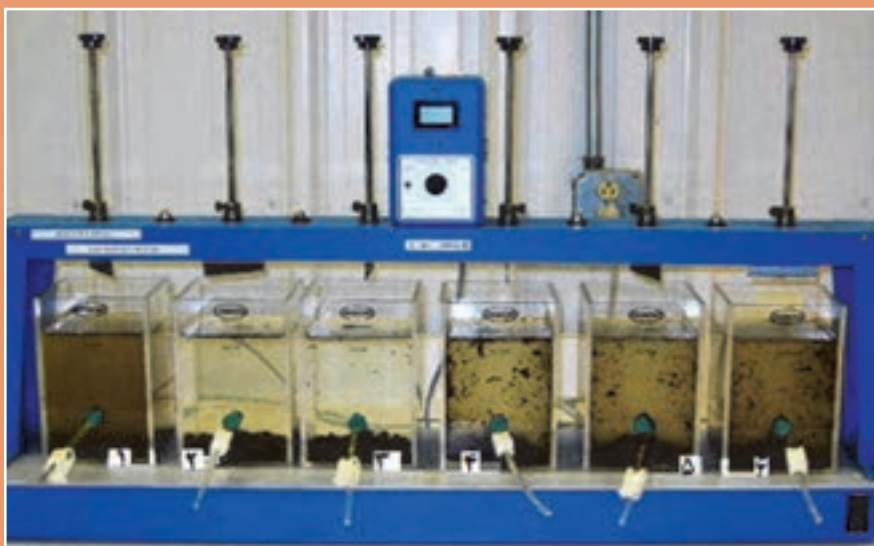




## پودمان سوم

# آزمایش‌های کنترل کیفیت آب



با انجام آزمایش‌های کنترل کیفیت آب، می‌توان از سلامت منابع مختلف آبی اطمینان پیدا کرد.

## واحد یادگیری ۳

### انجام آزمایش‌های کنترل کیفیت آب

#### مقدمه

مهم‌ترین و مفیدترین سیال در صنایع مختلف آب است. انتقال مواد و گرما، انجام واکنش‌های شیمیایی، حل شدن بسیاری از ترکیبات، جداسازی ترکیبات گوناگون از یکدیگر، راه‌اندازی تجهیزات صنعتی از دیگر مصارف آب در صنعت است. در این پودمان اهمیت آب، منابع آن و انواع آب‌ها و ضرورت تصفیه آب آورده شده است. هنرجویان به‌طور عملی آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی آب را انجام می‌دهند.

#### استاندارد عملکرد

انجام آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی آب مطابق دستور کار

شایستگی‌های غیرفنی مورد انتظار این پودمان عبارت‌اند از:

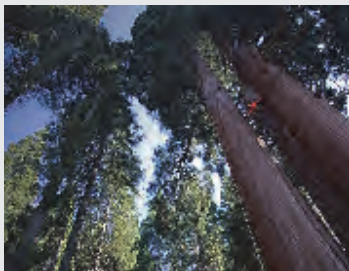
- ۱ اخلاق حرفه‌ای: حضور منظم و وقت‌شناسی - انجام وظایف و کارهای سپرده شده - پیروی از قوانین
- ۲ مدیریت منابع: شروع به کار به موقع - مدیریت مؤثر زمان - استفاده از مواد و تجهیزات
- ۳ کار گروهی: حضور فعال در فعالیت‌های گروهی، انجام کارها و وظایف سپرده شده
- ۴ مستندسازی: گزارش نویسی فعالیت‌های کارگاهی
- ۵ محاسبه و کاربست ریاضی

شایستگی‌های فنی مورد انتظار این پودمان عبارت‌اند از:

- ۱ ضرورت کنترل کیفیت آب را بیان کنند.
- ۲ آزمایش‌های فیزیکی آب را انجام دهند.
- ۳ آزمایش‌های شیمیایی آب را انجام دهند.
- ۴ آزمایش‌های زیست‌شناختی آب را انجام دهند.



به تصویرهای زیر نگاه کنید. چه موضوعی در بین آنها مشترک است؟



### اهمیت آب

واژهٔ آب که معادل عربی آن «ماء» است، ۶۳ بار در قرآن کریم آمده است: این آیات اشاره دارند که زندگی همهٔ جانداران به آب وابسته است و از نقش‌های گوناگون آب در احیای زمین، سرسبزی طبیعت، رویش گیاهان رنگارنگ، پیدایش مرتع‌ها، مزرعه‌ها و باغ‌ها با درختان مختلف و انواع میوه‌ها، سخن رفته است. در آیه ۳۹ سوره مبارکه فصلت، همین پدیده، نشانهٔ تحقق معاد و قدرت خداوند بر زنده کردن دوبارهٔ مردگان دانسته شده است: «وَمِنْ آيَاتِهِ أَنْكَ تَرَى الْأَرْضَ خُشْعَةً فَإِذَا أَنْزَلْنَا عَلَيْهَا الْمَاءَ اهْتَزَّتْ وَ رَبَّتْ إِنَّ الَّذِينَ أَلْحَاها لَمُحِي الْمَوْتِ إِنَّهُ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ» و از جمله آیات قدرت الهی آن که زمین را بنگری خشک و پژمرده که چون ما بر آن آب باران فرود آریم، بردمد و گیاه برآورد و اهتزاز و نشاط و خرمی یابد. باری، آن کس که زمین را زنده کند، مردگان را هم زنده گرداند که او بر هر چیز قادر است.»

در صنایع نیز مهم‌ترین و مفیدترین سیال، آب است. انتقال مواد و گرما، انجام واکنش‌های شیمیایی، حل شدن بسیاری از ترکیبات، جداسازی ترکیبات مختلف از یکدیگر، به کار انداختن تجهیزات صنعتی مانند موتور بخار، توربین بخار و توربین آبی از مصارف آب در صنعت است. برای دانستن اهمیت آب در صنایع کافی است بدانید که در سال ۱۳۴۴ شمسی، صنایع جهان سالیانه بیش از صد میلیارد مترمکعب آب مصرف می‌کردند. این میزان در ۳۵ سال بعد (۱۳۷۹ شمسی) به بیش از هزار برابر رسید. بیشتر از یک سوم این میزان آب به شکل فاضلاب‌های صنعتی به محیط زیست تخلیه می‌شود. به دلیل اهمیت زیاد دفع یا انتقال صحیح



فاضلاب شهری در کاهش مرگ‌ومیر ناشی از بیماری‌های واگیردار، از دیرباز در بسیاری از شهرهای جهان سامانه انتقال یا دفع فاضلاب بنا شده است. در تخت‌جمشید با سابقه ۲۵۰۰ سال نیز چنین مجموعه‌ای وجود دارد (شکل ۱).

شکل ۱- سامانه انتقال فاضلاب در تخت جمشید

تصویر زیر، مربوط به گوشه‌ای از سازه‌های آب شوشر است که باید آن را نماد قدرت مهندسی ایرانیان در تاریخ و از شاهکارهای فنی و مهندسی در جهان دانست. این مجموعه با قدمتی بیش از چهار هزار سال به‌عنوان نظام آبی تاریخی شوشر ثبت جهانی شده است. این سازه‌ها مجموعه‌ای به هم پیوسته از پل‌ها، سدها، آسیاب‌ها، آبشارها، کانال‌ها و تونل‌های عظیم انتقال آب هستند. اختراع، طراحی و ایجاد کاریز (قنات)‌های متعدد از سه هزار سال قبل در یزد و دیگر نقاط کشور عزیزمان ایران نشان‌دهنده اهمیت آب برای ایرانیان از یک‌سو، و توانمندی مردم این سرزمین در طراحی و مهندسی از سوی دیگر است. احداث بندامیر در استان فارس، نهرهای آبیاری در تپه‌های سیلک<sup>۱</sup> کاشان در شش هزار سال قبل، احداث سدهای لاکوریان و سکامی در سیستان و بلوچستان در چهار هزار سال پیش، مثال‌های دیگری از توانمندی ایرانیان است.



بیشتر بدانید



## منابع آب

مهم‌ترین منابع آب عبارت‌اند از: آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی و آب‌های شور.

فیلم آموزشی



### منابع آب

**آب‌های زیرزمینی:** این آب‌ها همان بارش‌های آسمان (باران، برف و تگرگ) هستند که پس از عبور از میان خاک و سنگ به شکل چشمه، قنات (کاریز) و یا چاه قابل استفاده خواهند بود. حجم آب‌های زیرزمینی در حدود ۹۶٪ از منابع کل آب‌های شیرین<sup>۱</sup> تخمین زده می‌شود. بیشتر برداشت‌های آب‌های زیرزمینی، صرف کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک می‌شود و مابقی آن به مصرف آشامیدن مردم جهان می‌رسد. این آب‌ها:

- ۱ معمولاً مواد معلق یا مواد آلی در آنها بسیار کم است، ولی ممکن است دارای ذرات شن باشند.
- ۲ به دلیل حل شدن جزئی مواد معدنی، دارای نمک‌های زیادی هستند.
- ۳ آب چاه‌های کم عمق معمولاً آلوده به ریزجانداران است.
- ۴ pH آب‌های زیرزمینی معمولاً بین ۶٫۹ تا ۷٫۹ است و گاهی ممکن است حاوی کربن دیوکسید باشند.
- ۵ این آب‌ها در صورتی که حاوی یون‌های آهن یا منگنز باشند، در هنگام مجاورت با هوا اکسید می‌شوند و ذرات زرد - قهوه‌ای رنگی در آنها پدید می‌آید.

تحقیق کنید

۱



الف) آیا در ایران منبع آب زیرزمینی مهمی وجود دارد؟  
ب) طولانی‌ترین کاریز ایران و جهان در کجا قرار دارد و طول آن چقدر است؟

**آب‌های سطحی:** بخشی از بارش‌های باران و برف آب‌های سطحی را تشکیل می‌دهند. این آب‌ها به صورت نهر، تالاب، باتلاق، دریاچه و رودخانه هستند و به مصارف خانگی، کشاورزی و صنعتی می‌رسند. گاهی هم برای این منظور سد، بند<sup>۲</sup>، آبگیر، آبخوان<sup>۳</sup> و مانند این‌ها ساخته می‌شود. این آب‌ها بسته به جنس خاک، یا آلودگی‌های مسیر، کیفیت‌های گوناگونی دارند. همچنین:

- ۱- آب شیرین، به آبی گفته می‌شود که کمتر از ۰٫۰۵ در هر ۱۰۰ واحد، نمک‌های غیرحل‌شدنی داشته باشد. منابع محدود آب شیرین، رودخانه‌ها، آبگیرها و بعضی از منابع آب زیرزمینی هستند. منبع نامحدود و پایدار آب شیرین، بخار آب‌های موجود در جو است که به صورت باران و برف و تگرگ، که همه تجدیدپذیرند ظاهر می‌شود.
- ۲- بند یا سد رودخانه‌ای ساختمان بزرگی است که به منظور ذخیره آب برای آبیاری از یک سمت رودخانه، به سمت دیگر نصب می‌شود. اگر نیروی برق آبی نیز تولید شود، ساختمان مربوط معمولاً سد نامیده می‌شود.
- ۳- آبخوان یا سفره آب قسمتی از پوسته زمین است که سوراخ‌ها یا خلل و فرج سنگ‌های آن از آب مملو و اشباع شده باشد. معمولاً منافذ و سوراخ‌های سنگ‌ها بر اثر بارندگی‌های مداوم از آب پر می‌شود و با رسیدن به سطح غیرقابل تراوشی مانند سنگ‌های رسی در همان جا متوقف می‌شود و به شکل چشمه‌سارهای مختلفی در سطح زمین آشکار می‌شود.

- ۱ زلال نیستند و اغلب آلوده به مواد آلی هستند. آلودگی‌های آنها ممکن است شوینده‌ها، مواد نفتی، روغن، آمونیاک، فنول، نیترات، فسفات (ناشی از کودهای شیمیایی در مناطق کشاورزی)، یا فلزات سنگین باشد.
- ۲ معمولاً آلوده به ریزاندامکان هستند.
- ۳ pH این آب‌ها در حدود ۷-۸ است.

**آب‌های شور:** این آب‌ها به شکل اقیانوس‌ها، دریاها، دریاچه‌ها، تالاب‌ها برکه‌ها وجود دارند و به دلیل وجود نمک‌های زیاد در آنها (معمولاً بیشتر از ۱۰۰۰ ppm) مناسب آشامیدن، مصرف خانگی، صنعتی و یا کشاورزی نیستند.

## آلودگی و ناخالصی آب

عبارت است از وارد کردن مواد یا انرژی (مانند گرما) در محیط زیست، به طوری که در اثر آن، منابع حیاتی یا سلامتی موجودات زنده در معرض خطر قرار گیرد. با توجه به نقش بسیار مهم آب در زندگی جانداران زمین، کشاورزی و صنعت، آلودگی آب یکی از پرچالش‌ترین مسائل است. آب یکی از مشهورترین حلال‌ها است. این خاصیت تابع عوامل متعددی مانند دما، فشار، pH، همزدن، پتانسیل شیمیایی و غلظت نسبی مواد در آب است. با توجه به قدرت زیاد حل‌پذیری آب، می‌توان گفت که بیشتر مواد تا اندازه‌ای در آب محلول هستند. یک مثال خوب برای آن آب دریا است. دست‌کم ۲۵ عنصر شیمیایی در آب دریا تشخیص داده شده است. آب اقیانوس‌ها و دریاها پس از بخار شدن به صورت ابر و سپس باران درمی‌آید، که در موقع باریدن، مقداری گردوخاک، اکسیژن و کربن دیوکسید و دیگر گازها را در خود حل می‌کند. آب در موقع نفوذ در لایه‌های مختلف زمین، ضمن از دست دادن مواد معلق و میکروب‌ها، مقداری از مواد خاک را در خود حل می‌کند. ناخالصی‌های آب بر سه دسته هستند:

- ۱ گازی
- ۲ یونی و مولکولی
- ۳ معلق (کلوئیدی)

آیا تاکنون آب جوشیده سرد شده را آشامیده‌اید؟ توجه کرده‌اید که چه طعم ناخوشایندی دارد؟ آیا دقت کرده‌اید که خیلی پیش از به جوش آمدن آب درون کتری، حباب‌هایی در سطح داخلی آن تشکیل می‌شود؟ آیا دلیل آن را می‌دانید؟

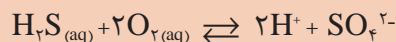
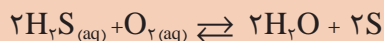
پرسش ۱



**ناخالصی‌های گازی:** حل‌پذیری گازها در آب تابع دما و فشار جزئی آنها است. با افزایش دمای آب، حل‌پذیری گازها کمتر می‌شود. با افزایش فشار جزئی گاز در تماس با آب، حل‌پذیری آن در آب بیشتر می‌شود. برخی از این گازها عبارت‌اند از: اکسیژن، کربن دیوکسید، نیتروژن، آمونیاک، متان، هیدروژن سولفید. با حل شدن هوا در آب، طعم آن برای آشامیدن بهتر و گواراتر می‌شود. عامل دیگر مؤثر بر مقدار گاز موجود در آب ریزاندامکان هستند. باکتری‌های هوایی با مصرف اکسیژن محلول در آب، باعث کاهش اکسیژن می‌شوند. اگر میزان اکسیژن در آب به کمتر از ۵ ppm برسد، بسیاری از موجودات آبی قادر به ادامه زندگی نخواهند بود و چنین آبی هم آلوده محسوب می‌شود.

