

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## دعای مطالعه

اللَّهُمَّ أَخْرِجْنِي مِنَ ظُلُمَاتِ الْوَهْمِ وَأَكْرِمْنِي بِنُورِ الْفَهْمِ  
اللَّهُمَّ افْتَحْ عَلَيْنَا أَبْوَابَ رَحْمَتِكَ وَانْشُرْ عَلَيْنَا خَزَائِنَ عُلُومِكَ  
بِرَحْمَتِكَ يَا أَرْحَمَ الرَّاحِمِينَ

پروردگارا، خارج کن مرا از تاریکی های فکر و کرامی بدار به نور فهم  
پروردگارا، بکشای بر ما دهای رحمت را و بکستران کنج های دانشت را به امید رحمت  
تو ای مهربان ترین مهربانان

# کتاب جامع

## فرآیندهای تصفیه آب

چکیده کتاب‌های AWWA و MWH

ویژگی رشته‌های؛

مهندسی محیط زیست - مهندسی بهداشت محیط  
مهندسی آب

مترجمین؛

دکتر امیر حسین محوی

(عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی تهران)

مهندس امیر زاهدی - مهندس وحیده اسکویی

□ می‌انبر □

□ IQ3 □

□  □

□  کتاب جامع

عنوان و نام پدیدآور	:	فرآیندهای تصفیه آب = water treatment processing
مشخصات نشر	:	تهران: گروه تالیفی دکتر خلیلی، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	:	۱۷۸ ص: مصور، جدول، نمودار
شابک	:	978-6007476-27-7
وضعیت فهرست نویسی	:	فیبای مختصر
یادداشت	:	این مدرک در آدرس <a href="http://opac.nlai.ir">http://opac.nlai.ir</a> قابل دسترسی است.
یادداشت	:	مترجمین: امیرحسین محوی، امیر زاهدی، وحیده اسکویی
یادداشت	:	واژه نامه
شناسه افزوده	:	محوی، امیرحسین، ۱۳۳۴ -
شماره کتابشناسی ملی	:	۳۶۷۵۹۷۹

## نام کتاب: فرآیندهای تصفیه آب

مترجمین: دکتر امیرحسین محوی - مهندس امیر زاهدی - مهندس وحیده اسکویی

ناشر: گروه تالیفی دکتر خلیلی

نوبت و سال چاپ: اول. ۱۳۹۴

شمارگان: ۵۰۰

چاپ: کیمیای قلم

صحافی: فردوس

ناظر چاپ: اقبال شرقی

مدیر فنی و هنری: شیرین آرده

طراحی و صفحه آرایی: سارا یادگاری و آذر مهر خواجه‌ای

بهاء: ۲۲۰۰۰ تومان

Website: [www.DKG.ir](http://www.DKG.ir)

آموزشگاه دکتر خلیلی (دفتر مرکزی): ۰۲۱-۶۶۵۶۸۶۲۱

فروشگاه: تهران - خیابان انقلاب - روبه‌روی درب اصلی دانشگاه تهران - پاساژ فروزنده - طبقه همکف - پلاک ۳۳۱

تلفن: ۰۲۱ - ۶۶۴۸۹۳۷۵ - ۰۲۱ - ۶۶۴۸۹۳۴۹

مرکز بخش: ضلع جنوب غربی میدان انقلاب - جنب سینما پارس - مجتمع تجاری پارس - طبقه اول

مرکز فروش: ۰۲۱ - ۶۶۵۶۹۲۱۶

مدیر فروش: ۰۵۵۰۸۵۸۹ - ۰۹۱۲

تقدیم به:

پدر و مادرم به خاطر زحمات بی دریغشان

طلیحه سخن مؤلفین؛

دسترسی به آب آشامیدنی سالم برای حفظ بهداشت جامعه و جلوگیری از به خطر افتادن سلامت افراد جامعه امری ضروری است. پیشرفت و رشد جوامع بشری صدمات و آلودگی های بسیار زیادی را به منابع آب وارد کرده است همچنین افزایش جمعیت و فعالیت های کشاورزی باعث بحران کم آبی شده و موجب آن شده که بشر امروز پیش از پیش به فکر احیا منابع آب بیفتد.

کتاب حاضر که در دسترس دانشجویان قرار می گیرد چکیده کتاب های AWWA و MWH می باشد. نظر به این که این کتاب بر اساس رفرنس های امتحانی وزارت بهداشت و علوم برای طراحی سوالات به خصوص در سال های اخیر می باشد بدین جهت مطالعه این کتاب برای دانشجویان و دانش آموزان که قصد ادامه تحصیل در گروه های مهندسی بهداشت محیط، مهندسی محیط زیست و مهندسی آب در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری را دارند توصیه می شود.

از طرفی با توجه به این مهم که این کتاب برای اولین بار چاپ می شود، خالی از مشکل نخواهد بود، لذا از دوستان و اساتید محترم خواهشمندیم در رفع کاستی های این کتاب، همکاری نمایند.

در خاتمه از زحمات تمامی اساتیدی که در پیش برد تعالی علم قدم بر می دارند تقدیر و تشکر می نمایم.

گروه مترجمین

azahedi.89@gmail.com

oskoei.v@gmail.com

## فهرست مطالب

صفحه

فصل و عنوان

فصل اول: کیفیت آب‌های آشامیدنی، استانداردها، روابط و اهداف Drinking water quality, standards, relationship and goals	۷
فصل دوم: آزمایشات فیزیکی و شیمیایی Physical and chemical tests	۹
فصل سوم: جنبه‌های بهداشتی Aspect of health	۲۷
فصل چهارم: آنالیز راکتورها Reactor analysis	۶۸
فصل پنجم: اکسیداسیون و احیای شیمیایی Chemical oxidation and Reduction	۷۲
فصل ششم: ته‌نشینی و شناورسازی Sedimentation and Flotation	۹۶
فصل هفتم: اختلاط، انعقاد و لخته‌سازی mixing, Coagulation, and Flocculation	۱۰۴
فصل هشتم: جداسازی گرانش Gravity separation	۱۴۶
فصل نهم: فیلترهای گرانولی Granular Filtration	۱۵۷
فصل دهم: فیلترهای غشایی Membrane Filtration	۱۶۶
فصل یازدهم: گندزدایی Disinfection	۱۷۰
فصل دوازدهم: صافی‌های غشایی (Membranes)	۱۷۲
فصل سیزدهم: تغییر یونی و جذب سطحی برای آلاینده‌های غیرآلی (معدنی) Absorption and ion exchange for ionic contamination	۱۷۹

# کیفیت آب‌های آشامیدنی، استانداردها، روابط و اهداف

## Drinking water quality, standards, relationship and goals

قانون تامین آب آشامیدنی در ایالات متحده به قانون آب آشامیدنی پاک یا SDWA (Safe Drinking Water Act) معروف است، که در سال ۱۹۷۴ توسط آژانس حفاظت محیط ایالت متحده یا USEPA (U.S Environmental Protection Agency) به تالیف درآمد.

