مقرر الكيمياء البيئية (403 عل ك)
لطلاب الفرقة الرابعة بكلية التربية تعليم عام
شعبة الكيمياء

الفصل الدراسي الأول 2023 / 2024 م

القائم بالتدريس
د/ إكرام محمد ربيع موسى

المحتوى:

مقدمة:

مدخل إلى الكيمياء البيئية:

الباب الأول : **تلوث الهواء**

الباب الثاني : **تلوث المياه**

الباب الثالث: **معالجة المياه للمنازل والمصانع**

الباب الرابع: **التلوث بالمبيدات**

الباب الخامس: **المنظفات**

الباب السادس: **تلوث الأطعمة و الأدوية و مواد التجميل**

الباب السابع: **التلوث الصناعى**

الباب الثامن: **التحكم فى التلوث**

المراجع:

مـقــدمــة

ثقب الأوزون . التصحر. الأمطار الحامضية.

حادث تشرنوبل. ظاهرة الصوب الزجاجية.

بقع الزيت في البحار و المحيطات. الدايوكسين.

كلها صور لشئ واحد اسمه التلوث، كابوس أقلق البشرية، اقتحم حياتها في اليقظة و النوم، وألقى بشبح الفناء على الجنس البشري، حيث حول أراضيهم الخضراء إلى صحراء قاحلة، و أنضب مياه أنهارهم و عيونهم، و باتوا يقاسون قهر المجاعة، هذا الكابوس إنما صنعه الإنسان بيده و نماه و وفر له كل أساليب الاستقرار و البقاء حتى أصبح هذا الشرس العنيف الذي يعبث بمقدرات حياته.

و لقد أصبح تلوث البيئة مشكلة يشعر بها جميع الأفراد في أنحاء العالم، فلم تعد البيئة قادرة على تجديد مواردها الطبيعية و كذلك لم تعد قادرة على تحليل مخلفات الإنسان أو استهلاك النفايات الناتجة عن أنشطته المختلفة.

و لقد شمل التلوث كافة عناصر البيئة، التربة، الماء، الهواء . . . . . و غيرهم. لذلك يجب وقف طوفان التلوث قبل أن نفقد السيطرة عليه مع زيادة التوعية البيئية و الإعلام البيئي بأهمية المحافظة على البيئة.

لعل أحسن ما يتوق إليه الإنسان هو أن يتوفر له الغذاء المتوازن و الماء و الهواء اللازمان للشرب و التنفس في حالة خالية من الملوثات الضارة و لقد أدرك البشر الذين يعيشون على هذه الأرض خلال السنوات الماضية فقط خطر التلوث البيئي الذي زاد عن أي وقت مضى. حيث أدى التقدم الصناعي و الإستعمال المفرط للكيميائيات السامة منتظمة و استخدام وقود السيارات على نطاق واسع إلى التأثيلر الواضح على البيئة التي نعيش فيها. كذلك أدرى التصنيع الثقيل لعدة بلدان متقدمة و محاولة الإستفادة من من هذا التصنيع عن طريق استثمار العالم الثالث إلى زيادة التلوث. و لكن الإنسان غالبا ما يدفع الثمن في النهاية لهذا التقدم الكبير و التقنية و التصنيع و تزداد مع هذا التقدم المشاكل الإنسانية و خاصة فيما

يتعلق بتلوث الماء و الهواء و في الواقع يمكن أن تستفيد الدوا النامية من خبرة الدول الأكثر تقدما في الحد من أخطار التلوث البيئي (الأخطار الناجمة عن هذا التلوث) ووضع الخطط المناسبة في هذا المجال حتى تخفف نوعا لاما من متاعب التحديث و التصنيع. و في الواقع فإنه من الضروري وضع قوانين تلزم المنشأت و المصانع باتخاد الإجراءات اللازمة للحد بقدر الإمكان من خطر التلوث البيئي و إجراء الدراسات العلمية و التطبيقية المتقدمة اللازمة في هذا المجال.

و نتيجة لبرامج التصنيع الثقيل والخفيف يتعين التخطيط الجاد لمنع تلوث البيئة و خاصة فيما يتعلق بمياه الشرب و الري ، و غني عن الذكر التنويه بالدور الهام للماء في المحافظة على دورة الحياة منذ أن بدأت الحياة على سطح الأرض، علاوة على ما للماء من صفات منفردة كقدرته على تلطيف درجات الحرارة و إذابة مجموعة متنوعة من المواد و التواجد على ثلاث أشكال مختلفة هي الحالة البخارية (المناسبة للتمثيل الضوئي للنبات)، و السائلة (المناسبة للشرب للإنسان و الحيوان و النبات)، و الصلبة (الثلج و الجليد)، و الحالة الأخيرة على خلاف كل المواد الأخرى فهي أقل كثافة من الماء في الحالة السائلة ممايجعل الثلج يطفو فوق سطح المياه في البحار و المحيطات و يمنع كميات المياه المتبقية من التجمد مما يتيح الفرصة للأحياء المائية بالبقاء و كذلك استعادة الملاحة في لأوائل فصل الربيع عندما تنصهر طبقات الثلج . و لا شك أن العلماء لم يدخروا وسعا لبذل الجهود حتى لا يؤدي التلوث البيئي إلى تغير نظام التبيوء في المناطق التي لأدخلت فيها الصناعات الكثيفة و التحديث الشامل، و تطورت أنماط معينة من وسائل البحث لتسهيل مهمة العلماء في هذا المجال .

و من المهم في مجال دراسة منع تلوث المياه الحصول على معلومات دقيقة عن نوعية هذه المياه من آن لآخر حتى يمكن تتبع الملوثات المختلفة للمياه و دراسة مصادر هذه الملوثات و طرق وصولها إلى المياه و عدم فتح الباب على مصراعيه لترك الصدفة وحدها تحدد مكان و سبل التخلص من النفايات.

و قد نشرت بحوث كثيرة في التراث العلمي لما وصلت إليه حالة الأحياء المائية في البحيرات و الأنهار و الأحواض المائية و الآبار و الينابيع و كذلك تحليل عينات من المياه في هذه المصارد لتحديد مدى تلوثها الكيميائي و البكتريولوجي.

مدخل الى كيمياء البيئة

كيمياء البيئة

هو علم يختص بدراسة مصادر ومآل ومراقبة وتأثيرات وتنقلات وتفاعلات المواد الكيميائية المتواجدة في البيئات المختلفة سواء كانت هوائية او مائية او صخرية او حيوية ودراسة العلاقة بين كل من العمليات الكيميائية والفيزيائية والحيوية التي تحدث في هذه البيئات وتأثير النشاطات الانسانية عليها كلها.

مهمة المتخصصين في علم كيمياء البيئة تتضمن:

1- **تحديد مصادر التلوث وتطوير طرق تحليل قادرة علي تحديد التراكيز الضئيلة للملوثات السامة وتقدير الاضرار الناجمة عن تواجد هذه المواد في البيئة وتفسير ميكانيكية هذه الاضرار وعلاقة ذلك بتراكيز الملوثات والظروف الكيميائية والفيزيائية والحيوية التي تتواجد فيها هذه الملوثات.**
2- **المساهمة في تطوير العمليات الصناعية من جهة وعمليات معالجة التلوث من جهة اخري من اجل خفض نسبة التلوث.**

تعتبر مشكلة تلوث البيئة من أهم و أخطر المشكلات التي تواجه العالم الآن، لأن تلك المشكلة لو تطورت أكثر من ذلك قد تحدث كارثة بيئية قد ينتج عنها فناء الحياة من على هذا الكوكب، و قبل أن نتحدث عن التلوث البيئي لابد أن نعرف أولا ما هي البيئة؟

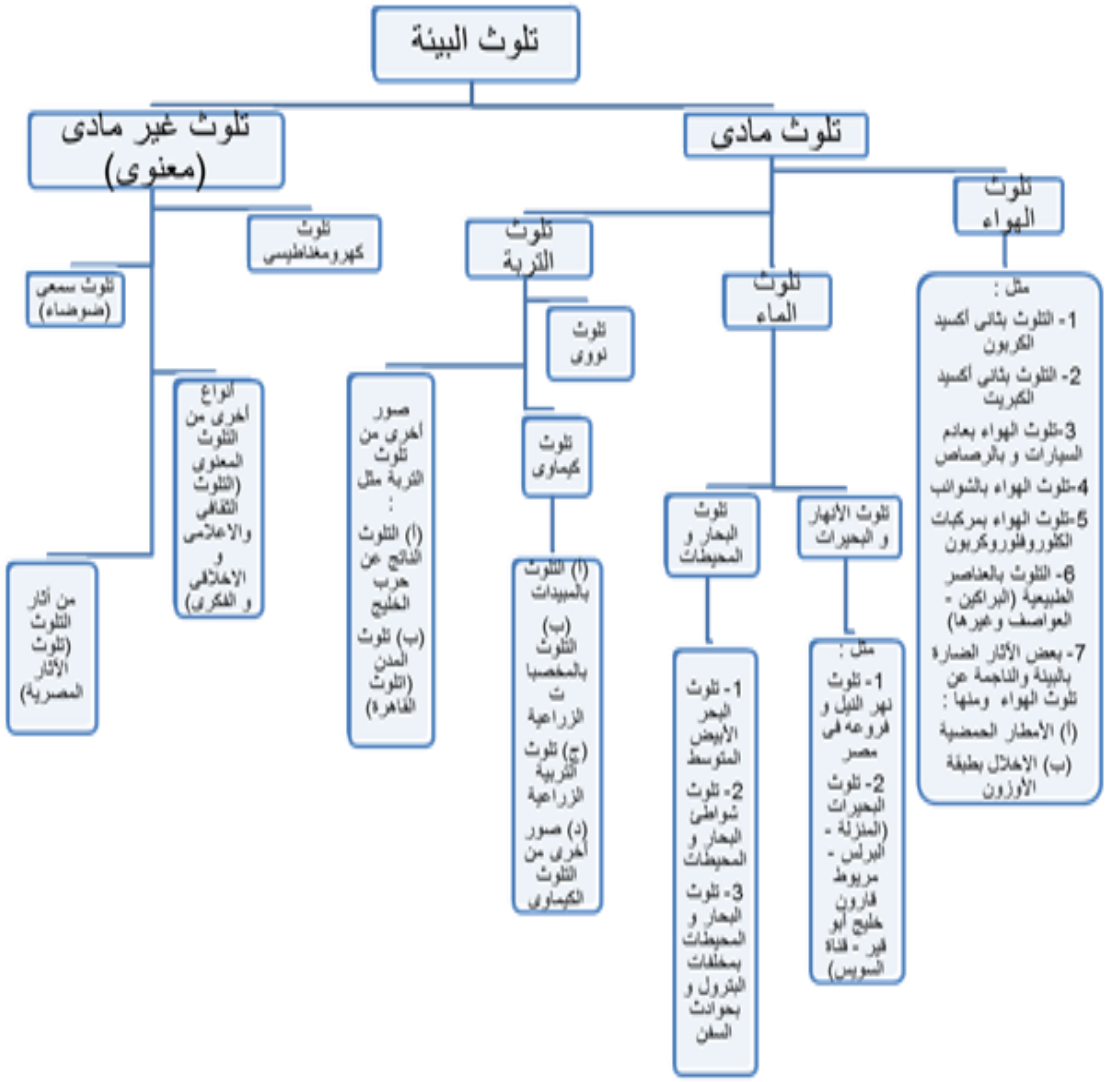
البيئة :

هي الوسط المحيط بلإنسان و الذي يشمل كافة الجوانب المادية و غير المادية، البشرية و غير البشرية. إذن فالبيئة تعني كل ما هو خارج كيان الإنسان، و كل ما يحيط به من موجودات مثل الهواء، الماء، الحيوانات، الكائنات الأخرى . . . . . إلخ.

الـتـلـوث:

التلوث هو كل ما يؤثر في جميع عناصر البيئة، بما فيها من نبات و حيوان و إنسان، و كذلك كل ما يؤثر في تركيب العناصر الطبيعية غير الحية (الهواء، التربة، الماء . . . . . الخ). لقد صدق من قال أن" الإنسان بدأ حياته على الأرض و هو يحاول أن يحمي نفسه من عوامل الطبيعة و انتهى به الأمر و هو يحاول أن يحمي الطبيعة من نفسه"

و فيما يلي رسم تخطيطي يوضح أنواع التلوث:


تلوث البيئة
تلوث مادى
تلوث غير مادى (معنوى)
تلوث الهواء
تلوث الماء
تلوث التربة
تلوث كهرومغناطيسى
تلوث سمعى (ضوضاء)
مثل :
1- التلوث بثانى أكسيد الكربون
2- التلوث بثانى أكسيد الكبريت
3-تلوث الهواء بعادم السيارات و بالرصاص
4-تلوث الهواء بالشوائب
5-تلوث الهواء بمركبات الكلوروفلوروكربون
6- التلوث بالعناصر الطبيعية (البراكين - العواصف وغيرها)
7- بعض الآثار الضارة بالبيئة والناجمة عن تلوث الهواء ومنها :
(أ) الأمطار الحمضية
(ب) الاخلال بطبقة الأوزون
تلوث الأنهار و البحيرات
تلوث البحار و المحيطات
مثل :
1- تلوث نهر النيل و فروعه فى مصر
2- تلوث البحيرات (المنزلة - البرلس - مريوط قارون خليج أبو قير - قناة السويس)
1- تلوث البحر الأبيض المتوسط
2- تلوث شواطئ البحار و المحيطات
3- تلوث البحار و المحيطات بمخلفات البترول و بحوادث السفن
تلوث نووى
تلوث كيماوى
(أ) التلوث بالمبيدات
(ب) التلوث بالمخصبات الزراعية
(ج) تلوث التربية الزراعية
(د) صور أخرى من التلوث الكيماوى
صور أخرى من تلوث التربة مثل :
(أ) التلوث الناتج عن حرب الخليج
(ب) تلوث المدن (التلوث القاهرة)
أنواع اخرى من التلوث المعنوى (التلوث الثقافى والاعلامى و الاخلاقى و الفكرى)
من آثار التلوث (تلوث الآثار المصرية)

الـبـاب الأول

تـلـوث الـهـواء

إن استنشاق الهواء النقي من أهم مقومات البيئة الصحية التي تحمي الأجسام من السأم ، و يحتوي الهواء غير الملوث على نسب تكاد تكون ثابتة من الأكسجين و النيتروجين و ثاني أكسيد الكربون مع خلوه تقريبا من الأتربة و العناصر السامة. و مثل هذا الهواء يتجدد دائما و على منوال منتظم بفعل التيارات الهوائية الطبيعية و هواء البيئة الطبيعية يحقق الأمان من الناحية الفسيولوجية ، لذا نجد أن سكان الجبال و القرى أكثر صحة من سكان المدن و خاصة الكبيرة و الصناعية منها حيث يكثر التلوث بالمواد السامة و تزيد فيها درجة الحرارة و ترتفع درجة الرطوبة نتيجة احتراق وقود المصانع و زيادة كثافة الحافلات و ارتفاع إنتاج الطاقة الكهربائية بالإضافة إلى كثافة سكانية أعلى و أنماط استهلاكية مواتية لزيادة تلوث البيئة بصفة عامة و الهواء بصفة خاصة. و ينعكس ذلك في زيادة تركيز أول و ثاني أكسيد الكربون و أكاسيد الكبريت و العناصر السامة و الثقيلة و الملوثات العضوية و ملوثات أخرى. و مع زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون بالهواء ترتفع درجة الحرارة تدريجيا و يخشى أن يصل هذا الإ'رتفاع إلى مستويات غير محتملة. فإذا أضفنا إلى ذلك التلوث الإشعاعي نتيجة التفجيات النووية لعرفنا خطورة المشكلة البيئية المنتظرة.

و للنمو السكاني صلة بازدياد ثلوث البيئة لذا فإن بعض مشاكل تلوث البيئة تزداد خطوة بخطوة مع ازدياد عدد السكان نتيجة ازدياد كميات الفضلات التي يتعين التخلص منها بلإضافة إلى أن ارتفاع مستوى المعيشة في بعض أجزاء العالم قد صاحبه ازدياد معدل الإنتاج الصناعي و استهلاك وقود السيارات.

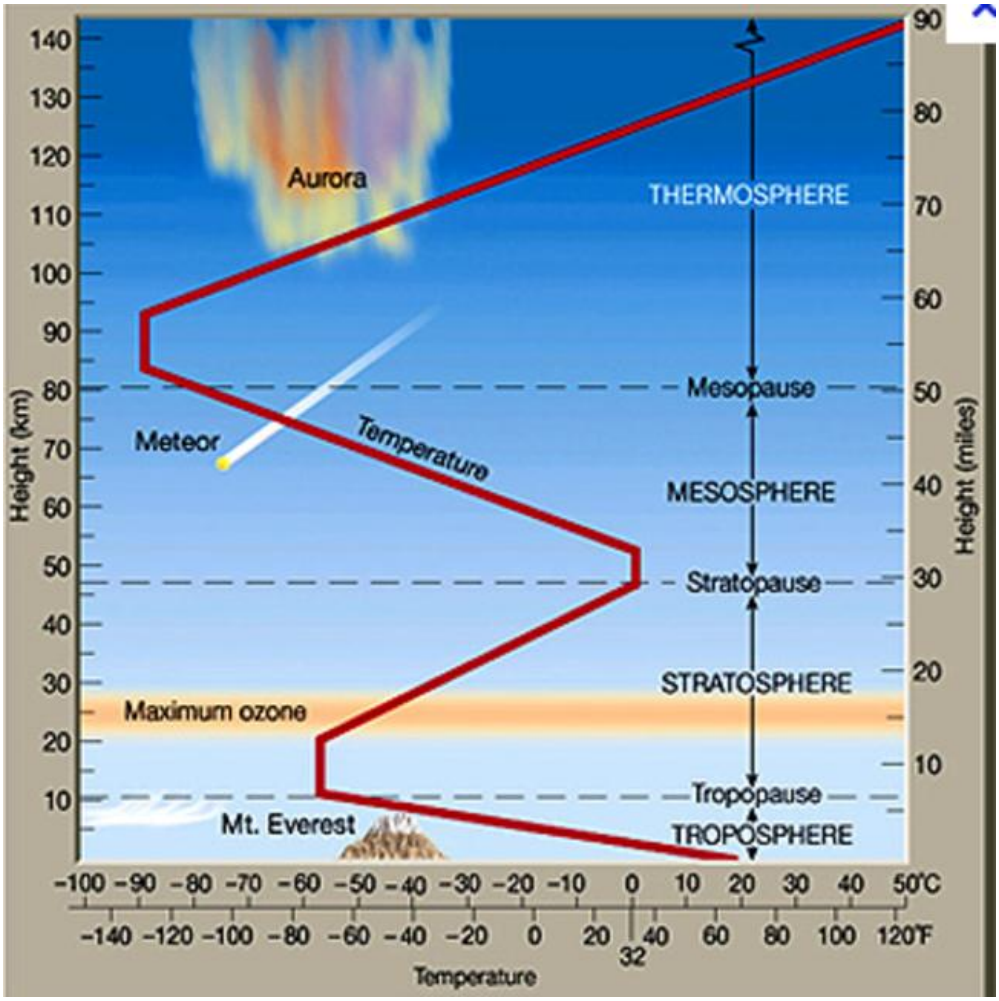
و يمكن أن نأخذ استهلاك الطاقة كمقياس لمستوى المعيشة في البلدان المختلفة و بالتالي لخطورة التلوث في تلك البلدان إذ أن الطاقة تنتج إما من مصادر صلبة مثل الفحم أو سائلة مثل النفط أو غازية مثل الغاز الطبيعي، كما يمكن إنتاج الطاقة الكهربائية من القوى المائية أو من الطاقة الذرية، و كل تلك المصادر هي في نفس الوقتمصادر للتلوث.

و ليست مشكلة تلوث الهواء جديدة فهي قائمة منذ آلاف السنين، فقد كتب العالم جون شعلين عام 1661 بحثاً عن الدخان في مدينة لندن حيث أظهر لآثار تلوث الهواء الناتج عن احتراق الفحم، و استخلص أن التلوث يؤدي إلى انخفاض نسبة الأشعة الشمسية و ارتفاع في الوفيات نتيجة أمراض الجهاز التنفسي و ازدياد نسبة الغبار كما يؤدي إلى ازدياد التآكل.

و ربما كان التلوث و الكيمياء يعنيان نفس الشيئ بالنسبة للعامة، حيث يعتبرون أن الكيميائي هو المسبب الأول للتلوث مع أن الكيميائي هو في الواقع الباحث الذي يحاول إيجاد مناخ جوي أكثر ملائمة سواء في الأمد البعيد أو القريب.

الـغـلاف الـجـوي:

يتكون الغلاف الجوي للكرة الأرضية من طبقة من الغازات يبلغ ارتفاعها 2000 كيلومتر، و تعتمد دلرجة حرارة الجو على كمية الطاقة التي تستقبلها الأرض و غلافها الجوي من الشمس و على وسائل نقل الطاقة بين الجو و المحيطات و سطح الأرض مثل الإشعاع الكهرومغناطيسي و الحمل الحراري و البخر و غير ذلك. لذا فإن حرارة الأرض و الجو المحيط بها ليست ثابتة و تتغير بتغير الإرتفاع عن سطح البحر وباختلاف الوقت من النهار و الليل و المد و الجزر و نسيم البر و البحر و سرعة الرياح و اتجاهاتها و كمية السحب و متغيرات كثيرة أخرى. و لكي ندرس تلوث الهواء يتعين علينا أولا أن نتعرف على الغلاف الجوي الذي ينقسم إلى الطبقات التالية (شكل 1).



شكل (1)

1- التربوسفير (Troposphere):

و هي الطبقة الأقرب إلى الألرض و تلامسها من ناحيتها السفلى و التي تنخفض فيها درجة الحرارة كلما ارتفعنا عن سطح الأرض من درجة تصل إلى 50° م إلى 80° م تحت الصفر (-80) و تصل كتلة الهواء في التروبوسفير إلى حوالي % 90 من مجمل كتلته في الغلاف الجوي، و تحوي هذه الطبقة على معظم ما يتواجد في الجو من ماء و سحاب و جزيئات خاصة من مواد ملوثة و يبلغ ارتفاع هذه الطبقة حوالي 11 كيلومتر تقريبا من سطح البحر و يزيد ارتفاعها في المناطق الأكثر حرارة بحيث يصل إلى 18 كيلومتر عند خط

الإستواء و إلى 8 كيلومتر عند القطبين و هذه الطبقة هي التي تهمنا عند دراسة الجو و التلوث الهوائي لأنها تمثل الميدان المباشر الذي تتبلور فيه معظم الظواهر المناخية و الجوية مثل السحب و الأمطار . . . . إلخ بل إن التلوث البيئي يتحدد أساسا عن طريق تلوث هذه الطبقة التي تلامس مباشرة الأرض و البحار و الأنهار و يتواجد بها الإنسان و الحيوان و النبات.

2- التروبوبوز(Tropopause):

هي طبقة تحولية تلي التروبوسفير وهي طبقة ضيقة يتغير بعدها منحنى الحرارة بشكل مفاجئ من انخفاض في درجة الحرارة كلما ارتفعنا عن سطح الأرض كما سبق أن ذكرنا إلى العكس و تقع هذه الطبقة (17 – 10) كيلومتر فوق سطح البحر و تكون أعلى وأبرد ما يمكن عند خط الإستواء حيث تصل درجة الحرارة فيها إلى حوالي (55 -) درجة مئوية، و خلال هذه الطبقة نفسها تكون درجة الحرارة ثابتة و لا تتغير إلا تغيرا طفيفا مع الإرتفاع.

3- الستراتوسفير (Stratosphere):

يقع الستراتوسفبر فوق التروبوبوز و يبين منحنى الحرارة له اتجاها نحو الدفء نتيجة زيادة امتصاص الأوزون (O3) للأشعة فوق البنفسجية في هذا الإتجاه حيث يكون تركيز الأوزون في هذه الطبقة (حجم/مجم) حوالي 1 – 5 جزء بالمليون. و الهواء بالستراتوسفير جاف جدا و لا يمكن للسحب أو تيارات الحمل أن تتخلله بسهولة إلا أنه تحدث بعض عمليات الحمل بين الطبقتين و يؤدي انتشار الأوزونفي هذه الطبقة إلى حماية الكائنات الحية على الأرض من ضرر الأشعة فوق البنفسجية و تسمى هذه الطبقة أحيانا طبقة الأوزون.

4- الستراتوبوز (Stratopause):

و تقع أعلى الستراتوسفير على ارتفاع حوالي 50 كيلومتر من سطح الأرض و هي طبقة انتقالية مثل التروبوبوز و درجة الحرارة فيها لا تختلف كثيرا عن درجة حرارة الأرض و تتجمع في هذه الطبقة أعلى نسبة من غاز الأوزون الموجود في الجو و يساعد ذلك على رفع درجة الحرارة في هذه المنطقة.

5- الميزوسفير (Mesosphere):

تقع طبقة الميزوسفير (أو الطبقة المتوسطة) فوق طبقة الستراتوبوز و تنخفض فيها درجة الحرارة مع الإرتفاع عن سطح الأرض حيث تصل درجة الحرارة إلى أدنى الدرجات في الغلاف الجوي (حواليC° 100-) و أعلى ارتفاع لهذه الطبقة عن سطح الأرض يصل إلى (75- 70) كيلومتر.

6-الميزوبوز (Mesopause):

و هي طبقة تقع فوق الميزوسفير و فيها درجة الحرارة شبه ثابتة في نطاق الحد الأدنى لدرجات الحرارة الذي تم بلوغه عند نهاية حدود الميزوسفير.

7- الثرموسفير (Thermosphere):

و تقع التروموسفير فوق الميزوسفير و ترتفع فيها درجة الحرارة ارتفاعا كبيرا و تتميز هذه الطبقة بانخفاض كثافة الهواء و انخفاض الضغط و يحدث ارتفاع في درجة الحرارة نتيجة لامتصاص جزيئات الأكسجين و النيتروجين للأشعة فوق البنفسجية بحيث تصل درجة الحرارة في هذا الغلاف إلى حوالي (حوالي C° 1000).

ملوثات الهواء

ملوثات الهواء الرئيسية هي أول و ثاني أكسيد الكربون و أكاسيد الكبريت و النيتروجين و الفحوم الهيدروجينية و الفحوم الهيدروجينية (Hydrocarbons) و المواد الحبيبية .

و يعتبر احتراق الوقود للحصول على الطاقة أهم مسببات تلوث الهواء و تتكون أغلبية أنواع الوقو مثل البترول و مكوناته المختلفة و الغاز الطبيعي من فحوم هيدروجينية و للحصول على أعلى استفادة من هذه الأنواع من الوقود و من الفحم يتعين أن تكتمل عمليات أكسدتها بالاحتراق حتى يكون ثاني أكسيد الكربون و بخار الماء هما الملوثين الأساسين للهواء أما إذا كانت الأكسدة (الاحتراق) غير كاملة فإن مزيدا من أول أكسيد الكربون السام جدا و بعض الألخيدات ستكون ضمن نواتج الاحتراق مما يسبب خطورة

كبيرة على حياة الإنسان و الحيوان ، و بالرغم من أن نسبة ثاني أكسيد الكربون قليلة نسبيا في طبقة التروبوسفير القريبة من الأرض (حوالي % 0.03) إلا أن هذا الغاز يلعب دوراً أساسياً في التحكم في المناخ الجوي بسبب امتصاصه للطاقة الشمسية و خاصة للأشعة تحت الحمراء، كما أن لثاني أكسيد الكربون دوراً هاماً كمصدر للكربون عن طريق تسبيته في عملية التمثيل الضوئي التي تقوم بها النباتات الخضراء ، و بذلك فهو أساس لحياة النبات و الحيوان.

و بالرغم من أن مشكلة ثاني أكسيد الكربون و أهميته معروفتان منذ أكثر من قرن من الزمان إلا أن البيانات التي تعطينا نسبة ثاني أكسيد الكربون بالجو لم تتوفر إلا منذ عام 1958، و تشير هذه البيانات إلى أن تركيز هذا الغاز يزيد في الجو مع مرور الزمن مما يتحتم معه أن نأخذ جانب الحذر و نحد من انتشار الغاز بالجو حتى يتحقق التوازن في دورة الكربون بما في ذلك المخزون في أعماق المحيطات.

