

## الباب السادس

السموم البيئية و الملوثات التنفسية  
بالهواء الجوي



## السموم البيئية والملوثات التنفسية بالهواء الجوي

من الأهمية بمكان الأخذ في الاعتبار في هذا الصدد من الناحية البيولوجية الطبقة السفلية من الغلاف الجوي ( Atmosphere ) وهي طبقة التروبوسفير ( Troposphere ) وهي الطبقة التي تعلو سطح الأرض مباشرة و يعيش فيها الإنسان و الحيوان و النبات : الكتلة الحية ( Bioacta ) و تحتوي علي الهواء الذي نتنفسه و يبلغ أقصى متوسط لسمكها هو ستة عشرة كيلو متر عند خط الأستواء و يقل تدريجيا بالاتجاه نحو القطبين فتصل إلي عشرة كيلو متر .

وهي طبقة مضطربة كلما اقتربنا من سطح الأرض و لإرتفاع ثلاثة كيلومترات وهو ما يمثل ٢٠ % من كتلة هذه الطبقة و التي في نفس الوقت تمثل ٨٠ % من الغلاف الجوي . وتظهر هذه التقلبات في صورة إنخفاض في درجة الحرارة بالارتفاع تدريجيا لأعلي تجاه طبقة الستروبوز ( Tropopause ) حيث تنخفض درجة الحرارة تدريجيا كلما أرتفعنا ثلثمائة متر عن سطح البحر كما ينخفض الضغط الجوي و كثافة الهواء .

و تحتوي هذه الطبقة علي الهواء المتنفس بالكائنات الحية النباتية و الحيوانية حيث الهواء النقي و الغير ملوث و مكوناته بنسبها الطبيعية ، جدول رقم (٦-١) و هو ما يحفظ الهواء الجوي في درجة حرارة مناسبة (١٥-٢٢م) و بمتوسط سنوي ١٥-١٨م وهي أقل من درجة حرارة الجسم حتي يتسني للجسم التخلص من درجة حرارة الزائد بالإشعاع للهواء المحيط أو بالنقل مع الهواء المتحرك المتجدد حيث يلزم الفرد يوميا ٤٤٠م<sup>٣</sup> أي بمعدل ٦٠م<sup>٣</sup>/ساعة و رطوبة نسبية لا تزيد عن ٨٠ % خاصة بآماكن العمل . و يتكون الهواء الجوي المتنفس من أربعة غازات تمثل ٩٩,٩٩ % من حجم الهواء الكلي وهي :

- الأوكسجين (Oxygen:O<sub>2</sub>) : و تبلغ نسبته في الهواء الجوي ٢٠,٩٦ % من حجم الهواء أي ما يقرب من ٢٣,١٤ % من وزنه و تقدر بحوالي ٢٠٠ مليون طن . و يتوقف علي جودة

جدول رقم (٦-١) : مكونات الغلاف الجوي

المركب	تركيزه (ميكروجرام/م <sup>٣</sup> )	فترة بقاء بالسنة
أرجون	١,٦ × ١٠ <sup>-٦</sup>	-
هليوم	٩٢٠	٢٠٠٠,٠
بخار الماء	٣٠٠٠ × ١٠ <sup>-٤</sup>	٠,٠٣
ثاني أكسيد الكربون	٨-٤ × ١٠ <sup>-٤</sup>	٤,٠
ميثان	٨,٥-١١ × ١٠ <sup>-٦</sup>	١٠٠,٠
أكسيد النيتروجين	١٠-٥ × ١٠ <sup>-٦</sup>	٤,٠
أول أكسيد الكربون	٢٠-١	٠,٣
ثاني أكسيد الكبريت	٥٠-٠	٠,٠١٥
كبريتيد الهيدروجين	٣٠-٣	٠,١

العديد من صور الحياة للكائنات الحية علي سطح الكرة الأرضية و يدخل في أغلب التفاعلات بسطح الكرة الأرضية . ووجوده في طبقات الجو العليا مع نسبة من غاز الأوزون يعطي اللون الأزرق للسماء و الذي يكون بمثابة عازل يمتص نسبة كبيرة من الأشعة فوق بنفسجية المنتشرة خلاله حيث وجود الأوزون بنسب ضئيلة في الهواء المتفسفد للصحة و لكن يظهر ضررة علي الصحة بزيادة نسبية ، كما أنه قابل للتحويل للتقاني لأكسجين و تفرد منه كمية من الطاقة في صورة حرارة.

- النيتروجين (Nitrogen : N) : وتبلغ نسبة ٧٨.٠٢١% من حجم الهواء أي ما يقرب من ٧٦,٠٣ % من وزن الهواء بالغلاف الجوي . و ترجع فائدته في تخفيف تركيز الأكسجين بالهواء للنسبة الملائمة لنشاط أنسجة الجسم ، كما يؤدي

إلى إنكسار الأشعة الشمسية عند إختراقها لهذه الطبقة كما تتحطم فيه الشهب المنجذبة إلى الأرض و ترجع لة قوة التيارات الهوائية .

- ثاني أكسيد الكربون (Carbon dioxide: CO<sub>2</sub>): وتبلغ نسبتة ٠,٠٤ % من حجم الهواء أي ما يوازي ٠,٠٥% من وزن الغلاف الجوي و تتفاوت هذه النسبة من مكان لآخر حيث تنخفض النسبة تدريجيا من المناطق الصناعية الي المناطق الأهلة بالسكان و المزدحمة بالمواصلات ثم المناطق الساحلية فالمناطق الزراعية و لهذا تقوم بعض الدول بعمل حزام أخضر (Green band) حول العواصم المزدحمة و الأهلة بالسكان فيقوم بامتصاص ثاني أكسيد الكربون نهارا أثناء تنفسها و تعطي بعد تمثيلة ضوئيا خلال عملية البناء الضوئي (Photosynthesis) وفي وجود الكلوروفيل الأكسيجن للجو المحيط .
- أول أكسيد الكربون (Carbon monoxide: CO) وهي نسبة ضئيلة جدا كذلك بعض الغازات الخاملة مثل النيون و الكريبتون و الأرجون والهيدروجين و الهليوم و بخار الماء (١%) بالمناخ الجاف وترتفع إلى ٤% بالمناخ الرطب) ، جدول رقم (٦-٢) .

و يحدث تلوث للهواء الجوي عند حدوث خلل في نسب تواجد مكوناته السابقة سواء أكان الخلل نتيجة عوامل طبيعية كالغازات المتصاعدة من المسطحات المائية الراكدة و المغلقة أو العواصف الترابية و الرملية و المحملة بالدخان و الجسيمات أو الغازات و الأكاسيد الناجمة عن اشتعال الحرائق بالغابات طبيعيا نتيجة إحتكاك أوراقها صيفا و الزيوت النباتية المتطايرة و حبوب اللقاح و كذلك الغازات البركانية أو نتيجة الأنشطة البشرية (Human activities) بالأماكن الأهلة بالسكان و المزدحمة بوسائل

جدول رقم (٦-٢) : النسب الطبيعية لمكونات الهواء الجوي الجاف  
بالقرب من مستوي البحر ( Clean dry air near sea level)

المكون	التركيز (جزء في المليون) ppm	% بالحجم	الوزن الكلي (مليون طن)
أكسجين (O <sub>2</sub> )	٢٠٩٤٠٠	٢٠,٩٥	١٢٩٠٠٠٠٠٠
أول أكسيد الكربون (CO)	٠,١	٠,٠٠٠٠١	٥٤٠
ثاني أكسيد الكربون (CO <sub>2</sub> )	٣١٨	٠,٠٣٧٨	٢٧٠٠٠٠٠
أوزون (O <sub>3</sub> )	٠,٠٢	٠,٠٠٠٠٢	١٩٠
نيتروجين (N <sub>2</sub> )	٧٨٠٩٠٠	٧٨,٠٩	٤٢٢٠٠٠٠٠٠٠
أكسيد نيتروز (N <sub>2</sub> O)	٠,٢٥	٠,٠٠٠٠٢٥	١٧٠٠
ثاني أكسيد النيتروجين (NO <sub>2</sub> )	٠,٠٠١	٠,٠٠٠٠٠١	٩
أكسيد النيتريك (NO)	٠,٠٠٠٠٦	٠,٠٠٠٠٠٠٦	٣
أمونيا (NH <sub>3</sub> )	٠,٠١	٠,٠٠٠٠٠١	٢١
ثاني أكسيد الكبريت (SO <sub>2</sub> )	٠,٠٠٠٠٢	٠,٠٠٠٠٠٠٢	٢
كبريتيد هيدروجين (H <sub>2</sub> S)		٠,٠٠٠٠٠٠٢	١
أرجون (Ar)	٩٣٠٠	٠,٩٣	٧٢٠٠٠٠٠٠
نيون (Ne)	١٨	٠,٠٠١٨	٧٠٠٠٠
هيليوم (He)	٥,٢	٠,٠٠٠٠٥٢	٤٠٠٠
كربون (Kr)	١	٠,٠٠٠٠١	١٦٢٠٠
زينون (Xe)	٠,٠٠٨	٠,٠٠٠٠٠٠٨	٢٠٠٠
ميثان (CH <sub>4</sub> )	١,٥	٠,٠٠٠٠١٥	٤٦٠٠

المواصلات و المناطق الصناعية و أماكن حرق القمامة المفتوحة ، جدول رقم (٦-٣) و تكون النتيجة و المحصلة النهائية هي ارتفاع نسبة مستوي التلوث بالهواء الجوي المستشقق نتيجة ارتفاع درجة حرارة الجو وبشكل كوانتم يسير في خطوط مستقيمة طالما درجة حرارتها أعلي من الصفر المطلق (-٢٧٣) حيث تتوقف أطوالها الموجية علي الأشعة الصادرة عن الأجسام المشعة لهذه الحرارة .

جدول رقم (٦-٣): الملوثات الغازية البيئية الملوثة للهواء الجوي و  
نسبها تبعاً لمصادرها المختلفة

المصدر	CO	Non	SO <sub>2</sub>	هيدروكربونات	جسيمات
مصادر صناعية	٩,٦	١	٢٢	١٤,٤	٢٦,٥
حرق نفايات صلبة	٧,٨	٢,٩	٠,٣	٥,٠	٣,٩
حرق نفايات زراعية	٨,٤	١,٥	قليل جدا	٥,٢	٨,٤
حرق نفايات غابات	٧,٢	٥,٨	قليل جدا	٦,٩	٢٥,٧
حرق نفايات فحم	١,٢	١,٠	١,٨	٠,٦	١,٤
حرق نفايات مباني	٠,٢	قليل جدا	قليل جدا	٠,٣	٠,٤
إحتراق الفحم	٠,٨	١٩,٤	٦,٥	٠,٦	٢٩
إحتراق وقود سائل	٠,١	٤,٨	١٣	٠,٣	١,٠
إحتراق وقود غازي	قليل جدا	٢٣,٣	قليل جدا	قليل جدا	٠,٧
إحتراق خضب	١,٠	١	قليل جدا	١,٣	٠,٧
وسائل نقل (بنزين)	٥٩	٣٢	٠,٦	٤٧,٥	١,٨
وسائل نقل (ديزل)	٠,٢	٢,٩	٠,٣	١,٣	١,٠
وسائل نقل (قاطرات)	٠,١	١,٩	٠,٣	٠,٩	٠,٧
وسائل نقل (سفن)	٠,٣	١,٠	٠,٩	٠,٣	٠,٤
وسائل نقل (طائرات)	٢,٤	قليل جدا	قليل جدا	٠,٩	قليل جدا
وسائل نقل (متنوعة)	١,٨	١,٥	٠,٣	١,٠	٠,٤

و عند مقارنة نسب المكونات الأساسية لمكونات الهواء الجوي المستشق الطبيعية بمثلتها و الناجمة عن الأنشطة البشرية نجد أنها تكاد تكون متضاعفة خاصة مع ملوثات الهواء الأكثر خطورة ، جدول رقم (٦-٤) .  
جدول رقم (٦-٤) : نسب ملوثات الهواء الطبيعية و مثلتها الناجمة عن الأنشطة البشرية

الملوث	CO	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> S	بخار و دخان	% الكلية
% مصادر طبيعية	٤٠	٨٠	٢٠	٩٥	٦٠	٥٠	٨٠	٤٣٥
% أنشطة بشرية	٦٠	٢٠	٧٠	٥	٤٠	٥٠	٢٠	٢٦٥
المجموع	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٧٠٠

تتعدد صور السموم البيئية و ملوثات الهواء الجوي و ذلك تبعا لطبيعة التركيب الكيميائي والبنائي للمجموعة الدالة (Function group) التي تتميز بها كل مجموعة من هذه المجاميع و التي علي أساسها تظهر وتتبلور آلية فعلها (Mode of action) وطبيعة تأثيراتها المختلفة علي أعضاء أجهزة الجسم المختلفة وفيما يلي أمثلة :

#### ١- أول أكسيد الكربون (Carbon monoxide : CO) :

وهو أكثر ملوثات الهواء الجوي المستنشقة شيوعاً ( فتمثل ٨٨-٩٠ % من ملوثات الهواء الجوي ) و أكثرها خطورة ولهذا فغالبا ما يؤخذ كمعيار لقياس خطورة باقي ملوثات الهواء الغازية الرئيسية حيث يعطي القيمة : ١ و ينسب إليه أي ملوث غازي آخر ، جدول رقم (٦-٥) .  
 فعند وجود اكاسيد النيتروجين مثلا في الهواء الجوي المستشق و بتركيز قدرة ٢٥٠ ميكروجرام / متر مكعب فإن معامل تأثيرها يكون :

$$\text{معامل التأثير} = \text{تركيز أول أكسيد الكربون بالجو المحيط} / \text{مستوي الاحتمال}$$

$$= 22.4 = 250 / 5600$$

و هذا يشير بأن :

معامل تأثير (خطورة) الأكاسيد النيتروجينية يبلغ ٢٢,٤ ضعف تأثير أول أكسيد الكربون

جدول رقم (٦-٥) : معامل التأثير (الخطورة) للملوث الرئيسية في الهواء الجوي

الملوث	مستوي الإحتمال (ميكروجرام / ٣م)	معامل التأثير	قيمة المنبث (المطروح) بيلطن / سنة	الوزن المؤثر (الوزن x معامل التأثير)
أول أكسيد الكربون	٥٦٠٠	١,٠	١٤٧,٢	١٤٧,٢
أكاسيد كبريتية	٣٦٥	١٥,٣	٣٣,٩	٥١٠,٧
لكاسيد نيتروجينية	٢٥٠	٢٢,٤	٢٢,٧	٥٠٨,٥
هيدروكربونات	٤٥	١٢٥,٠	٣٤,٧	٤٣٣٧,٥
جسيمات	٢٦٠	٢١,٥	٢٥,٤	٥٤٦,١

وينتج أول أكسيد الكربون من عمليات الاحتراق الغير كامل للوقود العضوي (بنزين - ديزل - غاز طبيعي - فحم ) و الكربون و منتجاته ، أو لتفكك نواتج الاحتراق لعناصرها تحت تأثير الحرارة العالية كتفكك ثاني أكسيد الكربون الي أول أكسيد الكربون و الأوكسجين كذلك أكسدة الكربون في وجود الأوكسجين و هنا يختلف ناتج التفاعل تبعا لنسبة الأوكسجين الجوي. أيضا يؤدي تفاعل ثاني أكسيد الكربون في درجات الحرارة العالية مع الكربون لإعطاء أول أكسيد الكربون .

