

کربن دی اکسید تولید می شود که گاز در آب باقی می ماند.

کربن دی اکسید در آب نسبت به سایر گازها در فراوند کربن دی اکسید در آب باقی می ماند. با توجه به قدرت اکسید کننده و قدرت کربن دی اکسید و وجود آن باعث صد زدن به غش و نیز زدن های یون در آب می شود. آمونیاک و هیدروژن سولفید ( $H_2S$ ) نیز می توانند به طور طبیعی در آب موجود باشند چون در اثر تجزیه غیر هوازی مواد آلی نیز در آن دار و گوگردار تولید می شوند.

### حذف گازها

گازها را می توان هم به روش شیمیایی و هم به روش فیزیکی از آب حذف کرد. به طور کلی هر چه حجم آب تصفیه شده و نیز غلظت گازها خالص بیشتر باشد توصیه اقتصادی بهتری در استفاده از روش فیزیکی برای حذف گازها است. اما همیشه نکته را باید در نظر داشت، اعلی آن که حذف گازها به روش فیزیکی هیچ وقت صد درصد کامل نیست و برای حذف باقی مانده گازها در آب استفاده از روش شیمیایی لازم می آید. دوم آن که سرمایه گذاری اولیه در روش حذف فیزیکی بسیار بیشتر از روش حذف شیمیایی است. اما هزینه روزمره روش فیزیکی بسیار کم می باشد.

### روش فیزیکی حذف گازها

در همین روش های فیزیکی برای حذف گازها، قانون هنری صادق است. بنابراین برای آن که مقدار گاز محلول در آب را کاهش دهیم باید فشار جزئی آن گاز را کم کنیم و این کار ممکن است هم با افزایش دما و در نتیجه افزایش فشار جزئی آب انجام شود و هم ممکن است با وارد کردن گاز تازه مثل هوا غلظت گازها خالص مورد نظر را کاهش داد تا فشار جزئی آن کاهش یابد.

روش های معمول برای حذف فیزیکی گازها عبارتند از: هوا دهی (Aeration)، هوا زدن سرد (Cold Denator) و هوا زدن گرم (Hot Denator).

در تصفیه آب های صنعتی هوا دهی در دستگاه انجام می شود که به آن (Degasator) می گویند در حالی که در تصفیه آب های شهری و یا فاضلاب ها، هوا را به نام واحد هوا دهی مشهور است.

آب به اندازه کافی است و نباید (کمتر از ۵۰) مقدار از کربن در اکسید موجود در آب به صورت کربن در آب اکسید که می توان  
باری گاز را تغییر حذف کرد

### هوازداي گرم

هدف اصلی در هوازداي گرم کاهش اکسیرن و هر گاز ناخالصی است که در آب وجود دارد. بنابراین از هوا نمی توان برای  
جدا کردن گاز از آب استفاده کرد و به جای هوا از بخار آب استفاده می شود که باعث هیچ اکسید کردن نمی شود. چون هدف اصلی  
در هوازداي گرم کاهش اکسیرن و یا کربن در اکسید به حداقل ممکن است از این دو مطلوب آن است که بخار در درون بتواند آب  
در درون به هوازدا را تا دمای اشباع (مناسب باعث داخل هوازدا) افزایش دهد تا لافل از نظر تئوری همین گازها موجود  
در آب آن را ترک کنند

چون هوازداي گرم می تواند همین ناخالصی های گاز را را تا حد قابل قبولی کاهش دهد از این دو امروزه در همه نیروگاهها برای  
کاهش ناخالصی های گاز به کار می روند و به خاطر سهولت نگهداری و راهبری آن ها بر نوع هوازداي سرد ترجیح دارد.

معموداً رزین های آئین نمی تواند آب خروجی از هوازداي گرم را عمل کنند (به خاطر بالا بودن دما) از این دو هوازداي گرم یا باید  
پس از واحد های تعویض یونی نصب شوند و یا باید آب خروجی از هوازداها را گرم قبل از ورود به واحد تعویض یونی به اندازه  
کافی خنک شود

### هوازداي سرد

در هوازداي سرد، آب را بدون حرارت دادن و فقط با کاهش فشار توسط وسایل مولد خلأ به دمای اشباع می رسانند که در این دما از  
نظر تئوری می بایست همه گازها را محلول در آب از آن خارج شوند. که این به این خاطر است که بخار آب باعث کاهش فشار چیزی  
همین گازها به حدود صفر می شود. بنابراین بهترین عامل جدا سازی در هوازداي سرد ایجاد خلأ است.

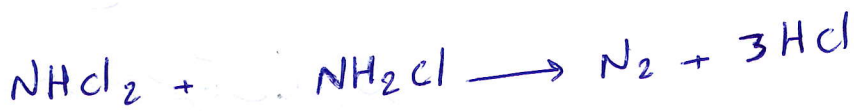
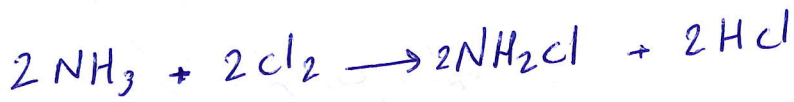
3. در توان از فلتر هارفت در که ذرات داخل آن سولفیت کلیم است، استفاده کرد.



قیمت سولفیت کلیم حدود ۱۰ برابر سولفیت سدیم است.

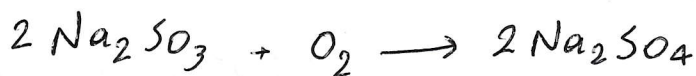
### حذف آمونیاک

آمونیاک در آب خیلی محلول است. لذا این نوعی فف ر هیزن کم آمونیاک، کافی است که مقدار زیادی آمونیاک محلول در آب داشته باشیم. برای حذف شیمایی آمونیاک از کلر استفاده می کنند که محصول حاصل آن ازت و کلریدریک اسید است:



### حذف اکسژن

برای حذف شیمایی اکسژن محلول در آب از مواد مختلفی در توان استفاده کرد. یکی از این مواد سولفیت سدیم است:



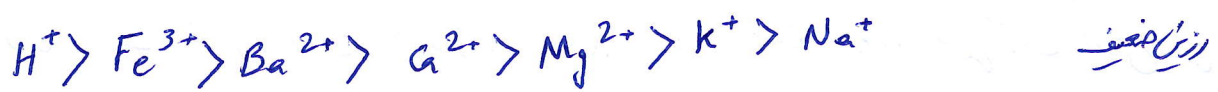
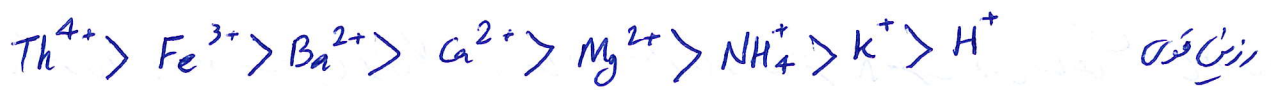
هیدرازین یک ماده شیمیایی دیگر برای حذف اکسژن در آب است:



سرعت واکنش هیدرازین با اکسژن کمتر از سولفیت سدیم است:



به طبعی که در غلظت ها کم مثل آب طبیعی، هر چه ظرفیت یون بیشتر باشد با تمایل بیشتر جذب رزین می شود. مثلاً یون  $\text{Ca}^{2+}$  ظرفیتی دو برابر یون  $\text{Na}^{+}$  از یون یک ظرفیتی توسط رزین جذب می شود حتی برای یون ها با ظرفیت یک نیز گزینش متفاوت است و معمولاً هر چه وزن مولکولی بیشتر باشد و یا انداز یون کوچکتر باشد تمایل جذب افزایش می یابد. مثلاً ترتیب زیر در مورد گزینش یون کاتیون ها برای جذب توسط تعویض کننده کاتیون (ایون) وجود دارد.



این ترتیب به این مفهوم است که تا زمانی که یون کلیم در آب وجود دارد، احتمال جذب یون پیاپی توسط تعویض کننده کاتیون بسیار ضعیف است.

توجه داشته باشید که هر چه غلظت یون محلول کمتر باشد (محلول رقیق تر باشد) تفاوت گزینش ها بیشتر می شود و در محلول ها غلیظ ترتیب گزینش بالا صادق نیست.

یک رزین سیر می، در آب ها طبیعی که غلظت یون کلیم حدود چند میلی مول در لیتر است، بر حجمی می دهد که سیر می داخل بشکند، خود را با کلیم آب تعویض کند و در نتیجه منتهی آب کاهش خواهد یافت. اما وقتی که رزین در آب سخت قرار گیرد، رزین بر حجم می دهد که یون کلیم را از دست بدهد و سیر می را در داخل بشکند خود به یون دوباره صورت می گیرد که به این عمل احیاء رزین گفته می شود.

### ظرفیت رزین:

در بشکند رزین ها، گروه ها خاص هستند که می توانند با یون ها محیط خود تبادل یون انجام دهند، بنابراین ظرفیت یک رزین به این مفهوم است که چقدر می تواند با محیط خود تبادل یون انجام دهد و معمولاً بر حسب اکسیدان از یون ها قابل تعویض و یا میلی گرم معادل که بیان می شود.



برای احیاء این نوع رزین باید از یک اسید قوی چون کلریدریک اسید یا سلفوریک اسید استفاده کرد.



### رزین های آنیون قوی

رزین های آنیون را با  $ZOH$  نشان می دهیم که  $Z$  معرف همدیگر رزین بدون یون متحرک است. وقتی که آب از رزین رزین های آنیون  $ZOH$  از نوع قوی عبور کند نیان اسیدها توسط این نوع رزین ها جذب شده و به جای آن ها یون هیدروکسیل



بنابراین آب حاوی املاح در اثر عبور از رزین رزین های کاتیون و آنیون همدیگر املاح خود را از دست می دهد (اول از کاتیون و بعد از آن آب بدون یون حاصل می شود).

\* اگر آب ابتدا از رزین آنیون و پس از رزین کاتیون عبور کند چه اشکالی پیش می آید؟ با عبور آب از رزین آنیون، کاتیون ها آب به صورت هیدروکسید در می آید و چون هیدروکسید بسیار از کاتیون ها غیر محلول هستند ذرات رسوب ایجاد شده باعث آلودگی و اختلال در کار رزین می شوند.

برای احیاء رزین های آنیون قوی باید از یک باز قوی چون سود استفاده کرد.



### رزین های کاتیون ضعیف

این نوع رزین ها در محیط اسیدی توانایی نمایی می شوند اما در محیط قلیایی یونیزه شده و یون متحرک خود را از دست می دهند. بنیان



۴ آب خام با آکسیژن زد در دست است (غلظت ها بر حسب میلی گرم در لیتر معادل کرنیاست است).

210	بکریاست
40	سولفات
120	کلراید
5	نترات
10	کربن دی اکسید آزاد

مطلوبست تعیین غلظت یون ها که در اثر عبور آب خام از واحدهای زیر حذف می شوند.

الف) سختی کرب (رزین قوی سدی): سختی کرب فقط یون های کلسیم و منیزیم را حذف کند.

$$210 + 40 = 250 \text{ mg/lit}$$

ب) رزین امیدی قوی: رزین امیدی قوی همه کاتیون ها را حذف می کند.

$$375 \text{ mg/lit} = \text{کلسیم} + \text{منیزیم} + \text{سدیم} + \text{کلسیم}$$

ج) رزین بازی ضعیف: رزین بازی ضعیف فقط نیان امیدی قوی را حذف می کند.

$$175 \text{ mg/lit} = \text{نترات} + \text{کلراید} + \text{سولفات}$$

د) رزین بازی قوی: رزین بازی قوی همه کاتیون ها به علاوه سیلیکا را حذف می کند.

$$400 \text{ mg/lit} = \text{سیلیکا} + \text{کربن دی اکسید} + \text{نترات} + \text{کلراید} + \text{بکریاست} + \text{سولفات}$$

ه) رزین بازی قوی که بعد از واحد رزین بازی ضعیف قرار گرفته باشد: در این صورت چون نیان امیدی قوی در رزین بازی ضعیف حذف شده از این بقیه کاتیون ها حذف می شود.

$$295 \text{ mg/lit} = \text{سیلیکا} + \text{کربن دی اکسید} + \text{بکریاست}$$

و) رزین بازی قوی که پس از واحد هوادری (در گازاتور) قرار گرفته باشد: در گازاتور کربن دی اکسید را که در  $5 \text{ mg/lit}$  کاهش می دهد بنا بر این مقدار کربن دی اکسید باقی مانده به همراه دیگر کاتیون ها از جمله سیلیکا در این مرحله حذف می شوند  $190 \text{ mg/lit} = 5 \text{ mg/lit}$  کربن دی اکسید + سیلیکا + نترات + کلراید + سولفات.

ز) رزین بازی قوی که پس از واحد در گازاتور و واحد رزین بازی ضعیف قرار گرفته باشد: در این حالت رزین بازی قوی کربن دی اکسید باقی مانده و سیلیکا را حذف می کند.

$$15 \text{ mg/lit} = 5 + \text{سیلیکا}$$

هوادهای بکریاست را حذف می کند  $\leftarrow \text{pH} \downarrow$  بکریاست تبدیل به  $\text{CO}_2$  می شود و حذف می شود.

### احیای رزین

احیای رزین معمولاً ۳ مرحله است.

۱. شستن معکوس (Back wash) که آب از کف به رزین به طرف بالا جریان می یابد که هدف معکوس کردن دانه های رزین و رسوبات است.

