

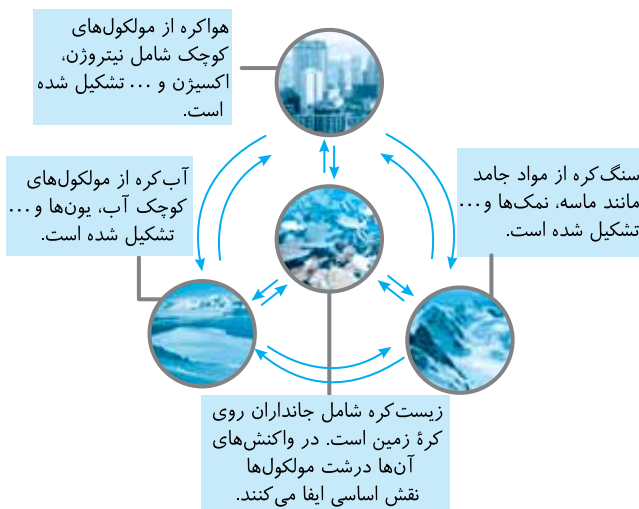
سیاره ما با جوّی سرشار از اکسیژن و سطحی پوشیده از آب فراوان، همانند سفینه‌ای مجهز و بسیار بزرگ است.

۱ نقش آب در کره زمین

- ۱- سیاره ما امن‌ترین مکان برای زندگی بشر و دیگر جانداران و نیز پهناترین زیستگاه برای آبزیان به شمار می‌آید.
 - ۲- در این سیاره آبی، یکی از زیباترین جلوه‌های آفرینش، آب است که حتی می‌تواند به درون یاخته‌های موجودات زنده راه یابد.
 - ۳- با این‌که آب در جای‌جای گیتی، نماد زندگی است، اما امروز، بیان و شنیدن این واژه یک زنگ خطر و بیدارباش برای اصلاح رفتار ما در راستای حفظ و مصرف بهینه از منابع آن است.
 - ۴- زمین در فضا به رنگ آبی دیده می‌شود، زیرا حدود ۷۵ درصد سطح آن را آب پوشانده است؛ به گونه‌ای که جرم کل آب روی کره زمین در حدود 1.5×10^{18} تن برآورد می‌شود.
 - ۵- بخش عمده آب سطح زمین در اقیانوس‌ها و دریاها توزیع شده است، به گونه‌ای که اگر کره زمین را مسطح در نظر بگیریم، آب، همه سطح آن را تا ارتفاع بیش از ۲ کیلومتر می‌پوشاند.
 - ۶- آب اقیانوس‌ها و دریاها مخلوطی همگن (یکنواخت) است که اغلب مزه‌ای شور دارد، زیرا مقدار قابل توجهی از نمک‌های گوناگون در آن حل شده است.
- توجه!** برآوردها نشان می‌دهند که 5×10^{16} تن نمک در آب اقیانوس‌ها و دریاها وجود دارد و سالانه میلیاردها تن مواد گوناگون از سنگ‌کره نیز وارد آب‌کره می‌شوند، از آن‌جا که جرم کل مواد حل‌شده در آب کره زمین تقریباً ثابت است، بنابراین همین مقدار ماده نیز باید از آب دریاها و اقیانوس‌ها خارج شود.

۱ زمین از دیدگاه شیمیایی پویاست

کره زمین را می‌توان سامانه‌ای بزرگ در نظر گرفت که شامل چهار بخش هواکره، آب‌کره، سنگ‌کره و زیست‌کره می‌باشد.



در سامانه کره زمین بین چهار بخش هواکره، آب‌کره، سنگ‌کره و زیست‌کره پیوسته مواد گوناگونی مبادله می‌شود:

- ۱- سالانه حجم عظیمی از آب دریاها بخار و وارد هواکره می‌شود و به صورت بارش در آب‌کره یا سنگ‌کره فرود می‌آید.
- ۲- جانداران آبی سالانه میلیاردها تن کربن دی‌اکسید (CO_2) را وارد هواکره و مقدار بسیار زیادی از گاز اکسیژن محلول در آب را مصرف می‌کنند.
- ۳- فعالیت‌های آتشفشانی سبب می‌شود که گازهای گوناگون و مواد شیمیایی جامد به صورت گرد و غبار وارد هواکره شوند.
- ۴- لاشه جانوران و گیاهان بر اثر واکنش‌های شیمیایی تجزیه شده و به صورت مولکول‌های کوچک‌تری وارد آب‌کره، هواکره یا سنگ‌کره می‌شوند.
- ۵- جانداران سالانه مقدار بسیار زیادی از ترکیب‌های کربن‌دار را وارد بخش‌های گوناگون کره زمین می‌کنند.

توجه! با توجه به موارد ذکر شده می‌توان گفت: زمین از دیدگاه شیمیایی پویاست یعنی، بین بخش‌های گوناگون کره زمین، برهم‌کنش‌های فیزیکی و شیمیایی وجود دارد و مواد گوناگونی بین آن‌ها منتقل می‌شود.

یون‌های موجود در آب دریا

۱- جدول زیر، نام، نماد شیمیایی و مقدار برخی از یون‌های حل شده در آب دریا را نشان می‌دهد:

نام یون	کلرید	سدیم	سولفات	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	کربنات	برمید
نماد یون	Cl^-	Na^+	SO_4^{2-}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+	CO_3^{2-}	Br^-
مقدار یون (میلی گرم یون در یک کیلوگرم آب دریا)	۱۹۰۰۰	۱۰۵۰۰	۲۶۵۵	۱۳۵۰	۴۰۰	۳۸۰	۱۴۰	۶۵

۲- با توجه به جدول فوق می‌توان گفت:

الف) کاتیون‌های عنصرهای گروه اول جدول دوره‌ای مانند: Na^+ و K^+ و گروه دوم مانند: Mg^{2+} و Ca^{2+} در آب دریا وجود دارند.

ب) در آب دریا، بیشترین آنیون و کاتیون به ترتیب کلرید (Cl^-) و سدیم (Na^+) می‌باشد. مقایسه مقدار کاتیون‌ها و آنیون‌ها در آب دریا به صورت زیر است:

$Na^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+} > K^+$: مقایسه مقدار کاتیون‌ها در آب دریا

$Cl^- > SO_4^{2-} > CO_3^{2-} > Br^-$: مقایسه مقدار آنیون‌ها در آب دریا

پ) در میان تمام یون‌هایی که در آب دریا وجود دارند، مقایسه مقدار یون‌ها به صورت زیر است:

$Cl^- > Na^+ > SO_4^{2-} > Mg^{2+} > Ca^{2+} > K^+ > CO_3^{2-} > Br^-$: مقایسه مقدار یون‌ها در آب دریا

توجه وجود انواع یون‌ها در آب دریا به دلیل انحلال نمک‌های گوناگون در آن می‌باشد؛ به عنوان مثال، در اثر انحلال ترکیب‌های KCl ، $CaCl_2$ ، $NaBr$ ، $MgCl_2$ و یون‌هایی مانند: Na^+ ، Br^- ، Cl^- ، K^+ ، Ca^{2+} و Mg^{2+} وارد آب دریا می‌شود.

منابع آب در کره زمین

۱- اگرچه ۷۵ درصد سطح زمین را آب تشکیل می‌دهد، اما ۵۰ درصد جمعیت جهان از کم‌آبی رنج می‌برند؛ زیرا با توجه به شکل زیر می‌توان نتیجه گرفت که مقدار بسیار کمی از آب‌های سطح زمین شیرین هستند و بیشتر آن‌ها شور بوده و نمی‌توان از آن‌ها در کشاورزی و مصارف خانگی و صنعتی استفاده کرد.

۲- با توجه به شکل روبه‌رو می‌توان گفت:

الف) بیشترین مقدار آب کره در اقیانوس‌ها (۹۷/۲ درصد) وجود دارد.

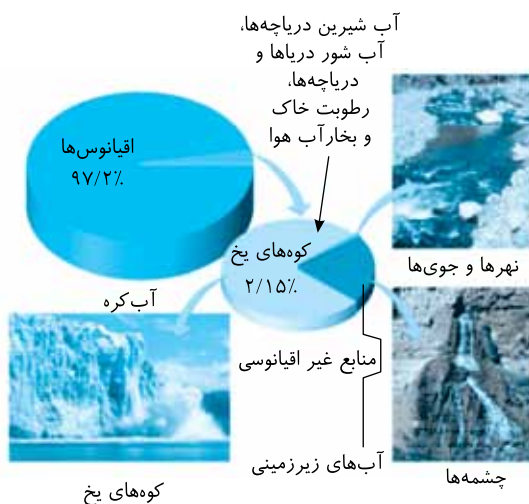
ب) کمترین مقدار آب کره در آب شیرین دریاچه‌ها، آب شور دریاها و دریاچه‌ها، رطوبت خاک و بخار هوا وجود دارد.

۳- ۶۶ درصد از مردم جهان تا سال ۲۰۲۵ با کمبود آب روبه‌رو خواهند شد.

۴- چون بیشتر آب‌های روی زمین شور هستند، بنابراین تهیه آب شیرین و آشامیدنی و همچنین آب قابل استفاده در کشاورزی، صنعت و دیگر حوزه‌ها یکی از چالش‌های اساسی در سطح جهان است.

۵- اقیانوس‌ها، دریاها، دریاچه‌ها و ... منابع ارزشمندی برای تهیه و استخراج مواد شیمیایی گوناگون، تولید فراورده‌های پروتئینی، مواد و وسایل تزئینی، تهیه داروهای گوناگون و ... هستند.

۶- پژوهش‌ها نشان می‌دهند که یکی از مهم‌ترین چالش‌های کشور ما در آینده‌ای نزدیک، کمبود آب شیرین خواهد بود که با مدیریت درست منابع آب، می‌توان پیامدهای آن را کاهش داد.



نکته

با توجه به شکل بالا نحوه توزیع آب در جهان به صورت زیر است:

رطوبت خاک و بخار آب موجود در هوا > آب شور و آب شیرین دریاچه‌ها > نهرها و جوی‌ها > آب‌های زیرزمینی > کوه‌های یخی > اقیانوس‌ها: توزیع آب در جهان

اگر کره زمین را مسطح در نظر بگیریم، آب همه سطح آن را تا ارتفاع بیش از ۲ کیلومتر می‌پوشاند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه (۱): جرم کل مواد حل شده در آب کره، تقریباً ثابت است.

گزینه (۲): کره زمین شامل چهار بخش هواکره، آب کره، سنگ کره و زیست کره است.

گزینه (۴): پویا بودن زمین به معنای وجود برهم کنش‌های فیزیکی و شیمیایی بین بخش‌های گوناگون آن است.

۲ (A) عبارتهای (الف) و (پ) درست هستند. بررسی عبارتهای نادرست:

عبارت (ب): ۶۶ درصد از جمعیت جهان تا سال ۲۰۲۵ با کمبود آب مواجه خواهند شد و ۵۰ درصد اکنون با این موضوع روبه‌رو هستند. عبارت (ت): کوه‌های یخ جزء آب‌های غیراقیانوسی به حساب می‌آیند.

۳ (C) هر ۴ عبارت نادرست هستند. بررسی عبارتهای:

عبارت (الف): زمین از دیدگاه شیمیایی پویاست و بخش‌های گوناگون آن با یکدیگر برهم‌کنش‌های فیزیکی و شیمیایی دارند. عبارت (ب): فعالیت‌های آتشفشانی سبب می‌شود گازهای گوناگون و مواد شیمیایی جامد به صورت گرد و غبار وارد هواکره شوند. (مبادله مواد بین سنگ‌کره و هواکره) عبارت (پ): آب‌کره از مولکول‌های کوچک آب، یون‌ها و ... تشکیل شده است. در حالی که در واکنش‌های زیست‌کره، درشت مولکول‌ها نقش اساسی ایفا می‌کنند. عبارت (ت): لاشه جانوران و گیاهان بر اثر واکنش‌های شیمیایی تجزیه شده و به‌صورت مولکول‌های کوچک‌تری وارد آب‌کره، هواکره یا سنگ‌کره می‌شوند.

۴ (A) عبارتهای (ب)، (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارتهای نادرست:

عبارت (ب): بیشترین مقدار آب‌کره، مربوط به اقیانوس‌ها است. عبارت (پ): آنیون کلرید، بیشترین مقدار را در میان آنیون‌های موجود در آب دریا دارد. عبارت (ت): حدود ۷۵ درصد سطح زمین را آب پوشانده است که به همین دلیل، زمین در فضا به رنگ آبی دیده می‌شود.

۵ (A) کاتیون‌های گروه اول (K^+ , Na^+) و گروه دوم (Ca^{2+} , Mg^{2+}) در آب دریا وجود دارد.

۶ (B) بررسی گزینه‌های نادرست:

گزینه (۱): مقایسه مقدار برخی کاتیون‌های موجود در آب دریا به صورت $Na^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+} > K^+$ است. گزینه (۲): مقایسه مقدار برخی آنیون‌های موجود در آب دریا به صورت $Cl^- > SO_4^{2-} > CO_3^{2-} > Br^-$ است. گزینه (۴): وجود انواع یون‌ها در آب دریا به دلیل انحلال نمک‌های گوناگون در آن است به طوری که مقدار قابل توجهی از یون Cl^- موجود در آب دریا به دلیل انحلال نمک‌های $NaCl$ و $MgCl_2$ در آب است؛ زیرا Na^+ و Mg^{2+} در میان کاتیون‌های موجود در آب دریا بیشترین فراوانی را دارند.

۷ (C) عبارتهای اول و سوم درست هستند. یون Cl^- در بین یون‌های موجود در آب دریا بیشترین فراوانی را دارد. بررسی عبارتهای:

عبارت اول: آرایش الکترونی یون Cl^- مشابه آرایش الکترونی گاز نجیب تناوب سوم (Ar_{18}) است:

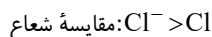


عبارت دوم: الکترون‌های با $l=1$ یعنی الکترون‌هایی که در زیر لایه p قرار دارند، با توجه به آرایش الکترونی اتم کلر (${}_{17}Cl$)، این اتم ۱۱ الکترون با $l=1$ دارد.



عبارت سوم: آنیون نافلزها نسبت به خود نافلزها پایدارتر هستند، زیرا به آرایش گاز نجیب هم‌دوره خود می‌رسند.

عبارت چهارم: شعاع آنیون نافلزها نسبت به شعاع اتمی نافلزها بزرگ‌تر است:



عبارت پنجم: اتم کلر (${}_{17}Cl$) در انتهای دوره سوم قرار دارد، می‌دانیم در یک تناوب شعاع اتمی از چپ به راست کاهش می‌یابد.

۸ (A)

شناسایی یون‌ها در محلول آبی

کلاس درس

۴

در این کلاس درس ضمن معرفی برخی از یون‌های موجود در آب با یکی از روش‌های شناسایی یون‌های محلول در آب نیز آشنا خواهیم شد.

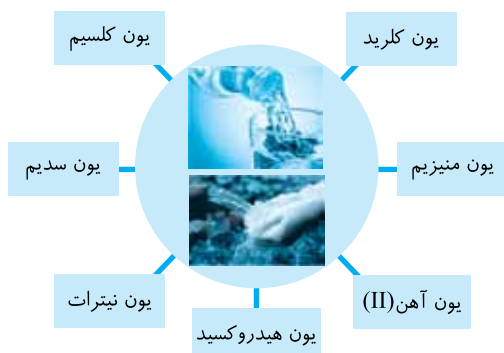
آب آشامیدنی زلال و شفاف اما ناخالص

۱- دریاها، مخلوط همگن (یکنواخت) از انواع یون‌ها و مولکول‌ها در آب هستند. نوع و مقدار مواد حل شده در دریاها با یکدیگر متفاوت است، زیرا آب‌هایی که به دریاها می‌ریزند در مسیر خود از زمین‌هایی گذر می‌کنند که مواد شیمیایی گوناگون دارند.

۲- اغلب چشمه‌ها، قنات‌ها و رودخانه‌ها، آبی زلال و شفاف دارند که شیرین، گوارا و آشامیدنی است که این آب‌ها، در مسیر ترکیبات متفاوتی را در خود حل می‌کنند، بنابراین ناخالص هستند.

۳- آب آشامیدنی، مخلوطی زلال و همگن (یکنواخت) بوده که حاوی مقدار کمی از یون‌های گوناگون است. در شکل روبه‌رو برخی از یون‌های موجود در آب‌های آشامیدنی و شیرین نشان داده شده است:

۴- برخی از یون‌ها به‌طور طبیعی در آب آشامیدنی حل شده‌اند و برخی دیگر در مراکز تأمین آب آشامیدنی سالم به آن افزوده می‌شوند، به‌عنوان مثال، به آب آشامیدنی مقدار بسیار کمی یون فلوئورید (F^-) می‌افزایند، زیرا وجود این یون، سبب حفظ سلامت دندان‌ها می‌شود.



توجه مقدار و نوع یون‌های موجود در آب‌های شیرین از محلی به محل دیگر تفاوت دارد به طوری که تفاوت آب آشامیدنی و دیگر آب‌ها در نوع و مقدار حل‌شونده آن‌ها است.

۵- فرایندی که طی آن تقریباً همهٔ مواد حل‌شده در آب خارج می‌شوند و در نتیجه فرآوردهٔ آن، آب تقریباً خالص است را **تقطیر** و به آب حاصل، آب مقطر می‌گویند.

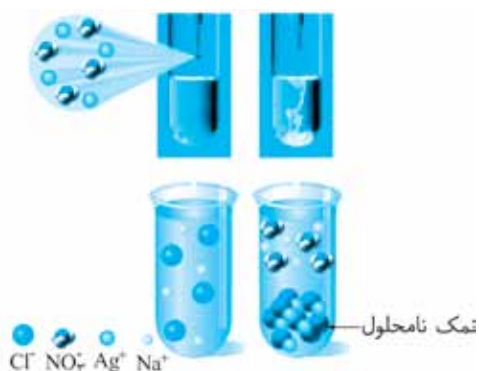
نکته

آب باران در هوای پاک تقریباً خالص است، زیرا هنگام تشکیل برف و باران، تقریباً همهٔ مواد حل‌شده در آب از آن جدا می‌شوند، بنابراین می‌توان گفت که تشکیل برف و باران نوعی فرایند **تقطیر** است.

روش شناسایی یون‌ها در محلول

یکی از روش‌های شناسایی یون‌های محلول در آب، اضافه کردن محلول یک ترکیب یونی دیگر به محلول اولیه است. به طوری که یون موردنظر تشکیل مادهٔ نامحلول (رسوب) دهد؛ که در این صورت با توجه به رسوب تشکیل شده و رنگ آن پی به وجود یون موردنظر می‌بریم.

شناسایی یون Ag^+ یا Cl^-



اگر به محلول نقره نیترات ($AgNO_3(aq)$) مقداری محلول سدیم کلرید ($NaCl(aq)$) اضافه کنیم یون‌های $Ag^+(aq)$ و $Cl^-(aq)$ با یکدیگر رسوب سفید رنگ نقره کلرید $AgCl(s)$ را تشکیل می‌دهند که در این صورت می‌توان نتیجه گرفت که یون Ag^+ در محلول اولیه وجود داشته است که با یون Cl^- تشکیل رسوب $AgCl$ داده است.

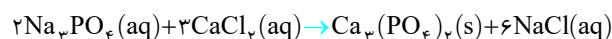


رسوب سفید رنگ

توجه براساس واکنش فوق می‌توان نتیجه گرفت که برای شناسایی یون Ag^+ ، می‌توان از محلولی مانند سدیم کلرید ($NaCl$) استفاده کرد که دارای آنیون Cl^- باشد که در این صورت، رسوب سفید رنگ نقره کلرید ($AgCl(s)$) تشکیل می‌شود. البته می‌توان از این واکنش برای شناسایی یون Cl^- هم استفاده کرد.

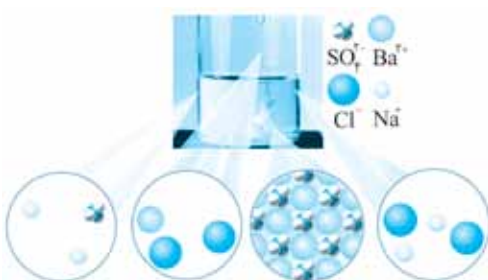
شناسایی یون Ca^{2+}

اگر به محلول کلسیم کلرید ($CaCl_2(aq)$) مقداری محلول سدیم فسفات ($Na_3PO_4(aq)$) اضافه کنیم، یون‌های $Ca^{2+}(aq)$ و $PO_4^{3-}(aq)$ با یکدیگر رسوب کلسیم فسفات ($Ca_3(PO_4)_2(s)$) تشکیل می‌دهند که در این صورت پی به وجود یون $Ca^{2+}(aq)$ می‌بریم.



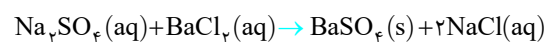
رسوب سفید رنگ

توجه براساس واکنش فوق می‌توان نتیجه گرفت که برای شناسایی یون کلسیم (Ca^{2+})، می‌توان از محلولی مانند سدیم فسفات (Na_3PO_4) استفاده کرد که دارای آنیون فسفات (PO_4^{3-}) باشد، که در این صورت، رسوب سفید رنگ کلسیم فسفات ($Ca_3(PO_4)_2(s)$) تشکیل می‌شود.



شناسایی یون Ba^{2+}

برای شناسایی یون (Ba^{2+})، می‌توان از محلولی استفاده کرد که دارای آنیون سولفات (SO_4^{2-}) باشد، مانند محلول سدیم سولفات (Na_2SO_4)، که در این صورت، یک واکنش شیمیایی انجام شده و رسوب سفید رنگ باریوم سولفات ($BaSO_4(s)$) تشکیل می‌شود:



رسوب سفید رنگ

نکته

تمام واکنش‌های انجام شده برای شناسایی یون‌های کلرید، کلسیم و باریوم، از نوع شیمیایی هستند. در این واکنش‌ها در واقع فلزهای موجود در دو محلول جابه‌جا شده‌اند؛ به عنوان مثال در واکنش شناسایی یون Ba^{2+} ، دو فلز Ba و Na ، هر کدام جای دیگری قرار می‌گیرد، البته پس از جابه‌جایی فلزها، باید فرمول‌نویسی ترکیب‌های جدید به دست آمده را کنترل نماییم.

نتیجه اگر دو یون در محلول آبی با یکدیگر ترکیب شده و رسوب ایجاد کنند، می‌توان از آن دو یون برای شناسایی یکدیگر استفاده کرد.

یادآوری از فصل دوم:

برای شناسایی یون‌های Fe^{2+} و Fe^{3+} در محلول‌های آبی می‌توان از آنیون OH^- (یون هیدروکسید)، استفاده کرد زیرا این دو کاتیون با یون OH^- به ترتیب رسوب‌های $Fe(OH)_2$ (سبزرنگ) و $Fe(OH)_3$ (قرمز مایل به قهوه‌ای) تشکیل می‌دهند.

جمع‌بندی کلاس درس ۲

رنگ رسوب	رسوب تشکیل شده	آنیونی باید اضافه کنیم	هدف شناسایی یون
سفید	$AgCl(s)$	$Cl^-(aq)$ (یون کلرید)	$Ag^+(aq)$ (یون نقره)
سفید	$Ca_3(PO_4)_2(s)$	$PO_4^{3-}(aq)$ (یون فسفات)	$Ca^{2+}(aq)$ (یون کلسیم)
سفید	$BaSO_4(s)$	$SO_4^{2-}(aq)$ (یون سولفات)	$Ba^{2+}(aq)$ (یون باریم)

آب آشامیدنی، مخلوطی همگن بوده که حاوی مقدار کمی از یون‌های گوناگون است.

۹ ۳ عبارتهای (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت نادرست:**

عبارت (پ): هنگام تشکیل برف و باران، تقریباً تمام مواد حل‌شده در آب از آن خارج می‌شوند.

۱۰ ۲ عبارتهای (الف)، (ب) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): برخی از یون‌های محلول در آب آشامیدنی به‌طور طبیعی در آب حل شده‌اند.

عبارت (ب): برای شناسایی یون‌های کلسیم، کلرید و باریم در یک محلول باید از محلول‌هایی استفاده کرد که به‌ترتیب دارای یون‌های فسفات (PO_4^{3-}) ، نقره (Ag^+) و سولفات (SO_4^{2-}) باشند، بنابراین می‌توان به‌ترتیب از محلول‌های سدیم فسفات $(Na_3PO_4(aq))$ ، نقره نیترات $(AgNO_3(aq))$ و سدیم سولفات $(Na_2SO_4(aq))$ استفاده کرد.

عبارت (پ): در آب‌های آشامیدنی (آب شیر، آب معدنی، آب چشمه و قنات) و آب‌های دریا، نوع و مقدار مواد حل‌شده متفاوت است.

عبارت (ت): آب چشمه‌ها، رودخانه‌ها و قنات‌ها، دارای یون‌های متفاوت می‌باشند، بنابراین خالص نیستند و نمی‌توانند نمونه‌ای از آب مقطر باشند.

۱۱ ۱ یون‌های باریم (Ba^{2+}) و کلسیم (Ca^{2+}) به‌ترتیب در حضور یون‌های سولفات (SO_4^{2-}) و فسفات (PO_4^{3-}) ، رسوب‌های سفیدرنگ تشکیل می‌دهند.

۱۲ ۳ معادله موازنه شده واکنش به صورت $2Na_3PO_4(aq) + 3CaCl_2(aq) \rightarrow 6NaCl(aq) + Ca_3(PO_4)_2(s)$ است. **بررسی گزینه‌ها:**

گزینه (۱): فرآورده محلول در این واکنش سدیم کلرید $(NaCl(aq))$ است که ضریب آن (۶) برابر مجموع ضرایب سه ماده دیگر شرکت‌کننده در این واکنش است. $(2+3+1=6)$

گزینه (۲): فرآورده رسوبی شکل این واکنش کلسیم فسفات $(Ca_3(PO_4)_2(s))$ است. از واکنش داده شده می‌توان برای شناسایی کاتیون (Ca^{2+}) و آنیون (PO_4^{3-}) این ترکیب استفاده کرد.

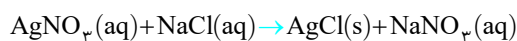
گزینه (۳): رسوب تشکیل شده در این واکنش $(Ca_3(PO_4)_2(s))$ سفید رنگ بوده و دارای ۳ کاتیون (Ca^{2+}) و ۲ آنیون (PO_4^{3-}) است. بنابراین شمار آنیون در آن یک واحد کمتر از شمار کاتیون است.

گزینه (۴): کاتیون موجود در فرآورده محلول این واکنش (Na^+) همان کاتیونی است که در بین کاتیون‌های موجود در آب دریا بیشترین فراوانی را دارد.

۱۳ ۲ عبارتهای (ب) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

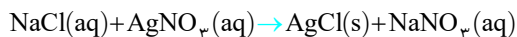
عبارت (الف): ترکیب E در انتهای لوله آزمایش ته‌نشین شده است، بنابراین همان رسوب سفید رنگ نقره کلرید $(AgCl(s))$ است.

عبارت (ب): ترکیب‌های موجود در لوله آزمایش (۲) همان فرآورده‌های واکنش هستند که هر دو جزء ترکیب‌های یونی هستند که البته حالت فیزیکی متفاوتی دارند.



عبارت (پ): یون‌های C و D به ترتیب $Cl^-(aq)$ و $Na^+(aq)$ هستند. توجه داشته باشید که شعاع و اندازه یون Cl^- بزرگ‌تر از Na^+ است.

عبارت (ت): از این آزمایش می‌توان برای شناسایی یون‌های موجود در رسوب تشکیل شده در واکنش استفاده کرد. بنابراین این واکنش برای شناسایی یون‌های $(Cl^-)C$ و $(Ag^+)B$ مناسب است.

۱۴ B عبارتهای (الف)، (ب) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**


عبارت (الف): معادله موازنه شده واکنش انجام شده به صورت روبه‌رو است:

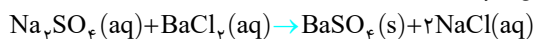
بنابراین مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در معادله موازنه شده این واکنش برابر ۴ است.

عبارت (ب): در این واکنش شیمیایی تمام مواد شرکت کننده در واکنش (واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها) جزء ترکیب‌های یونی هستند.

عبارت (پ): با توجه به تشکیل رسوب AgCl(s) ، از این واکنش می‌توان برای شناسایی هر دو یون $\text{Ag}^+(\text{aq})$ و $\text{Cl}^-(\text{aq})$ استفاده کرد.

عبارت (ت): رسوب تشکیل شده AgCl(s) سفید رنگ بوده و در هر واحد فرمولی آن ۲ اتم وجود دارد.

عبارت (ث): در فرورده‌های این واکنش یک ترکیب محلول $(\text{NaNO}_3(\text{aq}))$ و یک رسوب (AgCl(s)) حضور دارند.

۱۵ C عبارتهای (ب) و (ت) درست هستند. شکل نشان داده شده مربوط به واکنش زیر است:


بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): مادهٔ نامحلول تشکیل شده، باریم سولفات (BaSO_4) است که سفیدرنگ بوده و به دلیل وجود آنیون چند اتمی سولفات (SO_4^{2-}) در ساختار

آن، دارای هر دو نوع پیوند یونی و کووالانسی است.

عبارت (ب): براساس واکنش بیان شده، مجموع ضرایب استوکیومتری مواد موجود در واکنش برابر ۵ است.

عبارت (پ): فراوردهٔ محلول، NaCl بوده که دارای ۲ اتم است.

عبارت (ت): در $\text{BaSO}_4(\text{s})$ یک کاتیون و یک آنیون وجود دارد، بنابراین مجموع شمار کاتیون و آنیون آن برابر ۲ است.

۱۶ B در طی فرایند تقطیر، تقریباً تمام اجزای حل‌شده در آب از آن خارج شده و آب خالص (مقطر) حاصل می‌شود.

۱۷ B عبارتهای (ب) و (ت) درست هستند.

در هنگام تشکیل برف و باران تقریباً همهٔ مواد حل‌شده در آب از جمله یون‌های محلول، از آن خارج شده و آب خالص (آب مقطر) ایجاد می‌شود، بنابراین با

اضافه کردن چند قطره نقره نیترات به آن هیچ واکنشی انجام نشده و رسوبی تشکیل نمی‌شود.

۱۸ B

یون‌های چند اتمی

کلاس درس

۳

۱- به هر یونی که از اتصال دو یا چند اتم تشکیل شده باشد، یون چند اتمی می‌گویند. به‌عنوان مثال، آنیون NO_3^- (نیترات) دارای ۴ اتم و کاتیون NH_4^+

(آمونیم) دارای ۵ اتم است، بنابراین یون‌های آمونیم و نیترات به ترتیب کاتیون و آنیون چند اتمی هستند.

در جدول زیر، نام و نماد شیمیایی تعدادی از یون‌های چند اتمی که در کتاب درسی مطرح شده‌اند، بیان شده است:

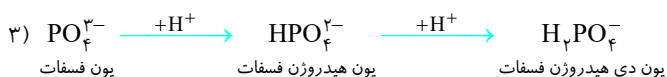
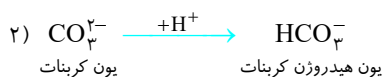
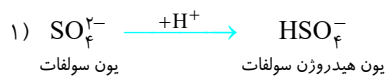
فرمول شیمیایی یون	NH_4^+	OH^-	NO_3^-	CO_3^{2-}	SO_4^{2-}	PO_4^{3-}	HCOO^-	CH_3COO^-	O_2^{2-}	H_2O^+
نام یون	آمونیم	هیدروکسید	نیترات	کربنات	سولفات	فسفات	متانوات (فورمات)	اتانوات (استات)	پراکسید	هیدرونیوم

توجه! با یون‌های HCOO^- و CH_3COO^- ، H_2O^+ در شیمی ۱۱ و ۱۲ آشنا خواهید شد.

۲- اگر به آنیون‌های چند اتمی دارای بیش از یک بار منفی مانند CO_3^{2-} ، SO_4^{2-} و PO_4^{3-} ، یون H^+ اضافه کنیم، آنیون چند اتمی جدیدی به‌دست می‌آید

که از مقدار بار آن به تعداد H^+ اضافه شده، کاسته می‌شود:

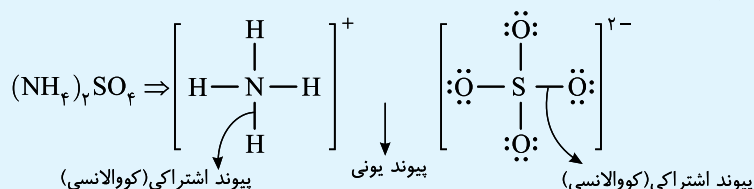
به مثال‌های زیر توجه کنید:



نکته

در یون‌های چند اتمی، اتم‌ها با پیوند کووالانسی به یکدیگر متصل می‌شوند، بنابراین می‌توان گفت که در ترکیب‌های یونی دارای یون چند اتمی، هر دو

نوع پیوند یونی و کووالانسی وجود دارد.



توجه در یون‌های چند اتمی، بار الکتریکی به اتم خاصی تعلق ندارد، بلکه مربوط به کل اتم‌ها می‌باشد.

۳- شرط چند اتمی بودن یک یون این است که بیش از یک اتم داشته باشد، به عبارت دیگر، شرط چند اتمی بودن یون، تعداد اتم است به‌عنوان مثال، یون آمونیوم (NH_4^+) دارای ۵ اتم و بنابراین یک یون چند اتمی است.

توجه ممکن است در یک یون چند اتمی مانند یون پراکسید (O_2^{2-}) فقط یک عنصر داشته باشد.

ال ترکیب‌های یونی دوتایی و چندتایی

۱- در یک ترکیب یونی، منظور از عنصر یعنی نوع اتم‌های موجود در آن ترکیب بدون توجه به تعداد آن‌ها است. به‌عنوان مثال، در ترکیب یونی Na_2SO_4 ، ۳ عنصر (نوع اتم) Na، S و O وجود دارد، در حالی که تعداد اتم‌ها در این ترکیب، برابر ۷ است.

۲- چندتایی بودن یک ترکیب یونی براساس تعداد عنصرها یا نوع اتم‌های سازنده آن بیان می‌شود. به‌عنوان مثال، ترکیب FeBr_3 شامل ۲ عنصر (نوع اتم) آهن و برم و بنابراین یک ترکیب دوتایی است، یا ترکیب $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ شامل ۳ عنصر (نوع اتم) منیزیم، نیتروژن و اکسیژن و بنابراین یک ترکیب ۳ تایی است.






نتیجه به ترکیب‌های یونی که تنها از دو عنصر ساخته شده‌اند، ترکیب‌های یونی دوتایی می‌گوییم مانند NaCl ، MgCl_2 و ... به ترکیب‌های یونی که بیش از دو عنصر در فرمول شیمیایی آن‌ها وجود داشته باشد، ترکیب‌های یونی چندتایی می‌گوییم مانند NH_4Cl و $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

مثال: ترکیب یونی NH_4NO_3 چندتایی است؟ کاتیون و آنیون آن را مشخص کنید.

راه‌حل: ترکیب NH_4NO_3 شامل ۳ عنصر (نوع اتم) N، H و O است، بنابراین یک ترکیب یونی ۳ تایی محسوب می‌شود. در این ترکیب، کاتیون و آنیون به‌ترتیب آمونیوم (NH_4^+) و نیترات (NO_3^-) هستند که یون‌های چند اتمی هستند.

ال مدل فضا پرکن یون‌های چند اتمی

مدل فضا پرکن روشی برای نمایش سه‌بعدی مولکول‌ها است. در این مدل، اتم‌ها به‌صورت کره‌ای شکل نمایش داده می‌شوند. در جدول زیر مدل فضا پرکن یون‌های چند اتمی نشان داده شده است:

یون چند اتمی	آمونیم (NH_4^+)	سولفات (SO_4^{2-})	نیترات (NO_3^-)	کربنات (CO_3^{2-})	هیدروکسید (OH^-)
مدل فضا پرکن					

عبارت (ب) درست است. بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): مدل فضا پرکن یون‌های نیترات (NO_3^-) و کربنات (CO_3^{2-}) مشابه و با مدل فضا پرکن یون سولفات (SO_4^{2-}) متفاوت هستند.

عبارت (ب): یون‌های هیدروکسید (OH^-) و آمونیوم (NH_4^+) به‌ترتیب دارای ۲ و ۵ اتم هستند و یون‌های چند اتمی محسوب می‌شوند.

عبارت (پ): در یون SO_4^{2-} ، ۵ اتم و ۲ عنصر و در یون NO_3^- ، ۴ اتم و ۲ عنصر وجود دارد، بنابراین مجموع تعداد اتم‌ها و عنصرها در یون SO_4^{2-} برابر ۷ و در یون NO_3^- ، برابر ۶ است.

عبارت (ت): در مدل فضا پرکن، تعداد و وضعیت قرارگیری پیوندها نمایش داده نمی‌شود.

۱۹ B بررسی گزینه‌ها:

گزینه (۱): زیروند اکسیژن در یون‌های نیترات (NO_3^-) و کربنات (CO_3^{2-}) یکسان و برابر ۳ می‌باشد. در حالی که بار یون نیترات و یون سولفات (SO_4^{2-}) متفاوت است.

گزینه (۲): اندازه (قدر مطلق) مجموع بار یون‌های فسفات (PO_4^{3-})، سولفات (SO_4^{2-})، هیدروکسید (OH^-) و نیترات (NO_3^-) برابر $3+2+1+1=7$ است.

گزینه (۳): در مدل فضا پرکن نمایش داده شده، در اطراف اتم مرکزی چهار اتم دیگر وجود دارد در حالی که در یون نیترات (NO_3^-) اطراف اتم مرکزی (N) سه اتم دیگر (سه اتم اکسیژن) وجود دارد. بنابراین این مدل برای نمایش یون آمونیوم (NH_4^+) مناسب است.

گزینه (۴): در ترکیب آمونیوم سولفات ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) در اطراف اتم مرکزی کاتیون (NH_4^+) و نیز در اطراف اتم مرکزی آنیون (SO_4^{2-}) ۴ اتم دیگر وجود دارد به همین دلیل مدل فضا پرکن هر دو یکسان و مشابه هم است.

فرمول‌نویسی و نام‌گذاری ترکیب‌های یونی دارای یون چند اتمی

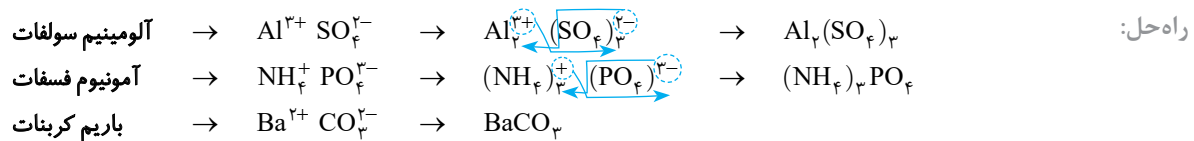
کلاس درس ۴

برای فرمول‌نویسی، ترکیب‌های یونی چندتایی دقیقاً مانند فرمول‌نویسی ترکیب‌های یونی دوتایی که در فصل اول آموختید، عمل می‌کنیم.

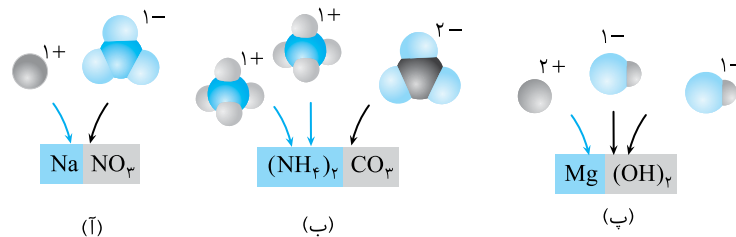
فرمول‌نویسی ترکیب‌های یونی دارای یون‌های چند اتمی

- ابتدا کاتیون را در سمت چپ و آنیون را در سمت راست کنار هم می‌نویسیم.
- اگر بار کاتیون با بار آنیون متفاوت بود، برای اینکه مجموع بارهای مثبت با مجموع بارهای منفی برابر شود، بار کاتیون را به عنوان زیروند آنیون و بار آنیون را به عنوان زیروند کاتیون قرار می‌دهیم و در صورت امکان زیروندها را ساده می‌کنیم.
- در آخر بار یونها را حذف کرده و نمی‌نویسیم، زیرا یون‌های مثبت و منفی یکدیگر را خنثی می‌کنند.

مثال ۱: به مراحل فرمول‌نویسی ترکیب‌های یونی زیر توجه نمایید:



توجه اگر بخواهیم در یک ترکیب یونی به یک کاتیون یا آنیون چند اتمی زیروندی غیر از عدد (یک) بدهیم (یا به عبارت دیگر تعداد کاتیون یا آنیون چند اتمی بیشتر از (یک) باشد)، حتماً باید کاتیون یا آنیون چند اتمی را در داخل پرانتز نوشته و تعداد (زیروند) آن را در بیرون از پرانتز سمت راست قرار دهیم. (در شکل زیر ترکیب یونی حاصل از یون‌های متفاوت نشان داده شده است.)



استنباط‌کنید در برخی از ترکیب‌های یونی زیروندها با هم ساده می‌شوند دقت کنید که در نام‌گذاری این ترکیب‌ها اشتباه نکنید. به عنوان مثال در ترکیب CuSO_4 زیروند یون SO_4^{2-} برابر یک است که شاید شما به اشتباه نام این ترکیب را مس (I) سولفات در نظر بگیرید در حالی که نام درست آن مس (II) سولفات است:

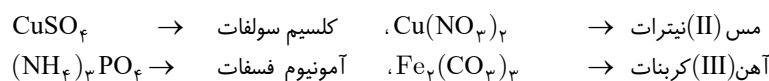
$$\text{Cu}^{2+} \text{SO}_4^{2-} \Rightarrow \text{Cu}_1(\text{SO}_4)_1 \xrightarrow[\text{ساده می‌شوند}]{\text{زیروندها}} \text{CuSO}_4 \text{ (مس(II) سولفات)}$$

نام‌گذاری ترکیب‌های یونی دارای یون‌های چند اتمی

- نام‌نویسی ترکیب‌های یونی دارای یون‌های چند اتمی مشابه نام‌نویسی ترکیب‌های یونی دارای یون‌های تک‌اتمی است.
- برای نام‌گذاری ترکیب‌های یونی، ابتدا کاتیون و آنیون را تشخیص داده و در ادامه ابتدا نام کاتیون و سپس نام آنیون را می‌نویسیم.

مثال ۲: نام ترکیب‌های CaSO_4 ، $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ، $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ و $\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$ را بنویسید؟

راه‌حل:



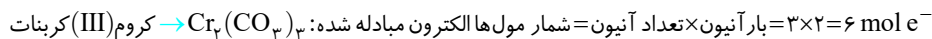
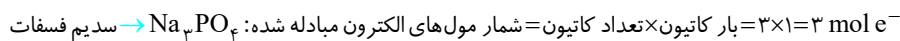
توجه در مورد فلزهایی که یون‌های مثبت با بارهای متنوعی دارند، در هنگام نوشتن نام کاتیون، بار کاتیون را با عدد رومی داخل پرانتز می‌آوریم.

نکته

در یک مول ترکیب یونی، شمار مول‌های الکترون‌های مبادله شده بین کاتیون و آنیون برابر است با: بار آنیون \times تعداد آنیون یا بار کاتیون \times تعداد کاتیون = شمار مول‌های الکترون‌های مبادله شده

مثال ۳: هنگام تشکیل یک مول از ترکیب‌های سدیم فسفات و کروم (III) کربنات، چند مول الکترون بین یون‌ها مبادله می‌شود؟

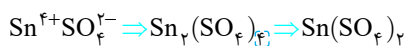
راه‌حل:



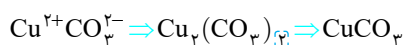
نام دو ترکیب $\text{PO}_4(\text{NH}_4)_3$ و $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ، به ترتیب آمونیوم فسفات و کروم (II) هیدروکسید است.

فرمول ترکیب مس (II) نیترات به صورت $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ است. **۲۱ (A)**

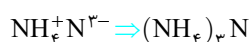
فقط ترکیب یونی موجود در مورد (الف) درست نام‌گذاری شده است. **بررسی موارد نادرست: ۲۲ (B)**



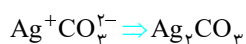
مورد (ب): $\text{Sn}(\text{SO}_4)_2 \leftarrow$ قلع (IV) سولفات



مورد (پ): $\text{CuCO}_3 \leftarrow$ مس (II) کربنات



مورد (ت): $(\text{NH}_4)_3\text{N} \leftarrow$ آمونیوم نیتريد



مورد (ث): $\text{Ag}_2\text{CO}_3 \leftarrow$ نقره کربنات

در هر دو ترکیب LiOH و AlPO_4 تعداد کاتیون و آنیون برابر یک است. **۲۳ (A)**

بررسی گزینه‌ها: ۲۴ (B)

شماره گزینه	فرمول ترکیب	تعداد اتم	تعداد عنصر	تعداد اتم / تعداد عنصر
۱	کلسیم کربنات (CaCO_3)	۵	۳	$\frac{5}{3}$
۲	آهن (II) هیدروکسید ($\text{Fe}(\text{OH})_2$)	۵	۳	$\frac{5}{3}$
۳	سدیم سولفات (Na_2SO_4)	۷	۳	$\frac{7}{3}$
۴	کروم (II) نیترات ($\text{Cr}(\text{NO}_3)_2$)	۹	۳	$\frac{9}{3} = 3$

ترکیب‌های NH_4OH ، CuSO_4 و AlPO_4 به درستی نام‌گذاری شده‌اند. نام صحیح سایر ترکیب‌ها به صورت زیر است: **۲۵ (B)**

$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$: منیزیم نیترات، CrO : کروم (II) اکسید، ZnCO_3 : روی کربنات

۲۶ (B) Li_2S (۲ تایی)، $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (۴ تایی) و $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ (۳ تایی). **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینه (۱): CuO (۲ تایی)، $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (۴ تایی) و Al_2O_3 (۲ تایی)

گزینه (۲): K_2CO_3 (۳ تایی)، AgNO_3 (۳ تایی) و $\text{Cr}_2(\text{PO}_4)_3$ (۳ تایی)

گزینه (۳): AlN (۲ تایی)، $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (۴ تایی) و CuCl_2 (۲ تایی)

نسبت تعداد کاتیون به تعداد آنیون در ترکیب حاصل از کاتیون A با یون نیترات، $\frac{1}{3}$ است. یعنی فرمول ترکیب حاصل به صورت $\text{A}(\text{NO}_3)_3$ می‌باشد. بنابراین کاتیون A به صورت A^{3+} است. همین نسبت در ترکیب حاصل از کاتیون B با یون سولفات، $\frac{2}{1}$ است. یعنی فرمول ترکیب حاصل به صورت B_2SO_4 می‌باشد. بنابراین کاتیون B به صورت B^+ است. در نتیجه، فقط گزینه (۱) نادرست بوده که ترکیب صحیح آن به صورت $\text{A}_3(\text{CO}_3)_2$ می‌باشد. **۲۷ (B)**

با توجه به فرمول شیمیایی سدیم اگزالات ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) و آلومینیم دی کرومات ($\text{Al}_2(\text{Cr}_2\text{O}_7)_3$) می‌توان نتیجه گرفت که بار آنیون‌های اگزالات ($\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$) و دی کرومات ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) برابر (-۲) است. در واقع زیروند کاتیون برابر بار آنیون است. از طرفی با توجه به فرمول شیمیایی آمونیوم منگنات ($(\text{NH}_4)_2\text{MnO}_4$) بار آنیون منگنات (MnO_4^{2-}) برابر با زیروند کاتیون یعنی برابر (-۲) است. **بررسی گزینه‌های نادرست:**

گزینه (۱): فرمول شیمیایی کلسیم اگزالات به صورت CaC_2O_4 است: $\text{Ca}^{2+} + \text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow \text{CaC}_2\text{O}_4$

گزینه (۲): از انحلال هر واحد فرمولی روی دی کرومات (ZnCr_2O_7)، ۲ یون و از انحلال هر واحد فرمولی سدیم اگزالات ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) ۳ یون وارد آب می‌شود: $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} 2\text{Na}^+ + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}$

گزینه (۳): نسبت شمار آنیون به کاتیون در ترکیب آهن (III) دی کرومات ($\text{Fe}_2(\text{Cr}_2\text{O}_7)_3$) برابر $\frac{3}{2}$ است. $\text{ZnCr}_2\text{O}_7 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Zn}^{2+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$

۲۹ **۴** عبارتهای (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): تعداد الکترون‌های مبادله شده $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ و CuCl_2 برابر ۲ الکترون است. ($2 = \text{بار کاتیون} \times \text{تعداد کاتیون}$)

عبارت (ب): $(2 = \frac{\text{تعداد آنیون}}{\text{تعداد کاتیون}} : \text{ZnCl}_2 \Rightarrow \text{روی کلرید})$ ، $(2 = \frac{\text{تعداد آنیون}}{\text{تعداد کاتیون}} : \text{Fe(NO}_3)_2 \Rightarrow \text{آهن(II) نیترات})$

عبارت (پ): ترکیب حاصل از آمونیوم (NH_4^+) و فسفات (PO_4^{3-}) ، به صورت $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ است که مجموع تعداد اتم‌های آن برابر ۲۰ می‌باشد.

عبارت (ت): Ca_3N_2 : کلسیم نیتريد، $\text{Cu(NO}_3)_2$: مس (II) نیترات، ZnSO_4 : روی سولفات

۳۰ **۴** دو ترکیب $\text{Mg(NO}_3)_2$ و Ba(OH)_2 شرایط گفته شده را دارند.

ترکیب	$\text{Mg(NO}_3)_2$	$(\text{NH}_4)_3\text{N}$	Ba(OH)_2	FePO_4
نسبت کاتیون به آنیون	$\frac{1}{2}$	۳	$\frac{1}{2}$	۱
تعداد الکترون مبادله شده در یک مول	$2e^-$	$3e^-$	$2e^-$	$3e^-$

۳۱ **۳** **بررسی گزینه‌ها:**

گزینه (۱): Na^+ و SO_4^{2-} ترکیب Na_2SO_4 را تشکیل می‌دهند که تعداد کاتیون، ۲ برابر تعداد آنیون است.

گزینه (۲): Al^{3+} و NO_3^- ترکیب $\text{Al(NO}_3)_3$ را تشکیل می‌دهند که تعداد آنیون، ۳ برابر تعداد کاتیون است.

گزینه (۳): Ba^{2+} و CO_3^{2-} ترکیب BaCO_3 را تشکیل می‌دهند که تعداد کاتیون و آنیون برابر است.

گزینه (۴): Zn^{2+} و Cl^- ترکیب ZnCl_2 را تشکیل می‌دهند که تعداد آنیون، ۲ برابر تعداد کاتیون است.

با توجه به توضیحات داده شده، گزینه (۳) شکل صحیحی از یون‌های ترکیب BaCO_3 را نشان می‌دهد.

۳۲ **۲** دو ترکیب ردیف اول، به ترتیب از راست به چپ Cr(OH)_3 و Mg_3N_2 هستند که ترکیب Mg_3N_2 به دلیل داشتن یون‌های تک اتمی،

فقط دارای پیوند یونی است.

۳۳ **۴** فرمول سه ترکیب A، B و C به ترتیب به صورت $\text{Fe(NO}_3)_2$ ، NH_4NO_3 و AlPO_4 است. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینه (۱): ترکیب A با فرمول $\text{Fe(NO}_3)_2$ و ترکیب B با فرمول Li_3PO_4 ، هر کدام دارای ۳ عنصر و در مجموع دارای ۶ عنصر می‌باشند. ترکیب D با

فرمول NH_4NO_3 دارای ۹ اتم است، بنابراین مجموع تعداد عنصرهای دو ترکیب A و B، کمتر از تعداد اتم‌های ترکیب D می‌باشد.

گزینه (۲): در دو ترکیب Fe(OH)_2 و AlPO_4 ، تعداد الکترون مبادله شده (تعداد کاتیون \times بار کاتیون) به ترتیب برابر ۲ و ۳ الکترون است.

گزینه (۳): دو ترکیب A و E به ترتیب AlCl_3 و $\text{Fe(NO}_3)_2$ بوده و به ترتیب ۲ تایی و ۳ تایی هستند.

۳۴ **۳** عبارتهای (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): باریم سولفات (BaSO_4) و کلسیم فسفات $(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)$ ، **نمک‌های نامحلول** در آب هستند، که به دلیل داشتن یون چند اتمی، دارای

پیوند کووالانسی می‌باشند. البته در این ترکیب‌ها بین کاتیون و آنیون پیوند یونی وجود دارد.

عبارت (ب): تعداد اتم‌ها در $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ برابر ۱۷ و در $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ برابر ۱۱ است.

عبارت (پ): آنیون در سدیم کربنات (Na_2CO_3) ، کربنات (CO_3^{2-}) بوده که چند اتمی است، بنابراین پیوند بین اتم‌ها در یون کربنات از نوع کووالانسی

است، در حالی که در ترکیب یونی آمونیوم فسفات $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ ، پیوند میان یون‌ها (ذره‌های سازنده) از نوع یونی است.

