غلظت محلول ها

غلظت یک محلول مقدار نسبی حلال و حل شونده را در محلول بیان می کند. به محلولی که در آن نسبت حل شونده به حلال زیاد باشد، محلول غلیظ گفته می شود. محلولی که مقدار آب کمی به آن اضافه شده مثالی از محلول غلیظ است. به محلولی که در آن نسبت حل شونده به حلال کم باشد، محلول رقیق نامیده می شود. وقتی یک چهارم قاشق چای خوری شکر را در یک لیتر آب حل می کینم، محلول رقیق به دست می آید، که شیرینی کمی دارد.

غلیظ و رقیق دو اصطلاح متداول هستند. به هر حال، برخی اوقات نیاز دارید تا غلظت واقعی یک محلول یعنی نسبت دقیق حل شونده به حلال را بدانید. استفاده از غلظت دقیق یک محلول در تهیه داورها، ساخت مواد شیمیایی و شیمی تجزیه بسیار مهم است.

یکاهای غلظت

شیمی دان ها با توجه به شرایط از یکاهای متفاوتی برای اندازه گیری غلظت استفاده می کنند. از روش های زیادی در اندازه گیری به صورت متداول برای بیان مقدار حل شونده در مقدار معینی از محلول استفاده می شود.

برخی روش ها برای بیان غلظت محلول ها عبارتند از:

- جرم حل شونده در یک لیتر محلول (غلظت گرم بر لیتر، $g.L^{-1}$)
- مقدار مول حل شونده در یک لیتر محلول – مولاریته محلول (غلظت مول بر لیتر $mol.L^{-1}$)
- قسمت در میلیون (ppm)
- درصد جرمی

یکای اندازه گیری غلظت از دو قسمت تشکیل شده است.

- قسمت نخست یکای غلظت نشان می دهد چه مقدار حل شونده وجود دارد.
- قسمت دوم یکای غلظت نشان می دهد چه مقدار محلول وجود دارد.

برای مثال، محلول سدیم کلرید (NaCl) با غلظت $۱۷ g.L^{-1}$، نشان می دهد که ۱۷ گرم NaCl (قسمت نخست) در یک لیتر محلول (قسمت دوم) حل شده است.

حالا باید بتوانید محاسبات مربوط به غلظت محلول ها را برای انواع متفاوت یکاهای غلظت انجام دهید.

درصد جرمی

درصد جرمی محلول، جرم حل شونده بر حسب گرم را در ۱۰۰ گرم محلول نشان می دهد. محلول نمک برای شستن لنز تماسی دارای غلظت ۰/۹٪ (w/w) می باشد. علامت اختصاری (w/w) درصد مربوط به جرم، یا به عبارت دیگر، جرم های حل شونده و حلال را نشان می دهد. غلظت ۰/۹٪ نشان می دهد که ۰/۹ گرم سدیم کلرید در ۱۰۰ گرم محلول به صورت حل شده وجود دارد.

غلظت محلول می تواند به وسیله درصد جرمی در محلول با معادله زیر بیان شود.

$$\text{درصد جرمی محلول} = \frac{\text{گرم حل شونده}}{\text{گرم محلول}} \times ۱۰۰٪$$

یکای غلظت بر حسب درصد جرمی به طور گسترده توسط شیمی دان ها استفاده نمی شود اما هنوز به صورت مداوم در صنعت داروسازی روی برچسب محصولاتی که به صورت محلول هستند استفاده می شود.

تمرین غلظت درصد جرمی

غلظت بر حسب درصد جرمی محلول تهیه شده به وسیله حل شدن ۵/۰۰ گرم NaCl را در ۲۰۰ گرم آب تعیین کنید.

راهکار جرم کل محلول را به دست آورید و مقدارهای مناسب را در رابطه غلظت درصد جرمی قرار دهید.

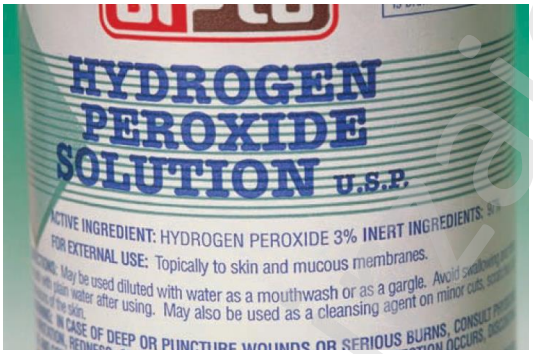
راه حل برای تعیین درصد جرمی محلول، شما به جرم حل شونده و جرم محلول نیاز دارید. جرم حل شونده در سوال داده شده است، و جرم محلول مجموع جرم های حلال و حل شونده که ۲۰۵ گرم می شود. درصد جرمی محلول به صورت زیر تعیین می شود.

