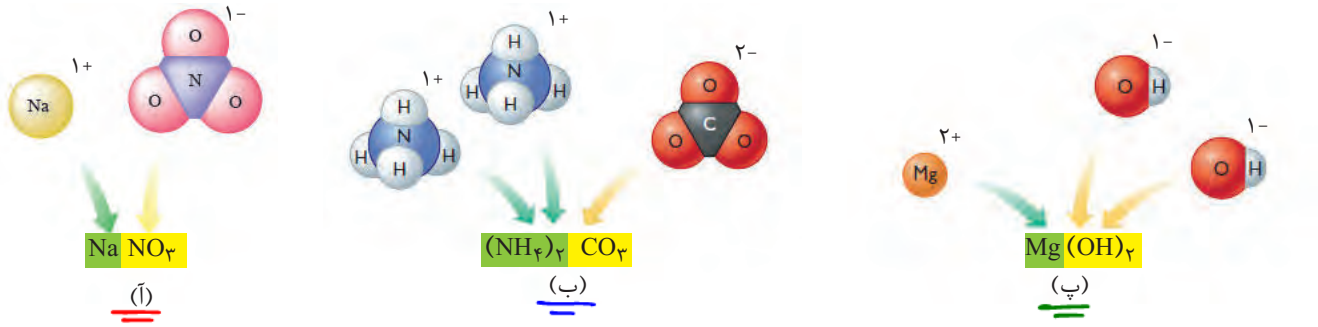


شکل ۶ـ نام و فرمول شیمیایی آ) سدیم نیترات، ب) آمونیوم کربنات و پ) منیزیم هیدروکسید

خود را بیازمایید

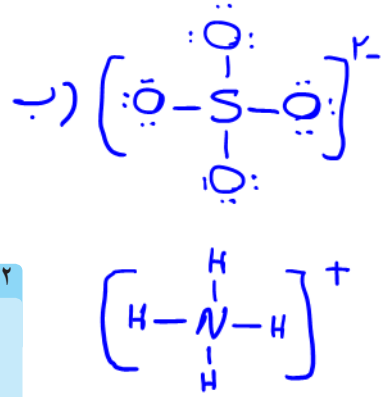
۱ـ جدول زیر را کامل کنید.

آنیون / کاتیون	Cl^- یون کلرید	NO_3^- یون نیترات	SO_4^{2-} یون سولفات	CO_3^{2-} یون کربنات	OH^- یون هیدروکسید
Li^+	LiCl	$LiNO_3$	Li_2SO_4	Li_2CO_3	LiOH
یون لیتیم	لیتیم کلرید	لیتیم نیترات	لیتیم سولفات	لیتیم کربنات	لیتیم هیدروکسید
Mg^{2+}	$MgCl_2$	$Mg(NO_3)_2$	$MgSO_4$	$MgCO_3$	$Mg(OH)_2$
یون منیزیم	منیزیم کلرید	منیزیم نیترات	منیزیم سولفات	منیزیم کربنات	منیزیم هیدروکسید
Fe^{2+}	$FeCl_2$	$Fe(NO_3)_2$	$FeSO_4$	$FeCO_3$	$Fe(OH)_2$
یون آهن (II)	آهن(II) کلرید	آهن(II) نیترات	آهن(II) سولفات	آهن(II) کربنات	آهن(II) هیدروکسید
Al^{3+}	$AlCl_3$	$Al(NO_3)_3$	$Al_2(SO_4)_3$	$Al_2(CO_3)_3$	$Al(OH)_3$
یون آلومینیم	آلومینیم کلرید	آلومینیم نیترات	آلومینیم سولفات	آلومینیم کربنات	آلومینیم هیدروکسید
NH_4^+	NH_4Cl	NH_4NO_3	$(NH_4)_2SO_4$	$(NH_4)_2CO_3$	NH_4OH
یون آمونیوم	آمونیوم کلرید	آمونیوم نیترات	آمونیوم سولفات	آمونیوم کربنات	آمونیوم هیدروکسید

۲ـ گیاهان برای رشد مناسب، افزون بر CO_2 و H_2O به عنصرهایی مانند S، N، P و ... نیاز دارند. آمونیوم‌سولفات یکی از کودهای شیمیایی است که دو عنصر نیتروژن و گوگرد را در اختیار گیاه قرار می‌دهد.

