

**مهندسی محیط زیست**  
(قسمت دوم)

**مهندسی محیط زیست**

**(قسمت دوم)**

## فهرست مطالب

7	واحدهای بیان غلظت آلاینده‌های هوا:
11	طبقه‌بندی آلاینده‌های موجود در هوا:
12	نمونه‌برداری از هوا برای شمارش و تعیین قطر ذرات معلق:
17	روشهای اندازه‌گیری غلظت ذرات معلق:
19	ذرات تازی HAZEPARTICLE
28	اقتصاد کنترل آلودگی هوا:
28	آلاینده‌های گوگرد و ازن:
31	از نظر تعادل (رابطه استوکیومتری)
32	تکنیک‌های حذف $SO_2$ از گاز خروجی:
33	روشهای حذف $SO_2$ برای کارهایی که درصد پائینی $SO_2$ دارند:
37	شرایط تولید ناکس:
41	ساختار جو زمین:
51	مقیاسهای مختلف مطالعه پدیده‌ی - آلودگی هوا
52	مدلهای انتشار آلودگی هوا:
53	جنبه‌های جهانی آلودگی هوا:
57	اثر مونوکسید کربن بر انسان و نحوه محاسبه COHB:
59	تفاوت استاندارد و رهنمود:
66	آلودگی هوا:
68	تعریف اتمسفر (جو):
71	اثرات GWP در پدیده‌ی گلخانه‌ای:
72	اثرات تخریب لایه ازن:
73	چرا ازن تخریب می‌شود؟
75	انواع اینورژن:
76	عمل اختلاط Maximam mixing Depth (Hight)
78	دمای پتانسیل (p.t) Petential temprature
78	رطوبت در اتمسفر:
78	انواع رطوبت:
79	تعاریف سیکلون:
80	عوامل توپوگرافی:
83	اثرات ذرات روی انسان:
83	آژوسل‌های جامد:

89	چند نکته برای طراحی دودکش‌ها:
91	مشکلات موجود در تهران:
93	مهم‌ترین منابع انتشار آلاینده‌ها و درصد هر آلاینده:
98	استقرار (مکان یابی) صنایع:
99	بررسی آلاینده‌ها در منابع متحرک:
100	مهم‌ترین آلاینده‌ی اتومبیل‌های سواری و شهرها:
102	برای کنترل آلاینده‌های منابع ثابت (صنایع):
104	واحد سنجش آلودگی در هوا:
105	آزمایش و آنالیز آلاینده‌های هوا
106	اثر آلودگی بر انسان:
107	انواع حد:
108	عوارض CO در بدن:
109	اثرات هیدروکربن‌ها:
109	اثر اکسیدان‌های فتوشیمیایی در انسان:
112	اثرات آلودگی هوا بر گیاهان:
112	اثرات اشکار:
114	آلدئیدها و اتیلن (از خانواده‌ی HC):
114	اثرات آلودگی هوا روی اشیاء و متعلقات:
115	کنترل آلودگی هوا:
119	مجموعه تست
139	پاسخنامه تشریحی
154	منابع:



## تعریف

وجود یک یا چند آلاینده در هوای آزاد، مانند گردو غبار، فیومها، گاز، میست، بو، دود و بخارات با ویژگیها و کمیتها و زمان ماندی که برای انسان یا حیوان و اموال مضر باشد و به طور کلی مخل استفاده از زندگی و اموال گردد.

## نکات مهم:

- تاکید این تعریف روی هوای آزاد است و شامل محیطهای بسته (کار) نمی باشد.

آلودگی می تواند به چند صورت باشد:

.INDOOR AIR POLLUTION

.OCCUPATIONAL A.P

.PERSONAL exposure. A.P

- آلودگی هوا ممکن است توسط یک گاز آلاینده یا ذرات آلاینده یا ترکیب آنها بوجود آید.
- غلظت یا کمیت مواد نقش اساسی در اثرات آلودگی هوا دارد.
- زمان تماس یا پایداری یک میزان - غلظت معینی از آلاینده نیز نقش اساسی در اثرات آلودگی هوا دارد.
- اثرات آلودگی ممکن است بر موجودات زنده، اشیاء بی جان و مشخصات زیبایی شناختی یک منطقه باشد.

## واحدهای بیان غلظت آلاینده های هوا:

یکی از واحدهایی که استفاده می شود واحدهای حجم به حجم است مانند PPM-PPB-PPT

در هوا واحدهای حجم به حجم و در آب وزن به وزن مطرح است (چون در دماهای مختلف حجم آب تغییر می کند).

برای بیان حجمی یک ترکیب در هوا PPM واحد مناسبی است.

1PPM یعنی یک حجم از گاز آلاینده در یک میلیون حجم از هوا.

$$1\text{PPM} = \frac{\text{یک حجم گاز آلاینده}}{10^6 \text{ حجم از هوا}}$$

روش دوم: براساس واحدهای وزن به حجم است مانند  $\text{mg/m}^3$  یا  $\mu\text{g/m}^3$

برای غلظت آلاینده‌ها هر دو واحد بکار می‌رود اما در مورد مواد معلق غلظت فقط براساس واحدهای وزن به حجم است. (mg / m<sup>3</sup>)

چون اگر به‌جای درصد یک درصد بگذاریم  $\frac{0/0001}{100} \leftarrow 0/000001$  می‌شود (درصد حجمی)

وقتی که ترکیب گازهای تشکیل دهنده اتمسفر را نگاه می‌کنیم غلظت گازهای تشکیل دهنده بر حسب هر نوع واحد مشاهده می‌گردد:

ماده	درصد حجمی	PPM غلظت
نیتروژن	78/084	780840
اکسیژن	20/946	209460
آرگون	0/934	9340

وزنی	حجمی
$\mu\text{mol} / \text{molMg} / \text{M}^3$	$\text{PPM}10^{-6} \mu\text{l} / \text{lit}$
$\text{nmol} / \text{mol} \mu\text{g} / \text{M}^3$	$\text{PPB}10^{-9} \text{nl} / \text{lit}$
$\text{pmol} / \text{molpg} / \text{M}^3$	$\text{PPT}10^{-12} \text{pl} / \text{lit}$

تبدیل واحدها:

برای تبدیل واحدها روابطی نیاز داریم که می‌توانیم بدست آوریم. برای این کار اولین چیزی که باید در نظر بگیریم این است که : 1 مول از گاز خالص دارای غلظت .

1 مول از گاز خالص حجمی معادل 22/4lit یا 0/0224m<sup>3</sup> است. (در شرایط STP ) شرایط استاندارد از نظر دمای صفر درجه و فشار یک اتمسفر .

M = 32(s)×10<sup>-3</sup> + (16(o))×2×10<sup>-3</sup> = مثال ) گاز so<sub>2</sub>

=  $\frac{64 \times 10^{-3} (\text{kg})}{0/0224 \text{m}^3} = 2/86 \text{kg} / \text{m}^3$

هر گاز خالص غلظتش  $PPm = 10^6$  است که برابر است با  $2/86 \text{ kg/m}^3$

$$1 \text{ ppm} = 2/86 \text{ mg/m}^3$$

$$1 \text{ ppm} = 2/86 \mu\text{g/m}^3$$

اگر شرایط غیر از STP باشد باید آنرا با توجه به شرایط تبدیل کنیم و برای اینکه این تبدیل را انجام دهیم مثالی می‌زنیم. بالاترین دمایی که ممکن است وجود داشته باشد 50 درجه و کمترین فشار که در یک محیط ممکن است وجود داشته باشد 950 میلی‌بار است. افزایش دما باعث افزایش حجم گاز می‌شود. کاهش فشار هم باعث افزایش حجم گاز می‌شود. پس افزایش دما و کاهش فشار باعث افزایش حجم گاز و کاهش غلظت می‌شود.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{T_2}{273 P_2}$$

$$50 + 273 = 323^\circ \text{K} \quad \text{با توجه به مثال } (950, 50^\circ)$$

$$P_2 = \frac{9500}{1013} = 0.938 \text{ atm} \Rightarrow V_2 = \frac{323}{273 \times 0.938} = 1/26 \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow \frac{2/86}{1/26} = 2/27 \quad \text{در } 50^\circ \text{C} \text{ } \text{SO}_2$$

مسئله: 1M3 از یک گاز خالص اگر فشار تغییر نکند ولی دمای آن 25 درجه سانتی‌گراد شود چه تغییری در حجم آن بوجود می‌آید؟

$$25 + 273 = 298$$

$$72 = \frac{298}{273} = 1/091 \Rightarrow 1 \quad 1/90$$

$$22/4 \quad X = 24/5$$

$$\mu\text{g/m}^3 \text{ بر حسب } C = \frac{PPm \times MW}{24/5} \times 10^3 \quad (25^\circ \text{C } PPm, \mu\text{g/m}^3)$$

W: وزن مولکولی



مسئله : گاز خروجی از یک اتومبیل حاوی 1/5% حجمی مونواکسید کربن است. غلظت مونواکسید کربن بر حسب  $\text{mg/m}^3, \mu\text{g/m}^3$  در 25 درجه سانتیگراد چقدر است؟ و غلظت بر حسب  $\mu\text{g/m}^3$  در لوله اگزوز در صورتیکه دمای آن 200 درجه سانتیگراد و فشار آن 1/atm باشد چقدر است؟

$$\begin{aligned} 1(\text{ppm}) &= 0/0001 \\ (\text{ppm}) &= 15000x = 1/5 \\ M(\text{co}) &= (12 + 16) \times 10^{-3} = 28 \times 10^{-3} \\ C(\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}) &= \frac{\text{ppm} \times \text{MW}}{24/5} \times 10^3 \\ C(\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}) &= \frac{15000 \times 28 \times 10^{-3}}{24/5} \times 10^3 \\ C &= 17142/85 (\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}) \div 1000 = 17/14285 (\text{mg/m}^3) \\ 200 + 273 &= 473^\circ \text{K} \quad V_2 = \frac{T_2}{273 p_2} \times 22/4 = \frac{473}{273 \times 1/1} \times 22/4 = 35/28 \\ C(\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}) &= \frac{\text{ppm} \times \text{MW}}{35/28} \times 10^3 \\ C(\mu\text{g/m}^3) &= \frac{15000 \times 28 \times 10^3}{35/28} \times 10^{-3} = 11904/76 \mu\text{g/m}^3 \end{aligned}$$

مسئله: غلظت متوسط روزانه  $\text{so}_2 = 415 \mu\text{g/m}^3$  در 25 درجه سانتیگراد و 1atm است. غلظت  $\text{so}_2$  را بر حسب PPM حساب کنید. این غلظت را در صورتیکه غلظت استاندارد 0/14PPM باشد با استاندارد مقایسه و تفسیر کنید.

$$\begin{aligned} C(\mu\text{g/m}^3) &= \frac{\text{ppm} \times \text{MW}}{24/5} \times 10^3 \\ M_{\text{so}_2} &= (32 + 2 \times 16) \times 10^{-3} \text{kg} = 64 \times 10^{-3} \text{kg} \\ 415 &= \frac{\text{ppm} \times 64 \times 10^{-3}}{24/5} \times 10^3 \Rightarrow \text{ppm} = 158/7 \end{aligned}$$

این غلظت بسیار بالاتر از غلظت استاندارد 0/14 PPM است.

- غلظت استاندارد  $\text{SO}_2$  0/14 PPM

- غلظت استاندارد  $\text{O}_3$  0/08 PPM

غلظت ازن  $\mu\text{g/m}^3$  در یک ایستگاه پایش شهری اندازه گیری شده است. آیا این غلظت از حد استاندارد تجاوز می کند، در صورتیکه بدانییم مقدار استاندارد 0/08PPM است؟

$$C(\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{\text{ppm} \times \text{MW}}{24/5} \times 10^3 \quad \text{Mo}_3 = (3 \times 16) \times 10^{-3} = 48 \times 10^{-3}$$

$$118 = \frac{\text{ppm} \times 48 \times 10^{-3}}{24/5} \times 10^3$$

$$\text{ppm} = 60/2$$

استاندارد اولیه استاندارد است که در ارتباط ملاحظات که در رابطه با سلامت انسان است در نظر گرفته شده است ولی استاندارد ثانویه علاوه بر سلامت انسان ، رفاه انسان و آسایش او و جنبه‌های زیبایی شناختی و احساس راحتی را نیز در نظر می‌گیرد. بنابراین ثانویه باید کمتر یا هم اندازه اولیه باشد.

#### طبقه‌بندی آلاینده‌های موجود در هوا:

- 1- مواد معلق
- 2- آلاینده‌های سولفوردار
- 3- ترکیبات آلی
- 4- ترکیبات نیتروژن دار
- 5- ترکیبات هالوژنه
- 6- منواکسید کربن
- 7- ترکیبات رادیواکتیو
- 8- اکسیدانهای فوتو شیمیایی
- 9- سایر ترکیبات غیر آلی

#### مواد معلق:

مواد مایع و جامدی هستند که در هوا به صورت معلق وجود دارند و قطر آنها از یک مولکول بزرگتر (0/0002μm) و تا 500μm متغیر است. این مواد بسته به دانسیته‌ای که دارند از چند ثانیه تا چندین ماه در هوا باقی می‌مانند و با توجه به اینکه از نظر اثرات بهداشتی اثرات ذرات معلق که قطرشان کوچکتر یا مساوی 10μm است دارای اهمیت است و اخیراً ذراتی را مطرح می‌کنند که قطر آنها کوچکتر و مساوی 2/5μm است.

$$p^{m10} = \text{particulate matter} \leq 10\mu\text{m} \text{ قطر}$$

$p^{m2/5}$  = particulate matter  $\leq 2.5\mu m$  با قطر

TSP (TOTAL SUSPENDED PARTICAL) کل ذرات معلق هوا.

تا سال 1980 ذرات معلق با این روش TSP اندازه گیری می شد و بعد توجهشان به  $p^{m10}$  و اخیراً  $p^{m2/5}$  جلب شده و دستگاه را به این منظور می سازند.

برای حذف مواد معلق از گازهای آلوده هم طیف وسیعی از تجهیزات کنترل آلودگی هوا وجود دارد که برخی از آنها برای جداسازی مواد معلق درشت و بعضی برای جداسازی مواد معلق ریز کاربرد دارند.

بحث ذرات را با شناسایی خصوصیات ذرات دنبال می کنیم. خصوصیات مهم ذرات در آلودگی هوا، تعداد و قطر ذرات است. (ویژگیهای دیگری هستند که اهمیت کمتری دارند).

برای شناسایی ویژگیهای ذرات باید اول نمونه برداری کنیم.

### نمونه برداری از هوا برای شمارش و تعیین قطر ذرات معلق:

#### 1- روش تر:

در این روش از ایمپجر (گاز شوی) استفاده می کنیم.

شامل یک بطری است که در قسمت در آن دو سوراخ است. از یک سوراخ لوله ای عبور داده شده و تا نزدیکی کف بطری امتداد پیدا کرده و از سوراخ دیگر لوله کوتاهی عبور داده شده است. (به صورت L)

وقتی از هوا نمونه ای می گیریم هوا از لوله چپی وارد بطری می شود. در داخل بطری یک حلال مثل آب یا الکل 70 درجه می ریزیم و با ورود هوا ذرات معلق در مایع جذب شده و هوای پاک شده از سوی دیگر خارج می شود. در اینجا می توان یک دستگاه سنجش میزان هوای عبور کرده از این قسمت را نصب کرد.

#### 2- روش خشک:

در این روش صافی های غشایی (MEMBRANE FILTER) به کار می روند که دو جور از این صافیها در آزمایشگاه آلودگی هوا مورد استفاده است:

- MILLIPORE لام شرکت سازنده

- NUCLEOPORE

صافی‌های نامبرده صافی‌هایی هستند که قطرشان 37mm یا 47 است. (این بستگی به نگاهدارنده فیلتر FILTER HOLDER دارد. ضخامت این صافی نیز در حدود 1mm% است. صافیهای میلی‌پور را در کارخانه به همین صورت با سوراخهای بسیار ریز می‌سازند. برای آزمایشهای آب از صافی غشایی که بر حسب میکرومتر است استفاده می‌کنند. این صافی‌ها را ابتدا توسط الکترون بمباران می‌کنند تا سوراخهای فوق‌العاده ریزی بر رویشان ایجاد شود و بعد آنها را در اسید قرار می‌دهند و بسته به مدت نگهداری در اسید قطر سوراخ تنظیم می‌شود.

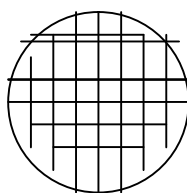
وقتی که از صافیها برای نمونه‌برداری استفاده می‌کنیم، روش نمونه‌برداری ما روش خشک است. یک فیلتر هوا برمی‌داریم که صافی روی آن قرار می‌دهیم و یک قسمت دیگر هم دارد که روی آن پیچ می‌شود.

سپس صافی را بعد از عبور هوا برداشته و برای شمارش و تعیین قطر ذرات مورد استفاده قرار می‌دهیم.

برای شمارش ذرات دستگاههای پیشرفته‌ای وجود دارد که یکی از آنها میکروسکوپ معمولی است برای این منظور معمولاً از میکروسکوپ‌های یک چشمی استفاده می‌کنند که کار با آنها ساده‌تر است.

منتها میکروسکوپ‌ها باید ویژگیهای خاصی داشته باشند که از آنها استفاده شود. میکروسکوپ معمولاً دارای یک عدسی چشمی (با بزرگنمایی 10-12) و یک عدسی شیئی (با بزرگنمایی 10-40-60-100  $\mu m$ ) است.

در عدسی شیئی یک صفحه‌ای به این شکل رسم شده است.



دایره‌ای که به صورت مربع تقسیم شده است و یکی از مربعها هم مربع شکل در عدسی شیئی حل شده و دیده نمی‌شود.

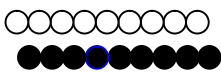
وقتی می‌خواهیم نمونه را برای شمارش برداریم برای اینکه ذرات معلق به صورت هموزن در بیایند آنها را تکان می‌دهیم بعد یک ml از این نمونه را برداشته و روی لام SEDWICK RAFTER می‌بریم که یک لام معمولی است که یک چهارخانه با شیشه‌ای به ضخامت 1 میلی‌متر در وسط آن دارد که یک حوضچه به حجم 1mlit ایجاد کرده است.

این نام برای شمارش تخم انگل‌ها و نماتودها و بسیاری از آزمایشات آب و فاضلاب به کار می‌رود.

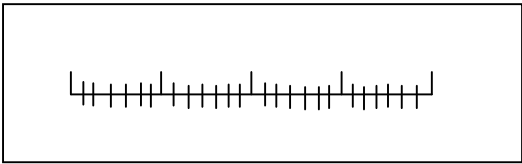
اگر نمونه به صورت خشک برداشته شده باشد، یک میزان فیلتر داریم که بخش معینی از آن را با قیچی می‌بریم و روی لام یک قطره روغن امولسیون ریخته و این قسمت را روی آن قرار می‌دهیم تا نور از آن عبور کند. بعد شمارش را روی این قسمت انجام می‌دهیم و تناسب می‌بندیم

تعداد ذرات	صافی
150	%10
$x = 1500$	%100
$\frac{\text{تعداد ذرات}}{\text{حجم هوای عبوری}} = \text{تعداد ذرات در واحد حجم}$	

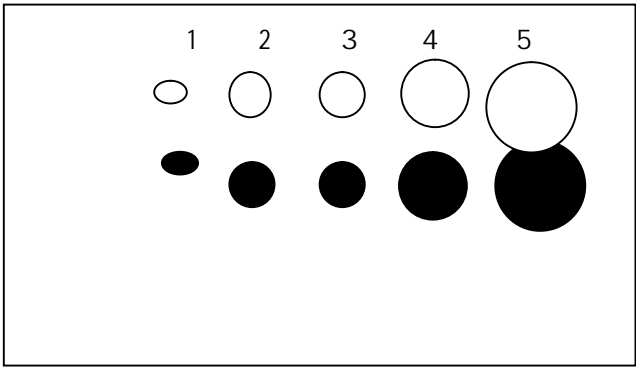
برای تعیین قطر ذرات از عدسیهای شیئی استفاده می‌کنیم که در داخل آنها یک سیستمی حک شده به این صورت تعدادی دایره تو خالی به تعداد 9 تا قرار دارد. پایین آن یک ردیف دایره تو پر قرار گرفته به تعداد 9 عدد. وقتی به داخل میکروسکوپ نگاه می‌کنیم آنها می‌بینیم.



یک نام مخصوص به نام سام کالیبراسیون وجود دارد که به این صورت است

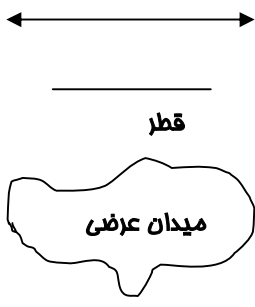


یک خط کش مدرج شده است که در زیر میکروسکوپ درجه‌ها دیده می‌شوند و تقسیم‌بندی‌ها بر حسب میکرون است. این لام را در زیر میکروسکوپ قرار داده و عدسی شیئی را کالیبره می‌کنیم. به این صورت که به دایره‌ها عدد می‌دهیم.

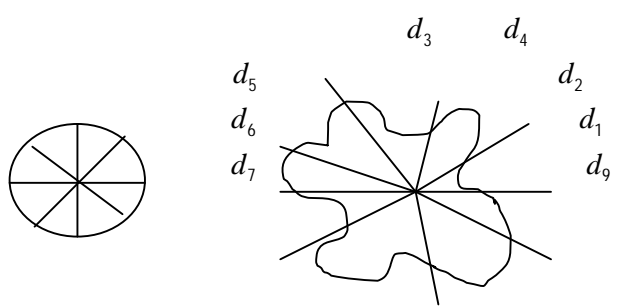


- 1 بالایی
- 2 بالایی
- 1 پایینی

بعد دایره شماره 1 را روی خط کش می‌آوریم تا ببینیم چند  $\mu\text{m}$  است (مثلاً  $20\mu\text{m}, 9\mu\text{m}^2 / \mu\text{m}^2 \times 1$ ) آن‌گاه لام کالیبراسیون را برداشته و لام نمونه را زیر میکروسکوپ می‌گذاریم، ذرات که در میدان دید مان می‌آیند روی یکی از این دایره‌ها تطبیق می‌دهیم. با هر دایره‌ای تطبیق یافت قطرش قطر همان دایره است. ذراتی که تیره هستند روی دایره‌های بی رنگ و ذرات شفاف را روی دایره‌های پایینی تعیین می‌کنیم. فاصله دو دایره را هم وقتی لام خط کش زیر میکروسکوپ است می‌توانیم اندازه‌بگیریم. بعد ذراتی که در زیر میکروسکوپ اندازه گرفتیم برایشان قطر آماری را محاسبه کرده و گزارش می‌دهیم. دو تکنیک مشهور برای اندازه‌گیری قطر ذرات وجود دارد. یکی از آنها تکنیکی است که FERET معرفی کرده و به همین نام معرف است. در این تکنیک قطر ذره برابر است با فاصله قطر دو طرف ذره. در تکنیک دیگر که به نام مارتین مشهور است ما متوسط طول خطی که موازی با میدان عرضی میکروسکوپ رسم شده و ذره را به دو قسمت تقسیم می‌کند به عنوان قطر ذره می‌شناسیم.



گاهی قطر میانگین را ملاک قرار می‌دهند.



مثلاً دایره که در عدسی شی است در نظر می گیرند و ذره را به روی دایره منطبق می کنیم و در جهات مختلف قطر را اندازه گرفته میانگین آنرا حساب می کنیم.

برای الیاف آزیست میکروسکوپیهای خاصی طراحی شده که این میکروسکوپها در جهات مختلف نور را به الیاف می تابانند و با توجه به جهت تابش نور، الیاف رنگهای مختلفی به خود می گیرند. بعد با مراجعه به یک اطلس رنگی نوع آن الیاف را مشخص می کنند.

وقتی که قطر ذرات را اندازه گرفتیم چون تعداد زیادی ذره را اندازه می گیریم از قطر آماری استاندارد میانگین هندسی انحراف معیار هندسی را به دست می آوریم. وقتی می خواهیم ذرات را شمارش کنیم به کمک این شبکه شمارش به راحتی انجام می شود. یک جهت قراردادی تعیین کرده مثلاً چپ را به راست می شماریم. اگر ذرات زیاد باشند ذرات یک شبکه را شمرده و در کل مربعات ضرب می کنیم.

آورده و اگر این انحراف معیار از  $1/2$  کمتر بود در این ذرات می گویند که حالت مونودیسیوس دارند یعنی قطر یکنواخت دارند و اگر انحراف معیار  $1/2$  بود ذرات مولتی دیسپرس هستند یعنی قطرهای متفاوتی دارند.

در مواردی که با قطرهای غیر کروی و اشکال غیر منظم هندسی سرو کار داریم گاهی قطر معادل را به کار می بریم که یکی از آنها قطر با شعاع STOCKS است. با این رابطه می توان قطر را یافت.

$$V = \frac{D^2 g (p_p - p_g)}{18 \mu}$$

$V$  سرعت سقوط ذره غیر کروی

$d$  قطر استوکس (اگر به جای  $d$ ،  $2r$  بگذاریم شعاع استوکس است)

$p_p$  دانسیته ذره

$p_g$  دانسیته گاز  $\mu$  ویسکوزیته سیال

ابتدا سرعت سقوط را اندازه می گیریم و بعد  $D$  یا  $r$  را به عنوان مجهول می یابیم.

شعاع استوکس عبارت است از شعاع کره‌ای با همان سرعت نهایی سقوط ذرات غیر کرووی و همان وزن که ذرات غیر کرووی دارند.

قطر معادل دیگر قطر آیرودینامیک است که قطر کره است با همان سرعت نهایی و وزن مخصوص که با این رابطه نشان داده می‌شود.

$$D_{aero} = D_p \times \rho_p^{1/2}$$

بعنوان مثال: قطر آیرودینامیک ذره‌ای که قطر آن  $4 \mu m$  و دانسیته‌اش  $16 \frac{g}{cm^3}$  است به این صورت به دست می‌آید:

$$D_{aero} = 4 \times \sqrt{16} = 16 / \mu m$$

ذراتی که قطر آیرودینامیکی یکسانی دارند تحت تاثیر نیروهای ثقل و اینرسی عکس‌العمل واحدی از خود نشان می‌دهند.

بعنوان مثال ذره‌ای که قطرش  $2 \mu m$  و دانسیته آن  $4 \frac{gr}{cm^3}$  است با ذره‌ای که قطرش  $4 \mu m$  و دانسیته‌اش

$19 \frac{gr}{cm^3}$  است هر دو دارای قطر آیرودینامیک یکسانی هستند بنابراین نیروهای ثقل و اینرسی روی آنها به صورت یکسان عمل می‌کنند.

دانسیته ذرات را براساس دانسیته آن ماده‌ای که آن ذرات را ساخته تعیین می‌کنیم.

بعضی اوقات ممکن است زمانی که ذره تشکیل می‌شود حبابهای هوا با فضاهای توخالی در ذره باشد که دانسیته آن را تغییر دهد با دستگاه الکترومیکروسکوپ برشهای مختلفی در ذره می‌هند و حجم هوا را یافته و دانسیته را اصلاح می‌کنند.

### روشهای اندازه‌گیری غلظت ذرات معلق:

یکی از ساده‌ترین روشهای اندازه‌گیری غلظت ذرات معلق استفاده از وسیله ساده‌ای به نام (dust fall Jar) است. از این وسیله برای اندازه‌گیری ذرات راسب شونده در یک منطقه استفاده می‌کنند. به این ترتیب که یک ظرف که قطر دهانه آن مشخص است (مثلاً 150mm 6in). را به مدت یک ماه در معرض هوای آزاد قرار می‌دهند. سطح این ظرف که در معرض هوا است مشخص است. ظرف خالی را ابتدا توزین کرده و بعد از یک ماه دوباره وزن کرده که افزایش وزن، ناشی از وزن مواد راسب شونده است که در طول یک ماه در واحد سطح ظرف رسوب کرده و با وجود این اطلاعات ذرات



راسب شونده را برحسب تن در مایل مربع در ماه یا تن در  $\text{KM}^2$  در ماه و یا هر واحد دیگری که به صورت وزن به سطح در واحد زمان باشد مشخص می شود.

تمرین: یک DUST FALL Jar به قطر 6 in توزین شد 100gr وزن داشت. بعد از یک ماه که در محل مورد نظر قرار گرفت دوباره وزن کردیم 100/5g وزن داشت میزان DUST FALL را برحسب تن بر مایل مربع در یک ماه محاسبه کنید.

مثال : یک JAF با قطر 6 in توزین شد وزن آن 1560g بود. بعد از اینکه یک ماه در محل نمونه برداری قرار گرفت وزنش به 1563g رسید. DUST FALL را بر حسب  $\text{KM}^2$  تن در ماه حساب کنید .

$$\text{وزن ذرات} = 1563 - 1560 = 3 \text{ Gr}$$

$$\text{سطح جاری} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3/14 \times (6 \times \frac{0.025}{1 \text{ in}})^2}{4} \times \frac{1 \text{ km}^2}{10^6 \text{ m}^2} = 1/8 \times 10^{-8} \text{ km}^2$$

$$\text{Dust full} = \frac{3 \times 10^{-6}}{1/8 \times 10^{-8}} = 166 / 67 \text{ ton} / \text{km}^2 / \text{month}$$

#### اندازه گیری غلظت $\text{PM}_{2/5}$ , $\text{PM}_{10}$ , TSP

از دستگاه HIGH VOLUME استفاده می کنیم یعنی نمونه برداری با حجم بالا. وقتی برای 24 ساعت بکار اندازیم به اندازه  $70000 \text{ FT}^3$  هوا نمونه برداری می کند.

این دستگاه تشکیل شده از یک BLOWEN که هوا می کشد و یک فیلتر آنجا قرار گرفته که مواد معلق روی فیلتر به راه می افتند و ما با وزن کردن فیلتر قبل و بعد از نمونه گیری افزایش وزن ناشی از مواد معلق را به دست آورده و با توجه به این که حجم هوای نمونه برداری شده را داریم غلظت را بر حسب  $\text{Mg/m}^3$  بدست می آوریم.

این دستگاه دارای یک سقف شیروانی مانند است که برای جلوگیری از تداخل DUST FALL یا ذرات راسب شونده در نتیجه آزمایش است.

مثال : یک صافی تمیز قبل از قرار گرفتن در دستگاه High- volum ( HI-VOL ) وزن کردیم وزنش 10G بود. بعد از 24 ساعت نمونه برداری وزنش به 10/1g افزایش یافت و میزان جریان هوا در ابتدا و انتهای نمونه برداری به ترتیب  $40 \text{ FT}^3/\text{min}$  و 60 بود. غلظت مواد معلق را محاسبه کنید.

$$10/1 - 10 = .1 \text{ gr} \times 10^6 \mu\text{g} = 1 \times 10^5 \mu\text{g}$$

$$\frac{60 + 40}{2} = 50 \text{ ft}^3 / \text{min} \times 1440 \text{ min} / \text{d} = 72000 \text{ ft}^3 / \text{d}$$

$$72000 \times 0.028 = 2040 \text{ m}^3$$

$$\text{TSP} = \frac{10^5}{2040} = 49 \mu\text{g} / \text{m}^3$$

در آلودگی هوا همه ذرات معلق برای ما اهمیت ندارند بلکه از نظر بهداشتی آنهایی که کمتر از 10 m قطر دارند برایمان از نظر بهداشتی مهمترند.

بنابراین با نصب سیکلونهایی روی این دستگاه کاری می‌کنند که ذرات بزرگتر از 10 m با این سیکلون گرفته شوند و فقط ذرات کمتر از 10 m وارد این دستگاه شوند. بنابراین اگر دستگاه مجهز به این سیکلون باشد مواد معلق که اندازه می‌گیریم تحت عنوان PM<sub>10</sub> نامیده می‌شود و در 10 سال گذشته توجه زیادی به ذرات کمتر یا مساوی 2.5 m معطوف شده و دستگاههایی به بازار آمده که مجهز به سیکلونی است که به ذرات درشت‌تر اجازه عبور نمی‌دهد و آن چیزی که اندازه‌گیری می‌شود تحت عنوان PM 2.5 گزارش می‌شود.

تمرین: یک فیلتر تمیز را قبل از قرار گرفتن در دستگاه HI-VOL وزن کردیم که وزنش 20g بود. فیلتری که مورد آزمایش قرار گرفته بود را وزن کردیم که وزنش 20.5 گرم شده بود. میزان جریان در ابتدا و انتهای نمونه‌برداری 70 و 50 Ft<sup>3</sup>/min بود. حساب کنید چه حجمی از هوا از این فیلتر در 24 ساعت عبور کرده است.

$$20.5 - 20 = 0.5 \text{ gr} = 0.5 \times 10^6 \mu\text{g} = 5 \times 10^5 \mu\text{gr}$$

$$\frac{50 + 70}{2} = 60 \text{ ft}^3 / \text{min}$$

$$60 \text{ ft}^3 / \text{min} \times 1440 \left( \frac{\text{min}}{\text{day}} \right) = 86400 \text{ ft}^3 / \text{day}$$

$$(1 \text{ ft}^3 = 0.028 \text{ m}^3) \Rightarrow 86400 \text{ ft}^3 \times 0.028 \text{ m}^3 / \text{ft}^3 = 2419.2 \text{ m}^3$$

$$\text{TSP} = \frac{5 \times 10^5 \mu\text{gr}}{2419.2 \text{ m}^3} = 206.68 \mu\text{gr} / \text{m}^3$$

## ذرات تازی HAZEPARTICLE

ذراتی هستند که قطرشان 0.76 تا 0.38 m است و چون قطر آنها در محدوده طول موج نور مرئی قرار دارد بنابراین میدان دید یامیزان دید را کاهش می‌دهد. این ذرات بیشترین اهمیت را در هوا نوردی دارند چون روی میزان دید خلبانها

اثر می‌گذارند و در بحث آلودگی هوا هم چون این ذرات شاخصی از غلظت آلاینده‌های معلق در هوا هستند مورد توجه قرار گرفته‌اند و معمولاً هم در فرودگاه‌ها و هم در ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا آنها را اندازه می‌گیرند. وسیله اندازه‌گیری این ذرات دستگاهی تحت عنوان TAPE SAMPLER (نمونه‌گیری نواری) است که یک نوار کاغذی است که بین دو قرقره حرکت می‌کند و براحتی می‌توان آنرا جابجا کرد و در دستگاه‌ها این جابجایی بازمانه‌های معین به طور خودکار انجام می‌شود.

وقتی نوار ساکن شد هوا از روی این نوار عبور داده می‌شود و از سمت دیگر دستگاه هوا خارج می‌شود. ذرات مولد تاری بر روی این نوار که کاملاً سفید است یک لکه سیاهی به جا می‌گذارند که سیاهی آن بستگی به غلظت ذرات مولد تاری دارد. بعد از اینکه نمونه‌برداری انجام شد این کاغذ جابجا می‌شود و محلی که تیره شده بود زیر دستگاه رفلکتومتر می‌آید و میزان عبور نور از محل عبور نمونه‌اندازه‌گیری می‌شود. بدیهی است که هر چه ذرات مولد تاری بیشتر باشند عبور نور کاهش می‌یابد. در محاسبات همیشه عبور نور از کاغذ تمیز را 100% در نظر می‌گیریم و عبور نور از روی محل عبور نمونه را هر چه اندازه‌گیری شد در محاسبات دخالت می‌دهند و تاری را محاسبه می‌کنند.

$$H = \frac{\text{حجم}}{\text{ارتفاع ستونی از هوا که از روی صافی عبور کرده است}} = \frac{\text{سطح مقطع محل عبور هوا}}{\text{ارتفاع ستونی از هوا که از روی صافی عبور کرده است}}$$

معمولاً دایره‌ای که محل عبور هوا را نشان می‌دهد دارای قطر 1in است.

بعنوان مثال اگر  $2 \text{ FT}^3$  هوا از محلی به قطر 1in عبور کند ارتفاع H چقدر است؟

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (\frac{1}{2})^2}{4} = 0.0005 \text{ ft}^2$$

$$\frac{2 \text{ ft}^3}{0.0005 \text{ ft}^2} = 400 \text{ HFT}$$

برای مشخص کردن ذرات تاری، ضریب تاری یا COH (COEFFICIENT OF HAZE) را به کار می‌برند. این ضریب براساس اندازه‌گیری عبور نور بر روی کاغذ صافی انجام می‌شود. برای اینکه COH را در همه جا بتوانیم با هم مقایسه کنیم در هر حال COH را محاسبه کرده و آن را تبدیل به COH/1000FT (در هزار FT خطی) کرده و گزارش می‌دهیم.

تعریف COH : COH مبین مقدار مواد جامد و پراکنده کننده نور برروی صافی است که در هنگام اندازه گیری انتقال نور بتواند دانسیته اپتیکی معادل 0/01 ایجاد کند. Optica; Density

دانسیته اپتیکی، لگاریتم تیرگی است پس OPTICAL Density=Log opacity

عبارت است از عکس جزء نور انتقالی

$$= \frac{1}{\text{opacity}}$$
  
جزء نور

مثال : فرض کنید انتقال نور از یک صافی پس از نمونه گیری 60% انتقال نور از یک صافی تمیز باشد. در صورتیکه نمونه را پس از 60 دقیقه عبور هوا با سرعت 2FT/S تهیه کرده باشیم COH در 1000FT خطی محاسبه کنید.

خطی 
$$2\text{ft/s} \times 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} = 7200\text{ft}$$

$$\text{opacity} = \frac{1}{0/6} = 1/66 \qquad \text{O.D} = \text{Log} 1/66 = 0/22$$

1	7200	22
%1		
0/22	x = 22	COH
		1000
		X = 3/05 COH / 1000Ft

اصلاح نشده

پرسش: یک نوار نمونه برداری که قطر محل عبور هوا از روی آن 1INCH است برای 6H با میزان جریان هوای 2ft<sup>3</sup>/min مورد استفاده قرار گرفته بعد از این درصد عبور نور 90% اندازه گیری شده است. COH را محاسبه کنید.



$Q = A.V$        $A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi(\frac{1}{12})^2}{4} = 0.005 \text{ft}^2$

$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.2}{0.005} = 40 \text{Ft / min}$       ( $1 = 60'$ )

$40 \times 6 \times 60 = 14400(\text{ft})$

$\text{opacity} = \frac{1}{0.9} = 1.11$

$\text{O.D} = \text{Log} 1.11 = 0.045$

$\text{O.D} \qquad \text{COH}$

$\%1 \qquad 1$

$0.045 \qquad X = 4 / 5$

$\text{Ft} \qquad \text{COH}$

$14400 \qquad 4 / 5$

$1000 \qquad X = 0.31 \text{COH} / 1000 \text{Ft}$

با استفاده از این جدول:

در مورد کیفیت هوا قضاوت کرده و نتیجه را بیان کنیم:

COH/1000FT	میزان آلودگی
O-O.9	آلودگی کم
1-1,9	آلودگی متوسط
2-2,9	آلوده
3-3,9	خیلی آلوده
4-4,9	به شدت آلوده

کنترل ذرات:

چند ویژگی در کنترل ذرات دارای اهمیت است:

- 1- اندازه ذرات
  - 2- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ذرات
  - 3- دمای گاز حامل
  - 4- فشار و رطوبت گاز
  - 5- حجم گازی که باید تصفیه شود
  - 6- راندمان و کارایی مورد نظر (معمولاً بوسیله استاندارد تعیین و دیکته می شود).
- دو نوع استاندارد مطرح می شود:
- 1- استاندارد خروجی (یک کارخانه و دودکش خروجی چه استانداردهایی را باید رعایت کند).
  - 2- استاندارد هوای آزاد.
- (توضیح: بیشتر استانداردهای خروجی مطرح است).
- مکانیسم اصلی برای کنترل ذرات وجود دارد:

- 1- نیروی ثقل
- 2- سانتریفیوژ
- 3- اینرسی
- 4- برخورد مستقیم
- 5- انتشار

## 6- اثر الکترواستاتیکی

که در همه دستگاههای کنترل ذرات یک یا چند مکانیسم از اینها دخیلند و عمل جدا سازی را انجام می دهند. دستگاههایی که در جدا سازی ذرات کاربرد دارند و براساس این مکانیسمها کار می کنند عبارتند از:

## 1- اتاقکهای رسوبدهی وزنی

اینها سادهترین وسیله جداسازی ثقلی هستند و معمولاً برای ذرات با قطر بزرگتر از  $50\text{ }\mu$  کاربرد دارند. گاهی برای ذراتی که قطرشان بالاتر از  $10\text{ }\mu$  است اما بسیار سنگین هستند می تواند استفاده شود. این وسیله بعنوان یک وسیله اولیه کنترل ذرات به کار می رود و معمولاً برای حفاظت از دستگاههای اصلی کنترل ذرات یا برای کم کردن کار وارد بر آنها استفاده می شود و در صنایعی مثل صنایع گچ، سرامیک و فرآوری غلات ممکن است از آن استفاده شود.

