انواع التلوث:-

ينقسم التلوث حسب الوسط الذي يحدث فيه إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي:-

1. **تلوث الهواء.**
2. **تلوث الماء.**
3. **تلوث التربة.**

تلوث الهواء Air Pollution :-

مكونات الغلاف الجوي

يتكون الغلاف الجوي من ثلاث طبقات:

1- Troposphere : وهي الطبقة التي تبدأ من سطح الأرض وتمتد إلى ارتفاع حوالي 10كم وتحدث فيها معظم التغيرات الجوية التي نلمسها يوميا. وهي الطبقة التي تحتوي على معظم بخار الماء والأكسجين (O_2) وثنائي أكسيد الكربون (CO_2) وتتركز فيها أنشطة الإنسان. أغلب السحب تكون في هذه الطبقة، لأن حوالي 99% من الماء المتواجد في الغلاف الجوي يكون في هذه الطبقة، تقل فيها درجات الحرارة مع زيادة الارتفاع.

2- Stratosphere: وهي الطبقة التي تعلو منطقة (التروبوسفير)، وسُمكها حوالي 50 كيلو متراً تقريبا، أي تصل إلى حوالي 60 كم فوق سطح البحر. وتتميز هذه الطبقة بخلوها من التقلبات المختلفة أو العواصف. ويوجد بها حزام يُعرف بطبقة الاوزون التي تمتص الأشعة فوق البنفسجية ذات الطاقة العالية وتحولها إلى حرارة، فتحمي سطح الأرض من مخاطر الأشعة فوق البنفسجية. على الرغم من ارتفاع هذه الطبقة عن سطح البحر إلا أنها تتميز بدرجة حرارة مرتفعة بسبب وجود طبقة الاوزون (O_3) والتي يبلغ سمكها حوالي 30 كلم والتي تقوم بحجب الأشعة فوق البنفسجية التي تصدر من الإشعاع الشمسى.

3- طبقة Mesosphere: هي ثالث طبقات الجو بعد التروبوسفير والستراتوسفير، ويتراوح ارتفاعها مابين 80 إلى 85 كلم عن سطح البحر، أي أن سُمكها حوالي 20 كم فوق الستراتوسفير. والميزوسفير هي أبرد طبقة في الغلاف الجوي حيث يُمكن أن تصل درجة الحرارة إلى -100°م (تحت الصفر) في هذه الطبقة.

3- Thermosphere: ترتفع هذه الطبقة فوق سطح البحر إلى ارتفاع يتراوح بين 500 كم عندما تكون الشمس نشيطة، وبين 1000 كم عندما تكون الشمس هادئة. ولا يوجد بينها وبين الطبقة الجوية التي تليها حد حراري، ويبدو واضحاً أن اسمها قد أشتق من كلمة (Thermo)

الإغريقية والتي تعني حارا للدلالة على شدة الحرارة فيها. يكون الهواء رقيقا في هذه الطبقة، وتحدث ظاهرة الشفق القطبي (aurora) أي الأنوار التي تظهر في القطب الشمالي والقطب الجنوبي.

3- Ionosphere : وهي الطبقة التي تعلو الميزوسفير من ارتفاع 80 كيلومتر تقريبا وحتى 125 كيلومتر أو أكثر وتوجد في طبقة الثيرموسفير في الجزء السفلي منها وتتميز تلك الطبقة بخفة غازاتها ووجودها في الحالة المتأينة يسود فيها غاز الاوكسجين والنيتروجين والهيليوم اما في الجزء العلوي من الثيرموسفير فيوجد غاز الهيدروجين بنسبة عالية.

4- طبقة Exosphere : المنطقة فوق 500 كيلومتر تسمى الأكسوسفير أو الغلاف الخارجي. وتحتوي بشكل أساسي على ذرات الأوكسجين والهيدروجين، ولكن هناك عدد قليل جدًا منها ما يجعل اصطدامها نادرًا إذ تتبع هذه الذرات مسارات بالستية تحت تأثير الجاذبية وبعضها يفر هاربًا إلى الفضاء مباشرة.

المكونات الغازية للهواء غير الملوث

إن الهواء الجوي الجاف النقي غير الملوث يتكون من:

1- 78 % نايتروجين

2- 21 %أوكسجين

3- 0.9 %غاز أرجون

4- الباقي عبارة عن تراكيز قليلة من ثنائي أوكسيد الكاربون والنيون و الهليوم والهايدروجين وغيرها، بالإضافة إلى ذلك يحتوي على بخار الماء.

عند الظروف الطبيعية فان الهواء يحتفظ بمكوناته وحسب دورة الحياة في النظام البيئي فالنبات مثلا يأخذ ثنائي أوكسيد الكاربون (CO_2) من الجو ويحتفظ بالكاربون ويطلق الأوكسجين وتتنفس الكائنات الحية الأوكسجين وإذا زادت نسبة ثنائي أوكسيد الكاربون في الجو فإن الفائض يذوب في البحار والمحيطات ويتفاعل مع أملاح الكالسيوم مكونًا كاربونات الكالسيوم وهكذا بالنسبة لدورات بقية العناصر. **فتلوث الهواء** يعبر عن وجود مواد في الهواء بتراكيز مختلفة تكون ضارة بصحة الإنسان أو الحيوان أو النبات أو التربة أو البيئة.

مصادر تلوث الهواء

هناك مصدرين لتلوث الهواء هما:

أولا : مصادر طبيعية

هذه المصادر لا دخل للإنسان بها أي أنه لم يتسبب في حدوثها ويصعب التحكم بها وهي تلك الغازات الناتجة من البراكين وحرائق الغابات والأتربة الناتجة من العواصف وهذه المصادر عادة تكون محدودة في مناطق معينة ومواسم معينة وأضرارها ليست جسيمة إذا ما قورنت بالأخرى .

ومن الأمثلة لهذه الملوثات الطبيعية:

1-غازات ثنائي أوكسيد الكبريت، فلوريد الهايدروجين، وكلوريد الهايدروجين، المتصاعدة من البراكين المضطربة.

2-أكاسيد النايتروجين الناتجة عن التفريغ الكهربي للسحب الرعدية.

3-كبريتيد الهايدروجين الناتج من انتزاع الغاز الطبيعي من جوف الأرض أو بسبب البراكين أو تواجد البكتيريا الكبريتية.

4-غاز الأوزون المتخلق ضوئيًا في الهواء الجوي أو بسبب التفريغ الكهربي في السحب.

5-تساقط الأتربة المتخلفة عن الشهب والنيازك إلى طبقات الجو السطحية.

6-الأملاح التي تنتشر في الهواء بفعل الرياح والعواصف وتلك التي تحملها المنخفضات والجهات الجوية وتيارات الحمل الحرارية من الترب العارية.

7-حبوب الطلع للنباتات.

8-الفطريات والبكتريا والميكروبات المختلفة التي تنتشر في الهواء سواء أكان مصدرها التربة أو نتيجة لتعفن الحيوانات والطيور الميتة والفضلات الآدمية.

9-المواد ذات النشاط الإشعاعي كتلك الموجودة في بعض ترب وصخور القشرة الأرضية وكذلك الناتجة عن تأين بعض الغازات بفعل الأشعة الكونية.

