المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تخصص حماية البيئة

علم البيئة

١٥٢ حما

طبعة ١٤٢٩ هـ

مقدمة

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

تسعى المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني 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 للتدريب التقني والمهني 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 " **علم البيئة** " لمتدربي تخصص " **حماية البيئة** " في الكليات 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

تمهيد

إن مصطلح علم البيئة مصدره الكلمتان اليونانيتان (Oikos) التي تعني: بيت و (Logos) التي تعني علم، ويمكن تعريف علم البيئة بأنه (العلم الذي يهتم بدراسة التفاعلات المتبادلة بين الكائن الحي وعوامل الوسط الذي يعيش فيه. وعلم البيئة هو جزء لا يتجزأ من علوم أساسية مختلفة، أهمها: بيولوجية الحيوان والنبات والتصنيف والفسلجة والسلوك والمناخ و الجيولوجيا و الفيزياء و الكيمياء وعلم الاجتماع. إن الترابط الوثيق بين هذه العلوم واتساع كل منها جعل الدارسين لعلم البيئة يسألون أنفسهم باستمرار: ترى هل بالإمكان تحديد واجبات ومهمات المتخصصين في علم البيئة هذه الأيام وإلى أي مدى يمكن أن يتوسع هذا العلم؟

بدأ علم البيئة يتفرع إلى فروع مختلفة نتيجة لاتساع الدراسات واهتمام كثير من العلماء ذوي الاختصاصات المختلفة في هذا الحقل. فلقد قسم علم البيئة في بداية عهده إلى قسمين رئيسين:

١- دراسة مجموعات الكائنات الحية.

٢- دراسة الكائن الحي الواحد.

ومع مرور الأيام ازداد عدد المتخصصين في موضوع البيئة، وازدادت تفرعات علم البيئة، حتى أصبحت تشتمل على جغرافية النبات وبيئة المجموعات ووراثة المجموعات والبيئة المناخية والبيئة الفسيولوجية والنظام البيئي ودورة العناصر الغذائية وسريان الطاقة وتنوع الكائنات الحية والإطار البيئي الذي يعيش فيه الكائن الحي ونمو المجموعات وتطور النباتات والحيوانات والسلوك الاجتماعي. كذلك تتجه مجموعة أخرى من العلماء اتجاها جديدا لحل مشاكل بيئية مختلفة خاصة تلوث الطبيعة بمواد سامة متنوعة خلفها الإنسان المعاصر نتيجة لنشاطاته المختلفة.

و تتضمن هذه الحقيبة التدريبية خمس وحدات تدريبية:

الوحدة الأولى (مفهوم البيئة): تتطرق هذه الوحدة إلى تعريف شامل لمفهوم البيئة ، و وصف النظام البيئي، و تعريف مكونات النظام البيئي و تعريف الغلاف الحيوي للبيئة.

الوحدة الثانية (الدورات الطبيعية لأهم مكونات البيئة): تتضمن هذه الوحدة أهم الدورات الطبيعية و هي: الدورة المائية و دورة الأكسجين و دورة النيتروجين و دورة ثاني أكسيد الكربون بالإضافة إلى دور الإنسان في البيئة.

الوحدة الثالثة (صحة البيئة): تحتوي هذه الوحدة على تعريف شامل لمفهوم صحة البيئة و تعريف مفهوم الإصابة بالمرض و مسبباته و تعريف الوقاية من الأمراض و أخيرا تعرف بأهداف برامج صحة البيئة.

الوحدة الرابعة (مفهوم التلوث): تهتم هذه الوحدة بتعريف الملوثات المختلفة و دراسة مصادرها مثل تلوث

الهواء و المياه و التربة و التلوث الضوضائي و الإشعاعي.

الوحدة الخامسة (التحكم في التلوث ومكافحته): تحتوي هذه الوحدة على طرق التحكم و مكافحة العديد من أنواع التلوث مثل تلوث الهواء و الماء و التربة و تختم هذه الوحدة بدراسة دور الإسلام في حماية البيئة.

علم البيئة

مفهوم البيئة

الجدارة:

أن يكون المتدرب قادراً على تعريف و وصف مفهوم البيئة.

الأهداف:

عندما تكتمل هذه الوحدة يكون لديك القدرة على:

١- تعريف مفهوم البيئة بمعناه الواسع.

٢- وصف النظام البيئي وأهمية الاتزان فيه.

٣- تعريف مكونات النظام البيئي.

٤- تعريف مكونات الغلاف الحيوي للبيئة.

الوقت المتوقع للدراسة:

٦ ساعات.

متطلبات الجدارة:

الإلمام بما سبق دراسته .

مفهوم البيئة

١- ١ مفهوم البيئة :

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 يضن المرء أن هذه الكلمة أصبحت ترتبط بجميع مجالات الحياة .

و بالرغم من ذلك ، فإن المفهوم الدقيق لهذه الكلمة ما يزال غامضا للكثيرين ، لا سيما و 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 و الصخور .

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 في 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 البعض 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 كلا من :

أ – الأرض بما في ذلك :

- الشكل الخارجي لسطح الأرض.
- التربة (مكوناتها و 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 و معدلات درجات الحرارة و الرياح السائدة و اتجاهاتها ..... إلخ).

٢- البيئة الصناعية و تشتمل على :

أ – استعمالات الأراضي المحيطة

- نوعية الاستعمال (سكني و صناعي).
- الكثافة السكانية في المناطق .
- نوع المباني (ارتفاعها و تصميمها) و كثافتها .

ب - البنية التحتية و الخدمات العامة :

- إمدادات المياه من حيث الكمية و النوعية .
- إدارة النفايات الصلبة و السائلة .
- تصريف مياه الأمطار و المجاري .
- مصادر الطاقة المستخدمة (الفحم الحجري و النفط الخام و الغاز الطبيعي. و الكهرباء ....) .

- الخدمات العامة (الطرق و النقل العام و أماكن وقوف السيارات و المطارات .....) .

جـ- مستوى تلوث الهواء :

- نوع و حجم الملوثات الهوائية .
- الظروف الخاصة بالموقع (التضاريس و 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 .

هـ- مستوى الضوضاء :

- مصادر الضوضاء في المنطقة (مطارات و سكك حديدية و طرق و 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 و الشرطة و الدفاع المدني .

ب- مناطق العمل و التجارة .

جـ- الخصائص الاجتماعية للسكان :

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

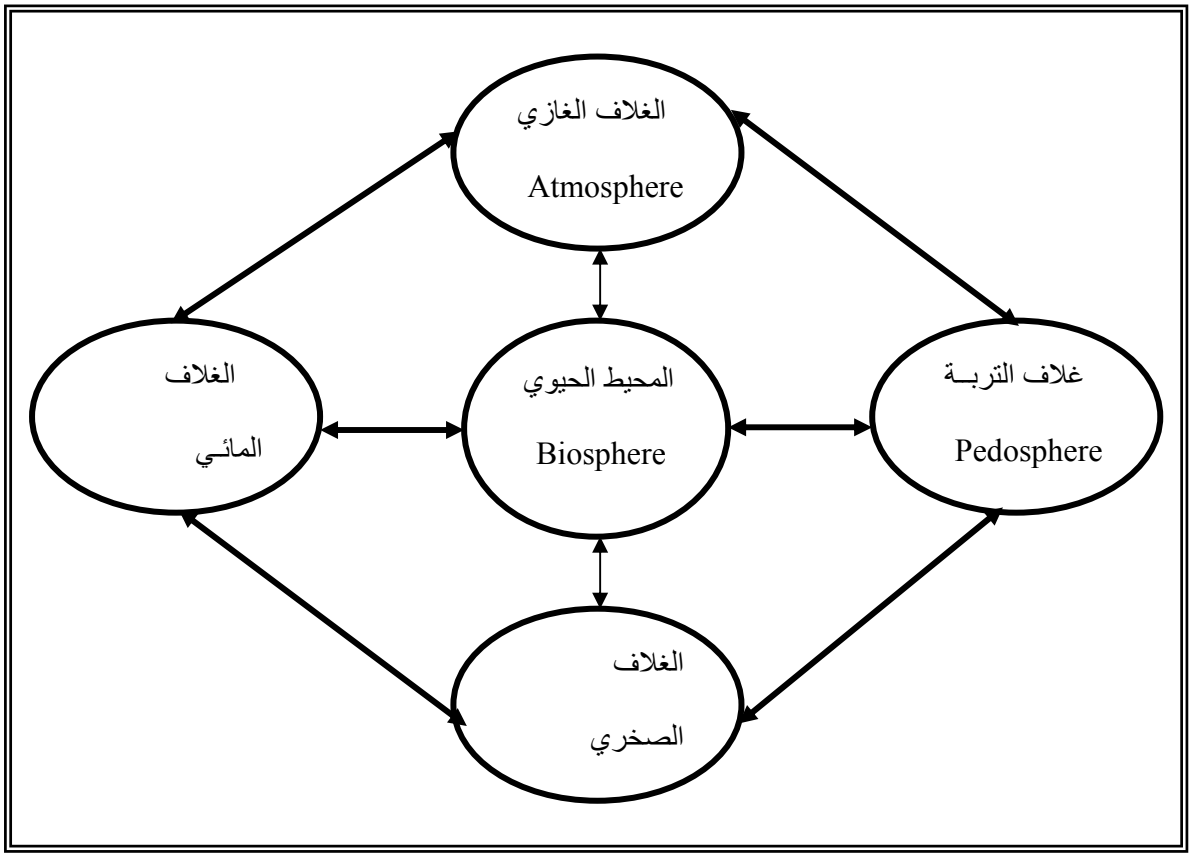
- ظروف الإسكان .

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 .



شكل (١- ١) أغلفة الكرة الأرضية

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) .

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 نظاماً ديناميكياً متزناً.

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 الكيميائية والفيزيائية .
- العناصر الكيميائية من مغذيات نباتية و ملوثات .
- العناصر الفيزيائية كالجاذبية والإشعاع .
- المواد غير العضوية مثل النيتروجين و الفوسفور وغيرها .
- المواد العضوية مثل البروتينات و الكربوهيدرات 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 :

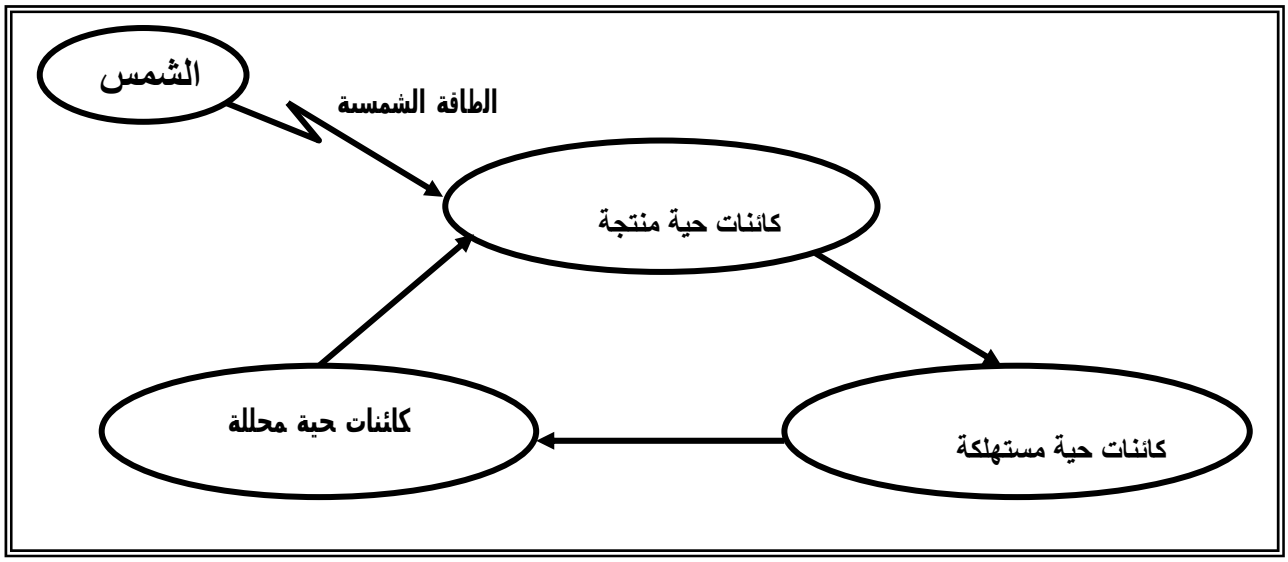
١. كائنات حية منتجة (Producers) : وهي كائنات حية ذاتية التغذية (Auto trophic organisms) معظمها من النباتات الخضراء والطحالب الخضراء.

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 للأنظمة 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 والأكسجين 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

وهناك علاقة وثيقة بين العناصر الطبيعية والحياتية الموجودة حول وداخل سطح الكرة الأرضية ومكوناتها المختلفة، تبرز من خلال علاقات و ارتباطات وظيفية معقدة ترتبط جميعها بما يسمى بالنظام البيئي. فالنظام البيئي يعرف على أنه التفاعل المنظم والمستمر بين عناصر البيئة الحية وغير الحية، وما يولده هذا التفاعل من توازن بين عناصر البيئة. أما التوازن البيئي فمعناه قدرة البيئة الطبيعية على إعالة الحياة على سطح الأرض دون مشكلات أو مخاطر تمس الحياة البشرية.

ولعل التوازن البيئي على سطح الكرة الأرضية ما هو إلا جزء من التوازن الدقيق في نظام الكون، وهذا يعني أن عناصر أو معطيات البيئة تحافظ على وجودها ونسبها المحددة كما أوجدها الله. ولكن الإنسان بلغ في تأثيره على بيئته مراحل تنذر بالخطر، إذ تجاوز في بعض الأحوال قدرة النظم البيئية الطبيعية على احتمال هذه التغيرات، وإحداث اختلالات بيئية تكاد تهدد حياة الإنسان وبقائه على سطح الأرض. ولكن وقبل الخوض في هذه الاختلالات فلا بد من التحدث عن مكونات النظام البيئي.

١-٤ مكونات النظام البيئي:

يتكون النظام البيئي من العناصر التالية:

١. العناصر غير الحية كالماء والهواء والتربة والمعادن.
٢. العناصر الحية المنتجة كالكائنات الحية النباتية والتي تصنع غذاءها بنفسها من عناصر غير حية.
٣. العناصر الحية المستهلكة كالحيوانات العشبية واللاحمة والإنسان.
٤. المحللات (Decomposers) وهي التي تقوم بتحليل المواد العضوية إلى مواد يسهل امتصاصها وتتضمن البكتيريا والفطريات.

١-٥ مكونات الغلاف الحيوي للبيئة:

أما مكونات الغلاف الحيوي للبيئة فتنقسم إلى قسمين:

١- ٥- ١ العناصر غير الحية للبيئة: وهي مكونة من ثلاثة أغلفة:

أ) الغلاف المائي: حيث تشكل المياه النسبة العظمى من هذا الغلاف، والتي توجد في المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار والمياه الجوفية وعلى شكل جليد وتقدر بحوالي ١,٥ بليون كم^3 يشكل الماء المالح ٩٥- ٩٧٪ منها، في حين أن الماء العذب يشكل ٣- ٥٪ فقط. ومع أن

كمية المياه العذبة الموجودة محدودة فإن هناك تزايداً مستمراً في استهلاك المياه نتيجة للزيادة في عدد السكان والزيادة في الاستهلاك الزراعي والصناعي.

ب) الغلاف الجوي: ويشمل الغازات والأبخرة، ومن أهم الغازات الأكسجين، والنيتروجين، وثاني أكسيد الكربون.

ج) اليابسة: حيث تمثل الأجزاء الصلبة والتربة جزء من هذا الغلاف كذلك تشمل المعادن.

١- ٥- ٢ المكونات الحية للغلاف الحيوي للبيئة:

وهي تشمل جميع الكائنات الحية التي تشترك في بعض الجوانب كالإحساس والحركة والنمو والتنفس. ومن هذه المكونات الإنسان والكائنات الحية الأولية كالطحالب والبكتيريا والفطريات ثم النباتات والحيوانات بأنواعها المختلفة.

١-٦ اختلال التوازن البيئي:

إن التفاعل بين مكونات البيئة عملية مستمرة تؤدي في النهاية إلى احتفاظ البيئة بتوازنها ما لم ينشأ اختلال نتيجة لتغير بعض الظروف الطبيعية كالحرارة والأمطار أو نتيجة لتغير الظروف الحيوية أو نتيجة لتدخل الإنسان المباشر في تغير ظروف البيئة.

فالتغير في الظروف الطبيعية يؤدي إلى اختفاء بعض الكائنات الحية وظهور كائنات أخرى، مما يؤدي إلى اختلال في التوازن والذي يأخذ فترة زمنية قد تطول أو تقصر حتى يحدث توازن جديد. وأكبر دليل على ذلك هو اختفاء الزواحف الضخمة نتيجة لاختلاف الظروف الطبيعية للبيئة في العصور الوسطى مما أدى إلى انقراضها فاختلت البيئة ثم عادت إلى حالة التوازن في إطار الظروف الجديدة بعد ذلك. كذلك فإن محاولات نقل كائنات حية من مكان إلى آخر والقضاء على بعض الأحياء يؤدي إلى اختلال في التوازن البيئي.

غير أن تدخل الإنسان المباشر في البيئة يعتبر السبب الرئيس في اختلال التوازن البيئي، فتغير المعالم الطبيعية من تجفيف للبحيرات، وبناء السدود، و اقتلاع الغابات، وردم المستنقعات، واستخراج المعادن ومصادر الاحتراق، و فضلات الإنسان السائلة و الصلبة والغازية، هذا بالإضافة إلى استخدام المبيدات والأسمدة كلها تؤدي إلى إخلال بالتوازن البيئي، حيث إن هناك الكثير من الأوساط البيئية تهددها أخطار جسيمة تنذر بتدمير الحياة بأشكالها المختلفة على سطح الأرض، فالغلاف الغازي لا سيما في

المدن والمناطق الصناعية يتعرض إلى تلوث شديد ، ونسمع بين فترة وأخرى عن تكون السحب السوداء والصفراء السامة والتي كانت السبب الرئيس في موت العديد من الكائنات الحية وخصوصا الإنسان.
أضف إلى ذلك ما يتعرض إليه الغلاف المائي من تلوث من خلال استنزاف الثروات المعدنية والغذائية هذا بالإضافة إلى إلقاء الفضلات الصناعية والمياه العادمة ودفن النفايات الخطرة. أما اليابسة فحدث ولا حرج، فإلقاء النفايات والمياه العادمة و اقتلاع الغابات وتدمير الجبال وفتح الشوارع وازدياد أعداد وسائط النقل وغيرها الكثير أدى إلى تدهور في خصوبة التربة وانتشار الأمراض والأوبئة خصوصا المزمنة والتي تحدث بعد فترة زمنية من التعرض لها.

وبالرغم من تقدم الإنسان العلمي والتكنولوجي والذي كان من المفروض أن يستفيد منه لتحسين نوعية حياته والمحافظة على بيئته الطبيعية، فإنه أصبح ضحية لهذا التقدم التكنولوجي الذي أضر بالبيئة الطبيعية وجعلها في كثير من الأحيان غير ملائمة لحياته وذلك بسبب تجاهله للقوانين الطبيعية المنظمة للحياة. وعليه فإن المحافظة على البيئة وسلامة النظم البيئية وتوازنها أصبح اليوم يشكل الشغل الشاغل للإنسان المعاصر من أجل المحافظة على سلامة الجنس البشري من الفناء.

١-٧ الموارد البيئية :

تعرف الموارد على أنها الأشياء التي يسعى الإنسان للحصول عليها من أجل إشباع رغباته وهي أشياء مفيدة وأهم ما تتصف به هو احتواؤها على عنصر المنفعة، فالماء والهواء وضوء الشمس والأرض والغابات والآلات كلها أشياء ذات فوائد عديدة ومن ثم فهي تعتبر موارد اقتصادية.
والإنسان في حد ذاته يمكن أن يكون موردا أو عائقا، فالتعليم والتدريب وتحسن المستوى الصحي والوعي البيئي والوضع الأنسب للسكن والفضائل الاجتماعية هي عبارة عن موارد ذات فائدة اقتصادية. بينما يعتبر الجهل والجشع وقلة عدد السكان أو زيادتهم، والصراع الطبقي والحروب هي تحديات ليست في مصلحة الإنسان ومنفعته.

أما الموارد البيئية فهي تمثل المخزون الطبيعي الذي يقدم فوائد جمة للبشرية جمعاء ممثلة فيما وهبه الله لنا من هواء وشمس وصخور وتربة ونباتات طبيعية وحيوانات برية، أو بمعنى آخر كل من الغلاف الصخري، والغلاف المائي والغلاف الهوائي.
أما من حيث درجة استنزافها فهي تقسم إلى ثلاثة أقسام:

١. موارد دائمة: وهي التي لا يخشى عليها من خطر النفاد وهي في عطاء مستمر ودائم كالشمس والهواء والماء.

٢. موارد متجددة: وهي التي تتجدد باستمرار من تلقاء نفسها وفي عطاء مستمر ولا يخشى عليها من النفاد ، إلا أنه تجب المحافظة عليها كالنباتات الطبيعية والحيوانات البرية والتربة.

٣. موارد غير متجددة: وهي ذات المخزون المحدود والتي تتعرض للنفاد لأن ما يستغل ويستهلك منها لا يمكن تعويضه كالمعادن المختلفة ومصادر الطاقة كالفحم والبترول والغاز الطبيعي.

١-٨ التوازن في الطبيعة :

تخضع الطبيعة لقوانين وعلاقات معقدة تؤدي في نهايتها إلى وجود اتزان بين جميع العناصر البيئية حيث تترابط هذه العناصر بعضها ببعض في تناسق دقيق يتيح لها أداء دورها بشكل وبصورة متكاملة. فالتوازن معناه قدرة الطبيعة على إعالة الحياة على سطح الأرض دون مشكلات أو مخاطر تمس الحياة البشرية. فالمواد التي تتكون منها النباتات،يتم امتصاصها من التربة، ليأكلها الحيوان الذي يعيش عليه الإنسان. وعندما تموت هذه الكائنات تتحلل وتعود إلى التربة مرة أخرى.

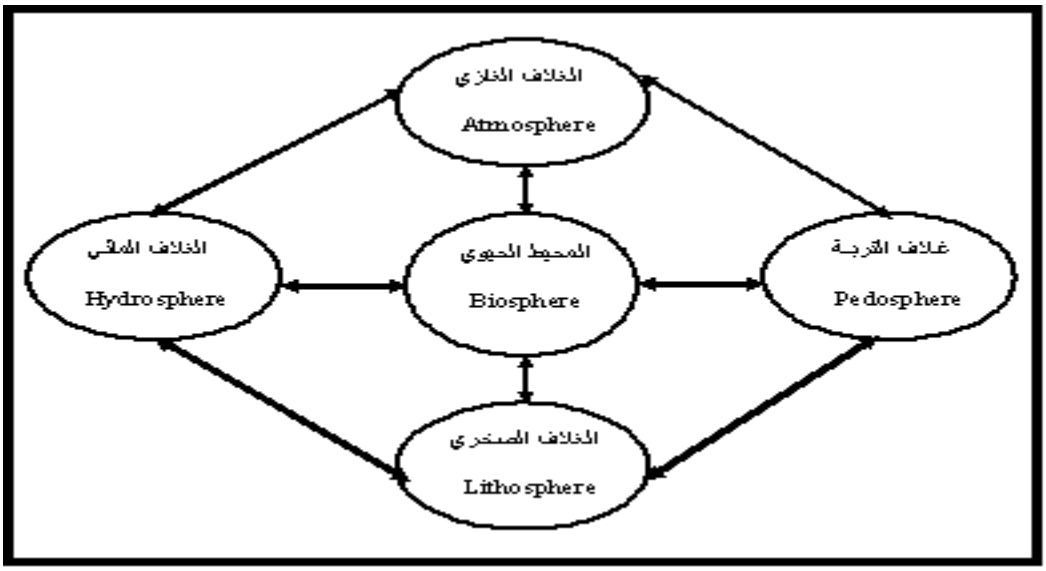
امتحان ذاتي

أجب عن الأسئلة التالية ثم تأكد من صحة إجابتك بالنظر للحل النموذجي.

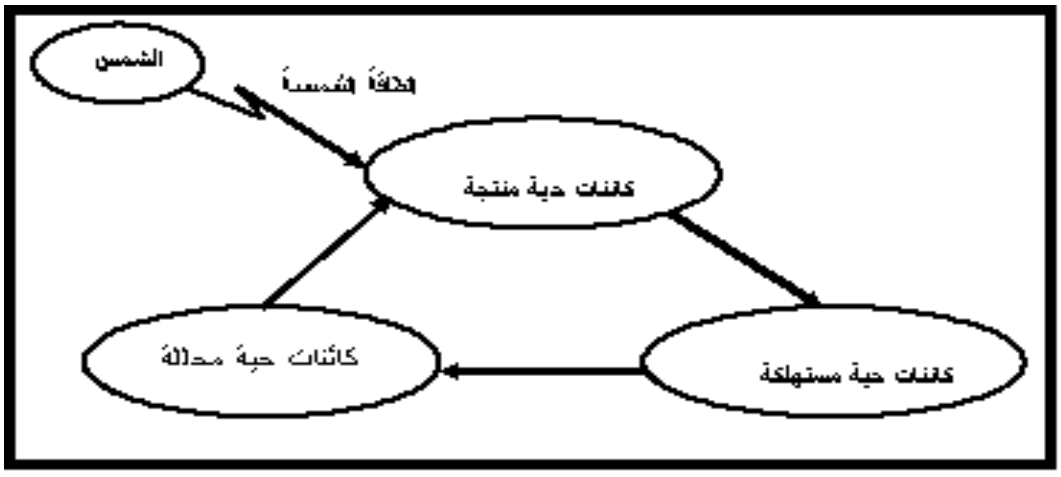
١. ارسم رسما يوضح أغلفة الكرة الأرضية المختلفة و العلاقة بينها.
٢. ارسم رسما يوضح دورة النظام البيئي.
٣. اذكر أهم المكونات غير الحية في النظام البيئي.
٤. عرف مفهوم الموارد البيئية.

إجابة الامتحان الذاتي

١.



٢.



٣.

١. العوامل المناخية كالحرارة والرطوبة والرياح والضوء .
٢. المياه والتربة وخصائصها الكيميائية والفيزيائية .
٣. العناصر الكيميائية من مغذيات نباتية و ملوثات .
٤. العناصر الفيزيائية كالجاذبية والإشعاع .
٥. المواد غير العضوية مثل النيتروجين و الفوسفور وغيرها .
٦. المواد العضوية مثل البروتينات و الكربوهيدرات والدهون .

٤. تعرف الموارد على أنها الأشياء التي يسعى الإنسان للحصول عليها من أجل إشباع رغباته وهي أشياء مفيدة وأهم ما تتصف به هو احتواؤها على عنصر المنفعة، فالماء والهواء وضوء الشمس والأرض والغابات والآلات كلها أشياء ذات فوائد عديدة ومن ثم فهي تعتبر موارد اقتصادية.

علم البيئة

الدورات الطبيعية لأهم مكونات البيئة

الجدارة:

أن يكون المتدرب قادراً على وصف الدورات الطبيعية لأهم مكونات البيئة.

الأهداف:

عندما تكتمل هذه الوحدة يكون لديك القدرة على:

١- تعريف الدورة المائية.

٢- تعريف دورة الأكسجين.

٣- تعريف دورة ثاني أكسيد الكربون.

٤- تعريف دورة النيتروجين.

٥- تعريف علاقة الإنسان و البيئة.

٦- تعريف الثورة الصناعية و تأثيرها على البيئة

الوقت المتوقع للدراسة:

٥ ساعات.

متطلبات الجدارة:

الإلمام بما سبق دراسته .

الدورات الطبيعية لأهم مكونات البيئة

يوجد في الطبيعة حوالي ١٠٥ عناصر كيميائية معروفة لحد الآن، ومن الممكن أن تكتشف عناصر كيميائية أخرى مع تقدم علوم الكيمياء والفيزياء. وتحتاج الكائنات الحية إلى حوالي ٤٠ عنصرا من العناصر للمحافظة على حياتها و نشاطها. ومن أهم هذه العناصر هي الكربون، و الأكسجين، و النيتروجين، و الهيدروجين، و الفوسفور، و البوتاسيوم، و الكالسيوم، و الحديد و المغنيسيوم.

وتمثل العناصر الأربعة الأولى من الأربعين عنصرا حوالي ٩٧٪ من كمية المادة الحية. وتدور هذه العناصر أو المواد في الطبيعة في دورات تدعى بالدورات البيوجيوكيميائية أي من المكونات غير الحية إلى المكونات الحية ثم إلى المكونات غير الحية على شكل دورة. وقد عرف العالم اليوناني لوكريتس هذه الحقيقة قبل حوالي ٢٠٠٠ سنة حين ذكر أن المواد تدور في الطبيعة ويعاد استعمالها من جديد.

ويساعد فهم الدورات الطبيعية وسريان الطاقة في البيئة على تفهم المشاكل البيئية مثل كيفية حدوث التلوث وانتقاله إلى الإنسان و الكائنات الحية الأخرى و كمية الطاقة اللازمة لإنتاج المواد الغذائية للأعداد المتزايدة من سكان الأرض.

٢ – ١ الدورة المائية

يعد الماء من أهم المصادر الطبيعية المتواجدة على سطح الأرض و في داخلها و في الغلاف الغازي. قال تعالى: (وجعلنا من الماء كل شيء حي). فالماء أساسي لحياة جميع أنواع الكائنات الحية من إنسان و حيوان و نبات و كائنات حية دقيقة. و تغطي مياه المحيطات و البحار حوالي ٧٠,٨٪ من المساحة الكلية للكرة الأرضية. و تتميز المياه بحركتها المستمرة في الطبيعة وذلك بفعل الطاقة الشمسية التي تقوم بتبخير حوالي مليار م^{٣} من الماء من المسطحات المائية في الدقيقة حيث يتصاعد بخار الماء إلى الغلاف الغازي و تنتقل إلى أماكن مختلفة بفعل التيارات الهوائية. و يتكاثف البخار المائي في الغلاف الغازي مكونا السحب و التي تؤدي إلى سقوط الأمطار أو الثلوج على سطح الكرة الأرضية و هو ما نسميه بالتساقط.

وبعد سقوط الأمطار يتبخر قسم منها و يعود إلى الغلاف الغازي، و في بعض الأحيان يكون التبخر مباشرة عند سقوط الأمطار على سطح الأرض و هذا يرتبط مع الظروف الجوية السائدة في المنطقة. أما القسم المتبقي من هذه المياه فإنها تتوزع على الشكل التالي:

- يتدفق القسم الأكبر من المياه على شكل مياه سطحية مكونا جداول صغيرة تتجمع في أنهار و أودية كبيرة تذهب إلى المياه السطحية لتتبخر من جديد و تعود إلى طبقات الجو مغلقة بذلك الدورة. و تعتمد كمية المياه الجارية على سطح الأرض على عدة عوامل من أهمها كمية وغزارة الأمطار الساقطة خلال الوحدة الزمنية، و نوعية التربة، و الغطاء النباتي.
- يتغلغل قسم قليل من المياه باتجاه الجاذبية الأرضية مغذيا بدلك المياه الجوفية، وتعود هذه المياه إلى الدورة من جديد عند استعمالها في مختلف الأغراض.
- يتم الاستفادة من قسم من هذه المياه من قبل الكائنات الحية في بناء الكتلة الحية، وتعود إلى الدورة بعد تحلل المواد العضوية.

