم هذه المادة دون فهم أصلها، وهو اليورانيوم الطبيعي الذي يوجد بصفة دائمة وبشكل طبيعي في جميع أشكال الطبيعة من أرض وصخور وبحار ومحيطات، كما يوجد حوالي 90 مايكروجراماً من اليورانيوم في جسم الإنسان مصدره مياه الشرب والطعام والهواء.. 66% من هذا اليورانيوم يتواجد بالهيكل العظمي، و16% بالكبد، و8% بالكليتين، و10% في باقي أجزاء الجسم.

يتكون اليورانيوم الطبيعي من خليط من ثلاثة نظائر مشعة من اليورانيوم بنسب متفاوتة هي: يورانيوم 238 بنسبة 99.27% (حسب الكتلة)، ويورانيوم 235 بنسبة 0.72%، ويورانيوم 234 بنسبة 0.0054%.

يستخدم اليورانيوم في محطات الطاقة النووية، والتي تحتاج إلى تخصيب اليورانيوم لتكون نسبة اليورانيوم 235,3% بدلا من 0.72%. ويسمى اليورانيوم المتبقي بعد إزالة الجزء المخصب باليورانيوم الناضب. يتكون اليورانيوم الناضب من 99.8% يورانيوم 238 , 0.2% يورانيوم 235, 0.0006% يورانيوم 234 . نسبة الإشعاع الصادر من اليورانيوم الناضب هو 60% منها في اليورانيوم الطبيعي.

الفصل الخامس

ينتج اليورانيوم الناضب أيضا عن إعادة تكرير نفايات الوقود النووي، والتي ينتج عنها إضافة يورانيوم 236 في اليورانيوم الناضب، بالإضافة إلى آثار من البلوتونيوم والأمريسيوم والنتونيوم والتكنيتيوم -99.

زيادة نسبة الإشعاع حسب التقرير بسبب وجود هذه العناصر في اليورانيوم الناضب أقل من 1%. وهذه النسبة ليست لها دلالة واضحة بالنسبة للسمية الكيميائية والإشعاعية لها. هذا اليورانيوم الناضب هو الذي يستخدم بسبب كثافته العالية، والذي يزيد على كثافة الرصاص مرتين في الأسلحة المصنعة لاختراق المدرعات، كما يستخدم في صناعة المدرعات نفسها.

تنطلق الطلقات المضادة للمدرعات المدججة باليورانيوم الناضب من إحدى الطائرات بسرعة 3900 طلقة في الدقيقة، والقصف العادي يستمر لمدة ثانيين أو ثلاثة، وينتج عنه إطلاق ما بين 120-195 طلقة، هذه الطلقات تغطي مساحة 500 متر مربع تقريبا، وعادة لا تصل سوى 10% من الطلقات إلى الهدف المطلوب، الطلقات التي لا تضرب أهدافا مدرعة أو لا تصل إلى هدفها؛ عادة ما تظل على حالها، وقد تخرق الأرض إلى مسافة 2-3 أمتار. أما الطلقات التي تقصف المدرعات؛ فيتحول ما قد يصل إلى 70% من الطلقة إلى رذاذ، ثم تشتعل دقائق اليورانيوم الناضب، هذه الدقائق أقل من 5 مايكرومترات في الحجم، وتنتشر في الجو حسب اتجاه الرياح.

غبار اليورانيوم الناضب أسود اللون، ويعرف الهدف الذي تم قصفه باليورانيوم الناضب بالغبار الأسود المنتشر عليه وحوله، يقول تقرير برنامج البيئة التابع للأمم المتحدة: إن هذا الغبار ينتشر في البيئة تاركا أثره في الماء والهواء، إلا أنه لا يصيب إلا مساحة 100 متر حول الهدف المقصوف.

يتم التعرض لليورانيوم الناضب عن طريق الاستنشاق، أو عن طريق الطعام، أو الماء الملوث، أو عن طريق تعرض الجروح السطحية على الجلد لشيء ملوث، يمتص الجسم أقل من 5% من اليورانيوم الناضب الداخل إليه؛ حيث يتم إخراج الباقي مع البراز، أما عن الجزء الذي يتم امتصاصه فعلا فيتم تنقية الدم من 67% منه عن طريق الكلى في خلال 24 ساعة من الدخول إلى الجسم..

التلوث الإشعاعي

الآثار الصحية الناجمة عن التعرض لليورانيوم الناضب تختلف حسب درجة التعرض، وتكون بسبب التسمم الإشعاعي أو التسمم الكيميائي، وتؤثر بشكل أكبر على الرنتين والكليتين؛ حيث بإمكانه التسبب في السرطان، وإحداث قصور وظيفي في بعض أعضاء الجسم.. فدقائق اليورانيوم المستنشقة مثلاً، والتي يتراوح حجمها ما بين 1-10 مايكروجرامات، تحتجز داخل الرئة لتتسبب في حدوث سرطان الرئة في حالة التعرض لكمية كبيرة منه لمدة زمنية طويلة.

كما ثبت خطر الأشعة السينية (RAYONS-X) على الخلايا الحية وخاصة على الصفات الوراثية عند الجنين، لذلك يمنع تصوير النساء الحوامل على هذه الأشعة، وكذلك يجب التقليل من تصوير الأفراد الآخرين من هذه الأشعة.

ولا ننسى حادث احتراق المفاعل النووي السوفيتي في تشيرنوبل والذي أسفر عن قتل 30 شخص وإصابة 300- حسب الإحصائيات المعلنة وما خفي كان أعظم - كما تم ترحيل ما يزيد عن 100.000 شخص بعيداً عن مساكنهم، وإخلاء كل السكان من دائرة تحيط بالمفاعل نصف قطرها 32 كيلو متر .

أول أعراض التلوث الإشعاعي هو سقوط الشعر وظهور تسليخات جلدية على الأشخاص المتعرضين للنشاط الإشعاعي، والجرعات الشديدة منها تؤدي إلى تلف نخاع العظام الذي يؤدي إلى تعطيل توليد كرات الدم البيضاء والحمراء، فيؤدي إلى الإخلال بمناعة الجسم أمام كثير من الأمراض.

أخطر أضرار الإشعاع النووي هو إصابة الجسم بأمراض داخلية تتركز في الغدة الدرقية والكبد والكلية والطحال و الأمعاء. وتعرض الإنسان لجرعة قوية من الإشعاع النووي يؤدي إلى إصابة الغدد الجنسية لدى الذكور ويخل بجينات الوراثة ويؤثر على الخلايا المنوية لدى الذكور والبويضات لدى الإناث، هذا علاوة على تأثيره على الحيوانات والنباتات ففي البلاد التي زاد فيها التلوث الإشعاعي عن معدله قد حظرت هذه البلاد مواطنيها بعدم تناول الخضراوات واجتناب تناول الألبان أو اللحوم من الحيوانات التي كانت قريبة من منطقة التلوث.

الفصل الخامس

كما أن المنطقة التي يحدث بها انفجار نووي تكون مهددة بنقص محصولها الزراعي وتكون الدولة مجبرة على تجريف سطح التربة الزراعية بعمق لا يقل عن عشرة سنتيمتر لكي تزيل الطبقة التي أصابها التلوث الإشعاعي، حتى لا تنبت في المستقبل مزروعات ملوثة أخرى، وتعامل هذه الطبقات معاملة النفايات الذرية.

الفصل السادس تقدير تلوث الهواء – I

تقدير تلوث الهواء – I

الغلاف الجوي وافر بالعناصر، والمكونات الهامة من عناصر معدنية وعناصر غير معدنية أيضا. من الملاحظ أن الكربون – النيتروجين، الأكسجين والهيدروجين تتواجد بتراكيز مختلفة (جدول-6). على سبيل المثال، يوجد الكربون بمعدل 10.000×10^4 ذرة في الغلاف الجوي، بينما معدل النيتروجين هو 21.000×10^4 ذرة، الأكسجين 2.8×10^{10} ذرة والهيدروجين بمعدل 5.1×10^{12} ذرة. أما الشمس فتحتوي على معدلات أعلى من الهيدروجين والهيليوم (1×10^{12}). في الجدول الدوري للعناصر هناك 104 عناصر، حوالي 80 منها معادن و 24 ليست بمعادن، ومن هذه 24 غير المعادن، 10 فقط منها تهمنا بشأن تلوث الغلاف الجوي.

جدول-6: يوضح معدلات العناصر في الغلاف الجوي

ت	العنصر	العدد الذري	الحجم الذري	معدل التواجد ($\times 10^6$)
1	H	1	1.00	0.05×10^8
2	C	6	12.01	100
3	N	7	14.00	210
4	O	8	16.00	0.028×10^6
5	Mg	12	42.31	170
6	S	16	32.06	43
7	Ca	20	40.08	8.7
8	V	23	50.94	0.059
9	Cr	24	52.00	2.0
10	Mn	25	54.93	1.5
11	Fe	26	55.84	270
12	Co	27	58.93	0.55
13	Ni	28	58.71	4.7
14	Cu	29	63.54	0.87
15	Zn	30	65.37	031

أنواع الملوثات للهواء:

تقسم ملوثات الهواء على أساس حالتها الفيزيائية أو ظروفها، إذا انتشر الملوث في الهواء يسمى بالملوث الغازي، لكن إذا اتحدت مجموعة من السوائل أو المواد الصلبة وشكلت كتلة واحدة تسمى بالهباء الجوي (Aerosol). الغلاف الجوي بحمولته من الملوثات يشكل خليط فعال وغير متجانس وبحالة غير مستقرة. إذا كان تركيز الملوثات منخفض في الهواء، تكون الحاجة لجمع عينة كبيرة لإجراء التحليل ضرورية.

طرق جمع عينات الهباء الجوي:

I - تقدير تلوث الهواء

هناك ستة طرق لجمع عينات الهباء الجوي؛ هي القصور الذاتي (Inertial)، الانجذاب (Gravitational)، الميول (Gradient)، الانتشار (Diffusion)، الغربلة (Sieving) والترشيح (Filtration) سنتناولها بالتفصيل.

1- القصور الذاتي:

هناك مجموعة كبيرة من التقنيات المستخدمة لفصل الجزيئات من الغازات وتسمى بالقصور الذاتي. عادة يكون القصور الذاتي للجزيئات أكبر مما هو عليه في جزيئات الغاز، إذا تغير اتجاه تيار الغاز فجأة، نتيجة للاصطدام تستقر الجزيئات الكبيرة على سطح العائق. مع الاصطدام، يحدث نوع من ردة الفعل تحت سطح السائل، الذي يغسل السطح فيه حتى يوفر فرصة أكبر لجمع عينات الهواء.

2- الانجذاب:

في هذه التقنية تستمال الجزيئات لترك الهواء مع الجزيئات التي تنتقل معها، بواسطة إحداث جاذبية من نطاق الطرد المركزي. تطبق هذه المبادئ في حجرة الترسيب. عادة تترسب الجزيئات الأكبر حجماً بسرعة.

3- الميول:

كما ذكرنا فيما سبق، في طريقة الانجذاب التي تتضمن تحريك الجزيئات تحت تأثير الجاذبية، في طريقة الجمع بالميل، يستفاد من بعض الخواص الفيزيائية، مثل اختلاف خواص الهباء الجوي من حيث الحركة الكهربائية، الخواص الحرارية، الانتشار، الاختلاف في قدرة الهباء الجوي على نثر الضوء. الخ. عملية الهجرة الكهربائية Electrophoresis هي أساس عمل المرسب الكهربائي الساكنة، المفيد في السيطرة على تلوث الهواء، هذه العملية سريعة وتعطي معدل عالي من الجمع، بسبب توليد الكهرباء الساكنة، تجذب الجزيئات الخفيفة بواسطة المرسب ليفصلها عن المركبات الثقيلة. المأخذ على هذه العملية هو توليد الأوزون، على حساب إفراغ الكهرباء الساكنة. علاوة على ذلك تتسبب بتعقيدات وتجميع مواد تؤدي لمشاكل كبيرة، إن لم يكن لها القدرة على توصيل الكهرباء. الانتقال الحراري هو حركة الجزيئات تحت تأثير الانحدار الحراري. المرسب الحراري يجذب العينة إلى سطح ساخن ويفصله عن المواد التي تلتصق بالسطح البارد. جمع هذه الجزيئات على سطح بارد يفيد في التركيز العالي للهباء الجوي. الانتقال الانتشاري هو حركة الجزيئات في تركيز الميول البخاري، بينما الانتقال الضوئي هو هجرة الهباء الجوي تحت تأثير أشعة كثيفة أو ضوء. لذلك القوتان بسيطتان لتوفير عملية جمع سريعة. إنها فعالة لجمع الملوثات الحساسة للضوء.

الفصل السادس

4- الانتشار:

هذه التقنية فعالة جدا لجمع الجزيئات الدقيقة. هذه عملية إحصائية، حيث تجمع الجزيئات الصغيرة والسطحية بواسطة ظاهرة الحركة العشوائية للجسيمات المعلقة في عملية الاصطدام.

5- الغربلة:

عينات الهواء المحتوية على أكبر الجسيمات ممكن أن تجمع بواسطة الغربلة بمساعدة شبكة دقيقة المسامات. هذه الطريقة مفيدة في ترشيح الحشرات من الهباء الجوي.

6- الترشيح:

هذه الطريقة الأكثر استخداما لإزاحة الجزيئات من الهواء، عادة يستخدم مرشح غشائي، الذي له مسامات صغيرة الحجم. تعتبر هذه الطريقة الأفضل لجمع عينات الهواء المحتوية على ذرات الغبار والمواد الجزيئية.

طرق جمع الملوثات الغازية:

بالمقارنة مع طرق جمع الهباء الجوي التي ليست مستقرة، جمع الملوثات الغازية أسهل نوعا ما لسبب عدا أنها كبيرة في الحجم فهي مستقرة، ومع ذلك، فإن المهمة سواء الهباء الجوي أو الملوثات الغازية صعبة لأسباب أهمها التغيرات المفاجئة لسرعة الرياح واتجاهها، لمثل هذه الاعتبارات علينا أن نضع حسابا لمختلف العوامل الجوية. طرق جمع عينات الملوثات الغازية للهواء تقسم إلى؛ الجمع المخزوني، التكتيف، التكتيف واللصق بالسطح الصلب والامتصاص.

1- الجمع المخزوني Storage sampling:

يغلق على جزء من الهواء المحيط في وعاء مغلق ويحفظ، يعد المخزون عند ضغط الغلاف الجوي في وعاء صلب، تستخدم كذلك أوعية زجاجية أو فولاذية لهذه العملية. تختار طبيعة الوعاء على حسب نوعية الملوثات المراد جمعها.

2- التكتيف Condensation:

I - تقدير تلوث الهواء

درجات الحرارة المنخفضة المكثفة تسمى الجمع الصقيعي وهي طريقة ممتازة لجمع عينات الهواء عند درجات حرارة منخفضة. تكثف العينة وتركيز عامل التبريد المستخدم يتكون من الهيدروجين أو حتى الأكسجين السائل.

3- التكتيف واللصق بالسطح الصلب Adsorption:

يكتف الغاز على مادة صلبة عند درجات حرارة مختزلة ويفرغ أو يسيل مع غاز جامد غير فعال مثل النيتروجين أو الأرجون عند درجة حرارة مرتفعة. المادة الصلبة المستخدمة للتكتيف مكونة من مواد منفذة للسوائل مثل السيليكات، أكسيد الألمنيوم، الدياتومات الأرضية أو الكربون المنشط ممكن جمع كميات كبيرة من عينة الغاز بهذه التقنية. عملية التكتيف هي ظاهرة سطحية، والتي تستخدم لتنقية الهواء للاستخدام الاختباري، مثل تخفيف العينة.

4- الامتصاص Absorption:

هذه أكثر الطرق الشائعة لجمع الملوثات الغازية. الملوث النشط والفعال يمتص في محلول مائي؛ غاز ثاني أكسيد الكبريت يمتص في الماء أو فوق أكسيد الهيدروجين، الأوزون يمتص في محلول من يودي البوتاسيوم، امتصاص غاز ثاني أكسيد النيتروجين تتم في هيدروكسيد الصوديوم لأن امتصاصه في الماء بطيء جداً، يمكن امتصاص غاز أول أكسيد الكربون في محلول من كلوريد النحاس النشادر، يمتص الأكسجين في محلول قلوي حراري، يمتص غاز ثاني أكسيد الكربون في محلول هيدروكسيد البوتاسيوم الكحولي. بجانب عملية الامتصاص، تتحول الحالة الغازية إلى حالة صلبة أو سائلة. عملية التحول تشمل تفاعل كيميائي وتثبيت أنواع معينة في الحالة السائلة. من الضروري نصون العينة في حالة جافة كلياً حتى نحصل على نتائج ناجحة ودقيقة.

تقدير الهباء الجوي Aerosol:

يحلل الهباء الجوي لنتحقق من تركيب كل العينة بمعنى التحقق من مكوناته المختلفة. هذا يمكننا من الحصول على معلومات عن التركيب الخاص للجزيئات. الطرق التي توظف بشكل عام هي طرق حجمية، يعبر هنا عن محتوى الهواء بوحدة ملجم/لتر للعينات الكبيرة، التي جمعت بواسطة المرسب الكهربائي الساكن أو بواسطة الترشيح، من ثم تذاب العينة

وتحلل لمكوناتها المعدنية بواسطة الامتصاص الذري الطيفي Atomic Absorption Spectroscopy، التحليل الأيوني الكروماتوغرافي Ion Exchange Chromatography أو التحليل الطيفي Spectrometry. الطرق المقياسية أو الحجمية ليست مجدية لهذا الغرض.

طريقة الجسيم المستقل أو الجسيم الأحادي تتشكل من ثلاثة أجزاء؛ الاختبار الشكلي، الفحص المجهرى والفحص الدقيق. في الاختبار الشكلي، تم المحاولة لتحديد الصفات الكيميائية من خلال المشاهدة أو الرؤية. في الفحص المجهرى، توصف العينة وتصنف تحت مجهر ضوئي. أخيراً، في الملاحظة أو الفحص الدقيق، يستخدم كاشف خاص للتصنيف والمطابقة للمواد؛ على سبيل المثال، النيكل مع ثنائي ميثيل جلايكوكسيم. المواد المشعة توصف بواسطة التصوير الإشعاعي.

تقدير الملوثات الغازية:

استخدام مختلف طرق الجمع للغازات يعتمد على تقنيات التحليلية المختلفة والمتوفرة والمستخدمه في التقدير. الطريقة الشائعة والتي تتضمن تكثيف العينة وتحليلها بواسطة مقياس الطيف الحجمي. معظم الغازات النشطة لا يمكن تحليلها بواسطة التحليل الكروماتوغرافي الغازي، هذه الطريقة مفيدة وفعالة للغازات الأقل فعالية، الملوثات والمركبات الهيدروكربونية المتماثلة والألهيد.

1- تقدير غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2):

لتحديد مقدار غاز ثاني أكسيد الكبريت تستخدم ثلاثة خواص لذلك.

المعايرة الحمضية:

الخواص المميزة للغاز هي الحمضية، صفة الاختزال والترسيب الحجمي، وهناك أيضاً ثلاثة طرق طيفية، في الطريقة الأولى يجمع غاز ثاني أكسيد الكبريت بواسطة الماء أو فوق أكسيد الهيدروجين ويقاس التغير في الحموضة من خلال المعايرة أو بواسطة التغير في التوصيل الكهربائي، لكن الطريقة الأخيرة أكثر دقة. عائق واحد لهذه الطريقة، وهو إن وجدت مركبات HF و HCL تتداخل ولكن لا يتداخل غاز ثاني أكسيد النيتروجين بسبب ضعف ذوبانه في الماء، النشادر أو الأمونيا سبب للخطأ السلبي بالنتائج.

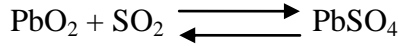
I - تقدير تلوث الهواء

طريقة الاختزال:

الطريقة الثانية المستخدمة تتضمن خاصية الاختزال لغاز ثاني أكسيد الكبريت. هنا يسمح للغاز بالتفاعل مع يودي البوتاسيوم ويعاير غاز اليود المتحرر مع محلول قياسي من ثيوكبريتات الصوديوم $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. من الممكن أن يجمع غاز ثاني أكسيد الكبريت مع هيدروكسيد الصوديوم وتكمل المعايرة بالأكسدة. طريقة الاختزال تعاني من تدخلات ايجابية من عوامل مؤكسدة أخرى، على سبيل المثال، كبريتيد الهيدروجين، المركبات العضوية تتداخل في مثل هذه العملية، وكذلك الأوزون.

طريقة شمعة الرصاص:

في هذه التقنية تصنع مادة من فوق أكسيد الرصاص وتعرض للهواء المحتوي على ثاني أكسيد الكبريت لتخضع للتفاعل التالي:



التغير في الوزن يعطي فكرة عن تواجد غاز أكسيد الكبريت في الهواء. العيب الوحيد لهذه الطريقة وهو أن ذرات الغبار والمواد الجسيمية تترسب على فوق أكسيد الرصاص ليعطي نتيجة خاطئة وغير دقيقة. الطريقة الأمثل معمليا لتحليل غاز أكسيد الكبريت هي الطريقة الطيفية.

الطريقة المطيافية:

هناك ثلاثة طرق مستخدمة وشائعة. الأولى تستخدم للتقدير المباشر لغاز ثاني أكسيد الكبريت مع امتصاص محلول يحتوي على فوق أكسيد الهيدروجين وباريوم كلورونيلات لتعطي مركب أحمر اللون مع أقصى امتصاص عند 530 م. الطريقة جيدة لتقدير غازات المدخنة.

الطريقة الثانية، وتعتمد على امتصاص ثاني أكسيد الكبريت في محلول كلوريد الحديد وكلوريد الأمونيوم، واللون المتكون يقاس طيفيا عند 510 م. تشكل اللون سريع وبهتانه سريع كذلك بالإضافة إلى تدخل قوي من كبريتيد الهيدروجين. الطريقة الثالثة هي الأكثر استخداما وشيوعا ويطلق عليها طريقة PRA. في هذه الطريقة كلوريد الصوديوم وكلوريد الزئبق يتفاعلان مع نظير الروزايلين في الفرمالدهيد والذي يكون لون أحمر بنفسجي، يظهر امتصاصا قويا عند 560 م. عند $\text{pH} > 1.6$ ، ممكن تقدير اللون عند 548 م، بينما عند

الفصل السادس

pH < 1.2 يقدر عند 575 م . حساسية هذه الطريقة بمعدل 1 – 10 ملجم/لتر واللون مستقر.

2- تقدير كبريتيد الهيدروجين H₂S:

بغياب غاز ثاني أكسيد الكبريت ممكن تقدير كبريتيد الهيدروجين بطريقة الاختزال. ممكن إزاحة غاز ثاني أكسيد الكبريت إذا تواجد بواسطة مرشح مصنوع من ألياف زجاجية منقوع مع كربونات البوتاسيوم. كبريتيد الهيدروجين يكون راسب ملون مع معادن المجموعة الثانية مثل أسيتات الرصاص (تصبح سوداء)، في المعايرة القياسية اليودية محلول كبريتيد الهيدروجين يتفاعل مع يوديد البوتاسيوم واليود المتحرر يعاير مع محلول قياسي من الثيوكبريتات.

الطريقة الطيفية:

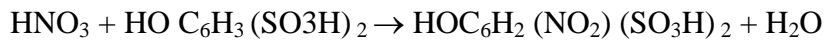
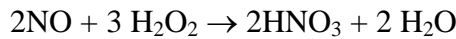
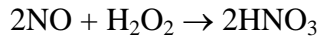
هناك طريقة وحيدة ودقيقة يطلق عليها طريقة الايثيلين الأزرق. في هذه الطريقة المحلول الممتص ، يحوي كبريتات كادميوم وهيدروكسيد صوديوم، صبغة الايثيلين الأزرق تتشكل من تداخل FEC13 و N-N -diethylphynelene ويقدر عند 670 م. الطريقة تكون حساسة أكثر إذا استخلص المركب في كلوروفورم.

3- تقدير أكاسيد النيتروجين NO_x:

كل أكاسيد النيتروجين تتواجد في الهواء الملوث. من الممكن تقديرها بواسطة التحليل الكروماتوغرافي الغازي، أول أكسيد النيتروجين يتحول إلى ثاني أكسيد النيتروجين ليشكل الضباب الدخاني الكيموضوي، أكثر الطرق المفيدة هي طريقة Saltzman، تجرى باستخدام المقياس الطيفي.

الطريقة المطيافية:

هناك عدة طرق للتحليل الطيفي. في طريقة ثنائي حمض كبريت الفينول، تفاعل أكاسيد النيتروجين في محلول فوق أكسيد الهيدروجين وحمض الكبريتيك يستخدم لتشكيل لون يقاس عند 400 م، كالتالي؛

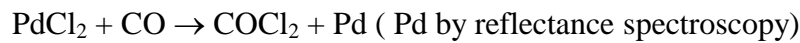
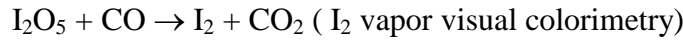


I - تقدير تلوث الهواء

لا تعمل الطريقة بتركيز أكثر من 25 ملجم/لتر من الأكاسيد النيتروجين العضوي يتداخل بشكل قوي. في طريقة الزيلين، أيون النيترايت يتفاعل مع برمنجنات البوتاسيوم جليكول البروبيلين مع الزيلين ليعطي مركب أصفر مع أقصى امتصاص عند 435 ن م. كل العمليات ممكن أن تجرى بخطوة واحدة. في الطريقة الثالثة، يمتص غاز زرنيخيت الصوديوم في فوق أكسيد الهيدروجين بوجود أميدات الكبريت، حمض الكبريتيك و NEDA ويقاس المركب الأحمر عند 550 ن م. في الطريقة المعدلة، المحلول الممتص هو هيدروكسيد الصوديوم معالج مع فوق أكسيد الهيدروجين، السلفانيد أميد، H_3PO_4 ، NEDA لتكون مركب ملون بحد أقصى لـ 0.04 – 1.5 ملجم/لتر. إن طريقة Saltzman تعد الطريقة الأمثل لتقدير أكاسيد النيتروجين، في هذه الطريقة المحلول الممتص هو هيدروكسيد الصوديوم، حمض أمين ثلاثي الايثانول الكبريتي، CH_3COOH و NEDA. اللون المتشكل ممكن قياسه عند 550 ن م.

4- تقدير أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون CO & CO_2 :

تقدير غاز ثاني أكسيد الكربون بسيط. يدفق الغاز عبر محلول من هيدروكسيد الصوديوم أو هيدروكسيد البوتاسيوم لتشكل الكربونات. المحلول القلوي الغير متفاعل يعاير مع محلول قياسي لأي حمض، تقدير ثاني أكسيد الكربون هو مؤشر لنشاط الإنسان والنبات. هناك عدة طرق للكشف عن أول أكسيد الكربون، على سبيل المثال،

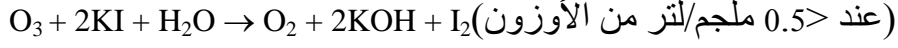


طريقة التحليل المطيافي:

الطريقة المباشرة لتقدير CO تختزل موليبيدات السيليكات الصفراء لتشكل الموليبيديوم الأزرق. يتحول اللون من اللون الأخضر المصفر إلى اللون الأخضر ومن ثم إلى الأزرق. تنقع السيليكات مع موليبيدات الأمونيوم وتتفاعل مع CO بوجود حمض الكبريتيك لتعطي لون أزرق بأقصى امتصاص عند 660 ن م، الطريقة حساسة جدا. المواد العضوية، كبريتيد الهيدروجين والرطوبة فقط تستطيع اختزال الموليبيديوم لتعطي نتائج خاطئة.

5- تقدير غاز الأوزون O_3 :

الطريقة الحجمية متضمنة تفاعل الأكسدة هي الأكثر شيوعاً لهذا التحليل. يشمل التفاعل؛



في هذا التفاعل، يجب أن لا يكون هناك مواد متداخلة. يخفف 2% من محلول يوديد البوتاسيوم عند $pH = 7$. تركيز اليود المتحرر يقدر حجمياً. ويمكن أن يقدر طيفياً عند 352 م، ممكن استخدام محلول قلوي من يوديد البوتاسيوم. ممكن أن يضاف المحلول إلى خليط H_3PO_4 وحمض الكبريتيك، مثل هذه المعايير ممكن أن تجرى بواسطة الطرق الكهربية واللونية. طريقة الفلورايت القياسية متضمنة تفاعل الأوزون مع الأكردين المشع مكونا الفلور المشع، أما الطريقة الأدق فهي الطريقة الطيفية.

طريقة التحليل الطيفي:

هناك طرق عدة لمثل هذا التقدير. تعتمد طريقة الفينولفثالين على تشكيل لون وردي مع صبغة مختزلة، إنها تتأكسد بواسطة فوق أكسيد الهيدروجين مع كبريتات النحاس ليعطي اللون الوردي بأقصى امتصاص عند 530 م. يتداخل ثاني أكسيد الكبريت في هذه الطريقة.

تفاعل الأوزون مع الايثيلين في CH_3COOH يشكل مركب ذو اللون الأصفر الذي يقاس عند 242 م. يكون الألدريد مركب ملون مع اللون الأصفر القائم يقاس عند 242 م، أما في الطريقة الأخرى *3-methyl-2-benzothiazolone hydrazine hydrochloride* المركب ذو اللون الأصفر القائم يقاس عند 242 م، أما في الطريقة الأخرى *N-tetraethyldiaminodiphynel methane* في محلول مخفف من حمض الخليك يعطي لون بنفسجي يقاس عند 565 م. عندما تتواجد أكاسيد النيتروجين، اللون الأخضر إلى اللون الأصفر الذي يقاس عند 565 م. في طريقة ثنائي فينيل أمين سلفونات، $HClO_4$ ، ثنائي فينيل أمين الصوديوم يعطي لون أحمر فيروزي يقاس عند أقصى امتصاص بـ 593 م، بينما في طريقة

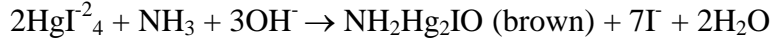
4-4- dimethoxy stilbene، يتشكل لون أزرق يقاس عند 610 م. أخيراً، تفاعل محلول يوديد البوتاسيوم المخفف مع الفوسفات ممكن أن يستخدم عند 352 م.

6- تقدير النشادر (الأمونيا - NH_3):

طرق جمع عينات الهواء لتقدير النشادر تتضمن امتصاص الغاز في محلول مخفف من حمض الكبريتيك. في طريقة الاندوفينول، كبريتات

I - تقدير تلوث الهواء

الأمونيوم، الفينول، نيتروبروسيد الصوديوم وNaOCl تتفاعل لتعطي مركب أزرق يقاس طيفيا عند 630 م، الحساسية لهذه الطريقة هي ما 0.025 – 1.0 ملجم/لتر. طريقة النيترايت تعتمد على تفاعل كبريتات الأمونيوم مع HOCl وغاز البروم لتعطي مركب ملون بأقصى امتصاص عند 550 م. الكشف المباشر عن النشادر في الهواء ممكن تحقيقه عند 204 م في خلية أو أنبوبة كوارتز حيث تكون $\epsilon=2.7 \times 10^3$ بحساسية تصل لـ 7 ملجم/لتر. طريقة الخطوة المباشرة لتقدير النشادر تتضمن امتصاصها في Dioxane تعطي مركب ملون بأقصى امتصاص عند 480 م. أخيراً، في طريقة نسلر التي تعتبر من أفضل الطرق، اللون البني يقاس عند 450 م. التفاعل المهم هو:

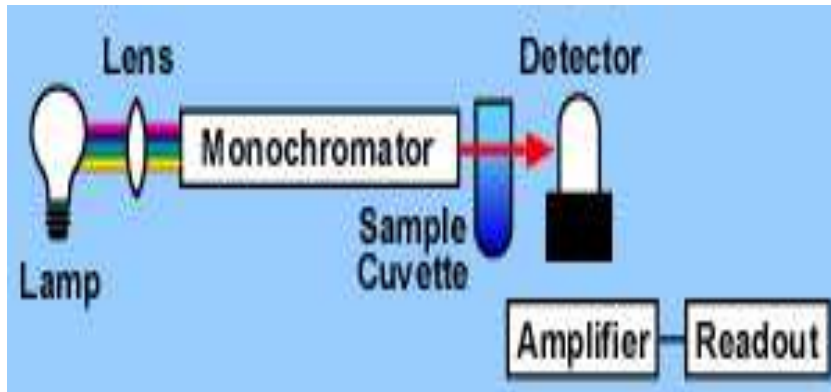


هذه الطريقة حساسة، طريقة بسيطة وتتعرض لتداخلات قليلة.

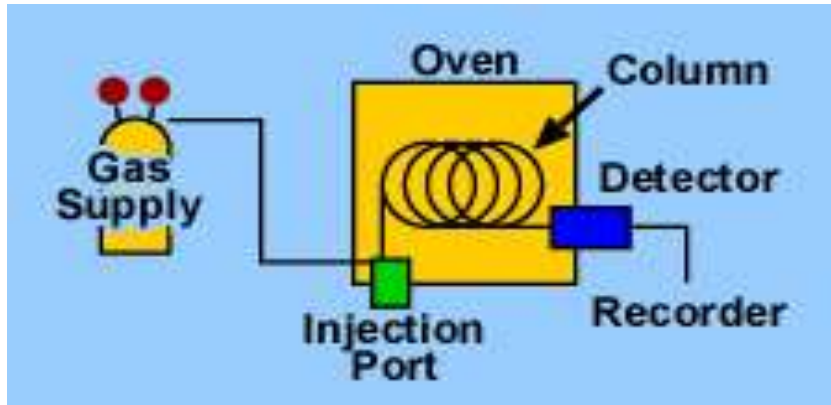
7- تقدير الغازات العضوية والبخار:

أفضل طريقة هي الكروماتوجرافية الغازية (GLC). المواد العضوية الأخف تقدر بطريقة الكروماتوجرافية الألساقية، الميثان يقدر بواسطة GLC. البنزوبيرين والمركبات الحلقية تقدر بواسطة GLC. HCHO وهو من مكونات الضباب الدخاني الكيموضوي ويقدر مع حمض الكروموتروبيك في حمض الكبريتيك. الأولفين والأكرولين تقدر كذلك بالطريقة الكروماتوجرافية الغازية.

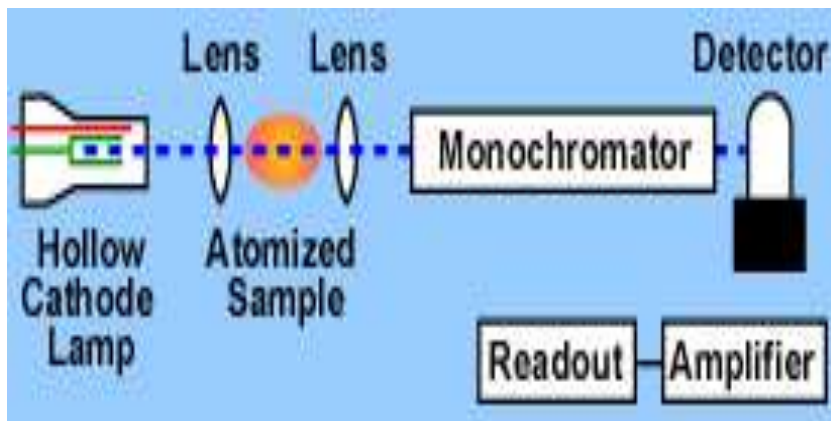
علينا أن نسجل هنا أن أفضل الطرق وأسرعها لتقدير الغازات الملوثة للهواء هي الطريقة المطيافية. الطريقة بسيطة، رخيصة، مع وجود ووفرة المواد العضوية.



Schematic of a UV-VIS spectrophotometer



Schematic gas chromatography

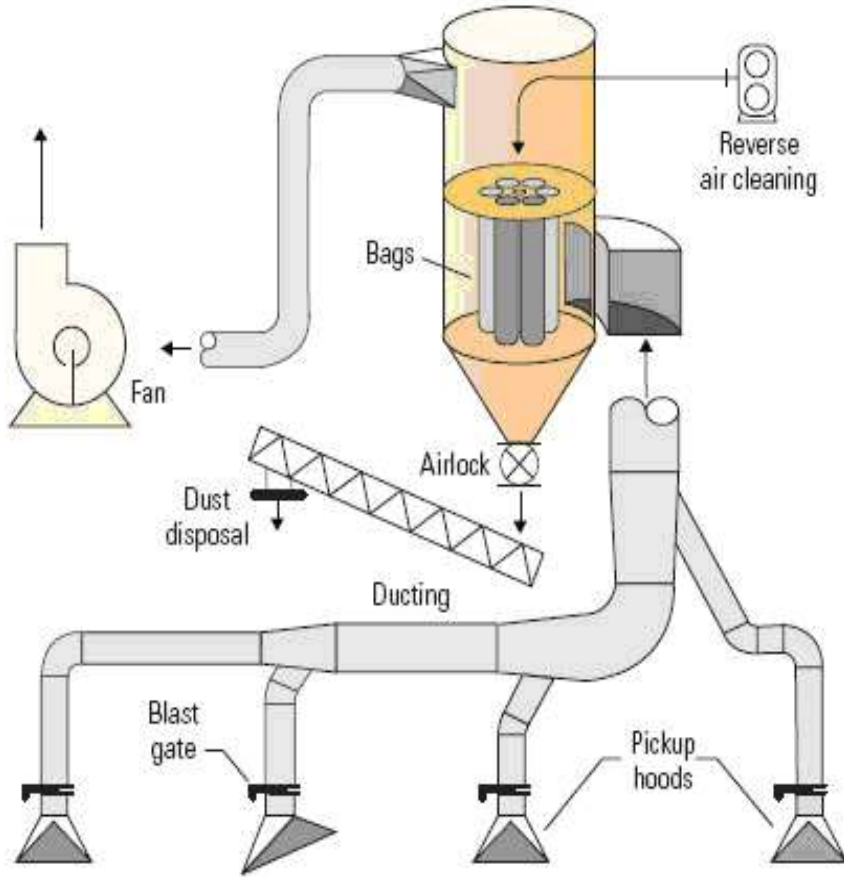


Atomic absorption spectrometry

شكل-13: آلية عمل الطرق المطيافية (الكهربائية)

Dust collector

I - تقدير تلوث الهواء



شكل-14: أحد أنواع جامعات الغبار

الفصل السادس



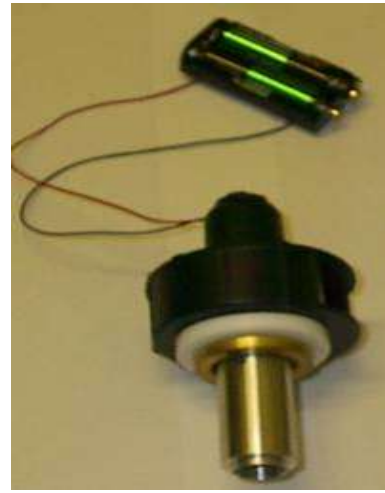
PID or FID sniffer analysis for Hydrocarbons (Split Core Samplers)



Gas Sampling Tube



Air sampler



Aerosol sampler

I - تقدير تلوث الهواء - I



Air pollution



sampling pump



Air sampler, high volume



Gas analysis apparatus, Precision

شكل-15: أنواع مختلفة من أجهزة الجمع لعينات ملوثات الهواء

الفصل السابع تقدير تلوث الهواء – II

تقدير تلوث الهواء – II

في الوحدة السابقة درسنا الطرق الكيميائية المعملية لتقدير والكشف عن ملوثات الهواء. عندما تنفث الملوثات بشكل متواصل وخاصة عندما يكون تقديرها ضروري في الموقع، أو في أي موقع خارجي، فالعديد من الطرق المعملية تفشل بإعطاء نتائج دقيقة. في نفس الوقت، من الصعب جمع العينات وإحضارها للمختبر لأجراء الفحوصات التقديرية لها، بالإضافة أن هناك احتمالية الحاجة لإجراء عدة قياسات على ساس مألوفة ومراحل منتظمة ودورية، في هذه الحالات نحتاج لطرق سريعة والتي بواسطتها نستطيع تقدير الملوثات الهوائية باستمرارية. لحسن الحظ، عدد قليل من الطرق المعملية التي تستخدم في موقع خارجية، بعض الأحيان من المحتمل استخدام المبادئ الأساسية للطرق المعملية لا ابتكار طرق جديدة باستمرارية لفحص الملوثات. مثل هذه الطرق المتواصلة تسمى بعمليات الرصد. لذا، سنتدارس بعض طرق الرصد للملوثات الهوائية في هذه الوحدة.

أسس طرق الرصد:

لأهمية قياس ملوثات الهواء على أسس منتظمة ودورية، نحتاج إلى التعرف على بعض الصفات الفيزيائية أو الطبيعية للملوثات لمثل هذه الأنظمة القياسية. الجزء الأساسي للأداة التي تستخدم لقياس مثل هذه العوامل الفيزيائية تسمى بمحول الطاقة. في العادة، تقاس ميزات خاصة وصفات مميزة لملوث معين كما هو الحال بانتقال أو امتصاص الضوء، التوصيل الكهربائي، التغير في الجهد، إنتاج المواد بواسطة انتقال الكهرباء، تشكيل الضباب الدخاني أو النشاط الإشعاعي، ملخص مثل هذه الخواص في الجدول-7، مع أمثلة لهذه الملوثات الهوائية التي من الممكن قياسها كذلك مذكورة.

جدول-7: يوضح الخواص الفيزيائية الأساسية للملوثات الهوائية وطرق قياسها

تسلسل	الأسس الفيزيائية للقياس	مثال
1	Molecular absorbance (UV/IR)	SO ₂ ,NO ₂ ,H ₂ S,CO
2	Atomic absorption (AAC)	SO ₂ ,Hg

تقدير تلوث الهواء - II

SO ₂ , metal pollutant	Atomic emission (ICP-AES)	3
SO ₂ ,NO ₂	Molecular luminescence (Fluorescence)	4
Particulates	Light scattering (Nephelometry & Turbidity)	5
Organics	Magnetic/Electron resonance	6
Pesticide	Paleography amperometry	7
SO ₂	Conductance, High frequency	8
NO-NOx	Potential, ion selective electrode	9
SO ₂	Coulometry (ASV)	10
Radioactive pollutants	Radio analytical (NAA/IDM)	11
Organic, HCl	Gas chromatography	12

أداة الرصد تتكون عادة من الأجزاء التالية؛ مزيل الهواء، محول طاقة ومسجل (مدون)، مزيل الهواء يتكون من مقياس سيول ومقياس الضغط. إنه

تقيس معدل سيولة عبور الهواء والضغط الذي يتكون تحته الملوثات الغازية. محول الطاقة هو قلب الأداة، التي تقيس خاصية فيزيائية، بينما المسجل أو المدون يسجل التغير في الخاصية الفيزيائية للملوثات الغازية، مثال على ذلك، أداة قياس شدة الضوء النسبية من مختلف أجزاء الطيف Spectrophotometer التي تستخدم لتقدير تركيز الملوثات، الأداة يجب أن تضبط وتفتح وتص لزممن الاستجابة، الفعالية، الحساسية، معدل الضوضاء، الصيانة، زمن الركود والدقة الإجمالية.

أجهزة رصد تلوث الهواء:

الأجهزة المألوفة لقياس تلوث الهواء ملخصة في الجدول 8 و 9. هناك أنظمة قياسية عديدة لتقدير غازات ثاني أكسيد الكبريت، أول أكسيد الكربون، أكاسيد النيتروجين وكبريتيد الهيدروجين، إنها تعتمد على قياس مختلف

العوامل والخواص الفيزيائية. على سبيل المثال، لرصد غاز ثاني أكسيد الكبريت نستخدم أما الطريقة الكهربائية أو الطريقة اللونية. على نقيض ذلك، نستخدم طريقة واحدة لرصد كبريتيد الهيدروجين متضمنة الطريقة اللونية، الملوثات الأخرى الغير مألوفة أو الاستثنائية مثل الأكسجين،

الفصل السابع

الأوزون، الدخان والغبار، الملوثات العضوية والملوثات المعدنية، نستطيع كذلك رصدها من خلال مبدأ الاستمرارية. في مثل هذه التقنية، وبصرف النظر عن الطرق التقليدية نستطيع قياس ظاهرة استطارة الضوء (الدخان)، كبح الاستشعاع (الملوثات العضوية)، التحليل الطيفي للانبعاث والامتصاص (الملوثات المعدنية) للتحليل الكمي أو النوعي.

II - تقدير تلوث الهواء

جدول-8: أجهزة رصد تلوث الهواء وحدودها

حدود التحليل (ملجم/لتر)	الملوث المراد رصده	الجهاز	تسلسل
10-1000 Non-dispersive ---- 0-50	CO,CH ₄ & HC CO,CO ₂ Auto-exhaust analysis Catalytic oxidation	IR gas analyzer NDIR analyzer Car exhaust meter CO-monitor	1
0-100 0-40	Conductivity Colorimetric titration	SO ₂ monitor SO ₂ monitor	2
0.01	Chemiluminescence	O ₃ monitor	3
0.05	Chemiluminescence	NO-NO _x monitor	4
0.40	Colorimetry	H ₂ S analyzer	5

جدول-9: أجهزة رصد تلوث الهواء والتقنيات المستخدمة

التقنية المستخدمة	الملوث المراد رصده	الجهاز	تسلسل
التوصيل الكهربائي	SO ₂	المكشاف للتوصيل الكهربائي	1
اللونية	SO ₂	الراصد المستمر	2
الكروماتوغرافية الغازية	CO,NO hydrocarbons	الكروماتوغراف الغازي	3
الاستشعاع	NO ₂	راصد أكاسيد النيتروجين	4
مرسمة الطيف للانبعاثات	O ₂ in atmosphere	محلل الأكسجين	5
الكيموضوية	O ₃	راصد الأوزون	6
امتصاص تحت الحمراء	CO,CH ₄	محلل تحت الحمراء الغازي	7
الاستشعاع	Organic	المطياف الاستشعاعي	8
بعثرة الضوء	Smoke & smog	عداد الدخان	9
المطيافية الامتصاصية الذرية	Trace metal analysis	مطياف الامتصاص الذري	10
مطياف الفوق بنفسجية	Trace metal	مرسمة الطيف	11

أجهزة الأرصاد الجوية:

بينما يقاس تلوث الهواء، فإنه من الضروري أن يأخذ بعين الاعتبار تأثيرات الأحوال الجوية والطبوغرافية على حركة الهواء في الغلاف الجوي. أهم العوامل التي تدرس منها المناخ، اتجاه الرياح، تواتر بعض

حالات الطقس مثل الاعصارات البحرية الدورية، معدل الهبوط للضغط والرطوبة في الهواء. العوامل والطبوغرافية تشمل المظهر السطحي الإقليمي والمحلي وتركيب المدن، التغيرات في درجات الحرارة للهواء تقرر تشتيت الملوثات على مستوى السطح للأرض، لكن عندما تنخفض درجات الحرارة المحيطة مع الارتفاع لا تتراكم الملوثات. تنتشر الملوثات الهوائية جزئياً بتمدد الهواء وكذلك ببرودته، عندما يكون هناك زيادة في حرارة الهواء نتيجة لزيادة الارتفاع عن السطح، حركة الهواء العمودية سواء كانت للأعلى أو الأسفل تكبحها بقوة، وهكذا تبقى الملوثات رابدة بالقرب من المعدل الذي نفثت فيه. عندما تكون الأرض باردة خصوصاً في الليل، تؤدي لانخفاض معدلات الحرارة وبالتالي يتشكل السديم أو الضباب. معدلات الارتكاس أو الانقلاب لدرجات الحرارة تصل إلى أكثر من 30م في الصباح الباكر. الاستقرار في الارتكاس أو الانقلاب لدرجات الحرارة يشمل ضغط جوي عالي، عندما يكون الهواء في نظام ضغط منخفض يؤدي إلى الاستقرار وتصل ظاهرة الازدياد إلى حوالي 2-3كم.