ثانيًا :المصادر غير الطبيعية

هي التي يحدثها أو يتسبب في حدوثها الإنسان وهي أخطر من السابقة وتثير القلق والاهتمام حيث أن مكوناتها أصبحت متعددة ومتنوعة وأحدثت خللا في تركيبة الهواء الطبيعي وكذلك في التوازن البيئي، وأهم تلك المصادر:

1-استخدام الوقود في الصناعة.

2-وسائل النقل البرى والبحري والجوي.

3-النشاط الإشعاعي

أثار تلوث الهواء

يختلف تلوث الهواء من مكان لأخر حسب سرعة الرياح والظروف الجوية فمثلا تتفاعل أكاسيد النيتروجين مع الهيدروكاربونات في وجود ضوء الشمس تحت ظروف جوية خاصة غالبًا 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) غالبًا ما يكون لونه مائل للبني ويحدث الضباب الدخاني في المدن المزدحمة بالسيارات. وقد أشارت منظمة الصحة العالمية الى أن 2.4 مليون شخص يموتون سنويًا نتيجة لبعض الأسباب التي تعزى الى تلوث الهواء بصورة مباشرة ومنهم 1.5 مليون شخص يموتون من الأمراض التي تعزى الى تلوث الهواء في الأماكن المغلقة.

الهواء الملوث بالدخان وغازات الاحتراق التي ترسلها مداخن المصانع والمدافئ المنزلية وعوادم وسائط النقل ومصادر اخرى عديدة يفتقر إلى الأوكسجين وهو مضر بسبب السموم التي يحتويها فقد يتعرض الإنسان وخاصة على المدى الطويل لأمراض القصبات والرئة (التهابات رئوية مزمنة، عجز التنفس، تسممات، سرطان) ويؤثر بصفة سيئة وخطيرة في القلب والدم.

فالهواء يمكن عده ملوثاً عند اختلال التركيب أو التركيز لواحد أو أكثر من المكونات الطبيعة الغازية للهواء الطبيعي سواء كان هذا التغير بالزيادة أو النقصان، أو ظهور غازات أو أبخرة أو جسيمات عالقة عضوية وغير عضوية، أو غيرها تشكل إضرارا على عناصر البيئة وتحدث خللاً في نظامها الايكولوجي.

وقد عرف خبراء منظمة الصحة العالمية (WHO) تلوث الهواء بأنه الحالة التي يكون فيها الجو خارج أماكن العمل محتوياً على مواد بتركيزات تعد ضارة بالإنسان أو بمكونات بيئته. وعرف تلوث الهواء من الجمعية الطبية الأمريكية للصحة (AMA) الصناعية (بأنه وجود شوائب أو ملوثات في الهواء وقعت فيه سواء بفعل الطبيعة أو الإنسان، وبكميات ولمدد تكفي لإخلال راحة الكثير من المعرضين لهذا الهواء أو للأضرار بالصحة العامة أو بحياة الإنسان والحيوان والنبات والممتلكات أو تكفي مع الاستمتاع المناسب المريح بالحياة أو الممتلكات في المدن والمناطق التي تتأثر بهذا الهواء.

كما يعرف التلوث الهوائي بأنه (خلل في النظام الايكولوجي الهوائي نتيجة اطلاق كميات كبيرة من العناصر الغازية والصلبة مما يؤدي إلى حدوث تغير كبير في خصائص وحجم عناصر الهواء)، فيتحول الكثير منها من عناصر مفيدة وصانعة للحياة إلى عناصر ضارة (ملوثات) تحدث الكثير من الاضرار والمخاطر تصل إلى حد الموت والهلاك للكائنات الحية والتدمير

والتخريب للمكونات غير الحية وقد اتسعت دائرة مفهوم التلوث الهوائي ليشمل الضوضاء التي اصبحت تفسر طبيعة الهواء الهادئة وتحوله إلى هواء مزعج ومؤلم مسبباً الكثير من الامراض.

وعموماً يمكن تقسيم ملوثات الهواء إلى قسمين رئيسين هما:-

أ- الجسيمات أو الدقائق العالقة Suspended Particulates (SP) .

ب- الغازات وتشمل :-

1. اكاسيد الكاربون Oxides of Carbon (CO_x)
2. اكاسيد النتروجين Oxides of Nitrogen (No_x)
3. اكاسيد الكبريت Sulphur Oxides (SO_x)
4. الهيدروكاربونات Hydrocarbons

تأثيرات تلوث الهواء

تأثيرات مباشرة على الإنسان والنبات والحيوان // مخلفاً آثارا بيئية وصحية واقتصادية واضحة تأثيرات غير مباشرة على النظام المناخي العالمي // محدثاً تغييرات مناخية التي تتفاقم باطراد نتيجة حرق مليارات الاطنان من الوقود لتوليد الطاقة مما تسبب في انبعاث غازات أدت إلى الاحتباس الحراري وألامطار الحامضية وزيادة اتساع ثقب الأوزون وظاهرة النينو واللانينا لكن ما سيحدث في المستقبل بسبب تلك الظواهر إذا ما تقاعسنا عن التحرك لتقليل الآثار الوخيمة للتغير المناخي مما يزيد من أعداد البشر المهددين وارتفاع نسبة الأنواع الحية المعرضة للانقراض.

ما هو التغيّر المناخي؟

إن مناخ كوكبنا يتغير على مدار الزمن الجيولوجي مع حصول تقلبات ملحوظة في درجات الحرارة الوسطية. ورغم ذلك، ترتفع درجة الحرارة في هذه الفترة بسرعة أكبر من أي أوقات ماضية. وقد أصبح جليًّا أن البشرية هي المسؤولة عن معظم ارتفاع درجات الحرارة في القرن الماضي بتسببها في إطلاق غازاتٍ تحبسُ الحرارة، وهي التي يشار إليها في العادة بغازات الدفيئة أو الاحتباس الحراري، لإمداد حياتنا الحديثة بالطاقة. ونحن نقوم بذلك من خلال حرق الوقود الأحفوري، والزراعة، واستخدام الأراضي، وغير ذلك من النشاطات التي تدفع لحدوث التغير المناخي. إن غازات الدفيئة هي في أعلى مستوياتها من أي وقت مضى على مدار الأعوام الاخيرة. ويعتبر الارتفاع السريع لدرجة الحرارة هذا مشكلةً لأنه يغيّر مناخنا بمعدلٍ سريعٍ جدًّا

بالنسبة للكائنات الحية تعجز عن التكيّف معه. إن التغير المناخي لا يتعلق فقط بدرجات الحرارة المرتفعة، بل يشمل أيضًا أحداث الطقس الشديدة، وارتفاع مستويات البحار، وتغير تعداد كائنات الحياة البرية، ومواطن الحيوان والنبات الطبيعية، وطيفًا من التأثيرات الأخرى ومن اهم الظواهر الناتجة من التغير المناخي هي :

الاحتباس الحراري او الاحترار (الدفء) العالمي Global Warming

ظاهرة الاحتباس الحراري

تُعرّف ظاهرة الاحتباس الحراري، أو ظاهرة الاحترار العالمي (Global Warming) أو ظاهرة الدفيئة (Greenhouse)، على أنّها ارتفاع في معدّل درجة حرارة الهواء الجوّي الموجود في الطبقة السفلى من سطح الأرض، وذلك خلال القرن أو القرنين الماضيين. وتحدث هذه الظاهرة عند حبس أو احتباس حرارة الشمس في الغلاف الجوي للأرض بعد دخولها إليه، ممّا يرفع درجة حرارة الأرض ويجعلها أكثر دفئاً. ويتم ذلك من خلال امتصاص غازات الغلاف الجوي كثاني أوكسيد الكربون لطاقة الشمس وحبسها بالقرب من الأرض ممّا يساهم في ارتفاع حرارة الأرض.