ولی باکتری‌های غیرهوازی با مصرف بعضی از ناخالصی‌های موجود در آب باعث تولید گازهای متان، آمونیاک، هیدروژن سولفید و یا هیدروژن فسفید ( $\text{PH}_3$ ) می‌شوند. لذا وجود این گازها می‌تواند نشانه آلودگی آب به مواد آلی یا فاضلاب‌های صنایع شیمیایی باشد.

اکسیژن محلول در آب با هیدروژن سولفید ترکیب می‌شود و مطابق واکنش‌های زیر، گوگرد یا یون سولفات تولید می‌کند.



نکته



این گونه واکنش‌های شیمیایی در طبیعت بسیار مهم هستند و به آنها خودپالایی می‌گویند. در نقاطی مانند رودخانه‌ها و آبشارها که آب در مجاورت هوا متلاطم می‌شود، این فرایندها سبب بهبود کیفیت آب می‌شوند و برعکس، وجود برخی از گازها (مثل اکسیژن، کربن دیوکسید و به علت فعالیت زیاد خود) در آب در فرایندهای رسوب‌گذاری و خوردگی بسیار مؤثر هستند.

در آب‌های طبیعی یون بی‌کربنات و کربن دیوکسید وجود دارد و با کربنیک‌اسید یک سامانه بافر به وجود می‌آورند که باعث حفظ pH آب‌های طبیعی از نوسانات شدید می‌شود. این موضوع برای زندگی آبزیان بسیار اهمیت دارد. مقدار pH آب‌های طبیعی در گستره ۵ تا ۸ است. اگرچه pH آب‌گرم‌های معدنی (به علت وجود هیدروژن سولفید، دیگر ترکیبات گوگردی و کربن دیوکسید) می‌تواند به کمتر از ۲ نیز برسد. با اینکه کربن دیوکسید در اثر تماس هوا با آب مقداری در آن حل می‌شود، ولی در آب‌های زیرزمینی غلظت زیاد آن ناشی از تماس آب با مواد آلی در حال پوسیدن است.

بیشتر بدانید



آیا تا به حال آب دریا را چشیده‌اید؟ چه مزه و طعمی دارد؟ چرا؟

پرسش ۲



**ناخالصی‌های یونی و مولکولی:** نمک‌ها پس از حل شدن در آب به صورت کاتیون‌ها (سدیم، آهن، منیزیم، منگنز و کلسیم) و آنیون‌ها (کلرید، سولفات، نیتрат، فسفات، بی‌کربنات، کربنات و هیدروکسید) درمی‌آیند. بسیاری از خصوصیات و فعالیت نمک‌ها ناشی از یونش آنها در آب می‌باشد. حل‌پذیری نمک‌ها در آب بستگی به دما، pH و برخی عوامل دیگر دارد. تلخی آب، به خاطر وجود نمک‌های منیزیم، و مزه گس آن، مربوط به آهن و آلومینیم محلول در آب است. طعم آب دریا به دلیل حضور یون کلر شور و به خاطر یون منیزیم تلخ می‌باشد. معمولاً در آب‌های طبیعی نسبت غلظت کاتیون کلسیم به کاتیون منیزیم نزدیک به دو است، اما در آب دریا این نسبت در حدود ۰/۲ می‌باشد. در نتیجه آب دریا منبع خوبی برای استخراج فلز منیزیم است. گفتمنی است که، بعضی از مواد مانند شکر (ضایعات خروجی از کارخانجات نیشکر) به صورت مولکولی در آب حل می‌شوند.



نکته

مزه گندیدگی آب، ناشی از وجود نمک‌های آلی آب است.



بحث‌گروهی

۲



استفاده از آب‌های تصفیه نشده، چه عیب و مشکلاتی را در پی خواهد داشت؟

### تأثیرات زیان‌بخش ناخالصی‌های آب

با توجه به نقش مهم آب در مصارف خانگی، صنعتی و کشاورزی، هر یک از این ناخالصی‌ها می‌توانند مضرات متعددی را ایجاد کنند؛ مانند رسوب‌گذاری در تجهیزات انتقال گرما، خوردگی در دستگاه‌ها و سطوح گوناگون، بیماری‌زایی، اخلاص در کاربرد مواد شیمیایی و آلوده کردن محصولات صنعتی. از موارد مهم تأثیرات زیان‌بخش ناخالصی‌های آب، وجود برخی از ترکیبات آلی است که نتیجه آن می‌تواند تغییر در مزه، رنگ و بوی آب باشد.

**ناخالصی‌های معلق:** ذرات ریز و درشت جامد و غیرمحلول در آب سبب کدر شدن آن می‌شوند. ذرات درشت‌تر، سریع‌تر ته‌نشین می‌شوند و ذرات ریزتر، دیرتر. عمده این مواد عبارت‌اند از: مواد حاصل از فرسایش زمین در رودخانه‌ها یا سیلاب‌ها (خاک و خرده‌ریزه‌های سنگ‌ها)، موجودات زنده اعم از ذره‌بینی (همانند باکتری‌ها و میکروب‌ها) یا بزرگ‌تر (جلبک‌ها و موجودات مشابه آنها)، مواد ریز کلوییدی (مانند سیلیس)، تعلیق‌ها (سوسپانسیون‌ها)، امولسیون‌ها و گل‌ولای. موجودات زنده مزبور در هر محیطی مثل مخازن، آبگیرها و دریاچه‌ها که نور خورشید را برای تأمین انرژی و نیتروژن و فسفر را برای تغذیه فراهم کنند، تمایل به رشد و تکثیر دارند.

بحث‌گروهی

۳



به نظر شما وجود آلودگی در آب مصرفی صنایع غذایی و نساجی، چه پیامدهایی دارد؟

فیلم آموزشی



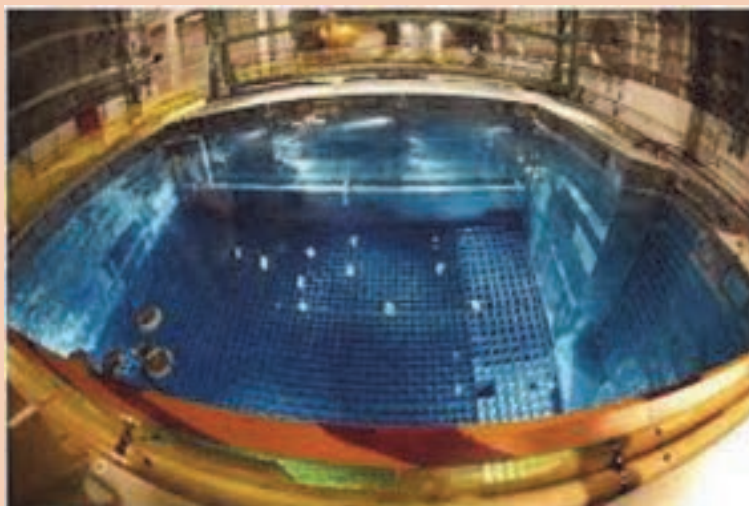
تأثیرات زیان‌بخش ناخالصی‌های آب

## لزوم تصفیه آب

یکی از شرط‌های حفظ سلامتی و بهداشت انسان، استفاده از آب آشامیدنی سالم است. از آنجا که آب آشامیدنی، در بسیاری از نقاط دارای مواد مضر برای انسان (مانند میکروب‌ها، نمک‌های مختلف و مواد شیمیایی) است، لازم است آن را پیش از مصرف و بسته به نوع مصرف تصفیه کرد. تصفیه آب برای مصرف صنعتی دشوارتر و گران‌تر از تصفیه آب برای آشامیدن است. آب در صنایع شیمیایی کاربردهای گوناگونی دارد از جمله:

- ۱ به عنوان ماده اولیه برای تهیه محصول نهایی (به طور مستقیم یا غیرمستقیم).
- ۲ به عنوان ماده واسطه برای جداسازی‌های مختلف ترکیبات از یکدیگر.
- ۳ به عنوان حلال موادی که در واکنش شیمیایی شرکت می‌کنند.
- ۴ به عنوان سپر حفاظتی در برابر گرما و تابش (آب سنگین مورد استفاده در نیروگاه‌های هسته‌ای).
- ۵ به عنوان جزء اصلی مواد مصرفی در آتش‌نشانی.

۱ یکی از کاربردهای آب سنگین، در سامانه‌های هسته‌ای است (شکل زیر)، تحقیق کنید که منظور از آب سنگین چیست؟



یک واکنشگاه هسته‌ای با سپر حفاظتی آب سنگین

۲ آب مصرفی در کشاورزی، چه کیفیتی باید داشته باشد؟

### هزینه‌های تصفیه آب

به دلیل کاربرد روزافزون آب در مصارف خانگی، کشاورزی، آشامیدنی و صنعتی، و محدود شدن هرچه بیشتر منابع آب پاک و سالم، نیاز به تصفیه آب پیوسته بیشتر می‌شود. مناسب‌ترین آب برای مصرف صنعتی، آب بدون یون است، ولی مخارج سرمایه‌ای اولیه و هزینه‌های عملیاتی لازم برای آن خیلی زیاد است. البته هزینه تعمیر و جبران خسارت‌های ناشی از تصفیه نکردن آب، اغلب بیشتر از هزینه تصفیه آب است. تصفیه آب در تصفیه‌خانه صورت می‌گیرد و هدف آن کاهش ناخالصی‌های آب تا حد لازم و معقول است. مطلوب‌ترین کیفیت آب صنعتی، آن است که هزینه تصفیه آب کمتر از هزینه ناشی از مصرف آب تصفیه نشده باشد.

تحقیق کنید  
۲





در مورد منابع آب اطراف محل زندگی خود تحقیق کنید و درباره نوع کاربرد آنها در کلاس گفت‌وگو کنید.

برای مطالعه و بحث دقیق‌تر در مورد آب، خواص و ویژگی‌های آن از سه دیدگاه فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی پیگیری شده است.

## آب از دیدگاه فیزیکی

در این قسمت، تعدادی از خواص و ویژگی‌های فیزیکی آب در قالب شاخص‌های مهم آب مطالعه می‌شود. سنجش و دانستن غلظت همه ناخالصی‌های آب، اگر ناممکن نباشد، بسیار پرهزینه و طولانی خواهد بود. در اغلب موارد لازم نیست که غلظت هر کدام به‌طور جداگانه مشخص شوند. اما با تعیین چند شاخص مهم آب، می‌توان اطلاعات کافی از مشخصات آن به‌دست آورد. مهم‌ترین شاخص‌های فیزیکی آب عبارت‌اند از:

- ۱ میزان کدري
- ۲ شاخص رنگ
- ۳ رسانایی الکتریکی

### فعالیت عملی ۱



#### تشخیص آب تصفیه‌شده از تصفیه‌نشده

در گروه‌های سه نفره، جدول مقایسه‌ای از خواص آب‌های مختلف در دسترس تهیه کنید.

ردیف	نوع آب	بو	رنگ	pH	قابلیت شرب
۱	آب لوله‌کشی				
۲	آب مقطر				
۳	آب رودخانه				
۴	آب دریا				
۵	آب چاه				
۶	آب استخر				
۷	...				

۲ جدولی از خصوصیات مهم آب سالم برای انواع کاربردها تهیه کنید.

۱- Total Dissolved Solids

۲- Turbidity

۳- Color Index

۴- Conductivity

## شاخص غلظت کل مواد جامد محلول در آب

منظور از غلظت کل مواد جامد محلول در آب (TDS) مجموع غلظت همه یون‌های موجود در آب است. برای سنجش آن، آبی را که با عبور از صافی مخصوص، مواد معلق و کلوییدی آن گرفته شده است، به‌عنوان نمونه انتخاب می‌کنند. سپس حجم دقیقی از آن را در یک بوتلهٔ چینی وزن شده، می‌ریزند و در دمای ۱۱۰ درجهٔ سلسیوس تبخیر و خشک می‌کنند. تفاوت جرم بوتله پیش از ریختن نمونه و پس از خشک شدن نمونه روی آن، جرم کل مواد جامد محلول در نمونهٔ آب را نشان می‌دهد. اگر این جرم بر حجم نمونه تقسیم شود، غلظت نمک‌های آب به‌دست می‌آید. معمولاً این غلظت را برحسب ppm یا میلی‌گرم در لیتر گزارش می‌کنند. گسترهٔ TDS آب‌های مختلف در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- گسترهٔ TDS (ppm) آب‌های مختلف

نوع آب	آب دریا	آب‌های شور	مجاز آشامیدنی	مطلوب آشامیدنی	مطلوب صنعتی
TDS	حدود ۴۰۰۰۰	حدود ۱۰۰۰۰	کمتر از ۱۰۰۰	حدود ۵۰۰	کمتر از ۱۰۰

## فعالیت عملی ۲



### اندازه‌گیری شاخص غلظت کل مواد جامد محلول در آب

مواد لازم: انواع آب‌های در دسترس

وسایل لازم:

- ۱ بشر شیشه‌ای
- ۲ استوانهٔ مدرج
- ۳ دماسنج (که تا ۱۲۰ سلسیوس را نشان دهد)
- ۴ ترازوی دقیق
- ۵ آون آزمایشگاهی یا گرمکن با گرمای قابل تنظیم

روش کار:

ابتدا جرم بشر شیشه‌ای را با ترازو اندازه‌گیری و یادداشت کنید. حجم معین و دقیقی از آب کارگاه هنرستان خود را (۵۰ سانتی‌متر مکعب) بردارید و در آن بریزید. بشر را داخل آون با دمای حدود ۷۰ درجهٔ سلسیوس قرار دهید تا تمام آب آن تبخیر شود. اکنون به دقت مقدار جرم بشر را یادداشت کنید. مطابق روش بالا شاخص غلظت کل مواد جامد محلول در آب را به‌دست آورید.

این آزمایش را برای آب‌های موجود دیگر (آب رودخانه، آب استخر، آب چاه) تکرار کنید و شاخص مزبور را برای هر یک به‌دست آورید. جدولی مانند جدول صفحه بعد تهیه کنید. در ستون مربوط به هر شاخص نوع آب را با علامت ضربدر مشخص کنید.

