

## نبذة تاريخية عن الاهتمامات الدولية بمشكلة التلوث:

من خلال التطور الحضاري والتاريخي للإنسان ولما توصل إليه من تطور واستغلاله لمختلف الموارد البيئية والثروات الطبيعية الموجودة فيه، وكما هو معلوم فإنه في العصور السابقة كان استغلال الإنسان لهذه الثروات محدوداً وبالتالي كان تأثيره في البيئة محدوداً، أما في العصر الحديث فقد ازداد استغلال الإنسان لما في الطبيعة من ثروات أدت إلى ظهور التلوث البيئي والذي أصبح معضلة تعاني منها العديد من شعوب العالم، فظهر ما يسمى بالتدهور البيئي والذي كان نتيجة حتمية للتطورات الصناعية والتكنولوجية، الأمر الذي أوجد العديد من المشاكل البيئية التي تتطلب زيادة الاهتمام بالقضايا البيئية وعلى كافة المستويات لإيجاد حلول كفيلة لحل هذه المشكلة.

وبتطور الحياة في المجتمعات فإن الوضع قد تغير مع دخول الثورة الصناعية ودخول الإنسان عصر التطور العلمي والتكنولوجي الكبير في مختلف نواحي الحياة، فإن التأثيرات السلبية للتنمية الصناعية والحضرية وسوء استغلال الموارد الطبيعية قد أصبحت ظاهرة أدت إلى تدهور مختلف العناصر البيئية من ماء وهواء وتربة. فالبيئة لم تعد قادرة على تجديد مواردها الطبيعية مما أدى إلى الاختلال في التوازن لمختلف عناصر البيئة، مما دفع العديد من العلماء والمهتمين بعمل كل ما يلزم لوقف التدهور البيئي أو التقليل منه، كما ظهرت العديد من القوانين والتشريعات للحد من آثار هذه الظاهرة الخطيرة.

وعرف القانون الدولي للبيئة بداية السبعينات تطوراً ملحوظاً لمسايرة مختلف الأخطار البيئية، بعدما كان مجرد قواعد في حالات الاستعجال لمواجهة الكوارث، دخل مرحلة جديدة إذ أصبح قانوناً موجهاً أيضاً نحو المستقبل في إطار التنمية المستدامة، وفي هذا السياق ظهر مبدأ الحيطة والحذر والذي بموجبه يجب على الدول اتخاذ التدابير اللازمة لاستدراك تدهور البيئة، حتى في غياب اليقين العلمي القاطع حول الآثار الناجمة عن الأنشطة المزمع القيام بها، فالضرر الذي يسعى مبدأ الحيطة والحذر إلى منع وقوعه هو ضرر يستعصي على المعرفة العلمية المتاحة أن تؤكد وقوعه أو تحدد آثاره ونتائجه على البيئة إذا ما وقع، أي يكون هناك عدم وجود يقين علمي فيما يتعلق بماهية الضرر.

لقد رافقت الزيادة المتصاعدة في تلوث اليابسة والمياه تلوث الهواء أيضاً ويعود الأخير إلى اعتماد الإنسان إلى حرق الخشب لأغراض التدفئة والطبخ وبعد إكتشاف الفحم الحجري وإستخدامه للوقود التأثير المزعج في أجواء لندن في القرن الثالث عشر ولذلك وضع القانون الأول لمنع إستخدام الفحم لأغراض التدفئة المنزلية وذلك في عام 1273 ميلادية ، إن مخاطر التلوث بالدخان معروف منذ أكثر من 700 سنة غير إن مشاكل التلوث بالدخان إستمرت وتفاقت وخاصة في القرنين السادس عشر والسابع عشر فقد حصلت زيادة كبيرة في تلوث الهواء بسبب كثرة إستخدام الفحم في الصناعات المتطورة

فقد أنشأت بلدان كثيرة إدارات أو وكالات حكومية لتزويد صانعي القرار بالمعلومات المناسبة اللازمة لوضع سياسات فعالة لحماية وتحسين نوعية البيئة عن طريق منع التلوث البيئي ومكافحته والحد منه. وفي عام 1972 أنشأت الأمم المتحدة برنامج الأمم المتحدة للبيئة ومقره في نيروبي، كينيا. وفي عام 1991 أنشأ الاتحاد الأوروبي الوكالة الأوروبية للبيئة في كوبنهاغن، الدانمارك. وعلى الرغم من تحقيق الكثير من أجل الحد من التلوث البيئي والتحكم فيه في العالم الغربي، فقد أظهر تقييم الأمم المتحدة للنظم الإيكولوجية للألفية 2005 أنه يلزم على الصعيد العالمي إجراء تغييرات كبيرة للتخفيف من الآثار السلبية للضغط المتزايد على النظم الإيكولوجية، ولكن هذا لا يحدث حالياً.

وقد صادق العراق على اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية لتغير المناخ في 28 تموز/ يوليو 2009، واتفاقية بروتوكول كيوتو KP في 26 تشرين الأول / أكتوبر 2009، كما صادق على اتفاقية التصحر للمنظمة القانونية الاستشارية لآسيا وإفريقيا UNCCD، في 28 أيار / مايو 2010.

لم تساهم القوانين الصادرة قبل عام 1970 ميلادي بشكل جدي في السيطرة أو التقليل من التلوث لأن الإستجابة لهذه القوانين كانت تعتمد على رد فعل الأشخاص المعنيين أو تأثيرات بعض الحوادث الناتجة بسبب التلوث .

خلال السبعينات تغير الإتجاه العام نحو التلوث فقد أصدرت الحكومات العديد من اللوائح القانونية بهدف السيطرة والحد من التلوث حيث أخذت المشكلة إطارها الأكثر تكاملاً ويبدو ذلك واضحاً من خلال القوانين التي صدرت عام 1974 ميلادي بهدف السيطرة على التلوث حيث شملت هذه القوانين ولأول مرة نواحي البيئة المختلفة كالماء والهواء واليابسة والضوضاء إضافة الى الخطوات التي أتخذت بشأن إعادة تنظيم المياه العامة ومياه المجاري وتصريف مياه الفضلات حيث تعتبر هذه الأمور بالغة الأهمية بالنسبة للمؤسسات المسؤولة عن تصفية وتجهيز المياه ، ويجب أن تتخذ المنشآت الصناعية موقفاً أكثر مسؤولاً تجاه معالجة فضلاتهم وعلى أسلوب تصريف الفضلات المقبول لدى مؤسسات الإسالة وأخيراً فإن إستمرار مناقشة مشكلات التلوث في الصحف المحلية والإذاعات وجميع وسائل الأعلام الأخرى سيكون ذات تأثير بنّاء في خلق الوعي المسؤول لدى المواطنين وليكونوا على بيّنة من أبعاد هذه المشكلة.

## المفاهيم العامة للتلوث: Pollution in general terms

يمكن تعريف التلوث بطرق مختلفة فيعرفه البعض بمتابعة تلوث البيئة الناجم عن بعض الحوادث التي سببها فضلات الإنسان المختلفة ، ويعرفه البعض الآخر بمتابعة الموضع غير الصحيح للمواد أو أي شيء يطرح للبيئة مسبباً إنحطاطاً في الخصائص البيئية.

هنالك تعاريف أخرى لمصطلح التلوث أكثر علمية ودقة وموضوعية ولعل من أهمها ماوصفه T. J. McLoughlin الذي عرف التلوث بمتابعة الفضلات التي يطرحها الإنسان الى البيئة المحيطة به والتي تسبب أذى للإنسان ومايحيط به بشكل مباشر أو غير مباشر ، وعرف آخرون المادة الملوثة هي المادة التي تغير البيئة عكسياً إما بتغيير سرعة نمو بعض الأصناف الحية أو تتداخل مع سلسلة الغذاء أو أن تكون مادة سامة أو تؤثر على الصحة والراحة واللياقة وغير ذلك.

لوحظ أن بعض الخبراء يميزون بين التلوث pollution والتلوث contamination. فهم يستخدمون مصطلح التلوث contamination في الحالات التي يكون فيها الملوث موجوداً في البيئة، ولكن لا يسبب أي ضرر، في حين أنهم يستخدمون مصطلح التلوث pollution في الحالات التي تكون فيها الآثار الضارة واضحة. ومع ذلك، فإن التمييز بين التلوث contamination والتلوث pollution قد لا يكون واضحاً، لأن الآثار الضارة قد تكون موجودة ولكن غير مرصودة.

تدخل المادة الملوثة البيئة عن طريق المجاري أو الفضلات الأخرى أو بسبب بعض الحوادث كالحرائق والإنفجارات أو كنواتج عرضية لبعض العمليات الصناعية أو من خلال بعض الفعاليات الأخرى للإنسان وأحياناً يكون التلوث ببيئة تأثيرات غير مادية مثل الطاقة الحرارية أو الطاقة الإهتزازية حيث ينطبق على هذه التأثيرات أوصاف المادة الملوثة لكونها تؤثر على خصائص البيئة وتسبب إنحطاطاً في خصائص البيئة

ويمكن تلخيص التأثيرات المختلفة التي قد تسببها المواد الملوثة بالنقاط الآتية:

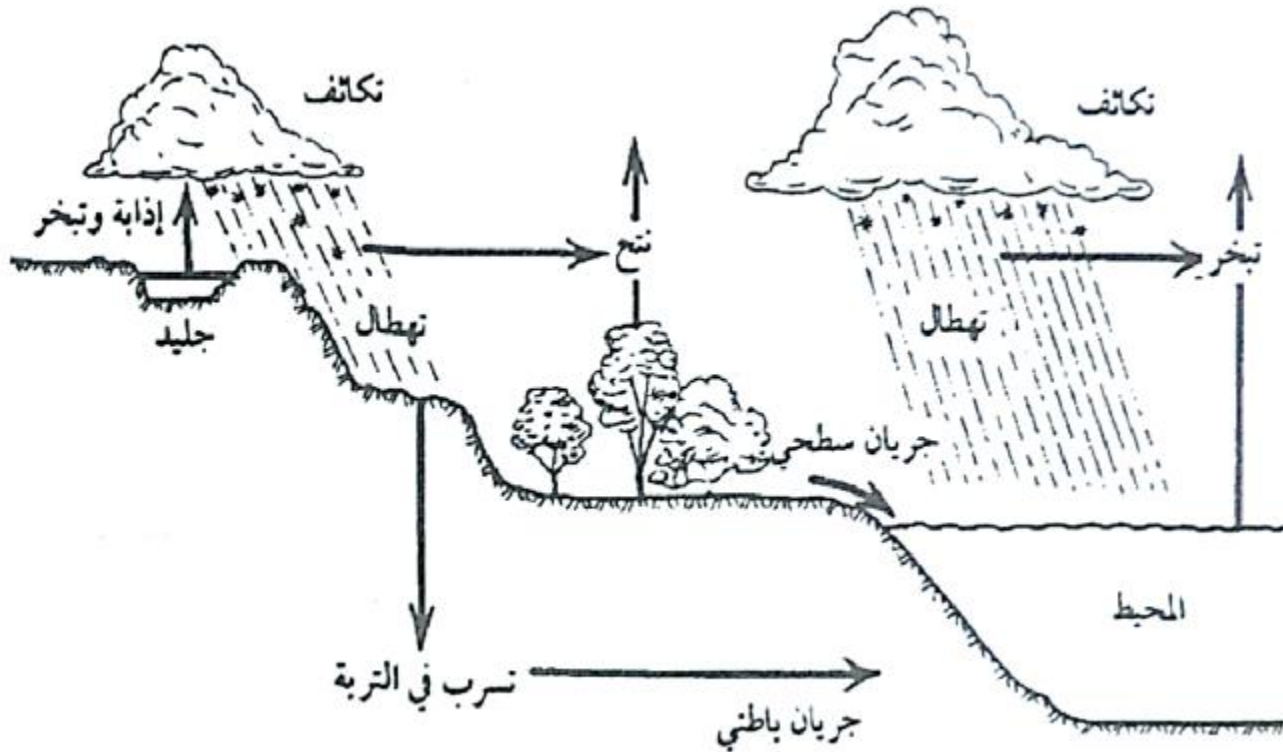
1. تؤثر على صحة الإنسان مثل بعض المواد الكيماوية الموجودة في الهواء والغذاء والماء أو ببيئة نشاط إشعاعي
2. تؤثر في البيئة الطبيعية وعلى نمو النباتات والحيوانات والزراعة والتربة والماء
3. تضر بالنواحي الجمالية للطبيعة مثل الدخان والأبخرة الكيماوية والغبار والضوضاء والفضلات الصلبة التي تلقى في البيئة
4. الضرر الناجم عن تأثيرات التلوث البعيدة المدى والتي لا يمكن ملاحظتها أنياً وخاصة نسب التلوث الواطئة التي يمتصها الجسم عبر فترة زمنية طويلة مثل تأثير المواد السرطانية والمواد المشعة والتعرض للضوضاء

## المقومات الأساسية للطبيعة والتوازن الطبيعي:

تعرف البيئة بمفهومها العام بالمحيط الحيوي biosphere والتي تشمل على القشرة الأرضية والجو المحيط بها أي كافة أنواع الأحياء الموجودة ضمن مدى 600 متر فوق سطح البحر و10000 متر تحت مستوى سطح البحر. إن المحيط الحيوي كبير ومعقد جداً لذلك يقسم عادة على وحدات أصغر تبعاً للعلاقة بين الكائنات الحية المختلفة والنظم البيئية ، ويمكن أن تكون هذه النظم البيئية حيوانية أو نباتية أو كائنات دقيقة التي تعيش في هذا المدى ويشمل المحيط الحيوي على العوامل الفيزيائية الموجودة ومن الأمثلة على النظم البيئية التربة والماء والهواء. يوجد في النظام البيئي الواحد كالنهر مثلاً علاقة ديناميكية بين الأحياء والبيئة الفيزيائية المحيطة بها ويعبر عن هذه العلاقات بدلالة دورات الطبيعة والتي تشمل على إستمرارية تدوير أحد المكونات الأساسية والضرورية للحياة وتعمل هذه الدورات عادة في البيئة الطبيعية غير الملوثة بشكل متوازن مقرونة ببعض التغيرات الطفيفة وعند غياب هذا التوازن الطبيعي تختل عندئذ العديد من العمليات المسؤولة عن إستمرارية الحياة وبذلك يكون نظام التعايش غير مستقر ، عالية تساهم العمليات المتوازنة في الدورات الطبيعية وأنظمة التعايش بقدر أو بآخر في إستقرار المحيط الحيوي بكامله والذي يعتبر أساساً لديمومة وجود الحياة على سطح الأرض. من المهم جداً فهم العمليات الجارية في مختلف أنظمة المعيشة عند دراسة التأثيرات القصيرة المدى أو البعيدة المدى للتلوث وتتضمن التأثيرات العامة للتلوث على نظام التعايش تغيير التوازن الطبيعي الموجود في الدورات الطبيعية وهذا الأمر واضح جداً مع الدورات الطبيعية التي تحدث في الماء والجو وعلى اليابسة.

دورة المياه في الطبيعة:

إن دورة المياه في الطبيعة هي دورة طبيعية مستمرة يجري من خلالها تبادل المياه بين الجو واليابسة والبحر وبين مختلف النباتات والحيوانات والمنشآت الصناعية والتي يمكن توضيحها كما مبين في الشكل أدناه:



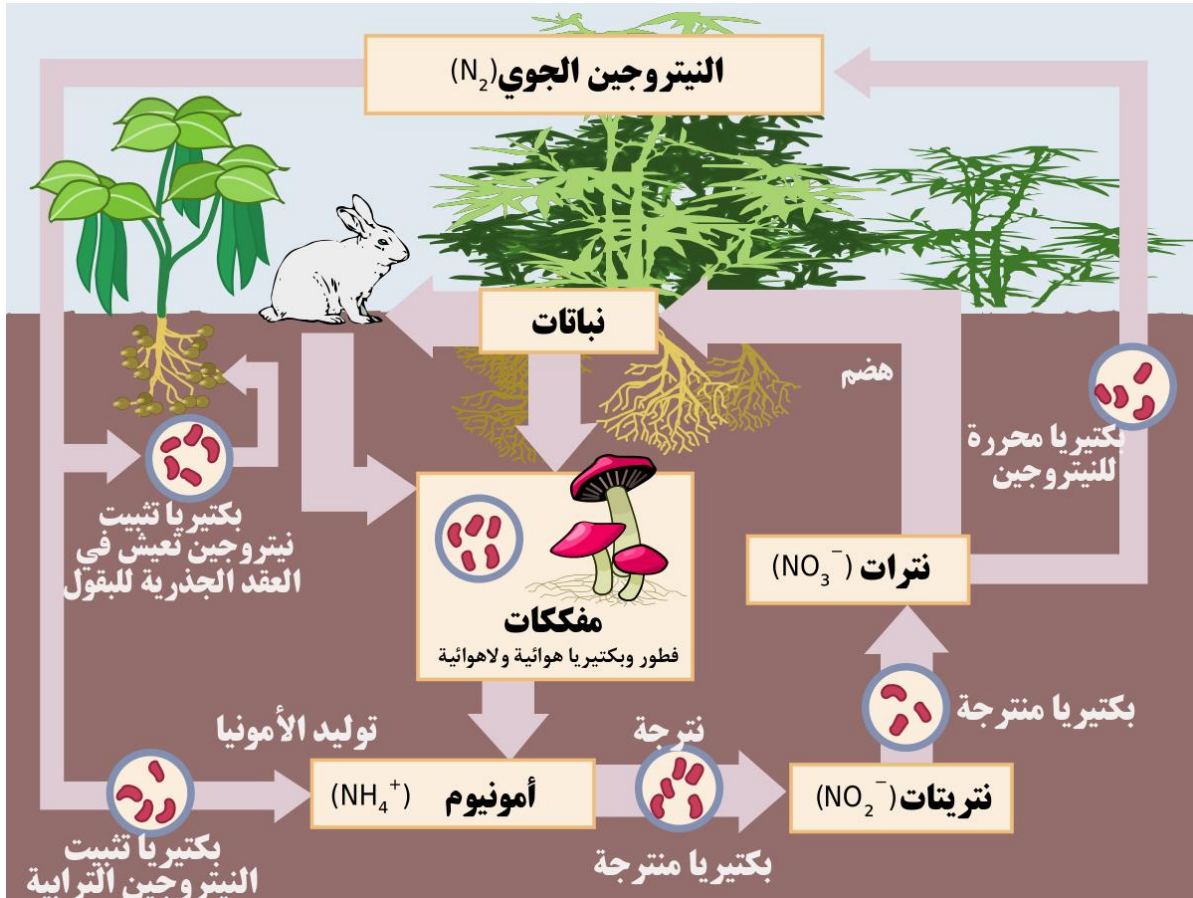
حيث تسقط المياه على الأرض والبحار بشكل أمطار وثلوج وتسير المياه الجارية على سطح الأرض بهيئة سيول أو تتسرب إلى باطن الأرض بشكل مياه جوفية حيث يوجد الماء في باطن الأرض عند مستويات محددة لذلك تكون الطبقات الأرضية التي تقع دون مستوى المياه الجوفية مشبعة المياه لذلك تبقى المياه مخزونة تحت سطح الأرض بهيئة مياه جوفية فوق الطبقات الأرضية الطينية أو الصخرية التي تمنع تسربها.

يعتمد عمق المياه الجوفية عن سطح الأرض على طبيعة التربة والطبقات الأخرى التي تحتها ، لا يبقى تحت سطح الأرض مستقراً بل ينساب في مختلف الاتجاهات ويمكن أن يرتفع إلى الأعلى حسب الخاصية الشعرية حيث تعتبر هذه الطريقة مصدر مستمر لتجهيز الطبقات الأرضية العليا بالمياه التي تمتصها النباتات عن طريق جذورها وخاصة عند عدم وجود الأمطار.

يلاحظ إن دورة المياه في الطبيعة تتألف من عدة عمليات مستمرة كالتبخّر والنتح والتكثيف وسقوط الأمطار وإنسياب المياه على سطح الأرض أو تحت سطح الأرض.