عبارت (ت): مجموع کاتیون و آنیون در $\text{Mg(NO}_3)_2$ ، $1/5$ برابر این مجموع در CrSO_4 است.

۳۵ **۲**

انحلال ترکیب‌های یونی در آب و تفکیک یون‌ها

کلاس درس

بسیاری از ترکیب‌های یونی در آب محلول هستند و در اثر انحلال به یون‌های سازنده خود تفکیک می‌شوند. به بیان دیگر اغلب ترکیب‌های یونی در اثر حل شدن در آب، به تعداد یون‌های سازنده خود، یون محلول در آب تولید می‌کنند.

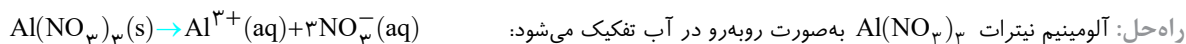
تفکیک ترکیب‌های یونی در آب به یون‌های سازنده خود

برای نوشتن واکنش تفکیک یک ترکیب یونی مراحل زیر را طی می‌کنیم:

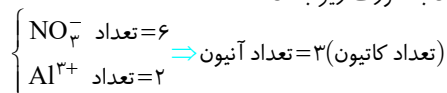
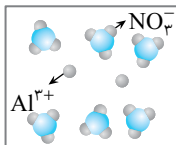
(الف) کاتیون و آنیون سازنده ترکیب یونی را از هم جدا کرده و در سمت فراورده‌ها قرار می‌دهیم.

(ب) برای موازنه تعداد کاتیون و آنیون تولید شده کافی است، در سمت فراورده‌ها، زیروند کاتیون را به عنوان ضریب کاتیون و زیروند آنیون را به عنوان ضریب آنیون قرار دهیم.

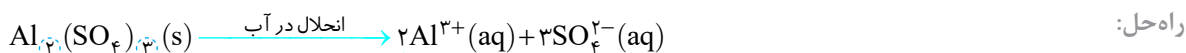
مثال ۱: آلومینیم نیترات را در آب حل می‌کنیم. واکنش تفکیک یونی و نمایش یون‌های تفکیک شده این ترکیب را بنویسید.



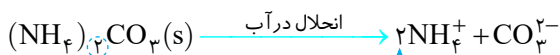
تعداد (زیروند) کاتیون (Al^{3+}) و آنیون (NO_3^-) در ترکیب یونی $Al(NO_3)_3$ به ترتیب برابر با (۱) و (۳) است، بنابراین ضریب استوکیومتری کاتیون و آنیون نیز به ترتیب برابر (۱) و (۳) بوده و می‌توان گفت: تعداد آنیون (NO_3^-) ، ۳ برابر تعداد کاتیون (Al^{3+}) است. بنابراین نمایش تعداد و بار یون‌های تفکیک شده ترکیب $Al(NO_3)_3$ می‌تواند به صورت زیر باشد:



مثال ۲: از انحلال هر واحد فرمولی از ترکیب‌های یونی آلومینیم سولفات $(Al_2(SO_4)_3(s))$ ، آمونیوم کربنات $((NH_4)_2CO_3)$ و سدیم نیترات $(NaNO_3)$ در آب، چند یون تولید می‌شود؟



از انحلال هر واحد فرمولی آلومینیم سولفات، ۵ یون محلول در آب، تولید می‌شود.



چون زیروند CO_3^{2-} برابر یک است، ضریب CO_3^{2-} نیز برابر یک خواهد بود. در ضمن از انحلال هر واحد فرمولی آمونیوم کربنات در آب، ۳ یون



از انحلال هر واحد فرمولی $NaNO_3$ ، ۲ یون محلول در آب تولید می‌شود.

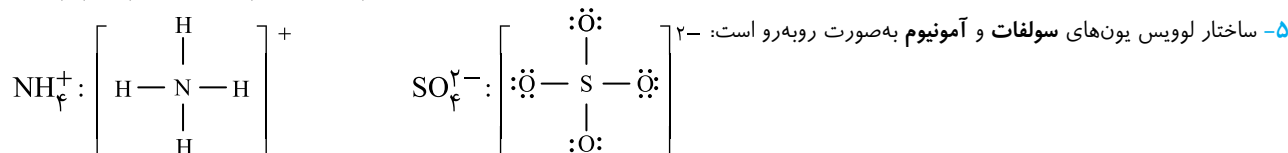
آشنایی با آمونیوم سولفات

۱- آمونیوم سولفات یک ترکیب یونی با فرمول شیمیایی $(NH_4)_2SO_4$ است.

۲- در فرمول شیمیایی آمونیوم سولفات برخلاف اغلب ترکیب‌های یونی، عنصر فلزی وجود ندارد، به بیان دیگر در فرمول شیمیایی این ترکیب ۴ نافلز وجود دارد.

۳- گیاهان برای رشد مناسب، افزون بر H_2O و CO_2 به عنصرهای S, P, N نیاز دارند. آمونیوم سولفات، یکی از کودهای شیمیایی است که دو عنصر نیتروژن و گوگرد را در اختیار گیاه می‌گذارد.

۴- آمونیوم سولفات به صورت زیر در آب تفکیک شده و انحلال هر واحد فرمولی آمونیوم سولفات در آب تولید سه ذره (دو کاتیون و یک آنیون) می‌کند:



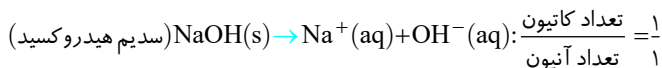
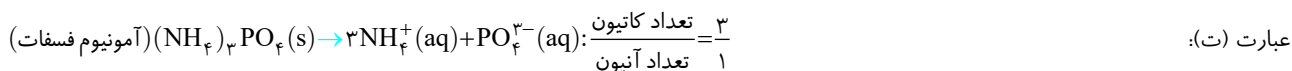
۶- در ساختار آمونیوم سولفات هر دو نوع پیوند یونی و کووالانسی وجود دارد، اما این ترکیب در مجموع یک ترکیب یونی است، زیرا ذرات سازنده آن کاتیون‌های NH_4^+ و آنیون‌های SO_4^{2-} هستند.

عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): آمونیوم سولفات یکی از کودهای شیمیایی است که دو عنصر N و S را در اختیار گیاه قرار می‌دهد.

عبارت (ب): در آمونیوم سولفات $((NH_4)_2SO_4)$ ۲ کاتیون و یک آنیون وجود دارد، درحالی که در آلومینیم نیترات $(Al(NO_3)_3)$ یک کاتیون و دو آنیون داریم. بنابراین فقط در $(NH_4)_2SO_4$ تعداد کاتیون بیشتر از تعداد آنیون است.

عبارت (پ): گیاهان برای رشد مناسب، افزون بر آب و کربن دی‌اکسید به عنصرهای S, P, N نیاز دارد.



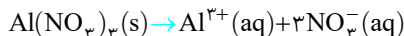
۳۶ **۲** دو ترکیب کلسیم سولفات $(CaSO_4)$ و آمونیوم نیترات (NH_4NO_3) ، به ترتیب در تهیه گچ پا و کود شیمیایی استفاده می‌شوند. بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه (۱): هر دو ترکیب $FeCO_3$ و $Mg_3(PO_4)_2$ دارای ۳ نوع اتم بوده و ترکیبی ۳ تایی هستند.

گزینه (۳): در آمونیوم نیترات (NH_4NO_3) ، کاتیون NH_4^+ و در سدیم کربنات (Na_2CO_3) ، آنیون CO_3^{2-} است. مدل فضا پرکن NH_4^+ و CO_3^{2-}

یکسان نمی‌باشد.

گزینه (۴): آلومینیم نیترات $(Al(NO_3)_3)$ به صورت روبه‌رو تفکیک می‌شود:



بنابراین تعداد آنیون، ۳ برابر تعداد کاتیون است، اما در شکل نشان داده شده، تعداد کاتیون و آنیون یکسان هستند.

۳۷ **B** به ترتیب، در شکل (الف)، تعداد آنیون ۳ برابر تعداد کاتیون، در شکل (ب)، تعداد آنیون برابر تعداد کاتیون و در شکل (پ)، تعداد آنیون ۲ برابر تعداد

کاتیون است. بنابراین شکل‌های (الف)، (ب) و (پ) به ترتیب مربوط به $Al(NO_3)_3$ و $MgSO_4$ و $Ba(OH)_2$ می‌باشند.

۳۸ **B** رابطه بین تعداد کاتیون و آنیون سه ترکیب لیتیم فسفات، باریم نیترات و آهن (III) سولفات به صورت زیر است:

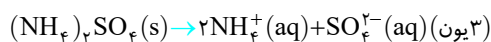
لیتیم فسفات (Li_3PO_4) : تعداد کاتیون (Li^+) ، ۳ برابر تعداد آنیون (PO_4^{3-})

باریم نیترات $(Ba(NO_3)_2)$: تعداد آنیون (NO_3^-) ، ۲ برابر تعداد کاتیون (Ba^{2+})

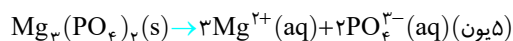
آهن (III) سولفات $(Fe_2(SO_4)_3)$: تعداد آنیون (SO_4^{2-}) ، $\frac{3}{2}$ برابر تعداد کاتیون (Fe^{3+})

با توجه به مطالب بالا، تنها گزینه (۲) نمایش صحیحی از تعداد و بار یون‌های مربوط به ترکیب‌ها را نشان می‌دهد.

۳۹ **B** فرمول شیمیایی آمونیوم سولفات و منیزیم فسفات، به ترتیب به صورت $(NH_4)_2SO_4$ و $Mg_3(PO_4)_2$ است. **بررسی عبارت‌ها:**



• تعداد یون‌ها در دو ترکیب برابر نیست:

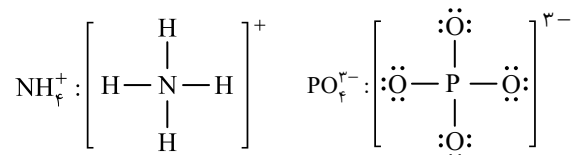


• تعداد الکترون‌های مبادله شده (بار کاتیون \times تعداد کاتیون) در $(NH_4)_2SO_4$ و $Mg_3(PO_4)_2$ به ترتیب برابر ۲ و ۶ است.

• شمار اتم‌های اکسیژن در آمونیوم سولفات و منیزیم فسفات، به ترتیب برابر ۴ و ۸ است.

• هر دو ترکیب دارای پیوند یونی هستند و به دلیل وجود یون چند اتمی، دارای پیوند کووالانسی نیز می‌باشند.

۴۰ **C** عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. ابتدا ساختار لوویس کاتیون و آنیون در ترکیب آمونیوم فسفات $((NH_4)_3PO_4)$ را رسم می‌کنیم.



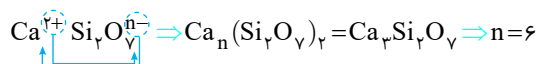
بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): در ساختار لوویس کاتیون (NH_4^+) ، ۸ الکترون پیوندی وجود دارد.

عبارت (ب): در ساختار لوویس کاتیون و آنیون آن در مجموع ۱۲ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد. در واقع در ساختار NH_4^+ الکترون ناپیوندی نداریم

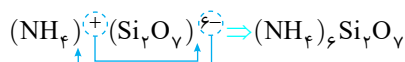
ولی در ساختار PO_4^{3-} ، هر اتم اکسیژن دارای ۳ جفت الکترون ناپیوندی است.

عبارت (پ): در ترکیب کلسیم دی‌سیلیکات، آنیون $(Si_2O_7^{4-})$ دارای بار الکتریکی (-۴) است، بنابراین اگر به جای آنیون ترکیب $(NH_4)_3PO_4$ ، آنیون



دی‌سیلیکات را قرار دهیم، زیروند کاتیون به عدد ۶ تغییر خواهد کرد.

عبارت (ت): نسبت شمار الکترون‌های ناپیوندی به پیوندی در ساختار لوویس آنیون این ترکیب برابر $\frac{24}{8}$ است. از طرفی نسبت شمار کاتیون‌ها به آنیون‌ها



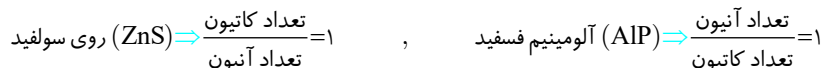
در این ترکیب نیز برابر $\frac{3}{1}$ است.

۴۱ **B** با توجه به فرمول یون نیتريد (N^{3-}) و فرمول ترکیب MN می‌توان گفت؛ فرمول یون پایدار فلز اصلی M به صورت M^{3+} است، بنابراین:



۴۲ **A** نسبت شمار کاتیون به شمار آنیون در ترکیب‌های ردیف ۱ و ردیف ۲ از ستون II، به ترتیب برابر با نسبت شمار آنیون به شمار کاتیون در

ترکیب‌های ردیف ۳ و ردیف ۱ از ستون I است. بنابراین پاسخ درست، جفت عددهای ۱، ۲ و ۳، ۱ هستند که فقط مورد اول در گزینه‌ها وجود دارد.



۴۳ **B** شکل نشان داده شده مربوط به واکنش $BaCl_2(aq) + Na_2SO_4(aq) \rightarrow 2NaCl(aq) + BaSO_4(s)$ است، بنابراین $C((BaCl_2)(aq))$

با واکنش می‌دهد و $A(NaCl(aq))$ با $B(BaSO_4(s))$ تشکیل می‌شوند. (عبارت‌های اول و دوم نادرست هستند). براساس واکنش

بیان شده، مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش برابر ۵ است (عبارت سوم صحیح است). $B) BaSO_4$ یکی از فراورده‌های واکنش است که در آب نامحلول می‌باشد. (عبارت چهارم نادرست است)

۴۴ **B** در آمونیوم سولفات $((NH_4)_2SO_4)$ نسبت شمار اتم‌های نیتروژن به شمار اتم‌های اکسیژن برابر $\frac{1}{4}$ است. در ترکیب منیزیم هیدروکسید نسبت شمار کاتیون به شمار آنیون، برابر $\frac{1}{2}$ است.

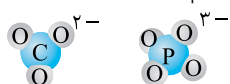
نام ترکیب	منیزیم هیدروکسید	آلومینیم نیتريد	مس (II) فسفات	آهن (III) کربنات
فرمول شیمیایی ترکیب	$Mg(OH)_2$	AlN	$Cu_3(PO_4)_2$	$Fe_2(CO_3)_3$
نسبت شمار کاتیون به آنیون	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{1}$

۴۵ **A** عبارات‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): در نمک آمونیوم کربنات $((NH_4)_2CO_3)$ ۱۴ اتم و ۴ عنصر داریم بنابراین نسبت خواسته شده $\frac{14}{4}$ یا $\frac{7}{2}$ می‌باشد.

عبارت (ب): یون کلرید (Cl^-) در حضور کاتیون نقره (Ag^+) و یون کلسیم (Ca^{2+}) در حضور آنیون فسفات (PO_4^{3-}) رسوب می‌دهند، بنابراین می‌توان این دو یون را به روش شیمیایی شناسایی کرد.

عبارت (پ): یون‌های سولفات (SO_4^{2-}) و نیترات (NO_3^-) بیش از یک اتم دارند، بنابراین یون‌های چند اتمی هستند و مجموع تعداد اتم‌های آن‌ها برابر ۹ است.

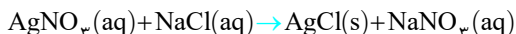


عبارت (ت): ساختار فضا پرکن یون‌های کربنات (CO_3^{2-}) و فسفات (PO_4^{3-}) به صورت روبه‌رو است که مشابه یکدیگر نمی‌باشند.

۴۶ **B** در روی سولفات $(ZnSO_4)$ مجموع کاتیون و آنیون برابر ۲ است در حالی که این مجموع در ترکیب آهن (III) نیترات $(Fe(NO_3)_3)$ برابر ۴ است.

۴۷ **B** عبارات‌های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): آب آشامیدنی حاوی یون کلرید (Cl^-) است، که با اضافه کردن چند قطره محلول نقره نیترات $(AgNO_3)$ به آن براساس واکنش زیر، رسوب سفید رنگ نقره کلرید $AgCl$ تشکیل می‌شود.



عبارت (ب): درست است.

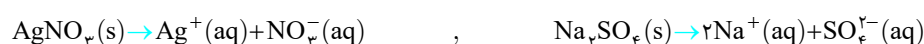
عبارت (پ): در ترکیب یونی، آمونیوم سولفات $((NH_4)_2SO_4)$ مدل فضا پرکن کاتیون (NH_4^+) و آنیون (SO_4^{2-}) یکسان و به صورت روبه‌رو می‌باشد:

عبارت (ت): با توجه به فرمول شیمیایی K_2MnO_4 متوجه می‌شویم که فرمول شیمیایی یون منگنات به صورت MnO_4^{2-} است، بنابراین فرمول شیمیایی کروم (III) منگنات به صورت $Cr_2(MnO_4)_3$ می‌باشد.

۴۸ **B** عبارات (ب) درست است. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): آب چشمه‌ها و قنات‌ها زلال و شفاف است اما دارای ناخالصی است.

عبارت (ب): واکنش تفکیک دو ترکیب نقره نیترات $(AgNO_3)$ و سدیم سولفات (Na_2SO_4) به صورت زیر است:



بنابراین، تعداد یون‌های حاصل از تفکیک نقره نیترات، $\frac{2}{3}$ برابر تعداد یون‌های حاصل از تفکیک سدیم سولفات است.

عبارت (پ): آمونیوم سولفات یکی از کودهای شیمیایی است که دو عنصر N و S را در اختیار گیاه قرار می‌دهد.

عبارت (ت): پتاسیم یدید (KI) و آهن (II) برمید $(FeBr_2)$ ، هر کدام دارای دو نوع اتم (عنصر) بوده در نتیجه، ترکیب‌های دوتایی هستند، اما کروم (III) نیترات $(Cr(NO_3)_3)$ ، دارای سه نوع اتم بوده و در نتیجه ترکیب سه‌تایی است.

محلول و مقدار حل شونده‌ها

کلاس درس ۴

در این کلاس درس با محلول‌ها و مفهوم غلظت آشنا می‌شویم.

دسته‌بندی مواد

به‌طور کلی مواد را به دو دسته کلی زیر طبقه‌بندی می‌کنند:

- ۱- مواد خالص که خود شامل عنصرها (مانند O_2 ، Fe و ...) و ترکیب‌ها (مانند H_2O ، NaCl و ...) می‌شوند.
- ۲- مواد ناخالص که خود شامل مخلوط‌های همگن (مانند هوا، گلاب و ...) و مخلوط‌های ناهمگن (مانند مخلوط آب و نفت) می‌شوند.

محلول‌ها

- ۱- محلول، مخلوطی همگن از دو یا چند ماده است که حالت فیزیکی و ترکیب شیمیایی محلول در سرتاسر آن یکسان و یکنواخت است.
- ۲- محلول‌ها از دو جزء حلال و حل‌شونده تشکیل شده‌اند، در واقع، حلال جزئی از محلول است که حل‌شونده را در خود حل می‌کند و شمار مول‌های آن بیشتر است بنابراین:

$$\text{حل‌شونده} + \text{حلال} = \text{محلول}$$

توجه جرم حلال ممکن است از جرم حل‌شونده کمتر باشد. به عنوان مثال کمی جلوتر (در جدول صفحه ۱۰۰ کتاب درسی) مشاهده خواهید کرد که ۲۰۵ گرم شکر (حل‌شونده) را می‌توان در ۱۰۰ گرم آب (حلال) حل کرد.

۳- در جدول زیر با تعدادی از محلول‌های مهم که در کتاب درسی مطرح شده‌اند، آشنا می‌شویم:

نام محلول	ضدیخ	سرم فیزیولوژی	گلاب	هوا
حلال	آب	آب	آب	گاز نیتروژن (N_2)
حل‌شونده	اتیلن گلیکول	NaCl	چند ماده آلی	گازهایی مانند O_2 ، CO_2 ، Ar، H_2O و ...

توجه اتیلن گلیکول ترکیبی است با فرمول $C_2H_4(OH)_2$ یا $C_2H_6O_2$ ، که یک الکل دو عاملی است و ساختار آن به‌صورت $CH_2(OH)-CH_2(OH)$ است.

از محلول آبی اتیلن گلیکول به عنوان ضدیخ استفاده می‌شود. در محلول آبی ضدیخ حالت فیزیکی در سرتاسر آن مایع و ترکیب شیمیایی مانند رنگ، غلظت و ... در سرتاسر آن یکسان و یکنواخت است.

۴- در یک محلول هرچه مقدار حل‌شونده بیشتر باشد، محلول غلیظ‌تر و هر چه مقدار حل‌شونده کمتر باشد محلول رقیق‌تر است. به عنوان مثال در گلاب دو آتش، مقدار حل‌شونده زیاد است، بنابراین محلول غلیظ است در حالی که در سرم فیزیولوژی مقدار حل‌شونده (نمک) کم بوده و محلول رقیق است.

توجه به‌طور کلی هرچه محلول غلیظ‌تر باشد، می‌توان گفت که شمار ذره‌های حل‌شونده آن در واحد حجم بیشتر است. به عنوان مثال در چای غلیظ، شمار ذره‌های حل‌شونده در واحد حجم بیشتر از چای کم‌رنگ (رقیق) است.

۵- خواص محلول‌ها به خواص حلال، حل‌شونده و مقدار هر یک از آن‌ها بستگی دارد. بنابراین دانستن این موضوع که چه مقدار حل‌شونده در یک محلول وجود دارد، می‌تواند به درک خواص، رفتار و کاربرد آن محلول کمک کند.

بیان غلظت محلول‌ها

۱- شیمی‌دان‌ها غلظت یک محلول را برابر با مقدار حل‌شونده در مقدار معینی از حلال یا محلول تعریف می‌کنند. البته آن‌ها با توجه به محلولی که با آن سروکار دارند، از روش‌های مختلفی برای بیان غلظت استفاده می‌کنند.

۲- به‌طور کلی می‌توان غلظت را به‌صورت روبه‌رو تعریف کرد:

$$\text{غلظت} = \frac{\text{مقدار حل‌شونده}}{\text{مقدار معینی حلال یا محلول}}$$

غلظت نمک‌ها در آب دریا

۱- مقدار نمک‌های حل‌شده در آب دریاها گوناگون باهم متفاوت است. ترتیب درصد جرمی نمک موجود در آب چند دریا به صورت زیر است:

اقیانوس آرام > دریای مدیترانه > دریای سرخ > دریای مرده (بحر المیت)
 (%۳/۵) > (%۳/۹) > (%۴/۱) > (%۲/۷)

مقایسه درصد جرمی نمک‌های حل‌شده:

- ۲- در هر ۱۰۰ گرم از آب دریای مرده، در حدود ۲۷ گرم حل‌شونده (انواع نمک‌ها) وجود دارد. در واقع غلظت نمک‌های حل شده در آب دریای مرده به قدری زیاد است که چگالی آن در حدی است که انسان به راحتی روی آن شناور می‌ماند.
- ۳- دریاچه ارومیه نیز یکی از دریاچه‌های شور دنیاست که محلول آبی آن بسیار غلیظ بوده و منبع غنی از مواد شیمیایی گوناگون به شمار می‌آید.

شکل بیان شده، برای مقایسهٔ محلول‌های رقیق و غلیظ است. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۱): گلاب مخلوطی همگن از چند مادهٔ آلی در آب است.

گزینهٔ (۲): در یک محلول مقدار مول حلال، بیشتر از حل‌شونده است. اما جرم حلال الزاماً از جرم حل‌شونده بیشتر نیست.

گزینهٔ (۴): مقدار نمک‌های حل‌شده در آب‌های دریاچه‌های گوناگون تفاوت دارد.

۵۰ (A) ۲ عبارتهای (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): محلول، مخلوطی همگن از دو یا چند ماده است که حالت فیزیکی و ترکیب شیمیایی در سرتاسر آن یکسان و یکنواخت می‌باشد.

عبارت (ب): ضد یخ، محلول اتیلن گلیکول در آب است.

عبارت (پ): محلول غلیظ محلولی است که مقدار حل‌شونده آن زیاد باشد.

عبارت (ت): هوا یک نوع مخلوط همگن (محلول) می‌باشد که مولکول‌های گازی متفاوتی به‌طور یکنواخت در آن وجود دارند.

۵۱ (B) ۱ عبارت (ب) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): در یک محلول، مقدار مول حلال بیشتر است، بنابراین مقدار مول اتانول (C_2H_5OH) و آب (H_2O) را به‌دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol } H_2O = 5 \text{ g } H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18 \text{ g } H_2O} = 0.27 \text{ mol } H_2O$$

$$? \text{ mol } C_2H_5OH = 6 \text{ g } C_2H_5OH \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_5OH}{46 \text{ g } C_2H_5OH} = 0.13 \text{ mol } C_2H_5OH$$

چون مقدار مول آب بیشتر است، بنابراین آب، حلال و اتانول حل‌شونده می‌باشد.

عبارت (ب): خواص محلول‌ها به خواص حلال و حل‌شونده و مقدار هر یک از آن‌ها بستگی دارد.

عبارت (پ): مقدار نمک‌های حل‌شده (حل‌شونده) در دریاچه ارومیه زیاد بوده، بنابراین محلول آبی آن غلیظ است. از این رو منبع غنی از مواد شیمیایی گوناگون به‌شمار می‌آید.

عبارت (ت): مقدار نمک حل‌شده در دریای مرده زیاد بوده، از این رو محلول آن غلیظ است، به‌طوری‌که انسان می‌تواند به راحتی روی آن شناور بماند.

۵۲ (B) ۲ عبارتهای (الف) و (پ) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): دانستن اینکه چه مقدار حل‌شونده در یک محلول وجود دارد، می‌تواند به درک خواص، رفتار و کاربرد آن محلول کمک کند.

عبارت (ب): شیمی‌دان‌ها غلظت یک محلول را برابر با مقدار حل‌شونده در مقدار معینی از حلال یا محلول تعریف می‌کنند.

عبارت (پ): حلال جزئی از محلول است که حل‌شونده را در خود حل می‌کند و شمار مول‌های آن بیشتر از سایر اجزای محلول است.

عبارت (ت): در محلول‌های غلیظ شمار ذره‌های حل‌شونده در واحد حجم بیشتر از محلول‌های رقیق است.

عبارت (ث): از فصل دوم به یاد داریم که پس از تروپوسفر هواکره رقیق و رقیق‌تر می‌شود بنابراین می‌توان گفت که هواکره در لایه تروپوسفر نسبت به هوا کره پس از تروپوسفر، محلول غلیظ‌تری است.

۵۳ (A) ۲

قسمت در میلیون (ppm)

کلاس درس

۷



هرگاه ۰/۵ گرم مس (II) سولفات ($CuSO_4$) را در ۹۹/۵ گرم آب حل کنیم، محلولی زیبا به رنگ آبی به‌دست می‌آید. حال اگر به محلول حاصل آب اضافه کنیم، محلول رقیق شده و در نتیجه کم‌رنگ می‌شود، بنابراین محلول بی‌رنگ $CuSO_4$ نشان‌دهندهٔ محلول بسیار رقیق بوده و مقدار حل‌شونده در آن بسیار کم است. در این صورت می‌گوییم غلظت محلول کاهش یافته است. در این کلاس درس با یکی از روش‌های بیان غلظت آشنا می‌شویم.

مفاهیم و نکات غلظت ppm

- ۱- یکی از روش‌های بیان غلظت محلول‌ها به ویژه محلول‌های رقیق (محلول‌هایی که مقدار حل‌شونده آن‌ها بسیار کم باشد)، قسمت در میلیون (ppm) است که از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

۱- ppm مخفف part per million یعنی قسمت در میلیون است.

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6$$

در واقع غلظت ppm نشان می‌دهد که در یک میلیون گرم از محلول، چند گرم حل شونده حل شده است.

توجه: در رابطه ppm، یکای جرم صورت و مخرج کسر حتماً باید یکسان باشد (هر دو باید بر حسب g، mg یا kg بیان شوند). بنابراین ppm واحد ندارد.
۲- برای بیان غلظت محلول‌های بسیار رقیق مانند غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها موجود در آب معدنی، آب آشامیدنی، آب دریا، بدن جانداران، بافت‌های گیاهی و مقدار آلاینده‌های هوا از غلظت ppm استفاده می‌شود.

۳- در مسائل ppm فرض بر این می‌باشد که غلظت ماده حل شونده، بسیار کم است. بنابراین طبق رابطه (حل شونده + حلال = محلول) می‌توان گفت، که جرم حلال تقریباً با جرم محلول برابر است. بنابراین در مسائل ppm داریم:

$$\text{جرم حلال (آب)} = \text{جرم محلول}$$

۴- در مسائل ppm، با توجه به این که غلظت محلول ناچیز است، می‌توان چگالی محلول را برابر چگالی آب، یعنی برابر 1 g.mL^{-1} یا 1 kg.L^{-1} در نظر گرفت. بنابراین در مسائل ppm داریم:

$$1 \text{ kg.L}^{-1} = 1 \text{ g.mL}^{-1} = \text{چگالی آب} = \text{چگالی محلول}$$

مسائل ppm

می‌دانیم غلظت ppm نشان می‌دهد که در یک میلیون گرم از یک محلول، چند گرم حل شونده وجود دارد. بنابراین وقتی می‌گوییم غلظت محلولی 600 ppm است یعنی در 10^6 گرم از آن محلول، 600 گرم حل شونده داریم. از این رو در حل مسائل ppm علاوه بر رابطه ppm می‌توان از کسرهای تبدیل $\frac{\text{غلظت ppm}}{\text{محلول g } 10^6}$ نیز استفاده کرد.

مثال ۱: اگر در یک نمونه آب معدنی به جرم 300 گرم، مقدار یون فلوئورید 2 mg باشد، غلظت یون F^- در این نمونه بر حسب ppm را به دست آورید.

$$\text{راه حل:} \quad \text{جرم } \text{F}^- = 2 \times 10^{-4} \text{ g} = 0.2 \text{ mg} = \text{جرم حل شونده} \quad , \quad \text{جرم آب} = 300 \text{ g} = \text{جرم محلول}$$

$$\text{ppm } \text{F}^- = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{2 \times 10^{-4} \text{ g } \text{F}^-}{300 \text{ g } \text{آب}} \times 10^6 = 0.66 \text{ ppm } \text{F}^-$$

مثال ۲: 50 گرم محلول پتاسیم هیدروکسید با غلظت 480 ppm ، شامل چند مول پتاسیم هیدروکسید است؟ ($\text{H}=1, \text{O}=16, \text{K}=39; \text{g.mol}^{-1}$)

راه حل: روش اول: ابتدا جرم KOH موجود در این محلول را به دست می‌آوریم: 480 ppm غلظت محلول ، 50 g جرم محلول

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 480 \text{ ppm} = \frac{X \text{ g KOH}}{50 \text{ g محلول}} \times 10^6 \Rightarrow X = 2.4 \times 10^{-2} \text{ g KOH}$$

$$\text{مقدار مول پتاسیم هیدروکسید را به دست می‌آوریم:} \quad \text{mol KOH} = 2.4 \times 10^{-2} \text{ g KOH} \times \frac{1 \text{ mol KOH}}{56 \text{ g KOH}} = 4.3 \times 10^{-4} \text{ mol KOH}$$

روش دوم: با استفاده از کسرهای تبدیل می‌توان در یک مرحله این سؤال را حل کرد:

$$\text{? mol KOH} = 50 \text{ g محلول} \times \frac{480 \text{ g KOH}}{10^6 \text{ محلول g}} \times \frac{1 \text{ mol KOH}}{56 \text{ g KOH}} = 4.3 \times 10^{-4} \text{ mol KOH}$$

مثال ۳: $23/75$ گرم منیزیم کلرید را در 200 گرم آب حل می‌کنیم. غلظت یون کلرید چند ppm است؟ ($\text{Mg}=24, \text{Cl}=35.5; \text{g.mol}^{-1}$)

راه حل: منیزیم کلرید (MgCl_2) به صورت روبه‌رو در آب تفکیک می‌شود:

با توجه به جرم مولی MgCl_2 ، مقدار یون کلرید (Cl^-) را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{? g } \text{Cl}^- = 23/75 \text{ g } \text{MgCl}_2 \times \frac{1 \text{ mol } \text{MgCl}_2}{95 \text{ g } \text{MgCl}_2} \times \frac{2 \text{ mol } \text{Cl}^-}{1 \text{ mol } \text{MgCl}_2} \times \frac{35.5 \text{ g } \text{Cl}^-}{1 \text{ mol } \text{Cl}^-} = 17/75 \text{ g } \text{Cl}^-$$

با توجه به این که، مقدار Cl^- قابل چشم‌پوشی نیست، بنابراین جرم محلول و در نتیجه، غلظت Cl^- را به دست می‌آوریم:

$$\text{محلول} = 200 \text{ g } \text{H}_2\text{O} + 17/75 \text{ g } \text{Cl}^- = 217/75 \text{ g}$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{17/75 \text{ g } \text{Cl}^-}{217/75} \times 10^6 = 8/1 \times 10^4 \text{ ppm } \text{Cl}^-$$

مثال ۴: غلظت یون منیزیم در آب دریاچه‌ای 200 ppm است. اگر تمام یون‌های منیزیم در این دریاچه ناشی از انحلال منیزیم نترات باشد، در $1/5$

$$(Mg=24, O=16, N=14: g.mol^{-1})$$

تن از آب این دریاچه، چند گرم، یون نیترات وجود دارد؟

راه حل: **روش اول:** ابتدا جرم یون منیزیم را در ۱/۵ تن از آب دریاچه محاسبه می‌کنیم:

$$ppm = \frac{\text{جرم ماده حل شونده } (Mg^{2+})}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 2000 = \frac{X}{1/5 \times 10^6 g} \times 10^6 \Rightarrow X = 3000 g Mg^{2+}$$

حال با استفاده از معادله تفکیک یونی منیزیم نیترات در آب می‌توانیم گرم یون نیترات را به دست آوریم:



$$? g NO_3^- = 3000 g Mg^{2+} \times \frac{1 \text{ mol } Mg^{2+}}{24 g Mg^{2+}} \times \frac{2 \text{ mol } NO_3^-}{1 \text{ mol } Mg^{2+}} \times \frac{62 g NO_3^-}{1 \text{ mol } NO_3^-} = 1550 g NO_3^-$$

با روش تناسب (مول به ضریب) نیز می‌توانیم قسمت آخر را به دست آوریم:

$$\frac{\text{جرم } Mg^{2+}}{Mg^{2+} \text{ ضرب } \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم } NO_3^-}{NO_3^- \text{ ضرب } \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{3000}{24 \times 1} = \frac{X}{62 \times 2} \Rightarrow X = 1550 g NO_3^-$$

روش دوم: تمام مراحل بالا را می‌توان در یک مرحله انجام داد:

$$? g NO_3^- = 1/5 \times 10^6 g \text{ محلول} \times \frac{3000 g Mg^{2+}}{10^6 g \text{ محلول}} \times \frac{1 \text{ mol } Mg^{2+}}{24 g Mg^{2+}} \times \frac{2 \text{ mol } NO_3^-}{1 \text{ mol } Mg^{2+}} \times \frac{62 g NO_3^-}{1 \text{ mol } NO_3^-} = 1550 g NO_3^-$$

یون نیترات و تأثیر آن بر بدن

۱- نیترات یکی از یون‌های محلول در آب است که مقدار استاندارد آن در آب آشامیدنی ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بوده و توسط سازمان بهداشت جهانی تأیید شده است.

۲- نیترات باعث تغییر در ساختار هموگلوبین خون شده و در نتیجه ظرفیت هموگلوبین را برای اکسیژن‌رسانی به بافت‌های بدن کاهش می‌دهد. این امر باعث عوارضی مانند سردرد، خواب‌آلودگی و ... می‌شود. یکی دیگر از تأثیرات منفی نیترات بر بدن ایجاد سرطان است.

جمع‌بندی کلاس درس ۷

$$ppm = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6$$

جرم حلال (آب) = جرم محلول

در مسائل ppm } $1 \frac{g}{mL} = 1 \frac{kg}{L}$ چگالی محلول

برای بیان غلظت محلول‌های بسیار رقیق استفاده می‌شود.

عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست:

$$ppm = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 50 ppm = \frac{X g NaCl}{100 g} \times 10^6 \Rightarrow X = 5 \times 10^{-3} g NaCl$$

عبارت (ب):

عبارت (ت): برای بیان غلظت (نه مقدار) آلاینده‌های موجود در هوا از ppm استفاده می‌شود.

۵۴ (A) فقط با استفاده از اطلاعات گزینه (۲)، محلول ۱۰۰ ppm از یون F^- حاصل می‌شود:

$$1000 mg F^- = 1 g F^- \text{ جرم حل شونده}, \quad 1 kg = 10^3 g \text{ جرم محلول}$$

$$ppm = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{1 g F^-}{10^3 g} \times 10^6 = 1000 ppm$$

۵۵ (A) با توجه به جرم محلول و جرم حل شونده (Cl^-)، غلظت محلول را به دست می‌آوریم:

$$ppm = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow ppm = \frac{1/2 g Cl^-}{5 \times 10^3 g} \times 10^6 = 240 ppm$$

$$\left(\frac{1/2 \times 10^6}{5 \times 10^3}\right) \xrightarrow{\text{تکنیک دسته بندی}} \frac{12 \times 10^5}{5 \times 10^3} \xrightarrow{\text{تکنیک محاسبه جز به جز}} \frac{10^5 + 2}{5} \times 10^2 = \left(2 + \frac{2}{5}\right) \times 10^2 \xrightarrow{\text{ساده کردن}} 240$$

۵۶ (A) ابتدا جرم مس (II) سولفات حل شده در آب را بر حسب گرم محاسبه می کنیم:

$$? \text{ g CuSO}_4 = 1 \text{ m mol CuSO}_4 \times \frac{1 \text{ mol CuSO}_4}{1000 \text{ m mol CuSO}_4} \times \frac{160 \text{ g CuSO}_4}{1 \text{ mol CuSO}_4} = 16 \times 10^{-2} \text{ g CuSO}_4$$

حال می توانیم غلظت محلول را بر حسب ppm محاسبه کنیم:

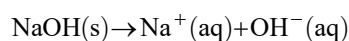
$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow \text{ppm} = \frac{16 \times 10^{-2}}{500} \times 10^6 = 320 \text{ ppm}$$

۵۷ (A) مقدار جرم حل شونده (NaNO₃) را به دست می آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 500 \text{ ppm} = \frac{X \text{ g NbNO}_3}{40 \text{ g محلول}} \times 10^6 \Rightarrow X = 2 \times 10^{-2} \text{ g NbNO}_3$$

$$? \text{ mol NaNO}_3 = 2 \times 10^{-2} \text{ g NaNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol NaNO}_3}{85 \text{ g NaNO}_3} = 2/85 \times 10^{-4} \text{ mol NaNO}_3$$

$$\left(\frac{2 \times 10^{-2}}{85}\right) \xrightarrow{\text{تکنیک محاسبه جز به جز}} \frac{2 \times 10^{-2} + 30}{85} \times 10^{-4} \xrightarrow{\text{عددی بین ۳ و ۲}} \left(2 + \frac{30}{85}\right) \times 10^{-4}$$



۵۸ (B) معادله تفکیک یونی NaOH به صورت روبه رو است:

$$? \text{ g Na}^+ = 80 \text{ g NaOH} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} \times \frac{1 \text{ mol Na}^+}{1 \text{ mol NaOH}} \times \frac{23 \text{ g Na}^+}{1 \text{ mol Na}^+} = 46 \text{ g Na}^+$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow \text{ppm} = \frac{46 \text{ g Na}^+}{500 \text{ g محلول}} \times 10^6 = 92000 \text{ ppm}$$

غلظت Na⁺ را بر حسب ppm به دست می آوریم:

$$\left(\frac{46}{500}\right) \times 10^6 \xrightarrow{\text{تکنیک دسته بندی}} \frac{46 \times 10^6}{5 \times 10^2} \xrightarrow{\text{تکنیک محاسبه جز به جز}} \frac{45 + 1}{5} \times 10^4 \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \left(9 + \frac{1}{5}\right) \times 10^4$$

۵۹ (B) روش اول: ابتدا جرم آمونیوم سولفات موجود در ۱/۵ تن از این محلول به دست می آید:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 264 = \frac{\text{جرم حل شونده}}{1/5 \times 10^6 \text{ g}} \times 10^6 \Rightarrow \text{جرم حل شونده} = 396 \text{ g}$$

حال می توانیم جرم یون آمونیوم موجود در ۳۹۶ گرم آمونیوم سولفات ((NH₄)₂SO₄) را محاسبه کنیم:

$$? \text{ g NH}_4^+ = 396 \text{ g (NH}_4)_2\text{SO}_4 \times \frac{1 \text{ mol (NH}_4)_2\text{SO}_4}{132 \text{ g (NH}_4)_2\text{SO}_4} \times \frac{2 \text{ mol NH}_4^+}{1 \text{ mol (NH}_4)_2\text{SO}_4} \times \frac{18 \text{ g NH}_4^+}{1 \text{ mol NH}_4^+} = 108 \text{ g NH}_4^+$$

روش دوم: می توانیم تمام مراحل را با استفاده از کسرهای تبدیل انجام دهیم:

$$? \text{ g NH}_4^+ = 1/5 \text{ ton} \times \frac{10^6 \text{ g محلول}}{1 \text{ ton}} \times \frac{264 \text{ g (NH}_4)_2\text{SO}_4}{10^6 \text{ g محلول ppm}} \times \frac{1 \text{ mol (NH}_4)_2\text{SO}_4}{132 \text{ g (NH}_4)_2\text{SO}_4} \times \frac{2 \text{ mol NH}_4^+}{1 \text{ mol (NH}_4)_2\text{SO}_4} \times \frac{18 \text{ g NH}_4^+}{1 \text{ mol NH}_4^+} = 108 \text{ g NH}_4^+$$

غلظت ppm و حجم محلول

کلاس درس

در کلاس درس قبل آموختیم که در رابطه محاسبه ppm یکای صورت و مخرج یکسان است و به همین دلیل ppm فاقد یکان است. البته گاهی غلظت ppm با یکاهایی مانند میلی گرم بر لیتر (mg.L⁻¹) بیان می شود، در این کلاس درس این موضوع را بررسی خواهیم کرد.

چند رابطه جدید برای محاسبه ppm

- ۱- غلظت یون‌ها را می‌توان برحسب «میلی‌گرم در یک کیلوگرم محلول» یا برحسب «میلی‌گرم در لیتر محلول» بیان کرد.
 ۲- در محلول‌های آبی رقیق که چگالی محلول تقریباً با چگالی آب ($1 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$) برابر فرض می‌شود، ppm برابر با میلی‌گرم حل‌شونده در لیتر محلول تعریف می‌شود:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده (میلی‌گرم)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}}$$

توجه: در این رابطه جرم حل‌شونده برحسب میلی‌گرم و حجم محلول بر حسب لیتر است و در نتیجه واحد غلظت ppm در این شرایط به صورت $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ بیان می‌شود.

۴- می‌دانیم ($10^{-6} \times \text{میلی‌گرم} = \text{کیلوگرم}$) حال اگر در رابطه اصلی محاسبه ppm صورت و مخرج را در 10^{-6} ضرب کنیم، داریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده (میلی‌گرم)}}{\text{جرم محلول (کیلوگرم)}} = \frac{\text{جرم حل‌شونده (میلی‌گرم)}}{\text{جرم محلول (میلی‌گرم)}} \times \frac{10^{-6}}{10^{-6}} = \frac{\text{جرم حل‌شونده (میلی‌گرم)}}{\text{جرم محلول (میلی‌گرم)}} \times 10^{-6}$$

بنابراین به رابطه مهم دیگری برای محاسبه ppm می‌رسیم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده (میلی‌گرم)}}{\text{جرم محلول (کیلوگرم)}}$$

مثال ۱: اگر در ۲ لیتر آب شهری، ۱۴ گرم یون فلوئورید حل‌شده باشد، غلظت یون F^- در این آب تقریباً چند ppm است؟

راه‌حل: در این سؤال صحبت از حجم محلول شده است، بنابراین به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$2 \text{ L} = \text{حجم محلول}, \quad 14 \times 10^3 \text{ mg F}^- = 14 \text{ g F}^- = \text{جرم حل‌شونده}$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده (میلی‌گرم)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{14 \times 10^3 \text{ mg F}^-}{2 \text{ L}} = 7 \times 10^3 \text{ ppm}$$

مثال ۲: ۲۱/۷۵ گرم لیتیم برمید را در یک لیتر آب حل می‌کنیم، غلظت یون Li^+ چند ppm است؟ ($\text{Li} = 7, \text{Br} = 80; \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

راه‌حل: با توجه به معادله تفکیک یونی LiBr ، جرم یون Li^+ را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g Li}^+ = 21.75 \text{ g LiBr} \times \frac{1 \text{ mol LiBr}}{87 \text{ g LiBr}} \times \frac{1 \text{ mol Li}^+}{1 \text{ mol LiBr}} \times \frac{7 \text{ g Li}^+}{1 \text{ mol Li}^+} = 17.5 \text{ g Li}^+$$

با توجه به حجم آب، غلظت Li^+ را به دست می‌آوریم: $1 \text{ L} = \text{حجم آب}$ ، $17.5 \text{ g} = 1750 \text{ mg}$ جرم Li^+

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده (میلی‌گرم)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{1750 \text{ mg Li}^+}{1 \text{ L}} = 1750 \text{ ppm}$$

مثال ۳: مقداری پتاسیم سولفید را در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب حل می‌کنیم. اگر غلظت یون پتاسیم در این محلول تقریباً برابر ۳۹۰ ppm باشد، مقدار پتاسیم

سولفید حل‌شده برحسب گرم چقدر است؟ ($\text{K} = 39, \text{S} = 32; \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

راه‌حل: **روش اول:** در محلول‌های بسیار رقیق غلظت حل‌شونده برحسب ppm بیان می‌شود:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده (mg)}}{\text{حجم محلول (L)}} \Rightarrow 390 = \frac{\text{جرم یون پتاسیم (mg)}}{200 \times 10^{-3} \text{ L}} \Rightarrow \text{جرم } \text{K}^+ = 78 \text{ mg}$$

حال می‌توانیم از گرم K^+ به گرم K_2S برسیم:

$$? \text{ g K}_2\text{S} = 78 \text{ mg K}^+ \times \frac{1 \text{ g K}^+}{39 \text{ g K}^+} \times \frac{1 \text{ mol K}^+}{2 \text{ mol K}^+} \times \frac{1 \text{ mol K}_2\text{S}}{1 \text{ mol K}_2\text{S}} \times \frac{110 \text{ g K}_2\text{S}}{1 \text{ mol K}_2\text{S}} = 11 \text{ g K}_2\text{S}$$

روش دوم: با استفاده از کسرهای تبدیل، تمام محاسبات بالا را در یک مرحله خلاصه می‌کنیم:

$$? \text{ g K}_2\text{S} = 200 \text{ mL محلول} \times \frac{390 \text{ mg K}^+}{1100 \text{ mL محلول}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{1 \text{ mol K}^+}{39 \text{ g K}^+} \times \frac{1 \text{ mol K}_2\text{S}}{2 \text{ mol K}^+} \times \frac{110 \text{ g K}_2\text{S}}{1 \text{ mol K}_2\text{S}} = 11 \text{ g K}_2\text{S}$$

روش سوم: ابتدا با استفاده از غلظت ppm یون K^+ ، غلظت ppm پتاسیم سولفید را به دست می‌آوریم:

$$\text{K}_2\text{S ppm} = (\text{غلظت ppm یون } \text{K}^+) \times (\text{نسبت جرمی } \text{K}_2\text{S به } \text{K}^+) \Rightarrow \text{K}_2\text{S ppm} = 390 \times \frac{110}{2 \times 39} = 550 \text{ ppm}$$

حال با استفاده از رابطه ppm گرم K_2S را به دست می‌آوریم:

$$550 \text{ ppm} = \frac{\text{جرم } \text{K}_2\text{S (mg)}}{200 \times 10^{-3} \text{ L}} \Rightarrow \text{جرم } \text{K}_2\text{S} = 110 \text{ mg} = 11 \text{ g}$$

میلی گرم در یک کیلوگرم محلول = میلی گرم در لیتر = ppm

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده (میلی گرم)}}{\text{جرم محلول (کیلوگرم)}} \quad \text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده (میلی گرم)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}}$$

با توجه به این که حجم محلول بیان شده است، به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده (میلی گرم)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow 22/5 \text{ ppm} = \frac{X \text{ mg KNO}_3}{100 \text{ L محلول}} \Rightarrow X = 2250 \text{ mg} = 2/25 \text{ g KNO}_3$$

۶۱ بررسی گزینه‌ها:

$$1 \text{ ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow \text{جرم حل شونده} = \text{جرم محلول}$$

گزینه (۱): با استفاده از رابطه ppm داریم:

گزینه (۲): رابطه محاسبه ppm در واقع یک میلیون برابر نسبت جرم حل شونده به جرم محلول را نشان می‌دهد که در آن یکای صورت و مخرج یکسان است.
گزینه (۳): غلظت ppm در واقع برابر میلی‌گرم حل شونده در یک کیلوگرم محلول است.
گزینه (۴): برای محاسبه غلظت ppm می‌توان از میلی‌گرم حل شونده در لیتر محلول نیز استفاده کرد. بنابراین اگر غلظت یون فلوئورید برابر ppm ۲۵ باشد، می‌توان گفت که در هر لیتر آن ۲۵ میلی‌گرم از یون فلوئورید وجود دارد.

۶۲ با استفاده از حجم و غلظت محلول، جرم سدیم سولفات (Na_۲SO_۴) حل شده را به دست می‌آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده (میلی گرم)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow 710 \text{ ppm} = \frac{X \text{ mg Na}_2\text{SO}_4}{2 \text{ L محلول}} \Rightarrow X = 1420 \text{ mg} = 1/42 \text{ g Na}_2\text{SO}_4$$

$$? \text{ mol Na}_2\text{SO}_4 = 1/42 \text{ g Na}_2\text{SO}_4 \times \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4}{142 \text{ g Na}_2\text{SO}_4} = 10^{-2} \text{ mol Na}_2\text{SO}_4$$

۶۳ با توجه به این که فیلتر دستگاه توانایی تصفیه ۵ مول یون نیترات (NO_۳⁻) را دارد، بنابراین جرم آن را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g NO}_3^- = 5 \text{ mol NO}_3^- \times \frac{62 \text{ g NO}_3^-}{1 \text{ mol NO}_3^-} = 310 \text{ g NO}_3^- = 3/1 \times 10^5 \text{ mg NO}_3^-$$

با توجه به مقدار جرم یون نیترات و غلظت محلول آن، حجم محلول نیترات را به دست می‌آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده (میلی گرم)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow 155 \text{ ppm} = \frac{3/1 \times 10^5 \text{ mg NO}_3^-}{X \text{ L محلول}} \Rightarrow X = 2 \times 10^3 \text{ L}$$

۶۴ برای به دست آوردن غلظت یون سولفات (SO_۴^{۲-}) موجود در محلولی شامل ۱۷/۱ میلی‌گرم از نمک آلومینیم سولفات (Al_۲(SO_۴)_۳) ابتدا

باید میلی‌گرم یون سولفات را به دست آوریم:

$$? \text{ mg SO}_4^{2-} = 17/1 \text{ mg Al}_2(\text{SO}_4)_3 \times \frac{1 \text{ g Al}_2(\text{SO}_4)_3}{1000 \text{ mg Al}_2(\text{SO}_4)_3} \times \frac{1 \text{ mol Al}_2(\text{SO}_4)_3}{342 \text{ g Al}_2(\text{SO}_4)_3} \times \frac{3 \text{ mol SO}_4^{2-}}{1 \text{ mol Al}_2(\text{SO}_4)_3} \times \frac{96 \times 10^3 \text{ mg SO}_4^{2-}}{1 \text{ mol SO}_4^{2-}} = 14/4 \text{ mg SO}_4^{2-}$$

حال می‌توانیم با استفاده از رابطه میلی‌گرم حل شونده در لیتر محلول، غلظت ppm یون سولفات را به دست آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{میلی گرم حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} \Rightarrow \text{ppm} = \frac{14/4 \text{ mg}}{0/6 \text{ L}} = 24$$

توجه برای به دست آوردن میلی‌گرم یون سولفات در ۱۷/۱ میلی‌گرم نمک آلومینیم سولفات می‌توانستیم از تناسب زیر استفاده کنیم:

$$\frac{\text{جرم } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3}{\text{جرم } \text{SO}_4^{2-}} = \frac{\text{ضریب } \times \text{جرم مولی } \text{SO}_4^{2-}}{\text{ضریب } \times \text{جرم مولی } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} \Rightarrow \frac{17/1 \text{ mg}}{342 \times 10^3 \text{ mg} \times 1} = \frac{x}{96 \times 10^3 \text{ mg} \times 3} \Rightarrow x = 14/4 \text{ mg SO}_4^{2-}$$

۶۵ حداقل غلظت خون برای تشخیص حس بویایی کوسه زمانی است که یک قطره خون معادل ۱/۱۰ گرم در فضایی از آب دریا به حجم ۴ × ۱۰^{۱۲}

لیتر پخش شود، بنابراین می‌توان حداقل غلظت خون را به صورت زیر به دست بیآوریم:

جرم یک لیتر آب دریا، معادل یک کیلوگرم است، بنابراین می توان گفت؛ 4×10^{12} L آب دریا، معادل 4×10^{12} kg یا 4×10^{15} g می باشد. با توجه به جرم آب دریا و جرم یک قطره خون، حداقل غلظت خون را برای تشخیص کوسه بر حسب ppm به دست می آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{\text{خون } 1\text{g}}{4 \times 10^{15} \text{ g}} \times 10^6 = 2/5 \times 10^{-11} \text{ ppm}$$

بنابراین حس بویایی کوسه به حداقل خون با غلظت $2/5 \times 10^{-11}$ ppm حساس است.

