المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تقنية مختبرات كيميائية

كيمياء التلوث

٢٨٠ كيم

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

مقدمه

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " كيمياء التلوث " لمتدربي قسم" تقنية مختبرات كيميائية " للكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه: إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

نظرة تاريخية Historical overview

انشغل الإنسان منذ القدم بجمع الغذاء من الصيد و الزراعة وبذلك أصبح منتجاً للغذاء . وقد تطورت الزراعة حيث قلل المزارع من اعتماده على قوته الجسدية في حراثة التربة فاستخدم حيوانات الجر الأليفة في الحراثة وزرع بعض أنواع الحبوب كالقمح و الشعير و الذرة وغيرها من النباتات . وظهرت نظم اجتماعية واقتصادية في القرى الزراعية تنظم العديد من العلاقات بين هؤلاء الناس . وزادت كثافة سكان القرى الزراعية وتطورت لتظهر بعدها المدن وتنمو بشكل بطيء ولقد تزامنت تلك الفترة مع أنشطه أدت إلى تلويث بيئة الإنسان من هواء وتربة وماء .

ولكن مشكلة التلوث بدأت بالبروز بشكل لافت مع بداية الثورة الصناعية (The industrial revolution) قبل ٣٠٠ سنة تقريباً (١٧٥٠- ١٧٩٠), حيث بدأت هذه الثورة باختراع وابتكار التقنية التي تمكن من استخدام مصادر جديدة للطاقة و على وجه التحديد الفحم , والبترول , والغاز , والذي مكن من تطور الصناعة على نطاق واسع وكبير . واحتراق هذه الأنواع من الوقود يصدر ويطلق عدداً من الملوثات وبشكل ملحوظ (الدخان , الرماد , وأكاسيد الكبريت) . وبانتشار الصناعة أدى بالتالي لانتشار الملوثات الصادرة عن مراحل التصنيع الجديدة . فلقد ساءت وتدهورت جودة الماء والهواء في بعض المناطق لدرجة أصبحت تهدد صحة الإنسان .في المدن الكبيرة التي توسعت في القرن التاسع عشر حيث كانت الصناعة ومساكن العمال متقاربة كانت مشكلة تلوث الهواء أكثر خطورة . فلقد كان معظم الناس يعتمدون بشكل كبير على الفحم للتدفئة المنزلية فبالتالي قد يؤدي الدخان الناتج عن هذه المصادر بالإضافة إلى ذلك الناتج من الصناعة إلى زيادة كثافة الضبخان الضار (Smog) في تلك المدن خلال القرن التاسع عشر . ففي لندن على سبيل المثال , أدى الضبخان لوفاة ٥٠٠ و ٢٠٠٠ شخص في عامي ١٨٧٠ و ١٨٨٠ بالترتيب .

وعلى كل حال , فلم يتم سوى الشيء القليل نسبياً للتحكم بأي نوع من أنواع التلوث أو حتى تنشيط حماية البيئة حتى منتصف القرن العشرين . ففي هذا العصر فإن النمو الهائل في استخدام مشتقات البترول , وخصوصاً في العربات المستخدمة على الطرق جعل من التلوث مشكلة يصعب تفاديها . كما أن انبعاث أكاسيد النيتروجين , أول أكسيد الكربون , الهيدروكربونات , والرصاص أصبحت تقلل وبشكل كبير من جودة الحياة في البيئة المتحضرة.

ولقد كانت نقطة التحول في الأداء الشعبي والحكومي في عامي ١٩٤٠ و ١٩٥٠ عندما حدثت سلسلة من حوادث التلوث الكبيرة في كل من أوروبا وأمريكا الشمالية والتي جذبت انتباه نطاق واسع من الشعوب نحو هذه المشكلة .

فمع أن مدينة لندن قد عانت كثيراً وطويلاً من مشكلة الضبخان , إلا أن الحادثة عام ١٩٥٢ كانت كبيرة جداً بشكل خاص , وأدت إلى وفاة ٤٠٠٠ شخص . والذي أدى بشكل مباشر لصدور إجراء الهواء النظيف (The 1956 Clean Air Act) عام ١٩٥٦ والذي يمثل نموذجاً لتشريعات مشابهة في دول أخرى.

منذ عام ١٩٥٦ والمعلومات عن أسباب وآثار التلوث تنمو وتزداد وبالتالي ازداد الطلب الشعبي على إجراءات التحكم فيه . وحيث أنه من الأفضل أن نفهم التفاعل بين أنظمة البيئة , فإنه قد أصبح من الواضح أن التلوث يبدو معقداً جداً وأنه لا يمكن التعامل معه وبشكل فعال ببساطة على شكل مشكلة محلية بالقرب من مصادر انبعاثه .

أما اليوم فالعديد من الملوثات تنشأ في مراحل التصنيع (مثل عملية الصهر للمعادن) وفي مرحلة الاستخدام و الاستهلاك وكذلك مرحلة ما بعد الاستخدام كنفايات تجب إدارتها بالشكل الصحيح . معظم الملوثات المنتشرة تعرف بأن لها العديد من الآثار السلبية على صحة الإنسان بما في ذلك أمراض التنفس , إثارة مشاكل القلب , تغيرات الدم مؤدية إلى نقص الأكسجين المحمول , الحساسية الشديدة , والآثار على الأجهزة العصبية .

من الملاحظ أن التطور الاقتصادي و التكنولوجي الذي شهده العالم بعد الحرب العالمية الثانية قد جلب معه تغيرات إيجابية كبيرة لجودة الحياة الإنسانية ورفاهيته . وفي نفس الوقت ومن جهة ثانية فإن هذه التغيرات في الغالب قد كلفة إفساد لجودة البيئة , وظهرت مشاكل التلوث البيئي في الدول الصناعية المتقدمة و النامية على حد سواء .

ومن أهم الأسباب التي أدت إلى تفاقم المشكلات البيئة في العالم ما يلي :

- الزيادة الهائلة في عدد السكان خاصة في الدول النامية وزيادة الفجوة الغذائية .
- استنزاف مصادر الثروة الطبيعية من قبل الدول الصناعية مع بداية الاستعمار .
- التقدم الصناعي وإنتاج مواد عديدة وغريبة عن البيئة لا تتحلل بسهولة .
- اتباع أساليب الزراعة المكثفة والتوسع في استعمال الأسمدة الكيميائية والمبيدات .
- قلة أو عدم معالجة المخلفات الناتجة عن نشاطات الإنسان المختلفة .
- حوادث نقل المواد السامة مثل تدفق البترول في البحار والمحيطات بسبب حوادث ناقلات النفط .
- النقص في التخطيط أو سيادة التخطيط العشوائي بشكل عام .

ومن ثم بدأت المطالبة بوضع تشريعات وقوانين تحد من تفاقم المشكلة و تعالج ما نتج عنها من أضرار . إلا أن التشريعات التنظيمية نفسها تجلب وتفرض أسئلة صعبة عمن يجب أن يتحمل تكاليف التحكم في التلوث (Pollution control) , هل هو الصناعة المُلوثة , أم الحكومة , أو المجتمع ؟

إنه قد أصبح من الواضح للعديد من المهتمين بشؤون البيئة أنه من المهم سلوك الطرق الوقائية للتحكم في التلوث. و عن طريق النظر لمشاكل التلوث على المدى الطويل , كجزاء من التطور الصناعي الواسع النطاق يمكن تحديد تكاليف التحكم في التلوث بشكل دقيق .

و من أهم أهداف المحافظة على البيئة و صيانتها ما يلي :

- تقليل استنزاف الموارد الطبيعية عن طريق إيجاد وسائل تقنية حديثة , وإعادة الاستفادة من الموارد والبحث عن موارد بديلة .
- معالجة التلوث الناتج عن أنشطة الإنسان المختلفة إلى درجة يمكن البيئة من التخلص من التلوث عن طريق التنقية الذاتية .
- المحافظة على رفع إنتاجية الأراضي الزراعية والأراضي الرعوية وذلك بالحد من التوسع العمراني وإنشاء الطرق في الأراضي الزراعية الجديدة .
- المحافظة على الحيوانات والنباتات البرية وخصوصاً المهددة بالانقراض .
- تحميل مسببي التلوث مسؤولية معالجة التلوث الناتج .
- توعية المواطن بأهمية حماية البيئة وإقناعه أنها ليست مسؤولية الدولة فقط بل مسؤوليته هو كذلك .
- اعتماد أساليب التخطيط البيئي في جميع الأنشطة البشرية .
- تبادل المعلومات والخبرات مع جميع الدول في مجال البيئة .
- استعمال مصادر بديلة للطاقة للحد من استنزاف البترول و الفحم الحجري و الطاقة الذرية .
- استعمال المواد الكيماوية التي تتحلل بسهولة في البيئة ولا تتراكم فيها .

كيمياء التلوث

البيئة و التلوث

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

أن يتعرف الطالب من خلاله على مفهوم البيئة وتوازنها والتلوث وتصنيفاته .

الأهداف:

يهدف هذا الفصل إلى :

١- تعريف الطالب على مفهوم البيئة بمعناه الواسع.

٢- معرفة النظام البيئي وأهمية الاتزان فيه.

٣- التعرف على مفهوم التلوث.

الوقت المتوقع للدراسة:

ثلاث ساعات.

متطلبات الجدارة:

الإلمام بما سبق دراسته .

البيئة والتلوث

١- ١ البيئة (The environment):

في السنوات الأخيرة شاع استخدام لفظة "البيئة", و قد أفرط الكثيرون في استخدامها, فكثيرا ما نسمع بـ "البيئة الثقافية" و "البيئة الاجتماعية" و "البيئة الاستوائية" و "البيئة الريفية" و"البيئة الحضرية" و"البيئة المائية" و" بيئة العمل" .... إلى آخره من الاستخدامات الشائعة , حتى يظن المرء أن هذه الكلمة أصبحت ترتبط بجميع مجالات الحياة .

و بالرغم من ذلك , فإن المفهوم الدقيق لهذه الكلمة ما يزال غامضا للكثيرين , لا سيما أنه ليس هناك تعريف واحد محدد , يبين ماهية البيئة , و يحدد مجالاتها المتعددة .

و يعد ابن عبد ربه - صاحب العقد الفريد - من أقدم من عرف هذه الكلمة في كتاب (الجمانة) كإشارة للوسط الطبيعي (الجغرافي و المكاني و الأحيائي) الذي يعيش فيه الكائن الحي , بما في ذلك الإنسان و للإشارة إلى المناخ الاجتماعي (السياسي و الأخلاقي و الفكري) المحيط بالإنسان.

كما قد يقصد بالبيئة مجازيا أولئك الناس الذين يعيشون فيها . كما يمكن أن يعنى بالبيئة كافة المخلوقات و الموجودات التي تشاركنا المواضع التي نعيش فيها , كالحيوانات و النباتات و المياه و الهواء والصخور .

أما البيئة في المعاجم الإنجليزية (Environment) فهي تعني : مجموعة الظروف والمؤثرات الخارجية التي لها تأثير في حياة الكائنات (بما فيها الإنسان).

كما يمكن تعريف البيئة بأنها الوسط أو المكان الذي يعيش فيه الكائن الحي أو غيره من المخلوقات و هي تشكل لي لفظها مجموعة الظروف و العوامل التي تساعد الحي على بقائه و دوام حياته . و البيئة لفظ دارج شائع الاستخدام و يرتبط مفهومها بنوع العلاقة بينها و بين المستفيد منها من الكائنات الحية , فرحم الأم بيئة كما أن البيت بيئة و اليابسة , و البحار و المحيطات و الأنهار بيئة , و الأزهار و الأشجار بيئة , و كل ما يحيط بالكائن الحي و يستمد منه ضروريات حياته بيئة .

و في كثير من الأحيان يتم المزج بين مفهومي الإيكولوجي (التبيؤ) (Ecology) و البيئة (Environment) الذي يتضمن علم الإيكولوجي. فعلم الإيكولوجي فرع من فروع علم الأحياء عرفه العالم الألماني هيجل (Ernst Hegel) عام ١٨٦٦م بأنه ذلك العلم الذي يبحث علاقات الكائنات الحية مع بعضها و مع المحيط أو الوسط الذي تعيش فيه. و يشمل هذا العلم قدرة تحمل النظم البيئية الطبيعية المختلفة للتغيرات السلبية الطارئة عليها, مثل قدرة المياه على التخلص من أو معالجة الملوثات العضوية عن طريق التنقية الذاتية للمياه (Self Purification). أما علم البيئة (Environment) فهو يبحث في المحيط الذي تعيش فيه الكائنات

الحية و يدعى أيضاً بالمحيط الحيوي (Biosphere) و الذي يتضمن بمعناه الواسع العوامل الطبيعية و الاجتماعية و الثقافية و الإنسانية التي تؤثر على أفراد و جماعات الكائنات الحية و تحدد شكلها و علاقاتها و بقاءها.

و بذلك فإن البيئة بمفهومها الواسع تشمل :

١. البيئة الطبيعية (Physical Environment) و تتضمن كلاً من :

أ- الأرض بما في ذلك :
- الشكل الخارجي لسطح الأرض.
- التربة (مكوناتها , خصائصها المختلفة) .
- التكوين الجيولوجي بما في ذلك المحتوى المعدني و المياه الجوفية .

ب- المسطحات المائية (بما في ذلك المحيطات و البحار و البحيرات و الأنهار) , و ما تحويه من كائنات حية.

ج- الغطاء النباتي (حجمه و نوعيته) و الحيوانات البرية .

د- المناخ (الأمطار , معدلات درجات الحرارة , الرياح السائدة و اتجاهاتها ..... إلخ.

٢. البيئة الصناعية و تشتمل على :

أ- استعمالات الأراضي المحيطة
- نوعية الاستعمال (سكني , صناعي).
- الكثافة السكانية في المناطق .
- نوع المباني (ارتفاعها , تصميمها) و كثافتها .

ب- البنية التحتية و الخدمات العامة :
- امدادات المياه من حيث الكمية و النوعية .
- إدارة النفايات الصلبة و السائلة .
- تصريف مياه الأمطار و المجاري .
- مصادر الطاقة المستخدمة (الفحم الحجري , النفط الخام , الغاز الطبيعي , الكهرباء.....)
- الخدمات العامة (الطرق , النقل العام , أماكن وقوف السيارات , مطارات .....) .

ج- مستوى تلوث الهواء :
- نوع و حجم الملوثات الهوائية .
- الظروف الخاصة بالموقع (التضاريس , المناخ السائد) .

- مصادر تلوث الهواء في المنطقة .

د- مستوى تلوث المياه :

- مصادر المياه الجوفية و السطحية في المنطقة و نوعيتها .
- استعمال و نقل الأسمدة و المبيدات بأنواعها .
- طرق صرف المياه المستخدمة .
- مناطق معالجة النفايات الصلبة .

ه- مستوى الضوضاء :

- مصادر الضوضاء في المنطقة (مطارات , سكك حديدية , طرق , حركة السير على الطرق)
- كثافة و نوع مصادر الضوضاء في المنطقة .

٣. البيئة الاجتماعية و تشمل :

أ- الخدمات الاجتماعية العامة :

- مواقع المدارس و معدلات استيعابها .
- المتنزهات و الخدمات الترفيهية و الثقافية .
- الخدمات الصحية , الشرطة , الدفاع المدني .

ب- مناطق العمل و التجارة .

جـ- الخصائص الاجتماعية للسكان :

- أماكن تجمعهم و نشاطاتهم و إدارتهم .
- كثافة السكان و توزعهم .
- ظروف الإسكان .

٤. البيئة الاقتصادية و تشمل :

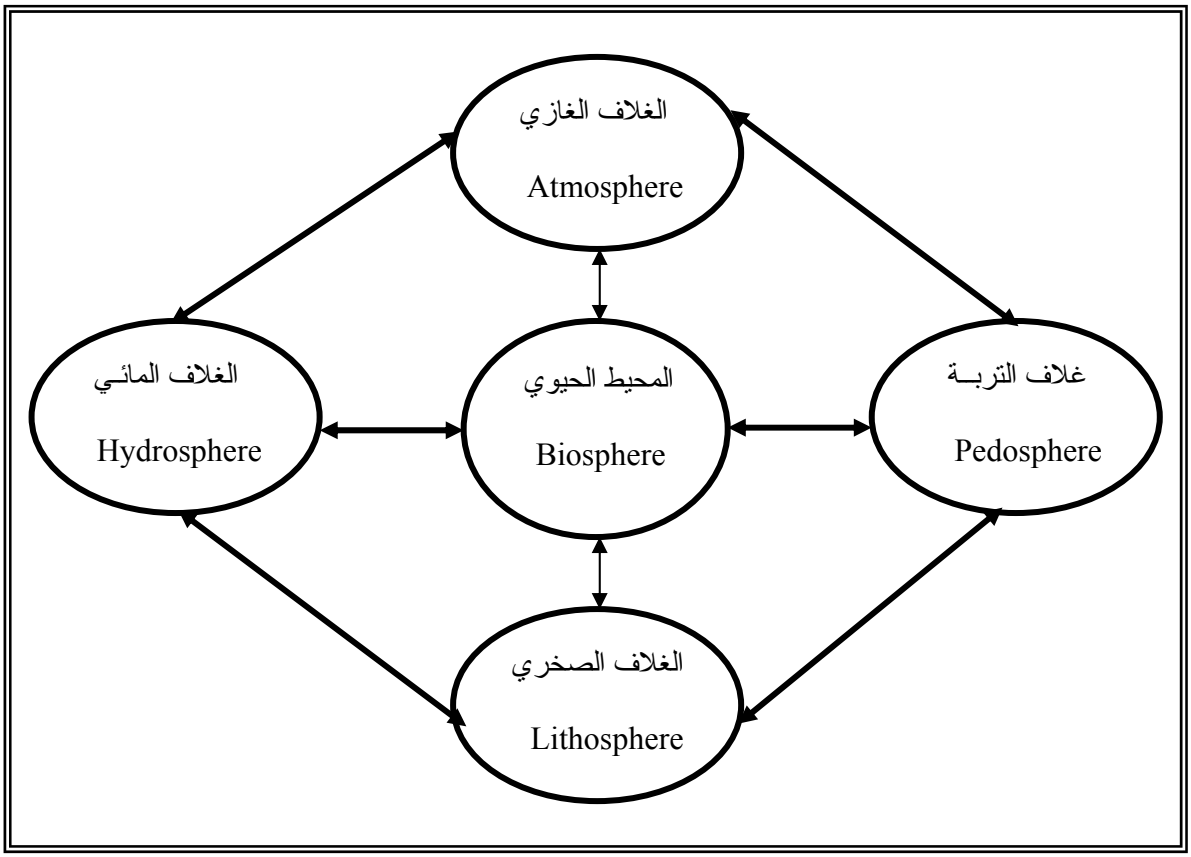
- العمل و البطالة .
- مستوى الدخل .
- الطبيعة الاقتصادية للمنطقة .
- أسعار السلع بشكل عام .

٥. البيئة الجمالية (بما في ذلك الصناعية و الطبيعية):

- المناطق التاريخية و التراث الوطني .
- الصفات المعمارية للمباني القائمة .

- المناظر الطبيعية الجميلة .

و يشكل المحيط أو الإطار الحيوي الذي تعيش و تتفاعل فيه الكائنات الحية المختلفة نظاماً متوازناً يتكون من تداخل أو تفاعل أغلفة الكرة الأرضية, و هي الغلاف الغازي (Atmosphere) و الغلاف المائي (Hydrosphere) و الغلاف الصخري (Lithosphere) (شكل ١- ١).



شكل (١- ١) أغلفة الكرة الأرضية.

١-٢ النظام البيئي (The ecosystem) **:**

يعرف النظام البيئي بأنه وحدة تنظيمية في حيز معين تضم عناصر حية وغير حية تتفاعل معاً وتؤدي إلى تبادل المواد بين العناصر الحية وغير الحية, ويمثل الموطن البيئي (Habitat) وحدة النظام البيئي, حيث يمثل الملجأ أو السكن للكائن الحي ليشمل جميع معالم البيئة الحيوية والكيميائية والطبيعية, ويتكون النظام البيئي من مكونات حية (Biotic factors) و مكونات غير حية (Abiotic factors) تكون معا نظام ديناميكي متزن.

و تمتاز المكونات غير الحية بخلوها من مظاهر الحياة كالحصول على الغذاء للنمو والتكاثر, ومن أهم المكونات غير الحية:

- العوامل المناخية كالحرارة والرطوبة والرياح والضوء .
- المياه والتربة وخصائصها الكيماوية والفيزيائية .
- العناصر الكيماوية من مغذيات نباتية و ملوثات .
- العناصر الفيزيائية كالجاذبية والإشعاع .
- المواد غير العضوية مثل النيتروجين و الفوسفور وغيرها .
- المواد العضوية مثل البروتينات والكربوهيدرات والدهون .

وتمتاز المكونات الحية للنظام البيئي بوجود مظاهر الحياة كالغذاء والنمو والتكاثر . وتشمل هذه المكونات جميع الكائنات الحية من حيوان ونبات وكائنات حية دقيقة . و يمكن تصنيف الكائنات الحية حسب طريقة تغذيتها إلى :

١- كائنات حية منتجة (Producers):

وهي كائنات حية ذاتية التغذية (Auto trophic organisms) معظمها من النباتات الخضراء والطحالب الخضراء.

٢- كائنات حية مستهلكة (Consumers):

وهي كائنات حية غير ذاتية التغذية (Hetero trophic organisms) تعتمد في تغذيتها على المواد العضوية مثل الحيوانات والبكتيريا والفطريات.

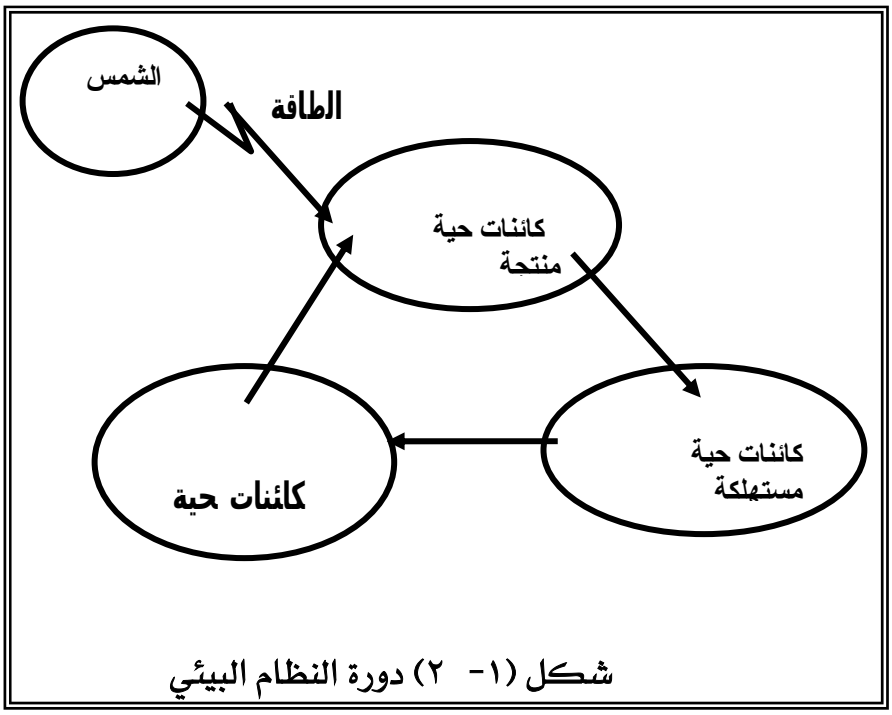
٣- كائنات حية محللة (المحللات) (Decomposers):

وهي كائنات لا تصنع غذاءها وبالتالي لا يمكن اعتبارها ذاتية التغذية كما أنها لا تتغذى على مواد عضوية تنتجها الكائنات ذاتية التغذية وبالتالي لا يمكن اعتبارها كائنات حية مستهلكة

ولكنها تقوم بتحليل الكائنات الحية بعد انتهاء عملية التحلل الذاتي ((Autolysis وذلك للحصول على الطاقة اللازمة لها.

١-٣ اتزان النظام البيئي (Ecosystem homeostasis) :

من الضروري لاستمرار الحياة أن يكون هناك اتزان الأنظمة البيئية الموجودة في الغلاف الحيوي (Biosphere) بمعنى أن يكون هناك اتزان في الدورات الغذائية الأساسية والمسالك المتداخلة للطاقة داخل هذه النظم البيئية أو داخل أي نظام بيئي محدود بحيث يكون هناك اتزان بين الإنتاج والاستهلاك والتحلل . و لكي يتم ذلك الاتزان فيجب أن يكون هناك تعادل بين مستوى المدخلات الآتية من الوسط المحيط كالطاقة الشمسية وثاني أكسيد الكربون والأكسيجين والماء والعناصر الغذائية , و المخرجات إلى الوسط المحيط مثل ثاني أكسيد الكربون والأكسجين والماء والعناصر الغذائية والطاقة الحرارية المفقودة من عملية التنفس (شكل ١- ٢) .



شكل (١- ٢) دورة النظام البيئي

١-٤ مفهوم التلوث (Concept of pollution) :

لقد أدى التنامي الكبير في أعداد السكان و التقدم الصناعي و الزراعي في القرن الأخير , إضافة إلى عدم اتباع الطرق المناسبة في معالجة مصادر التلوث و انعدام التخطيط السليم إلى تلوث عناصر البيئة كالأرض , و المياه , و الهواء , و استنزاف مصادر الثروة الطبيعية . و يمكن اعتبار مشكلتي التلوث و استنزاف الموارد الطبيعية من أهم المشاكل البيئية الرئيسية في هذا العصر سواء في العالم الصناعي أو العالم الثالث . هذا ولا يوجد تعريف ثابت و متفق عليه للتلوث (Pollution), و إنما هناك عدة اقتراحات تدور حول نفس المعنى. و عادة يقصد بالتلوث بأنه تدخل الأنشطة الإنسانية في موارد و طاقات البيئة بحيث تعرض تلك الموارد و الطاقات صحة الإنسان أو رفاهيته أو المصادر الطبيعية للخطر أو تجعلها في وضع يحتمل معه تعرضها للخطر بشكل مباشر أو غير مباشر . و يعرف التلوث بوجود مادة أو مواد غريبة في أي مكون من مكونات البيئة يجعلها غير صالحة للاستعمال أو يحد من استعمالها . و يمكن صياغة تعريف شامل للتلوث البيئي على أنه أي خلل في أنظمة الماء أو الهواء أو التربة أو الغذاء ينتج عنه ضرر مباشر أو غير مباشر بالإنسان أو الكائنات الحية أو يلحق ضرراً بالممتلكات الاقتصادية . و تعرف الملوثات (pollutants) على أنها المواد أو الميكروبات أو الطاقة التي تلحق الأذى بالإنسان و تسبب له الأمراض أو تؤدي به إلى الهلاك.

و قد كانت النظم البيئية الطبيعية في الماضي قادرة على استيعاب الملوثات سواء في الماء أو التربة أو الهواء , وذلك لقلة تركيز الملوثات و عدم وجود مواد غريبة عن البيئة صعبة أو عديمة التحلل . أما اليوم فقد أصبحت النظم البيئية الطبيعية غير قادرة على استيعاب الملوثات و التخلص منها وذلك لزيادة درجة تركيز الملوثات ودخول مواد غريبة عن البيئة غير قابلة للتحلل . وتجدر الإشارة إلى أن أعداد هذه المواد الغريبة عن البيئة كبير جداً ويضاف إليها سنوياً حمالي ١٠٠٠مركب كيماوي جديد . ويعتمد تأثير هذه المواد على درجة التركيز في البيئة و خصائصها الكيماوية و الفيزيائية و الحيوية و طبيعة تفاعلها مع بعضها ومع البيئة .

و في بعض الأحيان تحدث هذه المواد خللاً في النظم البيئية مثل :

١- الحد أو حتى القضاء على عملية التنقية الذاتية أو الطبيعية للماء و التربة .
٢- القضاء على بعض أنواع النباتات و الحيوانات و بناء المناعة عند بعض الحشرات الضارة .
٣- تلوث السلاسل الغذائية البرية و المائية التي يقف على رأسها الإنسان .

لذلك عمد العديد من دول العالم إلى إصدار تشريعات تلزم المصانع المنتجة للمواد الكيماوية على إجراء الفحوصات عليها للتعرف على سرعة تحللها في الطبيعة , و معدل تركزها في السلاسل الغذائية , ودرجة تأثيرها على الجينات و الإصابة بالأمراض السرطانية وغيرها وذلك قبل ترخيص إنتاجها و السماح باستعمالها . وبالرغم من تطبيق برامج الفحوصات الطويلة تلك , إلا أنه لا يمكن ضمان تفادي تأثير أية مادة كيماوية لعدة أسباب أهمها :

١- تجرى الفحوصات عادة في المختبرات تحت ظروف مخبرية محددة , بينما يقترن وجود هذه المواد الكيماوية في البيئة بعوامل وظروف مختلفة و متعددة مثل اختلاف درجات الحرارة والرطوبة , ووجود المواد العضوية وغير العضوية . وبالتالي تنجم عن تفاعلها صفات كيماوية تختلف عن الصفات التي تحدث في المختبر .

٢- تجرى الفحوصات المخبرية عاجة على الحيوانات كالكلاب والخنازير والفئران وغيرها من الحيوانات لا يمكن تعميم خصائصها الفسيولوجية أو استجابتها لتلك المواد على الإنسان .

٣- تختلف الكائنات الحية من نفس النوع في المناعة ضد أو مقاومة المواد الكيماوية .

لذلك يجب الابتعاد عن استعمال المواد الكيماوية قدر الإمكان بالرغم من تأكيدات الجهة الصانعة بعدم وجود تأثيرات سلبية .

١-٥ تصنيف الملوثات (Classification of pollutants) :

يمكن تقسيم المواد الملوثة للبيئة تبعاً لطبيعة المادة سواء من حيث التركيب الكيماوي أو حالة المادة , ويمكن تقسيمها وفقاً للصفات الطبيعية والكيماوية للملوثات أو تبعاً للنظام البيئي المعرض للتلوث أو وفقاً لمصدر التلوث أو نظام استخدام الملوث أو التأثيرات الضارة للملوثات على النظام البيئي .

تقسيم الملوثات تبعاً لطبيعتها (Classification by nature):

١- التركيب الكيماوي :

أ) الملوثات العضوية مثل الهيدروكربونات .

ب) الملوثات غير العضوية مثل أكاسيد الكبريت .

٢- الحالة الطبيعية للملوث :

أ) ملوثات غازية .

ب) ملوثات سائلة .

ت) ملوثات صلبة .

تقسيم الملوثات تبعاً لصفاتها (Classification by properties):

١- القابلية لذوبان في الماء والزيت والدهون .

٢- معدل الانتشار والتخفيف .

٣- التحلل البيولوجي .

٤- الثبات في الهواء والماء والتربة والكائنات الحية .

٥- قابليته لتفاعل مع غيره من المواد .

التقسيم تبعاً لنوع النظام البيئي (Classification by sectors of environment):

١- ملوثات هوائية .

٢- ملوثات المياه العذبة .

٣- ملوثات مياه البحار .

٤- ملوثات التربة .

تقسيم الملوثات تبعاً لمصدر التلوث (Classification by source):

١- نواتج احتراق الوقود :

أ) مصادر منزلية .

ب) مصادر صناعية .

ت) مصادر زراعية .

٢- نواتج ذات أصول صناعية :

تقسم وفقا لنوع الصناعة , مثلا صناعة البلاستيك , الأسمنت , صهر المعادن ....الخ .

٣- منتجات منزلية وخدمية :

مثل نفايات المنازل , نفايات المستشفيات , نفايات المعامل .

٤- نواتج ذات أصول زراعية :

مثل مخلفات الحيوانات الزراعية , مخلفات الأسمدة ومتبقيات المبيدات الكيميائية .

٥- نواتج الأنشطة العسكرية :

٦- نواتج النشاط البكتيري والفطري :

التقسيم تبعاً لنمط الاستخدام (Classification by pattern of use):

١- الاستخدامات في الصناعة :

مثل المواد الأولية , المذيبات , المثبتات , الملونات , المواد الحافظة , مواد التشحيم...الخ.

٢- الاستخدامات في المنزل والمستشفيات :

مثل المنظفات , الملطفات , مواد الطلاء , المطهرات والمبيدات الكيميائية .

٣- الاستخدامات في الزراعة :

الأسمدة , المبيدات الكيميائية , الوقود , المعقمات .

٤- الاستخدامات في النقل :

الوقود , مواد التشحيم و التنظيف والدهانات ومعادن الجلفنة .

٥- الاستخدامات في الحروب .

التقسيم تبعاً للآثار الناتجة (Classification by effects):

١- ملوثات تؤثر على الإنسان .

٢- ملوثات تؤثر على الحيوانات .

٣- ملوثات تؤثر على النباتات .

٤- ملوثات تؤثر على مكونات الجو مثل طبقة الأوزون .

٥- ملوثات تؤثر على العمليات الحيوية الطبيعية في الماء .

كما يمكن تقسيم الملوثات إلى الأقسام التالية:

١- ملوثات طبيعية :

وهي الملوثات التي لا يتدخل الإنسان في إحداثها, مثل الغازات والأبخرة التي تتصاعد من البراكين أو تأثير الانفجارات الشمسية على اضطرابات الطقس, أو احتراق الغابات بشكل طبيعي جراء ارتفاع الحرارة, أو انتشار حبوب اللقاح في الجو, أو الكائنات الحية الدقيقة (بكتريا وفطريات وفيروسات)

ملوثات صناعية:

وهي الملوثات التي استحدثها الإنسان من خلال نشاطه الصناعي , كالغازات والأبخرة والمواد الصلبة التي تنتج من مداخن المصانع وعوادم السيارات وأيضا المخلفات الناتجة من نشاط الناس وبعيشتهم .

