المحاضرة الثانية/ تلوث بيئي

التلوث الهوائي

1 . مفهوم التلوث البيئي

التلوث البيئي هو عبارة عن وجود مواد ملوثة بتراكيز مختلفة تكون ضارة بالكائنات الحية والتربة والماء والهواء، من مصادر طبيعية وغير طبيعية وتلحق ضررا كبيرا بالبيئة. منها طرح النفايات على شكل دخان أسود ينبعث من المصانع. ويمكن أن يكون التلوث منظور وغير منظور، ومن غير راحة أو طعم. وبعض أنواع التلوث قد لا تتسبب حقيقة في تلوث اليابسة والهواء والماء، ولكنها تعكر حياة الإنسان والكائنات الحية الأخرى فالضجيج الناتج عن العمليات الصناعية، يمكن اعتباره من أنواع التلوث. والتلوث البيئي من أكثر المشاكل خطورة على الحياة البشرية وعلى أشكال الحياة الأخرى. والهواء الملوث يسبب تلف للنباتات ويسبب الأمراض التي تهدد الحياة البشرية وتحد ملوثات الهواء من قدرة الغلاف الجوي على إخفاء بعض الأشعة فوق البنفسجية والتي تسبب الأذى. والتلوث الهوائي قد يحدث تغييرا في طبيعة المناخ. و يؤثر تلوث الماء والتربة على إنتاجية الغذاء الصحي من حيث الكمية والنوعية وتهدد الملوثات البحرية الكثير من الكائنات البحرية. النظام البيئي هو وحدة طبيعية متوازنة تنتج من تفاعل مكونات حية بأخرى غير حية، و تدور في البيئة دورتها بشكل طبيعي، وتتفاعل إشكال ومظاهر الحياة بطريقة موزونة دون إحداث خللا في التوازن البيئي. ومن أنواع التلوث البيئي هو التلوث الهوائي.

2 . تلوث الهواء

تلوث الهواء هو وجود بعض المواد في الهواء بتركيزات مختلفة تكون ضارة بصحة الإنسان أو الحيوان أو النبات أو التربة أو البيئة. وتلوث الهواء يعني اختلاط الهواء بمواد ملوثة، مثل عوادم السيارات والدخان. وقد يحدث التلوث الهوائي من مصادر مختلفة، مثل: العواصف والرعد والإمطار والزلازل والفيضانات، وقد يشترك الإنسان في حدوثها مثل التلوث الهوائي الناتج عن مخلفات الصرف الصحي والمخلفات الصناعية والزراعية والطبية والنفطية والمبيدات والمخصبات الزراعية والمواد المشعة، وهذا يؤدي إلى الأضرار بالنظام البيئي. ويحدث التلوث الهوائي الإضرار بصحة النباتات والحيوانات، وتلف المباني والإنشاءات الأخرى. يتكون الغلاف الجوي في وضعه الطبيعي، من النيتروجين والأوكسجين وكميات صغيرة من ثاني أوكسيد الكربون والغازات الأخرى والهبائيات (جسيمات دقيقة من المواد السائلة أو الصلبة) وتعمل عددا من الدورات الطبيعية على حفظ التوازن بين مكونات الغلاف الجوي. و تستهلك النباتات ثاني أوكسيد الكربون وتطلق الأوكسجين، وتقوم الحيوانات بدورها باستهلاك الأوكسجين وإنتاج ثاني أوكسيد الكربون من خلال دورة التنفس. و تنبعث الغازات والجسيمات دقيقة إلى الغلاف الجوي من عملية حرائق الغابات. يحدث التلوث الهوائي عندما تطلق المصانع ووسائل النقل المختلفة الغازات وجسيمات دقيقة في الهواء، بشكل تعجز عنه الدورات الطبيعية الحفاظ على توازن البيئي في الغلاف الجوي عند وجود مواد صلبة أو سائلة أو غازية بالهواء بكميات تؤدي إلى أضرار مختلفة منها الفسلجية والاقتصادية والحيوية بالإنسان والحيوان والنباتات والآلات والمعدات، أو تؤثر في طبيعة الأشياء. ويوجد نوعان رئيسيان من التلوث الهوائي هما:

التلوث الخارجي للهواء والتلوث الداخلي للهواء.

تلوث الهواء الخارجي: وفيه تنبعث كميات كبيرة من الغازات والغبار والجسيمات الدقيقة داخل الغلاف الجوي. معظم هذا التلوث يحدث نتيجة احتراق الوقود المستخدم في وسائل النقل وتدفئة