وحسب الموازنة المائية العالمية فلا يوجد أي فقدان أو خسارة في الميزان المائي، و يعبر عن ذلك بالمعادلتين التاليتين.

١. معادلة البحار والمحيطات.

المعدل السنوي للمياه المتبخرة = المعدل السنوي للمياه الساقطة في البحار و المحيطات + المعدل السنوي لصبيب الأنهار من اليابسة إلى البحار والمحيطات.

٢. معادلة اليابسة:

الكمية الوسطى المتبخرة = الكمية الوسطى للتساقط على اليابسة - الكمية الوسطى لصبيب الأنهار في البحار و المحيطات

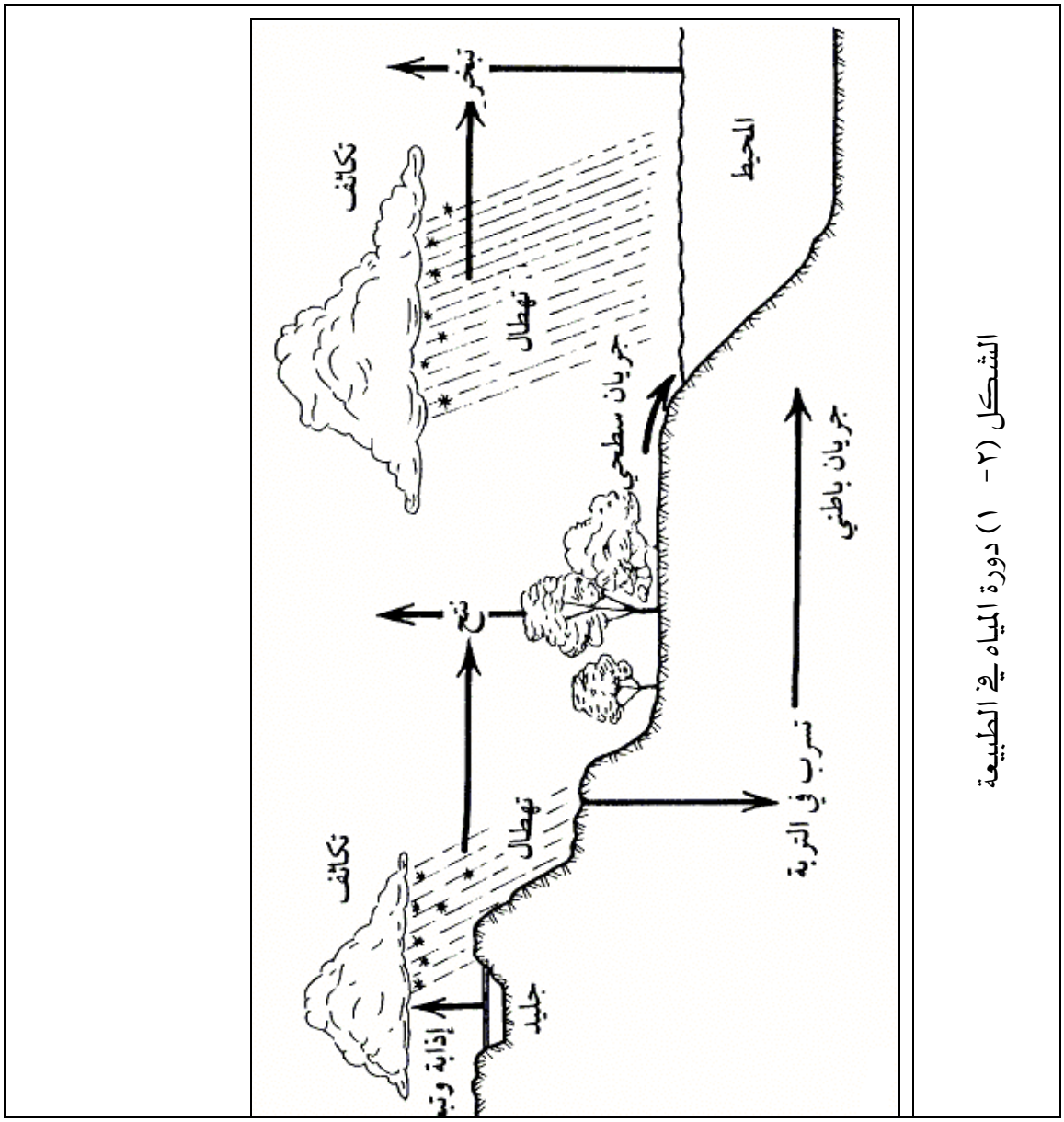
و يوضح الشكل (٢- ١) دورة المياه في الطبيعة.

٢- ٢ دورة الكربون The Carbon Cycle

يعد الغلاف الغازي و الغلاف المائي المستودع الرئيس للكربون غير العضوي. و يوجد الكربون في الطبيعة في حالة صلبة في الطبقات الصخرية و في المركبات العضوية، و في حالة سائلة في خلايا الكائنات الحية وفي المياه، كما يوجد الكربون في حالة غازية في الغلاف الغازي وهواء التربة. وبين هذه الحالات يتم التبادل والتفاعل في دورة الكربون. و تبدأ دورة الكربون بأن تقوم النباتات الخضراء و الطحالب الخضراء بأخذ ثاني أكسيد الكربون من الهواء المحيط، وبأخذ الماء من التربة بواسطة

الشعيرات الجذرية ثم تستخدم الطاقة الشمسية للقيام بعملية التمثيل الضوئي Photosynthesis و إنتاج المركبات العضوية حسب المعادلة التالية:

$$6H_2O + 6CO_2 \rightleftharpoons C_6H_{12}O_6 + 6O_2\uparrow$$



الشكل (٢- ١) دورة المياه في الطبيعة

و تتوقف أثناء الليل عملية التمثيل الضوئي و يحل مكانها عملية التنفس و ينتج عن ذلك غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يعود إلى الغلاف الغازي. و في المناطق التي ترتفع فيها كثافة النباتات تزداد نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الليل إلى حوالي ٢٥٪ عن المعدل الطبيعي و بخاصة في الجزء القريب

من التربة. و مع طلوع الشمس تأخذ نسبة ثاني أكسيد الكربون بالعودة إلى معدلها الطبيعي. و عندما تتغذى المستهلكات على المواد العضوية تتحول تلك المواد إلى كتلة حيوية و ينطلق غاز ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الغازي. و ينتج عن الكائنات الحية المنتجة و المستهلكة إفرازات و فضلات، و بعد موت هذه الكائنات الحية تتعرض مع إفرازاتها إلى عمليات تحلل و يعود معها غاز ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الغازي ثانية.

و يترتب على عمليات تجوية الصخور الكلسية العضوية Organic Limestone و الدولوميت Dolomite و التي أسهمت في تكوينها المواد العضوية عودة قسم من الكربون المثبت إلى الغلاف الغازي. و كذلك البراكين تقوم أيضا بإعادة قسم من الكربون إلى الغلاف الغازي، حيث تأخذ النباتات الخضراء و الطحالب من جديد ثاني أكسيد الكربون و تدور الدورة. و تجدر الإشارة إلى أنه لكل جزء من دورة الكربون أهمية خاصة، فإذا قضي على النباتات الخضراء والطحالب الخضراء مثلا لا يمكن أن يخرج الكربون من المستودع الجوي، حيث إن الكائنات المستهلكة لا تستطيع أن تستفيد من غاز ثاني أكسيد الكربون الجوي وتحويله إلى مركبات عضوية. و لو قضي على الكائنات المحللة فإن المادة العضوية المتخلفة عن إفرازات الكائنات الحية و عن بقايا أجسامها ستتراكم بسرعة و لا يعود الكربون إلى الغلاف الغازي وبذلك تختل الدورة.

و تؤدي الأنشطة البشرية المختلفة وبخاصة في المئة سنة الأخيرة إلى إحداث تغيرات في دورة الكربون، إذ تبلغ كمية غاز ثاني أكسيد الكربون و التي تنتج عالميا عن طريق حرق الوقود (مثل النفط و الفحم)، بالإضافة إلى حرق الغابات و الأعشاب بحوالي ١٤ مليار طن سنويا ، ينطلق حوالي نصف هذه الكمية إلى الغلاف الغازي، بينما تمتص التربة و الغلاف المائي القسم المتبقي.

و في المناطق الصناعية التي تتميز بركود الهواء يصل تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون إلى معدل مرتفع مما يؤثر على صحة و سلامة الإنسان و بخاصة كبار السن و الذين يعانون من أمراض القلب. ففي سنة ١٩٥٤ أدى تركيز ثاني أكسيد الكربون في مدينة لندن إلى وفاة حوالي ٤٠٠٠ شخص.

بعد أن يستقبل سطح الكرة الأرضية أشعة الشمس يعكس قسماً كبيراً من هذه الأشعة على شكل أشعة تحت حمراء Infrared Radiation لتجنب ازدياد درجة حرارة سطح الأرض.

و عند زيادة نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الغازي (نسبة CO_2 في الهواء حاليا حوالي ٠,٠٣٪ أي حوالي ٣٠٠ جزء من المليون تزداد سنويا إلى ٠,٢٪) تقل نسبة معدلات الأشعة تحت الحمراء المعكوسة من الأرض إلى الفضاء الخارجي و بالتالي تتجمع في الغلاف الغازي. و هذا يعود إلى خصائص

غاز ثاني أكسيد الكربون في امتصاص الأشعة تحت الحمراء الأمر الذي يؤدي إلى رفع درجات الحرارة على سطح الأرض و إحداث تغير للمناخ العالمي.

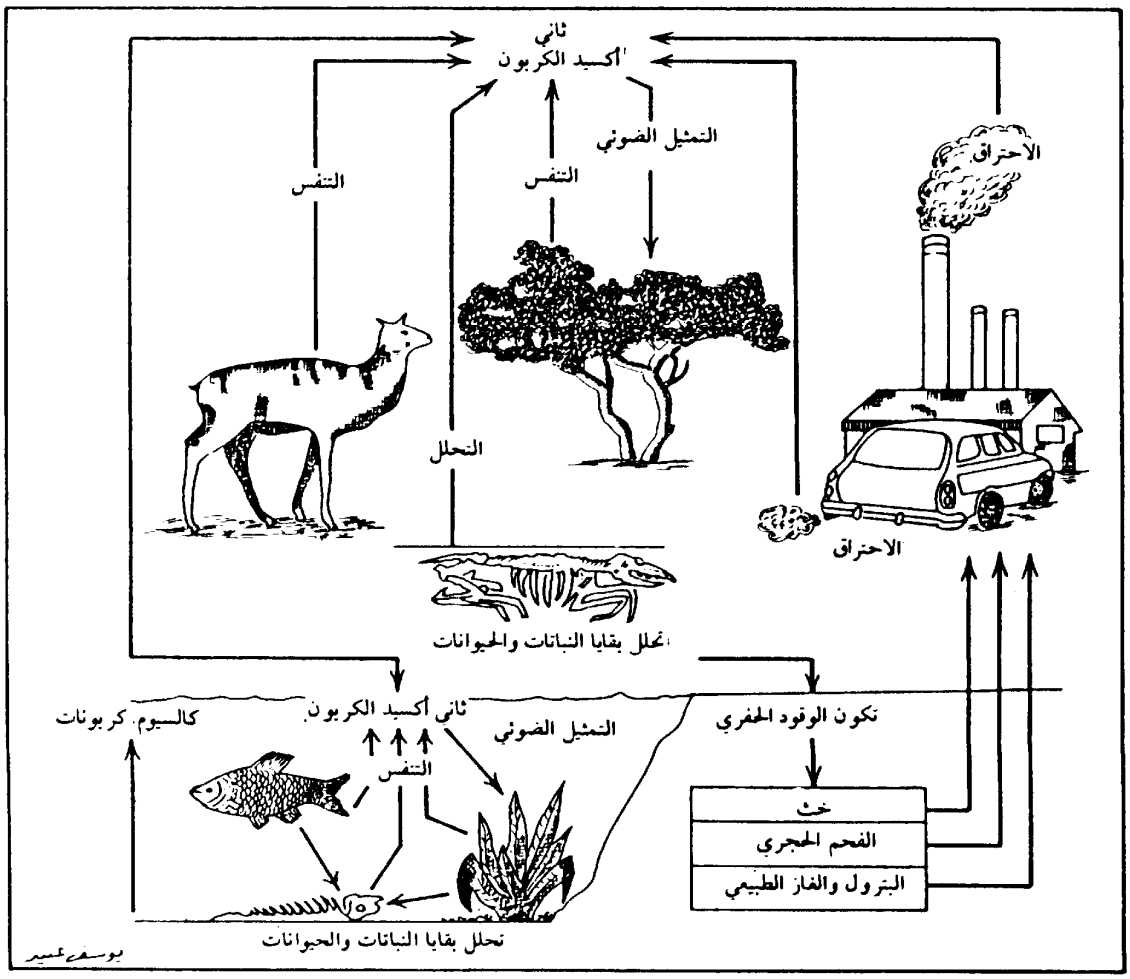
و تسمى هذه الظاهرة بظاهرة البيت الزجاجي Greenhouse Effect ، ففي البيت الزجاجي يسمح السطح الزجاجي بدخول الضوء المنظور (400 – 750 nm) و لكنه يحجز الأشعة تحت الحمراء المنعكسة من السطح و النباتات داخل البيت الزجاجي مسببا ذلك الارتفاع في درجة الحرارة.

ولو ارتفع معدل درجة الحرارة على مستوى عالمي من ٢- ٤ درجة مئوية فإن ذلك يؤدي إلى ذوبان كميات كبيرة من جليد القطبين الشمالي و الجنوبي مما يسبب ارتفاع منسوب البحار و إغراق الكثير من المدن الساحلية مثل نيويورك و كوبن هاجن، و كذلك القضاء على قسم كبير من اليابسة والمياه الجوفية العذبة.

و يتضح مما سبق بأنه تجب المحافظة على النظم البيئية بالتوفير في استهلاك طاقة الوقود الحفري و إيجاد مصادر أخرى بديلة للطاقة مثل الطاقة الشمسية و الرياح، و تقليل استعمال الطاقة النووية التي تؤدي إلى التلوث الإشعاعي.

و هناك عدة أسباب أدت إلى الحد من زيادة نسبة غار ثاني أكسيد الكربون بنسبة كبيرة في الغلاف الغازي من أهمها:

- وجود الغلاف المائي و التربة اللذان يقومان بامتصاص قسم كبير من غاز ثاني أكسيد الكربون.
- عدم تحلل جميع المواد العضوية في فترة قصيرة من الزمن بل تحولها إلى مواد عضوية (الدبال Humus) تتحلل ببطء، أو البقاء دون تحلل كما يحدث لقسم كبير من المواد العضوية الموجودة في المستنقعات على شكل الخث (Peat)، أو ترسب المواد العضوية في طبقات عميقة تمنع عملية تحللها.
- وجود الطحالب الخضراء التي تقوم بربط كميات كبيرة من المواد العضوية، و قسم كبير منها يترسب داخل البحار والمحيطات و لا يتحلل.
- التلوث بالغبار في الطبقات العليا من الغلاف الغازي و التي تقوم بعكس قسم من الإشعاع الشمسي و بالتالي تقلل من كمية الإشعاع الواردة على سطح الكرة الأرضية، ويبين الشكل (٢-٢) دورة الكربون.



الشكل (٢- ٢) دورة الكربون.

٢- ٣ دورة الأكسجين

يشكل الأكسجين حوالي ٢١٪ من حجم الهواء، و هذه نسبة تكفي حاجة الكائنات الحية الهوائية على اليابسة، كما أن قسما من الأكسجين يكون مذابا في المياه لضمان حياة الكائنات الحية المائية.

و ترتبط دورة الأكسجين بدورة الكربون إذ تقوم الكائنات الحية الهوائية بتنفس الأكسجين و إطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون الذي تستعمله النباتات الخضراء في عملية التمثيل الضوئي و بذلك تغلق الدورة. و يلعب الأكسجين دورا مهما في البيئة، فهو عنصر هام في حياة الكائنات الحية الهوائية و له أهمية كبيرة في بناء حزام الأوزون في طبقة الستراتوسفير Stratosphere الذي يحمي الكائنات الحية التي تعيش على سطح الكرة الأرضية من الأشعة فوق البنفسجية Ultra Violet radiation و التي تسبب للإنسان الأضرار الوراثية عن طريق تغير المعلومات المثبتة في المادة الوراثية DNA.

و من أهم أخطار الأشعة فوق البنفسجية ما يلي:

١. التأثيرات السالبة على الكائنات الحية المنتجة.

٢. الإصابة بسرطان الجلد.

٣. حدوث تغيرات في المناخ.

٤. الحد من عملية التنقية الذاتية للمياه.

و يتكون غاز الأوزون في طبقة الستراتوسفير بواسطة تفاعلات كيميائية ضوئية حسب المعادلة التالية:

$$O_2 \xrightarrow[135\text{-}176nm)]{uv} O+O$$

حيث يفصل جزأي الأكسجين O_2 إلى ذرات الأكسجين O+O تتحد مع جزأي الأكسجين مكونة غاز الأوزون O_3.

$$O+O_2 \xrightarrow{uv} O_3$$

و يمتص غاز الأوزون بدوره الأشعة الفوق بنفسجية حيث يتحلل إلى أكسجين ذري و أكسجين عنصري:

$$O_3 \xrightarrow[(300nm)]{uv} O_2+O$$

و بهذه التفاعلات يحدث التوازن في حزام الأوزون.

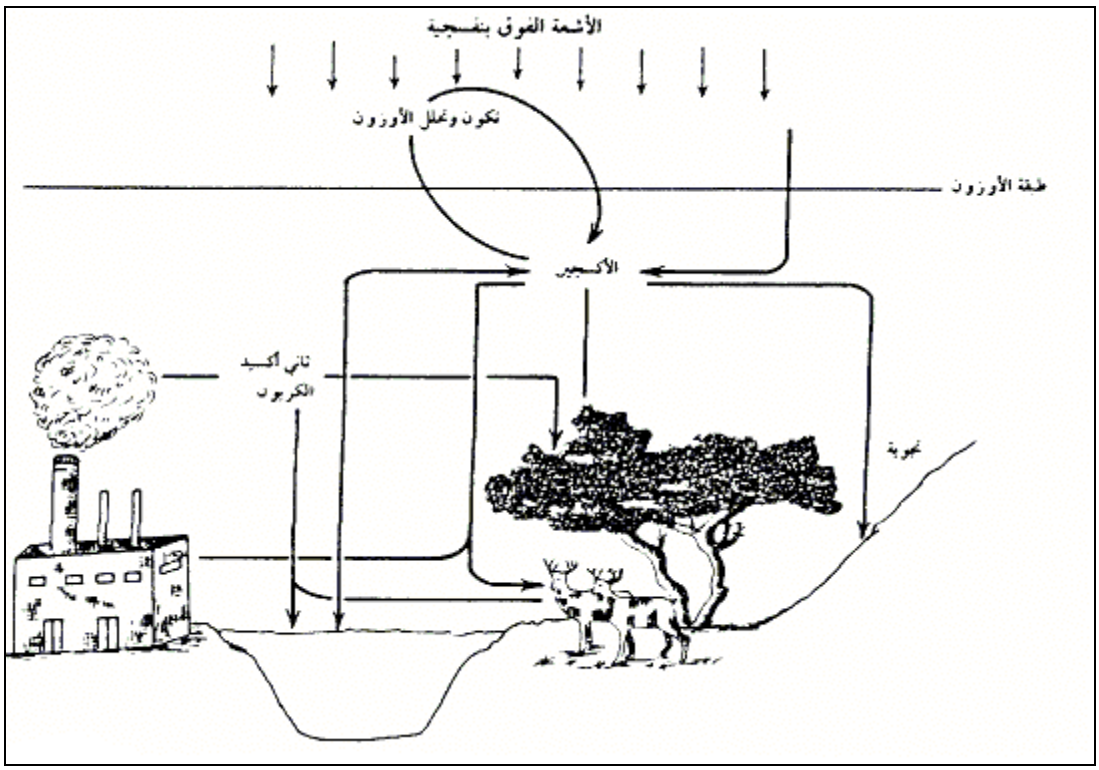
و يقوم الإنسان بأنشطته المختلفة بتحطيم حزام الأوزون الواقي عن طريق الانفجارات النووية و الطائرات النفاثة التي تصل إلى طبقة الأوزون و المواد الكيميائية المختلفة مثل مركبات الكلور و الفلور العضوية. و تستعمل هذه المركبات الكيميائية في كثير من الاستعمالات في الثلاجات و الآلات الهيدروليكية، و علب الرذاذ المختلفة (غازات و مواد سائلة). و على سبيل المثال تحتوي علب الرذاذ على مركبات الكلور و الفلور العضوية و التي تستعمل في طرد الغازات أو السوائل التي تحتويها هذه العلب عند الاستعمال. و في بعض الدول منع استعمال مثل هذه المركبات في علب الرذاذ و استبدلت بأنظمة ميكانيكية لإخراج المواد من العلب بالإضافة إلى تقليل الاستعمالات الأخرى لهذه المركبات الكيميائية بشكل عام، و التخلص منها بطرق تضمن عدم وصولها إلى الغلاف الغازي.

وتتسرب هذه المركبات إلى حزام الأوزون و تحدث تفاعلات كيميائية معقدة تؤدي إلى تحطيم قسم منه:

$$CF_2Cl_2 \xrightarrow{uv} CF_2Cl^+ + Cl^-$$
$$Cl + O_3 \xrightarrow{uv} ClO + O_2$$
$$ClO + O \xrightarrow{uv} Cl + O_2$$
$$O + O_3 \xrightarrow{uv} O_2 + O_2$$

و تشير الدراسات التي تقوم بها الدول المهتمة بشؤون البيئة لتحديد الأضرار التي تلحق بطبقة الأوزون الواقية، أن كمية الأوزون الموجودة في الحزام الواقي قد نقصت بنسب مختلفه خلال الفترة الماضية. و في المدن الكبيرة يؤدي التلوث الناتج عن حركة المرور أثناء النهار و توفر درجة إشعاع عالية إلى زيادة نسبة الأوزون في الطبقة القريبة من سطح الأرض للغلاف الغازي، مما يؤثر سلبيا على الجهاز التنفسي وعيون الإنسان. و يبين الشكل (٢- ٣) دورة الأكسجين.

$$NO_2 \xrightarrow{hr} NO + O$$
$$O + O_2 \xrightarrow{hr} O_3$$



الشكل (٢- ٣) دورة الأكسجين

٢- ٤ دورة النيتروجين The Nitrogen Cycle

يشكل غاز النيتروجين حوالي ٧٨٪ من حجم الهواء، و هو غاز خامل عديم النفع لمعظم الكائنات الحية. و للاستفادة من النيتروجين المتوفر في الغلاف الغازي بكميات كبيرة لا بد من تحويل هذا الغاز الخامل إلى مركبات نيتروجينية تستطيع الكائنات الحية الاستفادة منها.

و تسمى عملية التحويل هذه تثبيت النيتروجين، و يتم تثبيت النيتروجين الخامل عن طريقتين هما:

٢- ٤- ١ التثبيت البيولوجي Biological Fixation

تعيش في التربة و المياه بعض أنواع البكتيريا و الطحالب و التي تدعى مثبتات النيتروجين Nitrogen Fixers لقدرتها على تحويل النيتروجين الجوي الخامل إلى مركبات تستطيع النباتات الخضراء الاستفادة منها مثل النترات NO_3 الذي يعد أهم مصدر نيتروجيني للنبات على الإطلاق و ذلك لسهولة امتصاصه. و تعيش هذه الطحالب و البكتيريا إما في:

أ. تكافل مع النباتات الخضراء Symbiosis:

أي يعتمد كل منها على الآخر (تبادل المنفعة) فمع نباتات الرز و النباتات البقولية مثل الفول و الحمص تعيش بكتيريا Rhizobium في العقد الجذرية لهذه النباتات حيث تقوم البكتيريا بتحويل غاز النيتروجين الخامل إلى نترات و تقدمه للنبتة، و بالمقابل تقوم النبتة بتزويد البكتيريا بالعناصر الغذائية. و تلعب هذه الأنواع من البكتيريا دورا مهما في الزراعة، إذ تستطيع أن تثبت ما بين ١٠٠- ٢٠٠ كجم في السنة لكل هكتار.

ب. كائنات حية تعيش حرة في التربة Free Living

تعيش عدة أنواع من البكتيريا والطحالب حرة في التربة و تقوم بتثبيت النيتروجين، و من أهمها Azotobacter, Chlostridium, Blue Green Algae. و كفاءة هذه الأنواع في تثبيت النيتروجين الجوي أقل بكثير من كفاءة الأنواع التي تعيش في تكافل مع النباتات الخضراء. إذ توفر هذه الأنواع حوالي ٥ كجم من النيتروجين في السنة لكل هكتار. و تلعب مثبتات النيتروجين الغازي البيولوجية دورا مهما في تزويد النباتات و التربة بالمركبات النيتروجينية لاستعمال النباتات الخضراء، إذ تقدم هذه الكائنات الحية الدقيقة والتي تعيش في تكافل مع النباتات الخضراء أو حرة في التربة (و على نطاق عالمي) أكثر مما تقدمه الأسمدة الكيميائية النيتروجينية المصنعة بالرغم من عظم كميات الإنتاج الصناعي.

٢- ٤- ٢ التثبيت الجوي Atmospheric Fixation

يحدث هذا النوع من تثبيت غاز النيتروجين عند مرور صاعقة البرق خلال الغلاف الغازي، وهنا يتم اتحاد الأكسجين مع النيتروجين بفعل طاقة البرق الكهربائية مكونة النترات التي تسقط مع مياه الأمطار على التربة أو على المياه السطحية.

وتتوقف الكمية المثبتة بواسطة التثبيت الجوي على الظروف المناخية، و تتراوح عموما بين ١٥ و ٢٠ كجم نيتروجين في السنة لكل هكتار. يضاف إلى التثبيت البيولوجي و الجوي مصادر أخرى تزود التربة و النباتات الخضراء بالمركبات النيتروجينية، و هذه المصادر ناجمة عن أنشطة الإنسان المختلفة و التي أخذت تتزايد منذ بداية هذا القرن. فالملوثات الهوائية التي تحتوي على المركبات النيتروجينية في المناطق الصناعية، تضيف إلى التربة كميات تصل إلى حوالي ٥٠ كجم من مركبات النيتروجين في السنة لكل هكتار. كما يقوم الإنسان باستعمال الأسمدة الكيميائية النيتروجينية و التي تستعمل خصوصا في الزراعة المكثفة أو الزراعة العمودية، إذ يبلغ معدل ما يضاف من الأسمدة النيتروجينية في أوروبا حوالي ١٠٠ كجم في السنة لكل هكتار. يضاف إلى ذلك المياه العادمة و التي تحتوي على كميات كبيرة من المركبات النيتروجينية.

و نظرا لحاجة سكان العالم للغذاء اتجهت معظم دول العالم إلى زيادة الإنتاج الزراعي عن طريق ممارسة الزراعة المكثفة مما يعني إضافة كميات كبيرة من الأسمدة النيتروجينية للتربة سنويا.

و تبدأ دورة النيتروجين بقيام النبتة الخضراء بامتصاص النيتروجين المثبت بواسطة شعيرات الجذور على شكل نترات NO_3 و أمونيوم NH_4، أو في بعض الحالات على شكل أمونيا NH_3 بحيث تستخدم هذه المركبات النيتروجينية في تركيب الأحماض الأمينية التي تعتبر حجارة بناء البروتينات. و تستمد الكائنات الحية المستهلكة الأولية مركبات النيتروجين على شكل مركبات بروتينية من المنتجات، كما تستمد المستهلكات الثانوية المركبات البروتينية من المستهلكات الأولية حسب السلاسل الغذائية.

و بعد موت هذه الكائنات الحية بالإضافة إلى إفرازاتها تقوم الكائنات الحية المحللة بتحليلها إلى مركباتها الأولية.

و حسب الرقم الهيدروجيني pH الوسط ينتج إما أمونيوم عندما يكون الرقم الهيدروجيني أقل من ٨ و إذا كان أكثر من ٩ يكون نصف التركيز على شكل أمونيوم و النصف الثاني على شكل أمونيا، و أما إذا كان الرقم الهيدروجيني فوق ١١ فتكون جميعها على شكل أمونيا. ولكن غالبا نجد الأمونيوم عند التحليل.

و تتم أكسدة الأمونيوم في الوسط الذي يتوفر به الأكسجين بواسطة بكتيريا Nitrosomonas و بعد ذلك تؤكسد بكتيريا Nitrobacter النتريت NO_2 إلى نترات NO_3 و التي تمتصها النبتة بسهولة، و تسمى هذه العملية نترتة Nitrification:

$$2NH_4 + 3O_2 \xrightarrow[\text{Chemoautotroph}]{\text{Nitrosomanas}} 2NO_2 + 2H_2O + 4H + \text{Energy}$$

$$2NO_2^- + O_2 \xrightarrow[\text{Chemoautotroph}]{\text{Nitrobacter}} 2NO_3 + \text{Energy}$$

و تحت ظروف لا يتوفر بها الأكسجين تختزل النترات بواسطة بعض الكائنات الحية مثل Pseudiomonas إلى نتريت و بالتالي إلى غاز النيتروجين الذي يتصاعد إلى الغلاف الغازي، و قسم بسيط جدا إلى أمونيا و بذلك يتم إغلاق دورة النيتروجين بعملية اختزال النترات إلى غاز النيتروجين، و هذه العملية تسمى بعملية انتزاع الأكسجين Denitrification:

$$NO_3^- \xrightarrow{\text{Pseudomanas}} NO_2^- \xrightarrow{\text{Pseudomanas}} NO \begin{cases} NH_2OH \longrightarrow NH_3 \\ N_2O \longrightarrow N_2 \end{cases}$$

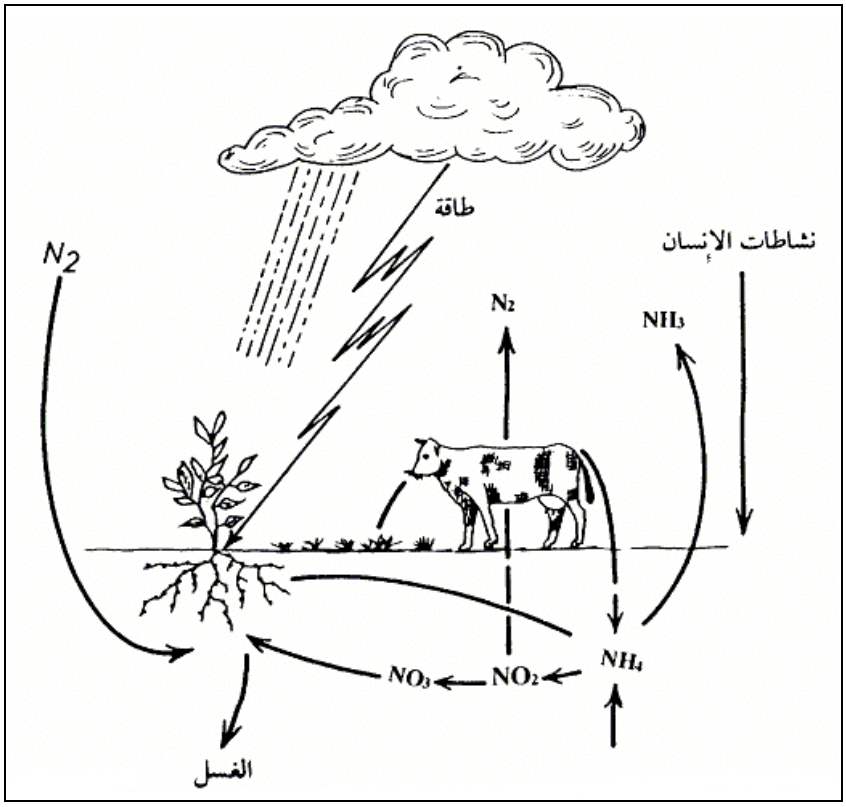
بالإضافة إلى عملية Denitrification تقوم الحرائق و البراكين بإعادة غاز النيتروجين إلى الغلاف الغازي.