بعد مقارنة مجموعة من البيانات المتعلّقة بمختلف الظواهر الجويّة كدرجة الحرارة، ومعدلات هطول الأمطار مع التغيّرات الحاصلة في المناخ كالتركيب الكيميائيّ للغلاف الجوي، والتيارات البحريّة، تبيّن أنّ تلك التغيُّرات المناخيّة تحصل كل فترة زمنيّة معينة منذ بداية العصر الجيولوجيّ بشكلٍ طبيعي، لكن خلال الثورة الصناعيّة زادت التغيّرات المناخيّة بفعل الأنشطة البشريّة، فخلال القرن الماضي ارتفع متوسط درجة الحرارة السطحيّة العالميّة من (0.3 إلى 0.6) درجة مئوية، وهي تمثّل أكبر زيادة في درجة حرارة سطح الأرض خلال الألف عام الماضية، ومن المتوقع زيادة أكبر في درجات الحرارة خلال هذا القرن، إذ أنّ متوسط درجة الحرارة العالميّة في الوقت الحالي تبلغ 15 درجة مئوية، ويتوقع علماء الطقس زيادتها من 2-4 درجة مئوية بحلول عام 2100.

إنَّ ارتفاع متوسط درجة الحرارة العالميّة لا يعني بالضرورة أنّ جميع مناطق العالم ستصبح أكثر دفئاً، فالاحتباس الحراري لا يدل على ارتفاع درجة الحرارة بنفس المقدار في كل مكان، لكنّه يدل على ارتفاعٍ عام في متوسط درجة الحرارة العالميّة، وما تجدر الإشارة إليه انّ الاحتباس الحراري العالمي يقدّم وصفاً للزيادة في درجات الحرارة العالميّة فقط، بالرغم من وجود دراسات تبيّن أنّ أثر الاحتباس الحراري يتعدّى مجرد الارتفاع في درجات الحرارة، إذ إنّ له أثراً رئيسياً في حصول التغيّرات المناخيّة في جميع أنحاء العالم، وفي أنماط الطقس العالميّة ممّا يؤثر على عناصر الطقس كمعدلات هطول الأمطار.

أهم الغازات المسببة للاحتباس الحراري

1-غاز CO_2 :-

ينتج هذا الغاز من احتراق الوقود كالفحم والبترول والغاز الطبيعي كما ينتج أيضا من تنفس الأحياء و تخمر المواد السكرية فضلا عن عمليات إحراق القمامة. وتدل قياسات ثاني اكسيد الكربون انه كان يمثل 260 جزء في المليون فقط قبل الثورة الصناعية ثم اخذ يزداد منذ ذلك الحين حتى بلغ 310 جزء في المليون عام 1957 ، ثم اخذ يزداد بمعدل جزء واحد في المليون تقريبا حتى وصل 335 جزء في المليون عام 1980 ويبلغ حالياً 350 جزء في المليون ويتوقع له ان يصل الى 450 جزء في المليون في حلول عام 2050 وعلى اساس مايقدره البعض بمعدلات متزايدة لثاني اكسيد الكربون تبلغ نحو 2 جزء في المليون .

2-غاز الميثان CH_4 :-

ينتج هذا الغاز من عمليات الاحتراق وتحليل البكتريا للعناصر العضوية وخاصة في مواقع تجمع النفايات والذي تتزايد درجة تركيزه بمعدل سنوي مقداره 1% تقريبا ونسبة امتصاصه للأشعة تحت الحمراء 15% وعندما ينتقل غاز الميثان إلى طبقة الستراتوسفير فانه يتحلل إلى كربون وهيدروجين حيث تتحد ذرات الكربون مع الأوكسجين ليكون CO_2 أما الهيدروجين فيتحد مع الأوكسجين ليكون بخار الماء لذا فان غاز الميثان يتجاوز في قابليته كغاز طبيعي المنشأ قابلية CO_2 بثلاثين مرة لكنه لحسن الحظ اقل تركيزا في الغلاف الجوي .

3- اكاسيد النتروز NO

يعد احد اكاسيد النتروجين الناتجة عن سلسلة التفاعلات الطبيعية التي تحدث في الغلاف الجوي وخلال الدورة الطبيعية للنتروجين بفعل البكتريا في التربة وأكسدة المواد العضوية والنتروجينية. ويتولد هذا الغاز من مصادر بشرية متعددة مثل احتراق الوقود الاحفوري بكل صوره ومحركات السيارات. حيث يشكل ما يتراوح بين 30% - 35% من إجمالي عوادم السيارات، وكذلك يتولد من احتراق الغاز الطبيعي وخامات النفط والفحم والفضلات العضوية وغيرها من الصناعات.

4- مركبات الكلوروفلوروكربون CFC5

تعد من المركبات الصناعية التي تستخدم في أجهزة التكييف، وكمادة دافعة في علب الرش ورغوة إطفاء الحرائق. وتمتص هذه المركبات الأشعة الحرارية المرتدة من سطح الأرض التي يبلغ طول موجاتها 8 و10 مايكرون، وتفوق فاعلية الجزيء الواحد من هذه المركبات في حدوث الاحتباس الحراري فعالية الجزيء الواحد من ثاني اوكسيد الكربون بحوالي عشرة الآلف مرة، ولها فعالية مرتفعة جداً تفوق فعالية الغازات الأخرى.

التعبير عن تركيز الغازات الدفيئة

يتم التعبير عن تركيز الغازات الدفيئة في الجو من خلال النسب المئوية، و تدل على نسبة الغلاف الجوي المكوَّن من الغازات الدفيئة، كما يُمكن حساب نسب الغازات الأخرى وفقاً لحجم الهواء الكلي في الغلاف الجوي، أي حجم غاز معين إلى حجم الهواء، وتعد نسب تلك الغازات نسباً صغيرةً جداً لذا يتم الإشارة إلى تركيز الغازات من خلال الوحدات الآتيّة:

ppt: تشير إلى أجزاء من الغاز لكل ترليون جزء من الهواء في الغلاف الجوي.

ppb: تشير إلى أجزاء من الغاز لكل بليون جزء من الهواء في الغلاف الجوي.

ppm: تشير إلى أجزاء من الغاز لكل مليون جزء من الهواء في الغلاف الجوي.

فعلى سبيل المثال، اعتباراً من عام 2009 م أصبح تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي يبلغ 385 ppm، وهذا يعني أنّ لكل مليون جزيءٍ من الهواء يوجد منها 385 جزيء من ثاني أكسيد الكربون.