چند نوع از این وسیله را ممکن است داشته باشیم و سادهترین آن یک اتاقکی است که با این شکل در مسیر جریان قرار می گیرد.

گاز حامل ذرات وارد آن شده در اینجا (وسط) سرعت افقی جریان کاهش یافته، ذرات در ته آن ته نشین می شوند و بعد از مدتی ذرات تخلیه می شوند (مداوم یا منقطع). برای اینکه راندمان این سیستم را افزایش دهند گاهی از چند سینی یا چند ورقه که به طور موازی در این دستگاه قرار گرفته استفاده می کنند.

این سیستمها سطح تماس را افزایش داده و فاصله عمودی که یک ذره باید طی کند تا ته نشین شود کم کرده و راندمان را افزایش می دهد. به اینها رسوب دهنده های مجهز به سینی می گویند.

در این دستگاهها اگر سرعت ته نشینی بالاتر از  $13\text{ CM/S}$  باشد مورد استفاده قرار می گیرد و معمولاً سرعت افقی را در این دستگاه به گونه ای در نظر می گیرند که از  $30\text{ CM/S}$  تجاوز نکند. در مجموع طراحی ساده ای دارند ولی چندان به عنوان وسایل کنترل مطرح نیستند مگر ذرات درشت.

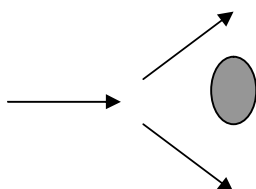
افت فشار کم دارد حدود  $1\text{ in}$  آب و دمای گاز حاصل را کاهش می دهد. زیرا کمی تبادل گرما داریم در جایی که کاهش دمای گاز هم مد نظر باشد می توان از آن کمک گرفت.

## 2- جدا کننده های سیکلونی

که براساس مکانیسم اینرسی کار می کنند. ذره ای که همراه گاز حامل در حرکت است هرگاه به یک مانعی برخورد کند گاز حامل چون سبک تر است به سرعت مسیر خود را عوض می کند اما ذره براساس خاصیت اینرسی مسیر اصلی خود را ادامه می دهد و به مانع برخورد می کند و از جریان گاز حامل جدا می شود.

دستگاهی که برای این منظور ساخته می شود به نام سیکلون است که برای گرفتن ذرات آب هم گاهی استفاده می شود (چاه هایی که شن دهی دارند).

جریان وارد شده در اثر برخورد با استوانه داخلی دستگاه مارپیچی حول استوانه ایجاد می شود.



به نام مارپیچ بیرونی یا اولیه و بعد به یک مارپیچ کوچک یا ثانویه تبدیل می شود و از دستگاه خارج می شود.

عواملی که بر رانندمان سیکلون اثر دارند:

1- سرعت گاز ورودی

2- قطر سیکلون

3- دما

سیکلون معمولاً برای ذرات دارای قطر  $10-50\mu$  کاربرد دارد و رانندمان آن با کاهش قطر ذرات کاهش پیدا می کند. در صنایعی مثل سیمان، گچ، آهک، فولاد و مس کاربرد بسیار زیاد دارد.

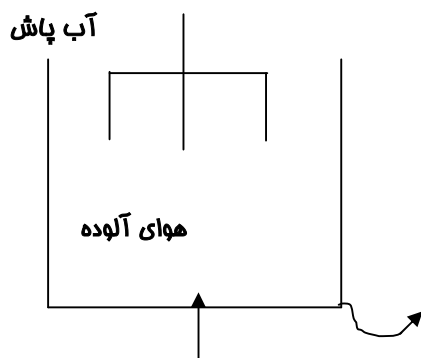
گاهی برای افزایش کارایی سیکلونها از آبپاش هایی استفاده می کنیم که آب را از جداره سیکلون به طرف مرکز می پاشند و رانندمان جداسازی را افزایش می دهند و در صورتیکه از آبپاشیها استفاده می کنیم محاسن دیگری هم دارد و آن کاهش دمای گاز و حذف همزمان آلاینده های گازی است و عیب بزرگ آن این است که ذرات جمع شده به صورت لجن هستند که تخلیه، نگهداری و تصفیه آنها کار مشکلی است و گاهی پر هزینه است.



سیکلونها را به صورت موازی یا سری استفاده می کنند. معمولاً هر گاه که افزایش راندمان موردنظر است سیکلونها را به صورت سری به کار می برند و چون سیکلونها را به صورت سری به کار می برند چون سیکلونها در پذیرش حجم های زیاد هوا محدودیت دارند در مواردی که حجم گاز زیاد باشد از چند سیکلون به صورت موازی کمک می گیرند. افت فشار در سیکلون ها از اتاقک های ته نشین بیشتر ولی نسبت به سایر وسایل کنترل کمتر است (در حد چند inch آب محدود می شود)

### 3- شوینده های تر WET SCRUBER

در شوینده های تر، از یک حلال یا آب استفاده می کنیم و معمولاً از روش جریان متقابل استفاده می کنیم یعنی گاز، هوای آلوده را از پایین وارد کرده و از بالا، حلال یا آب را بر روی آن گاز می پاشیم و به این ترتیب تماس بین حلال و گاز را برقرار می کنیم و مواد معلق و گازهای آلاینده را به این ترتیب جدا می کنیم. در این روش عیب اصلی تولید لجن تر است که می تواند برای ما ایجاد مشکلات بعدی کند.



با انتخاب مناسب حلال گاهی می توان آلاینده های گازی همراه را هم حذف کنیم. در بعضی موارد برای افزایش سطح تماس هوای آب از مزیا در این سیستم استفاده می کنیم که ممکن است از جنس سرامیک، پلاستیک یا هر چیز دیگری باشد و باید با توجه به دمای گاز حامل انتخاب شود. یعنی مقاومت در برابر آن دما را داشته باشد. (حلالها با آب آهک، اگر مواد خالص گرانقیمت باشد از حلالهای آلی استفاده می کنیم که مواد عامل بازیافت باشند).

برای ذرات  $2-10\mu$  استفاده می شود و از مدیا برای قطره های کمتر ذرات استفاده می شود.

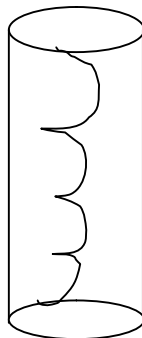
#### 4- صافی‌ها

در صافی‌ها از انواع منسوجات استفاده می‌کنیم مثل پارچه، حصیر، یا الیاف آزیست و در اثر برخورد ذرات با یک مانع که قطر سوراخ‌های آن از قطر ذره کمتر است ذرات را جدا می‌کنیم و می‌توانیم راندمان بالایی را انتظار داشته باشیم.

گاهی تعداد زیادی از صافی‌ها را در یک محفظه جای می‌دهند به نام BAG-HOUSE یا فیلتر خانه.

صافی پارچه‌ای از پارچه‌ای به صورت یک استوانه (لوله) ساخته شده که در داخل آن یک شبکه فنری یا میله‌های

عمودی قرار می‌دهند تا پارچه شکل گیرد و در اثر عبور هوا



تعداد 12 تا از این المنتها داخل یک هرس قرار می‌گیرد و عمل صاف کردن را انجام می‌دهند.

ویژگی‌های صافی‌ها: افت فشار بسیار بالایی تولید می‌کنند و در عوض راندمان خیلی خوبی هم دارند و در جاهایی که کنترل سطح بالایی نیاز داشته باشد صافی‌ها حتماً یکی از اجزاء اصلی کنترل هستند و در کارخانجات سیمان، گچ و خیلی از صنایع از اینها استفاده می‌شود.

#### 5- الکتروفیلتر یا رسوب دهنده‌ی الکترواستاتیک

این دستگاه با باردار کردن ذرات زمینه را برای جداسازی آنها فراهم می‌کنند. اینها با جریان مستقیم کار می‌کنند و وقتی ذرات باردار شدند توسط قطب مخالف جذب می‌شوند و جداسازی صورت می‌گیرد.

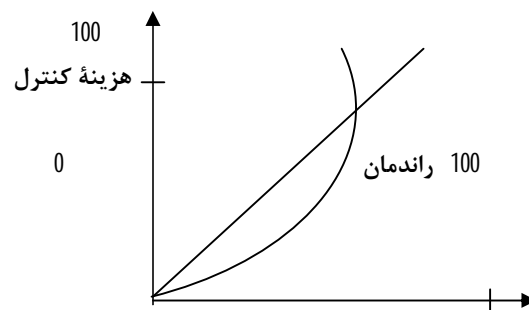
از ویژگیهای مهم این دستگاه این است که افت فشار در آن بسیار کم و برای طیف وسیعی از ذرات می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد و برای هر جریانی مناسب است. محدودیت جریان ورودی برای اینها وجود ندارد.

معایب: نصب و راه‌اندازی و بهره‌برداری خیلی گران است، نیاز به انرژی زیاد است، گاز ورودی نباید رطوبت بالایی داشته باشد. گازهای خورنده برای این دستگاه مضر است و معمولاً این سیستم به عنوان یک وسیله نهایی کنترل مورد استفاده

قرار می‌گیرد. بنابراین در مراحل قبل باید محدودیتهایی که برای کاربرد این وسیله است را برطرف کنیم (مثلاً اگر گاز خورنده است، باید خوردگی آنرا برطرف کنیم).  
جدول ص 35 جزوه: مقایسه دستگاهها از نظر افت فشار، دما، هزینه سالانه، راندمان و اندازه ذراتی که جدا می‌شوند را نشان می‌دهد.

### اقتصاد کنترل آلودگی هوا:

از نظر اقتصادی هر چه راندمان موردنظر برای کنترل را بالا ببریم هزینه‌ی کنترل هم بالا می‌رود و این هزینه کنترل در راندمانهای نزدیک به 100% حالت تصاعدی پیدا می‌کند. درصدهای نزدیک به 100% خیلی حساس است.  
حال موادی که در اثر کنترل به دست می‌آید اگر ارزش فروش دارند. مثلاً  $SO_2$  را بگیریم و اسید سولفوریک درست کرده و به بازار عرضه کنیم. در اینجا هر چه کنترل بیشتر باشد سودی هم حاصل می‌شود.  
صنعتگرها دوست دارند طرف چپ \* باشند و طرفداران محیط زیست طرف راست \* هستند.



در مجموع در هر مورد که یک سیستم کنترلی را که در نظر می‌گیریم هم جنبه بهداشت و زیست محیطی را در نظر می‌گیریم و هم اقتصادی را تا بتوان صاحبان صنایع را متقاعد کرد که از دستگاههای کنترل استفاده کنند.

### آلاینده‌های گوگرد و ازت:

هم بصورت اکسید شده و هم به شکل احیاء جزء آلاینده‌های هوا هستند. شکل عنصری آنها  $S$ ,  $N_2$  می‌باشد.  
در اکسیداسیون مرحله اول:  $N_2$  به  $NO$  و  $S$  به  $SO_2$  تبدیل می‌شود.

حالت احیاء:



و در مرحله دوم اکسیداسیون NO به NO<sub>2</sub> و SO<sub>2</sub> به SO<sub>3</sub> تبدیل می‌شوند.

و در واکنش با آب  $S \rightarrow H_2SO_4$  و  $N \rightarrow HNO_3$  تبدیل می‌شوند.

H<sub>2</sub>S گازی که در بعضی صنایع مثل نفت و گاز و تصفیه خانه‌های فاضلاب و شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب به صورت آلاینده وجود دارد و به خاطر بوی بسیار نامطبوعی که دارد لازم است که کنترل شود.

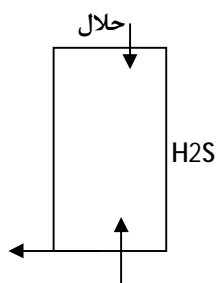
H<sub>2</sub>S باکتریهای بی‌هوازی مطلق مثل دی سولفو و بیویودی سولفوریکانس مسئول احیای این ترکیبات هستند و گاز H<sub>2</sub>S خسارت اقتصادی و اکولوژیکی عظیمی را در دنیا بوجود می‌آورد.

در صنعت هم در صنایع نفت و گاز آلاینده متداولی است و اصطلاح آب ترش که در این صنایع به کار می‌رود به آبی گفته می‌شود که با این آلاینده آلوده شده و در ارتباط است.

H<sub>2</sub>S را در صنعت با فرآیند جذب و زدایش تصفیه می‌کنند به این ترتیب که گاز H<sub>2</sub>S را که دارای غلظت کمی است در یک حلال جذب می‌کنند؛ غلظت آنرا به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهند و بعد به طریق STRIPPING زدایش به کمک هوا این گاز را از حلال جدا می‌کنند و به این طریق آنرا حذف می‌کنند.

روش حذف این گاز ADSORPTION AND STRIPPING است.

برای انجام این دو فرآیند از راکتورهای نسبتاً بلند استفاده کرده و به روش جریان متقابل حلال را از بالا اضافه می‌کنند که ممکن است آب یا آب آهک باشد و حلالی که از این سیستم خارج می‌شود حاوی H<sub>2</sub>S جذب شده است و روی این H<sub>2</sub>S با کمک بخار عمل استریپینگ را انجام می‌دهند و آنرا حذف می‌کنند.



برای حذف ترکیبات احیاء شده نیتروژن و ازت هم معمولاً از روش AIRSTRIPPING و STRIP و STEAM استفاده می‌کنند. و PH محلول را در حد 11 بیشتر تنظیم می‌کنند. آمونیوم به آمونیاک تبدیل می‌شود و آمونیاک را با روش STRIPPING حذف می‌کنند.

مهمترین شکل آلاینده‌هایی که با آن سرو کار داریم اشکال اکسید شده این دو هستند و بیشترین شکل را با  $SO_x$  و  $NO_x$  داریم.

تفاوت بنیادی بین این دو این است که  $SO_x$  یا  $SO_2$  منشاء سوختی دارد یعنی اگر گوگرد را از سوخت حذف کنیم  $SO_2$  را کنترل کرده‌ایم به همین جهت در اکثر کشورهای دنیا از سوخت‌های کم گوگرد استفاده می‌کنند و یا با روش‌های بیوتکنولوژی گوگرد را از سوخت حذف می‌کنند تا مشکل را حل کنند.

اما در ناکس  $NO_x$  مشکل به این سادگی نیست یعنی ممکن است منشاء سوختی نداشته باشد و منشاء حرارتی داشته باشد یعنی در دمای بالای محفظه احتراق داریم این ناکس بوجود بیاید. بنابراین مسئله ناکس پیچیده‌تر و کنترل آن دشوارتر است.

$SO_2$ : تقریباً تمام مواردی که بعنوان سوخت مصرف می‌کنیم دارای گوگردند بطوریکه مثلاً چوب در حدود 0/1%، ذغال سنگ 3-5/0% و نفت چیزی بین چوب و ذغال سنگ گوگرد دارند. این گوگرد به  $SO_2$  تبدیل می‌شود و باعث آلودگی هوا می‌شود.

اولین روشی که منجر به پیدایش  $SO_2$  می‌شود وجود گوگرد در مواد اولیه برخی صنایع است. مثلاً در ترکیب کالکوپویت که سنگ معدن مس است مقدار قابل توجهی گوگرد داریم و در فرآیند ذوب چون توام با سوختن است گوگرد به صورت  $SO_2$  خارج می‌شود.

بنابراین در صنایع ذوب مس بالاترین غلظت‌های  $SO_2$  را داریم و گاهی تا بیش از 10% گاز خروجی را  $SO_2$  تشکیل می‌دهد.

#### مشکلات $SO_2$ :

1- چون حلالیت  $SO_2$  زیاد است در قسمتهای فوقانی دستگاه تنفسی مثل بینی، حلق و نای ایجاد مشکل و اختلال می‌کند و عمدتاً این ناراحتی‌ها به صورت تحریکات این نواحی ظاهر می‌شود. ولی گازهایی که مثل ناکس حلالیت کمتری دارند بیشتر بخشهای تحتانی تنفسی را آسیب می‌رسانند.

2-  $SO_2$  می تواند بر روی ذرات جذب شود و می تواند اثرات ذرات معلق را تشدید نماید. بنابراین این دو آلاینده اثر سینوژیستی یا هم افزایی دارند و در محاسبه شاخص استاندارد آلودگی حاصل ضرب این دو را در محاسبه در نظر می گیریم که به دلیل افزایش خاصیت این دو آلاینده بصورت توام است.

3-  $SO_2$  بر روی گیاهان اثر سوء دارد و می تواند برگها و بافتهای گیاهی را تخریب نماید.

4-  $SO_2$  خورنده است و بر روی فلزات و اشیاء می تواند دارای اثر خوردگی باشد و از نظر اقتصادی مضر باشد.

5- ایجاد بارانهای اسیدی و تخریب جنگل ها و شسته شدن مواد مغذی خاک که به این پدیده LEACHOUT گویند. بنابراین گیاهان آسیب دیده و از بین می روند. بطور کلی اثر  $SO_2$  بر روی گیاهان به سه صورت است:

1- اثر مستقیم (روی برگها و...)

2- شسته شدن خاک

3- اسیدی شدن خاک (که تواما بسیار مضرند)

6- برخی از ترکیباتی که در اثر  $SO_2$  بوجود می آیند با کاتیونها ترکیب می شوند و در جو ذراتی را بوجود می آورند که این ذرات باعث کاهش میدان دید می شوند و در ضریب کُ اندازه گیری می شوند. پس  $SO_2$  می تواند باعث افزایش ذرات معلق هم بشود. به این صورت که اسید سولفوریکی که تشکیل می شود به صورت اسید مسیت ترکیباتی مثل یون آمونیوم را به خودش جذب کند و ذرات ریزی را بوجود آورد که دارای خاصیت گفته شده است.

7- اثر سوء بر ابناء و اشیاء و متعلقات زندگی انسان است و  $SO_2$  باعث فرسایش آنها می شود. مقدار  $SO_2$  زمینه (مقداری که به طور طبیعی در هوا هست)  $PPB_1$  می باشد و بنابراین، این غلظت های بیش از این حد مربوط به فعالیت های صنعتی و طبیعی است. منابع طبیعی مهم هستند مثل آتشفشانها یا آتش سوزی جنگل ها.

### از نظر تعادل (رابطه استوکیومتری)

معمولاً در سوخت و مواد معدنی، گوگرد را داریم و می توانیم  $SO_2$  را حساب کنیم.

مثال: در حادثه لندن در 1952 برآورد شد که 25 هزار تن زغال سنگ سوزانده شده که متوسط گوگرد آن 4% بوده است. ارتفاع اختلاط 150m بود و این حادثه در منطقه ای به وسعت 1200 کیلو متر مربع رخ داده است. مطلوب است محاسبه غلظت  $SO_2$  بطور تئوریک.

معمولاً اگر شرایط مناسب ارتفاع را داشته باشیم می توانیم ارتفاع اختلاط را در یک نقطه خاص محاسبه کنیم

$$25 \times 10^6 \text{ kg} \times 0.04 = 1 \times 10^6 \text{ kg} \rightarrow s$$

$$1 \times 10^6 \text{ kgs} \times \frac{64}{32} = 2 \times 10^6 \text{ SO}_2$$

$$1200 \text{ km}^2 \times 10^6 \frac{\text{m}^2}{\text{km}^2} \times 150 \text{ m} = 180000 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$\text{غلظت} = \frac{2 \times 10^6}{1/8 \times 10^{11}} = 11000 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$$

### تکنیک‌های حذف SO<sub>2</sub> از گاز خروجی:

برای حذف SO<sub>2</sub> از گاز خروجی تکنیک‌های متعددی وجود دارد و بسته به غلظت SO<sub>2</sub> در گاز خروجی ممکن است یکی از این تکنیک‌ها به کار گرفته شود.

ما در دو بخش بحث می‌کنیم:

1- صنایعی که غلظت SO<sub>2</sub> در گاز خروجی آنها زیاد است و از 11-4% ممکن است باشد. در این صورت کنترل SO<sub>2</sub> منجر به بازیافت اسید سولفوریک خواهد شد که از نظر اقتصادی می‌تواند بخشهایی از هزینه کنترل را کاهش دهد یا جبران کند.

2- اما در جاهایی که غلظت SO<sub>2</sub> کم است معمولاً بازیافت اقتصادی نیست و صرفاً از دیدگاه بهداشت محیط و محیط زیست کنترل SO<sub>2</sub> انجام می‌شود.

در حالت اول بیشتر در صنایع ذوب مس در دودکش اصلی دارای غلظت‌های بالای SO<sub>2</sub> هستیم. در این صورت ما از یک راکتور چندمرحله‌ای کمک می‌گیریم و SO<sub>2</sub> را به SO<sub>3</sub> تبدیل می‌کنیم. و SO<sub>3</sub> در اثر واکنش با آب، اسید سولفوریک ایجاد می‌کند که یک محصول با ارزش است.

راکتوری که برای این منظور استفاده می‌شود یک راکتور 4 مرحله‌ای است. ابتدا گاز SO<sub>2</sub> خروجی وارد یک محفظه با دمای 420 °C می‌شود و در حدود 60% آن به SO<sub>3</sub> تبدیل می‌شود و راکتورهای مراحل بعد با تکرار این عمل، درصد بالایی از SO<sub>2</sub> را به SO<sub>3</sub> تبدیل می‌کند و بعد SO<sub>3</sub> توسط یک اسکرابر در تماس با آب قرار می‌گیرد و اسید سولفوریک ایجاد می‌شود. اسید سولفوریکی که به این روش تولید می‌شود باید در نزدیکی عامل تولید بازار مصرف داشته باشد. والا هزینه‌های حمل و نقل آن آنقدر زیاد است که فروش آن را در بازارهای بعد غیر اقتصادی می‌کنند. یکی از راههایی که بعضی از صنایع در پیش گرفته‌اند این است که برخی از سنگهای معدنی فسفر دار را که در آب حل نمی‌شوند و در

نزدیکی محل کارخانه ذوب مس وجود دارد در اسید سولفوریک حل می کنند و به این ترتیب کودهای ارزش مندی را بوجود می آورند. کودهای فسفره می تواند محصولی با ارزش باشد.

در صورتیکه  $SO_2$  در جریان گاز خروجی کم باشد تولید اسید دیگر به صرف نیست و بنابراین بحث باز یافت گوگرد مطرح نمی شود و چنین مواردی بیشتر در رابطه با کنترل آلودگی های ناشی از سوخت مطرح است. مثلاً در نیروگاهها که غلظت  $SO_2$  گاهی از 1% هم کمتر است و کنترل تنها از دیدگاه آلودگی هوا مطرح است. در این موارد ممکن است از اسکرابرها که با یک محلول قلیایی کار می کنند استفاده کنیم و یا گاهی جریان گاز خروجی را به داخل حلال مواد رد بکنیم و امکان تماس حبابهای ریز گار را با مایع فراهم کنیم. ایرادی که این کار دارد این است که افت فشار نسبتاً زیادی ایجاد می کند و معمولاً در صنایع تمایل به استفاده از اسکرابرها بیشتر است.

ممکن است از برخی از مواد مانند سرامیک در اسکرابرها استفاده شود که تماس را افزایش دهند و راندمان کار را بالا ببرند. در برخی از موارد از محلول سود هم ممکن است استفاده شود بخصوص در مواردی که غلظت  $SO_2$  پایین است و ما به یک سیستم کارا و موثر احتیاج داریم ممکن است از سود استفاده شود. سود دو مشکل اصلی دارد:

1- گران است

2-  $NaOH$  با  $SO_2$  تبدیل به  $Na_2SO_4$  می شود که دفع آن مشکل است.

به خاطر اینکه باید این ماده را بازیافت کنیم که البته ماده با ارزشی است و در صنایع کاغذ سازی و تولید دترجنت استفاده می شود. اما در صنایع به خلوص بالایی احتیاج داریم که در این ماده ای که در کنترل آلودگی هوا ایجاد می کنیم خلوص وجود ندارد و ناخالصی همیشه هست.

اگر بخواهیم دفن بهداشتی هم بکنیم در آب محلول است و می تواند باعث آلودگی آبهای زیر زمینی بشود و قوانین و مقررات زیست محیطی اجازه ی این کار را به ما نمی دهد.

پس در نوع حلال مصرفی باید همه جوانب مسئله مورد توجه قرار گیرد.

### روشهای حذف $SO_2$ برای کارهایی که درصد پائینی $SO_2$ دارند:

روش خشک: در این روش گاز  $SO_2$  وارد یک راکتور با دمای بالا می شود و گاز آلوده به  $SO_2$  از پایین وارد راکتور می شود و در این راکتور پودر کربنات کلسیم پاشیده می شود. این پودر در دمای بالا  $SO_2$  را روی خودش جذب می کند و بدین ترتیب گاز پاکسازی می شود. بعد از این سیستم باید رسوب دهنده الکترواستاتیک یا فیلترهایی را نصب کرد تا



ذرات کربنات کلسیم را جدا کند که به دلیل هزینه بالای رسوب دهنده الکترواستاتیک این روش از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست. کربنات کلسیمی که در این سیستم مورد استفاده است باید به صورت پودر بسیار ریزی در آمده و به سیستم تزریق شود که این کار هم نیاز به دستگاه‌های حساس و گرانی کمی دارد. (راندمان این روش 99% است ولی با این عیب که گران است)

روش دیگر: استفاده از روش تر و خشک بصورت توام است. در این روش پودر سنگ آهک و دوغاب آهک به صورت توام مورد استفاده قرار گیرد و این دو از بالا و گاز مورد نظر از پایین وارد راکتور می‌شود و  $SO_2$  هم توسط آهک و هم توسط  $CaSO_3$  جذب می‌شود و در این روش نیازی به رسوب دهنده‌های الکترواستاتیک پس از حذف  $SO_2$  وجود ندارد و از این نظر مقداری هزینه کاهش می‌یابد و برای کشور ما یکی از سیستم‌هایی که توصیه می‌شود همین سیستم LIME STONELIME (سیستم مشترک آهک و سنگ آهک) است.

#### اکسیدهای ازت:

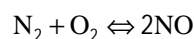
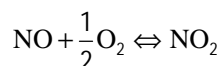
به دو صورت اصلی  $NO$  و  $NO_2$  مطرح هستند. ترکیب دیگری هم به نام  $N_2O$  داریم که در بحث گرم شدن کره زمین نقش دارد. (جزء گازهای گلخانه‌ای است). در اینجا در مورد  $NOX$  بحث می‌کنیم. شباهتها و تفاوت‌های اکسیدهای ازت با اکسیدهای گوگرد از نظر آلودگی هوا:

#### شباهتها:

- 1- ترکیب آنها در جو می‌توانند ترکیبات اسیدی ایجاد کرده و بارانهای اسیدی را تولید کنند.
- 2- هر دو روزها در جو پایدار می‌مانند بنابراین می‌توانند تا هزاران کیلومتر از محل تولید فاصله بگیرند و به همین جهت مرز معینی برای خود قائل نیستند.
- 3- نمک‌های ناشی از ترکیب هر دو آلاینده با کاتیونهای موجود در جو می‌تواند منجر به تشکیل مواد معلق و کاهش میزان دیده شود.
- 4- هر دو در مقیاس وسیع از نیروگاهها و کارخانجاتی که سوخت‌های فسیلی را مطرح می‌کنند منتشر می‌شود.

### تفاوت‌ها:

- 1- اگر در سوخت گوگرد داشته باشیم در اثر احتراق گاز  $\text{SO}_2$  تولید می‌شود و در خروجی  $\text{SO}_2$  خواهیم داشت اما در مورد  $\text{NO}$  و  $\text{NO}_2$  ممکن است در سوخت اصلاً ترکیبات ازته نداشته باشیم ولی این آلاینده‌ها را داشته باشیم یعنی نیتروژن هوا در دمای بالا با اکسیژن  $\text{NO}_2$  را بوجود می‌آورد.
- 2- سرنوشت این دو آلاینده در جو تا حدودی متفاوت است و آلاینده‌های ثانویه ناشی از این دو تا حدی متفاوت است. نمکهای حاصل از  $\text{SO}_2$  که وارد جو می‌شوند در نهایت به ماده‌ای به نام سولفات کلسیم تبدیل می‌شوند که این ماده در اماکن دفع به خوبی قابل مدیریت است یعنی ترکیبی است که در آب زیاد محلول نیست و برای منابع آب مشکلی ایجاد نمی‌کند.
- اما در اثر حذف  $\text{NO}_2$  نمکهای اسید نیتریک بوجود می‌آید که این نمکها در آب محلول هستند و ممکن است آلودگی ثانویه را برای منابع آب هم باعث شوند.
- 3- حذف اکسیدهای گوگرد راحت‌تر امکان‌پذیر است. مثلاً آنرا در یک ماده قلیایی جذب می‌کنیم و به این ترتیب گاز را پاک می‌کنیم. اما در اکسیدهای ازت واکنش به این سادگی انجام نمی‌شود و ما نیاز به حلال فوق‌العاده زیاد داریم تا بتوانیم واکنش را کامل انجام دهیم چون سرعت واکنشها کاملاً کند است.
- 4- در یک فرآیندی که ما اصلاً ازت نداریم مشکل  $\text{NO}_2$  را ممکن است داشته باشیم ولی در مورد  $\text{SO}_2$  اینطور نیست.
- منشاء سوختی حایز اهمیت است بنابراین سولفورزدایی از سوخت می‌تواند به کاهش  $\text{SO}_2$  منجر شود اما حذف ترکیبات ازته از سوخت به کنترل  $\text{NOX}$  منجر نمی‌شود.
- واکنشهایی که در جو توسط  $\text{NO}$  و  $\text{NO}_2$  انجام می‌شود واکنشهایی هستند که در شناخت آلودگی‌های ناشی از این آلاینده‌ها دارای اهمیت است و در واقع سرعتی که این واکنشها دارند و بستگی که آنها به دما دارند می‌تواند ما را در کنترل این آلودگی‌ها کمک کند.



اگر ثابت تعادل را برای این واکنش‌ها بنویسیم برای واکنش اول:

$$K_P = \frac{[NO_2]}{[NO][O_2]^{0.5}}$$

و برای دوم:

$$K_P = \frac{[NO]^2}{[N_2][O_2]}$$

که این ثابتهای تعادل به دما بستگی دارد و در دماهای بالاتر به نحوی است که منجر به تشکیل NO و NO<sub>2</sub> بالاتری می‌شود و دیگر اینکه این واکنشها به حضور اکسیژن در محیط واکنش حساسند و هر چه اکسیژن بیشتری در محیط باشد غلظت NO و NO<sub>2</sub> بیشتر خواهد بود.

به عبارت دیگر هر چه دما را بالا ببریم NO<sub>2</sub> و NO بیشتری تشکیل می‌شود که این واقعیت در کنترل آلاینده‌ها یک تناقض بوجود می‌آورد به این ترتیب که اگر بخواهیم آلاینده‌های مثل CO و ترکیبات آلی فرار VOC را کنترل کنیم باید دمای واکنش را بالا ببریم و احتراق در دمای بالا صورت گیرد. در چنین شرایطی CO و ترکیبات آلی را کاهش می‌یابند و NOX افزایش می‌یابد.

از طرف دیگر برای کاهش ناکس یکی از راهها دما را کاهش دهیم و کاهش دما این دو آلاینده را VOC, CO را افزایش می‌دهد.

بنابراین همیشه باید به دنبال شرایط بهینه باشیم و فرآیند را در دمایی کنترل کنیم که از این دیدگاه شرایط مطلوبی را داشته باشیم.

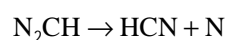
اگر اکسیژن اضافی در محیط واکنش باشد منجر به افزایش NOX خواهد شد و یکی از راههای کنترل NOX کنترل اکسیژن اضافی در محفظه اکسیژن است.

اشکال مختلف NOX: از نظر چگونگی تولید در سه نوع داریم:

- 1- NOX با منشاء حرارتی
- 2- NOX با منشاء سوختی
- 3- NOX با منشاء شرایط خاص و جاهای خاص
- 1- این نوع ناکس از نظر تولیدی تحت شرایط کنترل شرایط احتراق است مانند دما، شرایط اختلاط، زمان تماس، نوع و شکل شعله. یعنی اگر عواملی که در تولید آن موثرند را کنترل کنیم این نوع ناکس تحت کنترل است.

2- که حاصل از ترکیب اکسیژن با ترکیبات آلی ازته‌ای که در سوختها وجود دارد و می‌توان از این طریق بخشی از ناکس را کنترل کرد که حداکثر 10-20% ناکس را به این بخش نسبت می‌دهند. بنابراین اگر سوختهایی مصرف کنیم که ترکیبات ازته نداشته باشند تنها 10-20% می‌توانیم ناکس را کاهش دهیم.

هر گاه نیتروژن مولکولی در هوای احتراق با رادیکالهای هیدروکربنهای موجود در سوخت در محفظ احتراق واکنش نشان بدهند اکسیدهای ازت پدید می‌آیند. رابطه این واکنش:



CN ی که آزاد می‌شود به NO تبدیل می‌شود. این نوع ناکس هم درصد کمی (حدود 10%) را تشکیل می‌دهد و حدود 10% می‌تواند در کل ناکس تولیدی سهم باشد و بیشتر به صورت NO است.

### شرایط تولید ناکس:

عبارتند از:

1- نوع سوخت و عامل اکسیدکننده مورد استفاده

2- اندازه شعله

3- میزان اختلاط سوخت و هوا

4- میزان پیش گرمایش سوخت و هوا

1- نوع سوخت :

برخی سوختها در اثر احتراق دمای زیادی تولید می‌کنند مثل گاز استیلن که دارای پیوندهای سه گانه است و شکستن این پیوندها در موقع سوختن انرژی زیادی تولید می‌کند و در نتیجه در دمای بالاتر ناکس بیشتری تولید می‌شود. عامل اکسید کننده هم دخیل است. مثلاً اگر برای سوخت به جای هوا از اکسیژن خالص استفاده کنیم شرایط برای تولید ناکس بیشتر فراهم است آلودگی بیشتری داریم.

2- اندازه شعله:

تاثیر زیادی در دمای حداکثر شعله دارد و شکل شعله دمای شعله را تحت تاثیر قرار می‌دهد. هر قدر سطح مقطع شعله نسبت به انرژی آزاد شده بزرگتر باشد انرژی حرارتی شعله سریعتر فروکش می‌کند و در نتیجه دمای شعله کاهش می‌یابد و ناکس کمتری تولید می‌شود.

از نظر تولید ناکس دو نوع شعله داریم:

1- شعله انتشاری DIFUSE FLAME

2- شعله از نوع پیش اختلاط PREMIXED

در انتشاری هوا را قبلاً با سوخت مخلوط نمی‌کنند بلکه هوا و سوخت بطور جداگانه وارد محفظه احتراق می‌شوند و در آنجا در واکنش شرکت می‌کنند در این حالت تامین هوا است که فرآیند احتراق را تحت کنترل در می‌آورد. معمولاً کنترل این شعله‌ها به این صورت است که سوخت مورد نیاز را کم و زیاد می‌کنند و سوخت متناوب با نیاز خود اکسیژن را از محیط اطراف تامین می‌کند و در این شعله‌ها اگر جریان سوخت را افزایش دهیم شعله تغییر اندازه می‌دهد و سطح مقطع آن بزرگتر می‌شود. رنگ این شعله‌ها زرد است.

محدودیت این شعله‌ها دمای حداکثر آنها از حدمعینی فراتر نمی‌رود و حداکثر تا  $1700^{\circ}\text{F}$  قابل افزایش نیست. در نوع دوم شعله‌ها، هوا و سوخت قبل از ورود به محفظه احتراق به نسبت معینی با هم مخلوط می‌شوند. سیستمهای مجهز به انژکتور و کاربراتور از این نوع هستند که در اتوموبیل‌ها معمولاً از این دو نوع سیستم استفاده می‌شود و نسبتهای ایندو را می‌توان با توجه به شرایط مطلوب تامین کرد تا احتراق با شرایط مناسب صورت گیرد. دمایی که این شعله‌ها دارند تا 4000 درجه فارنهایت قابل افزایش است و رنگ شعله‌ها آبی است.

3- پیش گرمایش هوا و سوخت

در تولید ناکس موثر است و یکی از راههایی که می‌تواند در این زمینه مورد استفاده قرار بگیرد همین روش است و اگر چنین کاری را انجام دهیم منجر به بهبود فرایند احتراق می‌شود و می‌تواند در افزایش ناکس موثر باشد بنابراین در جاهایی که از دیدگاه بهبود شرایط احتراق به شعله توجه کنیم ممکن است در کنار خودش افزایش تولید ناکس را هم به دنبال داشته باشد که در این مورد باید در مورد تکنیکهای کنترل بعد از تولید متمرکز شویم.

4- اختلاط سوخت و هوا

همواره تناقضی که اشاره کردیم ما را محدود می‌کند. از یک طرف نسبت هوا را به سوخت برای بهبود شرایط احتراق باید در حد معینی باشد. از طرف دیگر این حد معین منجر به افزایش تولید ناکس می‌شود و هر گونه کاهشی هم در این حد مطلوب، به افزایش تولید CO و هیدروکربورهای نسوخته منجر می‌شود. بنابراین در منحنی ترسیم شده غلظت این سه آلاینده در برابر نسبت هوا و سوخت باید همواره جایی را انتخاب کنیم که از نظر تولید این سه آلاینده در شرایط بهینه قرار داشته باشیم.

جمع‌بندی کاهش ناکس را با 4 روش می‌توان انجام داد:

- 1- کاهش دمای واکنش با محفظه‌ی احتراق
- 2- کاهش زمان احتراق (تماس)
- 3- کاهش پیش اختلاط
- 4- کاهش پیش گرمایش

هر چه زمان تماس هوا و سوخت پایین‌تر باشد میزان تولید کاهش می‌یابد.

اگر کاری کنیم که سوخت و هوا قبل از ورود به محفظه احتراق گرم نشوند شرایط مطلوب را برای واکنش کمتر فراهم کردیم و ناکس کمتری تولید می‌شود.

PSI یک روش مناسبی است که توسط EPA برای ارزیابی کیفیت هوا و مقایسه‌ی آن با استاندارد به منظور آگاهی دادن به مردم در رابطه با مسائل آلودگی هوا و اقداماتی که باید در سطح جامعه در موارد بروز آلودگی هوا انجام شود ارائه شده و این شاخص برای شهرهایی که جمعیت بیشتر از 20 هزار نفر دارند و مجهز به ایستگاههای پایش آلودگی هوا هستند جداول متداولی است و ارقامی که در رابطه با این شاخص است مردم را آگاه می‌سازد که یک ایده کلی نسبت به کیفیت هوا به دست آورند. اعداد این شاخص بین صفر تا بزرگتر و مساوی 300 است و مهمترین عدد در این رنج عدد 100 است. عدد 100 به معنای این است که آلاینده مورد نظر در هوا به حد استاندارد رسیده و اگر PSI یک آلاینده کمتر از 100 باشد نشاندهنده‌ی این است که آن آلاینده دارای غلظت کمتر از حد مذکور در استاندارد اولیه است و اگر بیشتر از 100 باشد نشاندهنده‌ی این است که آلاینده‌ی مورد نظر از غلظت استاندارد فراتر رفته و در نتیجه باید اقدامات اصلاحی یا اقدامات پیشگیری کننده در سطح جامعه انجام شود.

50-0 طبقه‌بندی این شاخص کیفیت هوا خوب

متوسط	51-100
غیر بهداشتی	101-199
خیلی غیر بهداشتی	200-299
خطرناک	>300

در جدولی که سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا مطرح کرده همین شاخص‌ها را به طور رنگی نشان داده شده است.

طریقه محاسبه و گزارش PSI:

PSI در شهرهایی که واجد شرایط هستند براساس روشی که EPA ارائه کرده محاسبه و برای 5 آلاینده گزارش می‌شود. در صورتیکه در یک شهر چند ایستگاه سنجش آلودگی هوا وجود داشته باشد همین که اولین ایستگاه PSI بالاتر از 100 را ثبت کرد براساس نتایج آن ایستگاه اعلام وضعیت صورت می‌گیرد. (براساس وضعیت هوا در بدترین نقطه شهر تصمیم‌گیری می‌شود) چون PSI شاخصی است که بر طبق حفظ سلامتی انسان وضع شده است.