### استانداردهای کمک‌کننده به سلامت عمومی توسط U.S

#### U.S. Public Health service standards

اولین شکل مطالعه جامع در مورد مشکلات و نگرانی در ۱۹۱۳ حاصل شد. اولین استاندارد فدرالی برای آب آشامیدنی در سال ۱۹۱۴ گزارش شد. استانداردها به استانداردهای پربها و به‌طور رایج و معمول Treasury standards (استانداردهای پربها یا ارزشمند) که آن‌ها شامل ۱۰۰ cc (صد درهر cc یا  $\frac{100 \text{ organisms}}{\text{ml}}$  محدوده‌ی شمارش باکتری‌های کل ظرف بودند) معروف می‌باشند.

در سال ۱۹۲۵، شهرهای بزرگ برای تصفیه آب خود روش‌های فیلتراسیون، کلریناسیون را به‌کار بردند و در منابع مختلف استاندارد را به ۲ کلیفرم در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر محدود کردند. این استانداردها معمولاً آب‌ها را در مقابل انتقال بیماری‌های منطقه از آب safe می‌کنند به عبارتی از انتقال بیماری‌های ناشی از آب جلوگیری می‌کنند.

بعدها این محدوده به ۱ کلیفرم در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر کاهش پیدا کرد. علاوه بر استانداردهای بیولوژیکی، استانداردهایی برای تامین آب سالم از نظر فیزیکی و شیمیایی «سرب، مس، روی، مواد معدنی محلول جزعی» نیز وجود دارد.

در نوامبر ۱۹۷۵، NORS، چهار ترکیب THMs موجود در آب آشامیدنی، را (این THMs شامل «کلروفرم، برومودی کلرومتان، دی‌برموکلرومتان و بروموفرم» می‌باشند) تحت مطالعه قرار دادند و برای تعیین مقدار باقی‌مانده آن‌ها اصلاحیه‌ای صادر کردند.

در نهم فوریه سال ۱۹۷۸، برای کنترل ترکیبات آلی در آب‌های آشامیدنی، اصلاحیه‌ای در دو بخش منتشر شد. اولین بخش مربوط به کنترل THMs می‌شد و مورد بعدی در رابطه با کنترل (SOCs) بود، که معمولاً برای کنترل و حذف این موارد از جاذب‌های گرانولی کربن فعال (GAC) استفاده می‌شد.

بهداشت و آب آشامیدنی در سال ۱۹۷۷، پنج طبقه یا ۵ گروه را برای آلاینده‌های موجود در آب، معرفی می‌کند که شامل:

۱. میکروارگانیسم‌ها
۲. ذرات و مواد ذره‌ای
۳. مواد محلول معدنی
۴. مواد محلول آلی
۵. رادیونوکلئوتیدها



## آزمایشات فیزیکی و شیمیایی آب

## Physical and chemical tests

## بهداشت و خطرات محیطی

آلودگی‌های مختلفی برای آب‌ها از جمله آلودگی میکروبی که جزء مهم‌ترین آلودگی‌ها می‌باشد گزارش شده است. میکروارگانیسم‌های متفاوتی همچون کریپتوسپوریدیوم، اشرشیاکلی و کامپیلوباکتر موجود در آب باعث ایجاد بیماری می‌شوند. که در این موارد گزارشات نشان دادند که از هر ۱۰۰ نفر در حدود ۹۷ نفر از آن‌ها در اثر مصرف آب دچار بیماری‌ها و مشکلاتی می‌شوند که از این ۹۷ نفر در حدود ۶۵ نفر راهی بیمارستان می‌شوند. ۲۷ نفر از آن‌ها دچار سندرم اورمیک همولیتیک (hemolytic uremic) می‌شوند ۶ نفر هم می‌میرند.

**استانداردهای اولیه و ثانویه:** برای آب استانداردهای اولیه و ثانویه در نظر گرفته می‌شود که این‌ها توسط محدوده بازنگری ویژه‌ای تعیین شده‌اند، استانداردهای اولیه معمولاً برای موادی همچون آرسنیک، کرم و سرب تعریف می‌شوند. استانداردهای اولیه اگر غلظتشان بیشتر از غلظت مخصوص باشد باید تأسیسات اضافی برای حذفشان احداث کرد.

استانداردهای ثانویه معمولاً برای کلراید، آهن و سولفات که ناپیستی بیش از حد مجاز در آب وجود داشته باشند تعریف می‌شود. قانون آب آشامیدنی پاک (Safe Drinking water Act (SDWA که توسط کنگره آب آشامیدنی سالم گزارش شده است این قانون توسط پرزیدنت فورد در ۱۶ دسامبر ۱۹۷۴ امضاء گردید.

مهم‌ترین MO هایی که در تصفیه آب با آن‌ها مواجه بودیم ژباردیا و کریپتوسپوریدیوم بود که جزء عوامل zoonotic بودند.

برای این‌که آبی جزو آب‌های شیرین باشد بایستی TDS آن کمتر از ۱۰۰۰ باشد.

آب با TDS مابین ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ جزو آب‌های لب شور قرار می‌گیرند.

آب شیرین برای مصارف آشامیدنی استفاده می‌شود ولی آب لب شور تحت شرایط ویژه‌ای (تصفیه پیش رفته) برای مصارف آب آشامیدنی به کار می‌رود.

آب اقیانوس‌ها تقریباً دارای TDS برابر با 35000 mg/lit می‌باشند یعنی نمک محلول بالایی دارند و نیاز به تصفیه پیشرفته و نمک زدایی دارند.

کیفیت فیزیکی و شیمیایی physical and chemical Quality

تعداد نمونه‌های لازم: تعداد نمونه‌هایی که برای آنالیز لازم است معمولاً محدود بوده زیرا محدودیت در هزینه، نیروی کار و زمان در آن دخیل است. بنابراین لازم و مهم است که بدانیم حجم اصلی نمونه و با چه درجه اطمینانی لازم است. تخمین تعداد نمونه‌هایی که لازم است برداریم تا حجم نمونه اصلی برایمان تعیین شود با استفاده از معادله زیر به دست می‌آید.