و يلاحظ أن أول أكسيد الكربون يوجد في حالة توازن مع ثاني أكسيد الكربون في درجات الحرارة العالية و عند التبريد تصبح السيادة لأول أكسيد الكربون نتيجة احتياجه لمدة طويلة لإعادة استقرار الإتزان من جديد ، كما يتحول أول أكسيد الكربون في طبقات الجو العليا ( ١٠٠ كيلو متر ) الي أول أكسيد الكربون و الأوكسجين الذرى لتعرضه للاشعة فوق بنفسجية .

و من الأهمية بمكان في هذا الصدد التنويه بأن تركيز أول أكسيد الكربون في الهواء الجوي لا يعتمد فقط على معدل إنتاجه و لكن أيضا على معدل إزالته و التي تحدث في التربة حيث يتأكسد الي ثاني أكسيد الكربون فتفاعله يحتاج الي طاقة تنشيط ( ٥١ كيلو كالورى / مول مع الأوكسجين و ٢٠ كيلو كالورى / مول مع الأوزون و ٢٨ كيلو كالورى / مول مع ثاني أكسيد النيتروجين )

و تكمن خطورته البيولوجية ( سميته ) في إتحاده بعد إستنشاقه مع الهواء الجوي مع هيموجلوبين الدم ( الحامل أصلا للأوكسجين ) مكونا كاربوكسى هيموجلوبين :



و هنا لا يتمكن أوكسجين الهواء الجوي من الأتحاد مع الهيموجلوبين فيمنع بالتالي تأكسد الدم فتتخفف قدرته على التبادل الغازي ( التنفس )

خاصة و أن ميل الهيموجلوبين للارتباط مع أول أكسيد الكربون تعادل ٢١٠ ضعف ميله للارتباط مع الأوكسجين و هنا يتم حساب نسبة جزيئات الهيموجلوبين الحاملة له من المعادلة :

$$\text{نسبة الكربوكسي هيموجلوبين (COHB)} = 0.16 \times \text{تركيز أول أكسيد الكربون} + 0.5 \times \text{جزء في المليون (الطبيعيه بالهيموجلوبين)}$$

كما يمكن حساب تركيزه عند التعرض المستمر له بالهواء المستنشق (١٠٠ جزء في المليون) :

$$\text{نسبة الكربوكسي هيموجلوبين (COHB)} = 8.1 = 0.5 + 100 \times 0.16$$

أي أن تركيزه في الدم يرتبط مباشرة بكمية أول أكسيد الكربون في الهواء .

أيضا تتمثل خطورته في اتحاده مع ذرات الحديد اللازمة لعمل كثير من الأنزيمات المعاونة الداخلة في عملية التنفس فينبط عملها .

و الحد المسموح بتواجده في الهواء في منطقة عمل (Max. Allowable Concentration : MAC<sub>w21</sub>) هو ٩ جزء في المليون ، بينما الحد المسموح بتواجده للتعرض مره واحده في السنة (Single exposure) هو ٣٥ جزء في المليون / ساعة أو ٩ جزء في المليون / ٨ ساعة أما بلوغه ٥٣ جزء في المليون فيؤدي لمستويات من درجات التسمم .

و التسمم الحاد بأول أكسيد الكربون يكون في صورة صداع و ضعف في السمع و البصر و ارتخاء العضلات ثم إغماء مع سرعة ضربات القلب و عند بلوغ مستوي الكربوكسي هيموجلوبين بالدم إلي ٥٠ % يحدث اضطراب في الجهاز العصبي و هنا يكون بلغ تركيزه في الهواء المستنشق ٣٥ جزء في المليون كما أنه في نفس الوقت فإن امتصاص أنسجة الجسم للغاز بدلا من الأوكسجين اللازم فتظهر حالات صداع و دوام و إغماء . و باستمرار التعرض له يؤدي لتلف الخلايا العصبية بالمخ وهو ما يصاحب باضطرابات نفسيه و حركيه و انخفاض في المقدرة الذهنية و تصل في النهاية الي مرحلة الشلل الرعاش .

و يتم تقديرة بالتقاطة وتصيده بمصيدة (Trap) و ذلك بأمرار الهواء الجوي علي محلول ملح الفضة القلوي والمخلوط مع بارا-سلفا أمينو بنزويك فيعطي محلول غروي بني تقاس درجة شدته الضوئية علي طول موجي قدره ٤٠٠ نانوميتر . وتقدره منظمة الصحة العالمية (FAO) بالأشعة تحت حمراء الغير مشتقة ( Non-Dispersive InfraRed ) حيث أن وجوده في محلول خامس أكسيد اليود و حمض الكبريتيك يؤدي إلي اختزال الأكسيد و إنفراد اليود:



## ٢- ثاني أكسيد الكربون ( Carbon Dioxide : CO<sub>2</sub> ) :

يعد ثاني أكسيد الكربون سواء الناتج من احتراق المواد العضوية والفحم أو من تنفس الكائنات الحية أو من تحللها بعد موتها أو تخمر السكريات طبيعياً وكيميائياً أو عادم السيارات من الغازات الملوثة للهواء الجوي ( مثلثه مثل أول أكسيد الكربون ) علاوة علي كونه مركب مهم في دورة الكربون التي تتم فيها تبادل الكربون من اليابسة والمحيطات والهواء الجوي فحوالي ٤٥٠ مليار طن ( ٤٥٠ ميجا طن ) منه مخزن بالنبات و ٧٥٠ مليار طن مخزن في الهواء و ٥٨٠ مليار طن مخزن بالطبقة السطحية للمحيطات ٣٠٤٢٠ بالطبقة السفلى للمحيطات حيث يتم كل سنة تبادل ١٠٠ مليار طن ( ميجا طن ) بين الهواء واليابسة والمحيطات حيث يتم التبادل الغازي بين الغلاف الجوي والمسطحات المائية حتي عمق ٨٠ متر عندئذ يصل تركيزه بالغلاف الجوي والمسطحات الي ٦ : ١ ولذا تستوعب المسطحات المائية كمية كبيرة منه تبلغ ٦٠ ضعف ما يحتويه الغلاف الجوي وهنا بنمو المكونات وبيكربونات أيونية :

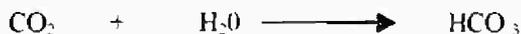


والحد المسموح به في هواء منطقة عمل (MAC<sub>wz</sub>) هو ٣,٥ جزء في المليون . و ارتفاعه عن ذلك يؤدي الي :

أ- ارتفاع حرارة الجو المحيط بالكرة الارضية ( ظاهرة الصوبية : Green House ) لمقدرته العالية علي امتصاص الاشعة تحت الحمراء بتدرجياً

يؤدي لطريقة غير مباشرة لذوبان الجليد القطبي بما يعادل ٢ مليون كيلو متر مكعب فيزداد بدورة منسوب مياه البحار والمحيطات من ٥ - ٧ متر ( فارتفاع مستوى البحر الأبيض المتوسط فقط لنصف متر يؤدي لهجرة ١٦% من سكان حوض البحر الأبيض المتوسط ، كما أن زيادة ارتفاع مستوى الحرارة تؤدي لافراز كميات زائدة من الميثان المحجوز بالقطب الشمالي كذلك يؤدي لزيادة ملوحة الانهار العذبة لزيادة ظاهرة المد والجزر

ب- تكوين المطر الحمضي (Acid rain) : فزيادته بالجو خاصة بالمناطق الصناعية واتحاده مع الرطوبة الجوية يؤدي لتكوين رذاذ كربوني حامضي له أثر ضار خطر على الأغشية المخاطية بالأنف والقصبية الهوائية علاوة على صعوبة التنفس فاذا ما بلغ ٨٠,٠٠٠ جزء في المليون أدت للموت علاوة على تأثيره الضار على المزروعات (vegetation) والمنشآت والابنية المعدنية والكبارى .



ج- لوحظ زيادة مستواه بالجو في القرن الحالي بنسبة ١٥% عن القرن الماضي فهو مرشح في اتجاه واحد للاشعة الكونية فيستبعد الاشعة المحتوية على معظم الأطوال الموجية للطاقة الشمسية المسنولة عن التدفئة ثم يمتص الطاقة المنعكسة مرة أخرى فيسمح بنفاذ الاشعة ذات الطول الموجي القصير ٤٧٠ نانوميتر ولا يسمح بنفاذ الاشعة الحرارية ذات الطويل الموجي الكبير (Infra red : IR) .

د- يؤدي لزيادة الاكاسيد النيتروجينية والفريون ( غازات الصوبه الخضراء).

هـ- زيادته عن ٣٥٠ جزء في المليون يؤدي لسعال وصداع وسرعة نبض وضغط دموي عالي .

ويقاس تلوث الهواء بثاني أكسيد الكربون بعد تخفيف الهواء في محلول كلوريد مغنيسيوم أو بوتاسيوم ثم تحسب الزيادة في وزنها بعد فترة زمنية فتعادل الزيادة في الوزن وزن ثاني أكسيد الكربون أو يتفاعله مع الهيدرازين (Hydrazine) فيتكون حمض كربونيك مونوهيدرازين (Carbonic Monohydrazin)



أو باستخدام كاشفات (Detectors) أو أجهزة التحليل الذاتي (Auto-analyzers) حيث يقاس التلوث على درجة حرارة ٣٢ - ٤٠ م و على درجة ٢٠ - ٩٠ % رطوبة نسبية وبتغير هذه الظروف يتم عمل تصحيح بجداول خاصة أما في حالة تباين الضغط فيعدل من المعادلة:  
 القيمة الصحيحة = القراءة × ٧٦٠ ÷ الضغط عند القياس (ملم ز)

### ٣- الأكاسيد الكبريتية: (Sulfur Oxides: Sox) :

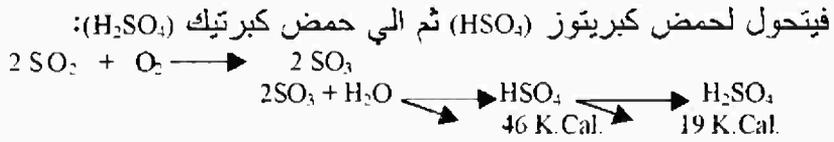
يعد ثاني أكسيد الكبريت (SO<sub>2</sub>) الأكسيد السائد عن ثالث أكسيد الكبريت (S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) عندما يبتأ في الهواء (١ : ١٠٠) و ذلك عند احتراق النفط ومشتقاته والفحم والزيوت وأماكن تكرير البترول ومصانع حمض الكبريتيك والأسمدة وتحلل وأكسدة المواد العضوية بالمسطحات المائية (الراكدة) وحمم البراكين (٨٠%) والذي يتحول لكبريتيد هيدروجين (H<sub>2</sub>S) والذي ربما يتأكسد لثاني أكسيد الكبريت :



والحد المسموح لتلوث الهواء بمنطقة عمل (MAC<sub>w2</sub>) هو ٠,٠٣ جزء في المليون ( أي ما يعادل ٨٠ ميكروجرام / م<sup>٣</sup> بينم الحد المسموح به للتعرض ليوم واحد / سنة هو ٠,٠٤ في المليون ( أي ما يعادل ٣٦٥ ميكروجرام / م<sup>٣</sup> ) وبزيادته الى ٠,٥ جزء في المليون يؤدي لتهدج الجهاز التنفسي أما ارتفاعه و بلوغ مستواه الى ١٠ - ٥ جزء في المليون فيؤدي لتشنج الجهاز العصبي .

وتزداد خطورته عند سكون الهواء فيمنع صعود الهواء الساخن للطبقات العليا بالجو أو هبوط الهواء البارد لقرب السطح مما يؤدي لحبس جزيئاته السامة بالغلاف المحيط بالأرض فيزداد تركيزه.

وخطورة ثاني أكسيد الكبريت أقل من الأكاسيد الأخرى الثانوية فأكسدته الى ثالث أكسيد الكبريت و الذي يذوب بقوة في الرطوبة الجوية



وعند اختلاطة بدخان المصانع تزداد خطورته ويتكون الضباب الدخاني الكبريتي (Sulfuric Smog) وله سمية عالية مثل ماحدث في ميوزمالي ببلجيكا فادى لقتل ٦٠ شخص وأصابة الآلاف بأمراض تنفسية خطيرة .

وقد يتحول بالجو الرطب الي كبريتات أمونيوم أو حمض كبرتيك يدمص على سطح الجسيمات وتظل عالقة بالجو حتى تجد طريقها للجهاز التنفسي فاستشاقها مع الهواء بالرئتين يؤدي لتهيج أنسجة الانف و الاذن و الفم و العين كما بالأكاسيد النتروجينية و الأمونيا والكلور والأوزون .

أما عند دخوله عن طريق الفم فيذوب ويتحول الي حمض كبريتوز ثم الي حمض كبرتيك يؤدي لتقرحات جلدية وتآكل الغشاء المخاطي المبطن لمجرى الانف والحجرة والعين بجانب كون الغاز مهيج لأنسجة الأنف و الأذن والفم و أنسجة الرئتين فتحققن مثله مثل الأكاسيد النتروجينية و الكلور و الأمونيا و الأوزون .

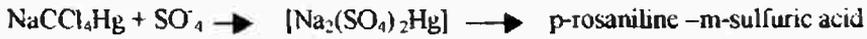
وبوصوله للخلايا الطلائية المبطنة للقصيبات يحدث ضيق فى التنفس لصعوبة تبادل الغازات بين الدم والرئة مما يؤدي الي سعال متصل كما يؤدي لتتبه متصل لافراز الخلايا الكأسية المبطنة للقصيبات فيعطل عمل الشعيرات الهدبية المبطنة للمجارى التنفسية كما يحدث تهيج بالغدد الدمعية .

وعند وصول مستوي تلوثه الي ٥٠ - ١٠٠ جزء فى المليون يؤدي للموت خلال عشرة دقائق لتآكل الشعيرات الدموية التنفسية ، كما ان زيادة تركيزه بمياه الشرب أو الأغذية الملوثة يجعل متناولها عرضي للنزلات الشعبية.

و لا يفوتنا هنا التويه بأن الكبريت يدخل في تركيب كثير من البروتينات مثل الميثيونين و السيستين و السيستين و فيتامين ب١ والبيوتينوحمض الليبويك و الأنسيولين و الهيبارين والفيوثوجين و

الجلوتاثيون و المرافق الأنزيمي (أ) و الكيراتين و الكيرزونين كما يدخل في تنشيط بعض الأنزيمات في صورة مجموعة سلفهيدريل وفي نفس الوقت يحتوي الجسم علي ١٤٠ جم كبريت عضوي أو في صورة كبريتات صوديوم أو مغنسيوم أو بوتاسيوم

و يقاس مدى تلوث الهواء بة بامتصاصه على رابع كلوريد الصوديوم الزئبقى (طريقة Wesr & Gercke) ثم التفاعل مع الفورمالدهيد و في وجود مركب بارا- روزانيلين :



حيث تقاس شدته الضوئية على طول قدرة ٥٦٠ نانوميتر.

أو بأمرار الهواء على محلول فوق أكسيد الهيدروجين ثم يعاير المحلول لتقدير حمض الكبريتك بمحلول قياسي قلوئى .

أو بتفاعل ثاني أكسيد الكبريت مع أسيتات الزنك و نيتروبروسينات الصوديوم ثم يعاير لتقدير الكبريت .

أو بأمرار الهواء على حمض كروميك فيختزله لكبريتات كروميك أو باختزال ثالث أكسيد الكبريت: طريقة (Stratmann) لكبريتد هيدروجين ويمتص بموليبدات الامونيوم معطياً لون أزرق .