بنابه گزارش ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا در سطح شهر تهران، شاخص استاندارد آلودگی 172 می‌باشد و کیفیت هوا غیر بهداشتی تلقی می‌شود و کودکان، بزرگسالان و افراد دچار بیماری‌های تنفسی و قلبی و عروقی باید از فعالیت طولانی در هوای آزاد خودداری کنند و یک‌سری کارهای احتیاطی همانند استفاده از وسایل عموم و یک جمله هم باید در مورد پیش بینی از وضع آلاینده باشد. (بهتر یا بدتر شدن) با کمک اداره هواشناسی. آلاینده مسئول هم CO می‌باشد.

مثال: در شهری یکی از ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا که غلظت آلاینده‌ها رابیشتر از سایر ایستگاه‌ها نشان می‌دهد، غلظت آلاینده‌ها را به شرح، زیر گزارش کرده است:

PSI را برای هر 5 آلاینده محاسبه کرده آلاینده مسئول را معرفی کنید و اطلاعاتی برای عمومی مردم تنظیم کنید که نشان‌دهنده وضعیت هوا در شهر می‌باشد.

$$\leftarrow \text{TSP } 180 \mu \text{g/M}^3$$

$$\leftarrow \text{O}_3 \text{ } 280 \mu \text{g/m}^3$$

$$\leftarrow \text{SO}_2 \text{ } 50 \mu \text{g/M}^3$$

$$\leftarrow \text{CO } 9 \text{mg/m}^3$$

$$\leftarrow \text{NO}_2 \text{ } 1000 \mu \text{g/M}^3$$

محدودیت PSI: اگر PSI را در چندین شهر محاسبه کنیم نمی‌توانیم وضعیت آلودگی هوا در شهرهای مورد نظر به ترتیب شدت آلودگی هوا تعریف کنیم و اگر بخواهیم چنین کاری بکنیم باید جمعیت تحت پوشش، آلودگی حمل و نقل ترکیب صنایع و انواع صنایع موجود و شرایط هواشناسی را هم در نظر بگیریم.

دومین نکته در مورد PSI این است که تنها برای حفاظت انسان در برابر آلودگی هوا تنظیم و ارائه شده و سایر جنبه‌هایی که در تعریف آلودگی هوا مورد نظر بود در نظر گرفته بنابراین اثراتش بر روی حیوانات و اشیاء مشخص نمی‌شود و البته انتظاری هم نیست چون ما آن را برای کار دیگری وضع کردیم.

### ساختار جو زمین:

شناخت انسان از جو زمین حاصل اطلاعاتی است که از ابتدای قرن 16 بدست آورده و با فرستادن بالن راکدهای شناسایی و ماهواره‌ها اطلاعات خود را در مورد ساختار جو زمین براساس تفاوتی که از نظر دما، چگالی، بار الکتریکی و توزیع گازها در لایه‌های مختلف جو وجود دارد تکمیل می‌کنیم.

جو زمین را به 5 لایه تقسیم کرده‌اند که از پایین به بالا سطح زمین به فضا عبارتند از: تروپوسفر، استراتوسفر، مئوسفر، یونوسفر، هگزوسفر. از این 5 لایه 2 لایه که به سطح زمین نزدیک‌تر هستند یعنی تروپوسفر و استراتوسفر به لحاظ اثراتی که از پدیده‌های هواشناسی دارند و به تبع آن در گسترش و رقیق سازی آلاینده‌های هوا موثرند از دیدگاه ما اهمیت بیشتری دارند و ما این دو لایه را بیشتر بررسی می‌کنیم.

اولین لایه یعنی تروپوسفر از لحاظ ویژگی مهم است.

### تروپوسفر:

- 1- با افزایش ارتفاع، دما کاهش می‌یابد و از چند درجه سانتیگراد بالای صفر به طور متوسط به 56- درجه سانتی‌گراد می‌رسد.
- 2- بیشتر رطوبتی که در جو وجود دارد در این لایه متراکم شده و تمام پدیده‌هایی که به نوعی با رطوبت مربوط می‌شوند (مثل باران - برف - مه) در این لایه اتفاق می‌افتد.
- 3- در این لایه تغییرات افقی و عمودی هوا اتفاق می‌افتد و به صورت بار و اختلاط عمودی ظهور می‌یابد که در پراکندگی آلاینده‌ها و رقیق سازی آنها نقش بسیار مهمی را بازی می‌کند.



ارتفاع لایه تروپوسفر در قسمتهای مختلف زمین متفاوت است. در مناطق استوایی 18 کیلومتر و در قطب 8 کیلومتر دمای لایه مرزی تروپوسفر با استراتوسفر که به نام تروپوپاуз نامیده می‌شود از  $-40^{\circ}\text{C}$  در مناطق قطبی تا  $-90^{\circ}\text{C}$  در مناطق استوایی تغییر می‌کند.

### استراتوسفر:

از نظر آلودگی هوا و بخصوص از جنبه‌های جهانی این پدیده حائز اهمیت است. این لایه به خاطر وجود ازن که در آن هست مانع تابش اشعه ماوراء بنفش به سطح زمین شده و به عنوان یک لایه‌ی محافظ حیات در کره زمین شناخته شده است.

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که تمام ازن که در لایه استراتوسفر هست اگر در شرایط STP شرایط دما و فشار استاندارد جمع شود ضخامت این لایه از چند mm تجاوز نمی‌کند و این لایه به این نازکی دارای نقش اساسی و مهمی در حفاظت حیات روی کره زمین است.

ضخامت لایه ازن را با واحدی به نام DU بیان می‌کنند. که می‌گویند اگر تمام ازن را در شرایط STP جمع کنیم هر mm از ضخامت این لایه معادل یک واحد بدن است.

در استراتوسفر در لایه‌های ابتدایی حالت ایزوترمی حاکم است یعنی با افزایش ارتفاع تغییری در دما ایجاد نمی‌شود در لایه‌های بالاتر استراتوسفر با افزایش ارتفاع دما هم افزایش می‌یابد به طوریکه در نزدیک‌های استراتوپاуз به صفر درجه سانتیگراد می‌رسد. از نظر ما که پدیده آلودگی هوا را بررسی می‌کنیم یکی از مفاهیم مهمی که در ارتباط با جو مطرح است مفهوم پایداری جو STABILITY است.

پایداری: تمایل جو به مقاومت در برابر (یا بهبود) حرکت عمودی هوا را پایداری می‌گویند.

از این دیدگاه سه حالت قابل تصور است:

- 1- حالتی است که ساختار حرارتی اتمسفر باعث بهبود یا افزایش تلاطم مکانیکی می‌شود. این حالت را اصطلاحاً حالت ناپایدار می‌گویند.
- 2- حالت خنثی: عبارت است از حالتی که ساختار حرارتی جو تاثیری بر تلاطم مکانیکی ندارد.
- 3- حالت پایدار: در این حالت ساختار حرارتی جو مانع تلاطم مکانیکی می‌شود.

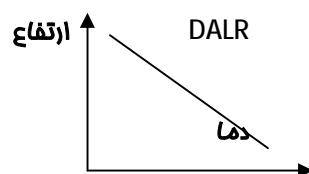
برای اینکه این سه حالت را از نظر فیزیکی تشریح کنیم می‌توان به یک آزمایش ساده توجه کرد. اگر یک گلوله‌ای را با یک کاسه در اختیار داشته باشیم می‌توانیم این آزمایش را انجام دهیم. در حالت اول اگر گلوله را در هر جایی از کاسه (به صورت داخل کاسه) قرار دهیم می‌خواهد به حالت اول برگردد (پایدار)

در حالت دوم اگر گلوله را پشت کاسه قرار دهیم می‌خواهد از روی کاسه بیفتد (ناپایدار)

حالت وسط حالتی است که گلوله روی یک سطح صافی قرار بگیرد و تمایل خاصی نداشته باشد (خنثی)

برای بررسی این حالت در جو باید یک معیار مقایسه داشته باشیم. در جو اکثریت توده‌های خشک داشته باشیم و فرض کنیم که این توده هوا توسط یک مرزی محصور شده به طوری که با هوای اطراف خودش تبادل حرارتی ندارد. در صورتیکه این توده هوا را جابجا کنیم و از سطح زمین به طرف بالا حرکت دهیم با افزایش ارتفاع، دمای توده کاهش می‌یابد که به طور تئوری این کاهش دما  $9/8$  درجه سانتی‌گراد به ازاء هر کیلومتر است که تقریباً می‌شود  $10$  درجه سانتی‌گراد، اگر این تغییرات را به صورت تغییرات دما نسبت به ارتفاع رسم کنیم.

یعنی به ازاء افزایش ارتفاع‌ها دما کاهش می‌یابد



این تغییرات را اصطلاحاً سرعت سرمایش بی رویه (D.A.L.R) می‌گویند. (سرعت سرمایش بی در و خشک) اما در

محیط طبیعی، در هوای آزاد این کاهش دما با این معیار که مشخص کردیم تفاوت‌های زیادی به چشم می‌خورد.

این میزان در طبیعت در حدود  $4-10$  درجه سانتی‌گراد به ازاء هر کیلومتر است.

حالت‌های پایداری و ناپایداری که در جو هستند را با توجه به این معیار DALR می‌توان تشریح کرد.

در نمودار داده شده. خط چین خط DALR است.

شکل بالایی دقیقاً شرایط هوای آزاد منطبق با DALR (خط پر و نقطه چین رویهم قرار گرفته‌اند) است.

برای تعیین A.L.R و (سرعت سرمایش هوای آزاد) باید با استفاده از بالن در ارتفاعات مختلف دما را اندازه بگیریم . و اگر این دو را در مقابل یکدیگر رسم کنیم، (دما محور Xها و ارتفاع محور Yها) ALR یا EIR (سرعت سرمایش هوای محیط) بدست می آید.

بنابراین از نظر ریاضی هم آنرا با  $\frac{\Delta T}{\Delta Z}$  تغییرات دما بر تغییرات ارتفاع نشان می دهند.

اگر این دو یعنی DALR و ELR بر هم منطبق شوند حالت خنثی نامیده می شود.

در حالت خنثی اگر یک توده هوا را در نظر بگیریم که به صورت آدیاباتیک جابجا می شود و دمای این توده را 21/15 درجه سانتی گراد در نظر بگیریم با دمای حرارت اطراف همین مقدار اگر 100 بالاتر بیاید دمای آن 1 کاهش یافته و می شود 20/15 که دمای اطرافش هم همین است. پس توده هوا با دمای محیط هم دما است و نسبت به دمای اطرافش نه صعود می کند و نه نزول. پس نتیجه می گیریم که در اینجا ساختار حرارتی جو در اختلاط عمودی بی تاثیر است. حالت خنثی را داریم.

حالت دوم: حالتی است که سرعت سرمایش محیط از DALR بیشتر است و شرایط اصطلاحاً سوپر آدیاباتیک است. در این حالت جو را ناپایدار تلقی می کنیم و اگر یک توده هوا را در ارتفاع A در نظر بگیریم که دمایش 21/15 درجه سانتی گراد باشد اگر بطور آدیاباتیک بالا برود دمایش 20/15 می شود ولی دمای اطرافش از آن کم تر است. 19/90 درجه سانتی گراد توده هوا از محیط اطراف گرم تر است و حالت گشتاوری باعث می شود که این توده هوا میل به صعود داشته باشد.

حال اگر این توده را 100 متر به طرف پایین هدایت کنیم دمایش 22/15°C درجه می شود و دمای هوای اطرافش از آن گرم تر است و به همین دلیل این توده سنگین تر است و تمایل به نزول دارد. بنابراین در این حالت ساختار حرارتی جوبه اختلاط (تلاطم) عمودی میل می کند که حالت ناپایدار است .

حالت سوم: حالت پایداری است و وقتی ایجاد می شود که سرعت سرمایش محیط از DALR کمتر باشد این حالت را اصطلاحاً SUB ADIABATIC (زیر تحت آدیاباتیک) می گویند. و حالت های SUB.A متفاوت است.

به طوری که ممکن است حالتی داشته باشد که سرعت سرمایش محیط از DALR کمتر باشد و حالت دیگر آدیاباتیک حالت ایزوترمیک یا همدمای است. (اگر با افزایش ارتفاع، دما ثابت بماند).

حالت دیگر SUB. A، حالت اینورژن است و آن وقتی است که با افزایش ارتفاع دما افزایش پیدا می کند.

در این حالت اگر یک توده هوا را به صورت آدیا باتیک 100 متر بالا ببریم دمایش 1 درجه سانتی گراد کاهش می یابد 20/15 ولی دمای اطرافش 20/65 است میل به نزول دارد و برعکس اگر 100 متر پایین برویم دمایش 1 درجه سانتی گراد افزایش می یابد و باز هم دمای اطرافش سردتر است و توده میل به صعود دارد و این حالت را به همین دلیل حالت پایدار می گویند.

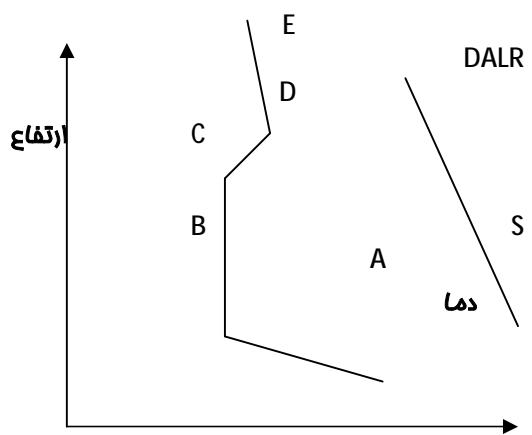
در یک منطقه ممکن است در ارتفاعات مختلف شرایط متفاوتی حاکم باشد.

A تا B حالت سوپر آدیاباتیک

C تا B حالت آدیاباتیک

D تا C حالت اینورژن (وارونگی حرارتی)

E تا D حالت ایزوترومیک حالت A. UB.



اگر بفرز یک منطقه سرعت سرمایش محیط را اندازه گرفته و رسم کنیم ممکن است این سرعت سرمایش و ارتفاعات مختلف یکسان نباشد و حالت های مختلفی وجود داشته باشد.

حداکثر ارتفاع اختلاط (حداکثر عمقی اختلاط) در یک منطقه:

با توجه به شرایط پایداری که در جو وجود دارد آلاینده ها تا ارتفاع معینی می توانند صعود کنند و از آنجا به بعد امکان صعود برایشان نیست. این ارتفاعی که آلاینده ها می توانند صعود کنند را حداکثر عمق اختلاط می گویند.

از نظر محاسباتی حداکثر عمق اختلاط را برای یک منطقه به این صورت محاسبه می کنند که سرعت سرمایش محیط ELR را با DALR روی پشت نمودار رسم می کنند. محل تقاطع آنها را مشخص می کنند و ارتفاع مربوط به آنرا حداکثر عمق اختلاط نامگذاری می کنند.

ارتفاع هایی که این دو منحنی همدیگر را قطع می کنند، حداکثر عمق اختلاط است.

در هر منطقه یکی از ویژگی هایی مهمی که از نظر زیست محیطی باید مورد توجه باشد و در جایی صنایع و محل های آلوده کننده دیگر مورد اهمیت است، همین حداکثر عمق اختلاط است و باید برای هر شهری نقشه هایی وجود داشته باشد که این اطلاعات را داشته باشد و متخصصین محیط زیست بتوانند از آن استفاده کنند. جاهایی که حداکثر عمق اختلاط زیادتر باشد برای استقرار در صنایع و منابع آلوده کننده هوا مناسبتر از جاهایی است که این ارتفاع کمتر است. اینورژن و انواع و ویژگی های آنها:

هر گاه سرعت تغییرات دما نسبت به ارتفاع مثبت باشد شرایط اینورژن را داریم که یکی از حالت های پایدار جو است و در این شرایط ساختار حرارتی مانع تلاطم مکانیکی می شود و مانع انتشار آلاینده های جو است. سه نوع اینورژن داریم:

### 1- اینورژن تشعشعی

در اثر اینکه زمین حرارت خود را در شب به واسطه تشعشع از دست می دهد ایجاد می شود و از طریق این پدیده زمین و لایه های مجاور آن سرد و لایه های بالاتر گرم می شوند و از این طریق با یک وارونگی حرارتی مواجه می شویم که این پدیده را اینورژن تشعشعی می گویند. این پدیده بیشتر در ارتفاعات نزدیک به سطح زمین دیده می شود و بیشتر در شرایطی که فصول سرد را می گذرانیم اتفاق می افتد و بعد از آنکه آفتاب به زمین تابید و دوباره زمین گرم شد این اینورژن از بین می رود.

بنابراین از ویژگی های این اینورژن این است که کوتاه مدت است. یعنی از ابتدای شب تا ابتدای ساعات بامداد ادامه دارد و بعد از بین می رود. ویژگی دوم این است که در افزایش آلاینده ها به طور کوتاه مدت موثر است. ویژگی سوم این است که چون همزمان با تابش آفتاب نیست با اکسیدان های فوتوشیمیایی که در حضور اشعه خورشید تشکیل می شوند در این اینورژن مواجه نیستیم و معمولاً بیشترین آلاینده مشکل ساز SO<sub>2</sub> است.

- اینورژن تشعشعی - بیشتر در ارتفاعات نزدیک سطح زمین دیده می‌شود - در فصول سرد سال در افزایش آلاینده‌ها به طور کوتاه مدت شایعتر است.

## 2- اینورژن جبهه‌ای

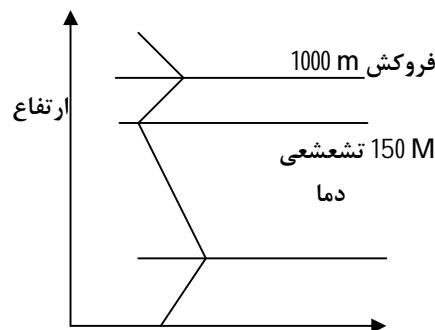
که در اثر ورود جبهه‌های هوای سرد و تحت تاثیر قرار دادن لایه‌های نزدیک سطح زمین ایجاد می‌شود و نسیم دریا و ساحل هم همین حالت را دارد و این نوع اینورژن هم ضمن اینکه ویژه مناطق خاصی است (مثلاً شهرهایی که در یک دره یا در ساحل دریا واقع شده‌اند) این نوع اینورژن هم نسبتاً کوتاه مدت است و دوام چندانی ندارد.

## 3- اینورژن فروکشی

همیشه همراه با استقرار توده‌های پر فشار به فراز یک منطقه ایجاد می‌شود و موقعی ایجاد می‌شود که لایه‌ای از هوا در یک منطقه فروکش می‌کند (ته نشین می‌شود) و در اثر انبساط این لایه فروکش کرده سرد می‌شود در حالیکه هوای طبقات فوقانی گرم است و در نتیجه اینورژن فروکشی را پدید می‌آورد. از ویژگیهای این نوع اینورژن این است که :

- 1- بسیار پایدار است و گاهی روزها بر فراز یک منطقه پایدار می‌ماند.
- 2- در ارتفاعات بسیار بالا ایجاد می‌شود، بنابراین در افزایش غلظتهای کوتاه مدت نقشی ندارند. (در بلند مدت موثر است برخلاف کوتاه مدت که در اثر تشعشعی است).

در بعضی شهرهای ایران از جمله تهران حدود 200 روز اینورژن فروکشی داریم



گاهی این دو نوع با هم می‌شوند و ممکن است هم تشعشعی و هم فروکشی را داشته باشیم و اگر این پدیده‌ها با مصرف حداکثر سوخت مصادف شود بدترین پدیده‌ها را از نظر آلودگی هوا خواهیم داشت.

باد : در پراکنش آلودگی‌ها نقش بسیار مهمی دارد. معمولاً باد را در هواشناسی بالای سکویی به ارتفاع 10 متر اندازه‌گیری می‌کنند.

ولی ما در بعضی از موارد به سرعت وزش باد در ارتفاعات مختلف نیاز داریم مثلاً یکی از موارد تعیین سرعت باد در ارتفاع دود کش است که گاهی ممکن است در 300 متری سطحی زمین باشد. برای اینکه سرعت باد را در ارتفاعات بالاتر تخمین بزنیم از رابطه توانها استفاده می کنیم که این رابطه به صورت زیر است:

$$U_z = U_0 \left( \frac{Z}{Z_0} \right)^P$$
 U: سرعت باد M/S

UZ: سرعت باد در ارتفاع – مطلوب M/S

U0: سرعت باد در ارتفاع 10 متری M/S

Z: ارتفاع مطلوب

Z1: همیشه 10 است چون همیشه در ارتفاع 10 متری به طور استاندارد و سرعت باد را اندازه می گیریم.

P: عدد ثابتی است که به پایداری هوا بستگی دارد و با حالت های مختلف پایداری مقدار آن تغییر می کند.

پایداری را در جو به 6 طبقه تقسیم می کنند:

A,B,C,D,E,F

که در این طبقات A ناپایدارترین حالت است و F هم پایدارترین حالت و D هم حالت خنثی است.

-A خیلی ناپایدار

-B به طور متوسط ناپایدار

-C به طور جزئی ناپایدار

-D خنثی

-E کمی پایدار

-F پایدار

برای تعیین P در شرایط شهری و روستایی مقادیر مختلفی ارائه می شود.

-A 0/15 شهری 0/07 روستایی

-B 0/15 شهری 0/07 روستایی

-C 0/2 شهری 0/1 روستایی

-D 0/25 شهری 0/15 روستایی



E- 0/4 شهری 0/35 روستایی

F- 0/6 شهری 0/55 روستایی

شرایط روستایی شرایطی را می‌گویند که از نظر کشاورزی بایر و دایر افتاده یا مزرعه باشد و ساختمانهای بلند در منطقه نباشد و شرایط شهری جایی است که عوارض سطح زمین با ساختمان سازی تغییر کرده باشد. علاوه بر اطلاعات گفته شده اسمیت برای شرایط ناپایداری ضریب 0/25 و برای شرایط پایدار ضریب 0/5 را پیش‌بینی کرده است.

استرم این ضریب را تا ارتفاع 100 متر 0/25 و ارتفاع بیش از 100 متر را 0/5 پیش‌بینی کرده ولی در حال حاضر مهمترین و قابل اعتماد ترین ضرایب همانها است که گفته شد.

مثال: اگر سرعت باد در ارتفاع 10 متر،  $6 \text{ m/s}$  باشد و در هوای ابری و در شب بخواهید سرعت باد را در یک ارتفاع 120 متری تعیین کنید. برای شرایط شهری و روستایی سرعت باد را تخمین بزنید. در شرایطی که هوا ابری باشد و در شب کلاس پایداری همیشه حالت خنثی است (D).

$$U_{120} = 6 \left( \frac{120}{10} \right)^{0.25} = 11/16 \text{ شهر } \text{ m/s}$$

$$U_{120} = 6 \left( \frac{120}{10} \right)^{0.15} = 8/7 \text{ روستا } \text{ m/s}$$

تعیین کلاس پایداری به کمک جدول:

.SURFACE WIND SPEED MS <sup>-1</sup>	DAY TIME SUN روز			NIGHT TIME شب	
	.STRONG	متوسط	.WEAK	ابری	صاف
<2	A	A-B	B	C2	C2
2	A-B	B	C	E	F
4	B	C-B	B	D	E
6	C	D-C	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

برای اینکه ببینیم شرایط جو در چه حالتی است باید سرعت باد را در ارتفاع 10 متری (باد سطحی) را داشته باشیم که این را از جدول بالا می‌یابم.

اگر می‌خواهیم در روز این را تعیین کنیم که تابش آفتابی کامل است STRONG کلاس طبقه‌بندی را تعیین می‌کنیم. اگر شب باشد از جدول کلاس طبقه‌بندی را تعیین می‌کنیم.

تبصره: در شب و در هوای ابری کلاس طبقه‌بندی D است.

### مقیاسهای مختلف مطالعه پدیده‌ی - آلودگی هوا

آلودگی هوا را در سه مقیاس مورد بحث قرار می‌دهیم که عبارتند از:

- 1- ماکرواسکیل
- 2- مزو اسکیل
- 3- میکرواسکیل

1- وقتی است که محدوده‌ای که مطالعه می‌کنیم مساحتش از 100 مایل مربع بیشتر باشد. دوره زمانی که مورد مطالعه است پدیده‌هایی است که هفته‌ها و ماهها طول می‌کشد و مثال آن جبهه‌های پر فشار و کم فشار گرد و باده‌ها و پدیده‌های آب و هواشناسی و پدیده‌هایی از این قبیل است.

2- وقتی است که 10 تا 100 مایل مربع محدوده جغرافیایی ما باشد. دوره زمانی آن هم ساعتها و روزها است. مثال آن هم نسیم ساحل دریا است.

3- زمانی است که مساحت مورد مطالعه کمتر از 10 مایل مربع باشد و دوره زمانی آن هم در حدود چند دقیقه است. مثال: رفتار ستون دودی که از دودکش خارج می‌شود یا تاثیر ساختمانها و سرعت باد یا گسترش آلودگی معمولاً (دروس بخصوص در دوره‌ی کارشناسی ارشد) در مقیاس میکرو مدلهای را بررسی می‌کنیم و در مقیاس ماکرو و مزو جاهایی که روی جنبه‌های جهانی آلودگی هوا مطالعه می‌کنند و موسسات هواشناسی در این مقیاس مطالعه می‌کنند.

سرعت باد دو اثر متضاد در پراکندگی آلودگی هوا دارد:

- 1- هر چه سرعت باد بیشتر باشد باعث پراکنده شدن بیشتر آلودگیهای منتشر شده از یک منبع را دارد.
- 2- با اثر اول متضاد است. این است که با افزایش سرعت باد ستون دودی که از دودکش خارج می‌شود زودتر به طرف پایین خم می‌شود و این هم شدن ستون به طرف پایین باعث می‌شود که غلظت آلاینده‌هایی که به یک گیرنده که در پایین است جهت باد می‌رسد افزایش یابد.

## مدلهای انتشار آلودگی هوا:

مدل های انتشار آلاینده ها معمولاً در مقیاس میکرو اسکیل مورد توجه ما هستند و این مدلها سه جزء را مورد توجه قرار می دهند:

جزء اول: شامل منبع انتشار است که در آنها غلظت آلاینده، سرعت خروج آلاینده از منبع انتشار، دمای آلاینده، حالتی که آلاینده (گاز یا ماده معلق) دارد را مورد توجه قرار می دهد.

جزء دوم: شرایط محیطی است . شامل، درجه پایداری، سرعت وزش باد، جهت وزش باد، دمای هوای محیط و...

جزء سوم: مشخصات گیرنده یعنی انسان، حیوان و گیاهی که در پایین دست منبع انتشار قرار گرفته در چه مختصاتی نسبت به منبع انتشار واقع شده (از نقطه نظر فاصله، ارتفاع و سایر شرایط)

بنابراین برای استفاده از مدل ها باید این سه دسته اطلاعات را داشته باشیم. در الگوسازی انتشار آن نیره ها در جو منبع انتشار از اهمیت زیادی برخوردار است که منابع را به این صورت تقسیم می کنیم:

1- منابع نقطه ای POINT SOURCE: منابعی هستند که در آنها آلاینده از یک نقطه معینی منتشر می شود که دارای مختصات کاملاً مشخصی است مثل دودکش یک کارخانه

2- منابع متحرک: منابع انتشار به صورت متحرک است و در این حالت آلاینده را از خود منتشر می کند مثل یک اتوموبیل یا یک تراکتور

3- منابع خطی LINE: آلاینده ها به صورت خطی از منبع یا منابعی منتشر می شوند مثلاً انتشار آلاینده ها در یک اتوبان که اتومبیل هایش پشت سر هم در حرکتند.

4- منابع سطحی (منطقه ای) AREA: اگر منابع انتشار آلاینده ها در سطح وسیعی پراکنده باشد این حالت را بوجود می آورد. مثلاً آتش سوزی جنگل ها، سوختن توده های عظیم زباله و یا حالتی که تعداد زیادی از منابع نقطه ای و یک سطح واقعی شده باشند.

5- منابع گرمایی: یک منبع در محدوده ای مشخصی از زمان وجود دارد و دیگر از بین می رود. مثل وقتی که یک بمب شیمیایی منفجر می شود و یا یک تانکر مواد فرار منفجر می شود . این منبع برای زمان محدودی منبع انتشار است و قبل و بعد از آن وجود ندارد.

## جنبه‌های جهانی آلودگی هوا:

- 1- باران اسیدی
- 2- گرم شدن جهانی
- 3- کاهش لایه ازن

1- به طور طبیعی PH باران چون گازهای موجود در هوا را در خود حل می‌کند، PH اسیدی است. PH حدود 5-6 در مناطقی که صنعتی هستند و صنایع متمرکز وجود دارند مشاهده شده و PH باران گاهی تا 4 و حتی 2 پایین آمده و رودخانه‌ها و منابع آب را تحت تاثیر قرار داده است. به طوریکه در برخی از نقاط خنثی‌سازی آب رودخانه‌ها برای حفظ حیات آبزیان را باعث شده است. علاوه بر بارش‌هایی که به صورت اسیدی است مواد معلق که به عنوان ترکیبات ثانویه آلودگی هوا مطرح هستند بر روی مناطقی از دنیا رسوب می‌کنند و باعث اسیدی شدن خاک می‌شوند. اسیدی شدن خاک باعث می‌شود که مواد غذایی از دسترس گیاه خارج شوند و پدیده‌ای به نام ACID LEACHING ایجاد شود (یعنی شسته شدن مواد غذایی خاک توسط اسید) و این پدیده باعث شده مناطق سبز دنیا تحت تاثیر این مشکل قرار بگیرند و پوششهای طبیعی کاهش یابند.

2- اگر فرض کنیم کره زمین دارای جو نیست با توجه به توازن دمایی که برای کره‌ی زمین نوشته می‌شود دمای زمین چیزی حدود 5 درجه سانتی‌گراد باید باشد. اما در شرایط فعلی که زمین دارای جو است، متوسط دما چیزی حدود 15 درجه سانتی‌گراد است.

این افزایش دما که با حالت فرضی در زمین وجود دارد ناشی از وجود جو زمین است و گازهایی که در این جو وجود دارند به گونه‌ای عمل می‌کنند که اشعه‌خورشیدی با طول موج کوتاه از این گازها عبور می‌کنند و زمین را گرم می‌کنند اما تشعشعی که از زمین است چون با طول موج بلند است اجازه‌ی خروج از جو و گازهای تشکیل دهنده‌اش را پیدا نمی‌کند.

در نتیجه دمای زمین افزایش می‌یابد. به این پدیده اثر گلخانه‌ای هم می‌گویند و این پدیده‌ای است که در گلخانه و اتوموبیل نظیرش را می‌بینیم. اتوموبیلی که در آفتاب پارک شده اگر دمای هوا  $40^{\circ}\text{C}$  باشد دمای اجزاء داخل اتوموبیل به  $80-70^{\circ}\text{C}$  هم می‌رسد.

گازهایی که در این پدیده دخالت دارند عبارتند از:  $\text{CFC}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  ها (کلروفلوئورکربنها)

$\text{NO}_2$ ، ازن و  $\text{H}_2\text{O}$  این گازها را گازهای گلخانه‌ای می‌گویند و سهمشان به این ترتیب است.  $\text{CO}_2 = 55\%$ ،  $\text{CFC11}$

$\text{CFC12} = 24\%$  - بخار آب موجود در استراتوسفر 4٪، متان 11٪ و  $\text{N}_2\text{O}$  6٪

از همه‌ی اینها مهم‌تر  $\text{CO}$  است که تولیدش در دنیا رو به افزایش است و تولیدش در دنیا مدیون سه پارامتر است:

1- افزایش جمعیت

2- افزایش مصرف سرانه که ناشی از افزایش سطح زندگی است که تقریباً در دنیا ارتقاء می‌یابد.

3- میزان انتشار  $\text{CO}_2$  به ازاء مصرف واحد وزن سوخت

که از ضرب این سه پارامتر، میزان انتشار  $\text{CO}_2$  به دست می‌آید.

آماري که در افزایش مصرف سرانه داریم به این صورت است که: اگر پایه مصرف انرژی برای انسان را در روز 275 Kcal

KCEL در نظر بگیریم این مقدار معادل 400000BTu است.

سرانه مصرف کشور آمریکا 79 برابر این مقدار است. بعد کشورهای اروپایی هستند که در درجه دوم‌اند و بعد ژاپن و

نشان می‌دهد هر چه سطح زندگی بالاتر باشد مصرف سرانه هم بالاتر است و میزان انتشار  $\text{CO}_2$  هم با توجه به نوع

سوخت متان، بنزین و گاز مشخص است.

ضریب انتشار - نشان‌دهنده‌ی این است که به ازاء مصرف واحد وزن یک درخت چه میزان از آلاینده تولید می‌شود. یا

میزان آلاینده‌ای که به ازاء تولید واحد وزن یک کالا تولید می‌شود. مثلاً برای تولید یک تن فولاد چه میزان  $\text{SO}_2$  منتشر

می‌شود؟ یا به ازاء مصرف یک تن زغال سنگ چه میزان  $\text{CO}_2$  منتشر می‌شود؟

در رابطه با پدیده گرم شدن زمین، اصطلاحی تحت عنوان GLABAL Cor MINGPOTENTICL پتانسیل گرم

شدن جهانی GWP داریم که طبق تعریف: این شاخص پدیده گرم شدن جهانی است و عبارت است از نسبت توان یک

آلاینده در گرم کردن هوای کره زمین نسبت به توان  $\text{CO}_2$ .

بعنوان مثال  $\text{GWP} = 20$  یعنی یک مولکول متان 20 برابر یک مولکول  $\text{CO}_2$  پتانسیل گرم کردن زمین را دارد.

غلظت متان کمتر است ولی پتانسیل آن بیشتر است.

پتانسیل  $\text{CFC11} = 12000$  است.  $\text{CFC12} = 16000$

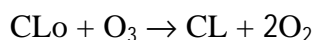
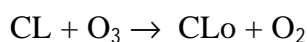
$\text{CO}_2$  بیشتر نقش دارد چون غلظت و مقدارش بیشتر است ولی از نظر قدرت  $\text{CFC}$ ها قدرت بیشتری و شدت دارند و

مهمتر هستند.

میزان افزایش دمای کره زمین حدود  $0/3\text{ C}$  در هر 10 سال است که ظاهراً ناچیز است ولی اثرات زیادی دارد که از اوایل قرن 20 با تولید CFC ها شروع شد. CFC ها دارای خواص استثنایی هستند.

پایدارند ، سمی هستند. از آنها در صنعت استفاده ی زیادی می شود بعنوان مولد فشار در اسپری های هر جا که تولید فشار لازم است به کار گرفته می شود . بعنوان خنک کننده ها در یخچال ها استفاده می شود. بعنوان حلالی برای زدودن لکه های چربی به کار برده می شود و گاهی آنها را در موادی به نام استایزن می دمند و تولید فوم می کنند و بعنوان عایق استفاده می کنند. به دلیل خواص زیادی که دارند کاربریشان در دنیا مورد توجه قرار گرفت تا جایی که در سال 1960 متوجه شدند لایه ازن برفراز قطب جنوب کاهش یافته و شیمیدان ها این کاهش را به CLO نسبت دادند.

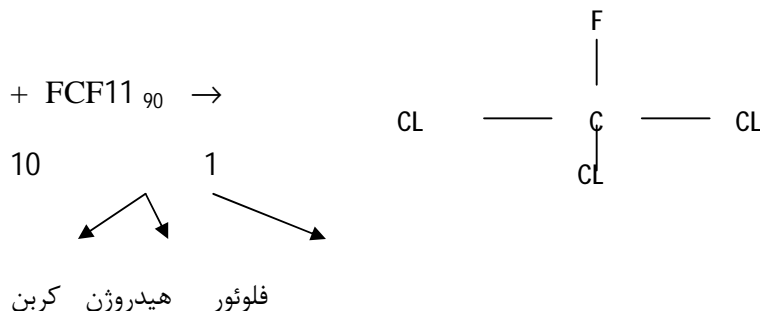
بعدها در اواخر قرن 20 که با تجهیزات پیشرفته آزمایش هایی را در اتمسفر انجام دادند مشاهده کردند هر چه به سمت قطب جنوب حرکت می کنیم غلظت CLO افزایش می یابد و نتیجه ی تحقیق شیمیدان ها عملاً به اثبات رسید . نحوه تخریب ازن توسط کلر به این ترتیب است که CL با ازن ترکیب می شود



کلر آزاد شده می تواند دوباره وارد واکنش شود و بعنوان کاتالیزور عمل کند.

تقریباً هم مولکول کلر 10000 تا 1 میلیون مولکول ازن را نابود می کند و به این ترتیب ازن از بین می رود. کلر نمی تواند به لایه های بالای جو برسد چون واکنش نشان داده و از بین می رود اما CFC ها به دلیل پایداری بالا می توانند در جو حضور یابند و در آنجا در اثر اشعه فرابنفش CL آنها جدا شده وارد واکنشهای اشاره شده می شود و به این ترتیب ازن را از بین می برد.

برای اینکه فرمول شیمیایی CFC را بدست آوریم:



روش دیگر به این ترتیب است که اعدادی که جلوی CFC است اولین عدد در تعداد اتمهای کربن می‌دانیم منهای یک و اگر صفر شد آنرا حذف می‌کنیم.

عدد دوم را تعداد اتمهای ئیدروژن می‌دانیم به اضافه یک و سومین عدد تعداد اتمهای فلوئور است و به این ترتیب فرمول آن را بدست می‌آوریم.

CFC11 و CFC12 فریون 11 و 12 گازی هستند که در یخچال از آنها استفاده می‌شود.

در CEC ها اصطلاحی است که باید به آن توجه داشته باشیم تحت عنوان (ODP OZONE DEPLETION

PETNLED) به معنای پتانسیل کاهش لایه ازن، که عبارت است از کاهش لایه ازن توسط یک CFC خاص یا پتانسیل کاهش لایه ازن به CFC

کاهش ازن توسط یک ترکیب خاص

ODP = \_\_\_\_\_

CFC11

پتانسیل تخریب از CFC11 بیشتر است و هر چه ODP از یک کمتر باشد نشان می‌دهد که پتانسیل تخریب لایه ازن توسط آن از CFC11 کمتر است.

هر چه قدر زمان بقا بیشتر باشد ODP کمتر است.

CFC	ODP	زمان بقاء
CFC11	1	60 سال
CFC12	0.9	120
CFC113	85%	90
CFC114	0.6	200
CFC115	0.37	400
تتراکلرید کربن	بیشترین 1/1	50

سهم جهانی CFC ها به ترتیب زیر است:

بعنوان آئروسول یا مولد فشار 25%

تولید فومهای عایق 19%

بعنوان حلال 19%

در دستگاههای تهویه مطبوع 12%

در یخچالها و سرمازا 8%

و بقیه و سایر موارد.

به خاطر اثر تخریبی که CFC ها دارند آنها را بوسیله ترکیباتی به نام HCFC ها جایگزین کرده‌اند و تحت عنوان هیدروکلروفلئوروکربنها نامیده‌اند.

این ترکیبات باعث داشتن رادیکال H، با رادیکال هیدروکسید OH ترکیب می‌شوند و کم خطر تر از CFC ها ست و باعث تخریب کمتر لایه ازن می‌شوند.

ترکیب دیگری که جایگزین آنها شده ترکیبی است که کلر را از آن حذف کرده‌اند و ترکیبی به نام هیدروفلئوروکربنها را به جای آن جایگزین کرده‌اند و این جایگزینها توسط کنوانسیونهای بین‌المللی انجام می‌شود.

شامل کنوانسیونهای لندن، وین، مونترال، که ایران هم در آنها عضو است و هدفشان این است که در کشورهای عضو مصرف آن‌ها را به صفر برسانند در ایران هم موفق شده که چندین کارخانه یخچال سازی را از مصرف کننده CFC ها به مصرف کننده HFC ها تبدیل کند.

ضخامت لایه ازن را با واحدی به نام DOBSON می‌سنجند که عبارت است از 1mm% از ازن که در شرایط STP قرار گرفته باشد و نام دیگر این یا جو در سیستم متریک میلی - اتمسفر - سانتیمتر است یعنی همان 0/01mm .