۶۶ **۲** **B** **روش اول:** مقدار جرم گاز اکسیژن حل شده در آب استخر را به دست می آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 6/4 \text{ ppm} = \frac{X \text{ g } O_2}{10^6 \text{ g آب}} \times 10^6 \Rightarrow X = 6/4 \text{ g } O_2$$

$$? \text{ mol } O_2 = 6/4 \text{ g } O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32 \text{ g } O_2} = 1/20 \times 10^{-23} \text{ mol } O_2$$

روش دوم: محاسبات بالا را می توان در یک مرحله انجام داد:

$$? \text{ mol } O_2 = 1 \text{ ton محلول} \times \frac{6/4 \text{ g } O_2}{10^6 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32 \text{ g } O_2} = 1/20 \times 10^{-23} \text{ mol } O_2$$

۶۷ **۱** **B** **روش اول:** با توجه به واکنش های تفکیک NaOH و KOH، مقدار جرم یون هیدروکسید حاصل از انحلال هر یک از نمک ها را به دست می آوریم:

$$NaOH(s) \rightarrow Na^+(aq) + OH^-(aq), \quad KOH(s) \rightarrow K^+(aq) + OH^-(aq)$$

$$? \text{ g } OH^- = 8 \text{ mg NaOH} \times \frac{1 \text{ g NaOH}}{1000 \text{ mg NaOH}} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} \times \frac{1 \text{ mol OH}^-}{1 \text{ mol NaOH}} \times \frac{17 \text{ g OH}^-}{1 \text{ mol OH}^-} = 3/4 \times 10^{-3} \text{ g OH}^-$$

$$? \text{ g } OH^- = 16/8 \text{ mg KOH} \times \frac{1 \text{ g KOH}}{1000 \text{ mg KOH}} \times \frac{1 \text{ mol KOH}}{56 \text{ g KOH}} \times \frac{1 \text{ mol OH}^-}{1 \text{ mol KOH}} \times \frac{17 \text{ g OH}^-}{1 \text{ mol OH}^-} = 5/1 \times 10^{-3} \text{ g OH}^-$$

مقدار کل یون هیدروکسید حاصل از انحلال دو ترکیب NaOH و KOH را به دست آورده و در نهایت غلظت یون هیدروکسید را بر حسب ppm محاسبه می کنیم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده (میلی گرم)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{8/5 \text{ mg OH}^-}{0/5 \text{ L}} = 17 \text{ ppm}$$

روش دوم: ابتدا غلظت ppm محلول NaOH و محلول KOH را به دست می آوریم و سپس با استفاده از غلظت ppm این محلول ها، غلظت ppm یون هیدروکسید هر محلول را محاسبه می کنیم:

$$NaOH \text{ محلول ppm} = \frac{8 \text{ mg}}{0/5 \text{ L}} = 16 \text{ ppm} \Rightarrow OH^- \text{ یون ppm} = 16 \text{ ppm} \times \frac{17 \text{ g}}{40 \text{ g}} = 6/8 \text{ ppm}$$

$$KOH \text{ محلول ppm} = \frac{16/8 \text{ mg}}{0/5 \text{ L}} = 33/6 \text{ ppm} \Rightarrow OH^- \text{ یون ppm} = 33/6 \text{ ppm} \times \frac{17 \text{ g}}{56 \text{ g}} = 10/2 \text{ ppm}$$

بنابراین غلظت یون هیدروکسید در مجموع برابر $(6/8 + 10/2) 17 \text{ ppm}$ است.

۶۸ **۲** **B** میانبر محاسباتی $\frac{16}{1000} \times 17 \times 10^6 \rightarrow 168 \times 17 \times 10^{-1} \rightarrow 3 \times 17 \times 10^{-4} = 51 \times 10^{-4} = 5/1 \times 10^{-3}$ تکنیک دسته بندی صورت، ضربی از مخرج است

۶۸ **۲** **B** حداقل غلظت یون F^- باید $0/7 \text{ ppm}$ باشد تا این یون کارایی خود را از دست ندهد، بنابراین مقدار یون فلوئورید را به دست می آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده (میلی گرم)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow 0/7 \text{ ppm} = \frac{X \text{ mg } F^-}{1 \text{ L}} \Rightarrow X = 0/7 \text{ mg } F^-$$

$$? \text{ mol NaF} = 0/7 \text{ mg } F^- \times \frac{1 \text{ g } F^-}{1000 \text{ mg } F^-} \times \frac{1 \text{ mol } F^-}{19 \text{ g } F^-} \times \frac{1 \text{ mol NaF}}{1 \text{ mol } F^-} = 3/7 \times 10^{-5} \text{ mol NaF}$$

۶۹ **۳** **C** **روش اول:** با توجه به مقدار مول آمونیوم و واکنش تفکیک نمک آمونیوم سولفات، جرم یون سولفات را به دست می آوریم:



$$? \text{ g } SO_4^{2-} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol } NH_4^+ \times \frac{1 \text{ mol } SO_4^{2-}}{2 \text{ mol } NH_4^+} \times \frac{96 \text{ g } SO_4^{2-}}{1 \text{ mol } SO_4^{2-}} = 9/6 \times 10^{-2} \text{ g } SO_4^{2-}$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{9/6 \times 10^{-2} \text{ g } SO_4^{2-}}{1000 \text{ g}} \times 10^6 = 96 \text{ ppm}$$

غلظت یون سولفات را بر حسب ppm به دست می آوریم:

روش دوم: ابتدا با توجه به داده‌های سؤال بهتر است غلظت ppm یون آمونیوم را به دست آورده و سپس با ضرب کردن نسبت جرمی یون سولفات به یون آمونیوم در غلظت ppm یون NH_4^+ به غلظت ppm یون سولفات برسیم:

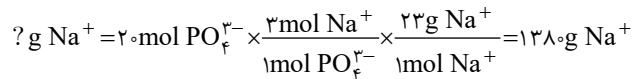
$$\text{غلظت ppm یون } \text{NH}_4^+ = \frac{2 \times 10^{-3} \times 18 \times 10^3 \text{ mg}}{1 \text{ kg محلول}} = 36 \text{ ppm} \Rightarrow \text{غلظت ppm یون } \text{SO}_4^{2-} = 36 \text{ ppm} \times \frac{96 \text{ g } \text{SO}_4^{2-}}{36 \text{ g } \text{NH}_4^+} = 96 \text{ ppm}$$

۷۰ ۴ روش اول: با توجه به تعریف ppm می‌توان گفت؛ که در 10^6 گرم محلول، 1900 گرم یون فسفات حل شده است.

ابتدا مقدار مول یون فسفات را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol } \text{PO}_4^{3-} = 1900 \text{ g } \text{PO}_4^{3-} \times \frac{1 \text{ mol } \text{PO}_4^{3-}}{95 \text{ g } \text{PO}_4^{3-}} = 20 \text{ mol } \text{PO}_4^{3-}$$

با توجه به واکنش تفکیک سدیم فسفات، جرم یون سدیم را به دست می‌آوریم:



بنابراین می‌توان گفت؛ که در 10^6 گرم محلول، 1380 گرم Na^+ وجود دارد، یعنی غلظت Na^+ 1380 ppm است.

روش دوم: برای به دست آوردن غلظت ppm یون Na^+ ، کافی است غلظت ppm یون PO_4^{3-} را در نسبت جرمی Na^+ به PO_4^{3-} (در ترکیب

Na_3PO_4) ضرب کنیم:

$$\text{غلظت ppm یون } \text{Na}^+ = 1900 \text{ ppm} \times \frac{3 \times 23 \text{ g } \text{Na}^+}{95 \text{ g } \text{PO}_4^{3-}} = 1380 \text{ ppm}$$

۷۱ ۲ با توجه به غلظت یون کلسیم در آب دریا، مقدار این یون را در 500 گرم آب دریا به دست می‌آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 400 \text{ ppm} = \frac{X \text{ g } \text{Ca}^{2+}}{500 \text{ g } \text{آب دریا}} \times 10^6 \Rightarrow X = 0.2 \text{ g } \text{Ca}^{2+}$$

با توجه به واکنش داده شده و مقدار یون Ca^{2+} ، مقدار مول سدیم فسفات را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol } \text{Na}_3\text{PO}_4 = 0.2 \text{ g } \text{Ca}^{2+} \times \frac{1 \text{ mol } \text{Ca}^{2+}}{40 \text{ g } \text{Ca}^{2+}} \times \frac{1 \text{ mol } \text{Ca}(\text{NO}_3)_2}{1 \text{ mol } \text{Ca}^{2+}} \times \frac{2 \text{ mol } \text{Na}_3\text{PO}_4}{3 \text{ mol } \text{Ca}(\text{NO}_3)_2} = 3/3 \times 10^{-3} \text{ mol } \text{Na}_3\text{PO}_4$$

۷۲ ۲ ابتدا با استفاده از رابطه محاسبه ppm، جرم حل شونده موجود در هر دو محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow \begin{cases} 480 = \frac{\text{جرم حل شونده}}{X} \times 10^6 \Rightarrow \text{جرم حل شونده در محلول اول} = 48 \times 10^{-5} \text{ g} \\ 600 = \frac{\text{جرم حل شونده}}{200} \times 10^6 \Rightarrow \text{جرم حل شونده در محلول دوم} = 12 \times 10^{-2} \text{ g} \end{cases}$$

حال می‌توانیم رابطه محاسبه ppm را برای محلول نهایی نوشته و جرم محلول اول را به دست آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 540 = \frac{(48 \times 10^{-5} + 12 \times 10^{-2})}{X + 200} \times 10^6 \Rightarrow X = 200 \text{ g}$$

۷۳ ۳ روش اول: ابتدا جرم یون پتاسیم (K^+) را در هر دو محلول به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g } \text{K}^+ = 50 \times 10^{-3} \text{ L} \times \frac{424 \text{ mg } \text{K}_2\text{PO}_4}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{1 \text{ mol } \text{K}_2\text{PO}_4}{212 \text{ g } \text{K}_2\text{PO}_4} \times \frac{3 \text{ mol } \text{K}^+}{1 \text{ mol } \text{K}_2\text{PO}_4} \times \frac{39 \text{ g } \text{K}^+}{1 \text{ mol } \text{K}^+} = 0.117 \text{ g}$$

$$? \text{ g } \text{K}^+ = 200 \times 10^{-3} \text{ L} \times \frac{261 \text{ mg } \text{K}_2\text{SO}_4}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{1 \text{ mol } \text{K}_2\text{SO}_4}{174 \text{ g } \text{K}_2\text{SO}_4} \times \frac{2 \text{ mol } \text{K}^+}{1 \text{ mol } \text{K}_2\text{SO}_4} \times \frac{39 \text{ g } \text{K}^+}{1 \text{ mol } \text{K}^+} = 0.234 \text{ g}$$

بنابراین در مجموع 0.351 گرم یعنی 351 میلی‌گرم یون K^+ در محلول نهایی داریم، حال می‌توانیم غلظت یون K^+ را در محلول نهایی به دست آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{میلی‌گرم حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} \Rightarrow \text{ppm} = \frac{351}{0.25} = 1404 \text{ ppm}$$

روش دوم: اگر غلظت هر نمک را در نسبت جرمی یون پتاسیم به نمک ضرب کنیم، غلظت یون پتاسیم به دست می‌آید:

$$424 \text{ ppm } \text{K}_2\text{PO}_4 \times \frac{3 \times 39 \text{ g } \text{K}^+}{212 \text{ g } \text{K}_2\text{PO}_4} = 234 \text{ ppm}$$

$$261 \text{ ppm } \text{K}_2\text{SO}_4 \times \frac{2 \times 39 \text{ g } \text{K}^+}{174 \text{ g } \text{K}_2\text{SO}_4} = 117 \text{ ppm}$$

حال برای محاسبه غلظت یون پتاسیم بر حسب ppm می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$\text{غلظت ppm} = \frac{(\text{ppm}_1 \times V_1) + (\text{ppm}_2 \times V_2)}{V_1 + V_2} \Rightarrow \text{غلظت یون } \text{K}^+ \text{ در محلول نهایی} = \frac{(234 \times 50) + (117 \times 200)}{250} \Rightarrow \text{غلظت یون } \text{K}^+ = 1404 \text{ ppm}$$

۷۴ ۱ روش اول: ابتدا گرم یون نیترات موجود در هر محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g NO}_3^- \text{ در محلول اول} = 10 \text{ kg (NH}_4\text{NO}_3 \text{ محلول)} \times \frac{240 \text{ mg NH}_4\text{NO}_3}{1 \text{ kg NH}_4\text{NO}_3 \text{ محلول}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{1 \text{ mol NH}_4\text{NO}_3}{80 \text{ g NH}_4\text{NO}_3} \times \frac{1 \text{ mol NO}_3^-}{1 \text{ mol NH}_4\text{NO}_3} \times \frac{62 \text{ g NO}_3^-}{1 \text{ mol NO}_3^-}$$

$$? \text{ g NO}_3^- \text{ در محلول اول} = 18/6 \text{ g NO}_3^-$$

$$? \text{ g NO}_3^- \text{ در محلول دوم} = x \text{ kg (NaNO}_3 \text{ محلول)} \times \frac{170 \text{ mg NaNO}_3}{1 \text{ kg (NaNO}_3 \text{ محلول)}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{1 \text{ mol NaNO}_3}{85 \text{ g NaNO}_3} \times \frac{1 \text{ mol NO}_3^-}{1 \text{ mol NaNO}_3} \times \frac{62 \text{ g NO}_3^-}{1 \text{ mol NO}_3^-}$$

$$? \text{ g NO}_3^- \text{ در محلول دوم} = 1/24 x \text{ g NO}_3^-$$

بنابراین در مجموع (18/6 + 1/24x) گرم یون نیترات در محلول نهایی وجود دارد. حال می‌توانیم غلظت یون نیترات را در محلول نهایی به دست آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 1800 = \frac{(18/6 + 1/24x)}{(10 + x)} \times 10^6 \Rightarrow x = 1/07 \text{ kg} \approx 1 \text{ kg}$$

روش دوم: اگر غلظت هر نمک را در نسبت جرمی یون نیترات به نمک ضرب کنیم غلظت یون نیترات خواهد آمد:

$$2400 \text{ ppm NH}_4\text{NO}_3 \times \frac{62 \text{ g NO}_3^-}{80 \text{ g NH}_4\text{NO}_3} = 1860 \text{ ppm NO}_3^-$$

$$1700 \text{ ppm NaNO}_3 \times \frac{62 \text{ g NO}_3^-}{85 \text{ g NaNO}_3} = 1240 \text{ ppm NO}_3^-$$

حال برای محاسبه کیلوگرم محلول سدیم نیترات می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$\text{غلظت ppm در محلول نهایی} = \frac{(\text{جرم محلول دوم} \times \text{ppm محلول دوم}) + (\text{جرم محلول اول} \times \text{ppm محلول اول})}{\text{جرم محلول اول} + \text{جرم محلول دوم}}$$

$$1800 = \frac{(1860 \times 10) + (1240 \times x)}{10 + x} \Rightarrow x = 1/07 \text{ kg} \approx 1 \text{ kg}$$

۷۵ ۴ می‌دانیم غلظت یون منیزیم در این نمونه از آب دریا 1350 ppm است یعنی در هر 10⁶ گرم از آن، 1350 گرم منیزیم داریم، بنابراین در یک کیلوگرم (1000 گرم) از آن 1/350 گرم یون منیزیم داریم:

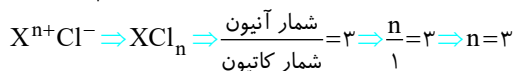
$$1000 \text{ g دریا} \times \frac{1350 \text{ g Mg}^{2+}}{10^6 \text{ g دریا}} = 1/350 \text{ g Mg}^{2+}$$

حال می‌خواهیم با افزودن آب خالص به یک کیلوگرم از آب دریا غلظت یون Mg²⁺ را تا 900 ppm کاهش دهیم، توجه داشته باشید که مقدار یون Mg²⁺ ثابت است و تغییر نمی‌کند، بنابراین داریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم Mg}^{2+}}{\text{جرم محلول نهایی}} \times 10^6 \Rightarrow 900 = \frac{1/350}{(1+x) \times 1000} \times 10^6 \Rightarrow x = 0/5 \text{ kg}$$

با توجه به این که چگالی آب خالص برابر 1 g.ml⁻¹ است می‌توان نتیجه گرفت که 0/5 کیلوگرم (500 گرم) آب معادل 50 لیتر (500 میلی‌لیتر) آب است.

۷۶ ۱ ابتدا فرمول شیمیایی نمک مورد نظر را می‌نویسیم، با توجه به این که نسبت شمار آنیون به کاتیون در این نمک برابر 3 است داریم:



بنابراین بار الکتریکی یا ظرفیت فلز X برابر (+3) است و فرمول شیمیایی کلرید آن XCl₃ است.

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم نمک حل شده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 1812 = \frac{\text{جرم نمک}}{2500} \times 10^6 \Rightarrow \text{جرم نمک} = 4/53 \text{ g}$$

$$\text{می‌دانیم در محلول نمک مورد نظر 3/0\% مول نمک وجود دارد بنابراین:} \Rightarrow \text{مول نمک} = \frac{\text{جرم نمک}}{\text{جرم مولی نمک}} \Rightarrow \frac{4/53}{0/3} = 151 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\text{XCl}_3 = \text{X} + 3 \times (35/5) = 151 \Rightarrow \text{X} = 44/5$$

۷۷ ۳ روش اول: هر مول پتاسیم سولفات (K₂SO₄)، شامل 2 مول پتاسیم و یک مول یون سولفات است بنابراین هر 0/5 مول پتاسیم سولفات

شامل 0/1 مول یون پتاسیم و 0/5 مول یون سولفات است، ابتدا ppm K⁺ را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g K}^+ = 0/5 \text{ mol K}_2\text{SO}_4 \times \frac{2 \text{ mol K}^+}{1 \text{ mol K}_2\text{SO}_4} \times \frac{39 \text{ g K}^+}{1 \text{ mol K}^+} = 3/9 \text{ g K}^+$$

$$\text{K}^+ \text{ ppm} = \frac{\text{جرم یون K}^+}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow \text{K}^+ \text{ ppm} = \frac{3/9}{6000} \times 10^6 = 65 \text{ ppm}$$

حال غلظت ppm یون سولفات را به دست می آوریم:

$$? \text{ g SO}_4^{2-} = 0.05 \text{ mol K}_2\text{SO}_4 \times \frac{1 \text{ mol SO}_4^{2-}}{1 \text{ mol K}_2\text{SO}_4} \times \frac{96 \text{ g SO}_4^{2-}}{1 \text{ mol SO}_4^{2-}} = 4.8 \text{ g SO}_4^{2-}$$

$$\text{SO}_4^{2-} \text{ ppm} = \frac{\text{جرم یون SO}_4^{2-}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow \text{غلظت ppm SO}_4^{2-} = \frac{4.8}{6000} \times 10^6 = 800 \text{ ppm}$$

بنابراین مجموع غلظت یون‌ها برابر ۱۴۵۰ ppm است.

روش دوم: مجموع غلظت یون‌های موجود در محلول برابر غلظت محلول پتاسیم سولفات است بنابراین کافی است که غلظت محلول پتاسیم سولفات را به دست آوریم:

$$? \text{ g K}_2\text{SO}_4 = 0.05 \text{ mol K}_2\text{SO}_4 \times \frac{174 \text{ g K}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol K}_2\text{SO}_4} = 8.7$$

$$\text{K}_2\text{SO}_4 \text{ ppm} = \frac{\text{جرم K}_2\text{SO}_4}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow \text{ppm} = \frac{8.7}{6000} \times 10^6 = 1450 \text{ ppm}$$

۷۸ **۲** **C** با توجه به فرمول شیمیایی آلومینیم سولفات $(\text{Al}(\text{SO}_4))_3$ می‌توان نتیجه گرفت که در هر واحد فرمولی آن ۵ یون Al^{3+} و ۳ یون SO_4^{2-} وجود دارد. ابتدا غلظت ppm یون Al^{3+} را به دست می آوریم:

$$? \text{ g Al}^{3+} = 24/0.8 \times 10^{-22} \text{ ion} \times \frac{1 \text{ mol ion}}{6.02 \times 10^{23} \text{ ion}} \times \frac{2 \text{ mol Al}^{3+}}{5 \text{ mol ion}} \times \frac{27 \text{ g Al}^{3+}}{1 \text{ mol Al}^{3+}} = 4/32 \text{ g Al}^{3+}$$

$$\text{Al}^{3+} \text{ ppm} = \frac{4/32}{34/56 \times 10^3} \times 10^6 = 125 \text{ ppm}$$

حال می‌توانیم با استفاده از غلظت ppm یون Al^{3+} ، غلظت ppm نمک را به دست آوریم:

$$\text{Al}_3(\text{SO}_4)_3 \text{ ppm} = \text{Al}^{3+} \text{ ppm} \times \frac{\text{جرم مولی } \text{Al}_3(\text{SO}_4)_3}{2 \times (\text{جرم مولی Al})} \Rightarrow \text{غلظت ppm } \text{Al}_3(\text{SO}_4)_3 = 125 \times \frac{342}{2 \times 27} = 791/7$$

۷۹ **۳** **C** **روش اول:** ابتدا با استفاده از رابطه زیر غلظت ppm محلول نهایی را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{غلظت ppm در محلول نهایی} = \frac{(\text{جرم محلول دوم} \times \text{ppm محلول دوم}) + (\text{جرم محلول اول} \times \text{ppm محلول اول})}{\text{جرم آب اضافه شده} + \text{جرم محلول دوم} + \text{جرم محلول اول}}$$

$$\text{غلظت ppm در محلول نهایی} = \frac{(600 \times 400) + (900 \times 600)}{400 + 600 + 560} = \frac{240 \times 10^3 + 540 \times 10^3}{1560} = 500 \text{ ppm}$$

حال می‌توانیم جرم پتاسیم هیدروکسید موجود در ۵۰۰ گرم از محلول نهایی را به دست آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 500 = \frac{X}{500} \times 10^6 \Rightarrow X = 25 \times 10^{-2} \text{ g}$$

بنابراین در ۵۰۰ گرم از این محلول، ۲۵۰ میلی‌گرم پتاسیم هیدروکسید وجود دارد.

روش دوم: برای حل این سؤال می‌توانستیم جرم پتاسیم هیدروکسید موجود در هر محلول را محاسبه کرده و با هم جمع کنیم تا جرم پتاسیم هیدروکسید در محلول نهایی به دست آید:

$$\text{جرم KOH در محلول نهایی} = \frac{600 \times 400}{10^6} + \frac{900 \times 600}{10^6} = 0.24 + 0.54 = 0.78 \text{ g}$$

حال با توجه به اینکه جرم محلول نهایی برابر ۱۵۶۰ گرم است داریم:

$$? \text{ mg KOH} = 500 \text{ g محلول} \times \frac{0.78 \text{ g KOH}}{1560 \text{ g محلول}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 250 \text{ mg KOH}$$

۸۰ **۴** **B**

$$\text{NaOH جرم حل شونده} = 4 \text{ mg} = 4 \times 10^{-3} \text{ g}$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 50 \text{ ppm} = \frac{4 \times 10^{-3} \text{ g}}{X \text{ g محلول}} \times 10^6 \Rightarrow X = 80 \text{ g محلول}$$

مشخص شد که ۰.۰۴g از محلول را NaOH تشکیل می‌دهد و بقیه آن آب است. اکنون باید ببینیم ۰.۰۴g سدیم هیدروکسید با چند مول سدیم هیدروژن سولفات واکنش می‌دهد.

$$? \text{ mol NaHSO}_4 = 4 \times 10^{-3} \text{ g NaOH} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} \times \frac{1 \text{ mol NaHSO}_4}{1 \text{ mol NaOH}} = 10^{-4} \text{ mol NaHSO}_4$$

سولفات واکنش می‌دهد.

۸۱ **۲** **B**

$$\text{چگالی} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow 1 \text{ g.mL}^{-1} = \frac{X \text{ g محلول}}{200 \text{ mL محلول}} \Rightarrow X = 200 \text{ g محلول}$$

غلظت یون Cl^- برابر ۱۰ppm است. بنابراین جرم یون Cl^- را به دست می آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 10 \text{ ppm Cl}^- = \frac{X \text{ g Cl}^-}{200 \text{ g محلول}} \times 10^6 \Rightarrow X = 2 \times 10^{-3} \text{ g Cl}^-$$

$$? \text{ g CaCl}_2 = 2 \times 10^{-3} \text{ g Cl}^- \times \frac{1 \text{ mol Cl}^-}{35/5 \text{ g Cl}^-} \times \frac{1 \text{ mol CaCl}_2}{2 \text{ mol Cl}^-} \times \frac{111 \text{ g CaCl}_2}{1 \text{ mol CaCl}_2} = 3/1 \times 10^{-3} \text{ g CaCl}_2$$

ابتدا جرم سدیم هیدروکسید موجود در محلول را محاسبه می کنیم: **۸۲**

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 120 \text{ ppm} = \frac{X \text{ g حل شونده}}{10 \text{ g محلول}} \times 10^6 \Rightarrow X = 1/2 \times 10^{-3} \text{ g NaOH}$$

مقدار مول FeCl_3 لازم برای واکنش با $1/2 \times 10^{-3} \text{ g NaOH}$ را به دست می آوریم:

$$? \text{ mol FeCl}_3 = 1/2 \times 10^{-3} \text{ g NaOH} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} \times \frac{1 \text{ mol FeCl}_3}{3 \text{ mol NaOH}} = 1 \times 10^{-5} \text{ mol FeCl}_3$$

۸۳ **روش اول:** ابتدا جرم یون نیترات را به دست می آوریم:

$$? \text{ g NO}_3^- = 3 \text{ mol NO}_3^- \times \frac{62 \text{ g NO}_3^-}{1 \text{ mol NO}_3^-} = 186 \text{ g NO}_3^-$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 100 = \frac{186}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow \text{جرم محلول} = 186 \times 10^4 \text{ g}$$

در انتها با استفاده از چگالی محلول و جرم محلول، حجم محلول را به دست می آوریم:

$$186 \times 10^4 \text{ g محلول} \times \frac{1 \text{ mL محلول}}{1 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 1860 \text{ L محلول}$$

روش دوم: با استفاده از کسرهای تبدیل تمام مراحل بالا را در یک مرحله انجام می دهیم:

$$? \text{ L محلول} = 3 \text{ mol NO}_3^- \times \frac{62 \text{ g NO}_3^-}{1 \text{ mol NO}_3^-} \times \frac{10^6 \text{ g محلول}}{100 \text{ g NO}_3^-} \times \frac{1 \text{ mL محلول}}{1 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 1860 \text{ L محلول}$$

ابتدا با استفاده از غلظت ppm گوگرد، جرم گوگرد را به دست می آوریم: **۸۴**

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 96 = \frac{\text{جرم حل شونده}}{10^6 \text{ g محلول}} \times 10^6 \Rightarrow \text{جرم حل شونده} = 96 \text{ g گوگرد}$$

با توجه به این که هر مول گوگرد تبدیل به یک مول سولفوریک اسید می شود داریم:

$$? \text{ g H}_2\text{SO}_4 = 96 \text{ g S} \times \frac{1 \text{ mol S}}{32 \text{ g S}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol S}} \times \frac{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4} = 294 \text{ g H}_2\text{SO}_4$$

ابتدا باید غلظت محلول اولیه HCl را به دست آوریم: **۸۵**

$$M = \frac{10 \text{ a d}}{\text{جرم مولی}} = \frac{10 \times 36/5 \times 1/2}{36/5} = 12 \text{ mol.L}^{-1}$$

سپس باید مول یون کلرید موجود در محلول را محاسبه کنیم.

$$? \text{ mol Cl}^- = 10 \text{ L محلول} \times \frac{1000 \text{ mL محلول}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1 \text{ g محلول}}{1 \text{ mL محلول}} \times \frac{109/5 \text{ g Cl}^-}{35/5 \text{ g Cl}^-} \times \frac{1 \text{ mol Cl}^-}{10^6 \text{ g محلول}} = 0/308 \text{ mol Cl}^-$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\text{ppm} = \frac{\text{میلی گرم های حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} \Rightarrow 109/5 = \frac{X}{10} \Rightarrow X = 1095 \text{ mg Cl}^- = 1/095 \text{ g Cl}^-$$

روش دوم (استفاده از ppm):

$$? \text{ mol Cl}^- = 1/095 \text{ g Cl}^- \times \frac{1 \text{ mol Cl}^-}{35/5 \text{ g Cl}^-} = 0/308 \text{ mol Cl}^-$$

$$\text{مول حل شونده} = \text{مولاریته} \times \text{حجم محلول} \Rightarrow 12 = \frac{0/308 \text{ mol}}{V} \Rightarrow V = 0/0257 \text{ L} = 2/57 \text{ mL محلول}$$

در نهایت باید حجم محلول اولیه را محاسبه کنیم:

۸۶

$$\text{آب } 7500 \text{ ton} = 1 \text{ ton آب } \times \frac{10^6 \text{ g آب}}{1 \text{ kg آب}} \times \frac{1 \text{ kg آب}}{1350 \text{ g Mg}} \times \frac{1000 \text{ g}}{27 \text{ kg Mg}} \times \frac{27 \text{ kg Mg}}{1 \text{ روز}} \times \frac{30 \text{ ماه}}{1 \text{ ماه}} = 7500 \text{ ton آب}$$

درصد جرمی یک ماده شیمیایی در یک مخلوط بیانگر جرم آن ماده بر حسب گرم در ۱۰۰ گرم از مخلوط است که از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{درصد جرمی یک ماده در یک مخلوط} = \frac{\text{جرم ماده (بر حسب گرم)}}{\text{جرم مخلوط (بر حسب گرم)}} \times 100$$

در این کلاس درس در مورد درصد جرمی یک حل‌شونده در یک محلول صحبت خواهیم کرد.

مفاهیم و نکات درصد جرمی (%w/w)

- به مقدار جرم ماده حل‌شونده بر حسب گرم در ۱۰۰ گرم محلول، درصد جرمی ماده حل‌شونده در آن محلول گفته می‌شود.
- به بیان دیگر درصد جرمی هم‌ارز شمار قسمت‌های حل‌شونده در ۱۰۰ قسمت از محلول است. در واقع وقتی می‌گوییم محلول a٪ جرمی، یعنی از هر ۱۰۰ گرم محلول، a گرم حل‌شونده و (۱۰۰-a) گرم حلال (آب) داریم.
- به‌عنوان مثال، بر روی ظرف حاوی محلول شست‌وشو دهان عبارت «محلول استریل سدیم کلرید ۰/۹ درصد» نوشته شده است، یعنی در ۱۰۰ گرم محلول، ۰/۹ گرم سدیم کلرید حل شده است و ۹۹/۱ گرم آن آب می‌باشد.
- برای محاسبه درصد جرمی ماده حل‌شونده در یک محلول، می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$\text{درصد جرمی } (\%W/W) = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100$$

در این رابطه جرم محلول برابر مجموع جرم حلال و حل‌شونده است.

توجه در رابطه درصد جرمی، یکای جرم صورت و مخرج کسر حتماً باید یکسان باشد (هر دو باید بر حسب mg، g یا kg بیان شوند)، بنابراین درصد جرمی بدون یکا است. در ضمن درصد جرمی را با نماد %w/w نمایش می‌دهند.

- غلظت بسیاری از محلول‌ها در صنعت، پزشکی، داروسازی، کشاورزی و زندگی روزانه با درصد جرمی بیان می‌شود.
- سرکه خوراکی با خاصیت اسیدی ملایم که به‌عنوان چاشنی در غذاها استفاده می‌شود، محلول ۵ درصد جرمی استیک اسید (CH_3COOH) در آب است.
- همچنین محلول غلیظ نیتریک اسید (HNO_3) در صنعت با غلظت ۷۰ درصد جرمی تولید شده که بسته به کاربرد آن، به محلول‌های رقیق‌تر تبدیل می‌شود.

مسائل درصد جرمی

در حل مسائل درصد جرمی علاوه بر استفاده از رابطه درصد جرمی می‌توان از کسرهای تبدیل «درصد جرمی» یا « $\frac{100}{\text{درصد جرمی}}$ » نیز استفاده کرد. به عنوان

مثال اگر محلول ۸۵ درصد جرمی سدیم کلرید را داشته باشیم می‌توانیم از کسر تبدیل « $\frac{85\text{g NaCl}}{100\text{g محلول}}$ » یا « $\frac{100\text{g محلول}}{85\text{g NaCl}}$ » در حل مسائل استفاده می‌کنیم.

مثال ۱: با توجه به شکل زیر، با افزودن مقدار معینی پتاسیم کلرید (حل‌شونده) و آب (حلال)، محلولی تهیه می‌شود.



(الف)

(ب)

به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

- جرم حل‌شونده، محلول و حلال را به‌دست آورید.
- برای تهیه ۱۰۰ گرم از این محلول به چند گرم حل‌شونده و چند گرم حلال نیاز است؟
- درصد جرمی پتاسیم کلرید در محلول اولیه را به‌دست آورید.

راه‌حل:

الف) با توجه به شکل (الف) می‌توان گفت، جرم KCl برابر ۸ گرم و با توجه به شکل (ب) می‌توان گفت، جرم محلول حاصل برابر ۵۰ گرم است، بنابراین جرم آب (حلال) را به‌دست می‌آوریم: $X = 42\text{g}$ $\Rightarrow X\text{g H}_2\text{O} + 8\text{g KCl} = 50\text{g محلول}$ \Rightarrow جرم حلال + جرم حل‌شونده = جرم محلول

ب) برای تهیه ۱۰۰ گرم محلول (یعنی دو برابر محلول قبلی) می‌توان جرم KCl و آب را دو برابر کرد: $2 \times 8\text{g KCl} = 16\text{g KCl}$ ، $2 \times 42\text{g H}_2\text{O} = 84\text{g H}_2\text{O}$ = جرم حلال جدید

بنابراین در ۱۰۰ گرم محلول جدید، مقدار KCl و آب به‌ترتیب ۱۶g و ۸۴g است.

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow \text{درصد جرمی} = \frac{16\text{g KCl}}{100\text{g محلول}} \times 100 = 16\%w/w \quad (\text{پ})$$

مثال ۲: برای تهیه ۲۷۰g شربت، ۸/۱ گرم شکر (ساکارز) به کار رفته است. درصد جرمی ساکارز را به دست آورید.

راه حل:

$$\text{درصد جرمی ساکارز} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 = \frac{8/1 \text{ g شکر}}{270 \text{ g محلول}} \times 100 = 2.96\% \text{ w/w}$$

مثال ۳: ۵۰/۵ گرم محلول ۴۰ درصد جرمی پتاسیم نیترات، شامل چند مول حل شونده است؟ (N=۱۴, O=۱۶, K=۳۹: g.mol⁻¹)

راه حل: **روش اول:** جرم حل شونده (پتاسیم نیترات) را به دست می آوریم:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 40 = \frac{X \text{ g KNO}_3}{50/5 \text{ g محلول}} \times 100 \Rightarrow X = 20/2 \text{ g KNO}_3$$

$$? \text{ mol KNO}_3 = 20/2 \text{ g KNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol KNO}_3}{101 \text{ g KNO}_3} = 0/2 \text{ mol KNO}_3$$

مقدار مول KNO₃ را به دست می آوریم:

$$\text{mol KNO}_3 = 50/5 \text{ g محلول} \times \frac{40 \text{ g KNO}_3}{100 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ mol KNO}_3}{101 \text{ g KNO}_3} = 2 \text{ mol KNO}_3$$

درصد جرمی

روش دوم:

مثال ۴: ۱۰۰ گرم محلول کلسیم نیترات با درصد جرمی ۴۱ درصد شامل چند مول یون نیترات است؟ (N=۱۴, O=۱۶, Ca=۴۰: g.mol⁻¹)

راه حل: **روش اول:** جرم کلسیم نیترات (Ca(NO₃)₂) حل شده در محلول را به دست می آوریم:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 41 = \frac{X \text{ g Ca(NO}_3)_2}{100 \text{ g محلول}} \times 100 \Rightarrow X = 41 \text{ g Ca(NO}_3)_2$$

با توجه به معادله تفکیک یونی Ca(NO₃)₂، مقدار مول یون کلسیم را به دست می آوریم: Ca(NO₃)₂(s) → Ca²⁺(aq) + 2NO₃⁻(aq)

$$? \text{ mol NO}_3^- = 41 \text{ g Ca(NO}_3)_2 \times \frac{1 \text{ mol Ca(NO}_3)_2}{164 \text{ g Ca(NO}_3)_2} \times \frac{2 \text{ mol NO}_3^-}{1 \text{ mol Ca(NO}_3)_2} = 0/5 \text{ mol NO}_3^-$$

روش دوم: تمام مراحل بالا را با استفاده از کسرهای تبدیل در یک مرحله خلاصه می کنیم:

$$\text{mol NO}_3^- = 100 \text{ g محلول} \times \frac{41 \text{ g Ca(NO}_3)_2}{100 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ mol Ca(NO}_3)_2}{164 \text{ g Ca(NO}_3)_2} \times \frac{2 \text{ mol NO}_3^-}{1 \text{ mol Ca(NO}_3)_2} = 0/5 \text{ mol NO}_3^-$$

درصد جرمی

مثال ۵: اگر غلظت یون کلرید در یک نمونه آب دریا برابر ۱۹۰۰۰ میلی گرم در یک کیلوگرم آب دریا باشد، غلظت یون Cl⁻ را بر حسب درصد جرمی و ppm محاسبه کنید؟

راه حل: با توجه به اطلاعات مسئله می توان گفت: در هر کیلوگرم (۱۰۰۰ گرم) آب دریا (محلول)، ۱۹۰۰۰ میلی گرم (۱۹ گرم) یون Cl⁻ (حل شونده) حل شده است، بنابراین درصد جرمی و غلظت ppm محلول را به دست می آوریم:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 = \frac{19 \text{ g Cl}^-}{1000 \text{ g محلول}} \times 100 = 1.9\%$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{19 \text{ g Cl}^-}{1000 \text{ g محلول}} \times 10^6 = 19000 \text{ ppm}$$

مثال ۶: مقدار ۲۰ گرم از ترکیب منیزیم کلرید را در ۱۰۰ میلی لیتر آب حل می کنیم. درصد جرمی محلول حاصل را به دست آورید.

(۱ g.mL⁻¹ = چگالی آب)

راه حل: ابتدا باید با استفاده از چگالی، جرم آب را به دست آوریم:

$$\text{جرم آب} = \frac{\text{جرم آب}}{\text{حجم آب}} \Rightarrow 1 \text{ g.mL}^{-1} = \frac{X \text{ g H}_2\text{O}}{100 \text{ mL H}_2\text{O}} \Rightarrow X = 100 \text{ g H}_2\text{O}$$

توجه: در مسائل مربوط به درصد جرمی، زمانی که حجم محلول بیان شود، ابتدا با استفاده از چگالی محلول، جرم محلول را به دست می آوریم و سپس مسئله را حل می کنیم.

محلول ۱۲۰g MgCl₂ + ۱۰۰g H₂O = جرم حل شونده + جرم حلال = جرم محلول

درصد جرمی را به دست می آوریم:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow \frac{20 \text{ g MgCl}_2}{120 \text{ g محلول}} \times 100 = 16.6\%$$

نکته

هر گاه دو یا چند محلول هم جنس و با درصد جرمی‌های مشخص را با یکدیگر مخلوط کنیم، درصد جرمی محلول نهایی به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\text{درصد جرمی محلول نهایی} = \frac{(\text{جرم محلول (۲)} \times \text{درصد جرمی محلول (۲)}) + (\text{جرم محلول (۱)} \times \text{درصد جرمی محلول (۱)})}{\text{جرم محلول (۲)} + \text{جرم محلول (۱)}} \times 100$$

مثال ۷: ۱۰۰ گرم محلول ۵۰ درصد جرمی NaOH را با ۱۵۰ گرم محلول ۶۰ درصد جرمی همان ترکیب مخلوط می‌کنیم. درصد جرمی محلول نهایی را به دست آورید.

راه حل: با توجه به اطلاعات داده شده داریم:

$$\text{درصد جرمی محلول نهایی} = \frac{(50\% \times 100\text{g}) + (60\% \times 150\text{g})}{(150 + 100)\text{g}} \times 100 = 56\%$$

نکته

برای تبدیل غلظت ppm به درصد جرمی یا برعکس، می‌توان از رابطه روبه‌رو استفاده کرد:

$$\text{ppm} = 10^4 \times \text{درصد جرمی}$$

این رابطه از تقسیم رابطه ppm بر درصد جرمی به دست آمده است. در ضمن در این رابطه درصد جرمی بدون علامت درصد می‌باشد.

مثال ۸: اگر غلظت یون کلرید در محلول آهن (II) کلرید برابر ۳۵۵ ppm باشد، درصد جرمی محلول آهن (II) کلرید کدام است؟

(Fe=۵۶, Cl=۳۵/۵: g.mol⁻¹)

(۴) ۶/۳۵

(۳) ۰/۶۳۵

(۲) ۱/۲۷

(۱) ۰/۱۲۷

راه حل: **روش اول:** ابتدا درصد جرمی یون کلرید را محاسبه می‌کنیم:

درصد $= 355 \times 10^{-3} = \text{درصد جرمی} \Rightarrow \text{درصد جرمی} = 355 \times 10^{-4} \Rightarrow \text{درصد جرمی} = 355 \times 10^{-4} = \text{غلظت ppm}$

حال می‌توانیم درصد جرمی آهن (II) کلرید را به دست آوریم:

$$? \text{ g FeCl}_2 = 355 \times 10^{-3} \text{ g Cl}^- \times \frac{1 \text{ mol Cl}^-}{35/5 \text{ g Cl}^-} \times \frac{1 \text{ mol FeCl}_2}{2 \text{ mol Cl}^-} \times \frac{127 \text{ g FeCl}_2}{1 \text{ mol FeCl}_2} = 63/5 \times 10^{-2} \text{ g FeCl}_2$$

روش دوم: ابتدا غلظت ppm آهن (II) کلرید را محاسبه می‌کنیم، برای این کار غلظت ppm یون کلرید را در نسبت جرم FeCl₂ به جرم Cl⁻

(در ترکیب FeCl₂) ضرب می‌کنیم:

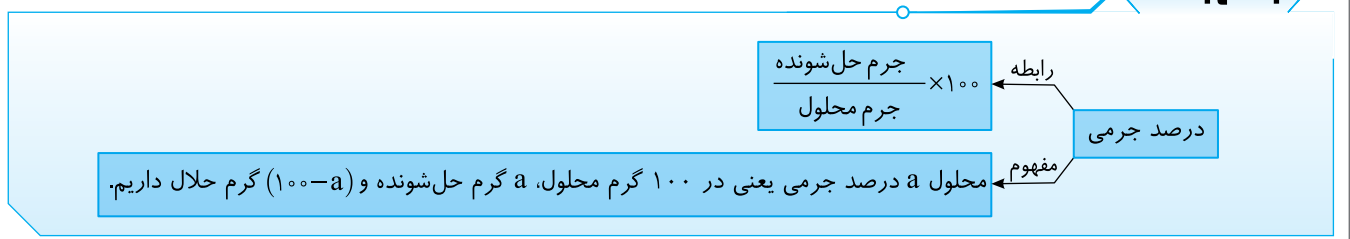
$$\text{درصد جرمی آهن (II) کلرید} = 355 \times \frac{127}{71} = 635 \text{ ppm}$$

حال می‌توانیم درصد جرمی محلول آهن (II) کلرید را حساب می‌کنیم:

درصد $= 635 \times 10^{-4} = \text{درصد جرمی} \Rightarrow \text{درصد جرمی} = 635 \times 10^{-4} = \text{غلظت ppm}$

کلاس درس ۹

جمع‌بندی



محلول سدیم کلرید ۹۷/۹٪، یعنی در هر ۱۰۰ گرم محلول، ۹/۹۷ گرم سدیم کلرید حل شده است و ۹۹/۱ گرم آب (حلال) وجود دارد.

۸۸ (B) ۲ عبارتهای (الف) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): درصد جرمی هم‌ارز با شمار قسمت‌های حل‌شونده در ۱۰۰ قسمت محلول است.
 عبارت (ب): در محلول ۷۰ درصد جرمی سدیم کلرید، به ازای هر ۱۰۰ گرم محلول، ۷۰ گرم حل‌شونده (سدیم کلرید) و ۳۰ گرم حلال (آب) داریم، بنابراین جرم حل‌شونده بیشتر از جرم حلال است.
 عبارت (پ): در ۷۰ گرم محلول ۱۶ درصد جرمی پتاسیم کلرید، ۱۱/۲ گرم پتاسیم کلرید وجود دارد:

$$11/2 \text{ g} = \text{جرم حل شونده} \Rightarrow \text{جرم حل شونده} = 11/2 \times 100 = 112 \text{ g}$$

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 = 16\%$$

عبارت (ت): درصد جرمی یون سدیم در یک نمونه از آب دریا که غلظت یون سدیم در آن ۱۰۵۰ ppm است، برابر ۱/۰۵ درصد است.

$$\text{درصد} = 1/05 = \text{درصد جرمی} \Rightarrow \text{درصد جرمی} = 1/05 \times 10^4 = 1050 \text{ ppm}$$

۸۹ ۴ بررسی عبارت‌ها:

جرم قند (حل‌شونده) = ۱۰۸g ، جرم نوشابه (محلول) = ۱۵۰۰g

عبارت (الف): با توجه به شکل برای نوشابه بزرگ:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow \text{درصد جرمی} = \frac{108g}{1500g} \times 100 = 7.2\%$$

$$\frac{108 \times 100}{1500} \xrightarrow{\text{تکنیک دسته‌بندی}} \frac{108 \times 10^2}{15 \times 10^2} \xrightarrow{\text{تکنیک محاسبه جزیه‌جزیه}} \frac{108}{15} + \frac{1}{3} \xrightarrow{\text{ساده کردن}} 7 + \frac{3}{15} = 7.2\%$$

میانبر محاسباتی

جرم قند (حل‌شونده) = ۳۳۰g ، جرم نوشابه (محلول) = ۳۹g

عبارت (ب): برای نوشابه کوچک:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 = \frac{330g}{39g} \times 100 = 847.9\%$$

بنابراین اختلاف درصد جرمی قند موجود در دو نوشابه برابر ۱/۵۹ درصد است.

عبارت (پ): با استفاده از رابطه: $10^4 \times \text{درصد جرمی} = \text{غلظت ppm}$ ، غلظت قند در هر دو نوشابه را محاسبه می‌کنیم:

$$\left. \begin{aligned} \text{غلظت ppm در نوشابه بزرگ} &= 7.2 \times 10^4 = 72000 \text{ ppm} \\ \text{غلظت ppm در نوشابه کوچک} &= 847.9 \times 10^4 = 8479000 \text{ ppm} \end{aligned} \right\} \text{اختلاف غلظت‌های ppm} = 15/9 \times 10^3$$

تویه برای محاسبه اختلاف غلظت‌های ppm هر دو محلول کافی بود که اختلاف درصد جرمی قند در نوشابه‌ها را در عدد 10^4 ضرب کنیم.

$$\text{اختلاف غلظت‌های ppm} = (\text{اختلاف درصد جرمی قند}) \times 10^4 = (847.9 - 7.2) \times 10^4 = 15/9 \times 10^3$$

عبارت (ت): درصد جرمی قند در نوشابه کوچک‌تر، بیشتر است. اگر مقدار آب اضافه شده را X گرم در نظر بگیریم، داریم:

$$\text{درصد جرمی قند در نوشابه کوچک پس از افزودن X گرم آب} = \frac{29}{330 + X} \times 100 = 7.2 \Rightarrow 2900 = 2376 + 7.2X \Rightarrow X = 72/78$$

۹۰ ۱ با توجه به جرم حلال (آب) و جرم حل‌شونده (NaCl)، جرم محلول را به دست می‌آوریم:

$$\text{محلول} = \text{جرم حلال} + \text{جرم حل‌شونده} = 5/3g H_2O + 1/78g NaCl = 7g$$

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow \frac{1/78g NaCl}{7g} \times 100 = 1.74\%$$

درصد جرمی را به دست می‌آوریم:

$$\frac{1/78 \times 100}{7} \xrightarrow{\text{تکنیک تخمین زدن}} \frac{1/4 \times 100}{7} \xrightarrow{\text{تکنیک دسته‌بندی}} \frac{14 \times 100}{7} = 20\%$$

جواب نهایی کمی بیشتر از ۲۰٪ است.

۹۱ ۳

$$? g NaNO_3 = 3 \text{ mol NaNO}_3 \times \frac{85g NaNO_3}{1 \text{ mol NaNO}_3} = 255g NaNO_3$$

$$\text{محلول} = 255g NaNO_3 + 200g \text{ آب} = 455g$$

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow \frac{255g NaNO_3}{455g} \times 100 = 56\%$$

$$\left(\frac{255}{455} \times 100 \xrightarrow{\text{تکنیک محاسبه جزیه‌جزیه}} \frac{250+5}{450+5} \times 100 \xrightarrow{\text{تمام اعداد بر ۵ تقسیم شود}} \frac{50+1}{90+1} \times 100 \xrightarrow{\text{تخمین}} \frac{51}{91} \times 100 = 56\% \right)$$

میانبر محاسباتی

۹۲ ۱

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow \frac{X}{1/5 \times 10^{18}} \times 100 = 3/5 \Rightarrow X = 5/25 \times 10^{16}$$

تویه چون جرم محلول بر حسب تن می‌باشد، بنابراین جرم نمک‌ها نیز بر حسب تن به دست می‌آید.