ردیف	نوع آب		آب دریا	آب شور	آشامیدنی مجاز	آشامیدنی مطلوب	مطلوب صنعتی
		نمونه آزمایشی	TDS (ppm)	حدود ۴۰۰۰۰	حدود ۱۰۰۰۰	کمتر از ۱۰۰۰	حدود ۵۰۰
۱	آب رودخانه						
۲	آب استخر						
۳	آب چاه						
۴	آب شهر				×		
۵	...						

### میزان کدری

مواد ریز کلوییدی، کدر بودن نمونه آب را سبب می‌شوند. کدورت در استاندارد چنین تعریف می‌شود: یک خاصیت فیزیکی نمونه که باعث می‌شود نور تابیده شده به نمونه پراکنده و یا جذب شود، ولی عبور نکند. بنابراین برای اندازه‌گیری کدورت، یک منبع نور و دستگاهی برای اندازه‌گیری نور پراکنده شده نیاز است. برای اندازه‌گیری این شاخص، آن را با محلول استاندارد شاخص مقایسه می‌کنند (شکل ۲). واحد کدورت، کدوری نمونه آبی است که حاوی یک قسمت در میلیون (۱ ppm) سیلیس باشد. آب آشامیدنی (برای انسان) باید کدوری کمتر از ۵ واحد داشته باشد.



شکل ۲- چند نمونه از دستگاه کدورت‌سنج با نمونه‌های مربوطه

### فعالیت عملی ۳



#### اندازه‌گیری میزان کدري

مواد لازم: آب‌های مختلف

وسایل لازم:

۱- بشر

۲- دستگاه کدري سنج

روش کار: مطابق روش کار دستگاه کدري سنج موجود در هنرستان خود، میزان کدري آب‌های مختلف را تعیین نمایید و در جدولی یادداشت کنید.

ردیف	نوع آب	میزان کدري
۱	آب لوله کشی	
۲	آب مقطر	
۳	آب رودخانه	
۴	آب دریا	
۵	آب چاه	
۶	آب استخر	
۷	...	

#### شاخص رنگ

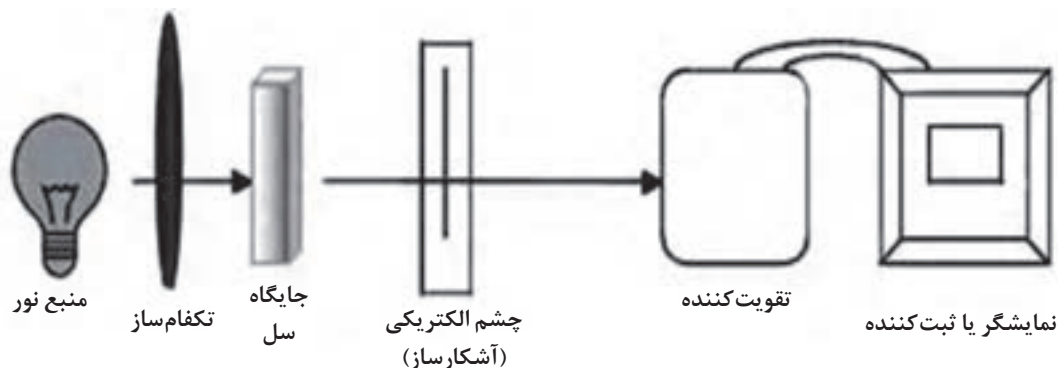
رنگ آب به‌طور کلی به سبب حضور یون‌های فلزی، مواد گیاهی و اجزای خاک است. اصطلاح شاخص رنگ یا واحد رنگ<sup>۱</sup> در واقع به رنگ باقی‌مانده در آب پس از حذف کدري اطلاق می‌شود. برای اندازه‌گیری رنگ آب یا پساب، در روش رنگ‌سنجی از مقایسه آن با رنگ استاندارد یک نمک کمپلکس پلاتین و کبالت استفاده می‌شود. آب خالص بی‌رنگ است، اما مواد معلق یا محلول در آن می‌توانند آب را رنگی کنند. مثلاً یون‌های آهن تولید رنگ قهوه‌ای و اسیدهای آلی، رنگ زرد تولید می‌کنند. برای بی‌رنگ کردن آب می‌توان از فرایندهای اکسایش، جذب سطحی<sup>۲</sup> یا کلوخگی<sup>۳</sup> استفاده کرد. رنگ‌سنجی به اندازه‌گیری طول موج و شدت تابش الکترومغناطیسی منطقه قابل مشاهده از طیف نوری اطلاق می‌شود. به کمک رنگ‌سنجی می‌توان میزان غلظت مواد در محلول‌ها را اندازه‌گیری کرد، زیرا که مقدار رنگ و نور جذب‌شده یا انتقال‌یافته به خواص محلول بستگی دارد.

۱- Color Unit

۲- Adsorption

۳- Agglomeration

دستگاه رنگ‌سنج (شکل ۳) نیز در واقع یک وسیله اندازه‌گیری است که می‌تواند مقدار نور یا طیف عبوری از محلول‌ها را، با مقدار یا طیف نوری که از میان نمونه خالص آن محلول عبور می‌کند، مقایسه کند. در شکل ۴ یک نمونه واقعی دستگاه رنگ‌سنج نشان داده شده است.



شکل ۳- اجزای داخلی دستگاه رنگ‌سنج



شکل ۴- دستگاه رنگ‌سنج

#### فعالیت عملی ۴



#### اندازه‌گیری شاخص رنگ

مواد لازم: آب‌های مختلف

وسایل لازم:

۱ بشر

۲ دستگاه رنگ‌سنج

روش کار:

مطابق روش کار دستگاه رنگ‌سنج موجود در هنرستان خود، شاخص رنگ آب‌های مختلف را تعیین و در جدولی یادداشت کنید.

شاخص رنگ	نوع آب	ردیف
	آب لوله‌کشی	۱
	آب مقطر	۲
	آب رودخانه	۳
	آب دریا	۴
	آب چاه	۵
	آب استخر	۶
	...	۷

## رسانایی الکتریکی<sup>۱</sup> آب

رسانایی الکتریکی آب (EC)، نشان‌دهنده قدرت یونی یک محلول برای انتقال جریان برق است. واحد هدایت الکتریکی، مو بر سانتی متر<sup>۲</sup> یا زیمنس است.

نکته



واحد مقاومت الکتریکی اهم<sup>۳</sup> است و چون هدایت الکتریکی عکس مقاومت است، از این رو واحد آن مو است. مو بر سانتی متر عدد بزرگی است، از این رو معمولاً از واحد میکرومو بر سانتی متر ( $\mu\text{mho/cm}$ ) استفاده می‌شود که یک میلیون برابر کوچک‌تر است. رسانایی الکتریکی آب خالص در  $25^\circ\text{C}$  برابر است با  $0.056 \mu\text{mho/cm}$ . چون در محلول‌ها، یون‌ها جریان برق را منتقل می‌کنند، از این رو EC با TDS رابطه دارد. در محلول‌های رقیق ارتباط این دو متغیر به صورت  $\text{TDS} = 0.5\text{EC}$  است.

## فعالیت عملی ۵



### اندازه‌گیری رسانایی الکتریکی آب

مواد لازم: آب‌های مختلف

وسایل لازم:

۱- بشر

۲- دستگاه رسانایی سنج

روش کار:

مطابق روش کار دستگاه رسانایی سنج موجود در هنرستان خود، رسانایی الکتریکی آب‌های مختلف را تعیین، و در جدولی یادداشت کنید.

ردیف	نوع آب	رسانایی الکتریکی
۱	آب لوله‌کشی	
۲	آب مقطر	
۳	آب رودخانه	
۴	آب دریا	
۵	آب چاه	
۶	آب استخر	
۷	...	



## آب از دیدگاه شیمیایی

در این قسمت به مطالعه برخی از خواص آب از دیدگاه شیمی مانند pH، سختی، شاخص قلیائیت و شاخص آلودگی‌های آلی پرداخته شده است.

### غلظت یون هیدروژن (pH)

با دستگاه pH متر، فقط غلظت یون هیدروژن اندازه‌گیری می‌شود، اما به خاطر اهمیت آن در رفتار آب، می‌توان ادعا کرد که هیچ آزمونی بدون تعیین pH آب، کامل نخواهد بود. نمونه‌های زیر دلیلی بر این ادعا هستند:

- حل‌پذیری و غلظت بعضی از گازها، مانند کربن دی‌اکسید و آمونیاک تابعی از pH آب است.
- در تصفیه آب با رزین‌های تبادل یونی، pH آب ورودی به ستون تبادل باید در گستره مناسب نوع رزین باشد.
- در فرایند زدودن رنگ، بو و مواد آلی از آب (با جذب سطحی روی کربن فعال) تنظیم pH نقشی اساسی دارد.
- در تصفیه زیست شیمیایی پساب‌ها، رشد باکتری‌ها و پیشرفت کار بستگی کامل به تنظیم pH محیط دارد.

برای سنجش pH نمونه‌های آب، می‌توان از شناساگرهای رنگی<sup>۱</sup> استفاده کرد. این روش سریع و بسیار ارزان، اما با دقتی نه چندان زیاد است.

## فعالیت عملی ۶



### اندازه‌گیری شاخص غلظت یون هیدروژن (pH)

مواد لازم: آب مقطر

وسایل لازم:

- ۱ بشر
- ۲ استوانه مدرج
- ۳ چند شناساگر رنگی مختلف
- ۴ کاغذ pH
- ۵ دستگاه pH سنج

### روش کار:

ابتدا حجم معینی از انواع آب‌های در دسترس را بردارید و در بشرهای مختلف بریزید. سپس pH آنها را توسط شناساگرهای رنگی، کاغذی و دستگاهی تعیین، و در جدولی یادداشت کنید. از مقایسه آنها چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

pH			نوع آب	ردیف
دستگاهی	شناساگر کاغذی	شناساگر رنگی		
			آب لوله‌کشی	۱
			آب مقطر	۲
			آب رودخانه	۳
			آب دریا	۴
			آب چاه	۵
			آب استخر	۶
			...	۷

## سختی آب



به تصویر روبه‌رو بنگرید. به نظر شما این تصویر چه پدیده‌ای را نشان می‌دهد؟

پرسش ۳



اندازه‌گیری سختی یکی از عامل‌های شیمیایی مهم آب است. آب آشامیدنی باید مقداری سختی داشته باشد، سختی آب به کاتیون‌های دو ظرفیتی کلسیم و منیزیم مربوط می‌شود. در آب‌های صنعتی، سختی آب با ایجاد رسوب مسئله‌ساز است. انواع سختی آب، به شرح زیر تعریف می‌شود:

**سختی کل<sup>۱</sup> آب:** از آنجا که غلظت یون‌های کلسیم و منیزیم در آب‌های طبیعی بسیار بیشتر از یون‌های دیگر است، از این رو در تصفیه آب، مجموع غلظت یون‌های کلسیم و منیزیم را به‌عنوان سختی کل آب (TH) در نظر می‌گیرند.

۱- Total Hardness

**سختی موقت یا بی کربناتی:** از نظر علمی به بخشی از سختی آب که به صورت نمک‌های بی کربنات است، با گرم کردن از بین می‌رود و به صورت رسوب کربنات از آب جدا می‌شود، سختی موقت گفته می‌شود. **سختی دائم یا سختی غیر کربناتی:** به بخشی از سختی کل که به صورت نمک‌های غیر کربناتی است (مانند سولفات، کلرید و یا نیترات)، و با گرما دادن تجزیه نمی‌شود، سختی دائم می‌گویند.

**مثال:** در جدول ۲، آزمون ترکیب یک نمونه آب خام تصفیه نشده آمده است:

جدول ۲- ترکیب یک نمونه آب خام

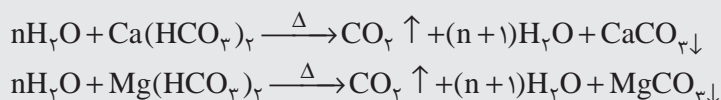
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	OH <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	یون
۵۰۰	۳۰۰	۲۰۰	۵۰	۵۰	۱۵۰	۵۰۰	معادل کربناتی <sup>۱</sup> (ppm)

سختی موقت و سختی دائم این نمونه آب را بر حسب معادل کربناتی هر یک به دست آورید.

**حل:**

سختی موقت همیشه برابر یا کمتر از غلظت بی کربناتی، یعنی برابر با ۵۰۰ ppm است. سختی دائم (غیر کربناتی) بر حسب ppm معادل کربناتی مساوی است با اختلاف سختی کل منهای سختی موقت. پس: ۳۰۰ = ۵۰۰ - ۲۰۰

به نظر شما، دلیل تشکیل رسوب در کتری و سماور چیست؟ همچنین در مورد واکنش‌های زیر چه نظری دارید؟



- ۱ کدام یک از نمک‌های زیر باعث سختی موقت آب می‌شوند؟ کلسیم سولفات، سدیم کربنات، منیزیم بی کربنات، سدیم سولفات
- ۲ به نظر شما مشکل سختی آب چه راهکاری دارد؟

بحث گروهی  
۴



پرسش ۴



۱- به منظور رسیدن به یک مبنای مشترک در اعلام سختی آب‌ها، مقدار هم‌ارزگرم نمک‌های موجود در آب را در ۵۰ یعنی هم‌ارزگرم کلسیم کربنات ضرب کرده، آن را معادل کربناتی می‌نامند.



تعیین سختی کل

مواد و وسایل لازم	
ارلن ۲ عدد کاغذ pH وسایل سنجش حجمی	محلول بافر آمونیوم کلرید + آمونیاک EDTA شناساگر EBT <sup>۱</sup> شناساگر کالکن سود ۲ نرمال

طرز تهیه محلول بافر

محلول بافر (pH=۱۰): مقدار ۵ گرم آمونیوم کلرید را در آب مقطر حل کنید و پس از افزودن ۵۵ میلی لیتر آمونیاک غلیظ، با آب مقطر آن را به حجم صد میلی لیتر برسانید.

طرز تهیه محلول ۰/۰۱ نرمال EDTA

۱/۸۶ گرم از نمک (Na<sub>۲</sub>C<sub>۱۰</sub>H<sub>۱۴</sub>O<sub>۸</sub>N<sub>۲</sub> · ۲H<sub>۲</sub>O) دی سدیم اتیلن دی آمین تتراستیک اسید خالص را که در آن در دمای ۸۰ درجه سلسیوس خشک شده است، به حجم ۵۰۰ میلی لیتر برسانید.

روش کار اندازه گیری سختی کل

۱ ۲۵ میلی لیتر از نمونه آبی را در ارلن بریزید و ۲- ۱/۵ میلی لیتر محلول بافر آمونیوم کلرید + آمونیاک به آن اضافه کنید (pH = ۱۰ - ۱۰/۵).