دورة النروجين في الطبيعة:

يعتبر وجود النروجين ومركباته في المحيط الحيوي أساساً لديمومة الحياة حيث يتم تبادل النروجين خلال نظام التعايش ويمكن توضيح دورة النروجين في الطبيعة كما في الشكل أدناه:



وتنتج النباتات والحيوانات البروتينات بشكل مستمر والتي تعتبر من المركبات العضوية التي تحتوي على النروجين وتمتص النباتات النروجين من التربة بشكل نترات لتحويلها الى بروتينات وتحصل الحيوانات على البروتين اللازم عن طريق إعتداد تغذيتها على النباتات وعند موت الحيوانات فإنها تتفسخ بفعل بعض الكائنات الحية الدقيقة والتي تحول بقايا المواد العضوية وترجعها الى التربة ثانية. وتوجد في التربة الأحياء الدقيقة كالبكتيريا التي تعتمد على مركبات النروجين في فعاليتها الحيوية حيث تحولها الى مركبات نروجينية وسطية كالأمونيا والنترات وثم النترات التي تمتص ثانية من قبل النباتات وتكرر بذلك دورة النروجين مره أخرى أي ان هنالك تبادل مستمر للنروجين بين هذه الدورة والجو وتقوم بعض الكائنات الحية الدقيقة بتحليل النترات الموجودة في التربة وتحويلها الى النروجين وتقوم بعض الأنواع الأخرى بتحويل النروجين الى مركبات نروجينية ذائبة بمعدل يتراوح 0.105-

0.097 طن /هكتار في السنة

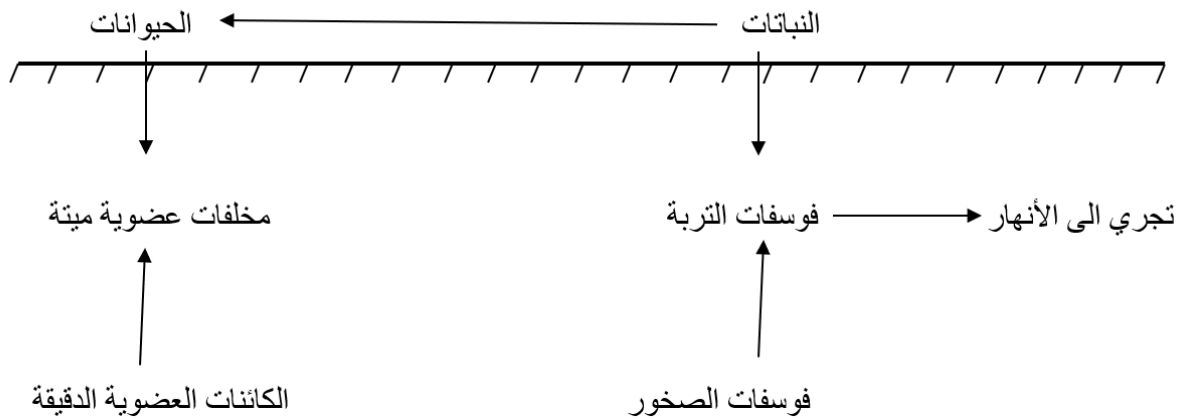
Dr. Baqer Al-Kayyahi

## دورة الفوسفات في الطبيعة:

تحتاج النباتات والحيوانات الى المركبات الفوسفاتية بشكل مستمر لأن مركبات الفوسفات العضوية أساسية في عمليات إنقسام الخلايا وخاصة في إنتاج المادة النووية DNA و RNA ، والفوسفات ضروري لعمليات النمو ولحماية عظام وأسنان الحيوانات وتتضمن سلسلة تغذية النباتات والحيوانات على عمليات الأيض (تكوين البروتوبلازم) والمحركة للطاقة والناجمة من سلسلة من التفاعلات الكيمياوية بواسطة مادة ثلاثي فوسفات الاديوسين ATP .

تمتص النباتات أملاح الفوسفات اللاعضوية من التربة ثم تحولها الى الفوسفات العضوية أما الحيوانات فأنها تحصل على مادة الفوسفات المهمة نتيجة لتغذيتها على النباتات وتعتبر الصخور الفوسفاتية والتربة المصدران الرئيسيان للفوسفات وتوجد الفوسفات بشكلها الذائب أو غير الذائب أو بشكل المستقر ، تعود الفوسفات الممتصة من التربة اليها ثانيةً عن طريق المخلفات النباتية والحيوانية العضوية حيث يتم تحويلها الى مركبات عضوية فوسفاتية و سطية بتأثير بعض الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة .

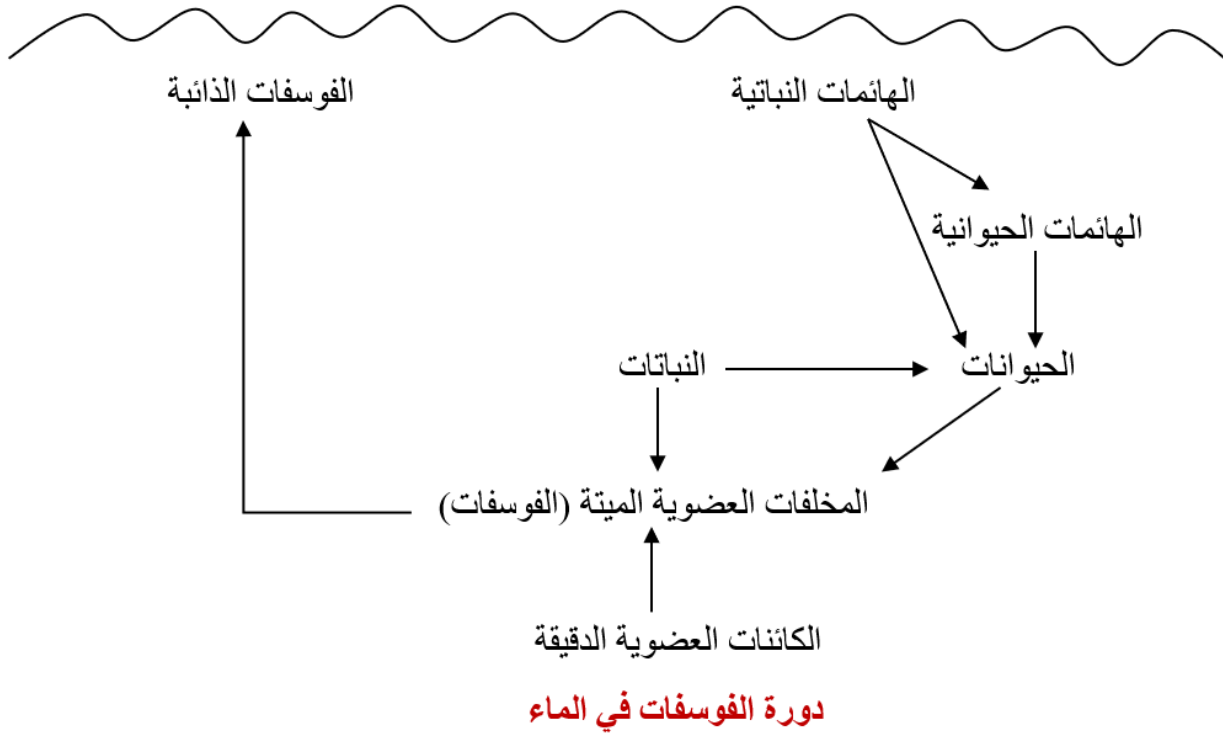
يتم تثبيت معظم الفوسفات في التربة أو تمتز على سطح دقائق التربة غير إن جزء من فوسفات التربة يفقد أثناء عمليات السقي والبزل كما موضح في الشكل أدناه:



## دورة الفوسفات في الطبيعة (على الأرض)

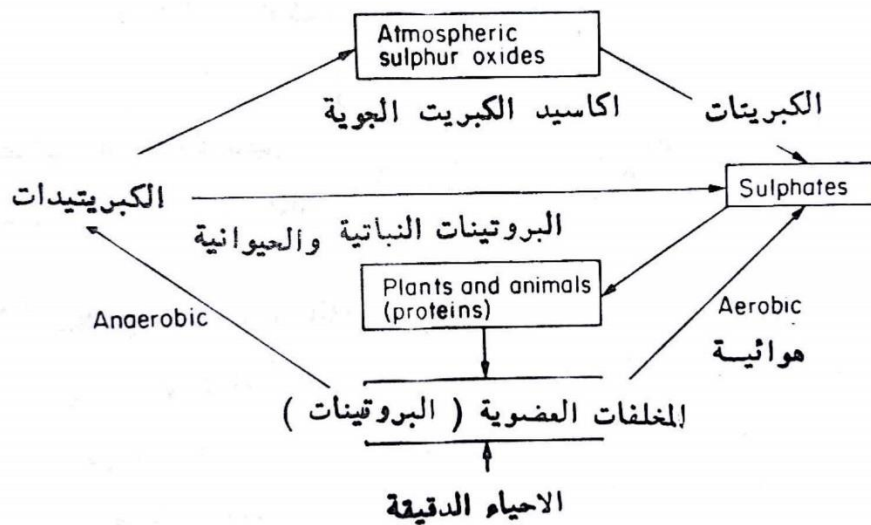
في المياه النقية وتقوم الطحالب الطافية على سطح الماء بامتصاص الفوسفات اللاعضوي الذائب بسرعة كبيرة وتحولها الى مركبات الفوسفات العضوية وتعتبر الطحالب غذاء للحيوانات الصغيرة في المياه والتي تعتمد عليها الحيوانات الأرقى في السلم الغذائي وعند موت هذه الكائنات الحية الحيوانية تتحلل مخلفاتها العضوية بواسطة بعض الكائنات الدقيقة وبذلك تتحرر الفوسفات ثانيةً الى المياه لكي يتم تدويرها كما هو مبين في الشكل أدناه:

## المخلفات المطروحة الى الأنهار



## دورة الكبريت في الطبيعة:

تحتاج الحيوانات والنباتات الى الكبريت ومركباته بشكل مستمر بهدف إنتاج بعض الحوامض الأمينية والبروتينات ، يتم تبادل الكبريت عن طريق نظام التعايش من خلال فعاليات بعض أنواع البكتريا تعرف ببكتريا الكبريت وتشمل دورة الكبريت في الطبيعة على تداور الكبريت ومركباته بين مكونات البيئة كما في الشكل أدناه:





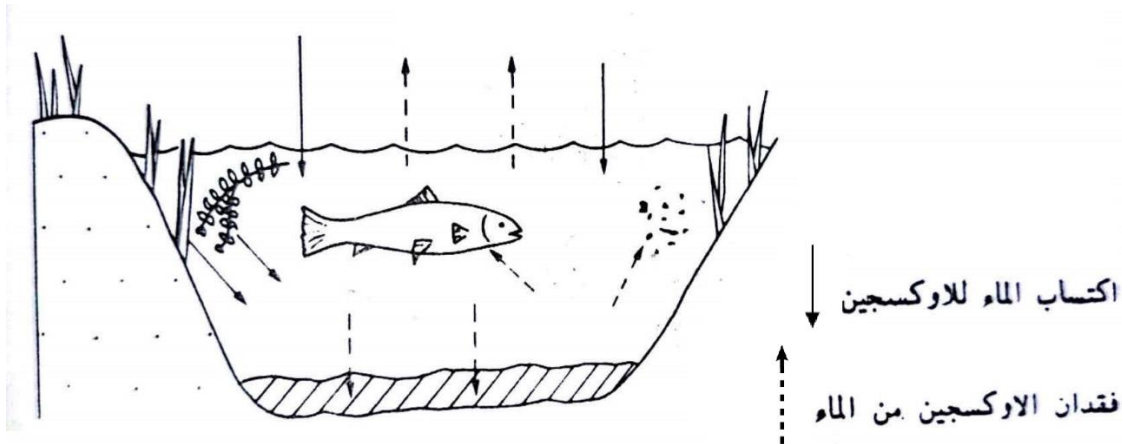
نلاحظ في النصف الأعلى من المخطط عملية أكسدة الكبريت ويوضح الجزء الأسفل إنتقال الكبريتات الى البروتين الخلوي في النباتات والحيوانات وعند تفسخ الحيوانات والنباتات الميتة بفعل البكتريا الكبريتية يتحرر الكبريت ومركباته الى البيئة ثانيةً .

في المياه الشديدة التلوث تكون هنالك ظروف غير هوائية أي لا يوجد هنالك أوكسجين مذاب في الماء عندئذ يؤدي التحلل البكتيري الى تكوين كبريتيد الهيدروجين وترسبات من كبريتيد الحديد السوداء. أما في المياه غير الملوثة أو قليلة التلوث تكون الظروف هوائية أو أوكسجينية عندئذ تقوم البكتريا الكبريتية بتحول الكبريتيدات الى الكبريتات والتي تستغل في إنتاج وتكون المزيد من البروتينات.

### دورة الأوكسجين في الطبيعة:

يعتبر الأوكسجين أحد المكونات الرئيسية لجميع الكائنات الحية لذا يكون الحصول على الأوكسجين بنسب كافية أساساً لديمومة الحياة في المحيط الجوي وتحتاج أغلب الحيوانات والنباتات والإنسان الى الأوكسجين في التنفس لغرض القيام بعمليات الأكسدة الأنزيمية للمركبات العضوية الموجودة في الغذاء والتي تعتبر أساساً للنمو وجميع الفعاليات الحيوية الأخرى.

تقوم النباتات في أثناء النهار بالعملات الكيمياوية الحياتية والمتضمنة على صنع الغذاء بواسطة التخليق الضوئي Photosynthesis لتكوين الكربوهيدرات محررة بذلك الأوكسجين . تشمل دورة الأوكسجين في الطبيعة على إمتصاص الأوكسجين من الجو في عملية التنفس الهوائي وفقدانه الى الجو بعملية التركيب الضوئي وهنالك تبادل مستمر بين الأوكسجين الجوي وكافة المسطحات المائية على الأرض، كما في الشكل أدناه:



تكون كمية الأوكسجين الكلية في المحيط الجوي ثابتة نسبياً وبذلك دورة الأوكسجين في الطبيعة مستقرة، غير أن التلوث يؤثر في إنخفاض نسبة الأوكسجين المذابة في الماء.

## درجات التلوث البيئي:

حدد علماء البيئة ثلاث درجات للتلوث البيئي وهي :

1. **التلوث المقبول The acceptable pollution** :- وهي درجة من درجات التلوث التي لايتاثر بها التوازن البيئي ولا يكون مصحوب باي اخطار او مشاكل بيئية رئيسية حيث لا تكاد تخلو منطقة من مناطق الكرة الارضية من هذه الدرجة من التلوث نظرا لسهولة نقل التلوث بانواعه المختلفة من مكان الى اخر سواء كان بواسطة العوامل المناخية او البشرية او عوامل اخرى.
2. **التلوث الخطر The risk pollution**:- وهذه الدرجة من التلوث تعاني منها كثير من الدول الصناعية ويعود بالدرجة الاولى الى التلوث الصناعي وزيادة النشاط التعدين والاعتماد بشكل رئيسي على الفحم والبتروكيمياويات كمصدر للطاقة وهذه المرحلة تعد مرحلة متقدمة من مراحل التلوث حيث ان كمية ونوعية الملوثات تتعدى الحد المسموح بها حيث يبدأ معه التأثير السلبي على العناصر البيئية الطبيعية والبشرية كما وتتطلب هذه المرحلة اجراءات سريعة للحد من التأثيرات السلبية ويتم ذلك عن طريق معالجة التلوث الصناعي باستخدام وسائل تكنولوجية حديثة كانشاء وحدات معالجة كفيلة بتخفيض نسبة الملوثات لتصل الى الحد المسموح به دوليا او عن طريق سن قوانين وتشريعات وضرائب على المصانع التي تساهم في زيادة نسبة التلوث .
3. **التلوث المدمر The devastating pollution** :- وتمثل هذه الدرجة المرحلة التي ينهار فيها النظام البيئي ويصبح غير قادر على اعادة التوازن نظراً لاختلاف مستوى الاتزان بشكل جذري ولعل حادثة تشيرنوبل التي وقعت في المفاعلات النووية في الاتحاد السوفيتي سابقا خير مثال لهذا النوع من التلوث حيث ان النظام البيئي انهار كلياً ويحتاج الى سنوات طويلة لاعادة اتزانة بواسطة تدخل العنصر البشري وبتكلفة اقتصادية باهضة .

## طبيعة الملوثات :Nature of the pollutants

تشمل الملوثات مدى واسع من المواد فقد تكون ملوثات طبيعية كبعض الاشعاعات او قد تكون مواد مصنعة من قبل الانسان في بعض الاحيان وقد تكون ضرورية لحياة الكائنات الحية كالحديد والنحاس والزنك ولكنها قد تكون ذات سمية عالية عند وجودها بكميات عالية و تراكيز عالية ولأجل دراسة هذه المواد والتعرف عليها علينا الاخذ بالاعتبار المواصفات التالية :-

1. **تركيبها الكيماوي Chemical composition** ويمكن تقسيمها الى نوعين :  
 - مواد عضوية Organic materials مثل المبيدات الحشرية DDT--والالدرين والكلوردين الغنية بالكربون والملاثيون والبراثيوم الغنية بالفسفور ... الخ ب - مواد غير عضوية Inorganic materials قد تكون على هيئة ايونات

كالفوسفات، النترات، النحاس، الخارصين، الحديد او على هيئة غير ايونية كالعناصر الثقيلة كالرصاص، الكاديوم، الزئبق والزرنيخ والنحاس

2. درجة تحللها **The degree of degradation** وتقسم الى نوعين :

أ- مواد قابلة للتحلل Biodegradable materials وهي المواد التي يمكن تحللها في البيئة من قبل المحلات كالبكتريا والفطريات وتكون هذه المواد اقل خطورة في تلوث البيئة حيث ممكن ان تتحلل تحللا كاملا مما يؤدي الى زوال تأثيرها السلبي .

ب- مواد غير قابلة للتحلل NON-Biodegradable materials وتشمل المواد الكيماوية والصناعية ذات التأثير التراكمي في البيئة والتي لا يمكن تحللها كالمبيدات الحشرية ومبيدات الفطريات ومواد البلاستيك والنايلون وبعض المنظفات ... الخ ، ذكرت وكالة euro news على صفحتها على الانترنت عام 2010 -قامت ايطاليا بحضر استخدام اكياس النايلون اعتبارا من 1/ك 2/2011 والتي تحتاج الى فترات طويلة للتحلل فضلا عن خطوراته على البيئة حيث ان كل سنة يستخدم كل فرد ايطالي 400 كيس بلاستيكي وان احدى المؤسسات الايطالية المدافعة عن البيئة تقول ان الايطاليين يستخدمون نحو 20مليار كيس بلاستيكي سنويا كذلك فرضت ايرلندا ضريبة على استخدام اكياس النايلون قدرها 15 سنت في العام 2002 وهو ما خفض استخدام تلك اكياس بنسبة 90 بالمئة .

3. درجة سميتها **The degree of toxicity** :وتتفاوت المواد السمية في تأثيرها على وفق تركيبها وتركيزها المؤثر ويقصد بها هي تلك المواد التي تسبب عرقلة وايقاف الفعاليات الايضية من خلال التأثير المباشر والفعال على الفعاليات الفسيولوجية للكائن الحي وقد تؤدي الى موت الكائن . الملوثات يمكن ان تنتقل لمسافات بعيدة حيث توجد امثلة كثيرة تشير الى ان العديد من انواع الملوثات يمكن ان تنتزع فوق جميع مناطق الكرة الارضية خلال فترة قصيرة نسبيا كالنشاط الاشعاعي من التجارب النووية الجوية حيث يمكن اكتشافه في كل مكان من العالم ضمن ايام او اسابيع —وهناك مثال اخر هو التوزيع العالمي للهيدروكربونات الكلورة مثل مبيد DDT—فهذه الهيدروكربونات تنتوع بشكل اوسع في كل مكان من انظمة البيئة البحرية -فقد وجدت متبقيات ل DDT في اجسام الدب القطبي في القارة القطبية الجنوبية .

## مصادر التلوث Sources of pollution

هنالك مصدرين رئيسيين للتلوث البيئي هما :

1. المصادر الطبيعية **Natural sources** / الطبيعة عرضة الى التغير المستمر بسبب العوامل المناخية كالرياح والامطار والسيول وحرائق الغابات وثورات البراكين والزلازل والمد والجزر وما تفرزه من ملوثات اهمها :-

• الدقائق الصغيرة في الهواء small particles in the air

• المواد العالقة في الماء suspended matter in the water

• تعرية التربة soil erosion

• زيادة تركيز الاملاح في المياه والتربة

• الغازات السامة المنبعثة من البراكين والعيون المعدنية

2. **Sources of pollution that result from human activities** مصادر التلوث التي تنتج من انشطة الانسان

وهي مصادر التلوث الاكثر خطورة حيث يزداد تاثيرها يوما بعد يوم كلما ازداد تقدم الانسان العلمي والتكنولوجي ويشمل مجالات متعددة:-

• المخلفات الصناعية **Industrial waste** كمخلفات الصناعات الكيماوية كصناعة الاسمدة ، النفط ، المطاط، الورق، صناعة الحديد ، الكبريت، الفوسفات ، اسخراج المعادن.

