آزمایش شماره ۸

اندازه گیری سختی آب با روش تیتراسیون

۱- هدف

هدف از انجام این آزمایش، اندازه گیری سختی آب می باشد. همچنین از این روش می توان برای سنجش کیفیت آب تصفیه شده در آزمایش شماره ۷ با عنوان "ساخت ستون تصفیه آب" استفاده نمود.

۲- تئوری آزمایش

آب مایه حیات است. شاید این جمله را بارها شنیده‌اید؛ اما تا زمانی که بحران آب در جهان بطور جدی مطرح نشد، هیچ‌کس موضوع آب را جدی نگرفت. آب تنها نوشیدنی در جهان است که هیچ‌گونه جایگزینی ندارد و بدن ما برای ایفای نقش درست بطور روزانه به آب سالم نیاز دارد.

اگر آب حاوی نمک‌های معدنی مانند کلسیم، روی، آهن، منیزیم و یا ترکیبات بی‌کربنات باشد به آن آب سخت می‌گویند. معمولا سختی آب به دو قسمت سختی موقت و سختی دائم تقسیم می شود. منظور از سختی موقت یا سختی بی کربناتی، املاح بی کربنات کلسیم و منیزیم است که در اثر حرارت دادن از حالت محلول به صورت غیر محلول در می آید. منظور از سختی دائم یا سختی غیر کربناتی ، املاح سولفات و کلرید و نیترات و ...کلسیم و منیزیم است که در اثر حرارت دادن رسوب نمی کنند. نمک های کلسیم و منیزیم موجب سختی آب شده و در هنگام شستشو، تولید صابون های نامحلول می‌کند که معمولا از نوع کلسیم و منیزیم می‌باشند.

در صنعت، استفاده از آب سخت مجاز نمی باشد، زیرا وجود سختی در آب دیگ های بخار باعث ایجاد رسوب در دیگ و مسیرهای آب می گردد. در سیستم های سرد کننده، رسوب در دستگاه های تبادل حرارتی، اطراف موتورها و لوله ها و بطور کلی در تمام نقاطی که آب در آنها جریان داشته و در معرض تغییر درجه حرارت است، تشکیل می گردد. همچنین، صابون های نامحلول حاصل از شست و شو در آب سخت می توانند در پارچه ها رسوب کرده و زیر دست را خشن کنند و از سوی دیگر به صورت نامتوازن رسوب کرده و در نتیجه باعث عدم یکنواختی در واحدهای رنگرزی می‌شوند. بعلاوه، یون های کلسیم و منیزیم می‌توانند بعضی از رنگ‌ها را از محیط عمل خارج کرده و رسوب دهند.

کربنات های کلسیم و منیزیم در آب نامحلول می باشند ولی زمانی که دی اکسید کربن در کنار آنها قرار می‌گیرد آنها را به صورت بیکربنات های محلول در آب در می‌آورد. حال اگر با جوشاندن، دی اکسید کربن را از آب خارج کنیم بیکربنات های محلول مجددا به صورت کربنات نامحلول در آمده و رسوب می‌کنند و از آب خارج می‌شوند. به این دسته از مواد موجود در آب که با جوشاندن خارج می‌شوند سختی موقت گویند. جهت حذف سختی موقت نیازی به دستگاه سختی گیر نیست.

سایر نمک‌های منیزیم و کلسیم باقی‌مانده در آب که با جوشاندن از بین نمی‌روند را سختی دائم گویند. این مواد کلرور ها، سولفات ها و یا نیترات‌های کلسیم و منیزیم می‌باشند. اصطلاح سختی کل به معنی مجموع سختی ناشی از کلسیم و منیزیم است:

سختی منیزیمی + سختی کلسیمی = سختی کل

سختی آب را بر حسب مقدار کلسیم کربنات و با واحد ppm یا واحد بر میلیون بیان می کنند. جدول ۱ مقادیر قراردادی سازمان های بهداشتی برای درجه سختی آب را نشان می دهد.