و يحدث فقدان النيتروجين من الدورة على شكل نترات عن طريق غسل التربة بمياه الأمطار أو مياه الري حيث تنقل إلى المياه السطحية و الجوفية. و هنا ربما تعود النترات إلى الدورة من جديد إذا كانت الطيور و الأسماك البحرية قد تغذت على كائنات استفادت من هذه النترات، أو قد يكون قد تمت الاستفادة منها عند استعمال المياه الجوفية في ري المزروعات. و إذا لم تمتص النترات من قبل الطافيات المائية Phytoplancton أو أية نباتات مائية أخرى فإنها تفقد تدريجيا داخل رواسب بحرية عميقة ولا تعود إلى الدخول في الدورة إلا بعد كشف الطبقة الجيولوجية التي تحتوي على هذه الرواسب.

تعد النترات إحدى الملوثات المائية، و حسب مواصفات منظمة الصحة العالمية WHO يجب أن لا تزيد كمية النترات في مياه الشرب عن ٤٥ جزءا في المليون و أن لا تزيد كمية النترات التي يأخذها الإنسان في اليوم عن ٢٠٠ مجم سواء بواسطة الشرب أو الطعام وذلك لأن النترات تسبب مرض الإزرقاق عند الأطفال بالإضافة إلى تكوين مركب Nitrosamin الذي يسبب مرض السرطان عند الإنسان.

و تزداد كمية النترات عالميا في مصادر المياه والغذاء، و خصوصا في المناطق التي تمارس فيها الزراعة المكثفة حيث تتم إضافة كميات كبيرة من الأسمدة النيتروجينية. و في الأردن على سبيل المثال نشاهد مؤشرات على ارتفاع نسبة النترات في مياه الشرب.

و تقوم الأسمدة النيتروجينية الكيميائية بتلويث البيئة مرتين و تستنزف كميات كبيرة من الطاقة. إذ عند تصنيع الأسمدة النيتروجينية بطريقة هابر و بوش Haber-Bosch تستهلك كميات هائلة من الطاقة مما يؤدي إلى الإسراع في استنزاف الطاقة و خروج ملوثات صناعية غازية و سائلة. و عند استعمال هذه الأسمدة في الزراعة يترتب على ذلك تلويث المياه السطحية و الجوفية، نظرا لسرعة ذوبان هذه الأسمدة في الماء. لذا تحاول صناعة الأسمدة النيتروجينية منذ فترة من الزمن إنتاج أسمدة نيتروجينية لا تذوب بسرعة في التربة، و إنما تذوب على دفعات، و ذلك لرفع كفاءة استفادة النباتات من هذه الأسمدة من جهة و الحد من التلوث البيئي و استنزاف الطاقة من جهة أخرى. و يبين الشكل (٢- ٤) دورة النيتروجين.



الشكل (٢- ٤) دورة النيتروجين

٢- ٥ دورة الفسفور:

يعتبر الفسفور واحداً من العناصر المهمة في العمليات الحيوية في الكائنات الحية لكونه يدخل في تركيب العظام والأسنان. وهو يوجد في الطبيعة على شكل فوسفات، وتلعب العوامل الجوية كالأمطار والرياح دورا مهما في إيصاله للأنهار والبحار، حيث تمتصه النباتات البحرية ومن ثم يصل إلى الطيور التي تعتاش على هذه النباتات.

ويوجد الفسفور بكمية كبيرة في فضلات الإنسان والحيوانات والتي تستخدم فيما بعد كسماد للمزروعات. وحديثا ونتيجة للتقدم التكنولوجي أصبح الفسفور يدخل في تركيب مساحيق الغسيل مما أدى إلى إرتفاع نسبته في المياه العادمة وبالتالي إلى حدوث تلوث في الأنهار والبحار والمياه الجوفية مما دفع العلماء إلى البحث عن طرق لإزالة مركبات الفسفور من المياه العادمة.

أما عن الكميات التي تصل إلى البحار والمحيطات فهي في العادة تترسب في قاع البحر لتشكل مصدرا مختزنا من مصادر الفسفور. ويدخل الفسفور أيضا في تركيب الأسمدة وبهذه الطريقة، بالإضافة إلى تحلل النباتات والحيوانات الميتة، يتم إيصاله للتربة ومن ثم إلى النباتات.

٢- ٦ الإنسان والبيئة:

يعتبر القرن العشرين وبالتالي الإنسان المعاصر، أكثر العصور تطورا من الناحية التكنولوجية. فقد سعى الإنسان ومنذ بداية هذا القرن وبكافة الوسائل المتاحة إلى استغلال أكبر قدر ممكن من الموارد الطبيعية، باعتباره مخلوقا متميزا عن بقية الكائنات الحية. ومن خلال هذا السعي للسيطرة على البيئة المحيطة به استطاع أن يسخر الكثير من الطاقات الطبيعية من أجل إشباع رغباته، كونه الوحيد الذي له الحق في تسخير الموارد. فالمجتمعات الإنسانية وعلى مر العصور، كان الهدف الأساسي لها هو المحافظة على بقائها واستمرارها على الأرض من خلال المحافظة على التراث والثقافة والموارد الطبيعية. ومن ثم عملت هذا المجتمعات على نقل هذا التراث من جيل إلى جيل من خلال ما أطلق عليه بعملية التربية. ولم تكن البيئة بمفهومها الحالي موضع اهتمامه وحرصه، فقد بدأ كإنسان متجول ثم ما لبث أن استقر فأصبح مزارعا ثم تطور ليصبح إنسانا صناعيا.

٢- ٦- ١ الإنسان كمتجول:

كان الإنسان في هذه المرحلة من التاريخ يعتمد على الصيد كمصدر وحيد لغذائه. فقد كان ينتقل من مكان إلى آخر سعيا للحصول على الصيد الذي يوفر له الغذاء والملبس والمواد الخام اللازمة لصيده. وقد سكن الكهوف واستطاع في هذه المرحلة تحديد العلاقة الحقيقية بينه وبين الكائنات الأخرى.

٢- ٦- ٢ الإنسان كمزارع:

توقف الإنسان عن التنقل والتجول واستطاع أن يطور غذاءه وملبسه ومأواه دون الحاجة إلى الانتقال من مكان إلى آخر. واستطاع في هذه المرحلة من تاريخه أن يكيف نفسه على هوى الطبيعة. وبالتالي بدأت تتطور عنده فكرة أنه مركز الكون، وأن كل شيء حوله مسخر لخدمته. وهذا أعماه عن ملاحظة ما هو ضروري، فلم يتعمق بدراسة أسرار الطبيعة.

٢- ٦- ٣ الإنسان كصناعي:

تتميز هذه الفترة من عمر الإنسان، والتي بدأت في أواخر العصور الوسطى، ببدئه بكسر المحرمات المتعلقة بأسرار الطبيعة وبظهور مجموعة من العلماء كأمثال جاليليو ونيوتن الذين استطاعوا اكتشاف خضوع الكون لقوانين معينة، يستطيع الإنسان من خلالها أن يسخر الطبيعة لخدمته وبالتالي فقد انتقل الإنسان إلى عصر الصناعة والاكتشافات والتطور العلمي والتكنولوجي.

وهكذا بدأ الإنسان باستغلاله لموارد الطبيعة دون الاكتراث بتوازن البيئة، واحتياجات الكائنات الأخرى للبقاء. مما أدى إلى بروز بعض الظواهر التي تنذر بأخطار كبيرة، والتي أحالت أجزاء واسعة من الكرة الأرضية إلى بيئة ملوثة أو بيئة معدمة تكاد لا تصلح لحياة شتى أنواع الكائنات الحية. وفي كثير من المناطق تردت أحوال البيئة إلى درجة أصبحت فيها حياة الإنسان نفسه مهددة مما دفعه إلى إعادة النظر فيما يصنعه من دمار للكون فبدأ بسن القوانين والتشريعات التي تحد من هذا الخطر الذي يهدد بقاءه.

٢- ٧ الثورة الصناعية وتأثيرها على البيئة:

انشغل الإنسان منذ القدم في جمع 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 أنشطة 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 و الرماد و أكاسيد 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 و كانت مشكلة تلوث الهواء أكثر خطورة . فلقد كان معظم الناس يعتمدون وبشكل 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 النفط وخصوصاً في العربات المستخدمة على الطرق جعل من التلوث مشكلة يصعب تفاديها . كما أن انبعاث أكاسيد النيتروجين و أول أكسيد الكربون و الهيدروكربونات ، والرصاص أصبح يقلل 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 وأثار التلوث تنمو وتزداد وبالتالي ازداد الطلب الشعبي على إجراءات التحكم فيه . وحيث إنه 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 .

اليوم العديد 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 و إثارة مشاكل القلب و تغيرات الدم المؤدية إلى نقص الأكسجين المحمول و 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 ورفاهيتها . وفي نفس الوقت ومن جهة ثانية فإن هذه التغيرات في الغالب قد كلفت إفساداً لجودة البيئة ، وظهرت مشاكل التلوث البيئي في الدول الصناعية المتقدمة و النامية على حد سواء .

ومن أهم الأسباب التي أدت إلى تفاقم المشكلات البيئية 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 النفط 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 ، كجزء 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 تمكن 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 مسئوليته 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 النفط و الفحم الحجري و الطاقة الذرية .
- استعمال المواد الكيميائية التي تتحلل بسهولة في البيئة ولا تتراكم فيها .

امتحان ذاتي

أجب عن الأسئلة التالية ثم تأكد من صحة إجابتك بالنظر للحل النموذجي.

١. اذكر أسباب زيادة نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الغازي.
٢. اذكر أهم أخطار الأشعة فوق البنفسجية.
٣. اشرح كيفية تكون غاز الأوزون في طبقة الستراتوسفير.
٤. اذكر أهم الأسباب التي أدت إلى تفاقم المشكلات البيئية في العالم.

إجابة الامتحان الذاتي

١.

١. وجود الغلاف المائي و التربة اللذان يقومان بامتصاص قسم كبير من غاز ثاني أكسيد الكربون.
٢. عدم تحلل جميع المواد العضوية في فترة قصيرة من الزمن بل تحولها إلى مواد عضوية (الدبال Humus) تتحلل ببطء، أو البقاء دون تحلل كما يحدث لقسم كبير من المواد العضوية الموجودة في المستنقعات على شكل الخث (Peat)، أو ترسب المواد العضوية في طبقات عميقة تمنع عملية تحللها.
٣. وجود الطحالب الخضراء التي تقوم بربط كميات كبيرة من المواد العضوية، و قسم كبير منها يترسب داخل البحار والمحيطات و لا يتحلل.
٤. التلوث بالغبار في الطبقات العليا من الغلاف الغازي و التي تقوم بعكس قسم من الإشعاع الشمسي و بالتالي تقلل من كمية الإشعاع الواردة على سطح الكرة الأرضية.

٢.

١. التأثيرات السالبة على الكائنات الحية المنتجة.
٢. الإصابة بسرطان الجلد.
٣. حدوث تغيرات في المناخ.
٤. الحد من عملية التنقية الذاتية للمياه.

٣.

يتكون غاز الأوزون في طبقة الستراتوسفير بواسطة تفاعلات كيميائية ضوئية حسب المعادلة التالية:

$$O_2 \xrightarrow[135\text{-}176nm)]{uv} O+O$$

حيث يفصل جزأي الأكسجين O_2 إلى ذرات الأكسجين $O+O$ تتحد مع جزأي الأكسجين مكونة غاز الأوزون O_3.

$$O+O_2 \xrightarrow{uv} O_3$$

٤.

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

علم البيئة

صحة البيئة

الجدارة:

أن يكون المتدرب قادراً على تعريف مفهوم صحة البيئة ، و وصف أهدافها.

الأهداف:

عندما تكتمل هذه الوحدة يكون لديك القدرة على:

١- تعريف مفهوم صحة البيئة.

٢- تعريف مفهوم الإصابة بالمرض و أنواع مسببات المرض.

٣- تعريف الوقاية والعلاج من المرض.

٤- تعريف أهداف صحة البيئة.

الوقت المتوقع للدراسة:

٦ ساعات.

متطلبات الجدارة:

الإلمام بما سبق دراسته .

صحة البيئة
Ecological health

يعرف مفهوم الصحة البيئية على أنها حالة توافر الموطن البيئي السليم والمستقر لنوع معين من الكائنات الحية وعلى رأسها الإنسان بحيث يستطيع أن يعيش حياته بشكل سليم وأن يحافظ على بيئة سليمة. وكما يتضح من التعريف فإن مفهوم الصحة البيئية يتضمن الحديث السابق واللاحق في وحدات المقرر ولعل الضرورة اقتضت أن يكون مكانه هنا كحلقة وصل بين الحديث عن البيئة والحديث عن الصحة العامة. وعليه فلن نستطيع إيلاء الموضوع حقه وسرد كافة الجوانب لأن ذلك بعينه سيشمل إعادة الحديث بشكل متداخل على المادة العلمية السابقة واللاحقة معاً.

إلا أنه من المهم توضيح مثال واحد يستوحي من خلاله القارئ الكريم أبعاد الموضوع. والمثال الذي نختار هنا هو ضرورة اتزان وسلامة أحد المكونات البيئية وأثره على الصحة العامة للحياة، وسنأخذ ضرورة اتزان الهواء وعدم تلوثه. إن سلامة المحتوى الهوائي ستبقي على سلامة الحياة سواء من حيث التنفس أو التسميد أو إنتاج الطاقة وتدفقها. فمثلاً إن تلوث الهواء يعيق تنفس الأحياء على اليابسة وفي الماء وبالتالي قد يؤدي لاضطرابات فسيولوجية قد تؤدي بالكائن الحي للوفاة. فضلاً عن ذلك فإن تلوث الهواء يؤدي لتلوث الأمطار التي تؤدي لتلوث التربة التي تمثل مواطن اليابسة وتلوث الماء الذي يمثل المواطن المائية وبالتالي إلى توسيع طيف التأثير على كافة المواطن البيئية. ولا يقف الأمر هنا فقط لأن تلوث التربة سيؤدي لنقص صلاحيتها وتلويث إنتاجيتها وانتقال الملوثات عبر المستويات الغذائية إلى باقي الكائنات الحية بما فيها المستهلكات والمحللات ثم تعود للمنتجات، وكذلك الحال في تلوث الماء الناجم عن تلوث الهواء حيث تنتقل الملوثات للمنتجات المائية الدقيقة وللمستهلكات الأكبر حتى تصل الإنسان أو تتحلل وتتركز في النظام البيئي. وهكذا نرى أن مفهوم الصحة البيئية يعني ببساطة سلامة الحياة، الأمر الذي يتطلب الاهتمام بالصحة البيئية لاستمرار الحياة السليمة الصحيحة.

٣- ١ مفهوم الصحة العامة Concept of general health

تعني الصحة حالة التوازن النسبي لوظائف الجسم الناجمة عن تكيفه مع عوامل البيئة التي يعيش بها ذلك الجسم. وقد لا تتفق معظم المراجع على تعريف الصحة العامة، لكنها تعني ذلك الفرع من العلوم الذي يدرس كيفية تطوير وترقية الحياة الصحية للإنسان سواء من ناحية دراسة الأمراض ومسبباتها وطرق انتقالها وكيفية الوقاية منها أو ما يتعلق بنشر الوعي الصحي وتطوير صحة البيئة ومكافحة

الأخطار الصحية ومعالجتها ، الأمر الذي يستوجب تحقيق السلامة والكفاية الجسمية والعقلية والاجتماعية الكاملة.

٣- ٢ مفهوم الإصابة بالمرض

يعرف المرض على أنه حالة التغير النسبية في التركيب والشكل أو الوظيفة أو كلاهما لعضو معين وذلك نتيجة لمجموعة الاضطرابات الفسيولوجية التي تصيب ذلك العضو. وفي الوضع الطبيعي تعمل أجزاء الجسم بشكل متجانس وفعال ليشعر المرء بذلك السيل من النشاط الجسمي والعقلي والنفسي دون ملاحظة أي خلل ، وما يحدث في حالة المرض هو انحراف أو اختلال في أي من عوامل الصحة الجسمية أو العقلية أو النفسية الأمر الذي ينتهي بالاضطراب والذي يظهر له بعض الأعراض. أي أن الإصابة بالمرض ما هي إلا عملية متطورة منذ حدوث السبب حتى ظهور المضاعفات، وقد تتوالى أحداث الإصابة بالمرض بشكل سريع وحاد Acute أو بشكل بطيء مزمن Chronic ، كما أنه يمكن أن يكون المرض عاماً لأعضاء الجسم أو موضعياً لعضو معين. وتشكل مجموعة العوامل التي تسبب الاختلالات المرضية ما يسمى بمسببات الأمراض والتي ستبحث في العنوان اللاحق.

٣- ٣ أنواع مسببات المرض Types of illness causes

تختلف الأمراض باختلاف مسبباتها والتي يمكن تقسيمها إلى ثلاثة أقسام رئيسة:

أ- المسببات النوعية للمرض Agents factors

وتعني المادة أو القوة أو العوامل الأحيائية و الاأحيائية والتي وجودها أو غيابها قد يسبب اختلالات مرضية، منها:

١. المسببات الحيوية Biotic factors: مثل الفيروسات و البكتيريا و الطفيليات (الدقيقة المرئية) والفطريات.
٢. المسببات الغذائية Nutritive factors: وهي المواد الغذائية الأساسية أو الثانوية التي يتسبب عن نقصها أو زيادتها إلى إختلالات مرضية.
٣. المسببات البيوكيميائية والوظيفية Functional & Bio-mechanical factors: وهي التغيرات التركيبية في الأنسجة أو الوظيفية (مثل الاختلالات الهرمونية) التي تؤدي لظهور اختلالات مرضية.

٤. المسببات الطبيعية والميكانيكية Natural & mechanical factors: وهي التغيرات في العوامل الطبيعية (الحرارة و الضوء و الرطوبة و الضوضاء و الإشعاعات) والمصطنعة (الكيميائية) والفيزيائية (سقوط الأشخاص أو الأشياء عليهم مثل الحوادث و الحرائق و البراكين).

٥. المسببات الذاتية Autonomic factors : مسببات ترتبط بحياة الشخص مثل العوامل النفسية والاجتماعية (الضغط، الإحساس بالمسؤولية، القلق، الإدمان وغيرها).

ب- **المسببات الوصفية** Descriptive factors

مسببات تتعلق بالإنسان نفسه وتختلف حسب اختلاف الحالة الوصفية، مثل:

١. السن Age ، تتحدد بعض الأمراض حسب فئات العمر (الكساح و النزلات المعوية و الحصبة للأطفال، وارتفاع ضغط الدم، وتصلب الشرايين للكبار).

٢. الجنس Sex ، يحدد بعض الأمراض للنساء مثل سرطان الثدي.

٣. العرق Race ، وتنحصر بعض الأمراض في جنس بشري معين مثل انتشار مرض الأنيميا المنجلية لدى بعض الأجناس الأفريقية.

٤. الوراثة Genetics ، تحدد انتقال بعض الأمراض مثل العمى اللوني ونزف الدم.

٥. عادات حسن أو سؤ التغذية Malnutrition ، مثل الإدمان و تناول الدهون و الرياضة و التنظيم الغذائي.

٦. المقاومة غير النوعية والنوعية الحية Bio-resistance & immunity ، وهي مجال المقاومة التي يبديها الجسم ضد أي مسبب من مسببات الأمراض، سواء كانت طبيعية (بالتركيب) أو نوعية (مناعة مكتسبة أو صناعية)، وتتحدد فاعلية المقاومة على أنواع الحواجز التالية:

- الحواجز التشريحية Anatomical barriers والفسيولوجية Physical barriers التشريحية مثل الجلد و الأغشية المخاطية والداخلية التي تحمي الجسم والفسيولوجية التشريحية مثلا الإفرازات المخاطية والدمع والعرق و أهداب التنفس و حامض المعدة و الأنزيمات وغيرها من العمليات الحيوية التي تساهم في وقاية الجسم.
- الحواجز الخليطية Blood/Humoral barrier ، وتوجد في الدورة الدموية وهي ذات أثر قاتل وغير نوعي منها المتمم Complement ومنها المتداخل مثل بروتين الأنترفيرون Interferon.
- الحاجز الالتهابي (البلعمة) Phgocytosis of inflammatory barriers ، ويمثل خط الدفاع الأول عن الجسم ويتمثل بخلايا الدم البيضاء المحببة وغير المحببة.

- الحاجز العفوي Immunity ، ويمثل جهاز المناعة لدى الجسم المشتمل على الخلايا اللمفاوية Lymphocytes-B ، وهي مسئولة عن الخليطية إذ تتحول بها إلى خلايا بلازمية Plasma cell صانعة للأجسام المضادة Antibodies لتتفاعل مع الأجسام المولدة Antigen وتكون اتحاد الضد مع المولد Antigen-Antibody complex أما الخلايا اللمفاوية T-cells ، فهي مسئولة عن المناعة الخلوية حيث تفرز Lymphokines لتحريض الخلايا البلعمية على الابتلاع. والمناعة نوعان، طبيعية Natural (بالتكوين) ومكتسبة إما طبيعياً أو صناعيا وكلاهما ينقسم إلى إيجابية Active (تكون أجساماً مضادة لمولدات معينة) وسلبية Passive (تلقي الجسم أجساماً مضادة جاهزة مصنعة).

جـ- تأثير العوامل البيئية Environmental factors

كما تقدم معنا بأن البيئة هي مجموعة العوامل والظروف الحيوية والفيزيائية والكيميائية التي تحيط في كائن حي وتؤثر في حياته في مكان وزمان محددين، ويمكن تقسيم العوامل البيئية من خلال علاقتها بالصحة العامة إلى:

١- العوامل الطبيعية Natural factors

وتشمل العوامل الجغرافية Geographical factors ، التي تؤثر في الصحة العامة سواء عن طريق الارتفاع أو الانخفاض عن سطح البحر أو البعد عن خط الاستواء (مثل انتشار الملاريا)، أو العوامل الجيولوجية Geological factors التي تحدد طبيعية المنطقة ونوعية الأعمال اليومية التي يمارسها القاطنون بها سواء كانت مناطق جافة أو رطبة أو خضراء أو مائية. وأخيراً عامل المناخ Climatic factors بما يشمل تأثير الحرارة والرطوبة وكمية الأمطار وسرعة واتجاه الرياح وعلاقة هذه العوامل في مسببات الأمراض المختلفة.

٢- العوامل الحيوية Biotic factors

بما يشمل التداخلات الحيوية بين الكائنات الحية لبيئة معينة التي ينشأ عنها في العادة علاقات مميزة مختلفة والتي بدورها تؤثر إما على مسببات الأمراض أو طرق انتقالها. فمثلاً الإصابة بالملاريا لا بد من وجود بعوضة الأنفوليس التي يجب أن تتكاثر في مستنقعات عذبة في منطقة حارة أو معتدلة فقط وكذلك طفيل البلهارسيا الذي يحتاج لعائل وسيط (ناقل) هو حلزونة Bulinus truncates التي يجب أن تتوافر في بيئة مائية عذبة محددة.

٣- **العوامل الاقتصادية والاجتماعية** Socio-economic factors

وتشمل كافة الأبعاد الصحية الناتجة عن الحالة الاقتصادية للجماعة والثقافة الصحية التي ترتبط إلى حد بعيد بالمستوى التعليمي كذلك الاستعدادات الطبية والصحية للجماعة المتعلقة بكثافة وطريقة توزيع السكان ضمن الموطن البيئي الواحد.

٣- ٤ **العدوى بالمرض والوباء** Illness and plague infection

يرتبط مفهوم كل من العدوى والمرض والوباء بعضاً ببعض إلى حد بعيد جداً لكنه يجب التفريق بينها بالشيء القليل. فالعدوى هي طريقة انتقال المرض (الذي يمثل تغير التوازن الطبيعي للجسم)، في حين أن الوباء يعني المرض وديناميكية انتشاره وتوزيعه بين الناس من حيث العمر والجنس والصفة الاجتماعية والمهنية والعرق وبالتالي قد يرتبط مفهوم الوباء بالمرض واسع الانتشار. وتحتاج العدوى إلى عدة عوامل منها مسببات المرض الأحيائية واللاأحيائية ومصادرها ومناطق تكاثرها ثم طرق انتقالها ودخولها أو خروجها من الجسم المصاب.

٣- ٥ **الوقاية والعلاج من المرض** Protection from illness

يقصد بالوقاية مجموعة الإجراءات اللازم اتخاذها للحيلولة دون الإصابة بالمرض، وهذه الإجراءات عادة تسير باتجاه معاكس لطريقة العدوى. فمثلاً تتطلب الوقاية معرفة مسببات المرض ومصادرها ومناطق تكاثرها وطرق انتقالها لنتمكن من اتخاذ الأسس الصحية لذلك. وأما العلاج فيعرف على أنه مجموعة الإجراءات اللازمة للقضاء على مسبب المرض واستعادة الجسم للوضع الطبيعي.

٣- ٦ **أهداف صحة البيئة**

تشمل صحة البيئة تلك المواضيع المتعلقة بصحة الإنسان بجانب ذلك جودة مستوى المعيشة و التي بدورها تعتمد على عوامل فيزيائية و كيميائية و حيوية و اجتماعية و الموجودة في البيئة. كما ترمز لنظرية و لتطبيق أشياء كثيرة مثل عملية التقييم و التصحيح و التحكم و الوقاية من تلك العوامل الموجودة في البيئة و التي يمكن أن تؤثر على صحة الأجيال الحالية و المستقبلية.

لذا فإن صحة البيئة تهدف إلى خلق بيئة خالية من جميع المخاطر الفيزيائية و الكيميائية و الحيوية و جميع تهديدات التغيرات البيئية العالمية و المحلية.

و من أهداف برامج صحة البيئة:

١. تقليل مخاطر الإصابة بالأمراض التي تسببها البيئة.

٢. التقليل من احتمالات انتقال و تكاثر الأمراض.

٣. زيادة وعي الإنسان فيما يخص العلاقة بين البيئة و الصحة.

٤. زيادة قدرة الإنسان للتكيف مع البيئة و التعامل معها بطريقة ترفع مستوى الصحة.

و المواضيع التي تهتم بها صحة البيئة هي:

١. تلوث الهواء داخل المباني.

٢. تلوث الهواء خارج المباني.

٣. الوقاية من الكيميائيات.

٤. صحة بيئة الطفل.

٥. التغيرات البيئية العالمية.

٦. المجالات الكهرومغناطيسية.

٧. تقييم آثار صحة البيئة.

٨. الإشعاعات المؤينة.

٩. الصحة المهنية.

١٠. حساب و تقدير آثار صحة البيئة.

١١. الأشعة فوق البنفسجية.

١٢. صحة مياه المرافق.

١٣. النفايات الصلبة و السائلة.

١٤. الحيوانات الضالة.

١٥. الآفات و الحشرات.

١٦. صحة الغذاء.

١٧. العادات المعيشية الصحيحة.

و لإيجا د مستوى عالٍ من صحة البيئة يجب تطوير و توفير ظروف حياتية صحية و نظيفة تناسب احتياجات الإنسان . و على وجه الخصوص:

١. مصادر مياه صحية آمنة.

٢. مساكن و أدوات صحية ملائمة.

٣. التحكم في الحشرات.

٤. التأكيد على النظافة الشخصية و المنزلية.

٥. التعليم و التربية للمجتمع و الأسر .

امتحان ذاتي

أجب عن الأسئلة التالية ثم تأكد من صحة إجابتك بالنظر للحل النموذجي.

١. اشرح مفهوم الصحة العامة.

٢. عرف المرض.

٣. اذكر المسببات النوعية للمرض.

٤. اذكر عشرة من أهداف برامج الصحة البيئية.

إجابة الامتحان الذاتي

١.

تعني الصحة حالة التوازن النسبي لوظائف الجسم الناجمة عن تكيفه مع عوامل البيئة التي يعيش بها ذلك الجسم. وقد لا تتفق معظم المراجع على تعريف الصحة العامة، لكنها تعني ذلك الفرع من العلوم الذي يدرس كيفية تطوير وترقية الحياة الصحية للإنسان سواء من ناحية دراسة الأمراض ومسبباتها وطرق انتقالها وكيفية الوقاية منها أو ما يتعلق بنشر الوعي الصحي وتطوير صحة البيئة ومكافحة الأخطار الصحية ومعالجتها، الأمر الذي يستوجب تحقيق السلامة والكفاية الجسمية والعقلية والاجتماعية الكاملة.

٢.

يعرف المرض على أنه حالة التغير النسبية في التركيب والشكل أو الوظيفة أو كلاهما لعضو معين وذلك نتيجة لمجموعة الاضطرابات الفسيولوجية التي تصيب ذلك العضو.

٣.

١. المسببات الحيوية: مثل الفيروسات و البكتيريا و الطفيليات (الدقيقة المرئية) والفطريات.
٢. المسببات الغذائية: وهي المواد الغذائية الأساسية أو الثانوية التي يتسبب عن نقصها أو زيادتها اختلالات مرضية.
٣. المسببات البيوكيميائية والوظيفية: وهي التغيرات التركيبية في الأنسجة أو الوظيفية (مثل الاختلالات الهرمونية) التي تؤدي لظهور اختلالات مرضية.
٤. المسببات الطبيعية والميكانيكية: وهي التغيرات في العوامل الطبيعية (الحرارة و الضوء و الرطوبة و الضوضاء و الإشعاعات) والمصطنعة (الكيميائية) والفيزيائية (سقوط الأشخاص أو الأشياء عليهم مثل الحوادث والحرائق و البراكين).
٥. المسببات الذاتية: مسببات ترتبط بحياة الشخص مثل العوامل النفسية والاجتماعية (الضغط، والإحساس بالمسؤولية و القلق و الإدمان وغيرها).

٤,

١. تقليل مخاطر الإصابة بالأمراض التي تسببها البيئة.
٢. التقليل من احتمالات انتقال و تكاثر الأمراض.
٣. زيادة وعي الإنسان فيما يخص العلاقة بين البيئة و الصحة.
٤. زيادة قدرة الإنسان للتكيف مع البيئة و التعامل معها بطريقة ترفع مستوى الصحة.

