

هدف :

آزمایش ها و محاسبات برای سختی آب است و محاسبه سختی دائم و در مجموع سختی کل

تئوری آزمایش :

سختی آب چون مجموع غلظت کلسیم و منیزیم برابر سختی کل آب است ، برای بیان سختی علاوه بر معادل کربنات کلسیم از درجه آلمانی و فرانسوی هم استفاده می کنند .
۱ درجه آلمانی سختی = $17/8 \text{ ppm}$ معادل کربناتی
۱ درجه فرانسوی = 10 pm معادل کربناتی

قلیابیت آب :

قلیابیت آب نمایانگر ظرفیت آب برای خنثی کردن اسید افزوده شده تا رسیدن به pH حدود $5/2$ است . هر چه قلیابیت آب بیشتر باشد ظرفیت بافری آن بیشتر است .

بنابراین دانستن قلیابیت آب مکمل دانستن pH آب می باشد ، چون pH آب معرف قدرت اسیدی آب بوده ولی قلیابیت آب معرف مقاومت آب در برابر تغییرات pH است .

آبی که حاوی 1 ppm کاز CO_2 و 1 ppm قلیابیت باشد دارای همان pH آبی است که حاوی 1 ppm کاز CO_2 و 100 ppm قلیابیت است .

اما اگر به آب اولی 5 ppm از کاز CO_2 اضافه کنیم pH آن کاملاً تغییر می کند ولی اگر به آب دومی همانقدر کاز CO_2 اضافه کنیم pH قابل توجه نیست و این معرف نقش قلیابیت در تولید میط بافری در آب می باشد . قلیابیت آب طبیعی معمولاً برابر مجموع غلظت یونهای بی کربنات ، کربنات و هیدروکسیل است . غلظت آنیونهای دیگر چون فسفات یا سیلیکات در مقایسه با غلظت این سه یون قابل صرف نظر کردن هستند .

در تصفیه آب نه فقط دانستن مجموع غلظت آنیونهای تشکیل دهنده قلیابیت مهم است بلکه دانستن غلظت هر یک از آنیونها هم مهم است . از این رو با اندازه گیری دو نوع قلیابیت ، غلظت هر یک از سه آنیون تشکیل دهنده قلیابیت مشخص می شود ، دو نوع قلیابیت عبارتند از :

۱ - قلیابیت ساده یا قلیابیت نسبت به فنل فتالین p

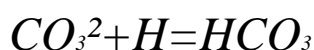
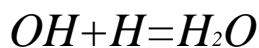
۲ - قلیابیت کل یا قلیابیت نسبت به متیل اورانژ m

روش اندازه گیری قلیابیت :

مملولهای لازم برای آزمایش : (۱) مملول $N 0.2$ سولفوریک اسید (۲) معرف فنل فتالین و متیل اورانژ

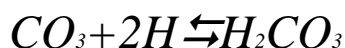
برای اندازه گیری قلیابیت 100CC از نمونه مورد نظر را در یک ارلن مایر 500CC ریخته و 3 تا 4 قطره معرف فنل فتالین به آن اضافه کنید در صورتیکه مملول ارغوانی شد ، قلیابیت دارد و در غیر این صورت قلیابیت ندارد . اگر مملول ارغوانی شود پس از ریختن به اندازه کافی سولفوریک اسید رنگ ارغوانی از بین خواهد رفت که pH مملول در این شرایط $8/3$ خواهد شد .

هر سانتیمتر مکعب از سولفوریک اسید مصرف شده معرف 10ppm قلیابیت ساده بر حسب (معادل کربنات کلسیم) است . واکنش های انجام شده تا این مرحله به صورت زیر است .



اگر بخواهیم قلیابیت کل را پیدا کنیم باید در حضور معرف متیل اورانژ به تیتراسیون ادامه دهیم تا رنگ زرد پر تغالی (پوست پیازی) ظاهر شود pH در این نقطه $4/5$ می باشد .

کل اسید مصرف شده از ابتدا تا pH حدود $4/5$ را در 10 ضرب کرده تا قلیابیت کل پیدا شود . در ممدوده قلیابیت کل (که شامل ممدود قلیابیت ساده هم می شود) واکنش زیر انجام می شود .



