فصل اوّل

آب

پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ گردش آب در طبیعت را شرح دهد.

۲ــ منبع‌های آب را نام ببرد.

۳ــ چگونگی تشکیل سفره‌های زیرزمینی را شرح دهد.

۴ــ چاه و انواع آن را شرح دهد.

۵ــ قنات و ساختمان آن را شرح دهد.

۶ــ هدف از حفر قنات را بیان کند.

۷ــ منبع‌های روزمینی و زیرزمینی را نام ببرد.

۸ــ رودخانه و چگونگی استفاده از آن در آب‌رسانی شهری را توضیح دهد.

۱ــ آب

۱ــ۱ــ گردش آب در طبیعت

آب در طبیعت همواره در مداری بسته سیر می‌کند که ضمن آن حالت خود را از مایع به بخار یا جامد (یخ) و برعکس تغییر می‌دهد.

شکل ۱ــ۱ــ گردش آب در طبیعت

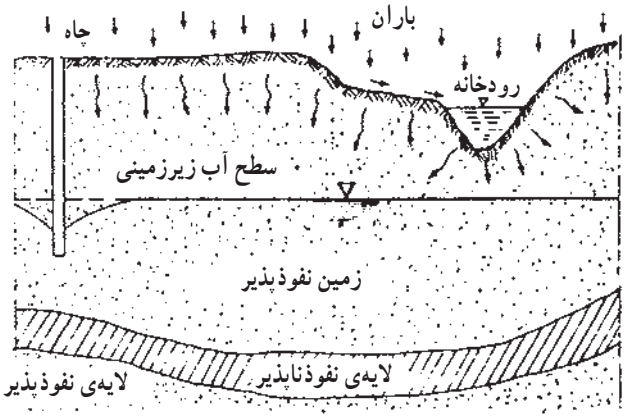
قسمتی از آب‌های روی زمین در اثر گرمای ناشی از تابش خورشید بخار شده و به‌صورت ذرات بسیار ریزی (به قطر حدود ۰/۰۲ میلی‌متر) ابرها را تشکیل می‌دهند. این ذرات در حالت عادی، به علت جریان باد، سرعت سقوط کمی دارند و تقریباً در هوا معلق می‌باشند، ولی بر اثر تغییرات درجه حرارت و فشار موجود در جوّ به حالت بخار اشباع درآمده، ذرات ریز به هم پیوسته و دانه‌های بارانی به قطر حدود ۰/۵ تا ۸ میلی‌متر تشکیل می‌دهند. این دانه‌های نسبتاً درشت بر اثر وزن خود به سوی زمین فرود می‌آیند. ذرّات باران اگر در مسیر خود به لایه‌ی سردی از هوا برخورد کنند تبدیل به برف یا تگرگ می‌گردند. گاهی هم ممکن است حالت اشباع نامبرده کاملاً در سطح زمین انجام گیرد که در این‌صورت شبنم پدید می‌آید.

۲ــ۱ــ منبع‌های آب

بیشتر بارش‌های آسمانی پس از باریدن مستقیماً و یا در اثر تعریق گیاهان به‌صورت بخار درآمده به آسمان برمی‌گردند. قسمت کمتری از این بارش‌ها هم به شکل‌های گوناگون بر روی زمین جاری می‌شود و یا در زیرزمین انبار می‌گردد. آب‌هایی را که از طریق جوی‌ها و رودخانه‌ها جریان یافته و به دریاچه‌ها و دریاها می‌ریزند آب‌های سطحی می‌نامند. آب‌هایی هم که به زیرزمین نفوذ می‌کند آب‌های زیرزمینی نام دارد که از آن‌ها تحت عنوان «منبع‌های آب» یاد می‌کنند.

باید دانست که میانگین بارندگی در کشور ما در حدود ۲۳ سانتی‌متر در سال است که در مقایسه با میانگین بارش در خشکی‌های زمین (حدود ۶۶ سانتی‌متر) بسیار کم و ناچیز می‌باشد. از این جهت می‌توان ایران را جزء مناطق خشک و کم‌باران محسوب نمود. بنابراین باید از منبع‌های آب سطحی و زیرزمینی کشورمان حفاظت کرده، در مصرف آب جداً صرفه‌جویی نموده و بهینه‌سازی مصرف را درنظر داشته باشیم.

۱ــ۲ــ۱ــ منبع‌های زیرزمینی آب: نفوذ آب حاصل از بارش باران و برف در زمین سبب پر شدن قسمتی از فضای خالی بین ذرّات جامد زمین می‌شود. این نفوذ، تحت تأثیر نیروی جاذبه‌ی زمین، از نقاط بلندتر به سمت نقاط پست‌تر صورت می‌گیرد. سرعت این نفوذ یا حرکت، بسته به نوع زمین متفاوت است. هنگام مواجه شدن با لایه‌های نفوذناپذیر مانند خاک رُس، این آب‌ها متوقف شده تشکیل منبع‌های زیرزمینی را می‌دهند. همچنان‌که در شکل ۲ــ۱ مشاهده می‌شود در طبیعت غالباً چند منبع آبی روی هم قرار می‌گیرند که به‌وسیله‌ی لایه‌های نفوذناپذیر از هم جدا می‌شوند.



شکل ۲ــ۱ــ تشکیل سفره‌های آب زیرزمینی

سطح آب در منبع بالایی معمولاً ثابت نیست و با بارندگی‌های فصلی تغییر می‌کند. لذا بهره‌برداری از منابع گودتر مطمئن‌تر ولی گران‌تر است. افزون بر این، منابع گودتر، از آلودگی سطحی زمین بیشتر در امان می‌باشند. طبقات خاک خاصیت صاف‌کنندگی دارد، بنابراین آب هنگام گذر از آن‌ها تصفیه شده، مواد معلّق خود را از دست می‌دهد و تنها نمک‌های محلول را در خود نگه می‌دارد. دمای آب نیز در اثر تماس با لایه‌های گودتر زمین تقریباً ثابت می‌ماند و تنها از ۸ تا ۱۲ درجه متغیّر است.

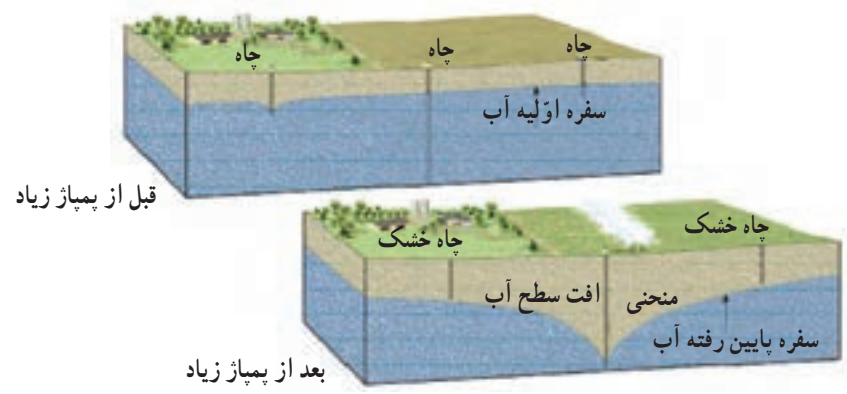
۲ــ۲ــ۱ــ روش‌های بهره‌برداری از منبع‌های زیرزمینی

چاه‌ها: چاه حفره‌ی استوانه‌ای قائمی است که سطح زمین را به یک مخزن زیرزمینی آب متصل می‌سازد. آب‌های زیرزمینی از راه درزها و شکاف سنگ‌ها و خُلل و فُرج زمین در چاه تراوش می‌نماید.

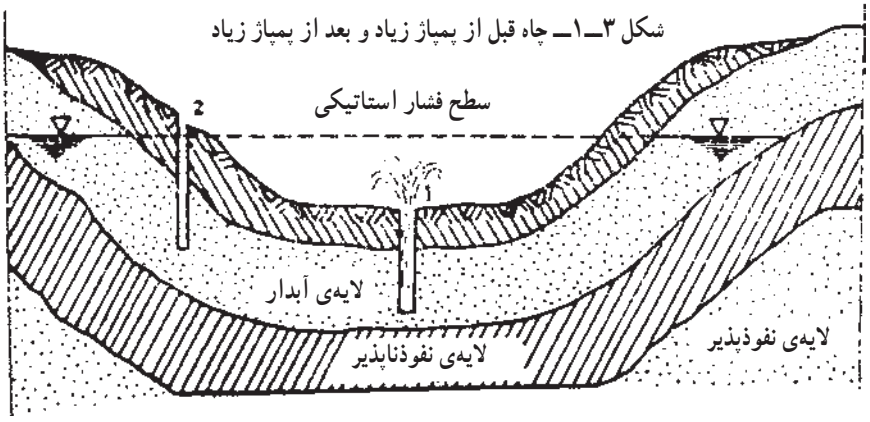
چاه‌ها دارای دسته‌بندی‌های مختلفی می‌باشند. از نظر وضع طبیعی زمین، چاه‌ها به دو گروه تقسیم می‌شوند :

گروه نخست چاه‌های نشتی یا معمولی هستند که آب در آن‌ها به‌صورت آزاد جریان دارد و سطح آب آن‌ها، پیش از برداشت، هم‌تراز سطح آب زیرزمینی مجاور می‌باشد.

گروه دوم چاه‌های آرتزین و نیمه‌آرتزین‌اند که آب زیرزمینی با فشار وارد آن‌ها می‌گردد و سطح آب در چاه، پیش از برداشت از آن، بالاتر از سطح منبع زیرزمینی مجاور چاه است درنتیجه اغلب خودبه‌خود بر روی زمین جاری می‌شوند. در شکل ۳ــ۱ یک چاه نشتی و در شکل ۴ــ۱ چاه‌های آرتزین و نیمه‌آرتزین مشاهده می‌شوند.