المباني وعن العمليات الصناعية والتجارية. ويؤدي حرق النفايات إلى انطلاق الدخان والفلزات الثقيلة مثل الرصاص والزئبق داخل الغلاف الجوي ومعظم الفلزات الثقيلة سامة جداً. ومن أكثر الملوثات الهوائية الخارجية شيوعاً الضباب الدخاني، وهو مزيج ضبابي من الغازات وجسيمات دقيقة يتكون عندما تتفاعل غازات منطلقة نتيجة احتراق الوقود والمنتجات البترولية الأخرى مع أشعة الشمس في الغلاف الجوي، حيث ينتج عن هذا التفاعل مواد كيميائية ضارة والتي تشكل الضباب الدخاني. ومن الكيميائيات الموجودة في الضباب الدخاني بشكل سام غاز الأوزون. ويؤدي التعرض لتركيزات عالية من الأوزون إلى الإصابة بالصداع وحرقة العيون وتهيج المجرى التنفسي للأفراد. وقد يؤدي وجود الأوزون في الطبقات المنخفضة من الغلاف الجوي إلى الوفاة، للأوزون القدرة أن يدمر الحياة النباتية، ويقضي على الأشجار. لا يستطيع الإنسان الاستغناء عن الهواء الا لدقائق معدودة ولهذا يجب أن يكون الهواء صالحاً للاستنشاق ولا يحتوي على سموماً قد تسبب في النهاية أضراراً بالصحة العامة سواء على المدى الطويل أو القصير، واهتمام الإنسان بتلوث الهواء يعتبر عملية حديثة نسبيا بدأت بعد الثورة الصناعية نتيجة التلوث. كانت أمريكا أول من أصدرت بعض القوانين الداعية إلى التحكم في مصادر الدخان في المناطق الصناعية حتى أصبح تطبيق هذه القوانين إجبارياً بعد أن تبين التأثير الضار على الصحة العامة وزيادة عدد الوفيات ومن هنا تبلورت فكرة الحد من تلوث الهواء حتى نتجنب الكوارث.

تلوث الهواء الداخلي: يحدث هذا التلوث عن احتباس الملوثات داخل المباني التي تعاني أنظمة تهويتها من سوء التصميم. واهم أنواعها الرئيسية هي: دخان السجائر، والغازات المنبعثة من المواقد والأفران، والكيميائيات المنزلية، والأبخرة الخطرة المنبعثة من مواد البناء، مثل العوازل والأصماغ. وتتسبب الكميات الكبيرة من هذه المواد في حدوث الصداع وتهيج العيون ومشاكل صحية أخرى للعاملين فيها.

3 . أهم ملوثات الهواء

1. مواد صلبة معلقة: كالدخان، وعوادم السيارات والأتربة وحبوب اللقاح وغبار النباتات وأتربة الاسمنت وأتربة المبيدات الحشرية.

2. غازات أو أبخرة سامة وخانقة: مثل الكلور، أول أوكسيد الكربون، أوكسيد النتروجين، ثاني أوكسيد الكبريت، الأوزون.

3. البكتيريا والجراثيم والعفن الناتج من تحلل النباتات والحيوانات الميتة والنفايات البشرية.

4. الإشعاعات الذرية الطبيعية والصناعية، ظهر هذا التلوث عند استخدام التكنولوجيا النووية في مجالات الحياة المختلفة العسكرية والصناعية وقد ظهرت بعد ذلك أنواع من الملوثات فمثلا عنصر الاسترنشيوم 90 الناتج عن الانفجارات النووية يتواجد في كل مكان تقريباً وتتزايد كميته مع الازدياد في إجراء التجارب النووية وهو يتساقط على النباتات فينتقل إلى الكائنات الحية ومنها إلى الإنسان. وخطورة التفجيرات النووية تكمن في الغبار الذري الذي ينبعث من مواقع التفجير الذري حيث يتساقط بفعل الجاذبية الأرضية أو بواسطة الأمطار فيلوث ويتلف كل شئ. ويعتبر تلوث الهواء من أسوأ الملوثات البيئية، ولكن المشكلة قد برزت مع التصنيع وانتشار الثورة الصناعية في العالم، وازدياد عدد وسائل النقل وتطورها، واعتمادها على المركبات الناتجة من البترول كوقود، وتعتبر وسائل النقل هي مصدراً رئيسياً لتلوث الهواء، فهي تنفث كميات كبيرة من الغازات التي تلوث الغلاف الجوي.

4. أهم مصادر التلوث الهوائي

و يمكن تقسيم ملوثات الهواء حسب تأثيرها الفسلجي على الكائنات الحية إلى:

1. **المواد المهيجة**: هذه المواد كاوية وتحدث التهابات في الأسطح المخاطية التي تتعرض لها وتختلف شدة هذه الالتهابات باختلاف درجة تركيز ونوعية هذه الملوثات في الهواء ونوعية الجزء المعرض لها من الجسم ومدة التعرض. كثير من المواد المهيجة يهيئ الجسم أو العضو المصاب منه لخطر الإصابة بالسرطان.
2. **المواد الخانقة**: وهي المواد التي تتداخل مع عمليات الأكسدة في أنسجة الجسم المختلفة وتقسم هذه المواد إلى نوعين: مواد بسيطة وخاملة من الناحية الفسلجية مثل غازات ثاني أوكسيد الكربون والهيدروجين والهيليوم والميثان والنيتروجين ، وتؤدي كثرة هذه الملوثات إلى تخفيف نسبة الأوكسجين في الهواء المستنشق إلى أقل من الحد الذي يتطلبه جسم الإنسان . و تقل كمية الأوكسجين في الدم مما يؤثر على عملية التنفس الطبيعي في أنسجة الجسم.
3. **مواد كيمائية خانقة**: وهي تمنع الدم من إستخلاص الأوكسجين من الهواء المستنشق أو تمنع الأنسجة من امتصاص الأوكسجين الموجود في الدم. ومن أمثلة ذلك أول أوكسيد الكربون وسيانيد الهيدروجين وكبريتيد الهيدروجين.
4. **المواد المخدرة**: وهي المواد التي تحدث تأثيراتها على الجسم كله من خلال امتصاصها في الدم وتخفيفها جزئيا لضغطه مما يؤدي إلى ضعف أو كساد المجموع العصبي المركزي في المخ. ومن أمثلة ذلك المواد الكربوهيدروجينية والكحولية.
5. **المواد السامة**: عبارة عن المواد التي تؤثر على المجموعة الدموية مباشرة وهي المواد التي تحدث ضرراً عضوياً بالجهاز الهضمي وأغلبيتها من المواد الكربوهيدروجينية المهلجنة. والمواد التي تتلف المجموعة الدموية ومعظمها من المذيبات العضوية مثل البنزين والفينول والتلوين والزيلين والنفتالين. سميات الأعصاب مثل ثاني كبريتوز الكربون والميثانول.
6. **الفلزات واللافلزات**: مثل الرصاص والزئبق والمنغنيز والبليريوم والكادميوم والأنتيمون والمعادن الثقيلة الأخرى. واللافلزات غير العضوية مثل مركبات الزرنيخ والفوسفور والكبريت والفلوريدات والسيلينيوم.
7. **المواد الصلبة غير السامة**: وهي المواد التي تهيج خلايا الجهاز التنفسي مثل الغبار الذي يحدث تليفات في الرئة كالسيليكا والإسبستوس والأتربة الخاملة وأغلبها من المواد الكربونية ومسببات أمراض الحساسية مثل حبوب اللقاح والبكتيريا والفطريات والميكروبات والنشارة والروائح الكريهة. المهيجات مثل التربة الحامضية والقلوية والفلوريدات والكرومات. وكثير منها يؤدي إلى الإصابة بالسرطان.
8. **المركبات العضوية المتطايرة**: وهي من أخطر أنواع الملوثات، وتنقسم هذه المركبات الى مركبات ميثانية وغير ميثانية، ويعتبر الميثان من الغازات الدفيئة والتي تساهم في عملية الإحتباس الحراري على سطح الأرض، وبعض المركبات غير ميثانية كالبنزين والتولوين والزايلين والتي تعتبر من المسببات للسرطان وخاصة سرطان الدم.

4 - **المصادر الطبيعية والصناعية للغبار والجزيئات الصغيرة**: تشير الدراسة التي أجرتها وزارة الصحة البريطانية إلى أن حوالي 2 % من حالات أمراض القلب نتجت من تلوث الهواء وقد تسببت الملوثات، كثاني أوكسيد الكبريت، الموجودة في دخان المصانع في موت آلاف الأشخاص في

المدن الصناعية كلندن وبرمنجهام. وتم استخدم أجهزة متطورة لدراسة تأثيرات الملوثات المختلفة على الدورة الدموية والقلب، وإن هناك علاقة محتملة بين وجود مستويات عالية من التلوث والوفيات الناتجة عن أمراض القلب والشرايين وإضافة الدراسة إن الجميع معرضون للملوثات التي يمكن أن تؤثر على الأشخاص الذين يعانون من أمراض القلب إذ إنهم يتأثرون بشكل خاص من بعض مكونات الهواء الذي يتنفسونه ويعتقد الباحثون بأن الجسم قد يستجيب للملوثات الداخلة للجهاز التنفسي من خلال إيعازات الجهاز العصبي التي تسيطر على نبض القلب وربما من خلال التسبب في التهاب في شرايين القلب. وتقول لجنة دراسة التأثيرات الصحية لتلوث الهواء إن الدراسات الطويلة الأمد في هذا المجال في الولايات المتحدة قد أيدت رأي اللجنة بأن هناك علاقة بين الجزيئات الصغيرة في الهواء وطول العمر ويقول البروفيسور مينارد رئيس وحدة تلوث الهواء في وزارة الصحة البريطانية إن انخفاض متوسط العمر هو نتيجة لتزايد مخاطر أمراض القلب والسرطان ويضيف البروفيسور مينارد أن الناس الذين يعيشون في بيئة نظيفة هم أقل عرضة لمخاطر التلوث لذلك فإن تقليص مستويات التلوث سوف يقلص احتمالات تعرض الأشخاص للإصابة بهذه الأمراض وتعتبر أمراض القلب والشرايين أكبر سبب للوفاة في بريطانيا. وإن الغبار يؤثر على صحة الإنسان والشعب المرجانية، ويلعب دوراً في التغير المناخي. وقال البروفيسور جودي: الغبار هو احد اقل المكونات المعروفة للغلاف الجوي للأرض لكن ربما يكون له أهمية كبيرة أكثر مما هو معروف حاليا على التغير المناخي. ويمكن أن يؤثر تراكم الغبار على البيئة في عدة مجالات من بينها التغير المناخي وتملح التربة ونقل الإمراض والخصوبة بالمحيطات وتغيرات في المناطق الجليدية وتلوث الهواء ومعادلة الأمطار الحامضية.

