

# شیمی محیط زیست

دکتر ولی‌اله ماندنی‌پوردیل

## فصل اول: آلودگی هوا

### ۱-۱- مقدمه

آلودگی هوا عبارتست از حضور مواد نامطلوب در هوا به مقداری که بتواند اثرات مضر ایجاد کند. اگر چه در حالت عادی تنها به اثرات سوء وارد بر انسان توجه می‌شود، اما این تعریف، آلودگی هوا را تنها به این اثرات محدود نمی‌نماید. مواد نامطلوب می‌توانند، بر انسان و گیاه، مواد و اشیاء یا محیط زیست جهانی تأثیر گذاشته و یا با مه‌آلود کردن هوا و ایجاد بوهای نامطلوب، جلوه‌های نامناسب ایجاد نمایند.

### ۱-۲- ترکیب هوا

اجزای اتمسفر را می‌توان در یک تقسیم بندی کم و بیش اختیاری به سه گروه عمده، غیرعمده و ناچیز تقسیم کرد. مقدار این اجزاء در هوای خشک و پاک در سطح زمین در جدول (۱-۱) نمایان است. علاوه بر اجزای مذکور در جدول، هوا ممکن است حاوی ۵-۱٪ درصد حجمی آب باشد مقدار عادی آب در اتمسفر ۳-۱ درصد است.

جدول ۱-۱- اجزای تشکیل دهنده هوای پاک و خشک در سطح زمین

اجزاء عمده	درصد حجمی
نیتروژن	۷۸/۰۸
اکسیژن	۲۰/۹۵
اجزاء غیر عمده	درصد حجمی
آرگون	$۹/۳۴ \times ۱۰^{-۱}$
دی‌اکسید کربن	$۳/۱۴ \times ۱۰^{-۲}$
اجزاء ناچیز	درصد حجمی
نئون	$۱/۸۱۸ \times ۱۰^{-۲}$
هلیوم	$۵/۲۴ \times ۱۰^{-۴}$

$2 \times 10^{-4}$	متان
$1/14 \times 10^{-4}$	کریپتون
$2/5 \times 10^{-5}$	اکسید نیترو
$5 \times 10^{-5}$	هیدروژن
$8/7 \times 10^{-6}$	گزنون
$2 \times 10^{-8}$	دی اکسید گوگرد
$1 \times 10^{-5}$	دی اکسید نیتروژن
$1 \times 10^{-6}$	آمونیاک
$1/2 \times 10^{-5}$	منواکسید کربن

### ۱-۳- تعریف آلودگی هوا (Air Pollution)

عبارتست از وجود یک یا چند و یا مخلوطی از آلوده کننده‌های مختلف در هوای آزاد، به آن اندازه تداومی که برای انسان مضر بوده و یا موجب زیان رساندن به حیوانات، گیاهان و اموال شوند.

### ۱-۴- اثرات جو بر انتشار آلودگی‌ها

مواد آلوده کننده پس از ورود به اتمسفر تابع شرایط جوی می‌باشند. اگر محلی دارای تهویه طبیعی باشد، علاوه بر تولید مواد آلوده کننده، فاقد مشکلات بزرگ آلودگی خواهد بود. زیرا حرکات افقی و عمودی هوا در اتمسفر از تجمع مواد در یک محل جلوگیری می‌نماید. از طرف دیگر پخش و انتشار آلاینده‌های هوا تابع شرایط جوی و جغرافیایی محل می‌باشند. گاهی اوقات شرایط جوی در پخش آلاینده‌ها مؤثر بوده و شرایط مناسبی ایجاد می‌نماید و گاه نیز باعث تشدید آلودگی می‌شود.

### ۱-۴-۱- ساختمان اتمسفر

اتم‌سفر پوشش وسیعی از گازهای مختلف است. که زمین را دربر گرفته و هر چه به سمت بالا برویم از غلظت آن کاسته می‌شود. اتمسفر را بر اساس درجه حرارت و تغییرات آن از پایین به بالا به شرح زیر تقسیم بندی می‌کنند:

#### ۱- بیوسفر یا تروپوسفر (Troposphere)

قسمت اعظم را دارا می‌باشد. این لایه در عرض‌های متوسط جغرافیایی دارای ضخامتی در حدود ۱۲ کیلومتر می‌باشد. از خصوصیات عمده آن کاهش دما با ارتفاع می‌باشد، به طور متوسط به ازاء هر ۱۰۰ متر افزایش ارتفاع در شرایط خشک یک درجه سانتی‌گراد، و در شرایط مرطوب ۰/۶ سانتی‌گراد، کاهش دما را خواهیم داشت. درجه حرارت نهایی این طبقه به حدود ۵۰- درجه سانتی‌گراد می‌رسد. مرز بین این لایه و لایه بعدی را تروپوپاز (Tropopause) می‌گویند.

#### ۲- استراتوسفر (Stratosphere)

این لایه تا حدود ۵۰ کیلومتری از سطح زمین ادامه دارد. در این لایه با افزایش ارتفاع درجه حرارت افزایش می‌یابد. به طوری که در ارتفاع ۵۰ کیلومتری دما به حدود ۵۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. اهمیت آن به واسطه وجود ازن در این لایه می‌باشد که قادر به جذب بسیار زیاد اشعه ماوراء بنفش خورشید است. ازن را با واحدی به نام دابسون بیان می‌نمایند. هر واحد دابسون معادل ۰/۰۱ میلی‌متر است. ضخامت این لایه به طور معمول ۶۰۰-۲۰۰ و به طور متوسط ۴۰۰-۳۰۰ دابسون می‌باشد. مرز بین لایه استراتوسفر و لایه بعدی، استراتوپاز (Stratosphere) نام دارد.

#### ۳- مزوسفر (Mesosphere)

این لایه تا ارتفاع حدود ۸۰ کیلومتری ادامه می‌یابد. که با افزایش ارتفاع درجه حرارت آن کاهش می‌یابد. به طوری که در ارتفاع ۸۰ کیلومتری میزان آن به ۹۰- درجه سانتی‌گراد می‌رسد. مرز این لایه با لایه بعدی مزوپاز (Mesopause) نامیده می‌شود.

#### ۴- یونوسفر یا ترموسفر (Thermosphere)

این لایه که از حدود ۸۰ کیلومتری سطح زمین شروع، و تا ارتفاع متوسط بین ۵۰۰ الی ۹۰۰ کیلومتری بر حسب عرض جغرافیایی مختلف ادامه دارد. با افزایش ارتفاع درجه حرارت آن نیز افزایش می‌یابد. به طوری که در ارتفاع حدود ۲۲۰ کیلومتری به طور متوسط دما به ۷۵۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد.

#### ۲-۴-۱- دما در جو- پدیده اینورژن

همانطور که قبلاً ذکر گردید، در لایه بیوسفر درجه حرارت هوای آزاد معمولاً با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد. این میزان تغییر درجه حرارت را اصطلاحاً (Lapse rate) می‌نامند.

اگر فرض شود که جزء کوچکی از هوا در حین صعود هیچگونه تبادل حرارتی با محیط اطراف نداشته باشد (بدون افزایش یا کاهش)، در این صورت شیب حرارتی را اصطلاحاً بی‌دررو یا آدیاباتیک می‌نامند. تحت شرایط آدیاباتیک حدوداً به ازای هر ۱۰۰ متر افزایش ارتفاع، ۱ درجه سانتی‌گراد در شرایط خشک،  $0/6$  درجه سانتی‌گراد در شرایط مرطوب، درجه حرارت کاهش می‌یابد.

وقتی میزان انحراف آزاد افزون بر میزان انحراف آدیاباتیک باشد، شرایط را سوپر آدیاباتیک می‌نامند، که اتمسفر در این وضع به شدت ناپایدار است. زمانی که میزان انحراف آزاد کمتر از انحراف آدیاباتیک باشد، شرایط تحت آدیاباتیک وجود دارد. که اتمسفر در این موقعیت پایدار است. اگر درجه حرارت هوا در سرتاسر یک لایه اتمسفر ثابت باشد، میزان انحراف صفر است. که این وضع را همدمای ایزوترمال می‌نامند، و اتمسفر در این شرایط نیز پایدار است.

اما بعضی مواقع، درجه حرارت با افزایش ارتفاع زیاد می‌شود، که در اصطلاح هواشناسی آن را اینورژن یا وارونگی دما می‌نامند. چنین وضعی را هوای پایدار نیز می‌گویند.

اینورژن در هر طبقه‌ای از جو باعث پایداری هوا در همان طبقه می‌گردد. حال اگر اینورژن در مجاورت زمین قرار گیرد، پایداری هوا سبب نگهداری مواد آلوده کننده روی محل شده و آلودگی هوا را تشدید می‌نماید، چرا که حرکت عمودی هوا وجود ندارد. از عوامل تشکیل دهنده اینورژن می‌توان، به وجود کوه‌ها، وزش بادهای شدید در مجاورت سطح زمین، تلاطم حرکات عمودی هوا، نزول توده‌ای از هوا، وجود گرد و غبار و ابرها اشاره نمود.

## انواع اینورژن

۱- اینورژن با منشأ حرارتی، مانند اینورژن تشعشعی (Radiation inversion)

۲- اینورژن با منشأ مکانیکی، مانند اینورژن در اثر نشست (Subsident inversion)

۳- اینورژن با منشأ جبهه‌ای (Frotal inversion)

### ۱- اینورژن تشعشعی

در طول روز زمین انرژی خورشید را جذب کرده و گرم می‌شود. در هنگام شب این گرما را به صورت امواج حرارتی مادون قرمز تشعشع می‌نماید و به تدریج سرد می‌شود. لایه هوای مجاور سطح زمین در اثر عمل هدایت سرد می‌گردد، ولی چون هوا هادی خوبی نیست لایه‌های بالاتر گرم باقی می‌ماند. در نتیجه وقتی از سطح زمین بالا می‌رویم به جای کاهش درجه حرارت، افزایش در آن را مشاهده می‌نماییم. این پدیده بیشتر در صبح زود قبل از طلوع آفتاب و به خصوص در زمستانها که سطح زمین بیشتر سرد می‌شود، مشاهده می‌گردد.

### ۲- اینورژن در اثر نشست هوا

هرگاه دو توده هوا در سطح فوقانی تروپوسفر با یکدیگر برخورد نمایند، ایجاد یک منطقه همگرایی در سطوح فوقانی نموده و در نتیجه تجمع ماده هوا در ستون عمودی به سطح زمین ریزش می‌نماید. در اثر نشست هوا از سطوح فوقانی به سطح زمین درجه حرارت این توده هوا افزایش یافته و مانع حرکات صعودی در سطح زمین می‌گردد، و هوا حالت پایدار پیدا می‌کند.

### ۳- اینورژن جبهه‌ای

این نوع اینورژن در اثر حرکت جبهه‌ای هوا به وجود می‌آید. مثلاً هرگاه جبهه سرد جایگزین جبهه گرم شود، در سطح زمین ناظر هوای سرد خواهیم بود و در سطوح بالاتر، هوای گرم خواهیم داشت.

### ۳-۴-۱- باد، ریزش‌های جوی و مه

یکی از عوامل مهم در پخش و انتقال عوامل آلوده کننده، باد می‌باشد. درجه پراکندگی مواد به جریانهای افقی و عمودی باد بستگی دارد. حرکت افقی هوا باد و حرکت عمودی آن، جریان هوا نامیده می‌شود. میزان انتشار و انتقال

هوای آلوده به سرعت مستقیم و قدرت باد وابسته است. بادهای آرام قدرت انتشار ناچیز و بادهای قوی قدرت انتشار زیاد دارند. معمولاً باد در سرعت‌های بیش از ۳۰ کیلومتر در ساعت در انتقال و انتشار آلودگی‌ها مؤثر است. بادهای شدیدتر تأثیر بسیار بیشتری بر پخش آلودگی خواهند داشت.

جریانهای عمودی باد در تصفیه هوا اهمیت بیشتری دارند، زیرا از طریق بالا بردن آلاینده‌ها سبب دور شدن آنها از سطح زمین شده و از طرف دیگر چون سرعت جریان افقی در طبقات بالای جو بیشتر است، بنابراین انتقال آلودگی‌ها به قسمت فوقانی سبب پراکندگی بهتر آنها می‌شود.

در مناطق کم فشار به علت صعودی بودن جریانهای هوا، هوای پاک جایگزین هوای آلوده می‌شود. بنابراین تهویه طبیعی رخ می‌دهد. اما در مناطق پر فشار به علت نزولی بودن جریانهای هوا، مواد آلاینده به حالت رکود در محیط مانده و قادر به صعود نیستند. در نتیجه توقف یک سیستم با فشار زیاد برای مدت چند روز در یک منطقه سبب تشدید آلودگی خواهد شد.

ریزش‌های جوی نظیر باران و برف نیز از پدیده‌های مهم و مؤثر در شستشوی هوا محسوب می‌شوند که قادرند مواد آلوده کننده را به همراه خود به سطح زمین بیاورند. از دیگر عوامل جوی مؤثر در آلودگی هوا می‌توان به مه اشاره کرد. وقتی در منطقه‌ای رطوبت نسبی بالا رود ذرات آلاینده به عنوان هسته‌های تراکم، ذرات آب را به دور خود جمع کرده و تولید مه آلوده می‌نمایند. در بسیاری از حوادث آلودگی هوا به عنوان یک عامل تشدید کننده نقش داشته است.

## ۵-۱- اثرات جهانی آلودگی هوا

### ۵-۱-۱- گرمایش زمین (Global Warming)

گرم شدن زمین ناشی از پدیده اثر گلخانه‌ای (Green house effect) می‌باشد. گرم شدن کره زمین به دلیل ظرفیت زیاد برخی از گازهای پایدار مثل دی اکسید کربن، فریون‌ها، هالوژن‌ها، متان، ازن، تروپوسفری، کلروفلوئوروکربن‌ها، اکسید نیتروس ( $\text{NO}_2$ ) و غیره در جذب حرارت است. عوامل مذکور بیشتر اشعه خورشید را بدون مزاحمت عبور داده ولی تشعشعات منعکس شده از سطح زمین را که اشعه مادون قرمز می‌باشد، جذب و مجدداً منعکس می‌نمایند. همین امر سبب افزایش حرارت کره زمین می‌شود. دی اکسید کربن ۵۷ درصد، کلروفلوئوروکربن‌ها ۲۵ درصد، متان ۱۲ درصد و اکسید نیتروس ۶ درصد توزیع گازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص داده‌اند. اما از نظر

پتانسیل گرمایش، این عوامل به ترتیب عبارتند از: کلروفلوئوروکربن‌ها، اکسید نیتروس، متان و دی‌اکسید کربن. اما از نظر کمی و غلظت اتمسفری بیشترین نقش در گرمایش زمین به دی‌اکسید کربن مربوط می‌شود. گرم شدن کره زمین به ذوب شدن یخ‌ها در قطبین، بالا آمدن سطح آب دریاها، تغییرات آب و هوایی و غیره منجر خواهند شد.

## ۲-۵-۱- تخریب اوزون استراتوسفری (Stratospheric Ozone Depletion)

اوزون به طور مداوم در لایه استراتوسفر توسط جذب اشعه ماوراء بنفش با طول موج کوتاه تولید می‌شود. در همان زمان به طور مداوم این گاز به وسیله واکنش‌های مختلف که سبب شکسته شدن و تبدیل آن به مولکول اکسیژن می‌شود، از لایه استراتوسفر حذف می‌گردد افزایش غلظت‌های استراتوسفری کلر، ازت و برم که سبب افزایش سرعت حذف اوزون می‌گردد در تعادل بین تولید و حذف آن تأثیر می‌گذارد. یکی از مهمترین گازهایی که سبب از بین رفتن اوزون می‌شود، کلروفلوئوروکربن‌ها (CFCs) هستند. گازهای دیگری که در کاهش لایه اوزون مؤثرند عبارتند از: دی‌اکسید کربن، متان، اکسیدهای ازت، متیل کلروفرم، تتراکلریدکربن و هالوژن‌ها (فلوئوروکربن‌های محتوی اتم برم).

اوزون، اشعه ماوراء بنفش با طول موج کوتاه خورشید را قبل از رسیدن به زمین جذب می‌کند، از بین رفتن اوزون احتمال ورود این اشعه به قسمت بیوسفر را افزایش می‌دهد و خطر ابتلاء به بیماری‌هایی نظیر سرطان پوست و آب مروارید را به دنبال خواهد داشت.