• المخلفات المنزلية **Household waste** وتشمل المخلفات الناجمة عن النشاطات المنزلية والمنظفات ومخلفات الوقود المنزلي

• المخلفات الزراعية **Agricultural waste** وتشمل بقايا المحاصيل والمخلفات الحيوانية والاسمدة الكيماوية والمبيدات ومخلفات المجازر

• مخلفات المركبات **Wastes of vehicles** ينتج عن عوادم السيارات ملوثات الرصاص واول اوكسيد الكبر واكاسيد النتروجين والهيدروكاربونات

• الضوضاء **Noise** والتي تؤثر على التركيز الفكري وتجعل الانسان سريع الغضب وقد تؤدي الى الاصابة بالقرحة اما الشديد منه فقد يؤدي الى الصمم

• المواد المشعة **Radioactive materials** / كالمواد الناتجة من المفاعلات النووية والانفجارات النووية

## تلوث الهواء

**تعريف تلوث الهواء:** هو الزيادة في تراكيز المواد الغريبة عن النسبة الطبيعية والتي تؤثر سلباً على نقائه، وتلحق أضراراً بصحة البيئة، أو التربة، أو النبات، أو الإنسان، أو الحيوان مهما اختلف نوعها أو تركيزها

## مصادر تلوث الهواء:

## أ- مصادر طبيعية

- 1- الغبار والأترربة: تعتبر الغبار والأترربة من أكثر الملوثات شيوعاً، وهي المسؤولة الأولى عن وجود جسيمات في الهواء، علماً أنّ مصدر هذا الغبار يكون من البناء، ومن قيادة السيارات على الطرق غير المعبّدة أو المعبّدة، أو بسبب تساقط الأترربة عن النيازك والشهب نحو طبقات الجو السطحية.
- 2- الحرائق: تعتبر الحرائق مصدراً أساسياً لمعظم الملوثات، سواء أكانت هذه الحرائق طبيعية نتيجة الارتفاع الشديد في درجة الحرارة، أم بسبب الممارسات الخاطئة في الزراعة، الأمر الذي يؤثر على توازن النظام البيئي، حيث تساهم هذه الحرائق في تدمير الحياة البرية، كما تزيد من حدوث تلوث في الهواء.
- 3- الزراعة: تؤدي الزراعة إلى دخول مركبات عضوية متطايرة في الغلاف الجوي، ومن هذه المركبات الغبار الناتج عن المخلفات الحيوانية، وعن استعمال الأسمدة، والمبيدات الحشرية الضارة، إضافةً إلى حبوب اللقاح المسؤولة عن تكاثر النبات، الأمر الذي يؤدي إلى تلوث الهواء، والتأثير على تركيبته الطبيعية.
- 4- البراكين: وذلك بتصاعد العديد من الغازات من البراكين المضطربة، مثل: غازات ثاني أكسيد الكبريت، وكلوريد الهيدروجين، وفلوريد الهيدروجين.
- 5- السحب الرعدية: وذلك بسبب التفريغ الكهربائي لهذه السحب، إذ ينتج عنه تصاعد لأكاسيد النيتروجين في الهواء.
- 6- الغاز الطبيعي: يؤدي انتزاع الغاز الطبيعي من باطن الأرض إلى تصاعد كبريتيد الهيدروجين في الهواء، وبالتالي تلوثه. الرياح والعواصف: تؤدي العواصف، والرياح، والمنخفضات الجوية إلى انتشار الأملاح في الهواء وبالتالي تلوثه.
- 7- غاز الأوزون: ويعتبر هذا الغاز طبيعياً، ويتخلق في الهواء الجوي بشكلٍ ضوئي، ويسبب تلوثاً في الهواء.
- 8- البكتيريا والفطريات والميكروبات: حيث تنتشر هذه الكائنات في الهواء، مهما اختلف مصدر تواجدتها، سواء أكانت من التربة، أم من الفضلات الأدمية، أم من تعفن الطيور والحيوانات الميتة.

## المحاضرة الثانية ————— كيمياء التلوث الصناعي (ك451)

9-المواد ذات النشاط الإشعاعي: وهي المواد الموجودة في صخور القشرة الأرضية، أو الناتجة من تأين بعض الغازات نتيجة الأشعة الكونية.

ب- مصادر غير طبيعية :

1- عوادم السيارات

تُطلق السيارات مجموعةً من المواد الملوثة للهواء، ومن أبرزها ما يأتي:

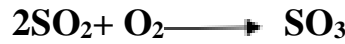
- أول أكسيد الكربون: يُشكّل مُركّب أول أكسيد الكربون تهديداً لصحة الإنسان، وذلك لقدرته على التأثير بصورة سلبية على الدورة الدموية في الجسم.
  - أكاسيد النيتروجين: وتتضمّن أول أكسيد النيتروجين، وثاني أكسيد النيتروجين، وهناك العديد من الأضرار البيئية لوجود هذين المُركّبين في الجو، كإنتاج الأوزون، والمُساهمة في تكوّن الأمطار الحمضية.
  - مركبات الهيدروكربونات: تتمثّل خطورة الهيدروكربونات بقدرتها على إنتاج الأوزون الذي يُشكّل خطراً حقيقياً على عملية التنفس عند الإنسان.
  - الجسيمات الدقيقة: تؤثر الجسيمات الدقيقة على الجهاز التنفسي، وقد تصل خطورة هذا الأمر في بعض الأحيان إلى الوفاة
  - احتراق الوقود الأحفوري: يؤدي احتراق الوقود إلى بعث عنصر ثاني أكسيد الكبريت في الهواء، مما يؤدي إلى حدوث ظاهرة الأمطار الحمضية، والضباب الدخاني، وانبعث غازات الاحتباس الحراري.
2. الصناعة: تؤدي الصناعات إلى انبعاث الرصاص، والمركبات العضوية، وأكاسيد النيتروجين في الهواء، حيث تنتج هذه الانبعاثات من العمليات الصناعية، مثل: إنتاج الغاز والنفط، والتعدين، وصناعة الإسمنت، والصناعات الكيماوية، ومصافي النفط.
3. استخدام المذيبات: يؤدي استخدام المذيبات من أجل عمليات إزالة الشحوم، والتنظيف الجاف، وطلاء الأسطح إلى بعض مركبات عضوية في الهواء، الأمر الذي يؤدي إلى تلوثه.
4. محطات البنزين وغاز الطهي في المنازل: يؤدي استعمال البنزين إلى بعث جسيمات ومركبات عضوية في الهواء؛ فيؤثر على جودته ويؤدي إلى تلوثه.
5. النشاط الإشعاعي: حصول نشاط إشعاعي واحد كفيل بتلويث الهواء، وإحداث كوارث صحية.

هنالك تقسيم اخر يعتمد على الية انتاجها وهي:

1- الملوثات الاولية: وهي التي تخرج الى الهواء من مصدر التلوث بصورة طبيعية وغير طبيعية والتي تضم عمليات مباشرة مثل اكاسيد الكربون ، اكاسيد النتروجين ،أكاسيد الكبريت.

2-الملوثات الثانوية Secondary pollutants

هي الملوثات الناتجة عن تفاعل الملوثات الأولية في الهواء مثل تفاعل ثاني أكسيد الكبريت مع الاوكسجين في الهواء ليكون ثالث أكسيد الكبريت والأخير يتفاعل مع بخار الماء في الجو ليكون حامض الكبريتيك كما في المعادلة الاتية:



### الغبار ومصادرة الطبيعية والصناعية:

توجد في الهواء كميات كبيرة من الغبار الناتج من الصناعات المختلفة بالاضافة الى العواصف في المناطق الجافة وشبه الصحراوية التي تؤدي الى اثاره كميات كبيرة من الغبار والذي يؤدي في بعض الحالات الى انعدام الرؤيا ومشاكل في التنفس ماهي اهم الاسباب التي ادت الى الاهتمام بدراسة التلوث بالغبار:

1- قابلية بعض دقائق الغبار على اختراق الجهاز التنفسي

2- النشاط الترافقي مع عدد من ملوثات الهواء الغازية مثل اكاسيد النتروجين والكبريت

3- زيادة تركيز الغبار في الجو تؤدي الى زيادة تلبد السماء بالغيوم وزيادة في انعكاس اشعة الشمس الي الفضاء قبل الوصول الى سطح الارض وبالتالي يتسبب في انخفاض درجات الحرارة

4- تأثير الغبار على الممتلكات بسبب احداث التاكل فيها وتغيير الوان السطوح المصبوغة

5- تأثير ذرات الغبار على النباتات وخصوصا غبار الاسمنت الذي يكون طبقة لعضوية صلبة على سطح الورقة بوجود الرطوبة والتي تعرقل عملية التركيب الضوئي وايقاف نمو النبات وموته في النهاية مما يؤدي الى تسمم الانسان والحيوانات التي تتغذى على تلك النباتات.

### التأثيرات الترافقية Synergetic effects

إن تأثيرات ملوث ما تتضاعف وخطورته تزداد بوجوده مع ملوث آخر وهذا الأخير تتضاعف خطورته في ترافقه وتقارنه مع الملوث الأول.

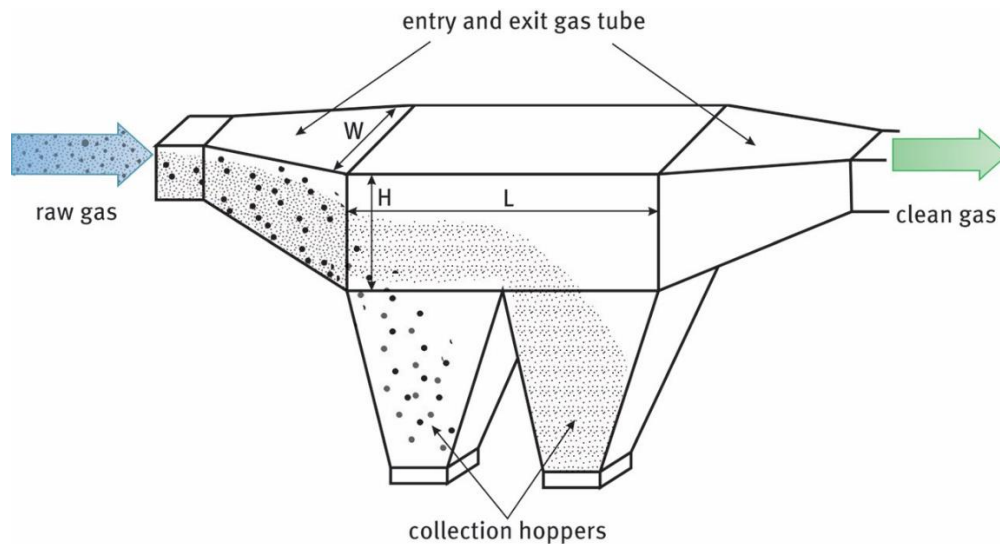
حيث إن لجزيئات دقائق الغبار القابلية الكبيرة للإمتزاز على سطح  $H_2SO_4$  و  $SO_2$  وعند اختراق تلك الدقائق للأعماق البعيدة داخل الرئة فانها تلتصق بجدار الرئة الداخلي وتؤدي الى تمزق او تخدش في موضع التصاقها بالتالي يؤدي الي فشل القلب بسبب الاجهاد الكبير عليه ليوفر نقل كمية كافية من الاوكسجين الي بقية اعضاء الجسم والدماغ عن طريق دفع كميات كبيرة من الدم الي رئة معطوبة تعمل بكفاءة منخفضة بسبب التخدش والتمزق

### السيطرة على مصادر التلوث بالغبار الصناعي

تستند طرق السيطرة علي الغبار من المصادر الصناعية على حجز الدقائق الغبار قبل انفلاتها الى الجو

#### 1- طريقة الترس Gravity Settling Chamber

تمرر الغازات مع محتوياتها من الغبار الى حيز كبير الحجم يعمل علي تقليل سرعة اندفاع الغاز الحامل للدقائق حيث تتركب الدقائق التي يزيد حجمها عن 50 مايكرون نتيجة وزنها وتأثير الجاذبية عليها ولا تصلح هذه الطريقة التي يقل حجمها عن ذلك بسبب الوقت الطويل اللازم لتركيدها





## 2- التجميع بواسطة الطرد عن المركز Cyclone Collector

يدور الغاز الحامل للدقائق داخل المجمع السايكلوني مما يؤدي الى انقذاف الدقائق بسبب وزنها الى الخارج وارتطامها بجدار السايكلون ثم نزولها الى النهاية المخروطية للمجمع

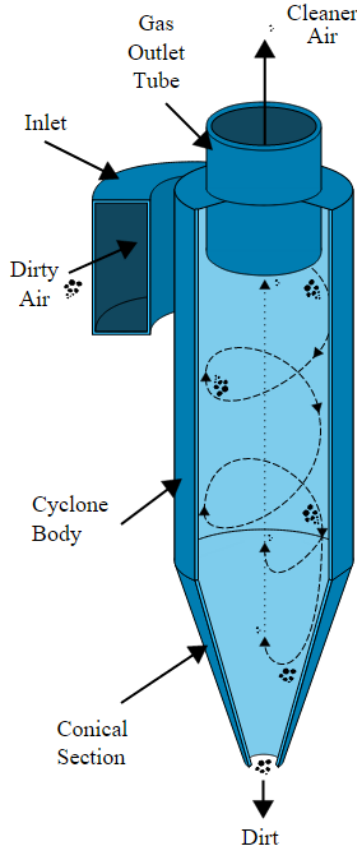
ومن مزايا هذه الطريقة

ا- ذات كفاءة عالية لتجميع الدقائق

ب- رخيصة الكلفة في بنائها وشرائها

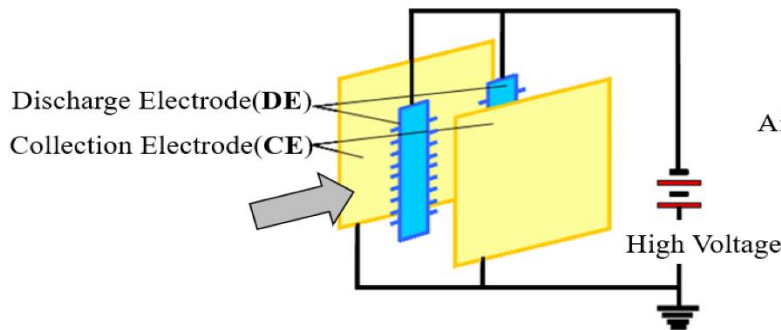
ت- لا تكلف كثيرا في تشغيلها وادامتها

ث- ذات حجم صغير نسبيا

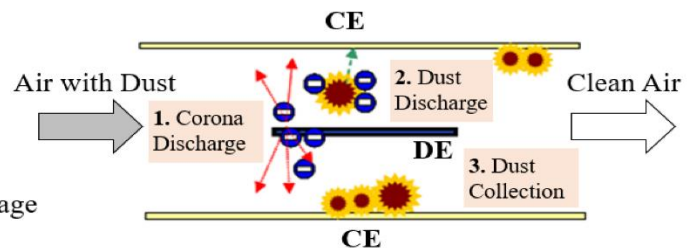


## 3- التجميع بالكهربة السنتاكية Electrostatic Precipitation

يمرر الهواء المحمل بالغبار من خلال مجال كهربائي عالي الفولتية فتتولد شحنة كهربائية سنتاكية على سطوح هذه الدقائق ثم تمرر الدقائق المشحونة الي مجال كهربائي اخر يؤدي الى عزل الدقائق عن الهواء حيث تنجذب الى القطب المعاكس لها



(a)



(b)

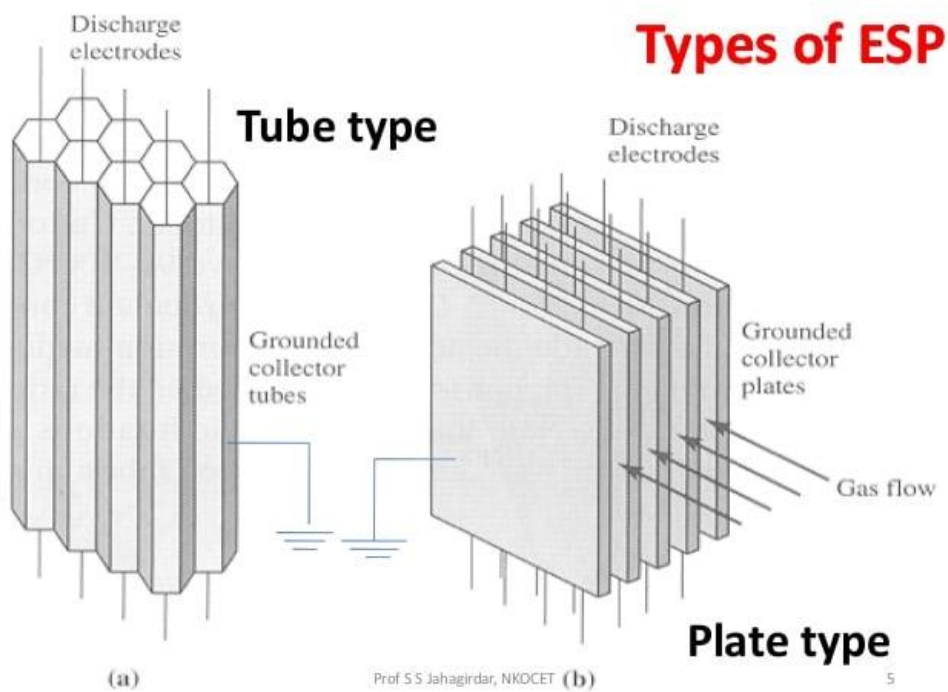
ويوجد نوعان منها

### آ- المجمع الصفائحي Plate type

يتألف من مجموعة من الصفائح المشحونة المربوطة بصورة متوازية

### ب- المجمع الأنبوبي Tube type

تمرر شحنة سالبة عالية جدا في انبوب معدني صلد موضوع في وسط المجمع المصمم بشكل انبوب ويتصل بالارض



### 4- مجمعات الغبار المبللة Wet scrubbers

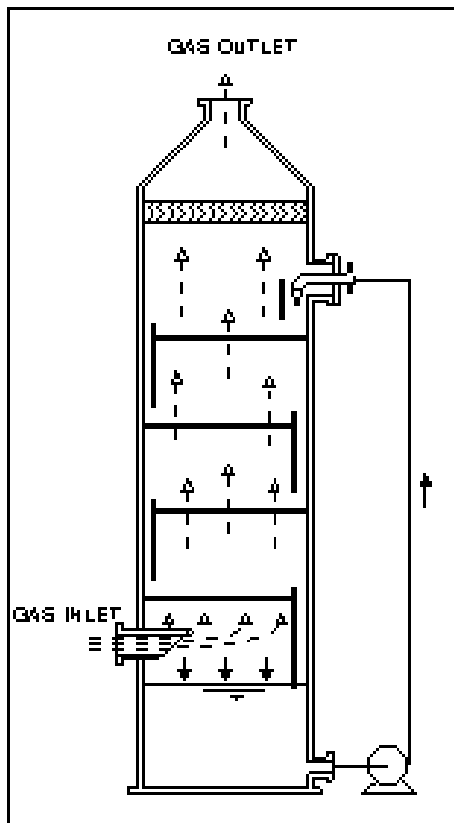
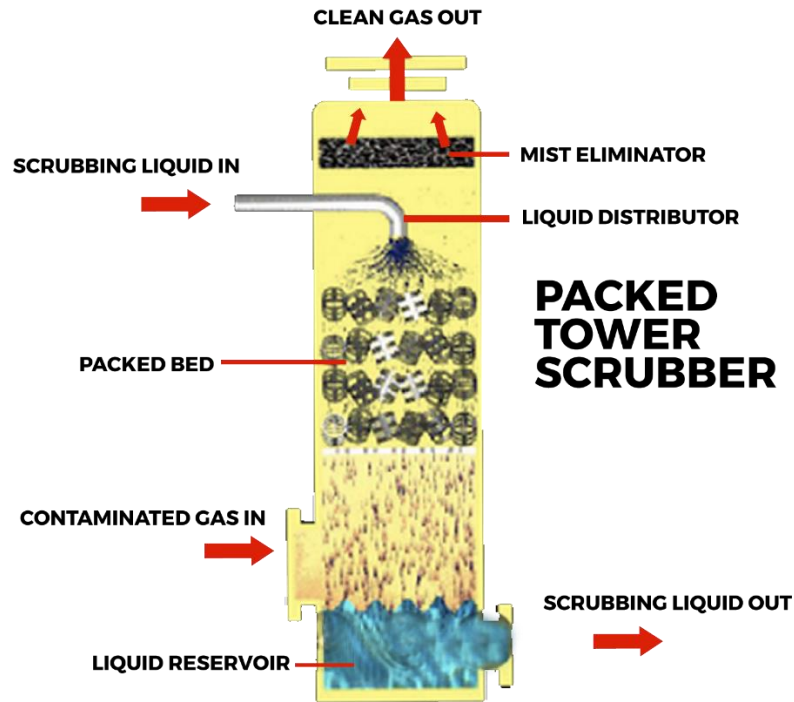
تستخدم للتخلص من الغبار واذابة الغازات المنبعثة ويوجد نوعان منهما

#### i- العمود ذو الحشوة Packed column

آ- رخيصة الثمن ب- المذيب المستخدم حامل كيميائيا ويا تجاه الغازات والدقائق

ت- ذات عمر طويل ث- ذات مساحة سطحية كبيرة ج- ذات هيكل قوي وخفيف الوزن ح- ذات تصميم يسمح بعبور

الهواء والمذيب دون حصول انخفاض في الضغط



ii- العمود ذو المقاطع Plate column

يتكون من اسطوانة تحوي على مقاطع مثقبة عديدة يتوقف عددها على الكفاءة المطلوبة لتنظيف الهواء وعلى طبيعة الغازات والدقائق الملوثة للهواء

## وحدات قياس الملوثات:

تقاس تراكيز الغازات عدا الاوزون بوحدات قياس حجمية او كتلية، الوحدات الحجمية تحدد نسبة الخلط بين حجم الغاز الملووث مثلا الى حجم الهواء الاصلي، اي نسبة عدد جزيئات الغاز الملووث الى العدد الكلي لجزيئات الهواء وهناك ثلاث تعابير شائعة هي (جزء لكل مليون ppm parts per million) و (جزء الغاز لكل بليون ppb parts per billion) و (جزء الغاز لكل ترليون ppt parts per trillion). اما بالنسبة الى الوحدات الكتلية فتحدد كتلة مادة لوحدية حجم الهواء مثلا ( $g/m^3$ ) او ( $mg/m^3$ )، ويستحسن استعمال هذه الوحدات عند استخلاص تركيز غاز ما من المرشح المعالج لاجل التحليل الكيميائي او التأثيرات الصحية المتعلقة بكتلة الملووث المستنشق. في بعض الاحيان نستعمل وحدات  $particles/m^3$  في قياس الجسيمات العالقة، كما يمكن قياس تركيز الملووثات الجسمية بوزنها على وحدة المساحة كان تكون  $mg/cm^2$  او  $Ton/mile^2$ .