تخمین نمونه‌ها با استفاده از روابط لارسون و فاربر (Larson, Faber 2000)

$$U = \frac{ts}{\sqrt{n}}$$

سطح مورد قبول غیرواقعی

U ← میزان پذیرش شده غیر واقعی (یا خطا E) در تخمین نمونه‌های صحیح اصلی

t ← آزمون t برای به دست آوردن سطح معنی داری

S ← انحراف معیار برای ثابت تست که آن بر اساس نتایج تست گزارش می‌شود.

N ← شمارش بر اساس نمونه‌های مورد نیاز

آزمون T معمولاً برای داده‌های با توزیع نرمال مورد استفاده قرار می‌گیرد و معمولاً برای تعداد ۳۰ نمونه که دارای توزیع نرمال است استفاده می‌شود.

مثال: انحراف معیار آنالیز شیمیایی برای یک تست ثابت در حدود ۰/۵mg / lit می باشد اگر سطح مورد قبول غیر واقعی در حدود ۰/۳mg / lit ± باشد و تعداد مقادیر زیر نمودار با اندازه ۹۵٪ باشد و اگر سه تا نمونه در دست باشد تخمین بزنید مقدار ۹۰٪ زیر نمودار را با درجه آزادی (DF) که در زیر آمده است.

Value at Given Confidence level

DF	90%	95%
2	2/92	4/303
3	2/353	3/182
4	2/132	2/776
5	2/015	2/471
6	1/943	2/447
7	1/895	2/365
8	1/860	2/306
9	1/833	2/262
10	1/812	2/228
12	1/782	2/179
14	1/76	2/145

DF=n-1

حل

۱. n تعداد نمونه‌های نامشخص

۰/۵ ← S

۰/۳ ← U

$$n = \left( \frac{ts}{u} \right)^2$$

A از آنجایی که  $n = 3$  و چون  $Df = 2 \leftarrow n = 3$  و میزان  $t$  از جدول بر طبق  $DF = 2$  برابر است با  $2/920$

$$n = \left(\frac{ts}{u}\right)^2 = \left(\frac{2/920 \times 0/5}{0/3}\right)^2 = 23/7 \gg 3$$

B اگر  $n = 10$  برای  $n = 10 \leftarrow n = 10$  خواهد بود و  $T$  برای  $DF = 9$  در جدول برابر  $1/833$  می‌باشد.

$$n = \left(\frac{ts}{u}\right)^2 = \left(\frac{1/833 \times 0/5}{0/3}\right)^2 = 9/3 \approx 10$$

بنابراین میزان  $10$  تا نمونه با سطح زیر نمودار  $90\%$  معنی دار و مورد قبول است.

حال ببینیم برای سطح نمودار  $95\%$  چه تعداد نمونه لازم است.

۲. A اگر  $n = 10 \leftarrow n = 10$  و  $Df = 9$  برای  $t$  و  $df = 9$  برابر خواهد بود با  $2/263$

$$n = \left(\frac{ts}{n}\right)^2 = \left(\frac{2/263 \times 0/5}{0/3}\right)^2 = 14/2 > 10$$

B اگر  $n = 13 \leftarrow n = 13$  و  $df = 12$  برای  $t$  و  $Df = 12$  برابر با  $2/179$  می‌باشد

$$n = \left(\frac{ts}{n}\right)^2 = \left(\frac{2/179 \times 0/5}{0/3}\right)^2 = 13/2 \approx 13$$

۳. اگر سه نمونه لازم باشد با ضریب اطمینان  $90\%$  در آنصورت برای  $n = 3$  و  $df = 2$  و  $t = 2/920$  در آن صورت  $u$  باید

چه میزان باشد تا نمونه‌ها قابل قبول باشد.

$$U = \frac{ts}{\sqrt{n}} = \frac{2/920 \times 0/5}{\sqrt{3}} = \pm 0/84 \text{ mg / lit}$$

### واحدهای آزمایشگاهی برای غلظت‌های شیمیایی

۱. مول: یک مول از یک ترکیب = وزن مولکولی آن ترکیب بر حسب گرم (g)

۲. ضریب مولی: نسبتی از شمار مول‌هایی که یک محلول مد نظر است به کل تعداد مول‌هایی که در یک ترکیب وجود دارد مثل:

$$x_B = \frac{n_B}{n_A + n_B + n_C + \dots + n_N}$$

$x_B \leftarrow$  ضریب مولی محلول B

$n_A \leftarrow$  مول‌های محلول A

$n_B \leftarrow$  مول‌های محلول B

$n_C \leftarrow$  مول‌های محلول c

$n_N \leftarrow$  مول‌های محلول N

مول‌ها را در این معادله از معادله بالایی (مول) به دست می‌آوریم.

۳. مولاریته (M)

$$M, \frac{\text{mole}}{\text{lit}} = \frac{\text{جرم ماده شده (g)}}{\text{وزن مولکولی ماده حل شده (} \frac{\text{g}}{\text{mol}} \text{) (حجم محلول (lit))}}$$

۴. مولالیتته (m)

$$M = \frac{\text{mole}}{\text{kg}}$$

$$M = \frac{\text{جرم ماده شده (g)}}{\text{وزن مولکولی ماده حل شده } \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) \text{ (حجم محلول (kg))}}$$

۵. غلظت جرمی Mass concentration

$$\text{Concentration : g / m}^3$$

### یادآوری

این که  $1/0 \text{ mg/lit}$  با  $1/0 \text{ g / m}^3$  برابر است

۶. نرمالیتته (N)

$$N = \text{eq/lit}$$

$$N = \frac{\text{eq}}{\text{lit}} = \frac{\text{جرم ماده شده (g)}}{\text{وزن مولکولی ماده حل شده } \left(\frac{\text{g}}{\text{eq}}\right) \text{ (حجم محلول (lit))}}$$

بنابراین: وزن اکی والانی ماده حل شده (gr/equ)

$$\text{وزن اکی والانی ماده حل شده} = \frac{\text{g}}{\text{equ}} = \frac{\text{molecular weight of solut} \left(\frac{\text{g}}{\text{mole}}\right)}{z, \frac{\text{equ}}{\text{mole}}}$$

Z: تعداد هیدروژن‌های یک ترکیب یا میزان ضریب اکسیداسیون و احیاء (Z برابر با ظرفیت یک ترکیب)

$$1/0 \text{ eq / m}^3 = 1/0 \text{ meq / lit}$$

۷. قسمت در میلیون (PPM)

$$\text{PPM} = \frac{\text{mass of solute, g}}{10^6 \text{ g of solute}}$$

$$\text{Ppm} = \frac{\frac{\text{g}}{\text{mole}} \text{ غلظت محلول}}{\text{وزن مخصوص محلول (چگالی محلول نسبت به چگالی آب)}}$$