جرم هگزان (حلال) را به دست می‌آوریم:

$$\text{هگزان} = \frac{\text{جرم حلال}}{\text{حجم حلال}} \Rightarrow \frac{Xg}{124ml} = 0.8g/mL \Rightarrow X = 99.2g$$

$$\text{محلول} = 100g I_2 + 99.2g \text{ هگزان} = 199.2g$$

جرم محلول و درصد جرمی محلول را به دست می‌آوریم:

$$\text{جرم حل شونده} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{جرم محلول} + \text{جرم حلال}} \times 100 = \frac{I_p}{W} \times 100 = \frac{I_p}{W} \times 100$$

روش اول: با استفاده از چگالی محلول سدیم نیترات، جرم محلول را به دست می آوریم:

$$\text{چگالی محلول} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow 1/17 \text{ g.mL}^{-1} = \frac{X \text{ g محلول}}{170 \text{ mL محلول}} \Rightarrow X = 187 \text{ g محلول}$$

$$\text{جرم حل شونده} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{جرم محلول} + \text{جرم حلال}} \times 100 \Rightarrow 50 = \frac{X \text{ g NaNO}_3}{187 \text{ g محلول}} \times 100 \Rightarrow X = 93/5 \text{ g NaNO}_3$$

$$? \text{ mol NaNO}_3 = 93/5 \text{ g NaNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol NaNO}_3}{85 \text{ g NaNO}_3} = 1/1 \text{ mol NaNO}_3$$

$$170 \text{ mL محلول} \times \frac{1/1 \text{ g محلول}}{1 \text{ mL محلول چگالی}} \times \frac{5 \text{ g NaNO}_3}{100 \text{ g محلول درصد جرمی}} \times \frac{1 \text{ mol NaNO}_3}{85 \text{ g NaNO}_3} = 1/1 \text{ mol NaNO}_3$$

روش دوم:

روش اول: با توجه به چگالی، جرم محلول CaBr_2 را به دست می آوریم:

$$\text{چگالی محلول} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow 1/17 \text{ g.mL}^{-1} = \frac{X \text{ g محلول}}{400 \text{ mL محلول}} \Rightarrow X = 440 \text{ g محلول}$$

$$\text{جرم حل شونده} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{جرم محلول} + \text{جرم حلال}} \times 100 \Rightarrow 80 = \frac{X \text{ g CaBr}_2}{440 \text{ g محلول}} \times 100 \Rightarrow 352 \text{ g CaBr}_2$$

$$? \text{ mol Br}^- = 352 \text{ g CaBr}_2 \times \frac{1 \text{ mol CaBr}_2}{200 \text{ g CaBr}_2} \times \frac{2 \text{ mol Br}^-}{1 \text{ mol CaBr}_2} = 3/52 \text{ mol Br}^-$$

روش دوم: این سؤال را می توان با استفاده از کسرهای تبدیل و در یک مرحله حل نمود:

$$? \text{ mol Br}^- = 400 \text{ mL محلول} \times \frac{1/1 \text{ g محلول}}{1 \text{ mL محلول چگالی}} \times \frac{80 \text{ g CaBr}_2}{100 \text{ g محلول درصد جرمی}} \times \frac{1 \text{ mol CaBr}_2}{200 \text{ g CaBr}_2} \times \frac{2 \text{ mol Br}^-}{1 \text{ mol CaBr}_2} = 3/52 \text{ mol Br}^-$$

۱ ابتدا جرم گاز حل شده در آب را به دست می آوریم:

$$\text{گاز} = 10 \text{ g} = 5600 \text{ mL گاز} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ mol گاز}}{22/4 \text{ L گاز}} \times \frac{40 \text{ g گاز}}{1 \text{ mol گاز}} = 10 \text{ g گاز}$$

$$\text{جرم محلول} = \text{جرم حلال} + \text{جرم حل شونده} \Rightarrow \text{جرم محلول} = 390 + 10 = 400 \text{ g}$$

حال باید جرم محلول را به دست آوریم:

$$\text{جرم حل شونده} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{جرم محلول} + \text{جرم حلال}} \times 100 \Rightarrow \text{درصد جرمی} = \frac{10}{400} \times 100 = 2/50$$

بنابراین درصد جرمی گاز مورد نظر برابر است با:

۱ با توجه به جرم مولی آهن (III) سولفات $(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3)$ ، جرم آن را به دست می آوریم:

$$? \text{ g Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = 0/5 \text{ mol Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \times \frac{400 \text{ g Fe}_2(\text{SO}_4)_3}{1 \text{ mol Fe}_2(\text{SO}_4)_3} = 200 \text{ g Fe}_2(\text{SO}_4)_3$$

$$\text{جرم حل شونده} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{جرم محلول} + \text{جرم حلال}} \times 100 \Rightarrow 40 = \frac{200 \text{ g Fe}_2(\text{SO}_4)_3}{X \text{ g محلول}} \times 100 \Rightarrow X = 500 \text{ g محلول}$$

$$\text{چگالی محلول} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow 1/2 \text{ g.mL}^{-1} = \frac{500 \text{ g محلول}}{X \text{ mL محلول}} \Rightarrow X = 417 \text{ mL محلول}$$

با توجه به چگالی محلول، حجم آن را به دست می آوریم:

$$? \text{ mL محلول} = 0/5 \text{ mol Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \times \frac{400 \text{ g Fe}_2(\text{SO}_4)_3}{1 \text{ mol Fe}_2(\text{SO}_4)_3} \times \frac{1 \text{ mL محلول}}{40 \text{ g Fe}_2(\text{SO}_4)_3} \times \frac{1 \text{ mL محلول}}{1/2 \text{ g محلول}} = 417 \text{ mL محلول}$$

۲ با توجه به جرم Na_2SO_4 و درصد جرمی محلول، جرم محلول را به دست می آوریم:

$$\text{جرم حل شونده} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{جرم محلول} + \text{جرم حلال}} \times 100 \Rightarrow 60 = \frac{12 \text{ g Na}_2\text{SO}_4}{X \text{ g محلول}} \times 100 \Rightarrow X = 20 \text{ g محلول}$$

$$\text{چگالی محلول} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}} = \frac{20 \text{ g}}{16 \text{ mL}} = 1/25 \text{ g.mL}^{-1}$$

با توجه به جرم و حجم محلول، چگالی محلول را به دست می آوریم:

۹۹ (B) ۲ محلول ۴۶ درصد جرمی اتانول (C_2H_5OH) در آب یعنی؛ در ۱۰۰ گرم محلول، ۴۶ گرم اتانول (حل شونده) حل شده است، بنابراین جرم آب (حلال) را به دست می آوریم.

$$آب = ۵۴ \text{ g} \Rightarrow \text{اتانول} = ۴۶ \text{ g} + \text{آب} = X \text{ g} = \text{محلول} = ۱۰۰ \text{ g} \Rightarrow \text{جرم حل شونده} + \text{جرم حلال} = \text{جرم محلول}$$

$$\text{مقدار آب و اتانول را به دست می آوریم:} \quad ? \text{ mol } H_2O = ۵۴ \text{ g } H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18 \text{ g } H_2O} = ۳ \text{ mol } H_2O$$

$$\text{بنابراین تعداد مول اتانول، } \frac{1}{3} \text{ برابر تعداد مول آب است.} \quad ? \text{ mol } C_2H_5OH = ۴۶ \text{ g } C_2H_5OH \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_5OH}{46 \text{ g } C_2H_5OH} = 1 \text{ mol } C_2H_5OH$$

۱۰۰ (B) ۱ مقدار جرم سدیم هیدروکسید و جرم محلول را به دست آورده و درصد جرمی محلول را محاسبه می کنیم:

$$? \text{ g } NaOH = ۰.۲ \text{ mol } NaOH \times \frac{40 \text{ g } NaOH}{1 \text{ mol } NaOH} = ۸ \text{ g } NaOH$$

$$\text{محلول} = ۱۰۰ \text{ g } = ۹۲ \text{ g } H_2O + ۸ \text{ g } NaOH = \text{جرم حل شونده} + \text{جرم حلال} = \text{جرم محلول}$$

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰۰ = \frac{۸ \text{ g } NaOH}{۱۰۰ \text{ g } \text{ محلول}} \times ۱۰۰ = ۸\% \text{ w/w}$$

جرم محلول شکر را به دست آورده و درصد جرمی محلول را محاسبه می کنیم: $۱ \text{ g } \cdot \text{mL}^{-1} = \frac{X \text{ g } \text{ محلول}}{۵۰ \text{ ml } \text{ محلول}} \Rightarrow X = ۵۰ \text{ g}$

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰۰ = \frac{۱۰ \text{ g } \text{ شکر}}{۵۰ \text{ g } \text{ محلول}} \times ۱۰۰ = ۲۰\% \text{ w/w}$$

بنابراین درصد جرمی محلول سدیم هیدروکسید، ۴ برابر درصد جرمی محلول شکر است.

۱۰۱ (B) ۴ با توجه به شکل، جرم محلول را به دست می آوریم:

$$\text{محلول} = ۲۰ \text{ g} = ۱۵ \text{ g } H_2O + ۵ \text{ g } Na_3PO_4 = \text{جرم حل شونده} + \text{جرم حلال} = \text{جرم محلول}$$

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰۰ = \frac{۵ \text{ g } Na_3PO_4}{۲۰ \text{ g } \text{ محلول}} \times ۱۰۰ = ۲۵\% \text{ w/w}$$

بنابراین با توجه به اطلاعات مسئله، درصد جرمی محلول NaOH، ۵۰ درصد است، در نتیجه جرم و مقدار مول سدیم هیدروکسید (حل شونده) را به دست می آوریم:

$$\text{درصد جرمی} = ۵۰ = \frac{X \text{ g } NaOH}{۱۰۰ \text{ g } \text{ محلول}} \times ۱۰۰ \Rightarrow X = ۵۰ \text{ g } NaOH$$

$$? \text{ mol } NaOH = ۵۰ \text{ g } NaOH \times \frac{1 \text{ mol } NaOH}{40 \text{ g } NaOH} = ۱.۲۵ \text{ mol } NaOH$$

۱۰۲ (B) ۲ جرم اتانول حل شده در محلول را به دست می آوریم:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰۰ = ۹۲ = \frac{X \text{ g } C_2H_5OH}{۲ \text{ g } \text{ محلول}} \times ۱۰۰ \Rightarrow X = ۱.۸۴ \text{ g } C_2H_5OH$$

تعداد مولکولهای اتانول موجود در محلول را به دست می آوریم:

$$\text{مولکول اتانول} = ۲/۴۰ \times ۱۰^{۲۲} = \frac{۱ \text{ mol } C_2H_5OH}{46 \text{ g } C_2H_5OH} \times \frac{۱.۸۴ \text{ g } C_2H_5OH}{1 \text{ mol } C_2H_5OH} \times \frac{۶.۰۲ \times ۱۰^{۲۳} \text{ مولکول } C_2H_5OH}{1 \text{ mol } C_2H_5OH}$$

۱۰۳ (B) ۳ جرم منیزیم نیترات و جرم محلول را به دست می آوریم:

$$? \text{ g } Mg(NO_3)_2 = ۳ \text{ mol } Mg(NO_3)_2 \times \frac{148 \text{ g } Mg(NO_3)_2}{1 \text{ mol } Mg(NO_3)_2} = ۴۴۴ \text{ g } Mg(NO_3)_2$$

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰۰ = ۶۰ = \frac{۴۴۴ \text{ g } Mg(NO_3)_2}{X \text{ g } \text{ محلول}} \times ۱۰۰ \Rightarrow X = ۷۴۰ \text{ g}$$

جرم آب و درصد آن را در محلول به دست می آوریم:

$$H_2O = ۲۹۶ \text{ g } H_2O \Rightarrow X \text{ g } H_2O + ۴۴۴ \text{ g } Mg(NO_3)_2 = \text{محلول} = ۷۴۰ \text{ g} \Rightarrow \text{جرم حل شونده} + \text{جرم حلال} = \text{جرم محلول}$$

$$\text{درصد } H_2O = \frac{\text{جرم } H_2O}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰۰ = \frac{۲۹۶ \text{ g } H_2O}{۷۴۰ \text{ g } \text{ محلول}} \times ۱۰۰ = ۴۰\%$$

توجه! اگر ۶۰ درصد محلول را حل شونده تشکیل دهد، بدیهی است که ۴۰ درصد محلول را آب تشکیل داده است!

۱۰۴ B مقدار جرم پتاسیم کلرید (KCl) را در محلول اول به دست می آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 400 \text{ ppm} = \frac{X \text{ g KCl}}{200 \text{ g محلول}} \times 10^6 \Rightarrow X = 0.08 \text{ g KCl}$$

مقدار سدیم یدید (NaI) را در محلول دوم به دست می آوریم:

$$\text{جرم حل شونده} = \frac{\text{درصد جرمی}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 60 = \frac{X \text{ g NaI}}{100 \text{ g محلول}} \times 100 \Rightarrow X = 60 \text{ g NaI}$$

$$? \text{ mol NaI} = 60 \text{ g NaI} \times \frac{1 \text{ mol NaI}}{150 \text{ g NaI}} = 0.4 \text{ mol NaI}$$

$$\frac{\text{NaI}}{\text{KCl}} = \frac{0.4 \text{ mol NaI}}{0.08 \text{ g KCl}} = 5$$

نسبت مقدار مول NaI به جرم KCl را به دست می آوریم:

۱۰۵ B مقدار غلظت K_2SO_4 را بر حسب ppm به دست می آوریم:

$$\text{ppm} = a \times 10^4 = 60 \times 10^4 = 6 \times 10^5 \text{ ppm } K_2SO_4$$

بنابراین در 10^6 گرم محلول، 6×10^5 گرم K_2SO_4 حل شده است، بنابراین جرم و غلظت K^+ را به دست می آوریم:

$$? \text{ g } K^+ = 6 \times 10^5 \text{ g } K_2SO_4 \times \frac{1 \text{ mol } K_2SO_4}{174 \text{ g } K_2SO_4} \times \frac{2 \text{ mol } K^+}{1 \text{ mol } K_2SO_4} \times \frac{39 \text{ g } K^+}{1 \text{ mol } K^+} = 2.7 \times 10^5 \text{ g } K^+ \text{ است.}$$

بنابراین غلظت K^+ ، 2.7×10^5 ppm است. **روش اول:** برای شروع باید درصد جرمی یون کلرید (Cl^-) را به دست آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{درصد جرمی}}{100} \times 10^6 \Rightarrow 710 = \frac{\text{درصد جرمی}}{100} \times 10^6 \Rightarrow \text{درصد جرمی} = 0.071$$

حال می توانیم با استفاده از درصد جرمی Cl^- ، درصد جرمی $CaCl_2$ را به دست می آوریم:

$$0.071 \text{ g } Cl^- \times \frac{1 \text{ mol } Cl^-}{35.5 \text{ g } Cl^-} \times \frac{1 \text{ mol } CaCl_2}{2 \text{ mol } Cl^-} \times \frac{111 \text{ g } CaCl_2}{1 \text{ mol } CaCl_2} = 0.111 \text{ g } CaCl_2$$

روش دوم: ابتدا با استفاده از غلظت ppm یون کلرید (Cl^-)، غلظت ppm محلول کلسیم کلرید را به دست می آوریم:

$$\text{CaCl}_2 \text{ ppm} = \frac{\text{جرم مولی } CaCl_2}{2 \times \text{جرم مولی } Cl^-} \times \text{غلظت ppm یون } Cl^- = \frac{111}{2 \times 35.5} \times 710 = 1110 \text{ ppm}$$

حال با استفاده از غلظت ppm محلول $CaCl_2$ ، درصد جرمی آن را به دست می آوریم:

$$\text{درصد} = \frac{\text{درصد جرمی}}{100} \times 10^6 \Rightarrow 1110 = \frac{\text{درصد جرمی}}{100} \times 10^6 \Rightarrow \text{درصد جرمی} = 0.111$$

۱۰۷ B ابتدا با استفاده از جرم محلول و رابطه درصد جرمی، جرم حل شونده را به دست می آوریم:

$$18 \text{ g جرم حل شونده} = \frac{\text{درصد جرمی}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 0.4 = \frac{\text{جرم حل شونده}}{4.5 \times 10^3 \text{ g محلول}} \times 100 \Rightarrow \text{جرم حل شونده} = 18 \text{ g}$$

با اضافه کردن ۵/۵ کیلوگرم آب به محلول اولیه، جرم محلول برابر ۱۰ کیلوگرم می شود؛ بنابراین داریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow \text{ppm} = \frac{18}{10 \times 10^3} \times 10^6 = 1800 \text{ ppm}$$

۱۰۸ C **روش اول:** ابتدا جرم محلول را با استفاده از حجم و چگالی محلول به دست می آوریم:

$$\text{محلول} = \frac{\text{محلول}}{\text{محلول}} = \frac{1/12 \text{ g محلول}}{1 \text{ mL محلول}} = 224 \text{ g محلول}$$

حال با استفاده از درصد جرمی محلول و جرم محلول، جرم حل شونده (KOH) را به دست می آوریم:

$$\text{جرم حل شونده} = \frac{\text{درصد جرمی}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 56 = \frac{\text{جرم حل شونده}}{224} \times 100 \Rightarrow \text{جرم حل شونده} = 125.44 \text{ g KOH}$$

در ادامه باید با استفاده از جرم KOH جرم K^+ را به دست آوریم:

$$? \text{ g } K^+ = 125.44 \text{ g KOH} \times \frac{1 \text{ mol KOH}}{56 \text{ g KOH}} \times \frac{1 \text{ mol } K^+}{1 \text{ mol KOH}} \times \frac{39 \text{ g } K^+}{1 \text{ mol } K^+} = 87.36 \text{ g } K^+$$

در انتها با استفاده از رابطه ppm، لیتر محلول نهایی را محاسبه می کنیم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{میلی گرم حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} \Rightarrow 480 = \frac{87.36 \times 10^3 \text{ mg}}{\text{لیتر محلول}} \Rightarrow 182 \text{ L}$$

روش دوم: تمام مراحل بالا را با استفاده از کسرهای تبدیل در یک مرحله انجام می‌دهیم:

$$\text{محلول نهایی} = 200 \text{ mL} \times \frac{1/12 \text{ g KOH}}{1 \text{ mL محلول}} \times \frac{56 \text{ g KOH}}{100 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ mol KOH}}{56 \text{ g KOH}} \times \frac{1 \text{ mol K}^+}{1 \text{ mol KOH}} \times \frac{39 \text{ g K}^+}{1 \text{ mol K}^+} \times \frac{10^3 \text{ mg K}^+}{1 \text{ g K}^+} \times \frac{1 \text{ L محلول}}{1000 \text{ mL محلول}} = 182 \text{ L}$$

بنابراین حجم آب اضافه شده ۱۸۱۸۰۰ میلی‌لیتر است که با توجه به چگالی آب (۱ g.mL⁻¹) می‌توان نتیجه گرفت که ۱۸۱۸۰۰ گرم یا ۱۸۱/۸ کیلوگرم آب به محلول اولیه اضافه شده است.

۱۰۹ B می‌دانیم غلظت میلی‌گرم حل‌شونده در یک کیلوگرم محلول، برابر غلظت ppm است، بنابراین غلظت ppm یون کلسیم در این نمونه از آب دریا برابر ۴۰۰ ppm است، حال می‌توانیم درصد جرمی یون کلسیم در این نمونه از آب دریا را به دست آوریم:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{درصد جرمی}}{100} \Rightarrow 400 = \text{درصد جرمی} \times 10^4 \Rightarrow \text{درصد جرمی} = 400 \times 10^{-4} = \text{غلظت ppm}$$

در ادامه به کمک رابطه درصد جرمی، جرم یون کلسیم را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 = \frac{x \text{ g Ca}^{2+}}{250 \text{ g آب دریا}} \times 100 \Rightarrow x = 0.1 \text{ g Ca}^{2+}$$

$$\text{ion Ca}^{2+} = \frac{0.1 \text{ g Ca}^{2+}}{40 \text{ g Ca}^{2+}} \times \frac{1 \text{ mol Ca}^{2+}}{1 \text{ mol Ca}^{2+}} \times \frac{6.02 \times 10^{23}}{1} = 1.505 \times 10^{20} \text{ ion Ca}^{2+}$$

در انتها شمار یون‌های کلسیم را به دست می‌آوریم:

۱۱۰ B عبارتهای (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): یون‌های مربوط به فلزهای تناوب سوم که در جدول صورت سؤال آورده شده‌اند، عبارتند از Na⁺ و Mg²⁺.

$$\text{Na}^+ \text{ یون} = \frac{1050 \times 10^{-3} \text{ g Na}^+}{1 \text{ kg آب دریا}} \times \frac{1 \text{ mol Na}^+}{23 \text{ g Na}^+} \times N_A = \frac{252}{1} N_A$$

$$\text{Mg}^{2+} \text{ یون} = \frac{1350 \times 10^{-3} \text{ g Mg}^{2+}}{1 \text{ kg آب دریا}} \times \frac{1 \text{ mol Mg}^{2+}}{24 \text{ g Mg}^{2+}} \times N_A = \frac{31}{1} N_A$$

بنابراین شمار یون‌های مربوط به فلزهای تناوب سوم (Mg²⁺ و Na⁺) برابر ۲۸۳N_A است.

عبارت (ب): یون مربوط به فلز گروه دوم که به آرایش الکترونی گاز نجیب تناوب دوم (Ne) رسیده، رسیده. Mg²⁺ است که غلظت آن برابر ۱۳۵۰ ppm (میلی‌گرم یون در کیلوگرم آب دریا همان ppm است) است.

عبارت (پ): درصد جرمی یون چند اتمی موجود در آب این دریا (SO₄²⁻) برابر ۲۶/۵۵ × ۱۰^{-۲} است:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{26}{55} \times 10^{-2} = \text{درصد جرمی} \times 10^4 \Rightarrow \text{درصد جرمی} = 2655 \times 10^{-4} \Rightarrow \text{غلظت ppm SO}_4^{2-}$$

عبارت (ت): نسبت شمار مول‌های یون کلرید به یون سدیم برابر ۱/۱۷ است:

$$\text{Cl}^- \text{ یون} = \frac{1 \text{ g Cl}^-}{1000 \text{ mg Cl}^-} \times \frac{1 \text{ mol Cl}^-}{35.5 \text{ g Cl}^-} = \frac{54}{1000} \text{ mol Cl}^-$$

$$\text{Na}^+ \text{ یون} = \frac{1 \text{ g Na}^+}{1000 \text{ mg Na}^+} \times \frac{1 \text{ mol Na}^+}{23 \text{ g Na}^+} = \frac{46}{1000} \text{ mol Na}^+$$

بنابراین نسبت شمار مول‌های یون Cl⁻ به یون Na⁺ برابر است با: $\frac{54}{46} = 1.17$

عبارت (ث): با توجه به این که تعداد مول Na⁺ و Cl⁻ در یک کیلوگرم از آب دریا برابر نیست (در عبارت (ت) این مورد مشخص شد). می‌توان نتیجه گرفت که Na⁺ و Cl⁻ موجود در آب دریا فقط از حل شدن سدیم کلرید (نمک خوراکی) به وجود نیامده‌اند.

۱۱۱ C در این مسئله دو محلول یکی با درصد جرمی معین و دیگری با درصد جرمی مجهول با یکدیگر مخلوط شده‌اند و درصد جرمی محلول نهایی بیان شده است، بنابراین با استفاده از رابطه زیر، درصد جرمی محلول مجهول را به دست می‌آوریم:

$$\text{درصد جرمی محلول نهایی} = \frac{(\text{درصد جرمی محلول (۱)} \times \text{جرم محلول (۱)}) + (\text{درصد جرمی محلول (۲)} \times \text{جرم محلول (۲)})}{\text{جرم محلول (۱)} + \text{جرم محلول (۲)}} \times 100$$

$$52 = \frac{(\%40 \times 200 \text{ g}) + (X \times 300 \text{ g})}{200 \text{ g} + 300 \text{ g}} \times 100 \Rightarrow X = 60 \text{ درصد}$$

۱۱۲ C دو محلول مشابه با درصد جرمی متفاوت را با یکدیگر مخلوط کرده‌ایم، بنابراین داریم:

$$\text{درصد جرمی محلول نهایی} = \frac{(200 \text{ g} \times \%30) + (200 \text{ g} \times \%20)}{200 \text{ g} + 200 \text{ g}} \times 100 = \%25$$

با توجه به جرم و درصد جرمی محلول نهایی، مقدار سدیم نیترات موجود در محلول نهایی را به دست می آوریم:
 ۲۵٪ = درصد جرمی محلول نهایی ، محلول نهایی = ۴۰۰g = محلول (۲) + محلول (۱) = ۲۰۰g جرم محلول نهایی

$$\text{جرم حل شونده نهایی} = \frac{\text{درصد جرمی محلول نهایی}}{\text{جرم محلول نهایی}} \times 400 \Rightarrow 25 = \frac{X \text{ g NaNO}_3}{400 \text{ g محلول}} \times 100 \Rightarrow X = 100 \text{ g NaNO}_3$$

$$? \text{ mol NO}_3^- = 100 \text{ g NaNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol NaNO}_3}{85 \text{ g NaNO}_3} \times \frac{1 \text{ mol NO}_3^-}{1 \text{ mol NaNO}_3} = 1/18 \text{ mol NO}_3^-$$

$$\frac{100}{85} \xrightarrow{\text{تکنیک محاسباتی}} \frac{85+15}{85} = 1 + \frac{15}{85} \xrightarrow{\text{تکنیک تخمین زدن}} 1 + \frac{1}{5} = 1/2$$

میانبر محاسباتی جواب دقیق قطعاً از ۱/۲ کوچک تر است!

جرم حل شونده A را در ۲۰ گرم محلول ۴۰ درصد جرمی به دست می آوریم: **۱۱۳**

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 40 = \frac{X \text{ g A}}{20 \text{ g محلول}} \times 100 \Rightarrow X = 8 \text{ g A}$$

فرض می کنیم X گرم ترکیب A را به محلول اولیه با درصد جرمی ۴۰ درصد اضافه می کنیم تا درصد جرمی آن ۲ برابر یعنی ۸۰ درصد شود. بنابراین مقدار X را به دست می آوریم:

$$\text{مقدار اضافه شده} = 40 = \frac{8 \text{ g A}}{20 \text{ g محلول}} \times 100 \xrightarrow{\text{X گرم ترکیب A اضافه می کنیم}} 80 = \frac{(8+X) \text{ g A}}{(20+X) \text{ g محلول}} \times 100 \Rightarrow X = 4 \text{ g A}$$

$$? \text{ mol A} = 4 \text{ g A} \times \frac{1 \text{ mol A}}{16 \text{ g A}} = 0/25 \text{ mol A}$$

ابتدا با استفاده از رابطه درصد جرمی، جرم نمک $M_r(\text{SO}_4)_3$ را به دست می آوریم: **۱۱۴**

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم } M_r(\text{SO}_4)_3}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 40 = \frac{X}{282+X} \times 100 \Rightarrow X = 188 \text{ g } M_r(\text{SO}_4)_3$$

حال می توانیم جرم مولی نمک $M_r(\text{SO}_4)_3$ را به دست آوریم:

$$0/5 \text{ mol } M_r(\text{SO}_4)_3 \times \frac{(2M + 3 \times 96) \text{ g } M_r(\text{SO}_4)_3}{1 \text{ mol } M_r(\text{SO}_4)_3} = 188 \text{ g } M_r(\text{SO}_4)_3 \Rightarrow M = 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

با توجه به جدول، غلظت یون Cl^- ، $1/9 \text{ w/w}$ است، بنابراین در هر ۱۰۰ گرم آب دریا، ۱/۹ گرم یون کلرید حل شده است. پس مقدار **۱۱۵**

$$\text{یون کلرید حل شده در ۲ کیلوگرم (۲۰۰۰ گرم) آب دریا را به دست می آوریم:}$$

$$\left[\begin{array}{cc} 100 \text{ (دریا)} & 1/9 \text{ (g Cl}^-) \\ 2000 \text{ (دریا)} & X \text{ (g Cl}^-) \end{array} \right] \Rightarrow X = 38 \text{ g Cl}^-$$

با توجه به واکنش بیان شده، جرم AgNO_3 مورد نیاز برای واکنش با ۳۸ گرم Cl^- را به دست می آوریم:

$$? \text{ g AgNO}_3 = 38 \text{ g Cl}^- \times \frac{1 \text{ mol Cl}^-}{35/5 \text{ g Cl}^-} \times \frac{1 \text{ mol NaCl}}{1 \text{ mol Cl}^-} \times \frac{1 \text{ mol AgNO}_3}{1 \text{ mol NaCl}} \times \frac{170 \text{ g AgNO}_3}{1 \text{ mol AgNO}_3} = 182$$

$$\frac{38 \times 170}{35/5} \xrightarrow{\text{تکنیک تخمین زدن}} \frac{38}{34} \times 170 \xrightarrow{\text{ساده کردن}} 38 \times 5 = 190$$

جواب دقیق باید کمی کوچک تر از ۱۹۰ باشد که گزینه (۲) مناسب است.

۱۱۶

نمک خوراکی و فلز منیزیم موادی ارزشمند و پرکاربرد

کلاس درس

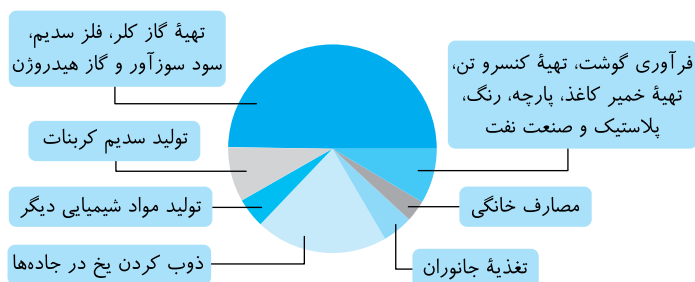
در این کلاس درس مطالبی را در مورد کاربردها و روش تهیه نمک خوراکی و منیزیم کلرید بیان می کنیم.

۱. دریا منبعی سرشار از مواد شیمیایی

- دریا یکی از نعمت های خدادادی است که منبعی سرشار از مواد شیمیایی است و در آن حدود 5×10^{16} تن از مواد گوناگون وجود دارد.
- مواد شیمیایی موجود در آب دریا را می توان به روش های فیزیکی یا شیمیایی از آن جدا کرد. به عنوان مثال، سالانه میلیون ها تن سدیم کلرید با روش تبلور از آب دریا جداسازی و استخراج می شود.

تویپ تبلور، یکی از روش‌های فیزیکی استخراج نمک‌ها از آب دریاها و دریاچه‌ها است.

کاربردهای سدیم کلرید (NaCl)

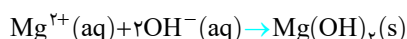


- ۱- **نمک خوراکی** در زندگی روزانه و صنایع گوناگون کاربرد فراوانی دارد. در نمودار روبه‌رو انواع کاربردهای سدیم کلرید (NaCl) نشان داده شده است:
- ۲- با توجه به نمودار می‌توان گفت، بیشترین کاربرد NaCl حدود ۵۰ درصد NaCl تولید شده در جهان، برای تهیه گاز کلر (Cl₂(g))، فلز سدیم (Na(s))، سود سوزآور (NaOH) و گاز هیدروژن (H₂(g)) و کمترین کاربرد آن در **مصارف خانگی** است.

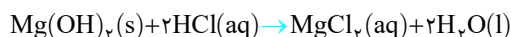
چند نکته در مورد منیزیم (Mg)

- ۱- فلز منیزیم (Mg) ماده ارزشمندی است که دارای ویژگی‌های زیر است:
 - (الف) برای تهیه آلیاژها، شربت معده و ... از آن استفاده می‌شود.
 - (ب) یکی از منابع تهیه این فلز آب دریا است.
 - (پ) منیزیم در آب دریا به شکل $Mg^{2+}(aq)$ وجود دارد.
- ۲- این فلز را می‌توان در طی **مراحل زیر** از آب دریا استخراج کرد:

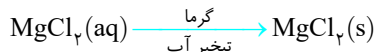
مرحله اول: با افزودن یک ماده بازی به آب دریا منیزیم را به صورت ماده جامد و نامحلول $Mg(OH)_2$ (منیزیم هیدروکسید) رسوب می‌دهند:



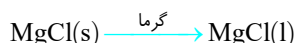
مرحله دوم: با افزودن هیدروکلریک اسید به رسوب $Mg(OH)_2$ آن را به **منیزیم کلرید** ($MgCl_2$) تبدیل می‌کنند:



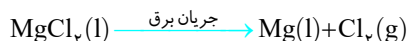
مرحله سوم: محلول منیزیم کلرید به دست آمده را به قدری گرما می‌دهند که با تبخیر و حذف تمام آب آن، منیزیم کلرید جامد به دست آید:



مرحله چهارم: منیزیم کلرید جامد به دست آمده در مرحله قبل را ذوب کرده و آن را به $MgCl_2(l)$ تبدیل می‌کنند.



مرحله پنجم: با استفاده از **جریان برق**، $MgCl_2(l)$ را به صورت زیر به **عنصرهای سازنده آن تجزیه** می‌کنند:



تویپ در فرایند تولید فلز منیزیم که به صورت مذاب تولید می‌شود، گاز کلر نیز به صورت فراورده تولید می‌شود که از این گاز برای تغییر هیدروکلریک اسید ($HCl(aq)$) استفاده می‌شود.

عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): عمده‌ترین کاربرد سدیم کلرید که تقریباً نیمی از سدیم کلرید تولید شده در جهان صرف آن می‌شود، تهیه گاز کلر، فلز سدیم، سود سوزآور و گاز هیدروژن است.

عبارت (ب): از سدیم کلرید همانند تهیه خمیر کاغذ در تولید سدیم کربنات و ذوب کردن یخ در جاده‌ها استفاده می‌شود.

عبارت (پ): سالانه میلیون‌ها تن سدیم کلرید با روش فیزیکی تبلور از آب دریا جداسازی و استخراج می‌شود.

عبارت (ت): گرمای شدید سبب تبخیر آب دریاچه‌ها و دریاها شده و موجب تشکیل بلورهای جامدی می‌شود که شامل انواع نمک‌ها، مانند سدیم کلرید هستند.

عبارت (ث): کاربرد سدیم کلرید در مصارف خانگی کمتر از کاربرد آن در تهیه رنگ، پارچه و پلاستیک است.

عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:**

عبارت (ب): فلز منیزیم را در طی **سه مرحله** از آب دریا استخراج می‌کنند که در مرحله دوم استخراج آن، ترکیب منیزیم هیدروکسید به دست آمده از مرحله اول را به منیزیم کلرید ($MgCl_2$) تبدیل می‌کنند.

عبارت (ت): در مرحله سوم استخراج فلز منیزیم، این عنصر در طی انجام **واکنش شیمیایی** که به صورت $MgCl_2(l) \rightarrow Mg(l) + Cl_2(g)$ است، به دست می‌آید.

۱۱۸ B ابتدا با استفاده از چگالی و حجم اتانول، جرم آن را به دست می آوریم:

$$\text{چگالی} = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}} \Rightarrow \frac{\text{جرم (گرم)}}{11/5 \text{ mL}} \Rightarrow \text{جرم} = 9/2 \text{ g C}_7\text{H}_5\text{OH}$$

$$? \text{ mol H}_2\text{O} = 14/4 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} = 0/8 \text{ mol H}_2\text{O}$$

حال باید مول اتانول و آب را به دست آوریم:

$$? \text{ mol C}_7\text{H}_5\text{OH} = 9/2 \text{ g C}_7\text{H}_5\text{OH} \times \frac{1 \text{ mol C}_7\text{H}_5\text{OH}}{122 \text{ g C}_7\text{H}_5\text{OH}} = 0/2 \text{ mol H}_2\text{O}$$

در انتها درصد مولی اتانول در این محلول را به دست می آوریم:

$$\text{درصد مولی اتانول} = \frac{\text{تعداد مول اتانول}}{\text{مول آب} + \text{مول اتانول}} \times 100 \Rightarrow \text{درصد مولی اتانول} = \frac{0/2}{0/2 + 0/8} \times 100 = 20\%$$

۱۱۹ B ابتدا جرم اتانول را به دست می آوریم:

$$\text{چگالی} = \frac{\text{جرم (g)}}{\text{حجم (mL)}} \Rightarrow \frac{\text{جرم}}{28/75 \text{ mL}} = 23 \text{ g C}_7\text{H}_5\text{OH}$$

$$1/5 \text{ mol H}_2\text{O} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 27 \text{ g H}_2\text{O}$$

حال باید جرم 1/5 مول آب را به دست آوریم:

$$\text{درصد جرمی اتانول} = \frac{\text{جرم اتانول}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow \text{درصد جرمی اتانول} = \frac{23}{23 + 27} \times 100 = 46\%$$

در انتها درصد جرمی اتانول را محاسبه می کنیم:

۱۲۰ B ابتدا باید جرم متانول را در هر دو محلول داده شده به دست آوریم:

$$100 \text{ g CH}_3\text{OH} = 200 \text{ g} \times \frac{40 \text{ g CH}_3\text{OH}}{100 \text{ g محلول اول}} = 80 \text{ g CH}_3\text{OH}$$

$$300 \text{ g CH}_3\text{OH} = 300 \text{ g} \times \frac{70 \text{ g CH}_3\text{OH}}{100 \text{ g محلول دوم}} = 210 \text{ g CH}_3\text{OH}$$

در انتها درصد جرمی متانول در محلول نهایی را به دست می آوریم:

$$\text{درصد جرمی متانول} = \frac{\text{جرم متانول}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow \text{درصد جرمی متانول} = \frac{80 + 210}{200 + 300} \times 100 = 58\%$$

۱۲۱ B

غلظت مولی (مولار)

کلاس درس

11

در این کلاس درس با غلظت مولی آشنا شده و ارتباط میان غلظت مولی با حجم محلول و مقدار مول حل شونده را بررسی می کنیم.

غلظت مولار یا غلظت مولی (M)

۱- به تعداد مولهای ماده حل شونده در یک لیتر محلول، غلظت مولار یا غلظت مولی (M) گفته می شود. به عنوان مثال، محلول ۲ مولار سدیم کلرید، یعنی ۲ مول سدیم کلرید (حل شونده) که در یک لیتر محلول حل شده است.

۲- غلظت مولی (مولار) با مولهای ماده حل شونده و حجم محلول ارتباط دارد، به طوری که می توانیم با استفاده از رابطه زیر غلظت مولی (مولار) یک محلول را به دست آوریم:

$$\text{غلظت مولی (M)} = \frac{\text{مقدار حل شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}}$$

توجه با توجه به رابطه غلظت مولی (مولار) می توان نتیجه گرفت که واحد غلظت مولی، مول بر لیتر (mol.L^{-1} یا $\frac{\text{mol}}{\text{L}}$) یا مولار (M) است.

۳- وقتی می گوئیم محلول مولار، منظورمان محلولی است که غلظت مولی آن برابر 1 mol.L^{-1} یا یک مولار است.

۴- هر چند غلظت بسیاری از محلولها با درصد جرمی بیان می شود، اما تهیه محلولها به حالت مایع، با درصد جرمی معین کار آسانی نیست.

۵- غلظت مولی به دو دلیل نسبت به درصد جرمی، روش پرکاربردتری برای بیان غلظت است:

{ الف) اندازه گیری حجم یک مایع به ویژه در آزمایشگاه، آسان تر از جرم آن است.

{ ب) شیمی دانها مقدار ماده را بر حسب مول بیان می کنند. در واقع مبنای محاسباتی کمی در شیمی، مول است.

توجه اندازه‌گیری حجم یک مایع در آزمایشگاه، آسان‌تر از جرم آن است زیرا مایع‌ها (برخلاف جامدها) به شکل ظرفی که در آن ریخته می‌شوند، درمی‌آیند بنابراین با توجه به مقدار مایعی که وارد ظرف می‌کنیم حجم مشخصی از ظرف اشغال خواهد شد. در آزمایشگاه ظروف متنوع (بشر، ارلن و ...) با درجه‌بندی‌های حجمی مختلف وجود دارند که با ریختن مایع مورد نظر در داخل آن‌ها، به راحتی می‌توان حجم آن‌ها را اندازه‌گیری کرد.

نکته

برای حجم، واحدهای mL (میلی‌لیتر)، cm^3 (سانتی‌متر مکعب)، cc (سی‌سی) و L (لیتر) کاربرد بیشتری دارند که رابطه زیر بین آن‌ها برقرار است:
 $\text{cm}^3 = \text{cc} = \text{mL} = 10^{-3} \text{L}$

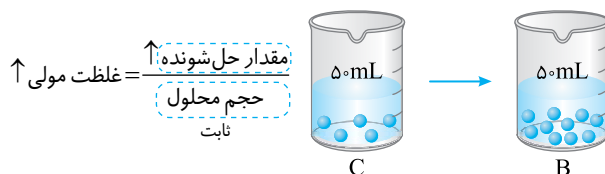
رابطه غلظت مولی با حجم محلول و مقدار مول حل‌شونده

- طبق رابطه غلظت مولی، هرچه مقدار حل‌شونده کمتر و حجم محلول بیشتر باشد، غلظت مولی کاهش یافته و محلول رقیق‌تر می‌شود.
- از طرفی هر چه مقدار حل‌شونده بیشتر و حجم محلول کمتر باشد، غلظت مولی افزایش یافته و محلول غلیظ‌تر می‌شود.

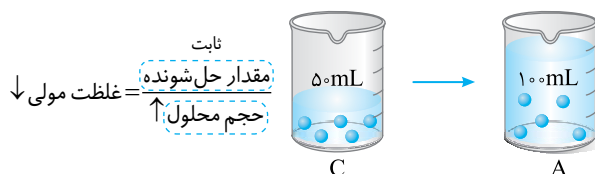
نکته

غلظت مولی یک محلول با مقدار حل‌شونده رابطه مستقیم و با حجم محلول رابطه عکس دارد.

- با توجه به شکل زیر، در حجم ثابت، با افزایش مقدار حل‌شونده، غلظت محلول افزایش می‌یابد.



- به ازای مقدار حل‌شونده ثابت، با افزودن مقداری حلال، حجم محلول زیاد می‌شود و در نتیجه غلظت مولی محلول کاهش می‌یابد.



جمع‌بندی کلاس درس II

غلظت مولی با مقدار حل‌شونده رابطه مستقیم دارد. ← مقدار حل‌شونده در حجم ثابت = غلظت مولی ↑

غلظت مولی با حجم محلول رابطه عکس دارد. ← حجم محلول به ازای مقدار ثابتی حل‌شونده = غلظت مولی ↓

فقط عبارت (پ) درست است. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): سرکه خوراکی با خاصیت اسیدی ملایم، محلول ۵ درصد جرمی استیک اسید (اتانویک اسید) در آب است.

عبارت (ب): محلول غلیظ نیتریک اسید (HNO_3) در صنعت با غلظت ۷۰ درصد جرمی تولید و بسته به کاربرد به محلول‌های رقیق‌تر تبدیل می‌شود.

عبارت (پ): تهیه محلول‌ها به حالت مایع، با درصد جرمی معین معمولاً کار آسانی نیست.

عبارت (ت): تجربه نشان می‌دهد که اندازه‌گیری حجم یک مایع به ویژه در آزمایشگاه آسان‌تر از جرم آن است.

۱۲۲-۴ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف) و (ب): به دو دلیل بیان غلظت محلول‌ها براساس غلظت مولی (mol.L^{-1}) بسیار پرکاربردتر است:

۱- مبنای محاسبه‌های کمی در شیمی، مول است. ۲- اندازه‌گیری حجم یک مایع آسان‌تر از اندازه‌گیری جرم آن است.

عبارت (پ): غلظت بسیاری از محلول‌ها در صنعت، پزشکی، داروسازی، کشاورزی و زندگی روزانه با درصد جرمی بیان می‌شود.

عبارت (ت): اندازه‌گیری حجم یک مایع به ویژه در آزمایشگاه، آسان‌تر از جرم آن است زیرا مایع‌ها به شکل ظرفی که در آن ریخته می‌شوند، درمی‌آیند و با توجه به مقدار مایعی که وارد ظرف می‌کنیم حجم مشخصی از ظرف را اشغال می‌کنند. بنابراین در آزمایشگاه با وجود ظرف‌های متنوع که درجه‌بندی حجمی دارند (مانند ارلن و بشر و ...) به راحتی می‌توان حجم مایع‌ها را اندازه‌گیری کرد.

برای رقیق کردن محلول‌ها می‌توان به آن‌ها آب اضافه کرد. در این کلاس درس ضمن بررسی نکات مربوط به این موضوع، روش حل مسائل رقیق کردن محلول‌ها را نیز بررسی می‌کنیم.

رقیق کردن محلول‌های غلیظ

۱- در صورتی که مقداری آب به یک محلول اضافه کنیم، قطعاً تعداد مول حل‌شونده تغییری نخواهد کرد و فقط حجم محلول افزایش می‌یابد بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که:

- ۱- حجم محلول را افزایش می‌دهد.
- ۲- غلظت مولی را کاهش می‌دهد.
- ۳- تعداد مول حل‌شونده بدون تغییر باقی می‌ماند.

۲- به یاد داریم که مقدار حل‌شونده در یک محلول از رابطهٔ روبه‌رو به‌دست می‌آید: V (حجم محلول بر حسب لیتر) \times M (غلظت مولی) = n (مول حل‌شونده)

توجه به هنگام رقیق کردن محلولی با غلظت مولی معین، به هر نسبتی که حجم آن افزایش یابد به همان نسبت غلظت مولی کاهش می‌یابد، به عنوان مثل اگر حجم محلولی را دو برابر کنیم، غلظت مولی آن نصف می‌شود. چون مول حل‌شونده قبل و بعد از اضافه کردن آب یکسان است، می‌توان به نتیجهٔ بسیار مهم زیر رسید:

$$M_1 V_1 = M_2 V_2 \xrightarrow{\text{به اختصار}} M_{\text{رقیق}} \times V_{\text{رقیق}} = M_{\text{غلیظ}} \times V_{\text{غلیظ}}$$

توجه حجم محلول رقیق، در واقع مجموع حجم محلول غلیظ و حجم آب اضافه شده است بنابراین می‌توان رابطهٔ بالا را به‌صورت زیر نیز نوشت:

$$M_{\text{غلیظ}} \times V_{\text{غلیظ}} = M_{\text{رقیق}} \times (V_{\text{غلیظ}} + V_{\text{آب}})$$

توجه در این رابطه یکای حجم محلول (V) می‌تواند بر حسب L یا mL یا هر یکای دیگری باشد، زیرا یکای حجم از دو طرف رابطه حذف خواهد شد. فقط دقت داشته باشید که یکای حجم محلول در دو طرف این رابطه باید یکسان باشد.

۳- رابطه $M_{\text{رقیق}} \times V_{\text{رقیق}} = M_{\text{غلیظ}} \times V_{\text{غلیظ}}$ ، فقط زمانی کاربرد دارد که ما با افزودن آب محلول را رقیق نماییم، اما اگر محلول را با افزودن حل‌شونده غلیظ کنیم چون تعداد مول حل‌شونده تغییر می‌کند دیگر این رابطه برقرار نخواهد بود.

$$V_{\text{آب}} = V_{\text{رقیق}} - V_{\text{غلیظ}}$$

۴- برای به‌دست آوردن حجم آب اضافه شده می‌توان از رابطهٔ روبه‌رو استفاده کرد:

مثال: برای تهیه ۵۰۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۲ مولار هیدروکلریک اسید، چند میلی‌لیتر محلول ۲ مولار آن نیاز است؟ حجم آب اضافه شده به محلول غلیظ چند میلی‌لیتر است؟

راه‌حل:

$$\text{محلول غلیظ اولیه} = \begin{cases} V_1 = ? \\ M_1 = 2 \text{ mol.L}^{-1} \end{cases}, \quad \text{محلول رقیق (نهایی)} = \begin{cases} V_2 = 500 \text{ mL} \\ M_2 = 0.2 \text{ mol.L}^{-1} \end{cases}$$

$$M_1 V_1 = M_2 V_2 \Rightarrow 2 \times V_1 = 0.2 \times 500 \Rightarrow V_1 = 50 \text{ mL}$$

با توجه به رابطهٔ $M_1 V_1 = M_2 V_2$ داریم: برای به‌دست آوردن حجم آب اضافه شده کافی است اختلاف حجم محلول‌های رقیق و غلیظ را به‌دست آوریم:

$$\text{حجم محلول غلیظ} - \text{حجم محلول رقیق} = \text{حجم آب اضافه شده} = 500 \text{ mL} - 50 \text{ mL} = 450 \text{ mL}$$

کلاس درس ۱۲

جمع‌بندی

$$M_{\text{غلیظ}} \times V_{\text{غلیظ}} = M_{\text{رقیق}} \times V_{\text{رقیق}}$$

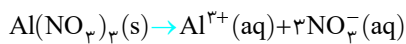
$$V_{\text{رقیق}} = V_{\text{غلیظ}} + V_{\text{آب}}$$

رقیق کردن محلول‌ها

مقدار مول $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ در ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول ۳ مولار آن را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مقدار حل‌شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow \frac{X \text{ mol Al}(\text{NO}_3)_3}{L} = \frac{3 \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} \Rightarrow X = 0.6 \text{ mol Al}(\text{NO}_3)_3$$

با توجه به معادله تفکیک $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ، جرم یون Al^{3+} را به دست می آوریم:



$$? \text{ g Al}^{3+} = \frac{0.6 \text{ mol Al}(\text{NO}_3)_3}{1 \text{ mol Al}(\text{NO}_3)_3} \times \frac{1 \text{ mol Al}^{3+}}{1 \text{ mol Al}(\text{NO}_3)_3} \times \frac{27 \text{ g Al}^{3+}}{1 \text{ mol Al}^{3+}} = 16.2 \text{ g Al}^{3+}$$

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه (۱): براساس رابطه غلظت مولی، با افزودن مقداری حلال به محلولی با غلظت معین، به دلیل افزایش حجم محلول، غلظت آن کاهش می‌یابد.

گزینه (۳): براساس تعریف غلظت مولی، محلول ۲ مولار شکر، یعنی در هر لیتر محلول، ۲ مول شکر حل شده است.

گزینه (۴): براساس رابطه غلظت مولی، در حجم ثابت، هر چه مقدار مول حل‌شونده کمتر باشد، غلظت مولی کمتر شده و در نتیجه محلول رقیق‌تر است.

با توجه به شکل می‌توان نتیجه گرفت که حجم در دو ظرف B و C ثابت است، اما تعداد ذرات حل‌شونده و در نتیجه مقدار مول حل‌شونده شکل B بیشتر از شکل C است، بنابراین طبق رابطه غلظت مولی (مقدار حل‌شونده (مول) / غلظت مولی) = حجم محلول (لیتر)، در حجم ثابت، هر چه مقدار مول حل‌شونده بیشتر شود، غلظت مولی محلول افزایش می‌یابد.

با توجه به شکل می‌توان نتیجه گرفت که در دو ظرف A و C تعداد ذرات حل‌شونده و در نتیجه مقدار مول حل‌شونده ثابت است، اما حجم محلول ظرف A بیشتر از ظرف C است، بنابراین طبق رابطه غلظت مولی (مقدار حل‌شونده (مول) / غلظت مولی) = حجم محلول (لیتر) به محلولی با غلظت معین، غلظت محلول را کاهش می‌دهد. با توجه به این که هر ذره معادل ۱/۵ مول بوده و در ظرف A در کل، ۵ ذره وجود دارد، بنابراین غلظت مولی محلول ظرف A به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\text{غلظت مولی محلول ظرف A} = \frac{5 \times 10^{-5} \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 5 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

بنابراین غلظت محلول را کاهش می‌دهد. با توجه به این که هر ذره معادل ۱/۵ مول بوده و در ظرف A در کل، ۵ ذره وجود دارد، بنابراین غلظت مولی محلول ظرف A به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\text{غلظت مولی محلول ظرف A} = \frac{5 \times 10^{-5} \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 5 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

۱۲۶ (B) ۳ عبارتهای (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): در دو محلول A و C، تعداد ذرات حل‌شونده یکسان، اما حجم محلول A بیشتر است، بنابراین طبق رابطه غلظت مولی، غلظت محلول A کمتر از محلول B می‌باشد.

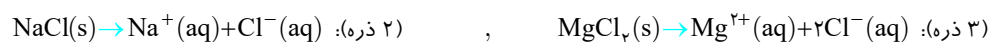
عبارت (ب): با توجه به شکل، با افزودن ۵۰ میلی‌لیتر آب به محلول B، محلولی حاصل می‌شود که حجم آن ۱۰۰ mL و با حجم محلول A برابر، اما مقدار حل‌شونده آن، ۲ برابر محلول A است، بنابراین طبق رابطه غلظت مولی، غلظت محلول به دست آمده، ۲ برابر غلظت مولی محلول A می‌باشد.

عبارت (پ): هر چه مقدار مول حل‌شونده کمتر و حجم محلول بیشتر باشد، غلظت مولی محلول کمتر بوده و محلول رقیق‌تر می‌شود، بنابراین ترتیب بودن محلول‌های A، B و C به صورت $A > C > B$ است.

عبارت (ت): حجم دو محلول B و C یکسان است، اما تعداد ذرات حل‌شونده محلول B، ۲ برابر تعداد ذرات حل‌شونده محلول C است، بنابراین به دلیل کمتر بودن تعداد ذرات حل‌شونده محلول C، غلظت مولی آن کمتر از محلول B می‌باشد.

۱۲۷ (B) ۲ عبارتهای (الف) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): با توجه به معادله‌های تفکیک دو ترکیب NaCl و MgCl_2 ، تعداد ذرات حاصل از تفکیک MgCl_2 بیشتر بوده و در نتیجه طبق رابطه غلظت مولی، در حجم یکسان، هر چه مقدار ذرات حل‌شونده بیشتر باشد، غلظت مولی محلول بیشتر است، بنابراین غلظت مولی محلول MgCl_2 بیشتر از NaCl بوده یا به عبارت دیگر محلول NaCl، رقیق‌تر است.



عبارت (ب): مقدار مول KOH را به دست می‌آوریم:

$$\frac{X \text{ mol KOH}}{0.5 \text{ L}} = \frac{X \text{ mol KOH}}{0.5 \text{ L}} \Rightarrow X = 0.25 \text{ mol KOH}$$

$$? \text{ g KOH} = 0.25 \text{ mol KOH} \times \frac{56 \text{ g KOH}}{1 \text{ mol KOH}} = 14 \text{ g KOH}$$

عبارت (پ): بیان غلظتی از محلول پرکاربردتر هست که با مقدار مول حل‌شونده و حجم محلول ارتباط داشته باشد.

$$\text{غلظت مولی} = \frac{2 \text{ mol NaCl}}{10 \text{ L}} = 0.2 \text{ mol/L} \quad (ت):$$

در این کلاس درس ضمن بررسی روش حل مسائل غلظت مولی به رابطه میان غلظت مولی با درصد جرمی و غلظت ppm نیز می‌پردازیم.

مسائل غلظت مولی (مولار)

برای حل مسائل غلظت مولی (مولار) دو روش بیان می‌شود:

$$\text{مقدار حل‌شونده (مول)} \\ \text{غلظت مولی (مولار)} = \frac{\text{حجم محلول (لیتر)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}}$$

روش اول: در این روش با کمک رابطه روبه‌رو غلظت مولی محلول را به‌دست می‌آوریم:

روش دوم: در این روش با کمک تعریف غلظت مولی، ضرایب (کسرهای) تبدیل و یا روش تناسب مسئله را حل می‌کنیم.

توجه: غلظت مولی بیانگر مول حل‌شونده در یک لیتر محلول است بنابراین در حل مسائل غلظت مولی علاوه بر استفاده از رابطه غلظت مولی می‌توان از

کسرهای « $\frac{\text{غلظت مولی}}{1}$ » یا « $\frac{1}{\text{غلظت مولی}}$ » استفاده کرد به عنوان مثال غلظت مولی $0.08 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ سدیم کلرید یعنی در هر یک لیتر محلول، 0.08 مول

سدیم کلرید داریم که بیان این موضوع با کسرهای تبدیل به‌صورت $\frac{0.08 \text{ mol NaCl}}{1 \text{ L محلول}}$ یا $\frac{1 \text{ L محلول}}{0.08 \text{ mol NaCl}}$ است.