آ) از انحلال هر واحد آمونیوم سولفات در آب، چند یون تولید می‌شود؟ توضیح دهید.

ب) ساختار لوویس یون‌های آمونیوم و سولفات را رسم کنید.



محلول ضدیخ ← حلال: آب ، حل شونده: اتیلن گلیکول
سرم فیزیولوژی ← حلال: آب ، حل شونده: NaCl
گلاب ← حلال: آب
حل شونده: چند مادهٔ آلی

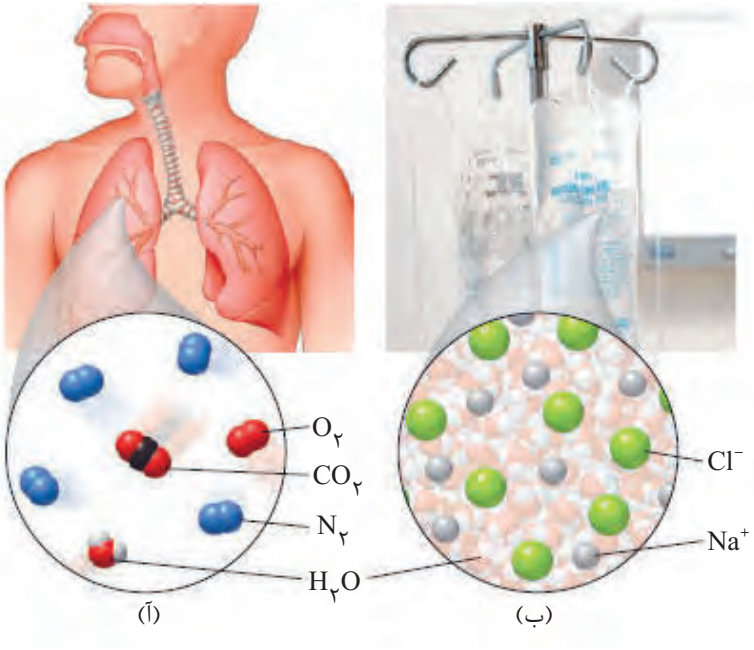
محلول و مقدار حل شونده‌ها

محلول[1]، مخلوطی همگن از دو یا چند ماده بوده که حالت فیزیکی و ترکیب شیمیایی در سرتاسر آن یکسان و یکنواخت است. محلول‌ها کاربردهای فراوانی در زندگی ما دارند (شکل ۷).

مخلوط آب و یخ محلول نیست!
مخلوط آب و روغن محلول نیست!

(پ)

(ت)



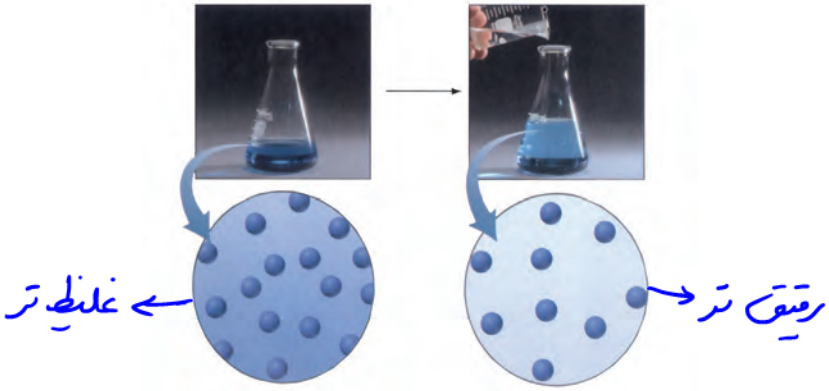
(آ) (ب)

شکل ۷ـ برخی محلول‌ها و کاربرد آنها. آ) هوای پاکی که تنفس می‌کنیم، محلولی از گازهاست، ب) سرم فیزیولوژی محلول نمک در آب است، پ) ضد یخ، محلول اتیلن گلیکول در آب است و ت) گلاب مخلوطی همگن از چند مادهٔ آلی در آب است.