۸. واحدهای دیگر:

$$\text{g / m}^3 = \text{mg / lit parts per million by mass (for water ppm}_m = \text{PPM}_m)$$

$$\text{ppm}_v = \text{Parts per million by volume}$$

$$\text{Ppb} = \text{parts per billion}$$

$$\text{Ppt} = \text{parts per trillion}$$

$$1 \text{ gr (gram)} = 1 \times 10^3 \text{ mg (milligram)} = 1 \times 10^6 \mu\text{g}$$

$$1 \times 10^9 \text{ ng} = 1 \times 10^{12} \text{ pg}$$

مثال: تعیین مولاریته و ضریب مولی:

تعیین کنید مولاریته و ضریب مولی را برای یک لیتر محلول که شامل 20gr کربنات کلسیم  $\text{CaCO}_3$  (دانسیته نسبی  $\text{CaCO}_3$  برابر 1/12gr/ml می باشد).

حل: تعیین مولاریته محلول  $\text{CaCO}_3$   
(A) مول‌های  $\text{CaCO}_3$

$$\text{moleCaCO}_3 = 20 \text{gr} (100 \text{gr / mole}) = 0.2 \text{mole}$$

(B) مولاریته محلول  $\text{CaCO}_3$  با استفاده از فرمول زیر به دست می آید:

$$M = \frac{\text{جرم ماده شده (g)}}{\text{وزن مولکولی ماده حل شده (g/mol)} \times (\text{حجم محلول (lit)})}$$

$$M_{\text{cancelor}} = \frac{0.2 \text{mole}}{1 \text{lit}} = 0.2 \text{mole / lit}$$

۱. تعیین ضریب مولی:

(a) ضریب مولی با استفاده از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$x_{\text{CaCO}_3} = \frac{n_{\text{CaCO}_3}}{n_{\text{H}_2\text{O}} + n_{\text{CaCO}_3}}$$

(b) حجم  $\text{CaCO}_3$  در داخل 1 lit حلال برابر است با:

$$V_{\text{CaCO}_3} = \frac{20 \text{gr}}{(1/12 \text{g / ml})} = 17.7 \text{mlit}$$

(c) حجم آب برابر است با:

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{mlit} - 17.7 \text{mlit} = 982.3 \text{mlit}$$

(d) مول  $\text{H}_2\text{O}$  برابر است با:

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{982.3 \text{gr}}{(18 \text{gr / mol})} = 54.57 \text{mol}$$

(e) با استفاده از معادله 2a داریم برای  $\text{CaCO}_3$

$$x_{\text{CaCO}_3} = \frac{0.2}{54.57 + 0.2} = 3.65 \times 10^{-3}$$

**اختلاف آنیون‌ها و کاتیون‌ها:** ابتدا مقادیر اکی والانی یا میل اکی والانی (meq/lit, eq/lit) را هم برای آنیون‌ها و هم برای کاتیون‌ها پیدا می کنیم بعداً با استفاده از معادله زیر اختلاف را به دست می آوریم.

$$\text{درصد اختلاف} = \frac{\sum \text{آنيون‌ها} - \sum \text{کاتیون‌ها}}{\sum \text{آنيون‌ها} + \sum \text{کاتیون‌ها}}$$

### پارامترهای فیزیکی آب

از لحاظ فیزیکی یک آب بایستی زلال و شفاف بدون رنگ و بدون بو باشند.

مهم‌ترین پارامترهای فیزیکی در آب شامل:

۱. جذب / قابلیت عبور نور (absorption/ transmittance)

۲. کدورت turbidity

۳. تعداد و نوع ذرات number and type of particles

۴. رنگ color

۵. دما Temperature

مزه و بو برخی مواقع در زمره خصوصیات فیزیکی و گاهی شیمیایی قرار می‌گیرد.

خصوصیات فیزیکی که در بالا نام برده شده مشهور (معروف) هستند به aggregate characteristics (یعنی خصوصیات کلی)

### ۱. جذب و انتقال absorbance and Transmittance

اندازه‌گیری نور جذبی توسط محلول در طی یک طول موج خاصی انجام می‌شود. بر طبق قانون بیر- لابر- beer- lambert میزان نور جذب شده بوسیله آب بستگی به نور جذبی توسط مولکولها و طول موج عبوری از داخل آب دارد. جذب با استفاده از رابطه زیر می‌تواند باشد.

$$\log\left(\frac{I}{I_0}\right) = \varepsilon(\lambda)Cx = -KA(\lambda)X = -A(\lambda)$$

I: شدت نور بعد از عبور محلول، معروف به عمق موجود تشکیل شده توسط طول موج ورودی  $\lambda, Nw / cm^2$

$I_0$  شدت نور ورودی بعد از عبور از ظرف خالی معروف به عمق طول موج

$\lambda$  طول موج (nm)

$\varepsilon(\lambda)$  جذب مولی از نور- محلول جذبی از طول موج  $\lambda$  (l / mole . cm)

C غلظت نور حاصله از محلول جذبی mole/lit

Length of light path(cm)= x

جذب توسط دستگاه اسپکتروفوتومتری اندازه‌گیری می‌شود که ارتفاع نمونه در سیل دستگاه ثابت و در حدود یک سانتی متر می‌باشد. اندازه‌گیری فرایند جذب در آب برای اغلب آلاینده‌ها از جمله اسیدهیومیک در طول موج ۲۵۴ نانومتر انجام می‌گیرد.

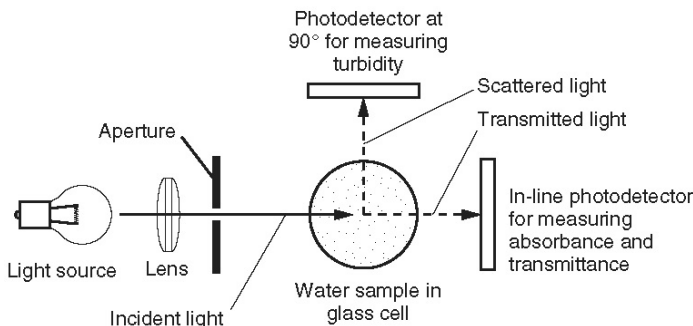
### انواع مقادیر جذب برای آب‌های مختلف در طول موج $\lambda = 254nm$ به صورت زیر می‌باشند.

۱. برای آب‌های طبیعی ۰/۱۲۵ تا ۰/۰۲۵ می‌باشد.