## ۳-۵-۱- باران‌ها اسیدی (Acid Rain)

فعالیت‌های مختلف سبب تولید زایدات مختلف از جمله آلاینده‌های هوا می‌شود. بر اساس گزارشات سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (U.S.EPA) از طریق حمل و نقل، نیروگاه‌ها، صنایع، زباله سوزها و موارد دیگر سالانه میلیون-ها تن CO، ذرات معلق، NO<sub>x</sub>، SO<sub>x</sub> و هیدروکربن وارد اتمسفر می‌شود. آلاینده‌هایی نظیر اکسیدهای گوگرد و اکسیدهای ازت در اتمسفر با بخار آب واکنش داده و تولید اسیدهای سولفوریک و نیتریک را می‌نمایند. که به همراه ریزش‌های جوی به زمین می‌رسند. این عوامل سبب می‌شوند که pH باران‌ها پائین آمده و باران اسیدی تولید گردد (pH آب باران ۵/۶ است). قسمت عمده‌ای از باران‌های اسیدی به SO<sub>2</sub> مربوط است، و اکسیدهای ازت در تولید این گونه باران‌ها در درجه دوم اهمیت قرار دارند. بررسی‌ها حاکی از آن است که pH بسیاری از رودخانه‌ها در اثر

باران‌های اسیدی پایین آمده و تعادل اکولوژیک در بسیاری از مناطق بر هم خورده است. اسیدی شدن و تغییر pH سبب کاهش حاصل‌خیزی خاک، خسارت به آبزیان، توقف تولید مثل ماهی، خسارت به گیاهان و غیره خواهد شد.

## ۶-۱ منابع آلودگی هوا

منابع عمده آلودگی هوا عبارتند از: منابع طبیعی و منابع مصنوعی و لیکن تقسیم‌بندی آن‌ها ممکن است بر اساس منبع، منشأ، ترکیبات و حالات اثرات فیزیولوژیکی متفاوت باشند. اما با توجه به توسعه و پیشرفت صنایع و تکنولوژی، توسعه شهرها، ازدیاد جمعیت و افزایش وسایل نقلیه موتوری سهم آلاینده‌های مصنوعی که در محیط زیست‌ها رها می‌شوند، به مراتب بیشتر از منابع طبیعی می‌باشند.

### ۱-۶-۱ منابع طبیعی و مصنوعی آلودگی هوا

#### الف) منابع طبیعی

##### ۱- طوفان‌ها و گردوغبار

اغلب طوفان‌ها، مقادیر زیادی مواد معلق را به فضا می‌فرستند. این ذرات علاوه بر آلوده کردن فضا، رابط خوبی برای انتقال میکروب‌ها هستند.

##### ۲- فعالیت آتشفشانی

کوه‌های آتشفشانی به هنگام فعالیت مواد متنوعی از جمله اسید کلریدریک، انیدرید سولفور، اسید فلوریدریک، متان و اسید سولفوریک به فضا می‌فرستند که می‌توانند در ایجاد باران‌های اسیدی نقش بسزایی داشته باشند.

##### ۳- دود و خاکستر آتش‌سوزی جنگل‌ها

به هنگام آتش‌سوزی در جنگل‌ها آلاینده‌هایی از قبیل ذرات، مونوکسید کربن، دود، هیدروکربن‌ها، اکسیدهای ازت، خاکستر و غیره به هوا منتشر می‌شود.

##### ۴- شهاب‌های آسمانی

شهاب‌های آسمانی گاز و مواد متنوعی از خود در فضا باقی می‌گذارند که طبق تخمین، سالانه بالغ بر ۲۰۰۰ تن می‌باشد.

## ۵- چشمه‌های آب گرم معدنی

با ایجاد گازهای سولفور هیدروژن سبب آلودگی هوا می‌شوند.

## ۶- منابع گیاهی و حیوانی

منابع گیاهی و حیوانی مانند گرده گل، ذرات بیولوژیک و گازهای ناشی از فساد و تخمیر مواد، چنانچه در فضای اطراف منتشر گردند در آلوده نمودن هوا موثرند.

## ب) منابع مصنوعی

منابع مصنوعی که به دست بشر به وجود آمده و مورد استفاده روزمره می‌باشند، شامل وسایل نقلیه، صنایع، منابع تجاری و خانگی می‌باشد.

### ۲-۶-۱- آلاینده‌های هوا

آلاینده‌های خروجی از منابع طبیعی و مصنوعی می‌توانند شامل موارد ذیل باشد:

#### ۱- مونوکسید کربن (CO)

این گاز از وسایل نقلیه موتوری، احتراق ناقص سوخت در مراکز تجاری و خانگی، سوزاندن زباله‌ها در محیط، آتش-سوزی جنگل‌ها و صنایعی نظیر ریخته‌گری‌ها، مراکز تولید برق، کوره‌های ذوب فلزات و غیره وارد اتمسفر می‌شوند.

#### ۲- اکسیدهای ازت (NO<sub>x</sub>)

از وسایل نقلیه موتوری، مراکز تولید نیرو، سوزاندن گاز طبیعی، کوره‌های نفت‌سوز، تخلیه الکتریکی در جو، فرایندهای بیولوژیکی توسط باکتری‌ها و کارخانجات تولید مواد شیمیایی مانند اسید نیتریک به فضا منتشر می‌شوند.

#### ۳- انیدرید سولفور (SO<sub>x</sub>)

از طریق آتشفشان‌ها، احتراق سوخت‌های فسیلی برای گرمایش، صنایع نفت، مراکز تولید نیرو، ذوب سنگ‌های معدنی گوگرددار و کارخانجات تولید اسید سولفوریک وارد اتمسفر می‌شود.

#### ۴- هیدروژن سولفور (H<sub>2</sub>S)

از طریق آتشفشان‌ها، تجزیه‌ی بی‌هوازی مواد آلی در باتلاق‌ها، دریاها، اقیانوس‌ها و صنایعی نظیر کاغذسازی، پالایش نفت و گاز، ایجاد آلودگی می‌نماید.

#### ۵- هیدروکربن‌ها (CH)

از طریق تبخیر فراورده‌های نفتی و حلال‌های آلی صنعتی، سوختن چوب، مراحل تهیه‌ی کک، احتراق زغال سنگ و فراورده‌های نفتی، مراحل تقطیر و پالایش نفت، مخزن سوخت، آگزوز ماشین‌ها و همچنین از صنایعی نظیر رنگ-کاری و لعاب‌کاری ممکن است وارد اتمسفر گردد.

#### ۶- اکسیدکننده‌های فتوشیمیایی

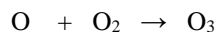
روزانه مقدار زیادی هیدروکربن و به مقدار کمتر، ولی پر اهمیت‌تر اکسیدهای ازت وارد هوا می‌شوند. که در اثر تابش نور خورشید وارد زنجیر طولانی واکنش‌های شیمیایی می‌شوند، که حاصل آن تولید آلوده‌کننده‌های ثانویه در سطح بالای جو می‌باشد. که اثر اولیه آن‌ها جذب فوقانی و تفرق مولکولی می‌باشد، که نخستین مرحله واکنش شیمیایی و اساس تشکیل مه‌دود فتوشیمیایی است.

#### ۷- پراکسی استیل نترات (PAN)

به عنوان آلوده‌کننده‌های ثانویه مطرح هستند که در اثر واکنش‌های فتوشیمیایی، اتم‌های فعال اکسیژن با هیدروکربن‌ها واکنش می‌دهند. این آلاینده‌ها مایع بی‌رنگ و محرک چشم‌ها می‌باشند.

#### ۸- اوزون (O<sub>3</sub>)

به عنوان آلوده‌کننده ثانویه در لایه استراتوسفر جو مطرح می‌باشد. مراحل تولید اوزون به صورت زیر است:



تخلیه الکتریکی در جو از عوامل طبیعی تولید اوزون است. ضمناً این گاز در اثر تشعشعات خورشید (اشعه ماوراءبنفش) در منطقه استراتوسفر نیز تولید می‌شود.

## ۹- ذرات (particles)

ممکن است از طریق گرد و غبار ناشی از طوفان‌ها، بادها، آتش‌سوزی جنگل‌ها، ویروس‌ها، باکتری‌ها، گرده‌ی گیاهی، احتراق مواد سوختنی، ذوب فلزات، سرب حاصل از آگزوز خودروها، ذرات ناشی از انفجار اتمی، ذرات حاصل از خردکردن و سائیدن مواد مانند عملیات ساختمانی، کشاورزی و یا صنایع سرامیک‌سازی و سیمان به اتمسفر وارد شده باشند.

## ۳-۶-۱- تقسیم‌بندی آلوده‌کننده‌ها بر اساس منشأ

### ۱- آلوده‌کننده‌ی اولیه (primary pollutants)

شامل عواملی است که مستقیماً به اتمسفر وارد شده و به شکلی که انتشار یافته‌اند در اتمسفر وجود خواهند داشت.

مانند  $SO_x$ -  $NO_x$ - HC

### ۲- آلوده‌کننده‌ی ثانویه (secondary pollutants)

شامل موادی است که در اثر واکنش‌های فتوشیمیایی تولید می‌شوند. مانند  $O_3$ - PAN- Smog

## ۷-۱- اثرات آلاینده‌ها بر انسان

عوارض ناشی از آلوده‌کننده‌ها بر روی انسان عبارتند از:

### ۱- دی‌اکسید گوگرد

انیدرید سولفورو حتی در غلظت‌های بسیار کم (0.2 ppm) موجب ایجاد واکنش‌هایی در مغز، تحریک غشاء مخاطی دستگاه تنفسی، درد در ناحیه سینه، گاهی ریزش خون از بینی، اثر بر سیستم گوارش، تحریک چشم، تنگی نفس، افزایش ضربان قلب، افزایش سرعت حرکات تنفسی، توسعه بیماری‌های مزمن ریوی به خصوص برونشیت، سرفه و کاهش ظرفیت تنفسی می‌گردد. همچنین این گاز باعث تضعیف سیستم دفاعی بدن می‌شود.

### ۲- اکسیدهای ازت

اکسیدهای ازت به دو طریق مستقیم و غیرمستقیم بر سلامت انسان اثر می‌گذارد. اثر مستقیم آن‌ها بستگی به نوع اکسید دارد زیرا  $NO_2$  نزدیک به چهار برابر بیشتر از  $NO$  سمی است. اثرات ثابت شده‌ی  $NO_2$  بر روی انسان‌ها کاملاً به اثر تنفسی محدود می‌شود. که باعث پیامدهایی نظیر اختلال در قوه‌ی استشمام، بی‌حالی، خستگی، ناراحتی-

حفره‌های بینی، اشکالات تنفسی، تحریک گلو و چشم، ناراحتی‌های عصبی، گشادی مردمک چشم و افزایش برونشیت حاد می‌باشد.

اثر غیرمستقیم اکسیدهای نیتروژن بر انسان از طریق تولید اکسیدکننده‌های فتوشیمیایی (PAN) است. که عامل مهمی در تشکیل مه‌دود فتوشیمیایی می‌باشد. پروکسی استیل نیترات یکی از مواد فتوشیمیایی است که باعث سوزش چشم، سرفه، آبریزش چشم، خفگی، سردرد و خستگی شدید می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهد که پروکسی استیل نیترات مقاومت بدن را در برابر عفونت‌ها کاهش می‌دهد.

### ۳- هیدروکربن‌ها

عموماً مدرکی دال بر اثرات نامطلوب هیدروکربن‌ها در غلظت جاری هوا بر روی انسان وجود ندارد. بلکه اثر مضر آن‌ها از طریق واکنش‌های فتوشیمیایی که مواد ثانویه آلوده‌ساز تولید می‌کنند، می‌باشد.

### ۴- اکسیدان‌های فتوشیمیایی

علائمی از قبیل سرفه، کوتاه شدن تنفس، انقباض مجاری هوایی، سردرد، تنگی نفس، اختلالات تنفسی، تغییر گلبول‌های قرمز خون، التهاب حلق و گلو، تحریک چشم آبریزش چشم می‌تواند نتیجه تماس با آلاینده باشد. ازن در غلظت‌های بالا باعث خونریزی و تورم شش‌ها می‌شود همچنین ازن، اثر مستقیم بر سلامت انسان دارد. زیرا تغییر ازن در هوا باعث تغییر اثر اشعه خورشید بر انسان می‌شود. مثلاً کاهش یک درصدی از غلظت ازن در هوا، احتمالاً هشت درصد بر شدت اثر اشعه خورشید رسیده به زمین می‌افزاید، که بالا رفتن شدت اشعه خورشید باعث افزایش سرطان پوست، کاهش رشد گیاهان و تأثیر سوء بر رشد حیوانات آبی خواهد گذاشت.

### ۵- منواکسید کربن

میل ترکیبی هموگلوبین (Hb) خون که عامل انتقال اکسیژن به بافت‌های بدن است. با منواکسید کربن تقریباً ۲۰۰ برابر بیشتر از میل ترکیبی آن با اکسیژن است. از این رو وجود CO در هوای تنفسی قادر است، مقادیر زیادی از هموگلوبین خون را به کربوکسی هموگلوبین (COHb) که یک ترکیب پایدار است، تبدیل کند و از مقدار هموگلوبین که اکسیژن را به بافت‌ها می‌رساند بکاهد. و باعث اختلال جزئی در برخی اعمال بدن، اثر بر سیستم اعصاب مرکزی،

اختلال در تشخیص زمان، اشکالات بینایی، تغییر در اعمال قلب، تنفس، خستگی، خواب آلودگی، حالت کما و مرگ گردد.

## ۶- ذرات

ذرات استنشاق شده ممکن است در مجاری تنفسی فوقانی اثر تحریکی داشته و یا در داخل ششها نفوذ نماید، و ایجاد عوارضی در ششها نماید، که منجر به اختلالاتی در اعمال تنفسی گردد.

از جمله ذرات معلق در هوا عنصر سرب است. که بیشتر از طریق تنفس وارد بدن می‌شود و قابلیت حمل اکسیژن در خون را کم می‌کند، لذا اکسیژن کافی به مغز نمی‌رسد. این نارسایی در کودکان می‌تواند منجر به عقب ماندگی ذهنی شود و یا سرب می‌تواند بر روی دستگاه خون ساز، کلیه و مجاری ادرار اثر گذارد. اثرات حاد شامل استفراغ، یبوست یا اسهال، بیخوابی، حساسیت، تشنج و حتی مرگ است. اثرات مزمن ممکن است نظیر سردرد، ضعف، سستی، یبوست، خط آبی (Lead Line) یا خط بورتون (Burtonian) در سرتاسر لثه‌ها، بی‌اشتهایی و کم‌خونی باشد.

## ۷- مواد رادیواکتیو

مخفی‌ترین و وحشتناک‌ترین منبع آلودگی محیط، مواد رادیواکتیو هستند که اثرات جسمانی و ژنتیکی را در انسان به وجود خواهند آورد.

## ۸-۱- اثرات آلاینده‌ها بر گیاهان

با وجود اینکه زندگی آدمی و همه انواع حیوانات روی زمین مستقیماً یا غیرمستقیماً به گیاهان وابسته است، متأسفانه گیاهان نیز با وجود اثرات فوق‌العاده مثبت در تولید اکسیژن و دخالت تام در زنجیره غذایی انسانها، در معرض آلوده‌کننده‌های هوا بوده، که در مجموع با نابودی ارقام قابل ملاحظه‌ای از انواع گیاهان و خسارت هنگفت به محصولات کشاورزی و فرآورده‌های آن توأم بوده است.

آلاینده‌ها ابتدا بر برگ اثر می‌کنند، و در نهایت تمام گیاه و محصول آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند، زیرا آلودگی از طریق روزنه‌های موجود در برگ وارد می‌شود، برگ حساسترین عضو گیاه به عوامل آلاینده محسوب می‌گردد. عوامل مؤثر در شدت خسارت به گیاه عبارتند از: جنس، گونه، سن گیاه، درجه حرارت، رطوبت خاک، مواد غذایی، نوع ماده آلاینده، غلظت ماده آلاینده و مدت زمان تماس.

به طور کلی اثرات آلوده کننده‌ها بر گیاهان به دو صورت ظاهر می‌شود:

### ۱- اثرات آشکار

که معمولاً در برگ یا میوه گیاه قابل مشاهده است.

### ۲- اثرات نهان

به صورت علائمی نظیر کاهش محصول، کاهش رشد و دیگر علائم مشاهده می‌گردد.