• <u>بخار الماء:</u>

يكاد يقتصر وجود بخار الماء في الجو على منطقة التروبوسفير و يبلغ متوسط هطول الأمطار فوق الأرض 90 سم في العام كما يبلغ متوسط بقاء الماء في الجو عشرة أيام و يؤثر هذا إيجابياً على تلوث الهواء حيث أن بعض الملوثات الهوائية تترسب مع الماء، و في الواقع فإن هناك خطوتان للتخلص من بعض هذه الملوثات بواسطة الأمطار:

1- خطوة تكوين الأمطار:

يتم تكوين الأمطار داخل السحب حيث تحدث العملية الرئيسية لتكثيف أبخرة الماء على مكونات الهواء الجوي الصلبة تماماً كما يحدث عندما يتكثف بخار الماء على أي جسم بارد يقابله، فمثلاً إذا حملت دجاج مجمد في كيس من البلاستيك فإنك تلاحظ تكثف بخار الماء الموجود في جو على سطح الكيس الخارجي، و ما الذيل الأبيض الذي تلاحظه خلف النفاثات الطائرة على ارتفاع شاهق إلا بخار ماء يتكثف على سطح هذه النفاثات البارد عند اختراقها لكتل السحاب في الجو.

2- خطوة هطول الأمطار:

أما هطول الأمطار فذات كفاءة عالية جداً لإزالة الهباء الجوي الصلب لذا فإننا نلاحظ الإختفاء الكامل لحبيبات ذلك الهباب من أسفل السحب بعد هطول كمية كبيرة نسبياً من الأمطار. و خلال خطوتي تكوين و هطول الأمطار يزول أيضاً من الجو كثير من الغازات القابلة للذوبان في الماء مثل ثاني أكسيد الكربون و الأمونيا و ثاني أكسيد الكبريت و ثاني أكسيد النيتروجين. و إذا كانت نسبة هذه الغازات عالية مثلما هو الحال في البلاد الصناعية تبرز مشكلة الأمطار الحمضية التي تؤدي بشكل واضح الزراعة و الغابات و واجهات المباني و تزيد من تآكل السيارات . . . إلخ. ويتأثر الميزان الحراري للأرض بالماء الجوي سواء كان سائلاً أو على هيئة بخار، و يستقبل سطح الأرض 47% فقط من الأشعة الشمسية التي تصل التربوسفير و يعكس الماء السائل الموجود بالسحب حوالي 40% من تلك الأشعة، أما سطح الأرض فيعكس 14% و يمتص الأوزون الباقي في التروبوسفير. كما يقوم ثاني أكسيد الكربون و بخار الماء و الأكسجين في التروبوسفير بامتصاص بعض الموجات القصيرة و الطويلة للأشعة و يؤدي ذلك إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض.

التلوث الناتج من الصناعة

ينتج هذا النوع من التلوث من المصادر التالية:

1- احتراق الوقود مثل الفحم و الزيت ووقود السيارات و الطائرات و القطارات و غيرها من المركبات و الشاحنات و الجرارات و حرق المزروعات يؤدي إلى انطلاق أول و ثاني أكسيد الكربون و أكاسيد الكبريت و النيتروجين و الفحوم الهيدروجينية.

2- تكرير البترول و يؤدي إلى انطلاق نفس الملوثات السابقة مع زيادة في نسبة الفحوم الهيدروجينية و خاصة البرافينات.

3- مصانع الورق و تطلق ملوثات متنوعة إلى جانب رائحة غير زكية بسبب عملية إتلاف الأخشاب الخام أثناء غمره لعدة ساعات في محلول كبريتات و هيدروكسيد الصوديوم عند درجة حرارة عالية.

• **الهباء الجوي:**

و يسمى أحياناً بالرذاذ المنتشر يعتبر الهباب انتشار لسائل أو صلب في الهواء فيؤثر على الرؤية، و يحتوي على خليط من الغبار الدقيق و الغازات و الجسيمات الصغيرة و الكبيرة، و يساعد الهباء الجوي الصلب على دخول الغازات السامة و انتشارها في الرئتين و بالتالي يؤدي إلى سرعة تسربها إلى جسم الإنسان أكثر مما سوف يحدث لو كانت هذه الغازات بمفردها، بالإضافة إلى ذلك فإن الهباء الجوي يتلف أسطح الأبنية و واجهاتها بما يترسب منه عليهامن مواد كيميائية تتفاعل بعض مكوناتها مع مكونات الطلاء المختلفة.

كذلك فإن للهباء الجوي المائي آثار ضارة بصحة الإنسان فقد وجد أن حمض الكبريتيك المتكون نتيجة تأكسد ثاني أكسيد الكبريت يسبب آثاراً سيئة للجهاز التنفسي للحيوانات المخبرية عند تركيز 2.5 ملليجرام لكل كيلو جرام، كما وجد أن وجود هذا الحمض في الهباء يؤدي إلى تهيج الأغشية الداخلية للرئتين، كما يمكن اعتباره السبب الرئيسي في استنفاد الأوزون بطبقة الستراتوسفير و من ملوثات الهواء الرئيسية :

• **أول أكسيد الكربون (Carbon monoxide, CO) :**

أول أكسيد الكربون غاز عديم اللون و الطعم و الرائحة مما يشكل خطورة كبيرة إذ لا يمكن ملاحظته بالحواس، و ينتج كما ذكرنا من قبل نتيجة الإحتراق غير الكامل للفحم و المصادر البترولية و الغاز الطبيعي و تنتج الأشطة الإنسانية 250 مليون طن من هذا الغاز سنوياً يأتي جزء كبير منها من عادم المركبات أما المحيطات فهي مصدر طبيعي لأول أكسيد الكربون حيث تضخ منه عشرة ملايين طن سنويً و متوسط تركيز الغاز بالجو غير معروف بدقة حتى الآن، و يمكن أن يتأكسد أول أكسيد الكربون ليعطي ثاني الأكسيد إلا أن ذلك يتم ببطء شديد جداص و قد وجد أنه إذا تعرض خليط ن أول أكالكربون و الأكسجين لأشعة الشمس لمدة عام فإنه يبقى دون تغير يذكر0 وأخطر أثر لأول أكسيد الكربون هو اتحاده مع ذرة الحديد في هيموجلوبين الدم و الإرتباط معها برباط قوي جداً و بالتالي منع اتحادها مع جزيى الأكسجين أثناء التنفس مما يؤدي إلى الإختناق و الوفاة. و أول أكسيد الكربون يشبه بذلك أيون السيانيد (CN) الخانق أيضاً و كلاهما يحتوي على نفس العدد من الإلكترونات و

ينتميان إلى المترابطات الحمضية (π - acid ligands) أي من النوع الذي يتبادل مع ذرات و أيونات الفلزات الانتقالية إعطاء الشحنة الإلكترونية مما يزيد من عملية الترابط. و قد حدث مراراً أن اختنق و توفى بعض أصحاب السيارات أو أفراد عائلاتهم عندما يبقون في جراجات مغلقة دون إيقاف محركات سياراتهم.

• **أكاسيد الكبريت (Sulphur oxides) :**

ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)غاز عديم اللون له رائحة الكبريت المحترق و رائحة نفاذة مهيجة للأغشية عند تركيزات أعلى من 3 أجزاء بالمليون، و مذاقه حمضي عند تركيزات أقل من جزء واحد بالمليون، و يتأكسد ثاني أكسيد الكبريت بالجو فيتحول إلى ثالث أكسيد الكبريت (SO_3) بواسطة عمليات فوتوكيميائية مساعدة (catalytic photoreactions). و ينتج غاز ثاني أكسيد الكبريت بشكل متواصل من احتراق الفحم و البترول المحتويان على عنصر الكبريت، و هناك مصدر طبيعي لأكاسيد الكبريت فعند تعفن المواد العضوية يتكون كبريتيد الهيدروجين (وهو أيضاً غاز سام له رائحة البيض الفاسد) و يتحول الأخير بفعل الأكسدة إلى أكاسيد الكبريت و ناتجها الأخير ثالث أكسيد الكبريت الذي إذا تحول بالاتحاد مع الماء إلى حمض الكبريتيك فإنه يغير لون و يفيي مواد البناء و خاصة الرخام والبلاط و السيراميك و الجير و الطلاءات ، كما يعجل بتآكل معظم أنواع الفلزات و السبائك المعدنية و على وجه الخصوص الحديد و الصلب و الزنك.
كما لأكاسيد الكبريت آثار ضارة على النباتات و خاصة عند تركيزات 0.03 جزء بالمليون و تحدث التركيزات الأعلى آثاراً بالغة السوء على أوراق النباتات. و يؤثر ثاني أكسيد الكبريت و حمض الكبريتيك كذلك على الجهاز التنفسي للإنسان و الحيوان.

• **أكاسيد النيتروجين (Nitrogen oxides) :**

بالرغم من أن أنواعاً كثيرة من أكاسيد النيترجين معرفة لنا و منها الغار المثير للضحك (N_2O) فإن أول أكسيد النيتروجين (NO) و ثاني أكسيد النيترجين (NO_2) هما وحدهما المنتشران في الجو بكميات كبيرة نتيجة للنشاط الإنساني حيث يتكونان بتفاعل النيتروجين مع الأكسجين عندما يحدث الاحتراق عند درجة حرارة عالية (أعلى من 1100° م) كما أن

التبريد بعد ذلك لا يؤدي إلى تفكك النواتج.

و يمكن أن نمثل التفاعل العام لأكسدة النيتروجين كما يلي:

$$N_2 + xO_2 \leftrightarrows 2NO_x$$:

و لا تزيد نسبة (NO_2) المتكونة عن 0.5% و تسبب أكاسيد النيتروجين إزالة الألوان من صبغة الملابس و تحلل الملابس القطنية و المصنعةمن النايلون، كما تؤدي إلى تآكل المعادن بسبب تكون جزيئات النترات.

كما تبين أن أول أكسيد النيتروجين يحدث آثاراً ضارة بالنباتلت و يعوق نموها حيث يؤدي إلى إتلاف أوراقها عند تركيز جزء واحد بالمليون لمدة يوم واحد و عند تركيز 0.35 جزء بالمليون لمدة عدة شهور . و لهذا الغاز كذلك قابلية للإتحاد مع حديد هيموجلوبين الدم (أعلى من قابلية أول أكسيد الكلربون 1500 مرة) إلا أنه لحسن الحظ من الصعب جداً وصوله إلى الدم. أما غاز NO_2 فهو أحمر اللون و تظهر رائحته عند تركيز حوالي 0.12 جزء بالمليون أما عند تركيز 100 جزء بالمليو فيقضي على حياة الإنسان و الحيوان خلال بضع دقائق، و عند التعرض لبضع دقائق إلى تركيز 5 جزء بالمليون من هذا الغاز يؤدي إلى آثار سيئة للغاية على الجهاز التنفسي للإنسان، كما أنها تلعب دوراً رئيسياً في توليد مركبات ال HONO و ال PAN الضارة بطبقة التروبوسفير، بالإضافة إلى تعجيل نفاذية الأوزون بالستراتوسفير.

- **<u>الفحوم الهيدروجينية (Hydrocarbons)</u> :**

تشمل الفحوم الهيدروجينية الميثان (CH_4) الذي يتكون طبيعياًو هو غاز عند درجات الحرارة العادية و هو المكون الرئيسي للوقود المعروف بالغاز الطبيعي.

ولما كان هذا الغاز عديم اللون و الرائحة فقد جى العرف على إضافة نسبة ضئيلة من مركبات كبريتية إليه حتى يمكن اكتشاف تسربهو بالتالي تفادي الحرائق. كذلك تشمل الفحوم الهيدروجينية الإثيلين (C_2H_4 Ethylene) و البروبيلين (C_3H_6 Propylene) و البنزين . . . إلخ. والمركبان الأوليان غازان أيضاً عند درجات الحرارة العادية.

والمصادر الطبيعية للفحوم الهيدروجينية تكون عادة بيولوجية الأصل كما تنبعث فحوم هيدروجينية متنوعة مع العوادم الغازية للمركبات كما سبق و أن ذكرنا سواء كانت هذه

المركبات تعمل بالبنزين أو بالديزل (السولار) و تؤدي هذه المواد إلى الإصابة بمرض السرطان و خاصة سرطان الرئة، حيث وجد أن الإصابة بهذا المرض تزيد في المناطق العمرانية و الصناعية، و كذلك تلعب دور في تلوث التروبوسفير حيث تتسبب في زيادة الأوزون و في تكون ملوث حمض النيتروز (HONO) كناتج للتحلل الضوئي للأستالدهيد إلى شق الفورمالدهيد في وجود NO_2

• **الأوزون (Ozone, O_3) :**

ينتج الأوزون من تفكك جزئ O_2 إلى ذرتي أكسجين تحت تأثيرالأشعة فوق البنفسجية ثم تفاعل الذرتين مع جزيئي أكسجين لإعطاء جزيئي O_3:

$$O_2 \rightarrow 2O$$

$$2O_2 + 2O \rightarrow 2O_3$$

و تسبب زيادة تركيز الأوزون في التروبوسفير عن المعدل العادي ضيقاً في التنفس و إلتهاباً في الأعين كما ينفذ إلى الرئتين مسبباً أضراراً في الأغشية المخاطية مما يضعف القدرة على مقاومة الإلتهابات بالإضافة إلى إضعاف البصر و مغظم القدرات الأخرى سواء بطريقة مباشرة أو عن طريق تفاعله مع بعض مكونات الهواء العضوية مثل الألدهيدات الناتجة من الفحوم الهيدروجينية (HC) ليعطي ملوث بيروكسي أسيتيل النترات (PAN) $CH_3COO_2NO_2$ المهيج للأعين حسب التفاعل التالي:

$$O_3 + HC \rightarrow RCO_2 + RCHO \text{ or } R_2CO_2$$

$$RCO_2 + NO \rightarrow NO_2 + RCO;$$

$$RCO + O_2 \rightarrow RCO_3$$

$$RCO_3 + NO_2 \rightarrow CH_3COO_2NO_2 \quad (PAN)$$

و يتناقص الوزوزن في الستراتوسفير نتيجة التفاعل:

$$O_3 \leftrightarrows O_2, \; K_{ox} >> K_{oz}$$

و ذلك بسبب تعجيل السرعة النوعية K للتفاعل الأمامي بواسطة بعض الشقوق الحرة للهالوجينات أو NO بسبب أكسدة النيتروجين بالستراتوسفير، حيث تتوافر الحرارة و

الأكسجين اللازمين لأكسدة النيتروجين كناتج لعوادم الطائرات فوق الصوتية ، وجدير بالذكر لأن ملوثات هذه الطائرات الحرارية تؤدي إلى تفاعل النيتروجين و الأكسجين كما يلي:

$$N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$$

- **الدقائق الحبيبية (Particulate matter) :**

من أكثر الملوثات الهوائية خطراً على الصحة الدقائق الحبيبية الصغيرة مثل الأتربة الهوائية التي تطلقها الصناعات الكيميائية المختلفة مثل صناعة الحديد و الصلب و الأسمدة و الأسمنت و المحاجر و المطاحن إلى جانب الرصاص الذي ينطلق من السيارات نتيجة إضافة مركباته إلى وقود السيارات لمنع فرقعة محركاتها، و كذلك العناصر السامة الأخرى مثل الزرنيخ و الأنتيمون (في المبيدات) و القصدير و الكادميو و الزنك و البريليوم. و يكمن خطر الدقائق الحبيبية في أنها تدخل مع الهواء إلى الئة مما يؤدي إلى إلتهابها بسبب الإحتكاك بالأنشجة الحساسة بها و قد يسبب ذلك سرطان الرئة. و عند هبوب العواصف يتلوث الهواء بالدقائق الطبيعية (الأتربة الطبيعية) مما يسبب حساسية و إلتهاب في الأنف و العيون و الحنجرة، كما تحمل الدقائق الحبيبية الغازات السامة معها إلى الئة مما يزيد من أضرارها على صحة الإنسان و الحيوان و النبات.

كما تؤدي الدقائق الحبيبية و الأتربة الجوية إلى تشويه واجهات المباني خاصة في المدن و القرى التي يقل أو يندر هطول الأمطار بها على عكس الأماكن غزيرة الأمطارحيث تقوم الأمطار بإزالة الأتربة من الأسطح الملوثة بصفة مستمرة و تهبط بها إلى الأرض.

و يبين الجدول التالي بعض الملوثات الهوائية ذات الأهمية الثانوية في طبقة التروبوسفير:

الملوث	مصدره	أضراره
1- كلوريد الهيدروجين (HCl)	**ينتج على هيئة غاز أثناء تحضير كربونات الصوديوم من كلوريد الصوديوم و من مصانع الملح و الصودا**	**يؤدي إلى جانب أكاسيد الكبريت و النيتروجين إلى تكون المطر الحمضي الذي يؤذي النبات و يدمر الغابات، كما أن تفككه يشارك في استنفاد طبقة الأوزون.**
2- كبريتيد الهيدروجين (H_2S)	**ينتج من تحلل المخلفات و تعفن النباتات تحت تأثير البكتريا حيث تتحول المركبات العضوية التي تحتوي على الكبريت إلى هذا الغاز. كما يتكون أثناء معالجة مياه الصرف الصحيو من بعض الصناعات البترولية و أثناء تنقة الغاز الطبيعي.**	**رائحته كريهة مثل رائحة البيض الفاسد، و استنشاقه يؤذي الجهاز التنفسي، و الغاز سام و خطير عند تركيزات عالية.**
3- الفلوريدات	**تنتج أثناء صناعة الأسمدة الفوسفاتية و عند صهر الحديد الخام و في صناعة الألومنيوم.**	**شديدة السمية و تؤدي إلى ضيق في التنفس، إلا أنها عند تركيز ضئيل مفيدة للأسنان إذ تمنع تسوسها.**
4- دخان التبغ	**ينتج من التدخين**	**يسبب سرطان الرئة للمدخنين و غير المدخنين المتواجدين معهم (تدخين سلبي).**
5- مثيرات الحساسية	**تنتج من بعض النباتات خاصة في فصل الربيع، و من ريش الطيور و فراء بعض الحيوانات على هيئة مواد عضوية طيارة.**	**تسبب الحساسية و الربو، و يتعين البعد عن الأماكن التي تظهر فيها هذه الحساسية.**

و فيما يلي نذكر بعض حالات تلوث الهواء التي حدثت من قبل:

- **كان لحالات الوفاة لحوالي ستين شخصاً و حالات ضيق التنفس التي حدثت في بلجيكا عام 1930 علاقة بطبقة رقيقة من الضباب غطت البلاد و كانت تلك الطبقة أكثر كثافة بجوار مصانع الحديد و الصلب و محطات توليد الغاز.**
- **و في عام 1948 غيم ضباب كثيف على مدينة دونورا في بنسلفانيا حجب الشمس تماماً و تساقط هباب أسود على أرصفة الشوارع إلى درجة جعلت آثار الأقدام تظهر بوضوح، و بعد ثلاثة أيام من ظهور الضباب هطلت الأمطار فانقشع الضباب و قد شعر الناس حينذاك في تلك المنطقة باحتقان في العيون و إلتهاب في الحلق و ضيق في التنفس و سعال و غسيان، بالإضافة إلى وفاة سبعة عشر شخصاً و إصابة أكثر من 40% من السكان بأعراض مرضية متباينة.**
- **و في المكسيك حيث يوجد حقل غاز طبيعي ببوزايكا و مصنع لإنتاج الكبريت من شوائب غاز كبريتيد الهيدروجين المتوفرة بالغاز انطلقت كميات كبيرة من ذاك الغاز الذي تلاحم مع ضباب المنطقة مما أدى إلى وفاة و إصابة أكثر من ثلثمائة شخص.**
- **أما حالة التلوث الهوائي الكبرى التي حدثت بمدينة لندن الإنجليزية عام 1952 فقد أفرت عن الوفاة الفورية لحوالي أربعة آلاف شخص و الوفاة خلا شهرين لحوالي ما يقرب من ضعف هذا العدد نتيجة الإلتهاب الحاد للحلق و العينين، و قد ظهر آنذاك ضباب كثيف حجب الرؤية بدرجة شبه تامة و ارتفعت الرطوبة و انخفضت درجة الحرارة إلى ما تحت الصفر بخمس عشر درجة مئوية، و استمر هذا الوضع لمدة أربعة أيام.**
- **كما أدى تصاعد أبخرة سامة من أحد المصانع الكيميائية ببوهال بالهند عام 1984 إلى وفاة 300 شخص معظمهم من عمال المصنع بالإضافة إلى إصابة عدد أكبر من المواطنين بالاختناق.**
- **اما حادث تشيرنوبيل بالاتحاد السوفيتي عام 1986 و الذي صاحبه التلوث بالغازات المشعة فقد أدى إلى وفاة و إصابة عدد كبير من السكان في منطقة التلوث، و انتشر التلوث مع الوقت إلى الدول المجاورة مما تسبب في خسائر مادية كبيرة.**

الباب الثاني

تلوث المياه

في هذا الباب سوف نلقي مزيداً من الضوء على ملوثات المياه الأساسية، و يبين الجدول التالي أماكن تواجد المياه بأنواعها الختلفة.

نوع المياه	أماكن تواجدها	النسبة المئوية
الماء السطحي	بحيرات المياه العذبة	0.009
	البحيرات المالحة	0.008
	و البحار الداخلية	
	القنوات الجارية	0.001
المياه الجوفية	ماء التربة	0.005
	مياه جوفية عمق حتى 800 م	0.3
	مياه جوفية أعمق من 800 م	0.3
أنواع أخرى	مياه متجمدة	2.1
	مياه في الجو	0.001
	مياه المحيطات	97.3

و فيما يلي أهم ملوثات الماء:

1- مياه الصرف الصحي:

تحتوي مياه الصرف الصحي على كميات متفاوتة من المواد العضوية التي تتحلل بالأكسدة إلى ثاني أكسيد الكربون و الماء، و يمكن قياس هذا الملوث من كمية الأكسجين المستهلك في عملية انحلاله تحت تأثير البكتريا الهوائي (Aerobic biochemical action) و الإختبار القياسي هو إختبار BOD (Biochemical oxygen demand) لفترة خمسة أيام و يتم التعبير عن نتيجة هذا الإختبار بالمليجرامات أكسجين / لتر.

و لقد تم اعتبار مياه الصرف ملوثاً لأنها تؤدي إلى استهلان كمية كبيرة من الأكسجين الضروري لحياة الحيوانات والنباتات المائية بالإضافة إلى رائحتها الكريهة، و جعل المياه في الأنهار و

البحيرات التي يتم الصرف فيها غير قابلة للاستعمال الترفيهي بالإضافة إلى مشاكل أخرى عديدة.

2- المواد الحاملة للعدوى:

يمكن أن تشكل مياه المجاري وسيلة خطيرة لنقل عدوى أمراض عديدة للإنسان و الحيوان، و من أهم هذه الأمراض مرض الكوليرا الذي يفتك وباؤه سنوياً بآلاف الضحايا و تنتقل عدواه غالباً عن طريق مياه الصرف الصحي.

3- مغذيات النباتات أو الأسمدة:

يمكن أن يؤدي التلوث بواسطة الأسمدة النيتروجينية و الفوسفورية إلى نمو النباتات المائية التي تعوق استخدام المياه، كما أن هذه النباتات قد تتحلل لإعطاء نواتج ذات رائحة كريهة و تضيف إلى BOD المياه. و تمثل الطحالب التي تنمو في مثل هذه الظروف عقبة كبيرة تعوقالاستخدام السوي للمياه.

4- المواد العضوية الغريبة:

مثل نواتج المنظفات و مبيدات الأفات، و نواتج صناعية أخرى و نواتج تحلل المواد العضوية العادية و بعض هذه الأسماك حتى عند تركيزات منخفضة جداً (مثلا 1جزء في المليون من الفينول) و للأسف فإن كثيراًمن هذه المواد لا تتحلل بفعل البكتريا يكون انحلالها بطيئص جداً.

5- المواد غير العضوية والمركبات الكيميائية:

و تلوث هذه المواد المياه عن طريق مياه الصرف المحتوية عليها من الصناعات المختلفة، وهي أيضاً تؤدي إلى قتل الأسماك و الحيوانات المائية الأخرى و من أهم هذه الملوثات الزئبق الذي كان يعتقد أنه في الحالة العنصرية (الفلزية) يرسب إلى القاع إلا أن الدراسات الحديثة قد أظهرت أن بعض أنواع البكتريا في طين القاع تحوله إلى ميثيل الزئبق ($CH_3 Hg^+$) الذي يتركز في أجسام الكائنات الحية مسبباً تسممها.

و المواد غير العضوية الأخرى التي تؤثر في نوعية المياه هي:

- **الكالسيوم و الماغنسيوم:**

يتحد الكالسيوم و الماغنسيوم مع البيكربونات و الكربونات و الكبريتات و السيليكا مكونين حشفاً أو مواد عازلة للحرارة في الغلايات و في الأجهزة الأخري التي يتم التبادل الحراري و يؤدي ذلك أحياناًإلى انسداد الأنابيب الموصلة للغلايات و السخانات و غيرها من الأجهزة المنزلية و الصناعية. كما يتحد الكالسيوم و الماغنسيوم مع أيونات الأحماض الدهنية للصابون مفسدة جزءاً كبيراً من الصابون و مكونة رواسب غير مرغوب فيها تؤدي إلى تشويه الأحواض و الحوائط في الحمامات.

كما أن ارتفاع مستوى الماغنسيوم يسبب إسهالاً معوياً و خاصة للمستخدمين الجدد الذين لم يتعودوا على هذه المياه.

- **الصوديوم و البوتاسيوم:**

إن أكثر من 50 مجم/لتر صزديوم و بوتاسيوم في وجود مواد عالقة في المياه تسرع من تكون الحشف و من صدأ السخانات، كم يؤدي وجود كربونات الصوديوم و البوتاسيوم في مياه التبريد إلى تدهور أخشاب أبراج التبريد.

و قد تبين أيضاً أن وجود أكثر من 65 مجم/لتر من الصوديوم يسبب صعوبات في صناعة الثلج.

- **الكربونات و البيكربونات:**

عند التسخين تتحول البيكربونات إلى بخار ماء و ثاني أكسيد الكربون و كربونات، و تتحد الأخيرة مع القلويات الأرضية و بصفة رئيسية الكلسيوم و الماغنسيوم يؤدي إلى خفض التوصيل الحراري خلال جدران أنابيب التوصيل و يحد من انسياب السوائل في هذه الأنابيب و أحياناً إلى انسدادها كلية. و من غير المرغوب فيه للكثير من الصناعات أن يكون مستوى الكربونات و البيكربونات أو القلويات بصفة عامة مرتفعاً.

- **الكبريتات:**

تتحد الكبريتات أيضاً مع الكالسيوم لتكون حشفاص لاصقاً يحد من التوصيل الحراري في الأنابيب، و لذلك فإنه من غير المسموح به لبعض الصناعاتأن يكون مستوى الكبريتات

أعلى من 250 مجم/لتر. كما أن الكبريتات بمستوى 500 مجم/لتر أو أعلى تعطي المياه طعماً مراً، و تسبب المياه المحتوية على أكثر من 1000 مجم/لتر كبريتات أضراراً صحية جسيمة.

- **الكلوريد:**

يعطي الكلوريد عند تركيز أعلى من 100 مجم/لتر للمياه طعماً ملحياً كما يؤدي هذا المستوى إلى مضاعفات فسسولوجية متنوعة.
و تتطلب الصناعات الغذائية عادةً وجود أقل من 250 مجم/لتر ، كما أن صناعة المنسوجات و الورق و المطاط الصناعي تتطلب أقل من 100 مجم/لتر كلوريد.