$$\text{درصد جرمی NaCl} = \frac{5.00\ g\ NaCl}{205\ g\ \text{محلول}} \times ۱۰۰٪ = ۲/۴۴٪\ \text{NaCl}$$

برای تمرین بیشتر

یک شیمی دان تجزیه ۲۵/۰ گرم محلول که دارای ۲/۰۰ گرم گلوکز است تهیه می کند. غلظت محلول را بر حسب درصد جرمی تعیین کنید. پاسخ ۸/۰۰٪

- محلول های تجاری. برای نشان دادن غلظت محلول های تجاری می توان از غلظت درصد جرمی حل شونده استفاده کرد.



قسمت در میلیون Part Per Miliion (ppm)

وقتی مقدار بسیار کمی از حل شونده در محلول، به صورت حل شده وجود داشته باشد، اغلب غلظت با یکای قسمت در میلیون (ppm) اندازه گیری می شود. برای مثال، غلظت جیوه موجود در ماهی که به عنوان غذا استفاده می شود بر حسب قسمت در میلیون بیان می شود. بیشترین غلظت مجاز جیوه در ماهی ۱ ppm می باشد.

در یک بیان ساده، غلظت بر حسب قسمت در میلیون، جرم بر حسب گرم حل شونده است که در یک میلیون ($۱۰^۶$) گرم محلول حل شده است. همچنین می توان گفت، جرم بر حسب میلی گرم حل شونده که در یک کیلوگرم (۱ kg) محلول وجود دارد. زیرا یک کیلوگرم معادل ۱ میلیون میلی گرم است.

برای مثال، محلولی از سدیم کلرید (NaCl) با غلظت ppm ۱۵۴، دارای ۱۵۴ میلی گرم سدیم کلرید حل شده در ۱ کیلوگرم محلول است. فرمولی که برای محاسبه غلظت ppm استفاده می شود، به صورت زیر است.

$$\text{ppm} = \frac{\text{گرم حلال}}{\text{گرم محلول}} \times ۱۰^{۶}$$

تمرین محاسبه غلظت بر حسب قسمت در میلیون (ppm)

یک نمونه محلول سیر شده کلسیم کربنات دارای ۰/۰۱۹۸ گرم $CaCO_3$ حل شده در ۲۰۰۰ گرم از این محلول است. غلظت کلسیم کربنات را بر حسب ppm در این محلول سیر شده حساب کنید.

راهکار	محاسبه
جرم حل شونده را بر حسب گرم نیاز دارید.	جرم حل شونده (کلسیم کربنات) بر حسب گرم: جرم حل شونده بر حسب گرم = ۰/۰۱۹۸
جرم محلول را بر حسب گرم نیاز دارید.	جرم محلول بر حسب گرم = ۲۰۰۰ g
با استفاده از فرمول، غلظت محلول را بر حسب ppm حساب کنید	غلظت کلسیم کربنات بر حسب ppm $\text{ppm} = \frac{0.0198\ g\ CaCO_3}{2000\ g\ \text{محلول}} \times ۱۰^{۶}$ = ۹/۹۰ ppm

تمرین محاسبه غلظت بر حسب قسمت در میلیون (ppm)

نمونه ای از آب دارای ۰/۰۵۳۷ گرم NaCl حل شده در ۲۵۰ گرم آب است. غلظت NaCl را در این نمونه بر حسب ppm حساب کنید.

غلظت بر حسب میلی گرم بر لیتر ($mg.L^{-1}$)

برای مثال، اگر، در نمونه ای از پساب یک کارخانه، غلظت کادمیم $mg.L^{-1}$ ۵ باشد، یعنی در ۱ لیتر از این پساب ۵ میلی گرم کادمیم وجود دارد. غلظت کادمیم در این نمونه از فرمول زیر محاسبه می شود.

$$\text{غلظت محلول } (mg.L^{-1}) = \frac{\text{جرم حل شونده } (mg)}{\text{حجم محلول } (L)}$$

غلظت $mg.L^{-1}$ و غلظت ppm معادل یک دیگر هستند

دیدید که غلظت محلول بر حسب ppm با غلظت $mg\ kg^{-1}$ یکسان است. چون ۱ لیتر محلول جرمی نزدیک به ۱ کیلوگرم دارد، پس غلظت $mg.L^{-1}$ با غلظت ppm یکسان است.

$$۱\ \text{ppm} = mg\ kg^{-1} = mg.L^{-1}$$

برای مثال، غلظت $mg.L^{-1}$ و ppm، برای ۲/۰ لیتر محلول شکر دارای ۰/۰۵۰ گرم شکر به صورت زیر محاسبه می شود.

$$\text{شکر } ۰/۰۵۰\ g = ۵۰\ mg$$

$$\text{غلظت } (mg.L^{-1}) = \frac{50}{25} = ۲۵\ mg.L^{-1} = ۲۵\ \text{ppm}$$

نمونه های حل شده

۱) ۲۷ گرم ماده حل شدنی را در ۴۸ گرم آب حل کرده ایم، غلظت محلول را بر حسب درصد جرمی تعیین کنید.