۲ پس از افزودن ۴ قطره شناساگر EBT، تا رسیدن به رنگ آبی خالص با محلول EDTA ۰/۰۱ مولار سنجش (تیتراژ) کنید. این عملیات باید خیلی سریع انجام شود. حجم مصرفی محلول EDTA را یادداشت کنید (V<sub>۱</sub>).

روش کار اندازه گیری سختی کلسیم

۱ ۲۵ میلی لیتر از نمونه را در ارلن بریزید و ۱-۱/۵ میلی لیتر سدیم هیدروکسید ۲ نرمال (pH=۱۲) به آن اضافه کنید.

۲ پس از افزودن ۴ قطره معرف کالکن، با EDTA ۰/۰۱ مولار تا رسیدن به رنگ آبی خالص تیتراژ کنید. حجم مصرفی را یادداشت کنید (V<sub>۲</sub>).

محاسبات

سختی کل (غلظت یون کلسیم و منیزیم)  $V_1 \times 10 = \text{ppm}$

سختی کلسیم (غلظت یون کلسیم)  $V_2 \times 10 = \text{ppm}$

سختی منیزیم (غلظت منیزیم)  $(V_1 - V_2) \times 10 = \text{ppm}$

۱- Eriochrome Black T



اندازه‌گیری سختی موقت آب (H<sub>t</sub>)

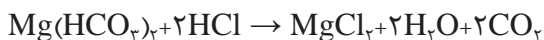
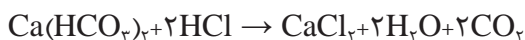
مواد و وسایل مورد نیاز	
آب طبیعی ۱۰۰-۲۰۰ میلی‌لیتر شناساگر نارنجی متیل محلول استاندارد HCl، ۰/۱N	استوانهٔ مدرج ۱۰۰ میلی‌لیتری ارلن ۵۰۰ یا ۲۵۰ میلی‌لیتری گیرهٔ بورت، میله و پایه بورت بورت ۱۰۰ یا ۵۰ میلی‌لیتری

روش کار

- یک استوانهٔ مدرج ۱۰۰ میلی‌لیتری را ابتدا با آب و سپس با آب مقطر بشویید. آن گاه ۱۰۰ میلی‌لیتر آب طبیعی را درون آن بریزید تا به خط نشانهٔ ۱۰۰ برسد. تمام آن را به یک ارلن ۲۵۰ یا ۵۰۰ میلی‌لیتری منتقل کنید.
- ۱ یا ۲ قطره شناساگر نارنجی متیل را اضافه، و با محلول استاندارد HCl موجود در بورت تیترا کنید.
- نقطهٔ پایانی سنجش حجمی با تغییر رنگ محلول از زرد به نارنجی مشخص می‌شود. به محض تغییر رنگ، افزودن محلول HCl را متوقف کنید.
- این آزمایش را با همین مقادیر دو بار دیگر تکرار کنید، و میانگین حجم محلول HCl مصرف شده را به دست آورید.

محاسبه

محلول اسید فقط بی‌کربنات‌های کلسیم و منیزیم را خنثی می‌کند.



تعداد هم‌ارزهای اسید به کار رفته در سنجش حجمی معادل تعداد هم‌ارزهای بی‌کربنات‌های کلسیم و منیزیم موجود در آب مورد سنجش است.

نظر به اینکه نرمالیتتهٔ محلول عبارت از تعداد هم‌ارزگرم‌های جسم حل‌شده در یک لیتر محلول، یا تعداد میلی‌هم‌ارزگرم‌ها در یک میلی‌لیتر محلول است، حاصل ضرب نرمالیتتهٔ هیدروکلریک اسید در تعداد میلی‌لیترهای مصرف‌شدهٔ آن در سنجش حجمی برابر با تعداد میلی‌هم‌ارزگرم‌های بی‌کربنات‌های موجود در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب است. سختی موقت، H<sub>t</sub>، با ضرب این حاصل‌ضرب در عدد ۱۰ به دست می‌آید.  
سختی موقت را با معادلهٔ زیر می‌توان محاسبه کرد:

$$H_t = V_{\text{HCl}} \times N_{\text{HCl}} \times 10$$

براساس فعالیت انجام شده، جدول را پر کنید:

۱	۲	۳	داده / نتیجه
			حجم نمونه آب
			نرمالیتة HCl مصرف شده
			حجم HCl مصرف شده
			تعداد هم‌ارز گرم HCl مصرف شده
			تعداد هم‌ارز گرم برای یک لیتر آب
			تعداد میلی هم‌ارز $Ca^{2+}$ و $Mg^{2+}$
			سختی موقت میلی هم‌ارز گرم در لیتر

با توجه به فعالیت ۸، مقدار سختی دائم آب را به دست آورید.

پرسش ۵



آب سخت برای نوشیدن مناسب نیست، زیرا نه تنها مزه و گوارایی خود را از دست داده است، بلکه می‌تواند ضررهایی بر روی دستگاه گوارش یا کلیه‌های انسان داشته باشد. البته از سوی دیگر، معمولاً آشامیدن آب سخت بهبودی زودتر استخوان‌های شکسته را به همراه دارد و بیماری راشیتیسم (نرمی استخوان) هم کمتر در این اشخاص دیده می‌شود.

بیشتر بدانید



طبق استاندارد شماره ۱۰۵۳ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ویرایش ۵ مورخه ۱۳۸۸/۱۲/۱۱ میزان مطلوب سختی در آب ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر برحسب کلسیم کربنات و بیشترین مقدار مجاز آن ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر برحسب کلسیم کربنات است. گفتنی است که سازمان جهانی بهداشت حدی برای سختی آب توصیه نکرده است و واحد مجاز اشاره شده در آن از نظر فنی - مهندسی و اقتصادی است.

در مورد مزیت سختی آب تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید

۴

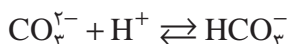


شاخص قلیایی آب برابر با مجموع غلظت یون‌های کربنات، بی‌کربنات و هیدروکسید موجود در آن است. غلظت آنیون‌های دیگر مانند سیلیکات، بورات یا فسفات در مقایسه با غلظت این سه یون قابل چشم‌پوشی هستند. دانستن شاخص قلیایی آب به همراه دانستن pH آب مهم است. در حقیقت، pH آب نشانه قدرت اسیدی آب، اما شاخص قلیایی نشان‌دهنده مقاومت آب در برابر تغییرات pH هستند. البته در موارد ضروری تصفیه آب، دانستن غلظت هر یک از آنیون‌ها مهم است، و تنها دانستن مجموع غلظت آنیون‌های تشکیل‌دهنده قلیایی بودن کفایت نمی‌کند.

با توجه به آنچه که گفته شد، با اندازه‌گیری غلظت هر یک از سه آنیون تشکیل‌دهنده قلیایی بودن (کربنات، بی‌کربنات و هیدروکسید)، سنجش دو نوع شاخص قلیایی انجام می‌گیرد. این دو نوع شاخص عبارت‌اند از: شاخص قلیایی ساده یا قلیایی بودن نسبت به فنول فتالئین (P) و شاخص قلیایی کل یا قلیایی بودن نسبت به نارنجی‌متیل (M). به منظور اندازه‌گیری شاخص قلیایی یک نمونه آب، از شناساگرهای رنگی (برای مشخص شدن نقطه پایانی سنجش حجمی) و اسید استفاده می‌شود.

### شاخص قلیایی ساده یا قلیایی بودن نسبت به فنول فتالئین (P)

فنول فتالئین در سنجش شاخص قلیایی ساده استفاده می‌شود و شامل آنیون‌هایی است که در pH بالاتر از ۸/۳ به وسیله یک اسید استاندارد و در حضور شناساگر فنول فتالئین تیتیر می‌شوند. به این منظور، ابتدا به ۱۰۰ میلی‌لیتر از نمونه آب مورد نظر ۳ تا ۴ قطره فنول فتالئین افزوده می‌شود. وجود قلیایی بودن ساده در صورت مشاهده رنگ ارغوانی در محلول، و قلیایی بودن ساده صفر در صورت مشاهده نشدن آن، نتیجه آزمایش خواهد بود. سپس، با به هم زدن کامل نمونه و اضافه کردن تدریجی سولفوریک اسید ۰/۰۲ نرمال تا از میان رفتن رنگ ارغوانی به تیتراسیون نمونه آب ادامه داده می‌شود. در این هنگام pH نمونه آب در نقطه پایانی باید در حدود ۸/۳ باشد. در طی این آزمایش، یون هیدروژن اسید مصرف شده، ابتدا یون هیدروکسید را تا رسیدن به این pH خنثی می‌کند و سپس صرف تبدیل یون کربنات به یون بی‌کربنات می‌شود. واکنش‌های انجام شده تا این مرحله به صورت زیر است:



از آنجایی که هر هم‌ارز یون هیدروژن (اسید) با یک هم‌ارز هیدروکسید یا کربنات ترکیب می‌شود، پس تعداد هم‌ارزهای اسید مصرف شده با تعداد هم‌ارزهای یون‌های تشکیل‌دهنده قلیایی بودن برابر می‌باشد. سولفوریک اسید ۰/۰۲ نرمال دارای ۰/۰۲ هم‌ارز یون هیدروژن در هر لیتر است. لذا هر سانتی‌متر مکعب اسید حاوی ۰/۰۲ میلی‌هم‌ارز یون هیدروژن است. به بیان دیگر، با مصرف هر سانتی‌متر مکعب اسید، ۰/۰۲ میلی‌هم‌ارز شاخص قلیایی خواهیم داشت (و تفاوتی هم نمی‌کند که یون قلیایی هیدروکسید باشد یا کربنات).

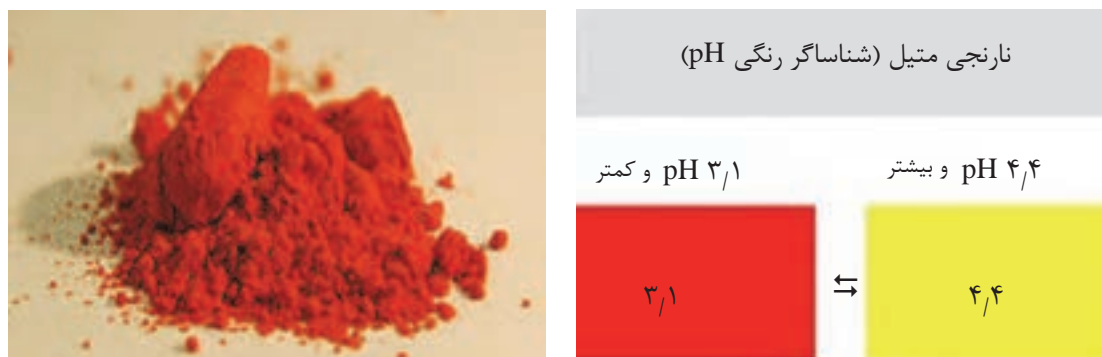
با توجه به ۱۰۰ میلی‌لیتر حجم نمونه آب، در هر لیتر آن ۰/۲ میلی‌هم‌ارز شاخص قلیایی (یعنی ده برابر ۰/۰۲ میلی‌هم‌ارز) وجود دارد. اگر میلی‌هم‌ارز در لیتر در ۵۰ ضرب شود، میلی‌گرم در لیتر معادل کربنات کلسیمی به دست خواهد آمد (زیرا هم‌ارز = جرم مولکولی کلسیم کربنات تقسیم بر ظرفیت ۲ آن). پس هر میلی‌لیتر (یک سانتی‌متر مکعب) اسید مصرف شده معرف ۰/۲ × ۵۰ یا ۱۰ ppm شاخص قلیایی معادل کلسیم کربنات است.



- در صورت تماس فنول فتالین با چشم، به مدت دست کم ۱۵ دقیقه چشم‌ها را با آب بشویید. سپس به پزشک مراجعه کنید.
- در صورت تماس با پوست، فوراً آن محل را با آب سرد فراوان بشویید. محل تماس را با پماد سوختگی بیوشانید. همچنین لباس‌ها و کفش‌های آلوده را درآورید و آنها را با آب سرد به خوبی بشویید. سپس به پزشک مراجعه کنید.
- در صورت تنفس، مصدوم را به محوطه هوای آزاد ببرید. اگر تنفس او قطع شده است، به او تنفس مصنوعی بدهید. اگر نفس کشیدن برای مصدوم سخت است، به او اکسیژن بدهید. سپس به پزشک مراجعه شود.

### شاخص قلیایی کل یا قلیایی بودن نسبت به نارنجی متیل (M)

شناساگر نارنجی متیل برای سنجش شاخص قلیایی کل به کار می‌رود، و شامل آنیون‌هایی می‌شود که در pH بالاتر از ۴/۳ توسط یک اسید استاندارد و در حضور شناساگر نارنجی متیل تیترا می‌شوند (شکل ۵).



شکل ۵ - شناساگر رنگی نارنجی متیل

برای این کار، ابتدا چند قطره نارنجی متیل به نمونه آبی که شاخص قلیایی ساده آن در مرحله پیش به دست آمد، اضافه می‌شود. سپس تیترا کردن نمونه آب ادامه می‌یابد تا رنگ آن از بی رنگ به زرد و سپس به نارنجی متمایل به قرمز تغییر کند، pH در این مرحله باید در حدود ۴/۵ باشد. واکنش‌های شیمیایی این مرحله به قرار زیر هستند:



شاخص قلیایی کل، برابر با مجموع اسید مصرف شده در دو مرحله قلیایی بودن ساده و تغییر رنگ شناساگر نارنجی متیل است. ظاهر شدن بی کربنات ضمن تغییر رنگ نارنجی متیل، برابر با مجموع بی کربنات احتمالی در خود آب، و نیز بی کربنات حاصل از تبدیل کربنات در مرحله سنجش شاخص قلیایی ساده است. در مثال پیشین، با استفاده از ۱۰۰ میلی لیتر از نمونه آب و سولفوریک اسید ۰/۰۲ نرمال، شاخص قلیایی نمونه بر حسب ppm معادل کربناتی برابر خواهد بود با:

$$P = 10 \times (\text{میلی لیتر اسید مصرف شده تا نقطه بی رنگ شدن رنگ ارغوانی})$$

$$M = 10 \times (\text{حجم کل اسید مصرفی بر حسب میلی لیتر})$$





- از تماس مستقیم نارنجی متیل با بدن و پوست خودداری شود. این ماده ممکن است باعث صدمه رساندن به دستگاه تنفس، گوارش، چشم یا پوست شود.
- در صورت تماس با چشم دست کم ۱۵ دقیقه چشم‌ها را با آب فراوان بشویید (همراه با بلند کردن پلک‌های بالا و پایین). در صورت تماس با پوست یا لباس شست‌وشو با آب و صابون الزامی است.