ضخامت این لایه در سطح زمین حدود 300-400DU است. یعنی 3-4MM

HCF, ODP ها صفر است یعنی در مقابل 11CFC هیچگونه اثر تخریبی ندارد.

### اثر مونوکسید کربن بر انسان و نحوه محاسبه COHB:

کربوکسی هموگلوبین ترکیبی است که اگر انسان در معرض CO قرار گیرد درخون انسان ایجاد می‌شود و CO با هموگلوبین این ترکیب را بوجود می‌آورد که پایداری آن 240 بار از اکسی هموگلوبین بیشتر است.

کار هموگلوبین این است که با O<sub>2</sub> ترکیب و O<sub>2</sub> را به بافتها منتقل می‌کند و آنجا O<sub>2</sub> را در اختیار بافتها قرار می‌دهد. و با تکرار این عمل وظیفه اکسیژن رسانی را انجام می‌دهد. اما در صورتیکه انسان در معرض CO باشد بسته به فشار جزئی CO درهوایی که انسان تنفس می‌کند بخشی از هموگلوبین خون با CO ترکیب شده و این پدیده گاهی در غلظت‌های بالا مثلاً 750 PPM به سرعت باعث مرگ انسان می‌شود.

برای محاسبه‌ی نسبت COHB (کربوکسی هموگلوبین) به اکسی هموگلوبین این رابطه ارائه شده است:



$$\frac{\text{CoHb}}{\text{O}_2\text{Hb}} = M \frac{P_{\text{co}}}{P_{\text{O}_2}}$$

M: 240 تعداد دفعاتی است که COHB پایدارتر از O2HB است.

PCO: فشار جزئی CO در هوای تنفسی

PO<sub>2</sub>: فشار جزئی O<sub>2</sub> در هوای تنفسی

مثال:

فرض کنید که در هوایی که به ریه انسان می‌رسد اکسیژن به اندازه هوای آزاد وجود داشته باشد یعنی 21% هوا را O<sub>2</sub> تشکیل دهد. حال در صورتیکه در هوای تنفسی CO، 100PPM وجود داشته باشد میزان اشباع COHB را بدست آورید.

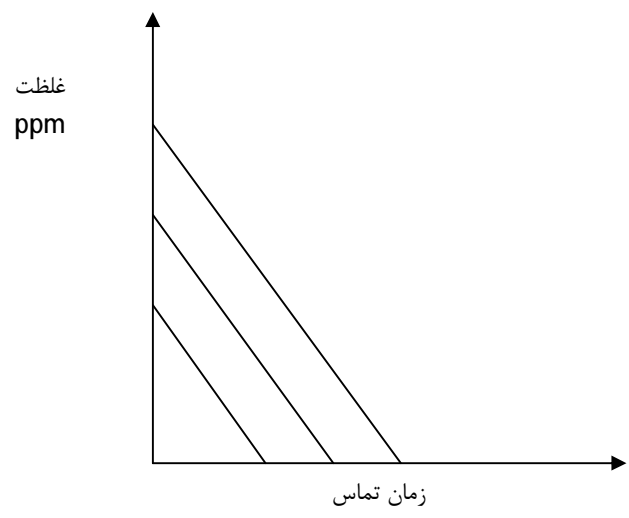
$$\frac{\text{CoHb}}{\text{O}_2\text{Hb}} = 240 \times \frac{100}{210000} = 0.11$$

یعنی حدود 11% هموگلوبین خون انسان در ترکیب با CO است.

استاندارد WHO یا به عبارت بهتر رهنمود WHO برای هوای آزاد بر این مبنا تهیه شده که غلظت COHB در خون انسان از 3%- 3/5% تجاوز نکند.

اینجا 4 برابر بیشتر از معیار WHO است. (در سوال)

برای اینکه غلظت و اثرش را بر روی انسان تعیین کنند، علاوه بر غلظت؛ پارامتری به نام زمان تماس هم مهم است. برای این منظور گرافی است که روی محور افقی، زمان تماس را داریم و روی محور عمودی هم غلظت CO را داریم و خطهایی به صورت مورب که درصد COHB را نوشته است. حال اگر بخواهیم ببینیم در زمان تماس 10 غلظت مجاز CO چقدر است می‌توان تعیین کرد.



تفاوت استاندارد و رهنمود:

برای دادن رهنمود باید اثربك آلاینده را بروی حیوانات آزمایشگاهی در چندین آزمایشگاه در نقاط مختلف دنیا آزمایش کنیم و آن غلظتی که برای انسان بی خطر است را به عنوان رهنمود معرفی کنیم. قبل از رهنمود پارامتر TDI را به دست می آورند یعنی غلظتی از ماده شیمیایی که اگر روزانه در تمام عمر توسط بدن انسان جذب شود اثر سوئی ایجاد نمی کند. برای هر ماده ای یک غلظتی متصور است که با آن غلظت هیچ اثر سوئی متوجه انسان نمی شود TDI را بدین صورت محاسبه می کنند.

$$TDI = \frac{NoAEL - LoAEL}{uF}$$

NoAEL : میزانی از ماده که اثر سوء به جا نمی گذارد .

LoAEL : میزانی از ماده که کمترین اثر مشاهده شده دارد.

UF: فاکتور نامعلومی:

مربوط به تفاوت های درون گونه ای و برون گونه ای موجودات زنده است. مثلاً تفاوت موش و انسان که از 10-1000 می تواند این فاکتور باشد.

غلظتی که روی یک جونده اثر سوئی ندارد 10-1000 برابر آن غلظت را کوچکتر کرده و به انسان تعمیم می‌دهیم یعنی انسان را 10-10000 برابر حساس‌تر از موجود آزمایشگاهی در نظر گرفته و TDI بدست می‌آید و سپس  $GV =$  رهنمود را بدست می‌آوریم.

$bw =$  وزن بدن انسان (انسان بالغ 60 کیلوگرم)

$P =$  در صدی از ماده مورد نظر که از طریق مورد نظر به انسان می‌رسد.

$$GV = \frac{TDI \times bw \times P}{C}$$

مثلاً اگر برای CL و آب رهنمود بنویسیم 100% P چون کلر فقط از طریق آب می‌آید.

اما سرب هم از طریق هوا و هم آب و هم غذا به انسان می‌رسد. اگر برای آب رهنمود می‌نویسیم: مثلاً 30% می‌نویسیم.

$C =$  میزان آب یا هوایی که روزانه انسان استفاده یا استنشاق می‌کند (کودک یک لیتر، بالغ دو لیتر و نوزاد 75% لیتر)

که آخرین استاندارد WHO در سال 1971 بوده است.

و از آن به بعد WHO فقط رهنمود می‌دهد و سپس هر کشور با توجه به شرایط اقتصادی، فرهنگی، اجتماعی، فنی

، مالی و... خود کشورها تعیین کنند یا از آن بالاتر یا از آن پایین‌تر یا خود آن.

ولی وقتی در کشوری آن تصویب شد به صورت قانون در می‌آید.

مثال: در صورتیکه استاندارد مبتنی بر سلامت انسان بر این اساس باشد که غلظت COHB در خون انسان زیر 2/5%

نگه دارد غلظت CO رادره‌های تنفسی:

الف- برای یک ساعت تماس

ب- برای 8 ساعت تماس بدست آورید و آنرا با استانداردهای کشوری مقایسه کنید.

الف- 75PPM

ب- 16PPM

مثال: جوندگانی را به صورت دو سال روزانه 15 میلی گرم کلر به ازای هر کیلو گرم وزن بدنشان از طریق آب آشامیدنی

دادند. هیچ اثر سوئی مشاهده نشده. اگر 1/ 100 در نظر بگیریم TDI را به دست آورید.

$$TDI = \frac{15}{100} = 150 \text{ mg / kg}$$

$$GV = \frac{150 \times 60 \times 100}{2} = 4500 \text{ mg / lit}$$

رهنمود WHO: کلر آزاد باقیمانده در آب تا 0/5 میلی گرم در لیتر از نظر بهداشتی مجاز است.

استاندارد ایران 0/2-0/8 است.

هر چه تعداد حیوانات مورد مطالعه تکرار پذیری مطالعات و دقت مطالعات کمتر باشد فاکتور UF را بزرگتر در نظر می گیرند.

رهنمودها می توانند پایه های استاندارد باشند و صرفاً جنبه های علمی را بیان کنند و اگر کشوری آنرا پذیرفت در آن کشور جنبه استاندارد پیدا می کند.

مساله 1- بر اساس شیب متوسط در موقعیت هایی که در زیر توصیف شده است درجه پایداری اتمسفر را تعیین کنید:

الف- دما در سطح زمین  $25^{\circ}\text{C}$  و ما در 2000 متری  $5^{\circ}\text{C}$

ب- دما در سطح زمین  $30^{\circ}\text{C}$  و ما در 500 متری  $20^{\circ}\text{C}$

ج- دما در سطح زمین  $25^{\circ}\text{C}$  و ما در 700 متری  $28^{\circ}\text{C}$

مثال: باد در یک منطقه ی روستایی با سرعت 10MIL در ساعت در ارتفاع 10 متری از سطح زمین می وزد. در روزیکه

C 0/2 FAPS RATE در 100 متر است سرعت باد در ارتفاع 100 متری برحسب MIL در ساعت چقدر است ؟

پاسخ: از قانون تراز استفاده می کنیم:

$$L.R = \frac{0/2}{100} \rightarrow \text{sub} \Rightarrow p = 0/35$$

$$u_{100} = 10 \left( \frac{100}{10} \right)^{0/35} = 22/38 \text{ mil / h}$$

تمرین: سرعت باد در ارتفاع 10 متری سطح زمین 7 مایل در ساعت است. اگر منطقه مورد نظر شهری باشد.

اطلاعاتی درباره شاخص استاندارد آلودگی هوا

شاخص استاندارد آلودگی PSI توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا PSA توسعه یافت تا برای تهیه اطلاعات

دقیق، به موقع و به آسانی قابل درک درباره میزانهای روزانه آلودگی هوا استفاده قرار شود.

این شاخص مشروط به یک سیستم یکنواخت اندازه‌گیری میزانهای آلودگی برای آلاینده‌های اصلی هوا در قانون هوای پاک می‌باشد. وقتی این میزانها اندازه‌گیری شدند PSI در همه مناطق شهرهای مهم ایالات متحده با جمعیت بیش از 200000 نفر گزارش می‌شود.

ارقام شاخص مردم را تا حدی قادر می‌سازد که تعیین نمایند آیا مقادیر آلودگی هوا در یک محل ویژه خوب، متوسط، غیر بهداشتی یا بد است. بعلاوه PSI و مدیران محلی از PSI بعنوان وسیله‌ای برای آگاه کردن مردم درباره اثرات کلی بهداشتی مرتبط با مقادیر مختلف آلودگی استفاده می‌نمایند.

همچنین از PSI برای توصیف اقدامات احتیاطی مورد نیازی که در صورت مقادیر آلودگی هوا به گستره غیر بهداشتی یا اتخاذ گردد، استفاده می‌باشد.

### زیر شاخص های PSI

مقادیر شاخص	توصیف کننده	دستورالعمل احتیاطی
0-50	خوب	-
51-100	متوسط	معمولاً افراد حساس باید فعالیت طولانی در مدار آزاد را محدود نمایند
101-150	غیر بهداشتی برای گروه های حساس	کودکان و بزرگسالان فعال و افرادی که دچار بیماری های تنفسی مانند آسم هستند باید فعالیت طولانی در هوای آزاد را محدود نمایند
151-200	غیر بهداشتی	کودکان و بزرگسالان فعال و افرادی که دچار بیماری های تنفسی مانند آسم هستند باید از فعالیت طولانی در هوای آزاد خودداری نمایند کودکان باید فعالیت طولانی در هوای آزاد را محدود نمایند
201-300	خیلی غیر بهداشتی	کودکان و بزرگسالان فعال و افرادی که دچار بیماری های تنفسی مانند آسم هستند باید از فعالیت طولانی در هوای آزاد خودداری نمایند کودکان باید فعالیت طولانی در هوای آزاد را محدود نمایند
301-500	خطرناک	همه باید از هر گونه فعالیت در هوای آزاد خودداری نمایند

EPA برای کاهش کلروفلوئوروکربن ها و مواد مرتبط با ازن برنامه هایی دارد تا لایه ازن استراتوسفر را حفظ نماید.

PSI فقط در ارتباط با ازن در سطح زمین است که یعنی از عوامل اصلی تشکیل مه دود می باشد.

EPA برای هر یک از 5 آلاینده، استاندارد آلودگی هوا وضع نموده است تا انسان را از اثرات بهداشتی که می تواند در طی

دوره های کوتاه زمانی چند ساعت یا یک روز اتفاق افتد حفظ نماید.

مثلاً استاندارد دی اکسید گوگرد که غلظت مجاز این آلاینده در هوای اجتماع است 0/14 قسمت در میلیون است .

غلظت اندازه گیری شده آلاینده در هوای یک اجتماع به عددی در مقیاس 0 تا 500 تبدیل می کند.

مهمترین عدد در این مقیاس 100 است زیرا 100 عددی است که منطبق با استاندارد قانون هوای پاک است.

مقدار 0/14 برای دی اکسید گوگرد یا 0/12PPM برای ازن به 100PSI تعبیر می شود اگر PSI از 100 تجاوز نماید به

معنی این است که یک آلاینده در روز معینی در گستره غیر بهداشتی قرار دارد. 100PSI یا کمتر از 100 به معنی آن

است که یک آلاینده در گستره رضایت بخشی قرار دارد فواصل PSI و عبارات توصیف کننده کیفیت هوا به شرح زیر

است:

از 0 تا 50	خوب
از 50 تا 100	متوسط
از 100 تا 200	غیر بهداشتی آغاز مرحله هشدار
از 200 تا 300	خیلی غیر بهداشتی آغاز مرحله اخطار

خطرناک

از 300 به بالا

فواصل در مقیاس PSI به اثرات بالقوه بهداشتی غلظت‌های روزانه هر یک از 5 آلاینده مربوط است.

هر مقدار با رعایت جوانب ایمنی داده شده است که بر مبنای دانش فنی برای حفاظت اعضای حساس جامعه می‌باشد.

EPA عدد شاخصی را روزانه برای هر یک از 5 آلاینده تعیین و سپس بالاترین مقدار را از بین آنها برای هریک از مناطق اصلی گزارش می‌کنند.

برای مثال اگر EPA مقدار PSI را در منطقه‌ای برای ازن 90 گزارش نشان دهد ساکنین آن منطقه خواهند دانست که مقدار ازن در طرف بالای گستره متوسط است همچنین آنها خواهند دانست که برای آن روز ازن آلاینده‌ای است که بالاترین PSI را داشته است بنابراین سایر آلاینده‌های دیگر در گستره خوب یا متوسط قرار دارند.

در روزهایی که دو یا چند آلاینده دارای PSI بالاتر از 100 باشند از استاندارد تجاوز نمایند آلاینده دارای بالاترین شاخص گزارش می‌شود اما اطلاعاتی در مورد هر یک از سایر آلاینده‌های دارای شاخص بالای 100 نیز گزارش نمی‌شود. مقادیر بالای 100 ممکن است آغاز اقدام پیشگیرانه توسط ادارات محلی یا ایالتی را بدنبال داشته باشد که بستگی به سطح غلظت آلودگی دارد. این باید شامل توصیه‌های بهداشتی برای شهروندان یا افراد حساس برای محدود کردن فعالیت‌های خاص و محدود کردن بالقوه فعالیت‌های صنعتی باشد.

سطح 200 احتمالاً آغاز مرحله هشدار خواهد بود. فعالیت‌هایی که ممکن است توسط ادارات محلی محدود شود بستگی به ماهیت مشکل دارد و شامل محدودیت استفاده از زباله سوز و سوزاندن زباله و برگ درختان در هوای آزاد می‌باشد. سطح 300 PSI احتمالاً آغاز مرحله اخطار است که احتمالاً منع استفاده از زباله سوزها، به حداقل رساندن بهره‌برداری از نیروگاهها، توقف بهره‌برداری از کارخانه‌های خاص و درخواست از مردم برای محدود کردن استفاده از وسایط نقلیه شخصی و توصیه به استفاده از وسایط نقلیه عمومی را بدنبال خواهد داشت.

سطح 400 PSI یا بالاتر وضعیت اضطراری را ایجاد خواهد کرد که مستلزم توقف بیشتر فعالیت‌های تجاری و صنعتی و جلوگیری از استفاده از وسایط نقلیه شخصی است.

اگر آلودگی به این میزان بالا برسد بعضی از افراد بیمار و سالخورده خواهند مرد و حتی افراد سالم احتمالاً نشانه‌هایی را بروز خواهند داد که لازم است فعالیت‌های عادی را محدود نمایند. قبل از تعیین و نامگذاری هر مرحله، ادارات محلی غلظت آلاینده حاضر و شرایط غالب و پیش بینی شده جوی را بررسی خواهند کرد.

مطالب بالا اثرات بهداشتی مرتبط با مقادیر مختلف آلودگی هوا همراه با دستور العمل احتیاطی را که در صورت واقع شدن آلودگی هوا در یک جامعه در یکی از طبقه‌بندی‌های غیر بهداشتی و در مقیاس PSI بایستی اعمال گردد تعیین می‌کنند.

در بیشتر اجتماعات در ایالات متحده، مقادیر PSI عموماً بین 0 تا 100 قرار می‌گیرد. احتمال وقوع مقادیر بیشتر از 100 فقط چند بار در سال وجود دارد. تنها 1/4% از همه قرائت‌های PSI در ایالات متحده در سالهای 1990 و 1991 از 100 تجاوز کرده است. چند شهر ایالات متحده آلودگی هوای شدیدتری دارند و ممکن است مقادیر PSI بیشتر از 100 را تجربه کرده باشند.

هر چند حتی در این مناطق نیز تجاوز PSI از 200 نادر است مثلاً در طول سالهای 1990 تا 1991 تنها 0/001 از PSI ها قرائت شده از 200 تجاوز کرده است و تنها 0/00003 از 300 تجاوز کرده است. (در مناطق شهری خارج از ایالات متحده با مراکز جمعیت متراکم و تعداد زیاد منابع کنترل نشده آلودگی غالباً PSI از 250 تجاوز کرده است).

تغییرات ضمنی معنی‌داری در مقادیر PSI گزارش شده، می‌تواند وجود داشته باشد. در زمستان مونواکسید کربن احتمالاً آلاینده دارای بالاتری مقدار PSI است زیرا هوای سرد سیستم‌های خروجی اتومبیل را برای کار موثر با مشکل بیشتر مواجه می‌سازد.

در تابستان آلاینده اصلی در بسیاری از جوامع ازن است، زیرا با انتشار ترکیبات الی تر فرار و اکسیدهای ازن، ازن خیلی سریعتر در حضور گرما و نور خورشید تشکیل می‌شود.

تاکید حداکثر PSI بر اثرات بهداشتی حادی است که در زمانهای خیلی کوتاه 24 ساعت یا کمتر اتفاق می‌افتد و اثرات مزمین که طی ماهها و سالها اتفاق می‌افتد را مورد توجه قرار نمی‌دهد. با توجه دادن به مردم وقتی مقادیر PSI از 100 تجاوز می‌کند به شهروندان فرصت کافی داده خواهد شد تا واکنش نشان دهند و هر گونه اقدامی می‌توانند برای اجتناب از در معرض بودن انجام دهند.

روش EPA روشی محافظه‌کارانه است زیرا:

- 1- هر استاندارد با رعایت جوانب ایمنی ارائه شده و بگونه‌ای طراحی شده تا افراد بسیار حساس را حفاظت کند.
- 2- آگاه کردن مردم به محض اینکه یک دستگاه نمونه برداری در جامعه PSI متجاوز از 100 را ثبت کرد شروع می‌شود.



استفاده از PSI گزارش قابل انعطاف را اجازه می‌دهد. یک آگهی رادیویی یا تلویزیونی نمونه وار که ممکن است خواننده شود چنین است.

شاخص آلودگی گزارش شده در ظهر امروز 150 است و وضعیت هوا غیر بهداشتی است. آلاینده مسبب این مشکل ازن است که همراه با سایر اجزاء مه دود می‌تواند باعث تحریک چشم، بینی، گلو و نیز دردهای قفسه سینه شود. ما پیش بینی می‌کنیم غلظت ازن بعد از ظهر امروز کاهش یابد. در این زمان افراد مبتلا به بیماریهای قلبی و تنفسی باید فعالیت فیزیکی و فعالیت در هوای آزاد را کاهش دهند.

جزئیات بیشتر را می‌توان در روزنامه‌ها یا گزارش‌های تنفسی ضبط شده در اختیار مردم قرار داد. برای مثال شنوندگان می‌توانند آگاه شوند که ازن معمولاً در بعد از ظهر کاهش پیدا می‌کند به طوری که گزارش بعدی نشان خواهد داد که شاخص کاهش یافته است مگر اینکه حادثه مهمی اتفاق افتد که باعث شود ازن در تمام طول روز ایجاد شود. برعکس اگر منواکسید کربن آلاینده مورد نظر باشد، گزارش PSI باید اضافه کند که منواکسید کربن معمولاً مشکل ساعت اولیه صبح یا شب است در حالیکه در بقیه ساعات روز کیفیت هوای قابل قبولی مورد انتظار است.

PSI چه کاری نمی‌تواند انجام دهد؟

اگرچه PSI در تمام کشور رویه واحدی است اما نمی‌تواند برای رتبه‌بندی نسبی بهداشتی در بین شهرهای مختلف بکار رود، فاکتورهای متعددی علاوه بر مقادیر PSI باید مورد توجه قرار گیرد. برای مثال تعداد افرادی که واقعاً در معرض آلودگی هوا هستند الگوی حمل و نقل ترکیب منابع و نمایندگی محل‌های پایش نیز باید در توسعه دقیق رتبه‌بندی شهرهای مختلف مورد توجه قرار گیرد.

## بهداشت هوا

### آلودگی هوا

آلودگی هوا به وجود یک یا چند آلاینده در هوا به آن مقدار، مدت و ویژگی که بتواند به سلامت انسان تأثیر بگذارد و موجب اختلال در آسایش و رفاه گردد آلودگی هوا می‌گوییم.

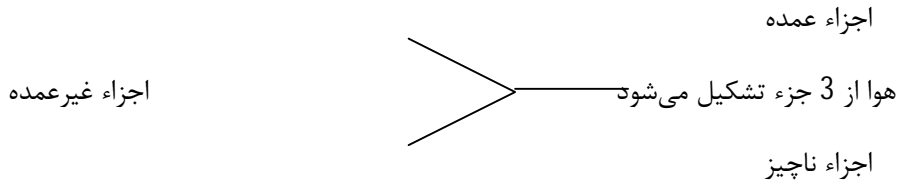
هرچه مقدار آلاینده بیش‌تر باشد آلودگی آن بیش‌تر است اگر در مدت زمان تنفس یا مدت در معرض قرارگیری بیش‌تر باشد آلودگی بیش‌تر خواهد بود.

ویژگی آلاینده در شدت اثر آن تأثیر دارد.

ویژگی ⇐ یعنی سمی بودن یا نبودن یک آلاینده، حلال بودن یا ناحلال بودن یک آلاینده و ریز یا درشت بودن آن.

تعریف دیگر آلودگی هوا ⇐ چنانچه در ترکیب طبیعی هوا جزء یا اجزایی به غیر از ترکیب طبیعی وجود داشته باشد آلاینده محسوب می شود.

ترکیب طبیعی هوا:



اکسیژن 20/93% یا 21%

نیتروژن 78%

آرگن 93%

دی اکسید کربن

هلیوم، نئون

هیدروژن،

اجزاء عمده

اجزاء غیر عمده

0/30%

ناچیز

بخار آب، ازن

عمده + غیر عمده ⇐ 9/99% گازهای هوا را تشکیل می دهند.

هرچیز که در ترکیب طبیعی هوا وجود ندارند را آلاینده گویند. مثل سرب در هوا

مثال: در شرایطی که هوا آلوده است کدام گاز بیشترین درصد را دارد؟

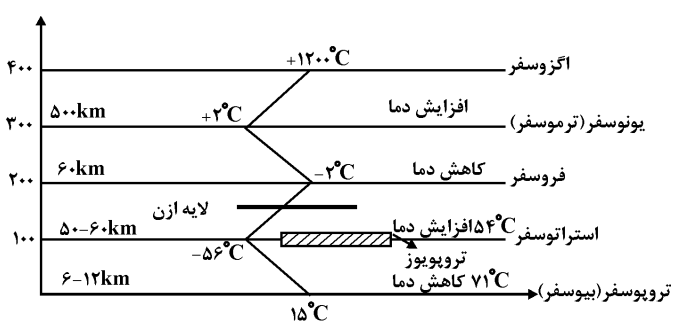
CO<sub>2</sub> (4)                      O<sub>2</sub> (3)                      N<sub>2</sub> (2)                      O<sub>3</sub> (1)

جواب: گزینه 2

چه هوا آلوده باشد چه نباشد بیشترین درصد را دارد اما در زمان آلودگی؛ یک ترکیبی، درصدی از جای N<sub>2</sub> را می گیرد.

تعریف اتمسفر (جو):

پوشش یا اقیانوسی از هوا است که اطراف کره زمین را در برگرفته و ما در ته این اقیانوس که روی سطح زمین است زندگی می کنیم. اتمسفر از لایه های مختلفی تشکیل شده که هر لایه دارای ویژگی های خاص خود است و به ترتیب از پایین به بالا (از سطح زمین به بالا) لایه های جوی عبارتند از:



**نکته کنکوری:** آن قسمت از جو که بین تروپوسفر و مزوسفر قرار گرفته و وجود پایدار آن باعث توقف طولانی آلاینده می شود را استراتوسفر می گویند.

لایه اول (تروپوسفر):

90% تا 95% مولکول های اتمسفر در لایه ی بیوسفر قرار گرفته است. ارتفاع لایه ی بیوسفر بین 6 تا 12 کیلومتر متغیر است. در منطقه قطبی 7-8 km، در استوا 17-18 km، در منطقه ی معتدل 12-19 km است. از نظر بهداشت محیط تروپوسفر مهم است. استراتوسفر از نظر محیط زیستی اهمیت دارد. لایه مزوسفر به بالا در فضاوردی و هوانوردی و اقلیم شناسی مهم است.

تروپوپوز در استوا بین 90- تا 80- کاهش پیدا می کند چون ارتفاع نسبت به بیوسفر در این جا بیش تر است پس دما بیش تر کاهش پیدا می کند.

ما چون در سطح زمین زندگی می‌کنیم تروپوسفر برای ما اهمیت بیش‌تری دارد و هر آلاینده‌ای که تولید می‌شود در بیوسفر وارد می‌شود.

**× نکته:** علامت طبقه‌بندی لایه به‌صورتی که در صفحه قبل مشاهده می‌شود تغییرات دما است.

به‌طور متوسط دما در روی سطح زمین حدود  $15^{\circ}\text{C}$  در نظر گرفته می‌شود. اما دما در انتهای این لایه به  $56^{\circ}\text{C}$  می‌رسد که انتهای هر لایه نام آن تغییر می‌کند مثلاً انتهای لایه تروپوسفر به تروپوپوز تغییر می‌کند به انتهای هر لایه پس از حذف واژه‌ی سفر، واژه‌ی Pouse اضافه می‌شود.

**× نکته:** با افزایش ارتفاع از سطح زمین دما کاهش پیدا می‌کند.

**× نکته:** علت افزایش ارتفاع از سطح زمین که به‌عنوان منبع حرارتی که انرژی خود را از نور خورشید می‌گیرد می‌باشند. به‌طوری‌که در انتهای تروپوسفر دما به  $56^{\circ}\text{C}$  کاهش پیدا می‌کند.

× اهمیت تروپوپوز در این است که وقتی مولکول‌های آب به‌صورت بخار در می‌آیند زمانی که این مولکول‌های بخار آب به این لایه می‌رسد سرد می‌شوند و به کریستال‌های یخ تبدیل می‌شوند یا تشکیل توده‌های ابر را می‌دهند. اگر این لایه‌ی تروپوپوز نبود مولکول‌های بخار آب از بیوسفر خارج شده به لایه‌های بالاتر جوی منتقل می‌شوند که تحت تأثیر پرتوهای پرنرژی خورشید به‌صورت یون درآمد و در صورت تکرار این حالت به‌تدریج از مقدار بخار آب در سطح کره‌ی زمین کاسته می‌شود و در نهایت خشکسالی و کم‌آبی را به‌وجود می‌آورد.

### لایه دوم (استراتوسفر):

با افزایش ارتفاع، دما در این لایه زیاد می‌شود به‌طوری‌که در استراتوپوز به‌حدود  $2^{\circ}\text{C}$  می‌رسد. اختلاف دما در پایین و بالای بیوسفر حدوداً  $70^{\circ}\text{C}$  است. در قطبین، اختلاف کم‌تر و در استوا، اختلاف بیش‌تر است ولی اختلاف دمای بالا و پایین استراتوسفر حدود  $55^{\circ}\text{C}$  است.

علت افزایش دما در لایه‌ی استراتوسفر:

وجود لایه‌ی نازک  $\text{O}_3$  (اوزن) است که پرتوهای پرنرژی خورشید را حذف کرده در نتیجه دما بالا می‌رود.

### لایه سوم (مژوسفر):

دما تا  $92^{\circ}\text{C}$  کاهش پیدا می‌کند پس تفاوت دما در پایین و بالایش حدود  $90^{\circ}\text{C}$  است که علت کاهش دما در مژوسفر

این است که هیچ چیزی وجود ندارد که انرژی خورشیدی را بگیرد در نتیجه دما کاهش می‌یابد.

لایه چهارم (ترموسفر یا یونوسفر):

دما در این لایه افزایش می‌یابد به طوری که در انتهای لایه یونوسفر ممکن است دما به حدود  $500^{\circ}\text{C}$  تا  $700^{\circ}\text{C}$  یا بیش تر (تا  $1200^{\circ}\text{C}$ ) برسد که دما افزایش می‌یابد. در اگزوسفر دما حالت ثابت (البته حدوداً ثابت) است.

× علت افزایش دما در ترموسفر وجود گونه‌های شیمیایی مختلف مثل  $\text{O}^+$ ،  $\text{H}^+$ ،  $\text{N}^+$  در واقع به شکل یون هستند که این کره یون پرتوهای خورشیدی را می‌گیرد در نتیجه دما بالا می‌رود.

در لایه یونوسفر یک قشری از گازهایی وجود دارند که عمده‌ترین آن‌ها  $\text{Co}_2$  است.

$\text{Co}_2$ ،  $\text{CH}_4$ ،  $\text{N}_2\text{O}$ ،  $\text{CFC}_5$  که در اثر فعالیت کارخانه‌ها، صنعت‌ها استفاده از سوخت‌های فسیلی و... می‌باشد. وجود لایه یون  $\text{Co}_2$  در این جا باعث می‌شود پرتوهای خورشیدی که به سطح زمین می‌خورند انعکاس می‌یابند بخشی از پرتوهای منعکس شده به گازهای  $\text{Co}_2$  برخورد کرده و از آن‌ها به صورت اشعه مادون قرمز باقی می‌ماند و باعث گرم شدن زمین می‌شود که این گرم شدن را چون شبیه آن در گلخانه اتفاق می‌افتد. اثر گلخانه‌ای (House Green Effect). ولی از نظر زیست‌محیطی این گرم شدن را GWP یا Global Warming Potential گویند.

پتانسیل گرمایش جهانی: که در نتیجه علت پرتوهای فروسرخ و جذب در گازهای گلخانه‌ای به وجود می‌آید.

× اگر بحث اثر گلخانه‌ای بود  $\text{Co}_2$  را در نظر می‌گیریم اما اگر بحث GWP بود هر چهار گاز مطرح است.

مقدار گاز طبیعی  $\text{Co}_2$  اتمسفر، 0/03% است اما به علت افزایش فعالیت‌های بشر تبدیل به 0/035% است. به طور متوسط مقدار  $\text{Co}_2$  اتمسفر از سال 1980 به بعد روند روبه افزایش داشته به طوری که مقدار آن به بیش تر از 350ppm رسیده است.

ممکن است برای GWP بنویسند GW.

نکته مهم کنکوری:

کیفی	GWP	کمی	GWP
12000 تا 16000 برابر	$\text{CFC}_5$	57%	$\text{Co}_2$
200 برابر	$\text{N}_2\text{O}$	25%	$\text{CFC}_5$
12 برابر	$\text{CH}_4$	12%	$\text{CH}_4$

1

CO<sub>2</sub>

6%

N<sub>2</sub>O

اگر مقدار CO<sub>2</sub> از نظر کیفی (یعنی پتانسیل گرمایش Co<sub>2</sub>) را در نظر بگیریم پتانسیل گرمایش CFC ها 16000 تا 12000 برابر CO<sub>2</sub> و برای 200N<sub>2</sub>O، برابر و برای 12CH<sub>4</sub>، برابر است.

$$10^4 \text{ ppm} \Rightarrow 0/03 \times 10^4 = 300 \text{ ppm}$$

CO<sub>2</sub> هیچ ترکیب آلودگی در هوا ندارد چون جزء ترکیب طبیعی هوا است. استاندارد CO<sub>2</sub> در هوا 5000ppm است، اما استاندارد Co، 9ppm است.

### اثرات GWP در پدیده‌ی گلخانه‌ای:

باعث به هم خوردن دمای متوسط کره‌ی زمین، افزایش دما و در نتیجه ذوب شدن یخ‌های قطبی، بالا آمدن سطح آب دریاها و اقیانوس‌ها، شکسته شدن و راه افتادن کوه‌های یخی (ice berg) از قطبین به نقاط دیگر اقیانوس‌ها و باعث تغییرات اکوسیستم‌ها و تغییرات اقلیمی Climatechange می‌شود.

در لایه تروپوسفر علاوه بر پدیده‌ی گلخانه‌ای مقداری ذرات نیز وجود دارد که وقتی پرتوهای خورشیدی می‌تابند بخشی از انرژی این پرتوها توسط dust (گردوغبار) جذب می‌شود. بنابراین انرژی کم‌تری از پرتوهای خورشیدی به زمین می‌رسد و باعث سرد شدن می‌شود و حرکت به سوی یخبندان می‌شود.

در لایه‌ی استراتوسفر در فاصله حدود 25 – 35Km متوسط 30Km بالای سرما، لایه‌ی نازکی از O<sub>3</sub> وجود دارد که این لایه توانایی جذب پرتوهای UV یا فرابنفش خورشید را دارد. همین باعث می‌شود که دما در لایه‌ی استراتوسفر با افزایش ارتفاع زیاد شود.

**سوال:** در کجا هم‌دمایی وجود دارد؟

**پاسخ:** انتهای بیوسفر یا انتهای استراتوسفر و قبل از رسیدن به جایی که مقدار ازن زیاد است حالت هم‌دمایی داریم. (ایزوترمال)

اگر لایه‌ی ازن وجود نداشت اشعه UV به زمین می‌رسید، در واقع ازن سپر حفاظتی ما در برابر پرتوهای UV است.

ضخامت لایه‌ی ازن بر حسب واحد دابستون Du سنجیده می‌شود.

$1Du = 0.01mm$

ضخامت لایه‌ی ازن در نقاط مختلف کره زمین فرق می‌کند.

$1mm = 100Du$

ضخامت لایه‌ی ازن بین 200Du تا 600Du یا 2mm تا 6mm متغیر است. در فصول مختلف سال نیز مقدار آن تغییر می‌یابد.

× نکته: وجود ازن در استراتوسفر خوب است ولی ازن تروپوسفری برای ما دردسر ایجاد می‌کند و نباید در تروپوسفر ازن وجود داشته باشد.

× تولید ازن بستگی به وجود بعضی از گازهای دیگر دارد که مهم‌ترین آن‌ها:

$No_x$  (1

(2) هیدروکربن‌ها هستند. (HC هیدروکربن، THC بوتان هیدروکربن)

(3) نور خورشید یا UV و انجام واکنش‌های اکسیداسیون فوتوشیمیایی (یعنی در جایی که نور خورشید است واکنش‌های اکسید و احیا صورت می‌گیرد).

(4) بخار آب باشد بهتر است.

Photo Chemical Oxidant اکسیدهای فتوشیمیایی

1) OZONE

2) PAN

(پراکسی استیل نیترات)

3) smog → smok + fog

(مه دود)

ممکن است غیر از این‌ها آلدئیدها نیز باشند.

اثرات تخریب لایه ازن:

ایجاد سرطان بر روی ساکنین سطح زمین به‌خصوص سرطان پوست که این حالت در سفیدپوستان بیش‌تر اتفاق می‌افتد باعث پیری زودرس پوست می‌شود. ایجاد بیماری کاتاراکت یا آب مروارید می‌کند، روی محصولات کشاورزی اثر گذاشته

و کاهش رشد و محصول به وجود می آورد.

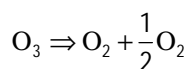
روی سیستم ایمنی بدن تأثیر می گذارد. باعث التهاب و تحریک قرنیه و چشم می شود که اصطلاحاً به آن کراتیت نوری و همین طور باعث برف کوری می شود. آفتاب سوختگی، ایجاد رنگدانه هادر پوست و در کسانی که رنگین پوست هستند باعث ملانوسیت می شود.

باعث ایجاد ناخنک در چشم می شود.

کشورهایی که در قطبین کره ی زمین قرار گرفته اند مثل آفریقای جنوبی، استرالیا، زلاندنو، شیلی، پرو و... عمدتاً در معرض تابش های UV هستند.

هرجایی که دما بیش تر است و نور خورشید زیادتر است تولید ازن هم بیش تر است ولی ازن تولیدی در منطقه ی استوا (منطقه ی حاره) در اثر جابه جایی و گردش توده های هوا به سمت قطبین کشیده می شود و در نتیجه ازن تولید شده در استوا به سمت قطبین هدایت می شود و مقدار آن در قطبین افزایش پیدا می کند.

بیش ترین تخریب لایه ی ازن در قطبین است چون در قطبین ازن نیست. ازن در استوا تولید می شود پس در آن جا وجود دارد. اما در قطبین تولید نمی شود که وجود داشته باشد ازن تولید شده در استوا تحت تأثیر فرایندها در هوا شروع به شکسته شدن می کند حفرگی در قطبین مطرح است پس بیش ترین سرطان زایی در قطبین است.



در نیم کره ی شمالی در طی ماه های مارس و آوریل میلادی که معادل فروردین و اردیبهشت است بیش ترین غلظت ازن را در قطب شمال داریم که به حدود 450Du می رسد ولی در قطب جنوب بیش ترین غلظت ازن در ماه های سپتامبر و اکتبر معادل شهریور و مهر است. در قطب جنوب به حدود 400Du می رسد. در استوا غلظت ازن حدود 350Du تا 300 است.

### چرا ازن تخریب می شود؟

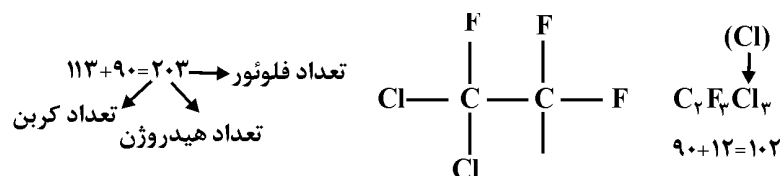
ما در اثر فعالیت های مختلف عناصر و گازهایی را به جو وارد می کنیم که بعضی از آن ها مستقیماً روی سلامتی ما اثر دارد و بعضی محیط زیست ها را خراب می کند. در اثر فعالیت بشردر بسیاری از صنایع نظیر صنایع یخچال و فریزر سازی، کولر سازی و تأسیسات برودتی یا مبردها) صنایع اسفنج سازی، هواپیما سازی، تولید اسیدها یا افشانه ها از ترکیباتی



به نام CFC استفاده می کنیم که این CFC ها غیر قابل اشتعالند، پایدارند، معمولاً بویی ندارند و بی مزه هستند. وقتی که تولید می شوند وارد بیوسفر می شوند کم کم و آرام آرام در بیوسفر بالا رفته تا به لایه ی ازن در استراتوسفر برسند در ساختمان CFC ها هالوژن ها وجود دارند Cl (کلر)، F (فلوئور)، برم، ید، CFC های دارای Br نامشان هالون (Hallon) است که اگر Br در آن ها وجود نداشته باشد CFC نام دارد. هرچه تعداد ملکول Cl در یک CFC بیش تر باشد قدرت تخریبی لایه ی ازن آن بیش تر است. اما قدرت تخریبی برم تقریباً 10 برابر ترکیبات بدون برم است. CFC ها را با عددی که کنار آن ها نوشته می شود نام گذاری می کنند برای این که بدانیم قدرت تخریبی یک CFC زیاد است یا کم باید تعداد کلر آن را را به دست آوریم.

