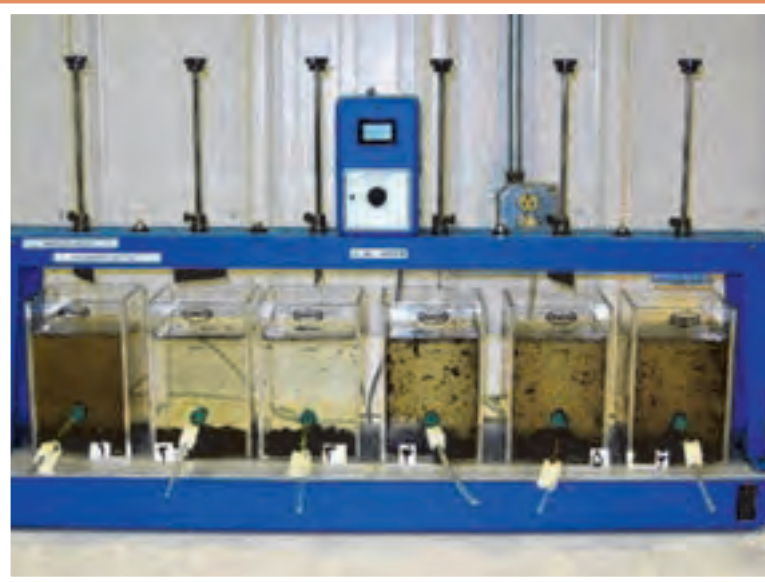




## فصل سوم

### آزمایش‌های کنترل کیفیت آب



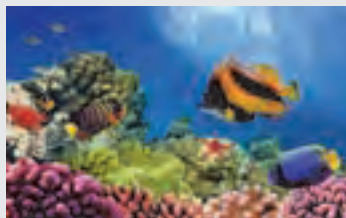
در این فصل هنرجویان با منابع آب، آلودگی‌های آب، ناخالصی‌های آب، لزوم تصفیه آب، شاخص‌های فیزیکی آب (رنگ، کدورت، TDS، رسانایی الکتریکی)، شاخص‌های شیمیایی آب (pH، سختی کل، سختی موقت، شاخص قلیایی)، شاخص‌های زیست‌شناختی آب (COD، شاخص بهداشتی بودن، BOD)، روش‌های فیزیکی و شیمیایی تصفیه آب (زال‌سازی، استفاده از منعقدکننده‌ها، حذف ناخالصی‌های گازی، استفاده از رزین‌ها و آزمایش جار) آشنا می‌شوند. به فراخور امکانات و تجهیزات موجود در هنرستان‌ها، فعالیت‌های عملی ساده و قابل اجرا آورده شده است. هم‌چنین در این فصل استفاده همزمان از فیلم‌های آموزشی با مطالب درسی پیش‌بینی شده است. با توجه به اینکه بازدید از مراکز صنعتی مرتبط با هر دستگاه و فرایند، تأثیر بسزایی در امر یادگیری دارد، از هنرآموزان محترم درخواست می‌شود که در این راستا نیز بازدیدهای خواسته‌شده را جامه عمل بپوشانند.

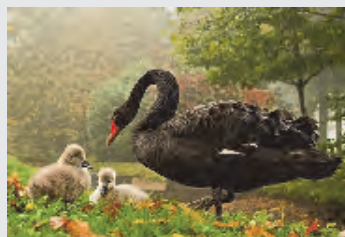
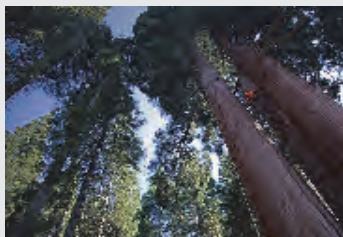
اغلب فعالیت‌های این پودمان به صورت گروهی در نظر گرفته شده است. بنابراین لازم است که هنرآموزان محترم با تقسیم‌بندی هنرجویان کلاس به گروه‌های مختلف ۳ تا ۴ نفره و با آموزش و راهنمایی‌های دقیق گروه‌های دانش‌آموزی، به‌طور مستقیم در فرایند یاددهی و یادگیری مشارکت مؤثر داشته باشند. هم‌چنین هنرآموزان گرامی توجه داشته باشند که در فرصت‌های یادگیری پیش‌بینی شده به شایستگی‌های غیرفنی این واحد یادگیری مانند اخلاق حرفه‌ای (وقت‌شناسی، حضور منظم و به موقع، انجام دادن وظایف و کارهای محول و پیروی از قوانین کارگاهی)، کارگروهی (حضور فعال در فعالیت‌های گروهی و انجام دادن کارها و وظایف محول) و مستندسازی (گزارش‌نویسی فعالیت‌های کارگاهی) توجه ویژه داشته باشند.

## مرحله ۱: ضرورت انجام کنترل کیفیت آب

**فعالیت ساخت یافته ۱: معرفی منابع مختلف آب (زیر زمینی، سطحی، شور) با استفاده از بحث گروهی، تصویر، تحقیق و فیلم**

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





**پاسخ:** در تصویرهای داده شده برخی از گونه‌های مختلف حیات در زمین دیده می‌شوند. آنچه میان همه آنها مشترک است، نیاز به آب است. در قرآن کریم سوره مبارکه انبیاء آیه ۳۰ آمده است: «و جعلنا من الماء کل شیء حی». یعنی همه موجودات زنده را از آب آفریدیم. باید دانست که زندگی بسیاری از موجودات زنده در زمین حتی بر پایه هوا یا اکسیژن نیست. مانند برخی از ماهیان اعماق اقیانوس‌ها که نور و اکسیژن محلول در آب به آنجا نمی‌رسند یا بعضی از گونه‌های موجودات ذره‌بینی در اعماق زمین که زندگی بی‌هوا و بی‌اکسیژن دارند و اکسیژن برای آنها به شدت سمی است!، در حالی که ۸۰-۶۰٪ بدن موجودات زنده را آب تشکیل می‌دهد. بدون آب تمام اعمال حیاتی بدن انسان متوقف خواهد شد. آب نقش اصلی را در رساندن مواد غذایی به بافت‌ها و سلول‌های بدن حیوانات و نیز رساندن مواد غذایی از خاک توسط ریشه گیاهان به پیکر آنها بر عهده دارد. پس می‌توان گفت: «مهم‌ترین سیال در طبیعت زنده آب است».

