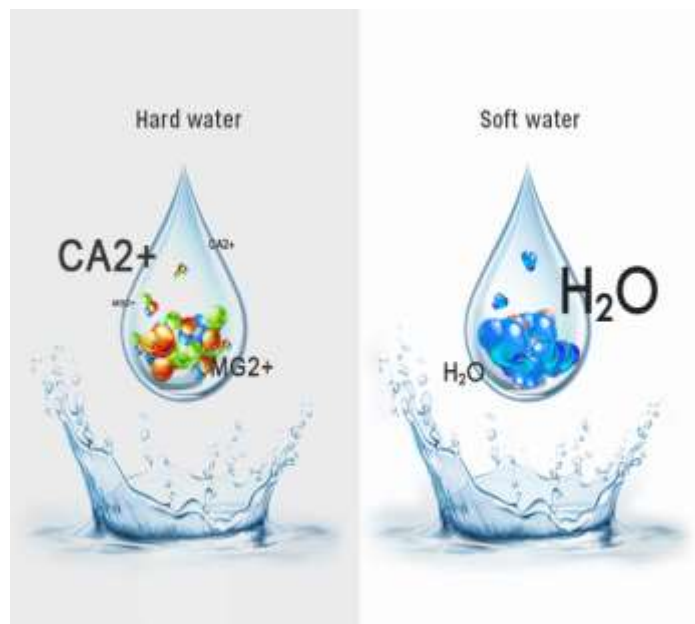


بهداشت آب

قسمت سوم

آب سخت

آب سخت، آب است که حاوی نمک های معدنی از قبیل ترکیبات کربنات کلسیم و منیزیم و است.



انواع سختی :

(1) سختی کل (Total hardness)

کل املاح کلسیم و منیزیم موجود در آب، سختی کل نامیده می شود و شامل دو قسمت است:

الف) سختی کل کلسیم: نشان دهنده مقدار یون کلسیم در آب است.

ب) سختی کل منیزیم: کل منیزیم محلول در آب را شامل می شود.

آب های سخت تشکیل رسوب کربنات کلسیم می دهند که مشکلات متعددی را بوجود می آورد. این پوسته به شکل رسوب بر روی سطوح داخلی لوله های حامل آب باعث کاهش ظرفیت انتقال جریان آب و انتقال جریان حرارت می شود. هنگامی که آب های سخت حرارت داده می شوند تشکیل رسوب خیلی سریع تر انجام می گیرد که مشکلات زیادی را در بویلرها و مبدل های حرارتی به وجود می آورند. یک لایه رسوب به قطر یک میلیمتر بر روی سطوح گرم کننده یک آب گرم کن بصورت عایق حرارتی عمل کرده و در نتیجه تقریباً ۱۰٪ افزایش هزینه به وجود خواهد آمد.

تشکیل رسوب در جدارها و دیوارها باعث آسیب های فراوانی به تأسیسات حرارتی و برودتی می شود که مهمترین آن ها کاهش بازدهی مبدل ها و در نتیجه افزایش انرژی راهبردی است. آنالیز شیمیایی رسوب نشان می دهد که ترکیب اصلی تشکیل دهنده کربنات کلسیم، سولفات کلسیم، سولفات باریوم، سیلیکا و آهن است که درصد فراوانی کربنات کلسیم بیشتر از ترکیبات دیگر می باشد.

۲) سختی دائم (Permanent hardness)

سختی دائم (Permanent Hardness) را سختی غیر کربناتی (Non Carbonate Hardness) نیز می نامند. این سختی، شامل کلیه املاح کلسیم و منیزیم به جز بی کربنات ها می باشد به عنوان مثال، سولفات ها، کلرید ها و نیترات های کلسیم و منیزیم محلول در آب را در بر می گیرد و سختی دائم در اثر جوشاندن و با حرارت دادن قابل حذف نیست.

