غاز أول أوكسيد الكاربون Carbon Mono-Oxide (CO):

يتكون غاز أول أوكسيد الكاربون من عملية الإحتراق غير الكاملة داخل محركات السيارات، حيث أن أكثر من 75% من كميته تنبعث إلى الجو من السيارات. وهو غاز عديم اللون والرائحة وله أضرار خطيرة على الإنسان فهو من أشد الغازات الملوثة للهواء سميةً.

$$2C + O_2 \longrightarrow 2CO$$

وتكمن سمية هذا الغاز في أنه يتحد مع الهيموغلوبين في الدم بدلاً من الأوكسجين، وبذلك يحرم أنسجة الجسم من الأوكسجين والذي يؤدي إلى تغيرات فسيولوجية ومرضية في جسم الإنسان والحيوان يمكن أن ينتج عنها الموت. ومما يزيد من خطورة هذا الغاز أن سرعة إتحاده مع الهيموغلوبين تكون 200 – 300 مرة أسرع من إتحاد الأوكسجين مع الهيموغلوبين، ويسبب الوفاة إذا زاد تركيزه عن 700 جزء بالمليون، خاصةً في المناطق المغلقة. إذ تعد الأنفاق من المناطق المغلقة التي يُتوقع زيادة تركيز هذا الغاز داخلها خصوصاً إذا لم تكن التهوية بالشكل الجيد المطلوب. كما أن التدخين يعرض المدخن ومن حوله لكمية كبيرة من غاز أول أوكسيد الكاربون، حيث تزداد خطورته كلما كان التدخين في مناطق مغلقة داخل المباني والغرف.

غاز ثاني أوكسيد الكاربون Carbon Di-Oxide (CO_2)

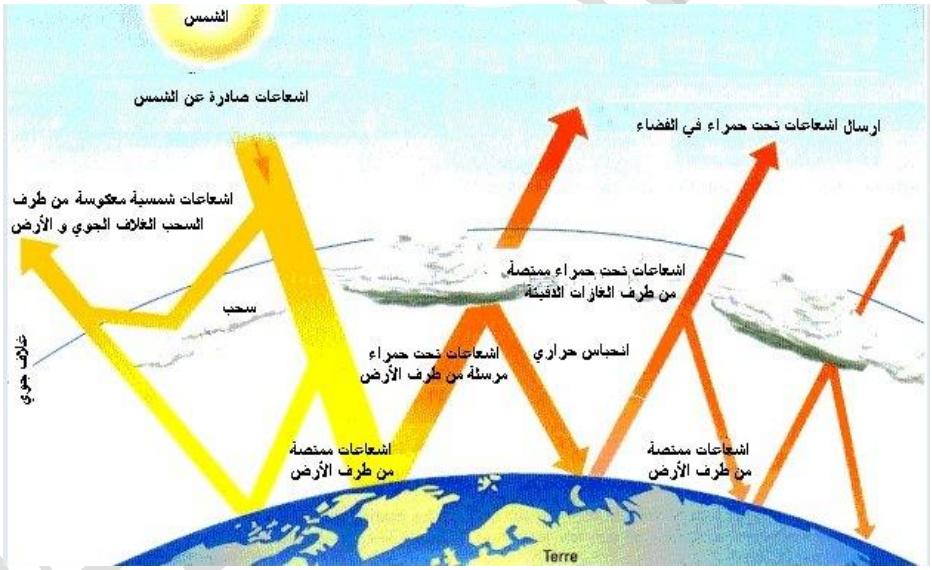
إن غاز ثاني أوكسيد الكاربون هو أحد مكونات الغلاف الجوي، وينتج هذا الغاز عن إحتراق الوقود الاحفوري وكذلك ينتج عن عمليات التخمر، كما ينتج كناتج ثانوي للعديد من الصناعات الكيميائية. ويشتهر هذا المركب بتسببه في ظاهرة البيوت الزجاجية Green Houses والتي تؤدي إلى إرتفاع درجة حرارة الأرض نتيجةً لإنحباس الحرارة في غلافها الجوي.