### رابطه pH و غلظت هر یک از آنیون‌های تشکیل دهنده قلیایی بودن

معمولاً در بین سه آنیون تشکیل دهنده قلیایی بودن، دست کم غلظت یکی از آنها قابل چشم‌پوشی است. زیرا در اثر کم شدن pH آب، یون‌های کربنات به بی کربنات و گاز کربن دی‌اکسید تبدیل می‌شوند. چند مثال کمی در این مورد، در جدول ۳ آورده شده است.

#### جدول ۳- ارتباط میان pH و غلظت هر یک از آنیون‌های تشکیل دهنده قلیائیت

مواد موجود در آب	گستره pH
تنها گاز $\text{CO}_2$	کمتر از ۵
غلظت بسیار اندک $\text{OH}^-$ در مقایسه با غلظت کربنات یا بی کربنات	کمتر از ۹
غلظت تقریباً صفر بی کربنات	بیشتر از ۱۱/۵
فقط یون کربنات	بیشتر از ۱۲

در جدول ۴ ارتباط میان غلظت آنیون‌های قلیایی با شاخص‌های قلیایی کل و قلیایی ساده دیده می‌شود.

#### جدول ۴- ارتباط میان غلظت آنیون‌های قلیایی با شاخص‌های قلیایی کل و قلیایی ساده

غلظت آنیون‌های قلیایی	$P = M$	$P > (M/2)$	$P = (M/2)$	$P < (M/2)$	$P = 0$
هیدروکسید	P	$2P - M$	صفر	صفر	صفر
کربنات	صفر	$2(M - P)$	$2P$	$2P$	صفر
بی کربنات	صفر	صفر	صفر	$M - 2P$	M

البته توجه داشته باشید که مثلاً در ستون چهارم از راست، فقط کربنات خواهیم داشت و مقدار شاخص قلیایی ساده نصف شاخص قلیایی کل است. ضمن اندازه‌گیری، شاخص قلیایی تبدیل به بی‌کربنات می‌شود. هم‌چنین، شاخص قلیایی کل بی‌کربنات به کربن دی‌اکسید تبدیل می‌شود. چون غلظت شاخص قلیایی کل بی‌کربنات در این روش اندازه‌گیری برابر با غلظت کربنات اولیه است، اسید مصرفی ضمن اندازه‌گیری شاخص قلیایی کل و شاخص قلیایی ساده مساوی است. در نتیجه مقدار P نصف M می‌شود.

**مثال ۱:** برای تعیین شاخص قلیایی، در آزمایشی، ۱۰۰ میلی‌لیتر از نمونه آبی با سولفوریک اسید ۰/۰۲ N نرمال سنجش حجمی می‌شود. برای رسیدن به  $pH = ۸/۳$ ، مقدار ۵۰ میلی‌لیتر سولفوریک اسید مصرف شده است. مطلوبست محاسبه M و P.

### حل

چون، شاخص قلیایی به روش استاندارد اندازه‌گیری شده است، پس هر میلی‌لیتر سولفوریک اسید ۰/۰۲ N مصرف شده برابر ۱۰ ppm معادل کربناتی است. تا  $pH = ۸/۳$ ، فقط P اندازه‌گیری می‌شود. پس:

$$P = ۱۰ \times ۵۰ = ۵۰۰ \text{ ppm}$$

چون سنجش حجمی تا  $pH = ۴/۵$  انجام نشده است، پس نمی‌توان شاخص قلیایی کل را محاسبه کرد.

**مثال ۲:** شاخص قلیایی آبی نسبت به فنول‌فتالین برابر صفر و نسبت به نارنجی‌متیل به صورت زیر است. مقدار یون‌های کربنات، بی‌کربنات و هیدروکسید موجود در آب محاسبه شود؟

$$M = ۳۳۰ \text{ ppm (CaCO}_3\text{) برحسب}$$

### حل

شاخص قلیایی صفر نسبت به فنول‌فتالین، صفر بودن شاخص قلیایی ساده را نشان می‌دهد و با توجه به جدول ۴، در آب تنها یون بی‌کربنات وجود دارد و مقدار آن برابر مقدار شاخص قلیایی نسبت به نارنجی‌متیل است.

$$[\text{HCO}_3^-] = M = ۳۳۰ \text{ (برحسب CaCO}_3\text{ ppm)}$$

با توجه به اینکه هم‌ارز گرم کلسیم کربنات برابر ۵۰ گرم است، لذا مقدار یون بی‌کربنات موجود در آب برحسب هم‌ارز گرم برابر است با:

$$[\text{HCO}_3^-] = ۳۳۰ \div ۵۰ = ۶/۶ \text{ میلی‌اکی‌والان گرم در لیتر}$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] = ۰$$

$$[\text{OH}^-] = ۰$$

**مثال ۳:** شاخص قلیایی آبی نسبت به فنول‌فتالین و نارنجی‌متیل به صورت مقادیر زیر است. مقادیر یون‌های بی‌کربنات، کربنات و هیدروکسید موجود در آب را محاسبه کنید؟

$$M = ۲۹۳ \text{ ppm (CaCO}_3\text{) برحسب}$$

$$P = ۱۰۰ \text{ ppm (CaCO}_3\text{) برحسب}$$

## حل

چون مقدار  $P < \frac{M}{2}$  است پس با توجه به جدول (۴) تنها یون‌های کربنات و بی‌کربنات در آب موجود است و مقدار آنها عبارت‌اند از:

$$[\text{CO}_3^{2-}] = 2P = 2 \times 100 = 200 \text{ ppm (برحسب } \text{CaCO}_3 \text{)}$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] = 200 \div 50 = 4 \text{ میلی‌هم‌ارز گرم در لیتر}$$

$$[\text{HCO}_3^-] = M - 2P = 293 - 2 \times 100 = 93 \text{ ppm (برحسب } \text{CaCO}_3 \text{)}$$

$$[\text{HCO}_3^-] = 93 \div 50 = 1/86 \text{ میلی‌هم‌ارز بر لیتر}$$





$$[\text{OH}^-] = 0$$

### نکات قابل توجه در مورد ارتباط میان pH و شاخص قلیایی

- ۱ یون‌های هیدروکسید و کربنات غلظت قابل توجهی در pH‌های قلیایی دارند و شاخص قلیایی ساده نماد غلظت آنهاست. به طوری که شاخص قلیایی ساده در pH کمتر از ۸/۳ وجود ندارد. پس افزایش شاخص قلیایی ساده، به معنای افزایش pH است.
- ۲ با کاهش شاخص قلیایی ساده و افزایش شاخص قلیایی کل، از میزان pH آب کاسته می‌شود.
- ۳ با کاهش pH آب به کمتر از ۴/۵، مقدار شاخص قلیایی کل به صفر می‌رسد.
- ۴ با توجه به موارد بالا، دو pH ۴/۵ و ۸/۳ در تصفیه آب مهم هستند.
- ۵ pH آب طبیعی به هر دو شاخص قلیایی ساده و کل بستگی دارد (جدول ۵).

### جدول ۵- ارتباط میان رنگ شناساگر، pH، شاخص قلیایی ساده و شاخص قلیایی کل

PH	< ۰	۰ - ۴/۵	۴/۵ - ۸/۳	۸/۳ - ۱۲/۰	> ۱۲/۰
شرایط	به شدت اسیدی	اسیدی	اسیدی و خنثی	بازی	به شدت بازی
رنگ	نارنجی	بی‌رنگ	بی‌رنگ	صورتی مایل به ارغوانی	بی‌رنگ
تصویر برای شناساگر فنل‌فتالین					
شاخص قلیایی ساده		(P = ۰) بی‌رنگ	(P = ۰) بی‌رنگ	(P > ۰) ارغوانی	(P > ۰)
شاخص قلیایی کل	(M = ۰)	نارنجی متمایل به قرمز (M = ۰)	زرد (M > ۰)		(M > ۰)

PH	۲	۳	۴	۴/۵	۴/۵ - ۸/۳	> ۸/۳
شرایط	اسیدی	اسیدی	اسیدی	اسیدی		
تصویر برای شناساگر متیل نارنجی						
شاخص قلیایی ساده	بی‌رنگ (P=۰)	بی‌رنگ (P=۰)	بی‌رنگ (P=۰)	بی‌رنگ (P=۰)	بی‌رنگ (P=۰)	(P>۰)
شاخص قلیایی کل	نارنجی متمایل به قرمز (M=۰)	نارنجی متمایل به قرمز (M=۰)	نارنجی متمایل به قرمز (M=۰)	نارنجی متمایل به قرمز (M=۰)	زرد (M>۰)	زرد (M>۰)

تحقیق کنید  
۵



آیا توجه کرده‌اید که آب رودخانه‌ها با وجود ورود مواد زیاد به آنها، چرا این قدر تمیز می‌مانند؟ آیا دلیل آن را می‌دانید؟

متأسفانه برخی از صنایع، شهرها و مزارع با رها کردن پساب خود در رودها، برکه‌ها و دریاها موجب مرگ آبزیان می‌شوند (شکل ۶). خوشبختانه در سال‌های اخیر با فرهنگ‌سازی، وضع و اجرای قوانین زیست‌محیطی در جهت کاهش موارد تلاش می‌شود. حتی در مواردی برای پیشگیری از نابودی نسل ماهیان، تعداد زیادی بچه‌ماهی پس از پرورش در محیط‌های حفاظت‌شده به محل‌های زیست آنها رها می‌شود. در شکل ۷، آغاز رهاسازی بچه‌ماهی‌های استخوانی در سفیدرود استان گیلان را می‌بینید.



شکل ۶- مرگ تعداد زیادی ماهی به دلیل رها کردن پساب در رودخانه  
شکل ۷- آغاز رهاسازی بچه‌ماهی‌های استخوانی در سفیدرود



تعیین شاخص‌های قلیایی ساده و کل

مواد و وسایل مورد نیاز	
<p>ارلن بورت ۵۰ میلی لیتر استوانه مدرج</p>	<p>سولفوریک اسید ۰/۰۲ N شناساگر فنول فتالین و نارنجی متیل</p>

روش کار

- در ارنلی ۲۵ میلی لیتر آب مقطر بریزید، ۲ تا ۳ قطره شناساگر نارنجی متیل و ۲ قطره سولفوریک اسید ۰/۰۲ N اضافه کنید، رنگ نارنجی ظاهر می شود (نمونه شاهد).
- ۲۵ میلی لیتر از نمونه آب را در یک ارنل تمیز بریزید و به آن ۱۰-۸ قطره شناساگر فنول فتالین اضافه کنید و سپس با سولفوریک اسید ۰/۰۲ N تیترا کنید تا محلول بی رنگ شود. حجم اسید مصرفی را یادداشت کنید ( $V_1$ ).
- در ادامه سنجش حجمی به محلول فوق ۲ تا ۳ قطره شناساگر نارنجی متیل اضافه کنید. محلول زرد رنگ می شود. دوباره با سولفوریک اسید ۰/۰۲ N آن را سنجش کنید تا محلول نارنجی رنگ شود (مشابه رنگ محلول شاهد) حجم اسید مصرفی را یادداشت کنید ( $V_2$ ). ( $V_2$  حجم کل است که  $V_1$  را نیز دربر می گیرد).

محاسبه

$$P = 10 \times v_1 \text{ ppm} \quad \text{معادل کربناتی}$$

$$M = 10 \times v_2 \text{ ppm} \quad \text{معادل کربناتی}$$

شاخص آلودگی های آلی

بعضی از مواد آلی به صورت ذرات کلوییدی محلول در آب هستند. آلاینده های آلی ممکن است باعث ایجاد بو، رنگ و طعم نامطبوع در آب شوند. به خاطر تنوع زیاد مواد آلی و نیاز به آزمایش های طولانی و گاهی پرهزینه، روش معمول این است که ناخالصی های آلی را با چند آزمون شاخص گزارش کنند. این آزمون های شاخص در عین سهولت و ارزانی، نشانه های خوبی از آلودگی آب به مواد آلی هستند. واحد این شاخص ها  $\text{mg/L}$  یا  $\text{ppm}$  است. سنجش میزان مواد آلی موجود در آب، به روش های گوناگونی انجام می شود. مانند اندازه گیری مواد فرّار، اندازه گیری کل مواد جامد،  $\text{BOD}^1$ ،  $\text{COD}^2$  و  $\text{DO}^3$  است.

۱- Biological Oxygen Demand

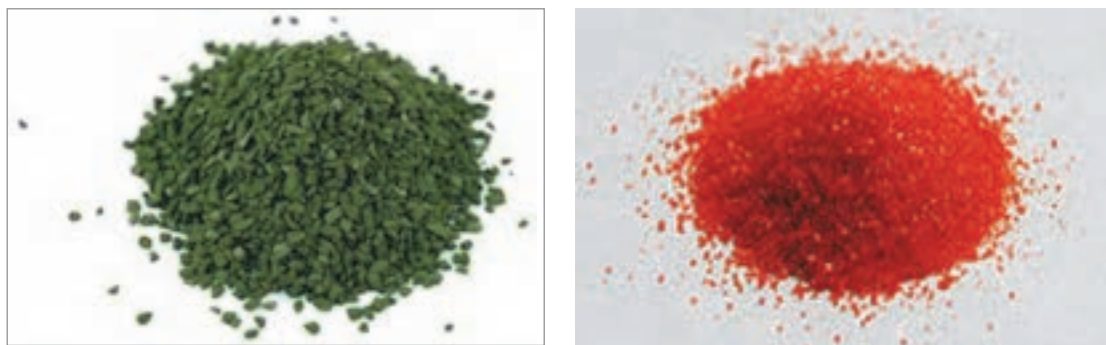
۲- Chemical Oxygen Demand

۳- Dissolved Oxygen

اما اندازه‌گیری مواد فرّار و سنجش کل مواد جامد دارای خطا است. بنابراین اغلب، سنجش اکسیژن‌خواهی زیست‌شیمیایی (BOD)، اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD) و اندازه‌گیری کل کربن آلی (TOC) برای به‌دست آوردن مقدار مواد آلی موجود در آب انجام می‌شود.

### اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD)

این شاخص، مقدار اکسیژن مورد نیاز برای اکسایش مواد آلی و ترکیبات معدنی موجود در آب است، و از مقدار اکسندۀ‌های به‌کار رفته، به‌دست می‌آید. با دانستن این شاخص، می‌توان، همهٔ مواد آلی موجود در آب را که قابل اکسایش توسط کرومیک‌اسید و تبدیل کربن به گاز کربن‌دی‌اکسید هستند، (در واقع به‌طور غیرمستقیم) مشخص کرد. البته در برخی از موارد می‌توان پتاسیم‌پرمنگنات را نیز به‌عنوان مادهٔ اکسندۀ به‌کار برد. اما به‌دلیل ضعیف‌تر بودن قدرت اکسندگی پتاسیم‌پرمنگنات، همهٔ مواد آلی اکسید نمی‌شوند و COD کوچک‌تری به‌دست می‌آید. لذا، اکسندۀ استاندارد برای سنجش COD، پتاسیم‌دی‌کرومات است و در چند ساعت قابل انجام است. پتاسیم‌دی‌کرومات نمک شش‌ظرفیتی کروم است و رنگ نارنجی درخشانی دارد. پس از ترکیب اکسیژن آن با مواد آلی، به رنگ سبز کدر کروم‌اکسید سه‌ظرفیتی درمی‌آید (شکل ۸).