### ۹-۱- اثرات آلاینده‌ها بر اشیاء

زبان‌های وارده به ساختمان‌ها، مواد ساختمانی و آثار باستانی در اثر خوردگی تأثیرات آلودگی هوا قابل توجه است، و نمای اغلب ساختمان‌ها هر چند سال یکبار باید شستشو یا صیقل داده شود. لباس‌ها و وسایل خانگی به علت آلودگی هوا بیش از حد معمول و متعارف باید تمیز شوند. که از نظر اقتصادی حائز اهمیت است و از طرفی باعث بر هم‌زدن زیبایی شهر می‌شود. بعضی از آلاینده‌ها خروجی که تأثیرات منفی بر روی اشیاء می‌گذارند، به شرح ذیل هستند:

۱-  $O_3$  باعث کم‌رنگ شدن پارچه‌ها و ترک خوردن لاستیک خودروها می‌شود.

۲-  $NO_x$  باعث تأثیر منفی بر روی رنگ الیاف و منسوجات، همچنین اثر نامطلوب بر آلیاژهای برنج و نیکل دارد.

۳-  $SO_x$  باعث خوردگی فلزات، منسوجات، مصالح ساختمانی و اثر بر رنگ و ایجاد شکنندگی سطوح رنگ‌خورده، چرم، کتان، نایلون و اثر نامطلوب بر مصنوعات کاغذی دارد.

### ۱۰-۱- مقررات و استانداردهای آلودگی هوا

قانون آلودگی هوا و مقررات آن از سوی سازمان بهداشت جهانی (WHO) موارد زیر را در بر می‌گیرد:

۱- کنترل منابع آلودگی به وسیله مشخص کردن انواع کارخانجات و سایر محصولات که باید تحت نظر مقام رسمی

انجام گیرد تا انواع آلاینده‌های خروجی از منابع آلودگی در حداقل نگهداری شود.

۲- برنامه‌ریزی در جهت مشخص کردن منطقه‌های صنعتی برای کم کردن آلودگی هوا.

۳- تهیه آئین‌نامه‌های کنترل انواع سوخت که در تأسیسات سوزانده می‌شوند.

## ۱۱-۱- استاندارد

استاندارد یعنی حداکثر غلظت یک ماده آلوده کننده که اگر در فاصله زمانی مشخص در هوا وجود داشته باشد، اثر نامطلوبی بر سلامت انسان نداشته باشد. این استانداردها در مناطق و کشورهای مختلف متفاوت است. این موضوع به شرایط اقلیمی، هواشناسی، جغرافیایی محل، روشهای نمونه برداری و آزمایشی بستگی دارد.

استاندارد کیفیت هوا بوسیله سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده بر دو نوع، استانداردهای اولیه و ثانویه بنا شده‌اند. طبق تعریف استانداردهای اولیه آن دسته از استانداردهایی هستند که رعایت آن‌ها برای حفظ سلامتی عمومی جامعه الزامی است، رعایت این گونه استانداردها برای حفظ سلامتی افراد حساس به ویژه سالمندان، بیماران تنفسی و کودکان امری بسیار ضروری است.

استانداردهای ثانویه کیفیت هوا نسبت به استانداردهای اولیه دارای ابعاد وسیع‌تری هستند. به طوری که در این استانداردها حفاظت منابع و آسایش عمومی نیز مد نظر قرار گرفته است. در حال حاضر برای تشخیص نوع آلاینده-ها استانداردهای کیفیت هوا تعیین شده‌اند. که شامل منواکسیدکربن، دی‌اکسید نیتروژن، ازن، دی‌اکسید گوگرد و ذرات معلق (قطر ۱۰ میکرون یا کمتر) می‌باشند.

به منظور سهولت گزارش کیفیت هوا، از شاخصی به نام شاخص استانداردهای مواد آلاینده Pollutant Standard Index (PSI) استفاده می‌شود. PSI غلظت ترکیبات آلاینده هوا را به اعداد ساده‌ای بین صفر تا ۵۰۰ تبدیل می‌کند و در نهایت کیفیت هوا را با واژه‌های خوب، متوسط، آلوده، بسیار آلوده و خطرناک بیان می‌کند.

جدول ۱-۲. مقادیر PSI و تشریح کیفیت هوا

کیفیت هوا	PSI
خوب	۵۰-۰
متوسط	۱۰۰-۵۱
آلوده	۱۹۹-۱۰۱
بسیار آلوده	۲۹۹-۲۰۰
سمی و خطرناک	۳۰۰ و بیشتر از

## ۱۲-۱- روش‌های کنترل آلودگی هوا

هدف از کنترل آلودگی هوا این است که مقدار آلودگی را به حدی که تعیین شده است کاهش دهیم. هدف، حذف کامل آلاینده‌ها نیست، زیرا این کار از نظر فنی بسیار مشکل و از نظر اقتصادی بسیار پرهزینه است.

در تدوین استانداردهای آلودگی هوا و برنامه‌های کنترل، همواره دو موضوع مورد توجه است:

۱. غلظت آلودگی به حدی باشد که برای سلامت انسان و سایر موجودات زیان‌آور نباشد.

۲. از نظر اقتصادی و فنی عملی باشد و منجر به تعطیلی صنایع نگردد.

برای رسیدن به اهداف بالا اقدامات ذیل ضروری به نظر می‌رسد:

### ۱-۱۲-۱- کنترل وسایل نقلیه

از آنجایی که وسایل نقلیه موتوری سهم بیشتری در آلودگی هوا نسبت به سایر منابع دارند، لذا کنترل آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. در نتیجه اقدامات ذیل ضروری است:

- جایگزین کردن وسایل نقلیه عمومی به جای وسایل نقلیه شخصی

- جایگزین کردن سوخت‌های گازی یا برقی به جای بنزین و گازوئیل

- ملزم نمودن سازندگان اتومبیل‌های داخلی به تبعیت از استانداردهای آلودگی هوا

- جلوگیری از خودروهای دارای نقص فنی

- ایجاد مترو و اتوبان

- اجباری کردن معاینه هر شش ماه یکبار اتومبیل‌ها

### ۱-۱۲-۲- کنترل صنایع

صنایع به علت زیادی و تنوع آلاینده‌های خروجی سهم مؤثری در آلودگی هوا دارند که برای کنترل آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- احداث صنایع در خارج از شهر به طوری که بادهای غالب منطقه‌ی آلاینده‌های خروجی را به سمت مناطق مسکونی هدایت نکند.

- تغییر در مراحل عملیات کارخانه و سوخت

- نصب دستگاه‌های کنترل مواد آلاینده در کلیه قسمت‌های مورد نیاز کارخانه آلاینده‌های خروجی از دودکش کارخانجات ممکن است به صورت گاز یا ذرات باشند. لذا از روش‌های ذیل برای جدا کردن آن‌ها می‌توان استفاده نمود:

## الف) دستگاه‌های کنترل کننده گازها

### ۱- جذب در مایعات

جذب گازها در مایعات با استفاده از حلالی که خاصیت انتخابی نسبت به گاز بخصوص را دارد صورت می‌گیرد.

### ۲- جذب سطحی جامدات

جذب سطحی موقعی صورت می‌گیرد که گاز از یک سطح جامد و یا متخلخل عبور داده شود. عمل جذب ممکن است منحصرأ یک کشش مولکولی بوده و یا آن‌که این کشش با فعل و انفعالات شیمیایی توأم باشد. کربن فعال، اکسید آلومینیوم و ژل سیلیس از این جمله‌اند.

### ۳- تقطیر

عمل تقطیر ممکن است به وسیله‌ی کم کردن درجه حرارت و یا بالابردن فشار انجام گیرد، ولی در عمل معمولاً از روش کاهش درجه حرارت استفاده می‌شود.

### ۴- دوباره سوزاندن

گازهای مختلف تولیدی از فعالیت صنعتی، قبل از خروج از دودکش دوباره سوزانده می‌شوند که از ورود آن‌ها به هوا جلوگیری شود.

## ب) دستگاه‌های کنترل کننده‌ی ذرات

### ۱- اتاقک‌های ته‌نشینی

ساده‌ترین، ارزان‌ترین و ابتدایی‌ترین دستگاه کنترل ذرات هوا است. که به عنوان وسایل مقدماتی جهت بالا بردن راندمان وسایل بعدی به کار گرفته می‌شود. اتاقک رسوب‌دهی برای جمع‌آوری ذرات با قطر بیشتر از ۵۰ میکرون موثر است. اساس کار این دستگاه کاهش سرعت و ته‌نشینی ذرات در اثر نیروی ثقل است.

## ۲- جدا کننده‌های سیلیکونی

بر اساس نیروی گریز از مرکز کار می‌کنند، اما نیروی وزن هم در جداسازی تأثیر دارد. با استفاده از این دستگاه قادر به حذف ذرات بالاتر از ۵ میکرون خواهیم بود.

## ۳- رسوب دهنده الکترواستاتیک

برای گرفتن ذرات ریزی که سیکلون‌ها و فیلترها قادر به گرفتن آن نیستند، استفاده می‌شود. این سیستم به برق زیاد و پرسنل متخصص نیازمند است. در نتیجه هزینه‌های آن بسیار بالاست.

## ۴- فیلتر یا صافی

این فیلترها بسترهای متخلخلی هستند که قادر به جداسازی ذرات موجود در هوا یا گاز می‌باشند. جنس فیلترها می‌تواند از پارچه، کاغذ، پلی استر، شبکه توری فلزی و غیره باشد. برای حذف ذرات کوچکتر از ۱۰ میکرون نیز مناسب هستند و راندمان خوبی برای جداسازی ذرات کوچکتر از ۱ میکرون را نیز دارند.

## ۵- شوینده‌ها

اساس کار این دستگاه، شستشوی گاز حامل ذرات بوسیله یک مایع است که در حذف گازها و ذرات مؤثر می‌باشند.

## ۳-۱۲-۱- فضای سبز

از ضروری‌ترین و مطبوع‌ترین اقدامات شهری است، که باعث افزایش ظرفیت خود پالایی محیط می‌شود. و به عبارت دیگر باعث رقیق کردن آلودگی می‌شود. مثلاً احداث کمربند سبز بین مناطق صنعتی و مسکونی کوششی در این راستا می‌باشد.

## ۴-۱۲-۱- آموزش و اطلاعات عمومی

آموزش و اطلاع مردم از طریق وسایل ارتباط جمعی (رادیو، تلویزیون، سینما)، روزنامه، مجله و بالاخره تهیه و توزیع جزوات ساده که در آن منابع آلوده‌کننده هوا و خطرات و روش‌های جلوگیری از آنها نشان داده شده باشد، در جهت کنترل آلودگی هوا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

## فصل دوم: آلودگی آب

### ۲-۱- مقدمه

هفتاد درصد وزن بدن انسان بالغ را آب تشکیل می‌دهد. آب نقش اساسی در رسانیدن مواد غذایی به بافت‌ها، سلول‌ها و دفع سموم بدن دارد. همچنین در رسانیدن مواد غذایی اخذ شده توسط ریشه‌ی گیاهان به سایر اندام‌ها نقش بسزایی را ایفا می‌نماید.

آب مصارف گوناگونی دارد مثل آشامیدن، به عمل آوردن محصولات کشاورزی، به گردش درآوردن صنایع، تولید نیرو و نیز پرورش موجودات دریایی که بیشتر آن‌ها برای انسان جنبه‌ی غذایی دارند. وجود آب می‌تواند باعث بالا رفتن بهداشت در یک محیط و یا موجب بروز انواع بیماری بشود، زیرا آب خود یک ناقل مؤثر میکروب‌ها نیز است.

### ۲-۲- منابع آب

آب یکی از فراوان‌ترین و پایدارترین ترکیباتی است که در طبیعت یافت شده و از آن به عنوان بزرگترین حلال شیمیایی یاد می‌شود. آب اساسی‌ترین تشکیل دهنده بافت‌های بدن بوده و به عنوان ضروری‌ترین عامل حیات شناخته شده که بدون آن انجام اعمال فیزیوتراپی بدن ممکن نمی‌باشد. آب حدود ۷۰٪ وزن بدن انسان را تشکیل داده و حدود ۷۱٪ سطح زمین را به صورت دریا، دریاچه و رودخانه پوشانیده است. حدود ۹۷/۳٪ آب در اقیانوس‌ها، ۲/۱٪ در یخ‌های مناطق قطبی و ۰/۶٪ در دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و زیرزمین قرار گرفته است.

به طور کلی، یک سیستم تأمین آب از قسمت منبع، تصفیه و انتقال و توزیع تشکیل شده است. آب از منبع در کانال‌های روباز یا سرپسته، تحت یا بدون فشار، به تصفیه خانه انتقال و بعد از تصفیه، مستقیماً یا از طریق کانال وارد شبکه توزیع آب می‌شود.

آب‌های سطحی از رودخانه‌های بزرگ یا دریاچه‌ها تأمین می‌گردند حتی ممکن است آب یک رودخانه کوچک نیز برای مصرف مناسب باشد در این صورت آب آن را به وسیله سد جمع آوری و ذخیره می‌نماید.

آب‌های سطحی کیفیت متفاوتی دارند و حاوی میکروارگانیسم‌ها، مواد معدنی و آلی محلول و معلق می‌باشند.

همچنین، این آب‌ها ممکن است رنگ، مزه و بوی نامطبوع نیز داشته باشند.

آب‌های سطحی در معرض آلودگی با فاضلاب شهرها، زوائد صنعتی، سیلاب‌های کشاورزی و پس مانده‌های حیوانات و گیاهان قرار دارند. درجه حرارت آب‌های سطحی متناسب با هوای منطقه تغییر می‌کند.

با این که آب‌های زیرزمینی نیز در معرض آلودگی قرار دارند ولی اغلب صاف و بیرنگ بوده و مقدار مواد آلی و میکروارگانیسم‌های آن‌ها کمتر از آب‌های سطحی است زیرا که آب ضمن عبور از لایه‌های مختلف خاک تا حدی تصفیه می‌شود. بر عکس، مواد معدنی (مانند یون‌های کلسیم و منیزیم) که عامل اصلی سختی آب می‌باشند، ممکن است در آب‌های زیرزمینی منعکس کننده اختصاصات مواد معدنی زمین آن منطقه می‌باشد. در طول زمان، معمولاً کیفیت آب‌های زیرزمینی ثابت‌تر از حرارت آب‌های سطحی می‌باشد و معمولاً نزدیک به میانگین سالانه درجه حرارت هوای منطقه است، در حالی که درجه حرارت آب‌های سطحی متناسب با حرارت منطقه تغییر می‌کند. آب‌های زیرزمینی ممکن است فقط با تصفیه میکروبی برای مصارف عمومی مناسب شوند.

معمولاً آب‌های سطحی در مقایسه با آب‌های زیرزمینی تصفیه بیش‌تری لازم دارند تا برای مصارف عمومی آماده شوند. تصفیه آب‌های خام علاوه بر گندزدائی ممکن است شامل انعقاد، ته‌نشینی، صاف و سبک کردن و جداسازی آهن بشود.

خورندگی آب‌های سطحی و زیرزمینی بر حسب pH، سختی و سایر اختصاصات، با یکدیگر خیلی تفاوت دارد. بعضی آب‌ها ممکن است حاوی مواد معدنی محلول باشند که بر روی سطح داخلی لوله‌های شبکه توزیع ته‌نشین شده و پوسته تشکیل می‌شود. خورندگی آب‌های خام را می‌توان با تصفیه از بین برد.

### ۳-۲- خواص آب

آب بر حسب توانایی، مواد معدنی را به مقادیر مختلف به صورت محلول و معلق در خود نگاه می‌دارد. بسیاری از مواد آلی در آب حل شده یا به صورت کلوئید در می‌آیند. بعضی حالات غیر متعارف در خواص آب دیده می‌شوند. برای مثال آب به صورت یک مولکولی  $H_2O$  وجود ندارد. آب به علت قدرت حلالیت زیاد و حفظ زندگی اورگانیسم آبی، یکی از ترکیباتی است که به آسانی به صورت خالص در نمی‌آید.

### ۱-۳-۲- خواص فیزیکی

اغلب توجه چندانی به خواص فیزیکی آب نمی‌شود، در صورتی که نقش مهمی در مصرف آب دارد. درجه حرارت، ویسکوزیته، وزن مخصوص، رنگ و کدورت خواص فیزیکی مهم آب می‌باشند. حرارت بر ویسکوزیته و وزن مخصوص آب اثر می‌کند.