أن وحدات القياس هذه يمكن اجراء التحويلات عليها وحسب الرغبة (من الحجمية الى الكتلية وبالعكس) ولكن هذا التحويل لا بد ان ياخذ بنظر الاعتبار ظروف الجو القياسية اما الظروف غير القياسية فمثلا في الظروف القياسية (درجة الحرارة صفر مئوي وضغط جوي واحد) يكون التحويل من الكتلية الى حجمية من العلاقة:

$$C_x \left( \frac{mg}{m^3} \right) = \frac{C_x * ppm}{22.4} * M_x$$

اما بالنسبة الى الظروف الغير قياسية (درجة الحرارة بالكلفن والضغط بالباسكال) فالتحويل يكون:

$$C_x (ppm) = \frac{R * T}{P * M_x} * C_x \left( \frac{mg}{m^3} \right)$$

حيث ان 22.4 يمثل حجم مول واحد من الغاز النقي يزن كتلة مولارية نسبية عند الظروف الجوية القياسية،  $M_x$ : الوزن الجزيئي، R الثابت العام للغازات وقيمتها  $8.314 J.mol^{-1}.K^{-1}$ .

**ملاحظة:** تقاس كمية الاوزون في الجو باستخدام وحدة الدبسن Dobson والتي هي عبارة عن وزن عمود الاوزون من السطح الى قمة الغلاف الجوي وتساوي الدبسن حوالي  $2.7 * 10^{16} molecules/cm^2$ .

**أكاسيد الكبريت Sulfur Oxides:**

تشمل أكاسيد الكبريت كل من ثاني أكسيد الكبريت وثالث أكسيد الكبريت.

ويتصاعد غاز ثاني أكسيد الكبريت من حرق الكبريت أو الكبريتيد أو مركبات الكبريت بشكل عام كما أن النسبة العظمى تأتي من احتراق الوقود (سواء الفحم أو البترول) المحتوي على مركبات الكبريت حيث يوجد الكبريت في الفحم والبترول بنسب متفاوتة.

ويحتوي الفحم على 0.4 إلى 0.5 % كبريت على شكل مركبات كبريتية مثل بايرات الحديد  $FeS_2$  ومركبات غير عضوية. وقد وجد أن احتراق الفحم يعطي 6 مليون طن من ثاني أكسيد الكبريت في السنة في بريطانيا لوحدها، لذلك فإن عملية انتزاع مركبات الكبريت من الفحم لها دور فعال لاختزال مشكلة التلوث بأكاسيد الكبريت.

ويحتوي وقود البترول على نسبة مقاربة لنسبة الكبريت في الفحم ويوجد الكبريت في البترول على شكل كبريتيد الهيدروجين أو مركبات عضوية. هذا ويتكون ثاني أكسيد الكبريت مع قليل من ثالث أكسيد الكبريت عن طريق مصادر طبيعية مثل البراكين. ويتميز غاز ثاني أكسيد الكبريت برائحة نفاذة وغير سارة وهو أعلى كثافة من الهواء الجوي ولا يحترق ولا يساعد على الاحتراق.

**غاز ثالث أكسيد الكبريت  $SO_3$** 

ثالث أكسيد الكبريت هو سائل درجة غليانه 45 م لذلك فهو سهل التطاير كما أنه شديد الميل للماء ويكون حمض الكبريتيك لذلك فهو يعتبر حمض كبريتيك فقد ماءه ويسمى حمض الكبريتيك اللامائي.

ويتكون ثالث أكسيد الكبريت لنفس أسباب تكون ثاني أكسيد الكبريت ولكن بنسبة أقل بكثير وبشكل عام توجد المادتين مع بعض في معظم الحالات. كما أنه يتكون ببطء من تأكسد ثاني أكسيد الكبريت في وجود أشعة الشمس.

**غاز ثاني أكسيد الكبريت  $SO_2$** 

يتميز غاز ثاني أكسيد الكبريت برائحة نفاذة وغير سارة وهو أعلى كثافة من الهواء الجوي ولا يحترق ولا يساعد على الاحتراق ويذوب ثاني أكسيد الكبريت في الماء ليكون حمض الكبريتوز غير الثابت حيث يتأكسد بسهولة إلى حمض الكبريتيك بعوامل مؤكسدة مختلفة. وإن تلوث الهواء بأكاسيد الكبريت يؤدي إلى تكون وتساقط حمض الكبريتوز وحمض الكبريتيك عن طريق الرطوبة الموجودة بالهواء الجوي أو عن طريق المطر مما يشكل الأمطار الحمضية ويزيد من مشكلة التلوث.

ويؤثر ثاني أكسيد الكبريت على الأغشية المخاطية ويسبب التهاباً في الجهاز التنفسي كما يسبب الكحة وضيق التنفس وعدم الراحة. وعندما تزداد كميته في الهواء فإنه يؤدي إلى تشنج الحبال الصوتية وإلى الاختناق. ويشار إلى أنه عندما يصل تركيز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء إلى نسبة قدرها واحد إلى خمسة جزء في المليون فإنه يسبب عدم الراحة وصعوبة في التنفس. أما التعرض لمدة ساعة وبتركيز يصل إلى عشرة جزء في المليون فإنه يؤدي إلى الأم حادة وأعراض خطيرة.

وفي ولاية كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية يعتبر وجود ثاني أكسيد الكبريت بتركيز خمسة جزء في المليون تلوث خطر. وبالرغم من أن ثاني أكسيد الكبريت يدخل عن طريق الجهاز التنفسي ويخرج من البول على شكل كبريتات إلا أن أعراضه لها صفة الاستمرارية على عكس أول أكسيد الكربون الذي يمكن إنقاذه صاحبه إذا تم التخلص منه بسرعة.

ويؤثر ثاني أكسيد الكبريت على النباتات إذ يحدث أضراراً في أوراقها ويعتمد هذا الضرر على تركيزه فعند زيادة يؤدي إلى جفاف الخلايا وموتها. وقد وجد أن بعض النباتات تتأثر بشكل واضح عند تراكيز منخفضة تصل 0.02 جزء في المليون. بالإضافة إلى ضرر ثاني أكسيد الكبريت المباشر فإن ضرره غير المباشر يأتي من تحوله إلى أحماض الكبريت مما يؤدي إلى أضرار بالغة لهذه الأحماض إلى الجهاز التنفسي عن طريق بخار الماء وتسبب التهابات وأضراراً أكثر مما يسببه ثاني أكسيد الكبريت. كما أن هذه الأحماض تؤثر على الكائنات الحية الأخرى النباتية والحيوانية، وكذلك تؤثر على المعادن ومواد البناء حيث تساعد على تأكلها حتى ولو كانت هذه الأحماض بتركيز منخفضة.

وهو غاز مؤذي ذو رائحة مهيجة ينتج من مصادر طبيعية مثل البراكين وينابيع الكبريت ومن تفكك المواد العضوية ومن أهم المصادر الأصطناعية لغاز ثنائي اوكسيد الكبريت هو حرق الوقود وأفران الكوك ومصاهر المعادن وانتاج عجينة الخشب ومن مصافي البترول ومصانع الطابوق ، يقدر التركيز الاجمالي لـ  $SO_2$  الناتج من مصادر إصطناعية بمئة مليون طن في السنة حيث ينتج 90% منه في نصف الكرة الأرضية الشمالي.

يتحول ثاني أكسيد الكبريت يتحول بسرعة إلى حمض الكبريتيك المخفف عند هطول الأمطار لذلك يعتبر من الملوثات الأساسية حيث زاد الأهتمام في العالم حول مايعرف بالامطار الحامضية التي تتساقط في بعض الدول الأوروبية وكندا

### مصادر اكاسيد الكبريت

- 1- من تقسخ المواد العضوية في المحيطات وعلى اليابسة وتقدر الكمية بمايقارب 98 مليون طن في السنة
- 2- من انفجار البراكين على اليابسة وفي المحيطات وماتؤديه من تسرب لهذا الغاز من المكامن النفطية والغازية والمصادر الجيولوجية الاخرى مثل المياه الكبريتية وتقدر الكمية ب2 مليون طن
- 3- من فعاليات الانسان والعمليات الصناعية المختلفة وتقدر الكمية ب3 ملايين طن

4- تأكسد غاز كبريتيد الهيدروجين  $H_2S$  في الجو الى غاز  $SO_2$



### طرق السيطرة على مصادر التلوث باكاسيد الكبريت:

طالما ان الاكاسيد تنشأ من حرق الفحم الحجري كوقود لذلك ولغرض التخلص من التلوث بسبب الفحم يجب:

1- اجراء التحسينات على مواصفات الفحم الحجري

2- عدم حرق الفحم بصورة مباشرة بل تحويله الي وقود سائل او غازي

3- تطوير طرق للسيطرة على الاكاسيد . ومن اهم هذه الطرق

آ- طريقة حقن كاربونات الكالسيوم (اللايمستون)

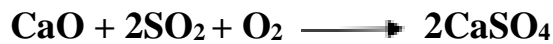
تعد هذه الطريقة من أكثر الطرق إستعمالاً لإزالة غاز  $SO_2$  حيث تضخ كاربونات الصوديوم المطحونة ، مع الهواء في

حارقة خاصة وتحدث التفاعلات التالية التي تؤدي الى إزالة غاز  $SO_2$

• تفكك اللايمستون الى اللايم ( اوكسيد الكالسيوم ) وثنائي اوكسيد الكاربون



• تفاعل اللايم مع  $SO_2$  وبوجود كفاية من الاوكسجين



تمرر الغازات الخارجة من الحارقة الى خزان للماء لغرض استمرار تفاعل اللايم مع  $SO_2$  لتكوين كميات اضافية من

كاربونات الكالسيوم ، ومن مميزات هذه الطريقة

1- قلة تكاليفها 2- سهولة تطبيقها 3- نواتجها تكون غير ملوثة للبيئة 4- الاستفادة من نواتجها في الصناعات الانشائية

ب- طريقة ويلمان - لورد Wellman - lord process

تمرر الغازات في محلول مائي لمادة كبريتيت الصوديوم لغرض تشبعه بغاز  $SO_2$  وامتصاصه لأكبر كمية منه وبعد ذلك

يتم تسخين Sodium bisulfite لتحرير الغاز بصورة شبه نقية والذي يمكن الافادة منه بالطرق التالية

1- يتم تحويله الى حامض الكبريتيك

2- تحويله الى كبريت بطريقة كلاوس

3- تسيله حسب الطلب



ج- طريقة ملح الصوديوم لحامض الستريك

تتم ازالة غاز  $\text{SO}_2$  من خلال تفاعله مع غاز  $\text{H}_2\text{S}$  لينتج كبريت وتتم وفق الخطوات التالية

i - تبريد غازات الاحتراق ii - ازالة دقائق الغبار iii - ضخ الغاز الى محلول مائي لملح الصوديوم لحامض الستريك

حيث يكون معقد iv - تفكيك المعقد بضغط غاز  $\text{H}_2\text{S}$

### غاز أول أكسيد الكربون CO

خواصه الفيزيائية : غاز عديم الرائحة والطعم واللون وينتشر في طبقات الجو السفلى اي في منطقة معيشة الانسان ، درجة غليانه -192م، وتبلغ كثافته 96.5% من كثافة الهواء ،له قابلية ذوبان قليلة في الماء ،وقابل للاشتعال ويحترق بلهب ازرق ولكنه لايساعد على الاشتعال

#### مصادر غاز CO:

77.6% من اكسدة الميثان

9.4% من فعاليات الانسان

3.9% من المحيطات

6.5% من حرائق الغابات وانفجار البراكين

2.6% من تفسخ الكلوروفيل

يتضح من النسب اعلاه ان عملية اكسدة الميثان في الطبيعة هي من اكبر مصادر غاز اول اوكسيد الكربون





وتنتج جذور الهيدروكسيل والاكسجين الذري من التفاعل التالي



وعليه يتضح ان الجزء الرئيسي من غاز اول اوكسيد الكربون يتولد في الجو بعملية طبيعية ولايضخ جاهزا الى الهواء تمت مصادر غاز اول اوكسيد الكربون الناجمة من الفعاليات البشرية فيمكن تلخيصها بما يلي:

### (أ) الحرق غير الكامل للمواد العضوية (الوقود العضوي):

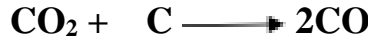
تحتوي المواد العضوية على مكونات اخرى اضافة الى الكربون وبذلك فان احتراق هذه المواد لا يؤدي الى تكوين غاز ثاني اوكسيد الكربون فقط ولكن تحدث تفاعلات عديدة جانبية مع الاوكسجين تعرقل الاحتراق التام والمباشر ولايتحول جميع الكربون نتيجة لذلك الى ثاني اوكسيد الكربون وعلى الرغم من تعقيد بعض هذه التفاعلات يمكن تبسيط تفاعل الاحتراق بما يلي:



نلاحظ من المعادلات اعلاه ان غاز CO هو ناتج وسطي ، ولكن قد يحدث التفاعل (1) دون التفاعل (2) عندما تكون نسبة الاوكسجين غير كافية لاتمام عملية الاحتراق او عدم الامتزاج التام ( $\text{O}_2$ ) للهواء مع الوقود بسبب خلل لاي سبب كان . وقد يكون التفاعل (1) اسرع من تفاعل (2) عندها يتكون فائض من غاز CO.

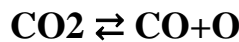
ب- تفاعل غاز ثاني اوكسيد الكربون والوقود العضوي عند درجات حرارة عالية

يتفاعل غاز CO<sub>2</sub> مع الوقود غير المحترق اثناء استمرار عملية الاحتراق وفي درجات الحرارة العالية لينتج غاز CO كما في التفاعل التالي



ج- الحل الحراري لغاز ثاني اوكسيد الكربون في درجات الحرارة العالية

يتفكك غاز CO<sub>2</sub> الناتج من عملية الاحتراق عند درجات حرارة عالية منتجا غاز CO والاكسجين الذري وقد اثبتت الدراسات ان كلا من غازي CO<sub>2</sub> و CO يوجدان في حالة توازن عند درجات الحرارة العالية وكلما ارتفعت درجات الحرارة تتكون نسبة اعلى من غاز الCO



د- من اختزال خامات الحديد

عند اختزال خامات بعض المعادن مثل اوكسيد الحديد لانتاج معدن الحديد تتسرب نسبة من غاز الCO الى الجو بسبب صعوبة السيطرة على هذه العملية

هـ من الممكن أن يتسرب هذا الغاز، من أيأ من المصادر التالية - :المواقد التي تعمل بالغاز - مجففات الملابس التي تعمل بالغاز - سخانات المياه التي تعمل بالغاز - الأفران الخشبية - الشوايات التي تعمل بالغاز أو بالفحم - المولدات التي تعمل بالغاز أو بالديزل - القوارب التي تعمل بمحرك - الدراجات البخارية (الموتوسيكلات - (أجهزة المسطحات الخضراء التي تعمل بالغاز - المدفأة التي تعمل بالغاز أو الزيت - بعض أنواع السجائر - السيارات

مصير غاز اول اوكسيد الكربون في الجو :

يتفاعل غاز CO مع الاوكسجين بوجود ضوء الشمس



## المحاضرة الثالثة ————— كيمياء التلوث الصناعي (ك451)

تنتج المحيطات غاز أول اوكسيد الكربون أكثر مما تمتصه كما أن الاشجار والنباتات ليس لها دور في ازالة هذا الغاز من الجو . وبناء على ذلك فان تركيز غاز CO في الجو يجب ان يتضاعف.

تتم ازالة غاز CO عن طريق انواع معينة من التربة الطبيعية ووفق الاساليب التالية:

- 1- الازالة بطريقة بايولوجية بواسطة الخمائر الموجودة في التربة والتي تمتص غاز CO من الجو
- 2- تفاعل غاز CO مع اوكسجين الهواء بوجود ضوء الشمس لتكوين غاز CO<sub>2</sub> الذي يستفاد منه في عملية التركيب الضوئي



- 3- فعالية الترب الحاوية على نباتات طبيعية (احراش) اكبر من فعالية الترب المزروعة من قبل الانسان
- 4- تكون فعالية الترب في المناطق الاستوائية اعلى منها في المناطق الاخرى وأوطأها في المناطق الصحراوية والجافة
- 5- تعتمد سرعة ازالة غاز CO من الجو على درجة الحرارة بالاضافة الى اعتمادها على نوع التربة

### السيطرة علي التلوث بغاز CO

بما ان ثلثي غاز CO ينتج من قبل السيارات لذلك فقد توجه الاهتمام بهذا الجانب لغرض الحد من تأثيره من خلال:

- 1- تطوير محركات السيارات
- 2- تطوير مفاعلات صغيرة تربط مع العادم لاكمال عملية الاحتراق وتحويل غاز CO الى CO<sub>2</sub>
- 3- تطوير وقود السيارات لايُسبب تلويثا للبيئة
- 4- اذا كان لديك مرآب مغلق للسيارة فاحرص على فتحه قبل أن تشغل المحرك، حتى لا يتجمع الغاز في المرآب ويخنقك وأنت في غفلة، أو يخنق الموجودين فيه.
- 5- استخدام وسائل النقل التي تسير بالطاقة البديلة

## أكاسيد النتروجين Nitrogen Oxides

تتألف أكاسيد النتروجين الملوثة للبيئة بصورة أساسية من أكسيد النيتريك وثاني أكسيد النتروجين. وهو غاز عديم اللون ولا يساعد على الاشتعال العادي أما المواد التي تشتعل بشدة مثل الماغنسيوم والكبريت فيمكن أن تستمر في اشتعالها إذا وضعت في الغاز.

ويتحد أكسيد النيتريك بالأوكسجين عند درجات الحرارة العادية مكوناً ثاني أكسيد النتروجين فهو غاز بني اللون ويميل إلى اللون الأحمر ويذوب في الماء مكوناً حمض النتروز وحمض النيتريك، إلا أن حمض النتروز غير ثابت ويتحلل إلى أكسيد النيتريك.

تتكون أكاسيد النتروجين هذه من تفاعل النتروجين الجوي مع الأوكسجين الجوي عند درجات الحرارة العالية جداً أثناء عمليات احتراق الوقود. وتنتج النسبة العظمى من هذه الأكاسيد من عوادم السيارات حيث يتولد أكسيد النيتريك من تفاعل الأوكسجين مع النتروجين في داخل المحرك، ثم ينتج ثاني أكسيد النتروجين ورابع أكسيد النتروجين أثناء التبريد السريع لغازات العادم اللاحق للعملية السابقة.

كما تنتج أكاسيد النتروجين أثناء احتراق الوقود في المصانع ومحطات الكهرباء بالإضافة إلى ذلك فإن هذه الأكاسيد تنتج كمخلفات من بعض الصناعات الكيماوية. ولأكاسيد النتروجين رائحة غير مريحة، كما أنها تؤثر على الجهاز التنفسي وقد تسبب بعض أنواع الحساسية والتهابات في الجهاز التنفسي، كما تؤثر على الأغشية المخاطية بالإضافة إلى ذلك فإن أكاسيد النتروجين وخاصة ثاني أكسيد النتروجين تؤثر على نمو النباتات.

لون ثاني أكسيد النتروجين بني محمر كما أنه يمتص بعض أشعة الشمس لذلك فإن وجوده في الهواء يؤدي إلى انخفاض مدى الرؤية ويساعد على تكون الضباب الدخاني Smog وذلك في وجود الملوثات الأخرى مثل الأوزون وأكاسيد الكبريت والهيدروكربونات التي تنتج من الاحتراق غير الكامل للوقود.

ويساعد ثاني أكسيد النتروجين في وجود ضوء الشمس على زيادة كمية الأوزون في الجو حيث يعطي ذرة أوكسجين ويتحول إلى أكسيد النيتريك. وتتحد ذرة الأوكسجين هذه مع غاز الأوكسجين الجوي لتعطي الأوزون. أما التفاعلات الضوئية تعطي فوق أكسيد أسيتيل نيتريت وذلك في وجود الهيدروكربونات، حيث يؤثر فوق أكسيد أسيتيل نيتريت على الإنسان والكانتات الحية، كما أنه مادة مؤكسدة ويتفاعل مع الأوكسجين ليعطي كمية إضافية من الأوزون.