روش به دست آوردن کلر:

عدد کنار CFC را با عدد 90 جمع می کنیم. عدد سمت چپ تعداد کربن، عدد وسط تعداد هیدروژن و عدد سمت راست تعداد فلوئور است. تعداد کربن را می نویسیم. هرچه قدر F داشتیم هم می نویسیم بقیه Cl است. مثال: CFC-13

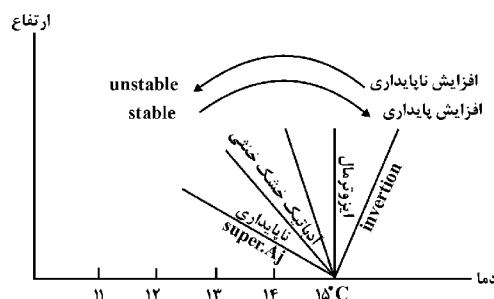


قدرت تخریب CFC-11 را معادل یک گرفته اند و بقیه را با آن مقایسه می کنند.

این بحث را ODP = Ozon Depletion Potential می گویند.

هر مولکول Cl در CFC می تواند بیش از 100 هزار مولکول  $\text{O}_3$  را بشکند.

حالت های مختلف جو



اگر به ازای هر 100m افزایش ارتفاع دما  $1^\circ\text{C}$  کم شود را آدیاباتیک می گویند.

آدیاباتیک (بی درو) در تست ها آدیاباتیک خشک (dry Atiabatic) ممکن است بگویند. اگر با افزایش ارتفاع دما بیش

از  $1^{\circ}\text{C}$  به ازای هر 100m کاهش یابد این حالت را سوپرا دیاباتیک گویند که به آن فرآیند فوق بی درو هم می گویند. اگر به ازای هر 100m افزایش ارتفاع دما کمتر از  $1^{\circ}\text{C}$  کاهش پیدا کند به این حالت می گوئیم Sub Atiabatic یا تحت بی درو گویند.

اگر با افزایش ارتفاع دما تغییر نکند در نتیجه ی همدمایی، ایزوترمال ایجاد می شود. اگر با افزایش ارتفاع نه تنها دما کاهش پیدا نکند بلکه شاهد افزایش دما نیز باشیم چنین حالتی را اینورژن یا وارونگی می گویند.

× نکته: اینورژن وارونگی هوا نیست بلکه وارونگی دما است.

در اینورژن افزایش ارتفاع داریم، با افزایش ارتفاع دما زیاد و پایداری زیاد و در نتیجه آلودگی زیاد می شود. راه حل کاهش آلودگی رقیق کردنش است The solution of pollution dilution ناپایداری با جابه جایی هوا که به صورت افقی (باد) یا عمودی (توده یا جبهه هوا) از بین می رود. حرکت عمودی: حرکت عمودی هوا در کاهش آلودگی تأثیر بیش تری دارد. حرکت افقی در فضای تنفسی جابه جایی می کند اگر سرعت باد بین 0 تا 30 کیلومتر در ساعت باشد تأثیر چندانی در کاهش آلودگی ندارد از  $30-90 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  با افزایش سرعت آلودگی ها بیش تر رقیق می شود از  $90 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  به بالا به دلیل ایجاد طوفان خود زمینه ای برای ایجاد آلودگی است.

## انواع اینورژن:

### (1) اینورژن فروکشی sub sidance.in

در اثر جابه جا شدن توده های هوای بالاتر که معمولاً سردتر هستند و کشیده شدن آنها به سمت پایین ایجاد می شود در نتیجه ی این فروکشی با یک لایه ی هوای گرم بالاتر برخورد می کنند و نمی توانند بالا بروند بلکه به سمت زمین برگشت داده می شوند. به خاطر همین می گوئیم اینورژن به وجود آمده است اینورژن در بسیاری از اوقات سال اتفاق می افتد.

### (2) اینورژن تشعشی Radiation.in

اگر ابر باشد به دلیل قطع تابش خورشید به وجود می آید معمولاً در شب ایجاد می شود وقتی که ابر باشد خورشید به زمین نمی تابد زمین سرد می شود پس هوای اطراف نیز سرد می شود که نسبت به هوای لایه های بالاتر سردتر است وقتی که

صبح خورشید طلوع کند این نوع اینورژن شکسته می‌شود.

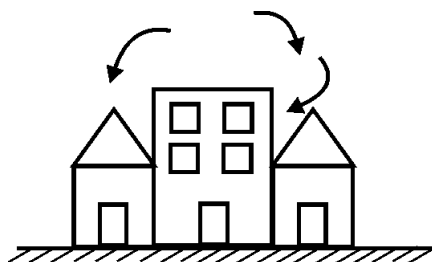
### (3) اینورژن جبهه‌ای:

معمولاً خیلی کم اتفاق می‌افتد مدت‌ش نیم‌ساعت بیش‌تر طول نمی‌کشد و در واقع ناشی از حرکت توده‌های هوا و تعویض‌های آنها است.

× اینورژن فروکشی از همه مهم‌تر است و در تمام طول سال ممکن است اتفاق بیفتد نوع دوم بیش‌تر در اواخر پائیز و اوائل زمستان.

× نکته کنکوری: بدترین اینورژن نیمه دوم پائیز و اوائل زمستان در کشورها در این موقع است.

جزیره گرمایی (heat island) ⇔ در مرکز شهر به‌علت فعالیت بیش‌تر، ⇐ آلودگی ↑ در نتیجه آلودگی به‌سمت بالا منبسط می‌شود، سرد می‌شود، سنگین می‌شود، برمی‌گردد به‌سمت پایین و در حاشیه‌های شهر دوباره به‌همین منوال گردش دارد. حالا زمانی می‌رسد که هوای گرم که به بالا می‌رود آن‌قدر آلودگی و فعالیت زیاد است که هوای بالا نیز گرم است. در نتیجه این گرما بالا می‌ماند و هوای سرد هم همین پایین که باعث به‌وجود آمدن پدیده اینورژن می‌شود.



حالا زمانی می‌رسد که هوای گرم که به بالا می‌رود آن‌قدر آلودگی و فعالیت زیاد است که هوای بالا نیز گرم است. در نتیجه این گرما بالا می‌ماند و هوای سرد هم همین پایین که در نتیجه باعث اینورژن می‌شود.

### عمل اختلاط Maximam mixing Depth (Hight)

هرچه قدر ارتفاع اختلاط بیش‌تر باشد بهتر است و آلودگی کم‌تر در محل باقی می‌ماند.

ارتفاع اینورژن چه قدر است؟

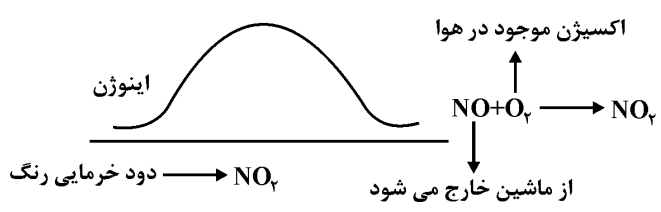
در شهرهای مختلف فرق می‌کند در شهرهای کشور ما ارتفاع اینورژن بین 300m تا 700m و متوسط 400 تا 500 متر است.

هرچه قدر ارتفاع اینورژن زیاد باشد آلودگی کم تر است. اواخر پائیز و اوائل زمستان که اوج اینورژن است.

اینورژن تحت چه شرایطی شکسته می شود:

- 1- سرعت باد که هرچه بیش تر باشد اینورژن زودتر از بین می رود.
  - 2- بارندگی که معمولاً با افزایش بارندگی آلاینده ها شسته می شوند و اینورژن از بین می رود.
- نکته ی دیگری که در این جا مطرح است مسئله میزان دید یا risibility دیده می شود.

هرچه قدر هوا آلوده تر باشد و ارتفاع اینورژن کم تر باشد، میزان دید بیش تر کاهش پیدا می کند و برعکس.



دمای پتانسیل ( p.t) Petential temprature )

دمایی است که اگر یک توده ی هوای خشک از فشار اولیه ی خود به فشار استاندارد برسد به دست آید.

ثابت Adiabatic حدوسط. آلودگی متوسط

دمای پتانسیل مثبت Sub.Ad پایداری. آلودگی زیاد <= بدترین حالت اینورژن

منفی Super.Ad ناپایداری، آلودگی کم

DALR Dry Adiabatic Laps Rate <= (آدیباتیک خشک) Dry Ad

WALR Wet Adiabatic Laps Rate <= (آدیباتیک مرطوب) Wet. Ad اگر دما هر 100m ، 1°C

کم شود در آدیباتیک خشک است OALR 1000Ft .. 5/4°f یا هر 1000m ، 1°C

اما اگر آدیباتیک مرطوب باشد (حالت طبیعی زمین) به ازاء هر 100m 6/5°C -<= WALR

یا

1000m 0/65°C -

رطوبت در اتمسفر:

گرمای نهان ذوب: مقدار حرارتی که یک گرم یخ را به آب حدود صفر درجه برساند گرمای نهان ذوب گویند.

گرمای نهان تبخیر: حرارتی است که مایع را به بخار تبدیل می کند.

رطوبت: مقداری (بخشی از) آب در اثر حرارت به شکل بخار درمی آید که در اتمسفر (بیوسفر) پخش شود.

انواع رطوبت:

رطوبت ویژه: مقدار بخار آب موجود در 1 کیلوگرم هوا.

رطوبت نسبی: رطوبتی است که یک توده هوا نسبت به حداکثر در رطوبت همان توده ی هوا در همان درجه حرارت دارد.

**رطوبت مطلق:** مقدار بخار آب موجود در  $1\text{m}^3$  هوا.

اگر بیایم هوا را که اشباع نشده خنک کنیم یعنی دمای آن را چند درجه کاهش دهیم قطرات بخار آب کاهش پیدا می‌کند. درجه‌ی رطوبت نسبی آن بالا می‌رود اگر درجه‌ی حرارت خیلی کاهش پیدا کند می‌گوییم هوا به حالت اشباع رسیده چنین حالتی را می‌گوییم Dewpoint یا نقطه‌ی شبنم یا دمای گوی‌تر می‌نامند.

اگر بار دیگر دما سردتر شود و دمای هوا کاهش یابد مقداری زیادی از بخار آب آن متراکم می‌گردد در این شرایط دو حالت پیش می‌آید اگر دمای محیط بالای صفر باشد  $\Leftarrow$  بخار آب به‌صورت شبنم یا باران درمی‌آید. اگر دمای محیط پایین صفر باشد  $\Leftarrow$  بخار آب به صورت برف و تگرگ درمی‌آید.

قدرت شستشوی باران (قدرت پاک‌سازی) نسبت به برف مؤثر است به‌دلیل اینکه می‌تواند گازهایی مثل گوگرد را نیز در خودش حل کند البته فاکتورهایی نظیر شدت باران، مدت زمان بارش، اندازه‌ی قطرات نیز مؤثر است. در ارتباط با نقطه شبنم:

نکته 1: نقطه شبنم معمولاً به رطوبت نسبی هوا بستگی دارد. یعنی اگر رطوبت نسبی بالا باشد با کمی خنک کردن هوا به نقطه‌ی شبنم می‌رسیم.

نکته 2: برای این که بخار آب پراکنده در هوا به‌صورت برف یا باران درآید دمای هوا باید به کم‌تر از نقطه‌ی شبنم برسد.

سؤال: در چه شرایطی رطوبت هوا صددرصد است؟ رطوبت نسبی

دمایی که در پایین تر از آن دما میعان یا مایع شدن اتفاق می‌افتد  $\Leftarrow$  نقطه شبنم

عوامل مؤثر بر پخش آلودگی:

- 1- سرعت باد: به‌طور معمول با افزایش باد پخش آلودگی زیاد که باید هوا رقیق شود تا آلودگی کم شود.
- 2- توده‌ی هوا (جبهه یا جریان): با بالا رفتن آلودگی مناطق پایین پاک می‌شود یعنی کم‌فشار می‌شود یعنی آلودگی کم می‌شود که به توده‌های کم‌فشار می‌گوییم سیکلون.

### تعاریف سیکلون:

- 1- مناطق کم‌فشار یعنی فشار وجود ندارد آلودگی به‌سمت بالا می‌رود.
- 2- یکی از دستگاه‌های کنترل (جدا کننده‌ی) ذرات که با نیروی سانتریفوژی نیروی گریز از مرکز کار می‌کند.

3- یکی از دستگاه‌های تصفیه‌ی آب و فاضلاب برای گرفتن ماسه‌های نرم از سیکلون استفاده می‌کنیم. اگر جریان‌های هوا به‌صورت نزولی باشد باعث می‌شود منطقه آلوده گردد باعث تراکم آلودگی این حالت در مناطق پرفشار اتفاق می‌افتد که می‌گوییم  $\Leftarrow$  Anticyclon (آلودگی زیاد، اینورژن، پایداری زیاد) اماکنی که معمولاً دمای بالایی دارند (مولکول‌های هوا از هم فاصله پیدا می‌کند) این باز شدن در شرایطی است که فشار رویشان نباشد یعنی حالت کم‌فشار باشد و برعکس در حالت پرفشار مثل اماکن پر رطوبت. رطوبت را اماکن پرفشار دارد این رطوبت وقتی تبدیل به باران می‌شود در اماکن کم‌فشار این اتفاق می‌افتد.

یعنی رطوبت  $\Leftarrow$  اماکن پرفشار

باران  $\Leftarrow$  اماکن کم‌فشار

مه (Fog)

ذرات گرد و غبار

PM = Particulate Matter در کتاب‌های قدیم

TSP = Total Suspended Particulate در کتاب‌های جدید

dust (3)

Particie (4) ذرات گرد و غبار یا مواد مطلق در هوا

هسته اصلی تشکیل دهنده‌ی دانه‌های برف و باران هستند ایتکین ndei aitkin نام دارد.

اواسط هفته معمولاً به‌دلیل بالا بودن فعالیت‌های روزانه و در نتیجه وجود هسته‌های ایتکین بارندگی‌ها بیش‌تر است.

× تفاوت جبهه هوا و جریان هوا در این است که جریان هوا یک حرکت عمودی و جبهه خیلی بزرگ‌تر از توده یا جریان

هوا است که اگر جبهه هوا دارای حرکت باشد آلودگی کم و اگر ثابت باشد آلودگی زیاد می‌شود.

### عوامل توپوگرافی:

1- ارتفاع از سطح دریا: وقتی که سطح دریا به‌سمت بالا حرکت می‌کنیم اکسیژن کم در نتیجه موتورهای درون احتراقی

بدتر کار می‌کنند در نتیجه آلودگی زیاد می‌شود.

برای کارکردن خوب یک موتور 3 شرط لازم است.

درجه‌حرارت  $\Rightarrow$  Temperature (1)

همانگی  $\Rightarrow$  Turbulance (2)

زمان  $\Rightarrow$  Time (3)

اکسیژن  $\Rightarrow$  Oxygen (4)

اگر این شرایط برقرار باشد آلودگی کم تر می شود.

**نکته مهم:** بهترین نسبت سوخت به هوا  $\frac{1}{14/7}$  یا  $\frac{1}{15}$  است.

بهترین نسبت هوا به سوخت  $\frac{14/7}{1}$  یا  $\frac{15}{1}$  است.

اگر این شرایط برقرار باشد یعنی نسبت هوا به سوخت خوب است.

- اگر نسبت هوا به سوخت  $\frac{14}{1}$  باشد هوا کم است، سوخت زیاد است، سوخت غنی است، بد می سوزد، خفه کار می کند در نتیجه آلودگی زیاد می شود.

- اگر نسبت هوا به سوخت  $\frac{16}{1}$  باشد هوا زیاد است، سوخت کم، در نتیجه شتاب کم تر می شود.

2- وجود کوه ها: جریان هوا به خوبی انجام نمی شود. در شب حرکت هوا از کوه، به طرف دره یا دشت است و در روز حرکت هوا از دشت یا دره به سمت کوه است.

3- وجود دره ها: پخش آلودگی به موقعیت دره هم بستگی دارد آلودگی در دره باقی می ماند و در بعضی شرایط مثل حادثه دره ی میوز بلژیک حادثه آفرین است.

4- نسیم دریا به خشکی: در روز تابش خورشید باعث می شود زمین که جامد است زودتر گرم می شود و این گرما به سمت بالا می رود پس نسیم از دریا به خشکی است. در شب زمین چون جامد است زودتر سرد می شود پس نسیم از خشکی به دریا است.

ذرات  $PM_{10}$

ذرات کوچک تر یا مساوی 10 میکرون:

تعریف ذره: ماده ای که به صورت جامد یا مایع در هوا پراکنده باشد اندازه ی آن از یک مولکول  $\frac{2}{10000}$  میکرون بزرگ تر و از 500 میکرون کوچک تر باشد.



ذراتی که در محدوده‌ی 0/01 تا 200 میکرون قطر دارند در بحث هوا اهمیت بیش‌تری دارند.

ذرات به‌شکل‌های مختلف تقسیم‌بندی می‌شوند:

1- ذرات قابل ته‌نشینی Sehdable.p.

که ذراتی هستند که اندازه‌ی آن‌ها از 10μ به بالا می‌باشد ذرات قابل ته‌نشینی یا ذرات dust Full و دستگاه Dust Fall Jar

$$\text{برای اندازه‌گیری این ذرات هستند واحد آن } \Leftarrow \frac{\text{gr}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} \Leftarrow (\text{زمان} \cdot \text{سطح} / \text{گرم})$$

2- ذرات مطلق Suspended.p

واحدهای اندازه‌گیری آلاینده‌های هوا:

(1) واحد زمان/سطح/وزن که در آزمایش جار استفاده می‌شود.

$$(2) \quad \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} = \text{واحد حجم/وزن}$$

× ذرات مطلق به دو صورت درشت و ریز هستند ذرات درشت بزرگ‌تر از 2μ تا 10 میکرون است ذرات ریز کوچک‌تر از 2μ می‌باشند.

ذرات را به‌شکل دیگری نیز مورد مطالعه قرار می‌دهیم که در این حالت نیز قطر ذرات مورد طبقه‌بندی استفاده می‌شود.

(1) هسته اتیکین: اندازه آن‌ها 0/2M است حالت شناوری دارند Buancy این ذرات به‌دلیل وجود منابع مختلف در شهرها بیش‌ترند.

خاصیت شناوری این ذرات را خاصیت براونی Brounian می‌گویند.

(2) در محدوده نور مرئی: اندازه 0/48-0/76 است که در کاهش میزان دید خیلی تأثیر دارند ذرات تاری چون ایجاد تاری در دیده می‌کنند پس این ذرات میزان دید Visibility را کاهش می‌دهند.

(3) ذرات معلق 1-10μ این گروه با حرکت هوا یا گازی که در آن قرار گرفتند جابه‌جا می‌شوند.

(4) ذرات راسب‌شونده که همان ذرات قابل ته‌نشینی هستند.

اثرات ذرات بر محیط زیست:

1- خاصیت جذب دارند و باعث چسبندگی ذرات و آلاینده‌ها و گازهای دیگر می‌شود به خودش و باعث می‌شود گاهی اوقات اثرات آلودگی تشدید شود که منجر به سینرژیست (تشدیدآلودگی می‌شود).

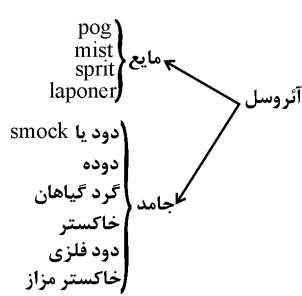
- 2- جابه جایی
- 3- اثر بر بینایی تحت عنوان Visibility
- 4- جذب نور: باعث عکس العمل  $CO_2$  و پدیده ی گلخانه ای و باعث دریافت کمتر نور در سطح زمین می شود این کار در شهرها تا  $\frac{1}{3}$  نور قابل رویت را کاهش می دهد. نور مصنوعی هم آلودگی تولید می کند.
- 5- هسته اتیکین

اثرات ذرات روی انسان:

ذرات می توانند منشاء طبیعی یا مصنوعی داشته باشند که معمولاً گرد و غبارهایی که منشاء طبیعی دارند قطرشان بزرگتر از  $10\mu$  است و بر سلامتی انسان تأثیر چندانی ندارد.

ذرات حاصل از عوامل مصنوعی مثل اتومبیل ها قطرشان کوچکتر است و از  $2/5\mu$  به پایین خطرناک است ذراتی که از  $10\mu$  به بالا هستند در همین قسمت فوقانی تنفس گیر می کنند ذرات  $10\mu - 2/5$  در قسمت نای و نایژک ها گیر می کنند و ذرات کوچکتر از  $2/5$  میکرون تا انتهای حبابچه های ریوی نفوذ کنند.

نمای آئروسول ها



آئروسول های جامد:

6 Fume (دود فلزی) درجایی که عملیات حرارتی روی فلز انجام می شود بخار فلز وارد هوا می شود که همان دود فلزی است. پس Fume ناشی از سایش یا برش نیست یعنی براده آهن فیوم نیست.

6 اسیدها به طور کلی به شکل mist در هوا پراکنده می شوند بنزن و حلال های آلی به شکل بخار استنشاق می شوند. پنبه نسوز آزبست به شکل اسیدهای فلزی مثل اکسیدسرب، اکسیدروی و مس به صورت Fume هستند که باعث آلودگی هوا می شوند.

آئروسول‌ها اعم از جامد یا مایع دارای یک‌سری خواص شیمیایی و یک‌سری خواص فیزیکی هستند.

خواص فیزیکی یکسان ولی خواص شیمیایی متفاوت دارند.

آئروسول‌ها که به شکل ذرات مطالعه می‌شوند از نظر خواص فیزیکی به شکل‌های مختلفی مطالعه می‌شوند که چند مورد مهم است:

1- اندازه ذرات: هرچه قدر اندازه ذرات کوچک‌تر باشند به راحتی به قسمت‌های عمیق دستگاه تنفس نفوذ می‌کند و آن‌هایی که درشت‌تر باشند راحت‌تر دفع می‌شود. ذراتی که اندازه‌شان بین  $0/005\mu$  تا  $0/05$  باشد ذراتی هستند که در اثر متراکم شدن یا کندانسه شدن حاصل می‌شوند یا از واکنش‌های شیمیایی‌اند. ذراتی که بین  $0/05$  تا  $2$  میکرون هستند حاصل انعقاد و چسبندگی هستند.

ذرات بزرگ‌تر  $2\mu$  فرایندی روی آن صورت نمی‌گیرد و به همان شکل که هستند تولید می‌شوند.

2- قطره ذره: وقتی صحبت از اندازه ذره می‌شود مهم‌ترین عامل قطر ذره است.

کروی  $\Leftarrow$  قطر آئرویدینامیکی (قطر استوکس)

قطر ذره به شکل  
غیرکروی

قطر آئرویدینامیکی (قطر استوکس)

$$F = \frac{gD^2(\rho_P - \rho_g)}{18\mu}$$

$$g \Leftarrow \text{شتاب ثقل} \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$$

$$D^2 \Leftarrow \text{قطر}^2 \text{ cm}$$

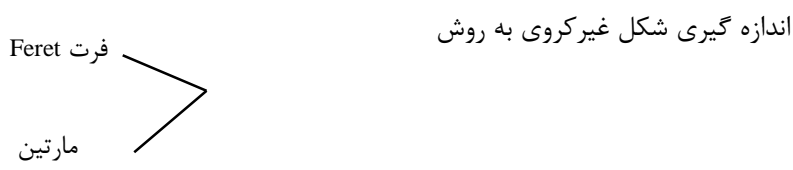
$$\rho_P \text{ جرم مخصوص یا چگالی} \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$\rho_g \text{ جرم مخصوص گاز}$$

$$\mu \text{ ویسکوزیته مطلق واحد پواز}$$

$$F \text{ سرعت ته‌نشینی} \frac{\text{Cm}}{\text{s}}$$

قانون استوکس  $\Leftarrow$  برای ذراتی که قطرشان بین  $1\mu$  تا 200 باشد به خوبی صدق می کند برای ذرات بالاتر از 200 میکرون و کوچکتر از 1 میکرون با یک اصلاحاتی قابل استفاده است.



روش مارتین  $\Leftarrow$  قطری که ذره را به دو نصف تقسیم کند.  
روش فرت  $\Leftarrow$  فاصله بین دو  $\tan$  را در نظر می گیریم.  
در روش مارتین برای این که قطره ذره را به دست آوریم از روش آماری استفاده می کنیم. یعنی چند ذره را اندازه گیری کرده میانگین می گیریم.

3- شکل ذره: پارامتر مهم برای نوع ذره و این که اثرات بیولوژیکی ذره را که قابل استنشاق است تعیین کنیم در واقع تعیین کننده نسبت سطح/ حجم ذره است.  
نکته مهم کنکوری: شکل ذرات به صورت زیر است:  
کروی: مثل آئروسول کربن بلک، خاکستر مزار، گرده گیاهان و اکسید آهن.  
منشوری: کوارتز و آهن.  
بیضی (آزسبت، پنبه، فایبرگلدش  
فلسی) میکا، چای، تنباکو

4- حلالیت: هرچه قدر ذره دارای حلالیت بالاتر باشد اهمیت آن بیش تر است زیرا می تواند در قسمت های مختلف دستگاه تنفس در رطوبت موجود در آن حل شود و حلالیت آن در مایعات بدن اثر بحرانی تری را به وجود آورد.  
مهمترین فاکتورهای ذرات به ترتیب اهمیت:

- 1) قطر
- 2) حلالیت
- 3) شکل
- 4) اندازه

ایجاد تیرگی و تاری:

میزان تیرگی با ضریب (COH) اندازه گیری می شود. Coefficient of Hoze

دستگاه Hi – Vol (High Volume) برای نمونه برداری از ذرات برای این که ذرات معلق موجود در هوا را تعیین کنیم این دستگاه چون حجم زیادی از هوا را نمونه برداری می کند به آن Hi – Vol گویند چیزی حدود  $300 \frac{\text{lit}}{\text{min}}$  نمونه برداری می کند.

High Volume نمونه برداری با حجم زیاد عمل آن مثل جاروبرقی است معمولاً بعد از 24 ساعت فیلتر را برمی داریم و در آزمایشگاه نمونه برداری می کنیم.

اگر نمونه از خود 100% نور را عبور داد آلودگی کم است ولی اگر صافی کثیف شده نور (مثلاً 80%) را از خود عبور داد به وسیله تاری آن را اندازه می گیریم.

برای به دست آوردن تاری به روش زیر عمل می کنیم:

نور انتقالی را عکس کرده تیرگی به دست می آید از تیرگی log می گیریم دانسیته به دست می آید دانسیته را درصد ضرب می کنیم تاری در Ft10000 به دست می آید.

کیفیت هوا	مقدار COH در 1000 فوت خطی
پاک	0-0/9
نیمه پاک	1-1/9
آلوده	2-2/9
خیلی آلوده	3-3/9
خطرناک	4 به بالا تا 4/9

حداقل عدد COH صفر و حداکثر آن 5 می باشد.

شاخص استاندارد آلودگی (PSI) Pollution standard Index

PSI اصطلاحی برای بیان کیفیت هوا

اخیراً به جای PSI از پارامتری به نام AQI استفاده می کنیم.

در 6 AQI آلاینده مؤثر است:

برای بیان کیفیت هوا وقتی از AQI استفاده می کنیم آلاینده های:

O <sub>3</sub> (5	Co (3	No <sub>2</sub> (1
PM + <sub>2</sub> So (6	PM (4	So <sub>2</sub> (2

می تواند مدنظر باشد.

تمام این 5 آلاینده + آلاینده ششم (که برای سینرژیسیم امکان دارد استفاده شود) واحدشان  $\frac{\mu g}{m^3}$  است فقط  $\frac{mg}{m^3}$  Co  
است.

$$\Rightarrow \frac{\mu g}{m^3} \times \frac{1mg}{1000\mu g} = 0/001 \frac{mg}{m^3}$$
تبدیل واحد

مدت نمونه برداری

PM + <sub>2</sub> So	O <sub>3</sub>	PM	CO	So <sub>2</sub>	No <sub>2</sub>
24 ساعت	8 ساعت یا 1 ساعت	24 ساعت	8 ساعت	24 ساعت	یک ساعت

مقدار (کمیت)	کیفیت هوا AQI = PSI
0-50 ⇒ سبز	پاک
51-100 ⇒ زرد	نیمه پاک یا آلودگی کم
101-150 ⇒ نارنجی	آلودگی متوسط یا آلوده
151-200 ⇒ قرمز	آلودگی زیاد یا غیر بهداشتی
200-300 ⇒ بنفش	خیلی آلوده (خطرناک)
300-500 ⇒ ارغوانی	

## PSI

سبز  $\Leftarrow$  خوب

زرد  $\Leftarrow$  متوسط

اگر نارنجی  $\Leftarrow$  برای افراد حساس غیر بهداشتی

قرمز  $\Leftarrow$  غیر بهداشتی

بنفش  $\Leftarrow$  خیلی بهداشتی

ارغوانی  $\Leftarrow$  خطرناک

مثال: مقدار عددی هوا 115 است شما چه توصیه‌ای می‌کنید:

جواب: افراد حساس بیرون نیاید و مدارس باید تعطیل شود.

تست: موقعیت دودکش کارخانه با ساختمان‌های نزدیک باید طوری باشد که:

(1) ارتفاع دودکش مساوی با ارتفاع ساختمان باشد.

(2) ارتفاع دودکش از  $2/5$  برابر ارتفاع ساختمان بزرگ‌تر باشد.

(3) ارتفاع دودکش از  $2/5$  برابر ارتفاع ساختمان کوچک‌تر باشد.

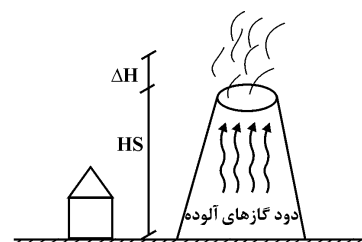
(4) ارتفاع دودکش از  $1/5$  برابر ارتفاع ساختمان بزرگ‌تر باشد.

جواب: گزینه 2

هرچه قدر ارتفاع دودکش بیش‌تر باشد هوا رقیق و آلودگی کم‌تر است.

هرچه دهانه دودکش تنگ‌تر باشد دودها با سرعت بیش‌تری به سمت بیرون پرتاب می‌شود.

$$H_e = H_s + \Delta H$$



$\Delta H$ : خیزش ستون دود

He: ارتفاع مؤثر

HS: ارتفاع دودکش

برای ما ارتفاع مؤثر مهم است.

در طراحی و ساخت دودکش‌ها باید نکاتی در نظر گرفته شود که عبارتند از:

- 1- غلظت مواد سمی و ذرات معلق که از دودکش بیرون می‌آید.
  - 2- تعیین غلظت قابل قبول (یعنی از دودکش چیزی که بیرون می‌ریزد چه قدر برای ما مجاز است)
  - 3- شناسایی محلی ساختمان و تپه و ارتفاعات و عواملی که روی سرعت باد دخالت دارند.
  - 4- شناسایی گازهای خروجی از نظر وزن حجمی، اندازه ذرات، جرم مخصوص و...
- نکته مهم: ارتفاع دودکش باید حداقل  $2/5$  برابر ارتفاع ساختمان‌های اطراف باشد تا خاصیتی درازتوربولانس و به هم خوردگی ایجاد نکند.

### چند نکته برای طراحی دودکش‌ها:

چون گاز و آلاینده‌هایی که از دودکش خارج می‌شوند داغ هستند بنابراین به بالا رانده می‌شوند چند نکته که می‌توان دود را به نقطه بالاتری پرتاب کرد:

- 1- سرعت گاز خروجی باید بیش‌تر باشد.
- 2- غلظت آلودگی در ستون دود طوری باشد که به خوبی پخش شود تا در سطح زمین آسیب کم‌تری به ساکنین وارد شود.
- 3- موقعیت دودکش.

4- سرعت باد

### نسبت سرعت گاز خروجی از دودکش

سرعت باد

5- سرعت گاز خروجی از دودکش از  $60 \frac{Ft}{s}$  بیش‌تر باشد.  $> 2$

6- با استفاده از دودکش‌های بلند غلظت آلاینده‌ها به دلیل پخش شدن در وسعت زیاد کاهش یابد.

نکته: این کاهش غلظت با عکس مربع ارتفاع دودکش متناسب است.



7- قطر و دهانه‌ی دودکش کم‌تر از 5Ft و ارتفاع دودکش کمتر از 200Ft نباشد در غیر این صورت آلاینده‌های خروجی به سطح زمین برگشته و افزایش می‌یابد.

$$Ft \times 0/3$$

نمونه‌برداری ⇐ باید نمونه بیانگر خوبی باشد درحالی‌که نمونه برداشتیم.

برای خوب بودن نمونه باید:

- 1- غلظت آلاینده در نمونه با غلظت واقعی و متوسط غلظت آلودگی برابر باشد.
  - 2- چگالی نمونه با چگالی متوسط جایی که نمونه برداشته می‌شود برابر باشد.
  - 3- به‌هنگام نمونه‌برداری هیچ تغییر فیزیکی یا شیمیایی روی نمونه اتفاق نیفتد که باعث خطا در آزمایش شود برای این‌کار بهتر است وسایل نمونه‌برداری از جنسی انتخاب شود که با آلاینده‌ی خود وارد واکنش نشود می‌تواند از جنس‌هایی نظیر فایبرگلاس، شیشه، پروپیلن، تفلون برای نمونه‌برداری خوب است
- نکته: کیفیت سوخت هرچه‌قدر بیش‌تر در نتیجه  $NO_2$  بیش‌تر تولید می‌شوند.
- نکته: کیفیت سوخت هرچه‌قدر کم‌تر در نتیجه  $SO_2$  بیش‌تر تولید می‌شود.
- در کارخانه‌ها از کیفیت سوخت پایین استفاده می‌کنند چون هزینه کم‌تر در نتیجه از مازوت، نفت سیاه و گازوئیل استفاده می‌کنید.

× برای نمونه‌برداری از دودکش بهترین محل ارتفاع  $\frac{2}{3}H$  از پایین یا  $\frac{1}{3}H$  از بالاست.

× غلظت آلودگی در وسط دودکش بیش‌تر است بالاترین سرعت حرکت ستون دود در مرکز دودکش است و بیش‌ترین غلظت آلودگی در مرکز دودکش است. چون کناره‌ها ناصاف است.

× زبر باعث کمی دبی می‌شود که هرچه‌قدر سرعت کم غلظت کم است.

به طور کلی جنس شیشه‌ای برای نمونه‌برداری خوب است تنها اشکالش این است که شکننده است.

به‌طور کلی اخیراً ⇐ اگر ارتفاع دودکش بالا رود خوب نیست به‌علت این‌که منطقه‌ی بیش‌تری را می‌گیرد.

نکته: آلوده‌ترین مناطق تهران شرق تهران است چون باد از غرب به شرق می‌رود آلودگی را به‌سمت شرق می‌برد.

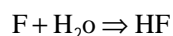
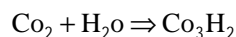
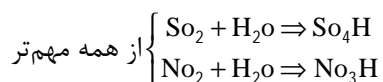
## مشکلات موجود در تهران:

## شکل جغرافیای تهران:

- 1- شهر تهران کاسه مانند است که آلودگی در آن گیر می افتد.
- 2- وزش باد از غرب به شرق است 60% کارخانه ها از شهریار تا کرج است (یعنی در غرب تهران) 40% در جاده ی آبدلی به طور معمول به خصوص در شرایط اینورژن بیشترین آلودگی در شرق تهران است.
- اگر دودکش را بالا بردیم ساختمان سازی در فاصله بیشتری از دودکش قرار بگیرد نه در تمام اطراف بلکه در جایی که مسیر باد است.

باران اسیدی (Acid rain): یکی از اثرات جهانی آلودگی هوا باران اسیدی است مثل بحث لایه ازن و بحث Chimate change (تغییرات آب و هوا) PH باران به طور طبیعی 5/6 است.

به دلیل وجود آلاینده های گاز مثل  $\text{SO}_2$ ،  $\text{CO}_2$ ،  $\text{NO}_2$  و ترکیبشان با بخار آب (رطوبت هوا) واکنش هایی صورت می گیرد که منجر به تولید اسید می شود.



× مهم ترین عامل در باران اسیدی  $\text{SO}_2$  است.

× مسلماً PH باران اسیدی از 5/6 کم تر است.

اگر مدت بارندگی زیاد باشد شدت اثر باران اسیدی کم می شود.

معمولاً بین 3 تا 5 دقیقه اگر باران تند بیاید هوا را شستشو می دهد و هوا عاری از مواد آلاینده می شود ولی همان 3 تا 4 دقیقه اول مقدار PH باران در شهرهای آلوده کم تر از 5/6 است و منجر به باران اسیدی می شود.

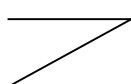
اهمیت) باران اسیدی همه چیز را تحت تأثیر خود قرار می دهد که مهم ترین اثرش روی آبها است مخصوصاً آب های سطحی PH باران اسیدی پایین است حدود 3 تا 4 است که هرچه قدر این PH پایین تر باشد خطر آلودگی بیش تر است.

باران اسیدی وقتی به منابع آب مثل رود و... وارد می شود به دلیل PH پایین حلالیت بالایی دارد که باعث حل شدن املاح و مواد در خودش می شود و یا به شکل های مختلف با آنها وارد واکنش می شود و رسوب می کند. بنابراین آب هایی که اسیدی شده باشند زلال تر و شفاف تراند.

اثر دیگر باران اسیدی باعث از بین رفتن گیاهان آبیزی مخصوصاً پلانکتون ها و فیبرپلانکتون و زئوپلانکتون ها می شود فیتوپلانکتون ها منبع تغذیه ی زئوپلانکتون ها هستند زئوها توسط انواع جانوران دیگر تغذیه می شود در نتیجه باران اسیدی می تواند چرخه زندگی در یک اکوسیستم را از بین ببرد.

موادی که در باران اسیدی تأثیر ندارد شامل Co می باشد.

در چه شرایطی آتمسفر به شدت اسیدی می شود؟

مه - دود (Smog)  اسیدی (سولفور)  
اکسید کننده (فتوشیمیایی)

اگر مه دود اسیدی باشد علتش وجود  $SO_x$  که شامل  $SO_2$  و  $SO_3$  و  $SO_4H_2$  در هوا است. چون اولین بار این مه - دود در لندن شناخته شد به آن مه دود لندن نیز می گویند (یا مه دود معمولی) مه - دود فتوشیمیایی به اکسید کننده وابسته است  $O_3$ ، PAN، Smog، این مه دود اولین بار در لوس آنجلس مطالعه شد که به آن مه - دود لوس آنجلس گویند. رنگ هوا به طور کلی اگر مه - دود اسیدی باشد خاکستری رنگ است در مه دود شدن میزان دید به 30 متر کاهش یافته بود. (در حادثه خود لندن) چون شرایط حالت اسیدی دارد قسمت فوقانی دستگاه تنفسی، بینی، ریه، حلق و گلو به شدت تحریک می شود.

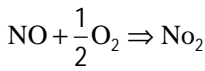
اما در مه دود اکسید کننده علاوه بر  $O_3$ ، PAN، Smog ترکیباتی مثل HC و  $No_x$  باید وجود داشته باشد تا تحت تأثیر واکنش های اکسیداسیون فتوشیمیایی  $O_3$ ، PAN، Smog را تولید کنند.

نور خورشید و  $No_x$  و HC و رطوبت باعث تولید  $O_3$ ، PAN، Smog می کنند.

× آلاینده اولیه  $\Rightarrow$  به همان شکلی که تولید می شود آلوده کننده است مثل HC و  $No_x$  و Co و  $SO_x$

× آلاینده ثانویه  $\Rightarrow$  به همان شکلی که تولید می شود آلوده کننده نیست بلکه باید تحت شرایطی قرار گیرد تا آلوده

کننده شود مثل  $O_3$ ،  $No_x$ ، PAN، Smog، باران اسیدی، آلدئیدها، پراکسیدها، PPN



No<sub>x</sub>      No      ناپایدار و خرمایی رنگ

No<sub>2</sub> بی رنگ و پایدار

پس No<sub>2</sub> هم آلاینده اولیه است هم ثانویه.