الخصائص المناخية المؤثرة في ظاهرة الاحتباس الحراري

1. التيارات الهوائية الهابطة

إن الهواء يصعد بصفة عامة في منطقتين أساسيتين هما منطقة الضغط المنخفض الاستوائي ومنطقة الضغط المنخفض الدائم في العروض دون القطبية حيث تكون مثل هذه المناطق طاردة للملوثات الهوائية. فيما يهبط في منطقتين هما منطقة الضغط المرتفع في العروض الوسطى والمنطقة القطبية. وتحدث حالات الاحتباس الحراري في مناطق العروض الوسطى (المناطق المحصورة بين خطي عرض 30-60 شمالاً وجنوباً) بسبب التيارات الهوائية الهابطة التي تحجز الغازات والملوثات تحتها.

يساعد طول النهار وتوفر الأشعة الشمسية وصفاء الجو على تكوين تفاعلات ضوء كيميائية (Photochemical) ينتج عنها ما يسمى بالضباب الضوئي الكيميائي الذي يرتبط بصورة عامة بمدينة لوس انجلوس الأمريكية. ويرافق ذلك توفر الغازات الدفيئة والمواد الهيدروكاربونية واوكسيد النيتروجين التي تعد عامل أساس في وقوع المشكلة البيئية.

2. الاختلاط الرأسي (الاضطراب ألدوامي) وسرعة الرياح

تتخذ دورة الهواء داخل الغلاف الجوي نظامين هما الأفقي (السطحي) والنظام الرأسي (حركة الهواء الصاعد والهابط، وبطبيعة الحال أن تنتقل الملوثات مع هذه الحركة الأفقية والرأسية). إن ظواهر الاضطراب والتيارات الدوامية مسؤولة عن حدوث عملية الاختلاط والانتشار من الاتجاه

العمودي والأفقي (الجانبي)، وهذا التأثير خاضع لعدد من التيارات الدوامية المختلفة، فالتيارات الكبيرة تتبع عموماً تيارات دوامية اصغر تكفي لحركة وانتقال الجزئيات الملوثة وتبعثرها. وتؤدي هذه العملية الى تخفيف تركيز الملوثات الهوائية في جو المدن عن طريق رفعها الى الأعلى وتبعثرها في الفضاء حتى يقل تركيزها وإبعاد خطرها عن طبقة التروبوسفير التي يعيش فيها الإنسان والكائنات الحية. كما إن سرعة الرياح واتجاهها يؤثران بشكل كبير في تركيز نسبة الملوثات، حيث يتناسب تركيز الملوثات في الغلاف الغازي تناسباً عكسياً مع سرعة الرياح، فكلما ازدادت سرعة الرياح كلما قلت نسبة تركيز الملوثات.

3. الانقلابات الإشعاعية

يحدث هذا النوع في مناطق العروض العليا والمناطق الأخرى الباردة بفضل عوامل جوية تساعد على تكوين الانقلاب أو الانعكاس الحراري، ويسمى هذا النوع (بالانقلاب الحراري المناخي) أو الانقلاب الإشعاعي (Radiation Inversion). ففي ليالي الشتاء الساكنة والصافية يبرد سطح الأرض عن طريق الإشعاع الحراري، وبهذه العملية تبرد طبقة الهواء الملامس لسطح الأرض. ففي الحالة الاعتيادية تتناقص درجة الحرارة كلما ارتفعنا للأعلى اعتباراً من سطح الأرض، لكن هنا تصبح العملية معاكسة للعملية السابقة (الهبوط الحراري)، إذ تنخفض درجة الحرارة حتى ارتفاع محدد اعتباراً من سطح الأرض ولن تسمح كتلة الهواء المستقرة فوق طبقة الهواء البارد والقريبة من سطح الأرض بالتبادل الشاقولي للهواء محدثة بذلك انقلاباً جوياً. ويكون ارتفاع الطبقة الحاجزة (Blocked layer) ضئيلاً فهي تقع عادة على ارتفاع 200م أو اقل من ذلك. وعندما تقوم الشمس بتدفئة الأرض خلال النهار تدفئ الغلاف الجوي السفلي، فتكوّن طبقة يحدث عندها اختلاط في الجو وفجأة تتحرر الملوثات التي كانت محجوزة في الغلاف الجوي خلال الطبقة الحاجزة.

4. الرطوبة (الأمطار والضباب)

رطوبة الهواء لها تأثير واضح في توزيع كمية الدخان بالجو، وان نسبة تركيز الدخان تزداد عند ارتفاع كمية الضباب. ومن الملاحظ إن هناك قاعدة عامة ترتفع فيها نسبة تركيز الملوثات بارتفاع نسبة الرطوبة في الهواء، غير إن ذلك لا ينطبق على كل الغازات، فمثلاً إن تركيز الكلور ينخفض بارتفاع نسبة الرطوبة في الهواء، في حين ترتفع نسبة السخام وثاني اوكسيد الكبريت. وفي الأجواء الرطبة مثل مدينة البصرة وفي فصل الصيف على وجه الخصوص فان الجو يكون مرهقاً، وتتجمع تحت الطبقة الهوائية الرطبة الغبار والدخان مما يضعفان الرؤية. وقد

تتكاثف الرطوبة سحباً ركامية صغيرة ومبعثرة ثم تكبر وتتصل وتنتشر تحت القاعدة ويكون نموها من أعلى إلى أسفل، وإذا أسقطت مطراً فيكون ملوثاً بجسيمات الغبار والدخان. وغالباً ما تكون الأجواء الضبابية مصحوبة بدرجة عالية من التلوث الهوائي.

5. الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة

يعد الإشعاع الشمسي المصدر الرئيس لتسخين سطح الأرض، وهو عبارة عن أشعة كهرومغناطيسية تتحول الى طاقة كيميائية، تعتبر الأساس في حدوث التفاعلات الضوء كيميائية للغازات الملوثة المنتشرة في الجو. وتوجد علاقة طردية بين كمية وقوة الإشعاع الشمسي وكمية وخطورة التفاعلات الضوء كيميائية للملوثات، حيث يزداد نشاط التفاعلات الكيميائية مع شدة الإشعاع الشمسي. وبذلك يكون لشدة ومعدل ساعات السطوع اليومي اثر كبير في حدوث عملية الاحتباس الحراري.

إن الإشعاع الأرضي (Terrestrial Radiation) يشكل جانب آخر مؤثر في حدوث هذه الظاهرة، وهو يتمثل بكونه أشعة مظلمة تحمل الحرارة فقط، ويبلغ أقصى معدل له بعد الظهر تقريباً فيما يبقى مستمراً طوال اليوم. فكلما كانت ساعات السطوع طويلة كلما كان الإشعاع الأرضي أطول. وتعمل الغيوم والسحب الدخانية والغبار والغازات الملوثة وبخار الماء، على التقليل من فقدان الإشعاع الأرضي بصفة خاصة أثناء الليل وفي الطبقة السفلية من الجو، وبالتالي فان درجة الحرارة ترتفع كثيراً بتأثير الإشعاع الأرضي المحجوز تحتها.

إن لدرجة الحرارة تأثير واضح في عملية الاحتباس الحراري، فهناك علاقة عكسية بين درجة الحرارة ونسبة تركز الملوثات، حيث إن أكثر ما تصل إليه نسبة التلوث عندما تكون درجة حرارة الهواء منخفضة جداً، وخاصة أوقات الشتاء لما لذلك من علاقة برطوبة الهواء.