مثال ۱: غلظت مولی 0.05 میلی‌لیتر محلول سدیم هیدروکسید که دارای 4 مول حل‌شونده می‌باشد، چند مولار است؟

راه‌حل: روش اول: $\text{NaOH} = 4 \text{ mol}$ مقدار حل‌شونده ، $0.05 \text{ L} = 50 \text{ mL}$ حجم محلول

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مقدار حل‌شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{4 \text{ mol NaOH}}{0.05 \text{ L محلول}} = 80 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

روش دوم: غلظت مولی محلول یعنی مقدار مول حل‌شونده در یک لیتر محلول، بنابراین با استفاده از کسرهای تبدیل داریم:

$$? \text{ mol NaOH} = 1 \text{ L محلول} \times \frac{4 \text{ mol NaOH}}{0.05 \text{ L محلول}} = 80 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\left[\begin{array}{l} 4 \text{ mol NaOH} \quad 0.05 \text{ L محلول} \\ x \text{ mol NaOH} \quad 1 \text{ L محلول} \end{array} \right] \Rightarrow x = \frac{1 \times 4}{0.05} = 80 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

توجه: البته می‌توانستیم با استفاده از تناسب خطی نیز به جواب برسیم:

مثال ۲: با $4/9$ گرم سولفوریک اسید چند سی‌سی محلول 0.2 مولار آن را می‌توان تهیه کرد؟

راه‌حل: ابتدا با استفاده از جرم مولی سولفوریک اسید (H_2SO_4) مقدار مول آن را به‌دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol H}_2\text{SO}_4 = \frac{4}{9} \text{ g H}_2\text{SO}_4 \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4} = 0.005 \text{ mol H}_2\text{SO}_4$$

روش اول: با استفاده از رابطه غلظت مولی، حجم محلول را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مقدار حل‌شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow \frac{0.005 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{X \text{ L محلول}} = \frac{0.2}{1} \Rightarrow X = 0.025 \text{ L} \xrightarrow{\times 1000} 25 \text{ cc}$$

روش دوم: محلول 0.2 مولار سولفوریک اسید یعنی در هر لیتر محلول، 0.2 مول H_2SO_4 حل شده است که می‌توان آن را به‌صورت زیر

نشان داد:

$$\frac{0.2 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ L محلول}} \quad \text{یا} \quad \frac{1 \text{ L محلول}}{0.2 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}$$

با استفاده از رابطه فوق و با توجه به این که مقدار مول H_2SO_4 معلوم و حجم محلول مجهول است، حجم محلول را به‌صورت زیر به‌دست می‌آوریم:

$$? \text{ cc محلول} = 0.005 \text{ mol H}_2\text{SO}_4 \times \frac{1 \text{ L محلول}}{0.2 \text{ mol H}_2\text{SO}_4} \times \frac{1000 \text{ cc محلول}}{1 \text{ L محلول}} = 25 \text{ cc}$$

مثال ۳: در ۵۰۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۲ مولار $Al(NO_3)_3$ ، چند گرم یون نیترات موجود است؟ $(N=14, O=16: g.mol^{-1})$

راه‌حل: **روش اول:** با استفاده از یکی از روش‌های بیان شده مقدار مول ترکیب $Al(NO_3)_3$ را به دست می‌آوریم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مقدار حل‌شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow \frac{0.2 \text{ mol}}{L} = \frac{X \text{ mol } Al(NO_3)_3}{0.5L} \Rightarrow X = 0.1 \text{ mol } Al(NO_3)_3$$

با توجه به معادلهٔ تفکیک $Al(NO_3)_3$ ، مقدار جرم یون NO_3^- را به دست می‌آوریم:

$$Al(NO_3)_3(s) \rightarrow Al^{3+}(aq) + 3NO_3^-(aq)$$

$$? g NO_3^- = 0.1 \text{ mol } Al(NO_3)_3 \times \frac{3 \text{ mol } NO_3^-}{1 \text{ mol } Al(NO_3)_3} \times \frac{62 g NO_3^-}{1 \text{ mol } NO_3^-} = 18.6 g NO_3^-$$

روش دوم: تمام مراحل بالا را با استفاده از کسرهای تبدیل خلاصه می‌کنیم:

$$? g NO_3^- = 500 \text{ mL محلول} \times \frac{1 L}{1000 \text{ ml}} \times \frac{0.2 \text{ mol } Al(NO_3)_3}{1 L \text{ محلول}} \times \frac{3 \text{ mol } NO_3^-}{1 \text{ mol } Al(NO_3)_3} \times \frac{62 g NO_3^-}{1 \text{ mol } NO_3^-} = 18.6 g NO_3^-$$

نکته

مقدار هر واکنش‌دهنده در حالت محلول، با حجم و غلظت محلول رابطه مستقیم دارد. با استفاده از رابطهٔ زیر می‌توان شمار مول‌های حل‌شونده را به دست آورد:

$$n = M \times V \rightarrow \text{حجم (لیتر)} \times \text{غلظت مولی (M)} = \text{شمار مول‌های حل‌شونده (n)}$$

دقت کنید که در این رابطه، حجم باید بر حسب لیتر باشد: $M \times V = \frac{\text{mol}}{L} \times L = \text{mol}$

مثال ۴: در ۲۵۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۰۲ مولار منیزیم برمید، چند عدد یون Br^- وجود دارد؟

راه‌حل: **روش اول:** با توجه به این که حجم و غلظت محلول را داریم می‌توانیم تعداد مول منیزیم برمید را به دست آوریم:

$$n = M \times V \Rightarrow n = 0.2 \frac{\text{mol}}{L} \times 0.25 L = 0.05 \text{ mol } MgBr_2$$

می‌دانیم از انحلال هر مول $MgBr_2$ در آب، دو مول یون Br^- تولید می‌شود. بنابراین شمار مول‌های Br^- ، دو برابر شمار مول‌های $MgBr_2$ است:

$$? \text{ mol } Br^- = 0.05 \text{ mol } MgBr_2 \times \frac{2 \text{ mol } Br^-}{1 \text{ mol } MgBr_2} = 0.1 \text{ mol } Br^-$$

در انتها می‌توانیم با استفاده از عدد آووگادرو و کسرهای تبدیل، مول Br^- را به تعداد Br^- تبدیل کنیم:

$$? Br^- = 0.1 \text{ mol } Br^- \times \frac{6.02 \times 10^{23}}{1 \text{ mol } Br^-} = 6.02 \times 10^{22} Br^-$$

روش دوم: تمام مراحل بالا را با استفاده از کسرهای تبدیل و در یک مرحله خلاصه می‌کنیم:

$$? \text{ ion } Br^- = 250 \text{ mL محلول} \times \frac{1 L \text{ محلول}}{1000 \text{ mL محلول}} \times \frac{0.2 \text{ mol } MgBr_2}{1 L \text{ محلول}} \times \frac{2 \text{ mol } Br^-}{1 \text{ mol } MgBr_2} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ ion } Br^-}{1 \text{ mol } Br^-} = 6.02 \times 10^{22} \text{ ion } Br^-$$

۶- دستگاه اندازه‌گیری قند خون (گلوکومتر) مقدار میلی‌گرم گلوکز را در دسی‌لیتر (dL) خون نشان می‌دهد. $(1 \text{ dL} = 100 \text{ mL} = 0.1 L)$

رابطهٔ میان درصد جرمی و غلظت مولی

با استفاده از رابطهٔ زیر می‌توانیم غلظت مولی و درصد جرمی محلول را به یکدیگر تبدیل کنیم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{10 \times a \times d}{M}$$

در رابطهٔ فوق:

a: درصد جرمی محلول بدون مخرج ۱۰۰ است. d: چگالی محلول با یکای گرم بر میلی‌لیتر است. $(g.mL^{-1})$ / M: جرم مولی حل‌شونده است. $(g.mol^{-1})$

($1/g.mL^{-1}$ = چگالی محلول)

مثال ۵: غلظت محلول ۴۹٪ جرمی سولفوریک اسید (H_2SO_4) چند مول بر لیتر است؟

راه حل: روش اول: محلول ۴۹٪ جرمی سولفوریک اسید یعنی در هر ۱۰۰ گرم محلول، ۴۹ گرم سولفوریک اسید حل شده است، بنابراین برای محاسبه غلظت مولی به صورت زیر عمل می کنیم:

$$? \text{ mol } H_2SO_4 = 49 \text{ g } H_2SO_4 \times \frac{1 \text{ mol } H_2SO_4}{98 \text{ g } H_2SO_4} = 0.5 \text{ mol } H_2SO_4 \quad \text{مقدار مول سولفوریک اسید و حجم محلول را به دست می آوریم:}$$

$$\text{چگالی} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow 1/g.mL^{-1} = \frac{100 \text{ g محلول}}{X \text{ mL}} \Rightarrow X = 90/9 \text{ mL} = 9/0.9 \times 10^{-2} \text{ L محلول}$$

$$\text{غلظت مولی محلول سولفوریک اسید را به دست می آوریم:} \quad \text{غلظت مولی} = \frac{0.5 \text{ mol } H_2SO_4}{9/0.9 \times 10^{-2} \text{ L محلول}} = 5/9 \text{ mol.L}^{-1}$$

روش دوم: با توجه به رابطه بین غلظت مولار و درصد جرمی، مقدار غلظت مولار محلول را به دست می آوریم:

$$M = 98 \text{ g.mol}^{-1} = \text{جرم مولی } H_2SO_4, \quad d = 1/g.mL^{-1} = \text{چگالی}, \quad a = 49 = \text{درصد جرمی}$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{10 \times a \times d}{M} = \frac{10 \times 49 \times 1/g.mL^{-1}}{98 \text{ g.mol}^{-1}} = 5/9 \text{ mol.L}^{-1}$$

رابطه میان غلظت مولی با غلظت ppm

می دانیم غلظت ppm، 10^4 برابر درصد جرمی است، از طرفی رابطه میان غلظت مولی و درصد جرمی را نیز داریم و می توان از ترکیب این دو رابطه میان غلظت مولی و غلظت ppm را به دست آورد:

$$\left. \begin{aligned} \text{ppm} &= \text{درصد جرمی} \times 10^4 \Rightarrow \text{درصد جرمی} = \text{ppm} \times 10^{-4} \\ \text{غلظت مولی} &= \frac{10 \times a \times d}{M(\text{جرم مولی})} = \frac{10 \times (\text{ppm} \times 10^{-4}) \times d}{M(\text{جرم مولی})} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \boxed{\text{غلظت مولی} = \frac{\text{ppm} \times d}{\text{جرم مولی} \times 1000}}$$

مثال ۶: غلظت محلول ۴۸۰۰ ppm سود با چگالی ۱/۲ گرم بر میلی لیتر چند مول بر لیتر است؟
(۱) ۱/۴۴ (۲) ۰/۱۴۴ (۳) ۲/۸۸ (۴) ۰/۲۸۸ (Na=۲۳, O=۱۶, H=۱: g.mol⁻¹)

راه حل: روش اول: ابتدا با استفاده از غلظت ppm، درصد جرمی را به دست می آوریم:

$$\text{ppm} = \text{درصد جرمی} \times 10^4 \Rightarrow \text{درصد جرمی} = \text{ppm} \times 10^{-4} \Rightarrow \text{درصد جرمی} = 4800 \times 10^{-4} = 0.48$$

حال می توانیم با استفاده از رابطه غلظت مولی و درصد جرمی، غلظت مولی محلول را به دست آوریم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{10 \times a \times d}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow \text{غلظت مولی} = \frac{10 \times 0.48 \times 1/2}{40} = 0.144 \text{ mol.L}^{-1}$$

روش دوم: با استفاده از رابطه میان غلظت ppm و غلظت مولی، غلظت مولی محلول را به دست می آوریم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{ppm} \times d}{\text{جرم مولی} \times 1000} \Rightarrow \text{غلظت مولی} = \frac{4800 \times 1/2}{1000 \times 40} = 0.144 \text{ mol.L}^{-1}$$

روش سوم: با استفاده از کسرهای تبدیل نیز می توان غلظت ppm را به غلظت مولی (mol.L^{-1}) تبدیل کرد:

$$? \text{ mol حل شونده} / \text{لیتر محلول} = \frac{4800 \text{ g NaOH}}{10^6 \text{ g محلول ppm}} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} \times \frac{1/2 \text{ g محلول چگالی}}{1 \text{ mL محلول چگالی}} \times \frac{1000 \text{ mL محلول}}{1 \text{ L محلول}} = 0.144 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

کلاس درس ۱۳

جمع بندی

$$\text{غلظت مولی (M)} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{حجم محلول بر حسب لیتر}}$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{چگالی} \times \text{درصد جرمی} \times 10}{\text{جرم مولی}}$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{چگالی} \times \text{ppm}}{\text{جرم مولی} \times 1000}$$

روابط مهم در غلظت مولی

$$\text{غلظت مولی محلول} = \frac{\text{مقدار حل شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow \text{غلظت مولی} = \frac{2 \text{ mol اسید}}{0.25 \text{ L محلول}} = 8 \text{ mol.L}^{-1}$$

۱۲۹ (A) ۳

$$\text{محلول } X = 5 \text{ L} \Rightarrow \frac{2/5 \text{ mol KOH}}{X \text{ L محلول}} = 0.5 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \text{مقدار حل شونده (مول)} = \text{غلظت مولی} \times \text{حجم محلول (لیتر)}$$

۱۳۰ (A) ۱

$$? \text{ mol MgBr}_2 = 9/2 \text{ g MgBr}_2 \times \frac{1 \text{ mol MgBr}_2}{184 \text{ g MgBr}_2} = 0.05 \text{ mol MgBr}_2$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مقدار حل شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow \text{غلظت مولی} = \frac{0.05 \text{ mol MgBr}_2}{2 \text{ L محلول}} = 2/5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

۱۳۱ (A) ۴ **روش اول:** با توجه به جرم KNO_3 (حل شونده) و جرم آب (حلال)، جرم محلول را به دست می آوریم:

$$\text{محلول } \text{KNO}_3 = 200 \text{ g KNO}_3 + 20/2 \text{ g KNO}_3 + 179/8 \text{ g آب} = \text{جرم حل شونده} + \text{جرم حلال} = \text{جرم محلول}$$

$$? \text{ mol KNO}_3 = 20/2 \text{ g KNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol KNO}_3}{101 \text{ g KNO}_3} = 0.2 \text{ mol KNO}_3$$

$$\text{محلول } X = 125 \text{ mL} = 0.125 \text{ L} \Rightarrow \frac{200 \text{ g محلول}}{X \text{ mL محلول}} = 1/6 \text{ g.mL}^{-1} \Rightarrow \text{جرم محلول} = \text{چگالی محلول} \times \text{حجم محلول}$$

حجم محلول را به دست می آوریم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مقدار حل شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{0.2 \text{ mol KNO}_3}{0.125 \text{ L}} = 1/6 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{10 \times \frac{20/2}{200} \times 1/6}{101} \Rightarrow \text{غلظت مولی} = 1/6 \text{ mol.L}^{-1}$$

روش دوم: استفاده از رابطه $\frac{10 \cdot a \cdot d}{M} = \text{غلظت مولی}$:

$$M = \frac{10 \cdot a \cdot d}{\text{جرم مولی}} = \frac{10 \times \frac{5}{200} \times 1/6}{50} = 0.8$$

روش سوم:

$$? \text{ Br}^- \text{ غلظت} = 0.8 \text{ mol.L}^{-1} \text{ CaBr}_2 \times \frac{2 \text{ mol Br}^-}{1 \text{ mol CaBr}_2} = 1/6 \text{ mol.L}^{-1} \text{ Br}^-$$

$$\frac{0.2}{0.125} \xrightarrow{\frac{0.125=1}{8} \text{ (اعشاری های مهم را حفظ کنید)}} \frac{0.2}{1} \xrightarrow{\text{تکنیک دسته بندی}} 2 \times 8 \times 10^{-1} = 1/6$$

میانبر محاسباتی

۱۳۲ (A) ۳ با توجه به جرم حل شونده (CaBr_2) و جرم حلال (آب)، جرم محلول را به دست می آوریم:

$$\text{محلول } \text{CaBr}_2 = 50 \text{ g CaBr}_2 + 45 \text{ g آب} = \text{جرم حل شونده} + \text{جرم حلال} = \text{جرم محلول}$$

روش اول: حال می توانیم با توجه به جرم و چگالی محلول به حجم محلول برسیم:

$$\text{چگالی محلول} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow 1/6 = \frac{50}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow \text{حجم محلول} = \frac{50}{1/6} = 312.5 \text{ mL}$$

$$? \text{ mol CaBr}_2 = 50 \text{ g CaBr}_2 \times \frac{1 \text{ mol CaBr}_2}{200 \text{ g CaBr}_2} \times \frac{2 \text{ mol Br}^-}{1 \text{ mol CaBr}_2} = 0.5 \text{ mol Br}^-$$

در ادامه باید مول یون Br^- را به دست آوریم:

در انتها با استفاده از رابطه غلظت مولی، غلظت مولار را محاسبه می کنیم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow \text{غلظت مولی} = \frac{0.5}{312.5 \times 10^{-3}} = 1/6 \text{ mol.L}^{-1}$$

روش دوم: غلظت مولی برابر مول حل شونده در لیتر محلول است، می توانیم با استفاده از کسرهای تبدیل نسبت مول حل شونده به لیتر محلول را به دست آوریم:

$$? \text{ mol Br}^- = \frac{50 \text{ g CaBr}_2}{200 \text{ g CaBr}_2} \times \frac{1 \text{ mol CaBr}_2}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1 \text{ mol CaBr}_2}{200 \text{ g CaBr}_2} \times \frac{2 \text{ mol Br}^-}{1 \text{ mol CaBr}_2} = 1/6 \text{ mol Br}^-$$

۱۳۳ (A) در مسائل مربوط به مولار، می‌توان گفت نسبت غلظت مولی اجزاء برابر با نسبت ضرایب استوکیومتری آن‌هاست. واکنش تفکیک باریم نیترات

به صورت $(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2(s) \rightarrow \text{Ba}^{2+}(aq) + 2\text{NO}_3^-(aq))$ است، چون ضریب استوکیومتری یون نیترات، ۲ برابر یون باریم و ضریب استوکیومتری یون

باریم و ترکیب باریم نیترات یکسان است. پس می‌توان گفت:

$$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \text{ غلظت مولی} = \text{Ba}^{2+} \text{ غلظت مولی} = 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$$

۱۳۴ (B) غلظت مولی دو محلول Na_2SO_4 و NaOH یکسان است:

$$\text{غلظت مولی} \text{NaOH} = \text{غلظت مولی} \text{Na}_2\text{SO}_4 \Rightarrow \frac{\text{مقدار مول} \text{Na}_2\text{SO}_4}{\text{حجم محلول} \text{Na}_2\text{SO}_4} = \frac{\text{مقدار مول} \text{NaOH}}{\text{حجم محلول} \text{NaOH}}$$

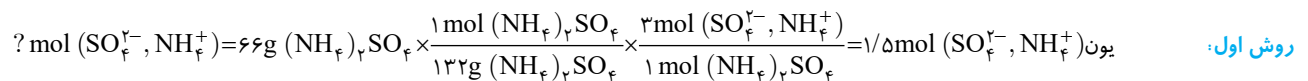
مقدار مول حل‌شونده برابر است با حاصل تقسیم جرم حل‌شونده به جرم مولی آن، بنابراین:

$$\frac{\text{جرم} \text{Na}_2\text{SO}_4}{\text{جرم مولی} \text{Na}_2\text{SO}_4} = \frac{\text{جرم} \text{NaOH}}{\text{جرم مولی} \text{NaOH}} \Rightarrow \text{جرم} \text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{جرم} \text{NaOH}$$

$$\text{جرم} \text{Na}_2\text{SO}_4 \times \text{جرم مولی} \text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{جرم} \text{NaOH} \times \text{جرم مولی} \text{NaOH}$$

$$142 \text{ g.mol}^{-1} \times \text{حجم محلول} \text{Na}_2\text{SO}_4 = 40 \text{ g.mol}^{-1} \times \text{حجم محلول} \text{NaOH} \Rightarrow \frac{\text{حجم محلول} \text{NaOH}}{\text{حجم محلول} \text{Na}_2\text{SO}_4} = \frac{142}{40} = 3.55$$

۱۳۵ (B) واکنش تفکیک آمونیوم سولفات به صورت روبه‌رو است:



با توجه به چگالی محلول، حجم آن را به دست می‌آوریم:

$$\text{چگالی محلول} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow 1.3 \text{ g.mL}^{-1} = \frac{260 \text{ g محلول}}{X \text{ mL محلول}} \Rightarrow X = 200 \text{ mL} = 0.2 \text{ L محلول}$$

$$\text{غلظت مولی یون‌ها را به دست می‌آوریم:} \quad \text{غلظت مولی} = \frac{\text{مقدار حل‌شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{1/2 \text{ mol} (\text{SO}_4^{2-}, \text{NH}_4^+)}{0.2 \text{ L محلول}} = 2.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$M = \frac{10 \cdot a \cdot d}{\text{جرم مولی}} = \frac{10 \times \frac{66}{132} \times 1.3}{260} = 2.5 \text{ mol.L}^{-1}$$
 روش دوم:

$$2.5 \text{ mol.L}^{-1} (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \times \frac{3 \text{ mol ion}}{1 \text{ mol} (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} = 7.5 \text{ mol.L}^{-1} \text{ ion}$$

۱۳۶ ابتدا تعداد یون‌های موجود در هر دو محلول را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol ion NaCl} = 1.5 \text{ L محلول NaCl} \times \frac{0.2 \text{ mol NaCl}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{2 \text{ mol ion}}{1 \text{ mol NaCl}} \times \frac{N_A \text{ ion}}{1 \text{ mol ion}} = 0.6 N_A \text{ ion}$$

$$? \text{ mol ion NH}_4\text{Cl} = 600 \text{ mL محلول NH}_4\text{Cl} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{x \text{ mol NH}_4\text{Cl}}{1 \text{ L}} \times \frac{2 \text{ mol ion}}{1 \text{ mol NH}_4\text{Cl}} \times \frac{N_A \text{ ion}}{1 \text{ mol ion}} = 0.6 x N_A \text{ ion}$$

می‌دانیم تعداد یون‌های محلول سدیم کلرید ۲ برابر تعداد یون‌های محلول آمونیوم کلرید است:

$$\frac{\text{تعداد یون‌های محلول NaCl}}{\text{تعداد یون‌های محلول NH}_4\text{Cl}} = \frac{0.6 \times N_A \text{ ion}}{0.6 \times x \times N_A \text{ ion}} = 2 \Rightarrow x = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

بنابراین غلظت محلول آمونیوم کلرید برابر ۰/۵ مول بر لیتر است.

۱۳۷ (B) مقدار مول حل‌شونده را در هر یک از محلول‌ها به دست می‌آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 700 \text{ ppm} = \frac{X \text{ g K}_2\text{CO}_3}{4000 \text{ g محلول}} \times 10^6 \Rightarrow X = 2.8 \text{ g K}_2\text{CO}_3$$
 محلول a:

$$? \text{ mol K}_2\text{CO}_3 = 2.8 \text{ g K}_2\text{CO}_3 \times \frac{1 \text{ mol K}_2\text{CO}_3}{138 \text{ g K}_2\text{CO}_3} \approx 0.2 \text{ mol K}_2\text{CO}_3$$

$$\text{محلول } b: \quad \frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}} = \frac{X \text{ g}}{100 \text{ mL}} \Rightarrow X = 110 \text{ g}$$

$$\text{جرم حل شونده} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 60 = \frac{X \text{ g MgBr}_2}{110 \text{ g}} \times 100 \Rightarrow X = 66 \text{ g MgBr}_2$$

$$? \text{ mol MgBr}_2 = 66 \text{ g MgBr}_2 \times \frac{1 \text{ mol MgBr}_2}{184 \text{ g MgBr}_2} = 0.36 \text{ mol MgBr}_2$$

$$\text{محلول } c: \quad \text{استیک اسید } X = 0.1 \text{ mol} \Rightarrow \frac{X \text{ mol}}{L} = \frac{0.1 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} \Rightarrow X = 0.1 \text{ mol}$$

بنابراین مقدار مول حل شونده در ۳ محلول a، b و c به ترتیب برابر ۰/۲، ۰/۳۶ و ۰/۱ مول است. پس ترتیب مقدار مول حل شونده به صورت $b > c > a$ می باشد.

۱۳۸ **۳** **روش اول:** ابتدا باید مول پتاسیم نیترات را در محلول اولیه به دست آوریم:

$$? \text{ mol KNO}_3 = 750 \text{ mL محلول} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{2 \text{ mol KNO}_3}{1 \text{ L محلول}} = 1.5 \text{ mol KNO}_3$$

حال باید بدانیم در ۷۵۰ میلی لیتر محلول ۲/۵ مولار پتاسیم نیترات چند مول پتاسیم نیترات داریم. این بار از رابطه غلظت مولی استفاده می کنیم:

$$\text{مول } \text{KNO}_3 \text{ در محلول جدید} = \frac{X}{750 \times 10^{-3} \text{ L}} \Rightarrow \frac{X}{0.75 \text{ L}} = \frac{2}{4} \Rightarrow X = 1.5 \text{ mol}$$

بنابراین باید ۰/۳ مول پتاسیم نیترات به محلول اولیه اضافه کنیم تا غلظت مولی محلول جدید برابر ۲/۴ مول بر لیتر شود:

$$? \text{ mol KNO}_3 = 1.5 \text{ mol KNO}_3 - 0.3 \text{ mol KNO}_3 = 1.2 \text{ mol KNO}_3$$

$$? \text{ g KNO}_3 = 1.2 \text{ mol KNO}_3 \times \frac{101 \text{ g KNO}_3}{1 \text{ mol KNO}_3} = 121.2 \text{ g KNO}_3$$

در انتها باید مول پتاسیم نیترات را به گرم آن تبدیل کنیم:

روش دوم: ابتدا اختلاف غلظت محلول اولیه و محلول نهایی را به دست می آوریم:

سپس با استفاده از کسرهای تبدیل، گرم KNO_3 را به دست می آوریم:

$$750 \text{ mL KNO}_3 \text{ محلول} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{0.4 \text{ mol}}{1 \text{ L}} \times \frac{101 \text{ g KNO}_3}{1 \text{ mol KNO}_3} = 30.3 \text{ g KNO}_3$$

۱۳۹ **B** **۳** مقدار مول HCl را در ۲۰۰ میلی لیتر محلول ۲ مولار آن به دست می آوریم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مقدار حل شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow 2 \text{ mol.L}^{-1} = \frac{X \text{ mol HCl}}{0.2 \text{ L}} \Rightarrow X = 0.4 \text{ mol HCl}$$

واکنش را موازنه کرده و با توجه به این که در شرایط استاندارد، یک مول گاز Cl_2 ، ۲۲/۴ لیتر حجم دارد، مقدار گاز کلر را به دست می آوریم:



$$? \text{ L Cl}_2 = 0.4 \text{ mol HCl} \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{4 \text{ mol HCl}} \times \frac{22.4 \text{ L Cl}_2}{1 \text{ mol Cl}_2} = 2.24 \text{ L Cl}_2$$

۱۴۰ **B** **۲** محلول ۴۴٪ جرمی ویتامین C یعنی در هر ۱۰۰ گرم محلول، ۴۴ گرم ویتامین C حل شده است. برای محاسبه غلظت مولی و ppm به صورت

زیر عمل می کنیم:

محاسبه غلظت مولی:

$$? \text{ mol C}_6\text{H}_8\text{O}_6 = 44 \text{ g C}_6\text{H}_8\text{O}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_8\text{O}_6}{176 \text{ g C}_6\text{H}_8\text{O}_6} = 0.25 \text{ mol C}_6\text{H}_8\text{O}_6$$

$$\text{چگالی} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow \frac{100 \text{ g}}{X \text{ mL}} = \frac{1}{6} \text{ g.mL}^{-1} \Rightarrow X = 60 \text{ mL} = 60 \times 10^{-3} \text{ L}$$

غلظت مولی محلول ویتامین C را به دست می آوریم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مقدار حل شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{0.25 \text{ mol C}_6\text{H}_8\text{O}_6}{60 \times 10^{-3} \text{ L}} = 4.17 \text{ mol.L}^{-1}$$

روش دوم: با توجه به رابطه بین غلظت مولار و درصد جرمی ($\text{غلظت مولی} = \frac{10 \times a \times d}{M}$)، مقدار غلظت مولی محلول را به دست می آوریم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{10 \times a \times d}{M} = \frac{10 \times 44 \times 1 / 6 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}}{176 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\text{ppm} = a \times 10^4 = 44 \times 10^4 \text{ ppm}$$

محاسبه ppm: برای محاسبه ppm از رابطه روبه‌رو استفاده می کنیم:

روش اول: جرم یون Mg^{2+} را در یک کیلوگرم آب دریا به دست می آوریم: **۱۴۱** B

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 120 \text{ ppm} = \frac{X \text{ g Mg}^{2+}}{1000 \text{ g}} \times 10^6 \Rightarrow X = 1/2 \text{ g Mg}^{2+}$$

$$? \text{ mol Mg}^{2+} = 1/2 \text{ g Mg}^{2+} \times \frac{1 \text{ mol Mg}^{2+}}{24 \text{ g Mg}^{2+}} = 5 \times 10^{-2} \text{ mol Mg}^{2+}$$

$$\text{چگالی} = \frac{\text{جرم آب دریا}}{\text{حجم آب دریا}} \Rightarrow 1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} = \frac{1000 \text{ g آب دریا}}{X \text{ mL آب دریا}} \Rightarrow X = 1000 \text{ mL} = 1 \text{ L آب دریا}$$

$$\text{غلظت مولی Mg}^{2+} = \frac{\text{مقدار حل شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{5 \times 10^{-2} \text{ mol}}{1 \text{ L آب دریا}} \Rightarrow 5 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{ppm} \times d}{10^3 \times M} = \frac{120 \times 1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}}{10^3 \times 24 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 5 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

روش دوم: می توانیم از رابطه بین غلظت مولی و ppm استفاده کنیم:

با توجه به رابطه بین درصد جرمی و غلظت مولی، چگالی محلول را به دست می آوریم: **۱۴۲** B

$$\text{غلظت مولی} = \frac{10 \times a \times d}{M} \Rightarrow 12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = \frac{10 \times 46 \times d}{46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \Rightarrow d = 1/2 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{10 \times a \times d}{M} = \frac{10 \times 60 \times 1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}}{174 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 3/4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

با توجه به اطلاعات داده شده داریم: **۱۴۳** B

با توجه به معادله تفکیک K_2SO_4 ، به ازای تفکیک یک مول K_2SO_4 ، یک مول یون سولفات تشکیل می شود، بنابراین می توان نتیجه گرفت که غلظت مولی

K_2SO_4 برابر با غلظت مولی یون سولفات (SO_4^{2-}) و برابر $3/4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ است.

روش اول: مقدار مول کلسیم برمید را در 100 میلی لیتر محلول $0/5$ مولار آن به دست می آوریم: **۱۴۴** C

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مقدار حل شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow 0/5 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = \frac{X \text{ mol CaBr}_2}{0/1 \text{ L محلول}} \Rightarrow X = 5 \times 10^{-2} \text{ mol CaBr}_2$$

$$? \text{ g CaBr}_2 = 5 \times 10^{-2} \text{ mol CaBr}_2 \times \frac{200 \text{ g CaBr}_2}{1 \text{ mol CaBr}_2} = 10 \text{ g CaBr}_2$$

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 50 = \frac{10 \text{ g CaBr}_2}{X \text{ g محلول}} \times 100 \Rightarrow X = 20 \text{ g CaBr}_2$$

$$M = \frac{10 \cdot a \cdot d}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow 0/5 = \frac{10 \times 50 \times d}{200} \Rightarrow d = 0/2 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$$

روش دوم:

$$\text{چگالی} = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}} \Rightarrow 0/2 = \frac{X}{100} \Rightarrow X = 20 \text{ g CaBr}_2$$

مقدار جرم کلسیم برمید را به دست می آوریم: **۱۴۵** C

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 60 = \frac{X \text{ g CaBr}_2}{45 \text{ g محلول}} \times 100 \Rightarrow X = 27 \text{ g CaBr}_2$$

با توجه به چگالی محلول، حجم محلول را به دست می آوریم:

$$\text{چگالی} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow 1/2 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} = \frac{45 \text{ g محلول}}{X \text{ mL}} \Rightarrow X = 37/5 \text{ mL} = 3/75 \times 10^{-2} \text{ L محلول}$$

$$? \text{ mol NaBr} = 27 \text{ g CaBr}_2 \times \frac{1 \text{ mol CaBr}_2}{200 \text{ g CaBr}_2} \times \frac{6 \text{ mol NaBr}}{3 \text{ mol CaBr}_2} = 0/27 \text{ mol NaBr}$$

$$\text{غلظت مولی محلول} = \frac{\text{مقدار حل شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{0.2 \text{ mol NaBr}}{3.75 \times 10^{-2} \text{ L}} = 5.33 \text{ mol.L}^{-1}$$

۱۴۶ (B) روش اول: محلول ۰/۲ مولار غلیظ است و مقدار مول حل شونده را در این محلول به دست می آوریم:

$$\text{غلظت محلول غلیظ} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}, \quad \text{حجم محلول غلیظ} = 25 \text{ mL} = 2/5 \times 10^{-2} \text{ L}$$

$$\text{غلظت محلول غلیظ} = \frac{\text{مقدار حل شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow 0.2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = \frac{X \text{ mol NaOH}}{2/5 \times 10^{-2} \text{ L}} \Rightarrow X = 5 \times 10^{-3} \text{ mol NaOH}$$

مقدار مول NaOH در دو محلول رقیق و غلیظ یکسان است، بنابراین با توجه به مقدار NaOH، حجم محلول رقیق را به دست می آوریم:

$$\text{غلظت محلول رقیق} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}, \quad \text{مقدار حل شونده} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol NaOH}$$

$$\text{غلظت محلول رقیق} = \frac{\text{مقدار حل شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow 0.1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = \frac{5 \times 10^{-3} \text{ mol NaOH}}{X \text{ L}} \Rightarrow X = 0.05 \text{ L}$$

$$M_1 V_1 = M_2 V_2 \Rightarrow \text{حجم محلول رقیق} = \frac{25 \text{ mL} \times 0.2 \text{ mol.L}^{-1}}{0.1 \text{ mol.L}^{-1}} = 50 \text{ mL}$$

روش دوم:

حجم محلول غلیظ - حجم محلول رقیق = مقدار آب اضافه شده

$$\text{آب} = 50 \text{ mL} - 25 \text{ mL} = 25 \text{ mL}$$

۱۴۷ (B) ۱: ابتدا شمار مول پتاسیم هیدروکسید موجود در محلول را محاسبه می کنیم:

$$? \text{ mol KOH} = 84 \text{ g KOH} \times \frac{1 \text{ mol KOH}}{56 \text{ g KOH}} = 1.5 \text{ mol KOH}$$

می دانیم با افزودن آب خالص و رقیق کردن محلول مقدار مول حل شونده تغییر نمی کند:

$$\text{غلظت مولی محلول نهایی} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{حجم محلول}} = \frac{1.5 \text{ mol}}{50 \text{ L}} = 0.03 \text{ mol.L}^{-1}$$

۱۴۸ (B) ۴: با توجه به شکل، با حرارت دادن محلول (۱) (محلول رقیق)، مقداری از حلال آن تبخیر شده و در نتیجه محلول (۲) (محلول غلیظ) حاصل می شود، با توجه به این که مقدار حل شونده در دو محلول (۱) و (۲)، یکسان است، بنابراین مقدار حجم محلول غلیظ را به دست می آوریم:

$$M_1 V_1 = M_2 V_2 \Rightarrow \text{حجم محلول غلیظ} = \frac{0.16 \text{ mol.L}^{-1} \times 200 \text{ mL}}{0.4 \text{ mol.L}^{-1}} = 40 \text{ mL}$$

مقدار آب اضافه شده = ۱۶۰ mL - ۴۰ mL = ۱۲۰ mL

۱۴۹ (B) ۲:

مخلوط کردن دو محلول هم جنس

کلاس درس

۱۴

۱- هرگاه دو یا چند محلول هم جنس با غلظت های مولی مشخص را با یکدیگر مخلوط کنیم، برای محاسبه غلظت مولی محلول نهایی از رابطه زیر استفاده می کنیم:

$$M = \frac{n}{V} = \frac{\text{مقدار محلول نهایی}}{\text{حجم محلول نهایی}}$$

می دانیم از رابطه $n = M \times V$ ، تعداد مول های حل شونده را می توان به دست آورد و از طرفی حجم محلول نهایی نیز برابر مجموع حجم محلول های اولیه است، بنابراین:

$$M(V_1 + V_2 + \dots) = M_1 V_1 + M_2 V_2 + \dots$$

در این رابطه M_1 و M_2 غلظت مولار محلول های اولیه و V_1 و V_2 حجم محلول های اولیه است.

توجه: در این رابطه یکای حجم محلول ها باید یکسان باشد، مثلاً همه لیتر باشند یا همه میلی لیتر. اگر تمام حجم ها با یکای میلی لیتر مطرح شده باشند، نیازی به تبدیل آن ها به لیتر نیست.

مثال ۱: اگر ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۱ مولار سدیم هیدروکسید را با ۲۰۰ میلی لیتر محلول ۰/۲۵ مولار سدیم کلرید مخلوط کنیم، غلظت مولی محلول نهایی چند مول بر لیتر است؟

$$M = \frac{M_1 V_1 + M_2 V_2}{V_1 + V_2} \Rightarrow M = \frac{1 \times 100 + 0.25 \times 200}{100 + 200} = \frac{150}{300} = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

راه حل:

۲- در صورتی که علاوه بر مخلوط کردن دو یا چند محلول هم‌جنس، مقداری آب خالص نیز به مخلوط اضافه کنیم، برای محاسبه غلظت مولی نهایی محلول حاصل، کافی است، حجم آب را نیز در محاسبه حجم نهایی در نظر بگیریم:

$$M = \frac{M_1 V_1 + M_2 V_2 + \dots}{V_1 + V_2 + \dots + V_{\text{آب}}}$$

مثال ۲: اگر ۱۵۰ mL محلول ۰/۲ مولار نیتریک اسید را با ۵۰ mL محلول ۱ مولار نیتریک اسید مخلوط نموده و در انتها ۲۰۰ میلی‌لیتر آب به محلول حاصل اضافه کنیم، غلظت نیتریک اسید در محلول نهایی چند مول بر لیتر است؟

راه‌حل: ابتدا حجم محلول نهایی را به دست می‌آوریم:

$$V (\text{محلول نهایی}) = V_1 + V_2 + \text{آب} \Rightarrow V (\text{محلول نهایی}) = 150 + 50 + 200 = 400 \text{ mL}$$

حال می‌توانیم غلظت نیتریک اسید را در محلول نهایی به دست آوریم:

$$M = \frac{M_1 V_1 + M_2 V_2}{V_1 + V_2 + V_{\text{آب}}} \Rightarrow M = \frac{150 \times 0.2 + 50 \times 1}{150 + 50 + 200} = \frac{80}{400} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$M (\text{محلول نهایی}) = \frac{M_1 \times V_1 + M_2 \times V_2}{V_1 + V_2} \Rightarrow 2 = \frac{3 \times x + 0.5 \times 5}{(x + 5)} \Rightarrow 2x + 10 = 3x + 2.5 \Rightarrow x = 7.5 \text{ L}$$

۱۵۰ **۳** **C** عبارتهای (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): غلظت مولی محلول آبی (۲)، برابر $\frac{12 \times 0.2}{5 \times 10^{-2}} = 4.8 \text{ mol.L}^{-1}$ است که از سایر محلول‌ها بیشتر است، بنابراین غلیظ‌ترین محلول به حساب می‌آید.

عبارت (ب): غلظت محلول‌های آبی (۳)، (۴) و (۵)، یکسان و برابر $1/6 \text{ mol.L}^{-1}$ است. (لطفاً خودتان محاسبه کنید).

عبارت (پ): با توجه به غلظت و حجم محلول‌های آبی (۱) و (۲) و با استفاده از رابطه زیر، غلظت محلول حاصل از اختلاط دو محلول آبی (۱) و (۲) را به دست می‌آوریم:

$$M (\text{محلول نهایی}) = \frac{M_1 V_1 + M_2 V_2}{V_1 + V_2} \Rightarrow M = \frac{3/2 \times 50 + 4/8 \times 50}{50 + 50} = 4 \text{ mol.L}^{-1}$$

عبارت (ت): با اضافه کردن ۱۱۰ میلی‌لیتر آب به محلول آبی (۴)، حجم محلول نهایی را به دست می‌آوریم:

$$\text{حجم محلول نهایی} = 50 \text{ mL} + 110 \text{ mL} = 160 \text{ mL} = 160 \times 10^{-3} \text{ L}$$

با توجه به این‌که، مقدار مول حل‌شونده ثابت است، بنابراین با توجه به حجم محلول نهایی، غلظت مولی آن را به دست می‌آوریم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{حل‌شونده } 4 \text{ mol}}{\text{حجم محلول نهایی } 160 \times 10^{-3} \text{ L}} = 25 \text{ mol.L}^{-1}$$

۱۵۱ **۲** **B** عبارتهای (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): غلظت مولی در محلول (۱) برابر $\left(\frac{4 \times 0.2}{5 \times 10^{-3}} = 1/6 \text{ mol.L}^{-1}\right)$ است و غلظت مولی در محلول (۲) پس از اضافه کردن ۰/۲ مول حل‌شونده

برابر است با: $\left(\frac{0.4 + 0.2}{25 \times 10^{-3}} = 2/4 \text{ mol.L}^{-1}\right)$. بنابراین غلظت مولی محلول (۲)، ۱/۵ برابر محلول (۱) است.

عبارت (ب): چون حجم محلول‌های (۱) و (۴) برابر است، غلظت مولی آن‌ها را می‌توان با توجه به تعداد مول‌های حل‌شونده مقایسه کرد:

$$\text{غلظت مولی محلول (۱)}: \frac{4 \times 0.2}{5 \times 10^{-3}} = 1/6 \text{ mol.L}^{-1}, \quad \text{غلظت مولی محلول (۴)}: \frac{8 \times 0.2}{5 \times 10^{-3}} = 3/2 \text{ mol.L}^{-1}$$

عبارت (پ): غلظت مولی در محلول‌های (۱) و (۲) برابر $1/6 \text{ mol.L}^{-1}$ است اما چون ذره‌های تشکیل‌دهنده آن‌ها یکی نیستند و جرم‌های مولی متفاوتی دارند، درصد جرمی آن‌ها الزاماً برابر نیست.

$$M = \frac{0.8 + 0.8}{(50 + 25 + 25) \times 10^{-3}} \Rightarrow M = \frac{1.6}{100 \times 10^{-3}} = 1/6 \text{ mol.L}^{-1} \quad \text{عبارت (ت):}$$

۱۵۲ **۳** **C** دو محلول از سدیم هیدروکسید را با یکدیگر مخلوط و غلظت محلول نهایی حاصل شده است، با توجه به این‌که، حجم محلول نهایی پس

از رقیق شدن برابر ۳۰ L است، بنابراین حجم محلول ۴ مولار سدیم هیدروکسید را به دست می‌آوریم:

$$M (\text{محلول نهایی}) = \frac{M_1 V_1 + M_2 V_2}{V_1 + V_2} \Rightarrow 1 = \frac{4 \times x + 0.5 \times 20}{30} \Rightarrow x = 5 \text{ L}$$

دستگاه اندازه‌گیری قندخون (گلوکومتر)

کلاس درس

۱۵



۱- نام دستگاه اندازه‌گیری قندخون، گلوکومتر است.

۲- قندخون، همان گلوکز با فرمول مولکولی $C_6H_{12}O_6$ است.

۳- عددی که دستگاه اندازه‌گیری قندخون نمایش می‌دهد، بیان‌گر مقدار گلوکز برحسب میلی‌گرم در یک دسی‌لیتر (dL) از خون است. بنابراین اگر در صفحه نمایشگر گلوکومتر عدد ۹۵ ظاهر شود بدین معنا است که در هر یک دسی‌لیتر (۱۰۰mL) خون، ۹۵ میلی‌گرم گلوکز وجود دارد.

توجه! هر دسی‌لیتر (dL)، برابر ۱۰۰mL یا ۰/۱ لیتر است.

۴- همان‌طور که گفته شد، دستگاه گلوکومتر، غلظت خون را بر حسب $\frac{\text{میلی‌گرم}}{\text{دسی‌لیتر}}$ نمایش می‌دهد، حال می‌خواهیم این غلظت را به ppm تبدیل کنیم، به یاد

$$\frac{\text{میلی‌گرم}}{\text{dL}} \times \frac{1 \text{ dL}}{0.1 \text{ L}} = \text{ppm}$$

داریم که یکای ppm، $\frac{\text{میلی‌گرم حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}$ بیان می‌شود بنابراین:

یعنی می‌توانیم عدد نمایش داده شده در گلوکومتر را در ۱۰ ضرب کنیم، تا به ppm برسیم! البته به شرطی که چگالی خون را تقریباً برابر 1 g.mL^{-1} در نظر بگیریم.

عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): دستگاه اندازه‌گیری قند خون گلوکومتر نام دارد که میلی‌گرم گلوکز را در هر دسی‌لیتر از خون نشان می‌دهد.

عبارت (ب): اگر دستگاه گلوکومتر عدد ۹۵ را نشان دهد، غلظت خون در نمونه مورد نظر ۹۵ ppm است:

$$\frac{\text{میلی‌گرم}}{\text{دسی‌لیتر}} \times \frac{1 \text{ dL}}{0.1 \text{ L}} = \text{ppm} \Rightarrow \text{ppm} = \text{عدد گلوکومتر} \times 10 = 95 \times 10 = 950 \text{ ppm}$$

$$\frac{\text{میلی‌گرم}}{\text{دسی‌لیتر}} \times \frac{1000 \text{ میلی‌گرم}}{1 \text{ g}} \times \frac{0.1 \text{ L}}{1 \text{ dL}} = 100 \text{ میلی‌گرم}$$

عبارت (پ): اگر غلظت قند خون برابر 100 mg.L^{-1} باشد، گلوکومتر عدد ۸۷ را نشان می‌دهد:

$$2 \times 10^{-4} \text{ mol } C_6H_{12}O_6 \times \frac{180 \text{ g } C_6H_{12}O_6}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 36 \text{ mg } C_6H_{12}O_6$$

عبارت (ت): ابتدا مول گلوکز را به میلی‌گرم آن تبدیل می‌کنیم:

$$\frac{\text{میلی‌گرم}}{\text{دسی‌لیتر}} = \frac{36}{0.1} = 360$$

حال می‌توانیم عدد نمایش داده شده در گلوکومتر را محاسبه کنیم:

دستگاه قندخون، مقدار گلوکز خون را برحسب میلی‌گرم گلوکز در هر دسی‌لیتر (dL) خون (محلول) نشان می‌دهد، بنابراین با توجه به تصویر که عدد ۹۵ را نشان می‌دهد، می‌توان گفت: مقدار گلوکز برابر ۹۵ میلی‌گرم در یک دسی‌لیتر خون است، پس غلظت مولار گلوکز را به دست می‌آوریم:

$$\text{گلوکز } \text{mol} = \frac{\text{گلوکز } \text{g}}{180 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ mol}}{1000 \text{ mg}} = \frac{5}{27} \times 10^{-4} \text{ mol}$$

غلظت مولی گلوکز را به دست می‌آوریم: $\text{محلول } 1 \text{ dL} = 0.1 \text{ L}$ ، $\text{گلوکز } \text{mol} = \frac{5}{27} \times 10^{-4} \text{ mol}$ ، مقدار مول حل‌شونده

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مقدار حل‌شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{\frac{5}{27} \times 10^{-4} \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = \frac{5}{27} \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

ابتدا جرم نمک (حل‌شونده) را به مول تبدیل می‌کنیم و سپس غلظت مولی آن را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol } MgCl_2 = \frac{0.1 \text{ g } MgCl_2}{95 \text{ g } MgCl_2} \times \frac{1 \text{ mol } MgCl_2}{2 \times 10^{-3} \text{ mol } MgCl_2} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol } MgCl_2$$

$$\text{مولاریته} = \frac{\text{مقدار حل‌شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{2 \times 10^{-3} \text{ mol } MgCl_2}{0.1 \text{ L}} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

ابتدا با استفاده از رابطه درصد جرمی، جرم هیدروکلریک اسید را به دست می‌آوریم:

$$\text{جرم حل‌شونده} = \frac{\text{درصد جرمی}}{100} \times 100 \Rightarrow \frac{36}{5} = \frac{x}{80} \times 100 \Rightarrow x = 29/2 \text{ g HCl}$$

$$? \text{ mol HCl} = \frac{29/2 \text{ g HCl}}{36/5 \text{ g HCl}} \times \frac{1 \text{ mol HCl}}{36/5 \text{ g HCl}} = 0.8 \text{ mol HCl}$$

در قدم بعدی باید گرم HCl را به مول آن تبدیل کنیم:

در انتها با استفاده از رابطه غلظت مولی، حجم محلول را به دست می آوریم:

$$3/2 = \frac{0.8}{x} \Rightarrow x = 0.25L = 250mL$$

روش دوم: با استفاده از کسرهای تبدیل تمام مراحل زیر را در یک مرحله انجام می دهیم:

$$? mL \text{ محلول} = 80g \text{ محلول} \times \frac{36/5g \text{ HCl}}{100g \text{ محلول}} \times \frac{1 \text{ mol HCl}}{36/5g \text{ HCl}} \times \frac{1L \text{ محلول}}{3/2 \text{ mol HCl}} \times \frac{1000mL}{1L} = 250mL$$

$$\text{مولاریته} = \frac{10 \cdot a \cdot d}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow 3/2 = \frac{10 \times 36/5 \times d}{36/5} \Rightarrow d = 0.32$$

روش سوم:

$$\frac{\text{جرم}}{\text{حجم}} = \frac{10}{0.32} = \frac{80}{V} \Rightarrow V = 250mL$$

۱۵۷ (B) ابتدا با استفاده از رابطه $\frac{10 \cdot a \cdot d}{M} = \text{مولاریته}$ ، غلظت مولی محلول را به دست می آوریم:

$$\text{مولاریته} = \frac{10 \cdot a \cdot d}{M} = \frac{10 \times 34 \times 0.98g \cdot mL^{-1}}{17g \cdot mol^{-1}} = 19/6 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$\text{مولاریته محلول} = 19/6 \text{ mol} \cdot L^{-1}, \quad \text{حجم محلول} = 250mL = 0.25L$$

$$\text{مولاریته محلول} = \frac{\text{مقدار حل شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow 19/6 \text{ mol} \cdot L^{-1} = \frac{X \text{ mol NH}_3}{0.25L} \Rightarrow X = 0.49 \text{ mol NH}_3$$

۱۵۸ (B) مولاریته محلول ۹۸W/W را به دست می آوریم:

$$\text{مولاریته} = \frac{10 \cdot a \cdot d}{M} = \frac{10 \times 98 \times 1/8 (g \cdot mL^{-1})}{98 (g \cdot mol^{-1})} = 18 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

محلول ۱۸ مولار غلیظ و محلول ۹/۰ مولار H_2SO_4 ، رقیق است، بنابراین حجم محلول غلیظ را به دست می آوریم:

$$\text{حجم محلول غلیظ} = \frac{0.9 (mol \cdot L^{-1}) \times 100 (mL)}{18 (mol \cdot L^{-1})} = 5mL$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{10 \cdot a \cdot d}{\text{جرم مولی}} = \frac{10 \times 36/5 \times 1/2}{36/5} = 12 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

۱۵۹ (C) ابتدا غلظت مولی HCl را به دست می آوریم:

در ادامه حجم گاز HCl حل شده در یک لیتر از این محلول را به دست می آوریم:

$$? L \text{ HCl} = 1L \text{ محلول} \times \frac{12 \text{ mol HCl}}{1L \text{ محلول}} \times \frac{22/4L \text{ HCl}}{1 \text{ mol HCl}} = 268/8L \text{ HCl}$$

۱۶۰ (C) ابتدا تعداد مول NaOH موجود در محلول اولیه را به دست می آوریم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مقدار حل شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow 2 \text{ mol} \cdot L^{-1} = \frac{X \text{ mol NaOH}}{1L \text{ محلول}} \Rightarrow X = 2 \text{ mol NaOH}$$

هنگامی که به محلول NaOH، آب اضافه می کنیم، تعداد مول NaOH ثابت است، اما حجم محلول، به تدریج افزایش می یابد.

$$V_1 (\text{محلول}) = 1000 + 200 = 1200mL = 1/2L \Rightarrow M_1 = \frac{2 \text{ mol}}{1/2L} = 4 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$V_2 (\text{محلول}) = 1000 + (2 \times 200) = 1400mL = 1/4L \Rightarrow M_2 = \frac{2 \text{ mol}}{1/4L} = 8 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$V_3 (\text{محلول}) = 1000 + (3 \times 200) = 1600mL = 1/6L \Rightarrow M_3 = \frac{2 \text{ mol}}{1/6L} = 12 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

ملاحظه می کنید که با گذشت زمان، غلظت محلول به تدریج کاهش می یابد، اما این کاهش، به صورت خطی نمی باشد.