در مه- دود اکسیدکننده میزان دید به حدود 800m الی 11cm کاهش یافت. (در لوس آنجلس) و رنگ اتمسفر در آن حالت قهوه‌ای رنگ دارد.

در مه دود فتوشیمیایی عامل اصلی وسایل نقلیه است چون وسایل نقلیه HC و No<sub>x</sub> تولید می کنند.

هیدروکربن‌های حلقوی یا عطری یا آروماتیک سرطان‌زا هستند چون حلقه بنزن دارند.

ترکیب بنزآپایرن (Benza - α - Pyren) شاخص این گروه سرطان‌زا است.

آلاینده‌های شاخص (1 Co PM (2      So <sub>x</sub> (3      No <sub>x</sub> (4      O <sub>3</sub> (5						
آلاینده‌های معیار (1 Co PM (2      So <sub>x</sub> (3      No <sub>x</sub> (4      O <sub>3</sub> (5      HC (6						
Pb (7						

مهم ترین منابع انتشار آلاینده‌ها و درصد هر آلاینده:

حالت اول) بر اساس منبع تولید

Co-1: اولین منبع و مهم ترین منبع تولید

1- حمل و نقل      70% تا 65%

2- آتش سوزی جنگل      15-17%

3- صنایع      9-10%

4- سوزاندن مواد زائد جامد 7-8% و بقایای کشاورزی

5- احتراق سوخت در منابع ثابت      2%

2- So<sub>x</sub> 1- احتراق سوخت در منابع ثابت      5/73 ≅ 74%

2- صنایع      21%

3- حمل و نقل      2/5%

4-	سوزاندن مواد زائد جامد	1/7%
5-	آتش سوزی جنگل و بقایای کشاورزی	3%
3-	$\text{No}_x$ 1- احتراق سوخت در منابع ثابت	48/5%
2-	حمل و نقل	39/5%
3-	آتش سوزی جنگل و بقایای کشاورزی	8%
4-	سوزاندن مواد زائد جامد	3%
5-	صنایع	1%
4-	$\text{HC:1}$ - حمل و نقل	52%
2-	آتش سوزی جنگل	26/5%
3-	صنایع	14/5%
4-	سوزاندن مواد زاید جامد	5%
5-	احتراق سوخت در منابع ثابت	2%
1-	$\text{PM}$ - آتش سوزی جنگل	32%
2-	احتراق سوخت	31%
3-	صنایع	26/5%
4-	حمل و نقل	4/5%
5-	سوزاندن مواد	4%
تولید آلودگی هوا: طبیعی		

مصنوعی                      ثابت: صنایع، کارخانجات، پالایشگاه ها، نیروگاه ها، اماکن عمومی

متحرک:                      متحرک

قطار ≤ دور از زندگی انسان ها

هواپیما ≤ دور از زندگی انسان ها      کم تر مورد توجه

کشتی ها ≤ دور از زندگی انسان ها

بنزینی

اتومبیل‌ها شامل غیر بنزینی (عمده‌ترین گازوئیل)

گاز (برق) سوخت پاک (به جزء  $\text{No}_x$  مشکل جدی تولید نمی‌کند)

30% آلودگی مربوط به منابع مصنوعی ثابت.

70% آلودگی مربوط به منابع مصنوعی متحرک

6 منابع مصنوعی متحرک 2/5 برابر منابع مصنوعی ثابت می‌باشد.

اتومبیل‌های بنزینی: موتورهای درون‌احتراقی (احتراق داخلی) که مصرف سوخت به صورت احتراقی است که در داخل کاربراتور صورت گیرد.

اتومبیل‌های غیر بنزینی (گازوئیلی)  $\Leftarrow$  دیزلی هستند و مصرف سوخت به صورت انفجاری است امروزه موتورهای حالت انفجاری را به صورت انژکتوری می‌شناسیم.

6 سوخت در اتومبیل‌ها در آلودگی اصلی دارد: Co و HC این دو آلاینده بیش‌تر در موتورهای کاربراتوری تولید می‌شود.

در انژکتوری  $\Leftarrow$  سوخت (1) گرم می‌شود (2) به صورت پودر درمی‌آید (3) انفجار

در کاربراتوری  $\Leftarrow$  (1) گرم نمی‌شود (2) به صورت پودر در نمی‌آید (3) احتراق

سوخت یک ترکیب آلی است یعنی C و H دارد اگر خوب بسوزد تولید  $\text{Co}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  می‌کند و اگر بد بسوزد تولید HC و Co می‌کند.

موتورهای انژکتوری به دلیل اینکه سوخت در آن‌ها انفجاری است پس کامل می‌سوزد و تولید Co و HC کم‌تری می‌کند بنابراین در ماشین‌های مدل بالا مقدار HC و Co کم‌تر تولید می‌کند.

- ماشین‌های بنزینی کاربراتورسوز سواری بیش‌تر آلودگی تولید می‌کند.

- به علت جلوگیری از ایجاد ضربه در موتور در ماشین‌های بنزینی موادی را به عنوان جلوگیری کننده از ضربه زدن اضافه

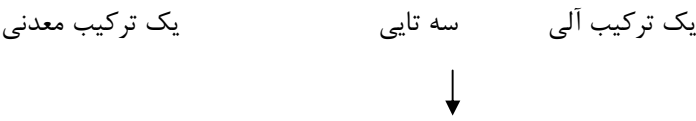
می‌کنیم این دو مواد متنوع هستند.  $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{Pb}$  (تترا اتیل سرب) به بنزین اضافه می‌شود که از ضربه زدن به موتور

جلوگیری می‌کند. عوارض سرب را همراه dust داشتیم در تهران 2 تا 5 تن سرب مصرف می‌شود سرب به شکل تترا اتیل

سرب به تبدیل اضافه می‌شود. خوشبختانه از اول 381 سرب اضافه نمی‌شود پس تترا اتیل سرب به عنوان ضد ضربه یا

Anti – knock بود.

به دلیل بیماری زایی و ایجاد مسمومیت به تدریج تترااتیل سرب را حذف کردند و در سطح کشور در حال پیگیری است و ترکیب جدیدی را به نام **MTBE** (متیل ترشیاری بوتیل اتر) به جای تترااتیل سرب اضافه می کنند.



خودش می سوزد و جلوگیری می کند و همراه با گازها از آگروز خارج می شود.

البته **MTBE** هم به دلیل قابلیت حل شدن بالا در آب (PPb) باعث آلودگی محیط زیست و منابع آب می شود و از بسیاری از کشورهای دنیا این ماده نیز کم تر اضافه می شود و سوخت های با کیفیت بهتر را جایگزین کردند مثل سوخت هیدروژن و متانول.

عدد اکتان: بیانگر کیفیت سوخت. هرچه قدر سوخت بهتر  $\Rightarrow$  کیفیت  $\uparrow \Rightarrow$  عدد اکتان  $\uparrow \Rightarrow$  مثلاً گاز

↓

ضریب به سوزی یا عدد به سوزی

عدد اکتان بیش تر  $\Rightarrow$  یعنی ضریب به سوزی سوخت  $\uparrow \Rightarrow$  سوخت بهتر می سوزد  $\Rightarrow$  آلودگی  $\downarrow$

در منابع ثابت:

گاز، نفت سفید، نفت سیاه، گازوئیل، زغال سنگ در منابع ثابت و آتش سوزی در جنگل محسوب می شود.

تولید هر آلاینده از چه منابعی است:

Co -1	HC -2	NO <sub>x</sub> -3	Pm -4	So <sub>x</sub> -5
حمل و نقل $\Rightarrow$ 70% کل آلودگی ها را به خود اختصاص می دهد.				
Co -5	HC -4	PM -3	NO <sub>x</sub> -2	So <sub>x</sub> -1
احتراق سوخت در منابع ثابت $\Rightarrow$ 30% کل آلودگی ها را به خود اختصاص می دهد.				
PM -1	So <sub>x</sub> -2	HC -3	Co -4	NO <sub>x</sub> -5
Co -1	HC -2	PM -3	NO <sub>x</sub> -4	So <sub>x</sub> -5
سوزاندن مواد زائد جامد $\Rightarrow$				
PM -1	HC -2	Co -3	NO <sub>x</sub> -4	So <sub>x</sub> -5
آتش سوزی جنگل و بقایای کشاورزی $\Rightarrow$				



مهم‌ترین آلودگی در شهرها Co است چون بیش‌ترین تعداد اتومبیل‌ها در شهرها هستند.

$\text{Co} \Leftarrow$  گازی است بی‌رنگ، بی‌بو، بی‌مزه و از احتراق ناقص مواد کربن‌دار حاصل می‌شود. گازی است پایدار، بیش‌ترین آلودگی که در مورد Co در ساعات مختلف یک شبانه روز می‌توانیم ملاحظه کنیم.

8-9 صبح و 5-6 بعدازظهر در زمان پیک  $\text{Co} \Leftarrow$  گاز کرسی، گاز زغال هم می‌گویند. و اکثر جاهایی که می‌گویند فرد بر اثر گازگرفتگی مرد یعنی Co وارد خون آن شد.

$\text{So}_2 \Leftarrow$  یکی از اثرات صنعتی شدن جوامع تولید  $\text{So}_2$  است بالا رفتن مصرف سوخت‌های فسیلی باعث تولید بیش از اندازه‌ی  $\text{So}_2$  می‌شود.

$\text{So}_2$  گازی است بی‌رنگ، غیرقابل اشتعال، غیرقابل رویت و دارای بوی تیز و محرک که مهم‌ترین منبع تولیدش احتراق سوخت‌های فسیلی در صنایع، نفت، تولید نیرو، پالایشگاه‌ها و... است.

به دلیل جایگزین شدن سوخت‌های بهتر علی‌رغم اینکه صنایع تولید زیاد شده تولید  $\text{So}_2$  کاهش پیدا کرده است  $\text{So}_2$  در شهرها باعث تولید باران اسیدی می‌شود.

اکسیدهای ازت: در اتومبیل‌ها و کلاً موتورهای که درون احتراقی هستند و مراکزی که گاز طبیعی را استفاده می‌کنند سوخت‌های بهتر  $\text{No}_x$  بیش‌تری تولید می‌کنند. یکی از منابع طبیعی تخلیه الکتریکی در جو و دیگری واکنش‌های بیولوژیکی مثل نیتریفیکاسیون و دی نیتریفیکاسیون به دو شکل No و  $\text{No}_2$  است.

(PM (TST.dust: ذرات از منابع مختلف وارد هوا می‌شوند از گرد و غبار ناشی از باد و طوفان گرفته تا آتش‌فشان و آتش‌سوزی جنگل و همین‌طور پخش شدن گرده‌ی گیاهان که همه منابع طبیعی درآیند.

منابع مصنوعی  $\Leftarrow$  جایی که سوخت‌ها احتراق پیدا می‌کند که تولید Smock یا Sook می‌کنند جایی که فلزات ذوب می‌شوند و ذرات فیوم را تولید می‌کند. کارخانجات شیمیایی که در آن خودرو یا ماشین، سیمان، سرامیک و... تولید می‌شود.

یکی دیگر از ذرات مصنوعی ذرات حاصل از انفجارات اتمی و یکی دیگر سربی که در بهترین مصرف می‌شود سرب به صورت تترااتیل مصرف و به صورت اکسید Pbo وارد هوا می‌شود.

HC یا هیدروکربن‌ها: از تبخیر، تقطیر، تغییر و پالایش ترکیبات نفتی، استفاده از سوخت‌های فسیلی در اتومبیل‌ها



(مخصوص کاربراتوری) احتراق زغال سنگ، چوب و... حاصل می شود. در شهرها مهم ترین منبع HC هم باز اتومبیل های کاربراتوری اند.

منابع طبیعی: جایی که فعالیت های بی هوازی صورت می گیرد جاهایی که تجزیه ی مواد آلی صورت می گیرد HC تولید می شود مثل  $CH_4$ ، هیدروکربن ها ممکن است به شکل خطی یا زنجیری باشد یا حلقوی یا هتروسیکلیک (حلقوی چند تایی، چند حلقه ای) باشند.

در بین HC ها نوع حلقوی (آروماتیک یا معطر یا عطری) سرطان زا هستند.  
در بین HC ها آلدئیدها و ستون ها اهمیت دارند بخصوص آلدئیدهای ثانویه مطرحند.

### استقرار (مکان یابی) صنایع:

فاکتورهای با اهمیت جهت استقرار صنایع:

- 1- منطقه بندی
  - 2- توپوگرافی
  - 3- جهت وزش بادهای غالب
  - 4- ارتفاع ساختمان های اطراف
- ابتدا باید جهت وزش بادهای را بدانیم بعد جهت وزش بادهای غالب و همچنین سرعت باد پس عوامل مهم شامل:
- 1- سرعت باد.
  - 2- مدت وزش (روزانه، هفتگی، ماهانه، فصلی).
  - 3- جهت وزش باد.

باد غالب در تهران از جنوب غربی به سمت شمال شرقی و شرق است و بهترین منطقه برای صنایع در جاده ی آبعلی می باشد در حالی که در تهران 60% صنایع در کرج و شهریار و 40% در سمت آبعلی است.

حداکثر عمق اختلاط (MMD Maximum Mixing Depth)

حداکثر ارتفاع اختلاط (MMH Maximum mixing Height)

(DALR Dry Adiabatic Laps Rate) آدیاباتیک خشک

آدیاباتیک

Weath Adiabatic Laps Rate (WALR) آدیاباتیک مرطوب

محل تقاطع DALR با MMH  $\Leftarrow$  WALR

هرچه قدر این محل تقاطع بالاتر باشد بهتر است و بهتر می توان در آنجا ساختمان ساخت.

Albedo (صیقلی بودن):

صیقلی بودن باعث بازتاب پرتو نور و گرمای زیاد می شود. صیقلی بودن در مرکز شهر به علت وجودخانه و پنجره های زیاد

بیش تر است پس گرما در مرکز شهر بیش تر است یخ ها نسبت به شرایط طبیعی دیگر حالت آلوده دارند.

Feed back (پس خور یا بازخورد): پس خور یعنی آلوده. پس خور منفی کمک به افزایش گرمای بیش تر که ناشی از

Albedo است.

Feed back گاز  $\text{CO}_2$  است که اثر منفی و تشدید کننده Albedo است که باعث افزایش گازهای گلخانه است در مرکز

شهر دو بحث وجود دارد  $\Leftarrow$  سرو صدا  $\Leftarrow$  در مرکز شهر در طبقات پایین بیش تر است.

آلودگی  $\Leftarrow$  در مرکز شهر در طبقات بالا بیش تر است.

در حومه شهر آلودگی در طبقات پایین بیش تر است.

آلاینده هایی که در هوای شهرها اندازه گیری می شوند (باید اندازه گیری شوند)

$\text{CO}$  -1       $\text{NO}_x$  -2       $\text{SO}_2$  -3      dust -4       $\text{O}_3$  -5

بررسی آلاینده ها در منابع متحرک:

منابع متحرک را به چند گروه تقسیم می کنیم:

- 1- منابع متحرک برقی (مثل متروها، قطارهای زیرزمینی) که این ها آلوده کننده نیستند.
- 2- وسایل نقلیه گازی نسبت به وسایل نقلیه بنزینی و گازوئیلی (دیزلی) آلودگی کمتری تولید می کنند و توسعه ی آنها مطلوب است و تنها آلودگی که ایجاد می کنند  $\text{NO}_x$  است.
- 3- وسایل نقلیه دیزلی (گازوئیلی)  $\Leftarrow$  آلودگی خیلی کمتری از بنزین های ایجاد می کند البته اگر درست کنترل و معاینه فنی شوند به مراتب آلودگی شان خیلی کم تر است. معمولاً دود و بو به خاطر گازوئیل و در شرایط دستکاری شدن انژکتور موتور ذرات آلوده کننده به شکل دوده و چون سوخت فسیلی مصرف می کنند  $\text{SO}_2$  دارند.

4- وسایط نقلیه بنزینی  $\Leftarrow$  که تعدادشان زیاد است و هم کنار محیط زندگی‌ها قرار دارند و بیش‌ترین آلودگی هوا به این وسایل بستگی دارد اگر بخواهیم مقایسه‌ای بین اتومبیل‌های بنزینی و دیزلی داشته باشیم:

1- در موتورهای بنزینی  $CO$ : هیدروکربن نسوخته و آلدئید بیش‌تر از دیزلی است.

2- در موتورهای گازوئیلی اکسیدهای گوگردی بیش‌تر است.

3- اگر هر دو موتور تنظیم و درست کار نکنند به دلیل سوختن گازوئیل در حالت انفجاری نسبت به بنزین در حالت احتراقی گرمای بیش‌تری ایجاد می‌شود بنابراین در این شرایط ممکن است  $NO_x$  در دیزلی‌ها بیش‌تر باشد ولی با توجه به انژکتوری شدن موتورهای بنزینی و بالارفتن کیفیت بنزین‌ها مقدار در موتورهای بنزینی بیش‌تر می‌باشد.

برای بررسی چگونگی تولید آلودگی در اتومبیل‌ها اصطلاحی به صورت TTTO یا  $T^3O$  مورد نظر قرار می‌گیرد. اگر شرایط خوب باشد یعنی این‌که درجه‌ی حرارت برای سوختن در زمان مناسب و با نسبت اختلاط کافی مهیا باشد ما آلودگی کم‌تری خواهیم داشت.

### مهم‌ترین آلاینده‌ی اتومبیل‌های سواری و شهرها:

همان‌طور که گفتیم مهم‌ترین آلاینده‌ی اتومبیل‌ها  $CO$  می‌باشد.

ماشین‌ها 5 حالت دارند

1- یا خاموش هستند که هیچ آلودگی ایجاد نمی‌کند.

2- یا در جا هستند.

3- دارای شتاب مثبت است.

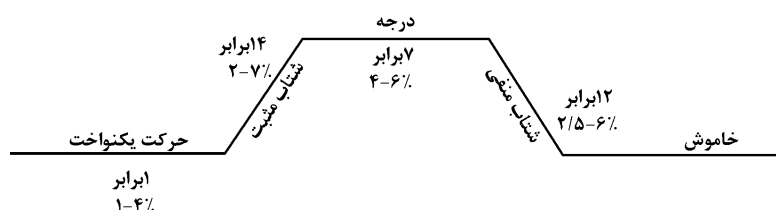
4- دارای شتاب منفی است.

5- دارای حرکت یکنواخت هستند.

در یک اتومبیل نقاط مختلفی وجود دارد که باعث تولید آلاینده‌ها می‌شود این نقاط عبارتند از:

باک بنزین، کارتل (محل روغن)، کاربراتور، اگزوز، ترمز (به‌خاطر استفاده از الیاف آربست آلودگی ذرات تولید می‌کنند که در شتاب منفی بیش‌ترین ترمز را داریم). لنت (آربست فشرده شده که بین کاسه‌ی چرخ ماشین و لنت ترمز است)

- 1- باک بنزین: بنزین به دلیل فراریتی که دارد قبل از این که به صورت سوخت مصرف شود به صورت بخار وارد هوا می شود اگر ماشین در فضای باز زیر تابش نور خورشید قرار بگیرد تبخیر آن بیش تر می شود که عمل تبخیر در تابستان بیش تر است.
- 2- کارتن: جایی که روغن را برای کم کردن اصطکاک در جعبه ی میل لنگ می ریزند. یک سری گازها همراه با مقداری بنزین که از جدار لینگ و پیستون به خاطر مصرف نشدن به کارتل وارد می شود به خاطر سبک تر بودن از روغن از محفظه کارتل خارج و به اتمسفر می رود (تقریباً 20% HC خروجی در اتومبیل ها از این قسمت است).
- 3- کاربراتور: بیش ترین آلودگی ها از این قسمت می باشد مخصوصاً اگر کاربراتور خراب و تنظیم نباشد.
- 4- اگزوز: مهم ترین نقطه پخش آلاینده هاست و کلیه ی گازهای سوخته، نسوخته، نیم سوخته از لوله ی اگزوز به هوا وارد می شود و تقریباً 60% HC از اگزوز خارج و 20% آن از کاربراتور خارج می شود.



- اگر حرکت یکنواخت 1 برابر آلودگی داشته باشد  $\Rightarrow$  تولید  $\text{Co} \Rightarrow 1-4\%$
- شتاب مثبت 14 برابر آلودگی داشته باشد  $\Rightarrow$  تولید  $\text{Co} \Rightarrow 2-7\%$
- درجا 7 برابر آلودگی داشته باشد  $\Rightarrow$  تولید  $\text{Co} \Rightarrow 4-6\%$
- شتاب منفی 12 برابر آلودگی داشته باشد  $\Rightarrow$  تولید  $\text{Co} \Rightarrow 2/5-6\%$
- در شهر تهران به علت ترافیک بالا بیش تر در حالت شتاب منفی و درجا و شتاب مثبت است.
- وقتی اتومبیل شتاب مثبت می گیرد  $\text{No}_x$  زیاد می شود و وقتی که درجا کار می کند مقدار HC زیاد است. ماشین ها بنزینی  $\text{So}_x$  کمی دارند و باید دقت کنیم که برای کاهش آلودگی ها در مجموعه ی مدیریت جامع استفاده کنیم.
- بنزین های با سرب بود که حالا سرب کم شده است.
- گازهای مهم برای کاهش آلودگی می تواند موارد زیر باشد:

- 1- ناوگان عمومی جایگزین وسایل سواری شخصی.
- 2- گاز و برق به جای بنزین و گازوئیل.
- 3- اتومبیل‌هایی که نقص فنی دارند رسیدگی شود.
- 4- سازندگان اتومبیل را ملزم به تولید اتومبیل استاندارد کنیم و اتومبیل‌های فرسوده و قدیمی را از رده خارج کنیم.
- مترو، اتوبان، جاده یک‌طرفه ایجاد کنیم. امکاناتی را فراهم کنیم که همه اتومبیل‌ها هر 6 ماه یک‌بار معاینه فنی شوند.
- ابزار قانونی فراهم کنیم که بتوانیم مقررات را اجرا پیاده کنیم.
- محدوده‌های طرح ترافیک تعیین و رعایت شود:
- نصب کاتالیزورها در اگزوز اتومبیل‌ها که باعث می‌شود  $\text{Co}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2 \Rightarrow \text{No} + \text{Co} + \text{HC}$  کاتالیزور کاتالیزورها ترکیباتی هستند که معمولاً تا 5، 6 سال به خوبی جواب می‌دهند.

### برای کنترل آلاینده‌های منابع ثابت (صنایع):

به این نکته توجه داشته باشید که صنایع خیلی گسترده‌اند و تنوع آلودگی‌شان هم بالا است

- 1- احداث صنایع در مکان‌های مناسب به‌طوری‌که بادهای غالب آلودگی را به منطقه‌های مسکونی وارد نکنند.
- 2- قبل از احداث صنعت شرایط جوی مثل باد، سرعت آن و جهتش، پستی و بلندی و... مشخص کنیم.
- 3- فرآیند را طوری عوض کنیم که محصول نهایی با آلودگی کم‌تر تولید شود.
- 4- موادی که استفاده می‌کنیم در تولید عوض کنیم. مثلاً به جای سرب، MTBE بگذاریم.
- 5- تغییر در سوخت مثلاً به جای مازوت از گاز استفاده کنیم.
- 6- استفاده از دستگاه‌های کنترل کننده‌ی آلودگی در دو حالت.

الف) در مراحل مختلف تولید و فرایند کار

ب) در کنترل خروجی دودکش‌ها

در مجموع برای اهداف کنترل دو موضوع را باید توجه کنید:

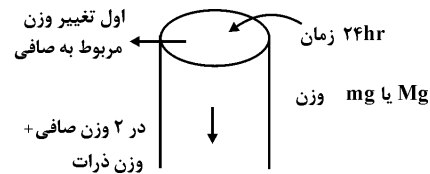
- 1- غلظت آلاینده به حدی باشد که برای سلامتی انسان، موجودات، زیان آور نباشد.
  - 2- از نظر فنی و اقتصادی قابل اجراء باشد و منجر به تعطیلی صنعت نشود.
- اهدافی که کنترل آلودگی هوا وجود دارد:

- 1- کاهش تراکم مواد آلاینده که برای بهداشت عمومی زیان آور است.
- 2- کاهش اثرات روانی و نارضایتی مردم به علت تماس طولانی با دود و آلاینده‌ها (مثل کاهش میزان دید در نتیجه‌ی غبار فتوشیمیایی (Smog))
- 3- به حداقل رساندن زیان‌های اقتصادی (کشاورزی، صنایع، امکان، آب و هوا، انسان‌ها)
- 4- جلوگیری کردن از بین رفتن درختان و فضای شهری که در اثر تماس طولانی مدت آلاینده‌ها ایجاد می‌شود.

واحد سنجش آلودگی در هوا:

1- غلظت آلودگی در سطح

$$\frac{60\mu\text{g}}{\text{m}^2 - \text{day}} \quad \frac{\text{وزن}}{\text{سطح} \times \text{زمان}}$$



معمولاً واحدی که استفاده می‌شود در سیستم SI (متریک)

$$\frac{\text{ton}}{\text{km}^2 \times \text{month}}$$

2- غلظت آلودگی در حجم  $\frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$  یا  $\frac{\mu\text{g}}{\text{cm}^3}$  که بیش تر برای گازها استفاده می‌شود.

PPM یا  $\frac{\mu\text{g}}{\text{cm}^3}$  در  $25^\circ\text{C}$  و  $1\text{atm}$

$$\frac{\text{mg}}{\text{m}^3} = \text{PPM} \times \frac{\text{وزن مولکولی}}{24500} \times 10^6$$

غلظت آلودگی در سطح  $\Leftarrow$  نمونه‌برداری ثابت (دستگاه نمونه بردار ثابت و هوا نیز جریان ندارد) مثل دستگاه

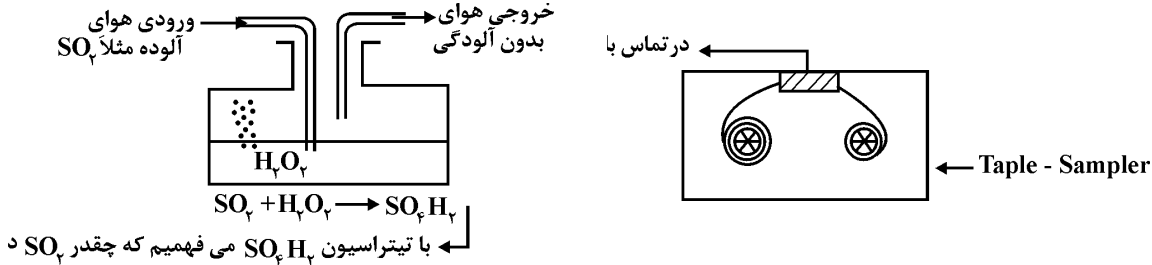
Dust Fall jare

غلظت آلودگی در حجم کم  $\Leftarrow$  نمونه‌برداری متحرک (دستگاه نمونه‌بردار ثابت ولی هوا جریان دارد) مثل دستگاه

Hivol

نمونه‌برداری به دو صورت  $\Leftarrow$  تر ( $\Leftarrow$  wet) هوا را به کمک پمپ یا مکندۀ ای مکش می‌کنیم و از محلولی عبور می‌دهیم.

خشک ( $\Leftarrow$  dry) مثل Hivol, dust fall jar, Tape samper (نمونه‌برداری نواری)



## آزمایش و آنالیز آلاینده‌های هوا

برای شناختن نوع آلاینده‌ها باید نمونه‌برداری کنیم. نمونه‌ها را به آزمایشگاه برده و آن‌ها را مورد آزمایش قرار دهیم تا بتوانیم آلاینده را اندازه‌گیری کنیم که برای هر آلاینده روش‌های خاص خودش را داریم.

:SO<sub>2</sub>

## 1- روش مستقیم:

با نمونه‌برداری مستقیماً میزان SO<sub>2</sub> را اندازه‌گیری می‌کنیم روش‌هایی که به شکل مستقیم عمل می‌کنند.

1- روش رنگ‌سنجی: (با کمک ماده‌ی پاراروزانیلین مقدار SO<sub>2</sub> سنجیده می‌شود. به روش دست‌کیکی هم معروف است.

اگر مقدار SO<sub>2</sub> به 5ppm تا 0/005 باشد با طول موج 560nm

2- روش هدایت‌سنجی Conductivity: در این روش SO<sub>2</sub> را به شکل اسید درمی‌آوریم و اسید را می‌سنجیم. به این

روش، روش impinger (گازشوی) هم می‌گوییم که برای هر گازی استفاده می‌شود که bubbler هم یک روش گازشویی است.

3- روش اسپکتوروفتومتری: که با مادون قرمز و uv است.

4- فلم‌فوتومتری یا نورسنجی شعله‌ای

5- کولومتری

## 2- روش‌هایی که به شکل غیرمستقیم عمل می‌کنند:

آمپرومتری: که از هالوژن برم استفاده می‌شود.  $SO_2 + Br_2 + CH_2O \rightarrow SO_4H_2 + HBr$

روش قدیمی: که الان استفاده نمی‌شود که با استفاده از دی‌اکسیدسرب که به این صورت که سولفات سرب را با

سولفات باریم در واکنش قرار می‌دهند. از روی مقدار سولفات باریم مصرفی مقدار PbO<sub>2</sub> را می‌سنجند و از آن‌جا به SO<sub>2</sub> پی می‌برند.

× روش استاندارد برای سنجش SO<sub>2</sub> رنگ‌سنجی است.

:NO<sub>x</sub>

اسیدسولفانیلیک + SO<sub>2</sub> معتبرترین

1- روش قدیمی: رنگ‌سنجی گریس‌ساتنرمن



روش جاکوب-هاچستر  $\text{No}_2 \Rightarrow \text{No}_3$

2- روش جدید: شیمی یونیزاسیان  $\Leftarrow$  معتبرترین که در طیف گسترده تر در مقادیر مختلف  $\text{No}_2$  جواب گو است.

اسپکتروفوتومتری UV

اسپکتروفوتومتری مادون قرمز

رنگ سنجی با یدید پتاسیم

EPA گاز کروماتوگرافی از (همه مهم تر)

$\text{Co}_2 + 3\text{H}_2 \Rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$  که از روی متان تولیدی می توان به مقدار Co پی برد.

اسپکتروفوتومتری و طیف سنجی مادون قرمز

گراویمتری

شیمیایی و الکتروشیمیایی

Co

رنگ سنجی

HC گاز کروماتوگراف با شعله یونیزان که بهترین روش است. (Gas Chromatograph GC)

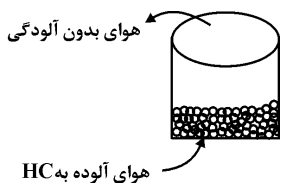
HC

با شعله ماده ی عبوری را به شکل یون درمی آورد.

روش جذب روی ستون است. یون دی وینیل بنزن که قبلاً به جای آن از سیلیکاژل استفاده

می کردند.

طیف سنجی



F - پانسیومتری

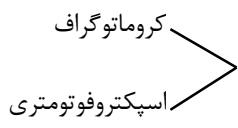
Visibility

Hi VOI یا - معتبرترین روش

Dust Fall Jar PM

(تیرگی)

COH



روش آزمایشگاهی ذرات را در یک حلال مناسب شستشو می دهیم

اثر آلودگی بر انسان:

سه نوع آلاینده (گاز، مایع، جامد) و مدت تماس با آن به ویژگی (اندازه، حلالیت، نفوذپذیری، غیرسمی یا سمی بودن)

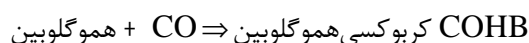
آلاینده بستگی دارد.

یک انسان بالغ در هر شبانه روز بین 25-28 Kg هوا مصرف می کند و 4-3 لیتر آب مصرف می کند.  
Kg2-5/1 غذا و در حالت استراحت 18-15 بار در دقیقه هوا مصرف می کند. در کار سبک 55-45 بار در دقیقه و در کار سنگین 120-110 بار در دقیقه هوا مصرف می کند.

$$\frac{\text{هوا}}{\text{غذا}} = 20 \text{ برابر} \quad \frac{\text{آب}}{\text{غذا}} = 3-2 \text{ برابر} \quad \frac{\text{هوا}}{\text{غذا}} = 8-7 \text{ برابر}$$

CO  $\rightleftharpoons$  اکسید و کربن- مونواکسید کربن- گاز ذغال- گاز کرسی- گازی خفه کننده است که خفه کننده ها دو نوعند:  
(1) ساده: به جای اکسیژن در هوا قرار می گیرد. مثل CO<sub>2</sub> حد مجاز 5000 ppm، Co<sub>2</sub> در هوا است.  
(2) شیمیایی: با خون واکنش می دهند یعنی ترکیب می شود و ترکیب جدیدی به وجود می آورند مثل Co که حد مجاز 9 ppm، Co<sub>2</sub> به مدت 1 ساعت است.

در شرایط عادی در سیستم تنفسی: اکسی هموگلوبین  $\Rightarrow$  اکسیژن + هموگلوبین



کربوکسی هموگلوبین را در خون بر حسب درصد بیان می کنند که هر چه بیش تر باشد بدتر خواهد بود.  
CO با هموگلوبین 200 برابر (210-200 برابر) میل ترکیبی بیش تری نسبت به اکسیژن با هموگلوبین دارد.  
کربوکسی هموگلوبین یک ترکیب پایدار است که خیلی سخت تجزیه می شود بنابراین فردی که با Co مسموم شود به راحتی نمی توان به حالت طبیعی برگردد و احتیاج به زمان دارد.

بهترین کار برای نجات فرد مسموم شده با Co از محیط آلوده، خارج کردن است و به او هوای تمیز دادن است.

$$\% \text{ CoHB (Co)}^{0.85} (\alpha.t)^{0.63} = 0.005$$

T = زمان

=Co غلظت (ppm) رابطه ی مستقیم با درصدش در خون دارد.

$\alpha$  = نوع فعالیت فیزیکی که: اگر  $\alpha = 1$  کار سبک اگر  $\alpha = 3$  کار سنگین

انواع حد:

حد ترشولد: Threshold Limit

حد مطلوب: یعنی تا این حد مسئله خاصی نخواهیم داشت.

حد مجاز: حدی که تا آن جا اجازه داریم که اگر بیش تر از این حد شود غیر مجاز خواهد بود. اگر به حد مجاز برسیم عوارض ناشی از آلاینده بروز می کند که به این حالت می گوئیم حد ترشولد.

### عوارض CO در بدن:

اختلال در اعمال حیاتی بدن. اختلال در سیستم اعصاب مرکزی (اثرات روانی و عصبی)، کندی فعالیت مغزی، سردرد و سرگیجه و تهوع و استفراغ، تیرگی دید (اختلال در بینایی)، ضربان شدید قلب، مهم ترین اثر آن این است که اگر فردی غلظت CoHb در خونش به 7% برسد خواهد مرد. علاوه بر این که EPA گفته درصد 7/2% CoHb یا 35 Ppm برای یک ساعت است در شرایط خاص و محیط کار و بدون تکرار قابل برگشت است.

$\text{SO}_x \rightleftharpoons$  با آب میل ترکیبی خیلی زیاد دارد بنابراین در رطوبت مخاط بینی به سرعت حل می شود. 95%  $\text{SO}_2$  در حفره بینی حل شد و با رطوبت آن واکنش می دهد بنابراین به عنوان محرک فوقانی تنفسی شناخته می شود. از اثرات بعدی آن این است که با ذرات می تواند حالت تشدید کنندگی داشته باشد و با ذرات اثرش 3 تا 4 برابر می شود و اگر ذرات ریز باشند در حد  $1\mu$ /. باشد آن وقت می تواند به عمق ریه ها هم نفوذ بکند.

بیشترین اثر  $\text{SO}_x$  این است که با آب به صورت  $\text{H}_2\text{SO}_4$  در می آید به همین خاطر عوارض آن ایجاد می شود. عوارض  $\text{SO}_2$  در بدن: 1- محرک مخاط دستگاه تنفسی (فوقانی) 2- کاهش ظرفیت تنفسی 3- خونریزی از بینی و سردرد، تنگی تنفس، تپش قلب، تحریک چشم، حساسیت به نور، که اگر بیش تر پیشرفت کند روی سنتز DNA و تولید گلبول های سفید خون هم تأثیر می گذارد.

3-  $\text{NO}_x \rightleftharpoons$  به دو صورت NO و  $\text{NO}_2$  است. NO خیلی مهم نیست. تأثیر زیادی روی سلامتی ما ندارد.  $\text{NO}_2 \rightleftharpoons$  خطرناک است. گاز خرمایی و بسیار محرک است. همراه هوا به عمق ریه ها نفوذ می کند بنابراین محرک مجاری تحتانی شناخته می شود. اگر تلاش به حد 5 Ppm (حد ترشولد) برسد عوارض ظاهر می شود.

عوارض  $\text{NO}_2$  در بدن  $\rightleftharpoons$  فیبروز ششی مزمن، اِدم ریوی، گشادی مردمک چشم، التهاب در بافت ریوی در حفره نای و نایژه ها احساس ناراحتی می کند. تنگی نفس، بی حالی، خستگی، تولید نیتروآمین که سرطان زاست.

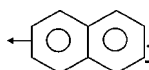
4- (HC (THC هیدروکربن ها را به طور کلی اثر خاصی بر انسان ندارند و در غلظت کمتر از 5 Ppm اثر نامطلوبی گزارش نشده بعضی از هیدروکربن مثل بنزن، تولوئن به صورت بخار متصاعد می شود که در این صورت آلاینده هستند.

(جامد در هوا مثل Flyash, Ash, Soot, Fume, مایع در هوا مثل: قطره، Fog، بخار، Spray, mist)

× اسیدها به صورت mist در هوا هستند.

گروه دیگری از هیدروکربن‌ها مثل آلدئیدها، ستون‌ها، آکرولین (ترکیبی که در اثر سوختن هیدروکربن‌های مایع مثل روغن و گازوئیل وارد هوا می‌شود).

اثر هیدروکربن‌ها به صورت مستقیم و غیر مستقیم است. هیدروکربن‌ها یا اشباع شده‌اند یا غیر اشباع.



هیدروکربن‌ها یا به صورت زنجیره‌ای شکل‌اند مثل کربن‌ها یا PAN (پراکسیداستیل‌نیترات) یا حلقوی‌اند مثل بنزن. بنزپایرن (ترکیب حلقوی سرطان‌زا) یا هتروسیکلیک حالت حلقوی‌اند که یا ممکن است حلقه‌ی شش‌تایی نباشد یا به جای کربن یک ترکیبی دیگر نشسته است. حلقه‌هاشان ممکن است 6 یا 5 وجهی باشد یا 5 وجهی.

### اثرات هیدروکربن‌ها:

مهم‌ترین اثر روی چشم است که باعث سوزش چشم است که اثر مستقیم است. HC اگر در هوا وجود داشته باشد و نیز  $\text{No}_x$  و نور خورشید (و آب می‌تواند باشد می‌تواند نباشد اگر باشد شدیدتر) باعث تولید اکسیدان‌های فتوشیمیایی مثل PAN که باعث التهاب ریه‌ها و خونریزی می‌شود که جزء اثرات غیرمستقیم است. اثرات غیرمستقیم خیلی مهم‌تر از اثر مستقیم است چون اگر HC در هوا نباشد اکسیدان‌های فتوشیمیایی به وجود نمی‌آید.

### اثر اکسیدان‌های فتوشیمیایی در انسان:

اگر اثر اکسیدان‌ها را روی هم در نظر بگیریم  $\text{O}_3$ ، PAN، Smog که شامل کوتاه‌شدن تنفس، اختلالات تنفسی و اثر مشخص التهاب در حلق و گلو و چشم و حنجره  $\Rightarrow$  قسمت فوقانی تنفسی.

اثر  $\text{O}_3$   $\text{O}_3$ : در بیوسفر یا یونوسفر (ازن تروپوسفری) آلاینده است. اولاً ازن، محرک مجاری تنفسی است. بیش‌تر در قسمت‌های داخلی ریه اثر می‌کند اگر مقدار زمان تنفس یا غلظتش زیاد باشد باعث تورم شش و خونریزی می‌شود (پس اثرش تقریباً مشابه  $\text{No}_x$  است) قسمت تحتانی مجاری تنفسی اگر مقدار زیاد باشد و یا زمان تماس زیاد باشد باعث ایجاد خلط خونی می‌شود. اگر ازن در هوا باشد باعث فرسودگی و از بین رفتن اجسام هم می‌شود.