می توان از فرمول زیر برای مناسبه قلیابیت آب استفاده کرد :

$$W / (500 \times N \times V) = \text{قلیابیت آب}$$

که در آن V حجم اسید مصرف شده با نرمالیه N است و W حجم آب نمونه است . که هر چه قلیابیت ساده کمتر و قلیابیت کل بیشتر باشد ، pH آب کمتر است و هر چه قلیابیت ساده بیشتر شود pH آب بیشتر می شود و این نکته قابل انتظار است چون قلیابیت ساده معرف غلظت یونهای هیدروکسیل و کربنات است که در pH های خیلی قلیایی دارای غلظت قابل توجه هستند .

سختی آب : سختی آب ناشی از وجود کاتیونهای کلسیم و منیزیم در آب می باشد . هر چند که کاتیونهای دیگر چون آهن و منگنز نیز می توانند تولید سختی کنند ولی چون غلظت آنها در آب بسیار کم است ، اصطلاحاً به مجموع کاتیونهای کلسیم و منیزیم سختی آب می گویند .

در آبهای طبیعی معمولاً غلظت کلسیم حدود دو برابر منیزیم است در حالیکه در آب دریا غلظت منیزیم حدود پنج برابر کلسیم می باشد . معمولاً سختی آب را می توان به صورت های زیر بیان کرد .

الف) سختی کل : مجموع غلظت یون کلسیم و منیزیم

ب) سختی کربناتی یا سختی موقتی : سختی برابر یا کمتر از قلیابیت کل

ج) سختی غیر کربناتی یا دائم : سختی بیش از سختی کربناتی که برابر با افتلاف سختی کل و قلیابیت کل است .

د) سفتی کلسیمی : قسمتی از سفتی کل که ناشی از وجود یون کلسیم است .

ه) سفتی منیزیمی (قسمتی از سفتی کل که ناشی از وجود یون منیزیم است .

منظور از سفتی موقت یا سفتی کربناتی و یا به عبارت بهتر ، سفتی بی کربناتی املاح بی کربنات کلسیم و منیزیم است که در اثر حرارت از حالت مملول به صورت غیر مملول در می آیند .

به عنوان مثال ؛ شامل بی کربنات کلسیم مملول در آب در اثر حرارت به رسوب کربنات کلسیم تبدیل می شود .



دیده می شود که اگر تجزیه بی کربنات کلسیم در محل و یا نرمالی نا مطلوب اتفاق افتد ، علاوه بر ایجاد رسوب کربنات کلسیم ، گاز ایندريد کربنیک هم حاصل می شود که باعث کاهش غیر کنترل شده pH می گردد .

منظور از سفتی دائم یا سفتی غیر کربناتی املاح سولفات ، کلراید ، نیترات و ... کلسیم و منیزیم است که در اثر حرارت

دادن پیش از آنکه در اثر تبخیر بصورت اشباع در آیند رسوب نمی کنند . از آنالیز آب فام (آب تصفیه نشده) می توان

مقدار سفتی دائم و موقت را بصورت زیر محاسبه کرد . اگر H سفتی کل یعنی مقدار $(Ca+Mg)$ بر حسب معادل کربنات و M قلیابیت کل بر حسب معادل کربنات باشد آنگاه :

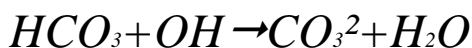
الف) اگر $H > M$ باشد در اینصورت سفتی دائم $H - M$ و سفتی موقت M

ب) اگر $H = M$ باشد در اینصورت سفتی دائم $= 0$ و سفتی موقت $H = M$

ج) اگر $H < M$ باشد در اینصورت سفتی دائم $= 0$ و داریم سفتی موقت H و بی کربنات سریم $M - H$

واکنش های شیمیایی :

آهک با سفتی بی کربناتی یا موقت ترکیب شده و تولید کربنات کلسیم و هیدروکسید منیزیم تقریباً غیر مملول می کند . سود را نیز می توان با سفتی غیر کربناتی ترکیب شده و تولید همان محصولات غیر مملول می نماید . به این نمک ها فرصت داده می شود تا ته نشین شده آب حاصل را می توان با تیتراسیون کاملاً صاف و زلال کرده و روابط یونی در فرآیند کاهش سفتی چنین است :

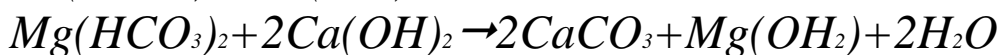
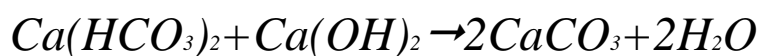


گروه هیدروکسیلی که از آهک به آب اضافه می شود ابتدا با یون بی کربنات ترکیب شده و تولید یون کربنات می نماید .