- **الحديد:**

كما سبق أن ذكرنا فإن أكثر من 0,01 مجم/لتر حديد يترسب بعد تعرض المياه للهواء الجوي مما يسبب تعكيراً لهذه المياه و يؤدي إلى تكون بقع لأنابيب التوصيل و أدوات الغسيل و الطهي، كما يعطي طعماً و لوناً غير مستساغاً للمشروبات و المأكولات.
و من غير المسموح به وجود 0,2 مجم/لتر حديد بالنسبة لبعض الصناعات.

مصادر تلوث مياه الشرب الرئيسية:

من المفيد أن نوجز فيما يلي مصادر تلوث مياه الشرب المختلفة:

1- تلوث المياه بالكالسيوم و الماغنسيوم و الكلوريد:

ينشأ الكالسيوم الموجود في المياه بصفة عامة من معادن الفلدسبار و الجبس و الأرجونيت و الكالسيت و الدولوميت و الطفلة، أما الماغنسيوم فهو موجود أيضاً في الدولوميت و مصادر الطفلة. ويتواجد الصوديوم بالإضافة إلى ماء البحر في معادن الطفلة وفي الملاحات و النيتر (نترات الصوديوم) و اليرابتايت (كبريتات الصوديوم المائي) بالإضافة إلى النفايات الصناعية. و يتواجد البوتاسيوم أيضاً في معادن الطفلة و رواسب البحر إلي جانب ماء البحر، و تنشأ الكربونات و البيكربونات من الحجر الجيري و الولوميت بينما تتكون الكبريتات من تأكسد خامات الكبريتيد كم أنها تنشأ من الجبس و المياه الناتجة عن الصناعة.

أما المصدر الرئيسي للكلوريد في المياه فهو ماء البحر و الصخور الرسوبية الناتجة من البحر و هناك مصادر جانية للكلوريد هي الصخور النارية (البركانية) و الأملاح التي تنتشر و تلوث المياهتحت تأثير المد البحري و خاصة في الآبار القريبة من البحر.

2- تلوث المياه بالحديد و الكربونات و البيكربونات و الكبريتات:

يلوث الحديد مياه الشرب لو لامست المياه كبريتيد الحديدوز أو الكبريت أو الأحجار الرملية أو كبريتيد المعادن الطفلية.

أما الكربونات أو البيكربونات تكون موجودة بنسب صغيرة أو غير موجودة في المياه السطحية و لكن في المياه عالية المحتوى من الصوديوم قد يصل مستوى الكربونات فيها إلى 50 مجم/لتر.

3- تلوث المياه بالخارصين و الكادميوم و بعض الفلزات الأخرى:

الخارصين أو الزنك موجود بالقشرة الأرضية بنسبة 70 جزء في المليون و ترتيبه بين العناصر 24 من ناحية الوفرة، و بنسبة 11 جزء في البليون في المحيطات و ترتيبه بين العناصر 22. أما الكادميوم فهو موجود بنسبة 0,2 جزء في المليون في القشرة الأرضية (ترتيبه 64) و بنسبة 0,11 جزء في البليون في المحيطات (ترتيبه 42).

و يعتبر الخارصين أساسي بيولوجياً و لكن ليس للكادميوم أية أهمية بيولوجية معروفة حتى الآن، و لكن هناك ترابط بين دورتي الخارصين و الكادميوم و الذي يترتب على وجود بعض الكادميوم في معادن الخارصين الطبيعية أو على مرافقة الكادميوم للخارصين في أية عينات من الأخير تتواجد عنيجة للنشاط البشري.

و ينتمي الخارصين و الكادميوم و معهما الزئبق إلى نفس المجموعة في الجدول الدوري للعناصر حيث أن لهم نفس التركيب الإلكتروني في المستوى الأخير للذرة، إلا أن هناك اختلاف طفيف في السلوك الكيميائي بسببالاختلاف في التركيب الإلكتروني للذرات الثلاث ، فأيون الخارصين في المحلول المائي مثلا ($Zn^{2+}(aq)$) أكثر ثباتاً من أيون الكادميوم ($Cd^{2+}(aq)$) و بالتالي فإن الأخير يحل محل الأول في العديد من الإنويمات المحتوية عليه، حيث ينطلق الكدميوم ذائباً في المحيط المائي مكوناً أيونه، و يستخدم الكادميوم في الطلاء الكهربائي لتكوينه طبقة لامعة مقاومة للتآكل، كما يستخدم كمثبت للبلاستيك و كذلك في البويات و اللحام و في بطاريات النيكل – كادميوم.

أما الخارصين فيستخدم كثيراً في منع التآكل عن طريق الجلفنة و في البويات و السبائك و الإطارات. و يتم الحصول على الكادميوم كناتج جانبي في مصانع إنتاج الخارصين عند تنقية الأخير من الشوائب و لو أن الفصل الكامل للكادميوم من الخارصين غير اقتصادي:

$$ZnS + O_2 ===== ZnO = SO_2$$

$$Zn / Cd + CO_2 ===== Zn + Cd$$

و تحتوي أسمدة الفوسفات على 5 – 100 مجم كادميوم في الكيلوجرام مما يؤدي إلى زيادة تركيز الكادميوم بالتربة عند استعمال هذه الأسمدة بصفة دائمة.

- أهمية الخارصين:

يعتبر الخارصين مكون أساسي لحوالي مائة أنزيم و لو أن عدد الانزيمات التي تحتوي على الخارصين في الفقاريات أقل من ذلك بكثير و المستوى العادي للخارصين في النباتات هو 25 – 150 مجم/كيلوجرام و يعتبر التركيز الأعلى من 400 مجم/كيلوجرام ساماً، أما الإنسان البالغ فيحتوي جسمه على 1,4 -2,3 جرام من الخارصين أي نصف الكمية التي يحتويها من الحديد، و يؤدي نقص الخارصين في الإنسان إلى الدوخة و إلى نقص سرعة تجلط الدم و التئام الجروح كما يؤدي النقص إلى تشوهات جلدية و مشاكل أخرى.

و لقد وجد أن كلاً من الخارصين و الكادميوم يتجمعان مع بروتين ذات وزن جزيئي منخفض قابل للذوبان يسمى ميتالويثونين يحتوي على مستوى عال من السيستين (cysteine) حيث يؤدي وجود عدد كبير من مجموعة SH إلى ربط العنصرين بقوة إلى البروتين ، و في الواقع فإن احدى وظائف السيستين هو التخلص من الكادميوم و الزئبق و الرصاص عن ربطهم بواسطة روابط فلز – كبريت و بالتالي منعهم من التدخل في أية عمليلت حيوية أخرى بجسم الإنسان و لكن للأسف فإن كمية المتالويثونين التوفرة بالجسم محدودة بحيث لا يمكنها منع التسمم عند دخول كمية كبيرة من هذه العناصر السامة إلى الجسم.

و بالرغم من أن عنصر الخارصين (و الحديد و النحاس كذلك) أساسي و لكنه يصبح ساماً عند زيادة تركيزه عن حد معين أما الكادميوم فلتشابهه مع الخارصين فإنه يمتص أيضاً بواسطة النباتات بل و يدخل إلى الحبوب و الثمرات التي يتغذى عليها الإنسان فيما بعد، و

هو يختلف بذلك عن عنصر الرصاص و الذي قلما يمتص بواسطة النباتات فقد وجد أن هناك فرق شاسع بين محتوى الرصاص في النباتات و محتواها في التربة التي تنمو فيها هذه النباتات أما الكادميوم فإن محتواه متساوي تقريباً في النباتات و التربة خاصة إذا كان هذا المستوى في حدود المعقول (أقل من 3 مجم كادميوم /كيلوجرام تربة).

- **سمية الكادميوم:**

يعتبر الكبد و الكلى أول أعضاء الجسم التي تتأثر بالكادميوم و عندما يصل مستوى الكادميوم إلى 200 ميكروجرام لكل جرام من قشررة الكلى يصبح الوضع حرجاً و يزيد تأثير الكادميوم مع تقدم السن . و يبلغ متوسط دخول الكادميوم إلى الجسم تحت الظروف العادية 0,2 – 0,4 ملجم في الأسبوع و هو قريب من الحد الأعلى المسموح به حسب تعليمات منظمة الصحة العالمية (0,4 – 0,5 ملجم في الأسبوع). و لذلك فإن هناك مخاطرة بالنسبة للمدخنين حيث تحتوي كل 20 سيجارة على ما يعادل أخذ 40 ميكروجرام كادميوم من الطعام أي أن تدخين 20 سيجارة يؤدي إلى مضاعفة دخول الكادميوم إلى جسم الإنسان.

و نظراً لانخفاض درجة غلياب الكادميوم فإنه يكون أكثر تركيزاً في جو معامل صهر الخارصين نفسه.

و يبين الجدول التالي استخدامات و مصادرالتلوث بالزنك و الكادميوم و بعض العناصر الأخرى و المصادر المتوقعة لتلوث الأراضي الزراعية بها.

المعدن	الاستخدامات الأساسية	مصادر تلوث التربة
الزنك	ـ جلفنة الفلزات الأخلرى ـ الطلاء – النحاس الأصفر و عناصر أخرى.	المبيدات – الأسمدة – والمخلفات الصناعية ومخلفات المجاري.
الكادميوم	سبائك ـ مقاومة الصدأ – الأصباغ – البطاريات.	شوائب الأسمدة – أدخنة و عادم السيارات.
الرصاص	محسن للبنزين و الجازولين – البطاريات – تغطية الكابلات.	الأسمدة – المبيدات.
الزئبق	حشو الأسنان – بعض العقاقير – الإضاءة بالفلورسنت – الترمومترات – الأجهزة العلمية.	مبيدات الفطريات – بخار الزئبق بالجو.
النحاس	العملات – السبائك – الأسلاك الكهربائية – الأواني – المواسير.	الأتربة الصناعية – مخافات المجاري – المبيدات – المناجم.
النيكل	صناعة الصلب و السبائك – محسن للجازولين.	الأسمدة – إحتراق الجازولين.
المنجنيز	البطاريات – الكيماويات – أسمدة فيرومنجنيز.	رشح المناجم – أسمدة – رماد متساقط من الهواء.
البورون	منظفات الزجاج – الأسمدة – محسن للجازولين.	احتراق الجازولين – ماء الري.
أرسينك	الأدوية – المبيدات – الطلاء.	المبيدات الصناعية – عادم صناعي.

و تمثل عملية التخلص من رواسب المجاري مشكلة كبيرة في الوقت الحالي في كثير من بلدان العالم و ذلك لعدة أسباب :

- **فلو تم التخلص منها بخلطها بالأرض الزراعية لظهرت مشاكل صحية بسبب ما تحتويه هذه الرواسب من بكتريا و فيروسات و طفيليات متنوعة قد تؤدي إلى انتشار الأوبئة ، بالإضافة إلى الروائح الكريهة التي تنبعث منها.**
- **و إذا تم التخلص منها من خلال مجرى كبير يصب في الأنهار مثلاً فسوف تستهلك البكتريا أكسجين النهر مما يؤدي إلى هلاك الثروة السمكية و تدهور شكل النهر و ائحته مع الوقت.**
- **أما بناء محطات لمعالجة محتويات المجاري فإن تكاليفه مرتفعة و يعتمد على نوعية المياه الطلوب الحصول عليهافي النهاية، مع بقاء مشكلة التخلص من الرواسب الصلبة و التي يمكن استخدامها كأسمدة عضوية.**

الباب الثالث

معالجة المياه للمنازل والمصانع

أولا : الماء للاستعمالات المنزلية :

الخواص الطبيعية للماء:

الماء الطبيعي ليس نقيا فمياه الأمطار والثلوج وقطرات الندى هي المياه المقطرة الطبيعية لذا هي أنقى المياه الطبيعية وجميعها تحتوى على مواد ذائبة كالغازات والأملاح والأكاسيد ومواد عالقة مثل حبات الغبار وحبيبات اللقاح و جميعها تأتي من تماس المياه المذكورة والثلوج . المواد الشائبة الموجودة بمياه الأنهار يحددها بالدرجة الأولى مسار تلك الأنهار والمناطق التي تمر فيها.

والمياه التي تسير بالمناطق الكلسية يتوقع أن تحوى نسبة كبيرة من أملاح الكالسيوم ، وتلك التي تمر بالمستنقعات أو بطبقات تحتوى على ترسبات عضوية يتوقع أن تحوى على نسبة كبيرة من مواد عضوية وثاني أكسيد الكربون .

- تتفاعل المواد الكيميائية الموجودة بالماء مثل حامض الكربونيك مع بعض المركبات الموجودة بالطبقات الأرضية مثل كربونات الكالسيوم وكربونات الماغنسيوم عند تلامس الماء معها لتكوين بيكربونات الكالسيوم والماغنسيوم المسببان لعسرة الماء .

$$CO_2 + H_2O + CaCO_3 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

$$CO_2 + H_2O + MgCO_3 \rightarrow Mg(HCO_3)_2$$

- ويتفاعل ثاني أكسيد الكربون الذائب بالماء مع الفيلدسبار(Feldspar) مكوناً كربونات البوتاسيوم الذائبة والطين والرمل مسبباً تعكر الماء.

$$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2 + 2H_2O + CO_2$$

$$\rightarrow K_2CO_3 + Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O + 4SiO_2$$

- يتفاعل حامض الكربونيك مع الكبريتيدات مثل كبريتيد الحديد محرراً كبريتيد الهيدروجين ويتفاعل الأكسجين المذاب بالماء مع الكبريتيدات غير الذائبة مكوناً الكبريتات الذائبة وحامض الكبريتوز أو الكبريتيك .

$$FeS_2 + 3H_2O + 10O_2 \rightarrow 3FeSO_4 + 2H_2SO_4 + H_2SO_3$$

مياه الآبار العميقة قد تحتوى على نسب عالية من ملح الطعام كما يحوي ماء البحر على نسبة من الأملاح 3.1% ويشكل ملح الطعام 80% منها تقريبا . فائدة المياه الطبيعية تعتمد على طبيعة وكمية المواد الذائبة والعالقة فيها .

تبلغ نقاوة الماء الصافي أكثر من 99.9% ويعبر عن تركيز المواد الذائبة فيه بالوحدة الفيزيائية الجزء بالمليون (Part Per Million or ppm.) ولا تستعمل طريقة النسبة المئوية ، ويساوي الجزء بالمليون بدوره جرام/المتر المكعب أو ملجرام/لتر .

مواصفات المياه المستعملة للأغراض المنزلية:

لكي يكون الماء صالحاً للشرب وللاستعمالات المنزلية يجب أن يكون عديم اللون والرائحة وخالياً من البكتريات الجرثومية والمواد العالقة وأن يكون لـه مذاق مقبول . ومن أهم الشوائب الموجودة بمياه الشرب التي يجدر دراستها:

<u>أولا : العكرة (Turbidity) :</u>

سبب عكرة الماء هو وجود دقائق لمواد صلبة عالقة به . يمكن قياس كمية هذه المواد العالقة بمعرفة مدى النقصان في كثافة الضوء المار في الماء أو بطريقة قياس شدة انتشار الضوء بزاوية 90 درجة على الحزمة الساقطة وتستعمل الطريقة الأخيرة بصورة خاصة عند التعامل مع المحاليل المخففة للمواد الغروية.

<u>ثانياً : اللون(Colour) :</u>

وجود اللون بالمياه الطبيعية يرجع بالدرجة الأولى إلى وجود مواد مستخلصة من أوراق وقشور الأشجار والمواد الخضرية وتحوى هذه المستخلصات مواد دابغة (Tannin)وحامض الهيوميك (Humic Acid) وأملاحهما مع مواد غروية ملونة والتي تعطى الماء لوناً أصفر بنياً . يتفاعل الحمض المتأين مع بعض الأيونات الذائبة في الماء لتكوين مركبات تعطى الماء لوناً غامقاً.

ويجدر بالذكر أن الجسيمات الملونة في المياه الطبيعية غالباً ما تكون غرويات ذات شحنة موجبة، فالشب و الفحم المنشط (Activated Charcoal) وفحم الكوك ومواد أخرى لها خاصية الامتصاص يمكنها إزالة الألوان من المياه بصورة كفؤ.

يمكن قياس درجة تلوين الماء بمقارنته مع سلسلة من المحاليل الملونة القياسية وتحضيرهذه من خلط نسب معينة من كلور بلاتينات البوتاسيوم (K_2PtCl_6) وكلوريد الكوبلت المائي $(COC1_2.2H_2O)$فعند خلط 1.245 جم من كلوربلاتينات البوتاسيوم مع 1.00 جم من كلوريد الكوبلت مع 100 سم من حامض الهيدروكلوريك المركز.

وعند تخفيف هذا الخليط إلى حجم لتر واحد مع الماء سيحوى على 500 ملجم من عنصر البلاتين وهذا المحلول يمثل 500 وحدة لون قياسية. ويمكن الحصول على محاليل قياسية مختلفة التركيز من هذا المحلول وذلك لاستعمالها لإيجاد درجة تلون الماء .

ويمكن قياس درجة تلون الماء كذلك بمقارنته مع الواح زجاجية ذات ألوان قياسية . أعلى حد للماء الصالح للشرب هو 20 وحدة لون قياسية .

ثالثاً : المذاق:

تختلف مياه الشرب الجيدة بمذاقها وهذا بدوره يعتمد على طبيعة المواد المذابة فيه . بعض المواد التي تعطى مذاقاً غير مقبول ومنها وجود نسبة عالية من أملاح الماغنسيوم والحديد وغاز الكلور وخاصة عند وجود بعض المركبات الفينولية وكذلك وجود بعض المواد التي تعطي مذاقاً عضوياً يشبه السمك أو مذاق الحشائش .

ويمكن إزالة أي طعم من الماء الذي يرجع مصدره إلى وجود مواد عضوية بتعامل الماء مع كميات فائضة من الكلور يتبعها عملية إزالة الكلور الفائض .

ويمكن كذلك تحسين مذاق الماء بواسطة إشباعه بالهواء بأبراج مصممة لذلك الغرض أو بواسطة امراره على الكربون المنشط ومن الجدير بالذكر أن الكربون المنشط يمكن استعماله لتحسين لون وطعم ورائحة الماء سوية.

- **تعقيم مياه الشرب:**

يجب أن تكون مياه الشرب خالية من البكتريا المضرة ويمكن استعمال الكلور لتعقيم مياه الشرب وذلك بإضافة كمية تشكل من 0.1-0.4 جزء بالمليون ، تكون رائحة الكلور ظاهرة بمياه الشرب عند وجوده بكميات تزيد على 0.4 جزء بالمليون .

يتفاعل الكلور مع الماء مكوناً حامض الهايبوكلوروز وهو مادة مؤكسدة قوية.

$$Cl_2 + HOH \rightleftharpoons HOCl + H^+ + Cl^-$$

ويمكن استعمال المحاليل المائية للمسحوق القاصر أو هايبوكلوريت الصوديوم لتعقيم الماء لأنها تعطى حامض الهايبوكلوروز.

ولقد وجد أن الكلور المتبقي في الماء يكون أكثر فعالية بالتعقيم عند ما يكون بشكل مركب من مركبات الأمونيا يسمى الكلورامين حيث يمكن للكلور احلال محل ذرة واحدة أو أكثر من ذرات الهيدروجين في جزيئة الأمونيا بالإضافة إلى أن هذه المواد لا تعطي رائحة الكلور بالماء .

$$NH_3 + Cl_2 \rightleftharpoons NH_2Cl + H^+ + Cl^-$$

$$NH_3 + HOCl \rightleftharpoons NH_2Cl + HOH$$

كلورامين أحادي **Monochloramine**

$$NH_2Cl + Cl_2 \rightleftharpoons NHCl_2 + H^+ + Cl^-$$

$$NH_2Cl + HOCl \rightleftharpoons NH_2Cl + HOH$$

كلور امين ثلاثى **Trichloramine**

من التفاعلات السابقة يتضح أن انخفاض تركيز أيون الهيدروجين يساعد على تكوين حامض الهايبوكلوروز وكذلك الكلورامين لذا فإن أحسن ظروف لتعقيم المياه بواسطة الكلورامين تكون برقم هيدروجيني يقارب (pH=8). ولضمان تعقيم المياه بصورة جيدة يجدر استعمال كميات فائضة من الكلور وذلك لأن جزء من الكلور قد يتفاعل مع مواد شائبة مختزلة مثل المواد العضوية أو غير العضوية ويمكن بعدئذ إزالة كميات الكلور الفائضة بواسطة ثاني أكسيد الكبريت أو الهايبو بعد مرور فترة من الزمن .

$$SO_2 + Cl_2 + 2HOH \rightarrow H_2SO_4 + 2HCl$$

$$2Na_2S_2O_3 + Cl_2 \rightarrow Na_2S_4O_5 + 2NaCl$$

- **كمية الكلور المطلوبة (ChlorineDemand) :**

وهي كمية الكلور مقاسة بالجزء بالمليون التي تعطي كلور متخلف بالماء يساوي 0.1 جزء بالمليون بعد تماس لمدة 10 دقائق . الكلور المتبقي يمكن أن يكون بصورة كلور أو أيون الهيبوكلوريت أوحامض الهيبوكلوروز وهذه جميعها تسمي بالكلور الحر المتبقي والتي يجب أن تميز عن متخلفات الكلور المتفاعلة وهي الكلورامينات .

ويمكن قياس كمية الكلور في كل من هاتين المجموعتين بواسطة تفاعل الكلور مع الاورثوطوليدين والذي يعطى لوناً أصفر . فالكلور الحر يتفاعل بسرعة وتتناسب كميته مع اللون الأصفر الناتج بعد 5 ثوان من بدء التفاعل أما مجموع كمية الكلور الكلية الموجودة فإنها تتناسب مع اللون الأصفر الناتج بعد مرور 5 دقائق على التفاعل بين الإثنين .

يستعمل الأوزون والاشعة فوق البنفسجية لتعقيم مياه الشرب والمياه المستعملة بالصناعة ويمكن التخلص من 99% من عدد البكتيريات الموجودة بهذه الطرق.

ومقياس التعقيم الجيد لمياه الشرب هو التخلص من البكتريات الموجودة إلى أقل درجة ممكنة . تستعمل البكتريا (ب كولي) كمؤشر لدرجة تلوث الماء عند إجراء الفحص البكتيريولوجي. هذه البكتريا ليست مرضية ولكن يمكن تشخيصها بسهولة ويكون درجة تواجدها بمثابة دليل لتواجد بكتريات مرضية معوية و مؤشراً لدرجات تلوث الماء و يستوجب أن يكون الماء خالياً من هذه البكتريا بحجم لا يقل عن 10سم3 .

وتعطى نتائج التحليل عادة بوجود هذه البكتريات أو عدمه مبتدناً بـ 10 سم من الماء و100 سم3 فمثلاً لا توجد في 1 سم ولكن موجودة في 10سم ولا توجد في 10 سم3 ولكن موجودة في 100 سم3 وهكذا.

ويمكن إجراء تحليل بكتريولوجي كامل للماء وذلك بحساب المستعمرات الناتجة من خلط 0.1 سم3 - 1.0 سم3 من الماء المطلوب تحليله مع خليط معقم من صمغ الأجار (Agar)ومواد معدية وتركه في حضانة لمدة 24 ساعة . الماء الجيد يجب أن يعطي أقل من عشرة في السنتمتر المكعب الواحد.

بعض النواحي الصحية الأخرى في مياه الشرب:

يجب استعمال المواد المناسبة لجميع السطوح التي في تماس مع مياه الشرب وذلك في انابيب النقل والمضخات والخزانات . فمثلاً كان معدن الرصاص يستعمل بكثرة في أنابيب نقل مياه الشرب.

وهذا المعدن يذوب في درجة ما بالماء الحاوي على ثاني أكسيد الكربون أو الحوامض العضوية بالإضافة إلى أن كلوريد الرصاص ذائب إلى حد ما في الماء واستعمال مثل هذه المعادن في أنابيب مياه الشرب يعرضها للتلوث بأيونات الرصاص السامة ونتيجة

لذلك استبدلت مثل هذه الأنابيب بأنواع تسبب أقل تلوثاً للمياه وأرخص ثمناً مثل الأنابيب الحديدية والنحاسية والبلاستيكية .

وجود أيون الفلوريد بمياه الشرب له تأثير كبير على صحة الإنسان لذا تعمد مؤسسات مياه الشرب بكثير من دول العالم على إضافة أيون الفلوريد إلى الماء عند عدم وجوده بصورة طبيعية.

وبينت الدراسات والبحوث على معرفة تأثير أيون الفلوريد على تسوس أسنان الأطفال بأعمار (9 إلى 11) و(12-14) سنة . أن تواجد أيون الفلوريد بمياه الشرب بمقدار 1.0 إلى 1.6 جزء بالمليون يقلل من تسوس الأسنان أو فقدانها أو الحاجة إلى حشوها بنسبة تقارب 60% وأن أحسن النتائج كانت عند استعمال 1.6 جزء بالمليون من أيون الفلوريد بمياه الشرب.

اثبتت البحوث كذلك أن وجود أيون الفلوريد في مياه الشرب بحدود جزء واحد بالمليون ليس له تأثير سيئ على صحة الإنسان وليس له تأثير على نسبة الوفيات.

التحليل الكيميائي للمياه الطبيعية:

المياه الطبيعية محاليل مخففة جداً لذا تتأثين فيها جميع الأملاح الذائبة ونتيجة لذلك فإن التحليل الكيميائي للأملاح الذائية يعطي كمية الأيونات الموجبة كأيون الكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم والحديد والبوتاسيوم والألمنيوم والأيونات السالبة مثل أيون الكلوريد والكبريتات والكربونات والبيكربونات والكبريتيت والنترات والنتريت والفلوريد وكذلك يعطى التحليل الكيميائي كمية السليكا ومجموع المواد الصلبة الذائبة والأمونيا الحرة والمواد العضوية والأكسجين المذاب ودرجة الحموضة والمواد الصلبة غير الذائبة.

والأيونات في الماء قد يأتي مصدرها من املاح عديدة فأيون الكالسيوم مثلاً قد يكون مصدره من كبريتات أو كلوريد أو كربونات أو بيكربونات الكالسيوم ولمعرفة المصدر الرئيسي لأيون الكالسيوم مثلاً يجب معرفة الطريق الذي سلكته المياه أثناء جريانها والسبب الرئيسي للعسرة في الماء هو وجود أيونات الكالسيوم والماغنسيوم.

وتتفاعل هذه الأيونات وكذلك أيونات الحديد والالمنيوم مع الصابون مكونة مواد لزجة غير ذائبة تترسب على جدران المغاسل والأواني وعلى النسيج . عند تسخين الماء الحاوي على أيونات البيكربونات يتحرر غاز ثاني أكسيد الكربون تاركاً أيون الكربون والماء وتتفاعل أيونات الكربونات الناتجة مع كمية مكافئة من أيون الكالسيوم الموجود اعتيادياً بكثرة مكوناً كربونات الكالسيوم غير الذائبة في الماء وبذلك تزال هذه العسرة .

$$2HCO_3^- \rightarrow CO_3^{=} + CO_2 + H_2O$$

$$Ca^{++} + CO_3^{=} \rightarrow CaCO_3$$

مثل هذه العسرة تسمى بالعسرة المؤقتة أو عسرة الكربونات والعسرة المتبقية بعد مثل هذه العملية تسمي بالعسرة الدائمة أو عسرة غير الكربونات.

وتحسب العسرة في الماء على أساس كمية كربونات الكالسيوم (CaCO3) معبرة كأجزاء بالمليون لما يكافئ مجموع الأيونات المسببة للعسرة . وعلى سبيل المثال 40 جزء بالمليون من أيون الكالسيوم أو 24.3 جزء بالمليون من أيون الماغنسيوم أو 55.9 جزء بالمليون من أيون الحديد يكافئ 100 جزء بالمليون من كربونات الكالسيوم . أما بالنسبة للأملاح الذائبة يمكن احتساب الكمية المكافئة من كربونات الكالسيوم الطرق الحسابية البسيطة.