سبز رنگ

● در محلول آبی ضدیخ، حالت فیزیکی در سرتاسر آن مایع و ترکیب شیمیایی مانند رنگ، غلظت و... در سرتاسر آن یکسان و یکنواخت است.

برخی محلول‌ها مانند سرم فیزیولوژی رقیق و برخی مانند گلاب دو آتشه غلیظ هستند. هنگامی که گفته می‌شود محلولی غلیظ است یعنی مقدار حل شونده(ها) در آن زیاد است (شکل۸). برای مثال شاید امروز صبح هنگام خوردن صبحانه گفته باشید که چای شیرین من خیلی غلیظ است. این گفته نشان می‌دهد که یا مقدار شکر موجود در چای شما زیاد بوده یا چای شما بسیار پررنگ بوده است (شکل ۹).



شکل ۸ـ نمای ذره‌ای از محلول آبی رقیق و غلیظ مس(II) سولفات

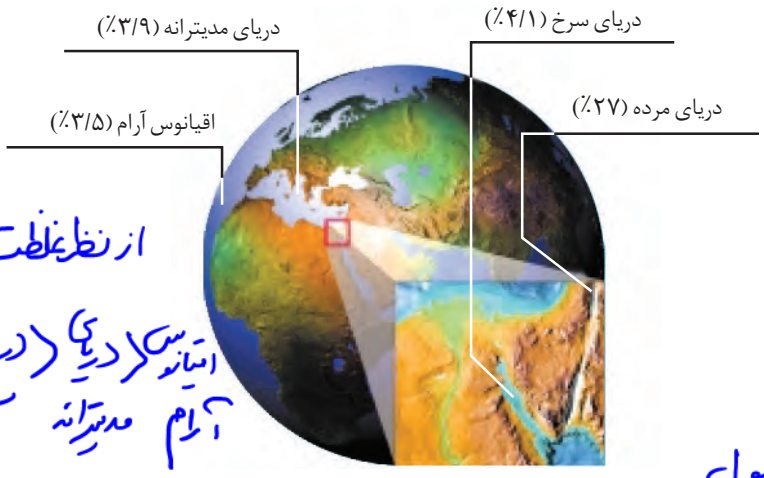
شکل ۹ـ در چای غلیظ، شمار ذره‌های حل شونده در واحد حجم بیشتر است.

● همه ساله خانهٔ خدا را با گلاب ناب کاشان شست‌وشو می‌دهند.

۱ـ Solution

$CuSO_4(aq)$

مقدار نمک‌های حل شده در آب دریاهای گوناگون نیز با هم تفاوت دارد (شکل ۱۰). برای نمونه در هر ۱۰۰ گرم از آب دریای مرده (بحرالمیت)، حدود ۲۷ گرم حل‌شونده (انواع نمک‌ها) وجود دارد؛ از این رو آب این دریا محلول غلیظی است که انسان می‌تواند به‌راحتی روی آن شناور بماند. دریاچهٔ ارومیه نیز یکی از دریاچه‌های شور دنیاست که مقدار نمک‌های حل شده در آن بسیار زیاد است. محلول آبی این دریاچه نیز بسیار غلیظ است؛ از این رو دریاچهٔ ارومیه منبع غنی از مواد شیمیایی گوناگون به‌شمار می‌آید.