الأوزون آثاره ضارة على الإنسان والحيوان مشابهة لتأثيرات ثاني أكسيد النتروجين. كما أن للأوزون تأثيرات ضارة على النباتات. وكذلك يؤثر على بعض البولييمرات مثل المطاط وغيره حيث أن الأوزون مادة نشيطة تؤكسد كثيراً من المواد ويجب

## المحاضرة الثالثة \_\_\_\_\_ كيمياء التلوث الصناعي (ك451)

عدم الخلط بين أضرار الأوزون القريب من سطح الأرض وبين فوائد الأوزون الموجود في طبقة الستراتوسفير التي تبعد حوالي 24 كم عن سطح الأرض.

وتدل الدراسات على أن التفجيرات النووية وأكاسيد النيتروجين المتخلفة من الطائرات أو المتكونة أثناء التفريغ الكهربائي في السحب الرعدية وكذلك مركبات الفلوروكربون المستخدمة في الأيروسولات، كل هذه الملوثات تعمل على خفض كمية الأوزون في هذه الطبقة، مما يزيد من خطر وصول تراكيز عالية من الأشعة فوق البنفسجية إلى الأرض.

هنا يتضح أن أكاسيد النيتروجين لها دور مزدوج حيث تعمل على زيادة تركيز الأوزون بالقرب من سطح الأرض إذ أن تركيزه منخفض جداً بينما تعمل على تقليل تركيز الأوزون في الطبقات العليا مثل طبقة الستراتوسفير، التي تحتوي على الأوزون بتراكيز عالية.

### الضباب الدخاني Smog

إن وجود ثاني أكسيد النيتروجين في الهواء يؤدي إلى انخفاض مدى الرؤية ويساعد على تكون الضباب الدخاني Smog وذلك في وجود الملوثات الأخرى مثل الأوزون وأكاسيد الكبريت والهيدروكربونات التي تنتج من الاحتراق غير الكامل للوقود. وكمثال على تكون الضباب الدخاني هو ما يحدث في مدينة لوس أنجلوس بالولايات المتحدة الأمريكية حيث ينطلق يومياً في الهواء 750 طن من أكاسيد النيتروجين و 250 طن من مواد هيدروكربونية والنتائج المرئية للتفاعلات الضوئية لهذه الملوثات هو الضباب الدخاني.

وعلى الرغم من أنه لا توجد دلائل تشير إلى أن الضباب الدخاني يؤثر على صحة الإنسان إلا أنه لا يستبعد أن زيادة تركيز بعض الكيمائيات في الضباب الدخاني تسبب أضراراً بالغة. فمثلاً يسبب الأوزون أضراراً بالغة في الجهاز التنفسي وهو أحد مكونات الضباب الدخاني عندما يوجد بتراكيز قليلة تصل إلى واحد جزء في المليون وذلك عندما يبقى لمدة 8 ساعات في اليوم ولمدة عام. وكلما زادت المواد المؤكسدة في الضباب الدخاني كلما زاد ضرره.

### مصادر اكاسيد النتروجين :

تسهم المصادر الطبيعية أكثر مما تسهم به فعاليات الانسان في ضخ هذه الاكاسيد الى الجو ويلاحظ بهذا الخصوص مايتاتي

1- ان جميع غاز اول اوكسيد النتروز ( $N_2O$ ) يتكون تقريبا من عمليات طبيعية ولادخل للانسان فيها

2- 80% من غاز ( $NO$ ) يتولد نتيجة لعمليات طبيعية و 20% منه ينتج من فعاليات الانسان

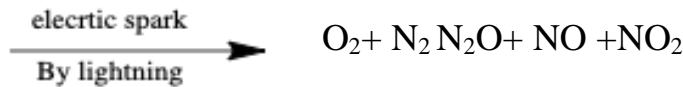
3- جميع غاز ( $NO_2$ ) تقريبا يتولد من فعاليات الانسان

## المحاضرة الثالثة \_\_\_\_\_ كيمياء التلوث الصناعي (ك451)

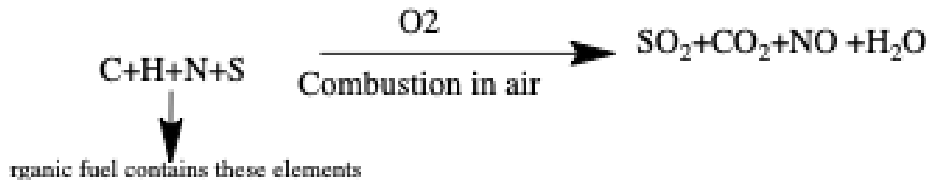
وعلى الرغم من ان كميات غازات اكاسيد النتروجين  $NO_x$  التي تنتج من المصادر الطبيعية تعادل ثلاث اضعاف ما تنتجه النشاطات البشرية الا انه لا توجد تاثيرات مباشرة لهذه الغازات ويرجع ذلك الى بطء انتاجها وانبعاثها ، مما يجعل عملية الانتشار الطبيعي كفيلة بتخفيف تركيزها وبالتالي تقليل تاثيراتها الضارة للبيئة .

في حين ان الانشطة البشرية تنتج كميات من تلك الغازات وفي حيز ضيق ، مما يؤدي الى زيادة تركيزها وهذا ما يجعلها ذات تاثيرات ملوثة وضارة للبيئة

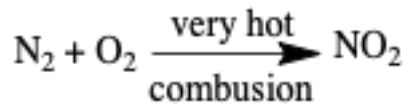
ان من اهم العمليات الطبيعية التي تسهم في ضخ كميات كبيرة من اكاسيد النتروجين الى الجو هي عمليات التفسخ البكتيري للمركبات الحاوية على النتروجين في تركيبها كما تتكون بعض اكاسيد النتروجين بفعل الصواعق بما يلي



يعد حرق الوقود العضوي الحاوي على نيتروجين في تركيبه من الطرق التي تسهم في توليد اكاسيد النيتروجين ضمن فعاليات الانسان



وتتولد اثناء الاحتراق كميات اضافية من اكاسيد النيتروجين تعادل اضعاف كمية النيتروجين في الوقود العضوي نفسه وذلك بسبب اتحاد اوكسجين ونيتروجين الهواء في درجات الحرارة العالية في اثناء الاحتراق



## المحاضرة الثالثة ————— كيمياء التلوث الصناعي (ك451)

ان نواتج الاحتراق تحتوي عادة على 90-99% غاز NO اما غاز ال NO<sub>2</sub> فيقل عادة عن 10% بالاضافة الى ذلك تسهم وسائل النقل و حرق المخلفات الصناعية من مصادر هذه الاكاسيد

### مصير اكاسيد النيتروجين في الجو:

يتحول معظم NO<sub>2</sub> المتبقي في الجو الى حامض النتريك وينزل مع ماء المطر او مع الغبار وبذلك تبدا مرحلة جديدة من التخریب البيئي بسبب تأثير هذه المياه الحامضية على النباتات والحيوانات والممتلكات اضافة الى الانسان نفسه ولا زالت ميكانيكية اذابة وازالة NO<sub>2</sub> في ماء المطر غير معروفة بالضبط حيث ان التفاعل الاتي :



التفاعل السابق تكون سرعته بطيئة في الظروف العادية ولا تكفي هذه السرعة الا لازالة جزء من NO<sub>2</sub> وقد تم اقتراح التفاعلات الاتية لتسريع عمليات الذوبان والازالة :



وان حدث ذلك فعلا خصوصا في طبقات الجو العليا فسيضيف ذلك على طبقة الاوزون تهديداً باختفائها علما بان هذه الطبقة تقوم بترشيح الاشعاع الشمسي من الاشعة فوق البنفسجية وتمنع وصولها الى سطح الارض كما ان هناك دورا لبعض انواع التربة في ازالة اكاسيد النيتروجين (Soil sink))

### طرق ازالة التلوث باكاسيد النيتروجين :

ان كلا من NO و NO<sub>2</sub> يمثلان خطرا على الصحة وعلى الرغم من ان NO يسبب الحساسية فانه لايعتبر مصدر خطورة لصحة الانسان عند المستوى الموجود في الهواء ولكنه قد يتحول الى NO<sub>2</sub> الاكثر سمية كما انه قد يلتصق بالهيموكلوبين مثلما يحدث مع اول اكسيد الكربون ولذلك عند التراكيز العالية قد يتسبب في نقص الاوكسجين في الدم اما NO<sub>2</sub> فانه مهيج للعيون والجهاز التنفسي وخصوصا عند التراكيز العالية

لازالت الطرق المتبعة في السيطرة على التلوث باكاسيد النيتروجين اقل تطورا من طرق السيطرة على الملوثات الغازية الاخرى للاسباب المبينة في ادناه والتي تعزى جميعا الى كون NO تنتج من حرق الوقود :

1- استعمال انواع متعددة من الوقود قد تختلف في طبيعتها او الطور الذي تستعمل فيه (غاز، سائل، صلب)

2- استعمال تصاميم مختلفة من الحارقات

## المحاضرة الثالثة كيمياء التلوث الصناعي (ك451)

3- الوصول الى درجات حرارية مختلفة في اثناء الاحتراق اعتمادا على طبيعة وطور الوقود وكذلك اعتمادا على تصميم الحارقة

4- وجود ملوثات اخرى مع اكاسيد النيتروجين (NO) في غازات الاحتراق التي تسبب عرقلة وتعقيدا في عمليات السيطرة على NO

وبسبب تداخل هذه الاسباب مع بعضها فليس من السهولة الوصول الى طريقة موحدة للسيطرة على غازات NO تعتمد معظم طرق السيطرة الحديثة على الاساسيين الاتيين :

ا- اما تحوير الحارقة وضبط ظروف الاحتراق

ب- ازالة NO من غازات الاحتراق

آ- تحوير حارقات الوقود العضوي وضبط ظروف الاحتراق:

يتركز على خفض درجة الاحتراق العليا ( peak combustion temperature ) وتقليل وجود الاوكسجين داخل الحارقة . وعلى هذا الاساس تطورت طريقة تعمل على اعادة تدوير غازات العوادم تدعى ب ( exhaust gas recirculation ) EGR ولكون غازات العادم خاملة وغير قابلة للاحتراق فان تدوير قسم منها (اعادته الى الحارقة) سيؤدي الى تخفيف الوقود وخفض درجة الحرارة العليا وتقليل نسبة الاوكسجين داخل الحارقة بسبب عدم احتواء الغازات المدورة عليه.

ب- اختزال NO في اماكن الاحتراق الداخلي الى  $N_2$  و  $O_2$  بطريقة حفازية (catalytic control)

### كبريتيد الهيدروجين - Hydrogen Sulfide – H<sub>2</sub>S

يوجد كبريتيد الهيدروجين على شكل غاز وله رائحة البيض الفاسد وهو غاز عديم اللون وأثقل من الهواء. يحترق كبريتيد الهيدروجين ويكون ثاني أكسيد الكبريت والماء إذا كانت كمية الأكسجين كافية، أما إذا كانت غير كافية فإنه يحترق احتراقاً غير كامل إلى كبريت وماء.

ولغاز كبريتيد الهيدروجين سمية عالية حيث يؤثر في الجهاز العصبي المركزي ويؤدي إلى التهاب في الأغشية المخاطية في الجهاز التنفسي والعينين كما يؤثر على حاسة الشم. وعندما يوجد بتراكيز منخفض جداً تصل إلى 0.1 جزء في المليون يمكن الإحساس برائحته ولكن مع زيادة التركيز إلى 100 جزء في المليون لعدة دقائق فإنه يتلف الإحساس بالشم. وإن استمرار تنفس مثل هذه التراكيز العالية يسبب أضراراً بالغة للجهاز التنفسي.



## المحاضرة الثالثة ————— كيمياء التلوث الصناعي (ك451)

يوجد كبريتيد الهيدروجين في كثير من المياه المعدنية (المياه الكبريتية) كما يتصاعد من فوهات البراكين حيث يحترق كثير منه احتراقاً غير كامل إلى كبريت وماء. وهو ينتج من تخمر المواد العضوية التي تحتوي على الكبريت مثل المخلفات البشرية، لذلك يتصاعد من مياه المستنقعات والمجاري. إلا أن المصدر الرئيسي لتلوث البيئة يأتي من إنتاج غاز الفحم ومن تكرير البترول ومن بعض الصناعات البتروكيميائية لاعتباره أحد مكونات البترول والغاز الطبيعي.

يتأكسد كبريتيد الهيدروجين في الهواء إلى حمض الكبريتيك. كما ان تركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في الهواء على مستوى العالم لا يزداد مع الزمن على الرغم من انبعاث حوالي 300 مليون طن كل سنة وبالتالي فإن تأثيره على الصحة يأتي من التركيز المفاجئ في مناطق محدودة.

أبرز حوادث غاز كبريتيد الهيدروجين

حدث في المكسيك عام 1950م تلوث بسبب تسرب تراكيز عالية من كبريتيد الهيدروجين في الهواء لمدة ساعة مما أدى إلى قتل 22 شخصاً، كما وصل للمستشفيات 320 حالة، وهؤلاء الذين تأثروا بالغاز فقدوا خاصية الشم.

ونستنتج مما سبق أنه على الرغم من أننا نستطيع أن نشم رائحة كبريتيد الهيدروجين عند تراكيز منخفضة جداً إلا أننا لا نستطيع تحديد تركيزه فيما لو كان أعلى من المسموح به، لذلك لابد من توافر أجهزة في المصانع وفي المدن للكشف عن تركيزه وبالتالي اتخاذ الاحتياطات اللازمة.

## تلوث الماء Water Pollution

يعرف تلوث الماء على انه اي تغيير في الخصائص الفيزيائية والكيميائية او البايولوجية يجعل نوعية المياه التي نتعامل معها غير ملائمة للاستخدام ، هذه من الناحية البشرية اما بالنسبة لكثير من الكائنات الاخرى فان بعض التغيرات قد تكون مفيدة لبعض منها وضارة بالبعض الاخر

وفيمايلي الملوثات الاساسية :

اولا : ملوثات المواد النفطية :

النفط هو عصب الحياة بالنسبة لحضارة البشر الحالية وسيبقى كذلك للمدى المنظور القريب ، ومن مزايا التعامل مع النفط الخام في الوقت الحاضر ان الدول الرئيسية التي تحتاجه اما انها لاتملك مصادر لانتاجه اوانها تملك مالا يكفي لسد حاجتها منه مثل معظم دول اوربا واليابان وكوريا وامريكا واستراليا لذلك فان هذه الدول تشتري النفط الخام من مصادر انتاجه وتضطر لنقله الاف الكيلومترات ولصعوبة نقل النفط الخام عبر الانابيب لاسباب سياسية وتكنولوجية او جغرافية وغيرها لذلك يتم نقل النفط الخام عبر ناقلات عملاقة عبر البحار والمحيطات وكلما ازدادت حجم هذه الناقلات زادت الصعوبة في السيطرة عليها وازدادت احتمالية ارتطامها بالنتوءات تحت سطح الماء في ظروف خاصة وبالتالي تتسرب كميات هائلة من النفط الخام في الماء ومن المصادر الخطرة لتلوث المياه بالنفط هو انتاج النفط من تحت البحر واحتمال انفجار ابار النفط من هذا النوع الذي لايمكن السيطرة عليه الا بعد حدوث كوارث بيئية ، وهناك مصادر محتملة اضافية لتلوث المياه بالنفط ومشتقاته منها تسرب النفط الخام من تشققات طبيعية في بعض مناطق العالم ولا دخل للانسان فيها وانفجار البراكين القريبة من سواحل البحر وكذلك عمليات التنظيف الدوري لناقلات النفط وازالة الترسبات منها والتي تتم اغلبها على البحر مباشرة وترمي النفايات فيه بالاضافة الى المواد النفطية والدهنية المقذوفة مع الميا الصناعية من وحدات تكرير النفط والمؤسسات الصناعية المختلفة والتي تشمل على الهيدروكربونات والمواد القيرية ودهون التزييت والتشحيم

### مكونات النفط الخام وتأثيراته السلبية على مياه البحار او المحيطات :

يكون النفط الخام ذو لون اسود تقريبا ويتكون من 95% من الكربون والهيدروجين وبعد النفط الخام مزيجا من الاف المركبات العضوية التي تتدرج من غاز الميثان الى مركبات ذات اوزان جزئية عالية .

عند انسكاب النفط الخام الى مياه البحر تفقد منه المكونات الحقيقية وقد تصل نسبة الفقدان 20% من الوزن الاصلي للنفط المنسكب وتعتمد نسبة الفقدان على درجة الحرارة وسرعة الرياح ونوع النفط المنسكب .

ان انتشار النفط الخام على هيئة بقع كبيرة عائمة على سطح الماء تؤدي الى تأثيرات سلبية منها

- 1- حجب ضوء الشمس والتاثير على عملية التركيب الضوئي خاصة اذا كانت البقعة راكدة نوعا ما بسبب سكون الرياح
- 2- يمنع تنافذ الغازات ويقلل كمية الاوكسجين المذاب
- 3- يسمم الاسماك والطيور
- 4- التاثيرات السلبية على قعر المحيط عند نزول النفط الى القعر بفعل زيادة وزنه
- 5- التدمير الكبير للسواحل وقتل النباتات المفيدة الموجودة في المياه الضحلة الموجودة بالقرب منها
- 6- الالتصاق بالاحياء المائية والطيور مما يؤدي الى هلاكها

### التغيرات التي تحدث للنفط الخام بعد انسكابه على ماء البحر :

#### 1- التغيرات الفيزيائية :

ان اهم التغيرات هي فقدان جزء من الوزن بسبب التبخر والذي يعتمد اساسا على مقدار الضغط البخاري للنفط في درجات الحرارة الاعتيادية وكلما انتشر النفط بشكل بقع كبيرة ورقيقة كلما زادت سرعة التبخر وكلما كان النفط الخام ثقيلًا كلما قل التبخر ، كما ان انتشار النفط بشكل بقع كبيرة يؤدي الى صعوبة استعادته او محاولة غمره تحت الماء وكذلك يزيد من سهولة انتقاله بواسطة التيارات البحرية والرياح الى السواحل وتلويثها

ومن التاثيرات الفيزيائية الاخرى التي تحدث للنفط بعد انسكابه ذوبان قسم من مكوناته في الماء وانغمار جزء كبير منه الى القعر ، ويحدث الانغمار عادة بعد فقدان الاجزاء الطيارة بسبب التبخر وزيادة الكثافة تبعا لذلك ، كما ان تراكم بعض الغبار عليه من الجو ( خاصة كما يحدث في المناطق الصحراوية مثل الخليج العربي بحيث العواصف الملحية كثيرة الحدوث ) يزيد في وزنه ويساعد على انغماره

#### 2- التغيرات الكيماوية :

تعتبر الاكسدة الضوئية من اهم التغيرات الكيماوية التي تحدث على النفط الخام بعد انسكابه في مياه البحر فعند وجود الاوكسجين واشعة الشمس بكمية كافية تتحول العديد من المركبات النفطية المعقدة التركيب مثل المركبات الاروماتية ذات الازان الجزيئية العالية الى مركبات اسهل تكسيرا كالكيتونات والالديهيدات والاحماض الكاربوكسيلية والفينولات وغيرها والتي تمتاز بقطبيتها وذوبانها في الماء وفي هذه الحالة يتسنى للعوامل الطبيعية ان تستمر في تحطيمها والتخلص التدريجي منها ، وقد وجد بان النفط

الخام الحاوي على نسبة قليلة من الكبريت يتعرض الى الاكسدة الضوئية اكثر مما يتعرض لها النفط الحاوي على نسبة اعلى من الكبريت

### 3- التغيرات البيولوجية :

ان ابرز التغيرات البيولوجية هو الدور الذي تلعبه بعض الاحياء المجهرية مثل (Pseudomonas) التي توجد في مياه البحر وعلى السواحل في مهاجمة المركبات الهيدروكاربونية واكسدتها وقد تكون ذو فائدة في هذا المجال لانها تقضي ولوبيطء ملحوظ على البقع النفطية التي تصل الى السواحل، ان عمليات التفسخ البكتيري للتراكمات النفطية تتطلب توفر الاوكسجين وتعتمد على درجات الحرارة وتكون نواتج التحلل مركبات ذائبة بالماء سهلة التكسر مما يسمح لظروف طبيعية اخرى بالتخلص من اثارها بشكل نهائي ، وبصورة عامة قان التغيرات البيولوجية تتطلب عدة شهور بعد انسكاب النفط الخام لكي يلاحظ تأثيرها بشكل واضح

### طرق معالجة المياه الملوثة بالنفط الخام :

#### 1- المواد الماصة وطرق استعمالها

تتلخص هذه الطريقة برش البقع النفطية المنسكبة بمواد لها القابلية على امتصاص النفط ومن ثم تجميع هذه المواد مع النفط الملتصق بها ثم عصرها وتجفيفها واعادة رشها مرة اخرى.

يجب مراعاة اختيار مواد غير ضارة للبيئة، وقد وجد بأن الحشائش اليابسة والتين الطبيعي لها القدرة على امتصاص كميات من النفط تصل الى عشر اضعاف وزنها، كما ان هناك مواد بوليميرية لها كفاءة أعلى وتعتبر هذه الطريقة من افضل الطرق واقلها خطورة على البيئة.