ومن التأثيرات الرئيسية للغبار على مستويات ثاني أوكسيد الكربون في الغلاف الجوي وهو الغاز الرئيسي الذي تنتجه أنشطة الإنسان. وقد تجعل زيادة كميات الغبار المحيطات أكثر خصوبة إذ تؤدي إضافة المواد الغذائية إلى تشجيع نمو الأحياء والنباتات المائية الصغيرة. وقد تسحب بعضها ثاني أوكسيد الكربون من الجو مما يؤدي إلى تغيير مستويات الكربون ويؤثر على درجات الحرارة وسقوط الأمطار. وفي المقابل قد يؤثر ذلك على الغطاء النباتي مما يؤدي في النهاية إلى زيادة إنتاج الغبار المهم أيضا بالنسبة للتغير المناخي لأنه يعكس ويمتص الحرارة من الشمس.

ملوثات الهواء في المناطق الصناعية هي:

أول أوكسيد الكربون

ثاني أوكسيد الكبريت

وأكاسيد النتروجين

الجسيمات العالقة

خصائص هذه الملوثات:

أول أوكسيد الكربون: غاز سام عديم اللون والرائحة مصدره الأساسي في الهواء هو احتراق الوقود الكربوني ويمثل أكبر نسبه من ملوثات الهواء ويختلف تركيز أول أوكسيد الكربون في المناطق العمرانية باختلاف الظروف السائدة وتعتمد أساساً على مدى كثافة حركة المرور الخاصة بالسيارات ومن ثم فهي أكثر تركيزاً في النهار عنها في الليل ويؤثر أول أوكسيد الكربون على الصحة العامة خاصة على هيموجلوبين الدم حيث أن له قابلية شديدة للإتحاد معه ومن ثم فإنه يؤثر تأثيرا خطيرا على عمليات التنفس في الكائنات الحية بما فيها الإنسان ويتسبب في كثير من حالات

التسمم ويمكن الحد من تأثير أول أوكسيد الكربون بتزويد البيئة المحيطة بالأوكسجين الكافي لإتمام عملية الاحتراق وتكوين ثاني أوكسيد الكربون ويلزم ذلك لمواجهة حالات التسمم بالغاز.

ثاني أوكسيد الكبريت: يتكون نتيجة عمليات الاحتراق للفحم والبترول والغاز الطبيعي لاحتوائها على كميات كبيرة من الكبريت وهو غاز عديم اللون و الرائحة الكريهة، و أثاره ضارة إذا ما تواجد بمعدلات تزيد على ثلاثة أجزاء في المليون في الهواء ويتحول ثاني أوكسيد الكبريت في الهواء إلى حمض الكبريتيك نتيجة لتأكسده إلى ثالث أوكسيد الكبريت وتفاعله مع بخار الماء مكون التفاعل إما مباشراً بين ثاني أوكسيد الكبريت والأوكسجين أو يتوسط ثاني أوكسيد النتروجين كحافز ولكل من ثاني أوكسيد الكبريت وحامض الكبريتيك تأثيرا ضاراً بالجهاز التنفسي للإنسان والحيوان كما يشارك ثاني أكسيد الكبريت مع ملوثات أخرى في إحداث مشاكل بيئية منها الأمطار الحامضية وقد اتخذت الاحتياطات الضرورية للاقتصار على استخدام أنواع الوقود الخالية من الكبريت أوالمحتويه على مقادير ضئيلة منه.

أكاسيد النتروجين: فهي مصاحبه لعمليات احتراق الوقود في الهواء عند درجات حرارة عالية عندما يكون التبريد سريعاً بحيث يمنع تفكك هذه الغازات، ومصدر كل من غازي النتروجين والأوكسجين التي تكون هذه الأكاسيد هو الهواء الجوى ذاته ومن ثم تكون المركبات والأجهزة المولدة للطاقة في محطات القوى الكهربائية هي المصدرين الأساسيين لأكاسيد النتروجين حيث إنها تعمل عند درجات حرارة مرتفعة.

التلوث بالجسيمات العالقة: يتضمن مصطلح الجسيمات العالقة بالهواء عدداً من أنواع الملوثات على سبيل المثال الدخان الذي يتكون من حبيبات صغيرة من الكربون وتنتج من احتراق غير كامل للمواد الهيدروكربونية وأهمها الفحم والبترول والقطران والأبخرة هي حبيبات صلبة غالباً تنتج من التكثيف من الحالة الغازية. الضباب يتكون من جزيئات سائلة ماء حامض النتريك حامض الكبريتيك وغيرها (الغبار حبيبات متناهية في الصغر) تنشأ عن طريق تكسير وطحن وتفجير بعض المواد مثل الأحجار والخامات والفحم الخشب والحبوب وغيرها. المصدر الطبيعي لها مثلا تهب العواصف في المناطق الجافة وشبه الصحراوية وتثير كميات هائلة من الغبار الذي يؤثر بطريقه مباشرة علي التنفس. المصدر الصناعي لها قد يحتوي الغبار الصناعي على مركبات الرصاص والبريليوم والزرنيخ والنحاس والخارصين وذلك يتوقف على نوعية المنشأت الصناعية المسببة للغبار. إن الوقود الأحفوري هو المصدر الرئيسي للكثير من العوالق في الهواء خاصة الجسيمات الحامضية، وتسقط مع الأمطار كمطر حامضي.