× اگر از ازن استراتوسفر کم شود میزان تابش پرتوهای UV که به انسان می‌رسد 8 برابر می‌شود.

اثر Smog: مه + دود: مه‌دود یا Somg آن چیزی که باعث اثرش روی انسان می‌شود.

PAN موجود در Smog است. محرک چشم و حلق و گلو، باعث سوزش چشم و اثر مشخص آن هم ریزش فوری اشک

است.

ذرات PM  $PM_{10}$

$PM_{2/5}$  بیشتر مورد توجه قرار گرفته و در حال حاضر با اهمیت تر است.

PM یا Dust یا گرد و غبار:

- 1- گرد و غبار شیمیایی: مثل آزیست و سیلیس
  - 2- گرد و غبار بیولوژیک: مثل باکتری، ویروس، که اکثراً باعث بیماری می شود. بیماری هایی که از طریق هوا منتقل می شوند Air borne disose.
  - 3- گرد و غبارهای آلرژیک: مثل گردو غبارهای چوب، آلی، رزین (دستگاه هایی که خاصیت تبادل یا تعویض یون را دارند).
  - در رزین ها یا سیستم های تبادل یون (Ion exchange) یا مبادله کننده ها یون های با بار یک جور با هم جابه جا می شوند.
  - 4- گرد و غبارهای بی اثر: گرد و غبار سمباده، گچ، کربن، سیمان (ترکیباتی اند که قسمت اصلی شان کلسیم است).
  - 5- گرد و غبارهای محرک: اسیدها، قلیاها، F
  - 6- گرد و غبارهای جامد سمی: سرب، جیوه، کادمیوم.
  - 7- گرد و غبارهای جامد غیرسمی: فسفر، آرسنیک.
- ذرات وقتی وارد سیستم تنفسی انسان می شود اولین سیستم دفاعی موهای داخل بینی می باشد و بعد وارد نای و نایژه می شود. نای، نایژه و نایژک ها سه قسمت هستند که هرچه قدر به سمت جلو می رویم کوچک تر می شوند. آخرین قسمت هم کیسه های هوایی یا حبابچه های ریوی می شود.
- در قسمت اول نایژک هایی وجود دارد که ذرات را به سمت بیرون پرت می کنند تا برسد به حلق که دو حالت دارد:
- یا بلعیده می شود وارد سیستم گوارشی می شود یا به صورت خلط از دهان بیرون رانده می شود.
- در بین ذرات چند تا از آن ها حائز اهمیت است: آزیست و سیلیس. آزیست (در لنت ترمز) که نام بیماری آزیستوزیس و سرب هم ذره ای است که سمی است و حائز اهمیت است. چون در فضای تنفسی در بنزین وجود داشته (در حال حاضر در تهران وجود ندارد) نام دیگر سرب پلمپ می باشد پس نام بیماری که ایجاد می کند پلمبیس است. نام دیگر بیماری ساترنیسیم است.

اثرات سرب: مهم ترین اثر کاهش بهره ی هوشی و اختلافات ذهنی در بزرگسالان اثر بر سیستم خونی و اختلال سنتز

Heme و باعث نکروزه شدن (سیاه شدن) و یکی در جاهایی که سیاه می شود لته ها است. (اکسیژن نمی رسد) ⇒ سیستم دفاعی پایین می آید و آسیب پذیری زیاد می شود. سنتز Heme (آهن دارد که باعث شادابی و قرمزی خون می شود) باعث کم رنگ شدن پوست و بی حالی و سستی بدن می شود.

ذرات دیگر ⇒ آهن (Fe) نام بیماری سیدروز یا سیدروزیس

آزبست نام بیماری آزبستوزیس

سیلیس نام بیماری سیلیکوزیس

بریلیوم نام بیماری بریلیوزیس

باریم نام بیماری باریتوریز

قلع نام بیماری ساترنوزیس یا پلمبیس

قلع نام بیماری استاتوزیس

سرب نام بیماری ساترنوزیس یا پلمبیس

همه این ذرات باعث می شود که در بدن عفونت ایجاد شود بنابراین این بیماری ها همه به عنوان بیماری های پنوموکونیوزیس شناخته می شود.

### اثرات آلودگی هوا بر گیاهان:

اثرات گیاهان به صورت آشکار و پنهان هستند. اثرات آشکار (Visible) با چشم غیر مسلح قابل دیدن است ولی اثرات پنهان (Hiddea) با چشم غیر مسلح قابل دیدن نیست. تقسیم بندی دیگر:

1. حاد: مدت زمانی که گیاه در برابر آلاینده قرار می گیرد کم است که یا غلظت آلاینده زیاد است یا تماس آن با آلاینده.

2. مزمن: مدت زمانی که گیاه در برابر آلاینده قرار می گیرد زیاد است.

### اثرات آشکار:

1- نکروزیس Necrosis: مرگ سلولی و کشتندگی سلول. اثر روی برگ گیاه است پس گیاه حالت خشک پیدا می کند.

2- کلروزیس Chlorosis: کم شدن کلروفیل یا از بین رفتن آن. برگ کم رنگ می شود و به سمت سفیدی پیش می رود.

3- اَبسیژن Abscission: افتادن برگ

4- اپی ناستی Epinasty: پیچ خوردگی و تاب خوردگی

اثرات پنهان:

(1) موتاسیون (جهش) (2) تغییرات ژنتیکی (3) کم شدن محصول

$SO_2$ :

هر برگ از چند لایه تشکیل شده و چند قسمت دارد. روی هر برگی یک سری روزنه داریم. روزنه‌ی تنفسی برگ (استومات‌ها Stomate). روزنه‌ها محل تبادل گازی برگ هستند و هر گازی وارد یا خارج می‌شود از این محل است. گارد سل از ورود ذرات یا گازهایی که برای گیاه سفید نیستند جلوگیری می‌کند پس تا زمانی که این گارد سل‌ها سالم باشند مانع ورود آلاینده‌ها می‌شوند اما وقتی تحت تأثیر غلظت زیاد با زمان تماس زیاد قرار گیرند  $\Rightarrow$  خوب کار نمی‌کنند  $\Rightarrow$  اثرات آلودگی وارد گیاه می‌شود.

اثر  $SO_2$  روی گیاهان (روی برگ) به صورت سوختگی‌های پیوسته در بین رگ‌برگ‌ها و به طرف لبه‌ی خارجی برگ است. اگر مقدار  $SO_2$  کم باشد باعث کلروزیس می‌شود. (از بین رفتن کلروفیل)

اگر مقدار  $SO_2$  زیاد باشد باعث نکروزیس می‌شود.

نارون حساس‌ترین گیاه به  $SO_2$  است و کاج مقاوم‌ترین.

هر چه برگ پرآب‌تر باشد و سطح برگ بزرگ‌تر باشد اثر  $SO_2$  رویش بیش‌تر و بدتر است پس این نوع درخت‌ها به درد شهرها نمی‌خورند پس سوزنی‌برگ‌ها خوبند.

(یک نوع کاج به نام کاج تهران و گیاه اقلایا در کاهش صدا مؤثرند هم برای کمک به تولید  $O_2$  بیش‌تر و کاهش آلودگی هوا مؤثرند) کدو و پنبه و انگور هم به  $SO_2$  خیلی حساسند.

$NO_2$ :

$NO_2$  به صورت بی‌رنگی برگ و کم شدن رنگ سبز آن (کلروزیس) و کاهش رشد و از همه مهم‌تر برگ به شکل آب افتاده درمی‌آید. لکه‌های نامنظم قرمز و قهوه‌ای در قسمت فوقانی برگ در گیاه تنباکو دیده می‌شود. نخودفرنگی و گوجه‌فرنگی به  $NO_2$  بیش‌تر از بقیه حساس‌اند.

HC: بیش‌تر به صورت اپی ناستی اثر دارند. (پیچ خوردگی و تاب خوردگی) و در شرایطی که خیلی زیاد باشند به شکل ابسیژن است.



### اکسیدان‌های فتوشیمیایی $\text{PAN}, \text{O}_3 \rightleftharpoons$

$\text{O}_3$ : یک اکسیدکننده قوی باعث از بین رفتن کلروپلاست و پارانشیم گیاه می‌شود. مهم‌ترین اثر ازن لکه‌های سفید و رنگی در روی گیاه و به‌صورت سفیدشدن، نکروزه‌شدن و برنزه‌شدن قسمت تحتانی (زیر) برگ، کاهو و اسفناج به ازن حساس‌اند و تنباکو (بیش‌ترین آسیب) اندیکاتور (شاخص) ازن است.

PAN: مهم‌ترین اثر نقره‌ای‌شدن رنگ برگ و براق‌شدن سطح زیرین برگ. (چون استوماتها... (روزنه‌های تنفسی) بیش‌تر زیر برگ است چون لکه روی برگ باشد گرد و غبار روی برگ را می‌گیرد) گیاه اسفناج و اطلسی به PAN حساسیت دارند.

### آلدئیدها و اتیلن (از خانواده‌ی HC):

باعث اپی‌ناستی و ابسیژن می‌شود. اگر مقدارشان زیاد شود خاصیت فیتوتوکسیک (اثر نور رویشان بد می‌شود) دارد. گل ارکیده و میخک به اتیلن خیلی حساسند.

### فلوئور و HF:

بیش‌تر در جاهایی که با سنگ معدن، سرامیک‌سازی و شیشه‌سازی است وجود دارد. فلوئور به‌صورت اتم است یا به‌صورت اسیدفلوریدریک. اسیدفلوریدریک خیلی بیش‌تر از  $\text{F}_2$  مخرب است و روی بافت‌های چربی بدن ما اثر می‌گذارد. اثرش روی لبه‌های برگ گیاه است و باعث نکروزه و کلروز می‌شود. یکی دیگر از منابع Fها: CFCها، اسیدی‌ها، کود شیمیایی.

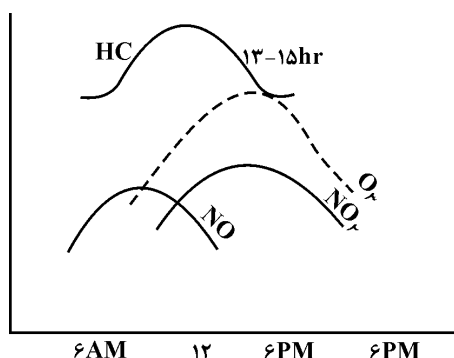
کمبود F باعث پوسیدگی دندان و زیادی آن باعث رشد زیاد استخوان‌ها می‌شود. اولین بار F زیادی را در یک کوه آتش‌فشان متوجه شدند و اثر آن روی حیوانات باعث شد که استخوان فک آن‌ها بیش‌تر رشد می‌کرد و فردی به‌نام Jaws آن را کشف کرد.

### اثرات آلودگی هوا روی اشیاء و متعلقات:

$\text{SO}_2$ : فساد تدریجی اشیاء و خوردگی آن‌ها. تیرگی رنگ نمای ساختمان‌ها به‌خصوص وقتی  $\text{SO}_2$  با ذرات و دود قاطی می‌شود نمای ساختمان را از بین می‌برد باعث شکنندگی سطوح رنگ‌شده می‌شود و باعث از بین رفتن سنگ‌های ساختمانی هم می‌شود. از بین رفتن مقاومت چرم و لباس و نایلون و کاهش دوام پارچه و مصنوعات کاغذی. جاهایی که سوخت‌های فسیلی مصرفشان بالا می‌رود  $\text{SO}_2$  تولیدی زیاد می‌شود پس در زمستان و پاییز اثر  $\text{SO}_2$  بالا می‌رود.

$\text{NO}_x$ : به دلیل اثرش به صورت ترکیبی با بخار آب که در مقایسه با  $\text{SO}_2$  کمتر است روی رنگ لباس ها و منسوجات اثر می کند. آلیاژهای برنج و نیکل هم توسط  $\text{NO}_x$  خورده می شود.

$\text{O}_3$ : ازن تنها آلاینده ای است که روی مولکول های بزرگ آلی یا پلیمری یا سنتیک مثل لاستیک و پلاستیک اثر می کند تغییرات شیمیایی به وجود می آورد باعث از بین رفتن یا کم شدن خاصیت انعطاف پذیری پلاستیک شده و شکننده می شود. ترک خوردگی لاستیک اتومبیل هایی یکی از اثرات شاخص ازن است.



## کنترل آلودگی هوا:

در منابع ثابت:

روش کنترل:

1- فرایند کار را اصلاح، تغییر و تعویض کنیم تا آلودگی کمتر شود مثلاً اگر از یک حلالی به نام A استفاده می کنیم که خیلی زودتر تبخیر می شود از حلال دیگری به نام B استفاده می کنیم که در هوای معمولی بخار نشود.

2- تغییر سوخت (از سوخت با آلودگی کمتر استفاده کنیم).

3- دستگاه های کنترل آلودگی (اگر 1 و 2 جواب نداد از 3 استفاده می کنیم) در محل تولید آلاینده مستقر می شوند.

بعضی ها کار سرد کردن بعضی فیلتراسیون بعضی سوزاندن آلاینده به آلاینده کم خطرتر و.....

در منابع متحرک:

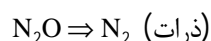
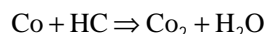
روش کنترل:

اصلاح موتور Modification یعنی انژکتوری به جای کاربراتوری استفاده کنیم.

2- تنظیم موتور Tune up تنظیم نسبت هوا به سوخت  $\frac{A}{f}$ . تنظیم کردن از سوخت به مقدار حداقل و حداکثر بهره را

ببریم.

3- نصب دستگاه‌های کنترل آلودگی مثل کاتالیست‌ها:



چون خواص فیزیکی و شیمیایی گازها با ذرات فرق می‌کند  $\Leftarrow$  روش کنترل متفاوت.

روش کنترل ذرات:

1- رسوب دهنده‌های ثقیل (Gravity setteler): با کاهش سرعت هوای آلوده باعث سقوط ذرات می‌شویم. این دستگاه برای ذرات  $50\mu$  به بالا مناسب است می‌تواند به صورت سری باشد یا موازی. پس این جا مکانیک کار فیزیکی است و به اندازه‌ی ذرات بستگی دارد. هرچه قدر ذرات بیش تر باشد عمل دستگاه بهتر است.

2- سیکلون‌ها (Cyclons) (جداکننده‌های سانتریفوژی): این گروه با نیروی گریز از مرکز کاری می‌کنند. برای ذرات  $10\mu$  به بالا خوبند ولی  $25\mu$  به بالا را به راندمان بالا جدا می‌کنند. در این دستگاه هوای آلوده به ذرات، به دیواره‌ی سیکلون برخورد کرده و ذرات آن طبق خاصیت سانتریفوژی و اینرسی ذرات جدا می‌شود. در سیکلون‌ها هرچه قدر قطر ذره بزرگ تر باشد سرعت حرکت زیاد و شعاع دایره چرخش ذره پایین پس راندمان کار افزایش پیدا می‌کند.

3- الکتروفیلترها: ذرات را با کمک بار الکتریکی که به ذرات داده می‌شود روی فیلترها جدا می‌کنیم. برای ذرات  $10\mu$  به بالا خیلی خوب است و تا % 97 هم جواب می‌دهد ولی تا ذرات  $1\mu$  هم می‌توانیم جداشان کنیم. علت جداسازی، باردار بودن ذرات، چسبیدن آن‌ها به الکترودها و نیروی وزن ذرات می‌باشد. عیب این سیستم برق زیاد مصرف می‌کند و نیاز به پرسنل متخصص دارد.  $\times$  در جداسازی ذرات، قطر ذره و میزان حلالیت آن دو فاکتور بسیار اساسی می‌باشد.

4- اسکرابرها یا گازشوی یا شوینده Scrubber: هم برای جداسازی گازها و هم ذرات کاربرد دارند. به اسکرابرها می‌گویند جداکننده‌های تر یا جمع‌آورنده‌ی تر. در این دستگاه ابتدا ذرات را با مایع خیس می‌کنیم و دوم ذرات

خیس شده را جدا می‌کنیم تا ذرات  $2\mu$  (تا حدود 60%) راندمان حذف خوبی دارد. اگر ریزتر باشد راندمان حذف کمتری دارد. اگر ذرات درشت‌تر شوند راندمان حذف بالاتر می‌رود و تا 90% هم می‌رسد.

اشکال این دستگاه: 1- افت فشار 2- تولید لجن 3- خوردگی

حسن این دستگاه: هم گاز و هم ذره را از یکدیگر جدا می‌کند. گرد و غبار ندارد. هزینه‌ی اولیه‌اش کم است و فضای کمی هم می‌خواهد.

5- صافی‌های کیسه‌ای یا فیلترها یا بگ‌هاوس یا فیلترخانه: فیلتر یک بستر متخلخل است که دارای روزنه‌های ریزی است. هنگام عبور هوای آلوده به ذرات، فیلتر ذرات را از هوا جدا می‌کند و ذرات به فیلتر می‌چسبند. جنس فیلترها می‌تواند از نمد، پارچه، تفلون، فایبرگلاس باشد. راندمان آن‌ها بسیار بالاست و ذرات تا  $5/0\mu$  را به خوبی جدا می‌کند و برای ذرات تا  $01/0\mu$  هم کارایی خوبی دارد.

مدل‌های فیلترهای این دستگاه:

هپا: High efficiency particulate Air

سولپا: Super efficiency particulate Air

اولپا: Ultra efficiency particulate Air

این مدل‌ها پیشرفته‌اند که می‌توانند ذرات تا  $01/0\mu$  را حذف کنند و  $3/0\mu$  را تا 99/97% جدا می‌کنند.

روش کنترل گازها:

گازها: معدنی مثل  $SO_2$

آلی مثل آلدئید

جذب سطحی، جذب به تنهایی، معیان، سوزاندن، انجماد، روش‌هایی که برای کنترل گازها است.

جذب سطحی: روی جامدات عمل جذب انجام می‌شود. از کربن فعال، سیلیکاژل یا آلومینای فعال استفاده می‌شود.

جذب معمولی: جذب روی مایع است.

میعان: کاهش حجم

سوزاندن: یک گاز خطرناک را به گاز کم‌خطر تبدیل می‌کند.

Air Pollution Episodes      حوادث آلودگی هوا:

اثرات	علت	مکان و کشور	زمان وقوع
60 نفر مرگ و میر گله و دام‌ها از بین رفتند.	وجود صنایع شیشه و ذوب فلزات، تولید اسیدسولفوریک اینورژن و $\text{SO}_2$ بالا 9 – 38ppm	در میوز در بلژیک	اوّل دسامبر 1930
20 نفر مرگ و میر 10% جمعیت آسیب دیدند.	صنایع ذوب آهن و تولید 2ppm تا $\text{SO}_2$ 5	دونوانی پنسیلوانیا	26 اکتبر 1948
4000 نفر مردند.	وارونگی دما + مه‌دودسولفور سیندرژیستی $\text{SO}_2$ + ذرات میزان دید به صفر نزدیک شد مقدار $\text{SO}_2$ به 1/35ppm رسید.	لندن	5-9 دسامبر 1952
کاهش دید تا 800 متر و تحریک سیستم تنفسی	مه‌دود فتوشیمیایی (اکسیدکننده) و اینورژن و $\text{O}_3$	لوس آنجلس	نوامبر 1966

### مجموعه تست

1- کدام لایه آتمسفر محل تشکیل ابرهاست ؟

- (1) استراتوسفر (2) یوسفر (3) تروپوسفر (4) یونوسفر

2- در کدام مورد هوا ناپایدار است ؟

- (1) وارونگی دما (2) سوپر آدیاباتیک (3) ایزوترمال (4) آدیا باتیک

3- مهمترین پیامد افزایش میزان ترکیبات کلروفلوروکربن در آتمسفر کدام است ؟

- (1) افزایش غلظت ازن تروپوسفری (2) گرم شدن هوای تروپوسفر  
(3) کاهش شدت تابش پرتوهای ماورا بنفش (4) کاهش غلظت ازن استراتوسفری

4- افزایش غلظت  $CO_2$  در آتمسفر با کدام پدیده مرتبط نیست ؟

- (1) تخریب لایه ازن (2) تغییر اقلیم کره زمین  
(3) تشدید اثر گلخانه ای (4) گرم شدن هوای تروپوسفر

5- کدام مورد از ویژگی های گاز منواکسید کربن محسوب نمی شود ؟

- از جمله گازهای خفه کننده محسوب می شود.  
عامل اصلی تشکیل کربوکسی هموگلوبین است.  
مهمترین آلاینده خروجی از وسایل نقلیه بنزینی است.  
یکی از گازهای گلخانه ای است.

6- کدام مورد آلاینده ثانویه محسوب نمی شود ؟

- (1) ازن (2) پان  
(3) باران اسیدی (4) هیدروکربورهای معطر چند حلقه ای

7- گاز سوز کردن اتومبیلها کدام آلاینده را افزایش می دهد ؟

- (1) اکسیدهای ازت (2) ذرات معلق (3) منواکسید کربن (4) هیدروکربورها

8- ..... عبارتست از انتشار ذرات معلق جامد و مایع در هوا.

1) آئروسل      2) دود      3) فیوم      4) میست

9- برای بیان واژه سینرژیزم در آلودگی هوا کدام عبارت درست است ؟

تشدید پدیده دود - مه فتوشیمیایی در هوای مرطوب

تشدید اثر زیان بار استنشاق گازها و ذرات معلق در هوا.

افزایش تخریب لایه ازن در اثر بالا رفتن ترکیبات مخرب ازن

افزایش آمار مرگ و میر در شرایط وارونگی دما

10- کدام مورد به هنگام استفاده از وسایل حرارتی نفت سوز در محیط بسته بیشتر تولید می شود ؟

1) اکسیدهای ازن      2) دی اکسید کربن      3) ذرات معلق      4) منواکسید کربن

11- امکان ابتلا به سرطان ریه در پی تنفس کدام آلاینده بیشتر است ؟

1) پروکسی استیل نیترات      2) تترا اتیل سرب      3) بنزو آلفا پایرن      4) کلروفلوروکربن

12- ذرات آلاینده هوا از چه طریقی مانع عمل فتوسنتز در گیاهان می شوند ؟

1) اختلال در گردش شیره گیاه      2) پوشاندن سطح برگها

3) جذب توسط ریشه گیاه      4) نفوذ از طریق روزنه های سطح زیرین برگ

-کدام گاز در گروه گازهای خفه کننده قرار دارد ؟

1) CO      2) CH<sub>4</sub>      3) NO<sub>x</sub>      4) SO<sub>2</sub>

14- ویژگیهای "بوی تند"، "محلول در آب"، "اکسید کننده"، "محرک مجاری تنفسی" مربوط به کدام مورد

است ؟

1) ازن      2) دی اکسید ازن      3) دی اکسید گوگرد      4) ئیدروژن سولفور

15- عوامل اصلی در تشکیل دود-مه فتوشیمیایی کدامند ؟

اکسید های ازن، هیدروکربورها، نور خورشید، بخار آب

دود، اکسیدهای ازن، هیدروکربورها، اکسیدانها

نور خورشید، مه، دی اکسید گوگرد، دود

هیدروکربورها، اکسید های ازت، نور خورشید، اکسیدانها



16- کدام مورد بیانگر گروه گازهای گلخانه ای است ؟

- (1)  $\text{CH}_4, \text{H}_2\text{O}, \text{CFC}_s$  (2)  $\text{CFC}_s, \text{CH}_4, \text{CO}_2$   
(3)  $\text{CO}, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$  (4)  $\text{CO}_2, \text{NO}_x, \text{CH}_4$

17- کدام مورد جهت کنترل ذرات ریز خروجی از دودکش کارخانه سیمان بیشتر کاربرد دارد ؟

- (1) های - وول (2) سیکلون (3) اتاقکهای رسوب دهی (4) الکتروفیلتر

18- کدام مکانیسم اساس روش فیلتر اسیون ذرات معلق را تشکیل می دهد؟

- (1) انحلال در محلول جاذب (2) جذب سطحی

(3) چسبندگی در اثر فشار هوا (4) فرونشینی در اثر نیروی ثقل

19- افزایش میزان ازن در ..... و کاهش آن در ..... هردو زیان بار است.

- (1) استراتوسفر، بیوسفر (2) تروپوسفر، استراتوسفر  
(3) استراتوسفر، تروپوسفر (4) تروپوسفر، بیوسفر

20- کدام مورد از ویژگیهای PAN نمی باشد ؟

نقره ای یا براق شدن سطح زیرین برگها در تماس با آن

یکی از اکسیدانهای مهم در دود - مه فتوشیمیائی

حاصل احتراق ترکیبات آلی سنگین در دمای بالا

سوزش چشمها و آبریزش از غشاء مخاطی در تماس با آن

21- دلیل اصلی گرم شدن هوای استراتوسفر چیست ؟

- (1) واکنشهای فتوشیمیائی (2) عدم وجود ابرباد  
(3) افزایش طبیعی دما نسبت به ارتفاع (4) جذب پرتوهای ماوراء بنفش توسط لایه ازن

22- در کدامیک از شرایط زیر آلودگی هوا کاهش می یابد ؟

- (1) ایزوترمال (2) پایدار (3) سوپر آدیاباتیک (4) وارونگی دما

23- شرایطی از آتمسفر که در آن تغییرات دما نسبت به ارتفاع صفر است چه نام دارد ؟

- (1) ایزوترمال (2) انیورژن (3) آدیاباتیک (4) خنثی
- 24- بهترین روش کاهش آلودگی هوای شهر ها کدام است ؟
  - (1) افزایش ناوگان خودروهای عمومی
  - (2) استفاده از بنزین بدون سرب
  - (3) ایجاد فضای سبز
  - (4) ممنوعیت تردد وسایط نقلیه سنگین
- 25- بارزترین اثر گاز دی اکسید کربن در آتمسفر چیست ؟
  - (1) افزایش اکسیژن هوا
  - (2) تشدید پدیده گلخانه ای
  - (3) تخریب لایه ازن
  - (4) تشکیل باران اسیدی
- 26- شاخصهای اصلی کیفیت هوای آزاد عبارتند از:
  - (1) ذرات معلق،  $CO$ ,  $NO_x$ ,  $CO_2$
  - (2)  $SO_2$ ,  $NO_x$ ,  $CO$  ، سرب
  - (3)  $NO_x$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $SO_2$
  - (4)  $NO_x$ ,  $SO_2$ ,  $CO$ ,  $PM_{10}$
- 27- تخریب کلروفیل، کاهش عمل فتوسنتز، بروز دانه های رنگی در سطح برگ و تغییر رنگ زیر برگها از آثار کدام آلاینده هاست ؟
  - (1) اکسیدانها
  - (2) اکسیدهای ازت
  - (3) اکسیدهای گوگرد
  - (4) اکسیدهای سرب
- 28- در سال ..... در شهر ..... پدیده ..... به وقوع پیوست .
  - (1) 1952، لندن، دود- مه فتوشیمیایی
  - (2) 1952، لندن، دود- مه معمولی
  - (3) 1948، دنورا، دود - مه فتوشیمیایی
  - (4) 1930، لس آنجلس، دود - مه معمولی
- 29- در مورد انواع آلاینده ها کدام عبارت درست است ؟
  - 1- بخار آب به صورت گاز در هوا پراکنده می شود.
  - 2- بنزین بصورت میست استنشاق می شود.

3- دود از انواع آئروسلهاست.

4- گازهای ناشی از احتراق فیوم نامیده می شود.

30- در هوای آلوده، کدام گاز بیشترین بخش هوای تنفسی را تشکیل می دهد؟

(1) اکسیژن (2) ازت

(3) دی اکسید کربن (4) منو اکسید کربن

31- کدان عبارت در مورد ذرات نادرست است ؟

ذرات معلق کوچکتر از 10 میکرون هستند.

ذرات قابل استنشاق کوچکتر از 5 میکرون اند.

ذرات قابل فرونشینی بزرگتر از 20 میکرون هستند.

آئروسلهها بزرگتر از 1 میکرون می باشند.

32- مهمترین منبع تولید اکسیدهای ازت در هوای شهرها کدام است ؟

(1) فعالیتهای خانگی (2) وسایط نقلیه دیزلی (3) واحدهای صنعتی (4) وسایط نقلیه گازسوز

33- کدام گزینه پایین ترین نقطه جو را شامل میشود ؟

(1) تروپوسفر (2) استراتوسفر (3) مزوسفر (4) یونوسفر

34- واکنش دود – مه فتوشیمیایی عبارتست از ترکیب:

اکسیدهای ازت و هیدروکربورها به طریق فتوشیمیائی در هوای مرطوب

اکسیدهای ازت و هیدروکربورها زیر نور خورشید

کربن و ازت با تابش نور خورشید و وجود رطوبت

هیدرو کربورها و اکسیدهای ازت و تشکیل اکسیدانها

35- بیشترین بخش اکسیدانها را چه ترکیبی نشان می دهد؟

(1) اکسیدهای ازت (2) ازن (3) پان (4) هیدروکربورها

36- فرسودگی محصولات لاستیکی و تخریب مصالح آهکی به ترتیب مربوط به کدام آلاینده هاست؟

(2) پان و بارانهای اسیدی

(4) دود - مه فتوشیمیایی

(1) ازن و دی اکسید گوگرد

(3) دی اکسید گوگرد و پان

37- کدام ترکیب با حل شدن در رطوبت مخاط موجب تحریک مجاری فوقانی تنفس می شود ؟

- (1) ازن (2) ذرات معلق (3) دی اکسید گوگرد (4) دی اکسید ازن

38- در مورد دود - مه سولفور کد ام عبارت نادرست است ؟

- (1) به دود- مه لندن نیز معروف است.  
(2) در این شرایط آتمسفر اکسیدکننده است.  
(3) منبع اصلی آن مصرف سوختها ی فسیلی است.  
(4) یکی از ترکیبات ثانویه آن باران اسیدی است.

39- برای کنترل آلودگی هوا، سیکلونها بر چه اساس کار می کنند؟

- (1) جذب سطحی (2) خاصیت ته نشینی (3) واکنش انحلال (4) نیروی گریز از مرکز

40-  $PM_{10}$  یعنی:

- (1) ذرات بزرگتر از 10 میکرون (2) ذرات برابر 10 میکرون  
(3) ذرات کوچکتر از 10 میکرون (4) ذراتی که بیش از 10 دقیقه در هوا معلق می مانند.

41- نتیجه افزایش گاز ازن در تروپوسفر کدام مورد است ؟

- (1) تشکیل مه - دود فتوشیمیایی (2) تشدید آلودگی هوا  
(3) ترمیم لایه ازن (4) وارونگی دما

42- مهمترین ترکیب مولد باران اسیدی چیست ؟

- (1) دی اکسید گوگرد (2) دی اکسید ازن (3) دی اکسید کربن (4) هیدروکربورها

43- انتشار ذرات و بخارات ترکیبات اسیدی در هوا به چه صورت است ؟

- (1) آئرو سل (2) فیوم (3) گاز (4) میست

44- آئروسل چیست ؟

- (1) پراکندگی ذرات ریز جامد و مایع در هوا  
(2) پراکندگی ذرات ریز دود در هوا  
(3) ذرات معلق کربن نسوخته در هوای مرطوب  
(4) گرد و غبار ریز

45- ذرات معلق در هوا عمدتاً حدود چند میکرون هستند؟

- (1) کمتر از 5 (2) 5 (3) کمتر از 10 (4) بیشتر از 10

46- کدام عبارت بیانگر مفهوم سینرژیسم است ؟

تشدید پدیده کاهش ازن در اثر آلودگی هوا

تشدید واکنشهای فتوشیمیایی در حضور نور خورشید

تشدید اثر پدیده گلخانه ای

تشدید اثر آلودگی هوا در شرایط وارونگی دما

47- کدام آلاینده می تواند اثر سرطان زائی داشته باشد ؟

- (1) ازن (2) بنزواپایرن (3) پان (4) پودر سیلیس

48- اثر زیان بار PAN در گیاهان عمدتاً به چه صورت مشاهده می شود ؟

بروز نقطه های صورتی یا بی رنگ بر سطح برگ

سوختگی و پلاسیدگی حاشیه برگها

نقره ای و براق شدن سطح زیرین برگ

نکروز بین رگبرگها و اسکلتی شدن برگ

49- در صورت بهترین کارکرد موتور، چه ترکیباتی از خودروهای دیزلی بیشتر از خودروهای بنزینی در هوا

انتشار می یابد ؟

- (1) اکسیدهای ازت و دی اکسید گوگرد (2) دی اکسید کربن و سرب

- (3) منو اکسید کربن و دی اکسید گوگرد (4) هیدروکربورهای نسوخته و منو اکسید کربن

50- کدام گروه از ترکیبات زیر بیانگر آلاینده های ثانویه ناشی از واکنشهای مه دود فتوشیمیایی هستند؟

- (1) HC, PAN, NO<sub>x</sub> (2) O<sub>3</sub> و فرم آلدئید و PAN

- (3) NO<sub>x</sub>, O, PAN (4) O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, HC

51- کدامیک از آلاینده های زیر مسبب اصلی تحریک مجاری فوقانی تنفس است ؟

CO (1) NO<sub>x</sub> (2) SO<sub>2</sub> (3) PAH (4)

52- کدام آلاینده هوا مسبب اصلی فرسودگی لاستیک اتومبیلهاست ؟

(1) ازن (2) اکسیدهای ازت

(3) پروکسی استیل نیترات (4) دی اکسید گوگرد

53- در رابطه با حوادث ناگوار آلودگی هوا کدام عبارت درست است ؟

وارونگی دما و آتمسفر به شدت اکسید کننده عوامل اصلی حادثه لندن بودند.

مه دود سولفور از متداول ترین پدیده های آلودگی هوا در شهر لس آنجلس است.

منو اکسید کربن و ذرات معلق عوامل اصلی حادثه دنو را در سال 1925 بودند.

نخستین حادثه ثبت شده در رابطه با مه دود مربوط به سال 1930 در دره میوز بلژیک است.

54- در چه شرایطی آتمسفر به شدت اسیدی است ؟

(1) پایداری هوا (2) مه دود سولفور

(3) مه دود فتوشیمیایی (4) وارونگی هوا

55- کدام گروه از ترکیبات زیر آلاینده های شاخص آلودگی هوا را نشان می دهد ؟

(1) SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO (2) Hc و ذرات معلق و PAN

(3) اکسیدانها و N<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub> (4) ذرات معلق و CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>

56- مانومتر کدامیک از عوامل هوا را اندازه می گیرد ؟

(1) دما (2) رطوبت (3) فشار (4) سرعت جریان

57- دستگاه Dust – fall برای نمونه برداری از چه نوع آلاینده هائی توصیه می شود؟

(1) ذرات معلق در هوای کارگاهها (2) ذرات قابل ته نشینی

(3) ذرات معلق در هوای آزاد (4) گازها

58- کنترل آلاینده های گازی توسط شوینده تر بر اساس چه ویژگی گاز صورت می گیرد ؟

(1) اکسیداسیون – احیاء (2) جذب سطحی (3) میعان (4) واکنش انحلال

59- کدام ترکیب بیشترین اثر را در تشدید پدیده گلخانه ای دارد ؟

(1) بخار آب (2) کلروفلوروکربن (3) دی اکسید کربن (4) منو اکسید کربن

60- کدام مورد شرایط لازم برای انجام واکنشهای مه دود فتوشیمیائی را نشان می دهد ؟

نور خورشید، بخار آب، هیدروکربورها، ازن

هیدروکربورها، اکسیدهای گوگرد

هیدروکربورها، اکسیدهای ازن، نور خورشید، ازن

اکسیدهای ازن، هیدروکربورها، نور خورشید، بخار آب

61- در کدام لایه جو با افزایش ارتفاع دما بصورت طبیعی کاهش می یابد ؟

(1) ازنوسفر (2) استراتوسفر (3) ترموسفر (4) تروپوسفر

62- در کدام حالت وضعیت هوا پایدار است ؟

(1) آدیاباتیک (2) ایزوترمال (3) خنثی (4) سوپر آدیاباتیک

63- کدام ترکیب با تشدید پدیده گلخانه ای ارتباطی ندارد ؟

(1) Co (2) Co<sub>2</sub> (3) CH<sub>4</sub> (4) H<sub>2</sub>O

64- مفهوم واژه " سینرژیزم " عبارتست از:

افزایش شدید اثر چند آلاینده در حضور یکدیگر

تشکیل آلاینده های ثانویه از ترکیبات اولیه

تشدید واکنشهای بین آلاینده ها در هوا

تأثیر متقابل آلاینده ها بر یکدیگر در هوا

65- اسید کرومیک به چه صورت استنشاق می شود ؟

(1) بخار (2) گاز (3) فیوم (4) میست

66- کدام ترکیب در گروه اکسیدانها قرار ندارند ؟

(1) ازن (2) بنزوآلفاپیرن

(3) پروکسی استیل نیترات (4) پروکسیدهای آلی

67- کدام آلاینده در نتیجه مصرف بنزین سوپر نسبت به گازوئیل بیشتر تولید می شود ؟



- (1) سرب (2) دی اکسید گوگرد  
(3) ذرات معلق (4) هیدروکربورهای سرطانزا  
68- آلاینده های خروجی از اگزوز اتومبیلها در چه حالتی از کارکرد موتور به حداقل خود می رسند ؟

- (1) درجا (2) شتاب مثبت (3) شتاب منفی (4) شتاب ثابت

69- دودمه فتوشیمیائی عبارتست از:

مجموعه ای از ذرات معلق و گازهای آلاینده تحت تأثیر نور خورشید  
مجموعه ای از هیدروکربورها و اکسیدهای ازت در هوای مرطوب  
مجموعه ای از آلاینده های اولیه و ثانویه در هوای مرطوب  
واکنش بین هیدروکربورها و اکسیدهای ازت تحت تأثیر نور خورشید

70- ترکیب اصلی فعال در مه دود فتوشیمیائی کدام است ؟

- (1)  $SO_2$  (2) Co (3)  $O_3$  (4) PAN

71- عوامل اصلی رویداد حادثه ناگوار سال 1952 لندن کدامند ؟

- (1) اینورژن، هیدروکربورها، مه و دی اکسید گوگرد (2) دود، دی اکسید گوگرد، مه، اینورژن  
(3) دی اکسید گوگرد، منو اکسید کربن، دود و نور خورشید (4) ذرات معلق، منو اکسید کربن، اکسیدهای ازت، مه

72- کدام مورد به اثر اکسیدانها بر گیاهان کمترین ارتباط را دارد ؟

بروز دانه های ریز صورتی یا بی رنگ بر سطح برگ  
تخریب کلروفیل و کاهش عمل فتوسنتز  
سوختگی حاشیه برگ و پژمردگی گیاه  
نقره ای یا براق شدن سطح زیرین برگ

73- مشخص ترین اثر گاز  $SO_2$  کدام است ؟

- (1) اختلال در تنفس و خفگی (2) تحریکات مجاری فوقانی تنفسی

- (3) سرطان ریه (4) کاهش اکسیژن خون

74- کدام وسیله در اندازه گیری ذرات کاربرد ندارد ؟

1) پمپ Hi-vol      2) Dust fall gare      3) لوله آشکار ساز      4) مامبران فیلتر

75- کدام وسیله در کنترل ذرات معلق ریز بیشترین بازدهی را دارد ؟

- (1) اتاقک فرونشینی ذرات (2) برج شوینده تر (3) سیکلون (4) فیلتر کیسه ای فابریکی

76- مهمترین آلاینده خروجی از دودکش نیروگاههای دیزلی کدام است ؟

- (1)  $\text{No}_x$  (2)  $\text{So}_2$  (3) Co (4)  $\text{PM}_{10}$

77- سرب خروجی از اگزوز اتومبیلها عمدتاً به کدام شکل است ؟

- (1) اکسید سرب (2) تترا اتیل سرب (3) تترا متیل سرب (4) سرب فلزی

78- کدامیک جهت سنجش غلظت " ذرات سیاه کننده هوا " کاربرد دارد ؟

- (1) دستگاه جار (2) محلولهای جاذب (3) رفلکتومتر (4) های وول

79- مهمترین کانون " Emission " کدام است ؟

- (1) وسایط نقلیه (2) موتورهای دیزلی (3) سیکلون ها (4) دودکش ها

80- کلروفلوئوروکربن موجب تخریب لایه ازن در کدام می شود ؟

- (1) استراتوسفر (2) تروپوسفر (3) ترموسفر (4) مزوسفر

81- در کدام لایه جو با افزایش ارتفاع دما بصورت طبیعی افزایش می یابد ؟

- (1) مزوسفر (2) استراتوسفر (3) بیوسفر (4) تروپوسفر

82- در کدام حالت وضعیت هوا ناپایدار است ؟

- (1) آدیاباتیک (2) ایزوترمال (3) سوپر آدیاباتیک (4) وارونگی دما

83- کدام ترکیب با تخریب لایه ازن ارتباطی ندارد ؟

- (1) پروکسی استیل نیترات (2) فرئون (3) کلروفلورکربن (4) کلر فعال

84- کدام مورد بیانگر مفهوم " سینرژیزم " در آلودگی هواست ؟

(1) تشدید اثر تنفس گازهای سمی جذب شده بر سطح ذرات معلق

(2) تشدید اختلالات ذهنی کودکان در هوای آلوده

(3) تشدید شرایط وارونگی دما در فصول سرد

4) تشدید غلظت آلاینده های اولیه و ثانویه در مه دود فتوشیمیایی

85- PH طبیعی باران در چه حدودی است ؟

(1) 7/5- 8/5 (2) 6/5-7/5 (3) 7 (4) 5/5

86- کدام ترکیب بصورت گاز استنشاق می شود ؟

(1) اسیدسیانیدریک (2) بنزوآلفاپیرن (3) بنزن (4) کلروفلورومتان

87- بنزن به چه صورت استنشاق می شود ؟

(1) بخار (2) گاز (3) فیوم (4) میست

88- گازهای گلخانه ای به کدام علت، موجب افزایش دمای اطراف زمین می شوند ؟

(1) جذب اشعه ماوراء بنفش خورشید (2) جذب اشعه مادون قرمز منعکس شده از زمین

(3) عبور دادن اشعه مادون قرمز منعکس شده از زمین (4) عبور دادن اشعه ماوراء بنفش خورشید

89- کدام ترکیب در گروه هیدروکربورهای معطر چند حلقه ای قرار ندارند ؟

(1) آنتراسن (2) بنزو آلفا پیرن (3) پروکسی اسیتل نیترات (4) نفتالین

90- گاز سوز کردن اتومبیلها چه ترکیبی را نسبت به سوخت بنزین افزایش می دهد ؟

(1)  $SO_2$  (2)  $NO_x$  (3) Co (4) هیدروکربورها

91- آلاینده های خروجی از اگزوز اتومبیلها در چه حالتی از کارکرد موتور به حد اکثر خود می رسند ؟

(1) در جا (2) شتاب ثابت (3) شتاب منفی (4) شتاب مثبت

92- دود – مه عبارتست از پراکندگی ..... است.

