

## کیفیت آبهای زیر زمینی

آب خالص ( $H_2O$ ) به طور معمول در طبیعت یافت نمی شود. حتی آب باران نیز برخلاف آنچه در گذشته تصور می شد خالص نیست. آب طبیعی اعم از منابع سطحی یا زیرزمینی به دست آمده باشد، شامل مواد جامد حل شده، گازها و مواد معلق است. کیفیت و کمیت اجزاء تشکیل دهنده آب به پارامترهای ژئولوژیکی و محیطی بستگی داشته و دائماً در اثر واکنش آب در تماس با رساناها و فعالیتهای انسانی، تغییر می کند. آبی هم که به عنوان آب طبیعی شناخته می شود نیز ممکن است همواره آلوده بوده و از این رو اصطلاح « آب طبیعی» نیز می تواند گمراه کننده باشد. آب طبیعی اصطلاحاً به آبی گفته می شود که هنوز مورد استفاده قرار نگرفته و اصولاً برای نمونه گیری و آزمایش به منظور پژوهش از آن استفاده می شود.

برای تعیین کیفیت آب قابل قبول برای مصارف کشاورزی و صنعتی یا انسانی، آب در معرض برخی آزمایشها قرار می گیرد. معمولاً این آزمایشها شیمیایی، فیزیکی، بیولوژیکی و رادیولوژیکی می باشد. نتایج این آزمایشها برای هر نوع استفاده خالص، با استاندارد قابل قبول آن استفاده مقایسه می شود. این استانداردها با یکدیگر فرق دارند. برای مثال کیفیت آب قابل قبول برای کشاورزی ممکن است برای آشامیدن قابل قبول نباشد. در صنعت نیز

ممکن است استاندارد کیفیت آب قابل قبول با یک کاربرد خاص برای کاربردهای دیگر متفاوت باشد.

درجه حرارت آب، یکی از مهمترین عوامل مؤثر در کیفیت آب زیرزمینی است. درجه حرارت آب در مصارف مختلف صنعتی، انسانی، گیاهی و جانوری از اهمیت خاصی برخوردار است. درجه حرارت آب زیرزمینی در یک محل معمولاً در سراسر سال یکنواخت است. به همین دلیل آب زیرزمینی به عنوان آب مورد نیاز صنعت و انسان در بسیاری از موارد بر آب سطحی برتری دارد.

با مطالعه عوامل مؤثر در کیفیت آبهای زیرزمینی می توان کیفیت آینده آن را در مقایسه با کیفیت فعلی پیش بینی کرد. با تعیین کیفیت آبهای زیرزمینی می توان نوع مصرف آن را تعیین نمود. دبی آبهای زیرزمینی را در یک محل می توان با اندازه گیری کل مواد جامد حل شده (TDS) در آن محل محاسبه نمود. با اندازه گیری غلظت یونی آبهای زیرزمینی و دبی نهرهای سطحی نیز می توان دبی آبهای زیرزمینی را به دست آورد.

مطالعه ترکیبات شیمیایی آب و تغییرات آنها می توان در منبع یا منابع تغذیه مصنوعی و تعیین مسیر آبهای زیرزمینی مؤثر واقع شود. همچنین با مطالعه ترکیبات آب می توان به وجود لایه های مرزی آبدار و شکل و ترتیب سیستمهای جریان در این لایه ها پی برد. تغییر کیفیت آبهای زیرزمینی می

تواند از تغییر کیفیت بارش نفوذی، اندرکنش آبهای زیرزمینی با محیط، طول مسیر جریان، مدت زمان، ماند آب، و نوع گونه های گیاهان در یک محل متأثر گردد. با جذب گازهای مختلف توسط آب نیز کیفیت آبهای زیرزمینی تغییر می کند.

#### ۹-۱- سرچشمه شور

در آبهای زیرزمینی نمکهایی به صورت محلول وجود دارد. نوع و غلظت این نمکها به محیط، حرکت، و سرچشمه ( Source ) آبهای زیرزمینی بستگی دارد. نمکهای محلول در آبهای زیرزمینی در درجه اول از حل مواد قابل حل

نتیجه می شوند. در ناحیه هایی که حجم زیادی از آب سطحی به آب زیرزمینی می پیوندد، کیفیت آبهای نفوذ کننده تأثیر زیادی بر کیفیت آب زیرزمینی خواهد داشت. گازهایی که منشأ مواد مذاب معدنی ( Magmatic ) دارند، به طور موضعی به میزان مواد معدنی و محلول در آب زیرزمینی می افزایند. آبهای ذاتی ( Canate waters ) از آبهای باقیمانده ( Residual

waters ) محبوس در سنگهای رسوبی، حاصل شده و معمولاً دارای مواد معدنی زیادی هستند. آب باران نیز نمکهایی را که از جو گرفته است با خود به داخل زمین می برد.

آب زیرزمینی ضمن عبور از خاک، مواد محلولی را که از تجزیه خاک حاصل شده با خود می برد و به این طریق به مقدار نمک خود می افزاید. آب اضافی

آبیاری که از طریق نفوذ، به سفره آب زیرزمینی می رسد مقدار معتنا بهی نمک به آب زیرزمینی می افزاید. مقدار نمک آبی که از منطقه نفوذ ریشه گیاهان در زمینهای کشاورزی عبور کند ( آب زهکشی )، چندین برابر مقدار نمک آب آبیاری است. افزایش غلظت نمک در آب زهکشی به علت تعرق و تبخیر گیاهان ( Evapotranspiration ) در محل می باشد. جذب انتخابی کودها و نمکها بوسیله گیاهان ( Seiective absorption ) نیز موجب تغییر غلظت نمک در آب نفوذ کرده می شوند. عواملی که باعث اضافه شدن غلظت نمک در آب نفوذ کرده به زمین می شوند عبارتند از:

- نفوذ پذیری خاک،
- وضع زهکشی
- مقدار تبخیر و تعرق گیاهان
- آب و هوا.
- در خاکها و آبهای زیرزمینی نواحی خشک که عمل شستشوی املاح بوسیله آب باران، به اندازه کافی صورت نمی گیرد، شوری خاک و آب زیرزمینی زیاد است و قدرت تولید محصول در این قبیل زمینها کاهش می یابد.
- به علت نامحلول بودن نسبی عناصر تشکیل دهنده سنگهای آذرین، آب زیرزمینی که از این گونه سنگها عبور می کند تنها مقدار کمی از مواد معدنی

را در خود حل می کند. آب بارانی که به زمین نفوذ می کند به علت داشتن گاز کربنیک جو، توانایی حلالیت بیشتری دارد. در آبهای زیرزمینی که با سنگهای آذرین در تماسند، مواد معدنی از نوع سیلیکات نسبتاً بیشتر از بقیه مواد دیده می شوند.

انحلال سنگهای رسوبی بیشتر از سنگهای آذرین است، این خاصیت، به همراه فراوانی سنگهای رسوبی در پوسته زمین، موجب شده است که قسمت اعظم مواد محلول آبهای زیرزمینی دیده می شوند. آنیونهای موجود در آبهای زیرزمینی عبارتند از: بیکربناتها، کربناتها و سولفاتها. در شرایط طبیعی، کلرورها و نیتراتها فقط به مقدار کم در آب زیرزمینی وجود دارند. منابع کلرورها، فاضلابها و آبهای ذاتی و آب نافذ دریا می باشد. غلظت زیاد نیتراتها دال بر وجود منابع آلوده کننده در زمین است. در مناطقی که سنگ آهک وجود دارد، معمولاً یونهای کلسیم و کربنات در اثر حل شدن سنگ آهک به آب زیرزمینی اضافه می شوند.

۹-۲- تأثیر عوامل آب و هوا، موقعیت جغرافیایی و باران در کیفیت آب های زیرزمینی

موقعیت جغرافیایی محل و وضع آب و هوا تأثیر زیادی بر کیفیت آب دارد. غالباً آبهای مناطق کوهستانی، خیلی شیرین تر یا کم نمک تر از آبهای مناطق دشتی و کویری است. به طور کلی می توان گفت آبهای مناطق خشک

دنیا، از آبهای مناطق معتدل مرطوب، نمک بیشتری دارند. نامناسب بودن شرایط آب و هوایی، مانند کم بودن میزان بارندگی، بالابودن درجه حرارت و شدت تبخیر، باعث بالا رفتن غلظت املاح می شود.

بر اثر تبخیر زیاد آب، نمکهای موجود در آن به حد اشباع رسیده و سرانجام رسوب می کنند. این رسوب در مناطق معتدل و کوهستانی، بیشتر از نوع توفهای آهکی و در مناطق بیابانی ابتدا به صورت گچ و بعد به صورت قشری از نمک است. هر قدر میزان رطوبت و بارندگی بیشتر باشد، به همان نسبت نیز از مقدار تبخیر کاسته شده و از بد شدن کیفیت آب کاسته می شود.

در مواردی که رطوبتی در سطح سنگ یا خاک وجود داشته باشد، گرما باعث می شود که محیط مناسبی برای فعالیت میکروارگانیسمها، یا موجودات زنده کوچک ذره بینی، به وجود آید. در نتیجه فعالیت این موجودات، گازکربنیک آزاد می شود. این گاز مهمترین عامل مؤثر در تخریب شیمیایی سنگها و کانیهای سیلیسی و آهکی است.

کیفیت آب زیرزمینی تحت تأثیر جنبه های مختلفی از چرخه آب در طبیعت متأثر می گردد. بارش جوی (باران و برف) شامل آبی است که خالصی خود را در حین عبور از میان جو قبل از رسیدن به سطح زمین از دست می

دهد. ناخالصی ها و ترکیبات شیمیایی موجود در جو، ناشی از عوامل زیر است:

- خاکسترها و گازهای آتشفشانی
  - گرد و خاک و مواد جامد هوازده
  - نمکهای جابجا شده در اثر تابش آفتاب و تشعشعات کیهانی
  - گازهای خروجی از کارخانجات صنعتی
  - امواج رادیواکتیو ناشی از انفجارات هسته ای
- تا قبل از آغاز آزمایشهای مربوط به سلاحهای هسته ای در سال ۱۹۵۲، مقدار تریتیم ( $Tritium$ ) آب باران از ۱ تا ۱۰ واحد تریتیم ( $Tu$ ) بیشتر نبود. پس از سال ۱۹۵۴، مقدار تریتیم در بسیاری از نواحی از  $20 Tu$  افزایش یافت (Walton, 1970).
- وقتی باران به سطح زمین می رسد قبلاً قسمتی از ناخالصیها و ترکیبات شیمیایی موجود در آن حل شده و بقیه با آبهای سطحی مخلوط می شوند. سپس آب باران با مواد معدنی و خاک و سنگ واکنش شیمیایی انجام می دهد. مقدار و نوع مواد معدنی حل شده در آب باران به ترکیبات شیمیایی و ساختمان فیزیکی خاک و سنگ و عواملی از قبیل غلظت یونی هیدروژن ( $PH$ ) و پتانسیل احیا ( $EH$ )ی آب بستگی دارد غلظت یون هیدروژن ( $PH$ ) به غلظت مؤثر یونها در آب نسبت داده می شود. این کمیت به

صورت لگاریتم در پایه ۱۰ غلظت  $H^+$  (با علامت منفی) و برحسب مول بر لیتر (mol/lit) بیان می شود (Bouwer, 1978). آب مقطر در دمای ۲۵c دارای غلظت  $H^+$  برابر با 10 mol /1 است. بنابراین PH آن برابر - PH =  $\log 10^{-7} = 7$  می باشد. این محلول با PH = ۷ خنثی نامیده می شود (مقدار یونهای  $H^+$  و  $OH^-$  برابرند).

هنگامی که  $PH < 7$  است، محلول، اسیدی است. این چنین آبهایی روی دوام پمپها، فیلتر چاهها (Well screen) و لوله داخل چاه (Casing) اثر می گذارند. آب قلیایی دارای  $PH > 7$  می باشد. بیشتر آبهای طبیعی دارای PH

بین ۶ و ۸/۵ می باشند (Hem, 1970). وقتی PH از ۸/۵ تجاوز کند، آب معمولاً آزاد است. PH کم نشان می دهد که آب یا دارای مقداری جزئی از اسیدهای معدنی است که از منابع سولفیدی بدست آمده اند و یا دارای اسیدهای آلی است.

پتانسیل احیاء (EH) مقیاسی است که قدرت یک محیط طبیعی را برای افزایش یا کاهش ظرفیت مثبت یا از دست دادن الکترونها نشان می دهد (Domenico, 1972). به عبارت ساده تر پتانسیل احیاء مقیاسی است که انرژی مورد نیاز برای از جا کردن و بلند کردن الکترونها را از یونها در یک محیط شیمیایی داده شده مشخص می کند.



غلظت شیمیایی آب باران از فصلی به فصل دیگر و از محلی به محل دیگر تغییر می کند. غالباً مقدار زیادی از آمونیم و نیترات موجود در آب، از خاک تأمین شده اند. در نواحی ساحلی و غلظت کلراید (Cl) و پتاسیم (K) به طور نسبی به حدود  $8 \text{ mg/l}$  و  $0.4 \text{ mg/l}$  می رسد. غلظت سدیم از حدود  $0.1$  تا  $0.3$  میلی گرم بر لیتر در نواحی غیر ساحلی و تا حدود  $4 \text{ mg/l}$  در نواحی ساحلی تغییر می کند. غلظت کلسیم در خاکهای قلیایی (Alkali) و هنگامی که طوفانهای خاکی (Dust storms) روی می دهند افزایش می یابد.

دی اکسید کربن ( $\text{CO}_2$ ) کسب شده از جو، تولید اسیدکربنیک می کند که با PH کمتر از ۷ به آب باران وارد می شود. در نواحی صنعتی که هوا آلوده است، ممکن است مقدار PH باران از  $4/5$  نیز کمتر شود.

۹-۳- تأثیر عامل زمین در کیفیت آبهای زیرزمینی

آب باران که به سطح زمین می رسد آبهای سطحی و زیرزمینی را تشکیل می دهد. این آب در ابتدا دارای نمک بسیار ناچیزی است، اما پس از تماس با رسوبات زمین شناسی و سنگهای مختلف، املاح آن زیاد می شود. املاحی که در آغاز جریان در آب وجود دارند با کانی های رسوبات یا سنگهایی که آب از آنها عبور می کند واکنش پیدا می کند و املاح موجود در سنگ حل می شود.

طول مسیر یا جابجایی یک نمک تا محلی که به غلظت اشباع می رسد و دوباره در قالب سنگ یا خاک از محلول جدا می گردد به قابلیت به قابلیت حل شدن آن بستگی دارد. قابلیت جابجایی هر یک از نمکها، بسیار متفاوت است.

قابلیت جابجایی و حل شدن یونهای کلر موجود در سنگها از همه بیشتر و صد در صد است. قدرت جابجایی یونهای دیگر کمتر است. به عنوان مثال قدرت جابجایی و قابلیت حل شدن یون کلسیم ( $Ca^{++}$ ) را می توان ۳ درصد و سدیم ( $Na^{+}$ ) را ۲/۵ درصد ذکر کرد.

وقتی آب باران به زمین می رسد، پوشش خاک و سایر مواد ناشی شده از

تجزیه گیاهان و حیوانات را به همین دلیل در منطقه رشد گیاه، ترکیبات شیمیایی آب با تبادل یونی بین اجزاء تشکیل دهنده آب و خاک یا به علت جذب مواد مغذی به وسیله گیاهان تغییر می کند. معمولاً آبی که در خاک نفوذ می کند حاوی نیتراتها، فسفاتها و پتاسیم است ( که از کودهای شیمیایی موجود در خاک حاصل می شوند ). هنگامی که گیاهان و سایر

ارگانیسم های زنده، دی اکسید کربن و سایر ارگانیسم های زنده، دی اکسید کربن ( $CO_2$ ) و اسیدهای ارگانیک تولید می کنند، PH آب نفوذی کاهش می یابد. و به این ترتیب غلظت نمک در آب زیرزمینی که از آب آبیاری نتیجه می شود بسیار بیشتر از آبهای سطحی می گردد.

در مناطق لم یرز و خشک معمولاً میزان تبخیر بیش از میزان نفوذ است. اگر زمین زهکشی نشود این امر باعث جمع شدن توده ای از نمک در نزدیکی سطح زمین می شود. به این ترتیب خاصیت اسیدی آب باران و آب سطحی (مانند آب مورد استفاده در آبیاری) کمی بعد از نفوذ آب به داخل خاک افزایش می یابد. با توجه به میزان قابلیت حل و ویژگی های کانیهای خاک و سنگ، مقدار مواد جامد قابل حل (Total dissolved solids, T D S) در آب نفوذی تغییر می یابد. علاوه بر این، خاطر نشان می سازد که میزان قابلیت حل با درجه حرارت و فشار نیز تغییر می کند.

تغییرات فصلی آب از نظر کم و زیاد شدن باعث ایجاد نوسانات فصلی کیفیت شیمیایی آب می شود. بنابراین شیمی خاک مورد آبهای طبیعی دوره ای بود و تحت تأثیر چرخه هیدرولوژیکی قرار دارد. مهمترین نمکهای محلول که توسط چرخه شیمیایی خاک تولید می شوند به دو گروه تقسیم می گردند (Cheboter, 1955). یونهایی که مقدار آنها زیاد است عبارتند از:  $H^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $So^{2-}_4$ ,  $Cl^-$ ,  $Co^{2-}_3$ ,  $Hco^-_3$  و یونهایی که به ندرت و اتفاقی با آنها روبرو می شویم عبارتند از:  $Fe^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $NH_4^+$ ,  $SiO^{2-}_3$ ,  $Oh^-$ ,  $So^{2-}_3$ ,  $No^-_2$ ,  $Fe^{3+}$  جدول شماره (۹-۱) آنیونها و کاتیونهای موجود در آبهای زیرزمینی را مشخص می کند. کاتیونها دارای بار مثبت و آنیونها دارای بار منفی هستند.

جدول شماره ۹-۱ آنیونها و کاتیونها موجود در آبهای زیرزمینی

آنیونها و کاتیونهای	آنیونها و کاتیونهای مهم			
	اکسی	آنیونهای مهم	اکسی	کاتیونهای
که در درجه دوم اهمیت قرار دارند.	والان وزن	مهم	والان وزن	ای محلول

آهن ( Fe )	۳۰ / ۰۰	کربنات ( Co <sub>۳</sub> )	۲۰ / ۰۴	کلسیم )
آلومینیم )	۶۱ / ۰۱	(	۱۲ / ۱۶	( Ca
( Al	۴۸ / ۰۳	بیکربنات (۳)	۲۳ / ۰۰	منیزیم
سیلیس )	۳۵ / ۴۶	( HCO	۳۹ / ۱۰	( Mg )
( SiO	۶۲ / ۰۱	سولفات (۴)		سدیم )
( B ) بر		( SO		( Na
فلور ( F )		کلور ( CL )		پتاسیم
سلنیوم )		نیترات ( NO <sub>۳</sub> )		( K )
( Se				

جدول شماره ( ۹-۲ ) ضرایب تبدیل مربوط به تعادل شیمیایی را مشخص می کند. در این جدول حاصل ضرب غلظت، بر حسب میلی گرم در لیتر و

ضرایب تبدیل برابر با غلظت بر حسب میلی اکی والان در لیتر می باشد )  
(Hemm, 1970).