۲. برای آب‌های تصفیه شده و فیلتر شده ۰/۰۸ تا ۰/۰۵ می‌باشد.

۳. برای آب‌های میکروفیلتراسیون ۰/۰۴ تا ۰/۰۲۵ می‌باشد.

۴. برای آب‌های اسمز معکوس ۰/۰۱ تا ۰/۰۲۵ می‌باشد.



شکل ۱-۲. شماتیک اسپکتروسکوپی برای اندازه‌گیری جذبی یا کدورت

## transmittance

$$\text{Transmittance, } T, \% = \left(\frac{I}{I_0}\right) \times 100$$

**Transmittance (انتقال):** بر اساس اندازه‌گیری طول موج که به‌گونه‌ای دیگر از نوع اندازه‌گیری جذب می‌باشد و بر

اساس رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$T = 10^{-A(\lambda)}$$

اصطلاح Transmittance درصد انتقال که بر اساس رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$T\% = 10^{-A(\lambda)} \times 100$$

$A(\lambda)$  برای یک محلول می‌تواند صفر باشد  $T=1$  خواهد شد

$A(\lambda)$  برای یک محلول کدر (تیره) در حدود برابر  $\infty$  می‌باشد که  $T=0$  خواهد شد.

## کدورت Turbidity

کدورت آب به مقدار مواد معلق موجود در آب اطلاق می‌گردد که باعث کاهش شفافیت آب می‌شود. کدورت بر اساس نور جذب شده یا بر اساس نور تعریف شده در یک زاویه خاص قابل تعریف است. همانطور که در شکل صفحه قبلی گفته شد برای اندازه‌گیری کدورت نیاز به یک منبع نور، سنسور اندازه‌گیری پخش نور، که در شکل صفحه قبلی نشان داده شده که در زاویه ۹۰ درجه نور را پراکنده می‌کند، است. کدورت اندازه‌گیری شده با افزایش پراکنده شدن نور افزایش می‌یابد. هرچه

## پراکندگی نور ↑ کدورت ↑

واحد اندازه‌گیری کدورت نفلومتر (NTU) می‌باشد.

مهم‌ترین عواملی که موجب پخش نور می‌شود ← اندازه ذره، شکل ذره، اندیکس منعکس کننده و نحوه قرار گیری ذره می‌باشد.

هرچه تعداد ذرات ↑ ← میزان جذب یا انحراف نور توسط ذرات ↑

برای ذرات کوچکتر از یک دهم (one-tenth) طول موج نور ورودی به طور قرینه و متقارن حول ذره پخش می‌شود با افزایش اندازه این حالت از بین می‌رود. همچنین شدت نور پراکنده شده بستگی به طول موج نور ورودی دارد برای مثال نور آبی خیلی بیشتر از نور قرمز پخش می‌شود.

اساس اندازه‌گیری کدورت بر اساس حساسیت ذره در یک اندازه خاص و طول موج ورودی معمولاً  $(0.2 - 0.7 \mu\text{m})$  است. نور مرئی می‌باشد.

به‌عنوان مثال در طی اندازه‌گیری کدورت برخی ذرات مثل کربن بلاک (carbon black) که معمولاً نور را جذب می‌کند و حداقل انعکاس را از آن خواهیم داشت.

بر این اساس کدورت می‌تواند مهم‌ترین پارامتر کیفی آب مطرح باشد.

اندازه‌گیری کدورت برای مقایسه منابع آبی مختلف مهم است و در تجهیزات تصفیه و برای فرایندهای کنترلی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

افزایش کدورت معمولاً پارامتری است که می‌تواند باعث افزایش برخی پارامترها در آب مثل باکتری‌ها، کیست ژیا ردیا و یا اووسیت کریپتوسپوریدیوم شود.

در دریاچه‌ها و یا مخازن ذخیره کدورت به طور متداول در بیشتر مواقع زمانی در حدود ۱ تا ۲۰ (NTU) است بجز در مواقع سیلابی

کدورت در رودخانه‌ها در مواقع سیلاب، بارندگی، تغییر جریان معمولاً زیاد می‌شود کدورت در رودخانه‌ها معمولاً از ۱۰- ۴۰۰ NTU متفاوت است.

استاندارد کدورت نهایی معمولاً برای آب ۰/۳ NTU می‌باشد اما برای آب‌هایی که در آن‌ها از تجهیزات تصفیه استفاده می‌شود ۰/۱ NTU < است.

## ذرات Particles

ذرات معمولاً به‌عنوان جامداتی ریز که بزرگتر از مولکولها می‌باشند تعریف می‌شوند اما به طور معمول با چشم غیرمسلح دیده می‌شوند. معمولاً میانگین اندازه ذرات  $37\mu\text{m}$  و فاصله مابین آنها  $3\mu\text{m}$  می‌باشد.

### ذرات در آب مهم‌اند به دلیل این‌که:

- (۱) روی فرایندهای تصفیه تأثیر می‌گذارند.
- (۲) اثر آنها روی سلامتی حاصل از ارتباط ذرات با پاتوژن‌ها.

### ذرات در آب طبقه بندی بشوند بر اساس:

- (۱) مبدأ یا منشأ origin
  - (۲) اندازه size
  - (۳) ساختار شیمیایی chemical structure
  - (۴) خصوصیات عمده charge characteristic
  - (۵) خصوصیات جامدات ورودی به آب water solid interface characteristic
- منبع و کمیت ذرات در این بخش مورد بحث قرار می‌گیرد ولی ساختار شیمیایی، خصوصیات عمده و خصوصیات جامدات موجود در آب معمولاً در فصل‌های بعدی کتاب و معمولاً همراه انعقاد و لخته سازی بحث می‌شود.

### منشا و منبع ذرات در آب: origin of particles in water

منابع اصلی بوجود آمدن ذرات در آب حاصل از فعالیت بیولوژیکی تماس آب با خاک‌هایی مثل رس، سیلیت و... همچنین تماس با جلبک‌ها، باکتری‌ها و دیگر میکروارگانیسم‌ها و محصولات بیولوژیکی و از فیبرها و آزیستوز حاصل از فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی می‌باشند که باعث ایجاد شرایط اولترافیکاسیون در آب خواهند شد.

### تعداد و کمیت ذرات particle Quantification

#### روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری کمیت ذرات از جمله:

- تکنیک‌های گراویمتری gravimetric techniques
  - شمارش الکترونیکی اندازه ذرات electronic particle size counting
  - مشاهده میکروسکوپی microscopic observation
- مشاهده توسط میکروسکوپ نمی‌تواند منبع و منشا اصلی ذرات را مشخص کند یعنی مثلاً نمی‌تواند بگوید که این ذره یک ذره کلونیدی است یا یک Mo یا جزء جلبک‌ها می‌باشد.