6. الرياح المحلية

تسبب الرياح المحلية مثل (نسيم البر والبحر، نسيم الجبل والوادي) حالات من الاحتباس الحراري. ففي الأوقات التي ينساب فيها الهواء البارد من فوق السفوح الجبلية العالية الى بطون الأودية يكون أكثر كثافة ووزناً، في حين يرتفع الهواء الساخن الى الأعلى مما يعيق حركة كتلة الهواء البارد ويجبرها على الاستقرار في مكانها لفترة زمنية، كما ويرافقها انعدام حركة الرياح الأفقية والعمودية.

لقد أثرت هذه الحالة في مواقع متعددة من الدول الصناعية، فالحادثة التي أصابت وادي الميز في بلجيكا كانت من هذا القبيل، حيث استقر الهواء المنزلق من السلاسل الجبلية الى قعر

الوادي ولم يستطع الهواء الدافئ من إخراجه لذا استقر فوق الهواء البارد مما جعل السكان يلجأون إلى تدفئة منازلهم بمصادر التدفئة التقليدية مما رفع نسبة الملوثات وحجزها داخل الوادي حيث سبب الاختناق والوفاة لسكان المنطقة وإصابة المتبقين بالأمراض المزمنة.

7. الثبات الجوي (الاستقرارية) (Stability)

من المعروف إن درجات الحرارة تنخفض بمعدل درجة مئوية واحدة لكل 100م ارتفاع للأعلى، لكن تحدث في معظم الأحيان إن تنخفض درجة الحرارة بمعدل أسرع من هذا المعدل، أي إن الهبوط يكون أكثر من درجة مئوية واحدة لكل 100م، عندها يكون الجو غير مستقر وتكون الحركة الرأسية والأفقية للهواء على أشدها، مما يدفع الملوثات على الانتقال وتخفيف تراكيزها في الهواء. وعندما تنعكس الحالة، أي ترتفع درجة الحرارة مع الارتفاع بمعدل أسرع من معدل الهبوط الاديباتيكي حينئذ يكون الهواء ثابتاً، أي إن الحركة الرأسية معدومة أو متوقفة وهنا يظهر ما يسمى بـ(الطبقة الانقلابية) التي يكون من خصائصها إن ترتفع فيها درجة حرارة الجو مع الارتفاع بدلاً من انخفاضها، لذا فتعمل كغطاء فوق الغلاف الجوي تحجز الملوثات تحتها، وتجمعها بالقرب من سطح الأرض مسببة بذلك حالة من الاحتباس الحراري.

8. الجبهات الهوائية

تحدث حالات الاحتباس الحراري في المناطق التي تتعرض لغزو الجبهات الهوائية، أي عندما تلتقي كتلتان هوائيتان مختلفتان من حيث خصائصهما الحرارية ينساب الهواء البارد الثقيل الى الأسفل، في حين يرتفع الهواء الساخن الخفيف الى الأعلى لأنه اقل وزناً وكثافة، فتحدث حالة تسمى بـ(الانقلاب الحراري المتحرك) ، مما يحجز الملوثات الهوائية لمدة من الزمن. وبما إن الجبهات الهوائية كتل كبيرة ومتحركة بصورة مستمرة ، لذلك لا توجد خطورة في مثل هذا النوع من الاحتباس، فهو لا يتجاوز يوم واحد أو بعض اليوم. وبسبب الحركة المستمرة للجبهات الهوائية تتبدد الملوثات مع حركة الجبهة وتقل خطورتها تدريجياً.

آثار الاحتباس الحراري

تأثير الاحتباس الحراري على الصحة

تؤثر ظاهرة الاحتباس الحراري أو الدفيئة على صحة الكائنات الحية، ومثال ذلك كما يأتي:

- تفشّي الالتهابات الضارّة ووباء الكوليرا الحاد في بعض أنواع المأكولات البحريّة، بسبب ارتفاع درجة حرارة المياه السطحيّة كالمحيطات.
- تدنّي قدرة الأجسام على مقاومة الفيروسات والالتهابات المعدية بسبب فشل المحاصيل الزراعيّة وانتشار المجاعات.
- انتشار مرض حصى الكلى الناتج عن الجفاف، وقد بيّنت الدراسات ارتفاع معدلات الإصابة بهذا المرض منذ عام 1994م، بعد أن كان المعدّل إصابة شخص واحد من أصل 20 شخصاً أصبح الآن المعدّل هو شخص واحد من أصل 11 شخصاً، وفي حال استمرار ارتفاع درجة الحرارة للكرة الأرضيّة من المتوقع زيادة عدد الإصابات به.
- ارتفاع درجة حرارة الصيف وإطالة مدّته يؤدّي إلى انتشار العديد من الأمراض التي يسببها البعوض، ومنها الإصابة بفيروس غرب النيل.

تأثير الاحتباس الحراري على المناخ

يؤثر الاحتباس الحراري على المناخ بصورةٍ واضحة، ومن هذه التأثيرات ما يأتي:

- **تغيّر معدّلات هطول الأمطار:**

يؤدي ارتفاع متوسط درجات الحرارة في العالم لزيادة معدلات التبخر، مما يُعجّل من حدوث دورة المياه، إذ إنّ البخار المتصاعد في الجو سيؤدي لهطول كميّات أكبر من الأمطار، علماً بأنها لن تتوزع بالتساوي على جميع مناطق العالم، كما أنّ بعض المناطق سيكون فصل الشتاء فيها أكثر رطوبة، وأكثر جفافاً في فصل الصيف، ووفقاً للدراسات فإن معدّل هطول الأمطار العالميّ سيزداد تقريبا من 3% إلى 5%.

- **ذوبان الثلوج والجليد:**

سيؤدي ارتفاع درجة حرارة المناخ إلى ذوبان أشكال الجليد على سطح الأرض كالأنهار أو الصفائح الجليديّة والثلوج في فصل الصيف، لذا يتوقع العلماء بأنّ كمية الجليد البحري العائمة في المحيطين الشمالي والجنوبي ستنخفض خلال القرن الحادي والعشرين دون تحديد كمية الذوبان بدقّة.

- **ارتفاع مستوى سطح البحر:**

أدّى ارتفاع درجات الحرارة إلى ارتفاع مستوى البحر ومنسوبه، وذلك بسبب ذوبان الصفائح والأنهار الجليديّة والماء المُتجمد في المحيطات، بالإضافة لزيادة حجم المياه بالمسطحات المائيّة بسبب تمددها الناتج عن ارتفاع الحرارة، وما تجدّر الإشارة إليه أن مستوى سطح البحر ارتفع من (10- 20) سم خلال القرن العشرين، ومن المتوقع ارتفاع مستوى سطح البحر حوالي (20 - 50) سم بحلول عام 2100م.

- **زيادة حموضة المحيطات:**

تساعد المحيطات على سطح الأرض على تقليل التغييرات المناخيّة التي تحدث في العالم، من خلال امتصاصها لبعض الحرارة الزائدة وثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجويّ، ولكن هناك العديد من التفاعلات التي تحدث بين الماء وثاني أكسيد الكربون التي ترفع من تحمض المحيطات أو زيادة حموضة المحيطات، لذا من المتوقع ارتفاع زيادة الحموضة من 0.14 إلى 0.35 درجة حموضة بحلول عام 2100، مما قد يسبب المزيد المشاكل للكائنات البحريّة.