شکل ۳ــ۱ــ چاه قبل از پمپاژ زیاد و بعد از پمپاژ زیاد

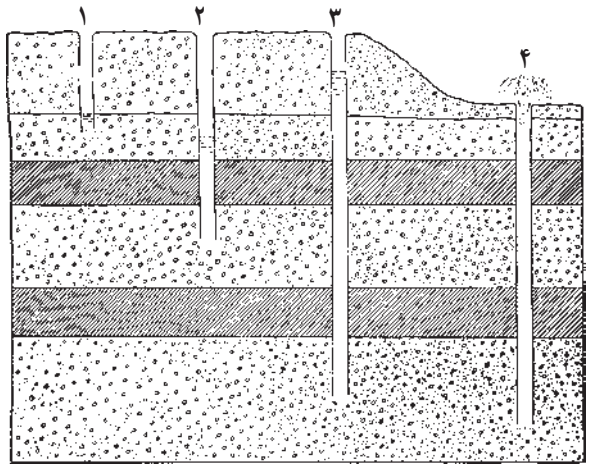


شکل ۴ــ۱ــ سفره‌ی آبی و چاه آرتزین و نیمه‌آرتزین

چاه‌ها از نظر گودی نیز به دو دسته تقسیم می‌گردند :

دسته‌ی اول چاه‌های کم‌عمق که غالباً به‌صورت دستی و به قطرهای ۸۰ سانتی‌متر تا چند متر حفر می‌شوند. عمق این چاه‌ها می‌تواند درحالت معمولی تا ۲۰ متر هم برسد. باید دانست که در عمق‌های بیشتر، بسته به قطر چاه و ویژگی‌های محلی و مقدار گازهای زیرزمینی، به‌تدریج، کار کردن انسان بدون تزریق هوای فشرده به درون چاه مشکل می‌گردد.

دسته‌ی دوم چاه‌های نیمه‌عمیق و عمیق با گودی بیش از ۲۰ متر هستند که در کندن آن‌ها امروزه معمولاً از ماشین‌های گوناگون چاه‌کنی «ضربه‌ای» و «دورانی» استفاده می‌شود. در این صورت بسته به احتیاج، قطر آن‌ها از ۲۰ سانتی‌متر تا ۱/۲ متر انتخاب می‌گردد. شکل ۵ــ۱، به‌صورت ترسیمی، ساختمان انواع چاه را نشان می‌دهد. برای برداشت آب از این‌گونه چاه‌ها، به جز مورد آرتزین، از پمپ‌های مناسب، بسته به عمق چاه، استفاده می‌شود.



۱ــ چاه سطحی ۲ و ۳ــ چاه عمیق ۴ــ چاه آرتزین

شکل ۵ــ۱ــ مقایسه‌ی انواع چاه‌ها از نظر عمق آن‌ها

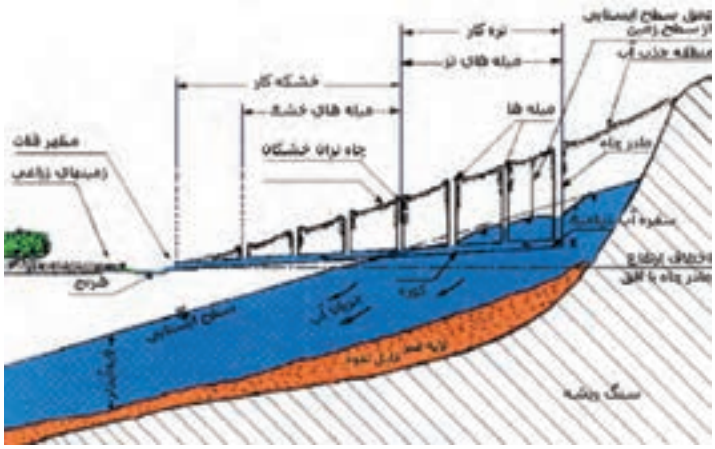
امروزه با توسعه‌ی شبکه‌ی برق‌رسانی، برای چاه‌های دستی (سطحی) و کم‌عمق از پمپ‌های سرچاه یا کف‌کش و در سایر موارد از پمپ‌های شناور استفاده می‌کنند. این مطلب در درس پمپ‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. در گذشته، بیشتر از پمپ‌های کمر چاهی، به کمک جعبه دنده و موتور دیزل در مناطق بدون برق استفاده می‌شد هنوز هم در بعضی مزارع کشاورزی از این نوع پمپ‌ها استفاده می‌شود که به آن‌ها تلمبه یا موتور می‌گویند.

قنات یا کاریز: قنات‌ها تاریخ استفاده‌ی طولانی دارند. مورخان قنات‌سازی را فنّاوری ملی ایرانیان باستان در آب‌رسانی کشتزارها و شهرها می‌دانند. ایرانیان با ساختن قنات به دو هدف می‌رسیدند.

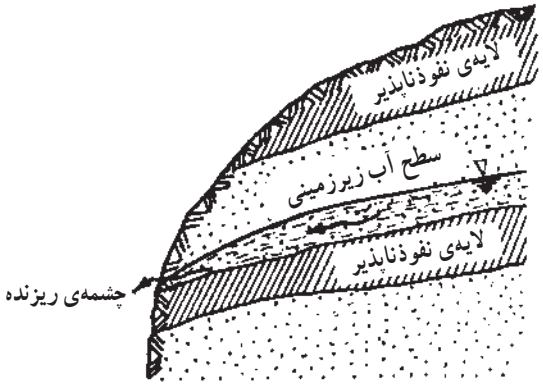
هدف مهم‌تر و اصلی روان ساختن آب‌های زیرزمینی به روی زمین بود که درنتیجه‌ی بی‌نیاز شدن از بالا کشیدن آب از چاه با کمک دلو، در نیروی انسانی صرفه‌جویی می‌شده است. هدف دوم نیز جلوگیری از تبخیر و هدر رفتن آب بوده است.

قنات برای برداشت آب از سفره‌های زیرزمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد، سفره‌هایی که عمق آن‌ها از یک صد متر بیشتر نباشد و علاوه بر این، در فواصل دور و در شیب زمین قرار گرفته باشد. قنات از دو قسمت تشکیل می‌شود : اوّل مجرای زیرزمینی تقریباً افقی (با شیب ۰/۵ تا ۲ متر در هزار متر) به نام «پیشکار»، و دوم مجراهای استوانه‌ای عمودی که به صورت چاه، پیشکار را به‌سطح زمین اتصال می‌دهند و «میله» نامیده می‌شوند. اوّلین و عمیق‌ترین میله را «مادر چاه» و محل بیرون آمدن آب از قنات را «مظهر» قنات می‌گویند (شکل ۶ــ۱).

چشمه: چشمه جایی است که در آن، آب زیرزمین بدون دخالت انسان به روی زمین روان شود. چشمه‌ها به دو گروه «ریزنده» و «جهنده» تقسیم می‌شوند (شکل ۷ــ۱).



شکل ۶ــ۱ــ نمای ساده‌ی قنات



شکل ۷ــ۱ــ چشمه‌ها

۳ــ۲ــ۱ــ آب‌های سطحی: آب‌های سطحی که از جریان یافتن آب‌های ناشی از بارندگی بر روی زمین به‌دست

می‌آیند، به علت تماس با هوا از یک سو و شستن آلودگی‌های روی زمین از سوی دیگر، آلودگی‌های گوناگونی را می‌توانند با خود داشته باشند ؛ از این‌رو، قبل از آشامیدن حتماً باید تصفیه شوند. از منبع‌های آب سطحی رودخانه‌ها و دریاچه‌های آب شیرین، اعم از مصنوعی و طبیعی و انبارهای جمع‌آوری آب باران را می‌توان نام برد.

رودخانه: آب‌های رودخانه‌ها، به‌ویژه در کشورهای صنعتی، آلوده‌ترین آب‌های سطحی هستند که در آب‌رسانی شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این حال، کم بودن درجه‌ی سختی این آب‌ها باعث شده است که بهره‌برداری از آن‌ها برای مصرف‌های صنعتی بسیار مناسب باشد.

برای برداشت آب رودخانه باید در درجه‌ی اوّل محل برداشت در قسمت تمیزتر رودخانه و پیش از آبادی‌ها و نقاطی باشد که فاضلاب‌های شهری یا صنعتی وارد آن می‌گردد و در درجه‌ی دوم محل برداشت آب، با توجه به تغییر سطح آب در طول سال، طوری انتخاب شود که هیچ‌گاه لوله‌ی برداشت بیرون از آب قرار نگیرد.

پرسش

۱ــ گردش آب در طبیعت را شرح دهید.
۲ــ نحوه‌ی تشکیل باران و شبنم را توضیح دهید.
۳ــ منبع‌های آب را توضیح دهید.
۴ــ چگونگی تشکیل منبع‌های زیرزمینی آب را توضیح دهید.
۵ــ روش‌های بهره‌برداری از منبع‌های زیرزمینی را نام ببرید.
۶ــ انواع چاه را توضیح دهید.
۷ــ چاه آرتزین و نیمه‌آرتزین را شرح دهید.
۸ــ انواع چاه را از نظر گودی شرح دهید.
۹ــ در ایران اهداف عمده از کندن قنات چه بوده است؟
۱۰ــ ساختمان قنات را توضیح دهید.
۱۱ــ ساختمان چشمه را توضیح دهید.
۱۲ــ منبع‌های سطحی یا روی زمینی آب را نام ببرید.