شکل ۸- پتاسیم‌دی‌کرومات (نارنجی رنگ) و کروم (III) اکسید (سبز رنگ)

- ۱ شاخص COD نشان‌دهندهٔ همهٔ مواد آلی تجزیه‌پذیر و تجزیه‌ناپذیر با باکتری است. برای نمونه، مقدار کمی شاخص COD در فاضلاب رقیق به ۴۰۰ ppm نمی‌رسد.
- ۲ آزمایش اندازه‌گیری اکسیژن‌خواهی شیمیایی در کتاب «راهنمای هنرآموز» آورده شده است، در صورت صلاحدید هنرآموزان محترم انجام شود.

نکته



## آب از دیدگاه زیست‌شناختی

در این قسمت به مطالعه برخی از خواص زیست‌شناختی آب پرداخته شده است. در آب‌های طبیعی، به‌ویژه آب‌های سطحی، علاوه بر مواد معلق تعداد بسیار زیادی موجودات کوچک (با ریشه گیاهی و یا حیوانی) وجود دارند. بسیاری از آب‌های سالم ممکن است دارای تعداد زیادی باکتری باشند. همچنین آب‌های قلیایی و گذرنده از لایه‌های گچی و آهکی دارای باکتری‌های زیاده‌تری هستند که به‌نظر می‌رسد اغلب آنها بی‌ضرر باشند. حتی بسیاری از آنها برای به‌دست آوردن آب بهداشتی مهم هستند. در هر صورت تعداد کل میکروب‌های موجود در آب نباید از حد معینی بیشتر باشد، در غیر این صورت احتمال وجود باکتری‌های بیماری‌زا (مانند اسهال و وبا) را نیز افزایش می‌دهد.



شکل ۹- باکتری /شرشیا کلیفرم

### شاخص بهداشتی بودن آب

از باکتری /شرشیا کلیفرم<sup>۱</sup> (شکل ۹) به‌عنوان شاخص بهداشتی بودن آب استفاده می‌شود. این شاخص نشانه آلودگی آب به فاضلاب‌های انسانی است و بنابراین بهداشتی بودن آب را مدنظر دارد. باکتری کلیفرم روده‌ای به تعداد میلیونی در روده بزرگ انسان وجود دارد. دلایل استفاده از کلیفرم روده‌ای به عنوان شاخص بهداشتی بودن آب عبارت‌اند از:

- ۱ در برابر شرایط نامساعد محیط مقاومت بالایی دارد؛ به طوری که اگر به‌خاطر نامساعد بودن محیط، کلیفرم روده‌ای از بین برود، می‌توان مطمئن بود که هیچ ویروس و یا باکتری بیماری‌زایی نمی‌تواند در آن محیط وجود داشته باشد.
- ۲ تعداد این باکتری بسیار زیاد است. بنابراین، حتی در اثر رقیق شدن‌های مکرر هم می‌توان اطمینان داشت که کلیفرم روده‌ای وجود دارد.
- ۳ طرز تشخیص این باکتری در مقایسه با باکتری‌های بیماری‌زا، بسیار ساده و ارزان است. با توجه به مراتب فوق می‌توان گفت که آلودگی آب طبیعی به این باکتری می‌تواند هشدار به احتمال آلودگی آب به باکتری‌های بیماری‌زا و فاضلاب‌های انسانی باشد. در نتیجه اقدامات لازم برای بهداشتی کردن آب مطرح می‌شود.

در مورد روش‌های شناسایی و شمارش باکتری‌ها تحقیق کنید و گزارش آن را در کلاس ارائه کنید.

تحقیق کنید  
۶



## اکسیژن‌خواهی زیست‌شیمیایی

با دانستن این شاخص، می‌توان همهٔ مواد آلی موجود در آب را که توسط باکتری‌ها تجزیه می‌شوند، مشخص کرد. استاندارد به کار رفته در این روش ۵ روزه است و با  $BOD_5$  نشان داده می‌شود. این میزان عبارت است از سنجش اکسیژنی که در دمای  $20^\circ$  درجهٔ سلسیوس و به مدت ۵ روز به وسیلهٔ باکتری‌های موجود در آب صرف اکسایش مواد آلی موجود در آب شود.

از آنجا که در روش سنجش COD، هم مواد تجزیه‌پذیر و هم مواد تجزیه‌ناپذیر توسط باکتری‌ها ممکن است وارد شوند، معمولاً در یک نمونه، مقدار COD آن از مقدار BOD بیشتر است.

نکته

– در صورتی که BOD یک نمونهٔ آب نزدیک به یک میلی‌گرم در لیتر باشد، «خوب»،  $3 \text{ mg/L}$ ، «مشکوک به آلوده بودن» و بیش از  $5 \text{ mg/L}$  «آلوده» محسوب می‌شود. در بیشتر کشورها حتی فاضلاب تصفیه‌شده با BOD بیشتر از  $20 \text{ mg/L}$  مجاز به ورود به آب‌های سطحی یا زیرزمینی نیست.  
– آزمایش تعیین اکسیژن‌خواهی زیست‌شیمیایی در کتاب «راهنمای هنرآموز» آورده شده است، در صورت صلاحدید هنرآموزان محترم انجام شود.

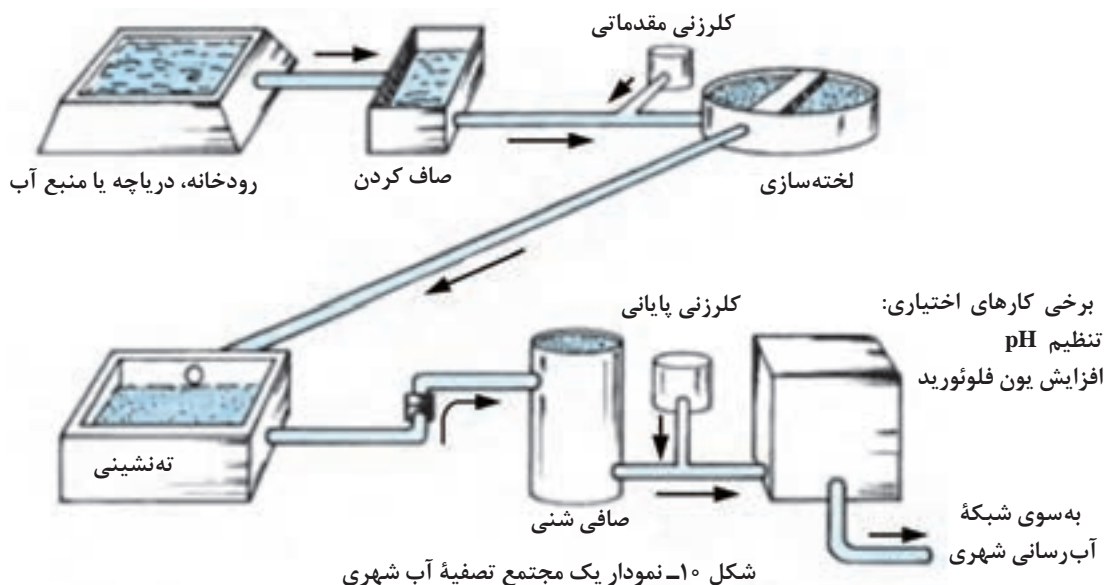


## تصفیهٔ آب

آب آشامیدنی شهر یا روستای محل زندگی شما از کجا تأمین و چگونه تصفیه می‌شود؟

تحقیق کنید  
۷

در این بخش انواع روش‌های فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی تصفیهٔ آب آورده شده است. مهم‌ترین فرایندهای تصفیهٔ آب (شکل ۱۰)، کاهش سختی، انعقاد و لخته‌سازی، گاززدایی، صاف کردن و گندزدایی است.







## مراحل مختلف تصفیه آب آشامیدنی

### مناسب سازی آب<sup>۱</sup>

برای بهسازی و مناسب سازی آب دو روش موجود است که انتخاب میان آنها براساس امکان سنجی فنی-اقتصادی<sup>۲</sup> انجام می گیرد:

**الف) حذف و یا کاهش ناخالصی های آب در تصفیه خانه (تصفیه خارجی):** اگر برای رهایی از مشکلات ناشی از وجود ناخالصی ها در آب، سعی شود آنها را پیش از ورود آب به داخل واحد صنعتی حذف کنند، در آن صورت تصفیه آب در خارج از سامانه انجام می گیرد و آن را تصفیه خارجی می نامند. روش هایی چون آهک زنی، استفاده از رزین های تبادلگر یون و صاف کردن، تصفیه خارجی محسوب می شوند.

**ب) افزایش مواد کمکی به آب در محل مصرف (تصفیه داخلی):** اگر دبی آب کم باشد، ممکن است هزینه تصفیه خارجی برای حذف کامل ناخالصی ها از نظر اقتصادی توجیه پذیر نباشد. در آن صورت با افزودن مواد شیمیایی مناسب به آب در محل مصرف از مشکلات احتمالی می کاهند، که به آن تصفیه داخلی می گویند. با گسترش نیاز به آب با خلوص بیشتر، تصفیه داخلی از اهمیت زیادی برخوردار شده است و در کمتر واحد صنعتی است که نیاز به تصفیه داخلی نباشد. استفاده از مواد شیمیایی برای تنظیم pH، یا تزریق مواد ضد خوردگی یا ضد رسوب به آب در داخل واحد را تصفیه داخلی می گویند. در صورت کاربرد تجهیزاتی با یک مسیر بسته برای جریان آب مانند تهویه مطبوع خانگی، تنها تصفیه داخلی (استفاده از مواد شیمیایی در محل) اقتصادی است.

تصویر زیر چه پدیده ای را نشان می دهد؟ آیا علت آن را می دانید؟



کف صابون در آب نرم



کف صابون در آب سخت

### کاهش سختی موقت آب

یک راه برای کاهش سختی موقت آب آن است که آهک به آب اضافه شود. آهک یا آهک زنده همان کلسیم اکسید است که به مقدار فراوان از تجزیه گرمایی سنگ آهک ( $\text{CaCO}_3$ ) در کوره به دست می آید.

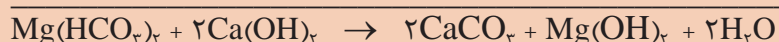
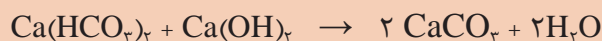


آهک با ترکیبات کلسیم و منیزیم ترکیب می‌شود و رسوب‌های کلسیم کربنات و منیزیم هیدروکسید تولید می‌کند که خیلی کم محلول هستند. این دو ترکیب با تأمین زمان کافی ته نشین می‌شوند. سپس با استفاده از عملیات صاف کردن آب حاصل، می‌توان آب را کاملاً صاف و زلال کرد.

نکته

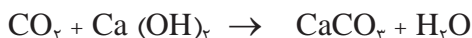


منیزیم کربنات نسبت به منیزیم هیدروکسید بسیار محلول است.



مشاهده می‌شود که برای حذف هر مول سختی منیزیمی به دو مول آب آهک احتیاج است. چون منیزیم کربنات به مقدار زیادی محلول است ولی منیزیم هیدروکسید تقریباً در آب نامحلول است از این رو هدف باید ایجاد رسوب منیزیم هیدروکسید باشد.

سختی منیزیمی هم باید به صورت منیزیم هیدروکسید نامحلول رسوب داده شود. برای این منظور باید یون هیدروکسید  $(\text{OH}^-)$  را توسط یک ماده قلیایی مانند  $\text{NaOH}$  یا  $\text{Ca(OH)}_2$  وارد نمونه آب کرد. برای حذف همه کربن دیوکسید موجود در آب (اگر مقدار کربن دیوکسید از ۲۰ ppm بیشتر باشد) با دمیدن هوا، مقدار آن کاهش داده می‌شود. سپس باقی مانده آن با آب آهک به اندازه کافی حذف می‌شود.



فعالیت عملی ۱۰



کاهش سختی موقت آب

مواد و وسایل لازم	
قیف شیشه‌ای کاغذ صافی بورت پی‌پت ۵ و ۲۵ میلی‌لیتری ارلن	انواع آب‌های در دسترس محلول بافر آمونیوم کلرید + آمونیاک شناساگر EBT محلول EDTA ۰/۰۱ مولار محلول آب آهک

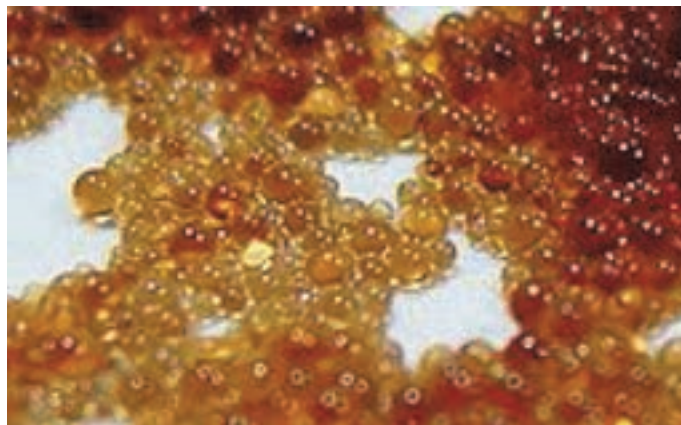
## روش کار

- ۱ مطابق فعالیت عملی ۷، سختی کل آب را اندازه بگیرید.
- ۲ سپس یک نمونه دیگر از همان آب خام را کم کم با آب آهک (به حجم تقریبی ۲ تا ۳ برابر حجم محلول سود در فعالیت عملی ۷) مخلوط کنید، از کاغذ صافی و قیف عبور دهید و به داخل بالن بریزید.
- ۳ سختی کل آن را دوباره اندازه بگیرید و نتایج آزمایش‌ها را در جدول زیر ثبت کنید.
- ۴ مقایسه نتایج چه چیزی را نشان می‌دهد؟

سختی کل (ppm)		نوع آب	ردیف
پس از آهک‌زنی	پیش از آهک‌زنی		
		آب لوله‌کشی	۱
		آب مقطر	۲
		آب رودخانه	۳
		آب دریا	۴
		آب چاه	۵
		آب استخر	۶
		...	۷

## رزین‌ها

رزین‌ها مواد جامدی هستند که در آب نامحلول هستند، اما می‌توانند یون‌های آب را مبادله کنند. این فرایند یک تعادل شیمیایی است که بر اساس نیروهای الکترواستاتیک عمل می‌کند. رزین‌ها در تهیه آب آشامیدنی با کیفیت، صنایع دارویی،



غذایی، شیمیایی، پتروشیمی، نفت، گاز (به‌ویژه برای دیگ‌های بخار) و کاغذسازی به‌کار می‌روند (شکل ۱۱). رزین‌های تبادلگر یون در دو نوع آنیونی و کاتیونی ساخته می‌شوند و برای تولید آب بدون یون باید از هر دو نوع استفاده کرد.