٢- ملوثات كيميائية:

وهي المواد الكيماوية التي يتعامل معها الإنسان كالمبيدات بأنواعها المختلفة (حشرية وفطرية ونباتية) و المنظفات الصناعية والمعقمات الكيماوية ونواتج الصناعات البترولية وصناعات الغزل والنسيج والحديد والصلب والأسمدة وغيرها.

٣- ملوثات فيزيائية:

كالضوضاء والإشعاعات الذرية والتلوث الحراري الذي ينتج من استخدام كميات كبيرة من المياه للتبريد في محطات توليد القوى ثم إعادتها إلى البيئات المائية مما يسبب تلوثا حراريا لتلك البيئات.

٤- ملوثات حيوية:

وهي الكائنات الحية التي تنتشر بشكل كبير في البيئات المختلفة مسببة أضرارا خطيرة بصحة الإنسان وزراعته وحيواناته ومقتنياته المختلفة و تشمل هذه الكائنات الحية البكتريا والفطريات والفيروسات والأنواع المختلفة من الكائنات الأخرى التي تعد آفات صحية أو زراعية على الإنسان أو الحيوان أو النبات .

امتحان ذاتي

السؤال الأول : ما هو المقصود بمفهوم البيئة ؟

السؤال الثاني : ما هو المقصود بالنظام البيئي ؟

السؤال الثالث : كيف يتم اتزان النظام البيئي ؟

السؤال الربع : ما هو مفهوم التلوث؟

إجابة الامتحان الذاتي

إجابة السؤال الأول :

يمكن تعريف البيئة بأنها الوسط أو المكان الذي يعيش فيه الكائن الحي أو غيره من المخلوقات و هي تشكل بلفظها مجموعة الظروف و العوامل التي تساعد الحي على بقائه و دوام حياته . و البيئة لفظ دارج شائع الاستخدام و يرتبط مفهومها بنوع العلاقة بينها و بين المستفيد منها من الكائنات الحية , فرحم الأم بيئة كما أن البيت بيئة و اليابسة , و البحار و المحيطات و الأنهار بيئة , و الأزهار و الأشجار بيئة , و كل ما يحيط بالكائن الحي و يستمد منه ضروريات حياته بيئة .

إجابة السؤال الثاني :

يعرف النظام البيئي بأنه وحدة تنظيمية في حيز معين تضم عناصر حية وغير حية تتفاعل معاً وتؤدي إلى تبادل المواد بين العناصر الحية وغير الحية . ويمثل الموطن البيئي (Habitat) وحدة النظام البيئي , حيث يمثل الملجأ أو السكن للكائن الحي ليشمل جميع معالم البيئة الحيوية والكيميائية والطبيعية . ويتكون النظام البيئي من مكونات حية (Biotic factors) و مكونات غير حية (Abiotic factors) تكون معا نظاماً ديناميكياً متزناً .

إجابة السؤال الثالث :

لكي يتم ذلك الاتزان فيجب أن يكون هناك تعادل بين مستوى المدخلات الآتية من الوسط المحيط كالطاقة الشمسية وثاني أكسيد الكربون والأكسيجين والماء والعناصر الغذائية , و المخرجات إلى الوسط المحيط مثل ثاني أكسيد الكربون والأكسجين والماء والعناصر الغذائية والطاقة الحرارية المفقودة من عملية التنفس .

إجابة السؤال الرابع :

يمكن صياغة تعريف شامل للتلوث البيئي على أنه أي خلل في أنظمة الماء أو الهواء أو التربة أو الغذاء ينتج عنه ضرر مباشر أو غير مباشر بالإنسان أو الكائنات الحية أو يلحق ضرراً بالممتلكات الاقتصادية .

كيمياء التلوث

الغلاف الجوي

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

أن يتعرف الطالب على طبقات الغلاف الجوي وأهم مكوناتها .

الأهداف:

١- التعرف على طبقات الغلاف الجوي .

٢- التعريف بمكونات الهواء الأساسية .

الوقت المتوقع للدراسة:

ثلاث ساعات.

متطلبات الجدارة:

الإلمام بما سبق دراسته.

الغلاف الجوي

يتركز وجود الكائنات الحية المختلفة في طبقة رقيقة من الكرة الأرضية تسمى بالمحيط الحيوي Biosphere أو الوسط البيولوجي The Biological Environment , ويشمل جزاءاً من الغلاف الهوائي Atmosphere وجزءاً من القشرة الأرضية وكامل الغلاف المائي Hydrosphere . ويرتفع إلى ٢٦ كيلو متراً فوق سطح الأرض . ويميل العلماء إلى تحديد الغلاف الحيوي بالمجال الذي يحدث فيه نشاط مركز للكائنات الحية , وتمتد حدوده إلى ٣٠- ٥٠ متراً فوق سطح التربة وإلى ١٠- ١٢ متراً تحت سطح التربة , كما يشمل كل عمق البحيرات والبحار والمحيطات إلى عمق ٣٥٠- ٤٠٠ متراً والمحيط الحيوي بأجزائه الهوائية والمائية والتربة هو الذي يعاني من التلوث حاليا .

يعرف الغلاف الجوي أو ما يعرف أيضا بالغلاف الهوائي , بأنه تلك الغلالة الشفافة التي تحيط بالأرض (يابسها ومائها) إحاطة تامة , وتفصل سطحها عن الفراغ الكوني , ممتدا بذلك بعيدا عن سطحها بضعة مئات أو آلاف الكيلومترات , وإن كان حده العملي يستمر حتى ١٠٠٠ كم . حيث يبلغ أقصى عمقه عند خط الاستواء ويتضاءل تدريجيا عند القرب من القطبين , كما يتواجد ٩٩,٩٪ من كتلة هذا الهواء دون ارتفاع ٥٠ كم و .٠٩٩٧ ٪ تتواجد بين ارتفاع ٥٠- ١٠٠ كم .

و فيما يلي نستعرض بعض وظائف الغلاف الجوي والتي تبرز أهميته :

- يعد الغلاف الجوي من أهم عوامل استمرار الحياة على سطح الأرض , وذلك لاحتوائه على جميع الغازات اللازمة لجميع الكائنات الحية لكي تقوم بوظائفها الحيوية .
- يعمل كدرع واق لسطح الأرض وما عليها من أحياء يحجز الإشعاعات الضارة والصادرة من الشمس وبشكل خاص الأشعة الفوق بنفسجية .
- يعمل على المحافظة على ثبات درجات الحرارة اليومية على سطح الأرض , وتقليل مدى الاختلاف بين درجاتها في الليل و النهار .
- يعمل على حفظ حرارة الأرض ليلاً , و منعها من التسرب إلى الفضاء الخارجي .
- تتكون فيه السحب و الرياح والأمطار , كما أنه وسيلة انتقال الصوت .

و نظرا لاختلاف نسبة المكونات الهوائية , ودرجة تركيزه مع الارتفاع كما يختلف مع ذلك كثافة الهواء , وحركته , ودرجة حرارته , ونوعية المكونات الغازية السائدة , فقد تم تقسيم الغلاف الجوي إلى عدة طبقات رئيسية هي :

١- طبقة الغلاف السفلي (التربوسفير) Troposphere:

كما تعرف هذه الطبقة بالغلاف المتغير. وتشمل الجزء الأسفل من الجو الممتد من مستوى سطح البحر وحتى ارتفاع متوسط قدره ١٢ كم , حيث تبلغ أقصى سماكة عند خط الاستواء (١٦ كم) , وأقل سماكة عند المنطقتين القطبيتين (٨ كم) , كما تزداد سماكتها في الفصول الحارة من السنة , وتقل في الفصول الباردة . تحتوي هذه الطبقة على ما يقارب ٨٠ ٪ من إجمالي كتلة الغلاف الجوي , وتتكون من خليط من الغازات أهمها النيتروجين (ونسبته ٧٨ ٪ تقريباً) والأكسجين (٢٠ ٪ تقريباً) وغازات أخرى (يوضح الجدول ٢- ١ مكونات هذه الطبقة في حال كونها غير ملوثة). كما تحتوي على كامل بخار الماء تقريباً (ماعدا نسبة قليلة في الطبقة التي تعلوها) . وهذه الطبقة هي الطبقة المعنية بالتلوث , حيث تتركز فيها أكثر من ٩٩ ٪ من الملوثات الجوية . و تتناقص درجة الحرارة في هذه الطبقة مع الارتفاع بمعدل وسطي ٦,٥ م/كم تقريباً , لتنخفض درجة الحرارة عند سقفها إلى ٥٠- ٦٠ درجة تحت الصفر تقريباً .

٢- طبقة الغلاف الزمهريري Stratosphere

وهي الطبقة التي تلي طبقة الغلاف السفلى , و تبدأ من ارتفاع متوسط ١٤ كم وحتى ٥٠ كم من مستوى سطح البحر . وتتميز هذه الطبقة باحتوائها على نسبة ضئيلة جداً من بخار الماء , لذا لا يتكون فيها سحب . كما تتميز باحتوائها على نسبة عالية من غاز الأوزون O_3 الذي يبلغ أقصى كثافة له عند ارتفاع ٢٢ كم . حيث يشكل جزءاً كبيراً من هذه الطبقة مما أدى إلى تسميتها بطبقة الأوزون . و ينشأ الأوزون من الأكسجين بفعل الأشعة فوق البنفسجية التي تصل إليها مع أشعة الشمس و التي تتسبب في حدوث تفاعلات كيموضوئية Photochemical Reactions إذ يتحول الأكسجين الجزيئي إلى أكسجين ذري بفعل الطاقة الشمسية :

$$O_2 + hv \rightarrow O + O$$

ثم يتفاعل الأكسجين الذري مع الأكسجين الجزيئي ويشكل الأوزون:

$$O_2 + O \rightarrow O_3$$

وللأوزون المتشكل أهمية كبيرة في حماية المحيط الحيوي Biosphereوما فيه من كائنات حية, وذلك لأنه يمتص الأشعة الفوق بنفسجية قصيرة الموجة ويمنعها من الوصول إلى سطح الأرض, لأن هذا النوع من الأشعة له تأثير ضار على الكائنات الحية. وجزيئات الأوزون غير ثابتة إذ تتفكك إلى أكسجين ذري O وأكسجين جزيئي O_2 والطاقة المخزنة في الروابط الكيميائية لجزيء الأوزون تُطلق على شكل حرارة ترفع حرارة هذه الطبقة من ٥٠ درجة تحت الصفر إلى ٣٠ درجة فوق الصفر تقريباً.

٣- طبقة الغلاف المتوسط Mesosphere:

تنحصر هذه الطبقة بين ٥٠ و ٨٠ كيلو متر فوق سطح الأرض . لا تحتوي على بخار الماء ولكنها تحتوي على نسبة عالية من الأوزون . ومكوناتها الغازية شديدة التخلخل وخفيفة (هيدروجين , هليوم) . وتقل درجة الحرارة فيها مع الارتفاع لتصل إلى حوالي ٩٠ درجة تحت الصفر عند سقفها .

٤- طبقة الغلاف الحراري Thermosphere:

تبدأ هذه الطبقة من ارتفاع ٨٠ كم تقريباً من سطح الأرض وحتى ارتفاع ٤٠٠ كم , وفيها تكون الغازات بحالتها الذرية , والهواء فيها قليل الكثافة . تكثر ذرات الهليوم و الأكسجين والنيتروجين في الجزء السفلي من هذه الطبقة وحتى ارتفاع ١١٥ كم من سطح الأرض بينما تكثر ذرات الهيدروجين في الجزء العلوي منها . وتخلو هذه الطبقة من الأوزون وبخار الماء وترتفع حرارتها بالارتفاع , حيث تصل في أجزائها العليا إلى ٢٠٠٠ درجة فوق الصفر نتيجة لاصطدام جزيئات المادة . كما تبدو عملية التأين Ionization واضحة في هذه الطبقة , خاصة فيما بين ارتفاع ١٠٠- ٣٠٠ كم , لتعرف تلك الطبقة باسم الطبقة المتأينة Ionosphere .

٥- طبقة الغلاف الخارجي Exosphere

وتبدأ من ارتفاع ٤٠٠ كيلومتر فوق سطح الأرض وتنتهي عند حافة الفضاء الخارجي للكرة الأرضية . وتكون فيها حركة جزيئات الهواء سريعة جداً , ويحدث في هذه الطبقة أن بعض جزيئات الهواء تتحرر من تأثير الجاذبية الأرضية وتخرج بالتالي من الغلاف الجوي إلى الفضاء وهذا ما يحدث بالنسبة للهيدروجين وهو الغاز الرئيس في هذه الطبقة .

الهواء والتلوث The atmosphere and pollution:

يتكون الهواء غير الملوث من عناصر رئيسية هي الأكسجين والنيتروجين وثاني أكسيد الكربون والهيدروجين وبخار الماء . كما يحتوي الهواء على نسب ضئيلة من الهليوم والنيون والنشادر والأوزون وأول أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت وجسيمات الغبار ودقائق لأملاح عضوية وغير عضوية (انظر جدول ٢-١) .

جدول (٢-١) التركيب ا لطبيعي للهواء الجاف النقي .

المكونات الغازية	الرمز	الحجم (٪)	الكمية (جزء في المليون)
النيتروجين	N_2	٧٨,٠٨	٧٨٠٨٤٠
الأكسجين	O_2	٢٠,٩٤	٢٠٩٤٧٦
الأرغن	Ar	٠,٩٣	٩٣٤٠
ثاني أكسيد الكربون	CO_2	٠,٠٣	٣١٤
النيون	Ne	٠,٠٠١٨	١٨
الهيليوم	He	٠,٠٠٠٥	٥,٢
الأوزون	O_3	٠- ٠,٠٠٠٠٢	٠,٠١
الهيدروجين	H_2	٠,٠٠٠٠٥	٠,٥
الكريبتون	Kr	غاز نادر	١,٠
الزينون	Xe	**غاز نادر**	٠,٠٨٧
الميثان	CH_4	غاز نادر	٢,٠

مع أن النسب الحجمية للهواء النقي ثابتة تقريباً إلا أن مكوناتها تخضع باستمرار للتجديد من خلال الدورات الحيوية المتعددة ضمن النظام البيئي للكائنات الحيوانية والنباتية والكائنات الدقيقة وعوامل البيئة الأخرى. ويمتاز الهواء النقي بأنه عديم اللون والرائحة ويكاد يكون تركيبه واحداً في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي Troposphere المحيط بالكرة الأرضية . إلا أن هذا التركيب يصبح عرضة للتغير في حالات الإخلال بالأنظمة البيئية من قبل مصادر طبيعية أو محدثة بسبب نشاط الإنسان التخريبي.

وبذلك يصبح الهواء ملوثاً إذا حدث أي تغير في تركيبه الطبيعي أو دخلت إليه عناصر غريبة , من غازات أو جسيمات أو ميكروبات , خلال فترة زمنية قصيرة أو طويلة بحيث تؤدي إلى إحداث ضرر بحياة الإنسان أو الحيوان أو النبات أو الممتلكات الاقتصادية .

ويمكن إجمال ملوثات الهواء بالتالي :

- ملوثات غازية .
- ملوثات جسيمية .
- ملوثات إشعاعية .
- ملوثات ثانوية .

كما يمكن أن ينقسم التلوث الهوائي إلى عدة أقسام كما يلي :

- تلوث محلي Local:

وهو التلوث الهوائي الذي يرتبط بأماكن محددة , كالتلوث الذي يحدث لمدينة أو لمنطقة صناعية محددة أو غيرها .

- تلوث إقليمي Regional:

وهو التلوث الهوائي الذي يشمل منطقة أكبر تضم عدة دول أو حتى قارة بأكملها , مثل تلوث حوض البحر الأبيض المتوسط أو تلوث قارة أوربا .

- تلوث عالمي Universal:

وهو التلوث الهوائي الذي تنتشر الملوثات فيه على مساحات كبيرة , وتصل إلى مناطق بعيدة عن مصادرها , مثل التلوث بالإشعاعات الذرية الذي يتجاوز الإقليم الذي يحدث فيه , أو التلوث الناشئ عن زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في جو الكرة الأرضية , أو تآكل طبقة الأوزون في طبقات الجو العلوية والمتوسطة وغيرها .

امتحان ذاتي

السؤال الأول : ما هي أبرز وظائف الغلاف الجوي ؟

السؤال الثاني : عدد طبقات الغلاف الجوي ؟

السؤال الثالث : ما هو المقصود بالتلوث المحلي , الإقليمي و العالمي ؟

إجابة الامتحان الذاتي

إجابة السؤال الأول :

أبرز وظائف الغلاف الجوي والتي توضح أهميته :

- يعد الغلاف الجوي من أهم عوامل استمرار الحياة على سطح الأرض , وذلك لاحتوائه على جميع الغازات اللازمة لجميع الكائنات الحية لكي تقوم بوظائفها الحيوية .
- يعمل كدرع واق لسطح الأرض وما عليها من أحياء يحجز الإشعاعات الضارة والصادرة من الشمس وبشكل خاص الأشعة الفوق بنفسجية .
- يعمل على المحافظة على ثبات درجات الحرارة اليومية على سطح الأرض , وتقليل مدى الاختلاف بين درجاتها في الليل و النهار .
- يعمل على حفظ حرارة الأرض ليلاً , و منعها من التسرب إلى الفضاء الخارجي .
- تتكون فيه السحب و الرياح والأمطار , كما أنه وسيلة انتقال الصوت .

إجابة السؤال الثاني :

طبقات الغلاف الجوي :

١- طبقة الغلاف السفلي (التربوسفير) Troposphere

٢- طبقة الغلاف الزمهريري Stratosphere

٣- طبقة الغلاف المتوسط Mesosphere

٤- طبقة الغلاف الحراري Thermosphere

٥- طبقة الغلاف الخارجي Exosphere

إجابة السؤال الثالث :

- **التلوث المحلي Local :**

وهو التلوث الهوائي الذي يرتبط بأماكن محددة , كالتلوث الذي يحدث لمدينة أو لمنطقة صناعية محددة أو غيرها .

- **التلوث الإقليمي Regional :**

وهو التلوث الهوائي الذي يشمل منطقة أكبر تضم عدة دول أو حتى قارة بأكملها , مثل تلوث حوض البحر الأبيض المتوسط أو تلوث قارة أوربا .

- **التلوث العالمي Universal :**

وهو التلوث الهوائي الذي تنتشر الملوثات فيه على مساحات كبيرة , وتصل إلى مناطق بعيدة عن مصادرها , مثل التلوث بالإشعاعات الذرية الذي يتجاوز الإقليم الذي يحدث فيه , أو التلوث الناشئ عن زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في جو الكرة الأرضية , أو تآكل طبقة الأوزون في طبقات الجو العلوية والمتوسطة وغيرها .

كيمياء التلوث

تلوث الهواء

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

أن يتعرف الطالب على ملوثات الهواء الغازية والجسيمية والثانوية .

الأهداف:

١- التعرف على مصادر التلوث الهوائي.
٢- التعرف على ملوثات الهواء الغازية.
٣- التعريف بطبقة الأوزون ومسببات نضوبها.
٤- التعرف على ملوثات الهواء الجسيمية.
٥- التعرف على ملوثات الهواء الثانوية.

الوقت المتوقع للدراسة:

ثلاث ساعات.

متطلبات الجدارة:

الإلمام بما سبق دراسته.

تلوث الهواء

إن أهمية الهواء الذي نستنشقه غنية عن التبيان, فهو أساس الوجود, وسر استمرارية الحياة. فقد يستطيع الإنسان البقاء حياً دون طعام أو ماء عدة أيام , ولكنه لا يمكن أن يبقى حياً سوى بضع دقائق إذا ما انقطع عنه الهواء . ويمكن أن ندرك أهمية الهواء , إذا علمنا أن رئة كل جسم بشري تستقبل يومياً حوالي ١٥ كيلوجرام من الهواء الجوي , في حين لا يمتص الجسم البشري سوى ٢,٥ كيلوجرام من الماء , وأقل من ١,٥ كيلوجرام من الطعام .

ولقد عرف الإنسان تلوث الهواء منذ القدم , عندما كانت تثار الأتربة و الرمال بفعل الرياح , و من خلال النار التي كان يستخدمها للتدفئة و صنع الطعام , وفي الحرائق التي تشتعل في بعض غابات العالم . ولقد تعاظم تلوث الهواء بمواد ومركبات مختلفة منذ بداية الثورة الصناعية, وحتى يومنا هذا, ليصبح حالياً إحدى مشاكل البيئة الحيوية الرئيسية.

ولقد نال تلوث الهواء اهتماماً كبيراً على مستوى دول العالم بأسرها, بعد أن غدا التلوث مشكلة-عالمية, وليست مشكلة إقليمية أو محلية, ففي إنجلترا مثلاً تكونت أربع هيئات فيما بين الأعوام ١٢٨٥-١٣١٠ م لدراسة تلوث الهواء الذي نجم عن التحول من استخدام الحطب إلى الفحم في أفران الصناعة, ولقد بلغ حجم الملوثات وسمكها في بعض المناطق حداً كبيراً حتى أصبحت تشكل غطاء كثيفاً يحجب جزءاً من أشعة الشمس من الوصول إلى سطح الأرض, كما هي الحال في مدينة نيويورك و مدينة شيكاغو, إذ تحجب الملوثات الهوائية هاتين المدينتين ما بين ٢٥ ٪ إلى ٤٠ ٪ من الأشعة الساقطة.

وفي عام ١٩٦٧ م عرف المجلس الأوربي التلوث الجوي على الشكل التالي :

"يتلوث الهواء عندما تتواجد فيه مادة غريبة , أو يحدث تغير عام في نسب المواد المكونة له يترتب عليها حدوث نتائج ضارة , وتسبب مضايقات وانزعاجات" . فتلوث الهواء ؛ دليل على احتواء الهواء على مواد غريبة علية , أو من مواده نفسها , ولكن بنسب تزيد على الحد الأعلى لتواجدها , بحيث أن زيادتها هذه تصاحب بمؤثرات سلبية في البيئة الحيوية .

٣-١ مصادر التلوث الهوائي:

لتلوث الهواء مصادر متعددة بعضها طبيعي والبعض الآخر ينشأ من إفراط الإنسان في استخدام الثروات الطبيعية أومن أنشطته المختلفة . و يمكننا حصر أهم مصادر التلوث الهوائي فيما يلي :

أولاً : مصادر طبيعية :

يحدث تلوث الهواء طبيعياً من خلال الملوثات المختلفة (الغازية , والسائلة , والصلبة) التي تدخل إليه , والتي تنجم عن الطبيعة دون تدخل الإنسان فيها من خلال أنشطته العديدة التي تحتم عليه حدوث تفاعل بينه وبين الوسط الطبيعي . ويمكن حصر مصادر التلوث الطبيعي للهواء في الآتي :

١- البراكين (أنظر جدول ٣-١) .

٢- الغبار والأتربة المثارة بفعل الرياح .

٣- حرائق الغابات .

٤- حبات (غبار) الطلع .

٥- الجراثيم من بكتريا وخلافها.

جدول (٣-١) التوزيع العام للمادة الغازية البركانية.

المادة الغازية	الرمز	نسبته ٪
بخار الماء	H_2O	٧٠,٧٥
ثاني أكسيد الكربون	CO_2	١٤,٠٧
هيدروجين	H	٠,٣٣
نيتروجين	N	٥,٤٥
أرجون	Ar	٠,١٨
ثاني أكسيد الكبريت	SO_2	٦,٤٠
ثالث أكسيد الكبريت	SO_3	٠,١٠
كلور	Cl	٠,٠٥

ثانياً : مصادر بشرية :

ويقصد بالتلوث الجوي البشري ؛ أنه ذلك التلوث الناجم عن استعمالات الإنسان المختلفة , من خلال أنشطته المختلفة في البيئة التي يعيش بها , سواءٌ أكانت تلك الاستخدامات في مجال التصنيع , أم في مجال الاستخدامات المنزلية والحياتية اليومية .

وبمقارنتها بالمصادر الطبيعية , فإنه مهما تعاظم حجم الملوثات الطبيعية , فإنها أقل من الملوثات البشرية (انظر جدول ٣-٢) , كما أن نوعيتها أقل خطورة وتأثيراً على البيئة الحيوية من نوعية الملوثات التي أحدثها

الإنسان في بيئته . ويمكننا بصورة عامة أن نصنف مصادر التلويث البشري للهواء في خمسة مجموعات هي :

١- الملوثات الناتجة عن حرق الوقود لإنتاج الطاقة .

٢- الملوثات الناتجة عن انبعاث العوادم من وسائل النقل المختلفة .

٣- الغازات التي تنطلق من النفايات البشرية بجميع أنواعها .

٤- الغازات ومركباتها المختلفة , وجزيئات الغبار , والحرارة المتولدة من المواقع الصناعية المختلفة .

٥- الملوثات الغازية والجزيئية التي تنتج من أعمال التعدين المختلفة .

جدول (٣-٢) الملوثات المنطلقة إلى الجو سنوياً من سطح الأرض بفعل الإنسان (بملايين الأطنان).

مصدر التلوث	أول أكسيد الكربون	الجزيئات	أكاسيد الكبريت	هيدروكربونات	أكاسيد النيتروجين
وسائل النقل	٦٣,٨	١,٢	٠,٨	١٦,٦	٨,١
احتراق الوقود	١,٩	٨,٩	٢٤,٤	٠,٧	١٠,٠
عمليات صناعية	٩,٧	٧,٥	٧,٣	٤,٦	٠,٢
النفايات الصلبة	٧,٨	١,١	٠,١	١,٦	٠,٦
مصادر مختلفة	١٦,٩	٩,٦	٠,٦	٨,٥	١,٧
المجموع	١٠٠,١	٢٨,٣	٣٣,٢	٣٢,٠	٢٠,٦

٣-٢ ملوثات الهواء Air pollutants :

ينطلق إلى الهواء نتيجة للأنشطة الصناعية والعمرانية أو من مصادر طبيعية خليط من الملوثات الغازية والسائلة والصلبة بتركيز يلحق الضرر بالإنسان والحيوان والنبات والجماد . وإن كان لهذه الملوثات صفاتها وخصائصها المستقلة إلا أنها تتداخل مع بعضها في البيئة لتشكل خطراً مباشراً على النظام البيئي . وفيما يلي سنستعرض أهم الملوثات الجوية :

أولاً : الملوثات الغازية :

١- أكاسيد الكربون Carbon Oxides

أ) غاز أول أكسيد الكربون CO :

يتميز هذا الغاز بأنه لا لون له ولا طعم ولا رائحة وينحل في بلازما الدم بقدر ما ينحل بالماء . ويوجد بالهواء الطبيعي غير ا لملوث عند تركيز لا يزيد على ٠,١ جزء من المليون . ويتأكسد في الطبيعة إلى غاز ثاني أكسيد الكربون وبوجود أشعة الشمس بمعدل ١ ٪ من حجمه بالساعة تبعاً للمعادلة التالية :

$$2\ CO + O_2 \xrightarrow{\text{أشعة الشمس}} 2\ CO_2$$

- **مصادره:**

ينتج هذا الغاز بسبب الاحتراق غير الكامل للوقود , وخصوصاً في وسائل النقل , وذلك لعدم توفر الأكسجين الكافي للاحتراق . كما أن كمية هذا الغاز تتناسب عكسياً مع سرعة المحرك فعندما تكمن السرعة ١٨ كم/ساعة فإن نسبة غاز أول أكسيد الكربون قد تصل إلى ٥ ٪ من مجموع الغازات المنطلقة من العادم . وعندما تصل السرعة إلى ١١٠ كم/ساعة تقل هذه الكمية لتصل إلى حوالي ٢ ٪ . مما يفسر الارتفاع الكبير في تركيز غاز أول أكسيد الكربون داخل المدن عنه في الطرق الخارجية . كذلك ينتج من العديد من الصناعات مثل مصافي النفط وصناعاته , نصاهر الحديد و الفولاذ و غيرها . كما ينتج هذا الغاز من الأكسدة التي تقوم بها بكتيريا التربة . إلا أن عوادم السيارات تشكل المصدر الأساسي لتلوث الهواء بهذا الغاز .

تأثيره على صحة الإنسان:

يعتبر غاز أول أكسيد الكربون من أشد الغازات الملوثة للهواء سمية , ويتغير تأثير هذا الغاز على صحة الإنسان تبعاً لتركيزه . وفي الولايات المتحدة الأمريكية فإن معدل تركيز هذا الغاز المسموح به هو ٩ أجزاء من المليون .

- عندما يصل تركيزه ٥٠ جزء من المليون لمدة ستة أسابيع فان ذلك يؤثر على عمل القلب والدماغ , كما يؤثر على حدة الرؤيا .
- وعندما يصل تركيزه ٨٥ جزء من المليون فإن فاعلية الدم لنقل الأكسجين تقل بمعدل ١٥ ٪ .
- كما وجد أن التعرض لتركيز ١٠٠ جزء من المليون لعدة ساعات يسبب الدوران وصعوبة التنفس وارتخاء العضلات .
- وإذا وصل التركيز إلى ٧٥٠ جزء من المليون فإن ذلك يؤدي إلى الغيبوبة قد يتبعها وفاة.

- وعندما يصل تركيز غاز أول أكسيد الكربون إلى ١٠٠٠ جزء من المليون فإن ذلك يسبب الوفاة حالاً .

ويعزى ذلك إلى قدرته على الاتحاد مع هيموجلوبين الدم بدلاً من الأكسجين مكوناً كربو كسيل الهيموجلوبين , حيث أن قدرته للاتحاد مع الهيموجلوبين تفوق ٢٥٠ مرة اتحاد الأكسجين مع الهيموجلوبين . وعندما يصل تركيز أول أكسيد الكربون في الهوا ء إلى ١٢٠ جزء من المليون فإن تركيز كربو كسيل الهيموجلوبين فد يصل إلى ٢٠ ٪ , وعندما يصل التركيز إلى ٦٠٠ جزء من المليون , فإنه يصبح تقريباً كامل جزيئات الهيموجلوبين محملة بغاز أول أكسيد الكربون .

ب) غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2

عبارة عن غاز عديم اللون والرائحة , ولكن له طعم غير مقبول , ويتراوح تركيزه في الهواء الطبيعي الجاف غير الملوث ٣٠٣- ٣٢٠ جزءاً من المليون . وبسبب إطلاق كميات كبيرة من هذا الغاز من مصادر مختلفة على مستوى عالمي , فقد وصل تركيزه في الغلاف الجوي حوالي ٣٤٦ جزءاً من المليون عام ١٩٨٨ م . ويكون أقل تركيز له في الهواء في النصف الثاني من النهار , حيث تكون عملية التمثيل الضوئي في أوجها . ويعتقد أنه توجد زيادة سنوية في تركيز هذا الغاز في الهواء تصل إلى ٠,٧ جزء من المليون بسبب احتراق الوقود .

- **مصادره :**

ينتج ثاني أكسيد الكربون عند احتراق المواد الكربونية , حيث يشكل ٢١ ٪ من مجموع الغازات المتصاعدة من عملية الاحتراق . كما ينتج هذا الغاز إضافة إلى بخار الماء من الاحتراق الكامل عند اختلاط الوقود بالأساس من مواد هيدروكربونية مع كمية كافية من الهواء . كذلك يتصاعد هذا الغاز من صناعات متعددة مثل صناعة الألمنيوم , حمض الفسفوريك , الهيدروجين وغيرها من الصناعات . كما يتصاعد من العديد من العمليات البيولوجية و أثناء تخمر السكاكر. إلى أن احتراق الوقود بشكل كامل يشكل المصدر الأساسي لتلوث الهواء بغاز ثاني أكسيد الكربون (كما توضح المعادلات التالية).

$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$$

$$C_2H_4 + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 2H_2O$$

$$C_3H_8 + 5O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O$$

كما يتضح من المعادلات السابقة فإن كمية غازات أكاسيد الكربون المنتعثة تعتمد على نوع الوقود المستخدم . كما أن احتراق المواد البلاستيكية المحتوية على بلمرات بولي إثلين Polyethylene وبولي ستيرين Polystyrene عند حرارة ٣٠٠- ٤٥٠ درجة مئوية يؤدي إلى انبعاث أكاسيد الكربون .

$$2C_6H_6 + 15O_2 \longrightarrow 12CO_2 + 6H_2O$$

$$2C_6H_{18} + 25O_2 \longrightarrow 18CO_2 + 18H_2O$$

- **تأثيره على الأنسان :**

لا يعتبر ثاني أكسيد الكربون مصدر تلوث خطرعلى صحة الإنسان والحيوان , حيث أنه يوجد في الهواء الطبيعي بمعدل ٣٤٥ جزء من المليون . في حين تكون الجرعة القاتلة للإنسان من هذا الغاز ٨٠,٠٠٠ جزء من المليون . ولكن مصدر خطورته تكمن في ازدياد تركيزه ٠,٧ ٪ سنوياً بسبب انطلاق المزيد من هذا الغاز من احتراق الوقود . ويُعتقد أن هذا التركيز العالي هو أحد أسباب ارتفاع درجة الحرارة في المدن المزدحمة بوسائل النقل . وتسمى هذه الظاهرة بظاهرة البيوت الزجاجية Green house phenomenon.

فعندما تسقط أشعة الشمس المرئية (ذات الطول الموجي ٠,٤- ٠,٧٥ ميكروميتر) عبر الغلاف الجوي فإن الحرارة الساقطة يتم امتصاصها من قبل سطح القشرة الأرضية ثم لا تلبث أن تفقدها الأرض على هيئة أشعة فوق حمراء . وعندما يخلو الهواء من الملوثات فإن كمية الحرارة المتصة من قبل سطح الأرض تعادل كمية الحرارة التي تفقدها الأرض , وبالتالي لا يحدث تغيير في درجة القشرة الأرضية أو الغلاف الجوي . ولكن عندما يزيد تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء فإن هذا الغاز يستطيع أن يمتص كمية كبيرة من الأشعة فوق الحمراء ويحتفظ بها في الغلاف الجوي , مما يؤدي إلى ارتفاع حرارة الغلاف الجوي ومن ثم القشرة الأرضية .