أما غاز كبريتيد الهيدروجين (Hydrogen Sulfide : H<sub>2</sub>S) : فتتج ثلث كمية نتيجة تخمر الفضلات البشرية و الحيوانية و تحلل المواد العضوية و المحتوية علي ذرة كبريت في تركيبها كذلك من مصادره الطبيعية كالبراكين و الينابيع حيث يبت منه حوالي ٨ مليون طن / سنه وتبث المحيطات ٢٥٥ مليون طن علاوة علي ما تبثه المصانع خاصة مصانع المطاط و الورق و الخشب . و يبلغ تركيزة في الهواء ٠,٤٦ ميكروجرام /م<sup>٣</sup> لذا لا يمكن الإحساس به و الحد المسموح بتواجده عالمياً في الهواء الجوي هو ٠,٠٠٣ - ٠,٠٠٨ جزء في المليون .

و يسبب الهواء الملوث به تهيج في بطانة الغشاء المخاطي للمجري التنفسية و العين فيصعب التنفس كما يؤدي إلي تثبيط بعض الأنزيمات و طول فترة التعريض يؤثر علي المخ فينعكس في صورة خمول و عدم التركيز في التفكير و عدم القدرة علي التركيز كما يتحد مع الهيموجلوبين مكوناً ميثيموجلوبين لأرتباط الكبريت بحلقة البيرول ( Pyrol ring ) بجزئى الهيموجلوبين و هو ما يضعف قدرة الجزئى علي حمل الأوكسجين .

كذلك يؤثر الهواء الملوث به علي الطلاء خاصة المحتوي علي الرصاص فيسود لونها تدريجيا لتكوين كبريتيد الرصاص :



و يقاس مدي تلوث الهواء الجوي به من خلال إمرار تيار الهواء علي كبريتات نحاسيك فيتكون كبريتيد نحاسيك :



أو بأمرار تيار الهواء علي خلات نحاس ١,٢ % فيتكون راسب عند أس تركيز أيون هيدروجين قدره ٥,٦ وتستخدم أشرطة مبللة بخلات النحاس حيث يسود لونها بتعرضها له أو بأمراره علي هيدروكسيد كادميوم لفترة ثم يضاف الي حجم من المحلول قدره ٥ سم ٣ حجم قدره ١ سم ٣ من نون-داي ميثيل بارافينيلين داي أمين ثم ٠,٥ سم ٣ من محلول ١% نترات حديدك ويترك ٣٠ دقيقة ثم يقاس اللون الأزرق المتكون للميثيلين علي طول موجي قدره ٦٧٠ نانوميتر أو بأمرار تيار الهواء الملوث علي محلول من موليبدات الأمونيوم ثم تقدير اللون الأزرق لونها .

أما غاز ثاني كبريتور الكربون (Carbon disulfide : CS<sub>2</sub>) :

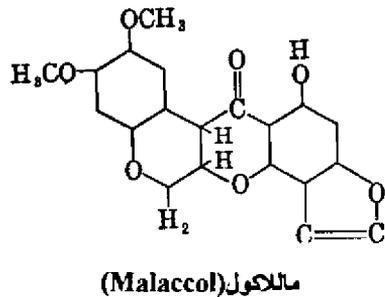
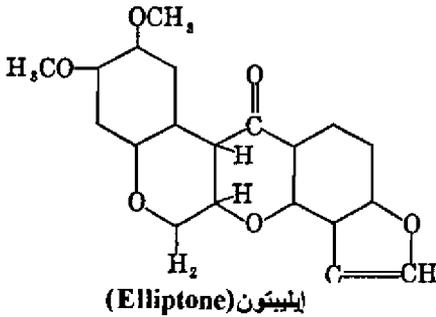
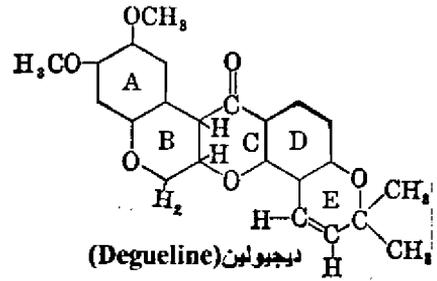
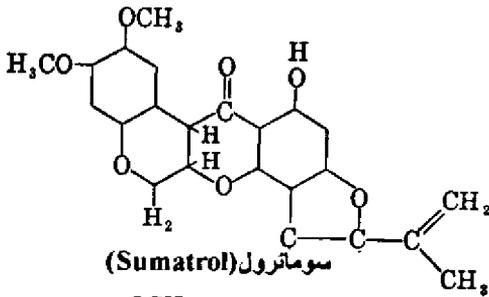
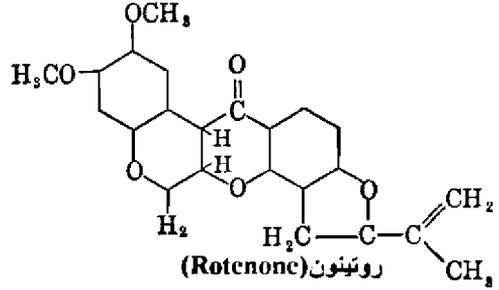
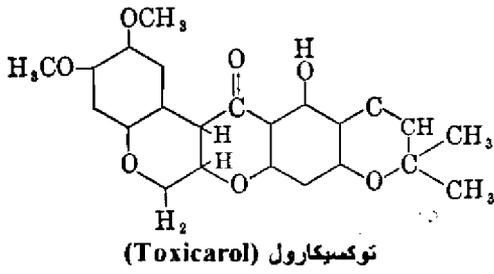
فهو غاز قليل الذوبان في الماء وبوصوله للجهاز التنفسي وامتصاصه يوقف نشاط أنزيم الاكسيداز (Oxidase) والديهيدروجيناز (Dehydrogenase) كما يتفاعل مع بروتوبلازم العقد العصبية و البروتينات خاصة البروتينات الأنزيمية بالجسم فيرسبها فيوقف بذلك التنفس ولهذا يعد سام للطيور والاسماك والنحل ( كل صور الحياة) .

أما حمض الهيدروسيانك ( Hydrocyanic acid : Pruesic ) :

فهو غاز شديد السمية لكل صور الحياة . وينتشر سريعاً و يذوب في الماء بجميع النسب ويعطي حمض ضعيف و يعد امتصاصه مناهض لأنزيمات التنفس مناهضة عكسيه خاصة المحتوية منها علي الحديد ( Fe<sup>3+</sup> ) مما يعوق عمليات الأوكسدة لتكون معقد أنزيمي مع السيوكروم أكسيداز و الكاتاليز مما يؤدي لنقص الأوكسجين فتظهر دوخة وصداع واختناق وزرقة بالجلد وعدم الإدراك . وأقصى تركيز مسموح به في الهواء هو ٠,٣ مللج / م ٣. والحد المسموح بالتعرض له يوميا هو ٠,٠٥ ملل / كج / يوم . ويستخدم نيتريت الاميل كمضاد للتسمم (Antitode) سواء بالاستنشاق أو الحقن

الروتينويدات (Retenoids) :

تستخلص الكالويدات الروتينويد من نبات الدرر *Derris elliptica* التابع للعائلة البقولية وتبلغ نسبته بالنبات ككل ١٣ - ٢٠ % وبالجزور ٤٠ % ومسحوق المادة الخام (Tuba-Cuba-root) يستخدم مباشرة بنثره على المكان المراد معاملته. و تتفاوت درجة سميتها بتفاوت اختلاف حجم جسيماتها و التي تتراوح في حدود ١٠٠ مش حيث تبلغ جرعتها القاتلة للنصف ( $LD_{50}$ ) ١٥٠ ملج / كج من وزن الجسم ونقل سميتها (١٠٠٠ ملج / كج) مع الحبيبات الخشنة : ٦٠ مش. وللروتينون ثلاثة عشرة مشتق وأكثرها نسبة هو التوكسيكارول فتبلغ ٦٠ % ويليه الديجوليين وسمية ٤/١ سمية الروتينون أما السوماترول فله فعل أبدي قليل (١٥ %).

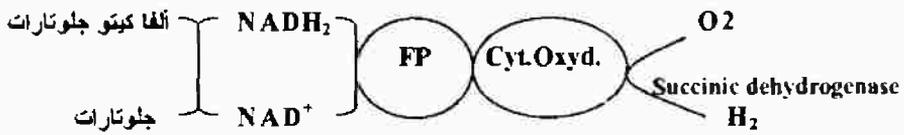
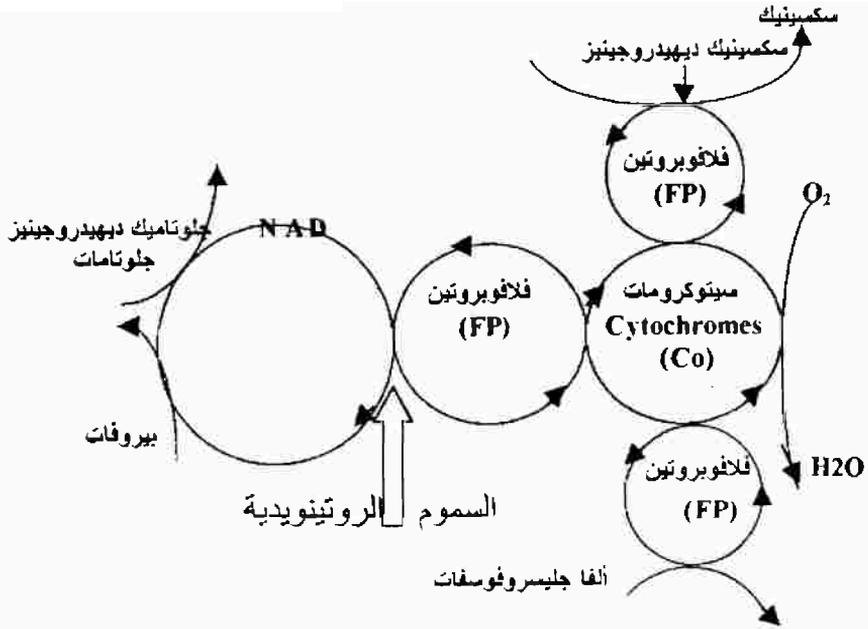


وعند تعرض الروتينون للحرارة أو الأشعة يتكسر الي ٨-٧-داي هيدروكسي روتينون . و كل مشتقات الروتينون لها نشاط ضوئي (Optical activity) والمشتقات الفعالة منها تكون في الصورة اليسارية (Levorotatory) عدا مركب الديجيولين .

و سمية الروتينون منخفضة جدا للفقرات وذوات الدم الحار رغم سميتها العاليه للانواع الحشرية . وتتمثل أعراض السمية الحاده للروتينون بالثدييات في :إثارة (Excitation) ثم هبوط تام لنبض ضربات القلب ثم سكون فأرتخاء لنقص الأوكسجين والسكر بالدم (Hypoglycemia) لتثبيط عملية التنفس ثم فقد التوازن وفشل بالتنفس فالموت ( وبالحشرات تكون في صورة انخفاض في دقات القلب وانخفاض في حركة التنفس ونقص في أستهلاك الاكسجين وشلل أرتخائي (Flacid paralysis) .

أما أعراض السمية المزمنة فتكون في صورة تعفن خلايا الكبد وأرتشاح ليمفاوى حول الوريد البابي الليمفى مع اختناق وموت موضعي ( تتكزز) بالمنطقة الوسطى لفصوص الكبد وتلف كبيات الكلى وقنواتها وزيادة إفراز الدهون بالقناة الهضمية التي تمتص جزئيات السم .

و يتدخل الروتينون :آلية فعلة (Mode of action) في تخليق جزئيات الأدينوسين تراي فوسفات (ATP) من الأدينوسين داي فوسفات (ADP) المرتبط بعملية الأوكسدة والاختزال و التي تكون نتيجتها فسفرة الأدينوسين داي فوسفات (ADP) وتحواله الى الأدينوسين تراي فوسفات (ATP) وكسر هذه السلسلة ، شكل رقم (٦-١) . كما تتأثر أكسدة السكسينات بتثبيط أنزيم السكسينيك أكسيديز (Succinic Oxidase) و السكسينيك ديهيدروجينيز (Succinic dehydrogenase) و الجلوتاميك ديهيدروجينيز (Glutamic dehydrogenase) و الملامس لعملية أكسدة حمض الجلوتاميك الي ألفا كيتو جلوتاميك كذلك تؤثر علي أنزيم السيتوكروم أكسيديز (Cytochrome Oxidase) فتثبط أكسدة نيكوتين أميد داي نيوكليوتيد في صورته المختزلة (Nicotine Amide Di neuclotide) (NADH) و اختزال السيتوكروم ج وتمنع إنفراد الأوكسجين فعملها يعوق الفسفرة التأكسدية ، فتفاعل الفسفرة يحتاج لطاقة (التفاعل العكس يؤدي



شكل رقم (٦-١) : مكان تداخل (فعل) جزئيات الروتينويدات في مسارات أكسدة النواتج الوسيطة الأيضية

لإنفراد الطاقة) والعمليات الحيوية بالجسم صممت لتستخدم جزئيات أدينوسين تراي فوسفات والتي تخليقها غاية في الأهمية فهو خرج أكسدة الجلوتامات والبيروفات والسكسينات والتي بدورها تتشق من السكر المهضوم والنشا وبالتالي فالتفاعل الكلي يتضمن عمليتي :

- تحول هذه المركبات كمواد تفاعل أساسية للصورة المؤكسدة .

و هاتين الخطوتين مرتبطتين خلال سلسلة معقدة من تفاعلات الأكسدة والاختزال حيث الناتج الحيوى لها هو فسفرة أدينوسين داي فوسفات (ADP) وتحويله الى أدينوسين تراي فوسفات (ATP) حيث ترتبط وحدة سكسينات كمادة أساسية فى هذه السلسلة والمعروفة بأنها مسار الأكسدة الفوسفورية من خلال بعض التفاعلات الجانبية وعليه فأى اضطراب فى إحدى هذه الخطوات تؤدي لانقطاع تخليق وانفراد أدينوسين تراي فوسفات (ATP) .

أما إذا حدث اضطراب بحيث يؤدي لسد (Block) أحدي مراحل (خطوات) السلسلة فتتوقف العملية ككل مما يمنع استخدام الاكسجين (فصعوبة استخدام تعزى لعدم المقدرة على أكسدة السكسينات ربما لتثبيط أنزيم السكسينيك أكسيديز (Succinic Oxidase) رغم عدم تثبيط أنزيم السكسينيك ديهيدروجينيز (Succinic dehydrogenase) .

كذلك وجد أن معاملة العضلة السمة خارج الجسم بتركيز  $10^{-5} \times 5$  أظهرت تثبيط بالتنفس الداخلى (Endogenous Respiration) ربما ترجع لسد فى السيتوكروم هذا بجانب النقص الواضح فى استخدام وتخليق أدينوسين تراي فوسفات (ATP) خلال الأكسدة الفوسفورية ( أى أنه سد فى أكسدة الجلوتامات ) فتظهر السمية نتيجة تثبيط أنزيم الجلوتاميك ديهيدروجينيز (Glutamic dehydrogenase) .

كذلك لوحظت عملية أكسدة البيروفات بميتوكوندريا كبد الفأر ولكن ليست السكسينات فأفترح أن السد يكون عند الموقع المعلم بالسهم بالشكل السابق وهو الموقع الخاص بنقطة التقاء أو أزواج أكسدة ( $NADH_2$ ) والفلاكوبروتين حيث برهن ذلك بالقياس وأزرق الميثيلين والتى يمكن ان تسمح بأكسدة نيكوتين أميد داي نيوكليوتيد فى صورته المختزلة ( $NADH_2$ ) الى نيكوتين أميد داي نيوكليوتيد فى صورته المؤكسده ( $NAD^+$ ) وعليه فالسد عند هذا الموقع هو سد عند موقع أكسدة كل مواد التفاعل والتى تتأكسد بواسطة نظام نيكوتين أميد داي نيوكليوتيد (NAD) مثل الجلوتامات و كيتوجلوتارات و البيروفات وليس أكسدة السكسينات.