وقامت هيئة حماية البيئة الأمريكية بإجراء دراسات وتجارب على كمية الرصاص المسموح بها في الهواء ووجد أن التركيز الذي يتعدى 2 بالمليون من الغرام بالمتر المكعب يمكن أن يؤدى إلى خطورة وتأثيرات فسلجية. التلوث بالجسيمات العالقة وآثاره السامة، قد تكون الجسيمات العالقة في ذاتها سامة نتيجة لخواصها الكيميائية أوالفزيائية وتعمل الجسيمات كحوامل لمواد سامة ممتزة على سطحها ويعتبر الفحم من المواد القادرة على إمتزاز الكثير من المواد العضوية وغير العضوية بكفاءة عالية وتحملها هي والغازات ذات الآثار السامة مثل ثاني أوكسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين إلى الرئتين ثم إلى داخل جسم الإنسان وتحدث أضرارا مضاعفة أشد أثراً مما لو كانت موجودة في الهواء غير ممتزة.

5. أضرار التلوث الهوائي على الحياة

يختلف تلوث الهواء من مكان لأخر حسب سرعة الرياح والظروف الجوية فمثلا تتفاعل أكاسيد النيتروجين مع الهيدروكربونات في وجود ضوء الشمس تحت ظروف جوية خاصة غالبا ما تكون في فصل الصيف لتنتج مواد كيميائية سامة مثل رباعي الأستيل بيروكسين وغاز الأوزون. وتؤدي هذه مع بعض المكونات الأخرى إلى ما يعرف بالضباب الدخاني ويحدث الضباب الدخاني في المدن المزدحمة بالسيارات.

أهم الأضرار الناتجة عن التلوث الهوائي:

1. تلحق أضرار بصحة الإنسان من خلال تلوث الهواء والتربة والغذاء بمواد كيميائية وأخرى مشعة.
2. تلحق أضرار بالمحاصيل الزراعية والنباتات والمياه والتربة والحيوانات.
3. تلحق أضرار بالنواحي الجمالية للبيئة مثل الدخان والغبار والضوضاء والفضلات والقمامة.
4. أضرار بعيدة المدى وذات أثر تراكمي، مثل السرطانات والمواد المشعة والضوضاء.

5 - 1 آثار التلوث الهوائي على الكائنات الحية.

تدخل الملوثات إلى جسم الإنسان والحيوان إما عن طريق الاستنشاق وهذا أخطر الوسائل وأكثرها فعالية، أو من خلال المسامات الجلدية بسبب المس أو بسبب تراكم الملوثات على الأغذية والمشروبات أو تعرض النباتات الغذائية لهذه الملوثات. لذلك تتسبب هذه الملوثات في كثير من أمراض الجهاز التنفسي والأمراض الجلدية والجهاز الهضمي وأمراض العيون. وملوثات الهواء تؤثر في النباتات أسرع واكبر مما تؤثر في الإنسان والحيوان، كما تظهر آثارها عند تركيزات أقل من تلك التي تحدث تأثيرات فسلجية عند الإنسان. لهذا تستخدم النباتات كوسيلة للكشف المبكر عن التركيزات الخفيفة للملوثات الضارة.

الملوثات الرئيسية التي تضر بالنباتات ضرراً شديداً هي ثاني أوكسيد الكبريت والأوزون والفلورين والمواد الكربوهيدروجينية المؤكسدة والإيثيلين. وبعض الملوثات الأخرى تصيب النباتات بدرجة أقل مثل الكلورين وكلوريد الهيدروجين والأمونيا وكبريتيد الهيدروجين وسيانيد الهيدروجين والزئبق ومبيدات الحشرات والآفات الزراعية.

أهم الغازات والمواد التي تسبب أضرار للإنسان:

1. غاز أول أوكسيد الكربون CO: هو غاز ليس له لون ولا رائحة ومصدره عملية الاحتراق غير الكامل للوقود، مثل عوادم السيارات ومن إحتراق الفحم أو الحطب في المدافئ، وهو أخطر أنواع تلوث الهواء وأشدها سمية على الإنسان والحيوان. يتحد أول أوكسيد الكربون مع الهيموجلوبين مكوناً كاربوكسي هيموجلوبين ويمنع الأوكسجين من الاتحاد مع الهيموجلوبين وفي هذه الحالة يحرم الجسم من الحصول على الأوكسجين. وتعتمد سمية أول اوكسيد الكربون على تركيزه في الهواء المستنشق، فتركيز 0.01 % من أول أوكسيد الكربون يؤدي إلى شعور بالتعب وصعوبة التنفس وطنين في الأذن، وعند تركيز 0.1% من أول أوكسيد الكربون ويؤدي إلى ضعف في القوة، ارتخاء في عضلات الجسم وبذلك لا يستطيع المصاب المشي خارج المكان وضعف في السمع ونقص في الروية وغثيان

وقيء وانخفاض ضغط الدم وانخفاض في الحرارة وازدياد النبض مع ضعف في إحساسه وأخيرا الإغماء والوفاة خلال ساعتين.

2. غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2: زيادته تؤدي إلى صعوبة في التنفس والشعور بالاحتقان مع تهيج للأغشية المخاطية والتهاب القصبات الهوائية وتهيج الحلق. يتكون غاز ثاني أوكسيد الكربون من احتراق المواد العضوية كالفحم وزيت البترول. يعتبر غاز ثاني أوكسيد الكربون الناتج من الوقود من أهم الملوثات التي أدخلها الإنسان على الهواء. إن عملية الاتزان البيئي التي تذيب غاز ثاني أوكسيد الكربون الزائد في مياه البحار والمحيطات مكوناً حامضاً ضعيفاً يعرف بأسم حامض الكربونيك ويتفاعل مع بعض الرواسب مكوناً بيكربونات وكربونات الكالسيوم. وتساهم النباتات أيضا في استخدام جزء كبير منه في عملية التمثيل الضوئي، وإن الإسراف في استخدام الوقود وقطع الغابات أو التقليل من الساحات الخضراء يساهم في إرتفاع نسبة غاز ثاني أوكسيد الكربون في الجو والذي قد يؤدي إلى إرتفاع درجة حرارة الأرض وهو ما يعرف بالإحتباس الحراري.
3. غاز كبريتيد الهيدروجين S_2H: هو غاز ذو رائحة تشبه رائحة البيض الفاسد ويتكون من تحلل المواد العضوية مثل مياه الصرف الصحي، وهو غاز سام وقاتل ولا يختلف من حيث طبيعة عمله عن أول أوكسيد الكربون أو سيانيد الهيدروجين حيث يتحد مع هيموجلوبين الدم محدثا نقصاً في الأوكسجين الذي يصل إلى الأنسجة والأعضاء الأخرى من الجسم. ويؤثر هذا الغاز على الجهاز العصبي المركزي ويثبط عملية الأكسدة الخمائرية مما يؤدي إلى حدوث اضطراب وصعوبة في التنفس ويسبب خمول في القدرة على التفكير و يهيج ويخشن الأغشية المخاطية للجهاز التنفسي وملتحمة العين.
4. غاز ثاني أكسيد الكبريت SO_2: غاز ثاني أوكسيد الكبريت هو غاز حامضي يعتبر من أخطر ملوثات الهواء فوق المدن والمنشآت الصناعية. ويتكون من إحتراق أنواع الوقود كالفحم والبترول والبراكين تطلق هذا الغاز. ويعتبر غاز ثاني أوكسيد الكبريت أحد عناصر مكونات الأمطار على سطح الأرض فيلوث التربة والنباتات والأنهار والبحيرات والمجاري المائية، وبذلك يسبب إخلالا بالتوازن البيئي. ويختلط بالضباب الدخاني فوق المدن محدثا أضرار بالغة.

وأضرار غاز ثاني أوكسيد الكبريت هي: يؤثر على الجهاز التنفسي للإنسان وإلتهاب القصبات الهوائية وضيق التنفس وتؤثر التراكيز العالية تشنج الحبال الصوتية وقد تؤدي إلى تشنج مفاجئ واختناق والتعرض الطويل للغاز يؤثر على حاسة التذوق والشم وإلى التصلب الرئوي ويسبب تهيج العيون والجلد ويؤثر على نسبة الأمطار الحامضية.

5. غاز ثاني أكسيد النتروجين NO_2: هذا الغاز وغيره من أكاسيد النتروجين تنتج من إحتراق المركبات العضوية ومن عوادم السيارات والشاحنات وبعض العمليات الصناعية، وهو يكون مع بخار الماء في الجو حامضاً قوياً هو حمض النتريك ويسبب الأمطار الحامضية. وعند وصوله مع بقية أكاسيد النيتروجين إلى طبقة الأوزون يحدث كثيراً من الضرر لهذه الطبقة.

وأهم أضرارغاز ثاني أوكسيد النيتروجين إنه يعمل تهيج الأغشية المخاطية للعين وللمجاري التنفسية ويسبب أضرار في الرئة ويحدث ضرراً في طبقة الأوزون ويكّون الأمطار الحامضية.

6. المعادن الثقيلة (الرصاص):عندما يضاف الرصاص للبنزين لزيادة العدد الأوكتاني ويتم ذلك بإضافة Tetra-ethyl lead وهذا هو البنزين المحتوي على الرصاص. يخرج

الرصاص من عوادم السيارات إلى الهواء محدثا تلوثا به وخاصة في المدن المزدحمة التي تستخدم البنزين المحتوي على رصاص. إن التأثير الضار للرصاص على النمو الإدراكي له تأثير مزمن يؤثر على القدرات الوظيفية والتقدم الأكاديمي للشاب، ويعتبر الأطفال الأكثر عرضة لهذه المادة الخطرة، وذلك بسبب فروق الوزن بينهم وبين الكبار، ولأن الأطفال يمتصون ويحتفظون داخل أجسادهم بكميات أكبر من الرصاص، ينتج عن ذلك دخول الرصاص إلى أجساد الأطفال بنسبة 35 مرة أكثر من الكبار، وإن لتلوث الهواء بالرصاص تأثيراً مباشراً في الإخصاب عند الإنسان. ويعتبر الرصاص من أهم العناصر الثقيلة الملوثة للبيئة الخارجية ولأجواء العمل، ومعدن الرصاص من أخطر المعادن لأنه لا يدخل في فسيولوجيا جسم الإنسان ووجوده في جسم الإنسان بمعدلات أعلى من المسموح به يعتبر نذير خطر، ويؤثر الرصاص على الكبار والصغار، لكن تأثيره على الأطفال أكبر لسهولة إمتصاصه، وبطء إخراجه والتخلص منه، وحساسية الجهاز العصبي المركزي الشديدة لهذا النوع من التلوث في إثناء نموه وتطوره خاصة في الخمس سنوات الأولى من عمر الطفل .