الارتفاع في الارتكاس أو الانقلاب لدرجات الحرارة في الهواء يتألف من طبقة الانقلاب مقحمة بين طبقتين متعادلتين عند شرائح هواء القطب البارد، نسيم البحر من العوامل الجوية المهمة، فيما بعد الشروق هواء البحر البارد يشكل الطبقة القاعدية لطبقة الهواء، والتي بسمك 300-400ملم وتتحرك تحت هواء أرضي دافئ عند سرعة 15كم/ساعة.

خلاصة القول، العوامل الجوية تشكل جزء مهم من مختلف أنظمة الرصد. تقدير هذه العوامل سيساعدنا في تقدير الغازات، الملوثات في الجو ويزودنا بنتائج صحيحة وموثوق بها.

برامج الرصد البيئي:

يمكن أن تقسم برامج الرصد البيئي إلى عدة مجموعات. الأولوية تعطى تباعاً، الرصد البيئي للمحيط أو البيئة، رصد المصدر، الرصد الداخلية والرصد الشخصي. الرصد البيئي يغطي رصد محيط الهواء بشكل عام. رصد المصدر ينفذ من أجل تثبيت المعايير والمقاييس الرسمية. أما المجموعتين الأخيرتين، الرصد الداخلي والرصد الشخصي فهما مفيدتان للحالة الصحية. الرصد البيئي للمحيط أو الهواء يجرى لتحقيق سيطرة إستراتيجية، المحطات التابعة للرصد البيئي ممكن تجهيزها كشاحنة رصد متحركة، أما الثابتة منها فتنفذ في عدة عمليات صناعية في مكان المصدر أو المنشأ، عند المصدر يكون تركيز الملوثات

II - تقدير تلوث الهواء -

مرتفع بوضوح. انبعاثات عوادم وسائل النقل تقع ضمن فئة الرصد المتحرك للمصدر. قياس التلوث في مناطق العمل للعمال يعتبر رصد داخلي أو موقعي. متابعة التعرض الشخصي للملوثات يقود للرصد الشخصي. بشكل واسع وعريض ملوثات الهواء ممكن تقسيمها اعتمادا على طبيعة ونوعية الملوثات الموجودة المواد الجسيمية، مركبات الكبريت، الهيدروكربونات، مركبات النيتروجين، الهالوجينات، مركبات الكربون، المركبات الغير عضوية والملوثات العضوية في الهواء. عادة يتم تحديد جودة الهواء بناء على قياس أهم الملوثات مثل الجسيمات العالقة، غاز ثاني أكسيد الكبريت، الهيدروكربونات، غاز أول أكسيد الكربون، أكاسيد النيتروجين والأوزون، لذلك سنتدارس طرق رصد الهواء باستخدام الأجهزة الخاصة بذلك لهذه الملوثات الهامة في الغلاف الجوي في الجزء القادم.

1- رصد غاز ثاني أكسيد الكبريت:

هناك طرق عديدة مستخدمة لرصد غاز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء نلخصها في الجدول-11، نجد أن أهم هذه الطرق تعتمد على قياس اللون أو التوصيل الكهربائي، أو استخدام محول طاقة كهروكيميائي، بواسطة تقنية الكيموضوئية، التحليل الطيفي بأشعة تحت الحمراء (NDIR) أو الكروماتوغرافية الغازية.

جدول-11: الطرق المستخدمة لرصد غاز ثاني أكسيد الكبريت

تسلسل	الطريقة	ملاحظات
1	معايرة $Ba(ClO_4)_2$	فعالة لغاية 500 ملجم/لتر
2	تقديرًا لشدة اللونية	يستخدم $Ba(ClO_4)_2$ كصبغة
3	PRA اللونية	شديدة الحساسية
4	طريقة التوصيل	شائعة الاستخدام
5	المحول الكيموكهربائي	يستخدم غشاء شبه نفاذ
6	المطياف الاستشعاعي الذبذبي	شديدة الحساسية (0.1-100 ملجم/لتر)
7	المعايرة اللونية	يختزل KBr باستخدام 3 الكترودات

في طريقة معايرة بركلورات الباريوم، يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت مع فوق أكسيد الهيدروجين أو الماء ليكون حمض الكبريتيك الذي بدوره

يتفاعل تباعا مشكلا كبريتات الباريوم. هذه الطريقة فعالة عند تركيز عال لغاز ثاني أكسيد الكبريت، لكن تتداخل معادن عدة بقوة منها الرصاص. طريقة مقياس الشدة اللونية هي الأفضل، إحداها تتضمن تفاعل كلورنيلات الباريوم مع ثاني أكسيد الكبريت لتشكل مركب ملون، بينما في الأخرى الروزانيلين يتفاعل مع ثاني أكسيد الكبريت ليعطي أصنافا ملونة، التي من الممكن قياسها بالمطياف الضوئي عند فترات منتظمة. بشكل أوسع تستخدم طريقة التوصيل القياسية، مواصلة محلول ممتص يقدر عند فترات منتظمة. الزيادة في التوصيل يحدث بسبب تكون الأيونات لسبب اتحاد ثاني أكسيد الكبريت مع المحلول الزيادة في التوصيل تتناسب بشكل عام مع تركيز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء. هذا المبدأ يشكل القاعدة أو الأساس لرصد ثاني أكسيد الكبريت (جدول-12).

جدول-12: مبدأ عمل جهاز رصد ثاني أكسيد الكبريت

1- مبدأ العمل	التقدير التوصيلي
2- طريقة التحليل	Photometry, coulometry, chemiluminescence
3- محاليل التفاعل	حمض، ماء، فوق أكسيد الهيدروجين
4- سوائيل الامتصاص	أمين أحادي الأيثانول، الفورمالدهيد، أمين ثلاثي الأيثانول وفوق أكسيد الهيدروجين
5- الممتصات الصلبة	مرشحات من خيوط زجاجية
6- المتداخلات	NO ₂ , NH ₃ , H ₂ S & CO
7- ملامح خاصة	دقة عالية، أقل صيانة، قراءة ذاتية
8- معدلات التحليل	0.1 – 80 ملجم/لتر
9- الحدود	5 ملجم/لتر

السوائيل الممتصة، أمين أحادي الأيثانول، أمين ثلاثي الأيثانول، فوق أكسيد الهيدروجين والفورمالدهيد تستخدم في طرد المتداخلات من الملوثات الغازية الأخرى مثل H₂S, NH₃, NO₂ و CO. يقوم جهاز رصد ثاني أكسيد الكبريت بتحليل بمعدل ما بين 0.1 – 80 ملجم/لتر (شكل-16) عندما يكون معدل ثاني أكسيد الكبريت في الهواء هو 4 – 40 ملجم/لتر. تفاصيل آلية العمل الأخرى مفصلة في الجدول-12. في الطريقة اللونية، في محلول هاليد قلوي مثل بروميد البوتاسيوم يحافظ على معدل ثابت للهالوجين – الهاليد بواسطة تيار كهربائي، حقيقة الأمر أنه يقاس التيار المطلوب لتكوين الهالوجين المستنفذ بواسطة ثاني أكسيد الكبريت، هذا التيار يتناسب مع كمية ثاني أكسيد الكبريت التي حولت الهالوجين إلى الهاليد، المأخذ الوحيد على هذه الطريقة هو تبديل المحاليل من فترة إلى فترة أخرى ووجوب تنظيف الألكترود بدورية كذلك. الطريقة الأخرى تتم

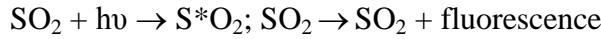
II - تقدير تلوث الهواء

بمساعدة خلية تحوي بروميد البوتاسيوم الحمضي مع أربعة أقطاب كهربائية، يمرر ثاني أكسيد الكبريت فيها ليتحرر غاز البروم والذي يحدث اختلال بالتوازن في الدائرة، تتوسع الإشارة ويمرر التيار لينشأ كمية كافية من البروم الحر لونيا لإعادة التوازن في الدائرة. التيار الناشئ يتناسب عكسياً مع ثاني أكسيد الكبريت الموجود ويقاس بشكل مستمر ومتواصل. أما في المحول الكيموكهربائي، يستخدم جهاز لوني مغلق، بحيث ينشر غاز ثاني أكسيد الكبريت انتقائياً من خلال غشاء شبه منفذ ومن ثم يذاب من خلال الكترول ذو غشاء رقيق. التيار الناشئ عن عملية الأكسدة لثاني أكسيد الكبريت هو مقياس لتركيز ثاني أكسيد الكبريت الموجود في عينة الهواء.



شكل-16: جهاز رصد ثاني أكسيد الكبريت

الطريقة الأمثل والأكثر فعالية هي طريقة الذبذبات اللفافية، هنا مصدر ذبذبات الأشعة فوق بنفسجية تقوم بتنشيط جزيئات ثاني أكسيد الكبريت، التي تبعث خواص لصفية (نور لصفي) بكثافة تتناسب مع كمية ثاني أكسيد الكبريت الموجودة، مثال لذلك؛



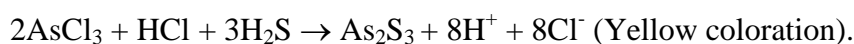
هذا النور اللفي يقاس بواسطة الأنبوب المضاعف للضوء بعد سلسلة من الإشارات التي تصل إلى المقياس أو المدون. المأخذ الوحيد على هذه الطريقة هو الرطوبة، التي تستطيع إخماد وتقليل كثافة النور اللفي. في طريقة الأشعة تحت الحمراء غير المنتشرة، يقاس الامتصاص الطيفي

الفصل السابع

الواسع والحساس لغاز معين بواسطة الراصد. أخيراً، الطريقة الكروماتوغرافية الغازية، استخدام تقنية الراصد اللهبى تكون فعالة ومناسبة للكشف عن غاز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء لكنها ليست فعالة لكبريتيد الهيدروجين.

2- رصد غاز كبريتيد الهيدروجين:

إن الطريقة الأفضل والبسط لرصد كبريتيد الهيدروجين هي الطريقة اللونية. تفاصيل مثل هذا الراصد لكبريتيد الهيدروجين موضحة في الجدول-13 والشكل-17. الشريط المغطى بـ $AsCl_3$ يزال ببطء، تنتفع كربونات البوتاسيوم على مرشحات من خيوط زجاجية لازاحة ثاني أكسيد الكبريت الملون، ترطب اسفنجة تحوي حمض الهيدروكلوريك المخفف الشريط قبل بدأ التفاعل مع كبريتيد الهيدروجين، ليتم التفاعل كالتالي:



الحد المنخفض للكشف هو 5ملجم/لتر، بمعدل عمل لرصد عند 800-1ملجم/لتر. الجهاز مزود بمفتاحين للتقدير في معدلات عالية.

جدول-13: مبدأ عمل جهاز رصد كبريتيد الهيدروجين

1- مبدأ العمل	الطريقة اللونية.
2- الطرق المعملية	طريقة معايرة الحمض-القاعدة و طريقة شمعة الرصاص.
3- طرق الرصد	المطيافية الجزيئية، الطريقة اللونية.
4- المحول	أنبوبة الضوء، طريقة النفاذية.
5- الحدود التقديرية	5ملجم/لتر.
6- معدلات التحليل	800-1ملجم/لتر.

تقدير تلوث الهواء - II



شكل-17: أحد أجهزة رصد كبريتيد الهيدروجين

3- رصد أكاسيد النيتروجين:

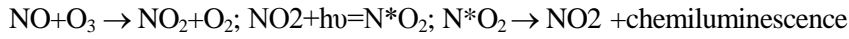
هناك عدة طرق معتمدة لرصد أكاسيد النيتروجين، وهي مسجلة في الجدول-14. من أفضل هذه الطرق هي الطريقة اللونية المتضمنة طريقة Slatzman. في هذه الطريقة يضخ الهواء في خليط من الحامض السلفوني وNEDA. غاز ثاني أكسيد النيتروجين الموجود في العينة يتفاعل مع المحلول ليشكل صبغة، امتصاص هذه الصبغة هي مقياس تركيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين. هناك قصور ثانوي لهذه الطريقة ألا وهو أن تشكل اللون ليس لحظي أو فوري.

جدول-14: يوضح الطرق المستخدمة لرصد أكاسيد النيتروجين

ت	الطريقة المستخدمة	ملاحظات
1	الطريقة اللونية	طريقة Saltzman وتحتاج لفترة زمنية أطول لتشكيل اللون
2	الطريقة الكيموضوية	يستخدم الأوزون لتحويل NO ₂ إلى NO
3	الالكتروود الأيوني	تقاس النترات في الحالة السائلة
4	المحلول الكيموكهربيائي	بطيئة الاستجابة

5	طريقة IR و UV	تداخلات من SO ₂ و H ₂ S
---	---------------	---

الطريقة الثانية والأفضل هي الطريقة الكيموضوئية، أول أكسيد النيتروجين الموجود في الهواء يتفاعل مع الأوزون في خلية صغيرة ويعطي طاقة، وهي ذات فعالية عالية، على سبيل المثال،



يتفاعل الأيون مع الأوزون ليعطي تداخل ايجابي، توفر مثل هذا الأيون يتخطى الحقل الطيفي لانبعاث (NO + O₃). التحول الحراري لـ NO₂ ← NO عادة يستفاد منه. تستخدم المعادن المنقوعة من الذهب، الفولاذ والكربون لعملية التحول الحراري. أما النيترايت المتشكلة تتأكسد لنترات وتقاس من خلال طريقة الالكتروود الأيوني. محول الطاقة الكيموكهربائي بطيء في العمل، لأن زمن الاستجابة طويل والاستجابة ضئيلة جداً. في طريقة NDIR، يتداخل كل من كبريتيد الهيدروجين وثاني أكسيد الكبريت بشكل جدي وخطير، لذا يجب استخدام طريقة الاستشعاع الرنينية في موضع كهذا. لطريقة in situ للرصد، تقنية ربط خلية الغاز هي المفضلة. أخيراً، في طريقة Jacob's Hocheiser، تجمع أكاسيد النيتروجين بواسطة هيدروكسيد الصوديوم كنيترات الصوديوم يتبع ذلك عملية التقدير بواسطة التحليل اللوني. تفاصيل عمل جهاز رصد أكاسيد النيتروجين وآلية عملها موضحة في الجدول-15، والشكل-18 يوضح أنواع مختلفة من أجهزة الرصد المستخدمة لتحليل أكاسيد النيتروجين في عينات الهواء.

جدول-15: يوضح آلية عمل أجهزة الرصد لأكاسيد النيتروجين في الهواء

1- مبدأ العمل	الطريقة اللونية.
2- محول الطاقة	انبوبة ضوئية والنفاذية.
3- مستوى التحليل	0.02 – 600 ملجم/لتر.
4- محاليل القراءة	NEDA وحمض انثرانيليك في هيدروكسيد الصوديوم.
5- التداخلات	لا تتداخل الايونات.
6- ميزات خاصة	دقة عالية، وقت أقل للتحليل.

II تقدير تلوث الهواء - II



شكل-18:
أحد أجهزة
رصد كبريتيد
الهيدروجين

4- رصد أكاسيد الكربون:

هناك عدة طرق مستخدمة لرصد أكاسيد الكربون (CO & CO_2) موضحة في الجدول-16. كلها فعالة ومستخدمة لرصد أول أكسيد الكربون في الهواء، من النادر ما نحتاج أجهزة رصد لثاني أكسيد الكربون، لأن الطرق التقليدية المألوفة أفضل من أية طريقة آلية. في طريقة NDIR، يقاس نطاق امتصاص طاقة الأشعة تحت الحمراء بواسطة عامود من عينة الغاز بحدود مخصصة وضيقة لطول الموجة ($1800CM^{-1} - V$). يستخدم المكشاف الهوائي للأشعة تحت الحمراء مربوطاً مع مرشحات بحجم 0.1 ملم، لا تحتاج العينة لتهيئة سابقة. غياب الغبار والرطوبة ضروري جداً، ولا داعي للسيطرة على تدفق الغاز.

جدول-16: يوضح الطرق المستخدمة لرصد أكاسيد الكربون

ت	الطريقة	ملاحظات
1	الأشعة تحت الحمراء	من أدق الطرق المستخدمة، يتداخل بخار الماء.
2	NDIR الطيفية	خاصة، حساسة، طريقة فعالة.
3	الأشعة تحت الحمراء الاستشعاعية	حساسة، لا تتداخل لبخار الماء
4	AAS	مرشح فحجم جري، تتداخل الهيدروكربونات والماء.
5	المحفزات الكهربائية	تحتاج لجهاز غسل NO_2 و SO_2
6	FID	حساسية جداً مقارنة بـ NDIR

الفصل السابع

7	المحـول الكيموكهربائي	يتداخل الايثينيل والاسثيلين
8	جهاز Hopcalite	تقاس الحرارة المنطلقة

خصوصية وانتقائية المطياف تكون كافية. طريقة الأشعة تحت الحمراء الاستشعاعية حساسة للغاية، لكن المزيد من بخار الماء يتسبب بمشاكل. طريقة AAS تقيس الزئبق بعد اختزال أكسيد الزئبق إلى الزئبق بواسطة بخار AAS البارد، تظهر الهيدروكربونات والماء تداخل قوي. في طريقة المحفزات الكهربائية، يجب استخدام أجهزة غسل الغازات، بينما في المحول الكيموكهربائي يتداخل الايثيلين والاسثيلين بشدة. يمكن تشغيل الجهاز على بطارية، الجهاز سهل الحمل ورخيص الثمن (شكل-19). GLC مع FID تعطي نتائج جيدة بحيث يمزج أول أكسيد الكربون مع الهيدروجين للميثان، يمكن تقدير الهيدروكربونات الغير ميثانية بهذه الطريقة كذلك.

من الطرق الجديدة لرصد أول أكسيد الكربون وهي تثبيت Hopcalite على راصد أول أكسيد الكربون، هنا تقاس الحرارة المتصاعدة الناتجة عن تحويل أول أكسيد الكربون لثاني أكسيد الكربون بوجود محفزات Hopcalite، تستخدم أكاسيد المنجنيز أو النحاس لهذا الغرض، الرطوبة تؤثر بعملية التقدير، لذا من الضروري ضبط المحفزات عند درجة حرارة 100°م.



GFC-7000 Ultra trace CO₂ Analyzer



GFC-7001 TRACE CO Analyzer

5- رصد الهيدروكربون: يوضح الجهاز والرصد لأكاسيد الكربون

ملخص لمختلف الطرق المستخدمة لرصد الهيدروكربونات، الأوزون والمؤكسدات في الجدول-17. الهيدروكربونات الغازية ممكن أن تكون نشطة كما هو الحال في الايثيلين ومنها الغير نشط كالميثان. الطريقة الكروماتوغرافية الغازية من الطرق الدارجة للتحليل مع FID أو TCD.

II - تقدير تلوث الهواء -

معدلات الهيدروكربونات يعبر عنها عندما يكافئ الميثان الهيدروكربونات. تهيئة تركيز الهيدروكربونات يعطي نتائج أدق وأفضل. اسطوانة السيليكا الهلامية مفيدة للمواد العضوية الأخف. تقاس المواد الهيدروكربونية النشطة بواسطة الراصد Chemiluminescence. ممكن قياس الايثلين عند تركيز أقل من 0.1 ملجم/لتر بنفس الطريقة على اسطوانة السيليكا الهلامية. عادة تجمع المواد الهيدروكربونية العطرة بواسطة مرشحات مصنوعة من الخيوط الزجاجية. مختلف أنواع الأجهزة بما فيها المقياس الطيفي الكتلي تستخدم لمثل هذه العمليات التحليلية (شكل-20).

جدول-18: يبين الطرق المستخدمة لرصد الهيدروكربونات والأوزون في الهواء

ت	الطريقة	ملاحظات
1	الكروماتوغرافية الغازية (TCD)	للمصادر المتنقلة، المواد العضوية الخفيفة.
2	مكشاف FID	فعالة للهيدروكربونات النشطة.
3	Chemiluminescence for HC	يقيس $CH_2 = CH_2$
4	مطياف الأشعة تحت الحمراء	مثالي لوسائل النقل الثقيلة.
5	الطريقة اليودية القياسية	تقنية المواد الكيماوية الرطبة.
6	امتصاص الأشعة فوق بنفسجية	يقاس الأوزون من الاختلاف في الإشعاعات.
7	Chemiluminescence for CO_3	يقيس $CH_2=CH_2 + O_3$
8	التحفيز الحراري	تقاس الحرارة الناتجة بواسطة اختلال التوازن.

تستخلص الهيدروكربونات العطرة في البنزين ومن ثم تحلل بواسطة GLC، ويمكن الكشف عنها بواسطة الـTLC، لكن HPLC تعطي نتائج أفضل. طريقة NDIR تستخدم لقياس الهيدروكربونات المنبعثة من وسائل النقل الثقيلة. الطريقة اليودية القياسية متضمنة تقنية الكيماويات الرطبة تستخدم لتحليل المؤكسدات، ولكن بتداخل قوي لثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين. طريقة Chemiluminescence ممكن أن تستخدم مع الأوزون ومجس Rhodamine B على السيليكا الهلامية وأول أكسيد النيتروجين في الحالة الغازية. التفاعلات الكيموسونية ممكن أن تقيس معدلات الأوزون، التحليل الضوئي لثاني أكسيد النيتروجين متبعاً بالكشف عن أول أكسيد النيتروجين تساعد في عملية تحليل الأوزون. الأوزون يتشكل من تحلل كيموسوني لثاني أكسيد النيتروجين بواسطة أشعة الشمس في الطبقة السفلى للغلاف الجوي. يقدر الأوزون بواسطة طرق كيميائية. في هذه الطريقة، تضخ المؤكسدات عبر محلول يوديد البوتاسيوم المخفف واليود المتحرر يعاير ويقدر ككاشف لتركيز الأوزون. في طريقة

الفصل السابع

Chemiluminescence، يتفاعل الأوزون مع الايثيلين ويقاس الضوء الناتج. في طريقة امتصاص الأشعة فوق البنفسجية، تقاس الشدة التناسبية لتغيرات موجات الأشعة فوق البنفسجية عندما تنتقل عبر الأوزون. أخيرا يمرر الأوزون في منظمان حراريان، يغلف أحدهما بمحفز، ومن ثم تقاس حرارة تحلل الأوزون من خلال دائرة مجسرة من المنظمات الحرارية.



FID3006 - Portable Hydrocarbon Analyzer



Euro FID - Heated Hydrocarbon Analyzer

تقدير تلوث الهواء - II



شكل-20: أنواع مختلفة من أجهزة رصد الهيدروكربونات
الأهتة

6- رصد المواد الجسيمية العالقة:

الجدول-19 يوضح الطرق المختلفة والمستخدم لـ رصد المواد الجسيمية العالقة، أكثر هذه الطرق وثوقا هي طريقة جامع العينات المرتفعة مع مقياس الثقل النوعي. تجمع المواد الجسيمية العالقة على ورقة ترشيح، الألياف الزجاجية مستخدمين الهواء، مثل هذه المضخات والرواسب يأخذ وزنها، المضخة ممكن أن تعمل لمدة تتراوح ما بين 12-24 ساعة، مقياس السيولة المدرج يقيس الحجم الكلي للهواء المجموع؛ تحليل امتصاص β هي أيضا طريقة جيدة، يتم فيها جمع عينة الهواء من خلال شريط ترشيح، الذي يمرر عبر كاشف مصدر النشاط الإشعاعي مثل عداد GM مع PM-147 أو كاشف C14. في التوازن الكهربائي الضغطي، تتذبذب بلورتا الكوارتز عند تردد معين، واحدة منهما مغلقة والأخرى مفتوحة، مغطاة بمواد كيميائية مختارة والتي تمتص المواد الجسيمية العالقة. يقاس الوزن الزائد. في طريقة الجمع بواسطة الحلقة المعدنية (الكشتبان)، التغيير في وزن الرواسب من المواد الجسيمية العالقة على المرشح السيليلوزي (150°M)، المرشحات الزجاجية (300°M) أو مرشح خزفي (300°M) تقاس بدقة.

جدول-19: يوضح الطرق المستخدمة لرصد المواد الجسيمية العالقة في عينات الهواء

ت	الطريقة	ملاحظات
1	الثقل النوعي	عينات مرتفعة الحجم
2	مقياس β	تستخدم أشعة β

الفصل السابع

ت	الطريقة	ملاحظات
3	التوازن الكهربى الضغطي	طريقة حساسة، يلاحظ التغير في الوزن
4	الحاققة المعدنية (الكشتبان)	يقاس تغير الوزن للمرشحات
5	مقياس النفيلين	تقيس لقطر 0.1-1µm
6	طريقة Lidar	يقاس انعكاس الضوء بواسطة أشعة الليزر
7	مقياس النفاذية	تقيس الكثافة البصرية
8	مرسب الكهرباء الساكنة	يقاس حركة الجسيمات

في طريقة مقياس النفيلين، تسلط أشعة الضوء على بقعة ويجمع الهواء عبرها. يستطار الضوء الذي يقدر بخلية ضوئية، عادة يستفاد من زوايا استطاره الضوء لقياس كثافة الجسيمات. في طريقة Lidar، تستخدم أشعة الليزر كمصدر للضوء. في طريقة مقياس النفاذية، تقاس الكثافة البصرية للمواد الجسيمية المعلقة، قصور هذه الطريقة أنها لا تقيس حجم الجسيمات. في طريقة

مرسب الكهرباء الساكنة، تقاس معدل حركة الجسيمات، هذا النظام له أقل جهد لرصد حجمي. لتقدير حجم الجسيمات المعلقة عادة يستخدم كل من، المجهر الالكتروني، استطاره الضوء، التصادم، الاعصارات المصغرة ومطيافية تدفق الجسيمات المشحونة (شكل-21).

الجدول-20 يلخص المزيد من طرق التحليل للمواد الجسيمية المعلقة، كلها تعتمد على نفس المبادئ، الاختلاف الوحيد هو أن البعض منها سميت بأسماء مكتشفها.

جدول-20: يوضح المزيد من طرق تحليل المواد الجسيمية العالقة في عينات الهواء

ت	الاسم	طريقة العمل	التقنية
1	الحجم المرتفع	الترشيح	الثقل النوعي
2	السدادات الورقية	الترشيح	النفاذية
3	درهام أندرسون كاسكادي	التصادم التصادم التصادم	العد العد فحص مجهرى

II - تقدير تلوث الهواء - II

4	الارتطام المصغر	الارتطام	الثقل النوعي
5	الاعصارات	الفصل	الثقل النوعي
6	مرسبات الكهرباء الساكنة المرسبات الحرارية	الترسيب الترسيب	غير كمية الثقل النوعي



Aerosol monitor



Particulate monitor

شكل-21: أنواع مختلفة من أجهزة رصد المواد الجسيمية المعلقة

7- رصد المعادن الثقيلة:

تشمل عملية رصد المعادن الثقيلة في الهواء استخدام أجهزة تشمل AAS، ICP-AES، الالكترود انتقائي الايون، الاستشعاع، المطيافية البلازمية، تحليل تفعيل النيوترون..... الخ (شكل-22). على سبيل المثال، يحلل الزئبق بواسطة AAS من الهواء، الزئبق، الكاديوم، الرصاص والسيلينيوم بواسطة التفريغ الكهربائي، الكاديوم، البيريليوم والمعادن الثقيلة الأخرى ممكن تقديرها بواسطة ICP-AES. يستخدم المطياف الحجمي بمصدر الومضات لتقدير عناصر المركبات. من العناصر المهمة التي توجد في الهواء الزئبق، البيريليوم، الرصاص، الحديد، الكاديوم، السيلينيوم، الزرنيخ، النيكل، الكروم، المنجنيز، النحاس، الخارصين، الباريوم، الفاناديوم. الطرق التقليدية لتقدير هذه العناصر المهمة؛ الزئبق (AAS, XRF, UV)، الحديد (XRF)، البيريليوم (المطيافية، AAS)، السيلينيوم

الفصل السابع

(المطيافية)، الرصاص (المطيافية، AES, XRF, NAA)، الكاديوم
(المطيافية، AAS, AE)، النيكل (المطيافية، ASS)، النحاس (AAS, AES)،
الخاصين (AAS, XFR, AES)، الباريوم والسيلينيوم (AES).

AAS: Atomic Absorption Spectroscopy.

ICP-AES: Inductivity Coupled Plasma – Atomic Emission Spectroscopy.

AES: Atomic Emission Spectroscopy.

NAA: Neutron Activation Analysis.

XRF: X-Ray Fluorescence.

UV: Ultra Violet.



X-ray fluorescence (XRF)

تقدير تلوث الهواء - II



Benchtop Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer System



Thermal-Jarrel Ash Atomic Absorption Spectrophotometers - AAS

salamalhelali@yahoo.com مع أطيب تحيات د. سلام حسين الهلالي

الفصل السابع

شكل-22: بعض الأجهزة المعملية المستخدمة لرصد المعادن الثقيلة في الهواء

الفصل الثامن التحكم والسيطرة في ملوثات الهواء

التحكم والسيطرة في ملوثات الهواء

لقد علمنا بأن المصدر الرئيسي لتلوث الهواء هو:

1- وسائل النقل، 2- المصانع - خاصة مخلفات مصافيها ومدآخنها، 3- الوقود الاحفوري (الفحم) و4- محطات إنتاج الطاقة (المحطات الحرارية). يجب أخذ خطوات للتحكم في ملوثات الهواء عند المصدر (المنع) بالإضافة إلى ما بعد إطلاق هذه الملوثات في الهواء.

تلوث المركبات:

هذه بعض المعايير المتخذة للسيطرة على تلوث الهواء بواسطة عوادم المركبات (وسائل النقل):

1- الفحص الدوري لعوادم وسائل النقل العام والسيارات:

يمكن تحقيق ذلك من خلال:

أ- استخدام تناسب جديد للبنزين والهواء.

ب- التوقيت المناسب لتلقيم الوقود.

ج- استخدام إضافات غازية لتحسين الاحتراق.

د- حقن الهواء في العوادم لتحويل مركبات العوادم إلى مواد أقل سمية.

هـ- بواسطة تجديد وتطوير تصاميم المحركات أو/ وتثبيت أجهزة امتصاص لتحسين الاحتراق مع الاحتفاظ بتصميم المحرك.

2- التحكم بالتبخير من خزان الوقود والمكربن:

يمكن تطبيق ذلك بواسطة:

أ- جمع الأبخرة مع الفحم النباتي المنشط عندما يطفئ المحرك وإشعالها عند تشغيل المحرك.

ب- إخضاع البنزين في الخزان لضغط خفيف لمنع تبخر الغاز.

ج- تطوير بنزين خفيف التطاير الذي لا يتبخر بسهولة.

3- استخدام المرشحات (الفلاتر):

التحكم والسيطرة في ملوثات الهواء

بعض أبخرة الغازات تترشح ما بين الجدار والمكبس (البستون) والتي تدخل إلى علبة المرافق ومن ثم تفرغ في الغلاف الغازي، الهيدروكربونات (حوالي 25%) تطلق بهذه الطريقة. لذا، استخدام هذه المرشحات التي تنتزع وتدور هذه الأبخرة المرتشحة في المحرك يجب أن تتحكم وتسيطر على هذه الهيدروكربونات المنبعثة.

4- السيطرة من خلال القانون:

وضع القوانين واللوائح للحد من تلوث الهواء ومنها:

أ- فرض بعض المقاييس الخاصة بالتركيزات القصوى للمواد الملوثة للهواء.

ب- إنشاء مراكز رصد ومراقبة لقياس جودة الهواء.

ج- منع السيارات ووسائل النقل العامة التي تنبعث منها نسبة غازات عالية وسن الفحص الدوري للسيارات.

التلوث الصناعي:

لفحص تلوث الهواء بواسطة نفايات مداخن المصانع ومحطات الطاقة، علينا ابتكار أنظمة لفصل وإزالة المواد الجزيئية والملوثات الغازية من نفايات المصانع. إزالة المواد الجزيئية يتضمن جمعها تحت قوى تأثيرية مختلفة، بتلك الوسيلة نحركها باستمرار لنخرجها من التيار الغازي. الأدوات المستخدمة لإخراجها (i) المجامع الحلزونية، (ii) المرسبات الاستاتيكية الكهربائية.

أ- المجامع الحلزونية (Cyclonic collectors):

يعرض الغاز المحتوي على المواد الجزيئية للنبذ والفصل، تتحرك المواد الجزيئية العالقة نحو جدار جسم الجامع الحلزوني، ومن ثم إلى أسفله وأخيرا إلى الخارج. يزيح الجامع الحلزوني حوالي 70% من الجسيمات.

ب- المرسبات الاستاتيكية الكهربائية (Electrostatic precipitators):

لإزاحة الجسيمات من التيار الغازي، تستخدم قوى كهربائية ضمن حجرة في المرسب. الجسيمات العالقة تشحن أو تتأين، وتجذب للالكترودات المشحونة وتزاح. هذه الطريقة تزيح حوالي 99% من الجسيمات الملوثة من عوادم المصافي والمداخن. هذه الطريقة تعمل بشكل

الفصل الثامن

جيد وفعال في محطات إنتاج الطاقة، مصانع الورق، معامل الاسمنت... الخ. الغبار المقاوم ممكن أن يصعب عملية الفصل في هذا النوع من المرسبات وتوظف المرشحات أو الفلاتر النسيجية لتجاوز هذه المشكلة.

الملوثات الغازية:

ممكن إزالة هذه الملوثات بواسطة الطرق الثلاثة التالية:

أ- الأنظمة الرطبة:

يستخدم فيها أبراج غسيل، يدار فيها سائل قلوي باستمرار، يتفاعل هذا السائل مع ثاني أكسيد الكبريت لينتج راسب.

ب- الأنظمة الجافة:

تتفاعل فيها الملوثات الغازية مع محلول ماص تحت ظروف جافة.

ج- الأنظمة الجافة - الرطبة:

في هذه الأنظمة الماء الموجود في المحلول الماص يتفاعل مع المركبات الحمضية. هيدروكسيد الكالسيوم الماص ينتشر بداخل التيار الغازي الساخن بهيئة قطرات صغيرة جدا. يتفاعل الكالسيوم مع ثاني أكسيد الكبريت وتسبب الغازات الساخنة تبخر الماء، المنتج النهائي هو مسحوق جاف يحتوي غالبا على رماد متطاير وأملاح. يستخدم الفحم النباتي كماص كذلك. المحاليل الماصة الأخرى مثل الجير، الكلس ممكن استخدامها لإزاحة البنزين والكحول. هذه الطريقة فعالة جدا في محطات التنظيف الجافة، المطابع، مصانع الدهان والصباغ، مصانع الأطعمة الغذائية والصناعات الدوائية.

برامج مقترحة للتحكم بتلوث الهواء:

1- برنامج الحد من التلوث الصناعي:

ويتمثل في تمويل مشروعات الإنتاج الأنظف في الصناعات الصغيرة والمتوسطة عن طريق القروض وتمويل مشروعات الحد من التلوث باستخدام أساليب تكنولوجيا الإنتاج الأنظف الحديثة بالإضافة إلى الترويج لأقامه مشروعات إليه تنميه نظيفة تجذب تكنولوجيا متقدمه في قطاعات الطاقة الجديدة والمتجددة والنقل والصناعة ومعالجة المخلفات الصلبة وتوفير الأوضاع البيئية للمصانع القائمة، الاستفادة من الحرارة الزائدة

التحكم والسيطرة في ملوثات الهواء

الموجودة في غازات الأفران في تجفيف المواد الخام وأحياناً في توليد البخار والكهرباء.

استعمال أبراج الترطيب وهي عبارة عن أبراج بها رشاشات ماء تمر عبرها الغازات الخارجة من الأفران ويتم نتيجة التبادل الحراري بين الماء والغازات انخفاض درجة حرارة الغازات إلى 150-170 درجة مئوية وارتفاع الرطوبة غلي 10-20% مما يساعد في رفع كفاءة المرسبات الإلكتروستاتية إلى حدود 98%-99%.

2- برنامج الحد من تلوث عوادم السيارات:

ويتمثل في التوسع في استخدام الغاز الطبيعي كوقود للمركبات بالإضافة إلى تحسين نوعيه الوقود وخفض التلوث الصادر من عادم الدراجات النارية، إنشاء برنامج إدارة ومراقبة لنوعية الهواء ليتم متابعة ورصد التغييرات التي تطرأ عليها، واتخاذ الإجراءات المناسبة بشأنها، توصيف وتطبيق برنامج متكامل يشمل عددا من الإجراءات التقنية ويمكن تطبيق هذا البرنامج حسب برنامج زمني محدد وذلك بالتنسيق مع الجهات ذات العلاقة مثل وزارة المواصلات وإدارة المرور.

هنالك عنصران أساسيان لمثل هذا البرنامج نوصي بتطبيقها في أسرع وقت ممكن وهما:

- إنتاج الوقود الخالي من الرصاص.
- تطوير وإعادة النظر في برنامج الفحص الدوري للسيارات بحيث يكون اختبار مستوى العادم أحد النقاط التي يجب اعتبارها لاجتياز السيارات للفحص الدوري.

3- تطوير شبكات الرصد البيئي ونظام الإنذار المبكر:

ويتمثل في تطوير شبكه رصد ملوثات الهواء وتوسيع نطاقها الجغرافي وإحلال بعض أجهزة الرصد التي انتهى عمرها الافتراضي لأجهزة جديدة بشكل دوري وتطوير نظام الإنذار المبكر لازمات تلوث الهواء وربطه بصور عن طريق الأقمار الصناعية من خلال التعاون مع الهيئات المحلية للاستشعار عن بعد.

4- الإعلام والتوعية البيئية:

وتتمثل أهمها في دعم المراكز الإعلامية لإنتاج وثائق متعددة لنشر الوعي البيئي وإنتاج مطويات وكتيبات للتوعية ومخاطر نوبات تلوث الهواء الحادة بالإضافة إلى إنتاج مجموعه من التوثيقات وشرائط الفيديو

الفصل الثامن

وإعداد حافظه إعلاميه، دعم البرامج الإذاعية والتليفزيونية لتتناول قضايا تلوث الهواء الحادة.

5- برنامج مراقبة جودة الهواء:

ويهدف إلى التعرف على مستويات تلوث الهواء للمدينة، ويتم من خلاله إنشاء وتشغيل نظام مراقبة جودة الهواء بشكل دائم في مواقع مختلفة.

6- برنامج دراسة الآثار الناجمة عن تلوث الهواء:

ويهدف إلى التحكم في مصادر ملوثات الهواء الثابتة والمتحركة والحد من تأثيرها.

7- برنامج إدارة جودة الهواء:

ويهدف إلى وضع إستراتيجية وإجراءات للتحكم بجودة الهواء والتعرف على التنبؤات المستقبلية.

8- ملوثات الهواء ومصادرها المختلفة داخل المباني والآثار الصحية:

ملوثات الهواء ومصادرها المختلفة داخل المباني والآثار الصحية المترتبة على تعرض الإنسان لها، من الناحية النظرية والفنية فانه يفضل الحد من الملوثات عند مصادرها وقبل أن تنطلق إلى الهواء وتنتشر فيه، والحد من الملوثات قد يبدأ أولاً بالتخلص من مصادرها مثل المواد - الأجهزة - أثاث الخ أو استبدالها بأخرى لا تصدر عنها ملوثات مثل ما يصدر عن سابقتها. أما الأسلوب الذي يلي هذه الإجراءات هو التخلص من الملوثات حال انبعاثها من مصادرها ومنعها - قدر المستطاع - من الانتشار في هواء المكان.

أجهزة ووسائل الاحتراق:

نستطيع تجنب الكثير من ملوثات الهواء الداخلي المنبعثة من عمليات تشغيل أجهزة الاحتراق. وهذا الأمر يتوقف على اختيار السكان أو المسؤولين عن السلامة في المباني للوسائل المساعدة لهذه الأجهزة والتي تعمل على تهويتها وسحب مخلفات الاحتراق وطردها إلى الخارج ومنعها من التراكم أو انتشارها داخل المبنى. كما يمكن اختيار الطباخات الكهربائية بدلاً من البوتاجازات وعدم استخدام الفحم أو الخشب في المنازل الريفية مثلاً، وتشتمل الإجراءات أيضاً على منع التدخين.

التحكم والسيطرة في ملوثات الهواء

اختيار وسائل الحد:

بالرغم من كثرة إنتاج وسائل سحب ناتج الاحتراق التي تثبت فوق البوتاجازات والأفران بمختلف أنواعها نجد أن معظم المنازل حالياً قد لا يستخدمها علاوة على أن التصميم المعماري قد لا يسمح في كثير من المباني بعمل فتحات في جدران المطبخ لخروج أنابيب طرد العادم إلى الخارج. أما بالنسبة للمدافئ والبوتاجازات والأفران التي تعمل بالغاز فتجدر الإشارة أولاً إلى أنه لم يلاحظ هناك فرق بين الملوثات الصادرة عن هذه الأجهزة إذا ما استخدم غاز البوتين أو الغاز الطبيعي أو غاز البروبين. في حالة عدم استخدام وسائل تهوية البوتاجازات والأفران المثبتة فوقها فإن تركيز الملوثات يعتمد بالدرجة الأولى على مدة تشغيل الجهاز وعدد الشعلات المستخدمة، ولذا فإنه يجب مراعاة عدم استخدام أحجام كبيرة من هذه الأجهزة في مطابخ أو أماكن التشغيل الصغيرة وغير المتناسبة مع بعضها البعض.

التشغيل والصيانة:

تتوقف معدلات انبعاث الملوثات من المواقف عامة وخاصة الأجهزة التي تعمل بالغاز مثل البوتاجازات والأفران والمدافئ على طريقة تشغيلها وحالتها الفنية والاهتمام بصيانتها، فعلى سبيل المثال فإن الضبط غير السليم للصمام الداخلي لكل شعلة يؤدي إلى اختلال نسبة الغاز إلى الهواء (الأكسجين) وبالتالي تزداد نسبة انبعاث غاز أول أكسيد الكربون بشكل كبير مع زيادة طفيفة في انبعاث أكاسيد النيتروجين هذا علاوة على اختلال كمية الحرارة المطلوبة من كل شعلة، فمع انخفاض كمية الحرارة المنطلقة يزداد استهلاك الغاز وبالتالي يزداد انبعاث الملوثات بشكل مضطرب فتتفاقم المشكلة من سيء إلى أسوأ.

ويزداد انبعاث أكاسيد النيتروجين مع استخدام الشعلات الكبيرة والتي يخرج منها الغاز بمعدلات عالية بينما يزداد انبعاث ثاني أكسيد النيتروجين مع استخدام الشعلات الصغيرة، وذلك في حالة عدم انضباط الصمامات المذكورة، ولقد لوحظ أن البوتاجازات والأفران والمدافئ القديمة يزداد انبعاث أكاسيد النيتروجين منها بشكل ملحوظ مما يؤكد حقيقة هامة وهي أن البوتاجازات والأفران القديمة يجب أن تخضع للصيانة الدقيقة وفحصها دورياً، أما موقد الكيروسين فهي أكثر حساسية لطريقة تشغيلها وحالتها والمحافظة على صيانتها. فعلاوة على ما سبق ذكره من حيث انبعاث أول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين فينبعث كذلك

الفصل الثامن

الفورمالدهايد بتركيزات عالية من مواقد الكيروسين هذا إلى جانب ثاني أكسيد الكبريت والذي تتوقف نسبة انبعاثه على نسبة الكبريت في الكيروسين المستخدم.

شفط المخلفات:

يتوقف اختيار المدخنة ونظام سحب مخلفات الاحتراق وطردها والإمداد بالهواء النقي على نوع الأجهزة وطاقتها الاشعالية ودرجة حرارة التشغيل وتصميم المكان الداخلي المحيط وتخضع هذه الأمور لمعايير محددة من قبل منظمات البيئة والأمن والسلامة الصناعية، وعلى مستوى المطابخ العامة والمطاعم وما في مستواها فهناك أنظمة مماثلة قد تم تصميمها وإنتاجها. ونظرا لمعدلات الاشتعال العالية في مثل هذه المطابخ وارتفاع درجة الحرارة الناجمة عن الاحتراق فان جزءا من الهواء النقي الجديد يندفع حول محيط رأس الشخص الذي يقوم بعملية الطهي لإمداده بما يحتاجه من أكسجين وتلطيف درجة حرارة الهواء المحيط به، ويرى في الشكل أيضا مكان إمداد الهواء الرئيسي بالمطبخ لتخفيف تركيز الملوثات به ولدفع أي ملوثات متسربة إلى منطقة الشفاط.

دخان السجائر:

مما لا شك فيه أن التخلص من التدخين هو الحل الجذري والأمثل للعديد من المشاكل، تعتبر عملية التحكم في دخان السجائر والتخلص منه أمرا صعبا للغاية، فانه يفصل عن الهواء ببطء شديد وتمتصه جميع الأسطح الداخلية ويبقى حيث استقر فترات زمنية طويلة، خاصة في الأثاث - الأقمشة - الستائر - السجاد.. الخ. ومن الصعب أن يزال نهائيا من هذه الأجسام. وتزداد هذه المشكلة تعقيدا إذا كان المكان مغلقا ويتم الاعتماد على وسائل تهوية غير فعالة.. ولذلك فانه يجب إتباع ما يلي:

- 1- لا يتم التدخين في الأماكن التي تحتوي على أثاث كثير مكسو بالأقمشة أو السجاد والستائر.. خاصة في غرف النوم والتي يقضي فيها أفراد الأسرة ما يقرب من ثماني ساعات.
- 2- إن كان ولا بد من التدخين فيجب أن تكون هناك وسائل فعالة للتهوية وتعمل بكل طاقتها لطردها الدخان أثناء التدخين.
- 3- ينصح باستخدام وسائل تنقية الهواء من دخان السجائر وهي أجهزة تسحب هواء المكان من خلال فلتر خاص مثبت بها وتدفع الهواء مرة أخرى إلى الغرفة بعد تنقيته من مواد الدخان الضارة.