٥- الأكاسيد النيتروجينية (Nitrogen Oxides : NOx) :  
وتشمل:

٥-١- أكسيد النيتروز (Nitros Oxide : N<sub>2</sub>O) :

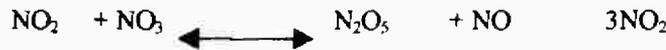
غاز غير سام ويبث منه سنويا في الهواء الجوي ما يبلغ ٥٩٢ مليون طن ويتكون من تحلل المواد النيتروجينية بالتربة .

٥-٢- ثاني أكسيد النترجين (Nitrogen dioxide : NO<sub>2</sub>) :

غاز خائق بني وغير قابل للاشتعال كالسابق ويسبب تهيج لأنسجة العين والأنف وصعوبة في التنفس لحدوث اضطراب رئوي مما يسهل بعد ذلك إصابة الرئة بالفيروسات المختلفة و تصل نسبة غاز ثاني أكسيد النيتروجين بالهواء الجوي الي ٠,٠٣ جزء في المليون ويزداد درجة تلوث الهواء الجوي به بجوار الطرق السريعة ومحطات توليد الكهرباء حيث تعد الأنشطة البشرية هي الملوث الرئيسي به للهواء فيصل إلى ١ جزء في المليون في حين تركيزاته الطبيعية تكون متراوحة بين ٠,٤-٩,٤ ميكرو جرام / متر مكعب من الهواء الجوي .

و سمية غاز ثاني أكسيد النيتروجين تبلغ أربعة أضعاف سمية أكسيد النترريك التالي للحيوانات وغالبية تكون (Anthropogenic) حيث يعد مادة مؤكسدة قوية جدا .

و المعادلات المختلفة التالية توضح المسارات لتخليق ثاني أكسيد النيتروجين و تداخله مع مكونات الهواء الجوي الأخرى :



و في المعادلة الأخيرة يؤدي اختزال ثاني أكسيد النيتروجين إلى

انفراد أكسجين ذري يتفاعل بدوره مع الأكسجين مكونا الأوزون والذي يكمل تفاعله مرة أخرى مع أكسيد النيتروجين مكونا ثاني أكسيد النيتروجين والأكسجين .

وقد يتحد الأكسجين الذري المنفرد مع الهيدروكربونات و يتكون الدهيد و أوزون و بيرأكسي أسيتيل نترات ( Per oxy acetyl nitrate : PAN ) والذي يؤدي إلي إثارة و تهيج أنسجة العين و تلف الأنسجة .

ويؤدي التعرض إلي أكثر من ١٠-٤٠ جزء في المليون إلي ربو شعبي بينما يؤدي التعرض إلي تركيزات تتراوح بين ٢٠-٧٥ جزء في المليون إلي التهاب القصبات و الحويصلات الهوائية أما في حين بلوغ تركيزاته إلي ٥٠-١٠٠ جزء في المليون فإنها تؤدي إلي تقرحات رئوية .

أما التعرض و لمدة ثلاثة أسابيع وتركيز يتراوح بين ١٥٠-٢٠٠ جزء في المليون فيؤدي إلي ورم رئوي و التهاب بالقصبات الهوائية و بتقدم الحالة يحدث سد في القصبات الهوائية لتورمها وهنا يحدث الموت خلال ٣-٥ أسابيع .

أما عند التعرض لتركيزات تتراوح بين ٣٠٠-٤٠٠ جزء في المليون فإنها تؤدي إلي التهاب القصبات و الحويصلات الهوائية و الموت بعد ٢-١٠ يوم في حين أن التعرض لجرعة قدرها ٥٠٠ جزء في المليون تؤدي إلي ورم حاد ثم الوفاة .

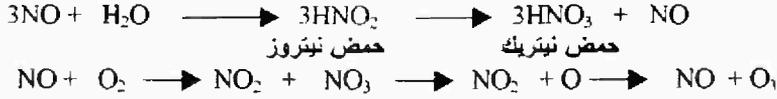
و يقاس تركيز ثاني أكسيد النيتروجين من خلال إمرار الهواء الجوي الملوث به علي محلول بوتاسي قلوي فينتج نترات أو نترت بوتاسيوم تقاس طيفيا أو يمرر علي التلوين فيتحول إلي نيترو تولويدن تقاس لونيا أو يمرر علي حمض سلفونيك و داي أمين أنيلين فيعطي لون وردي يقاس علي طول موجي قدره ٥٥٠ نانوميتر .

### ٥-٣-١ أول أكسيد النيتريك (Nitric mono oxide : NO) :

غاز سام غير مشتعل تزداد خطورته في كونه عديم اللون وبيث منه حوالي ٤٣٠ مليون طن سنويا علاوة علي ما تبثه العواصف الرعدية .

و تصل نسبته بالهواء الجوي ٠,٠٢ جزء المليون و بوصوله للجهاز التنفسي ينوب في رطوبة الأغشية المخاطية ويكون حمض النيتروز (Nitrose)

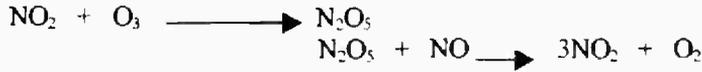
(HNO<sub>2</sub> : acid) و الذي يتأكسد بدروه إلى حمض نيتريك يخرب أغشية المخاطية بدأ من الأنف وحتى الرئة ثم يؤثر على طبقة الخلايا تحت الغشاء المخاطي خاصة مع زيادة تركيزه وانتشار الشعيرات الدموية المبادلة للغازات فتتقرح وتحدث نزيف حاد (Acute bleeding)



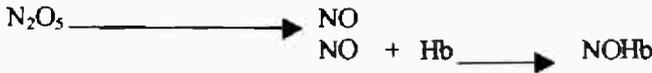
ويقاس أكسيد النيتروجين في الهواء الجوي الملوث به علي برمنجنات بوتاسيوم فيتأكسد إلى أكسيد نيتريك ثم إلى ثاني أكسيد النيتروجين يقاس تركيزه كما سبق .

#### ٥-٤- أنهيدريد الأزوت (Nitrogen anhydride : N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>):

وينتج من اتحاد ثاني أكسيد النيتروجين (NO<sub>2</sub>) مع غاز الأوزون (O<sub>3</sub>) وسرعان ما يتحد مع البخار الجوي بالهواء ويتكون حمض النيتريك (المخرب للأغشية المخاطية بكل مناطق الجهاز التنفسي) و الذي يتفاعل أو يدمص على مواد أخرى مكوناً أملاح النترات :

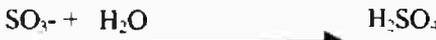
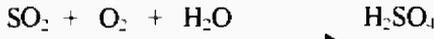
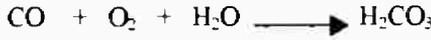


وزيادة تركيزه بالهواء الجوي تؤدي إلى امتصاص طاقة الشمس فيتحول إلى أول أكسيد النيتروجين (NO) الذي يتحد مع الهيموجلوبين مكوناً ميثيما هيموجلوبين فتقل بالتالي كمية الهيموجلوبين بالدم و الحاملة للأكسجين مما يؤدي بدوره إلى نقص في كمية الأكسجين المتبادلة بالدم فيزرق الجلد خاصة مع الأطفال و هو ما يعرف بمرض الطفل الأزرق (Blue baby) .



كذلك يؤدي إلى إثارة وتهيج بطانة الأغشية المخاطية للجيوب الأنفية والمجاري التنفسية مع اختناق رئوي .

ويلاحظ أن الأكاسيد السابقة ( أكاسيد النيتروجين والكبريت وأول وثاني أكسيد الكربون ) عندما تتداخل مع قطرات بخار الماء بالسحب المحملة بالغيوم تذوب فيها وتعطى ما يسمى بالمطر الحمضي (Acid rain) وعندما تتكثف لمقابلتها سحب أخرى باردة تتساقط في صورة رذاذ دقيق حمضي التأثير و المعادلات التالية تمثل مراحل تكوينه :



والرذاذ الحمضي له خطورته على صحة الإنسان فيسبب التهاب في بطانة الأنف و الأذن والحنجرة والعين وتهيج في بطانة الجهاز التنفسي ويسم الحيوانات المائية ويثبط أنزيمات البناء الضوئي لترسبه داخل أنسجة الميزوفيل كما يسبب تغير في الصفات الطبيعية للتربة والكائنات الحية الدقيقة بها خاصة المثبتة للنيتروجين الجوي و أيضا يسبب تأثر الأبنية الحجرية الأثرية ( تاج محل) .

ويقاس مدى التلوث بالمطر الحمضي من خلال تلوث الهواء بالملوثات الداخلة في تكوينه أو قياس أس تركيز أيون الهيدروجين (pH) أو الأثر الجانبي الضار على الأسماك و المياه أو باستخدام أشعة الليزر من الطائرات العمودية .

ولقد وقعت أمريكا و كندا ٨٥ وكذلك بريطانيا والنرويج ٨٦ إتفاقية للحد من المطر الحمضي بهدف كيفية تقليص جزيئات الهيدروكسيل بالغلاف الجوي لتنظيف الهواء من الملوثات فيحتوى الهواء الطبيعي على أيونات سالبة ٤٠٠٠ أيون سالب/م<sup>٣</sup> وبذوبانها يزداد تلوث الهواء ويعد قياس الأوكسجين الحيوي المستهلك كمييار للاستدلال على مدى تلوث الهواء

و بالتالي الرذاذ الحمض خاصة عند زيادة تركيز غاز الأمونيا و الذي يعادل أضعاف غاز ثاني أكسيد الكربون .

والماء النقي المعرض للهواء الطبيعي له أس تركيز أيون الهيدروجين (pH) تبلغ ٧٠ للتوازن بين ثاني أكسيد الكربون بالهواء (٠,٠٤%) مع التفاعلات العكسية .

ولوحظ في السنوات الأخيرة ارتفاع حامضة مياه الأمطار والتلوج خاصة بشمال أوروبا وشرق أمريكا إلي ثلاثون مرة مما أدى لانخفاض أس تركيز أيون الهيدروجين (pH) لمياه البحار والبحيرات والأنهار من ٥,٦ - ٥,٠ نتيجة تكون الأمطار الحامضة ، جدول رقم (٦-٦) .

جدول رقم (٦-٦) : السمية المقارنة بين ثاني أكسيد الكبريت وحمض الكبريتيك :

المركب	التركيز (ملل كج/م <sup>٣</sup> )	تأثير هسثوياتولوجي	توزيع التهوية
ثاني أكسيد الكبريت	١,٠٠	خفيف	ضعيف
حمض كبريتيك (٢,١٥ ميكرومول)	٠,٣٨	متوسط	متوسط
(٣,٦٠ ميكرومول)	٢,٤٣	-	ضعيف
(٦,٧٣ ميكرومول)	٤,٧٩	متوسط	متوسط
(١٠,٥٤ ميكرومول)	٠,٤٨	متوسط لشديد	-

#### ٦-٥- غاز الأوزون : (O<sub>3</sub> : Ozone) :

يعد غاز الأوزون ملوث ثانوي للهواء الجوي وينتج من خلال الأكسدة الضوء كيميائية (Photochemical Oxidation) لأكاسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون والأكسجين و الهيدروكربونات حيث تنتج أساساً من إمتصاص ثاني أكسيد النيتروجين (NO<sub>2</sub>) وهو ما يفسر ارتفاع تركيزه في ساعات النهار و انخفاضه في ساعات الليل .

ويوجد توازن بين التفاعلات المؤدية لزيادة تركيزه بالغلاف الجوي مع مثيلاتها المؤدية لخفضه ( أي التفاعلات التي تتم بين المواد الهيدروكربونية العضوية و ثاني أكسيد النيتروجين في وجود أشعة الشمس )

زيادة ثاني أكسيد النيتروجين ( $NO_2$ ) بالجو يؤدي لزيادة تخليق الأوزون بالجو بينما تؤدي زيادة مستوي أول أكسيد النيتريك ( $NO$ ) في الجو إلي نقص في مستوي تخليق الأوزون ، أما الإنبعاث المباشر للأوزون خلال الغلاف الجوي (Atmosphere) كنتيجة للأنشطة الصناعية فهو محدود جدا كذلك تؤدي لمبات الأشعة فوق البنفسجية لزيادة التلوث بالأوزون .

وبالرغم من تأثيرات الأوزون السيئة علي الصحة إلا أن وجود الأوزون بطبقات الجو العليا ( الاستراتوسفير ) يحمي الكرة الأرضية من وصول نسبة كبيرة من الأشعة فوق البنفسجية .

أما زيادة تركيزه بالغلاف المحيط بالكرة الأرضية يؤدي لتأثيرات سيئة خطيرة علي الصحة العامة فالحد المسموح به هو  $0.012$  جزء في المليون / يوم واحد / سنة .

و الأوزون من المواد المهيجة للأغشية المخاطية المبطنة للأنف والحلق و الدور والحنجرة والقصبه وتفرعاتها مما يؤدي لسعال يؤثر علي بطانتها خاصة بالجو الرطب الملوث بالكبريتات .

كما أن وجوده يقلل من مقاومة الجسم لنزلات البرد والالتهاب الرئوي . بينما تركيزاته العالية تؤدي لجفاف الجلد وصداع وصعوبة التنفس والتسهاب القصبية الهوائية ثم احتباس لهواء الرئة ( Emphysemia ) .

كذلك يؤثر علي الكائنات الحية الدقيقة الحيوانية والنباتية خاصة الموجودة في الطبقة السطحية من المسطحات المائية عن مثيلتها والموجودة بالأعماق كما يدمر الكلور بلاست فيقل معدل تجهيز النبات للمواد الغذائية أما النباتات الحساسة فتتبع أوراقها وثمارها وتلتف حواف الأوراق والأفرع وقد لا تزهو خاصة وأن الأوزون يتحكم في درجة حرارة الجو لقدرته علي امتصاص كميات كبيرة من الأشعة تحت حمراء ( مثل ثاني أكسيد الكربون ) فترتفع درجة حرارة الجو فيؤثر علي النبات ونوبان قطع الجليد بالقطبين وقمم الجبال .

ولقد لوحظ ارتفاع درجة حرارة الجو ( من  $0.3$  -  $0.7$  م / سنة ) خلال المائة سنة الماضية ارتفعت بمعدل  $1.5$  -  $4.5$  م مما أدى لزيادة منسوب البحار إلي  $104$  سم و هو ما يؤدي بدورة إلي خلل بالتوازن البيئي ( كتلف المحاصيل و انتشار الأمراض والآفات ) .