فصل دوم

ویژگی‌های آب

پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :
۱ــ ویژگی‌های فیزیکی آب را توضیح دهد.
۲ــ ویژگی‌های فیزیکی آب آشامیدنی را توضیح دهد.
۳ــ ویژگی‌های شیمیایی آب آشامیدنی را توضیح دهد.
۴ــ ویژگی‌های باکتریولوژیکی آب آشامیدنی را توضیح دهد.
۵ــ ویژگی‌های آب صنعتی را توضیح دهد.

۲ــ ویژگی‌های آب

آب ماده‌ای است به فرمول شیمیایی H_2O . حدود یازده درصد وزنی آب را هیدروژن و ۸۹ درصد آن‌را اکسیژن تشکیل می‌دهد. در طبیعت آب خالص یافت نمی‌شود و همیشه با مقداری مواد خارجی همراه است.

۱ــ۲ــ ویژگی‌های فیزیکی آب

۱ــ۱ــ۲ــ جرم مخصوص: آب در دمای $4^{\circ}C$ بیشترین جرم مخصوص خود را دارد و آن یک گرم بر سانتی‌مترمکعب. $(\rho = 1\frac{gr}{cm^3})$ معادل یک کیلوگرم بر لیتر $(\rho = 1\frac{kg}{lit})$ است.

۲ــ۱ــ۲ــ دمای تبخیر: آب در فشار یک اتمسفر (فشار جو در سطح دریای آزاد) در $100^{\circ}C$ به بخار تبدیل می‌شود. با کم شدن فشار محیط دمای تبخیر آب کاهش می‌یابد، به‌طوری که اگر فشار مطلق به ۰/۲ تا ۰/۵ اتمسفر (فشار نسبی برابر ۰/۸− تا ۰/۵− اتمسفر) برسد آب در دمای محیط‌های معمولی نیز تبدیل به بخار می‌گردد. همین پدیده است که سبب قطع جریان آب در لوله‌های مکش پمپ می‌شود.

۳ــ۱ــ۲ــ انجماد آب: آب خالص در فشار یک اتمسفر در دمای $0^{\circ}C$ یخ می‌بندد و حجم آن حدود ۹ درصد افزایش می‌یابد[1]. این پدیده ممکن است سبب شکستن ظرف آب و یا لوله‌های آب‌رسانی گردد.

۴ــ۱ــ۲ــ انحلال‌پذیری گازها: انحلال‌پذیری گازها در دمای کم و فشار زیاد بیشتر است. با گرم شدن آب، گازهای محلول آن به‌تدریج از آن خارج می‌شوند. مثلاً آب‌های زیرزمینی که مقدار گازهای محلول در آن‌ها زیاد است پس از رسیدن به سطح زمین، به علت کم شدن فشار و گرم شدن گازهای محلول خود، نظیر گازکربنیک، را از دست می‌دهند.

۵ــ۱ــ۲ــ هدایت الکتریکی: آب خالص قابلیت هدایت الکتریسیته یا رسانایی بسیار ناچیزی دارد به‌طوری که می‌توان آن‌را عایق الکتریسیته یا نارسانا دانست. ولی با ورود نمک‌های گوناگون به آب، بسته به نوع و مقدار نمک، هدایت‌پذیری آب به شدت زیاد می‌شود. لذا با اندازه‌گیری مقدار قابلیت هدایت ویژه‌ی آب‌های ناخالص می‌توان به مقدار و نوع نمک‌های گوناگون آن پی برد.

۱ــ برخلاف آب، حجم اکثر مواد در اثر انجماد کاهش می‌یابد.

۲ــ۲ــ ویژگی‌های آب آشامیدنی

۱ــ۲ــ۲ــ تعاریف

ــ حداکثر مطلوب: عبارت است از حداکثر غلظتی از مواد که برای آب آشامیدنی مناسب تشخیص داده می‌شود. چنان‌چه آب حاوی موادی با غلظت بالاتر از حداکثر مطلوب باشد از نظر کیفیت در حد پایین‌تری قرار دارد، امّا هنوز قابل آشامیدن است.

ــ حداکثر مجاز: عبارت است از حدّی که اگر غلظت مواد موجود در آب از آن تجاوز کند، آب مزبور برای آشامیدن مناسب نیست و مصرف مداوم آن در درازمدت، اثر زیان‌بخشی بر سلامت مصرف‌کننده خواهد گذاشت.

۲ــ۲ــ۲ــ ویژگی‌های فیزیکی آب‌های آشامیدنی

دما: آب بسیار سرد آثار ناگواری بر دستگاه گوارش انسان دارد برعکس آب با دمای زیاد هم، حالت بی‌مزگی داشته و گوارا نیست. دمای آب آشامیدنی باید بین $5^{\circ}C$ تا $15^{\circ}C$ باشد. مناسب‌ترین دمای آب آشامیدنی بین ۸ تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد است. دمای آب‌های زیرزمینی در عمق ۱۰ متر از سطح زمین در حدود $10^{\circ}C$ است و به‌ازای هر ۳۳ متر افزایش عمق تقریباً یک درجه به گرمی آب‌های زیرزمینی افزوده می‌شود.

رنگ: آب آشامیدنی باید بی‌رنگ باشد و در ضخامت‌های زیاد رنگ آبی مایل به سبز زلالی داشته باشد. کدری آب به‌واسطه‌ی وجود مواد معلق در آب است.

کدری آب ممکن است موقتی هم باشد ؛ مانند کدری شیری رنگی که درنتیجه‌ی ورود بیش از حد اشباع مولکول‌های هوا در آب به‌وجود می‌آید و پس از مدتی با بیرون رفتن ذرات هوا، آب حالت زلالی خود را به‌دست می‌آورد. رنگ آب مربوط به موادی است که در آن نمک‌هایی به‌صورت حل شده یا معلق وجود داشته باشد. مثلاً نمک‌های آهن به آب رنگ مایل به قرمز و نمک‌های منگنز رنگ قهوه‌ای مایل به سیاه می‌دهند. زردی رنگ آب نشانه‌ی وجود ترکیب‌های گیاهی و اسیدهای آلی ناشی از فساد آن‌ها و یا وجود خاک رس می‌باشد، درحالی‌که سبزی آب نشانه‌ی وجود گیاهانی از قبیل آلک‌ها و جلبک‌ها در آن می‌باشد.

بو: آب آشامیدنی باید بی‌بو باشد. وجود اسیدسولفوریک، کلر، فنل و آمونیاک به آب بوی ناخوشایند می‌دهد.

مزه: مزه‌ی آب باید گوارا باشد. آب با درجه‌ی سختی خیلی کم طعم بی‌مزه و ناخوشایندی دارد. شوری آب نشانه‌ی وجود نمک خوراکی و تلخی آن دلیل زیادی ترکیب‌های منیزیم می‌باشد. آب‌های قلیایی ($pH > 9$) مزه‌ی آب صابون دارند درحالی که آب‌های اسیدی ($pH < 6$) ترش‌مزه‌اند. وجود زیاد نمک‌های آهن و آلومینیم مزه‌ی آب را گس می‌کند درحالی‌که مزه‌ی گندیدگی آب به علت آلودگی‌های آلی آن است که ممکن است همراه با میکروب‌های بیماری‌زا نیز باشد.

ــ حدود ویژگی‌های فیزیکی آب آشامیدنی: ویژگی‌های فیزیکی آب آشامیدنی نباید از مشخصات داده شده در جدول ۱ــ۲ تجاوز کند.

جدول ۱ــ۲ــ حدود مجاز ویژگی‌های فیزیکی آب آشامیدنی

ویژگی	حداکثر مطلوب	حداکثر مجاز
رنگ (Pt - Co)	۵	۲۰
بو	غیرقابل اعتراض	ــ
pH	کمتر از ۷ یا بیشتر از ۸/۵ نباشد	کمتر از ۶/۵ یا بیشتر از ۹/۲ نباشد
تیرگی (JTU)	۵	۲۵

۳ــ۲ــ۲ــ ویژگی‌های شیمیایی آب آشامیدنی

ــ سختی آب: سختی آب به‌واسطه‌ی وجود نمک‌های کلسیم و منیزیم در آن ایجاد می‌شود و سختی از نظر پایداری دو نوع است : ناپایدار و پایدار.

سختی ناپایدار یا سختی کربناتی، که ناشی از وجود بی‌کربنات کلسیم و بی‌کربنات منیزیم در آب می‌باشد.

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightleftharpoons Ca(CO_3H)_2$$

$$MgCO_3 + CO_2 + H_2O \rightleftharpoons Mg(CO_3H)_2$$

سختی پایدار یا سختی غیرکربناتی، که به علت وجود ترکیبات دیگری از کلسیم و منیزیم در آب، به‌وجود می‌آید و کربن در آن دخالت ندارد. مثلاً سولفات‌ها، کلرورها، نیترات‌ها، فسفات‌ها و سیلیکات‌های کلسیم و منیزیم سختی پایدار به‌وجود می‌آورند.

مجموع سختی کربناتی و سختی غیرکربناتی «سختی کلی آب» را تشکیل می‌دهد.

درجه‌ی اشباع آب نسبت به سختی‌های ناپایدار به حدود ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر و برای سختی پایدار به ۱۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌رسد.

اثرات سختی آب آشامیدنی: بدن انسان در برابر سختی آب حساسیت زیادی ندارد. به‌طوری که می‌توان آب‌های سخت تا ۳۵۰ میلی‌گرم در لیتر را به‌راحتی و آب‌های با سختی ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر را، در صورت ضرورت و برای مدتی کوتاه، به مصرف آشامیدن رسانید. لذا در تصفیه‌خانه‌های بیشتر شهرها، به‌ویژه آن‌هایی که از آب‌های سطحی استفاده می‌کنند کمتر به کاستن سختی آب مبادرت می‌ورزند. آب خیلی سبک برای کاربرد در کارخانه‌ها مناسب است ولی از نظر آشامیدنی خوش‌مزه نیست. آب آشامیدنی باید حداقل ۳۰ میلی‌گرم در لیتر (30ppm)[1] سختی داشته باشد.

آب‌های با درجه‌ی سختی بسیار، در صورت گرم شدن و به علت جدا شدن مقداری از گازکربنیک آن‌ها، در جدار ظرف‌ها ایجاد رسوب می‌کنند. همچنین در شست‌وشوی لباس، کف کردن صابون را به تأخیر می‌اندازند و درنتیجه صابون بیشتری مصرف می‌نمایند. زیرا صابون‌ها با نمک‌های کلسیم و منیزیم ترکیبات نامحلولی را به‌وجود می‌آورند و این فعل و انفعال‌ها تا وقتی ادامه دارد که نمک‌های مزبور در آب به پایان برسند.

$$2NaC_{15}H_{31}COO + CaCO_3 \longrightarrow$$

$$Ca(C_{15}H_{31}COO)_2 + Na_2CO_3$$

البته این مشکل، از اواسط قرن بیستم به بعد، با پیدایش پودرهای لباس‌شویی که از مواد دترجنت تولید می‌شوند و در برابر آب‌های سخت حساس نیستند مرتفع شده است.

درجه‌ی اسیدی آب یا pH: درجه‌ی تمرکز یون‌های آزاد H^+ را که بیانگر میزان خاصیت اسیدی آب است با pH و درجه‌ی تمرکز یون‌های آزاد OH^- را که بیانگر میزان خاصیت قلیایی آن است با pOH نشان می‌دهند.

هرگاه درجه‌ی pH و pOH آب یکسان باشد آب حالت خنثی دارد. همچنین اگر $pH < ۷$ باشد آب خاصیت اسیدی و اگر $pH > ۷$ باشد آب خاصیت قلیایی دارد. برای مثال، محلول نرمال اسید کلریدریک، که اسیدی قوی است، دارای $pH = ۰$ و محلول نرمال سود سوزآور، که یک باز قوی است، دارای $pH = ۱۴$ می‌باشد. آب آشامیدنی خوب باید کمی مایل به قلیایی باشد (۷ تا ۸ = pH).

ــ ترکیب‌های شیمیایی دیگر: مهم‌ترین عناصر و ترکیب‌های شیمیایی دیگر که اغلب در آب‌ها یافت می‌شوند عبارت‌اند از :

اکسیژن (O_2): در طبیعت همیشه در آب‌ها مقداری اکسیژن محلول وجود دارد که از چند نظر لازم است. اکسیژن محلول در آب برای ادامه‌ی زندگی حیوان‌های آب‌زی لازم است و موجب فعل و انفعال‌های تصفیه‌ی زیستی خودبه‌خودی در آب می‌گردد.

میزان اکسیژن لازم در آب آشامیدنی ۵ میلی‌گرم در لیتر است. از این‌رو، به آب‌هایی که اکسیژن محلول کمتری دارند در تصفیه‌خانه به طریق هوادهی، اکسیژن می‌دهند.

فلوئور (F): وجود ۱ تا ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر فلوئور در آب آشامیدنی، برای تقویت لثه و مینای دندان، مفید است. چون در طبیعت مقدار فلوئور موجود در آب‌ها معمولاً کمتر از این مقدار است به آب فلوئور اضافه می‌کنند. اضافه کردن فلوئور در تصفیه‌خانه‌ها باید خیلی با احتیاط انجام گیرد زیرا، بسته به دمای آب، مقدار بیش از ۱ تا ۱/۷ میلی‌گرم در لیتر فلوئور اثر مسموم‌کنندگی دارد.

۱ــ Part Per million

۳ــ۲ــ ویژگی آب صنعتی

خواص آب مصرفی مورد نیاز در کارخانه‌ها باید در هر مورد با توجه به نوع فراورده‌ی کارخانه بررسی و تعیین گردد. چه‌بسا در یک کارخانه برای مصرف‌های گوناگون نیاز به انواع مختلفی از آب باشد. مثلاً در یک کارخانه‌ی قند آب لازم برای شست‌وشوی چغندرقند با آب مصرفی برای گرفتن شیره‌ی چغندر و نیز آب لازم برای دیگ‌های بخار کارخانه از یک نوع نیست.

نظر به رشد روزافزون صنایع و تنوع آن‌ها نمی‌توان در این‌جا مشخصات آب مصرفی هر قسمت را جداگانه بررسی نمود. ولی چون تنها قسمتی که تقریباً در تمام کارخانه‌ها به‌صورت یکسان وجود دارد آب دیگ‌های بخار است. لازم است گفته شود که آب مصرفی در دیگ بخار باید نمک‌زدایی شده و سختی آن کم یعنی در حدود ۲۰ میلی‌گرم در لیتر باشد. ضمناً حداکثر مجاز درجه‌ی سختی آب مصرفی در دیگ‌های بخار، طبق استاندارد آلمان، ۴۵ میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم است.

آب صنعتی در کارهای ساختمانی: آب در کارهای ساختمانی یا برای تهیه‌ی ملات و یا آب‌پاشی روی قطعه‌های تازه‌ساز بتنی به‌کار می‌رود. ملات‌هایی از قبیل گل، شفته آهک و ماسه آهک حساسیت زیادی در برابر ناخالصی‌های آب مصرفی ندارند ولی آبی که برای تهیه‌ی ملات ماسه سیمان، که امروزه مهم‌ترین ملات را در کارهای ساختمانی تشکیل می‌دهد به‌کار می‌رود و نیز آب مورد نیاز برای ساختن قطعه‌های بتنی و بتن‌آرمه باید دارای خواص شیمیایی مشخص باشد.

چنان‌که می‌دانید آب‌های موجود در طبیعت دارای خواص فیزیکی و شیمیایی یکسانی نیستند و برای کاربرد آن‌ها در هر مورد شناخت لازم است. از سوی دیگر آب تنها برای آشامیدن مصرف نمی‌گردد، استفاده از آب برای شست‌وشو، برای تأسیسات حرارت مرکزی، برای تهویه و بالاخره استفاده از آن در کارخانه‌ها جزء مصرف‌هایی است که شبکه آب‌رسانی شهری باید آن را تأمین نماید. از آن‌جا که آب لازم برای هر یک از مصرف‌های نام برده باید دارای خواص فیزیکی و شیمیایی مخصوص به خود باشد، آب شبکه‌ی شهری، از نظر خواص شیمیایی عملاً نمی‌تواند برای تمام مصرف‌های گفته شده بسیار خوب و مطلوب باشد.

اولین و مهم‌ترین مسئله‌ای که باید پیش از فرستادن آب به درون شبکه‌ی شهری مورد توجه قرار گیرد همانا بی‌ضرر بودن آن از نظر وجود میکروب‌های بیماری‌زا است. لذا گندزدایی آب پیش از وارد شدن آن به شبکه‌ی مصرف هیچ‌گاه نباید از سیستم تصفیه حذف گردد. بعد از گندزدایی، به لحاظ اهمیت، آن دسته از ترکیب‌های شیمیایی را باید از آب جدا نمود که وجود آن‌ها سبب مسمومیّت آنی و یا تدریجی انسان را فراهم می‌سازند. در مرحله‌ی سوم توجه به آن دسته از خواص فیزیکی و ترکیب‌های شیمیایی آب لازم می‌شود که موجب بروز عوارض تدریجی در دستگاه‌های گوارش می‌گردد.

پس از به‌دست آوردن اطمینان از بهداشتی بودن آب باید توجه شود که تا آن‌جا که ممکن است آبی که در شبکه فرستاده می‌شود از دید فنی نیز مناسب کاربردهای دیگر نیز باشد و لذا آن دسته از کارخانه‌های تصفیه‌ی خصوصی، آب مورد نیاز خود را تهیه می‌کنند.

پرسش

۱ــ جرم مخصوص آب چند کیلوگرم بر لیتر است؟
۲ــ آب در چه دمایی دارای حداکثر جرم مخصوص است؟
۳ــ انجماد آب چه تفاوتی با انجماد اکثر مواد دیگر دارد؟
۴ــ چرا یخ‌زدگی آب از سطح آن شروع می‌شود؟
۵ــ آب زیر سطح یخ بسته‌ی یک حوض دارای چه دمایی است؟ توضیح دهید.
۶ــ دمای تبخیر آب در فشار اتمسفر چند درجه‌ی سانتی‌گراد است؟
۷ــ آیا آب را می‌توان بدون حرارت دادن در دمای هوای اتاق به جوش آورد؟
۸ــ تبخیر آب در دمای پایین چه اثری در سیستم‌های لوله‌کشی با آب می‌تواند داشته باشد؟
۹ــ انحلال‌پذیری گازها در آب را توضیح دهید.
۱۰ــ هدایت یا عدم هدایت الکتریکی آب را توضیح دهید.
۱۱ــ حداکثر مطلوب و حداکثر مجاز را تعریف کنید.
۱۲ــ ویژگی‌های آب آشامیدنی را توضیح دهید.
۱۳ــ سختی و انواع آن را تعریف کنید.
۱۴ــ سختی ناپایدار و سختی پایدار را تعریف کنید.
۱۵ــ حد مجاز سختی آب آشامیدنی را بیان کنید.
۱۶ــ pH و pOH و حد مجاز آن‌ها را در آب آشامیدنی تعریف کنید.
۱۷ــ وجود اکسیژن در آب آشامیدنی را توضیح دهید.
۱۸ــ وجود فلوئور در آب آشامیدنی را توضیح دهید.
۱۹ــ ویژگی‌های آب‌های صنعتی را توضیح دهید.
۲۰ــ حد مجاز سختی در دیگ‌های بخار را بیان کنید.