التحكم والسيطرة في ملوثات الهواء

الجسيمات العالقة والغبار:

الجسيمات العالقة بالهواء الداخلي للمباني يمكن أن تكون جسيمات حية مثل الميكروبات أو الجسيمات الناشئة عن التعفن وخلافه أو تكون من النوع غير الحي كالغبار المتطاير من المصادر المتعددة، وللحد من أضرار ومخاطر هذه الجسيمات الحية العالقة ينصح الأطباء وخبراء صحة البيئة باتباع ما يلي:

1- عدم استخدام الريش في ملء الوسادة المستخدمة على السرير واستخدام الإسفنج الصناعي.

2- تغطية الفراش بأغلفة نايلون رقيقة جدا لمنع تسرب الرطوبة إلى داخل الفراش لعدم توافر البيئة الصالحة لتكاثر هذه الكائنات وتزايد تكاثرها ونشاطها.

3- تنظيف فرش الأسرة من الغبار جيدا ويفضل سحبه بواسطة المكنسة الكهربائية.

4- تغيير وغسيل أغطية الوسائد والفرش مرة كل أسبوع على الأقل وتقل هذه المدة بالنسبة للأشخاص الذين يعانون الحساسية وأزمات الربو.

5- سحب الغبار من حول وتحت الأسرة جيدا بواسطة المكنسة الكهربائية.

6- غسيل غطاء النوم (البطانية - الملاءة... الخ) والستائر، السجاد والموكيت، وتجنب استخدام الموكيت والسجاد في منازل من يعانون أزمات الحساسية والربو أو الإقلال منها جدا ويقدر المستطاع.

المناخ الداخلي للمباني:

أكدت الدراسات أن الإجراءات السابقة ذكرها والتي نصح الأطباء وخبراء صحة البيئة باتباعها للحد من الغبار الذي يحتوي على جسيمات الكائنات الحية الدقيقة تفقد فاعليتها بل ولا فائدة منها على الإطلاق إذا أهمل واحد من أهم عناصر المناخ الداخلي للمنزل أو المباني الأخرى. فلقد أثبتت الدراسات والقياسات وجود علاقة قوية بين نسبة الرطوبة في الهواء وتركيز الجسيمات الحية في الغبار، ففي فصل الشتاء المصحوب بارتفاع نسبة الرطوبة يزداد فيه تركيز الجسيمات الحية وتتجمع هذه الجسيمات على الأسطح النسيجية مثل فرش الأسرة والسجاد والموكيت والستائر... الخ. وعليه فانه من الضروري العمل على التخلص من

الفصل الثامن

الرطوبة أولاً بأول بواسطة التهوية الفعالة والاستعانة بأجهزة التكييف كوسيلة لضبط المناخ الداخلي.

استخدام المبيدات:

والى جانب اتخاذ الإجراءات الواجب إتباعها لمحاربة الكائنات الحية الدقيقة داخل المنازل والوقاية من أخطارها من عمليات النظافة وتهوية المنازل المشار إليها سابقاً، فإن هناك وسائل مساعدة يجب أيضاً الاستعانة بها وهي استخدام المبيدات في صورة سائلة أو صلبة وهذه الوسائل متعددة ومعروفة بأسماء تجارية مختلفة وتطبق عادة على الأسطح النسيجية والقماشية خاصة في غرف النوم والمعيشة وعلى فراش النوم.

الفصل التاسع
التلوث المائي
طرق جمع عينات الماء

التلوث المائي طرق جمع العينات

هذا الجزء يصف الطرق العامة والمعمول بها سنوات طويلة فيما يتعلق في اختيار مواقع جمع العينات، طرق جمع العينات، كيفية التعامل معها وحفظها في دراسة تلوث الماء.

اختيار مواقع جمع العينات:

النجاح والفشل في تقييم تلوث الماء يعتمد بشكل كبير على التخطيط مسبقاً لجمع العينات، الخطة يجب أن تشمل الموقع والأنماط المراد تحليلها، جدول زمني لمواعيد أخذ العينات، طرق جمع المعلومات والبيانات وكذلك كيفية جمع هذه العينات. اختيار المواقع في الدرجة الأولى يتقرر بناءً على أهداف البرنامج، على سبيل المثال، في بادئ الأمر العالم يهتم فقط بمظهر الأكسجين في المسطح المائي بينما في برنامج آخر يهتم بدراسة الدمار الناجم عن تصريف الأنواع المعينة من المخلفات، في بعض الحالات دراسة جودة الماء فقط بينما الهدف في حالات أخرى من الممكن دراسة التأثيرات لمختلف المخلفات إلى النهر، يجب أن تحدد مواقع الجمع للتزود والإدراك الدقيق عن جودة المياه الموجودة، يجب أن نتجنب عملية الجمع للمناطق البعيدة والمنفصلة حتى تبرز حاجة خاصة لذلك وتكون التسهيلات متوفرة وكافية. تحديد مواقع جمع العينات من الممكن أن تساعد في إعداد خرائط بها خطوط دالة على مستوى الارتفاع في المسطحات المائية وخرائط تحدد مواقع البحيرات وخرائط وصف أو رسم دقيق للأنهار، مثل هذه الخرائط لمعظم المسطحات المائية متوفرة لدى سلطات الري، الهندسة البيئية، البلدية أو الدفاع. الاختيار لمواقع الجمع الحقيقية في المسطحات المائية تعتمد على مواصفات هذا المسطح المائي، في البحيرة أو النهر العريض، العديد من مواقع الجمع يجب أن يكون الاختيار من عدة زوايا، إذا كانت البحيرة طبقية يكون المطلوب ثلاثة عينات من الموقع الواحد، من السطح والوسط والقاع، في البرك الضحلة العينات المطلوبة فقط من السطح والقاع أو عينة من عمق 0.5 إلى 0.7 متر تقي بالغرض. في الجداول الضيقة والسريعة الحركة يجب أن يخلط الماء جانبيًا وعمودياً تماماً ولذلك نحتاج لنقطة جمع واحدة عند كل موقع على طول الجدول، في الأنهار الملوثة عضوياً موقع واحد على الأقل يجب أن نختاره عبر النهر هو مكان دخول النفايات وأربعة مواقع أخرى

التلوث المائي طرق جمع العينات

ممثلة بالمنطقة الملوثة حديثا، منطقة التسمم، منطقة الاسترداد أو الشفاء والمياه النظيفة.

مواقع إضافية من الممكن اختيارها اعتمادا على هدف المشروع والدعم المالي المتوفر، إذا كان من المعلوم أن النهر ملوثا بمواد غير عضوية، موقع أعلى وموقع أسفل نقطة التصريف تكون كافية يجب أن يكون موقع الجمع سهلة المنال، جسر غالبا ما يستخدم كموقع جيد للجمع، لات ينبغي أن تجمع العينات من مناطق مضطربة، مناطق متلفة حديثا بالاستحمام والغسيل. تعرف المواقع بوضع عامود، طافية فوق الماء أو بوضع إشارة على الأشجار..الخ، بعض النقاط الإضافية التي تعتمد هي ظروف الطبيعة الجغرافية لمختلف المواقع، يجب أن تكون متشابهة بقدر المستطاع لكي يلغي المؤثرات المحلية.

جمع العينات:

تجمع العينات باستخدام أجهزة جمع عينات الماء أو باستخدام الزجاجيات أو قوارير البلاستيك (البولي ايثيلين). لعينات الأعماق يكون استخدام الجهاز ضروري، يجمع عينات من القاع للمياه الضحلة حوالي المتر الواحد يستخدم قارورة مغلقة وتنزل للقاع، فتحها وإغلاقها يدويا ومن ثم سحبها للسطح لكن في هذه الحالة يجب جمع عينات السطح أولا لتحاكي العكورة من الرسوبيات المنحلة، قبل عملية الجمع قارورة العينات يجن أن تغسل كليا بمياه العينات حتى ولو كانت نظيفة.

جمع مياه الأمطار:

بعض الأحيان تكون دراسة خواص مياه المطر أساسية، خاصة في المناطق ذات التلوث الهوائي (الجوي) العالي من أجل التعرف على مدى تأثيره على المياه العذبة، بما أن التلوث سينتقل للمياه من خلال عملية الترسيب بجمع عينة المطر، يجب أن نختار موقع الجمع بناء على معايير دائرة الأرصاد الجوية. التوزيع العشوائي لأدوات قياس الأمطار ضروري حتى نحصل على نتائج دقيقة، يجب مفاداة تلوث ما تسقطه الطيور، كذلك يجب أن ترتفع فوهات الأجهزة (مقياس المطر شكل - 23) على الأقل متر عن سطح الأرض لمفاداة طرطشة التربة، القمع ووعاء الجمع يجب أن يكونا من الزجاج أو البلاستيك (البولي ايثيلين).



شكل-23: جهاز جمع الأمطار

عينة الخطف:

عينة الخطف هي عينة عادية وتأخذ من منطقة معينة تمثل جودة المياه بأكملها للمسطح المائي، هذا النوع من العينات مناسب عندما لا يكون هناك شك بتغير بنوعية الماء خلال زمن قصير والمخلفات إن وجدت تصرف بشكل منتظم وثابت. من المستحسن أن نجمع ونحلل عينات الخطف بشكل منفصل وفي أوقات مختلفة، إذا كان من المعلوم أن نوعية وجودة المياه تتغير مع الزمن، في مثل هذه الحالات نحدد جدول المواعيد للجمع اعتماداً على معدل التغير بنوعية المياه، هذا النوع يستخدم كذلك في الدراسات المائية لإدراك غاز ثاني أكسيد الكربون الحر، القلوية، الأكسجين، pH التغيرات اليومية في ساعة على مدار الساعة، في أي - المذاب... الخ، من خلال جمع عينة كل 2-3 ساعة على مدار الساعة، في أي نوع من المياه تجمع عدة عينات من هذا النوع لفحص الأكسجين المذاب موزعة على اليوم ككل أو حتى خلال فترة الليل وهي ضرورية.

العينات المجموعة (المجزئة):

التلوث المائي طرق جمع العينات

العينات المجزئة هي تلك العينات التي تجمع عند أوقات مختلفة من موقع يمر بتقلب وتجمع لمعرفة معدل الصفات الكيميائية، على سبيل المثال، إذا كان هناك جدول يستقبل النفايات في مواعيد غير منتظمة خلال اليوم ممكن جمع عينة كل ساعة ومن الممكن أن تجمع كلها لتشكل عينة مجمعة (مجزئة التوقيت) ومع ذلك ليست هناك فكرة عن الحد الأقصى أو الأدنى للقيم التي ممكن الحصول عليها من خلال العينة المجمعة بمقدار غاز ثاني أكسيد الكربون الحر ، الأوكسجين المذاب و pH الخ المأخوذة من العينة المجمعة من الممكن أن تكون مغلوطة بشكل مرتفع، على سبيل المثال في موقع ملوث عضويا الاختلاف في قيم الأوكسجين المذاب نهرا و ليليا إلى الحد المؤذي والضار ليصل ارتفاعه لمعدل 14 ملجم/لتر أو أكثر، العينة المجمعة ممكن أن تخفي حالة الأذى بالكامل.

العينة المدمجة:

في بعض الحالات ممكن أن تجمع العينات من عدة مواقع وتجمع معا لتجنب التغيرات الثانوية، هذا ممكن أن يطبق لعدة عينات عبر عرض الجدول أو النهر أو عينات السطح والقاع لبركة ضحلة، في البحيرات العميقة تأخذ عينات الخطف من مختلف الأعماق هو المطلوب. هناك طريقة أخرى لجمع العينات هي استخدام المراقبة المتواصلة أو الدورية، مثل هذه الأجهزة والمتوفرة حاليا بسهولة يثبت فيها مؤقت زمني يتحكم وينظم عملية جمع العينات خلال الفترات الزمنية المطلوبة ويجمعها، وبذلك نحصل تلقائيا على عينات مجمعة (الجزئية).

معدات جمع العينات:

جمع عينات الماء من ضفة جدول أو مناطق ضحلة في بركة تكون سهلة باستخدام قارورة بلاستيكية ذات فتحة عريضة لكن يجب أن يستخدم الجهاز إذا ما كانت الدراسة تشمل مختلف المناطق (الطبقات) للمسطح المائي، مثل هذه الدراسات مهمة في بيئة المياه العذبة بسبب التغيرات الكيميائية والحيوية والمسطحات المائية وبعض الأنهار. الجهاز المستخدم لسحب الماء من مختلف الأعماق دون خلط المياه بمياه الطبقات الأخرى، جمع عينات الرسوبيات من القاع لمسطحات المياه الطبيعية تتم باستخدام أجهزة خاصة وثابتة، تم تطوير عدد كبير من أجهزة جمع عينات المياه والرسوبيات عبر السنين بدرجات متنوعة ومتطورة سنسرد ونصف الشائع منها والمتوفر.

جهاز فون دورن:

إنه من أكثر أجهزة جمع عينات الماء شيوعاً، طور على أساس فتح وإغلاق الجهاز عند العمق المطلوب (Strickland & Parsons, 1968) بنية وتركيب الجهاز موضحة في الشكل-24، هيكله الرئيسي يتألف من اسطوانة مع أداة لإغلاق النهايات عند (PVC) مجوفة مصنوعة من مادة البولي فينيل العمق المطلوب. بوجه عام نتحاشى الوعاء المعدني لمنع حدوث التلوث بأيونات المعادن. هناك كوبان من البولي فينيل مربوطان بداخل الاسطوانة بمساعدة شريط لاصق، ينزل الجهاز برفق في الماء عند العمق المطلوب مفتوحاً وبعد ذلك ينطلق المرسال للأسفل ساحباً الحبل ليحرر الكوبان، فيمتلئ الوعاء الأجوف بالماء، مرة أخرى الكوبان يتصلان بنهايات الوعاء لمرونة الشريط اللاصق في الوعاء الأجوف. يرفع الجهاز وينقل الماء بواسطة فتحة في الوعاء. تتراوح سعة الوعاء الأجوف ما بين 0.5-5 لتر، يترك الوعاء معتمداً لتجنب أي تغيير لمكونات الضوء، هذا الجهاز خاص ومميز لدراسة العوالق الحيوانية لحركة الماء الحرة في الجهاز والعوالق الحيوانية من كل الأحجام تجمع من خلاله. هناك بعض الأجهزة مثل جهاز كريمير Kremmerer sampler أو جهاز ننسين Nansen sampler وجهاز نسكين Niskin's sampler الأخرى تعمل هذه الأجهزة بنفس المبادئ تقريباً وان اختلفت تصاميمها.

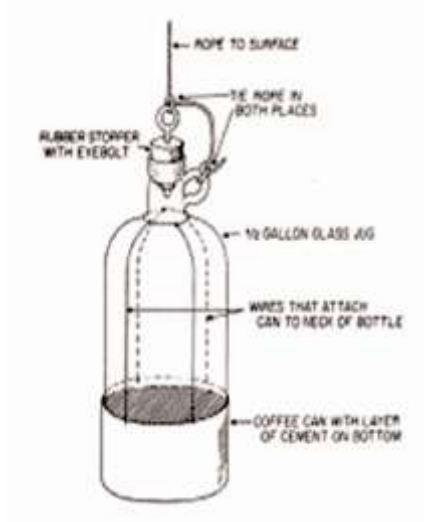
جهاز جمع عينات المياه المعملية البسيط:

من الممكن تصميم جهاز بسيط ومفيد في غياب الأجهزة المتطورة لجمع عينات المياه، حيث يتكون من قارورة زجاجية ويفضل أن تكون قارورة حرارية للإبقاء على درجات حرارة ثابتة. هذا الجهاز لجمع عينات الماء يثبت في قفص معدني، فوهة القارورة تغلق بسدادة مطاطية ذات فتحتين ويخرج منها أنبوبان على نفس المستوى لكن واحد منهم يكون أطول ويصل لقاع القارورة، النهاية العلوية للأنابيب الزجاجية موصولتان بأنبوب مطاطي مربوط بخيط (شكل- 25) هذا يسهل في رفع الأنابيب عند العمق المطلوب يدخل الماء من خلال الأنبوب الطويل والهواء يستبدل من الأنبوب القصير وهذا سيمنع دخول الهواء مع العينة في الجهاز، هذا النوع من الأجهزة مفيد بغياب الأجهزة المطورة إلا أنه يعاني من أضرار متأصلة، على سبيل المثال، عندما يفتح الجهاز في القاع الهواء الخارج يعكر عامود الماء لذا عند استخدام هذا الجهاز في البداية يجب أن نجمع عينة السطح، نظراً لعدم دوران الماء بحرية داخل الجهاز، فتحليل الغازات المذابة من هذا الجهاز لا يعتمد عليه كثيراً.

التلوث المائي طرق جمع العينات

جهاز جمع عينات المياه الضحلة:

هذا النوع من الأجهزة والذي يستخدم لجمع عينات المياه الضحلة، كذلك ممكن تصنيعه في المختبرات يتكون من قارورة زجاجية (شكل - 26) مثبتة في هيكل من النحاس الأصفر، لذا يمكن لنزله إلى أي عمق مطلوب. السداد يرفع بمساعدة حبل إضافي ليسمح بدخول الماء للقارورة، بعد أن تمتلئ تنزل السدادة لتتقل القارورة.



شكل-25: جهاز جمع العينات البسيط



شكل-24: جهاز فون دورن



شكل-26: جهاز جمع عينات المياه الضحلة
نقل وحفظ العينات:

يجب أن نتبع طرق دقيقة ومضبوطة لجمع العينات ونقلها وحفظ العينات للحصول على نتائج جيدة، هناك بعض الملاحظات يجب أخذها بعين الاعتبار ومنها:

- 1- مباشرة بعد عملية الجمع، بوضوح نسجل النقاط المتعلقة بكل عينة ونعلم قارورات العينات بواسطة قلم شمعي.
 - 2- نسجل درجات حرارة المياه فوراً.
 - 3- يفضل جمع العينات للتحليل الكيميائي، الحيوي والفحص البكتيري بشكل منفصل.
 - 4- يجب أخذ العينات إلى المختبر بأقصر وقت ممكن، يجب أن تحمي من أشعة الشمس المباشرة خلال نقلها.
- نظراً لتغير معظم العناصر مع الوقت فمن الملح حفظ العينات في مواد حافظة مناسبة قبل تحليلها. الأكسجين المذاب، غاز ثاني أكسيد الكربون الحر، القلوية والرقم الهيدروجيني من العناصر سريعة التغير والتأثر مع مرور الوقت لذا فعلمية تقديرها يجب أن تجرى في الموقع فقط. أعداد كبيرة من المواد الحافظة، تعتمد على نوع العناصر المطروحة.

التلوث المائي طرق جمع العينات

عدد العينات ومعدلاتها:

عدد العينات المطلوبة يعتمد على الهدف من البرنامج والدراسة ومجموع الوقت والمجهود المقرر، من الأفضل أن تجمع عدة عينات من أكثر من موقع ونضعها تحت التحليل الإحصائي من أن نجمع عينات غير منتظمة من عدد كبير من محطات الجمع، عندما يكون الجمع من مسطحات مائية طبيعية، التغير الذي يحدثه تدخل الإنسان يجب أن يكون واضحاً أكثر من التغيرات العادية الملحوظة بسبب الدورة الفصلية. نظراً لاختلاف طرق الإنتاج الصناعية يجب جمع عدة عينات تحت كل الظروف لتقدير وضعه الصحيح، ومدى تأثير النفايات على الجدول، بوجه عام لترات من العينة تكون كافية لإجراء معظم التحاليل.

جمع عينات الزيت والدهن من مياه المجاري:

جمع عينات الماء لهذه العناصر يفضل أن تأخذ منفصلة، لعملية الجمع هذه الأفضل استخدام كأس أو دلو صغير. هذه المياه يجب أن لا تقسم للتحليل بل يجب أن يستخدم الجزء الأكبر منها لعملية تقدير الزيت والدهون.

جمع عينات مياه المجاري الصناعية ونظام تصريف مياه المجاري:

هي غالباً جزء من دراسات تلوث المياه لدراسة صفات مياه المجاري، سعة الإنتاجية وفعالية المعالجة في الأنظمة الصناعية وتصريف مياه المجاري متضمنة وحدات معالجة المخلفات الصناعية وتصريف مياه المجاري، في هذه الحالات غالباً ما يكون من الضروري أن نفتني خرائط لكل خطوط الأنابيب والأنظمة والشبكات مزودة بالقياسات، الاتجاهات وكمية مياه المجاري مع كل تفاصيل خطوط الأنابيب. المهم في المقام الأول في هذه المعاينة هي مقاييس التدفق.

الفصل العاشر التحليل الفيزيائي – الكيميائي للمياه

التحليل الفيزيائي – الكيميائي للماء

الأكسجين المذاب:

الأكسجين المذاب من أهم العوامل التي تحدد جودة المياه وتعتبر عن العمليات الفيزيائية والحيوية السائدة في المياه، تواجد الأكسجين المذاب أساس ي للحفاظ على أنواع الكائنات الحية الراقية في الماء وتقاس تأثيرات مياه الصرف التي تضح في المسطحات المائية من خلال توازن الأكسجين المذاب لهذا النظام المائي، في العادة المياه السطحية الغير ملوثة مشبعة بالأكسجين، تتم عملية إزاحة الأكسجين بسرعة من المياه بضح مياه الصرف المليئة بالمواد المستهلكة للأكسجين، بعض المواد الغير عضوية وخاصة المختزلات مثل كبريتيد الهيدروجين، النشادر، النيترات، والحديد كذلك بعض المواد المؤكسدة تعمل على خفض الأكسجين المذاب في الماء. أقل أكسجين في الماء من الممكن أن يقتل الأسماك والأحياء الأخرى الموجودة في الماء. للأحياء متطلبات خاصة من الأكسجين، فمثلا أسماك الزينة تحتاج على الأقل 5 ملجم/لتر والسمك الخشن يحتاج حوالي 2 ملجم/لتر من الحد الأدنى للأكسجين المذاب في الماء، تركيز الأكسجين المذاب في الماء سيحدد فيما لو ستكون عمليات المعالجة هوائية أو لا هوائية، فتركيز أكسجين منخفض بطبيعة الحال سيكون مرتبطا بتلوث أكبر من المواد العضوية، في مثل هذه الظروف، أحيانا تحتفي كليا من الماء. المياه المشبعة بالأكسجين لها طعم ممتع بينما الماء الفقير بالأكسجين لا مذاق له، مياه الشرب تهوى إن دعت الحاجة لذلك، بمياه السخانات النسب العالية من الأكسجين ليست مناسبة لأنها تعجل بعملية التآكل عند درجات حرارة وضغط عالية.

طريقة وينكلر اليودية:

الأساس:

كبريتات المنغنيز تتفاعل مع قاعده (هيدروكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم) مكونة راسب أبيض من هيدروكسيد المنغنيز بوجود الأكسجين، يتأكسد إلى مركب بني اللون في وسط حمضي قوي تختزل أيونات المنغنيز بواسطة أيونات اليود لتتحول إلى اليود المكافئ للتركيز الأصلي للأكسجين المذاب في العينة. اليود يعاير مع ثيوكبريتات الصوديوم بوجود النشا ككاشف.

المحاليل:

التحليل الفيزيائي – الكيمياء للماء

- 1- ثيوكبريتات الصوديوم 0.025 ع: نذيب 24.82 جم من ثيوكبريتات الصوديوم في ماء مقطر مغلي ونعد الحجم للتر واحد . نضيف 4.0 جم من هيدروكسيد الصوديوم كمتبث . هذا محلول مخزون بعيارية 0.1 (250-1000)، نحفظه في قارورة زجاجية بنية اللون بسدادة.
- 2- محلول يوديد البوتاسيوم القلوي: نذيب 100 جم من هيدروكسيد بوتاسيوم و 50 جم من يوديد البوتاسيوم في 200 مل ماء مقطر مغلي.
- 3- محلول كبريتات المنغنيز: نذيب 100 جم من كبريتات المنغنيز المائية في 200 مل ماء مقطر مغلي ونرشحه.
- 4- محلول النشا: نذيب 1 جم من النشا في 100 مل ماء مقطر دافئ ونضيف القليل من محلول الفورمالدهيد.
- 5- حمض الكبريتيك المركز.

الخطوات:

- 1- نملأ قارورة زجاجية بسدادة قارورة بكمية معلومة (100 – 300مل) من العينة بحذر لتفادي أي نوع من الفقاعات الهوائية.
- 2- نصب 1مل من كبريتات المنغنيز ويوديد البوتاسيوم القاعدي تحت سطح العينة على جدار الوعاء الداخلي بمساعدة ماصات محقنة خاصة لضمان خلط أفضل للمحاليل مع العينة ودائماً نستخدم ماصات منفصلة للمحاليل.
- 3- ضع السدادة ورج القارورة واقربها عدة مرات . نتركها لبعض الوقت حتى يستقر الراسب المتكون.
- 4- نضيف 1 – 2مل من حمض الكبريتيك المركز ونرج القارورة جيداً حتى يذوب الراسب.
- 5- إما أن ننقل المحتويات بكاملها أو جزء منها بمقدار 50 - 100 مل في ورق مخروطي للمعاير (نمنع إحداث أية فقاعات هوائية حتى نتجنب خلط كميات إضافية من الأكسجين).
- 6- نعاير المحتويات بعد انحلال الراسب بساعة مع ثيوكبريتات الصوديوم باستخدام النشا ككاشف عند النقطة الحرجة، اللون الأزرق الداكن يتغير لشفاف أو عديم اللون.

الحسابات:

$$\frac{\text{حجم المعايير} \times 8 \times 1000}{\text{حجم عينة الماء}} = \text{الأكسجين المذاب ملجم/لتر}$$

الطلب الحيوي للأكسجين:

الطلب الحيوي للأكسجين هو مقدار الأكسجين الذي تستخدمه الأحياء الدقيقة في تفكيك المواد العضوية ومعدنتها بالكامل، وعلى قاعدة المتوسط الحسابي فإن مقدار مخلفات المواد العضوية تتناسب عكسياً مع نسبة الطلب على الأكسجين في المعالجة الهوائية من هنا، الطلب على الأكسجين يناهز مقدار المواد العضوية المؤكسدة الموجودة في السوائل وقيمتها من الممكن أن تستخدم كمقياس لقوة المخلفات، إنه في غاية الأهمية معرفة مقدار المواد العضوية الموجودة في أنظمة المعالجة للمخلفات وكميات الأكسجين مفيد لخطوات التصميم وحسابات الحمولة وكذلك حجم كفاءة وحدة المعالجة وسير عملية المعالجة، اختبار الطلب الحيوي للأكسجين مفيد كذلك في إدارة عملية السيطرة على تلوث الأنهار وفي تقييم مقدرة الأنهار بالتصفية الذاتية والتي تخدم كمقياس

يحدد كمية المخلفات التي من الممكن امتصاصها بأمان من قبل الأنهار. التفكيك الكامل للمواد العضوية ممكن أن يستغرق من 20 إلى 30 يوم، المركبات العضوية البسيطة كالجلوكوز يكتمل تفكيكه بغضون 5 أيام تقريباً، بينما مياه المجاري المنزلية بحوالي 65% والمركبات العضوية المعقدة من الممكن تفكيك ما نسبته 40% فقط بهذه المدة. مدة 20-30 يوماً ليست جيدة عملياً لذلك تم تطوير اختبار الطلب الحيوي للأكسجين لمدة 5 أيام، عموماً الطلب الحيوي للأكسجين يعطي مؤشراً نوعياً للمواد العضوية التي تتحلل خلال فترة زمنية قصيرة.

قيم الطلب الحيوي للأكسجين يجب أن لا تستخدم كمكافئ لحمولة المواد العضوية بغض النظر عن وجود المواد العضوية الغير مفككة، وجود السموم والتغيرات الداخلية في معدل النمو للكائنات الحية الدقيقة، تحصر عملية الطلب الحيوي للأكسجين فقط للنفايات المناسبة في إدارة محطة العلاج، لذا للأنواع الأخرى من النفايات يكون الطلب الكيميائي للأكسجين هو الأفضل لمعالجتها. أنواع الأحياء الدقيقة، الأس الهيدروجيني، وجود السموم وبعض المواد المعدنية المختزلة، وعملية النترنة من أهم العوامل المؤثرة على الطلب الحيوي للأكسجين.

التحليل الفيزيائي – الكيميائي للماء

بعد عملية حضانة لعينة الماء لمدة خمسة أيام تطبق نفس الخطوات المتبعة لتقدير الأكسجين المذاب في الماء على النحو التالي:

الأساس:

الأكسجين المطلوب حيويًا هو مقدار المواد العضوية المنحلة الموجودة في الماء، ويمكن أن تعرف كمقدار الأكسجين الذي تحتاجه الكائنات الحية الدقيقة في تثبيت المواد العضوية القابلة للانحلال حيويًا تحت الظروف الهوائية. أساس العملية يتطلب تقدير الاختلاف في تركيز الأكسجين بين العينة وبعد حضانته لمدة 5 أيام عند 20°س.

الأدوات والمحاليل:

نفس الأدوات والمحاليل المستخدمة في قياس الأكسجين المذاب في الماء بالإضافة إلى الحضانة.

الخطوات:

- 1- نحفظ مجموعة من القوارير في حضانة لمدة 5 أيام عند 20°س ونقدر محتوى الأكسجين المذاب في المجموعة الأخرى مباشرة.
 - 2- نقدر الأكسجين المذاب في قوارير العينات مباشرة بعد إتمام الخمسة أيام من الحضانة.
 - 3- على نحو مماثل تطبق الخطوات لعينة الضابط.
- الحسابات:

الأكسجين المطلوب حيويًا (ملجم / لتر) = (أصفر – أخمسة) × عامل التخفيف

حيث أن: أ = الأكسجين المذاب في العينة قبل الحضانة.

أخمسة = الأكسجين المذاب بعد خمسة أيام حضانة.

الطلب الكيميائي للأكسجين:

هو الأكسجين المطلوب للمواد العضوية في الماء لأكسدتها من خلال مواد كيميائية مؤكسدة قوية. عادة الطلب الكيميائي للأكسجين يشير إلى عملية الأكسدة المخبرية لثنائي الكرومات. تعيين قيمة الطلب الكيميائي للأكسجين له أهمية عظيمة، كما أنه لا يمكن حساب قيمة الطلب الحيوي للأكسجين بدقة لسبب وجود السموم وبعض الظروف الغير ملائمة لنمو

الكائنات الدقيقة. الضرر الرئيسي لهذا الاختبار هو أن الأكسجين يستهلك من خلال عملية أكسدة للمواد الغير عضوية مثل النيترات، الكبريتيد، الأيونات المعدنية المختزلة وبعض المواد العضوية لا تتأكسد بواسطة طريقة الكرومات الثنائية مثل البنزين والقليل من المركبات العضوية الحلقيه، ولذا الاختبار هو مقياس ضعيف لمتانة النفايات العضوية إلا إذا أخذت هذه العوامل بعين الاعتبار. اختبار الطلب الكيميائي للأكسجين لا يعطي مؤشرا من عدمه ما إذا كانت النفايات تفكك حيويا ولا يشير إلى أي معدل ستم الأكسدة الحيوية، على الرغم من ذلك كل هذا القصور يبقى اختبار الطلب الكيميائي للأكسجين من العوامل المهمة جدا في إدارة وتصميم محطات المعالجة لسرعته في عملية التحديد. كمياته قريبة جدا من كميات المركبات الكربونية المؤكسدة كيميائيا للغايات المعملية مما يجعلها مفيدة لعملية السيطرة في عمليات المعالجة، الطلب الكيميائي للأكسجين لا يمكن مطابقتها مع تلك القيم في الطلب الحيوي للأكسجين. عموما الطلب الكيميائي للأكسجين أكثر مما هو في الطلب الحيوي للأكسجين في أغلب الفضلات الصناعية. تعتبر قيم الطلب الكيميائي للأكسجين كقواعد لعمليات حساب الكفاءة لمحطات المعالجة وكذلك رقما في الثوابت للمخلفات الصناعية والنفايات المنزلية في مختلف أنواع المياه.

الأساس:

الأكسجين المطلوب كيميائيا هو مقدار الأكسجين المستهلك خلال عملية أكسدة للمواد العضوية القابلة للتأكسد بواسطة عامل مؤكسد قوي، غالبا ما يستخدم محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم بوجود حمض الكبريتيك كعامل مؤكسد بعملية تقدير الأكسجين المطلوب كيميائيا، نخلط العينة مع ثنائي كرومات البوتاسيوم وحمض الكبريتيك بوجود كبريتات الزئبق لتحديد تأثير الكلور وكبريتات الفضة (كمحفز)، الزيادة من ثنائي كرومات البوتاسيوم يعاير مع كبريتات أمونيوم الحديد باستخدام الفيريون ككاشف. حجم ثنائي كرومات البوتاسيوم المستخدمة معادل للمواد العضوية المتأكسدة الموجودة في العينة.

المحاليل:

1- محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم 0.25 ع: نذيب 12.259 جم من ثنائي كرومات البوتاسيوم الجافة في ماء مقطر لتحضير لتر واحد من المحلول.

التحليل الفيزيائي – الكيمياء للماء

- 2- محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم 0.025 ع: نخفف محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم 0.25 ع عشرة مرات (100- 1000).
- 3- كبريتات أمونيوم الحديد 0.1 ع: نذيب 39.2 جم من كبريتات أمونيوم الحديد في الماء المقطر ونضيف 20 مل من حمض الكبريتيك المركز لتحضير لتر واحد من المحلول . يثبت هذا المحلول مع ثنائي كرومات البوتاسيوم، بتخفيف 10 مل منه لحوالي 100مل، نضيف 30 مل من حمض الكبريتيك المركز ونعاير مع كبريتات أمونيوم الحديد باستخدام الفيريون ككاشف.
- 4- كبريتات أمونيوم الحديد 0.01 ع: نخفف كبريتات أمونيوم الحديد 0.1 ع عشر مرات (100- مل1000).
- 5- كاشف الفيريون: نذيب 1.485 جم من 10.1 فينوثرولين و 0.695جم من كبريتات الحديد في ماء مقطر لتحضير 100 مل من المحلول.
- 6- حمض الكبريتيك المركز.
- 7- كبريتات الفضة الصلبة.
- 8- كبريتات الزئبق الصلبة.

الخطوات:

- 1- نأخذ 20 مل من العينة في ورق COD سعة 250- 500 مل (شكل- 28).
- 2- إذا كان المتوقع احتواء العينة على COD أكثر من 50 ملجم/لتر، نضيف 10مل من محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم (0.25)، أما إذا كانت الكمية المتوقعة أقل من 50ملجم/لتر، نضيف 10مل من محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم (0.025ع) يجب أخذ الحذر في هذه الحالة لأن القليل من المواد العضوية في الزجاجيات ممكن أن تساهم بحدوث أخطاء هامة.
- 3- نضيف مقدار قليل من كبريتات الفضة وكبريتات الزئبق، إذا كانت العينة تحوي كميات كبيرة من الكلور، تضاف كبريتات الزئبق بمعدل 10:1 للكلور، لا يمكن تقدير الأكسجين المطلوب كيميائيا إذا كانت العينة تحتوي على أكثر من 2000 ملجم/لتر من الكلور.
- 4- نضيف 30 مل من حمض الكبريتيك المركز.

الفصل العاشر

- 5- نستمر بالتذويب على الأقل لمدة ساعتين في حمام مائي ساخن أو على صحن ساخن، نزيل الدوارق ونبرد ونضيف ماء مقطر لتحضير المقدار النهائي لحوالي 140 مل.
- 6- نضيف 2-3 قطرات من كاشف الفيريون، نخلطه جيدا ونعايره مع 0.1 ع كبريتات أمونيوم الحديد.
- 7- نجري نفس الخطوات على عينة ماء مقطر (ضابط) مستخدمين نفس كميات المحاليل.

الحسابات:

$$\text{ب - أ} \times \frac{\text{ع المحلول المعايير} \times 8}{1000} = \frac{\text{الأكسجين المطلوب كيميائي ملجم/لتر}}{\text{حجم العينة (مل)}}$$

حيث أن: أ = حجم المعايير المستخدم مع العينة.

ب = حجم المعايير المستخدم مع عينة الماء المقطر (الضابط).



شكل- 28: دورق الأكسجين المطلوب كيميائيا

النشادر (الأمونيا):

النشادر من الأصل المعدني نادر في المياه الطبيعية، من أهم مصادر النشادر هو عملية Ammonification للمواد العضوية. مياه المجاري تحوي كميات كبيرة من المركبات النيتروجينية، لذا بتصريفها تعمل على زيادة كمية النشادر في المياه. ظهور النشادر في المياه ممكن قبوله كدليل على التلوث العضوي للماء، إذا كانت النشادر فقط هي الحاضرة يدل على إن

التحليل الفيزيائي - الكيميائي للماء

التلوث بمياه المجاري حديث العهد، ظهور النيترات مع النشادر يدل في بعض الأحيان على حدوث هفوة منذ حدوث التلوث. إذا كان النيتروجين متواجد بهيئة النترات هذا يعني أنه مضى وقت طويل على التلوث لأن الماء ينقي نفسه. تواجد النشادر في المياه الجوفية عموماً نتيجة لعمليات التحلل، التركيز العالي للنشادر مضر للأسماك والكائنات الحية الأخرى، وكذلك سام للإنسان عند درجات عالية من التركيز، تزداد سمية النشادر مع الحموضة لأن عند درجات عالية من الأس الهيدروجيني تبقى النشادر بالحالة الغازية، الانخفاض بقيمة الأس الهيدروجيني يقلل من سميته نتيجة لتحول النشادر إلى أيونات الأمونيوم والتي هي أقل سمية من الحالة الغازية للنشادر.

الطريقة اللونية:

الأساس:

أيون النشادر (الأمونيوم) يتفاعل مع معامل نيسلر مكوناً مادة بنية اللون، ونستطيع تقديرها بالمقياس اللوني (الطيفي)، أغلب المياه الطبيعية ومياه المجاري تحوي مواد مشوشة لذلك التقطير البخاري للنشادر يكون ضرورياً.

الأدوات والمحاليل:

1- وحدة التقطير: هناك تصاميم عدة متوفرة منها ما هو موضح في الشكل- 29 وهي أكثر الأجهزة الشائعة للتقطير، ويعرف كذلك بوحدة تقطير جلدال المصغرة.

2- محلول النشادر القياسي: نذيب 3.819 جم من كلوريد الأمونيوم الجاف في ماء مقطر لتحضير لتر واحد من المحلول. هذا المحلول يحوي 1000 ملجم/لتر من النشادر - النيتروجين نخفف هذا المحلول 100 مرة (10-1000 مل) لتحضير محلول يحوي 10 ملجم/لتر من النشادر.

3- حمض الكبريتيك، 0.04ع: نضيف 2 مل من (1+1) حمض الكبريتيك للتر واحد من الماء المقطر.

4- مخفف البورق: نضيف 4 جم من بورق الصوديوم المائي لـ 100 مل ماء مقطر، نسخن لتذوب البلورات.

5- معامل نسلر: نذيب 25 جم من يوديد البوتاسيوم في 500 مل ماء مقطر. نذيب 100 جم من هيدروكسيد الصوديوم في 500 مل ماء

الفصل العاشر

مقطر، نخزن هذين المحلولين في زجاجة بنية محكمة الإغلاق،
نخلط 1+1 قبل قليل من الاستخدام.

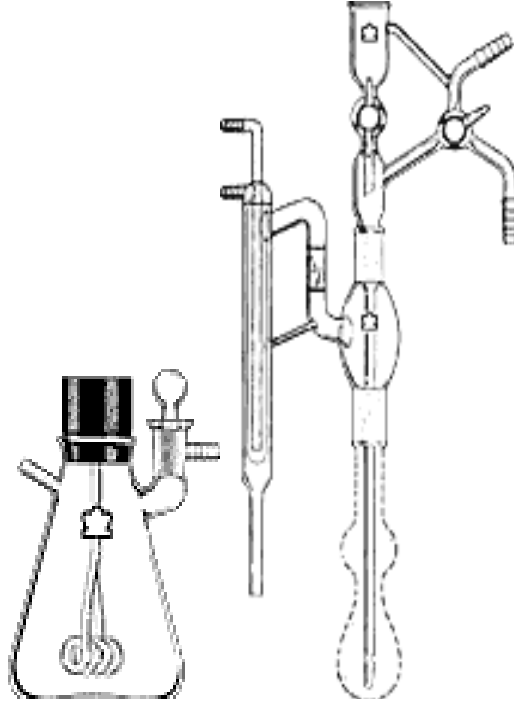
الخطوات:

- 1- نأخذ 50 مل من العينة في وحدة التقطير عبر الصنبور أ ونضيف 1 مل محلول مخفف البورق.
- 2- نضع 2.5 مل من حمض الكبريتيك 0.04 ع في 100 مل دورق مخروطي ونثبتها أسفل المكثف، بذلك تغطس فتحة التصريف في الحمض.
- 3- نبقى دورق الغلي (س) على المسخن لتمرير البخار للعينة عبر الوعاء (د).
- 4- تقطر النشادر وتجمع في حمض الكبريتيك بهيئة كبريتات النشادر نتابع التقطير حتى جمع ما يقارب 40 مل من المقطر.
- 5- نبعد الدورق الذي يحوي المقطر، نبرد دورق الغلي وبذلك تمتص كل محتويات النفايات في الوعاء (د).
- 6- نبعد النفايات عبر الصنبور (ب).
- 7- نجري نفس الخطوات وبنفس الكيماويات على عينة ماء مقطر (الضابط).
- 8- نعد حجم المقطر إلى 50 مل ونضيف 1 مل من معامل نيسلر، سيظهر لون بني.
- 9 - نقيس الامتصاص عند 425 ن م.
- 10- نحضر منحنى قياسي 0.05-2 ملجم/لتر من نشادر -النيتروجين بتخفيف المحلول القياسي لنشادر-النيتروجين.

الحسابات:

نوجد تركيز نشادر-النيتروجين مباشرة من المحنى القياسي.

التحليل الفيزيائي – الكيمياء للماء



شكل - 29 : وحدة تقطير جلدال المصغرة
النيترات:

ليس هناك مصدر معدني لهذا الأيون في المياه الطبيعية، النيترات تمثل الحالة الوسطية خلال عمليتا النترة وعكس النترة، في دورة النيتروجين، النيترات أيون غير مستقر ويتحول إلى النشادر أو النترات اعتمادا على الظروف السائدة في الماء. وجود ولو كميات قليلة من النيترات دليل على التلوث العضوي ووجود جزيء لمواد نيتروجينية متأكسدة، ومن الممكن أن تنتج النيترات في نظام التوزيع للمياه من خلال نشاط الكائنات الحية الدقيقة على النشادر، التركيز العالي للنيترات من الممكن أن يسبب مرض الطفل المزرق عند الرضع.

الأساس:

النيترايت تشكل ملح ثنائي أزانيوم مع حمض السلفانيك في وسط حمضي متحدا مع هيدروكلوريد ألفا نفتالين أمين مكونا صبغة وردية، نستطيع تقدير اللون امتثالا لقانون بيرلونيا.

المحاليل:

الفصل العاشر

- 1- محلول ثنائي صوديوم EDTA: نذيب 500 جم من ملح الصوديوم في ماء مقطر لتحضير 100 مل من المحلول.
- 2- محلول حمض السلفانيك: نذيب 600 جم من حمض السلفانيك في 70 مل من الماء المقطر الساخن ونضيف 20 مل من حمض الهيدروكلوريك المركز ونبرده ثم نخفقه لت 100 مل.
- 3- محلول هيدروكلوريك ألفا نفتالين أمين: نذيب منه 600 جم في ماء مقطر ونضيف له 1 مل من حمض الهيدروكلوريك المركز، نخفف المحتويات الى 100 مل ونضعه في مكان بارد، اذا تكون راسب خلال ايام قليلة ممكن استخدام المحلول بعد ترشيحه.
- 4- محلول خلات الصوديوم: نذيب 16 جم من خلات الصوديوم في ماء مقطر لتحضير 100 مل من المحلول.
- 5- محلول النترات القياسي (1 ملجم/لتر): نذيب 1.232 جم من نترات الصوديوم في ماء مقطر ونخففها حتى 1 لتر (250 ملجم/لتر)، نخفف هذا المحلول 250 مرة (4 – 1000 مل) لنحضر محلول قياسي له 1 ملجم/لتر من النترات.

الخطوات:

- 1- نأخذ 50 مل من المحلول المرشح عديم اللون الذي لا يحوي على أكثر من 1 جم/لتر نترات في ورق مخروطي، ممكن إزالة اللون في العينات الملونة باستخدام الفحم النباتي.
- 2- نضيف 1 مل من كل من EDTA، حمض السلفانيك، هيدروكلوريد ألفا نفتالين امين وخلات الصوديوم بالترتيب.
- 3- لون احمر خمري سيظهر بحضور النترات، نأخذ القراءة عند 520 م.
- 4- نقارن الامتصاص مع المنحنى لحساب محتوى النترات.
- 5- نحضر المنحنى القياسي ما بين صفر – 1 ملجم/لتر نترات بمعدل 0.01 ونطبق الخطوات نفسها على العينة.

النترات:

تمثل النترات أعلى حالة للنيتروجين المؤكسدة، هناك مصادر معدنية قليلة للنترات كالصودا والتي تخرج للطبيعة وأغلب المياه السطحية قليلة المحتوى للنترات. من أهم مصادر النترات هو التحلل الحيوي للمركبات

التحليل الفيزيائي – الكيميائي للماء

النيتروجينية العضوية والتي تجري في مياه المجاري والنفايات الصناعية أو تنتج طبيعياً في المياه. مياه المجاري المنزلية تحوي كميات كبيرة من المركبات النيتروجينية، المياه التي تجري من الحقول الزراعية كذلك مليئة بالنترات. النيتروجين الجوي يثبت كنترات بواسطة الكائنات الحية الدقيقة المثبتة للنيتروجين وهي من الموردين المميزين للنترات في الماء. الكثير من مصادر المياه الجوفية تحوي كميات جيدة من النترات بسبب ترسب النترات مع الماء المرشح، المياه الجوفية تتلوث بمياه المجاري والنفايات الأخرى الغنية بالنترات، كميات كبيرة من النترات إشارة للتلوث.