شکل ۱۰ـ مقدار نمک‌های حل شده در آب دریاهای گوناگون

در درس علوم آموختید که هر محلول از دو جزء، **حلال**[1] و **حل‌شونده**[2] تشکیل شده است. درواقع، حلال جزئی از محلول است که حل‌شونده را در خود حل می‌کند و شمار مول‌های آن بیشتر است. خواص محلول‌ها به خواص حلال، حل‌شونده و مقدار هر یک از آنها بستگی دارد. بنابراین دانستن اینکه چه مقدار حل شونده در یک محلول وجود دارد، می‌تواند به درک خواص، رفتار و کاربرد آن محلول کمک کند.

شیمی‌دان‌ها **غلظت** یک محلول را مقدار حل‌شونده در مقدار معینی از حلال یا محلول تعریف می‌کنند. آنها در آزمایشگاه با محلول‌های گوناگونی سروکار دارند که مقدار حل‌شونده در آنها در گستره‌ای از مقدار بسیار کم تا مقدار بسیار زیاد متغیر است. از این رو غلظت محلول‌ها را به روش‌های گوناگون بیان می‌کنند. در اینجا سه مورد از انواع غلظت محلول‌ها بررسی می‌شود.

قسمت در میلیون

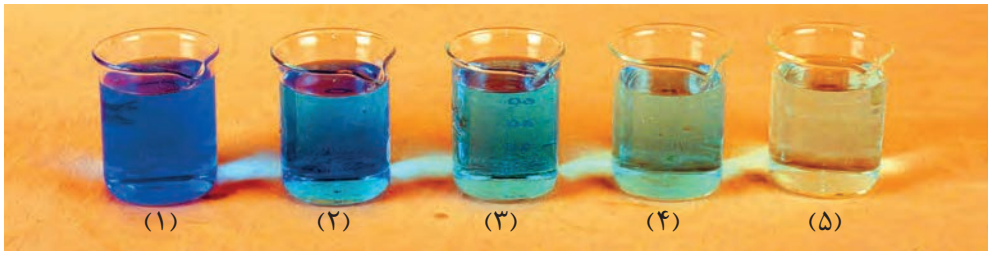
هرگاه ۰/۵ گرم مس (II) سولفات را در ۹۹/۵ گرم آب حل کنید، محلولی زیبا به رنگ آبی به‌دست می‌آید. حال اگر این محلول را با افزودن آب، چندین مرتبه رقیق‌تر کنیم، محلولی

آیا می‌دانید

دریاچهٔ ارومیه دومین دریاچهٔ شور دنیاست که در هر کیلوگرم از آب آن، بیش از ۲۰۰ گرم از انواع حل شونده‌ها وجود دارد. چگالی آب دریاچهٔ ارومیه در زمان پر آبی ۱/۱۴۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب و با pH=۷/۵ گزارش شده است. کاتیون‌های موجود در آب این دریاچه به طور عمده شامل Na^+، K^+، Ca^{2+}، Li^+ و Mg^{2+} و آنیون‌های موجود در آن به‌طور عمده شامل Cl^-، SO_4^{2-} و HCO_3^- است. مقدار Na^+ و Cl^- در آب دریاچهٔ ارومیه حدود چهار برابر آب دریاهای آزاد است. به همین علت آن را می‌توان منبعی غنی برای تولید نمک خوراکی دانست. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که متأسفانه این حوزهٔ آبی دچار خشکی شده است و اگر این روند ادامه یابد، خسارت‌های جبران‌ناپذیر و ردپای سنگینی بر زیست بوم منطقه برجای خواهد گذاشت.

۱ـ Solvent
۲ـ Solute

بسیار کم رنگ پدید می‌آید که گویی رنگ ندارد. ظاهر بی‌رنگ آن نشان می‌دهد که محلول بسیار رقیق بوده و مقدار حل‌شونده در آن بسیار کم است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱ـ در هر ۱۰۰ گرم محلول شمارهٔ ۵، حدود ۰/۰۰۰۰۵ گرم مس (II) سولفات وجود دارد.