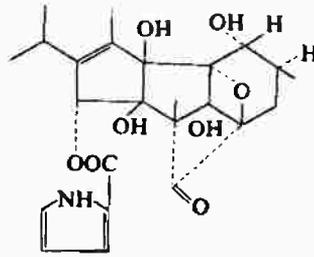
ويلاحظ أن زيادة تلوث الهواء ( بالكلور و الفلور و أكاسيد النيتروجين و البروم من ٠,٠٢ - ٠,١ جزء في المليون أدى لنقص الأوزون بنسبة ٤% و التي تصل إلى ٤٣% عند وصول تركيز الفلوريد إلى ١٦ جزء في المليون ، كما لوحظ وجود نقص بلغ ٤٠% بالأوزون في طبقة الاستراتوسفير السفلية ( ١٥ - ٢٠ كم من سطح البحر) بشهري أغسطس وسبتمبر ثم تبييت خلال أكتوبر ثم تعود لطبيعتها خلال نوفمبر فنقص الأوزون بنسبة ١% بالغلاف الجوي يزيد نسبة الأشعة فوق البنفسجية بنسبة ٢% كذلك نقص الأوزون بالاستراتوسفير ( الطبقة المحتوية علي طبقة الأوزون) و زيادته في طبقة التروبوسفير المحيطة بسطح الأرض يعنى تغيير مناخ الكرة و ارتفاع الحرارة بطبقة التروبوسفير. ويعتد الأوزون المكون الهام الطبخن الضوء كيميائي( Photochemical smog ) حيث يعتمد تكوينه في الغلاف الجوي علي الإمداد الكبير من تركيزات المواد العضوية المتطايرة من جانب و علي الأكاسيد النيتروجينية من الجانب الآخر. فأقصى تركيز طبيعي يمثل متوسط عام لفترة أربعة و عشرون ساعة هو ١٢٠ ميكروجرام / متر مكعب ( ٠,٠٦ جزء في المليون ) حيث قيم ٥٠% تنحصر بين ٤٠-٦٠ ميكروجرام /متر مكعب . و يلاحظ أنه في القوارض حوالي ٥٠% من كمية الأوزون الموجودة بها تزال منها بالهواء المستنشق من الأنف بينما يوجد أقصى تركيز منه في الإنسان و حيوانات التجارب في الأنسجة بالمساحة الإنتقالية بين الشعبات و الحويصلات الهوائية . و تتوقف قوة تأثيره علي التركيز المتعرضة له القناة التنفسية فالتركيزات المنخفضة نسبيا ( ٤٠٠ ميكروجرام / متر مكعب ) تلاحظ تأثيراتها أساسا في الرئتين بينما التركيزات العالية ( ٨٠٠-١٦٠٠ ميكروجرام / متر مكعب ) تكون في :

مخاطية الأنف بجانب أجزاء في القناة التنفسية حيث تتراوح التأثيرات من تداخل عكسي مع الوظائف الرئوية و زيادة النشاط الأنزيمي و خفض المقاومة للإصابات الرئوية وزيادة توالد (ترايد ) الخلايا من النوع الثاني (Pneumocytes II) و فرط الاستسماخ (هيبيرلاسيا ) و التتسج (ميتابلاسيا) في طلائية الأنف حتى يصل إلي تليف دائم رئوي. وترتكز طريقة الفعل السام له علي أكسدة الأحماض الأمينية و الأحماض الدهنية العديدة الغير مشبعة في أغشية الخلايا.

وتكون أغلب التلایا حساسية للأوزون هي الخلايا ذات مساحة السطح الكبيرة بالنسبة لحجمها . كذلك لوحظت تغيرات بيوكيميائية رئوية داخلية (Extra pulmonary Biochemical changes) و تغيرات مورفولوجية في كرات الدم الحمراء والتي قد تكون ناجمة عن الأوزون نفسه أو عن نواتج وسطية نشطة له حيث اقترحت الدراسات السريرية و الوبائية أن التعرض للتركيزات بين ١٦٠-٣٤٠ ميكروجرام / متر مكعب ربما يتبعها أعراض تنفسية كالحة و جفاف الحلق (Dry throat) و ألم و ضيق بالصدر . و الحدود المسموح بها من هيئة الصحة العالمية هي ١٥٠-٢٠٠ ميكروجرام / متر مكعب من الهواء الجوي ( ٠,٠٨-٠,١ جزء في المليون أو التعرض إلي ١٠٠-٢٠٠ ميكروجرام / متر مكعب من الهواء الجوي / ٨ ساعة ( ٠,٠٥-٠,٠٦ جزء في المليون ) .

#### ٧-٥ الريانودين (Ryanodine):

مادة فعالة نشطة توجد بأنواع عديدة من نبات الريانيا (Ryania) مثل *Ryania speciosa* . وتسمى مستخلصاتها الغير نقية باسم الريانين (Ryanine) أو الرياناتين (Ryanatin) حيث أظهرت سمية أولية للفئران والضفادع والقطة و الأرانب والكلاب ولم تظهر سمية علي الأسماك بعكس الروتينون .  
ويستخدم طحن سوقها كتجهيزات سامة تحت أسم ريانكس (Ryanex) والمحتوى علي الكالويد ريانودين (Ryanodine) ونواتج ديهيدروك (Anhydro ryanodine) .



Anhydroryanodine

وتبلغ سميته للتدبيات علي الأقل ٢٠ ضعف سميته لمفصليات الأرجل حيث تبلغ الجرعة القاتلة للنصف للفئران ٠,٣٢٥ ملج / كج من وزن الجسم للقطة ٠,٠٧٠ وللأرانب ٠,٠٢٥ وللكلاب ٠,٠٧٥ ملج/كج.

وتتلخص آلية (ميكانيكية) فعلة في كون متبقياتة تتداخل مع مسارات تمثيل الطاقة خاصة المسارات المؤدية لتخليق الأدينوسين تراي فوسفات و ليس الفوسفاجين (Phosphagen) : المركبات المفسفرة والتي يمكن و أن تسد الحاجة أو العوز (Replenish) عند الإمداد بجزئيات الأدينوسين تراي فوسفات (ATP) وتعمل كمخزن احتياطي لحظي للطاقة و عليه فغالبا ما يكون الكيراتين فوسفات هو الفوسفاجين الأولى بالفقاريات و الأرجينين هو الفوسفاجين الأولى بالحيشرات وبعض اللافقاريات الأخرى فالاستجابة الناتجة عن التسمم به و التي تكون في صورة تقلصات و تشنجات تشير الي أن التأثير علي مسارات تمثيل الطاقة .

و مرض الشلل الإرتخائي و التخشب الكامل (Rigor) و هي الصفة الواضحة في تسمم الثدييات والذي يحدث بعدة و خلال ثلاثة ساعات الموت حيث يكون جهد الفعل يكون علي العضلات بينما العصب الطرفي المركزي لا يتأثر (فالفعل المباشر يكون علي العضلات و أن جهد الفعل يكون علي العضلات أو العصب الطرفي المركزي لا يتأثر فالتثبيبه الكهرببي المباشر يكون علي العضلة و ليس عن طريق العصب الطرفي المركزي . فالاستجابة ( التقلص التشنجي ) تشير الي أن التأثير المتوقع يكون علي تمثيل الطاقة خاصة المتداخلة مع تخليق الأدينوسين تراي فوسفات و ليس مع الفوسفاجين .

ويؤدي تصلب (تخشب) عضلات الأرجل بالثدييات إلى فشل في التنفس ثم الموت ويعزى لفشل الدورة الدموية لتأثر عضلات القلب (بالكلاب المخدرة) أو لشلل عضلات التنفس بالقطط المخدرة أو أنه ما سمي في بعض الحالات بنظام الاسترخاء و الذي ينزع الكالسيوم من العضلات المتقلصة فتظهر حالة الإسترخاء أو أنه كالهيدروكربونات الكلوره فهو مادة مخربة للغشاء أكثر منه مضاد للأنزيم ولكنه لا يتشابه معها في تأثيرها المتخصص على أغشية العضلات المثارة.

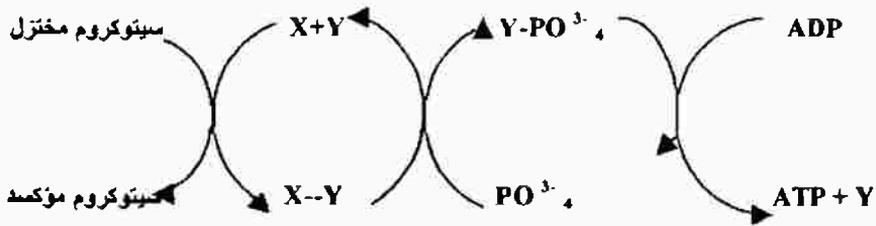
#### ٥-٨- الفينولات والنيتروفينولات

بدأ استخدامها منذ عام ١٨٩٢ وحتى ١٩٥٠ كمبيدات آفات خاصة للحشرات كمبيدات حشرية (Insecticides) للجراد وكمبيدات أكاروسيه

(Acaricides) أو كمبيدات للحلم (Mitecides) أو كمبيدات للحشائش (Herbicides) أو كمبيدات متخصصة لبيض الحلم و الأكاروسات (Ovicides) علاوة على ذلك فبعضها يعمل كسموم فطرية (Fungicides) وكسموم بكتيرية (Bactericides) فاختياريته (Selectivity) ترجع للكائن الحي المتعرض لها .  
وتتميز هذه المجموعة من المركبات بسميتها العالية للإنسان والثدييات والحيوانات ذات الدم الحار (Warm blooded animals) كما تتميز بسميتها المزمنة والفعل الجلدي الحاد (Acute dermal action) .

والتفسير العام لطبيعة فعلها (Universal nature of action) يتضمن مقدرتها على التخلل فتصل لمكان التأثير حيث تؤدي لفصل عمليات الفسفرة التنفسية و تتداخل فيها (Respiratory phosphorylation) ومعظم أفرادها لها المقدرة على التراكم الحيوي (Bio accumulation) وعليه فالتسمم التراكمي ( السمية المتراكمة ) محتملة الحدوث .

وتظهر أعراض التسمم بها على الإنسان والثدييات بسرعة وتشمل الأم معدية مؤلمة (Gastric distress) والعرق واحمرار الجلد وحمى ثم ضعف شديد وغيوبية (Comma) فالموت أو الاستشفاء التام خلال يوم ليومين.



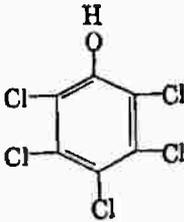
  
 مكان فعل النيتروفينولات

شكل رقم (٦-١) : رسم تخطيطي يوضح مكان تأثير النيتروفينولات.

أما أعراض التسمم بها على الحشرات فتكون في صورة نشاط زائد و انقباض وشلل ثم الموت خلال ساعة وأثناء ذلك نلاحظ زيادة ملحوظة في استهلاك الأوكسجين تبلغ حوالي ثمانية عشر ضعف .

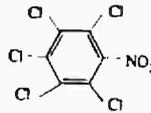
ولقد لوحظ أن مركب داي نيترو أورثو كريزول (DNOC) يتداخل في الجسم بألية فعل مماثلة لتلك التي بالزرينخات كما ينبه إفراز أنزيم ATP-ase فيتحلل الأدينوسين تراى فوسفات كما يؤدي لزيادة استهلاك الأوكسجين لسوعة التحلل الجليكولي كما أنه هادم للنسيج البروتيني ( ألفا-الانين و جلوتامين و البرولين ) علاوة علي أنه مثبط للتنفس لوقف ازدواج الأوكسدة الفوسفورية و وقف تأثير مواد النمو الهرمونية .

أما مركب داي نيترو سيكلوهكسيل فينول (DNCHP) فله القدرة على تخريب وأحداث اضطراب للمسار الحيوي لتمثيل الطاقة (Energy metabolism) فالخطوة الرئيسية النهائية في أكسدة الكربوهيدرات لطاقة في السلسلة التنفسية ( حيث أكسدة النواتج الوسيطة الكربوهيدراتية المنفردة أو البروتينية كالجلوتامات و البيروفات و ألفا - جليسر فوسفات و السكسينات و المتلامسة مع الفلافوبروتينات كعامل مختزل حيث يتحول الأوكسجين بعد ذلك إلى ماء في سلسلة السيوكرومات لإنتاج الأدينوسين تراى فوسفات. حيث يكون التداخل هنا ( الاضطراب ) في عدم ازدواج (Uncoupled) أو كسر الازدواج بين الأوكسدة و الفسفرة علاوة على زيادة استهلاك الأوكسجين في التنفس خاصة أثناء فترة الحمى والتي يصل فيها لعشرة أضعاف. كذلك يؤدي إلي تثبيته أنزيم ATP-ase وهو ما يؤدي بدوره إلي زيادة تحلل الأدينوسين تراى فوسفات .



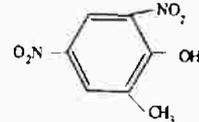
بنتا كلورو فينول

Penta chloro phenol



بنتا كلورو نيترو فينول

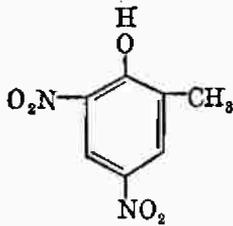
Penta chloro nitro phenol



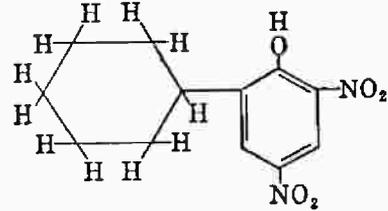
٢-ميثيل داي نيترو فينول

2-methyl di nitro phenol

فالمركبات النيتروفينولية ( كذلك الزرنيخات ) تلعب دورها على النظام الذي يؤكسد الفلافوبروتين المختزل والملازم لعملية فسفرة أدينوسين داي فوسفات ، جدول رقم (٦-٧).

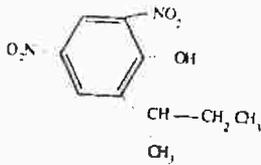


داي نيترو أورثو كريسول  
(DNOC)



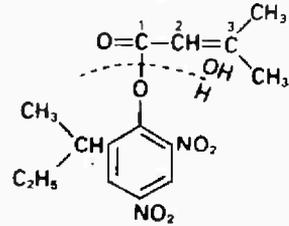
داي نيترو سيكلو هكسيل فينول  
(DNCHP)

وبصفة عامة يمكن القول بأن النيتروفينولات تلعب فعلها بطريقة أو بأخرى على سلسلة طويلة من المواد الوسيطة و التي ترتبط مع أكسدة نيكوتين أميد داي نيوكليوتيد المختزل ( $NADH_2$ ) وذلك أثناء اختزال الأوكسجين إلى ماء .  
ويجب هنا التفرة بين مركب الروتينون و الذي يسد (block) والنيترو فينولات التي تمنع الازدواج .



