تلوث الهواء Air Pollution

يعد تلوث الهواء اخطر انواع التلوث لسببين رئيسيين هما الاول محدوديه الموارد الهوائي (فالغلاف الجوي الذي يحيط بالارض والذي يبلغ سمكه بضعة عشرات الكيلومترات 17(كيلومتر) يكاد يكون كقشره التفاحة الى التفاحة نفسها لو قارناه بحجم الكره الارضيه).

السبب الثاني فان الانسان قد يصبر على الجوع اسابيع عديده و على العطش ايام ولا يصبر على انعدام الهواء او افساده اكثر من دقائق معدوده.

تكمن خطورة الهواء عند تلوثه في كونه لا يرى ولكن الإنسان يأخذه عن طريق جهاز التنفس ويدخل مباشرة إلى ثنايا الرئتين وهي أنسجة حساسة وطرية ومهيأة لعمليات التبادل الغازي. وبذلك فإن وجود أي أبخرة اوغازات او قطيرات سائلة، قادرة على اختراق الأغشية المبطنة للحويصلات الرئوية، وهذا يعني إمكانية وصولها إلى الدم ومن ثم إلى المراكز الحساسة في الجسم خلال عدة ثوان وإحداث تأثير بايولوجي فيه ومن دون إدراك الإنسان لذلك.

إن الدول والحكومات بدأت التحسب من أخطار تلوث الهواء خلال دراسة الظواهر والعمل على الحد منها. وتشكلت في إنكلترا عدة هيئات لدراسة تلوث الهواء الذي نجم من استخدام الحطب عند تحويله إلى الفحم في أفران صناعة الجير وهكذا أخذت الملوثات في الزيادة مع التطور السريع خلال الثورة الصناعية، حتى أصبح تلوث الهواء مسؤولاً عن حجب أشعة الشمس في الوصول إلى سطح الأرض في بعض المدن مثل نيويورك بنسبة 25% وشيكاغو بنسبة 40% من الأشعة الساقطة.

لا تعود الآثار الضارة لتلوث الهواء إلى كمية المواد المنبعثة بقدر ما تعود إلى تراكيزها في هذه الأجواء. فقد تتنشر كميات قليلة وبتراكيز عالية ضمن مساحة محدودة فتحدث تلوثا كبيرا تفوق أضراره على الحالة التي لو تنتشر فيها لمساحات أوسع.

اتجهت مشكلة تلوث الهواء نحو الأسوأ بازدياد نسبة استخدام الفحم للأغراض المنزلية والصناعية فضلا عن تأثيرات تطور التقنية الحديثة التي رافقت العمليات الصناعية المعقدة والمصانع التي أصبحت تنتج كميات متزايدة من الفضلات الغازية والصلبة والسائلة وتطرحها إلى البيئة المحيطة بها دون معالجة. إن تطور التقنيات الجديدة لا يؤدي إلى تكوين الفضلات فحسب بل أنها عملت على ازدياد

خطورة هذه الفضلات لكونها تشمل مواد سامة جديدة مما تخلق مشكلة في إيجاد الطرق الملائمة لتصريف هذه السموم. إن الكشف عن ملوثات الهواء يقتضي استخدام أجهزة غاية في الدقة وذلك بسبب التراكيز المحسوسة لهذه الملوثات التي تقدر ببضعة أجزاء من المليون ppm أو حتى أقل من ذلك وربما تقاس بالمايكروغرامات في المتر المكعب (المايكروغرام يعادل جزء بالمليون من الغرام) لذا فإن مسألة تطوير واستخدام الأجهزة العالية الحساسية لملوثات الهواء تعتبر من أهم التحديات العلمية التي تواجه علماء البيئة والهندسة الكيماوية. وقد ظهر في التسعينات من القرن العشرين عدد من هذه الأجهزة ذات الحساسية العالية جعلت مهمة مراقبة تلوث الهواء بشكل أفضل.

فالهواء هو ذلك الجزء من الغلاف الجوي الاقرب الى سطح الارص والذي عندما يكون جافاً وغير ملوث فانه يتالف من العديد من الغازات أهمها من حيث النسبة هو غاز النتروجين الذي يؤلف 78.09% منه، ويليه غاز الأوكسجين الذي يؤلف ما نسبته 20.94% منه، ثم مجموعة كبيرة من الغازات الأخرى بنسب متناقصة لكنها ثابتة في جميع أجزاء الغلاف الجوي لعموم الكرة الأرضية ولغاية ارتفاع يبلغ أقصاه حوالي 75 كم، كما في (الجدول 1-1). علماً بأن بخار الماء وغاز ثنائي أوكسيد الكربون يختلفان كمياً حسب ظروف وعوامل معينة، كما أن هناك غازات أخرى لم تدرج في الجدول لانخفاض تراكيزها كثيراً.

Chemical Composition of Normal Air

Substance	% By Volume in Dry Air
N_2	78.09%
O_2	20.94%
Ar	0.93%
CO_2	0.03%
Ne	0.0018%
He	0.00052%
CH_4	0.00022%
Kr	0.00010%
N_2O	0.00010%
H_2	0.00005%
Xe	0.00008%

Note: 1 ppm by volume = 0.0001% by volume.

جدول(1-1): مكونات الهواء الجاف الغير ملوث

يمكن تعريف الهواء الملوث: بانه الهواء الذي يحوي في مكوناته مادة او اكثر بتركيز كاف لكي يترك اثاراً مضرة على صحة الانسان او الحيوان او النبات او الممتلكات يضاف الى هذا التعريف تاثير

الزمن(فاذا كانت فترة التعرض للهواء الملوث طويلة فانه سيترك اثراً مضراً حتى اذا كان تركيز المواد الملوثة قليلاً، بالاضافة الى ذلك سوف يترك اثراً مضراً اذا كان تركيز المواد الملوثة كبيراً حتى ان كان زمن التعرض قصيراً). هذه المواد الملوثة قد تكون بهيئة غاز او بخار او قطرات صغيرة جداً من سائل او جسيمات صلبة دقيقة، كذلك قد تكون من مصدر طبيعي كالغبار الذي تحمله الرياح او من صنع الانسان كغاز المداخن والسيارات.

تدخل الى الهواء كميات هائلة من المواد الملوثة سنوياً والتي لو تراكمت في الجو لاصبحت الحياة على سطح الكرة الارضية مستحيلة، الجدول (1–2) يعطي فكرة عن تراكيز الغازات والدقائق في الهواء النظيف والملوث.

Trace species concentrations in clean and polluted air

Parameter	Concentration (ppb)		Approximate residence time
	Clean air	Polluted air	
Particulates		$>100\ g/m^3$	
CO	120	1 000-10 000	65 days
CO_2	320 000†	400 000	15 years
SO_2	0.2–10	20–200	40 days
NO	0.01–0.6	50–750	1 day
NO_2	0.1–1	50–250	1 day
HNO_2	0.001	1–8	
HNO_3	0.02–0.3	3–50	1 day
O_3	20–80	100–500	?
NH_3	1–6	10–25	20 days
CH_4	1500	2500	8–10 years
N_2O	300		10–150 years
H_2S	0.2		
Pb	$5 \times 10^{-3}\ \mu g/m^3$	$0.5–3\ \mu g/m^3$	

† Carbon dioxide is not a pollutant in the strict sense, as its damage is to the upper stratosphere and not to the air quality at ground level.

Adapted in part from Seinfeld, 1986. Copyright © 1986. Reprinted by permission of John Wiley & Sons, Inc.

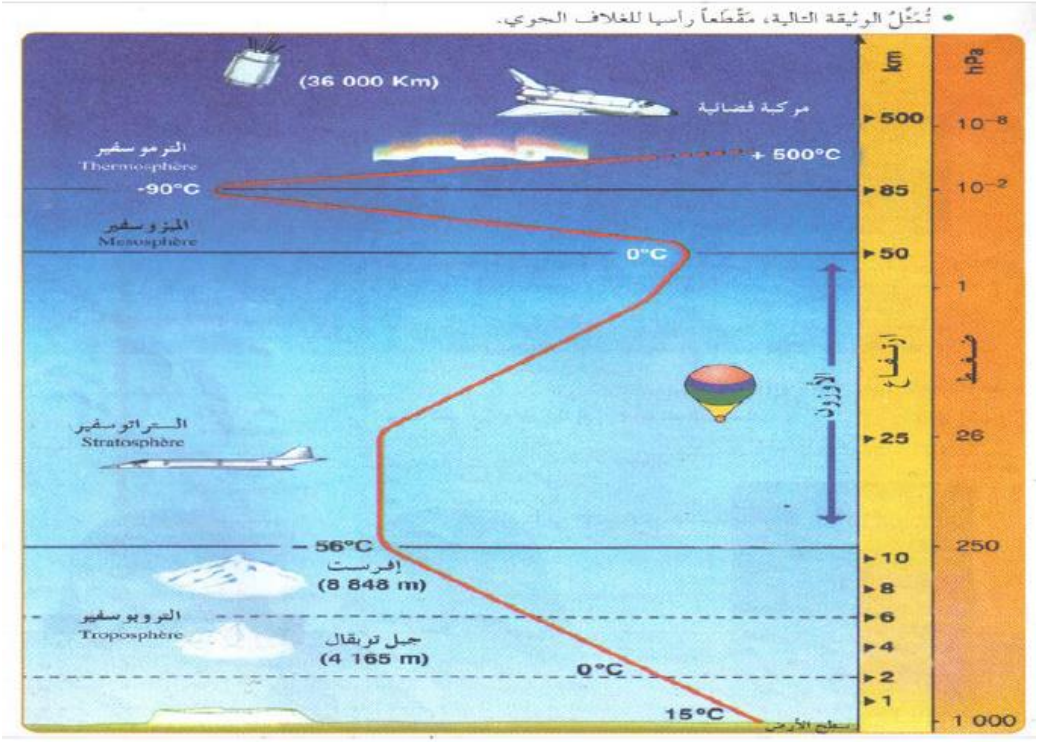
الجدول(1–2): يوضح تراكيز الغازات في الهواء الملوث والهواء النظيف

الواجب الاول: ماهو الـ Aerosols؟
مطلوب. (يسلم الاسبوع القادم لايجوز النقل بين اي طالبين).

يقسم الغلاف الغازي (الجوي) عادة إلى أربع طبقات (الشكل1-1):

فالطبقة السفلى الملامسة لسطح الأرض تدعى طبقة التروبوسفير Troposphere حيث يصل ارتفاعها إلى حوالي 8 كم عند القطبين و 16 كم عند خط الاستواء. تحتوي هذه الطبقة على كميات متفاوتة من الماء، حيث يكون الماء موجوداً بحالته الغازية كبخار ماء أو متكثفا على هيئته السائلة بشكل غيوم أو ضباب وقد يكون بهيئته الصلبة على شكل حالوب أو ثلج، هذه الطبقة هي الأكثر عرضة للتغيرات المناخية وكذلك للتأثيرات السلبية المباشرة لأنشطة الإنسان. ويرى علماء المناخ والأرصاد الجوية أن طبقة التروبوسفير قد ظهر فيها طبقة كثيفة من الملوثات تشاهد من فوق المحيطات والقطب الشمالي، بل أحيانا تظهر مثل هذه الطبقة عند النظر من بناية مرتفعة في منطقة صناعية أو سكنية.

تقع الطبقة الثانية المسماة الستراتوسفير Stratosphere فوق طبقة التروبوسفير حيث تتراوح ارتفاعها بين 12-50 كم فوق سطح الأرض. وتختلف عن طبقة التروبوسفير باحتوائها على كميات قليلة جدا من بخار الماء. لذا فإنها تخلو من الغيوم بينما تكون درجات الحرارة فيها ثابتة أو تزداد مع الارتفاع بعكس طبقة التروبوسفير التي تتناقص فيها الحرارة مع الارتفاع. تحتوي هذه الطبقة على غاز الأوزون، وتقوم طبقة الأوزون بامتصاص كميات كبيرة من الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet ذات الطول الموجي القصير وهذه الأشعة المؤينة UV تصل الى سطح الارض عند غياب طبقة الاوزون أو قلة سمكها مما تؤدي إلى هلاك جميع أو معظم الأحياء على سطح الأرض. ومن ذلك تتضح أهمية طبقة الأوزون لاستقرار الحياة.



الشكل(1–1): طبقات الغلاف الجوي

أما الطبقة الثالثة الميزوسفير Mesosphere فإنها تمتد لارتفاع يتراوح بين 50–80 كم فوق سطح الأرض. وتحتوي على كتل غازية أقل من الطبقتين التي أسفلها. وتكون هذه الطبقة خالية من بخار الماء. وتتناقص درجات الحرارة مع الارتفاع في هذه الطبقة.

اما الطبقة الجوية الرابعة فتعرف بطبقة الثرموسفير Thermosphere والتي تبدأ عند ارتفاع يقدر بحوالي 80 كم فوق سطح الأرض. وتكون هذه الطبقة خالية كذلك من الماء. وترتفع درجات الحرارة فيها تدريجياً مع الارتفاع. أما الغازات المتواجدة فيها فإنها تكون بالحالة الذرية (الايونية)، و تمتد هذه الطبقة إلى نهاية الغلاف الجوي على بعد 40 ألف كم من سطح الأرض. ويعرف الجزء العلوي من طبقة الميزوسفير والجزء السفلي من طبقة الثرموسفير بطبقة الايونوسفير Ionosphere، ويعود سبب هذه التسمية لوجود الأيونات الحرة فيها.

المصادر الرئيسة للتلوث

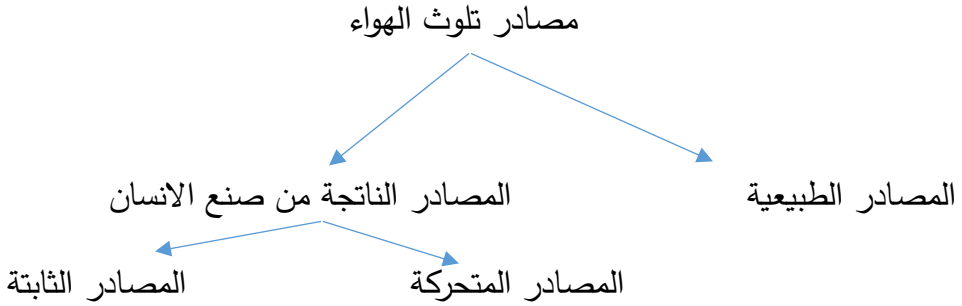
يمكن تلخيص أهم مصادر تلوث الهواء بما يأتي:

1- احراق مختلف أشكال الوقود للحصول على الطاقة كما هو مألوف في العديد من الاستخدامات الصناعية والتجارية والمنزلية.

2- الملوثات المطروحة من قبل مختلف وسائط النقل التي تستخدم البنزين أو الديزل.

3- الفضلات الغازية والغبار والحرارة والدقائق المتطايرة والمواد المشعة وغيرها من العناصر التي تنفث إلى الأجواء، كما يحدث ذلك من مداخن المصنع والمعامل مثل صناعة الاسبست والاسمنت وغيرها.

4- المصادر الطبيعية كالبراكين، حرائق الغابات، الاتربة، العواصف.



أنواع الملوثات في الهواء

يمكن تقسيم الملوثات في الهواء إلى مجموعتين رئيسيتين هما الدقائقيات العالقة والملوثات الغازية.

أولاً: الدقائقيات Particulates :

يقصد بالدقائقيات هي المواد المنتشرة كافة سواء كانت دقائق صلبة أم قطيرات سائلة عالقة في الهواء. وتشمل الدقائق الكبيرة كلاً من الرمال والرماد المتطاير والغبار والسخام Soot في حين تشمل الدقائق الصغيرة كلا من الدخان والضباب والهباء الجوي Aerosols . وتشكل الدقائقيات مجموعة واسعة من ملوثات الهواء وتكون معلقة في الهواء. وتتنوع أشكالها وتركيبها الكيماوي وتأثيراتها السمية أو الصحية بالاضافة الى حركتها وبقائها في الهواء. وهذه الدقائق لا يشترط فيها أن تكون قابلة للملاحظة او الرؤية بالعين المجردة فهي قد تكون أليافاً متناهية الدقة أو قطيرات ضبابية أو حبيبات لقاح الأزهار أو غبار صناعي أو طبيعي وغيرها. إن الغالبية العظمى من الدقائقيات هي ذات منشأ طبيعي مثل

الدقائق الترابية والرملية المتطايرة من الأراضي الجرداء والصحاري. أما المصادر غير الطبيعية (البشرية المنشأ) فتشمل عمليات حرق الوقود في الصناعة وإنتاج الطاقة ومعامل إنتاج السمنت وطحن الحبوب وغيرها أو في المواصلات وما ينبعث عنها من كميات كبيرة من الدقائق الكربونية التي تدعى بالسخام Soot. اوقد تصدر من رش المبيدات في الحقول بخاصة عند استخدام الطائرات، فضلا عن عمليات الإنشاء والبناء وتعبيد الطرق وغيره.

من أهم المجاميع الرئيسة للدقائقيات في الهواء هي:

1- الرمال Grit
2- الغبار الطبيعي Natural dust
3- الدخان Smoke
4- الهباء (الغبار) الجوي Aerosols
5- الضباب Mist
6- السخام Soot
7- الغبار الصناعي Artificial dust
8- حبوب اللقاح Pollen grains

1- الرمال Grit هي الدقائق الصلبة العالقة في الهواء والتي يزيد قطرها عن 500 ميكرون.

2- الغبار الطبيعي Natural dust: هي الدقائق الصلبة العالقة في الهواء والتي يتراوح قطرها بين 25-200 ميكرون. وهي من أكثر أنواع الدقائقيات في الهواء شيوعاً وانتشاراً ومصدرها طبيعي وهو من طبقات القشرة الأرضية المخلخلة والمعرضة إلى تيارات الهواء حيث تتطاير حال توفير الظروف المناخية الملائمة. وتساهم عمليات إزالة الغطاء الخضري مثل قطع الأشجار ورعي الحيوانات الجائر فضلاً عن حركة السيارات ووسائط النقل الأخرى في الطرق غير المعبدة، في توفير مزيد من المساحات من القشرة الأرضية المعرضة لتطاير دقائقها مع الرياح.

3- الدخان Smoke: هو عبارة عن المواد الدقيقة الناتجة من عمليات الحرق المختلفة والتي تطلق دقائق لا يزيد قطرها عن 2 ميكرون، ويشكل الكربون غالبتها العظمى.

4- الهباء الجوي Aerosols: هي الدقائقيات الصلبة أو السائلة العالقة في الهواء والتي يقل قطرها بصورة عامة عن واحد مايكرون.

5- الضباب Mist: يشمل الضباب كلاً من القطيريات السائلة والعالقة في الهواء التي تصل أقطارها إلى 100 مايكرون أحيانا.

6- السخام Soot: يتمثل بجزيئات الكاربون المتناهية الدقة.

7- الغبار الصناعي Artificial dust: يصدر من نشاط الصناعات المختلفة مثل صناعة الإسمنت والجبس وعند تقطيع أحجار المرمر لإنتاج قطع البناء وتقطيع جذوع الأشجار في إنتاج الخشب وغيرها مما يتسبب عنه تطاير كميات كبيرة من جسيمات دقيقة في الهواء.

8- حبوب اللقاح Pollen grains: يلاحظ في موسم الربيع تكثر جسيمات تنطلق من النباتات الزهرية التي هي حبوب اللقاح وتمتاز دقائقها بكبر حجمها وقد يتعرض بعض السكان إلى أعراض حالات من الحساسية الجلدية أوتورم العينين أو رشح الأنف وغيرها.

يوجد في الهواء كذلك عدد من المواد التي تأخذ شكل جزيئات أو جسيمات أو حبيبات كالاسبست الذي يسبب مرض الاسبستوس Aspestose وسرطان الرئة الذي ينتشر بين عمال المصانع والمناجم. كما توجد أشكال أخرى للضباب الدخاني، ففي فصل الشتاء وعند تواجد تراكيز عالية من غاز ثنائي أوكسيد الكبريت SO_2 والهايدروكاربونات يتكون الضباب الدخاني المعروف بضباب لندن London smog.