طرق إيجاد عسرة الماء:

هناك طرق عديدة لإيجاد مقدار عسرة الماء ومنها :

1-طريقة رغوة الصابون:

تعتمد هذه الطريقة على أن الصابون لا يكون رغوة ثابتة بالماء العسر وكذلك عند إضافة محلول الصابون إلى الماء العسر فالصابون يتفاعل مع أيونات الكالسيوم ليكون مواد راسبة وبذلك يزيل تلك الايونات تاركاً ماء غير عسر والذي يمكن للصابون أن يكون فيه رغوة ثابتة .

$$Ca^{++} + 2C_{17}H_{35}COONa \rightarrow 2Na^{+} + (C_{17}H_{35}COO)_2Ca$$

يمكن معرفة مجموع العسرة الموجودة بالماء من معرفة حجم محلول صابون قياسي الذي يعطي رغوة ثابتة مع 50 أو 100 سم3 من الماء العسر.

ويمكن كذلك معرفة مقدار العسرة الثابتة من حجم محلول الصابون القياسي الذي يعطي رغوة ثابتة مع 50 إلى 100 سم3 من الماء العسر بعد غليانه (أي بعد تجزئة أي بيكربونات موجودة فيه) ومن الفرق بين الحجمين أعلاه يمكن معرفة كمية العسرة المؤقتة والمتسببة من وجود البيكربونات.

2-الترسيب بواسطة الكربونات القلوية (Alkali Carbonate) :

تعتمد هذه الطريقة على معرفة كمية الكربونات الفلزية اللازمة للتفاعل مع أيونات الكالسيوم والماغنسيوم الموجودة بحجم معين من الماء مكونة رواسب حسب التفاعلات التالية:

$$Ca^{++} + SO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow 2Na^{+} + SO_4 + CaCO_3$$

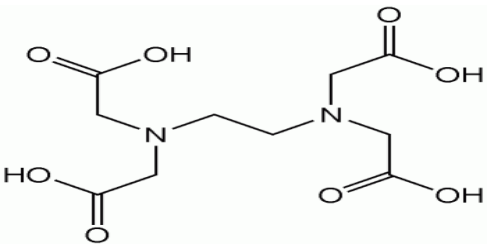
$$Mg^{++} + 2Cl + 2NaOH \rightarrow Mg(OH)_2 + 2Na^{+} + Cl^{-}$$

بذلك يمكن إيجاد العسرة الكلية ولتعيين العسرة الدائمة نجد كمية الكربونات القلوية اللازمة للتفاعل مع الأيونات المتبقية بكمية من الماء بعد تسخينه لدرجة الغليان ثم تبريده وترشيحه والفرق بين العسرة الكلية والعسرة الدائمية يعطي قيمة العسرة المؤقتة.

3-طريقة الكاشف:

تعتمد هذه الطريقة على تفاعل أيونات الكالسيوم والماغنسيوم الموجودة في الماء العسر مع مركب عضوي يضاف للماء تدريجياً حيث يتم اختفائها كأيونات حرة باستعمال كاشف خاص يبدل لونه . عند اختفاء جميع أيونات الماغنسيوم والكالسيوم.

ويمكن معرفة كمية المادة العضوية اللازمة لذلك ومنها كمية العسرة الكلية في الماء ويجرى هذا التفاعل في محلول منظم ذو رقم هيدروجيني 10. أن المركب العضوي المستعمل يدعى (EDTA) هو (رابع حامض الخليك – ثاني أمين الاثيلين):



Ethylenediamine tetra acetic acid (EDTA)

إزالة العسرة من مياه الشرب للاستعمال المنزلي:

يمكن إزالة العسرة من المياه المعدة للاستعمال المنزلي بواسطة المبادلات الأيونية (Ion Exchangers)مثل الزيولايت (Zeolite) والذي قد يكون طبيعياً أو صناعياً وتتم عملية إزالة العسرة بإمرار الماء على مادة الزيولايت الصلبة حيث يجرى تبادل أيونات الكالسيوم والماغنسيوم الموجودة بالماء مع أيونات الصوديوم الموجودة على سطح المادة الصلبة الخارجي وعلى سطوح الشبكات الداخلية فيها.

$$\begin{matrix} Ca \\ Mg \end{matrix}\Big]\Big[\begin{matrix} (HCO_3)_2 \\ SO_4 \\ Cl_2 \end{matrix} + 2NaR \rightarrow \begin{matrix} Ca \\ Mg \end{matrix}\Big]\Big[\begin{matrix} (HCO_3)_2 \\ SO_4 \\ Cl_2 \end{matrix} + R_2Na_2$$

(منحل) (غير منحل) (غير منحل) (منحل)

وبهذه العملية يجرى إزالة الايونات الموجبة المسببة للعسرة حيث تم استبدالها بما يكافئها من أيونات الصوديوم.

وعندما تبدأ كفاءة المبادل الأيوني بالانخفاض نتيجة استبدال الكالسيوم والماغنسيوم بأيونات الصوديوم يستوجب تنشيط المبادل الأيوني وذلك بغسل المبادل الأيوني بالماء أولاً لإزالة الحصى والرمل والمواد الصلبة العالقة ثم يمرر محلول مركز من ملح الطعام حيث يتم عكس التفاعل المذكور أعلاه ويستوجب غسل المبادل الأيوني بعد ذلك بالماء لإزالة الملح ، وأملاح الكالسيوم والماغنسيوم والحديد الذائبة والتي تكونت نتيجة عملية التنشيط .

$$\left.\begin{matrix}Ca\\Mg\end{matrix}\right\rbrace R_2 + 2NaCl \rightarrow 2NaR + \left.\begin{matrix}Ca\\Mg\end{matrix}\right\rbrace Cl_2$$

(غير منحل) (منحل) (غير منحل) (منحل)

وإجراء عملية التنشيط قبل إحلال جميع أيونات الصوديوم يساعد على عدم السماح لعناصر القلويات الأرضية من سد المسامات المؤدية إلى التراكيب والسطوح الداخلية لحبيبات المبادل الأيوني وهذا بدوره يعني سهولة إدامة المبادل الأيوني وسرعة إعادة تنشيطه .

تزال العسرة من المياه المعدة للاستعمال المنزلي بواسطة الطرق الترسيبية على أن يعقب ذلك عملية ترشيح جيدة وتعامل بالكربون المنشط والكلور .

والعسرة الموجودة بالمياه المستعملة للأغراض المنزلية تعطى رواسب مع الصابون كما ذكر سابقاً مسببة أضراراً كثيرة نتيجة لترسب الصابون غير الذائب بالإضافة إلى تكوين الرواسب الصلبة على أجهزة التسخين والبرادات ..ألخ . ويجدر بالذكر أن المنظفات الحديثة والشائعة الاستعمال لا تعطي رواسب مع العسرة الموجودة في الماء.

استخلاص مياه الشرب من ماء البحر:

يحوى ماء البحر على أملاح بنسبة 3.6% أو ما يعادل 36.000 جزء بالمليون يكون ملح الطعام ما يزيد على 77% منها وكلوريد الماغنسيوم حوالى 11% وكبريتات الماغنسيوم 4.8% و كبريتات الكالسيوم 3.6% وكبريتات البوتاسيوم 2.4% وبروميد الماغنسيوم 0.2% وكربونات الكالسيوم 0.3% وأملاح أخرى بكميات قليلة . ولأجل الحصول على مياه صالحة للشرب من ماء البحر يستوجب إزالة الأملاح منه بطرق اقتصادية . من المحاولات التي جرت بذلك الخصوص خلال الحرب العالمية الأولي لتزويد الجنود بكميات قليلة من مياه الشرب من ماء البحر في الحالات الضرورية وذلك باستخدام المبادلات الأيونية مثل زيولات الفضة .

$$Ag_2Ze + (Ca^{++}, Mg^{++}, Na_2^{++}, K_2^{++}) \rightarrow (Ca^{++}, Mg^{++}, Na_2^{++}, K_2^{++}) Ze + 2Ag^{+}$$

ويترسب أيون القضة الناتج بواسطة كمية مكافئة من أيونات الكلوريد والكبريتات والموجودة أصلا بماء البحر وبذلك يتم إزالة معظم الأيونات الموجبة والسالبة . ولأجل توفير كميات كبيرة من مياه الشرب من ماء البحر يمكن استعمال عمليات التقطير ذات المراحل المتعددة أوعمليات التبخير المتعدد المراحل أو طريقة الفرز العشوائي بالكهرباء أي الديزلة Electrodialysis أو طريقة الانجماد.

ويمكن إزالة الأملاح من ماء البحر بواسطة استعمال المبادلات الأيونية (Iron Exchangers)كذلك بالوقت الذي يمكن الحصول على ماء نقي باستخدام جميع هذه الطرق إلا أن كلفة الماء المنتج وكميته تحدد الطريقة التي يجدر اتباعها حسب الظروف الموقعية.

والطرق التي تستعمل عمليات التقطير والتبخير مبنية على فصل الماء على شكل بخار ويجري بعد ذلك تكثيف البخار بطريقة يمكن استعادة أكبر مقدار من طاقته الحرارية لغرض استعمالها مرة أخرى مع التخلص من المحلول المركز الناتج ويمكن استخلاص ملح الطعام وأملاح أخرى من هذا المحلول لغرض زيادة اقتصادية المشروع . في مثل هذا النوع من وحدات استخلاص المياه العذبة يستعمل عادة البخار الخارجي بعد استعماله في

عمليات رئيسية أخرى ويجدر التأكيد بأن كلفة الطاقة وكفاءة استعمالها يشكل العامل الأساسي في اقتصاديات المشروع.

تعتمد طريقة الانجماد على تبريد ماء البحر و انجماده لتكوين خليط من بلورات الثلج و محلول ملحى مركز حيث تفصل بلورات الثلج و تغسل و تصهر لتعطى ماء نقياً .

يمكن استعمال المبخرات التي تعمل على الطاقة الشمسية لإنتاج كميات محدودة من المياه النقية من ماء البحر و هناك إمكانية لتطوير هذه الطريقة لجعلها أكثر عملية .

ثانياً : الماء للاستعمالات الصناعية :

معالجة المياه للاستعمالات الهندسية :

في بعض المجالات الهندسية و الصناعية تستعمل المياه الطبيعية أو مياه البحار مباشرة بدون معاملتها وفى حالات أخرى يستوجب أن تكون المياه المستعملة ذات مواصفات عالية تفوق مواصفات مياه الشرب .

والمياه المطلوبة للصناعات الالكترونية مثلاً يجب أن تكون نقية جداً و كذلك الحال بالمفاعلات النووية و المراجل ذات الضغط العالى التي تعمل بدرجات حرارة تفوق الدرجة الحرجة للماء . المياه المستعملة بالمبادلات الحرارية و المراجل تعامل بصورة خاصة لغرض إزالة المواد التي تسبب ترسبات و قشور على سطوح التسخين و التبريد و يتطلب كذلك إزالة المواد المسببة للتآكل .

واستعمال المياه غير المعاملة أو التي تعامل بصورة غير صحيحة قد يسبب كوارث صناعية منها انفجار المراجل و تلف وتآكل المعدات بسرعة . ومعاملة المياه للأغراض الصناعية يعتد على مواصفات الماء المطلوب وكمياته و كذلك على نوعية الشوائب الموجودة بالماء الخام ويجدر بالذكر أن المنشآت الهندسية و الصناعية قد تتطلب استعمال أكثر من نوع واحد من الماء . وعند إزالة الشوائب الموجودة بالماء الخام بالطرق الترسيبية ، ترسب المواد المراد إزالتها بإضافة مواد كيميائية إلى الماء و تزال بعد ذلك الرواسب المتكونة . ولتفهم هذه العمليات بصورة دقيقة يجدر الرجوع إلى الأسس العملية لعمليات الترسيب .

1- معاملة الماء المحتوى على بيكربونات (أو العسرة المؤقتة) :

العسرة المؤقتة والمتسببة من جراء وجود بيكربونات الكالسيوم أو الماغنسيوم بالماء تترسب عند تسخين الماء و كنتيجة لذلك تتكون رواسب على أنابيب المبادلات الحرارية و السطوح الساخنة .

$$Mg(HCO_3)_2 \longrightarrow MgCO_3 + H_2O + CO_2$$

مما يؤثر على كفاءة عملية انتقال الحرارة ، ويمكن تلافى ذلك بمعاملة المياه بالطرق الكيميائية .

- **الترسيب بواسطة الجير المطفئ $Ca(OH)_2$:**

إحدى المواد الكيميائية الشائعة الاستعمال لإزالة بيكربونات الكالسيوم و الماغنسيوم من الماء هي الجير المطفئ ، أو هيدروكسيد الكالسيوم . إن هذه المادة تصنع عادة من حرق حجر الكلس CaCO3 بأ فران عمودية أو دوارة بدرجة حرارة تزيد على 900 م حيث تتحلل كربونات الكالسيوم إلى أكسيد الكالسيوم و ثانى أكسيد الكربون و الأخير يمكن فصله من الغازات الأخرى بواسطة امتصاصه بمحلول كربونات الصوديوم أو البوتاسيوم أو بواسطة محاليل أول أو ثانى أمين الايثانول بأبراج امتصاص معدنية و يحرر الغاز بعدئذ من المحاليل المذكورة بالتسخين حيث يعاد استعمالها مرة أخرى .

يبرد أكسيد الكالسيوم الخارج من الفرن بالهواء الذى يستعمل في إحراق الوقود بعدئذ و بذلك يمكن استرجاع كمية كبيرة من الطاقة .

يعامل أكسيد الكالسيوم البارد مع البخار ليعطى مسحوق هيدروكسيد الكالسيوم أو مع الماء لكى يعطى مستحلب الجير (Milk of Lime) .

$$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2$$

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$$

لترسيب جزئ واحد من بيكربونات الكالسيوم يستعمل جزء واحد من الجير مطفئ .

$$Ca(OH)_2 + Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow 2CaCO_3 \downarrow + 2H_2O$$

و لترسيب جزء منن بيكربونات الماغنسيوم لغرض التخلص من العسرة تستعمل جزيئتين من هيدروكسيد الكالسيوم وذلك لتكوين هيدروكسيد الكالسيوم و ذلك لتكوين

هيدروكسيد الماغنسيوم و كمية مكافئة من بيكربونات الكالسيوم والتي يجب التخلص منها بواسطة كمية مكافئة من ماء الجير للتخلص من العسرة الناتجة عن وجود بيكربونات الماغنسيوم مقارنة مع بيكربونات الكالسيوم .

$$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow Mg(OH)_2 \downarrow + Ca(HCO_3)_2$$

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow 2CaCO_3 \downarrow + 2H_2O$$

$$Mg(HCO_3)_2 + 2Ca(OH)_2 \longrightarrow Mg(OH)_2 + 2CaCO_3 + 2H_2O$$

إن التصرف المختلف لبيكربونات الكالسيوم والماغنسيوم عند إضافة ماء الجير لإزالة العسرة يرجع إلى قيم ثابت حاصل الإذابة لهيدروكسيد الماغنسيوم و كربونات الماغنسيوم و هيدروكسيد و كربونات الكالسيوم .

- استعمال مركبات الفوسفات :

يمكن استعمال عدد من مركبات الفوسفات ، مثال : ثالث أورثوفوسفات الصوديوم (Na_3PO_4) و سادس ميتافوسفات الصوديوم $(NaPO_4)_6$ وذلك بإضافة عدة أجزاء بالمليون إلى الماء لمنع تكوين الرواسب في المكثفات والمبادلات الحرارية و المراجل البخارية من جراء عسرة البيكربونات أو عند وجود أيونات الكالسيوم أو الماغنسيوم .

و تكون الفوسفات مواد معقدة ذائبة مع تلك الأيونات أو المواد راسبة طرية أو رغوية ولا تكون قشوراً صلبة على السطوح الساخنة . ويمكن إزالة هذه المواد من مياه المراجل البخارية مع الرواسب والمواد العالقة والأملاح المتركزة والمتجمعة بعملية تصريف الماء من قاع المرجل أو الغلاية . وأحياناً تضاف سادس الميتافوسفات بنسبة 2 جزء بالمليون عند وجود أيون الكالسيوم بنسبة تقل عن 200 جزء بالمليون بالماء المستعمل للمراجل البخارية .

و بالحرارة العالية داخل المراجل يجرى تحويل سادس الميتافوسفات إلى الأورثوفوسفات ويترسب الكالسيوم بشكل كربونات أو أورثوفوسفات حيث يجرى التخلص منه بواسطة عملية التصريف من قاع المرجل . وهناك بعض المواد العضوية مثل النشا والمواد الدابغة و مواد غروية أخرى تستعمل لتكوين طبقة مدمصة (Adsorbed) على السطح الخارجي لكربونات الكالسيوم المترسبة بحيث تمنع نموها و تساعد كذلك على

إبقائها بصورة عالقة بالماء و تمنع ترسبها . أن فعل الميتافوسفات مع الكالسيوم هو مشابه لمثل هذه الفعل.

- معاملة المياه مع الومينات الصوديوم :

تحضر الومينات الصوديوم من تفاعل نفايات معدن الألمنيوم أو أول أكسيد الالمنيوم المائى مع هيدروكسيد الصوديوم .

$$2Al + 6NaOH \longrightarrow 2Na_3AlO_3 + 3H_2$$

$$2Al + 2NaOH + 2H_2O \longrightarrow 2NaAlO_2 + 3H_2$$

تتحلل الومينات الصوديوم بالماء لتعطى هيدروكسيد الألومنيوم وهيدروكسيد الصوديوم :

$$Na_3AlO_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3 + 3Na^+ + 3OH^-$$

$$NaAlO_2 + 2HOH \rightleftharpoons Al(OH)_2 + Na^+ + OH^-$$

و عند إضافة هذا المركب إلى الماء المراد معاملته فإنه يزيل العسرة المؤقتة الناتجة عن وجود البيكربونات و كذلك يرسب أيونات الكالسيوم و الماغنسيوم الموجود على شكل أملاح أي (العسرة الدائمة) إذ يتفاعل أيون الهيدروكسيد مع بيكربونات الكالسيوم فيرسبها على شكل كربونات و يحرر بنفس الوقت أيون الكربونات الذى بدوره يرسب أيونات الكالسيوم الموجودة على شكل أملاح غير البيكربونات .

ويتفاعل أيون الهيدروكسيل كذلك مع أيون الماغنسيوم فيرسبه كهيدروكسيد الماغنسيوم و يمكن ترسيب ايونات الكالسيوم المتبقية بإضافة كربونات الصوديوم .

بالإضافة إلى ما تقدم يكون هيدروكسيد الالمنيوم راسب جلاتينى يساعد على التخلص من المواد العالقة اثناء عملية الترسيب .

$$2OH^- + Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow CaCO_3 + CO_3^{--} + 2HOH$$

$$2OH^- + MgSO_4 \longrightarrow Mg(OH)_2 + SO_4^{--}$$

$$CO_3^{--} + CaSO_4 \longrightarrow CaCO_3 + SO_4^{--}$$

$$NaCO_3 + CaCl_2 \longrightarrow CaCO_3 + 2NaCl$$

تستعمل الومينات الصوديوم اعتيادياً كمادة مخثرة و ذلك بإضافة نسبة قليلة منها إلى الماء حيث تقوم بدور المساعد على التخلص من الرواسب والمواد العالقة بالإضافة إلى ترسيب جزء من أيونات البيكربونات و الكالسيوم و الماغنسيوم الموجودة بالماء .

2- معاملة المياه المحتوية على العسرة الدائمة :

تسبب العسرة الدائمة أملاح الكالسيوم والماغنسيوم الذائبة بالماء من غير الكاربونات مثل الكبريتات و الكلوريدات التي لا يمكن إزالتها بالتسخين .

لإزالة أيونات الكالسيوم والماغنسيوم بطرق الترسيب يستوجب تحول جميع أيونات الماغنسيوم إلى هيدروكسيد الماغنسيوم و أيونات الكالسيوم إلى كربونات الكالسيوم حيث يتم "إزالتهما على شكل رواسب و يستعمل لهذه العملية الجير المطفأ و كربونات الصوديوم و تسمى هذه الطريقة بطريقة الجير الصودا ويمكن أن تجرى بالحالة الباردة أو الساخنة و تستعمل هذه الطريقة للتخلص من العسرة المؤقتة و الدائمة .

$$MgCl_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow Mg(OH)_2 \downarrow + CaCl_2$$

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3 \downarrow + 2NaCl$$

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3 \downarrow + Na_2SO_4$$

$$MgSO_4 + Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 \longrightarrow Mg(OH)_2 \downarrow + CaCO_3 \downarrow + Na_2SO_4$$

تستعمل الطريقة على الباردعادة لمعاملة مياه التبريد ومياه الإسالة حيث تتم الإزالة الجزئية للعسرة و يتم التخلص من البيكربونات كما ذكر سابقاً باستعمال الجير المطفأ والذى هو رخيص الثمن بالإضافة إلى إزالة أي كمية يرغب فيها من أيونات الماغنسيوم باستعمال كربونات الصوديوم معتمداً على اقتصادية عملية التصفية .

و حتى يتم إزالة أكبر كمية من أيونات الكالسيوم و الماغنسيوم يستوجب استعمال كمية فائضة من الهيدروكسيد و الكربونات لكى يقلل من ذوبان كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد الماغنسيوم.

و نعلم أن التفاعلات الأيونية سريعة بالمحاليل المركزة ولكنها بطيئة بالمحاليل الباردة و المخففة جداً كما هو الحال بهذه الطريقة . لذا يتوقع أن تكون عملية الترسيب بطيئة جداً و قد يمضى بعض الوقت قبل ظهور أية رواسب .

و ظهور الرواسب بالمحاليل المخففة والباردة يعتمد على تكوين نويات لبلورات المواد الغير ذائبة أولاً ثم يعقبها نمو تلك النويات لتكوين بلورات قابلة للترسيب وفى ظروف الترسيب المذكورة يتوقع بلورات صغيرة بحجوم دقائق المواد الغروية لها سطوح كبيرة تمدص عليها بعض الأيونات مما يعطيها شحنة سالبة أو موجبة ويساعد ذلك على صعوبة تركيدها و ترسيبها .

بالإضافة إلى أن مثل هذه الدقائق لها ذوبان أكثر من ما إذا كانت بلوراتها أكبر حجماً لذلك تكون هذه المحاليل فوق درجة الإشباع بالنسبة لتلك المواد مما سيؤدى حتماً إلى ترسيب الكميات الفائضة بعدئذ في الخزانات والأنابيب .

من الطرق الناجحة لتقليل ظاهرة فوق الإشباع في مثل هذه الحالات هو وضع الماء المحتوى على المواد المتفاعلة و نواتج التفاعل تماس مع الرواسب الناتجة من العمليات السابقة فمثل هذا التماس يكون بمثابة تعرض المحلول فوق المشبع إلى سطوح نويات التبلور و هذا يساعد على التفاعل وعلى تكوين بلورات كبيرة الحجم التي ترسب بسهولة ، و يوضع حد لحالة فوق الإشباع و الترسبات الناتجة عنها بالأنابيب و الخزانات .

المواد المسببة للتآكل في المياه الطبيعية :

المياه غير المعالجة قد تحتوى على مواد تسبب التآكل في المراجل و يعتبر الأكسجين من المواد الرئيسية المسببة للتآكل في مياه المراجل . يذوب الكسجين بالماء عادة بنسبة 7 سم3 باللتر الواحد و كذلك ثانى أكسيد الكربون الذى يكون موجوداً بكميات مختلفة مسبباً تآكلاً بأنابيب البخار .

ويجب أن يكون تركيز الأكسجين في مياه المراجل أقل من 0.05 جزء بالمليون بالنسبة للمراجل التي تعمل بالضغط الواطئ ونسبة 0.01 جزء بالمليون بالنسبة للمراجل التي تعمل بالضغط العالى .

ولإزالة الغازات الذائبة بالماء تستعمل وحدات طرد الهواء و هذه تعمل عادة تحت ضغط متخلخل و يتلامس الماء النازل من الأعلى والحاوى على الغازات الذائبة مع تيار البخار

المفتوح الذى يدخل من أسفل الوحدة حيث يساعد ارتفاع درجة الحرارة و تعرض الماء إلى البخار بصورة مباشرة إلى طرد معظم الغازات من المكثف حيث الضغط الواطئ لا يساعد على ذوبانها .

و يمكن إيقاف فعل التآكل للأكسجين بمياه المراجل بواسطة استعمال مواد مختزلة فللمراجل التي تعمل بضغط أقل من 45 ضغط جوى يستعمل كبريتيت الصوديوم الذى يتحد مع الأكسجين مكوناً كبريتات الصوديوم .

$$2Na_2SO_3 + O_2 \rightarrow 2Na_2SO_4$$

ولا يمكن استعمال كبريتيت الصوديوم للمراجل التي تعمل بضغط يزيد على 45 ضغط جوى وذلك لتكوين غاز ثانى أكسيد الكبريت نتيجة لتحللها .

وتستعمل في هذه الحالة مادة الهايدرازين التي تضاف اعتيادياً كسائل بنسبة 90% و عند تحلل هذه المادة بدرجات حرارة عالية تزيد على 350°م مثلاً فإنها تعطى غازات ليس لها تأثير سيئ .

$$NH_2NH_2 + O_2 \rightarrow N_2 + 2HOH$$

$$NH_2NH_2 \rightarrow 4NH_3$$

الوزن الجزئى للهيدرازين قليل بالنسبة لكبريتيت الصوديوم لذا فإن الكمية المستعملة من الهيدرازين لتعامل كمية معينة من الأكسجين تساوى $\frac{1}{8}$ الكمية المطلوبة من كبريتيت الصوديوم .

و يمكن قياس الهيدرازين المتبقية بمياه المراجل بواسطة الطرق اللونية (Calorimetric Methods) هذا و يجب أخذ الحذر عند التعامل بهذه المادة لأنها تسبب التهابات جلدية مزمنة (Dermititis) .

بعض الأملاح الذائبة مثل كلوريد الماغنسيوم يمكن أن تتحلل بالماء بدرجات حرارة تزيد على 200°م محررة كلوريد الهيدروجين و تصل درجة التحليل لهذه المادة لنسبة 25% بدرجة حرارة 600°م و أن وجود حامض السليسيك يعمل كعامل مساعد للتفاعل ولذا تتكون كميات من كلوريد الهيدروجين بمياه المراجل بدرجات حرارة أوطأ من 600°م لوجود حامض السلسيك .

$$MgCl_2 + 2HOH \rightarrow Mg(OH)_2 + 2HCl$$

يتحلل كذلك كلوريد الكالسيوم بنفس الطريقة ولكن بنفس أقل من كلوريد الماغنسيوم .

معاملة المياه بالمبادلات الأيونية :

المياه المستعملة في تبريد المفاعلات النووية ، والتي تستعمل بالمراجل البخارية التي تعمل بدرجات حرارة مساوية أو أكثر من درجة الحرارة الحرجة للماء يجب أن تكون ذات نقاوة عالية . و مثل هذه المياه يمكن الحصول عليها صناعياً بواسطة عملية التقطير أو بواسطة المبادلات الأيونية حيث يمكن إنتاج مثل هذه النوعية النقية من الماء بصورة كفؤة و بكلفة قليلة . وعملية إزالة الأملاح الموجودة بالماء تنقسم إلى مرحلتين :

يتم في المرحلة الأولى إزالة الأيونات الموجبة (Cations) الموجودة بالماء بواسطة استبدالها مع أيونات الهيدروجين المتواجدة على راتنجات عضوية (Cation Exchanger) و يتبع ذلك معاملة الماء لإزالة الأيونات السالبة لاستبدالها بأيونات الهيدروكسيل الموجودة على راتنجات عضوية لها قابلية باستبدال الأيونات السالبة بأيون الهيدروكسيل .

$$R_Z - H + Na^+Cl^- \rightarrow R_Z - Na + H^+Cl^-$$

$$H^+Cl^- + R_ZOH \rightarrow R_Z - Cl^- + HOH$$

و الماء العامل بهذه الطريقة يسمى الماء الخالى من الأيونات (Deionized) و يكون ذا نقاوة قريبة من الماء المقطر . إن نقاوة مثل هذه المياه والتي يعبر عنها بكمية المواد المتأينة الموجودة فيه يمكن قياسها بواسطة درجة إيصال الماء للتيار الكهربائى (Conductance) ويمكن استعمال أجهزة قياس إيصال التيار الكهربائى بالسوائل (Conductivity Cell) . تقدر مقاومة الماء المقطر ب 500000 أوم/سم ومثل هذا الماء يعتبر غير صالح لبعض الاستعمالات الهندسية كصناعات المعدات الإلكترونية مثل الترانسترات و صمامات و شاشات التليفزيون .