شکل ۱۱- رزین تصفیه آب

پس از اینکه تبادل یون بین سیال و رزین انجام گرفت و دو طرف به تعادل رسیدند، این فرایند متوقف می‌شود. در این حالت باید رزین را بازیابی کرد. جدول ۶، انواع ماده بازیاب رزین را با توجه به نوع رزین نشان می‌دهد.

جدول ۶- انواع مواد بازیاب رزین

ماده بازیاب	نوع رزین
سدیم کربنات یا سدیم هیدروکسید	آنیونی ضعیف
سدیم هیدروکسید رقیق	آنیونی قوی
سولفوریک اسید رقیق	کاتیونی ضعیف
	کاتیونی قوی

رزین‌های تبادل یون ضعیف، همه یون‌ها را نمی‌توانند مبادله کنند، اما کاربرد بیشتری دارند و گران‌تر هم هستند. دلیل آن بازده بیشتر بازیابی آنها (نزدیک به ۱۰۰٪) نسبت به رزین‌های قوی (کمتر از ۴۰٪) است.

نکته

رزین تصفیه آب نباید خشک شود و باید در وضعیت بازیابی شده باشد.



### فعالیت عملی ۱۱



#### استفاده از رزین‌ها در تصفیه آب

مواد و وسایل مورد نیاز	
استوانه شیشه‌ای سه عدد	انواع آب
همزن شیشه‌ای	رزین تصفیه آب ۵۰ میلی لیتر
بالن	بافر آمونیوم کلرید
بورت	شناساگر EBT
پی‌پت ۵ و ۲۵ میلی لیتری	محلول EDTA ۰/۰۱ مولار
ارلن	

#### روش کار

- ۱ مطابق فعالیت عملی ۷ سختی کل نمونه آب خام را اندازه بگیرید.
- ۲ رزین تصفیه آب را در یکی از دو ظرف استوانه شیشه‌ای بریزید و با افزودن نمونه دیگری از همان آب خام، با همزن شیشه‌ای آنها را مخلوط کنید.
- ۳ پس از گذشت ۵ دقیقه، آب ظرف رزین را در ظرف سوم بریزید و سختی کل آن را اندازه‌گیری کنید. نتایج آزمایش را در جدول زیر ثبت کنید.
- ۴ مقایسه نتایج چه چیزی را نشان می‌دهد؟

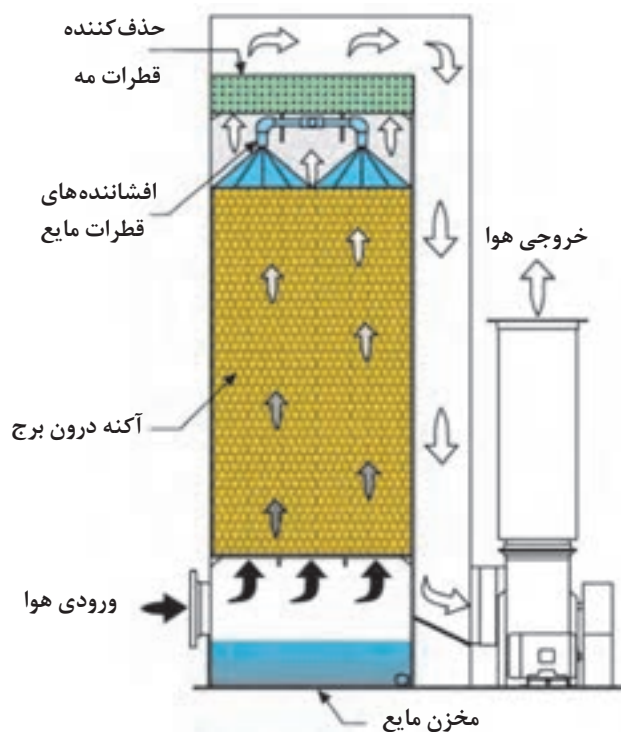
ردیف	نوع آب	سختی کل (ppm)	
		پیش از تصفیه	پس از تصفیه
۱	آب لوله کشی		
۲	آب مقطر		
۳	آب رودخانه		
۴	آب دریا		
۵	آب چاه		
۶	آب استخر		
۷	...		

## حذف ناخالصی‌های گازی آب

در اغلب آب‌های زیرزمینی گوگرد به صورت  $H_2S$  وجود دارد. اگر آب به اندازه کافی قلیایی باشد، حذف کربن دی‌اکسید لازم نیست، چون می‌تواند برای مهار خوردگی و به صورت منبعی برای قلیایی بودن بی‌کربناتی به کار رود.

**روش‌های فیزیکی حذف گازها:** روش‌های جداسازی فیزیکی در حجم زیاد آب و غلظت زیاد گاز محلول توجیه

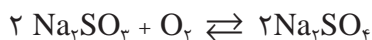
اقتصادی دارد. اما حذف گازها در آنها کامل نیست. معمولاً برای جداسازی فیزیکی گازهای  $NH_3$ ،  $H_2S$ ،  $CO_2$  و هوا دهی با یک برج آکنده، به همراه یک دمندۀ هوا استفاده می‌شود (شکل ۱۲). این کار سبب اکسایش برخی از مواد آلی موجود در آب نیز می‌شود. در این دستگاه هوازدا، بخار آب با حرکت رو به بالای خود و نیز گرم کردن آب، هوا را از آن خارج می‌کند. حل‌پذیری و غلظت بعضی از گازها، مانند کربن دی‌اکسید و آمونیاک تابعی از pH آب است. لذا در فرایندهای حذف این گازها، تعیین کیفیت و کنترل pH از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. گاززدایی فیزیکی آب به‌ویژه براساس افزایش گرما و کاهش فشار انجام می‌شود.



شکل ۱۲- برج آکنده با دمندۀ هوا

**حذف شیمیایی گازها:** این روش‌ها به‌ویژه برای تهیه آب‌های صنعتی مورد استفاده، و تکمیل‌کننده گاززدایی فیزیکی هستند.

**روش استفاده از سدیم سولفیت:** این روش ساده و اقتصادی، بسیار متداول است. به دلیل دو طرفه بودن این واکنش، در آب خروجی نیز همیشه باید مقداری سدیم سولفیت اضافی موجود باشد. دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس، pH بین ۹ تا ۱۰ بهترین شرایط کاری واکنش است.



## زال‌سازی آب

زال‌سازی عبارت است از کاهش مواد معلق آب یا فاضلاب (شکل ۱۳). برخی از این مواد می‌توانند ذراتی درشت و سنگین باشند؛ در این صورت به سرعت در آب ته‌نشین می‌شوند. بعضی دیگر، ذرات بسیار ریزی هستند که به کندی از آب جدا می‌شوند (مثلاً ذرات کلوییدی).



شکل ۱۳- حوضچه ته‌نشینی به منظور زال‌سازی آب

اگر طی فرایندهایی، ذرات بسیار ریز (در حد رنگ و کدری) به صورت توده‌هایی به اندازه کافی درشت درآیند، به طوری که اگر جداسازی آنها با سرعتی معقول و به روش‌های فیزیکی (از قبیل ته‌نشینی<sup>۱</sup>، صاف کردن<sup>۲</sup> و یا شناوری<sup>۳</sup>) انجام‌پذیر شود، انعقادسازی و لخته‌گذاری نامیده می‌شوند. به بیان دیگر، ذرات بسیار ریز و یا کلوییدی (با قطری حتی کمتر از میکرون) که نسبت سطح به حجم آنها خیلی زیاد است، معمولاً در آب دارای بار الکتریکی منفی هستند. در نتیجه نیروی دافعه بارهای هم‌نام آنها از تجمع آنها با یکدیگر جلوگیری می‌کند. به این ذرات پایدار می‌گویند. پس، لازم است که این بار الکتریکی و به دنبال آن دافعه الکتریکی ناشی از بارهای هم‌نام، کمتر یا حذف شوند. این کار تا حدی باید انجام شود که نیروی جاذبه بین ذرات پس از برخورد آنها با هم، موجب اجتماع آنها و بزرگ‌تر شدن توده آنها شود (ناپایداری ذرات). این کار انعقادسازی یا لخته‌سازی نامیده می‌شود.

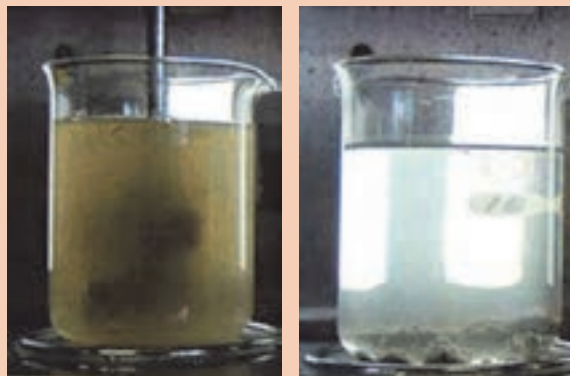
۱- Precipitation

۲- Filtration

۳- Floatation



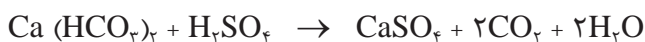
فکر می‌کنید تفاوت دو حالت زیر در تصفیه آب ناشی از چه عاملی باشد؟



کیفیت متفاوت ته‌نشینی در تصفیه آب

### سازوکار منعقدکننده‌ها

مواد منعقدکننده با دو روش به انعقادسازی ذرات در آب کمک می‌کنند، یکی خنثی کردن بخشی از بار الکتریکی ذرات، و دیگری از طریق ترکیب شدن با مواد قلیایی آب. در کمتر از یک ثانیه ماده منعقدکننده در آب آبکافت می‌شود و یون‌ها و کمپلکس‌های مختلف تشکیل می‌دهد. از بین این‌گونه مواد می‌توان آلومینیم سولفات، آهن (II و III) سولفات و آهن (III) کلرید را نام برد.



آلومینیم هیدروکسید حاصل ضمن ته‌نشینی، به تعدادی از ذرات می‌چسبد و آنها را رسوب می‌دهد. تنظیم pH نیز در واکنش دوم لازم است، در غیر این صورت شناوری ذرات (ناشی از حباب‌های کربن دی‌اکسید) می‌تواند در منعقد شدن ذرات تأخیر ایجاد کند.



چون آهن (II) سولفات برای تولید لخته احتیاج به اکسیژن دارد، برای کاهش اکسیژن محلول در آب می‌توان از مقدار لازم آهن (II) سولفات به همراه آهن (III) سولفات استفاده کرد.

- ۱ برای تنظیم کیفیت لخته‌های ایجادشده باید pH آب (معمولاً با افزودن آهک، سدیم هیدروکسید، سدیم کربنات یا آلومینیم کلرید) تنظیم و تثبیت شود.
- ۲ در صورتی که رنگ و کدوری آب زیاد باشد، منعقدکننده منیزیم اکسید را نیز می‌توان به کار برد.
- ۳ از چند دهه پیش، کاربرد منعقدکننده‌های آلومینیم برای تصفیه آب‌های آشامیدنی، به دلیل امکان ایجاد بیماری آلزایمر- (فراموش کاری) در افراد مسن، خطرناک اعلام شده است. لذا به جای آن از آهن (III) کلرید استفاده می‌شود.

لجن حاصل از منعقدکننده‌های معدنی به راحتی آب خود را از دست نمی‌دهد. در نتیجه، موجب اختلال در عملکرد تجهیزات فرایندی جداسازی آب (مانند صافی‌های ساده یا گریز از مرکز) می‌شود.

### آزمایش جار

این روش برای ارزیابی انعقادسازی در محلول‌هایی با غلظت کمتر از  $5000 \text{ mg/L}$  مواد جامد معلق به کار می‌رود. در شکل ۱۴ این دستگاه دیده می‌شود، که دارای چندین همزن یکسان است و توسط یک موتور می‌چرخند. هر یک از همزن‌ها، نمونه آب درون یک ظرف مدرج (بشر) را هم می‌زند. حجم آب مورد نظر در هر بشر یکسان است. اگرچه سرعت دورانی همزن‌ها قابل تنظیم است، اما در هر لحظه سرعت دورانی همه آنها یکسان است. پس همه نمونه‌ها در شرایط یکسانی قرار دارند. دستگاه آزمایش جار می‌تواند سنجش تأثیر متغیرهای مهم را بر انعقادسازی انجام دهد؛ از جمله، نوع و مقدار ماده منعقدکننده، ترتیب افزودن مواد، مدت زمان هم‌زدن، سرعت اختلاط، pH محیط، دمای محیط، اندازه صافی‌های واحد انعقادسازی. روش کار با این تجهیزات این‌گونه است که پس از ریختن مقدار مساوی از نمونه آب مورد نظر در هر ظرف، به هر کدام یک میزان مساوی از یکی از مواد منعقدکننده مورد مطالعه را می‌افزایند. معمولاً اولین بشر را بدون ماده منعقدکننده و به عنوان «شاهد آزمایش» به کار می‌برند. با روشن کردن موتور همزن، همه همزن‌ها آغاز به کار می‌کنند. پس از گذشت مدت زمان معینی (حدود سه تا پنج دقیقه)، موتور را خاموش کنید تا ته‌نشینی ذرات درشت‌شده آغاز شود. قضاوت درباره بهترین ماده منعقدکننده، با توجه به زلال بودن محلول نهایی، سرعت ته‌نشینی و نیز حجم لجن تولیدشده در هر بشر صورت می‌گیرد. با وقوع هر تغییری در تجهیزات یا شرایط کاری واحد انعقادسازی (از جمله تغییرات دمای فصلی)، انجام این آزمایش تکرار می‌شود.