#### ۱- وزن مخصوص

وزن مخصوص آب در حرارت‌های مختلف خیلی کم تغییر می‌نماید. در هر صورت همین تغییرات جزئی وزن مخصوص آب در حرارت‌های متفاوت مانع اختلاط آب لایه‌های مختلف می‌شود. این پدیده سبب اختلاط کیفیت آب طبقات دریاچه‌ها و برکه‌های عمیق می‌گردد زیرا اختلاف وزن مخصوص مانع به گردش درآوردن آب به وسیله باد شده در نتیجه اکسیژن هوا در آن حل نشده و همین کمبود اکسیژن موجب نزول کیفیت آب می‌شود.

#### ۲- ویسکوزیته

مقاومت در برابر حرکت آب را ویسکوزیته گویند. حرارت ویسکوزیته آب را خیلی بیش از وزن مخصوص تغییر می‌دهد. ویسکوزیته آب بر فرایندهای تصفیه کاملاً اثر می‌گذارد به طوری که انعقاد، نه‌نشینی و صاف کردن در زمان زمستان آهسته‌تر از تابستان انجام می‌گیرد. کاهش ویسکوزیته آب در اثر افزایش فشار یکی از خواص غیرممتعارف آب می‌باشد.

#### ۳- رنگ

رنگ آب ممکن است به علت مواد معدنی و آلی محلول یا کلوئیدی باشد و بر مصارف آب اثر زیان آور داشته و از نظر زیبایی مورد قبول نیست. رنگ آب در بسیاری از فرآیندهای صنعتی، مانند صنایع نساجی، شستشوی البسه و پارچه و کاغذسازی ایجاد مزاحمت می‌کند. فساد گیاهان و نشت مواد آلی آنها به محیط اغلب منبع رنگ آب می‌باشد. در فصل پائیز، برگ درختان به رودخانه‌ها ریخته و مواد رنگی آنها وارد آب می‌شود. جریان مرداب‌ها به رودخانه‌ها سبب رنگی شدن آب رودخانه‌ها شده که برای مصارف شهری و صنعتی کاملاً نامناسب می‌باشند. رنگ‌های آلی اغلب به صورت کلوئیدی در آب می‌باشند و فرآیند تصفیه، مانند انعقاد، نور خورشید و گندزدائی، رنگ آب را کاهش می‌دهد.

#### ۴- کدورت

آب کدر برای بسیاری از مصارف صنعتی نامناسب بوده و از نظر زیبایی و سلامتی برای مصارف شهری نیز غیرمطلوب است. کدورت مانع اثر گندزداها بر باکتری‌های بیماری‌زا می‌شود. پوشش گیاهی سطح زمین، کشت و زرع، سیل و تکرار بارندگی خیلی بر کدورت آب‌های سطحی موثر است.

#### ۵- بو و طعم

بوی آب قاعداً باید ارتباط نزدیکی با طعم آن داشته باشد، در صورتی که عوامل غیرفراری مانند کلوروسدیم، وجود دارند که با تأثیر بر روی طعم آب هیچ گونه اثری بر روی بوی آن ندارند. عوامل مختلفی مانند جلبک‌ها، تجزیه گیاهان آبی، ترکیبات ناشی از کلرینه‌کردن آب (کلروفنول‌ها) و آب‌های راکد انتهای سیستم توزیع آب در ایجاد طعم و بوی آب موثرند.

#### ۲-۳-۲- خواص شیمیایی

مقدار و نوع مواد شیمیایی محلول در آب بسیار متنوع و متغیر می‌باشند. معمولاً آب‌ها را بر حسب مقدار مواد معدنی (کل مواد محلول و جامد) به ترتیب جدول ۱-۲ تقسیم می‌نمایند:

جدول ۱-۲- مواد محلول در آب‌های خوراکی

ترکیبات اصلی (۱ppm-۱۰۰۰)	
بی‌کربنات	سدیم
سولفات	کلسیم
کلر	منیزیم
	سیلیس
ترکیبات ثانوی (۱/۱ppm-۰/۰۰۰۰)	
سرب	آنتیموان
لیتم	آلومینیوم
منگنز	آرسنیک
مولیبدن	باریم
نیکل	برم

کادمیوم	فسفات
کروم	روبیديوم
کبالت	سلنیوم
مس	تیتانیوم
ژرمانیوم	اورانیوم
ید	وانادیوم
روی	
عناصر جزئی (کمتر از ۰/۰۰۰۱ ppm)	
بریلیوم	روتینیوم
بیسموت	اسکاندیوم
سربوم	نقره
سزیوم	توریم
طلا	قلع
ایندیوم	تنگستن
لانتانیوم	تیربیوم
نیوبیوم	تیریوم
پلاتین	زیرکونیوم
رادیوم	

#### pH - ۱

یون هیدروژن همیشه در آب وجود دارد و چنانچه مقدار آن از حد معینی بالاتر رود بر کیفیت آب اثر می‌گذارد. غلظت یون هیدروژن بر مبنای مقیاس pH که از صفر تا ۱۴ می‌باشد اندازه‌گیری می‌شود. pH بالا (غلظت کم یون هیدروژن، اسیدی) اثر خوردگی آب را افزایش می‌دهد. در pH بالا، مقداری از مواد معدنی آب ممکن است رسوب نماید. فعالیت بسیاری از آگ‌ها برای فتوسنتز از دی‌اکسید کربن که به صورت اسید کربنیک در آب وجود دارد استفاده می‌نمایند.

انسان می‌تواند آب‌های دارای pH بسیار متفاوت را بنوشد ولی معمولاً در تصفیه خانه‌ها pH آب را حدود ۷-۸ تنظیم می‌نمایند.

## ۲- سختی

سختی آب نتیجه وجود املاحی، مانند کاتیون‌های منیزیم، کلسیم، استرانسیوم، آهن، آلومینیوم، منگنز و مس بوده که با آنیون‌های بیکربنات، کربنات، کلرور، سولفات سیلیکات و نیترات به صورت محلول در آب وجود دارند. سختی کامل شامل سختی موقت یا سختی کربناتی به اضافه سختی دائم یا سختی غیرکربناتی می‌باشد. سختی موقت در اثر جوشاندن آب ته نشین شده، جرم داخل ظروف را که به املاح کربنات و بیکربنات کلسیم و منیزیم مربوط می‌شود تشکیل می‌دهد. جوشاندن آب به مدت چند دقیقه باعث تجزیه بیکربنات‌ها و خارج شدن گاز دی-اکسید کربن و رسوب کربنات‌های کلسیم و منیزیم می‌شود. سختی دائم به واسطه وجود عناصری چون سولفات و کلرورهای منیزیم و کلسیم که در اثر جوشاندن رسوب نمی‌نمایند، پدید می‌آید. سختی معمولاً به میلی گرم در لیتر بر حسب کربنات کلسیم بیان می‌شود.

## ۳- هدایت الکتریکی (EC)

در حال حاضر به عنوان یک نمایه استاندارد در توصیف مقدار غلظت نمک‌های موجود در آب مورد قبول واقع شده است. نمایه مذکور بر این اساس است که آب خالص برای جریان برق، هادی ضعیفی است ولی اگر آب محتوی نمک باشد خواهد توانست جریان برق را متناسب با غلظت نمک به خوبی از خود عبور دهد، زیرا الکترولیتها در مجاورت با آب تجزیه شده و به صورت یون‌های باردار در می‌آیند. یون‌ها نیز قادرند جریان برق را هدایت کنند بطوریکه هر چه غلظت نمک‌ها در آب زیادتر باشد هدایت جریان الکتریکی نیز زیادتر خواهد بود. هدایت الکتریکی بر حسب عکس مقاومت توصیف می‌شود.

## ۴- کل جامدات محلول (TDS)

مواد محلول ممکن است همچون مواد معلق، آلی و غیرآلی باشند. مواد غیرآلی که در آب محلولند، شامل: مواد معدنی، فلزات و گازها می‌باشند و مواد حاصل از تجزیه گیاهان، مواد شیمیایی آلی و گازهای آلی، اجزاء محلول آب هستند.

اثرات مواد محلول: باعث تولید رنگ، طعم و بوی ناخوشایندی می‌شوند. بعضی از مواد شیمیایی سمی و بعضی از مواد محلول آلی سرطان‌زا می‌باشند.

کل مواد محلول را می‌توان با عمل تبخیر بعد از فیلتر کردن، وزن و تعیین مقدار نمود. و این مقدار معرف کل جامدات محلول (TDS) است. سه فرآیندی که بیش از همه برای حذف مواد معدنی موجود در حجم‌های زیاد مناسب هستند، عبارتند از الکترودیالیز، تعویض یونی و اسمز معکوس.

## ۵- قلیائیت

قلیائیت به مقدار یون‌های موجود در آب گفته می‌شود که بر اثر واکنش با یون هیدروژن آن را خنثی می‌کند. بدین طریق قلیائیت، میزان توانایی آب برای خنثی کردن اسیدها است.

اجزای قلیائیت را، بی‌کربنات ( $\text{HCO}_3^-$ )، کربنات ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) و هیدروکسید ( $\text{OH}^-$ ) تشکیل می‌دهند. علاوه بر معدنی بودن ریشه آنها، این مواد می‌توانند از دی‌اکسید کربن که جزئی از اتمسفر و حاصل تجزیه میکروبی مواد آلی است، سرچشمه بگیرند. اگر مقدار دی‌اکسید کربن تبدیل به دلایلی در آب بالا باشد، در pH حدود ۱۱/۵ تبدیل به کربنات، در pH حدود ۸/۵ تبدیل به بی‌کربنات و در pH حدود ۴/۵ به صورت دی‌اکسید کربن باقی می‌ماند.

آنیون‌های تشکیل دهنده قلیائیت ( $\text{OH}^-$ ،  $\text{CO}_3^{2-}$ ،  $\text{HCO}_3^-$ ) نمی‌توانند همزمان در آب وجود داشته باشند. زیرا هیدروکسید در pH بالاتر از ۱۰/۵، بی‌کربنات در pH کمتر از ۱۰ و غلظت کربنات در pH بیشتر از ۱۰ حضور دارند. قلیائیت در مقادیر زیاد طعم تلخی به آب می‌دهند. در عین حال، نگرانی اساسی در مورد آب قلیائی، واکنش‌هایی است که می‌تواند باعث مسدود شدن لوله‌ها و دیگر ملزومات شبکه آبرسانی شود.

## ۶- مواد غذایی آلگ‌ها

ازت و فسفر که عمدتاً در اثر فعالیت انسان وارد آب می‌شوند غذای اصلی آلگ‌ها بوده، از دیاد غلظت عناصر مذکور موجب تسریع رشد آن‌ها می‌گردد. تجزیه آلگ‌ها در آب ایجاد بو و مزه خاص می‌کند و اثر قابل ملاحظه‌ای بر کیفیت آب سدها و حوض‌های بزرگ ذخیره آب می‌گذارد. کاهش اکسیژن دریاچه‌ها و برکه‌های عمیق در اثر تجزیه آلگ‌ها منجر به تولید هیدروژن سولفور و همچنین مشکلات ناشی از آهن و منگنز می‌شود زیرا حلالیت آهن و منگنز در شرایط بیهوازی خیلی افزایش می‌یابد.

### ۳-۳-۲- خواص بیولوژیکی

موجودات آبی در کیفیت آب اثر قابل ملاحظه‌ای می‌گذارند. برای مثال، آنگ‌ها مزه و بو به آب می‌دهند. بعضی از آنگ‌ها باعث گرفتگی صافی‌های شنی و عده‌ای دیگر توده‌های لزج ژلاتینی بر روی دستگاه‌ها، تانک‌ها و دیوار مخازن آب تولید می‌نمایند. رشد بعضی باکتری‌ها می‌تواند تورها، دریچه‌ها و پمپ‌ها را مسدود نماید. عده‌ای از باکتری‌ها باعث مزه و بوی نامطبوع آب می‌شوند. میکروب‌ها و ویروس‌ها سبب بیماری‌های مختلف می‌گردند. از یک گروه میکروب به نام گروه کلی فرم، به عنوان نشانه آلودگی آب استفاده می‌شود و چنانچه در آب یافت گردند احتمال وجود میکروب‌های بیماری‌زا می‌باشد.

### ۴-۳-۲- خواص رادیولوژیکی

مواد رادیواکتیور یا رادیونوکلئیدها از منابع طبیعی یا مصنوعی وارد آب می‌شوند. رادیوم ۲۲۶ و ۲۲۸ از رادیونوکلئیدهای طبیعی می‌باشند. معمولاً رادیوم به مقدار قابل توجه در آب‌های سطحی وجود ندارد ولی بر حسب نوع مواد خاک و صخره‌ای که آب‌های زیرزمینی با آنها در تماس می‌باشند ممکن است وارد آب‌های زیرزمینی شوند. رادیواکتیوئیه مصنوعی از منابع متعددی می‌تواند وارد آب گردد و معمولاً بیشتر آب‌های سطحی را آلوده می‌کند. نزولات جوی رادیواکتیو ناشی از انفجارات اتمی شاید مهمترین منبع رادیواکتیویته باشد. منابع مصنوعی دیگری، مانند مصرف رادیونوکلئیدها در پزشکی، کشاورزی، صنعتی و مراکز تحقیقاتی، نیز وجود دارند که از طریق آنها مواد رادیواکتیو وارد آب می‌شوند. فاضلاب نیروگاه‌های هسته‌ای و معادن مواد رادیواکتیو حاوی مقدار زیادی رادیواکتیو است که پخش آنها در محیط خطرات زیادی در بر دارد.

### ۴-۲- استانداردهای کیفی آب آشامیدنی

#### ۱-۴-۲- استانداردهای فیزیکی و شیمیایی

انسان میل به آشامیدن آبی دارد که از نظر زیبایی نیز قابل قبول باشد یعنی فاقد کدورت، رنگ، بو و مزه نامطبوع باشد.

آبی که برای آشامیدن و تهیه غذا مصرف می‌شود باید از مواد معدنی و آلی که اثرات فیزیولوژیکی ناخواسته بر مصرف کنندگان می‌گذارند عاری بوده یا مقدار آنها از حد معینی تجاوز ننماید. جدول (۲-۲) به ترتیب اثرات مواد

شیمیایی آب بر سلامتی انسان و ترکیباتی که بیش از حد مجاز در آب ممکن است مشکلاتی بوجود آورند را نشان می‌دهند.

## ۲-۴-۲- استانداردهای بیولوژیکی

آب ارگانیسم‌های بیماری‌زا را انتقال می‌دهد و بیماری‌های ناشی از آب آلوده به وسیله میکروب‌ها و ویروس‌ها ایجاد می‌شوند. ارگانیسم‌های بیماری‌زا در دستگاه گوارش انسان و حیوانات خونگرم پیدا می‌شوند و چون میکروب‌های کلی فرم همیشه در روده حیوانات خونگرم وجود دارند، از این رو از آنها به عنوان نشانه آلودگی مدفوعی آب استفاده می‌گردد.

### جدول ۲-۲- اثرات مواد شیمیایی آب بر مصرف کنندگان

مواد شیمیایی	اثر بر سلامتی	حداکثر غلظت مجاز (میلی گرم در لیتر)
ارسنیک	زخم‌های کوچک بر روی دست‌ها و پاها که ممکن است به سرطان منجر شود	۰/۰۵
باریم	افزایش فشار خون و انسداد عصبی	۱
کادمیوم	در کبد، کلیه‌ها، پانکراس و تیروئید تجمع یافته و سبب بالا رفتن فشار خون می‌شود	۰/۰۱
کروم	حساس کردن پوست و صدمه به کلیه‌ها	۰/۰۵
سرب	بیوست، از دست رفتن اشتها، کمخونی، درد و فلج تدریجی عضلات، مخصوصاً عضلات دست‌ها	۰/۰۵
جیوه	التهاب لثه‌ها و دهان، ورم غده‌های بزاق، از دست رفتن دندانها	۰/۰۰۲
سلنیوم	لکه‌های قرمز بر روی انگشتان، دندانها و مو، ضعف عمومی، دپرسیون، تحریک بینی و گلو	۰/۰۱
نقره	خاکستری رنگ شدن دائمی پوست، چشم‌ها	۰/۰۵

### ۳-۴-۲- استانداردهای رادیولوژیکی

تمامی انسان با مواد رادیواکتیو مضر بوده و از قرار گرفتن در معرض تشعشعات رادیواکتیو باید اجتناب شود. انسان همیشه در معرض تشعشعات مواد رادیواکتیو طبیعی آب، غذا و هوا قرار دارد. برای مثال، مواد رادیواکتیو رودخانه‌ها ممکن است در موجودات خرد که به عنوان غذای ماهی‌ها و سایر موجوداتی که انسان مصرف می‌کند، مورد استفاده دارد، تجمع یابند.