برای بیان ساده‌تر غلظت محلول‌های بسیار رقیق مانند غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها در آب معدنی، آب آشامیدنی، آب دریا، بدن جانداران، بافت‌های گیاهی و مقدار آلاینده‌های هوا از کمیتی به نام **قسمت در میلیون (ppm)**[1] استفاده می‌شود. این کمیت نشان می‌دهد که در یک میلیون گرم از محلول، چند گرم حل شونده وجود دارد. ppm از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰^{۶}$$

(گرم حل‌شونده در ۱ تن (۱۰^۶ گرم) محلول)

توجه کنید در این رابطه، یکای جرم در صورت و مخرج کسر باید یکسان باشد.

نمونهٔ حل شده

در یک نمونه آب آشامیدنی به جرم ۲۰۰ گرم، ۰/۰۵ میلی‌گرم یون فلوئورید وجود دارد. غلظت یون F^- در این نمونه چند ppm است؟

پاسخ:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰^{۶} = \frac{۵ \times ۱۰^{-۵}\,g}{۲۰۰\,g} \times ۱۰^{۶} = ۰/۲۵\,\text{ppm}$$

در میان تارنماها

با مراجعه به منابع معتبر علمی، درباره اینکه «غلظت یون نیترات (NO_3^-) در آب آشامیدنی باید کمترین مقدار ممکن باشد» اطلاعاتی جمع‌آوری و در کلاس گزارش کنید.

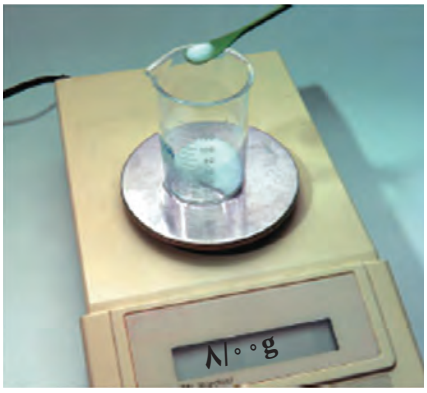
آیا می‌دانید

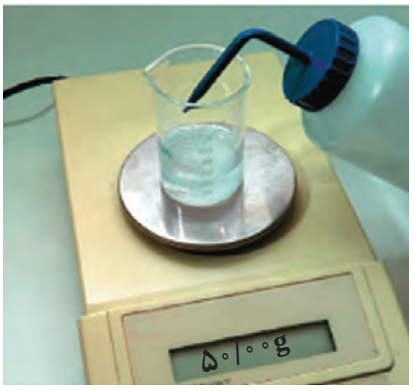
سازمان بهداشت جهانی مقدار مجاز یون فلوئورید را در آب آشامیدنی ۰/۷–۱/۲۲ppm اعلام کرده‌است. اگر مقدار یون فلوئورید از این گستره کمتر باشد، کارایی خود را از دست می‌دهد. از سوی دیگر، مصرف بیش از اندازه یون F^- باعث ایجاد خال یا لکه‌هایی به رنگ سفید مات بر سطح مینای دندان می‌شود. با ادامه مصرف یون فلوئورید، لکه‌ها قهوه‌ای شده، به‌تدریج فرو رفتگی ایجاد می‌شود.

۱ـ Part Per Million

با هم بیندیشیم

مربی آزمایشگاه پس از قرار دادن بشر روی ترازو، جرم آن را روی صفر تنظیم کرده و سپس با افزودن مقدار معینی پتاسیم کلرید (حل شونده) و آب (حلال)، محلولی تهیه می کند. با توجه به شکل‌های زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.





آ) جرم حل شونده، محلول و حلال را تعیین کنید.

ب) برای تهیه ۱۰۰ گرم از این محلول به چند گرم حل شونده و چند گرم حلال نیاز است؟

پ) غلظت پتاسیم کلرید در این محلول ۱۶ درصد جرمی است. با این توصیف، مفهوم درصد جرمی را توضیح دهید.

ت) رابطه‌ای برای محاسبه **درصد جرمی** محلول بیابید.

ث) بر روی ظرف حاوی محلول شست‌وشوی دهان عبارت «محلول استریل سدیم کلرید ۰/۹ درصد» نوشته شده است. معنی این عبارت را توضیح دهید.