شکل ۱۴- دستگاه آزمایش جار

## فعالیت عملی ۱۲



### انجام آزمایش جار

#### مواد و وسایل مورد نیاز

<ul style="list-style-type: none"> <li>- دستگاه آزمایش جار</li> <li>- استوانه مدرج ۱۰۰۰ میلی لیتری</li> <li>- دماسنج</li> <li>- زمان سنج</li> <li>- تجهیزات لازم برای آزمایش کدری</li> <li>- تجهیزات لازم برای آزمایش قلیایی بودن</li> <li>- تجهیزات لازم برای آزمایش pH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- آب</li> <li>- شن و ماسه نرم (ماسه بادی یا مشابه آن)</li> <li>- آلومینیم سولفات</li> <li>- آهن (II و III) سولفات</li> <li>- آهن (III) کلرید</li> <li>- ترازوی دقیق</li> </ul>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### روش کار:

- ۱ ابتدا به کمک استوانه مدرج در هر بشر تا خط نشانه از آب خام بریزید. سپس دما، کدری، میزان قلیایی بودن و pH آن را، سنجش و یادداشت کنید.
- ۲ همزن دستگاه را روشن کنید. بعد از حدود یک دقیقه که محتویات همه بشرها یکنواخت شود، به هر کدام یک میزان مساوی از یکی از مواد منعقدکننده مورد مطالعه را بیفزایید.
- ۳ پس از حدود سه تا پنج دقیقه، موتور همزن را خاموش کنید تا ته نشینی ذرات درشت شده آغاز شود.
- ۴ زلال بودن محلول نهایی، سرعت ته نشینی و نیز حجم لجن تولیدشده در هر بشر را در جدولی یادداشت و درباره نتایج آن بحث کنید.

برای منعقدکننده در بشر ششم از مخلوط مساوی از آهن (II و III) سولفات استفاده کنید.



شماره بشر						متغیر مورد مطالعه
۶	۵	۴	۳	۲	۱ (شاهد)	
						زالال بودن محلول نهایی
						سرعت ته‌نشینی
						حجم لجن تولیدشده

کدام یک از متغیرهای زیر روی انعقادسازی اثر مثبت دارد؟  
الف) مواد آلی      ب) هم‌زدن      پ) دمای کم      ت) pH کم

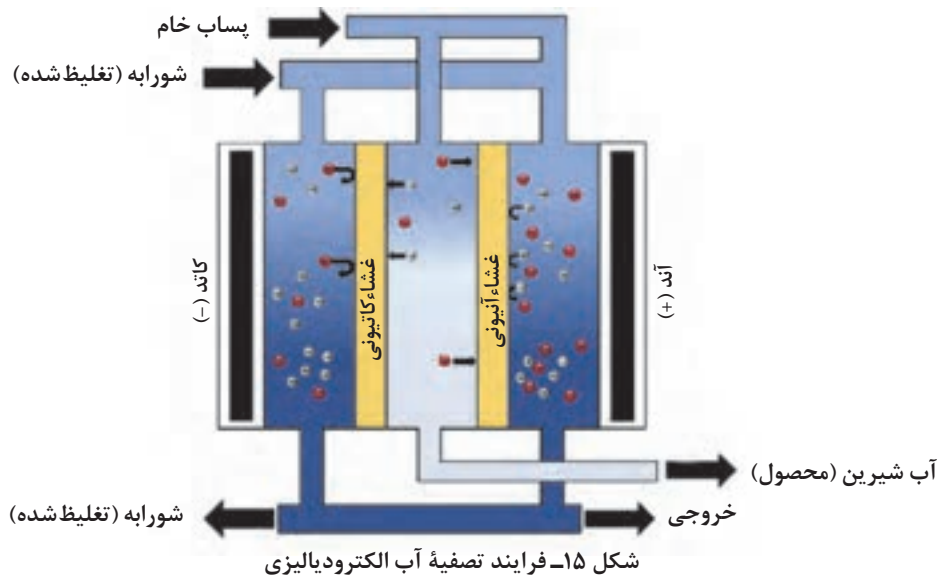


## صاف کردن و فرایندهای غشایی

با انواع روش‌های جداسازی توسط غشاهای مختلف در سال گذشته آشنا شده‌اید. از آن‌جا که روش اسمز معکوس در تصفیه آب دریا به کار می‌رود، محاسن این روش آورده شده است.

- ۱ صرفه‌جویی مصرف انرژی به دلیل تغییر فاز نداشتن
- ۲ امکان انجام فرایند در دمای کم (برای مواد حساس در برابر دما)
- ۳ آسانی در افزایش مقیاس
- ۴ قابلیت تهیه آب آشامیدنی از آب دریا
- ۵ نیاز به فضای کوچک برای نصب و عملکرد
- ۶ سرعت انجام فرایند به دلیل نازکی غشا
- ۷ انعطاف‌پذیری زیاد در اندازه‌ها و شکل‌های گوناگون
- ۸ امکان حذف صددرصد باکتری‌ها و ویروس‌ها

فرایند الکترودیالیز یک روش جداسازی غشایی است که یک نیروی محرکه اختلاف پتانسیل برقی را برای انتقال یون‌ها به کار می‌برد. این روش در چند دهه اخیر به‌منظور تصفیه آب و پساب گسترش یافته است و برای تهیه آب آشامیدنی یا صنعتی از منابعی که TDS کمتر از ۵۰۰۰ ppm دارند، به کار می‌رود. اصول کار دستگاه در شکل ۱۵ دیده می‌شود. در این دستگاه الکترودهای مثبت و منفی (توری‌ها) به برق مستقیم متصل هستند و با میدان الکتریکی خود یون‌ها را از درون غشاهای مربوطه عبور می‌دهند. نتیجه این کار جداسازی آب تصفیه شده از محلول اصلی است. محلول اصلی که غلظت محصول در آن کاهش یافته است، از مسیر اولیه خود به بیرون دستگاه می‌رود.



## الکترودیالیز

فیلم آموزشی



## گندزایی

گندزداها همان مواد ضد عفونی کننده هستند که تمام عوامل بیماری زا را توسط عوامل فیزیکی و شیمیایی از بین می برند. گندزداها به طور کلی شامل دو دسته با واکنش شیمیایی (مانند کلر، ازون، کلردیوکسید، برم و ید) و با عملکرد فیزیکی (نظیر استفاده از صافی یا پرتو دهی) هستند.

### الف) گندزدهای شیمیایی

گندزدهای شیمیایی با اکسایش و پاره کردن دیواره سلول میکروبی، آنها را می کشند و یا با نفوذ درون سلول در کارها و فعالیت های حیاتی آنها، اختلال ایجاد می کنند. به دلیل زیادی عوامل تأثیر گذار بر عملکرد گندزداها (مانند نوع و غلظت میکروب ها، نوع و غلظت ماده گندزدا مورد مطالعه، کیفیت آب و مدت تماس) بهترین راه برای انتخاب گندزداها، انجام بررسی های آزمایشگاهی آب (دما، کدری، pH، مواد آلی) است. ترکیبات آلی با ترکیب شدن با مواد گندزدا یا چسبیدن به دیواره سلول های میکروب ها در کار گندزایی اختلال می کنند. موادی مانند منگنز، آهن، هیدروژن سولفید هم با ترکیب شدن با گندزداها مزاحم عمل گندزایی می شوند. از خصوصیات ضروری برای گندزداها، می توان موارد زیر را برشمرد:

■ نداشتن عوارض جانبی و سمیت برای مصرف کننده

■ اقتصادی بودن و قابلیت دسترسی

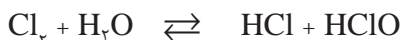
■ قدرت ماندگاری کافی در آب

■ قدرت کافی باکتری کشی

## کلرزی و ضدعفونی‌کننده‌ها

برای جلوگیری از رشد باکتری‌ها در آب به آن کلر زده می‌شود. میزان کلر آزاد در حدود  $0.2 \text{ mg/L}$  است. مقدار بیش از  $5 \text{ mg/L}$  می‌تواند به رزین‌های تصفیه آب صدمه فیزیکی بزند. به این دلیل، آب پیش از ورود به رزین باید، از صافی ذرات زغال فعال بگذرد. همچنین با اضافه کردن سدیم‌بی‌سولفیت به آب، کلر آزاد تبدیل به یون کلرید می‌شود. کلر تنها نوع ضدعفونی‌کننده نیست، ازون، کلردیوکسید، کلر آمین و هیپوکلریت‌های قلیایی هم برای این مقصود به کار می‌روند.

**۱- کلر:** استفاده از این گاز خورنده و خفه‌کننده (در غلظت‌های بیش از  $100 \text{ ppm}$ )، نیاز به تجهیزات و تأسیسات خاص و گران‌قیمت دارد. لذا به جای آن از ترکیبات (مایع یا گرد جامد) آن در تصفیه‌خانه‌های کوچک استفاده می‌شود. مزایای آن عبارت‌اند از: ارزانی، سمی بودن برای اغلب ریزجانداران، قابلیت حل شدن مناسب در آب و اینکه باقیمانده کلر می‌تواند در غلظت‌های قابل قبول از نظر سلامتی انسان، شبکه توزیع آب را به لحاظ زیست‌شناختی محافظت کند. البته وجود  $\text{H}_2\text{S}$  کلر را مصرف می‌کند. واکنش زیر با افزودن کلر به مقدار کافی در آب بدون آمونیاک، انجام می‌گیرد:



هیپو کلرواسید در گستره pH‌های اسیدی، گندزدای مؤثری است.

نکته ایمنی



هنگام کار کردن با گاز کلر، رعایت ایمنی و احتیاط، اولین اصل است.



**۲- کلردیوکسید:** به دلیل خاصیت قوی رنگبری و گندزدایی مؤثرتر از خود کلر، اخیراً متداول شده است، همچنین بوهای نامطبوع تولید نمی‌کند. در نتیجه برای آب‌هایی که کاربری غذایی دارند، مناسب است. البته به دلیل ناپایداری، بلافاصله پس از تهیه باید به مصرف برسد.



**۳-ازون:** این ماده که از تخلیه الکتریکی با ولتاژ زیاد (بیش از ۵۰۰۰ ولت) در هوا یا اکسیژن خشک به وجود می‌آید، گندزدای مفید و قوی است و در آب باقی‌مانده‌ای برجای نمی‌گذارد. البته به دلیل سمیت شدید، نباید غلظت آن در محیط کار بیشتر از ۱ ppm / ۰ بشود. به دلیل نداشتن باقی‌مانده‌ای در آب، و برای جلوگیری از رشد دوباره ریزجانداران، در انتهای تصفیه با ازون، اندکی کلر به آب می‌افزایند. تهیه این ماده گران تمام می‌شود و برخی از مواد آلی یا معدنی با آن مواد مضر تولید می‌کنند.

**۴- مواد شیمیایی دیگر:** نقره کلوئیدی، برم و ید از دیگر گندزداها هستند، که اولی بسیار گران است و فقط در صافی‌های کوچک آب استفاده می‌شود، زیرا برای بیشتر ریزجانداران سمی است. دو ماده دیگر فقط در گندزدایی آب استخرها مصرف می‌شوند، زیرا باقی‌مانده آنها کمتر از باقی‌مانده کلر، سبب سوزش چشم می‌شود.

### ب) گندزداهای فیزیکی

**۱- تابش فرابنفش:** این تابش به شرط قرار گرفتن مناسب ریزجانداران در برابر آن گندزدایی مؤثر است. با وجود مزایایی مانند ایجاد نکردن بو و مزه نامطلوب، عملکرد خودکار و با تعمیرات کم، گند زدایی با تابش فرابنفش کامل نیست و هزینه آن زیاد است.

**۲- گرما:** این روش بالا بودن هزینه، کاهش گوارایی آب، حذف اکسیژن و نمک‌های محلول آن را به همراه دارد.

**۳- غشاهای:** این سامانه‌ها می‌توانند ذرات بین ۰/۰۱ تا ۵ میکرومتر را حذف کنند که مربوط به اغلب ریزجانداران مؤثر در بهداشت و کیفیت آب است.

### فعالیت عملی ۱۳

با هماهنگی مسئولان هنرستان خود از یک مرکز تصفیه آب بازدید کنید و گزارش آن را بنویسید.



## تمرین‌های پایانی

- ۱ منابع آب کدام‌اند؟
- ۲ ناخالصی‌های آب چند دسته هستند؟ هر کدام را به‌طور مختصر توضیح دهید.
- ۳ تأثیرات زیان‌بخش ناخالصی‌های آب در صنعت را توضیح دهید.
- ۴ سختی آب چیست؟ انواع آن را نام ببرید.
- ۵ شاخص مواد جامد محلول در آب را شرح دهید.
- ۶ سختی دائم و موقت چه تفاوت‌هایی با یکدیگر دارند؟
- ۷ شاخص قلیایی بودن آب چیست و به چند دسته تقسیم‌بندی می‌شود؟
- ۸ رابطه pH و قلیایی بودن را بیان کنید.
- ۹ برای سنجش میزان مواد آلی موجود در آب، از چه روش‌هایی استفاده می‌شود؟
- ۱۰ چه روش‌هایی برای مناسب‌سازی آب وجود دارد؟ به اختصار بیان کنید.
- ۱۱ رزین‌ها چه موادی هستند؟ چند کاربرد برای آنها بنویسید.
- ۱۲ ضدعفونی‌کننده‌ها چند دسته هستند و چگونه عمل می‌کنند؟
- ۱۳ گندزدهای شیمیایی کلر، ازون و نقره کلوئیدی را از نظر کاربرد با یکدیگر مقایسه کنید.
- ۱۴ سازوکار منعقدکننده آلومینیم سولفات با واکنش شیمیایی را بنویسید.

## ارزشیابی شایستگی آزمایش‌های کنترل کیفیت آب

<p><b>شرح کار:</b>  چگونگی استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی را بدانند و کار داده‌شده را با دقت انجام دهد.  هنگام کار مراقب باشد که دستگاه صدمه نبیند.  پس از انجام کار، وسایل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد.</p>			
<p><b>استاندارد عملکرد:</b></p>			
<p><b>شاخص‌ها:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ رعایت مسائل ایمنی هنگام کار</li> <li>■ انجام کار طبق دستور کار</li> </ul>			
<p><b>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</b></p>			
<p><b>شرایط مکان:</b> آزمایشگاه  <b>شرایط دستگاه:</b> تمیز و آماده به کار  <b>زمان:</b> یک جلسه آموزشی  <b>ابزار و تجهیزات:</b> pHسنج، رسانایی سنج، دستگاه آزمایش جار، ترازو، وسایل شیشه‌ای آزمایشگاهی، رنگ‌سنج، کدروی سنج.</p>			
<p><b>معیار شایستگی:</b></p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	ضرورت انجام کنترل کیفیت آب	۱	
۲	انجام آزمایش‌های فیزیکی آب	۲	
۳	انجام آزمایش‌های شیمیایی آب	۲	
۴	انجام آزمایش‌های زیست‌شناختی آب	۱	
<p><b>شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:</b>  <b>۱- ایمنی:</b> انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی  <b>۲- نگرش:</b> صرفه‌جویی  <b>۳- توجهات زیست‌محیطی:</b> جلوگیری از صدمه زدن به محیط‌زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش  <b>۴- شایستگی‌های غیرفنی:</b> ۱- اخلاق حرفه‌ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کاربست ریاضی  <b>۵- مستندسازی:</b> گزارش‌نویسی</p>			
<p><b>میانگین نمرات</b></p>			
<p>* کم‌ترین میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.</p>			