جدول شماره ۹-۲ ضرایب تبدیل مربوط به تعادل شیمیایی

ترکیب	ضریب تبدیل	ترکیبات شیمیایی
-------	------------	-----------------

شیمیایی		ضریب تبدیل	
( Chemical constituent ) ( Conversion Factor )		( Chemical constuent ) ( Conversion Factor )	
آلمینیم ( Al <sup>3+</sup> )	0. 11119	آمینیم	
( NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	0. 05544		
باریم ( Ba <sup>2</sup> )	0. 01456	بریلیم ( Be <sup>3+</sup> )	
( )	0. 33288		
بیکربنات ( Hco <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0. 01639	برم ( Br <sup>-</sup> )	
	0. 01251		
کادمیم ( Cd <sup>2+</sup> )	0. 01779	کلسیم ( Ca <sup>2+</sup> )	
	0 . 04990		
کربنات ( Co <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )	0. 03333	کلراید ( Cl <sup>-</sup> )	
( )	0. 02821 .		
کبالت ( Co <sup>2+</sup> )	0.0 3394	مس ( Cu <sup>2+</sup> )	
	0 .03148		
فلوراید ( F <sup>-</sup> )	0. 05264	هیدروژن ( H <sup>+</sup> )	
( )	0.99209		
هیدروکسید ( OH <sup>-</sup> )	0. 05880	ید ( I <sup>-</sup> )	

		0.00788
آهن ( $Fe^{3+}$ )	0.03581	آهن ( $Fe^{2+}$ )
		0.5372
منیزیم ( $Mg^{2+}$ )	0.14411	لیتیم ( $Li^{2+}$ )
		0.08226
نیترات ( $No_3^-$ )	0.03640	منگنز ( $Mn^{2+}$ )
		0.01613
فسفات ( $PO_4^{3-}$ )	0.02174	نیتريت ( $No_2^-$ )
		0.03159
روی ( $Zn^{2+}$ )	0.02557	پتاسیم ( $K^+$ )
		0.03060

اداره عمران و احیاء اراضی آمریکا ( U . S B ureau of Reclamation )

نیز در سال ۱۹۷۷ اثرات یونهای نادر را مطالعه و بررسی نموده است. این

یونها عبارتند از: بور ( B )، سرب ( Pb )، آرسنیک ( As )، سلنیم ( Se )،

باریم ( Ba )، مس ( Cu )، روی ( Zn )، سولفید هیدروژن (  $H_2S$  )، متان (

$CH_4$  )، اکسیژن (  $O_2$  ) و دی اکسید کربن (  $CO_2$  ). جدول شماره (۳-۹) که

توسط **Dufer** و **Becker** ارائه و بوسیله ارتباط مواد جامد حل شده در آب سبک نشان داده شده است (Davis Wiest, 1966).

غلظت نمک در آبهای زیرزمینی روان، با کاهش سرعت یا افزایش مواد معدنی زیاد می شود. آب در لایه های آبدار عمیق تقریباً بی حرکت است. بدین ترتیب شوری آب با عمق افزایش می یابد. آبهای دارای بیکربنات غالباً در نزدیکی سطح بالایی و آبهای دارای کلراید در نزدیکی سطح زیرین لایه آبدار مشاهده می شوند.

آبهای زیرزمینی ( و آبهای سطحی ) برحسب غلظت شوری به صورت آب

شیرین ( Fresh water )، آب با شوری ملایم ( Brakish water )، آب

بسیار شور ( Saline water ) و آب نمکین یا آب دریا ( Brine ) طبقه

بندی شده اند. TDS انواع گوناگون آب به قرار زیر است: برای آب شیرین،

کمتر از  $1\text{ mg}/1000$ ، برای آب با شوری ملایم در حدود  $1000$  تا  $10000$  میلی

گرم در لیتر، برای آب بسیار شور در حدود  $10000$  تا  $100000$  و برای آب

نمکین بیش از  $100000\text{ mg}/1$  ( Carroll, 1962 ) چنانچه طبقه بندی

دیگری اختیار کنیم این حدود تغییر می کند. به عنوان مثال

( Hem, 1970 ) حد پایین تر از  $1\text{ mg}/3000$  را برای آب شور و بیش از

$1\text{ mg}/3500$  را برای آب خیلی شور ارائه داده است. از لایه های آبدار

بسیار شور نمی توان به عنوان منبع آب شیرین استفاده کرد. از آنها می



توان به عنوان مخازنی برای ذخیره موقتی آب شیرین استفاده کرد. آب با شوری ملایم را می توان در صنعت برای خنک کردن ماشین آلات مختلف مورد استفاده قرار داد.

معمولاً از لایه های آبدار موجود در سنگهای آذرین و سنگهای بلورین می توان آب زیرزمینی با کیفیت بسیار خوب با غلظت نمک کمتر از  $100 \text{ mg/l}$  (که از حدود  $500 \text{ mg/l}$  تجاوز نمی کند) به دست آورد. آب با کیفیت خوب در بالای لایه های آبدار مناطق ساحلی و تپه های شنی ساحلی یافت می شود. در اعماق پایین تر لایه های آبدار مناطق ساحلی، به علت نفوذ آب شور به زمین، آبهای زیرزمینی بسیار شور به وفور دیده می شوند. آب زیرزمینی با کیفیت خوب را می توان در لایه های رسوبی و آتشفشانی نیز با محدودیتهای خاص پیدا نمود.

آب موجود در لایه های تشکیل شده از ماسه سنگ آبدار، ممکن است دارای مقادیر زیادی سدیم و بیکربنات ( $\text{HCO}_3^-$ ) باشد. در لایه های تشکیل شده از سنگهای رسی آبدار، ممکن است اندکی اسید و مقدار زیادی آهن، سولفات ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) و فلوراید ( $\text{F}^-$ ) وجود داشته باشد. در لایه های تشکیل شده از سنگهای آهکی آبدار با حالت قلیایی امکان وجود اندکی کلسیم ( $\text{Ca}^{2+}$ ) و منیزیم ( $\text{Mg}^{2+}$ ) وجود دارد.

از جمله عواملی که در قابلیت انحلال یک نمک تأثیر دارند، نوع املاح همراه آن نمک است. به عنوان مثال در حضور کلرور سدیم یا نیترات سدیم، قابلیت حل شدن گچ تا حد زیادی افزایش می یابد و به این طریق امکان زیاد شدن آن در آب فراهم می شود. لازم به ذکر است به محض اینکه غلظت کلرور سدیم از حد معینی تجاوز نماید قابلیت حل شدن سولفات کلسیم دو مرتبه پایین می آید. به طور کلی می توان گفت نوع سنگ یا رسوبات زمین شناسی و درجه قابلیت حل شدن نمکهای آنها در آب، از عوامل بسیار مهم مطالعه کیفی آنها است. از این رو در ارائه اثر سنگها و رسوبات مختلف زمین شناسی بر کیفیت آنها را به طور مختصر مورد بررسی قرار می دهیم.

#### ۹-۳-۱- کیفیت آب در زمینهای آهکی

قابلیت حل شدن ترکیبات آهکی به مقدار گازکربنیک موجود در هوا، و خاک بستگی دارد. قابلیت حل شدن  $CO_2$  با کاهش درجه حرارت آب افزایش می یابد و کربنات کلسیم متناسب با گازکربنیک موجود در آب حل می شود. چون میزان آن در آب باران محدود است و از ۵۰ میلی گرم درلیتر تجاوز نمی کند، در آبهای زیرزمینی مقدار انیدرید کربنیک آزاد بین ۲۰ الی ۵۰ میلی گرم در لیتر است.

سرعت قابلیت حل شدن سنگهای آهکی مختلف به یک اندازه نیست. برای مثال، قابلیت حل شدن کالسیت بیشتر از دولومیت است. به طور کلی

آهکهای کارستی از لحاظ کربناتها غنی ولی از لحاظ کلرورها و سولفاتها فقیر است و کلاً باقیمانده خشک آنها کم است و از حدود ۵۰۰ میلی گرم در لیتر تجاوز نمی نماید.

#### ۹-۳-۲- کیفیت آب در زمینهای گچی و نمکی

املاح آب در این زمینها به سرعت افزایش می یابد. علت آن حل شدن سریع ترکیبات سولفات و کلروره در آب است. در زمینهای مذکور، مقدار زیادی از گچ در آب حل می شود تا حدی که ممکن است به درجه اشباع رسیده و رسوب کند. آبها پس از اشباع شدن از سولفات کلسیم، می توانند مقدار بیشتری از نمکهای منیزیم را در خود حل کنند، زیرا املاح منیزیم از قابلیت حل شدن بیشتری برخوردارند.

قابلیت حل شدن کلرورها نیز زیاد است. به طور کلی می توان گفت که در آبهای زیرزمینی، کلرورها کمتر به حد اشباع می رسند، در صورتی که در آبهای سطحی، امکان اشباع شدن آنها زیاد است. از این رو غالباً در مناطق خشک به ویژه در حاشیه کویر، به طور متناوب رسوبات گچی و رسوبات نمکی دیده می شوند. باقیمانده خشک آبهای این مناطق به ۲۰۰ گرم در لیتر می رسد.

#### ۹-۳-۳- کیفیت آب در زمینهای مارنی و رسی

تخلخل طبقات مارن و رس زیاد است و در بعضی موارد به ۵۰٪ می رسد. منافذ طبقات مذکور بسیار کوچک و درعین حال بسیار زیاد است، در نتیجه سطح تماس آب و سنگ می تواند زیاد باشد. از طرفی به دلیل آنکه سرعت حرکت آب در این زمینها خیلی کم است می توان گفت که توقف آب در آنها زیاد می باشد ( آب در حال سکون است). سطح تماس زیاد و توقف زیاد آب در این زمینها سبب افزایش نمکهای آب می شود. از این گذشته چون مارنها و رسها به هنگام رسوب کردن در دریا می توانند تا ۵۰٪ حجم خودشان، آب شور دریا را در خود نگه دارند، این تشکیلات، غالباً دارای نمکهای زیاد و شور می باشند؛ در نتیجه آبهای زیرزمینی زیرزمینی در این مناطق نیز دارای نمک فراوان هستند به طوری که باقیمانده خشک آنها از چندین گرم در لیتر تجاوز می کند. در تشکیلات مارنی و رسی میزان سولفات ( So ) و کلر ( Cl ) بالاست. سولفاتها به صورت سولفات کلسیم و سولفات منیزیم و کلورهاها به صورت کلرور سدیم هستند.

۹-۳-۴- کیفیت آب در زمینهای ماسه ای و شنی

سطح مجاورت آب با ماسه های نرم، زیاد است؛ از این رو معمولاً مقدار مواد محلول در آب در این نوع رسوبات، نسبت به رسوبات درشت دانه تر یعنی

شن و ماسه درشت، بیشتر است. ضمناً در رسوبات ماسه ای و شنی، مقدار کلر، سولفات سدیم، کلسیم و منیزیم از سنگهای آهکی بیشتر است. از آنجا که زمینهای ماسه ای و شنهای کاملاً سیلیسی، غالباً دارای مواد کوارتزی و غیر محلول هستند، نمک در آنها بسیار کم است. در آب این نوع زمینها مقدار کلسیم و منیزیم نیز خیلی کم می باشد. کربنات و بیکربنات هم از چند میلی گرم در لیتر تجاوز نمی کنند. PH این نوع آبها پایین و در حدود ۵ تا ۶ است.

#### ۹-۳-۵- کیفیت آب در زمینهای آذرین

املاح آب در این نوع زمینها، نسبت به زمینهای رسوبی کمتر است. آب در زمینهای گرانیتی دارای مقدار زیادی سیلیس کلوئیدی یا غیر کلوئیدی، کربنات قلیایی یا بیکربنات کلسیم و مقداری انیدرید کربنیک و هم است. این زمینها دارای کلسیم، منیزیم و سولفات و مقدار کمی کلرور هستند. PH آب اسیدی است ولی بر اثر خروج گاز کربنیک آب، محیط، قلیایی می شود؛ بنابراین خواص آب که از زمینهای گرانیتی خارج می شود قلیایی است. از آنجا که در سنگهای آذرین تخریب کمی صورت می گیرد، باقیمانده خشک آبهای این مناطق نیز کم است. در مرحله کربناته شدن آنها، مقداری از املاح مانند سیلیس به میزان ۱۰ تا ۴۰ میلی گرم در لیتر رسوب می کند. نسبت یونهای کلسیم و منیزیم این آبها با کلسیم و منیزیم موجود در سنگ

گرانیتی مجاور آب متناسب است. با آنکه پتاسیم موجود در این نوع سنگها بیشتر از سدیم است، ولی مقدار پتاسیم موجود در آب کمتر است زیرا پتاسیم، جذب مواد تجزیه شده دیگر می شود.

خواص و ترکیب آب زمینهای بازالتی نیز با نسبت یونهای موجود در سنگ بازالت متناسب است. به علت زیاد بودن مقدار کلسیم و منیزیم در سنگ، مقدار منیزیم و کلسیم در آب هم زیاد می شود، ولی هیچگاه مقدار کلسیم از ۳ میلی اکی والان در لیتر و مقدار منیزیم از ۲ میلی اکی والان در لیتر تجاوز نمی کند؛ در حالی که مقدار سدیم کمتر است و به ۲ میلی اکی والان هم نمی رسد. آب زمینهای بازالتی دارای مقدار کمی سولفات، کلروبیکربنات است. میزان بیکربنات و همچنین PH این آبها کمی بیشتر از آبهای زیرزمینی مخازن گرانیتی است.

باقیمانده خشک آبهای این مخازن نیز معمولاً کم است و از ۴۰۰ میلی گرم در لیتر تجاوز نمی کند. مقدار سیلیس آب در زمینهای بازالتی کمتر از زمینهای گرانیتی است، به طور کلی باقیمانده خشک آب مخازن آذرین همیشه کم است و خیلی کم اتفاق می افتد که مواد موجود در آب به حد اشباع برسد.

۹-۴- تأثیر عامل هیدروژئولوژی و پاک کننده ها در کیفیت آبهای زیرزمینی  
کیفیت آب با طی مسافت زیاد و عبور از دانه بندی های مختلف خاک یا رسوبات، تغییر می کند. هر اندازه آبهای زیرزمینی مسافت بیشتری را طی

می نمایند، در طول راه املاح بیشتری را در خود حل می کنند. از سوی دیگر، چون در گذرگاههای زیرزمینی، دانه بندی رسوبات در قسمت پایین دشت به تدریج ریزتر می شود، سرعت جریان آب زیرزمینی هم، کندتر می گردد و مدت زمان تماس آب با رسوبات افزایش می یابد؛ در نتیجه مقدار مواد محلول در آب هم، زیادتر می شود. بطور کلی، براساس قوانین هیدروژئوشیمی، کیفیت آبهای زیرزمینی زیرزمینی زیرزمینی در جهت جریان، از ابتدا تا انتها به این سه صورت درمی آید: در منطقه نفوذ به صورت بیکربناتها، سپس به صورت سولفاتها، و در انتها به صورت کلوررها.

عواملی مانند پودر لباسشویی، صابون و دیگر مواد نمکدار نیز در تغییر کیفیت آبهای زیرزمینی مؤثرند. امروزه، در نتیجه مصرف زیاد مواد شیمیایی نمکدار، به ویژه پودرهای لباسشویی و صابونها و امثال آنها، به مقدار نمک آبهای جاری در شهرها و روستاها به ویژه در شهرهای بزرگ و نیز آبهای زیرزمینی که در اثر نفوذ آبهای سطحی آلوده به وجود آمده اند، به میزان قابل توجهی افزوده شده است.

#### ۹-۵- سختی ( Hardness ) آبهای زیرزمینی

وقتی باران اسیدی به درون سنگ آهک یا تشکیلات دولومیتی نفوذ می کند، کربناتهای کلسیم و منیزیم را در خود حل می نماید. آنگاه آب زیرزمینی

حاصله، سخت ( Hard ) نامیده می شود. آب سخت با صابون واکنش نشان نمی دهد، بنابراین برای مقاصد بهداشتی خانگی مناسب نیست. آب سخت، وقتی منتقل می شود یا حرارت داده می شود، توده ای از جرم گرفتگی را در مخازن و مجراهای آب تولید می کند. آب زیرزمینی سخت، معمولاً از لایه های آبدار دولومینی، سنگ آهکی و ژیپسی که بوسیله لایه های خاک سطحی ضخیم پوشیده شده اند، حاصل می شود.

ادامه عمل انحلال آب اسیدی در چنین لایه های آبداری، سختی را افزایش می دهد تا آنجا که دی اکسید کربن آب زیرزمینی تمام شود، و سختی کربناته تثبیت گردد. مقدار سولفات آب زیرزمینی، بیشتر به عمل انحلال آب بستگی دارد تا مقدار دی اکسید کربن. عمل انحلال متناسب با مدت تماس با آب افزایش می یابد بنابراین مقدار سولفات در طول مدتی که آب جریان دارد دائماً افزایش می یابد. در این قبیل لایه های آبدار، سولفات ها درشت ترین مواد جامد حل شده را تشکیل می دهند اگر چه مقدار کربناتها از مقدار سولفاتها تجاوز می کند.

هنگامی که یک رودخانه به طور هیدرولیکی با یک لایه آبدار اتصال پیدا می کند، مقدار سختی از یک الگوی فصلی تبعیت خواهد کرد. سختی و قلیائیت آب زیرزمینی، طی یک دوره طولانی مدت کم آبی رودخانه، به تدریج افزایش یافته و در طی دوره سیلابی یا پرآبی رودخانه به طور ناگهانی



کاهش می یابد. آب زیرزمینی ناشی از نفوذ آب یک رودخانه دارای کیفیت شیمیایی با یکنواخت تری نسبت به آب سطحی همان رودخانه خواهد بود ( Walton , 1970 ). در این اگرچه حالت آبهای زیرزمینی، بیشتر از رودخانه ها نشأت می گیرند، کیفیت آنها تحت تأثیر تغییرات ناگهانی کیفیت آب سطحی، قرار نمی گیرد. معمولاً آبهای زیرزمینی از آب نفوذی از رودخانه، از نظر مزه، بو، تیرگی، باکتری های بیماری زا و مواد آلی نسبت به آب سطحی در وضعیت بهتری هستند مگر در مواردی که رودخانه استثنائاً بار مواد آلی ( Organic loads ) سنگینی حمل کند.

سختی آب (  $H_r$  ) معمولاً برحسب غلظت یونهای کلسیم و منیزیم سنجیده می شود.  $H_r$  برحسب میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم (  $CaCO_3$  ) بیان شده و از معادله زیر محاسبه می شود ( Todd, 1980 ):

$$H_r = 2.5 Ca + 4.1 Mg$$

هنگامی آب به عنوان آب نرم شناخته می شود که کربنات کلسیم آن کمتر از  $75 \text{ mg/g}$  باشد. محدوده کربنات کلسیم برای آب با سختی متوسط بین  $75$  تا  $100 \text{ mg/l}$  و برای آب سخت، بین  $150$  تا  $300 \text{ mg/l}$  می باشد. هنگامی آب، به عنوان آب بسیار سخت شناخته می شود که کربنات کلسیم از  $300 \text{ mg/l}$  تجاوز کند.

برای مصارف خانگی فقط آب نرم را می توان مورد استفاده قرار داد. اثرات آب نرم و سخت بر سلامت انسان بحثهای بسیاری را موجب شده است. درجه سختی قابل قبول در صنعت بسته به نوع صنعت به طور قابل ملاحظه ای تغییر می کند. موقعیت و محل چاهها برای بدست آوردن آب با درجه سختی مناسب که برای صنایع خاصی در خور استفاده باشد باید به دقت مورد بررسی قرار گیرد. معمولاً در این گونه مطالعات نقشه های خطوط هم تراز سختی آبهای زیرزمینی را در داخل محوطه مورد نظر رسم کرد. در صورت وجود سختی زیاد لازم است پتانسیل تغییرات ناشی از عوامل محیطی نیز سنجیده و بررسی شوند.