هناك علاقة بين نوعية هذه الدقائقيات وقطرها وتأثيرها في البيئة وفي صحة الإنسان. من وجهة نظر التلوث الهوائي فإن الدقائق الأكثر أهمية هي تلك التي يتراوح قطرها بين 0.1-10 مايكرون التي تكون تقريباً بحجم البكتيريا والتي لا تميزها العين المجردة. حيث أن عين الإنسان يمكن أن تميز الدقائق التي يزيد قطرها عن 100 مايكرون. إن الجزيئات التي هي أصغر من واحد مايكرون تنتج على الأكثر من تكثف المواد المتبخرة بعد الاحتراق. أما الدقائق الأكبر من 10 مايكرون فإنها تنتج على الأكثر من العمليات الآلية مثل الطحن والبرد. وتتلخص التأثيرات التي تحدثها الدقائقيات على الظروف الجوية والمحلية وعلى الكائنات الحية كونها تعمل على حجب أشعة الشمس وكذلك تعمل

على خفض درجات الحرارة عند سطح الأرض، كما أنها تساهم في ظهور الضباب والأمطار في المدن.

كما أن هذه الدقائقيات تسبب ضرراً لصحة الإنسان والحيوان خاصة في الجهاز التنفسي والأمراض الجلدية وأمراض العيون فضلاً عن تأثيراتها على النباتات حيث عند تراكمها على أوراقها فتسبب تثبيط عملية النتح خلال سد الثغور وكذلك تقليل شدة الإضاءة التي تصل إلى النسيج المتوسط للأوراق مما يؤثر في عملية البناء الضوئي. وما تعمله الدقائقيات في ظاهرة إنخفاض الرؤية تتطلب استخدام الأضواء بدرجة أكبر مما يبرز الحاجة لاستهلاك الطاقة الكهربائية اكثر وهذا يرافق إنتاج التلوث المعروف لمصانع القوة الكهربائية. ويعتمد سلوك الملوثات على حجم الدقائق والزمن الذي تحتاجه للاستقرار في الأجواء، فالدقائق التي يزيد حجمها عن 50 مايكرون تكون خطورتها التلوثية قصيرة الأمد. قد تبقى بعض الملوثات الدقائقية لمدد زمنية مختلفة حيث يمكن أن تعاني تفاعلات كيماوية تؤدي إلى تكوين ملوثات ثانوية. بالاضافة الى أن بعض الدقائق الغازية والصلبة الصغيرة يمكنها أن تبقى عالقة في الأجواء لأيام أو أسابيع وربما لشهور أو سنوات وحسب موقعها في الطبقات الجوية المختلفة. وعلى سبيل المثال قد تبقى في طبقة التروبوسفير لمدة من 6- 14 يوماً، بينما تبقى في طبقة الستراتوسفير العليا فقد تمكث لفترة تتراوح بين 1-3 سنوات، وفي طبقة الميزوسفير لمدة 5-10 سنوات. إن زيادة نسبة الترسبات الدقائقية الكبيرة على سطح الأرض فإنها تؤثر على التآكل الكيماوي والتعرية للمواد البنائية والمعادن والتماثيل والمعالم الاثارية المختلفة.

يمكن تصنيف الجسيمات تبعاً لحجمها الى ما يلي:

1) الجسيمات المتساقطة و هي تلك الدقائق التي لا تلبث أن تعود إلى الارض بعد انطلقها من مصادرها بتأثير الجاذبية الارضية، و يطلق عليها اسم الغبار الساقط. و يزيد قطر هذه الجسيمات عن عشرة مايكرون، و هذه الجسيمات لها تاثير على العيون و المنشأت الصناعية و الابنية و الممتلكات.

2) الجسيمات العالقة الكلية : وهي تلك الجسيمات التي يتراوح قطرها بين من 0.1 إلى 10 مايكرون، و تبقى فترة طويلة معلقة في الهواء. أما معدل ترسبها فهو بطيء نسبيا و يتوقف على الظروف

الطبيعية من رطوبة أو رياح أو حرارة و غيرها. و تعتبر الجسيمات العالقة إخطر الجسيمات الملوثة للهواء حيث من الممكن أن تصل للرئتين و تستقر هناك.

3) الجسيمات العالقة الدقيقة و هذه الجسيمات صغيرة جداً و قطرها أقل من 0.1 مايكرون، و من الصعب ترسبها و لها حركة عشوائية. و لا تشكل هذه الجسيمات خطرا كبيراً على صحة الانسان، مع انها تصل إلى الرئتين بسهولة، حيث تستطيع الرئتين نفثها أثناء الزفير.

ثانياً: الملوثات الغازية Pollutant gases وتشمل:

1- الهيدروكربونات Hydrocarbons
2- غاز أحادي أوكسيد الكربون CO
3- ثنائي أوكسيد الكربون CO_2
4- أكاسيد النيتروجين Oxides of nitrogen (NO_x)
5- أكاسيد الكبريت Sulpher oxide (SO_x)
6- غاز كبريتيد الهيدروجين Hydrogen Sulphide (H_2S)

1- الهيدروكربونات Hydrocarbons:

تتكون الهيدروكاربونات من الهايدروجين والكاربون، وتعد الانواع المعروفة منها بالمئات وتوجد بشكل غازي او سائل او صلب. ولاتعد الهيدروكاربونات بحد ذاتها مواد ملوثة خطرة عدا القليل منها ولكن تكمن خطورتها في تفاعلاتها اللاحقة مع الملوثات الاخرى بوجود ضوء الشمس والاوكسجين ومواد اخرى في الجو. من بعض الامثلة على مركبات هيدروكاربونية توجد في اجواء المدن

(غاز الميثان CH_4: مصدره مصافي النفط ومصادر طبيعية من التفسخ البكتيري).

(غاز الاثيلين: من مصافي النفط).

(البنزين: من مصافي النفط، العمليات الصناعية، المختبرات الكيميائية).

2- غاز أحادي أوكسيد الكربون CO:

يتميز هذا الغاز بان ليس له لون او طعم او رائحة، ويوجد بالهواء الطبيعي غير الملوث عند تركيز لايزيد على 0.1 جزء من المليون. ينتج هذا الغاز بسبب الاحتراق غير الكامل للوقود، وخصوصا في وسائل النقل وذلك لعدم توفر الاوكسجين الكافي للاحتراق، كما ان كمية هذا الغاز تتناسب عكسيا مع

سرعة المحرك فعندما تكون السرعة 18 كم/ساعة فان نسبة غاز اول اوكسيد الكاربون قد تصل الى 5% من مجموع الغازات المنطلقة من العادم وعندما تصل السرعة الى 110 كم/ساعة تقل هذه الكمية لتصل الى حوالي 2%، مما يفسر الارتفاع الكبير في تركيز غاز CO داخل المدن عنه في الطرق الخارجية. يعد هذا الغاز من اشد الغازات الملوثة للهواء سمية بسبب قدرته على الاتحاد مع هيموجلوبين الدم بدلا من الاوكسجين مكونا كربوكسي الهيموجلوبين. ان زيادة تركيز الـ CO في الجو عن 9 جزء من المليون يسبب: ضعف في القوة، ارتخاء في عضلات الجسم وبذلك لايستطيع المصاب المشي خارج المكان، ضعف في السمع، نقص في الرؤية، غثيان وقئ، انخفاض في الحرارة، اخيرا الاغماء والوفاة خلال ساعتين.

3- ثنائي أوكسيد الكاربون CO_2:

هو احد مكونات الهواء الطبيعي إذ يصل تركيزه في الهواء 0.03%، وهو غير ملوث ولكن الزيادة الحادة في نسبته يصبح ملوث، ينتج هذا الغاز من عمليات احتراق الوقود الاحفوري (فحم، بترول، غاز طبيعي) أو أي مادة عضوية أخرى كالخشب، ويؤكد العلماء إن كمية هذا الغاز أخذت في التزايد مع بداية الثورة الصناعية وذلك بسبب الكميات الهائلة من الوقود التي تحرقها وتستهلكها المنشآت الصناعية ومحطات القوى الكهربائية ومحركات السيارات ووسائل النقل والمواصلات المتنوعة التي باحتراقها تؤدي الى استهلاك غاز الاوكسجين واطلاق غاز ثنائي اوكسيد الكاربون بكميات كبيرة أكبر بكثير مما يمكن للغطاء النباتي استهلاكه. يساهم هذا الغاز في إرتفاع درجة حرارة الارض وهو ما يعرف بظاهرة الاحتباس الحراري او تأثيرات البيت الزجاجي وترتبط نسبته ارتباطاً وثيقاً بنسبة الاوكسجين فكلما زادت نسبة غاز الاوكسجين تقل نسبة غاز ثنائي اوكسيد الكربون وبالعكس إذ تستخدم النباتات جزءاً كبيراً من هذا الغاز في عملية التركيب الضوئي وبهذا فإن تقلص المساحات الزراعية وقلة النبات الطبيعي بسبب الاستخدام البشري يؤدي إلى بقاء كميات كبيرة من هذا الغاز في الجو، يؤدي هذا الغاز في حالة وجوده بتراكيز عالية إلى عدة أمراض اكثرها في الجهاز التنفسي مثل التهاب القصبات الهوائية والربو وغيرها.

4- أكاسيد النيتروجين Nox :

يقصد بأكاسيد النيتروجين مركبات النيتروجين الغازية و التي تتكون عند اتحاد النيتروجين و الأوكسجين تحت درجات حرارة عالية كما هي الحال عند احتراق البنزين في المركبات كالسيارات وغيرها. ومن

أهم هذه المركبات أول أكسيد النيتروجين NO، و ثاني أكسيد النيتروجين NO_2. و هذه الغازات سامة حيث تكون حامض النتريك، و قد تؤدي إلى الموت خلال نصف ساعة إذا وصلت نسبتها في الهواء إلى(0.07%)، و تتحد هذه الأكاسيد أيضاً مع هيموغلوبين الدم و تمنع نقل الأوكسجين إلى الخلايا. و يتعرض الأطفال أكثر من غيرهم لهذا النوع من التسمم و يلاحظ في الحالة ازرقاق الشفاه عند الأطفال و تعد أكاسيد النيتروجين من الملوثات التي تسبب تساقط الأمطار الحامضية في المناطق الصناعية في أوربا و كندا و الولايات المتحدة.

تتفاعل أكاسيد النيتروجين في الهواء مع المركبات الهيدروكربونية و الأوكسجين في فترات الإشعاع الشمسي العالي (و بخاصة في فصل الصيف) بواسطة تفاعلات ضوئية بفعل الأشعة فوق البنفسجية (أشعة UV)، تتحول بذلك إلى مركبات شديدة الأكسدة من أهمها غاز الأوزون و مركب نترات البروكسي اسيل (Perxyacetylnitrate = PAN) و هي التي تهاجم الأغشية المخاطية و العيون و الجهاز التنفسي. و عند ارتفاع تركيز الأوزون في الجو يقل مدى الرؤيا و تسمى هذه الحالة بالضباب الكيميائي الضوئي (Photochemical smog) أو ضباب لوس أنجلس. و من أهم مصادر أكاسيد النيتروجين عوادم المركبات المختلفة و مصانع حامض النتريك و محطات الطاقة الكهربائية التي تستخدم الوقود الحفري.

5- أكاسيد الكبريت SOx :

و تشمل ثاني أوكسيد الكبريت SO_2 و ثالث أكسيد الكبريت SO_3 ، يعد غاز ثاني أوكسيد الكبريت SO_2 عديم اللون و ذو رائحة حادة يؤدي إلى السعال. و ينتج القسم الأعظم منه بسبب احتراق الوقود الاحفوري، إذ يحتوي الوقود الاحفوري على نسب مختلفة من الكبريت الذي يخرج إلى الغلاف الجوي على شكل ثاني أوكسيد الكبريت عند احتراقه، و يتفاعل غاز ثاني أكسيد الكبريت مع أوكسجين الهواء و بخار الماء و ينتج حامض الكبريتيك H_2SO_4. و تتعرض المباني و بخاصة القديمة (الأثرية) إلى تأثير حامض الكبريتيك الذي يؤدي إلى تأكل أو تجوية هذه المباني.

6- غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S:

غاز ذو رائحة تشبه رائحة البيض الفاسد ويتكون من تحلل المواد العضوية مثل مياه الصرف الصحي، يصدر غاز كبريتيد الهيدرجين عن بعض الصناعات كناتج عرضي أو مباشر ويمكن تلخيص مصادر غاز كبريتيد الهيدروجين الطبيعية و الصناعية كما يلي:

* الغازات البركانية. * تخمر النباتات والبروتين الحيواني. * حقول وابار الغاز الطبيعي. * ينتج بفعل البكتريا في المجاري. * بعض البحيرات او المستنقعات الملحية. اما مصدره بشكل صناعي ناتج عرضي في بعض الصناعات (إنتاج الكاربون، صناعة الحرير، تفحيم لب الخشب، دباغة الجلود). *نقل وتخزين ومعالجة النفط الخام. *عمليات نزع الكبريت من المشتقات النفطية. *معالجة مياه الصرف الصحي.

الضبخان Smog(Smoke+Fog)

شكل من اشكال تلوث الهواء بشكل خليط من الدخان والضباب فوق المدن والمناطق الصناعية، كان قديما يسببه احتراق الفحم بكميات كبيرة ينتج عن اختلاط الدخان بثاني اوكسيد الكبريت أما حاليا فتسببه الانبعاثات والعوادم الصادرة من المصانع والسيارات خاصة الملوثات الهيدروكربونية وأكاسيد النيتروجين التي تنبعث منها فتتحول بفعل اشعة الشمس إلى ملوثات مؤكسدة مثل غاز الأوزون، وهو ما يسمى بظاهرة الضباب الضوئي الكيميائي Photochemical smog، او ضباب لوس انجلس. هناك نوعان من الضبخان:

النوع الأول هو مزيج من الجسيمات الدقيقة و أكسيد النيتروجين الناتجين من عادم احتراق الوقود الأحفوري في محركات المركبات و الشاحنات و محطات توليد الكهرباء و المصانع.

النوع الآخر من الملوثات هي مركبات عضوية غير مستقرة من الأصباغ و المذيبات و المبيدات و كيماويات أخرى بالاضافة الى أن الجازولين و أنواع أخرى من البتروكيماويات و المذيبات تتبخر مباشرة إلى الغلاف الجوي لتزيد من كميات الأوزون.

يمكن لهذا النوع من للضبخان أن يتكون في مختلف المناخات، إلا أنه يكون أسوأ في الأجواء الدافئة المشمسة التي يكون فيها الهواء في الطبقات الأعلى دافئاً. منذ أواخر القرن التاسع عشر كان الضبخان معلما من معالم الحياة في لندن. و في 1952 تسببت موجة الضبخان الكبرى في إظلام سماء المدينة و موت 12000 شخص. في البداية ألقت الحكومة باللوم على وباء الزكام بدلا من الاعتراف بأن السبب الحقيقي كان دخان احتراق الفحم، إلا أن التشريعات كانت صارمة أدت إلى تحسين الوضع. وفقاً لوكالة حماية البيئة الأمريكية فإن الهواء يكون مضراً بالصحة إذا ما احتوى أكثر من 80 جزءا في البليون من الأوزون (و هو المكون الرئيس للضبخان)، أو أكثر من 53 جزءا في البليون من ثنائي أكسيد النيتروجين، أو أكثر من 80 جزئا في البليون من الجسيمات الدقيقة.

اهم مركبات تلوث الهواء

ماهو اخطر ملوث للهواء؟

ان اجابة هذا السؤال تعتمد على تركيز الملوث اولاً و على فترة التعرض ثانياً ولكن اذا تساوى التركيز وفترة التعرض للملوث يصبح من الممكن ترتيب الملوثات حسب خطورتها.

بما ان غاز CO يعد اكثر الملوثات الهوائية شيوعاً فمن المفيد اخذه كمعيار لقياس خطورة الملوثات الرئيسية المختلفة، ومن اليقين ان بعض الملوثات الاقل شيوعاً يمكنها ان تفوق اخطر الملوثات الهوائية الرئيسية الشائعة، والجدول ادناه يفيد في معرفة معامل تاثير عناصر التلوث الرئيسية المختلفة.

الملوث	مستوى الاحتمال(التركيز الاقصى المسموح به) $\mu g/m^3$	معامل التاثير
CO	5600	1
SO_x	365	15.3
الدقائق	260	21.5
NO_x	250	22.4
HC	45	125

ان مستوى الاحتمال الوارد في الجدول اعلاه يعني اعلى تركيز للملوث يمكن تحمله من قبل الانسان.

ومن الجدول نلاحظ ان غاز CO هو اقل سمية من بقية الملوثات الرئيسية.

ومن قيم مستوى الاحتمال الواردة في الجدول يمكن ايجاد معامل تاثير كل ملوث بقسمة مستوى الاحتمال لغاز CO على مستوى احتمال بقية الغازات الاخرى.

فمثلاً جد معامل التاثير لغاز SO_x :

الحل: معامل التاثير للـ SO_x= 365/5600 =15.3 وهكذا بالنسبة لبقية الملوثات الاخرى.

ملاحظة1: لو فرضنا ان غازات CO و ال NO_x وجدت بمكان بما بنفس التركيز فهذا يعني ان غازات الـ SO_x اخطر بـ 15.3 مرة من غازات CO.

ملاحظة 2: لايجاد خطورة اي ملوث نقوم بقسمة تركيزه في الجو على مستوى احتماله. فمثلا درجة خطورة 100 مايكروغرام/$م^3$ من غازات NO_x تساوي:

اذا الخطورة = تركيز الملوث / مستوى الاحتمال 100/250=0.4.

ملاحظة 3: لايعد اي ملوث خطراً مادامت خطورته اقل من 1.

وحدات قياس التلوث:

1- وحدات وزنية : للغازات والدقائقيات أي للملوثات الصلبة والسائلة والغازية ، مثل : g/l أو g/m^3.

2- وحدات حجمية : للملوثات الغازية فقط ونعبر عنها ب PPM والتي تعني وحدة حجم ملوث غازي في مليون وحدة حجم من الهواء (اي جزء من الملوث لكل مليون جزء من الهواء).

في حال لدينا غاز بـ $\mu g /m3$ وأردنا تحويله لـ PPM نستخدم القانون التالي للتحويل بين الوحدات الحجمية والوزنية حصراً للغازات:

$$\text{Con.in } \mu g/m^3 = \frac{\text{con. in PPM} * \text{M.W}}{\mathbf{24.5}} * 10^3$$

يطبق هذا القانون عند درجة حرارة 25 درجة مئوية وضغط 1 جو.

اما اذا كانت درجة الحرارة عند درجة الصفر المئوي نستخدم القانون التالي:

$$\text{Con.in } \mu g/m^3 = \frac{\text{con. in PPM} * \text{M.W}}{\mathbf{22.41}} * 10^3$$

مثال 1:

الغازات الخارجة من عادم سيارة يحتوي (15000 PPM) من اول اوكسيد الكاربون، ماهو تركيز اول اوكسيد الكاربون معبراً عنه بالملي غرام/م^3 عند درجة حرارة 25 درجة مئوية؟

الحل:

$$\text{Con.in } \mu g/m^3 = \frac{\text{con. in PPM} * \text{M.W}}{\mathbf{24.5}} * 10^3$$

الوزن الجزيئي للـــ CO=28

$$\mu g/m^3 = \frac{15000 * 28}{24.5} * 10^3$$

$$\mu g/m^3 = 1.7 * 10^7$$

$$\text{in mg/m}^3 = 1.7*10^7/10^3 = 1.7*10^4 \text{ mg/m}^3$$

ولو اردنا ان نجده عند درجة الصفر المئوي نقسم المقام على 22.41 ونكمل

$$\text{Con.in } \mu g/m^3 = \frac{\text{con. in PPM} * \text{M.W}}{\mathbf{22.41}} * 10^3$$

$$\mu g/m^3 = \frac{15000 * 28}{\mathbf{22.41}} * 10^3 = 1.8*10^7$$

مثال 2:
تركيز الاوزون في جو منطقة يبلغ 118 مايكروغرام/ متر مكعب عند درجة حرارة 25 درجة مئوية، احسب تركيزه مقدراً بوحدة PPM؟
الحل:

$$118 = \frac{\text{con. in PPM} * 16*3}{\mathbf{24.5}} *10^3 = 0.06 \text{ PPM}$$

مثال 3:
خلال كارثة لندن الشهيرة عام (1952) قدر بان كمية الفحم الحجري المستخدمة كوقود والمحروقة كانت (25000 طن) وبمحتوى كبريتي بلغ (4%)، والتي امتدت بحجم ($1.8*10^{11}$ m^3) كم كان تركيز SO_2 بعد حرق الفحم؟
الحل:

$$\text{كمية الكبريت (S)} = 25000* \frac{\mathbf{4}}{\mathbf{100}} = 1000 \text{ Ton}$$

$$S + O2 \longrightarrow SO2$$
$$32 \qquad\qquad 32+16*2=(64)$$
$$1000 \qquad\qquad X$$

$$X= \frac{\mathbf{64 *1000}}{\mathbf{32}} = 2000 \text{ Ton} = 2000*10^6 \text{ gm}$$

ملاحظة: طن =1000 كغم
والكغم =1000 غرام

$$\text{Concentration} = \text{gm/m}^3$$

$$= \frac{\mathbf{2000*10^6}}{\mathbf{1.8 * 10^{11}}} = 0.011 \text{ gm/m}^3 = 11000 \ \mu\text{g/m}^3$$

تلوث الهواء الداخلي

نهتم كثيرا بتلوث الهواء الخارجي ولكن بالكاد نأتي على سيرة تلوث الهواء داخل منازلنا، مع أننا نقضي القسم الأعظم من حياتنا داخل البيت. وتلوث الهواء الداخلي ليس ظاهرة جديدة، بل هو موجود منذ العصر الحجري عندما كان الإنسان يشعل النار في الحطب أو الفحم داخل جدران الكهوف المأهولة من أجل التدفئة أو لأغراض أخرى.