ويُعتقد أنه إذا بقيت الزيادة في إطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون على ما هي عليه بمعدل ٠,٤ ٪ من تركيزه في السنة فسيرتفع تركيزه ما بين ٣٨١- ٥٥١ جزء من المليون في عام ٢٠٣٠ م وأن ذلك سيؤدي إلى ارتفاع حرارة القشرة الأرضية بمعدل ١,٣- ٣,٩ درجات مئوية . مما يعني انصهار كتل ضخمة من الجليد من المناطق المتجمدة , مما سينتج عنه فيضانات مدمرة .

٢- أكاسيد ا لنيتروجين Nitrogen Oxides

يقصد بأكاسيد النيتروجين مركبات النيتروجين الغازية والتي تتكون عند اتحاد النيتروجين والأكسجين تحت درجات حرارة عالية كما هو الحال عند احتراق الوقود داخل الأفران أو في وسائل النقل وغيرها . وأهم هذه المركبات أول أكسيد النيتروجين NO, وثاني أكسيد النيتروجين NO_2. وينتج

حوالي ٧٠ ٪ من أكاسيد النيتروجين الموجود في الجو من الاحتراق داخل محركات السيارات , بينما ينتج الباقي من الصناعات المختلفة ومن محطات الطاقة الكهربائية وغيرها .

أول أكسيد النيتروجين غاز عديم اللون وهو لا يساعد على الاشتعال العادي , ويتكون من اتحاد كل من عنصر النيتروجين والأكسجين في الهواء الجوي بفعل حرارة احتراق الوقود :

$$N_2 + O_2 \longrightarrow 2NO$$

$$2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$$

ويتحد أول أكسيد النيتروجين بالأكسجين عند درجات الحرارة العادية مكوناً ثاني أكسيد النيتروجين.

وثاني أكسيد النيتروجين عبارة عن غاز بني مصفر وذلك نتيجة لامتصاصه للون الأخضر المزرق في طيف أشعة الشمس المرئية, كما أنه ينحل بالماء مكوناً كل من حمض النيتريك (HNO_3) وحمض النيتروز (HNO_2).

- **مصادر أكاسيد النيتروجين:**

تنطلق أكاسيد النيتروجين من عوادم السيارات نتيجة لاحتراق الوقود , كما تتصاعد من احتراق الغاز الطبيعي والفحم الحجري ومعظم خامات النفط , ومن حرق الفضلات العضوية . كما تنطلق من صناعات الزيوت والبلاستيك وإطارات السيارات وصناعة النحاس . كذلك تنطلق هذه الغازات من صناعة نترات الأمونيوم وأثناء مراحل تصنيع حمض النيتريك , كما تنطلق أثناء صناعات النفط وتكريره .

بالإضافة لتلك المصادر الصناعية فإن غازات أكسيد النيتروجين تنتج من سلسلة التفاعلات الطبيعية التي تحدث في الغلاف الجوي . والتي تشكل المصدر الأكبر لهذه الغازات حيث يتكون أكسيد النيتروز N_2O من خلال الدورة النيتروجينية في الطبيعة بفعل البكتيريا في التربة ومن أكسدة المواد العضوية النيتروجينية , والذي يتحول بدوره إلى أكسيد النيتروجين بفعل الأشعة الفوق بنفسجية :

كما أن أول أكسيد النيتروجين ينتج من عمليات التحلل الحيوي بفعل الكائنات الدقيقة , وكذلك من

$$2N_2O \xrightarrow{h\nu} N_2 + 2NO$$

عمليات الاحتراق و نتيجة للبرق , والذي بدوره يتفاعل مع الأكسجين الجوي مكوناً غاز ثاني أكسيد

النيتروجين :

$$2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$$

تأثير ثاني أكسيد النيتروجين على الإنسان :

يتفاوت تأثير غاز ثاني أكسيد النيتروجين على صحة الإنسان تبعاً لتركيزه وفترة التعرض من تهيج العيون وبطانة الجيوب الأنفية والجهاز التنفسي , وإلى احتقان رئوي والتهاب بالقصبات الهوائية . ومما يزيد من آثاره الصحية تحوله إلى حمض نيتريك مخفف يهاجم أنسجة الجهاز التنفسي ابتداء بالجيوب الأنفية ووصولاً للحويصلات الهوائية في الرئتين .

فعندما يصل تركيزه إلى ٣ أجزاء من المليون فإنه يؤدي إلى تهيج في العين والأنف . وعند التعرض لتركيز ٢٥ جزاء من المليون لمدة خمس دقائق فإنه يسبب اضطرابات في التنفس . بينما التعرض لتركيز ٥٠ جزءاً من المليون لمدة دقيقة واحدة يسبب احتقان رئوي .

كما يعتبر غاز ثاني أكسيد النيتروجين من الملوثات شديدة الخطورة لأنه يشكل المفتاح الذي يدخل في سلسلة التفاعلات الكيموضوئية التي ينتج عنها تكون الضباب الكيموضوئي وذلك بوجود الهيدروكربونات وثاني أكسيد الكبريت والأشعة الشمسية .

٣- أكاسيد الكبريت Sulphur Oxides

توجد أكاسيد الكبريت في ا لهواء على هيئة ثاني أكسيد الكبريت SO_2 وثالث أكسيد الكبريت SO_3 . ويعتبر ثاني أكسيد الكبريت من أخطر ملوثات الهواء وهو غاز عديم اللون غير قابل للاحتراق , يؤثر في حس الذوق إذا وصل تركيزه في الهواء إلى ٠,٣ أجزاء من المليون أو أكثر , وله رائحة نافذة إذا تجاوز تركيز ٣ أجزاء من المليون . ويتحول في التفاعلات الكيموضوئية التي تحدث في أجواء المدن إلى ثالث أكسيد الكبريت SO_3 وإلى ضباب Mist حمض الكبريت H_2SO_4 إذا كان الهواء مرتفع الرطوبة كما توضح ذلك المعادلات التالية :

$$2SO_2 + O_2 \longrightarrow 2SO_3$$

$$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$

ويسقط حمض الكبريتيك مع الأمطار على شكل أمطار حمضية تغير من خصائص المياه والتربة.

كما أن ثاني أكسيد الكبريت يزيد من تآكل المعادن خاصة إذا ترافق تركيزه المرتفع في الهواء مع ارتفاع في الرطوبة .

ويتراوح تركيز ثاني أكسيد الكبريت في أجواء المدن بين ٠,٠١- ٠,٢ جزاء من المليون , وإذا وصل تركيزه في الهواء إلى ٠,١ جزءاً من المليون وأكثر إلى انخفاض في الرؤية لأنه يزيد من التفاعلات الكيموضوئية المكونة للضباب الدخاني من جهة وتشكيل الضباب عند توافر الرطوبة من جهة ثانية . وتنخفض الرؤية إلى ٨ كم فقط إذا بلغ تركيزه في الهواء ٠,١ جزاء من المليون وكانت رطوبة الهواء ٥٠ ٪ . وفي ولاية كاليفورنيا في الولايات المتحدة الأمريكية إذا وصل تركيز ثاني أكسيد الكبريت إلى ٥ أجزاء من المليون فإنه يعتبر تلوثاً خطراً . والمسموح به كمعدل يومي لتركيز هذا الغاز حسب المقاسات الفيدرالية الأمريكية هو ٠,١ جزء من المليون , بينما التركيز المسموح به في المملكة العربية السعودية على أن لا يزيد متوسط التركيز عن ٠,٠٣ جزء من المليون خلال العام .

- **مصادر غاز ثاني أكسيد الكبريت**

يتصاعد غاز ثاني أكسيد الكبريت من حرق الكبريت أو الكبريتيد أو مركبات الكبريت بشكل عام . وتنطلق النسبة الكبرى من احتراق الوقود الحفري الذي يحتوي على مركبات الكبريت مثل الفحم و البترول . حيث يحتوي النفط الخام على نسبة من الكبريت لا تقل عن ١- ٥ ٪ , كما يحتوي الفحم على نسبة ٠,٤- ٠,٥ ٪ من الكبريت . ويتصاعد هذا الغاز من صناعات عديدة كالصناعات التي يدخل فيها عنصر الكبريت مثل صناعة حمض الكبريتيك . كما ينطلق هذا الغاز من صناعات عديدة أخرى كصناعة الأسمدة وصناعة الطوب وصناعة النحاس وأثناء تنقية الرصاص . كذلك يتصاعد غاز ثاني أكسيد الكبريت من صناعات الدباغة والمطاط والزيوت وصناعة النسيج والورق . كما ينتج هذا الغاز من مصادر طبيعية كالبراكين وينابيع الكبريت ومن تحلل المواد العضوية المكبرتة .

- **تأثير ثاني أكسيد الكبريت على الإنسان**

يعتبر غاز ثاني أكسيد الكبريت من أخطر الملوثات الهوائية ويتفاوت تأثيره على الإنسان ما بين ضيق في التنفس والتهاب المجرى التنفسي والكحة الشديدة وتساقط الشعر والتهاب في الكلى . فعند تراكيز منخفضة من هذا الغاز تصل إلى ٠,٠٩٢ جزء من المليون تزيد الحالات المرضية في الجهاز التنفسي ويزداد عدد الوفيات عندما تصل التركيز إلى ٠,٥٢ جزء من المليون . وتجدر الإشارة إلى أن الحد المسموح به لتركيز هذا الغاز هو ٠,٣ جزء من المليون . وعند التعرض لتركيز حتى ١ جزء من المليون فإنه يسبب انقباض القصبات الهوائية , مما يزيد في مقاومة مرور الهواء إلى الرئة . ويتأثر الجزء العلوي من الجهاز التنفسي , حيث أن هذا الغاز يذوب في أول جزئيات ماء تواجهه في الجزء العلوي من ا لجهاز التنفسي , ويتحول إلى حمض كبريتيك مخفف وكبريتات . كما أنه يعيق عملية التنظيف التي تقوم بها الشعيرات

التي تبطن الأجزاء الرئيسة للجهاز التنفسي كما يهيج الغشاء المخاطي للعيون ويهيج الجلد , هذا بالإضافة إلى أن أغلب آثاره لها صفة الديمومة وقليلا ما يؤثر فيها العلاج . ويعتبر التركيز ١٥٠ جزء من المليون الجرعة القاتلة للإنسان من هذا الغاز .

٤. غاز كبريتيد الهيدروجين Hydrogen Sulphide

يوجد على شكل غاز عديم اللون له رائحة البيض ا لفاسد وهو أثقل من الهواء . كما أنه يحترق ويكون ثاني أكسيد الكبريت و الماء إذا كانت كمية الأكسجين كافية أما إذا كانت غير كافية فإنه يحترق احتراقا غير كامل إلى كبريت وماء . وبمجرد الشعور برائحته يعني أن تركيزه في الهواء أعلى من التركيز المسموح به والذي يتراوح بين ٠,٠٠٣- ٠,٠٠٨ جزء من المليون . ومن الجدير بالذكر أن تركيزه في بعض مدن المملكة العربية السعودية يصل إلى ٠,٠٢ جزء من المليون . كما أن كبريتيد الهيدروجين يتأكسد في الهواء إلى حمض الكبريتيك :

$$H_2S + 2O_2 \longrightarrow H_2SO$$

لذلك فإن تركيزه في الهواء على مستوى العالم لا يزداد مع الزمن على الرغم من انبعاث حوالي ٣٠٠ طن كل سنة . وبالتالي فإن تأثيره على الصحة يأتي من التركيزالمفاجئ في مناطق محدودة .

- **مصادر غاز كبريتيد الهيدروجين**

ينتج غاز كبريتيد الهيدروجين من تخمر المخلفات البشرية السائلة ومن احتراق المواد التي تحتوي على الكبريت ومن الصناعات الجلدية وصناعة تكرير النفط وصناعة المطاط وغيرها . إلا أن المصدر الرئيسي لتلوث البيئة يأتي من تكرير البترول ومن بعض الصناعات البتروكيميائية لاعتباره أحد مكونات البترول والغاز الطبيعي . كما 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 .

- **تأثير غاز كبريتيد الهيدروجين على الإنسان**

يعتبر هذا الغاز ذا سمية عالية تفوق سمية أول أكسيد الكربون ويدخل الجسم عن طريق التنفس والجلد . ويسبب تلوث الهواء بهذا الغاز تهيجاً في بطانة الغشاء المخاطي في أعضاء الجهاز التنفسي والعيون , كما يحدث اضطراباً وصعوبة في التنفس بسبب تأثيره على عدد من الإنزيمات الفعالة في الجسم , كذلك يسبب تلوث الهواء بهذا الغاز خمولاً في التفكير وعدم القدرة على التركيز وعلى تقدير الوقت حيث إنه يؤثر على الجهاز العصبي المركزي .

فعندما يوجد بتركيز منخفض جداً يصل إلى ٠,١ جزء من المليون يمكن الإحساس برائحته , ولكن عند التعرض لهذا التركيز لمدة ساعة فإنه يؤثر على الجهاز العصبي . وعند التعرض لتركيز ٠,٣ أجزاء من المليون لمدة طويمة يؤدي إلى تدمير حاية الشم . كما أن التعرض لتركيز ١٠٠ جزء من المليون يتلف الإحساس بالشم وإذا استمر لمدة ساعة كاملة يؤدي إلى إصابة الجهاز التنفسي . ويعتبر التعرض لتركيز ٥٠٠ جزء من المليون لمدة دقيقة واحدة الجرعة القاتلة للإنسان .

٤- غاز فلوريد الهيدروجين Hydrogen Fluoride

غاز فلوريد الهيدروجين HF ذو رائحة نفاذة , وهو سام ومسبب للتآكل بدرجة كبيرة . ويذوب في الماء مكوناً حمض الهيدروفلوريك . وقد حددت منظمة الصحة العالمية تركيز هذا الغاز بأن لا يزيد عن ٠,٠٠١ جزء من المليون . وينتج هذا الغاز من العديد من الصناعات مثل صناعة الحديد , الأمنيوم , تكرير النفط , الأسمجة العضوية , حمض الفوسفوريك , الفولاذ , الأواني الحديدية وغيرها .

ويسبب هذا الغاز تهيجاً في جميع أسطح الجسم الخارجية , خاصة في المناطق الرطبة إذا وصل تركيزه إلى ٢,٥ جزء من المليون . وعند التراكيز العالية فإنه يؤثر على الجهاز التنفسي ويعمل على تكلس مفاصل العظام وعلى التهاب الكبد والكلى . ويموت الإنسان خلال عشر دقائق إذا وصل تركيز هذا ا لغاز إلى ٤٠٠٠ جزء من المليون .

٥- الأوزون Ozone

يمتاز غاز الأوزون O_3 برائحة خاصة مميزة . ويلعب هذا الغاز في طبقات الجو العليا المعروفة بطبقة الغلاف الزمهريري Stratosphere دوراً مهماً في حماية الكرة الأرضية من الأشعة الفوق بنفسجية . ويوجد هذا الغاز بصورة طبيعية في الطبقة السفلى من الغلاف الجوي Troposphere ليشغل نسبة ٠,٠٢ جزءاً من المليون . ولكن زيادة تركيزه في هذه الطبقة Troposphere تعتبر تلوثاً جوياً يجب تفاديه . ويتفاوت تركيزه في هواء المدن والمناطق الصناعية من الغلاف الجوي تبعاً للفصول ولساعات اليوم . فقد أظهر المسح الذي تم لكمية الأوزون الجوي فوق مدينة لوس أنجلس الأمريكية مستويات عظمى مقدارها ٠,٩ جزءاً من المليون , مقارنة مع المستويات العظمى فوق منطقة لندن البالغة ٠,١ جزءاً من المليون في ظروف موجة حرارية استثنائية .

يعتبر الأوزون عاملاً مؤكسداً قوياً للمواد العضوية , وهو يدخل في التفاعلات الكيمياضوئية مكوناً مع أكاسيد النيتروجين ودقائق الهيدروكربونات ملوثات ثانوية أهمها الضباب الكيمياضوئي.

- **مصادر الأوزون**

يتشكل الأوزون في الهواء تحت تأثير الأشعة الشمسية والبرق ويتشكل بسرعة أثر إذا كان الهواء يحتوي على ثاني أكسيد النيتروجين ولو بتراكيز قليلة حيث يعطي هذا الأخير ذرة أكسجين ويتحول إلى أكسيد النيتريك . تتحد ذرة الأكسجين هذه مع غاز الأكسجين الجوي لتعطي الأوزون :

$$NO \longrightarrow NO + O^{\cdot}$$

$$O^{\cdot} + O_2 \longrightarrow O_3$$

- **تأثير غاز الأوزون على صحة الإنسان**

يتفاوت يأثير الأوزون من جفاف في الغشاء المخاطي المبطن لكل من الأنف والفم والحنجرة إلى تأثير على حدة الرؤيا والصداع . وقد يصل الأمر إلى التأثير على عمل الرئتين وتسبب الاحتقان بهما . ويعزى تأثير الأوزون بسبب تأثيره على قدرة الهيموجلوبين بالاتحاد مع الأكسجين من أجل نقله إلى بقية أجزاء الجسم . فتركيز ٠,٠٥ جزء من المليون يسبب تهيجاً في الأنف والحنجرة وجفاف مخاطية الجزء العلوي من الجهازالتنفسي . وعندما يصل تركيزالأوزون إلى جزء واحد من المليون ويتم التعرض له لمدة ساعة , فإن ذلك يؤدي إلى اضطرات في وظائف الرئة والتهاب في الشعيبات الهوائية , كما يفقد الهيموجلوبين ٤٠ ٪ من قدرته على الاتحاد مع الأكسجين . وإذا بلغ تركيز الأوزون بالهوا ء إلى جزأين من المليون , فإن ذلك يؤدي إلى تغييرات كيميائية في بروتينات الرئتين , مما يقلل قدرتها على مقاومة الأصابة بعدوى البكتريا . وعند التعرض لتراكيز عالية مثل ٥- ١٠ جزء من المليون فإنه يؤدي إلى آثار بالغة مثل التهابات حادة ونزيف رئوي .

- **نضوب طبقة الأوزون Ozonlayer depletion**

كما سبق ذكره في الفصل السابق توجد طبقة الأوزون في طبقة الغلاف الزمهريرية Stratosphere على ارتفاع ٢٢ كيلومتر من الغلاف الجوي وتسمى بطبقة الأوزون Ozonlayer أو حاجز الأوزون . وللأوزون في هذه الطبقة دور مهم في امتصاص الأشعة فوق البنفسجية ذات الموجات القصيرة وبالتالي منعها من الوصول إلى سطح الأرض , لأن وصولها إليه يحدث آثارا مدمرة على الكائنات الحية فيها .

ويوجد الأوزون في هذه الطبقة في حالة توازن مستقر , أذ أن سرعة تولده من الأكسجين بمساعدة الأشعة فوق البنفسجية تتساوى تقريبا مع سرعة اختفائه (سرعة تجرئه إلى جزيئات أكسجين) وهذا يعني أنه

عندما يصل إلى حالة التوازن المستقر فإن سرقة التفاعل التالي في أحد اتجاهيه تتساوى مع سرعته في الاتجاه المضاد كما في المعادلة التالية :

$$3O_2 + hv \rightleftharpoons 2O_3$$

إلا أن إقحام مواد كيماوية محددة في الجو , ووصولها إلى طبقة الجو الأوزونية , يعمل على إحداث تهتك في هذا الحاجز . وأهم المواد الملوثة التي تقوم بهذا الدور هي أكاسيد النيتروجين وبخار الماء وأمصا مركبات الفلوروكلوروكربون المستعملة في أجهزة التبريد , حيث تعمل هذه الملوثات على تحويل الأوزون في هذه الطبقة إلى الأكسجين , مما يعطي الفرصة للأشعة فوق البنفسجية القصيرة الموجة من الوصول إلى سطح الأرض وإحداث أثرها المدمر للكائنات الحية عليها . ويمكن تلخيص التأثير الذي يحدث لطبقة الأوزون من جراء وجود أكاسيد النيتروجين كما في المعادلات التالية :

$$NO_2 + hv \longrightarrow NO + [O]$$

وتدخل نواتج هذا التفاعل في تفاعلات متسلسلة كما في المعادلتين التاليتين :

$$NO + O_3 \longrightarrow NO_2 + O_2$$

$$NO2 + [O] \longrightarrow NO + O_2$$

ويتضح من هذه التفاعلات أن وجود ثاني أكسيد النيتروجين , ولو بكميات قليلة يتسبب في حدوث سلسلة من التفاعلات تؤدي إلى تحويل الأوزون إلى جزيئات أكسجين عادية بطريقة مستمرة .

أما مشتقات الفلوروكلوروكربون المستعملة في أجهزة التبريد وفي علب الملطفات الغازية فإنها تنشط بامتصاص طاقة الأشعة فوق البنفسجية منتجة ذرات كلور نشيط كما في التفاعلات التالية :

$$CF_2Cl_2 + hv \longrightarrow CF_2Cl^* + Cl^*$$ (ثاني كلورو ثاني فلوروميثان)

$$CFCl_3 + hv \longrightarrow CFCl_2^* + Cl^*$$ (ثالث كلوروفلوؤوميثان)

يلي ذلك قيام هذا الكلور $[Cl^*]$ على تدمير جزيئات الأوزون , ويمكن تصوير ذلك على النحو التالي :

$$Cl^* + O_3 \longrightarrow O2 + OCl^*$$

$$OCl^* + [O] \longrightarrow Cl^* + O_2$$

وتستمر سلسلة التفاعلات على هذا النحو لإحداث أكبر تدمير ممكن لطبقة الأوزون , بسبب أن أصل الكلور الحر يتولد تلقائيا من تكرار حدوث هذه التفاعلات .

٦- الهيدروكربونات Hydrocarbons (HC)

الهيدروكربونات عبارة عن مركبات مكونة من عنصرين فقط هما الكربون والهيدروجين . ويمكنها أن توجد بشكل غازات أو سوائل أو بشكل صلب ضمن الشروط البيئية العادية . وتحت تلك الشروط , فإن الجزيئات الهيدروكربونية تحتوي على أربعة ذرات كربون أو أقل لتشلك الغازات , بينما السائل منها والصلب يحتوي على خمسة ذرات كربون أو أكثر ,ومعظم الهيدروكربونات التي تساهم في تلوث الهواء تحتوي جزيئاتها على ١٢ ذرة كربون أو أقل , وهي تكون إما غازات أو سوائل طيارة (سريعة التبخر).

وتعتبر الهيدروكربونات المكون الرئيسي للبترول وتنشأ من الاحتراق غير الكامل للوقود في وسائل النقل والمصانع . ولها أضرار على الصحة كما أنها تسبب الضباب الدخاني ذي الآثار الضارة على الصحة . ومن المركبات الهيدروكربونية ذات الضرر البالغ , يمكن ذكر البنزوبيرين (C_2OH_{12}) الذي يعد من أهم المواد المسرطنة . ويتكون من احتراق مكونات البترول وخاصة الثقيلة مثل الزيوت والقار كما يوجد في دخان السجائر (التبغ) وفي قطران الفحم .

ثانياً : تلوث الهواء بالجسيمات Particulates air pollutants

تعرف الجسيمات بأنها ما يحمله الهواء من دقائق صلبة أو سائلة تنطلق إليه من مصادر عديدة بأحجام وأشكال وألوان مختلفة وبتركيب كيميائي مختلف . وتنتج الجسيمات إما من مصادر طبيعية أم من نشاطات الإنسان المختلفة . وكما يلعب التركيب الكيميائي للجسيمات الملوثة للهواء دوراً كبيراً في الآثار الناجمة عن تأثير الحلقات البيئية على السواء , فإن لحجم هذه الجسيمات أهمية كبرى , حيث أنه يحدد مسارها ومدى تأثيرها على الإنسان والحيوان والنبات والجماد .

يتراوح قُطر الجسيمات الملوثة للهواء ما بين ٠,٠٠٢ إلى ٥٠٠ ميكرومتر ويمكن لهذه الجسيمات أن تبقى عالقة في الهواء لزمن يتراوح ما بين بضع ثوان إلى عدة سنوات .

ويمكن تصنيف هذه الجسيمات تبعاً لحجمها إلى ما يلي:

١- الجسيمات المتساقطة Settling Particulates

وهي تلك الدقائق التي لا تلبث أن تعود إلى الأرض بعد انطلاقها من مصادرها بتأثير الجاذبية الأرضية, ويطلق عليها اسم الغبار الساقط Dust fall , ويزيد قطر هذه الجسيمات عن عشرة ميكروميترات . ولهذه الجسيمات الساقطة تأثير خفيف على المجاري التنفسية لأن شعيرات الأنف تعمل على ترسيب جزء كبير منه وخاصة الجزيئات التي يزيد قطرها عن مئة ميكروميتر . ولكنها تملك تأثيراً كبيرا على العيون والمنشآت الصناعية والأبنية والممتلكات الاقتصادية .

وبلغة كمية الغبار الساقط في لندن حوالي ٢٣ طن/كم^{٢}/شهر , و ٣٣ طن/كم^{٢}/شهر في مدينة أوزاكا اليابانية , وفي مدينة الرياض بلغت عام ١٩٨١ م , ٥٠ طن/كم^{٢}/شهر في المناطق السكنية و ٢٧٠- ٣٠٠ طن/كم^{٢}/شهر في مداخل المدينة ومنطقة معمل الأسمنت . علماً بأن الحد المسموح به هو ٩ طن/كم^{٢}/شهر .

٢- الجسيمات العالقة الكلية Total Suspended Particulates

يرمز لهذه الجسيمات بالرمز TSP , وهي تلك الجسيمات التي يتراوح قطرها من ٠,١ إلى ١٠ ميكروميترات وتبقى فترة طويلة معلقة في الهواء , أما ترسبها فبطيء ويتوقف على الظروف المناخية من رطوبة وحرارة ورياح وغيرها . وتعتبر الجسيمات العالقة أخطر الجسيمات الملوثة للهواء حيث من الممكن أن تصل إلى الرئتين وتستقر هناك . ويختلف تركيز الجسيمات العالقة المسموح بها من قطر لآخر وذلك تبعاً للاختلافات البيئية والنشاطات الداخلية ففي الولايات المتحدة مثلاً يجب أن لا يزيد التركيز عن ٢٦٠ ميكروغرام/م^{٣} خلال ٢٤ ساعة وعن ٧٥ ميكروغرام/م^{٣} . وتتراوح في مدينة الرياض بين ٩٦٧ ميكروغرام/م^{٣} في المناطق السكنية و ٢,٦ مللي غرام/م^{٣} في مداخل المدينة ومنطقة معمل الأسمنت , والحد المسموح به هو ٠,٥ مللي غرام/م^{٣} .

٣- الجسيمات العالقة الدقيقة Fine Suspended Particulates

وهذه الجسيمات صغيرة جداً وقطرها أقل من ٠,١ ميكروميتر ومن الصعب ترسبها , ولها حركة عشوائية وقد تتجمع مع تعضها ليزداد حجمها إلى أكثر من واحد ميكروميتر . ويصل عددها في ا لهواء النقي عدة مئات في السنتيمتر المكعب , أما في الأجواء الملوثة فيصل عددها إلى أكثر من ١٠٠ ألف جزيئه في السنتيمتر المكعب . ولا تشكل هذه الجسيمات خطراً كبيراً على صحة الإنسان , مع أنها تصل إلى الرئتين بسهولة , حيث تستطيع الرئتين نفثها أثناء الزفير .

كما أنه يمكن تصنيف الجسيمات الملوثة للهواء تبعاً لطبيعتها إلى الأنواع التالية :

١- جسيمات الغبار Dust وهو مواد دقيقة صلبة وغالباً ما تكون خاملة للتفاعلات الكيميائية .

٢- جسيمات السخام أو السناج Soot وهي عبارة عن تجمع لذرات الكربون المنبعثة من الاحتراق

٣- جسيمات الرماد Ash تنطلق مع غازات المداخن , وقد تحمل معها وقوداً غير محترق .

٤- جسيمات الدخان Smoke وهو دقائق صلبة قطرها أقل من ميكرومتر واحد وتتكون عندما تتكاثف الأبخرة أو عند حدوث تفاعلات كيميائية .

٥- جسيمات الأبخرة Fume وتنتج عن طريق التكثيف أو التفاعلات الكيميائية ويكون قطرها عادة أقل من واحد ميكرومتر .

٦- جسيمات الرذاذ Mist وتتكون من سائل عالق في الهواء ولا يزيد قطرها عن ٢ ميكروميتر .

٧- جسيمات الأيروسولات Aerosols وهي عبارة عن دقائق صلبة أو سائلة متناهية الصغر لا تتراكم أبداً , ويكون قطرها بصورة عامة أقل من ميكروميتر واحد .

وتنتج الجسيمات إما من مصادر طبيعية أو من نشاطات الإنسان المختلفة . وتتمثل الجسيمات الناتجة عن المصادر الطبيعية في الرمال وجزيئات التربة وذرات الأملاح بالقرب من شواطئ البحار والغبار البركاني . أما الجسيمات الناتجة من نشاطات الإنسان فهي جسيمات عضوية وأخرى غير عضوية . وتنتج الجسيمات العضوية من احتراق الفحم والنفط والخشب والنفايات وتتألف بصورة أساسية من الكربون وتحتوي على العديد من المركبات المسببة للسرطان إضافة إلى الجسيمات الناتجة من المبيدات الكيميائية والصناعات الكيميائية والغذائية . أما الجسيمات غير العضوية فتنتج من صناعة التعدين والصناعات الكيميائية غير العضوية وصناعة مواد البناء وشق الطرق وحركة وسائل النقل وصناعة الأسمنت والزجاج وغيرها .

ومن أخطر الجسيمات الملوثة للهواء هي جسيمات مبيدات البكتريا والفطريات والقوارض والحشرات والأعشاب . والتي تبقى عالقة في الهواء لفترات طويلة حتى تسقط مع الأمطار إلى التربة المسطحات المائية أو تمتصها بعض ملوثات الهواء الأخرى .

وتحوي الجسيمات الدقيقة العالقة بالهواء على العديد من العناصر الثقيلة السامة مثل الزئبق ودقائق الرصاص والكادميوم والزرنيخ والبريليوم والنيكل .

- **تلوث الهواء بالعناصر المعدنية**

١- الرصاص Lead

تعتبر جسيمات الرصاص أحد ملوثات الهواء التي تنبعث من مصادر متعددة يستخدم فيها الرصاص ومركباته كمواد خام كما هو الحال في صناعة مبيدات الحشرات المختلفة والدهانات وصناعة البطاريات . كما تستخدم مركبات الرصاص المختلفة مثل كبريتيد الرصاص وكرومات الرصاص في الطلاء وفي صناعات مختلفة مثل صناعة صفائح المنازل والقصدير وحروف الطباعة . ويعتبر استخدام الرصاص مع وقود السيارات على هيئة مركبات هالوجينية مثل رابع إيثيل الرصاص أحد المسببات الرئيسية لتلوث الهواء بجسميات الرصاص , حيث تتحول إلى مركبات غير عضوية تنبعث من عوادم السيارات إلى الهواء .

٢- الزئبق Mercury

ويعتبر الزئبق من الملوثات التي حظيت باهتمام كبير ولاسيما بعد معرفة أن الزئبق العضوي يتحول إلى صورة عصوية سامة هي ميثيل الزئبق Methyl Mercury عن طريق بعض الكائنات الدقيقة ويتركز في العظام . ويعتبر الزئبق ملوثا جويا خطرا ذلك لأنه يوجد في صورة بخار زئبق , ويسبب بخار الزئبق آثاراً تدميرية للجهاز العصبي المركزي . وأهم مصادر الزئبق الجوي هي الأصباغ ومصانع محطات الطاقة التي تعمل بالفحم ومحطات تصنيع الزئبق .

٣- الكادميوم Cadmium

يوجد الكادميوم في الطبيعة بتراكيز منخفضة في الماء والتربة , كما تنطلق جسيمات الكادميوم إلى الهواء بسبب استخدامه في صناعات متعددة , فمركبات الكادميوم تستخدم كعوامل مضادة للاحتكاك ويستخدم في ا لصناعات الكهربائية وفي المفاعلات النووية . وتكمن خطورة التلوث بجسيمات الكادميوم في خاصية التراكم الحيوي لهذا العنصر , حيث تتساقط جسيمات الكادميوم وتغسل من الهواء مع الأمطار ثم تتركز في أنسجة النباتات لتنقل بعد ذلك إلى الحيوانات ثم إلى جسم الإنسان بعد أن يزداد تركيزها في كل مرحلة من المراحل المتعاقبة . ويتراكم الكادميوم في الأعضاء التناسلية والكلية والكبد ليسبب تسممات عديدة قد تسبب تشوهات جنينية وبعض أنواع السرطان . ووفقاً لذلك فإن الحد المسموح به مثلاً في الولايات المتحدة الأمريكية لتلوث الهواء بالكادميوم هو ٠,١ مليجرام/م^{٣} على هيئة أبخرة أو ٠,٢ ميكروجرام/م^{٣} على هيئة جسيمات حاملة للكادميوم .

٤- الزرنيخ Arsenic

يعتبر الزرنيخ من العناصر واسعة الانتشار في الطبيعة ويستخدم في صناعة مبيدات الآفات الحشرية وفي تحضير بعض المواد الطبية , كما يستخدم الزرنيخ كمادة حافظة للخشب . ويتلوث الهواء ببخار وجسيمات مركبات الزرنيخ , حيث تقوم بعض أنواع من الفطريات بتحويل الزرنيخ إلى بخار الزرنيخ السام . وللزرنيخ خاصية التراكم الحيوي , حيث أنه يتراكم على طول السلسلة الغذائية ليصل ويتراكم بعد ذلك في أنسجة جسم الإنسان . ويعتقد أن سبب سمية بخار الزرنيخ ومركبات الزرنيخ هو أنه يعمل على إحباط تفاعلات الأكسدة الفسفورية في الجسم بسبب تنافس الزرنيخ مع الفسفور في التفاعلات الحيوية .