#### ۹-۶- گازهای حل شده

اکثر آبهای زیرزمینی دارای گازهای حل شده اند. این گازها یا از جو (نیترژن، اکسیژن و دی اکسید کربن) مشتق شده اند، یا از فساد مواد آلی (که سولفید هیدروژن و گاز قابل اشتعال به متان را تولید می کند) نشأت گرفته اند. گازهای دی اکسید سولفور، اکسیدهای نیترژن و آمونیم کمترین سولفید هیدروژن را در غلظت کمتر از  $1/0 \text{ mg/l}$  از روی بو می توان تشخیص داد. گاز متان از تجزیه مواد آلی دفن شده مانند زباله های جامد انباشته شده در یک محل، گورستانها تولید می شود. گاز متان، بی رنگ و بدون مزه است. آبی که دارای مقدار اندکی بین ۱ تا ۲ میلی گرم در لیتر متان

باشد می تواند در فضایی که عمل تهویه در آن به خوبی انجام نمی شود، تولید انفجار نماید. متان، عامل بسیاری از حوادث از قبیل خفگی در عمق چاههای دستی و گودالها و انفجارات و آتش سوزی ها در حفره های چاهها است. گاز متان می تواند قسمت پایین سازه ها مانند زیرزمین و طبقه همکف ساختمانها و مخازن روی زمین را به دلیل فشار زیاد، منجفر کند مگر اینکه عمل تهویه در این قبیل سازه ها به خوبی صورت پذیرد. گازهای حل شده در آب زیرزمینی با افزایش درجه حرارت یا کاهش فشار، آزاد می شوند. در اکثر آبهای زیرزمینی، غلظت آبهای حل شده، از ۱ تا ۱۰۰ PPM تغییر می کند. این گازها به پمپها و پوشش داخل چاهها از طریق ایجاد خردگی و کاویتاسیون زیان می رسانند (U . S Bureau of Reclation, 1977).

#### ۹-۷- علل و تأثیرات تغییر کیفیت آبهای زیرزمینی

واکنش بین آب زیرزمینی و محیط طبیعی آن تمایل به ایجاد یک تعادل شیمیایی در کیفیت آب زیرزمینی دارد. فاکتورهایی از قبیل عکس العملهای شیمیایی، گردش آب با مقادیر متفاوت از منابع مختلف و خارج و وارد کردن آب آلوده یا تمیز به داخل لایه های آبدار موجب تغییر در ترکیب شیمیایی و دیگر کیفیتهای آب می شود.

تبادل یونی اولیه، تغییراتی فیزیکی و شیمیایی در کیفیت آب زیرزمینی به وجود می آورد. این تبادل یونی عمدتاً شامل کاتیونهای مشخصی مانند

سدیم، کلسیم و منیزیم می شود. وقتی آب حاوی سدیم زیاد به داخل خاک نفوذ کند، سدیم، کلسیم و دیگر یونها را جابه جا می کند. این امر باعث تجمع مواد در درون حفره های خاک و کاهش نفوذ پذیری خاک می شود. چنانچه گچ ( $So_4 Sa$ ) به خاک اضافه شود، کلسیم کاتیون غالب شده و با انجام تبادل یونی، نفوذ پذیری خاک بیشتر خواهد شد. این تغییرات در نفوذ پذیری، باعث ایجاد تغییراتی در سرعت آب زیرزمینی شده و کیفیت آب را تحت تأثیر قرار خواهد داد.

تبادل یونی اولیه، به عنوان تغییر آب از حالت سخت به نرم (Soft) شناخته شده است. مقادیر زیاد کلسیم و منیزیم در لایه های آبدار مناطق ساحلی، به تبادل یونی اولیه نسبت داده شده و این امر نمی تواند نتیجه اختلاط ساده آب دریا و آب تازه باشد. پدیده تبادل یونی اولیه کمک می کند تا مسائلی که با راه حل شیمیایی ساده یا الگوهای جریان آب زیرزمینی نمی تواند تعریف شود، مشخص گردند. برای مثال، وجود نمک در آب زیرزمینی بیشتر از آنچه که در آب دریا وجود دارد، ممکن به علت تماس آب زیرزمینی با سنگهای رسوبی باشد (Hanshaw, 1972). آب دریا ممکن است در این مثال مواد دانه ریز مانند خاک رس، برخی از یونها را طی فرایند تبادل یونی اولیه، نگهداری می کنند.

یک لایه آبدار که از لایه های نیمه نفوذ پذیر ( Aquiclude ) تشکیل شده نیز می تواند اختلافاتی بین فشار اسمزی و پتانسیل الکتریکی ( Electric potential ) این لایه و سایر لایه های آبدار ایجاد کند ( Hanshaw, 1972 ). ارتفاع نمایش دهنده فشار در یک لایه آبدار شنی که روی یک لایه شیل ( Shale ) واقع شده است، ممکن است کمتر از حد معمول باشد. دلیل این امر خارج شدن آب از خاک شیل به علت خاصیت اسمزی لایه است. تغییر کیفیت شیمیایی در لایه های آبدار کم عمق از لایه های آبدار عمیق شدیدتر است زیرا لایه های آبدار کم عمق، بیشتر تحت تأثیر تغییرات فصلی و فعالیتهای انسان قرار می گیرند. رسوب مواد شیمیایی، یونها را با تشکیل ترکیبهای حل نشدنی از مواد محلول جدا کرده و باعث تغییر شیمیایی آب می شود. رسوب کربنات کلسیم و آزاد شدن دی اکسید کربن از کاهش فشار یا افزایش دما ناشی می شود.

#### ۸-۹- خواص فیزیکی آبهای زیرزمینی

تحلیل فیزیکی آبهای زیرزمینی شامل تعیین رنگ، طعم، بو، تیرگی و دمای آن است. رنگ آب به نوع مواد معدنی و آلی درون محلول بستگی داشته و در مقایسه با محلول استاندارد، معمولاً بر حسب میلی گرم در لیتر گزارش می شود ( Hem, 1970 ). طعم و بو معمولاً به صورت تجربی تألیف می شوند، اگرچه می توانند از نظر کیفیت، با توجه به بیشترین درجه دقت

درمقایسه با آب بدون طعم و بو، مشخص شوند. تیرگی (Turbidity) معیاری برای تشخیص مواد معلق و کلوئیدی موجود در آب از قبیل مواد آلی، میکروارگانیسم های میکروسکپی و ذرات گل و لجن است. اندازه گیری تیرگی ممکن است بر پایه طول مسیر طول گذرنده از میان آب که باعث محو شدن تصویر شمع استاندارد می شود، صورت گیرد.

آب زیرزمینی جاری شده از مخازن شنی و ماسه ای، به صورت طبیعی تصویه می شود و معمولاً فاقد تیرگی است. آبهای جاری شده از چاههای نواحی حفره دار یا صخره های غاری، همچنین آب چشمه های گل آلود که

آبهای زیرزمینی متعلق به لایه های آبدار کم عمق را بعد از بارندگی طولانی مدت تخلیه می کنند، و نیز آبهای دارای ذرات کوچک اسید فریک حاصل شده از پمپهای زنگ زده، مثالهایی از آب دارای تیرگی زیاد هستند. غلظت کل مواد معلق در چاههای مورد استفاده نباید از ۵ppm (Walton, 1970) .

دمای آب زیرزمینی در لایه های آبدار کم عمق، عمدتاً تحت تأثیر نواسانات دمای فصلی و روزانه سطح زمین قرار گرفته و کمتر تحت تأثیر گرادیان دمای داخل زمین قرار می گیرد. بر اثر گرادیان دمای داخل زمین، دمای آب بین 1°C تا 5°C (به طور میانگین ۲/۵°C) برای هر ۱۰۰<sup>m</sup> عمق افزایش می یابد. دمای آبهای زیرزمینی لایه های آبدار عمیق، کم و بیش ثابت است. دمای آب، زیرزمینی در اعماق ۱۰<sup>m</sup> تا ۲۰<sup>m</sup> تقریباً ثابت است و به طور

طبیعی از دمای متوسط سالانه هوا، در حدود ۱ تا ۱/۵<sup>°C</sup> بالاتر است. دمای کم و بیش ثابت آب زیرزمینی، به عنوان یک منبع تأمین آب، یک مزیت برای استفاده از آن در صنعت است. از این امر می توان برای کنترل دمای پمپ حرارتی در ساختمانها ( برای سرد کردن در تابستان و گرم کردن در زمستان) استفاده نمود.

دمای آب زیرزمینی استخراج شده از چاهی که آب رودخانه از آن نفوذ می کند، رفتاری مطابق رفتار آب در رودخانه را داراست، اگرچه از نظر مقدار از آن کمتر و از نظر زمانی از آن عقبتر می باشد. آبهای ژئوترمال ( تحت تأثیر دمای داخلی زمین ) متعلق به لایه های آبدار عمیق می توانند دمایی بالاتر از نقطه جوش آب ( ۱۰۰<sup>°C</sup> ) نیز داشته باشند. ( محدوده دمایی بین ۲۰۰<sup>°C</sup> تا ۳۰۰<sup>°C</sup> برای آنها غیر معمول نیست.) استفاده های عملی از آبهای ژئوترمال چشمه ها یا چاهها برای گرم کردن خانه ها و گلخانه ها، مصارف صنعتی، پرورش ماهی، اهداف و مقاصد درمانی و تولید بخار برای نیروگاهها معمول است ( ذخصثقو ۱۹۷۸ ). دمای آب باید بلافاصله بعد از نمونه گیری آن در محل اندازه گیری شود. برای تعیین بو، تیرگی و رنگ باید آزمایشهای لازم بلافاصله صورت پذیرد.

۹-۹- آزمایشهای شیمیایی و بیولوژیکی

معمول است که نمونه برداری از آب را مدت زمانی پس از پمپاژ چاه انجام می دهند. این امر باعث می شود تا از نمونه گیری از آبهای غیر طبیعی و بدون حرکت و راکد یا آلوده اجتناب شود. نمونه های آب باید دارای حجم کافی باشند تا بتوان کلیه آزمایشهای لازم را انجام داد. این نمونه ها باید دقیقاً در بطری های غیر آلوده جمع آوری ( گاهی بطری های لازمند که نمونه ها را از نور حفظ نمایند) و به صورت مناسب، بلافاصله به آزمایشگاه ارسال شوند، در غیر این صورت باید آنها را در محلی خنک نگهداری نمود. ذخیره سازی نمونه های آب ممکن است کیفیت آب را تحت تأثیر قرار دهد، زیرا ممکن است برخی از کاتیونهای Zn, Sn, Mn, Al, CU, Fe به علت تبادل یونی بین کاتیونها و دیواره ظرف شیشه ای از دست بروند ( Rainwater and thatcher, 1960 ).

قبل از ترک محل، تحلیلهای درجا نیز باید انجام شوند تا PH، سختی، گازهای غیر محلول، هدایت الکتریکی مخصوص و ساختار شیمیایی تقریبی آب مشخص گردد. اگر چه آزمایشهایی درجا معمولاً از آزمایشهای آزمایشگاهی دقت کمتری دارند، اما غالباً برای طرح یک برنامه آزمایشی قابل اطمینان می توانند اطلاعات مفیدتری ارائه دهند.

نتایج آزمایشهای مربوط به کیفیت شیمیایی معمولاً به صورت جدول یا منحنی ویژه ای نمایش داده می شوند (Hem , 1970). از منحنی بیشتر می



توان برای مقایسه نتایج نمونه ها، شناسایی آب با محتوایات مختلف و مشخص کردن واکنشهای شیمیایی که از گردش آب زیرزمینی حاصل می شوند استفاده نمود. بعلاوه از روش منحنی می توان برای نشان دادن درجه

اشباع کربنات کلسیم ( $\text{CaCO}_3$ ) و سولفات کلسیم ( $\text{CaSO}_4$ ) در آب زیرزمین استفاده کرد.

مقدار TDS نمونه ها می تواند بوسیله اندازه گیری هدایت الکتریکی آب زیرزمینی به سرعت مشخص شود TDS، همه مواد جامد موجود در محلول را، خواه یونیزه و خواه غیر آن در بر می گیرد. TDS، شامل مواد معلق

یا گازهای حل شده نمی شود. هدایت الکتریکی (Electrical conductivity, EC) معیاری برای نشان دادن قدرت آب برای هدایت یک جریان الکتریسته بوده و تابعی از دمای آب و TDS است. معکوس هدایت الکتریکی، به عنوان مقاومت شناخته می شود. هدایت الکتریکی  $\text{cm}^3$  از یک محلول در  $25^{\circ}\text{C}$ ، میزان هدایت الکتریکی ویژه آن محلول را مشخص می کند. هدایت

الکتریکی با واحد میکروزیمنس (Microsiemens) در سانتیمتر (us/cm) که معادل یک میکروموس در سانتیمتر است سنجیده می شود. هدایت الکتریکی با افزایش نمک در محلول افزایش پیدا می کند. میزان افزایش هدایت الکتریکی آب در اثر افزایش درجه حرارت محلول به میزان ۱ درجه سانتیگراد، برابر ۲٪ است. هدایت الکتریکی آب تقطیر شده از ۰/۵ تا  $\text{mho/}$

۵/۰ cm تغییر می کند. در آب زیرزمینی طبیعی، هدایت الکتریکی از mho

۳۰ تا ۲۰۰۰ mho و در آب اقیانوسها از ۴۵۰۰۰ mho تا ۵۵۰۰۰ mho تغییر

می کند ( Davis and Dewiest, 1966 ).

غلظتهای یونهای محلول در آب زیرزمینی را غالباً بر پایه وزنی، برحسب

میلیونیم ( Part per million . ppm ) گزارش می کند. یک میلیونیم

مطابق تعریف عبارت است از یک قسمت وزنی از یون به یک میلیون قسمت

وزنی از آب. این مقدار، معادل میلی گرم در لیتر است. غلظت کل یونی (

**Total ionic concentration** ) کل مواد جامد محلول ( **Total**

**dissolved solids** ) را نیز به همین نحو گزارش می کنند.

کاتیونها که بار مثبت دارند و آنیونها که دارای بار منفی هستند، از روی

نسبتهای وزنی معینی به هم می پیوندند، یا از هم جدا می شوند. از آنجا که

یک اکی والان وزن از یک کاتیون درست با یک اکی والان وزن از یک آنیون

ترکیب می شود، با بیان غلظتها برحسب اکی والان وزن ( **Equivalent,**

**weights** ) این نسبتها را به سادگی تعیین می کنیم. وزن مولکولی یا یک

اکی والان وزن از یون، برابر با نسبت وزن اتمی آن به ظرفیتش می باشد.

جدول شماره (۹-۱) وزن مولکولی یا اکی والان وزن یونهای مختلف را نشان

می دهد. به علت اینکه هیدروژن با وزن مولکولی یک، عنصر پایه محسوب

می شود، وزن مولکولی یا اکی والان وزن یونها در حقیقت اکی والان وزن

هیدروژن هستند. مثلاً، اکی والان وزن یک یون و یک ماده مرکب بر حسب گرم، وزنی است بر حسب گرم از آن یون یا ماده مرکب که به جای یک گرم هیدروژن قرار می گیرد یا با یک گرم هیدروژن ترکیب می شود.

برای سهولت، غلظتها را بر حسب گرم اکی والان وزن در هر لیتر محلول، بیان می کنند؛ در نتیجه، میلی گرم اکی والان در لیتر ( meq/l )، یا تنها میلی اکی والان در لیتر ( me/l ) به کار گرفته می شود. بعلاوه از آنجا که یک میلی اکی والان در لیتر از هیدروژن، معادل یک میلیونیم از هیدروژن است، می توان گفت که یک میلی اکی والان در لیتر، معادل یک اکی والان در میلیون (

epm ) است. پس، مطابق تعریف، یک اکی والان در میلیون، معادل وزن یک یون یا نمک بر حسب گرم در یک میلیون گرم، از محلول است. این تساوی فقط در حالتی که تکاثر مخصوص محلول، یک باشد صادق است؛ غلظت یک یون بر حسب میلیونیم ( ppm ) تقسیم بر اکی والان وزن مولکوی آن، مقدار عددی meq/l یون را به دست می دهد.

ارتباط بین میلی اکی والان در لیتر و میلی گرم در لیتر برای بیشتر آبهای طبیعی ( محدود به ۱۰۰ تا ۵۰۰۰ us/cm ) به وسیله لوژان ( Logan, 1961 ) و ریچارد ( Richard, 1954 ) به صورت رابطه زیر داده شده است:

$$\text{Meq/l} = 100 \text{ us/cm} \text{ از کاتیون}$$

$$1 \text{ mg/l} = 1.56 \text{ us/cm}$$

شرح و تفسیر نتایج آزمایشهای شیمیایی آبهای زیرزمینی، به آنالیز آماری و تهیه نقشه های مختلف، دیاگرامها و منحنی های متفاوت نیاز دارد. ترسیم هیدروگراف کیفیت شیمیایی برای مطالعه تغییرات کیفیت آب برحسب زمان مفید است.

بررسی فعالیتهای میکروبی در لایه های آبدار نسبتاً مشکل است زیرا حفر یک چاه استریل تقریباً غیر ممکن می باشد. منشأ باکتری ها در لایه های آبدار ناشناخته است. عموماً مهاجرت باکتریها در خاکهای دانه ریز کمتر از خاکهای دانه درشت یا سنگهای شکافدار است (Romero, 1970).

باکتریهای بیماریزا (Pathogenic)، ویروسها و دیگر میکروارگانیسمهایی که غالباً محیط رشد و نمویشان در زیر زمین نیست نمی توانند در آبهای زیرزمینی رشد و نمو کنند و چنانچه در زیرزمین قرار گیرند در نهایت می میرند. این میکروبها خوشبختانه بندرت در آبهای زیرزمینی یافت می شوند (Walton, 1970). در محلهایی که ساختمان چاه، ضعیف است یا منابع

آلوده در محل وجود دارند، انجام آنالیزهای بیولوژیکی برای مشخص کردن باکتریهای گای گ—روه کلیف—رم (Coliform) لازم است. این آنالیزها برای تأیید سلامت آب به منظور آشامیدن ضروری است. در مورد تعداد باکتریهای گروه کلیفرم لازم است

بیشترین عدد محتمل ( Most probable number, MPN ) در یک حجم داده شده از آب با استفاده از جدول احتمالات تعیین شود ( Todd, 1980 ).

مواد آلی در آب زیرزمینی معمولاً با روش استخراج کلروفرم کربن ( CCE ) و روش استخراج کربن - الکل ( CAE ) آزمایش می شوند ( Bouwer 1978 ). تعداد اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی ( BOD ) در آب زیرزمینی اساساً صفر است. مواد عالی در رسوبات از نوع پیت ( Peat ) نسبتاً پایدار بوده و این امر باعث پایین بودن مقدار ( BOD ) در آب زیرزمینی می شود.

۹-۱۰ - مواد رادیواکتیو در آب زیرزمینی

در تعداد زیادی از منابع آب، مقداری جزئی مواد رادیواکتیو که به طور طبیعی به وجود آمده و ایزوتروپ رادیواکتیو عناصر طبیعی، مانند پتاسیم ۴۰ می باشد، وجود دارند. در آبهای جاری در زمینهای گرانیتی مقداری خیلی جزئی رادیم وجود دارد ( رادیم، عنصر رادیواکتیوی است که از اورانیم تولید می شود). معمولاً میزان مواد رادیواکتیو طبیعی در آب آشامیدنی آنقدر پایین است که سلامتی مصرف کننده را تهدید نمی کند. البته اخیراً به این مسأله پی برده اند که در آب بعضی از چشمه های معدنی مقداری جزئی مواد رادیواکتیو وجود دارد. فعالیتهای زیر در آلوده سازی محیط و آب با مواد رادیواکتیو مؤثرند:

۱ - استخراج معادن مواد رادیواکتیو

۲- مصرف مواد رادیواکتیو در مراکز تولید نیرو

۳- مصرف مواد رادیواکتیو در مراکز تحقیقات پزشکی

۴- مصرف مواد رادیواکتیو در انفجارات اتمی

کمیسیون بین المللی حفاظت محیط زیست از مواد راد اکتیو، سازمانی است

که پیشنهادهایی در مورد کنترل مواد راد اکتیو ارائه داده و همچنین غلظت

قابل قبول مواد راد اکتیو را نیز مشخص می کند. این پیشنهادهای به صورت

حداکثر غلظت قابل قبول مواد راد اکتیو در آب آشامیدنی در سال ۱۹۷۱ در

استانداردهای بین المللی سازمان بهداشت جهانی آمده اند. این مقادیر

براساس مصرف مقدار مشخصی است از آب در روز پیشنهاد شده و شامل

مواد راد اکتیو با منشأ طبیعی و مصنوعی هستند.