فصل سوم

تصفیه‌ی آب

پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :
۱ــ روش‌های مختلف تصفیه‌ی آب را بیان کند.
۲ــ دلایل و چگونگی گندزدایی آب را بیان کند.
۳ــ روش‌های مختلف گرفتن سختی را بیان کند.

۳ــ تصفیه‌ی آب

آبی که در طبیعت یافت می‌شود معمولاً قابل استفاده‌ی مستقیم نیست و باید قبل از استفاده تصفیه شود. این کار به‌ویژه برای آب‌های روی زمینی بیشتر ضرورت دارد. آب‌های آلوده را می‌توان به سه روش : مکانیکی، شیمیایی و زیستی (بیولوژیک) تصفیه کرد. در تصفیه‌ی آب آشامیدنی، مهم‌ترین روش‌های متداول عبارت‌اند از : گرفتن مواد درشت با کمک آشغالگیرها، ته‌نشین کردن مواد خارجی معلق در آب، تصفیه‌ی آب به کمک صافی‌ها، اکسید کردن مواد آلی موجود در آب با کمک هوارسانی و گندزدایی آب توسط مواد شیمیایی.

۱ــ۳ــ شبکه‌های آشغالگیر

قبل از ورود آب به تصفیه‌خانه، به کمک این شبکه‌های فلزی مواد بزرگ شناور در آب گرفته می‌شود و لذا برای برداشت آب از منبع‌های روی زمینی مانند رودخانه‌ها به‌کار می‌روند. در صورت زیاد بودن مواد شناور در آب رودخانه و برای جلوگیری از بسته شدن شبکه‌های نام‌برده، آن‌ها را در دو یا سه ردیف با سوراخ‌های گوناگون قرار می‌دهند.

۲ــ۳ــ ته‌نشین کردن مواد خارجی آب

۱ــ۲ــ۳ــ ته‌نشینی بدون استفاده از مواد شیمیایی: تصفیه در استخرهای ته‌نشینی را تصفیه‌ی مقدماتی آب نیز می‌نامند. چون آب‌های موجود در طبیعت دارای مقداری مواد معلق هستند که در مرحله‌ی اوّل باید از آب گرفته شوند، برای رسیدن به این هدف آب را از یک طرف وارد استخرهای بزرگی می‌کنند و از طرف دیگر خارج می‌سازند. آب پس از وارد شدن به استخر کاهش سرعت پیدا می‌کند به‌طوری که ذرات معلق در آب امکان ته‌نشین شدن پیدا می‌کنند.

۲ــ۲ــ۳ــ ته‌نشین کردن با استفاده از مواد شیمیایی یا ته‌نشینی با انعقاد: برای کوتاه کردن مدت زمان ته‌نشینی و نیز برای کم کردن مقدار نمک‌های محلول در آب غالباً استخرها کفایت نکرده و کاربرد مواد شیمیایی برای تصفیه‌ی آب لازم می‌شود. مواد شیمیایی که برای ته‌نشینی مواد خارجی آب مصرف می‌شوند به دو صورت زیر کار می‌کنند.

اول: مواد شیمیایی که بیشتر دارای بار الکتریکی مثبت می‌باشند مواد ریز معلق در آب را که معمولاً دارای بار منفی هستند به خود جذب کرده و ذرات معلق بزرگ‌تر و سنگین‌تری را می‌سازند و برای ته‌نشین شدن آماده می‌کنند. این پدیده را انعقاد می‌نامند.

دوم: مواد شیمیایی با نمک‌های محلول در آب ترکیب شیمیایی انجام داده و از نمک‌های محلول نمک‌های نامحلول به‌وجود می‌آورند و آن‌ها را برای ته‌نشینی آماده می‌سازند. مهم‌ترین مواد شیمیایی که در تصفیه‌ی آب آشامیدنی به‌کار می‌روند عبارت‌اند از : سولفات آلومینیم (زاج سفید)، کلرور آلومینیم، کلرور آهن،

سولفات آهن و سولفات مس (کات کبود).

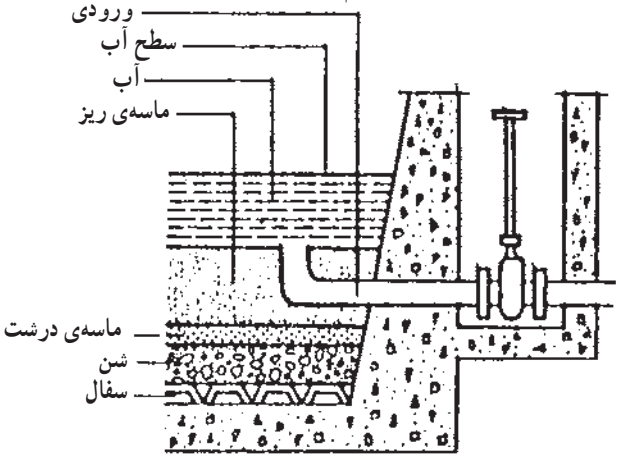
۳ــ۳ــ صافی‌ها

تصفیه‌ی نهایی آب به وسیله‌ی صافی‌ها انجام می‌گیرد. در صورتی که آب دارای مواد خارجی و معلق زیاد نباشد، صافی‌ها می‌توانند تنها وسیله‌ی تصفیه‌ی آب نیز باشند. برای آب‌های با درجه‌ی ناخالصی زیاد، باید پیش از صافی از استخرهای ته‌نشینی استفاده کرد.

صافی‌ها را از نظر سرعت آب در آن‌ها به دو دسته‌ی کند و تند تقسیم می‌کنند.

۱ــ۳ــ۳ــ صافی‌های شنی کند: این صافی‌ها استخرهای مستطیلی آجری یا بتنی هستند که روی کانال‌های جمع‌آوری آن‌ها با سفال‌های سوراخدار پوشانده شده است. بستر صافی از یک لایه ماسه‌ی ریز به عمق یک متر تشکیل شده است و آب با عمق تقریبی ۱/۲ متر بر روی آن قرار می‌گیرد. وقتی صافی برای اولین بار مورد استفاده قرار می‌گیرد فقط مواد معلق را جدا می‌کند. ماسه‌ی ریز تمیز جلوی عبور باکتری‌ها را نمی‌گیرد، اما سطح ماسه به زودی با لایه‌ی نازکی از مواد معلق پوشانده می‌شود که این لایه جلوی عبور باکتری‌ها را می‌گیرد، شکل ۱ــ۳ ساختمان صافی کند را نشان می‌دهد.

پس از چند روز، و تا حداکثر دو ماه، کارکردن به علت کثیف شدن لایه‌ی ماسه، افت فشار در صافی افزایش یافته و راندمان آن به‌شدت پایین می‌آید. در این مرحله با روش‌های مختلف به شست وشوی صافی اقدام می‌شود.



شکل ۱ــ۳ــ ساختمان صافی شنی کند

۲ــ۳ــ۳ــ صافی‌های شنی تند: تفاوت این نوع صافی‌ها با صافی‌های کند در سرعت عبور آب از آن‌ها است. به علت سرعت زیاد جلوگیری از عبور باکتری‌ها به خوبی صافی‌های کند نمی‌باشد.

۳ــ۳ــ۳ــ صافی‌های تحت فشار: ساختمان صافی‌های تحت فشار شبیه کار صافی‌های شنی تند و کند است، با این تفاوت که شن و ماسه و کانال جمع‌آوری در داخل استوانه‌ای قرار می‌گیرد که تحت فشار آب است. برای افزایش سرعت در بین لایه‌های ماسه از این صافی‌ها استفاده می‌شود. امروزه از این صافی‌ها برای مصارف خانگی، بهداشتی و صنعتی استفاده می‌کنند. برای افزایش درجه‌ی تصفیه ممکن است چند صافی را پشت سر هم قرار داد، به‌طوری که آب پس از خروج از یک صافی وارد صافی بعدی شود. شکل ۲ــ۳ این صافی را نشان می‌دهد.

مهم‌ترین موارد استفاده‌ی صافی‌های شنی تحت فشار عبارت است از :

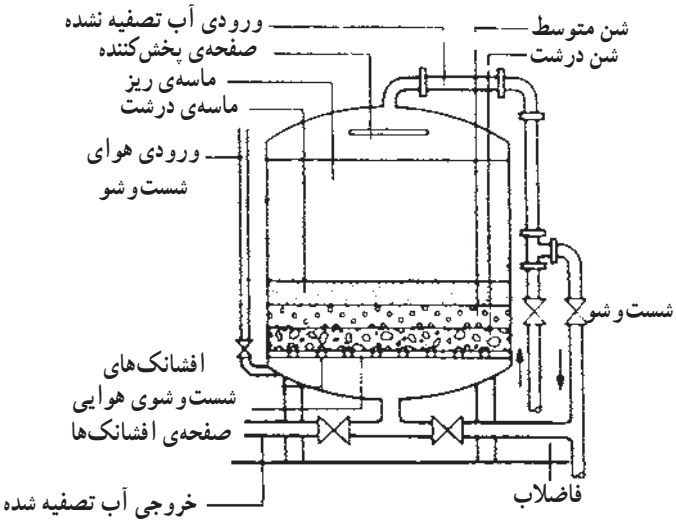
۱ــ تصفیه یا فیلتراسیون آب‌های سطحی: اکثر آب‌های سطحی مانند آب رودخانه‌ها و چاه‌های کم‌عمق دارای باکتری و مواد معلق بوده و قبل از استفاده جهت آشامیدن و مصارف صنعتی بایستی مواد معلق آن‌ها حذف گردد.