یون کربنات نیز با یون کلسیم تولید نمک غیر مملول کربنات کلسیم می نماید . یون کلسیم هم از خود آب و هم از آهک

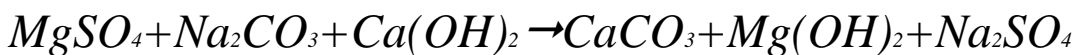
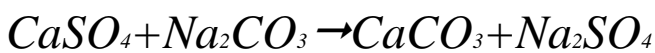
تأمین می گردد ، دیده می شود که به ازاء هر اکی والان بی کربنات دو اکی والان کربنات تشکیل می شود . معمولاً برای

سازگی واکنش یونی را بصورت مولکولی می نویسند .



مشاهده می شود که برای حذف هر مول سفتی منیزیمی به دو مول آب آهک احتیاج است چون کربنات منیزیم به مقدار زیادی مملول است ولی هیدروکسید منیزیم تقریباً در آب نامملول است از این رو هدف باید ایجاد رسوب هیدروکسید منیزیم باشد .

البته در آهک زنی می بایستی به اندازه کافی آهک به آب اضافه کنیم تا همه دی اکسید کربن موجود در آب حذف شود . اینکار حتماً ضرورت دارد، چون وجود دی اکسید کربن باعث می شود که pH آب به اندازه کافی برای موقعیت واکنش آهک زنی بالا نباشد . واکنش سودا با سفتی دائم سولفات بصورت زیر است :



بایستی به این نکته توجه کرد که سفتی کلسیمی وقتی می تواند بصورت کربنات کلسیم از محیط حذف شود که یون CO_3^{2-} در محیط داشته باشیم .

در مورد سفتی موقت ، چون بون قلیابیت در محیط داریم با افزودن یک قلیا (مثل آهک یا سود) بی کربنات به کربنات تبدیل می شود و در نتیجه یون کربنات لازم برای راسب کردن یونهای کلسیم تولید می شود . بنابراین سفتی موقت را می توان با آهک حذف کرد .

در مورد سفتی دائم که یون کربنات و یا بی کربنات در محیط نیست نیاز به نمکی داریم که یون کربنات وارد محیط کند و آن نمک می تواند سودا (Na_2CO_3) باشد .

در مورد سفتی منیزیمی باید به نحوی عمل کرد که بصورت هیدروکسید منیزیم از محیط حذف شود . از این رو برای حذف سفتی منیزیم باید یون هیدروکسید (HO) وارد محیط کرد که هر قلیایی مثل $Ca(OH)_2$ یا $NaOH$ می تواند این عمل را انجام دهد .

در مورد حذف سفتی منیزیم بی کربناتی اگر نخواهیم توسط آهک ، یون هیدروکسید وارد محیط کنیم ، یون کلسیم هم وارد آب می شود و در نتیجه سفتی کلسیمی خواهیم داشت که بصورت غیر کربناتی است و برای حذف آن به ناچار باید سودا اضافه کنیم تا یون کربنات وارد محیط شود . پس صرف هر آلی والان سفتی منیزیمی غیر کربناتی احتیاج به یک آلی والان سودا و یک آلی والان آهک دارد .

تذکر این نکته لازم است که واکنش های آهک زنی صد در صد کامل نیستند و از اینرو همیشه پس از آهک زنی هنوز هم مقداری از سفتی باقی می ماند . سفتی باقیمانده را هم می توان کاهش داد . مثلاً : اگر مقدار آهک و سودا بیشتر از مقدار استوکیومتری انتقاب شوند ، به علت ایجاد اثر یون مشترک ملایت کربنات کلسیم و هیدروکسید منیزیم کاهش خواهد یافت .

هر چند که از نظر تئوری تعداد کربنات کلسیم معلول در حال تعادل با رسوب باید تا 300 ppm بر حسب معادل کربناتی کاهش یابد ولی در شرایط موضفه آهک زنی معمولاً به کمتر از 50 ppm آفت نمی کند هر چند که سفتی کل باقیمانده بیشتر از 10 ppm نمایانگر اشکال در بهره برداری است .