۳) سختی موقت (Temporary hardness)

سختی موقت را سختی کربناتی (Carbonate Hardness) نیز می نامند. این سختی، ناشی از بی کربنات کلسیم و منیزیم محلول در آب است که عمدتاً به کمک حرارت و یا ازدیاد PH کاهش می یابد در اثر جوشاندن آب طبق واکنش زیر تجزیه می شوند و رسوب می کنند.

طبقه بندی آب از لحاظ سختی :

طبقه بندی آب ها از لحاظ سختی بشرح ذیل است:

- آب های سبک ۰-۱۵۰ میلی گرم در لیتر
- آب های با سختی متوسط ۱۵۰-۳۰۰ میلی گرم در لیتر
- آب های سخت ۳۰۰-۴۰۰ میلی گرم در لیتر
- آب های خیلی سخت بیشتر از ۴۰۰ میلی گرم در لیتر

اهمیت سختی آب:

مقدار سختی آب، علاوه بر این که در آب های صنعتی خیلی حائز اهمیت است، از نظر بهداشت عمومی هم اهمیت خاصی دارد.

آب های سخت در درجه حرارت بالا مشکلاتی را به همراه دارد از جمله در جداره کتری و دیگ های بخار رسوبات کربنات کلسیم ایجاد می کند.

جالب اینجاست مصرف آب های سخت تر به علت وجود منیزیم و کلسیم، مرگ های ناگهانی ناشی از امراض قلبی و عروقی را کاهش می دهد، اما از طرفی کلسیم و منیزیم در آب های آشامیدنی سخت، مانع جذب فلزات سنگین نظیر سرب، کادمیوم، روی، مس و رسوب آن ها در استخوان ها می شود. کلسیم که یکی از عوامل سختی آب است، در رشد استخوان و حفظ تعادل بدن دخالت داشته، ولی به همان اندازه، سولفات کلسیم به علت کمی قابلیت هضم، ناراحتی هایی در دستگاه هاضمه بوجود می آورد.

اکثر دانشمندان معتقدند، بهتر است کلسیم و منیزیم لازم بدن توسط غذا تأمین شود و حتی الامکان از آب های سبک برای شرب استفاده شود.

شایان ذکر است استاندارد بین المللی آب ایران، حد نرمال آب شرب را با سختی ۱۵۰ میلی گرم در لیتر و حداکثر مجاز جهت شرب سختی ۵۰۰ میلی گرم در لیتر را مورد تأیید قرار داده است اما در بعضی استان ها آب با سختی حتی تا ۶۰۰ میلی گرم در لیتر هم مورد استفاده قرار می گیرد که اصلاً مناسب نیست.

تغییرات سختی آب

بر حسب آن که آب در موقع نفوذ در زمین از قشرهای آهکی و منیزیمی و گچی عبور کرده یا نکرده باشد سختی آب کم یا زیاد می شود. آب های نواحی آهکی سختی زیادتری تا آب های نواحی گرانیته و یا شنی دارند. سختی آب در عرض سال هم ممکن است تغییر نماید. معمولاً سختی آب ها در فصل باران کم و در فصل خشکی زیاد می شود. و بعضی مواقع هم در فصول پر باران و مرطوب و بیشتر در غارها ایجاد شود

فواید آب سخت

آب سخت تنها اگر سختی آن در حد استاندارد باشد برای انسان مضر نیست هرچند باز هم مصرف آن توصیه نمی شود. گفته می شود معمولاً شکستگی استخوان در افرادی که آب سخت را در حد استاندارد می آشامند زودتر بهبودی حاصل و بیماری راشیتیس کمتر در این اشخاص دیده می شود.