هناك عدة أنواع من المبادلات الأيونية . تم تحضير الأنواع الأولى منها يتعامل حامض الكبريتيك المركز الحاوى على ثالث أكسيد الكبريت مع الفحم الحجرى و بهذه العملية تدخل أيونات السلفونيك ($-SO_3H$) على تراكيب الفحم و الناتج النهائي يكون مادة سوداء ذات شكل حبيبى و مضلع يمكن أن يبادل أيون الهيدروجين بالأيونات الموجبة مثل

أيونات الكالسيوم و الماغنسيوم و الحديد و المنجنيز الموجودة بالماء يمكن استرجاع قوة التبادل الأيونى بتعامله مع 2% من حامض الكبريتيك المخفف بالماء .

والراتنجات المصنعة من بلمرة الستايرين (Styrene) و ثانى فنيل البنزين تعطى مركبات ذات هياكل يمكن إدخال مجاميع كيميائية عليها لها خاصية التبادل الأيونى .

ويمكن التحكم بمسامية مثل هذه المركبات وعلى كثافتها بواسطة السيطرة على الأواصر بين الستايرين و ثانى فينيل البنزين (Cross Link) فإزدياد المسامية ينتج عنها زيادة بسرعة التبادل الأيونى و كميته . يستوجب أن يكون للراتنج الصالح للاستعمال بالمبادلات الأيونية تركيب ميكانيكى ثابت و أن يكون مقاوم للذوبان بالماء و الحوامض و القواعد .

تستعمل المجموعات الفعالة الحامضية $-SO_2H$ و $-COOH$ في المبادلات المستعملة للأيونات الموجبة . و يستعمل كذلك راتنج الفينول فورمالدهيد المكبرت كمبادل أيونى .

أن عملية التبادل الأيونى تجرى على سطح حبيبات المبادل الأيونى و داخل مساماته الداخلية و تقاس كفاءة المبادل الأيونى بكمية الأيونات الموجبة التي يمكن إزالتها من قبل حجم أو وزن معين من المبادل الأيونى قبل عملية التنشيط .

وبحالة امتصاص المبادل الأيونى لكمية كبيرة من أيون الكالسيوم يفضل تنشيطه باستعمال حامض الهيروكلوريك بدل حامض الكبريتيك (وذلك لكون كبريتات الكالسيوم قليلة الذوبان بالماء) وعند تركيز أقل من 2% وعلى أن تجرى عملية التنشيط بصورة بطيئة.

$$(R_Z - SO_3)_2Ca + 2HCl \rightarrow 2R_ZSO_3H + CaCl_2$$

المبادلات الأيونية السالبة تكون على نوعين الأول هو القوى والذى يحتوى على أيونات الأمونيا الرباعية (Quarternary Ammonium Ions) $(RZ)4NOH$ و مثل هذه المركبات يمكنها أن تزيل حتى الحوامض الضعيفة من الماء ، وتنشط بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم المخفف .

$$(R_Z)_4NOH + H_2SiO_2 \rightarrow (R_Z)NHSiO_3 + HOH$$

$$(R_Z)_4NHSiO_3 + 2NaOH \rightarrow Na_2SiO_3 + (R_Z)_4NOH + HOH$$

النوع الثانى هو الضعيف و الذى يحوى على البولى أمين (Polyamines) و يربط جذر الأمين ($-NH_2$) بالستايرين أو بأى بوليمر آخر ليعطى تركيباً ثابتاً ذا أبعاد ثلاثية .

مثل هذه المبادلات السالبة الضعيفة يمكنها إزالة الحوامض القوية مثل حامض الكبريتيك أو النيتريك أو الهيدروكلوريك ولا يمكنها إزالة الحوامض الضعيفة بصورة كفؤة ويمكن تنشيط مثل هذه المبادلات باستعمال محاليل كربونات الصوديوم أو الأمونيوم .

$$R_ZNH_2 + HCl \rightarrow R_ZNH_2HCl$$

$$R_ZNH_2OH + HCl \rightarrow R_ZNH_2Cl + HOH$$

$$2R_ZNH_2HCl + Na_2CO_3 \rightarrow R_ZNH_2 + 2NaCl + H_2O + CO_2$$

لإزالة معظم الأيونات السالبة والموجبة من الماء يعامل أولاً بمبادل أيونى موجب ثم تجرى عملية إزالة الغازات منه مثل غاز ثانى أكسيد الكربون و يعامل بعد ذلك بمبادل أيونى سالب .

و نقاوة هذا الماء تكون مقاربة من الماء المقطر و يعامل هذا الماء أحياناً للحصول على نوعية أكثر نقاوة يدعى (Polished Water) و ذلك بنقله مباشرة بواسطة أنابيب من الحديد المقاوم للصدأ (Stainless Steel) و إدخاله بخزان يحوى على خليط من راتنجات للتبادل الأيونى الموجب و راتنجات للتبادل الأيونى السالب و يستعمل هذا الماء مباشرة عند تصنيعه و يستخدم بالصناعات التي تتطلب مياها ذات نقاوة عالية .

إزالة حامض الكربونيك :

عندما يمر الماء الحاوى على الكربونات خلال مبادل أيونى تجرى تبادل الأيونات الموجبة بالهيدروجين مكوناً حامض الكربونيك . و هذا بدوره يتكسر معطياً ثانى أكسيد الكربون الذى يمكن إزالته بجهاز طرد الغازات (Degasifier) .

وبالنسبة للمياه الحاوية على كميات كبيرة من الكربونات يكون استعمال هذه الطريقة وافياً وأرخص من استعمال المبادلات الأيونية السالبة القوية التي يستوجب استعمالها لكون حامض الكربونيك حامضاً ضعيفاً .

$$2R_ZSO_3H + Ca(HCO_3)_2 \rightarrow (R_ZSO_3)_2Ca + 2H_2CO_3$$

$$2H_2CO_3 \rightarrow 2H_2O + CO_2$$

منع تكون قشرة السليكا :

تسبب السليكا عند وجودها بماء المراجل ذات الضغط العالى مشاكل جدية و ذلك لأنها تكون طبقة صلبة شبيهة بالخزف على السطوح الساخنة و لهذه الطبقة معامل انتقال حرارة منخفض جداً فمثلاً قد تسبب قشرة سمكها 0.04 مم فشلاً في أنابيب المرجل عندما يعمل المرجل لإعطاء بخار بضغط 40 ضغط جوى لذا يجب أن يكون تركيز السليكا منخفضاً في مياه المرجل ذات الضغط العالى (أقل من 0.02 جزء بالمليون).

تحوى قشور السليكا على سليكات الماغنسيوم و الكالسيوم وعلى بعض السليكات المركبة .

و تنتج قشور السليكا من وجود الأطيان العالقة و السليكات الأخرى الذائبة بالماء و تتكون السليكا بالماء من تفاعل القلويات المتبقية بالمياه المعاملة كيميائياً مع الرمل في عملية الترشيح بالإضافة إلى السليكا الطبيعية .

تزال السليكا من مياه المراجل بعدة طرق منها :

1- **إضافة كبريتات الحديديك مع القلويات حيث يتكون راسب هيدروكسيد الحديديك في رقم هيدروجينى للمحول (pH=7-10) حيث تمتص السليكا على سطح الهيروكسيد المترسب وكذلك يتم ترسيب السليكا الغروية و يمكن الحصول على ماء يحوى 3-2 جزء بالمليون سليكا فقط .**

2- **إضافة أكسيد أو هيدروكسيد الماغنسيوم .**

$$Mg(OH)_2 + H_2SiO_3 \rightarrow MgSiO_3 + 2HOH$$

يمكن بهذه الطريقة الحصول على سليكا متبقية بالماء بحدود جزء بالمليون .

3- **إضافة فلوريد الصوديوم إلى الماء على مبادل أيونى موجب حيث يتكون فلوريد الهيدروجين .**

$$NaF + R_ZH \rightarrow R_ZNa + HF$$

وهذا بدوره يتفاعل مع السليكا ليكون الفلوسليكات والتي يجرى إزالتها بواسطة مبادل أيونى سالب .

$$6HF + H_2SiO_3 \rightarrow 3H_2O + H_2(SiF_6)$$

4- معاملة الماء بصورة مباشرة بمبادل أيونى سالب قوى بعد معاملته بمبادل أيونى موجب ويمكن استعمال طريقة المبادل الأيونى السالب القوى لإزالة ما تبقى من السليكا المعاملة بالطريقة 1 و 2 المذكورة أعلاه .

الأسئلة

1- ما هي الشوائب الموجودة في مياه الأمطار ؟

2- هل تختلف نسبة الغازات الذائبة بمياه الأمطار عن نسبتها بالهواء ؟

3- ما هو الفرق بين العسرة الكلية و العسرة الدائمة وما هو الفرق بين المواد العالقة و المواد الغروية ؟

4- ما هو تأثير السطحية على :

الجبس ، حجر الكلس ، المرمر ، الصخور الرملية ، خامات الكبريتيد ، و الفيلدسبار .

5- أذكر ثلاث طرق لتصفية الماء للأغراض المنزلية ؟

6- أكتب معادلات التفاعل عندما يضاف الشب إلى ماء يحوى على العسرة المؤقتة ؟

7- هل تزيل كبريتات الألمنيوم العسرة من الماء ؟

8- ما هو تأثير إضافة الومنيات الصوديوم على العسرة في الماء ؟ قارن ذلك مع فعل كبريتات الألمنيوم ؟

9- كيف يجعل هيدروكسيد الألومنيوم الماء العكر رائقاً ؟

10- بين بالمعادلات كيف يمكن للجير المطفأ أن يزيل أملاح الكالسيوم من المياه الطبيعية ؟

11- ما هو الغرض من إضافة الجير المطفأ والحى إلى الماء بعمليات التصفية ؟

الباب الرابع

التلوث بالمبيدات

أصبحت مقاومة الحشرات و الآفات الزراعية بواسطة المهندسين الزراعين و الفلاحين من أهم النواحي الإقتصادية في السنين الأخيرة لإنقاذ المحاصيل الزراعية و البساتين و الحدائق من هذه الحشرات و الآفات، إلا أن استخدام مواد كيميائية متعددة لهذا الغرض قد زاد عن الحد الذي تتحمله البيئة الملائمة لحياة سوية للإنسان و الحيوان حتى أصبح من المشكوك فيه أن تلك المبيدات تجلب نفعاً أكثر من الضرر الذي قد يلحق بالبشرية و الثروة الحيوانية على المدى البعيد نتيجة الأضرار الصحية التي تسببها المواد الكيميائية المحضرة منها المبيدات.

و لقد كان استخدام المبيدات قبل القرن التاسع عش محدوداً و يقتصر على الجير و الصابون والنكوتين الموجود في توباكو السجائر و البترول و مركبات الزرنيخ و بعض الزهور السامة للحشرات، أما أول استخدام حقيقي للمواد الكيميائية كمبيدات حشرية فكان في أوائل الثلث الأخير من القرن التاسع عشر بالولايات المتحدة حيث حضر مبيداً عرف باسم أخضر باريس (Paris green) و هو أسيتو أرزينيت النحاس ($Cu(CH_3COO)_2$. $3Cu(AsO_2)_2$) و كان ذلك بهدف حماية محصول البطاطس بولاية كولورادو ثم استخدم بعد ذلك نفس المبيد لحماية أشجار التفاح. و حضرت مركبات زرنيخية أخرى خلال السنين التالية مثل زرنيخات الرصاص و الكالسيوم ($Pb_3(AsO_4)_2$ $Ca_3(AsO_4)_2$) و قد تم استخدام 50 ألف طن متري من الزرنيخات عام 1930 نقصت إلى 40 ألف عام 1950 و إلى 8000 عام 1955 و 4000 عام 1967. أما المبيدات الأخرى التي شاع استعمالها بعدئذ فكانت تتضمن الكبريت و الروتينون المستخرج من جذور الدريس (derris) و خليط كبريتات النحاس مع الجير (خليط البردو،Bordeaux).

أنواع المبيدات:

- يمكن تقسيم المبيدات حسب الاستعمال إلى:

1- مبيدات حشرية (Insecticides).

2- مبيدات عشبية (Herbicides).

3- مبيدات طحالبية (Fungicides).

4- مبيدات القوارض (Rodenticides) مثل الفئران بأنواعها المختلفة.

- كما يمكن تقسيمها حسب تركيبها الكيميائي إلى: (مواد عضوية طبيعية، مواد غير عضوية، هيدرو كربون مكلور (Chlorinates hydrocarbons)، فوسفات عضوية، كربامات (Carbamates) . . . إلخ.
- كذلك يمكن تقسيمها حسب حالتها الطبيعية مثل: (المواد الصلبة المتطايرة، المعلقات (Suspended solutions)، و المحاليل ، و الأتربة . . . إلخ.
- و أخيراً يمكن تقسيم المبيدات حسب مكان تأثيرها إلى ثلاث أنواع و هي:

1- السامة للمعدة (Stomach poisons):

يدخل هذا النوع معدة الحشرة عن طريق الفم، و بالتالي يستخدم لمقاومة الحشرات القارضة و يمتص المبيد بعد دخوله معدة الحشرة من خلال قناتها الهضمية.

2- السامة بالتلامس (Contact poisons):

و هذا النوع يؤثر على الحشرات عند ملامستها حيث يتسرب خلال جدار أجسامها أو جهازها التنفسي و يؤثر على الدورة الدموية أو الأعصاب.

3- مبيدات الرش الطيارة (Fumigants):

هي مواد كيميائية غازية تقتل الحشرات و الآفات الأخرى لدى دخولها إلى الجهاز التنفسي، و يستخدم هذا النوع عادة في الأماكن المغلقة مثل المنازل و المصالح الحكومية و المصانع.

اكتشاف مبيد DDT:

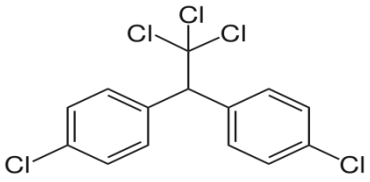
اكتشف باول مللر Paul Muller في عام 1939 أن مادة ثنائي كلورو ثنائي فينيل ثلاثي كلورو الإيثان (dichloro- diphnyl- trichloro ethane) لها تأثير فتاك

على الحشرات، رغم أن هذه المادة و المعروفة تجارياص الآن باسم DDT قد حضرت منذ عام 1874، و قد تم الاستفادة من هذه المادة خلال الحرب العالمية الثانية لمقاومة التيفود و الملاريا مما أهل مللر للحصول على جائزة نوبل في الطب بعد إنتهاء تلك الحرب بثلاث سنوات.

كما تعتبر مادة DDT بداية سلسلة من مركبات الهيدروكربون المكلورة و التي تم تحضيرها فيما بعد لمقاومة الآفات، و في أثناء الحرب العالمية الثانية أيضاً تم اكتشاف مادتي (2,4 – D) و (2,4.5 - T) لمقاومة الأعشاب (herbicides) في الولايات المتحدة. واكتشف الألمان آنذاك أثناء تطويرهم لغازات الأعصاب (nerve gases) مجموعة من مركبات الفوسفات لمقاومة الآفات.

التركيب الكيميائي للمبيدات:

المبيدات الحشرية :



1- المبيدات السامة للمعدة:

تعتبر مركبات الزرنيخ (arsinicals) و الفلور أهم هذه المبيدات و على وجه التحديد تستخدم مركبات الأرزينيت (AsO^{-2}) و الأرزينات(AsO_3^{-4})و تتحول الأخيرة إلى الأرزينيت القابل للذوبان في الماء و الذي يحقق تسمماً شديداً للحشرات و النباتات.

كذلك تستخدم مركبات الرصاص الزرنيخية مثل أرزينات الرصاص القاعدية [Pb_4 (Pb) $H(AsO_4)_2.H_2O$] و أرزينات الرصاص الحمضي ($Pb\ H\ AsO_4$) ، كما يستخدم أيضاً أرزينات الكالسيوم[$Ca_3(AsO_4)_2$] و أكسيد الزرنيخ (As_2O_3) و أخضر باريس الذي سبق ذكره. و لأن الزرنيخ في نفس مجموعة الفوسفور بالجدول الدوري فإنه يمكن أن يحل محل الأخير في التفاعلات البيوكيميائية، كم يمكن للزرنيخ أن يتحد مع مجموعات

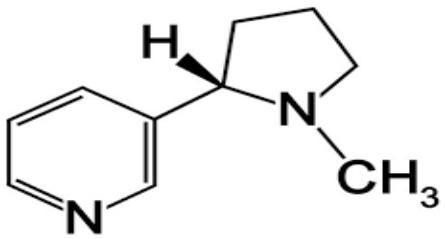
SH في الإنزيمات مما يؤدي إلى تجلط كامل للبروتينات، أما التأثير الأهم على الحشرات فهو فيما يعتقد إعاقة انزيمات SH التنفسية.

أما أهم مركبات الفلور السامة للمعدة فهي فلور ألومينات الصوديوم ($Na_3Al\ F_6$) و فلوسيليكات الصوديوم و الباريوم ($Na_2\ Si\ F_6, BaSi\ F_6$) و فلوريد الصديوم (NaF) و لو أن الأخير يعاني من سميته العالية للنباتات و ذوبانيته المرتفعة في الماء مقارنة بمركبات الفلور الأخرى التي تذوب ببطء مما يطيل من زمن فاعليتها.

و كذلك يستخدم كمبيدات معدة مركبات الأنتيمون و الزئبق و البورون و الثاليوم و الفوسفور الأصفر و الفورمالدهيد (HCHO).

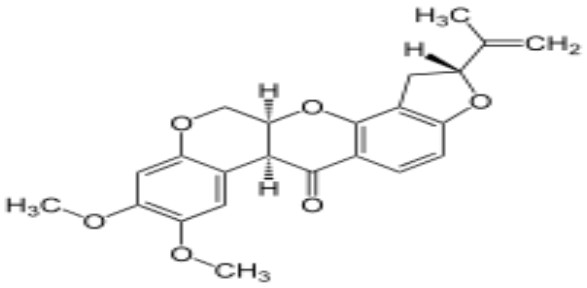
2- مبيدات الملامسة:

هذا النوع من المبيدات يتضمن مركبات عضوية تخليقية مثل الهيدروكربونات (Hydrocarbons) المكلورةو الفوسفات العضوية و الكربامات . . . إلخ، بالإضافة إلى البيرثرام (Pyrethrum) الذي يستخلص من النباتات و يؤدي إلى شلل الحشرات مع أنه قليل السمية للنباتات و يؤدي فقط إلى إثارة حسلسية بعض الأفراد و كذلك النيكوتين و رمزه:



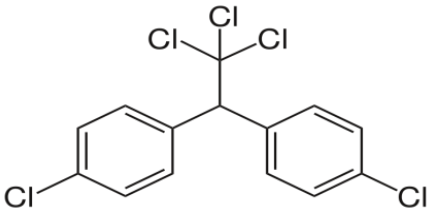
و الذي يستخلص من نبات التوباكو و يمتلك سمية عالية جداً و يستخدم على هيئة ملح الكبريتات الذي يؤدي إلى شلل الحشرات.

بالإضافة إلى الروتينون الذي يستخلص من نبات الدريس و رمزه كما يلي:



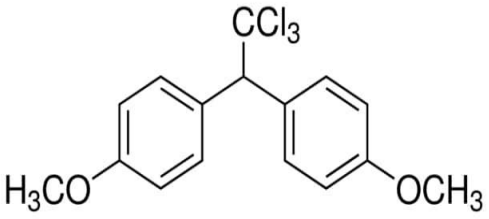
أما أهم المبيدات العضوية التخليقية فهي مبيد DDT و المبيدات DDD و الميثوكس كلورو BHC صيغها كما يلي:

مبيد DDD و DDT :

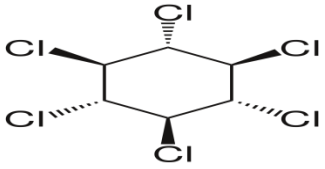


و نظراً لسمية DDT العالية لدرجة التفكير في إلغاء إنتاجه أو إلغائة بالفعل في بعض البلدان، إلا أن فعاليته للقضاء على مرض الملاريا أو حصارها إلى أقل مستوى ممكن بواسطة هذا المبيد قد جعل منه وسيلة فعالة لهذا الغرض خاصة في بعض الدول الأفريقية و الأسيوية.

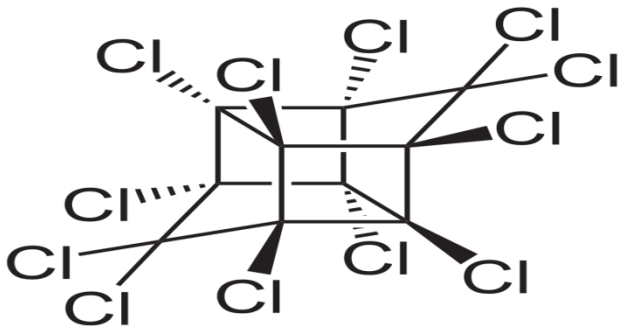
مبيد Methoxychlor :



مبيد BHC (β-Hexachlorocyclohexane):

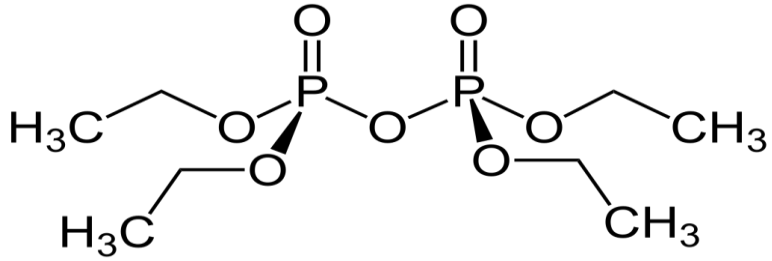


مبيد Mirex :



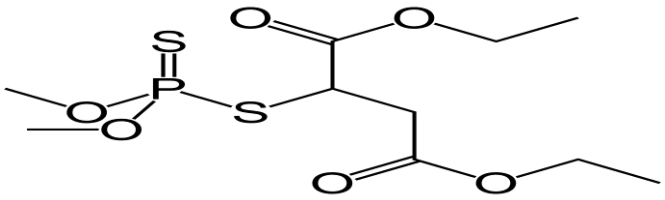
و منها أيضاً المركبات العضوية المحتوية على عنصر الفوسفور (Organophospharus compounds) و التي تعتبر أكثر الميدات الحشرية سمية و من أهم هذه المركبات:

- مركب TEPP (Tetraethyl pyrophosphate) :



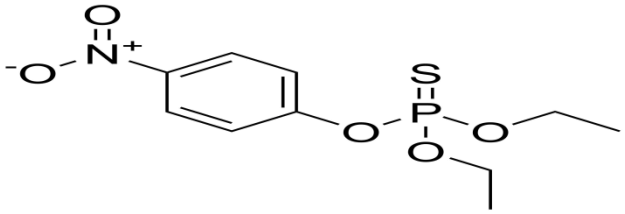
- الملاثيون (Malathion):

Diethyl 2-[(dimethoxyphosphorothioyl)sulfanyl]butanedioate



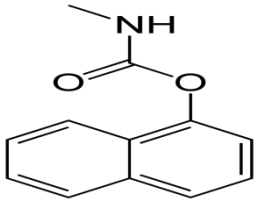
- البراثيون (Parlathion):

***O,O*-Diethyl *O*-(4-nitrophenyl) phosphorothioate**



- أما الكربامات (Carbamates) فهي مشتقة من حمض الكربامیك (NH_2COOH) فهي أقل سمية و نذكر منها السفين (Sevin) و صيغته كما يلي:

Carbaryl or (1-Naphthyl methylcarbamate)



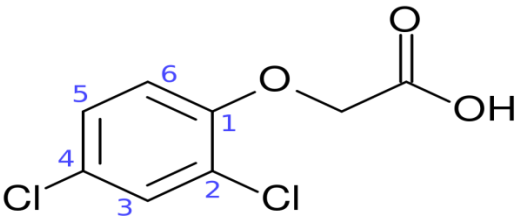
3- مبيدات الرش الطيارة:

و هي غازات أو أبخرة سوائل او مواد صلبة يتم تسخينها لتعطي هذه الأبخرة، و من أهم هذه المبيدات غاز سيانيد الهيدروجين (HCN) الذي ينبعث من سيانيد الكالسيوم تحت تأثير الرطوبة و كذلك المركبات CS_2, CH3Br, CCl_4 و النفتالين و النيكونين.

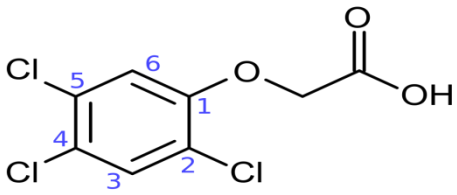
- أما المعالجة الطحالبية فتتم بواسطة الكبريت و مركبات الزئبق و النحاس (مثل ميثيل الزئبق الذي يحمي الحبوب من نمو الطحالب عليها) و كذلك الفورمالدهيد.

- و من مبيدات الأعشاب نذكر كبريتات الحديدوز و كلورات الصوديوم و حمض الكبريتيك و المركبين:

- **2, 4 - D (2, 4 - Dichloro phenoxyacetic acid):**



- **2, 4, 5 - D (2, 4, 5 - Trichloro phenoxyacetic acid):**



و من أهم مبيدات القوارض فلوروخلات الصوديوم ($CH_2FCOONa$) و الفوسفور و الثاليوم و و النوربوريد (nonboride) شديد الاختيارية للفئراندون غيرها من الحيوانات.

الـبـاب الـخـامـس

الـمـنـظـفـات

لقد خصص هذا الباب لنوع غير عادي من الملوثات و هو المنظفات ، إذ أنها قي الوقت الذي تستخدم فيه لإزالة التلوث فإنها نفسها مصنفة كملوثات !!!

و لذلك يلزم التخلص من آثارها بعد الاستعمال بواسطة المنظف الطبيعي الأوحد و هو الماء الذي حباه الله بخواص طبيعية و كيميائية تؤهله لأن يكون على رأس كل المنظفات و أهم هذه الخواص:

- **القطبية العالية مما يجعله قادراً على إذابة الأملاح و المواد العضوية القطبية.**
- **كما أنه غير سام و ليس مسبباً للإصابة بالسرطان أو أي أمراض أخرى عكس ما هو الحال لمعظم المنظفات الأخرى.**

مفهوم المنظّف:

التنظيف هو كل تفاعل كيميائي وفيزيائي باستطاعته نزع حاجز الأوساخ سائلة أو صلبة أو مزيج بينهما على سطح مادة صلبة مثل قماش أو صوف .وهي كلمة تشمل لجميع المنظفات سواء الصابونية أو اللاصابونية .كما أنها مادة تعمل على التقليل من الشد السطحي للماء وجعله قابل للامتزاج جزئيا أو كليا مع المواد العضوية كالزيت.