و المواضيع التي تهتم بها صحة البيئة هي:

١. تلوث الهواء داخل المباني.
٢. تلوث الهواء خارج المباني.
٣. الوقاية من الكيميائيات.
٤. صحة بيئة الطفل.
٥. التغيرات البيئية العالمية.
٦. المجالات الكهرومغناطيسية.
٧. تقييم آثار صحة البيئة.
٨. الإشعاعات المؤينة.
٩. الصحة المهنية.
١٠. حساب و تقدير آثار صحة البيئة.
١١. الأشعة فوق البنفسجية.
١٢. صحة مياه المرافق.
١٣. النفايات الصلبة و السائلة.
١٤. الحيوانات الضالة.
١٥. الآفات و الحشرات.
١٦. صحة الغذاء.
١٧. العادات المعيشية الصحيحة.

علم البيئة

مفهوم التلوث

الجدارة:

أن يكون المتدرب قادراً على تعريف مفهوم التلوث.

الأهداف:

عندما تكتمل هذه الوحدة يكون لديك القدرة على:

١- تصنيف الملوثات إلى أنواعها المختلفة.

٢- تعريف مصادر التلوث و ملوثات الهواء.

٣- تعريف مصادر التلوث و ملوثات المياه.

٤- تعريف تلوث التربة.

٥- تعريف التلوث الضوضائي.

٦- تعريف التلوث الإشعاعي.

الوقت المتوقع للدراسة:

٢٢ ساعة.

متطلبات الجدارة:

الإلمام بما سبق دراسته .

مفهوم التلوث

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 الرئيسة 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 حوالي ١٠٠٠مركب كيمائي جديد . ويعتمد تأثير هذه المواد على درجة التركيز في البيئة و خصائصها الكيميائية و الفيزيائية و الحيوية و طبيعة تفاعلها مع بعضها البعض 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 الكيميائية 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 كيميائية لعدة أسباب أهمها :

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

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

٤- ١ تصنيف الملوثات (Classification of pollutants) :

يمكن تقسيم المواد الملوثة للبيئة تبعاً لطبيعة المادة سواء من حيث التركيب الكيميائي أو حالة المادة، ويمكن تقسيمها وفقاً للصفات الطبيعية والكيميائية 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 الكيميائي :
- الملوثات العضوية مثل الهيدروكربونات .
- الملوثات غير العضوية مثل أكاسيد الكبريت .

٢. الحالة الطبيعية للملوث :
- ملوثات غازية .

- ملوثات سائلة .
- ملوثات صلبة .

تقسيم الملوثات تبعاً لصفاتها (Classification by properties) :

١. القابلية للذوبان في الماء والزيت والدهون .
٢. معدل الانتشار والتخفيف .
٣. التحلل البيولوجي .
٤. الثبات في الهواء والماء والتربة والكائنات الحية .
٥. قابليته للتفاعل 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 :
- مصادر منزلية .
- مصادر صناعية .
- مصادر زراعية .

٢. نواتج ذات أصول صناعية : تقسم وفقا لنوع الصناعة ، مثلا صناعة البلاستيك ، والإسمنت و صهر المعادن ....إلخ .

٣. منتجات منزلية وخدمية : مثل نفايات المنازل و نفايات المستشفيات و نفايات المعامل .

٤. نواتج ذات أصول زراعية : مثل مخلفات الحيوانات الزراعية و 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 و المذيبات و المثبتات و الملونات و المواد الحافظة و مواد التشحيم...الخ.
٢. الاستخدامات في المنزل والمستشفيات : مثل المنظفات و الملطفات و مواد الطلاء و المطهرات والمبيدات الكيميائية .
٣. الاستخدامات في الزراعة : الأسمدة و المبيدات الكيميائية و الوقود و المعقمات .
٤. الاستخدامات في النقل : الوقود و 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 (بكتيريا وفطريات وفيروسات) .

٢. 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 و معيشتهم .

٣. ملوثات كيميائية :

وهي المواد الكيميائية التي يتعامل معها الإنسان كالمبيدات بأنواعها المختلفة (حشرية وفطرية ونباتية) و المنظفات الصناعية والمعقمات الكيميائية ونواتج الصناعات النفطية وصناعات النسيج والحديد والصلب والأسمدة وغيرها .

٤. 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.

٥. 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 البكتيريا والفطريات والفيروسات والأنواع المختلفة من الكائنات الأخرى التي تعد آفات صحية أو زراعية على الإنسان أو الحيوان أو النبات .

٤- ٢ أنواع التلوث:

٤- ٢- ١ تلوث الهواء:

إن أهمية الهواء الذي نستنشقه غنية عن التبيان ، فهو أساس الوجود ، وسرّ استمرارية الحياة . فقد يستطيع الإنسان البقاء حيا دون طعام أو ماء عدة أيام ، ولكنه لا يمكن أن يبقى حياً سوى بضعة دقائق إذا ما نقطع 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 الرئيسة .

ولقد نال تلوث الهواء اهتماماً كبيراً على مستوى دول العالم بأسرها، بعد أن غدا التلوث مشكلة-عالمية، وليست مشكلة إقليمية أو محلية، 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 في هاتين المدينتين ما بين ٢٥ ٪ إلى ٤٠ ٪ من الأشعة الساقطة.

وفي عام ١٩٦٧ م عرّف المجلس الأوروبي التلوث الجوي على الشكل التالي :

"يتلوث الهواء عندما تتواجد فيه مادة غريبة ، أو يحدث تغير هام في نسب المواد المكونة له يترتب عليها حدوث نتائج ضارة ، وتسبب مضايقات وانزعاجات" . فتلوث الهواء دليل على احتواء الهواء على مواد غريبة عليه ، أو من مواده نفسها ، ولكن بنسب تزيد على الحد الأعلى لتواجدها ، بحيث إن زيادتها هذه تصاحبه مؤثرات سلبية في البيئة الحيوية .

٤- ٢- ١- 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 (انظر جدول ٤-١) .
٢. الغبار والأتربة المثارة بفعل الرياح .
٣. حرائق الغابات .
٤. حبات (غبار) الطلع .
٥. الجراثيم من بكتيريا وخلافها .

جدول (٤-١) التوزع 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 ، سواء 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 ٤-٢) ، 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 (٤-٢) 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

٤- ٢- ١- 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 الملوث 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 :

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

- **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 تكون 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 و مصاهر 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 ا لغاز المسموح به هو ٩ أجزاء من المليون .

- عندما يصل تركيزه ٥٠ جزء من المليون لمدة ستة أسابيع فإن ذلك يؤثر على عمل القلب والدماغ ، كما يؤثر على حدة الرؤية .
- 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 و 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 كربوكسيل الهيموجلوبين ، حيث إن 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 قد يصل إلى ٢٠ ٪ ، وعندما يصل التركيز إلى ٦٠٠ جزء من المليون ، فإن كامل جزيئات الهيموجلوبين تكون 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 جزء من المليون . وبسبب إطلاق كميات كبيرة من هذا الغاز من مصادر مختلفة على مستوى عالمي ، فقد وصل تركيزه في الغلاف الجوي حوالي ٣٤٦ جزء من المليون عام ١٩٨٨م. 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 و حمض الفسفوريك و الهيدروجين وغيرها من الصناعات .
كما يتصاعد من العديد من العمليات البيولوجية و أثناء تخمر السكاكر. إلا أن احتراق الوقود بشكل كامل يشكل المصدر الأساسي لتلوث الهواء بغاز ثاني أكسيد الكربون (كما توضح المعادلات التالية).

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

$$C_2H_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$$
$$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$$
$$2C_6H_6 + 15O_2 \rightarrow 12CO_2 + 6H_2O$$
$$2C_6H_{18} + 25O_2 \rightarrow 18CO_2 + 18H_2O$$

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

- **تأثيره على الإنسان :**

لا يعتبر ثاني أكسيد الكربون مصدر تلوث خطر على صحة الإنسان والحيوان ، حيث إنه 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 الممتصة 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 النيتروجين** 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 الموجودة 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 :

$$N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$$

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

$$N_2 + 2O_2 \rightarrow 2NO_2$$

وثاني أكسيد النيتروجين عبارة عن غاز بني مصفر وذلك نتيجة لامتصاصه للّون 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 :

$$2N_2O \xrightarrow{uv} N_2 + 2NO$$

كما أن أول أكسيد النيتروجين ينتج من عمليات التحلل الحيوي بفعل الكائنات الدقيقة ، وكذلك من عمليات الاحتراق و نتيجة للبرق ، والذي بدوره يتفاعل مع الأكسجين الجوي مكوناً غاز ثاني أكسيد النيتروجين :

$$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$$

- **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 جزء من المليون لمدة خمس دقائق فإنه يسبب اضطرابات في التنفس . بينما التعرض لتركيز ٥٠ جزء 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 الهواء 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 :

$$2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$$
$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

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 جزء من المليون ، وإذا وصل تركيزه في الهواء إلى ٠,١ جزء من المليون وأكثر أدى 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 جزء 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 هو 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 النفط . 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 يصل 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 إن هذا الغاز يذوب في أول جزئيات ماء تواجهه في الجزء العلوي من الجهاز 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 الفاسد 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 :

$$H_2S + 2O_2 \rightarrow H_2SO_4$$

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 التركيزالمفاجيء 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 وصناعات المطاط وغيرها . إلاّ أن المصدر الرئيس لتلوث البيئة يأتي من تكرير النفط ومن بعض الصناعات البتروكيميائية لإعتباره أحد مكونات النفط 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 تهيج في بطانة الغشاء المخاطي في أعضاء الجهاز التنفسي والعيون ، كما يحدث اضطراباً وصعوبة في التنفس بسبب تأثيره على عدد من الأنزيمات 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 اجزاء من المليون لمدة طويلة يؤدي إلى تدمير حاسة 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 .

٥- **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 و الأمنيوم

و تكرير النفط و الأسمدة العضوية و حمض الفوسفوريك و الفولاذ و 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 .

٦- **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 أنجلوس الأمريكية مستويات عظمى مقدارها ٠,٩ جزء من المليون ، مقارنة مع المستويات العظمى فوق منطقة لندن البالغة ٠,١ جزء من المليون في ظروف موجة حرارية استثنائية .

يعتبر الأوزون عامل مؤكسد قوي 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 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 :

$$NO_2 + \rightarrow NO + O$$
$$O + O_2 \rightarrow O_3$$

- **تأثير غاز الأوزون على صحة الإنسان**

يتفاوت تأثير 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 اضطرابات 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 الإصابة بعدوى البكتيريا. 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

توجد طبقة الأوزون في طبقة الغلاف الزمهريرية Stratosphere على ارتفاع ٢٢ كيلومتر من الغلاف الجوي وتسمى بطبقة الأوزون Ozone layer 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 ، إذ إن 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 إحدى اتجاهيه تتساوى مع سرعته في الاتجاه المضاد كما في المعادلة التالية :

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

إلا أن إقحام مواد كيميائية 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 و 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 :

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

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

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

$$NO_2 + [O] \longrightarrow NO + O_2$$

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 الضببات الغازية فإنها تنشط بامتصاص طاقة الأشعة فوق البنفسجية منتجة ذرات كلور نشيط كما في التفاعلات التالية:

ثاني كلورو فلوروميثان $CF_2Cl_2 + hv \rightarrow CF_2Cl^* + Cl^*$

ثالث كلوروفلوروميثان $CFCl_3 + hv \rightarrow CFCl_2^* + Cl^*$

يلي ذلك قيام هذا الكلور [Cl^*] بتدمير جزيئات الأوزون ، ويمكن تصوير ذلك على النحو التالي :

$$Cl^* + O_3 \rightarrow O_2 + OCl^*$$
$$OCl^* + [O] \rightarrow Cl^* + O_2$$

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

٧ - **الهيدروكربونات** Hydrocarbons

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 أربع ذرات كربون أو أقل لتشكل الغازات ، بينما السائل منها والصلب يحتوي على خمس 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 الرئيس للنفط 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 النفط 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 أو من نشاطات الإنسان المختلفة . وكما يلعب التركيب الكيميائي للجسيمات الملوثة للهواء دوراً كبيراً في الآثار الناجمة عن تأثير الحلقات البيئية على الهواء ، فإن لحجم هذه الجسيمات أهمية كبرى ، حيث إنه 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 مائة ميكروميتر . ولكنها تملك تأثيراً كبيرا على العيون والمنشآت الصناعية والأبنية والممتلكات الاقتصادية .

وبلغت 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 الإسمنت . 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 مليجرام/م^{٣} في مداخل المدينة ومنطقة معمل الإسمنت ، والحد المسموح به هو ٠,٥ مليجرام/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 بعضها 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 جزيئة 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 وهي 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 الإسمنت والزجاج وغيرها .

ومن أخطر الجسيمات الملوثة للهواء هي جسيمات مبيدات البكتيريا والفطريات والقوارض والحشرات والأعشاب . والتي تبقى عالقة في الهواء لفترات طويلة حتى تسقط مع الأمطار إلى التربة و 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 ايثيل الرصاص أحد المسببات الرئيسة لتلوث الهواء بجسيمات 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 الا عضوي يتحول إلى صورة عضوية 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 الصناعات 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 جنينيه 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 إنه 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 عديد من المصادر الصناعية والطبيعية . ويعتبر احتراق الوقود من النفط والفحم الحجري وفحم الخشب النباتي من المصادر الأساسية لتلوث الهواء بالجسيمات الهيدروكربونية والألياف المعدنية . كما يعتبر استخدام مبيدات الحشرات والقوارض والنباتات الصغيرة من مصادر تلوث الهواء بالجسيمات الكيميائية الفعالة شديدة الخطورة . وتشكل مصانع الإسمنت 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 المناجم 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 تكوّن 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 إن لبعض الجسيمات الملوثة للهواء خاصية الادمصاص Adsorption حيث إنها 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 ، إلا وهي جسيمات الاسبستوزات 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 إن 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 إن 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 ملوثاً جديداً 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 Angeles 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 عالٍ 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 الرئيس لتكوّن المطر الحمضي . حيث تتحد هذه الغازات كملوثات أولية مع قطرات بخار الماء مكونة قطرات مائية محتوية على تراكيز من حمض الكبريتيك وحمض النيتريك وحمض الهيدروكلوريك ، 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 غير الملوثة بالمطر الحمضي فيزيد أسها الهيدروجيني عن ٥,٦ .

ومن أضرار هذه الأمطار الحمضية تلك التي لوحظت في وسط أوروبا ، 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 أوروبا في عام ١٩٧٠ م ، أما في عام ١٩٨٣ م فقد تحدثت ألمانيا عن تضرر الأوراق بصورة ملحوظة في 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 أوروبا أخذت تصاب بالتحمّض 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 .

٤- ٢- ٢ تلوث المياه:

يعتبر الماء 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 كيلومتر مكعب

(جدول ٤- ٣) ، 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 كيلومتر 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 كيلومتر 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 إن جزءاً كبيرا منها يضيع في الجريان السطحي ويعود ثانية إلى البحار والمحيطات ، كما يضيع في التبخر ، إلا أن ما يتبقى منها يعد المصدر الرئيس للموارد المائية على سطح هذا الكوكب .

جدول (٤- ٣) : 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

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 تكون مواد صلبة معينة أو علاقة أو مواد عضوية أو غير عضوية ذائبة ، أو كائنات دقيقة مثل البكتيريا ، 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 .

٤- ٢ - ٢- ١ 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 للإنسان 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 تغييرٍ واضحٍ 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 عليه 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 النفط 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 بالبقع النفطية 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 تلقيها ناقلات النفط.

٤. الأمطار الحمضية :

تعتبر أحماض الكبريتيك والنيتريك المكونين الرئيسين 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 واحدة 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 الكيميائية ، مثل صناعات الورق أو البويات أو النسيج أو صناعات المبيدات ومستحضراتها . فمخلفات هذه الصناعات تلوث البيئات المائية بمركبات كيميائية 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 .
- أن لبعض 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 واحد 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 كيميائية 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 عشرين 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 إن 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 .

٤- ٢- ٣ تلوث التربة :

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 أمطاراً حمضية هاطلة أو نفايات صناعية أو نفايات المنازل أو النفايات المشعة ... الخ . 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 الرئيسة للدورات الطبيعية لبيئة الأرض والمرتبطة فيما بينها .

٤- ٢- ٣- ١ 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 مخلفات النبات والحيوان المعرضة لعمليات التحلل بواسطة الأحياء الدقيقة الموجودة في التربة مثل البكتيريا 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 :

١. طبقة سطحية 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 الرئيسة (جدول ٤- ٤) .
٢. طبقة تحت التربة Subsoil layer : وهي تقع تحت الطبقة السطحية مباشرة وبها قليل من بقايا الكائنات الحية عند مقارنتها بالطبقة السطحية .
٣. 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 نوعية الصخر وتكوينه الجيولوجي .

جدول (٤- ٤ 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
السيليكون	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

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 .

٤- ٢- ٣- ٢ مصادر تلوث التربة :

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

- **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 انجراف 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 الانجراف 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 الانجراف بأكثر من ٢٣٪ من الأراضي الزراعية .

كما أن للإنسان دوراً في زيادة انجراف 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 لجزيئات 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) .

- 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 فقط 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 النيتروجين على الفسفور و البوتاسيوم كمكونات رئيسة 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 و 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 النيتروجين .
٣. كما أن حفظ النباتات في الصوامع يؤدي إلى تصاعد غاز ثاني أكسيد النيتروجين نتيجة لتخمرها ، والذي بدوره يؤثر على العاملين .
٤. تزايد أعداد البكتيريا الضارة في التربة نتيجة لزيادة النيتروجين 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 البكتيريا الموجودة في الجهاز الهضمي تقوم 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 نسبياً 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 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 والخضروات 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 و الثوريوم و الراديوم و 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 و الصناعية و الطبية و الزراعية والبحثية

وغيرها من التطبيقات . هذا بالإضافة لما تفرزه تلك التطبيقات المختلفة من ملوثات تمتلك خاصية الإشعاع (ملوثات مشعة) تتطلب معاملة خاصة للتخلص 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 عالقا به . ويتأثر الإنسان بنسبة ٢٠٪ عن طريق امتصاص التربة للمواد المشعة و ٨٠٪ عن طريق التلوث المباشر للنبات.

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 ...الخ 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 و صعوبة تحللها إلى مكونات أبسط وأقل 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 الهامة في التربة نتيجة لذوبانها في هذه المياه الحمضية وبالتالي هجرتها من التربة إلى المياه الجوفية أو السطحية .

٤- ٢- ٤ التلوث الضوضائي:

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 إن 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 .

٤- ٢- ٤- ١ 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 . وأصبح في الإمكان تقسيم شدة الصوت إلى مستويات مختلفة وكل مستوى له مدى معين من "الديسيبل" كما يوضح الجدول (٤- ٥) .

جدول (٤- ٥) بعض الأمثلة على مصادر الأصوات وشدتها ، ومدى خطورتها .

مصدر الصوت	شدة الصوت	نوع الصوت وخطورة
استوديوهات 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 سماعة)
حفار الطرق	١١٠	غير مريح (خطر عند سماعة)
قصف الرعد الشديد	١٢٠	غير مريح (خطر عند سماعة)
الموسيقى 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 ٢٠ 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 .

٤- ٢- ٤- ٢ مصادر الضوضاء :

أ - مصادر طبيعية :

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

ب - 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 المواصلات .
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 والأوروبية 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 (٤- ٦) معدل شدة الضوضاء في بعض المدن .

جدول (٤- ٦) مستوى الضوضاء في بعض المدن

المدينة	شدة الضوضاء (ديسيبل)
دمشق	٩٥ - ١٠٠
الرياض	٨٠ - ٩٥
الكويت (الطرق الرئيسة)	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 الرئيسة)	٨٥ – ٩٠
الدمام	٧٠ – ٨٥

٤- ٢- ٤- ٣ 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 فترة التعرض.
٢. شدة الصوت ودرجته : حيث إنه كلما اشتد الصوت كان تأثيره أكبر .
٣. حدة الصوت : حيث إن الأصوات الحادة أكثر تأثيراً من الأصوات الغليظة .
٤. موقع السامع من مصدر الصوت : حيث إنه 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 الإثنى 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 .

جـ- 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 بفقد الإنسان سمعه تماماً ويصاب بالصمم .

د- التأثير على إنتاج العاملين :

تفيد الدراسات بأن 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 عمالها الضوضاء وذلك بإجراءات محكمة زاد الإنتاج وانخفض معدل الغياب .

٤- ٢- ٥ التلوث الإشعاعي:

يعتبر التلوث الإشعاعي من أخطر أنواع التلوث حيث إنه لا يرى و لا يشم و لا يحس ، فهو يدخل إلى الجسم دون سابق إنذار ودون 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 أثر حراري فقط وقد يكون ذا تأثيرات حيوية مثل الإصابة بأمراض السرطان وغيرها .

٤- ٢- ٥- ١ تصنيف الأشعة :

يمكن تصنيف الأشعة حسب قدرتها على تأيين ذرات الوسط الذي تقع عليه 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 (6.62×10^{-34} J.s) ، f : تردد الموجة ، c : سرعة الضوء (2.99×10^{8} m/s) ، λ: الطول الموجي للموجة .

ويوضح الجدول (٤- ٧) بعض أنواع هذه الإشعاعات الكهرومغناطيسية .

جدول (٤- ٧) بعض الإشعاعات الكهرومغناطيسية مرتبة حسب الطول الموجي لها

نوع الإشعاع	الطول الموجي (λ)
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) .

٤- ٢- ٥- ٢ النظائر المشعة :

تتركب جميع العناصر 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 ($_{92}U^{233}$, $_{92}U^{235}$, $_{92}U^{238}$) .

٤- ٢- ٥- ٣ 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

٤- ٢- ٥- ٤ 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 $(_{83}Bi^{214}$ $(_{90}T^{234} = 24\ days)$ $= 19.4min)$.

٤- ٢- ٥- ٥ نواتج تفكك النظائر المشعة الإشعاعية :

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

أ - 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 .

ب - 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 .

ج - 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 .

د - النيترونات Neutrons :

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

٤- ٢- ٥- ٦ مصادر التلوث بالمواد المشعة :

يمكن تقسيم مصادر التلوث بالمواد المشعة إلى قسمين :

أولا: 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 وأشعة 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 :

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

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

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

١. الارتفاع والانخفاض عن مستوى سطح البحر: حيث تزداد الجرعة الإشعاعية مع الارتفاع عن سطح البحر .
٢. القرب والابتعاد عن خط الاستواء : حيث تزداد الجرعة الإشعاعية مع البعد عن خط الاستواء .

ب - الإشعاعات الصادرة من التربة Terresterial Radiation :

تحتوي القشرة الأرضية على العديد من العناصر المشعة مثل (اليورانيوم- ٢٣٨ و الثوريوم- ٢٣٤ ، والراديوم- ٢٢٣ و البوتاسيوم- ٤٠ و 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 اشعاعات جسيمية مثل (ألفا أو بيتا أو بوزيترونات) ، ومن ثم تضمحل النواة الثانية إلى نواة ثالثة بنفس الطريقة وهكذا 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 تتعرض 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 .

جـ- 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 الإشعاعية 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 غير المشعة . وقد يكون مصدر تكونها الأشعة الكونية (Cosmogenic) مثل (B-7 , C-14) أو من التربة (Premordial) مثل (K-40 , Rb-87 , Po-114) .

ثانيا: 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 الكوبالت ٦٠ واليود المشع وغيرهما . كذلك انتشر استخدام الطرق النووية كالتحليل التشيطي 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 واحدة على الصدر حوالي ٢٠ ميلليرم . ومن ذلك استخدام المواد المشعة لإجراء 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 الكيميائيات . 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 والكيميائيات 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 فتخرج 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 .

هـ - حوادث التسرب الإشعاعي :

حيث سجل تاريخ استغلال الطاقة النووية ثلاث 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 انطلاق ١٥- ٢٠ مليون كوري من اليود المشع ١٣١ ، و ١- ٢ مليون كوري من السيزيوم المشع ١٣٧.

٤- ٢- ٥- ٧ الحيوية للإشعاعات المؤينة :

عند سقوط الإشعاعات على أجسام 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 :

أ - المرحلة الفيزيائية :

وفيها تنتقل الطاقة من الإشعاع إلى جزيء الماء ويحدث التأين .

ب - 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 :

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

- اتحاد الإلكترون مع جزيء ماء مكونا أمون ماء سالب :

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

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

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

- اتحاد الهيدروكسيد مع بعضه البعض مكونا فوق أكسيد الهيدروجين :

$$OH + OH \rightarrow H_2O_2$$

ج - 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.

د - 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

أجب عن الأسئلة التالية ثم تأكد من صحة إجابتك بالنظر للحل النموذجي.

السؤال الأول : ما هو مفهوم التلوث؟

السؤال الثاني : اذكر تصنيف مصادر التلويث البشري للهواء .

السؤال الثالث : اذكر خمسة من ملوثات الهواء الغازية .

السؤال الرابع : ما هي طبقة الأوزون وما المقصود بنضوبها ؟

السؤال الخامس : ما هو تصنيف الملوثات الجسيمية تبعاً لحجمها ؟

السؤال السادس : اذكر المصادر الطبيعية لتلوث الهوا .

السؤال السابع : اذكر مصادر تلوث المياه .

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

السؤال التاسع : مم يتكون الطور الصلب للتربة ؟

السؤال العاشر : ما هي مصادر تلوث التربة ؟

السؤال الحادي عشر : كيف يمكن قياس شدة الصوت ؟

السؤال الثاني عشر : ما هي مصادر الضوضاء ؟

السؤال الثالث عشر : ما هي الآثار التي تسببها الضوضاء ؟

السؤال الرابع عشر : ما المقصود بالنظائر المشعة ؟

السؤال الخامس عشر : ما المقصود بعمر المادة المشعة ؟

السؤال السادس عشر : ما هي نواتج تفكك النظائر المشعة الإشعاعية ؟

السؤال السابع عشر: ما هي المصادر الطبيعية للتلوث بالإشعاع ؟

السؤال الثامن عشر : ما هي المصادر الصناعية للتلوث بالإشعاع ؟

إجابة الامتحان الذاتي

إجابة السؤال الأول :

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 .

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 CO و ثاني أكسيد الكربون CO).

٢- أكاسيد النيتروجين 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 ، إذ إن 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 كيميائية 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 و 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 :

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

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

$$NO + O_3 \longrightarrow NO_2 + O_2$$
$$NO_2 + [O] \longrightarrow NO + O_2$$

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 الضبابات الغازية فإنها تنشط بامتصاص طاقة الأشعة فوق البنفسجية منتجة ذرات كلور نشيط كما في التفاعلات التالية :

$CF_2Cl_2 + hv \rightarrow CF_2Cl^* + Cl^*$ ثاني كلورو فلوروميثان

$CFCl_3 + hv \rightarrow CFCl_2^* + Cl^*$ ثالث كلوروفلوروميثان

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

$$Cl^* + O_3 \rightarrow O_2 + OCl^*$$

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

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

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

إجابة السؤال السادس :

مصادر التلوث الطبيعي للهواء :

١- البراكين .
٢- الغبار والأتربة المثارة بفعل الرياح .
٣- حرائق الغابات .
٤- حبات (غبار) الطلع .

الجراثيم من بكتيريا وخلافها .

إجابة السؤال السابع : 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 الثامن : 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 تلقيها ناقلات النفط .

إجابة السؤال التاسع :

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 عدمه .

ب- مواد عضوية هي عبارة عن بقايا ومخلفات النبات والحيوان المعرضة لعمليات التحلل بواسطة الأحياء الدقيقة الموجودة في التربة مثل البكتيريا 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 الرئيسة .

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

ت- 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 نوعية الصخر وتكوينه الجيولوجي .

إجابة السؤال العاشر :

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 الحادي عشر :

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 عشر :

مصادر الضوضاء :

مصادر طبيعية :

وتشمل الانفجارات البركانية والزلازل ، والرعد والأعاصير ، وأمواج المياه العالية . ولكن الضوضاء الطبيعيه 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 .

إجابة السؤال الثالث عشر :

الآثار التي تسببها الضوضاء :

١- التأثيرات النفسية .

٢- التأثيرات العصبية .

٣- التأثير على السمع .

التأثير على إنتاج العاملين .

إجابة السؤال الرابع عشر :

تتركب جميع العناصر 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 ($_{92}U^{235}$, $_{92}U^{233}$, $_{92}U^{238}$) .

إجابة السؤال الخامس عشر :

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 السادس عشر :

تتمثل نواتج التفكك النووي للنظائر المشعة في إشعاعات مختلفة تتكون بصورة رئيسة من :

أشعة(جسيمات) ألفا و جسيمات بيتا و 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 جسيمات غير مشحونة كهربائياً ، تنطلق من النوى الذرية . وتنتج داخل المفاعلات النووية عن انقسام نوى اليورانيوم ، ويمكنها تأيين الذرات بصورة غير مباشرة .

إجابة السؤال السابع عشر :

المصادر الطبيعية للتلوث بالإشعاع :

١- الأشعة الكونية Cosmic Ray .

٢- الأشعاعات الصادرة من التربة Terresterial Radiation .

٣- الإشعاعات الموجودة في جسم الإنسان .

إجابة السؤال الثامن عشر :

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 .

علم البيئة

التحكم في التلوث ومكافحته

الجدارة:

أن يكون المتدرب قادراً على تعريف طرق التحكم في التلوث و مكافحته .

الأهداف:

عندما تكتمل هذه الوحدة يكون لديك القدرة على:

١- تعريف طرق مراقبة البيئة.

٢- تعريف طرق التحكم في تلوث المياه.

٣- تعريف طرق التحكم في تلوث الهواء.

٤- تعريف طرق التحكم في تلوث التربة.

٥- تعريف طرق التحكم في التلوث الضوضائي.

٦- تعريف طرق التحكم في التلوث الإشعاعي.

٧- تعريف دور الإسلام في حماية البيئة.

الوقت المتوقع للدراسة :

١٢ ساعة.

متطلبات الجدارة:

الإلمام بما سبق دراسته .

التحكم في التلوث ومكافحته

مما ورد يتضح لنا أهمية البيئة للإنسان وضرورة الحفاظ عليها من جميع أنواع الملوثات التي ستؤثر سلباً عليه بشكل مباشر أو غير مباشر وعليه كان من الأهمية بمكان التحكم في التلوث. والذي يتطلب تحديد مصادره ونوع وحجم الملوثات المنطلقة. وذلك يتطلب أمرين الأول: مراقبة البيئة للتعرف على وجود الملوث في وقت مبكر وتحديد حجم الملوث ونوعه لاتخاذ الإجراء المناسب حياله، والثاني: مكافحة التلوث حال حدوثه. وفيما يلي نستعرض كلاً من هذين الموضوعين بشيء من التفصيل.

٥- ١ مراقبة البيئة

يتمثل المبدأ الأساسي لمراقبة البيئة في أخذ عينة من مادة تمثل جزءاً متمما و مكملا للبيئة مثل الهواء و التربة و الماء و الإنسان ... و من ثم تحليلها للحصول على معلومات عن مستويات ملوثات محددة 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 معرفة آثار تطبيق اللوائح و الأنظمة .