كثير من الناس عندما يفكرون في تلوث الهواء يفكرون في الضباب الدخاني وانبعاثات السيارات، وهذا ما يسمى بتلوث الهواء الخارجي ولكنه يكون أكثر خطورة عندما يصبح تلوث الهواء داخلياً، يحدث تلوث الهواء الداخلي عندما تلوث بعض ملوثات الهواء من الجسيمات والغازات هواء المناطق الداخلية، حيث يمكن أن تسبب ملوثات الهواء أمراض الجهاز التنفسي أو حتى السرطان.

يشير تلوث الهواء في الأماكن المغلقة إلى التلوث الكيميائي والبيولوجي من الهواء في الأماكن المغلقة الذي قد يؤدي إلى آثار صحية ضارة، في البلدان النامية المصدر الرئيسي لتلوث الهواء الداخلي هو دخان الكتلة الحيوية الذي يحتوي على الجسيمات العالقة (PM5) وثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) وثاني أكسيد الكبريت (SO_2) وأول أكسيد الكربون (CO) والفورمالديهايد والهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات (PAHs).

يعِد الملايين من الأشخاص حول العالم وجباتهم باستخدام الطرق التقليدية (مثل الخشب والفحم ومخلفات المحاصيل) على النيران المكشوفة، يمكن لمثل هذه الممارسات أن تزيد من كمية ملوثات الهواء داخل المنزل ويمكن أن تسبب أيضًا مشاكل صحية خطيرة، وفقًا لمنظمة الصحة العالمية يموت اكثر من 3 مليون شخص سنويًا بسبب التعرض لتلوث الهواء المنزلي.

إذا ماذا يمكننا أن نفعل بشأنه؟ هذا هو السؤال الذي يطرحه الكثيرون على أنفسهم كل يوم وقبل أن تتمكن من فهم تأثيرات تلوث الهواء الداخلي تمامًا، يجب أن نكون قادرين أولاً على فهم أسباب ذلك بالإضافة إلى ما يمكننا القيام به لتحسين جودة الهواء في الداخل والخارج.

بعض أسباب تلوث الهواء الداخلي:

الأسبستوس:

هو سبب لتلوث الهواء الداخلي، حيث يمكن العثور على الأسبستوس في العديد من المواد المستخدمة بشكل شائع في صناعة السيارات وكذلك في بناء المنازل، توجد بشكل شائع في الطلاء والدهانات ومواد البناء وبلاط الأسقف والأرضيات. إذا تم العثور على الأسبستوس في بعض المنازل فإنه يمكن

أن يسبب لك مشاكل صحية خطيرة للغاية مثل سرطان الرئة وتليف وورم الظهارة المتوسطة وأنواع أخرى مختلفة من السرطان.

الفورمالديهايد:

هو سبب آخر لتلوث الهواء الداخلي، الفورمالديهايد هو مركب عضوي من فصيلة الألدهيدات ذو الصيغة الكيميائية CH_2O هو غاز عديم اللون له رائحة نفاذة مميزة ولم يعد ينتج في الولايات المتحدة بسبب حظره في عام 1970 ولكن لا يزال من الممكن العثور عليه في الدهانات ومانعات التسرب والأرضيات الخشبية، يستخدم السجاد والمفروشات الفورمالديهايد كمادة لاصقة دائمة. يمكن أن يسبب الفورمالديهايد وهو أحد أكثر ملوثات الهواء الداخلية شيوعًا مشاكل صحية، فقد يعاني الإنسان من تهيج في الحلق والعينين والأنف وكذلك ردود فعل تحسسية، تم تصنيفها على أنها مادة مسرطنة بشرية معروفة من قبل منظمة الصحة العالمية وكانت هناك عدة حالات تسبب فيها أيضًا في الإصابة بالسرطان.

غاز الرادون:

الذي يمكن العثور عليه تحت المنزل في أنواع مختلفة من حجر الأساس ومواد البناء الأخرى ويمكن أن يكون أيضًا سببًا لتلوث الهواء الداخلي، يمكن أن يدخل الرادون إلى جدران المنزل ويعرض الفرد وعائلته للخطر. يعتبر الرادون الموجود في المنزل ثاني سبب رئيسي لسرطان الرئة في معظم دول العالم.

دخان التبغ:

هو تجمع لجسيمات معلقة في الهواء ناتج عن الاحتراق غير الكامل للتبغ أثناء تدخين السجائر، الذي يأتي من الأماكن الخارجية والداخلية والذي يمكن أن يكون أيضًا ملوثًا للهواء الداخلي. يتسبب دخان التبغ في إصابة الأفراد بتهيج شديد في الجهاز التنفسي والالتهاب الرئوي والتهاب الشعب الهوائية وانتفاخ الرئة وأمراض القلب وكذلك سرطان الرئة.

الملوثات البايولوجية:

مثل العفن والبكتيريا والفيروسات وحبوب اللقاح وعث الغبار ووبر الحيوانات والعديد من الملوثات الأخرى، التي يمكن أن تدخل المنزل من المناطق الخارجية، هذه الملوثات التي تنمو في البيئات الرطبة يمكن أن تجعل الفرد مريضًا. إذا دخلت الملوثات مثل وبر الحيوانات أو عث الغبار أو البكتيريا الأخرى إلى المنزل فستكون هناك أيضًا بعض الآثار الخطيرة منها: ستبدأ في الشعور بأعراض الربو وتهيج الحلق والأنفلونزا وأنواع أخرى من الأمراض المعدية

شمع البرافين:

هو مادة صلبة في درجة حرارة الغرفة ويبدأ في الذوبان عندما تصل درجة الحرارة أعلى من 37 درجة مئوية.

أبخرة شمع البرافين المستخدمة في المنزل يمكن أن تسبب تلوث الهواء الداخلي، وفقًا للدراسة التي أجرتها جامعة ولاية كارولينا الجنوبية فإن الشموع المصنوعة من شمع البارافين تطلق مواد كيميائية سامة مثل التولوين والبنزين التي يمكن أن تتراكم بسرعة إلى مستوى غير صحي في المناطق المغلقة.

الجسيمات الدقيقة والغازات من الآلات المكتبية والقرطاسية:

مثل آلات التصوير وطابعات الليزر وسوائل التصحيح والرسومات والمواد الحرفية وغيرها يمكن أن تطلق جزيئات فائقة الدقة والمركبات العضوية المتطايرة التي يمكن أن تخترق عمق الرئتين.

مبيدات الآفات التي نستخدمها في المنزل وحوله:

لكي نستطيع قتل الآفات المنزلية يجب أن نستخدم منتجات مكافحة الحشرات والنمل الأبيض والقوارض والفطريات والميكروبات التي تُباع على شكل بخاخات وسوائل ومساحيق وكريستال وكرات ومضخات وتطلق هذه المبيدات مركبات عضوية شبه متطايرة وتتضمن مجموعة متنوعة من المواد الكيميائية بأشكال مختلفة لتسبب تلوث الهواء الداخلي. المبيدات الحشرية التي نستخدمها عادة في المنزل وحوله لقتل الآفات المنزلية قد تؤدي إلى مشاكل صحية مثل تهيج العين والأنف والحنجرة وتلف الجهاز العصبي المركزي والكلى وزيادة خطر الإصابة بالسرطان.

العطور الاصطناعية ومعطرات الجو ومزيلات الروائح:

تستخدم مواد غير منظمة إلى حد كبير ولا تخضع للمراقبة من قبل الحكومة، حيث يمكن أن تسبب المواد الكيميائية شديدة التقلب وشبه المتطايرة المستخدمة في هذه المنتجات تلوث الهواء الداخلي. المواد الكيميائية شديدة التطاير وشبه المتطايرة المستخدمة في العطور الاصطناعية والعطور ومزيلات الروائح وجدت أنها سامة وقادرة على التسبب في الحساسية وتهيج الجلد واضطرابات الجهاز العصبي المركزي والسرطان والعيوب الخلقية والاضطرابات الإنجابية.

المواقد الخشبية وسخانات المياه والمدافئ والمجففات وأجهزة الاحتراق:

وهي الاجهزة التي تحرق الوقود الموجودة في المنزل تتسبب أيضًا في تلوث الهواء الداخلي، كل هذه الأجهزة التي تعمل بالوقود غير المهواة أو ذات التهوية السيئة تطلق أول أكسيد الكربون الخطير وكذلك ثاني أكسيد النيتروجين، لا يزال هناك مليارات الأشخاص الذين يستخدمون هذه الأنواع من الوقود

لتدفئة منازلهم بشكل يومي. تنتج مواقد الغاز والخشب والسخانات المستخدمة في المنزل ثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون الذي يمكن أن يسبب التهابات الجهاز التنفسي وتلف الرئتين وتهيجهما.

طرق بسيطة لتقليل تلوث الهواء الداخلي

يعتقد معظم الناس أن تلوث الهواء مرتبط بجودة الهواء الرديئة في الهواء الطلق، في حين أن الهواء الداخلي في الواقع، أكثر من مرتين إلى خمس مرات من الهواء الطلق. يحدث هذا في الغالب بسبب انخفاض دوران الهواء في الداخل عن الهواء الطلق، لهذا تتراكم السموم وجزيئات الغبار والابخرة الناتجة عن الطبخ وصبغ الاثاث داخل منازلنا.

هناك خطر أكبر من تلوث الهواء في الداخل لاننا نقضي المزيد من الوقت في الداخل، ونتنفس الهواء الملوث بشكل متكرر. وتقدر منظمة الصحة العالمية أن 30٪ من الامراض ناتجة عن تلوث الهواء الداخلي.

كيفية تحسين جودة الهواء داخل المنزل:

1. زراعة النباتات الداخلية لتنقية الهواء:

يعد الحفاظ على النباتات المنزلية التي تنظف الهواء المحيط حلا أنيقاً للغاية لتحسين تلوث الهواء الداخلي.

تمتلك معظم النباتات المنزلية القدرة على امتزاز ملوثات الهواء تمامًا مثل الاشجار، كما أنها تنعش الهواء عن طريق إنتاج الاوكسجين وامتصاص ثاني أكسيد الكربون.

بعض الامثلة على أفضل النباتات الداخلية لتنقية الهواء هي: نباتات العنكبوت، اذان الفيل، المطاط، وغيرها يمكن أن تمتز هذه النباتات الداخلية مركبات مثل الزيلين والتولوين والاوكتان وأول أكسيد الكربون.

2. فتح النوافذ:

فتح النوافذ مرة واحدة يومياً يستبدل الهواء الداخلي الملوث بهواء نقي من الخارج.

يعد دوران الهواء مهما للغاية حتى لو كان لفترات زمنية قصيرة لانه يخرج السموم المتراكمة ويقلل من الرطوبة الناتجة عن الانشطة في المنزل. من القضايا الشائعة في المنازل المعزولة هي أن الهواء الداخلي لا يتم تبادله عن طريق الهواء الخارجي حيث يتم الاحتفاظ بالحرارة والطاقة في الداخل ويولد ظروف غير صحية.

3. استخدام المنتجات الطبيعية والمنظفات المنزلية غير السامة:

عندما تشتري منتًجا منزلًيا، تأكد من أنه اكثر خضرة وأنظف بدون أي مواد كيميائية ضارة وملوثة. تحتوي العديد من المنظفات والدهانات على مواد سامة تتبخر بسهولة في الهواء وتلوثه.

اختر المنتجات التي تحتوي على مواد طبيعية لتقي نفسك من التعرض لهذه المواد الكيميائية

ومن النصائح القليلة التي يجب الالتزام بها عند اختيار المنتج هي:

* اختر مواد الطلاء والمواد اللاصقة والتشطيبات الخالية من المركبات العضوية المتطايرة أو منخفضة المركبات العضوية المتطايرة.

* استخدم فرشاة للطلاء بدلاً من مسدس الرذاذ.

* استخدم الاعشاب والزهور الاساسية بدلاً من معطرات الجو المليئة بالمواد الكيميائية.

4. استخدم الزيوت العطرية

تستخدم الزيوت العطرية والمستخلصات النباتية (بابونج، زيت الليمون، النعناع) لاغراض عديدة، يتم استخدامها كبديل للعديد من المواد الكيميائية والمنتجات الصناعية كونها صديقة للبيئة.

5. اختبر مستوى غاز الرادون في المنزل:

غاز الرادون غاز غير مرئي عديم الرائحة والطعم، يتسرب بشكل طبيعي من التربة ينتج عن التحلل الاشعاعي لليورانيوم الموجود بشكل طبيعي في جميع صخور العالم. ينطلق من جميع مواد البناء الموجود في المنزل من الارضيات والجدران والسقوف ويتراكم داخل المنزل. يتسرب الرادون من التربة إلى الهواء، حيث يضمحل وينتج مزيداً من الجزيئات المشعة وأثناء التنفس، تترسب هذه الجزيئات على الخلايا المبطنة للمسالك الهوائية، حيث يمكن أن تتلف الحمض النووي ويُحتمل أن تسبب سرطان الرئة، يعتبر الرادون ثاني أكبر سبب لسرطان الرئة بعد التدخين.

لذلك من المهم جدا اختبار منزلك من أجله. الاختبار بسيط للغاية وغير مكلف باستخدام كواشف للقياس.

6. لاتدخن داخل المنزل:

يتسبب التدخين في الداخل في بقاء العديد من المواد والسموم بالداخل لفترة طويلة. التدخين السلبي لدخان السجائر يسبب مشاكل صحية خطيرة لافراد المنزل.

بعض المركبات في الدخان تؤدي الى تدهور الصحة وتشمل الزرنيخ والرصاص والامونيا وأول أوكسيد الكاربون وأكاسيد النيتروجين، يؤدي التدخين في مكان مغلق إلى ارتفاع مستويات هذه المركبات أكثر من الحدود الامنة.

7. حافظ على الرطوبة الداخلية منخفضة:

العديد من الانشطة التي نقوم بها في المنزل تجعل غرفنا رطبة، مئات من أنواع البكتيريا والفطريات تزدهر في البيئات الرطبة لذا يجب ان حافظ على منزلك جافاً قدر إلامكان. يمكن أن يكون عن طريق فتح النوافذ للسماح للهواء الخارجي بالانتشار داخل منزلك. استخدم الساحبات العادية لتقليل مستوى الرطوبة أثناء الاستحمام، اترك الباب مغلقا ودع المروحة تزيل الرطوبة بعد الانتهاء من الاستحمام.

8.حافظ على منزلك خالي من الغبار

يدعي العديد من الباحثين أن معظم الغبار الموجود في المنازل هو خليط من المواد العضوية والجسيمات من الهواء الخارجي، لذا لا يمكنك منع الغبار من الوصول إلى منزلك، ولكن يمكنك تقليله عن طريق إزالة الغبار والتنظيف بشكل منتظم.

9. استخدام أجهزة تنقية الهواء:

إذا كان منزلك في مكان تكون فيه جودة الهواء الخارجي رديئة، فعليك استخدام جهاز تنقية الهواء لتنظيف الهواء الداخلي في ألايام التي يكون فيها الهواء الخارجي ملوث بشدة ، حيث يمكنك استخدام جهاز تنقية الهواء لتقليل مخاطر استنشاق الهواء الملوث. تأكد من إغلاق النوافذ عند تشغيل جهاز التنقية.

10. ضع ممسحة على باب المنزل واطلب من زوارك خلع أحذيتهم وتركها عند المدخل منعا لدخول الغبار والأوساخ إلى الداخل.

متلازمة مرض المباني Sick Building Syndrome

بالرغم من التقدم الذي أحرزه العالم في مجالي البيئة والصحة إلا أنه يواجه أزمة بيئية وصحية غير مسبوقة. من المعروف أن الصحة هي من أغلى وأثمن ما يملك الإنسان، كما أنه من المعروف أن البيئة التي يعيش فيها الإنسان تؤثر على صحَّته بشكل مباشر وغير مباشر، لذلك فإن لتنمية الوعي البيئي تأثيراً ملحوظاً على خلق وتعزيز السلوك البيئي الصحي السليم لدى الأفراد.

يعد المسكن من إحتياجات الإنسان الضرورية، يمكن لتلوث عناصر البيئة مثل الهواء أن يؤدي إلى مشاكل صحية عديدة، فعلى سبيل المثال: يمكن للملوثات الموجودة في الهواء الداخلي في المنزل أن تسبب ظواهر مرضية مختلفة، منها " متلازمة المباني المريضة".

تشير الداراسات أن 30% من بنايات العالم هي بنايات مريضة، لكن ما هي متلازمة المباني المريضة؟

لقد تم التعرف على ظاهرة متلازمة المباني المريضة أو "Sick Building Syndrome" في السبيعنيات من القرن الماضي مع بدء إنتشار إستخدام المعدات الكهربائية.

يستخدم مصطلح " متلازمة المباني المريضة " عندما تظهر مجموعة من الأعراض المشتركة على عدد من الأشخاص المتواجدين في داخل بناية معينة أو في جزء من البناية وتختفي هذه الأعراض في حال مغادرتها. ولقد وجد أن النساء يعانون منها أكثر من الرجال وهي أيضا موجودة بكثرة بين العاملين في داخل المكاتب والأماكن المغلقة مثل المدارس، أو المكتبات، أو المتاحف، وبالرغم من التقدم العلمي في مجال الصحة البيئية إلا أن هذه الظاهرة لا زالت غير مفهومة.

كيف لي أن أعرف إذا كنت أعاني من SBS

يكون المبنى مريضاً ويسبب المرض لمستخدميه في حال:

الأعراض المؤقتة والمتعلقة بالمدة التي قضاها المريض في بناية معينة أو في جزء منها.

إختفاء الأعراض في حال مغادرة المريض البناية.

موسمية الأعراض فهي تتعلق إما بالحرارة أو بالبرودة .

ظهور الأعراض على أكثر من واحد من زملاء العمل أو سكان المنزل.

الأعراض

من المهم ملاحظة أن مريض "متلازمة المباني المرضية" قد يعاني من بعض أو جميع الأعراض التالية :

الصداع.

الدوخة.

صعوبة التركيز.

تهيج الأنف والحنجرة والعيون .

الغثيان .

التعب العام و الإعياء.

السعال.

طفح جلدي.

الحساسية للروائح.

أسباب متلازمة المباني المريضة:

1- عمليات الطهي: تعتبر من أهم مصادر ملوثات المساكن، حيث تنبعث منها العديد من الغازات، والأبخرة والجسيمات ذات التأثير الكبير على الصحة العامة لجسم الإنسان، كما يطلق عليها اسم "القاتل الصامت بسبب أخطارها، وتتفاقم هذه المشكلة في حال عدم توفر الأفران النموذجية، وضعف التهوية في المنزل.

2- عمليات التدفئة: ينجم عن احتراق الأنواع المختلفة من الوقود لغرض تدفئة المساكن مثل: (الكيروسين، الغاز، الفحم الخشبي والحجري، الغاز والحطب، القش ومخلفات النباتات)، يؤدي إلى انبعاث العديد من الغازات والجسيمات، التي تسبب متاعب متنوعة للإنسان، مثل: الصداع، الإعياء، حرقة في العين، نتيجة لاحتراق هذه المواد، فإنها تنبعث إلى أجواء المسكن العديد من الملوثات التي تبقى لفترات طويلة.