النترات قلق رئيسي للإنسان بسبب مرض المولود الأزرق فعندما يزداد تركيز النترات عن 40 ملجم/لتر يؤدي إلى نقص فعالية الهيموجلوبين للاتحاد مع الأكسجين مما يسبب ازرقاق الجلد. في المواشي، النسب العالية من النترات تسبب المزيد من حالات الموت وخاصة العجول والخنازير والإجهاض عند الحيوانات الحاضنة.

في نظام معالجة مياه المجاري، الكميات الكبيرة من النترات مؤشر للظروف الهوائية ودرجة ثبات عالية للنفايات، مع أن التركيز العالي للنترات مفيد في الري لكن دخولها إلى مصدر المياه يزيد من نمو الطحالب المؤذية ويطلق ظاهرة الإثراء الغذائي مما يؤدي إلى زيادة الكتلة الحيوية من طحالب وهوائم مائية.

1- طريقة البروسين:

الأساس:

تتفاعل النترات والبروسين لتشكيل لون أصفر، كثافته ممكن تقديرها عند 410 م، التفاعل يعتمد بشكل كبير على سخونة الناتجة خلال الاختبار ومع ذلك ممكن السيطرة عليه بإجراء التفاعل لوقت محدود وعند درجات حرارة محددة، الطريقة ملائمة للعينات ذات المدى الواسع من الملوحة.

المحاليل:

1- محلول البروسين-حمض السلفانيك: نذيب 1 جم كبريتات بروسين و 0.1 جم حمض السيلفانيك في 70 مل ماء مقطر مغلي، نضيف 3 مل حمض الهيدروكلوريك المركز ونكمل المحلول ل 100 مل ليتكون تدريجياً لون زهري.

الفصل العاشر

- 2- محلول حمض الكبريتيك: نضيف 500 مل من حمض الكبريتيك المركز في 125 مل ماء مقطر ونبرده.
 - 3- محلول كلوريد الصوديوم : نذيب 300 جم من كلوريد الصوديوم في ماء مقطر ونخففه حتى لتر واحد.
 - 4- محلول أرسينات الصوديوم: نذيب 5 جم من أرسينات الصوديوم في ماء مقطر ونكملة حتى اللتر.
 - 5- محلول النترات القياسي: نذيب 0.722 جم من نترات البوتاسيوم في ماء مقطر ونكمل المحلول حتى اللتر، هذا المحلول يحتوي على 100 ملجم/لتر، نخففه لمائة مرة لتحضير محلول بـ 1 ملجم/لتر (10 - 1000 مل).
- الخطوات:

- 1- الكلور الحر يتداخل بعملية الكشف عن النترات، إذا احتوت العينة على بقايا الكلور، نزيله بإضافة 0.05 مل (قطرة واحدة) من محلول أرسينات الصوديوم لكل 0.1 ملجم كلور، نضيف قطرة واحدة زيادة لكل 50 مل من العينة.
- 2- نأخذ 10 مل من العينة ونخففها لـ 20 مل في أنبوبة اختبار بسعة 50 مل.
- 3- نضع الأنابيب في حامل معدني.
- 4- نضع الحامل في حمام مائي بارد ونضيف 2 مل من محلول كلوريد الصوديوم.
- 5- نضيف 10 مل من محلول حمض الكبريتيك بعد خلط المحتويات جيدا بالتحريك اليدوي.
- 6- نضيف 0.5 مل من معامل البروسين ونخلط جيدا.
- 7- نضع الحامل في حمام مائي ساخن مع ماء مغلي لمدة 20 دقيقة.
- 8- نبرد المحتويات مرة أخرى في حمام مائي بارد ونأخذ القراءة عند 410 ن م.
- 9- نوجد تركيز النترات-نيتروجين من المنحنى القياسي.

التحليل الفيزيائي – الكيميائي للماء

10- نحضر منحى قياسي ما بين التركيز والامتصاص بأخذ تخفيفات من 0.1 الى 1.0 ملجم/لتر بمعدل 0.1، ونطبق نفس الخطوات على العينة.

2- طريقة حمض ثنائي سلفونيك الفينول:

الأساس:

النترات تتفاعل مع حمض ثنائي سلفونيك الفينول لتكون مشتقات النيتروجين والتي تظهر لونا أصفر في المحلول القلوي. من الممكن تقدير تركيز النترات لونها بما أن اللون المتكون يمثل لقانون بير.

المحاليل:

1- حمض ثنائي سلفونيك الفينول : نذيب 25 جم من الفينول الأبيض النقي في 150 مل من حمض الكبريتيك المركز، ونضيف 85 مل من حمض الكبريتيك المركز، نسخنه لمدة ساعتين في حمام مائي ونحفظه في قارورة وعتمة.

2- محلول كبريتات الفضة : نذيب 4,4 جم من كبريتات الفضة في ماء مقطر لتحضير لتر واحد من المحلول.

3- سائل النشادر 30%.

4- محلول النترات القياسي: راجع طريقة البروسين.

الخطوات:

1- نأخذ 50 مل من العينة المرشحة التي لا تحتوي على أكثر من ملجم /لتر من النترات في ورق مخروطي.

2- نضيف كمية مكافئة من محلول كبريتات الفضة لإزاحة الكلور.

3- نسخن قليلا ونرشح راسب كلوريد الفضة.

4- نبخر المرشح في حوض صيني حتى الجفاف.

5- نبرد، ونذيب البقايا في 2 مل من حمض ثنائي سلفونيك الفينول ونخفف المحتويات حتى 50 مل.

6- نضيف 6 مل من النشادر السائلة لتكوين لون أصفر.

7- نأخذ القراءة عند 410 ن م.

8- نحسب تركيز النترات-النيتروجين من المنحنى القياسي.

9- نحضر منحنى قياسي بين التركيز والامتصاص من صفر إلى 1 ملجم/لتر بمعدل 0.1، نوجد معدل الامتصاص للمحلول القياسي باستخدام نفس الخطوات الموصوفة للعينة باستثناء إزاحة الكلور كما هي في الخطوات 2-3.

نيتروجين جيلدال الكلي (النيتروجين العضوي + النيتروجين -
النشادر):

الأساس:

إن هضم العينة مع حمض الكبريتيك المركز وكبريتات البوتاسيوم يحول كل المواد النيتروجينية العضوية والنشادر إلى كبريتات الأمونيوم. لذا معظم الأشكال الأخرى لا تتأثر. يضاف كلوريد الصوديوم لمنع حدوث الاختزال الجزئي للنترات إلى النشادر التي تتحول إلى نترات وكلوريد الأمونيوم. النيتروجين في هيئة كبريتات الأمونيوم ممكن أن يقدر بالتقطير (شكل-30)، عند درجات عالية من الpH.

المحاليل:

- 1- حمض الكبريتيك المركز.
- 2- محلول كبريتات النحاس، 10%: نذيب 10 جم كبريتات النحاس في 100 مل من الماء المقطر.
- 3- محلول كلوريد الصوديوم، 10%: نذيب 10 جم كلوريد الصوديوم في 100 مل ماء مقطر.
- 4- هيدروكسيد الصوديوم، 10 ع: نذيب 400 جم من هيدروكسيد الصوديوم في ماء مقطر ونكمل المحلول حتى اللتر.
- 5- هيدروكسيد الصوديوم 5ع: نذيب 200 جم من هيدروكسيد الصوديوم في ماء مقطر ونكملة حتى اللتر.
- 6- كبريتات البوتاسيوم الجافة.
- 7- حمض الهيدروكلوريك، 0.1ع: أنظر تقدير النشادر-الطريقة المقدارية.
- 8- حمض البوريك + الكاشف الخليط : أنظر تقدير النشادر -الطريقة المقدارية.

التحليل الفيزيائي – الكيميائي للماء

9- كاشف الفينولفثالين: أنظر تقدير القلوية.

الخطوات:

- 1- نأخذ 40 مل من العينة في دورق جيلدال سعة 100 مل.
- 2- نضيف 4مل من حمض الكبريتيك، 10 قطرات من كبريتات النحاس (0.3مل)، 6جم من كبريتات البوتاسيوم الجافة و 1مل من محلول كلوريد الصوديوم (10%).
- 3- نسخن الدورق لمنع فقدان عبر الرغوة أو الزبد.
- 4- بعد أن تغلي المحتويات، يتحول لون العينة للون داكن بسبب تحلل المواد العضوية بواسطة حمض الكبريتيك، باستمرار عملية الهضم، لون العينة يتحول إلى لون أخضر فاتح، نتابع التسخين لنصف ساعة إضافية.
- 5- نبرد الدورق ونخففه لـ 100 مل. بعض الأحيان تتكون قطع صلبة بالتبريد للمهضوم، هذه القطع الصلبة تذاب بسهولة بواسطة تدفئة الماء. نفس المهضوم يستخدم لتقدير الفوسفور الكلي، نحايده مع 5ع من هيدروكسيد الصوديوم باستخدام كاشف الفينولفثالين، عند نقطة النهاية، اللون يتغير إلى وردي فاتح. بعد عملية المحايدة نكمل الحجم إلى 100 مل مع الماء المقطر، اللون الوردي لا يتدخل في تحليل كل من النيتروجين أو الفوسفور.
- 6- الترشيح: نأخذ 25 مل من المهضوم ونقوم بعملية ترشيح طبقاً لطريقة النشادر، ماعدا إضافة 10 مل من هيدروكسيد الصوديوم بدل مخفف البورق.
- 7- نجري محلول الضابط بشكل منفصل مع الماء المقطر باستخدام نفس المقادير الكيميائية.
- 8- نعاير المرشح بحمض البوريك + الكاشف الخليط مع 0.01ع حمض الهيدروكلوريك حتى يتغير اللون الأزرق إلى البني أو الوردي الفاتح.

الحسابات:

$$\text{نيتروجين - جيلدال ملجم/لتر} = \frac{\text{أ - ب} \times 0.01 \times 1000 \times 14}{\text{س}}$$

حجم العينة المرشحة (مل)

حيث أن: أ = حجم حمض الهيدروكلوريك المستخدم مع العينة.

ب = حجم حمض الهيدروكلوريك المستخدم مع الضابط.

الفصل العاشر

س = معامل التخفيف (2.5)، الحجم الحقيقي (40مل) من العينة الذي نكملة حتى 100مل بعد الهضم.



شكل- 30 : وحدة جلدال لتقطير النيتروجين الكبريت:

يوجد الكبريت على شكل أيونات في جميع أنواع المياه الطبيعية، في المناطق الجافة والشبه جافة يوجد في تراكيز مرتفعة لتحلل الأملاح القابلة للذوبان في التربة وتحلل المواد العضوية في التربة بواسطة البكتيريا، حيث ينتج كبريتيد الهيدروجين الذي يتأكسد لاحقا ليتحول إلى الكبريت بواسطة البكتيريا المؤكسدة للكبريت، التلوث الصناعي يطلق غازات الكبريت مثل ثاني أكسيد الكبريت من المصانع ووسائل النقل والتدفئة إلى الغلاف الجوي ويسقط مع مياه الأمطار على شكل قطرات من حامض الكبريتيك المخفف. معظم أملاح الكبريت قابلة للذوبان في الماء لذلك فهي لا تترسب، لذا فهي بالأغلب تمر بعملية تحويل إلى الكبريت العنصري أو كبريتيد الهيدروجين.

الكبريت من المكونات الهامة للعسرة مع الكالسيوم والمغنيسيوم، الكبريت ينتج مذاق كريه عند تركيز 300-400 ملجم/لتر، فوق تركيز 500 ملجم /لتر يعطي طعم مر للماء، عند تركيز ما يقارب 1000 ملجم/لتر يكون مسهل. الكبريت مع الصوديوم يتعرض لوظائف الأمعاء الطبيعية ويعطلها، الكبريت له أهمية غير مباشرة بإنتاجه لكبريتيد الهيدروجين والذي يعري الخرسانة، وهكذا يسبب مشاكل خطيرة في أنابيب تجميع مياه المجاري.

طريقة Gravimetric:

الأساس:

تترسب الكبريتات ككبريتات الباريوم في وسط حمضي (حمض الهيدروكلوريك) بإضافة محلول كلوريد الباريوم . التفاعل يتم عند درجة الغليان، يرشح الراسب ويغسل لإزاحة الكلور، ويجفف أو يحرق ويوزن ككبريتات الباريوم. العديد من المواد تتدخل في تنفيذ وأداء هذا الاختبار. المواد المعلقة، السيليكا، النترات والكبريتات تقود لأخطاء ايجابية عند النتائج العالية. المعادن القلوية الكبريتية تسبب نتائج منخفضة، وجود معادن أخرى مثل الحديد والكروميوم تنتج كذلك نتائج منخفضة بسبب تكون كبريتات المعادن.

المحالي:

- 1- كاشف الميثيل الأحمر : نذيب 100 ملجم ملح صوديوم ميثيل أحمر في ماء مقطر لتحضير 100 مل من المحلول.
- 2- حمض الهيدروكلوريك (1+1).
- 3- محلول كلوريد الباريوم : نذيب 100 جم كلوريد باريوم في ماء مقطر لتحضير لتر واحد من المحلول، نرشح المحلول بواسطة ورقة ترشيح قبل الاستعمال.
- 4- عامل نترات الفضة -حمض النيتريك : نذيب 8.5 جم من نترات الفضة و5.0 مل حمض النيتريك المركز في ماء مقطر لتحضير 500 مل من العامل.

الخطوات:

- 1- إذا كانت العينة تحوي أكثر من 25 ملجم/لتر سيليكا يجب أن تزاح قبل تقدير الكبريتات.
- 2- لإزاحة السيليكا نبخر كمية مناسبة من العينة حتى الجفاف بصلح بلاتينيوم في حمام مائي، نذيب البقايا في 1 مل حمض الهيدروكلوريك (1+1) بالتميل والدوران بالصلح. نجفف المحتويات مرة أخرى بالتبخير وجفاف نهائي بوضع الصحن في فرن حراري عند 180°س. إذا وجدت المواد العضوية نستطيع حرقها على لهب في هذه المرحلة. نضيف 2مل من الماء المقطر و 1مل حمض الهيدروكلوريك (1+1)، ونعاود التبخير حتى الجفاف في حمام مائي، نضيف 2مل من حمض الهيدروكلوريك وننقله إلى

الفصل العاشر

- ماء ساخن ونرشحه، نغسل ورقة الترشيح عدة مرات بماء مقطر ساخن ونجمع المرشح.
- 3- نضبط حجم المرشح حيث يجب أن تكون 50 ملجم كبريتات في 250مل، إذا السيليكا الموجودة أقل من 25 ملجم/لتر لا حاجة لإزاحتها ويأخذ حجم مناسب من العينة (100 – 150مل) لتقدير الكبريتات مباشرة.
- 4- نضيف القليل من كلوريد الباريوم الدافئ برفق حتى يكتمل الراسب.
- 5- نسخن الراسب عند 80 - 90°س لمدة ساعتين على الأقل.
- 6- نرشح الراسب من خلال ورقة ترشيح قياس 42.
- 7- نغسل الراسب مرات عدة بماء مقطر دافئ نتخلص من الكلور والذي يفحص من خلال محلول نترات الفضة حتى بوجود الكلور نترات الفضة تعطي عكورة بيضاء.
- 8- نجفف ورقة الترشيح المحتوية على الراسب عند 800°س لمدة الساعة تقريبا، نبردها بمجفف ونزن الراسب ككبريتات الباريوم.
- الحسابات:

$$\frac{\text{حجم كبريتات الباريوم} \times 1000}{\text{حجم العينة (مل)}} = \text{الكبريتات ملجم/لتر}$$

الكلور:

يوجد الكلور في جميع أنواع المياه الطبيعية في المياه العذبة الطبيعية تبقى كمياته قليلة نوعا ما وعموما أقل من الكبريتات والبيوكربونات. من أهم مصادر الكلور في المياه تصريف مياه المجاري المنزلية، الإنسان والحيوانات يطرحان كميات كبيرة من الكلور مع المركبات النيتروجينية. الشخص الواحد يطرح ما بين 8-15 جم من كلوريد الصوديوم يوميا. لذا، يعتبر الكلور مؤشرا للتلوث بمياه المجاري، الصناعات كذلك من المصادر المهمة للكلور. الكلور ذو خاصية ذوبان عالية مع أغلب الكاتيونات الطبيعية ولا يترسب، ومن غير الممكن إزاحته من خلال المعالجة الحيوية لمياه المجاري. يكون ضار حتى تركيز 1500 ملجم/لتر ويعطي طعما مالحا عند محتوى 200-250 ملجم/لتر، كذلك الكلور يستطيع أن ينحت الخرسانة عن طريق تكوين الكلس باستخلاص الكالسيوم. كلوريد

التحليل الفيزيائي – الكيميائي للماء

المغنيسيوم في الماء ينتج حمض الهيدروكلوريك بعد التسخين وهو شديد التآكل ويخلق مشاكل للسخانات.

الأساس:

نترات الفضة تتفاعل مع الكلور راسب قليل الذوبان من كلوريد الفضة، وعند نقطة النهاية وترسب لتشكل كل الكلور، أيونات الفضة الحرة تتفاعل مع الكرومات مكونة كرومات الفضة ذات اللون البني المحمر.

المحاليل:

- 1- محلول نترات الفضة، 0.02 ع: نذيب 3.4 جم من نترات الفضة الجافة في ماء مقطر لتحضير لتر واحد من المحلول ونقيه قارورة داكنة اللون.
- 2- كرومات البوتاسيوم، 5%: نذيب 5 جم من كرومات البوتاسيوم في 100 مل ماء مقطر.

الخطوات:

- 1- نأخذ 50 مل من العينة في دورق مخروطي ونضيف 2 مل من محلول كرومات البوتاسيوم.
- 2- نعاير المحتويات مع 0.02 ع من نترات الفضة حتى ظهور لون بني محمر.

الحسابات:

$$\frac{(ع \times مل) \text{ المحلول المعيار } \times 1000}{35.5} = \text{الكلور ملجم/لتر} \\ \text{حجم العينة (مل)}$$

الفوسفور

غالبًا ما يوجد في المياه الطبيعية بالحالة الغير عضوية مثل PO_4^- ، HPO_4^{2-} ، $H_2PO_4^-$

يعتبر الفوسفور من أهم عناصر النظام الحيوي، ومن الممكن أن يتواجد بالحالة العضوية، معظم الصخور التي ينحصر فيها الفوسفور غير قابل للذوبان في الماء لذلك فمحتوى الفوسفور في المياه العذبة الطبيعية منخفض والنمو الأحيائي محدود لهذه الحقيقة. المصادر الرئيسية للفوسفور هي مياه المجاري المنزلية، المنظفات، المخلفات الزراعية مع الأسمدة ومياه المخلفات الصناعية، التركيز العالي للفوسفور مؤشر لوجود التلوث، بوجود الأكسجين الفوسفات يترسب مع مركبات غير قابلة للذوبان لأكاسيد الحديد والمنجنيز، كذلك الألمنيوم والكالسيوم لهما القابلية للترسب مع

الفصل العاشر

الفوسفات، وهكذا في الظروف المؤكسدة يميل الفوسفور في المياه للترسب ويفقد مع الرواسب مما يخفض نسبة الفوسفور في المياه، عندما تسود الظروف المختزلة خلال الدورة الفصلية في الماء بعض الفوسفور يرجع للحالة القابلة للذوبان بتكوينه مع الحديد والمنجنيز من الحالة المؤكسدة. يظل القلق الرئيسي في القدرة على زيادة نمو الطحالب المؤذية والإثراء الغذائي، الفوسفور بطبيعة الحال غير ضار للكائنات الحية، الفوسفور في الماء فقط للكشف عن النمو المزعج للطحالب وعملية الإثراء الغذائي.

الفوسفور الغير عضوي:

الأساس:

الفوسفات في المياه تتفاعل مع موليبيدات الأمونيوم مكونة حمض غير متجانس معقد والتي تختزل إلى محلول أزرق اللون بحضور كلوريد الستانيوس، امتصاص الضوء بواسطة هذا اللون الأزرق عند 690 ن م لحساب تركيز الفوسفات.

المحاليل:

1- محلول موليبيدات الأمونيوم:

أ- نذيب 25 جم منه في 175 مل ماء مقطر.

ب- نضيف 280 مل من حمض الكبريتيك المركز ل 400 مل ماء مقطر ونبرد، نخلط المحلولين أ و ب ونخفقه حتى اللتر.

2- محلول كلوريد الستانيوس: نذيب 2.5 جم منه في 100 مل جليسرول بتسخينه في حمام مائي للإذابة السريعة.

3- محلول الفوسفات القياسي: نذيب 4.388 جم من فوسفات البوتاسيوم الهيدروجينية الجافة في ماء مقطر ونكمله للتر واحد، نخفف هذا المحلول لمائة مرة (10 - 1000 مل)، هذا المحلول القياسي يحتوي على 10 ملجم/لتر من الفوسفات.

الخطوات:

1- نأخذ 50 مل من العينة المرشحة النظيفة في ورق مخروطي نظيف، إذا العينة تحوي لون وشوائب، ممكن إزاحتها بواسطة إضافة ملعقة من الفحم النباتي ونرشح العينة بعد ذلك.

2- نضيف 2 مل من موليبيدات الأمونيوم ونتبعها 5 قطرات من محلول كلوريد الستانيوس.

3- يظهر لون أزرق، نأخذ القراءة عند 690 ن م في جهاز المطياف الضوئي (شكل-31)، باستخدام الماء المقطر كضابط مع نفس الكميات

التحليل الفيزيائي – الكيمياء للماء

من المحاليل، نأخذ القراءة بعد 5 دقائق ولكن قبل 12 دقيقة بعد إضافة آخر محلول.

4- نوجد التركيز بمساعدة المنحنى القياسي.



شكل- 31 : المطياف الضوئي الاشعاعي

الفوسفور الكلي:

الأساس:

كل هيئات الفوسفور، سواء المذابة أو المعلقة تتحول إلى الهيئة الغير عضوية (فوسفات)، بعد الهضم المأكسد للعينة، العديد من الأساليب متوفرة لتقدير الفوسفور الكلي كاستخدام حمض البيركلوريك، حمض النيتريك، حمض الكبريتيك وكبريتات البوتاسيوم، ممكن استخدامها بعملية الهضم للعينة، الفوسفات المتحررة ممكن تقديرها لونها باستخدام أية طريقة، الطريقة الموصوفة هنا تستخدم الهضم باستخدام أسلوب أحماض النيتريك والكبريتيك، حمض الكبريتيك وكبريتات البوتاسيوم.

المحاليل:

1- حمض الكبريتيك المركز.

2- كبريتات البوتاسيوم الجافة.

الفصل العاشر

- 3- محلول كبريتات النحاس، 10% (راجع طريقة جيلدال).
- 4- هيدروكسيد الصود يوم، 1ع: نذيب 40 جم من هيدروكسيد الصوديوم في ماء مقطر لتحضير لتر واحد من المحلول.
- 5- هيدروكسيد الصوديوم، 5ع (طريقة جيلدال).
- 6- كاشف الفينولفتالين.
- 7- محلول مولبيدات الأمونيوم (راجع تقدير الفوسفور الغير عضوي).
- 8- محلول كلوريد الستانيوس (راجع تقدير الفوسفور الغير عضوي).
- 9- حمض النيتريك المركز.

الخطوات:

الهضم:

1- طريقة كبريتات البوتاسيوم – حمض الكبريتيك:

نهضم العينة في ورق جيلدال (100مل) طبقا للطريقة الموصوفة في تقدير جيلدال للنيتروجين ولكن بدون إضافة محلول كلوريد الصوديوم، الفوسفور الكلي ممكن أن يقدر كذلك بالجزء المتبقي من الهضم بعد تقدير نيتروجين جيلدال.

الصوديوم:

هو من الكاتيونات الموجودة طبيعيا، نسبه في المياه الطبيعية أقل من الكالسيوم والمغنيسيوم، في المياه الطبيعية المصدر هو تعرية الصخور، العديد من المخلفات الصناعية ومياه المجاري المنزلية غنية بالصوديوم وتزداد نسبه في المياه الطبيعية بعد تصريفها.

أملاح الصوديوم شديدة الذوبان في الماء عكس الكالسيوم والمغنيسيوم فليس هناك تفاعلات رسوبية لتقليل تراكيزها، الصوديوم له القدرة ليمتص من جزيئات الطين، لكن يمكن أن يستبدل بفعالية الكالسيوم والمغنيسيوم خلال الليونة الطبيعية للماء، حيث يستبدل الصوديوم بواسطة الكالسيوم والمغنيسيوم لذا يزداد تركيزه في بعض المياه الجوفية. عند تركيز منخفض ليس هناك أي ضرر على الصحة، أما عند التركيز العالي من الصوديوم من الممكن أن تكون مرتبطة مع أمراض القلب، وعند توكسيميا النساء والذي يصاحب الحمل، بجانب النسب العالية من الصوديوم وارتباطه مع

الكبريت والكلور يجعل الماء مالحا وغير سلس. تركيز الصوديوم في مياه الري ومستخلص التربة جدير بالاهتمام، استخدام مياه ري تحتوي على نسب عالية من الصوديوم مقارنة للكاتيونات الأخرى سيزيد من قابلية الاستبدال لمحتوى الصوديوم في التربة، وهذا يؤثر على مسامية ونسيج التربة ويؤدي إلى برك ماء قدرة ويقلل من نفاذ الماء، مثل هذه التربة تصبح صلبة للمحراث وغير ملائمة لبزوغ النباتات الصغيرة في بداية نموها .

طريقة المقياس الضوئي للهب:

الأساس:

ينتج ضوء مميز بسبب تنشيط الالكترونات عندما تعرض العينة مع الصوديوم بالرش على اللهب. كثافة هذا الإشعاع المميز متناسب مع تركيز الصوديوم ويمكن قراءته عند 589 ن م باستخدام أجهزة ترشيح ملائمة لذلك.

المنحنى القياسي من النوع الخطي عند تركيز منخفض من الصوديوم، وعند تركيز مرتفع يميل لمستويات منخفضة. البوتاسيوم والكالسيوم ممكن أن يتدخل بعملية تقدير الصوديوم إذا كان معدل البوتاسيوم أكثر بخمس مرات عن الصوديوم والكالسيوم بعشر مرات، المغنيسيوم يتدخل فقط عندما يكون معدل الصوديوم يزداد لأكثر من 100 مرة وهذا نادر الحدوث، لتقدير الصوديوم، العينات يجب أن تخزن في قوارير بلاستيكية.

الأدوات والمحاليل:

- 1- المقياس الضوئي للهب (شكل-32).
- 2- مخزون محلول الصوديوم، 100 ملجم/لتر: نذيب 2.542 جم من كلوريد الصوديوم الجاف عند 140°س في ماء مقطر لتحضير لتر واحد من المحلول.
- 3- محلول الصوديوم الوسطي، 100 ملجم/لتر: نخفف مخزون محلول الصوديوم عشر مرات (100 – 1000مل).
- 4- محلول الصوديوم القياسي، 10 ملجم/لتر: نخفف محلول الصوديوم الوسطي عشر مرات (100 – 1000مل).

الفصل العاشر

5- حمض النيتريك المركز.

6- حمض الهيدروكلوريك المركز.

7- فوق أكسيد الهيدروجين 30%.

8- هيدروكسيد الأمونيوم.

الخطوات:

1- العينات عالية التلوث ومياه المجاري تعالج قبل تقدير الصوديوم الكلي،
نتبع الخطوات التالية لمعالجة العينة:

• نأخذ كمية مناسبة من العينة في ورق مخروطي سعة 250 مل
ونحمضه بحمض النيتريك المركز.

• نبخر حتى الجفاف في حماما مائي.

• نضيف 25 مل من حمض النيتريك المركز ونسخن بالقرب من
الغليان حتى يتبخر الحمض لكميات بسيطة، وجود دخان بني يشير
لوجود المواد العضوية الغير متأكسدة.

• نضيف بعضا من حمض النيتريك المركز وكمية قليلة من فوق أكسيد
الهيدروجين لإتمام حرق المواد العضوية، البقايا النهائية عديمة
اللون بعد التجفيف، وجود أملاح النحاس والحديد ممكن أن يؤثر
باللون.

• نذيب البقايا في كميات بسيطة من حمض الهيدروكلوريك وماء مقطر
دافئ، نصفي (نرشح) المحتويات ونحيدھا مع هيدروكسيد الأمونيوم
المركز ونخففه للحجم المناسب.

2- للعينات الغير ملوثة أو للعينات المراد فقط تقدير الصوديوم المذاب،
نرشح العينة من خلال ورقة ترشيح لإزاحة أية مواد معلقة التي من
الممكن أن تسد الأنبوب الشعري للجهاز.

3- نوجد تركيز الصوديوم مستخدمين المقياس الضوئي اللهب، نتبع
التعليمات التي يوفرها الصانع للاستخدام، لاختلاف التصاميم وصناعة
مختلف الأجهزة.

التحليل الفيزيائي - الكيميائي للماء

4- كل الأجهزة تحتاج لتحضير منحنى معايرة (مدرج)، نحضر المنحنى بمدى يتراوح ما بين صفر - 1، صفر- 10 وصفر - 100 مجم/لتر من الصوديوم باستخدام مختلف محاليل الصوديوم القياسية.

5- نستخدم أيا من هذه المنحنيات لتقدير الصوديوم اعتمادا على التركيز المبدئي للصوديوم في العينة، لنتائج أدق من الأفضل استخدام مدى منخفض إذا كانت العينة تحتوي على نسب عالية من الصوديوم، من الممكن تخفيفها لتكون في مدى التقدير.

الحسابات:

الصوديوم ملجم/لتر = الصوديوم المخفف ملجم/لتر × معامل التخفيف



شكل- 32 : المقياس الضوئي للهب

البوتاسيوم:

مثل الصوديوم البوتاسيوم معدن موجود طبيعياً، ومع ذلك فنسب تواجده أقل من الصوديوم، الكالسيوم والمغنيسيوم. المصدر الرئيسي للبوتاسيوم في المياه الطبيعية هو تعرية الصخور ولكن تزداد كمياته في المياه الملوثة نتيجة لتصريف مياه المجاري. البوتاسيوم له صفات شبيهة بتلك للصوديوم ويبقى غالباً في حالة سائلة دون خضوعه للترسب، كذلك يدخل عملية الاستبدال التوازني مع الكاتيونات، ليس له أهمية تذكر في مجالات الصحة لكن الكميات الكبيرة منه ممكن أن تكون مسهلة.

الأساس:

الفصل العاشر

مثل الصوديوم، البوتاسيوم ممكن تقديره بدقة باستخدام المقياس الضوئي اللهب، الإشعاعية المميزة للبوتاسيوم هي 768 ن م، كثافته ممكن أن تقرأ من خلال المقياس باستخدام مرشح لطول الموجة.

الأدوات والمحاليل:

1- المقياس الضوئي اللهب.

2- محلول مخزون البوتاسيوم، 100 ملجم/لتر: نذيب 1.407جم من كلوريد البوتاسيوم الجاف عند 110°س في ماء مقطر لتحضير لتر واحد من المحلول.

3- محلول البوتاسيوم الوسطي، 100 ملجم/لتر: نخفف محلول مخزون البوتاسيوم عشر مرات (100 – 1000مل).

4- محلول البوتاسيوم القياسي ، 10 ملجم/لتر: نخفف محلول البوتاسيوم الوسطي عشر مرات (100 – 1000مل).

الخطوات:

نتبع نفس الخطوات الموصوفة لتقدير الصوديوم ماعدا استخدام مرشح للبوتاسيوم عند 768 ن م عوضا عن مرشح الصوديوم.

الحسابات:

البوتاسيوم مجم/لتر = البوتاسيوم المخفف (ملجم/لتر) × معامل التخفيف.

السيليكا

السيليكون هو المعدن المتوفر بغزارة في الأرض بعد الأكسجين، مصطلح السيليكا يعود للسيليكون في المياه الطبيعية، وغالبا ما يتمثل بكبريتات السيليكا أو هيدروكسيد السيليكا وحمض السيليسيك، بما أنه حمض ضعيف فهو يصنف كمركب غير أيوني، على الرغم من توفره في الطبيعة بغزارة إلا أنه يتواجد بكميات ضئيلة في الماء وذلك بسبب أن مصدر السيليكا مقاوم لعملية التعرية الكيميائية، قابلية ذوبان السيليكا وجدت أنها أكبر عند درجات pH وحرارة عالية، تركيز السيليكا في المياه الطبيعية عادة ما تكون ما بين 1 – 30 ملجم/لتر ولكن ممكن أن تصل إلى 100 ملجم/لتر في الينابيع الحارة.

التحليل الفيزيائي – الكيمياء للماء

نجد السيليكا منتشرة بأعمال الزجاج، السيليكون، ورق السنفرة، المصنوعات الخزفية، أشغال المعادن ومنتجات النفط، لذا فمن الممكن أن تأتي من مياه مجاري هذه الصناعات. وجود السيليكا ضروري جدا لانتظام نمو الطحالب العسوية في المياه العذبة والمياه المالحة.

طريقة موليبيدات السيليكا:

الأساس:

محلول موليبيدات الأمونيوم يتفاعل مع السيليكا مكونا حمض موليبيدات السيليكا أصفر اللون. السيليكا تقدر لونها بما أن اللون يتشكل، وبإتباع قانون بير يفضل دائما تقدير السيليكون الموجود في مركبات السيليكون.

المحاليل:

- 1- حمض الهيدروكلوريك (1+1).
- 2- محلول موليبيدات الأمونيوم: نذيب 10 جم من موليبيدات الأمونيوم المائية في ماء مقطر لتحضير 100 مل من المحلول. نضبط الـ pH مع هيدروكسيد الصوديوم لمنع تكوين الراسب.
- 3- محلول حمض Oxalic: نذيب 10 جم من حبيبات الحمض في ماء مقطر لتحضير 100 مل من المحلول.
- 4- محلول السيليكا القياسي: نذيب 671.4 ملجم من فلوريد سيليكات الصوديوم في ماء مقطر بالتسخين، نبرد ونكملة للتر واحد، نخزنه في قارورة بلاستيكية، هذا المحلول يحتوي على 100 ملجم/لتر من السيليكا، نخفف المحلول 10 مرات لتحضير محلول قياسي يحتوي على 10 ملجم/لتر من السيليكا (10 – 1000 مل).

الخطوات:

- 1- نأخذ 50 مل من العينة التي لا تحتوي على أكثر من 20 ملجم/لتر من السيليكا في ورق مخروطي ونضيف 1 مل من حمض الهيدروكلوريك (1 + 1).
- 2- نضيف مباشرة 2 مل من محلول موليبيدات الأمونيوم ونتركه لمدة 5 - 10 دقائق بعد الخلط جيدا.
- 3- نضيف 1.5 مل من محلول حمض Oxalic ونخلط جيدا.
- 4- نأخذ القراءة عند 410 ن م بمقياس المطياف الضوئي.

5- نحضر منحني قياسي بين صفر و 20 مجم/لتر من السيليكا بمدى 2 بأخذ مختلف التخفيفات لمحلول السيليكا ونستخدم نفس الكميات من المحاليل للعينة.

الحديد

الحديد من أهم المعادن المتوفرة في الصخور والتربة، يحتل الحديد المرتبة الرابعة من حيث الوزن، جميع أنواع المياه تحتوي على الحديد، المياه الجوفية تحتوي على كميات ملحوظة من الحديد، الحديد له قدرة عالية للذوبان في الأحماض لذا، كميات كبيرة من الحديد تترشح من التربة بواسطة المياه الحمضية (مثال- شبكة تصريف مياه مناجم تعدين الأحماض). الحديد يتواجد في حالتين، الحديد II والحديد III. الحديد المختزل أكثر ذوباناً من الحديد المؤكسد، في المياه الجوفية أغلبية الحديد تبقى في الحالة المؤكسدة وذلك بسبب قلة الأكسجين، في الظروف القلوية في المياه الجوفية، الحديد غالباً ما يتشكل بهيئة بيكربونات الحديدوز $Fe(HCO_3)_2$ وهو مادة شفافة أو عديمة اللون. المياه الجوفية بمعدلات، عالية من الحديد تكون خفيفة ويتأكسد بسرعة إلى الحديدوز بهيئة غير قابلة للذوبان هيدروكسيد الحديدوز $Fe(OH)_8$ ، إذا كانت كميات بيكربونات الحديدوز ملحوظة في المياه الجوفية واحتكت مع الأكسجين على السطح الهيدروكسيد سيتكون، ويطلق غاز ثاني أكسيد الكربون لذا تزداد الحموضة مما يسهل عملية الأكسدة. عملية التحول الداخلي للحديد والمنغنيز في عملية الاختزال والأكسدة لها تأثير على هيئة الماء الكيميائية، مع ترسب هيدروكسيدات يدخل الفوسفات كراسب مساعد. الزيادة في الكبريتيد من الممكن أن يترسب ككبريتيد الحديدوز. المسطحات المائية عموماً تملك تركيز عالي من الحديد في القاع بسبب انتشار الظروف المختزلة، بالإضافة إلى المصادر الطبيعية للحديد، تآكل الأنابيب والمضخات تزيد من تركيزه في نظام التوزيع، الحديد له تأثير حيوي فالقليل من الكائنات الحية الدقيقة مثل *Crenothrix*، *Leptothrix*، *Gallionella* قادرات على الاستفادة من الحديد المذاب كمصدر للطاقة وتحويل الحديدوز إلى هيدروكسيد الحديد، هذا يعطي صدأ للماء، هذه المستعمرات البكتيرية ممكن أن تشكل مادة غروية تسبب مشاكل في دورات المياه، الأنابيب، المضخات وأنظمة التوزيع، كذلك الحديد له صلة ضئيلة كخطر على الصحة لكن يعتبر مزعج بكميات مفرطة، زيادة الحديد عن 0,3 ملجم/لتر يسبب تغير لون الملابس وأوعية الطبخ، النسب العالية

التحليل الفيزيائي – الكيميائي للماء

من الحديد ليست ملائمة لصناعات الأطعمة، المشروبات، الثلج، الأصباغ، التبييض والكثير من المواد الأخرى. الماء بنسب مرتفعة من الحديد والذي يستخدم لتحضير الشاي والقهوة يعطي لون أسود حجري مع ظهور مذاق معدني، والقهوة من الممكن أن تعطي طعما غير سائغا أو غير مقبول عند تركيز أعلى من 0,1 ملجم/لتر من الحديد، البطاطس كذلك تصبح سوداء عند سلقها في مثل هذه المياه، الحديد ينسب مرتفعة ممكن أن تسبب التقيؤ. مقدار الحديد في المياه تعتمد على الاعتبارات الجمالية والمذاق أكثر من التأثيرات الفسيولوجية.

الأساس:

كل الحديد يتحول إلى حالة الحديدوز بالغلجان مع حمض الهيدروكلوريك وأمين الهيدروكسيل.

الحديد المختزل مع 1.10 - فينونثرولين عند 3.2pH – 3.3 لتكون معقد بلون أحمر برتقالي، كثافة هذا اللون يتناسب مع تركيز الحديد، لذا ممكن تقديره لونها، العوامل المؤكسدة القوية كالسيانيد، النيترايت، الفوسفات، الكروم، الخارصين، الكوبالت، النحاس والنيكل تتدخل وتؤثر في عملية تقدير الحديد، الغلي للعينة مع الحمض يزيح التدخل للسيانيد، النيترايت والفوسفات، أمين الهيدروكسيل يمنع التدخل المسبب من العوامل المؤكسدة كالكاديوم، الزئبق والفضة ترسب الفينونثرولين.

المحاليل:

1- حمض الهيدروكلوريك المركز.

2- محلول أمين الهيدروكسيل – الهيدروكلوريك : نذيب 10 جم من أمين الهيدروكسيل – الهيدروكلوريك في ماء مقطر لتحضير 100 مل من المحلول.

3- محلول خلاص الأمونيوم المخفف: نذيب 250 جم من خلاص الأمونيوم في 150 مل ماء مقطر ونضيف 700 مل من حمض الخليك الجليدي.

4- محلول الفينونثرولين: نذيب 100 جم من 10.1 فينونثرولين في 100 مل من الماء المقطر بالتحريك المستمر والتسخين عند 80°س (لا يجب أن تغلي)، لا نستخدم المحرك المغناطيسي أبدا مع قطعة من الحديد في هذا المحلول.

الفصل العاشر

5- محلول مخزون الحديد (200 ملجم/لتر): نضيف 20 مل من حمض الكبريتيك المركز ل 50 مل من ماء مقطر ونذيب 1.404 جم من كبريتات أمونيوم الحديدوز، نضيف 0.1 ع برمنجنات البوتاسيوم ببطء حتى ظهور لون وردي باهت، نخففه حتى واحد لتر.

6- محلول الحديد القياسي (10 ملجم/لتر): نخفف محلول مخزون الحديد 20 مرة مع الماء المقطر (50 – 100 مل).

الخطوات:

- 1- نأخذ 50 مل من العينة، يجب أن لا تحتوي على أكثر من 4 ملجم/لتر من الحديد في ورق مخروطي بسعة 250 مل.
- 2- نضيف 2 مل من حمض الهيدروكلوريك المركز و 1 مل من محلول أمين الهيدروكسيل - الهيدروكلوريك.
- 3- نغلي المحتويات لنصف الحجم لانهلال كل الحديد.
- 4- نبرد ونضيف 10 مل من مخفف خلات الأمونيوم و 2 مل من الفينونثرولين إذا كانت العينة تحوي تدخلات من المعادن الثقيلة، نضيف 10 مل من الفينونثرولين بدلا من 2 مل يظهر لون أحمر برتقالي.
- 5- نكمل حجم المحلول إلى 100 مل، وبعد 10 دقائق نأخذ القراءة عند 510 ن م بالمطياف الضوئي.
- 6- نحضر منحنى قياسي بمدى 1 – 4 ملجم/لتر من الحديد مستخدمين مختلف التخفيفات لمحلول الحديد القياسي.
- 7- إذا كان المطلوب تقدير الحديد المذاب فقط، نحض العينة مباشرة مع 1 مل من حمض الهيدروكلوريك المركز ونستمر من الخطوة - 4 وما بعد.
- 8- نحسب التركيز للحديد مباشرة من المنحنى القياسي.

المعادن الثقيلة

المعادن الثقيلة هي المعادن التي تملك كثافة أكثر من 5 مرات مقارنة بكثافة الماء. تتواجد عادة بكميات ضئيلة في المياه الطبيعية ولكن أكثرها سامة حتى بنسب قليلة جدا، نسبها تزداد في الماء نتيجة لإضافة مياه المجاري والمخلفات الصناعية، البعض منها يتعاضم حيويا في المياه وتتكدس عند المستويات الاستوائية المرتفعة الأخرى (مثال: الأسماك، سرطان البحر والأحياء المائية الأخرى)، بعض المعادن الثقيلة ضرورية للإنسان، على سبيل المثال، الكوبالت، النحاس... الخ، لكن كميات كبيرة

منها ممكن أن تسبب اضطرابات فسيولوجية ومنها تكون حادة. المعادن مثل الرصاص، الكاديوم، الزئبق، السيلينيوم والزرنيخ شديدة السمية بأقل الكميات، معظم أنواع الصخور التي تحتوي هذه المعادن قليلة الذوبان وهذا يحد من تركيزها في المياه الطبيعية، زيادة كمية المعادن الثقيلة في مصادرنا المائية من القضايا ذات الشأن العظيم في هذا الوقت وخصوصاً أن هناك عدد كبير من الصناعات التي تصرف مخلفاتها المعدنية للمياه العذبة بدون معالجة كافية. كميات لا بأس بها من المعادن الثقيلة تنتقل من خلال المصارف الزراعية محتوية مخلفات أو بقايا المبيدات المعدنية العضوية. الصدأ في الأنابيب وإطلاق النحاس، الرصاص والكاديوم لمياه الشرب كذلك له أهمية خاصة، الزرنيخ موجود في مياه المجاري للكثير من الصناعات مثل الخزف، دباغة الجلود، الكيماويات، تحضير المعادن والمبيدات لها القدرة على التراكم في أنسجة مسببة مسرطنات وتؤثر على الكبد والقلب وسجلت تقارير على أنها مواد مسرطنة، الكاديوم يتواجد في مياه المجاري من صناعات الطلاء، الكيماوية، الطواحين ونفايات مناجم الرصاص والخاصين، إنها تتراكم في العديد من أجزاء الجسم (الكبد، البنكرياس والكلية... الخ) والمعروف عنها أنها تسبب مرضاً عظيماً شديد الألم يطلق عليه مرض اتاي-اتاي وهو شائع في اليابان، الكروم يتواجد بنسب مرتفعة في مخلفات صناعة الطلي، الأصباغ، الدهان، دباغة الكروم، المتفجرات وصناعات الخزف والورق وتضاف كذلك لمياه التبريد للكشف عن الصدأ، هناك تقارير أكدت أن تراكم الكروم بنسب عالية بغض النظر عن كثافتها لكن سميتها أكبر عند Hexavalentchrome، عند استنشاق كميات كبيرة تسبب سرطان الشعب التنفسية، النحاس في المياه الطبيعية بتركيز عالي سببه التلوث، يستخدم مع الكبريتات كمبيد ومنفصلاً مبيداً للطحالب، بالرغم مع أنه يعبر من خلال الجسم إلا أن هناك شواهد على ترسباته بكميات في الكبد، كمياته المحدودة في المعايير ليس فقط لتأثيره السام بل بسبب سعة قدرته المظنة. الرصاص أيضاً عنصر سام وزيادته في الماء بسبب تصريف مياه المجاري الصناعية، كما في المطابع، الأصباغ ومصافي تكرير النفط... الخ، يتراكم في الجسم وغالباً في العظام، ويتواجد في المخ، الكلى والعضلات، سمية الرصاص بسبب تراكمه المتزايد وليس بسبب التعرض لجرعات صغيرة. لذا، في الحالات القصوى للتسمم بالرصاص فاحتمالية الموت واردة. الزئبق مادة شديدة السمية ويزداد تركيزه في المياه الطبيعية من خلال المخلفات الصناعية، يستخدم الزئبق في تحضير غاز الكلور، صناعات الصودا الكاوية،

البطاريات، المبيدات، العقاقير، مستحضرات التجميل، المواد الملونة والكيماويات، غالبا ما يتراكم الزئبق على هيئة ميثيل الزئبق ويصيب الجهاز العصبي وجرعاته الكبيرة مهلكة ومميتة. السيلينيوم مادة واسعة الانتشار في الطبيعة، كيميائيا السيلينيوم مشابه للكبريت، الكبريت الطبيعي غالبا كبريتيدات وتحتوي على كميات كافية من السيلينيوم، يزداد في المسطحات المائية بشكل رئيسي عن طريق تصريف النفايات الصناعية من صناعات الدهانات، الأصباغ، الزجاج، الكهربائية، المطاط والمبيدات الحشرية والتي تستخدم فيها السيلينيوم، الكميات القليلة من السيلينيوم مطلوبة للجسم لكن النسب العالية تسبب التسمم الحاد والموت، وهو أيضا ينتج سمية مزمنة للحيوانات خلفا العرج، تشوه الحافر، فقدان الشعر والهزل، مع أن معظم السيلينيوم ينتقل عبر الجسم لكن في التراكيز المرتفعة يتراكم جزء منه في الكبد والكلية. الفضة، أغلب أملاحها غير قابلة للذوبان، لا تتشكل بكميات مهمة في الطبيعة، المصدر الرئيسي للفضة في المياه تصريف النفايات الصناعية، الكميات الزائدة من الفضة في الجسم يؤدي إلى ازرقاق دائم للجلد يسمى بـ "أرجيري". الخارصين يتواجد بنسب مرتفعة في فضلات الصناعات الدوائية، طلي المعادن، الدهانات، المواد الملونة، المبيدات الحشرية ومستحضرات التجميل. الخارصين ضروري بكميات ضئيلة لجسم الإنسان ومن الممكن أن يسبب تسمم في التراكيز العالية، أملاح الخارصين تسبب مذاقا غير مساغ للماء، وأيضا تظهر الماء حليبي اللون وبالغليان تكون سطح دهني رغوي في الماء.