فیلم  
آموزشی



## منابع آب

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم منابع آب را برای هنرجویان نمایش دهند.

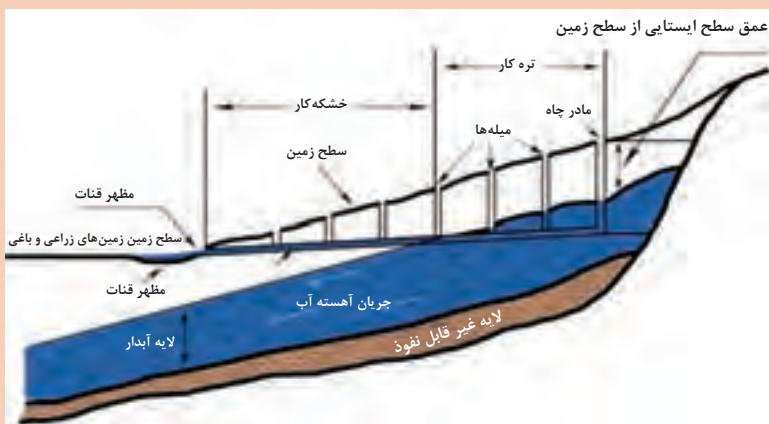
تحقیق کنید  
۱



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؟  
**پاسخ:** الف) قنات، کاریز یا کهریز شاهکار بی‌نظیر معماری ایرانی، برای کشف آب در سرزمین خشک و نیمه‌خشک ما است. کاریز، متشکل است از چندین چاه که به صورت عمودی در یک سطح شیب‌دار حفر شده‌اند و این چاه‌ها در زیر زمین با یک راهروی با شیب ملایم‌تر از سطح زمین به یکدیگر متصل می‌شوند. روشی که چندین هزار سال پیش در مناطق خشک کوهستانی کشور ابداع شد تا کشاورزان بتوانند در روزگار خشکسالی زمین‌های تشنه را سیراب کنند. این

میراث معماری سرانجام به نقاط مختلف دنیا راه یافت. با این اختراع می‌توان مقدار قابل توجهی از آب‌های شیرین زیرزمینی را جمع‌آوری کرد و همانند چشمه‌های طبیعی در تمام طول سال بی‌هیچ ابزار کمکی به سطح زمین رساند. این حرفه به همراه خود ساعت آبی و آسیاب آبی را آورده است. در ایران شرقی، افغانستان و آسیای میانه به آن کاریز و در ایران غربی قنات می‌گویند. (ب) اگرچه بسیاری از قنات‌های کشور در این سال‌ها خشکیده و زیر سایه سنگین ساختمان‌های بلند کور شده‌اند، اما هنوز بیش از ۴۰ هزار رشته قنات در ایران فعال است. از این تعداد ۱۱ رشته قنات در کرمان، بم، یزد، اصفهان، اراک، فردوس و گناباد توانستند ثبت جهانی شوند. بخشی از آنها عبارت‌اند از: قنات قصبه گناباد با دو هزار و ۵۰۰ سال قدمت، ۴۷۰ حلقه چاه و عمیق‌ترین مادرچاه جهان به عمق ۳۰۰ متر با عنوان قدیمی‌ترین و پرآب‌ترین قنات جهان است. قنات باغ زاچ یزد، طولانی‌ترین قنات ایران با ۱۲۰ کیلومتر طول، دو هزار و ۱۱۵ حلقه چاه در عمق ۲۳ متری زمین و نزدیک به سه هزار سال قدمت.



قنات مون اردستان که شگفت‌انگیزترین قنات‌ها است، زیرا تنها قنات دو طبقه جهان و با قدمت ۸۰۰ سال است. در هر طبقه این قنات آبی مستقل جریان دارد و آب هیچ‌یک به دیگری نفوذ نمی‌کند.

**فعالیت ساخت یافته ۲:** معرفی ناخالصی‌های گازی، یونی و مولکولی و ناخالصی‌های معلق با کمک پرسش بحث کلاسی و نمایش فیلم

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ: فساد و تباهی در خشکی و دریا به سبب آنچه دست‌های مردمان کسب کرد، آشکار شد، تا به آنها بعضی از آنچه را که کردند بچشانند؛ تا مگر باز گردند. (قرآن کریم سوره مبارکه روم آیه ۴۱)



پرسش ۱



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؟

**پاسخ:** بلی، آب بی‌مزه است. زیرا حل‌پذیری گازها در آب با افزایش دمای آب کاهش می‌یابد. آب جوشیده، هوای حل‌شده در خود را از دست داده است و بی‌مزه می‌شود. حباب‌های سطح داخلی کتری از هوای آزادشده در اثر جوشیدن تشکیل می‌گردند. با حل شدن هوا در آب طعم آن برای آشامیدن بهتر و گواراتر می‌شود.

آیا تا به حال مزه آب دریا را چشیده‌اید؟ چه طعمی دارد؟ چرا؟  
**پاسخ:** طعم آب دریا به دلیل وجود یون‌های کلر شور و به خاطر وجود یون منیزیم تلخ است.

پرسش ۲



استفاده از آب‌های تصفیه نشده، چه عیب و مشکلاتی را در پی خواهد داشت؟  
**پاسخ:** رسوب‌گذاری در تجهیزات، خوردگی در دستگاه‌ها، بیماری‌زایی، آلوده کردن محصولات صنعتی و تغییر در مزه، رنگ و بوی آب از موارد مهم در اثرات زیان‌بخش ناخالصی‌های آب است.