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

الأولى : جمع العينات من البيئة باستخدام أدوات و أجهزة من خارج البيئة ذاتها

و هذه تحتاج لأجهزه بمواصفات معينة (High technology samplers) ، (مثال على ذلك : جمع الأيروسولات عن طريق الفلترة ، حيث تعتبر الأيروسولات معقدة التركيب الكيميائي و الخصائص الفيزيائية . و تعتمد هذه العملية على الفلتر المستخدم و حجم الجسيمات و الزمن .... الخ) . و تعطي هذه الطريقة نتائج جيدة لكن لها عيوب منها :

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

ثانيا : جمع عينات تشكل جزءاً 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 و النباتات الأولية و الحيوانات و الطيور و الإنسان.

و من شروط المراقب البيئي الحيوي الجيد ما يلي :

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

٢. التوفر طوال أيام السنة و فصولها " التوفر الزماني ".
٣. سهولة أخذ العينة .
٤. تناسب محتواه من الملوث المدروس مع مستواه في بيئته .

٥- ١- 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 بيئتها 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 الدفلة The Nerium oleander
٢. نبات نخيل التمر The Phoenix dactylifera

٥- ١- 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 اللايكن Lichens .

و هما قد يستخدمان بشكل مباشر عن طريق جمعهما 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 .

٥- ٢ التحكم في الملوثات:

٥- ٢- ١ 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 إنه باتباع هذه الطرق الوقائية يمكن التخفيف من حدة التلوث وأضراره على البيئة ، ويمكن أن يتم ذلك باتباع ما يلي :

١- اتباع التخطيط العلمي عند إنشاء أية صناعة لها تأثير ملوث معروف ، وضرورة الأخذ بعين الاعتبار الظروف المناخية (درجة الحرارة و سرعة الرياح واتجاهها و نسبة الرطوبة...الخ) 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 المسموح 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 الهوا ء .

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 هاماً في تنقية الهواء من الغبار المعلق ، والمثار مع الرياح .

٧- العمل على توعية المواطن من خلال وسائل الإعلام المختلفة (كتلفاز و إذاعة و صحف و مجلات) والمؤسسات التعليمية (مدارس و معاهد و كليات) ، عن طريق عرض البرامج التثقيفية وإقامة الندوات والمؤتمرات و التشجيع على الحوار 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 ...الخ ، 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- تقليل الانبعاث من المصدر عن طريق تغيير المواد الخام الأولية و تغيير نظام التشغيل و تعديل أو تغيير بعض أجهزة الإنتاج .

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

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

كما تشمل القواعد الفنية على 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 التحكم في ملوثات الهواء ، ولاختيار الجهاز الأنسب فإنه يتم الاعتمادعلى العوامل التالية :
   أ) كمية الغاز المراد معالجته وتغيره مع الزمن .
   ب) طبيعة وتركيز الجسيمات العالقة المراد التخلص منها .
   ت) درجة حرارة وضغط التيار الغازي المندفع .
   ث) طبيعة الطور الغازي المتصاعد من حيث الذوبانية و قدرته على إحداث التآكل من عدمه .
   ج) مستوى المعالجة المرغوب فيها للمواد المنبعثة .

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

أ – 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 كهربائي .

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.

ب – غرفة التنقية النسيجية (الفلتر) Baghouse Filter

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

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 تشبه عمل المكنسة الكهربائية المستخدمة في تنظيف المنازل . وفي كل مرة يتم إخراج تلك الأكياس وتنظيفها ، ويعتبر هذا النظام ذا كفاءة عالية للتحكم بكميات الجسيمات وخصوصاً الدقيقة منها .

ج - 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) .

د - 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 .

٥- ٢- ٢ التحكم في تلوث المياه:

يعتبر كل من مياه الصرف غير المعالجة و التلوث بالنفط من أبرز ملوثات المسطحات المائية وعليه نفرد فيما يلي أبرز الأساليب المتبعة لمكافحة مثل ذلك التلوث.

أ - مكافحة التلوث النفطي:

أما أبرز الأساليب الميكانيكية لمكافحة تلوث المياه بالنفط، فيمكن تلخيصها فيما يلي:

١. استخدام الحواجز الطافية لتسييج البقعة النفطية للحيلولة دون انتشار النفط.
٢. استعمال المواد الماصّة التي تعرقل حركة البقعة النفطية جزئياً مثل الصوف الزجاجي والمايكا، وتُرشّ هذه المواد من قوارب صغيرة ثم يتم جمعها بواسطة شبكات دقيقة وتنقل إلى حيث يمكن

التخلّص منها إما حرقاً في أفران خاصة، أو يتم استخلاص النفط الموجود فيها ويعاد استعمالها من جديد.

٣. استعمال طريقة المصّ بواسطة أجهزة خاصة تمصّ البقع النفطية مثل المكانس الكهربائية، وبذلك يتم التمكن من فصل النفط عن الماء.
٤. استعمال أجهزة تقوم بكشط طبقة النفط السميكة الطافية فوق سطح المياه، ويتم تجميع النفط المكشوط وسحبه باستخدام المضخّات.
٥. استخدام أجهزة الحزام الناقل التي تمرر حزاماً معدنياً عبر طبقة النفط اللزجة حيث يلتصق النفط بالحزام ويمكن التخلص منه لاحقاً.

ويمكن مكافحة التلوث المائي بالنفط بواسطة حل بيولوجي باستخدام البكتيريا، حيث وجد بعض العلماء أن عدداً من الأحياء الدقيقة المجهرية التي تستطيع تحليل المواد النفطية يمكنها أن تقوم بتحويل البُقع النفطية إلى قطرات دقيقة جداً في الماء. وقد استخدمت بعض شركات النفط والمختبرات الكيميائية المتخصصة في بعض البلاد الغربية هذه الأحياء المجهرية على نطاق واسع في معالجة البقع النفطية في البحار والمحيطات التي تَسرب النفط إليها من الناقلات.

وهناك أساليب كيميائية لعلاج التسرب النفطي إلى المياه حيث يتم رش أنواعاً معينة من المذيبات والمنظفات الصناعية أو المساحيق عالية الكثافة على سطح البقع النفطية في البحار الملوثة للالتصاق بها وتحويلها بعد تفتيتها إلى ما يشبه المستحلب فينتشر في الماء ويذوب فيه أو يترسب على القاع. ولكن يعتبر هذا الحل علاجاً ظاهرياً للمشكلة، لأن وصول تلك المواد إلى قاع البحر يسبب إبادة الأسماك والقواقع وديدان الرمل التي تعيش فيها، وبذلك تعتبر هذه الطريقة زيادة في تعقيد مشكلة التلوث وليست حلاً نهائياً لها !

ب - معالجة مياه الصرف Waste Water Treatment

نتيجة للزيادة الهائلة في عدد السكان و ما صاحب ذلك من تطور تقني فقد زادت نتيجة لذلك 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 بالبكتيريا 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 النيتروجين و الكربون و 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 البكتيريا 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 البكتيريا والكائنات الدقيقة التي تقوم بامتصاص الأكسجين (الموجود 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 البكتيريا 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 إن الماء بعد خروجه من أحواض التهوية يحتوي على تراكيز مرتفعة من المواد العالقة التي يجب ترسيبها لتخرج مياه المخلفات السائلة بعد 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 (٥- ١) :

الجدول (٥- ١) : تركيز المواد العضوية في الفضلات السائلة بعد معالجتها

طريقة المعالجة	نسبة المعالجة (٪)		
	أكسجين حيوي مستهلك	مواد عالقة	بكتيريا
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 البكتيريا 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 بكتيريا الكوليفورم الموجودة في الماء . ويبين الجدول (٥- ٢) الجرعات المطلوبة من الكلور لتعقيم مياه الفضلات السائلة :

الجدول (٥- ٢): الجرعات المطلوبة من الكلور لتعقيم مياه الفضلات

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 (٥- ٣) يوضح تلك المواصفات في المملكة العربية السعودية :

الجدول (٥- ٣) : مواصفات المياه المعالجة لأغراض الزراعة حسب المواصفات 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
الكوبالت	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

٥- ٢- ٣ 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 أخذ 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 .

٥- ٢- ٤ التحكم في الضوضاء :

إن التحكم في الضوضاء ، الذي أصبح أحد معضلات الحياة 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 العمراني السليم والذي يراعى فيه مواقع المدارس والمستشفيات والمناطق السكنية بعيدة عن مصادر الضوضاء المسببة للقلق النفسي .

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

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

ج- 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 الاختناقات التي تعد من أهم أسباب ضوضاء الطرق .

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

٥- ٢- ٥ 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 و إنقاص وزنها و إمكانية الاستفادة منها و التخلص السليم منها . وتشكل طرق التخلص من النفايات الصلبة ما يلي :

أ - الطمر الصحي Sanitary landfill :

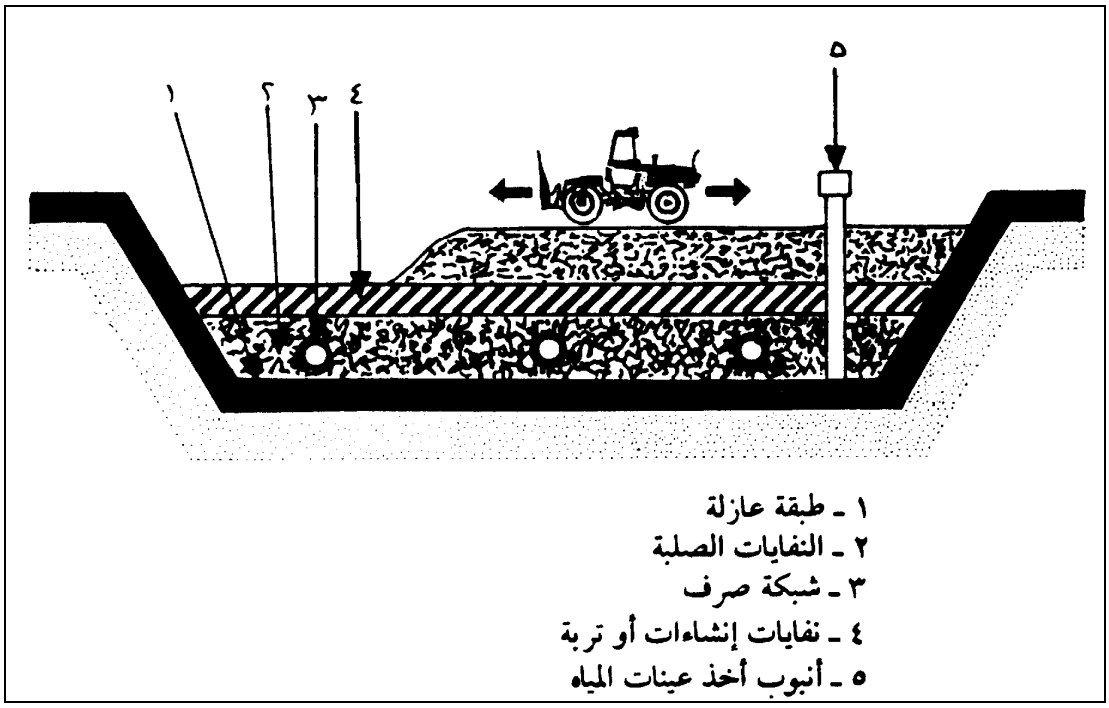
حيث تحفر في الأرض حفرة يعتمد عمقها وسعتها على طبيعة المنطقة وكمية النفايات المتوقعة . وفي بعض الأحيان تستعمل مقالع الحجر المهجورة لطمر النفايات إذا توافرت فيها الشروط الصحية والبيئية المطلوبة بحيث توفر تلك المقالع تكاليف الحفريات . وبعد تجهيز الحفرة يتم عزلها عن المياه الجوفية بطبقة عازلة من الإسمنت 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 (الشكل ٥- ١) .

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 و 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 .



الشكل (٥- ١): طريقة الطمر الصحي للنفايات الصلبة المنزلية

ب - 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 ثلاثة عوامل هي :

أ- درجة الحرارة Temperature .

ب- الوقت Time .

ت- الهيجان Turbulence .

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

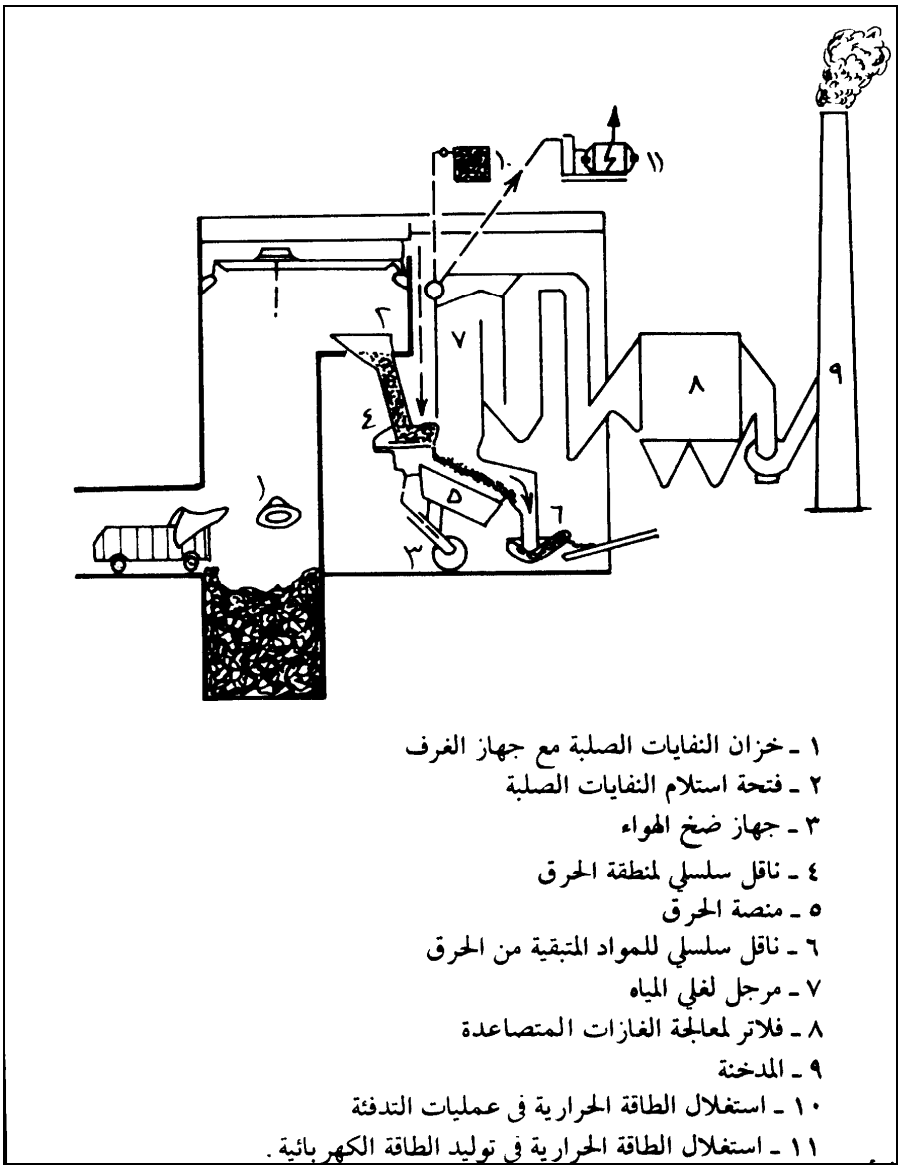
١. تقليل حجم النفايات إلى أقل قدر ممكن ، حيث يتبقى بعد حرق النفايات نسبة تقدر بـ ٨- ١٥ ٪ من الحجم الأصلي غير قابلة للحرق ، ويتم التخلص منها باستخدام أسلوب الطمر الصحي .

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 والقوارض والجراثيم المسببة للأمراض ،

بالإضافة إلى أنها الطريقة الوحيدة للتخلص من بعض أنواع النفايات الخطيرة . يوضح الشكل (٣- ٢) محطة لحرق النفايات.



الشكل (٥- ٢): محطة لحرق النفايات

ج - 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 .

٥ – ٣ 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

ت- تقليل كمية النفايات الصلبة التي يجب التخلص منها .

ث- الحد من التلوث البيئي .

٥- ٤ تكلفة التلوث وآثاره الاقتصادية والاجتماعية

٥- ٤- ١ التكلفة و الأثر الاقتصادي لتلوث الهواء

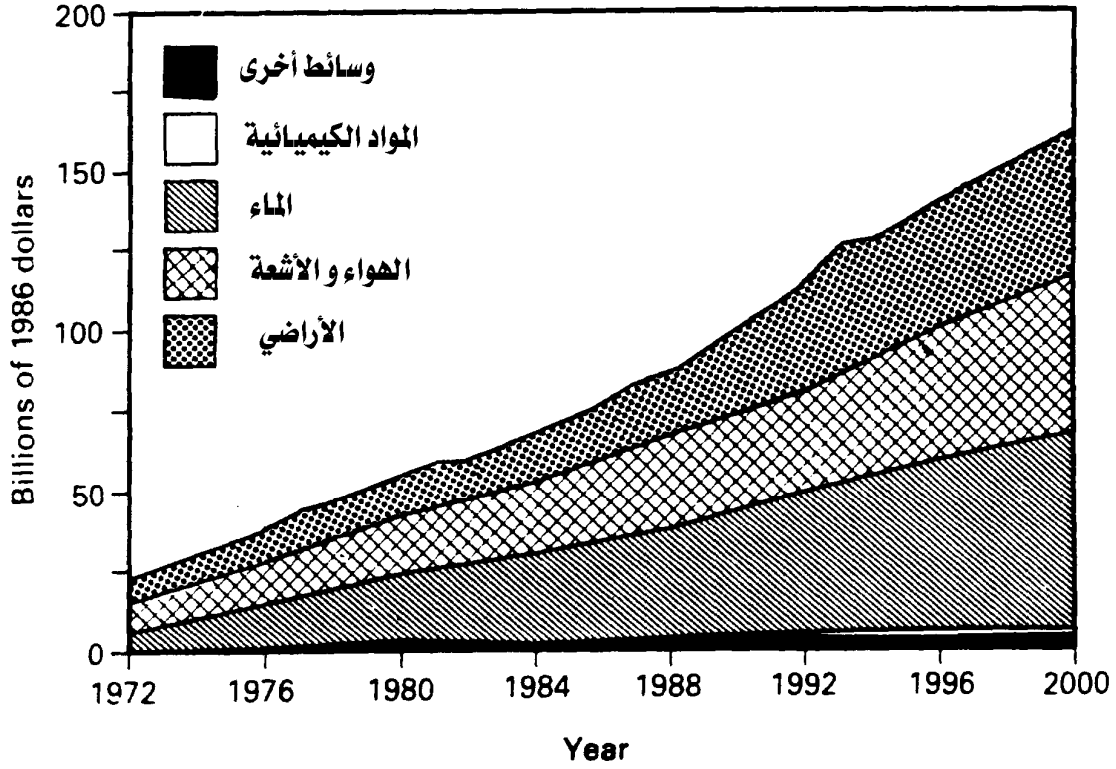
١. تكلفة مراقبة تلوث الهواء

في الثمانينات تكلفة مراقبة التلوث في الولايات المتحدة تعدت ١٠٠ بليون دولار أمريكي أما في سنة ١٩٩٠ فالتكلفة الكلية لمراقبة التلوث أصبحت تساوي ١١٥ بليون دولار أمريكي أي نسبة ٢,١٪ من الإنتاج الوطني الإجمالي. و يوضح الشكل (٥- ٣) التكلفة الكلية السنوية لمراقبة البيئة في الولايات المتحدة.

و مع ارتفاع قيمة التكلفة أصبح هناك حوار حول الحاجة لمراقبة التلوث و حول القوانين ذات العلاقة بتلوث البيئة و شبح ارتفاع نسبة البطالة يعقد الأمور أكثر.

التكاليف المرتفعة لبرامج مراقبة البيئة تتسبب في ارتفاع الأسعار و بالتالي تقلل من الطلب على المنتجات الذي بدوره يؤدي إلى خسارة في مناصب العمل. و كما يؤدي إغلاق المصانع غير القادرة على احترام نسبة الغازات المنبعثة في الهواء إلى زيادة في البطالة و في الولايات المتحدة تم إغلاق ١٥٥ منشأة صناعية في الفترة ١٩٧١- ١٩٨٤ و يرجع السبب الرئيس لعدم التقيد بنسبة الانبعاث المسموح به و إغلاق المصانع تسبب في

فقدران أكثر من ٣٠٠٠٠ وظيفة حسب تقرير للوكالة الأمريكية للبيئة. و لكن حسب تقدير هذه الوكالة أثر مراقبة البيئة أدى إلى ارتفاع في الوظائف و ليس العكس.

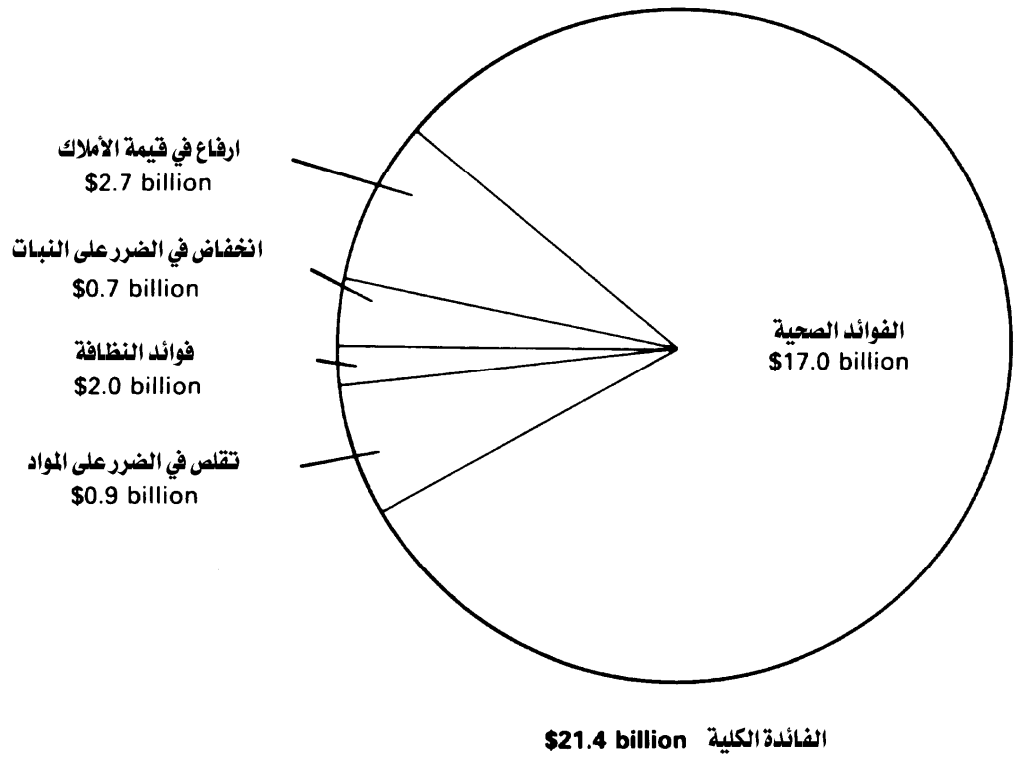


الشكل (٥- ٣): توزيع التكاليف الكلية السنوية لمراقبة البيئة حسب نوع الملوثات

٢. تكلفة أضرار تلوث الهواء

دراسات مدى تكلفة أضرار التلوث معقدة و الباحثون يستخدمون طرقا مختلفة لتقييمها. و من العوامل التي تأخذ في الاعتبار تكلفة الصحة و الأضرار على النبات و المباني . و يوضح الشكل (٥- ٤) فوائد برامج مراقبة تلوث الهواء في أمريكا في سنة ١٩٧٨.

و فيما يلي دراسة الأثر الاقتصادي للتلوث بالهواء على صحة الإنسان و النبات و المواد.



الشكل (٥- ٤): فوائد برامج مراقبة التلوث في أمريكا في سنة ١٩٧٨ (سببها الرئيس وضع "قوانين الهواء النقي")

أ - تكلفة التلوث بالهواء على صحة الإنسان

في دراسة في أمريكا قدر Barrett و Waddell أثر التلوث على صحة الإنسان و نتائج هذا البحث موضحة في الجدول (٥- ٤). و الجديد بالذكر أن هذه الدراسة تأخذ في الاعتبار عوامل غير مباشرة (مثل التغييب و العلاج و الموت المبكر) لتقييم أضرار التلوث على الصحة.

الجدول (٥- ٤): تقدير تكلفة بعض الأمراض ذات علاقة بالتلوث (بالمليون دولار)

نوع التكلفة	سرطان جهاز التنفس	الالتهاب الشعبي المزمن	الالتهاب الشعبي الحاد	الزكام	مرض ذات الرئة	انتفاخ الرئة Emphysema	الربو	المجموع
الموت المبكر	٥١٨	١٨	٦	-	٣٢٩	٦٢	٥٩	
العلاج	٣٥	٨٩	-	٢٠٠	٧٣	-	١٣٨	
التغيب	١١٢	٥٢	-	١٣١	٧٥	-	٦٠	
المجموع	٦٦٥	١٥٩	٦	٣٣١	٤٧٧	٦٤	٢٥٧	

ب - تكلفة التلوث بالهواء على النبات

في مؤتمر علمي في أمريكا في سنة ١٩٨٧ تم تقدير الآتي:

١. التلوث بالأزون ozone يكلف المزارعين الأمريكيين ١- ٥ بلايين دولارات في فقدان المنتجات الزراعية.

٢. تركيز الأوزون عند مستوى ٠,٠٥ جزء في المليون يخفض الحاصل الزراعي لمواد مثل السوجا و الفول السوداني و القطن بنسبة تصل إلى ١٢٪.

٣. قد يخسر حتى ١٠٪ من الحاصل الزراعي بسبب كل أنواع التلوث.

ج - تكلفة التلوث بالهواء على المواد

قدر بأن تكلفة تآكل المواد في الخمسينيات بسبب الملوثات يقارب ٥,٤ بليون دولار و في الستينيات قدرت بـ ٧,٥ بليون دولار و في سنة ١٩٧٨ قدرت بـ ٧,٢ بليون دولار.

و يعتبر ترسب و دخول جسيمات الغبار إلى المواد أحدى أنواع التلوث و التي لم تؤخذ في الاعتبار في الأبحاث المذكورة أعلاه و يوضح الجدول (٥- ٥) تكلفة التنظيف بسبب ترسب جسيمات الغبار.

الجدول (٥- ٥): تكلفة ترسب الغبار على المواد

الفئة	التكلفة (ملايين الدولارات سنويا)
التكاليف المباشرة	
الغسل	٧٠
الطلي و الزخرفة	٨٤
تدهور المباني (غير المنازل)	٥٦
تآكل المعادن	٧٠
أضرار على النسيج و منتجات أخرى	١٤٧
التكاليف غير المباشرة	٢٨٠
المجموع	٧٠٧

د - تكلفة التلوث بالهواء على المباني

تم تقدير في سنة ١٩٦٨ مدى أثر تلوث الهواء في أمريكا على المباني السكنية و وجد أنه يتراوح بين ٣,٤ و ٨,٤ بليون دولار. و في فترة ١٩٧٠ - ١٩٧٨تراوحت التكلفة من ٥,٥ إلى ٧٧,٥ بليون دولار و قدر مدى تأثير تحسين مستوى التلوث (في نفس الفترة) بالهواء بنسبة ٢٠٪ و وجد أن الفوائد تتراوح بين ١,١ و ٨,٩ بليون دولار.

هـ- الأثر الاقتصادي على النظم البيئية

نحن بعيدون جدا عن اليوم الذي نكون فيه قادرين على تقييم مدى الأثر الاقتصادي للتلوث على النظم البيئية. و حاليا لا نفهم إلا القليل عن آثار التلوث و يصعب إعطاء قيمة مادية لهذا الأثر و بالرغم من صعوبة تطابق النظم البيئية و النظم الاقتصادية يجب البحث عن طرق لعمل ذلك.

٥- ٤- ٢ التكلفة و الأثر الاقتصادي لتلوث المياه

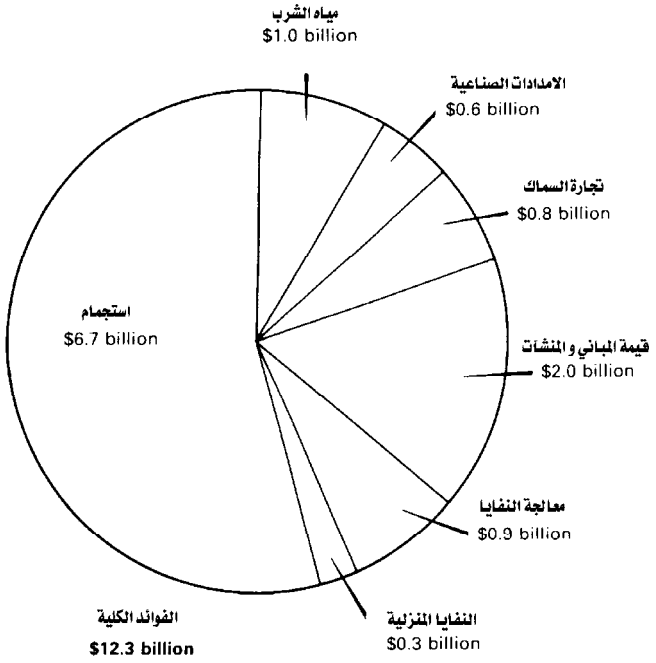
١. تكلفة مراقبة تلوث المياه

من الصعب تحديد أثر تلوث المياه على الجوانب المختلفة و لكن من السهل تحديد تكلفة مراقبة تلوث المياه. و هناك طرق عديدة تستخدم لمعالجة المياه بعضها رخيصة مثل معالجة مياه الصرف في بركة و هناك طرق أخرى أكثر تطورا لمعالجة المياه ولكن تكلف ستة مرات أكثر. و في أمريكا ارتفعت تكلفة معالجة المياه منذ السبعينات بعد الموافقة على "القانون الفدرالي لمراقبة تلوث المياه".

٢. تكلفة عدم مراقبة تلوث المياه

كما هو الحال في مراقبة تلوث الهواء يصعب كذلك في مراقبة تلوث المياه تحديد الأثر السلبي لتلوث المياه. في سنة ١٩٧٨ الباحث Nemerow قدر فوائد معالجة النفايات الصناعية التي تشمل الموارد الموفرة و قيمة المياه المعالجة و المعاد استعمالها. كما يوجد هناك فوائد ثانوية أخرى مثل النمو الاقتصادي بسبب إنشاء محطة معالجة المياه أو تنمية الأراضي التي لا يمكن تطويرها

في حالة كون المياه غير معالجة. و يوضح الشكل (٥- ٥) فوائد مراقبة تلوث المياه في أمريكا حسب الباحث Freeman (1979) .



الشكل (٥- ٥): فوائد مراقبة تلوث المياه في أمريكا

٥- ٤- ٣ الأثر الصحي للتلوث

١. ملوثات الهواء

فقد ثبت أن عوادم السيارات (على سبيل المثال) تحتوي على أربعة مركبات في غاية الخطورة على الإنسان وهي:

أ- أول أكسيد الكربون: وهو غاز سام يسبب الصداع والغثيان وصعوبة التنفس إذا وصلت نسبته إلى ٠,١٪ ، ويؤدي إلى الوفاة إذا وصلت نسبته إلى ٠,٣٪.