- **التأثير على التيّارات المحيطيّة:**

تنتج التيّارات المحيطيّة بسبب الاختلاف في ملوحة المحيطات ودرجة حرارتها، فعندما ترتفع حرارة المحيطات بجانب تغير ملوحتها بفعل عدة عوامل منها؛ تغيّر معدلات هطول الأمطار، وزيادة تدفّق المياه العذبة الناتجة عن ذوبان الجليد إلى المحيطات، فإنّ ذلك يؤدي إلى تعطّل في حركة التيّارات أو تعطّل الدورة الحراريّة الملحيّة في المحيطات، ممّا يؤثر بشكلٍ كبيرٍ على المناخ.

- **التغيُّر في الطقس:**

يعتقد بعض علماء المناخ أن الأعاصير ومنها الأعاصير المداريّة ستتغير (وربما بدأت بالفعل) نتيجة الاحترار العالمي، إذ توفر مياه سطح المحيطات الطاقة اللازمة لإحداث العواصف، فمن المتوقع أن تتسبب المحيطات ذات المياه الدافئة بزيادة شدة الأعاصير وقوة تدميرها مع مرور الوقت.

- **زيادة أعداد السحب:**

تُعد الغيوم واحدة من عناصر المناخ العالميّ، حيث يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى زيادة معدّل التبخر بشكلٍ أكبر، ممّا يسبب إنتاج كميّاتٍ كبيرةٍ من بخار الماء في الجو، والذي يتكاثف على شكل قطرات لتتجمَّع، وتتكاثف، وتكوِّن السحب بأنواعها المختلفة، ولهذه السُحب تأثيرات

مختلفة على المناخ، فبعضها تعمل على تبريد المناخ، وبعضها الآخر يُعزّز من تأثير الغازات الدفئية من خلال بخار الماء.

- **تغيُّر دورة الكربون:**

تشير نماذج دورة الكربون العالمية إلى أن نظام الأرض سيكون قادرًا على امتصاص كمية أقل من ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي مع ارتفاع درجة حرارة المناخ ، مما يؤدي إلى تفاقم مشكلة الاحتباس الحراري.

- **التغيّر في نظام الحياة البيولوجيّة:**

سيؤثر ارتفاع الحرارة على النظم البيولوجيّة المختلفة، مثل تغيّر النطاقات الجغرافيّة للنباتات والحيوانات البريّة، والتأثير على خصائص الحيوانات البريّة والمُستأنسة "الحيوانات الأليفة"، وأطوال مواسم النمو، وتغيّر مواعيد الصقيع.

تأثير الاحتباس الحراري على النظام الحيويّ

يؤثر الاحتباس الحراريّ تأثيراً كبيراً على النظم الحيويّة، ومنها:

- انتقال الحيوانات والنباتات في نموّها نحو الشمال:

وفقاً لتقرير صادر عن الأكاديميّة الوطنيّة للعلوم فإنّ أنواعاً من الحيوانات والنباتات تتجه وتنمو في المناطق المرتفعة بسبب ارتفاع درجات الحرارة، كما أنّها تتحرك لشمال الكرة الأرضيّة، وقد أضاف العالم ويرن "Werne" أنّ كلاً من النباتات والحيوانات تبحث عن درجة الحرارة المناسبة لنموها لذا فهم ينتقلون من خط الاستواء باتجاه القطبين، وفي حال أصبح معدّل التغيُّر المناخي يتغيَّر بسرعة فمن الممكن عدم قدرة الكائنات الحية جميعها على الانتقال إلى تلك المناطق ممّا يؤدي إلى انقراض أنواع من النباتات والحيوانات التي لا تستطيع التنافس في ظل المناخ الجديد.

- التأثير على كلٍّ من الطيور والحشرات المهاجرة

وفقاً لوكالة حماية البيئة في الوقت الحالي فإنّ هذه الطيور والحشرات تصل قبل عدّة أيامٍ أو أسابيعٍ ممّا كانت عليه في القرن العشرين إلى أماكن التغذيّة والعشاش.

- هلاك العديد من الأنواع النباتيّة والحيوانيّة

بسبب انتشار مُسببات الأمراض التي كانت محصورة في المناطق المداريّة وشبه المداريّة، وتوسُّعها لتشمل العديد من المناطق. من المتوقع اختفاء ثلث الحيوانات على الأرض ونصف النباتات بحلول عام 2080م في حال عدم علاج مشاكل الاحتباس الحراري.

الظواهر الجوية المصاحبة للاحتباس الحراري

1. الضبخان (الضباب-الدخان) Smog

هو الضباب الملوث بالدخان، وينتج عندما تختلط أنواع متعددة من الملوثات بالدخان والأتربة والغازات بقطرات الماء المكونة للضباب، واشتقت التسمية من كلمتي (Smoke) دخان و(Fog) ضباب.

تعد حالات سكون الرياح والرطوبة الجوية وراء تكوين هذا النوع من الظواهر، فهي تؤدي الى تراكم ملوثات الغلاف الجوي الى مستوى غير عادي من التركيز وبخاصة في المناطق الصناعية والمزدحمة بالسكان كما هو الحال في مدينة لوس انجلوس في الولايات المتحدة الأمريكية، حيث ساعد ضوء الشمس وصفاء وسكون الجو على إحداث تفاعلات ضوء كيميائية (Photochemical) تولد غازات كريهة منها الأوزون، ثاني اوكسيد النيتروجين.

يزداد خطر هذه الغازات السامة عندما يكون تركيزها كبير جداً. ويسبب الضباب ألدخاني الضوء كيميائي (Photochemical Smog) رفع نسبة تواجد غاز الأوزون بسبب تولده كيميائياً في ظل ارتفاع معدلات التلوث وخاصة في المدن، حيث يعرض سكان المدن للاختناق لأنه غاز سام يسبب سعال حاد، وإذا ما زادت نسبته عن 2 جزء في المليون من الهواء سيتحول الاختناق الى فقدان كامل للوعي.

2. الأمطار الحامضية Acid Rains

تتفاعل اكاسيد الكبريت والنتروجين المنبعثة من مصادر مختلفة مع بخار الماء في الجو لتتحول الى أحماض ومركبات حامضية ذائبة معلقة في الهواء حتى تتساقط مع مياه الأمطار مكونة ما يعرف بـ(الأمطار الحامضية). إما في بعض المناطق الجافة التي لا تسقط فيها الأمطار تلتصق هذه المركبات الحامضية على سطح الأتربة العالقة في الهواء وتتساقط معها مكونة فيما يعرف بـ(الترسيب ألحامضي الجاف) وأحيانا يطلق على كلا النوعين مصطلح (الترسيب ألحامضي).

بالرغم من إن الأمطار الحامضية ليست مشكلة في معظم الدول العربية (لندرة الأمطار) إلا إن الترسيب ألحامضي الجاف يشكل مشكلة آخذة في الازدياد بزيادة تركيزات اكاسيد الكبريت والنيتروجين في الهواء كما إن الضباب ألحامضي الذي يتكون في الصباح الباكر في بعض دول الخليج العربي أصبح يشكل ظاهرة ملموسة. وتسبب الأمطار الحامضية أضرار كبيرة فالمياه

التي تنساب الى داخل التربة تقتل الكائنات الحية فيها وكذلك تسبب تشوهات في الأوراق النباتية وتقضي على الكائنات الحيوانية والنباتية والمائية، كما وتسبب تلوث لمياه الشرب.