در صورتی‌که مواد معلق در آب بیش از حد مجاز باشد ابتدا باید از مخازن ته‌نشینی استفاده نمود و سپس آب را از صافی‌های شنی عبور داد.

۲ــ تصفیه یا فیلتراسیون آب استخرها: آب استخرها دارای ناخالصی‌هایی از قبیل مو، رنگ، مواد جامد و شناور و ... می‌باشد که حذف آن‌ها با سیرکولاسیون (گردش) دائمی آب استخر و عبور آن از صافی‌های شنی تحت فشار امکان‌پذیر خواهد بود.

۳ــ تصفیه‌ی آب برگشتی برج‌های خنک‌کن: مواد معلق در مدارهای برگشتی برج‌های خنک‌کن می‌تواند به بخش‌های مختلف سیستم صدمه برساند، با استفاده از صافی‌های شنی تحت فشار می‌توان میزان مواد معلق موجود در آب را به حداقل رساند.

۴ــ طعم و رنگ نامطبوع و کلرزدایی: با استفاده از کربن اکتیو متبلور در فیلترهای تحت فشار می‌توان طعم نامطبوع،



شکل ۲ــ۳ــ صافی تحت فشار

رنگ و کلر اضافی موجود در آب را حذف کرد.

۵ــ تصفیه‌ی نهایی پساب‌های صنعتی: در پساب خروجی از سیستم‌های تصفیه‌ی فاضلاب‌ها اغلب مقداری مواد معلق موجود است که با استفاده از صافی‌های شنی میزان این مواد معلق به حداقل می‌رسد.

شست‌وشوی صافی‌ها: صافی‌ها را به دو طریق شست‌وشو می‌دهند :

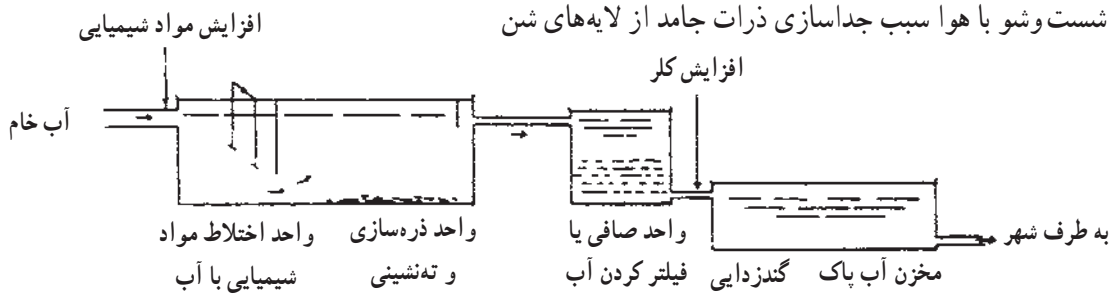
۱ــ شست‌وشو با هوا: در صورت لزوم، استفاده از هوا جهت شست‌وشوی صافی در اوّلین مرحله صورت می‌گیرد. شست‌وشو با هوا سبب جداسازی ذرات جامد از لایه‌های شن می‌گردد ضمن این‌که از مصرف آب زیاد جلوگیری می‌شود.

۲ــ شست‌وشو با آب: ذرات جمع شده توسط لایه‌های شن و سیلیس در طول مدت تصفیه به‌وسیله‌ی آب شست‌وشو و تخلیه می‌گردد. مسیر ورودی آب شست‌وشو در جهت عکس آب ورودی به صافی می‌باشد. برای شست‌وشوی صافی باید از آب تمیز و تصفیه شده استفاده نمود.

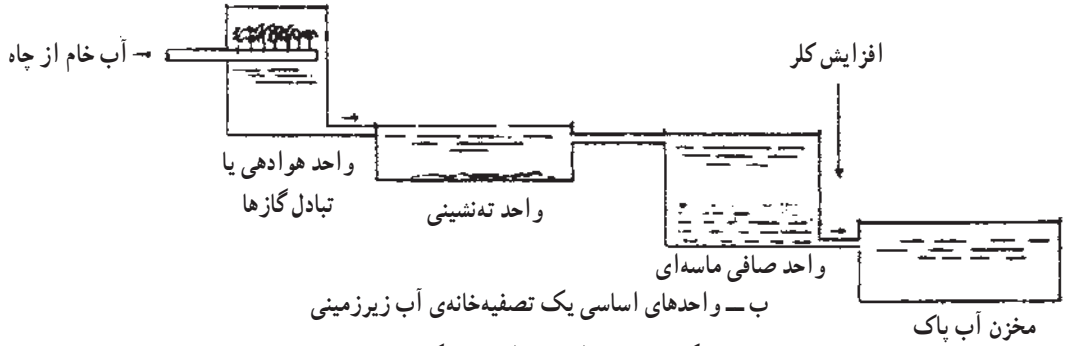
۴ــ۳ــ هوادهی

هوادهی، به عنوان یک واحد تصفیه، عبارت است از کاربرد روش‌ها و وسایلی که آب را در تماس نزدیک با هوا قرار می‌دهد تا غلظت مواد فرّار در آب کاهش یابد. مانند گاز کربنیک، ازت، هیدروژن سولفوره، اکسیژن، متان و نیز مواد فرّار مولّد بو و طعم.

هوادهی همچنین باعث می‌شود که غلظت آهن و منگنز موجود در آب‌های زیرزمینی کاهش یابد. در کشور ما که آب‌های زیرزمینی منشأ آب مشروب اکثر اجتماعات است هوادهی می‌تواند نقش تصفیه‌ی آب را ایفا نماید. زیرا در بسیاری از این آب‌ها آهن وجود دارد که اگر از آب گرفته نشود، باعث رنگین شدن اکثر وسایل مصرف آب می‌شود. آب پس از هوادهی وارد استخرهای ته‌نشینی و یا صافی‌ها می‌شود. شکل ۳ــ۳ واحدهای اساسی یک تصفیه‌خانه‌ی آب را نشان می‌دهد.



الف ــ واحدهای اساسی یک تصفیه‌خانه‌ی متداول آب سطحی

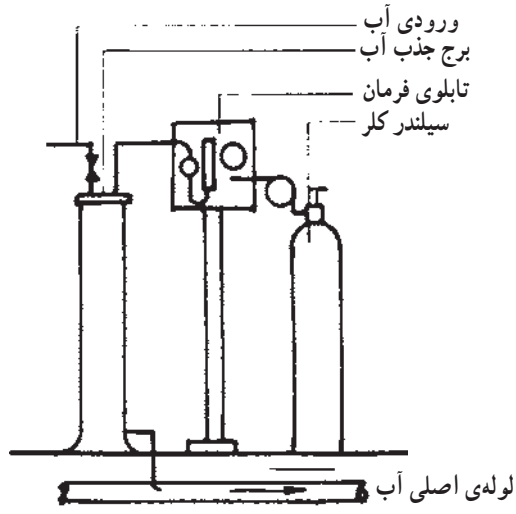


ب ــ واحدهای اساسی یک تصفیه‌خانه‌ی آب زیرزمینی

شکل ۳ــ۳ــ واحدهای اساسی یک تصفیه‌خانه

۵ــ۳ــ گندزدایی آب

آبی که برای مصرف آشامیدن تهیه می‌شود باید عاری از باکتری‌های مضر باشد. با افزودن کلر به آب، ترکیبات آلی موجود در آب اکسید می‌شوند. مقدار کلر به دقت تنظیم می‌شود تا علاوه‌بر کافی بودن آن برای نابود کردن تمامی باکتری‌های موجود در آب، مقدار آن نیز از لحاظ ایجاد مزه‌ی نامطلوب در آب بیش از اندازه نباشد. کلر در سیلندرهای فولادی ویژه‌ای، همچون سیلندرهای اکسیژن، به‌صورت مایع تحت فشار نگهداری می‌شود. رنگ این سیلندرها زرد است. کلر با خارج شدن از سیلندر از حالت مایع به گاز تبدیل و سپس به داخل لوله‌ی اصلی یا مخزن ذخیره‌ی آب تزریق می‌شود (شکل ۴ــ۳).



شکل ۴ــ۳ــ نمای ساده دستگاه کلرزن گازی

۶ــ۳ــ گرفتن سختی آب

در آب‌های صنعتی، بالا بودن سختی آب سبب تشکیل رسوبات سخت در جدار لوله‌ها و دیگ‌های بخار می‌گردد. این امر علاوه بر افزایش افت فشار در طول مسیر لوله سبب کاهش ضریب انتقال حرارتی نیز می‌گردد.

به عبارت دیگر رسوبات سختی که در دمای بالا روی جداره‌های داخلی لوله و دستگاه‌ها و مخازن ایجاد می‌گردد به‌نوبه‌ی خود ضایعاتی را به‌وجود می‌آورد.

در مصارف شست‌وشو، سختی آب موجب می‌گردد که صابون کمتر کف کند درنتیجه در این قبیل آب‌ها مصرف صابون زیادتر می‌گردد. همچنین در شست‌وشوی ظروف در آبی که سختی آن بالا است، پس از خشک شدن، روی آن رسوباتی باقی می‌ماند. این رسوبات در ظروف رنگین و فلزی و استیل و لوازم بهداشتی کاملاً مشهود است.