خود را بیازمایید

۱ـ جدول زیر غلظت برخی یون‌ها را در یک نمونه از آب دریا نشان می‌دهد، آن را کامل کنید.

نام یون	نماد یون	میلی‌گرم یون در یک کیلوگرم آب دریا	غلظت یون	
			٪w/w	ppm
یون کلرید	Cl^-	۱۹۰۰۰		
یون سدیم	Na^+	۱۰۵۰۰		
یون سولفات	SO_4^{2-}	۲۶۵۵		
یون منیزیم	Mg^{2+}	۱۳۵۰		
یون کلسیم	Ca^{2+}	۴۰۰		
یون پتاسیم	K^+	۳۸۰		

آیا می‌دانید

بستر اقیانوس‌ها و دریاها مقدار قابل توجهی از مواد شیمیایی گوناگون را دارد. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که کلوخه‌های کف اقیانوس‌ها تا ۲۴ درصد منگنز (Mn)، ۱۴ درصد آهن(Fe) و مقدار کمتری مس(Cu)، نیکل(Ni) و کبالت(Co) دارد. به همین دلیل گروه‌های اکتشافی زیادی در سراسر دنیا وجود دارند که به بررسی ترکیب شیمیایی بستر اقیانوس‌ها و دریاها می‌پردازند. همچنین جالب است بدانید که اکتشاف این منابع به مرز آبی کشورها محدود نمی‌شود.

$۳/۵ = \frac{x}{۱/۵ \times ۱۰^{۱۸}} \times ۱۰۰ \Rightarrow x = ۵/۲۵ \times ۱۰^{۱۶}\ ton$

۲ـ جرم کل آب‌های زمین در حدود $۱۰^{۱۸} \times ۱/۵$ تن است. اگر مقدار نمک‌های حل شده در این آب‌ها برابر با ۳/۵ درصد باشد، حساب کنید چند تن از انواع نمک در آنها وجود دارد؟

۳ـ با توجه به شکل، درصد جرمی قند موجود در هر یک از نوشابه‌های گازدار را تعیین کنید.

۲۹g ۱۰۸g

غلظت قند:

نوشابه رژیمی: $\frac{۱۰۸}{۱۵۰۰} \times ۱۰۰ = ۷/۲$

نوشابه قوطی: $\frac{۲۹}{۳۳۰} \times ۱۰۰ \simeq ۸/۸$

نوشابه رژیمی < نوشابه قوطی

پیوند با صنعت

دریا یکی از نعمت‌های خدادادی است که منبعی سرشار از مواد شیمیایی است. در آب دریا در حدود $۱۰^{۱۶} \times ۵$ تن از انواع مواد گوناگون وجود دارد (شکل ۱۲).

در سوال ۲ (بالا) محاسبه شد

شکل ۱۲ـ گرمای شدید، سبب تبخیر آب دریاچه‌ها و دریاها شده، در نتیجه بلورهای جامد زیبایی تشکیل می‌شود. بلورهایی که شامل انواع نمک‌ها هستند.

مواد شیمیایی موجود در آب دریا را می‌توان به روش‌های فیزیکی یا شیمیایی از آن جدا کرد. برای نمونه سالانه میلیون‌ها تن سدیم کلرید با روش **تبلور**[۱] از آب دریا جداسازی و استخراج می‌شود (شکل ۱۳).