ب- أكاسيد النيتروجين: وهي تسبب تهيجا شديدا للجهاز التنفسي وتلف الرئتين، كما تؤدي إلى الوفاة إذا وصل تركيزها إلى ٥٠ جزء من المليون.

ج- مركبات الهيدروكربونات: وهي تسبب حساسية للعينين والأنف والحلق وبعض أنواعها لها تأثيرات سرطانية.

د- مركبات الرصاص: مثل رابع ميثايل الرصاص وغيره، وهي لها تأثيراتها السلبية على نمو الأطفال ونضجهم العقلي، كما يترسب الرصاص على الخضار والفواكه المزروعة بالقرب من الطرق التي تمر بها السيارات، ويدخل الرصاص إلى جسم الانسان عن طريق الجهاز العصبي وخاصة للأطفال، كما يسبب أمراض الدم والقلب، كما يؤثر على جهاز المناعة ويسبب السرطان.

كما أكدت الأبحاث أن السجاد المثبت (الموكيت) يُعد مأوى مثالي للعثة المنزلية والتي تساعد على الإصابة بمرض الربو، كما تعيش داخل أجهزة التكييف والترطيب بالمنازل وأماكن العمل الكثير من الجراثيم والفطريات المختلفة التي تكون سببا في الإصابة ببعض الأمراض التنفسية، لذا تجب إزالة مصادر الغبار في المنزل، مع ترطيب الأرضيات أو الجدران برذاذ من الماء (لتقليل تحرك الغبار الممرض)، واستعمال وسائل التنظيف العادية (سواء المكانس اليدوية أم المكانس الكهربائية)، ويفضل وضع كمامة (أو قطعة من الشاش والقطن على الأنف والفم) أثناء إجراء عملية الكنس، كما يفيد وضع النباتات الخضراء التي تمتص الغبار بجميع أنواعه بالحجرات (مثل بعض نباتات الظل والزينة)، كما يمكن إغلاق الفتحات التي يدخل منها الغبار (مثل الشبابيك) جيدا وبإحكام مع إجراء عمليات التهوية لتلك الأماكن في الأوقات التي يقل فيها الغبار (مثل الصباح الباكر أو بعد الغروب حيث أن الغبار يوجد بكميات كبيرة أثناء ارتفاع درجة الحرارة وبفعل التيارات الهوائية).

وتختلف أهمية مصادر التلوث من مكان لآخر فبينما يقل التلوث الناتج عن الأنشطة المنزلية والصناعية نتيجة لتحسن وسائل الوقاية في الصناعة وتحسن أنواع الوقود ومعدات الاحتراق، نجد أن التلوث الناتج عن محركات الاحتراق الداخلي في ازدياد مستمر في البلاد النامية بالرغم من أن عدد السيارات أقل نسبيا عن الدول الأخرى المتقدمة، فإن سوء الصيانة وقدم السيارات (في الدول النامية) يجعلها مصدرا هاما من مصادر التلوث. ولقد دلت بعض الدراسات التي أجريت لقياس أنواع الملوثات من حيث الكم والكيف على ارتفاع مستوى التلوث في كثير من المدن العربية، فقد أظهرت الأبحاث أن القاهرة، على سبيل المثال، تعاني من ارتفاع مستوى التلوث بالأتربة وعوادم السيارات ودخان المصانع (من أول أكسيد الكربودت وثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت وغيرها من الغازات).

ويرى بعض العلماء أن الحل الأمثل لعلاج تلوث الهواء ينحصر في النقاط التالية:

١- نشر الوعي بالبيئة بين القطاعات الشعبية والعلمية والعمالية لتعميق الإحساس بخطورة المشكلة.

٢- إلزام المصانح القائمة على تنقية عوادم المداخن بأجهزة فصل الأتربة وامتصاص الغازات.

٣- مراعاة النسب الصحيحة بين المباني والمساحات الخضراء، وهي مطبقة في أوروبا بنسبة ٣:١

٤- تشجيع الدراسات ذات العلاقة بالتلوث ومدها بالأجهزة العلمية والدوريات المتخصصة.

٥- وضع خطة قومية للاستفادة العلمية من مخلفات المدن وغلق قلب هذه المدن أمام مرور السيارات، ووضع الضوابط الصحية والقانونية حيال السيارات القديمة والمستهلكة.

هذا و من الآثار التي تترتب على تلوث الهواء ما يلي:

أ- أثر تلوث الهواء على الإنسان

حيث يسبب تلوث الهواء (في كثير من الحالات) مرض الإنسان أو وفاته، فهناك دراسات تشير إلى العلاقة بين زيادة نسبة السناج في الهواء وعدد المرضى والوفيات، كما قد يحدث أحيانا تهيج للعينين، والحد من الرؤية، وطعم حامضي في الفم، واضطرابات الجهاز التنفسي، كما تشير الدراسات التي أجريت في عدة أماكن من العالم إلى وجود علاقة إيجابية بين كمية التلوث في الجو، ونسبة الوفيات والمرضى بأمراض معينة.

ومن الجدير بالذكر أن الأبحاث أثبتت أن مدينة القاهرة هي أعلى مدن العالم في التلوث بالمواد العالقة في الهواء، ويعد التلوث بها عشرة أضعاف نفس المستوى بأمريكا، أعلنت ذلك إدارة البيئة بالوكالة الأمريكية للتنمية الدولية بالقاهرة والتي أجرت هذه الأبحاث، وأكدت أن هذه العوالق التي تملأ الهواء تتفاعل مع بعض الكيميائيات مخترقة الرئة وتسبب العديد من الأمراض، كما أكدت الدراسات أن البنزين المستخدم في محركات السيارات يحتوي على ٠,٨ جرام من الرصاص في اللتر الواحد، وأن مداخن المصانع تنشر من ٢٥٠- ٣٥٠ طنا من الرصاص في الهواء، و أن حجم الرصاص المنبعث في القاهرة يقدر بـ١٣٥٠ طنا سنويا، ولا ينتقل الرصاص إلى الإنسان عبر الهواء فقط، ولكنه ينتقل أيضا عبر الغذاء بسبب امتصاص المحاصيل الزراعية في الأراضي الموجودة بجوار الطرق العامة للرصاص من التربة والهواء، وتأتي خطورة استنشاق الرصاص (أو انتقاله إلى الدم بطريق الغذاء) من تأثيره البالغ على الجهاز العصبي وأجهزة الجسم المختلفة، ولقد بلغت نسبة وجوده في الدم لدى سكان القاهرة ٣٠

ميكروجراما ، بينما لا تزيد عن ١٠ ميكروجراما بالهند، و ٢٢ ميكروجراما بالمكسيك، كما يؤدي استنشاق الرصاص إلى التأثير على تطور المخ ويؤدي إلى نقص الذكاء بمعدل ٤ درجات عن المعدل الطبيعي.

كما أكدت أحدث الأبحاث وجود علاقة أكيدة بين الرصاص وتسوس الأسنان، حيث إن التلوث بالرصاص (الناجم من الاختناقات المرورية وكذلك من مياه الصنبور) يؤدي إلى تسوس الأسنان وأن الأشخاص الذين يتعرضون لتركيزات عالية من الرصاص ترتفع نسبة البلاك والبقع في أسنانهم وبالتالي تعرضها للتسوس، حيث قد يتسرب الرصاص بطريقة مباشرة إلى الفم ليستقر في الأجزاء المعدنية (وهي الأسنان) كما أنه قد يصل إلى الأسنان عن طريق الدم ويجعل الرصاص "المينا" المحيطة بالأسنان أكثرحساسية تجاه أي هجوم بكتيري.

كما أكدت الأبحاث أيضا أن تلوث الهواء وراء إصابة ٧٠٪ من أمراض اللحمية والجيوب الأنفية في الإنسان و ذلك بسبب الحساسية للأتربة والسجائر والدخان والكيميائيات والأسمدة وغيرها، وهذه اللحمية تكون نسبة حدوثها عند الكبار أكثر من نسبة حدوثها عند الأطفال ولكن بعض الأطفال الذين لديهم الاستعداد الوراثي يكون حدوثها بنسبة كبيرة.

ولقد حذر مؤتمر حساسية الصدر (الذي نظمته كلية طب عين شمس عام ١٩٩٦ بالقاهرة) من خطورة: الزيادة المطردة في تلوث الهواء الجوي بالغازات والأتربة والأدخنة والكيميائيات التي ثبت أنها أشد خطرا على الجهاز التنفسي من تدخين السجائر، فقد أكد الأطباء أن الأتربة العالقة في الهواء تترسب على جدار الشعب الهوائية وبالتالي يحدث انقباض بالرئة وتصلب للشعيرات الهوائية والأوعية الدقيقة بها مما يؤدي إلى حدوث الربو الشعبي المزمن، كما وجد أن كثيراً من الجراثيم والميكروبات الموجودة في الهواء الجوي قد تدخل إلى الجهاز التنفسي محملة على هذه الجزئيات العالقة بالجو مما يساعد على حدوث التهابات رئوية مزمنة، وقد تترسب على نسيج الرئة مما يصيبها بالتلف، وقد أوصى المؤتمر بمكافحة التلوث بقدر الإمكان، والحد من تناول السجائر، وعدم إنشاء مناطق صناعية داخل المناطق الآهلة بالسكان.

ب- أثر تلوث الهواء على الحيوان و النبات

تتأثر الكائنات الحية بتلوث الهواء، فالأبقار تتأثر بالمواد المترسبة على النباتات التي تتغذى عليها (مثل مركبات الفلور التي تسبب هزال الحيوان ونقص إدرار اللبن)، كما أن تلوث الهواء يؤدي إلى قصور في نمو النباتات ونقص في كمية المحصول، ويمكن ملاحظة ذلك عند فحص النباتات المزروعة على جوانب

الطرق السريعة أو الحقول المجاورة لتلك الطرق، حيث أثبتت الأبحاث أنها تحتوي على رصاص يفوق الأراضي البعيدة عنها بحوالي ١٦ ضعفا.

كما يشير أحد التقارير العلمية إلى أن أهم مشاكل التلوث الرئيسة التي تهدد كوكب الأرض هو زيادة نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون الذي ينتج من احتراق الوقود العادي التقليدي (من احتراق السولار أو البنزين أو غيره من أنواع الوقود للسيارات والدراجات النارية)، كما ينتج من احتراق الأشياء الأخرى (مثل الفحم والأقمشة والورق ومن قمائن الطوب الأحمر)، و من أهم نواتج الاحتراق غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو (يسبب حالات دوار وإغماء للإنسان وتسمم للدم)، وكذلك خروج الرصاص (الذي يعتبر سمامًا للكائنات الحية عموما، حيث يؤدي إلى تعطيل الأنزيمات وفقر الدم بالتالي، كما يسبب حالات التخلف الدراسي للأطفال لتأثيره على المخ)، كما يحتوي عادم السيارات أيضا على أكاسيد النيتروجين (التي تسبب أمراضا صدرية)، وهيدروكربونات (تكون الضباب الكيموضوئي)، وثالث أكسيد الكبريت (الذي يكون الأمطار الحمضية)، بالإضافة إلى الدخان (وهو عبارة عن ذرات الكربون غير المحترقة ويسبب أمراض السرطان).

ولتجنب خطر عوادم السيارات يلزم:

أ- إذا كنت تملك سيارة يجب تركيب أحد المرشحات لمنح خروج المواد الضارة من ماسورة العادم، ويجب استخدام بنزين عالي الجودة وخالٍ من الرصاص، مع إغلاق شبابيك السيارة لتجنب التعرض المباشر لعوادم السيارات المجاورة لسيارتك، ويفضل إيقاف محرك السيارة عند التوقف.

ب- من المفيد زراعة أشجار أمام المحلات والمنازل (مثل البوانسيانا والصفصاف والفيكس) لتنقية الجو، كما تفيد تربية نباتات الظل بالمنازل أيضا.

ج- يفضل إغلاق أبواب وشبابيك الشقق التي تقع على الشوارع المزدحمة بالسيارات مع تركيب شفاطات لتلك الشقق.

ج- الأثر النفسي

أكدت بعض الأبحاث أن الإنسان لا يتمتع بكل قدراته في يوم فيه دخان و ضباب ملوث و كذلك يعاني من ضعف في قدراته الجسمانية و الذهنية. و عند بعض الناس ينخفض "الشعور النفسي الجيد" في حياتهم و أوضحت بعض الأبحاث أن معدل التغيب و الانتحار و الحوادث يزداد في أيام فيه دخان و ضباب ملوث و

يعتقد بعض الناس أن الدخان الملوث هو المسئول عن هذه الحوادث و توحي بحوث أخرى بأن تلوث الهواء يؤدي إلى تغير في شخصية الإنسان كما يؤثر سلبيا على الذاكرة و يجعل الإنسان مثاراً أكثر.

د- أثر تلوث الهواء على مقاومة الأمراض

أكدت العديد من الأبحاث من خلال تجارب على الحيوانات أن من أهم آثار تلوث الهواء على الصحة هو ضعف مقاومة الأشخاص للأمراض. و في هذه الأبحاث تعرض مجموعة من الحيوانات لملوث ما و لا تعرض المجموعة الأخرى و من تم تتعرض المجموعتان إلى جرثومة تسبب المرض. و أظهر واحد من هذه الأبحاث أن ثلث الحيوانات غير المعرضة لثاني أكسيد النيتروجين (المادة الملوثة) مات بسبب عدوى pneumonia أما الحيوانات التي تعرضت لثاني أكسيد النيتروجين فماتت كلها.

ووسائل التحكم في ملوثات الجو عموماً تشتمل على:

أ- الوسائل الفنية ومنها:

١- أن يستبدل بأنواع الوقود التي ينتج عنها تلوث كبير (كالفحم) أنواع أخرى أفضل منها.

٢- استعمال وسائل لمنع التلوث الناتج عن الصناعة، وذلك باستخدام المرشحات على المداخن، أو ترطيب أو غسل الهواء برذاذ الماء والتقليل من سرعة الملوثات (لتترسب) إلى غير ذلك من الطرق.

٣- التحكم في عمليات التخلص من القمامة وعمليات الاحتراق في المنازل.

٤- التخطيط الصناعي والعمراني الصحيح.

٥- استخدام طاقة مصادر الماء ما أمكان ذلك.

٦- التشجير، إذ أن النباتات تعمل على تقليل التلوث بالمنطقة.

٧- استخدام المداخن المرتفعة مع وضع المرشحات فيها.

ب- وسائل أخرى ومنها:

١- يفضل عدم السكن بجوار المصانع وغيرها التي تلوث الجو، وعند الضرورة يمكن أن يراعى في المسكن أن يكون بحري المصانع وليس في الناحية القبلية منها.

٢- لتقليل أضرار تلك الملوثات يجب إقفال جميع الشبابيك والأبواب التي يقع المصنع فيها من ناحية الهواء القادم من المصنع مع تركيب طبقتين من السلك على الشبابيك لتعملا كمصفاة ولترسيب الهواء قبل دخوله للحجرات.

٣- تفيد زراعة أشجار عالية حول المنزل في صفوف متلاصقة من الأشجار الطويلة (مثل الكاوزرينا أو الصفصاف) التي تقوم بترسيب محتوى الهواء من المواد العالقة. كما تفيد أيضا تربية نباتات الظل داخل المنزل، حيث إنها تعمل على إنتاج كمية من الأكسجين، وفي نفس الوقت تمتص كمية من ثاني أكسيد الكربون (أثناء عملية التمثيل الضوئي)، وبذلك تساعد على تنقية جو المكان بالإضافة إلى عنصر الجمال والزينة داخل المنازل.

٤- يراعى فتح الشبابيك والأبواب في عطلات المصانع أو ليلا عندما تكون المصانع متوقفة عن العمل (في حالة السكن بجوار تلك المصانع)، كما يفيد قيام أفراد الأسرة بالخروج كل أسبوع مرة للتنزه في الحدائق والتعرض للشمس الساطعة والهواء النقي.

٢. ملوثات الماء

ويقصد به كل تغيير في الصفات الطبيعية للماء يسبب الضرر للإنسان، وتتراوح كميات المياه السنوية المستعملة في النشاط الإنساني نحو ٦٥٠ كيلو متر مكعب (عام ١٩٩٥) وتزيد سنويا بمعدل ٦٪، وأن عدم حماية مياه الشرب من التلوث هو المسؤول الأول عن تفشي أمراض الإسهال والكوليرا والتيفوئيد وكثير من طفيليات القناة الهضمية بالإضافة إلى الأمراض الأخرى.

وعموما فإن أهم ملوثات مياه الشرب هي:

١- المواد الكيميائية، مثل الأملاح المعدنية (وأهمها أملاح الرصاص والنترات والكبريتات والكلوريدات).

٢- جراثيم الأمراض (مثل التيفود والكوليرا والباراتيفود والدوسنتاريا)، والطفيليات (مثل البلهارسيا).

٣- مواسير مياه الشرب تعد مصدرا مستمرا للتلوث بالحديد والرصاص، وكذلك بمكونات الاسبستوس التي تصنع منها تلك المواسير.

٤- غاز الكلور في مياه الشرب: حيث يستخدم غاز الكلور عادة للقضاء على التلوث الميكروبي في المياه، وهو غاز سام يتفاعل مع المركبات العضوية الموجودة في مياه الشرب، وقد تتكون مواد ضارة بالصحة العامة، ولذلك لجأت دول كثيرة في العالم إلى استخدام الأوزون في تعقيم مياه الشرب بدلا من استخدام الفلور و الكلور.

هذا ومن أهم الوسائل المستخدمة لحماية الإنسان من خطر تلوث المياه:

١- ضرورة مراعاة غلي المياه للشرب، ثم تركها فترة (لترسيب محتوياتها الصلبة)، ثم يتم ترشيحها بعد ذلك وشربها، أو يتم استخدام أجهزة تعقيم المياه بالأوزون، أو يمكن استعمال الفلاتر التي تنقي المياه للشرب، ويوجد أنواع محتلفة من الفلاتر بالسوق بعضها ينقي المياه من العناصر الثقيلة والأملاح الضارة فقط ولا يؤثر على الميكروبات والكائنات الحية بها (وفي تلك الحالة عند استخدامه يراعى غلي المياه قبل شربها لقتل تلك الكائنات الدقيقة)، وهناك أنواع أخرى من الفلاتر تقوم بقتل الكائنات الحية الدقيقة وفي نفس الوقت تنقية المياه من الأملاح الضارة والعناصر الثقيلة (وهذا النوع هو الأفضل).

٢- يراعى عدم الشرب أو الاستحمام في مياه الترع والمستنقعات أو المشي فيها تجنبا للإصابة بالطفيليات (مثل البلهارسيا والانكلستوما)، كما يجب الاستحمام في أماكن غير ملوثة.

٣- عدم تناول منتجات بحرية أو نهرية (أسماك وغيرها) إلا بعد تنظيفها جيدا من الداخل عدة مرات بالماء والصابون ثم طهيها جيدا.

٣. المواد الكيميائية

منذ بداية هذا القرن تم إنتاج نحو ١٥ مليون مركب كيميائي في المعامل على مستوى العالم، وكل عام يظهر ما بين ١٥٠٠- ٢٠٠٠ مادة جديدة بعضها يستخدم كمبيدات حشرية وأسمدة، إلا أن أغلب هذه المواد الكيميائية وسيطة تستخدم في إنتاج ملايين المنتجات النهائية.

ولقد زاد القلق في السنوات الأخيرة بشأن الآثار الضارة للمواد الكيميائية على صحة الإنسان وبيئته، خصوصا آثار مركبات الدبوكسين، وكلورايد الفينيل، والرصاص والزئبق والمعادن الثقيلة الأخرى ومبيدات الحشائش وغيرها.

وتؤثر المبيدات (بجميع أنواعها) على جميع الكائنات الحية، (سواء الأسماك والطيور البرية والحشرات النافعة والقشريات والنباتات المائية والطحالب وغيرها)، كما تؤثر تأثيرا شديدا على وراثة الخلية (للإنسان والحيوان والنبات)، وتدهور الإنتاجية وإصابة الإنسان بالعديد من الأمراض. حيث تتراكم تلك المبيدات بالتربة، ثم تجمعها أنسجة النباتات (وكذلك تتجمع في أنسجة الحيوانات التي تتغذى على تلك النباتات)، ثم ينتقل الضرر إلى الإنسان (سواء عن طريق تناول لحوم الحيوانات أو أليافها أو منتجاتها، أو عن طريق تناول تلك النباتات نفسها وخصوصا في فصل الصيف)، ولقد ثبت حدوث أضرار على حيوانات التجارب، ومن هذه الأضرار، ضمور وتحلل الحويصلات الكلوية، بالإضافة إلى تليفات الأنسجة الكلوية وتجمع مخاطي في أنسجتها.

وفي دراسة عن تأثير المبيدات الحشرية والمنزلية على الحوامل من النساء ثبت تأثير مبيد حشري (يستخدم في مقاومة دودة وردة القطن) حيث يؤدي إلى قتل الأجنة أثناء الحمل، وإلى التهاب بخلايا المبيض وفي جدار الرحم من الخارج، وقد يحدث العقم أو نزف داخلي وتهتك استسقائي في لب المبيض مع وجود خلايا التهابية ونزف بين أنسجة العضلات، وعند زيادة الجرعة لأنثى الفأر الأبيض تبين وجود تحلل في عضلات الرحم وظهرت الأجنة في صورة هزال شديد وناقصة في الحجم والوزن ومقاييس الجسم وحدوث عقم أصاب ٧٠٪ من الجرذان، ومع وجود بعض التشوهات الخلقية في صورة اعوجاج في العمود الفقري وتشوه في الرأس، كما وجد بها احتقان بالجلد والأعضاء الداخلية، ويستنتج عن هذه الدراسة سبب ظهور حالات التخلف العقلي عموما.

كما أن متبقيات المبيدات المستخدمة تصل إلى المياه بطريقة غير مباشرة وتتسرب إلى المياه الجوفية، وتؤثر المبيدات على الأحياء المائية (مثل الأسماك) وقد يحدث لها تراكم بيولوجي يؤدي إلى مخاطر على الإنسان، لا سيما عند الاستهلاك المتكرر لتلك الأسماك. وعموما تنطلق المواد الكيميائية السامة في البيئة إما مباشرة نتيجة الاستخدامات البشرية (مثل المبيدات والأسمدة والمذيبات)، أو بطريقة غير مباشرة (كنفايات التعدين والعمليات الصناعية، واحتراق الوقود)، كما أن توزيع المواد الكيميائية ومصيرها في البيئة عملية بالغة التعقيد تحكمها الخصائص الطبيعية والكيميائية لتلك المواد.

هذا ومن أهم الملوثات الكيمياوية داخل المنازل ما يلي:

١- تسرب غاز البوتاجاز: وهو عبارة عن خليط من غازي البروبان والبيوتان، ويعبأ في أسطوانات توزع على المنازل، وغاز البوتاجاز أثقل من الهواء، لذا عند تسربه يتجمع أسفل الحجرة (في حالة سوء التهوية)، وهو غاز خانق (حيث يؤدي تسربه إلى خنق الإنسان وموته في الأماكن المغلقة سيئة التهوية

مثل الحمام وخلافه نظرا لتكون غاز أول أكسيد الكربون نتيجة الاحتراق غير الكامل)، وفي حالة التسمم بغاز أول أكسيد الكربون (الناتج من احتراق غير كامل للبوتاجاز)، يجب الاسراع بالتهوية الجيدة لجو الغرفة، مع إبعاد أو إيقاف مصادر التلوث (قفل أنبوبة البوتاجاز)، كما يلزم في كثير من الحالات تعريض المصاب سريعا لتنفس أكسجين نقي، ويفضل أن يكون ذلك تحت ضغط (عن طريق أسطوانة أكسجين)، وهذا التعريض يقلل من حالات الوفيات، كما يقلل من شدة الأعراض الناتجة عن التسمم، حيث إن خلايا المخ لا تتحمل نقص الأكسجين لأكثر من ثمان دقائق، وأن التلف الحادث لخلايا المخ لا يعوض، لهذا يجب أن يعرض المصابون لغاز أكسجين تحت ضغط (حيث يؤدي ذلك إلى رفع معدلات الأكسجين في الدم وطرد الغازات السامة منه).

٢- استخدام المبيدات الحشرية داخل المنازل: حيث تستخدم في المنازل كثير من المبيدات لمكافحة الحشرات المنزلية (مثل الصراصير والذباب والعثة والبعوض وغيره) وذلك على صورة ايروسولات أو أقراص توضع داخل جهاز كهربائي (كما في مقاومة البعوض) وغيره، وعند رش المبيد يصل إلى جلد الإنسان مباشرة ويؤثر عليه، كما يصل إلى الأنسجة الداخلية عن طريق الأجهزة التنفسية وكذلك خلال الجهاز الهضمي (عن طريق الأغذية التي تمتص جزءا من المبيدات المستخدمة منزليا، أو عن طريق النباتات الغذائية التي رشت في الحقل أو في الأسواق بالمبيدات، أو عن طريق لحوم الحيوانات والأسماك وغيرها من الحيوانات البحرية التي وصلتها المبيدات خلال السلم الغذائي)، حيث تؤثر المبيدات داخليا على بعض أنزيمات الجسم، كما يحدث بعضها تغييرات في تركيب الجينات (التي تحمل على الكروموسومات) مما يكون سببا فعالا في ظهور حالات السرطان، كما قد تخزن تلك المبيدات في الأنسجة الدهنية بالجسم دون أن تتحلل كما في المبيدات المحبة للدهون مثل مبيدات DDT والأندرين واللندين وغيره)، وعند وصولها لمستوى معين تظهر أعراض التسمم على الإنسان، وقد تؤدي إلى الوفاة، وعموما فإنه يحدث تحلل للسموم في الثدييات بفعل أنزيمات اللعاب والمعدة والأمعاء، وفي الدم، كما يلعب الكبد دورا رئيساً في التخلص من السموم وتحليلها وتكوين مركبات تخرج من الجسم مع البول عن طريق الكلى، أو تخرج من عصارة المرارة إلى الإمعاء ثم إلى الخارج مع البراز، وأحيانا تتكون غازات مع نواتج التحلل ثم تخرج مع هواء الزفير عن طريق الرئتين أو مع غازات القناة الهضمية عن طريق الشرج، كذلك قد تخرج بعض المبيدات مع لبن الأم خلال الغدد الثديية، وعموما فإن خطر المبيدات يؤدي إلى تسمم الجسم وضعفه وقد يؤدي إلى الوفاة.

ويمكن مكافحة الحشرات بالمنزل عن طريق:

١. النظافة وإزالة الأتربة والقاذورات.

٢. التهوية الجيدة.

٣. إضافة الكيروسين (أو حمض الفينيك) إلى مياه مسح الأرض يفيد كثيرا في مكافحة الحشرات المنزلية.

٤. يمكن مكافحة "العثة" التي تصيب المنسوجات باستخدام المكواة، وذلك يوضع قطعة من قماش قطني مبللة بماء ساخن فوق القماش المراد مقاومة العثة فيه، ثم يضغط بمكواة ساخنة جدا حتى يجف القماش، ويؤدي ذلك إلى قتل أي طور من أطوار الحشرة بما في ذلك البيض للحشرة.

٥. يمكن مقاومة الذباب (وكذلك الفئران) باستخدام شرائط مبيد ولصق الحشرات، حيث تلتصق بها وكلما حاولت التخلص منها ازدادت التصاقا بها فلا تستطيع التحرك وتبقى حتى تمسك ويتخلص منها.

٦. يفيد استخدام سلك على الشبابيك التي تطل على المساقط والمناور (مثل المطبخ ودورة المياه وخلافه) في الوقاية من الفئران وباقي الحشرات الأخرى.

٧. يفيد استخدام المضارب البلاستيك لقتل الذباب.

٨. ضرورة تغطية أوعية القمامة في المنازل وعدم تعريضها للذباب مع تجنب القاء قمامة بالشوارع أو في المناور أو بالخرابات.

٩. استعمال نبات البرنوف وزيت الصنوبر لطرد الحشرات، أو استعمال بعض المستخلصات النباتية الأخرى في ذلك.

١٠. سد البالوعات أو تغطيتها بشبكة سلك.

١١. جمع أكياس بيض الصراصير المتواجد في المطبخ أو في أركان الدواليب أو أسفلها أو أعلى الحوائط وإعدامها.

٤. حقائق عن أثر تلوث البيئة

١- إن مشكلة تلوث البيئة مشكلة عالمية، وليست مشكلة قومية، ويجب أن تتعاون كل الدول من أجل حماية البيئة.

٢- ثبت وجود بقايا المبيدات في دم ولبن الأمهات المرضعات.

٣- ثبت وجود بقايا المبيدات في عظام الأطفال حديثي الولادة وفي أمخاخهم وكلاهم وأكبادهم وأجسامهم.

٤- لا يوجد كائن حي على وجه البسيطة، سواء كان حيوانا أو نباتا أو إنسانا، سواء في أعلى قمة من قمم جبال الهيمالايا أوفي عمق بقعة من المحيطات، إلأ واحتوى جسمه على بقايا مبيد او د. د. ت.

٥- ثبت تلوث المواد الغذائية بالعناصر الثقيلة وبقايا المبيدات.

٦- إن ٩٠٪ من الحالات الموجودة بالمستشفيات سببها تلوث البيئة، سواء بطريق مباشر أو غير مباشر.

٧- أوضحت الدرسات زيادة حالات الإصابة بسرطان القولون في الدول النامية بنسبة تزيد على ٥٠٠٪.

٨- ثبت وجود علاقة بين الإصابة بالسرطان والفشل الكلوي، وأمراض الكبد وملوثات البيئة، حيث تلازم ارتفاع عدد الموتى بهذه الأمراض مع الارتفاع في كمية الملوثات في الطعام، وكذا في البيئة.

٩- إن تناول الإنسان أو النبات أو الحيوان كميات قليلة من المواد السامة مع غذائه (رغم عدم ظهور آثار سامة عليه)، لا يعني أنه تجنب ضررها، حيث ثبت أن هذه البقايا تتراكم داخل الأنسجة في الكائنات الحية عاما بعد عام، حتى تصل إلى التركيزات السامة التي تظهر في صورة أمراض سرطانية أو فشل كلوي أو أمراض كبد وغيرها.

١٠- ثبت وجود علاقة أكيدة بين التدخين وسرطان الرئة.

١١- إن هناك ٢٠٠ مليون من البشر قد توفوا من الإصابة بالبلهارسيا كأحد ملوثات المياه في العالم. وهناك ٦٠٠ مليون إنسان في طريقهم إلى الموت بسبب البلهارسيا.

١٢- إن الذبابة المنزلية الواحدة تحمل أكثر من ٦ مليون ميكروب على جسمها، وتكفي لنقل ٤٢ مرضا للإنسان، وتلعب دورا خطيرا وهاما في تلويث البيئة بعديد من الأمراض الخطيرة (مثل الكوليرا والتيفود والدوسنتاريا والسل وغيرها).

١٣- أثبتت الأبحاث وجود كثير من الملوثات في مياه الأمطار التي تتساقط على دول لم تستعمل هذه الملوثات.