از نظر گوارشی سختی بیش از حد آب موجب اختلال در هضم غذا و نیز بروز سنگ کلیه می‌شود. مردمان قدیم سختی آب را به سنگینی و سبکی آب اطلاق می‌نمودند. گرچه هنوز دانش پزشکی میزان هر کدام از ترکیبات آب را روشن نکرده است که کدام‌یک مضر و کدام مفید است ولی به‌طورکلی می‌توان گفت که سبک‌کردن آب در تأسیسات صنعتی بسیار ضروری‌تر از موارد تأمین احتیاجات خانگی است.

برای کاهش سختی آب دو روش عمده وجود دارد :

۱ــ روش آب آهک سرد و گرم

۲ــ روش تعویض یونی با استفاده از بسترهای رزینی یا زئولیت‌ها

۱ــ۶ــ۳ــ روش آب آهک یا کربنات دوسود: سختی موقت یا سختی کربنات را به‌وسیله‌ی آهک کشته شده $Ca(OH)_2$ و یا کربنات دوسود (CO_3Na_2) که به آب اضافه شود و می‌توان برطرف نمود.

مقدار درصد آهک یا کربنات دوسود لازم بستگی به مقدار کلسیم و یا منیزیم موجود در آب دارد.

شرح دستگاه و طرز عمل: دستگاه‌هایی که امروزه برای نرم کردن آب به روش آب آهک به‌کار می‌رود، از یک منبع بزرگ مخروطی شکل به ابعاد مختلف و یک منبع کوچک دارای همزن تشکیل گردیده است.

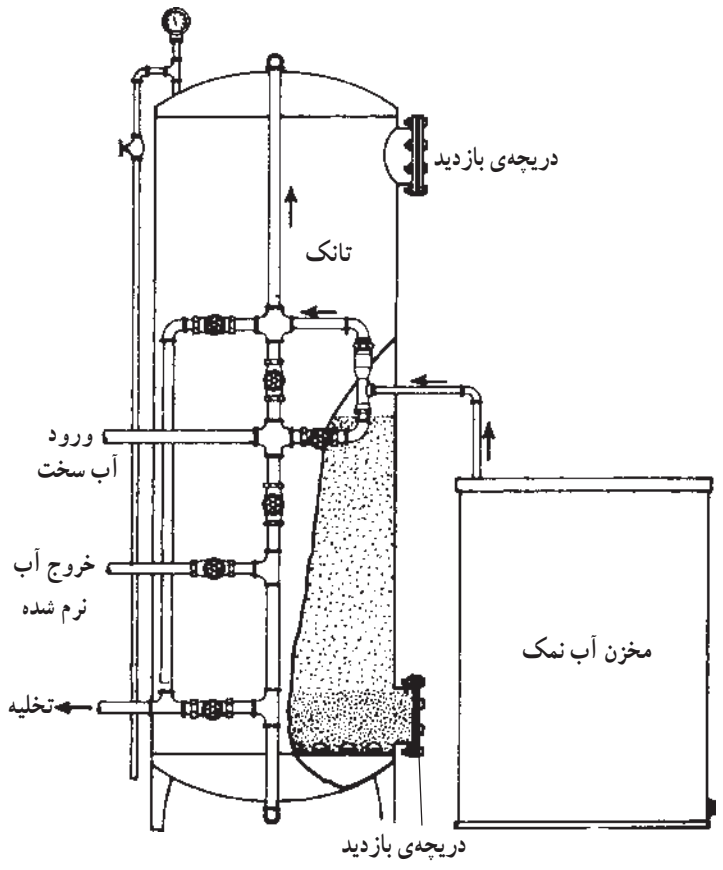
آب و مواد شیمیایی (آهک و کربنات دوسود) را در منابع کوچکی که دارای همزن هستند مخلوط کرده و سپس وارد منبعی مخروطی شکل که بزرگ‌تر است می‌کنند. آب از سر مخروط وارد شده و از ته آن به طرف بالا می‌رود. چون آب هرچه بالاتر رود قطر مخروط با سطح مقطع بزرگ‌تر می‌شود ؛ بنابراین از سرعت آن کاسته می‌گردد و به نقطه‌ای می‌رسد که سرعت حرکت آب به طرف بالا با سرعت ته‌نشین شدن مواد جامد در آب برابر می‌شود. بالای این نقطه آبِ نرم شده وجود دارد که از قسمت

فوقانی منبع خارج شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. البته آبی که از این طریق به‌دست می‌آید کیفیت خوبی برای مصارف تأسیسات حرارتی ندارد، لذا امروزه در صنعت با استفاده از بسترهای رزینی عمل نرم کردن آب را انجام می‌دهند.

۲ــ۶ــ۳ــ روش تعویض یونی با استفاده از بسترهای رزینی (زئولیت‌ها): زئولیت‌ها یا رزین‌هایی که برای نرم کردن آب به‌کار می‌روند ترکیباتی هستند از اکسیدهای سدیم (Na_2O)، آلومینیم (Al_2O_3) و سیلیسیوم (SiO_2) که فرمول کلی آن‌ها به صورت «$Na_2O.Al_2O_3.2SiO_2$» نوشته می‌شود. این ترکیبات می‌توانند یون خود را با یون‌های موجود در آب تبادل نمایند. این ترکیبات را می‌توان یا از طریق استخراج از طبیعت و یا به‌طور مصنوعی ساخت. چون رنگ زئولیت‌های طبیعی سبز است به‌این ترکیبات شن‌های سبز گفته می‌شود.

وقتی آبی را که دارای سولفات‌های کلسیم و منیزیم است از رویِ بستری از ماده‌ی زئولیت عبور دهند، کلسیم و منیزیم جای خود را با سدیمِ زئولیت عوض می‌کنند و بدین وسیله از سختی آب کاسته می‌گردد. آن‌گاه، زمانی که تمام یون سدیمِ زئولیت مصرف شد می‌توان آن‌را به‌وسیله‌ی عبور دادن محلول کلرور سدیم (نمک طعام) احیا نمود. بدین ترتیب عمل عکس انجام گرفته کلسیم و منیزیم از زئولیت جدا شده و یون سدیم به‌جای اول بازمی‌گردد.

شکل ۵ ــ۳ یک دستگاه سختی‌گیر زئولیتی را نشان می‌دهد. اندازه‌ی سختی‌گیرها بستگی به دبی یا مقدار عبور آب در واحد زمان از سختی‌گیر و مقدار املاح موجود در آب دارد. قدرت کارکرد هر دستگاه نیز بستگی به گذر آب، سرعت حرکت آب و میزان سختی آب دارد.



شکل ۵ــ۳ ــ دستگاه سختی‌گیر زئولیتی

این دستگاه‌ها در ظرفیت‌های مختلف برحسب نیاز ساخته می‌شوند. ساختمان کلی آن‌ها با هم مشابه بوده و تفاوت فقط در نوع کنترل‌های آن‌ها می‌باشد.

دستگاه‌های نرم کننده عموماً از اجزای زیر تشکیل گردیده است :

۱ــ مخزن استوانه‌ای شکل که از ورق فولادی جوشکاری شده از داخل و خارج ساخته و مجهز به حداقل دو عدد دریچه جهت بازدید می‌باشد. درون مخزن، طبقات زئولیت به‌ضخامت ۷۵ الی ۲۰۰ سانتی‌متر ریخته شده است.

۲ــ هر دستگاه دارای یک لوله برای ورود آب سخت و یک لوله برای خروج آب نرم و یک لوله برای ورود آب شست‌وشو دهنده با کلیه‌ی اتصالات و شیرفلکه‌های لازم می‌باشد. جهت توزیع یکنواخت آب ورودی در قسمت فوقانی در سختی‌گیر یک آب پخش‌کن مخروطی یا دیسکی تعبیه شده است. همچنین جهت جمع‌آوری آب تصفیه شده و توزیع یکنواخت آب شست‌وشوی معکوس، در کف هر سختی‌گیر یک صفحه‌ی فولادی جهت تعبیه‌ی نازل‌ها قرار داده شده است.

۳ــ نازل‌های پلاستیکی بر روی صفحه‌ی فولادی مستقر در کف سختی‌گیر به تعداد مناسب، حداقل ۳ عدد به ازای هر فوت مربع سطح سختی‌گیر، نصب شده است.

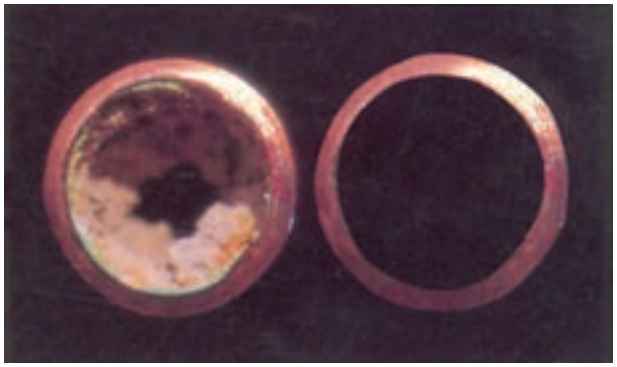
۴ــ مخزن آب نمک، ساخته شده از ورق فولادی یا مواد پلاستیکی مجهز به صافی، لوله‌ی تغذیه‌ی آب، لوله‌ی خروجی آب نمک و اتصالات مربوط به تخلیه‌ی مخزن.