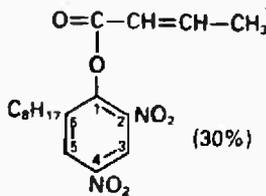
دينوسب

الجرعة القاتلة للنصف ( $LD_{50}$ )  
١٦ مللج /كج (mice)  
٨٧ مللج /كج (rate)

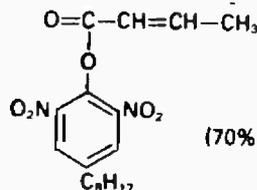


إندوسان

الجرعة القاتلة للنصف ( $LD_{50}$ )  
١٥٠ مللج /كج (mice)  
١٦٥ مللج /كج (rate)



(A) Dinocap-6



(b) Dinocap-4

دينوكاب (كاراثان)  
الجرعة القاتلة للنصف ( $LD_{50}$ )  
١٢,٥ مللج /كج (mice)  
٦٠٠ مللج /كج (rate)

جدول رقم (٦-٧) : بعض المعايير الهامة في سمية بعض المركبات

المركب	ذويان	سمية
بنثاكلوروفينولات Penta chloro phenolate	يذوب جيداً في الماء ويعظم النديبات العضوية لذا يستخدم كمبيد حشائش	شديد السمية للتديبات والإنسان وذات الدم الحار LD <sub>50</sub> : ٢٦-٢١٠ ملج/كج لا يسمح لمتبقيات له بالأغذية.
بنثاكلورونيتروفينول Penta chloro nitro phenol	يذوب بنمسية قليلة بالماء ويذوب جيداً بالبنزين و الكثورفورم ثاني كبريتيد الكربون.	سمية منخفضة للتديبات والإنسان وذات الدم الحار LD <sub>50</sub> : ١٦٥٠ MAC = ٠,٥ له اثر متبقي طويل لذا له اثر تراكمي
ستوكس : Sinox=Elgetol 2-Methyl 4.6 - dinitrophenol	يذوب لقله في الماء (١٣٠ جزء في المليون)	سمية عالية للتديبات والإنسان وذوات الدم الحار وتزداد السمية بارتفاع الحرارة. LD <sub>50</sub> : ٤٠-٨٥ ملج/كج. يوقف المسفره الأوكسيدية فيعوق تكوين روابط عس الطاقة له اثر تراكمي ويؤدى لسمية مزمنة. لا يسمح بتواجده على المنتجات الغذائية.
Endosan Binapacryl sec-butyl-4.6-di nitro phenyl 3.3-di methyl acrylate	يسذوب في: امسيتون (٧٨%) الزولين (٧٠%) ايتانول (١١,٤%) ثابت بالوسط القوي و الحامضي -	سمية متوسطة للتديبات والإنسان وذوات الدم الحار LD <sub>50</sub> للظفران بالم ١٥٠-١٦٥ ملج/كج. له تأثير سام ولامس للفطريات. ينشط النمو الجنيني و يتراكم بالسيبولازم سام للتطور والسمنك MAC = ٠,٠٠١
Karathen :Dinocap Crotohan دينوكاب 2.4-dinitro-6 oetylphenyl crotonate	لا يذوب في الماء و يذوب بالمذيبات العضوية. يتحلل بالوسط القوي.	سمية عالية للتديبات وذوات الدم LD <sub>50</sub> : ١٢,٥-١٠٠ ملج / كج . سميته منخفضة للتطور و الأسماك و النحل MAC = ٠,٠٠١

## ٩- الهيدروكربونات و مشتقات التفاعلات الضوئية :

تتبع الهيدروكربونات في صورة غازات (الجزيئات المحتوية علي أربعة ذرات كربون) و سوائل أو مواد صلبة (المحتوية علي أكثر من خمسة ذرات كربون) . ومعظم جزيئات الهيدروكربونات الملوثة للهواء الجوي تكون في حدود اثني عشرة ذرة كربون أو أقل و تدخل للهواء الجوي من مصادرها الطبيعية : فالميثان أبسط الهيدروكربونات الملوثة للهواء الجوي وأكثرها توزيعا علي سطح الكرة الأرضية (Global) و ينتج معظمه من خلال عمليات هدم بالبكتريا للمواد العضوية بالأراضي الغدقة و السبخة كالمستنقعات (Swamps & Marsh) . أما النباتات فتتبعث منها أكثر الهيدروكربونات تعقيدا كالتربينات و الهيمي تربينات (Terpens & Hemiterpens) و يمثل إنتاجها نصف إنتاج الميثان و ينتج ١٥ % منها بالأنشطة البشرية للغلاف الجوي خاصة بالمناطق الأهلة بالسكان (Urban) .

و ترجع التأثيرات السامة لها في الغلاف الجوي إلي مشتقاتها الناتجة من الأوكسدة الضوء كيميائية فوجود الهيدروكربونات و تفاعلها مع الأوزون يؤدي إلي تكوين شقوق هيدروكربونية نشطة ( Hydrocarbon free radicals ) و ذلك لإحتوائها علي الكترولين غير مشتركين في تكوين روابط كما أنها تتفاعل مع ملوثات هواء أخرى مكونة طبخن ضوء كيمائي (Photochemical smog) الضار بالكائنات الحية خاصة الحيوانية و النباتية حيث يعزي الضرر إلي الأوزون و مركب بيراووكسي أسيتيل نيترات و الأخير يؤدي إلي حكة و التهاب في أنسجة العين . و الهيدروكربونات الغير مشبعة دائما ما تكون أكثر نشاطا في تكوينها للشقوق الحرة .

## ١٠- ملوثات الهواء العنصرية (Air Elemental Pollutants) :

تدخل الجسم مع الهواء الجوي المستنشق مجموعة من العناصر الثقيلة السامة (Heavy elements) عبر الجهاز التنفسي ثم تنتقل إلي تيار الدم و تمتص بالرئتين أو الأمعاء و قد يساهم أيضا مسار التعاطي بالفم (Oral administration) نتيجة شرب مياه أو أكل أطعمة ملوثة بها خاصة الأطعمة و الخضروات الطازجة و من أمثلة هذه العناصر ما يلي :

#### ١٠-١-الكادميوم : ( Caduim : cd ) :

يؤدي الهواء الملوث بالكادميوم وأبخراته ( الناتجة عن أكسدته في الهواء أو تفاعله البطيئ مع بخار الماء بالجو المحيط بمداخل مصانع السبائك والبطاريات والطلاء و شبة الموصلات وقضبان التحكم بالمفاعلات الذرية و مشتقات البلاستيك (PVC) عند استنشاقه لإثارة الأغشية المخاطية للقناة التنفسية والحلق فينتج سعال متكرر ثم تهيج لأنسجة العين ، مما يؤدي لجفاف الحلق و اللوزتين وصداع و غثيان وقيئ و إسهال ودوار وهبوط بالقلب وارتفاع درجة حرارة الجسم ورعشة وتورم بالرتتين وقد يؤدي في النهاية لاختناق يؤدي للموت .

والتعرض المتكرر له يؤدي إلى فرط ضغط الدم (Hyper tension) ينتهي بسرطان الرئة فالموت .

أما التسمم المزمن لتكرر التعرض فيكون بصورة انتفاخ بالرئة وتهيج بالأنف والحلق و فقد حاسة السم وتلف العظام: (Eti-Eii) ويلاحظ أن آلية إخراج الفلورين و الإسترونيثيم تؤدي لتكوين ميكانيكية تحافظ على الكادميوم والزنك بأنسجته الكلية وتعد الطريقة الأولى لإزالة الكادميوم بالقناة المعد معوية بعزلة بواسطة الطبقة المخاطية المعدية والمعوية و إفرازات الصفراء حيث تزداد نسبة الكادميوم المخرجة بالمرارة بزيادة الجرعة والحرارة فالتركيزات القليلة منة تطرح بالإخراج الكلوي بآلية الكلى التي تتطور لبقاء الزنك أو لميلها للكادميوم فالأنسجة ذات التركيز العالي منه تكون بالكلى والكبد خاصة مع الحيوانات المتعرضة للتسمم المزمن فيتم إخرجه بصورة بطيئة بالبول لمدة تتراوح بين ٦-٧ أسبوع و إذا كان التعرض له مستمر يمكن أن تحدث زيادة مفاجئة في إخرجه بالبول تصل إلى ١٠٠ ضعف المستويات السابقة وهذه الزيادة في الإخراج غالبا ما يصاحبها ضرر بالكلى خاصة بالأنابيب .

#### ١٠-٢-غاز الكلور (Chlorine:Cl) :

يعد الكلور ملوث ثانوي موضعي للهواء الجوي بمناطق التصنيع . والكلور غاز شديد السمية أشد من أكاسيد الكبريت علاوة على تأثيره المهيج لبطانة القصبات الهوائية بالرئة أما تلوث المياه به فيمتص بالأمعاء ويخرج بالكلى فيوجد بالجسم حوالي ١٤٠ جم كلور ( ٣% من وزن عناصر

الجسم ) فهو الأيون السالب بالسوائل الموجودة خارج الخلايا فتحتوى البلازما على ٠,٣٧٠ جم / ١٠٠ ملل (١٠٥ ملل كافى / لتر ) كما يحتوى سائل النخاع الشوكي على أعلى تركيز ٠,٤٤٠ جم / ١٠٠ ملل ) ، كما بقرن صورة حمض هيدروكلوريك لعصارة المعدة مسببا حموضة لها (Gastric acidity) الضروري لهضم المواد البروتين كما يساعد محتواة الطبيعي بالجسم على تعظيم الضغط الأسموزي لأيونات البيكربونات بكرات الدم ويسمى ذلك بانتقال الكلوريد (Chloride shift) . أما زيادة تركيزه بالجسم تزيد من نشاط قشرة الغدة الكظرية (Adrenal gland) فيرتفع تركيزه بالدم وتظهر أعراض فهي (Cushioned : Hyper Chlorine alkalosis) وتقوم الكلى بإخراج الكلورين من الجسم بهرمون الالدوستيرون فأخراجه مرتبط بتنظيم وإخراج وإعادة امتصاص الصوديوم بالنفرونات أو العرض أو القيء أو الإسهال ، جدول رقم (٦-٢) .

#### ١٠-٣-أبخرة الرصاص (Lead fumes) :

يزداد تلوث الهواء الجوى المستنشق بالرصاص خاصة في المناطق الصناعية وحول المناجم ومعامل تكرير البترول ومصانع البطاريات والبويات والسموم الزراعية وحمض الكبريتيك والمطاط والزجاج والأسلاك ومناطق حرق القمامة والمناطق المزدحمة بالموصلات خاصة وقت الذروة (Rush hour) فالحد الأقصى المسموح به لتلوث الهواء بالرصاص (MAC) هو ٠,١٥ مللج/م<sup>٣</sup> هواء ويصل في وقت الذروة إلى ١٥ ميكروجرام /م<sup>٣</sup> هواء وعليه فجنود المرور أكثر عرضي للتلوث كذلك فجوانب الطرق السريعة و التي تمر بها ١٤,٠٠٠ ناقله / يوم تركز حوالي ٥٥٥ جزء في المليون . وتبلغ نسبته بالتربة الطبيعية ١٠ ميكروجرام / جرام تربة ، بينما بالتربة البكر يصل ٢٠-٨٠ ميكروجرام/جرام وقد يصل إلى ٣٠٠ ميكروجرام / جرام .

و يتداخل الرصاص مع السلاسل الغذائية فالخص يحتوى على ٠,٢-٥٠ جزء في المليون والبطاطس ٠,٢ - ١٧ جزء وبالجنور من ٠,٢ - ١١ جزء في المليون فاستهلاك ١ كيلو خضراوات طازجة أو فاكهة يؤدي لإدخال ٤ مللجرام رصاص بالجسم . وتزداد النسبة مع المعليات التي يتم غلقها بالرصاص كعلب الجبن الأبيض . كما أن حرق ١ لتر من الوقود يعطى ٠,١ مللجرام رصاص .

ويتركب الرصاص بأنسجة الكائنات الحية النباتية خاصة أنسجة الطحالب و الأنسجة الحيوانية القشرية وينتقل منها للأسماك عبر السلاسل الغذائية وتصل في النهاية للإنسان .

ويحتوي الدم على نسبة ٢٠-٤٠ ميكروجرام رصاص / ١٠٠ ملل دم أي ما يعادل ٠,٢-٠,٤ جزء في المليون وعند وصوله إلي ٠,٨ جزء في المليون يصحب ذلك تكسير كرات الدم الحمراء وبالتالي نقص في الهيموجلوبين فتظهر الأنيميا مع قيئ ومغص كلوي حاد واضطراب عصبي (صرع وغيوبية ) لنفاذه من العائق الدموي المخي ( BBB : Brain Blood Barrier ) مما يؤدي لانخفاض بمستوى الذكاء والتفكير والإدراك مع اضطرابات فسيولوجية لتثبيطه بعض الأنزيمات كذلك يعوق التخلص من البوليك كما أن له تأثير سيئ على الأجهزة التناسلية وعملية التكاثر ويؤدي لإجهاض واضطرابات الدورة الدموية بالإناث وولادة أطفال أقل وزنا .

كذلك يؤدي لضعف تخليق الهيموجلوبين لتأثر أنزيم (Ferro chelatase) فتتفك سلسلة  $\alpha$  - بروتين الحديدي والمكون للهيموجلوبين لاتحاده مع مجموعة السلفهيدريل (SH) بالأنزيم المسنول عن تكوين الهيم فيؤدي لفقر دم وضعف في التبادل الغازي ، حيث يحدث التسمم بالرصاص عندما تبلغ نسبة الرصاص بالدم أكثر من ٨٠ ميكروجرام / ١٠٠ جم أي ٨٠ جزء في المليون فتؤدي لضرر خطر في تركيب الدم وزيادة حمض دلتا أمينو لوفنيك (ALA) و كوبرفيرين (CPII) بالبول .

ولكون مركبات الرصاص مذيبات للدهون لذا يمتصها الجلد بسرعة بمجرد ملامستها له وتخلله بسهولة تنفذ لتيار الدم ثم تتوزع على الجسم كله في حين لا تنفذ مركبات الرصاص الغير عضوية عند ملامسة الهواء الجوى للجلد بينما تمتص مركبات الرصاص القابلة للذوبان في الماء (خلات الرصاص) بالقناة الهضمية إلا أن ٨٥-٩٠% من مركبات الرصاص تمتص وتصل بالدم للكبد ثم يعود جزء منها من الكبد للأمعاء فالصفراء (كوسيلة للإخراج ) فالرصاص يتحول من لونه الأبيض إلي الرمادي بلامسة الهواء حيث يتأكسد بسهولة بدرجات الحرارة العادية وبلامسة للمياه تتكون كبريتات و كربونات على سطحها فتعيق استمرار انحلاله .

كذلك تؤدي زيادة نسبة الرصاص بالجسم لزيادة إفراز حمض اليوريك بالدم ثم يترسب بالمفاصل والكلية فيؤدي لالتهاب الكلية المزمن كما يترسب بأنسجة العظام فيحل محل الكالسيوم فالعوامل المساعدة على ترسيب الكالسيوم هي نفسها العوامل المساعدة على ترسيب للرصاص بالعظم إلا انه قد ينفرد من العظام ويعود للدم من جديد ثم تحدث له إعادة توزيع (Redistribution) بأماكن أخرى كالأسنان أو الأنسجة الطرية أو المخ .

ووصول نسبة الرصاص بدم الأطفال أي ٠,٦ جزء في المليون يؤدي للتسمم السريع فالموت لتلف الجهاز العصبي المركزي ، كما يتلف المادة الوراثية وهو ما لا يمكن إصلاحه ومعالجته فينتج نسل مشوه ومتخلف عقلياً علاوة على ظهور حالات سرطانية . كما يحدث خلل في تكوين خيوط المغزل عند الانقسام فينشأ خلل في توزيع الصبغيات :الكروموسومات حوامل الصفات الوراثية (الجينات) .

كذلك يثبط الرصاص هدم المواد العضوية بالكائنات الحية الدقيقة وزيادة تركيزه يثبط عليه التمثيل .

فارتفاع مستواه في مياه الشرب عن ٠,١ ملج / لتر (٠,١ جزء من المليون ) يؤدي لظهور أعراض التسمم بالرصاص (بصورة خط ازرق بالكبد مع تكسير لكرات الدم الحمراء وإمساك وقلة نسبة الهيموجلوبين مع ألم فيالصرة أو تحتها وبزيادة شدة الأعراض تؤدي لاضطرابات عصبية تصل للشلل الطرفي والصرع والتشنجات ث الغيبوبة (Comma) .

ويقاس مستوى التلوث بالرصاص بالهواء الجوي بعد امتصاصه بمصيدة ( Trapc ) ثم يقدر بجهاز الامتصاص الذري (Atomic Absorption) أو يقاس كروماتوجرافيا حيث تجمع عينة الغبار العالق بالهواء الجوي بجهاز جمع الجسيمات من المرشحات وتُحرق عند ٤٢٥°م ثم يذاب المتبقي بعد الحرق في ٣ ملل فلوريد هيدروجين ثم يضاف ٦ ملل حمض نتريك ثم ١٠٥ ملل من حمض الهيدروكلوريك ويسخن على درجة ١٢٠ ثم يبخر المحلول على درجة ٧٠°م ويذاب المتبقي في ٢٥ ملل من حمض النتريك ١,٥ عياري ويقاس التركيز بجهاز الامتصاص الذري ويحسب التركيز بالميكروجرام /م<sup>٣</sup> هواء حيث تصل دقتها إلى ٠,١ ميكروجرام /م<sup>٣</sup> هواء. أو تهضم العينة بعد هضم

ورق الترشيح المترسبة عليه بمادة (Dithiazone) ثم تقاس شدة الامتصاص بطول موجي قدره ٥١٠ نانوميتر .