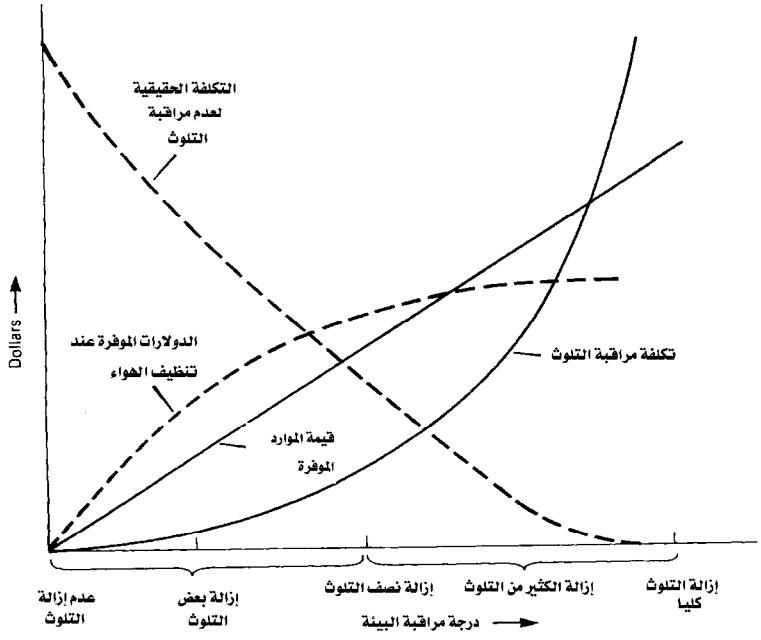
١٤- إن مشكلة سقوط الأمطار الحامضية على عديد من دول العالم يرجع إلى شدة تلوث الهواء في المدن الصناعية التي تخرج كميات هائلة من غازات ثالث أكسيد الكبريت وثاني أكسيد الكبريت وغيرها.

١٥- إن موت الأحياء الموجودة في البحار والمحيطات والأنهار والمصادر المائية التي تغطي ٧٠٪ من الكرة الأرضية يعني فناء البشرية.

١٦- ثبت تلوث جميع مصادر المياه في العالم كله، سواء أكانت محيطات أم مجارٍ، أو مستنقعات أم مصارف أم بحيرات، أو حتى مياه تحت أرضية، أم مياه أمطار.

٥- ٤- ٤ كيفية تحديد نسبة "التكلفة/الفوائد" لبرامج مراقبة تلوث الهواء

يوضح الشكل (٥- ٦) العلاقة العامة بين أربعة عوامل و هي: (١) تكلفة عدم مراقبة التلوث و (٢) تكلفة مراقبة التلوث و (٣) فوائد مراقبة التلوث و (٤) قيمة الموارد الموفرة. و الجدير بالذكر أن اتجاه و قيمة ميل slope هذه المنحنيات غير دقيق و في اليوم الذي يمكن رسم هذه المنحنيات بدقة عالية في هذه الحالة يمكن التقدير الدقيق لمدى أثر التلوث من الناحية الاقتصادية. و يتضح من الشكل (٥- ٦) أن تكلفة التخلص من الملوثات أو إيقافها تزداد بطريقة أُسيِّة exponential مع نسبة الملوثات التي تم التخلص منها.



الشكل (٥- ٦): تكلفة مراقبة التلوث مقابل الفوائد.

٥- ٥ الإسلام و حماية البيئة

ترتبط نظافة البيئة في الإسلام ارتباطا مباشرا بمفهوم الطهارة، كما ورد في القرآن والسنة، حيث يغطى هذا المفهوم الاحتياجات الخاصة بالنظافة، إضافة إلى جملة اشتراطات ومواصفات أخرى تؤهل البيئة وعناصرها لأداء مهام محددة تتعلق بحياة الإنسان الدينية و الدنيوية.

فالطهارة لغة: هي النزاهة عن الأقذار، وشرعا رفع ما يمنع الصلاة من حدث أو نجاسة بالماء، أو رفع حكمه بالتراب.

و تكتسب الطهارة أهمية خاصة في الدين الإسلامي لارتباطها بأهم الواجبات الدينية للمسلم المتمثلة في الصلاة. وقد وردت مادة الطهارة واشتقاقاتها المختلفة في ٣١ موضعا بالقرآن الكريم. وساد مفهوم التطهر من النجاسات والأقذار ما يقرب من نصف تلك المواضع، مثل قوله تعالى:

(إن الله يحب التوابين ويحب المتطهرين) (البقرة/٢٢٢)

(وثيابك فطهر ، والرجز فاهجر) (المدثر/٤- ٥)

(فاعتزلوا النساء في المحيض ولا تقربوهن حتى يطهرن) (البقرة/٢٢٢)

(وإن كنتم جنبا فاطهروا) المائدة/٦

(فيه رجال يحبون أن يتطهروا والله يحب المطهرين) التوبة/١٠٨

ويمثل هذا المفهوم قول الرسول الكريم - ﷺ- : "**الطهور شطر الإيمان**" رواه مسلم، أي أن الطهور نصف الإيمان نظرا لاشتراطه لصحة الصلاة.

ومثل قوله أيضا- ﷺ- :

" **طهروا هذه الأجساد طهركم الله** - رواه الطبراني عن ابن عمر- رضي الله عنهما.

" **طهروا أفنيتكم، فإن اليهود لا تطهر أفنيتها** "- أخرجه الطبراق عن سعد مرفوعا. وتلك الطهارة التي هي شطر الإيمان، تعدّ مبدأ من المبادئ الأساسية في الإسلام.

فلقد خلق المولى- عز وجل- العالم وأحاطه بالجمال. وعلى البشر أن يعكسوا ذلك الجمال من خلال النظافة والهيئة الحسنة. وصدق رسول - ﷺ - حيث قال:

" **إن الله جميل يحب الجمال** " أخرجه الترمذى عن ابن مسعود- رضي الله عنه.

وقد وردت الطهارة في القرآن الكريم بمعنى الطهارة من عبادة الأوثان وقول الزور، وطهارة القلب، وطهارة المال فلا يدنس بحرام، والطهارة من الفاحشة والزنا. قال تعالى: **(ياأيها الرسول لا يحزنك الذين يسارعون في الكفر من الذين قالوا آمنا بأفواههم ولم تؤمن قلوبهم ومن الذين هادوا سماعون للكذب سماعون لقوم آخرين لم يأتوك يحرفون الكلم من بعد مواضعه يقولون إن أوتيتم هذا فخذوه وإن لم تؤتوه فاحذروا ومن يرد الله فتنته فلن تملك له من الله شيئا أولئك الذين لم يرد الله أن يطهر قلوبهم لهم في الدنيا خزي ولهم في الآخرة عذاب عظيم)** المائدة/٤١

(ذ لكم أطهر لقلوبكم وقلوبهن) الأحزاب/٥٣

(أخرجوا آل لوط من قريتكم إنهم أناس يتطهرون) النمل/٥٦

(خذ من أموالهم صدقة تطهرهم وتزكيهم بها) التوبة/١٠٣

وتشمل الطهارة: نظافة البدن، والثوب، والمكان، والماء.

أ. نظافة البدن:

حث الإسلام المسلم على نظافة بدنه، فقال- ﷺ- :

" **النظافة تدعو إلى الإيمان، والإيمان مع صاحبه في الجنة** "- رواه الطبرانى.

و قال- ﷺ - أيضا:

" **تنظفوا فإن الإسلام نظيف** "- رواه أحمد وأبو داود والترمذي وابن ماجه واللحام. وهكذا نجد أن النظافة إحدى دعائم الإسلام. وهي تؤدي إلى دخول صاحبها الجنة. وحتى يكون المسلم نظيف البدن، فقد ألزمته الشريعة الإسلامية بضرورة الوضوء للصلاة، والغسل من الجنابة والحيض.

ويطلق الفقهاء على هذا النوع من النظافة اسم: الطهارة من الحدث والخبث.

والحدث نوعان: أكبر وأصغر. فالأكبر ما يوجب الغسل كالجنابة والحيض والنفاس.

قال تعالى: **(يأيها الذين آمنوا لاتقربوا الصلاة وأنتم سكارى حتى تعلموا ما تقولون ولا جنبا إلا عابري سبيل حتى تغتسلوا)** النساء/٤٣

(ويسألونك عن المحيض قل هو أذى فاعتزلوا النساء في المحيض ولا تقربوهن

حتى يطهرن) البقرة/٢٢٢

وعن عائشة- رضي الله عنها- كان النبي- ﷺ- يدركه الفجر وهو جنب من أهله، ثم يغتسل ويصوم- رواه البخارى.

وعن عائشة- رضي الله عنها- قالت إن امرأة سألت النبي- ﷺ- عن غسلها من المحيض، فأمرها كيف تغتسل ، قال: " **خذي فرصة** (١) **من مسك** (٢)، **فتطهري بها** ". قالت: كيف أتطهر؟ قال: " **تطهري بها** ". قالت: كيف؟ قال: " **سبحان الله، تطهري** ". فاجتبذتها (١) إلّى، فقلت: تتبعي بها أثر الدم (٢) - رواه البخاري ومسلم. [(١) الفرصة : قطعة من صوف أو قطن ، (٢) من مسك : أي مطيب بالمسك]

والحدث الأصغر ما يوجب الوضوء كالبول والغائط وسائر نواقض الوضوء.

وقد روى البخاري في صحيحه عن أبى هريرة- رضي الله عنه - قال: قال رسول الله- ﷺ- : " **لا يقبل الله صلاة أحدكم إذا أحدث حتى يتوضأ** ".

أما الخبث فهو النجاسة العالقة بجسم الإنسان أو في ثوبه أو في مصلاه. ولابد من إزالتها بالطهور، وبقاء لونها أو رائحتها يدل على بقاء ذاتها.

وإزالة النجاسة عن جسم الإنسان شرط في صحة الصلاة عند جمهور العلماء.

ومن وجهة النظر الطبية، فإن الاستنجاء له دور كبير في النظافة، حيث إن التخلص من بقايا البراز مهم جدا من الناحية الصحية. وقد ذكر (ج. هل) J. Hill في كتابه عن علماء الباثولوجيا Pathology أن الجرام الواحد من البراز يحتوي على مائة ألف مليون خلية بكتيرية، فضلا عن جراثيم أخرى لا تعد. وهناك أمراض جرثومية عديدة تنتقل بتلوث اليد بكمية قليلة من البراز ، التي رغم قلتها فإنها تحتوي على ملايين الجراثيم ، ويذكر (ج طومسون) J. Thomson في كتابه عن الصحة أن حاملي جرثومة التيفوئيد ربما يكون في الجرام الواحد من برازهم أكثر من خمسة و أربعين مليونا من بكتيريا التيفوئيد. أما مرضى الدوسنتاريا البكتيرية أو الطفيلية فمن المستحيل إحصاء عدد الخلايا الجرثومية التي تخرج منهم يوميا لكثرتها. وقد أثبتت دراسة أجريت في كلية طب جامعة (مانشستر) أن البكتيريا تنفذ من ثماني طبقات من ورق التواليت إلى اليد و تلوثها أثناء عملية التخلص من بقايا البراز، " و لذلك ، يعتبر الماء أفضل وسيلة للنظافة.

وعن حكمة التنزه من البول قبل الوضوء، يقول الدكتور عبد الحميد القضات في بحث له عن (تفوق الطب الوقائي في الإسلام): إن (البول مجموعة من المواد السامة يتخلص منها الجسم عن طريق المجاري

البولية. و هو بالإضافة إلى المواد الكيمائية التي يحتوي عليها ملوث بالعديد من الجراثيم حتى في حالات الجسم الطبيعي. وعلم الجراثيم الطبيعي يعتبر أن صاحب البول مريض بالتهاب المجاري البولية إذا وصل عدد الجراثيم إلى مائة ألف جرثومة في السنتيمتر المكعب الواحد من البول، أما إذا قل العدد عن ذلك فلا يعدّ صاحبه مريضا. و هكذا يكون البول مملوءا بالجراثيم في أحسن الأحوال. وتلوث الجسم أو الملابس به يعني التلوث بمواد سامة وجراثيم كثيرة ". وقد مر رسول الله- ﷺ- بقبرين فقال عن صاحبيهما: " **إنهما يعذبان وما يعذبان في كبير، أما أحدهما فكان لا يستنزه من البول، وأما الآخر فكان يمشي بالنميمة**" - رواه مسلم.

والوضوء واجب لصحة الصلاة حتى إذا كان الجسد نظيفا والمرء غير جنب. قال تعالى: **(يأيها الذين آمنوا إذا قمتم إلى الصلاة فاغسلوا وجوهكم وأيديكم إلى المرافق وامسحوا برؤوسكم وأرجلكم إلى الكعبين)** (المائدة/٦).

وأخرج البخاري في صحيحه ومسلم وأبو داود والنسائي، عن حمران مولى عثمان بن عفان- رضي الله عنهما- أنه رأى عثمان- رضي الله عنه- دعا بوضوء فأفرغ على يديه من إنائه فغسلهما ثلاث مرات، ثم أدخل يمينه في الوضوء، ثم تمضمض واستنشق واستنثر، ثم غسل وجهه ثلاثا ويديه إلى المرفقين ثلاثا ثم مسح برأسه، ثم غسل كلتا رجليه ثلاثا، ثم قال: رأيت النبي- ﷺ- يتوضأ نحو وضوئي هذا، وقال : "**من توضأ وضوئي هذا، ثم صلى ركعتين لا يحدث فيهما نفسه، غفر له ما تقدم من ذنبه** ".

وقد أوجد الإسلام أنماطا لسلوك النظافة، فغسل الجسم بأكمله هو أفضل شيء للطهارة. وهو أمر وجب بعد ممارسة الاتصال الجنسي والاحتلام والحيض، ولصلاة الجمعة. ويشمل الغسل جميع أعضاء الجسم من قمة الرأس إلى أخمص القدمين.

فعن عائشة- رضي الله عنها- زوج النبي- ﷺ- أن النبي- ﷺ- كان إذا اغتسل من الجنابة، بدأ فغسل يديه، ثم يتوضأ كما للصلاة، ثم يدخل أصابعه في الماء فيخللها أصول شعره، ثم يصب على رأسه ثلاث غرف بيديه، ثم يفيض الماء على جلده كله- رواه البخارى.

وقد حث الإسلام على غسل الجمعة ليكون المسلم ذا رائحة طيبة في المسجد.

روي عن سلمان الفارسي- رضي الله عنه- قال : قال رسول الله- ﷺ- :

" **لا يغتسل رجل يوم الجمعة ويتطهر ما استطاع الطهور، ويدهن من دهنه، و يمس من طيب نفسه، ثم يخرج ولا يفرق بين اثنين، ثم يصلي ما كتب له، ثم ينصت إذا تكلم الإمام، إلا غفر له ما بينه وبين الجمعة الأخرى** "- رواه أحمد و البخاري.

والمتتبع لسنن الإسلام وأحكامه في النظافة يجد أن كل سنة وراءها من المنافع الصحية الكثير. فمثلا، عند الاستنجاء حذر الإسلام من الاستنجاء باليمين، تنزيها لليد اليمنى عن مباشرة الأقذار، وحماية لها من التلوث بالجراثيم أو الفطيرات التي تكون في موضع العانة .

عن حفصة- رضي الله عنها- أن النبي- ﷺ- : **" كان يجعل يمينه لأكله وشربه وأخذه وعطائه، وشماله لما سوى ذلك"**- رواه أحمد وأبو داود وابن ماجه وابن حبان.

وبتكرار الوضوء عدة مرات في اليوم الواحد فإن الإنسان بذلك ينظف الأجزاء المكشوفة من جسمه، التي تكون أكثر تلوثا بالجراثيم. وقد أثبت علماء الجراثيم وجود أعداد هائلة من الجراثيم على السنتيمتر المربع الواحد من الجلد الطبيعي في المناطق المكشوفة، تصل إلى زهاء خمسة ملايين جرثومة. ومن المعروف أن الجراثيم تتكاثر بسرعة، وللتخلص منها لابد من غسل الجلد باستمرار.

ويعتبر الأطباء جلد الإنسان أوسع عضو في جسده، ويبلغ متوسط مساحة الجلد نحو مترين مربعين، ويزيد عدد الجراثيم المختلفة الموجودة على هذا الجلد- وفقا لما قرره (فايندوف) Vindoff في كتابه (Skin and Veneral Diseases) على عدد سكان الأرض قاطبة. وقد أثبت هذا العالم أن الاستحمام الواحد يزيل عن جلد الإنسان أكثر من مائتي مليون جرثومة. ولأن هذه الجراثيم لا تقف لحظة عن التكاثر، فلابد من إزالتها بشكل مستمر ودوري لتبقى أعدادها قليلة. وما أجمل قول الرسول الكريم- ﷺ- في ذلك:

" حق على كل مسلم أن يغتسل في كل سبعة أيام يوما يغسل فيه رأسه وجلده "- رواه الشيخان.

وقد أمر الإسلام المسلم بأن يتخلص من فضلات وآثار الطعام بين أسنانه.

قال- ﷺ- : " ليس شيء أشد على الملكين من أن يريا بين أسنان صاحبهما طعاما وهو قائم يصلي "- رواه ابن ماجه.

والمعروف أن المضمضة في الوضوء تحفظ الفم والبلعوم من الالتهابات ومن تقيح لثة الأسنان، وتقي الأسنان من التسوس ويورد الدكتور محمد سعيد السيوطي في كتابه (معجزات في الطب للنبي العربي محمد- ﷺ-) نصا للدكتور (غرزوزي) من كتابه (وقاية الأسنان وصحة الأبدان)، جاء فيه:

" إن تسعين بالمائة من الناس الذين يفقدون أسنانهم لو اهتموا بنظافة فمهم لما فقدوا أسنانهم قبل الأوان.

وإن المادة الصديدية والعفونة التي تتكون في الفم لا يقتصر ضررها على تقيح اللثة، فإنها تدخل المعدة مع اللعاب والطعام فتمتصها المعدة وتسري إلى الدم، ومنه إلى جميع الأعضاء، وتسبب أمراضا كثيرة ".

ويقرر الأطباء أن الفم تستقر فيه أنواع وأعداد هائلة من الجراثيم البكتيرية والفيروسية والطفيلية. ويزيد عدد أنواعها على المائة نوع، أما أعدادها فتقدر بالملايين وأحيانا بالبلايين في المليمتر المكعب الواحد من اللعاب. وهي تتغذى على بقايا الطعام المترسب على الأسنان وبينها، وينتج عن نموها وتكاثرها أحماض وإفرازات كثيرة تؤثر في الفم ورائحته. ولذلك سن الإسلام استخدام السواك، فقال- ﷺ- :

" **تسوكوا، فإن السواك مطهرة للفم مرضاة للرب** "- رواه أحمد والنسائي والترمذى.

وعن معاذ- رضي الله عنه- قال: سمعت رسول الله- ﷺ- يقول:

" **نعم السواك الزيتون من شجرة مباركة، يطيب الفم ويذهب بالحفر، وهو سواكي وسواك الأنبياء قبلي** " أخرجه الطبرانى.

و عن أبي أيوب عن النبي- ﷺ- أنه قال:

" **أربع من سنن المرسلين: الختان و السواك و العطر و النكاح** "- رواه الترمذى و الإمام أحمد.

وقد حثّ الرسول- ﷺ- - على استعمال السواك في جميع الأوقات، حتى أثناء الصيام.

وعن العباس بن عبد المطلب عن النبي- ﷺ- قال:

" **لولا أن أشق على أمتي لفرضت عليهم السواك عند كل صلاة** "- متفق عليه.

فالسواك يطهر الفم ويزيل ما يعلق بينها من فضلات الطعام. وقد أوضح العلم الحديث أن المواد التي بالسواك تقتل الجراثيم فتشفي الأفواه من الأمراض.

وبتحليل السواك الذي يحصل عليه من شجرة الأراك Salvadora Persica، كيميائيا تبين أنه يحتوي على المواد التالية:

١. مادة (ثلاثي مثيل أمين) وهي عامل هام لوقف نمو الجراثيم.
٢. نسبة عالية من الكلوريد والسيلكا وهي مواد تزيد من بياض الأسنان.
٣. مادة الفلور التي تمنع التسوس وتزيد من قوة اللثة.
٤. فيتامين (ج) الذي يحمي اللثة من الالتهابات.
٥. مادة الستيوستيرول التي لها أهمية كبرى في تقوية الشعيرات الدموية المغذية للثة.
٦. مواد كبريتية تعمل على وقف تكاثر البكتيريا العنقودية والسبحية وغيرها من جراثيم الفم.

٧. مواد شبه قلوية وعطرية.

وقد دعا الإسلام المسلم إلى نظافة الأماكن التي يصعب تنظيفها بالماء عند الاغتسال، مثل المواضع الموجودة بين الأصابع التي تكون مرتعا لأنواع محتلفة من البكتيريا والطفيليات. ولذلك، نجد الرسول الكريم- ﷺ- يحث على تخليل الأصابع بالمياه.

فعن وائلة- رضي الله عنه- قال: قال رسول الله- ﷺ- :

" من لم يخلل أصابعه بالماء خللها الله بالنار يوم القيامة "- رواه الطبراني.

وحث الإسلام على الاستنشاق وجعله بمثابة المضمضة للفم. ويفيد الاستنشاق في تنظيف الأنف. فدخول الماء الأنف ثم خروجه منه يؤدي إلى التخلص من المادة المخاطية التي تكون مأوى لكثير من الجراثيم، وينظف شعر الأنف منها.

سنن الفطرة ونظافة الجسد:

استكمالا للنظافة الجسدية، ثمة تعليمات صحية هامة جاءنا بها المصطفى- ﷺ- أطلق عليها (سنن الفطرة)، وأمرنا بمراعاتها.

فعن أبي هريرة- رضي الله عنه- عن النبي- ﷺ- قال:

" الفطرة خمس، أو خمس من الفطرة: الختان، والاستحداد، وتقليم الأظافر، ونتف الإبط، وقص الشارب)- متفق عليه.

وقد كشفت لنا العلوم الطبية الحديثة النقاب عن أهمية هذه السنن. فترك الأظافر دون قص يتسبب في تراكم الأوساخ والميكروبات تحتها. و هناك أمراض كثيرة تنقلها الأظافر غير النظيفة مثل: الإسهال، والمغص البطني، والتهابات العيون، والإصابة بالديدان المعوية وغيرها.

ويؤدي ختان الذكور إلى عدة فوائد صحية. فقطع القلفة يتسبب في تخلص المرء من المفرزات الدهنية ويحول دون نمو العديد من الجراثيم التي تهيىء القلفة لها الوسط الملائم للتكاثر. و قد تبين أن سرطان عنق الرحم يقل عند نساء المسلمين من غيرهن نتيجة ختان أزواجهن.

أما الاستحداد وهو حلق شعر العانة- فله أهمية صحية كبرى، لأن هناك نوعا من القمل لا يعيش إلا على شعر العانة، وتصاب به أعداد كبيرة سنويا في الغرب من الذكور والإناث.

ولما كان الإبط مكانا للتعرق، فإنه يعد بذلك مهدا مناسبا لنمو الفطريات و الجراثيم، ناهيك عما يصدر عنه من رائحة مقززة، و لذلك، فإن نتف الإبط يقلل فرصة جود هذه الميكروبات بأعداد كبيرة.

أما قص الشارب فإنه من سنن الفطرة، لأن الشارب إذا طال تلوث بكل ما يشربه الإنسان ، ومن ثم ساعد على، تلوث الفم.

ب. نظافة الثوب:

تشمل نظافة البيئة في الإسلام نظافة الملبس الذي يرتديه المسلم. فالفرد في المجتمع الإسلامي مطالب بأن يكون حسن المظهر جميل الهندام نظيف الثوب قال تعالى:

(يا بني آدم خذوا زينتكم عند كل مسجد) (الأعراف/٣١)

و قد كان رسول الله- ﷺ- أحسن الناس مظهرا و أجملهم ثيابا، وكان يحث أصحابه على نظافة ملابسهم . فقد رأى النبي - ﷺ - رجلا عليه ثياب وسخة، فقال: **" أما كان هذا يجد ما يغسل به ثوبه "**- رواه أبو داود.

فالرسول - ﷺ - بقوله هذا يستنكف ما فعله هذا الرجل، ويدعو المسلمين إلى عدم تقليد هذا الرجل بترك ملابسهم متسخة.

وقد جعل الإسلام طهارة الثياب شرطا لصحة العبادات التي لا تنقطع. وهذا يتطلب من الإنسان حرصا دائما على طهارة ملبسه من جميع النجاسات التي تصيب الجسم بقصد أو "من غير قصد.

قال تعالى: **(وثيابك فطهر)** (المدثر/٤)

و روى الطحاوي عن رسول الله- ﷺ - أنه قال: **" من يتخذ ثوبا فلينظفه"** ا وأكد - ﷺ - الحديث على النظافة في مواطن الاجتماع مثل الجمعة و العيدين.

و لا يخفى على القارئ ما لنظافة الثوب من قيمة في إبعاد الإنسان عن مصادر التلوث بالعوامل المعدية.

ج. نظافة المكان:

حث الرسول الكريم على نظافة البيوت، فقال- ﷺ-

" إن الله طيب يحب الطيب، جواد يحب الجود، كريم يحب الكرم، نظيف يحب النظافة، فنظفوا أفنيتكم ولا تشبهوا باليهود "- رواه الترمذي.

ويحذرنا الرسول الكريم في هذا الحديث الشريف من التشبه باليهود الذين كانوا لا يحرصون على نظافة بيوتهم من القمامة والفضلات.

وتستهدف دعوة الإسلام إلى نظافة البيوت المحافظة على الصحة العامة، لأن تراكم الأوساخ في البيوت، يعطي الحشرات و الجراثيم مجالا رحبا للازدهار والنمو، فضلا عن انبعاث الروائح الكريهة التي تزكم الأنوف، و تجعل البيوت مكانا لا يطاق للإقامة فيه.

وتشمل نظافة المكان- بالإضافة إلى البيوت - الأسواق و المساجد و المنتديات و غيرها من الأماكن التي يقيم الإنسان فيها بصورة دائمة أو مؤقتة. و يحث الإسلام بوجه عام – على نظافة الأرض و حمايتها من التلوث. و قد جعل نظافة المكان شرطا أساسيا للأرض التي تؤدى عليها الصلاة. ولا تصح صلاة المرء إذا لم يؤدها فوق تربة نظيفة من القاذورات بمختلف أنواعها.

و يندرج تحت نظافة المكان: الاختيار المناسب للموقع الذي سيقيم فيه الإنسان و يتخذه نزلا له ، سواء كان بيتا أو حتى خيمة. و من الاشتراطات التي وضعها سلفنا الصالح للمسكن ما يلي:

١. ألا يكون في أرض وبيئة تكثر فيها الأوجاع والعلل و الأمراض.
٢. ألا يكون معرضا للرطوبة ومحروما من النور والهواء.
٣. ألا يكون منخفضا جدا تحت الأرض (بحيث يكون مستقرا للغازات الثقيلة كالأوزون وثاني أكسيد الكربون).
٤. ألا يكون مرتفعا جدا، معرضا لتأثير الرياح الشديدة.
٥. أن تكون سعة غرفه بقدر الاحتياج.
٦. أن تكون عمارته وأبوابه ونوافذه محكمة الضبط تمنع تسرب الحشرات والهوام والهواء البارد والغبار الذي يحتوي على الجراثيم المضرة بالصحة مثل جراثيم مرض السل. وكان النبي- ﷺ- يحب سعة الدار، ويعد ذلك من عناصر السعادة الدنيوية، فقال- ﷺ- : **" أربع من السعادة: المرأة الصالحة، والمسكن الواسع، والجار الصالح، و المركب الهنيء "**- رواه ابن حبان.

ولا يخفى أن اتساع الدور عامل هام من عوامل تهويتها ونقاء الهواء فيها. وقد حرص المعماريون الإسلاميون على مراعاة العوامل التي تضمن نظافة بيئة المنازل في تصميم المباني التي شيدوها. فقد أخذت التهوية في

الاعتبار وكذلك تلطيف الجو. واستخدموا لتحقيق ذلك الملاقف وأبراج التهوية التي تتحكم في حركة الهواء داخل المباني.

وقد تعرض ابن سينا في كتابه الشهير (القانون في الطب) إلى العوامل البيئية التي تؤثر في أماكن السكنى. وخلص إلى أن أماكن البيوت يجب أن تكون في ناحية المشرق (حتى تدخلها أشعة الشمس)، وأن يتم توجيه فتحاتها من أبواب وشبابيك باتجاه شرق الشمال لتمكين الرياح المشرقية- وهي الأكثر نقاء وصفاء- من الدخول إلى الأبنية.

ويذكر الجاحظ في كتابه (البخلاء) معايير تصميم البيوت، من خلال وصفه للدور في مدينة البصرة، ويذكر من ذلك: تخصيص مكان للبالوعة (المرحاض)، وآخر للغسيل، ووضع المطبخ على السطح لتفادي الروائح الكريهة داخل البيت.

ويندرج تحت نظافة المكان أيضا: منع اقتناء الكلاب في البيوت نظرا لكونها مصدرا من مصادر النجاسة.

والنهي عن اقتنائها ليس معناه القسوة عليها أو الحكم بإعدامها، فقد قال- ﷺ- :

" لولا أن الكلاب أمة من الأمم لأمرت بقتلها "- رواه أبو دأود والترمذى.

وإنما النهي عن اقتنائها في البيوت راجع إلى المخاطر التي تهدد صحة الإنسان وحياته بسببها، ذلك أن الكلاب تصاب بدودة شريطية تتعداها إلى الإنسان وتصيبه بأمراض عضال قد تصل إلى حد العدوان على حياته.

وقد ثبت أن جميع أجناس الكلاب- وفقا لما ذكره الدكتور محمد سعيد السيوطى في مرجعه السابق الإشارة إليه- لا تسلم من الإصابة بهذه الديدان الشريطية. كما تصاب بهذه الديدان أيضا: الخنازير، وبنات آوى، و الذئاب.

ولما كانت الكلاب تظهر إحساسها بالحب للإنسان عن طريق اللعق، فإنه من السهولة ، انتقال بيض الديدان الشريطية مع هذا اللعاب. وقد ذكر الدكتور (جيفري لابيج) Geoffrey Lapage في كتابه (الطفيليات الحيوانية في الإنسان) أنه (من المحتمل أن ينزل مع لعاب الكلاب بعض البيض في الأطباق التي نأكل فيها. وإذا ما استخدم الإنسان هذه الأطباق قبل أن يحسن غسلها فإن الشخص قد يتناول مع طعامه بيض الدودة الشريطية العالق بها).

والغسل الصحيح لما لعقه الكلب يكون سبع مرات، أولها بالتراب، والبقية بالماء.

روى مسلم عن أبى هريرة أن رسول الله- ﷺ- قال: " **طهور إناء أحدكم إذا ولغ فيه الكلب أن يغسله سبع مرات أولاهن بالتراب** ".

ويذكر أحد الباحثين أن السبب في غسل ما يلعقه الكلب مرة بالتراب إلى أن (جرثومة داء الكلب لا تستأصل إلا بالتربة المسماة Humus .

والمعروف أن الكلاب تنقل مرض داء الكلب إلى الإنسان، وكذلك مرض (الكيس المائي) وغيره. وهناك قواعد صحية وأمنية أرساها الإسلام للمحافظة على سلامة الأماكن و الموجودين فيها.