بحث‌گروهی

۲



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

**پاسخ:** به دلیل کاربرد زیاد آب در تولید محصولات غذایی، وجود هرگونه آلودگی و ناخالصی در آب می‌تواند به لحاظ بهداشتی یا تجارتي ایجاد خسارت کند. در صنایع نساجی، با باقی‌گذارن لکه بر روی آنها، ظاهری نامطلوب ایجاد می‌شود.

بحث‌گروهی

۳



**اثرات زیان‌بخش ناخالصی‌های آب**  
هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم اثرات زیان‌بخش ناخالصی‌های آب را برای هنرجویان نمایش دهند.

فیلم  
آموزشی



### فعالیت ساخت یافته ۳: بیان اهمیت و ضرورت تصفیه آب با کمک تحقیق

یکی از کاربردهای آب سنگین، در سامانه‌های راکتورهای هسته‌ای است (شکل صفحه بعد)، تحقیق کنید که منظور از آب سنگین چیست؟  
**پاسخ:** آب سنگین معمولاً به هیدروژن اکسید سنگین یعنی  $D_2O$  اطلاق می‌شود. هیدروژن سنگین یا دوتریم<sup>۱</sup>، ایزوتوپی پایدار از هیدروژن است که به نسبت یک به ۶۴۰۰ از اتم‌های هیدروژن در طبیعت وجود دارد. خواص فیزیکی و شیمیایی آن مشابه با آب معمولی یا همان  $H_2O$  است. از کاربردهای آب سنگین می‌توان به استفاده از آن در واکنش‌گاه‌های هسته‌ای با سوخت اورانیوم، به عنوان سیر حفاظتی محوطه اطراف واکنش‌گاه (از پرتوهای هسته‌ای) به جای گرافیت، عامل انتقال گرما از واکنش‌گاه به توربین بخار نیروگاه برق و نیز مهارگر<sup>۲</sup> نوترون اشاره کرد.

تحقیق کنید

۱-۲



۱- Deuterium

۲- Moderator



تحقیق کنید  
۲-۲



آب مصرفی در کشاورزی، چه کیفیتی باید داشته باشد؟  
پاسخ:

استاندارد کیفیت آب برای کاربری کشاورزی

ردیف	متغیر	مقدار	یکا	توضیحات
۱	آلومینیم	۵۰۰۰	میکروگرم بر لیتر	فقط برای خاک‌های اسیدی
۲	آرسنیک	۱۰۰	میکروگرم بر لیتر	
۳	بریلیم	۱۰۰	میکروگرم بر لیتر	
۴	کادمیم	۱۰	میکروگرم بر لیتر	
۵	کبالت	۵۰	میکروگرم بر لیتر	
۶	کروم	۱۰۰	میکروگرم بر لیتر	
۷	مس	۲۰۰	میکروگرم بر لیتر	
۸	آهن	۵۰۰۰	میکروگرم بر لیتر	
۹	لیتیم	۲۵۰۰	میکروگرم بر لیتر	
۱۰	منگنز	۲۰۰	میکروگرم بر لیتر	فقط برای خاک‌های اسیدی
۱۱	مولیبدن	۱۰	میکروگرم بر لیتر	
۱۲	نیکل	۲۰۰	میکروگرم بر لیتر	
۱۳	پالادیم	۵۰۰۰	میکروگرم بر لیتر	
۱۴	سلنیم	۲۰	میکروگرم بر لیتر	



۱۵	وانادیم	۱۰۰	میکروگرم بر لیتر
۱۶	روی	۲۰۰۰	میکروگرم بر لیتر
۱۷	فلوئور	۱۰۰۰	میکروگرم بر لیتر فقط برای خاک‌های اسیدی
۱۸	بر	۳	میکروگرم بر لیتر
۱۹	هدایت الکتریکی	۳۰۰۰	میکرو زیمنس بر سانتی متر
۲۰	نیترژن نیتراتی	۳۰	میلی گرم بر لیتر
۲۱	pH	۶/۵-۸/۴	-

### حدود مجاز کیفیت باکتریولوژیک آب برای کاربری کشاورزی

گروه	نوع محصولات	کرم‌های انگل روده‌ای (میانگین حسابی تعداد در لیتر)	کلیفرم مدفوعی (میانگین هندسی تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر)
الف	محصولاتی که خام مصرف می‌شوند، زمین‌های ورزشی، پارک‌های عمومی	کمتر یا مساوی یک	کمتر یا مساوی ۱۰۰۰
ب	غلات، محصولات صنعتی، علوفه، چراگاه‌ها و درختان	کمتر یا مساوی یک	محدودیتی تعیین نشده است.
ج	محصولات گروه «ب» در صورت عدم مواجهه کارگران و عموم	محدودیتی تعیین نشده است.	محدودیتی تعیین نشده است.

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

**پاسخ:** در ابتدا به منابع اصلی آب مانند بارندگی‌ها، چاه‌های معروف، چشمه، قنات، رود و رودخانه‌ها استان اشاره شود.

تحقیق کنید  
۳



منبع آب	کاربرد
آب لوله‌کشی	آشامیدن و مصارف خانگی
آب مقطر	کارهای آزمایشگاهی - دارویی
آب رودخانه	شستشو - کشاورزی
آب دریا	حمل و نقل - صنعتی
آب چاه	خانگی - صنعتی - کشاورزی
آب استخر	شنا - صنعتی

## مرحله ۲: انجام آزمایش‌های فیزیکی آب

فعالیت ساخت یافته ۴: بررسی چند نمونه آب از نظر بو، رنگ، pH به صورت عملی

### فعالیت عملی ۱

#### تشخیص آب تصفیه شده از تصفیه نشده

راهنمایی: مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، آب‌های مختلف تهیه شود و نمونه‌ها را از نظر بو، رنگ، pH، قابلیت شرب با یکدیگر مقایسه کنید و در جدول یادداشت کنید. با بحث گروهی، بهترین نوع آب برای کاربرد مشخص انتخاب شود و علت آنها را مشخص کنید.