(1) آلاینده ها در هوای مرطوب (2) ذرات ریز مایع و جامد در هوای مرطوب

(3) ذرات ریز کربن و گازها در هوای مرطوب (4) ذرات جامد در فاز گاز

93- عوامل اصلی تشکیل مه – دود لس آنجلس کدامند ؟

(1) اکسیدهای ازت، هیدرو کربونها، مه و نور خورشید

(2) هیدرو کربونها، دی اکسید گوگرد، دود و نور خورشید

3) نور خورشید، مه، اکسیدهای ازت و اکسیدانها

4) مه، دود، نور خورشید و اکسیدانها

94- تخریب کلروفیل، کاهش عمل فتوسنتز و ظهور دانه های رنگی بر سطح برگ از علائم کدام آلاینده است ؟

NO<sub>x</sub> (1) SO<sub>2</sub> (2) PAN (3) O<sub>3</sub> (4)

95- کدامیک از گازها در پیدایش پدیده گلخانه ای تأثیری ندارد ؟

(1) بخار آب (2) دی اکسید گوگرد (3) دی اکسید کربن (4) متان

96- بارزترین اثر گاز دی اکسید کربن کدام است ؟

(1) تغییر رنگ سطوح رنگی (2) تخریب سنگهای آهکی

(3) فرسودگی محصولات لاستیکی (4) زنگ زدن فلزات

97- مشخص ترین اثر PAN بر انسان کدام است ؟

(1) اختلال در تنفس و خفگی (2) سرطان ریه

(3) حساسیت مجاری فوقانی تنفسی (4) تحریکات و سوزش چشم

98- کدام مورد بیانگر شاخصهای اصلی کیفیت هوا نیست ؟

PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> (1) Co, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> (2)

CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> (3) Co, Hc, NO<sub>x</sub> (4)

99- کدام وسیله در اندازه گیری گازها کاربرد ندارد ؟

(1) ایمپینچر (2) پمپ دستی دراگر (3) پمپ Hi-vol (4) لوله آشکارساز

100- کدام وسیله در کنترل مخلوط گازها و ذرات بیشترین بازدهی را دارد ؟

(1) فیلتر کیسه ای (2) گاز شوی (3) سیکلون (4) الکتروفیلتر

101- کدام عامل در افزایش دمای استراتوسفر تأثیر قابل توجه دارد ؟

(1) وجود گازهای گلخانه ای (2) کاهش فشار هوا

(3) جذب پرتوهای مادون قرمز (4) جذب اشعه UV توسط مولکولهای O<sub>3</sub>

102- کدامیک از موارد زیر موجب تشدید آلودگی هوا می شود ؟

- (1) پایداری هوا      (2) شرایط آدیاباتیک      (3) ناپایداری هوا      (4) وجود جبهه های کم فشار

103- بهترین روش پیشگیری از آلودگی هوا در صنایع کدام است ؟

- (1) ایجاد فضای سبز
- (2) انتقال صنایع
- (3) استفاده از سوخت و مواد اولیه پاک
- (4) نصب دستگاههای کنترل آلاینده ها

104- بارزترین اثر ترکیبات کلروفلوروکربن چیست ؟

- (1) افزایش دمای هوا
- (2) تخریب لایه ازن
- (3) تشکیل بارانهای اسیدی
- (4) تشدید پدیده گلخانه ای

105- کدام عبارت درست است ؟

- استاندارد اولیه بیانگر حد مجاز آلاینده هاست.
- استاندارد اولیه بیانگر حد مطلوب آلاینده هاست.
- استاندارد ثانویه بیانگر حد مجاز آلاینده هاست.
- همیشه ارقام استاندارد اولیه از استاندارد ثانویه کمتر است.

106- سوختگی حاشیه برگ و نکروزبین رگبرگها از آثار کدام آلاینده هاست ؟

- (1) اکسیدانها
- (2) اکسیدهای گوگرد
- (3) اکسیدهای سرب
- (4) ذرات معلق

107- پدیده دود - مه ..... در سال ..... در شهر ..... بوقوع پیوست.

- (1) معمولی - 1930 - میوز
- (2) معمولی - 1948 - دنورا
- (3) فتوشیمیایی - 1952 - لندن
- (4) فتوشیمیایی - 1965 - لس آنجلس

108- در مورد انواع آلاینده ها کدام عبارت نادرست است ؟

- اسیدها ی معدنی به صورت میست استنشاق می شوند.
- آلاینده های حاصل از ذوب فلزات را فیوم می نامند.
- بنزن به صورت بخار در هوا انتشار می یابد.
- دوده از انواع آئروسلهاست.

109- در شهرهای پر ترافیک بالاترین درصد کدام گاز در هوای تنفسی وجود دارد ؟

Co (1)

Co<sub>2</sub> (2)

N<sub>2</sub> (3)

O<sub>2</sub> (4)

110- کدام عبارت در مورد ذرات درست است ؟

ذرات کوچکتر از 5 میکرون را قابل استنشاق می نامند.

ذرات معلق بزرگتر از 5 میکرون می باشند.

ذرات قابل فرونشینی از 10 تا 20 میکرون هستند.

آئروسولها بزرگتر از 1 میکرون اند.

111- مهمترین منبع انتشار هیدروکربورها در هوای شهر چیست ؟

پمپ بنزین ها (1)

فعالیت های خانگی (2)

وسایط نقلیه موتوری (3)

واحدهای بزرگ صنعتی (4)

112- اتومبیلها در ..... کمترین و در ..... بیشترین آلودگی را دارند.

(1) کارکرد درجا - حرکت مداوم (2) شتاب صفر - کارکرد در جا

(3) خاموش - شتاب منفی (4) حرکت مداوم - شتاب مثبت

113- دود- مه معمولی عبارتست از:

(1) انتشار آلاینده های ناشی از احتراق سوخته های فسیلی سنگین در هوای مرطوب

(2) انتشار آلاینده های ناشی از احتراق ناقص در شرایط اینورژن

(3) تشکیل آلاینده های ثانویه فتوشیمیایی در هوای مرطوب در شرایط وارونگی دما

(4) واکنش بین اکسیدهای ازت و هیدروکربورها در هوای مرطوب

114- کدام آلاینده می تواند سرطانزا باشد ؟

پان (1)

(2) کلروفلوئوروکربن

(3) پرتوهای ماوراء بنفش (4) هیدروکربورهای معطر چند حلقه ای



115- تخریب سنگهای آهکی و فرسودگی لاستیک اتومبیلها به ترتیب مربوط به کدام آلاینده هاست ؟

- (1) اکسیدانها
- (2) ازن و باران اسیدی
- (3) دی اکسید گوگرد و اکسیدانها
- (4) دی اکسید گوگرد و پان

116- در مورد دود - مه فتوشیمیایی کدام عبارت نادرست است ؟

- (1) به دود- مه لس آنجلس معروف است.
- (2) در این شرایط آتمسفر به شدت اسیدی است.
- (3) عامل اصلی آن وسایط نقلیه موتوری است.
- (4) یکی از ترکیبات ثانویه آن ازن است.

117- کدام وسیله در اندازه گیری غلظت گازها به کار می رود ؟

- (1) بارومتر
- (2) فلومتر
- (3) گازمتر
- (4) لوله آشکارساز

118- برای کنترل آلودگی هوا، الکتروفیلترها بر چه اساس کار می کنند؟

- (1) جذب سطحی
- (2) جریان الکترومغناطیس
- (3) خاصیت چسبندگی
- (4) فیلتراسیون

119- کدام گروه گاز گلخانه ای محسوب می شوند ؟

- (1)  $CH_4, Co, No_x$
- (2)  $O_3, Co, CFC_s$
- (3)  $CFC_s, CH_4, Co_2$
- (4)  $H_2O, Co_2, So_2$

120-  $PM_{2/5}$  یعنی:

- (1) ذرات کوچکتر از  $2/5$  میکرون
- (2) ذرات بزرگتر از  $2/5$  میکرون
- (3) ذرات برابر  $2/5$  میکرون
- (4) ذرات قابل استنشاق

### پاسخنامه تشریحی

(1) گزینه ی (3) صحیح است.

تروپوسفر پایین ترین منطقه جو می باشد که ارتفاعی حدود 12 Km دارد.

و تمام پدیده های جوی، باران، باد، رعد و برق و طوفان در این لایه رخ می دهد

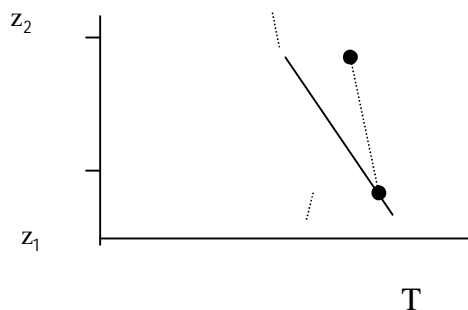
(2) گزینه ی (2) صحیح است.

طبق شکل زیر مشاهده می شود که حرکت هوا باعث ایجاد دمایی بیشتر از دمای

محیط اطراف میشود و بنابراین وزن مخصوص توسط هوای بالارونده کمتر از هوای

محیطی میشود و در نتیجه حرکت هوا به سمت بالا ادامه می یابد که چنین هوایی

ناپایدار می باشد.



(3) گزینه ی (4) صحیح است.

کلروفلوئوروکربن ها که همان CFC ها هستند از گازهای مهم تخریب کننده لایه

ازن می باشند چون رادیکال آزاد کلر را ایجاد می کنند و نیز در برابر واکنشهای

شیمیایی مقاوم هستند و به راحتی از بین نمی روند.

(4) گزینه ی (1) صحیح است.

CO<sub>2</sub> یکی از گازهای گلخانه ای می باشد که اشعه های بازتابنده شده از زمین را

جذب می کند و به زمین بر میگردد و موجب گرم شدن زمین می شود ولی هیچ

تأثیری روی لایه ازن ندارد.

(5) گزینه ی (4) صحیح است.

CO به راحتی با هموگلوبین ترکیب میشود و کربوکسی هموگلوبین را بوجود می آورد همچنین گازی بیرنگ و بی بو و خفه کننده می باشد که در بنزین و سایر نقلیه وجود دارد ولی جزء گازهای گلخانه ای نمی باشد.

(6) گزینه ی (4) صحیح است.

هیدروکربورهای چند حلقه ای مستقیماً از محل روغن سیستم سوخت رسانی تولید و منتشر میشوند ولی PAN یا پروکسی استیل نیترات که محرک چشم می باشد و از ن در فرایند مه دود فتوشیمیایی تولید میشوند و نیز باران اسیدی از ترکیب  $SO_3$  و  $NO_3$  که خود آلاینده نوع اول هستند با آب تولید میشوند و آلاینده ثانویه نامیده میشوند.

(7) گزینه ی (1) صحیح است.

با سوزاندن گاز طبیعی مقادیر اکسیدهای ازت و  $SO_x$  و CO و HC تولید میشود.

(8) گزینه ی (1) صحیح است.

آئروسول عبارتست از دو کلمه اثر به معنای محیط و سل به معنای ذرات زیر غبار و میکروسکوپی که به معنای پراکنده شدن ذرات ریز میکروسکوپی جامد یا مایع در محیط گازی می باشد.

(9) گزینه ی (2) صحیح است.

سینرژیزم به معنای تشدید است که در آن دو یا چند ماده بطور توأم عمل می کنند که این مجموع عمل بیشتر از عمل تک تک آن ها می باشد که توسط گازهایی چون  $SO_x$  تولید میشود.

(10) گزینه ی (1) صحیح است.

اکسیدهای ازت در بین سایر گزینه ها به میزان بیشتر و مقدار  $4/8$  درصد از وسایط نفت سوز در محیط در بسته تولید میشود.

(11) گزینه ی (3) صحیح است.

بنزوآلفا پیرن (Benzo  $\alpha$  pyrene) یک هیدروکربوعطری می باشد که جذب ذرات معلق هوا میشود و باعث سرطان ریه میشود و به صورت مولکولهای آزاد یافت می شوند.

(12) گزینه ی (4) صحیح است.

روزنه ها منافذی هستند که در سطح تحتانی برگها واقع اند و گازها و دیگر آلاینده ها از طریق آنها می توانند وارد شوند و یا در فتوسنتز شرکت کنند یا مانع از روند آن شوند.

(13) گزینه ی (1) صحیح است.

هم گزینه 1 و هم گزینه 2 جزء گازهای خفه کننده هستند ولی منو اکسید کربن، با اسید سولفوریک و سیانورها جزء گازها و مواد خفه کننده شیمیایی هستند ولی متان ، اتان، استیلن و انیدرید کربنیک جزء مواد خفه کننده ساده هستند و در سؤال باید نوع ماده خفه کننده ذکر شود.

(14) گزینه ی (2) صحیح است.

گزینه 1 و گزینه 3 بی بو هستند دی اکسید ازت قهوه ای مایل به قرمز است و بوی تندی دارد و اکسید کننده و تبدیل به  $O_2$  میشود و محرک دستگاه تنفسی می باشد.

(15) گزینه ی (1) صحیح است.

نور خورشید بر روی اکسیدهای ازت ( $NO_x$ ) اثر گذاشته و بخار آب و هیدروکربورها هم تاثیراتی در این فرایند دارند.

(16) گزینه ی (2) صحیح است.

در گروه گازهای گلخانه ای می توان دی اکسید کربن، متان و بخار آب را در نظر گرفت ولی از نظر سهم این گازها می توان ابتدا  $CO_2$  را دارای بیشترین مقدار دانست سپس کلروفلوروکربنها (CFC) ها و سپس متان که کمترین سهم را در گازهای گلخانه ای دارند.

(17) گزینه ی (4) صحیح است.

الکتروفیلتر ها بازده خیلی بالایی برای بازیابی مواد در حال خشک دارند ولی

سیکلون ها وقتی بکار می روند که کارایی خیلی مهم نباشد و برای خرده های

کوچکتر از ده  $\mu$  مفید نیستند.

(18) گزینه ی (3) صحیح است.

هنگام ورود هوای حاوی ذرات در فیلترهای کیسه ای دستگاه مکش این هوا را از داخل فیلترهای کیسه ای می مکد و در

نتیجه عبور هوا ذرات گردو غبار هوا به سطح داخلی کیسه ها می چسبند.

(19) گزینه ی (2) صحیح است.

ازن و افزایش آن در تروپوسفر به عنوان یک آلاینده به حساب می آیند که تحت فرایند مه دود فتوشیمیایی بوجود می

آید البته به همراه PAN که ازن و PAN اکسیدانهای فتوشیمیایی نامیده میشوند ولی ازن در استراتوسفر که البته در

همین لایه

هم تشکیل شده بسیار برای موجودات مفید است و از ورود اشعه ماوراء بنفش خورشید به زمین جلوگیری می نماید.

(20) گزینه ی (3) صحیح است.

این ترکیب به همراه ازن از تولیدات مه دود فتوشیمیایی است و اکسیدان شیمیایی نامیده میشود و طبق گزینه 3

حاصل احتراق ترکیبات آلی سنگین در دمای بالا نمی باشد.

(21) گزینه ی (4) صحیح است.

ازن در استراتوسفر وظیفه جذب اشعه ماوراء بنفش را به عهده دارد که البته این کار به حفظ دما و همچنین گرم کردن

این لایه خیلی کمک می کند استراتوسفر بدلیل حضور  $O_3$  همیشه دارای دمای ثابت است.

(22) گزینه ی (3) صحیح است.

در شرایط سوپر آدیاباتیک اتمسفر حالت ناپایدار دارد و مواد آلوده کننده از ناحیه و منبع تولیدشان دور میشوند و این

مسئله خود آلودگی را کاهش میدهد ولی در شرایط ایزوترمال وضع اتمسفر پایدار و ثابت است و جریان صعودی هوا

ایجاد نمیشود و مواد هم پراکنده نمیشوند در پدیده وارونگی آلاینده ها حرکت عمودی ندارند و نزدیک سطح زمین باقی

می مانند.

(23) گزینه ی (1) صحیح است.

ایزوترمال شرایط یکنواخت و پایدار اتمسفر است و در نتیجه میزان انحراف آزاد هم به این دلیل صفر می باشد و هیچ تغییر دمایی مشاهده نمیشود.

(24) گزینه ی (1) صحیح است.

(25) گزینه ی (2) صحیح است.

$CO_2$  در بین گازهای گلخانه ای بیشترین مقدار را دارد و به همین دلیل اشعه خورشید را به صورت مادون قرمز بیشتر جذب می کند و بیشتر به زمین برمی گرداند و باعث گرمای بیشتر در جو میشود ولی بر اشعه ورودی خورشید تاثیری ندارد.

(26) گزینه ی (4) صحیح است.

دی اکسید کربن و سرب (pb) از شاخص های اصلی هوا نیستند.

(27) گزینه ی (1) صحیح است.

اکسیدانها شامل ازن و PAN می باشند که اکسیدان های شیمیایی هستند و پیری زودرس، ایجاد لکه های زیرسطح فوقانی برگ و کاهش رشد، سفید و قهوه ای شدن سطح زیرین برگ از علائم تخریب کننده توسط ازن و نقره ای و براق شدن سطح تحتانی برگها و اختلال در جذب  $CO_2$  و اختلال در فتوسنتز از علائم تخریب کننده توسط PAN می باشند.

(28) گزینه ی (2) صحیح است.

(29) گزینه ی (3) صحیح است.

دود و مه و میست از انواع آئروسل می باشند چون تعریف آئروسل یعنی پراکندگی ذرات میکروسکوپی جامد یا مایع در محیط گازی.

(30) گزینه ی (2) صحیح است.

نیترژن در ترکیب اصلی هوا میزان 78% را شامل میشود که در مقایسه با دیگر گازها میزان بالاتری میباشد و مونو اکسید کربن و دی اکسید کربن و دیگر گازها به میزان کمتری در هوا به خصوص هوای آلوده وجود دارند.

(31) گزینه ی (4) صحیح است.

تشریح گزینه نادرست: آئروسل ها شامل یک مولکول کوچک (باقطر 0/002 میکرون) تا ذره ای با قطر 500 میکرون می باشند.

(32) گزینه‌ی (4) صحیح است.

سوختن گاز تولید محصولاتی چون  $HC, CO, SO_x$  را می‌نماید که این مقادیر جزئی هستند ولی اکسید ازت به مقدار زیادی تولید میشود ولی منابع اولیه تولید اکسید ازت وسایط نقلیه و ایستگاه‌های تولید نیرو هستند.

(33) گزینه‌ی (1) صحیح است.

(34) گزینه‌ی (2) صحیح است.

نور خورشید بر روی  $NO_x$  (اکسید ازت) و هیدروکربورها ی خارج شده از لوله‌های موتور ماشین‌ها تاثیر میگذارد و مه‌دود فتوشیمیایی به رنگ قهوه‌ای مایل به قرمز تولید می‌کند.

(35) گزینه‌ی (2) صحیح است.

(36) گزینه‌ی (1) صحیح است.

بطور عمده ترک خوردگی و فاسد شدن لاستیک‌ها تحت اثر ازن‌ها می‌باشد در طبیعت سنگ آهک ( $CaCO_3$ ) و دولومیت ( $MgCO_3, CaCO_3$ ) که جزء سنگهای ساختمانی هستند تحت تاثیر اسید سولفوریک که از واکنش  $SO_3$  و آب بوجود می‌آید و نیز تحت تاثیر دی اکسید گوگرد خورده میشوند.

(37) گزینه‌ی (3) صحیح است.

ازن تحریک کننده مجاری فوقانی - تحتانی تنفس می‌باشد اکسیدهای ازت نیز محرک مجاری تحتانی تنفسی هستند ولی  $SO_2$  محرک مجاری فوقانی تنفسی می‌باشد.

(38) گزینه‌ی (2) صحیح است.

در مه - دود سولفور لندن اتمسفر بدلیل تولید  $SO_2$  ناشی از مصرف سوختهای فسیلی کاملاً اسیدی بوده و نمی‌توانسته که به عنوان اکسیدکننده عمل کند و نیز در این شرایط باران‌های اسیدی تولید می‌شده است و اکسیدهای ازت در تولید اینگونه

باران‌ها در درجه دوم اهمیت قرار دارد.

(39) گزینه‌ی (4) صحیح است.

سیلکون جدا کننده‌های گریز از مرکز هستند که توسط نیروی گریز از مرکز ذرات سنگین را به جداره سیلکون پرتاب می‌کنند.

(40) گزینه‌ی (3) صحیح است.

PM<sub>10</sub> به ذرات کوچکتر از 10 میکرون گفته میشود که می توانند وارد منافذ تنفسی شوند.

Particle matter less Than 10 microne PM<sub>10</sub> =

(41) گزینه‌ی (1) صحیح است.

ازن و PAN محصولات مه دود فتوشیمیایی هستند که اکسید کننده بوده و افزایش ازن در تروپوسفر نتیجه تشکیل مه دود فتو شیمیایی می باشد.

(42) گزینه‌ی (1) صحیح است.

So<sub>3</sub> یا دی اکسید گوگرد با آب ترکیب شده و تولید اسید سولفوریک یا باران های اسیدی را می نماید.

(43) گزینه‌ی (4) صحیح است.

پراکندگی رقیق قطرات آب با تراکم کم و اندازه کافی برای ته نشین شدن را، میست می گویند. اسید سولفوریک یکی از آئروسول هاست که آب را جذب کرده و تولید میست اسید سولفوریک می کند که بسیار مضر می باشد.

(44) گزینه‌ی (1) صحیح است.

(45) گزینه‌ی (3) صحیح است.

ذرات معلق ذراتی در حدود (0/1-10 میکرون) هستند.

(46) گزینه‌ی (2) صحیح است.

(47) گزینه‌ی (2) صحیح است.

بنزو آلفا پیرن یک ماده شیمیایی سرطان زاست که از احتراق ناقص مواد آلی تولید میشود و بسیار آلوده کننده می باشد.

(48) گزینه‌ی (3) صحیح است.

از بین رفتن کلروپلاست و پلاسمولیز، نقره ای و براق شدن سطح زیرین برگها، اختلال در جذب Co<sub>2</sub> و فتوسنتز از جمله اثرات زیان بار PAN می باشد.

(49) گزینه‌ی (1) صحیح است.



سوخت خودروهای دیزلی شامل: اکسیدهای ازت، ذرات، اکسیدهای گوگرد،  $\text{CO}_2$ ، هیدروکربورها، آلدئیدها و ستن ها می باشد.

سوخت خودروهای بنزینی شامل: آلاینده های هیدروکربورها،  $\text{CO}_2$ ،  $\text{CO}$ ، اکسیدهای ازت آلدئید و ستن است.

(50) گزینه ی (2) صحیح است.

در گزینه های 1 و 3 و 4 اثری از آلاینده نوع اول مانند  $\text{NO}_x$  دیده میشود ولی در گزینه 2 همه آلاینده ثانویه هستند چون از ترکیب یک آلاینده نوع اول و تابش نور خورشید بوجود آمده اند.

(51) گزینه ی (3) صحیح است.

اکسیدهای گوگرد از جمله محرکهای مجاری فوقانی تنفسی هستند.

(52) گزینه ی (1) صحیح است.

ازن با اثر بر روی باندهای مضاعف پلیمر هیدروکربن در لاستیک باعث ترک خوردگی و فساد لاستیک می شود.

(53) گزینه ی (4) صحیح است.

(54) گزینه ی (2) صحیح است.

$\text{SO}_2$  اکسید شده و به  $\text{SO}_3$  تبدیل میشود که  $\text{SO}_3$  نیز با آب باران مخلوط شده و تولید باران اسیدی می نماید که این باران اسیدی یا اسید سولفوریک بخار آئروسول به حساب می آید و اتمسفر را به شدت اسیدی می نماید.

(55) گزینه ی (1) صحیح است.

در گزینه (2) PAN و HC در گزینه (3)  $\text{N}_2\text{O}$  و در گزینه (4)  $\text{CO}_2$  آلاینده شاخص آلودگی هوا به حساب نمی آیند.

(56) گزینه ی (3) صحیح است.

مانومتر وسیله اندازه گیری اختلاف فشار در دو نقطه است در واقع بارومتر دستگاه اندازه گیری فشار می باشد.

(57) گزینه ی (2) صحیح است.

ذرات قابل ته نشینی آنقدر بزرگ هستند که سریع از هوا خارج میشوند و توسط دستگاه  $\text{Dust} - \text{fall}$  جمع آوری میشوند و بر حسب تن در کیلومتر مربع در 30 روز یا گرم بر  $\text{cm}^2$  در 30 روز بیان میشوند.

(58) گزینه ی (4) صحیح است.

در جداسازی ذرات یا گازها در اصل شست و شو دهنده ها این ذرات با تماس مستقیم جذب قطرات مایع می شوند که همه چیز به حلال این مواد بستگی دارد

که حلال حتماً باید فشار بخار و نقطه انجماد پایین داشته باشد.

59) گزینه ی (3) صحیح است.

60) گزینه ی (3) صحیح است.

61) گزینه ی (4) صحیح است.

تروپوسفر پایین ترین منطقه جو است این لایه از سطح زمین به طرف بالا تا تروپوپوز ادامه پیدا می کند و با افزایش ارتفاع در آن دما کاهش می یابد کاهش دما با ارتفاع را میزان کاهش دما (Lapse Rate) می گویند.

62) گزینه ی (2) صحیح است.

در شرایط ایزوترمال درجه حرارت هوا در سرتاسر یک لایه اتمسفر ثابت است و میزان انحراف آزاد آن صفر است.

63) گزینه ی (1) صحیح است.

64) گزینه ی (1) صحیح است.

65) گزینه ی (4) صحیح است.

انتشار ذرات و بخارات ترکیبات اسیدی در هوا بصورت میست می باشد. اسید کرومیک یک ترکیب بسیار سمی می باشد.

66) گزینه ی (2) صحیح است.

67) گزینه ی (4) صحیح است.

68) گزینه ی (4) صحیح است.

در حالت کارکرد در جا مقدار زیادی CO در حالت شتاب مثبت مقادیر مشابهی اکسیدهای ازت و در حالت شتاب منفی هیدروکربورن سوخته تولید می نماید.

69) گزینه ی (4) صحیح است.

70) گزینه ی (4) صحیح است.

PAN یک ترکیب ناپایدار است و تحت تأثیر اشعه خورشید در مه - دود فتو شیمیایی ناپدید می شود ولی  $SO_2$  در گزینه یک در مه - دود اسیدی شرکت می کند و PAN عامل اصلی در مه - دود اکسید کننده است.  
(71) گزینه ی (2) صحیح است.

حادثه لندن یک مه - دود سولفور بود که  $SO_2$  در آن شرکت داشت این مه - دود یک مه - دود کشنده است.  
(72) گزینه ی (3) صحیح است.

گزینه های 1 و 2 و 4 از علائم تخریب کنندگی توسط PAN هستند ولی گزینه 3 جزء اثرات زیان بار آن نمی باشد.  
(73) گزینه ی (2) صحیح است.

دی اکسید گوگرد و HCL و اسید کرومیک و آمونیاک و اکسید اتیلن محرک مجاری فوقانی تنفس اند گزینه های 1 و 3 و 4 از اثرات منوا کسید کربن هستند.  
(74) گزینه ی (3) صحیح است.

لوله های آشکارساز یا لوله های گاز یاب برای اندازه گیری ذرات گاز بکار می روند نه اندازه گیری همه ذرات.  
(75) گزینه ی (4) صحیح است.

گزینه 1 برای جمع آوری ذرات بالای 50 میکرون بکار می رود گزینه 3 برای ذراتی با قطر 2 میکرون و گزینه 2 برای ذرات بین 0/3-10 بکار میرود.  
(76) گزینه ی (2) صحیح است.

اکسیدهای گوگرد به طور عمده از سوخته های فسیلی حاصل می شوند که بوسیله احتراق مواد سوختی در نیروگاهها بوجود می آیند.  
(77) گزینه ی (1) صحیح است.

سرب بیشتر بصورت تترا اتیل سرب در اتومبیل به عنوان ضد کوبش استفاده می شود ولی بصورت اکسید سرب از آگزوز خارج می شود.

(78) گزینه ی (3) صحیح است.

(79) گزینه ی (4) صحیح است.

این کلمه به معنای انتشار آلودگی می باشد که در بین گزینه ها دودکش ها بصورت ممتد دود و آلودگی را به هوای محیط منتقل می کنند.

(80) گزینه ی (1) صحیح است.

ازن در استراتو سفر بصورت مفید برای انسان کاربرد دارد و مانع ورود اشعه ماوراء بنفش به زمین می شود. CFC ها رادیکال کلر آزاد می کنند که با ازن ترکیب شده و غلظت آنرا کاهش می دهد.

(81) گزینه ی (2) صحیح است.

این لایه بعلت جذب اوزن دارای دمای تقریباً ثابتی است و با افزایش ارتفاع افزایش دما پیدا می کند.

(82) گزینه ی (3) صحیح است.

(83) گزینه ی (1) صحیح است.

کلر، ازن، برم، CFC باعث نابودی ازن و نیز  $CO_2$  / متیل کلروفرم /  $CCl_4$  / هالوژن ها و  $CH_4$  / اکسیدهای ازن باعث کاهش لایه ازن میشوند.

(84) گزینه ی (4) صحیح است.

(85) گزینه ی (4) صحیح است.

PH باران در حدود 5/6 می باشد.

(86) گزینه ی (4) صحیح است.

بطور کلی ترکیبات فلوئوردار بصورت گازی استنشاق میشوند مثل کلروفلور و متان ولی اسید سیانیدرک بصورت میست و نیز بنزو  $\alpha$  پیرن و بنزن بصورت بخار

استنشاق می شوند.

(87) گزینه ی (1) صحیح است.

بنزن بصورت بخار استنشاق میشود و دارای خاصیت مخدر و خواب آور و منبسط کنندگی می باشد.

(88) گزینه ی (2) صحیح است.

گازهایی چون  $\text{CO}_2$  /  $\text{CH}_4$  /  $\text{CFC}$  ها / هالوژن ها و فریون ها در ایجاد پدیده گلخانه ای موثرند و از این میان  $\text{CO}_2$  و بخار آب جاذب اشعه مادون قرمز ساطع شده از زمین هستند و باعث گرم نگه داشتن جو میشوند و همچنین باعث گرم کردن خود زمین می شود.

(89) گزینه ی (3) صحیح است.

هیدروکربورهای معطر چند حلقه ای دارای 1-2 حلقه بنزنی هستند ولی PAN دارای فرمول شیمیایی  $\text{CH}_3\text{COONO}_2$  می باشد و فاقد حلقه بنزن پس جز هیدروکربورها ی معلق قرار نمی گیرد.

(90) گزینه ی (2) صحیح است.

HC (هیدروکربورها) و  $\text{SO}_2$  و CO دارای مقادیر جزئی هستند که از سوختن گاز تولید میشوند ولی در این سوختن  $\text{NO}_x$  (اکسیدهای ازت) به مقدار زیادی تولید میشوند.

(91) گزینه ی (4) صحیح است.

در شتاب مثبت  $\text{No}_x$  و CO که جزء آلاینده های خارج شده از اگزوزها هستند زیاد میشوند و هیدروکربورها (HC) کمتر تولید میشوند.

(92) گزینه ی (1) صحیح است.

(93) گزینه ی (1) صحیح است.

در مه دود لس آنجلس این موضوع به اثبات رسید که انرژی خورشید بر روی  $\text{No}_2$  و دیگر HC ها تاثیر گذاشته و یک اکسیدان تولید کرده که برای چشم

$\text{No}_2$  محرک می باشد.

(94) گزینه ی (4) صحیح است.

پیری زودرس، اختلال واکنشهای فتوسنتز / تنفس / و سوخت و ساز سلولی و نابودی کلروپلاست و کاهش رشد و برزّه شدن سطح زیرین برگها از علائم ازن بر گیاهان است.

(95) گزینه ی (2) صحیح است.

بطور کلی سه عامل  $\text{CO}_2$  و بخار آب و متان را گازهای گلخانه ای می نامند.

96) گزینه‌ی (1) صحیح است.

تخریب سنگهای آهکی و زنگ زدن فلزات ناشی از  $\text{SO}_2$  بوده و نیز فرسودگی و ترک خوردگی لاستیک ها ناشی از ازن می باشد.

97) گزینه‌ی (4) صحیح است.

این ماده محرک قوی چشم است و باعث ریزش آب از چشم و بینی و سردرد و گلودرد می شود.

98) گزینه‌ی (3) صحیح است.

در گزینه 4 هیدروکربورها و در گزینه 3 دی اکسید کربن شاخص کیفیت هوا نیستند. این آلاینده های شاخص توسط EPA عبارتند از:  $\text{NO}_2, \text{O}_3, \text{CO}, \text{SO}_2, \text{PM}_{10}$  که برحسب  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  و بقیه برحسب  $\text{mg}/\text{m}^3$  سنجیده میشوند و هیدروکربورها جزء آلاینده های معیار هستند.

99) گزینه‌ی (3) صحیح است.

100) گزینه‌ی (2) صحیح است.

از الکتروفیلتر زمانی استفاده میشود که بخواهیم ذرات را از حجم زیاد گاز خارج نماییم. از صافی برای جداکردن ذرات از گاز استفاده می کنیم و از گاز شوی ها نیز برای جداسازی گازها و ذرات توام استفاده میشود این وسیله ذرات و گازها را در یک زمان می گیرد و دیگر ذرات به داخل جریان باز نمی گردند.

101) گزینه‌ی (4) صحیح است.

ازن در لایه استراتوسفر وظیفه جذب اشعه ماوراء بنفش (UV) و جلوگیری از ورود آن بر کره زمین را به عهده دارد که این امر به افزایش دمای استراتوسفر بسیار کمک میکند چون UV در این لایه باقی می ماند.

102) گزینه‌ی (1) صحیح است.

در حالت پایدار یا ایزوترمال به علت ثابت بودن جو مواد آلوده کننده هیچ حرکت صعودی یا نزولی ندارند و به کندی پراکنده میشوند و بنابراین آلودگی بسیار بالا میرود.

103) گزینه‌ی (4) صحیح است.

104) گزینه‌ی (2) صحیح است.

CFC ها با آزاد کردن رادیکال آزاد کلر ( $CL^{\bullet}$ ) و اثر این رادیکال آزاد بر روی ازن باعث نابودی تدریجی لایه ازن میشوند.

105) گزینه‌ی (1) صحیح است.

اگر غلظت آلاینده از استاندارد اولیه بیشتر شود اثر زیان آوری بدن‌بال خواهد داشت البته اثر زیان آور بر بهداشت عمومی ولی چنانچه غلظت آلاینده از استاندارد ثانویه بیشتر شود اثر زیان آور بر رفاه عمومی خواهد داشت.

106) گزینه‌ی (2) صحیح است.

سوختگی نواحی بین رگبرگها و نکرز و اسکلتی شدن برگ از آثار دی اکسید گوگرد بر روی گیاهان می باشد.

107) گزینه‌ی (4) صحیح است.

108) گزینه‌ی (3) صحیح است.

109) گزینه‌ی (3) صحیح است.

ازت یا نیتروژن 78% حجم هوا را تشکیل می دهد که این رقم در مقایسه با حجم  $CO_2$  و  $O_2$  و آرگن و بقیه گازها از میزان بالایی برخوردار است.

توجه: در شهرهای پرتراфик علی رغم تصور همگان منو اکسید کربن فقط کمی افزایش می یابد.

110) گزینه‌ی (1) صحیح است.

ذرات معلق 10-100 میکرون و ذرات قابل ته نشینی بیشتر از 100 میکرون اندازه دارند.

111) گزینه‌ی (3) صحیح است.

انتشار HC ها بطور عمده از طریق جعبه میل لنگ و دودکش و اگزوزها می باشد ولی وسایط نقلیه موتوری مهمترین منبع تولید HC ها هستند.

112) گزینه‌ی (4) صحیح است.

113) گزینه‌ی (3) صحیح است.

114) گزینه‌ی (4) صحیح است.

این دسته از مواد بخاطر داشتن حلقه بنزنی و دیگر خصوصیات سرطان زا می باشند

بنزو آلفاپیرن یکی از این ترکیبات است هیدروکربورهای معطر ممکن بصورت آزاد یافت شوند یا آنکه جذب ذرات معلق هوا گردند.

(115) گزینه‌ی (3) صحیح است. فرسودگی لاستیک اتومبیلها مربوط به ازن می باشد که ازن نیز خود یک اکسید کننده می باشد سنگهای آهکی و دولومیت مورد حمله اسید سولفوریک قرار میگیرند که اسید سولفوریک نیز از تبدیل  $SO_2$  به  $SO_3$  و ترکیب  $SO_3$  با آب تولید میشود.

(116) گزینه‌ی (2) صحیح است.

اتمسفر در مه دود سولفور به شدت اسیدی است.

(117) گزینه‌ی (4) صحیح است.

(118) گزینه‌ی (1) صحیح است.

الکتروفیلترها براساس جذب سطحی کار می کنند که با افزایش سطح می توان بازدهی این وسیله را بالا برد این وسیله برای گرفتن ذرات ریزی که سیکلون ها و فیلترها قادر به گرفتن آن ها نیستند استفاده میشوند و در مواردی که بخواهند ذرات

را از حجم زیاد گاز خارج نمایند مورد استفاده قرار می گیرند.

(119) گزینه‌ی (3) صحیح است.

دی اکسید کربن و متان و دی اکسید کربن و CFC ها، ازن تروپوسفری و اکسید نیتروس جزء گازهای گلخانه ای محسوب میشوند.

(120) گزینه‌ی (1) صحیح است.  $PM_{2.5} = \text{Particle matter less Than } 2.5 \text{ microne}$



منابع:

پرسش‌های چهارگزینه‌ای آلودگی هوا/ مؤلفین محمد رضاخانی، کامیار یغمائیان- تهران مجتمع فنی تهران 1377.

مجموعه تست و پاسخ بهداشت هوا. رشته بهداشت محیط مؤلفان محمد رضاخانی، یغمائیان، دستفروشان تهران:

خانیان 1382