جدول۱- درجات سختی آب بر حسب غلظت

درجه بندی آب برحسب سختی	سختی (ppm)
نرم یا سبک	<۱۵
نسبتاً نرم	۵۰-۱۰۰
کمی سخت	۱۰۰-۱۵۰
نسبتاً سخت	۱۵۰-۲۵۰
سخت	۲۵۰-۳۵۰
خیلی سخت	> ۳۵۰

سختی آب را می توان با نرم کردن به وسیله آهک، سدیم کربنات یا استفاده از تعویض کننده های یونی و یا مخلوطی از هر دو از بین برد. یون های کلسیم و منیزیم هر دو به سادگی در حضور نمک دی سدیم اتیلن دی امین تتراستیک اسید (EDTA) کمپلکس می شوند. منیزیم در pH بالاتر از ۱۲ بصورت هیدروکسید

$Mg(OH)_2$ ته نشین می شود و یون های کلسیم در محلول باقی می مانند. بنابراین در pH =۱۲-۱۳ فقط یون های کلسیم موجود در نمونه با EDTA ترکیب می شوند. از این رو، روش تیتراسیون با محلول EDTA برای تعیین میزان سختی آب بسیار رایج است.

۳- روش کار آزمایش

۳-۱- مواد و تجهیزات مورد نیاز

- محلول بافر آمونیوم با pH = ۱۰
- محلول بازدارنده سدیم سولفید
- معرف اریوکروم (EBT)
- محلول ۰/۱ مولار EDTA
- آب دوبار تقطیر شده
- معرف کالکن
- ارلن
- پیپت
- بورت

۳-۲- روش انجام آزمایش

۳-۲-۱- تعیین سختی کل

ابتدا ۵۰ میلی لیتر از نمونه آب انتخاب شده را داخل ارلن تیتراسیون بریزید. سپس ۲ میلی لیتر بافر آمونیاکی با pH = ۱۰ به ارلن اضافه شود. پس از ۲۰ ثانیه همزدن ارلن، مقدار ۰/۱ گرم شناساگر اریوکروم بلک تی (BT) را به ارلن اضافه کنید. بورت را با ۲۰ میلی لیتر از محلول EDTA با غلظت ۰/۰۱ مولار پر کرده، سپس شیر بورت را به آهستگی باز و تیتراسیون را آغاز کنید. در حین اضافه شدن قطرات EDTA با فاصله زمانی ۳-۵ ثانیه، ارلن را تکان دهید تا بطور یکنواخت مخلوط شود. تیتراسیون را ادامه داده تا زمانی که تغییر رنگ از بنفش (قرمز شرابی) به آبی (نقطه پایان تیتراسیون) اتفاق بیفتد (مطابق شکل ۱). در نقطه پایانی رنگ محلول تغییر کرده و

این بدان معناست که دیگر واکنشگر EDTA اضافه نکنید. حجم مصرفی EDTA را یادداشت کرده و در رابطه زیر قرار دهید:

$$\text{سختی کل} = A \times B \times 10^5$$

A = حجم مصرفی EDTA بر حسب میلی لیتر

B = غلظت محلول EDTA

۳-۲-۲- تعیین سختی کلسیمی در حضور منیزیم

ابتدا ۲۰ میلی لیتر آب را در ارلن رقیق کنید تا PH به حدود ۵ برسد. سپس ۱میلی لیتر از محلول بازدارنده سدیم سولفید و ۶ قطره معرف کالکن اضافه کرده و با محلول استاندارد EDTA تیتراسیون را آغاز کنید و تا ظهور رنگ آبی تیتراسیون را ادامه دهید. حجم مصرفی EDTA را یادداشت کرده و در رابطه زیر قرار دهید.