3- التدخين: أكدت الدراسات أن دخان التبغ يحتوي على عشرات من المواد الكيميائية، ثبت أن منها 43 مادة مسرطنة يتعرض لها المدخنون، ومن يشاركونهم في المكان، دون أن يدخنوا.

4- حيوانات المنازل: ينجم عن هذه الحيوانات أشكال مختلفة من الملوثات تتطاير في المنازل عن طريق: الشعر، القشور المتساقطة من جلدها، الريش، اللعاب، البول، الفضلات، وأجزاء هياكل الحشرات خاصة الصراصير.

5- الأثاث الجديد: يوجد أنواع من الأثاث تسبب عددًا من الملوثات في المساكن، مثلاً: السجاد الذي يعتبر مصدراً للفورمالدهيد، وجسيمات الغبار، والجسيمات المتساقطة، منتجات النجارة خاصة الخشب المضغوط، ودهانات الأثاث. تعتبر الفورمالديهايد من أهم الملوثات العضوية المتطايرة التي توجد في الهواء الداخلي. وقد ثبت بأن للفورمالديهايد علاقة بظاهرة المبنى العليل، لكونه غازا مهيج للعينين والأنف والحنجرة كما أنه قد يقلل من أداء الجهاز التنفسي وفي حالة وجوده بتركيزات عالية فقد يسبب حالات وفاة.

6- مواد البناء: توجد ملوثات خطيرة تطلقها مواد البناء، مثل: الأسبستوس المستخدم لأغراض العزل، والألياف الزجاجية. وطبقًا لتقارير منظمة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية هناك خمسة آلاف مركب كيميائي يدخل في تصنيع الكثير من مواد البناء المستخدمة في وقتنا الحاضر، ويرى الخبراء أن 84 % من هذه المركبات معروفة أو يعتقد أن لها علاقة بإثارة الحساسية عند الإنسان، وأن 28 % من هذه المركبات هي مواد مسرطنة.

7- المنظفات والمطهرات: إن استخدام ملطفات الجو في أماكن مختلفة من المنزل، والمغالاة أحيانًا في استخدام العطور المتنوعة ذات التراكيب المختلفة، يواكبه انتشار مواد كيميائية طيارة تؤدي إلى أضرار في الجهاز التنفسي وغيره، والأخطر من ذلك هو الاستخدام المتكرر للمبيدات الحشرية المنزلية القاتلة للذباب والبعوض والحشرات الزاحفة وغيرها، مما يترك أثرًا ضارًا على الجهاز التنفسي والكبد.

8- مواد الديكور: تعتبر بعض مواد الديكور التي يندرج ضمنها، أوراق التغطية للجدران، والأسقف، وكذا بعض أنواع الستائر مصدرًا لإطلاق مواد عضوية متطايرة، وغيرها من الملوثات، كما يندرج ضمن ذلك وجود التحف المنزلية المحتوية على الريش.

9- المبيدات المتنوعة: استخدام بعض المبيدات للقضاء على الحشرات، والقوارض، والفطريات، يشكل خطرًا كبيرًا على الأطفال في المنازل، إذ يقوم بعضهم بابتلاعها، فضلا عن تعرضهم لاستنشاق جسيماتها التي يبقى جزء منها عالقا بأجواء المنزل.

10- الدهانات والمذيبات: تصل مستويات المواد العضوية المتطايرة أثناء طلي جدران المنازل بالدهانات والمذيبات إلى نحو 100 ضعف مستوياتها خارجه، كما أن هناك بعض الدهانات تحتوي على مركبات الرصاص، خاصة الدهانات المائية من نوع اللاتكس، ما يؤدي إلى تطايرها في الهواء.

11- السموم الفطرية: يتسبب نمو بعض الفطريات على بعض المواد الغذائية المخزنة، مثل: الحبوب، الأرز، في إنتاج سموم فطرية تلوث الغذاء.

12- ملوثات تدخل المنزل من الخارج: وهي الغازات السامة التي تدخل المنزل عبر النوافذ، والأبواب، نتيجة انبعاثها من بخار السيارات، والمطاعم القريبة من المنزل، مثل غاز أول وثاني أكسيد الكربون.

13- الغبار المنزلي: وينتج من مصادر داخل المنزل مثل: القطن أو الصوف، شعر الحيوانات، الألياف سواء النباتية أو تلك التي تتساقط من جلد الإنسان، والحشرات، والفطريات والطفيليات.

14- العوامل النفسية: الضغط والتوتر وضعف أخلاقيات الفريق العامل.

ما الذي يمكنني القيام به حيال SBS

تتلخص الحلول بتلافي المسببات، عليك البدء بإتخاذ الإجراءات اللازمة إذا كنت تعتقد أن منزلك مريضاً، حيث أنك تحتاج إلى تحسين نوعية الهواء الداخلي، فبمجرد أن توقف بيتك عن إصدار هذه السموم فإن الأعراض المرضية ستتوقف تلقائياَ.

أما على صعيد العمل، فإن متلازمة الأبنية المريضة تؤدي إلى إرتفاع غياب الموظف وإنخفاض كفاءته بالعمل، لذلك فإنه يجب التشاور مع زملائك لمعرفة ما إذا كانوا يعانون من نفس الأعراض،

وفي حالة وجود الأعراض فإنه يجب تفحص المبنى من قبل خبير مؤهل، حيث أن ضعف تصميم المكاتب و ضعف صيانة أنظمة التهوية لها أن تضاعف الآثار الصحية السلبية للعوامل الملوثة.

تمتلك الطبيعة أدوات فعالة جداً لتنظيف الهواء، حيث أن أشعة الشمس لها أثر العجب في تنظيف الهواء. لا بد من أن يكون هنالك منافذ كافية لدخول الشمس والهواء، فمن المهم جدا التركيز على التهوية الطبيعية الجيدة وبشكل دوري خلال اليوم حتى في أيام الشتاء القارصة البرودة، كما أنه يجب الإهتمام بالنظافة العامة للبناية وهذا لا يعني الإسراف في إستخدام المنظفات إنما إستخدامها بإعتدال، أيضاً يجب التأكد من صحة إستخدام المواد المنظفة وتخزينها بعيدا عن أية مواد أخرى، كما يجب تفحص أنظمة التدفئة والتكييف والتبريد والتهوية وبشكل دوري. وزراعة بعض النبات الداخلية.

مقياس تلوث الهواء

يتمّ قياس جودة الهواء باستعمال مؤشر جودة الهواء (Air Quality Index)، الذي يعمل مثل مقياس الحرارة ويمتد من 0–500 درجة؛ حيث يُظهر هذا المؤشر التغيّرات في مقدار تلوث الهواء، فإذا كان أقل من 50 درجة مثلاً فإنّ ذلك يُشير إلى أن نوعية الهواء جيدة، ويمكن للشخص أن يقضي بعض الوقت في الهواء الطلق، ولن يشكل تلوث الهواء أي مخاطر على صحته، وكلما زاد المؤشر زادت المخاطر على الصحة.

مؤشر جودة الهواء للصحة	الدرجة	الدلالة
جيد	0-50	جودة الهواء عالية ولا وجود لملوثات الهواء
معتدل	51-100	جودة الهواء مقبولة مع وجود ملوثات هوائية تؤثر في بعض الأشخاص شديدي الحساسية
غير صحي لأصحاب الحساسية	101-150	جودة الهواء ليست لائقة للأشخاص الذين يعانون من الحساسية
غير صحي	151-200	هنا يمكن لأي شخص التأثر أمّا الأشخاص الحساسون فسيتأثرون بدرجة أكبر
غير صحي بشكل كبير	201-300	يمكن لجميع الأشخاص التعرض لتأثيرات كبيرة على الصحة
خطير	301-500	تأثير خطير على صحة جميع الأشخاص

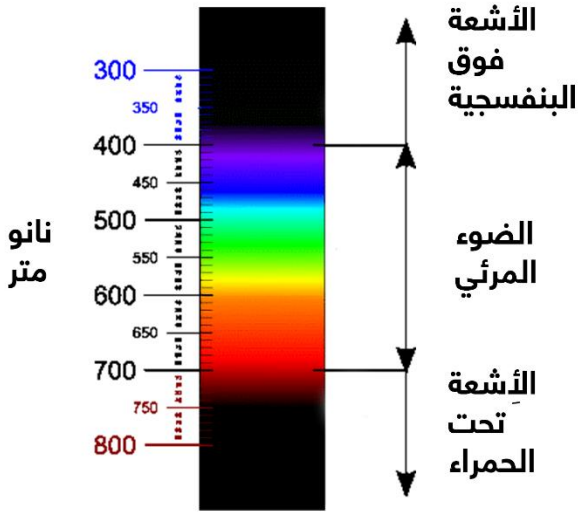
فتتم قياس الملوثات عن طريق جمع المعلومات من الأجهزة الأرضية وبعض الأقمار الصناعية المختصة للمعلومات المهمة عمّا يوجد في الهواء، فمثلاً يرصد القمر الصناعي (GOES-R) تلوث الغلاف الجوي بالجزيئات كل 5 دقائق خلال اليوم، ويرصد القمر الصناعي (JPSS) تلوث الهواء بالجزيئات مثل جزيئات الضباب الدخاني، والغبار، والجسيمات، والرماد البركاني، كما يقيس الغبار الجوي لكامل الكرة الأرضية بدقة عالية مرة واحدة في اليوم، ويقيس غاز أول أكسيد الكربون الناتج عن حرائق الغابات.

الاثار الكونية لتلوث الهواء (ملوثات الهواء ذات الطابع العالمي)

يمكن لتلوث الهواء ان يحدث تاثيرات تمتد لمساحات واسعة تشمل الغلاف الجوي للكرة الارضية مثل (الاحترار العالمي او الاحتباس الحراري، الامطار الحامضية، تدمير طبقة الاوزون وغيرها).

الاحترار العالمي (الاحتباس الحراري (اثر الصوبة):

حدوث الاحتباس الحراري في جو الأرض يستوضح خلال تفهم طبيعة الإشعاع الشمسي Solar radiation وعلاقته بدرجة الحرارة. فالطاقة الشمسية تتألف من العديد من الأطوال الموجية منها ما هو محصور في مدى ضيق جدا كالأشعة التي تستطيع العين البشرية رؤيتها والتي تعرف بالأشعة المرئية Visible light أو الضوء الذي نراه وينحصر ما بين الأطوال الموجية 400–700 نانومتر. أما الموجات ألاقصر من 400 نانومتر فتعرف بالأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet light وما دونها هي أشعة اكس وأشعة كاما. أما الأطوال الأكبر من 700 نانومتر فهي الأشعة تحت الحمراء radiation Infrared، وتعقبها الموجات الميكروية Microwaves ثم الأمواج الراديوية Radiowaves.



ومن ضمن خصائص الأشعة المرئية أنها ذات قدرة على اختراق طبقات الغلاف الجوي دون مقاومة تذكر، كما أنها تستطيع بنفس الطريقة أختراق زجاج النوافذ (كما هي في البيت الزجاجي). إن اصطدام موجات الأشعة المرئية بأي حاجز يؤدي إلى تحولها إلى حرارة. لذا فإن وصولها إلى الكرة الأرضية سوف تتحول إلى حرارة بعد اصطدامها بالموجودات وتبقى حبيسة في الداخل. ويعمل غاز ثنائي أوكسيد الكربون والغازات الأخرى القابلة على الحبس الحراري بنفس الطريقة حيث كلما ازدادت تراكيزها في الغلاف الجوي زادت كمية الحرارة المحتبسة في جو الأرض. إذن فإن زيادة ثاني أكسيد

الكربون و غازات الصوبة الأخرى ستؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة حيث يعتبر ثاني أكسيد الكاربون أهم غازات (الصوبة) حيث يمثل نحو 60% من مجمل هذه الغازات، يليه الميثان بنسبة 15% ، ثم الكلوروفلوروكربون (C.F.C) بنسبة 12 %، و8% للأوزون المتواجد في طبقة التربوسفير، و 5% لأوكسيد النيتروز.

أثر ارتفاع درجة الحرارة :

الآثار الناجمة عن ارتفاع درجة حرارة العالم نتيجة لأثر الصوبة أو (الاحتباس الحراري) قرب سطح الأرض يؤدي إلى ذوبان الجليد في المناطق القطبية و قمم المرتفعات المغطاة بالثلوج وانصراف المياه الذائبة بكميات هائلة إلى البحار والمحيطات، مما يؤدي إلى ارتفاع منسوب سطح البحر بالنسبة لليابس، و بالتالي غمر الأراضي الساحلية و الجزر المنخفضة.

حلول مشكلة احترار الأرض بسبب غازات الصوبة :

تسعى دول العالم في تقليص مجموع الانبعاث العالمي لغاز ثنائي أوكسيد الكربون واستخدام التقنيات النظيفة بيئيا وتحسين إدارة الغابات والمساحات الخضراء والحفاظ عليها.

المطر الحامضي Acid Rain

يقصد بمصطلح المطر الحامضي أو التساقط الحامضي Precipitation الأمطار الملوثة بالمواد الكيماوية خاصة ثاني أوكسيد الكبريت و أكاسيد النيتروجين و الهيدروكربونات، حيث تختلط هذه العناصر الكيماوية مع الرطوبة الجوية لتكون المطر أو البرد أو الثلج الممزوج بأحماض الكبريت و واحماض النترات. و هذا التساقط الحامضي له انعكاساته الخطيرة على حموضة مياه الأنهار و البحيرات و مسؤول عن التدهور الذي يصيب التربة و التدمير الذي تتعرض له الغابات و مصائد الأسماك، حتى أصبحت الأمطار الحامضية من المشكلات البيئية التي يواجهها العالم في الوقت الحاضر. و يعتبر الإنسان مسؤولاً عن مشكلة المطر الحمضي بما أضافه إلى الغلاف الجوي من كميات هائلة من ملوثات الأنشطة الصناعية التي تزداد باطراد النمو الصناعي و خاصة في مجال حرق الوقود الاحفوري كما هو الحال في محطات توليد الطاقة الكهربائية الحرارية و الصناعات الكيماوية و معامل صهر المعادن. بالاضافة الى أن هناك مصادر طبيعية كانت و لا تزال تتسبب في تلويث الجو بثاني أكسيد الكبريت و أكاسيد النيتروجين و الهيدروكربونات، و لكن النظم البيئية كانت كفيلة بالتعامل معها من خلال الدورات الهوائية العامة و حفظ توازنها من جديد.

إن المطر الحمضي لا تتأثر به فقط مناطق المصدر ولكن ينتقل بفعل الرياح عبر آلاف الكيلومترات بعيداً عنه، و من ثم فإن أثره لم يعد محلياً بل صار إقليمياً وعالمياً، فانبعاث ثاني أكسيد الكبريت الذي يكون المطر الحمضي الذي يسقط على أقطاب غرب أوربا ليس مصدره هذه الأقطار فقط و إنما يأتي جزء كبير منه من أقطار بعيدة خاصة بريطانيا، بل و يعتقد أن الأمطار الحامضية التي تسقط على شرق كندا جزء كبير منها مصدره الولايات المتحدة الأمريكية خاصة من مناطقها الصناعية الشمالية الشرقية.

الحلول العملية لمشكلة المطر الحمضي :

يكمن الحل الرئيسي لهذه المشكلة في تخفيض نسبة انبعاث ثاني أكسيد الكبريت و أكاسيد النيتروجين وذلك عبر عدة مسارات و هي استخدام وقود قليل التلوث، و تقليل الملوثات أثناء عملية الاحتراق، وترشيح الملوثات الصناعية و استخدام طاقات نظيفة.

<u>تاكل طبقة الاوزون:</u>

غاز الأوزون O_3 أحد المكونات الطبيعية للهواء إذ تبلغ نسبته الحجمية 0.02 جزء بالمليون، لذا فهو يعد من الغازات النادرة وله القابلية على امتصاص الأطياف الموجية الأقصر من 300 نانومتر في الأشعة الشمسية. كما أن 90% من هذا الغاز يتواجد في طبقة الستراتوسفير على ارتفاع يتراوح بين 19 –48 كم فوق سطح الارض.

رغم التركيز الضئيل لغاز الأوزون لكنه يعد كافيا وضروريا لحماية الحياة على سطح الأرض. حيث أن للغاز القابلية على امتصاص الأشعة فوق البنفسجية ذات الأطوال الموجية التي تتروح ما بين 280–300 نانومتر. وأن تناقص غاز الأوزون سيؤدي إلى زيادة شفافية الغلاف الجوي تجاه الأشعة فوق البنفسجية للأطوال أعلاه مما يترتب عليه تأثيرات سلبية على الحياة على سطح الكرة الأرضية. لغاز الأوزون ميل شديد إلى التفاعل مع الملوثات البيئية أو مع الجذور المتولدة منها متحولا إلى غاز الاوكسجين. ومن بين هذه الملوثات البيئية كل من أكاسيد النتروجين والمركبات الكلورية العضوية مثل مبيداتDDT ومركبات الكلوروفلوركاربونات المعروفة تجاريا باسم غاز الفريون (أن غاز الفريون له استخدامات عديدة منها كسوائل دفع في عبوات رش العطور والمستحضرات التجميلية والمبيدات وسوائل التبريد في الثلاجات ومكيفات الهواء وسوائل تنظيف وتعقيم الأدوات الجراحية وغيرها).

تتحلل هذه المركبات في الهواء تحت تأثير ضوء الشمس لإعطاء غاز الكلور الذي يعمل على تحويل غاز الأوزون إلى أوكسجين. لذا فإن تناقص تراكيز غاز الأوزون يعتمد على تواجد الملوثات البيئية المذكورة أعلاه وتفاعلها معه.

وكانت أولى التسجيلات عن تناقص هذا الغاز بسبب انطلاق مركبات الكلوروفلوروكاربونات إلى الغلاف الجوي. علما بأن تناقص تراكيز الغاز تصاحبه زيادة في كمية الأشعة فوق البنفسجية أي نفاذ هذه الأشعة إلى سطح الأرض وزيادة تعرض البشر إليها مما يؤدي إلى رفع نسبة الإصابة بسرطان الجلد والتلف البصري، فضلا عن التأثيرات البيئية الأخرى على الأحياء البرية مثل تساقط الفراء أو الريش أو الحراشف من بعض المناطق من الجسم.

التلوث الإشعاعي للهواء Radioactive air pollution

يعد الإشعاع ظاهرة طبيعية يحيط بالإنسان في كل مكان في حياته اليومية. وقد أدى نشاط الإنسان إلى زيادة تراكيزه في بعض المواقع أو بسبب حوادث عرضية أو مشاكل صناعية معينة أو سوء إدارة مما تؤدي إلى حالات تلوث خطيرة.

فالتسرب الإشعاعي خلال الحوادث التي تحدث في المفاعلات النووية أو بسبب التجارب النووية أو النفايات المشعة التي تتسرب من خزانات الصواريخ والمركبات والأقمار الصناعية أو بسبب النفايات الخطرة الناتجة من المصانع التي تستعمل الكيماويات المعاملة إشعاعيا، تصل هذه الإشعاعات إلى الأرض ملوثة الهواء والماء والتربة والغذاء مما يؤدي إلى مخاطر مميتة وقاتلة للإنسان والكائنات الحية الأخرى. أو إحداث تشوهات واختلالات في النظم الحيوية وحسب مستوى الجرعات الإشعاعية ونوعها.

يعرف التلوث الاشعاعي أنه انبعاث إشعاعات خطيرة نتيجة حوادث تحصل في المفاعلات النووية أو من النفايات المشعة أو أي مصدر يستعمل في الإشعاع بجرعات ضارة تعمل على تدمير خلايا الكائن الحي بشكل مباشر عند التعرض للإشعاع بشكل مباشر أو غير مباشر خلال تركيزها في الهواء أو الماء أو التربة أو الغذاء.

هنالك ثلاث أنواع رئيسة من الجسيمات الإشعاعية: جسيمات ألفا، جسيمات بيتا و أشعة كاما.

الكوارث البيئية من التلوث الإشعاعي للهواء :

لا بد من تذكر كارثة مدينتي ناكازاكي وهيروشيما في اليابان عندما ألقت الولايات المتحدة الأمريكية عليهما قنبلتين ذريتين عام 1945 راح ضحيتها أكثر من 100000 شخص وجرح نصف مليون آخرون من المواطنين اليابانيين. وما زالت آثار التشوه الخلقي نتيجة هذه الكارثة لحد الآن.