۵ــ سیستم به صورت دستی به‌وسیله‌ی شیرفلکه‌های برنجی و یا چدنی قابل تنظیم و باز و بسته شدن است و یا به صورت نیم‌اتوماتیک و تمام اتوماتیک به‌وسیله‌ی شیرهای سه‌راهی موتوری و دستگاه فرمان، به‌طور خودکار کنترل می‌شود.

۳ــ۶ــ۳ــ سختی‌گیرهای مغناطیسی: سختی‌گیرهای مغناطیسی درواقع از تشکیل رسوب توسط آب‌های سخت جلوگیری می‌کنند و در دو نوع وجود دارند. الف ــ با استفاده از منبع تغذیه ب ــ بدون نیاز به منبع تغذیه.

الف ــ سختی‌گیر مغناطیسی با منبع تغذیه: این نوع دستگاه شامل یک سیم‌پیچ دور لوله و یک دستگاه الکترونیک است. دستگاه الکترونیک یک میدان مغناطیسی بسیار کوچک ایجاد می‌کند (شکل ۶ــ۳).

الف ــ سختی‌گیر

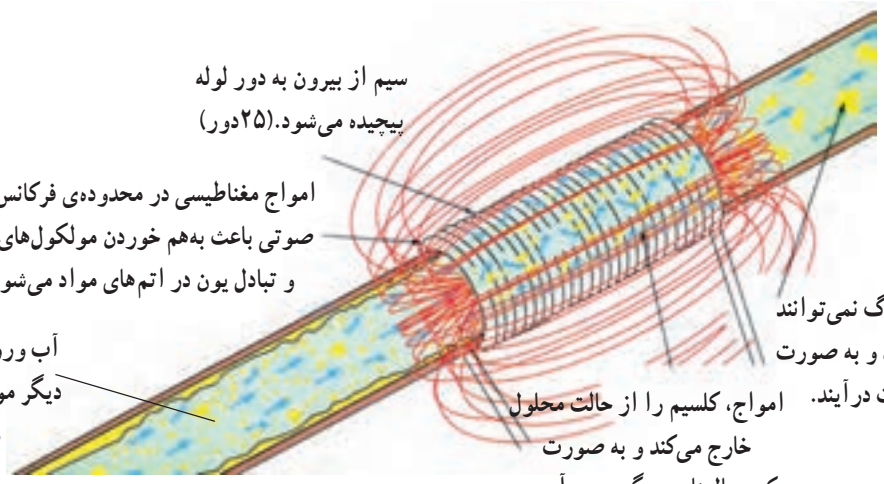


ب ــ لوله قبل و بعد از نصب سختی‌گیر

شکل ۶ــ۳ــ سختی‌گیر مغناطیسی با منبع تغذیه

میدان ایجاد شده توسط دستگاه الکترونیک امواجی تولید می‌کند و باعث می‌شوند کریستال‌های بزرگ کربنات کلسیم به‌وجود آیند که برای چسبیدن به لوله تمایلی ندارند.

شکل ۷ــ۳ چگونگی عمل را نشان می‌دهد. این عمل باعث می‌شود که از تشکیل رسوب در لوله‌ها جلوگیری به عمل آید.

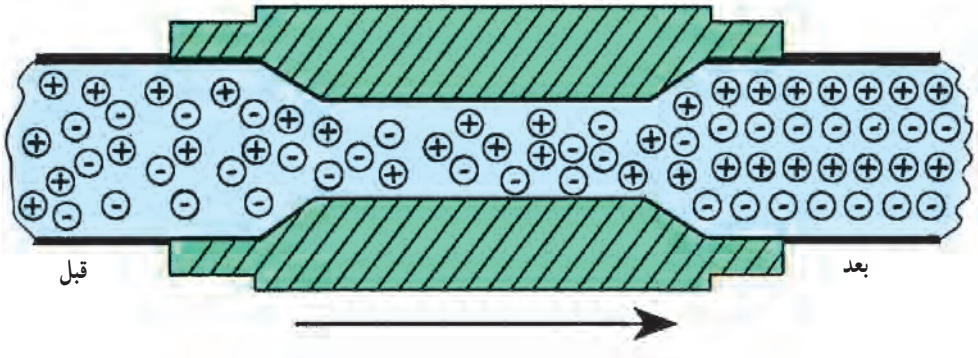


شکل ۷ــ۳ــ اساس کار سختی‌گیر مغناطیسی

ب ــ سختی‌گیر مغناطیسی بدون منبع تغذیه: شکل ۸ــ۳ یک نمونه از سختی‌گیر مغناطیسی را نشان می‌دهد. این وسیله که آب از داخل آن عبور می‌کند در اطراف خود دارای منبع انرژی مغناطیسی است و به‌سهولت در مسیر آب نصب می‌شود.

شکل ۸ــ۳ــ سختی‌گیر مغناطیسی بدون منبع تغذیه

مطابق شکل ۹ــ۳ آب عبوری از دستگاه تحت تأثیر انرژی موجود در دستگاه (حوزه‌ی مغناطیسی) قرار گرفته و این انرژی با اثر بر روی ذرات معلق و مولکول‌های $CaCO_3$ موجود در آب خواص فیزیکی و الکتریکی آن‌ها را تغییر می‌دهد و آرایش خاصی را ایجاد می‌نماید. اگر آب با سرعت مناسب (جدول ۱ــ۳) از داخل منبع انرژی (حوزه‌ی مغناطیسی) عبور داده شود مولکول‌های کلسیم به‌هم پیوسته و کریستال‌های کلسیم را تشکیل می‌دهند که به‌جای رسوب در جداره‌ها، همواره با جریان آب در یک مدار باز از داخل سیستم عبور کرده و تخلیه می‌شوند و در سیکل بسته به‌صورت شناور باقی مانده و طبق نظریه‌ی فوق تمایلی به ترکیب و درنهایت ایجاد رسوب نخواهند داشت.



شکل ۹ــ۳ــ آرایش الکترون‌ها در میدان مغناطیسی

جدول ۱ــ۳ــ میزان جریان نسبت به قطر لوله‌ی سختی‌گیر

مقدار جریان $\frac{m^3}{hr}$	قطر لوله‌ی سختی‌گیر	
	اینچ	میلی‌متر
۰/۲	$\frac{3}{8}$	۱۰
۰/۷	$\frac{1}{2}$	۱۵
۲	$\frac{3}{4}$	۲۰
۴	۱	۲۵
۶	$1\frac{1}{4}$	۳۲
۱۲	$1\frac{1}{2}$	۴۰
۲۰	۲	۵۰
۳۷	$2\frac{1}{2}$	۶۵
۵۵	۳	۸۰
۱۲۰	۴	۱۰۰
۱۵۰	۵	۱۲۵

نصب دستگاه: نصب دستگاه با استفاده از فیتینگ‌های دنده‌ای انجام می‌گیرد و می‌توان آن را به‌صورت افقی یا عمودی در مدار نصب نمود.

برای حذف مواد جامد احتمالی موجود در جریان آب، به‌ویژه حذف ذرات با ترکیب آهن و منگنز، مطابق توصیه‌ی کارخانه‌ی سازنده در مسیر ورودی جریان آب به این دستگاه از یک واحد صافی مناسب استفاده می‌کنند و مواد جمع‌آوری شده در آن را هر چند وقت یک بار تخلیه می‌نمایند.

چون دستگاه قطعه‌ی متحرک ندارد نیاز به اپراتوری، سرویس یا تعمیر هم ندارد. فقط لوله‌ی میانی دستگاه، همان قسمتی که آب از داخل آن می‌گذرد، باید دست‌کم سالی دو یا سه بار با وسیله‌ی مناسبی (Cylinder brush) تمیز شود.

پرسش

۱ــ روش‌های مختلف ته‌نشین کردن مواد معلق آب را توضیح دهید.
۲ــ روش‌های مختلف تصفیه‌ی آب را نام ببرید.
۳ــ در ته‌نشین کردن با استفاده از مواد شیمیایی، نحوه‌ی انجام عمل را شرح دهید.
۴ــ انواع صافی‌ها را نام ببرید و هریک را توضیح دهید.
۵ــ صافی‌های شنی کند را توضیح دهید.
۶ــ صافی‌های تحت فشار را توضیح دهید.
۷ــ مهم‌ترین موارد استفاده از صافی‌های شنی تحت فشار را بیان نمایید.
۸ــ یک شکل شماتیک از صافی تحت فشار رسم نمایید.
۹ــ چگونگی شست‌وشوی صافی‌های تحت فشار را بیان نمایید.
۱۰ــ هوادهی را بیان نمایید.
۱۱ــ اجزای اصلی یک تصفیه‌خانه را به ترتیب نام ببرید.
۱۲ــ چگونگی گندزدایی آب با کلرزنی را شرح دهید.
۱۳ــ سختی آب در مصارف بهداشتی ــ آشامیدنی و صنعتی چه مشکلاتی به‌وجود می‌آورد؟ شرح دهید.
۱۴ــ روش‌های گرفتن سختی آب را بیان کنید.
۱۵ــ روش گرفتن سختی با استفاده از آب آهک را توضیح دهید.
۱۶ــ روش تعویض با استفاده از بسترهای رزینی را توضیح دهید.
۱۷ــ ساختمان دستگاه سختی‌گیر را توضیح دهید.
۱۸ــ انواع سختی‌گیرها را نام ببرید.
۱۹ــ سختی‌گیر مغناطیسی با استفاده از منبع تغذیه چیست؟ توضیح دهید.
۲۰ــ سختی‌گیر مغناطیسی بدون منبع تغذیه چیست؟ شرح دهید.
۲۱ــ چگونگی نصب سختی‌گیر مغناطیسی را شرح دهید.