- **مصادر الملوثات الجسيمية :**

تنبعث إلى الهواء العديد من الملوثات الجسيمية من العديد المصادر الصناعية والطبيعية . ويعتبر احتراق الوقود من النفط والفحم الحجري وفحم الخشب النباتي من المصادر الأساسية لتلوث الهواء بالجسيمات والهيدروكربونية والألياف المعدنية . كما يعتبر استخدام مبيدات الحشرات والقوارض والنباتات الصغيرة من مصادر تلوث الهواء بالجسيمات الكيميائية الفعالة شديدة الخطورة . وتشكل مصانع الأسمنت ومحطات تصنيع الحجر الجيري وحجر الرمل مصدراً لتلوث الهواء بالجسيمات خاصة إذا كانت هذه المصانع لا تستخدم مرشحات لحجز الجسيمات . كما أن استخدام مواد التنظيف المختلفة يؤدي إلى انطلاق كميات كبيرة منها على شكل جسيمات أو على شكل رغوة , وتنطلق إلى الهواء أيضاً ألياف غير معدنية كألياف السليلوز من المناجر وألياف قطنية من مصانع الملابس , هذا بالإضافة إلى الألياف المعدنية (الاسبستوزات) التي تنطلق من ورش تصليح السيارات وصناعة الألمنيوم ومن استخدام فرامل السيارات . كما تساهم الصناعات الغذائية المختلفة في تلوث الهواء بالجسيمات المتعددة .

بالإضافة إلى ما سبق , فإن وجود ملوثات أولية غازية في الهواء يؤدي إلى تكون جسيمات صلبة أو سائلة , حيث تتكون جسيمات الكبريتات من أكاسيد الكبريت , وجسيمات النترات من أكاسيد النيتروجين , ويتكون رذاذ الأحماض من تلوث الهواء بأكاسيد النيتروجين والكبريت . وتشارك بعض المصادر الطبيعية في تلوث الهواء بالجسيمات , حيث تحمل الرياح جسيمات الأتربة والغبار , وكذلك تنطلق حمم البراكين حاملة معها جسيمات عديدة بعضها تحمل مواد مسرطنة وتساهم الرياح والأمواج في حمل رذاذ الأملاح من مسطحات البحار والمحيطات .

- **تأثير الجسيمات الملوثة للهواء على صحة الإنسان :**

تؤثر الجسيمات على صحة الإنسان بدرجات متفاوتة تبعاً لحجمها وطبيعتها الكيميائية المختلفة . فالجسيمات الكبيرة الحجم التي يزيد قطرها عن ٥٠ ميكروميتر لا تعتبر شديدة الخطورة على صحة الإنسان حيث تتمكن الشعيرات المبطنة للجيوب الأنفية من التقاطها ومنعها من النفاذ إلى الرئتين . أما الجسيمات الدقيقة التي يتراوح قطرها إلى ما دون ١٠ ميكروميتر فهي شديدة الخطورة على صحة الإنسان .

وقد لوحظ أن تأثير الجسيمات يكون أكثر ضرراً مع وجود ملوث آخر في الهواء , حيث أن لبعض الجسيمات الملوثة للهواء خاصية الادمصاص Adsorption حيث أنها تدمص بعض الملوثات الغازية إلى سطوحها وتدخل إلى الرئتين حاملة تأثيراً مزدوجاً . وعندما يصل تركيز الجسيمات (١٠٠- ١٣٠) ميكروجرام/م^{٣} فإن ذلك يؤدي إلى زيادة الحالات المرضية للجهاز التنفسي عند الأطفال , وإذا وصل التركيز إلى ٣٠٠ ميكروجرام/م^{٣} زادت حالات الالتهاب للشعيبات الهوائية . وعندما يصل التركيز إلى ٧٥٠ ميكروجرام/م^{٣} فإن ذلك يؤدي إلى زيادة الوفيات بين الأطفال وكبار السن . وتجدر الإشارة هنا إلى أن للتركيب الكيميائي للجسيمات الملوثة للهواء أثراً كبيراً في تحديد مسار تأثير هذه الملوثات على صحة الإنسان .

وعند الحديث عن الجسيمات الملوثة للهواء فلابد من الحديث عن واحد من أخطر هذه الملوثات , ألا وهي جسيمات الأسبستوزات Asbestoses . وهي عبارة عن ألياف معدنية دقيقة تنطلق إلى الهواء بسبب العمليات الصناعية . ولبعض هذه الجسيمات القدرة على اختراق الجلد محدثة تقرحاً به , كما أن الجسيمات الدقيقة منها يمكن أن تصل إلى الحويصلات الهوائية لتستقر هناك بقية الحياة وتتراكم مع مثيلاتها مسببة ما يعرف بالتحجر الرئوي , وتسبب التهاباً خاصاً لأنسجة الرئة يسمى الالتهاب الأسبستوزي Asbestosis مما ينتج عنه صعوبة في تبادل الغازات , حيث أن معظم الشعيرات الدموية تصبح مغطاة بالتليف الناتج عن التهاب الحويصلات الهوائية .

ثالثاً : ملوثات الهواء الثانوية Secondary pollutants

ويقصد بالملوثات الثانوية تلك الملوثات الضارة التي تنتج عن وجود ملوثات أولية Primary pollutants في الهواء . حيث أن انبعاث العديد من الملوثات الأولية إلى الهواء ومع وجود الأكسجين والنيتروجين وبخار الماء وأشعة الشمس وغيرها يؤدي إلى دخول هذه الملوثات في تفاعلات كيميائية تؤدي إلى تكوين ملوثات أخرى جديدة هي الملوثات الثانوية . ومن أشهر ملوثات الهواء الثانوية : الضباب (الدخاني و الكيمياضوئي) والمطر الحمضي .

- **الضباب (الدخاني والكيمياضوئي):**

عند اتحاد كل من الضباب مع الدخان يتكون ملوث جديد يعرف باسم الضبخان Smog وهو عبارة عن تجميع لكل من كلمتي دخان Smoke وضباب Fog. ويختلف الضباب الكيمياضوئي والذي يعرف أيضاً بضباب لوس أنجلوس Los Angelos Smog عن الضباب الدخاني والذي يعرف أيضاً بضباب لندن London Smog . ينشأ الضباب الدخاني من تراكم الملوثات الأولية للهواء أساساً كالدخان وثاني أكسيد الكبريت مع وجود تركيز عالي من بخار الماء وتفاعلها معاً . وعادة يتكون الضباب الدخاني في الشتاء عند درجات حرارة منخفضة قريبة من الصفر المئوي وعندما تكون سرعة الهواء هادئة . وقد أصبح هذا النوع من الضباب مشكلة كبيرة في كثير من المدن التي تستخدم الفحم للتدفئة والتي تزدحم بالسيارات حيث يؤدي إلى تهيج العيون والحنجرة والبطانة المخاطية للجهاز التنفسي وتقلل من مدى الرؤيا وتلحق أضراراً كبيرة بالنباتات والأعمال الفنية والممتلكات الاقتصادية . ومن أمثلة ذلك ما حدث في لندن حيث أدى إلى وفاة ١٠٠٠ شخص في لندن عام ١٩٥٦ م. في حين يتكون الضباب الكيمياضوئي Photochemical Smog بسبب التفاعلات بين الملوثات الأولية ومكونات الهواء الطبيعية تحت أشعة الشمس.

الأمطار الحمضية Acid Rain :

يعتبر تلوث الهواء بغازات أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين بالإضافة إلى غاز كلوريد الهيدروجين السبب الرئيسي لتكون المطر الحمضي . حيث تتحد هذه الغازات كملوثات أولية مع قطرات بخار الماء مكونة قطرات مائية محتوية على تراكيز من حمض كبريتيك وحمض نيتريك وحمض هيدروكلوريك , تغسل مع المطر بشكل مطر حمضي يسقط على الأشجار فيؤدي إلى جفافها وعلى البحيرات والأنهار فيؤدي إلى هلاك الأسماك والكائنات المائية فيها .

وتعتبر الأمطار الساقطة أمطاراً حمضية إذا كانت درجة حموضتها (الأس الهيدروجيني) pH أقل من ٥,٦ وعندما يصبح الأس الهيدروجيني للمسطحات المائية أقل من ٥,٦ فهذا يعني أنها أصبحت ملوثة بالمطر الحمضي . أما المطر الطبيعي ومياه المسطحات الغير الملوثة بالمطر الحمضي فيزيد أسها الهيدروجيني عن ٥,٦ .

ومن أضرار هذه الأمطار الحمضية تلك التي لوحظت في وسط أوربا , والتي تتلقى في الوقت الحاضر ما يربو على واحد غرام من الكبريت على كل متر مربع من التربة سنويا , أو ما يزيد خمس مرات على الأقل على المعدل الطبيعي , ولم تكن هناك أدلة تذكر على تضرر الأشجار في أوربا في عام ١٩٧٠ م , أما في عام ١٩٨٣ م فقد تحدثت ألمانيا عن تضرر الأوراق بصورة ملحوظة غاباتها بنسبة ٣٤ ٪

وازدادت إلى ٥٣ ٪ عام ١٩٨٥ م . وتحدثت السويد عن وقوع أضرار في ٣٠ ٪ من غاباتها و ٥٩ ٪ في هولندا و٥٢ ٪ في سويسرا و٥٩ ٪ في تشيكوسلوفاكيا و٣٨ ٪ في فرنسا , وحتى الآن فإن ما يقدر بـ ١٤ ٪ من جميع أراضي الغابات الأوروبية قد أصابها الضرر .

كما أن التربة في مناطق من أوربا أخذت تصاب بالتحمض مما يؤدي إلى أضرار بالغة , كانخفاض نشاط البكتيريا المثبتة للنيتروجين مثلا وانخفاض معدل تفكك المادة العضوية مما أدى إلى زيادة سماكة طبقة البقايا النباتية إلى الحد الذي أصبحت فيه تعوق نفاذ الماء إلى داخل التربة , وقد أدت هذه التأثيرات إلى انخفاض إنتاج الغابات .

كما أثرت الأمطار الحمضية على البحيرات , فتبين الدراسات أن ١٨ ألف بحيرة من أصل ٨٥ ألف بحيرة قد تأثرت بالأمطار الحمضية , وأدت الأمطار الحمضية في بعض هذه البحيرات إلى موت كثير من الكائنات الحية التي تعيش فيها وخاصة الأسماك والضفادع .

امتحان ذاتي

السؤال الأول : اذكر المصادر الطبيعية لتلوث الهواء

السؤال الثاني : اذكر تصنيف مصادر التلويث البشري للهواء

السؤال الثالث : اذكر خمسة من ملوثات الهواء الغازية

السؤال الرابع : ماهي طبقة الأوزون وما المقصود بنضوبها ؟

السؤال الخامس : ما هو تصنيف الملوثات الجسيمية تبعاً لحجمها ؟

إجابة الامتحان الذاتي

إجابة السؤال الأول :

مصادر التلوث الطبيعي للهواء :

١- البراكين .

٢- الغبار والأتربة المثارة بفعل الرياح .

٣- حرائق الغابات .

٤- حبات (غبار) الطلع .

الجراثيم من بكتريا وخلافها .

إجابة السؤال الثاني :

تصنف مصادر التلويث البشري للهواء في خمس مجموعات هي :

١- الملوثات الناتجة عن حرق الوقود لإنتاج الطاقة .

٢- الملوثات الناتجة عن انبعاث العوادم من وسائل النقل المختلفة .

٣- الغازات التي تنطلق من النفايات البشرية بجميع أنواعها .

٤- الغازات ومركباتها المختلفة , وجزيئات الغبار , والحرارة المتولدة من المواقع الصناعية المختلفة .

٥- الملوثات الغازية والجزيئية التي تنتج من أعمال التعدين المختلفة .

إجابة السؤال الثالث :

من ملوثات الهواء الغازية :

١- أكاسيد الكربون Carbon Oxides(**أول** أكسيد الكربون COو ثاني أكسيد الكربون CO).

٢- أكاسيد ا لنيتروجين Nitrogen Oxides

٣- أكاسيد الكبريت Sulphur Oxides

٤- كبريتيد الهيدروجين Hydrogen Sulphide

٥- غاز فلوريد الهيدروجين Hydrogen Fluoride

إجابة السؤال الرابع :

توجد طبقة الأوزون في طبقة الغلاف الزمهريرية Stratosphere على ارتفاع ٢٢ كيلومتر من الغلاف الجوي وتسمى بطبقة الأوزون Ozonlayer أو حاجز الأوزون . وللأوزون في هذه الطبقة دور مهم في امتصاص الأشعة فوق البنفسجية ذات الموجات القصيرة وبالتالي منعها من الوصول إلى سطح الأرض , لأن وصولها إليه يحدث آثارا مدمرة على الكائنات الحية فيها .

ويوجد الأوزون في هذه الطبقة في حالة توازن مستقر , أذ أن سرعة تولده من الأكسجين بمساعدة الأشعة فوق البنفسجية تتساوى تقريبا مع سرعة اختفائه (سرعة تجزئه إلى جزيئات أكسجين) وهذا يعني أنه عندما يصل إلى حالة التوازن المستقر فإن سرعة التفاعل التالي في أحد اتجاهيه تتساوى مع سرعته في الاتجاه المضاد كما في المعادلة التالية :

$$3O_2 + hv \rightleftharpoons 2O_3$$

إلا أن إقحام مواد كيماوية محددة في الجو , ووصولها إلى طبقة الجو الأوزونية , يعمل على إحداث تهتك في هذا الحاجز . وأهم المواد الملوثة التي تقوم بهذا الدور هي أكاسيد النيتروجين وبخار الماء وأمصا مركبات الفلوروكلوروكربون المستعملة في أجهزة التبريد , حيث تعمل هذه الملوثات على تحويل الأوزون في هذه الطبقة إلى الأكسجين , مما يعطي الفرصة للأشعة فوق البنفسجية القصيرة الموجة من الوصول إلى سطح الأرض وإحداث أثرها المدمر للكائنات الحية عليها . ويمكن تلخيص التأثير الذي يحدث لطبقة الأوزون من جراء وجود أكاسيد النيتروجين كما في المعادلات التالية :

$$NO_2 + hv \longrightarrow NO + [O]$$

وتدخل نواتج هذا التفاعل في تفاعلات متسلسلة كما في المعادلتين التاليتين :

$$NO2 + [O] \longrightarrow NO + O_2$$

$$NO + O_3 \longrightarrow NO_2 + O_2$$

ويتضح من هذه التفاعلات أن وجود ثاني أكسيد النيتروجين , ولو بكميات قليلة يتسبب في حدوث سلسلة من التفاعلات تؤدي إلى تحويل الأوزون إلى جزيئات أكسجين عادية بطريقة مستمرة .

أما مشتقات الفلوروكلوروكربون المستعملة في أجهزة التبريد وفي علب الضببات العازية فإنها تنشط بامتصاص طاقة الأشعة فوق البنفسجية منتجة ذرات كلور نشيط كما في التفاعلات التالية :

$$CF_2Cl_2 + hv \longrightarrow CF_2Cl^* + Cl^*$$

$$CFCl_3 + hv \longrightarrow CFCl_2^* + Cl^*$$

$$Cl^* + O_3 \longrightarrow O2 + OCl^*$$

لذلك يقوم هذا الكلور $[Cl^*]$ بتدمير جزيئات الأوزون , ويمكن تصوير ذلك على النحو التالي :
وتستمر سلسلة التفاعلات على هذا النحو لإحداث أكبر تدمير ممكن لطبقة الأوزون , بسبب أن أصل

$$OCl^* + [O] \longrightarrow Cl^* + O_2$$

الكلور الحر يتولد تلقائيا من تكرار حدوث هذه التفاعلات .

إجابة السؤال الخامس : يمكن تصنيف هذه الجسيمات تبعاً لحجمها إلى ما يلي :

١- الجسيمات المتساقطة Settling Particulates
٢- الجسيمات العالقة الكلية Total Suspended Particulates
٣- الجسيمات العالقة الدقيقة Fine Suspended Particulates

كيمياء التلوث

كثافة الملوثات الجوية و تأثيرها على درجة الحرارة

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

أن يتعرف الطالب على العوامل المؤثرة على كثافة الملوثات الجوية وتأثير هذه الملوثات على درجة الحرارة .

الأهداف:

١- التعرف على العوامل المحددة لكثافة الملوثات الجوية.

٢- التعرف على تأثير الملوثات على درجة حرارة الأرض.

الوقت المتوقع للدراسة:

ساعتان.

متطلبات الجدارة:

الإلمام بما سبق دراسته.

كثافة الملوثات الجوية وتأثيرها على درجة الحرارة

أولا : العوامل المحددة لكثافة الملوثات الجوية :

بالإضافة للملوثات التي تنبعث إلى الجو بشكل مستمر فإن هناك عوامل تتحكم في كثافة هذه الملوثات في الجو . ويمكننا أن نصنف هذه العوامل في أربع مجموعات هي:

١- كمية الملوثات المنطلقة:

إن كمية الملوثات المنطلقة إلى الجو, يحددها مصدر تلك الملوثات, ونوعية الوقود المستخدم كطاقة, وطبيعة المواد المصنعة, والمواد الأولية الداخلة في التصنيع, وحجم التفاعلات الصناعية وما يتولد عنها من مخلفات صلبة أو غازية تنطلق إلى الجو, بالإضافة إلى حجم الاستخدام المنزلي للوقود ونوعيته ... إلخ . كما تعد وسائل النقل البرية أحد مصادر تلوث الهواء الرئيسة , حيث تختلف كمية الملوثات الناتجة عنها اختلافاً كبيراً من دولة لأخرى , ومن منطقة لأخرى , بل من حي لأخر , وذلك لاختلاف عدد وسائل النقل والطرق ومساراتها .

وبقدر ما تكون كمية الملوثات المنطلقة من المصنع , والمعمل , والسيارة , والمنزل كبيرة , يكون التلوث في أجوائها أشد كثافة . لذا فإن المدن تبدو كأنها بؤر التلوث الرئيسية في العالم لحجم الملوثات الضخمة التي تنطلق إلى أجوائها من السيارات الوفيرة في طرقها وساحاتها , ومن المصانع والمعامل التي تحيط بها , ومن مداخن المنازل التي تنفث كميات لا يستهان بها من الملوثات .

٢- شكل وموقع مصدر التلوث:

إن للشكل العام لموقع منطقة مصدر التلوث دوراً مهماً في درجة تمركز الملوثات, خاصة فيما يتعلق بالمظهر التضاريسي, وتصميم المصنع والمنطقة الصناعية بكاملها, والمدن, وأبنية السكن, وارتفاع المداخن ...إلخ. فتجمع سكاني يقع في سهل سيكون تلوث هوائه أكبر مما لو كان ذلك التجمع منتشراً فوق سطح جبلي , أو في أعالي هضبة .

ولما لشكل المصدر من دور مهم في انتشار الملوثات وتركزها فقد تصنيف المصادر حسب شكلها إلى:

- مصادر نقطية: مثل مداخن معامل توليد الطاقة الكهربائية.
- مصادر خطية: مثل أنابيب تصريف عوادم السيارات, فهي ذات تفريغ نقطي, غير أنه بسبب حركة السيارات بسرعة على طول مساراتها (الشوارع والطرقات) فإنها ترسم شكلاً خطياً للعوادم المنبعثة منها.

- مصادر مساحية: مثل المداخن المنطلقة من المنازل التي تقذف إلى الجو بمخلفات الاحتراق المنزلية وهي ترسم شكلاً نقطياً (بقعياً) لانتشار تلك المخلفات, غير أنه في المجمعات المدنية والعمرانية, فإن المداخن تعطي شكلاً مساحياً لانتشار موادها إلى الجو.

٣- درجة القرب من مصدر التلوث:

حيث كثافة الملوثات الجوية تتناسب بصورة عكسية مع درجة البعد عن مصادر تلك الملوثات. فكلما ازداد البعد عن مصدر الملوث , قلت كثافته في الجو , والعكس صحيح . ولذا فإن أجواء المدن تكون أشد تلويثاً من أجواء الريف . وهكذا تكون الملوثات الخاصة بكل مصدر من مصادر التلوث أشد كثافة في أجواء مصادرها , كما هو الحال في مصانع الأسمنت حيث تتضح منا أهمية القرب من مصدر التلوث في شدة تركيز الملوثات .

٤- الحالة الجوية السائدة:

تلعب الحالة الجوية السائدة دوراً بارزاً في تحديد كثافة الملوثات الجوية , وفيما يلي نستعرض أهم العوامل الجوية المؤثرة على شدة تمركز الملوثات في الجو:

أ- درجة الحرارة:

إن الارتفاع الشديد لدرجة حرارة سطح الأرض في ساعات النهار , وما يرافقه من تسخين للهواء الجوي القريب من السطح , يؤدي إلى حدوث حركات هوائية صاعدة نشطة تعمل على نشر الملوثات على أكبر مدى ممكن . بينما ينجم عن التبريد الليلي لسطح الأرض و الهواء القريب منه سيطرة حركات الهبوط الهوائية , والركود الجوي , متولداً عن ذلك تمركز معظم الملوثات الجوية قريباً من السطح , ويكون انتشارها الرأسي في هذه الحالة محدوداً , مما يرفع من كثافة الملوثات بالقرب من سطح الأرض , ومثال ذلك ما يلاحظه القارئ من غلالة تغطي المدينة في ساعات الصباح الباكر .

ب- الرياح:

يلعب اتجاه الرياح وسرعتها أهمية كبرى في انتشار الملوثات وتوزعها في الجو , حيث تنتقل المواد الملوثة المنطلقة من سطح الأرض مع الاتجاه العام للرياح السائدة . ولذا فإن المناطق الواقعة في مهب رياح محملة بالملوثات ستكون حتماً أكثر تلويثاً من مناطق واقعة عكس مهب الرياح . ولقد كان للرياح الجنوبية الشرقية السائدة في أثناء انفجار المفاعل النووي السوفييتي في محطة تشرنوبل في عام ١٩٨٦ م أن تحركت سحابة من الملوثات الإشعاعية تجاه شمال غربي أوربا , والدول الاسكندنافية لتشيع الهلع والخوف .

أما فيما يخص سرعة الرياح , فكلما ازدادت سرعة الرياح , ازدادت حركة الملوثات الجوية , وكبر مدى انتشارها , وقل بالتالي تركيزها . وإذا كانت الرياح شديدة السرعة تعمل على إثارة الأتربة والرمال وتحملها بعيداً عن منطقة إثارتها , فإن تدني سرعة الرياح سيؤدي إلى ترسيب الجزيئات الصلبة الكبيرة , لتحمل الصغيرة إلى مسافات بعيدة .

ج- الأمطار:

يقوم المطر بالعمل على تنقية الجو من الجزيئات الصلبة العالقة به . فبعض تلك الجزيئات تشكل نويات يتكاثف عليها بخار الماء لتسقط معه في أثناء هطوله , وبعضها الآخر تكنسه الأمطار أو الثلوج المتساقطة معها وهي في طريقها نحو سطح الأرض . وتكون تلك الأمطار ملونة نسبياً بلون الذرات الترابية أو غيرها التي شكلت نويات تكاثف من جهة , وتسقطها معها من جهة أخرى , ولذا شاع مصطلح مطر الدم للدلالة على المطر الطيني ذي اللون المائل إلى لون الدم . كما يمكن أن يكون المطر مطراً إشعاعياً إذا كانت تلك الذرات الترابية محملة بالمواد المشعة مثل تلك الأمطار التي تلت انفجار المفاعل النووي السوفييتي في محطة تشرنوبل في عام ١٩٨٦ م .

ثانياً : تأثير الملوثات على درجة حرارة الأرض :

إن لبعض الملوثات آثاراً مباشرة على المناخ , حيث أنها تؤثر على درجة الحرارة , وشدة الإشعاع الشمسي , وتشكل الغيوم , وتساقط الأمطار . ولترابط العناصر المناخية المختلفة فإن أي تغير في عنصر من العناصر بفعل ملوث أو أكثر من الملوثات الجوية لابد وأن ينعكس على بقية العناصر بدرجات متفاوتة . لذا فإن أية تغيرات طفيفة نسبياً في درجة الحرارة والأمطار لابد وأن يصاحبه اضطراب في توازن النظم البيئية الجوية . وقف سبق الحديث عن أنواع الإمطار (الحمضية , الطينية , الإشعاعية) , وفيما يلي نستعرض أهم الملوثات التي تؤثر على درجة الحرارة :

أ- غاز ثاني أكسيد الكربون:

يلعب غاز ثاني أكسيد الكربون دوراً كبيراً في التأثير على كمية الأشعة الواصلة إلى سطح الأرض , والصادرة من سطح الأرض تجاه الفضاء , أي على الموازنة الإشعاعية , وبالتالي على درجة الحرارة . ويبدو تأثيره أكثر أهمية على الأشعة الأرضية , لما يمتلك من خاصية القدرة على امتصاص جزء منها من جهة , وللدور الكبير لتلك الأشعة في تسخين جو سطح الأرض القريب منها من جهة أخرى . فهو يشبه في تأثيره البيت الزجاجي , باعتباره غازاً شفافاً للأشعة الشمسية (قصيرة الموجة) لكنه غاز غير شفاف للأشعة الحرارية (طويلة الموجة) التي يبثها سطح الأرض .

وهكذا نجد أن زيادة تركيز هذا الغاز في الجو سيصاحبها تزايد في درجة الحرارة , وفي حال ازدياد درجة حرارة الهواء في نصف الكرة الشمالي بمعدل يقارب ٣- ٦,٥ درجات مئوية , فإن هذا يعني أن جليد نصف الكرة الشمالي سيذوب , وسيرتفع منسوب مياه البحار , وستغرق مساحات شاسعة من اليابسة , وسيتغير مناخ كافة أجزاء الكرة الأرضية .

ومع أن نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون استمرت في التزايد من عام ١٩٤٠ م وحتى الآن , إلا أنه من الملاحظ أن درجة الحرارة لم تستمر في تزايدها , بل أخذت في التناقص , حيث أشارت بعض الدراسات الحديثة إلى أن تزايد نسبة هذا الغاز فوق حد معين يصبح تأثيره معكوساً على درجة الحرارة . فالتسخين الناتج عن تزايد غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو –حسب رأي البعض- يُنشط تيارات الهواء , وهذا يزيد بالتالي من ا لتبخر والرطوبة والتغييم , ومن ثم يزداد انعكاس الأشعة بفعل التغييم الزائد , وهذا يؤدي إلى التبريد .

ب- دور بخار الماء:

بغض النظر عن دور بخار الماء في تزايد حالات التكاثف , وتشكل الغيوم , فإن له تأثيراً حرارياً مهماً , لقدرته على امتصاص جزء كبير من الأشعة الأرضية الحرارية (تحت الحمراء) , وجزء من الأشعة الشمسية , بحيث يعمل على ارتفاع درجة الحرارة .

جـ- دور الملوثات المؤثرة على الأوزون الجوي:

ورد في الفصل السابق أهم الملوثات المؤثرة على طبقة الأوزون الجوي و المتسببة في نقص هذه الطبقة . حيث يترتب على ذلك ازدياد في نسبة الأشعة فوق البنفسجية والأشعة المرئية الواصلة إلى سطح الأرض . وسيصحب هذا ميل الحرارة نحو الارتفاع في الجو السفلي وعند سطح الأرض .

د- تأثير الجسيمات الصلبة:

للتزايد في نسبة الجسيمات الصلبة دور في التأثير على درجة الحرارة , قد لا يقل أهمية عن دور ثاني أكسيد الكربون . فبالإضافة إلى الدور الرئيسي التي تقوم به تلك الجسيمات الصلبة والمتمثل بعملية الانعكاس للأشعة الواردة من الشمس والمصطدمة بها , إلا أنها تقوم أيضاً بامتصاص جزء من الأشعة الحرارية (تحت الحمراء) التي يشعها سطح الأرض . غير أن فعالية الدور الانعكاسي يفوق فعالية الامتصاص , وبذلك فإن دورها التبريدي يتفوق بكثير على دورها التسخيني , وهذا ما أكدته وبرهنت عليه الآثار التي تركتها الاندفاعات البركانية .

امتحان ذاتي

السؤال الأول : ما هي العوامل المحددة لكثافة الملوثات الجوية ؟

السؤال الثاني : اذكر أربعة من الملوثات الجوية التي تؤثر على درجة حرارة الأرض؟

إجابة الامتحان الذاتي

إجابة السؤال الأول :

العوامل المحددة لكثافة الملوثات الجوية :

١- كمية الملوثات المنطلقة .
٢- شكل وموقع مصدر التلوث .
٣- درجة القرب من مصدر التلوث .
٤- الحالة الجوية السائدة .

إجابة السؤال الثاني :

الملوثات الجوية التي تؤثر على درجة حرارة الأرض :

١- غاز ثاني أكسيد الكربون .
٢- بخار الماء .
٣- الملوثات المؤثرة على الأوزون الجوي .
٤- الجسيمات الصلبة العالقة .

كيمياء التلوث

التحكم في تلوث الهواء

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

أن يتعرف الطالب على طرق التحكم في ملوثات الهواء .

الأهداف:

١- التعريف بالطرق الوقائية اللازمة لتحكم في التلوث الجوي .

٢- التعريف بالقواعد الفنية الواجب اتباعها لتحكم في التلوث الجوي .

٣- التعرف على بعض الأنظمة الخاصة بالتحكم في التلوث الجوي .

الوقت المتوقع للدراسة:

ساعتان.

متطلبات الجدارة:

الإلمام بما سبق دراسته.

التحكم في تلوث الهواء

لقد كانت العمليات الطبيعية التي تحدث في البيئة كافية للتحكم في تلوث الهواء إلا أنه مع الزيادة الحادة المطردة في مصادر التلوث وكميته, وتنوع الملوثات الجوية, لم تعد تلك العمليات الطبيعية كافية لتنقية الهواء. وبالتالي تعالت الأصوات المنادية بالحد من ذلك التلوث , والتقليل منه ما أمكن , والذي بدوره دفع إلى البحث عن وسائل وطرق عملية تكفل التقليل من حجم الملوثات المنطلقة , والتحكم في نوعية بعضها , والسيطرة عليها , والحد من تأثيراتها .

ومن الطرق المستخدمة في ضبط التلوث الهوائي والتحكم فيه نذكر ما يلي :

أولا : اتباع الطرق الوقائية :

حيث أنه باتباع هذه الطرق الوقائية يمكن التخفيف من حدة التلوث وأضراره على البيئة , ويمكن أن يتم ذلك باتباع بعض مما يلي :

١- اتباع التخطيط العلمي عند إنشاء أية صناعة لها تأثير ملوث معروف , وضرورة الأخذ بعين الاعتبار الظروف المناخية (درجة الحرارة , سرعة الرياح واتجاهها , نسبة الرطوبة...إلخ) و التضاريس . وإبعاد المنشآت الصناعية عن مراكز التجمعات البشرية.

٢- اتباع تنظيم مروري بيئي يتمثل في :

أ) ضبط السيارات التي تصدر عادما بنسبة كبيرة تتجاوز الحدود المسوح بها .

ب) طلب الفحص الفني على السيارات عند تجديد رخص السير .

ت) العمل على فك الاختناقات المرورية في الطرق المزدحمة و أثناء ساعات الذروة

ث) إنقاص حجم الحركة المرورية في المجمعات المدنية .

٣- التخطيط العمراني السليم , و مراعاة ارتفاع المباني واتساع الشوارع و نسبة الحدائق العامة والمنتزهات وتوزع الخدمات العامة . والأخذ بالاعتبار النظرة المستقبلية لتزايد السكان واتساع العمران في المدن .

٤- وضع تشريعات ولوائح ومقاييس خاصة بالتراكيز القصوى للملوثات المسموح بوجودها في الهواء.

٥- استخدام مقالب القمامة المغطاة .

٦- الاهتمام بزراعة الأشجار والمسطحات الخضراء لدورها في تنقية الهواء . حيث تتصف بعض النباتات بقدرتها الكبيرة على امتصاص بعض الملوثات . كما تلعب الغابات والأحزمة الخضراء والمناطق المشجرة في المدن وحول المناطق الصناعية دوراً مهماً في تنقية الهواء من الغبار المعلق , والمثار مع الرياح .

٧- العمل على توعية المواطن من خلال وسائل الإعلام المختلفة (تليفزيون , إذاعة , صحف , مجلات) والمؤسسات التعليمية (مدارس , معاهد , كليات) , عن طريق عرض البرامج التثقيفية وإقامة الندوات والمؤتمرات و التشجيع على الحوا ر والنقاش حول المواضيع البيئية , وتوزيع الملصقات التحذيرية التي توضح أخطار التلوث وضرورة مكافحته والتحكم فيه .

ثانياً : التغيير من صفات الملوثات قبل انبعاثها :

وتعتمد هذه الطريقة على تحويل الملوثات السامة قبل انطلاقها إلى الجو إلى مركبات غير سامة , عن طريق أكسدتها . كما يحدث ذلك في حال المواد المستخدمة كوقود والتي تُطلق أول أكسيد الكربون والهيدروجين والهيدروكربونات ...إلخ , والتي من الممكن أكسدتها متحولة إلى ثاني أكسيد الكربون , وبخار الماء , وكلاهما غير سامين .

ثالثاً : اتباع القواعد الفنية :

وهي تلك القواعد التي يجب على المؤسسات الصناعية اتباعها وهناك أربع وسائل أساسية يتم من خلالها هذا التحكم وهي :

أ- تقليل انبعاث الملوثات من المصدر بتركيب أجهزة تحكم .

ب- التقليل للانبعاث من المصدر عن طريق تغيير المواد الخام الأولية , تغيير نظام التشغيل , تعديل أو تغيير بعض أجهزة الإنتاج .

ج- تخفيف تركيز الملوثات المنبعثة من المصدر باستخدام مداخن طويلة .