ومن الكوارث الإشعاعية الاخرى ما حدث في كارثة مفاعل تشرنوبل، ومحطة تشرنوبل الكهرونووية هي محطة روسية لإنتاج الكهرباء بوساطة التفاعلات النووية، حيث أدى عطل هذه المحطة إلى انفجارها في 26 نيسان 1986 وانطلاق المواد المشعة إلى الهواء مسببا حالة تلوث بيئي خطير شمل العديد من الدول الأوروبية ووصل تأثيره إلى بعض البلدان في الشرق الأوسط مثل العراق. نجم عن كارثة تشرنويل عدة آثار صحية خطيرة منها آثار حادة مبكرة وأخرى آثار متأخرة حيث أدت أشعة كاما الى قصور حاد في نخاع العظام فضلا عن أعراض معوية حادة، في حين أدت أشعة بيتا حروق شديدة. بالإضافة إلى التأثيرات الوراثية على الأجنة في الأرحام ذات العمر 8–15 أسبوعا. وتوقع أحد علماء الجمعية الكيماوية الأمريكية أنه سيصاب خلال السبعين سنة القادمة ما يزيد عن مليون شخص بالسرطان بمختلف أنحاء العالم بسبب هذه الكارثة.

مثال آخر هو كارثة التلوث الإشعاعي في العراق حيث ارتكبت الولايات المتحدة الأمريكية خلال عدوانها العسكري عام 1991 عند استخدامها لنوع جديد من القذائف المصنوعة من معدن مشع وهو اليورانيوم. وكانت أكثر المناطق تضررا في العراق هي منطقة الزبير وصفوان وحقول الرميلة في محافظة البصرة، جنوب العراق. كما أكد العديد من التقارير الطبية والتي صدرت في الولايات المتحدة الأمريكية فضلا عن قيام بعض العسكريين الأمريكان الذين تعرضوا للإشعاع بالاحتجاج ومطالبة المسؤولين الأمريكان بالتعويضات لما أصابهم من أمراض خطيرة. ومن الأضرار الصحية التي سجلت في المواطنين العراقيين بسبب التلوث الإشعاعي من استخدام اليورانيوم المنضب هي تضرر الجهاز المناعي للجسم بدرجة كبيرة وارتفاع نسب ظهور بعض أنواع الطفح الجلدي وظهور حالات غير مفهومة طبيا مثل اعتلال وظائف الكبد والكليتين، وزيادة حالات سرطان الدم وفقر الدم والأورام الخبيثة والتشوهات الخلقية.

التدخين Smoking

تستخدم أوراق نباتات التبغ بعد أن تجفف وتخمر لأغراض التدخين، ويعرف التدخين على أنه عملية استنشاق البخار الناتج عن احتراق اوراق النباتات، وهنالك العديد من النباتات الشائع استخدامها في

عملية التدخين ولكن يعتبر التبغ هو الأكثر انتشاراً ويحتوي التبغ على الكثير من المواد الكيميائية الضارة كالنيكوتين، وتجدر الإشارة إلى أن النيكوتين يعتبر المسبب الرئيسي للإدمان الذي بدورة يدفع الشخص المدخن للتبغ للاستمرار بعملية التدخين.

مكونات التبغ

عند تصنيع منتجات التبغ يضاف إليها الكثير من المواد الكيميائية لتحسين الطعم وجعل التدخين أكثر متعة، ويجدر بالذكر أن عملية احتراق السيجارة تنتج آلاف المواد الكيميائية منها سبعون نوعاً على الأقل يعتبر من المواد المسرطنة، ووجد أن تدخين التبغ يمكن أن يتسبب في بعض المشاكل الصحية الخطيرة كأمراض القلب و الرئة.

من أبرز المواد الكيميائية الضارة التي تنتج من تدخين التبغ:

النيكوتين: يعتبر النيكوتين المادة الأساسية التي تسبب الإدمان وتحفز الشخص المدخن للاستمرار بعملية التدخين.

القطران: يتميز القطران باللزوجة واللون البني الذي يترك بقعاً على الأسنان، والأظافر، والرئة.

ويجدر بالذكر ان القطران يعتبر أحد المواد المسرطنة المكونة للتبغ.

أول أوكسيد الكربون: عند دخول أول أوكسيد الكاربون الناتج من التدخين الى الدم يحل محل الأكسجين و يجعل دخول الأكسجين إلى الأعضاء والخلايا صعباً مما يؤدي إلى الموت في حال استنشاق الكثير منه.

المعادن: يحتوي دخان التبغ على العديد من المعادن المسرطنة، ومن أهمها: الزرنيخ، والبريليوم، والكادميوم، والكروم، والكوبالت، والرصاص، والنيكل.

وكبريتيد الهيدروجين H_2S

غاز الأمونيا.

والفورمالدهايد HCHO

البنزين.

والاسيتالدهايد CH3 CHO

النتروزامين.

الهيدروكربونات الأروماتية متعددة الحلقات.

ما هو التدخين السلبي؟

التدخين السلبي هو عملية استنشاق الدخان الصادر عند تدخين السجائر من قبل شخص آخر، يشكل التدخين السلبي خطراً كبيراً على صحة الافراد وخصوصاً الأطفال. حيث أثبتت الدراسات أن الأطفال الذين يتعرضون لدخان السجائر لديهم عرضة أكثر للإصابة بأمراض الجهاز التنفسي كالربو والتهاب السحايا الذي قد يؤدي إلى تهديد حياتهم.

التدخين يعد سببا في هلاك الملايين من البشر، حيث تقدر منظمة الصحة العالمية أن هناك ما لا يقل عن 2.5 مليون شخص يموتون سنويا بسبب أمراض متسببة عن التدخين أو مرتبطة باستخدام التبغ مثل سرطان الرئة والانتفاخ الرئوي وأمراض القلب والشرايين التاجية والانسداد الرئوي المزمن.

القياس النوعي واجهزة القياس:

تقسم طرق القياس الى :

1- قياس مباشر (مباشرة)

2- قياس غير مباشر (التحسس النائي)

القياس المباشر:

هو اخذ نموذج من الهواء وتحليله واستخدام جهاز في تحليله عند مصادر تلوث مباشرة، كالمدخنة وعادم السيارة، او اخذ نموذج من موقع خارج مصدر التلوث كالمناطق السكنية او على مسافة معينة من شارع مزدحم.

القياس الغير المباشر: يعني عدم وجود تماس مع الشائبة نفسها ويسمى بالتحسس النائي عن طريق الطائرات او المناطيد او الرادار او الاقمار الصناعية.

اجهزة القياس:

<u>بعض وسائل قياس الجسيمات:</u>

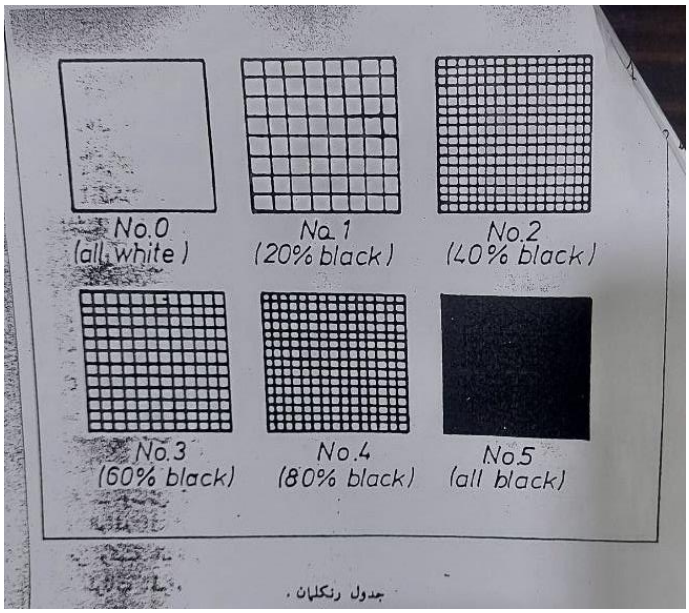
أ- جدول رنكلمان Ringel man chart

يستخدم لتحديد كثافة الدخان للمداخن بدرجات من (0–5) حيث تمثل درجة صفر انعدام اللون الاسود للدخان (اي كله ابيض) اما الدرجة 5 فتعني ان الدخان كامل السواد والارقام بينهما تمثل التدرج في السواد.

من مساؤى هذه الطريقة:

1- الاهتمام باللون اكثر من المحتويات

2- تعتمد على العين المجردة التي تتاثر بالحالة الضوئية (مشرق او غائم او مغبر).



2- Cylinder dust collector

يستخدم للجسيمات التي تكون اكبر 10 مايكرون.

مساوئ هذه الطريقة:

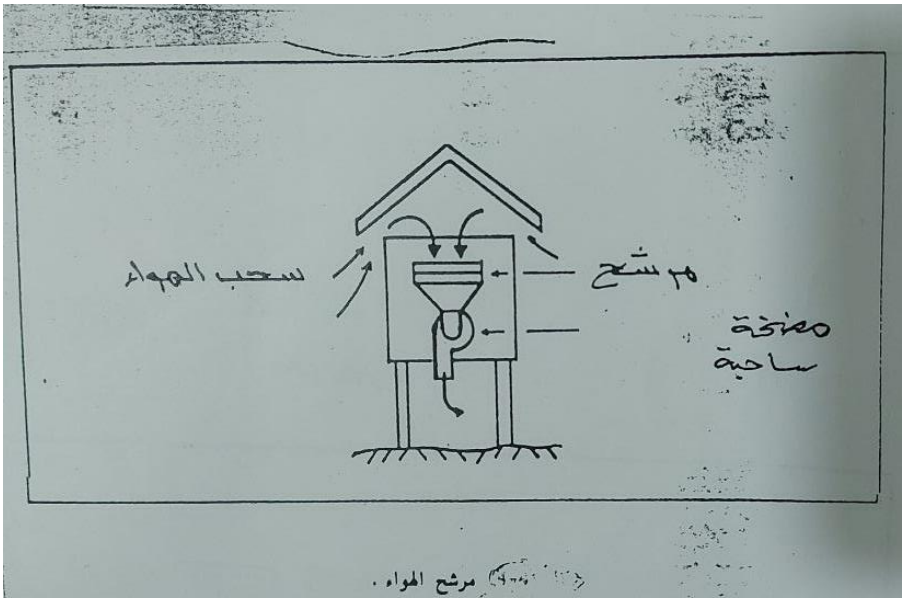
1- عبث الاطفال به

2- نمو الاشنات فيه

3- تساقط فضلات الطيور فيه.

Air Filter –3

يستخدم لقياس جميع انواع الجسيمات بواسطة سحب الهواء لمضخة ساحبة وتتجمع الدقائق على ورق ترشيح خلال مدة زمنية معينة ومن ثم يحسب الفرق الوزني بين وزني ورق الترشيح قبل وبعد سحب الهواء ويقسم الفرق على حجم الهواء المسحوب عند درجة حرارة وضغط قياسيين.



مرشح الهواء .

Taper Particle collector –4

جهاز لقياس الدقائق والدخان وتسجيل تراكيزها حيث يمر الهواء الملوث بغشاء ورقي شريطي تجمع الدقائق عليه في بقعة دائرية منه قطر هذه البقعة 25 سم لمدة تتراوح 0.5 دقيقة الى عدة ساعات، وعند انتهاء المدة المحددة له يتحرك الشريط ليعرض بقعة جديدة لمرور الهواء عليها وهكذا ثم تقارن البقع المعرضة للتلوث مع اخرى غير معرضة من حيث نفاذيتها للاشعة.

اختيار سلوك انتشار الملوثات الهوائية وفقاً للاستقرارية الجوية

لا بّد من انك قد سافرت خارج مدينتك فبالتاكيد انك رايت غمامات الملوثة منطلقة من مصادر نقطية كالمداخن الموجودة في محطات توليد الطاقة الكهربائية او مصافي النفط او مصانع الاسمنت او الورش، التي غالبا ما تقع خارج المدن، فنلاحظ انتشار هذه الغمامات بانماط انتشارية مختلفة من وقت لاخر، ان هذا السلوك الانتشاري يعتمد بالتاكيد على استقرارية الهواء المحيط.

استقرارية الجو هي ممانعة الحركة العمودية، وتحدد من اختلاف درجات الحرارة مع الارتفاع وتغير سرعة الرياح وشدة الاشعاع الشمسي وكمية الغيوم.

وبشكل عام تصنف الاستقرارية الجوية بثلاث حالات: مستقرة وغير مستقر والتعادل Neutral.

تبرز حالات عدم الاستقرارية عموماً في الأيام المشمسة وتشتد عند الظهر.

اما حالات الجو المستقر تبدو واضحة بعد منتصف الليل.

اما عندما تكون السماء ملبدة بالغيوم او الرياح الشديدة فتكثر حالات التعادل.

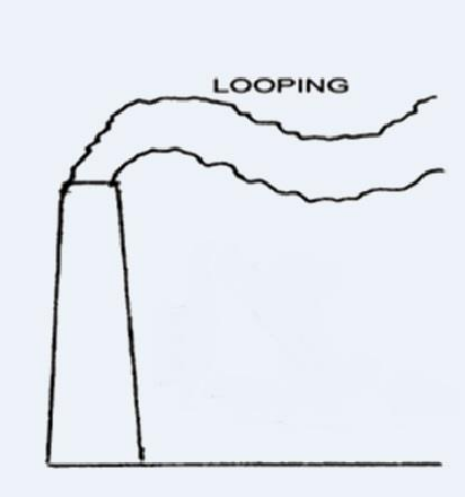
تصنف عادة الاستقرارية الى ستة اصناف:

رمز الصنف	A	B	C	D	E	F
نوع الاستقرارية	غير مستقر جدا	غير مستقر متوسط	غير مستقر قليلا	متعادل	مستقر باعتدال	مستقر جدا

ان التغيرات الكثيرة الحادثة في اشكال الغمامات الخارجة من المداخن ياتي من تنوع حالات الاضطرابية والدوامية الجوية وحركة الرياح وانحدار درجات الحرارة ، اي بكلام اخر الاستقرارية الجوية تحدد اشكال هذه الغمامات، وقد احصيت بست اشكال قياسية. وفيما يلي وصف الظروف المصاحبة مع هذه الاشكال:

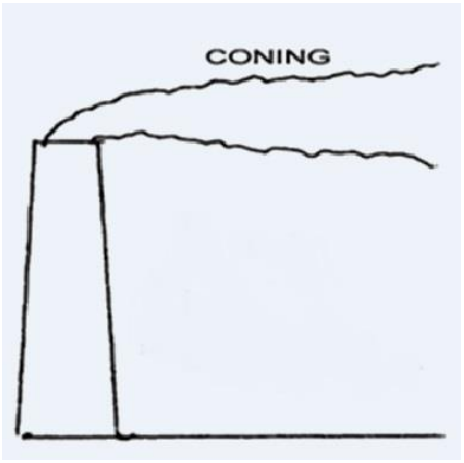
1. الغمامات اللولبية Looping plumes

تحدث في الاجواء الغير مستقرة جداً اي صنف A او B حيث تتحرك الغمامة بشكل موجي غير نظامي يتبدد ويختفي بسرعة نسبية على شكل قطع صغيرة كلما ابتعد عن المدخنة، كما موضح بالشكل ادناه، وتحصل خلال النهار عند ظروف السماء الصافية او قليلة الغيوم والاشعاع الشمسي قوي والرياح هادئة.



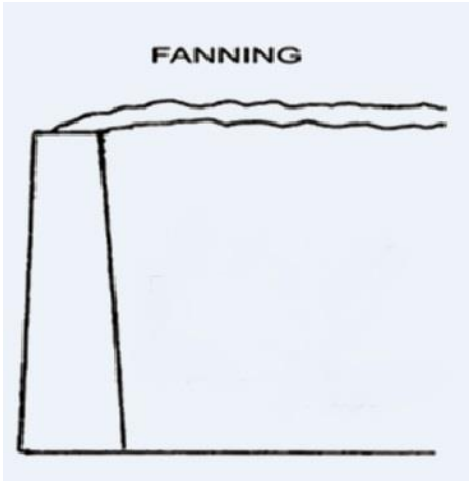
2. الغمامات المخروطية Coning plumes

يحدث في ظروف الاجواء المستقرة او المتعادلة (صنفي F او D)، وتنشا في الايام الغائمة او المشمسة وتحدث احيانا في الصباح. عندما يكون الجو مستقراً فان الخلط العمودي والخلط الافقي يتساويان تقريباً لذلك فان الغمامة تنتشر عمودياً وافقياً بالمقدار نفسه تقريباً مما يعطي مظهراً مخروطياً للغمامة، بالشكل ادناه.



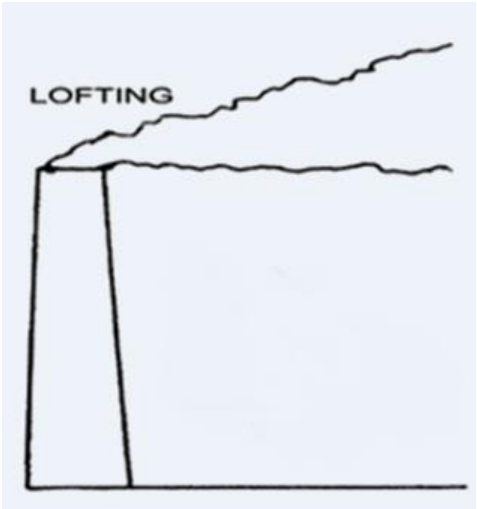
3. الغمامات المروحية Fanning plumes

تحدث في الاجواء المستقرة جداً (صنفي E وF)، تحت هذه الظروف يكون الانتشار العمودي معدوماً او ضعيف جداً، وتحصل هذه الحالة عند وقت الليل المتاخر ويرافقها رياح خفيفة وسماء صافية، بالشكل ادناه.



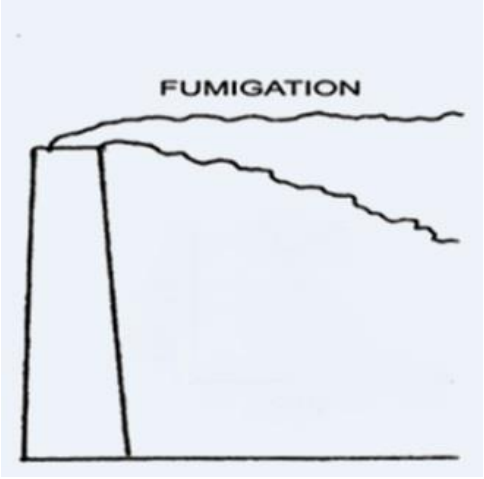
4. الغمامات المتحركة عالياً Lofting plumes

اذا كانت طبقة الانقلاب تحت مستوى فوهة المدخنة فان الخلط السفلي سيتوقف بينما ستستمر الغمامة بالانتشار بصورة جانبية ونحو الاعلى ولا يمكن للملوثات ان تتجه نحو الاسفل لانها مقيدة بالانقلاب. وكثيرا ما تحدث هذه الحالة خلال الليل حيث الانقلاب سطحياً، الشكل ادناه.



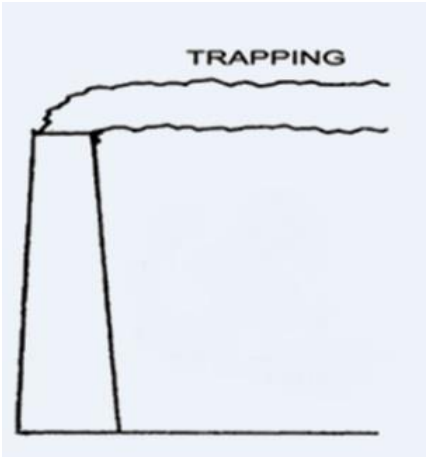
5. غمامات التبخير Fumigation plumes

تحدث هذه الغمامات عند وقوع طبقة الانقلاب فوق فوهة المدخنة فان الحركة العمودية ستكون محبوسة بواسطة طبقة الانقلاب وبذلك ستنتشر الملوثات نحو الاسفل، الشكل ادناه.