#### 2. مساحيق الغسيل والمواد الخافضة للتشد السطحي :

يتم في هذه الطريقة تشتيت (dispersion) البقعة النفطية الى دقائق صغيرة تنتشر على السطح وبالعمق ايضا ويتم ذلك باستخدام مواد لها القابلية على خفض الشد السطحي للنفط مثل مساحيق الغسيل (Surfactant) وتجعل الماء يخترق الغشاء النفطي المتصل (البقعة النفطية) ويفتتها ويخففها، ان اهم مميزات هذه الطريقة هي:

ا- تقليل مخاطر احتراق النفط العائم على سطح الماء خصوصا عندما يكون قريبا من الساحل

ب- منع وصول النفط الى الساحل بسبب تشتت البقعة النفطية وانغمارها

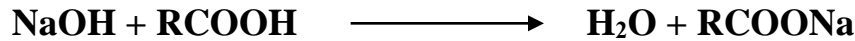
ج- تساعد في عملية التفسخ البيولوجي للنفط وذلك بتشتيت البقعة على حجم اكبر من الماء

## المحاضرة الرابعة ————— كيمياء التلوث الصناعي (ك451)

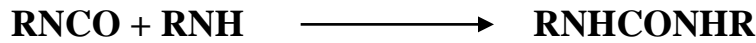
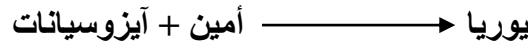
اما مساوئها فتتمثل في سمية خلطات المشتتات التجارية نظرا لتراكيبها الكيماوية الخاصة لذلك تمنع الكثير من الدول استخدام هذه الطريقة الا عند عدم وجود البدائل لها .

### 3. تحويل النفط الى مادة هلامية:

يتم في هذه الطريقة تحويل النفط الى كتل هلامية ذات لزوجة عالية تطفو على سطح الماء وينتج ذلك من خلال اضافة مواد كيميائية تساعد على هذا التحول ، وتصنف المواد الكيماوية المستخدمة لهذا الغرض الى صنفين : الاول يتضمن اضافة مادتين كيميائيتين تتفاعلان مع بعضهما لتكوين هيكل الهلام الذي يحتجز النفط بين تجاويفه لتكوين ما يسمى بالهلام النفطي ومن الامثلة على هذا النوع:



اما الصنف الثاني فهو مادة واحدة تنتفخ بعد اضافتها الى النفط وتكون الهيكل الهلامي الذي ينحصر النفط في داخل تجاويفه كالصوابين المعدنية والبولي اميدات وبعض المركبات اللاعضوية المستقطبة ايضا.



### 4. غمر النفط الى القعر:

تتم هذه الطريقة بازالة النفط المنسكب بواسطة غمره الى قاع البحر وذلك برش مادة مسحوقة (مطحونة) لها ميل تجاه النفط لغرض زيادة وزنه وسحبه الى القعر بفعل الجاذبية الارضية ومن هذه المواد الرمل المعامل كيميائيا باكسائه بمادة ميالة الى النفط مثل بعض الامينات ويضاف بنسبة معينة حسب الحاجة قد تصل الى 1:1 في الحالات الصعبة . ومن هذه المواد التي استعملت لغمر النفط غبار الفحم والرماد اللاعضوي والكبريت والاسمنت المعالج كيميائيا وكاربونات الكالسيوم وغيرها ، ومن مساويء هذه الطريقة ان قسم من النفط المغمور قد يطفو مرة اخرى بعد فترة من الزمن مما يثير الشكوك حول كفاءة بعض المواد الغامرة هذا بالاضافة الى التأثيرات السلبية التي تسببها هذه الطريقة على قاع البحر .

ويقف معظم الباحثين والعلماء المهتمون بشؤون البيئة ضد استعمال طريقة الغمر لسببين رئيسيين

1- ان قسم من النفط المغمور يطفو ثانية بعد فترة من الزمن مما يثير الشكوك حول كفاءة بعض المواد الغامرة

2- لاتتوفر معلومات كافية عن مدى التأثيرات والتخريبات في الحياة المائية والبيئة البحرية في القعر التي يسببها لها النفط المنغمر

### 5. حرق النفط الخام على سطح البحر :

يمكن حرق النفط بكفاءة بعد انسكابه مباشرة وقبل ان يفقد مكوناته الخفيفة الطيارة التي تبدأ بالاشتعال بسرعة ثم تساعد على اشتعال بقية المكونات الاثقل منها ولكن هناك عدة عوامل تعرقل الاشتعال السريع مثل الانتشار السريع للنفط المنسكب وتحوله الى غشاء رقيق عائم يجعله يفقد مكوناته الخفيفة بسرعة بالاضافة الى التبريد الناتج بسبب التبخر ولذلك قد يتطلب في بعض الحالات اضافة مواد مساعدة على ابتداء الاشتعال مثل معدن الصوديوم او المغنيسيوم التي تتفاعل بشدة مع الماء منتجة هيدروجين وحرارة عالية انفجارية تحرق الهيدروجين الناتج وتعمل ابتداء الاشتعال، ومن الامور الواجب اتخاذها بهذه الطريقة هي ضرورة تطويق البقع النفطية بكفاءة عالية قبل اضافة المادة المساعدة للاشتعال حيث ان النفط المنسكب يكون في معظم الحالات بشكل بقع صغيرة عديدة منفصلة عن بعضها ومنتشرة في كافة الاتجاهات ولا يمكن حرقها بكفاءة عالية ما لم يتم تطويقها وتجميعها في بقعة واحدة.

ان من مساوىء هذه الطريقة هي تحويل تلوث الماء بالنفط الى تلوث الهواء بالغازات والدخان الكثيف حيث وجود رطوبة عالية مع النفط يؤدي الى عدم الاحتراق الكامل ونتاج دخان كثيف

### 6- طرق فيزيائية اخرى

أ- تطويق النفط بحواجز عائمة

ب- قشط النفط من سطح الماء

### ثانيا- تلوث المياه بمستهلكات الاوكسجين:

لايمكن الاستغناء عن الاوكسجين المذاب في الماء لغرض استمرار الحياة في البيئة المائية، حيث تحتاج الاسماك الى النسبة الاعلى من الاوكسجين المذاب تليها اللافقرات ثم البكتيريا والنباتات ويجب ان لا يقل تركيز الاوكسجين في المياه الدافئة عن 5ppm لادامة حياة الاسماك في حين يجب ان يكون اعلى من ذلك بقليل 6ppm في المياه الباردة . وعندما يكون تركيز الاوكسجين المذاب في اي بيئة مائية أقل من الحد المطلوب لادامة الحياة تعتبر هذه البيئة ملوثة. ومن اهم الاسباب التي تؤدي الى انخفاض مستويات الاوكسجين المذاب استهلاكه من قبل البكتريا الهوائية التي تقوم بتفسيخ المواد العضوية المذابة الى

## المحاضرة الرابعة ————— كيمياء التلوث الصناعي (ك451)

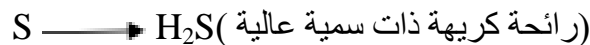
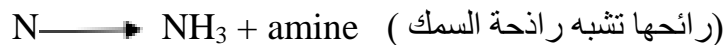
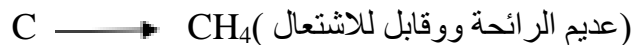
عواملها الأولية، ان المواد العضوية تكون مصادر لها متعددة مثل الفضلات الغذائية من المنازل وفضلات معامل تعليب المواد الغذائية ومعامل الورق والنواتج العرضية وفضلات معامل الدباغة وفضلات المياه من المجازر والمزارع ومحلات الفواكه والخضر.

يتفاعل الكربون الذي يعد المكون الرئيسي في المواد العضوية مع الاوكسجين المذاب في الماء بمساعدة البكتريا الهوائية لانتاج  $CO_2$ ، ويمكن تفسير ما يحدث ببساطة في ان 12 غرام من الكربون يتطلب 32 غرام من الاوكسجين المذاب لتأكسدها بصورة شاملة الي غاز ثاني اوكسيد الكربون، وبصورة عامة يمكن القول بان قطرة من الدهن المستعمل في الطعام عند رميها في المياه تتطلب لأكسدها كمية من الاوكسجين تكفي لتشبع 3.7 لتر من الماء ومن ذلك يظهر خطورة الضرر الناجم من رمي المخلفات العضوية في المياه والسرعة الكبيرة في انحطاط نوعية المياه،

بالاضافة الى الكربون تحتوي المواد العضوية علي النتروجين والكبريت والفسفور والتي تتعرض الي التفسخ البكتيري الهوائي واللاهوائي ، يعزى موت الاحياء المائية ( الحيوانات والنباتات) مباشرة الى نقص الاوكسجين المذاب المطلوب لادامة الحياة هذا بالدرجة الاولى ولكن من الناحية الاخرى فان اختفاء الاوكسجين في الماء يهيئ الظروف لنمو نوع اخر من البكتريا ( البكتريا اللاهوائية ) Anaerobic bacteria والتي تقوم بتفسخ المواد العضوية ايضا ولكن بميكانيكية مختلفة تكون خطورتها كبيرة على البيئة بسبب تكون غازات سامة وذات رائحة كريهة وتكون هذه الميكانيكية هي الغالبة في تفسخ الفضلات العضوية في خزانات الفضلات في المساكن



اما تفاعلات التفسخ البكتيري اللاهوائي



يتم قياس كمية الملوثات المستهلكة للاوكسجين عن طريق

### 1- الاحتياج الكيميائي الحيوي للاوكسجين (B.O.D) Biochemical-Oxygen Demand

يتم استحصال قيمة ال(B.O.D) لاي نموذج مائي عند حفظه في اناء مغلق لمدة 5 ايام وعند درجة حرارة 20م ويتم حساب كمية الاوكسجين قبل وبعد حفظ النموذج ، تعتبر طريقة جيدة ومقبولة للتعبير عن الملوثات العضوية المستهلكة للاوكسجين الا انها تتطلب وقتا طويلا لاجرائها اضافة لعدم دقتها

### 2- طريقة الاحتياج الكيميائي (C.O.D) (Chemical Oxygen Demand)

يتم في هذه الطريقة اكسدة المواد العضوية الملوثة بمواد موكسدة قوية مثل دايكرومات البوتاسيوم  $K_2Cr_2O_7$  في حامض الكبريتيك وبذلك يتم التاكسد بصورة سريعة لاتزيد عن 2 ساعة بعدها يتم حساب كمية الدايكرومات المستنفذة او كمية غاز  $CO_2$  المتحررة من عملية التاكسد والتي تمثل كمية المادة العضوية الملوثة للمياه

تكون القيم المستحصلة بطريقة ال C.O.D اعلى من قيم ال B.O.D وذلك بسبب الاكسدة التامة لجميع المواد العضوية مذابة او غير مذابة كما قد تكون البيكتيريا في طريقة ال B.O.D عاجزة عن الاكسدة التامة لبعض المواد العضوية المذابة حين يتم تاكسدها بصورة تامة في طريقة ال C.O.D على انه يجب الحذر من التداخلات عند استعمال هذه الطرق حيث من الممكن اكسدة بعض الشوائب الاعضوية كما ان بعد المواد العضوية تكون مقاومة للتاكسد حتى باستعمال طريقة ال C.O.D

### 3- طريقة تحليل الكربون العضوي الكلي (TOC) Total Organic –Carbon Analysis:

يتم في هذه الطريقة حرق تام للمادة العضوية الملوثة للمياه بدرجات حرارية عالية تصل الى 1000 درجة مئوية بوجود عوامل محفزة Catalyst وبذلك يتحول جميع الكربون في المواد العضوية الى غاز  $CO_2$  ويقاس بطرق الية متقدمة

### ثالثا : تلوث المياه بمساحيق الغسيل :

مساحيق الغسيل بصورة عامة هي عبارة عن مواد كيميائية تحتوي على نهايتين احدهما نهاية هيدروكاربونية تمتزج مع الدهون (الايوساخ) ونهاية مستقطبة تذوب في الوسط المائي وتعمل على سحب الدهون الممتزجة مع النهاية الهيدروكاربونية الى الوسط المائي وبذلك تحدث عملية التنظيف.

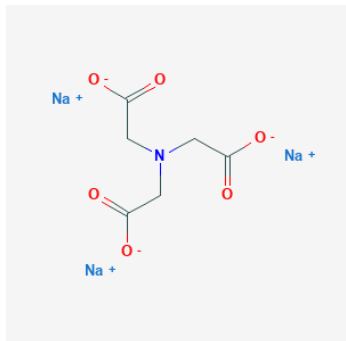
تتكون المنظفات من ثلاث مكونات اساسية :

1- مادة ذات فعالية سطحية (العامل المنظف) Surfactant تعمل على حل الاوساخ والدهون وسحبها الى الوسط المائي ومن اهم الموارد المستخدمة هي linear alkylbenzen sulphonate وان هذه المواد هي المسؤولة عن وجود الرغوة في مساحيق





وان مميزات هذا المركب :



- سهل التحضير ورخيص الثمن
- قابل للتفسخ عن طريق البكتيريا بسهولة
- يملك صفات ممتازة بخصوص قابليته على حجر ايونات العسره (Ca ,Mg) اي (Good sequestering agent)

3\_مضافات متنوعة تشتمل على الملمعات والالوان والروائح وغيرها

1- اللمعان (brightners)

2-الالوان (Colours)

3-الروائح(perfumes)

4-مواد ضد التاكل(anticorrosion)

5- مواد لمنع اعاده تراكم الاوساخ من الوسط المائي الى القماش(anti-redeposition agents)

### رابعا : تلوث المياه بالمبيدات :

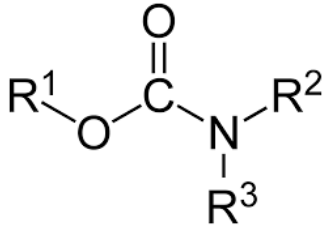
تستخدم المبيدات لمكافحة العديد من المخلوقات الصغيرة والنباتات غير المفيدة التي تنافس مع الانسان من اجل البقاء كالحشرات والقوارض والاعشاب الضارة وغيرها وبالرغم من اهمية المبيدات في مكافحة هذه المخلوقات الضارة الا ان لها ضررا على البيئة المائية حيث انها تصل الى المياه عن طريق الرش المباشر للجسام المائية للقضاء على بعض الحشرات التي تتواجد في المياه في مراحل دورتها الحياتية او قد تصل بصورة غير مباشرة عند رش الغابات بواسطة الطائرات للسيطرة على بعض انواع الحشرات عن طريق غسل الجو بطريقة طبيعية اثناء نزول المطر وكذلك عن طريق جرف السيول للتربة التي سبق وان تم معاملتها بالمبيدات وتصنف المبيدات حسب التركيب الكيميائي لما يأتي

1.الهيدرو كاربونات الكلورة Chlorinated Hydrocarbons

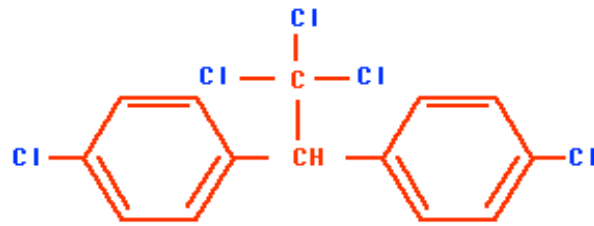
2.جوامض الكلوروفينوكسي Chlorophenoxy acids

3.الفوسفات العضوية Organophosphates

4. مجموعات الكاربميت Carbamates (مشتقة من حامض الكارميك HO-C-N)



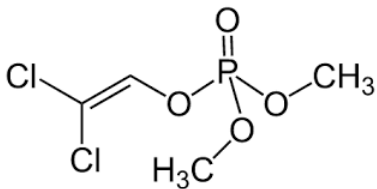
ومن الامثلة على تلك المبيدات هو مبيد الـ Dichloro diophenyl trichloroethan (DDT) وهو من الهيدرو كاربونات الكلورة يمتلك التركيب التالي



DDT (dichloro, diphenyl, trichloroethane)

وان اهم مساوئ هذا المبيد هو خطورته المتزايدة على الطيور والاسماك وامكانية انتقال سميته الى الانسان بسبب بقاء تركيزه عاليا في اجسام الحيوانات الملوثة لفترة طويلة ، كما ان هذا المبيد يمتاز بمقاومته العالية للتفسيخ الطبيعي مما يؤدي الى تراكمه في مياه البحر والمحيطات عبر السنين

يمتاز هذا المبيد بسميته العالية وتسببه في حدوث تشوهات جنينية للكائنات المائية حتى عند وجوده بتركيز واطنة ومن المبيدات الاخرى هي المبيدات الفوسفاتية العضوية التي تكون سميتها اعلى بكثير من المبيدات العضوية الكلورة ولن تكون فترة بقائها النسبية في البيئة قصيرة اي انها تحدد الهدف المطلوب ويتفسيخ الزائد منها قبل انتشارها الى مسافات اكبر



يكون التركيب العام لهذا المبيد هو :

فهو مثالا للمبيدات الحاوية على مجموعة الكاربميت والتي تمتاز بصورة عامة بعدم بقائها في الجو لفترة طويلة ولا تتراكم في جسم الانسان

## المحاضرة الرابعة ————— كيمياء التلوث الصناعي (ك451)

تتجه العديد من الدول المتطورة الى عدم استخدام المبيدات والاستعاضة عنها بطرق اقل ضررا على البيئة ومن هذه الطرق مايلي :

1. طرق السيطرة البايولوجية: تتلخص هذه الطريقة بتنمية وتكثير اعداء طبيعيين للصنف الحشري المراد القضاء عليه او حتى نشر جراثيم الامراض خاصة بهذه الحشرات ولكن يجب الانتباه ان لا يكون العدو الطبيعي الذي تم نشره في البيئة عبئا جديدا عليها. وكذلك تتضمن هذه الطريقة تنمية نباتات ذات مقاومة عالية للحشرات والامراض عندها لا يكون هناك حاجة لاستخدام المبيدات.

2. استعمال جاذبات كيميائية: تنجذب الى مصادر غذائها عن طريق مواد كيميائية في الغذاء كما ان الضوء والصوت يجذبان بعض الحشرات وبذلك استخدام هذه المركبات كجاذبات كيميائية بعد تحضيرها مختبريا او وكذلك استخدام جاذبات ضوئية وصوتية وبعد جذبها وتجميعها في المكان المحدد يتم قتلها والتخلص منها .

3. السيطرة الجينية: يتم في هذه الطريقة تجميع ذكور الحشرات وتحويلها الى ذكور عقيمة بواسطة مواد كيميائية خاصة او بواسطة الاشعاع وبذلك يتم تناقص اعداد الحشرات بصورة كبيرة خصوصا اذا تمت هذه العملية بتتابع مستمر .

4. السيطرة بتغيير البيئة البايولوجية: ويتم ذلك باجراء تغييرات في بيئة تكاثر الحشرات مثل تاخير موسم البذار وغير ذلك من التداخلات في دورات حياة الحشرات ويمكن ان يؤدي ذلك الى تقليل ملحوظ في اعدادها

### خامساً : تلوث المياه بالمعادن الثقيلة (المركبات اللاعضوية) :

يقصد بالعناصر الثقيلة العناصر التي تزيد كثافتها عن  $5\text{g/cm}^3$  مثل الفناديوم والكروم والحديد والكوبلت والنحاس والمولبدينيوم والقصدير ، وهناك عناصر ثقيلة نادرة ويقصد بها هي العناصر التي يكون تركيزها في القشرة الارضية اقل او يساوي 100 ppm مثل الزئبق والزرنيخ والذهب والكاميوم والفضة وغيرها.

توجد المعادن الثقيلة بصورة طبيعية في النظام البيئي، ويرجع ازدياد نسبتها مؤخراً إلى المصادر الصناعية والنفايات الصناعية السائلة وانتقال أيونات المعادن من التربة إلى البحيرات والأنهار والأمطار الحامضية، والتلوث الحادث من النفايات الصادرة من الوقود بشكل خاص

وتعتبر هذه المعادن من أخطر الملوثات حيث أن لمعظمها صفة التراكم حيث تتراكم في أجسام الحيوانات مثل الاسماك والطيور و النباتات وتصل إلى الانسان عن طريق تناوله هذه الاطعمة ، كما أنها لا تمتلك القابلية على التحلل أو التحطم الكيميائي أو البكتيريولوجي في البيئة عند تجمعها في اجسام الكائنات الحية لذا يمكن تلخيص اسباب خطورة التلوث بالمعادن الثقيلة بالآتي:

1. لايمكن تفسخ المعادن والقضاء عليها بواسطة البكتيريا والعمليات الطبيعية الاخرى ، فقد يمكن تغيير نوع المركب ولكن المعدن يبقى ويزداد تركيزه تدريجياً
  2. بسبب الثبوتية العالية لها يمكن للمعادن ان تنتقل الى مسافات بعيدة جداً عن مناطق نشوءها بطرق مختلفة
  3. يمكن مضاعفة وتكبير تراكيز المعادن من خلال السلسلة الغذائية بسبب ثبوتها وفترات بقائها غير المحدودة
- ولذا قد تصبح بعض الحيوانات او النباتات (بسبب اختزانها بتراكيز عالية من بعض المعادن الخطرة) مصدرا للتسمم وخطر كبير على الصحة

### مصادر التلوث بالعناصر الثقيلة

توجد العناصر الثقيلة في الماء من المصادر الطبيعية أو مصادر صناعية أو أنشطة بشرية تشمل المصادر الطبيعية: الصخور الترابية والخامات المعدنية، الزراعة، المخلفات، الأسمدة، المبيدات بينما تشمل المصادر الصناعية:

1-التعدين: التنقيب، تشغيل المعادن، الصهر

2- إنتاج الطاقة: تصنيع البطاريات، البنزين المحتوي على الرصاص، محطات الطاقة

3- الرقائق الالكترونية

بينما مياه المجاري تصنف تحت المصادر البشرية

ولقد وضعت منظمة الصحة العالمية (WHO) كل من الكاديوم والرصاص والزنك والزرنيخ ضمن أكثر عشرة مواد خطرة على الصحة للعام 2018.