الزرنيخ:

الأساس:

الزرنيخ، في حضور الخارصين وفي وسط حمضي يختزل إلى arsine، ومن ثم يمرر عبر محك (كاشط) يحوي صوف زجاجي منقوع بخلات الرصاص، وبعد ذلك يمتص في Dithiocarbamate Silver diethyl مذابة في بيريدين. الزرنيخ يتفاعل مع أملاح الفضة لتكون محلول أحمر ممكن تقديره لونها، العديد من المعادن مثل الكروم، الكوبالت، النحاس، الزئبق، النيكل، البلاتينيوم والفضة تؤثر في الكشف عن الزرنيخ، لكن تركيز هذه المعادن تتواجد بصعوبة في المياه بالتالي يكون تأثيرها غير مميز.

الأدوات والمحاليل:

- 1- جهاز الامتصاص والمولد للزرنينخ (شكل-34).
- 2- مطياف شعاعي ضوئي: بطول موجة 535 ن م بخلايا مقاس 1سم.
- 3- حمض الهيدروكلوريك المركز.
- 4- محلول يوديد البوتاسيوم: نذيب 15 جم من يوديد البوتاسيوم في ماء مقطر لتحضير 100 مل من المحلول، نحفظه في قارورة داكنة اللون.
- 5- محلول Stannous chloride: نذيب 40 جم من كلوريد الستانيوس المائية في 100 مل من حمض الهيدروكلوريك المركز.
- 6- محلول خلايا الرصاص: نذيب 10 جم من خلايا الرصاص المائية في ماء مقطر لتحضير 100مل من المحلول.
- 7- محلول Silver diethyl-dithiocarbamat: نذيب 1جم منه في بيريدين لتحضير 100مل من المعامل، نحفظه في قارورة داكنة.
- 8- خارصين خالي من الزرنينخ 20 – 30 قرص.
- 9- محلول الزرنينخ القياسي: نذيب 1.320جم ثلاثي أكسيد الزرنينخ في 10 مل ماء مقطر تحوي 4جم هيدروكسيد صوديوم ونكمل المحلول حتى اللتر، هذا محلول مخزن بـ 1000 ملجم زرنينخ /لتر ، نخفف هذا المخزون مائتة مرة (5 – 500مل). نخفف هذا المحلول كذلك إلى 10 مرات (10 – 100مل) لتحضير محلول قياسي من الزرنينخ.

الخطوات:

- 1- نأخذ 35 مل من العينة في مولد الزرنينخ ونضيف بتتابع 5مل حمض الهيدروكلوريك المركز، 2مل محلول يوديد البوتاسيوم و 0.4 مل (8قطرات) من معاملة كلوريد الستانيوس ونخلط العينة جيدا بعد كل إضافة لهذه المحاليل، نتركه لمدة 15 دقيقة.
- 2- ننقع الصوف الزجاجي في Scrubber بخلايا الرصاص، بأخذ الحرص أن لا تسرب هذا المحلول.
- 3- نضع 4مل من معاملة SDDC في أنبوب الامتصاص.

الفصل العاشر

- 4- نضيف 4جم من الخارصين في المولد ومباشرة نوصل الجهاز بالوصلات لعدم السماح للهواء بالتفاد.
- 5- نتركه لحوالي 30 دقيقة لتوليد الزرنيخ مع تسخين طفيف للمولد سيتمص الغاز من خلال المعامل SDDC.
- 6- نفرغ المحلول من أنبوبة الامتصاص ونقيس كثافة اللون عند 535 ن م باستخدام المعامل الضابط كمرجع.
- 7- نحضر المنحنى القياسي بمدى 0 – 10 μ زرنيخ بأخذ كميات مناسبة لمحلول الزرنيخ القياسي ونتبع نفس الخطوات على العينة.
الحسابات:

$$\frac{\text{زرنيخ } \mu}{\text{الزرنيخ ملجم/لتر}} = \text{حجم العينة}$$



شكل- 34 : جهاز الامتصاص والمولد للزرنيخ الكروم
طريقة الامتصاص الذري للإشعاع الضوئي:
الأساس:

التحليل الفيزيائي – الكيميائي للماء

لتقدير مختلف أشكال الكروم مثل المذاب، المعلق، الكلي والمستخلص، عدة معالجات أولية تجرى للعينة، بعد المعالجة الأولية للعينة، نقدر التركيز للكروم في مقياس الإشعاع الضوئي بالامتصاص الذري بتثبيتها عند طول موجة 357.9 م باستخدام لمبة كاثود الكروم الجوفاء ومباشرة نعرض العينة لموقد استيلين هوائي، نتبع التعليمات من الصانع لاختلاف الإنتاج والتصاميم، تركيز الكروم يجب أن لا يزيد عن 0.1 ملجم/لتر. نحضر محلول الكروم القياسي لمنحنى المعايرة بالشكل التالي نذيب 2.828 جم من ثنائي كرومات البوتاسيوم الجافة في حوالي 200 مل ماء مقطر ونضيف 1.5 مل حمض النيتريك المركز ونكمل المحتوى حتى اللتر مع الماء المقطر (هذا محلول الكروم القياسي 1 مل = 1 ملجم/لتر).

المعالجة الأولية:

1- **المذاب:** نرشح العينة من خلال 0.45 ميكرومل ورقة ترشيح ونحمض مع حمض النيتريك لـ pH = 2 أو أقل.

2- **الكلي:** نهضم العينة كالتالي:

أ- نأخذ 50 – 100 مل من العينة مخلوطة جيدا في كأس ونضيف 5 مل حمض مركز.

ب- نبخر بالقرب من الجفاف على مسخن حراري متفادين الغليان.

ج- نبرد ونضيف 5 مل من حمض النيتريك المركز ونسخن بإضافة كميات إضافية من الحمض حتى تشكل بقايا ذات لون فاتح.

د- نضيف 1 – 2 مل من الحمض زيادة حتى تذوب البقايا، نغسل جدران الكأس بالماء المقطر ونرشح المحتويات.

هـ- نكمل المحتويات حتى 50-100 مل.

3- **المعلق:** نرشح العينة من خلال مرشح غشائي 0.45 ميكرومل ونهضم المرشح مع المواد التي عليه بإتباع نفس خطوات هضم الكروم الكلي، كذلك نهضم مرشح ضابط لعمل التصحيحات الناتجة بسبب المرشح نفسه.

4- **المستخلص:** هذه الهيئة تحوي المعادن في المحلول بالإضافة للمعادن الممتصة ضوئيا في المواد المعلقة، بعد جمع العينة مباشرة نضيف 5 مل حمض النيتريك المركز وعند تحليل العينة نضيف 5 مل حمض الهيدروكلوريك (1 + 1) لـ 100 مل في دورق، نسخن لمدة 15 دقيقة في حمام مائي ونرشح ونضبط الحجم حتى 100 مل.

الفصل العاشر

الحسابات:

$$\frac{\text{حجم الكروم من المنحنى} \times 100}{\text{الكروم الكلي ملجم/لتر} = \frac{\text{العينة المهضومة} \times \text{المهضوم الكلي}}{\text{حجم الكروم من المنحنى}}}$$

$$\frac{\text{حجم الكروم من المنحنى}}{\text{حجم العينة}} = \text{الكروم المذاب ملجم/لتر}$$

الزئبق

الأساس:

أفضل الطرق للكشف عن الزئبق هو توظيف الطريقة الذرية المطيافية دون الموقد. نختزل الزئبق للحالة العنصرية وبعد ذلك يحول إلى سائل متطاير أو متبخر بتعريضه للهواء مباشرة، بخار هذا السائل المتطاير من الزئبق يمرر من خلال خلية في مسار ضوئي (الإشعاع عند 253.7 ن.م بواسطة لمبة كاثود زئبقية) للمطياف. مقدار امتصاص الضوء يمثل تركيز الزئبق.

المحالييل:

- 1- محلول الزئبق المخزن: نذيب 1.354 جم من كلوريد الزئبق في حوالي 700 مل ماء مقطر ونضيف 1.5 من حمض النيتريك المركز ونكمل حتى اللتر.
- 2- محلول الزئبق القياسي: نحضر تخفيفات من معدل صفر الى 5 ميكروجرام/لتر بتخفيف المحلول المخزن بالماء المقطر المحتوي على 1.5 مل حمض النيتريك لكل لتر.
- 3- محلول برمنجنات البوتاسيوم: نذيب 50 جم من برمنجنات البوتاسيوم في ماء مقطر لتحضير لتر واحد من المحلول.
- 4- محلول كبريتات البوتاسيوم: نذيب 50 جم من كبريتات البوتاسيوم في ماء مقطر لتحضير لتر واحد من المحلول.
- 5- محلول كلوريد الصوديوم – كبريتات أمين هيدروكسيل: نذيب 120 جم كلوريد صوديوم و120 جم كلوريد الصوديوم – كبريتات أمين هيدروكسيل في ماء مقطر لتحضير لتر واحد من المحلول.

التحليل الفيزيائي – الكيمياء للماء

6- محلول Stannous chloride: نذيب 100 جم منه في ماء مقطر يحوي 12.5 مل حمض الهيدروكلوريك المركز لتحضير لتر واحد من المحلول.

7- حمض النيتريك المركز.

8- حمض الكبريتيك المركز.

الخطوات:

1- نضبط الجهاز طبقاً لتعليمات الجهة المصنعة.

2- نأخذ 100 مل من العينة.

3- نضيف 5 مل حمض الكبريتيك المركز و 2.5 مل حمض النيتريك المركز.

4- نضيف 15 مل من برمنجنات البوتاسيوم وبعد 15 دقيقة نضيف 8 مل من محلول كبريتات البوتاسيوم. نسخن لمدة ساعتين في حمام مائي (لا نغلي).

5- نضيف محلول كلوريد الصوديوم -كبريتات أمين الهيدروكسيل حتى يختفي لون البرمنجنات.

6- نضيف مباشرة 5 مل من Stannous chloride ونربط دورق التفاعل مع جهاز التهوية لمحلل الزئبق ونسجل القراءة.

7- ننشئ منحنى قياسي باستخدام محاليل الزئبق بمعدل صفر إلى 5 ميكروجرام/لتر متبعين نفس الخطوات للعينة.

الحسابات:

نسجل القراءة للعينة من جهاز تحليل الزئبق ونجد التركيز مباشرة من المنحنى القياسي.



شكل- 35 : جهاز الامتصاص الذري المطياف

الفصل الحادي عشر الكائنات الحية في الماء

الكائنات الحية في الماء

مقدمة

الاهتمام الرئيسي للمجتمعات في التلوث البيئي هو تأثيره على الكائنات الحية، لهذا فان الكشف والتقدير عن التلوث يعتبر مشكلة حيوية أساسية حتى الآن يتم الكشف عن التلوث بالطرق الكيميائية التقليدية والجوانب الحيوية أو الإحيائية إما مهملة أو يترك وضعها ثانويا، وأسباب هذا الإهمال للبيانات الإحيائية أو الحيوية هي:

1- البيانات الفيزيائية -الكيميائية سهلة القيادة للمواصفات الرقمية أو العددية ولكن العديد من المعلومات الحيوية أو الإحيائية ليست ذات طبيعة نوعية.

2- جمع المعلومات الحيوي (الأحيائية) مملة ومكلفة، وخاصة في الدول النامية.

3- محاولات البيولوجيين لتسهيل وتبسيط هذه بيانات كانت نادرة، ومع ذلك، فان البيانات الحيوية الأحيائية لها العديد من الميزات:

أ- الضرر الواقع على مختلف الأنظمة البيئية المائية تسببه أنواع عدة من الملوثات، وتقدير كل هذه الملوثات صعب في آن واحد فوجود الكائنات الحية عددا أو سلوكا ممكن أن يدمج كل التأثيرات.

ب- العديد من الملوثات الكيميائية تنتج فعل حيوي عكسي عند تركيز منخفض للقدرة التحليلية المتوفرة.

ج- الكائنات الحية التي تجنح لحفظ المؤثرات السابقة للمخلفات المطروحة أو أي اضطراب بيئي آخر، حتى لو أزيحت مصادر التلوث. لذا، فالحاجة للبيانات الفيزيائية-الكيميائية الكافية هي ضرورة.

في الحقيقة البيانات الكيميائية تقدر تركيز الملوثات ولكن البيانات الحيوية تقدر الاختلال بالتوازن للنظام البيئي الحيوي ، يجب أن نضع في فكرنا أن البيانات الحيوية والكيميائية لا يحل أحدهما مكان الآخر، فالعاملان أساسيان في برامج السيطرة على التلوث.

التحليل الحيوي يستخدم بشكل رئيسي في الكشف عن:

الكائنات الحية في الماء

- 1- الكواشف الحيوية (الأحيائية) لتلوث الماء.
 - 2- لقياس فعالية وحدات معالجة المياه ومياه المجاري.
 - 3- لاستنتاج وفهم الاضطرابات البيئية التي يحدثها تلوث الماء.
- يشار إلى ذلك بالمفهوم الشامل بالمراقبة الحيوية وتشمل الحساب أو العد للأحياء الدقيقة لتقدير مستويات التلوث البكتيري، اختبارات تحليلية لتحديد وقياس مخاطر الكيماويات السامة ومياه المجاري مستخدمين التغيرات في عدد الوفيات، التلف في عمليات التنفس والتكاثر والتغيرات في الكثافة السكانية.

تتركز المراقبة الحيوية حول خطين من الطرق:

- 1- طريقة التصنيف البيئي.
 - 2- الطريقة الفسيولوجية-الكيميائية الحيوية.
- الأولى تتضمن المراقبة للتلوث باستخدام النوع الواحد من الكواشف والتغير في بنیان المجتمعات الحيوية، وفي الأخرى نستخدم التحليل الوظيفي الحيوي، اختبار السمية ودراسات كيفية تجنبها باستخدام الكائنات الحية المائية والمحتويات الأخرى لهذه البيئات المائية.

الكاشف من النوع الواحد:

عندما يستقبل المسطح المائي أية ملوثات، يتغير تركيبه الفيزيائي - الكيميائي مسببا نتيجة لذلك تغيرا في الوسط الحيوي للمسطح. بعض الكائنات الحية حساسة للتلوث والبعض الآخر يتحمل ويتكيف مع الظروف الجديدة. لذا، فالكائنات الحساسة تختفي ويحل مكانها الكائنات المتكيفة في المياه الملوثة.

التعرف وتصنيف الأنواع المختلفة من هذه الكائنات المائية وتحديدتها تشير إلى درجة التلوث ونوعه، مثال لذلك، تواجد أنواع مثل *Oscillatoria*، *Chironomid larvae*، *Nitzschia palea* يدل على وجود تلوث عضوي. هناك قوائم عديدة وطويلة حضرت ووضعت من قبل العديد من المؤلفين للأنواع الحية الكاشفة والدالة على أنواع التلوث المختلفة.

منهج هذه الطرق هو التعرف على هذه الكائنات الحية نوعا وكما (بكتيريا، طحالب، عوالق حيوانية، لافقاريات وسمك... الخ) من المواقع الملوثة والغير ملوثة وشرح درجة التلوث ورصده، هذا الأسلوب ممكن

الفصل الحادي عشر

استخدامه فقط لإظهار وإثبات الأضرار الناجمة عن التلوث ولا يساعد في منع التغيرات المستقبلية الناتجة عنه أو لتحديد وقياس تصريف المخلفات.

التلوث الكيميائي وتعدد مصادره الواسعة من المواد الكيميائية المختلفة في هذه الأيام من الصعب أن نجد أي نوع وحيد من الكائنات الحية المائية سواء الحساسة منها أو المتكيفة لهذه الملوثات الكيميائية المتعددة نوعا وكما وخاصة ما يربط هذه الكائنات بعضها ببعض من خلال ردود الفعل.

تركيب المجتمعات

هذا الأسلوب يدخل في مراقبة التغيرات في الغزارة أو الإثراء في الأنواع أو أعداد الأنواع المتواجدة والعلاقة المنتظمة لأعداد أفراد النوع الواحد، أو العلاقة بين الكائنات في المجموعة الرئيسة والربط بينها وبين درجة التلوث حيث سجل عدد كبير من هذه الأدلة الحيوية لهذا الغرض.

يستخدم هذا الأسلوب حاليا بشكل واسع ولقد أثبتت فعالية عالية نظرا لتأثير نوع معين من الملوثات ممثلا بمجموعة من الأحياء وليس بنوع واحد، لذا فالاعتماد عليه كبير.

التحليل الوظيفي الحيوي

لم يستخدم التحليل الوظيفي بشكل عام في تقدير التلوث بالرغم من ذلك يعد ضروريا ومهما. لا يعين تأثير التلوث بتواجد أو غياب الأنواع فحسب بل بأدائها ونشاطها كذلك. هذا الأسلوب يختلف باختلاف أنواع الكائنات الحية، كمثال، مستوى التلوث في الماء ممكن تمثيله من خلال محتوى الكلوروفيل أو الإنتاج الأولي للطحالب، أما في حالة الحيوانات، يظهر تأثير التلوث في الإجهاد في إنتاج الطاقة وإنتاج ونمو البيض.

فحص السموم

هناك أعداد كبيرة من المواد التي يتم تصريفها إلى المياه ولها القدرة إما على قتل الكائنات الحية المائية أو إضعافها، يتضمن فحص السموم دراسة مختلف التراكيز لهذه المواد الكيميائية على الكائنات الحية وإيجاد وتحديد التراكيز الآمنة لهذه المواد الملوثة مما قد يؤدي إلى وقف الضرر أو تقليله على المجتمعات البيئية المائية.

يتضمن تأثير هذه السموم على الكائنات الحية المائية عدا عن الموت التغيرات الأخرى التي تحدثها في سلوك وفسولوجيا وتكاثر أعضاء هذه

الكائنات الحية في الماء

المجتمعات، تجرى فحوصات السموم في المختبرات باستخدام النوع الواحد من الكائنات الحية، وغالبا ما تعتمد هذه الفحوصات على قواعد الموافقة لشروط تصريف المخلفات في المسطحات المائية وتقدير تركيز الكيماويات التي لا تسبب أي ضرر للبيئة.

هذه بعض أنواع الفحوصات المتبعة:

1- فحوصات السمية الحادة قصيرة الأجل:

في هذا الفحص، تعرض الكائنات الحية للعديد من التراكيز من السموم لمدة زمنية قصيرة من 24، 48 و 96 ساعة وتسجل معدلات الوفاة. التركيز القاتل 50 يحسب لكل نوع من السموم أو الملوثات، وهذا يشير إلى التركيز الذي يصل عنده معدل الوفاة إلى 50% في وقت معين، إذا كانت معدلات الوفاة ليست معيارا للحكم فإن التركيز المؤثر 50 هو الذي يسجل أي ما يعني أن هذا التركيز هو المرغوب والمؤثر في 50% من معدل النمو.

2- فحص السمية على جزء من دورة الحياة:

هذا الفحص يتضمن تعريض عدة مجموعات من أفراد النوع الواحد لمختلف التراكيز من السموم خلال جزء من دورة الحياة لدراسة تأثير السموم على مقدرتها على البقاء والنمو والتكاثر. هذا النوع من الفحوصات التي تجرى على أنواع الأسماك التي تحتاج لأكثر من سنة للنضج الجنسي.

في هذه الحالات من الممكن إكمال الفحص في أقل من 15 شهرا، ونبقي تعريض السموم على كل مراحل الحياة. مع السمك، يبدأ التعريض للسموم مع اليافعات الغير ناضجة لمدة شهرين على الأقل وحتى ظهور الغدد التناسلية ويستمر خلال مراحل النضوج والتكاثر ولا تنتهي إلا بعد 30 يوما على الأقل وذلك بعد فقس بيض الجيل الجديد.

3- فحص السمية على دورة الحياة:

يبدأ هذا الفحص مع تكوين الجنين أو خروج اليرقات الجديدة بعمر لا يزيد عن 48 ساعة، ويستمر خلال مراحل البلوغ والتكاثر ولا تنتهي مع السمك قبل 30 يوما من فقس البيض وخروج الجيل الجديد.

الفحصين التاليين يستخدمان في عملية الحساب لأعلى التراكيز المقبولة للسموم:

1- التركيز السمي العالي المقبول:

هو التركيز العالي للسموم والتي ليست لها تأثير عكسي على البقاء، النمو والتكاثر للأنواع المعتمدة على نتيجة الفحص السمي على جزء من دورة الحياة. ومع ذلك، لا يستطيع أن يعطي نتائج بقيم دقيقة للتركيز السمي العالي المقبول، ويستطيع أن يعطي الحدود التي تقع بنطاق التركيز السمي العالي المقبول ويمكن تقديرها كذلك من خلال معامل التطبيق التالي:

التركيز السمي العالي المقبول

معامل التطبيق = التركيز القاتل لمدة 96 ساعة

هذا المعامل ممكن استخدامه لتقدير سم أو ملوث واحد. يتراوح المعامل من 2 إلى 3 لمختلف أنواع السمك للسم أو للملوث الواحد. لذلك، فهو يعتبر عامل ثابت لكل سم أو ملوث.

2- دراسات التجنب (التحاشي):

منذ اعتبار السموم عاملاً للإجهاد لنمو الأسماك بطرق عديدة عدا عن الفناء الحاد، واعتبار تأثيره كسم ثانوي، مثل تأثيراته على الإخصاب، النمو، الحساسية للأمراض أو افتراس الكائنات.

دخول الملوثات لمنطقة ما تتركها غير صالحة لعيش الأسماك، أو أن حياتها تتحور بهذه المناطق، بما أن الأسماك ستعمل على تجنب هذه المناطق، فإن دراسة سلوك هذه الأنواع في المناطق السامة والغير سامة، مثل هذه الدراسات تعرف "بدراسات التجنب" وأثبتت هذه الدراسات أنها مفيدة في تقدير التجنب لمدخل التركيز السام والذي من المفترض عنده أن تتأثر الأسماك، من الممكن الكشف عن تركيز السموم في العديد من الأوساط المائية الطبيعية المختلفة بتطبيق هذه الطريقة وكذلك ممكن تقدير التركيز الآمن لتصريف العديد من الملوثات.

الطحالب

أهمية الطحالب:

الطحالب نباتات بسيطة تعيش أو تسكن مختلف البيئات الطبيعية، ولكنها ملحوظة وبارزة وغالبا ما تتواجد في كل أنواع المسطحات المائية

الكائنات الحية في الماء

بلا استثناء، إنها تحتوي على الكلوروفيل وتختلف في الشكل والمقاس، من وحيدة الخلية الصغيرة والبسيطة في التركيب والخيطية إلى عديدة الخلايا.

الطحالب من الكائنات الضرورية والهامة جدا في العديد من الحسابات، فهي تستطيع أن تنتج 25 جم خلية /م²/يوم في الظروف المثالية كحد أعلى، تعد الطحالب في بعض البحيرات عند 10⁶ خلية/مل من الماء.

المياه الطبيعية الفقيرة بالمواد الغذائية تحوي كثافة منخفضة من الطحالب ولكن بإضافة أي نوع من المواد الغذائية يثير ويطلق نموها، تراكم الطحالب بشكل مفرط تعطي المياه الطبيعية مظهرا زواجا أخضر داكن. التجمعات الطحلبية تنمو في المياه الغنية بالمواد الغذائية، وخاصة التي تستقبل مياه المجاري، التجمعات الطحلبية الطويلة تحجب الضوء من الوصول والعبور إلى المياه العميقة وتخلق ظروف غير هوائية في الطبقات السفلية منها، ومن حين لآخر ممكن أن يتحول المسطح المائي لبيئة غير هوائية مسببا نفوق الأسماك وموت الكائنات الحية الأخرى، المجمعات الطحلبية غير مرغوب بها في المياه المستعملة أو المستغلة وتفسد الصورة الجمالية لمنظر المياه.

نمو وازدياد مثل هذه الطحالب *Spirogyra, Pithophora, Cladophora* يقود إلى فقدان القيم الترويجية للمياه الطبيعية، وكذلك نقشي رائحة كريهة للماء وتزيد ترسبات الوحل في معالجة المياه، وتسبب شبكات المصافي. بعض الطحالب العسوية *Diatoms* لها القدرة على تقصير عمل المصافي في وحدات معالجة المياه مما يؤدي إلى الإغلاق المتكرر لوحداث المعالجة، بعض الطحالب تعطي طعم زيتي، ملحي، حلو ومر للمياه والبعض الآخر ينتج سموم تقتل الماشية وتسبب الأمراض للإنسان، ومع ذلك فالطحالب مهمة جدا في مجال معالجة المياه ومياه المجاري، في المعالجة الحيوية لمياه المجاري، البكتيريا تسبب تمعدن سريع للمواد العضوية مع الأكسجين الحيوي الذي توفره الطحالب.

برك أكسدة مياه المجاري تدعم النمو الغزير للطحالب وأكثرها بروزا:

Euglena, Chlamydomonas, Oscillatoria Crucigenia, Scenedemus

ومن المعروف من الطحالب تدل على مستوى التلوث وتستخدم بشكل واسع في أوروبا وشمال أمريكا لهذا الغرض. مختلف أنواع الطحالب منها:

Micocystis, Oscillatoria, Aphanizomenon, Spirulina, Arthrospira, Lyngbya, Phormidium, Chlorella, Gomphonema, Scenedesmus, Spirogyra, Schizomeris, Chlamydomonas, Pandorina, Nitzschia, Euglena, Phacus....etc.

بينما *Desmids* والعديد من *Cyclotella ocellata, Melosira islandica* تشير إلى نقاء وصفاء المياه.

أنواع الطحالب

تنتشر الكائنات المجهرية الطافية في الماء فرادى أو في مستعمرات ويطلق عليها مجتمعة بالبلانكتون وتشكل الطحالب المجهرية الطافية نسبة كبيرة من النباتات المجهرية الطافية والحيوانات المجهرية الطافية، الطحالب التي تنمو في قاع المسطحات المائية الضحلة تعرف بالطحالب الملتصقة بينما تعرف الطحالب التي تنمو على الصخور، قشور الشجر، سيقان وأوراق النباتات الأخرى بالطحالب الجواله.

تبنى تقسيمات الطحالب على أنواع الصبغات الموجودة بها وأيضا على الصفات الحيوية الأخرى ومنها أنواع المنتجات الك ربوهيدراتية المخزونة بخلاياها ومكونات جدار الخلية وكذلك أنواع أو غياب الأسواط. وتتألف طحالب المياه العذبة (شكل-38) من الأقسام التالية:

1- الطحالب الخضراء المزرقه.

2- الطحالب الخضراء.

3- الطحالب الدياتومية.

4- الطحالب الصفراء.

5- الطحالب السوطية.

6- الطحالب البييرية.

تشخيص الطحالب:

تشخيص الطحالب يستهلك الوقت ومضجر، وتحتاج إلى خلفية من المعلومات لصفات ومميزات الطحالب وخبرة كبيرة قبل تحقيق درجة معقولة من الخبرة بتشخيصها. تشخيص أشكال الطحالب يتم اعتمادا على دراسة المظهر الخارجي، اللون، الصفات المورفولوجية، القياس، البيئة أو الموطن، التركيب الخلوي، صبغات التمثيل الضوئي والصفات التناسلية.

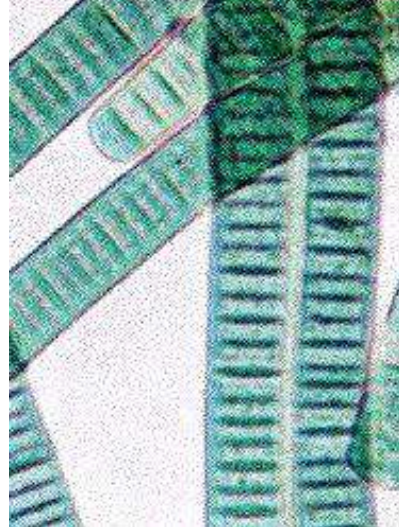
من الأفضل أن نشخص الطحالب بعد الجمع مباشرة دون قتلها أو حفظها، هذا يسمح لرؤية اللون الحقيقي للطحالب وكذلك يكشف صفات

الكائنات الحية في الماء

معينة لا ترى في العينات المحفوظة . ومع ذلك في بعض الأحيان يكون من الضروري أن نصبغ العينة ونعالجها لتشخيص أوضح، وأن نوقف حركة الطحالب، وفي هذه الحالات تضاف قطرة من محلول Lugol's 2-3 ممل من عينة الطحالب، وهذا أيضا يساعد في تشخيص الأسواط الغير مرئية، لصبغ الطحالب ممكن استخدام صبغات *Methylene blue, gentin violet or acid fuchsin* قبل الرجوع لأي مفتاح تشخيصي، يجب أن يأخذ رسم تخطيطي واضح للطحالب بواسطة كاميرا لوسيدا (Lucida) ونسجل أبعادها، الطحالب وحيدة الخلية وذات الشكل الدائري يسجل قطرها، أما الطحالب الخيطية فنسجل طول الخيط الغير مقطوع وطول وعرض الخلية المفردة، ونسجل الطول والعرض لأشكال الأنواع الأخرى، لهذا الغرض يجب أن يدرج المجهر المركب ونزود العدسة العينية للمجهر بمسطرة مترية دقيقة ميكرومتر ويبل العينية Whipple ocular micrometer وهي وحدة قياس لتعداد الكائنات المجهرية الطائفية، في حالة المستعمرات، يسجل مقياس المستعمرة ككل وكذلك قياسات الأفراد، ونسجل أعداد الخلايا في المستعمرة، ويجب أيضا مشاهدة الصفات الأخرى من خلال المجهر المركب ومقارنتها بالصفات المعطاة في المفاتيح التصنيفية المختلفة.



طحالب عسوية



طحالب خضراء مزرقية

الفصل الحادي عشر



طحالب خضراء



طحالب يوجلينية

شكل 38 : بعض أنواع الطحالب المختلفة

العد (الاحصاء):

في جميع طرق العد هناك صعوبة مشتركة وهي عد الكائنات المختلفة بالقياسات، على سبيل المثال، هل يجب عد *Microcystis* وهي مستعمرة للعديد من الخلايا كوحدة وبنفس الوقت عد الخلية الصغيرة من *Chlorella*. الخيط من (*Oscillatoria*) التي من الممكن أن تكون مكسرة أو كاملة) فهل يجب عدها كواحد أو أن تعد كل خلية منها، وبسبب هذه الصعوبة صمم العاملین بهذا المجال وسيلة لتكون طريقة موحدة لكل المسطحات المائية:

- الطحالب الخيطية (*Oscillatoria* - $\mu 10$): ممكن عدها كوحدة.

- مستعمرة (*Microcystis*): وكل المستعمرات المشابهة لها تعد كوحدة تبعا لقياسها.

- المستعمرات ذات 2.4 خلايا مثل *Scenedesmus* ممكن عدها كوحدة. عموما ممكن تقدير النباتات المجهرية الطافية بوضعها تحت مجهر مركب مزود بميكرومتر بالعدسات العينية ونعايرها، يمثل العد للنباتات المجهرية الطافية بوحدة/مل.

الطحالب الملتصقة

الطحالب الغاطسة في رسوبيات المياه كالطين، الصخور، الرمل، النباتات، العوالق.. الخ، يطلق عليها بالطحالب الملتصقة، في المسطحات

الكائنات الحية في الماء

المائية الضحلة والجارية تعتبر من الموزعين المهمين للمواد الحية والإنتاج الأولي، وكذلك هي معروفة باستجابتها السريعة للتلوث. نتيجة لصعوبة جمعها وتقديرها الكمي فهي مهمة في العقود القليلة السابقة أحرز بعض التقدم في دراسة أنظمة الطحالب الملتصقة.

اختيار المواقع:

لا اعتبارات الاختلاف والتنوع في القياس، والشكل والمميزات والخصائص للرسوبيات، يجب اختيار الأساليب والطرق لكل موقع، للحصول على الطحالب التي تعيش على سيقان وأوراق النباتات فإنه يكفي العمل النوعي لإخراجها وغسلها.

تستخدم السكاكين، المكاشط والأدوات المشابهة لها في عملية جمع الطحالب الملتصقة. دوغلاس، وصف طريقة استخدم فيها عصا من الفولاذ مجوفة من أحد نهاياتها بتجويف عمقه يتراوح إلى 5مم وملصق بداخل التجويف شعيرات من النايلون بواسطة مادة صمغية أو زيت خروج ساخن الشعيرات بسلك 0.5 مم وبطول 3.6 مم، نأخذ قارورة بلاستيكية مقطوعة القاع بسعة 50 مل ونضعها على الرسوبيات ونعلم المنطقة بعلامة داخلية لمحيط الدائرة لعنق القارورة، تثبت القارورة على الرسوبيات بإحكام ندخل العصا الفولاذية عبر القاع ونكشط الطحالب، ومن ثم تجمع بواسطة ماصة دقيقة وتغسل القارورة والشعيرات ونحفظها في صندوق (عبوة)، هذه الطريقة ليست دقيقة للدراسات البحثية الجادة وتستخدم حالياً رسوبيات صناعية لتنمية الطحالب عند مختلف مواقع الجمع.

الرسوبيات الصناعية:

مختلف المواد مثل الزجاج (الناعم والمحفور)، الخشب، القرميد المالح، الصخور المصقولة، الأسبستوس والبورسيلين الخ، ممكن أن تعلقاً في عموديا في الماء لمدة أسبوع أو اسبوعان حتى يتوفر نمو جيد وكافي من الطحالب. الطحالب من هذه الرسوبيات ممكن أن تفحص مباشرة أو تخضع للمعالجة، الطحالب المجموعة تغسل وتحرر من الأتقاض والمواد المعدنية وتحفظ بنفس طريقة حفظ النباتات المجهرية الطافية.

العد:

الفصل الحادي عشر

تعلق الطحالب في حجم مناسب من الماء وتعد من خلال طريقة خلية سيدويك - رافتر كالكائنات المجهرية الطافية نعبر عن الكثافة في النمو بخلية/م² من المياه السطحية.

طريقة خلية سيدويك - رافتر:

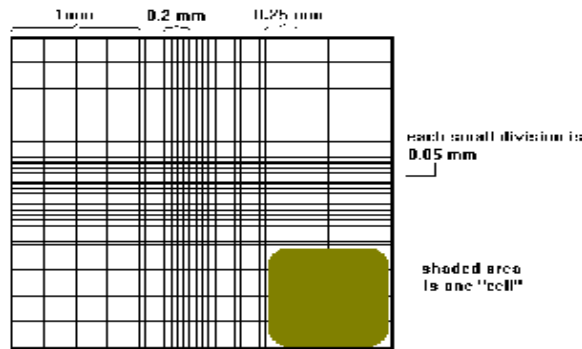
هذه الخلية (شكل - 39)، من الأساليب الأكثر استخداما لعد العوالق الحيوانية والنباتية، عموما فالخلية تتوفر بطول 50 مم، وعرض 20 مم وعمق 1م، حجم الخلية 1م³، لعملية العد نرج العينة لتوزيع الكائنات بشكل متساوي وبواسطة ماصة ننقل بالضبط 1م³ من العينة إلى الخلية ونغطيها بغطاء زجاجي بحذر لتفادي ظهور فقاعات هواء، نسمح للطحالب بالركود لبعض الوقت ونتابع العد تحت المجهر، نعد الطحالب الموجودة في الخلية في 1م³، نحرك الخلية أفقيا وعموديا وتغطية كل المنطقة، نكرر الخطوات بأخذ قطرة أخرى ونتابع حتى نعد 10 نسخ أو حتى عد 100 طحلب من الأنواع الهامة القليلة.

الحسابات:

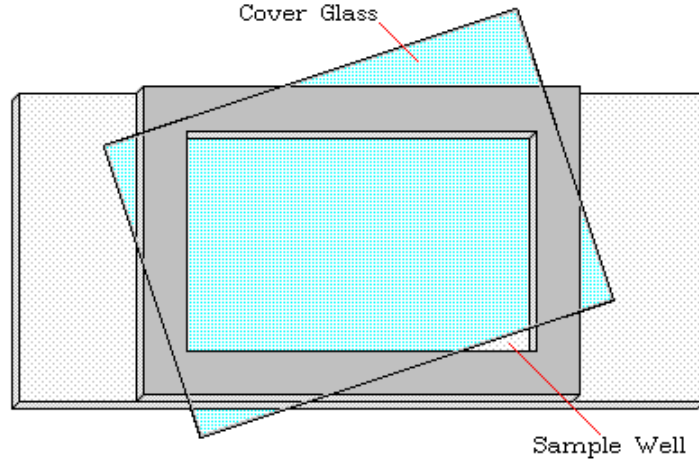
$$C = \frac{\text{العدد الحقيقي} \times \text{العدد المجرد}}{\text{حجم المجرد في مل}} = \text{الكائنات/مل من الطحالب المعلقة}$$

$$D = \frac{C \times \text{المجموع الحجمي للطحالب المعلقة}}{\text{منطقة (مساحة) الرسوبيات مم}^3} = \text{الكائنات/مم}^2 \text{ من رسوبيات السطح}$$

$$D \times 10^6 = \text{الكائنات/م}^2$$



الكائنات الحية في الماء



شكل: 39 - خلية سيدويك - رافتر

الفصل الثاني عشر الأحياء الدقيقة في الماء

الأحياء الدقيقة في المياه

مقدمة:

يتمتع فحص الجرثوميات (الأحياء الدقيقة) في المياه بمكانة خاصة في دراسات التلوث، حيث تقيس مباشرة التلوث على صحة الإنسان، تجري الفحوصات للجرثوميات في الماء روتينيا لضمان أمان ماء الشرب وجودته، مراقبة جودة المياه المستخدم في وسائل التسلية أو الترويح عن النفس، الاستخدام الزراعي والصناعي وكذلك تقييم مصادر المياه المرتقبة أو المأمولة كمصادر لمياه الشرب.

الكائنات الحية الدقيقة في الماء متضمنة العديد من البكتيريا الضارة وبنفس الوقت مفيدة لأغراض إنسانية أخرى. لذا، فالماء الملوث من الممكن أن يؤوي العديد من البكتيريا التي لها القدرة على إصابة الإنسان بأمراض عدة مثل حمى التيفوئيد، الزحار، الإسهال والكوليرا هذه الكائنات الحية الدقيقة، تعرف بالبكتيريا الممرضة أو المعدية والتي توجد في المسطحات المائية الملوثة من خلال مياه المجاري والصرف المنزلية ومصادر الملوثات الأخرى، وتزاح من خلال عمليات المعالجة للمياه، مع ذلك، فهي عرفية وكذلك مهمة للكشف عن وجودها في مصادر مياه الشرب الطبيعية.

التقدير والكشف عن أنواع هذه البكتيريا عمل مضجر وممل لوجود الأعداد القليلة جدا والتقنيات المعقدة، وهناك نوع آخر من المؤشرات البكتيرية التي تعرف بالبكتيريا القولونية، والتي تلقى وتصرف للمياه من أمعاء الإنسان والحيوانات ووجودها يدل على احتمالية تواجد مسببات العدوى (الميكروبات الممرضة).

مجموعة البكتيريا القولونية تشمل كل من البكتيريا الحقيقية، الهوائية سالبة الجرام Gram negative، البكتيريا الغير بوجية عصوية الشكل، حيث لها القدرة على تخمير سكر اللاكتوز بانطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون وحمض اللاكتيك خلال 48 ساعة عند 37 °س. المجموعة البكتيرية القولونية تشمل كل من *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* & *Klebsiella*

الأحياء الدقيقة في المياه

كلها من أصل إنساني لكن من الصعب تقديرها منفردة ولذلك فكل مجموعة البكتيريا القولونية تستخدم كدليل أو كاشف في الفحوص الروتينية التأكيدية لجودة مياه الشرب، الرقم الحقيقي للقولونيات غير مسجل ولكنها تسجل بالعد التقريبي الرقم الأكثر توقعا (MPN) Most probable numbers.

الجمع:

تكرار عملية جمع العينات في الفحوص البكتيرية الأحيائية مهم للغاية، والتي تعتمد على نوع التحليل، في المياه المعروفة بتلقيها للملوثات، تجمع عينة واحدة كل أربعة أيام، ولكن في الأنواع الأخرى فجمع عينة واحدة لمياه الشرب تكون كافية وتؤدي الغرض المطلوب، فالمواعيد المعطاة من خلال الثوابت يجب إتباعها وتطبيقها. مواقع جمع العينات للمياه الطبيعية يتم اختيارها تبعا لخطة الدراسة، في الفحص البكتيري الأحيائي لا يجب أخذ عينات مجزئة، العينة يجب أن تكون ممثلة للجودة البكتيرية، لذلك، يجب أخذ أقصى درجات الحرص والحيطه لتفادي التلوث. يمكن استخدام قوارير BOD المعقمة مسبقا عند 121°س لمدة 15 دقيقة والمغلقة بغطاء ورقي من الخارج، ويجب إضافة 2,0 من 3% من محلول ثيوكبريتات الصوديوم لهذه القوارير قبل التعقيم إذا كانت عينة الماء تحتوي على بقايا من الكلور، بينما عينات المياه الطبيعية والبرك، القوارير مسدودة تغطس في الماء عند عمق 15 - 30سم. يجب أن تحمل هذه القوارير من القاعدة في يد، وفي اليد الأخرى السدادة والغطاء يسحبا معا. يجب أن تحفظ في اليد بينما تملئ القارورة ومن ثم إعادتها معا والقارورة المملوءة تسحب للأعلى، نبقى على حوالي 3 سم من الفراغ (الهواء).

العينات من الصنبور، نزيل التركيبات الخارجية للصنبور من ملحقات ونعقم الصنبور بحرق قطنة مشبعة بالكحول الايثيلي حتى يسخن الصنبور تماما. وبعد ذلك، يسمح للماء بالتدفق لمدة دقيقتين ومن ثم تفتح القارورة بالقرب من الصنبور ويجمع الماء وتغلق القارورة فورا، نتجنب التلوث باليد.

النقل، الحفظ والتخزين:

يجب أخذ العينات فورا بعد الجمع للمختبر للفحص، إذا كانت إجراءات النقل لا تتم في خلال ساعة، تنقل العينات المجموعة في الثلج. في المختبر، إن لم يكن بالإمكان إجراء الفحوصات مباشرة تحفظ العينات عند

الفصل الثاني عشر

4°س حتى ستة ساعات وبجميع الأحوال يجب أن لا تتعدى مدة الحفظ للعينات الـ 24 ساعة.

العد القياسي للأطباق

أهمية العد القياسي للأطباق بأنه يعطي كثافة البكتيريا الحقيقية والهوائية في الماء، والتي تستطيع النمو عند 37°س. قيمة العد القياسي للأطباق مفيدة كمحذر ومنبه لزيادة النمو البكتيري وكذلك الحكم على كفاءة عمليات معالجة المياه ومياه المجاري بإزاحة الكائنات الحية الدقيقة. الطريقة تتضمن تلقیح عينة الماء بأخذ تخفيفات مناسبة من العينة على بيئة مناسبة في أطباق بتري معقمة وتعد المجاميع والمستعمرات الناتجة في الأطباق بعد التحضين.

الأدوات والمواد:

حاضنة مع درجة حرارة مستقرة عند 37°س، أطباق بتري معقمة بقطر 10سم، دوارق مخروطية (150مل)، ثرموميتر، ماصات معقمة، عداد المستعمرات، حمام مائي، موقد غاز أو مصباح كحولي.

الخطوات:

- 1- اختر التخفيفات بناء على العد القياسي للأطباق المتوقع. عامة يحضر الغير مخفف 0:1 ومخفف 100 مرة 100:1
- 2- رج العينة جيدا ثم اعمل منها تخفيفات مختلفة 100:1 بأخذ 1مل بالماصة من العينة الأصلية وإضافتها إلى 99مل من الماء المخفف، حضر تخفيفات إضافية في قوارير تخفيف معقمة باستخدام ماصات مختلفة في كل مرة.
- 3- انقل 1مل و 0.1مل من العينات الغير مخففة والمخففة في ظروف صحية غير ملوثة إلى أطباق بتري مدرجة (معقمة)، بعد صب العينة لامس طرف الماصة لنقطة جافة في الأطباق.
- 4- بعد ذلك صب 12 – 15مل من البيئة السائلة عند درجة حرارة 44-46°س في أطباق البتري بفتحها برفق، اخلط البيئة جيدا مع العينة في أطباق البتري، تقلب الأطباق بعد تجميدها وتحضن عند 37° لمدة 48 ساعة.

الأحياء الدقيقة في المياه

5- بعد التحضين تعد المجاميع والمستعمرات الناتجة في الأطباق وتدون النتائج ونحسب العد القياسي للأطباق/مل من عينة الماء كما يلي:

التخفيف	عدد المستعمرات/طبق	العدد القياسي = $\frac{\text{عدد المستعمرات}}{\text{معامل التخفيف}}$	المتوسط
1مل من غير المخففة			
0.1مل من غير المخففة			
1مل من 100:1			
0.1مل من 100:1			

العدد التقريبي لمجموعة القولون:

هناك عمليتين تقنيتان لتقدير الرقم الأكثر توقعا لمجموعة القولون في عينة الماء، تقنية أنابيب التخمر المتعددة والمرشح الغشائي.