د- فصل مواقع مصادر التلوث (المناطق الصناعية) عن المناطق السكنية بحزام يسمح بتشتت الملوثات قبل وصولها للمناطق السكانية .

كما تشمل القواعد الفنية ما يلي :

١- استخدام الأجهزة ذات الكفاءة العالية وعمل الصيانة الدورية لها .

٢- توظيف المهندسين والفنيين المهرة وتدريبهم على كل ما هو حديث لرفع كفاءة العمل .

٣- استخدام مصادر الطاقة الأقل تلويثاً للبيئة , و الاستفادة من التقنية المطورة كالطاقة الشمسية والطاقة النووية كمصادر نظيفة للطاقة .

٤- ضبط العملية الإنتاجية في المصانع بشكل تكون معه الملوثات المنطلقة أقل ما يمكن , وفي حال تعذر ذلك توقف العملية الإنتاجية جزئياً أو كلياً .

٥- استخدام أجهزة لتحكم في ملوثات الهواء , ولاختيار الجهاز الأنسب فإنه يتم الاعتماد العوامل التالية :

أ- كمية الغاز المراد معالجته وتغيره مع الزمن .

ب- طبيعة وتركيز الجسيمات العالقة المراد التخلص منها .

ج- درجة حرارة وضغط التيار الغازي المندفع .

د- طبيعة الطور الغازي المتصاعد من حيث الذوبانية و قدرته على إحداث التآكل من عدمه .

ه- مستوى المعالجة المرغوب فيها للمواد المنبعثة .

ومن الأنظمة الرئيسية التي أثبتت كفاءتها في السيطرة على تلوث الهواء , ويمكن إضافتها إلى معظم العمليات الصناعية لتنظيف المداخن ما يلي :

- **المرسب الكهربائي الساكن** Electrostatic precipitator

وهو عبارة عن تركيب يشبه الصندوق ويتكون من عدد من الأرفف المرتفعة عليها أقراص مشحونة بالكهرباء و يتولد عنها حقل كهربي .

و عندما يمر التيار الغازي الملوث وما به من جسيمات عالقة من خلال هذا الحقل وقبل ارتفاعها إلى المداخن فإن الأقراص المشحونة كهربائياً تحجز ومن ثم تجذب تلك الجسيمات إليها فتلتصق بها ويعتمد ذلك على طبيعة وخواص الغازات الكيميائية وكذلك على حجم وتركيب الجسيمات المنبعثة في مجرى الغاز . و للتخلص من تلك الجسيمات تطرق تلك الأقراص من حين لآخر فيتساقط معظم العالق بها إلى قاع المرسب . وقد أثبت هذا الجهاز كفاءة عالية ٩٩,٥ ٪ لإزالة الجسيمات العالقة من مصادر صناعية مختلفة

- **غرفة التنقية النسيجية (الفلتر)** Baghouse Filter

وهو عبارة عن تركيب يحتوي على أكياس منسوجة من القطن- الصوف- النايلون- الألياف الزجاجية ... إلخ.

وقبل أن يأخذ الغاز بمحتوياته الملوثة مجراه إلى المداخن فإنه يجبر على المرور من تلك الأكياس ذات الفتحات الدقيقة جداً من أنسجة ليفية , ويعلق بها . وهي بذلك بشبه عمل المكنسة الكهربائية المستخدمة في تنظيف المنازل . وفي كل مرة يتم إخراج تلك الأكياس وتنظيفها , ويعتبر هذا النظام ذو كفاء عالية للتحكم بكميات الجسيمات وخصوصاً الدقيقة منها .

- **جهاز ترطيب الغاز وغسله** Wet Scrubbers

ويتمثل عمله بتحويل مجرى الغاز المنبعث ليمر على أجهزة خاصة تنشر الماء على هيئة رذاذ ليشبع به الغاز المنطلق ومن ثم يمتص حول حبيبات الغبار والجسيمات الدقيقة وبعد أن يثقل وزنها تترسب وتؤخذ إلى غرف خاصة للمعالجة . وتتمتع هذه الطريقة بكفاءة عالية لإزالة الملوثات (٨٠- ٩٥ ٪ من ثاني أكسيد الكربون على سبيل المثال) .

- **المجمع الميكانيكي** Mechanical Collector (Cyclones)

ويعتبر من أبسط الوسائل المستخدمة لإزالة التلوث بالجسيمات , وأكثرها كفاءة على تجميع الجزيئات والتخلص منها بطريقة ميكانيكية .

ويتلخص عمل هذا الجهاز بدخول الغاز الملوث من خلال فتحة جانبية إلى قمع مخروطي الشكل يدور بحركة ميكانيكية سريعة تؤدي إلى تركيز محتويات هذا الغاز الداخل ومن ثم تحلل المحتويات من غبار وتفكك الجسيمات إلى دقائق صغيرة جداً لتستقر بالتالي في قاع القمع .

امتحان ذاتي

السؤال الأول: اذكر خمساً من الطرق المستخدمة في ضبط التلوث الهوائي والتحكم فيه ؟

السؤال الثاني: اذكر أربعاً من الطرق الوقائية الواجب اتباعها لتحكم في تلوث الهواء ؟

السؤال الثالث: اذكر أربعة من الأنظمة الرئيسية التي يمكن استخدامها للسيطرة على تلوث الهواء ؟

إجابة الامتحان الذاتي

إجابة السؤال الأول : من الطرق المستخدمة في ضبط التلوث الهوائي والتحكم فيه :

١- اتباع الطرق الوقائية .

٢- التغيير من صفات الملوثات قبل انبعاثها .

٣- اتباع القواعد الفنية .

٤- استخدام بعض الأنظمة الرئيسية التي أثبتت كفاءتها في السيطرة على تلوث الهواء .

إجابة السؤال الثاني : من الطرق الوقائية الواجب اتباعها لتحكم في تلوث الهواء :

١- اتباع التخطيط العلمي عند إنشاء أية صناعة لها تأثير ملوث معروف , وضرورة الأخذ بعين الاعتبار الظروف المناخية (درجة الحرارة , سرعة الرياح واتجاهها , نسبة الرطوبة...إلخ) و التضاريس . وإبعاد المنشآت الصناعية عن مراكز التجمعات البشرية.

٢- اتباع تنظيم مروري بيئي يتمثل في :

أ) ضبط السيارات التي تصدر عادما بنسبة كبيرة تتجاوز الحدود المسوح بها .

ب) طلب الفحص الفني على السيارات عند تجديد رخص السير .

ت) العمل على فك الإختناقات المرورية في الطرق المزدحمة و أثناء ساعات الذروة

ث) إنقاص حجم الحركة المرورية في المجمعات المدنية .

٣- التخطيط العمراني السليم , و مراعاة ارتفاع المباني واتساع الشوارع و نسبة الحدائق العامة والمنتزهات وتوزع الخدمات العامة . والأخذ بالاعتبار النظرة المستقبلية لتزايد السكان واتساع العمران في المدن .

٤- وضع تشريعات ولوائح ومقاييس خاصة بالتراكيز القصوى للملوثات المسموح بوجودها في الهوا ء .

إجابة السؤال الثالث : من الأنظمة الرئيسية التي يمكن استخدامها للسيطرة على تلوث الهواء :

١- المرسب الكهربائي الساكن Electrostatic precipitator.

٢- غرفة التنقية النسيجية (الفلتر) Bag house Filter.

٣- جهاز ترطيب الغاز وغسله Wet Scrubbers.

٤- المجمع الميكانيكي Mechanical Collector (Cyclones)

كيمياء التلوث

تلوث الماء

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

أن يتعرف الطالب على ملوثات المياه وطرق معالجة المياه الملوثة .

الأهداف:

١- التعرف على مصادر تلوث الماء .

٢- التعرف على مراحل معالجة مياه الصرف .

الوقت المتوقع للدراسة:

ثلاث ساعات.

متطلبات الجدارة:

الإلمام بما سبق دراسته.

تلوث الماء

٦- ١ مقدمة:

يعتبر ا لماء أحد المكونات الضرورية لحياة كل من الإنسان والحيوان والنبات. وتغطي المياه حوالي ٧١ ٪ من مساحة الكرة الأرضية, ويقدر الحجم الإجمالي لهذه المياه بحوالي ١٣٧٠ مليون كيلو متر مكعب (جدول ٦- ١) , وبالطبع فإن هذه الكميات الهائلة ليست في متناول الإنسان , لأن معظمها (٩٧,٢ ٪) مياه مالحة موجودة في المحيطات والبحار, أما الباقي فهو عبارة عن مياه حلوة: (٢,١٤ ٪) أي ٢٩ مليون كيلو متر مكعب على شكل كتل جليدية في القطبين , وهذه يتعذر الاستفادة منها , لذا لا يتبقى في متناول أيدينا من المياه سوى (٠,٦٦ ٪) أي ٩ ملايين كيلو متر مكعب من المياه العذبة (أي ما يعادل ٢ × ١٠[١٢] جالون أمريكي), وهذه عبارة عن مياه الآبار والبحيرات والأنهار. وللماء دورة طبيعية حيث تتبخر المياه بفعل الطاقة الشمسية من المسطحات المائية, كالبحار والمحيطات والبحيرات, كما تتبخر من التربة والنباتات حيث تتكاثف وتعود ثانية إلى الكرة الأرضية على شكل أمطار وثلوج, يسقط بعضها فوق المحيطات والبحار (حوالي ٧٥ ٪) والباقي يسقط فوق اليابسة, ومع أن هذه الأمطار لا يستفاد منها كلها, إذ أن جزءا كبيرا منها يضيع في الجريان السطحي ويعود ثانية إلى البحار والمحيطات, كما يضيع في التبخر , إلا أن ما يتبقى منها يعد المصدر الرئيسي للموارد المائية على سطح هذا الكوكب .

جدول (٦- ١) : توزيع المياه في الكرة الأرضية .

الخزان الطبيعي للماء	الحجم بالملايين (كم^3)	النسبة المئوية من المجموع (٪)
المحيطات والبحار والبحيرات المالحة	١٣٧٠	٩٧,٢٥
المياه المتجمدة	٢٩	٢,٠٥
المياه الجوفية	٩,٥	٠,٦٨
البحيرات العذبة	٠,١٢٥	٠,٠١
ماء التربة	٠,٠٦٥	٠,٠٠٥
ماء الغلاف الجوي	٠,٠١٣	٠,٠٠١
الأنهار	٠,٠٠١٧	٠,٠٠٠١
المجموع	١٤٠٨,٧	١٠٠

٦- ٢ تلوث الماء :

عرفت مشكلة تلوث الماء منذ زمن بعيد , ومع زيادة عدد السكان وزيادة النشاط الصناعي وتنوعه ازداد تلوث مياه الأنهار والبحار والمحيطات حتى وصل إلى درجة أن الكثير من الأنهار والبحيرات وشواطئ البحار لم تعد قادرة على التنقية الذاتية . ويقال إن الماء ملوث إذا ما تغير تركيب عناصره , أو تغيرت حالته بطريقة مباشرة بفعل نشاط الإنسان , بحيث يصبح الماء أقل صلاحية للاستعمالات الطبيعية المخصصة له أو بعضها .

كما يمكن تعريف تلوث الماء بطريقة أخرى :

يقال إن الماء ملوث إذا ما احتوى على مواد غريبة كأن تكون مواد صلبة معينة أو علاقة أو مواد عضوية أو غير عضوية ذائبة , أو كائنات دقيقة مثل البكتريا , أو الطحالب , أو الطفيليات , وتغير هذه المواد من الخواص الطبيعية أو الكيميائية أو الحيوية للماء , وبذلك يصبح غير مناسب للشرب أو للاستهلاك المنزلي أو في الزراعة أو في الصناعة .

٦- ٣ مصادر ملوثات الماء:

تصاب المياه بالتلوث من مصادر متعددة تتوقف على نوعيات ومواقع هذه الخزانات المائية . ومن مصادر تلوث المياه ما يلي :

١- التلوث الطبيعي :

ينتج التلوث الطبيعي للمياه من وجود مخلفات طبيعية نباتية أو حيوانية في هذه البيئات المائية , بشرط ألا يكون الإنسان دخل في هذا النوع من التلوث . وتشتمل هذه المخلفات على الأجسام الميتة للكائنات الحية أو المواد العضوية المتخلفة عنها وغير ذلك من المصادر . ومما يساعد على انتشار هذا النوع من التلوث , الدمار الذي لحق بالغطاء النباتي على الكرة الأرضية مثل أشجار الغابات والأحراش بسبب التصحر أو بسبب نشاط الإنسان . ويجب أن يكون معلوما أن الغطاء النباتي على سطح الكرة الأرضية يقوم بدور فعال في درء هذا النوع من التلوث .

٢- التلوث الحراري :

وينتج هذا النوع من التلوث من استعمال كميات كبيرة من المياه لتبريد المفاعلات النووية أو الحرارية في محطات الطاقة , ثم إعادة صرفها إلى البحر مرة ثانية , وهذا من شأنه أن يؤدي إلى إحداث تغيير واضح في التوازن الحيوي في هذه البيئات , نتيجة ارتفاع درجة حرارة المياه عدة درجات مئوية . كما قد يساعد ارتفاع درجة حرارة المياه على ازدهار نمو أحد الكائنات الحية في النظام الحيوي الجديد بدرجة تؤثر على التوازن السائد لهذا النظام الحيوي , وهذا من شأنه أن يؤدي في النهاية لإحداث أضرار حيوية

بالغة لهذا المسطح المائي . ومن التغيرات الحرارية للماء انخفاض محتواه من الأكسجين الذائب مع زيادة درجة الحرارة , ومن ذلك زيادة نشاط الكائنات الحية نتيجة لزيادة سرعة العمليات الحيوية بها مما يترتب علية زيادة الطلب على الأكسجين الذي تقل نسبته مع زيادة درجة الحرارة . كما يؤدي الارتفاع في درجة الحرارة إلى نمو أنواع جديدة من النباتات التي تتلاءم مع درجات الحرارة هذه , والتي بدورها تنافس النباتات الطبيعية في هذه البيئة والذي بدوره ينعكس على الكائنات الحيوانية في تلك البيئة المائية التي قد لا تستطيع أن تعيش على تلك الأنواع الجديدة من النباتات .

٣- تلوث المياه بالنفط ومشتقاته :

وينتج هذا النوع من التلوث من انتشار البترول ومشتقاته على مساحات شاسعة من المياه , والذي يؤدي إلى تقليل التبادل الغازي بين الوسط المائي والهواء المحيط به , مما يترتب عليه تقليل نسبة الأكسجين الذائب في الماء وبطبيعة الحال فإن هذا يؤثر بدوره على الكائنات البحرية . كما أن للنفط ومشتقاته سمية واضحة على الكائنات الحيوانية والنباتية الدقيقة العالقة في الماء , والتي تعد الغذاء الأولي للأسماك . كما تقتل بقع التلوث بالنفط الكثير من الأحياء البحرية الأخرى , وتقتل كذلك الطيور البحرية التي تتلامس أجسامها مع التلوث البترولي في المياه . وفيما يلي نورد أهم الأسباب التي تؤدي إلى تلوث المياه بالنفط :

- حوادث ناقلات النفط غير المتعمدة .
- تفريغ مياه التوازن التي تعبأ بها الناقلات وهي فارغة .
- تسرب النفط أثناء تحميل وتفريغ الناقلات .
- النفط المتسرب نتيجة الحفر في قيعان البحار والمحيطات وما يصاحبها من حوادث .
- مصافي النفط ومصانع البتروكيماويات ومعامل التكرير الشاطئية .
- الهجوم على المنشآت النفطية وناقلات النفط أثناء الحروب .
- النفايات والمخلفات النفطية التي تلقيه ناقلات النفط .

٤- الأمطار الحمضية :

تعتبر أحماض الكبريتيك والنيتريك المكونين الرئيسيين للأمطار الحمضية , والتي تعمل على تغيير الرقم الهيدروجيني للمسطحات المائية مما يؤثر على الكائنات الحية المائية وقد تؤدي إلى موتها أحياناً . وتعتبر الأمطار حمضية إذا انخفض رقمها الهيدروجيني إلى ٥ فما دون . كما أن هناك ما يعرف بالأمطار القاعدية التي يصل الرقم الهيدروجيني لها إلى ٨ فما فوق وعادة ما تكون غنية بالكالسيت وغيرها من

المواد كالكربونات المذابة وينحصر سقوطها في المناطق الجافة وشبه الجافة ولا تشكل أخطاراً مقارنة بالأمطار الحمضية .

٥- تلوث المياه بالمخلفات الصناعية :

تشكل المخلفات الصناعية والحدة من أخطر ملوثات البيئات المائية , فقد يترتب على صرف هذه المخلفات في البحيرات والأنهار والمحيطات والبحار نتائج سيئة جداً على الكائنات الحية فيها , أو المرتبطة بها . ومن أخطر أنواع التلوث البحري بالمخلفات الصناعية تلك التي تنتج من الصناعات الكيماوية , مثل صناعات الورق أو البويات أو النسيج أو صناعات المبيدات ومستحضراتها . فمخلفات هذه الصناعات تلوث البيئات المائية بمركبات كيماوية شديدة الخطورة والسمية أو بمعادن ثقيلة سامة مثل الزئبق والرصاص والكادميوم والزرنيخ وغيرها .

وتتمثل خطورة هذه الملوثات في :

- التأثير المباشر على الحياة البحرية وما يترتب عليه من إخلال في التوازن الحيوي فيها .
- إن بعض هذه الملوثات صفة التراكم داخل أجسام الكائنات البحرية الحية كالزئبق , مما يهيئ الفرصة لانتقالها للإنسان من خلال السلاسل الغذائية .
- كثرة عدد مثل هذه الملوثات الضارة وزيادة المنتجات المركبة الجديدة بصورة أسرع من تطور الدراسات التي تدور حول معرفة أضرارها .

٦- التلوث بالمواد المشعة :

تتلوث المياه بالمواد المشعة نتيجة لسقوط الأمطار الملوثة بها , أو من مياه التبريد لمحطات القوى النووية , بالإضافة لردم النفايات المشعة في أعماق البحار , أو تفريغ السائل منها بشكل مباشر في مياه البحار والمحيطات , مما أدى إلى زيادة نسبة المواد المشعة في المياه .

وترجع خطورة هذا النوع من الملوثات , إلى الآثار السيئة للإشعاع في كونه يتراكم حيوياً داخل أجسام الكائنات البحرية , إلى أن يصل تركيزها فيها إلى مستويات عالية . ولتصل في النهاية إلى الإنسان من خلال السلاسل الغذائية, مسببة له أخطر الأمراض, هذا بالإضافة إلى تأثيرها المباشر على الحياة البحرية

٧- التلوث بالمبيدات:

تلوث البيئات المائية بالمبيدات واحدة من أخطر أنواع التلوث , بسبب أن للمبيدات تأثيرات شديدة السمية على البيئات المائية , وعلى الكائنات الحية بها . وللمبيدات أنواع عدة فمنها المبيدات الحشرية ومبيدات الحشائش ومبيدات الفطريات ومسقطات الأوراق النباتية ومبيدات القوارض ومبيدات الرخويات ومبيدات الطيور وغيرها . وتتكون المبيدات من مركبات كيماوية متباينة , ولذلك فهي تؤثر على

الكائنات الحية بطرق مختلفة . كما أنها تنقسم حسب فترة بقائها في البيئة إلى مبيدات غير باقية وهي التي يستمر تأثيرها من عدة أيام حتى حوالي أربعة أسابيع , ومبيدات متوسطة البقاء وهي التي يستمر وجودها في البيئة من شهر واحد وحتى ١٨ شهراً , ومبيدات طويلة البقاء وهي التي يستمر وجودها في البيئة من عدة شهور وحتى عشرون عاماً , ومبيدات دائمة وهي التي تستمر في البيئة إلى ما شاء الله . وهنا تبرز خطورتها في حال انحلالها في الماء ووصولها إلى البيئات المائية من بحار ومحيطات وأنهار وبحيرات وغيرها , ودخولها ضمن السلاسل الغذائية للإنسان .

٨- التلوث بأسمدة النباتات :

عند استخدام الأسمدة الزراعية فإن الزائد منها يذوب في مياه الري ويتم غسله ويصل في نهاية الأمر إلى المياه الجوفية كما تقوم مياه الأمطار بنقل هذه الأسمدة التي تبقت في التربة إلى المجاري المائية كالأنهار والبحيرات . ومن أهم هذه الأسمدة المستخدمة , مركبات الفسفور والتي تتصف بأثرها السام لكل من الإنسان والحيوان , ومركبات النترات التي يتحول جزء منها إلى أيون النتريت , والذي يؤدي إلى تسمم الدم وقد يفضي إلى الوفاة .

٩- تلوث المياه بمسببات العدوى :

تعتبر مسببات العدوى من بكتيريا وفيروسات وفطريات وبيوض للطفيليات وناقلات العدوى من أخطر ملوثات المياه لما لذلك من تأثير مباشر على صحة الإنسان عند استخدام هذه المياه لأغراض الشرب والاستحمام والزراعة والصناعة . تتلوث المياه بمسببات العدوى من مصادر كثيرة أهمها هو طرح مخلفات الصرف الصحي إلى المسطحات المائية مباشرة وبدون معالجة بيولوجية أو كيميائية . ومن أمثلة ذلك التهاب الكبد الفيروسي الدسنتاريا وشلل الأطفال والكوليرا.كما أن مخازن الأسلحة الجرثومية قد تكون سبباً في تلوث المياه بمسببات العدوى الخطيرة مثل جرثومة الجمرة الخبيثة وجرثومة الكوليرا والطاعون والجدري وغير ذلك من الكائنات المستخدمة في الحروب البيولوجية .

١٠- المخلفات البشرية السائلة :

يؤدي التلوث المائي بالمخلفات البشرية إلى زيادة واضحة في كمية المواد العضوية في مياه هذه البيئات . كما يؤدي إلى زيادة التلوث بمواد أخرى مصاحبة مثل المنظفات الصناعية الشائعة الاستعمال في المنازل والمستشفيات والمصانع خاصة مصانع الأدوية والمستخدمة كبديل للصابون . حيث أن الكثير من هذه المنظفات لا تتحلل حيوياً بسهولة كالصابون , مما يجعلها تتراكم في هذه البيئات , بالإضافة لسميتها الواضحة على بعض الكائنات المائية . وغالباً ما تصل المنظفات إلى مصادر المياه المتنوعة دون الشعور

بذلك كما أظهرت إحدى الدراسات في الولايات المتحدة الأمريكية أن ٤٠ ٪ من الآبار الارتوازية ملوثة بمواد التنظيف .

٦- ٤ معالجة مياه الصرف Waste Water Treatment

نتيجة للزيادة الهائلة في عدد السكان و ما صاحب ذلك من تطور تقني فقد زادت نتيجة مياه الصرف الصحي المنزلي و كذلك مياه الصرف الصناعي . وتكمن الأغراض الأساسية من معالجة المياه في ما يلي :

- المحافظة على التربة وعلى المنشآت العمرانية من وجود هذه المياه سائبة على السطح .
- منع تلوث البيئة بالبكتريا والجراثيم والمخلفات الضارة الموجودة في المياه المستهلكة .
- منع تلوث المياه الجوفية قريبة المستوى حديثة التكوين .
- المحافظة على المياه الصالحة من الاختلاط بهذه المياه الملوثة .
- استعمال المياه المعالجة في أغراض مختلفة .

إنه من الممكن أن تتنقى مياه الصرف الصحي المنزلي طبيعيا وذلك بفعل التحلل الحيوي الهوائي واللاهوائي للمواد العضوية وكذلك بفعل الترشيح الطبيعي بفعل الطبقات الصخرية . وتتم المعالجة الطبيعية من خلال الدورات الطبيعية لكل من النتروجين , الكربون , الكبريت بالإضافة لعملية التبادل الأيوني .

غير أن المعالجة الطبيعية بطيئة ولا تكفي وحدها لتنقية مياه الصرف الصحي خاصة بالنسبة للمدن الكبيرة المزدحمة بالسكان لذا لابد من اللجؤ إلى إيجاد محطات تنقية للإسراع بهذه العملية الطبيعية , ويمكن تقسيم طريقة معالجة مياه الصرف المنزلي في محطات التنقية إلى عدة مراحل سنشير إليها باختصار فيما يلي :

أولاً : مرحلة تمهيدية Preliminary treatment

وتتضمن هذه المرحلة على ما يلي :

١- المصافي Screens

التي تقوم بحجز المواد الطافية الكبيرة الحجم مثل الأوراق والأخشاب والبلاستيك والأقمشة وغيرها حيث يتم التخلص منها بالردم أو التجفيف والحرق.

٢- أحواض حجز الرمل Grit chambers

والغرض منها ترسيب المواد غير العضوية إلى قاع الأحواض مثل الأتربة والرمال والمعادن التي تصل إلى شبكة التصريف , لذا تمرر مياه المخلفات البشرية السائلة في أحواض ترسيب رملية بسرعة مناسبة حيث تترسب المواد غير العضوية في قاع الحوض أما المواد العضوية فتبقى عالقة في الماء .

ثانياُ : المعالجة الابتدائية Primary treatment

والغرض من هذه المرحلة تحسين خواص المخلفات السائلة وتهيئتها لمرحلة المعالجة البيولوجية , وتشمل أحواض الترسيب الابتدائي حيث يتم فيها ترسيب المواد سواء كانت عضوية أو غير عضوية ونتيجة لذلك تنخفض المواد العالقة بنسبة تصل إلى ٥٥ ٪ من التركيز الموجود في مياه المجاري قبل معالجتها , كما ينخفض الأكسجين الحيوي المستهلك بنسبة تصل إلى ٤٠ ٪ , ومن أجل ترسيب هذه المواد تمرر مياه المخلفات السائلة في أحواض الترسيب الابتدائي بسرعة ٣٠ سم في الدقيقة , وبهذا تترسب معظم المواد العضوية العالقة إلى قاع الحوض حيث تُزال منه على فترات (مرتين أو أكثر في اليوم) , هذا وقد تستعمل في بعض الأحيان المواد الكيميائية لزيادة فعالية الترسيب .

ثالثاً : المعالجة البيولوجية Biological treatment

حيث يتم فيها أكسدة المواد العضوية في مياه المخلفات , وتعتمد هذه المعالجة على نشاط البكتريا الهوائية , ويستخدم في هذه المعالجة إما المرشحات البيولوجية Trickling filters أو أحواض التهوية (عملية الحمأة المنشطة Activated sludge) وذلك بعد خروج الماء من أحواض الترسيب الابتدائي .

١- المرشحات البيولوجية Trickling filters

وتتكون وحدات المرشحات البيولوجية من أحواض ذات جدران وقاع غير منفذة مملوءة بالحصى أو بالحجارة الصغيرة , يتم توزيع مياه المجاري (بعد خروجها من حوض الترسيب الابتدائي) بواسطة أنابيب مثقبة تدور بسرعة محددة , وأثناء دورانها تندفع المياه من الثقوب وتسقط على سطح المرشحات وتتخلل فجوات الحصى مكونة طبقة شبه هلامية على سطح الحصى , وتحتوي هذه المادة الهلامية على ملايين البكتريا والكائنات الدقيقة التي تقوم بامتصاص الأكسجين (الوجود في الهواء الذي يتخلل مسام الحصى) لتؤكسد المواد العضوية , وبين فترة وأخرى تفقد المواد الهلامية قدرتها على الالتصاق بحبيبات الحصى فتخرج مع الماء وهذا يساعد على عدم انسداد المرشحات إلا أنه يستوجب استعمال أحواض ترسيب ثانوية Secondary settling tanks تلي المرشحات لحجز هذه المواد .

٢- عملية الحمأة المنشطة Activated sludge (أو أحواض التهوية)

وتعتمد هذه العملية على تنشيط الكائنات الحية الدقيقة , إذ تتم بتهوية وتقليب المخلفات السائلة بعد مرورها في أحواض الترسيب الابتدائي وبعد خلطها بنسبة معينة من الحمأة التي سبق تنشيطها والتي تحتوي على أعداد كبيرة من البكتريا والكائنات الدقيقة حيث تنشط وتقوم بعملية أكسدة المواد العضوية , كما أن التقليب المستمر يساعد على تخثر المواد العالقة وتجميعها في كتل كبيرة نسبيا يسهل ترسيبها في أحواض الترسيب الثانوية التي تتلقى المياه الخارجة من أحواض التهوية .

٣- الترسيب النهائي Final sedimentation

وتتم هذه العملية في أحواض خاصة هي أحواض الترسيب النهائي , وتعتبر جزءا لا يتجزأ من عملية المعالجة بالحمأة المنشطة , حيث أن الماء بعد خروجه من أحواض التهوية يحتوي على تراكيز مرتفعة من المواد العالقة التي يجب ترسيبها لتخرج مياه المخلفات السائلة تعد ذلك وقد تخلصت من أكبر نسبة من العكارة والمواد العضوية فيها . كما أن المواد العالقة التي تترسب في أحواض الترسيب النهائي تحتوي على العديد من الكائنات الحية الدقيقة التي تقوم بعملية الأكسدة لذا تستعمل هذه المواد المترسبة في أحواض الترسيب النهائي كحمأة منشطة ويعاد قسم منها إلى أحواض التهوية .

وتؤدي جميع هذه العمليات إلى خفض كبير في تركيز المواد العضوية في الفضلات السائلة كما يتضح من الجدول التالي :

طريقة المعالجة	نسبة المعالجة (٪)		
	أكسجين حيوي مستهلك	مواد عالقة	بكتريا
حجز بالمصافي	٥- ١٠	٢- ٢٠	١٠- ٢٠
ترسيب ابتدائي	٢٥- ٤٠	٤٠- ٧٠	٢٥- ٧٥
مرشحات حصى عادية	٨٥- ٩٥	٨٠- ٩٠	٩٠- ٩٥
مرشحات حصى سريعة	٧٠- ٨٥	٧٠- ٨٥	٨٥- ٩٠
حمأة منشطة	٨٥- ٩٥	٨٥- ٩٥	٩٠- ٩٨

٤- معالجة المخلفات السائلة بالكلور :

يستعمل الكلور للتخلص من رائحة المياه المعالجة قبل صرفها في المسطحات المائية ولزيادة كفاءة التخلص من البكتريا الضارة . وتتم عملية الكلورة في أحواض خاصة حيث تتم فيها الملامسة بين المياه الخارجة من عملية التنقية والكلور مدة لا تقل عن ٣٠ دقيقة , ومن المفضل أن يتراوح الكلور المتبقي بعد هذه الفترة الزمنية بين ٠,٢ و ٠,٣ جزء في المليون , حيث يؤدي هذا إلى قتل أكثر من ٩٩,٩ ٪ من بكتريا الكوليفورم الموجودة في الماء . ويبين الجدول التالي الجرعات المطلوبة من الكلور لتعقيم مياه الفضلات السائلة :

مخلفات سائلة بعد خروجها	جرعات الكلور اللازمة للمعالجة(مجم/لتر)
المصافي	٦- ٢٤
الترسيب الابتدائي	٣- ١٢
الترشيح الحصوي	٣- ٩
الحمأة المنشطة	٢- ٩

ولكي تستخدم مياه المخلفات البشرية المعالجة لأغراض الزراعة يجب أن تستوفي المواصفات لهذا الغرض **والجدول التالي يوضح تلك المواصفات في المملكة العربية السعودية:**

المادة	الحد الأقصى المسموح به (مجم/لتر)
الأكسجين الحيوي المستهلك	١٠
المواد الصلبة المعلقة	١٠
الألمونيوم	٥
الزرنيخ	٠,١
البيرليوم	٠,١
البورون	٠,٥
الكادميوم	٠,٠١
الكلور	٢٨٠
الكوبلت	٠,٠٥
النحاس	٠,٤
السيانيد	٠,٠٥
الفلور	٢,٠
الحديد	٥,٠
الرصاص	٠,١
الليثيوم	٠,٠٧
المنجانيز	٠,٢
الزئبق	٠,٠٠١
الموليبدنيوم	٠,٠١
النيكل	٠,٠٢
النتريت	١٠,٠
الرقم الهيدروجيني	٦- ٨,٤
السيلينيوم	٠,٠٢

الفاناديوم	٠,١
الزنك	٤,٠
الفينول	٠,٠٠١
الزيت والنفط	لا يوجد
الكوليفورم Coliform (Fecal)	٥٠,٠ مستعمرة/مل
الكوليفورم Coliform (Total)	٢,٢ مستعمرة/١٠٠ مل

امتحان ذاتي

السؤال الأول : اذكر مصادر تلوث المياه .

السؤال الثاني : ما هي أهم الأسباب التي تؤدي إلى تلوث المياه بالنفط ؟

السؤال الثالث : ما هي الأغراض الأساسية من معالجة المياه ؟

السؤال الرابع : ما هي مراحل معالجة مياه الصرف ؟

إجابة الامتحان الذاتي

إجابة السؤال الأول : مصادر تلوث المياه :

١- التلوث الطبيعي .
٢- التلوث الحراري .
٣- تلوث المياه بالنفط ومشتقاته .
٤- الأمطار الحمضية .
٥- تلوث المياه بالمخلفات الصناعية .
٦- التلوث بالمواد المشعة .
٧- التلوث بالمبيدات .
٨- التلوث بأسمدة النباتات .
٩- تلوث المياه بمسببات العدوى .
١٠- المخلفات البشرية السائلة .

إجابة السؤال الثاني : أهم الأسباب التي تؤدي إلى تلوث المياه بالنفط :

- حوادث ناقلات النفط الغير متعمدة .
- تفريغ مياه التوازن التي تعبأ بها الناقلات وهي فارغة .
- تسرب النفط أثناء تحميل وتفريغ الناقلات .
- النفط المتسرب نتيجة الحفر في قيعان البحار والمحيطات وما يصاحبها من حوادث .
- مصافي النفط ومصانع البتروكيماويات ومعامل التكرير الشاطئية .
- الهجوم على المنشآت النفطية وناقلات النفط أثناء الحروب .
- النفايات والمخلفات النفطية التي تلقيه ناقلات النفط .