وهناك حدود للتركيز المسوح بها بتواجد هذه المعادن في الماء وهي كما موضحة في أدناه

- As=0.01mg/l
- Hg=0.002mg/l
- Pb=0.015mg/l
- Cd=0.05mg/l

## التلوث بالزئبق Hg

يعد الزئبق المعدن السائل الوحيد وتذوب فيه معادن عديدة وتكون ما يسمى بالملاغم التي تستخدم في كثير من المجالات ويعتبر الزئبق مع كافة املاحه ومركباته ساما للحياة المجهرية واشكال الحياة العليا

ينتج الزئبق طبيعياً من غازات القشرة الرضية ومن الانبعاثات البركانية. الزئبق في الغلاف الجوي يكون مشتتاً عن طريق الرياح ، ويعود إلى الأرض عند هطول الأمطار يتراكم في السلسلة الغذائية ومن أهم مصادر التلوث بالزئبق عن طريق الطعام وخاصة الأسماك

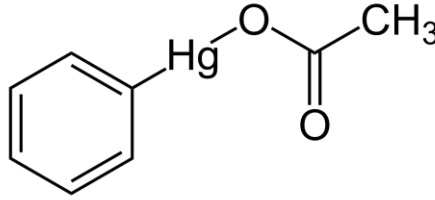
يتسرب الزئبق إلى البيئة بعدة طرق من أهمها اثناء استخراج خاماته وكذلك بسبب استهلاك كميات كبيرة من الفحم الحجري التي تحتوي على نسبة واطئة من الزئبق بالإضافة إلى عمليات تعرية الصخور بصورة طبيعية

ان اهم و اخطر المركبات الزئبقية هي الكيلات الزئبق ومن اهمها ثنائي مثيل الزئبق الذي يمتاز بقابلية تطاير عالية والوصول إلى الانسجة بالدماغ ويبلغ عمر النصف له ب 70 يوم تقريبا وهي فترة كافية لتراكم الزئبق في الجسم وزيادة تركيزه

ان اهم اضرار الزئبق على الانسان تتمثل في ايقاف بعض الانزيمات ومنعها من اداء وظائفها وكذلك تؤدي إلى تدمير الخلايا الحية، ومن ناحية اخرى فان ابخرة الزئبق لها القابلية على الانتقال إلى الدم من خلال جدران الرئة وتتراكم في انسجة الدماغ مما يتسبب في تلف الجهاز العصبي وقد ينتهي بالموت.

## اهم الاستعمالات له والتي من خلالها يتسرب الى البيئة:

1. تحضير غاز الكلور من التحلل المادي لملاح الطعام على قطب الكاثود الزئبقي
2. يستعمل كمادة معفرة لقتل الاحياء المجهرية غير المرغوبة fungicide ومن اهم هذه الاستعمالات القضاء على التعفونات التي تعيش على الاصباغ حيث يستخدم المركب PMA phenyl mercuric acetate خلات فنيل الزئبق



### تأثيرات الزئبق :

ان اهم تأثيرات الزئبق في جسم الانسان تتمثل في ايقاف بعض الانزيمات ومنعها من اداء وظائفها كذلك تؤدي الى تدمير الخلايا الحية وذلك عن طريق التجاذب القوي بين الزئبق والكبريت الذي يدخل في تراكيب الانزيمات وجدران الخلايا حيث يتكون معقد قوي الترابط وبذلك يفقد الانزيم وجدار الخلية صفاتها الاساسية

ويمكن تلخيص لآثار الصحية للزئبق بالآتي:

- اضطرابات حسية
- اضطرابات سمعية
- انقباض في المجال البصري
- غثيان
- تخلف عقلي
- اضطرابات في النمو
- اضطرابات في الجهاز العصبي

## التلوث بالرصاص Pb

على الرغم من ضآلة وجود الرصاص في تركيب القشرة الأرضية إلا أنه من أهم المعادن تداولاً من قبل الإنسان ويعود ذلك إلى خواصه المميزة التي تؤهله إلى استخدامات متعددة

يتم انتشار الهواء في البيئة أما كدقائق (غبار) أو كبخار في الحالة الغازية بأحد أشكال مركبات الرصاص الغازية خصوصاً أثناء حرق الكازولين الحاوي على مركبات الرصاص (رابع أكسيد الرصاص) أو (رابع مثيلات الرصاص)

تعتمد الفعالية البيولوجية للرصاص في جسم الإنسان على الطبيعة الكيميائية للمركب الحاوي على الرصاص إذ تمتص مركبات الرصاص العضوية مثل رابع أكسيد الرصاص مباشرة وبسرعة من قبل الأغشية المخاطية وحتى من قبل جلد الإنسان مما يسبب خطورة كبيرة على الصحة.

بعد وصول الرصاص إلى الدم يتداخل في عملية تخليق مادة الهيم وهي المادة الأساسية المكونة للهيموكلوبين ويحدث ذلك نتيجة لذلك تناقص في عدد وعمر كريات الدم الحمراء مما يؤدي إلى الإصابة بمرض الأنيميا (بطئ تخثر الدم)

يمكن أن تلوث البيئة بالرصاص من إحدى المصادر التالية:

- التعدين-الصهر-التكرير-تصنيع الرصاص
- المنتجات التي تحتوي على الرصاص ، مثل:البطاريات.
- المبيدات الحشرية.
- غاز الرصاص.
- التربة-النباتات-الأغذية.
- الأوعية الغذائية المصنعة من صفائح معدنية ملحومة.
- طلاء السيراميك.



## المحاضرة الخامسة ————— كيمياء التلوث الصناعي (ك451)

كما يتواجد الرصاص في العديد من المنتجات المستخدمة ومنها مستحضرات التجميل حيث وجدت في الاسواق العراقية كريمات تبيض البشرة من المناشيه الاسويه نسبة الرصاص بها بحدود 6 مغ/ لتر بينما من المناشيه الاوربية بلغت 0.08 مغ/لتر وبالتالي اثبات تلوث هذه المنتجات من المناشيه الاسويه بمادة الرصاص وتعتبر مسرطنه وغير صالحة للاستعمال البشري وكما في الجدول أدناه:

جدول1: يبين الترتيب التنازلي لتركيز الرصاص بـ (PPM) في عينات مستحضرات التبيض

ت	نماذج كريمات تبيض البشره	المنشأ	PPM
1	Touch me Royal	China	6.17
2	Fair&Lovely Vitamine	India	1.88
3	Fair&Lovely Ayurvedic	India	1.18
4	Ideal	Lebanon	0.91
5	Neutrogen	China	0.85
6	Rose	Lebanon	0.79
7	Paris,Fairness Cream	U.A.E.	0.73
8	Acne Cream	Tailand	0.73
9	Clear &skin white	U.K.	0.55
10	Clear &skin with tea tree	U.K.	0
11	Arko nem	Turky	0
12	Clean &clearwhite	France	0
13	Faimilkwhiteo	U.K.	0
14	Super Rose	Paris	0
15	Loryal	France	0
16	Olay	Tailand	0
17	Fair&Lovely Babai	India	0

## المحاضرة الخامسة كيمياء التلوث الصناعي (ك451)

وكانت بعض المحافظات في العراق ملوثة بالرصاص اكثر من غيرها نتيجة تواجد الصناعات النفطية فيها مثل:

- البصرة: وجدت الدراسات اعلى تلوث في محافظة البصرة في مناطق القرنه و الزبير بسبب عمليات تكرير النفط في تلك المناطق. اضافة الى زيادة تركيز المعادن الثقيلة في انسجة الاسماك (غلاصم وكبد وعضلات) التي تم اصطيادها من 4 مواقع مختلفة من شط العرب.
- بغداد : زيادة التلوث في مصفى الدورة والمناطق القريبة منها, وزيادة التلوث في الرستمية ايضا وكذلك زيادة التلوث في مرآب العلاوي و مرآب باب المعظم بسبب احتراق البنزين الحاوي على رابع اثيرات الرصاص
- الحلة : قرب معامل البطاريات والمنسوجات والورق.
- بقية المحافظات زيادة التلوث قرب معامل الطابوق.

### الآثار الصحية التي يمكن ان يسببها تلوث الرصاص:



#### الأطفال:

انيميا 1% في البطن ،  
امساك ، تخلف عقلي ،  
ضعف العضلات ، عدم  
القدرة على التركيز ،  
غيوبية.



#### البالغين:

صداع ، فقدان شهية  
مغص ، الأم عامة ،  
تعب ، فقر دم ، التهاب  
عصبي وشلل جزئي.



#### النساء الحوامل:

اجهاض ، ولادة جنين  
ميت ، الاختلال الوظيفي  
الكلي.

كيف يمكن تخفيض القرقة التي تجري في محرك السيارة بدون استخدام رابع اثيرات الرصاص ؟

1. زيادة نسبة الهيدروكربونات المشبعة عالية التفرع
2. زيادة نسبة المركبات الاروماتية البسيطة (ذات الحلقة الواحدة) تقلل من درجة القرقة بشكل محسوس

ان الرصاص لايبقى ثابت في محل تجمعه ولكنه يتحرك ويدور في الجسم وان نصف العمر له في العظام تتراوح بين 2-3 سنوات ، ان ظاهرة تحول الرصاص من عضو الى اخر في الجسم وانتقاله من العظام الى اعضاء اخرى هي ظاهرة خطيرة قد تؤدي بحياة الانسان ومما يعجل بحدوثها اصابة الانسان بالحمى المختلفة (ازتفاع درجة حرارة الجسم ) وكذلك عند استعمال ادوية خاصة مثل مشتقات الكورتزون اضافة الى زيادة حدوثها عند تقدم العمر .

### التلوث بالزرنيخ As

ينتقل الزرنيخ إلى التربة من مصانع صهر المعادن كالنحاس والرصاص والزنك، ويعتبر احتراق الفحم واستخدام المبيدات الحاسوبية على الزرنيخ من أهم مصادر تلوث التربة بالزرنيخ. يسبب تراكم الزرنيخ في جسم الإنسان الى وهن العضلات واصابات جلديه وأمراض الجهاز الهضمي والكبد والكلية والأعصاب. ويعتبر الزرنيخ العضوي أقل تأثيراً لصحة الإنسان من الزرنيخ غير العضوي الذي قد يسبب السرطانات أو يؤدي إلى بعض الخلل في الصفات الوراثية.

يعد الزرنيخ مادة مسرطنة فهي قد تسبب العديد من أنواع السرطانات مثل؛ سرطان الجلد والرئة والمثانة وكذلك أمراض القلب والأوعية الدموية فبعض البحوث توصلت إلى ان الزرنيخ وان كان في اقل حالات تركيزه لايزال هناك خطر من التلوث به مما قد يؤدي إلى حدوث الأسباب الرئيسية للوفاة وتلوث المياه بالزرنيخ يمكن ان يعرض جهاز المناعة أيضا للخطر.

- ترتفع مناسيب مادة الزرنيخ بشكل طبيعي في المياه الجوفية بعدد من البلدان وهذه المادة شديدة السمية في شكلها غير العضوي. وتمثل المياه الملوثة بمادة الزرنيخ التي تستخدم لأغراض الشرب وإعداد الطعام وري المحاصيل الغذائية أكبر خطر يحيق بالصحة العمومية ويمكن أن يتسبب التعرض الطويل الأجل للزرنيخ الموجود في مياه الشرب والغذاء في الإصابة بالسرطان والآفات الجلدية. كما يلحق هذا التعرض أضراراً بنماء الفرد ويسبب أمراض القلب والأوعية الدموية وتسميم الخلايا العصبية وداء السكري والوقاية من مواصلة التعرض للزرنيخ بفضل الإمداد بمياه مأمونة من أهم الإجراءات المتخذة على صعيد المجتمعات المحلية المتضررة بالتعرض.

### مصادر التعرض

مادة الزرنيخ من العناصر الطبيعية المكونة لقشرة الأرض وتتوزع على نطاق واسع في جميع أنحاء البيئة من ماء وهواء وتربة، وهي شديدة السمية في شكلها غير العضوي.

ويتعرض الفرد لارتفاع مستويات الزرنيخ غير العضوي في جسمه من خلال شرب مياه ملوثة بالمادة واستخدام تلك المياه في إعداد الطعام وري المحاصيل الغذائية وعمليات التجهيز الصناعية وتناول الأطعمة الملوثة وتدخين التبغ. ويمكن أن ينجم التسمم المزمن بالزرنيخ عن التعرض الطويل الأجل للزرنيخ غير العضوي، وذلك أساساً من خلال شرب المياه الملوثة به وتناول الأطعمة المعدّة من تلك المياه وتناول الأغذية المروية بمياه غنية بالزرنيخ. ومن الأضرار التي تميز التسمم بشكل كبير الآفات الجلدية وسرطان الجلد.

### مياه الشرب والأغذية

المياه الجوفية الملوثة بمادة الزرنيخ من أكبر الأخطار المحيطة بالصحة العمومية. وترتفع مناسيب هذه المادة بشكل طبيعي في المياه الجوفية بعدد من البلدان، ومنها الأرجنتين وبنغلاديش وشيلي والصين والهند والمكسيك والولايات المتحدة الأمريكية. وتتمثل مصادر التعرض للمادة في مياه الشرب والمحاصيل المروية بالمياه الملوثة والأطعمة المعدّة من تلك المياه.

ويمكن أن تكون أيضاً الأسماك وحيوانات المحار واللحوم والدواجن ومنتجات الألبان والحبوب من المصادر الغذائية الحاوية على الزرنيخ، على أن مستوى التعرض للزرنيخ من هذه الأطعمة هو أدنى عموماً منه في المياه الجوفية الملوثة بها. ويتخذ الزرنيخ في المأكولات البحرية شكلاً عضويًا هو الأقل سمية إلى حد بعيد.

### عمليات التجهيز الصناعية

يستخدم الزرنيخ في الصناعة بوصفه عنصراً لعمل السبائك، وكذلك في معالجة الزجاج والأصباغ والمنسوجات والورق ولواصق المعادن والمواد الحافظة للخشب والذخيرة. كما يستخدم الزرنيخ في عملية دباغة الجلود، وإلى حد ما، في المبيدات الحشرية والمواد المضافة إلى الأغذية والمستحضرات الصيدلانية.

### التبغ

يمكن أيضاً أن يتعرض مدخنو التبغ للزرنيخ غير العضوي الموجود في التبغ لأن نباتات التبغ تمتص الزرنيخ الموجود طبيعياً في التربة. وقد كانت أيضاً في الماضي احتمالات التعرض لارتفاع مستويات الزرنيخ أكبر بكثير عندما جرت العادة على معالجة نباتات التبغ بمبيدات حشرية حاوية على زرنيخ الرصاص.

## الوقاية والمكافحة

الوقاية من مواصلة التعرض للزرنِيخ بفضل الإمداد بمياه مأمونة صالحة للشرب وإعداد الطعام وري المحاصيل الغذائية من أهم الإجراءات المتخذة على صعيد المجتمعات المحلية المتضررة بالتعرض. وفيما يلي عدد من الخيارات المتاحة لتقليل مناسيب مادة الزرنِيخ في مياه الشرب.

- الاستعاضة عن مصادر المياه التي ترتفع فيها مناسيب الزرنِيخ، كالمياه الجوفية، بأخرى تنخفض فيها تلك المناسيب وتكون مأمونة من الناحية الميكروبيولوجية، من قبيل مياه الأمطار والمياه السطحية المعالجة. ويمكن استخدام المياه التي تنخفض فيها مناسيب الزرنِيخ لأغراض الشرب والطبخ والري، بينما يمكن استخدام تلك التي ترتفع فيها مناسيبه لأغراض أخرى مثل الاستحمام وغسل الملابس.
- التمييز بين المصادر التي ترتفع فيها مناسيب الزرنِيخ وتلك التي تنخفض فيها مناسيبه. كالقيام مثلاً باختبار مناسيب الزرنِيخ في المياه وطلاء الآبار الأنبوبية أو المضخات اليدوية بألوان مختلفة، إذ يمكن أن يكون ذلك وسيلة فعالة ومنخفضة التكلفة للإسراع في تقليل معدلات التعرض للزرنِيخ عندما يقترن بتثقيف فعال.
- مزج المياه التي تنخفض فيها مناسيب الزرنِيخ بأخرى ترتفع فيها مناسيبه لبلوغ مستوى مناسيب مقبول فيها.
- تركيب شبكات مركزية أو محلية لإزالة الزرنِيخ وضمان التخلص السليم من كميات الزرنِيخ التي أُزيلت. ومن تكنولوجيات إزالة الزرنِيخ، تقنيات الأكسدة والتخثر والترسيب والامتصاص والتبادل الأيوني والتقنيات الغشائية. وهناك عدد متزايد من الخيارات الفعالة والمنخفضة التكاليف لإزالة الزرنِيخ من الإمدادات الصغيرة أو المنزلية، على الرغم من أنه لا يوجد سوى بينات محدودة على مدى استخدام مثل هذه النظم بفعالية على مدى فترات طويلة من الزمن.
- ويلزم أيضاً اتخاذ إجراءات على المدى الطويل للحد من التعرض للزرنِيخ على المستوى المهني من العمليات الصناعية.
- ومن العوامل الرئيسية لضمان نجاح التدخلات تثقيف المجتمع المحلي بها وإشراكه فيها. ومن الضروري أن يعي أفراد المجتمع مخاطر التعرض للزرنِيخ بمعدلات مرتفعة ويعرف مصادر التعرض له، ومنها تناول الزرنِيخ الموجود في محاصيل مروية بمياه ري ملوثة بالزرنِيخ (كالأرز) وتسرب الزرنِيخ إلى الطعام من مياه الطهي.
- وينبغي أيضاً رصد الفئات السكانية المعرضة لأخطار كبيرة للوقوف على البوادر المبكرة للتسمم بالزرنِيخ – المتمثلة عادة في مشاكل الجلد.

## التلوث بالكاديوم Cd

الكاديوم هو أحد العناصر التي تعد من الأغذية النزره بالنسبة للنباتات، عندما يكون تركيزه منخفضاً، إلا أنه يصبح ساماً للأحياء المائية عندما يزداد تركيزه عن المستوى العادي ولو قليلاً.

ويوجد عنصر الكاديوم طبيعياً كأحد مكونات المعادن الموجودة في القشرة الأرضية بمتوسط تركيز يبلغ نحو 0.18 جزء في المليون أما نسبة الكاديوم في التربة فيتراوح بين 0.01 و1.8 جزء في المليون أما في المياه الطبيعية فيحدث أن يصل تركيزه بشكل طبيعي الى أقل من 0.1 جزء في المليون ، إلا انه في البيئات المتأثره بالنشاطات البشرية قد يصل تركيزه في المياه الطبيعية الى عدة ميكروجرامات في اللتر الواحد .

### مصادر التعرض

وتتمثل المصادر الرئيسية لعنصر الكاديوم بفعل النشاط البشري في مصانع تنقية الزنك وعمليات حرق الفحم الحجري ونفايات التعدين ومصانع الحديد والصلب ومصانع الأصباغ والمخصبات الزراعية والمبيدات الحشرية. يدخل عنصر الكاديوم في صناعات عديدة مثل الصناعات البلاستيكية وصناعة البطاريات، كما قد يدخل الكاديوم مع بعض المعادن الأخرى مثل الزنك والنحاس والرصاص في صناعة الكثير من الخلائط. ويعتبر الكاديوم من المعادن التي تنتقل عبر تلوث التربة إلى بعض المحاصيل الزراعية مثل الأرز والقمح ومن ثم إلى الإنسان .

### آثاره السلبية

يعد عنصر الكاديوم من المعادن الثقيلة العالية السمية والتي تتراكم في أجسام الكائنات الحية عبر السلسلة الغذائية. ويعد خلل العظام وتغير تركيبة الدم وفقر الدم من أبرز أعراض التسمم بعنصر الكاديوم كما يؤدي إلى إصابه الإنسان بأمراض الكلية والرئة والقلب والعظام.

وتتلقى مياه المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار كميات كبيرة من عنصر الكاديوم تقدر بأكثر من 1000 طن سنوياً ، ويعد مرض إيتاي إيتاي الذي ظهر في منطقة إيتاي في اليابان من أبرز الحوادث المأساوية لتلوث المياه بعنصر الكاديوم، إذ كانت المعامل في منطقة إيتاي تلقي مخلفاتها الحاوية على عنصر الكاديوم في نهر دزينتا الذي تستخدم مياهه في ري محصول الأرز ومع تراكم عنصر الكاديوم في أجسام المواطنين المحليين الذين يقتاتون على الأرز الى مستوى السمية، أصيبوا بأعراض مختلفة كثيراً ماكانت تؤدي الى الوفاة .