كما وهناك اعتقاد سائد بين العلماء بان كميات كبيرة من الكبريت التي تحملها الرياح من الجزر البريطانية وبلجيكا وفرنسا وألمانيا وجيكوسلوفاكيا وبولندا الى شمال أوربا وخاصة الدول الاسكندينافية يستغرق عبورها بضعة أيام تكون بدايتها ثاني اوكسيد الكبريت ونهايتها على شكل كبريتات أو حامض الكبريتيك وحامض النتريك، لذا فان الأس الهيدروجيني pH للمطر الذي يتساقط على كل من النرويج والسويد يبلغ أربعة أضعاف ما يكون عليه في بريطانيا نفسها. فيكون ما بين (6 و 5 و4) وقد يصل أحيانا إلى 3، وهو ما يعادل نحو 100 مليجرام من حامض الكبريتيك في كل لتر من الماء.

3- الاوزون O_3 Ozone

هنالك نوعان من الأوزون، الأوزون الملوث والذي يدعى الأوزون السيئ ويتكون من تلوث الهواء بالقرب من سطح الكرة الأرضية وله أضراره المتعددة، والأوزون الجيد المتواجد في طبقة الستراتوسفيرا والذي يحمي الكرة الأرضية من الأشعة فوق البنفسجية. أبحاث عديدة أثبتت أن تركيز هذا الأوزون ينخفض ويكون ما يسمى الثقب بالأوزون .

إن تحليل وتكوين الأوزون يحدث كل الوقت في طبقة الستراتوسفيرا بشكل طبيعي، عندما يقوم الأوزون (O_3) والأكسجين (O_2) بامتصاص الأشعة فوق البنفسجية. يتكون الأوزون عندما جزيء الأكسجين (O_2) يمتص الأشعة فوق البنفسجية ويتحلل إلى ذرتين أكسجين (O) هذه الذرات تصطدم مع جزيء أوكسجين وتكون جزيء أوزون. يوجد توازن بين عمليتي التحليل والتكوين ولذلك تركيز الأوزون يبقى ثابتًا .

لكن عملية التطور وإنتاج مواد مختلفة اصطناعية أدت إلى إحداث خلل في هذا التوازن. حيث بعض الجزيئات تحلل الأوزون بشكل كبير في طبقة الستراتوسفيرا. العوامل الأساسية التي أدت إلى زيادة هذا التحليل هي غازات تحتوي على الكلور والفلور والكربون والتي تدعى فريونات أو CFC . هذه مواد اصطناعية لا رائحة لها وغير سامة، تستعمل في أجهزة التبريد .

عندما تصل مادة الـ CFC إلى طبقة الستراتوسفيرا تتحلل بواسطة امتصاص الأشعة فوق البنفسجية من الشمس، حيث تنطلق من هذا التحليل ذرات الكلور. هذه الذرات تتفاعل مع الأوزون وينتج الأوكسجين وأول أكسيد الكلور (ClO). أول أوكسيد الكلور غير مستقر ويتفاعل بسرعة مع ذرة الأوكسجين لإنتاج جزيء أوكسجين وذرة كلور. وهكذا تبدأ ذرة الكلور بتحليل جزيء

آخر من الأوزون وهكذا دواليك. ذرة واحدة من الكلور تستطيع أن تحلل 100000 جزيء أوزون. عندما ينهدم الأوزون بسرعة أكثر من معدل إنتاجه يقل تركيزه ويتكون الثقب بالأوزون. هنالك مواد أخرى عدا الـ CFC تقوم بتحليل الأوزون مثل مثيل بروميد الذي استعمل بالسابق لتعقيم التربة.

تلوث الهواء بالجسيمات :

الجسيمات أو الدقائقيات تشمل مواد صلبة، أو سائلة منتشرة في الجو وبأحجام تتراوح بين جزئيات صغيرة قطرها حوالي 0.0002 ميكرون، وجسيمات كبيرة قطرها حوالي 500 ميكرون، هذه الذرات ممكن أن تترسب في ثوانٍ وقد تستقر في الجو لعدة أشهر، والتلوث بالجسيمات يكون مرئياً في حالتين :

1- عندما يكون حجم الجسيمة (100 ميكرون) أي ما يعادل حجم نقطة الكتابة فهو يُرى بالعين المجردة .

2- عندما تمتلك الجسيمات الأصغر حجماً خصائص تعمل على حجب أو امتصاص أو عكس أشعة الشمس، وبذلك يظهر تأثيرها على شكل ضباب خفيف، وتتكون الجسيمات التي يزيد حجمها على 10 ميكرون من أنشطة ميكانيكية كطحن المواد المختلفة، وعمليات الرش واحتكاك إطارات السيارات، أما الجسيمات التي يتراوح حجمها بين 1-10 ميكرون ، والتي تظهر على شكل دخان، فإنها تكون نواتج لعمليات الحرق، وغبار التصنيع والأملاح المتطايرة من البحار، أما الجسيمات التي يقل حجمها عن 1 ميكرون فتنتج من عمليات الحرق أو التكثيف .

وبصفة عامة يمكن القول إن الجسيمات المنتشرة في الهواء تنتج من رش السوائل، أو سحق المواد الصلبة وانتقال الرذاذ، أو المساحيق إلى الجو كعوالق بواسطة الاهتزاز، أو حركة الرياح، كذلك تتولد الدقائق نتيجة الأبخرة المشبعة.

تصنف الجسيمات تبعاً لحجمها وطبيعتها على النحو التالي :

1) تصنيف الجسيمات تبعاً لحجمها :

أ- الجسيمات المتساقطة :

تتكون هذه الجسيمات من جزئيات يزيد قطرها عن عشرة ميكرون، ولا تلبث هذه الجسيمات أن تتساقط بعد دقائق من انطلاقها من مصدرها، وقد تحملها الرياح الشديدة مرة أخرى، وللجسيمات المتساقطة تأثير ضعيف على المجاري التنفسية، لأن الشعيرات التنفسية تعمل على

التخلص من جزء كبير من جزئياته وخاصة التي يزيد قطرها عن 100 ميكرون، ولكن لها آثار بالغة على حياة النبات وتلحق أضراراً كبيرة بالحيوان ووسائل النقل والمباني والممتلكات الاقتصادية، وتصل كمية الغبار المتساقط إلى معدلات كبيرة في المناطق الصناعية، والمدن الكبرى قد يزيد عن 100طن/كم^2/شهر، علماً بأن الحد المسموح به 9 طن/كم^2/شهر .

ب- الجسيمات العالقة :

يتراوح قطرها بين 0.1 - 10 ميكرون وتبقى فترة طويلة معلقة في الهواء، أما ترسبها فيكون بطيئاً ويتوقف على الظروف المناخية من رطوبة ودرجة حرارة ورياح وغيرها، وهي من أخطر الجسيمات الملوثة للهواء، حيث من الممكن أن تصل إلى الرئتين وتستقر هناك. وتشمل الجسيمات العالقة عدة أنواع تختلف تبعاً لمسبباتها سواء أنشطة عمرانية أم صناعية .