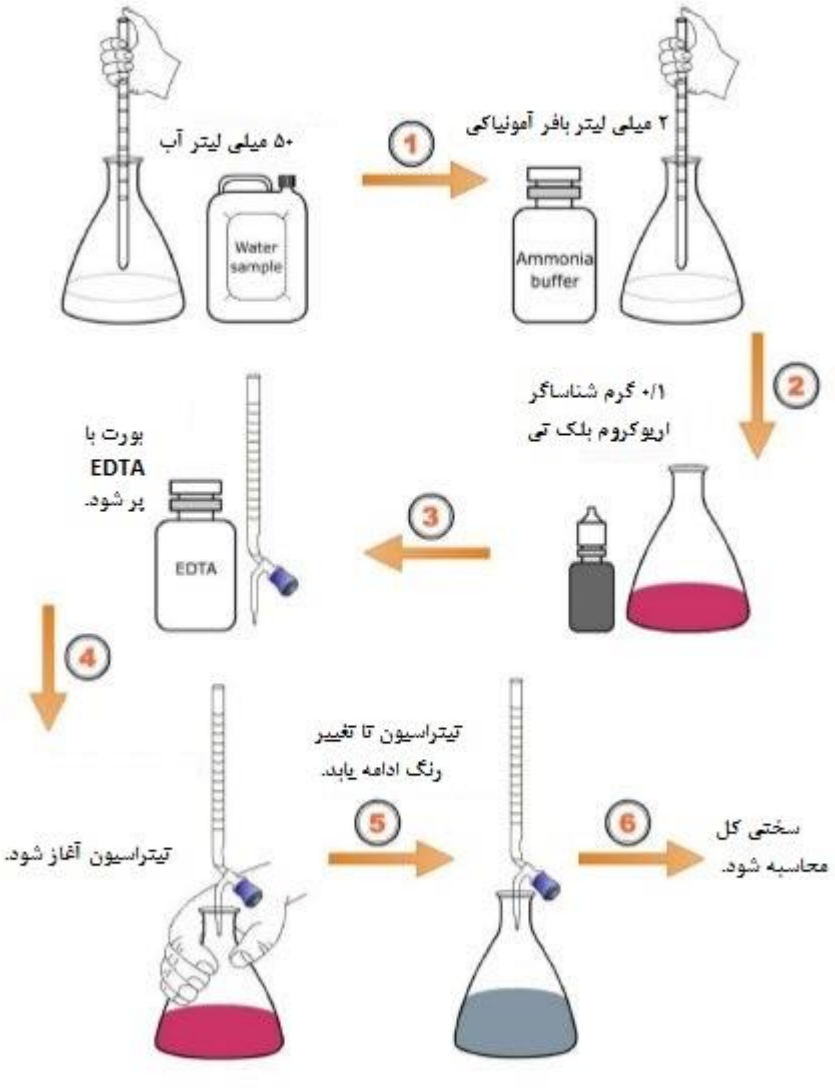
$$\text{سختی کلسیمی} = A \times B \times 10^5$$

A = حجم مصرفی EDTA بر حسب میلی لیتر

B = غلظت محلول EDTA

سختی ناشی از منیزیم نیز از رابطه زیر بدست می آید:

سختی کلسیمی – سختی کل = سختی منیزیمی



شکل ۱- روش تیتراسیون با EDTA

۴- پرسش

- تأثیر pH بر تشکیل کمپلکس های کلسیم و منیزیم را بررسی و علت آن را تفسیر کنید.
- از روش تیتراسیون برای اندازه گیری سختی نمونه های آب منابع مختلف استفاده نموده و میزان سختی های بدست آمده را با هم مقایسه کنید.
- آیا با تغییر غلظت محلول استاندارد EDTA، حجم مصرفی تا رسیدن به نقطه اکی والان تغییر خواهد کرد؟
- علت تغییر رنگ در نقطه پایانی تیتراسیون چیست؟
- آیا افزایش و یا کاهش غلظت کلسیم و منیزیم باعث تغییر در شدت رنگ کمپلکس های آنها با معرف می شود؟
- چه لوازم و دستگاه هایی در بازار برای اندازه گیری سختی آب وجود دارد؟