فالنار على سبيل المثال عدو للإنسان وممتلكاته وخسائرها تصل إلى درجة عظيمة لاسيما إذا حاقت بالأرواح. وقد أمر الرسول- ﷺ- بإطفاء النيران قبل النوم. فعن سالم بن أبيه عن النبي- ﷺ- أنه قال:

" **لا تتركوا النار في بيوتكم حين تنامون** "- رواه البخاري.

وعن جابر بن عبدالله- رضي الله عنه- أن النبي- ﷺ- قال:

" **غطوا الإناء، وأوكئوا السقاء، وأغلقوا الباب، وأطفئوا السراج، فإن الشيطان لا يحل سقاء، ولا يفتح بابا، ولا يكشف إناء، فإن لم يجد أحدكم إلا أن يعرض على إنائه عودا ويذكر اسم الله فليفعل، فإن الفويسقة تضرم على أهل البيوت بيتهم** "- رواه البخاري.

وقد ورد الحديث الأخير برواية أخرى، هكذا:

" **خمروا الآنية، وأوكئوا الأسقية، وأجيفوا الأبواب، وأكفتوا صبيانكم عند المساء، فإن للجن انتشارا وخطفة: وأطفئوا المصابيح عند الرقاد، فإن الفويسقة ربما اجترت الفتيلة فأحرقت أهل البيت** ".

و يمكن أن يفسر سبب الأمر بإخماد النار وإطفاء السراج قبل النوم، على أنه مدعاة لتجنب حدوث حريق وانتشاره. فالفويسقة (وهي الفأرة) ربما عبثت بفتيلة السراج وتسببت بذلك في انسكاب زيت السراج على الأرض و اشتعال النار فيه.

كما أن إطفاء السراج وإغلاق الأبواب يحول دون دخول بعض الحشرات التي تنقل طفيليات و جراثيم بعض الأمراض. فالبعوض على سبيل المثال - الذي يتسبب في الإصابة بمرض الملاريا - ينجذب إلى الأنوار في البيوت، وهناك فائدة أخرى من إطفاء السراج هي الاحتياط من حدوث تلوث داخل المنزل نتيجة الاحتراق غير الكامل للوقود المستخدم في السراج، وهو الأمر الذي يؤدي إلى إطلاق غاز أول أكسيد الكربون السام الذي يتسبب في الموت.

د. نظافة الماء :

الماء سبب حياة كل شيء حي في الأرض . قال تعالى:

(وهو الذي أنزل من السماء ماء فأخرجنا به نبات كل شيء) (الأنعام/٩٩)

ولاشك أن التبول في الماء أمر قبيح يأباه الذوق العام ويستنكفه كل ذي خلق، و أهم من ذلك، فإن تجنب التبول في الماء سوف يكون أمرا أساسيا للتخلص من أكبر مشكلة طبية تعاني منها الدول الإسلامية الواقعة في المناطق شبه الاستوائية، وهي مشكلة البلهارسيا التي تفتك بصحة الإنسان وتؤثر تأثيرا سيئا في اقتصاديات هذه الدول.

و تشير الدراسات إلى أن نسبة الإصابة بديدان البلهارسيا في مصر وحدها تبلغ نحو عشرين مليون نسمة.

و للبلهارسيا مضاعفات خطيرة على صحة الأفراد المصابين بها. فهي تؤدي إلى تليف الكبد، وحدوث دوالي المرىء. كما أنها سبب مباشر لسرطان المثانة البولية وضيق الحالبين و الفشل الكلوي.

وتبدأ دورة ا البلهارسيا من نزول البويضات مع بول الإنسان أو برازه إلى الماء، حيث تفقس البويضات ويخرج منها طور (الميراسيديوم) الذي يسبح في الماء حتى يدخل أحد القواقع المائية، حيث يتطور فيه إلى طور (السركاريا) المعدية التي تخترق جلد الإنسان حين تلمسه، وتبدأ بذلك العدوى .

ولذلك فاتباع نهي الرسول- ﷺ - عن التبول في الماء الراكد أو الجاري- في الحديثين الشريفين السابقين- يقطع دورة البلهارسيا تماما، ويقضي على فرصة انتقال العدوى إلى الشخص السليم.

من أمثلة الطفيليات التي تنتقل إلى الماء نتيجة لقضاء الحاجة فيه: دودة الانكدستوما.

و هي دودة ذات آثار صحية خطرة في البلدان المتخلفة والنامية . وإلى جانب ما ذكرناه، فإن التبول في الماء الراكد يجعله بيئة خصبة لتكاثر الميكروبات والفيروسات التي تساعد على انتشار الأمراض المعدية. كما أن التبول في الماء الجاري سوف يؤدي إلى إلحاق الضرر بالآخرين حيث تصلهم المياه ملوثة. وهو سلوك يتنافى مع حرص الإسلام على ألا تضر نفسك ولا تضر الآخرين انطلاقا من القاعدة الفقهية (لا ضرر ولا ضرار).

وفي حديث آخر يقول الرسول- ﷺ- :

" اتقوا الملاعن الثلاث: البراز في الماء، وفي الظل، وفي طريق الناس "- رواه أبو داود.

وما يهمنا في هذا المقام هو النهي عن التبرز في الماء الذي جعله الرسول- ﷺ- أحد الملاعن التي يجب علينا اتقاؤها. والمعروف أن تصريف مياه المجاري في الأنهار والترع يؤدي إلى تلوث مياه هذه الموارد المائية بالطفيليات و الفيروسات والروائح الكريهة و البكتيريا. و علاوة على ذلك، يتسبب وجود البراز والمواد العضوية المنصرفة مع مياه المجاري في استهلاك الأكسجين الذائب في المياه، وذلك أثناء عملية التحلل البيولوجي التي يقوم بها بعض أنواع البكتيريا الموجودة في المياه. ويؤدي استنزاف الأكسجين من مياه المسطحات المائية إلى التأثير على حياة الكائنات الحية (كالأسماك) التي تعيش فيها. كما أن المواد العضوية المكونة للبراز والموجودة في مياه المجاري تؤدي إلى ازدهار أنواع عديدة من البكتيريا والكائنات الأولية (البروتوزوا) والطفيليات التي تسبب تلوث الماء.

ولما كان التلوث المائي يتسبب في حالات كثيرة في إزهاق الأرواح وفي قتل الأحياء، فإن درء هذا التلوث واجب استنادا إلى القاعدة الفقهية التي تقول- (ما أدى إلى الحرام فهو حرام).

كما أن منع الضرر قبل حدوثه أولى من معالجته بعد حدوثه. وتقول القاعدة الفقهية في ذلك: (درء المفاسد مقدم على جلب المصالح).

٥- ٥- ١ الإسلام والطب الوقائي:

قال أجدادنا الأقدمون: (الوقاية خير من العلاج).

وهي عبارة تدل على مدى إدراكهم لأهمية الوقاية في تجنب الأمراض والعلل والمحافظة على نظافة البيئة وسلامتها.

تولي المجتمعات الحديثة الطب الوقائي جل اهتمامها، وتنفق عليه الكثير من الأموال تجنبا لإصابة مواطنيها بالأمراض، وحتى يظل أفراد هذه المجتمعات أقوياء أصحاء قادرين على العمل والإنتاج والدفاع عن الوطن.

وقد أولى الإسلام- منذ أكثر من ١٤ قرنا- النواحي الوقائية الأهمية الكبرى، وأرسى دعائم الطب الوقائي في الوقت الذي لم يهمل فيه النواحي العلاجية.

ويندرج ما ذكرناه في الصفحات السابقة عن نظافة البدن و الثوب والمكان والماء تحت بند الطب الوقائي. وهناك دعائم أخرى للطب الوقائي أرساها الإسلام، لا تكمل الفائدة إلا بذكرها وهي:

١- الرياضة البدنية والروحية التي تتمثل في إقامة الصلاة، وأداء فريضة الحج، والرماية، وركوب الخيل.

٢- تناول الطيبات وتحريم الخبائث من الطعام والشراب.

٣- الصيام

٤- تحريم الزنا واللواط. وسوف نتناول هذه الدعائم بالتفصيل.

٥- ٥- ٢ الرياضة البدنية والروحية:

قضت حكمة الله- عز وجل- أن يمارس المسلم عددا من الرياضات البدنية والروحية أثناء ممارسته لعبادتي الصلاة والحج. كما حض القرآن الكريم على ممارسة أنواع أخرى من الرياضة بشكل صريح كالرماية وركوب الخيل.

وقد ذهب بعض أساتذة الرياضة المسلمين إلى أن الحركات المعروفة بالسويدية أسست على مشاهدة الصلاة الإسلامية بما فيها من حركات رياضية و من دقة في نظام أدائها بالقيام ثم الركوع، ثم في الرفع من الركوع والاستواء بعده للانتقال إلى السجود ، ثم الرفع من السجود وإعادة السجود ثانية، ثم في الاستواء وتكرار ذلك في باقي الركعات. ومما يميز رياضة الصلاة هو توزعها بشكل منتظم على أوقات اليوم ليلا ونهارا. وصدق الحق سبحانه وتعالى حين يقول في محكم كتابه:

(إن الصلاة كانت على المؤمنين كتابا موقوتا) (النساء/١٠٣)

ويمكن حصر الفوائد الصحية لرياضة الصلاة فيما يلي:

١- تحريك جميع عضلات الجسم القابضة والباسطة، وتحريك جميع المفاصل في كل ركعة يؤديها المسلم.

٢- تنشيط القلب والدورة الدموية.

٣- تحسين وظائف الدماغ بسبب تحسين عملية تزويد الدماغ بالغذاء والأكسيجين أثناء عمليتي السجود وارتفاع الرأس بعدها، وهو الأمر الذي يزيد من مرونة الأوعية الدموية.

٤- ترويض الجسم على التأقلم مع الوضعيات المفاجئة، ومن ثم حمايته من اللإصابة بالدوار وغيره.

٥- الاطمئنان النفسي الذي يحول دون الإصابة بالأمراض الفسيولوجية ذات الأصل النفسي مثل قرحة المعدة وتهيج القولون... إلخ، والحج رياضة بدنية وروحية تتجلى في الطواف والسعي والوقوف بعرفة، إضافة إلى ما يعانيه الحاج من مشقة في سفره أما الرماية و ركوب الخيل فهما من أرفع الرياضات التي تهب ممارسها قوة في الجسم ودقة ومهارة في ملكاته. وقد حث القرآن الكريم على ممارسة رياضة ركوب الخيل باعتبارها من الدعائم الأساسية للقتال (وأعدوا لهم ما استطعتم من قوة ومن رباط الخيل) (الأنفال/٦٠) ، كما نبه الرسول- ﷺ- إلى أهمية الرمي **(ألا إن القوة هي الرمي** ".

٥- ٥- ٣ تناول الطيبات وتحريم الخبائث من الطعام والشراب :

قال تعالى: (حرمت عليكم الميتة والدم ولحم الخنزير وما أهل لغير الله به والمنخنقة والموقوذة والمتردية والنطيحة وما أكل السبع إلا ما ذكيتم وما ذبح على النصب) (المائدة/٣).

تشتمل هذه الآية الكريمة على معظم الخبائث التي حرمها الإسلام بالنسبة للطعام- والحكمة في تحريم لحم الميتة أن هذا اللحم يتعرض لتغيرات عديدة، فبعد ساعة من الموت يرسب دم الحيوان إلى الأجزاء المنخفضة من جسمه مشكلا ما يسمى بالزرقة الرمية، وبعد نحو ثلاث ساعات يحدث التيبس الرمي، وهو عبارة عن تصلب عضلات الجسم وتوترها بسبب تكوين أحماض خاصة كحمض الفورميك و حمض اللبنيلث وحمض الفوسفوريك. وبعد ذلك تعود القلوية للعضلات فيزول التيبس وتغزو الجراثيم الجثة فتؤدي لتعفنها وانتفاخها. ويؤدى انحباس الدم إلى الإسراع في حدوث التعفن، كما يتسبب في زيادة معدل تكاثر الجراثيم، ولذلك حث الإسلام على تذكية الحيوان عند ذبحه، لأن التذكية الشرعية تؤمن استنزاف دم الحيوان على أحسن وجه بقطع أوردة الرقبة وشرايينها الكبيرة. والميتة التي حرمها الإسلام تشمل ما يلي:

١. المنخنقة، وهي التي تموت اختناقا بأن يلف عليها حبل أو شبهه.
٢. الموقوذة وهي التي تضرب بعصا أو حجر حتى تموت.
٣. المتردية وهي التي تموت عندما تسقط من مكان عال مثل الجبل، أو مثل التي تسقط في بئر فتموت.
٤. النطيحة وهي التي نطحتها بهيمة أخرى فماتت بالنطح.
٥. ما أكل السبع: وهي التي أكل منها حيوان مفترس جزءا فماتت.

٦. وكذلك حرم الله أكل الذبيحة التي ذكر عليها غير اسم الله أو ذبحت لغير الله، كما حرم أكل الذبيحة التي كان الجاهلون يذبحونها على الأحجار المنصوبة حول الكعبة، وعلة التحريم في هذه الذبائح لحماية التوحيد وتطهير العقائد، ومحاربة الشرك ومظاهر الوثنية في كل مجال من مجالاتها.

وهناك عدة حكم جلية في تحريم الميتة، نذكر منها:

١. إن الطبع السليم يعافها لرائحتها الكريهة وطعمها غير المستساغ، كما أن العقلاء يعدون أكلها مهانة تنافي كرامة الإنسان.

٢. إن ما مات حتف أنفه يغلب أن يكون قد مات لعلة مزمنة أو طارئة أو بسبب أكل نبات سام أو نحو ذلك، وكل ذلك لا يؤمن ضرره. ومثل ذلك إذا مات من شدة الضعف.

٣. إن الله حرم علينا الميتة، وقد أتاح بذلك فرصة للحيوانات والطيور والديدان لتتغذى عليها، رحمة منه تعالى بها.

٤. إن أكل لحم الميتة يؤدي إلى الإصابة بأمراض السل، والجمرة الخبيثة، فضلا عن التسمم الغذائي، وعسر الهضم، والإصابة بالديدان، والتهاب الكبد الوبائي.

و من الخبائث التي حرمها الإسلام ونهى عن تناولها: الدم.

وقد أشارت الآية الكريمة السابقة إلى ذلك. وثمة آية أخرى هي قوله تعالى:

(قل لا أجد في ما أوحي إلي محرما على طاعم يطعمه إلا أن يكون ميتة أو دما مسفوحا) (الأنعام/١٤٥)

والحكمة في تحريم الدم يمكن ردها إلى ما يلي:

١. وجود بعض السموم والفضلات في الدم، كاليوريا، وحمض البوليك، والسموم التي تنتقل من الأمعاء إلى الكبد.

٢. إن تناول الدم عن طريق الفم يتسبب في امتصاص بعض مكوناته، مما يؤدي إلى استقلاب البروتينات وحدوث ارتفاع كبير في نسبة (البولة الدموية) Uraemia التي تؤدي إلى اعتلال الدماغ وحدوث الغيبوبة " Coma.

٣. الدم وسط صالح لنمو شتى الجراثيم التي قد تنتقل إليه من أدوات الذبح أو الأيدي أو الآنية التي يوضع فيها، أو الهواء، أو الذباب. ويزداد ضرر الدم عندما يكون دم حيوان مريض، وبخاصة إذا كان مصابا بمرض جرثومي.

٤. الدم لا يعد غذاء بشريا، فهو عسير الهضم، ولا تحتمله المعدة. وإذا تخثر يصبح أشد عسرة بسبب تكوين الليفين (الفبرين Fibrin).

٥. قد يكون فيروس التهاب الكبد الوبائي موجودا في الدم ، وبذلك تنتقل الإصابة إلى الإنسان بهذا المرض، عند تناول الدم.

وحرم الإسلام لحم الخنزير، ذلك الحيوان القذر الذي يتغذى على النجاسات والقاذورات والجيف. قد كشف العلم الحديث عددا من الأمراض التي ينقلها الخنزير، مثل: الزحار (الدوسنتاريا) الزقي، وداء (ويل) Weils اليرقاني النزفي ، و حصبة الخنزير. ويتسبب أكل لحم الخنزير في الإصابة بالدودة الوحيدة الشريطية Taenia Solium ، والدودة الشعرية الحلزونية Trichonella Spiralis.

وفي مقابل الخبائث السابقة، أحل الله للمسلمين الطيبات من الأغذية التي تنفع أبدانهم وتحفظ صحتهم وتقيهم من الأمراض.

قال تعالى: **(يسألونك ماذا أحل لهم قل أحل لكم الطيبات)** (المائدة/٤).

وقال تعالى أيضا:

(قل من حرم زينة الله التي أخرج لعباده والطيبات من الرزق قل هي للذين آمنوا في الحياة الدنيا) (الأعراف/٣٢)

ومن الطيبات التي ذكرها القرآن الكريم: لحوم الأنعام التي قال فيها الحق عز وجل: **(والأنعام خلقها لكم فيها دفء ومنافع ومنها تأكلون)** (النحل/٥)

ومنها أيضا صيد البحر. قال تعالى: **(وهو الذي سخر البحر لتأكلوا منه لحما طريا)** (النحل/١٤)

وكذلك اللبن. قال تعالى:

(وإن لكم في الأنعام لعبرة نسقيكم مما في بطونه من بين فرث ودم، لبنا خالصا سائغا للشاربين) (النحل/٦٦)

أيضا: التمر والتين والزيتون والعنب وغير ذلك مما لم يرد في تحريمه نص.

ومن خبائث الشراب التي حرمها الإسلام تحريما قاطعا: الخمر. قال تعالى:

(يأيها الذين آمنوا إنما الخمر والميسر والأنصاب والأزلام رجس من عمل الشيطان فاجتنبوه لعلكم تفلحون) (المائدة/٩٠)

ويتضح جانب الطب الوقائي في قوله تعالى **(فاجتنبوه)**، أي ابتعدوا عنه، ولا تقتربوا منه. وقد أثبتت الأبحاث العلمية أن للخمر تأثيرات ضارة على مراكز المخ الحيوية، وعلى الدورة الدموية، وعضلة القلب، والجهاز التنفسي. وهي تتسبب في ارتكاب من يعاقرها عددا من الحوادث والجرائم. كما أنها تؤدي إلى الإصابة بتليف الكبد، ومرض السكري الكاذب، وحدوث مرض انفصام الشخصية (الشيزوفرانيا)، والجنون الكحولي حيث يتخيل المريض وجود أشخاص وحصول حوادث لا أساس لها من الصحة والوجود، مما يؤدي إلى فقدان الذاكرة، وإلى ارتكاب جرائم بوحي من تصور عقله المريض.

٥- ٥- ٤ الصيام:

للصيام آثار إيجابية في الوقاية من الأمراض. وقد أظهرت دراسات علمية أن الصيام يزيد من كفاءة جهاز المناعة في جسم الإنسان، حيث يتحسن المؤشر الوظيفي للخلايا الليمفاوية بنحو عشرة أضعاف. كما تزداد نسبة (الخلايا التائية) T-Cells المسئولة عن مقاومة الأمراض. وبالإضافة إلى ذلك يحدث ارتفاع محدود في إحدى فصائل الزلال في الدم ، التي تعد من مجموعة الزلاليات المكونة للأجسام المضادة في الدم.

ويذكر الدكتور البريطاني (ألان كولت)- الحائز على درجة الدكتوراه في التغذية- في كتاب علمي طبي له عنوانه: (الصيام: الغذاء الأمثل) عدة مميزات للصيام، نذكر منها:

١. "إن الصوم يباعد بين المرء وبين العادات غير المستحبة.
٢. وهو يقلل البدانة.
٣. ويشعر المرء بأنه أكفأ ذهنيا وجسديا.
٤. كما أنه يريح أجهزة الجسم من عناء الطعام ومشاكل هضمه في غير أوقات الصيام. ويخفف التوتر، ويدعو إلى الهدوء والطمأنينة.
٥. ويساعد الجسم على مداواة نفسه بنفسه.

٦. ويجعل المرء ينام في هدوء.

٧. ويشحذ الحواس، ويقوي الإرادة، ويمنح الصائم صفاء روحيا.

٨. ويداوي بعض الأمراض (منها مثلا: ارتفاع ضغط الدم)، وينظم عمليات الهضم".

أما الدكتور (بول براج) مؤلف كتاب (معجزة الصيام) فيتحدث من خبرته الشخصية عن المكاسب العظيمة التي استفادها من الصوم يوما كل أسبوع، فيقول:

" إنني أشعر بحدة في البصر، وبنافورة من الحيوية، وبتوقد في الذهن.

ثم إن الصيام- في رأيي الشخصي- هو الوسيلة الفعالة لتخليص الجسم من أعبائه وسمومه ".

امتحان ذاتي

أجب عن الأسئلة التالية ثم تأكد من صحة إجابتك بالنظر للحل النموذجي.

السؤال الأول : ما هو المبدأ 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 ؟

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

السؤال السادس : اذكر أربعاً من الطرق الوقائية الواجب اتباعها للتحكم في تلوث الهواء ؟

السؤال السابع : اذكر أربعة من الأنظمة الرئيسة التي يمكن استخدامها للسيطرة على تلوث الهواء ؟

السؤال الثامن : ما هي مراحل معالجة مياه الصرف ؟

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

السؤال العاشر : ما هي الإجراءات التي يمكن عملها للتحكم في الضوضاء ؟

السؤال الحادي عشر : ما هي طرق معالجة النفايات الصلبة ؟

السؤال الثاني عشر : ناقش مع زملائك العوامل التي يجب أخذها في الاعتبار عند تقييم تكلفة تلوث الهواء على صحة الإنسان في المملكة العربية السعودية.

إجابة الامتحان الذاتي

إجابة السؤال الأول :

يتمثل المبدأ الأساسي لمراقبة البيئة في أخذ عينة من مادة تمثل جزءاً متمما و مكملا للبيئة مثل الهواء ، والتربة ، والماء و الإنسان ... و من ثم تحليلها للحصول على معلومات عن مستويات ملوثات محددة 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 السؤال 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 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 خبرة .
٣- الحاجة لأجهزه خاصة .
٤- الحاجة لمصدر كهربائي .
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 السنة و فصولها " التوفر الزماني ".
٣. سهولة أخذ العينة .
٤. تناسب محتواه من الملوث المدروس مع مستواه في بيئته .

إجابة السؤال الخامس : 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 الرئيسة التي أثبتت كفاءتها في السيطرة على تلوث الهواء .

إجابة السؤال السادس : من الطرق الوقائية الواجب اتباعها للتحكم في تلوث الهواء :

١- اتباع التخطيط العلمي عند إنشاء أية صناعة لها تأثير ملوِّث معروف ، وضرورة الأخذ بعين الاعتبار الظروف المناخية (درجة الحرارة ، و سرعة الرياح واتجاهها و 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 الهوا ء .

إجابة السؤال السابع : من الأنظمة الرئيسة التي يمكن استخدامها للسيطرة على تلوث الهواء :

١- المرسب الكهربائي الساكن Electrostatic precipitator .
٢- غرفة التنقية النسيجية (الفلتر) Baghouse Filter .
٣- جهاز ترطيب الغاز وغسله Wet Scrubbers .
٤- المجمع الميكانيكي Mechanical Collector (Cyclones)

إجابة السؤال الثامن : مراحل معالجة مياه الصرف :

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

٢. المعالجة الابتدائية Primary treatment ؛ وتشمل أحواض الترسيب الابتدائي .
٣. المعالجة البيولوجية Biological treatment ؛ وتتضمن (المرشحات البيولوجية و عملية الحمأة المنشطة "أحواض التهوية" و الترسيب النهائي و معالجة المخلفات السائلة بالكلور) .

إجابة السؤال التاسع :

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 أخذ 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 .

إجابة السؤال العاشر :

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 أن تكون بعيدة عن مصادر الضوضاء المسببة للقلق النفسي .
ت- زيادة الرقعة الخضراء بإنشاء الحدائق والأحزمة الخضراء حول المساكن والمدارس والأحياء للتقليل من شدة الأصوات وامتصاصها .

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

ج- 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 .

إجابة السؤال الحادي عشر :

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

المراجع

١. دلاشة، أحمد، وآخرون (١٩٨٥)، التربية البيئية ودورها في مواجهة مشكلات البيئة في الوطن العربي، سلسة تقارير الوضع الراهن، رقم١، رام الله- الضفة الغربية.

٢. د.جاد اسحق، وآخرون (١٩٩٢)، سلسلة دراسات الوعي البيئي، المجلد الثالث: الإنسان والتحديات البيئية، مطبعة الآباء الفرنسيسيين- القدس.

٣. المدخل إلى العلوم البيئية . سامح غرايبة و يحيى الفرحان ، دار الشروق للنشر والتوزيع ، عمان – الأردن . ١٩٨٧ .

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

٥. تلوث الهواء . سليمان محمد العقيلي و بشير محمود جرار . مكتب التربية العربي لدول الخليج ، الرياض ١٤١١ هـ .

٦. التلوث الجوي . علي حسن موسى . دار الفكر المعاصر ، بيروت – لبنان و دار الفكر ، دمشق – سورية . ١٤١٠ هـ .

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

٨. التلوث المائي . خالد محمود بنات و أحمد عبد القادر باحفظ الله . مكتبة دار المطبوعات الحديثة ، جدة . ١٤١٢ هـ .

٩. تلوث المياه . نوري بن طاهر الطيب و بشير بن محمود جرار . مؤسسة اليمامة الصحفية ، ١٤١٦ هـ .

١٠. كيمياء البيئة . إبراهيم زامل الزامل و محمد عثمان كرار . دار الخريجي للنشر والتوزيع – الرياض، ١٤٢٢ هـ .

١١. علوم تلوث البيئة . حسن بن محمد السويدان ، دار الخريجي للنشر والتوزيع ، ١٩٩٧ م .

١٢. الملوثات الكيميائية والبيئة . زيدان هندي عبد الحميد و محمد إبراهيم عبد المجيد . الدار العربية للنشر والتوزيع ، ١٩٩٦ م .

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

١٤. أسس الفيزياء الإشعاعية . محمد فاروق أحمد و أحمد محمد السريع . مطابع جامعة الملك سعود ، ١٤٠٩ هـ.

١٥. التلوث المعضلة والحل . أبوبكر صديق سالم و نبيل محمود عبدالمنعم . الطبعة الثانية مزيدة و مصححة ، ١٤١٤ هـ .

١٦. البيئة: مشاكلها و قضاياها و حمايتها من التلوث (رؤية إسلامية. محمد عبدالقادر الفقي. مكتبة ابن سينا ، ١٩٩٣ م.

١٧. محمد السيد أرناؤوط. التاوث البيئي و أثره على صحة الإنسان. أوراق شرقية. ٢٠٠٢ م

١٨. Kupchella C.E. and Hyland M.C., Environmental Science, Prentice Hall International Editions, 3rd Edition,1993.

المحتويات

الموضوع	الصفحة
الوحدة الأولى: مفهوم البيئة	
١- ١ مفهوم البيئة	٢
١-٢ النظام البيئي	٦
١-٣ اتزان النظام البيئي	٧
١-٤ مكونات النظام البيئي	٨
١-٥ مكونات الغلاف الحيوي للبيئة	٨
١- ٥- ١ العناصر غير الحية للبيئة	٨
١- ٥- ٢ المكونات الحية للغلاف الحيوي للبيئة	٩
١-٦ اختلال التوازن البيئي	٩
١-٧ الموارد البيئية	١٠
١-٨ التوازن في الطبيعة	١١
امتحان ذاتي	١٢
إجابة الامتحان الذاتي	١٣
الوحدة الثانية: الدورات الطبيعية لأهم مكونات البيئة	
٢- ١ الدورة المائية	١٦
٢- ٢ دورة الكربون	١٧
٢- ٣ دورة الأكسجين	٢١
٢- ٤ دورة النيتروجين	٢٤
٢- ٥ دورة الفسفور	٢٨
٢- ٦ الإنسان والبيئة	٢٨
٢- ٦- ١ الإنسان كمتجول	٢٩
٢- ٦- ٢ الإنسان كمزارع	٢٩
٢- ٦- ٣ الإنسان كصناعي	٢٩
٢- ٧ الثورة الصناعية وتأثيرها على البيئة	٢٩
امتحان ذاتي	٣٣

إجابة الامتحان الذاتي ٣٤

الوحدة الثالثة: صحة البيئة

٣- ١ مفهوم الصحة العامة ٣٧
٣- ٢ مفهوم الإصابة بالمرض ٣٧
٣- ٣ أنواع مسببات المرض ٣٨
٣- ٤ العدوى بالمرض والوباء ٤١
٣- ٥ الوقاية والعلاج من المرض ٤١
٣- ٥ أهداف صحة البيئة ٤١
امتحان ذاتي ٤٤
إجابة الامتحان الذاتي ٤٥

الوحدة الرابعة: مفهوم التلوث

٤- ١ تصنيف الملوثات ٤٩
٤- ٢ أنواع التلوث ٥٢
٤- ٢- ١ تلوث الهواء ٦٨
٤- ٢- ٢ تلوث المياه ٧٤
٤- ٢- ٣ تلوث التربة ٨٠
٤- ٢- ٤ التلوث الضوضائي ٨٦
٤- ٢- ٥ التلوث الإشعاعي ٩١
امتحان ذاتي ١٠٠
إجابة الامتحان الذاتي ١٠١

الوحدة الخامسة: التحكم في التلوث و مكافحته

٥- ١ مراقبة البيئة ١١١
٥- ١- ١ النباتات الراقية كمراقب بيئي حيوي ١١٣
٥- ١- ٢ النباتات الأولية كمراقب بيئي حيوي ١١٣
٥- ٢ التحكم في التلوث ١١٤
٥- ٢- ١ التحكم في تلوث الهواء ١١٤

٥- ٢- ٢ التحكم في تلوث المياه ١١٧
٥- ٢- ٣ التحكم في تلوث التربة ١٢٣
٥- ٢- ٤ التحكم في الضوضاء ١٢٤
٥- ٢- ٥ معالجة النفايات الصلبة ١٢٥
٥- ٣ إعادة الاستفادة من النفايات ١٢٨
٥- ٤ تكلفة التلوث وآثاره الاقتصادية والاجتماعية
٥- ٤- ١ التكلفة و الأثر الاقتصادي لتلوث الهواء ١٢٨
١. تكلفة مراقبة تلوث الهواء ١٢٨
٢. تكلفة أضرار تلوث الهواء ١٢٩
٥- ٤- ٢ تكلفة و الأثر الاقتصادي لتلوث المياه ١٣٢
١. تكلفة مراقبة تلوث المياه ١٣٢
٢. تكلفة عدم مراقبة تلوث المياه ١٣٢
٥- ٤- ٣ الأثر الصحي للتلوث ١٣٣
١. ملوثات الهواء ١٣٣
٢. ملوثات الماء ١٣٩
٣. المواد الكيميائية ١٤٠
٤. حقائق عن أثر تلوث البيئة ١٤٣
٥- ٤- ٤ كيفية تحديد نسبة "التكلفة/الفوائد" لبرامج مراقبة تلوث الهواء ١٤٥
٥- ٥ الإسلام و حماية البيئة ١٤٦
امتحان ذاتي ١٦٥
إجابة الامتحان الذاتي ١٦٦
المراجع ١٧٠