ردیف	نوع آب	بو	رنگ	pH	قابلیت شرب
۱	آب لوله‌کشی	مطبوع	شفاف و زلال	به طور دقیق اندازه‌گیری شود	دارد
۲	آب مقطر	ماندگی	شفاف و زلال		دارد
۳	آب رودخانه	مطبوع	شفاف		ندارد
۴	آب دریا	گندیدگی	کمی کدر		ندارد
۵	آب چاه	بر حسب نمک‌های معدنی موجود متفاوت است.	کمی کدر		دارد
۶	آب استخر	بوی کلر	کمی کدر		ندارد
۷	...				

**فعالیت ساخت یافته ۵:** اندازه‌گیری شاخص غلظت کل مواد جامد محلول در آب (TDS) به صورت عملی

### فعالیت عملی ۲

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

**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته‌شده در کتاب درسی، شاخص غلظت کل مواد جامد محلول در آب‌های مختلف را اندازه‌گیری کنید و نتایج گروه‌های مختلف هنرجویی با یکدیگر مقایسه شود. با بحث گروهی، بهترین گروه انتخاب شود و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

ردیف	نوع آب		آب شور	آب مجاز آشامیدنی	مطلوب آشامیدنی	مطلوب صنعتی	توضیحات
	آب دریا	آب TDS (ppm)					
	حدود ۴۰۰۰۰	حدود ۱۰۰۰۰	کمتر از ۱۰۰۰	کمتر از ۵۰۰	کمتر از ۱۰۰		
۱			X				آب رودخانه (معمولاً (و نه همیشه)
۲			X				آب استخر (کمتر از ۸۰۰)
۳							آب چاه بستگی به محل احداث آن دارد
۴			X				آب شهر
۵							...

**فعالیت ساخت یافته ۶:** اندازه‌گیری میزان کدری آب به صورت عملی

### فعالیت عملی ۳

#### اندازه‌گیری میزان کدری

**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته‌شده در کتاب درسی، آب‌های مختلف تهیه شود و با دستگاه مرتبط میزان کدری آنها اندازه‌گیری شود و سپس نمونه‌ها را از نظر میزان کدری مقایسه کنید. با بحث گروهی، بهترین گروه انتخاب شود و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

**توجه:** جدول صفحه بعد برای فعالیت عملی هنرجویان می‌باشد و بسته به محل، مقادیر میزان کدری متفاوت خواهد بود. برای موارد ۳ یا ۵ مقدار خاصی وجود ندارد.

ردیف	نوع آب	میزان کدري
۱	آب لوله‌کشی	کمتر از ۱ تا حداکثر ۵ NTU
۲	آب مقطر	
۳	آب رودخانه	
۴	آب دریا	
۵	آب چاه	
۶	آب استخر	حداکثر ۵/۵ NTU
۷	...	

**فعالیت ساخت یافته ۷:** اندازه‌گیری شاخص رنگ آب به صورت عملی

#### فعالیت عملی ۴

#### اندازه‌گیری شاخص رنگ

**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، آب‌های مختلف تهیه شود و با دستگاه مرتبط شاخص رنگ آنها اندازه‌گیری شود. سپس نمونه‌ها را از نظر شاخص رنگ با یکدیگر مقایسه کنید. با بحث گروهی، بهترین گروه انتخاب شود و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

**توجه:** جدول زیر برای فعالیت عملی هنرجویان می‌باشد و بسته به محل، مقادیر شاخص رنگ متفاوت خواهد بود.

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

فعالیت ساخت یافته ۸: اندازه‌گیری شاخص رسانایی آب به صورت عملی

### فعالیت عملی ۵

#### اندازه‌گیری رسانایی الکتریکی آب

راهنمایی: مطابق روش کار گفته‌شده در کتاب درسی، آب‌های مختلف تهیه گردد و با دستگاه مرتبط رسانایی الکتریکی آنها اندازه‌گیری شود و سپس نمونه‌ها را از نظر میزان کدري مقایسه کنید. با بحث گروهی، بهترین گروه انتخاب شود و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

ردیف	نوع آب	رسانایی الکتریکی micromhos/cm (uS)	توضیحات
۱	آب لوله‌کشی	۵۰ تا ۸۰۰	
۲	آب مقطر	۰/۵ تا ۳	
۳	آب رودخانه	۱۰۰ تا ۲۰۰۰	
۴	آب دریا	۵۰۰۰	
۵	آب چاه	بستگی به محل حفر چاه دارد	
۶	آب استخر	بیشتر از ۸۰۰۰	فقط برای استخرهای پرورش ماهی
۷	...		

### مرحله ۳: انجام آزمایش‌های شیمیایی آب

فعالیت ساخت یافته ۹: اندازه‌گیری غلظت یون هیدروژن (pH) نمونه آب به صورت عملی

### فعالیت عملی ۶

#### اندازه‌گیری شاخص غلظت یون هیدروژن (pH)

راهنمایی: 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 جدول یادداشت کنید. سپس نمونه‌ها را مقایسه کنید. با بحث گروهی، بهترین گروه انتخاب شود و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

**توجه:** جدول زیر برای فعالیت عملی هنرجویان می‌باشد و بسته به محل، مقادیر pH متفاوت خواهد بود.

توضیحات	pH			نوع آب	ردیف
	دستگاهی	شناساگر کاغذی	محلول شناساگر رنگی		
۸/۵ تا ۶/۵				آب لوله‌کشی	۱
۷ (کاملاً خنثی)				آب مقطر	۲
معمولاً ۵ تا ۹				آب رودخانه	۳
۸/۳ تا ۷/۷				آب دریا	۴
بستگی به محل حفر چاه دارد				آب چاه	۵
۷/۶ تا ۷/۲				آب استخر	۶
				...	۷