2. تریبون ماده‌ی شیمایی احیاء کننده (اسید یا سود یا نمک به صورت محلول نسبتاً رقیق درآمده و بعد تریبون می‌شود)

3. مستون آهسته برای توزیع ماده‌ی شیمایی در سراسر بستر رزینی و در نتیجه تماس بیشتر ماده‌ی شیمایی با دانه‌های رزینی برای تسهیل در انتقال یون بین ماده‌ی احیاء کننده و دانه‌های رزینی

4. مستون سریع به خاطر حذف باقیمانده ماده‌ی احیاء کننده از بستر رزینی تا دستگاه برای سرویس (همچرا) مجدد (تصفیه) آماده شود.

آب فروخته از مستون سریع معمولاً جمع آوری شده و برای رقیق کردن ماده‌ی شیمایی احیاء کننده مصرف می‌شود. معمولاً جهت جریان آب

در موقع سرویس و نیز جهت تریبون ماده‌ی شیمایی احیاء کننده از بالا به پایین است که به روشی جریان هم جهت معروف است.

در بعضی موارد جهت تریبون ماده‌ی شیمایی از پایین به بالا است که به جریان مختلف جهت معروف است. در این روش هم رانندگی احیاء رزینی

بالا و رو به هم لغایت آب تصفیه شده افرایش می‌یابد، هر چند که هزینه‌ها هم افرایش می‌یابد.

محاسبه حجم رزینی

حجم رزینی مورد نیاز (V) از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$V = \frac{Q \times T \times L}{C}$$

Q: در آب ورودی به واحد تصفیه یونی ( $m^3/h$ )

T: طول زمان سرویس (h)

L: غلظت یون هائی که از آب ورودی باید حذف شود (معادل کربناتر) (mg/l)

C: ظرفیت رزینی (معادل کربناتر)

V: حجم رزینی بر حسب متر مکعب

\* من خواهم بابت نمونه کربناتر  $100 m^3/h$  آب رانندگی  $300 mg/l$  معادل کربناتر به صفر رسانیم. ظرفیت رزینی  $52 g/l$

معادل کربناتر است. اگر نخواهیم هر 8 ساعت یک بار رزینی احیاء شود به چه مقدار رزینی احتیاج است.

$$Q = 100 m^3/h \quad T = 8h \quad C = 52 g/l \quad L = 300 mg/l \times \frac{1g}{1000mg} = 3 \times 10^{-1} g/l$$

$$V = \frac{Q \times T \times L}{C} = \frac{100 \times 8 \times 3 \times 10^{-1}}{52} = 4.6 m^3$$



## دستگاه تعویض یونین فیلتر

هر چند که از نظر تئوری با استفاده از رزین های کاتیون قوی و آنیون قوی به صورت متوالی می توان آب کاملاً بدون یون تهیه کرد، ولی در عمل در آب نصفه شده بخای TDS صفر نیست بلکه تا حدود  $5 \mu\text{m}$  نیز می تواند باشد و این به علت آن است که واکنش های تعویض یون برگشت پذیر هستند. اما اگر اسید کوکیر شد در همان لحظه از محیط حذف شود و واکنش می تواند تکلیف شود. از این رو برای تهیه آب بدون یون باید به جای استفاده از دو دستگاه تعویض یون کاتیون و آنیون، رزین های آنیون و کاتیون را با هم و در کنار هم در یک دستگاه قرار داد. نسبت کاتیون و آنیون در همین دستگاه کمتر شده و آب خالص تر از سیستم دو دستگاه. جدا گانه تولید خواهد شد.

همین از شروع احیاء، باستئوین معکوس رزین ها از هم تفکیک می شوند. در واقع موفقیت استفاده از این نوع واحدها به علت تولید رزین های کاتیون و آنیون با دانسته متفاوت است. این اختلاف دانسته به حدی است که می توان باستئوین معکوس، دو نوع رزین را کاملاً از هم جدا کرد به گونه ای که بهر دو طبقه تشکیل می شود. بعد از تفکیک رزین ها، هر نوع رزین را جدا گانه به طور مستقل احیاء می کنند.

احیاء رزین کاتیون قبل از آنیون است اما می توان هم از هم جدا داد. فایده احیاء غیر متوالی در این است که کاتیون ها را کلیم قبل از اگر از رزین آنیون گریز به توسط رزین آنیون، حذف می شوند. با این روش از تشکیل رسوب گریز به کلیم که باعث آلودگی رزین ها، فصل مشترک می شود، جلوگیری می شود. در هر صورت فصل مشترک رزین های کاتیون و آنیون کاملاً احیاء نمی شود. برای رفع این مشکل پیشنهاد شده است که علاوه بر رزین کاتیون و آنیون، بهر از یک ماده خنثی هم استفاده شود که دو بهر رزین را کاملاً از هم جدا کند. دانسته این ماده خنثی بهر از دانسته رزین آنیون و کمتر از دانسته رزین کاتیون است.

حد اکثر دمای مجاز برای رزین های آنیون معمولی  $40^\circ\text{C}$  و برای رزین کاتیون معمولی تا  $120^\circ\text{C}$  می باشد. دمای بیشتر باعث کاهش عمر مفید رزین ها می شود.

نگهداری و انبار کردن رزین ها مهم است. رزین ها معمولاً به صورت ظروف در ظرف های آب و فویر داخل آن ها تعویض نمی کنند.

#### 4. آلاینده های آبی

نستون منظم (مفنگر یا ماهانه) با محلول آب نمک قلیا باعث حذف آلاینده های آبی خواهد شد. رزین را طبق روش های معمول اعیاء می کنند و پس محلول ۱۰٪ نمک طعام حاوی ۲٪ سود سوزآور را تا دمای ۴۰ درجه گرم کرده و محلول را از زیر بستر رزین تریپل می کشند. پس از گذشت ۵-۱۰ ساعت محلول آب نمک قلیا را خارج می کنند.

#### 5. نمک های موجود در آب

اگر TDS آب خیلی بیش از 400 ppm باشد استفاده از روش های (تغیر) به ویژه اسمز معکوس برای کاهش TDS آب ورودی به رزین توصیه می شود.

در آن صورت سطح آب تحت بالاتر از سطح آب - معطر خواهد شد. این اختلاف سطح در دو طرف نشان را  
 فشار اسمزی (۵۴) گویند. فشار اسمزی، غلظت و نوع ناخالص و نیز دما بستگی دارد.

برای محلول های ضعیف و قوی، فشار اسمزی همانند فشار در گازها و ایده آل عمل می کند به طوری که می توان نوشت:

$$\pi V = n R T \rightarrow \text{دما مطلق}$$

↑  
تعداد مول ها ناخالص (حل شوند)

↑  
تأثیر گازها

↑  
حجم مول حلال

↑  
فشار اسمزی

فشار اسمزی محلول ها در حالت کلی از رابطه زیر پیروی می کند:

$$\pi V = \phi n R T$$

↑  
ضریب فشار اسمزی

برای بسیاری از محلول ها  $\phi$  کمتر از یک است.