وتحدد منظمة الصحة العالمية الحد الأعلى المسموح تناوله من الكاديوم (٤٥٠ ميكرو غرام/للفرد)، ويجب ألا تتعدى نسبة الكاديوم في الأسماك ومنتجاتها عن ١٠٠ جزء في البليون.

## سادساً : تلوث المياه بالفضلات الصلبة وطرق التخلص منها :

يمكن تصنيف مصادر الفضلات الى خمسة اصناف رئيسية:

1. الفضلات الحيوانية : وتقدر نسبتها في البلدان بحوالي 40% من وزن كافة الفضلات الصلبة
2. الفضلات الناتجة من عمليات حفر المناجم : وتمثل هذه الفضلات حوالي 30% في الدول المتقدمة وقد تختلف كثير من بلد الى اخر وقد لا تمثل الا نسبة قليلة مثل العراق
3. الفضلات الزراعيه : وتمثل نسبتها بين 15% الى 30% في البلدان الزراعيه المتقدمة وقد تكون اقل من ذلك في البلدان الاخرى
4. الفضلات المنزلية وفضلات الحياة الاجتماعية: وتقدر نسبتها ب 7% من مجموع الفضلات
5. الفضلات الصناعية وتقدر ب 3%

لا توجد ارقام احصائية عن نسب الفضلات المختلفة في معظم دول العالم الثالث وكذلك العراق ، لذا فان الباحث في موضوعات تتعلق بالفضلات يضطر الى التقدير والتخمين ، ان ترك الفضلات ( المنزلية خاصة ) تتراكم في الطرقات وعلى اطراف المجمعات والاحياء السكنية ، حتى عند تجميعها وعدم تصريفها بطرق علمية يمكن ان يوتر على البيئة وعلى الصحة العامة بدرجات واشكال مختلفه منها ما ياتي :

- المناظر الكريهة المنافية للذوق السليم
- تجمع الذباب والميكروبات والروائح الكريهة وتتسبب في مخاطر صحية
- زيادة تلوث الهواء بما يصدر منها من غازات عديدة وغبار
- زيادة في تلويث المياه بما ينجرف منها من سوائل ودقائق عند نزول الامطار
- التأثير الكبير على التربة والتوازنات الطبيعية فيها
- زيادة في احتمالات الحرائق
- تكون بعض الفضلات الصناعية خطيرة جدا وسامة ( اي بعضها يكون سام ) حتى ان بعضها يملك نشاطا اشعاعياً خاصة بعض مخلفات المناجم

## طرق التخلص من الفضلات الصلبة:

مع اننا قد ذكرنا ان المصادر الاساسية للفضلات الصلبة تستعمل خمسة اصناف الا اننا سنركز على الفضلات الصلبة والناجمة من الحياة الاجتماعية وسنبين اهم الطرق للتخلص منها في معظم دول العالم ويمكن اجمال مصادر هذا النوع من الفضلات في ثمانية مصادر فرعية وهي:

1. فضلات الطعام واعداده وخرنه والخدمات المتعلقة به سواء في البيوت او المطاعم او الفنادق وغيرها
2. فضلات تغليف ونقل وتعبئة وتعليب الحاجيات المختلفة وتتمثل في صناديق الخشب والكارتون الورقي وورق اللف واكياس الورق والنايلون والصحف اليومية والمجلات والاثاث القديم والملابس المستعملة والقناني المعدنية والزجاجية والبلاستيكية ويمكن تصنيف هذا المصدر الفرعي بحد ذاته الى قسمين :

أ. النوع القابل للاحتراق

ب. النوع الغير قابل للاحتراق

ويمهد هذا التقسيم لاحدى الطرق المتبعة في التخلص من الفضلات وهي طريقة حرق الفضلات التي ستذكر لاحقا

3. القاذورات المتجمعة في الشوارع مثل اوراق الشجر والورق والبلاستيك وما يتجمع في الاسطوانات الخاصة لتجميع الفضلات المهية بالشوارع والمنتزهات
4. انواع الرماد من عمليات طبخ الاطعمة وعمليات حرق الفضلات حيث ان العديد من الناس يحرقون النفايات بالقرب من بيوتهم
5. السيارات القديمة المتروكة او اجزاؤها مثل العجلات المطاطية والمقاعد واجزاء الماكنة
6. نفايات العمليات الانشائية : الرمل والحصى ومواد البناء الزائدة او الناتجة من تنظيف العمارات والبيوت من قبل سكانها
7. فضلات عملية هدم البيوت والعمارات القديمة عند التحديث او عند شق في طرق جديدة او بناء الجسور وتشمل على الطابوق وقضبان الحديد والاعمدة الخشبية والاثاث القديم
8. الحيوانات الميتة



ان من اهم الطرق المتبعة للتخلص من الفضلات هي:

### Sea Dumping

### أ- طريقة القذف في البحر

يتم وضع الفضلات في اسطوانات معدنية ثم ترمى في مناطق محددة في البحر.

### ب- طريقة قذف الفضلات في العراء

تستعمل هذه الطريقة في اكثر مدن العالم وتعتبر طريقة بدائية وخطرة على الصحة العامة بامتسيبه بانتشار الذباب والجراثيم وهي غير مقبولة اجتماعياً بما تحدثه بمنظر غير مقبولة وبما تنتشره من روائح كريهة وغياب ملوث

### Compaction and Balling

### ج- الرزم المضغوطة

تجري معاملة للفضلات وذلك بازالة الاجسام الحديدية والاجسام الصلبة منها اولاً ثم تضغط بمعدات خاصة الى مكعبات وتربط بشريط خاص ثم تنقل الى اماكن للتخلص منها اما في رصفها في العراء او دفنها تحت الارض وعند قياس الغازات المنبعثة من الرزم المضغوطة والمتروكة في العراء لغرض تحللها تحوي بالدرجة الاولى على غاز ثاني اوكسيد الكربون ولا ينبعث منها غاز الميثان مما يدل على ان تفسخها يتم بواسطة بكتيريا هوائية وهذا يفسر عدم انبعاث رائحة كريهة من الرزم المضغوطة عند تفسخها اضافة الى تقليص حجمها وعدم تطاير الغبار من الرزم عند هبوب الرياح كذلك يقلل من قابلية الاحتراق

### Shredding

### د- طرق التقطيع والنشر في العراء

من الطرق الحديثة والتي اثبتت جدارة في استعمالها وتتم بان تزال الاجزاء المعدنية والمواد الصلبة اولاً وما تبقى يقطع الى قطع صغيرة ثم تنتشر على سطح التربة وتقلب فوقها وقد اثبتت الطريقة ان معظم بيوض الذباب قد سحقت اثناء عملية التقطيع اضافة الى ان سرعة التفسخ البيولوجي Biodegradability زادت بنسبة عالية وتزداد بصغر حجم قطع النفايات .

### Sanitary Landfill

### هـ طريقة دفن الفضلات في حفر مصممة صحياً

تتلخص الطريقة بان تدفن النفايات في حفر خاصة تراعى فيها بعض الشروط من ضمنها عدم قربها من مجاري المياه الطبيعية او الابار الارتوازية والبحيرات او الخط الزلزالي ، ثم تغطى الحفر بالتراب وينتج من تفسخ الفضلات غاز الميثان مما يؤدي الى ارتفاع درجة الحرارة داخل الحفرة لذا تعمل فتحة في الغطاء لمنع الانفجار وتعد هذه الطريقة من احسن الطرق للتخلص من الفضلات الصلبة فيما لو توفرت الارض الصالحة للدفن.

و- التخلص من الفضلات الصلبة بطرق ذات مردود اقتصادي

ان سرع العمليات الطبيعية في تفكيك الفضلات واعادتها الى مكوناتها الاولية هي سرع بطيئة مقارنة بالسرع التي تتراكم بها الفضلات ويتمثل نجاح الانسان في حل هذه المشكلة عدة نقاط أهمها:

**الاول:** ايجاد طرق جديدة في مساعدة الطبيعة في قيامها بتفسيخ الفضلات واعادتها الى مكوناتها الاولية .

**الثاني:** ايجاد استعمالات جديدة للفضلات في مجالات مهمة في حياة الانسان وبذلك يوفر في المواد الاولية اللازمة لتصنيع تلك المواد.

**الثالث:** اعادة استعمال لبعض النفايات مثل الورق والكارتون والنفايات البلاستيكية والزجاجية والمعدنية (تدوير النفايات).

ان من اهم العمليات التي تقع ضمن موضوع الاستفادة من النفايات الصلبة هي:

1- الهضم الحراري

2- الهضم البايولوجي

3- استعمال النفايات كوقود صلب

4- طرق الاستعادة والتدوير

**1. الهضم الحراري**

تنتقل الفضلات المنزلية وفضلات المطاعم ومعامل تعليب اللحوم والفواكه بعد ازالة الاجسام الغريبة منها الى قدور خاصة لتطبخ في حرارة معينة لفترة محسوبة او تحت ضغط بسيط حيث تتحول الى سائل يحتوي في تركيبه على 97% من الماء وماتبقى مواد صلبة مذابة او عالقة تحتوي في تركيبها على سماد NPK وقد تعدل المحتويات حسب الطلب او احتياج التربة .

## 2. الهضم الكيميائي الحيوي (البايولوجي) للفضلات الصلبة

بعد تجميع الفضلات الصلبة الخام وتنظيفها ، تدخل النفايات الى وحدة تقطيع وسحق ثم الى وحدة خزن العجينة بعد اضافة كمية من الماء اليها ثم ترش العجينة في حاويات معدة لهذا الغرض وتوضع في وحدة الهضم البايوكيميائي بحرارة مسيطر عليها وتبقى العجينة داخل الوحدة لفترة من الزمن الى ان يتبخر الماء حيث تخرج الحاويات وتكسر الفضلات الصلبة وتعبأ في اكياس وفي بعض الحالات يتم اضافة نسب معينة من سماد NPK حسب الطلب.

## 3. إستعمال الفضلات كوقود صلب

يتم حرق الفضلات الصلبة بصورة مباشرة والاستفادة من الحرارة الناتجة في العديد من العمليات والتطبيقات الصناعية مثل انتاج بخار الماء الذي يستعمل لتحريك مولدات الطاقة الكهربائية وفي استعمالات اخرى. الا ان هذه الطريقة تؤدي الى تلوث الهواء والمياه. وقد تم الاستعاضة عنها بحاقيات حديثة مصممة لاستعمال الوقود العضوي (Fossil fuels) صالحة لحرق النفايات الصلبة حيث تمزج الفضلات مع قليل من الغاز او الوقود السائل عند حرقها ومن ثم تستعمل كافة الطاقة الناتجة من الاحتراق. وتكون هذه الطريقة مفيدة جدا للتخلص من اطارات السيارات والفضلات البلاستيكية التي تشكل عبئاً كبيراً على البيئة في الوقت الحاضر. ويمكن تلخيص فوائد حرق الفضلات الصلبة بطرق حديثة غير ملوثة للبيئة بما ياتي:

- 1- طريقة مقبولة من الناحية البيئية والاقتصادية للتخلص من الفضلات
- 2- تساعد في المحافظة على مصادر الطاقة
- 3- توفر مساحة اضافية من الاراضي الزراعية بعدم تدميرها عند رمي النفايات فيها

## 4. طرق الاستعادة والتدوير Recycling Methods

عملية تستهدف إعادة استخدام المواد التالفة لإنتاج مواد جديدة، بدأت الدول تلجأ إليها في ظل التطور الصناعي والتكنولوجي المتلاحق ، تدوير النفايات هو عملية تحويل المخلفات إلى منتجات جديدة لها فوائد اقتصادية وبيئية وهذه العملية موجودة منذ القدم في الطبيعة، ومارسها الإنسان منذ العصر البرونزي، حيث كان يقوم بتدوير مواد معدنية ويحولها إلى أدوات جديدة قابلة للاستعمال.

## المحاضرة السادسة كيمياء التلوث الصناعي (ك451)

ويتم اللجوء إلى عملية التدوير للتخلص من النفايات التي يؤدي تراكمها إلى تهديد صحة الإنسان وتهديد البيئة التي يعيش فيها، فمثلا النفايات البلاستيكية التي تلقى في البحر تقتل مليون كائن بحري كل سنة.

وهناك فوائد لعملية تدوير النفايات، منها الحفاظ على البيئة، وتقليل الاعتماد على المواد الأولية المستخرجة من الطبيعة لإنتاج المنتجات الجديدة، مما ينتج عنه تقليل التكاليف على المنتجين، باعتبار أن أسعار المواد المنتجة من إعادة التدوير أقل بكثير من أسعار المواد الأولية الطبيعية، إضافة إلى أن عملية التدوير توفر فرص العمل للناس.

ويقوم الإنسان بتدوير العديد من المواد من أجل استخراج مواد جديدة، فمثلا:

– إعادة تدوير القوارير الزجاجية والمعدنية لصناعات أخرى جديدة.

– إعادة تدوير الورق والكرتون (من المجلات والجرائد...) لصناعة ورق وكرتون آخر.

– إعادة تدوير إطارات السيارات غير القابلة للاستعمال لتحويلها إلى مواد مطاطية أخرى.

– إعادة تدوير مواد الألمنيوم إلى ورق ألومنيوم للتغليف، وبعض قطع السيارات.

– إعادة تدوير المواد البلاستيكية إلى مواد تغليب، وأكياس، وبعض أنواع الملابس، وألعاب، ومواد منزلية وغيرها.

– إعادة تدوير مياه الصرف الصحي إلى مياه صالحة بفضّل محطات تطهير وتنقية المياه.

### سابعاً : التلوث الحراري للمياه:

تؤثر التغييرات الكبيرة في درجة الحرارة للمياه على اصناف الحياة المائية وخصوصاً الحيوانات ذوات الدم البارد التي لا تتمكن من الموازنه السريعة عند حدوث تغييرات فجائية في درجة حرارة الماء.

ويعرف التلوث الحراري بأنه قذف الحرارة الزائدة في الاجسام المائية مما يؤدي الى خفض كمية الاوكسجين المذابة في الماء نظراً للتناسب العكسي بين قابلية ذوبان الغازات في الماء ودرجة الحرارة.

ان نقصان الاوكسجين المذاب يؤدي الى انعدام بعض اشكال الحياة المائية في الجسم المائي الملوث بالحرارة.

تستعمل محطات توليد الطاقة الكهربائية ومعامل الحديد الصلب ومعامل تكرير النفط والصناعات العديدة الاخرى كميات كبيرة من الماء لاغراض التبريد ، اي ان الحرارة الزائدة فيها تنتقل الى الماء

ان زيادة درجة حرارة الجسم المائي بالاضافة الى انها تخفض كمية الأوكسجين المذابة فانها تسرع العمليات (التفاعلات) الكيمياوية المختلفة مثل عمليات الهضم البكتيري للفضلات العضوية الذائبة والعالقة في الماء

تم اقتراح العديد من الطرق لمعالجة التلوث الحراري من اهمها:

- استخدام ابراج تبريد خاصة تقوم بازالة معظم الحرارة الزائدة من المياه الصناعية قبل اعادتها الي الجسم المائي حيث يستخدم عمود يدعى بالعمود الرطب حيث يمرر الماء الحار من اعلى العمود على قواطع متسلسلة داخل العمود ويدخل هواء بارد من اسفل العمود ويغادر من الاعلى بعد ان يقوم بسحب معظم الحرارة من الماء.
- ومن طرق التبريد الاخرى المستعملة من قبل الصناعة مايسمى بخزانات التبريد (cooling ponds) وهي خزانات ضحلة ، او بحيرات صناعية صغيرة مصممة علميا تناسب سعتها وعمقها مع كمية الماء الحار الداخلة فيها والكمية المعادلة لذلك والخارجة منها الى الجسم المائي الطبيعي وبالدرجة الحرارية المطلوبة ، لقد استعملت بعض هذه البحيرات الدافئة لتربية انواع معينة من الاسماك وخاصة في المناطق الباردة التي تتجمد فيها المياه في فصل الشتاء. ولكن يجب اخذ العديد من الامور بنظر الاعتبار عند القيام بمشروع من هذا النوع ، خاصة للتأكد من عدم تسرب اي من السموم الصناعية في هذه البحيرات .

فيما يخص المياه الصناعية، لم تتحقق لحد الان اي نتائج عملية ناجحة لاعادة استغلال الحرارة الزائدة في المياه الصناعية للاغراض الصناعية او تسخين البيوت بسبب التكاليف العالية لنقلها ولعدم ارتفاع حرارتها الى حد يكفي لاعادة استغلالها. ولهذا لا زالت المشكلة قائمة في كيفية التخلص من الحرارة الزائدة في المياه الصناعية .

## ثامناً : تلوث المياه والتربة بالملوحة:

يرجع تاريخ اولى الملاحظات المدونة عن ملوحة التربة الى حدود 2400 سنة قبل الميلاد اذ سجلت عن ملوحة السهل الرسوبي بين دجلة والفرات، و تعزى ملوحة التربة الى تواجد كميات من الاملاح الذائبة والتي تؤثر على نمو النبات في مراحل مختلفة من دورة حياته فضلا عن التأثير في خواص التربة الكيميائية والفيزيائية. يعد انتشار الاراضي المتأثرة بالملوحة مرتبط كثيرا بالعوامل البيئية سيما عوامل المناخ الجاف وشبه الجاف .

تنتج الملوحة اما بصورة اولية (طبيعية) من تراكم الاملاح بمرور الزمن في التربة او ماء الاراضي عبر عمليتين طبيعيتين الاولى منهما هي تعرية المواد الاصلية الحاوية على الاملاح القابلة للذوبان وبالأخص كلوريدات الصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم وبدرجة اقل كبريتاتها او كربوناتها اما الثانية فهي عن طريق ترسيب الاملاح المحمولة بالرياح والامطار من المحيطات، اما وفرة الصوديوم فهي منتج ثانوي للملوحة في التربة الطينية حيث ترشح الاملاح الذائبة الى طبقات التربة التحتية وتبقى ايونات الصوديوم موجبة الشحنة مرتبطة بدقائق الطين سالبة الشحنة اي ان كمية الصوديوم القابلة للتبادل كبيرة وان بدت التربة غير ملحية، وعلى العموم فان ارتفاع درجات الحرارة وقلة سقوط الامطار هي من اهم العوامل البيئية المسببة لزيادة تركيز الأملاح في المياه والتربة.

وتعرف التربة المتملحة بأنها تلك التربة التي تحتوي على نسبة عالية من الأملاح سهلة الذوبان بحيث تؤثر تأثيراً سلبياً في نمو المحاصيل الزراعية والترب المتأثرة بالملوحة هي تلك التربة التي تحتوي على تركيزات عالية من الأملاح الذائبة. وهذه الأملاح الذائبة ينتج عنها تأثيرات ضارة في النبات ، كما يمكن أن نعرف الملوحة بأنها تدهور موارد الثروة الطبيعية والمياه بفعل العوامل الطبيعية فارتفاع درجات الحرارة المفرطة وقلة كميات الامطار والعوامل البشرية الناجمة من سوء استعمال الإنسان لموارد المياه والإفراط في استعمال مياه الري، التي تؤدي إلى خفض قدرة الأرض الإنتاجية وتدهورها ومن ثم تهيئتها للتحويل إلى ارض متصحرة.

أن أسس تحديد نوعية المياه في الطبيعة من حيث المواصفات الكيماوية والفيزيائية والتي يجب أن تكون ضمن مستويات محددة ومقبولة من حيث المواصفات الضرورية للاستخدام البشري ، وهذه المواصفات يمكن ذكرها باختصار ، كما يلي:

**1. الملوحة:** والتي تقدر على أساس وزن الأملاح إلى حجم الماء أو وزنه ، والتي يجب أن لا تتجاوز 0.05% كمعدل أي 500 ملغم لكل لتر ماء ، علماً أن هذه النسبة هي المعقولة والشائعة في الانهار . إما في البحار والمحيطات فتتراوح بين 15 إلى 36 غم/ لتر ماء وقد تقل هذه الكمية في بعض البحار والخلجان وخاصة القريبة من محيط القطب

الشمالي ، أو تزيد كما في مياه الخليج العربي والتي تبلغ أكثر من 45% ، وأن أهم أنواع الأملاح هي كربونات وبيكربونات الكالسيوم وكذلك أملاح الكبريتات والكلوريدات.

**2. التوصيل الكهربائي للماء:** هو تعبير عن مجموع ما يحتويه الماء من الأملاح الذائبة ، وذلك بالاعتماد على قابلية الماء للتوصيل فيه ، ولذلك فإن الماء الجيد للتقطير يكون التوصيل الكهربائي فيه يساوي صفر.

**3. تركيز الأس الهيدروجيني (درجة الحمضية والقاعدية):** يعتمد هذا التركيز في الطبيعة على مقدار تركيز ثاني أكسيد الكربون وأملاح البيكربونات والكربونات أو غيرها من الجذور الحمضية أو القاعدية. يتراوح هذا التركيز ما بين 1 - 14 ، ولا تستخدم أي وحدات عند قياسه ، كما أن حالة التعادل بين الجذور الحمضية والقاعدية عند الماء الجيد للتقطير قيمتها ( 7 ). وإن قلت هذه القيمة فإن الماء حامضي وإن زادت فإن الماء قاعدي.