در شرایط موضفه آهک زنی یعنی pH حدود $9/5 - 10/5$ آمینیزیم به صورت هیدروکسید منیزیم رسوب می کند . این رسوب دارای با الکتریکی مثبت است اما کلسیم بصورت کربنات کلسیم رسوب می کند . که دارای بار الکتریکی منفی است . سیلیکا در موضفه آهک زنی بصورت ذرات کلوییدی بار دار قوی با بار منفی حضور دارد ، می توان آلومینات سریم را به عنوان یک کمپلکس قوی آنیونی به موضفه اضافه کرد تا منیزیم و کلسیم همزمان رسوب کرده و سیلیکا هم جذب سطحی هیدروکسید منیزیم شود .

به همین خاطر است که اگر به موضفه آهک زنی ، علاوه بر آهک ، آلومینات سریم هم اضافه کنیم منیزیم باقیمانده در آب تصفیه شده کمتر فواید شد .

مماسبه مقدار آهک لازم : روشهای مختلفی برای مماسبه آهک لازم پیشنهاد شده است که در منطقی ترین روش مقدار آهک مورد نیاز بصورت زیر مماسبه می شود و همه مقادیر بر حسب معادل کربنات است .

۱- CO_2 آزاد

۲- بی کربناتی که به کربنات تبدیل می شود و اگر آهک زنی کامل باشد همه بی کربنات به کربنات تبدیل می شود .

۳- هیدروکسید اضافی مورد نظر در آب شروبی از سیستم

۴- سفتی منیزیم که می فواید حذف کنیم

اگر مجموع این مقادیر K باشد آنگاه ؛ $K \times 1/0 = ppm$ آهک هیدراته % ۹۳

برای مماسبه سودای مورد نیاز تمام مقادیر زیر را بر حسب معادل کربنات می باشد را باید با هم جمع کنیم .

(۱) مقدار سفتی غیر کربناتی که می بایستی حذف شود .

(۲) مقدار آهک اضافی که در آهک زنی مصرف می شود .

(۳) مقدار سودای اضافی مورد نظر

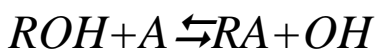
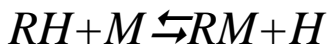
کاربرد تبادلهای یونی : در صنعت برای گرفتن و تقلیل سفتی آب و نیز یون زدایی آب از

تبادلهای یونی استفاده می شود .

آبی که یون زدایی شده است ، فاقد نافالهی های ایندیکر بنیک و سیلیس است که در آب مقطر وجود دارد . برای گرفتن کاتیونهای نظیر Ca^{2+} و Mg^{2+} که قسمت اعظم سفتی آب را تشکیل می دهند . از یک رزین کاتیونی مثلاً زئولیت که بصورت اسیدی یا نمک سریم آن وجود دارد استفاده می کنند .

زئولیت یک نام عمومی است که به تعویض کننده های معدنی اعم از طبیعی و صنعتی داده شده است . در مورد یون زدایی از آب ابتدا آنرا از یک ستون حاوی رزین کاتیونی اسیدی عبور می دهند . در این عمل کاتیونهای موجود در آب گرفته شده و H در محلول باقی خواهد ماند .

سپس این آب را از یک تبادلگر یونی بازی عبور می دهند در این حالت معادل بار الکتریکی آنیونهای خارج شده ، OH در آب باقی می ماند و یونهای H و OH که معادل می باشند . یکدیگر را فتنی کرده و بصورت مولکول آب در می آیند . واکنش های تعادلی مربوط در زیر نمایش داده شده اند .

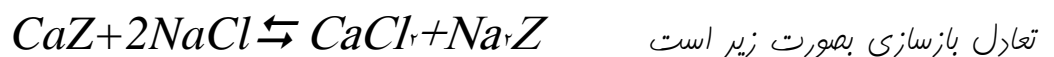


در فرمولهای فوق M کاتیون و A آنیون و R بنیان رزین است .