إجابة السؤال الثالث : الأغراض الأساسية من معالجة المياه :

- المحافظة على التربة وعلى المنشآت العمرانية من وجود هذه المياه سائبة على السطح .
- منع تلوث البيئة بالبكتريا والجراثيم والمخلفات الضارة الموجودة في المياه المستهلكة .
- منع تلوث المياه الجوفية قريبة المستوى حديثة التكوين .

- المحافظة على المياه الصالحة من الاختلاط بهذه المياه الملوثة .
- استعمال المياه المعالجة في أغراض مختلفة .

إجابة السؤال الرابع : مراحل معالجة مياه الصرف :

١- المرحلة التمهيدية Preliminary treatment ؛ وتتضمن (المصافي , أحواض حجز الرمل) .

٢- المعالجة الابتدائية Primary treatment ؛ وتشمل أحواض الترسيب الابتدائي .

٣- المعالجة البيولوجية Biological treatment ؛ وتتضمن (المرشحات البيولوجية , عملية الحمأة المنشطة "أحواض التهوية" , الترسيب النهائي , معالجة المخلفات السائلة بالكلور) .

تقنية مختبرات كيميائية

تلوث التربة

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

أن يتعرف الطالب على ملوثات التربة وطرق التحكم في تلوث التربة .

الأهداف:

١- التعرف على التركيب الطبيعي للتربة.

٢- التعرف على مصادر تلوث التربة.

٣- التعرف على أساليب التحكم في تلوث التربة.

الوقت المتوقع للدراسة:

ثلاث ساعات.

متطلبات الجدارة:

الإلمام بما سبق دراسته.

تلوث التربة

٧- ١ مقدمة :

تعرف التربة بأنها الطبقة السطحية الرقيقة من الأرض الصالحة لنمو النبات وقد تكونت التربة خلال سلسلة من العمليات بالغة التعقيد استمرت ملايين السنين نتيجة فعل الحرارة والرطوبة والرياح والكائنات الحية مثل النباتات الأولية والراقية وكذا الحيوانات.

وتلوث التربة يعني دخول مواد غريبة في التربة أو زيادة في تركيز إحدى مكوناتها الطبيعية مما يؤدي إلى تغير في التركيب الكيميائي والفيزيائي للتربة . وهذه المواد التي يطلق عليها ملوثات التربة قد تكون مبيدات أو أسمدة كيميائية أو أمطار حمضية هاطلة أو نفايات صناعية أو نفايات المنازل أو النفايات المشعة ... إلخ . ويؤدي تلوث التربة إلى تلوث المحاصيل الزراعية بمواد تضر بصحة الإنسان الذي يتغذى عليها مباشرة أو غير مباشرة عن طريق انتقال هذه الملوثات إلى المنتجات الحيوانية مثل الحليب والبيض واللحم التي يتناولها الإنسان .

ومصادر تلوث التربة عديدة منها الغلاف الجوي والغلاف المائي والغلاف الحيوي بما في ذلك الإنسان و أنشطته المختلفة وهذا يدل على أن مكونات التربة تعتمد على مكونات الهواء والماء وتركيب الهواء يعتمد على التربة والماء وهكذا أي أن التربة تعتبر أحد المكونات الرئيسية للدورات الطبيعية لبيئة الأرض والمرتبطة فيما بينها .

٧- ٢ التركيب الطبيعي للتربة :

التربة نظام غير متجانس ذو بنية مفككة يتكون من ثلاثة أطوار صلبة وسائلة وغازية .

أولا : الطور الصلب :

ويتكون الطور الصلب من التربة من :

أ- مواد غير عضوية تتكون من حبيبات بعضها كبير وبعضها صغير لا يرى إلا بالمجهر تكونت من الصخور نتيجة لعمليات التعرية الفيزيائية والكيميائية والحيوية حيث يلعب نوع هذه المواد دوراً كبيرا في تحديد خصوبة التربة من عدمه .

ب- مواد عضوية هي عبارة عن بقايا ومخلفات النبات والحيوان المعرضة لعمليات التحلل بواسطة الأحياء الدقيقة الموجودة في التربة مثل البكتريا والفطريات وتلعب المواد العضوية دورا بارزا في تحديد إنتاجية التربة . ويعتمد تراكم المواد العضوية في التربة على عدة عوامل أهمها درجة الحرارة وتوفر الأوكسجين حيث ينخفض التحلل الحيوي بانخفاض كل من درجة الحرارة وكمية الأوكسجين .

وعادة يتكون الطور الصلب من ثلاث طبقات متتالية عبارة عن :

أ- الطبقة السطحية Surface soil: وهي الطبقة التي تغلف الأرض وعمقها لا يتجاوز العدة سنتمترات وتحتوي على المواد العضوية وتعيش فيها معظم الكائنات الحية الدقيقة كما تحتوي على الكثير من العناصر الرئيسية (جدول ٧- ١).

جدول (٧- ١) النسب المئوية الوزنية و الحجمية للعناصر المكونة للقشرة الأرضية

العنصر	النسبة المئوية الوزنية (% W/W)	النسبة المئوية الحجمية (% V/V)
الأكسجين	٤٦,٦٠	٩٣,٧٧
السليكون	٢٧,٧٢	٠,٨٦
الألمنيوم	٨,١٣	٠,٤٧
الحديد	٥,٠٠	٠,٤٣
الكالسيوم	٢,٦٣	١,٠٣
الصوديوم	٢,٨٣	١,٣٢
البوتاسيوم	٢,٥٩	١,٨٣
المغنيسيوم	٢,٠٩	٠,٢٩

ب- طبقة تحت التربة Subsoil layer: وهي تقع تحت الطبقة السطحية مباشرة وبها قليل من بقايا الكائنات الحية عند مقارنتها بالطبقة السطحية.

ج- طبقة الصخر الأم Solid layer: وهي عبارة عن الطبقة الثابتة الأصلية الصلبة والتي تكونت منها التربة وهي أقل عرضة لعوامل تكون التربة مثل الحرارة والرطوبة والرياح بسبب تكوينها الصخري وتختلف حسب توعية الصخر وتكوينه الجيولوجي.

ثانياً : الطور السائل :

والذي يسمى عادة محلول التربة وهو عبارة عن محلول مائي يحوي العديد من الأملاح بالإضافة إلى بعض المواد العضوية , وهو الذي يمتص من قبل النبات عبر الجذور ثم ينتقل من النبات إلى الغلاف الجوي خلال عملية النتح Transpiration .

ثالثاً : الطور الغازي

وهو عبارة عن الهواء الموجود داخل فراغات التربة , ويشكل حوالي ٣٥٪ من حجم التربة و يختلف تركيبه قليلا عن تركيب هواء الغلاف الجوي حيث يحوي نسبة أقل من الأكسجين ونسبة أعلى من ثاني أكسيد الكربون .

٧- ٣ مصادر تلوث التربة :

تستقبل التربة كميات هائلة من المخلفات و الملوثات سنويا , ويمكن تصنيف الملوثات حسب منشئها إلى ملوثات طبيعية و ملوثات بشرية أو حسب طبيعتها إلى ملوثات حيوية و ملوثات كيميائية .

٧- ٣- ١ التلوث الطبيعي :

أ- الانجراف Weathering

وهو عبارة عن ظاهرة طبيعية تتمثل في تفتيت وتآكل التربة ونقلها بفعل العوامل المناخية وأهمها الرياح والمياه . ويمكن تقسيمه إلى إنجراف ريحي وآخر مائي . وتعد هذه الظاهرة من أخطر العوامل التي تهدد الحياة النباتية و الحيوانية . وتكمن خطورته في سرعة حدوثه حيث يتم ذلك خلال عاصفة مطرية أو هوائية واحدة فيما نجد أن تكون التربة يتم بسرعة بطيئة جداً . كذلك تزيد كمية العناصر المفقودة من التربة بسبب الإنجراف الريحي والمائي أضعاف كثيرة عن الكميات التي تزال بفعل المحاصيل المزروعة أو بصفة طبيعية وتقدر الأراضي الزراعية التي خربت في العالم في المائة سنة الأخيرة بفعل الإنجراف بأكثر من ٢٣٪ من الأراضي الزراعية .

كما أن للإنسان دوراً في زيادة إنجراف التربة يتمثل في :

١- تخريب وإزالة الغطاء النباتي الطبيعي من حشائش وخلافه .

٢- حرث التربة في أوقات غير مناسبة مثل الفترات الجافة من العام .

٣- حرث التربة المائل مما يزيد من الانجراف المائي لجريئات التربة .

٤- الرعي الجائر وخاصة في الفترات الجافة, مما يقلل الغطاء النباتي ويفكك التربة السطحية.

ب- التصحر Desertification

ويعرف التصحر بأنه فقدان التربة لقدرتها البيولوجية بحيث ينتهي شكل الأرض الزراعية والرعوية وتتحول إلى أرض فقيرة زراعياً وتميل إلى أن تكون صحراوية . وقد ينتج التصحر بسبب عوامل مناخية (مثل الجفاف وندرة الأمطار) أو بسبب ازدياد نسبة الملوحة أو زحف الرمال أو بسبب تدخل البشر (مثل عمليات الرعي الجائر أو تحويل الأراضي إلى عمرانية أو صناعية) .

٧- ٣- ٢ الملوثات البشرية (الصناعية)

أ- استخدام الأسمدة الكيميائية Fertilizers

لقد بدأ الإنسان منذ القدم في استخدام الأسمدة في الزراعة لما لاحظه من تأثيرها الحسن على خصوبة التربة وبالتالي زيادة المحصول . وكانت الأسمدة قديما من النوع العضوي أي مخلفات الحيوان وبقايا النبات (السماد البلدي) حيث تتحلل المادة العضوية في التربة ببطء بفعل الأحياء الدقيقة الموجودة فيها و ينتج عن ذلك مواد ذائبة سهلة الامتصاص و بكميات تفي بقط باحتياجات النبات . وبزيادة عدد السكان وبالتالي توسع الرقعة الزراعية اتجه المزارعون إلى استخدام الأسمدة الكيميائية للتعويض عن العناصر الغذائية التي تستهلكها النباتات المزروعة .

وتحتوي الأسمدة الكيميائية بالإضافة إلى النتروجين على الفسفور و البوتاسيوم كمكونات رئيسية كما قد تحتوي على بعض العناصر التي يحتاجها النبات بكميات قليلة و أحياناً على المغنيسيوم والكبريتات . ولقد أفرط البعض في استخدام الأسمدة بكميات تزيد عن الحاجة الفعلية للنبات من أجل الحصول على محصول أوفر علماً أن المحصول يزداد بزيادة كمية الأسمدة إلى حد معين بعده تظل كمية المحصول ثابتة مهما زادت كمية الأسمدة . وتؤدي الزيادة في هذه الحالة (وخاصة زيادة الأسمدة النيتروجينية) إلى أضرار عديدة نتيجة لتسرب النترات إلى المياه السطحية والجوفية منها :

١- اضطراب في وظائف المزروعات حال انتقال النترات لها مما يقلل من إنتاجها .
٢- تسمم الحيوانات التي تتغذى على النباتات المحتوية على كمية زائدة من النتروجين .
٣- كما أن حفظ النباتات في الصوامع يؤدي إلى تصاعد غاز ثاني أكسيد النيتروجين نتيجة لتخمرها , والذي بدورة يؤثر على العاملين .
٤- تزايد أعداد البكتريا الضارة في التربة نتيجة لزيادة النتروجين والتي بدورها تعمل على تحويل المواد النيتروجينية الموجودة في الأسمدة إلى نترات مما يزيد من خطر التلوث بالنترات .

٥- يعد الماء الذي يزيد محتواه من النترات على 10 ppm غير صالح للشرب, وفي حال تناول الإنسان وخصوصاً الأطفال لذلك فإن البكتريا الموجودة في الجهاز الهضمي يقوم باختزال النترات إلى نتريت والذي بدوره ينتقل إلى الدم ويتحد مع الهيموجلوبين مقللاً قدرة الدم على حمل الأكسجين مما يؤدي إلى وفاة الأطفال الرضع وموت الحيوانات الصغيرة.

ب- استخدام المبيدات Pesticides

اتبع المزارعون قديماً طرقاً بسيطة للوقاية والتخلص من الآفات الزراعية مثل اقتلاع النباتات المصابة والحشائش والأعشاب الضارة وحرقها . ومع توسع الرقعة الزراعية لسد حاجة السكان المتزايد بدأت المبيدات الكيميائية تلعب دوراً بارزاً في الزراعة . ويوجد حالياً المئات إن لم نقل الآلاف من المركبات الكيميائية التي تستخدم كمبيدات .

والمبيدات عبارة عن مركبات كيميائية متفاوتة السمية تحقن في المحيط الحيوي وذلك لعلاج حالات عدم التوازن التي حلت به , وتحظى التربة دون غيرها من الأوساط البيئية بالجزء الأكبر من هذه المواد السامة , حيث تستخدم تلك المواد في مقاومة الآفات الزراعية التي من أهمها الحشرات والحشائش والفطريات وبعض الأحياء الأخرى التي تقطن التربة .

والمبيد المثالي هو ذلك المبيد الانتقائي الذي يؤثر فقط على الآفة التي يستعمل من أجل مكافحتها دون أن يؤثر على أعدائها من الحشرات النافعة والذي يتحلل بسهولة وفي زمن قصير نسبي إلى مواد غير سامة و الذي لا يتركز عبر السلسلة الغذائية, أما عكس ذلك فيعتبر ملوثا خطرا للبيئة وهي كثيرة.

ومما يزيد من مشكلة استخدام المبيدات أن مقاومة الآفات للمبيدات قد زادت إلى درجة أن الآفات لم تعد تموت بجرعات كانت قاتلة مها من قبل و لهذا اضطر المزارعون إلى زيادة جرعة المبيد أو استعماله على فترات أقصر أو خلطه بمبيد آخر أو استعمال مبيد بديل ,وهذا يعني أن الاعتماد على المبيدات الكيميائية في مقاومة الآفات يمثل طريق لا نهاية له وقد ينتهي الأمر بعدم وجود مبيدات فعالة للقضاء على بعض الآفات مما قد يقتضي عدم زراعة المحصول الذي تهاجمه هذه الآفة .

جـ- التلوث الحيوي للتربة

ولهذا النوع من التلوث آثاره الكبيرة على صحة الإنسان والحيوان . فالتربة تتلوث بكائنات حية دقيقة ناتجة عن إفرازات الإنسان عن طريق ري المحاصيل بمياه المجاري . وتصل إلى الإنسان إما مباشرة عن طريق التربة أو بطريقة غير مباشرة من خلال الفواكه والخضراوات المزروعة في التربة الملوثة . هذه الكائنات الحية تسبب للإنسان العديد من الأمراض مثل الإسهال والتيفويد . كما أن بعض أمراض الحيوانات تنتقل إلى الإنسان عن طريق التربة مثل مرض الكزاز .

د- التلوث الإشعاعي للتربة

تعرف ظاهرة النشاط الإشعاعي بأنها عبارة عن انطلاق لأنواع مختلفة من الإشعاعات (مثل أشعة ألفا وبيتا و جاما) من أنوية بعض النظائر إما بشكل طبيعي (النشاط الإشعاعي الطبيعي) أو عن طريق استحثاث هذه الأنوية صناعياً (النشاط الإشعاعي الصناعي) .

وتحتوي التربة على العديد من النظائر المشعة بشكل طبيعي مثل اليورانيوم , الثوريوم , الراديوم , البوتاسيوم وغيرها . كما أنها أصبحت تحتوي على العديد من النظائر المشعة الصناعية والمنتجة من قبل الإنسان , وبكميات تفوق تلك الطبيعية في العديد من مناطق العالم . وذلك لتوسع التطبيقات التي تستخدم فيها هذه المواد المشعة , فمنها التطبيقات العسكرية , الصناعية , الطبية , الزراعية والبحثية وغيرها من التطبيقات . هذا بالإضافة لما تفرزه تلك التطبيقات المختلفة من ملوثات تمتلك خاصية الإشعاع (ملوثات مشعة) تتطلب معاملة خاصة لتخلص منها بشكل آمن .

وتذوب المواد المشعة في محلول التربة ويمتصها النبات وتتراكم في الفروع والجذوع والثمار أو قد تسقط المواد المشعة الموجودة في الغبار مباشرة على أوراق النبات وثماره فيمتص النبات جزءاً منها ويبقى جزء منهما عالقا به . ويتأثر الإنسان بنسبة ٢٠٪ عن طريق امتصاص التربة للمواد المشعة و ٨٠٪ عن طريق التلوث المباشر للنبات . هذا وسيتم مناقشة هذا النوع من التلوث في فصل مستقل لاحقاً .

هـ- ملوثات متنوعة

وهذه تشمل مخلفات المصانع المختلفة مثل مصانع تكرير النفط أو مصانع صهر و سباكة المعادن التي تحتوي فضلاتها على معادن سامة مثل الزئبق والرصاص والزرنيخ والكادميوم وغيرها , وكذلك مخلفات المنازل الصلبة منها والسائلة (مياه الصرف الصحي) بما تحتويه من أوراق ومواد تغليف وعلب معدنية و مواد بلاستيكية ...إلخ والسيارات التالفة .

وإلقاء هذه المخلفات بدون معالجة في التربة أو تصريفها في المياه التي تستعمل في ري المزروعات لا شك سيؤدي إلى مشاكل صحية وبيئية كبيرة خاصة المواد البلاستيكية نظرا لصعوبة إعادة استخدامها وصعوبة تحللها إلى مكونات ابسط واقل ضررا على البيئة .

كما أن تسرب أو سقوط الأمطار الحمضية على التربة سيؤثر على اتزان التربة وعلى الأحياء الدقيقة فيها كما سيؤدي إلى فقدان بعض الأملاح والعناصر المهمة في التربة نتيجة لذوبانها في هذه المياه الحمضية وبالتالي هجرتها من التربة إلى المياه الجوفية أو السطحية .

٧- ٤ التحكم في تلوث التربة

إن مكافحة تلوث التربة أمر بالغ الأهمية لسلامة البيئة عامة وصحة الإنسان خاصة لذا يهتم علماء البيئة بالتدابير و الإجراءات المؤدية إلى التحكم في ملوثات التربة ومن ذلك :

١- تنظيم و ترشيد استعمال المبيدات الكيميائية ومراقبة استخدامها بحذر إلى أن يتم وضع أسس راسخة وفعالة لأي بديل مناسب .

٢- المحافظة على الاتزان الطبيعي وذلك بحماية الغابات غير المستثمرة والمراعي الطبيعية الجبلية وحواف مجاري الأنهار والشواطئ البحرية .

٣- المعالجة السليمة لمياه الصرف الصحي التي تساعد على مكافحة تلوث التربة والبيئة عامة .

٤- التخلص من النفايات الصلبة بالطرق السليمة مثل دفنها في الأرض (مع اخذ الاحتياطات اللازمة لمنع تسربها إلى المياه الجوفية أو الهواء الجوي) أو اتباع الحرق الصحي أو استخدامها كسماد أو إعادة تصنيعها من جديد مثل الزجاج والمعادن والورق .

٥- سن القوانين والتشريعات التي تحد من التلوث عامة سواء في الهواء أو الماء أو التربة وإجبار أصحاب المصانع على اتباعها .

٦- تشجيع البحوث العلمية المتعلقة بمكافحة التلوث على جميع المستويات .

امتحان ذاتي

السؤال الأول: مم يتكون الطور الصلب للتربة ؟

السؤال الثاني: ما هي مصادر تلوث التربة ؟

السؤال الثالث: ما هي الإجراءات المؤدية إلى التحكم في ملوثات التربة ؟

إجابة الامتحان الذاتي

إجابة السؤال الأول :

يتكون الطور الصلب من التربة من :

أ- مواد غير عضوية تتكون من حبيبات بعضها كبير وبعضها صغير لا يرى إلا بالمجهر تكونت من الصخور نتيجة لعمليات التعرية الفيزيائية والكيميائية والحيوية حيث يلعب نوع هذه المواد دوراً كبيرا في تحديد خصوبة التربة من عدمها .

ب- مواد عضوية هي عبارة عن بقايا ومخلفات النبات والحيوان المعرضة لعمليات التحلل بواسطة الأحياء الدقيقة الموجودة في التربة مثل البكتريا والفطريات وتلعب المواد العضوية دورا بارزا في تحديد إنتاجية التربة . ويعتمد تراكم المواد العضوية في التربة على عدة عوامل أهمها درجة الحرارة وتوفر الأوكسجين حيث ينخفض التحلل الحيوي بانخفاض كل من درجة الحرارة وكمية الأوكسجين .

وعادة يتكون الطور الصلب من ثلاث طبقات متتالية عبارة عن :

أ- الطبقة السطحية Surface soil: وهي الطبقة التي تغلف الأرض وعمقها لا يتجاوز العدة سنتمترات وتحتوي على المواد العضوية وتعيش فيها معظم الكائنات الحية الدقيقة كما تحتوي على الكثير من العناصر الرئيسية.

ب- طبقة تحت التربة Subsoil layer: وهي تقع تحت الطبقة السطحية مباشرة وبها قليل من بقايا الكائنات الحية عند مقارنتها بالطبقة السطحية.

ج- طبقة الصخر الأم Solid layer : وهي عبارة عن الطبقة الثابتة الأصلية الصلبة والتي تكونت منها التربة وهي أقل عرضة لعوامل تكون التربة مثل الحرارة والرطوبة والرياح بسبب تكوينها الصخري وتختلف حسب توعية الصخر وتكوينه الجيولوجي .

إجابة السؤال الثاني :

مصادر تلوث التربة :

أولاً : مصادر طبيعية تشمل :

١- الانجراف Weathering.

٢- التصحر Desertification.

ثانياً : الملوثات البشرية (الصناعية) و تشمل :

١- استخدام الأسمدة الكيميائية Fertilizers.
٢- استخدام المبيدات Pesticides.
٣- التلوث الحيوي للتربة .
٤- التلوث الإشعاعي للتربة .
٥- بالإضافة إلى ملوثات صناعية أخرى متنوعة .

إجابة السؤال الثالث :

إن مكافحة تلوث التربة أمر بالغ الأهمية لسلامة البيئة عامة وصحة الإنسان خاصة لذا يهتم علماء البيئة بالتدابير و الإجراءات المؤدية إلى التحكم في ملوثات التربة ومن ذلك :

١- تنظيم و ترشيد استعمال المبيدات الكيميائية ومراقبة استخدامها بحذر إلى أن يتم وضع أسس راسخة وفعالة لأي بديل مناسب .
٢- المحافظة على الاتزان الطبيعي وذلك بحماية الغابات غير المستثمرة والمراعي الطبيعية الجبلية وحواف مجاري الأنهار والشواطئ البحرية .
٣- المعالجة السليمة لمياه الصرف الصحي التي تساعد على مكافحة تلوث التربة والبيئة عامة .
٤- التخلص من النفايات الصلبة بالطرق السليمة مثل دفنها في الأرض (مع اخذ الاحتياطات اللازمة لمنع تسربها إلى المياه الجوفية أو الهواء الجوي) أو اتباع الحرق الصحي أو استخدامها كسماد أو إعادة تصنيعها من جديد مثل الزجاج والمعادن والورق .
٥- سن القوانين والتشريعات التي تحد من التلوث عامة سواء في الهواء أو الماء أو التربة وإجبار أصحاب المصانع على اتباعها .
٦- تشجيع البحوث العلمية المتعلقة بمكافحة التلوث على جميع المستويات.

كيمياء التلوث

التلوث الضوضائي

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

أن يتعرف الطالب على التلوث الضوضائي وآثاره وطرق التحكم فيه .

الأهداف:

١- التعريف بالتلوث الضوضائي .
٢- التعرف على وحدة قياس شدة الصوت .
٣- التعرف على مصادر التلوث الضوضائي .
٤- معرفة الآثار التي تسببها الضوضاء .
٥- التعرف عل أساليب التحكم في الضوضاء .

الوقت المتوقع للدراسة:

ثلاث ساعات.

متطلبات الجدارة:

الإلمام بما سبق دراسته.

التلوث الضوضائي

٨- ١ مقدمة:

الضوضاء كغيرها من الملوثات البيئية ظهرت مع المدنية الحديثة والانفجار في التعداد السكاني فقبل الثورة الصناعية كانت البيئة الصوتية هادئة , تخضع فيها الأصوات لنظام دوري زمني مرتبط بأنماط النشاط البشري . وقد أثبتت الدراسات أنها تسبب أضرارا بالغة للإنسان .

ويصعب وضع تعريف محدد وشامل للضوضاء ويرجع ذلك إلى اختلاف وجهات نظر النوعيات المختلفة من البشر تبعاً لأشغالهم ومهامهم المناطة بهم , هذا بالإضافة إلى الحالة النفسية والمناسبات المختلفة التي تلعب دوراً كبيرا تجاه تعريف الضوضاء .

ولكن يمكن القول بأن الضوضاء عبارة عن أصوات غير مرغوب فيها Unwanted Sound, وهذا يعتمد على عوامل كثيرة منها استعداد السامع لتقبل الأصوات وحدة سمعه وحالته النفسية والصحية وما إلى ذلك.

وينتقل الصوت في الهواء على شكل موجات متتالية (تعرف بالموجات الصوتية) حيث تهتز جزيئات الهواء , وتنتشر الموجات في جميع الاتجاهات وتسمع عند وقوعها على جهاز السمع في الأذن . إن السرعة أو البطء الذي يتذبذب به مصدر الصوت أو يجعل الهواء يتذبذب يحدد خاصية أساسية للصوت تعرف باسم التردد Frequency, إذ أن كل ضغط للهواء يتلوه انخفاض ويسميان معا (الضغط والانخفاض) بالذبذبة Cycle ويعبر عن التردد بعدد الذبذبات في الثانية. وتتميز كل موجة صوتية بتردد خاص , وتميز الأذن البشرية السليمة الأصوات بين ٢٠ و ٢٠٠٠٠ ذبذبة . وعادة تقع الأصوات المستعملة في التخاطب بين ٢٠٠ و ٦٠٠٠ ذبذبة . و تعرف الترددات الصوتية الأقل من ٢٠ ذبذبة/ ثانية بأنها تحت الصوت Infrasonic والتي تتجاوز ٢٠٠٠٠ ذبذبة/ ثانية بأنها فوق الصوت Ultrasonic.

٨- ٢ قياس شدة الصوت:

تقاس شدة الصوت بوحدة تسمى الديسيبل Decibel نسبة للعالم الكبير جراهام بل وهو أقل درجة صوت يمكن لشخص عادي أن يسمعها, حيث يقدر شدة الهمس بـ ٣٠ ديسيبل والكلام العادي من ٣٠- ٥٠ ديسيبل. واصبح في الإمكان تقسيم شدة الصوت إلى مستويات مختلفة وكل مستوى له مدى معين من "الديسيبل" كما يوضح الجدول (٨- ١) .

جدول (٨- ١) بعض الأمثلة على مصادر الأصوات وشدتها , ومدى خطورتها .

مصدر الصوت	شدة الصوت (ديسيبل)	نوع الصوت وخطورة
إستوديوهات الإذاعة	٢٠	مسموع
الهمس	٣٠	هادئ جداً
مكتبة	٣٥	هادئ جداً
غرفة جلوس	٤٥	هادئ
الحديث العادي	٦٠	هادئ
مكنسة كهربائية	٧٠	هادئ
شاحنه على مسافة ١٨م	٨٠	مرتفع نسبياً
خلاط طعام	٨٥	مرتفع نسبياً
دراجة نارية على مسافة ٨م	٩٠	مرتفع جداً
منبه سيارة - قطار سريع	٩٥	مرتفع جداً
طائرة نفاثة على ارتفاع ٣٠٠م	١٠٠	غير مريح (خطر عند سماعه)
حفار الطرق	١١٠	غير مريح (خطر عند سماعه)
قصف الرعد الشديد	١٢٠	غير مريح (خطر عند سماعه)
موسيقا الصاخبة	١٣٠	مؤلم عند سماعه (خطر)
إقلاع طائرة	١٥٠	مؤلم عند سماعه (خطر)
محرك صاروخي	١٨٠	مؤلم عند سماعه (خطر)

ومن هذا الجدول يتضح أن شدة الأصوات من ١٠ حتى ٧٠ ديسيبل تعتبر ذات وقع طبيعي على الأذن ولا تسبب أي ضرر يذكر , ولكن الأصوات التي تعلو عن ذلك يكون لها وقع غير طبيعي , وتعتبر بداية للضوضاء .

٨- ٣ مصادر الضوضاء :

مصادر طبيعية :

وتشمل الانفجارات البركانية والزلازل , والرعد والأعاصير , وأمواج المياه العالية . ولكن الضوضاء الطليعية تعتبر مضايقات بيئية سرعان ما تختفي باختفاء المؤثر , والتي مهما طالت مدتها فهي قصيرة بالمقارنة مع الضوضاء التي من فعل الإنسان .

مصادر غير طبيعية (بشرية) :

١- وسائل المواصلات والنقل المختلفة وهذه تشمل وسائل النقل البرية من سيارات وعربات , ودراجات نارية , وناقلات شحن وخلافه , بالإضافة إلى وسائط النقل الجوية كالطائرات بشتى أنواعها وبالذات النفاثة منها . وقد دلت الدراسات على أن ٦٠- ٨٠٪ من ضوضاء المدن سببها السيارات ووسائل النقل الأخرى , كما يزداد معدل الضوضاء سنويا بمعدل واحد ديسيبل بسبب ا لزيادة المضطردة في وسائل الواصلات .

٢- عمليات البناء والتشييد العمراني , ورصف الطرق , وإقامة مشاريع الخدمات .

٣- الأجهزة الكهربائية المستخدمة في المنازل ومكاتب العمل . وتشمل التلفاز , والراديو , والمكانس الكهربائية , وخلاطات الفواكه والخضروات , والغسالات ونحوها .

٤- المصانع والمنشآت الصناعية .

ولقد وصل معدل الضوضاء في المدن الكبرى إلى درجات عالية, فقد بلغ في بعض المدن الأمريكية والأوربية ٩٠- ٩٥ ديسيبل, مما قاد إلى بذل جهود كبيرة ومستمرة لخفض شدة الضوضاء إلى مستويات أقل . وقد نجحت العديد من الدول في خفض معدلات الضوضاء في مدنها إلى مستويات مقبولة نادراً ما تزيد على ٧٥ ديسيبل . ويوضح الجدول (٨- ٢) معدل شدة الضوضاء في تعض المدن .

جدول (٨- ٢) مستوى الضوضاء في بعض المدن .

المدينة	شدة الضوضاء (ديسيبل)
دمشق	٩٥ - ١٠٠
الرياض	٨٠ - ٩٥
الكويت (الطرق الرئيسية)	٩٠
الكويت (قرب المطار)	١٤٣ – ١٦٣
القاهرة	٧٠ – ٩٢
طنطا (بمصر)	٦٢ – ٨٤
مكة المكرمة (حول الحرم)	٨٥ – ٩٢
المدينة المنورة (حول الحرم)	٨٥ – ٩٠
جدة (الشوارع الرئيسية)	٨٥ – ٩٠
الدمام	٧٠ – ٨٥

٨- ٤ الآثار التي تسببها الضوضاء :

تسبب الضوضاء أضرارا كثيرة للإنسان منها ما هو نفسي وما هو عصبي , كما أنها تؤثر بطريقة غير مباشرة على الناحية الاقتصادية والتعليمية والاجتماعية . وفيما يلي أهم تأثيرات الضوضاء:

أ- التأثيرات النفسية :

يؤدي ارتفاع شدة الصوت عن المعدل الطبيعي في البيئة إلى نقص النشاط الحيوي , والإثارة , والقلق وعدم الارتياح الداخلي , والتوتر , والارتباك , وعدم الانسجام والتوافق الصحي , وقلة التفكير عند الأشخاص الذين يتعرضون لذلك .

ويتوقف ذلك بالطبع على عوامل عدة منها :

١- طول فترة التعرض : حيث يتناسب التأثير وشدة الخطورة طردياً مع طول قرة التعرض.

٢- شدة الصوت ودرجته : حيث أنه كلما اشتد الصوت كان تأثيره أكبر .

٣- حدة الصوت : حيث أن الأصوات الحادة أكثر تأثيراً من الأصوات الغليظة .

٤- موقع السامع من مصدر الصوت : حيث أنه كلما قرب السامع من مصدر الصوت تأثر به أكثر .

٥- الصوت المفاجئ أكثر تأثيراً من الضجيج المستمر .

ب- التأثيرات العصبية :

تصل الضوضاء عبر الألياف العصبية إلى الخلايا العصبية المركزية في المخ فتهيجها وهذا التأثير ينعكس على أعضاء الجسم كالقلب الذي يسرع في نبضاته , والجهاز الهضمي الذي يضطرب فتزيد إفرازات المعدة مما قد يؤدي إلى الإصابة بالقرحة المعدية وقرحة الاثني عشر , ويمكن أن تتأثر أيضاً الكبد , والبنكرياس , والأمعاء , والغدد الصماء , وتؤدي هذه التغيرات في جسم الإنسان إلى ارتفاع ضغط الدم . كما تسبب الضوضاء التوتر العصبي والانفعالات التي يشكو منها الكثيرون في العصر الحاضر .

ج- التأثير على السمع :

عندما يتعرض الإنسان إلى صوت شدته أعلى من ٥٠ ديسيبل , يبدأ في الشكوى من قسوة هذا الصوت , ويبدأ ينزعج منه , وعند شدة صوت تساوي ٩٠ ديسيبل تبدأ أعضاء الجسم في التأثر , فيحدث ضعف في حاسة السمع قد يزول عند زوال المؤثر والابتعاد عن الضوضاء لفترة طويلة , وعند شدة صوت أعلى من ذلك (١٢٠ ديسيبل فما فوق) قد يفقد الإنسان سمعه تماماً ويصاب بالصمم .