اگر در شکل صفحه قبل به قیمت محلول آب شور، فشاری برابر با  $\Delta P$  وارد کنیم جهت جریان آب می تواند به صورت های زیر  
 باشد:

۱)  $\Delta P < \Delta \pi$  جهت جریان آب فرق نمی کند. ولی برای رسیدن به تعادل مقدار کمتری آب خالص وارد محفظه آب شور  
 خواهد شد.

۲)  $\Delta P = \Delta \pi$  جهت جریان خالص وجود ندارد.

۳)  $\Delta P > \Delta \pi$  آب از قسمت شور وارد محفظه آب خالص خواهد شد.

واقع است که هدف در تصفیه آب، تهیه آب شیرین از آب شور است. بنابراین با اعمال فشار مکانیکی به آب شور  
 مولکول های آب را از مولکول های نمک جدا می کنیم. این فرایند را اسمز معکوس می گویند.



اختلاف غلظت (در طرفه)، ضخامت (بوار، غشاء «A» مساحت غشاء «A» و نیز جنس و چگونگی طراحی غشاء در باند.

فریب تراوایی غشاء  
 به درج معمول  
 (آب تصفیه شده)

$$Q_w = K_w \frac{A}{L} (\Delta p - \Delta \pi)$$

توجه داشته باشید که در این معادله علاوه بر فشار اعمال شده، اختلاف فشار در دو طرف غشاء نیز مهم است. بنابراین شیر لوله را آب تصفیه شده در خروجی باید همیشه باز بماند تا کمترین فشار ممکن در محفظه آب تصفیه شده داشته باشیم.

### غشای اسمز معکوس

در آب تصفیه شده، بکتری، مساحت غشاء و فریب تراوایی آن دارد. از این رو تکنولوژی مساحت غشاء از دو جنبه پیشرفت کرده است:

۱- افزایش مساحت شیر از صفحات غشاء در حجم کمتر

۲- استفاده از غشاء کارآمدتر

برای افزایش مساحت غشاء چند روش معمول است از جمله استفاده از لوله های بسیار باریک از جنس غشاء (حدود میلی متر) استفاده از صفحات متعدد و نیز صفحات حلزون شکل لوله شده.

برای کاربرد دیگر کردن غشاء ها، باید غشاء ها را تحلیف کرد که برای مونتول ها، حلال تراو او برای مونتول ها یا خالص نائز او باند.

غشاء را معمولاً از استات سلولز، پلی آمید، پلی فنیل اکسید و غیره تهیه می کنند. غشاء مناسب برای اسمز معکوس باید

ویژگی های خاصی داشته باشد. مثلاً در برابر حمله مواد شیمیایی یا بیولوژیکی مقاوم بوده و قدرت تحمل فشار اعمال شده

## بج آوردن ناشی از اکسیداسیون در آب

کاتیون های منگنز و آهن معمولاً به راحتی با اکسین محلول در آب یا هوا اکسیدند و به صورت املاح نامحلول باعث آلودگی آب میشوند. کاهش pH آب ورودی میتواند به محلول نگهداشتن یون آهن کمک کند.

## عمر آب

عمر مفید آب است که معکوس چه از جنبه ایستادن سلولز و چه از جنبه پلی اکسید برای تصفیه آب های نیمه شور (آب های با  $TDS = 5000 ppm$ ) در شرایط عادی کمتر از یک سال است.

## اقتصاد استنمکوس

هزینه های فرایند استنمکوس ۳ مل به قلم اصلی زیر است:

- سرمایه گذاری اولیه
- جایگزینی آب
- هزینه انرژی و مواد شیمیایی

## کاربرد استنمکوس در تصفیه آب

برای تهیه آب شیرین از آب دریا تمهاتیک روش دیگری میتواند با استنمکوس رقابت کند و آن تقطیر است. چون در استنمکوس تغییر فاز نداریم از این رو مقدار انرژی مورد نیاز در فرایند استنمکوس به طور قابل توجهی کمتر از تقطیر است. برای تهیه آب صنعتی از آب شیرین موارد زیر قابل توجه است:

- اگر  $TDS$  آب ورودی بیشتر از  $400 ppm$  باشد از استنمکوس میتوان برای تصفیه مقدماتی آب ورودی

## الکترو دیالیز

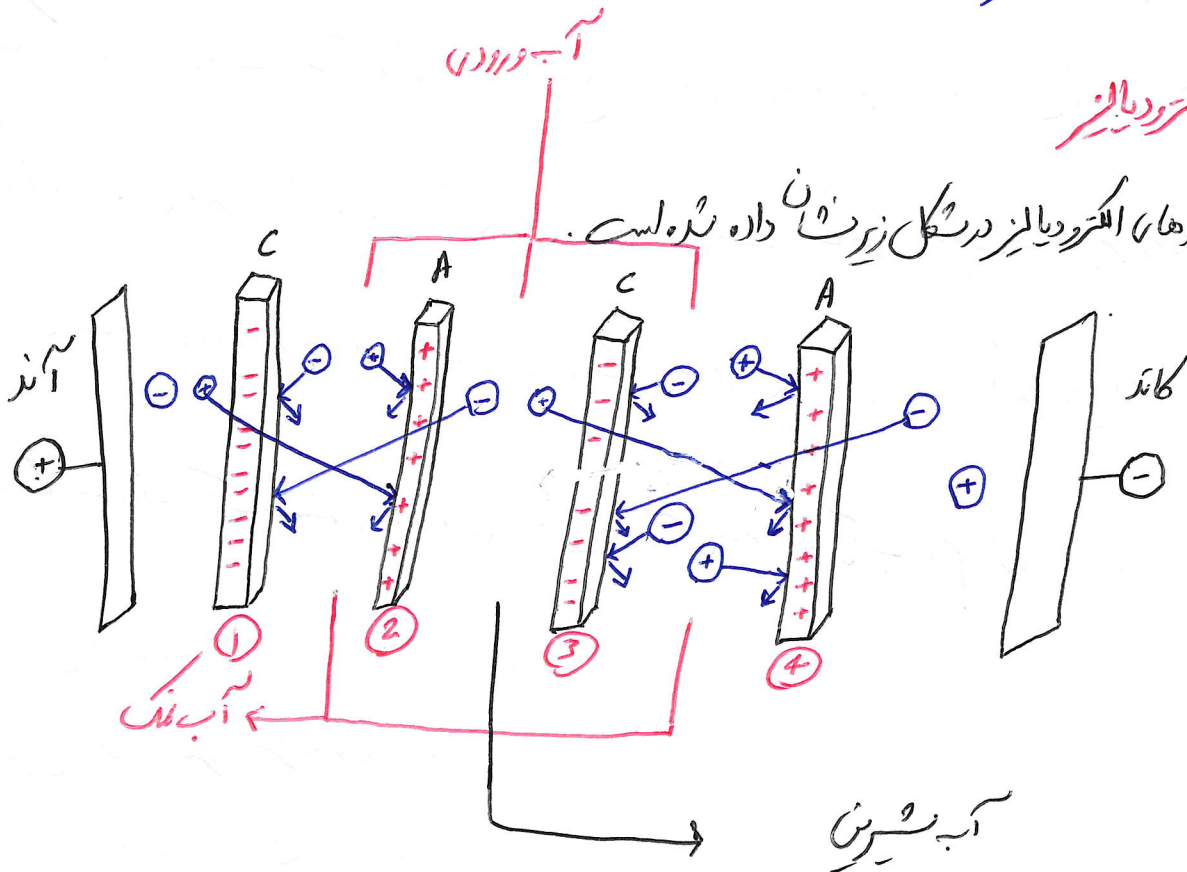
الکترو دیالیز یک روش صنعتی برای تقطیع آب می باشد. در الکترو دیالیز از غشاهای استفاده می شود که طبیعتاً همانند رزین های تعویض یونی دارند. رزین های تعویض یونی به صورت دانه ای هستند (مانند غشاهای به صورت صفحه ای بوده و مقاومت مکانیکی خوبی هم دارند).