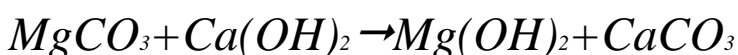
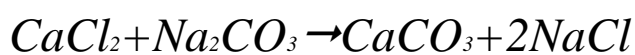
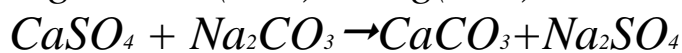
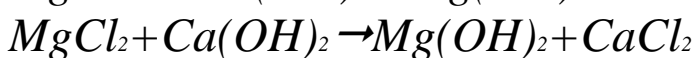
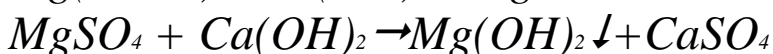
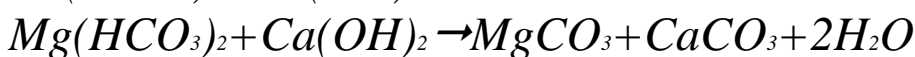
اگر آب را از یک ستون که مفتوی مفلوطی از رزین کاتیونی و آنیونی می باشد عبور دهند فرآیند رایون زدایی مفلوط می نامند . پس از مدتی کنمایش یا ظرفیت این اجسام از نظر تعویض یونی تکمیل می شود .

کنمایش یا ظرفیت یک رزین تبادل یونی برابر مقدار میلی گرم یا میلی الکی والان گرم یونی است که توسط یک گرم از آن جذب می گردد . در نتیجه باید رزینهای کاتیونی را بوسیله افزایش مملوهای اسید ۴ تا ۵ درصد سود از ستون بنیانگر یونی بمدت ۲۰ دقیقه امیا یا بازسازی نمود .

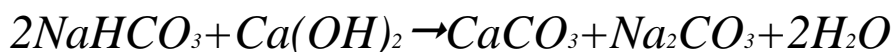
در کارخانه هایی که از زئولیت (NaZ) و یا از رزینهای RNa استفاده می شود بازسازی توسط مملول کلرید سدیم ۱۰ درصد انجام می شود . مدت عبور دادن مملول نمک از ستون ۲۰ دقیقه است . سرعت حجمی نمک یک گالن در دقیقه برای هر قوت مکعب سطح مقطع ستون است .



NaZ فرمول کلی زئولیت می باشد ، یکی دیگر از کاربردهای تبادلگر یونی ، روش کروماتوگرافی یونی با کارایی بالا می باشد . کاهش سختی آب : در کارخانه ها برای کاهش سختی آب و تهیه آب صنعتی ، قبل از عبور آب از ستونهای حاوی رزین مرور ۷۰٪ سختی آب را توسط افزایش آهک هیدراته و یا آهک هیدراته و کربنات سدیم مطابق واکنش های زیر رسوب می دهند :



اگر آب دارای بی کربنات سدیم باشد واکنش آهک گشته با آن به صورت زیر است :



مواد و وسایل مورد نیاز برای آزمایش :

- | | | |
|------------------------------------|------------------------------|--------------------|
| ۱- سه پایه ، توری ، چراغ گاز بونزن | ۲- پایه ، میله ، گیره و بورت | ۳- ارلن مایر ۲۵۰ml |
| ۴- ارلن مایر ۱۰۰ml | ۵- استوانه مدرج | ۶- قیف شیشه ای |
| ۷- هم زن شیشه ای | ۸- بشر ۲۵۰ml | ۹- بشر کوچک ۱۰۰ml |
| ۱۰- آیفشان (پیست) | ۱۱- پیست ۵۰ml | ۱۲- کاغذ صافی |
| ۱۳- پیست ۱۵ml | ۱۴- متیل اورانژ | ۱۵- اسید کلریدریک |
| ۱۶- کربنات سدیم ۱/۱N | ۱۷- نمونه آب سفت | |

شرح آزمایش ؛ تعیین سختی موقت (سختی کربناتی) :

که در اثر حرارت از بین می رود ناشی از وجود بی کربنات های کلسیم و منیزیم و آهن حل شده در آب است . بورت را فوب شسته و از مملول اسید کلریدریک ۱/۱N ICH پر کنید تا به نقطه صفر بورت برسد . سپس ۱۰۰ml آب سفت را توسط پیست ۵۰ml داخل ارلن مایر ریخته و به آن دو قطره متیل اورانژ اضافه می کنیم (برای سنجش حجمی باز ضعیف مثل بیکربنات و کربنات توسط اسید قوی بهترین معرف متیل اورانژ است) و دامنه pH تغییر رنگ ۳/۱ تا ۵/۴ ارلن را از زیر شیر بورت قرار داده و با دست چپ شیر بورت را باز می کنیم تا قطره قطره مملول اسید داخل ارلن شود و با دست راست ارلن را زیر شیر بورت می چرخانیم .