پاسخ اگر جرم حل شونده را m_s و جرم حلال (آب) را m_w ، و درصد جرمی محلول را a ، در نظر بگیریم

$$a = \frac{m_s}{m_s + m_w} \times ۱۰۰$$

$$a \text{ (درصد جرمی محلول)} = \frac{27\ g}{27\ g + 48\ g} \times ۱۰۰ = ۳۶٪$$

۲) اگر غلظت سدیم کلرید در یک نمونه آب دریا برابر ۵۲۶/۵ ppm باشد. در یک کیلو گرم از آن نمونه آب، چند گرم از یون سدیم وجود دارد؟

پاسخ از رابطه غلظت ppm استفاده می کنیم و جرم NaCl در محلول را به دست می آوریم.

$$ppm = \frac{\text{گرم حلال}}{\text{گرم محلول}} \times ۱۰^۶ \rightarrow ۵۲۶/۵ = \frac{\text{جرم حل شونده}}{1000\ g} \times ۱۰^۶ \rightarrow \text{جرم NaCl} = ۵۲۶/۵ \times ۱۰^{-۳}\ g\ NaCl$$

با داشتن جرم NaCl موجود در محلول، جرم یون های Na^+ در محلول را به دست می آوریم.

$$۵۲۶/۵ \times ۱۰^{-۳}\ g\ NaCl \times \frac{23\ g\ Na^+}{58.5\ g\ NaCl} = ۲۰۷ \times ۱۰^{-۳}\ g\ Na^+$$

۳) یک نمونه از آب دریا، دارای ۱۳۵۰ ppm از یون $Mg^{۲+}$ است. برای تهیه ۲۷۰ کیلوگرم منیزیم، چند تن از این آب باید فراوری شود؟

پاسخ با داشتن غلظت ppm یون $Mg^{۲+}$، جرم منیزیم را در نمونه آب دریا محاسبه می کنیم.

$$ppm = \frac{\text{گرم حلال}}{\text{گرم محلول}} \times ۱۰^۶ \rightarrow ۱۳۵۰ = \frac{\text{جرم } Mg^{2+}}{\text{محلول } 1000\ g} \times ۱۰^۶$$

$$\text{جرم } Mg^{۲+} \text{ در یک کیلوگرم آب دریا} = ۱/۳۵\ g\ Mg^{۲+} = ۱/۳۵ \times ۱۰^{-۳}\ kg\ Mg^{۲+}$$

$$۲۷۰\ Kg\ Mg \times \frac{1kg \text{ آب دریا}}{1.35 \times 10^{-3}\ Kg \text{ یون منیزیم}} \times \frac{1\ ton \text{ آب دریا}}{1kg \text{ آب دریا}} = \text{آب دریا } ۲۰۰\ ton$$

تمرین

۱) درصد جرمی اتانول در محلول حاصل از ۵۵/۰ گرم اتانول و ۴۵/۰ گرم آب چقدر است؟

۲) چند گرم سدیم کلرید NaCl، در ۳۵/۰ گرم محلول ۳/۵٪ جرمی آن وجود دارد؟

۳) بیان غلظت ها با یکای ppm، قسمت در میلیون و ppb، قسمت در بیلیون، اغلب متداول نیست چون آن ها اعداد کوچک را نشان می دهند. حساب کنید ppm ۱ از سال چند ثانیه است؟

bemirzaie.blogfa.com

۴) فرض کنید ۴۵/۰ گرم از یک ماده آلی با فرمول $C_{10}H_{16}O$، در ۴۲۵ میلی لیتر اتانول C_2H_5OH حل شود. درصد جرمی محلول را به دست آورید. چگالی اتانول $0/785\ g/mL$ می باشد.

۵) غلظت یک محلول شامل ۱/۲۰ گرم بنزوئیک اسید (C_6H_5COOH) در ۷۵۰/۰ گرم آب، را بر اساس یکاهای زیر محاسبه کنید. (چگالی آب را $1\ g.mL^{-1}$ در نظر بگیرید.)
آ) درصد جرمی محلول
ب) به ۱ میلی لیتر از این محلول ۹۹۹ میلی لیتر آب اضافه می کنیم، غلظت محلول حاصل را بر حسب ppm محاسبه کنید.