**فعالیت ساخت یافته ۱۰:** اندازه‌گیری سختی کل آب به صورت عملی در آزمایشگاه

پرسش ۳



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



**پاسخ:** تصویر تجمع رسوب‌های ناشی از سختی زیاد آب را در یک کتری برقی نشان می‌دهد.



### معادل کربناتی

به منظور آسانی محاسبات و نیز رسیدن به یک مبنای مشترک در اعلام سختی آب‌ها، ابتدا غلظت تمامی نمک‌های موجود در نمونه آب محاسبه می‌شود. سپس جمع آنها در ۵۰ (یعنی  $100 \div 2 = 50$ ) هم‌ارزگرم کلسیم کربنات ضرب می‌شود و آن را معادل کربناتی می‌نامند. مثلاً اگر غلظت منیزیم سولفات در یک نمونه آب ۴۲۰ mg/L باشد:

$$420 \text{ mg/L} = 420 \text{ ppm}$$

$$420 \div 60 = 7 \text{ میلی هم‌ارزگرم}$$

(زیرا جرم هر هم‌ارزگرم از منیزیم سولفات برابر است با  $120 \div 2 = 60$  گرم)  
پس غلظت منیزیم سولفات در نمونه آب معادل است با:

$$7 \times 50 = 350 \text{ ppm معادل کلسیم کربنات}$$



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



### پاسخ:

چنان‌که دیده می‌شود با تجزیه گرمایی کلسیم بی‌کربنات یون سختی کلسیم تنها به اندازه حل‌پذیری تعادلی کلسیم کربنات در آب وجود خواهد داشت که میزان اندکی است. به عبارت دیگر سختی باقی‌مانده در آب، کاهش یافته است. اما سختی دائم یا سختی مربوط به نمک‌های سولفات، کلرید و نیترات کلسیم و منیزیم، با گرما دادن رسوب نمی‌کنند، به جز اینکه آب در اثر تبخیر از آنها اشباع شود. از این جهت سختی دائم بهتر از سختی موقت است. زیرا سختی موقت با افزایش دما و در مکان یا هنگام نامناسب ممکن است با رسوب کلسیم کربنات و گاز کربن دی‌اکسید در تنظیم pH و میزان انتقال گرما اختلال کند.



۱- کدام یک از نمک‌های زیر باعث سختی موقت می‌شوند؟  
کلسیم سولفات، سدیم کربنات، منیزیم بی‌کربنات، سدیم سولفات

۲- به نظر شما مشکل سختی آب چه راهکاری دارد؟

پاسخ: ۱- منیزیم بی‌کربنات

۲- راهکار این مشکل حذف سختی آب است.

## فعالیت عملی ۷

### تعیین سختی کل

**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته‌شده در کتاب درسی، محلول‌های مختلف تهیه گردد سپس با سنجش حجمی سختی کل، کلسیم و منیزیم آب تعیین شود و نتایج گروه‌های مختلف را با یکدیگر مقایسه کنید. با بحث گروهی، بهترین گروه انتخاب شود و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب، مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

**فعالیت ساخت یافته ۱۱:** اندازه‌گیری سختی موقت آب به‌صورت عملی در آزمایشگاه

## فعالیت عملی ۸

### اندازه‌گیری سختی موقت آب

**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته‌شده در کتاب درسی، با سنجش حجمی سختی موقت آب تعیین شود و سپس نتایج گروه‌های مختلف را با یکدیگر مقایسه کنید. با بحث گروهی، بهترین گروه انتخاب شود و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب، مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

**توجه:** با توجه به روش محاسبه موجود در کتاب درسی لازم است جدول زیر با داده‌های عملی هنرجویان پر شود.

۱	۲	۳	نمونه
			حجم نمونه آب
			نرمالیت HCl مصرف شده
			حجم HCl مصرف شده
			تعداد اکی‌والان گرم HCl مصرف شده
			تعداد اکی‌والان گرم برای یک لیتر آب
			تعداد میلی‌اکی‌والان $Ca^{2+}$ و $Mg^{2+}$
			سختی موقت میلی‌اکی‌والان گرم در لیتر



پرسش ۵



با توجه به فعالیت عملی ۸، مقدار سختی دائم آب را به دست آورید.  
**پاسخ:** تفاضل سختی کل و موقت را سختی دائم آب در نظر بگیرید.

تحقیق کنید

۴



در مورد مزیت سختی آب تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.  
**پاسخ:** برخی از پژوهش‌ها نشان داده‌اند در مناطقی که از آب‌های سخت استفاده می‌کنند بیماری‌های قلبی و عروقی مانند سکتة قلبی و فشار خون کمتر مشاهده شده است. از طرفی آب‌های خیلی سبک طعم بی‌مزه و ناخوشایندی دارند.

**فعالیت ساخت یافته ۱۲:** بیان شاخص قلیایی ساده و کل آب با کمک تصویر و ذکر موارد ایمنی

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؟



تمیز ماندن آب رودخانه‌ها به دلیل وجود اکسیژن در آنها

**پاسخ:** یکی از دلایل تمیز ماندن آب رودخانه‌ها وجود اکسیژن در آنهاست که با انجام واکنش‌های شیمیایی و زیستی، مواد آلی موجود در آب را پاک‌سازی می‌کند. این اکسیژن ضمن حرکت آب در طبیعت و در اثر تلاطم ناشی از برخورد با سنگ‌ها یا ریزش از آبشارها در آب حل می‌شود. علی‌رغم میزان کم حل شدن اکسیژن در آب، همین مقدار اندک هم برای زندگی آبزیان اهمیت زیادی دارد.