و لعل أقدم المنظفات المصنعة هي الصابون، و ينتج من بتفاعل قلوي مع الدهون الحيوانية و يتكون من أملاح الصوديوم أو البوتاسيوم مع الأحماض الدهنية (fatty acids) مثل حمض الإستياريك (stearic acid) و رمزه [$CH_3 (CH)_{16} COOH$]، و لا يستخدم الصابون في المحاليل الحمضية أو مع الماء العسر (hard water)

تفاعل التصبن

$$R\text{-}OH + R\text{-}COOH \text{----} R\text{-}COO\text{-}R + H_2O$$

$$KOH + R\text{-}COOH \text{----} R\text{-}COOK + H_2O$$

الحمض الكربوكسيلي هنا يمثل الزيت النباتي أو الحيواني

أما المنظفات الأخرى فهي مركبات مخلقة ذات قدرة تنظيفية أكب من الصابون و تتكون من:

1- عامل نشيط السطح: و يعمل على

- **يقلل من التوتر السطحي للماء.**
- **يمكنه الإحلال محل الملوثات على السطح بالتنافس مع هذه الملوثات للفوز بمكان من السطح الملوث و الإمتزاز عليه.**
- **يساعد الملوث في أن يحمل بعيداص على هيئة مستحلب أو معلق.**

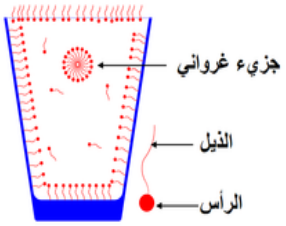
و يتكون العامل النشيط من مجموعات قطبية مثل (..... , COO^- , SO_3^{--} , NH_4^+) قابلة للذوبان في الماء و مجموعات أخري زيتية قابلة للذوبان في الدهون.

2- المقوي: و المقويات في المنظفات هي أملاح الصوديوم مع أحماض الفوسفوريك و الكبريتيك و البوريك و الكربونيك والساليسيك. إذ في غياب هذه المقويات فإن أيونات العسر تسمم العامل النشيط السطح في المنظف مقللة فاعليته بسبب عدم حجب تلك الأيونات.

حيث يعمل المقوي على:

- **يحجب أيونات العسر في الماء مثل(Mg^{++} , Ca^{++}) و التي يمكن تسمم جزيئات العامل النشيط في المنظف مقللة فاعليته.**
- **يحافظ على قلوية المنظف.**
- **و يعمل على بقاء الملوثات في المعلق.**

ويعمل المنظف كالتالي: - جزئ المنظف يتكون من جزأين هما الذيل (سلسلة كربونية كارهة للماء) والرأس (مجموعة متأينة محبة للماء). - عند إضافة المنظف للماء تقلل التوتر السطحي للماء. - ترتب جزيئات المنظف نفسها بحيث يتجه الذيل نحو البقع والرأس نحو الماء. عند الاحتكاك الميكانيكي تتنافر الشحنات المتشابهه .

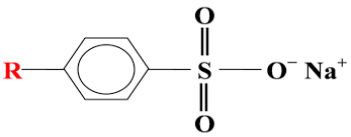


أنواع المنظفات:

من حيث التركيب الكيميائي تنقسم المنظفات إلى ثلاثة أنواع هي:

1- منظفات أنيونية:

تلك التي تحتوي على عوامل أنيونية و يعتبر الصابون من هذا النوع، حيث يحتوي العامل النسيط على أيون سالب الشحنة نشيط سطحياً ومن أمثلة هذا النوع منظف A.B.S. (alkyl benzene sulphonate) و منظف L.A.S. (linear alkyl sulphonate).

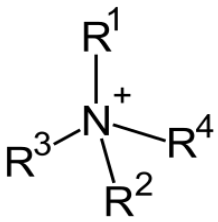


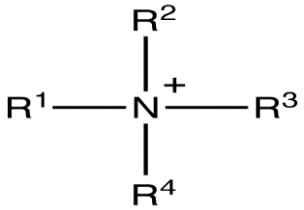
A.B.S.

L.A.S.

2- منظفات كاتيونية:

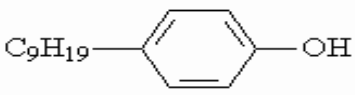
تلك التي تحتوي على عوامل كاتيونية ذات أيون موجب نشيط سطحيا. ويستخدم هذا الانوع من المنظفات في صناعات النسيج وعمليات الصباغة، بالإضافة إلى استعمالها كمواد مضادة للبكتيريا والفطريات ويمثل إنتاج هذا النوع من المنظفات حوالي 12% من الإنتاج الكلي للمنظفات. و من أمثلة هذا النوع أملاح الأمونيوم الرباعية (quaternary ammonium salts).



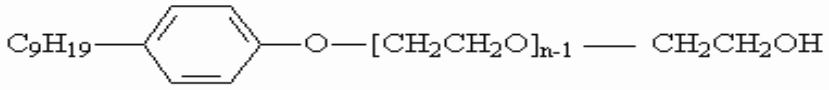


3- منظفات غير أيونية:

تلك التي تحتوي على عوامل غير أيونية و التي يكون فيها الجزئ بأكمله نشيطاً سطحياً مثل متعدد أكسيد إثيلين نونيل الفينول (polyxy ethylene nonylphnol):



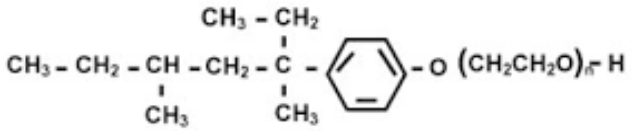
Nonylphenol



Nonylphenol ethoxylate, generalised formula
n = number of ethyle oxide units

Nonylphenol Derivative

Nonylphenol Ethoxylate



n = 1 - 100

و من عيوب النوع الأول (A.B.S.):

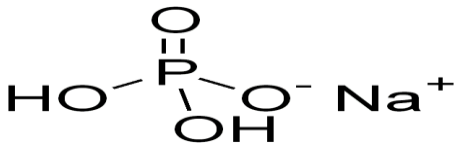
1- أنه مقاوم عنيد للعوامل البيولوجية حيث يتحلل منه بيولوجياً فقط أقل من 50% بعد رحلة تستغرق حوالى 200 كيلومتراً عبر الممرات المائية.

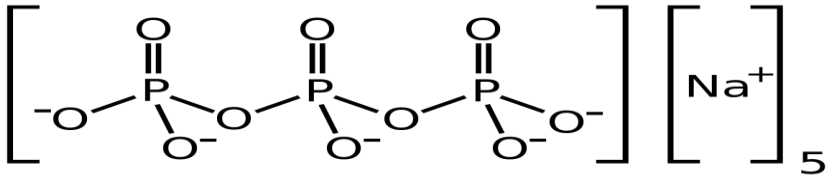
2- يعوق أكسدة بعض الجزيئات مثل الفينول عن تغليفه و حجبه عن الأكسجين الذائب في الماء. 3- لهذا النوع من المنظفات تأثيرات سلبية أثناء معالجة مخلفات الصرف الصحي، نتيجة تثبيت الجسيمات الدقيقة في معلق غروي و خفض نشاطية المرشحات البيولوجية.

4- كما أنها تكون رغاوي ثابتة على سطح المياه بإرتفاع عدة أمتار و عبر مسافة مئات الأمتار.

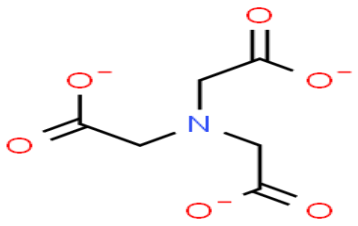
و قد أدت هذه العيوب إلى تصنيع و تطوير النوع الثاني من المنظفات (L. A. S.) اعتباراً من نصف الستينات.

- و يحتوي منظف الغسالات المتاح الآن في الأسواق على (50% - 35%) من ثلاثي متعدد فوسفات الصوديوم ($Na_5P_3O_{10}$) و الذي يكون معقد ثابت مع أيونات العسر.





و قد تم اقتراح استعمال مقويات أخرى نذكر منها نيتريلو ثلاثي الخلات (Nitrilo tri acetate, NTA):



كيفية عمل المنظف:

تقوم صناعة المنظفات الصناعية على مركبات حمض السلفونيك الأروماتية بعد معالجتها بالصودا الكاوية. يعمل المنظف كالتالي: - جزئ المنظف يتكون من جزأين هما الذيل (سلسلة كربونية كارهة للماء) والرأس (مجموعة متأينة محبة للماء). - عند إضافة المنظف للماء تقلل التوتر السطحي للماء. - ترتب جزيئات المنظف نفسها بحيث يتجه الذيل نحو البقع والرأس نحو الماء. عند الاحتكاك الميكانيكي تتنافر الشحنات المتشابهه .

سمية المنظفات الصناعية:

توجد أنزيمات تحليل البروتينات بكميات قليلة التركيز في مساحيق الغسيل المنزلية بحيث لا تسبب أي خطر عند تناولها أو عند غمس الأيدي في المحاليل التي تحتوي على هذه المنتجات، ومع ذلك فان المساحيق العادية يمكن أن تؤثر على ايدي بعض مستعمليها . وإن ارتداء القفازات المطاطية يوفر وقاية معقولة أمام كل مواد الغسيل الفعالة في المستحضرات العالية الجودة . وتوجد أمكانية حدوث التهابات جدلية إذا استعمل تركيز عالي جدا من المنظفات التي يتعرض لها الجلد.

أهمية المنظفات:

لقد ازداد في الآونة الأخيرة استعمال المنظفات على حساب سوق الصابون وخاصة صابون الغسيل وذلك للميزات التالية :

1. أنها عبارة عن مواد أولية نفطية وغير نفطية وهي غزيرة في الوطن العربي.
2. صالحة في جميع ظروف المياه بمقارنتها مع الصابون فهو لا يصلح في الماء العسر.
3. متنوعة الاستعمالات المنزلية والصناعية.
4. تمتاز بسعرها المنخفض.

تأثير المنظفات على المحيط الحيوي:

1. اختلال التوازن البيولوجي للنباتات والحيوانات التي تستهلك المياه الملوثة بالمواد المنظفة
2. تسرب المواد المنظفة عبر مجاري الصرف الصحي إلى مجاري الأنهار مما يخل بتوازن الحياة المائية
3. يجعل الماء المخصص للشرب عسيرا وبالتالي يتغير طعمه وتصبح رائحته كريهة مثل: الفوسفات الذي يساعد علي نمو الطحالب الخضراء.
4. الاستعمال الكبير للمواد المنظفة له تأثير سلبي على الصحة فقد تسبب التهاب البشرة وتقشرها، التهاب العيون والمجاري التنفسية إضافة إلى الحساسية بمختلف أنواعها وقد يمتد تأثيرها إلى الجهاز العصبي المركزي والكبد والكلى.
5. المنظفات المنزلية مصدر رئيسي للأمراض الصدر.

و لقد أكدت دراسات كثيرة على ان المنظفات المنزلية تسبب امراض عديدة منها امراض الصدر والحساسية الصدرية والتي تأتي من داخل المنازل من خلال أتربة المفروشات التي تخرج أثناء تنظيفها، لما تحتويه من أقروضات المفروشات التي لا ترى بالعين المجردة،

وكذلك زيادة استخدام المواد الكيماوية والمبيدات الحشرية والمعطرات وملمعات الموبيليا وأدخنة الطهو والحشرات المنزلية، وعلى رأسها الصراصير إلى جانب استخدام الأدوية من دون ضوابط .

المنظفات الآمنة:

هي التي تتوافر فيها الصفات التالية:

1- تحقيق النظافة المطلوبة بطريقة عملية، وأسلوب بسيط، لطيف وفاعل.

2- احترام خصوصيات البشرة والمحافظة على سلامة خلاياها ومكوناتها الطبيعية.

3- خلوها من أي مواد مضرة بالبيئة على المدى القريب أو البعيد.

الباب السادس

تلوث الأطعمة و الأدوية و مواد التجميل

لقد شهد العصر الحديث تطورات هائلة في صناعة الأغذية و الأدوية و مواد التجميل و لقد واكب ذلك بروز مشاكل كبيرة لم تكن معروفة من قبل و من أهم هذه المشاكل ما أبرزته هذه التطورات من تعقيدات بيئية و ما أفرزته من مساوئ على الساحة الصحية مما استوجب سن كثير من القوانين للحد من الظواهر السلبية الجديدة.

تلوث الأغذية:

- من الممكن أن تكون ملوثات الأغذية طبيعة إذا إضيفت بكميات تضر بالصحة العامة.
- كما يمكن أن تتحلل الأغذية لتعطي نواتج تحليل تؤدي إلى التسمم.
- كما لا يستبعد أن تكون المادة الغذائية نفسها مأخوذة من حيوان مريض.
- بالإضافة إلى ما يستخدم من مواد حافظة سامة أو مواد ملوثة ضارة جداً بالصحة.
لذا فإنه من المحظور تناول الأغذية في الحالات التالية:

1- إذاكانت مغشوشة (غير مطابقة للمواصفات أو مخلوطة بمواد غريبة أو مواد أقل جزدة)
2- إذا كانت غير صالحة للاستهلاك البشري.
3- إذا كانت غير مطابقة للمواصفات حسب تشريعات البلد المعني.

و تعتبر الأغذية غير صالحة للاستهلاك البشري في الأصول التالية:

1- إذا كانت ضارة بالصحة مثلما هو الحال إذا كانت الأغذية تحتوي على مواد سامة تضر بصحة الإنسان أو تعرض حياته للخطر.
- أو تكون الأغذية ملوثة بطفيليات أو جراثيم لأمراض خطيرة أو بميكروبات أمراض معدية، أو كانت مأخوذة من حيوان مريض كما سبق أن ذكرنا.

أو إذا احتوت الأغذية على شوائب أو أتربة أو قازورات من الصعب تنقيتها.
و كذلك في حالة إضافة مواد حافظة ضارة بالصحة.
و أخيراً عندما تحتوي لفائفها أو عبواتها (في حالة الغذاء المعلب) على مواد ضارة بالصحة مثل العناصر الثقيلة و السامة.

2- إذا كانت الأغذية تالفة أو فاسدة أي إذا تغير تركيبها أو خواصها من حيث الطعم و الرائحة أو الشكل أو اللون.
إذا احتوت على حشرات أو ديدان أو يرقات أو فضلات أو مخلفات حيوانية.
إذا أظهر تحليلها الكيميائي تغيرا في مكوناتها أو أنها أبحت تحتوي على ميكروبانت ما.
إذا انتهت فترة صلاحيتها حسب ما هو مدون على عبواتها.
و فيا يلي بعض المواد التي تضاف على الأغذية:

1- المواد الحمضية:

و هي على الترتيب من حيث نسبة استعمالها حمض الستريك (و كان يحضر من بعض أنواع الفواكه و لكن الآن يحضر بعمليات التخمر) و حمض الفوسفوريك و أحماض الفيوماريك و الماليك و الأديبيك و الترتاريك و اللاكتيك و السكاكسنيك.

2- مواد مانعة لإمتصاص الرطوبة:

و تضاف للمواد التي على هيئة مسحوق مثل البكنج بودر و بودرة الفانيليا و ملح الثوم و الألبان المجففة مثل سيليكات الكالسيوم و الماغنسيوم و ثلاثي فوسفات الكالسيوم و السيليكاجل.

3- موانع الأكسدة:

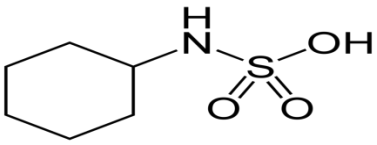
و تضاف على الزيوت و الدهون و الغذية المطهوة و المكسرات المقشرة لمنع تحللها نتيجة الأكسدة و بالتالي اكتساب طعم غير مستساغ و تكوين مواد سامة.

4- المحليات الصناعية:

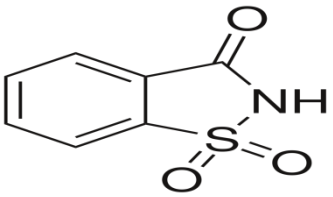
تضاف إلى الأطعمة ذات السعرات المنخفضة. و حتى وقت قريب كانت أملاح الصوديوم و الكالسيوم لحمض السيكلاميك (Cyclamic acid) هي أكثر المحليات الصناعية استعمالاً،

إلا أن هذه الأملاح قد توقف استعمالها الآن بعد أن ثبتت آثارها الضارة. و لا يستخدم الآن لهذا الغرض إلا السكارين.

- حمض السيكلاميك (Cyclohexylsulfamic acid):

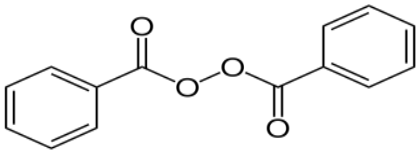


- السكارين (Benzoic sulfimide - Ortho sulphobenzamide):



5- <u>المواد المبيضة</u>:

مثل فوق أكسيد البنزويل (Bonzoyl peroxide) و الكلور و كلوريد النتروزيل و تضاف إلى الدقيق و النشا.



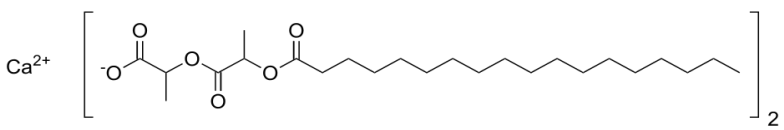
<u>6- الملونات:</u>

و تضاف إلى المشروبات و الجبن و الزبد و الآيس كريم و .....إلخ. و بعض الملونات طبيعية و يحضر البعض الأخر صناعياً.

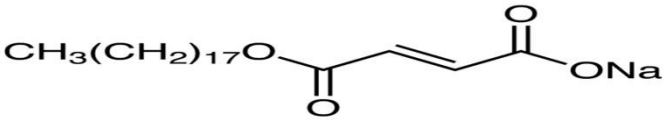
<u>7- مكيفات العجين:</u>

و يضاف إلى العجين ليجففه و يسهل تشكيله مثل:

- Calcium stearyl-2- lactylate

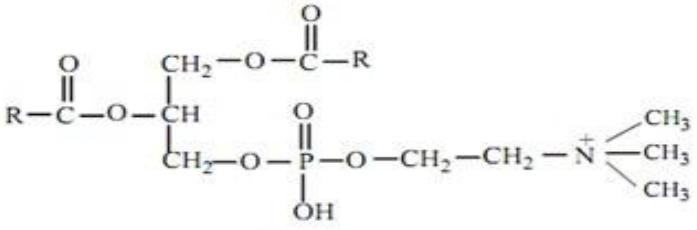


- Sodium stearyl fumarate



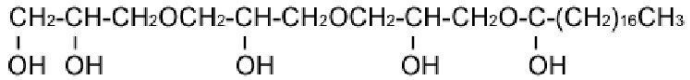
8- المواد المساعدةعلى الاستحلاب:

و التي تستخدم في صناعة الآيس كريم و مغلفات الحلويات و المارجرين و المشروبات، و هي إما مواد طبيعية مثل الليسيثين (Lecithin) المستخرج من بياض البيض و الليبوبروتين أو تحضر صناعياً مثل استرات الجليسرين.



Lecithin

استرات الجليسرين:



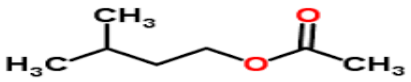
9- المواد القوامية أو المرسخات:

و التي تضاف لمعلبات الخضراوات و الفاكهة لخفض درجة السيولة بها و زيادة صلابة قوامها أي قوامها. مثل كلوريد الكالسيوم و سترات الكالسيوم و أحادي و ثنائي فوسفات الكالسيوم و التي تضاف لمعلبات الخضراوات و الفاكهة لخفض درجة السيولة بها و زيادة صلابة قوامها أي لترسيخ قوامها.

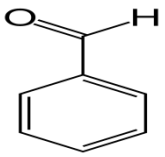
10- إضافات النكهة:

مثل الفلفل الأسود و خلاصات الفاكهة و أنواع كثيرة من التوابل و الملح و السكر و كذلك الإضافات الصناعية مثل خلات الأيزوإميل و البنزالدهيد و ساليسيلات الميثيل.

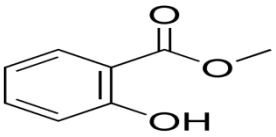
- أسيتات اليزواميل ($CH_3COO[CH_2]_4CH_3$):



- البنزالدهيد:



- ساليسيلات الميثيل:

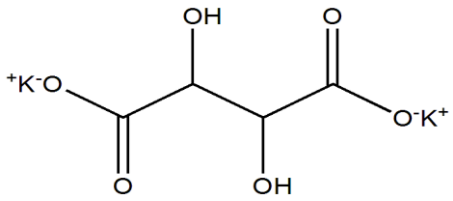


11- الخمائر:

مثل الفوسفات و كريم التارتار (potassium acid tartarate) وكبريتات الصوديوم ألومنيوم (شبة الصودا $NaAlO_2$ or $Na_2O \cdot Al_2O_3$ or $Na_2Al_2O_4$) و تضاف

لإطلاق غاز ثاني أوكسيد الكربون من بيكربونات الصوديوم (صودا الخبيز) أو المركبات الأخلاى في الخبيز.

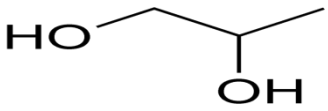
- Potassium acid tartarate ($K_2C_4H_4O_6$**):**



12- المواد الحافظة للرطوبة:

و التي تمنع الماء في الأطعمة من التطاير و نذكر منها البربلين جليكول (propylene glycol) في السكاكر و الجليسرين المضاف لبعض أنواع الحلوى.

- Propylene glycol ($CH_3CH(OH)CH_2OH$**):**



و بالإضافة إلى هذه المواد هناك مواد أخرى يمكن استخدامها في الصناعات الغذائية المختلفة مثل تمليح اللحوم و موانع الرغاوي أثناء الطهي و أثناء عملية التخمير و حوافظ الفاكهة و الخضراوات و الفيتامينات و الحوافظ من العفن و الخمائر و البكتريا.

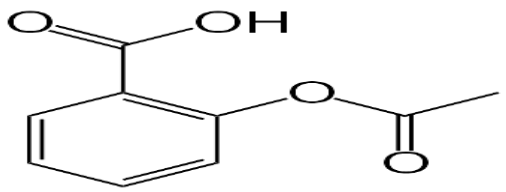
و قد وجد أن كثيراص من المواد سالفة الذكر ضار بالصحة و خاصة عند تكرار الاستعمال، و من آن لآخر يوقف الترخيص باستخدام مادة أو أخرى أو يحد استعمالها إلى أضيق نطاق.

تلوث الأدوية و العقاقير:

1- عقاقير علاجية تستخدم في الطب العلاجي:

من المعروف أن كثيراً من العقاقير العلاجية لها آثار جانبية تكون أحياناص ضارة جداً بالصحة، و إذا تجاوزت الجرعة الحدود المسموح بها فإن هذه العقاقير قد تؤدي حتى إلى الموت بل أن هناك دائماً توازناًبين فائدة العقاقير العلاجية و مدى المخاطرة في استعمالها، و توجد أمثلة كثيرة جداً في هذا الصدد لا يتسع المجال لسردها و لكن نذكر منها على سبيل المثال الأسبرين (acetyl salicylic acid) و الذي يستخدم كثيراً كمهدئ و لزيادة سيولة الدم (لمنع تكون الجلطات) و في علاج الآلام الروماتيزمية فإن التمادي في استعماله قد أدى إلى حالات وفاة كثيرة في أنحاء العالم.

الأسبرين (acetyl salicylic acid):



كما أدى استخدام بعض موانع الحمل إلى سرطان الثدي و العقم و مرض السكر و تجلط الدم. و كذلك فإن استخدام بعض أنواع من المهدئات بواسطة السيدات الحوامل قد أسفر عن إنجاب أطفال لهم أطراف مشوهة.

2- عقاقير الشعوزة:

ليس لها قيمة علاجية بل تضر بالصحة، و هذه العقاقير كانت شائعة الاستخدام قبل صدور تشريعات الغذاء و العقاقير (Food and Drug Act, FDA) في عام 1938 و من أمثلة هذه العقاقير ما يسمى بالمارمولا (Marmola) و الذي يحتوي على خلاصة الغدة الدرقية (thyroid extract) و عشب بحري غني بعنصر اليود و الذي يؤدي إلى سرعة التمثيل الغذائي و الاحتراق، و كذلك ماء الرايوم الذي كان يؤدي إلى تحلل عظام الفك و إلى الموت

البطيئ. و كثيراً من عقاقير إنقاص الوزن المحتوية على ثنائي نيترو فينول حيث تتراوح الجرعة المميتة بين 1 – 3 جرام عندما تأخذ عن طريق الفم.
و تقع تحت هذا النوع من العقاقير كذلك كثير من الوصفات البلدية أو الشعبية في البلاد العربية و البلاد الآسيوية و خاصة الهند و باكستان مثل استخدامهم أوكسيد الزئبق لعلاج الروماتيزم.

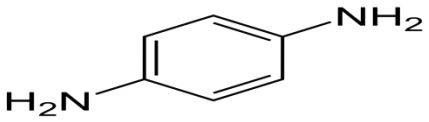
3- العقاقير المحرمة قانوناً بيعاً و استخداماً مثل المخدرات:

هي عقاقير محرمة قانوناً في بعض أو كل بلاد العالم أو المحظور استخدامها في بعض الأماكن العامة فتبدأ بالسجائر و تنتهي بحبوب الهلوسة و وسائل الهذيان مروراً بالكوكايين و المخدرات الصناعية منها مثل الفينوباربيتول و الطبيعية مثل الأفيون و الهيروين و المورفين و الكوكايين . . . . إلخ . و كل هذه العقاقير يؤدي إلى ما يسمى بالتلوث الداخلي لبعض أو كل أعضاء جسم الإنسان.

التلوث مواد التجميل:

في اوائل هذا القرن غمرت الأسواق عدة أنواع من مواد التجميل لهل خواص خطيرة و كان من أكثرها انتشاراًنوع من الكحل يحتوي على صبغة من مجموعة البارافينيلين ثنائي الأمين (paraphenylene diamine) و الذي تسبب في حالات كثيرة من العمى و الوفاة. كما احتوى كثير من مقويات الشعر على الزرنيخ، كما احتوت بعض مساحيق الجلدية على الزئبق و أدت أصباغ الشعر المحتوية على أملاح الفضة إلى التسمم بهذا الفلز، كما أدى استخدام هذه الأصباغ إلى تكون بقع جلدية دائمة ذات لون أزرق داكن كريه. و أدى استخدام نوع من الكريم يحتوى على خلات الثاليوم [(CH3COO)3Ti] و يسمى بالكوريملو (Koremlu Cream) إلى التسمم بالثاليوم.

- paraphenylene diamine:



الباب السابع

التلوث الصناعى

رغم أن عدداً من أبواب الكتاب السابقة تضمنت ملوثات نتيجة الصناعات المختلفة و خاصة باب تلوث الهواء إلا أنه من المفيد تخصيص باب للتلوث الصناعى لأهميته ، و يهدف تكامل المعلومات بكل باب لم يكن ممكناً تفادى بعض التكرارية عن الملوثات الأساسية في هذا الباب أو ذاك ولكن من هذا المنطلق يتوفر لكل قارئ ما ينشره من المعلومات في أقل عدد ممكن من أبواب الكتاب .

الانبعاثات الصناعية :

يمكن للقارئ أن يأخذ فكرة سريعة عن نسبة الملوثات المختلفة مما تفرزه الصناعات و محطات توليد الكهرباء في الهواء من عوادم من الجدول التالى الذى يعطى النسب هذه للمكونات المختلفة لإفرازات محطات توليد الكهرباء والصناعة بالولايات المتحدة الأمريكية.
" النسب المئوية الحجمية لإفرازات الملوثات الغازية من الصناعات بالولايات المتحدة الأميركية "

الملوث	النسبة المئوية
أكاسيد الكبريت	87%
أكاسيد النتروجين	45%
الفحوم الهيدروجينية	15%
أول أكسيد الكربون	11%
مواد حبيبية (Particulate matter)	6%

وتتعدد مصادر تلوث البيئة الصناعية ولكن يمكننا أن نتبين نوعين رئيسيين من المصادر :

1- المصادر الثابتة :

سبق أن بينا المصادر المختلفة لتلوث الهواء و يبين الجدول التالى المصادر المختلفة الثابتة التي تتضمن حرق الوقود مقارنة بالحافلات و وسائل النقل الأخرى و

ذلك بالنسبة لإفراز أول أكسيد الكربون (CO) و أكاسيد الكبريت و النتروجين و الفحوم الهيدروجينية (HC) و المواد الحبيبية .