تقنية المرشح الغشائي تتضمن ترشيح كمية معلومة من عينة الماء من خلال مرشح غشائي ذو مسامات بسيطة ودقيقة الحجم. هذا المرشح مع البكتيريا العالقة فيه توضع في طبق البتري مع بيئة الأجار، بعد ذلك تُلحَق في ظروف مناسبة، تعد المستعمرات والمجاميع وتحسب كثافة البكتيريا لكل 100 مل من الماء. ولكن، هناك بعض أنواع المياه لا يمكن فحصها من خلال هذه الطريقة، وخاصة المياه التي لها عكورة أو أعداد عالية من البكتيريا.

تقنية أنابيب التخمر المتعددة هي الأكثر استخداما لسبب ملائمتها لمعظم أنواع المياه، التقنية تتضمن تلقيح العينة أو عدة تخفيفات في بيئة سائلة مناسبة، بعد انتهاء فترة التحضين، تفحص الأنابيب بتكون الغاز من قبل أفراد المجموعة القولونية ويعرف هذا الفحص بالاختبار الاحتمالي. ونظرا لوجود بعض الكائنات الدقيقة من غير المجموعة القولونية التي تستطيع إنتاج الغاز، تخضع الأنابيب للاختبار التحقيقي للعينات التي

الفصل الثاني عشر

تعطي اختبارا تحقيقيا موجبا يجرى الاختبار التكميلي لها. تحسب كثافة البكتيريا على أساس الايجابية والسلبية للأنابيب باستخدام جداول العد القياسي للأطباق.

الأدوات والمواد:

أنابيب التخدير أو أنابيب اختبار، 25 مل و 50 مل، انشودة تلقيح أو سلك بلاتينيوم، أنابيب درهام، حمام مائي، مجهر متطور.

الاختبار الاحتمالي:

لاختبار وجود مجموعة قولونية، تلقح بيئة بوبون اللاكتوز بعينة المياه المراد فحصها، فإذا تكون غاز حوالي 10% من حجم أنبوبة درهام أو أكثر في ظرف 24 ساعة يعتبر الاختبار موجب والعينة ملوثة وغير صالحة للشرب . وإذا لم يتكون غاز يعتبر الاختبار سالب والعينة غير ملوثة وتعتبر صالحة للشرب ، أما إذا تكون حامض وغاز بنسبة قليلة عن 10 % من حجم الأنبوبة يتم تحضين العينة مرة أخرى لمدة 24 ساعة فإذا تكون غاز بأي نسبة تع تبر العينة مشكوك فيها ويجرى عليها باقي الاختبارات وإذا لم يتكون غاز بعد 48 ساعة دل ذلك على عدم التلوث وصلاحيه المياه للاستخدام.

الخطوات:

- 1- لقح الأنابيب المحتوية على بيئة بوبون اللاكتوز بعينة الماء.
- 2- تحضن الأنابيب عند 37°س / 24 ساعة.
- 3- اختبر الأنابيب لوجود حمض وغاز بعد فترة التحضين السابقة.
- 4- حضن لمدة 24 ساعة أخرى الأنابيب التي لم تعطي غاز ثم دون النتائج.
- 5- إذا لم يتكون غاز بعد 48 ساعة تعتبر النتيجة سالبة ولا داعي لإجراء الاختبارات الأخرى.

الاختبار التحقيقي:

إذا كان الاختبار الاحتمالي السابق مشكوكا فيه بمعنى ظهور أي كمية من الغاز بعد 48 ساعة تحضين فيتم إجراء الاختبار التحقيقي الآتي:

الأحياء الدقيقة في المياه

تحضر بيئة الـEMP بإضافة الأيوسين الحامضية وصبغة الميثيلين الأزرق القاعدية إلى أجار اللاكتوز المغذي. تصب البيئة في أطباق بتري، وبعد التصلب تُلَقَّح و تحضن ثم يتم الفحص بناء على لون المستعمرات البكتيرية الناتجة، حيث أن الميكروبات التي لا تخمر سكر اللاكتوز غالباً ما تكون شفافة على هذه البيئة إذ أن الصبغة لا تمتص على الخلايا في الوسط القلوي.

الأدوات والمواد:

أطباق بتري بها بيئة EMP - مزارع نقية من *E. coli aerogenes* & *Enterobacter* عمرها 24 ساعة.

الخطوات:

- 1- قسم قاع طبق البتري المحتوي بيئة EMP الى ثلاثة أقسام باستعمال قلم شمع.
- 2- لُقِّح القسم الأول بميكروب *E. coli* والقسم الثاني بميكروب *E. aerogenes*، لُقِّح القسم الثالث بواسطة العينة التي أعطت نتيجة مشكوك فيها من الاختبار السابق وذلك بطريقة التخطيط.
- 3- حضن الأطباق على 37° س / 24 ساعة.
- 4- بعد فترة التحضين اختبر المستعمرات الناتجة وقارن المستعمرات الناتجة من العينة المشكوك فيها مع تلك الناتجة من المزارع النقية.
- 5- دون نتائجك.

الاختبار التكميلي

يجرى هذا الاختبار على العينات التي أعطت اختباراً تحقيقياً موجباً وذلك للتأكد من:

- 1- أن الميكروب المعزول يستطيع تخمير اللاكتوز.
 - 2- أن الميكروب المعزول يظهر بالفحص الميكروسكوبي عصوي G وغير متجرثم.
- الأدوات والمواد:

أطباق الاختبار السابق EMB التي أظهرت نتيجة موجبة، أنابيب بيئة بوبون اللاكتوز لاختبار التخمر، صبغة جرام، أجار مغذي مائل.

الخطوات:

الفصل الثاني عشر

- 1- قم بتلقيح أنابيب بوبون اللاكتوز من المزارع المائلة الناتجة من أطباق EMP.
- 2- حضن الأنابيب على 37°س / 24 ساعة.
- 3- بعد فترة التحضين حضر غشاء من المزارع المائلة التي أعطت نتيجة ايجابية.
- 4- افحص ميكروسكوبيا بالعدسة الزيتية لتشاهد عصويات قصيرة سالبة لجرام غير متجرثمة.
- 5- يعتبر الاختبار موجب إذا كانت النتيجة موجبة في الخطوة 3، 4.
- 6- دون نتائجك ثم اكتب تقرير مفصل على حالة عينة المياه من حيث صلاحيتها للاستخدام الأدمي.

صبغ البكتيريا

لما كانت الخلايا البكتيرية شفافة، لذلك فهي تصبغ حتى يسهل رؤيتها في التحضيرات المجهرية. وعلاوة على ذلك فان صبغ البكتيريا يعتبر ضروريا في كثير من الأحيان لسهولة التعرف على بعض التركيبات الخلوية الخارجية، مثل الأسواط والغلاف أو الداخلية مثل الحبيبات والجراثيم الداخلية، والأجسام النووية وغيرها من التركيبات الداخلية الدقيقة.

وتقسم الصبغات المستعملة إلى:

- 1- صبغات طبيعية.
- 2- صبغات صناعية أو تركيبية.

الصبغة:

هي مركب عضوي يحتوي على مجموعات حاملة للون ومجاميع مساعدة للألوان متصلة بحلقة بنزين.

وهناك نوعان من الصبغات:

1- **الصبغ البسيط:** ويقصد بالصبغ البسيط استعمال صبغة مفردة في صبغ خلايا البكتيريا.

2- **الصبغ المركب:** حيث تستعمل في هذه الطرق أكثر من صبغة واحدة، ويعرف هذه النوع من الصبغ أيضا بالصبغ التفريقي، وخاصة عندما تجرى التفرقة بين البكتيريات تبعا لقابليتها للأصباغ المستعملة، وعلى

الأحياء الدقيقة في المياه

أساس ذلك يمكن تقسم البكتيريات في مجاميع مختلفة تبعاً لتفاعلها مع الصبغة.

3- وتعتبر صبغة جرام والصبغ المقاوم للأحماض من أهم طرق الصبغ المركب أو التفريقي المتبعة في الدراسات البكتيريولوجية.

نظرية الصبغ

هناك عدة نظريات يفسر على أساسها الاصطباغ عند استعمال الصبغات المختلفة منها ما يستند على أسس:

1- فيزيائية:

وهي تفاعل بين مادتين دون أن يتكون مركب جديد نتيجة للتفاعل وتفسر عملية الاصطباغ بأنها نتيجة الخاصية الشعرية أو القوى الاسموزية أو إلى الامصاص أو الامتصاص.

2- كيميائية:

يتكون نتيجة للتفاعل الكيميائي بين الصبغة والمادة المصبوغ مركب جديد له صفات طبيعية وكيميائية مختلفة عن المواد المتفاعلة الأصلية، وبالتالي لا يمكن استرجاع المواد المتفاعلة الأصلية بواسطة المذيبات البسيطة.

صبغة جرام

الأساس:

أهم طرق الصبغ التفريقي وأول من استعملها "كريستال جرام" - 1884، لذلك فهي تعرف باسمه، وعند إتباع هذه الطريقة نجد أن بعض البكتيريات تصبغ بالصبغة القاعدية " الكريستال البنفسجي في وجود اليود، بدرجة لا يمكن معها إزالة الصبغة من الخلايا عن طريق الغسيل بالكحول أو الأسيتون، في حين أن البعض الآخر من خلايا البكتيريا يمكن إزالة الصبغة منها بسهولة باستعمال الكحول. والمجموعة الأولى من البكتيريات تعرف بالبكتيريا الموجبة لتفاعل جرام. أما المجموعة الثانية فهي تعرف بالبكتيريا السالبة لتفاعل جرام، ولتسهيل مشاهدة المجموعة الثانية تستعمل صبغة أخرى ذات لون أحمر مثل السفرانين، والتي تضاف بعد الغسيل بالكحول وتسمى بالصبغة العكسية حيث تصطبغ الخلايا السالبة بعدها باللون الأحمر.

ويبدو أن التفسير الحقيقي لهذا الاختلاف يرجع الى أسس كيميائية، إذ أن سطوح الخلايا الموجبة لصبغة جرام أو الجزء القريب من سطوحها، يحتوي على كميات من ملح المغنيسيوم الريبونيوكليك والتي تكون مر كب معقد مع كل من البروتين الخلوي وصبغة الكريستال البنفسجية واليود، وهذا المركب المعقد يثبت الصبغة في الخلية ويجعلها أكثر مقاومة للإزالة عند الغسيل بالكحول . أما البكتيريا السالبة لصبغة جرام فان التركيب الكيميائي لسطح خلاياها لا يحتوي على حمض الريبونيوكليك و المغنيسيوم، لذلك فان صبغة الكريستال البنفسجي لا تثبت في الخلايا بالطريقة السابق وصفها فهي تزال عند الغسيل بالكحول.

وبالرغم من أن البكتيريات السالبة لصبغة جرام تظل باستمرار سالبة لهذه الصبغة، إلا أن البكتيريات الموجبة يمكنها تحت ظروف خاصة أن تظهر تفاعلات متباينة مع هذه الصبغة أو أن تفقد ايجابيتها لها، فمثلا المزارع الموجبة لجرام قد تفقد خلاياها القدرة على الاحتفاظ بصبغة الكريستال البنفسجي عندما تتقدم في السن وتصبح سالبة لها، وكذلك قد تتأثر الخلايا الموجبة لجرام عند ارتفاع حموضة البيئة، كما تفقد الخلايا الموجبة لجرام ايجابيتها إذا عوملت خلاياها بإنزيم Ribonuclease الذي يذيب Ribonucleic acid أو أملاحه من السطح الخلوي، أو إذا سحقت الخلايا الموجبة لجرام مع برادة الزجاج أو الألمنيوم لتكسير جدرانها الخلوية فان بقايا الخلايا المهشمة تفقد ايجابيتها لهذه الصبغة.

الخطوات:

- 1- حضر غشاء من المزرعة البكتيرية النامية على آجار مائل لمدة 24-48 ساعة، ويثبت بتمريره على اللهب لعدة مرات.
- 2- انتظر حتى تبرد الشريحة، ثم أغمر الغشاء بمحلول صبغة الكريستال البنفسجي لمدة دقيقة.
- 3- تخلص من محلول الصبغة، ثم اغسل الشريحة بالماء الجاري.
- 4- أغمر الغشاء بمحلول اليود لمدة دقيقة.
- 5- تخلص من محلول اليود ثم اغسل الشريحة بالماء الجاري، ثم أتركها لتجف في الهواء.
- 6- اغسل الغشاء بمحلول كحول الايثانول (95%) وذلك بإضافته للشريحة نقطة فنقطة مع إمالة الشريحة ليتساقط منها الكحول بعد مروره على الغشاء، وتستمر الإضافة حتى يصبح الكحول المتساقط عديم اللون.

الأحياء الدقيقة في المياه

- 7- اغسل الغشاء بعد ذلك بالماء الجاري.
 - 8- أغمر الغشاء بمحلول صبغة السفرانين لمدة نصف دقيقة.
 - 9- تخلص من محلول الصبغة ثم اغسل بالماء الجاري.
 - 10- اترك الشريحة حتى تجف تماما في الهواء . يمكن الإسراع في التجفيف بتعريض الشريحة إلى الهواء الساخن فوق لهب مصباح بنزن.
 - 11- ضع نقطة من زيت السدر على الغشاء ثم افحص مجهريا باستعمال العدسة الزيتية.
- إذا كانت الخلايا بنفسجية تكون البكتيريا موجبة لجرام وإذا كانت حمراء تكون البكتيريا سالبة لجرام.**

الكشف عن السالمونيلا

الجنس سالمونيلا ضمن عدد من الكائنات السالبة لجرام، عصوية غير بوغية، بعرض $0.4-0.6\mu$ وطول $1-3\mu$ ، وبعض الأحيان تكون خيوط قصيرة. الأهمية المبكرة للسالمونيلا تسببها لمرض حمى التيفوئيد. ومع ذلك، فإصابة الإنسان بالتيفوئيد تتضاءل ويبقى الاهتمام بهذا الجنس مستمر لسبب وجود عدد كبير من الأنواع التي تسبب شبيه بالتيفوئيد وهناك حوالي 1000 عضو من هذا الجنس " السالمونيلا " التي تسبب هذا المرض.

الأدوات والمواد:

مرشح خزفي أو دياتومي، وحدة ترشيح بمضخة تفريغ، وسادة امتصاص أو ورقة ترشيح سيليلوزية، أطباق البتري (10سم)، حاضن، حمام مائي وإبرة تلقح.

الخطوات:

التركيز والاثراء:

تركيز العينة هي الخطوة الأولى للكشف عن السالمونيلا، نظرا للكثافة المنخفضة لها في جميع أنواع المياه، ولهذا الغرض تطبق خطوات الترشيح الدياتومي أو الخزفي، لعمل ذلك، نثبت الطين الدياتومي بأعلى ورقة ترشيح سيليلوزية في قمع بشنر ونرشح 1-21 من العينة من خلاله. بعد الترشيح، نزيل الطين الدياتومي ونقسمه إلى عدة أجزاء باستخدام ماصة. ننقل هذه الأجزاء لعدة أنابيب تحتوي على مرق مغذي وحضنه عند 37°C لمدة 24-96 ساعة. تكون العكورة دليل على نمو البكتيريا، من

الفصل الثاني عشر

المفضل إبقاء نفس المجموعة عند 35°س و 41.5°س لنمو أفضل
للسالمونيلا.

العزل:

1- حضر مغذيات (XLD) Xylose lysine deoxycholate ، Brilliant green (BG) و Bismuth sulphite (BS) في أطباق البتري.

2- خطط أطباق البتري بنقل ملء عقدة من المزرعة بواسطة إبرة التلقيح ذات العقدة من أنابيب المغذيات.

3- حضن طبق بتري واحد من كل بيئة عند 37°س والآخر عند 43°س.
حضن أطباق XLD لمدة 24 ساعة و BG- BS لمدة 48 ساعة.

4- بعد انتهاء مدة التحضين، افحص الأطباق بظهور المستعمرات، راجع الجدول التالي للتشخيص.

المغذيات	السالمونيلا
1- Bismuth sulphite agar مستعمرات دائرية سوداء فحماء مع أو بدون لمعان. مستعمرات خضراء مسطحة أو ظاهرة قليلاً.	<i>S.typhi</i> <i>S.enteritidis</i> <i>S.schottmuelleri</i> <i>S.typhimurium</i> <i>S.paratyphi</i> <i>S.cholerae - suis</i>
2- Brilliant green agar مستعمرات معتمة غير شفافة بلون زهري - أبيض فاتح محاطة ببيئة حمراء لامعة.	<i>Salmonella sp.</i>
3- XLD agar مستعمرات مركزية حمراء اللون	<i>Salmonella sp.</i>

الفصل الثالث عشر الكتلة الحيوية

الكتلة الحيوية

مقدمة:

هو الفحص الذي تستخدم فيه الكائنات للكشف عن وجود أو تأثير أي عامل فيزيائي، عامل كيميائي أو أي عامل يكدر البيئة، إنها بالغة الشيعوع في دراسات تلوث المياه وتستخدم بشكل كبير من قبل وكالات الضبط والتنظيم في السماح لتصريف التراكيز المأمونة لمختلف أنواع المخلفات ، هذا الفحص يستخدم لإيجاد عدد من التطبيقات الأخرى في الدراسات الحديثة، مثال لذلك، دراسة تأثيرات بعض الكيماويات، تحديد فعالية طرق معالجة المخلفات وتركيز الكيماويات التي من الممكن استخدامها دون تأثيرات عكسية، يتضمن الفحص تعريض الكائنات الحية للسموم لمدة معلومة في البيئة المختبرية وتسجيل عدد الوفيات أو التأثيرات الأخرى خلال هذه المدة، من الممكن أن تكون العملية لمدة قصيرة 24 – 96 ساعة أو لفترة طويلة تغطي دورة حياة الكائن.

العملية ممكن أن تكون إما مستعمرة حيث تبقى الكائنات والسموم في نفس عينة الماء طول فترة الفحص، متجدد حيث تتجدد السموم دوريا أو التدفق المستمر حيث تعرض الكائنات الحية في أوعية بها ترتيبات لتدفق مستمر لتراكيز السموم، ممكن إجراء العملية باستخدام عدة أنواع من الكائنات الحية، مثل، الطحالب، العوالق الحيوانية واللافقاريات الكبيرة لكن تستخدم الأسماك بشكل واسع وشائع لهذه العملية.

الخطوات العملية التقليدية على الأسماك لا يمكن أن تطبق في دراسة كل أنواع السموم المختلفة، تطبيقاتها ممكن أن يحقق:

- 1- لدراسة تأثيرات مختلف طرق معالجة مياه المجاري.
- 2- لمراقبة آثار تصريف المخلفات على أي بيئة مائية.
- 3- غربلة مختلف الكيماويات مثل المبيدات الحشرية، الكيماويات العضوية الصناعية... الخ. دراسة تأثيراتها البيئية عند مستويات تجريبية ودراسة علاقة السموم مع مختلف أنواع الكيماويات.

متطلبات العملية:

- 1- أوعية الفحص: حوض زجاجي دائري أو مستطيل بسعة 10 – 25 لتر.

الكتلة الحيوية

- 2- حوض تكيف: حوض زجاجي بسعة 50 – لتر.
- 3- صانع فقاعات هوائية أو مضخة أكسجين.
- 4- شبكة أسماك: لنقل السمك في المختبر.

اختيار وأقلمة حيوانات الفحص:

من الأفضل أن تكون الأسماك المختارة من نفس المنطقة، من الأحسن اختيار أنواع ذات أهمية اقتصادية، سمك السلمون المرقط، أسماك المياه العذبة الصغيرة جدا في الحجم أو الشبوط من الكائنات الحية المستخدمة بشكل واسع للمياه العذبة يجب أن تكون حساسة للسموم، ممكن أن تجمع من المسطحات المائية المحلية أو الحصول عليها من البائعين. يجب أن تأقلم لظروف المختبر لمدة أسبوع على الأقل في ظروف مناسبة لبيئتها الأصلية تتطلب عيانة خاصة للحفاظ على نفس الأكسجين المذاب، درجات الحرارة، الأس الهيدروجيني والعسرة. خلال فترة التأقلم، نزيح كل الكائنات التي تظهر عليها علامات المرض، نغذيها بأي أطعمة للأسماك أو أرز مطحون، بعد انتهاء هذه الفترة، نعرض الأسماك للظروف الأكسجين المذاب، الأس الهيدروجيني، درجات الحرارة والقلوية بشكل رئيسي والتي ستعرض لها خلال العملية لأسبوع آخر، أوقف التغذية قبل 24 ساعة من إجراء الفحص ولا تغذى خلال الفحص.

تحضير مختلف التراكيز:

يفضل تحضير التراكيز المختلفة باستخدام الماء من نفس المصدر الذي جمعت منه الأسماك، وان كان غير ممكن الحصول على نفس المياه، تحضر غالبا من نفس نوعية المياه تسمى بالمياه المخففة باستخدام مياه الصنبور الخالية من الكلور أو من مسطح مائي غير ملوث وضبط الأس الهيدروجيني، العسرة والقلوية لها، تضاف السموم للماء المخفف المحضر لتحضير التراكيز المختلفة، يجب أن تخلط السموم مع الماء جيدا، بعض المواد مكن أن تحتاج لمذيبات خاصة، لأنها لا تذوب في الماء، لهذا ممكن أن نستخدم الأسيتون، كحول الميثانول والايثيل، تحفظ مستوى الأكسجين المذاب في التراكيز المحضرة ليس اقل من 5مجم/لتر، من المستحسن تهوية المياه جيدا قبل إضافة السموم.

الخطوات:

- 1- اختار تركيز السموم ، حضر مجموعة من الأوعية ممكن أن تكون من الزجاج أو ألياف زجاجية بسعة 10 لتر على الأقل اعتمادا على نوع الكائنات المستخدمة، املئ الأوعية بالمياه المخففة بالكميات المطلوبة.

الفصل الثالث عشر

- 2- صب كميات معلومة من السموم لهذه المجموعات لتحضير التراكيز المطلوبة، ابقى على عينة ضابط تحوي فقط ماء مخفف ، إذا استخدم أي مذيب لإذابة السموم، يكون الضابط من الماء المخفف والكميات المختلفة من المذيب . يستحسن تحضير نسخة من هذه المجموعة لكل من التركيزات.
- 3- قدر قيمة الأكسجين المذاب، الأس الهيدروجيني، القلوية والعسرة للتراكيز والتأكد من توفير الظروف المناسبة.
- 4- ضع الأسماك داخل الأوعية الأولى والثاني بنفس الوقت، على الأقل يجب وضع 10 أسماك في الوعاء الواحد ولكن من ناحية أخرى، يجب أن يكون وزن السمكة على نحو عادي لا يزيد عن 0.5 جم/لتر من الماء، السمكة ذات حجم صغير وطول لا يتعدى الـ 5سم مناسبة. يراعى أن تكون الأسماك المستخدمة بنفس الطول والوزن.
- 5- سجل عن قرب سلوك الأسماك لأول ساعتين . تزال الأسماك الميتة مباشرة وتعد، السمكة التي لا تستجيب بعد نقرها بقضيب زجاجي مرتبة على الأقل يفترض أن تكون ميتة.
- 6- راقب مستوى الأكسجين المذاب عند فترات متكررة و يعدل أي انحراف مباشرة بالتهوية.
- 7- تقاس الحرارة للماء لوعاء واحد على الأقل، يجب أن لا تتغير عن 2°س عن درجات الحرارة عند بداية التجربة.
- 8- يقاس الأس الهيدروجيني، القلوية والعسرة كل 24 ساعة.
- 9- تعد الكائنات الميتة أو المتأثرة في كل وعاء عند كل 24 ساعة حتى 96 ساعة.
- 10- في بعض الأحيان، يطلب عد الكائنات الميتة عند 1، 5، 3، 6، 12، 24 ساعة في اليوم الأول ومرة أو مرتان في اليوم للحصول على منحنى جيد وبشكل واضح، من المحتمل عدم الحصول على منحنى واضح بسبب كثرة الوفيات عند أوقات مختلفة مثل، 24، 48 أو 96 ساعة، يجب أن نعلم أن الحصول على منحنى بشكل مناسب أهم من الفترات الزمنية المحددة، في هذه الحالات، لا تسجل العملية بالأوقات المحددة مسبقاً لكن تسجل للساعات التي يكون المنحنى عندها مناسب.
- 11- نسجل كذلك التغير في الحركة والتغيرات الجسمية الأخرى للأسماك خلال فترة الفحص.

الكتلة الحيوية

الحسابات والتأقلم للنتائج:

تسجل الحسابات على ورق بياني مع التركيز في مسطرة والوفيات أو أي تأثير آخر على مسطرة حسابية. يرسم خط من 50 % مستوى الوفيات للخط البياني ويوصل للتركيز، هذه التراكيز، التركيز القاتل والتركيز المؤثر لمدة معينة ومحددة مثل التركيز القاتل لـ 24 ساعة أو التركيز المؤثر لـ 96 ساعة، بينما ونحن نسجل نتائج العملية، يجب علينا ذكر طول، وزن و pH، الأكسجين المذاب وكذلك درجات الحرارة للأسماك المستخدمة التي يجري عندها الفحص.

دراسات التفادي أو التحاشي

دراسات التفادي أو التحاشي باستخدام الأسماك من الطرق الشائعة لقياس تأثير مختلف التراكيز للملوثات مواد سامة، مخلفات صناعية... الخ على الأسماك، في هذه الطريقة، البيئة الملوثة والغير ملوثة تؤخذ إلى المختبر في نفس الأوعية، وتدخل الأسماك بهذه الأوعية. سلوكها في كلتا البيئتين ومعدل مسكنها الزمني في بيئة معينة يستخدم تأثير الملوثات.

نأخذ حوض زجاجي بطول 60 سم، وعرض 10 سم وبارتفاع من 25 - 30 سم، يوفر مدخليين للماء عند النهايتين، وخارج في قاع الحوض من خلال ثقب، اضبط التدفق وخروج الماء بحيث تبقى على الأقل على مستوى 20 سم من الماء في الحوض.

بداية، اسمح للماء المخفف فقط ليتدفق من المداخل، حتى الآن البيئة للحوض لا تحتوي على أية سموم. ادخل سمكة 2 - 5 سم طول من النهاية المفتوحة للحوض وشاهد حركتها وخاصة موقعها في الحوض كل 30 ثانية لـ 10 دقائق، بعد ذلك، افرغ كل الماء واخرج السمكة. حضر عدة تراكيز من السموم أو محاليل ذات نسب مختلفة من المخلفات. ادخلها من خلال الفتحة اليسرى، ومن الجهة اليمنى ادخل الماء المخفف. هذا سيوفر بيئة ملوثة للجهة اليسرى للحوض وبيئة غير ملوثة للجزء الأيمن، مع منطقة ممزوجة في الوسط.

بعد ذلك، ادخل سمكة بنفس حجم السابقة، انتظر لـ 10 دقائق حتى تقوم بحركة استكشافية عادية. بعدئذ سجل معدل الوقت التي قضته السمكة في المناطق الملوثة والغير ملوثة خلال عشرة دقائق وسجل المشاهدات. التراكيز التي عندها تبدأ السمكة بتمضية وقت أكبر في الميل الغير سام مقارنة مع الضابط يسجل كبداية التحاشي وتدل على مستوى الأذى المسبب للسمك. العديد من الملوثات ممكن أن تقارن سميتها بهذه الطريقة،

الفصل الثالث عشر

تأثير الملوحة، العكورة، درجات الحرارة، pH.... الخ، ممكن دراستها بتطبيق دراسات التحاشي.

الفصل الرابع عشر دراسة الإنتاجية الأولية

دراسة الإنتاجية الأولية

مقدمة: الإنتاجية الابتدائية

يرتبط موضوع الإنتاجية بشكل أساسي بالمنتجات التي تستخدم طريقة البناء الضوئي في توفير الطاقة وتخزينها على شكل مواد عضوية، وهذه المواد العضوية المخزنة في أنسجة الكائنات الحية المنتجة تسمى بالإنتاجية الابتدائية. وتعد الإنتاجية الابتدائية المنبع الرئيسي للحياة فهي تمثل القدرة الإنتاجية لجميع النظم البيئية المائية المحتوية على النباتات الخضراء. إن عملية البناء الضوئي تعتبر الحجر الأساسي لكل التغيرات والتحويلات التي تحصل داخل النظام البيئي.

تشكل النباتات 90.9% من وزن كل الكائنات الحية الموجودة فوق سطح الأرض وفي الماء، وعملية البناء الضوئي تنلخص في تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية، والعملية الأخرى المعاكسة لعملية البناء الضوئي هي عملية هدم المواد بواسطة التنفس.

كل المواد المنتجة من المنتجات ليست متوفرة للمستهلكات. جزء منها تستخدمه المنتجات لإعاشة نفسها، البعض الآخر ينتهي كفضلات تستخدمه المحلات للحصول على الطاقة اللازمة لحياتها وتشمل البكتيريا والفطريات التي تمتص ما تحتاج إليه من مواد عضوية محللة عن طريق غشائها الخلوي مباشرة، المتبقي من هذه المواد يستهلك من قبل آكلات الأعشاب تنقل بعض الكميات لآكلات اللحوم، تراكم أو تكسد الكتلة الحيوية في الكائنات الأخرى غير المنتجة تسمى بالإنتاجية الثانوية.

هناك أربعة مراحل متتابعة لعملية الإنتاج:

1- الإنتاجية الابتدائية الإجمالية:

هي معدل عملية البناء الضوئي في مساحة معينة وفي زمن معين أي أنها هي الإنتاج الكلي للمادة العضوية في وحدة مساحة وفي وحدة زمن شاملة الطاقة الضائعة على شكل تنفس.

2- الإنتاجية الابتدائية الصافية

هي عبارة عن المقدار المتبقي من المواد العضوية في أنسجة المنتجات بعد استيفاء الاحتياجات اللازمة لتنفس النباتات.

3- إنتاجية المجتمع الصافية:

دراسة الإنتاجية الأولية

هي معدل تخزين المادة العضوية في الأنسجة النباتية والتي لا تستهلكها الكائنات عضوية التغذية خلال فصل النمو أو السنة.

4- الإنتاجية الثانوية:

هي معدل الطاقة المخزونة في مستوى المستهلكات.

يرمز لمعدل التنفس للمنتجات الأولية بـ R و RH للكائنات عضوية التغذية، ويمكن إيضاح الوضع من خلال المعادلات التالية:

$$GPP = NPP + R$$

$$NPP = GPP - R$$

$$NCP = NPP - RH$$

من أسمى الاهتمامات لدراسات الإنتاجية الأولية هي إدراك وتوضيح تأثير التلوث على فعالية الأنظمة البيئية. فالمعدلات العالية للإنتاج في البيئات الطبيعية والزراعية تحدث عندما تتوفر العوامل الفيزيائية - الكيميائية المناسبة. تلوث المياه لفترات طويلة يؤدي إلى تدني الإنتاجية الأولية. التلوث كذلك يؤثر في معدل الإنتاج (P) والتنفس (R) فالمستوى المناسب من هذا المعدل ضروري لمعيشة النظام البيئي، في المياه الغير ملوثة، معدل الإنتاجية يفوق معدل التنفس، لكن في الأنظمة الملوثة عضويا يفوق معدل التنفس معدل الإنتاجية ولا تتبقى أية مواد عضوية للنشاطات الحيوية للنظام البيئي مما يقود إلى إفساده وتدميره.

تقدير الإنتاجية الأولية:

لتقدير الإنتاجية الأولية، نستطيع تقدير الكربون المنتج وكذلك الأكسجين، أو المواد العضوية المتكونة أو الطاقة الكيميائية المكتسبة للنظام، فمن البيئات المائية، الإنتاجية الأولية هي نتيجة لعمليات البناء الضوئي للعوالق النباتية والنباتات الكبيرة. نذكر بعض الطرق المستخدمة لتقدير الإنتاجية الأولية للعوالق النباتية ومنها:

طريقة الحصاد

وتعتمد على تحديد مساحة معينة تمنع المستهلكات الأولية آكلات الأعشاب من دخولها، وبعد انقضاء فترة زمنية محددة، غالبا ما تكون سنة، يتم حساب وزن كل ما في هذه المساحة من مواد عضوية، وبما أن

الإنتاجية الأولية هي معدل الزيادة في الكتلة الحيوية، فان تقدير الكتلة الحيوية عند فترة زمنية محددة تعطي تقديرا للإنتاجية الأولية، معدل الزيادة في الكتلة الحيوية ممكن أن تقدر يوميا، أسبوعيا أو على فترات شهرية للحصول على قيم الإنتاج عند أزمنة مختلفة، للحصول على الكتلة الحيوية للعوالق النباتية كوزن جاف نضرب أحجام خلاياها في 0.1، تقدر الكتلة الحيوية عند فترات زمنية مناسبة، نطرح القيمة الصغرى من العظمى ثم نقسم على عدد أيام المشاهدة ونسجل الإنتاجية كوزن جاف / مساحة المنطقة / اليوم، الإنتاجية المقدره من خلال هذه الطريقة هي الإنتاجية الابتدائية الصافية.

طريقة جران وجاردر (طريقة القوارير المعتمة والمضيئة):

تبعاً لمعادلة البناء الضوئي فان مقدار ثاني أكسيد الكربون المستهلك بامتصاص الكربون يتناسب مع الأكسجين الم تحرر من النباتات، لذلك ممكن تقدير الكربون الممتص من الأكسجين المتوفر.

طريقة جران وجاردر باستخدام القوارير المضيئة والمعتمة، تتضمن جمع عينة الماء التي يراد تقدير إنتاجيتها، نملئ القوارير بالماء ويعاد تغليتها في نفس المكان لبعض الوقت. يقدر التركيز الأولي للأكسجين في الماء، بملء قارورة أخرى القارورة الأولية بشكل منفصل، بعد اختيار مدة التعريض تراح القوارير ويقدر محتوى الأكسجين، من المتوقع أن يكون محتوى الأكسجين في القارورة المضيئة التي تصلها أشعة الشمس أن يزيد نتيجة لعملية البناء الضوئي، ولكنها ستتناقص في القارورة المعتمة بسبب عملية التنفس، إذا كانت بعض عمليات استهلاك الأكسجين مثل - التنفس الضوئي غائبة، فان الاختلاف في محتوى الأكسجين ما بين القوارير المضيئة والأولية هي الصافي لعملية البناء الضوئي، أما الاختلاف ما بين القوارير المعتمة والأولية هي عملية التنفس، بما أن بعض الأكسجين يستهلك كذلك من قبل الكائنات عضوية التغذية البكتيريا والعوالق الحيوانية... الخ، عملية التنفس هذه هي بالحقيقة تنفس جماعي، مع ذلك فان مشاركتها لا تزيد عن 10% من التنفس الكلي، الاختلاف ما بين القوارير المعتمة و المضيئة هو البناء الضوئي الكلي أو الإنتاجية الابتدائية الإجمالية، هناك بعض الاعتبارات المهمة في هذه الطريقة:

دراسة الإنتاجية الأولية

1- **الجمع:** طريقة جمع عينة الماء للإنتاجية الابتدائية هي نفس الطريقة المستخدمة لجمع العينات لتحليل المياه، ما عدا أن تملئ على الأقل 5 قوارير بسعة 300 مل.

2- **الملحقات:** قوارير BOD مصنوعة من الزجاج، ممكن تعقيم القوارير باستخدام إما شريط أسود أو قطعة قماش سوداء.

3- **التعليق:** ممكن تعليق القوارير في الماء بربطها إلى خط أو خيط مثبت بمرساة طافية أو عائمة. من الأفضل تعليق القوارير بوضع أفقي، لحساب الإنتاجية بالمتر المربع، تعلق القوارير عند عدة أعماق حتى حد منطقة الطبقات العليا من الماء التي يخترقها الضوء. نوجد قيم الإنتاجية المحسوبة. لهذا الغرض، تسحب المياه عند نفس العمق، إذا اختلط الماء فيجمع الماء من طبقات السطح ومن ثم يعلق عند مختلف الأعماق.

4- **زمن التعرض:** نظرا لترسب الطحالب بقاع هذه الأدوات والبكتيريا على الجدران وزيادتها، فبهذا تؤثر على تركيز الأكسجين، لذا فمن الأفضل أن تعرض القوارير لمدة قصيرة 2 - 3 ساعات. إذا كان الماء عالي الإنتاج، ممكن تشبييع القوارير بالأكسجين في وقت قصير، في هذه الحالات تقدر الإنتاجية 3 - 4 مرات و لفترات قصيرة ما بين طلوع الشمس وغيابها وبمعدل ساعة مثال 8 - 9ص، 11 - 1م، 2 - 4م و 5 - 6م.

الأدوات والمحاليل:

1- قوارير BOD بسعة 300 مل.

2- جهاز لجمع العينات.

3- المواد والمحاليل المستخدمة لتقدير الأكسجين المذاب في الماء.

4- قرص سيثي.

الخطوات:

1- حدد عمق الطبقات العليا من الماء التي يخترقها الضوء وتتم فيها عملية البناء الضوئي باستخدام قرص سيثي، حدد العمق بفترات زمنية لتعليق القوارير، للمياه السطحية الغير عميقة، اختار فقط السطح والعمق 0-20 سم.

الفصل الرابع عشر

- 2- اجمع الماء بواسطة جهاز الجمع، انقل العينة برفق إلى دلو أو جرن مستطيل، أملئه برفق متجنباً الاضطرابات أو التهيج، ثلاثة مجموعات من القوارير مضيئة ومعتمة، علق القوارير المضيئة والمعتمة عند أعماق مناسبة وقدر الأكسجين المذاب في القارورة الأولية فوراً.
- 3- احضن لعدة ساعات، بعد انقضاء فترة التحضين، بحرص انقل القوارير وقدر الأكسجين المذاب فيها فوراً.

الحسابات:

الانتاجية الابتدائية الصافية:

$$\frac{د_1 - د_2}{ز} = \text{الأكسجين المذاب ملجم/لتر/ساعة}$$

التنفس الجماعي:

$$\frac{د_1 - د_2}{ز} = \text{الأكسجين المذاب ملجم/لتر/ساعة}$$

حيث أن:

- $د_1$ = مقدار الأكسجين المذاب في القارورة الأولية ملجم/لتر.
 $د_2$ = مقدار الأكسجين المذاب في القارورة المضيئة ملجم/لتر.
 $د_2$ = مقدار الأكسجين المذاب في القارورة المعتمة ملجم/لتر.
 $ز$ = مدة التعريض في الساعة.

حساب المعدلات اليومية:

يمكن إيجاد المعدلات اليومية من خلال عملية ضرب متوسط معدل الزمن مع مقدار أشعة الشمس تؤخذ من أقرب محطة أرصاد جوية، البعض يحبذ ضرب معدل الساعات القصوى لليوم في 9 لإيجاد المعدلات اليومية.

حساب الإنتاجية والتنفس الجماعي للمتر المربع:

هناك طريقتان ممكن استخدامهما لهذا الغرض في الطريقة البيانية، تخطط قيم الإنتاجية للأعماق المختلفة على ورقة بيانية ومن ثم نعد مخطط بياني، في الطريقة الأخرى، قيم المتوسط الحسابي لم 3 تضرب متوسط

دراسة الإنتاجية الأولية

عمق المياه للمسطح المائي كمية المياه للمسطح / مساحة السطح للحصول على قيم المتر المربع.

حساب الإنتاجية السنوية للمسطح المائي ككل:

في المسطحات المائية الكبيرة، ممكن أن تحتوي المناطق المختلفة منها على معدلات إنتاجية مختلفة، في هذه الحالات، يجب اختيار عدة مواقع وتقدير الإنتاجية لكل منطقة كل 15 يوما خلال السنة، ومن ثم يقسم المسطح المائي إلى عدة أجزاء لها إنتاجية متماثلة ويجب أن يقع على الأقل موقع واحد، للجمع في هذه المساحة. تقدر مساحة كل جزء مستخدمين المتر الأرضي، تحسب الإنتاجية السنوية لكل جزء من خلال عملية ضرب متوسط المعدل اليومي مع عدد أيام السنة الإنتاجية السنوية لكل متر مربع تضرب بمساحة كل جزء من البحيرة، تجمع قيم الإنتاجية السنوية الكلية للمسطح المائي ككل، بقسمة هذه القيمة من مساحة المسطح المائي نحصل على متوسط الإنتاجية / م² من المسطح المائي

الفصل الخامس عشر التلوث الغذائي

التلوث الغذائي

مقدمة

يشكل الغذاء للإنسان كغيره من الكائنات الحية التي تعيش على الأرض المصدر الرئيسي للطاقة، هذه الطاقة التي تؤمن للجسم القيام بمختلف العمليات الحيوية اللازمة للبقاء ، ويتم ذلك بالاستعانة بأوكسجين الهواء الذي يحصل عليه بعملية التنفس للقيام بعملياته الحيوية. ويحتاج الإنسان أيضا كأي كائن حي إلى عنصر حياتي أساسي وهو الماء الصالح للشرب كجزء هام في عملية البقاء واستمرار وجوده.

تشكل هذه العناصر الثلاثة جوهر الحياة بالنسبة للأحياء وعلى رأسها الإنسان ، ودأب الإنسان للمحافظة على حياته من خلال العناية بهذه المصادر باستمرار، ويمكن تجاوزا اعتبار جميع المخاطر التي يتعرض لها الإنسان من الأمراض تسلك إحدى الطرق الثلاث سابقة الذكر، من خلال ما يدعى بـ التلوث أو التلوث البيئي، يمثل الغذاء عموماً جميع ما يتناوله الإنسان من المواد الجافة من طعام نباتي أو حيواني عضوي أو خلافة ، وكذلك السوائل المختلفة المتمثلة بالماء والمشروبات الأخرى.

لا شك أن ضمان جودة وسلامة الأطعمة التي نأكلها مسألة لها أهميتها الحيوية. وسلامة الأغذية مسؤولية كل فرد، أي هؤلاء العاملين في الإنتاج، والتجهيز، والتسويق، والمناولة، والطهي، وانتهاء بمن يأكلون هذه الأطعمة. إن سلامة الأغذية مسألة خطيرة بالنسبة لجميع البلدان ولجميع السكان ، ونظم الرقابة على سلامة الأغذية ينبغي أن تتكيف بحسب احتياجات كل بلد حيث أن نسعى إلى إيجاد توازن حقيقي بين سلامة الأغذية وبين الجوانب الأخرى الهامة فيما يتعلق بجودة الأغذية. ويجب الأخذ بعين الاعتبار أهمية القضايا العالمية الثلاث: بناء القدرات، والحاجة إلى تعاون دولي، والاتصالات والمشاركة.

إن التهديدات التي تتعرض لها الصحة العامة بسبب الميكروبات الناقلة للأمراض الموجودة في الأغذية، تحدث في البلدان النامية والمتقدمة على السواء، مسببة أكبر الأخطار على الأطفال، والحوامل، والفقراء والمسنين. كما أن مخاطر الكيماويات مصدر هام آخر للأمراض الناجمة عن الأغذية. فالأخطار المتمثلة في السالمونيللا، والسموم الفطرية،

التلوث الغذائي

ومرض جنون البقر، والديوكسين، ومخلفات المضادات الحيوية، تؤثر على أكثر من بلد واحد، بل وفي بعض الحالات على أكثر من قارة.

المختبرات هي واحدة من المكونات الضرورية في نظام الرقابة على الأغذية. ويتطلب إنشاء المختبرات استثماراً رأسمالياً كبيراً كما أن صيانتها وتشغيلها تتكلف الكثير. ولهذا فإن التخطيط الدقيق لا بد منه للحصول على أفضل النتائج. فيجب تحديد عدد المختبرات ومواقع وجودها مع مراعاة أهداف النظام وحجم العمل. فإذا كان المطلوب أكثر من مختبر واحد يجب النظر في توزيع أعمال التحليل حتى يمكن التوصل إلى تغطية فعالة في تحليلات الأغذية الواجب إجراؤها، كما يجب أيضاً وجود مختبر مرجعي مركزي مجهز لعمل التحليلات المعقدة والمرجعية.

ويجب أن تتوفر في المختبرات مرافق كافية لعمل التحليلات الفيزيائية والميكروبيولوجية والكيميائية. ويمكن تجهيز المختبرات أيضاً بأدوات وأجهزة أكثر تعقيداً، وبمكتبة إذا استلزم الأمر، بالإضافة بالطبع إلى ما يلزم لإجراء التحليلات الروتينية. وليس المهم هو نوع المعدات لضمان دقة نتائج التحليل وإمكان الاعتماد عليه بل لا بد أيضاً من توافر مهارات ومؤهلات لدى القائم بالتحليل ولا بد من أن تكون الطريقة المستخدمة طريقة يمكن الوثوق بها.

ومن العناصر المهمة في أي نظام وطني للرقابة على الأغذية اندماجه في نظام وطني لسلامة الأغذية بحيث يمكن الكشف عن الروابط بين تلوث الأغذية والأمراض التي تنقلها الأغذية، وتحليل هذه الروابط. ومن الأمور الحاسمة إيمان الحصول على معلومات حديثة وموثوق بها عن مدى انتشار الأمراض المنقولة بالأغذية. وغالباً ما تكون المختبرات اللازمة لهذا النوع من النشاط موجودة خارج وكالات الرقابة على الأغذية. ولكن من الضروري إقامة روابط فعالة بين وكالات الرقابة على الأغذية ونظام الصحة العامة، بما في ذلك المختصون بالوبائيات وبالميكروبيولوجيا. فهذه الطريقة يمكن ربط معلومات الأمراض المنقولة بالأغذية مع بيانات رصد الأغذية والتوصل إلى وضع سياسات رقابة مناسبة وقائمة على الأخطار. وهذه المعلومات تشمل الاتجاهات السنوية في انتشار الأمراض، والتعرف على المجموعات السكانية المعرضة لها، والتعرف على الأغذية الخطرة، والتعرف على أسباب الأمراض المنقولة بالأغذية ومحاولة تتبعها، ووضع نظم للإنذار المبكر في حالات انتشار الأمراض وتلوث الأغذية.

الفصل الخامس عشر

مفاهيم أساسية في الغذاء والتغذية

مكونات الغذاء

تتكون الأغذية عموماً من عدد كبير من المركبات المتشابهة ولكنها تختلف في نسب وجود هذه المركبات وصفاتها وخواصها والمركبات الرئيسية للأغذية هي:

الماء:

يوجد الماء في جميع المواد الغذائية بدون استثناء، وقد يوجد بنسب عالية كما في العصائر والخضار والفواكه، أو بنسب قليلة جداً كما في السكر والملح والزيوت، ولا يحصل الإنسان على كفايته من الماء من الأغذية بل يجب أن يتناول احتياجه بشرب الماء.