وتحتوى المياه السطحية على الرصاص بمستوى ١٠ جرام / لتر (٠.٠١ جزء من المليون ) بينما تخلو منه المياه الجوفية . ويجب عدم استخدام مياه الشرب التي يصل فيها مستوى تركيزه إلى ٥٠ ميكروجرام / لتر (٠.٠٥ جزء بالمليون ) حيث يتراكم بالعظام ويحل محل الكالسيوم كما يتراكم بأنسجة المخ فيتلفها مما يؤدي للصرع . أما إذا بلغ تركيزه ١٠٠ ميكروجرام / لتر بمياه الشرب (٠.١ جزء في المليون ) يصبح الماء سام ولهذا توصى منظمة OMS بعدم استخدام الماء الذي تزداد نسبة فيه عن ١-١٠ ميكروجرام / لتر .

ويتم قياس مستواه بالمياه الملوثة بتقديره بعد ترسبه بحمض (كبريتيك-هيدروكلوريك) بصورة كبريتات رصاص أو كلوريد رصاص على الترتيب أو بالطريقة الكهربية كتفاعلات التحليل الكهربائي بترسبه على القطب الموجب في صورة ثاني أكسيد الرصاص حيث يوزن القطب قبل وبعد الترسب ثم يقدر الفرق في الوزن أو المعايرة بالثيوكبريتات (وهنا إذا وجد بصورة كبريتات أو فوسفات فتعامل بخلات الامونيوم لأذابتها ) أو باستخدام جهاز الامتصاص الذري على طول موجي ١١٧ نانوميتر ثم تترجم لتركيز من المنحنى القياسي أو بطريقة (Diphnyl thiocarbazon di thiron) فيؤخذ ٣٠٠ ملل عينه ماء ويضاف إليها ١٥ ملل حمض الهيدروكلوريك ٢٤% وتنتقل لسطح ساخن / ٤ دقيقة ثم تبرد وتعادل النشادر حتى أس أيون هيدروجين ٢ ثم يؤخذ ١٠٠ ملل لقمع فصل لها ١٠ ملل هيدرازونيوم (١٠ جم كلوريد صوديوم + ٢ ملل هيدروكسيد صوديوم ٢٤% + ٣٥ ملل هيدروكلوريك مول / لتر ثم يكمل حتى ٥٠ ملل ثم يضاف ١٠ سيانيد وطرطرات (٤٠ جم بيكربونات بوتاسيوم + ١٠ جم سيانيد بوتاسيوم + ١٠ جم حج طرطرات صوديوم أو بوتاسيوم + ٤٠ ملل محلول نشادر ٢٥%) ثم يضاف ٥٠ ملل محلول داي ثيرون (بإذابة ٣٠ ملج / لتر كلوروفورم بزجاجة قاتمة ) وترج العينة ١٠ دقائق وتترك لانفصال طبقة الكلوروفورم وتقاس شدته على ٥١٠ نانوميتر مقارنة بالبلاك (ماء غير مؤين).

جدول رقم (٦-٨): المواد السامة والأمراض الناجمة عنها بالجهاز التنفسي  
مظاهر أنها الحادة والمزمنة

المادة السامة	مكان التأثير	التأثير الحاد	التأثير المزمن
الأمونيا	المسالك العليا (parenchyma)	التهاب متوسط في المسالك التنفسية العليا و السفلي - أديما	التهاب شعبي (Bronchitis)
الزرنخ	المسالك العليا	التهاب شعبي (Bronchitis)	التهاب شعبي التهاب حنجرة (laryngitis) سرطان رئة
الكلورين	المسالك العليا	التهاب قصبي شعبي Bronchopneumonia Hemoptysis عسر تنفس (Dyspnea)	-
أسبستوس ي	المسالك العليا	-	أسبستوس asbestosis تليف رئوي (Pulmonary fibrosis) - تكلس بللوري - سرطان رئة
الألومنيوم م	المسالك العليا الحويصلات الهوائية	نفس قصير (نقص بالتنفس) كحة - أديما	Aluminosis fibrosis تليف بينسي intersihial تليف وسمك جدر الحويصلات - انتفاخ الرئة - رئة البوكسيت (Bauxite) مرض شيفر (Shaver's)
المنيا كاشطة	الحويصلات الهوائية	أو أديما بالحويصلات	تكيف عملي في جدران الحويصلات انتفاخ رئة (Emphysema)
بيريليوم	الحويصلات الهوائية	أديما رئوية حادة (إصابة رئوية (Pneumonia)	تليف رئوي (Berylliosis) ورم حبيبي granuloma عسر تنفس (Dyspnea)
البورون	الحويصلات الهوائية	أديما - تليف كحة	-
كادميوم	الحويصلات الهوائية	كحة (إصابة رئوية (Pneumonia)	انتفاخ رئة (Emphysema)
كاربيدات تتجمتون تيتانيوم تيتانيوم	المسالك العليا والمفلي	فرط استنماخ و تنمخ	تليف حول رئوي (Peri bronchial fibrosis) تليف حول وعالي (Peri fibrosis vascular)
الفحم	المسالك العليا برانشيما الرئة عقد لمفاوية	أديما رئوية بعد فسي يوم	quamous cell carcinoma تجويف الآنف الرئة
الكروم	التجويف الأنف بلعومي مسالك عليا	التهاب الآنف والبلعوم التهاب شعبي (Bronchitis)	أورام رئوية (Lung tumors) سرطان رئوي (Lung cancer)

المادة المعامدة	مكان التأثير	التأثير الحاد	التأثير المزمن
انبعاثات أفران العوك	الممائنك العليا	-	سرطان شعبي (Tracheobronchial cancer)
سراب الفحم	الممائنك العليا بارنشيمما الرئة عقد ليمفاوية	تليف رئوي pulmonary fibrosis تغير رئوي (Pneumoconiosis) مسرطان شعبي (Tracheo bronchial cancer)	-
فلوريد الهيدروج ين (HF)	الممائنك العليا	تهيج تنفسي نزيق كحة - أديما رئوية	-
أكاسيد حديد	جدر الحويصلات الفصوص الطوية و الشعبات و الحويصلات	كحة	مرض رئة صانعي الخضة ( Silver finishes sub pleural & peri vascular aggregation of macrophages) مرض رئة عمال مناجم الهيماتيت Hematite miners ( Diffuse fibrosis) مرض رئة عمال اللحام
كاولين	باراشيمما الرئة - العقد الليمفية Hilus	تليف رئوي Kaolinosis	-
أكاسيد نيستروجي ن	ممائنك سفلي حويصلات رئوية	(Pulmonary congestion) أديما رئوية	انتفاخ رئة (Emphysema)
أوزون	سالك سفلي حويصلات هوائية	أديما رئوية	انتفاخ رئة (Emphysema) أديما رئوية
فوسفين	حويصلات هوائية	أديما	التهاب شعبي
سيليكيا	باراشيمما الرئة - العقد الليمفية Hilus	-	Silicosis pneumoconiosis
ثباتي أكاسيد الكبريت	ممائنك عليا	كحة ضيق بالصدر (Tightness) انقباض رئوي (Broncho constriction)	-
يودرة التلك	باراشيمما الرئة - العقد الليمفية	-	تليف (Talicosis fibrosis) تصلب البلورا (Pleural sclerosis)
منجنيز	ممائنك عليا حويصلات هوائية	أصابة رئوية (Pneumonia)	انكاسمة أصابة رئوية (Re current pneumonia)

## مراقبة وقياس التلوث الجوي :

وذلك بهدف تحديد كميات الملوثات الهوائية من مصادرها المختلفة وذلك من خلال جمع كميات من الهواء وتحليلها حيث طرق القياس تكون أما طرق مباشرة من خلال أخذ عينات دورية من الهواء ممثلة لطبيعة الجو حيث تكون مواقع القياس داخل مصدر التلوث نفسه و هنا توضع المعدات على مداخن المصانع أو وسط محطات توليد الكهرباء و الطاقة لأخذ العينات الدورية أو توضع حول المكان فوق مبني مرتفع و هنا يقاس درجة مستوي التلوث مع المسافات أو طرق قياس غير مباشرة حيث يتم تحسس (استشعار) مصدر التلوث بمجسات (كاشفات) مناسبة عن بعد كالتي تثبت في الأقمار الصناعية أو الطائرات أو المناطيد فتتحسس التغيرات في المجال الجوي المحيط .

ويكون الهدف هو دراسة العوامل الجوية المؤثرة على انتشارها وتوزيعها و بالتالي يتم تحديد تركيزاتها بالمناطق المختلفة تمهيدا لاتخاذ القرارات المناسبة و التي تضمن عدم وصول هذه التركيزات لحددها الحرج (Three shoaled level) فيؤدي بدوره لردود فعل خطيرة خاصة على الصحة العامة (public health) . ويتم ذلك من خلال نشر أجهزة القياس بأماكن ( أنحاء ) متفرقة من المدينة المنتظر تعرضها ( خاصة المدن الصناعية الشهيرة ) وهنا تشكل وحدات المرافق و القياس حجر الزاوية لوقاية هذه القلاع الصناعية من التلوث ونحصل على صورة واضحة محددة للظروف المتمثلة للوحدات الصناعية و بالتالي تحديد مدى للعمل بها و مناسبة ذلك للعمل وعلى أساسها تصدر التشريعات البيئية لحماية البيئة من التلوث ( مثل مدينة لوس أنجلوس).

ولقد طورت أجهزة المراقبة والقياس ( مصاب محطات الإنذار ) من أجهزة تقيس وتقدر مدى التلوث من مصدر ملحق معين عند الرغبة لأجهزة قياس أوتوماتيكية لتسجل مدى التلوث بصورة مستمرة متصلة علاوة على اتصالها بحاسب إلكتروني يستقبل هذه القراءات المستمرة لهذه القياسات ثم يتعامل معها طوال الأربعة وعشرون ساعة وذلك بغرض تحويل هذه القياسات لمؤشرات تمثل مستوى المكون / ١٥ دفعة ثم إعطاء متوسط لها بحدوده الدنيا و القصوى / ٢٤ ساعة / ١٥ يوم أو / ٦ أشهر أو / ٦ سنة ثم توزع على الجهات البيئية المسئولة عن ضبط النظام البيئي بهذه المدينة

وتهدف عملية المراقبة و قياس التلوث إلى :

١. تمييز وتعريف مصادر التلوث المختلفة والمؤثرة على خصائص (Parameters) معينة بالهواء .
٢. التنبيه والتحذير لوجود حالة من التلوث الهوائي وقياسها ديناميكياً (Qualitative & Quantitative) قبل وصولها للحد الحرج
٣. تحديد بدء مسار التلوث ثم اتجاهاه أي التفهم الكامل لميكانيكية التلوث بهذه المنطقة .
٤. إعطاء مؤشرات لمستويات التلوث على فترات متتابعة من الزمن طويلة الأمد (long term surveillance) للتعرف على المستوى الحرج أو درجة التدرجي الناجم عقب اتباع الإجراءات اللازمة للحد من هذه المشكلة وتحديد مصادرها وطبيعة تأثيرها .

و تتكون أجهزة القياس بمحطات الإنذار من ثلاث مستويات :

١. فعند المستوى الأول للتلوث : ينبه بمنع حرق القمامة في الكمائن المكشوفة حتى لا يصل مستوى التلوث لقياسات المستوى الثاني حيث تبلغ نسبة أول أكسيد الكربون ١٠٠ جزء في المليون و أكاسيد النيتروجين ٣ جزء المليون و كذلك أكاسيد الكبريت أما الأوزون ٠.٥ جزء في المليون .
٢. وعند وصول مستوي التلوث للمستوى الثاني : يجرى إيقاف حركة المرور وبعض المصانع الرئيسية في المدينة و المتسببة في زيادة التلوث و هنا تبلغ نسبة أول أكسيد الكربون إلي ٢٠٠ جزء في المليون في حين تكون الأوكاسيد النيتروجينية بلغت ٥ جزء في المليون ووصل الأوزون إلي ١ جزء في المليون .
٣. وعند وصول مستوي التلوث للمستوى الثالث(الحد الحرج ) و الذي يعنى الإنذار بالوصول لحالة الطوارئ لاتخاذ كل الإجراءات والاحتياطات اللازمة من قبل السلطة التنفيذية والتشريعية ثم من قبل المواطنين لتقليل الضرر و الخطر على الصحة العامة لأقصى ما يمكن كعدم مغادرة السكان خاصة الأطفال لمنازلهم ومنعهم من التجول في الشوارع و عدم القيام برياضة المشي مع الصباح المبكر وقد يصل الأمر إلي منع تلاميذ المدارس من الذهاب لمدارسهم و هنا يبلغ مستوى أول أكسيد الكربون ٣٠٠ جزء في المليون وتبلغ أكاسيد النيتروجين و الكبريت ١٠ جزء في المليون والأوزون ١.٥ جزء في المليون

وتتألف نظم وحدات المراقبة من :

١. مواقع ثابتة ومنتشرة بأنحاء معينة من المدينة ومزودة بأجهزة قياس التلوث حيث يعطى كل موقع تقرير شامل دوري عن حالة التلوث التي وصل إليه بالموقع .

٢. مواقع إضافية تبادلية لإجراء مسح (قياس) أكبر للمنطقة وغالبا ما تكون في صورة مواقع متحركة محمولة لتغطية أكبر مساحة ممكنة و إعطاء قياسات عنها .

ولقد حل استخدام التصوير الجوي و الأقمار الصناعية في المراقبة والقياس لكل المواقع الثابتة و الإضافية حيث تقوم بتغطية سريعة وشاملة وفي وقت لحظي خاصة إذا ما بلغ مستوى التلوث الحد الحرج وهنا يظهر للوقت المستغرق في القياس أهميته .

و تقسم محطات قياس و مراقبة تلوث الهواء الجوي الي :

١. محطات التلوث الجوي للخط القاعدي :

و تقع هذه المحطات بعيدا عن التجمعات السكانية و الخطوط الجوية و طرق النقل وفي نفس الوقت يكون قريب من أو معرض للحوادث الطبيعية كالبراكين و العواصف الرملية و الترابية و حرائق الغابات و لا يجب استخدام هذه الرقعة من الأرض في دائرة قطرها مائة كيلو متر خلال خمسون عاما في نفس الوقت يكون عدد العاملين بها قليل حتى لا تؤثر أنشطتهم البشرية فيها علي البيئة و طبيعتها وتكون وظيفتها هي رصد و قياس التلوث للتنبؤ بما يحدث علي المدى الطويل من تلوث للهواء الجوي.

٢. محطات تلوث جوي أقليمية :

وهي محطات منتشرة في الدول لتقدير مدي التلوث الجوي فيها و تقع بعيدة عن المناطق الأهلة بالسكان وذلك بغرض تلاشي التذبذبات الحادة في درجة التلوث حيث تبعد بحوالي ١ كيلو متر عن المناطق السكنية و تغطي الطرق المؤدية إليها بالأسفلت و تزرع باقي مساحتها بالحشائش لمنع الأتربة كما تبعد عن دخان المصانع و عادم السيارات بمسافة لا تقل عن عشرة كيلو مترات و تقوم هذه المحطات بالربط بين المتغيرات البيئية في هذه الدولة .

### ٣. محطات تلوث جوي فرعية :

حيث تقوم الدولة بعمل أكثر من محطة موزعة بها لرصد التغيرات في مدي التلوث خاصة بالمناطق الأهلة بالسكان و المناطق الصناعية و المناطق المزدحمة بالمواصلات و قد تكون في صورة محطات متنقلة أو محمولة لأخذ عينات من الهواء بصفة دورية (سيوه و سانت كاترين و سيدي براني و القصير و الغردقة ) .