۱۶۱ (A) برای حل این سؤال کافی است از رابطه درصد جرمی و غلظت مولی استفاده کنیم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{10 \cdot a \cdot d}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow 10 = \frac{10 \cdot a \cdot 0.935}{17} \Rightarrow a = 11.8/2$$

۱۶۲ (B) **روش اول:** ابتدا با استفاده از چگالی محلول جرم ۱ لیتر محلول را به دست می آوریم:

$$\text{چگالی محلول} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}} = \frac{xg}{1000mL} \Rightarrow x^2 = 1050g$$

در ادامه با استفاده از رابطه ppm جرم یون Na^+ موجود در 1050 گرم محلول را به دست می آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 10600 = \frac{x \text{ g}}{1050 \text{ g}} \times 10^6 \Rightarrow x \text{ g} = 1113 \text{ g Na}^+$$

حال می توانیم شمار مول های Na^+ را به دست آوریم که چون حجم محلول را یک لیتر در نظر گرفتیم برابر غلظت مولی خواهد بود:

$$? \text{ mol Na}^+ = 1113 \text{ g Na}^+ \times \frac{1 \text{ mol Na}^+}{23 \text{ g Na}^+} = 0.48 \text{ mol Na}^+$$

بنابراین غلظت مولی محلول برابر 0.48 مول بر لیتر است.

روش دوم: با استفاده از کسرهای تبدیل، اطلاعات داده شده در سؤال را به صورت کسر تبدیل طوری در هم ضرب می کنیم که به غلظت مول یون سدیم

(مول سدیم بر حجم محلول) برسیم:

$$\frac{10600 \text{ g Na}^+}{10^6 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ mL محلول}}{1 \text{ mL محلول}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol Na}^+}{23 \text{ g Na}^+} = 0.48 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

البته می توانستیم حجم محلول را یک لیتر در نظر گرفته و با استفاده از کسرهای تبدیل تعداد مول Na^+ موجود در یک لیتر محلول را به دست آوریم:

$$? \text{ mol Na}^+ = 1 \text{ L محلول} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mL محلول}}{1 \text{ mL محلول}} \times \frac{10600 \text{ g Na}^+}{10^6 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ mol Na}^+}{23 \text{ g Na}^+} = 0.48 \text{ mol Na}^+$$

۱۶۳

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow \text{درصد جرمی} = \frac{1360 \times 10^{-3} \text{ g}}{10^3 \text{ g}} \times 100 = 0.136$$

$$\text{غلظت مولار} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow \text{غلظت مولار} = \frac{(1360 \times 10^{-3}) \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.34 \text{ mol.L}^{-1}$$

روش اول: محلول 23 درصد جرمی اتانول در آب را به صورت 23 گرم اتانول در 100 گرم محلول در نظر می گیریم. برای محاسبه غلظت

مولار، باید تعداد مول اتانول و حجم محلول را بر حسب لیتر محاسبه کنیم.

$$? \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH} = 23 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH} \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{46 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 0.5 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}$$

$$? \text{ L محلول} = 100 \text{ g محلول} \times \frac{1 \text{ mL محلول}}{0.9 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ L محلول}}{1000 \text{ mL محلول}} = 11.1 \text{ L محلول}$$

$$\text{غلظت مولار} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{0.5}{11.1} = 0.045 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{مولاریته} = \frac{10 \text{ a.d}}{\text{جرم مولی}} = \frac{10 \times 23 \times 0.9}{46} = 4.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

روش دوم:

۱۶۵

انحلال پذیری

کلاس درس

۱۷

به طور کلی در یک دمای معین میزان حل شدن نمک های گوناگون در آب متفاوت است. برای بررسی و مقایسه میزان حل شدن مواد گوناگون در آب دانستن و درک مفهوم انحلال پذیری ضروری است.

مفهوم انحلال پذیری

- به بیشترین مقدار حل شونده که در دمای معین، در 100 گرم حلال (آب) حل می شود و محلول سیر شده تشکیل می دهد، **انحلال پذیری** (S) می گویند.
- بر اساس تعریف انحلال پذیری، می توان نتیجه گرفت که **یکای انحلال پذیری** به صورت زیر (گرم ماده حل شونده در 100 گرم آب) بیان می شود:

گرم حل شونده

$100 \text{ g H}_2\text{O}$

۳- در تعریف انحلال پذیری، محلولی **سیر شده** به دست می آید، به این مفهوم که **نمی تواند** حل شونده بیشتری را در خود حل کند.

به عنوان مثال، اگر انحلال پذیری سدیم نیترات در آب در دمای 25°C ، برابر 92 گرم باشد، یعنی در دمای 25°C ، می توان حداکثر 92 گرم سدیم نیترات را در 100 گرم آب حل کرد و اگر در این دما، 100 گرم سدیم نیترات را در 100 گرم آب بریزیم، 92 گرم از آن حل شده ولی 8 گرم باقی مانده رسوب می کند.

توجه در تعریف انحلال پذیری واژه (دمای معین) به این دلیل ذکر شده است که نشان دهد با تغییر دما، میزان انحلال پذیری نیز تغییر می کند.

مواد محلول، کم محلول و نامحلول

شیمی دانها مواد حل شونده جامد را براساس **انحلال پذیری** در آب و دمای اتاق، به سه دسته زیر تقسیم می کنند:

- ۱- مواد محلول:** موادی که انحلال پذیری آنها بیشتر از ۱ گرم حل شونده در ۱۰۰ گرم آب است، مانند شکر ($C_{12}H_{22}O_{11}$)، سدیم نیترات ($NaNO_3$)، سدیم کلرید ($NaCl$) و ...
- ۲- مواد کم محلول:** موادی که انحلال پذیری آنها کمتر از ۱ گرم و بیشتر از ۰/۱ گرم در ۱۰۰ گرم آب است؛ مانند کلسیم سولفات ($CaSO_4$)،
- ۳- مواد نامحلول:** موادی که انحلال پذیری آنها کمتر از ۰/۱ گرم در ۱۰۰ گرم آب است؛ مانند نقره کلرید ($AgCl$)، کلسیم فسفات ($Ca_3(PO_4)_2$)، باریم سولفات ($BaSO_4$) و منیزیم هیدروکسید ($Mg(OH)_2$).

توجه انحلال پذیری مواد در آب با تغییر دما تغییر می کند. برای تعیین محلول، کم محلول یا نامحلول بودن یک ماده، انحلال پذیری آن در دمای اتاق را در نظر می گیریم.

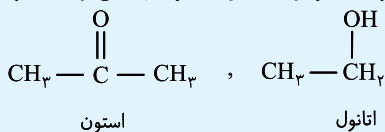
تشخیص سریع مواد محلول در آب

توجه برای تعیین مواد محلول و نامحلول، به موارد زیر توجه شود:

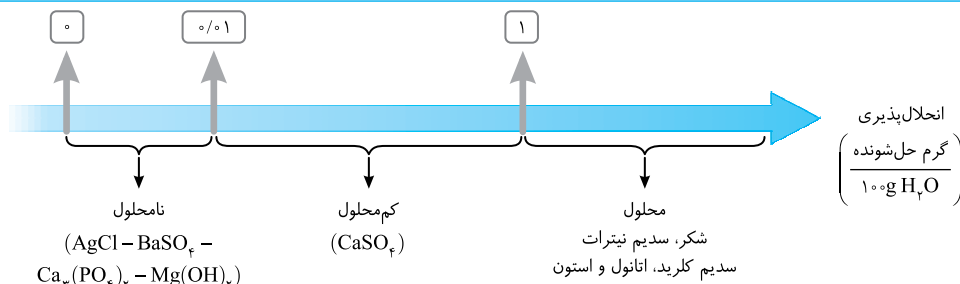
- ۱- انحلال پذیری اغلب ترکیب های یونی بیشتر از ۱ گرم است، بنابراین در آب محلول هستند، مانند:** $NaCl$ ، $NaNO_3$ ، $NaOH$ ، $AgNO_3$ ، Li_2SO_4 و ...
- ۲- انحلال پذیری تعدادی از ترکیب های یونی کمتر از ۰/۱ است، بنابراین در آب نامحلول هستند، مانند:** $AgCl$ ، $BaSO_4$ و $Ca_3(PO_4)_2$
- ۳- ترکیب های یونی دارای کاتیون آمونیوم (NH_4^+) یا کاتیون فلزهای گروه اول جدول تناوبی (Li^+ ، Na^+ ، K^+ ، Rb^+ ، Cs^+)، اغلب در آب محلول هستند، مانند:** $NaCl$ ، Na_3PO_4 ، Na_2SO_4 ، KCl ، $(NH_4)_2SO_4$ و ...
- ۴- ترکیب های یونی دارای آنیون نیترات (NO_3^-)، اغلب در آب محلول هستند، مانند:** $AgNO_3$ ، $Ba(NO_3)_2$ ، NH_4NO_3 و ...
- ۵- ترکیب های اتانول (C_2H_5OH)، استون (C_3H_6O)، شکر ($C_{12}H_{22}O_{11}$) و اتیلن گلیکول ($C_2H_6O_2$) در آب محلول هستند.**
- ۶- اغلب اسیدها در آب محلول هستند، مانند:** $HCl(aq)$ (هیدروکلریک اسید)، H_2SO_4 (سولفوریک اسید)، HNO_3 (نیتریک اسید)، $HF(aq)$ (هیدروفلوئوریک اسید) و ...

نکته

اتانول یا همان الکل معمولی (C_2H_5OH) و استون (C_3H_6O) به هر نسبتی در آب حل می شوند؛ بنابراین از این دو ترکیب نمی توان محلول سیر شده در آب تهیه کرد.



جمع بندی کلاس درس ۱۴



انحلال پذیری ← بیشترین مقدار از یک ماده بر حسب گرم که در دمای معین در ۱۰۰ گرم حلال (آب) حل می شود.

عبارت های (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارت ها:

عبارت (الف): انحلال پذیری یعنی؛ بیشترین مقدار حل شونده که می تواند در ۱۰۰ گرم آب در دمای معین، حل شود و یک محلول سیر شده تشکیل دهد.

عبارت (ب): انحلال پذیری مواد نامحلول کمتر از 1% گرم در 100 گرم آب است.
 عبارت (پ): برای ترکیبی با انحلال پذیری 19% گرم، چون انحلال پذیری آن بین 1 تا 1% گرم است، کم محلول است.
 عبارت (ت): در دمای معین غلظت مولی یک محلول از غلظت مولی یک ماده کم محلول یا نامحلول بیشتر است. می دانیم NaCl محلول و BaSO_4 نامحلول است؛ بنابراین غلظت مولی محلول سیر شده NaCl بیشتر از غلظت مولی محلول سیر شده BaSO_4 است.
 عبارت (ث): سدیم نیترات و شکر جزء مواد محلول در آب، منیزیم هیدروکسید و نقره کلرید جزء مواد نامحلول در آب، کلسیم سولفات جزء مواد کم محلول در آب است.

۴۱۶۶ (A)

محلول های سیر شده، سیر نشده و فراسیر شده

کلاس درس ۱۷

محلول ها بر حسب مقدار حل شونده ای که در آن ها حل شده است، به ۳ نوع سیر نشده، سیر شده و فراسیر شده تقسیم می شوند که در این کلاس درس به بررسی آن ها می پردازیم.

انواع محلول ها

۱- محلول های سیر نشده: محلول هایی هستند که در دمای معین، می توانند مقدار بیشتری حل شونده را در خود حل کنند.

نکته

در محلول های سیر نشده، مقدار ماده حل شونده در دمای مورد نظر کمتر از میزان انحلال پذیری آن ماده در همان دما است.

به عنوان مثال انحلال پذیری NaNO_3 در دمای 10°C ، برابر 80 گرم است، محلولی که در آن، به ازای هر 100 گرم آب، 50 گرم (یا هر عددی کمتر از 80 گرم) NaNO_3 در آن حل شده، در دمای 10°C سیر نشده است.

۲- محلول های سیر شده: محلول هایی هستند که در دمای معین، نمی توانند مقدار بیشتری حل شونده را در خود حل کنند، یعنی اگر مقداری حل شونده به آن اضافه کنیم، همان مقدار حل شونده رسوب می دهد.

نکته

در محلول های سیر شده، مقدار ماده حل شونده دقیقاً برابر انحلال پذیری آن ماده در دمای معین است.

به عنوان مثال، با توجه به اینکه انحلال پذیری NaNO_3 در دمای 10°C ، برابر 70 گرم است، اگر در دمای 10°C ، در 100 گرم آب، مقدار 70 گرم NaNO_3 حل کنیم، یک محلول سیر شده به دست می آید.

۳- محلول های فراسیر شده: محلول هایی هستند که در دمای معین، مقدار حل شونده آن ها بیشتر از مقدار موجود در محلول سیر شده است.

نکته

طبق تعریف فوق، در محلول های فراسیر شده، مقدار ماده حل شونده بیشتر از انحلال پذیری آن ماده در دمای معین است.

به عنوان مثال، با توجه به اینکه انحلال پذیری NaNO_3 در دمای 10°C ، برابر 70 گرم است، اگر در این دما، در 100 گرم آب، مقدار 80 گرم NaNO_3 حل کنیم، یک محلول فراسیر شده به دست می آید.

محلول های فراسیر شده ناپایدار هستند

۱- محلول های فراسیر شده برخلاف محلول های سیر شده و سیر نشده ناپایدار هستند، به طوری که اگر تغییر دمای ناگهانی (کاهش یا افزایش) ایجاد شود یا حل شونده اضافی به محلول اضافه شود و یا ضربه ای به محلول وارد شود، مقدار اضافی حل شونده در محلول رسوب کرده و محلول فراسیر شده به محلول سیر شده و رسوب تبدیل می شود که می توان مقدار رسوب تولید شده را به صورت زیر به دست آورد:

$$\text{حداکثر مقدار حل شونده در محلول} - (\text{مقدار حل شونده موجود در محلول فراسیر شده}) = \text{مقدار رسوب}$$

در رابطه فوق، حداکثر مقدار حل شونده در محلول را می توان با توجه به انحلال پذیری حل شونده مورد نظر به دست آورد.

۲- محلول های سیر نشده برخلاف محلول های فراسیر شده پایدار هستند و همان طور که بیان شد در این محلول ها می توان مقدار بیشتری حل شونده را حل کرد تا محلول سیر شده به دست آید، که مقدار حل شونده اضافه شده به صورت زیر محاسبه می شود:

$$(\text{مقدار حل شونده موجود در محلول سیر نشده}) - (\text{حداکثر مقدار حل شونده در محلول}) = \text{مقدار حل شونده اضافه شده}$$

۳- اگر به یک محلول فراسیر شده که در آن، x گرم حل شونده بیشتر از میزان انحلال پذیری، حل شده است، مقدار y گرم حل شونده اضافه کنیم، مقدار $(x+y)$ گرم رسوب ته نشین می شود، به عبارت دیگر، با اضافه کردن مقداری حل شونده به یک محلول فراسیر شده، این مقدار حل شونده به همراه مقدار اضافی از ماده حل شونده که در محلول فراسیر شده، حل شده بود، با هم رسوب می کنند.

نکته

برای تشخیص محلول‌های سیرشده، سیرنشده و فراسیرشده، می‌توان بدین صورت عمل کرد که، مقدار مشخصی از حل‌شونده (m گرم) را به محلول اضافه می‌کنیم:
الف: اگر حل‌شونده اضافه شده حل شود، یعنی محلول اولیه سیرنشده است.
ب: اگر همان مقدار حل‌شونده اضافه شده رسوب دهد (m = جرم رسوب)، یعنی محلول اولیه سیرشده است.
پ: اگر مقدار بیشتر از مقدار حل‌شونده اضافه شده رسوب دهد (m > جرم رسوب)، یعنی محلول اولیه فراسیرشده است.

کلاس درس ۱۷

جمع‌بندی

سیرشده: مقدار ماده حل شده = انحلال‌پذیری < پایدار
سیرنشده: مقدار ماده حل شده > انحلال‌پذیری < پایدار
فراسیرشده: مقدار ماده حل شده < انحلال‌پذیری < ناپایدار

با توجه به انحلال‌پذیری NaCl، در ۱۰۰ گرم آب، حداکثر ۳۶g نمک حل می‌شود، بنابراین می‌توان گفت که در ۱۳۶ گرم محلول (۱۰۰g H₂O + ۳۶g NaCl) نیز، ۳۶g نمک حل شده است، پس حداکثر مقدار سدیم کلرید که می‌توان در ۱۰۰ گرم محلول حل کرد را به روش ضریب تبدیل واحد به دست می‌آوریم:

بنابراین در ۱۰۰ گرم محلول NaCl، حداکثر ۲۶/۴g نمک حل می‌شود.

$$? \text{ g NaCl} = 100 \text{ g محلول} \times \frac{36 \text{ g NaCl}}{136 \text{ g محلول}} = 26/4 \text{ g NaCl}$$

انحلال‌پذیری سدیم نیترات در دمای ۲۵°C برابر ۹۲ گرم است؛ یعنی در ۱۰۰ گرم آب، حداکثر ۹۲ گرم سدیم نیترات حل می‌شود، بنابراین مقدار سدیم نیترات که می‌تواند در ۲۰۰ گرم آب حل شود را به روش تناسب به دست می‌آوریم:

$$\begin{bmatrix} 100 \text{ (g H}_2\text{O)} & 92 \text{ (g NaNO}_3\text{)} \\ 200 \text{ (g H}_2\text{O)} & X \text{ (g NaNO}_3\text{)} \end{bmatrix} \Rightarrow X = 184 \text{ g NaNO}_3$$

پس در دمای ۲۵°C، در ۲۰۰ گرم آب، حداکثر ۱۸۴g سدیم نیترات حل می‌شود، بنابراین از ۱۹۰ گرم NaNO₃ اولیه، مقدار ۱۸۴-۱۹۰=۶g آن رسوب کرده و ۱۸۴ گرم آن در ۲۰۰ گرم آب حل شده و محلول سیرشده تشکیل می‌شود، در نتیجه یک محلول سیرشده به همراه ۶ گرم رسوب خواهیم داشت.

۱۶۸B فقط عبارت (ت) درست است. بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): چون مقدار اضافی نمک ته‌نشین شده است، پس محلول حاصل، سیرشده می‌باشد.
عبارت (ب): نمک حل شده ۳g = ۰/۹۷ = ۱-۰/۹۷ = مقدار نمک ته‌نشین شده - مقدار کل نمک = مقدار نمک حل شده در آب

بنابراین در ۲۰ گرم آب در دمای اتاق، ۳/۰٪ گرم نمک حل شده است، پس براساس تعریف انحلال‌پذیری، مقدار نمک حل شده در ۱۰۰ گرم آب را به دست

$$\begin{bmatrix} 20 \text{ (g H}_2\text{O)} & 3 \text{ (نمک X g)} \\ 100 \text{ (g H}_2\text{O)} & X \text{ (نمک X g)} \end{bmatrix} \Rightarrow X = 15 \text{ g X نمک}$$

بنابراین انحلال‌پذیری ترکیب X در دمای اتاق برابر ۱۵/۰٪ گرم است.

عبارت (پ): انحلال‌پذیری نمک X عددی بین ۱/۰٪ تا ۱ گرم است، بنابراین کم محلول می‌باشد.

عبارت (ت): چون انحلال‌پذیری ترکیب X کم است، بنابراین می‌توان تقریباً جرم حلال و محلول را یکسان فرض کرد، و درصد جرمی محلول را به دست آورد.

$$\text{مک X } 3 \text{ g} / 100 = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 = \text{درصد جرمی محلول} = \frac{3 \text{ g}}{20 \text{ g}}$$

۱۶۹B با توجه به انحلال‌پذیری Li₂SO₄ در دمای ۳۹°C، در هر ۱۰۰ گرم آب، حداکثر ۳۰ گرم نمک حل می‌شود، بنابراین در ۱۳۰ گرم محلول

(۱۰۰g H₂O + ۳۰g Li₂SO₄) نیز، ۳۰ گرم نمک حل شده است، پس حداکثر مقدار نمک حل شده در ۱۹۵ گرم محلول را به دست می‌آوریم:

$$\begin{bmatrix} 130 \text{ (محلول g)} & 30 \text{ (g Li}_2\text{SO}_4\text{)} \\ 195 \text{ (محلول g)} & X \text{ (g Li}_2\text{SO}_4\text{)} \end{bmatrix} \Rightarrow X = 45 \text{ g Li}_2\text{SO}_4$$

پس در ۱۹۵ گرم محلول، حداکثر ۴۵ گرم لیتیم سولفات حل می‌شود، در حالی که براساس اطلاعات مسئله، ۴۲ گرم Li₂SO₄ در ۱۹۵ گرم محلول حل

شده است، بنابراین مقدار حل‌شونده، کمتر از میزان انحلال‌پذیری آن بوده و در نتیجه، محلول سیرنشده است، بنابراین، با اضافه کردن ۱۰ گرم نمک به این

محلول، مقدار ۳ گرم آن حل شده و مقدار ۷ گرم آن رسوب کرده و محلول سیرشده به دست می‌آید.

سنگ کلیه

کلاس درس

۱۸

آمارها نشان می‌دهند که نزدیک به ۳ درصد از جمعیت کشورمان سنگ کلیه دارند. در این کلاس درس کمی در مورد این موضوع صحبت خواهیم کرد.

سنگ کلیه

- ۱- اغلب سنگ‌های کلیه از رسوب کردن برخی نمک‌های کلسیم‌دار در کلیه تشکیل می‌شوند.
- ۲- این بیماری، علاوه بر زمینه ژنتیکی می‌تواند به دلیل تغذیه نامناسب، کم‌تحركی، مصرف بیش از حد نمک خوراکی، نوشیدن کم آب، پروتئین حیوانی و لبنیات و همچنین اختلالات هورمونی ایجاد شود.
- ۳- سنگ کلیه زمانی تشکیل می‌شود که غلظت نمک‌های کلسیم‌دار موجود در ادرار بالا باشد.
- ۴- در افرادی که دارای سنگ کلیه هستند، مقدار نمک کلسیم‌دار محلول در ادرار آنها، بیشتر از میزان انحلال‌پذیری آن نمک بوده که باعث رسوب نمک کلسیم‌دار و در نتیجه ایجاد سنگ کلیه می‌شود.
- ۵- در افراد سالم، مقدار نمک کلسیم‌دار محلول در ادرار کمتر از میزان انحلال‌پذیری آن نمک بوده و به‌عبارت دیگر محلول نمک‌های کلسیم‌دار در ادرار افراد سالم سیرنشده است و به‌صورت محلول باقی‌مانده و دفع می‌شود.

کلاس درس ۱۸

جمع‌بندی

- اگر غلظت نمک کلسیم‌دار < میزان انحلال‌پذیری ← سنگ کلیه تشکیل می‌شود.
اگر غلظت نمک کلسیم‌دار > میزان انحلال‌پذیری ← سنگ کلیه تشکیل نمی‌شود.

عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست:

عبارت (ب): آمارها نشان می‌دهد که نزدیک به ۳ درصد جمعیت کشورمان سنگ کلیه دارند.

عبارت (ت): مصرف بیش از حد نمک خوراکی، مصرف پروتئین حیوانی و لبنیاتی و کم‌تحركی همگی از دلایل ایجاد سنگ کلیه هستند.

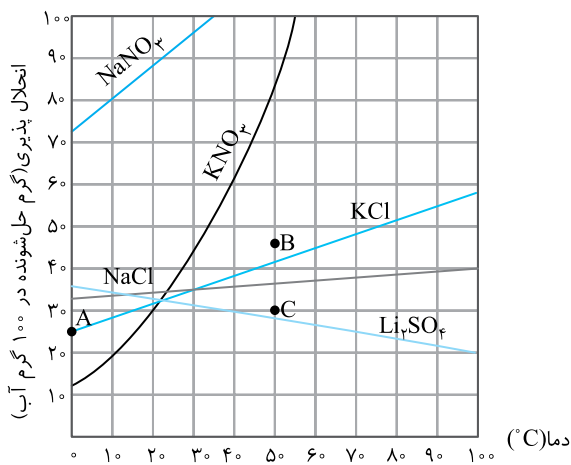
تأثیر دما بر انحلال‌پذیری مواد (نمودار انحلال‌پذیری - دما)

کلاس درس

۱۹

به‌طور کلی دو عامل بر انحلال‌پذیری تأثیر دارد: ۱- نوع ماده ۲- دما. در این قسمت تأثیر دما بر انحلال‌پذیری مواد مختلف را بررسی می‌کنیم.

نمودار انحلال‌پذیری-دما



نمودار انحلال‌پذیری برخی از ترکیب‌های یونی در آب برحسب دما

۱- تأثیر دما بر میزان انحلال‌پذیری نمک‌های مختلف معمولاً به‌صورت یک سری نمودارها به نام «نمودارهای انحلال‌پذیری» بیان می‌شود. این نمودارها برای هر نمک از داده‌های تجربی آن به‌دست می‌آید.

۲- در نمودار انحلال‌پذیری، محور افقی و عمودی به‌ترتیب نشان‌دهنده دما (برحسب °C) و انحلال‌پذیری (برحسب گرم حل‌شونده در ۱۰۰ گرم آب) است. در شکل روبه‌رو نمودار انحلال‌پذیری چند ترکیب نشان داده شده است:

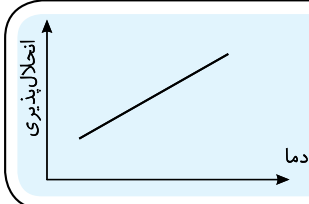
مثلاً در دمای ۴۵°C، انحلال‌پذیری KCl برابر ۴۰ گرم است (نقطه A).

۳- نمودارهای انحلال‌پذیری به دو شکل می‌باشند:

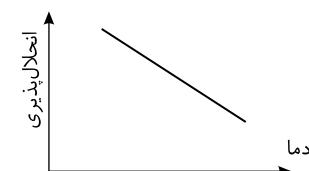
الف) ترکیب‌هایی که نمودار انحلال‌پذیری آنها صعودی است، یعنی با افزایش دما، انحلال‌پذیری آنها افزایش می‌یابد؛ به این نوع انحلال‌ها، گرماگیر می‌گویند.

مانند: سدیم نیترات (NaNO₃)، پتاسیم کلرید (KCl) و ...

نکته



نمودار انحلال پذیری - دما برای اغلب نمک‌ها (مانند NaNO_3 ، KNO_3 ، KCl و ...) **صعودی** است. در واقع انحلال پذیری اغلب نمک‌ها با دما رابطه **مستقیم** دارد. انحلال این نمک‌ها در آب گرماگیر بوده و باعث کاهش دمای آب می‌شود.

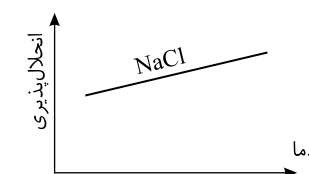


ب) ترکیب‌هایی که نمودار انحلال پذیری آن‌ها **نزولی** است، یعنی با افزایش دما، انحلال پذیری آن‌ها **کاهش** می‌یابد. به این نوع انحلال‌ها **گرماده** می‌گویند. مانند لیتیم سولفات (Li_2SO_4). در این نمک‌ها انحلال پذیری با دما رابطه **وارونه** دارد. انحلال این نمک‌ها در آب باعث افزایش دمای آب می‌شود.

توجه در کتاب شیمی دهم، تنها نمکی که نمودار «انحلال‌پذیری-دما» برای آن نزولی است، نمک **لیتیم سولفات** (Li_2SO_4) است.

۴- نمودارهای انحلال‌پذیری مواد براساس **داده‌های تجربی** رسم می‌شود. به‌عنوان مثال، انحلال‌پذیری لیتیم سولفات (Li_2SO_4) در دماهای گوناگون در جدول زیر به‌صورت تجربی به‌دست آمده است، که با کمک این داده‌ها می‌توان نمودار انحلال‌پذیری Li_2SO_4 برحسب دما را رسم کرد:

دما ($^{\circ}\text{C}$)	۰	۲۰	۴۰	۷۰	۱۰۰
انحلال‌پذیری $\left(\frac{\text{g Li}_2\text{SO}_4}{100\text{g H}_2\text{O}}\right)$	۳۶	۳۳	۳۰	۲۵/۵	۲۱



۵- اگر نمودار «انحلال‌پذیری-دما» **افقی یا تقریباً افقی** باشد، تغییرات دما اثر چندانی روی انحلال‌پذیری آن ماده نخواهد داشت. در کتاب درسی، **NaCl** چنین وضعیتی دارد. (البته نمودار انحلال‌پذیری - دما برای NaCl کمی حرکت صعودی دارد.)

مقایسه میزان تأثیر دما بر انحلال‌پذیری مواد

۱- برای مقایسه میزان تأثیر دما بر انحلال‌پذیری مواد مختلف، اگر نمودار **انحلال‌پذیری** مواد را داشته باشیم، اندازه **شیب** نمودارها را مقایسه می‌کنیم؛ به‌طوری‌که، هرچه شیب نمودار انحلال‌پذیری برحسب دما **بیشتر** باشد، دما تأثیر **بیشتری** بر انحلال‌پذیری ماده خواهد داشت. به‌عنوان مثال، با توجه به نمودار انحلال‌پذیری دما که در ابتدای کلاس درس مشاهده کردید، می‌توان گفت:

$\text{KNO}_3 > \text{NaNO}_3 > \text{KCl} > \text{Li}_2\text{SO}_4 > \text{NaCl}$ مقایسه اندازه شیب انحلال‌پذیری بر حسب دما

$\text{KNO}_3 > \text{NaNO}_3 > \text{KCl} > \text{Li}_2\text{SO}_4 > \text{NaCl}$ مقایسه تأثیر دما بر انحلال‌پذیری

توجه برای مقایسه شیب نمودارها باید به **اندازه (بزرگی)** آن توجه کرد نه علامت آن. به‌عنوان مثال، با توجه به نمودار بند (۱)، شیب نمودار انحلال‌پذیری Li_2SO_4 منفی و NaCl مثبت است، اما چون اندازه شیب نمودار Li_2SO_4 بیشتر از NaCl می‌باشد، بنابراین دما تأثیر **بیشتری** بر انحلال‌پذیری Li_2SO_4 خواهد داشت.

نکته

نمودار «انحلال‌پذیری-دما» برای اغلب نمک‌ها، شکل خطی دارد و فقط نمودار انحلال‌پذیری KNO_3 ، غیر خطی است. با توجه به نمودار صفحه ۱۰۲ کتاب درسی **بیشترین** شیب منحنی «انحلال‌پذیری-دما» متعلق به KNO_3 است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تأثیر دما روی انحلال‌پذیری آن از سایر نمک‌ها **بیشتر** است.

۲- اگر **عددهای انحلال‌پذیری** برحسب دما به‌صورت جدول بیان شده باشند ← در یک محدوده دمایی، نسبت (انحلال‌پذیری در دمای بالاتر) / (انحلال‌پذیری در دمای پایین‌تر) به‌دست می‌آوریم؛ به‌طوری‌که در یک محدوده دمایی معین، هرچه نسبت بیان شده **بیشتر** باشد، تأثیر دما بر انحلال‌پذیری آن ترکیب **بیشتر** است.

دما	۰	۲۰	۴۰	۶۰
KNO_3	۱۲	۳۰	۶۲	۱۲۰
KCl	۲۷	۳۳	۳۹	۴۶

مثال ۱: با توجه به جدول روبه‌رو که انحلال‌پذیری دو ترکیب KNO_3 و KCl را نشان می‌دهد،

تأثیر دما بر انحلال‌پذیری کدام ترکیب بیشتر است؟

راه حل: چون انحلال پذیری بر حسب دما به صورت جدول بیان شده است، بنابراین برای دو ترکیب KCl و KNO_3 به عنوان مثال در محدوده دمایی ۲۰ تا ۴۰ درجه با توجه به جدول، حاصل عبارت زیر را به دست می آوریم:

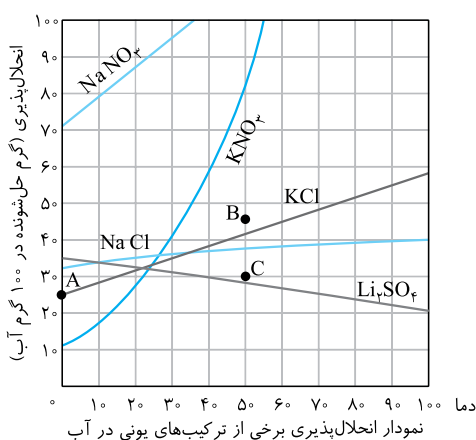
$$\frac{\text{انحلال پذیری در دمای } 40^{\circ}\text{C}}{\text{انحلال پذیری در دمای } 20^{\circ}\text{C}} = \frac{\text{انحلال پذیری در دمای بالاتر}}{\text{انحلال پذیری در دمای پایین تر}}$$

$$\text{KCl: } \frac{39\text{g}}{33\text{g}} = 1/18, \quad \text{KNO}_3: \frac{62\text{g}}{30\text{g}} = 2/06$$

چون حاصل عبارت فوق برای KNO_3 بزرگ تر است، پس تأثیر دما بر انحلال پذیری KNO_3 بیشتر خواهد بود.

۳- در نمودار انحلال پذیری، نقطه برخورد نمودار با محور عمودی را **عرض از مبدأ** می نامند. این نقطه نشان دهنده انحلال پذیری ماده مورد نظر در دمای 0°C است. به عنوان مثال، در نمودار انحلال پذیری رسم شده در بند (۱)، نقطه **عرض از مبدأ** ترکیب KNO_3 ، ۱۲ گرم است و بدین معناست که در دمای 0°C ، ۱۲ گرم پتاسیم نیترات در ۱۰۰ گرم آب حل می شود.

تشخیص سیر شده بودن محلول از روی نمودار انحلال پذیری



۱- در نمودار انحلال پذیری، تمام نقاط بر **روی منحنی**، نشان دهنده محلول **سیر شده**، تمام نقاط **بالای منحنی** نشان دهنده محلول **فراسیر شده** و تمام نقاط **زیر منحنی** نشان دهنده محلول **سیر نشده** هستند.

۲- به عنوان مثال، با توجه به نمودار انحلال پذیری رسم شده، مشخص است که در دمای 40°C ، انحلال پذیری KNO_3 برابر ۶۰ گرم در ۱۰۰ گرم آب است، بنابراین:

الف) اگر در دمای 40°C ، ۵۰ گرم پتاسیم نیترات (KNO_3) را در ۱۰۰ گرم آب حل کنیم، در زیر منحنی قرار گرفته (نقطه A)، بنابراین محلول حاصل **سیر نشده** است. جرم محلول حاصل در این حالت ۱۵۰g است.

ب) اگر در همین دما، ۷۰ گرم پتاسیم نیترات را در ۱۰۰ گرم آب حل کنیم، در بالای منحنی قرار گرفته (نقطه B)، بنابراین محلول حاصل **فراسیر شده** است. جرم محلول حاصل در این حالت ۱۷۰ گرم است.

پ) اگر در همین دما، ۶۰ گرم پتاسیم نیترات را در ۱۰۰ گرم آب حل کنیم، بر روی منحنی قرار گرفته (نقطه C)، بنابراین محلول حاصل **سیر شده** خواهد بود. جرم محلول حاصل در این حالت ۱۶۰ گرم است.

جمع بندی کلاس درس ۱۹

نمودار انحلال پذیری ماده } صعودی ← با افزایش دما، انحلال پذیری **افزایش** می یابد. (انحلال پذیری با دما رابطه **مستقیم** دارد).
 نزولی ← با افزایش دما، انحلال پذیری **کاهش** می یابد. (انحلال پذیری با دما رابطه **وارونه** دارد).

مقایسه تأثیر دما بر انحلال پذیری } از طریق نمودار انحلال پذیری ← هر چه اندازه شیب نمودار بیشتر باشد، تأثیر دما **بیشتر** است.
 هر چه نسبت $\left(\frac{\text{انحلال پذیری در دمای بالاتر}}{\text{انحلال پذیری در دمای پایین تر}}\right)$ بزرگ تر باشد، تأثیر دما **بیشتر** است.

هر چه شیب نمودار انحلال پذیری **بیشتر** باشد، تأثیر دما بر انحلال پذیری **بیشتر** می شود. **بررسی سایر گزینه ها:**

گزینه (۱): نمودار انحلال پذیری بر حسب دما برای اغلب نمک ها **صعودی** است و با افزایش دما، انحلال پذیری **بیشتر** می شود.

گزینه (۲): در نمودارهای انحلال پذیری، نقطه انحلال پذیری در دمای صفر را به عنوان **عرض از مبدأ** در نظر می گیرند.

گزینه (۴): با افزایش دما، انحلال پذیری اغلب نمک ها **افزایش** می یابد.

۱۷۲ (A) ۴ با توجه به جدول داده شده، برای تمام ترکیب ها حاصل عبارت زیر را به دست می آوریم:

انحلال پذیری در دمای 60°C

انحلال پذیری در دمای 40°C

$$\text{A: } \frac{96\text{g}}{80\text{g}} = 1/2, \quad \text{B: } \frac{240\text{g}}{220\text{g}} = 1/09, \quad \text{C: } \frac{115\text{g}}{62\text{g}} = 1/85, \quad \text{D: } \frac{220\text{g}}{150\text{g}} = 1/46$$

با توجه به حاصل عبارت های به دست آمده، ترتیب تأثیر دما بر انحلال پذیری، به صورت $C > D > A > B$ است.

۱۷۳ (A) عبارتهای (ب) و (پ) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): هر چه شیب نمودار انحلال‌پذیری بیشتر باشد، تأثیر دما بر انحلال‌پذیری بیشتر است، بنابراین با توجه به نمودار، KNO_3 بیشترین و $NaCl$ کمترین شیب را دارند، پس دما بیشترین تأثیر را بر انحلال‌پذیری پتاسیم نیترات و کمترین تأثیر را بر انحلال‌پذیری سدیم کلرید می‌گذارد.

عبارت (ب): با توجه به نمودار، انحلال‌پذیری KCl در دمای $5^\circ C$ تقریباً برابر ۴۲ گرم است، بنابراین محلول 3° گرم پتاسیم کلرید در 100 گرم آب سیر نشده و محلول 50 گرم پتاسیم کلرید در 100 گرم آب فراسیر شده است.

عبارت (پ): نمودار انحلال‌پذیری KCl و KNO_3 **صعودی**، اما Li_2SO_4 به صورت **نزولی** است، بنابراین با افزایش دما، انحلال‌پذیری KCl و KNO_3 افزایش، اما Li_2SO_4 کاهش می‌یابد.

عبارت (ت): چون نمودار انحلال‌پذیری $NaNO_3$ بالاتر از KCl است، پس در دمای معین، انحلال‌پذیری $NaNO_3$ بیشتر از KCl می‌باشد.

عبارت (ث): انحلال‌پذیری پتاسیم نیترات در دمای $3^\circ C$ برابر ۴۵ گرم در 100 گرم آب است، بنابراین 60 گرم از آن در دمای $3^\circ C$ فراسیر شده است. از طرفی انحلال‌پذیری پتاسیم نیترات در دمای $5^\circ C$ کمی بیشتر از 80 گرم در 100 گرم آب است بنابراین 60 گرم از این محلول در دمای $5^\circ C$ سیر نشده است.

۱۷۴ (B) با توجه به نمودار، در دمای $10^\circ C$ در 100 گرم آب، حداکثر 80 گرم $NaNO_3$ حل می‌شود، بنابراین مقدار نمک $NaNO_3$ حل‌شده در

$$\begin{bmatrix} 100(g H_2O) & 80(g NaNO_3) \\ 200(g H_2O) & X(g NaNO_3) \end{bmatrix} \Rightarrow X=160g NaNO_3$$

۲۰۰ گرم آب را به دست می‌آوریم:

بنابراین از حل کردن 160 گرم سدیم نیترات در دمای $10^\circ C$ در 200 گرم آب، محلول سیر شده به دست می‌آید.

۱۷۵ (B) با توجه به نمودار، انحلال‌پذیری پتاسیم نیترات در دمای $28^\circ C$ برابر 40 گرم است؛ یعنی در 100 گرم آب، حداکثر 40 گرم KNO_3 حل می‌شود، بنابراین مقدار نمک حل‌شده در 200 گرم آب را برای تشکیل محلول سیر شده به دست می‌آوریم:

$$\begin{bmatrix} 100(g H_2O) & 40(g KNO_3) \\ 200(g H_2O) & X(g KNO_3) \end{bmatrix} \Rightarrow X=80g KNO_3$$

$$? \text{ mol } KNO_3 = 80g KNO_3 \times \frac{1 \text{ mol } KNO_3}{101g KNO_3} = 0.79 \text{ mol } KNO_3$$

۱۷۶ (B) در هر مورد باید مقدار حل‌شونده را در 100 گرم آب (در دمای داده شده) به دست آوریم و سپس با استفاده از نمودار انحلال‌پذیری با مقدار انحلال‌پذیری در آن دما مقایسه کنیم. فقط به بررسی گزینه (۴) می‌پردازیم.

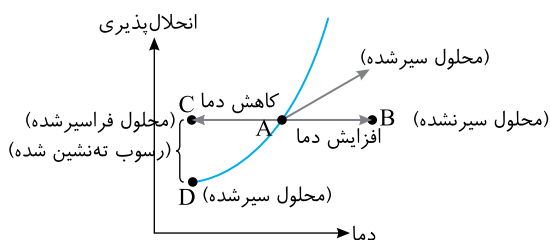
گزینه (۴): 40 گرم $NaCl$ در 250 گرم آب در دمای $20^\circ C$ حل شده است، بنابراین مقدار $NaCl$ حل‌شده در 100 گرم آب را به دست می‌آوریم:

$$\begin{bmatrix} 250(g H_2O) & 40(g NaCl) \\ 100(g H_2O) & X(g NaCl) \end{bmatrix} \Rightarrow X=16g NaCl$$

بنابراین 16 گرم $NaCl$ در 100 گرم آب در $20^\circ C$ زیر منحنی ← سیر نشده
 80 گرم $NaNO_3$ در 100 گرم آب در $10^\circ C$ روی منحنی ← سیر شده

۱۷۷ (۲)
تبدیل محلول سیر شده به سیر نشده و فراسیر شده با تغییر دما
م. کلاس درس

به نظر شما اگر دمای یک محلول سیر شده را افزایش دهیم انحلال‌پذیری آن چگونه تغییر می‌کند؟ آیا پس از افزایش دما محلول همچنان سیر شده خواهد بود؟ در این کلاس درس به بررسی این موضوع می‌پردازیم.

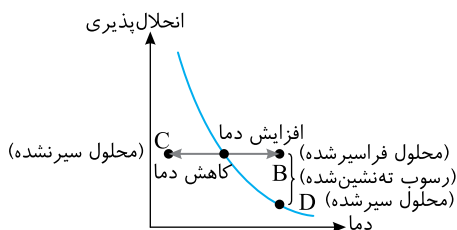
اگر نمودار انحلال‌پذیری-دما برای آن‌ها صعودی باشد


الف) افزایش دمای محلول سیر شده (A → B):

- ۱- باعث افزایش انحلال‌پذیری می‌شود، اما مقدار حل‌شونده ثابت می‌ماند.
 - ۲- بنابراین محلول سیر شده با افزایش دما تبدیل به محلول سیر نشده می‌شود.
- ب) کاهش دمای محلول سیر شده (C → A):**

- ۱- باعث کاهش انحلال‌پذیری می‌شود، اما مقدار حل‌شونده ثابت می‌ماند.
- ۲- بنابراین محلول سیر شده با کاهش دما تبدیل به محلول فراسیر شده می‌شود.
- ۳- در این حالت مقداری رسوب ته‌نشین شده و محلول دوباره تبدیل به سیر شده می‌شود.

اگر نمودار انحلال پذیری - دما برای ماده‌ای نزولی باشد.



الف) افزایش دمای محلول سیر شده:

- ۱- باعث کاهش انحلال پذیری می‌شود، اما مقدار حل‌شونده ثابت می‌ماند.
- ۲- بنابراین محلول فراسیر شده تشکیل خواهد شد.
- ۳- در این حالت مقداری رسوب ته‌نشین شده و محلول دوباره تبدیل به سیر شده می‌شود.

ب) کاهش دمای محلول سیر شده:

- ۱- باعث افزایش انحلال پذیری می‌شود، اما مقدار حل‌شونده ثابت می‌ماند.
- ۲- بنابراین محلول سیر نشده تشکیل خواهد شد.

عبارت‌های (ب) و (پ) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): با توجه به نمودار انحلال‌پذیری سدیم نیترات (NaNO_3) در دمای 10°C برابر 80 گرم است یعنی در 100 گرم آب حداکثر 80 گرم سدیم نیترات حل می‌شود بنابراین در $42/5$ گرم آب، 34 گرم سدیم نیترات که معادل $4/100$ مول از آن است، حل می‌شود:

$$? \text{ mol NaNO}_3 = 42/5 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol NaNO}_3}{85 \text{ g NaNO}_3} = 0/4 \text{ mol}$$

عبارت (ب): با توجه به نمودار انحلال‌پذیری پتاسیم کلرید (KCl) در دمای 45°C تقریباً برابر 40 گرم در 100 گرم آب است، بنابراین در 200 گرم آب و در همان دما، 80 گرم پتاسیم کلرید حل می‌شود، بنابراین محلولی شامل 70 گرم پتاسیم کلرید در 200 گرم آب و در دمای 45°C یک محلول سیر نشده است. عبارت (پ): در دمای 20°C ، 33 گرم لیتیم سولفات در 100 گرم آب حل شده و محلولی سیر شده به جرم 133 گرم تشکیل می‌شود در حالی که در دمای 70°C ، 25 گرم لیتیم سولفات در 100 گرم آب حل شده و محلولی سیر شده به جرم 125 گرم تشکیل می‌شود، بنابراین 8 گرم ($133 - 125 = 8$) رسوب تشکیل می‌شود. عبارت (ت): با سرد کردن محلول سیر شده نمک‌هایی که انحلال آن‌ها در آب گرماگیر است (مانند پتاسیم نیترات) انحلال‌پذیری آن‌ها کاهش یافته و محلول سیر شده‌ای در دمای پایین‌تر ایجاد می‌شود.

۱۷۸ B) با توجه به درصد جرمی ترکیب m می‌توان گفت: در هر 100 گرم محلول، $28/6$ گرم ترکیب m حل شده است، بنابراین مقدار حلال برابر $71/4$ (محلول $28/6$ g m) خواهد بود، پس انحلال‌پذیری ترکیب m را در دمای 45°C به دست می‌آوریم:

$$\begin{bmatrix} 71/4 (\text{g H}_2\text{O}) & 28/6 (\text{g m}) \\ 100 (\text{g H}_2\text{O}) & X (\text{g m}) \end{bmatrix} \Rightarrow X = 40 \text{ g}$$

بنابراین انحلال‌پذیری ترکیب m در دمای 45°C برابر 40 است، که با توجه به نمودار، m می‌تواند ترکیب KCl باشد.

۱۷۹ A) ۴

مسائل انحلال‌پذیری

کلاس درس

۲۱

با مفهوم انحلال‌پذیری و اثر دما بر انحلال‌پذیری آشنا شدیم، در این کلاس درس می‌خواهیم سبک‌های مختلف مسائل انحلال‌پذیری را بررسی کنیم.

روش‌های به‌دست آوردن انحلال‌پذیری

۱- می‌دانیم انحلال‌پذیری به بیشترین مقدار یک ماده بر حسب گرم گفته می‌شود که در دمای معین می‌تواند در 100 گرم آب حل شود و محلول سیر شده را به وجود آورد. با توجه به این تعریف اگر مقدار جرم حل‌شونده و جرم حلال (آب) را داشته باشیم با استفاده از روش‌های زیر می‌توانیم انحلال‌پذیری ماده را به دست آوریم:

الف) با استفاده از کسرهای تبدیل، مقدار جرم حل‌شونده که در 100 گرم آب می‌توان حل کرد را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g H}_2\text{O} = 100 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم آب (گرم)}}$$

داده سوال

ب) برای به دست آوردن انحلال‌پذیری می‌توان از تناسب خطی زیر استفاده کرد:

$$\begin{bmatrix} m (\text{g H}_2\text{O}) & n (\text{جرم حل‌شونده}) \\ 100 (\text{g H}_2\text{O}) & S (\text{جرم حل‌شونده}) \end{bmatrix} \Rightarrow \frac{S (\text{جرم حل‌شونده (گرم)})}{100 (\text{جرم آب (گرم)})} = \frac{m (\text{جرم حل‌شونده})}{n (\text{جرم حل‌شونده})}$$

توجه نتیجه تناسب بالا ما را به یک رابطه مهم برای به دست آوردن انحلال‌پذیری رساند که در تست‌ها بسیار کارساز است.

مثال ۱: در دمای 40°C در اثر انحلال ۹۶ گرم پتاسیم نیترات در ۱۶۰ گرم آب، محلول سیرشده به دست می آید، انحلال پذیری پتاسیم نیترات در آب در این دما کدام است؟

۸۲ (۴) ۷۰ (۳) ۶۰ (۲) ۳۶ (۱)

راه حل: روش اول (کسر تبدیل): برای به دست آوردن انحلال پذیری کافی است جرم پتاسیم نیترات حل شده در ۱۰۰ آب را به دست آوریم:

$$? \text{g KNO}_3 = 100 \text{g H}_2\text{O} \times \frac{96 \text{g KNO}_3}{160 \text{g H}_2\text{O}} = 60 \text{g KNO}_3 \quad (\text{گزینه } 2)$$

روش دوم (تناسب):
$$\frac{\text{انحلال پذیری}}{100} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم آب}} \Rightarrow \frac{S}{100} = \frac{96}{160} \Rightarrow S = 60 \text{g KNO}_3$$

۲- اگر جرم حل شونده و جرم محلول را داشته باشیم، برای به دست آوردن انحلال پذیری کافی است ابتدا جرم آب را محاسبه کرده و سپس از روش های بالا استفاده کنیم:
جرم حل شونده - جرم محلول = جرم حلال (آب)

مثال ۲: در دمای 40°C در اثر انحلال $2/100$ مول لیتیم سولفات در مقدار کافی آب، ۹۵/۳ گرم محلول سیرشده به دست آمده است. انحلال پذیری لیتیم سولفات در این دما تقریباً کدام است؟

۴۳ (۴) ۳۶ (۳) ۳۰ (۲) ۲۳ (۱)

راه حل: ابتدا باید گرم لیتیم سولفات را به دست آوریم:

$$? \text{g Li}_2\text{SO}_4 = 2 \text{mol Li}_2\text{SO}_4 \times \frac{110 \text{g Li}_2\text{SO}_4}{1 \text{mol Li}_2\text{SO}_4} = 220 \text{g Li}_2\text{SO}_4$$

حال می توانیم جرم آب را به دست آوریم:
در انتها جرم لیتیم سولفات حل شده در ۱۰۰ گرم آب را به دست می آوریم:

$$? \text{g Li}_2\text{SO}_4 = 100 \text{g H}_2\text{O} \times \frac{220 \text{g Li}_2\text{SO}_4}{220 \text{g H}_2\text{O}} = 100 \text{g Li}_2\text{SO}_4 \quad (\text{گزینه } 2)$$

۳- اگر جرم محلول و انحلال پذیری در دمای معین را داشته باشیم برای به دست آوردن جرم حل شونده موجود در محلول سیرشده از روش های زیر استفاده می کنیم:

(الف) از کسرهای تبدیل $\frac{\text{انحلال پذیری}}{100 + \text{انحلال پذیری}}$ یا $\frac{\text{انحلال پذیری}}{100 + \text{انحلال پذیری}}$ برای محاسبه جرم حل شونده موجود در مقدار مشخصی از محلول سیرشد (و برعکس) استفاده می کنیم:

$$\text{جرم محلول} = \text{جرم حل شونده} \times \frac{\text{انحلال پذیری}}{100 + \text{انحلال پذیری}} \quad ?$$

(ب) با استفاده از تناسب خطی زیر نیز می توان از جرم محلول سیرشده به جرم حل شونده (و برعکس) رسید:

$$\left[\begin{array}{cc} \text{جرم محلول سیرشده} & \text{جرم حل شونده} \\ (100 + \text{انحلال پذیری}) & \text{انحلال پذیری} \end{array} \right] \Rightarrow \frac{\text{جرم محلول سیرشده}}{(100 + \text{انحلال پذیری})} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{انحلال پذیری}}$$

مثال ۳: اگر در دمای 50°C انحلال پذیری پتاسیم کلرید برابر $37/25$ گرم حل شونده در ۱۰۰ گرم آب باشد؛ ۵۴۹ گرم محلول سیرشده پتاسیم کلرید در این دما شامل چند مول پتاسیم کلرید است؟

۱ (۱) ۲ (۲) ۲/۵ (۳) ۳/۵ (۴)

راه حل: انحلال پذیری پتاسیم کلرید در دمای 50°C برابر ۵۵ گرم در ۱۰۰ گرم آب است بنابراین ۵۵ گرم پتاسیم کلرید در ۱۰۰ گرم آب حل شده و ۱۵۵ گرم محلول سیرشده ایجاد می شود:

روش اول (کسر تبدیل):
$$? \text{mol KCl} = 549 \text{g KCl} \times \frac{1 \text{mol KCl}}{174/5 \text{g KCl}} = 2 \text{mol KCl}$$

روش دوم (تناسب): ابتدا با استفاده از تناسب زیر جرم KCl موجود در ۵۴۹ گرم محلول سیرشده را به دست می آوریم:

$$\frac{\text{انحلال پذیری}}{100 + \text{انحلال پذیری}} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول سیرشده}} \Rightarrow \frac{37/25}{137/25} = \frac{x \text{g KCl}}{549} \Rightarrow x = 149 \text{g KCl}$$

حال باید مول KCl را به دست آوریم:
$$? \text{mol KCl} = 149 \text{g KCl} \times \frac{1 \text{mol KCl}}{74/5 \text{g KCl}} = 2 \text{mol KCl}$$

۴- در برخی مسائل اطلاعاتی در مورد یک محلول سیرنشده داده می شود و هدف یافتن مقدار جرم حل شونده است که با افزودن آن به محلول سیرنشده، محلولی سیرشده به دست می آید. در این مسائل باید با استفاده از روش های بیان شده ابتدا جرم حل شونده موجود در محلول سیرنشده در دمای معین را به دست آوریم. در این صورت با افزودن جرمی معادل اختلاف انحلال پذیری و جرم حل شونده در محلول سیرنشده، می توان محلول سیرنشده را به محلولی سیرشده تبدیل کرد.