البروتين:

وهو مركب من الأحماض الأمينية والتي لا يستطيع الإنسان تكوينها، كلها وتسمى الأحماض الأمينية التي لا يستطيع الإنسان تكوينها بالأحماض الأمينية الأساسية (وجودها أساس في الغذاء)، وتقوم جودة البروتين في الأغذية باحتوائه على الأحماض الأمينية الأساسية والبروتين هو المادة التي يبني منها الجسم الأنسجة والعضلات، وتعتبر اللحوم والحليب ومنتجاته والبيض والبقوليات من المصادر الرئيسية للبروتين في غذاء الإنسان.

الدهون:

وتشمل جميع المواد الدهنية سواء الشحوم (الحيوانية) أو الزيوت (النباتية). والدهون مكونة من الأحماض الدهنية، وهذه تختلف في تركيبها الكيميائي، فمنها المشبع وغير المشبع (أحادي وثنائي وعديد عدم التشبع). ويدخل في الدهون بعض المركبات الأخرى مثل الستيرويدات ومنها الكلسترول وهو موجود فقط في الشحوم واللحوم الحيوانية والقشريات البحرية مثل الربيان وأم الربيان والبيض والحليب، وتوجد أعلى نسبة منه في المخ والنخاع ثم البيض والربيان واللحوم والأحشاء الداخلية للحيوانات مثل القلب والكبد والكلى واللسان. والدهون مصدر أساسي للطاقة حيث يعطى كل جرام واحد من الدهون 9 سعرات حرارية. ويجب لذلك الإقلال من تناول الدهون بشكل عام والدهون المشبعة مثل شحوم الحيوانات والتي تحتوى على الكلسترول بشكل خاص.

الكربوهيدرات:

التلوث الغذائي

وهي مجموعة كبيرة من المركبات المختلفة فمنها الكربوهيدرات البسيطة مثل السكريات (سكر القصب وسكر الفواكه وسكر الحليب) والكربوهيدرات المعقدة مثل النشا والسليلوز وهذا الأخير لا يستطيع الإنسان هضمه. والكربوهيدرات المعقدة مصدر جيد للطاقة حيث أنها لا تحتوى على كمية عالية من الطاقة مثل الدهون وحجمها كبير مقارنة بالسكريات فهي تملأ المعدة وتعطى الإحساس بالشبع كما أنها تملأ الأمعاء وتحافظ على صحة القولون (وذلك لاحتوائها على الألياف الغذائية) المركبات التي لا تهضم.

العناصر:

وهي العناصر الكيميائية مثل الحديد والزنك والبوتاسيوم والصوديوم وغيرها، وهي توجد في الأغذية بعدة صور ومركبات، وهذه تمتص من الغذاء داخل الأمعاء، والعناصر المختلفة لها دور مهم في حياة الإنسان، فالحديد هو المركب الذي ينقل الأكسجين في جسم الإنسان، والكالسيوم هو المكون الأساسي للعظام، كما لبعض العناصر أهمية في عمل الإنزيمات داخل الجسم واتبان سوائل الجسم، وعمل الأجهزة المختلفة في الجسم وبعض العناصر تساعد الجسم على مقاومة الأمراض والوقاية من الإصابة بها، وتعتبر الخضروات والفواكه والحليب من المصادر المهمة لها.

الفيتامينات:

وهي مركبات كيميائية مختلفة في تركيبها وخواصها، وتوجد في الأغذية بكميات قليلة، ولكنها ضرورية جداً للعمليات الحيوية في الجسم، وتساعد على الوقاية من الأمراض، ونقصها يتسبب في أمراض خطيرة، وتعتبر الخضروات والفواكه من المصادر المهمة لها.

الألياف الغذائية:

وهي مركبات معظمها كربوهيدراتية معقدة لا يستطيع جسم الإنسان هضمها وهي توجد فقط في الأغذية النباتية. وللألياف فوائد صحية كبيرة فهي تحافظ على صحة الجهاز الهضمي وتساعد على التخلص من الفضلات بسرعة وبالتالي تقلل من مضارها، وتساعد على خفض الكوليسترول في الدم.

السرعات الحرارية:

الفصل الخامس عشر

يَعْرِف السعْر الحراري بأنه مقدار الطاقة اللازم لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء من 15.5 م إلى 16.5 م، وهناك الكيلو سعْر وهو ألف سعْر حراري وهو ما يسمى أيضاً بالسعْر الكبير، وفي مجال الأغذية إذا ذكرت السعْرات الحرارية فالمقصود منها السعْر الكبير (1000 سعْر حراري)

ويعطى الجرام الواحد من مكونات الأغذية مقادير مختلفة من السعْرات عند حرقها في الجسم كما يلي:

1 جم من الدهون والزيوت يعطى 9 سعْرات.

1 جم من البروتين يعطى 4 سعْرات.

1 جم من الكربوهيدرات يعطى 4 سعْرات.

1 جم من الكحول يعطى 7 سعْرات.

ويعرف مقدار ما تعطيه المادة الغذائية أو الوجبة الغذائية من سعْرات بعد معرفة مقدار ما تحويه من دهون وبروتين وكربوهيدرات وضرب هذه المقادير في ما يعطيه كل جرام منها من سعْرات ثم تجمع السعْرات لكل المكونات.

القيمة الغذائية:

اصطلاح نسبي ليس له تعريف محدد، ويقصد به مجموع ما تحويه المادة الغذائية من مكونات ومقدار الفائدة منها للإنسان، وهنا يجب أن نفرق بين الأغذية ذات القيمة الغذائية العالية والأغذية ذات الطاقة العالية (أو السعْرات الكثيرة).

ومن مقاييس القيمة الغذائية هو مقارنة ما تحويه المادة الغذائية من بروتين وفيتامينات وأملاح بما تحويه من سعْرات، فإذا زاد الأول ونقص الثاني كانت المادة الغذائية عالية القيمة الغذائية وإذا زادت السعْرات الحرارية ونقصت البروتينات والفيتامينات والأملاح صارت المادة الغذائية ذات قيمة غذائية منخفضة. وفيما يلي أمثلة على ذلك:

السكر:

يحتوي على سعْرات حرارية عالية ولكنه لا يحتوي على مكونات أخرى فهو عالي الطاقة ولكنه عديم القيمة الغذائية وبالتالي يجب الإقلال منه بقدر الإمكان، العسل والتمر أيضاً عالية في السعْرات الحرارية ومنخفضة في

التلوث الغذائي

القيمة الغذائية حيث أن ما تحتويه من بروتين وفيتامينات وأملاح قليل جداً مقارنة بما تحتويه من سكريات.

الدهون والزيوت أيضاً عالية الطاقة ومنخفضة القيمة الغذائية.

البيض والحليب عالية القيمة الغذائية لأنها تحتوي على كميات كبيرة من البروتين والفيتامينات والأملاح مقارنة بما تحتويه من سعرات حرارية، وهي أعلى المواد الغذائية قيمة وأقربها للكمال.

طحين البر (الكمال) أعلى في القيمة الغذائية من الطحين الأبيض لأنه في الطحين الأبيض تم إزالة القشرة والجنين اللذين يحتويان على البروتين والأملاح والفيتامينات.

المواد المضافة للأغذية

هي أي مادة تضاف للغذاء لأي غرض من الأغراض. ومن المواد المضافة ما هو طبيعي مثل السكر أو الملح أو البهارات وغيرها، وما هو مصنع مثل أملاح النترات والنترات التي تضاف للحوم المصنعة والنكهات الصناعية والألوان، وتخضع المواد المضافة للأغذية لمواصفات محددة من قبل هيئات المواصفات في الدول المختلفة، وتقسم المواد المضافة إلى مجموعتين، مجموعة المواد المأمونة بشكل عام وهي المواد التي لا يعرف لها ضرر مباشر على الإنسان، وهذه يمكن أن تستخدم بنسب مختلفة حسب المنتج الغذائي وحسب طرق التصنيع الصحيحة والجيدة. أما المجموعة الثانية فهي مواد قد يكون لها ضرر على الإنسان إذا أسيء استخدامها وأدى ذلك لاستهلاك كميات كبيرة منها وهذه تخضع لمواصفات تحدد الكميات المسموح بإضافتها للأغذية ونوع الأغذية المسموح إضافتها إليها بحيث يكون استخدام هذه المواد في الأغذية مأموناً ولا يسبب أضراراً على الإنسان على المدى القصير أو الطويل.

أنواع الغذاء:

1- الأغذية العضوية (Organic Foods)

والمقصود بها الأغذية التي أنتجت بطرق زراعية تقليدية بدون استخدام أسمدة أو مبيدات أو أي مواد كيميائية، والتي لم تعامل أو يضاف لها أي مواد مضافة.

2- الأغذية المصنعة (Processed Foods)

والمقصود بها الأغذية التي تم معاملتها بعد حصادها بالنسبة للأغذية النباتية، أو بعد الذبح بالنسبة للحوم، أو بعد الحلب للحليب، بمعاملات تصنيعية مثل الطحن أو العصر أو المعاملة بالحرارة أو التعبئة والتعليب لأي غرض من الأغراض مثل تحويل المحصول النباتي إلى غذاء، أو عمل المعلبات الغذائية أو المربى أو السجق، أو لبسترة الحليب الخام لقتل الجراثيم الموجودة فيه وغيرها من المعاملات المختلفة.

3- العصير

هو المستخلص الناتج من عصر الفواكه أو بعض الخضار والذي لم يضاف له أي مواد محلية أو ماء أو غيرها، ويمكن أن يعامل بالحرارة للبسترة وقتل الجراثيم التي قد توجد فيه نتيجة التلوث من الثمار أو خلال عملية العصر كما يمكن أن يركز العصير ويحفظ إما مجمداً أو معلباً ثم يعاد حله بالماء ليعود تركيزه كما كان أصلاً، وهنا يجب أن يذكر على العبوات التجارية أن هذا العصير مصنع من عصير مركز، وتسمح المواصفات في بعض الدول بخلط الماء والسكر مع العصير بنسب مختلفة مع بقاء مسماه عصيراً.

4- الشراب

هو المنتج من مركبات مختلفة تعطي طعم ونكهة ولون العصير، ويمكن أن تكون هذه المركبات طبيعية أو صناعية بما في ذلك الألوان والنكهات، وفي بعض الحالات يتم خلط نسب قليلة من العصير مع الشراب لتحسين صفاته، وذكر ذلك على العبوات بجذب المستهلك. ويكون الشراب بنكهات مختلفة فقد يكون شراب برتقال أو تفاح أو عنب وغيرها، وقد يسمى "شراب طبيعي" إذا لم تستخدم فيه مركبات مصنعة كيميائياً ولكن يبقى الشراب الطبيعي ليس عصيراً ولكنه مصنع من مواد طبيعية.

التلوث الغذائي:

لم يمتلك الإنسان البدائي أي من وسائل حفظ المنتجات لذلك كانوا يستهلكون اللحوم بعد الصيد دون إغارة انتباه ولو قليلاً لفساد اللحوم وفي وقت متأخر عرفوا التجميد والتجفيف لحفظ جودة اللحوم والأسماك، إذا سمح المناخ لفعل ذلك وكذلك تدخين (تقديم) المنتجات الغذائية،

التلوث الغذائي

واستخدموا أيضا واحدة من العمليات - نواة التكنولوجيا الغذائية المعاصرة - وهي عملية الطبخ , وكذلك عملية التخمر.

أصبح التلوث الغذائي خطراً يهدد حياة الإنسان إلى جانب الخطر الناجم عن تلوث عناصر الحياة الأخرى، وازداد قلق الناس حول سلامة التغذية بسبب التغيرات الكبيرة في طبيعة المنتجات الغذائية، حيث لجأ معظم المزارعين إلى استخدام الأسمدة والمخصبات، والمنشطات الصناعية من أجل إنتاج أكبر كمية ممكنة من المواد الغذائية بأسرع وقت , وسد حاجة السوق في كل الأوقات والمواسم لذلك أصبح مألوفاً أن تجد الطماطم والخيار والملفوف والجزر والألبان واللحوم والفواكه في كل فصول السنة.

يقصد بتلوث الغذاء احتوائه على أي مواد غير مركباته الأصلية سواء كانت داخله أو عالقة به من الخارج، والغذاء بطبيعته سواء كان من مصدر نباتي أو من مصدر حيواني يكون ملوثاً، أو وصول الكائنات الحية الدقيقة أو أي أجسام غريبة غير مرغوب بوجودها في المادة الغذائية أو جراثيم ممرضه أو تلوث بالمواد المشعة أو اختلط بمواد كيميائية السامة، وتسبب ذلك في حدوث ما يسمى التسمم الغذائي ، مما يعجل في ظهور علامات الفساد عليها وبالتالي جعلها غير مرغوبة أو غير صالحة للاستهلاك البشري. والتلوث الغذائي يحدث بصورة مختلفة تبعاً لنوع المتسبب في هذا التلوث لهذا فان التلوث الغذائي يأخذ أشكالاً عدة، فهو قد يكون تلوثاً فهو قد يكون تلوثاً ميكروبياً أو تلوثاً كيميائياً أو تلوث بالأشعة الذرية .

ويمكن تجنب تلوث الغذاء بالمواد الكيميائية إذا أتبعنا الأساليب الصحيحة في الزراعة وتربية الحيوان، ومتى كانت البيئة التي ينتج فيها الغذاء خالية من هذه الملوثات، ولكن ذلك صعب خاصة مع ازدياد تلوث البيئة بالمركبات المختلفة سواء كان ذلك في التربة أو الماء أو الهواء أو البحار.

ومن المعروف جيداً أن المنتجات الغذائية يمكن أن تكون حوامل نقل لكثير من العناصر الممرضة والسامة وممرضات الأمراض تتعلق باستهلاك المنتجات الغذائية التي تتميز بتنوع كبير ويتوقف تأثير البعض منها على منتجات الاستقلاب السامة المتشكلة أثناء نمو الميكروبات في المنتج الغذائي قبل استهلاكه وعلى سبيل المثال التسمم الغذائي بالمكورات

الفصل الخامس عشر

العنقودية ويمكن أن توجد مصادر هذه المخاطر في المزرعة وان تظهر أثناء المعالجة أو على الأرجح أثناء تحضير الغذاء في المصانع أو المنازل.

أنواع الملوثات الغذائية:

أولاً - الملوثات الكيميائية

من أهم الملوثات الكيميائية في الأغذية هي المبيدات التي تستخدم في الزراعة بشكل غير صحيح، أو التي تستخدم في حفظ الغلال المخزونة.

يحدث هذا النوع من التلوث الغذائي عند وصول أي مادة كيميائية خطيرة أو سامة إلى المادة الغذائية، مما يجعلها ضارة وغير صالحة للاستهلاك البشري، وقد يؤدي استهلاكها للإصابة بتسمم غذائي.

التلوث الكيميائي للأغذية يحدث بطرق ووسائل متعددة، فهو قد يحدث عن طريق الخطأ والإهمال، أو عن طريق الاستخدام الخاطئ وغير السليم للمواد الكيميائية المختلفة. فالمبيدات المستخدمة في مكافحة الحشرات والأفات الزراعية، وبالرغم من ضرورة استخدامها للمحافظة على المنتجات الزراعية، فإنها قد تكون إحدى الملوثات الكيميائية الخطيرة للمنتجات الزراعية عندما ترش رشاً جائراً وينسب عالية عن الحدود المنصوص عليها دولياً، إضافة إلى أن الاستعمال في قطف هذه المنتجات الزراعية من قبل المزارعين وعدم تركها فترة زمنية كافية للتخلص من بقايا هذه المبيدات يزيد من تفاقم هذه المشكلة.

كما أن تخزين المواد الغذائية قريبة من المواد الكيميائية قد يكون أحد الأسباب في تلوث المادة الغذائية كيميائياً، مما قد يتسبب في حدوث أضرار صحية جسيمة على صحة وحياة المستهلك، وهنا يجب الإشارة إلى أنه قد يحدث هذا النوع من التلوث في المنازل نتيجة الإهمال أو الخطأ، وذلك عند تخزين المنظفات والمبيدات الحشرية المنزلية، خاصة التي توجد في صورة مساحيق مع المواد المستخدمة في إعداد الوجبات الغذائية كالتوابل والملح في خزانة واحدة، حيث إنه قد تضاف هذه المساحيق إلى المادة الغذائية عن طريق الخطأ أو السهو، مما سيترتب عليه أمور بالغة الخطورة على أفراد العائلة، كذلك فإن استخدام أواني الطهي المصنعة من مواد تحتوي على مركبات أو معادن ضارة كالرصاص، قد يكون لها دور في تلوث الأغذية بهذه المركبات أثناء الطهي.

التلوث الغذائي

أما الأحياء البحرية كالأسماك والقشريات، فكثيراً ما يتم تلوثها بالمواد الكيميائية بسبب تصريف مخلفات المصانع المختلفة والتي عادة ما تحتوي على مواد ومركبات كيميائية خطيرة في المسطحات المائية كالبهار والأنهار، إضافة إلى ما ترميه السفن العابرة وناقلات البترول من مخلفاتها في البيئة المائية، وبالتالي تصبح هذه الأحياء البحرية مواد غذائية استهلاكية ملوثة كيميائياً.

إضافة لما سبق فهناك ملوثات كيميائية أخرى قد تصل للمادة الغذائية بطرق مختلفة كبقايا العقاقير البيطرية في منتجات اللحوم والألبان عند استخدامها في علاج الحيوانات والمعادن الثقيلة والإضافات الغذائية غير المصرح باستخدامها دولياً وغيرها.

ثانياً – الملوثات الصناعية

الملوثات الصناعية التي قد تصل للغذاء من تلوث البيئة مثل التربة الزراعية أو البحار أو استخدام مياه الصرف الصحي غير المعالجة للري.

ثالثاً – الملوثات الميكروبية

معظم الكائنات الدقيقة غير ضارة للإنسان ولكنها قد تسبب فساد الغذاء، وبعض الميكروبات التي تلوث الغذاء قد تكون ضارة للإنسان وتسبب له بعض الأمراض، ولا يمكن تجنب التلوث الميكروبي وأن أمكن الحد منه، فالميكروبات موجودة في جميع عناصر البيئة وبالتالي فإن الغذاء يكون ملوثاً ببعض الأنواع من الكائنات الدقيقة (الميكروبات). ويمكن الحد من التلوث بإتباع الأساليب الصحية في إنتاج الغذاء وتصنيعه وحفظه، ومعظم عمليات تصنيع الأغذية تتضمن خطوة لقتل الملوثات الميكروبية أو معظمها وذلك لحفظ الغذاء مدة أطول، ولتجنب الأضرار التي قد تنتج من تناول الغذاء الملوث بالميكروبات يجب التأكد من غسل الأغذية التي تؤكل طازجة، وطبخ الأغذية الأخرى جيداً خاصة الأغذية من المصادر الحيوانية لقتل جميع الميكروبات الضارة، كما يجب التأكد من أن الأغذية المصنعة ذات جودة عالية ومحفوظة بشكل جيد وعبواتها سليمة، والجدير بالذكر أن الملوثات الميكروبية لا تدخل إلى داخل الأنسجة النباتية أي لا تكون وسط الثمار مثلاً بل يكون التلوث خارجياً وبالتالي يمكن إزالته بالغسل الجيد.

يحدث هذا النوع من التلوث الغذائي عن طريق الأحياء الدقيقة والتي عادة ما توجد في البيئة المحيطة بالمادة الغذائية كالتربة والهواء والماء، إضافة إلى الإنسان والحيوان، تحدث الإصابة بالمرض عن طريق تناول غذاء يحتوي على أعداد كبيرة من الميكروبات وعندما تصل هذه الميكروبات إلى الأمعاء الدقيقة للإنسان فإنها تتكاثر وتنتج سموم وبالتالي تظهر أعراض المرض . وقد تفرز السموم في الطعام قبل تناوله (مع زيادة عدد الميكروبات)، ومن أمثلة هذا النوع التسمم بميكروب الكلوسترديم بيررفرنجز ، وهو منتشر في التربة ، ويمكن عزله من التربة وبراز الإنسان ، ولذلك فمن الممكن تلوث اللحوم والدجاج وكذلك الخضار والتوابل ، وأيضاً يحدث التلوث بالميكروب بعد طهي الغذاء حيث أن خطورة هذا الميكروب تكمن في تجرثمه عند تعرضه لظروف قاسية كحرارة الطهي.

وتختلف مصادر التلوث الغذائي تبعاً لشكل أو نوع التلوث فالتلوث الغذائي بالجراثيم تتبناه الميكروبات البكتيرية والفطريات وبيوض الديدان ويتم ذلك إما عن طريق الهواء أو عن طريق الحشرات والقوارض وبمعنى آخر يتعرض لمثل هذا النوع من الملوثات التي تؤدي إلى دخول عدد من الميكروبات إلى جسم الكائن الحي وذلك نتيجة لإهمال الغذاء عند إعدادة أو تصنيعه أو حتى تناوله خاصة في تلك الأماكن الملوثة والقذرة إضافة على عدم تبريد الأغذية في بعض الأحيان تبريداً ملائماً أو عن طريق تعرض الغذاء خاصة في الأماكن الملوثة للذباب والحشرات.

ومصادر تلوث المواد الغذائية بالكائنات الحية عديدة ومتنوعة، فالتربة على سبيل المثال تعتبر مأوى طبيعياً للعديد من الأحياء الدقيقة، مما يجعلها مصدراً هاماً لتلوث بعض النباتات خاصة تلك التي تلامس التربة كالنباتات الدرنية والجذرية. وتزداد أهمية التربة كمأوى الكائنات الحية الدقيقة كلما زادت خصوبتها مع توافر الرطوبة والحرارة المناسبين، وهنا لابد من التنويه إلى أن التلوث الغذائي بالجراثيم من أهم أسباب تسمم جسم الكائن الحي والذي يظهر على شكل أمراض تعرف بالأمراض المعدية حيث أن الميكروبات التي تدخل إلى جسم الكائن الحي (الإنسان أو الحيوان) ، تعمل على مهاجمة أنسجة الجسم وتظهر حالات المرض الذي عادة ما يصنف بنوع الميكروبات أو البكتيريا التي تغزو الجسم مثل حمى التيفوئيد التي يصاب بها الإنسان عند إصابته بميكروب التيفوئيد، هذا

التلوث الغذائي

بالإضافة لما تحتويه التربة من مواد عضوية ومعدنية يجعلها مناسبة لنمو وتكاثر تلك الكائنات الدقيقة.

أما الإنسان فإنه يلعب دوراً بارزاً في إيصال هذه الكائنات إلى المواد الغذائية، نظراً لما قد يحمله وبأعداد كبيرة منها في جهازه الهضمي والتنفسي أو على السطح الخارجي للجسم، وتزداد احتمالات تلوث الأغذية عن طريق الإنسان إذا ما انخفض مستوى الوعي الصحي والنظافة الشخصية لديه، خاصة إذا كان هذا ممن يعمل في مجال إعداد وتحضير وتداول الأغذية سواء في منشأة غذائية أو في المنزل. كما أن الحشرات والقوارض تعتبر أحد أهم الوسائل في نقل الملوثات الميكروبية من البيئات ذات المحتوى العالي من هذه الكائنات كأماكن تجميع القمامة والمجاري إلى المواد الغذائية، مسببة تلوثاً لهذه الأغذية مما يؤدي للإصابة بأحد التسممات الغذائية أو الأمراض المنقولة عن طريق الغذاء، كذلك فإن الأدوات المستخدمة في إعداد وتحضير الأغذية كالمسكاكين وألواح التقطيع والأسطح الملامسة للأغذية مباشرة، قد تكون مصدراً رئيسياً لتلوث الأغذية إذا لم تراعى فيها الاشتراطات الصحية المطلوبة من حيث نظافتها وتنظيم عملية استخدامها، إضافة لذلك فإن المواد الغذائية نفسها قد تكون أحد المصادر الهامة للتلوث بالكائنات الحية، فتخزين أو ملامسة الأغذية الطازجة من أصل حيواني كاللحوم والدواجن والأسماك التي عادة ما تحمل على سطحها الخارجي أعداد كبيرة من الكائنات الحية مع الأغذية الأخرى، لاسيما تلك التي تستهلك طازجة دون طهي كالخضراوات المستخدمة في تحضير السلطات سيؤدي لحدوث ما يعرف بالتلوث الخلطي أو التبادلي فيما بينها وبالتالي قد يشكل هذا مخاطر صحية عند استهلاكها.

أما التلوث الغذائي الجرثومي (الميكروبي) فهو ينتج بفعل تحلل المواد الغذائية بواسطة بعض الأحياء الدقيقة في حالات عديدة منها فساد الحليب ومشتقاته والفواكه وغيرها من الأطعمة التي لا تحفظ جيداً ، وتحدث الإصابة هنا بواسطة السموم (التوكسينات) التي تفرزها الميكروبات أثناء تكاثرها في الغذاء وهذه السموم هي التي تسبب المرض للإنسان وليس الميكروب نفسه .

ومن أمثلة هذا النوع من التلوث وهو التسمم البوتشولينيني وهو من الأمراض المفزعة بالنسبة للإنسان حيث يسبب شللاً جزئياً أو كاملاً للأعصاب ويحدث نتيجة للسموم التي يفرزها ميكروب الكلوسترديوم

مع تحيات د. سلام حسين عويد الهلالي

<https://scholar.google.com/citations?>

[user=t1aAacgAAAAJ&hl=en](https://scholar.google.com/citations?user=t1aAacgAAAAJ&hl=en)

salamalhelali@yahoo.com

<https://www.facebook.com/salam.alhelali>

[https://www.facebook.com/groups/
/Biothesis](https://www.facebook.com/groups/Biothesis)

[https://www.researchgate.net/profile/
/Salam_Ewaid](https://www.researchgate.net/profile/Salam_Ewaid)

07807137614



الفصل الخامس عشر

بوتيلولينم في الأغذية، وهو ميكروب لا هوائي وينمو في الأغذية المحفوظة بطرق غير سليمة، وتظهر علامات فساد على العبوات الملوثة بهذا الميكروب مثل رائحة كريهة وقد تكون مصحوبة بانتفاخ العبوات.

رابعا - التلوث الغذائي الإشعاعي

يحدث التلوث الغذائي بالإشعاع نتيجة لتعرض الغذاء أو المنتجات الغذائية الزراعية للمواد المشعة في حالات تساقط الغبار الذري على النباتات والتربة الزراعية أو نتيجة لتلوث الهواء والماء بمخلفات التجارب أو النشاطات النووية أو الذرية.

فقد كثرت في أيامنا هذه التجارب النووية في مناطق مختلفة من العالم ومنها ما لم يكن كتجربة أو بالأحرى كان تجربة على الإنسان نفسه كما حدث في الحرب العالمية الأخيرة ، والتي شكلت بداية لتجارب لا نعرف حدودها وكثيرا ما اعترضت منظمات البيئة على هذه التجارب ومخاطرها ولكن كثيرا ما كانت تلك المحاولات دون جدوى.

والتلوث الإشعاعي لا يقتصر على الإنسان نفسه بل إن الغبار الذري والأشعة النووية المنتشرة تسبب تغيرات وطفرة جينية في كل ما هو حي في طريقها وتؤدي بالتالي إلى أمراض غير مألوفة والى تغيرات جذرية في القوانين الأساسية للتوازن البيئي، وإلحاق أضرار بالسلسلة الغذائية التي تشكل أحد أهم مقومات الحياة البشرية.

المشاكل الصحية التي قد يسببها الغذاء

قد يسبب تناول الأغذية بشكل عام سواء كان الغذاء ملوثاً أو غير ملوث بعض المشاكل الصحية (الأمراض) وفيما يلي استعراض لبعضها:

- تناول كميات كبيرة من الغذاء يسبب السمنة وما يترتب عليها من مضاعفات صحية.
- الحساسية لبعض الأغذية لدى بعض الأشخاص مثل الحساسية للبيض أو الكاكاو.
- قد تكون بعض الأغذية سامة نتيجة تلوثها بمواد كيميائية سامة مثل المبيدات والمعادن الثقيلة السامة بسبب الإهمال أو الجهل أو الغش.
- قد تكون بعض الأغذية سامة لتلوثها بسموم ميكروبية نتيجة لنمو الميكروبات فيها لسوء تصنيعها أو إعدادها أو عدم حفظها بشكل جيد بسبب الإهمال أو الأخطاء.

التلوث الغذائي

- لحوم الدواجن والحليب وهذه عادة تكون نتيجة استخدام غير مسموح به (غش) بهذه المواد أو سوء استخدامها إذا كان مسموحاً باستخدامها.
 - زيادة استهلاك الملح قد تزيد من ضغط الدم لدى بعض الأشخاص.
 - الإصابة بالطفيليات نتيجة لتلوث الخضار التي تؤكل طازجة بها أو ببيضها نتيجة لاستخدام الأسمدة العضوية غير المعالجة أو استخدام مياه الصرف الصحي في الري.
 - الإصابة ببعض الأمراض التي قد تنتقل من الحيوان إلى الإنسان نتيجة استهلاك منتجات من حيوانات مريضة، مثل استهلاك الحليب من الحيوانات المصابة بالحمى المالطية أو لحوم الحيوانات المصابة بطفيليات يمكن أن تنتقل إلى الإنسان.
- الأمراض التي قد يسببها التلوث الغذائي
- تلوث الأطعمة يزداد يوم بعد يوم بصورة مفرجة حتى وفي البلدان المتقدمة التي بها أعلى مستويات الرعاية والعناية وقد يكون ذلك ناتجاً عن إحدى الأسباب الآتية:
- تلوث البيئة باستخدام المبيدات الحشرية المدمرة لصحة الكائنات الحية.
 - انتشار الميكروبات والفيروسات.
 - الطريقة التي يتم إعداد الطعام بها ومعالجته.
- مشاكل التلوث من تصنيع الغذاء:
- كل طن من المكونات الغذائية يحتاج إلى 5 طن ماء للغسيل والتنظيف فتلوث البيئة من خلال هذا الماء الملوث، وبعد المصنع ناجحاً إذا أعاد استخدام الماء مرة أخرى في مصانع التغذية بعد تنقيتها.
- كلما كان هناك إنتاج، كلما كان هناك استهلاك للطاقة والوقود وبالتالي = تلوث.
 - مواد التعبئة والتغليف: مواد لا تحلل مثل علب العصائر أو أكياس البلاستيك الضارة.
 - تلوث بمخلفات سائلة مثل المصارف فلذلك لا بد من معالجتها.
 - المبيدات الحشرية المميتة.

تأثير البيئة على الكائنات الحية:

بقايا الأسمدة:

- النبات في الأرض يوضع عليه سماد بقايا الأسمدة في التربة تضر بالإنسان.
- التربة ملوثة بمعادن ثقيلة من عادم السيارات التي تسير في الطرق الزراعية أو تلوث النبات مباشرة.
- من الممكن أن يلوث الماء بمياه صرف صحي.
- الهواء المحيط بالنبات ممكن أن يكون ملوثاً.
- تسمم أو مشاكل مرضية من النباتات المريض.
- ممكن أن يتحول النبات إلى علف بكل ما يحتوي عليه من ملوثات ثم يأكله الحيوان.
- تبادل بقايا الأدوية البيطرية في الحيوان إلى الإنسان عن طريق اللحم واللبن مثل المهدئات التي تعطى للحيوان لكي يسمن.
- المبيدات التي يرش بها الحيوان.
- بقايا المنظفات والمطهرات على الأواني.
- بقايا مواد التشحيم والمواد المعدنية.

أولاً – التسمم الغذائي (Food Poisoning)

يعرف التسمم الغذائي عادة بأنه حالة مرضية مفاجئة تظهر أعراضها خلال فترة زمنية قصيرة على شخص أو عدة أشخاص، بعد تناولهم غذاء غير سليم صحياً. وتظهر أعراض التسمم الغذائي على هيئة غثيان وقيء وإسهال وتقلصات في المعدة والأمعاء، وفي بعض حالات التسمم الغذائي تظهر الأعراض على هيئة شلل في الجهاز العصبي إلى جانب الإضطرابات المعوية وارتفاع حرارة الجسم. وتختلف أعراض الإصابة وشدتها تبعاً لمسببات التسمم وكمية الغذاء التي تناولها الإنسان. التسمم الغذائي مصطلح عام يطلق على الأمراض الناتجة عن تناول طعام أو شراب ملوث بالبكتيريا، الفيروسات، الطفيليات، النباتات السامة والمواد الكيميائية ولكن أكثرها شيوعاً يقع ويحدث بسبب التلوث البكتيري. وتنتج حادثة التلوث الغذائي نتيجة تناول غذاء أو شراب ملوث ولكن يحدث عادة على شكل وباء يعرف بأنه الأغراض المرضية المتشابهة التي تحدث لشخصين أو أكثر تناولوا طعاماً أو شراباً مشتركاً في وقت ومكان واحد أي

التلوث الغذائي

يجب أن تكون هناك علاقة مشتركة في الوقت والمكان والأشخاص. والأعراض قد تتضمن واحدة أو عدة أعراض كالقيء، الإسهال، آلام البطن، الغثيان، ارتفاع درجة الحرارة وقد تكون الأعراض المصاحبة شديدة، وتؤدي للوفاة وخاصة في الأطفال وكبار السن لضعف مناعتهم. وحدة هذه الأعراض ومدتها تختلف باختلاف المسبب وعادة تظهر الأعراض بعد تناول الطعام بفترة ساعتين إلى 72 ساعة أو أكثر. أو هي الأمراض أو الأعراض التي تصيب الجهاز الهضمي للإنسان نتيجة تناول غذاء ملوث بمواد كيميائية سامة أو بسموم ميكروبية أو ميكروبات ممرضة، وبعض الأمراض الناتجة من التسمم الغذائي قد تحدث أمراضاً أو أعراضاً لغير الجهاز الهضمي للإنسان.

يحصل التسمم الغذائي إثر تناول غذاءً أو شراباً ملوثاً بميكروبات ممرضة pathogens أو سمومها أو طفيليات أو بيضها أو يكون الغذاء ملوثاً بمعادن ثقيلة سامة أو مواد كيميائية فعالة كالمبيدات الحشرية أو مبيدات الحشائش والنباتات وغيرها. أو يكون الغذاء نفسه ساماً كبعض أنواع القشريات الصدفية أو النباتات السامة وأيضاً بعض أنواع الأسماك السامة خلال فترة الصيف. أو النباتات السامة مثل مضع بذور نبات الخروع أو أكل أوراق نبات البلاذونا وغيره.

توضح الإحصائيات أن شخص من بين أربع إلى ستة أشخاص يسقط ضحية التسمم الغذائي في الولايات المتحدة الأمريكية سنوياً. أي أنه هناك حوالي 76 مليون أمريكي يسقط ضحية التسمم الغذائي سنوياً إلا أن معظم هذه الحالات تكون خفيفة وبسيطة ولا تحتاج إلى عناية طبية فقط حوالي 325000 حالة تحتاج للعناية الطبية ومنها حالات أخرى تكون خطيرة ومهددة للحياة وأن هناك 5200 حالة وفاة تحصل سنوياً في الولايات المتحدة الأمريكية نتيجة لعلل التسمم الغذائي food borne illness. ويمكن تجنب جميع حالات التسمم الغذائية بإتباع بعض القواعد الصحية عند تناول أو إعداد الأغذية، وتجنبها التلوث كما سيأتي لاحقاً تحت عنوان طرق الوقاية من التسمم الغذائي.

التسمم الغذائي والعدوى الغذائية

التسمم هو حدوث المرض عن طريق السم ويسمى " Food Poisoning". أما العدوى الغذائية فهي حدوث المرض بسبب مهاجمة الميكروبات للأغشية المخاطية في الأمعاء ونموها فيها وإحداث الضرر للأنسجة السليمة في الجسم، وتسمى "Food Infection".

الفرق بين التسمم الغذائي والوباء

لكي يشخص المرض بأنه تسمم غذائي يجب توافر الشروط الآتية:

- ظهور الأعراض المرضية على مجموعة من الأشخاص تناولوا الطعام نفسه.
 - التثبت من أن الغذاء هو سبب التسمم، وذلك باحتوائه على السموم، ويتم تحديد ذلك بتحليل عينات من الغذاء في المختبر.
 - مطابقة تحاليل عينات الأغذية مع نتائج التحاليل الطبية لمتحصلات القيء والبراز للمصابين، من حيث نوع الميكروب المسبب للتسمم.
- أما الوباء فينتهي إلى أمراض وبائية فتأكة كالكوليرا والطاعون، وينتشر بسرعة بين الناس بطرق مختلفة.

أنواع التسمم الغذائي:

هناك أنواع من التسمم الغذائي تتسبب بها عوامل عديدة (ميكروبية وغير ميكروبية) ينتج عنها حالات تسمم فردي أو جماعي. ويحدث التسمم الغذائي نتيجة لتناول غذاء يحتوي على أعداد كبيرة من الميكروبات أو السموم الناتجة عنها أو كلاهما معاً؛ وهذا النوع من التسمم يعرف بالتسمم الميكروبي وهو الأكثر انتشاراً في العالم. وقد يحدث التسمم أيضاً نتيجة لتناول غذاء ملوث بالكيمائيات مثل المبيدات الحشرية والمعادن الثقيلة، ويسمى بالتسمم الكيميائي، أو بتناول أغذية سامة بطبيعتها مثل بعض الأحياء البحرية والنباتية، ويعرف بالتسمم الطبيعي.

كيف تلوث البكتيريا الطعام؟

لا بد أن نعرف أنه لا يوجد طعام معقم بمعنى أنه خال من البكتيريا ولكن لا تظهر أعراض على ما يتناوله لأن عدد البكتيريا به قليلة ولا تستطيع إحداث ضرر في جسم الإنسان ولكن لو كان ذلك الطعام يحتوي على أعداد كبيرة من البكتيريا فإنه بالتالي يعتبر ملوثاً وغير صالح للاستهلاك الآدمي.

ولكي تنمو البكتيريا في الطعام لا بد من وجود العوامل التي تساعد على بقائها وتكاثرها ومنها:

- 1 - **الطعام المناسب:** فمن المعروف أن البكتيريا تفضل المأكولات ذات المحتوى العالي من البروتين، مثل اللحوم والألبان، وتعرف هذه الأغذية بالأغذية سريعة الفساد.

التلوث الغذائي

2 - **درجة الحرارة:** لذا يجب التعامل بحرص مع الأغذية سريعة الفساد وحفظها في الثلاجة. ويجب عدم حفظها في درجة حرارة الغرفة لأكثر من ساعة.

3 - **الوقت:** يمكن إبقاء الطعام بعد طهيه مباشرة لمدة لا تزيد عن ساعتين في درجة حرارة الغرفة وذلك لأن الطعام المطهي تكون درجات حرارته عالية لا تسمح بنمو البكتيريا وبذلك تظل هذا الطعام سلبي من تكاثر البكتيريا فيه ولكن بعد انقضاء تلك المدة لا بد من تناول الطعام المطهي في الحال أو حفظه ساخناً عند درجة حرارة 60 مئوية أو بارداً في الثلاجة عند درجة برودة 4م أو أقل. أما إذا تبقى طعام مطهي في درجة حرارة الغرفة لأكثر من ساعتين فتخلص منه.

العوامل المساعدة في حدوث التسمم الغذائي

ثمة عوامل تسهم في حدوث التسمم الغذائي وأبرزها:

- الإهمال وعدم الاهتمام بالنظافة الشخصية، حيث أن الإنسان يكون حاملاً لعدد كبير جداً من البكتيريا على جلده أو شعره أو ملابسه، وربما تنتقل إلى الطعام.
- عمليات التسخين أو الطهي أو التبريد غير الكافية والتي لا تقضي على البكتيريا المسببة للتسمم الغذائي.
- تلوث الطعام بطعام آخر ملوث أثناء التداول أو التحضير.
- انتقال التلوث من أدوات غير نظيفة إلى الغذاء.
- حفظ الطعام بشكل غير جيد يؤدي إلى تكاثر البكتيريا المسببة للمرض، مثل عدم التجميد أو التبريد الجيد.
- تذييب اللحوم المجمدة بشكل غير كاف أو بطريقة خاطئة، وهذا قد يكون السبب الأهم في حدوث التسمم.
- تناول الخضروات والفواكه من دون غسلها بشكل جيد.
- انتقال الميكروبات من شخص مصاب إلى الطعام.
- بقاء الطعام مكشوفاً فترة طويلة ما يعرضه للتلوث من الهواء أو الوسط المحيط به.
- تلوث الأسطح المحيطة بالطعام كالطاولات أو المواد المستخدمة في تحضير الطعام.

- عدم توافر الشروط الصحية في المكان الذي يتم فيه إعداد الطعام وتحضيره.

1. تناول مواد غذائية هي في الأصل سامه عن طريق الخطأ لكونها مشابهة أو بظنه كونها مواد غذائية. مثال ذلك تناول ثمار نباتات سامه لتشابهها ببعض الثمار الصالحة للأكل أو تناول فطر عش الغراب السام الشديد الشبه بالنوع الصالح للأكل . أو تناول الفجل البري wild radish (Narcissus sp.) والذي يحتوي على شبه قلويات سامه من مشتقات الفنتريدين phenanthridine derivatives مثل : crinine, lycorine, narcissine. أو تناول أوراق نبات jonquil السام والذي يشبه الكراث leek .

2. تناول بعض المواد النباتية أو الحيوانية وهي لازالت في أطوار النمو أو التحول حيث تكون فيه النباتات والحيوانات سامه إما بسبب عدم النضج كتناول الثمار الغير ناضجة مثل تناول ثمار الطماطم والجوافة والتفاح وغيرها من الثمار الغير ناضجة حيث تحتوي الثمار الغير ناضجة علي أشباه قلويات سامه مثل الأمقداين amygdaline . أو تناول بعض أنواع الأسماك أو المحارات البحرية في فترات المنع (من يوليو وحتى أكتوبر) . أو تناول بعض الأسماك أو الأغذية البحرية السامة والتي تحتوي على سم التترودو tetrodotoxin مثل الأسماك اليابانية الكروية المنتفخة Japanese puffer fish وسمندر الماء newts والمحارات البوقيه trumpet shell والسلطعون اللزاق crabs والإخطبوط ذو الحلقات الزرقاء ... وغيرها.

3. تناول المواد الغذائية التي طرأ عليها تغيرات في تركيبها أدت إلى عدم صلاحيتها للاستعمال الأدمي كنتيجة لوجود:

أ . إضافات خارجية كالمبيدات الحشرية الزراعية أو المواد الحافظة أو مكسبات الطعم أو اللون أو الرائحة أو النكهة والتي تجعل الغذاء غير مطابق للمواصفات والمعايير الصحية .

ب . تحلل مكونات المادة الغذائية ذاتيا بفعل سوء التخزين أو انتهاء مدة الصلاحية .

ج . تحلل مكونات المادة الغذائية لأسباب خارجية كفعل الجراثيم أو الفطريات (الخمائر) أو الطحالب أو سمومهم . وهذا النوع من

التلوث الغذائي

التسمم هو أكثر أنواع التسمم الغذائي شيوعاً . هذا وسنتناول كل نوع بالتفصيل لاحقاً .

4 . قد يحصل التسمم الغذائي على صورته فرديه لبعض الأشخاص دون غيرهم إزاء بعض المكونات الطبيعية للغذاء مثل الحساسية من الفول والبقوليات fauvisم عند الأشخاص المصابين بنقص وراثي للإنزيم المسمى ب : glucose 6- phosphate dehydrogenase (G6PD) . أو الحساسية المفرطة ضد سكر اللبن والموجود في الألبان ومشتقاتها ومنتجاتها المختلفة lactose intolerance . أو البيض أو الشوكولاته أو الموز أو الباذنجان الأسود أو الحساسية المفرطة ضد بعض أنواع البروتينات الغذائية .

5 . قد تنشأ أعراض التسمم الغذائي نتيجة للتفاعل بين بعض مكونات المادة الغذائية ودواء يتعاطاه الشخص حيث تؤدي المواد الغذائية المتناولة إلى زيادة الآثار الضارة الجانبية للدواء . مثال ذلك ظهور أعراض ارتفاع ضغط الدم الحاد عند تناول الأغذية الغنية بالأمينات الأحادية مثل اللبن ومشتقاته والفول والبقوليات وغيرها مع تعاطي الأدوية المثبطة للإنزيم المؤكسد للأمينات الأحادية MAOI .

التسمم الغذائي البتيولينى أو البتيولزم

يطلق مصطلح التسمم البتيولينى أو البتيولزم Betulism على الحالة المرضية التسممية الناتجة من تناول أغذية ملوثة بسموم وبكتيريا كلوستريديوم بتيولنم Clostridium betulinum . وهذه البكتيريا عبارة عن بكتيريا سالبة الغرام (-) GRAM ، مكونة للبذور (Spores) لاهوائيه . أي تستطيع أن تعيش و تتكاثر وتنمو في عدم وجود الهواء والأكسجين وذلك إذا توفر لها الغذاء الكافي والمناسب والرطوبة ودرجة الحرارة المناسبة . وفي أثناء نشاطاتها الحيوية تخرج فضلات مثل باقي الكائنات الحية . هذه الإفرازات أو الفضلات عبارة عن مواد سامة شديدة السمية للإنسان . ويعرف سم هذا النوع من البكتيريا بـ betulinum toxin . وفي الظروف الغير مواتية لاستمرار معيشة هذه البكتيريا كأن يقل أو ينعدم الطعام أو الرطوبة . أو تنخفض أو ترتفع درجة الحرارة عن الدرجة المثلى تتحول هذه البكتيريا إلى بذور SPORES ، وتنتشر في البيئة المحيطة ببني البشر وتبقى في حالة سبات أو كمون لفترة طويلة جداً حتى تجد الظروف المواتية لاستئناف حياتها ونشاطاتها الحيوية . وبالغم من انتشار بذور هذا النوع من

البكتيريا في بيئتنا الطبيعية بكثرة إلا أنها تصبح خطيرة عندما تبدأ في التكاثر والإغذاء وتكوين وإفراز السم في الأوساط الخالية من الأكسجين والمنخفضة الحموضة . وبالرغم من أن التسمم البتيوليني نادر إلا أنه عند حصوله فإنه خطير جداً ومهدداً للحياة. ومما تجدر الإشارة إليه فإن تناول بذور هذه البكتيريا ضمن الأغذية الملوثة بالبذور لا يتسبب في الحالات التسممية أو المرضية لدى البالغين ولكنه يتسبب في حالات تسمم خطيرة ومميتة لدى الأطفال الرضع حيث تستأنف هذه البذور حياتها في معي الرضيع والذي غذي غذاءً ملوثاً ببذور هذه الميكروبات (عسلاً أو حليباً ملوثاً) متسببةً في حالة تسمميه خطيرة ومميتة في كثير من الحالات . وتعرف هذه الحالة التسممية والتي تصيب الرضع بالتسمم البتيوليني للرضع Infant botulism. ومن نعمة الله سبحانه وتعالى والتي أنعم الله بها علينا نحن بني البشر هو أن السم البتيوليني غير ثابت عند درجات الحرارة العالية جداً. أي أن تسخين الأغذية لدرجات حرارة عالية ولفترة كافية يقضي علي البكتيريا وسمومها وبذورها.