وأهم أضرار الرصاص هي: يسبب الصداع والضعف العام وقد يؤدي للغيبوبة وإلى حدوث تشنجات قد تؤدي للوفاة. ويؤدي إلى إفراز حمض البوليك وتراكمه في المفاصل والكلى. ويقلل من تكوين الهيموجلوبين في الجسم، ويحل محل الكالسيوم في أنسجة العظام. ويؤدي إلى القلق النفسي والليلي والتخلف العقلي لدى الأطفال. وتراكمه في الأجنة يؤدي إلى تشوه الجنين وإلى إجهاض الحوامل. لكن كثيراً من الدول تنبهت لذلك وبدأت تستخدم بنزين خالي من الرصاص للتقليل من مخاطر تلوث الهواء بالرصاص. يعتبر التلوث بالمعادن الثقيلة من أخطر أنواع التلوث البيئي وخاصة على الأطفال، أوضحت بعض القياسات أن نسبة الرصاص في هواء المنازل تصل من 6400 - 9000 جزء في المليون في الأتربة داخل بعض المنازل مقارنة بـ 3000 جزء في المليون في الهواء الخارجي في الشارع. يعود إرتفاع نسب الرصاص في هواء المدن بشكل رئيسي إلى الانبعاثات الغازية من وسائط النقل العاملة على البنزين) الحاوي على الرصاص (والمسؤولة عن أكثر من 90 % من إطلاق الرصاص، بالإضافة إلى بعض الصناعات المعدنية كصناعة البطاريات. وأوضحت الدراسات إن ما بين 66 - 80 % من كمية الرصاص ترتبط بالعوالق ذات الأقطار الأقل من 10 ميكرومتر، وكمية الرصاص المرتبطة مع العوالق ذات الأقطار الأقل من 3 ميكرومتر تشكل نسبة تتراوح بين 50 - 72 % من كمية الرصاص، وهذا يعني أن القسم الأكبر من الرصاص يمكن أن يصل إلى الانسجة الرئوية ويمتص في الرئتين ويصل إلى الدم. يؤدي الرصاص إلى مخاطر صحية بالغة، حيث يتداخل مع الجمل الأنزيمية، كما يؤدي إلى تسمم الأعصاب والكلى وأعضاء التكاثر. كما يسبب اضطرابات قلبية وزيادة ضغط الدم وخفض معدل الذكاء وبخاصة عند الأطفال ويترافق بإضطرابات عدوانية ونقص في التركيز والانتباه. وخطورة التلوث بالرصاص ليس فقط على الجهاز العصبي المركزي، بل على الجهاز المناعي والدم، وخاصة إن تأثير التعرض للرصاص قد يظهر بعد التوقف عن التعرض له.

ومن العناصر المعدنية الملوثة للهواء: النحاس والزنك والكادميوم ويلاحظ إرتفاع تركيزه في بعض المناطق الصناعية غير النظامية، بالإضافة إلى الفلور والزرنيخ والزئبق والأسبستوس.

7. الزئبق المحمول في الهواء: يعتبر الزئبق المحمول بالهواء مشكلة عالمية، ويحتاج لحلول عالمية. إضافة لذلك، عملياً تنتج كافة حالات التعرض للزئبق في الولايات المتحدة تقريباً من تناول أسماك ملوثة بالزئبق، والتي يستورد أكثر من 80 % منها من أجزاء أخرى من

العالم. وتُقدر وكالة حماية البيئة إن إحتراق الفحم، وإنتاج الكلور القلوي (كلورين) يحتوي على مادة كيميائية تستعمل في المعالجات الكيميائية، والبلاستيك، والخدمات البيئية، وتنظيف المعادن، والزئبق المستعمل في المنتجات، والزئبق المستعمل في أعمال التنقيب الصغيرة عن الذهب مسؤولة مجتمعة عن 80 % من إنبعاثات الهواء الحامل للزئبق الذي ينتجه الإنسان. معلوم إن ثلثي إنبعاثات الزئبق العالمية السنوية تأتي من مصادر طبيعية، مثل البراكين، ومن "إعادة انبعاث" الزئبق الذي كان قد ترسب في البيئة سابقاً. وخطورة الزئبق في تأثيراته المدمرة على مدى الطويل للجهاز العصبي المركزي وما ينتج عن ذلك من إختلال في وظائف الجسم الأخرى، والتعرض يكون عن طريق التنفس من تلوث الهواء أو عن طريق الشرب من تلوث مياه الجوفية أو مياه الأنهار أو مباشرة عن طريق ملامسة الجلد. دراسات وأبحاث كثيرة على مستوى العالم تطرقت للسمية الشديدة والأضرار التي يسببها معدن الزئبق ومشتقاته للأحياء البرية والبحرية والبيئة. وكثير من المصانع تطلق أبخره في الجو تحتوي على مركبات شديدة السمية مثل مركبات الزرنيخ والفوسفور والكبريت والسلينيوم. كما تحمل معها بعض المعادن الثقيلة كالزئبق والرصاص والكادميوم وغيرها وتبقى هذه المواد الشائبة معلقة في الهواء على هيئة رذاذ أو ضباب خفيف ويكون هذا التلوث واضحاً حول المصانع ولكن قد تحمله الرياح إلى أماكن أخرى .