شکل ۱۳ـ استخراج و جداسازی سدیم کلرید به روش تبلور

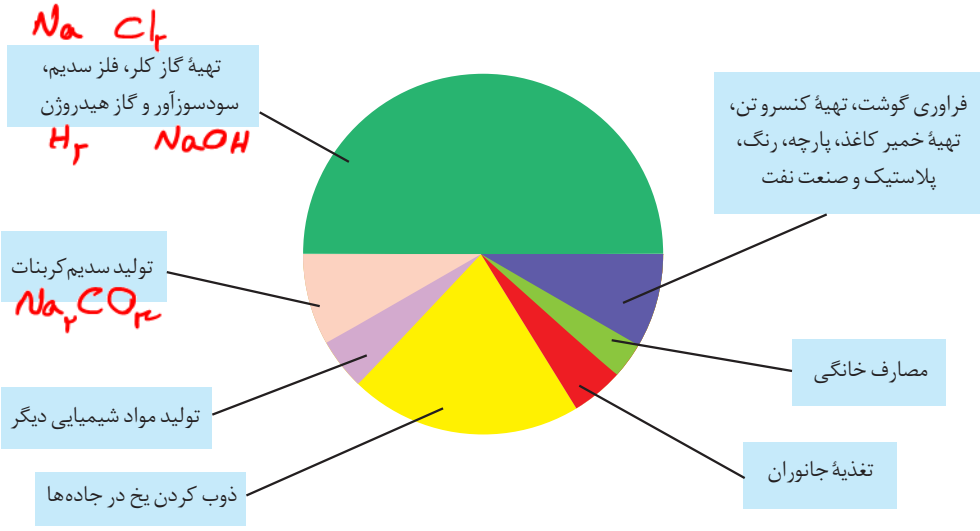
نمک خوراکی در زندگی روزانه و صنایع گوناگون کاربردهای فراوانی دارد (نمودار ۱).

آیا می‌دانید

سالانه ۱۵۰ میلیون تن نمک خوراکی در جهان و در صنایع گوناگون مصرف می‌شود. این نمک را از آب دریا یا معادن نمک تهیه می‌کنند. یکی از مهم‌ترین منابع سدیم کلرید، صحرایی بزرگ از نمک واقع در کشور بولیوی است. این صحرا از تبخیر آب دریاچهٔ مین‌چین به جای مانده است. مساحت این صحرا حدود ۱۰۲۵۰ کیلومتر مربع است. برآورد شده است که در این صحرا، ۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰ تن نمک وجود دارد که سالانه ۲۵۰۰۰ تن نمک از آن استخراج می‌شود.

جداسازی حل‌شونده از محلول به شکل بلورهای جامد را تبلور می‌نامند.

۱ـ Crystalization



نمودار ۱ـ کاربردهای NaCl

فلز منیزیم مادهٔ ارزشمند دیگری است که در تهیهٔ آلیاژها، شربت معده و ... کاربرد دارد. یکی از منابع تهیهٔ این فلز آب دریاست. منیزیم در آب دریا به شکل $Mg^{2+}(aq)$ وجود دارد. برای استخراج و جداسازی آن، در مرحلهٔ نخست منیزیم را به‌صورت ماده جامد و نامحلول $Mg(OH)_2$ رسوب می‌دهند، سپس آن را به منیزیم کلرید تبدیل می‌کنند. در پایان با استفاده از جریان برق، منیزیم کلرید مذاب را به عنصرهای سازندهٔ آن تجزیه می‌کنند.

$$MgCl_2(l) \longrightarrow Mg(l) + Cl_2(g)$$

غلظت مولی (مولار)

غلظت بسیاری از محلول‌ها در صنعت، پزشکی، داروسازی، کشاورزی و زندگی روزانه با درصد جرمی بیان می‌شود، برای نمونه سرکهٔ خوراکی با خاصیت اسیدی ملایم که به‌عنوان چاشنی در غذاها مصرف می‌شود، محلول ۵ درصد جرمی استیک اسید در آب است. همچنین محلول غلیظ نیتریک اسید در صنعت با غلظت ۷۰ درصد جرمی تولید و بسته به کاربرد آن، به محلول‌های رقیق‌تر تبدیل می‌شود.

با این توصیف نباید چنین تصور شود که تهیهٔ محلول‌ها به حالت مایع، با درصد جرمی معین کار آسانی است. تجربه نشان می‌دهد که اندازه‌گیری حجم یک مایع به ویژه در آزمایشگاه، آسان‌تر از جرم آن است (چرا؟).