با توسعه و پیشرفت مصرف مواد رادیواکتیو برای انرژی، دفاع و صنعت، احتمال تماس انسان با مواد رادیواکتیو برای انرژی، دفاع و صنعت، احتمال تماس انسان با مواد رادیواکتیو خیلی افزایش یافته است. قرار گرفتن در معرض تشعشعات رادیواکتیو طبیعی یا مصنوعی سبب نقائص ژنتیکی و سرطان می‌شود و تماس‌های زیاد کشنده‌اند. قرار گرفتن در معرض تشعشعات رادیواکتیو فقط آب، احتمالاً کشنده نمی‌باشد ولی بر مقدار کل اشعه رادیواکتیو دریافتی بدن اضافه می‌کند.

### ۴-۴-۲- استانداردهای کیفی آب صنایع

آب در صنعت برای ساخت محصولات، محیط انتقال، عامل سرد و تمیز کننده، تولید بخار جهت ایجاد گرما و تولید نیروی الکتریسیته بکار می‌رود. کیفیت آب صنایع با نوع صنعت و نقش آب خیلی تفاوت می‌کند و به هیچ وجه تعیین یک استاندارد کیفی برای تمام آب‌های صنایع ممکن نمی‌باشد.

کیفیت بیولوژیکی آب صنایع غذایی، کاغذ، چوب و نساجی از آب‌های آشامیدنی باید بهتر باشد. وجود ارگانیسیم‌ها ممکن است باعث فساد غذا یا تخریب ساکارز شود. میکروب‌های غیر بیماری‌زا، آگ‌ها و قارچ‌ها ممکن است کیفیت یا مرغوبیت محصولات نساجی یا کاغذ را کاهش دهد.

### ۵-۴-۲- استانداردهای کیفی آب‌های زراعی

مقدار نمک‌های محلول در کیفیت آب‌های زراعی اثر می‌گذارد زیرا که تحمل گیاهان به مقدار و نوع مواد معدنی محلول در آب متفاوت می‌کند. برای مثال، چنانچه غلظت املاح سدیم از حد معینی تجاوز نماید، جنس زمین را خراب کرده، قابلیت نفوذ آب در زمین و همچنین گیاهان کاهش می‌یابد در صورتی که املاح کلسیم بر کیفیت جنس خاک می‌افزاید.

به طور کلی، املاح معدنی آب‌های زراعی با املاح خاک تجمع یافته و به تدریج باعث کندی رشد یا مرگ گیاه می‌شود و یا مزه و طعم میوه درختان تأثیر می‌گذارد.

### ۵-۲- تصفیه آب

روش‌های مختلفی برای تبدیل آب‌های طبیعی یا خام به آب‌های سالم و قابل برای مصرف کنندگان وجود دارد و روش انتخابی تصفیه بستگی به اختصاصات آب خام دارد. جدول ۲-۳ خلاصه‌ای از فرآیندهای معمول تصفیه آب‌ها می‌باشد. چون آب‌های سطحی بیشتر از آب‌های زیرزمینی در معرض آلودگی‌ها قرار دارند لذا تصفیه بیشتری باید بشوند. بنابراین، به استثنای اندازه‌گیری جریان آب و گندزدائی معمولاً اکثر فرآیندهای تصفیه زیر فقط بر روی آب‌های سطحی انجام می‌گیرد.

تصفیه آب معمولاً با بعضی فرآیندهای تصفیه مقدماتی شروع می‌گردد. تصفیه مقدماتی شروع می‌گردد. تصفیه مقدماتی آب در خارج از تصفیه خانه انجام می‌گیرد تا ضمن کاهش ناخالصی‌ها از فشار بر فرآیندهای اصلی تصفیه نیز کاسته شود.

### جدول ۲-۳- روش‌های تصفیه آب

تصفیه مقدماتی	هدف
فرآیند	هدف
آشغالگیری	اجسام بزرگ را که به دستگاههای تصفیه خانه صدمه وارد می‌سازند از آب جدا می‌کند.
تصفیه شیمیایی مقدماتی	برای جدا کردن آلگ‌ها و سایر موجودات آبی مزاحم که ایجاد مزه، بو و رنگ می‌کنند.
ته نشینی مقدماتی	سنگریزه، شن، ماسه، گل و لای و سایر اجسام ریگ‌دار را که به دستگاه‌های تصفیه خانه صدمه می‌زند، از آب جدا می‌نماید.
صافی‌های مشبک سوراخ ریز	آلگ‌ها، گیاهان آبی و اجسام کوچک که دستگاهها را مسدود کرده یا به سایر مراحل تصفیه زیان می‌رسانند، از آب جدا می‌سازند.

اندازه‌گیری جریان آب	مقدار آبی که باید تصفیه شود اندازه‌گیری می‌نماید.
<b>تصفیه اصلی</b>	
فرآیند	هدف
هوادهی	بوها و گازهای محلول را از آب خارج کرده، مقدار اکسیژن محلول آن را افزایش می‌دهند.
انعقاد - تجمع ذرات	ذرات غیر قابل ته نشین را به ذرات قابل ته نشینی تبدیل می‌نماید.
ته نشینی	ذرات قابل ته نشین را جدا می‌کند.
سبک کردن	جداسازی مواد شیمیایی که باعث سختی آب می‌شوند.
صاف کردن	ذرات کوچک، ذرات تجمع یافته معلق و میکروارگانیسم‌ها را از آب خارج می‌کند.
جذب	جداسازی مواد آلی و رنگ آب
ثبیت	جلوگیری از تشکیل پوسته و خوردگی آب
افزایش فلوئور	برای سخت‌تر کردن مینای دندان تا از فساد و پوسیدگی دندان جلوگیری شود.
گندزدایی	میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا نابود می‌شوند

آشغالگیری، ته نشینی مقدماتی، و گذراندن آب از صافی‌های ریز از فرآیندهای تصفیه مقدماتی بشمار می‌آیند و اجسام و موادی را که باعث گرفتگی و آسیب به دستگاهها می‌شوند و یا کارائی مراحل دیگر تصفیه را کاهش می‌دهند تا از آب خارج می‌نمایند. در تصفیه شیمیایی مقدماتی ترکیباتی، مانند سولفات مس پنج آبه (کات کبود  $CH_5O_4.5H_2O$ )، به آب اضافه می‌گردند تا از رشد آگ‌ها جلوگیری شود.

هوادهی اولین مرحله از فرآیندهای تصفیه اصلی است که در تصفیه خانه انجام می‌گیرد. هوادهی برای خارج کردن بعضی گازهای محلول در آب (مانند گاز دی‌اکسید کربن)، گازهای نامحلول (مانند گاز هیدروژن سولفور) و افزایش مقدار اکسیژن و محلول آب که موجب اکسیداسیون آهن و منگنز محلول در آب و تبدیل به ترکیبات آهن و منگنز نامحلول می‌شود بکار می‌رود.

انعقاد/تجمع ذرات یک فرآیند شیمیایی تصفیه است که برای تبدیل ذرات کوچک سبک غیرقابل ته نشین به ذرات بزرگ سنگین قابل ته نشین به کار می‌رود. برای این منظور ترکیبات شیمیایی مختلف، مانند سولفات آلومینیوم، سولفات مس، سولفات فروفریک و آلومینات سدیم را به مقدار کافی به آب می‌افزایند تا از ذرات کوچک به ذرات بزرگ قابل ته نشین تبدیل شوند. انعقاد/تجمع ذرات باید قبل از مرحله ته نشینی انجام گیرد تا ذرات معلق و کلوئیدی آب به آسانی ته نشین شوند. بسیاری از مواد معلق در آب به کمک ته نشینی از آب جدا می‌شوند تا فشار بر صافی‌ها و سایر فرآیندهای تصفیه کاهش یابد. آب را با سرعت خیلی آهسته در حوضچه‌هایی وارد می‌کنند تا ذرات معلق آن ته نشین شوند.

آب‌های سخت را به کمک آب آهک  $\text{Ca(OH)}_2$  و خاکستر کربنات سدیم ( $\text{Co}_3\text{Na}_2$ ) سبک می‌کنند. آب آهک و کربنات سدیم با نمک‌های کلسیم و منیزیم ترکیب شده و رسوبات نامحلول کربنات کلسیم و هیدروکسید منیزیم تشکیل می‌شوند که به وسیله ته‌نشینی و صاف کردن از آب جدا می‌گردند.

از روش‌های دیگری نیز، مانند الکتروکولایز، تقطیر، انجماد و اسمز معکوس، برای سبک کردن آب استفاده می‌شود که روش‌های پیچیده و گران قیمت بوده، فقط در شرایط خاص بکار می‌روند.

بعد از مرحله ته‌نشینی، ذرات بسیار ریز شامل میکروارگانیزم‌های مضر ممکن است در آب معلق باشند. لذا همیشه آب را بعد از ته‌نشینی از بستر صافی که معمولاً از شن یا مخلوطی از شن، زغال آنتراسیت و لعل ریز یا مواد مصنوعی مشابه که مخصوص تصفیه آب ساخته شده است می‌گذرانند تا مواد معلق باقیمانده از آب جدا شوند.

سالهای متمادی از روش جذب برای جداسازی مواد آلی رنگ، بو و مزه‌زا استفاده می‌گردید و اخیراً نیز از همان روش برای جدا کردن مواد آلی سمی از آب‌های آشامیدنی استفاده می‌شود. از زغال فعال و رزین‌های مصنوعی به عنوان جاذب مواد آلی و آلومینیوم برای جذب فلئور و آرسنیک استفاده می‌شود.

بسیاری از آب‌ها حاوی ترکیباتی هستند که باعث خوردگی فلزات یا تشکیل رسوب و پوسته در لوله‌های آب و دیگ‌های بخار می‌شوند. تثبیت یکی از فرآیندهای تصفیه است که معمولاً با تنظیم pH و قلیائیت آب و استفاده از عوامل چنگک و جلوگیری کننده از خوردگی (مانند سیلیکات‌ها و پلی فسفات‌ها) و پوشش‌های حفاظتی برای کاهش خوردگی و رسوب‌گذاری آب بکار می‌رود.

فلوئوریداسیون عبارت از افزایش ترکیبات فلوئور، مانند فلوئور سدیم (NaF)، اسید هیدروفلوئوسیلیک (H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>) و سیلیکوفلوئورسدیم (Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>) به آب آشامیدنی است تا غلظت فلوئور به حد مجاز رسیده، از پوسیدگی و فساد دندان جلوگیری شود.

گندزدائی آب‌ها آخرین مرحله از فرآیندهای تصفیه اصلی است که برای نابود ساختن میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا انجام می‌گیرد و تمام آب‌های آشامیدنی باید گندزدائی شوند. اگرچه کلر متداول‌ترین روش گندزدائی است ولی روش‌های دیگری، مانند استفاده از حرارت، اشعه ماوراء بنفش و مواد شیمیایی (برم، ید و ازن) برای گندزدائی وجود دارند که ممکن است در بعضی شرایط مفید باشند.

## ۲-۶- اندازه‌گیری کیفیت آب

### ۱-۲-۶- اکسیژن محلول در آب (DO)

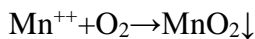
شاید مهمترین روش اندازه‌گیری کیفیت آب تعیین میزان اکسیژن محلول در آب (DO) باشد. هر چند که اکسیژن معمولاً بصورت ضعیفی در آب حل می‌گردد، اما وجود آن یک امر ضروری برای حیات موجودات آبی می‌باشد. حداکثر میزان اکسیژن که در درجه حرارت نرمال می‌تواند در آب حل شود ۹mg/lit می‌باشد و با افزایش درجه حرارت آب، این حالت اشباع سریعاً تقلیل می‌یابد.

### جدول ۲-۴- میزان اکسیژن محلول در آب بصورت پایدار در دماهای مختلف

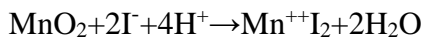
غلظت اشباع O <sub>2</sub> (mg/lit)	دمای آب درجه سانتی‌گراد
۱۴/۶	۰
۱۳/۱	۴
۱۱/۹	۸
۱۰/۸	۱۲
۹/۲	۲۰
۸/۵	۲۴
۸/۰	۲۸
۷/۶	۳۰

وینکلر در اوایل قرن بیستم روشی را برای اندازه‌گیری میزان اکسیژن حل شده ارائه نمود که به آزمایش وینکلر موسوم است. در این آزمایش فعل و انفعالاتی بشرح زیر صورت می‌گیرد:

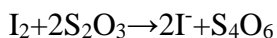
۱- یون‌های منگنز به آب نمونه‌گیری شده افزوده شده و در نتیجه رسوب اکسید منگنز ایجاد می‌گردد:



۲- یون‌های ید اضافه شده و فعل و انفعالاتی طبق فرمول ذیل رخ می‌دهد:



۳- میزان  $\text{I}_2$  تولیدی با تیوسولفید ( $\text{S}_2\text{O}_3$ ) ترکیب شده و اندازه‌گیری می‌گردد:



با توجه به آن که میزان  $\text{O}_2$  مستقیماً با  $\text{MnO}_2$  و  $\text{MnO}_2$  با  $\text{I}_2$  و  $\text{I}_2$  با  $\text{I}^-$  بستگی دارد، لذا با اندازه‌گیری یون‌های ید می‌توان میزان اکسیژن حل شده را محاسبه نمود.

## ۲-۶-۲- تعریف BOD

شاید مهمتر از اندازه‌گیری DO تعیین میزان BOD باشد. زیرا BOD مشخص کننده نرخ مصرف اکسیژن توسط ارگانیزم‌های داخل آب بوده و اندازه‌گیری آن می‌تواند کیفیت آب را مشخص نماید.

BOD کم مشخص کننده آنست که آب پاک (فاقد میکروارگانیزم) بوده و یا آن که میکروارگانیزم‌های موجود در آب نیازی به مصرف اکسیژن موجود در آب ندارند. یک حالت دیگر آن است که میکروارگانیزم‌ها، مرده و یا در حال مرگ می‌باشند.

برای تعیین BOD، نخستین بار بدین ترتیب عمل شد: ابتدا در دو بطری، نمونه آب یک نهر گرفته شده، میزان اکسیژن محلول (DO) در یکی از اندازه‌گیری گردید. سپس بطری دیگر به صورت سربسته در داخل همان جریان آب قرار داده شد (برای آن که شرایط محیطی نظیر درجه حرارت، زمان و نور یکسان باشد)، پس از چند روز DO ظرف دوم اندازه‌گیری گردید. اختلاف این دو DO مشخص کننده BOD مؤثر می‌باشند، زیرا مقدار اکسیژن مصرفی با افزایش زمان و یا افزایش درجه حرارت زیاد می‌شود.

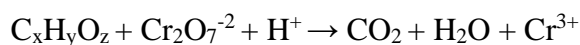
به منظور استاندارد نمودن این امر، مدت زمان آزمایش را معمولاً ۵ روز انتخاب می‌کنند که به BOD پنج روزه و یا BOD<sub>5</sub> موسوم می‌باشد. معمولاً آزمایش در درجه حرارت ۲۰ درجه سانتی‌گراد و در محیط تاریک مدت ۵ روز صورت می‌گیرد.

### ۳-۶-۲- تعریف COD

یکی از مشکلات تعیین BOD، زمان ۵ روزه‌ای است که باید صبر کرد تا کیفیت آب اندازه‌گیری شود. چنانچه ارگانیزمها به جای پروسه بیولوژیکی به صورت شیمیایی اکسید شوند، در کاهش این زمان تغییر محسوسی حاصل خواهد گردید.

به عنوان مثال سلولز ناشی از پساب کارخانجات کاغذسازی بصورت بیولوژیکی بسیار آهسته اکسید می‌شوند در حالی که به صورت شیمیایی با نرخ بسیار زیادی اکسید می‌گردند.