وأسهم تلوث الهواء في إنتشار الكثير من الجراثيم التي تسبب بالأمراض للناس منها: الأنفلونزا ، الإمراض الوبائية القاتلة التي تنتشر بسرعة في الوسط البيئي، ومرض الجمرة الخبيثة ومرض الطاعون والكوليرا ومرض الجدري والحمى، كما تحدث حالات تسمم للإنسان نتيجة لتأثيرات الضارة للمركبات المتطايرة من الزرنيخ نتيجة للنشاط الميكروبي لبعض الأنواع الفطرية، كما أثر بشكل كبير على طبقة الأوزون وما زال يدمرها، وبعض الدراسات تؤكد تآكل طبقة الأوزون وخاصة فوق القطب الجنوبي وإن إستمر تآكل هذه الطبقة بنفس المستوى فإن خطر الأشعة فوق البنفسجية على الغابات والأحياء البحرية سوف يتصاعد وخاصة الحيود المرجانية التي تعتبر مصدر رئيسي لأوكسجين البحار. إرتفاع درجات حرارة مياه البحار والمحيطات أعلى من المعدلات المعتادة ويعتقد أن لكثير من الظواهر السابقة دور في هذا كما لوحظ أن هناك ارتباط واضح بين هذا الارتفاع وبين بعض الظواهر الجوية المدمرة مثل الأعاصير والفيضانات والجفاف .من أشهر هذه المشاهدات ظاهرة النينو Nino وهي ارتفاع حرارة سطح المحيط قبالة تشيلي بشكل أعلى من المعتاد وعكسها هي ظاهرة النينا Nina ولقد ارتبط النينو بالأعاصير في منطقة الأطلسي وحدوث الجفاف في مناطق أمريكا الجنوبية الداخلية.

8. مركبات الكلوروفلوروكربون: تنتج هذه المركبات من صناعات عديدة أهمها الأيروسول aerosol التي تحمل المبيدات أو بعض مواد تصفيف الشعر أو مزيل روائح العرق وكذلك يمكن إستخدام مركبات الكلورفوروكربون على هيئة سائل في أجهزة التكيف والتبريد ثلاجات المنازل. كما إن عمليات إحراق النفايات المنزلية حرقاً غير كامل يؤدي إلى إنتشار هذه المركبات في الجو. يوجد تركيز من هذه المركبات في طبقات الجو على بعد 18 كم فوق المناطق القطبية. وتقدر كمية هذه المركبات التي تنطلق في الجو أكثر من مليون طن سنويا. وعند وصول هذه المركبات لطبقة الإستراتوسفير stratosphere التي بها طبق الأوزون فإنها تتحلل بفعل الأشعة الفرق بنفسجية الموجودة في الشمس إلى ذرات الكلور والفلور التي تقوم بمهاجمة الأوزون وتحويله إلى أوكسجين وبذلك تساعد على تحطيم طبقة الأوزون. وهناك محاولات لاستبدالها بمواد نافعة أخرى من بينها استعمال

خليط من غاز البيوتان والماء ويطلق عليه أسم أكواسول aquasol ولا تحتوي على الكلور والفلور.

9. الشوائب والمواد العالقة: كثير من المصانع تطلق أبخره في الجو تحتوي على مركبات شديدة السمية مثل مركبات الزرنيخ والفوسفور والكبريت والسلينيوم. كما تحمل معها بعض المعادن الثقيلة كالزئبق والرصاص والكادميوم وغيرها وتبقى هذه المواد الشائبة معلقة في الهواء على هيئة رذاذ أو ضباب خفيف ويكون هذا التلوث واضحاً حول المصانع ولكن قد تحمله الرياح إلى أماكن أخرى، والبحار عندما تهب عليها رياحاً قوية تحمل بعض الأملاح الذائبة على هيئة رذاذ أو بخار دقيق من الماء إلى مسافات طويلة داخل الشواطئ وتحمل هذه الشوائب في طبقة التربوسفير ثم تعود وتسقط على الأرض مع الأمطار أو الجليد. وفترة تحليل الجليد القطبي وهو إنه يحتوى على أملاح الكلوريدات والنترات والكبريتات للعديد من المعادن مثل الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم وهذه الأملاح لا تتوفر إلا في البحار. وأيضا وجد في الجليد شوائب مثل النحاس والحديد والزنك والكوبالت والرصاص ولابد أنها نتجت من النشاط الصناعي.
10. الكائنات الدقيقة أوالميكروبات: تنتشر في الهواء أنوع عديدة من البكتريا والفطريات في حالة ساكنة وتصيب الإنسان إذا توفرت الظروف الملائمة. تستخدم الميكروبات في الحروب الجرثومية لسهولة انتشارها في الهواء وتسبب أمراضاً فتاكة بالإنسان ومن أشهر هذه الميكروبات في وقتنا الحاضر الجمرة الخبيثة التي تسببها *Bacillus anthrax*، ويمكن انتشار غيرها عن طريق الهواء مثل الطاعون والجدري.