د- التأثير على إنتاج العاملين :

تفيد الدراسات بان العاملين الذين يتعرضون إلى الضوضاء أثناء عملهم تقل قدرتهم على الإنتاج , وذلك بالطبع لاحتمال إصابتهم بالأمراض التي سبق ذكرها , وتقل قدرة هؤلاء بالذات على القيام بالأعمال الذهنية , وتكثر فترات تغيبهم عن العمل , وحينما عملت بعض الشركات على تجنيب عمالهم الضوضاء وذلك بإجراءات محكمة زاد الإنتاج وانخفض معدل الغياب .

٨- ٥ التحكم في الضوضاء :

إن التحكم في الضوضاء , الذي أصبح أحد معضلات لحياة العصرية التي تهدد صحة الإنسان وراحته , يتطلب جملة من الإجراءات يمكن إيراد أهمها فيما يلي :

أ- نشر الوعي عن أخطار الضوضاء على الصحة العامة وما سيترتب على ذلك من ضعف إنتاج في العمل وذلك عن طريق وسائل الإعلام المختلفة .

ب- التخطيط ا لعمراني السليم والذي يراعى فيه مواقع المدارس والمستشفيات والمناطق السكنية بعيدة عن مصادر الضوضاء المسببة للقلق النفسي .

ج- زيادة الرقعة الخضراء بإنشاء الحدائق والأحزمة الخضراء حول المساكن والمدارس والأحياء للتقليل من شدة الأصوات وامتصاصها .

د- إبعاد المطارات ومحطات السكة الحديدية والنقل العام عن قلب المدن والمناطق الآهلة بالسكان .

ه- إصدار الأنظمة والقوانين المنظمة للتحكم بالضوضاء ومراقبة تنفيذها وفق الإجراءات الآتية :

١- إجراءات لخفض مستوى الضوضاء في مواقع مصادر انبعاثها .

٢- إجراءات لحماية الإنسان الذي يعمل في بيئة تزداد فيها الضوضاء (وذلك بتقليل ساعات العمل أو تغيير مواقع العمال بعد فترات محددة وغير ذلك من الوسائل)

٣- الحد من استخدام منبهات السيارات , وأجهزة التلفاز والراديو وأجهزة الموسيقى ذات الأصوات الحادة والمرتفعة في المقاهي وأماكن الترفيه العامة .

٤- وضع خطة مرورية شاملة تؤمن تدفق المرور وحركة السير بقدر الإمكان وتجنب الإختناقات التي تعد من أهم أسباب ضوضاء الطرق .

٥- استخدام المواد العازلة للصوت في بناء المنازل ومكاتب العمل والمدارس والمستشفيات وخاصة في المواقع الصاخبة .

امتحان ذاتي

السؤال الأول : كيف يمكن قياس شدة الصوت ؟

السؤال الثاني : ما هي مصادر الضوضاء ؟

السؤال الثالث : ما هي الآثار التي تسببها الضوضاء ؟

السؤال الرابع : ما هي الإجراءات التي يمكن عملها لتحكم في الضوضاء ؟

إجابة الامتحان الذاتي

إجابة السؤال الأول :

تقاس شدة الصوت بوحدة تسمى الديسيبل Decibel نسبة للعالم الكبير جراهام بل وهو أقل درجة صوت يمكن لشخص عادي أن يسمعها , حيث يقدر شدة الهمس بـ ٣٠ ديسيبل والكلام العادي من ٣٠- ٥٠ ديسيبل . وأصبح في الإمكان تقسيم شدة الصوت إلى مستويات مختلفة وكل مستوى له مدى معين من "الديسيبل" .

إجابة السؤال الثاني :

مصادر الضوضاء :

مصادر طبيعية :

وتشمل الانفجارات البركانية والزلازل , والرعد والأعاصير , وأمواج المياه العالية . ولكن الضوضاء الطليعية تعتبر مضايقات بيئية سرعان ما تختفي باختفاء المؤثر , والتي مهما طالت مدتها فهي قصيرة بالمقارنة مع الضوضاء التي من فعل الإنسان .

مصادر غير طبيعية (بشرية) :

١- وسائل المواصلات والنقل المختلفة وهذه تشمل وسائل النقل البرية من سيارات وعربات , ودراجات نارية , وناقلات شحن وخلافه , بالإضافة إلى وسائط النقل الجوية كالطائرات بشتى أنواعها وبالذات النفاثة منها . وقد دلت الدراسات على أن ٦٠- ٨٠٪ من ضوضاء المدن سببها السيارات ووسائل النقل الأخرى , كما يزداد معدل الضوضاء سنويا بمعدل واحد ديسيبل بسبب الزيادة المضطردة في وسائل الواصلات .

٢- عمليات البناء والتشييد العمراني , ورصف الطرق , وإقامة مشاريع الخدمات .

٣- الأجهزة الكهربائية المستخدمة في المنازل ومكاتب العمل . وتشمل التلفاز , والراديو , والمكانس الكهربائية , وخلاطات الفواكه والخضروات , والغسالات ونحوها .

٤- المصانع والمنشآت الصناعية .

إجابة السؤال الثالث :

الآثار التي تسببها الضوضاء :

١- التأثيرات النفسية .

٢- التأثيرات العصبية .

٣- التأثير على السمع .

٤- التأثير على إنتاج العاملين .

إجابة السؤال الرابع :

من الإجراءات التي يمكن عملها للتحكم في الضوضاء :

أ- نشر الوعي عن أخطار الضوضاء على الصحة العامة وما سيترتب على ذلك من ضعف إنتاج في العمل وذلك عن طريق وسائل الإعلام المختلفة .

ب- التخطيط ا لعمراني السليم والذي يراعى فيه مواقع المدارس والمستشفيات والمناطق السكنية بعيدة عن مصادر الضوضاء المسببة للقلق النفسي .

ج- زيادة الرقعة الخضراء بإنشاء الحدائق والأحزمة الخضراء حول المساكن والمدارس والأحياء للتقليل من شدة الأصوات وامتصاصها .

د- إبعاد المطارات ومحطات السكة الحديدية والنقل العام عن قلب المدن والمناطق الآهلة بالسكان .

ه- إصدار الأنظمة والقوانين المنظمة للتحكم بالضوضاء ومراقبة تنفيذها وفق الإجراءات الآتية :

١- إجراءات لخفض مستوى الضوضاء في مواقع مصادر انبعاثها .

٢- إجراءات لحماية الإنسان الذي يعمل في بيئة تزداد فيها الضوضاء (وذلك بتقليل ساعات العمل أو تغيير مواقع العمال بعد فترات محددة وغير ذلك من الوسائل)

٣- الحد من استخدام منبهات السيارات , وأجهزة التلفاز والراديو وأجهزة الموسيقا ذات الأصوات الحادة والمرتفعة في المقاهي وأماكن الترفيه العامة .

٤- وضع خطة مرورية شاملة تؤمن تدفق المرور وحركة السير بقدر الإمكان وتجنب الإختناقات التي تعد من أهم أسباب ضوضاء الطرق .

٥- استخدام المواد العازلة للصوت في بناء المنازل ومكاتب العمل والمدارس والمستشفيات وخاصة في المواقع الصاخبة.

كيمياء التلوث

الملوثات الإشعاعية

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

أن يتعرف الطالب على التلوث الإشعاعي مصادره وآثاره .

الأهداف:

١- تعريف الطالب على أصناف الإشعاع.

٢- تعريف الطالب على النظائر, طاهرة النشاط الإشعاعي, عمر المادة المشعة.

٣- تعريف الطالب على نواتج تفكك النظائر المشعة.

٤- التعرف على مصادر التلوث الإشعاعي.

٥- التعرف على الآثار الحيوية للإشعاعات المؤينة.

الوقت المتوقع للدراسة:

ثلاث ساعات.

متطلبات الجدارة:

الإلمام بما سبق دراسته.

الملوثات الإشعاعية

٩- ١ مقدمة :

يعتبر التلوث الإشعاعي من أخطر أنواع التلوث حيث أنه لا يرى , ولا يشم , ولا يحس , فهو يدخل إلى الجسم دون ما يدل على تواجده أو ترك أثر في بادئ الأمر . وكثير من الأشعة ذات صفات تراكمية في الكائنات الحية . أي أنها تتراكم في الخلايا ويظهر تأثيرها عندما تصل إلى تركيز معين . ويختلف هذا التأثير حسب نوع الإشعاع فقد يكون ذا اثر حراري فقط وقد يكون ذا تأثيرات حيوية مثل الإصابة بأمراض السرطان وغيرها .

٩- ٢ تصنيف الأشعة :

يمكن تصنيف الأشعة حسب قدرتها على تأيين ذرات الوسط الذي تقع علية إلى أشعة مؤينة وأخرى غير مؤينة . كما يمكن تصنيفها تبعاً لمصدرها فتكون إشعاعات طبيعية وأخرى صناعية . ويمكن تصنيفها حسب طبيعتها إلى موجات كهرومغناطيسية وأخرى على شكل جسيمات . وتشتمل الموجات الكهرومغناطيسية على عدة أنواع يتم التمييز بينها حسب أطوالها الموجية أو ترددتها أو طاقتها وجميعها مرتبطة ببعضها بالعلاقات :

$$E = h \times f \qquad \text{و} \qquad f = c/\lambda$$

حيث : **E** : طاقة الموجة .

h : ثابت بلانك $(6.62 \times 10^{-34}\ J.s)$

f : تردد الموجة .

c : سرعة الضوء $(2.99 \times 10^{8}\ m/s)$

λ: الطول الموجي للموجة .

ويوضح الجدول (٩- ١) بعض أنواع هذه الإشعاعات الكهرومغناطيسية.

جدول (٩- ١) بعض الإشعاعات الكهرومغناطيسية مرتبة حسب الطول الموجي لها :

نوع الإشعاع	الطول الموجي (λ)	التردد (f)	الطاقة (E)
موجات الراديو	> 3 cm		
الموجات القصيرة (الميكروويف)	3 - 0.04 cm		
الموجات تحت الحمراء	400–0.780 μm		
الموجات المرئية	780–380 nm		
الموجات الفوق بنفسجية	380–10 nm		
الأشعة السينية	10–0.01 nm		
أشعة جاما	< 0.01 nm		

وتشتمل الإشعاعات الجسيمية على جسيمات متعادلة مثل النيترونات, وجسيمات مشحونة منها ما هو خفيف مثل أشعة بيتا (إلكترونات) والبوزيترونات (إلكترونات موجبة), ومنها ما هو ثقيل مثل البروتونات وجسيمات ألفا (أنوية ذرات الهليوم).

٩- ٣ النظائر المشعة:

تتركب جميع العنا صر الكيميائية من ذرات. ولكل ذرة عدد كتلي , وهو عبارة عن مجموع البروتونات والنيوترونات . وعدد ذري , وهو مجموع البروتونات فقط . وللعنصر الواحد العدد نفسه من البروتونات , إلا أن لها أعداداً مختلفة من النيوترونات . ذلك أن للعدد الذري للعنصر الواحد عدة نظائر – فنظائر عنصر ما هي ذرات لها نفس العدد من البروتونات, لكنها تختلف فيما بينها بعدد النيترونات, وبالتالي بعدد الكتلة, وتتشابه في الخواص الكيميائية وتختلف في الخواص الفيزيائية , مثل ($_{92}U^{233}$, $_{92}U^{235}$, $_{92}U^{238}$) .

٩- ٤ ظاهرة النشاط الإشعاعي :

تعرف ظاهرة النشاط الإشعاعي بأنها عبارة عن انطلاق لأنواع مختلفة من الإشعاعات (مثل أشعة ألفا وبيتا و جاما) من أنوية بعض النظائر إما بشكل طبيعي (النشاط الإشعاعي الطبيعي) أو عن طريق استحثاث هذه الأنوية صناعياً (النشاط الإشعاعي الصناعي) . وتعرف النظائر التي يحدث لها تفكك ذاتي باسم النظائر المشعة و حيث تتفكك نواة النظير إلى نواة أصغر مطلقة من جراء ذلك إشعاعات مختلفة .

٩- ٥ عمر المادة المشعة :

يمكن لبعض العناصر عن طريق تفككها أن تتحول بسرعة إلى عناصر مشعة أو غير مشعة في حين يمكن لبعضها الآخر أن تستغرق وقتاً طويلاً ليتم ذلك التحول . وقد استعملت عبارة **نصف العمر** Half-life للدلالة على مدة بقاء المادة المشعة, وتعرف بأنها "المدة اللازمة لنصف المادة المشعة لكي تتحول إلى مادة أخرى", وتكون هذه الأخيرة إما مشعة أو غير مشعة. وتتراوح مدة نصف العمر للنظائر المشعة من أجزاء من الثانية إلى ملايين السنين . ومن الأمثلة على ذلك عمر النصف لـ $(_{90}T^{234} = 24d)$ $(_{83}Bi^{214} = 19.4min)$.

٩- ٦ نواتج تفكك النظائر المشعة الإشعاعية :

تتمثل نواتج التفكك النووي للنظائر المشعة في إشعاعات مختلفة تتكون بصورة رئيسية من : أشعة(جسيمات) ألفا , جسيمات بيتا , أشعة جاما , والنيوترونات .

٩- ٦- ١ أشعة ألفا Alpha :

هي عبارة عن أنوية ذرات الهليوم (٢ بروتون + ٢ نيوترون) , وبذلك فهي تحمل شحنتين موجبتين . وقدرتها على اختراق الأجسام ضعيفة , ولكنها ذات قدرة عالية على التأيين , وبالتالي فهي شديدة الضرر بالخلايا الحية عند وقوعها عليها , لذا تعد المواد التي تصدر عنها هذه الأشعة شديدة الضرر بالإنسان وغيره من الكائنات الحية إذا ما دخلت أجسامها .

٩- ٦- ٢ أشعة بيتا Beta :

وهي عبارة عن إلكترونات سالبة الشحنة أو موجبة الشحنة (تعرف بالبوزيترونات) سريعة جداً وصادرة من النواة . وقدرتها على النفاذ داخل الأنسجة الحية أكبر من قدرة أشعة ألفا إلا أن قدرتها على التأيين أقل .

٩- ٦- ٣ أشعة جاما Gamma :

وهي عبارة عن موجات كهرومغناطيسية صادرة من النواة ولها طاقة عالية تمكنها من تأيين الذرات إذا سقطت عليها. لها قدرة عالية جداً على الاختراق تفوق كل من أشعة ألفا وبيتا بكثير , وتنطلق بسرعة الضوء .

٩- ٦- ٤ النيترونات Neutrons :

وهي عبارة عن جسيما غير مشحونة كهربائياً , تنطلق من النوى الذرية . وتنتج داخل المفاعلات النووية عن انقسام نوى اليورانيوم , ويمكنها تأيين الذرات بصورة غير مباشرة .

٩- ٧ مصادر التلوث بالمواد المشعة :

يمكن تقسيم مصادر التلوث بالمواد المشعة إلى قسمين :

٩- ٧- ١ المصادر الطبيعية Natural Sources :

أ- الأشعة الكونية Cosmic Ray :

تصل إلى الأرض كمية معينة من الإشعاعات قادمة من الفضاء الخارجي ومن الشمس . وتحتوي هذه الأشعة على أنواع مختلفة من الإشعاعات المؤينة مثل البروتونات وأشعة ألفا أشعة جاما والنيترونات وجميعها تمتلك طاقات عالية ويطلق عليها الأشعة الكونية الأولية . وبالإضافة إلى تأثيرها المباشر فإنها تؤدي إلى إنتاج بعض المواد المشعة في الغلاف الجوي نتيجة تفاعلها مع مكونات هذا الغلاف . فمثلاً عند اختراقها الغلاف الجوي تتفاعل النيوترونات الكونية مع النيتروجين- ١٤ فيتكون الكربون- ١٤ وهو أحد النظائر المشعة للكربون ذي عمر نصف ٥٥٦٨ سنة وذلك طبقاً للتفاعل النووي التالي :

$$n + {}_7N^{14} \longrightarrow {}_6C^{14} + p$$

وينتشر الكربون- ١٤ المتكون في الغلاف الجوي حتى يصل إلى سطح الإرض فيدخل في تركيت جميع المواد الحية الموجودة على الأرض . وتعرف نتائج هذه التفاعلات التي تؤدي إلى تكون مثل هذه النظائر المشعة بالأشعة الكونية الثانوية .

وتعتمد الجرعة الأشعاعية المتلقاة من الأشعة الكونية الأولية على عوامل منها:

أ- الارتفاع والانخفاض عن مستوى سطح البحر: حيث تزداد الجرعة الإشعاعية مع الارتفاق عن سطح البحر .

ب- القرب والابتعاد عن خط الاستواء : حيث تزداد الجرعة الإشعاعية مع البعد عن خط الأستوى .

ب- الإشعاعات الصادرة من التربة Terresterial Radiation :

تحتوي القشرة الأرضية على العديد من العناصر المشعة مثل (اليورانيوم- ٢٣٨ , الثوريوم- ٢٣٤ , الراديوم- ٢٢٣ , البوتاسيوم- ٤٠ , الربيديوم- ٨٧) , حيث تحتوي القشرة الأرضية على ثلاث سلاسل إشعاعية طبيعية , الأولى تبدأ باليورانيوم- ٢٣٨ , والثانية تبدأ باليورانيوم- ٢٣٥ , والثالثة تبدأ بالثوريوم- ٢٣٢ . وفي كل سلسلة تضمحل النواة الأولية متحولة إلى نواة عنصر آخر بإطلاق إشعاعات جسيمية مثل (ألفا أو بيتا أو بوزيترونات) , ومن ثم تضمحل النواة الثانية إلى نواة ثالثة بنفس الطريقة وهاكذا إلى أن تنتهي هذه السلسلة بأحد النظائر المشعة للرصاص , حيث تنتهي السلسلة الأولى بالرصاص- ٢٠٦ والثانية بالرصاص ٢٠٧ والثالثة بالرصاص- ٢٠٨ .

كما أن التربة تحتوي على نظائر مشعة لا تنتمي لهذه السلاسل مثل البوتاسيوم- ٤٠ والربيديوم- ٨٧ و الكالسيوم- ٤٠ وغيرها . وجميع هذه النظائر تطلق إشعاعات وبشكل طبيعي يتعرض لها الكائنات الحية على سطح الأرض وفي داخلها كما هو الحال في المناجم .

ويختلف تركيز هذه العناصر في التربة باختلاف نوع التربة حيث يزداد تركيزها في الصخور الجرانيتية في حين يقل في الصخور الرملية .

ج- الإشعاعات الموجودة في جسم الإنسان :

يحتوي جسم الإنسان على كميات ضئيلة من النظائر المشعة مثل الكربون- ١٤ والبوتاسيوم- ٤٠ والهيدروجين- ٣ (التريتيوم) . هذا بالإضافة لبعض الغازات المشعة مثل الرادون- ٢٢٢ والثورون- ٢٢٠ وهما ينتجان من السلاسل الأشعاعية الطبيعية في التربة (اليورانيوم- ٢٣٨ والثوريوم- ٢٣٢ على الترتيب). وتدخل هذه النظائر المشعة إلى جسم الإنسان عن طريق الشرب والأكل والتنفس , حيث تسلك في الجسم مسلك النظائر الغير مشعة . وقد يكون مصدر تكونها الأشعة الكونية (Cosmogenic) مثل (B-7 , C-14) أو من التربة (Premordial) مثل (K-40 , Rb-87 , Po-114) .

٩- ٧- ٢ المصادر الصناعية (البشرية):

وتتمثل هذه المصادر فيما يلي :

أ- التطبيقات الطبية :

وهذه تشمل التطبيقات التشخيصية والعلاجية واستخدامها في التعقيم .

فقد حدث في السنوات الأخيرة تطور كبير في استخدام الإشعاعات والمصادر المشعة في الطب سواء في التشخيص أو العلاج . ويستخدم لهذه الأغراض أنواع مختلفة من المعجلات النووية كمصادر

الإشعاعات المختلفة مثل الإلكترونات وإشعاعات جاما والنيوترونات والأيونات الثقيلة , كما تستخدم النظائر المشعة مثل لكوبالت ٦٠ واليود المشع وغيرهما . كذلك انتشر استخدام الطرق النووية كالتحليل التنشيطي بالنيوترونات وغيره في إجراء العديد من التحاليل الطبية الدقيقة بغرض التشخيص السليم للمرض .

ومن الأمثلة على التعرض للإشعاع في التشخيص استخدام الأشعة السينية , حيث يتعرض الإنسان لجرعة إشعاعية معينة عند عمل صور تشخيصية بالأشعة السينية وتختلف الجرعة باختلاف العضو وتبلغ الجرعة الإشعاعية التي يحصل عليها الإنسان عند عمل صورة والحدة على الصدر حوالي ٢٠ ميلليرم . ومن ذلك استخدام المواد المشعة لأجراء بعض الفحوص مثل استخدام اليود لتشخيص أمراض الغدة الدرقية وغيرها .

كما تستخدم الإشعاعات والنظائر المشعة في علاج بعض الأمراض السرطانية أو في وقف نموها . وتستخدم الإشعاعات استخداما واسعا لتعقيم العديد من الأدوات والمعدات الطبية التي يصعب تعقيمها بالبخار أو الحرارة أو التي يمكن أن تتأثر نتيجة لتعقيمها بالغازات أو الكيماويات . وتستخدم لهذا الغرض إشعاعات جاما الصادرة من كوبالت ٦٠ . ولهذه العملية عدة مزايا منها :

١. قلة التكلفة مقارنة بالطرق الأخرى كالبخار أو الحرارة .
٢. إمكانية التعقيم للأدوات والمعدات بعد تغليفها مما يزيد في مدة الحفظ دون فقد التعقيم .
٣. لا تؤدي هذه الطريقة لرفع درجة حرارة المعدة أو الأداة مما يمكن من تعقيم جميع الأدوات والمواد الحساسة للحرارة مثل البلاستيك والمواد العضوية .
٤. إمكانية إجراء هذه العملية بطرق آلية بسيطة حيث يعتبر زمن التعرض هو العامل الوحيد في العملية .

ب- التطبيقات الزراعية والصناعية للإشعاع :

حيث تستخدم الإشعاعات والنظائر المشعة في وقتنا الحالي استخداما واسعا في مجالات الزراعة والصناعة لأغراض عديدة منها على سبيل المثال :

١. إنتاج محاصيل ذات مقاومة عالية للأمراض وللتقلبات الجوية .
٢. مقاومة الحشرات والآفات النباتية والحيوانية .
٣. تحديد كيفية امتصاص النباتات للأسمدة والكيماويات المخصبة .
٤. تقليل التلف الناتج عن تخزين المحاصيل .
٥. الكشف عن تسرب السوائل أو الغازات من خطوط الأنابيب .

٦. اختبار التلف والتآكل الداخلي في الأنابيب باستخدام التصوير بإشعاعات جاما .
٧. استخدام الإشعاعات في عمليات لحام وقطع المعادن السميكة .
٨. استخدام الإشعاعات في صناعات المطاط وفي لحامه .

ج- التفجيرات النووية وما يتبعها من تساقط الغبار المشع :

تجرى التفجيرات النووية في الجو أو تحت الأرض , وعندما تجرى التفجيرات النووية في الجو قريبا من سطح الأرض فإن قوة التفجير والارتفاع الكبير في درجة الحرارة الذي يصاحبها تلتقط جزئيا تراب الأرض والغبار العالق في الهواء , وتصهرها فتندمج مع العناصر المشعة التي يختلف عمر نصفها من عدة ثوان إلى آلاف السنين . ويتوقف سقوط الغبار النووي المتكون على حجم وثقل جزيئاته , فالجزيئات الكبيرة تسقط قي منطقة التفجير خلال عدة ساعات وتلوث التربة والنباتات والإنسان والحيوانات والماء وغيرها . أما الجزيئات الصغيرة من الغبار فتقع في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي ويمكن أن تنتقل مع تيارات الهواء إلى آلاف الكيلومترات وأخيرا تسقط على الأرض خلال أيام . أما الغبار النووي الدقيق فيبقى عالقاً قي الطبقات الوسطى والعليا من الغلاف الجوي وينتقل مع تيارات الهواء حول الكرة الأرضية إذ يمكن أن يبقى عدة سنوات في الهواء قبل أن يترسب , وتترسب منه كميات متفاوتة من وقت لآخر وهو ما يسمى بالتساقط النووي المتأخر .

د- المفاعلات النووية :

ويبرز الخطر من المفاعلات النووية من مرحلة إنتاج الوقود النووي وأثناء عمل المفاعل حيث يستخدم لتبريد عدد من المفاعلات كميات كبيرة من الماء وتلقى بعد ذلك في الأنهار أو البحار وقد تنقل معها مواد مشعة , كما أنه كثيرا ما يتسرب الماء إلى الوسط الخارجي نتيجة لأعطال دائرة التبريد متخرج المياه حاملة معها كميات كبيرة من المواد المشعة .

كما يشكل التخلص من النفايات بعد استخدام النظائر وكذلك من المفاعلات النووية مشكلة خطيرة . ومن الحلول المطبقة للتخلص منها وضعها في حفر بأعماق المحيطات بواسطة أوعية محكمة الإغلاق لا تسمح بنفاذ إلا قدر ضئيل جداً .

ه- حوادث التسرب الإشعاعي:

حيث سجل تاريخ استغلال الطاقة النووية ثلاثة حوادث كبيرة والعديد من الحوادث المحدودة . والحوادث الثلاثة الكبيرة هي حادث مفاعل ويند سكيل في المملكة المتحدة "بريطانيا" بتاريخ ١٩٥٧/١٠/٨ , وتسبب في إطلاق عشرين ألف كوري من اليود المشع ١٣١ إلى الجو , وسكب مليوني لتر من الحليب الملوث إشعاعياً في مياه الأنهار والبحار .

وحادث مفاعل ثري مايل آيلاند في الولايات المتحدة الأمريكية بتاريخ ١٩٧٩/٣/٢٨ ,والذي أدى إلى تعريض مليوني شخص في دائرة نصف قطرها ٨٠ كيلومتراً لمعدل جرعة قدرها ١٥ مايكرو سيفرت , حيث بلغت أعلى جرعة ٨٣٠ مايكرو سيفرت .

وحادث تشرنوبل في الاتحاد السوفيتي سابقاً بتاريخ ١٩٨٦/٤/٢٦ , والذي يقدر تسببه في إنطلاق ١٥- ٢٠ مليون كوري من اليود المشع ١٣١ , و ١- ٢ مليون كوري من السيزيوم المشع ١٣٧.

٩- ٨ الآثار الحيوية للإشعاعات المؤينة:

عند سقوط الإشعاعات على جسم الكائنات الحية تتأين بعض مكونات الخلايا وخاصة جزيئات الماء مما يؤدي إلى حدوث تغيرات كيميائية تؤدي بدورها إلى إحداث تغيير في تركيب الخلية ووظيفتها , وبالتالي إتلافها ويتم ذلك من خلال عدة مراحل هي :

١- المرحلة الفيزيائية :

وفيها تنتقل الطاقة من الإشعاع إلى جزيء الماء ويحدث التأين .

٢- المرحلة الفيزيوكيميائية:

حيث تتفاعل الأيونات الموجبة والإلكترونات السالبة مع جزيئات الماء الأخرى فينتج عن هذه التفاعلات عدة مركبات جديدة مثال ذلك :

- تحلل أيون الماء الموجب إلى هيدروجين وهيدروكسيد :

$$(H_2O)^+ \longrightarrow OH + H_2$$

- اتحاد الإلكترون مع جزيء ماء مكونا أمون ماء سالب :

$$H_2O + e \longrightarrow (H_2O)^-$$

- **تحلل أيون الماء السالب مكونا هيدروجين وأيون هيدروكسيد سالب :**

$$(H_2O)^- \longrightarrow (OH)^- + H$$

- اتحاد الهيدروكسيد مع بعضه البعض مكونا فوق أكسيد الهيدروجين :

$$OH + OH \longrightarrow H_2O_2$$

٣- المرحلة الكيميائية :

يتميز كل من الهيدروجين والهيدروكسيد بنشاطهما الكيميائي الشديد , كما يعتبر فوق أكسيد الهيدروجين عاملا مؤكسداً قوياً , وتتفاعل هذه المركبات الكيميائية المتكونة مع المركبات العضوية الأخرى في الخلية مثل الصبغيات (الكروموزومات) وتؤدي إلى تخريب تراكيبها.

٤- المرحلة الحيوية:

وفيها تظهر آثار التغيرات الكيميائية التي حدثت في الخلية ومنها موت الخلية أو منع أو إيقاف انقسامها أو زيادة معدل نموها وانقسامها أو حدوث تغيرات مستديمة في الخلية تنتقل وراثيا عند انقسام الخلية .

وتجدر الإشارة إلى أن أعضاء الجسم ليست متساوية الحساسية بالنسبة إلى الإشعاعات وأكثر الأعضاء حساسية هي الأعضاء المكونة للدم والجهاز الهضمي والجلد والغدد التناسلية .

امتحان ذاتي

السؤال الأول: ما المقصود بالنظائر المشعة ؟

السؤال الثاني: ما المقصود بعمر المادة المشعة ؟

السؤال الثالث: ما هي نواتج تفكك النظائر المشعة الإشعاعية ؟

السؤال الرابع: ما هي المصادر الطبيعية للتلوث بالإشعاع؟

السؤال الخامس: ما هي المصادر الصناعية للتلوث بالإشعاع ؟

إجابة الامتحان الذاتي

إجابة السؤال الأول :

تتركب جميع العنا صر الكيميائية من ذرات . ولكل ذرة عدد كتلي , وهو عبارة عن مجموع البروتونات والنيوترونات . وعدد ذري , وهو مجموع البروتونات فقط . وللعنصر الواحد العدد نفسه من البروتونات , إلا أن لها أعداداً مختلفة من النيوترونات . ذلك أن للعدد الذري للعنصر الواحد عدة نظائر – فنظائر عنصر ما هي ذرات لها نفس العدد من البروتونات , لكنها تختلف فيما بينها بعدد النيترونات , وبالتالي بعدد الكتلة , وتتشابه في الخواص الكيميائية وتختلف في الخواص الفيزيائية , مثل , ($_{92}U^{233}$, $_{92}U^{235}$, $_{92}U^{238}$) .

إجابة السؤال الثاني :

يمكن لبعض العناصر عن طريق تفككها أن تتحول بسرعة إلى عناصر مشعة أو غير مشعة ،في حين يمكن لبعضها الآخر أن تستغرق وقتاً طويلاً ليتم ذلك التحول . وقد استعملت عبارة **نصف العمر** Half-life للدلالة على مدة بقاء المادة المشعة , وتعرف بأنها "المدة اللازمة لنصف المادة المشعة لكي تتحول إلى مادة أخرى" , وتكون هذه الأخيرة إما مشعة أو غير مشعة . وتتراوح مدة نصف العمر للنظائر المشعة من أجزاء من الثانية إلى ملايين السنين . ومن الأمثلة على ذلك عمر النصف لـ $(_{83}Bi^{214} = 19.4min)$ $(_{90}T^{234} = 24d)$.

إجابة السؤال الثالث :

تتمثل نواتج التفكك النووي للنظائر المشعة في إشعاعات مختلفة تتكون بصورة رئيسية من : أشعة(جسيمات) ألفا , جسيمات بيتا , أشعة جاما , والنيوترونات .

أشعة ألفا Alpha :

هي عبارة عن أنوية ذرات الهليوم (٢ بروتون + ٢ نيوترون) , وبذلك فهي تحمل شحنتين موجبتين . وقدرتها على اختراق الأجسام ضعيفة , ولكنها ذات قدرة عالية على التأيين , وبالتالي فهي شديدة الضرر بالخلايا الحية عند وقوعها عليها , لذا تعد المواد التي تصدر عنها هذه الأشعة شديدة الضرر بالإنسان وغيره من الكائنات الحية إذا ما دخلت أجسامها .

أشعة بيتا Beta:

وهي عبارة عن إلكترونات سالبة الشحنة أو موجبة الشحنة (تعرف بالبوزيترونات) سريعة جداً وصادرة من النواة . وقدرتها على النفاذ داخل الأنسجة الحية أكبر من قدرة أشعة ألفا إلا أن قدرتها على التأيين أقل .

أشعة جاما Gamma :

وهي عبارة عن موجات كهرومغناطيسية صادرة من النواة ولها طاقة عالية تمكنها من تأيين الذرات إذا سقطت عليها. لها قدرة عالية جداً على الاختراق تفوق كل من أشعة ألفا وبيتا بكثير , وتنطلق بسرعة الضوء .

النيترونات Neutrons :

وهي عبارة عن جسيما غير مشحونة كهربائياً , تنطلق من النوى الذرية . وتنتج داخل المفاعلات النووية عن انقسام نوى اليورانيوم , ويمكنها تأيين الذرات بصورة غير مباشرة .

إجابة السؤال الرابع :

المصادر الطبيعية للتلوث بالإشعاع :

١- الأشعة الكونية Cosmic Ray.

٢- الأشعاعات الصادرة من التربة Terresterial Radiation .

٣- الاشعاعات الموجودة في جسم الإنسان .

إجابة السؤال الخامس:

المصادر الصناعية للتلوث بالإشعاع :

١- التطبيقات الطبية .

٢- التطبيقات الزراعية والصناعية للإشعاع .

٣- التفجيرات النووية وما يتبعها من تساقط الغبار المشع .

٤- المفاعلات النووية .

٥- حوادث التسرب الإشعاعي .

كيمياء التلوث

المخلفات الصلبة

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

أن يتعرف الطالب على مصادر النفايات الصلبة وطرق معالجتها .

الأهداف:

١- تعريف الطالب على مصادر المخالفات الصلبة .

٢- تعريف الطالب على طرق معالجة النفايات الصلبة .

الوقت المتوقع للدراسة:

ثلاث ساعات.

متطلبات الجدارة:

الإلمام بما سبق دراسته.