### عزل وإزالة ملوثات الهواء الغازية من مصدرها :

يمكن عزل الملوثات الغازية المنبعثة من مصدرها بالهواء الجوى من خلال إحدى الطرق التالية :

- امتصاص الغازات الملوثة للهواء الجوى بمحلول له قابلية عالية للذوبان أو متوسطة الذوبان في الماء مع سهولة الحصول عليه وقد تضاف إليه بعض المواد لزيادة معدل امتصاص هذه الغازات أو لتحويله إلى صورة يسهل عزلها .
- و ما زالت فكرة فصل كل غاز ملوث على حدة من مخلوط الغازات الملوثة للهواء الجوى لتقدير كمية بالضبط موضع بحث مركز جارى رغم كل التطور الفنى و التقنى و الذي مكن بعض الأجهزة من قياس تركيز غاز ملوث دون الحاجة لعمل فصل من خلال سريان الهواء الملوث الجوى في قنوات ( أعمدة ) خاصة بالجهاز و ذلك من خلال امتصاص الغاز المرغوب قياس تركيزه على سطح سائل معين بمصيدة (trap).
- إدمصاصه على مادة صلبة نشطة أو منشطة مثل الفحم المنشط (Activated charcoal) ثم ينزع منها بعد ذلك باستخدام محاليل نزع (Elution) لها خصائص معينة ثم يقدر بعد ذلك الملوث بالمعايرة (volumetry) أو لونياً (Spectrophotometry) .
- تشبيع شرائط ورق بمادة قابلة للتفاعل مع الغاز الملوث بعد امتصاصه مثل الشرائط المشبعة بخلات الرصاص لتقدير مركب كبريتيد الهيدروجين فيتحول لكبريتيد الرصاص ذات اللون الأسود و التي تتناسب درجته مع تركيز الملوث ثم يقدر كثافة اللون ضوئياً .

ومن الأهمية بمكان الأخذ في الاعتبار في هذا الصدد ترشيح الهواء من الجسيمات العالقة أولاً قبل مروره على مصيدة الامتصاص أو مادة الإدمصاص أو الشريط حيث يكون معدل سريان الهواء (flow rate) : ٠,١٢ لتر / ثانية / ساعة وهنا تصلح هذه الطريقة لقياس تركيز ملوث غازي يصل تركيزه إلى ٠,١-٦٠ ميكروجرام / م<sup>٣</sup> .

أما عند استخدام أجهزة التحليل الكروماتوجرافي فلا تكون هناك حاجة لعزل كل ملوث على حدة حيث يقوم الجهاز تبعاً لنظرية عملة بذلك ثم تقدير كل منها على حدة بكاشف اللهب المتأين (Flame ionization detector :FID) وهنا يكون لملاً و تطوير وتهيئة مادة حشو عمود الكروماتوجرافي (Packing material) من الوصول بها لدرجة حساسة عالية في الإدمصاص ثم نزع أي غاز منها ولو بتركيز ضعيف بعد ذلك لتقديره .

- ويستخدم عمال المناجم طيور الكناري لمعرفة مدى درجة التسمم في هواء المنجم بوجود غاز سام في المنجم أثناء عملهم فدرجة زقزقتها العالية دليل على وجود غاز سام . كذلك يعتري الكلاب اضطراب نفسي عند تعرضها لهواء ملوث . أما أوراق نبات الصنوبر فيستجيب بشدة للتلوث بغاز الأوزون و أكاسيد الكبريت والحديد ، في حين نبات القرنفل يستجيب لغاز الإيثيلين بشدة بينما تستجيب الطحالب و الأشن للغاز المعدني بالهواء الملوث و هنا تلعب دورها في تنظيف المياه بأخذ المعادن السامة من مياه الشرب بالأنهار والبحيرات الحلوة

أعداد وتجهيز واستخلاص وتنقية عينة هواء جوى لتقدير مدى تلوثها :  
(Air- Sampling , Compositing , Preparation . Extraction ,Clean-up & Determination)

يتم أخذ عينات الهواء لتقدير مستوى درجة تلوثها بالملوثات والسموم البيئية من خلال عدة أنظمة أو مصادرات تختلف من حيث تصميمها ونوعية الحالة الصلبة أو السائلة المستخدمة بها لتصيد (Trapping) الملوث من الهواء ومن أمثلتها:

#### ١ - Greensburg Smith system :

وتتكون من قارورتان (2- impringers) كل منها ٥٠٠ ملل تملأ بواسطة ١٠٠ ملل من الإيثيلين جليكول (EG : Ethylene Glycol) ويتم سحب الهواء خلالها بمعدل ٣,٢٨ لتر ( قدم مكعب ) / د / ١٢ ساعة . وتتميز هذه الطريقة بكونها كمية (Quantitative method) فيمكن منها حساب كمية الهواء التي تم سحبها خلال هذه الوحدة بالنسبة للوقت و بالتالي يمكن حساب كمية الملوث /م<sup>٣</sup> هواء .

#### ٢ - Sequential air sampler :

وتعطى هذه الوحدة عينة كل ١٢ ساعة .

#### ٣ - قماش شاش (Cloth screen) :

قطعة من القماش الشاش : شيفون (nylon chiffon) بمساحة متر مربع ( ١ x ١ م ) مثبتة على إطار: برواز (Frame) خشبي لسهولة تثبيتها في المكان المراد أخذ العينة منه ، وقبل تثبيتها يتم نقعها في محلول ١٠% إيثيلين جليكول في الأسيتون كمصيدة حيث يمر الهواء خلال ثقوب القماش فتتصيد مادة الإيثيلين جليكول الملوثات العالقة بالهواء خلال فترة تثبيتها لمدة ١٢ ساعة وتتميز بساطة تنفيذها وعدم احتياجها لطاقة . و تغير نوع مادة المصيدة تبعاً لنوعية الملوث المراد تقديره ( حسب تركيزه و كميته ودرجة قطبيته ) وقد تثبت خارج الطائرات لأخذ عينات من هواء الطبقات العليا بالغلاف الجوى بعده يتم استخلاص قطعة القماش بمخلوط إزاحة مناسب لنوعية المركب وغالباً ما يستخدم مخلوط الهكسان ( غير قطبي ) و الاستيونيون ( قطبي ) بنسبة ١:١ . و يتم الاستخلاص باستخدام وحدة سوكلت للاستخلاص المستمر ثم يبخر المذيب وتقدر متبقيات الملوثات البيئية و السموم

باستخدام الكروماتوجرافي الغازي وقد تستخدم شبكة نايلون ( Nylon gauze ) لجمع متبقيات الملاثيون والملوث لهواء المناطق الزراعية أو بأماكن تخليقه و تصنيعه حيث يتم استخلاصها وقد تستخدم شبكات سلك لا يصدأ (Stainless sleek nets) تغطي بطبقة من البولي ايثيلين جليكول كمصيدة ناجحة لامتصاص المركبات الهيدروكربونية العضوية المكورة ( ددت ومشا بهاته و مماكناة (DDT- Isomers & analogues) كذلك الديلدين والالدين ثم تستخلص منها بواسطة البنزين . كذلك يمكن استخدام شبكة من الصوف الزجاجي (Glass Fiber) وتعامل بالايثيلين جليكول وتعد مصيدة ناجحة جدا وكفاءتها عالية في جمع المركبات الهيدروكربونية العضوية خاصة المهلجنة منها (Chlorinated) والمتطايرة أو الايروسولات ويبلغ معدل استرجاعها (Rate of Recovery) ٩٢-١٢٨ % .

#### وحدات أخذ العينات الصلبة (Solid samplers):

وهنا يتم سحب الهواء خلال عمود زجاجي كأعمدة الكروماتوجرافي (Column Chromatography) حيث يتم حشوه (Packing) بمادة إدمصاص صلبة (Solid adsorbent support) مثل الكروموسورب ١٠١ (Chromosorb) ٦٠-٨٠ أو ٦٠-١٢٠ مش وتغليف (Coating) بطور سائل (Liquid phase) مثل زيت البرافين ثم يتم سحب الهواء المراد اختباره من خلال هذا العمود بمعدل ١ م ٣ / دقيقة ويمكن به تصيد الهيدروكربونات العضوية و الهيدروكربونات العضوية المكورة وكفاءة عالية جدا كذلك مركبات التراي فنورالين (Trifluraline) وممثلاتها الناجمة عن الهدم الضوئي . وبعد انتهاء الوقت المحدد لأخذ العينة ، يتم إزاحة (Elution) المركبات التي تم إدمصاصها بمخاليط إزاحة (Elution solvents) بنسب معينة أو تستخدم وحدة سوكلت ( ٤ ساعات ) وتتميز هذه الطريقة بكفاءة استرجاعها العالية كذلك يمكن ملئ الأعمدة بكسر الزجاج (Glass bead) المغطي بالايثيلين جليكول أو بزيت بذرة القطن أو تملأ بوليمر التيناكس (Tenax) كمصيدة ذات كفاءة عالية لتصيد أثار مركبات البيفينول أو تملأ بالجرافيت (Carbon black or C.b graphitized) لتصيد الهيدروكربونات العضوية كذلك وجد أن مادة البوليريتان (Poly rethane) ذات كفاءة عالية جدا في امتصاص جزيئات ددت ومشابهاة ومماكناة والكلوردان والبيفينولات ولها معدل استرجاع ،جدول رقم (٦-٩) .

أو تستخدم أنبوبة (Cartilage containing support) يوضع بها مادة الادمصاص كالسليكون المغلف للكر وموسورب لتصيد الهيدركربونات العضوية الكلورونية حيث يتم سحب الهواء الملوث خلالها بمعدل ٨ لتر /د أو ترك في جو المكلن أو الحجرة المراد تقييم مستوي تلوثها .

و بأي من طرق جمع العينات السابقة تأخذ العينة و تتبع الخطوات التالية لاستكمال باقي طريقة التحليل :

١- يتم نقل ٢٠٠ ملل من الايثيلين جليكول و التي تمثل سحب هواء ملوث لمدة ١٢ ساعة (أي ٤٠ م ٣هواء ) في قمع فصل (Separatory funnel) حيث يتم نقل العينة المجموعة نقلا كمييا بواسطة كميات من محلول كبريتات الصوديوم ٢% ثم يضاف إليها ١٠٠ ملل ماء للغسيل حتى يصل الحجم إلى ٧٠٠ ملل وقد يكون المضاف للغسيل هو محلول ٢% كبريتات صوديوم ثم يضاف ١٢٠ ملل هكسان ويحكم قفل القمع جيدا ويرج بقوة لمدة دقيقتين وبعدها ١٥ ثانية وبحرز يتم فتح الغطاء لتصريف الضغط البخاري لأبخرة المذيب ثم يترك للسماح بانفصال الطبقتين و يتم تسريب الطبقة المائية السفلية لقمع فصل ثاني و يضاف إليها ١٢٠ ملل وترج بقوة لمدة دقيقتين و كما سبق يتم صرف الطبقة المائية لقمع فصل ثالث ويكرر ما سبق ولكن هنا يتم إهمال الطبقة المائية. ويلاحظ في حالة تكون مستحلب يضاف ١٠ ملل من محلول كلوريد الصوديوم المشبع لكسر المستحلب المتكون .

٢- يجهز عمود كروماتوجرافي بطول ١٥٠ مللم وقطر داخلي ٢٤ مللم ويوضع بنهاية المسحوبة سداة من الصوف الزجاجي و يملأ بارتفاع ٥ سم كبريتات الصوديوم لا مائية لتجفيف مستخلص الهكسان و يثبت اسفل العمود ورق الكيوردنا دانش وبها قطع من الزجاج لمنع الفوران ثم يثبت العمود ذو الثلاث كرات (3-ball Snyder column) و تثبت وحدة الكيوردنا دانش بحمام مائي (٩٥-١٠٠ م مع التحكم في درجة الحرارة برفعها أو خفضها) لتبخير المستخلص حتى ٥ ملل من ذلك حتى لا يحدث فقد في متبقيات المركب المستخلص وبعدها تمام التبخير تخرج الوحدة من الحمام وتترك لفترة ويرفع العمود ويغسل الدورق ثلاث مرات بحجم قدرة ٣ ملل هكسان .

٣- يتم تثبيت العمود المطور (Modified micro Snyder) وتوضع في الحمام ويتم التبخير والتركيز حتى ١ ملل ويجب سحبها باستمرار حتى أثناء الغليان حتى لا يحدث تسخين زائد (Super heating) فتخرج بعض قطرات المذيب أو التركيز لا أكثر من ١ ملل حتى لا يؤدي بدوره لفقد في تركيز مكونات الملوث و يحدث فقد في التركيز ، ثم يضاف ٣ملل هكسان للمركز ( ١ مللى ) ثم تجرى عملية التركيز مرة أخرى للتخلص من آثار الميثيلين كلوريد.

٤- تتم عملية تنقية للتخلص باستخدام عمود الفلوروسيل تمهيدا للحقن في جهاز كروماتوجرافيا الغازى السائل : ( Gas Liquid Chromatography : GLC )

جدول رقم (٦-٩) : معدلات الاسترجاع لسموم وملوثات بيئية مختلفة

معدل استرجاع %	الكمية الموضوعه نانوجرام	المركب	معدل الاسترجاع %	الكمية الموضوعه نانو جرام	المركب
٩٤	٢	الدين	٩٧	٢	بنزين هكسا كلوريد
٩٤	٤	ديبورين	٨٩	٤	بترين هكسا كلوريد
٨٨	٣	رونيل	٩٧	٥	بارابارا-١-دك
٨٧	٥	مالاثيون	٩٦	٤	بارابارا-١-دك
٨٦	٥	ميثيل باراثيون	٩٥	٨	بارابارا-١-دك
٨٩	٢	كاربو فينثيون	٩٧	٢	هيتاكلور
٩٦	٢٥	ديازينون	٩٧	٣	هيتارابيو كسيد
		أروكلود (١٢٥٤)	٩٦	٢	لغدين

## أخذ وإعداد وتجهيز واستخلاص عينة غبار (جسيمات)

(Particulate Sampling, preparing, Extraction, clean up & Determination)

تتعدد طرق أخذ عينات الجسيمات ( Particulate ) العالقة بالهواء وذلك بغرض استخلاص وتنقية الملوثات العالقة بها أو المدمصة عليها وتقييم مستوياتها وتعريفها . فيمكن أخذ عينة جسيمات من خلال ترسيبها (Precipitation) تبعا لوزنها وبفعل قوة الجاذبية الأرضية أو بالترشيح (Filtration) أو بالتجزئة الحجمية ( Size Fractionation) أو بالترسيب الكهربائي (Electrostatic precipitation) أو بالموجات الصوتية وفوق الصوتية (Sonic & supersonic) أو باستخدام الترسيب بالحرارة (Thermal settling) من خلال سحب تيار هواء ملوث بالجسيمات بين قطبين سلك مغطى بمادة عزوية ثم يتم توصيل دائرة كهربائية وعند اندفاع الهواء تلتقط الجسيمات العالقة بالهواء أو تأخذ العينات باستخدام القصور الذاتي ( Smertial separation ) وهنا يتم سحب الهواء خلال مسار بزواوية حادة ليدور بعدها في حيز معين تزد الجسيمات وتتفصل في مناطق متباعدة تبعا لحجمها ( وزنها ) . وبعد الحصول على العينات يتم خلطها جيدا لأخذ العينة النهائية سواء لتعبر عن كمية الغبار أو الجسيمات الملوثة للهواء الجوى و الحاملة للمركبات الكيميائية الملوثة لها وتميزها ويمكن استخدام الطريقة السابقة مع عينات الهواء في استخلاص وتنقية وتعريف و تقدير العينة