نوکلونید، جزء سازنده خاصی از هسته یک اتم است. برای مثال، نوکلونید

کلر ۳۷ یک هسته ۱۷ پروتونی و ۲۰ نوترونی است. نوکلونیدهای ناپایدار،

آنهايي هستند که مایلند در حین واکنش های متلاشی شدن همزمان، به

قطعات دیگری تجزیه شوند و نوکلونیدهای راد اکتیو یا رادیونوکلونید (

Radio nuslide) نامیده می شوند (Walton, 1970). تریتم (

Tritium) که یک محصول ایزوتوپ از بمباران اشعه کیهانی نیتروژن ۱۴

می باشد، به نام تریتم هیدروژن ۳ نامیده شده و با علامت T یا  $3H$

نمایش داده می شود. ایزوتوپها دارای خواص شیمیایی یکسان هستند

اگرچه وزن اتمی آنها متفاوت است. بنابراین تریتم (  $3H$  ) سه برابر هیدروژن وزن دارد (Walton, 1970) مواد راد اکتیو، پرتوهای  $u, b$  و  $y$  را که از واکنش های متلاشی شدن هسته ای حاصل می شود تشعشع کنند.

مقدار نوکلئیدهای راد اکتیو در آب زیرزمینی (یا هر مایع دیگر) به طور غیر مستقیم با اندازه گیری تعداد واکنشهای متلاشی شدن در یک مدت زمان مشخص اندازه گیری می شود.

واحد اساسی که مورد استفاده واقع می شود کوری (Curie) است یک کوری عبارت است از تعداد واکنش های متلاشی شدن در ثانیه برای  $1\text{gr}$

رادیوم یا  $3.7 \times 10^{10}$  تلاشی در ثانیه. غالباً از واحد میکروکوری (mci) و پیکوکوری (pci) استفاده می شود  $1\text{pci} = 10^{-9}$  یک واحد تریتم (Tu) تقریباً  $3.2 \times 10^{-3}\text{pci/ml}$  اکتیویته تولید می نماید. نوکلئیدهای راد اکتیو در آبهای زیرزمینی طبیعی در چندین محل بخصوص در جاهایی که فعالیت های ژئوترمال وجود داشته است، یافت شده اند غلظت اورانیوم در آب

زیرزمینی، بین ۰/۵ تا ۱۰ppb (Part per billion) قرار دارد. (Davis and Dewiest, 1966). در بیشتر آبهای زیرزمینی لایه های آبدار مناطق رسوبی (Sedimentary)، غلظت اورانیوم کمتر از  $10^{-9}\text{mci/ml}$  می باشد. (به طور متوسط  $3 \times 10^{-6}\text{mci/ml}$ ). آب زیر زمین طبیعی، دارای رادو ( $^{222}\text{Rn}$ ) با غلظتی بین کمتر از  $3 \times 10^{-5}\text{mci/ml}$  تا  $10^{-7}\text{mci/ml}$  می

باشد. پتانسیم ( $^{40}\text{K}$ ) دارای غلظتی در حدود  $10^{-9} \text{ mci/ml} \times 2$  است (Walton, 1970).

رادون ( $^{222}\text{Rn}$ ) یک محصول رادیواکتیو به دست آمده از متلاشی شدن اورانیوم ( $^{238}\text{U}$ ) می باشد، که به نوبه خود به  $^{222}\text{Rn}$  (یک عنصر گازی) تبدیل می شود. راد اکتیو در آب زیرزمینی عمدتاً توسط نوکلئیدهای راد اکتیوی اورانیوم  $^{238}$ ، توریم  $^{232}$ ، و اورانیوم  $^{235}$ ، و با مقدار کمتری از پتانسیم  $^{40}\text{K}$  و روبدیم  $^{87}\text{Rb}$  بوجود می آید. استانداردهای غلظت مجاز بیشینه (Maximum permissible concentration, MPC)

نوکلئیدها در آب زیرزمینی، با واحد میکروکوری در میلی لیتر بیان می شود (جدول شماره ۹-۵). نوکلئیدهای راد اکتیو در آب زیرزمینی از سه منبع نشأت می گیرند (Walton, 1970):

۱- برخی از نوکلئیدهای راد اکتیو، بخشی از مواد اولیه ای هستند که زمین را تشکیل می دهند. در این حالت به آنها نوکلئیدهای ابتدایی و اولیه می گویند. این فرضیه بر پایه عمر نیمه طولانی (جدول شماره ۹-۵) چنین نوکلئیدهایی مانند اورانیوم و توریم  $^{322}$  که به عنوان سوخت راکتورهای هسته ای به کار می روند استوار است. به کمک جدول شماره (۹-۵) می توان نیمه عمر اورانیم و توریم را با نوکلئیدهای زاده شده از رادیم، رادون و تریتیم مقایسه نمود.





ترتیب برابر ۳ و ۳۰ پیکوکوری در لیتر پیشنهاد شده است. سازمان بهداشت جهانی در سال ۱۹۸۳ این مقدار را بر حسب بکتر نیز پیشنهاد کرده است (پیکوکوری  $10^{-2} \times 3/7$  بکتر).

#### ۹-۱۱- معیار سنجش کیفیت آب

کیفیت آب زیرزمینی دائماً با عوامل طبیعی و فعالیتهای انسانی تغییر می کند. کیفیت ممکن است در یک زمان معین بهتر یا بدتر از زمان دیگر باشد. به این دلیل برای امتحان مناسب بودن کیفیت آب زیرزمینی برای مصارفی از قبیل آشامیدن، صنعت یا کشاورزی باید آزمایشهای متعددی انجام گیرد.

برای استفاده های مختلف باید نتایج آزمایشهای توسط مقیاسی بررسی گردد. باید توجه داشت که تمیز دادن عوامل انسانی و طبیعی که باعث تنزل کیفیت آب می گردند، بسیار مشکل است. در یک منطقه خاص ممکن است آلوده شدن آب باران توسط صنعت بخصوص یا انفجارات هسته ای در محلی غیر از منطقه ریزش صورت گیرد، یا ممکن است بعد از رسیدن به زمین به وسیله منابعی مثل کودهای شیمیایی آلوده شود.

استاندارد کیفیت برای مصارف آب توسط انسان، صنعت و آبیاری در کشورهای مختلف تهیه شده است. جدول شماره (۹-۶) استاندارد آب آشامیدنی در ایالات متحده را مشخص می کند. Gerba et al (1975) پیشنهاد کرد که آب آشامیدنی نباید بیشتر از یک ویروس در کمتر از ۴۰۰ تا

۴۰۰۰ لیتر داشته باشد. این بدین معنی است که در عمل ضد عفونی کردن به وسیله کلرزنی، لازم است همه ویروسها از بین برود. لازم به ذکر است که آبهایی که دارای مواد جامد معلق هستند، ویروسها را پناه داده و در مقابل عمل ضد عفونی کردن آنها را حفظ می کنند. همانطور که قبلاً توضیح داده شد، آبهای زیرزمینی معمولاً در مقایسه با آبهای سطحی دارای تیرگی کمتری هستند. آلودگی ناشی از باکتریها در آبهای زیرزمینی معمولاً در داخل خود منبع آب زیرزمینی اتفاق نمی افتد بلکه ممکن است آب سطحی آلوده شده، به داخل یک چاه آب نفوذ کرده و آن را آلوده نماید. استاندارد کیفیت آب برای استفاده حیوانات اهلی هم وضع شده است (جدول شماره ۷-۹).

#### ۹-۱۱-۱ نمودار شولر از نظر طبقه بندی آب آشامیدنی

لایه آبدار از نظر بهره برداری به منظور آشامیدن، براساس استانداردهای مورد نظر، قابل گروه بندی است. با استفاده از نمودار شولر (شکل شماره ۹-۲) که براساس استانداردهای پیشنهادی آشامیدنی انسان طراحی شده است می توان با نمایش بر روی نقشه منابع آب زیرزمینی، نقاط مختلف لایه را از نظر آب آشامیدنی انسانی مشخص کرد. نمودار شولر، با وضعیت اقلیمی ایران نیز مناسب است. این نمودار براساس املاح و یونهای عمده

مورد نیاز بدن، طبق استانداردهای پیشنهادی مراکز علمی- پژوهشی جهان طراحی و تنظیم شده است.

با استفاده از این نمودار و تهیه نقشه گروه بندی آبهای زیرزمینی از نظر آشامیدن چنانچه محدوده هایی از لایه آبدار، دارای کیفیت خوبی از نظر آب آشامیدنی باشند ولی به نحوی آلوده به مواد مضر برای بدن و سمی مانند نیتراتها، سرب و غیره باشند کیفیت خود را از دست داده و غیر قابل شرب اعلام می شوند. چنانچه آب چاهی در محدوده نامطلوب، بد و غیر قابل استفاده از لحاظ آشامیدن باشد باید همراه با پیش تصفیه یا تصفیه کامل مورد استفاده قرار گیرد. جدول شماره ۹-۸ طبقه بندی آب را برای آشامیدن انسان، طبق نظریه شولر مشخص می کند.

۹-۱۱-۲- معیارهای آب صنعتی

کیفیت مورد نیاز آبهای مورد استفاده در صنعت، بسته به نوع صنعت متفاوت است. برای مثال، آب به کار رفته در دیگهای بخار تحت فشار زیاد باید کیفیت بالایی داشته باشد، در صورتی که آب مصرفی، برای سرد کردن دستگاههای تقطیر ممکن است کیفیتی شبیه کیفیت آب دریا داشته باشد. تعیین معیارهای مشخص در صنایع مختلف به راحتی امکان پذیر نیست، کمیته ای از انجمن مهندسان تأسیسات آبی نیوانگلند ( New England )، درباره کیفیت آبهای صنعتی مطالعه کرده و حدود اندازه های مربوط به

کیفیت آب برای برخی از صنایع مختلف را استخراج کرده اند. ( جدول شماره ۹-۹).

ثبات نسبی مواد موجود در آب برای مصارف صنعتی، اهمیتی در حد کیفیت آن دارد. آب بد را از نظر کیفی می توان اصلاح کرد، لیکن اگر کیفیت آب، متغیر باشد، به هزینه زیاد و توجه مداوم نیاز دارد. نوسانات درجه حرارت آب نیز ناراحتی های مشابهی ایجاد می کند. از این رو، منابع آب زیرزمینی بر منابع آب سطحی که اغلب از لحاظ کیفیتهای شیمیایی و فیزیکی تغییرات فصلی زیادی دارند ترجیح داده می شوند. به همین دلیل، برای انتخاب محل واحدهای صنعتی لازم است مطالعات لازم برای منبع آب زیرزمینی کافی با کیفیت مناسب صورت پذیرد.

الزامات کیفیت آب برای تهیه میوه و سبزی و کاغذ و منسوجات، توسط آکادمی ملی علوم و آکادمی ملی مهندسين در سال ۱۹۷۲ تهیه و در جدول شماره ۹-۱۰ ارائه شده است. لازم به ذکر است که بعضی از صنایع مانند صنعت نوشابه سازی، همان استانداردهای کیفیت آب مورد استفاده برای آشامیدن را نیاز دارند.

۹-۱۱-۳- کیفیت آب مورد استفاده در آبیاری

یکی از ویژگی های نواحی خشک و نیمه خشک، تقریباً اکثر نقاط ایران را شامل می شود، شوری و سدیم دار بودن اراضی و منابع آبی است که برای

آبیاری مصرف می شود. این حالت به علت شرایط آب و هوایی این مناطق ایجاد شده است. مصرف آب شور باعث کاهش محصول می شود، ولی استفاده از آب سدیم دار موجب می شود که خصوصیات فیزیکی خاک از بین برود و این امر متعاقباً کاهش محصول را در پی خواهد داشت. لذا باید به جنبه های کیفی آب، و امکان وجود عناصر زیان آور در آن، توجه خاصی مبذول گردد. کیفیت آب آبیاری در مناطق خشک از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این مناطق خاک، محتوی مقداری نمک است که یا از هوازدهی سنگهای مادر به وجود آمده اند یا توسط آب آبیاری وارد شده اند.

مقدار نمک موجود در آب آبیاری، ممکن است به ۳۰۰۰ گرم در متر مکعب برسد، در صورتی که میزان نمک آب باران از ۵ تا ۴۰ گرم در متر مکعب تجاوز نمی کند. با مصرف ۱۰۰ میلی متر از آبی که محتوای هزار گرم نمک در متر مکعب باشد مثل آن است که به هر هکتار زمین یک تن نمک اضافه شده باشد. لذا، اگر بخواهیم شوری خاک و تجمع نمک در آن در حدی باشد که موجب کاهش محصول نشود، باید همراه با آبیاری عملیات زهکشی و شستشوی خاک نیز صورت پذیرد ( برای اطلاع از چگونگی امر می توان به کتاب هیدرولیک جریان آب در محیط متخلخل جلد اول مهندسی زهکشی تألیف مؤلف مراجعه نمود ).

کیفیت آب آبیاری را می توان به وسیله خصوصیات شیمیایی زیر بررسی کرد.

۱- شوری یا غلظت کل نمکهای محلول.

۲- قلیایی بودن یا غلظت سدیم موجود در آب نسبت به سایر کاتیونها.

۳- ترکیبات آنیونی آب بویژه غلظت کربنات و بی کربنات.

۴- غلظت « بر » یا عناصر دیگری که ممکن است سمی و برای رشد گیاه مضر باشند.

برای تعیین غلظت کل نمکها دو روش معمول است.

الف- مقدار باقیمانده خشک

اگر یک نمونه آب آبیاری را از کاغذ صافی بگذرانیم سپس آب زلال به دست آمده را با حرارت تبخیر کنیم آنچه در ته ظرف باقی می ماند نمکهایی است که در آب محلول بوده اند و به نام باقیمانده خشک ( TDS ) نامیده می شوند. این روش در صورتی که آب فاقد بی کربنات باشد، روش ساده و نسبتاً دقیقی برای تخمین مقدار نمکهای محلول است، ولی چنانچه آب، حاوی بی کربنات باشد، در حدود نیمی از بی کربناتها در اثر حرارت از بین رفته مقدار TDS به دست آمده با مقدار واقعی آن متفاوت خواهد بود.

ب- مقدار هدایت هیدرولیکی

هدایت الکتریکی یک نمونه آب ( EC ) با اندازه گیری مقاومت الکتریکی دو سر الکترودهایی موازی که در محلول فرو برده می شوند تعیین می گردد. آب خالص، برای جریان برق، هادی ضعیفی است. ولی اگر آب، محتوی نمک باشد خواهد توانست جریان متناوب برق را متناسب با غلظت نمک بخوبی از خود عبور دهد. هدایت مخصوص ( مقدار هدایت در واحد سطح مقطع در واحد طول ) را می توان از روی عدد خوانده شده در مقاومت سنج به دست آورد.

- تحلیل نتایج حاصله از تجزیه آب

مهمترین کاتیونها و آنیونها موجود در آب آبیاری عبارتند از: کلسیم، منیزیم، سدیم، بی کربنات، سولفات، کلرور و نیترات. اگر PH آب از ۸/۳ بیشتر باشد غلظت کربنات نیز قابل توجه خواهد بود. غلظت پتاسیم معمولاً در آب آبیاری کمتر از یک میلی اکی والان در لیتر است. هنگام تحلیل نتایج حاصل از تجزیه آب باید به نکات زیر توجه داشت:

۱- توازن یونی بین کاتیونها و آنیونها باید همواره برقرار باشد، یعنی مجموع کاتیونها ( میلی اکی والان در لیتر ) برابر مجموع آنیونها ( میلی اکی والان در لیتر ) باشد.

۲- در گذشته غلظت سولفات، به دلیل دشواری اندازه گیری تعیین نمی شد. ولی بهتر است یونها سولفات نیز مستقلاً اندازه گیری شوند.



۳- حلالیت کربنات کلسیم بسیار کم است. اگر PH آبی که محتوی  $\text{CO}_3^{2-}$  ( کربنات ) است بالا باشد غلظت یون کلسیم در آن کم خواهد بود و چنانچه این آب محتوی مقدار زیادی بی کربنات باشد غلظت یون کلسیم هیچگاه زیاد نخواهد بود. در هر حال محلول خاک یا عصاره به دست آمده از خاک غالباً از نظر کربنات کلسیم اشباع است و برای آن که رسوب این ماده اشکالی در آزمایش و تجزیه و تحلیل به وجود نیارد بهتر است که اولاً نمونه های آب در جای خنک نگهداری شوند، ثانیاً محلول به اندازه کافی به طریق استاندارد رقیق شده، غلظت ( Ca ) و (  $\text{HCO}_3^-$  ) به سرعت اندازه گیری گردد.

۴- اگر هدایت الکتریکی محلول ( برحسب میلی موس بر سانتیمتر ) در عدد ۱۰ ضرب شود باید تقریباً با غلظت کل کاتیونها یا آنیونها ( meq/lit ) برابر گردد.

۵- اسیدیته یا PH آب آبیاری نمی تواند به عنوان یک معیار کیفی مورد استفاده قرار گیرد، زیرا خاک، متعادل کننده PH است. علاوه بر آن، اکثر گیاهان زراعتی قادرند آبهای دارای طیف وسیعی از PH را تحمل نمایند.

- عناصر کم مصرف

برخی از عناصر کم مصرف محلول در آب ممکن است برای رشد گیاه، زیان آور باشند، از آن جمله می توان بُر، لیتیوم، سلنیوم و برخی دیگر از فلزات

سنگین را نام برد. اگر آب، آلودگی شیمیایی داشته باشد، مانند پساب کارخانه ها، قبل از آنکه برای آبیاری مصرف شود باید مورد تجزیه قرار گیرد.

حساسیت گیاه به مقدار «بر» موجود در محلول خاک است نه میزان «بر» جذب شده به وسیله ذرات خاک. لذا چه از نظر کیفیت آب و چه از نظر حاصلخیزی خاک باید به مجموعه عواملی که در تعادل بین «بر» محلول «بر» جذب شده به وسیله ذرات خاک دخالت دارند توجه شود. به دلیل جذب «بر» توسط ذرات خاک، آبهایی که دارای مقدار کمی «بر» هستند در ابتدا از نظر آبیاری اشکالاتی را به وجود نمی آورند ولی مصرف طولانی آنها شرایط تعادلی جدیدی را به وجود می آورد ممکن است مقدار «بر» محلول در آب به حدی برسد که برای گیاه مضر واقع شود. در این شرایط باید گیاهان مقاوم در برابر «بر» کاشته شوند، یا نسبت به اصلاح خاک اقدام گردد. در هر حال، استفاده طولانی از آبهایی که مقدار «بر» آنها بیش از ۲ ppm است توصیه نمی شود.

- مواد معلق

کدر بودن یا زیاد بودن ذراتی که به صورت معلق در آب وجود دارد ممکن است مانع از مصرف آب برای کشاورزی گردد. ذرات جامد موجود در آب می تواند در سیستم توزیع آب به ویژه اگر سیستم قطره ای یا بارانی باشد،

تولید اشکال نمایند. همچنین رسوب این ذرات در سطح خاک مانع از نفوذ پذیری خاک در برابر آب و هوای می شود.

## آب و خواص آن

بعد از انسان آب شاید یکی از اجزای بی نظیر جهان هستی باشد ، آب از دو عنصر اکسیژن و هیدروژن تشکیل شده است که این دو عنصر در شرایط معمولی به صورت گاز می باشد . عنصر هیدروژن قابل اشتعال است در حالیکه اکسیژن برای سوختن ضروری می باشد . با این وجود آب آتش را خاموش می کند . انسان و سایر حیوانات و همچنین گیاهان بدون آب نمی توانند به موجودیت خود ادامه دهند در عین حال آب باعث مشکلات زیادی در صنایع می شود .