6. النمط المحبوس Trapping plumes

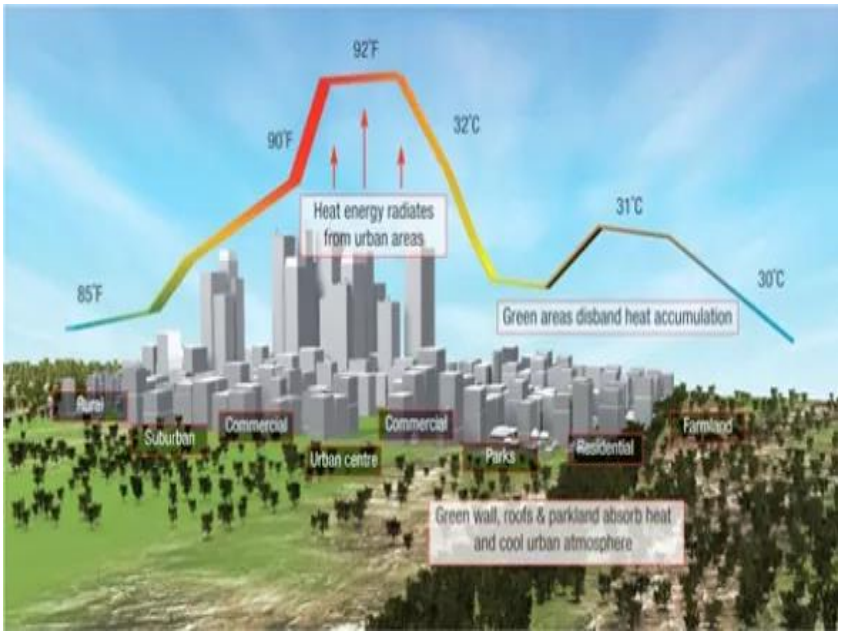
يحدث عند حدوث انقلاب حراري اسفل واعلى المدخنة، انتشار الملوثات يكون محدود جداً في هذه الحالة ضمن طبقة محصورة بين طبقتين مستقرتين بالشكل ادناه.



الجزيرة الحرارية

يطلق مصطلح الجزيرة الحرارية على ظاهرة ارتفاع درجة الحرارة في المدن الكبرى عنها في المناطق الريفية المحيطة بها. فقد اثبتت الدراسات المناخية ان درجة الحرارة العظمى لوسط المدينة تزيد عنها في مناطق الريف المجاور لها ما بين (2– 5° م) في المعدل. ومع ذلك يتفاوت هذا المعدل من مدينة لأخرى.

وتعد الجزيرة الحرارية ظاهرة مناخية اوجدها الانسان نتيجة تغييره لنمط استخدامات الارض داخل المدن، من خلال اقتلاعه لمساحات واسعة من الاشجار والاراضي الزراعية، واستبدالها بأحياء سكنية مبنية من الخرسانة المسلحة، وبالشوارع الاسفلتية وارصفتها، بجانب مواقف السيارات والقطارات والمطارات الدولية والمحلية، وارصفة الموانئ في المدن الساحلية، كلها مجتمعة ادت الى ظهور الفروق الحرارية بين اوساط المدن واريافها المحيطة بها.



العوامل المؤثرة في حجم وشدة الجزيرة الحرارية

1-حجم المدينة وتخطيطها : يزداد تاثير الجزيرة الحرارية في المدن الكبيرة ذات المباني المتقاربة المتعددة الطوابق والتي تفصل بينها شوارع ضيقة، ويقل تاثيرها في المدن الصغيرة ذات المباني الصغيرة المتباعدة والتي تفصل بينها شوارع متسعة.

2- كثافة السكان : تشير الدراسات الى انه كلما تضاعف عدد سكان المدينة عشرة اضعاف، يزداد الفرق في درجة الحرارة بين وسط المدينة والارياف المجاورة لها درجة مئوية واحدة.

3- تركز الصناعة في المدن : فالجزيرة الحرارية للمدن الصناعية الكبيرة التي ينتشر في اجوائها التلوث تزيد كثيرا عنها في المدن قليلة الصناعة او الخالية منها.

4- خشونة السطح : ان سطح المدن يمثل درجة خشونة عالية بسبب وجود المباني العالية والمتقاربة والمزدحمة وهذه الابنية تقلل من سرعة الرياح داخل المدينة فيخف الاثر الملطف للرياح او يختفي، كما ان تعبيد وتبليط مساحات واسعة من المدينة بالأسفلت والكونكريت يساهم في رفع درجات الحرارة بشكل واضح بسبب خاصيتها العالية في امتصاص الاشعة الشمسية وبالتالي تساهم في رفع درجات الحرارة وتعمل على تقليل التبخر.

اجراءات الحد من الجزيرة الحرارية

ويمكن تلخيص اهم الاستراتيجيات المستخدمة للحد من تاثير الجزيرة الحرارية ومنها :

1-تبييض المباني من الخارج واستخدام مواد بناء فاتحة اللون وذلك لان اللون الابيض يعمل على عكس نسبة كبيرة من الاشعاع الشمسي ولا يمتص منه الا القليل عكس الالوان الغامقة، وبالتالي تخفف هذه الالوان من شدة الجزيرة الحرارية.

2- زيادة الرقعة الخضراء في المدينة وزراعة المزيد من الاشجار، فالأشجار تحد تاثير الجزيرة الحرارية.

أضرار تلوث الهواء

يسبب تلوث الهواء أضرارا عديدة منها:

- إتلاف المباني، مواد البناء، المعادن والمنشآت الأثرية:

عندما تكثر الأكاسيد الكبريتية والكربونية والنيتروجينية في الهواء وعند وجود نسبة من الرطوبة سوف تتكون أحماضا مختلفة التركيز تسبب تآكلاً لأحجار هذه المباني.

- إتلاف الغطاء الأخضر للأرض:

تؤدي ملوثات الهواء والضباب الممتزج بالدخان الى اتلاف الغابات، وأشجار الحدائق. بالاضافة الى ان غبار الاسمنت يكون طبقة لاعضوية على سطح الورقة وبوجود الرطوبة مما يؤدي الى عرقلة عملية التركيب الضوئي وايقاف نمو النبات وموته بشكل نهائي.

- الحوادث التي تصيب الطائرات:

حيث ان الضباب الأرضي المتزايد وتلوث الهواء الكثيف يتسبب في قلة الرؤية لدي الطيارين، مما يؤدي إلى وقوع الحوادث.

- تأثير الدقائق على الإنسان :

تاتي الخطورة من تعرض الإنسان إلى دقائق الغبار خاصة الصناعي منه(وهذه الدقائق لها قابلية على اختراق الجهاز التنفسي، حيث بامكان الدقائق ذات القطر الأقل من 0.5 مايكرومتر اختراق اعماق الرئة والبقاء فيها اياما واسابيع وقد تصل الى سنين عديدة.

طرق السيطرة على تلوث الهواء

اولاً :الاجراءات الواجب اتباعها بخصوص السيارات ووسائل النقل المختلفة (قبل حدوث التلوث):

أ- استيراد محركات السيارة التي تعمل بالجازولين الذي تضاف إليه نسبة طفيفة من مركبات الرصاص.

ب- استيراد السيارات التي تعمل بالطاقة الكهربائية.

ج- نقل ورش دهان السيارات والورش المماثلة إلى أماكن بعيدة عن الكتلة السكانية حفاظا علي صحة الأفراد.

د- حجز السيارات والدراجات النارية المخالفة التي تصدر عادما بنسبة كبيرة عن النسبة المسموحة.

هـ- الفحص الفني الدقيق على جميع أنواع السيارات عند تجديد الرخص.

ثانياً: الاجراءات الواجب اتباعها بخصوص المصانع (قبل حدوث التلوث):

أ- يجب علي المصانع معالجة مخلفاتها بشكل ملائم قبل التخلص منها.

ب- الرقابة المستمرة على المصانع لتحديد نسبة الملوثات بما يتفق والمعايير العالمية.

ج- تطوير المصانع القديمة، والتخلص التام من الآلات ذات التلوث العالي.

د- تخصيص مدينة صناعية تضم جميع المصانع تقع خارج مناطق السكن.

هـ- عدم الترخيص لأي مشروع صناعي إلا بعد دراسته علي البيئة من كافة النواحي.

ثالثاً: الاجراءات الفنية (طرق معالجة الهواء بعد حدوث التلوث):

عزل الدقائق من غازات المداخن (المصادر الثابتة)

غازات المدخنة Flue gases

وهي عبارة عن الغازات التي تنبعث إلى الغلاف الجوي من المدخنة Stack التي تكون على شكل انبوب اوقناة Flue لإطلاق الغازات من الافران والمراجل ومولدات البخار (غازات العادم الناتجة من محطات توليد الطاقة الكهربائية) او من مصانع الاسمنت او غيرها.

تعتمد مكونات هذه الغازات على نوع المادة المحترقة لكن عادة تتكون هذه الغازات من اكاسيد النتروجين (NO_x)، ثاني اوكسيد الكربون(CO_2)، اكاسيد الكبريت (SO_x)، بخار الماء بالإضافة إلى ذلك تحتوي غازات المداخن على نسبة من بعض الملوثات التي يختلف تركيزها حسب نوع الصناعة مثل دقائق الغبار و اول اوكسيد الكاربون CO.

يعتمد اختيار الطريقة المناسبة لعزل الدقائق من غازات المداخن على خصائص هذه الدقائق مثل توزيعها الحجمي، وكذلك مادة الجسيمة لها اهمية في اختيار طريقة العزل مثلا كون الجسيمة صلبة او سائلة.

أساليب عزل الدقائق من الهواء الملوث

اولاً: العزل الميكانيكي الجاف ويتم باستخدام وحدات الازالة التالية:

أ- غرف الترسيب Settling chambers

تعد غرف الترسيب من اقدم وابسط الأجهزة المستخدمة في إزالة الجسيمات العالقة بالهواء وغالبا ما تستخدم لتقليل الحمل الكبير لدقائق الغبار على الأجهزة الأخرى المستخدمة في ازالة هذه الدقائق. أي أنها تعتبر بمثابة معالجة اولية اوتمهيدية.

تعتمد هذه الطريقة على مبدا ترسيب الدقائق العالقة في الهواء تحت تأثير الجاذبية استناداً الى حجم الدقالق وكثافتها وشكلها اضافة إلى كثافة ولزوجة الغاز الذي يحمل هذه الدقائق ويمكن حساب سرعة هبوط الجسيمات من قانون ستوك:-

$$W = \frac{g\, D^2\, (\rho p - \rho)}{18\mu}$$

حيث أن :

W = سرعة الترسيب الحرة

g = التعجيل الأرضي

D = قطر الجسيمة

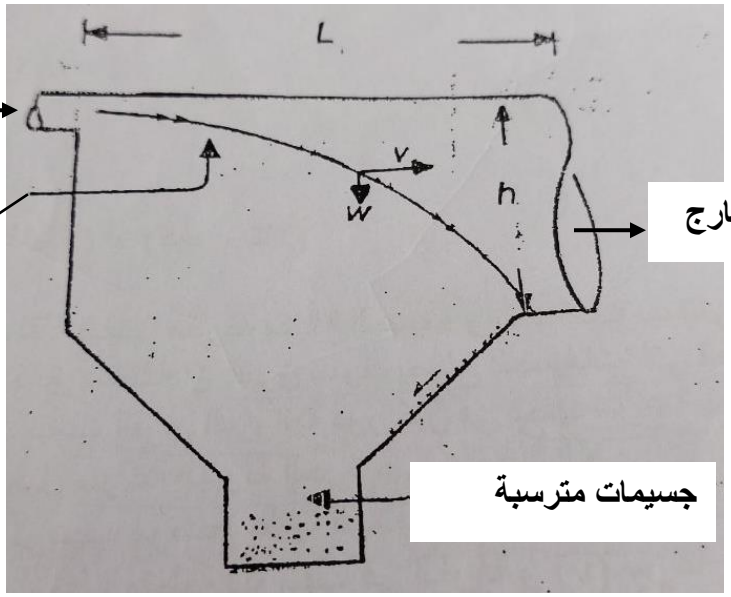
ρp = كثافة الجسيم

ρ = كثافة الغاز

μ = لزوجة الغاز

أن قانون ستوك يصلح للجسيمات التي قطرها حوالي (10-100) مايكرومتر. ويوضح الشكل (1) غرفة ترسيب موضح عليها العلاقات الرياضية لقانون ستوك فإذا كان(L) يمثل طول الغرفة و(h) ارتفاع منطقة الترسيب في الغرفة و (v) سرعة الهواء خلال عبوره غرفة الترسيب فان زمن الترسيب (t) يساوي :

$$t = \frac{h}{W} = \frac{L}{v}$$



الشكل(1): غرفة الترسيب

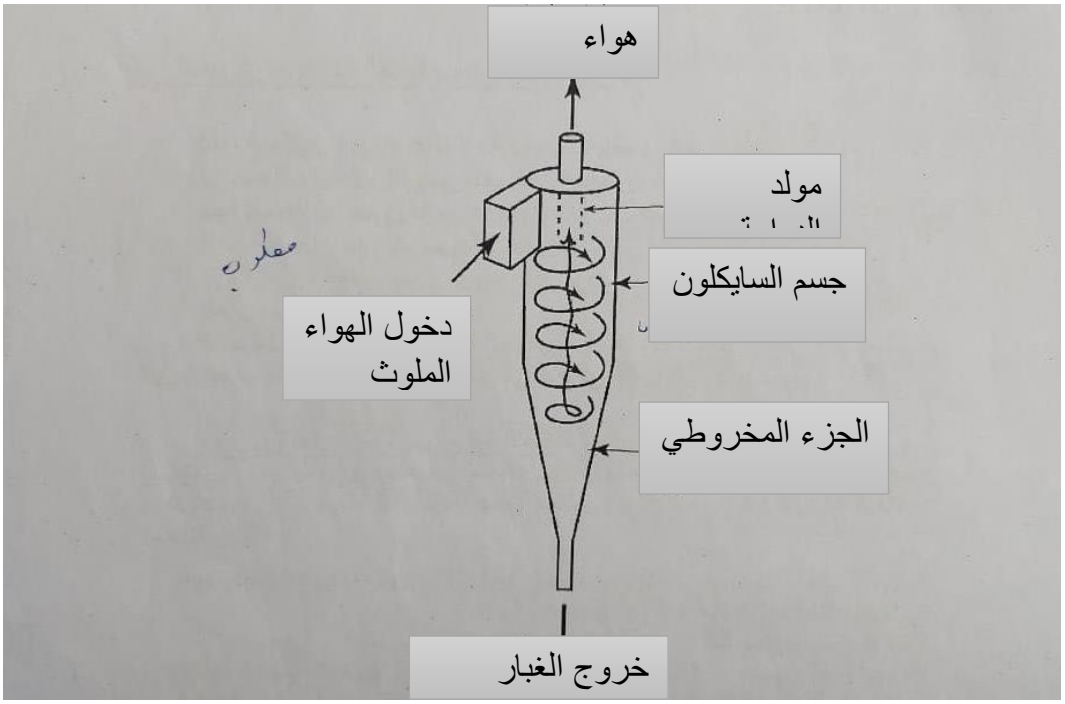
تزداد كفاءة ترسيب الجسيمات بزيادة زمن البقاء للهواء الملوث داخل غرفة الترسيب لذلك غالبا ما تصنع غرف الترسيب عند اقل سرعة ممكنة للغاز. وكمحدد يجب ان تكون سرعة الغاز اقل من (3) م/ثا، في حين اذا كانت السرعة 0.5 م/ثا فستكون كفاءة الترسيب عالية جداً.

ب- السايكلونات Cyclones

تعد السايكلونات من أكثر معدات عزل الدقائق شيوعا، خاصة لتجميع الجسيمات الكبيرة الحجم نسبيا. السايكلون عبارة عن جسم مخروطي الشكل يدخل تيار الهواء اليه من الجهة الجانبية ويخرج من الجهة العلوية بعد عملية معالجته من الدقائق.

السايكلونات من الأجهزة البسيطة جدا التي تعتمد على مبدأ الطرد المركزي في عزل الدقائق من تيار الهواء.

يصنع السايكلون عادة من الصفائح المعدنية وكلفة تصنيعه منخفضة ولا ياخذ مساحة كبيرة ويمتاز بقدرته على معالجة الحمل الكبير للغبار ويمكن أن يعمل عند درجات الحرارة العالية، يبطن السايكلون أحيانا بمادة مقاومة للحرارة. ويوضح الشكل (2) رسم تخطيطي للسايكلون القياسي.



الشكل (2): رسم تخطيطي للسايكلون القياسي

مبدا عمل السايكلون:

تعمل الحركة الدورانية التي يكتسبها التيار الهوائي الداخل الى السايكلون على تجميع الغبار في الجزء القريب من الجدار بفعل قوة الطرد المركزي وعند ارتطام الجسيمات بالجدار فانها تترسب بشكل مستمر في الجزء السفلي (المخروطي) بينما يغادر التيار من المنفذ العلوي.

علاقة كفاءة السايكلون ببعض الخصائص:-

1- تزداد كفاءة ازالة الجسيمات بنقصان قطر السايكلون.

2- تقل كفاءة ازالة الجسيمات مع زيادة درجة الحرارة، وذلك لان لزوجة الغاز تزداد مع زيادة درجة الحرارة لذا فان كفاءة العزل سوف تقل.

3- تقل كفاءة ازالة الجسيمات عند زيادة خشونة السطح الداخلي وذلك بسبب الاضطرابات التي تتولد في طريق الدوامة.

ثانياً: العزل الميكانيكي باستخدام الماء:

يتم تبليل الدقائق بسائل الغسل باستخدام الناشرة لكي يبدد جزيئات الغاز الى فقاعات صغيرة ويتم ذلك بوحدات الغسل التالية:-

أ- وحدات الغسل ذات التخصر:

تسخدم للسيطرة على الدقائق ذات الاقطار ($2.5 - \geq 10$) مايكروميتر. كما لها القدرة ايضا على معالجة المركبات العضوية المتطايرة Voc، الا ان قدرتها محدودة على معالجة دقائق الغبار والغازات العالية الذوبان في الماء.كفاءة تجميع الدقائق تتراوح بين (70-99)%.

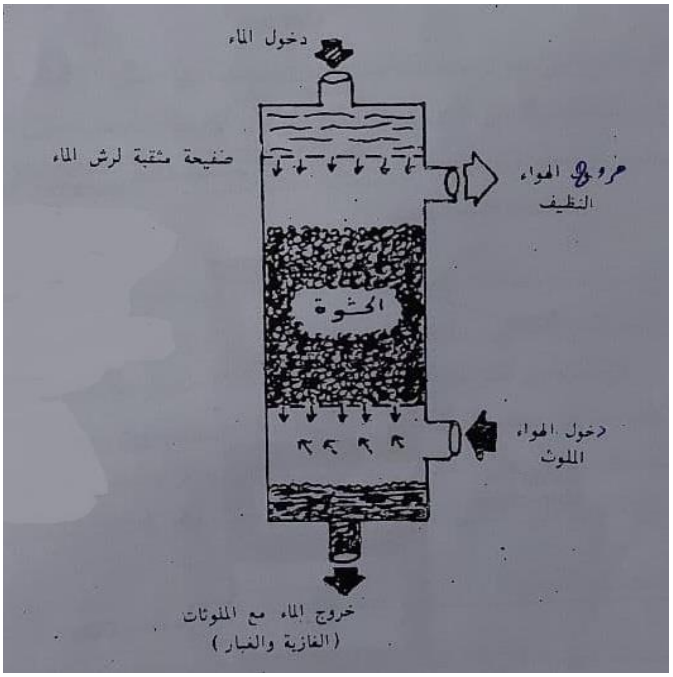
ب- وحدات الغسل ذات الفوهات:

تستخدم للسيطرة على دقائق الغبار ذات الاقطار ($\geq 2.5- \geq 10$) مايكرومتر. كفاءة تجميع الدقائق تتروح بين (80-99)%.

ج- العمود ذو الحشوة:

وهو احد انواع وحدات الغسل يستخدم صفيحة مثقبة لرش الماء كما في الشكل (3)، ويجب ان تتصف مادة الحشوة بالصفات الاتية:

1- رخيصة الثمن وعمرها طويل. 2- متينة ووزنها خفيف. 3- خاملة كيميائياً تجاه الغازات وسائل الغسل المستعمل. 4- ان تكون ذات مساحة سطحية كبيرة.