المخلفات الصلبة

١٠- ١ مقدمة :

لقد أدى ازدياد عدد السكن, وارتفاع مستوى المعيشة, والتقدم الصناعي والزراعي, وعدم اتباع الطرق الملائمة في جمع ونقل ومعالجة النفايات الصلبة, إلى زيادة كمية النفايات بشكل هائل وبالتالي تلوث عناصر البيئة كالتربة والماء والهواء واستنزاف المصادر الطبيعية في مناطق كثيرة من العالم.

وللحد من مشكلة النفايات الصلبة , وإدارتها إدارة سليمة , لا بد من تحقيق الأهداف التالية :

١- إعادة الاستفادة من القسم الأكبر من النفايات Recycling مثل إعادة الاستفادة من الورق , والزجاج , والبلاستك , والمعادن وغيرها , وذلك للحد من التلوث واستنزاف مصادر الثروة .

٢- تقليل حجم أو كمية النفايات عن طريق تصنيع السلع التي تخدم لفترة طويلة من الزمن قبل تلفها وتحولها إلى نفايات .

٣- سن قوانين بيئية تجبر كل شركة أو مصنع بتحمل التكلفة كاملة في جمع ونقل ومعالجة النفايات الأمر الذي يشجع هذه الشركات على إعادة الاستفادة من النفايات والحد من كمياتها .

٤- رفع كفاءة عمليات الجمع والنقل والخزن المؤقت للنفايات الصلبة .

٥- ربط جميع الأحياء السكنية والصناعية المنظمة بعملية جمع ونقل النفايات الصلبة منع امتداد التجمعات السكانية خارج حدود البلديات لتخفيف كلفة جمع تلك النفايات .

٦- توعية المواطن بضرورة التقيد بتعليمات المسؤولين عن إدارة النفايات لما يعود علية بالمنفعة .

٧- استعمال الطرق الحديثة والمناسبة في معالجة النفايات الصلبة .

٨- تحديد المواضع المناسبة لمعالجة النفايات الصلبة .

١٠- ٢ مصادر النفايات الصلبة Sources of Solid Waste :

من المهم جداً معرفة كمية ونوعية المخلفات الناتجة عن منطقة أو مدينة معينة وذلك لتخطيط عملية الجمع والنقل واختيار طريق المعالجة بكفاءة . ومن المعلوم أن نوعية وكمية النفايات الصلبة تختلف من موسم إلى آخر , ومن بلد إلى آخر وحتى من حي إلى آخر في المدينة . ويعود هذا لأسباب عديدة من أهمها : الوضع الاقتصادي والكثافة السكانية . وفيما يلي نستعرض أهم مصادر المخلفات الصلبة :

١٠- ٢- ١ النفايات الصلبة المنزلية Domestic Solid Waste :

يقصد بالنفايات الصلبة المنزلية المخلفات الناجمة عن المنازل والمطاعم والفنادق وغيرها . وهذه النفايات عبارة عن مواد معروفة مثل فضلات الطعام , الورق , والزجاج , والبلاستيك وغيرها . ويضاف للنفايات الصلبة المنزلية النفايات الصلبة الصناعية والتي تكون مكوناتها مشبهة لمكونات النفايات

الصلبة المنزلية ويمكن جمعها ونقلها ومعالجتها مع النفايات الصلبة المنزلية دون أن تشكل خطراً على الصحة والسلامة العالمة . وعموماً لا تشكل النفايات الصلبة المنزلية مشاكل عملية إذ يمكن جمعها ونقلها ومعالجتها بكفاءة عالية جداً , ودون إحداث أضرار بالصحة والسلامة العامة . هذا ويجب التخلص من النفايات الصلبة المنزلية بسرعة وذلك لوجود مواد عضوية تتعفن بسرعة , وتتصاعد منها روائح كريهة , وتسبب تكاثر الحشرات والقوارض . ويبين الجدول ١٠- ١ كمية النفايات الصلبة المجموعة في مدينة الرياض للأعوام ١٩٧٩ وحتى ١٩٨٣ وكذلك عدد السكان التقديري ومعدل النفايات للفرد الواحد .

جدول ١٠- ١ النفايات المجموعة في مدينة الرياض

السنة	الكمية (كيلو جرام)	عدد السكان	معدل النفايات للفرد (كيلو جرام/الفرد/اليوم)
١٩٧٩	١٣٠٠٣٩١٤١٧	٨٣٣٠٠٠	٤,٣
١٩٨٠	١٧٩٦٥٣٠٩٥٦	٩١٤٠٠٠	٥,٤
١٩٨١	٢٦٥٦٠٠٠٠٠٠	١٠٠٣٠٠٠	١٠,٠
١٩٨٢	٥٠٣٢٠٠٠٠٠٠	١٢٥٠٠٠٠	١١,٠
١٩٨٣	٦٤٠٨٠٠٠٠٠٠	١٤٠٠٠٠٠	١٢,٧

١٠- ٢- ٢ النفايات الصلبة الصناعية Industrial Solid Waste :

تتعدد الأنشطة الصناعية في الدول , وينتج عنها مخلفات وفضلات مثل النفايات الصلبة الصناعية والمياه العادمة والملوثات الغازية والملوثات الإشعاعية والملوثات الحرارية والضجيج. وتختلف نوعية وكمية النفايات الصلبة الصناعية باختلاف نوعية الصناعة وطريقة الإنتاج . ولقد تعرضت البيئة للعديد من الكوارث الناتجة عن عدم التخلص السليم للنفايات الصناعية وبالتالي تلوث البيئة وتعرض صحة وسلامة الإنسان للخطر . وفيما يلي نستعرض أهم الأسباب التي أدت إلى مثل هذه الكوارث :

١- سرعة التطور الصناعي والتي لم يواكبها بنفس السرعة تطوير الطرائق السليمة للتخلص من النفايات الصناعية .

٢- عدم معرفة أهمية معالجة النفايات الصناعية الخطرة للحد من خطورتها قبل التخلص منها .

٣- قلة الوعي والمسؤولية لدى أرباب الصناعات الذي يجعلها تتخلص من النفايات الصناعية بطرق غير سليمة .

٤- فصل كميات كبيرة من المواد الصلبة من المياه العادمة والغازات العادمة وعدم التخلص بعد ذلك من هذه المواد بالطرق المناسبة .

وبمقارنة النفايات الصلبة المنزلية مع النفايات الصلبة الصناعية نجد أن نوعية النفايات المنزلية معروفة عي حين تختلف النفايات الصناعية حسب نوعية الصناعة وطريقة الإنتاج الصناعي المتبعة . وينتج عن بعض الصناعات نفايات صلبة خطيرة على صحة وسلامة الإنسان والبيئة . لذلك لا بد من جمعها ونقلها ومعالجتها منفصلة عن النفايات الأخرى وبطرائق خاصة غير تلك المتبعة في جمع ونقل ومعالجة النفايات الصلبة المنزلية . وهناك عدة تصنيفات للنفايات الصلبة السامة والخطيرة ومن أبرزها التصنيف التالي :

- الصنف الأول مواد متفجرة .
- الصنف الثاني مواد مساعدة على الاشتعال .
- الصنف الثالث مواد سريعة الاشتعال .
- الصنف الرابع مواد سامة .
- الصنف الخامس مواد حمضية وقاعدية .
- الصنف السادس مواد مشعة .

١٠- ٢- ٣ النفايات الصلبة الزراعية Agricultural Solid Waste :

يقصد بالنفايات الصلبة الزراعية جميع النفايات أو المخلفات الناتجة عن كافة الأنشطة الزراعية النباتية والحيوانية ونفايات المسالخ . ومن أهم هذه النفايات إفرازات الحيوانات , وجيف الحيوانات , وبقايا الأعلاف , ومخلفات حصاد النبات . وتختلف كمية ونوعية النفايات الزراعية حسب نوعية الزراعة والطريقة المتبعة في الإنتاج الزراعي . وعموماً لا تشكل هذه النفايات الزراعية مشكلة بيئية إذا ما أعيدت إلى دورتها الطبيعية , مثل استعمال إفرازات الحيوانات في تسميد التربة الزراعية نظراً لاحتوائها على تراكيز جيدة من المغذيات النباتية .

١٠- ٢- ٤ النفايات الناتجة عن التعدين Mining Waste :

يقصد بنفايات التعدين الأتربة الناتجة عن حفريات المناجم فوق سطح القشرة الأرضية أو داخلها , وتعتمد خطورتها على نوعية المواد الموجودة في هذه الأتربة . وفي حال وجود مواد سامة في أتربة المناجم (وخصوصاً في حال عدم اتخاذ الإجراءات المناسبة لمنع انتقالها) فإن ذلك يؤدي إلى تلوث مصادر المياه

والتربة والسلاسل الغذائية . وغالباً ما تكون كمية هذه الأتربة كبيرة جداً لدرجة تفرض تجميعها بانحدارات بسيطة تضمن عدم انهيارها أو نقل موادها بواسطة مياه الأمطار والرياح . كذلك يراعى زراعتها بالنباتات لتثبيت التربة واعطاء المنطقة المنظر الجميل.

١٠- ٢- ٥ النفايات الناجمة عن معالجة المياه العادمة (الحمأة) Sludge :

يقصد بالحمأة المواد الصلبة العضوية وغير العضوية الممزوجة بنسب عالية من المياه تنتج عن معالجة المياه العادمة في محطات التنقية . وتزداد كمية وأهمية الحمأة عالمياً يوماً بعد يوم بسبب انتشار محطات معالجة المياه العادمة للحد من تلوث مصادر المياه وإمكانيات الاستفادة منها في زيادة الإنتاج الزراعي مثلاً . ونظراً لأهمية الحمأة من حيث إعادة الاستفادة أو طرق التخلص منها لا بد من التمييز بين الحمأة الناتجة عن المياه العادمة المنزلية والتي تمتاز باحتوائها على جراثيم وفيروسات وطفيليات مسببة للأمراض ونسبة عالية من المواد العضوية , والحمأة الناتجة عن المياه الصناعية والتي تحتوي على مواد سامة تختلف نوعيتها حسب نوعية الصناعة الناتجة عنها . وعموماً تتوقف كمية ونوعية الحمأة على درجة كفاءة محطة التنقية ونوعية المياه العادمة ودرجة تركيز الملوثات في المياه العادمة .

١٠- ٢- ٦ نفايات الإنشاءات والبناء Building and Demolition Wastes :

وهي عبارة عن نفايات خاملة لا تسبب خطراً على صحة وسلامة الإنسان , وتنتج عن عمليات هدم وبناء المنشآت . ونظراً لعدم احتوائها على مواد ضارة في ا لبيئة يمكن استعمالها في عمليات الردم المختلفة , وفتح الطرق العامة , وتسوية المنحدرات على جوانب الطرق وغيرها .

١٠- ٣ معالجة النفايات الصلبة Solid Waste Treatment :

إن تجمع النفايات الصلبة في أي مكان وبشكل مستمر لفترة طويلة يجعل منها بؤرة لنمو الحشرات والقوارض ومصدراً للتلوث جد خطير إلى جانب ما تسببه من مضايقات للقاطنين بجوارها وأمراض كثيرة . لذا فإن الهدف من عملية التخلص من النفايات الصلبة تتمحور حول إنقاص حجم هذه النفايات , إنقاص وزنها , إمكانية الاستفادة منها و التخلص السليم منها . وتشكل طرق التخلص من النفايات الصلبة ما يلي :

١٠- ٣- ١ الطمر الصحي Sanitary landfill :

حيث تحفر في الأرض حفرة يعتمد عمقها وسعتها على طبيعة المنطقة وكمية النفايات المتوقعة . وفي بعض الأحيان تستعمل مقالع الحجر المهجورة لطمر النفايات إذا توافرت فيها الشروط الصحية والبيئية المطلوبة بحيث توفر تلك المقالع تكاليف الحفريات . وبعد تجهيز الحفرة يتم عزلها عن المياه الجوفية بطبقة عازلة من الأسمنت أو معادن الطين , أو بنوع خاص من البلاستيك لحماية المياه الجوفية من التلوث .

كما تجهز القاعدة بشبكة صرف للمياه الناتجة عن مياه الأمطار وعمليات تحلل المواد العضوية الموجودة في النفايات .

ومن أهم الشروط التي يجب توافرها عند اختيار موقع طمر النفايات ما يلي :

١- أن تكون بعيدة عن المصادر المائية الجوفية والسطحية لضمان عدم تسرب الملوثات إلى المصادر المائية .

٢- أن تكون بعيدة عن التجمعات السكانية الحالية والمخطط لها في المستقبل .

٣- أن تكون كمية التساقط (أمطار , ثلوج) قليلة في المنطقة .

٤- الأخذ بعين الاعتبار اتجاه الرياح السائدة في المنطقة .

ومن أهم المزايا الإيجابية لهذه الطريقة ما يلي :

١- قلة التكلفة الاقتصادية .

٢- إمكانية استيعاب كميات هائلة من النفايات الصلبة .

٣- سهولة تطبيق هذه الطريقة نظراً لأنها لا تحتاج إلى تقنية عالية .

٤- إمكانية الاستفادة من غاز الميثان الناتج في موقع الطمر الصحي .

١٠- ٣- ٢ حرق النفايات الصلبة Incineration **:**

وهو عبارة عن إضرام النار في الفضلات ولكن تحت شروط معينة ومضبوطة ولكي يتم الاحتراق بشكل جيد لا بد وأن تتوفر فيه ثلاث عوامل هي :

أ- درجة الحرارة Temperature.

ب- الوقت Time.

ج- الهيجان Turbulence.

وقد هدفت عملية حرق النفايات في بادئ الأمر إلى تقليل حجم النفايات والتخلص من الأوبئة . وتحاول محطات حرق النفايات في الوقت الحاضر لتحقيق ثلاثة أهداف أخرى وبكفاءة عالية وهي :

١- تقليل حجم النفايات إلى أقل قدر ممكن , حيث يتبقى بعد حرق النفايات نسبة تقدر بـ ٨- ١٥ ٪ من الحجم الأصلي غير قابلة للحرق , ويتم التخلص منها باستخدام أسلوب الطمر الصحي .

٢- تقليل حجم الملوثات الهوائية إلى أقل قدر ممكن عن طريق تركيب المصافي اللازمة .

٣- تحويل الطاقة الحرارية الكامنة في النفايات إلى طاقة يستفاد منها في مختلف المجالات .

وتعتبر طريقة حرق النفايات من أكثر الطرق تكلفة من حيث البناء والتشغيل والصيانة , ولكنها في نفس الوقت طريقة صحية إذ أنها تقضي على الحشرات والقوا رض والجراثيم المسببة الأمراض , بالإضافة إلى أنها الطريقة الوحيدة للتخلص من بعض أنواع النفايات الخطيرة .

١٠- ٢- ٣ طرح النفايات الصلبة في البحار و المحيطات Sea and Ocean Dumping :

حيث تقوم بعض الدول الواقعة على البحار والأنهار الكبيرة بإلقاء النفايات الصلبة في هذه المصادر المائية مما يسبب إخلالاً كبيراً في البيئة المائية وإفسادا للحياة في ذلك القطاع الحيوي ولذا فإن هذه الطريقة غير سليمة وغير مقبولة .

١٠- ٣- ٤ إعادة الاستفادة من النفايات Recycling :

بالإضافة إلى الطرق الآنفة الذكر لمعالجة النفايات والتخلص منها , توجد طرائق حديثة لمعالجة النفايات وهي إعادة الاستفادة من المواد الموجودة في النفايات الصلبة والسائلة . وفيما يلي أبرز فوائد هذه الطريقة :

أ- الحد من استنزاف المصادر الطبيعية .
ب- الحد من استهلاك الطاقة
ج- تقليل كمية النفايات الصلبة التي يجب التخلص منها .
د- الحد من التلوث البيئي .

امتحان ذاتي

السؤال الأول : ما هي مصادر النفايات الصلبة ؟

السؤال الثاني : ما هي طرق معالجة النفايات الصلبة ؟

السؤال الثالث : ما هي الشروط التي يجب توافرها عند اختيار موقع طمر النفايات ؟

إجابة الامتحان الذاتي

إجابة السؤال الأول :

مصادر النفايات الصلبة :

١- النفايات الصلبة المنزلية Domestic Solid Waste.

٢- النفايات الصلبة الصناعية Industrial Solid Waste.

٣- النفايات الصلبة الزراعية Agricultural Solid Waste.

٤- النفايات الناتجة عن التعدين Mining Waste.

٥- النفايات الناجمة عن معالجة المياه العادمة (الحمأة) Sludge.

٦- نفايات الإنشاءات والبناء Building and Demolition Wastes.

إجابة السؤال الثاني :

طرق معالجة النفايات الصلبة :

١- الطمر الصحي Sanitary landfill.

٢- حرق النفايات الصلبة Incineration.

٣- طرح النفايات الصلبة في البحار و المحيطات Sea and Ocean Dumping.

٤- إعادة الاستفادة من النفايات Recycling.

إجابة السؤال الثالث :

الشروط التي يجب توافرها عند اختيار موقع طمر النفايات :

١- أن تكون بعيدة عن المصادر المائية الجوفية والسطحية لضمان عدم تسرب الملوثات إلى المصادر المائية .

٢- أن تكون بعيدة عن التجمعات السكانية الحالية والمخطط لها في المستقبل .

٣- أن تكون كمية التساقط (أمطار , ثلوج) قليلة في المنطقة .

٤- الأخذ بعين الاعتبار اتجاه الرياح السائدة في المنطقة .

كيمياء التلوث

مراقبة البيئة

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

أن يتعرف الطالب على المفهوم الأساسي لمراقبة البيئة .

الأهداف:

١- تعريف الطالب على المبداء الأساسي لمراقبة البيئية .

٢- تعريف الطالب على طرق مراقبة البيئة .

٣- تعريف الطالب على المراقبات البيئية الحيوية وشروط الجيد منها .

الوقت المتوقع للدراسة:

ساعتان.

متطلبات الجدارة:

الإلمام بما سبق دراسته.

مراقبة البيئة

يتمثل المبدأ الأساسي لمراقبة البيئة في اخذ عينة من مادة تمثل جزءاً متمما و مكملا للبيئة مثل الهواء , التربة , الماء و الإنسان ... و من ثم تحليلها للحصول على معلومات عن مستويات ملوثات محدده في العينة ذاتها و التي بدورها تعطي مؤشرا و دلالة على مستويات هذه الملوثات في البيئة ككل و في مواد غير تلك التي تم تحليلها .

و مراقبة البيئة يمكن أن تتم بإحدى طريقتين :

أولا : ضمن خطة قصيرة أمد Short term survey

و هذه الطريقة تستخدم لتقدير مستوى ملوث محدد موجود في وقت الدراسة و الذي يمكن أن يعطي مؤشرا عاما لمستواه في البيئة .

ثانيا : ضمن خطة طويلة الأمد "مستمرة" Long term (Continuous) survey

و هذه الطريقة تعطي صورة مستمرة لمستوى الملوث المدروس مع تغير الزمن و من فوائدها :

١- أنه يمكن معرفة العلاقة بين الملوثات و آثارها الصحية .
٢- أنه يمكن التعرف على أي تغير في مستوى الملوث مع الزمن .
٣- أنه يمكن من معرفة آثار تطبيق اللوائح و الأنظمة .

و عند مراقبة البيئة فإن هناك العديد من المواد التي يمكن استخدامها و التي يمكن تصنيفها ضمن مجموعتين رئيسيتين هما :

الأولى: جمع العينات من البيئة باستخدام أدوات و أجهزة من خارج البيئة ذاتها. و هذه تحتاج لأجهزة بمواصفات معينة (High technology samplers)

(مثال على ذلك : جمع الأيروسولات عن طريق الفلتره , حيث تعتبر الأيروسولات معقدة التركيب الكيميائي و الخصائص الفيزيائية . و تعتمد هذه العملية على الفلتر المستخدم , حجم الجسيمات , الزمن .... إلخ) .

و تعطي هذه الطريقة نتائج جيده لكن لها عيوب منها :

١- ارتفاع التكلفة المادية .
٢- الحاجة لمتخصصين ذوي خبرة .

٣- الحاجة لأجهزه خاصة .

٤- الحاجة لمصدر كهربي .

٥- الحاجة لمراقبة الأجهزة في الحقل لمنع السرقة و الاعتداء .

٦- لا يمكن استخدامها لإجراء الدراسات المسحية (لتغطية مساحات كبيرة)

ثانيا : جمع عينات تشكل جزء من البيئة ذاتها (Low technology monitors)

و هذه الطريقة لا توجد بها العيوب السابقة الذكر.

و مما يستخدم في هذا المجال: المراقبات الحيوية The biological monitors

و هنا يجب التفريق بين :

أ- المراقب البيئي الحيوي The environmental biological monitor

ب- المؤشر البيئي الحيوي The environmental biological indicator

حيث الأول : يعكس و يدل على مستوى الملوث في بيئته بمقدار ما يحتويه منه .

أما الثاني : فيعكس و يدل على مستوى الملوث بمقدار تأثره بوجوده في بيئته .

أي أن الأول كمي و كيفي بينما الثاني كيفي فقط يدل على الوجود .

و من المراقبات البيئية الحيوية:

النباتات الراقية – النباتات الأولية – الحيوانات – الطيور – الإنسان

و من شروط المراقب البيئي الحيوي الجيد ما يلي :

١- التوفر بشكل منتشر في البيئة تحت الدراسة "التوفر المكاني".

٢- التوفر طوال أيام السنه و فصولها " التوفر الزماني ".

٣- سهولة أخذ العينة .

٤- تناسب محتواه من الملوث المدروس مع مستواه في بيئته .

١- النباتات الراقية كمراقب بيئي حيوي :

حيث يستخدم العديد من النباتات الراقية التي تنمو على جوانب الطرقات أو في ميادين المدن لمعرفة كمية التلوث الهوائي . وهناك العديد من أجزاء النباتات التي يمكن استخدامها لمراقبة بيئته منها :

١- الأوراق The leaves

٢- السيقان The trunks

٣- حلقات السيقان The tree rings

٤- لحاء الأشجار The barks

و من أمثلة النباتات الراقية المستخدمة كل من :

١- نبات ألد فله The Nerium oleander

٢- نبات نخيل التمر The Phoenix dactylifera

٢- النباتات الأولية كمراقب بيئي حيوي:

ونظراً لعدم امتلاك هذه النباتات للنظام الجذري فإنها تحصل على جميع غذائها من الهواء المحيط بها في البيئة عن طريق التساقط للأمطار أو الغبار أو التصادم بأجزاء هذه النباتات وبالتالي فإنها تمتاز على النباتات الراقية بجودتها وقدرتها على عكس الصورة الأقرب لواقع البيئة حولها بما تحتويه من ملوثات. و من أشهر هذا النوع من النباتات استخداماً لمراقبة البيئة كل من : نباتي الموس Mosses و اللآيكن Lichens .

و هما قد يستخدمان بشكل مباشر عن طريق جمعهم من البيئة المراد دراستها Indigenous.

ويعاب على هذه الطريقة عدم المعرفة لفترة تعرض هذه النباتات للملوثات المدروسة .

وفي حال أهمية معرفة فترة التعرض هذه فإنه يعاد إنبات هذه النباتات في البيئة المراد دراستها ومراقبتها كما هو الحال فيما يعرف بـ Moss Bags .

امتحان ذاتي

السؤال الأول : ما هو المبداء الأساسي لمراقبة البيئة ؟

السؤال الثاني : ما هي فوائد مراقبة البيئة ضمن خطة طويلة أمد ؟

السؤال الثالث : ما هي عيوب استخدام أدوات وأجهزة من خارج البيئة ذاتها لجمع العينات منها ؟

السؤال الرابع : ما هي شروط المراقب البيئي الحيوي الجيد ؟

إجابة الامتحان الذاتي

إجابة السؤال الأول :

يتمثل المبدأ الأساسي لمراقبة البيئة في اخذ عينة من مادة تمثل جزءاً متمما و مكملا للبيئة مثل الهواء , التربة , الماء و الإنسان ... و من ثم تحليلها للحصول على معلومات عن مستويات ملوثات محدده في العينة ذاتها و التي بدورها تعطي مؤشرا و دلالة على مستويات هذه الملوثات في البيئة ككل و في مواد غير تلك التي تم تحليلها .

إجابة لسؤال الثاني :

من فوائد مراقبة البيئة ضمن خطة طويلة أمد :

١- أنه يمكن معرفة العلاقة بين الملوثات و آثارها الصحية .
٢- أنه يمكن التعرف على أي تغير في مستوى الملوث مع الزمن .
٣- أنه يمكن من معرفة آثار تطبيق اللوائح و الأنظمة .

إجابة السؤال الثالث :

من عيوب استخدام أدوات وأجهزة من خارج البيئة ذاتها لجمع العينات منها :

١- ارتفاع التكلفة المادية .
٢- الحاجة لمتخصصين ذوي خبره .
٣- الحاجة لأجهزه خاصة .
٤- الحاجة لمصدر كهربي .
٥- الحاجة لمراقبة الأجهزة في الحقل لمنع السرقة و الاعتداء .
٦- لا يمكن استخدامها لإجراء الدراسات المسحية (لتغطية مساحات كبيرة) .

إجابة السؤال الرابع :

من شروط المراقب البيئي الحيوي الجيد :

١- التوفر بشكل منتشر في البيئة تحت الدراسة "التوفر المكاني".
٢- التوفر طوال أيام ألسنه و فصولها " التوفر الزماني ".
٣- سهولة أخذ العينة .
٤- تناسب محتواه من الملوث المدروس مع مستواه في بيئته.

المراجع

١- المدخل إلى العلوم البيئية . سامح غرايبة و يحيى الفرحان , دار الشروق للنشر والتوزيع , عمان – الأردن . ١٩٨٧ .

٢- التلوث وحماية البيئة . محمد عبدو العودات و عبدالله بن يحيى باصهي . عمادة شؤون المكتبات , جامعة الملك سعود , مطابع جامعة الملك سعود , ١٤١٣ .

٣- تلوث الهواء . سليمان محمد العقيلي و بشير محمود جرار . مكتب التربية العربي لدول الخليج , الرياض ١٤١١ هـ .

٤- التلوث الجوي . علي حسن موسى . دار الفكر المعاصر , بيروت – لبنان و دار الفكر , دمشق – سورية . ١٤١٠ هـ .

٥- تلوث الهواء . مصادره- أخطاره- علاجه . فهمي حين أمين , دار العلوم للطباعة والنشر , ١٤٠٥ هـ .

٦- التلوث المائي . خالد محمود بنات و أحمد عبد القادر باحفظ الله . مكتبة دار المطبوعات الحديثة , جدة . ١٤١٢ هـ .

٧- تلوث المياه . نوري بن طاهر الطيب و بشير بن محمود جرار . مؤسسة اليمامة الصحفية , ١٤١٦ هـ .

٨- كيمياء البيئة . إبراهيم زامل الزامل و محمد عثمان كرار . دار الخريجي للنشر والتوزيع – الرياض , ١٤٢٢ هـ .

٩- علوم تلوث البيئة . حسن بن محمد السويدان , دار الخريجي للنشر وا لتوزيع , ١٩٩٧ م .

١٠- الملوثات الكيميائية والبيئة . زيدان هندى عبد الحميد و محمد إبراهيم عبد المجيد . الدار العربية للنشر والتوزيع , ١٩٩٦ م .

١١- التلوث وحماية البيئة . محمد عبدو العودات و عبدالله بن يحيى باصهي . عمادة شؤون المكتبات , جامعة الملك سعود , مطابع جامعة الملك سعود , ١٤١٣ .

١٢- أسس الفيزياء الإشعاعية . محمد فاروق أحمد و أحمد محمد السريع . مطابع جامعة الملك سعود , ١٤٠٩ هـ .

١٣- التلوث المعضلة والحل . أبوبكر صديق سالم و نبيل محمود عبدالمنعم . الطبعة الثانية مزيدة ومصححة , ١٤١٤ هـ .

المحتويات

الموضوع	الصفحة
المقدمة	
الوحدة الأولى :البيئة والتلوث	
١-١ البيئة	٢
١-٢ النظام البيئي	٦
١-٣ اتزان النظام البيئي	٧
١-٤ مفهوم التلوث	٨
١-٥ تصنيف الملوثات	٩
امتحان ذاتي	١٣
إجابة امتحان ذاتي	١٤
الوحد الثانية : الغلاف الجوي	
طبقة الغلاف السفلي (التربوسفير)	١٧
طبقة الغلاف الزمهريري	١٧
طبقة الغلاف المتوسط	١٨
طبقة الغلاف الحراري	١٨
طبقة الغلاف الخارجي	١٨
الهواء والتلوث	١٨
امتحان ذاتي	٢١
إجابة امتحان ذاتي	٢٢
الوحدة الثالثة : تلوث الهواء	
٣-١ مصادر التلوث الهوائي	٢٥
أولاً : مصادر طبيعية	٢٦
ثانياً : مصادر بشرية	٢٦
٣-٢ ملوثات الهواء	٢٧
أولاً : الملوثات الغازية	٢٨
ثانياً : تلوث الهواء بالجسيمات	٣٨

ثالثاً : ملوثات الهواء الثانوية ٤٣
امتحان ذاتي ٤٦
إجابة امتحان ذاتي ٤٧

الوحدة الرابعة : كثافة الملوثات الجوية و تأثيرها على درجة الحرارة

أولا : العوامل المحددة لكثافة الملوثات الجوية ٥٢
ثانياً : تأثير الملوثات على درجة حرارة الأرض ٥٤
امتحان ذاتي ٥٦
إجابة امتحان ذاتي ٥٧

الوحدة الخامسة : التحكم في تلوث الهواء

أولا : اتباع الطرق الوقائية ٥٩
ثانياً : التغيير من صفات الملوثات قبل انبعاثها ٦٠
ثالثاً : اتباع القواعد الفنية ٦٠
امتحان ذاتي ٦٣
إجابة امتحان ذاتي ٦٤

الوحدة السادسة : تلوث الماء

٦-١ مقدمة ٦٦
٦-٢ تلوث الماء ٦٧
٦-٣ مصادر ملوثات الماء ٦٧
٦-٤ معالجة مياه ا لصرف ٧١
امتحان ذاتي ٧٧
إجابة امتحان ذاتي ٧٨

الوحدة السابعة : تلوث التربة

7- ١ مقدمة : ٨١
٧- ٢ التركيب الطبيعي للتربة ٨١
٧- ٣ مصادر تلوث التربة ٨٣
٧- ٣- ١ التلوث الطبيعي ٨٣
٧- ٣- ٢ الملوثات البشرية (الصناعية) ٨٤

٧- ٤ التحكم في تلوث التربة ٨٧
امتحان ذاتي ٨٨
اجابة امتحان ذاتي ٨٩

الوحدة الثامنة: التلوث الضوضائي

٨- ١ مقدمة ٩٢
٨- ٢ قياس شدة الصوت ٩٢
٨- ٣ مصادر الضوضاء ٩٤
٨- ٤ الآثار التي تسببها الضوضاء ٩٥
٨- ٥ التحكم في الضوضاء ٩٦
امتحان ذاتي ٩٨
إجابة امتحان ذاتي ٩٩

الوحدة التاسعة: الملوثات الإشعاعية

٩- ١ مقدمة ١٠٢
٩- ٢ تصنيف الأشعة ١٠٢
٩- ٣ النظائر المشعة ١٠٣
٩- ٤ ظاهرة النشاط الإشعاعي ١٠٤
٩- ٥ عمر المادة المشعة ١٠٤
٩- ٦ نواتج تفكك النظائر المشعة الإشعاعية ١٠٤
٩- ٦- ١ أشعة ألفا Alpha ١٠٤
٩- ٦- ٢ أشعة بيتا Beta ١٠٥
٩- ٦- ٣ أشعة جاما Gamma ١٠٥
٩- ٦- ٤ النيترونات Neutrons ١٠٥
٩- ٧ مصادر التلوث بالمواد المشعة ١٠٥
٩- ٧- ١ المصادر الطبيعية Natural Sources ١٠٥
٩- ٧- ٢ المصادر الصناعية (البشرية) ١٠٦
٩- ٨ الآثار الحيوية للإشعاعات المؤينة ١٠٩
امتحان ذاتي ١١١

إجابة امتحان ذاتي ١١٢

الوحدة العاشرة: المخلفات الصلبة

١٠- ١ مقدمة ١١٥
١٠- ٢ مصادر النفايات الصلبة ١١٥
١٠- ٢- ١ النفايات الصلبة المنزلية ١١٥
١٠- ٢- ٢ النفايات الصلبة الصناعية ١١٧
١٠- ٢- ٣ النفايات الصلبة الزراعية ١١٧
١٠- ٢- ٤ النفايات الناتجة عن التعدين ١١٨
١٠- ٢- ٥ النفايات الناجمة عن معالجة المياه العادمة (الحمأة ١١٨
١٠- ٢- ٦ نفايات الإنشاءات والبناء ١١٩
١٠- ٣ معالجة النفايات الصلبة ١١٩
١٠- ٣- ١ الطمر الصحي ١١٩
١٠- ٣- ٢ حرق النفايات الصلبة ١١٩
١٠- ٢- ٣ طرح النفايات الصلبة في البحار و المحيطات ١٢٠
١٠- ٣- ٤ إعادة الاستفادة من النفايات ١٢٠
امتحان ذاتي ١٢١
إجابة امتحان ذاتي ١٢٢

الوحدة الحادية عشر: مراقبة البئية

أولا :ضمن خطة قصيرةأمد ١٢٤
ثانيا :ضمن خطة طويلة الأمد مستمرة ١٢٤
النباتات الراقية كمراقب بيئي حيوي ١٢٥
النباتات الاولية كمراقب بيئي حيوي ١٢٦
امتحان ذاتي ١٢٧
إجابة امتحان ذاتي ١٢٨
المراجع ١٢٩

تقدر المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني الدعم

المالي المقدم من شركة بي آيه إي سيستمز (العمليات) المحدودة

GOTEVOT appreciates the financial support provided by BAE SYSTEMS