در بررسی دقیق خصوصیات آب همواره سؤالات زیر مطرح می گردد :  
آب چیست ، از کجا می آید ، چگونه و در چه شرایطی آب را باید در خانه صرف نمود ، آب صنعتی باید چه خصوصیتی داشته باشد ، چگونه باید با مشکلات ناشی از آب در صنعت مواجه شد ، سرنوشت آب مصرف شده به کجا می انجامد و با جریان فاضلاب چه باید کرد ؟

آب ماده حیاتی است که حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد وزن بدن انسان را تشکیل می دهد و بعد از اکسیژن مهمترین ماده برای زیستن می باشد .  
۲/۳ سطح زمین را آب فرا گرفته است و بطور کلی می توان گفت که منابع موجود برای آب دو نوع است :

۱- آبهای زیرزمینی

## ۲- آبهای سطحی

ناخالصی هایی که ممکن است در منابع آب موجود باشند به دو دسته جامدهای معلق و محلول تقسیم می شوند . جامدات کلوئیدی و معلق آنهایی هستند که در آب حل نشده و می توان آنها را با صاف کردن جدا نمود . این مواد باعث کدورت و ایجاد رنگ در آب می شوند و تا اندازه ای قابل رویت می باشند . مواد محلول در آب ممکن است آلی یا معدنی باشند که با چشم قابل دیدن نیستند و به وسیله تجزیه های شیمیایی تعیین می گردند . علاوه بر این مواد گازهای موجود در هوا نیز در آب حل می شوند ، ولی بجز مواقعی که با ناخالصی های دیگر موجود در آب ترکیب می شوند ، در مواقع دیگر بر اثر جوشاندن از آب خارج می شوند . پس آب مایعی است که حاوی مواد معدنی ، آلی و گازهای محلول می باشد . در نتیجه بطور کلی با دید ظاهری نمی توان در مورد آب قضاوت نمود .

## آبهای زیرزمینی

یکی از نیازهای رشد و توسعه هر کشوری آب است . آب نه فقط برای گسترش شهرها و صنایع لازم است بلکه یکی از عوامل توسعه کشاورزی نیز به شمار می رود . از آنجائیکه جمعیت ایران نیز مانند سایر نقاط دنیا رو به افزایش است باید از صنایع موجود آب و خاک بهره برداری بیشتر می شود . بدین منظور لازمست که از آبهای زیرزمینی استفاده بیشتری به عمل

آید. استخراج آبهای زیرزمینی به روشهای گوناگون مانند چاه، قنات، چشمه و زهکش ها انجام می گیرد. آبهای زیرزمینی شامل مقدار آبی است که تمام خلل و فرج قشری از زمین را پر کرده است.

از مشخصه های آبهای زیرزمینی می توان به چند مورد اشاره کرد:

مواد معلق در آنها کم است. ممکن است دارای ذرات شن باشد که ته نشین و جدا می شوند معمولاً مواد آلی آنها بسیار کم است. میزان CO<sub>2</sub> در آنها معمولاً به علت برخورد با سنگهای آهکی از آبهای سطحی بیشتر است. PH آنها معمولاً ثابت بوده و بین ۶/۹ تا ۹ می باشد. ممکن است دارای ترکیبات آهن محلول و گاهی منگنز محلول باشد که وقتی در معرض هوا قرار گیرد اکسید شده و ذرات زرد قهوه ای در آنها ظاهر می شود.

سختی آبهای زیرزمینی

وقتی باران اسیدی به درون سنگ آهک یا تشکیلات دولومیتی نفوذ می کند، کربناتهای کلسیم و منیزیم را در خود حل می نماید. که به این مواد محلول در آب را سختی (HARD) می نامیدند. آب سخت با صابون واکنش نمی دهد بنابراین برای مصارف بهداشتی خانگی مناسب نیست. آب سخت در اثر حرارت رسوب می دهد که باعث مشکل در دیگهای بخار، لوله های انتقال آب و صنایع مختلف می گردد.

آشنایی با نمونه برداری و قواعد و مقررات آن

صحت نتایج آزمایشگاه به دقت نمونه برداری بستگی دارد. معمولاً نوع نمونه ای که برداشته می شود به هدف آنالیز بستگی دارد. چون انجام یک آزمایش که بتوان بر اساس نتایج آن در مورد منبع آب به اظهار نظر منطقی پرداخت و روشهای تصفیه مناسب را پیشنهاد نمود بستگی به نمونه برداری دقیق دارد. لذا نمونه برداشت شده باید دارای کلیه مشخصات منبع باشد. بنابراین در این قسمت اصول صحیح نمونه برداری جهت آزمایشات فیزیکی و شیمیایی بیان می گردد.

#### نمونه برداری جهت آزمایشات فیزیکی و شیمیایی

جهت آزمایشات شیمیایی لازم نیست مانند آزمایشات باکتریولوژیکی مرتباً نمونه برداری گردد، مگر در مواردی که مواد سمی شناخته شده بیشتر از حد مجاز در نمونه وجود داشته باشد و یا فاضلاب خانگی و یا کارخانه ای که نزدیک منبع ساخته شده است باعث آلودگی منبع گردد.

نمونه برداری جهت آزمایشات کامل شیمیایی برای منابعی که بیش از ۵۰۰۰۰ نفر را سرویس می دهند حداقل سالی یک مرتبه صورت می گیرد. آزمایشات کوتاه شیمیایی نظیر کلراید، آهن، میزان کلر باقیمانده ترکیبی (کلرور)، قلیائیت، رنگ، بو، مزه، نیترات، نیتريد، آمونیاک و ... بایستی ماهی یک مرتبه در مورد منابعی که بیش از ۵۰۰۰۰ نفر سرویس می دهند صورت گیرد و در منابعی

که مصرف کننده کمتری دارد بایستی حداقل سالی دو مرتبه نمونه گیری انجام شود .

نکات مهمی که در مورد نمونه برداری شیمیایی باید رعایت شود

۱- برای آزمایشات شیمیایی حدود ۲ الی ۲/۵ لیتر نمونه مورد نیاز است . که باید در ظرف های پلی اتیلنی کاملاً تمیز جمع آوری گردد و درب آن کاملاً بسته باشد .

۲- حداقل سه بار ظرف نمونه برداری را با آبی که می خواهیم از نمونه برداری کنیم پر و خالی می کنیم و سپس نمونه خود را بر می داریم .

۳- اگر نمونه از شیر برداشته می شود باید از شیرینی نمونه گرفت که مستقیماً به لوله اصلی متصل است و ظرف نمونه برداری باید در فاصله ۳ الی ۴ سانتی متری شیر قرار گیرد .

۴- در هنگام نمونه برداری از شیر ، باید شیر را ۲ الی ۳ دقیقه باز گذاشت سپس اقدام به نمونه برداری نمود . در اینجا نیاز به استریل نمودن ظرف نمونه برداری و شیر نمی باشد .

۵- هنگام نمونه برداری از منابعی مانند استخر که آب جریان ندارد باید ظرف نمونه برداری را به طریق وارونه در عمق ۲۵ الی ۴۰ سانتی متر نگه داشت و سپس نمونه برداری را انجام داد به این



صورت که ظرف را درون آب می چرخانیم تا سر آن به طرف بالا قرار گیرد و پر شود ، آنگاه ظرف را بالا می آوریم . نمونه نباید از سطح آب گرفته شود مخصوصاً آبهای راكد كه سطح آنها آلوده ترین محل آب است .

۶- هنگام نمونه برداری از رودخانه یا محلی که آب جریان دارد باید ظرف نمونه برداری را به شکل افقی و در خلاف جهت جریان آب قرار داد و نمونه برداری کرد .

۷- هنگام نمونه برداری از منبعی که دارای تلمبه دستی هستند باید قبلاً تلمبه را ۵ دقیقه بکار انداخت سپس نمونه برداری را انجام داد .

۸- در موقع نمونه برداری از چاهی که هیچ گونه وسیله مکانیکی برای برداشتن نمونه در اختیار نیست به طریق زیر عمل می کنیم

الف- از یک وسیله L شکل که یک طناب به آن وصل است استفاده می کنیم .

ب- ظرف نمونه برداری را به کف وسیله L شکل وصل می کنیم .

ج- یک وزنه به وزن حداقل ۲/۷ کیلوگرم را به ته وسیله L شکل وصل می کنیم سپس اقدام به نمونه برداری از چاه می کنیم .

۹- نمونه را باید در اسرع وقت به آزمایشگاه رساند . در هر صورت فاصله بین برداشت نمونه و شروع آزمایش نباید از ۷۲ ساعت تجاوز کند .

۱۰- مشخصات کامل نمونه شامل نام نمونه بردار ، تاریخ نمونه برداری ، محل نمونه برداری ، نوع منبع نمونه برداری شده ، درجه حرارت نمونه ، میزان کلر باقی مانده و ... بر روی نمونه بر چسب شود .

۱۱- نمونه را باید در بطری دربسته ای جمع آوری نمود و در حین حمل و تا زمان انجام آزمایش در مجاورت یخ از آن نگهداری شود . با توجه به اینکه بعضی از پارامترها شیمیایی ممکن است به مرور زمان تغییر کند بنابراین لازم است ماده ای بنام نگهدارنده یا محافظ به نمونه آب اضافه نمود تا از تغییر و تبدیل جلوگیری کند . به عنوان مثال برای اندازه گیری پارامترهای COD لازم است که نمونه آب کاملاً اسیدی شود .

نمونه برداری از آبهای سطحی

چون هدف از نمونه برداری از آبهای سطحی تعیین میزان و کیفیت املاح یا رسوباتی است که آب با خود همراه دارد و این شناسایی در تعیین اینکه چه میزان نمک یا رسوب ممکن است این آب در گذشته با خود آورده باشد و یا

در آینده از خود به جا بگذارد و همچنین منابع این املاح م رسوبات چه قسمتهایی می باشد لازمست که از منابع آبهای سطحی در محلهای مختلف و زمانهای مختلف نمونه برداری نمود. در صورتیکه کیفیت آب در یک مقطع از رودخانه یا نهر یکنواخت باشد یک نمونه برای آزمایش این آب و کیفیت شیمیایی آن کافی بنظر می رسد. ولی چون از نظر تئوری کیفیت آب در نقاط مختلف یک مقطع یکسان نیست لازمست که از نقاط مختلف این مقطع و هم چنین از اعماق مختلف نمونه های همزمانی تهیه و این نمونه ها را مخلوط یک نمونه از آنها تهیه و برای آزمایش ارسال داشت ولی در عمل و در نهرهای کوچک و رودخانه های متصل تهیه یک نمونه از مرکز جریان آب کافی بنظر می رسد. فقط در رودخانه های خیلی عریض و عمیق تهیه چند نمونه و مخلوط نمودن آنها لازمست ولی باز بخاطر اینکه ممکن است در اختلاط این نمونه ها و تهیه یک نمونه فعل و انفعالاتی پیش آید بهتر است که از تهیه چند نمونه صرف نظر نموده و فقط یک نمونه و حدالمقدور از مرکز جریان آب تهیه نمود. فقط در رودخانه هایی که در معرض جزر و مد هستند لازمست که حتماً از اعماق و عرضهای مختلف در موقع جزر و مد از نظر تعیین کیفیت و نفوذ املاح نمونه های مختلفی تهیه و جداگانه جهت آزمایش ارسال داشت. همچنین سهولت رسیدن به محل نمونه برداری و

انجام نمونه برداری از جمله مسائلی است که در انتخاب محل نمونه برداری موثر است .

نمونه برداری از آبهای زیرزمینی

تغییرات آبهای زیرزمینی خیلی کمتر و کند تر از آبهای سطحی است و همچنین اثرات درجه حرارت ، باد و... نیز در آبهای زیرزمینی منتفی است و فقط حرکت آب در طبقات مختلف زمین است که سبب تغییرات کیفیت آبهای زیرزمینی می گردد لذا چاههای موجود در یک منطقه محل‌های مناسبی برای برداشت نمونه می باشند .

برای برداشت نمونه از چاههایی که دارای پمپ می باشند ابتدا باید پمپ برای دقایقی کار کند سپس اقدام به نمونه برداری نمود .

تغییرات آبهای زیرزمینی ممکن است بیشتر به میزان آبدهی و مقدار پمپاژ بستگی دارد و یا در فصول بارانی این تغییرات بیشتر است . ولی باز در مقایسه با آبهای سطحی این تغییرات کمتر خواهد بود و به این دلیل فاصله دو هفته یکبار و یا ماهی یکبار برای نمونه برداری از آبهای زیرزمینی کافی بنظر می رسد .

تجزیه شیمیایی نمونه آب

بیشتر آب نهرها ، دریاچه ها و همچنین آبهای زیرزمینی شامل اکثر مواد شیمیایی می باشند اگر این مواد شیمیایی به میزان خیلی کم در آب

موجود باشند از نظر کشاورزی این دسته از مواد جهت طبقه بندی آب برای امور کشاورزی ضروری می باشند .

روشهای مختلف در تجزیه آب

از این نظر که میزان مواد محلول در آب بسیار کم است می توان آب را بنام **Micro Chemistry** نامید و متدهایی که برای اندازه گیری این عناصر بکار می روند عبارتند از : اندازه گیری وزنی ، اندازه گیری حجمی ، اندازه گیری رنگ محلول و بالاخره اندازه گیری شعله .  
اندازه گیری وزنی

این اندازه گیری بعلت طولانی بودن رسوب گیری ، صاف کردن ، سوزاندن و ... خیلی وقت گیر و خسته کننده است و سرعت آن بسیار کم می باشد و جز در موارد خاص از آن استفاده چندانی نمی شود .  
اندازه گیری حجمی

این روش مبتنی است بر اندازه گیری حجم معینی از یک محلول با حجم معینی از یک محلول دیگر . این روش بسیار سریعتر از روش وزنی است و در بسیاری از موارد از آن استفاده می شود ولی در بعضی موارد مکن است دقت کافی را برای اندازه گیری بعضی عناصر نداشته باشد .

PH

$$PH = -\log[H^+]$$

بیان غلظت یون هیدرونیوم ( $H^+$ ) است

در اکثر مواقع ضرورت دارد که PH آب را بدانیم. PH آبهای طبیعی معمولاً بین ۴/۵ تا ۸/۵ است. PH آب به خاطر تامپون کربنات با بی کربنات و CO<sub>2</sub> معمولاً ثابت است. مگر اینکه مواد شدیداً اسیدی یا قلیایی باعث تغییر PH گردد. معمولاً نمکهای قابل هیدرولیز در صورتی که بتوانند تعادل کربناتی را تغییر دهند باعث تغییر PH می گردند. PH آب خالص برابر ۷ می باشد. استاندارد PH در مورد آب شرب بین ۷ تا ۸/۵ است. حداقل و حداکثر PH مجاز آب بین ۶/۵ تا ۹/۲ است. کمتر از ۶/۵ آب اسیدی است بنابراین خورنده است و در PH بالاتر از ۹/۲ آب قلیایی است و باعث تشدید رشد میکروبها می گردد. چون تغییر PH در محاسبه کربنات، بی کربنات و CO<sub>2</sub> بسیار مهم است لذا باید بلافاصله بعد از نمونه برداری و حداکثر تا ۶ ساعت انجام پذیرد.

در فاضلاب اندازه گیری PH از چند نظر مهم است:

- ۱- فاضلابی که از طریق صنایع وارد سیستم و شبکه تصفیه فاضلاب می شود بایستی PH آن مشخص باشد، زیرا صنایع به علت مصرف مواد شیمیایی دارای PH خیلی پایین (اسیدی) یا خیلی بالا (قلیایی) هستند و ورود چنین فاضلابی به شبکه فاضلاب باعث ایجاد شوک در سیستم و اختلال در سیستم تصفیه می گردد بنابراین برای رفع این مشکل لازم است کارخانجات ابتدا فاضلابهای خود را

وارد حوضچه های متعادل سازی نمایند و سپس آن را به شبکه فاضلاب وارد نمایند .

۲- در امر تصفیه فاضلاب موجودات زنده ای نظیر باکتریها فعالیت دارند و این موجودات در PH خنثی فعالیت می کنند لذا جهت تامین زندگی این کارگران نیاز است مرتب PH اندازه گیری و اجازه ندهند که تغییر زیاد PH زندگی آنها را به مخاطره بیاندازد .

۳- سرانجام اینکه بعد از تصفیه فاضلاب یا آب عمل ضد عفونی بوسیله کلرزنی انجام می گیرد که این امر هم به PH بستگی دارد ، یعنی هر چه PH آب بالاتر رود خاصیت ضد عفونی کلر کمتر می گردد .

۴- همچنین در عمل لخته سازی (coagulation) برای رسوب مواد کلوئیدی و ازبین بردن سختی آب میزان PH نقش موثری دارد .

### روش تعیین PH

PH آب به دو طریق اندازه گیری می شود :

۱- استفاده از معرف های رنگی

۲- استفاده از دستگاه PH متر

روش اول رنگ سنجی

که از طریق رنگ سنجی صورت می گیرد از اندیکاتور استفاده می گردد .  
در روش رنگ سنجی معرفهای رنگی اسیدهای آلی ضعیفی هستند که رنگ  
فرم مولکولی آنها با رنگ فرم یونی آنها فرق می کند . این روش از سایر  
روشها ارزانتر است اما مزاحمتهای ناشی از رنگ ، کدورت ، املاح کلوئیدی ،  
کلر آزاد ، اکسید کننده ها و احیا کننده های مختلف در آن تداخل ایجاد می  
کنند

اندیکاتورها نیز همانند استانداردهای رنگ مقایسه ای در معرض انقراض  
هستند. علاوه بر این هیچ اندیکاتور خاصی در بردارنده دامنه مربوط به  
PH در آب وفاضلاب نیست. در مایعات بافری ضعیف اندیکاتورها خودشان  
ممکن است PH نمونه مورد اندازه گیری را تغییر دهند. مگر اینکه آنها نیز  
مانند PH مربوط به نمونه مربوطه تنظیم شوند. به این دلایل روشن ،  
روش رنگ سنجی برای تخمین حدودی مناسب است و از شرح آن صرفنظر  
می گردد.

روش دوم استفاده از PH متر:

به این روش، روش الکتریکی گویند. دستگاه بر اساس پیل غلظتی کار  
می کند. یعنی دو الکترود از یک فلز را در داخل دو محلول نمک آن فلز که  
غلظتهای متفاوت دارند قرار می دهیم و دو محلول بوسیله پیل نمکی بهم



متصل می کنیم جریان از طرف محلول غلیظ به طرف محلول رقیق برقرار می شود اختلاف پتانسیل آنها را دستگاه بر اساس روابط تعیین می کنیم .

طرز کار با دستگاه

کالیبر کردن : ابتدا الکتروود دستگاه را با آب مقطر شستشو می دهیم و البته الکتروود دستگاه ترکیبی از الکتروود شیشه و AgCl ، که هر دو الکتروود داخل یک محفظه قرار دارند. پس الکتروود را در بافر 7 قرار می دهیم و دکمه CAL را فشار می دهیم و CAL 1 ظاهر می شود و باید صبر کنیم تا عدد 7 را نشان دهد پس الکتروود را خارج کرده و دقیقاً با آب مقطر شستشو داده و پس آنرا در بافر 4 قرار می دهیم و مجدداً دکمه CAL را فشار می دهیم و CAL 2 ظاهر می شود و باید صبر کرد تا عدد 4 بر روی صفحه ثابت شود و در سمت چپ صفحه نمایش باید این نماد ظاهر شود که نشان دهنده ای این است که کالیبراسیون به طور صحیح انجام شده و محلولهای تامپون هیچکدام موردی نداشته اند.

حال برای گرفتن PH نمونه ها به طریق زیر عمل می کنیم بدین صورت که نمونه ها را با اطلاعاتی که مشخص شد صحیح است ردیف می کنیم پس الکتروود را یک مرتبه با خود نمونه آلوده می کنیم بدین صورت که سل داخل یک بشر است و باید سل را با نمونه شستشو داد سپس آن را دور ریخته و برای مرتبه دوم مقداری از آن نمونه را داخل بشر ریخته و بشر را

هم می زنیم سپس دکمه Read را فشار می دهیم و صبر می کنیم تا مربع چشمک زن روی صفحه ثابت بماند وقتی که ثابت شد و علامت در سمت چپ بالای صفحه ظاهر شد عدد را یادداشت می کنیم. و می توان برای اینکه کار دقیق تر انجام شود دکمه Read را فشار می دهیم تا اطمینان حاصل کنیم که همان عدد است. خواندن عدد به این صورت است که عدد بعد از اعشار اگر بیشتر از 5 بود را گرد می کنیم بدین صورت 6.8 را 7 یادداشت می کنیم و 8.2 را همان 8.2 می خوانیم.