در بسیاری موارد دی‌کرومات پتاسیم به عنوان ماده اکسید کننده مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ترکیب قابل دسترسی بوده و در همه جا یافت می‌شود. مقداری از این ترکیب، به میزان معین و اندازه‌گیری شده‌ای به نمونه جوشانیده شده، اضافه می‌گردد:



پس از جوشانیدن توسط یک اسید ( $H^+$ ) دی‌کرومات اضافی با افزودن یک ماده کم کننده نظیر فرسولفات آمونیم اندازه‌گیری می‌گردد. اندازه‌گیری دی‌کرومات اولیه و آنچه باقی مانده متناسب با COD می‌باشد.

### ۴-۶-۲- تعریف TOC

از آنجایی که اکسیداسیون‌های کربن، تولید  $CO_2$  می‌نماید، لذا احتراق کامل یک نمونه، مشخص کننده ارگانیزم-های کربن موجود در فاضلاب می‌باشد. این روش به صورت سوزاندن نمونه در یک لوله سوخت صورت گرفته که با اندازه‌گیری  $CO_2$  پی به میزان TOC می‌برند. این روش در حال حاضر به علت گران بودن دستگاههای مربوطه متداول نمی‌باشد، اما از دقت زیادی برخوردار است.

## ۵-۶-۲- سایر مشخصه‌های آلودگی آب و اندازه‌گیری آن‌ها

### الف- میزان مواد معلق در آب

میزان مواد معلق در آب یکی دیگر از علائم آلودگی آب می‌باشد.

### ب- رنگ و بوی آب

رنگ و بوی آب هر دو یکی از مشخصه‌های آلودگی آب محسوب می‌گردند. اصولاً انسان آبی را که دارای رنگ نامطلوب می‌باشد و یا بو می‌دهد، حتی اگر از نظر بهداشتی سالم و بدون اشکال باشد نمی‌نوشد. رنگ و بوی آب را مواد ارگانیک، آیزیان و باکتری‌های موجود در آب به وجود می‌آورند.

### پ- pH آب

pH یک محلول، فاکتور و عاملی جهت اندازه‌گیری غلظت یون‌های هیدروژن موجود در محلول می‌باشد. فراوانی یون‌های هیدروژن ( $H^+$ ) در یک محلول موجب می‌گردد که آن محلول اسیدی بوده و فراوانی یون‌های  $OH^-$  در یک محلول موجب آن می‌شود که محلول بازی یا الکالین نامیده شود. مولکول‌های HOH آب (که معمولاً به صورت  $H_2O$  نوشته می‌شود) قابلیت تجزیه و یا یونیزه شدن را دارا می‌باشند. در یک آب کاملاً خنثی تعداد یون‌های  $H^+$  و  $OH^-$  مساوی بوده و چنین آبی فاقد خاصیت بازی و یا اسیدی می‌باشد.

در صورتی که غلظت یون‌های  $H^+$  و  $OH^-$  بر حسب وزن مولکولی به گرم در هر لیتر آب در نظر گرفته شود، رابطه ذیل همواره برقرار خواهد بود.

$$[H^+][OH^-]=kw$$

که  $kw=10^{-14}$  بنام ثابت حاصل ضرب یونی آب خوانده می‌شود. در حالت تعادل  $[H^+]=[OH^-]=10^{-7}$  می‌باشد. مثال: در صورتی که  $[OH^-]=10^{-10}$  باشد لذا  $[H^+]=10^{-4}$  و چون  $[H^+]$  بیشتر است پس محلول اسیدی می‌باشد. به جای اندازه‌گیری بر حسب (مول در لیتر) از تعریف pH استفاده می‌گردد که به صورت ذیل مشخص می‌شود:

$$pH = -\log [H^+] = \log 1/[H^+]$$

بنابراین:

$$[H^+]^{-pH} = 10.$$

پس هر چه pH کمتر از ۷ باشد، محلول اسیدی‌تر و اگر بیشتر از ۷ باشد محلول بازی خواهد بود.

اندازه‌گیری pH در حال حاضر عموماً با وسایل الکترونیکی صورت می‌گیرد. الکترودهای حساس نسبت به غلظت یون‌های هیدروژن فعال، سیگنال داده شده را به جریان برق تبدیل می‌نمایند. از روش‌های تغییر رنگ نیز می‌توان pH را مشخص کرد. از آن جمله تغییر رنگ کاغذ لیتموس است که مشخص می‌کند محلول اسیدی یا بازی می‌باشد.

### ت- مواد جامد موجود در آب

ذرات جامد به دو گونه در آب موجود می‌باشند، یکی ذرات معلق که قبلاً به آن اشاره شد و دیگری ذرات جامد محلول در آب نظیر نمک، جدا نمودن این مواد از آب اولین پروسه‌ای است که در هر دستگاه تصفیه صورت می‌گیرد. به طور کلی مواد پسماند ناشی از آب که در ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شده به عنوان مواد جامد موجود در آب نامیده می‌شوند.

### ث- کالیفرم

کیفیت آب از نظر بیولوژیکی نیز حائز اهمیت زیادی می‌باشد: یعنی آبی که در مورد استفاده قرار می‌گیرد نباید موجب بروز امراض شود. البته باکتریها انواع گوناگون دارند و در آب معمولاً به میزان بسیار کم یافت می‌شوند. اما نوعی از آنها به نام کالیفرم با خصوصیات زیر در آنها وجود دارند.

۱- به وفور در پساب‌ها یافت می‌شوند.

۲- با یک آزمایش ساده قابل تشخیص هستند.

۳- معمولاً مضر نمی‌باشد مگر در شرایطی استثنائی.

۴- معمولاً بیش از هر باکتری پاتوژن یعنی باکتری بیماری‌زا با دوام می‌باشند.

آبی که میزان کالیفرم آن بالا باشد نباید به مصرف آشامیدن برسد، هر چند که ممکن است به ظاهر کاملاً هم سالم باشد. روش اندازه‌گیری به این صورت است که عبور نمونه از یک فیلتر استرلیزه موجب رشد کالیفرم‌ها می‌گردد اگر این نمونه به مدت ۲۴ الی ۴۸ ساعت در محیط خشک نگهداری شود، آب تبخیر شده و تعداد لکه‌های سیاه باقیمانده، نشان دهنده تعداد کالیفرم‌ها خواهد بود.

## ۲-۷- آلوده کننده‌های آب

آلودگی آب، حاصل از افزودن هر جسم خارجی آن است، به طوریکه کیفیت فیزیکی، شیمیایی و یا بیولوژیکی آن طوری تغییر نماید که برای مصرف انسان و سایر موجودات و کشاورزی مضر باشد و انسان نتواند حتی با تصفیه عادی آن، آب مورد نیاز مصارف زندگی خود را تأمین کند.

به طور کلی منابع آلودگی آب‌ها را می‌توان در یک طبقه‌بندی چهارگانه به شرح زیر خلاصه نمود:

۱- آلودگی ناشی از فاضلاب

۲- آلودگی ناشی از پساب‌های صنعتی

۳- آلودگی ناشی از پساب‌های کشاورزی

۴- سایر آلوده کننده‌ها

### ۱-۲-۷- آلودگی ناشی از فاضلاب شهری

فاضلاب محلول رقیقی است که کلیه آبهای مازاد حاصل از فعالیت‌های حیاتی انسان را در بر می‌گیرد و شامل آبهای مصرفی ناشی از بهداشت فردی مثل حمام، شستشوی لباس، ظروف، شستشوی زمین و غیره می‌باشد. علاوه بر آن در فاضلاب‌ها مقادیر متنابهی از مواد مورد استفاده در زندگی روزمره انسان، مانند هیدروکربونها، چربی و روغن، پاک کننده‌های مصنوعی و غیره موجود است.

مهمترین مواد موجود در فاضلاب، مواد آلی، ازت، فسفر، کربن، کلسیم، منیزیم، سولفات کلرور، کربنات و بعضاً ترکیبات فلزات سنگین و غیره می‌باشد.

اولین اثر تخلیه فاضلاب در آب‌های موجود، کاهش اکسیژن محلول آنها و مرگ و میر آبری و احتمالاً پیدایش مواد با بوهای زننده در اثر اکسیداسیون غیرهوازی است.

دومین اشکال تخلیه فاضلاب شهری در آب‌ها، ایجاد لایه‌ای از مواد معلق بر سطح آب‌ها و ممانعت از نفوذ نور خورشید مورد نیازی برای انجام عملیات فتوسنتز می‌باشد.

شاید مهم‌ترین قسمت آلودگی آب‌ها در اثر تخلیه فاضلاب، ورود مقدار زیادی مواد مغذی مانند ترکیبات ازتی و فسفاتی در آنها است.

مهم‌ترین و خطرناک‌ترین اثر آلودگی ناشی از تخلیه فاضلاب، ورود عوامل بیماری‌زا به آب است.

نباید تصور کرد که آلودگی حاصل از فاضلاب، منحصر به جریان‌های آب است، بلکه ورود اکثر آلوده‌کننده به فاضلاب در زمین و عبور آنها از طبقات خاک و پیوستن آنها به سفره‌های آب زیرزمینی، این منابع حیاتی آب را آلوده می‌سازند.

## ۲-۷-۲- آلودگی ناشی از پساب‌های صنعتی

تخلیه پساب‌های صنعتی در آب‌ها، می‌تواند آلودگی‌های زیر را تولید نماید:

۱- اسیدیته آب را بالا ببرد.

۲- باعث قلیایی شدن آب گردد.

۳- غلظت مواد محلول در آب را زیاد کند.

۴- چربی و روغن، داخل آب نماید.

۵- فلزات سنگین را که اکثراً در غلظت‌های بسیار کم باعث مسمومیت می‌شود، افزایش دهند.

۶- گازهای سمی و بدبو را داخل آب کند.

۷- مواد معلق و مواد رنگی آب را افزایش دهد.

۸- باعث ورود مواد رادیواکتیو به آب‌ها گردد.

۹- میکروارگانیزمها بیماری‌زا داخل آب نماید.

### ۳-۷-۲- آلودگی ناشی از پساب‌های کشاورزی

همه ساله عده زیادی از انسانها در اثر بیماری‌هایی که ناقل آنها حشرات بوده‌اند، تلف می‌شوند. مقادیر زیادی از مواد غذایی حاصل از فعالیت‌های کشاورزی در اثر آفات نباتی از بین می‌روند. در نتیجه توجه به مراتب یاد شده، لزوم مبارزه با آفات در تمام سطوح کشاورزی را آشکار می‌سازد. مجموعه موادی که در مبارزه با این آفات در تمام سطوح کشاورزی را آشکار می‌سازد. مجموعه موادی که در مبارزه با این آفات به کار می‌رود، با نام کلی حشره‌کش مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

حشره‌کش‌ها در گروه‌های کلردار و فسفردار طبقه‌بندی شده‌اند که از میان آنها، انواع فسفردار مسمومیت‌ها شدیدتری در بدن انسان و آبزیان ایجاد می‌نماید. حشره‌کش‌ها معمولاً به طرق زیر موجبات آلودگی آب‌ها می‌سازند:

۱- انتقال حشره‌کش‌ها از سطح زمین توسط باران به آب‌های جاری یا آب‌های زیرزمینی

۲- جذب حشره‌کش‌ها بوسیله خاک و انتقال آن به آب‌ها از طریق فرسایش زمین

۳- پاشش مستقیم حشره‌کش‌ها حین سمپاشی در جریان‌های آب

۴- تخلیه پساب مراکز تولید حشره‌کش در آب‌ها

۵- تخلیه پساب شستشوی میوه جاتی که قبلاً سمپاشی شده‌اند

۶- انتقال حشره‌کش‌ها بوسیله باد به نقاط دور دست و ورود آنها به جریان‌های آبی

عامل دیگری که از طریق پساب‌های کشاورزی موجبات آلودگی محیط و آب را فراهم می‌سازد، ورود موادی است که در زمین‌های زراعتی به عنوان بارور کننده زمین بکار می‌روند. مهم‌ترین آلودگی‌های ناشی از کاربرد این مواد، ازت و فسفر هستند.

#### ۴-۷-۲-آلودگی ناشی از سایر آلوده کننده‌ها

از دیگر مواد آلوده کننده آب‌ها می‌توان حرارت، مواد رادیواکتیو و هیدروکربنها را نام برد.

آلودگی‌های حرارتی مشکلاتی به شرح زیر ایجاد می‌نماید:

۱- کاهش مقدار اکسیژن محلول در آب‌ها

۲- تسریع در فعل و انفعالات شیمیایی

۳- ایجاد اشکالاتی در زندگی آبزیان

۴- کوچ کردن یا مرگ و میر برخی از آبزیان

مواد رادیواکتیو ممکن است از طریق چهار نوع فعالیت به جریان‌های آب راه یابند:

۱- استخراج معادن و کلوخه‌ای رادیواکتیو

۲- مصرف مواد رادیواکتیو در انفجارات هسته‌ای

۳- مصرف مواد رادیواکتیو مراکز تولید نیرو

۴- مصرف مواد رادیواکتیو در مراکز تحقیقاتی

نفت کشفها پس از هربار بارگیری و تخلیه از طریق شستشوی مخازن خود با آب دریا مقادیر عظیمی نفت به دریا تخلیه می‌نماید.

بجز مواد نفتی، قسمت مهمی از فاضلاب‌های شهری اجتماعات و پساب‌های صنعتی نیز در دریاها تخلیه می‌گردد.

## فصل سوم: آلودگی سموم و مواد شیمیایی

### ۱-۳- مقدمه

با افزایش روز افزون جمعیت جهان نیاز به تأمین مواد غذایی، بهداشت، خدمات فرآورده‌های صنعتی و غیره بیشتر احساس می‌شود. در این رابطه توجه به عوامل کاهش دهنده، بازدارنده و مخرب فرآورده‌های کشاورزی، دامی، صنعتی و بهداشتی مانند آفات از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشند. آفات به تعدادی از گیاهان، جانوران و یا میکروارگانیسم‌های ناخواسته‌ای اطلاق می‌شود که باعث زیان رساندن به مجموعه فعالیت‌های کشاورزی، دامی، صنعتی، بهداشتی و غیره می‌شود. که به صورت مختلف از جمله کاهش کمی و کیفی محصولات کشاورزی، نابودی مزارع، تلف شدن حیوانات اهلی و افزایش بیماری‌های مختلف نمودار می‌گردد.

امروزه مصرف مواد شیمیایی جهت از بین بردن آفات کاربرد وسیعی پیدا کرده است. آفت کش‌ها به دو صورت معدنی و آلی وجود دارند. که از ترکیبات معدنی می‌توان به سرب، آرسنیک، جیوه و از اشکال آلی می‌توان به هیدروکربن‌های کلره و ترکیبات آلی فسفره اشاره نمود.

### ۲-۳- انواع سموم و مواد شیمیایی

عمده‌ترین مواد شیمیایی که در منازل و مناطق مسکونی جهت کنترل آفات بکار می‌روند عبارتند از:

۱- حشره کش‌ها (Insecticide)

۲- علف کش‌ها (Herbicide)

۳- قارچ کش‌ها (Fungicide)

۴- نماتود کش‌ها (Nematicide)

۵- جونده کش‌ها (Rodenticide)

۶- کنه کش‌ها (Acaricide)

۷- جلبک کش‌ها (Algicide)

۸- شپش کش‌ها (Pedicolicide)

۹- پرنده کش‌ها (Avicide)

۱۰- تخم کش‌ها (Ovicide)

۱۱- ضد عفونی کننده‌ها (Disinfectant)

این مواد برای کنترل میکروارگانیسم‌ها بکار می‌روند.

با توجه به اهمیت کاربرد ضد عفونی کننده‌ها در پیشگیری و کنترل میکروارگانیسم‌ها در مراکز بهداشتی و درمانی مختصراً به توضیح و بررسی آن‌ها می‌پردازیم.

### ۳-۳- ضد عفونی کننده‌ها و گندزداها

از آنجایی که عوامل میکروبی در محیط زیست پراکنده‌اند و همواره سلامت انسان‌ها را به مخاطره می‌اندازند، کنترل آنها اغلب با ایجاد شرایطی که برای میکروب‌ها غیرقابل تحمل باشد، صورت می‌گیرد. ضد عفونی کننده‌ها و گندزداها هدف مشترکی را دنبال می‌کنند. بین این دو هیچ مرز مشخصی وجود ندارد، جز اینکه معمولاً ضد عفونی کننده‌ها به عواملی اطلاق می‌شود که از رشد و تکثیر میکروب‌ها در نسوج زنده جلوگیری کرده و یا موجب نابودی آنها می‌گردند. ولی گندزداها از رشد و تکثیر میکروب‌ها در نسوج غیر زنده جلوگیری و یا موجب نابودی آنها می‌گردند.