الإحتباس الحراري Heat Trapping

وهو من ملوثات الهواء ذات الطابع العالمي. إن ظاهرة الإحتباس الحراري تنتج عن قيام بعض الغازات وأهمها غاز ثاني أوكسيد الكاربون بإمتصاص بعض الأشعة الأرضية تحت الحمراء وتمنعها من الفرار إلى الفضاء الخارجي، ثم تعود وتشعها إلى سطح الأرض مما يؤدي إلى زيادة درجة حرارته وحرارة الجزء الأسفل من الغلاف الجوي. وتعرف هذه العملية أيضاً بتأثير الغلاف الجوي (Atmosphere Effect). وهي مشابهه للعملية التي تجري في ما يعرف بالبيوت الزجاجية أو الخضراء (Green Houses) المستخدمة

لزراعة الخضار والأزهار في المناطق والفصول الباردة التي من شأنها أن تسمح بدخول الأشعة الشمسية بحرية إليها، وفي الوقت نفسه تمنع الأشعة الأرضية الحرارية من مغادرتها موفرةً بذلك درجة الحرارة المناسبة لنمو النباتات، وتعرف هذه العملية بتأثير البيوت الزجاجية (Green Houses).

تسمى غازات الإحتباس الحراري أيضاً بالغازات الدفيئة، وهي الغازات ذات القدرة على القيام بدور البيوت الزجاجية، وتشمل هذه الغازات كل من غاز ثاني أوكسيد الكاربون (CO_2) وبخار الماء (H_2O) والميثان (CH_4) وأوكسيد النتروز (N_2O) ومركبات الكلوروفلوروكاربون (CFCs). ويعد ثاني أوكسيد الكاربون أهم هذه الغازات لكثرته من جهة ولديمومته في الغلاف الجوي من جهة أخرى، وكذلك هو الحال بالنسبة لبخار الماء. وتستطيع هذه الغازات إمتصاص أمواج الأشعة الأرضية الحرارية الطويلة في طيف واسع منها، حيث يستطيع ثاني أوكسيد الكاربون إمتصاص الأمواج الإشعاعية التي تتراوح أطوالها بين 17 - 4 مايكرومتر.



شكل يبين آلية تكوين ظاهرة الإحتباس الحراري Heat Trapping

<u>ومن الآثار البيئية لظاهرة الإحتباس الحراري ما يأتي:</u>

١. إرتفاع حرارة مياه المحيطات خلال الخمسين سنة الأخيرة.
٢. تناقص بسمك الثلوج في القطبين الشمالي والجنوبي، وإطالة محسوسة بمدة موسم ذوبان الثلوج وتناقص مدة موسم تكونها وتجمدها.
٣. إرتفاع مستوى سطح البحر 48 سم، مما يمكن أن يهدد البيئات الساحلية وتدمير البنية التحتية لها.

٤. إرتفاع درجة حرارة سطح الأرض بمعدل درجة مئوية واحدة في السنة.
٥. إنقراض أنواع كثيرة من الكائنات الحية، كأنواع قطبية من الطيور والنباتات بسبب عدم إمكانيتها على التأقلم لظروف التغيرات المناخية.
٦. زيادة معدل إنتشار الأمراض المستوطنة مثل الملاريا والكوليرا بسبب إرتفاع درجات الحرارة التي تسبب في هجرة الحشرات الناقلة لها.
٧. زيادة الأراضي القاحلة وإنخفاض الإنتاجية الزراعية كنتيجة مباشرة لزيادة نسبة الجفاف.