مضرات آب سخت

علیرغم فواید آب سخت برای بدن، سختی بیش از حد آب نیز مضراتی دارد که مهمترین آن تشدید پدیده تولید سنگ کلیه به دلیل رسوب یون های معلق در کلیه می شود. آب سخت برای رختشویی و مصرف در کارخانجات مناسب نیست. آب سخت موجب از دست دادن طعم و مزه خوب چایی و قهوه می شود. پخته نشدن حبوبات با آب سخت، ضرر رساندن به جداره دیگ های بخار، ایجاد قشر آهکی بر روی جداره دیگ، خوب نکردن صابون و شوینده ها، افزایش مصرف و جاماندن باقی مانده شوینده ها در هنگام شستن نسوج انواع مواد به خصوص پارچه ها و نیز جاماندن اضافات آن ها روی بدن از مضرات جدی آب سخت است.

تعداد زیادی مواد شیمیایی برای رفع سختی آب به فروش می رسد که دارای کربنات سدیم هستند. استفاده از این مواد قبل از ورود آب به دیگ ها، سختی آن را می گیرند و سپس شسته می شود بگونه ای که در دیگ بر اثر افزودن این مواد، آهک و گچ رسوب می دهند و دیگر این رسوب محکم به جدار دیگ نمی چسبد و می توان آن را به آسانی پاک نمود و شست.

سختی زدایی

برای برطرف کردن سختی آب، با جوشاندن کربنات های هیدروژنی محلول به کلسیم نامحلول تبدیل شده و تشکیل رسوب می دهند. این رسوب در مناطق دارای آب سخت درون کتری ها دیده می شود. سختی دایمی یافت می شود. یکی از اجسام گیرنده سختی آب تری ناتریم فسفات Na_3PO_4 می باشد که با اسم آلبرت تری بکار می رود.

یون کلسیم موجود در آب بر اثر ناتریم فسفات تبدیل به "تری فسفات کلسیم" می‌گردد و رسوب می‌نماید. اخیراً به مقدار زیاد از صمغ‌های مصنوعی که قادرند تعویض یون کنند برای رفع سختی آب استفاده می‌کنند. صمغ لواتیت در آلمان و آمبرلیت و دووکس در آمریکا استعمال می‌گردد. در صنعت از ستون های تبادل یونی برای کاهش سختی استفاده می‌شود (ستون های رزینی - آنیونی - کاتیونی).

در پیشرفته ترین تکنولوژی از فرآیند اسمز معکوس (Reverse Osmosis) برای کاهش سختی، EC (هدایت الکتریکی یا شوری) و TDS (کل جامدات محلول) آب استفاده می‌شود که فواید بسیاری از جمله مطمئن بودن آن و هزینه های جاری بسیار پایین دارد. این فرآیند در ایران به دلیل این که اولین بار برای کاهش EC (شوری) آب استفاده شد به آب شیرین کن معروف است.

درجه سختی آب

درجه سختی آب را از روی مقدار کلسیم و منیزیم موجود در آن تعیین می‌کنند. در آلمان اگر آبی ده میلی گرم CaO در یک لیتر داشته باشد می‌گویند درجه سختی آب یک است. در فرانسه اگر آبی در یک لیتر ده میلی گرم کربنات کلسیم یا هم سنگ آن کربنات منیزیم داشته باشد، می‌گویند که یک درجه سختی دارد. در انگلستان اگر آبی ده میلی گرم کربنات کلسیم و یا هم سنگ آن کربنات منیزیم در ۰,۷ لیتر داشته باشد یک درجه سختی دارد. برای تعیین سریع سختی آب کارخانه شیمیایی واقع در آلمان قرص هایی ساخته است. در یک لوله آزمایش مخصوص و مدرج آب مورد آزمایش را تا خط نشان لوله پر می‌نمایند و به وسیله معرفی که همراه بسته قرصهاست رنگ این آب را قرمز می‌کنند و آنگاه آنقدر از این قرص ها در آن می‌اندازند تا رنگ آب سبز گردد. شماره قرص های ریخته شده در لوله آزمایش برابر درجه سختی آب می‌باشد. دقت این روش تا نیم درجه است.