عوامل مؤثر در گندزدائی عبارتند از:

- نوع میکروب
- درجه غلظت ماده گندزدا
- درجه حرارت
- نوع ماده گندزدا
- مدت زمان تماس

- مواد مزاحم (مانند چرک، خون و غیره)

### ۱-۳-۳- انواع گندزداها

#### ۱-۳-۳-۱- گندزداهای فیزیکی

##### الف) حرارت مرطوب

بخار یا حرارت مرطوب روشی است که قادر است کلیه عوامل بیماری‌زا را از بین ببرد. حرارت مرطوب به طور مؤثری سلول‌ها را با انعقاد پروتئین‌های آنها از بین می‌برد. معمول‌ترین فرآیندهای ضد میکروبی که بر پایه حرارت مرطوب استوار می‌باشند. شامل پاستوریزاسیون (کشتن میکروب‌های بیماری‌زا)، اتوکلاو و جوشاندن می‌باشد. از سه روش فوق فقط روش اتوکلاو کردن برای استریلیزاسیون (کشتن کلیه میکروارگانیسم‌ها) قابل اطمینان می‌باشد. به طور کلی درجه حرارت ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه اشکال رویشی تمام. باکتری‌ها، قارچ و مخمرها را از طریق تجزیه اسیدهای نوکلئیک، تغییر ماهیت آنزیم‌ها و انعقاد پروتئین‌های ضروری از بین می‌برد.

##### ب) حرارت خشک (Dry heat)

اشکال رویشی میکروارگانیسم‌ها در حرارت ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان ۱/۵ ساعت به طور کلی از بین می‌روند. مزایای حرارت خشک نسبت به حرارت مرطوب عبارت است از:

۱- حرارت خشک برخلاف حرارت مرطوب سبب خوردگی وسایل فلزی نمی‌گردد.

۲- از حرارت خشک می‌توان در استریل کردن پودرها، روغن‌ها و مواد مشابه استفاده کرد.

#### ۱-فور (Oven) (کوره‌های کوچک با هوای داغ)

##### ۲-سوزاندن

##### ۳-شعله

## ب) پرتودهی

### ۱- اشعه گاما

### ۲- اشعه ایکس

### ۳- اشعه ماوراء بنفش

## ت) صافی یا فیلتراسیون

فیلتراسیون بهترین روش برای کاهش جمعیت میکروبی در گازها و محلول‌های حاوی مواد حساس به حرارت می‌باشد، و گاهی به منظور استریل کردن محلول‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. فیلتراسیون به طور مستقیم سبب تخریب میکروارگانیسم‌های آلاینده نشده و فقط آنها را جداسازی و حذف می‌نماید. فیلترها به صورت یک صافی یا غربال میکروبی عمل می‌کنند، و اندازه روزنه‌های فیلتر (قطر  $0.2$  میکرون) از اندازه میکروب‌ها کوچکتر است.

## ث) استفاده از امواج ماوراء صوت

برای متلاشی کردن میکروارگانیسم‌ها و زدودن آنها از تجهیزات و وسایل، از امواج صوتی با فرکانس بالا استفاده می‌شود. زمانی که امواج صوتی از میان مایع عبور می‌کنند، تولید تعداد زیادی حباب‌های کوچک می‌نمایند که پس از رسیدن به اندازه معینی، ناگهان سقوط کرده و نیروی ایجاد می‌کنند که باعث جدا شدن میکروارگانیسم‌ها، و ذرات از سطح مواد موجود در مایع می‌گردد. لازم به ذکر است که این روش به تنهایی جهت گندزدایی مؤثر نیست و به عنوان یک روش جنبی و کمکی تأثیر سایر روش‌ها را زیاد می‌کند.

## ج) شستشو

بر اثر شستشو با مالیدن صابون، لایه نازکی از چربی که میکروارگانیسم‌ها روی آن نگاهداری می‌شوند، بر اثر اصطکاک و کاهش چسبندگی از روی پوست و اشیاء حذف می‌شود که با حذف این ورقه نازک چربی، میکروارگانیسم‌ها نیز با جریان آب شستشو می‌شوند.

## چ) سرما (انجماد)

خاصیت گندزدائی ندارد، بلکه در واقع یک ضد فساد محسوب می‌شود که مانع رشد میکروب‌ها می‌شود.

### ۲-۱-۳-۳- گندزداها و ضد عفونی کننده‌های شیمیایی

روش‌های شیمیایی کنترل میکروارگانیسم‌ها تنها زمانی باید مورد توجه قرار گیرند، که انجام روش‌های فیزیکی غیر ممکن باشد.

برای تعیین اثر ضد عفونی کننده‌های شیمیایی روشی مرسوم است، که در آن درجه مؤثر بودن یک ماده ضد عفونی کننده را با فنول تحت شرایط معینی و با استفاده از میکروب خاص مقایسه نموده، و آن را ضریب فنولی می‌نامند.

مهمترین گندزداها و ضد عفونی کننده‌های شیمیایی عبارتند از:

#### ۱- آهک

آهک از جمله ارزان‌ترین گندزداها می‌باشد. که از اختلاط آب آهک، شیره آهک (هیدروکسید کلسیم) به دست می‌آید و جهت گندزدائی مدفوع و مرغداری‌ها مؤثر است.

#### ۲- کلر

کلر و ترکیبات آن در سطح وسیعی برای گندزدائی آب‌های آشامیدنی و همچنین برای گندزدائی سبزی، میوه‌جات و ظروف غذاخوری کاربرد دارد.

#### ۳- الکل

الکل‌ها از پر مصرف‌ترین گندزداها و ضد عفونی کننده‌ها می‌باشند. در صورتی که الکل به صورت خالص مورد استفاده قرار گیرد، موجب انعقاد پروتئین نمی‌شود، به همین دلیل وجود آب در مخلوط الکل ضروری است (در غلظت‌های ۵۰ تا ۷۰ درصد بسیار مؤثر است).

الکل‌های موجود در مراکز بهداشتی و درمانی و یا بازار معمولاً در غلظت‌های بالاتر از ۷۰ درصد می‌باشند. لذا هنگام مصرف باید آنها را رقیق نمود. که از فرمول  $N_1V_1=N_2V_2$  می‌توان نسبت به رقیق کردن آنها اقدام نمود.

#### ۴- فنول

فنول از قطرات زغال سنگ بوجود می‌آید. برای گندزدائی لوازم طبی، لوازم آلوده و هم چنین به عنوان ضد عفونی در شستشوی جراحی‌ها در جراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد. فنول در مدت ۳۰ دقیقه با غلظت ۵ درصد باکتری-ها را از بین می‌برد. چون گندزدائی با فنول سمیت تولید می‌کند، لذا برای گندزدائی ظروف آشپزخانه توصیه نمی‌شود.

#### ۵- دتول

یکی از ترکیبات فنول است که به نسبت ۳ درصد در آب محلول و فوراً در اتانول و اتر قابل حل می‌باشد. مصارف آن نظیر ضد عفونی زخم‌ها و بریدگی‌ها به صورت موضعی می‌باشد. همچنین به عنوان گندزدا برای شستشوی کف اتاق‌ها، دستشویی‌ها و توالت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

#### ۶- فرمالدئید

به اسامی فرمالین-آلدئید فرمیک و فرمل نیز نامیده می‌شود. به صورت گاز مصرف می‌شود و گندزدای مؤثری می‌باشد. این ماده به صورت مایع و یا جامد تولید و عرضه می‌شود، به هر دو صورت مذکور حرارت داده شده و یا با پرمنگنات پتاسیم و آب مخلوط می‌گردد، تا به صورت گاز درآید. در آن صورت برای گندزدائی فضاهای بسته مانند اتاق بیمار، کتابخانه و کمد لباس مصرف می‌شود.

#### ۷- ستریماید (ستاوولون)

پودر سفید رنگ متمایل به کرم می‌باشد و قابل انحلال در آب و الکل است، از محلول یک درصد آن به عنوان ضد عفونی کننده برای تمیز کردن پانسمان زخم و سوختگی‌ها نیز استفاده می‌شود.

#### ۸- تگو (Tego)

به عنوان ضد عفونی دست‌ها قبل از جراحی، و موضع مورد جراحی استفاده می‌شود. همچنین از این ترکیب جهت گندزدائی کف اتاق عمل، دیوارها و سایر تجهیزات بخش‌ها استفاده می‌شود.

## ۹-بتادین

یک ضد عفونی کننده موضعی است که اثر کشندگی بر باکتری‌ها و اسپور آنها، قارچ‌ها و ویروس‌ها دارد. به عنوان محلول ضد عفونی محلول ضد عفونی کننده‌ها در اعمال جراحی، تزریقات، تمیز کردن زخم‌ها و سوختگی‌ها کاربرد دارد.

## ۱۰-هالامید

ضد عفونی کننده‌ای است که می‌توان وسایل بیمارستانی را با آن گندزدائی نمود و به علت غیر سمی بودن در گندزدائی سبزی و ظروف مواد غذایی نیز نورد استفاده قرار می‌گیرد. زمان لازم برای گندزدائی ۲ تا ۴ ساعت می‌باشد.

## ۱۱-ید

محلول دو درصد ید در الکل ۸۰ درجه به عنوان تئور ید در پزشکی بکار برده می‌شود. برای گندزدائی سبزی، میوه و ظروف توصیه می‌گردد.

## ۱۲-تیمول

یکی از مشتقات فنول می‌باشد، ولی سمیت آن کمتر است. به عنوان دهان شویه و ماده محافظ جهت ضد عفونی کردن حلق بکار می‌رود.

## ۱۳-آریستول

ترکیبی است از تیمول و ید، که به عنوان ضد عفونی کننده موضعی بکار می‌رود. متأسفانه امروزه مصرف مواد شیمیایی (آفت کش‌ها، کودهای شیمیایی) به صورت بی رویه و بسیار فراتر از مقدار واقعی مصرف، کاربردهای گوناگونی پیدا کرده‌اند که باعث ایجاد اثرات نامطلوب بر روی انسان، حیوان، خاک، آب و هوا می‌شوند.

## ۴-۳- روش‌های کاهش و کنترل مواد شیمیایی

### ۴-۳-۱- استفاده از روش‌های غیر شیمیایی

این روش‌ها شامل انواع روش‌های مبارزه زراعی، فیزیکی و بیولوژیکی با تأکید بر اجتناب و یا به حداقل رساندن سموم شیمیایی می‌باشد. که مختصراً عبارتند از:

#### ۱- مبارزه زراعی

عبارتست از تغییر دادن عملیات معمولی در تولیدات کشاورزی، به طوری که این تغییرات باعث مرگ و یا کاهش حشرات، بیماری‌ها و علف‌های هرز شوند. به عنوان مثال، بیل زدن و یا شخم زدن عمقی خاک باعث از بین رفتن علف‌های هرز، دفن عوامل بیماری‌زا و مدفون شدن بعضی از حشرات می‌شود. که سبب جلوگیری از ازدیاد آنها می‌گردد.

#### ۲- مبارزه فیزیکی

در این روش از عملیات نظیر بهسازی محیط، پر کردن گودال‌ها، زهکشی، خشک کردن باتلاق‌ها، نصب توری در منازل، استفاده از آب جهت جدا کردن حشرات از روی گیاه و استفاده از انواع تله‌ها را می‌توان نام برد.

#### ۳- مبارزه بیولوژیکی

مبارزه بیولوژیکی عبارتست از استفاده از انگل‌ها، شکارچیان و عوامل بیماری‌زا که جمعیت آفات را در حد پایین‌تر از سطح زیان اقتصادی نگاه می‌دارند. مثل وارد کردن دشمنان طبیعی و تکثیر آنها.

## فصل چهارم: آلودگی مواد رادیواکتیو

### ۴-۱- مقدمه

بعضی از مواد موجود در طبیعت دارای اتم‌های ناپایدار هستند، بدین معنی که اتم‌های آنها خود به خود تبدیل به اتم‌های پایدارتر می‌شوند. که به آنها مواد رادیواکتیو گفته می‌شود، به طوری که برای اولین بار توسط بکرل دانشمند فرانسوی در سال ۱۸۹۶ کشف شد، بدین صورت که وی متوجه شد فیلم عکاسی در مجاورت ترکیبات اورانیوم سیاه می‌شود.

### ۴-۲- ساختمان اتم

تمام اجسام و مواد موجود در طبیعت از تعداد بی شماری اتم تشکیل شده‌اند. هر اتم دارای قسمت ذیل است:

#### ۱- هسته

دارای دو بخش می‌باشد، پروتون‌ها (دارای بار مثبت) و نوترون‌ها (دارای بار خنثی).

#### ۲- الکترون‌ها

دارای بار منفی هستند و در طبقات مختلف به دور هسته می‌چرخند. تعداد پروتون‌ها و الکترون‌های هر اتم برابر هستند. یا به عبارت دیگر بار کلی مثبت در هسته برابر بار منفی الکترون‌ها می‌باشد و به همین علت است که اتم معمولاً از لحاظ الکتریکی خنثی است.

#### - عدد جرمی (جرم اتمی)

به مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های یک اتم، عدد جرمی می‌گویند و با علامت  $A$  نمایش می‌دهند.

تعداد نوترون‌ها + تعداد پروتون‌ها =  $(A)$  عدد جرمی

### -عدد اتمی (Atomic number)

تعداد پروتون‌ها در یک اتم، عدد اتمی نام دارد که با علامت Z نمایش داده می‌شود و ویژگی شیمیایی اتم را مشخص می‌کند. مثلاً:

همه اتم‌ها با عدد اتمی یک، اتم‌های هیدروژن هستند.

همه اتم‌ها با عدد اتمی دو، اتم‌های هلیوم هستند.

### -ایزوتوپ‌ها (Isotope)

به اتم‌هایی که دارای عدد اتمی مساوی ولی جرم اتمی متفاوتی باشند، اطلاق می‌شود. به عبارت دیگر هر یک از عناصر می‌توانند، در عین داشتن تعداد پروتون‌های ثابت دارای تعداد نوترون‌های متفاوت باشند. مثلاً عنصر فسفر (P) دارای عدد اتمی ۱۵ (یعنی هر اتم شامل ۱۵ پروتون می‌باشد) ولی تعداد نوترون‌های آن ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹ می‌باشد.

این اتم‌ها که تنها در تعداد نوترون‌ها با هم تفاوت دارند ایزوتوپ عنصر فسفر نامیده می‌شود. از انواع ایزوتوپ‌های یک عنصر، بعضی‌ها پایدار و برخی یا در حال برانگیختگی و غیرثابت می‌باشند. بدین معنی در هسته‌های ناپایدار، تعداد نوترون‌ها و پروتون‌ها با حالت تعادل هسته وفق نمی‌دهد و از این رو با جذب و یا دفع یک یا چند نوکلئون (مجموع ذرات تشکیل دهنده اتم) و همچنین با تشعشع انرژی زاید، اتم آنها به حالت تعادل در می‌آید.

به طوری که این نوع اتم‌ها منبع انرژی می‌باشند. این قبیل ایزوتوپ‌ها را رادیواکتیو می‌نامند. به بیان ساده‌تر در طبیعت عناصری هستند که هسته اتم آنها ناپایدار می‌باشند و به تدریج شکسته شده و ذراتی از آنها به خارج پرتاب می‌گردد. این عناصر را عناصر رادیواکتیو و این خاصیت یعنی صادر کردن اشعه را، خاصیت رادیواکتیو (یونساز) می‌نامند. اجسام رادیواکتیو سه نوع اشعه آلفا، بتا و گاما از خود منتشر می‌سازند.

### ۱- پرتو آلفا ( $\alpha$ )

این پرتو دارای بار مثبت می‌باشد و از هسته هلیوم تشکیل شده و شامل دو پروتون و دو نوترون می‌باشد. ذره آلفا دارای قدرت یونیزاسیون بوده و برد آن کم می‌باشد. به طوری که ضخامت یک برگ کاغذ برای توقف آن کافی است.

### ۲- پرتو بتا ( $\beta$ )

این پرتو شامل یک الکترون است. نوع دیگر پرتو بوسیله آندرسون (Anderson) در سال ۱۹۳۲ کشف گردید این پرتو دارای جرمی معادل جرم الکترون و بار الکتریکی واحد ولی مثبت است و پوزیترون نام دارد این ذره از دیدگاه محافظت در برابر پرتو نسبت به بتای منفی دارای اهمیت کمتری است.