اندازه گیری PH از راه محاسبه:

تعریف PH غلظت یونهای هیدروژن (H) یک محلول را بنام پتانسیل

هیدروژن و یا PH نام نهاده اند. ضریب یونیزاسیون آب خالص بسیار کم

است بطوریکه تقریباً در هر لیتر آب خالص فقط یک ده میلیونیم مولکول

گرم آن یونیزه میگردد.

وزن دارد  $1.008 =$  یک یون گرم هیدروژن

وزن دارد  $17.008 =$  یک یون گرم OH-

$$= \frac{[H^+] \times [OH^-]}{[H_2O]} = 10^{-7} \times 10^{-7} = 10^{-14}$$

این حاصلضرب برای تمام محلولهای اسیدی و بازی ثابت و برابر است

با  $10^{-14}$  است یعنی هر چه میزان یون اسیدی  $H^+$  در محلول زیاد شود یون

OH کمتر می شود بطوریکه همواره حاصلضرب آنها  $10^{-14}$  می باشد.

بنابراین آنچه گفته شد محلولهای با PH یک محیط از صفر تا 14 می باشد زیرا

$$PH = -\log [H^+]$$

بنابراین آنچه گفته شد محلولهای با PH کمتر از 7 محلولهای اسیدی و محلول

با PH بیشتر از 7 محلولهای بازی می باشند.

کنداکتیویته: هدایت الکتریکی ویژه آب را کنداکتیویته گویند «E.C»

مقاومت الکتریکی ویژه آب که عبارتست از مقاومت ستونی از جیوه با ارتفاع یک سانتی متر که بین دو الکترود به سطح مقطع 1CM محصور شده باشد. واحد مقاومت الکتریکی « اهم - سانتی متر » می باشد.

### قابلیت هدایت الکتریکی ویژه آب

قدرت یک محلول آبی است در اتصال جریان برق به عبارتی هدایت الکتریکی ویژه آب خاصیت از آب است که میزان عبور جریان الکتریکی را از خود نشان می دهد. و عکس مقاومت الکتریکی ویژه آب است. واحد مقاومت اهم است که آنرا عکس نموده و بنام واحد هدایت که موس می باشد نامگذاری می کنند.

بنابراین واحد هدایت الکتریکی موس می باشد و چون هدایت الکتریکی آب همان کنداکتیویته می باشد پس واحد کنداکتیویته نیز موس است. کنداکتیویته با واحدهای کوچکتري نظیر میکرو موس نیز بیان می گردد.

### رابطه کنداکتیویته

$$E.C : \text{هدایت کنداکتیویته} \quad R : \text{مقاومت} \quad EC = \frac{1}{R} . R$$

هدایت الکتریکی نمونه آب بستگی به مقدار نمک یونیزه شده در آن دارد. هر اندازه نمک محلول از آن حذف گردد قابلیت هدایت کمتر می گردد. پس می توان گفت آب کاملاً خالص هادی جریان برق نیست.

بنابراین اندازه گیری قابلیت هدایت آب معیاری از نمک و مقدار نمک محلول در آب را بدست می دهد.

کنداکتیویته به سه عامل بستگی دارد: ۱- غلظت ۲- نوع املاح ۳-

درجه حرارت نمونه

تغییرات هدایت الکتریکی در موقع اندازه گیری به این سه عامل بستگی دارد. هر چه غلظت بیشتر باشد کنداکتیویته بیشتر است یعنی ماده حل شده بیشتر بوده و یون بیشتری حل شده است. در مورد نوع املاح بسته به املاحی که در آب حل شده است و به چه میزان حل شده است، آیا کاملاً یونی است یا خیر؟ و قابلیت انحلال آن چقدر است؟ بستگی دارد. در مورد درجه حرارت، هر چه درجه حرارت بیشتر باشد تحرک یونها در آب بیشتر و مقدار بیشتری از یونها در آب حل می شود و قابلیت انحلول بیشتر می شود.

کنداکتیویته تحت دو استاندارد بررسی می شود:

۱- استاندارد فرانسوی که در آن درجه حرارت 18 C است.

۲- استاندارد آمریکایی: که در آن درجه حرارت 25C است.

طرز تعیین کنداکتیویته آب:

دستگاهی که جهت تعیین کنداکتیویته آب امروزه بکار می روند

استفاده از آنها بسیار راحت می باشد. اساس دستگاهها را پرتابل (قابل

حمل) می سازند که قادرند هم با برق و هم با باتری کار نمایند به گونه ای که می توان میزان E.C را در محل نمونه برداری تعیین کرد. دستگاههای امروزه مجهز به الکترودی هستند که پس از کالیبر کردن دستگاه توسط محلول KCL (کلرید پتاسم) 0.01 نرمال در حرارت 25C و نمایان شدن عدد 1413 بر روی صفحه دیجیتال میزان کندانکتیویته در حرارت 25 را نشان می دهد. لازم به تذکر است که حرارت محلول KCL و نمونه آب بایستی 25C باشد در غیر اینصورت حرارت را به 25C تبدیل کرده و به عنوان ضریب صحیح K در فرمول فوق قرار می دهیم. در این فرمول K ضریب تصحیح است که از روابط زیر بدست می آید.

$$K = \frac{K}{1 + 0.0191(T - 25)}$$

مقدار K را که از میان فرمول بدست می آوریم در مقدار  $\frac{1}{R}$  که صفحه دیجیتال دستگاه به ما نمایش می دهد ضرب می کنیم و حاصل این دو عدد مقدار «EC» را به ما می دهد.

از نظر هدایت الکتریکی آنها به چهار دسته تقسیم بندی می شوند:

۱- آبهایی که مقدار EC آنها بین «250-700» باشد. این آبها جهت آبیاری بسیار مناسبند.

۲- آبهایی که مقدار هدایت آنها بین «700-2250» باشد که تا حدودی در مورد آنها باید بررسی گردید.

۳- آبهایی که مقدار هدایت آن بیشتر از 2250 باشد این آب برای کشاورزی مناسب نیست مگر در موارد استثنایی.

استاندارد جهانی برای کنداکتیویته بین 250-800 می باشد یعنی حد

مطلوب 800 و حداکثر مجاز 2500 است در مورد آب شرب گفتیم که برای

نشان دادن میزان املاح محلول در آب یا الکترولیت ها از هدایت الکتریکی آن

استفاده می شود. روش کارکردن با آن دستگاه بدین صورت است که

دستگاه را بعد از کالیبر کردن نمونه ها را به ترتیب می چینیم پس الکترو

را ابتدا با خود نمونه آلوده می کنیم و پس مجدداً از محلول نمونه داخل

بشری که الکترو در آن است می ریزیم و دکمه Read را فشار می دهیم تا

عدد در صفحه نمایش ظاهر شود که دو واحد در آنجا مشخص می باشد یک

واحدی MS و یک واحد دیگر میکروزیمنس و اگر واحد میکروزیمنس نشان

داده شد عدد را بدون اینکه اعشاری داشته باشد می نویسیم و اگر عدد بر

حسب MS ظاهر شد سعی می کنیم آنرا از حالت اعشار بیرون آوریم .

بدست آوردن EC از راه محاسبه:

مثال: اگر فرض شود RKCL در ۱۸ درجه حرارت ۲۶۰ اهم و R آب مورد

آزمایش در همان درجه حرارت ۱۲۰۰ اهم گردد هدایت الکتریکی این آب در

۲۵ درجه حرارت خواهد بود:

$$25 = \frac{1413 \times R_{kcl} / t}{R}$$
$$25 = \frac{1413 \times 260}{200} = \frac{367120}{200} = 1835$$

## تیتراسیون

تیتراسیون یعنی تعیین غلظت ماده A که محلول است بوسیله ترکیب آن با ماده دیگری مثل ماده B غلظت آن معلوم است. به عبارتی تیتراسیون عبارتست از خنثی شدن ماده ای نظیر B که نقطه ختم عمل یا خنثی شدن آن معلوم باشد. ماده A را تیتراسیون شونده و ماده B را تیترانت می گویند. مشخصات یک تیتراسیون:

۱- باید واکنش بین تیترانت و تیترا شونده بسیار، بسیار سریع باشد.

۲- باید این واکنش یک واکنش کمی باشد یعنی یک طرفه (کامل)

باشد.

۳- باید معرف مناسب وجود داشته باشد که به ما اطلاع دهد A تمام

شده و افزایش B باید متوقف شود.

نقطه اکی والان: نقطه ایست که در آن به تعداد میلی اکی والان گرمهای A تعداد میلی اکی والان B اضافه می کنیم.

نقطه ختم عمل، نقطه ایست که در آن معرف تغییر رنگ می دهد و ما متوجه می شویم که A تمام شده و باید افزایش B را قطع کنیم.

معرف مناسب معرفست که تغییر رنگ محیط را زمانی اعلام می کند که در آن زمان تقریباً B, A در محیط نباشد به عبارتی نقطه ختم عمل را به نهایت به نقطه اکی والان نزدیکی می کند.



## تیتراسیون اسید و باز

واکنش اسید و باز اولاً یک واکنش بسیار سریع است ثانیاً واکنش یک طرفه است زیرا آب تولید می شود ثانیاً معرف مناسب هم برای اسید و هم برای باز موجود است.

### اندازه گیری کربنات و بی کربنات

کربنات و بی کربنات در اکثر آبها وجود دارند زیرا اکثر سنگهای معدنی کربناتی می باشد  $CO_2$  نیز کمک می کند که کربنات ها در آب حل گردند. چون کربنات و بی کربنات و هیدروکسیدهای محلول در آب بنام

قلیائیت آب خوانده می شود. در بعضی از مواقع برای اندازه گیری قلیائیت به اندازه گیری کربنات و بی کربنات اکتفا می شود. صرف نظر از کربناتها و بی کربناتها بعضی از رادیکالهای دیگر مانند سولفاتها - فسفاتها در قلیائیت آب موثر هستند. میزان قلیائیت در استفاده اب از نظر کشاورزی قابل اهمیت است. چنانچه اگر در آبی سدیم کربنات پایدار بیش از 2.5 میلی اکی والان

باشد چنین آبی برای کشاورزی مناسب نیست و چنانچه این کربنات پایدار بین 1.25 تا 2.5 میلی اکی والان در لیتر باشد باید در استفاده از آن اب دقت فراوان نمود و چنانچه این کربنات باید از کمتر از 1.25 میلی اکی والان باشد و یا وجود نداشته باشد چنین آبی برای امور کشاورزی مناسب است.

روش آزمایش: اندازه گیری قلیادیت موقت

ابتدا یک پیپت حبابدار 25CC انتخاب نمود و پس از اطمینان از تمیز بودن آن مجدداً با آب مقطر آنرا شستشو می‌دهیم از نمونه که می‌خواهیم برداریم و پیپترا با محلول آلوده می‌کنیم و مجدداً از نمونه بوسیله پیپت برداشته و در یک 25CC می‌ریزیم پس دوالی سه قطر معرف فنل بر روی نمونه اضافه می‌کنیم و نمونه را بهم می‌زنیم که با توجه به PH آن که باید با بالا تر از 8.2 باشد رنگ آن مشخص می‌شود مثلاً اگر نمونه PH آن 8.2 باشد یک رنگ صورتی خیلی کم رنگ به ما می‌دهد و اگر PH ما 8.6 باشد رنگ صورتی به مراتب پر رنگ تر و همچنین تعداد قطرات H2504 بیشتری برای بی‌رنگ کردن آن نیاز است. و منظور از قلیادیت موقت یعنی اینکه CO3 نداریم و صفر است و حتی اگر فنل به آن اضافه کنیم مشاهده می‌کنیم محلول کاملاً بی‌رنگ است که نشان‌دهنده این است قلیائیت موقت وجود دارد. پس تاکنون کیفیت اب برای ما مشخص شده است، حال باید کمیت آنرا مورد بررسی قرار داد. برای اینکار نمونه را توسط اسید سولفوریک تیترو می‌کنیم، شیر بورت را باز کرده وارلن را که زیر آن است به صورت دورانی می‌چرخانیم حتماً تیترو کردن باید به صورت قطره قطره باشد تا وقتی که رنگ صورتی از بین برود و محلول کاملاً بی‌رنگ شود پس عددی که نشان‌دهنده ختم عمل است را یادداشت می‌کنیم و آنرا دو برابر می‌کنیم و برای CO3 یادداشت می‌کنیم.

## ۲- اندازه گیری قلیائیت متیل ( قلیائیت کل )

بر روی نمونه قبلی مقدار دو الی سه قطر برف متیل اورانژ می ریزیم نمونه به رنگ زرد در می آید و پس بدون اینکه بورت را صفر نماییم نمونه را با اسید سولفوریک تیترو می کنیم تا نقطه ختم عمل که رنگ نارنجی است حاصل شود حال حجم مصرفی را به این صورت بدست می آوریم که عدد کربنات را که دو برابر کرده بودیم را از عددی که بدست آمده کم می کنیم و برای  $HCO_3$  می نویسم .

اندازه گیری کربنات و بی کربنات بطریقه محاسبات

به طور کلی میزان کربنات و بی کربنات آنها با درجه حرارت و PH آب بستگی کامل دارد و از این جهت برای اندازه گیری کربنات و بی کربنات آنها از رقیق کردن و یا حرارت دادن و یا صاف کردن خود داری نموده و آزمایش را مستقیماً روی آب اصلی انجام داده و همچنین چون آب ممکن است  $CO_2$  جذب بنماید بایستی که درب شیشه آب را محکم بست و اندازه گیری را بلافاصله بعد از برداشت مقدار لازم آب انجام داد. معمولاً آبهائیکه PH آنها از 8.2 کمتر باشد فاقد کربنات بوده و بی کربناتها در PH کمتر از 4.5 وجود نخواهد داشت . برای اندازه گیری کربنات و بی کربنات از این رابطه

می توان استفاده نمود و میزان قلیائیت را به وسیله تیترواسیون انجام داد.



$$C_{O_3}^{\circ} = \frac{2 \times P \times \text{اسید}}{\times 1000}$$

$$= \frac{(T - 2p1 \times \text{اسید}) \times f \times 1000}{\times 1000}$$

جدول مربوط به کربنات ، بی کربنات و هیدروکسید

	OH-	Co3	HCO3
P=0	0.0	0.0	T
P<1/2T	0.0	2P	T-2P
P<1/2T	0.0	2P	0.0
P>1/2T	2p-T	2(T-P)	0.0
P=T	T	0.0	0.0

تبصره : برای راحتی عمل اگر فاکتور اسید سولفوریک 1/40 نرمال و

میزان انتخاب شده برای آزمایش 25 میلی لیتر انتخاب شود میزان

مصرف شده اسید مستقیماً برابر میلی اکی والان بر لیتر کربنات یا

بی کربنات خواهد بود.

$$m.e./L \quad C_3 = \frac{2p \times \frac{1}{40} \times 1000}{25} = \frac{2p \times 1000}{1000} = 2p$$

استانداردهای قلیائیت : طبق استاندارد سازمان جهانی بهداشت (WHO)

$$m.e./L \quad Hc_o = \frac{(T - 2p) \times 1/40 \times 1000}{1000} = \frac{(T - 2p)1000}{1000} = T - 2P$$

(WHO) عبارتست از :

۱- قلیائیت فنل فتالین صفر یعنی آب قابل شرب آبی است که قلیائیت

موقت نداشته باشد.

۲ - قلیائیت متیل اورانژکل بین 120الی 250 میلی گرم در لیتر بر حسب  $\text{CaCO}_3$  می باشد یعنی حد مطلوب 120 واحد مجاز 250 میلی

گرم در لیتر

کلرور «کلراید»

کلرورها ترکیباتی هستند محلول که در آبهای آشامیدنی بصورت  $\text{NaCl}$ ،  $\text{KCl}$  و  $\text{MgCl}$  و مقادیر ناچیز  $\text{FeCl}_2$  و  $\text{FeCl}_3$  یافت می شوند. یون کلر یکی از عوامل حیاتی زندگی انسان است.

اندازه گیری میزان یون کلراید موجود در آب با اندازه گیری کلر

باقیمانده فرق دارد. از جمله یونهایی که در تمام آبهای طبیعی حتی در آب باران به میزان بسیار جزئی یافت می شود یون کلراید است. وجود بسیار زیاد نمکهای کلراید باعث فراوانی آن در آبهاست. به همین دلیل حتی اگر مقدار زیادی اب از یک منبع محدود بخار شود نمکهای کلرید آن بصورت محلول باقی می مانند. یعنی نمکهای محلول به آسانی تغلیظ می گردند.

میزان متوسط یون کلرور آبها به قرار زیر است:

آب باران 2ppm آب رودخانه 15ppm فاضلابهای رقیق

70ppm

آب سطحی 12ppm آب چشمه 25ppm فاضلابهای غلیظ

500ppm

اصولا کلرور بصورت کلرورهای قلیایی و قلیایی خاکی محلول وجود دارد و در آبهای زیر زمینی به علت عبور آب از طبقات مختلف و تماس آن با خاک کلرور افزایش می یابد و باعث تغییر طعم آب می شود.

در ادرار انسان مقداری کلرور وجود دارد که مقدار آن بستگی به نوع تغذیه دارد به طور کلی کلرور برای سلامتی انسان ضرری ندارد. میزان کلراید بایستی در داخل تصفیه خانه ها ثابت باقی بماند و هیچ اهمیتی در تغییر تغییرات فرایند یا راندمان ندارد. یون کلرید از نظر آب صنعتی خیر مهم است.

به چهار روش می توان یون کلرور را اندازه گرفت :

۱- روش آرژانتومتري ( به روش مور )

۲- روش نیترات مرکوریک

۳- روش پتانسیو متریک

۴- روش ولارد

۱- روش آرژانتومتري: در این روش تیترانت (نیترات نقره) است و معرف بی کرومات پتاسیم می باشد این روش یک روش اندازه گیری معمولی یون کلراست و در مواردی استفاده می شود که میزان کلرور موجود در نمونه حدود ( 0.15-10 ) میلی گرم باشد.

۲- روش نیترات مرکوریک: که در آن تشخیص نقطه انتهایی راحت است ولی روش خطرناکی است و به خاطر سمیت کمتر از آن استفاده می شود. در این روش تیترانت نیترات مرکوریک است .

۳- روش پتانسیومتریکی : این روش مناسب آبهای رنگی و کدر است . تشخیص نقطه و انتهایی به دلیل وجود رنگ احتمالاً دشوار است. در این روش دی کرومات دیون فریک اگر بیش از یون کلرید باشد تداخل ایجاد می نمایند.

۴- روش ولارد: به این روش ، روش تیتراسیون معکوس نیز می گویند در صورتیکه میزان یون کلر در نمونه بیش از 10 میلی گرم باشد از این روش استفاده می شود.

شرح آزمایش: مقدار 25cc از نمونه توسط پیپ برداشته و در درارلن 250cc می ریزیم به هر یک از ارلن ها مقدار 1cc از معرف زر در رنگ بی کرومات پتاسیم ( $K_2CrO_4$ ) اضافه می کنیم حال با بهم زدن محتوی ارلن آنرا زیر شیر بورت برده و قطره قطره به آن نیترات نقره اضافه می کنیم قطراتی که می ریزیم خیلی مهم است چون در هم زدن حتما باید آن قطره ای که به داخل ارلن ریخته می شود در آن حل گردد تا قطره دیگر به آن اضافه می شود برای اندازه گیری به EC نگاه می کنیم و با توجه به آن

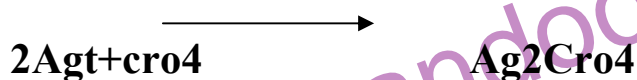
نمونه بر می داریم EC زیاد نباشد به جای 25CC از 50CC استفاده می کنیم.

نقطه پایانی تیتراسیون زمانی است که رنگ محلول به صورت قرمز آجری تبدیل می شود. حجم نیترات نقره اضافه شده را به عنوان کلرور بر حسب mLit یادداشت می کنیم. نیترات نقره ( $\text{AgNO}_3$ ) با کلرورهای محلول در آب ترکیب شده رسوب سفید رنگ ( $\text{AgCl}$ ) می دهد.