" الإفرازات الملوثة بالولايات المتحدة الأميركية (معطاة بملايين الأطنان المترية) للملوثات الهوائية المختلفة عام 1968 "

المصدر	CO	SO_X	NO_X	HC	مواد حبيبية
جميع وسائل	58.1	0.7	7.3	15.1	1.1
النقل	0.7	18.3	3.6	0.2	7.4
الفحم	0.9	0.0	0.2	0.4	0.2
الخشب	0.1	3.9	0.9	0.1	0.3
النواتج النفطية	0.0	0.0	4.1	0.0	0.2
الغاز الطبيعى	8.8	6.6	0.2	4.2	6.8
العمليات	7.1	0.1	0.5	1.5	1.0
الصناعية	6.5	0.0	1.4	2.0	6.1
عمليات	75	0.0	0.3	1.5	2.2
التخلص من النفايات الصلبة	1.3	0.5	0.2	0.3	0.5
حرائق الغابات					
محروقات					
زراعية					
مصادر أخرى					
المجموع	91.0	30.2	18.7	29.1	25.7

ويعتبر الفحم المصدر الرئيسى للمواد الحبيبية إذ أنه يحتوى على حوالى 10% من مواد غير قابلة للاحتراق تتحول إلى رماد معدنى (mineral)ذات أنواع متعددة أما أكاسيد الكبريت فتنشأ من كل الفحم و المحروقات النفطية كما تنشأ أكاسيد

النتروجين نتيجة أي نوع من الاحتراق عند درجات حرارة عالية و يمكن الإقلال من إفرازات المواد الحبيبية باستخدام المرشحات كما يمكن تفادى إفرازات عالية من أكاسيد الكبريت باستخدام فحم و نفط منخفض المجتوى من الكبريت حتى لو أدى ذلك إلى زيادة التكاليف .

مصافى النفط أو معامل تكرير البترول :

و تبدأ هذه بالنفط الخام و الذى يؤدى تكريره إلى فصله إلى مكونات مختلفة في نقط غليانها بدأ من الغاز و الجازولين ثم الكيروسين و وقود الديزل و وقود الزيت و أخيراً القطران و رواسب الأسفلت و تشمل إفرازات عملية التكرير هذه غازات CO و SO_X و NO_Xو (HC) و تمثل الأخيرة 0.1 – 0.6 بالمائة من كمية النفط الأصلية و تشمل البرافينات منخفضة و مرتفعة الوزن الجزيئى بنسب تعتمد على عملية التكرير نفسها .

الصناعات الورقية :

في هذه الصناعة تتضمن العملية الرئيسية والتي تستخدم في معظم بلدان العالم غمر الخشب الخام عدة ساعات في محلول ساخن من كبريتيد و هيدروكسيد الصوديوم (white liquor) تحت ضغط مرتفع مما يؤدى إلى ذوبان كل مكونات الخشب عدا ألياف السليوز التي تبقى معلقة في محلول الطبخ المستهلك (black liquor) مع انطلاق غازات يجب السماح بخروجها من وقت لأخر لتفادى ارتفاع الضغط عن مستوى معين و تحتوى هذه الغازات على حوالى 5% من حجمها من المركبتانات (mercaptans)و هي مواد ذات صيغة تركيبية عامة RSH حيث R مجموعة ألكيل مثل ميثيل المركبتان CH3SH وكلها ذات روائح كريهة كما تحتوى الغازات ايضاً على عدة مئات من ppmمن غاز H_2S كريه الرائحة أيضاً.

كذلك فإن معالجة محلول الطبخ المستهلك قد تفرز مزيداً من هذه المواد إلى جانب مواد عضوية ملوثة ولو أنه يمكن تحويله إلى SO_2 و الذى يمكن بدوره أن يتحول إلى كبرتيت أو إلى كبرتيد لإعادة الاستعمال . وقد أدخلت تطويرات كثيرة على الصناعات الورقية تضمنت استخدام الهواء أو غاز الكلور لعملية الأكسدة بهدف الإقلال من الروائح الكريهة .

الصناعات غير العضوية :

تواجه الصناعات الكيميائية التي تتضمن مواد غير عضوية صعوبات جمة للتحكم في نوعيات كثيرة من الروائح غير المستحبة و الغازات السامة بالإضافة إلى افرازات من المواد الحبيبية فمثلاً تجد أن مصانع حمض HF و التي تبدأ بمعالجة مادة الفلورسبار ($Ca\ F_2$) بواسطة حمض الكبريتيك تفرز HF و SO_2 و H_2S و حمض الفلوسيليسيك (fluosilicic acid) كذلك تواجه صناعة حمض الهيدروكلوريك و حمض الكبريتيك مشكلة إفراز أدخنة حمضية أما مصانع الجير و التي يحرق بها الحجر الجيرى فإنها تفرز كمية كبيرة من الغبار من بداية العمليات و حتى تعبئة المنتجات . و تفرز غازات غير مرغوب فيها أثناء المعالجة الحمضية لصخور الفوسفات بهدف إنتاج الأسمدة الفوسفورية حيث تشمل هذه الغازات SiF_4 الذى يتحلل ليعطى HF ذلك أن صخور الفوسفات تحتوى على حوالى 4% فلوريد . كما تتسرب كميات ملموسة من غازى الكلور والبروم أثناء إنتاجها .

مصاهر الفزات (Smelters) :

تتطلب عمليات صهر الفلزات درجات حرارة عالية و تفرز عدداً من الغازات و الأدخنة إلى الغبار الحبيبى . و تتواجد بعض الفلزات في الطبيعة على هيئة كبريتيد لذا فإن عمليات الصهر تؤدى إلى إفراز كميات هائلة من ثانى أوكسيد الكبريت مثلاً :

$$Zn\ S + O_2 \longrightarrow Zn + SO_2$$

$$Cu_2S + O_2 \longrightarrow 2\ Cu + SO_2$$

$$PbS + O_2 \longrightarrow Pb + SO_2$$

و يقدر ناتج SO_2 من مصهر النحاس بحوالي نصف طن من غاز SO_2 إلى حوالى 0.77 طن حمض الكبريتيك لذا يوصى بأن يكون مكان المصاهر بعيداً عن المناطق السكنية ولو أن أضراراً كبيرة تلحق بالزراعات المتاخمة و القريبة من هذه المصاهر التي تمتد آثارها أحياناً إلى مساحات شاسعة من الأراضى قد يصل بعدها احياناً إلى أكثر من ثمانين كيلومتراً لذا فانه أصبح من المحتم الآن أن تمرر المصاهر الكبيرة غازاتها

المتكونة من عملية الصهر إلى مصانع لحمض الكبريتيك الذى يمثل مادة هامة لكثير من الصناعات الخرى .

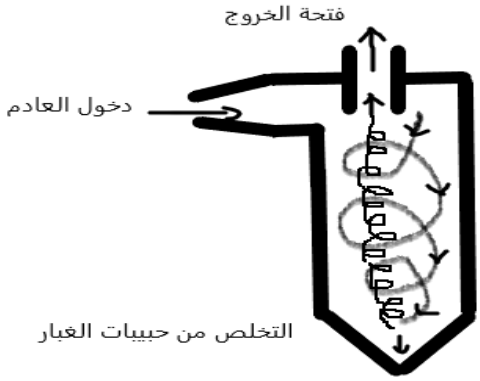
الصناعات الغذائية :

تفرز مصانع معالجة و حفظ الأسماك و اللخوم روائح غير مستحبة نتيجة مركبات النتروجين و الكبريت المتكونة مثل الأمينات (amines) التى تتكون ننيجة تحلل البروتين كما يمكن يؤدى انحلال النفايات العضوية من مصانع معالجة و تصنيع و تعليب الخضر والفواكه إلى مشاكل تلوث الهواء . كذلك فإنه بالرغم من الروائح المستحبة لبعض الأفراد الناتجة من المخابز و مصانع الحلويات و مطاحن البن و المقالى و المطاعم إلا أن كثيراً منها تصنف على أنها ملوثة للهواء.

وسائل التحكم فى التلوث الصناعى:

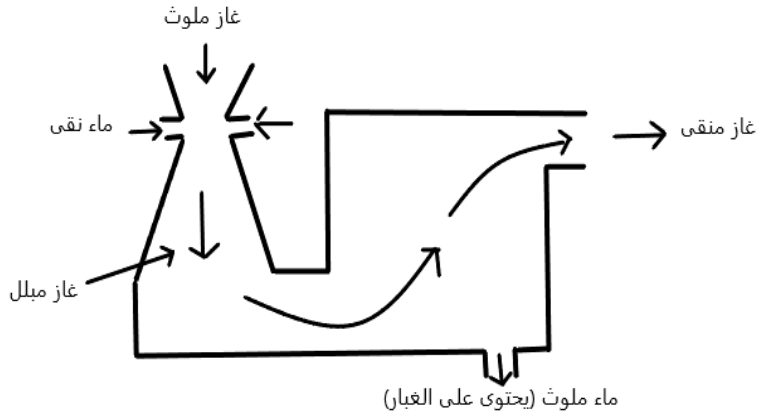
للتخلص من المكونات الحبيبية فى غازات عوادم المصانع الكيميائية غير العضوية طورت وسائل كثيرة و صممت معدات متنوعة تخرج تفاصيلها عن إطار هذا الكتاب وفى الحقيقة فإن خصائص هذه المكونات الكيميائية و الطبيعية و الغازات الحاملة لها تختلف كثيراً من صناعة إلى أخرى و عموماً فإن الحبيبات ذات الحجوم الأكبر من 50 ميكرومتر يمكن التخلص منها بواسطة فاصل السيكلون (cyclone separator) والشاطف المبلل البسيط (simple wet scrubber) كذلك فإن الحبيبات الأقل من 1 ميكرومتر يمكن التخلص منها باستخدام الشاطف ذات الطاقة العالية (high-energy scrubber)أو المرسب الكهروستاتيكى (electrostatic precipitator) أو بواسطة المرشحات القماشية. (fabric filters)

ويمكن للفاصل السيكلونى أن يتخلص من 50 إلى 95 فى المائة من الكتلة الكلية للمواد الحبيبية و يعتمد على قوة الطرد المركزية لذا فإن كفاءته أعلى للحبيبات الكبيرة . وفى الشكل التالى رسم مبسط لفاصل السيكلون:



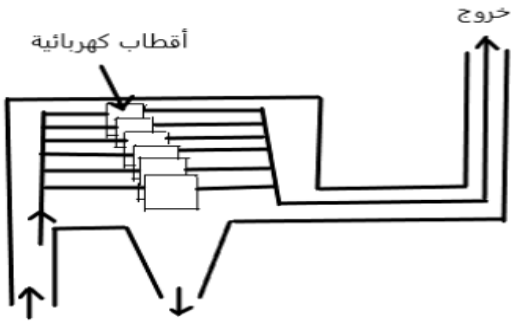
فاصل السيكلون

أما الشاطف المبلل فينقى الغاز بواسطة الماء و من مزاياه هو أن الماء يمتص أيضاً بعض الغازات الضارة أو المسببة للتآكل و يمكن لهذا النوع من وسائل التحكم التخلص من 75 إلى 99 فى المائة من الغبار و لكن عيبه أنه يسبب بعض مشاكل التآكل بالإضافة إلى تكاليف معالجة الماء الملوث كما أنه الغاز الناتج من عملية التنقية هذه يحمل بعض بخار الماء.



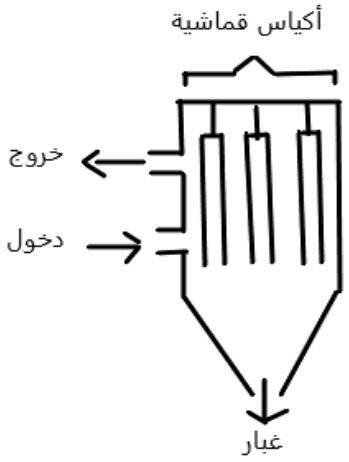
الشاطف المبلل

و يزيل المرسب الكهرستاتيكى كلا من الغبار الصلب و الجسيمات السائلة من التيارات الغازية عن طريق إمرارها بين أزواج من الأقطاب الكهربائية حيث توضع الأقطاب السالبة تحت جهد مرتفع بالنسبة للأقطاب الأخرى الأرضية بحيث تحقق كفاءة تؤدى إلى التخلص من 80 إلى 99.5 من الكتلة الكلية للملوثات. فى الشكل رسم مبسط للمرسب الكهروستاتيكى.



المرسب الكهروستاتيكى

و أخيراً تستخلص المرشحات القماشية المواد الحبيبية من تيارات الغازات عن طريق الترشيح بواسطة منسوجات قماشية أو ورق أو حصائر ترشيح أو مواد محببة مثل الرمل أو الكوك وقد تحتوى المرشحات الغبارية الكبيرة على عدة آلاف من الوحدات المرشحة كل منها طولها عدة أمتار بحيث تصل الكفاءة الكلية للمرشح من هذا النوع إلى 99% على أن تبرد الغازات إلى أقل من درجة 0 °Cحتى لا تؤدى إلى تلف أنسجة المرشح و تستخدم مثل هذه المرشحات فى كثير من الصناعات و خاصة صناعة الأسمنت و الأدوية و الكربون الأسود و الصناعات الخزفية و فى الشكل رسم مبسط للمرشح القماشى.



المرشح القماشى

و هناك وسائل أخرى للتحكم و علينا مثلاً أن نأخذ فى الاعتبار مواقع المصانع بالنسبة لاتجاه الرياح السائد كذلك يجب وضع القوانين والتشريعات فقد أدى صدور قانون الهواء النقى (clear Air Act) عام 1956 إلى القضاء على حوالى ثلاثة أرباع دخان مدينة لندن بعد أن كانت تحمل لقب مدينة الدخان فكان لابد للمصانع التى توجد فى المناطق الحرجة من المدينة أن تستخدم الفحم الصلب بدلاً من الفحم الناعم الذى يحتوى على نسبة كبيرة من الكبريت و كذلك إلزام بعض المصانع باستخدام الغاز و الكهرباء أو البترول بدل الفحم . أما لقب مدينة الدخان فى الولايات المتحدة فقد استحقته مدينة لوس أنجلوس ولكن صدور التشريعات الصارمة عام بعد عام أدى إلى المحافظة على مستوى الدخان بها إلى حد معقول رغم ازدياد مصادر التلوث بها المستمر.

الباب الثامن

معالجة مياه الصرف الصحي

تشمل معالجة مياه الصرف الصحي بشكل عام ثلاث مراحل تسمى المعالجة الأولية والثانوية والثالثية.

- **تتكون المعالجة الأولية من مرحلة الاحتفاظ بمياه الصرف الصحي مؤقتًا في حوض ترقيد حيث يمكن للمادة الصلبة الثقيلة أن تستقر في القاع، بينما يطفو الزيت والشحوم والمواد الصلبة الأخف إلى السطح .تُزال المواد المستقرة والعائمة ويمكن تفريغ السائل المتبقي أو إخضاعه للمعالجة الثانوية. تمتلك بعض محطات معالجة مياه الصرف الصحي المتصلة بنظام الصرف الصحي المشترك، ترتيبًا جانبيًا بعد وحدة المعالجة الأولية. وهذا يعني أنه خلال هطول الأمطار الغزيرة، يمكن تجاوز أنظمة المعالجة الثانوية والثالثية لحمايتها من الحمل الزائد الهيدروليكي، ولا يتلقى مزيج مياه الصرف الصحي ومياه الأمطار إلا المعالجة الأولية.**
- **تزيل المعالجة الثانوية المواد البيولوجية المُذابة والمعلقة. تتم المعالجة الثانوية عادةً بواسطة الكائنات الحية الدقيقة الأصلية التي تنقلها المياه في موائل مُدارة. قد تتطلب المعالجة الثانوية عملية فصل لإزالة الكائنات الحية الدقيقة من المياه المعالجة قبل التصريف أو العلاج المتقدم.**

- **تُعرف المعالجة الثالثية في بعض الأحيان على أنها أي معالجة فوق المعالجة الأولية والثانوية، تُجرى من أجل السماح بتصريف المياه إلى نظام بيئي شديد الحساسية أو هش (المصبات والأنهار منخفضة التدفق والشعاب المرجانية ...). تُطهر في بعض الأحيان المياه المعالجة كيميائيًا أو فيزيائيًا (على سبيل المثال، بواسطة البحيرات والترشيح الدقيق) قبل تصريفها في مجرى أو نهر أو خليج أو بحيرة شاطئة أو منطقة رطبة، أو يمكن استخدامها**

في ري ملعب للجولف أو ممر أخضر أو حديقة. يمكن استخدامها أيضًا لإعادة تغذية المياه الجوفية أو للأغراض الزراعية إذا كانت مُطهرة بما فيه الكفاية.

المعالجة المسبقة

تعمل المعالجة المسبقة على إزالة جميع المواد التي يمكن جمعها بسهولة من مياه الصرف الصحي الخام قبل أن تتلف أو تسد المضخات وخطوط الصرف الصحي لأجهزة تنقية المعالجة الأولية. تشمل الأشياء التي تُزال بشكل شائع أثناء المعالجة، النفايات وأغصان الأشجار والأوراق والفروع والأشياء الكبيرة الأخرى.تمر مياه الصرف الصحي عبر الحواجز القضبانية التي نفذت في مجاري الصرف الصحي لإزالة جميع الأشياء الكبيرة مثل العلب والخرق والعصي والقطع البلاستيكية وغيرها. يتم القيام بذلك بشكل أكثر شيوعًا من خلال حواجز قضبانية آلية مؤتمتة في المحطات الحديثة التي تخدم أعدادًا كبيرة من السكان، بينما في المحطات الأصغر أو الأقل حداثة، يمكن استخدام حواجز تُنظف يدويًا. عادةً ما يُقاس تواتر عملية تنظيف الحواجز القضبانية الميكانيكية وفقًا للتراكم على الحواجز القضبانية و/أو معدل التدفق. تُجمع المواد الصلبة ويُتخلص منها لاحقًا في مدافن النفايات أو تُحرق. يمكن استخدام حواجز قضبانية أو حواجز شبكية بأحجام مختلفة لتحسين عملية إزالة المواد الصلبة. إذا لم تُزال المواد الصلبة الإجمالية، فإنها تعلق في الأنابيب والأجزاء المتحركة من محطة المعالجة، ويمكن أن تسبب أضرارًا كبيرة وعدم كفاءة في عملية المعالجة.

لقد تم في الآونة الأخيرة تطويرعدة طرق للمعالجة الثالثية للمياه (Tertiary process of water treatment) و ذلك لتخليص المياه من نفايات المكونات التي لم يتم إزالتها بالطرق البيولوجية مثل بقايا المواد الصلبة المعلقة و الأكسجبن الحيوي المطلوب (BOD) و الأكسجين النيتروجيني الحيوي (NOD)و الفوسفور و النيتروجين و المواد العضوية غير القابلة للتحلل البكتريولوجي و المواد غير العضوية الذائبة (الأملاح الأيونية).

إزالة المواد الصلبة العالقة:

و جدير بالذكر أن المياه المعالجة بالطرق البيولوجية تحتوي في اللتر على حوالي 30 مليجرام من المواد الصلبة مما يجعل هذه المياه غير ملائمة لبعض الإستعمالات و يتعين خفض كمية المواد الصلبة بها حيث أن كل مليجرام واحد من هذه المواد يستهلك حوالي نصف مليجرام من الأكسجين الحيوي، و بالتالي فإن 30 مليجرام منها يستهلك 15 مليجرام من الأكسجين الحيوي مما يضر الكائنات المائية ضرراً كبيراً. و يمكن إزالة بقايا المواد الصلبة المعلقة كما يلي:

طريقة التجميع و الترسيب (Coagulation and settling):

- إضافة كميات محددة من الشب (Alum) أو أملاح الحديد إلى المياه بعد معالجتها بيولوجياً حيث يساعد ذلك على تجميع المواد الصلبة فيزيد حجمها و تترسب بسهولة في قاع إناء الترسيب بعد أن يصل حجمها (وزنها) إلى حد معين حيث يمكن فصلها بعد ذلك بسهولة. و تؤدي هذه العملية أيضاً ترسيب الفوسفور حيث يتفاعل الشب أو أملاح الحديد معه مكونة مواد غير قابلة للذوبان في الماء و تترسب في القاع.

- بعد ذلك توجه المياه إلى مرشحات تحتوي على حبيبات صغيرة من الرمال (sand filters) لإزالة المواد المعلقة الصلبة ذات الحجم الصغير جداً.

و يمكن أن يكتفى بإحدى الخطوتين حسب نوع المياه إذا كان ذلك يفي بالغرض المنشود من استعمال هذه المياه خاصة و أن خطوة الترشيح باستخدام المرشحات الرملية يزيل أيضاً المواد الصلبة المعلقةذات الحجوم الأكبر.

التخلص من بقايا الأكسجين الحيوي المطلوب :

يتم التخلص من بقايا الأكسجين الحيوي المطلوب أثناء إزالة المواد الصلبة المعلقة المتبقية في المياه إلا أن ذلك يمكن أن يستكمل عن طريق الإمتزاز (الإدمصاص) بواسطة حبيبات الكربون المنشط (activated charcool) و الذي تضاف كمية كافية منه إلى إناء التجميع قبل فصل المواد الصلبة المعلقة في وحدة الترسيب (settling) كما يمكن تمرير

المياه بعد خروجها من وحدات التجميع و الترسيب على سطح يحتوي على الكربون المنشط ، هذه الخطوة تؤدي أيضاً للتخلص من بقايا المواد العضوية في المياه.

التخلص من الأكسجين النيتروجيني الحيوي :

تستهلك النشادر (NH_3) الموجودة بالمياه كميات كبيرة من الأكسجين حيث تقوم البكتريا بتحويل النشادر خلال سلسلة من التفاعلات الحيوية إلى نيتريت ثم إلى نترات ، لذا يتعين تخفيض أو التخلص نهائياً من كميات النشادر في المياه و يتم ذلك كما يلي:

تضاف كمية مناسبة من الجير (Lime, CaO) بهدف زيادة رقم الأس الهيدروجيني (pH) للمياه ثم يضخ الهواء لانتزاع غاز النشادر من الماء و إطلاقه إلى الجو.

كما يمكن التخلص من النشادر بيولوجياً عن طريق أكسدتها و تحويلها إلى نترات قبل التخلص من المياه في الأنهار و البحار. وجدير بالذكر أن بعض أنواع من البكتريا تقوم بدور مثبت النيتروجين، و يمكن إضافة هذه البكتريا بما يمثل حوالي 8% من مجموع الكائنات الدقيقة المستخدمة في خطوة المعالجة البيولوجية مع رفع درجة الحرارة و إطالة زمن المعالجة للسماح للتفاعلات المطلوبة بالحدوث بدرجة كافية.

إزالة النيتروجين:

يتم ذلك بإضافة الميثانول كمصدر لغذاء البكتريا و هذه البكتريا تقوم بتحليل النترات لتعطي الأكسجين و ينطلق غاز النيتروجين المتكون إلى الجو.

التخلص من ملوثات المياه المستخدمة في الصناعات المختلفة

1- التخلص من الأحماض و القواعد:

و يتم ذلك عن طريق التجميد أو التبخير أو التناطح العكسي (reverse osmosis) بواسطة الأغشية ، كما يمكن تحقيق ذلك بالتخلص من الأيونات نفسها عن طريق التبادل الأيوني (ion exchange) أو البلورة (crystallization) أو الاسخلاص بالمذيبات العضوية أو عن طريق الامتزاز (adsorption).

2- التخلص من المواد الكبريتية:

يتم تثبيت الكبريت بتحويله من الكبريتيد الذي يعطي روائح كريهة إلى الكبريتات او الثيوكبرتات (SO_4^{2-} or $S_2O_3^{2-}$) في وحدات بيولوجية هوائية و لا هوائية على الترتيب حيث تحلل الكبريتات و الثيوكبريتات بواسطة البكتليا لإعطاء أكسجين و كبريتيد هيدروجين ينطلق إلى الجو كما يمكن التخلص من الكبريتيد بتلرسيبه على هيئة كبريتيد الحديديك و الترشيح.

3- التخلص من الزيوت و الدهون:

تعتمد معظم الطرق المتبعة لإزالة الزيوت و الدهون من المياه المستخدمة في الصناعات التي تفرز هذه المواد على الاختلاف في الوزن النوعي لمكونات المياه غير القابلة للإمتزاج معها أي أن الفصل مبني على اختلاف الجاذبية للمكونات (Graivty separation).
و تستخدم كذلك طرق أخرى مثل التعويم بواسطة الهواء الذي يضخ بضغط (2-3 atm.) في الماء الملوث بعد إضافة المواد المجمعة مثل الشب و أملاح الحديد التي تساعد على تجمع قطرات الدهون و الزيوت. كما تستخدم بعض الطرق البكتيرية و طرق الأغشية و الامتزاز على الكربون المنشط.

4- التخلص من المواد العضوية السامة:

يتم ذلك عادة بإضافة بعض المركبات الكيميائية التي تتفاعل مع المواد المعنية (chemical degradation) فتضاف الصودا الكاوية لتحليل بعض المبيدات الحشرية و يستخدم الأوزون في أكسدة كثير من المواد و التخلص منها. و عادة تبخر المياه للتخلص من جزء كبير منها و تتم المعالجة على المحاليل المركزة حيث يمكن التخلص منها بعد ذلك بدفنها في براميل تحت الأرض أو بحقنها في الألرض مباشرة أو بواسطة الحرق باستخدام محرقة حيث توجه الغازات إلى سرير شطف (scrubbing bed) قبل أن تطلق إلى الجو و أحياناً يتم الحرق في مناطق داخل المحيطات (Ocean burning).

5- التخلص من الفلزات الثقيلة و السامة:

و يتم التخلص بواسطة الترسيب بعد إضافة مواد مثل أيونات الحديد و أكسيد الكالسيوم (الجير) و النشادر و الصودا الكاوية و الكربونات. و هناك نسب ينصح بعدم تجاوزها من العناصر الثقيلة و السامة في مياه المجاري عند استخدامها في الري الدائم و الري المتقطع.

الباب التاسع

التحليل الكيميائي للعينات البيئية

هناك طرق مختلفة ومتنوعة للتحليل الكيميائي حيث يتسع نطاق تلك الطرق اتساعاً كبيراً مع التقدم التقني و تكتشف في الوقت الحاضر طرق متعددة جديدة يعتمد عدد كبير منها على ما وصلت إليه البشرية من تقدم هائل في مجال الإلكترونيات و مع هذه الإكتشافات تحل بعض الطرق الجديدة محل الطرق القديمة إذا أدى ذلك إلى زيادة الدقة أو من أجل تخفيض التكاليف أو الوقت اللازم لإجراء التحليل، و في الوقت الذي كانت تعتمد فيه معظم الطرق القديمة على التفاعلات الكيميائية فإن الطرق الحديثة للتحاليل الكيميائية كثيراً ما تعتمد على قياس خاصية طبيعية معينة مثل قياس النشاط الإشعاعي للعينات بعد تنشيطها اشعاعياً أو مثل قياس الأطياف في المجال المرئي أو فوق البنفسجي أو تحت الأحمر . . . إلخ.

و مع ذلك فإن الحاجة لطرق التحليل التقليدية ما زالت و سوف تظل أساسية جنباً إلى جنب مع الطرق الآلية حتى و لو كان ذلك من قبيل التأكد من سلامة الطرق الأخيرة.

بعض المفاهيم الأساسية:

يختص علم الكيمياء بصفة عامة بتفاعل و اتحاد العناصر لتكوين المركبات ، و تعتبر الذرة أصغر جسيم للعنصر كما يعتبر الجزئ أصغر جسيم للمركبات ، و حيث لا يمكن عد الذرات أو الجزيئات ، يكتفي بمعرفة الأوزان النسبية للجزيئات المختلفة. و الأوزان الذرية هي الأوزان النسبية للذرات و تنسبجميعها لوزن ذرات الكربون الذي وقع عليه الإختيار و اتفق على أن يعتبر وزنه 12 وحدة كتلة ذرية ، أما الوزن الجزيئي فهو مجموع أوزان الذرات التي تكون هذا الجزئ.