أكاسيد الكبريت Sulfur Oxides (Sox)

وتشمل كل من غاز ثاني أوكسيد الكبريت Sulfur Di-Oxide (SO_2) وثالث أوكسيد الكبريت Sulfur Tri-Oxide (SO_3)، حيث يعتبر غاز ثاني أوكسيد الكبريت من ملوثات الهواء الخطرة، فهو غاز غير قابل للإشتعال وعديم اللون ويؤثر على حاسة الذوق إذا وصل تركيزه إلى (0.3) جزء بالمليون (ppm)، ويشعر الإنسان برائحته الحادة إذا وصل تركيزه إلى (3 ppm). ويمكن أن يتأكسد في الجو وينتج ثالث أوكسيد الكبريت (SO_3) والذي يتفاعل بدوره مع بخار الماء الموجود في الهواء ليكون حامض الكبريتيك (H_2SO_4)، إذ أن ثاني أوكسيد الكبريت والأحماض التي تتكون بسببه تزيد من تآكل المعادن، كما أن له تأثيرات صحية ضارة.

أكاسيد النتروجين Nitrogen Oxides (NOx)

وتشمل كل من أوكسيد النتريك Nitric Oxide (NO) وثاني أوكسيد النتروجين Nitrogen Di-Oxide (NO_2)، وتتكون أكاسيد النتروجين عند درجات حرارة عالية تزيد على 1000 درجة مئوية خلال الإحتراق الداخلي للمحركات، إذ تعتبر السيارات من أهم مصادر هذه الملوثات.

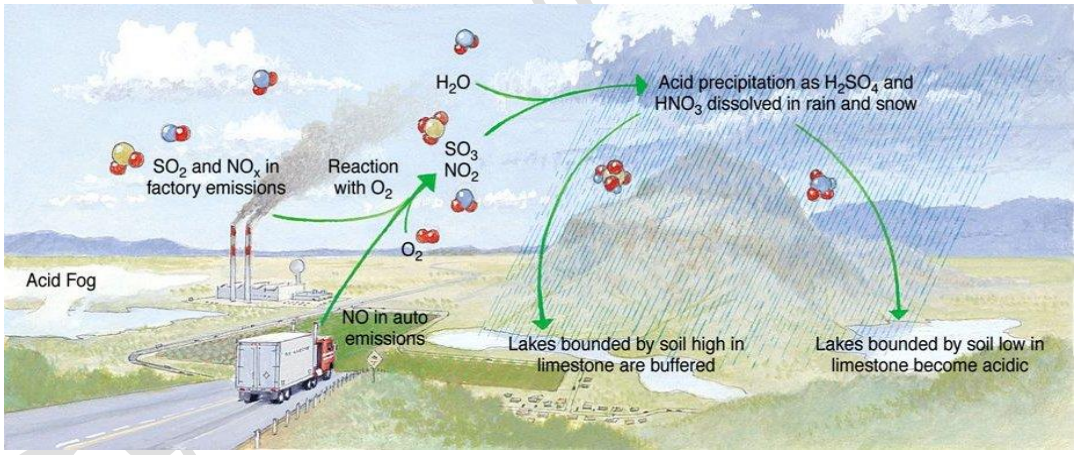
تسبب أكاسيد النتروجين إثارة الجهاز التنفسي للإنسان وتعمل على تهيج الأنسجة الحية إذا ما استنشقها الإنسان بكميات كبيرة. وكما هو الحال مع غاز أول أوكسيد الكاربون، يمكن لأكاسيد النتروجين أن تتحد مع هيموغلوبين الدم وتمنع بذلك نقل الأوكسجين إلى الخلايا. كما أن لهذه الأكاسيد قابلية التفاعل مع بخار الماء الموجود في الهواء وتكون أحماض النتروجين الخطرة، كما أن ثاني أوكسيد النتروجين يتفاعل كيموضوئياً مع الهايدروكاربونات لتكوين غاز الأوزون والضباب الصناعي الذي يشاهد في سماء بعض المدن الصناعية المزدحمة.

