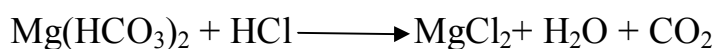
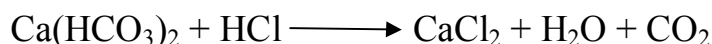
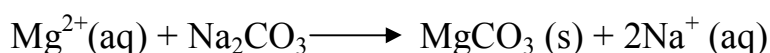
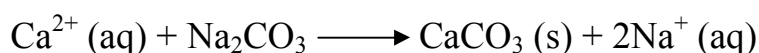


**معادله تیتراسیون برای تعیین سختی موقت :****سختی دائم ( permanent hardness )**

سختی دائم مربوط به آن دسته از نمک های کلسیم و منیزیم موجود در آب است که محلول می مانند . مانند کلرید ، سولفات یا نیترات منیزیم و کلسیم که در آب محلول هستند و در اثر جوشیدن تغییری در آنها حاصل نمی شود. به این نوع سختی **سختی غیر کربناته** نیز می گویند.

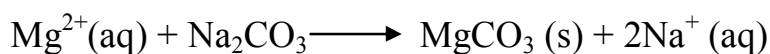
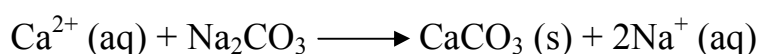
برای از بین بردن این نوع سختی از نمک سدیم کربنات  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  و یا نمک آمونیوم اگزالات  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  استفاده می کنند. معادله واکنش به صورت زیر است :



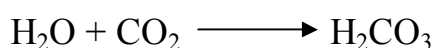
**نکته :** کربنات های تمامی عناصر به جز کربنات های سدیم ، پتاسیم و آمونیوم در آب نامحلول هستند.

**تحلیل آزمایش سختی دائم :**

در مرحله ی اول به ۵۰ میلی لیتر آب شهری ۱۰ میلی لیتر سدیم کربنات اضافه می کنید. همانطور که مشاهده می کنید واکنش های زیر انجام می شود :



سپس محلول را تا نزدیک خشک شدن حرارت می دهیم . در اثر حرارت منیزیم کربنات و کلسیم کربنات رسوب می کنند و از محلول جدا می شوند. به محلول باقی مانده ۱۰ میلی لیتر آب مقطر بدون گاز  $\text{CO}_2$  اضافه می کنیم . زیرا اگر دارای کربن دی اکسید باشد کربن دی اکسید در آب حل شده و کربنیک اسید طبق واکنش زیر ایجاد می شود:



و همین باعث ایجاد خطا در مراحل بعدی واکنش می شود.

در مرحله ی بعد آب را صاف می کنیم تا رسوب های کلسیم و منیزیم کربنات را از آن جدا کنیم . آنچه در محلول زیر صافی باقی مانده است حاوی سدیم کربنات  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  است.

همانطور که می دانید ما مقدار سختی دائم را نمی دانیم . بنابراین نمی توانیم بگوییم تمامی سدیم کربناتی که به محلول آب شهری اضافه کردیم با کلسیم و منیزیم موجود در آب واکنش داده است . ممکن است مقداری از آن باقی مانده است . ما این مقدار باقی مانده را با هیدروکلریک اسید تیترو می کنیم . به این نوع تیتراسیون " تیتراسیون برگشتی " می گویند .

**تیتراسیون برگشتی یا معکوس :** تیتراسیونی است که در آن از یک محلول استاندارد برای واکنش با آنالیت استفاده می شود. از آنجایی که تمامی محلول استاندارد ما در واکنش مصرف نمی شود . بنابراین همیشه مقداری از آن باقی می ماند . در مرحله ی دوم مقدار اضافی محلول استاندارد ی که باقی مانده و واکنش نداده است را با یک محلول استاندارد ثانوی اندازه گیری می شود .

### محاسبات سختی دائم :

#### مرحله ی اول :

تعیین نرمالیتته ی سدیم کربنات توسط تیتراسیون با هیدروکلریک اسید:

هیدروکلریک اسید

سدیم کربنات

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

$$N_1 = \text{نرمالیتته ی هیدروکلریک اسید}$$

$$V_1 = \text{حجم میانگین تیتراسیون}$$

$$N_2 = \text{نرمالیتته ی سدیم کربنات ( مجهول است و باید بدست بیاوریم )}$$

$$V_2 = \text{حجمی که از سدیم کربنات هر بار بر می داریم و در ارلن می ریزیم .}$$

#### مرحله ی دوم : تعیین مقداری اکی والان سدیم کربنات کل :

$$N \times V_{ml} = no \text{ eqwt}$$

$$N = \text{نرمالیتته ی بدست آمده در مرحله ی قبل را در فرمول قرار دهید.}$$

$$V = \text{حجم سدیم کربناتی که داخل بشر حاوی آب شهری ریختیم .}$$

#### مرحله ی سوم : تعیین مقدار اکی والان سدیم کربنات باقی مانده توسط تیتراسیون با اسید هیدروکلریک :

$$N \times V_2 = \text{سدیم کربنات اضافی}$$

$$N = \text{نرمالیتته بدست آمده در مرحله ی اول}$$

$V =$  حجم تیتراسیون آب شهری در سختی دائم ( آخرین تیتراسیون )

مرحله ی چهارم : اعداد بدست آمده در مرحله ی دوم و سوم را از یکدیگر کم کنید .

مرحله ی پنجم : تعیین درجه سختی در یک لیتر

درجه سختی در یک لیتر = درجه سختی بدست آمده در مرحله ی اول  $\times 1000$  / حجم آب شهری استفاده شده در آزمایشگاه ( ۵۰ یا ۱۰۰ میلی لیتر)

مرحله ی ششم : تعیین سختی در یک لیتر :

سفتی : درجه سختی ( بدست آمده در مرحله ی دوم )  $\times 32$  ( برمسب یونهای کلسیم و منیزیم )

سفتی : درجه سختی ( بدست آمده در مرحله ی دوم )  $\times 80/05$  ( بر مسب کلسیم کربنات )

سختی کل :

سختی کل : سختی موقت + سختی دائم

جدول زیر مقدار سختی کل را نشان می دهد .

Hardness $\leq 50$	آب نرم
$50 < \text{Hardness} < 100$	نسبتاً نرم
$100 < \text{Hardness} < 150$	کمی سخت
$150 < \text{Hardness} < 250$	نسبتاً سخت
$250 < \text{Hardness} < 350$	سخت
$350 < \text{Hardness}$	بسیار سخت

## مثال :

دانشجویی ده میلی لیتر محلول کربنات سدیم را برداشته و با هیدروکلریک اسید ۰/۱ نرمال تا مشاهده ی رنگ صورتی کمرنگ تیتر نمود . حجم اسید در نقطه ی اکی والان ۱۰ میلی لیتر بوده است . در مرحله ی بعد او ده میلی لیتر از محلول کربنات سدیم را به ۵۰ میلی لیتر آب شهری اضافه نمود و آن را روی هیتر قرار داد تا کاملا بجوشد . پس از جوشش کامل محلول و انجام عمل صاف کردن محلول زیر صافی را با هیدروکلریک اسید ۰/۱ نرمال تیتر نمود . حجم اسید در این تیتراسیون برابر با ۵ میلی لیتر بوده است. سختی دائم آب را حساب کنید.

مرحله ی اول : تعیین نرمالیتته ی سدیم کربنات توسط تیتراسیون با هیدروکلریک اسید:

هیدروکلریک اسید

سدیم کربنات

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

$$0.1 \times 10 = N_2 \times 10$$

$$N_2 = 0.1$$

مرحله ی دوم : تعیین مقداری اکی والان سدیم کربنات کل :

$$N_2 \times V = 0.1 \times 10 = 1$$

مرحله ی سوم : تعیین مقدار اکی والان سدیم کربنات باقی مانده توسط تیتراسیون با اسید هیدروکلریک :

$$= N_2 \times V = 0.1 \times 5 = 0.5$$

مرحله ی چهارم : اعداد بدست آمده در مرحله ی دوم و سوم را از یکدیگر کم کنید .

$$1 - 0.5 = 0.5$$

مرحله ی پنجم : تعیین درجه سختی در یک لیتر

درجه سختی در یک لیتر = درجه سختی بدست آمده در مرحله ی اول  $\times 1000$  / حجم آب شهری استفاده شده در آزمایشگاه ( ۵۰ یا ۱۰۰ میلی لیتر)

$$0.5 \times 1000 / 50 = 10 \text{ meqwt}$$

مرحله ی ششم : تعیین سختی در یک لیتر :

( برمسب یونهای کلسیم و منیزیم )

سفتی : درجه سفتی ( بدست آمده در مرحله ی دوم )  $\times 10$

( بر مسب کلسیم کربنات )

سفتی : درجه سفتی ( بدست آمده در مرحله ی دوم )  $\times 10.05$

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

$$10 \times 80.05 = 800.5 \text{ ppm}$$