برای تشخیص خاتمه عمل از اندیکاتور دی کرومات پتاسیم استفاده

می شود. بدین صورت که به محض تمام شدن یون کلرور مقداری از یون کرومات با نقره ترکیب می شود و تولید رسوب آجری قرمز می نماید.



معمولا بر روی آبی که PH آن بین 7 تا 8 است آزمایش فوق صحیح است. بایستی توجه داشت که مقدار اندیکاتور دی کرومات پتاسیم در حد

محدود باشد و در صورتیکه مقدار کرومات بیشتری افزوده شود رنگ تیتراسیون زود ظاهر شده و باعث اشتباه می شود.

اندازه گیری کلر-روش وزنی



روش اندازه گیری وزنی بیشتر برای آلبایب صنفی و یا آبهاییکه کلر آن بیشتر از ppm2000 می باشد مناسب است ولی دقت آن از اندازه حجمی بیشتر می باشد.

روش کار بدین : که کلر بصورت نیترات نقره رسوب داده می شود. و بلافاصله می توان آنرا صاف نمود. حرارت سبب می شود که ذرات رسوب بهتر بهم بچسبند و ته نشین شوند. یونهای مانند سولفور، برمور، کلورها نیز ممکن است بوسیله نقره رسوب کنند و در صورت وجود قبلا لازم است چنانچه متذکر گردید از محیط خارج گردند. نور زیاد سبب تجزیه مکرر نقره گشته و کلر آن آزاد و نقره باقی می ماند. همچنین رسوب صاف شده در کاغذ صافی را نمی توان سوزاند زیرا ذغال حاصل از سوزاندن کاغذ کلرور نقره را تجزیه می نماید و باید از بوته چینی استفاده نمود.

#### روش کار

بوسیله پیپت مقداری از آب را که بین ۲۵ تا ۱۲۵ میلی گرم می باشد در یک بشر ۲۰۰ ریخته حجم آنرا با آب مقطر به ۲۰۰ می رسانیم ، ۵ قطره اسید نیتریک غلیظ به آن اضافه می کنیم و محلول را تا حد جوش حرارت می دهیم. باملو و بهم زدن از محلول ۵٪ نیترات نقره اضافه می کنیم تا دیگر رسوبی حاصل نشود. محلول را روی حمام قرار داده تا تمام رسوب جمع و ته نشین گردد یک قطره نیترات نقره دیگر به محلول اضافه می کنیم

تا اطمینان حاصل بشود که دیگر یون کلر موجود نیست. بشر را در محل دیگر قرار داده تا یک شب بحال خود بماند و سپس آنرا در बोته چینی صاف می نمائیم.

بشر و رسوب را بوسیله محلول ۰/۱ درصد اسید نیتریک آنقدر شستشو می دهیم که صاف شده در آزمایش با اسید کلریدریک رقیق وجود دیون نقره را نشان نمی دهد. बोته را در اتوکلر و قرار داد و در حرارت ۱۸۰ درم سانتیگراد تا حصول وزن ثابت خشک کرد. و توزینه می نمائیم.

$$\text{ppm Cl} = \text{mg/L CL} = \frac{M.e/L}{143.346} \quad cL = \frac{\text{ppmmg} / \text{LAgcl}}{143.346}$$

#### اندازه گیری سولفات

وجود سولفات بیشتر از حل شدن سنگهای رسوبی در آب و مقادیری نیز ممکن است در اثر عبور آب از بسترهای گچی و یا سدیم سولفات و نیز بعضی از اقسام shales پدید می آید. همچنین حاصلضرب آب اکثر کارخانجات داروی مقادیری سولفات می باشد. در آبهای طبیعی غلظت سولفاتها از چند ppm تا چندین هزار ppm تغییر می کند.

#### اندازه سولفات به روش وزنی

مقداری از آب که در حدود ۰/۲ و تا ۵ میلی اکی والون سولفات داشته باشند در بشر ۲۵۰ ریخته و حجم آنرا تقریباً به ۱۰۰ می رسانیم. دو قطره به آن اضافه می کنیم و چند قطره اسید کلریدریک غلیظ اضافه می کنیم تا

محیط اسیدی شود. محلول را با شیشه ساعت پوشانده و تا نقطه جوش حرارت می دهیم در نزدیکی نقطه جوش در حال بهم زدن ۱۰ میلی لیتر کلرور باریم ۱۰٪ به محلول اضافه می کنیم محلول را روی حمام آب و برای مدت ۲ تا ۳ ساعت قرار می دهیم و یا یک شب آنرا می گذاریم راکد بماند رسوب را در کاغذ صافی، صاف کرده، ذرات رسوبی که به دیواره بشر چسبیده است بوسیله یک تکه از کاغذ صافی بدون وزن برداشته و در صافی می ریزیم رسوب را چندین مرتبه و هر مرتبه با مقدار کمی آب مقطر می شوئیم تا اینکه آب شستشو داده شده دارای کلر نباشد.

پس از آنکه آب رسوب کاملاً صاف شد کاغذ صافی را با صوعیت جمع کرد. دربوته وزن می کنیم قرار داد. و در کوره الکتریکی در حرارت کم می سوزانیم. لازم است که تا سوختن کامل کاغذ صافی درب کوره باز باشد تا ذغال حاصل از سوختن کاغذ سولفات را احیا نکند پس درب بوته را بسته و بوته را در حدود ۸۰۰ درجه حرارت می دهیم. بعداً بوته را در اندیکاتور خنک و توزین می کنیم. قبل از وزن رنگ رسوب سیاه یا خاکستری باشد چند قطره اسید سولفوریک غلیظ به رسوب اضافه کرده و دو مرتبه عمل حرارت دادن را تکرار کرده و مجدداً بوته را خنک و وزن می کنیم.

اندازه گیری سولفات با استفاده از دستگاه اسپکترو فتومتر: برای اندازه گیری غلظت سولفات از این دستگاه استفاده می شود. هر یک

program دارد که برای سولفات 680 است ابتدا دکمه METH را می  
زنیم پس این عدد را می زنیم . س پس ابتدا سل را برداشته داخل آن تا خط  
نشانه 25ml آب مقطر می کنیم پس به آن نمک ها یدروئیک اضافه می کنیم  
تکان می دهیم تا نمک حل گردد و آن را در دستگاه قرار می دهیم و دکمه  
zero را فشار می دهیم و صبر می کنیم تا عدد صفر بر روی صفحه ظاهر  
شود پس غلظت تک تک نمونه ها گرفته می شود و در اینجا هم با توجه به  
EC که دارد مشخص می شود که چقدر از نمونه را برداریم اگر 2350EC  
باشد ما از 5CC استفاده می کنیم اگر 9860 باشد از پی پی پت 1CC استفاده  
می کنیم و به 24CC هم آب مقطر نیاز است وقتی که سل را می خواهیم  
داخل دستگاه قرار دهیم حتما باید با یک دستمال آن را خشک کنیم .

سختی :

مقدمه : سختی آب یکی از مشخصه های مهم آبها بشمار می رود .  
آبهای سخت اصولا ایجاد رسوب در لوله های هدایت کننده آب بخصوص  
دیگهای بخار می نمایند و در نهایت باعث خوردگی و ترکیدن لوله ها و دیگ  
ها می گردد . دیگر اینکه آب سخت باعث کف نکردن صابون و پودر های  
شیمیایی می شود . که این امر باعث افزایش مصرف شوینده ها می گردد .  
آبهای زیر زمینی در مقایسه با آبهای سطحی از سختی بالاتری برخوردار

هستند و از نظر بهداشتی سختی های آب هیچگونه مشکلی را سبب نمی

شوند

تعریف سختی :

بعضی از املاح در آبها وجود دارند که می توانند صابون را رسوب

دهند . این ظرفیت رسوب دادن صابون را سختی گویند .

سختی عبارتست از مجموع نم‌ها یا کاتیون‌هایی از قبیل کلسیم ، منیزیم

، استرانسیم ، آلومنیوم منگنز، روی، که همواره با آنیون‌های بی کربنات ،

سولفات ، کلور ، سیلیکات و نیترات بصورت محلول در آب وجود دارند .

سختی آب بیشتر مربوط به املاح کلسیم و منیزیم است . زیرا که

غلظت این دو یون بیشتر از سایر یونها در آب است و بر حسب کربنات

کلسیم بیان می شود . طریقه های مختلفی جهت اندازه گیری سختی آب

وجود دارد که متداولترین آنها اندازه گیری بوسیله صابون و کمپلکس متری

که در آن اندازه گیری بوسیله EDTA نیز گویند . تعیین سختی بوسیله

صابون دقیق نیست زیرا در این روش سدیم در اندازه گیری سختی دخالت

می کند . ولی روش کمپلکس متری یک روش دقیقتر و متداولتر می باشد

انواع سختی : به طور کلی سختی بر دو نوع است :

سختی دائم = سختی غیر کربنات = سختی پایدار (Permanent

Hardness))

که مربوط به سولفات‌ها و کلرور های کلسیم و منیزیم محلول در آب است و از این جهت آن را سختی دائم گویند یا در اثر جوشاندن نه  $CO_2$  آن خارج می شود و نه اینکه رسوب مپ کند .

سختی موقت = سختی کربناته = سختی ناپایدار (( Temporary Hardness))

که عبارتست از مجموع بی کربنات های کلسیم و منیزیم موجود در آب که در اثر حرارت به صورت کربنات در آمده و رسوب می کند . یعنی بطور موقتی در آب وجود دارند . حرارت یا جوشاندن آب به مدت چند دقیقه باعث خواهد گردید . که  $CO_2$  محلول و  $CO_2$  بی کربنات‌ها از محیط خارج شده کربنات کلسیم و منیزیم را سبب می گردد .



سختی کربناته یا موقت نا محلولتر از سختی دائم مثل سولفات‌ها و

کلریدها می باشد بنابراین بیش از سختی دائم ایجادشکال می کند . برای بدست آوردن آن اگر سختی دائم را از سختی کل کم کنید سختی موقت بدست می آید .

همانطور که بیان شد معمولی ترین روش برای اندازه گیری سختی روش کمپلکس متری یا تیتراسیون بوسیله محلول EDTA (اتیلن ی آرتین

تترا استات سدیم) می باشد این نمک در مجاورت کاتیون های دو ظرفیتی ( کاتیونهای فلزی ) ترکیبات پیچیده ای می دهد . یعنی ترکیب کمپلکس پایدار می دهد . کمپلکس کلسیم EDTA پایدارتر از کمپلکس منیزیم EDTA است . کمپلکس کلسیم و منیزیم بی رنگ هستند . به همین جهت از معرف اریوکروم بلاک T (EBT) استفاده می شود . اگر مقدار کمی معرف اریوکروم بلاک T به آب سختی اضافه شود ، به رنگ صورتی پررنگ در می آید و اگر سختی در آب وجود نداشته باشد محلول آبی رنگ می شود . از این تفاوت رنگ برای تشخیص نقطه ی انتهایی یا خاتمه اندازه گیری سختی استفاده می شود . معرف EBT اضافه شده به آب با یون کلسیم و منیزیم به رنگ شرابی در می آید ( در PH حدود ۱۰ ) . اگر به این محلول قطره قطره EDTA اضافه شود ، اول یونهای کلسیم (PH = 10) و بعد یونهای منیزیم (PH = 12) تولید ترکیبات کمپلکس می نماید . و با حذف شدن کلسیم و منیزیم از محیط و ترکیب EDTA با EBT رنگ محیط از شرابی به آبی تبدیل می شود .

رابطه قلیائیت و سختی : مقایسه سختی کل و قلیائیت کل می توان سختی و قلیائیت دائم و موقت را به شرح زیر بدست آورد :

هرگاه سختی کل بیش از قلیائیت کل باشد آن مقدار از سختی کل که برابر با قلیائیت است مربوط به سختی موقت یا کربناته است و مازاد آنها )

اختلاف سختی کل و قلیاییت ( مربوط به سختی دائم یا سختی غیر کربناته است .

سختی کل < قلیاییت کل ----- > مازاد سختی غیر کربناته (دائم)

هرگاه سختی کل معادل قلیاییت کل باشد، آنگاه سختی کل به صورت سختی موقت می باشد

سختی کل = قلیاییت کل ----- > تمام سختی برابر سختی موقت است

هرگاه سختی کل از قلیاییت کل کمتر باشد ، مقدار سختی کل معادل با سختی دائم ا غیر کربناته است و اختلاف بین قلیاییت کل و سختی کل نشان دهنده قلیاییت بصورت بی کربنات سدیم و پتاسیم است .

سختی کل > قلیاییت کل --- > اختلاف آنها نشان دهنده بی کربنات سدیم و پتاسیم می باشد

روش اندازه گیری سختی کل

شرح آزمایش : مقدار ۲۰ cc از نمونه آب را توسط یک پیپت حبابدار برداشته و در ارلن ۲۵۰ cc می ریزیم و با آب مقطر حجم آن را دو برابر می کنیم . مقدار ۱ cc الی ۲ cc تامپون ( بافر) آمونیایی (PH = 10) به آن اضافه کرد . پس از آن مقدار کمی معرف EBT - به اندازه یک نوک چاقو- اضافه



کرده و بهم می زنیم تا رنگ ارغوانی یا قرمز شرابی حاصل شود ، آنگاه نمونه را توسط EDTA با مولاریته ۰.۰۱ تیترو می کنی تا به خاتمه عمل که رنگ آن آبی است برسیم ، حال EDTA مصرف شده را تحت عنوان V1 یادداشت می کنیم و از طریق فرمول سختی کل را محاسبه می کنیم .

علت استفاده از بافر ۱۰

اولا تغییر رنگ معرف ، معرف EBT در PH بالا به راحتی مشخص

می شود . ثانيا اگر PH محیط بالا باشد ، کلسیم به صورت کربنات کلسیم (

CaCO3) و منیزیم به صورت هیدرات منیزیم Mg(OH)2 رسوب کرده و از

محیط عمل خارج می شوند . لذا بهترین PH که در آن هم تغییر رنگ معرف

خوب ظاهر می شود و هم کلسیم یا منیزیم در آن رسوب می کنند PH = 10

است . وجود قلیائیت بیش از ۳۰۰ میلی گرم در لیتر بر حسب CaCO3

ممکن است مشکلاتی در تشخیص نقطه انتهای نماید .

علت استفاده از EDTA 0.01 مولار

زیرا هر cc از EDTA 0.01 مولار معادل ۱mg از CaCO3 می باشد



استانداردها

در مورد سختی کل حد مطلوب آن ۲۵۰ و حد مجاز آن ۵۰۰ میلی گرم

در لیتر بر حسب CaCO3 می باشد . همچنین اگر آبی سختی آن بین ۰ تا

۷۵ باشد به آن آب سبک گویند . آبی که سختی آن ۷۶ تا ۱۵۰ باشد به آن آب کمی سخت و آبی که سختی آن بین ۱۵۱ تا ۳۰۰ باشد آب متوسط و آبی که سختی آن بین ۳۰۱ تا ۵۰۰ باشد آب نیمه سنگین ( سخت ) و بالاخره آگه سختی آب بیش از ۵۰۰ باشد آن آب را سنگین گویند .

روش اندازه گیری سختی دائم و موقت

برای تعیین سختی دائم و موقت آب ، آن را بایستی به مدت نیم ساعت جوشاند ، سپس آن را صاف نمود و دوباره حجم آب را با آب مقطر به حجم اولیه رساند ، طبق روش قبل میزان سختی آن را بدست آورد . یون این آب در اثر حرارت سختی موقت خود را از دست داده بنابراین سختی کل بدست آمده همان سختی دائم است . از تفاضل سختی دائم با سختی کل مقدار سختی موقت هم بدست می آید .

تعیین کلسیم و منیزیم

منیزیم و کلسیم بسته به اینکه با چه آنیونی همراه باشند مسائل خاص خود را به وجود می آورند . اگر ایندو یون با کربنات همراه باشند سختی موقت و اگر با سولفات همراه باشند سختی دائم آب را تولید می کنند .

علت استفاده از EBT

اریو کروم بلاک T معرفی است که هم با EDTA و هم با کلسیم و منیزیم ترکیب می شود. منتها تا زمانی که کلسیم و منیزیم در محیط وجود دارند EBT هیچگونه ترکیبی با EDTA نمی دهد ولی به محض اینکه تمام کلسیم و منیزیم با EDTA ترکیب شد اولین قطره EDTA با EBT ترکیب شده و رنگ آن آبی می شود که نشانه ختم عمل است.

EDTA نام خلاصه شده ((اتیلن دی آمین تترا استیک اسید)) با ملح سدیم است و در کل آن را بطور خلاصه ی YH4 نمایش می دهند. در حالتی که املاح سدیم دارد، سدیم جای هیدروژن را می گیرد و به شکل YNa4 در می آید. YNa4 در PH بالای دو تا از سدیم ها خود را از دست داده و جای آن را کلسیم یا منیزیم می گیرد. این دو کمپلکس پایدار و برگشت ناپذیر هستند.

محاسبات:

بعد از مشخص شدن مقدار V1 از فرمول زیر مقدار سختی کل را می توان

محاسبه نمود

$$\text{Hard T Mg/Lit CaCO}_3 = (V1 * B * 1000) / V_s$$

$$V1 = \text{حجم EDTA مصرفی}$$

$B =$  ضریب تصحیح یا معادل کردن EDTA با  $CaCO_3$  که معمولاً ۱ است .

اگر مولاریته  $EDTA = 0.01$  نرمال و اگر حجم نمونه ۲۵ cc باشد، خواهیم

داشت :

$$Hard T = (V * 1000)/25 = 40 * V$$

اگر در آب کلرور زیاد باشد، با منیزیم ایجاد خوردگی می نماید  
وجود سولفات و کلرور منیزیم در آب باعث لینت فراج می شود. و اگر از  
حدی زیادتر شود ایجاد اسهال می نماید. مقدار منیزیم از ۱۲۰ میلی گرم در  
لیتر نباید تجاوز کند، زیرا کلرید و یا سولفات منیزیم در حد بالا باعث مزه  
تلخ در آب می شود.

روش تعیین سختی کلسیم ( بر حسب کربنات کلسیم ) با استفاده از معرف  
موراکساید (آمونیم پریولات) : در حجم معینی از نمونه صاف شده مقدار  
۲ cc سود نرمال اضافه میکنیم تا به PH در حد مطلوب یعنی R یا B برای  
معرف موراکساید برسد . سپس مقدار کمی معرف خشک و یا ۱ cc محلول  
موراکساید به نمونه اضافه کرده تا رنگ آن صورتی گردد . آنگاه محلول  
حاصل را با ۰.۰۱ EDTA مولار تیترو می کنیم تا به نقطه ختم عمل که رنگ  
بنفش می باشد، برسیم . مقدار V1 را یادداشت نموده و در فرمول می  
گذاریم تا میزان سختی کلسیم بر حسب کربنات کلسیم بدست آید .

تعیین سختی کلسیم (برحسب یون کلسیم) با استفاده از معرف کالکون:  
حجمی از نمون صاف شده را درون ارلن ریخته و به آن مقداری برابر  $CC_2$   
سود نرمال اضافه نمود. و کمی هم معرف کالکون تا پیدایش رنگ ارغوانی  
اضافه می کنند. سپس آنرا با  $(1/50 N)$  EDTA تیترو می کنند و حجم  
EDTA مصرفی را در فرمول زیر گذاشته و میزان سختی کلسیم بر حسب  
یون کلسیم بدست می آید.

$$HCa^{++} \text{ (mg/lit)} = (V*400.8)/V_s$$

روش تعیین سختی منیزیم بر حسب یون منیزیم

Mg<sup>++</sup>

CaCO<sub>3</sub>

0.244

1 gr

و

24.44

100 gr

X = 0.244

سختی کلسیم

X = 0.244

1

روش مهم تعیین سختی منیزیم بر حسب یون منیزیم :

(EDTA) مصرفی برای سختی کلسیم (EDTA) - مصرفی برای سختی کل

استانداردها :

استاندارد کلسیم برابر است با ۷۵ (حد مطلوب) ۲۰۰ (حد مجاز) میلی

گرم در لیتر بر حسب یون کلسیم و استاندارد منیزیم عبارتست از ۵۰ (حد

مطلوب) ۱۵۰ (حد مجاز) میلی گرم در لیتر بر حسب یون منیزیم می باشد .