جرم حل شونده موجود در محلول سیرنشده - انحلال پذیری = مقدار حل شونده مورد نیاز برای تبدیل محلول سیرنشده به محلول سیرشده

مثال ۴: در ۱۹۰ گرم محلول سدیم نیترات و در دمای ۱۰°C، ۶۵ گرم سدیم نیترات حل شده است، چند گرم سدیم نیترات دیگر باید در این محلول

حل کرد تا تبدیل به یک محلول سیرشده شود؟ (انحلال پذیری سدیم نیترات در دمای ۱۰°C برابر ۸۰ گرم است.)

۲۸ (۱) ۴۵/۸ (۲) ۵۲ (۳) ۵۷/۶ (۴)

راه حل: ابتدا باید با توجه به جرم محلول سدیم نیترات، جرم سدیم نیترات حل شده در ۱۰۰ گرم آب را به دست آوریم:

$$125g = \text{جرم آب} \Rightarrow 65 + \text{جرم آب} = 190 \Rightarrow \text{جرم حل شونده} + \text{جرم آب} = \text{جرم محلول}$$

$$? \text{ NaNO}_3 = 100g \text{ H}_2\text{O} \times \frac{65g \text{ NaNO}_3}{125g \text{ H}_2\text{O}} = 52g \text{ NaNO}_3$$

بنابراین در دمای ۱۰°C در ۱۰۰ گرم آب، ۵۲ گرم سدیم نیترات حل شده است در حالی که با توجه به انحلال پذیری سدیم نیترات در دمای ۱۰°C می توان ۸۰ گرم سدیم نیترات در ۱۰۰ گرم آب حل کرد، بنابراین با حل کردن ۲۸ گرم سدیم نیترات دیگر می توان محلول مورد نظر را به یک محلول سیرشده تبدیل کرد: (گزینه ۱) $80 - 52 = 28g \text{ NaNO}_3$ مورد نیاز برای تبدیل محلول سیرنشده به محلول سیرشده

مسائل ترکیبی انحلال پذیری و غلظت ها

در برخی از مسائل انحلال پذیری، درصد جرمی، غلظت مولی و یا غلظت ppm یک محلول سیرشده در دمای معین مورد سؤال قرار می گیرد. در این مسائل استفاده از نکات زیر کارساز خواهد بود:

۱- اگر انحلال پذیری یک ماده در دمای معین را داشته باشیم در واقع گرم حل شونده در ۱۰۰ گرم آب را داریم، در این صورت جرم محلول سیرشده برابر (انحلال پذیری + ۱۰۰) گرم خواهد بود. بنابراین رابطه میان درصد جرمی و انحلال پذیری به صورت زیر است:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow \text{درصد جرمی} = \frac{\text{انحلال پذیری}}{(100 + \text{انحلال پذیری})} \times 100$$

توجه: رابطه بالا را می توان به صورت یک تناسب نوشت:

$$\frac{\text{درصد جرمی}}{100} = \frac{\text{انحلال پذیری}}{100 + \text{انحلال پذیری}}$$

مثال ۵: انحلال پذیری شکر در آب در دمای معینی برابر ۲۲۰ گرم است. درصد جرمی محلول سیرشده شکر در این دما کدام است؟

۶۵/۲۵ (۱) ۶۸/۷۵ (۲) ۷۲/۲۵ (۳) ۷۶/۷۵ (۴)

راه حل: با توجه به انحلال پذیری شکر می توان نتیجه گرفت که ۲۲۰ گرم در ۱۰۰ گرم آب حل شده و محلول سیرشده ای به جرم ۳۲۰ گرم به دست آمده است:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow \text{درصد جرمی} = \frac{220}{320} \times 100 = 68.75\%$$

روش اول:

$$\frac{\text{درصد جرمی}}{100} = \frac{\text{انحلال پذیری}}{(100 + \text{انحلال پذیری})} \Rightarrow \frac{x}{100} = \frac{220}{100 + 220} \Rightarrow x = 68.75\% \text{ (گزینه ۲)}$$

روش دوم (تناسب):

۲- اگر انحلال پذیری یک ماده را در دمای معین داشته باشیم و غلظت مولی محلول سیرشده آن را در همان دما بخواهیم، جرم حل شونده (مقدار انحلال پذیری) را به مول تبدیل می کنیم، سپس جرم محلول (انحلال پذیری + ۱۰۰) را با استفاده از چگالی محلول به لیتر تبدیل می کنیم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{جرم مولی حل شونده}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow \text{غلظت مولی} = \frac{\text{انحلال پذیری}}{\frac{\text{جرم محلول}}{\text{چگالی محلول}} \times 10^{-3}}$$

توجه: می توانیم میان انحلال پذیری و غلظت مولی یک تناسب خطی داشته باشیم، دقت کنید که ردیف اول در تناسب را با توجه به مفهوم انحلال پذیری و ردیف دوم را با توجه به مفهوم غلظت مولی نوشته ایم:

$$\left[\begin{array}{l} \text{S (گرم محلول سیرشده)} + 100 \Rightarrow \text{S (گرم حل شونده)} \\ \text{M (لیتر محلول)} \Rightarrow 1 \end{array} \right] \xrightarrow{\text{یکسان کردن یکانها}} \left[\begin{array}{l} \text{S (گرم محلول سیرشده)} + 100 + \text{S (گرم حل شونده)} \\ \text{M} \times \left(\frac{g}{mL} \right) \times 1000 \Rightarrow 1L \times \text{چگالی} \end{array} \right]$$

نتیجه تناسب بالا را می توان به صورت زیر نوشت:

$$\frac{\text{جرم مولی} \times \text{غلظت مولی}}{1000 \times \text{چگالی}} = \frac{\text{انحلال پذیری}}{100 + \text{انحلال پذیری}}$$

اگر چگالی برحسب $g \cdot L^{-1}$ باشد، عدد ۱۰۰۰ را نباید در چگالی ضرب کنیم.

مثال ۶: در دمای معینی، انحلال پذیری سرب (II) نیترات برابر $۶۶/۲$ گرم است. در این دما غلظت مولی محلول سیرشده سرب (II) نیترات با چگالی $۱/۶۶۲ \text{ g.mL}^{-۱}$ چند مولار است؟

(۱) ۰/۱ (۲) ۰/۲ (۳) ۱ (۴) ۲

راه حل: با توجه به انحلال پذیری سرب (II) نیترات می توان نتیجه گرفت که $۶۶/۲$ گرم سرب (II) نیترات در ۱۰۰ گرم آب حل شده و $۱۶۶/۲$ گرم محلول سیرشده ایجاد می شود.

روش اول: ابتدا مقدار مول سرب (II) نیترات حل شده در ۱۰۰ گرم آب را به دست می آوریم:

$$? \text{ mol Pb(NO}_3)_2 = ۶۶/۲ \text{ g Pb(NO}_3)_2 \times \frac{۱ \text{ mol Pb(NO}_3)_2}{۳۳۱ \text{ g Pb(NO}_3)_2} = ۰/۲ \text{ mol Pb(NO}_3)_2$$

در قدم بعدی باید حجم محلول را بر حسب لیتر به دست آوریم:

$$\frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}} = ۱/۶۶۲ \text{ g.mL}^{-۱} \Rightarrow \frac{۱۶۶/۲ \text{ g محلول}}{x \text{ mL محلول}} \Rightarrow x = ۱۰۰ \text{ mL} = ۰/۱ \text{ L}$$

در انتها غلظت مولی محلول را به دست می آوریم:

$$\frac{\text{مول حل شونده}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \text{غلظت مولی} \Rightarrow \frac{۰/۲ \text{ mol}}{۰/۱ \text{ L}} = ۰/۲ \text{ mol.L}^{-۱}$$

روش دوم: با استفاده از کسرهای تناسبی میان انحلال پذیری و غلظت مولی استفاده می کنیم:

$$\frac{\text{انحلال پذیری}}{۱۰۰ + \text{انحلال پذیری}} = \frac{\text{جرم مولی} \times \text{غلظت مولی}}{۱۰۰ \times \text{چگالی}} \Rightarrow \frac{۶۶/۲}{۱۰۰ + ۶۶/۲} = \frac{x \times ۳۳۱}{۱/۶۶۲ \times ۱۰۰۰} \Rightarrow x = ۰/۲ \text{ mol.L}^{-۱} \text{ (گزینه ۴)}$$

۳- اگر انحلال پذیری یک ماده را در دمای معین داشته باشیم و غلظت ppm محلول سیرشده آن را در همان دما بخواهیم، جرم حل شونده را برابر همان مقدار انحلال پذیری و جرم محلول را برابر (انحلال پذیری + ۱۰۰) در نظر می گیریم، البته در مسائلی که انحلال پذیری حل شونده در آب بسیار اندک باشد می توانیم جرم محلول را همان جرم آب یعنی ۱۰۰ گرم در نظر می گیریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰^۶ \Rightarrow \text{ppm} = \frac{\text{انحلال پذیری}}{(۱۰۰ + \text{انحلال پذیری})} \times ۱۰^۶$$

توجه: می توانیم میان انحلال پذیری و غلظت ppm یک تناسب خطی داشته باشیم:

$$\left[\begin{array}{l} \text{S (گرم محلول سیرشده)} \Rightarrow ۱۰۰ + \text{S (گرم حل شونده)} \\ \text{ppm (گرم محلول)} \Rightarrow ۱۰^۶ \end{array} \right] \xrightarrow{\text{یا}} \frac{\text{انحلال پذیری}}{۱۰۰ + \text{انحلال پذیری}} = \frac{\text{ppm}}{۱۰^۶}$$

مثال ۷: انحلال پذیری نقره کلرید در آب در دمای ۲۵°C برابر $۲/۱ \times ۱۰^{-۴}$ گرم در ۱۰۰ گرم آب است. در این دما غلظت ppm محلول سیرشده به تقریب کدام است؟

(۱) ۰/۲۱ (۲) ۲/۱ (۳) ۲۱ (۴) ۲۱۰

راه حل: روش اول: با استفاده از رابطه غلظت ppm داریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰^۶ \Rightarrow \text{ppm} = \frac{۲/۱ \times ۱۰^{-۴}}{۱۰۰} \times ۱۰^۶ = ۲/۱ \text{ ppm}$$

روش دوم: از تناسب میان انحلال پذیری و غلظت ppm استفاده می کنیم:

$$\frac{\text{انحلال پذیری}}{۱۰۰ + \text{انحلال پذیری}} = \frac{\text{ppm}}{۱۰^۶} \Rightarrow \frac{۲/۱ \times ۱۰^{-۴}}{۱۰۰} = \frac{\text{ppm}}{۱۰^۶} \Rightarrow \text{ppm} = ۲/۱ \text{ (گزینه ۲)}$$

توجه: چون انحلال پذیری نقره کلرید در آب بسیار اندک است، جرم محلول را برابر جرم آب یعنی ۱۰۰ گرم در نظر گرفتیم.

محاسبه مقدار رسوب در مسائل انحلال پذیری

۱- می دانیم در دو حالت زیر اگر محلول سیرشده ای دچار تغییر دما شود، مقداری از حل شونده آن به صورت رسوب ته نشین می شود:

(الف) اگر انحلال ماده ای در آب گرماگیر باشد (نمودار انحلال پذیری - دما برای آن صعودی باشد) و دمای محلول سیرشده ای از ماده مورد نظر را کاهش دهیم (محلول را سرد کنیم) یک محلول فراسیرشده ناپایدار تشکیل می شود که با ته نشین شدن مقداری رسوب به یک محلول سیرشده در دمای پایین تر تبدیل می شود.

(ب) اگر انحلال ماده ای در آب گرماده باشد (نمودار انحلال پذیری - دما برای آن نزولی باشد) و دمای محلول سیرشده ای از ماده مورد نظر را افزایش دهیم (محلول را گرم کنیم)، یک محلول فراسیرشده ناپایدار تشکیل می شود که با ته نشین شدن مقداری رسوب به یک محلول سیرشده در دمای بالاتر تبدیل می شود.

در سبک مهمی از مسائل انحلال پذیری مقدار رسوبی که در اثر تغییر دمای یک محلول سیرشده تشکیل می شود را باید محاسبه کنیم که در ادامه به بررسی این موضوع می پردازیم.

۲- فرض کنید انحلال پذیری در دمای θ_1 برابر S_1 و انحلال پذیری در دمای θ_2 برابر S_2 باشد و ما دمای محلول را از θ_1 به θ_2 برسانیم، در واقع ما دمای محلول سیرشده‌ای به جرم $(100+S_1)$ را از θ_1 به θ_2 می‌رسانیم که در این صورت انحلال‌پذیری ماده تغییر می‌کند و اختلاف انحلال‌پذیری ماده در دماهای θ_1 و θ_2 به صورت رسوب ته‌نشین می‌شود: $|S_1 - S_2| = |\text{انحلال‌پذیری در دمای ثانویه} - \text{انحلال‌پذیری در دمای اولیه}| = \text{مقدار رسوب}$

۳- مقدار رسوب تشکیل شده در اثر تغییر دمای یک محلول سیرشده بستگی به جرم محلول سیرشده دارد. اگر جرم محلول برابر $(100+S_1)$ گرم باشد، مقدار رسوب تشکیل شده برابر $|S_1 - S_2|$ است. در صورتی که جرم محلول مقدار دیگری (مثلاً m گرم) باشد می‌توان با استفاده از یکی از دو روش زیر مقدار رسوب را محاسبه کرد:

(الف) با استفاده از کسر تبدیل رسوب $|S_1 - S_2|$ جرم محلول $(100+S_1)$ ، مقدار رسوب را به دست می‌آوریم:

$$\text{مقدار رسوب} = \text{جرم محلول} \times \frac{|S_1 - S_2|}{100 + S_1} = m \text{ g}$$

(ب) با استفاده از یک تناسب ساده مقدار رسوب را به دست می‌آوریم:

$$\left[\begin{array}{l} \text{رسوب } x \text{ g} \Rightarrow \text{محلول } (100+S_1) \text{ g} \\ \text{رسوب } |S_1 - S_2| \text{ g} \Rightarrow \text{محلول } m \text{ g} \end{array} \right] \rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{رسوب } x \text{ g} \\ \text{جرم محلول } (100+S_1) \text{ g} \end{array} \right]$$

در واقع این تناسب می‌گوید که اگر $(100+S_1)$ گرم محلول سیرشده داشته باشیم، $|S_1 - S_2|$ گرم رسوب تشکیل می‌شود، حال که m گرم محلول سیرشده داریم، چقدر رسوب تشکیل می‌شود؟

مثال ۸: در دمای 40°C در اثر حل شدن 60 گرم از نمکی در 200 گرم آب یک محلول سیرشده تشکیل می‌شود. اگر دمای محلول را 20°C کاهش

دهیم چند گرم رسوب ایجاد می‌شود؟ (انحلال‌پذیری این نمک در دمای 20°C برابر 10 گرم است.)

۲۰ (۱) ۳۰ (۲) ۴۰ (۳) ۵۰ (۴)

راه حل: ابتدا باید انحلال‌پذیری در دمای 40°C را به دست آوریم:

$$\text{نمک } \frac{60 \text{ g}}{200 \text{ g H}_2\text{O}} = 30 \text{ g} \text{ در دمای } 40^\circ\text{C}$$

انحلال‌پذیری در دمای 40°C برابر 30 گرم و در دمای 20°C برابر 10 گرم است، بنابراین اگر دمای 130 گرم محلول را از 40°C به 20°C برسانیم 20 گرم $(30-10)$ رسوب تشکیل می‌شود، حال باید مقدار رسوب تشکیل شده به ازای 260 گرم $(60 \text{ گرم نمک} + 200 \text{ گرم آب})$ را به دست آوریم:

روش اول (کسر تبدیل): $\text{مقدار رسوب} = \frac{20 \text{ g رسوب}}{130 \text{ g محلول}} \times 260 \text{ g محلول} = 40 \text{ g}$ (گزینه ۳)

روش دوم (تناسب): $\left[\begin{array}{l} \text{رسوب } 20 \text{ g} \Rightarrow \text{محلول } 130 \text{ g} \\ \text{رسوب } x \text{ g} \Rightarrow \text{محلول } 260 \text{ g} \end{array} \right] \Rightarrow x = 40 \text{ g}$

مثال ۹: انحلال‌پذیری نمک پتاسیم نیترات (KNO_3) در دمای 50°C برابر 82 گرم است. اگر 455 گرم محلول سیرشده پتاسیم نیترات در دمای

50°C را تا دمای 40°C سرد کنیم و 55 گرم رسوب ته‌نشین شود، انحلال‌پذیری آن در دمای 40°C کدام است؟

۷۵ (۱) ۷۰ (۲) ۶۵ (۳) ۶۰ (۴)

راه حل: انحلال‌پذیری پتاسیم نیترات در دمای 50°C برابر 82 گرم است بنابراین در دمای 50°C ، 82 گرم پتاسیم نیترات در 100 گرم آب حل شده و 182 گرم محلول سیرشده به دست می‌آید:

روش اول (کسر تبدیل): $\text{مقدار رسوب} = \text{جرم محلول مورد نظر} \times \frac{(S_1 - S_2)}{100 + S_1} \Rightarrow 55 = 455 \times \frac{(82 - S_2)}{(100 + 82)} \Rightarrow S_2 = 60 \text{ g}$ (گزینه ۴)

روش دوم (تناسب): $\left[\begin{array}{l} \text{رسوب } (S_1 - S_2) \text{ g} \Rightarrow \text{محلول } (100 + S_1) \text{ g} \\ \text{جرم محلول مورد نظر} \Rightarrow \text{جرم رسوب} \end{array} \right] \Rightarrow \left[\begin{array}{l} (82 - S_2) \Rightarrow 182 \\ 55 \Rightarrow 455 \end{array} \right] \Rightarrow S_2 = 60 \text{ g}$

۸ گرم کلسیم برمید در 25 گرم آب حل شده است، بنابراین طبق تعریف انحلال‌پذیری، باید مقدار کلسیم برمید حل شده در 100 گرم آب را به دست آوریم:

روش اول (استفاده از ضریب تبدیل واحد): $100 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{\lambda \text{ g CaBr}_2}{25 \text{ g H}_2\text{O}} = 32 \text{ g CaBr}_2$

روش دوم (استفاده از تناسب): $\left[\begin{array}{l} 25 \text{ (g H}_2\text{O)} \\ 100 \text{ (g H}_2\text{O)} \end{array} \right] \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \lambda \text{ (g CaBr}_2) \\ X \text{ (g CaBr}_2) \end{array} \right] \Rightarrow X = 32 \text{ g CaBr}_2$ یا $\frac{S}{100} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم آب}} \Rightarrow \frac{S}{100} = \frac{\lambda}{25} \Rightarrow S = 32 \text{ g}$

۱۸۰ (A) ۴ ۲۰۰ گرم محلول سیر شده سدیم برمید شامل ۴۰ گرم NaBr است، بنابراین مقدار حلال را به دست می آوریم:

آب ۱۶۰g = جرم حلال \Rightarrow ۴۰g NaBr + حلال X g = محلول ۲۰۰g \Rightarrow جرم حل شونده + جرم حلال = جرم محلول

پس، در ۱۶۰ گرم آب، حداکثر ۴۰ گرم سدیم برمید حل شده است، بنابراین با توجه به تعریف انحلال پذیری، مقدار سدیم برمید حل شده را در ۱۰۰ گرم آب به دست می آوریم:

$$? \text{ g NaBr} = 100 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{40 \text{ g NaBr}}{160 \text{ g H}_2\text{O}} = 25 \text{ g NaBr}$$

روش اول (استفاده از ضریب تبدیل واحد):

روش دوم (استفاده از تناسب):

$$\left[\begin{array}{cc} 160 \text{ (g H}_2\text{O)} & 40 \text{ (g NaBr)} \\ 100 \text{ (g H}_2\text{O)} & X \text{ (g NaBr)} \end{array} \right] \Rightarrow X = 25 \text{ g NaBr} \quad \text{یا} \quad \frac{\text{انحلال پذیری}}{100 + \text{انحلال پذیری}} = \frac{\text{گرم حل شونده}}{\text{گرم محلول سیر شده}} \Rightarrow \frac{S}{100 + S} = \frac{40}{200} \Rightarrow S = 25 \text{ g}$$

بنابراین، انحلال پذیری سدیم برمید در دمای معین، برابر ۲۵g است.

۱۸۱ (A) ۱ ابتدا ۱۶۴g Na_۳PO_۴ را به دست می آوریم:

$$? \text{ g Na}_3\text{PO}_4 = \frac{164 \text{ g Na}_3\text{PO}_4}{1 \text{ mol Na}_3\text{PO}_4} \times \frac{1 \text{ mol Na}_3\text{PO}_4}{164 \text{ g Na}_3\text{PO}_4} = 164 \text{ g Na}_3\text{PO}_4$$

بنابراین در ۴۰ گرم آب، حداکثر ۸۲ گرم سدیم فسفات حل می شود، پس بر اساس تعریف انحلال پذیری، مقدار جرم سدیم فسفات حل شده در ۱۰۰ گرم آب

$$\left[\begin{array}{cc} 40 \text{ (g H}_2\text{O)} & 82 \text{ (g Na}_3\text{PO}_4) \\ 100 \text{ (g H}_2\text{O)} & X \text{ (g Na}_3\text{PO}_4) \end{array} \right] \Rightarrow X = 20.5 \text{ g Na}_3\text{PO}_4$$

را به روش تناسب به دست می آوریم:

۱۸۲ (A) ۴ با توجه به انحلال پذیری شکر و سدیم نیترات در دمای ۳۰°C، حداکثر مقدار حل شونده در ۲۰۰ گرم از دو محلول شکر و سدیم نیترات را به دست می آوریم:

برای شکر در دمای ۳۰°C در هر ۱۰۰ گرم آب، حداکثر ۲۱۰ گرم شکر حل می شود، بنابراین می توان گفت: در ۳۱۰g محلول (شکر ۲۱۰g + H₂O ۱۰۰g) نیز، حداکثر ۲۱۰ گرم شکر وجود دارد، بنابراین مقدار شکر را در ۲۰۰ گرم محلول برابر ۱۳۵/۵ گرم است:

$$? \text{ g شکر} = 200 \text{ g محلول} \times \frac{210 \text{ g شکر}}{310 \text{ g محلول}} = 135.5 \text{ g شکر} \Rightarrow x = 135.5 \text{ g}$$

برای سدیم نیترات، در دمای ۳۰°C در ۱۰۰ گرم آب، حداکثر ۳۶g سدیم نیترات حل می شود، بنابراین می توان گفت: در ۱۳۶g محلول (۱۰۰g H₂O + ۳۶g NaNO_۳) نیز، حداکثر ۳۶g سدیم نیترات وجود دارد، پس مقدار سدیم نیترات حل شده در ۲۰۰ گرم محلول به تقریب برابر ۵۲/۹ گرم

$$? \text{ g NaNO}_3 = 200 \text{ g محلول} \times \frac{36 \text{ g NaNO}_3}{136 \text{ g محلول}} = 52.9 \text{ g NaNO}_3 \Rightarrow y = 52.9 \text{ g}$$

است:

$$x + y = 135.5 \text{ g شکر} + 52.9 \text{ g NaNO}_3 = 188.4 \text{ g}$$

بنابراین:

۱۸۳ (B) ۳ برای تعیین انحلال پذیری سدیم نیترات در دمای ۳۰°C، باید جرم سدیم نیترات و آب را به دست آوریم.

$$\frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}} = \frac{X \text{ g محلول}}{200 \text{ mL محلول}} \Rightarrow \frac{1}{1} \text{ g mL}^{-1} \Rightarrow X = 22 \text{ g محلول}$$

با توجه به چگالی، جرم محلول را به دست می آوریم:

$$? \text{ g NaNO}_3 = 2 \text{ mol NaNO}_3 \times \frac{85 \text{ g NaNO}_3}{1 \text{ mol NaNO}_3} = 170 \text{ g NaNO}_3$$

جرم آب (حلال) را به دست می آوریم: آب X = ۵۰g + ۱۷۰g NaNO_۳ = حلال X g = محلول ۲۲۰g \Rightarrow جرم حل شونده + جرم حلال = جرم محلول

بنابراین در دمای ۳۰°C، در ۵۰ گرم آب، حداکثر ۱۷۰ گرم سدیم نیترات حل می شود، بنابراین حداکثر مقدار سدیم نیترات حل شده در ۱۰۰ گرم آب (انحلال پذیری) را به روش تناسب، به دست می آوریم:

$$\left[\begin{array}{cc} 50 \text{ (g H}_2\text{O)} & 170 \text{ (g NaNO}_3) \\ 100 \text{ (g H}_2\text{O)} & X \text{ (g NaNO}_3) \end{array} \right] \Rightarrow X = 340 \text{ g NaNO}_3 \quad \text{یا} \quad \frac{\text{گرم حل شونده}}{\text{گرم آب}} = \frac{\text{انحلال پذیری}}{100} \Rightarrow \frac{S}{100} = \frac{170}{50} \Rightarrow S = 340 \text{ g}$$

۱۸۴ (B) ۲ انحلال پذیری سدیم سولفات در دمای معین، ۸۰ گرم است؛ یعنی در هر ۱۰۰ گرم آب، حداکثر ۸۰ گرم سدیم سولفات حل می شود، بنابراین در ۱۸۰ گرم محلول سدیم سولفات در این دما، ۸۰ گرم سدیم سولفات وجود دارد:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g Na}_2\text{SO}_4 = \frac{142 \text{ g Na}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4} \times \frac{180 \text{ g محلول}}{142 \text{ g Na}_2\text{SO}_4} = 95 \text{ g Na}_2\text{SO}_4$$

$$\left[\begin{array}{cc} 180 \text{ (محلول سیر شده)} & 80 \text{ (g Na}_2\text{SO}_4) \\ X \text{ (محلول سیر شده)} & 95 \text{ (محلول)} \end{array} \right] \Rightarrow x = 95 \text{ g Na}_2\text{SO}_4$$

روش دوم (تناسب):

۱۸۵ B با توجه به انحلال پذیری سدیم سولفات در دمای 32°C ، در 100 گرم آب، حداکثر 60 گرم سدیم سولفات می تواند حل شود، بنابراین می توان گفت؛ در 160 گرم محلول ($100\text{g H}_2\text{O} + 60\text{g Na}_2\text{SO}_4$) نیز، 60 گرم سدیم سولفات وجود دارد:

$$\text{mol Na}^+ = 213\text{g محلول} \times \frac{60\text{g Na}_2\text{SO}_4}{160\text{g محلول}} \times \frac{1\text{ mol Na}_2\text{SO}_4}{142\text{g Na}_2\text{SO}_4} \times \frac{2\text{mol Na}^+}{1\text{ mol Na}_2\text{SO}_4} = 1125\text{mol Na}^+$$

۱۸۶ B

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مقدار حل شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow 4\text{mol.L}^{-1} = \frac{X\text{ mol NaNO}_3}{\text{محلول } 0/1\text{L}} \Rightarrow X = 0/4\text{ mol NaNO}_3$$

$$? \text{ g NaNO}_3 = 0/4\text{ mol NaNO}_3 \times \frac{85\text{g NaNO}_3}{1\text{mol NaNO}_3} = 34\text{g NaNO}_3$$

$$\text{محلول } 110\text{g} = \frac{X\text{ g محلول}}{100\text{ mL محلول}} \Rightarrow X = 110\text{g محلول}$$

$$110\text{g محلول} = X\text{ g H}_2\text{O} + 34\text{g NaNO}_3 \Rightarrow X = 76\text{g H}_2\text{O}$$

بنابراین در 76 گرم آب، 34 گرم سدیم نیترات حل شده است. پس به روش تناسب، مقدار سدیم نیترات حل شده در 100 گرم آب (انحلال پذیری) را به دست می آوریم:

$$\begin{bmatrix} 76(\text{g H}_2\text{O}) & 34(\text{g NaNO}_3) \\ 100(\text{g H}_2\text{O}) & X(\text{g NaNO}_3) \end{bmatrix} \Rightarrow X = 44/7\text{g NaNO}_3$$

$$\frac{34 \times 100}{76} \xrightarrow{\text{ساده کردن}} \frac{17 \times 50}{19} \xrightarrow{\text{تخمین زدن}} \frac{17 \times 50}{17} = 50 \Rightarrow \text{عدد نهایی کمی کوچک تر از } 50 \text{ است.}$$

میانبر محاسباتی

۱۸۷ B روش اول: با توجه به انحلال پذیری ترکیب می توان گفت؛ در 100 گرم آب، حداکثر 30 گرم حل شونده حل می شود، بنابراین در 130 گرم محلول ($100\text{g H}_2\text{O} + 30\text{g حل شونده}$) نیز 30 گرم حل شونده حل شده است، پس برای محاسبه غلظت مولی باید حجم محلول و مقدار مول حل شونده را به دست آورد:

$$\text{محلول } 100\text{mL} = \frac{130\text{g محلول}}{1/3\text{g.mL}^{-1}} \Rightarrow \text{حجم محلول} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{چگالی محلول}}$$

$$\text{حل شونده } 0/3\text{ mol} = \frac{1\text{ mol حل شونده}}{100\text{g حل شونده}} \times \text{حل شونده } 30\text{g} = \text{حل شونده } ? \text{ mol}$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{حل شونده } 0/3\text{mol (مول)}}{\text{محلول } 0/1\text{L}} = 3\text{mol.L}^{-1}$$

$$X = 3 = \frac{X \times 100}{100 + 30} \Rightarrow X = 300/130 = \frac{30}{13} \times 100 = \text{غلظت مولی} \times \text{انحلال پذیری}$$

روش دوم (تناسب):

۱۸۸ C مقدار مول یون Na^+ و سپس جرم سدیم نیترات را به دست می آوریم:

$$\text{Na}^+ \text{ غلظت } = 4\text{ mol.L}^{-1}, \text{ حجم محلول} = 100\text{mL} = 0/1\text{L}$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مقدار حل شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow 4\text{mol.L}^{-1} = \frac{X\text{ mol Na}^+}{0/1\text{L محلول}} \Rightarrow X = 0/4\text{ mol Na}^+$$

$$? \text{ g NaNO}_3 = 0/4\text{ mol Na}^+ \times \frac{1\text{ mol NaNO}_3}{1\text{ mol Na}^+} \times \frac{85\text{g NaNO}_3}{1\text{ mol NaNO}_3} = 34\text{g NaNO}_3$$

با توجه به چگالی، جرم محلول و در نتیجه جرم حلال را به دست می آوریم:

$$\text{محلول } 120\text{g} = \frac{X\text{ g محلول}}{100\text{ mL محلول}} \Rightarrow X = 120\text{g محلول}$$

$$120\text{g محلول} = X\text{ g H}_2\text{O} + 34\text{g NaNO}_3 \Rightarrow X = 86\text{g H}_2\text{O}$$

پس در 86 گرم آب، 34 گرم NaNO_3 حل شده است، بنابراین براساس تعریف انحلال پذیری، مقدار سدیم نیترات حل شده در 100 گرم آب را به دست

$$? \text{ g NaNO}_3 = 100\text{g H}_2\text{O} \times \frac{34\text{g NaNO}_3}{86\text{g H}_2\text{O}} = 39/5\text{g NaNO}_3$$

می آوریم:

۱۸۹ C عبارتهای (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارتها:

عبارت (الف): با توجه به درصد جرمی محلول می توان گفت که در هر 100 گرم محلول NaCl ، 40 گرم سدیم کلرید وجود دارد بنابراین جرم آب برابر 60 گرم است و 40 گرم سدیم کلرید در 60 گرم آب حل شده است، حال باید جرم سدیم کلرید موجود در 100 گرم آب را به دست آوریم:

$$? \text{ NaCl} = 100 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{40 \text{ g NaCl}}{60 \text{ g H}_2\text{O}} = 66.67 \text{ g NaCl}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{درصد جرمی}}{100} = \frac{\text{انحلال پذیری}}{100 + \text{انحلال پذیری}} \Rightarrow \frac{40}{100} = \frac{S}{100 + S} \Rightarrow S = 66.67 \text{ g}$$

روش دوم (تناسب):

عبارت (ب): با توجه به انحلال پذیری آمونیوم نیترات می توان گفت که در هر ۱۰۰ گرم آب حداکثر ۶۵/۵ گرم از این نمک حل می شود، در واقع در هر ۱۶۵/۵ گرم از محلول این نمک، ۶۵/۵ گرم نمک وجود دارد، بنابراین:

$$\text{روش اول:} \quad \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} = \frac{\text{درصد جرمی}}{100} \Rightarrow \frac{65/5}{165/5} \times 100 = 39.67\% \text{ w/w}$$

روش اول:

$$\text{روش دوم (کسر تبدیل):} \quad \text{مقدار حل شونده در } 100 \text{ گرم محلول را به دست می آوریم:} \quad \frac{65/5 \text{ g نمک}}{165/5 \text{ g محلول نمک}} \times 100 \text{ g نمک} = 39.67 \text{ g نمک}$$

عبارت (پ): ابتدا باید گرم حل شونده را با فرض اینکه جرم حلال (آب) ۱۰۰ گرم است به دست آوریم:

$$\frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} = \frac{\text{درصد جرمی}}{100} \Rightarrow \frac{x}{100 + x} \times 100 = 20 \Rightarrow x = 25 \text{ g}$$

بنابراین با توجه به انحلال پذیری پتاسیم نیترات در دمای ۲۰°C (که برابر ۳۰ گرم است) می توان نتیجه گرفت که محلول ۲۰ درصد جرمی آن سیر نشده است. عبارت (ت): مواد کم محلول (مانند کلسیم سولفات) و نامحلول (مانند نقره کلرید) انحلال پذیری بسیار کمی در آب دارند به همین دلیل جرم محلول این نمک ها را تقریباً می توان با جرم حلال برابر گرفت بنابراین درصد جرمی محلول سیر شده آن ها در دمای معین با انحلال پذیری آن ها برابر است.

۱۹۰ (C) با توجه به این که انحلال پذیری باریم سولفات (BaSO₄) در آب بسیار ناچیز است می توانیم جرم محلول را برابر جرم حلال یعنی ۱۰۰ گرم در نظر بگیریم بنابراین غلظت ppm را به صورت زیر محاسبه می کنیم:

$$\text{روش اول:} \quad \text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow \text{ppm} = \frac{1/9 \times 10^{-4}}{100} \times 10^6 = 1/9 \text{ ppm}$$

روش اول:

$$\text{روش دوم (تناسب):} \quad \frac{\text{ppm}}{10^6} = \frac{\text{انحلال پذیری}}{100 + \text{انحلال پذیری}} \Rightarrow \frac{\text{ppm}}{10^6} = \frac{1/9 \times 10^{-4}}{100 + 1/9 \times 10^{-4}} \Rightarrow \text{ppm} = 1/9$$

روش دوم (تناسب):

حال می توانیم غلظت مولی این محلول را به دست آوریم:

روش اول: ابتدا مقدار مول حل شونده موجود در ۱۰۰ گرم آب را به دست می آوریم:

$$? \text{ mol BaSO}_4 = 1/9 \times 10^{-4} \text{ g BaSO}_4 \times \frac{1 \text{ mol BaSO}_4}{233 \text{ g BaSO}_4} = 8/1 \times 10^{-7} \text{ mol BaSO}_4$$

$$\text{سپس مولاریته محلول را به دست می آوریم:} \quad \text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{8/1 \times 10^{-7} \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 8/1 \times 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$$

روش دوم: ابتدا درصد جرمی محلول را به دست می آوریم:

$$\text{درصد} = 1/9 \times 10^{-4} = \text{درصد جرمی} \Rightarrow 10^4 \times \text{درصد جرمی} = 1/9 \Rightarrow 10^4 \times \text{غلظت ppm} = 1/9$$

در انتها با استفاده از رابطه میان غلظت مولی و درصد جرمی، غلظت مولی محلول را محاسبه می کنیم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{10^4 \times \text{درصد جرمی}}{233} \Rightarrow \text{غلظت مولی} = \frac{10^4 \times 1/9 \times 10^{-4}}{233} \approx 8/1 \times 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$$

۱۹۱ (A) اگر فرض کنیم که انحلال پذیری KNO₃ در دمای مورد نظر برابر X گرم است، بنابراین در ۱۰۰+X گرم محلول آن نیز مقدار X گرم پتاسیم نیترات حل شده است. با توجه به اطلاعات مسئله، در ۲۰۰ گرم محلول، ۴۰ گرم نمک حل شده است، پس می توان X را به دست آورد:

$$\left[\begin{array}{cc} 200 \text{ (g محلول)} & 40 \text{ (g KNO}_3) \\ 100 + X \text{ (g محلول)} & X \text{ (g KNO}_3) \end{array} \right] \Rightarrow X = 25 \text{ g KNO}_3 \quad \text{یا} \quad \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{انحلال پذیری}} = \frac{S}{100 + S} = \frac{40}{200} \Rightarrow S = 25 \text{ g}$$

پس انحلال پذیری پتاسیم نیترات برابر ۲۵ گرم در ۱۰۰ گرم آب است، بنابراین با توجه به نمودار، تقریباً در دمای ۱۵°C، انحلال پذیری پتاسیم نیترات این مقدار می باشد.

۱۹۲ (B) ابتدا انحلال پذیری KNO₃ را در دمای ۴۴°C به دست می آوریم:

$$\text{روش اول (کسر تبدیل):} \quad 100 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{105 \text{ g KNO}_3}{150 \text{ g H}_2\text{O}} = 70 \text{ g KNO}_3$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\text{روش دوم (تناسب):} \quad \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم آب}} = \frac{S}{100} = \frac{105}{150} \Rightarrow S = 70 \text{ g}$$

روش دوم (تناسب):

بنابراین انحلال پذیری در دمای ۴۴°C برابر ۷۰ گرم و در دمای ۳۳°C برابر ۵۰ گرم است، حال می توانیم مقدار رسوب تشکیل شده را محاسبه کنیم:

$$\text{رسوب } 3^{\circ}\text{g} = \text{محلول } 255\text{g} \times \frac{\text{رسوب } 2^{\circ}\text{g}}{\text{محلول } 170\text{g}} = \text{محلول } 255\text{g} \times \frac{(70-50)\text{g}}{(100+70)\text{g}}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\text{رسوب } 3^{\circ}\text{g} = \frac{\text{رسوب } (S_1 - S_2) \text{ گرم}}{\text{جرم محلول } (100 + S_1) \text{ گرم}} \times \text{جرم محلول } 255 \rightarrow \frac{(70-50)}{100+70} = \frac{x}{255} \rightarrow x = \frac{255 \times 20}{170} = 3^{\circ}\text{g}$$

روش دوم (تناسب):

۱۹۳ B روش اول (کسر تبدیل):

$$\text{رسوب } 26\text{g} = \text{محلول } 150\text{g} \times \frac{\text{رسوب } 3^{\circ}\text{g}}{\text{محلول } 130\text{g}} = \text{محلول } 130\text{g} \times \frac{\text{رسوب } (50-20)\text{g}}{\text{محلول } (100+50)\text{g}}$$

$$\text{رسوب } 26\text{g} = \frac{\text{رسوب } (S_1 - S_2) \text{ گرم}}{\text{جرم محلول } (100 + S_1) \text{ گرم}} \times \text{جرم محلول } 130 \rightarrow \frac{50-20}{100+50} = \frac{x}{130} \rightarrow x = 26\text{g}$$

روش دوم (تناسب):

۱۹۴ B ابتدا جرم رسوب تشکیل شده را بر حسب گرم محاسبه می‌کنیم:

$$\text{رسوب } 1^{\circ}\text{g} = \text{محلول } 100\text{g} \times \frac{\text{رسوب } (30-25)\text{g}}{\text{محلول } (100+30)\text{g}} = \text{محلول } 260\text{g} \times \frac{\text{رسوب } (S_1 - S_2) \text{ گرم}}{\text{محلول } (100 + S_1) \text{ گرم}} = \text{جرم محلول} = \text{مقدار رسوب} ?$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$1 = \frac{\text{رسوب } (S_1 - S_2) \text{ گرم}}{\text{جرم محلول } (100 + S_1) \text{ گرم}} \times \text{جرم محلول } 260 \rightarrow \frac{30-25}{100+30} = \frac{x}{260} \rightarrow x = 1^{\circ}\text{g}$$

روش دوم (تناسب):

$$\text{رسوب } 1^{\circ}\text{g} \text{ Li}_2\text{SO}_4 = \frac{1 \text{ mol Li}_2\text{SO}_4}{110 \text{ g Li}_2\text{SO}_4} \times \text{جرم محلول } 100 \text{ g Li}_2\text{SO}_4 = 0.9 \text{ mol Li}_2\text{SO}_4$$

حال باید گرم Li_2SO_4 را به مول تبدیل کنیم:

۱۹۵ C روش اول (کسر تبدیل):

$$4^{\circ}\text{g} = \text{محلول } 600\text{g} \times \frac{\text{رسوب } (50-40)\text{g}}{\text{محلول } (100+50)\text{g}}$$

$$4 = \frac{\text{رسوب } (S_1 - S_2) \text{ گرم}}{\text{جرم محلول } (100 + S_1) \text{ گرم}} \times \text{جرم محلول } 600 \rightarrow \frac{50-40}{100+50} = \frac{x}{600} \rightarrow x = 4^{\circ}\text{g}$$

روش دوم (تناسب):

(محلول باقی مانده $600\text{g} - 4^{\circ}\text{g} = 596\text{g}$ جرم رسوب - جرم محلول اولیه = جرم محلول باقی مانده)

جرم محلول باقی مانده را به دست می‌آوریم:

$$\text{محلول باقی مانده } X \text{ mL} = \frac{596 \text{ g}}{1.4 \text{ g/mL}} \rightarrow X = 400 \text{ mL}$$

۱۹۶ C در این سؤال و سؤال بعدی، روش و بیان متفاوتی (نسبت به چند سؤال قبلی) برای به دست آوردن جرم رسوب استفاده کرده‌ایم:

$$\left. \begin{array}{l} \text{محلول } 140\text{g} \text{ در دمای } 5^{\circ}\text{C}: 4\text{g KCl} + 100\text{g H}_2\text{O} = 140\text{g} \\ \text{محلول } 135\text{g} \text{ در دمای } 3^{\circ}\text{C}: 3\text{g KCl} + 100\text{g H}_2\text{O} = 135\text{g} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{جرم رسوب} = 140 - 135 = 5\text{g}$$

سپس مقدار رسوب تشکیل شده در اثر کاهش دمای 42°g گرم محلول را به دست می‌آوریم:

$$\left[\begin{array}{l} \text{محلول } 140\text{g} \quad \text{رسوب } 5\text{g} \\ \text{محلول } 420\text{g} \quad \text{رسوب } X\text{g} \end{array} \right] \Rightarrow X = 15\text{g}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{محلول } 160\text{g} \text{ در دمای } 5^{\circ}\text{C}: 6\text{g KNO}_3 + 100\text{g H}_2\text{O} = 160\text{g} \\ \text{محلول } 138\text{g} \text{ در دمای } 3^{\circ}\text{C}: 3\text{g KNO}_3 + 100\text{g H}_2\text{O} = 138\text{g} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{جرم رسوب} = 160 - 138 = 22\text{g}$$

بنابراین جرم رسوب تشکیل شده در اثر کاهش دما 42°g گرم محلول را به دست می‌آوریم:

$$\left[\begin{array}{l} \text{محلول } 160\text{g} \quad \text{رسوب } 22\text{g} \\ \text{محلول } 420\text{g} \quad \text{رسوب } X\text{g} \end{array} \right] \Rightarrow X = 57/75\text{g}$$

اختلاف مقدار رسوب $57/75\text{g} - 15\text{g} = 42/75\text{g}$

۱۹۷ C ابتدا مقدار رسوب حاصل از افزایش دمای 13°g گرم محلول Li_2SO_4 را به دست می‌آوریم:

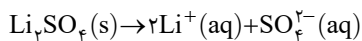
$$\left. \begin{array}{l} \text{محلول } 130\text{g} \text{ در دمای } 3^{\circ}\text{C}: 3\text{g Li}_2\text{SO}_4 + 100\text{g H}_2\text{O} = 130\text{g} \\ \text{محلول } 120\text{g} \text{ در دمای } 10^{\circ}\text{C}: 2\text{g Li}_2\text{SO}_4 + 100\text{g H}_2\text{O} = 120\text{g} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{جرم رسوب} = 130 - 120 = 10\text{g}$$

بنابراین به ازای افزایش دمای 13°g گرم محلول، 10g گرم رسوب تشکیل می‌شود. در این صورت مقدار رسوب تشکیل شده به ازای افزایش دمای 52g گرم

$$\left[\begin{array}{l} \text{محلول } 130\text{g} \quad \text{رسوب } 10\text{g} \\ \text{محلول } 52\text{g} \quad \text{رسوب } X\text{g} \end{array} \right] \Rightarrow X = 4\text{g}$$

محلول Li_2SO_4 را به دست می‌آوریم:

با توجه به معادله تفکیک Li_2SO_4 ، مقدار مول Li^{2+} موجود در 4g گرم رسوب را به دست می‌آوریم:



$$? \text{ mol Li}^+ = 4 \text{ g Li}_2\text{SO}_4 \times \frac{1 \text{ mol Li}_2\text{SO}_4}{110 \text{ g Li}_2\text{SO}_4} \times \frac{2 \text{ mol Li}^+}{1 \text{ mol Li}_2\text{SO}_4} = 7.27 \times 10^{-2} \text{ mol Li}^+$$

۱۹۸ B با توجه به جدول، انحلال پذیری KNO_3 در دمای 35°C عددی بین ۴۴ تا ۶۲ و انحلال پذیری KCl در این دما عددی بین ۳۵ تا ۳۹ است.

بنابراین برای تهیه محلول سیر شده‌ای از پتاسیم نیترات در دمای 35°C ، مقدار نمک بیشتری نسبت به KCl نیاز است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه (۱): برای دو ترکیب، به عنوان مثال در محدوده دمایی 20°C تا 30°C درجه سلسیوس، نسبت زیر را به دست می آوریم:

$$\frac{\text{انحلال پذیری در دمای } 30^\circ\text{C}}{\text{انحلال پذیری در دمای } 20^\circ\text{C}} \rightarrow \text{KCl: } \frac{35 \text{ g}}{33 \text{ g}} = 1.06, \quad \text{KNO}_3: \frac{44 \text{ g}}{29 \text{ g}} = 1.5$$

با توجه به این که نسبت فوق برای KNO_3 بیشتر است، بنابراین تأثیر دما بر انحلال پذیری KNO_3 بیشتر می باشد.

$$? \text{ g KCl} = \frac{\Delta \text{mol KCl} \times 74.5 \text{ g KCl}}{1 \text{ mol KCl}} = 37.25 \text{ g KCl} \quad \text{جرم آن را به دست می آوریم:}$$

با توجه به جدول در دمای 25°C ، انحلال پذیری KCl عددی بین ۳۳ تا ۳۵ گرم است، پس در این دما، محلول 37.25 گرم KCl در 100 گرم آب، فراسیر شده خواهد بود.

گزینه (۴):

$$? \text{ مقدار رسوب} = \frac{(42-39) \text{ g رسوب}}{(100+42) \text{ g محلول}} \times \text{محلول } 355 \text{ g} = 7.5 \text{ g}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{گرم رسوب } (S_1 - S_2)}{\text{جرم محلول } (100 + S_1)} = \frac{x \text{ گرم رسوب}}{100 + 42} \rightarrow \frac{(42 - 39)}{100 + 42} = \frac{x}{355} \rightarrow x = 7.5 \text{ g}$$

روش دوم (تناسب):

۱۹۹ B انحلال پذیری پتاسیم دی کرومات ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) در دمای 50°C برابر 30 گرم است یعنی در این دما در 100 گرم آب حداکثر 30 گرم پتاسیم

دی کرومات حل شده و 130 گرم محلول سیر شده آن ایجاد می شود. ابتدا باید مقدار پتاسیم دی کرومات موجود در 65 گرم محلول سیر شده آن را به دست آوریم:

$$? \text{ پتاسیم دی کرومات } 15 \text{ g} = \frac{\text{پتاسیم دی کرومات } 30 \text{ g}}{\text{محلول } 130 \text{ g}} \times \text{محلول } 65 \text{ g} = 65 \text{ g پتاسیم دی کرومات}$$

بنابراین در 65 گرم محلول سیر شده، 15 گرم پتاسیم دی کرومات و 50 گرم آب وجود دارد. با توجه به این که با سرد کردن محلول سیر شده 5 گرم رسوب ایجاد می شود، جرم پتاسیم دی کرومات در محلول سیر شده و در دمای 20°C برابر 10 گرم است.

$$10 \text{ g} = 15 \text{ g} - 5 \text{ g} = \text{جرم پتاسیم دی کرومات در محلول سیر شده در دمای } 20^\circ\text{C}$$

بنابراین در دمای 20°C در 50 گرم آب، 10 گرم پتاسیم دی کرومات حل شده است، برای به دست آوردن انحلال پذیری کافی است محاسبه کنیم که در 100 گرم آب چند گرم از این نمک حل شده است:

$$? \text{ پتاسیم دی کرومات } 20 \text{ g} = \frac{\text{پتاسیم دی کرومات } 10 \text{ g}}{50 \text{ g H}_2\text{O}} \times 100 \text{ g H}_2\text{O} = 40 \text{ g پتاسیم دی کرومات}$$

۲۰۰ B با توجه به نمودار، انحلال پذیری پتاسیم کلرید در دمای 75°C تقریباً برابر 50 گرم است:

$$? \text{ مقدار رسوب} = \frac{(50 - S_2) \text{ g رسوب}}{(100 + 50) \text{ g محلول}} = 10 \text{ g} \rightarrow 50 - S_2 = \frac{10 \times 150}{150} \rightarrow S_2 = 37.5 \text{ g}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{گرم رسوب } (S_1 - S_2)}{\text{جرم محلول } (100 + S_1)} = \frac{x \text{ گرم رسوب}}{100 + 50} \rightarrow \frac{50 - S_2}{100 + 50} = \frac{10}{150} \rightarrow S_2 = 37.5 \text{ g}$$

روش دوم (تناسب):

در انتها با استفاده از نمودار دمایی که 37.5 گرم پتاسیم کلرید در 100 گرم آب حل می شود را به دست می آوریم، دمای مورد نظر تقریباً برابر 38°C است.

۲۰۱ B ابتدا رسوب تولید شده در اثر کاهش دمای محلول را به دست می آوریم، با توجه به انحلال پذیری پتاسیم نیترات در دماهای 40°C و 20°C می توان گفت که اگر دمای 160 گرم از این محلول را از 40°C به 20°C کاهش دهیم 30 گرم رسوب تولید خواهد شد:

$$\left. \begin{array}{l} \text{محلول } 160 \text{ g KNO}_3 + 100 \text{ g H}_2\text{O} = 160 \text{ g KNO}_3 \text{ در دمای } 40^\circ\text{C} \\ \text{محلول } 160 \text{ g KNO}_3 + 100 \text{ g H}_2\text{O} = 130 \text{ g KNO}_3 \text{ در دمای } 20^\circ\text{C} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{جرم رسوب} = 160 - 130 = 30 \text{ g}$$

حال باید جرم رسوب حاصل از کاهش دمای گرم محلول سیر شده پتاسیم نیترات را به دست آوریم:

$$? \text{ رسوب } 15 \text{ g} = \frac{\text{رسوب } 30 \text{ g}}{\text{محلول } 160 \text{ g KNO}_3} \times \text{محلول } 80 \text{ g KNO}_3$$

در انتها باید محاسبه کنیم که برای حل شدن 15 گرم نمک پتاسیم نیترات در آب و در دمای 20°C ، حداقل چند گرم آب نیاز داریم:

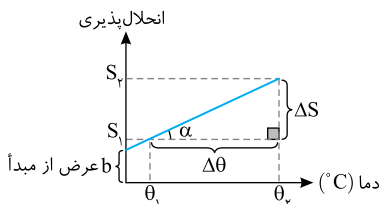
$$? \text{ g H}_2\text{O} = 15 \text{ g KNO}_3 \times \frac{100 \text{ g H}_2\text{O}}{30 \text{ g KNO}_3} = 50 \text{ g H}_2\text{O}$$

معادله انحلال پذیری بر حسب دما

کلاس درس

۳۳

۱- برای حل شونده‌هایی که رابطه انحلال پذیری آن‌ها با دما به صورت خطی است، می‌توان با محاسبه شیب و عرض از مبدأ نمودار انحلال پذیری آن‌ها، معادله انحلال پذیری آن‌ها را بر حسب دما تعیین نمود.



$$\left. \begin{aligned} \text{شیب: } a &= \tan \alpha = \frac{\Delta S}{\Delta \theta} = \frac{S_2 - S_1}{\theta_2 - \theta_1} \\ \text{معادله انحلال پذیری بر حسب دما: } S &= a\theta + b \\ \text{عرض از مبدأ} &= b \end{aligned} \right\}$$

در این رابطه S_1 و S_2 به ترتیب انحلال پذیری در دمای θ_1 و θ_2 است. در ضمن b نیز انحلال پذیری در دمای 0°C است.