**فعالیت ساخت یافته ۱۳:** اندازه‌گیری شاخص قلیایی ساده و کل آب به صورت عملی

## فعالیت عملی ۹

### تعیین شاخص‌های قلیایی ساده و کل

**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته‌شده در کتاب درسی، با سنجش حجمی شاخص قلیایی ساده و کل آب تعیین شود و سپس نتایج گروه‌های مختلف را با یکدیگر مقایسه کنید. با بحث گروهی، بهترین گروه انتخاب شود و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

## مرحله ۴: انجام آزمایش‌های زیست‌شناختی آب

**فعالیت ساخت یافته ۱۴:** معرفی شاخص‌های COD، بهداشتی بودن و BOD آب با کمک تحقیق و تصویر

تحقیق کنید

۶



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

**پاسخ:** روش‌های شناسایی و شمارش باکتری‌ها متنوع است و هنرآموز محترم بر حسب سطح درک هنرجویان کلاس، تحقیقات صورت گرفته را بررسی کنند. باکتری‌های منفرد به‌طور معمول با یکی از روش‌های زیر شمارش می‌شوند: **شمارش مستقیم:** در این روش، شمارش مستقیم کلنی‌ها<sup>۱</sup> با استفاده از میکروسکوپ‌ها صورت می‌گیرد. اما چون تمایز بین سلول‌های زنده و مرده دشوار است، شمارش صورت گرفته شمارش کلی است.

روش دیگر برای دستیابی به شمارش مستقیم به‌وسیله یک قطعه شمارنده الکترونیکی است که در آن نمونه شامل باکتری‌ها از سوراخی عبور داده می‌شود. با عبور باکتری از روزه دستگاه، قابلیت رسانندگی الکتریکی مایع داخل روزه کاهش می‌یابد. تعداد دفعات این کاهش و میزان آن بسته به تعداد باکتری است.

۱- در زیست‌فناوری، یک واحد تشکیل کلنی (Colony-forming unit, cfu)، واحدی است که برای تخمین تعداد سلول‌های باکتریایی یا قارچی زنده در یک نمونه به کار می‌رود. منظور از «زنده»، توانایی تولید مثل از طریق تقسیم دوتایی تحت شرایط کنترل شده است.

## فعالیت ساخت یافته ۱۵: بیان فرایندهای تصفیه آب با کمک تصویر و فیلم

تحقیق کنید  
۷



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

**پاسخ:** با توجه به استان سکونت هنرجویان پاسخ مناسب ارائه شود. برای مثال بخشی از نیاز آب آشامیدنی شهر تهران از منابع آبی سطحی (سدهای پنج‌گانه تهران) و بخشی دیگر از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود. چگونگی تصفیه آن:

- **فرایند آشغال‌گیری:** حذف مواد شناور معلق و درشت با توری آشغال‌گیری
- **فرایند پیش‌ته‌نشینی:** با هدف کاهش کدورت اولیه و حذف مواد معلق درشت دانه قابل ته‌نشینی

- **فرایند تهیه و تزریق مواد شیمیایی:** تزریق کلرورفریک به عنوان ماده منعقدکننده و شیرآهک برای تنظیم pH و بهبود فرایند انعقاد

- **فرایند اختلاط سریع:** مواد شیمیایی مورد استفاده در فرایند تصفیه، در زمانی بسیار کوتاه و با سرعت زیاد توسط همزن مکانیکی با آب مخلوط می‌شود.

- **فرایند زلال‌سازی:** که در آن عمل انعقاد، لخته‌سازی و ته‌نشینی مواد صورت می‌گیرد.

- **فرایند صافی‌سازی:** حذف نهایی مواد معلق (کلوئیدی) از آب و فلوک‌های ریز که در مرحله زلال‌سازی ته‌نشین نشده‌اند.

- **فرایند کلرزنی اولیه و نهایی:** کلرزنی اولیه قبل از عمل انعقاد، برای حذف و نابودی ارگانسیم‌های نامطلوب بیماری‌زا و اصلاح نسبی رنگ، بو و طعم آب خام انجام می‌شود. کلرزنی ثانویه به منظور گندزدایی و تأمین کلر آزاد باقی‌مانده در آب خروجی صورت می‌گیرد.

فیلم  
آموزشی



### مراحل مختلف تصفیه آب آشامیدنی

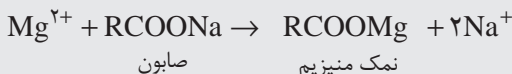
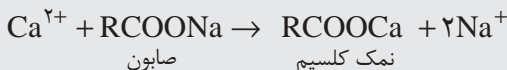
هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم مراحل مختلف تصفیه آب آشامیدنی را برای هنرجویان نمایش دهند.



تصویر زیر چه پدیده‌ای را نشان می‌دهد؟ آیا علت آن را می‌دانید؟



**پاسخ:** تصویر کف نکردن صابون در آب سخت را نشان می‌دهد. دلیل آن قابل حل نبودن صابون‌های کلسیم و منیزیم در آب است. زیرا به لحاظ شیمیایی صابون‌ها، نمک‌های محلول در آب سدیم یا پتاسیم اسیدهای چرب بزرگ مولکول (مانند استئاریک، اولئیک یا پالمیتیک) هستند که می‌توانند در تعامل با آب لکه‌های چربی یا روغنی را حل کنند و از روی پوست یا پارچه بردارند. در برخی از آب‌ها صابون کف نمی‌کند یا دیر کف می‌کند. به این آب‌ها سخت می‌گویند. آب سخت آبی است که حاوی نمک‌های معدنی از قبیل ترکیبات بی‌کربنات، یون‌های کلسیم، منیزیم و غیره است. صابون باید ابتدا یون‌های کلسیم، منیزیم (و بقیه یون‌های) موجود در آب سخت را خنثی کند. این کار زمان‌بر است و بعد از آن صابون کف می‌کند. صابون‌های نامحلول کلسیم و منیزیم به سطح پارچه می‌چسبند و ظرفیت پاک‌کنندگی صابون را کم می‌کنند.



یک مورد استفاده مهم از شوینده‌های مصنوعی، در آب سخت است، زیرا نمک‌های کلسیم و منیزیم شوینده‌های مصنوعی در آب محلول هستند. در نتیجه از صابون بیشتر کف می‌کنند.