قدرت یونیزاسیون ذرات بتا کمتر از ذرات آلفا بوده و در نتیجه قدرت نفوذ پرتو بتا در اجسام بیشتر از ذرات آلفا می‌باشد. ذرات بتا را با یک صفحه آلومینیومی به ضخامت چند میلی متر می‌توان متوقف کرد.

### ۳- پرتو گاما ( $\gamma$ )

این پرتو وابسته به دسته‌ای از پرتوها است، که پرتو الکترومغناطیس نامیده می‌شود. این نوع تابش شامل کوانتا یا سیستم‌هایی از انرژی است که به صورت موج انتشار می‌یابند. امواج رادیویی و نور مرئی از انواع معروف این گونه از پرتوها، می‌باشند. این نوع پرتو مانند نور مرئی خواص الکتریکی ندارد و از جنس اشعه ایکس می‌باشد. قدرت یونیزاسیون اشعه گاما خیلی ضعیف ولی برعکس قدرت نفوذ آن به مراتب بیش از ذرات آلفا و بتا است. لذا برای متوقف کردن آن از ضخامت سربی استفاده کنند.

مدت زمانی که طول می‌کشد تا نیمی از هسته‌های آن تجزیه شده یا اکتیویته آن به نصف کاهش پیدا کنند را نیمه عمر فیزیکی گویند. نیمه عمر بیولوژیکی نباید با نیمه عمر فیزیکی اشتباه شود. مدت زمانی که طول می‌کشد تا نیمی از اتم‌های یک عنصر (چه رادیواکتیو و چه غیر رادیواکتیو) که به نحوی وارد بدن شده است از آن خارج شود را نیمه عمر بیولوژیکی گویند.

امروزه خاصیت رادیواکتیویته را به طور مصنوع با ایجاد عدم تعادل هسته‌های پایدار نیز تولید می‌کنند، که نقش مهمی در فعالیت‌های گوناگون بشری از جمله در تحقیقات بیولوژیکی، تشخیص و درمان‌های پزشکی دارند. از این گروه می‌توان به اشعه ایکس اشاره کرد.

#### ۴- پرتو ایکس

این اشعه از جنس اشعه الکترومغناطیس است یعنی شبیه به پرتو گاما می‌باشد. اما تفاوتی اساسی در نحوه پیدایش آنها می‌باشد. بدین صورت که پرتو گاما از تغییرات هسته‌ای ناشی می‌شود ولی پرتو ایکس از دگرگونی الکترون‌های مدار اتم به وجود می‌آید. اثر اشعه ایکس و گاما را تحت هیچ ضخامتی نمی‌توان کاملاً مسدود کرد. بنابراین ضخامتی را که بتواند اشعه را تا نصف مقدار آن کاهش دهد لایه نیم جذبی و ضخامتی که بتواند مقدار انرژی را تا یک دهم کاهش دهد یک دهم جذبی می‌گویند.

#### ۴-۳- منابع پرتوزا

##### ۴-۳-۱- منابع طبیعی

پرتوهای طبیعی که از منابع مختلف ناشی می‌شوند عبارتند از:

##### ۴-۳-۱-۱- پرتوهای کیهانی

این پرتوها از فضای خارج از جو زمین ساطع می‌شوند که جزء پرتوهای یونساز طبیعی محسوب می‌شوند. ولی میزان پرتوهای کیهانی که به سطح زمین می‌رسند به قدری ناچیز است که اثرات مشهودی بر موجودات زنده ندارند.

##### ۴-۳-۱-۲- پرتوهای زیست محیطی

##### ۱- پرتوهای زمینی

عناصر پرتوزا مانند توریم، اورانیوم، رادیوم در محیط زیست انسان وجود دارند.

##### ۲- پرتوهای جوی

مقداری پرتوهای خارجی از گازهای پرتوزای رادون و تورون در جو تشکیل می‌شود که ناچیز است.

### ۳- پرتوهای درونی

انسان در معرض پرتوهای درونی خود هم هست. که مثلاً از مواد پرتوزای انبار شده در بافت‌های بدن ایجاد می‌شوند. این مواد پرتوزا عبارتند از: مقدار ناچیز اورانیوم، توریوم و مواد مربوط به آنها و ایزوتوپ‌های پتاسیم ( $^{40}\text{K}$ ) و کربن ( $^{14}\text{C}$ ).

### ۲-۳-۴- منابع مصنوعی

انسان علاوه بر آن در معرض تابش پرتوهای طبیعی قرار دارد، با پرتوهای مصنوعی یا منابع ساخته دست انسان هم مواجه است. این منابع عبارتند از:

### ۱- پرتوهای ایکس

مهم‌ترین منبع مصنوعی محسوب می‌شود و دو گروه بیشتر در تماس با این اشعه هستند، بیماران، متخصصان و تکنیسین‌های پرتوشناسی، که اگر فنون پرتونگاری خوب بکار گرفته شود مقدار پرتویی که به پوست بیمار از یک فیلم پرتونگاری می‌رسد بین دو صدم تا سه صدم راد است.

### ۲- ریزش (باران) پرتوزا

انفجارات هسته‌ای مقدار بسیار زیادی انرژی به شکل گرما، روشنایی و پرتوهای یون‌ساز و بسیاری مواد پرتوزا را آزاد می‌کنند. که مهم‌ترین آنها عبارتند از ایزوتوپ‌های کربن ۱۴، استرانسیم ۹۰ و سزیم ۱۳۷، زیرا این مواد به مقدار بسیار زیاد رها شده و سال‌ها به صورت پرتوزا باقی می‌مانند. نیمه عمر استرانسیم ۹۰ نزدیک به ۲۸ سال و نیمه عمر سزیم ۱۳۷ سال است. این مواد پرتوزای آزاد شده در فضا تا سال‌ها پس از انفجار هسته‌ای بر زمین می‌ریزند و به علت جریان‌های هوا ذرات نام برده تقریباً بر سر همه نژادهای انسانی می‌بارند.

### ۴-۴- کمیت‌های تابش و واحدها

واحدهایی که با آنها کمیت انرژی پرتوها اندازه‌گیری می‌شود عبارتند از: الکترون ولت (ev) کیلو الکترون ولت (Kev) و مگا الکترون ولت (Mev)

#### ۴-۵- حد مجاز پرتوگیری (M.P.D) maximum permissible does

پرتوگیری مجاز عبارت است از مقدار پرتو دریافتی که اگر بدن شخص به طور مداوم و یا در مدت معینی آن را جذب کند هیچ گونه اثر سوئی در اعضاء و دستگاه‌های بدن او دیده نشود.

#### ۴-۶- اثرات بیولوژیکی پرتوهای یون‌ساز

برخورد پرتوهای یون‌ساز با بدن انسان باعث اثرات بیولوژیکی زیان‌باری می‌شود که ممکن است بعدها علائم کلینیکی را نشان دهد. این تأثیرات به عوامل زیادی بستگی دارد مثلاً اینکه چه قسمتی از بدن تحت تابش قرار بگیرد دارای اهمیت خاصی است. به طور کلی هر چه شدت تابش بیشتر باشد اثرات بیولوژیکی آن بیشتر است مدت زمان تابش نیز بسیار مهم می‌باشد. و اینکه تابش به طور مداوم باشد یا منقطع حاد باشد یا مزمن، تفاوت می‌کند. ضایعات آنها می‌تواند به دو دسته تقسیم شود:

۱- اثرات جسمی (somatic) در خود شخصی که مورد تابش قرار گرفته ظاهر می‌شود.

۲- اثرات ژنتیکی در نسل‌های بعدی به علت ضایعات وارده به سلول‌های زایشی اعضاء تناسلی و گنادها در مورد تابش ظاهر می‌شود.

#### ۴-۶-۱- اثرات جسمی تابش و عوارض حاد آن

۱- آسیب از نظر باروری

۲- ایجاد آب مروارید (cataract) در انسان

۳- ضایعات پوستی

۴- اثر بر دستگاه تنفسی

۵- اثر بر استخوان‌ها

۶- اثر بر سیستم عصبی

۷- اثر پرتوها بر جنین

## ۲-۶-۴- اثرات ژنتیکی تابش و عوارض حاد آن

تابش پرتوها ممکن است منجر به پارگی رشته کروموزومها شود. که ممکن است پس از ترمیم دوباره به صورت اول در نیاید. ضمناً تابش روی ژنها تولید جهش (موتاسیون) می‌کند. وقتی گنادها تحت تابش پرتوهای یون‌ساز قرار گیرند، میزان این جهش‌های ژنتیکی افزایش می‌یابد. که متأسفانه در ۹۸ درصد موارد این جهش‌ها نامطلوبند، همچنین شواهد بسیاری وجود دارد که شاغلین در معرض پرتوهای یون‌ساز، دارای عمر متوسط کمتری نسبت به افراد عادی هستند.

در پرتوگیری خارجی به طور کلی باید به ۳ عامل توجه کرد، که عبارتند از:

۱- مدت زمان در معرض تابش

۲- فاصله از منبع تابش

۳- وجود مانع یا حائل

## ۷-۴- مدیریت دفع پسمان‌های رادیواکتیو

حمل و نقل، نگهداری و ذخیره مواد پرتوزا، باید طبق مقررات ایمنی بوده و استانداردهای حفاظت در برابر پرتوها از هر نظر در مورد آنها رعایت شود. مواد پرتوزا چنانچه به طور صحیح تهیه و بسته‌بندی نشوند، دارای خطرات پرتوهدی و آلودگی بوده و سبب پرتوگیری افراد می‌شوند، لذا مقررات ایمنی این گونه مواد بسیار حائز اهمیت است. اما قبل از هر گونه اقدام نسبت به دفع آنها، بایستی عملیات مختلفی از قبیل انعقاد، رسوب، تعویض یون، تبخیر، تغلیظ، جامدسازی و غیره جهت کاهش پرتوزایی آنها انجام می‌گیرد، و سپس بسته‌بندی و دفع گردد.

بسته‌بندی باید شامل یک لایه حفاظتی باشد، تا در شرایط عادی و بروز حوادث جزئی، پرتو تابی از درون بسته را به میزان لازم کاهش دهد، تا جابجایی و ترابری آن از خطر مصون بماند. دو روش دفن برای پسماندها بکار می‌رود. که عبارتند از، دفن در زمین و دفن در اقیانوس‌ها که هر دو روش امروزه از لحاظ ایمنی قابل قبول شناخته شده است، ولی از این دو نوع، روش دفن زمین پذیرفته‌تر می‌باشد.

هنگام دفن بایستی پسماندها را در قالب‌هایی از نوع بتون یا قیر ریخته که در حقیقت اولین عایق‌سازی می‌باشد. سپس آن را با پوشش فلزی یا بتونی می‌پوشانند (دومین عایق‌سازی). نوع قالب بستگی به نوع پسماندها و میزان پرتوزایی آنها دارد. در این نوع دفن باید مسئله حفاظت در مقابل آب‌های سطحی و عمقی مورد توجه قرار گیرد. بدین ترتیب که پسماندها در مکانی عایق و غیرقابل نفوذ (خاک رسی) دفن می‌شوند. که سطح آب‌های زیرزمینی بسیار پایین‌تر از محل نگهداری آنها باشند. همچنین معادن متروکه نمک مکان‌های بسیار خوبی جهت دفن محسوب می‌شوند.

#### ۸-۴- رفع آلودگی مواد پرتوزا

رفع آلودگی یعنی حذف مواد رادیواکتیو از محیط، اعم از آب، هوا، خاک، اشخاص و اشیائی که به نحوی دچار آلودگی گردیده‌اند. روش‌های رفع آلودگی می‌تواند شامل موارد ذیل است.

#### ۱- روش فیزیکی

عبارتست از تبخیر، رقیق کردن یا تصفیه آن ماده یا استفاده از ماوراء صوت در مواردی که آلودگی با ایزوتوپ‌های رادیواکتیو کوتاه عمر (چند ساعت تا سه روز) انجام گرفته باشد. اجسام آلوده را می‌توان در محلی محبوس کرد تا بتدریج از مقدار اکتیویته آنها کاسته شود.

#### ۲- روش مکانیکی

عبارتست از پاک کردن آلودگی به کمک برس کردن یا استفاده از هوای فشرده یا شستن با آب و غیره.

### ۳- روش شیمیایی

به کمک ترکیبات رفع کننده آلودگی، به ویژه محلول‌های اسیدی، قلیائی و رزین‌های مبادله کننده (بهترین روش برای حذف آلودگی از آب است)، انجام می‌گیرد. مواد رفع کننده آلودگی، ترکیبات شیمیائی ویژه‌ای هستند، که قادرند وابستگی بین یون‌های رادیواکتیو و سطحی که لازم است از این مواد پاک شود را، از بین ببرند. این ترکیبات مواد آلوده کننده را به حالت محلول دفع کرده و مانع رسوب مجدد آنها در سطح مزبور می‌شوند.

### ۴- روش بیولوژیکی

اساس این روش بر پایه جذب سطحی مواد آلی محلول یا کلوئیدهای آلوده به مواد رادیواکتیو توسط باکتری بنا شده است. این طریق توأم با طرق دیگر برای رفع آلودگی آب‌ها بکار می‌رود.

### ۴-۹- پرتوهای غیر یون‌ساز

پرتوهایی که انرژی کافی جهت یون‌سازی را نداشته باشند تحت عنوان پرتوهای غیر یون‌ساز نامیده می‌شوند. این دسته از پرتوها هر چند خاصیت یون‌سازی ندارد، ولی می‌توانند اثرات سوئی بر روی سلامت انسان داشته باشند. به عنوان مثال افرادی که در اطراف کابل‌های فشار قوی کار می‌کنند، می‌توانند به عوارضی از قبیل سردرد، فشارهای عصبی، خستگی، اضطراب و استرس مبتلا شوند. پرتوهای یون‌ساز عبارتند از:

#### ۴-۹-۱- امواج رادیویی

امواج میکروویو دارای طول موج‌های دسی‌متر، سانتی‌متر و میلی‌متر می‌باشند. این امواج دارای موارد استعمال بسیار زیادی هستند. برخی از آنها در رادیو، تلویزیون، مخابرات، دستگاه‌های رادار، تقویت کننده امواج و غیره استفاده می‌شوند. هم چنین از امواج میکرو به دلیل داشتن اثر گرمایی برای مقاصد مختلف مانند مصارف خانگی (طبخ غذا)، کاربردهای پزشکی و درمانی (نرم کردن اندام‌ها)، آزمایشگاهی (استریل کردن، غیر فعال کردن آنزیم‌ها، میکروب-کشی)، صنایع (خشک کردن کاغذ، پارچه، فلز کاری) و غیره نیز کاربرد دارند.

### ۲-۹-۴- پرتوهای مادون قرمز (IR (Infrared Radiation

این پرتوها دارای طول موج‌های بین ۰/۷۵ میکرون تا ۱ میلی متر می‌باشند. اثرات مستقیم تابش پرتوهای مادون قرمز می‌تواند منجر به عوارض سوئی گردند. استفاده از وسایل ایمنی مانند لباس‌های حفاظتی و عینک‌های مخصوص جهت جلوگیری از اثرات سوء پرتوهای مادون قرمز بسیار مؤثر است.

### ۳-۹-۴- پرتوهای ماوراء بنفش (UV (Ultra Violet Ray

اشعه ماوراء بنفش دارای طول موج‌های بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ نانومتر بوده و در طیف نور بین نور مرئی و اشعه ایکس قرار می‌گیرد.

از منابع مهم تولید کننده آن خورشید است. که بخش مهمی از این اشعه توسط لایه ازن استراتوسفری جذب می‌گردد و تخریب لایه ازن می‌تواند، این اشعه خطرناک را که ازدیاد آن منجر به سرطان پوست می‌شود را به زمین بفرستد. منابع عمده دیگر تولید کننده اشعه ماوراء بنفش شامل: لامپ‌های پر فشار یا کم فشار بخار جیوه، فلورسنت‌ها، دستگاه‌های جوشکاری و اشعه لیزر هستند.

#### ۱-۳-۹-۴- اثرات فیزیولوژیکی اشعه ماوراء بنفش

۱- سرخی و سوختگی پوست

۲- سرطان‌زائی

۳- اثر بر چشم‌ها