الشكل (3): عمود ذو الحشوة

د- العمود ذو القواطع:

لايحتوي على حشوة ولكن يتكون من اسطوانة تحتوي على قواطع مثقبة، يتم اختيار عدد القواطع بالاعتماد على الكفاءة المطلوبة ونوع الغازات والابخرة الملوثة للهواء.

ثالثا: الترشيح:

عند دخول تيار الهواء الملوث الى المرشح فان الدقائق العالقة به تصطدم بمادة المرشح وتلتصق عليها بينما يخرج تيار الهواء من المرشح نظيفاً. لكن من عيوب المرشحات انها تحتاج الى التنظيف بشكل مستمر بسبب ترسب الدقائق على مادة المرشح.

رابعا: المرسبات الالكتروستاتيكية:

عبارة عن جهاز تجميع الدقائق من تيار الهواء الملوث باستخدام قوة الشحنة الالكتروستاتيكية المحتثة.

طرق السيطرة على الغازات (الملوثات الغازية)

اولا: طريقة الامتصاص Absorption:

وهي عملية تحويل الملوثات من الحالة الغازية الى الحالة السائلة. اي ذوبان الغاز في السائل. قد يتفاعل اولايتفاعل الغاز في السائل اثناء الذوبان. ان عملية الذوبان هي عملية انتشار يتحرك خلالها الغاز الملوث من منطقة التركيز العالي الى منطقة التركيز الواطئ.

هنالك ثلاث انواع من وحدات الامتصاص تعتمد على اتجاه جريان السائل والغاز وهي:

1- وحدات الامتصاص ذات الجريان المتماثل:

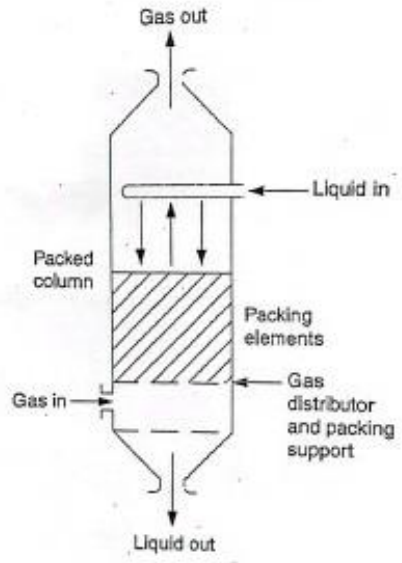
تحدث عملية الجريان المتماثل عندما يكون جريان الغاز والسائل في نفس الاتجاه.

2- وحدات الامتصاص ذات الجريان العكسي:

تتم هذه العملية عندما يكون التيارين (الغاز والسائل) باتجاهين متعاكسين حيث يدخل الغاز من اسفل الوحدة ويتجه الى الاعلى بينما يدخل السائل من الاعلى ويتجه اسفلا.

ان معدات الامتصاص ذات الجريان العكسي هي الاكثر استخداما من الانواع الاخرى.

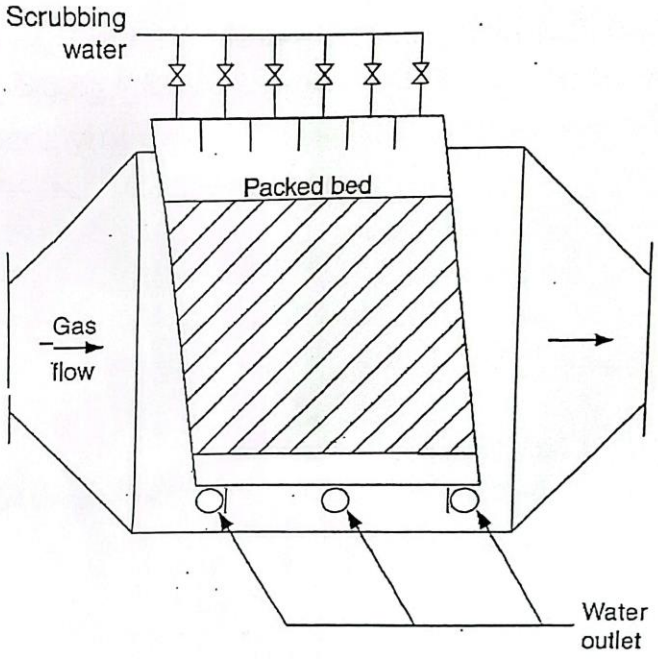
عندما يزداد تدفق الغاز عند جريان ثابت للسائل يجب ان تزداد سرعة السائل.



وحدة امتصاص ذات جريان عكسي

3- وحدات الامتصاص ذات الجريان المستعرض:

يتدفق الهواء الداخل الى الحجرة افقيا خلال الحشوة حيث يسبب تجمع الغاز الممتص اسفل حجرة الرش ثم يمكن ازالتها بعد ان تم جمعها.



وحدة امتصاص ذات جريان مستعرض

ثانياً: طريقة الامتزاز Adsorption :

ان الامتزاز هو عملية التصاق مادة معينة على سطح مادة اخرى دون ان يحصل تفاعل كيميائي بينهما وهناك العديد من المواد الصلبة تستطيع امتزاز الغازات المختلفة.
عند امرار الغاز (الهواء) الملوث بالمواد الهيدروكاربونية تعمل مادة الامتزاز على ازالة الهيدروكاربونات من الهواء الملوث بها وتتركز الهيدروكاربونات على سطح المادة الصلبة المازة.

يستخدم الامتزاز عادة لمعالجة الهواء الملوث بتراكيز واطئة من الملوثات ويستخدم الكاربون المنشط (Activated carbon) بشكل واسع كمادة مازة (Adsorbent)، كذلك يمكن استخدام هلام السليكا (Slica gel) والالومينا (Alumina) كمواد مازة. ان كفاءة الازالة عالية جدا قد تصل الى 99 %.

ان تركيز الهواء الداخل الى وسط الامتزاز محدد بقدرة الكاربون على الامتزاز حيث يوجد بعض المواد تولد تفاعلات باعثة للحرارة (Exothermic) عند امتزازها وهكذا اذا كانت تراكيز المادة عالية تؤدي الى ظروف مؤاتية للاحتراق والتي قد تؤدي الى الانفجار، لذلك من الافضل المحافظة على تراكيز المواد الداخلة الى اقل من 25% من حد الانفجار الادنى.
المحددات الاخرى لعملية الامتزاز تتعلق ببعض الغازات التي تحتوي على نسبة من الدقائق الصلبة او السائلة او الغازات التي تمتلك رطوبة عالية حيث تحتاج الى معالجة اولية، حيث في معظم الحالات يجب ان تنخفض الرطوبة الى اقل من (50%).

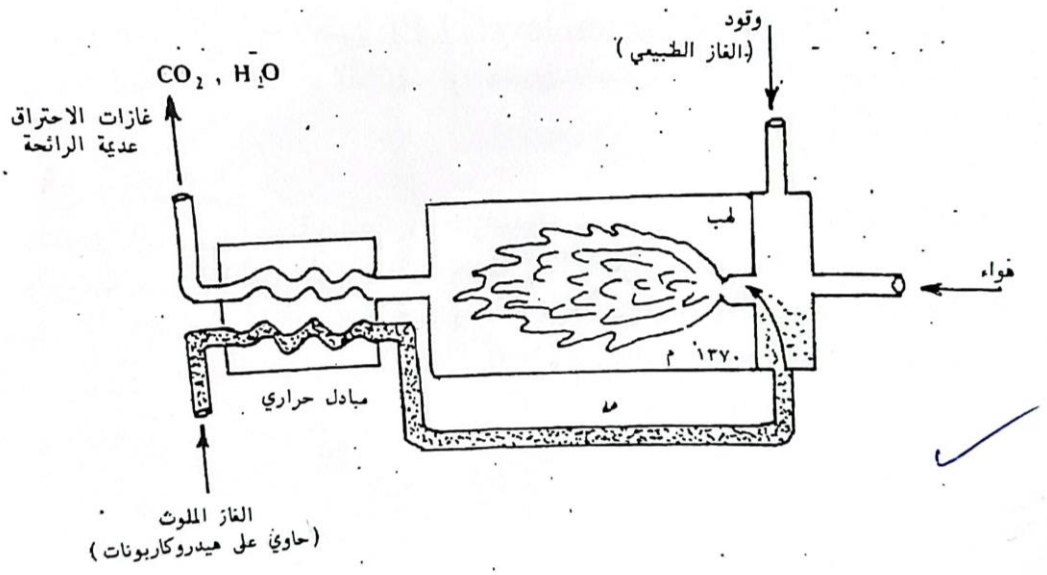
ثالثاً: طريقة الحرق Incineration:

تستعمل هذه الطرق عندما تحتوي الغازات الخارجة من المعامل على ملوثات غازية سامة ولها رائحة كريهة مثل كبريتيد الهيدروجين والغازات السيانيدية والهيدروكاربونات ويوجد ثلاثة طرق للحرق اعتماداً على درجة الحرق المطلوبة وهذه الطرق هي:

1- الحرق باللهب Flame Incineration

تستعمل هذه الطريقة عندما يحوي الغاز الملوث على مواد قابلة للاشتعال.
ويمرر المزيج الى حجرة الاشتعال والتي يتم تغذيتها بتيار من الغاز الطبيعي وتيار من الهواء.

تصل درجة حرارة الاحتراق (1730)°م وتحترق الهيدروكاربونات لانتاج غاز CO_2 بخار الماء وتكون نواتج الاحتراق غير سامة وعديمة الرائحة ويجري تسخين اولي للهواء الملوث قبل دخول حجرة الاحتراق بواسطة مبادل حراري بتيار معاكس مع نواتج الاحتراق الحارة. كما مبين في الشكل (3-5).

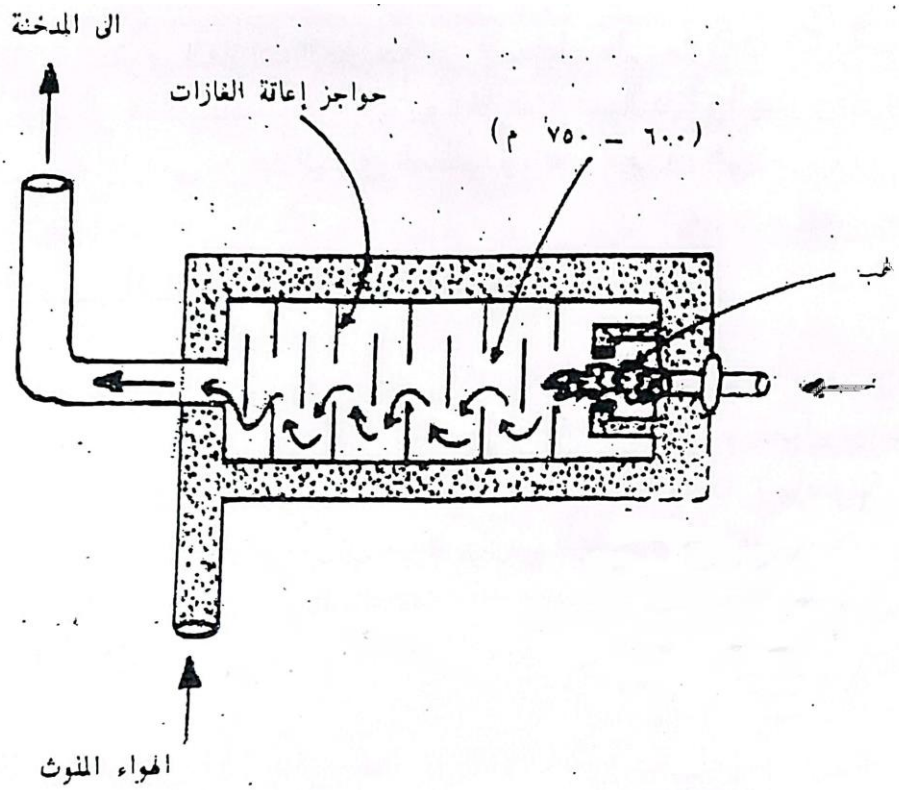


الشكل (٣-٥) طريقة الحرق باللهب

2- الحرق الجزئي والحل (تفكك) الحراري للملوثات الغازية:

تستخدم هذه الطريقة في حالة عدم احتواء الغازات الملوثة على تراكيز عالية من المواد القابلة للاشتعال وتكون اكثر اقتصادية من الطريقة السابقة ودرجة حرارة الاحتراق المطلوبة تبلغ (680)°م.

تدخل الغازات الملوثة حجرة الاحتراق وتسخن عن طريق حرق وقود غازي الى درجة الحرارة المذكورة وتعاق الغازات الساخنة فترة ملائمة في نفس درجة الحرارة لاكتمال حلها الحراري (تفككها الحراري) ثم تطلق الى الخارج بعد التأكد من انها غير مضرة للبيئة.
ويبين الشكل (3-6) مخطط مبسط للطريقة.



الشكل (٣-٦) طريقة الحرق الجزئي والحل الحراري

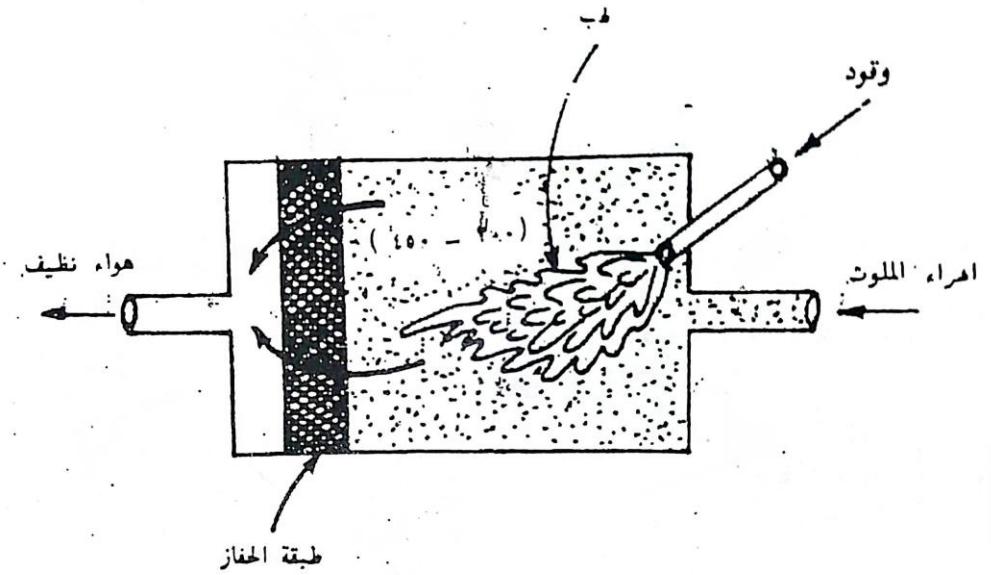
3- الحرق الجزئي والحل المحفز

ان الحفاز (catalyst) هو عبارة عن مادة تغير من سرعة التفاعل الكيميائي (تزيد عادة) من دون ان تغير ذاتها اثناء التفاعل.

ويجري التفاعل عادة على سطح مادة الحفاز في درجة الحرارة المطلوبة (300-450) درجة مئوية بالنسبة لهذه الطريقة.

تستعمل هذه الطريقة عند احتواء الهواء الملوث على الهايدروكاربونات التي تتحول الى CO_2 وبخار الماء، كذلك عند احتواء الهواء الملوث على غاز الامونيا واكاسيد النتروجين واكاسيد الكبريت حيث تتحول هذه الاكاسيد الى حامضي النتريك والكبريتيك اللذين يجمعان عادة وتتم الاستفادة منهما.

ويمكن ازالة الروائح الكريهة ايضا بهذه الطريقة ولكن من مساؤها ان التراكيز العالية للكبريت والمعادن تعمل على هدم الحفاز وتبطل مفعوله ويبين الشكل ادناه مخطط مبسط لهذه الطريقة.



طريقة الحرق الجزئي والحل المحفز

رابعاً: تكثيف الابخرة

في كثير من المواقع تكون المعالجة المرغوبة لدفق الغازات الخارجة من المدخنة على شكل أبخرة هي عملية التكثيف. يمكن استخدام المكثفات ايضا في مقدمة معدات السيطرة على التلوث الهوائي الاخرى وذلك لازالة الغازات القابلة للتكثيف.

تتم عملية التكثيف بتبريد التيار الهوائي الحامل لهذه الابخرة وفي كثير من الاحيان يمكن استخدام الابخرة المكثفة مرة ثانية في الصناعة.

اما الوحدات التي تحقق عملية التكثيف فهي على اشكال وانواع عديدة فعلى سبيل المثال يمكن ان يمر تيار مائي داخل انابيب في حين يتماس الهواء والابخرة مع السطح الخارجي البارد لهذه الانابيب فتتكثف الابخرة وتعزل عند مغادرتها من منفذ خاص بها.

ومن انواع المكثفات الشائعة * مكثفات التلامس، * المكثفات السطحية * المكثف ذو القشرة والانبوب.

طرق ازالة اكاسيد الكبريت

هنالك ثلاثة انواع لانظمة ازالة اكاسيد الكبريت:

1- الغسل بواسطة محلول قاعدي او مادة صلبة قاعدية:

غاز SO_2 هو من الغازات الحامضية (يكون حامض الكبريتيك عند تفاعله مع الماء) لذلك فان المادة التي تستخدم لإزالته من غازات المدخنة يجب ان تكون قاعدية ومن المواد المستخدمة هي كاربونات الكالسيوم $CaCO_3$ حيث تتفاعل كاربونات الكالسيوم مع SO_2 وتعطي سلفات الكالسيوم $CaSO_3$ الصلبة و CO_2 كما مبين في المعادلة الاتية:

$$CaCO_3\ (solid) + SO_2\ (gas) \rightarrow CaSO_3\ (solid) + CO_2\ (gas)$$

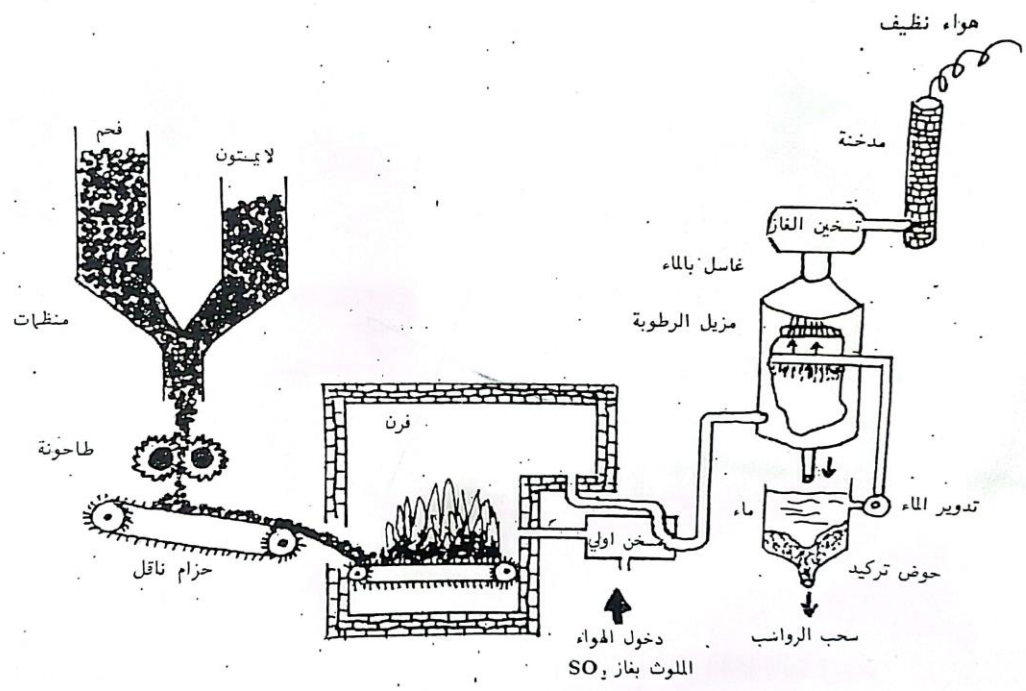
اما عندما يتم استخدام $Ca(OH)_2$ (Lime) يكون ناتج التفاعل سلفات الكالسيوم $CaSO_3$ أيضا كما موضح في المعادلة آلاتية :

$$Ca(OH)_2\ (solid) + SO_2\ (gas) \rightarrow CaSO_3\ (solid) + H_2O\ (liquid)$$

كذلك من الممكن استخدام هيدروكسيد المغنيسيوم $Mg(OH)_2$ يعطي التفاعل سلفات المغنيسيوم $MgSO_3$ كما مبين في المعادلة الاتية :