- الجرام الجزيئي من أي مادة يحتوي على 6.023×10^{23} جزئ منها (و يسمى هذا العدد بعدد أفوجادرو) و يزن الجرام الجزيئي للماء 18.01 جراماً كما يزن للأكسجين 16 جراماً و للهيدروجين جرامين و لكبريتات الصوديوم 142.04 جراماً . . . إلخ.

- تركيز المحاليل : يمكن أن نوجز الطرق المختلفة للتعبير عن تركيز المحاليل كما يلي:

1- النسبة المئوية الوزنية W/W:

–النسبة المئوية الوزنية هي عدد جرامات المذاب في 100 مل من المحلول.

–مثال : محلول مائي تركيزه مثلاً 2% وزناً؛ هذا يعني أن كتلة المذاب 2 جرام في 100 مل من المحلول .

2- النسبة المئوية الحجمية : V/V

–النسبة المئوية الحجمية هي عبارة عن حجم المذاب في 100 مل من المحلول.

–مثال: محلول مائي تركيزه مثلاً 3% حجماً؛ هذا يعني أن حجم المذاب يساوي 3 مل مذابة في 100 مل من المحلول.

3- المولارية (M):

–المولارية هي عدد مولات المذاب في 1000 مل من المحلول .

–المولارية = عدد مولات المادة المذابة/1000 مل من المحلول

–ويمكن حساب عدد مولات المذاب بالقانون التالي :

عدد المولات = وزن المادة المذابة بالجرام / الوزن الجزيئي للمادة المذابة.

4- العيارية (N):

– يرمز للعيارية بالرمز N وأحياناً تسمى بالنورمالية.

–العيارية هي عبارة عن عدد الجرامات المكافئة من المادة المذابة في لتر من المحلول.

5- المولالية (m):

–المولالية هي عبارة عن نسبة عدد مولات المذاب إلى 1000 جرام من المذيب.

–المولالية = عدد مولات المذاب / 1000 جم من المذيب.

6- الكسر المولي Mole fraction

–يُرمز للكسر المولي بالرمز . x

–الكسر المولي x لأي مكون في المحلول هو عدد مولات تلك المكونة مقسوماً على عدد المولات الكلية لجميع مكونات المحلول .

– و يلاحظ أن مجموع الكسور المولية للمكونات يساوي الوحدة.

7- عدد الجرامات في حجم معين : مثل عدد الجرامات في اللتر.

8- عدد الأجزاء في المليون (ppm): عدد المليجرامات من المذاب في اللتر.

9- عدد الأجزاء في البليون(ppb): عدد الميكروجرامات من المذاب في اللتر.

خطوات التحليل الكيميائي

رغم تعدد طرق التحليل الكيميائي إلا أن هناك خطوات مشركة نسبق التحليل أو تتطلبها معظم هذه الطرق ، لذا فإن مناقشة هذه الخطوات يساعد المحلل الكيميائي على اكتساب وسائل التمكن من التخطيط لإجراء كافة خطوات التحليل الكيمائي.

خطة التحليل:

من المعتاد أن يأتي شخص ما بعينة بهدف تحليلها كيميائياً و كثيراً ما تكون المعلومات المطلوبة غامضة بعض الشئ على هذا الشخص و من صميم عمل الكيميائي أن يحدد بالضبط المعلومات المطلوبة لتحقيق الهدف من التحليل و الإجابة على الأسئلة التي تدور في رأس من أتى بالعينة أو من أرسله بها و على الكيميائي أيضً وضع خطة لإجراء التحاليل المناسبة للإجابة على تلك الأسئلة، و لكن قبل إجرائ أية تحليلات كمية على الكيميائي أن يأخذ النقط الآتية أيضاً في الاعتبار:

- ما هو مدى القة المطلوبة بالنسبة لكل تحليل؟

- ما هي الطرق التي يتعين استخدامها؟

على أن تتوفر لديه بالطبع كل المقومات المطلوبة لهذه الطرق من أجهزه و زجاجيات و كيميائيات و كواشف و. . . إلخ. إلى جانب المراجع اللا زمة للاسترشاد بها.

أخذ العينات:

تعتبر هذه الخطوة إحدى الركائز الأساسية التي تحدد نجاح تحقيق الهدف من التحليل، إذ أن أخذ عينة تمثل حقيقة كل ما يراد تحليله يشكل أحياناص صعوبة كبيرة بسبب عدم تجانس بعض المواد بحيث يختلف تركيز بعض المكونات اختلافاً كبيرً في الأجزاء أو في العينات المختلفة المأخوذة من هذه المواد.

- فمثلاً إذا أردنا أن نحلل التربة في مكان ما فيجب التأكد أن العينات المأخوذة فعلاً تمثل هذه التربة ، فلو أخذنا عينة من السطح و كانت عند نقطة تركزت فيها بالصدفة رمالاً أو مواداً تختلف في تركيبها الكيميائي عن معظم هذه التربة فلن يكون لنتائج التحليل مهما كان دقيقاً أية فائدة، بل قد يؤدي إلى استنتاجات ضارة إذا صممت مشروعات معينة زراعية كانت أو صناعية على أساس نتائج هذا التحليل التي لا تمثل الحقيقة.

كذلك إذا كان المطلوب معرفة نسبة الشوائب في أقراص دواء ما و أخذنا قرص واحد منها للتحليل فقد يكون بالصدفة أنقى بكثير من معظم الأقراص الأخرى و قد يكون الأمر عكس ذلك تماما. و تتبع إدارة الأغذية و العقاقيرالتابعة للأمم المتحدة (FDA) عادةً طريقة معينة في أخذ العينات لتتلافى مثل هذا الخطا في نتائج الرقابة على الأغذية و العقاقير، فعندما يراد معرفة درجة نقاوة أقراص دواء معين يأخذ للتحليل 20 قرصاً من زجاجة بها 100 قرص ثم يأخذ متوسط تحليل كل مكون لهذا الدواء.

على سبيل المثال فعند ترك الأسبرين مدة طويلة وفي وجود الرطوبة يتحلل إلى حمض الساليسليك و حمض الخليك المتطاير، و لمعرفة درجة جودة الأسبرين تعين به النسبة المئوية لحمض الساليسليك بخلط و طحن عشرين قرصاً تأخذ من إحدى زجاجاته و يتم طحنها جيداً حتى يتم الحصول على بودرة متجانسة منها يجرى عليها التحليل، و في هذه الحالة تمثل العينة المأخوذة إلى حد كبير التركيب المتوسط تقريباً لكل الكمية المراد تحليلها.

و يجب ألا تتجاوز نسبة حمض الساليسليك الحد المسموح به في الأسبرين لأن هذا الحمض يؤدي إلى إثارة بطانة المعدة إلى درجة أكبر بكثير من تأثير الأسبرين نفسه مما يؤدي إلى الإصابة بقرحة المعدة.

<u>طرق أخذ العينات الصلبة:</u>

كان أخذ عينة من الأسبرين أحد الأمثلة لأخذ العينات الصلبة ، و لكن نظام أخذ العينات الصلبة يختلف من نوع إلى أخر من العينات.

و بصفة عامة فإن أخذ عينة (sampling) يعرف على أنه : (عملية استخراج جزء صغير من كمية كبيرة من مادة ما على أن يكون هذا الجزء الصغير مثالاص حقيقياص لكل هذه المادة).

و هذه العملية ذات أهمية كبيرة جداً، لأنه إذا لم تكن العينة المأخوذة من المادة الصلبة تمثلها تمثيلاً حقيقياً فإن ما يستنفد من وقت و كيماويات للحصول على نتائج دقيقة للتحليل يضيع في الواقع عبثاً.

فإذا كانت المادة المراد تحليلها متجانسة فإن أخذ عينة منها تكون عملية بسيطة، أما إذا كانت المادة غير متجانسة فإن عملية أخذ عينة منها يجب أن تتم في غاية الحرص و يعتمد ذلك على طبيعة المادة.

<u>1- أخذ عينات الخامات أو الصخور أو التربة:</u>

إذا كانت المادة المراد تحليلها مثلاً هي شحنة من خام الحديد أو الفحم فإنه لأخذ عينة منها تختار من أماكن متعددة من الشحنة كميات قليلة ثم تخلط جيداًمعاً و تطحن إذا لزم الأمر بعد ذلك تجرف بواسطة جاروف صغيرة على هيئة مخروط و أثناء عملية الجرف يدور الشخص الذي يقوم بها حول المخروط بينما يرفع بالجاروف الحبات الساقطة من جوانب المخروط إلى قمته ، و بذلك تضمن توزيعاً يكاد يكون منتظماً لمكونات العينة، بعد ذلك تسطح قمة المخروط بواسطة الجاروف و تقسم العينة إلى أربعة أرباع متساوية و يؤخذ ربعين متقابلين و يخلطا معاً لتكوين كومة مخروطية أصغر تقسم ثانية إلى أربعة أرباع و تعاد هذه العملية مع الطحن إذا لزم الأمر حتى يتم الحصول على عينة ذات وزن مناسب (200 – 300 جرام مثلاً)

2- أخذ عينات المعادن و السبائك :

تعتمد الطريقة المتبعة في معظم الأحيان و في مختلف المعامل لأخذ عينات من المعادن أو السبائك الصلبة على ثقب القالب أو الصبة المعدنية المراد تحليلها في أماكن متفرقة منها بواسطة مثقاب مناسب لا يؤدي استخدامهإلى ترك آثار منه و بالتالي إلى أخطاء في التحليل و تجمع المادة المأخوذة من كل الثقوب معاً و تخلط جيداً و ت}خذ منها عينة ذات حجم مناسب، و يجب أن يأكد القائم بالتحليل فيما إذا كان المثقاب المستخدم في أخذ العينات مناسباً للعينة المراد تحليلها و كذلك للتحليل المطلوب.

3- تجفيف العينات الصلبة قبل التحليل:

قبل إجراء التحليل على العينة التي تمثل المادة المراد تحليلها تجفف العينة عند درجة (105 - 110) درجة مئوية بعد ذلك تدون نتائج التحليل على ما يسمى بالعينة الجافة. و يجب أن تعاد عملية التجفيف ؛تى وزن ثابت أي تجفف العينة ثم تبرد و توزن و يعاد تجفيفها ثم تبرد وتوزن و تكرر هذه العملية حتى نحصل على وزن ثابت للعينةلا يتغير بإعادة التجفيف، و يمكن تدوين الفقدان في وزن العينة نتيجة تجفيفها و بالتلي يمك تدوين نتائج التحليل على أساس العينة الرطبة قبل تجفيفها إذا لزم الأمر. و يكون لذلك أهمية إذا لم تكن العينة تحت الاختبار مسترطبة أو إذا لم تكن تتحلل أثناء عملية التجفيف أي أن تفقد فقط ما بها من ماء نتيجة التجفيف.

4- طحن العينات الصلبة قبل التحليل:

إذا كانت المادة صلبة (عينة صخور مثلاً) فإن الخطوة الأولى تكون تكسيرها إلى قطع صغيرة ،لى لوح من الصلب بواسطة مطرقة ذات صلابة مناسبة و يحاط اللوح بسياج مناسب لتفادي فقدان اي أجزاء من العينة ثم بعد ذلك تطحن هذه الكتل الصغيرة في في النوع المناسب لها من الأهوان مثل (هوان الماس، هوان المولیت، هوان السفير ،....)و تتوفر في الأسواق أيضاً بعض الهوانات التي تعمل ميكانيكياً بواسطة موتور كهربائي.

أخذ العينات السائلة:

يعتبر أخذ العينات السائلة عملية سهلة لأن أي جزء من العينة السائلة يعتبر ممثلاً حقيقياً لها إذ أن هذه العينات تكون عادة متجانسة و يتضح ذلك جلياً إذا تذكرنا المشكلات التي تعترضنا عند أخذ العينات الصلبة. و لكن على الكيميائي أن يتبع إرشادات خاصة عند أخذ العينات السائلة.

- **فلتحليل الدم مثلاص يتعين أن يتم أخذ العينات في وقت ي}دي الجسم خلاله وظائفة بطريقة عادية و عندما لا يسبب هضم الطعام اختلالاً في مستوى المواد الكيميائية بالدم و لذلك يفضل أن تؤخذ عينات الدم في الصباح قبل أن يتناول المريض طعام الأإفطار.**
- **أما السوائل التي تمر في أنابيب فيمكن أخذ عينات منها بواسطة أنبوب ذات قطر صغير.**
- **و تؤخذ عينات السوائل التي تحتوي على مواد عالقة بواسطة جهاز لأخذ العينات مزود بغطاء يمكن رفعه بسهولة و يتم اسقاط الجهازإلى العمق الطلوب في السائل و عندئذ يرفع الغطاء مؤقتاً حتى تدخل العينة إلى إناء الجهاز.**
- **أما السوائل غير المتجانسة أو العجائن و المستحلبات فيمكن أخذ عينات منها بواسطة أنبوب يغمر خلال عمق المادة ثم يرفع خارجها بعد أن تتم عملية الملأمن داخل هذه المادة.**

المشاكل التي تواجه عملية أخذ العينات السائلة:

من أهم المشاكل التي تواجهنا عند أخذ عينات سائلة ما يحدث من تلوث العينات من الجو (مثل إمتصاص الغازات الجوية) أو من الآنية المستخدمة لأخذ العينات أو من ألأفراد الذين يقوموم بهذا العمل و كذلك فإن الأدوات المستخدمة في أخذ العينات قد تساهم في تلوث بعض العينات إذا كانت هذه الأدوات ملوثة بأية مواد أو بالأتربة الجوية أو المواد المتطايرة. أما التلوث رمن ألأفراد فيكون عادة من العرق أو مواد التجميل أو هواء ألزفير أو دخان التوباكو أو رماد السجائر.

و في بعض الأحيان تستخدم بعض المركبات الكيميائية مثل الفورمالين كمثبتات و مواد حافظة لبعض العينات و هذه المركبات ذاتها تمثل مصادر لتلوث العينات تحت الاختبار.

و من المشاكل الأخرى التي تواجه عملية أخذ العينات السائلة عملية إدمصاص (adsorption)بعض العناصر المراد تحليلها عل جدران الآنية المستخدمة لإي أخذ العينات ، في معظم الأحيان فإن آوان الكوارتز و التيفلون و البولي إثيلين عال النقاوة تكون مناسبة لحفظ العينات و المحاليل المستخدمة في تحضير العينات دون أن يؤدي ذلك إلى أخطاء مملموسة في نتائج التحاليل.

الطرق المتبعة في تحليل العينات الغازية:

كثيراًما تكون طرق أخذ العينات الغازية جزءاً متصلاً من عملية تحليل تلك العينات، و تنقسم طرق تحليل العينات الغازية إلى:

1- الطرق الحجمية:

يعرض حجم مقاس من الغاز تحت الاختبار إلى التفاعل مع عدة ممتصات (absorbents) عالية الاختيارية لمكونات الغاز و ذلك لإزالة المكونات تتابعياً و تعيين كمية كل مكون عن طريق النقص الذي يحدث لحجم العينة بعد إمرارها في كل ممتص.

2- طرق المعايرة:

يمتص هنا مكون الغاز تحت الاختبار في سائل ذات تركيز معلوم، و تستخدم هذه الطريقة للغازات القابلة للذوبان في الماء مثل النشادر و كلوريد الهيدروجين و سيانيد الهيدروجين و فلوريد الهيدروجين و ثاني أكسيد الكبريت.

و كمثال لهذه الطرق طريقة تعيين نسبة أول أكسيد الكربون في الهواء الجوي و ذلك عن طريق إمرار هذا الهواء على خامس أكسيد اليود المسخن إلى درجة 145 درجة مئوية.

$$I_2O_5 + 5\ CO = I_2 + 5\ CO_2$$

و يعاير اليود المحرر عن طريق إمراره في محلول قياسي من ثيوكبريتات الصوديوم، كما يمكن تقدير ثاني أكسيد الكربون الناتج عن طريق إمراره في محلول مخفف

قياسي من هيدروكسيد الباريوم، و تسمى الطريقتين السابقتين بطرق التحليل الامتصاصية للغازات.

3- الطرق الطبيعية أو الآلية:

و في هذه الطرق تعين المكونات الغازية عن طريق قياس خواصها الطبيعية مثل التوصيل الحراري أو معامل الانكسار (refractive index) أو الكثافة أو درجة اللزوجة أو الانتشار أو الصفات المغناطيسية، كذلك تستخدم أحياناً طرق القياس بواسطة جهاز امتصاص طيف الضوء أو . . . إلخ.

طرق أخذ عينات الأتربة الجوية (Air particulutes):

إن المجتمعات الحديثة تعاني من تلوث الهواء الجوي بالأتربة المحتوية على بعض العناصر الضارة بالصحة لذلك فإن تحليل هذه الأتربة يعطي صورة واضحة عن تلوث البيئة بهذه العناصر. و لكن أخذ عينة من أتربة الهواء الجوي (atmospheric air dust) ليس بالأمر السهل و يعتبر من أهم خطوات مراقبة تلوث الهواء الجوي ذلك أن جمع عينة صلبة كافية من الوسط الغازي غير المتجانس يمثل مجموعة من المواقف الصعبة لفإذا لم تكن عينة الأتربة المأخوذة غير ممثلة لما يحتويه الهواء الذي حولنا فإن النتائج النهائية للتحاليل و حساباتها تكون قليلة الفائدة أو غير ذي فائدة عل الاطلاق.

و الطرق المختلفة لأخذ عينات الأتربة الجوية هي:

1- الترسيب تحت تأثير الجاذبية الأرضية (Gravitational settling):

و تستخدم هذه الطريقة لجمع الجزيئات الكبيرة (أكثر من 20 – 50 ميكرون) و التي تتساقط من الجو تحت تأثير الجاذبية و لا تحتاج هذه الطريقة إلى مضخات فراغية أو أجهزة قياس.

- و يجمع التراب هنا على شرائح زجاجية خاصة أو ألواح أو أطباق ، أحياناً على ورق ترشيح، و أحياناً يغطى سطح المستقبل بواسطة طبقة من الشحم لاستبقاء ما ترسب من أتربة و من عيوب هذة الطريقة أنها لا تعطينا حجم الهواء الذي أخذت منه العينة و يمكن أن تحدث أخطاء جسيمة نتيجة تغير سرعة الرياح و اتجاهاتها و اضطراب الأحوال الجوية بصفة عامة و كذلك بسبب سقوط الأمطار.

- الفصل عن طريق الطرد المركزي باستخدام السيكلون (cyclones) و يؤدي فعل الطرد المركزي هنا إلى دفع الجزيئات الثقيلة إلى جوانب السيكلون حيث تستطيع تلك الجزيئات الإنزلاق إلى أسفل حيث يوجد المجمع (collector) و تختلف كفاءة السيكلون باختلاف نوعه فتصل الكفاءة إلى 95 – 99% للجزيئات ذات الحجم من 5 إلى 50 ميكرون.

2- طريقة الارتطام الرطب (Wet inpingement):

يؤدي هنا التغير المفاجئ في اتجاه و سرعة الجزيئات إلى احتجازها في سائل مجمع (collector liquid) و تؤدي السرعة العالية جداً في حركة هذا السائل إلى تفتت الجزيئات الكبيرة مما يؤدي إلى تغير المميزات الخاصة بأحجام جزيئات العينة أما كفاءة هذه الطريقة فتصل إلى ما يقرب من 100% للجزيئات ذات الحجوم الأكثر من ميكرون واحد و عند معدل قدم مكعب واحد في الدقيقة.

3- طريقة الصدم (Impaction):

يؤدي تحويل مسار الهواء إلى حيود جزيئات الأتربة عن طريق الدفق لتلتصق بالصادم أو بالمحول (Impactor) و تعتمد هذه العملية على حجم الجزيئات. بحيث إذا استخدم صادم المراحل فإن كل مرحلة سوف تحتجز الجزيئات التي لا يتجاوز قطرها حد معين يتناقص بعد كل مرحلة إلا أنه يوجد تداخل بين المراحل المتجاورة.

4- طريقة الترشيح (Filtration):

تستخدم المرشحات في عدد متنوع من الأجهزة الخاصة بأخذ عينات أتربة الهواء الجوي و محتويات تيارات الغازات مثل تلك التي تتدفق من مداخن لمصانع و المنشآت بهدف تحليلها أو دراسة حجم الجزيئات المكونة لهذه الأتربة أو هذه المحتويات.و تتميز المرشحات بأن لها كفاءة عالية لاحتجاز الجزيئات من أي حجم مع انخفاض التكلفة، لذا يعتبر الترشيح من أكثر الطرق استخداماً للحصول على عينات من أتربة الهواء الجوي.

الباب التاسع

التحكم فى التلوث

من الأبواب السابقة اتضح أن التلوث البيئى هو ما يطرأ على البيئة من تغيرات فيزيائية و كيميائية و بيولوجية مما يتسبب فى تأثيرات ضارة للإنسان و النبات والحيوان بل ولكل الأنشطة الحياتية و الصناعية و للمنشآت و كافة المبانى و الممتلكات و بالطبع يسبب كل هذا خسائر اقتصادية متفاوتة لذا فقد تناولت كثير من الكتب و الأبحاث اقتصاديات مكافحة التلوث أو التحكم فيه pollution control و قد تضمنت الأبواب السابقة بعض المعنيات و الوسائل الخاصة بالتحكم فى التلوث و سوف نتناول فى هذا الجزء من الكتاب باختصار النواحى الاقتصادية ولو أن التحديد الكمى لتكاليف التحكم فى التلوث يخرج عن نطاق هذا الكتاب . ويهتم علماء الاقتصاد فى الوقت الراهن بصفة خاصة بالنواحى التالية:

1-تلوث المياه.

2- تلوث الهواء.

3- إضعاف الصحة الجسمانية و العقلية للعمال وسن القوانين اللازمة لتعويضهم عن طريق التأمينات الصحية و الاجتماعية.

4- خطر التلوث على مصادر الثروة السمكية و الحيوانية المتجددة نتيجة الاستغلال التجارى لهذه المصادر.

5- إستنزاف مصادر المعادن و الطاقة غير المتجددة.

6- عوامل تعرية التربة مثل تأثير الرياح و المياه.

7- إستنزاف و إفساد نوعية المياه الجوفية.

8- البطالة.

9- إهمال الآلات و الخبرات البشرية نتيجة إدخال تقنيات جديدة.

10- الإستخدام غير الإقتصادى لوسائل النقل.

11- سرية و إزدواجية البحوث العلمية.

12- حماية براءات الإختراعات التقنية.

13- عدم الاستخدام الرشيد للتربة الزراعية.

14- ترشيد استهلاك الطاقة.

وسوف نسرد فيما يلى التكاليف الاجتماعية المترتبة على عملية واحدة و هى توليد الكهرباء بمحطة تعمل بالفحم:

1- استنزاف أحد المصادر الطبيعية للثروة (الفحم) والذى لا يمكن تعويضه.

2- إتلاف صحة عمال المناجم نتيجة إستنشاق غبار الفحم.

3- وفاة عمال المناجم نتيجة حوادث.

4- التلوث الجمالى (Aesthetic pollution) نتيجة دخان الفحم الأسود أو المناجم المكشوفة.

5- الدخان المتصاعد من حرائق الفحم تحت الأرض.

6- تعرض الأرض للهبوط نتيجة بناء الأنفاق الموصلة للمناجم.

7- تلوث المياه بمخلفات أفران الفحم أو نتيجة التآكل بمناجم الفحم.

8- تلوث الهواء بواسطة أكاسيد الكبريت و النتروجين و المواد الحبيبية نتيجة إحتراق الفحم.

9- التخلص من النفايات الصلبة نتيجة الرماد المتجمع من هذه العملية.

10- تلوث المياه بواسطة المواد الكيميائية المستخدمة فى المحطة.

11- إتلاف التربة الزراعية بواسطة خطوط السكة الحديد من المنجم إلى المحطة.

12- تلوث الجو و المياه الحرارى وما يسببه هذا التلوث من آثار إقتصادية.

13- التلوث السمعى (الضوضاء) من المحطة و من وسائل نقل الفحم و العمال إليها.

14- التلوث الكهربائى نتيجة الجهد العالى و ما قد يسببه من الإصابة بمرض السرطان .

وأعقد ما يتعرض له التحكم فى التلوث من مشاكل هو أن الشخص المتضرر أو الجماعة المتضررة منه قد لا يكونوا هم المنتفعون بالمشروع المتسبب فى التلوث فمثلاً إذا أدى مصنع ما إلى تلوث مياه نهر بمخلفات هذا المصنع و تضرر مزارع يستخدم مياه ذلك النهر بعد تلوثها أى أن مزرعته تقع فى إتجاه تيار المياه القادم من منطقة المصنع فإنه يلزم توفر قوانين لتعويض المزارع مما أصاب زراعته بسبب التلوث أو

إلزام صاحب المصنع بدفع رسوم نفايات (Effluent fees) تتناسب مع الضرر الذى يسببه الملوث . بحيث يحصل المزارع على التعويض المناسب من الجيهات المختصة.

و تتضمن تكاليف التحكم فى التلوث تكاليف إستبدال أو تعديل عمليات معينة أو تكاليف إستبدال واحد أو أكثر من الخامات المستعملة و تخفيض معدل الإنتاج بالإضافة إلى تكاليف معدات التحكم فى النفايات.

كما يمكن التحكم فى حدود ضيقة فى عوادم السيارات عن طريق تصميم محركات تتضمن أدنى مستوى ممكن من الانبعاثات الضارة فى عوادم الوقود مثل تزويد المحرك بشاحن توربين حيث يستخدم الأخير بعض غازات عادم الوقود فى توليد طاقة إضافية للمحرك مما يقلل من استهلاك الوقود و خفض إنبعاث غاز أول أكسيد الكربون السام جداً و غازات الفحوم الهيدروجينية (HC) و الجسيمات الحبيبية (particulate matter) وكما هو معروف فإن عادم السيارة يعتمد نوعاً و كماً على نوع الوقود المستخدم و يمكن أن يصل الاختلاف فى انبعاث بعض الملوثات البيئية بعادم السيارات إلى 30% أو أكثر عند تغيير الوقود ولكن فى رأينا أن أخطر ما يلوث البيئة من عوادم السيارات هو ترك عدد غير قليل من المركبات تعمل بمحركات غير صالحة و يتعين رفع مثل هذه المركبات فور المرور عن طريق جهاز خاص يراقب المركبات أثناء سيرها سواء فى الطرق العمرانية أو السريعة ومن حسن الحظ أن مثل هذه المركبات تعلن عن نفسها بما تخرجه محركاتها من أدخنة سوداء طول الوقت.

و من الواضح الآن أن التحكم فى التلوث يتطلب إصدار التشريعات و القوانين الخاصة بحماية البيئة وفى الواقع فإن ذلك يحدث بالفعل حتى قبل بداية القرن التاسع عشر مثل الأوامر التى تحرم التبول فى الأنهار و البحيرات أو إلقاء النفايات بها أما الآن فنجد أن قوانين لحماية البيئة قد وردت فى معظم دول العالم و لكن فى نصوص متناثرة إما فى تشريعات خاصة أو فى قانون العقوبات إلا أنه فى الحالة الأخيرة فإن تلك النصوص لم تكن مباشرة أى لم تكن تحت مسمى حماية البيئة من التلوث و إنما تستشف من بين السطور علاوة على أن عقوبة المخالفين للقوانين غير رادعة على الإطلاق . وقد أورد المرجع رقم 39 لعبد التواب و عبد التواب الابن التفاصيل الكاملة لجرائم التلوث من الناحيتين القانونية و الفنية كما عنى المرجع الأخير من هذا الكتاب

لسالم و عبدالمنعم بحسابات قيمة للنواحى الإقتصادية المترتبة على التلوث البيئى و تفاصيل مفيدة للتحكم فى التلوث الصناعى .

المراجع :

- **كيمياء و فيزياء الملوثات البيئية**

(دكتور/ عاطف عليان – دكتور/ عوض الحصادي – دكتور/ فتحي شاكر الأشهب)

- **كيمياء البيئة**

(كيميائي / محمد اسماعيل عمر)

- **تلوث البيئة و المبيدات**

(أ.د/ سامية القباني – أ.د/ عصام الدين عبد الؤوف – أ.د/ إيمان سعيد حسن سويلم)