شهرهای با آب سخت

قم، زاهدان، گرمسار و سمنان از شهرهایی هستند که آب آن ها از سختی بسیار بالایی برخوردار است. در زاهدان و سمنان سالانه چندین بار باید پوشال های کولر را به علت این که مقدار فراوانی املاح روی آن رسوب کرده است تعویض کرد. این شهرها از شهرهایی هستند که آب آن ها از سختی بالایی برخوردار است. بدیهی است که، رفع سختی آب از وظایف بسیار مهم اپراتور در طول نگهداری روزانه و شیفت کاری است، و به جهت جلوگیری از صدمات مخرب و گاهی غیر قابل جبران بعدی که در مدت کوتاهی به سیستم تاسیسات وارد می‌گردد، تدبیر لازم با هزینه ای بسیار اندک در قبال تاسیساتی حرارتی که به قطع قسمتی حیاتی برای تولید مداوم و مستمر است، اتخاذ گردد. اما لازم است که سختی آب در تمامی کارخانجات سراسر کشور به صورت دوره ای و تحت نظارت متخصصان این بخش کنترل گردد. تا از بروز هزینه های هنگفت در آینده ای بسیار نزدیک جلوگیری شود.

املاح محلول در آب و اثرات آن ها:

املاح شامل: املاح موثر در تولید سختی و املاح غیر تاثیرگذار در سختی که در تولید سختی موثر نیستند و در واقع تاثیر قلائیت در سختی آب دارند که اگر قلیائیت کل آب، مساوی یا بیشتر از سختی کل باشد، تمام سختی آب به صورت سختی کربناتی خواهد بود. در صورتی که قلیائیت کل، کمتر از سختی باشد، سختی کربناتی آب معادل قلیائیت بوده و سختی دائم، اختلاف بین سختی کل و قلیائیت است.

اسیدیته (Acidity):

آب خالص به مقدار خوبی یونیزه می شود و مقادیر مساوی از یون های $H-OH$ + تولید می کند. غلظت یون های تولید شده تابعی از دماست.

قلیائیت (Alkalinity):

از نظر شیمیایی، قلیائیت آب نشان گر مقدار ظرفیت خنثی شدن آن به وسیله اسید می باشد. خنثی شدن آب به معنی رسیدن به PH آب به حدود ۴/۵ است. قلیائیت آب های طبیعی به سبب وجود هیدروکسیدها، کربنات ها و بی کربنات ها می باشد البته یون های دیگری مانند فسفات ها، سیلیکات ها و بورات ها نیز می توانند موجب قلیائیت شوند ولی به دلیل غلظت بسیار کم آنها در مقایسه با یون های سری اول می توان از قلیائیت ناشی از آنها صرفه نظر کرد.

اهمیت قلیائیت و رابطه آن با PH:

قلیائیت از عوامل موثر برخوردگی و رسوب گذاری آب است. برای نمونه می توان گفت، قلیائیت آب مورد استفاده در دیگ های بخار باید به اندازه کافی بالا باشد تا از خورده شدن دیواره دیگ ها جلوگیری شود همچنین قلیائیت نباید به حدی باشد که سبب انتقال مواد جامد به وسیله بخار شود و یا سبب شکنندگی قلیایی (Constic embri Hlement) شود و در دیواره دیگ ها ایجاد ترک نماید. قلیائیت با PH رابطه نزدیکی دارد به گونه ای که هر چه قلیائیت بیشتر باشد نشانگر بالاتر بودن غلظت هیدروکسیدها و کربنات ها است بنابراین PH بالاتر می رود و محلول قلیایی تر می شود.