از سوی دیگر شیمی‌دان‌ها مقدار ماده را برحسب مول بیان می‌کنند در واقع مبنای محاسبه‌های کمّی در شیمی، مول است. اینک چنین به نظر می‌رسد بیان غلظتی از محلول پرکاربردتر خواهد بود که با مول‌های مادهٔ حل‌شونده و حجم محلول ارتباط داشته باشد. چنین غلظتی را **غلظت مولی**[۱] (**مولار**) می‌نامند.

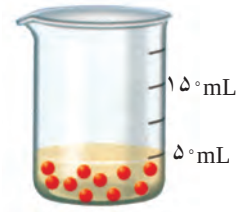
$$\text{مولار} = \frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{حجم محلول (L)}}$$

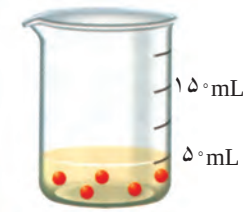
۱ـ Molar Concentration

● هنگام بیماری، توازن غلظت برخی گونه‌ها در خون به هم می‌خورد. از این‌رو انجام آزمایش‌های پزشکی و تعیین غلظت گونه‌های موجود در خون و دیگر محلول‌های بدن از ضروری‌ترین کارها در مراکز درمانی برای رسیدگی به یک بیمار است.

با هم بیندیشیم

۱ـ شکل زیر دو محلول از یک نوع حل‌شونده را در آب نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.





آ) کدام کمیت در این محلول‌ها یکسان است؟

ب) کدام کمیت در این محلول‌ها متفاوت است؟

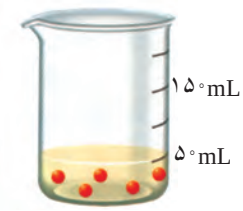
پ) اگر هر ذرهٔ حل‌شونده در شکل هم‌ارز با ۰/۰۰۱ مول باشد، نسبت مول‌های حل‌شونده به حجم محلول (برحسب لیتر) را برای هریک از دو محلول به‌دست آورید.

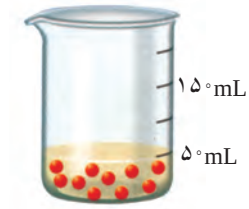
ت) کمیت به دست آمده در قسمت «پ»، غلظت مولی نام دارد. آن را در یک سطر تعریف و یکای آن را مشخص کنید.

ث) براساس غلظت مولی محاسبه‌شده، کدام محلول رقیق‌تر است؟ چرا؟

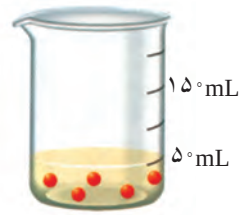
۲ـ با توجه به شکل، هریک از جمله‌های زیر را با خط‌زدن واژه‌های نادرست کامل کنید.

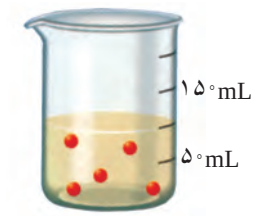
آ) با افزودن مقداری حلال / حل‌شونده به یک محلول در حجم ثابت، غلظت محلول کاهش / افزایش می‌یابد.





ب) با افزودن مقداری حلال / حل‌شونده به محلولی با غلظت معین، غلظت محلول کاهش / افزایش می‌یابد.





- محلول مولار سدیم هیدروکسید نشان می‌دهد که در هر لیتر از این محلول، ۱mol سدیم هیدروکسید حل شده است. از این رو در ۰/۱ لیتر از این محلول، ۰/۱ مول و در ۱۰ لیتر از آن، ۱۰ مول سدیم هیدروکسید حل شده وجود دارد.

- دستگاه اندازه‌گیری قند خون (گلوکومتر). این دستگاه میلی‌گرم گلوکز را در هر دسی‌لیتر (dL) از خون نشان می‌دهد. غلظت مولی گلوکز در این نمونه از خون چند مولار است؟

(۱dL = ۱۰۰mL)