اگر گروه یونی غشاء دارای بار مثبت باشد آن را غشاء کاتیونی (Cation-exchange membrane) می گویند. غشاهای کاتیونی نسبت به کاتیون تراکم بیشتری دارند یعنی فقط کاتیون ها می توانند از غشاء عبور کنند.

اما اگر گروه یونی غشاء دارای بار مثبت باشد آن را غشاء آنیونی (anion-exchange membrane) می گویند. فقط آنیون ها می توانند از غشاء عبور کنند.

## اصول کار الکترو دیالیز

طرز کار واحدهای الکترو دیالیز در شکل زیر نشان داده شده است.





کامله ناسازگاری است بین هار با باریک ن با گروه هار با دار و در سطح عت و در باند. اما اگر غلظت یون هار در آب و در در به الکترو دیالیز زیاد بود. و قابل مقایسه با غلظت گروه هار با دار موجود در سطح عت و باند، آنگاه یون هار با باریک ن هم می تواند از عت عبور کند، یعنی قدری گزینش پذیری عت و گاهی می باید.

عت و هار ناز و مخصوصاً برابر آب هار نیمه مسود دارا درجه گزینش پذیری (selectivity) بالایی هستند و گاهی درجه گزینش پذیری معمولاً به علت ایجاد سوراخ های سوزن در عت و باند که از این منافع، یون ها و همچنین موکول هار آب عبور می کنند.

باید توجه داشت که هر چه محیط اطراف عت، نیکواعت تر باشد، عمر عت و بهتر می باشد. بگویند که هر چه از نظر غلظت یون ها و هر چه از نظر شدت جریان برق و همچنین از نظر فشار مکانیکی اعمال شده به نقاط مختلف عت و هار اهمیت است.

### کاربردهای الکترو دیالیز در تصفیه آب

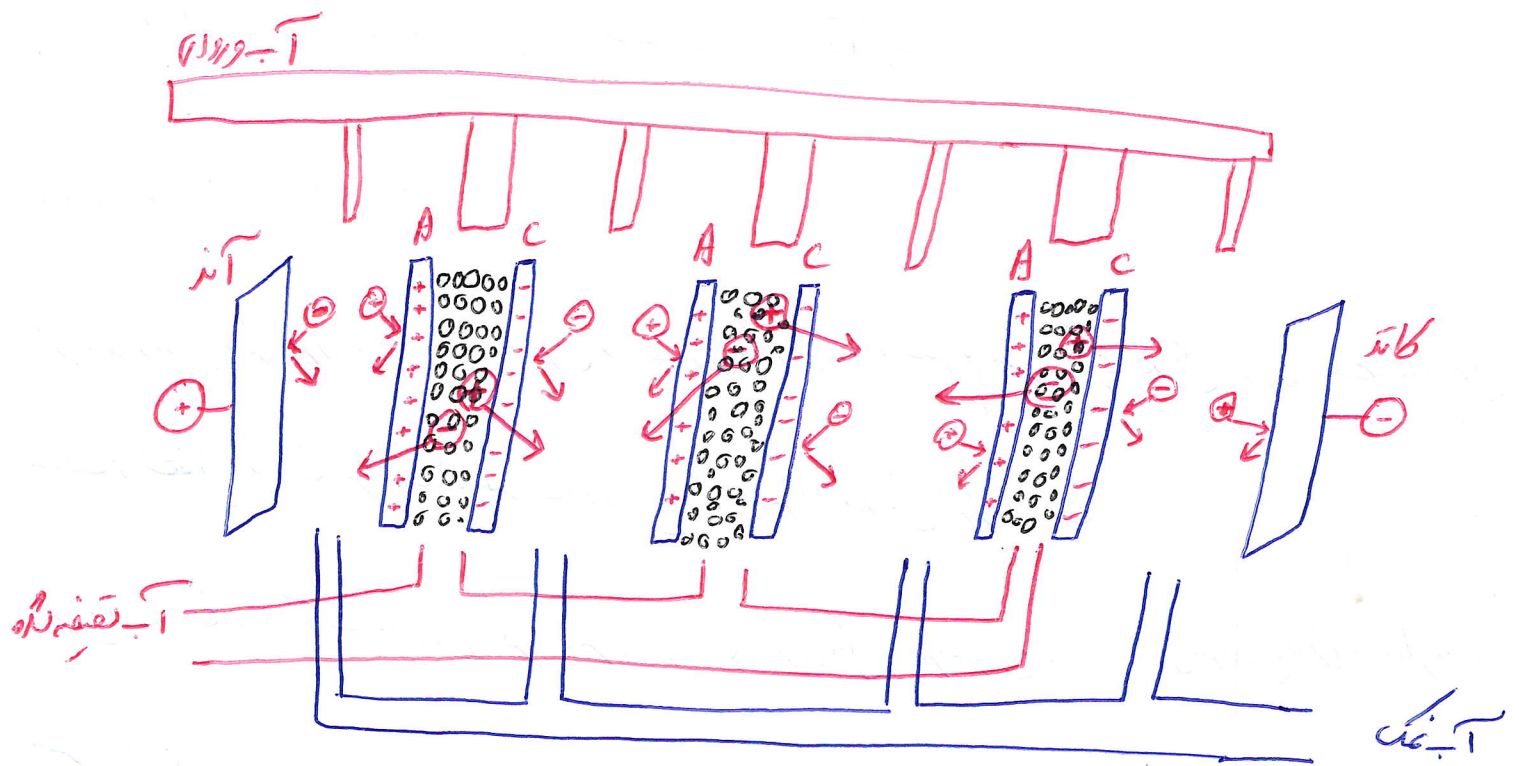
مهمترین کاربرد الکترو دیالیز، شیرین کردن آب ها می باشد.