حلالیت آب (Solubility):

یکی از خواص بی نظیر آب قدرت حلالیت آن است، آب می تواند تمام موادی را که با آن در تماس هستند در مقادیر متفاوت بسته به ثابت حلالیت و دما در خود حل کند به همین دلیل به آب حلال جهانی می گویند. به این دلیل که ساختمان خود آب قطبی است و مواد قطبی و نیز آن دسته از موادی که در آب یونیزه می شوند را بهتر حل می کند همچنین دما، فشار و PH و غلظت از جمله عواملی هستند که بر میزان حلالیت در آب تاثیر می گذارند. وجود بعضی مواد در آب موجب تقویت انحلال مواد دیگر می شود و برعکس بعضی از مواد قابلیت حل شوندگی مواد دیگر را کاهش می دهند برای مثال وجود CO_2 در آب موجب افزایش انحلال سنگ هایی مثل کلسیم و منیزیم می شود.

سموم موجود در آب

نگاه کلی

سم (Poison) ماده‌ای است که بر اثر مواد شیمیایی، حتی در دُز کم، بر بدن انسان و حیوانات آسیب رسانیده، سلامتی را از بین برده و حتی موجبات مرگ را فراهم می‌نماید. اثر سم می‌تواند موضعی باشد و یا پس از عبور از پوست و وارد شدن آن در خون انجام پذیرد. برحسب مقدار یا دُز وارد شده به بدن، سم می‌تواند مهلک باشد (دُز مهلک) و یا صدمات جدی به بدن برساند (دُز درمانی) و یا اصولاً بدون اثر باقی بماند (دُز بی اثر). دُزهای نامبرده، حتی در مورد سم‌هایی با مواد شیمیایی یکسان، اعتبار مطلق نداشته، بلکه علاوه بر نحوه مصرف به نوع، سن، جنس و حساسیت موجود زنده بستگی دارند. برخی مواد اساساً جزو سم‌ها محسوب نمی‌شوند ولی پس از ورود به بدن موجود زنده طی واکنش‌های پیچیده به ماده سمی تبدیل می‌شوند، مانند هگزامتیلن تترا آمین غیرسمی، که در بدن انسان به فورمالدئید سمی تبدیل می‌گردد.

تقسیم‌بندی بر اساس ماهیت شیمیایی

- **سموم معدنی:** شامل سم‌های معدنی طبیعی مانند هیدروژن سولفید، کربن مونوکسید و سم‌های معدنی مصنوعی مانند جیوه (II) کلرید و همچنین نمک‌های تالیم و سرب می‌باشند.
- **سموم آلی:** شامل سم‌های آلی گیاهی مثل آکونیتین و سم‌های حیوانی مانند سم مار می‌باشد. سم‌های آلی مصنوعی در طبیعت وجود نداشته ولی به طور مصنوعی یا سنتز تهیه می‌شوند. مثل سلاح‌های کارزار شیمیایی گاز خردل، گاز اعصاب و یا انواع آفت‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها و...

تقسیم‌بندی بر مبنای محل کاربرد و نوع آسیب سموم

- **سم‌های چشم:** این سم‌ها تحریکات مختلفی را در اعضای چشم به وجود می‌آورند، مانند ترکیب‌های برم، آمونیاک، کلر، دی متیل سولفات، فورمالدهید، آتروپین، کوکائین، دی‌نیتروفلن، نفتول و تتراهیدرونیفتالین.
- **سم‌های خون:** این سم‌ها موجب همولیز گلبول‌های قرمز خون می‌شوند، مثل آرسین، گلیکول‌ها، فسوژن و سم مار و یا باعث مت‌هموگلوبین می‌شوند، مانند آنیلین، کلرات‌ها، نیتريت‌ها، سولفیت‌ها. سم‌های خون گاهی نیز در مسیر خون‌سازی اختلالاتی به وجود می‌آورند مثل مشتقات آنیلین، بنزول، دی‌نیتروفلن، سولفونامیدها و مواد پرتوزا.
- **سموم آنزیم‌ها:** این سم‌ها انواع مختلف دارند، برخی از آن‌ها موجبات ته‌نشینی پروتئین‌ها را فراهم می‌نمایند مثل نمک فلزهای سنگین، ولی برخی دیگر خاصیت بازدارندگی ویژه از خود بروز می‌دهند، مانند استیل آمینو- تیادی‌آزول سولفونامید، که روی آنزیم کربونیداز اثر می‌کند.