الأمطار الحامضية Acid Rains

هي مياه الأمطار التي تكون قيمة الأس الهيدروجيني لها حامضية تتراوح بين 4 إلى 5، وذلك لتكوّن حامضي الكبريتيك والنتريك، الناتجين عن تفاعل أكاسيد الكبريت والنتروجين مع قطرات الماء الموجودة في الجو. وعلى الرغم من أن مياه الأمطار النقية تكون حامضية بعض الشيء نتيجة ذوبان ثاني أوكسيد الكاربون في قطراتها، إلا أن درجة الحامضية تكون مخففة، إذ يصل رقمها الهيدروجيني إلى حوالي 6 في أغلب الأحوال.

يتكون المطر الحمضي بشكل رئيسي من إنبعاث كل من غاز ثاني أوكسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين إلى الجو، إضافةً إلى الغازات الأخرى وتتحد هذه الغازات مع بخار الماء لتكوّن أحماض مختلفة، أهمها:

- ✓ يتفاعل ثاني أوكسيد الكاربون مع الماء ليكون حامض الكاربونيك.
- ✓ يتفاعل ثاني أوكسيد الكبريتيد مع الماء ليكون حامض الكبريتيك.
- ✓ تتفاعل أكاسيد النتروجين مع الماء لتكون حامض النتريك.
- ✓ يتفاعل الكلور مع الماء ليكون حامض الهايدروكلوريك.



مخطط توضيحي يبين كيفية تكون الأمطار الحامضية

<u>ومن أهم التأثيرات البيئية لظاهرة الأمطار الحامضية هي:</u>

١. تأثيرات على البيئات المائية تؤدي إلى نفوق الأحياء المائية وإخلال التوازن البيئي فيها.
٢. أضرار بالغطاء النباتي وتلف المحاصيل الحقلية بسبب تبقع أوراق النباتات وخفض قابلية البناء الضوئي، وكذلك حدوث ظاهرة الموت التراجعي في الأشجار الكبيرة.
٣. تآكل المنشآت المعمارية والآثار.
٤. أضرار في شبكات المياه وازدياد تآكل الأنابيب المكونة لها.

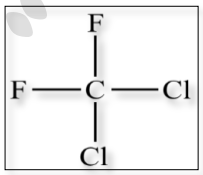
الرصاص Lead (Pb)

يعتبر الرصاص من أهم ملوثات الهواء في المدن المكتضة وذات الأعداد الكبيرة للسيارات ووسائط النقل الأخرى، حيث ينبعث الرصاص من عوادم السيارات لكونه يضاف إلى بنزين السيارات لزيادة معدل الأوكتان لتحسين نوعية البنزين من حيث تقليل الفرقعة في المحركات. إذ يضاف الرصاص إلى البنزين بهيئة رابع أثيل الرصاص Tetra-Ethyl Lead ، وأن لهذا المنبعث تأثيرات صحية سيتم التطرق لها لاحقاً ضمن التأثيرات الصحية لملوثات الهواء.

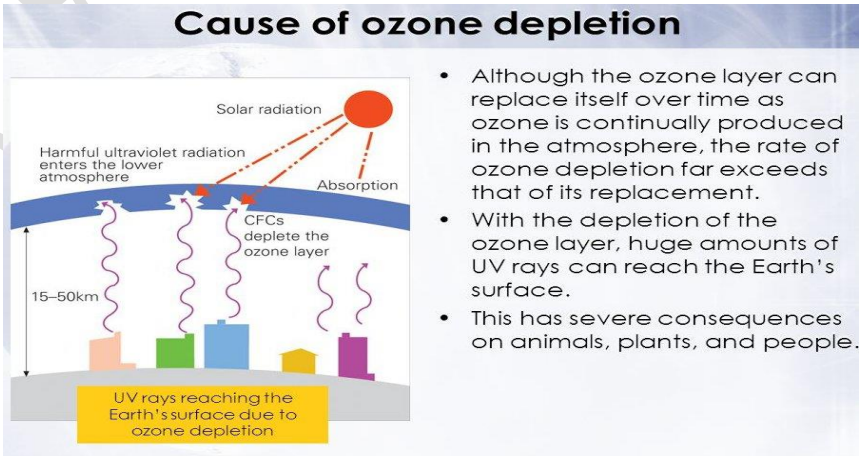
مركبات الكلوروفلوروكاربون Chlorofluorocarbons (CFCs)

تنتج هذه المركبات من صناعات عديدة أهمها الآيروسول Aerosol التي تحمل المبيدات أو بعض مواد تصفيف الشعر أو المعطرات، وكذلك يمكن استخدامها على هيئة سائل في أجهزة التكييف والتبريد والثلاجات، كما أن إحراق النفايات المنزلية إحراق غير كامل يؤدي إلى إنتشار هذه المركبات في الجو.