برای تهیه آب تغذیه بویلرها و نیز تصفیه فاضلاب ها می توان از الکترو دیالیز استفاده نمود.

افزون بر این الکترو دیالیز برای تهیه آب فوق العاده خالص استفاده شده است. همان طور که می دانید خالص ترین آب

را با استفاده از شیرین کننده های مختلف تهیه می کنند، اما این روش مشکل ایجاد رزینی پس می آید. در شکل

صفحه بعد تلفیق این روش های تفویض یونی با الکترو دیالیز برای تهیه آب فوق العاده خالص مشاهده می شود.



یک روش موفق برای جلوگیری از ایجاد رسوب و در نتیجه وجود اکسیدین پلازما سون غلظتی در عتدها، تغییر

قطب‌های آند و کاتد به طور متناوب است. این تغییر متناوب قطب‌ها موجب حل شدن لایه‌های رسوب

روی عتدها می‌شود.

همان طور که از شکل صفحه قبل مشخص است، رزین های تعویض یون برای حذف نمک در محلول های فوق العاده زقیق، ارزش کمتری رویشان هستند. اما هزینه ی این روش با افزایش غلظت نمک به سرعت افزایش می یابد. در غلظت حدود  $500 \text{ ppm}$  آلکترولایز، اقتصاد کمتری رویشان نمک زدایی است ولی در غلظت حدود  $5000 \text{ ppm}$  اسمز معکوس در اولویت قرار می گیرد و در غلظت های  $10000 \text{ ppm}$  به بالا تقطیر اقتصاد کمتری رویشان حذف ناخالص ها از آب می باشد.

## 2. معایب از نظر کیفیت آب تصفیه شده

الف) تقطیر: این روش تمایل رویشان تصفیه را آب است که به طور محدود می دهد، تمام عوامل بیماری زا (باکتری، ویروس و...) را از آب ورودی حذف می کند. از نظر تئوری تقطیر قادر به حذف تمام مواد غیر فرار می باشد اما در عمل به خاطر حمل ذرات معلق توسط بخار ممکن است مقداری مواد جامد و نیز مواد کلوشیدی داشته باشیم. در آب تصفیه شده با این روش، گازهای محلول چون کربن دی اکسید یا آمونیاک می توانند وجود داشته باشند.

ب) رزین های تعویض یون: در این روش می توان آب با هر کیفیتی که مورد نظر است تهیه کرد. آب مادر می تواند که می توان از این روش تهیه کرد محلول های با غلظت های بالا تقطیر هم نمی توان تهیه کرد.

ج) اسمز معکوس: این روش می تواند کل مواد جامد محلول (TDS) در آب را تا 99٪ کاهش دهد. در عمل حذف تا 95٪ معمول است. حذف باکتری ها، ویروس ها و میکروب های دیگر 100٪ است اما در عمل به خاطر آب بندی شدن قسمت ها، مقداری از این مواد در آب تصفیه شده دیده می شوند.

د) آلکترولایز: می تواند TDS آب ورودی را تا حدود  $500 \text{ ppm}$  به صورت اقتصاد کمتری کاهش دهد اما ناخالصی های غریزی و کلوشیدی آب باقی می ماند.



ج) اسنر معکوس: هر جا که حذف مواد آلوده اهمیت حیاتی داشته باشد (مثلاً در پمپ، دارو ساز، و صنایع الکترونیک)

روغن اسنر معکوس می تواند حاکی از این باشد که هم اقتصاد را برآورده و هم سرعت کار بیشتر است.

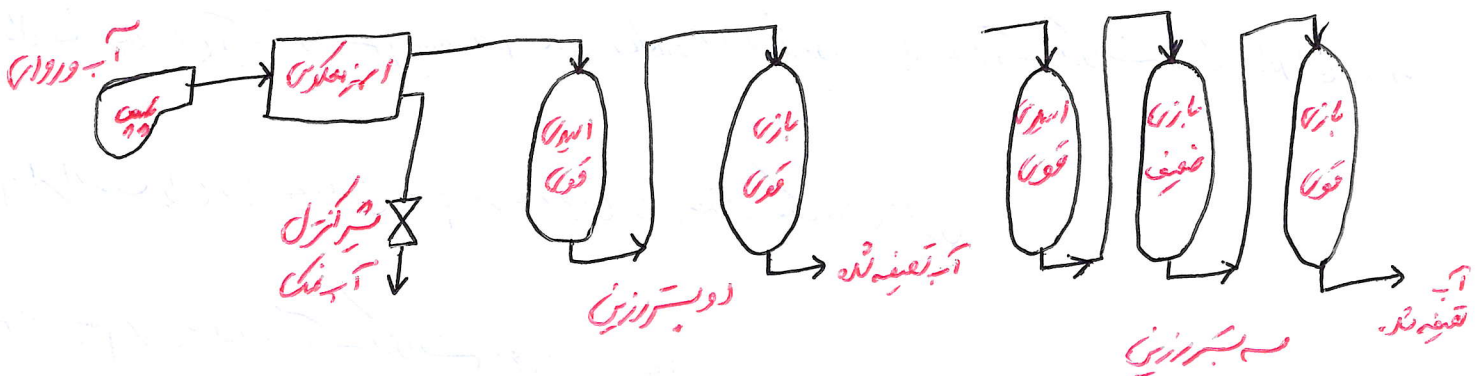
د) الکترو دیالیز: نقش الکترو دیالیز بیشتر در مواقع طعم و سوز که بخواهیم از آب های شور، آب آشامیدنی تهیه نماییم.

آب بویلر را کنترل می‌کند.

در فصل‌های گذشته بسیاری از عملیات واحد مربوط به حذف یا کاهش ناخالصی‌ها که در تصفیه‌ی خارجی ممکن است به کار گرفته شود شرح داده شد. البته واضح است که این روش به ترتیب اولویت نوشته شده است. مثلاً اگر بتوانیم با تصفیه‌ی خارجی و داخل‌خانه مشکل آب صنعتی را حل کنیم بسیار خوب خواهد بود که دیگر احتیاجی به بلوران نداشته باشیم اما در عمل همیشه به کارگیری هر یک روش لازم می‌آید.