۲- مقدار ۵۰cc از یک نمونه آب سفت بوسیله ۳cc اسید کلریدریک ۱/۱ نرمال در مجاورت متیل اورانژ تیترا شده است . به ۱۰۰cc دیگر از همین آب ابتدا ۱۰۶mg کربنات سدیم اضافه نموده و پس از جوشاندن و رسوب گیری و صاف کردن رسوب مملول زیر صافی بوسیله ۱۰۰cc اسید کلریدریک ۱/۱N در مجاورت متیل اورانژ فنتی شده است .
۱۰۰cc اسید کلریدریک ۱/۱N در مجاورت متیل اورانژ فنتی شده است .

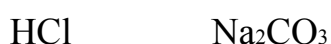
مطلوب است سختی موقت سختی دائم و سختی کل بر حسب میلی اکی والان گرم بر لیتر و ppm.

$$\begin{array}{l} 1 \text{ mol.lit HCl} \\ 3 \text{ mol.lit} \end{array} \quad \begin{array}{l} 0.1 \text{ mol.eq} \\ x \end{array} \quad x = 0.3 \text{ meq}$$

$$\begin{array}{l} 50 \text{ mol.lit} \\ 1000 \text{ mol.lit} \end{array} \quad \begin{array}{l} 0.3 \text{ mol.eq} \\ x \end{array} \quad x = 6 \text{ mol.eq/lit} \quad 6 \times 32 = 192 \text{ ppm} \text{ سختی موقت}$$



$$Na_2CO_3 = 106 \text{ وزن مولکولی} \quad 106 \times 10 = \text{وزن کربنات سدیم}$$



$$N_1V_1 = N_2V_2$$

$$0.1V_1 = (106 \times 10) / (106/2) \times 1000$$

$$V_1 = 20 = B$$

$$0.1V_1 = (\text{وزن / اکی والان}) \times 1000$$

$$C = B - A = 20 - 10 = 10 \text{ mol.lit}$$

$$0.1 \text{ mol.eq} \quad 1 \text{ mol.lit}$$

$$Z \quad C = 10 \text{ mol.lit}$$

$$Z = 1 \text{ mol.eq} \quad \text{در } 100 \text{ میلی لیتر آب}$$

$$L = Z \times 10 = 10 \text{ mol.eq/lit}$$

$$10 \times 32 = 320 \text{ ppm} \quad \text{سختی دائم}$$

$$320 + 192 = 512 \text{ ppm} \quad \text{سختی کل}$$

سوالات :

۱- در یک آزمایش برای تعیین سختی دائم آب از اسید کلریدریک ۲N / برای تیتراسیون کربنات سدیم ۱۵N / استفاده شده است . برای رسوب دادن کاتیونهای Ca^{2+} و Mg^{2+} موجود در ۲۵۰ ml آب از ۲۵ cc کربنات سدیم فوق مصرف شده است . پس از جدا کردن رسوبهای کربنات کلسیم و منیزیم محلول باقیمانده توسط ۳/۷۵ cc اسید فوق در مجاورت متیل اورانژ خنثی شده است . سختی دائم آب را بر حسب میلی اکی والان گرم در لیتر و mpp بدست آورید .