Chlorofluorocarbons (CFCs)



يوجد تراكيز من هذه المركبات في طبقات الجو على بعد 18 كم فوق المناطق القطبية. وتقدر كمية هذه المركبات التي تنطلق في الجو بما يزيد عن مليون طن سنوياً، وعند وصول هذه المركبات إلى طبقة الستراتوسفير Stratosphere التي تتضمن طبقة الأوزون فإنها تتحلل بفعل الأشعة فوق البنفسجية الموجودة في الشمس إلى ذرات الكلور والفلور التي تقوم بدورها بمهاجمة الأوزون وتحويله إلى أوكسجين وبذلك تساعد على إضمحلاله.



على الرغم من أن مركبات الكلوروفلوروكاربون هي مواد تدخل في كثير من الصناعات لسهولة إنتاجها ورخص ثمنها ودخولها في المنتج لتؤدي الغرض دون التأثير على جودته، إلا أنه منذ عام 1982 تنبهت العديد من الدول مثل الولايات المتحدة الأمريكية والسويد وكندا والنرويج وغيرها لخطورة هذه المركبات، وبدأت بحضر إنتاج هذه المركبات. وهناك محاولات لإستبدالها بمواد نافعة أخرى من بينها إستعمال خليط من غاز البيوتان والماء ويطلق عليه اسم أكواسول Aquasol والتي لاتحتوي على الكلور ولا على الفلور. كما وتلعب مركبات الكلوروفلوروكاربون دوراً كبيراً في ظاهرة الإحتباس الحراري التي سبق ذكرها.

المواد الهايدروكاربونية Hydrocarbons (HC)

تنبعث الهايدروكاربونات من محركات السيارات ومصافي النفط وكذلك من محارق النفايات الصلبة. وهي من المواد التي لها تأثيرات مختلفة، ويعتمد نشاطها وفعاليتها على طبيعة وقدرة المركبات الهايدروكاربونية، فمجموعة الأوليفينات نشطة جداً، بينما مركبات البنزين الحلقية ضعيفة التفاعل. كما أن هناك أنواعاً من الهايدروكاربونات وهي المركبات الحلقية عديدة النوى تعتبر مساعدة للإصابة بالسرطان مثل مركب البنزوبيرين، إضافةً إلى قابليتها الشديدة بالتفاعلات الكيموضوئية.

الميكروبات والفايروسات Microbes and Viruses

تنتشر في الهواء أنواع عديدة من البكتيريا والفطريات في حالة ساكنة، وتصيب الإنسان إذا ما توفرت الظروف الملائمة. ومن الأجناس البكتيرية التي تكون عالقة في الهواء والتي لها القابلية على أحداث المرض هي: *Streptococcus, Mycobacterium, Corynebacterium* أما أجناس الفطريات الممرضة فهي *Pentium, Candida, Aspergillus* ويعتبر فايروس الإنفلونزا من أكثر الفايروسات إنتشاراً في الهواء.

تستخدم الميكروبات في الحروب الجرثومية الحديثة لسهولة إنتشارها في الهواء وتسببها بإحداث أمراضاً فتاكةً بالإنسان، ومن أشهر هذه الميكروبات في وقتنا الحاضر هي الجمرة الخبيثة التي تسببها *Bacillus anthrax* والتي يمكن أن تنتشر عن طريق الهواء، وكذلك مرض الجدري Smallpox الذي يسببه فايروس الجدري *Variola*.