در مورد تصفیه‌ی خارجی آب بویلر به سه نکته توجه کنید:

۱. چون حجم آب مصرفی در نیروگاه‌ها بسیار زیاد است، انتخاب روش‌های مختلف تصفیه می‌تواند در هزینه‌های تصفیه‌ی آب کاملاً چشمگیر باشد. در عمل‌های اخیر به کارگیری اسنرمکوس به همراه رزین‌های یونیونی برای تصفیه‌ی آب بویلر مداول شده است و نشان داده شده است که کاربرد سیکل ترکیبی اسنرمکوس و رزین می‌تواند در شرایطی حتی اقتصادی‌تر از رزین به تنهایی باشد.



۲. با توجه به نحوه روش‌های پیشرفته تصفیه‌ی آب، به‌عنوان خالص‌های آب تغذیه از بخار آب می‌تواند ناشی شود و نه از آب گرمایی، بنابراین تصفیه‌ی آب می‌تواند الزامی است.

می‌شود لذا سیستم قادر است که آب تادمان  $\text{Ca}^{2+}$  را هم تحمل کند.

(2) جلا دهی با رزین مخلوط: در این سیستم از رزین‌های هیدروژن و آکینون با حفره‌های بزرگ (macroporous) استفاده

می‌شود. چون رزین‌های آکینون، دمای بیشتر از  $60^\circ\text{C}$  را نمی‌توانند تحمل کنند از این رو لازم است که آب کندانس قبل از ورود به سیستم جلا دهی به کمتر از  $40^\circ\text{C}$  خنک شود.

و در این سیستم جلا دهی به کمتر از  $40^\circ\text{C}$  خنک شود.

(3) سیستم جلا دهی با رزین powder: در این روش آب کندانس را ابتدا از یک فیلتر شیمی که با محلول سلولز پوشش

دارد عبور می‌دهند، پس آب وارد یک فام رزین مخلوط می‌شود. در روش powder فرایند فزینگی

(فیلتراسیون) و فرایند شیمیایی (رزین‌های تعویض یون) با هم در یک جا انجام می‌شوند.

تصفیه داخلی آب بویلر

کنترل pH

هر چه pH آب از pH خنک آب پایین‌تر باشد حلالیت آهن در آب بیشتر می‌شود. از این رو در صنایع مختلف

برای جلوگیری از خوردگی آب، pH آب را بالاتر از pH خنک تنظیم می‌کنند. سرعت خوردگی ناشی از اسیدی بودن

آب با افزایش دما افزایش می‌یابد، بنابراین در دماهای زیاد، بالا نگه داشتن pH آب کاملاً ضروری دارد. در صنایع

مختلف pH آب بویلر را در محدوده  $10.2 - 11.2$  تنظیم می‌کنند.

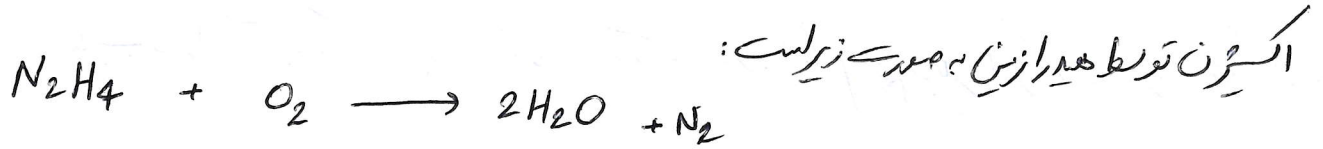
کنترل قلیائیت

قلیائیت آب بویلر چون از تغییرات شدید pH جلوگیری می‌کند از این رو عامل مهمی در خوردگی و رسوب گذاری

آب بویلر است و مقدار مناسب قلیائیت به شکل به فواید و مای بویلر دارد.



هیدرازین یک ماده شیمیایی دیگر برای حذف اکسیرن در آب است که عیب سولفیت سدیم را ندارد. واکنش حذف



سرعت واکنش هیدرازین با اکسیرن کمتر از سولفیت سدیم است. هیدرازین فقط در ماه‌های بالا چون آب بویلر برای حذف اکسیرن موثر است.

### ۱) کنترل نمک آب

مطلوب است که نمک آب بویلر صفر باشد. چون در داخل بویلر حذف نمک امکان پذیر نیست لذا این رو با افزودن مواد شیمیایی مناسب به آب بویلر، نمک باقی مانده را باید به رسوبات تبدیل کرده خارج کردن آن‌ها از بویلر آسان باشد. این نوع رسوبات که به صورت ذرات یا لخته هستند را لجن (Sludge) می‌گویند. فحایه تر کلید و تا حدودی کربنات کلسیم از این نوع رسوبات هستند. ماده شیمیایی مناسب برای تبدیل به صورت لجن کربنات سدیم (سودا) است ولی بهتر و موثرتر از کربنات سدیم برای هتروفان، فحایه ها و باند که عیب تجزیه شدن سودا در فحایه ها بالا رانداشته و در نتیجه کنترل کیفیت آب آن تر خواهد بود.

فحایه مونو  $(NaH_2PO_4)$  و  $(Na_2HPO_4)$  و  $(Na_3PO_4)$  برای ایجاد

رسوب است در حالی که هگزامتافحایه سدیم  $(NaHPO_4)$  برای جلوگیری از ایجاد رسوب است.

دیدیم شود که رسوبات ایجاد شده در بویلر در صورت حضور فحایه حتماً فحایه تر کلید خواهد بود:



تنفس باشد. به شرط لازم است تا این نوع شکستگی در فلتر رخ دهد.

(1) فلتر بولر تحت تنفس باشد. (مُلقَی به خاطر انقباض و انقباض)

(2) آب بولر در ناصیه تحت تنفس نیست. کند که در نتیجه بخار از آن ناصیه خارج شود و غلظت مواد جامد محلول در آب در آن ناصیه افزایش یابد.

(3) غلظت سود محلول در آب بولر در آن ناصیه افزایش یافته و به فلتر حمله ور شود.

هر به شرط باید هترو و وجود داشته باشد تا این نوع شکستگی ایجاد شود.

2. باید عمل ترن روی برای جلوگیری از این پدیده، جلوگیری از غلظت شدن سود در آن نقاط است. برای این کار باید به قلیت نسبت ساده آب بولر را در محدوده مجاز کنترل کرد.

(س) کنترل غلظت سیلیکا

غلظت سیلیکا در بخار تابعی از غلظت سیلیکا در آب بولر، فشار بولر و pH آب بولر است. برای حذف سیلیکا از آب بولر می توان از اکسید منیزیم استفاده کرد.

(ت) کنترل TDS

برای کنترل TDS می توان از رزین های تعویضی یونی یا اسمز معکوس استفاده کرد.