$$B = 18.75 \text{ mol.lit}$$

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

$$A = 3.75 \text{ mol.lit}$$

$$0.2 V_1 = 0.15 \times 25$$

$$C = B - A = 18.75 - 3.75 = 15 \text{ mol.lit}$$

$$V_1 = B = 18.75 \text{ mol.lit}$$

HCl ۲ / نرمال یعنی در هر لیتر آن ۰.۲ اکی والان گرم

HCl ۲ / نرمال یعنی در هر میلی لیتر آن ۰.۲ میلی اکی والان گرم

$$1 \text{ mol.lit} \quad 0.2 \text{ mol.eq}$$

$$15 \text{ mol.lit} \quad x$$

$$x = 3 \text{ mol.eq}$$

$$250 \text{ mol.lit} \quad 3 \text{ mol.eq}$$

$$1000 \text{ mol.lit} \quad x$$

$$x = 12 (\text{mol.eq}) / \text{lit}$$

$$12 \times 32 = 384 \text{ ppm} \quad \text{سختی دائم}$$

۲- مقدار ۵۰ cc از یک نمونه آب سخت بوسیله ۳ cc اسید کلریدریک ۰.۱ نرمال در مجاورت متیل اورانژ تیترا شده است و به ۱۰۰ cc دیگر از همین آب ابتدا ۱۰۶ mg کربنات سدیم اضافه نموده و پس از جوشاندن و رسوب گیری و صاف کردن رسوب محلول زیر صافی بوسیله ۱۰ cc اسید کلریدریک ۱N / در مجاورت متیل اورانژ خنثی شده است . مطلوب است سختی موقت و سختی دائم و سختی کل بر حسب میلی اکی والان گرم بر لیتر و mpp بدست آورید .

$$1 \text{ mol.lit HCl}$$

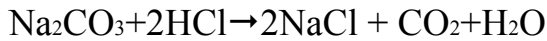
$$0.1 \text{ mol.eq}$$

$$3 \text{ mol.lit}$$

$$x$$

$$x = 0.3 \text{ meq}$$

$$\begin{array}{l} 50 \text{ mol.lit} \\ 1000 \text{ mol.lit} \end{array} \quad \begin{array}{l} 0.3 \text{ mol.eq} \\ x \end{array} \quad x = 6 \text{ mol.eq/lit} \quad 6 \times 32 = 192 \text{ ppm} \text{ سفتی موقت}$$



$$\text{وزن کربنات سدیم} = 106 \times 10 \text{ gr} \quad \text{وزن مولکولی Na}_2\text{CO}_3 = 106$$



$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$$0.1 V_1 = (\text{وزن / آلی والان}) \times 1000$$

$$0.1 V_1 = (106 \times 10) / (106/2) \times 1000 \quad V_1 = 20 = B$$

$$C = B - A = 20 - 10 = 10 \text{ mol.lit}$$

$$0.1 \text{ mol.eq} \quad 1 \text{ mol.lit}$$

$$Z \quad C = 10 \text{ mol.lit}$$

$$Z = 1 \text{ mol.eq} \text{ در } 100 \text{ میلی لیتر آب}$$

$$L = Z \times 10 = 10 \text{ mol.eq/lit}$$

$$10 \times 32 = 320 \text{ ppm} \text{ سفتی دائم}$$

$$320 + 192 = 512 \text{ ppm} \text{ سفتی کل}$$

و مفتویات ارلن فقط با یک قطره اسید به رنگ قرمز در می آید. تینر اسید را سه بار انجام می دهیم و بین مجموعای مصرفی میانگین می گیریم.

$$V_1 = 5.1$$

$$V_2 = 5.2$$

$$B = \text{مجم اسید مصرفی}$$

$$V_3 = 4.7$$

$$C = B - A \quad 5.1 - 3.8 = 1.3$$

مجم اسید معادل با کربنات سدیم لازم برای رسوب دادن Mg^{2+} و Ca^{2+}

$$0.1 \text{ میلی آلی والان گرم} \quad 1 \text{ mol.lit}$$

$$Z$$

$$C = 1.3$$

$$Z = 0.13$$

$$[(\text{mol.eq})/\text{lit}] \times L = Z \times 40$$

میلی آلی والان گرم Ca^{2+} و Mg^{2+} در ۱ لیتر آب با سفتی دائم

$$L = 0.13 \times 40 = 1.3 (\text{mol.eq})/\text{lit}$$

$$5.2 \times 32 = 41.6 \text{ ppm}$$

نتیجه = سفتی کل مجموع سفتی موقت و سفتی دائم است.

$$\text{سفتی دائم} + \text{سفتی موقت} = \text{سفتی کل}$$

$$115.2 + 166.6 = 281.8 \text{ ppm}$$

رسوب روی کاغذ صافی که همان کربنات کلسیم و منیزیم است دور ریخته و به مملول داخل ارلن دو قطره متیل اورانژ اضافه کرده و آن را زیر شیر بورت تمیزی که توسط اسید کلریدریک ۰.۱۰ نرمال تا نقطه صفر پر شده قرار داده و با دست چپ شیر بورت را باز کرده تا قطره قطره اسید کلریدریک به ارلن اضافه شود و با دست راست ارلن را زیر شیر بورت می پرفشانیم.