**فعالیت ساخت یافته ۱۶:** کاهش سختی موقت آب به صورت عملی در آزمایشگاه

### فعالیت عملی ۱۰

#### کاهش سختی موقت آب

**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، محلول‌های مختلف تهیه شود و با سنجش حجمی سختی کل آب‌های مختلف را پیش و پس از آهک‌زنی تعیین کنید. سپس نتایج گروه‌های مختلف را با یکدیگر مقایسه کنید. با بحث گروهی،

بهترین گروه انتخاب شود و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

**فعالیت ساخت یافته ۱۷:** کاهش سختی کل آب با استفاده از رزین به صورت عملی در آزمایشگاه

### فعالیت عملی ۱۱

**استفاده از رزین‌ها در تصفیه آب**

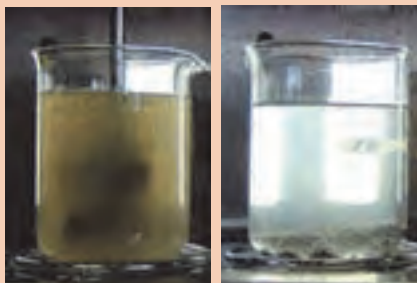
**راهنمایی:** مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، محلول‌های مختلف تهیه شود و با سنجش حجمی سختی کل آب‌های مختلف را پیش و پس از تصفیه با رزین تعیین کنید. سپس نتایج گروه‌های مختلف را با یکدیگر مقایسه کنید. با بحث گروهی، بهترین گروه انتخاب شود و علت آنها را مشخص کنید. در پایان گروه هنرجویی منتخب، مورد تشویق بیشتر قرار گیرد.

**فعالیت ساخت یافته ۱۸:** بیان روش‌های فیزیکی و شیمیایی حذف ناخالصی‌های گازی آب با کمک تصویر

روش‌های فیزیکی و شیمیایی حذف ناخالصی‌های گازی آب با کمک تصویرهای مختلف بیان شود.

**فعالیت ساخت یافته ۱۹:** بیان روش زلال سازی آب با منعقدکننده‌ها، با استفاده از تصویر و پرسش

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



**پاسخ:** در ظرف سمت راست از موادی مانند منعقدکننده‌ها استفاده شده است.

**فعالیت ساخت یافته ۲۰:** انجام دادن آزمایش جار برای ارزیابی انعقادسازی به صورت عملی

پرسش ۶



## فعالیت عملی ۱۲

### انجام دادن آزمایش جار

راهنمایی: مطابق روش کار گفته شده در کتاب درسی، محلول‌های مختلف تهیه شود و زلال بودن محلول نهایی، سرعت ته نشینی و نیز حجم لجن تولیدشده در هر بشر را در جدولی یادداشت کنید. سپس نتایج گروه‌های مختلف را با یکدیگر مقایسه کنید. با بحث گروهی، بهترین افزودنی انتخاب شود و علت آنها را مشخص کنید.

تحقیق کنید

۸



کدام یک از متغیرهای زیر روی انعقادسازی اثر مثبت دارد؟  
الف) مواد آلی (ب) همزدن (ج) دمای کم (د) pH کم  
پاسخ: هیچ کدام.

فعالیت ساخت یافته ۲۱: بیان روش فیلتراسیون و فرایندهای غشایی در تصفیه آب با کمک تصویر و نمایش فیلم

فیلم  
آموزشی



### الکترودیالیز

هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه اجرایی فیلم آموزشی، فیلم الکترودیالیز را برای هنرجویان نمایش دهند.

فعالیت ساخت یافته ۲۲: بیان روش گندزدایی فیزیکی و شیمیایی در تصفیه آب با کمک تصویر و بازدید

## فعالیت عملی ۱۳

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

راهنمایی: هنرآموزان محترم، مطابق شیوه‌نامه بازدید از مراکز علمی و صنعتی، از یک سازمان تصفیه آب به همراه هنرجویان بازدید کنند و در پایان گزارش بازدید از هنرجویان خواسته شود.

## پرسش‌ها و پاسخ‌های پایانی

۱ منابع آب کدام‌اند؟

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

۲ ناخالصی‌های آب چند دسته هستند، هر کدام را به‌طور مختصر توضیح دهید.

**پاسخ:** سه دسته:

- گازی، که با افزایش فشار جزیی گاز در تماس با آب، یا کاهش دمای آب حلالیت آنها در آب بیشتر می‌گردد. همچنین با فعالیت میکروارگانیسم‌ها در آب نیز میزان گازها در آن کمتر یا بیشتر می‌شود.

- یونی و مولکولی، نمک‌ها پس از حل شدن در آب به صورت کاتیون‌ها و آنیون‌ها در می‌آیند. بعضی از مواد مانند شکر (ضایعات خروجی از کارخانجات نیشکر) نیز به صورت مولکولی در آب حل می‌شوند.

- معلق (کلوئیدی)، ذرات ریز و درشت جامد و غیر محلول در آب سبب کدر شدن آن می‌گردند.

**۳** اثرات زیانبخش ناخالصی‌های آب در صنعت را توضیح دهید.

**پاسخ:** با توجه به نقش مهم آب در مصارف خانگی، صنعتی، کشاورزی و ...، هر یک از این ناخالصی‌ها می‌توانند مضرات متعددی را ایجاد کنند. مثلاً رسوب‌گذاری در تجهیزات انتقال گرما، خوردگی در دستگاه‌ها و سطوح گوناگون، بیماری‌زایی، اختلال در کاربرد مواد شیمیایی، کثیف یا آلوده کردن محصولات صنعتی و مانند آنها می‌شود.

**۴** سختی آب چیست؟ و انواع آن را نام ببرید.

**پاسخ:** سختی آب به کاتیون‌های دو ظرفیتی کلسیم و منیزیم (و مقدار کمتری یون‌های دیگر) مربوط می‌شود و بر دو نوع است: سختی موقت یا بی‌کربناتی و سختی دائم یا سختی غیرکربناتی.