- **سم‌های پوست:** سم‌های مزبور انواع مختلف دارند و برخی باعث از بین رفتن رنگدانه پوست می‌شوند مثل ترکیب‌های آرسنیک و نقره. بعضی دیگر شرایط ریزش مو را فراهم می‌کنند مثل آرسنیک تریوکسید و کلروپرن. سم‌های پوست را گاهی به عنوان سلاح کارزار به کار می‌برند، مانند: دی کلردی‌اتیل‌سولفید (ایپریت) و کلرونیل‌آرسین‌دی‌کلرید (لوزیت).
- **سم‌های دستگاه گردش خون:** این سم‌ها انواع متعدد دارند، برخی موجبات اختلال در ضربان قلب را فراهم می‌نمایند، مثل بنزول، کلروفرم. بعضی دیگر به طور مستقیم و یا غیر مستقیم از راه گردش خون روی عضله قلب تأثیرات ناهنجار به جا می‌گذارند، مانند آکونیتین، آرسنیک، نمک‌های باریوم، بنزین، بنزول، کینین، کلروفرم و متانول. از سوی دیگر برخی سم‌ها صدمات جبران‌ناپذیری به رگ‌ها وارد می‌کنند، برای مثال می‌توان از آرسنیک تریوکسید و روغن خردل نام برد. سم‌های قلب گاهی تنگی بیش از حد رگ‌ها را به دنبال دارند مثل نیکوتین، آدرنالین و همچنین نمک‌های سرب و باریوم. سرانجام نیتريت‌ها، گلیسیرین نیتريت، سم‌های مار و قارچ‌ها موجب گشادی رگ‌های قلب می‌شوند.
- **سم‌های کبد:** این سم‌ها در کبد انباشته و عملکرد درست سلول‌های کبدی را با اشکال مواجه می‌سازند، که در نتیجه در سوخت و ساز عمومی بدن تأثیر گذاشته و بیماری‌هایی از قبیل یرقان، ورم کبدی و... را باعث می‌شوند، برای مثال می‌توان از بنزین، کلر، بنزول، کلروفرم، دی نیتروفلن، فسفر و سم قارچ نام برد. سم‌های دستگاه تنفس: این سم‌ها آسیب جبران‌ناپذیر به بافت‌های ریه می‌رسانند و ممکن است به صورت ترکیب‌های مختلف شیمیایی، مانند آمونیاک، کلر، برم، فلوئور و غیره وارد ریه‌ها شوند. نیکوتین، دوده و آزبست نیز جزو سم‌های ریه محسوب می‌شوند.
- **سم‌های دستگاه اعصاب:** این سم‌ها از راه پوست، تنفس و یا گردش خون وارد دستگاه اعصاب شده و اختلالاتی مانند فلج کردن مراکز مغز، سرگیجه و بیهوشی مفرط به وجود می‌آورند. سم‌های اعصاب معمولاً به حالت گاز می‌باشند، مانند اتر، کلروفرم، انواع الکل‌ها و غیره. برخی سم‌های دستگاه اعصاب به عنوان سلاح جنگی، اهمیت نظامی دارند، عمده‌ترین آن‌ها استرهای فسفریک اسید می‌باشند