$$Mg(OH)_2\ (solid) + SO_2\ (gas) \rightarrow MgSO_3\ (solid) + H_2O\ (liquid)$$

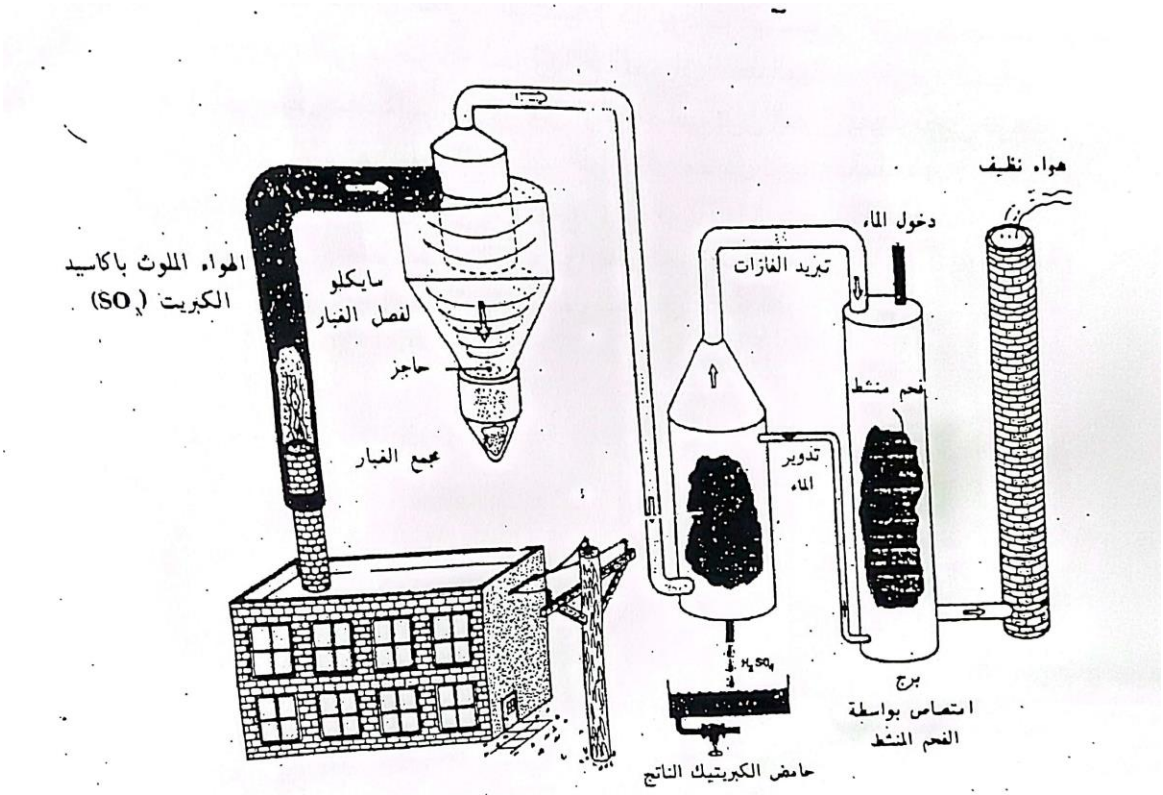
تتم هذه الطريقة بواسطة ادخال المواد القاعدية (كاربونات الكالسيوم, هيدروكسيد الكالسيوم، هيدروكسيد المغنيسيوم) الى منظومة الحرق مع الفحم او النفط المستخدم كوقود لسحقها وخلطها مع الوقود ثم تدخل بعد ذلك الى مسخن اولي ثم الى فرن الحرق حيث تكون درجة الحرارة اعلى من (650) درجة مئوية ثم تزاح محتويات الفرن الى مفاعل الغسل بالماء (scrubber) وفي المحيط المائي يتفاعل ما تبقى من غاز SO_2 معCaO او MgO غير المتفاعل ثم تزاح جميع المواد المتكونة مصحوبة ايضا بدقائق الغبار بواسطة الماء المضاف الى حوض تركيد (settling tank) . يتم تدوير ماء الغسل لتقليل متطلبات الماء وللحد من تلوث المياه ايضاً.



شكل رقم (٣-٩) طريقة الغسل بواسطة محلول قاعدي اومادة صلبة قاعدية

2- طريقة لوركي الامتزازية Lurgi adsorption process

يستعمل الفحم المنشط في هذه الطريقة لازالة SO_2 من الهواء الملوث به حيث توجه الغازات الى عمود امتزاز يحتوي على طبقات من الفحم المنشط بعد تبريدها في مبرد خاص حيث يقوم الفحم المنشط بامتزاز غاز SO من الهواء وترش هذه الطبقات بين فترة واخرى بالماء لاذابةSO_2 الممتز الذي ينساب من اسفل العمود كحامض ضعيف في الماء ويدور التيار من الحامض الضعيف الى المبرد فيقوم بتبريد SO_2 من الجهة الاخرى وبذلك تزداد قوته الحامضية, يدفع الهواء الذي تم تنقيته من SO_2 الى المدخنة وتنتج مادة حامض الكبريتيك كمادة عرضية مفيدة ويبين الشكل (٣-١٠) مخطط توضيحي لهذه الطريقة.



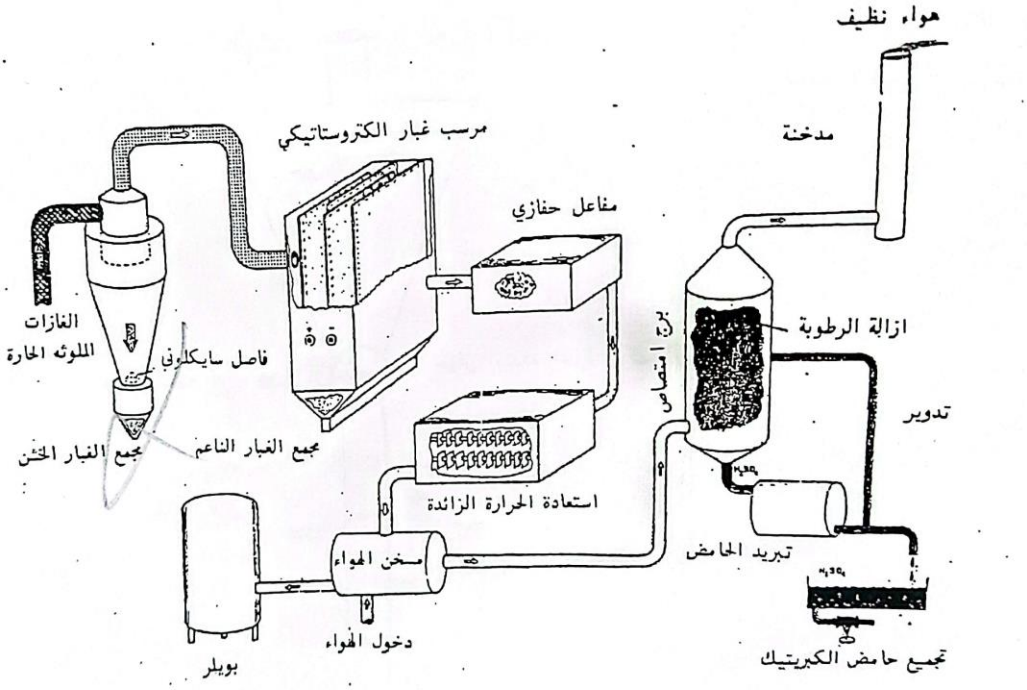
شكل (٣-١٠)طريقة لوركي الامتزازية باستعمال الفحم المنشط

3- طريقة الاكسدة المحفزة Cat- ox process

تستعمل بصورة رئيسية لازالة SO_2 من غازات محطات توليد الطاقة الكهربائية ويمكن استعمالها في غير ذلك. تمرر الغازات من خلال فاصل سايكلوني للفصل الأولي لدقائق الغبار ثم الى مرسب الكتروستاتيكي لازالة الدقائق الناعمة ثم تمرر الغازات على مفاعل غازي داخله حفاز مثبت من نوع خامس اوكسيد الفناديوم (V2O5) تبرد الغازات الناتجة من المفاعل بواسطة مبادل حراري وتستعمل الحرارة الزائدة لتبخير الماء وتحويله الى بخار حار يغذى الى وحدة توليد الطاقة الكهربائية.

بعد تبريد الغازات تمرر مع محتوياتها من حامض الكبريتيك من خلال عمود امتصاص ذي حشوة (packed-bed absorption tower) مربوط بمبرد للحامض متصل به خارجيا. يدور الحامض مرة اخرى الى عمود الامتصاص حيث يلتقي مع الغازات القادمة من المفاعل ويمتص كميات اضافية

من غاز SO2 وتخرج الغازات المنظفة من عمود الامتصاص الى مرسب الكتروستاتيكي ثم تدفع الى المدخنة ويسحب الحامض المبرد باستمرار ويعبأ ويباع.



الشكل (٣-١١) طريقة الاكسدة المحفزة

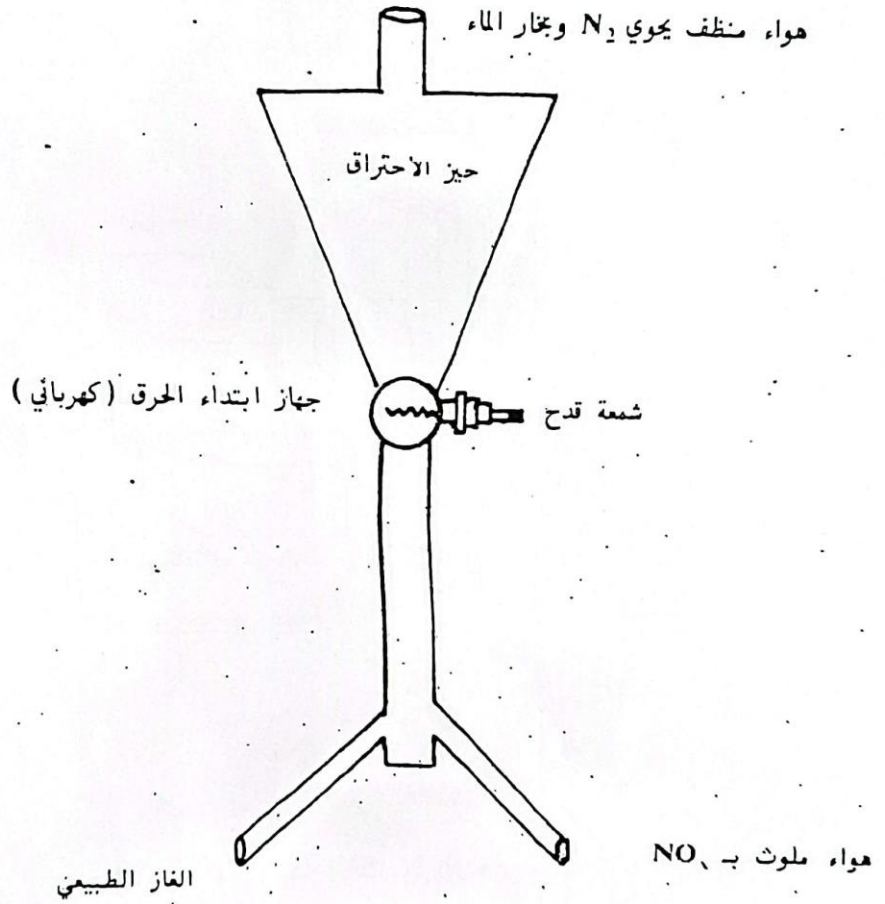
طرق ازالة اكاسيد النيتروجين NOx Control

تتضمن طرق ازالة اكاسيد النتروجين ثلاثة طرق وهي طريقة الاختزال المحفزة وطريقة الاختزال بالغاز الطبيعي وطريقة تايكو بالاضافة الى ذلك فان طريقة الغسل بمحلول قاعدي او مادة صلبة قاعدية التي ذكرت سابقا ضمن طرق ازالة SO_2 تزيل في الوقت نفسه حوالي(20%) من اكاسيد النتروجين (NOx) التي تكون موجودة عادة مع الهواء الملوث باكاسيد الكبريت (SOx).

1- طريقة الاختزال بالغاز الطبيعي:

يتم اختزال اكاسيد النتروجين في هذه الطريقة بواسطة الغاز الطبيعي وتتحول الاكاسيد الى غاز النتروجين وبخار الماء ويمكن النظر الى هذه الطريقة بانها طريقة احتراق وتم تصميم انواع عديدة من المحارق وابسط انواعها يلتقي تيار من الهواء الملوث بـ (NOx) مع تيار من الغاز الطبيعي ويمزج التياران في مسار مشترك ثم يجمعان في حيز معين ويحرقان هناك.

تستعمل هذه الطريقة عند التعامل مع كميات قليلة من الهواء الملوث اما في حالة الكميات الكبيرة كتلك الناتجة من محطات توليد الطاقة الكهربائية فيفضل ايجاد طرق اخرى اكثر كفاءة وبالاخص تلك الطرق التي تنتج مواد عرضية (By products) قابلة للتسويق لتقليل متطلبات كلفة السيطرة على التلوث ويوضح الشكل (٣-١٢) مخطط مبسط لاحد انواع طرق الحرق.



الشكل (٣-١٢) طريقة اختزال NOx بواسطة الغاز الطبيعي

2- طريقة الاختزال المحفزة Selective catalytic reduation

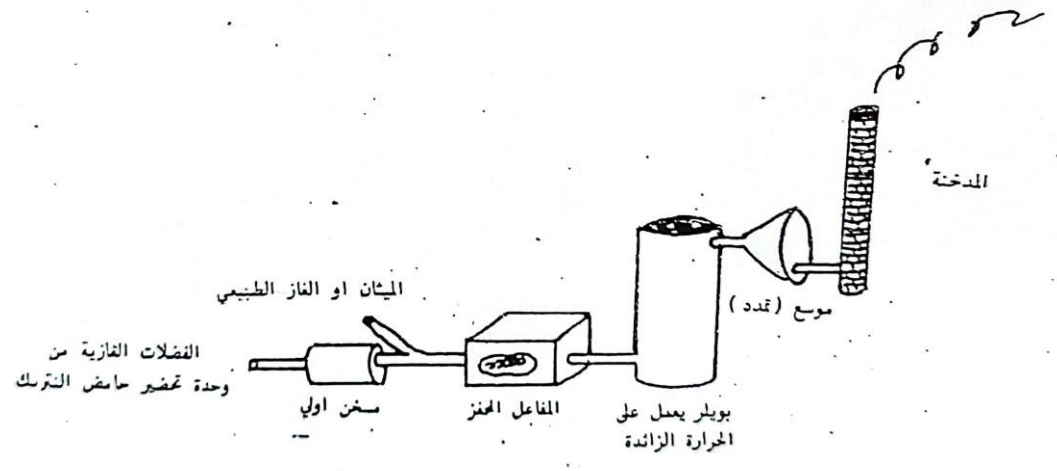
تستعمل هذه الطريقة بصورة رئيسية لمعالجة التلوث بالفضلات الغازية الناتجة من وحدات تحضير حامض النتريك حيث تتسرب الابخرة القهوائية من هذه الوحدات وتقذف عادة بواسطة المداخن وتستعمل الحفازات مثل البلاتين (Pt) او البلاديوم (Pd او الروديوم (Rh) لتسريع التفاعلات بين اكاسيد النتروجين (NOx) والمادة المختزلة التي تكون عادة اما غاز الميثان او الغاز الطبيعي وفيما ياتي المعادلات الكيميائية للتفاعلات الحاصلة في تحويل NOx الى غازات غير مؤذية.

$$CH_4 + 4NO_2 \rightarrow 4NO + CO_2 + 2H_2O$$

$$CH_4 + 4NO \rightarrow 2H_2O + CO_2 + 2N_2$$

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

يتم ادخال الفضلات الغازية الحاوية على (NOx) في مسخن اولي (Preheater) متقدم ثم يضاف الوقود لها (الميثان او الغاز الطبيعي) ويدخل المزيج بعد ذلك الى المفاعل الذي يحتوي على الحفاز يكون هذا التفاعل باعث للحرارة وبذلك تم الاستفادة من الحرارة الزائدة حيث تمرر الغازات الحارة على مرجل يعمل على الحرارة الزائدة ثم يجري تمدد لها ثم توجه الى المدخنة. ويوضح الشكل (٣-١٣) مخطط بسيط لهذه الطريقة ومن مساوىء هذه الطريقة هي ان الحفاز غالي الثمن ولاتنتج مادة عرضية يتم الاستفادة منها او تسويقها لتقليل التكاليف.



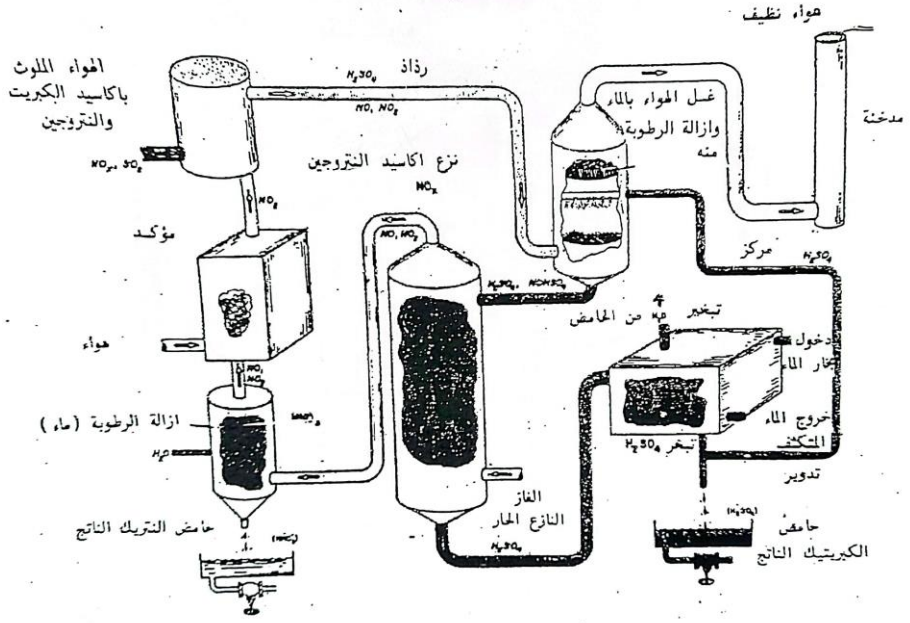
الشكل (٣-١٣) طريقة الاختزال المحفزة

3- طريقة تايكو Tycoo Process

تستعمل لازالة اكاسيد النتروجين واكاسيد الكبريت في نفس الوقت وهي مبنية على اساس طريقة الغرف الرصاصية (chamber process) لتحضير حامض الكبريتيك الذي يقوم بتنظيف الهواء من كلا نوعي الاكاسيد (SOx , NOx) فيما بعد تحضيره الاولي.

تعطي الطريقة ناتجين يمكن الاستفادة منهما مثل حامض النتريك (HNO3) وحامض الكبريتيك (H2SO4) , وان مردودات تسويقهما هذه تعوض كثيرا عن تكاليف اجراء الطريقة وازالة الملوثات عن الهواء يعطي الشكل (٣-١٤) مخطط بهذه الطريقة.

يدخل الهواء الملوث بـ(SOx, NOx) في المفاعل ويحوي التيار الخارج من المفاعل على رذاذ حامض الكبريتيك وعلى غازي (NO و NO2). ثم يدخل المزيج الى عمود امتصاص حامض الكبريتيك وكذلك امتصاص (NO و NO2) والهواء النظيف يخرج من المدخنة, يحوي التيار السائل الذي يتم سحبه من قعر عمود الامتصاص على حامض H2SO4 ومادة ثايوكبريتات النتروجين (NOHSO4) ويمرر هذا التيار السائل في عمود تجريد لنزع اكاسيد النتروجين ويقوم الغاز النازع الحار بسحب(NO و NO2) منه ويغادر عمود التجريد ويدخل عمود الامتصاص لحامض النتريك ثم بعد ذلك يمر الخليط على مراحل لسحب غازات(NO وNO2)غير المتفاعلة حيث يتم تحويلهم الى المفاعل الاول الاصلي حيث يلاقيان الهواء الملوث من جديد.



الشكل (٣-١٤) طريقة تايكو