**۵** شاخص مواد جامد محلول در آب را شرح دهید.

**پاسخ:** منظور از غلظت کل مواد جامد محلول در آب (TDS) مجموع غلظت همه یون‌های موجود در آب می‌باشد. برای سنجش آن، از آبی که با عبور از صافی مخصوص مواد معلق و کلوئیدی آن گرفته شده است، استفاده می‌گردد.

**۶** سختی دائم و موقت چه تفاوت‌هایی با یکدیگر دارند؟

**پاسخ:** سختی موقت یا بی‌کربناتی با حرارت دادن از بین می‌رود و به صورت رسوب کربنات از آب جدا می‌شود. اما سختی دائم یا سختی غیرکربناتی با حرارت دادن تجزیه نمی‌گردد.

**۷** شاخص قلیاییت آب چیست؟ و به چند دسته تقسیم‌بندی می‌شود.

**پاسخ:** شاخص قلیاییت آب برابر با مجموع غلظت سه یون کربنات، بی‌کربنات و هیدروکسید موجود در آن است. قلیاییت بر دو نوع است: قلیاییت ساده یا قلیاییت نسبت به فنل فتالین (P) و قلیاییت کل یا قلیاییت نسبت به متیل اورانژ (M).

**۸** رابطه pH و قلیاییت را بیان کنید.

**پاسخ:** pH آب معرف قدرت اسیدی آب، اما قلیاییت معرف مقاومت آب در برابر تغییرات pH هستند.

**۹** برای سنجش میزان مواد آلی موجود در آب، از چه روش‌هایی استفاده می‌شود؟

**پاسخ:** نیاز اکسیژن بیوشیمیایی (BOD)، نیاز اکسیژن شیمیایی (COD) و

اندازه‌گیری کل کربن آلی (TOC) و با دقت کمتر اندازه‌گیری بخش مواد فرّار، اندازه‌گیری کل مواد جامد.

**۱۵** چه روش‌هایی برای مناسب‌سازی آب وجود دارد؟ به اختصار بیان کنید.

**پاسخ:** برای بهسازی و مناسب‌سازی آب دو روش موجود است:

(الف) حذف و یا کاهش ناخالصی‌های آب در تصفیه‌خانه (تصفیه‌ خارجی)

(ب) افزایش مواد کمکی به آب در محل مصرف (تصفیه‌ داخلی)

**۱۱** رزین‌ها چه موادی هستند؟ چند کاربرد برای آنها بنویسید.

**پاسخ:** رزین‌های مواد جامدی هستند که در آب نامحلول هستند، اما می‌توانند با یون‌های آب تعویض یونی انجام دهند. رزین‌ها در تهیه‌ آب آشامیدنی با کیفیت، صنایع دارویی، غذایی، شیمیایی، پتروشیمی، نفتی، گازی و (به‌ویژه برای دیگ‌های بخار) و کاغذسازی به‌کار می‌روند.

**۱۲** ضد عفونی‌کننده‌ها چند دسته هستند و چگونه عمل می‌کنند؟

**پاسخ:** ضد عفونی‌کننده‌ها یا همان گندزداها موادی‌کننده هستند که کلیه‌ عوامل بیماری‌زا را توسط عوامل فیزیکی و شیمیایی از بین می‌برند. گندزداها شامل دو دسته کلی با واکنش شیمیایی (مانند کلر، ازن، دی اکسید کلر، برم و ید) و با عملکرد فیزیکی (نظیر استفاده از صافی یا پرتودهی) هستند.

گندزدهای شیمیایی با اکسایش و پاره کردن دیواره سلول میکروبی، آنها را می‌کشند و یا با نفوذ درون سلول در کارها و فعالیت‌های حیاتی آنها، اختلال ایجاد می‌کنند.

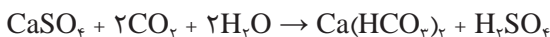
گندزدهای فیزیکی با تابش فرابنفش، گرما یا حذف فیزیکی به‌وسیله غشاهای ریزجانداران را نابود می‌کنند.

**۱۳** گندزدهای شیمیایی کلر، ازن و نقره کلوئیدی را از نظر کاربرد با یکدیگر مقایسه کنید.

**پاسخ: کلر:** این گاز خورنده و خفه‌کننده، ارزان، سمی برای اغلب ریزجانداران، نیازمند به تجهیزات و تأسیسات خاص و گران قیمت، دارای قابلیت حل شدن مناسب در آب است. باقی‌مانده آن می‌تواند شبکه توزیع آب را به لحاظ زیست‌شناختی محافظت کند. **ازون:** گندزدایی مفید و قوی، بدون باقی‌مانده‌ای در آب، با سمیت شدید، گران قیمت و تولیدکننده مواد مضر یا برخی از مواد آلی یا معدنی است.

**نقره کلوئیدی:** بسیار گران است و فقط در صافی‌های کوچک آب استفاده می‌گردد، زیرا برای بیشتر ریزجانداران سمی می‌باشد.

**۱۴** ساز و کار منعقدکننده آلومینیم سولفات را با واکنش شیمیایی مربوطه بنویسید. **پاسخ:**





## ارزش شایستگی آزمایش‌های کنترل کیفیت آب

<p><b>شرح کار:</b>  چگونگی استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی را بداند و کار داده شده 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>  رعایت مسائل ایمنی هنگام کار  انجام کار طبق دستور کار</p>			
<p><b>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات</b>  <b>شرایط مکان:</b> آزمایشگاه  <b>زمان:</b> یک جلسه آموزشی  <b>ابزار و تجهیزات:</b> pHسنج، رسانایی سنج، 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 یا رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی  <b>۲- نگرش:</b> صرفه‌جویی  <b>۳- توجهات زیست‌محیطی:</b> جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت‌وپاش  <b>۴- شایستگی‌های غیرفنی:</b> ۱- اخلاق حرفه‌ای ۲- مدیریت منابع  <b>۳- محاسبه و کاربست ریاضی</b>  <b>۵- مستندسازی:</b> گزارش‌نویسی</p>			
<b>میانگین نمرات</b>			
<p>* کم‌ترین میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.</p>			