تقسیم‌بندی سموم آب و ضد سم‌ها بر مبنای کاربرد آنها

- **سلاح‌های جنگی** این سلاح‌ها برخلاف کلیه موازین انسانی و حقوق بین‌المللی، از سوی برخی کشورها در میدان‌های کارزار به کار برده می‌شوند. سلاح‌های مزبور علاوه بر سست کردن روحیه نبرد طرف مقابل، آسیب‌های جبران‌ناپذیری بر محیط زیست و آب وارد می‌نمایند، به طوری که توام با محو گیاهان و جانوران، زمین‌های کشاورزی را نیز نابود می‌سازند. سلاح‌های جنگی می‌توانند از نوع شیمیایی، مانند گاز خردل و گاز اعصاب، بیولوژیکی مانند باکتری‌ها، ویروس‌ها و میکروب‌ها و یا حتی رادیولوژیکی مانند فضولات واکنش‌های هسته‌ای باشند و آب را آلوده کنند.
- **سم شکار:** اکثر این سم‌ها منشا گیاهی دارند و عملکرد آن‌ها بیشتر روی زخمی کردن پوست استوار می‌باشد به محض وارد شدن در بدن شکار، آن را مسموم و شرایط مرگش را فوراً فراهم می‌کنند، مانند سم پیکان و سم ماهی مثل استروفانتین و استریکنین که ممکن است پس از صید یا شکار در محلی که آب هست وارد آب شود و آب را مسموم کند.

- **سم‌های گیاهی :** سم‌هایی که به عنوان آفت‌کش و حشره‌کش مصرف می‌شوند و با احتیاط وارد آب‌های سطحی و زیر زمینی می‌شوند.
- **ضد سم‌ها (آنتی دوت‌ها):** موادی که به هنگام مسمومیت، برای جلوگیری، تضعیف و یا خنثی کردن اثر سم‌ها به کار می‌روند و نقش متفاوتی را در مورد بیماران به عهده دارند، به طوری که برخی از آن‌ها بیمار را به استفراغ وادار می‌نمایند مثل آپومورفین و محلول مس سولفات. برخی دیگر به عنوان مسهل عمل کرده و تعدادی نیز از طریق جذب عمل می‌کنند، مانند زغال حیوانی که به هنگام مسمومیت با آلکالوئیدها، اغذیه و فلزهای سنگین مصرف می‌شود. همچنین برخی آنتی دوت‌ها بر مبنای یک واکنش شیمیایی با پروتئین‌ها عمل می‌نمایند مثل تخم مرغ و شیر، که به هنگام مسمومیت با اسیدها و فلزهای سنگین مصرف می‌شوند. دسته‌ای از ضد سم‌ها بر مبنای واکنش شیمیایی ویژه عمل کرده، به طوری که سم را به حالت‌های غیر محلول و یا غیر سمی تبدیل می‌کنند. محلول سدیم سولفات ترکیب‌های محلول و سمی باریم و سرب را به ترکیب‌های غیر محلول و غیر سمی باریم و سرب سولفات تبدیل می‌نماید. آنتی دوت‌ها یا خنثی کننده‌های سم وجود دارند که عملکردشان از راه تأثیرات فارماکولوژیکی و میکروبیولوژیکی استوار است.

پایان قسمت سوم - بهداشت آب

منابع:

- اصول ایمنی و بهداشت در طرح‌های آب و فاضلاب - دکتر علی اکبر نظام‌آبادی - پردیس فنی شهید عباسپور دانشگاه شهید بهشتی
- بهداشت آب و فاضلاب - مهندس جواد ترکشوند . مهندس شهربانو یونسی . دکتر علیرضا خاکپور
- مهندسی آب و فاضلاب . مکنزی . ترجمه: دکتر مصطفی لیلی . مهندس سید جواد جعفری . مهندس کاظم گودینی . مهندس نفیسه نوریه . مهندس زهرا عطا فر . مهندس اردوان نیکنام

- <http://www.environmentalhealth.ir>
- <http://irwwa.com>
- <https://www.iaeh.ir>
- <https://www.sanitationandwaterforall.org>
- <https://www.who.int>
- <https://www.jica.go.jp>
- <https://www.cdc.gov>