جرم کل ذرات را می‌توان توسط فیلتراسیون حجم کامل آب از یک غشاء با وزن و اندازه مخصوص تخمین زد. استفاده از فیلتراسیون سری جهت تعیین و تخمین اندازه ذرات مختلف به کار می‌رود و ذرات با اندازه‌های مختلف توسط شمارش الکترونیکی اندازه ذرات electronic particle size counting که در پایین به آن می‌پردازیم اندازه‌گیری می‌شود.

#### شمارش الکترونیکی اندازه ذرات electronic particle size counting

اندازه‌گیری غلظت ذرات و مواردی که در بالا ذکر شد اندازه و تعداد ذرات در داخل نمونه آب را تعیین می‌کند.

#### تخمین شمارش الکترونیکی اندازه و تعداد ذرات را می‌توان به روش زیر انجام داد:

- ۱- عبور دادن نمونه آب از داخل یک اوریفیس (دریچه) کالیبره شده و اندازه‌گیری تغییرات هدایت پذیری
  - ۲- عبور دادن نمونه و اندازه‌گیری تغییرات و شدت نور پخش شده
- میزان تغییر هدایت پذیری یا شدت نور به طور صحیحی در ارتباط با اندازه اکی والان ذره می‌باشد. شمارش کننده‌های ذرات دارای سنسورهای مختلفی برای اندازه‌گیری ذراتند که این اندازه‌ها می‌تواند  $60\mu\text{m} - 1/0$  یا  $150\mu\text{m} - 2/5$  باشد.
- از این‌ها می‌توان برای تعیین ژاردیا و کیست کریپتوسپوریدیوم در آب استفاده کرد.



## مشاهده میکروسکوپی microscopic observation

استفاده از میکروسکوپ برای مشاهده اندازه ذرات و در برخی از مواقع برای این که بخواهیم منشأ و منبع ذره را بدانیم که ذره چه ذره‌ای است استفاده می‌شود.

اندازه‌گیری حجم، شمارش سلولی ذرات و شمارش ذرات نیز در این مورد به کار می‌رود معمولاً عکس‌هایی توسط میکروسکوپ گرفته شده و سپس این عکس‌ها به کامپیوتر منتقل شده و مورد نگرش قرار می‌گیرد.

**رنگ color:** رنگ داخل آب معمولاً توسط مواد آلی مثل اسید هیومیک و اسید فولیک بوجود می‌آید و همچنین از برخی یون‌های فلزی طبیعی مثل آهن و منگنز و از کدورت نیز حاصل می‌شود.

نمونه‌ای که از روی فیلتر عبور نکرده و رنگ دارد این رنگ را رنگ ظاهری (قابل مشاهده) می‌گویند.

نمونه‌ای که از روی فیلتر عبور کرده و رنگ دارد این رنگ را رنگ طبیعی (حقیقی) می‌گویند (اندازه سوراخ‌های فیلتر  $0.45 \mu\text{m}$ )

افزایش کدورت باعث ایجاد رنگ ظاهری در آب می‌شود معمولاً رنگ طبیعی در آب زمانی به وجود می‌آید که ما مواد محلول در آب داشته باشیم و این عوامل در ارتباط با کیفیت زیباشناسی آب مطرح است.

برای پی بردن به رنگ از آزمایشات چشمی استفاده می‌شود که به عبارتی به آن‌ها مقایسه چشمی می‌گویند که نمونه آب‌هایی به صورت سری با مقادیر متفاوت رنگ‌های حقیقی ساخته می‌شود محلول استاندارد می‌آید و این نمونه‌ها با آن می‌سازند محلول استاندارد پلاتینیوم - کبالت است.

استاندارد پلاتینیوم - کبالت بسیار شبیه رنگی است که مواد طبیعی در آب ایجاد می‌کنند.

اگر در نمونه آب رنگ‌هایی به غیر از رنگ طبیعی آب وجود داشته باشد مثل راهیابی فاضلاب‌های صنعتی به آب و ایجاد رنگ‌های غیرمعمول در آن برای تعیین رنگ این آب‌ها ما از روش‌های دستگاهی Instrumental استفاده می‌کنیم.

**انواع روش‌های دستگاهی که برای تعیین رنگ به کار می‌روند، شامل:**

۱- تعیین ته رنگ‌های مختلف مثل (red, green, yellow, ... the hue)

۲) لومینانسی (روشنایی) brightness

۳) اشباع (pale, deep, ... saturation) محلول

که این سه روش در حالت کلی در ارتباط با فرایندی به نام کروماتوسیتی chromaticity می‌باشد.

این روش نتایج به دست آمده از دو روش را که قابل مقایسه نیستند مقایسه و بررسی می‌کند.

رنگ جزو استانداردهای ثانویه آب می‌باشد. (secondary standards)

**دما (درجه حرارت) Temperature**

درجه حرارت یکی از عوامل موثر در آب است که تأثیر زیادی بر روی عوامل مصنوعی آب می‌گذارد. عواملی که دما می‌تواند بر روی آن‌ها اثر بگذارد شامل دانسیته، ویسکوزیته، فشار بخار، حلالیت، کشش سطحی، میزان درجه اشباعیت حلالیت گازها در آب و همچنین درجات فعالیت شیمیایی، بیوشیمیایی و بیولوژیکی است.

ظرفیت گرمایی آب خیلی بالاتر از هواست، درجه حرارت آب با سرعت کمتری نسبت به هوا تغییر می‌یابد.

**عوامل شیمیایی غیرآلی (معدنی)**

اجزاء آب در محیط شامل عوامل معدنی، آلی، یون‌ها و ترکیبات محلول کلئوئیدها، مواد معلق و گازها است. در این قسمت

بحث ما بر روی مواد معدنی است که شامل مباحث زیر می‌باشد.

۱. عوامل اصلی مواد معدنی در آب شامل چه اجزایی هستند.

۲. منابع ثابت مواد معدنی در آب

۳. منابع اصلی عمده و جزئی این مواد در آب

۴. عوامل اصلی اندیکاتورهای کیفی مواد معدنی در آب

### ۱. عوامل اصلی مواد معدنی در آب Inorganic constituents in water

مواد معدنی به طور معمول در آب در غلظت‌های 1-100 mg/lit یافت می‌شود که این‌ها معمولاً شامل کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، بیکربنات، کلراید، سولفات و نیترات می‌باشد.