إن معظم حالات التسمم البتيوليني أو البتيولزم تنتج من تناول أغذية معلبة أو نيئة دون الانتباه لمدى تعرضها للتلوث ولضرورة تعقيمها وغسلها وتنظيفها قبل تناولها. من هذه الأغذية اللحوم، الفواكه، المخللات، المأكولات البحرية، الأغذية والتي لم يتم تناولها بشكل صحي ومنضبط ومسئول، المنتجات الصناعية والتي لم يتم حفظها بشكل سليم أثناء رحلتها الطويلة منذ تعبئتها في المصنع وحتى وصولها لعم المستهلك مثل اللحوم المغلفة المبردة أو المتلجة وأيضاً الأسماك والطيور والمعلبات وغيرها، سلطات البطاطس، البطاطس المشوية، البصل المقلي، شربة لحم البقر، وشربة الدجاج، مرق لحمة الديك الرومي، الثوم المهروس في زيت الصويا، اللحوم والأسماك الجافة مثل اللحم والرنجة والفسيح والباسترمة وغيرها، الخضراوات الملوثة. وأيضاً تناول الأغذية الملوثة و المنخفضة الحموضة مثل البازلاء الخضراء Green peas، الفول الأخضر Green beans، فطر عش الغراب الملوث Mushroom، السبانخ الملوثة Spinach، الزيتون الملوث، أوراق أو جذور اللفت الملوث Rape or Turnip، أوراق الخردل Mustard، وغيرها. ومما تجدر الإشارة إليه فإن بذور هذا الميكروب Spores تتحمل الظروف الصعبة بشكل ناجح. فهي تستطيع أن تقاوم درجة غليان الماء (100 درجة مئوية) ولمدة ساعات. ولكنها تموت عند تسخينها إلي درجة 120 درجة مئوية وتحت ضغط مرتفع. أما سمها

التلوث الغذائي

Betulinum toxin فيخرب ويدمر عند تسخينه إلى درجة حرارة 100 درجة مئوية ولمدة عشر دقائق أو تسخينه لدرجة 80 درجة مئوية لمدة 30 دقيقة.

إن معدل الوفيات بالتسمم البتيولينيني (بتيولزم) لدى البالغين انخفض من 60% إلى 16% من مجموع المصابين بالتسمم البتيولينيني وذلك خلال العشر سنوات السابقة نتيجة للتحسن والتطور الحاصل في تقنيات أجهزة التنفس كما أن معظم حالات الوفيات بالتسمم البتيولينيني تحصل لدى كبار السن (فوق 60 سنة) وخلال 2-22 يوماً من تناول الغذاء الملوث. أعراض التسمم تظهر بعد 12-28 ساعة من تناول الغذاء الملوث وتبدأ الأعراض بالغثيان، طراش، مغص وآلام بالبطن مع انتفاخ وإمساك. ثم بعد 72 ساعة يبدأ يظهر ازدواج في الرؤيا، صعوبة البلع، آلام وتعب في المفاصل، جفاف بالفم، ضعف ووهن عام، الوفاة تحصل نتيجة لشلل عضلات التنفس.

أعراض التسمم البتيولينيني :

تظهر بعد 12-38 ساعة من تناول الغذاء الملوث حيث تبدأ الأعراض كما أسلفنا بالغثيان Nausea، طراش Vomiting، مغص وآلام بالبطن مع إمساك وانتفاخ. ومما تجدر الإشارة إليه فإن التسمم البتيولينيني لا يشبه باقي التسممات الغذائية الأخرى. فبالإضافة لأعراض الجهاز الهضمي السالفة الذكر فإن السم البتيولينيني يؤثر أيضاً على الجهاز العضلي والجهاز العصبي المركزي. تظهر الأعراض على الضحية كما أسلفنا بعد 12-36 ساعة من تناول الأغذية الملوثة. وأحياناً تتأخر الأعراض إلى 96 ساعة وتشمل زغلة العينين Blurred vision، ازدواج الرؤيا Double vision or diplopia، توسع حدقات العين Dilated pupil، تدلي أجفان العينين Droopy eyelids بحيث يصعب فتح العينين، جفاف الحلق والفم مع آلام بالفم والحلق، ضعف مسكة أو قبضة اليد Weak grip، ضعف ووهن بالعضلات، صعوبة في البلع وصعوبة في التحدث والكلام وصعوبة في التنفس، ثم ضعف شامل في العضلات يتبعه شلل. الوفاة تحصل نتيجة لشلل عضلات التنفس.

العلاج :

إن التسمم البتيولينيني خطير ويمكن أن يكون مهدداً للحياة وذلك نتيجةً لشلل عضلات التنفس، العلاج في المستشفيات وهو تدعيمي لأجهزة الجسم الحيوية Supportive، بالإضافة لإعطاء المصل المضاد Antitoxin.

الفصل الخامس عشر

كيفية تجنب التسمم البتيولينى :

- 1- استخدام الطرق الصحيحة والجيدة لتغليف وحفظ الأغذية وخاصةً المنخفضة الحموضة مثل الخضراوات واللحوم (التغليف المنزلي Home Canning).
- 2- تجنب قدر الإمكان الأغذية المعلبة المنخفضة الحموضة، أو المعلبات المخرومة أو المنتفخة والمملوء بالهواء والغازات.
- 3- تخلص من أي أغذية معلبة تنفجر عند فتحها مسببة في بخ ونثر محتوياتها مندفعة من الفتحة إلى سقف وجدار المطبخ حيث يعتبر خيرا الصحة والأغذية أن مثل هذه العبوات شديدة الخطورة والسمية Potentially dangerous.
- 4- لا تراهن على أن التسخين يقتل بذور البتيولزم، تجنب أي منتج غذائي تشك في تلوثه البتيولزم تخلص منه ولا تطعمه لحيواناتك المنزلية (الداجنة 0 مثل القطط، الكلاب، الدجاج، القناذ، ...).
- 5 - تجنب أن تتذوق الأغذية المعلبة الطرية أو المعلبات المخربة أو المخمرة أو التي لها روائح غير طبيعية. حيث مجرد التذوق كافي لإحداث الحالة المرضية الموصوفة أعلاه.

تسمم الرضع البتيولينى

هو عبارة عن تسمم الأطفال الرضع ببذور أو بكتيريا أو سموم بكتيريا كلوستريديوم بيتيولينم (*Clostridium betulinum*) والمكونة للسم البتيولينى *Betulinum toxin*. يعتقد العلماء أن هذا النوع من التسمم ناتج من إعطاء الأطفال الرضع (أقل من سنة) للعسل الملوث ببذور الميكروب المذكور. تظهر الأعراض لدى الرضع والتي تشمل الإمساك الشديد، ضعف التغذية، بكاءه ضعيف وخافت، عدم مقدرته التحكم في حركة الأس، ضعف عام مع إنهاك، فشل في نموه النمو الطبيعي ثم الوفاة المفاجئة لطفل من كل ثلاثة أطفال مصابين بالتسمم البتيولينى وذلك في سن 1-2 شهر من سن الرضيع. أوصى المركز الأمريكى لمكافحة الأمراض CDC أوصى بعدم إعطاء العسل للرضع والذين تقل أعمارهم عن ستة شهور. أما الجمعية الأمريكية للصناعات العسلية فقد أوصت بمد هذا المنع إلى سن سنة كاملة من عمر الرضيع قبل إضافة العسل إلى غذائه.

التسمم الغذائى ببكتيريا روث البقر

التلوث الغذائي

أول ما ظهر التسمم ببكتيريا روث البقر أو بكتيريا اللحوم المفرومة أو بكتيريا الهمبرغر سنة 1982 خلال انتشار وباء الإسهال الدموي أو ما يعرف ب: Hemorrhagic colitis. ارتبط هذا النوع من التسمم الغذائي بتناول همبرغر غير مطبوخة بشكل جيد Undercooked hamburger. يعيش هذا الجيل من البكتيريا في معي الأبقار (والمواشي) بشكل طبيعي دون أن يسبب لها أي أمراض أو أعراض مرضية (تماماً كما تفعل بكتيريا السلمونيلا اللا تيفودية والتي تعتبر ممرضة للإنسان فإنها تسكن مباحث الدجاج دون أن تسبب مرضاً لها). عندما تنتقل هذه البكتيريا من عائلها الأساسي الطبيعي وهو معي المواشي والأبقار إلى الإنسان فإنها تصبح ممرضة للإنسان. توضح الإحصائيات أن من بين 5,200,000 حالة تسمم غذائي بكتيري سنوي في الولايات المتحدة الأمريكية فإن 25,000 إلى 73,000 منها راجعة الي بكتيريا روث البقر E.coli 0157:H7. يعتقد العلماء أن تلوث الهمبرجر أو عصائر الفواكه أو الحليب بعدد 10 بكتيريا حية من بكتيريا روث البقر كافيته لإحداث الإصابة التسممية بعد التكاثر.

يحصل التسمم ببكتيريا روث البقر نتيجة لتناول أغذية غير مطبوخة بشكل جيد مثل اللحم البقري المفروم والغير مطبوخ بشكل جيد (همبرجر). يعيش هذا النوع من البكتيريا في أمعاء البقر الأصحاء، وعليه فإن روث البقر يحتوي علي هذا النوع من البكتيريا (روث البقر يستخدم كسماد بلدي لتسميد المساحات الزراعية والتي تزرع بالكثير من المنتجات الزراعية مثل الخضراوات والفواكه والتي لا تخلو موائدنا منها). يتلوث لحوم البقر المفرومة أثناء الذبح والسلخ ويختلط ببعضه أثناء الفرغ. اللحم الملوث ببكتيريا روث البقر يبدو طبيعياً في شكله ولونه ورائحته وطعمه لهذا فمن الصعوبة بمكان التفريق بين اللحم الملوث والآخر السليم أو الغير ملوث بهذا النوع من البكتيريا وذلك بمجرد فحصه ظاهرياً أو شمه. ضرع البقر الملوث ببكتيريا روثه يمكن أن يلوث الآت الحلب وبالتالي يلوث الحليب والمنتجات المصنوعة منه. عصائر التفاح الغير مبستر وسيدر التفاح الغير مبستر والمصنوعين من التفاح المتساقط علي الأرض الملوثة بسماد روث البقر تؤدي إلى انتشار التسمم بهذا النوع من البكتيريا. أغصان البرسيم المعدة للاستخدام الأدمي، أوراق الفجل وجذوره الوتدية ، أوراق الخس وأوراق الجرجير واللاتي رويت بمياه مجاري أو التي سمدت أرضها بروث البقر وأيضا السباحة أو شرب مياه ملوثة بمياه المجاري جميعها تؤدي إلى الإصابة بالحالة المرضية الناتجة من التسمم ببكتيريا روث البقر.

أعراض التسمم ببكتيريا روث البقر

تظهر الأعراض خلال يوم إلى 7 أيام من تناول الغذاء أو الشراب الملوثة ببكتيريا روث البقر وتشمل إسهالاً مائياً والام بطنية شديدة تتطور إلى إسهالاً دمويًا مصحوبة أحياناً بارتفاع في درجة الحرارة. 2- 7% من المصابين تتطور حالتهم إلى ما يعرف بـ Hemolytic uremic syndrome (HUS) حيث تتكسر الكريات الحمراء. وتتطور الحالة إلى الفشل الكلوي. تزداد خطورته وشدته لدى الأطفال أقل من 5 سنوات ولدى كبار السن. يعالج HUS بواسطة نقل دم والغسيل الدموي الكلوي. بعض المرضى والذين يشفون ربما يحتاجون إلى غسيل كلوي لفترة طويلة. معدل الوفيات لهذا النوع من التسمم يتراوح بين 3 إلى 5% من مجموع الإصابات.

كيف نتجنب التسمم ببكتيريا روث البقر

أطبخ اللحم البقري المفروم بشكل جيد ولفترة كافية حتى يختفي اللون الوردي أو الأحمر المميز للحم النيئ. تأكد من أن داخل قطع اللحم ساخن بشكل كافي. لا تشرب إلا العصائر الصافية المتجانسة المبسترة وتجنب العصائر الطازجة الغير مبسترة خارج المنزل. إذا قدمت لك شطيرة همبرغر في المطاعم أو الحفلات تأكد من أنها طهيت بشكل جيد قبل التهامها. وللتأكد من ذلك هو اختفاء اللون الوردي أو الأحمر من علي سطح وقلب الهمبرغرايا. أعيدها مزيداً من الطهي في حالة وجود أي علامات تدل علي عدم طهيها بشكل جيد أو في حالة شكك في عدم طهيها بالشكل المطلوب. تأكد من أن الألبان التي تتناولها يومياً ومشتقاتها مبسترة. لا تشرب أو تستخدم إلا المياه المكلرنه على أنلا تزيد نسبة الكلور ين الحر عن 4جزء في المليون ولا تقل عن 0,02 جزء في المليون (مواصفة وكالة حماية البيئة الفدرالية الأمريكية لمياه الشرب).

التسمم الغذائي بـ Campylobacter jejuni

يعتبر هذا الملوثة البكتيري من أعلى مسببات التسمم الغذائي في الولايات المتحدة الأمريكية إذ يبلغ حوالي 8 مليون حالة سنوياً , ووفياته تتراوح بين 200-800 حالة وفاة سنوياً. إن تناول لحوم الدواجن وأيضاً اللحوم الأخرى والصدفيات البحرية والغير مطبوخة بشكل جيد under cooked أو تناول أغذية لامست لحوم الدواجن أو مخلفات الحيوانات أو الطيور مثل الحليب ومشتقاته ومصادر المياه الملوثة. علماً بأن هذا النوع

التلوث الغذائي

من البكتيريا متواجد طبيعياً في أمعاء الحيوانات والطيور. ووجد أيضاً في مياه المجاري. ومما تجدر الإشارة إليه فإن مركز مراقبة الأمراض الأمريكي (cdc) The center for disease control قدر حوالي 70 % - 90 % من لحوم الدواجن ملوثة ببكتيريا *Campylobacter jejuni*. وهذا يوضح مدى الحاجة الملحة لعدم تناول لحوم أو لحوم الدواجن (وأيضاً الألبان ومشتقاتها) إذا لم تكن مطبوخة بشكل جيد وشامل.

الأعراض المرضية

تشمل الأعراض أمغاص حشوية وآلام، إسهال دموي، حمى، الأعراض تستمر لمدة أسبوع. يعتقد العلماء بأن هذا النوع من التسمم الغذائي قد يؤدي إلى حالة مرضية نادرة تسمى *Guillain-Barre syndrome* وهو مرض عصبي قد يسبب الشلل.

كيفية تجنب هذا النوع من التسمم الغذائي

تأكد من أن الوجبات الغذائية المعدة من لحوم الدواجن واللحوم الأخرى مطبوخة بشكل جيد ولمدة كافية مع عدم وجود أو اختفاء اللون الوردي. أغسل يديك جيداً إذا لامست لحوم دواجن. لا تستخدم الأواني والسكاكين وقاعدة التقطيع والصحون والتي استخدمت للحوم الدواجن إلا بعد غسلها وتطهيرها. طهر الأواني المذكورة باستخدام محلول صوديوم هايپو كلورايت (كلوركس) وذلك قبل استخدامها للمرة الثانية، أو اغسلها بالماء الساخن والصابون بكثرة. ومما تجدر الإشارة إليه فإن السفنجات المعدة للتنظيف والمتروكة بالقرب من بالوعة الصرف الصحي للمطبخ هي من أحد المصادر الرئيسية للملوثة لأواني المطبخ عند استخدامها لمرات عديدة للجلي والتنظيف للأواني والصحون والطناجر والملاعق والسكاكين وغيرها. هناك تقرير مفاده إسفنجا الجلي تضرل أحد الملوثات الرئيسية والخطيرة حتى بعد تنظيفها وغسلها بالماء والصابون إذ لاتزال تحمل الكثير من الميكروبات والفيروسات الممرضة. أفضل طريقة لاستخدام سفنجات الجلي عدة مرات هو غسلها بعد كل استعمال بالصابون والماء.

التسمم الغذائي بالملوث *CLOSTRIDIUM perfringens* أو ما يسمى ببكتيريا الكفتيريا

يتواجد هذا النوع من الميكروبات في التربة والغبار والمجاري وأمعاء الحيوانات والإنسان. ينمو في وجود قليل من الأكسجين أو عدم وجود الأكسجين. يسمى أحياناً ببكتيريا الكفتيريا وذلك لأن العديد من حالات

التسمم بهذا النوع من البكتيريا يحصل نتيجة لترك الطعام على الطاولة عند درجة حرارة الغرفة لمدة 4 ساعات أو أكثر (ساعتين أو أكثر في المناطق الحارة). يلوث هذا النوع من البكتيريا اللحوم والبقوليات (الفول والعدس والفاصوليا واللوبيبا والحمص والترمس ... وغيرها)، مرق اللحم، الديك الرومي والتي سخنت وتركت خارج الثلاجة في درجة حرارة الغرفة لمدة تزيد عن 2-4 ساعات. بذور هذه البكتيريا (ذريتها) والتي تنتج السم المميز لهذه البكتيريا ربما لا تتأثر بحرارة الطبخ العادي. أعراض التسمم بهذا الملوث يشمل طراش، إسهال، آلام غازية. تظهر الأعراض بعد 6-24 ساعة من تناول الغذاء الملوث، وتستمر ليوم كامل وقد تستمر الأعراض لمدة أسبوع إلى أسبوعين. ومما تجدر الإشارة إليه فإن هذا النوع من التسمم الغذائي خفيف وبسيط ولا يحتاج لعناية طبية إلا إذا ازدادت الأعراض شدة أو استمرت لأكثر من يوم واحد.

التسمم الغذائي بالملوث *monocytogen Listeria*

يتواجد هذا النوع من الملوث في معي الحيوانات والإنسان وفي التربة. يلوث الحليب والخضروات. يستطيع أن ينمو ببطيء في درجة حرارة الثلاجة (4 درجات مئوية). ينتقل إلى الإنسان نتيجة لتناول أغذية جاهزة للأكل مثل: Hotdog, لحوم اللنشيون luncheon meats، سجق مخمر أو جاف fermented or dry sausage، الأجبان الطرية، الألبان ومشتقاتها الغير مبسترة، بالإضافة للخضراوات الملوثة، أعراض التسمم تظهر متأخرة قد تصل إلى 3 أسابيع من تناول الغذاء الملوث. الأعراض تشمل: خمول، ميل للنوم، طراش، حمى، قشعريرة، صداع، آلام بالظهر وأحيانا آلام بالظهر واضطراب في المعدة Upset stomach، وإسهال. المرأة الحامل والأطفال حديثي الولادة وكبار السن ومن يعاني من ضعف في جهازه المناعي تظهر عليهم الأعراض أكثر حدة ووحشية وقد تكون الإصابة مهددة للحياة.

التسمم الغذائي بالملوث سلومونيلا *SPS SALMONELLA*

هناك أكثر من 2300 نوع من بكتيريا السلومونيلا. تسبب السلومونيلا ثلاثة أنواع من العلل المرضية للإنسان: الحمى التيفودية typhoid fever، التهاب أغشية الجهاز الهضمي gastroenteritis، وتسمم الدم septicemia. هذا وسنتناول هنا النوع المسبب للتسمم الغذائي والمعروف بـ *Salmonella enteritis*.

التلوث الغذائي

هذا النوع من البكتيريا مستوطن مبايض الدواجن والطيور. وهو غير ضار ولا يسبب لها أي أعراض مرضية. وتعتبر الزواحف مثل السلاحف والسحالي والثعابين والضبان من حاملتي هذا النوع من الميكروبات. البيض ولحوم الدواجن هي المصدر الرئيسي للتلوث. يستطيع هذا الميكروب أن يعيش ويتكاثر في جميع أوساط الأطعمة المعروفة مثل اللحوم، لحوم الدواجن، الأطعمة البحرية، البيض، الألبان ومشتقاتها، الفواكه والخضراوات، الفول والبقوليات والحبوب، عصائر الفواكه. إذا توفرت الرطوبة ودرجة الحرارة المناسبة (من 4.5 إلى 60 درجة مئوية) بالإضافة للغذاء فإن هذا النوع من الميكروبات يتكاثر بشكل مريع. إن طبخ الدجاج أو البيض بشكل جيد يدمر هذا النوع من البكتيريا. أعراض التسمم بهذا الميكروب تشمل: إسهال عنيف Violent diarrhea، أمغاص حشوية Abdominal cramp، حمى تظهر خلال 72-8 ساعة من تناول الطعام الملوث، ثم تظهر قشعريرة Chills، صداع، غثيان، طراش. قد تستمر الأعراض إلى سبعة أيام. معظم المصابين السلمونيليا يستعيدوا صحتهم بدون الحاجة للعناية الطبية. بعض المصابين قد تكون الإصابة مهددة لحياتهم الأطفال صغار السن، وكبار السن من الشيوخ، والأشخاص الذين يعانون من انخفاض في أداء أجهزة مناعتهم، والنساء الحوامل. تفيد الإحصائيات بأن عدد المسممين بهذا الملوث في الولايات المتحدة الأمريكية يتراوح ما بين 700,000 و 3,8 مليون حالة تسمم بهذا الميكروب سنويا. وهي تعتبر ثاني أكبر سبب للتسممات الغذائية في الولايات المتحدة الأمريكية. بعد التسمم بالمكورات العنقودية الذهبية Staphylococcus aureus. ومما تجدر الإشارة إليه فإنه حتى سنة 1985 م كان الاعتقاد السائد هو أن الملوث سلمونيليا موجود فقط على القشرة الخارجية للبيض وفي داخل البيض المتشقق القشر.

أكتشف الباحثين حديثا بأن الميكروب موجود داخل البيض أيضا، وهو خبر غير سار لمن تعودوا على تناول البيض الغير كامل النضج أو تناول البيض النيئ. نتيجة لذلك خرج الباحثين بتوصيات منها عدم تناول إلا بعد طهيه بحيث يتجمد ويتماسك كل من صفار البيض وبياضه. وأصبحت معظم المطاعم في الولايات المتحدة الأمريكية لاتقدم البيض لزبائنهم إلا طبقا لهذه التوصية. كما أوصت إدارة الأغذية والأدوية الأمريكية FDA في

يوليو سنة 2000م بأن يحفظ البيض مبردا في الثلاجة، ويستخدم خلال ثلاثين يوما من شرائه.

التسمم الغذائي بالملوث المسبب للداننتاريا الباسلية (أو العصوية)

SHIGELLOSIS OR BACILLARY & SHIGELLA sps DYSENTERY

يوجد أكثر من 30 نوعا من ميكروب الشيقبلا العصوية، منها *S. flexneri*, *S. dysenteria*, *Shigella sonne* و *S. boydii*، هذا النوع من البكتيريا عبارة عن عصيات سالبة القرام، عديمة الحركة، ولا تكون بذورا (سبورات) أثناء التكاثر. تقيد الإحصائيات بأن هناك حوالي 300,000 حالة تسمم بهذا النوع من الملوث تحدث سنويا في الولايات المتحدة الأمريكية بما نسبته 10% من مجموع التسممات الغذائية. نادرا ما يسبب هذا الميكروب المرض للحيوانات. يكثر تواجد هذا الميكروب في المياه الملوثة ببراز الإنسان أو الملوثة بمياه المجاري. وينتقل من شخص لآخر بواسطة البراز، تلوث الأغذية بالبراز أو المياه الملوثة أو الذباب. ومما تجدر الإشارة إليه فإن الذبابة أثناء تنقلها بين الفضلات بحثا عن أغذيتها المفضلة فإنها تقوم من حيث لا تدري كوسيلة نقل أو طائرة مجانية للميكروبات. أحصى الباحثين عدد الميكروبات التي تحملها الذبابة الواحدة حوالي 46 مليون ميكروبا منها 6 ملايين علي سطحها الخارجي. معظم الحالات الوبائية للداننتاريا الباسلية ناتجة من تناول أغذية ملوثة وخاصة السلطات المحضرة أو المعدة من قبل عمال المطاعم أو الخادmates واللذين لا يهتموا بنظافتهم الشخصية أو غسل أيديهم وتطهيرها بعد استعمال التواليت أو قبل إعداد الوجبات. كما أنها تنتشر بين المسافرين، وبعد الفيضانات الكاسحة وخاصة في البلدان التي لا تتوفر بها أنظمة مياه للشرب نقية ومكلرنة. حيث تغسل الفيضانات البيئة وتنقل جميع الملوثات والتي كانت موجودة في البيئة إلى جسم المياه العامة والموجودة في الأنهار والبحيرات والجداول والآبار و الشواطئ البحرية والتي تعتبر مصدرا لمياه الشرب. معظم الحالات تنتج كما أسلفنا من تناول أغذية أو أشربة ملوثة مثل سلطة البطاطس، التونة، الجمبري، المكرونة، الدجاج، الخضراوات الطازجة، الحليب، الألبان ومشتقاتها، لحوم الطيور، المياه الملوثة والعصائر الملوثة...، والمحضرة من قبل عمال المطاعم أو الخادmates، تسمى الحالة المرضية المصاحبة لهذا النوع من التسممات بالداننتاريا الباسلية أو بالداننتاريا العصوية SHIGELLOSIS or BACILLARY

التلوث الغذائي

DYSENTARY. تظهر أعراض الإصابة بهذا التسمم بعد 12 إلى 50 ساعة من تناول الغذاء أو الشراب الملوث ويستمر من بضعة أيام إلى أسبوعين. الأعراض تشمل: آلام بالبطن abdominal pain، أمغاص حشوية cramps، إسهال diarrhea مصحوب بدم وقيح ومخاط، حمى fever، قشعريرة chills، طشراش vomiting، زحير أو زحار tenesmus (شعور ملح بضرورة التغوط - أو التبول - ولكن دون القدرة على ذلك). الإصابة بهذا النوع من التسممات يترافق عادة بجروح وتقرحات النسيج الطلائي المخاطي للأمعاء والإسهال الدموي والتهاب المفاصل، زيادة نسبة اليوريا في الدم الناتج من تكسر خلايا الدم الحمراء hemolytic uremic syndrome، بالإضافة للجفاف الشديد. معدل الوفيات لهذا النوع من التسمم حوالي 10-15% من مجموع الإصابات بهذا الملوث. الإصابات تكثر بين الأطفال الرضع وكبار السن ومرضى الإيدز والشاذين جنسياً. كل الفئات العمرية معرضة للإصابة من الجنسين. جميع أفراد هذه المجموعة من الملوثات تسبب الدازنتاريا الباسلية. النوع S. sonnei هو الأكثر انتشاراً والمسبب الأكبر لمعظم حالات التسمم الغذائي البوابي. يكفي 10 خلايا من الملوث المذكور لإحداث الحالة المرضية. يحدث المرض عندما تتعلق أحد البكتيريا المذكورة بأحد خلايا النسيج الطلائي المخاطي بجدار الأمعاء ثم تخترق الخلية وتتكاثر بداخلها ثم تنفجر الخلية وتطلق كميات كبيرة من الميكروبات المذكورة ليعيد أبناء الميكروبات ما فعله آباءهم في خلايا جدار الأمعاء الطلائية متسببة في تدمير النسيج الطلائي المخاطي المغلف لجدار الأمعاء. بعض أنواع هذه الميكروبات تفرز سموم: enterotoxin و shigatoxin (الأخير مشابه للسم verotoxin والذي يفرز من من بكتيريا روث البقر E.coli 0157:H7) حيث تفاقم هذه السموم الحالة المرضية وتجعلها أكثر حدة وعنفاً.

التسمم الغذائي بالمكورات العنقودية STAPHYLOCOCCUS AUREUS

هذا النوع من البكتيريا مستوطن على بشرة جلد الإنسان، ويتواجد بكثرة على الجروح لما توفره له الجروح من أغذية وظروف معيشية وتكاثرية مناسبة. ومستوطن أيضاً داخل الأنف. تتلوث الأغذية بهذا النوع من البكتيريا من الإنسان نتيجة لإهمال النظافة أو أثناء السعال أو العطاس بالقرب من الأغذية المكشوفة أو عند تحضير أو إعداد الطعام من قبل شخص مجروح أو بواسطة الذباب والذي يقوم كوسيلة نقل أو طائرة

مجانية يقوم بنقل ركابه من الميكروبات المختلفة من أماكن تجمعها إلى أماكن توفر الظروف الحياتية والغذائية المناسبة لها. (أحصى العلماء بأن الذبابة الواحدة تحمل علي سطحها الخارجي 6مليون ميكروباً متنوعاً، و 40 مليوناً في أحشائها الداخلية). تتكاثر هذه البكتيريا بشكل سريع علي الطعام عند درجة حرارة الغرفة منتجةً مخلفات بروتينية سامة تسمى بـ Enterotoxins. جميع الأعراض المرضية ناتجة من سموم البكتيريا. معظم حالات التسمم بهذا النوع من الملوث تحدث نتيجةً لإهمال العاملين للنظافة العامة وإهمال الأصول والطرق الصحيحة لتداول ومناولة وإعداد الأغذية. تظهر أعراض التسمم بشكل مفاجئ وأحياناً تكون عنيفة بعد نصف ساعة إلى 4 ساعات من تناول الغذاء الملوث ويمكن أن تتأخر إلى 6 ساعات. أعراض التسمم تشمل : ضعف عام weakness، غثيان شديد sever nausea، آلام حشوية abdominal pain، طراش vomiting، إسهال شديد sever diarrhea. هذه الأعراض نادرًا ما تكون خطيرة لدى البالغين الصحاح. أما الأطفال والشيوخ كبار السن والمنهوكين من أمراض وعلل أخرى فقد يحصل لديهم جفاف خطير dehydration، ويحتاجون إلى عناية طبية. الأغذية والتي سجل لها هذا النوع من التلوث والتسمم منه هي : الكريمات، الحليب، الأجبان، سلطة البطاطس، الصلصات، اللحوم.

التسمم الغذائي بالديوكسينات

الديوكسينات وأثارها على صحة الإنسان

معلومات أساسية

الديوكسينات هي ملوثات بيئية. وهي تتميز عن غيرها بانتمائها إلى "المجموعة القدرة" - وهي مجموعة من المواد الكيميائية الخطرة تُعرف بالملوثات العضوية الثابتة. وتثير هذه المواد قلقاً بسبب قدرتها العالية على إحداث التسمم. وقد بينت التجارب أن تلك المواد تؤثر في عدد من الأعضاء والأجهزة. وبإمكان الديوكسينات، بعد دخولها جسم الإنسان، من الاستحكام مدة طويلة بسبب استقرارها الكيميائي وسهولة امتصاصها من قبل النسيج الدهني حيث يتم تخزينها. ويترأوح نصف عمرها بين 7 أعوام و11 عاماً. أما في البيئة فإن الديوكسينات تتراكم في السلسلة الغذائية. والجدير بالذكر أن تركيزها يزيد كلما اعتلينا في سلم تلك السلسلة.

التلوث الغذائي

والاسم الكيميائي للديوكسين هو: 2، 3، 7، 8 رباعي كلوروديينزو بارا ديوكسين. وغالباً ما يُستخدم مصطلح "الديوكسينات" للإشارة إلى مجموعة المواد المتصلة من الناحيتين الهيكلية والكيميائية بمادتي ديينزو بارا ديوكسين عديد الكلور وديينزوفوران عديد الكلور. كما تندرج بعض مركبات بيفينيل عديد الكلور، التي تشبه الديوكسينات ولها الخصائص السامة ذاتها، ضمن مصطلح "الديوكسينات". وقد تم تحديد زهاء 419 نوعاً من المركبات ذات الصلة بالديوكسينات، غير أنّ ثمة 30 مركباً منها فقط يملك قدرة كبيرة على إحداث التسمم، علماً بأنّ 2، 3، 7، 8 رباعي كلوروديينزو بارا ديوكسين هو أكثرها سميةً.

مصادر التلوث بالديوكسينات

تنجم الديوكسينات، أساساً، عن منتجات العمليات الصناعية، وقد تنجم أيضاً عن العمليات الطبيعية، مثل حالات الثوران البركاني وحرائق الغابات. ويمكن أن تُطلق الديوكسينات من منتجات طائفة واسعة من العمليات الصناعية، بما في ذلك الصهر وتبييض عجينة الورق بالكلور وصناعة بعض مبيدات الأعشاب ومبيدات الهوام. وتمثّل أجهزة حرق النفايات (النفايات الصلبة ونفايات المستشفيات)، في غالب الأحيان، أكبر مسببات ذلك الإطلاق نظراً لعدم اكتمال عمليات الحرق فيها. وعلى الرغم من أنّ تشكّل الديوكسينات يبقى عملية محلية، فإنّ توزيعه في البيئة بات من الظواهر العالمية. فتلك المركبات موجودة في جميع أنحاء العالم وفي كل الأوساط تقريباً. وتُسجّل أعلى مستوياتها في بعض التربة والرواسب والأغذية

وبخاصة منتجات الألبان واللحوم والأسماك والمحار. أمّا المستويات المنخفضة فتُسجّل في النباتات والماء والهواء.

وهناك، على الصعيد العالمي، عدد كبير من مخازن الزيوت التي تحتوي على مركبات بيفينيل عديد الكلور، علماً بأنّ الكثير من تلك الزيوت يتضمن مستويات عالية من وديينزوفوران عديد الكلور. والجدير بالذكر أنّ تخزين تلك المركبات أو طرحها بطرق غير سليمة قد يتسبّب في إطلاق الديوكسينات في البيئة وتلوث الإمدادات الغذائية التي يستخدمها البشر والحيوانات. ولا يمكن التخلص، بسهولة، من النفايات التي تحتوي على مركبات بيفينيل عديد الكلور دون التسبّب في تلوث البيئة وإلحاق أضرار بالبشر. وعليه يجب معالجة تلك المواد بالطريقة التي تُعالج بها

النفائيات الخطرة، وأفضل طريقة للقيام بذلك هي حرقها في درجات حرارية عالية.

آثار الديوكسينات على صحة الإنسان

قد يؤدي تعرّض البشر على المدى المتوسط لمستويات عالية من الديوكسينات إلى إصابتهم بأفات جلدية، مثل العدّ الكلوري أو اسمرار الجلد اللطخي، واختلال وظيفة الكبد. أمّا التعرّض لتلك الديوكسينات على المدى الطويل فيؤدي إلى حدوث اختلال في الجهاز المناعي والجهاز الصماوي وعرقلة تطوّر الجهاز العصبي والوظائف الإنجابية. وقد أدّى تعرّض الحيوانات بصورة مستمرة للديوكسينات إلى إصابتها بأنواع سرطانية مختلفة. وتم تقييم رباعي كلوروديبينزو بارا ديوكسين من قبل الوكالة الدولية لبحوث السرطان التابعة لمنظمة الصحة العالمية في عام 1997. وتم، استناداً إلى البيانات الحيوانية وبيانات الوبائيات البشرية، تصنيف ذلك المركب من قبل الوكالة في خانة "المواد المعروفة التي تسبّب السرطان للبشر". غير أنه لا يؤثر في المادة الجينية وهناك مستوى من التعرّض تكون مخاطر الإصابة بالسرطان دونه ضئيلة.

والجدير بالذكر أنّ لدى جميع الناس خلفية تعرّض للديوكسينات ومستوى معيّن منها في الجسم وذلك نظراً لانتشارها على نطاق واسع، ممّا يؤدي إلى ما يُسمى عبء الجسم. ومن غير المتوقع، عموماً، أن يؤدي التعرّض للمستويات الطبيعية الراهنة إلى إلحاق أضرار بصحة البشر. غير أنّ من الضروري، بالنظر إلى ما يتسم به هذا الصنف من المركبات من قدرة عالية على إحداث التسمّم، بذل الجهود اللازمة بغية الحد من نسبة التعرّض الطبيعية الراهنة.

الفئات الفرعية الحساسة

تُعد الأجنة أكثر الفئات حسّاسية للديوكسينات. وقد يكون المولود الجديد، الذي تشهد أعضائه نمواً سريعاً، أكثر استضعافاً إزاء بعض الآثار المعيّنة. كما قد يتعرّض بعض الأفراد أو مجموعات الأفراد لمستويات أعلى من الديوكسينات بسبب نظامهم الغذائي (الأفراد الذين يستهلكون الأسماك بكثرة في بعض مناطق العالم) أو أنشطتهم المهنية (مثل العاملين في صناعة اللب والورق وفي مصانع الترميد ومواقع النفائيات الخطرة وغير ذلك).

التلوث الغذائي

الوقاية من التعرّض للديوكسينات والحد منه

إنّ حرق المواد الملوّثة بالطرق السليمة هو أفضل وسيلة للوقاية من التعرّض للديوكسينات والحد منه. ويمكن حرق تلك المواد أيضاً من التخلّص من الزيوت التي تحتوي على مركبات بيفينيل عديد الكلور. وتتطلب عملية الحرق درجات حرارية عالية، أي أكثر من 850 درجة سيلزيوس. وللتخلّص من كميات كبيرة من المواد الملوّثة قد تتطلب تلك العملية درجات أعلى-1000 درجة سيلزيوس أو أكثر.

وأحسن طريقة للوقاية من تعرّض البشر للديوكسينات أو الحد منه هي تلك التي تتم باتخاذ تدابير تتوخى مصدر ذلك التعرّض، أي فرض رقابة صارمة على العمليات الصناعية للحد قدر الإمكان من تشكّل الديوكسينات. وتقتضي تلك المسؤولية على عاتق الحكومات الوطنية، ولكن هيئة الدستور الغذائي قامت، في عام 2001، اعترافاً منها بأهمية هذا النهج، باعتماد مدونة ممارسات لاتخاذ التدابير الرامية إلى الحد من تلوث الأغذية بالمواد الكيميائية في المصدر (CAC/RCP 49-2001)، كما اعتمدت، في عام 2006، مدونة ممارسات للوقاية من تلوث الأغذية والأعلاف بالديوكسينات ومركبات يفينيل عديد الكلور المشابهة للديوكسين، والحد منها (CAC/RCP 62-2006).

وتحدث أكثر من 90% من حالات تعرّض البشر للديوكسينات من خلال الإمدادات الغذائية، ومن خلال اللحوم ومنتجات الألبان والأسماك والمحار بالدرجة الأولى. وبناء عليه تصبح حماية تلك الإمدادات من الأمور الحاسمة الأهمية. ويشمل أحد الأساليب المنتهجة لضمان تلك الحماية، كما ذكر آنفاً، اتخاذ التدابير للحد من إصدار الديوكسينات في المصدر. ولا بد من الحيلولة دون تلوث الإمدادات الغذائية، مجدداً، على طول السلسلة الغذائية. ولا بد من انتهاج مبادئ المراقبة والممارسات السليمة أثناء عمليات الإنتاج الأولى وعمليات المعالجة والتوزيع والبيع لضمان إنتاج أغذية مأمونة.

ويجب وضع نظم رصد تلوث الأغذية لضمان عدم تجاوز المستويات التي يمكن تحملها. ومن الأدوار المنوطة بالحكومات الوطنية رصد سلامة الإمدادات الغذائية واتخاذ الإجراءات اللازمة لحماية الصحة العمومية. وينبغي للبلدان، عند اشتباهاها في وقوع حوادث تلوث من هذا القبيل،

امتلاك خطط للطوارئ تمكّن من تحديد الأعلاف والأغذية الملوثة وحجزها والتخلّص منها. كما ينبغي فحص الفئات السكانية التي تتعرّض لها من حيث درجة التعرّض (مثل قياس الملوّثات في الدم أو الحليب البشري) والآثار المترتبة عليه (مثل التردد السريري للكشف عن علامات اعتلال الصحة).

ما الذي ينبغي للمستهلكين فعله للحد من مخاطر التعرّض؟

قد يسهم نزع الشحم من اللحوم أو استهلاك منتجات الألبان المخفضة الدهون في الحد من درجة التعرّض لمركبات الديوكسينات. كما يساعد النظام الغذائي المتوازن (الذي يشمل كميات مناسبة من الفواكه والخضراوات والحبوب) على تجنب التعرّض بشكل مفرط لتلك المواد من مصدر واحد. وتدخل تلك الإجراءات في إطار استراتيجية طويلة الأجل ترمي إلى الحد من أعباء الجسم، وهي ربّما أنسب الاستراتيجيات التي ينبغي للصبيات والفتيات انتهاجها بغية الحد من تعرّض أحمالهن لتلك المركبات ولدى إرضاع أطفالهن في المستقبل. غير أنّ الإمكانية المتاحة أمام المستهلكين للحد من تعرّضهم لتلك المركبات محدودة نوعاً ما.

ما هي الوسائل التي ينبغي استخدامها للكشف عن الديوكسينات وقياسها في البيئة والأغذية؟

يقتضي تحليل الديوكسينات الكيميائي والكمّي توفير وسائل معقدة لا تتوافر إلا في عدد محدود من المختبرات في شتى أنحاء العالم. وتقع معظم تلك المختبرات في البلدان الصناعية. والجدير بالذكر أنّ تكاليف تلك التحاليل مرتفعة جداً وتختلف باختلاف أنواع العينات، ولكنّها تتراوح، إجمالاً، بين نحو 1700 دولار أمريكي لتحليل عيّنة بيولوجية واحدة وعدة آلاف من الدولارات لإجراء تقييم شامل للمواد الصادرة من أحد أجهزة حرق النفايات.

ويجري، بشكل مطّرد، استحداث وسائل تمكّن من إجراء فحص بيولوجي (الخلايا أو الأضداد). ولكنّ استخدامها لتحليل العينات الغذائية لم يحض بالمصداقية الكافية حتى الآن. غير أنّ تلك الوسائل ستمكّن من إجراء المزيد من التحاليل بأسعار زهيدة. وفي حال خلوص تلك التحاليل إلى نتائج إيجابية يجب تأكيدها بإجراء تحاليل كيميائية أكثر تعقيداً.

وتنتشر الديوكسينات على شكل مزيج معقد في البيئة والأغذية. وتم، لتقييم المخاطر المحتملة المرتبطة بذلك المزيج إجمالاً، تطبيق مفهوم

التلوث الغذائي

التكافؤ السميّ على هذه المجموعة من الملوثات. ويُستخدم 2، 3، 7، 8- رباعي كلوروديينزو بارا ديوكسين، وهو أكثر أعضاء تلك المجموعة سميّة، كمركب مرجعي. وتُنسب فاعلية سميّة لجميع الديوكسينات الأخرى استناداً إلى ذلك المركب ووفق نتائج الدراسات التجريبية. وخلال الأعوام الخمسة عشر الماضية عمدت منظمة الصحة العالمية، من خلال مشاورات الخبراء ضمن البرنامج الدولي للسلامة الكيميائية، إلى وضع عوامل التكافؤ السميّ الخاصة بالديوكسينات والمركبات ذات الصلة، وإعادة تقييمها بانتظام. وتم تحديد عوامل مختلفة تنطبق على البشر والثدييات والطيور والأسماك. وتم عقد آخر مشاورة من هذا القبيل في عام 2005 بغية تحديث العوامل الخاصة بالبشر والثدييات. وتم وضع تلك العوامل الدولية لتطبيقها في عمليات تقييم المخاطر وتديرها، كما تم اعتمادها رسمياً من قبل عدد من البلدان والهيئات الإقليمية، بما في ذلك كندا واليابان والولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد الأوروبي.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

- 1- أبو الذهب مصطفى كمال و الجعراني محمد عبد القادر (1983). البكتيريا، التمارين العملية الأساسية - الجزء الثاني، دار المطبوعات الجديدة، مصر (227 صفحة).
- 2- عايد راضي خنفر (2006). الطرق الكيميائية - الفيزيائية - الحيوية لدراسة المياه. دار المؤيد للطباعة والنشر والتوزيع، الرياض - المملكة العربية السعودية (261 صفحة).
- 3- عبد الجواد أحمد عبد الوهاب (1995). تلوث البيئة الزراعية، سلسلة دار المعارف البيئية الدار، الطبعة الأولى العربية للنشر والتوزيع، مصر (184 صفحة).
- 4- مجلة العربي (2002). كتاب العربي (رقم-48) - دمار البيئة. دمار الإنسان (مجموعة من الكتاب)، سلسلة فصلية، مجلة العربي - وزارة الإعلام، الكويت (199 صفحة).

ثانياً: الراجع الأجنبية

- 1- Adoni, A.D.1985. Workbook on Limnology. Indian Map Committee, department of environment, Government of India. Pratibha publisher, Sagar, 216pp.
- 2- APHA-AWWA-WPCF.1981. Standard Methods for Examination of water and wastewater, (15th Ed.) American Public Health Association, New York.
- 3- Datta, A.K.2000. Introduction to Environmental science and engineering. Oxford & IBH publishing Co. New Delhi, India (188pp).
- 4- Desai, J.D. & Desai, A.J.1980. Methods in microbiology- Microscopy and staining. Prashant publisher, India.
- 5- Mackenzie, A., Ball, A.S. & Virdee, S.R.2001. Instant notes in Ecology. Viva books private limited, India.
- 6- Odum, E.P.1975. Ecology (II Ed.). Oxford & IBH publishing Co. New Delhi, India.

المراجع

- 7- Prasad, S.N.& Kashyap, V. 1991. An Introduction to toxicology. S. Chand & Company LTD., New Delhi, India.
- 8- Rattan, R.S. 1977. General Botany- Vol. I – Algae. S. Nagin & Company, Jullundur, India.
- 9- Ray, P.K. 1992. Pollution and Health. Wiley Eastern limited, New Delhi, India.
- 10- Sastri, M.N. 1993. Introduction to environment. Himalaya publishing house, Bombay, India.
- 11- Sharma, B.K. & Kaur, H. 1994. Air pollution. Goel publishing house, U.P. India.
- 12- Trivedy, R.K. and Goel, P.K. 1984. Chemical and Biological Methods for Water Pollution Studies.
- 13- Trivedy, R.K., Goel, P.K. & Trisal, C.L. 1998. Practical methods in ecology and environmental science. Enviro Media, Karad, India.

]