۶) یک محلول به وسیله حل کردن ۲۵/۰ گرم $BaCl_2$ در ۵۰۰ گرم آب تهیه شده است. غلظت این محلول را بر اساس موارد زیر حساب کنید.
آ) درصد جرمی محلول
ب) ۵ میلی لیتر از این محلول را با افزودن آب به حجم ۵ لیتر می رسانیم، غلظت محلول حاصل را بر حسب ppm محاسبه کنید.

۷) چند مول هیدروژن پراکسید در ۲۵/۰ گرم محلول ۳/۰٪ جرمی آن وجود دارد؟
پاسخ: ۰/۰۲۲ مول

۸) در نمونه ای از آب دریا غلظت یون های فسفات PO_4^{3-} برابر با ۱۲۸ ppm است، درصد جرمی یون فسفات در این نمونه آب دریا چقدر است؟

۹) غلظت $ZnCl_2$ در ۱/۷۵ لیتر محلول که دارای $1/0 \times 10^{-3}$ گرم $ZnCl_2$ هست، چند ppm می باشد؟ چگالی محلول را $1\ g/mL$ در نظر بگیرید. پاسخ: ۰/۵۷ ppm

۱۰) محاسبات لازم را برای تعیین جرم حل شونده در ۵۰ گرم هر یک از محلول های زیر را انجام دهید.
آ) محلولی از یون های Ag^+ با غلظت ۱۴۰ ppm
ب) محلولی از NaCl با غلظت ۶۰ ppm
پ) محلولی از $FeCl_3$ که در آن غلظت یون های Cl^- برابر با ۱۰۰ ppm باشد. پاسخ: پ) $7/70 \times 10^{-3}\ g$

پاسخ تشریحی سوال ۳

طبق تعریف ppm قسمت در میلیون: $1ppm = 10^{-6}$ سال

$$10^{-6}\ \text{سال} \times \frac{365\ \text{روز}}{1\ \text{سال}} \times \frac{24\ \text{ساعت}}{1\ \text{روز}} \times \frac{60\ \text{دقیقه}}{1\ \text{ساعت}} \times \frac{60\ \text{ثانیه}}{1\ \text{دقیقه}} = 31/536\ \text{ثانیه}$$

پاسخ تشریحی سوال ۴

راهکار با استفاده از فرمول چگالی ($d = \frac{m}{V}$)، جرم اتانول را به دست می آوریم. سپس از رابطه درصد جرمی محلول استفاده می کنیم.

راه حل

جرم اتانول $d = \frac{m}{V} \rightarrow m = d.V = ۰/۷۸۵ \times ۴۲۵ = ۳۳۳/۶\ g$

$$\text{درصد جرمی محلول} = \frac{\text{گرم حل شونده}}{\text{گرم محلول}} \times ٪۱۰۰ \rightarrow \text{درصد جرمی محلول} = \frac{45\ g}{333.6\ g + 45\ g} \times ۱۰۰ = ٪۱۱/۸۸$$

پاسخ تشریحی سوال ۵

آ) از فرمول درصد جرمی محلول استفاده می کنیم.

$$\text{درصد جرمی محلول} = \frac{\text{گرم حل شونده}}{\text{گرم محلول}} \times ۱۰۰٪ \rightarrow \frac{1.2\ g \text{ بنزوئیک اسید}}{750\ g + 1.2\ g} \times ۱۰۰ = ۰٪/۱۶$$

ب) چگالی آب $g.mL^{-1}$ ۱ است. بنابر این وزن کلی محلول پس از افزودن آب برابر با g ۱۰۰۰ = ۱ + ۹۹۹ می باشد.

برای تعیین درصد جرمی محلول پس از رقیق شدن از رابطه زیر استفاده می کنیم. (a درصد جرمی محلول است)

$$a_۱ \times V_۱ = a_۲ \times V_۲$$

$$a_۱ \times V_۱ = a_۲ \times V_۲ \rightarrow a_۱ \times V_۱ = a_۲ \times ۱۰۰۰ \rightarrow a_۲ = ٪\ ۱/۶ \times ۱۰^{-۵}$$

بین غلظت بر حسب درصد جرمی (a) و غلظت ppm، رابطه زیر وجود دارد.

$$\frac{a}{10^2} = \frac{ppm}{10^6}$$

$$\frac{a}{10^2} = \frac{ppm}{10^6} \rightarrow \frac{1.6 \times 10^{-5}}{10^2} = \frac{ppm}{10^6} \rightarrow \text{غلظت محلول رقیق شده} = ۰/۱۶\ ppm$$

bemirzaie.blogfa.com