ج- الجسيمات الدقيقة :

هي جسيمات متناهية في الدقة قطرها أقل من 0.1 ميكرون تصل إلى الرئتين بسهولة ومع ذلك فهي لا تشكل خطراً على صحة الإنسان لأن الرئتين تستطيع نفثها بسهولة، وقد تتجمع هذه الجسيمات مع بعضها البعض ليصل حجمها إلى أكثر من ميكرون، يصل عددها في الهواء النقي إلى عدة مئات/سم^3، أما في الهواء الملوث فيصل عددها إلى 100000جزئية/م^3.

2) تصنيف الجسيمات حسب طبيعتها :

أ- **الجزيئات الرملية :** وهي عبارة عن جزيئات صلبة معلقة في الهواء ويزيد قطرها عن 500 ميكرون، مصدرها العواصف الرملية بالدرجة الأولى .

ب- **الغبار :** وهي عبارة عن جزيئات أدق من الرمال معلقة في الهواء، بقطر يتراوح بين 0.25-500 ميكرون، تنتج عن تفتت الأجسام الصلبة وتطايرها إلى الجو .

ج- **الدخان :** جزيئات صلبة دقيقة جداً من الهباب الناجمة عن عمليات الاحتراق كما في دخان المصانع والمعامل والمنازل، قطرها أقل من 2 ميكرون .

د- **الرماد :** تنبعث هذه الدقائق مع غاز المداخن وقد تحمل معها وقوداً غير محترق .

ه- **الرذاذ :** وهي قطرات من سائل معلق في الهواء، ويمكن رؤيتها بالعين المجردة وقد تتكون من الضباب والدخان مكونة الضباب الدخاني، كما يتكون الضباب الرقيق من الرذاذ والغبار والغازات الملوثة ويخلق هذا الضباب انخفاضاً في مجال الرؤية في المدن الملوثة .

و- **الأبخرة المعدنية :** وهي عبارة عن جسيمات من المعادن والمواد العضوية تتراوح أقطارها بين 0.01-1 ميكرون .

ز- **الأيرسولات :** وهي عبارة عن جزيئات صلبة أو سائلة غالباً ما تبقى معلقة في الهواء نظراً لصغر حجمها وقطرها بصورة عامة أقل من ميكرون .

حلول مشاكل التلوث الهوائي

يوجد العديد من الحلول التي يُمكن تنفيذها من أجل الحد من ظواهر التلوث الهوائي ، منها:

1- تعزيز كفاءة استخدام الطاقة :

إذ أنّ أنظمة الطاقة المستخدمة في تدفئة وتبريد المباني لها الدور الأكبر في ظاهرة الاحتباس الحراري، وبالتالي فإنّ كفاءة استخدام الطاقة تتيح إمكانيّة استخدام كمية أقل والحصول على نفس الانتاج والخدمات ممّا يساعد في توفير الطاقة والمال.

2- تحسين قطاع وسائل النقل:

يؤدي قطاع النقل إلى انبعاث غازاتٍ بصورة كبيرةٍ، وقد زادت هذه الانبعاثات بصورةٍ سريعةٍ خلال العقد الماضي، لذا ينبغي الحد من هذه الانبعاثات من خلال اتباع ما يأتي:

- تحسين الكفاءة لجميع وسائل النقل.
- الانتقال إلى الوقود منخفض الكربون.
- استخدام أنظمة النقل الجماعي الأكثر كفاءة.
- إنتاج جيل ذكي من السيارات يساعد على التقليل من انبعاث الغازات.

3- التخلُّص بشكلٍ تدريجيٍّ من الكهرباء المُنتَجة من الوقود الأحفوري:

ويتم ذلك من خلال عددٍ من الإجراءات الأساسية وهي:

- توقيف مصانع الفحم ويتم البدء بالمصانع الأقدم والأكثر تلويثاً.
- منع إنشاء محطات توليد الطاقة التي تعتمد على حرق الفحم.
- تطبيق التكنولوجيا المتقدمة في التقاط انبعاثات الكربون من محطات الطاقة وتخزينها في الأرض.

4- استخدام الطاقة النووية:

تساعد الطاقة النوويّة على الحد من الاحتباس الحراري بسبب إطلاقها لكميّاتٍ قليلةٍ من من الغازات المُنبعثة من عملية الاحتباس الحراري، لكنّها في المقابل لها أثار خطيرة على المجتمع، لذا من المهم اكتشاف الطاقة النوويّة بصورة أكبر والبحث عن حلول لمشاكلها.

5- ضمان التنمية المستدامة:

تؤثر كل منطقة من مناطق العالم بشكلٍ مختلفٍ في مشكلة الاحتباس الحراري وفي قدرتها على مواجهتها، وعموماً ينبغي ان تتعاون جميع الدول في مواجهة المشكلة، ومساعدة الدول الفقيرة في التكيّف مع آثار التغيُّر المناخي، وتعزيز قدرتها على التحوُّل إلى استخدام الوقود المنخفض الكربون.

6- الحد من الامطار الحامضية يكون من خلال:

- معادلة الانهار والبحيرات الحمضية والاراضي الزراعية بمواد قلوية. ولكنه علاج مكلّف ويحتاج للتكرار.
- ويمكن الحد من هذه الظاهرة عن طريق تنقية الملوثات قبل انطلاقها وانتشارها في الغلاف الهوائي، ولكنه يجب ان يكون بشكل دائم ايضًا.
- يمكن التقليل من الاثار التخريبية الناجمة، بواسطة طلاء المباني والمنشآت بأنواع مستحدثة من الطلاء لحمايتها .

طرق المعالجة الحيوية للحد من التلوث الهوائي

1- إدارة الغابات والزراعة:

من المهم الحفاظ على الغابات وتجنُّب إزالتها والحد من تدهورها، وإنتاج الغذاء بطرقٍ أكثر استدامة، وذلك للحد من الانبعاثات الناتجة عن إزالة الغابات وعن الزراعة.

2- تحديث مصادر الطاقة المتجددة:

أثبتت العديد من الدراسات قدرة الطاقة المتجددة كالطاقة الشمسيّة والحيويّة وغيرها من أشكال الطاقة المتجددة على تلبية غالبيّة احتياجات العالم من الطاقة، إضافةً لميزاتها في التقليل من التلوُّث وكلفتها المناسبة، لذا من المهم الاعتماد عليها بشكلٍ أكبر.

3- تطوير تكنولوجيا جديدة لاستخدام الوقود منخفض الكربون:

يُساعد تطوير ونشر الوعي إزاء الوقود منخفض الكربون على الحد من الانبعاثات الضارّة، ويُمكن استحداث مصادر جديدة للطاقة كالطحالب والبكتيريا، وتوجيه الأبحاث حول الاستفادة من تكنولوجيا المواد الجديدة للخلايا الشمسية والبطاريات.

4- الحد من ثاني أكسيد الكربون:

يكون ذلك بالحفاظ على دور النظم الحيويّة؛ كالغابات والمحيطات في القيام بعملها الطبيعي في امتصاص الكربون من خلال إنهاء عمليّة إزالة الغابات والتشجيع على الزراعة باستمرار، وتجنُّب تدمير الموائل داخل المحيطات.