تبصره : چنانچه غلظت سولفات از ۲۵۰ میلی گرم در لیتر بیشتر باشد

حداکثر مقدار منیزیم ۳۰ و چنانچه از ۲۵۰ میلی گرم در لیتر کمتر باشد

منیزیم تا حداکثر ۱۵۰ میلی گرم در لیتر نیز مجاز است .

مزامنها :

عواملی که در اندازه گیری مزاحمت ایجاد می نمایند عبارتند از :

اکسید کننده های قوی سیانور نیترات و فسفات ها و نیز بیر فسفاتها در

صورتی که بیش از ارتو فسفاتها در محیط موجود باشد . همچنین کروم

ورودی در صورتی که غلظت آنها بیش از ۱۰ برابر غلظت آهن در محیط

باشد و کبالت و مس در صورتیکه بیش از ۵ mg/e موجود باشد و نیکل

بیش از ۲ mg/e و بالاخره بیسموت و کادمیم، جیوه و نقره و مولیبدن نیز سبب می شوند که اندیکاتور رسوب نماید.

روش آزمایش: از نمونه ای که کاملاً بهم زده ایم، دو مقدار ۲۰ cc از آن را توسط پیپت در ارلن می ریزیم و به آن یک تکه کوچک سیانور و سپس سود ۴ نرمال را اضافه می نماییم. حال معرف مور اکساید را اضافه کرده و محلول حاصله را به وسیله EDTA تیترو می نماییم. حجم مصرفی را یادداشت می کنیم. سیانوری که اضافه کرده ایم باعث می شود مزاحمت هایی که در محلول ایجاد می شود و وکنش صورت نگیرد، جلوگیری می نماید و باعث می شود که محلول مورد نظر تحت این مراحل واکنش داده که ختم تیتراسیون است.

اسپکتروفتومتر:

توجه به این مطلب که هر ماده ای که یک طول موج خاص مربوط به خود را دارد، مبنای کار دستگاه های اسپکتروفتومتر را رنگ سنجی قرار داده اند. از این دستگاه برای مشخص کردن مقدار عناصر کمیاب موجود در آب مانند نیتريت، نیترات، فسفات، آمونیاک و غیره استفاده می شود.

محلول سازی:

برای تهیه محلول ها از یک ماده خاص دو حالت ممکن است وجود داشته باشد. الف: ماده خالص مایع باشد: همانطور که میدانیم برای یک

جسم خالص به جرم  $m$  و حجم  $v$  می توان جرم حجمی را به صورت زیر نوشت  $m=Pv$  و چگالی یک جسم در حالت مایع عبارتست از حاصل تقسیم جرم حجمی آن نسبت به جرم حجمی آب و چون  $(PH_2O=1)(gr/cm^3)$  می

باشد پس برای مایعات  $P$  جسم بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب از

$$d=(P)/(PH_2O)$$

که ممان دانسیته جسم است . پس با استفاده از رابطه بالا می توان رابطه زیر سواری یک جسم متن  $A$  در نظر گرفت .

$m=d.v$  این رابطه زمانی صادق است که حجم  $V$  صد درصد دارای جسم  $A$

باشد . ولی اگر زمانی یک جسم بصورت ناخالص باشد یک ضریب همانند  $p$  را باید در آن تاثیر داد که این ضریب نشان دهنده درصد خلوص جسم  $A$  می باشد .

پس  $m$  جرم جسم  $p$  : درصد وزنی  $A$  : دانسیته  $d$  :  
 $m=pdV$   
حجم  $V$ :

اسید هایی مثل  $HCl$  و  $H_3PO_4$  و ... نمی توانند به صورت صد در صد خالص در حالت مایع وجود داشته باشند و در دمای محیط به صورت گاز وجود دارند و چون استفاده از حالت گازی در آزمایشگاه مقدور نیست لذا تمام این گازها را وارد آب خالص می کنند و تا جایی که امکان داشته باشد (البته به نوع اسید) بصورت مایع اشباع در می آورند . مثلاً برای اسید



سولفوریک ماکزیمم مقداری که می توان در آب حل کرد ۹۸٪ یعنی اسید سولفوریک غلیظ تر از ۹۸٪ وجود ندارد .

برای اینکه بتوان محلول های مولار را از اسیدهای غلیظ فوق تهیه کرد مراحل زیر را انجام می دهیم .

فرض می کنیم می خواهیم ۲۵۰ cc محلول اسید سولفوریک ۰.۱ مولار تهیه نماییم : می دانیم هر مول اسید سولفوریک ۹۸ gr می باشد و چون ۰.۱ مولار خواسته شده پس طبق تناسب زیر مقدار گرم مورد نیاز اسید خالص ۹۸ gr می شود و نیز لازم به ذکر است که درصد وزنی اسید سولفوریک

است یعنی اگر ۱۰۰ gr اسید غلیظ داشته باشیم ۹۸ gr آن اسید سولفوریک و دو گرم آن آب است . حال با توجه به دانسیته می خواهیم ببینیم اگر ۹۸ gr اسید خالص داشته باشیم باید چند میلی لیتر اسید غلیظ برداریم ؟

$$m = \rho dV \rightarrow 9.8 = 0.98 * 1.84 * V \rightarrow V = 5.43$$

پس ۵.۴۳ میلی یتر اسید غلیظ برای تهیه یک لیتر محلول اسید سولفوریک

$$X = (250 * 5.43) / 1000 = 1.36 \text{ mL}$$

۰.۱ مولار احتیاج است بنابراین :

یعنی اگر در یک بالن ژوزه ۲۵۰ میلی لیتری ، ۱.۳۶ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ بریزند و سپس با آب به حجم برسانند ۲۵۰ میلی لیتر محلول اسید سولفوریک ۰.۱ مولار تهیه کرده اید.

توجه: برای تهیه این محلول نخست بالن را تا نیمه آب مقطر ریخته و سپس محلول اسید غلیظ را در بالن بریزید و بعد با بالن ژوژه به حجم برسانید.

ب: اگر ماده اولیه جامد باشد: فرض می کنیم می خواهیم ۲۵۰ میلی لیتر

سود ۰.۱ مولار تهیه کنیم چون ۱ مول سود  $gr^{۴۰}$  می باشد پس ۰.۱ مول آن  $gr^۴$  است.

4gr سود برای تهیه یک لیتر سود ۰.۱ مولار احتیاج است. پس اگر ۱ گرم

سود را در یک بالن ژوژه ۲۵۰ میلی لیتر ریخته و به حجم برسانیم دارای ۲۵۰ میلی لیتر محلول سود ۰.۱ نرمال هستیم.

توجه: مواد جامد را پیش از آنکه داخل بالن بریزیم ابتدا در یک بشر به وسیله کمی آب حل می کنیم و سپس محلول بدست آمده را به بالن منتقل می کنیم و بعد بالن را به حجم می رسانیم. هیچگاه نباید ماده جامد را به طور مستقیم داخل بالن ریخت.

رسوب گیری:

برای انجام عمل رسوب گیری ابتدا یک شیشه محتوی رسوب و آب روی آنرا در نظر می گیریم که در آن رسوبها ته نشین شده اند. پس با یک ماژیک زیر سطح مقعر آب یک خط می کشیم تا سطح آب موجود در شیشه محتوی نمونه مشخص شود. سپس کاغذ صافی را داخل اتوکلاو گذاشته، بعد از گرفته شدن تمام رطوبت، آن را وزن کرده و یادداشت می نمایم.

سپس آن را داخل قیف تمیز قرار می دهیم. سپس آب را کاملاً هم می زنیم تا رسوبها از جدار و ته شیشه جداشده و در آب معلق شوند. آنگاه نمونه موجود را داخل آن می ریزیم. پس از اتمام محلول موجود شیشه را با آب مقطر کاملاً شسته و آن را درون کاغذ صافی می ریزیم. پس از عبور تمام آب موجود در کاغذ آن را دوباره داخل اتوکلاو قرار می دهیم. پس از خشک شدن کامل کاغذ، دوباره آن را وزن می نماییم و آن را نیز یادداشت می نماییم. حال عدد بدست آمده را از وزن اولیه کاغذ صافی کم می نماییم تا وزن رسوب بدست آید. حال حجم آبی که داخل شیشه وجود داشته است را به وسیله یک استوانه مدرج اندازه گیری می نماییم. به این ترتیب که شیشه را تا خطی که در ابتدا علامت گذاری کرده بودیم از آب پر نموده و آن را درون یک استوانه مدرج ریخته و عدد آن را قرائت می نماییم. حال با داشتن این اطلاعات می توان غلظت نمونه را برحسب گرم بر لیتر نوشت:

وزن رسوب خالص = غلظت نمونه بر حسب گرم در لیتر

حجم نمونه بر حسب سانتی متر مکعب

خواص فاضلاب

تعریف فاضلاب

به آبهایی که به صورت مختلف در زندگی مصرف شده و دیگر مانند آن آب اولیه قابل مصرف نبوده و در حال بر گرداندن به محیط زیست باشد و انتقال دهنده انواع ناخالصی ها و آلودگی ها می باشد ، فاضلاب گویند .

فاضلاب از نظر لغوی ، مواد زاید مایع (Waste Water) گفته می شود .  
مواد زاید جامد را زباله گویند .

انواع فاضلاب : فاضلاب شهری - فاضلاب صنعتی - فاضلاب کشاورزی -

فاضلاب های متفرقه

فاضلاب های شهری :

این فاضلاب ها بیشتر توسط انسانها تولید شده و از ورود فاضلاب خانه ها (Domestic Waste Water)، مغازها و اماکن مختلف به وجود می آید .

فاضلاب های صنعتی : این فاضلاب از ورود زباله های صنعتی به آب شایع می گردد . ورود آب گرم کارخانجات ( آبی که برای خنک کردن استفاده می گردد ) نیز یک نوع آلودگی وارد شده به آب می باشد .

فاضلاب های کشاورزی :

این نوع فاضلاب ها از طریق گیاهان وارد آب می گردد . به عنوان مثال گیاه با گرفتن هوا و تجزیه آن ، نیتروژن پس می دهد ، که این نیتروژن در هنگام آبیاری به آب وارد شده و آب را آلوده می نماید .

## فاضلاب های متفرقه :

این فاضلاب ها بقیه انواع فاضلاب ها را شامل می شود. برای این نوع فاضلابها می توان باران های آلوده را نام برد.

در قرن گذشته زباله ها در داخل زمین دفن می شد که این کار باعث می شد که با تماس زباله ها به سطوح بالایی اکيفرها در لایه های اولیه آبها آلوده گشته و به لایه های زیرین نفوذ نماید. امروزه بدلیل آگاهی از این مطلب بیشتر کشورها زباله های خشک خود را ی مستقیماً از بین می برد و یا آنها را بازیافت می نماید .

شایان ذکر است که سیلاب ها باعث افزایش نفوذ فاضلابها به درون آبهای زیر زمینی می گردد.

فاضلاب تازه بوی نم و رطوبت دارد. هرچه فاضلاب کهنه تر شود متعفن تر گشته و بوی آن شدید تر می شود. معمولاً علت اصلی بو در فاضلاب ها  $NH_3, SH_2$  می باشد که بوی تخم گندیده به فاضلاب ها می دهد.

## ترکیبات ازته

مقدمه : ترکیبات ازته در فضولات حیوانی و انسانی وجو دارد. وجود مواد ازته در ابهای جاری از علایم آلودگی آب محسوب می شود. در تشخیص و ارزیابی کیفیت آبهای آشامیدنی اندازه گیری ازت و ترکیبات ازته از اهمیت خاصی برخوردار است. این ترکیبات به سه صورت در آب

های طبیعی یافت می شوند که عبارتند از: نیترات ، نیتريت ، آمونیاک .  
وجود هر یک از این آنیونها در ترکیبات معنی خاصی دارد و نشانه تاریخچه  
خاصی برای آب مورد نظر نیز هست .

#### نیترات :

امکان زیادی وجود دارد که نیترات موجود در آبها اغلب از ترکیبات  
آلی ازت دار با منشا حیوانی حاصل شده باشد . ازت مواد نباتی پس از  
اکسایش مقدار جزئی ، نیترات بوجود می آورد . در حالیکه نوع حیوانی آن  
نیترات فراوان تولید می کند . برای تبدیل ازت این ترکیبات به نیترات مراحل  
مختلفی باید طی شود . که این امر در اثر فعالیت های مکرر اورگانسیم های  
موجود در خاک اصل می شود . پروتئین ترکیبات آلی در خاک توسط باکتریها  
ابتدا به آمینو اسید ها و سپس به نیترات تبدیل می گردد . که در هر حال هر  
یک از این مراحل توسط باکتری خاصی انجام می پذیرد . میکرو ارگانسیم  
های تبدیل کننده ازت به آمونیاک ، نیتريت و نیترات در آبها نیز وجود  
دارند . در کل آبی که دارای نیترات زیاد باشد مشکوک به آلودگی از نوع  
حیوانی است و باید در جستجوی منبع آلوده ساز حیوانی بوده و در  
صورت امکان آن را رفع نمود . آنالیز نیتريت نیز می تواند این امر را روشن  
سازد زیرا چنانچه آب از منبع حیوانی آلوده شده باشد باید مقادیری  
نیتريت نیز در آن موجود باشد . اندازه گیری نیترات از طریق

اسپکتروفتومتری انجام می شود . نیترات در آب های سطحی معمولاً به مقدار کمتر از ۱۰ میلی گرم در لیتر و در آب های زیر زمینی گاهی به ۵۰ میلی گرم در لیتر می رسد .

در آبهای آشامیدنی وجود نیترات به میزان بیش از ۴۵ میلی گرم در لیتر مجاز شناخته شده و مصرف آبهایی که مقدار نیترات در آنها بیش از حد مجاز است برای اطفال زیان آور است . وجود نیترات بر حسب نیتروژن در آب تا ۱۰ ppm مجاز شناخته شده است . محیط معده اطفال به علت کمبود خاصیت اسیدی محل مناسبی جهت تکثیر باکتری های احیا کننده نیترات به نیتريت می باشد . به منظور جلوگیری از هرگونه تغییراتی که در تعادل نیتروژن آب در اثر فعالیت حیاتی باکتری ها ممکن است روی دهد اندازه گیری نیترات بلافاصله بعد از اخذ نمونه توصیه می گردد و یا اینکه باید نمونه را تا رسیدن به آزمایشگاه در ظرف حاوی یخ که حرارت نمونه را نزدیک به نقطه انجماد آب برساند نگهداری نمود .

روش کار : نمونه را مرتب چیده سپس با پیپت ۱۰ در بشرهای ۵۰ میلی لیتری ریخته سپس به آنها پودر نیترات اضافه می کنیم و باید بعد از ریختن پودر در نمونه ها آنها را بهم بزنیم بعد از مدتی مشاهده می کنیم که رنگ محلول داخل بشر زرد رنگ می باشد . حال برای آنکه غلظت آن را اندازه گیری کنیم دستگاه اسپکتروفتومتری را روشن می کنیم صفحه ی

روی دستگاه Hach Programs را به ما داده و از ما می خواهد ورد برنامه شویم و ما با فشار دادن برای این آیکن وارد قسمت دیگر می شویم System Checks را میزنیم و از ما می خواهد که کد نیترا را وارد کنیم و دستگاه را Zero نماییم. بعد سل مخصوص دستگاه را برداشته و داخل آن را با آب مقطر شستشو داده و آن را با آب مقطر پر می کنیم و سپس نمک باریم کلرید دی هیدرات را به آن اضافه می نماییم. حال سل را داخل دستگاه قرار داده و دکمه Zero را فشار می دهیم و بعد از اینکه دستگاه عدد صفر را نمایش داد. اندازه گیری را آغاز می کنیم. بدین صورت صورتکه نمونه را داخل سل خالی می کنیم و با یک دستمال تیز شیشه آن را خشک می کنیم و در داخل دستگاه قرار می دهیم و دکمه Read را فشار می دهیم و این عمل را چند بار انجام می دهیم تا از عددی که دستگاه به ما داده است، اطمینان پیدا کنیم. در ضمن خیلی باید دقت کنیم تا رسوبات نمونه داخل سل نرود زیرا در عددی که دستگاه می خواهد به ما بدهد ممکن است تغییراتی به وجود آید. ممکن است غلظت نمونه به قدری باشد که دستگاه نتواند آن را بخواند یعنی از حد آن بالاتر باشد. لذا باید آن را رقیق کنیم سپس سل را از دستگاه خارج می کنیم. نمونه را در بشر ریخته و مقدار ۱۰ cc آب مقطر به نمونه اضافه می کنیم و مجددا در سل ریخته و آن را با دستمال خشک می کنیم و با احتیاط



در دستگاه قرار می دهیم و دکمه Read را فشا می دهیم . سپس عددی که به ما داده می شود را در ۲ ضرب می کنیم .

نیتريت :

یون نیتريت ترکیب واسطه بین آمونیاک و نیترات است . به مقدار جزئی کمتر از ۰.۱ میلی گرم در لیتر در آبهای طبیعی مشاهده می شود . وجود آن موید آلودگی آب با فاضلاب است . آبهای حاوی نیترات چنانچه در تماس با فلزاتی نظیر آهن ، روی ، سرب ، قرار گیرند ( لوله های منابع ) قسمتی از نیتريت به آمونیاک تبدیل می شود . در غالب موارد وجود نیتريت

در آب نشانه تجزیه نا کامل مواد آلی ازت دار است اندازه گیری نیتريت فاصله بعد از نمونه گیری پیش می آید تا تغییر و تبدیل نیترات ها و آمونیاک به نیتريت که در نمونه ادامه دارد در نتیجه آزمایش دخالت نکند .

روش کار : نمونه ها را چیده و با پیپت ۱۰cc از نمونه برداشته داخل بشر ها می ریزیم و به آن نیتريت اضافه می کنیم و مدت زمانی که باید برای نیتريت در نظر گرفته شود ۳۰ دقیقه است و سپس مانند نیترات غلظت نمونه ها را اندازه گیری می کنیم و فقط می بایست Program آن را به دستگاه بدهیم که Program آن ۳۷۱ است .

آمونیاک : آمونیاک با غلظت های مختلف در آبهای سطحی و زیرزمینی مشاهده می شود که گاهی حاصل فعالیت میکروارگانیسمها و گاهی در اثر

آلودگی آبها با فاضلاب های شهری است. بنابراین وجود آمونیاک را در آبهای سطحی نباید بدون اهمیت تلقی شود زیرا افزایش نگرانی آمونیاک در این آبها می تواند ناشی از نفوذ فاضلاب ها یا آلودگی های صنعتی باشد.

همچنین آمونیاک می تواند در اثر فعالیت مواد حیوانی و نباتی موجود در خاک های حاصل خیز ادرار انسان و در اثر کاهش نیترات ها در آب تولید شود. بنابراین آمونیاک موجود در آب می تواند از منابع بی ضرر یا منابع آلوده کننده باشد. زمانیکه عمل کلر زنی به منظور تامین کلر باقیمانده ترکیبی، صورت می گیرد، افزایش در مقدار آمونیاک آب سبب بالا رفتن میزان معادل کلر مورد نیاز آب خواهد شد.

روش کار: نمونه را مرتب کرده به ترتیب با پیپت ۱۰ در بشر ریخته به آنها آمونیاک اضافه می کنیم و هر بشر چند قطره و سپس دستگاه کد ۳۸۰ را داده بعد دستگاه را Zero می کنیم و غلظت نمونه ها را اندازه می گیریم.

منابع :

شیمی آب تالیف دکتر نظام الدین دانشور

مهندسی آبهای زیرزمینی دکتر ابوالفضل شمسایی

جزوه آزمایشگاه شیمی فیزیک آب