از بورت آنقدر اسید به ارلن اضافه می کنیم تا مقنویات ارلن فقط با یک قطره اسید به رنگ قرمز در آید. این نقطه پایانی است.

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$$.V_1 = 0.1 V_2$$

$$V_1 = V_2$$

مجم سدریم کربنات اضافی = حجم اسید مصرفی در تیتراسیون

– در یک بورت اسید کلریدریک ۰.۱ نرمال ریخته حجم آن را روی درجه صفر بورت تنظیم کنید و بوسیله پیست ۴ میلی لیتر کربنات سدریم برداشته داخل ارلن ریخته و به آن دو قطره متیل اورانژ اضافه کرده ارلن را زیر شیر بورت گرفته و توسط دست چپ، شیر بورت را باز و با دست راست ارلن را بپرفشانید تا قطره قطره اسید بیه ارلن اضافه شود.

$$\text{Ca}^2 = 40/2 = 20 \text{ کی والان کرم}$$

$$20+12=32 \text{ mol.eq} \times 32 = \text{ppm}$$

$$3.6 \times 32 = 115.2 \text{ ppm}$$

$$\text{Mg}^2 = 24/2 = 12 \text{ کی والان کرم}$$

تعیین سفتی دائم (سفتی غیر کربناتی) شامل نمک های دیگر کلسیم و منیزیم نظیر کلرید (کلسیم، منیزیم، آهن) سولفات (کلسیم، منیزیم، آهن) نیترات (کلسیم، منیزیم، آهن) که در اثر حرارت رسوب نمی کنند.

– ابتدا داخل بشر ۲۵۰ میلی لیتر بوسیله پیست ۲۵ میلی لیتر آب سفت مورد آزمایش را ریخته و به آن ۴ میلی لیتر کربنات سدریم ۰.۱ نرمال اضافه می کنیم و بشر را روی چراغ گاز بونزن، سه پایه، توری قرار داده. آنقدر حرارت می دهیم تا آب آن به جوش آید و کاملاً تبخیر شود بدین ترتیب با حرارت دادن آب سفتی موقت آب را از بین برده سپس بشر را می گذاریم سرد شود.



۱۵ میلی لیتر آب مقطر را توسط استوانه مدرج به بشر اضافه و توسط همزن شیشه ای رسوب ته بشر را خوب می تراشیم

. مقنویات داخل بشر را خوب هم می زنیم تا کربنات سدریم اضافی بتواند در آب مقطر حل شود، آنگاه مقنویات بشر را

توسط قیف شیشه ای و کاغذ صافی به ارلن اضافه کرده و در نقطه پایانی رنگ مملول از زرد به نارنجی تغییر می کند.

تعداد کی والان اسید کلریدریک با کی والان بی کربنات کلسیم و منیزیم برابر خواهد بود. لذا از روی کی والان مصرفی

می توان کی والان بی کربنات کلسیم و منیزیم یا همان سفتی موقت را حساب کرد.

HCl ۱/۰ نرمال یعنی در هر لیتر آن ۰.۱ کی والان کرم اسید موجود است.

HCl ۱/۰ نرمال یعنی در هر میلی لیتر آن ۰.۱ میلی کی والان کرم اسید موجود است.

$$V_1 = ۳/۶$$

$$V_2 = ۳/۷$$

$$B = \text{حجم اسید مصرفی}$$

$$V_3 = ۴$$

$$X = ۳/۶ \times ۰/۱ = ۰/۳۶ \text{ در } ۱۰۰ \text{ میلی لیتر آب } \text{Ca}^2 \text{ و } \text{Mg}^2$$

X همان میلی اکی والان گرم یون کلسیم و منیزیم که باعث سفتی موقت آب می شود ، در ۱۰۰ میلی لیتر آن است .
 ولی اگر X را در ۱۰ ضرب کنیم اکی والان گرم یون کلسیم و منیزیم در یک لیتر آب سفت بدست می آید که همان سفتی موقت آب است .

x آب ۱۰۰ mol.lit

y آب ۱۰۰۰mol.lit

y $x \times 10$ $\frac{10}{36} \times 10 = 3/6$