برخی مواد معدنی با درصد کمتری در آب وجود دارند که معمولاً کمیت آن‌ها 0/01-10 mg/lit می‌باشد که این‌ها شامل آرسنیک، مس، فلوراید، آهن، سرب، منگنز و سیلیکا می‌باشند. معمولاً برای مواد معدنی در آب رنج مشخص می‌شود مثلاً پتاسیم در آب در حدود 0/5-15mg/lit است ولی در اغلب آب‌ها مقدار پتاسیم کمتر از 5mg/lit می‌باشد.

### ۲. منبع اصلی مواد معدنی در آب‌ها

سطح زمین یک منبع سرشار بوده آب باران که می‌بارد یا به داخل زمین نفوذ کرده به آب‌های زیرزمینی می‌رسد یا روی سطح زمین حرکت کرده و تولید جریان آب یا به رودخانه می‌ریزد یا سیلاب را تشکیل می‌دهد.

در نتیجه واکنش بین آب باران با پوسته زمین یا آب با میزان نفوذ در قسمت زیر پوسته زمین باعث بوجود آمدن عناصر معدنی می‌شود. و چون آب نفوذی به زیرزمین هم تماس با سطح و هم زیر سطح داشته و مواد معدنی را در خود حل کرده بنابراین آب‌های زیرزمینی مقادیر بالاتری مواد معدنی در خود دارند.

### ۳. عمده ترین عناصر کاتیونی در آب major Inorganic cations in water

#### کلسیم calcium

میانگین جهانی کلسیم در جریان آب‌ها 15mg/lit می‌باشد.

شکل طبیعی کلسیم در خاک به صورت کلسیت می‌باشد که معروف به آراگونیت  $\text{CaCO}_3$  و ژیپس  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  اندریت  $\text{CaSO}_4$  و فلوریت  $\text{CaF}_2$

حالت یونی کلسیم عمدتاً به صورت  $\text{Ca}^{++}$  در آب‌های طبیعی و در خاک موجود است.

مقدار غلظت کلسیم در یک منطقه می‌تواند در حدود چند صد میلیگرم در لیتر باشد. آب‌هایی که مقدار غلظت کلسیم در آن‌ها در حدود 60-100 mg/lit باشد در زمره آب‌های باسختی متوسط طبقه بندی می‌شوند. کلسیم مهم‌ترین عنصری است که در ارتباط با سختی آب می‌باشد. کلسیم می‌تواند به عنوان یک ماده مغذی nutrient برای خلی از گیاهان و به عنوان یک میکرونوترینت برای جلبک‌ها می‌باشد. و همچنین کلسیم یک ماده مغذی ضروری برای انسان‌ها و حیوانات می‌باشد. کلسیم می‌تواند در صنایع باعث ایجاد جرم شود که معمولاً به صورت  $\text{CaCO}_3$  بر روی لوله‌های آهن و استیل به صورت مایه‌ای قرار بگیرد و باعث جلوگیری از خوردگی لوله‌های فلزی شود.

اما معمولاً این عنصر بر روی بویلرها ته نشین می‌شود و باعث تغییر در ایجاد حرارت توسط بویلرها و همچنین انتقال حرارت توسط آن‌ها می‌شود.

آب‌هایی که میزان زیادی کلسیم دارند معمولاً برای شستشو مناسب نیستند و معمولاً باعث می‌شوند صابون که دارای کربنات می‌باشد در طی شستشو با کلسیم ترکیب شده و ته نشین می‌شود و کف‌کنندگی صابون از بین می‌رود.

#### آهن Iron

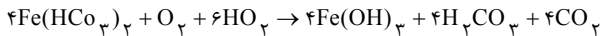
آهن موجود در سنگها، خاک‌ها و آب‌ها در اشکال مختلفی و به حالت اکسید موجود می‌باشند.

معمول‌ترین حالت آهن به صورت اکسید فریک و هیدراکساید به شکل هماتیت  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (hematite) و هیدراکسیدفریک  $(\text{Fe}(\text{OH})_3)$  در ارتباط با خاک‌ها و سنگها که به رنگ‌های قرمز و زرد می‌باشد

شکل ته نشینی آهن به صورت سولفید مثل پیریت و مرکازیت می‌باشد.

اکسیدها و سولفیدهای آهن در آب‌های زیرزمینی به صورت محلول می‌باشد در آب‌های سطحی آهن تبدیل به سیلیکات آهن می‌شود ولی این واکنش معمولاً کند می‌باشد.

در آب‌های سطحی دارای اکسیژن با PH در حدود ۵ تا ۸ غلظت کلی آهن در حدود 0/05-0/2mg/lit می‌باشد. غلظت آهن در آب‌های زیرزمینی در حدود 1/0=10mg/lit می‌باشد و حتی در غلظت‌های بالاتر تا 50mg/lit وجود دارد البته این حالت در آب‌هایی با غلظت پایین بیرینات و اکسیژن امکان پذیر است. در آب‌هایی که از لحاظ بیکربنات و اکسیژن فقیرند از آهن غنی هستند اگر این آب‌ها در تماس با اکسیژن قرار گیرند در این صورت هیدراکسیدفریک قرمز مایل به قهوه‌ای تشکیل می‌شود که باعث ایجاد ته نشینی می‌شود. سوسپانسیون لخته شده یا ذرات کلوئیدی حاصل از هیدرواکسیدهای آهن که به شکل محلول در آمده در آب‌های سطحی وجود دارد که آن‌ها به ذرات رس، کلوئیدهای آلی و دیگر جامدات معلق (مثل فلزات) می‌پیوندند و به صورت ته‌نشینی درمی‌آیند. بعلاوه یون‌های فروس و فریک با مولکولهای آلی ترکیب می‌شوند. در آب‌های سطحی که دارای مقادیری از اسیدهیومیک و اسیدتانیک هستند و همچنین مقدار زیادی آهن داریم. باکتری‌های آهن واکنش‌های ترمودینامیکی که با سرعت پایینی انجام می‌شوند را سرعت می‌بخشند و یا باعث می‌شوند واکنش‌های اندوترمیک endothermic با سرعت بالایی انجام شوند. کورونوتریکس ctenothrix و گالیونلا Gallionella از آهن فروس به عنوان منبع انرژی استفاده می‌کنند و آن‌ها را به شکل هیدراکسید فریک ته نشین می‌نمایند.