(ج) بلودان

با تجزیه آب، غلظت ناخالص ها در آب بولر تغلیظ می شود. برای جلوگیری از تغلیظ آب مقدار آن آب تغلیظ شده

را از بولر خارج و آب تغذیه جایگزین آن می شود. بلودان می تواند به صورت منقطع یا پیوسته باشد. در حالت منقطع

## فصل دوازدهم: کلرزنی

هر چند که استفاد از کلر معمول ترین روش ضد عفونی کردن است، اما لوزون زنی در فرانس، آلمان، کانادا و شوروی

سابق معمول است. در کشورهای اروپایی از دی اکسید کلر برای ضد عفونی کردن استفاده می شود.

علت استفاده از مواد ضد عفونی کننده، از بین بردن ویروس ها و باکتری ها، میکروارگانیسم های بیماری زا (پاتوژن ها) از جمله

باکتری ها، جلبک ها، ویروس ها و غیره می باشد. این مواد به دو دسته تقسیم می شوند:

(1) آنهایی که با واکنش شیمیایی عمل ضد عفونی کردن را انجام می دهند، مثل کلر، دی اکسید کلر، برم، ید، لوزون و ...

(2) آنهایی که فیزیکی عمل می کنند مثل اشعه ماوراء بنفش (uv) و گاما (γ)

مادر ضد عفونی کننده ممکن است به دو صورت زیر عمل کند:

• اکسیداسیون و یا یاره کردن دیواره سلول و نهایتاً تجزیه میکروارگانیسم ها

• نفوذ (diffusion) به داخل سلول و اختلال در فعالیت سلول

عملکرد یک مادر ضد عفونی کننده تابع پیچیدگی از چندین متغیر چون نوع و مقدار ماده مورد نظر است. همچنین تابع

نوع و غلظت میکروارگانیسم، زمان تماس و کیفیت آب می باشد.

تحقیقات نشان داده که ذراتی که عامل کثرت هستند می توانند همچون سبزی میکروارگانیسم ها را در برابر اثر مادر

ضد عفونی کننده محفوظ دارند.



تر هالوئیدها که بیشتر در منابع آب تصفیه شده مشاهده می شوند عبارتند از: کلروفرم ( $\text{CHCl}_3$ )، بروم

کلروئیدها ( $\text{CHBrCl}_2$ )، دی بروم کلروئیدها ( $\text{CHBr}_2\text{Cl}$ )، برموفرم ( $\text{CHBr}_3$ )، دی کلرو دی برومیدها ( $\text{CHCl}_2\text{Br}$ )

بروم کلرو دی برومیدها ( $\text{CHBrCl}_2$ )

هرچه pH آب پایین تر باشد محیط برای تشکیل تر هالوئیدها مناسب تر است. علاوه بر pH وجود برم در آب،

باعث افزایش تشکیل تر هالوئیدها می شود.

یکی از روش ها، موثر برای کنترل تشکیل تر هالوئیدها استفاده از آمونیاک است. چون در اثر افزودن آمونیاک به آب

به جای کلر آزاد، کلر آمین در آب باقی می ماند، ولی تشکیل تر هالوئیدها در محیطی که کلر آمین باشد، متوقف می شود.

آمنیای با ضد عفونی کننده های مهم

کلر

کلر در اثر افزودن شدن به آب، هیدروکلریک و هیدروکسید اسید هیپوکلریک و اسید کلریدریک می کند.

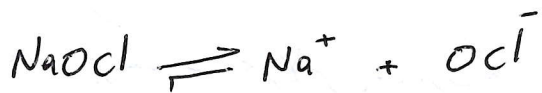


قدرت ضد عفونی کنندگی کلر، به نوع یونان آن ( $\text{HOCl}$  یا  $\text{OCl}^-$ ) و نیز به pH، دما، مواد آلوده موجود در

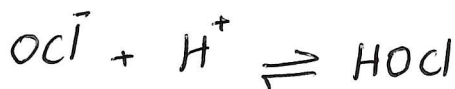
آب و دیگر ویژگی ها، آب بستگی دارد.

در فاصله  $c-d$  کلرزتریف صرف اکسیداسیون کلروآکسی می شود به طوری که با تولید ترکیب = بدون خاصیت باکتری کشی چون  $N_2$  یا  $HNO_3$  عملاً کنزش ضد عفونی کننده خود را از دست می دهد.

در فاصله  $d$  به بعد، کلرزتریف به آب عموماً خاصیت ضد عفونی کننده دارد و در اثر هیدرولیز به اسید هیپوکلریت یا دیون هیپوکلریت تبدیل می شود. به نقطه  $d$  نقطه شکست (break point) می گویند و در عمل یعنی می کشد که غلظت کلر بعد از نقطه شکست  $1-0.5$  ppm باشد تا تقصیری برای بهداشت نباشد. آب در شبکه ها آب رسان ششما باشد اگر از آب ژاول برای ضد عفونی کردن استفاده شود، واکنش زیر انجام می شود:



چون اسید هیپوکلریت  $HOCl$  ضد عفونی کننده ای قوی تر از یون کلر  $OCl^-$  است، از این رو ترجیح دارد که به همراه آب ژاول اسید هم اضافه کنیم تا تولید  $HOCl$  شود.



اگر در آب فنول باشد در اثر ترکیب کلر با فنول مان کلر فنول با بوی ناخوش آیند تولید می شود.



بهترین شرایط برای استفاد از کلر به عنوان ضد عفونی کننده وقتی است که آب عاری از مواد باشد که با مصرف کلر برای اکسیداسیون خود، مقدار کلر مورد نیاز را افزایش می دهند.

به جای گاز کلر، می توان از کلر جامد که  $Ca(OCl)_2$  یا پرکلرین است و یا مایع کلر (نه کلرومایک

که بسیار مطلوب است.

مسئله - اصل در استفاده از اوزون برای تصفیه آب و فاضله عبارتند از:

1. هزینه سرمایه گذاری اولیه سنگین است که اصطلاحاً قابل مقایسه با هزینه استفاده از کلر یا پرمنگنات نیست.

اوزون باید در محل مصرف تولید شود، بنابراین هر تصفیه خانه آب باید مجهز به یک واحد تولید اوزون باشد.

2. سیستم تزریق ماده ضد عفونی کننده: سیستم تزریق کلر یا پرمنگنات برای تزریق اوزون مناسب نیست چون اوزون

باید تحت فشار تزریق شود تا مخلوط سری و حورنده اوزون - هوا در محیط پخش شود.

3. تأثیر اوزون زود گذر است و تصفیه برابر مقایسه با اکسیدکننده های اتمال در مسیر راه تا محل مصرف وجود ندارد.

### در اکسید کلر

برای تولید در اکسید کلر از واکنش زیر استفاده می شود:



در اکسید کلر همانند اوزون باید در محل مصرف تولید شود و این به خاطر خطر انفجار در محل و نقل آن است و در همه

و محله های خوب کلر را داراست با این مزیت که تولید آن ها آلودگی در اثر مصرف در اکسید کلر خیلی کمتر از کلرودر

حدفاصل است اما خیلی گران تر از کلر است.