معمولاً مزه آهن در محدوده 0/1-0/2 mg/lit مشخص می‌شود در آب‌هایی که در فرایندهای صنعتی به کار می‌روند میزان آهن بایستی کمتر از 0/12-0/2mg/lit باشد. استاندارد ثانویه آهن برای آشامیدن 0/3 mg/lit می‌باشد.

### منیزیم magnesium

نمک‌های منیزیم حلالیت بالاتری نسبت به نمکهای کلسیم دارند اما منیزیم نسبت به کلسیم کمتر در سنگ‌ها موجود است. بنابراین منیزیم نسبت به کلسیم کمتر در واکنش‌های آبی موجود است. غلظت منیزیم به طور معمول کمتر از 10-20mg/lit در آب‌های سطحی و کمتر از 30-40mg/lit در آب‌های زیرزمینی می‌باشد. شکل طبیعی منیزیم و به حالت آزاد به صورت  $\text{Mg}^{2+}$  می‌باشد. میزان جذب منیزیم برای بدن 3/6-4/2mg/kg.d می‌باشد. حداکثر مقدار منیزیم می‌تواند 400mg/lit برای افراد حساس و تا 1000 mg/lit برای جمعیت معمولی باشد. منیزیم به همراه کلسیم عامل اصلی سختی آب‌ها می‌باشند. تأسیسات کاهش سختی که معمولاً برای حذف کلسیم استفاده می‌شوند برای کاهش غلظت منیزیم نیز مناسب می‌باشند. منیزیم دارای اثرهای زیان‌باری در طی فرایندهایی از قبیل شستشو، فرایند آبجوسازی، تشکیل فیلم، در دمای بالا و فشار در بویلرها است.

### منگنز Manganese

منگنز در سنگ‌ها و جامدات وجود دارد. به طور معمول اشکال اکسیدها و هیدرواکسیدهای منگنز در ارتباط با دیگر فلزات کاتیونی می‌باشد. در PHهای پایین و طبیعی معمولاً منگنز در آب به شکل یون  $\text{Mn}^{2+}$  حل می‌شود. غلظت این عنصر در آب معمولاً در حدود 0/1-1mg/lit متداول است. البته در PHهای پایین غلظت‌های بالایی نیز می‌تواند وجود داشته باشد.

منگنز و آهن معمولاً در مقادیر متفاوتی در آب‌های زیرزمینی وجود دارند. غلظت منگنز تا حدود 0/2-0/4 mg/lit احتمالاً باعث بوجود آمدن مشکلات مزه و بو شود و همچنین سرعت رشد میکروارگانیسم‌ها در مخازن ذخیره و سیستم‌های متلاطم را افزایش می‌دهد.

**پتاسیم potassium**

این عنصر معمولاً یک عنصر رایج در پوسته زمین می‌باشد. غلظت طبیعی این عنصر در آب‌های بسیار کمتر از سدیم است. غلظت پتاسیم بالغ بر چند ده (ده‌ها) a few tens میلی‌گرم در هر لیتر می‌باشد. میانگین جهانی پتاسیم در رودخانه‌ها در حدود 2/3 mg/lit می‌باشد. پتاسیم در حالت یونی و مولکولی شباهت بالایی به سدیم دارد. آنچنان که در خیلی از فرایندهای صنعتی به جای پتاسیم از سدیم استفاده می‌کنند چون پتاسیم خیلی گرانبه‌تر از سدیم می‌باشد.

**برخی از نمک‌های رایج صنعتی پتاسیم شامل؛**

بی‌کربنات پتاسیم  $\text{KHCO}_3$  که به صورت پودری استفاده می‌شود. پتاسیم فری سیانید  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{ON})_6$  که مورد استفاده قرار می‌گیرد در فرایند نساجی به عنوان رنگ آبی و الکتروپلاتینگ و پتاسیم تیوسیانات ( $\text{KSCN}$ ) در نساجی و صنعت فیلم.

پتاسیم فلوراید ( $\text{KF}$ ) و پتاسیم پرمنگنات ( $\text{KMnO}_4$ ) که معمولاً در فرایند تصفیه آب برای کنترل طعم و بو به کار می‌رود.

**Sodium سدیم**

معمولاً این عنصر در خاک و سنگها یافت می‌شود و این عنصر به عنوان یک تغییر یونی در خاک عمل می‌کند. سدیم می‌تواند به صورت شیمیایی به آب افزوده شده و باعث کمک به فرایندهای تصفیه آب شود که این سدیم می‌تواند به اشکال مختلف مثل سدیم هیپوکلرایت، سدیم هیدراکساید، سدیم کربنات و سدیم سیلیکات اضافه شود.

آب‌های طبیعی مقادیر زیادی یون سدیم را به صورت  $(\text{Na}^+)$  در بردارند. چندین کمپلکس و جفت شدن یونی می‌تواند در آب‌های طبیعی اتفاق بیافتد. مثل سدیم کربنات  $\text{NaCO}_3^-$  سدیم بی‌کربنات  $\text{NaHCO}_3$  سدیم سولفات  $\text{NaSO}_4^-$  و سدیم کلراید  $\text{NaCl}$

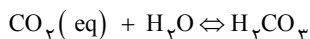
**مهم‌ترین مواد معدنی آنیونی در آب Major Inorganic anionic in water**

مهم‌ترین مواد معدنی آنیونی در آب شامل بی‌کربنات، کلراید، نیترات و سولفات می‌باشند که به همراه فلوراید و سیلیکا در زیر مورد بحث قرار می‌گیرند.

**بی‌کربنات Bicarbonate**

سیستم کربناته و بیکربناته در آب‌های طبیعی شامل مهم‌ترین ضریب در شیمی اسید و باز به عنوان ظرفیت بافری می‌باشد که در ترکیبات فلزی، تشکیل جامدات و متابولیسم بیولوژیکی به کار می‌رود. مهم‌ترین عوامل سیستم‌های کربناته شامل  $\text{CO}_3^{2-}$ ،  $\text{HCO}_3^-$ ،  $\text{CO}_3^{2-}$  و  $\text{OH}^-$  می‌باشد. نقش کربنات و بیکربنات معمولاً به عنوان کنترل کننده اسید و باز در آب‌هایی که دارای مقادیر زیادی مواد آلی یا در آب‌های زیرزمینی سولفات معلوم می‌شود. واکنش‌های که برای توصیف سیستم کربناته استفاده می‌شود شامل:

۱.  $\text{CO}_2$  محلول:



$$K_M = 10^{-2/28} \quad \text{at } 25^\circ\text{C}$$

۲. یون بی‌کربنات (تشکیل یون بی‌کربنات)



$$K_1 = 10^{-3/5} \quad \text{at } 25^\circ\text{C}$$