۲- با توجه به معادله انحلال پذیری، می‌توان انحلال پذیری ترکیب مورد نظر را در هر دمایی به دست آورد.

نویس به عنوان مثال، برای سدیم نیترات که معادله انحلال پذیری آن به صورت $S = 0.8\theta + 72$ است، در دمای 60°C انحلال پذیری آن به صورت زیر

$$S = 0.8\theta + 72 \xrightarrow{\theta = 60^\circ\text{C}} S = (0.8 \times 60) + 72 = 120\text{g}$$

به دست می‌آید:

بنابراین انحلال پذیری سدیم نیترات در دمای 60°C ، برابر 120 گرم در 100 گرم آب است.

۳- برای محاسبه سریع معادله انحلال پذیری یک حل شونده بر حسب دما به کمک دو نقطه از نمودار انحلال پذیری آن (در صورتی که خطی باشد) می‌توان از

$$\frac{S - S_1}{S_2 - S_1} = \frac{\theta - \theta_1}{\theta_2 - \theta_1}$$

رابطه روبه‌رو استفاده نمود:

نویس پس از جایگذاری نقاط در معادله بالا باید آن را به فرم $S = a\theta + b$ بنویسید.

مثال ۱: با توجه به جدول زیر که مربوط به انحلال پذیری ترکیب KCl است و نیز معادله انحلال پذیری NaNO_3 که به صورت $S = 0.8\theta + 72$ است،

$\theta (^\circ\text{C})$	0	20	40	60
$S \left(\frac{\text{g KCl}}{100\text{g H}_2\text{O}} \right)$	27	33	39	46

به سؤالات زیر پاسخ دهید:

- معادله انحلال پذیری پتاسیم کلرید به چه صورت است؟
- نمودار انحلال پذیری پتاسیم کلرید صعودی یا نزولی است؟
- تأثیر دما بر انحلال پذیری دو ترکیب را مقایسه کنید.
- در دمای یکسان انحلال پذیری کدام یک بیشتر است؟

راه حل: الف) با توجه به جدول، انحلال پذیری ترکیب KCl ، شیب و عرض از مبدأ معادله آن را به دست می‌آوریم:

$$S = \left(\frac{S_2 - S_1}{\theta_2 - \theta_1} \right) \theta + b \rightarrow S = \left(\frac{46 - 39}{60 - 40} \right) \theta + 27 \rightarrow S = 0.35\theta + 27$$

ب) با توجه به جدول انحلال پذیری KCl ، با افزایش دما، انحلال پذیری نیز افزایش می‌یابد، بنابراین نمودار انحلال پذیری KCl صعودی است.

پ) معادله انحلال پذیری KCl به صورت $S = 0.35\theta + 27$ و معادله انحلال پذیری NaNO_3 به صورت $S = 0.8\theta + 72$ است، بنابراین چون

شیب نمودار انحلال پذیری سدیم نیترات بزرگ‌تر است، پس تأثیر دما بر انحلال پذیری آن بیشتر خواهد بود.

ت) با توجه به معادله انحلال پذیری KCl و NaNO_3 ، کاملاً مشخص است که در دمای یکسان انحلال پذیری، NaNO_3 بیشتر از KCl است.

کلاس درس

جمع‌بندی

در معادله انحلال پذیری $(S = m\theta + S_0)$

- اگر علامت شیب (m) منفی باشد \leftarrow با افزایش دما، انحلال پذیری کاهش می‌یابد.
- اگر علامت شیب (m) مثبت باشد \leftarrow با افزایش دما، انحلال پذیری افزایش می‌یابد.
- هر چه اندازه m (قدر مطلق m) بیشتر باشد، می‌توان گفت: دما تأثیر بیشتری بر انحلال پذیری دارد.
- S_0 انحلال پذیری در دمای 0°C است.

با توجه به معادله، انحلال پذیری KCl در دمای 80°C ، برابر $50\text{g} = 3 \times 80 + 26$ است، پس می‌توان گفت: در این دما، در 100 گرم آب، حداکثر 50 گرم KCl حل می‌شود، بنابراین حداکثر مقدار پتاسیم کلرید حل شده در 200 گرم آب را به دست می‌آوریم:

$$\begin{bmatrix} 100(\text{g H}_2\text{O}) & 50(\text{g KCl}) \\ 200(\text{g H}_2\text{O}) & X(\text{g KCl}) \end{bmatrix} \Rightarrow X = 100\text{g KCl}$$

بنابراین، در دمای 8°C ، در 200 گرم آب، حداکثر 100 گرم KCl حل می‌شود.

۲۰۳ (B) باید معادله انحلال پذیری دو ترکیب را به دست آوریم و سپس با برابر قرار دادن معادله‌ها، دمایی که انحلال پذیری دو ترکیب یکسان می‌شود را محاسبه کنیم، بنابراین براساس مطالب بیان شده، با توجه به جدول، شیب، عرض از مبدأ و در نتیجه معادله انحلال پذیری دو ترکیب NaCl و KCl را به دست می‌آوریم:
ترکیب KCl :

$$S_p: 6^{\circ}\text{C} = 46\text{g} \quad S_1: 0^{\circ}\text{C} = 27\text{g} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{شیب} = \frac{S_p - S_1}{\theta_p - \theta_1} = \frac{46\text{g} - 27\text{g}}{6 - 0} = \frac{19}{6} \end{array} \right. , \quad \text{انحلال پذیری در دمای } 0^{\circ}\text{C} = \text{عرض از مبدأ}$$

بنابراین معادله انحلال پذیری KCl به صورت $S = 0/3\theta + 27$ است.

ترکیب NaCl :

$$S_p: 6^{\circ}\text{C} = 39\text{g} \quad S_1: 0^{\circ}\text{C} = 33\text{g} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{شیب} = \frac{S_p - S_1}{\theta_p - \theta_1} = \frac{39\text{g} - 33\text{g}}{6 - 0} = \frac{6}{6} = 1 \end{array} \right. , \quad \text{انحلال پذیری در دمای } 0^{\circ}\text{C} = \text{عرض از مبدأ}$$

بنابراین معادله انحلال پذیری NaCl به صورت $S = 0/1\theta + 33$ است.

با توجه به مسئله، معادله انحلال پذیری دو ترکیب KCl و NaCl را برابر قرار می‌دهیم:

$$0/1\theta + 33 = 0/3\theta + 27 \Rightarrow \theta = 30^{\circ}\text{C}$$

پس در دمای 30°C ، انحلال پذیری دو ترکیب KCl و NaCl یکسان می‌شود.

۲۰۴ (B) چون در دو دما، انحلال پذیری ترکیب مورد نظر بیان شده است، پس می‌توانیم، معادله انحلال پذیری این ترکیب را به دست آوریم:

$$S = \left(\frac{S_p - S_1}{\theta_p - \theta_1} \right) \theta + b \Rightarrow S = \left(\frac{9 - 68}{22 - 0} \right) \theta + 68 \Rightarrow S = \theta + 68$$

حال می‌توانیم انحلال پذیری آن را در دمای 32°C محاسبه می‌کنیم:

$$S = \theta + 68 \xrightarrow{\theta = 32^{\circ}\text{C}} S = 32 + 68 = 100\text{g}$$

انحلال پذیری در دمای 32°C ، برابر 100g است، بنابراین در 200 گرم محلول (ترکیب $100\text{g H}_2\text{O} + 100\text{g}$)، نیز 100 گرم حل شونده حل شده است، پس

$$\left[\begin{array}{cc} 200 \text{ (محلول g)} & 100 \text{ (حل شونده g)} \\ 300 \text{ (محلول g)} & X \text{ (حل شونده g)} \end{array} \right] \Rightarrow X = 150\text{g}$$

حداکثر مقدار حل شونده را در 300 گرم محلول به دست می‌آوریم:

$$S = 0/2\theta + 20 \xrightarrow{\theta = 50^{\circ}\text{C}} S = 30\text{g} \quad \text{۲۰۵ (C)}$$

با توجه به انحلال پذیری ترکیب در دمای 50°C ، می‌توان گفت: در هر 100 گرم آب، حداکثر 30g ترکیب حل می‌شود، بنابراین در 130 گرم محلول (حل شونده $100\text{g H}_2\text{O} + 30\text{g}$)، نیز، 30 گرم حل شونده وجود دارد، بنابراین می‌توان گفت:

$$\frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}} = \frac{130}{x} \Rightarrow x = 100\text{mL} = 0/1\text{L}$$

$$\text{حل شونده} = \frac{\text{حل شونده}}{\text{حل شونده}} \times \text{حل شونده} = \frac{1\text{mol}}{4\text{g}} \times 3\text{g} = 0/75\text{mol}$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مقدار حل شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{0/75}{0/1} = 0/75 = 7/5\text{mol.L}^{-1}$$

$$\frac{10 \times a \times d}{M} \Rightarrow 7/5 = \frac{10 \times a \times 1/3}{40} \Rightarrow a \approx 23\% \quad \text{برای محاسبه درصد جرمی محلول، می‌توان به صورت روبه‌رو عمل کرد:}$$

۲۰۶ (A) عبارتهای (الف)، (ب) و (ت) درست هستند. بررسی عبارتهای:

$$S = \frac{(S_p - S_1)}{(\theta_p - \theta_1)} \theta + b \Rightarrow S = \left(\frac{80 - 72}{10 - 0} \right) \theta + 72 \Rightarrow S = 0/8\theta + 72$$

عبارت (الف): برای تعیین معادله انحلال یک ترکیب باید شیب و عرض از مبدأ را به دست بیاوریم.

عبارت (ب): با توجه به جدول، با افزایش دما، انحلال پذیری ترکیب A افزایش می‌یابد، بنابراین نمودار انحلال پذیری ترکیب A ، صعودی است.

$$\text{عبارت (پ): با توجه به جرم مولی ترکیب } A, \text{ مقدار جرم آن را به دست می‌آوریم:} \quad \text{g } A = 0/5 \text{ mol } A \times \frac{150\text{g } A}{1 \text{ mol } A} = 75\text{g } A$$

با توجه به جدول، در دمای 15°C ، انحلال پذیری ترکیب A عددی بین 80 تا 88 گرم است، بنابراین از انحلال 75 گرم ترکیب A در 100 گرم آب در دمای 15°C محلول سیرنشده تشکیل می‌شود.

عبارت (ت): با توجه به جدول، نمودار انحلال ترکیب A صعودی است، بنابراین با افزایش دمای محلول سیرشده ترکیب A ، در زیر منحنی قرار گرفته، در نتیجه محلول سیرنشده تشکیل می‌شود.

۲۰۷ (A) عبارتهای (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): با توجه به معادله، در دمای 60°C ، انحلال پذیری $S=0/8 \times 60 + 72 = 120\text{g}$ است، بنابراین در این دما، حداکثر 120 گرم ترکیب موردنظر در 100 گرم آب حل می‌شود.

عبارت (ب): با توجه به جرم محلول و حل‌شونده، جرم حلال را به دست می‌آوریم:

$$\text{حلال } X = 300\text{g} \Rightarrow \text{حلال } X\text{g} + \text{حل‌شونده } 400\text{g} = \text{محلول } 700\text{g} \Rightarrow \text{جرم حلال} + \text{جرم حل‌شونده} = \text{جرم محلول}$$

با توجه به معادله، در دمای 80°C ، انحلال پذیری $S=0/8 \times 80 + 72 = 136\text{g}$ است، یعنی در هر 100 گرم آب، حداکثر 136 گرم ترکیب حل می‌شود، بنابراین

$$\left[\begin{array}{l} 100\text{g } \text{H}_2\text{O} \quad 136\text{g (ترکیب)} \\ 300\text{g } \text{H}_2\text{O} \quad X\text{g (ترکیب)} \end{array} \right] \Rightarrow \text{حل‌شونده } X = 408\text{g}$$

بنابراین از حل کردن 408 گرم ترکیب موردنظر در 300 گرم آب، محلول سیرشده به دست می‌آید، پس با حل کردن 400 گرم ترکیب در 300 گرم آب در دمای 80°C محلول سیرنشده حاصل می‌شود که پایدار است.

عبارت (پ): با توجه به این که شیب نمودار $(0/8)$ یک عدد مثبت است، بنابراین نمودار انحلال پذیری صعودی بوده و با افزایش دما، انحلال پذیری ترکیب بیشتر می‌شود.

عبارت (ت): با توجه به معادله انحلال پذیری، انحلال پذیری ماده را در دماهای 50°C و 30°C به دست می‌آوریم:

$$50^{\circ}\text{C}: S = 0/8 \times 50 + 72 \Rightarrow S = 112\text{g} \quad 30^{\circ}\text{C}: S = 0/8 \times 30 + 72 \Rightarrow S = 96\text{g}$$

بنابراین اگر 112 گرم محلول سیرشده این ماده را از دمای 50°C تا 30°C سرد کنیم، 16 گرم $(112 - 96)$ رسوب تشکیل می‌شود. حال اگر 28 گرم از محلول سیرشده این ماده را از دمای 50°C تا 30°C سرد کنیم 4 گرم رسوب تشکیل می‌شود:

$$\text{رسوب } 4\text{g} = \frac{\text{رسوب } 16\text{g}}{\text{محلول } 112\text{g}} \times \text{محلول } 28\text{g} = \text{رسوب } 4\text{g} \quad ?$$

۲۰۸ (A) با توجه به جدول، شیب نمودار انحلال پذیری دو ترکیب A و B را به دست می‌آوریم:

$$\text{شیب } \rightarrow \text{ترکیب } A = \frac{S_2 - S_1}{\theta_2 - \theta_1} = \frac{88 - 80}{20 - 10} = 0/8 = X, \quad \text{شیب } \rightarrow \text{ترکیب } B = \frac{S_2 - S_1}{\theta_2 - \theta_1} = \frac{65 - 55}{30 - 20} = 1 = Y$$

بنابراین حاصل $X + Y$ برابر $1/8$ می‌شود. بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه (۱): در دمای 35°C انحلال پذیری ترکیب A عددی بین 96 تا 104 و انحلال پذیری ترکیب C عددی بین 36 تا 39 است، بنابراین انحلال پذیری ترکیب A در دمای 35°C بیشتر خواهد بود.

گزینه (۲): برای دو ترکیب B و C با افزایش دما انحلال پذیری افزایش می‌یابد، بنابراین نمودار آن‌ها صعودی است و طبق نکات بیان شده، در نمودارهای صعودی با افزایش دما محلول سیرشده، به زیر منحنی منتقل شده و در نتیجه محلول سیرنشده تشکیل می‌شود.

گزینه (۴): در هر سه ترکیب، با افزایش دما، انحلال پذیری افزایش می‌یابد، بنابراین نمودار انحلال پذیری آن‌ها صعودی است.

۲۰۹ (C) ابتدا انحلال پذیری نمک A را در دماهای 20°C و 60°C به دست می‌آوریم. در دمای 20°C غلظت محلول سیرشده این نمک برابر

$$\text{ppm} = 2 \times 10^5 \text{ است بنابراین درصد جرمی آن برابر } 20 \text{ درصد است:}$$

در نتیجه در 100 گرم از محلول این نمک، 20 گرم نمک A و 80 گرم آب وجود دارد، حال برای به دست آوردن انحلال پذیری نمک در این دما کافی است مقدار نمک حل شده در 100 گرم آب را به دست آوریم:

$$\text{نمک } 25\text{g A} = \frac{20\text{g A}}{80\text{g H}_2\text{O}} \times 100\text{g H}_2\text{O} = 31\text{g A} \quad ?$$

در دمای 60°C درصد جرمی نمک A در محلول برابر 40 درصد است بنابراین در هر 100 گرم محلول 40 گرم نمک A و 60 گرم آب وجود دارد پس

$$\text{نمک } 40\text{g A} = \frac{40\text{g A}}{60\text{g H}_2\text{O}} \times 100\text{g H}_2\text{O} = 66\text{g A} \quad ? \quad \text{انحلال پذیری نمک A در دمای } 60^{\circ}\text{C} \text{ برابر است:}$$

با توجه به این که انحلال پذیری در دمای 40°C را نیز لازم داریم، ابتدا باید معادله انحلال پذیری را به دست آوریم:

$$S - S_1 = \left(\frac{S_2 - S_1}{\theta_2 - \theta_1} \right) (\theta - \theta_1) \Rightarrow S - 25 = \left(\frac{66 - 25}{60 - 20} \right) (\theta - 20) \Rightarrow S = 1/4 \theta + 4/2$$

حال می‌توانیم انحلال پذیری در دمای 40°C را نیز به دست آوریم:

$$S = 1/4 \times 40 + 4/2 = 45/8\text{g}$$

در انتها مقدار رسوب را محاسبه می‌کنیم:

$$\left. \begin{array}{l} 60^{\circ}\text{C}: 66/7\text{g A} \text{ نمک} + 100\text{g H}_2\text{O} = 166/7\text{g} \text{ محلول} \\ 40^{\circ}\text{C}: 45/8\text{g A} \text{ نمک} + 100\text{g H}_2\text{O} = 145/8\text{g} \text{ محلول} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{رسوب} = 166/7 - 145/8 = 20/9\text{g}$$

بنابراین اگر ۱۶۶/۷ گرم محلول را از دمای ۶۰°C تا ۴۰°C سرد کنیم، ۲۰/۹ گرم رسوب تشکیل می‌شود، حال باید ببینیم در اثر سرد کردن ۸۳/۳۵ گرم از این محلول چقدر رسوب تشکیل می‌شود.

$$\text{رسوب } ۱۰/۴۵\text{g} = \frac{\text{رسوب } ۲۰/۹\text{g}}{\text{محلول } ۱۶۶/۷\text{g}} \times \text{محلول } ۸۳/۳۵\text{g} = \text{رسوب } ?\text{g}$$

ابتدا انحلال‌پذیری نمک A را در دمای ۴۵°C به دست می‌آوریم: $S = ۰/۰۶ \times ۴۵ + ۲۷/۳ = ۲۵\text{g}$ **۲۱۰**

بنابراین در محلول سیرشده این نمک در دمای ۴۵°C، به ازای ۱۰۰ گرم آب، ۲۵ گرم نمک A وجود دارد بنابراین جرم محلول برابر ۱۲۵ گرم است، بنابراین

$$\text{داریم: } \text{غلظت ppm} = ۲ \times ۱۰^۵ \text{ ppm} = \frac{۲۵}{۱۲۵} \times ۱۰^۶ \Rightarrow \text{غلظت ppm} = \frac{\text{جرم نمک A}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰^۶$$

ابتدا با استفاده از غلظت محلول در دمای مجهول، مقدار نمک موجود در ۱۰۰ گرم آب را به دست می‌آوریم: **۲۱۱**

$$? \text{g K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = ۱۰۰\text{g H}_2\text{O} \times \frac{۱\text{mL H}_2\text{O}}{۱\text{g H}_2\text{O}} \times \frac{۱\text{L}}{۱۰۰۰\text{mL}} \times \frac{\Delta \text{mol K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{۱\text{L H}_2\text{O}} \times \frac{۲۵۲\text{g K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{۱\text{mol K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = ۱۲/۶\text{g K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$$

بنابراین انحلال‌پذیری در دمای مورد نظر برابر ۱۲/۶ گرم است که بر اساس نمودار داده شده، در دمای حدود ۲۰°C این اتفاق رخ می‌دهد. حال اگر دمای محلول را از ۹۰°C تا ۲۰°C کاهش دهیم، به‌ازای هر ۱۰۰ گرم آب مقدار ۵۷/۴ گرم (۷۰-۱۲/۶=۵۷/۴) رسوب تشکیل می‌شود، حال باید مقدار رسوب تشکیل شده به‌ازای ۵۰۰ گرم آب را به دست آوریم:

$$\text{رسوب } ۲۸۷\text{g} = ۵۰۰\text{g H}_2\text{O} \times \frac{\text{رسوب } ۵۷/۴\text{g}}{۱۰۰\text{g H}_2\text{O}}$$

جرم مولی $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ برابر $۲۹۴\text{g}\cdot\text{mol}^{-۱}$ است که در این سؤال $۲۵۲\text{g}\cdot\text{mol}^{-۱}$ در نظر گرفته شده است! **تویه**

ابتدا مقدار مول سرب (II) کلرید (PbCl_2) را به دست می‌آوریم: **۲۱۲**

$$? \text{mol PbCl}_2 = ۰/۱۳۹۱\text{g PbCl}_2 \times \frac{۱\text{mol PbCl}_2}{۲۷۸/۲\text{g PbCl}_2} = ۵/۱۰^{-۴} \text{mol PbCl}_2$$

اگر از تغییر حجم ناشی از اضافه کردن ۰/۱۳۹۱ گرم PbCl_2 صرف‌نظر کنیم، حجم محلول برابر با حجم ۱۰۰ گرم آب خواهد بود:

$$? \text{H}_2\text{O} = ۱۰۰\text{g H}_2\text{O} \times \frac{۱\text{mL H}_2\text{O}}{۱\text{g H}_2\text{O}} \times \frac{۱\text{L}}{۱۰۰۰\text{mL}} = ۰/۱\text{L H}_2\text{O}$$

$$\text{حال می‌توانیم غلظت مولی محلول سیرشده } \text{PbCl}_2 \text{ را به دست آوریم: } \text{غلظت مولی} = \frac{\text{تعداد مول حل‌شونده}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{۵ \times ۱۰^{-۴}}{۰/۱\text{L}} = ۵ \times ۱۰^{-۳} \text{mol}\cdot\text{L}^{-۱}$$

بررسی گزینه‌ها: **۲۱۳**

گزینه (۱): انحلال‌پذیری هر ۴ ماده با افزایش دما، افزایش یافته است.

گزینه (۲): به‌ازای تغییر دما از ۲۰°C تا ۵۰°C، انحلال‌پذیری KNO_3 افزایش بیشتری داشته است، بنابراین شیب نمودار انحلال‌پذیری بر حسب دما برای این ماده نسبت به سه ماده دیگر بیشتر است.

گزینه (۳): در دمای ۲۰°C در ۱۰۰ گرم آب، ۵۵ گرم $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ حل می‌شود بنابراین در این دما در ۲۵۰ گرم آب ۱۳۷/۵ گرم $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ حل می‌شود:

$$? \text{g Pb}(\text{NO}_3)_2 = ۲۵۰\text{g H}_2\text{O} \times \frac{۵۵\text{g Pb}(\text{NO}_3)_2}{۱۰۰\text{g H}_2\text{O}} = ۱۳۷/۵\text{g Pb}(\text{NO}_3)_2$$

بنابراین اگر در ۲۵۰ گرم آب، ۱۳۷/۵ گرم $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ حل شود، محلول سیرشده است و اگر ۱۵۰ گرم $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ حل شود محلول فراسیرشده است.

گزینه (۴): جرم پتاسیم کلرات (KClO_3) موجود در ۵۰۰ گرم محلول سیرشده آن در دمای ۲۰°C را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{g KClO}_3 = ۵۰۰\text{g محلول KClO}_3 \times \frac{۶\text{g KClO}_3}{(۱۰۰+۶)\text{g محلول KClO}_3} = ۲۸/۳\text{g KClO}_3$$

با توجه به معادله تفکیک CaSO_4 و مقدار یون Ca^{2+} ، مقدار کلسیم سولفات حل‌شده در ۵۰۰ گرم آب را به دست می‌آوریم: **۲۱۴**

$$? \text{g CaSO}_4 = ۱\text{g Ca}^{2+} \times \frac{۱\text{mol Ca}^{2+}}{۴۰\text{g Ca}^{2+}} \times \frac{۱\text{mol CaSO}_4}{۱\text{mol Ca}^{2+}} \times \frac{۱۳۶\text{g CaSO}_4}{۱\text{mol CaSO}_4} = ۳/۴\text{g CaSO}_4$$

با توجه به انحلال‌پذیری CaSO_4 ، در ۱۰۰ گرم آب، حداکثر ۱/۰۲ گرم از این نمک در آب حل می‌شود، حال حداکثر مقدار کلسیم سولفات حل‌شده در ۵۰۰

$$\begin{bmatrix} ۱۰۰\text{g H}_2\text{O} & ۱/۰۲\text{g CaSO}_4 \\ ۵۰۰\text{g H}_2\text{O} & X\text{g CaSO}_4 \end{bmatrix} \Rightarrow X = ۵/۱\text{g CaSO}_4$$

بنابراین در ۵۰۰ گرم آب، حداکثر ۵/۱ گرم کلسیم سولفات حل می‌شود، این در حالی است که محلول موردنظر دارای ۳/۴ گرم کلسیم سولفات است، بنابراین

$\frac{5}{1} - \frac{3}{4} = \frac{1}{4} \text{g}$ کلسیم سولفات دیگر را می‌توان در این محلول حل کرد.

۲۱۵ (B) نقطه A نشان می‌دهد که محلول دارای ۶۰g حل‌شونده در ۱۰۰g آب است. **بررسی گزینه‌ها:**

گزینه (۱): انحلال‌پذیری KCl در دمای ۲۰°C برابر ۳۲g در ۱۰۰g آب است، بنابراین اگر محلول KCl از ۷۰°C تا ۲۰°C سرد شود، $60 - 32 = 28 \text{g}$ رسوب تشکیل می‌شود.

گزینه (۲): انحلال‌پذیری NaNO_3 در دمای ۲۰°C برابر ۸۸g در ۱۰۰g آب است که از ۶۰g مربوط به نقطه A بیشتر است، بنابراین اگر محلول NaNO_3 از دمای ۷۰°C تا ۲۰°C سرد شود، رسوبی تشکیل نمی‌شود و هم‌چنان محلول NaNO_3 سیر نشده باقی می‌ماند.

گزینه (۳): انحلال‌پذیری $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ در دمای ۲۰°C برابر ۱۲g در ۱۰۰g آب است، بنابراین اگر محلول $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ از ۷۰°C تا ۲۰°C سرد شود، $60 - 12 = 48 \text{g}$ رسوب تشکیل می‌شود.

گزینه (۴): انحلال‌پذیری $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ در دمای ۲۰°C برابر ۵۵g در ۱۰۰g آب است، بنابراین اگر محلول $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ از ۷۰°C تا ۲۰°C سرد شود، $60 - 55 = 5 \text{g}$ رسوب تشکیل می‌شود.

۲۱۶ (B) در هر ۱۰۰ گرم آب، حداکثر ۴۷ گرم آمونیاک حل می‌شود، بنابراین در ۱۴۷ گرم محلول ($100 \text{g H}_2\text{O} + 47 \text{g NH}_3$) نیز، ۴۷g آمونیاک حل شده است، بنابراین حجم و غلظت مولی محلول را به دست می‌آوریم:

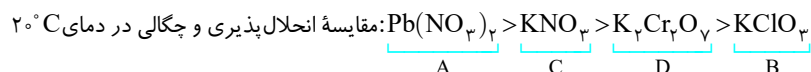
$$? \text{ mol NH}_3 = 47 \text{g NH}_3 \times \frac{1 \text{ mol NH}_3}{17 \text{g NH}_3} = 2.76 \text{ mol NH}_3$$

$$\frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}} = \frac{147 \text{g محلول}}{0.163 \text{ L}} = 9018.4 \text{ g.L}^{-1}$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{2.76 \text{ mol NH}_3}{0.163 \text{ L محلول}} = 16.93 \text{ mol.L}^{-1}$$

۲۱۷ (B) شیب نمودار انحلال‌پذیری پتاسیم نیترات (KNO_3) از سه ترکیب دیگر بیشتر است، بنابراین تأثیر تغییر دما بر انحلال‌پذیری آن بیشتر بوده و بر اثر کاهش دمای محلول، جرم جامدی که ته‌نشین می‌شود، بیشتر است. ضمناً در دمای ۱۰°C انحلال‌پذیری سرب (II) نیترات ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) از سه ترکیب دیگر بیشتر است، پس محلول سیرشده سرب (II) نیترات در این دما، بیشترین غلظت را بر حسب گرم بر کیلوگرم حلال دارد.

هرچه انحلال‌پذیری نمک بیشتر باشد، مقدار بیشتری از آن در جرم و حجم معینی از آب حل می‌شود، در نتیجه محلول بیشتر افزایش یافته و چون حجم محلول ثابت فرض شده است، چگالی محلول نیز بیشتر افزایش می‌یابد. بنابراین مقایسه چگالی محلول‌ها همان مقایسه انحلال‌پذیری ترکیب‌ها در آب است:



۲۱۹ (B)

$$\left. \begin{array}{l} \text{محلول } 50 \text{g KClO}_3 + 100 \text{g H}_2\text{O} = 150 \text{g} \text{ در دمای } 94^\circ\text{C} \\ \text{محلول } 10 \text{g KClO}_3 + 100 \text{g H}_2\text{O} = 110 \text{g} \text{ در دمای } 29^\circ\text{C} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{جرم محلول} = 150 - 110 = 40 \text{g}$$

بنابراین، مقدار رسوب تشکیل شده به ازای کاهش دمای ۹۰۰ گرم محلول را به روش تناسب به دست می‌آوریم:

$$\left[\begin{array}{cc} 150 \text{ (g محلول)} & 40 \text{ (g رسوب)} \\ 110 \text{ (g محلول)} & X \text{ (g رسوب)} \end{array} \right] \Rightarrow X = 24 \text{ g رسوب}$$

با توجه به جرم محلول و رسوب، جرم محلول باقی‌مانده را به دست می‌آوریم:

$$\text{محلول باقی‌مانده} = 66 \text{g} = \text{رسوب} - 24 \text{g} - \text{محلول} = 90 \text{g} - \text{جرم رسوب} - \text{جرم محلول} = \text{جرم محلول باقی‌مانده}$$

۲۲۰ (B) **۳** غلظت مولی محلول برابر $2/5 \text{ mol.L}^{-1}$ است، یعنی در هر ۱ لیتر محلول، ۲/۵ مول نمک حل‌شده و محلول سیرشده به دست آمده است، بنابراین انحلال‌پذیری نمک را به دست می‌آوریم:

برای محاسبه انحلال‌پذیری نمک، نیاز به جرم نمک و جرم حلال داریم. با توجه به جرم مولی نمک و مقدار مول آن، جرم نمک (حل‌شونده) را به دست می‌آوریم:

$$\text{نمک } 200 \text{g} = \frac{80 \text{g نمک}}{1 \text{mol نمک}} \times 2.5 \text{mol نمک} = 200 \text{g نمک}$$

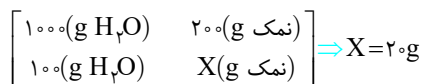
با توجه به چگالی محلول، جرم آن را به دست می‌آوریم:

$$\text{حجم محلول} = 1 \text{L} = 1000 \text{mL}, \quad \text{چگالی محلول} = 1/2 \text{g.mL}^{-1}$$

$$\text{محلول } 1200 \text{g} = \frac{X \text{g محلول}}{1000 \text{mL محلول}} \Rightarrow X = 1200 \text{g}$$

$$\text{حلال} \text{ آب } X = 1000 \text{g} \Rightarrow \text{حلال } X \text{g} + \text{نمک } 200 \text{g} = \text{محلول } 1200 \text{g} \Rightarrow \text{جرم حلال} + \text{جرم حل‌شونده} = \text{جرم محلول}$$

بنابراین در ۱۰۰۰ گرم آب (حلال)، حداکثر ۲۰۰ گرم نمک حل‌شده و محلول سیرشده به دست می‌آید، بنابراین براساس تعریف انحلال‌پذیری، مقدار نمک



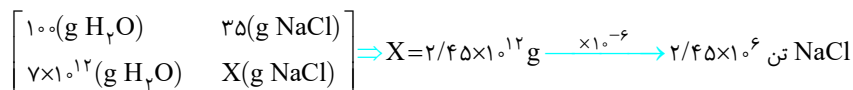
حل شده در ۱۰۰ گرم آب (حلال) را به دست می آوریم:

پس انحلال پذیری نمک مورد نظر برابر ۲۰ گرم در ۱۰۰ گرم آب است.

با توجه به این که، $1m^3 = 10^6 mL$ است، جرم آب را به دست می آوریم: **۲۲۱**

$$\frac{\text{جرم آب}}{\text{حجم آب}} = \text{چگالی آب} \Rightarrow \text{جرم آب} = 1g \cdot mL^{-1} \times 7 \times 10^{12} mL = 7 \times 10^{12} g$$

با توجه به نمودار انحلال پذیری، در دمای $25^\circ C$ ، در هر ۱۰۰ گرم آب، ۳۵g سدیم کلرید حل می شود، بنابراین مقدار نمک حل شده در 7×10^{12} آب به دست می آوریم:



$$? \text{ mol NaCl} = 2/45 \times 10^6 \text{ تن} \times \frac{10^6 g \text{ NaCl}}{1 \text{ تن NaCl}} \times \frac{1 \text{ mol NaCl}}{58.5 g \text{ NaCl}} = 4/2 \times 10^6 \text{ mol NaCl}$$

محاسبه مولاریته:

$$\text{مولاریته} = \frac{\text{مقدار حل شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{4/2 \times 10^6 \text{ mol NaCl}}{7 \times 10^9 L \text{ آب}} = 6 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

۲۲۲

$$? \text{ mol KNO}_3 = 2L \text{ H}_2\text{O} \times \frac{1000 mL}{1 L} \times \frac{1 g \text{ H}_2\text{O}}{1 mL \text{ H}_2\text{O}} \times \frac{61 g \text{ KNO}_3}{100 g \text{ H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ mol KNO}_3}{101 g \text{ KNO}_3} = 12/08 \text{ mol KNO}_3$$

ابتدا باید جرم ساکارز حل شده در ۲۵۰ گرم آب را به دست آوریم: **۲۲۳**

$$? g \text{ C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} = 250 \text{ آب} \times \frac{205 g \text{ C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}{100 g} = 512/5 g \text{ C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$$

$$\text{جرم محلول} = \text{جرم آب} + \text{جرم ساکارز} = 512/5 g + 250 g = 762/5 g$$

$$? \text{ mol C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} = 250 g \text{ آب} \times \frac{205 g \text{ C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}{100 g} \times \frac{1 \text{ mol C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}{342 g \text{ C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}} = 1/5 \text{ mol}$$

تعداد مول های حل شونده برابر است با:

۲۲۴

$$\text{ppm} = \frac{\text{میلی گرم های حل شونده}}{\text{لیتر محلول}} \Rightarrow 2 = \frac{1 g \text{ AgCl} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 g}}{V} = \frac{1000}{V} \Rightarrow V = 500 L \text{ محلول}$$

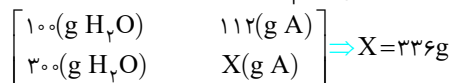
۲۲۵ عبارت های (ب)، (پ) و (ت) صحیح هستند. بررسی عبارت ها:

عبارت (الف): بر اساس معادله های انحلال پذیری داده شده، در دمای $50^\circ C$ ، انحلال پذیری دو ترکیب A و B را به دست می آوریم:

$$A: S = 0/80 + 72 \xrightarrow{t=50^\circ C} A = 72g, \quad B: S = 0/30 + 27 \xrightarrow{t=50^\circ C} B = 27g$$

بنابراین انحلال پذیری ترکیب A در دمای $50^\circ C$ ، $2/6$ برابر (کمتر از ۳ برابر) انحلال پذیری ترکیب B است.

عبارت (ب): با توجه به معادله انحلال پذیری ترکیب A، در دمای $50^\circ C$ ، انحلال پذیری این ترکیب $0/8 \times 50 + 72 = 112g$ است، بنابراین در ۱۰۰ گرم آب، حداکثر ۱۱۲ گرم ترکیب A حل می شود، پس حداکثر مقدار ترکیب A حل شده در ۳۰۰ گرم آب را به دست می آوریم:



$$? \text{ mol A} = 336g \text{ A} \times \frac{1 \text{ mol A}}{84g \text{ A}} = 4 \text{ mol}$$

با توجه به جرم مولی ترکیب A، مقدار مول آن را به دست می آوریم:

پس با حل کردن ۴ مول ترکیب A در ۳۰۰ گرم آب، محلول سیر شده حاصل می شود.

عبارت (پ): با توجه به معادله انحلال پذیری ترکیب A، انحلال پذیری آن را در دماهای $80^\circ C$ و $60^\circ C$ به دست می آوریم:

$$A: S = 0/8t + 72 \begin{cases} \xrightarrow{t=80^\circ C} S = 0/8 \times 80 + 72 = 136g \\ \xrightarrow{t=60^\circ C} S = 0/8 \times 60 + 72 = 120g \end{cases}$$

$$\left. \begin{array}{l} 80^\circ C \text{ در دمای } 136g \text{ A} + 100g \text{ H}_2\text{O} = 236g \\ 60^\circ C \text{ در دمای } 120g \text{ A} + 100g \text{ H}_2\text{O} = 220g \end{array} \right\} \Rightarrow \text{جرم رسوب} = 236 - 220 = 16g$$

پس در اثر کاهش دمای ۲۳۶ گرم محلول ترکیب A، ۱۶ گرم رسوب ته‌نشین می‌شود. بنابراین مقدار رسوب تشکیل شده در نتیجه کاهش دمای ۲۹۵ گرم محلول ترکیب A را به دست می‌آوریم:

$$\begin{bmatrix} 236 \text{ (g محلول)} & 16 \text{ (g رسوب)} \\ 295 \text{ (g محلول)} & X \text{ (g رسوب)} \end{bmatrix} \Rightarrow X = 20 \text{ g رسوب}$$

عبارت (ت): با توجه به معادله‌های انحلال‌پذیری دو ترکیب A و B، می‌توان گفت؛ چون شیب معادله ترکیب A بیشتر از شیب معادله ترکیب B است، بنابراین افزایش دما، انحلال‌پذیری ترکیب A را بیشتر افزایش می‌دهد.

محاسبه مولاریته محلول: **۲۲۶ (B) ۴**

$$? \text{ mol Mg(NO}_3)_2 = \frac{1}{148 \text{ g Mg(NO}_3)_2} \times \frac{1 \text{ mol Mg(NO}_3)_2}{148 \text{ g Mg(NO}_3)_2} = 1/25 \times 10^{-2} \text{ mol Mg(NO}_3)_2$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مقدار حل‌شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{1/25 \times 10^{-2} \text{ mol Mg(NO}_3)_2}{2 \text{ L محلول}} = 6/25 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$? \text{ g NO}_3^- = 1/25 \times 10^{-2} \text{ mol Mg(NO}_3)_2 \times \frac{2 \text{ mol NO}_3^-}{1 \text{ mol Mg(NO}_3)_2} \times \frac{62 \text{ g NO}_3^-}{1 \text{ mol NO}_3^-} = 1/55 \text{ g NO}_3^-$$

محاسبه غلظت ppm یون نترات:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده (میلی‌گرم)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{1/55 \times 10^3 \text{ mg NO}_3^-}{2 \text{ L محلول}} = 775 \text{ ppm NO}_3^-$$

۲۲۷ (B) ۳ روش اول: جرم یون کربنات (CO_3^{2-}) را در محلول به دست می‌آوریم:

$$\text{چگالی} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow 1/2 \text{ g.mL}^{-1} = \frac{X \text{ g محلول}}{200 \text{ mL محلول}} \Rightarrow X = 240 \text{ g محلول}$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 10^4 \text{ ppm} = \frac{X \text{ g CO}_3^{2-}}{240 \text{ g محلول}} \times 10^6 \Rightarrow X = 24 \text{ g CO}_3^{2-}$$

$$? \text{ mol K}_2\text{CO}_3 = 24 \text{ g CO}_3^{2-} \times \frac{1 \text{ mol CO}_3^{2-}}{60 \text{ g CO}_3^{2-}} \times \frac{1 \text{ mol K}_2\text{CO}_3}{1 \text{ mol CO}_3^{2-}} = 0/4 \text{ mol K}_2\text{CO}_3$$

مقدار مول K_2CO_3 و غلظت مولی آن در محلول

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مقدار حل‌شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{0/4 \text{ mol K}_2\text{CO}_3}{2 \text{ L محلول}} = 0/2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 10^4 \times 10^4 = \frac{\text{ppm}}{10^4} = 10^4 \Rightarrow 10^4 = 10^4$$

روش دوم:

$$\text{مولاریته} = \frac{10 \cdot \text{a.d}}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 \text{ مولاریته} = \frac{10 \times 10^4 / 2}{60} = 0/2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$? \text{ CO}_3^{2-} \text{ مولاریته} = 0/2 \text{ mol.L}^{-1} \text{ K}_2\text{CO}_3 \times \frac{1 \text{ mol CO}_3^{2-}}{1 \text{ mol K}_2\text{CO}_3} = 0/2 \text{ mol.L}^{-1} \text{ CO}_3^{2-}$$

۲۲۸ (C) ۴

استوکیومتری محلول‌ها

کلاس درس

۳۳

در فصل دوم با استوکیومتری واکنش آشنا شدیم. در این کلاس درس می‌خواهیم در مورد استوکیومتری واکنش‌هایی صحبت کنیم که در آن‌ها یک یا تعدادی از گونه‌های شرکت‌کننده در واکنش محلول هستند.

۱- استوکیومتری محلول‌ها و روش‌های کسرهای تبدیل

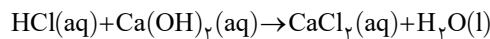
۱- اگر در مسائل استوکیومتری حجم، غلظت مولی، غلظت ppm و یا درصد جرمی یکی از مواد شرکت‌کننده در واکنش داده شد و غلظت یا حجم یا جرم گونه دیگری خواسته شد. مانند تمام مسائل استوکیومتری واکنش ابتدا داده مسئله را با استفاده از کسرهای تبدیل مناسب به مول تبدیل می‌کنیم و سپس با توجه به ضریب استوکیومتری داده سؤال و خواسته سؤال در معادله موازنه شده واکنش، مقدار مول داده سؤال را به مول خواسته سؤال تبدیل می‌کنیم و در

ادامه مول به دست آمده را با توجه خواسته سؤال به گرم، حجم، تعداد و یا غلظت تبدیل می کنیم.
 ۲- کسرهای تبدیل مربوط به انواع غلظت‌ها را که در مسائل استوکیومتری محلول‌ها از آن‌ها استفاده خواهیم کرد، در جدول زیر مشاهده می کنید:

کسرهای تبدیل		مفهوم	نوع غلظت	
محلول 10^6 g حل شونده K g	حل شونده K g محلول 10^6 g	در هر 10^6 گرم محلول، K گرم حل شونده وجود دارد.	اگر محلولی با غلظت K ppm داشته باشیم.	ppm
محلول 100 g حل شونده a g	حل شونده a g محلول 100 g	در هر 100 گرم محلول، a گرم حل شونده وجود دارد.	اگر محلول a درصد جرمی داشته باشیم.	درصد جرمی
محلول 1 L حل شونده M mol	حل شونده M mol محلول 1 L	در هر 1 لیتر محلول، M مول حل شونده وجود دارد.	اگر محلولی M مولار داشته باشیم.	غلظت مولی
محلول $(100+S)$ g حل شونده S g	حل شونده S g محلول $(100+S)$ g	در هر 100 گرم آب S ($100+S$) گرم حل شونده وجود دارد.	اگر محلولی با انحلال پذیری S داشته باشیم.	انحلال پذیری

توجه در حل مسائل استوکیومتری واکنش، کسرهای تبدیل دیگری نیز لازم است که در فصل دوم به آن‌ها اشاره کردیم.

مثال ۱: برای خنثی کردن کامل 700 میلی لیتر محلول هیدروکلریک اسید با غلظت 6 مول بر لیتر، مطابق واکنش زیر چند میلی لیتر محلول کلسیم هیدروکسید با غلظت $3/5$ مول بر لیتر لازم است؟ (معادله واکنش موازنه شود.)



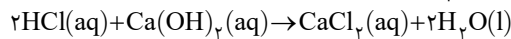
۱۲۰۰ (۴)

۹۰۰ (۳)

۶۰۰ (۲)

۳۰۰ (۱)

راه حل: ابتدا معادله واکنش را موازنه می کنیم و سپس از کسرهای تبدیل استفاده می کنیم:



$$? \text{ mL Ca(OH)}_2 = 700 \text{ mL HCl} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{6 \text{ mol HCl}}{1 \text{ L HCl}} \times \frac{1 \text{ mol Ca(OH)}_2}{2 \text{ mol HCl}} \times \frac{1 \text{ L Ca(OH)}_2}{3/5 \text{ mol Ca(OH)}_2} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$= 600 \text{ mL Ca(OH)}_2 \text{ (گزینه ۲)}$$

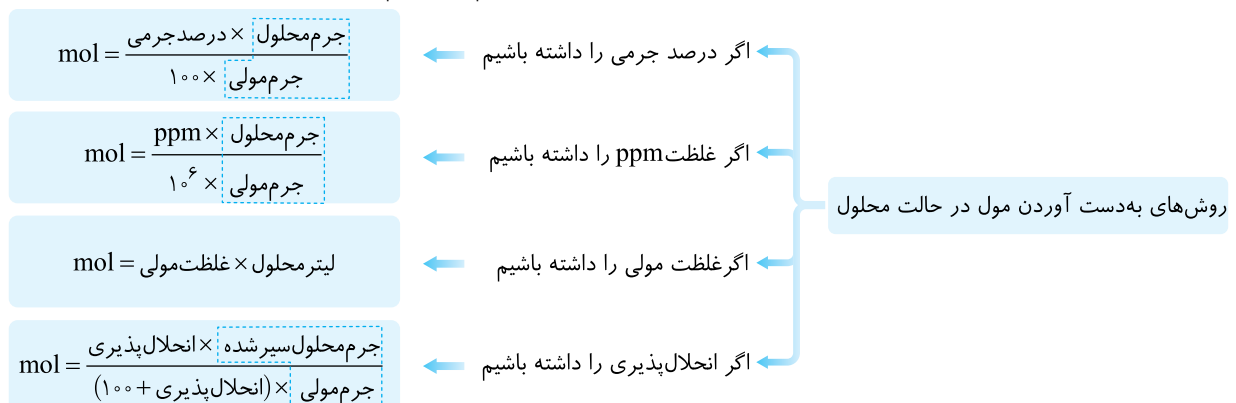
استوکیومتری محلول‌ها و روش تناسب (مول به ضریب)

۱- همان طور که در فصل قبل گفته شد در روش تناسب ابتدا باید داده و خواسته سؤال را به مول تبدیل کرده و سپس از برابری مول به ضریب داده و خواسته سؤال استفاده نمود. مثلاً در واکنشی فرضی $aA \rightarrow bB$ برابری مول به ضریب به صورت روبه‌رو نوشته می شود:

$$\frac{\text{مول A}}{\text{ضریب A}} = \frac{\text{مول B}}{\text{ضریب B}}$$

بنابراین در روش تناسب (مول به ضریب) بسیار مهم است که شما بتوانید داده و خواسته سؤال را به مول تبدیل کنید.

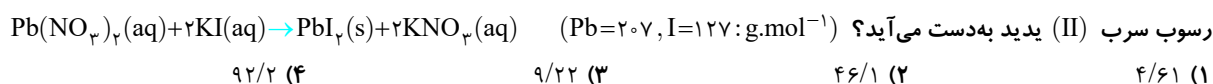
۲- با روش‌های به دست آوردن مول در حالتی که گرم، حجم، چگالی و تعداد را داشته باشیم قبلاً آشنا شدیم. حال می خواهیم روش‌های به دست آوردن مول در حالتی که غلظت ppm، درصد جرمی، غلظت مولی و انحلال پذیری یک ماده محلول را داریم، بیان کنیم.



۳- حال که روش‌های به‌دست آوردن مول در حالت محلول را نیز آموختیم، برای حل مسائل استوکیومتری محلول‌ها به روش تناسب (مول به ضریب) می‌توان با توجه به داده‌های مسئله دو کسر از کسرهای زیر را انتخاب کرده و با تشکیل یک معادله (برابری مول به ضریب داده و خواسته سؤال) مجهول سؤال را به‌دست آورد:

$$\begin{aligned} \frac{\text{مول}}{\text{ضریب}} &= \frac{\text{گرم}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{شمار اتم‌ها یا مولکول‌ها یا یون‌ها}}{N_A \times \text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر گاز (STP)}}{\text{ضریب} \times \frac{22.4}{1000}} = \frac{\text{حجم گاز (L)} \times \text{چگالی گاز (g.L}^{-1}\text{)}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{لیتر گاز (غیر STP)}}{\text{ضریب} \times \left(\frac{\text{L}}{\text{mol}}\right) \times \text{جرم مولی}} \\ &= \frac{\text{جرم محلول سیرشده} \times \text{انحلال پذیری}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی} \times (100 + \text{انحلال پذیری})} = \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ppm}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی} \times 10^6} = \frac{\text{جرم محلول} \times \text{درصد جرمی}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی} \times 100} = \frac{\text{لیتر محلول} \times \text{غلظت مولی}}{\text{ضریب}} \end{aligned}$$

مثال ۲: از واکنش ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۲ مولار پتاسیم یدید با مقدار کافی از محلول سرب (II) نیترات مطابق واکنش موازنه شده زیر، چند گرم



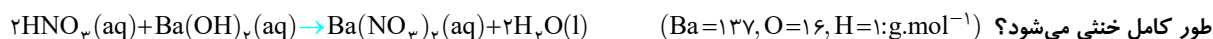
راه‌حل: روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g PbI}_2 = 100 \text{ mL محلول} \times \frac{1 \text{ L محلول}}{1000 \text{ mL محلول}} \times \frac{2 \text{ mol KI}}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1 \text{ mol PbI}_2}{2 \text{ mol KI}} \times \frac{461 \text{ g PbI}_2}{1 \text{ mol PbI}_2} = 46/1 \text{ g PbI}_2$$

$$\frac{\text{KI}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{PbI}_2 \text{ گرم}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \rightarrow \frac{2 \times 0/1}{2} = \frac{x \text{ g PbI}_2}{461 \times 1} \rightarrow x = 46/1 \text{ g PbI}_2 \text{ (گزینه ۲)}$$

روش دوم (تناسب):

مثال ۳: ۴۰۰ میلی لیتر محلول ۲ مولار نیتریک اسید با چند گرم محلول ۸۰ درصد جرمی باریم هیدروکسید مطابق معادله موازنه شده واکنش زیر، به



راه‌حل: روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g Ba(OH)}_2 = 400 \text{ mL HNO}_3 \text{ محلول} \times \frac{1 \text{ L محلول}}{1000 \text{ mL محلول}} \times \frac{2 \text{ mol HNO}_3}{1 \text{ L محلول}} \times \frac{1 \text{ mol Ba(OH)}_2}{2 \text{ mol HNO}_3} \times \frac{171 \text{ g Ba(OH)}_2}{1 \text{ mol Ba(OH)}_2} \times \frac{100 \text{ g محلول}}{80 \text{ g Ba(OH)}_2} = 85/5 \text{ g}$$

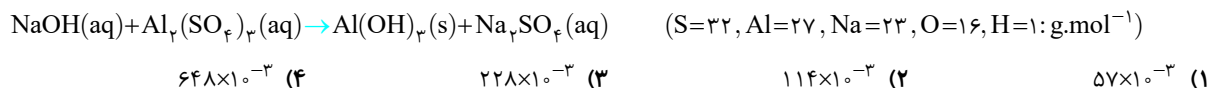
$$= 85/5 \text{ g (محلول باریم هیدروکسید)}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{HNO}_3}{\text{ضریب}} = \frac{\text{Ba(OH)}_2 \text{ جرم}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \rightarrow \frac{2 \times 0/4}{2} = \frac{80 \times x}{100 \times 171 \times 1} \rightarrow x = 85/5 \text{ g (محلول باریم هیدروکسید)}$$

(گزینه ۳)

مثال ۴: ۲۰۰ گرم محلول سدیم هیدروکسید با غلظت ۴۰۰ ppm با چند گرم آلومینیم سولفات، مطابق واکنش زیر به طور کامل واکنش می‌دهد؟ (معادله واکنش موازنه شود.)



راه‌حل: ابتدا معادله واکنش را موازنه می‌کنیم:



روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ g Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 200 \text{ g NaOH} \text{ محلول} \times \frac{400 \text{ g NaOH}}{10^6 \text{ g محلول}} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} \times \frac{1 \text{ mol Al}_2(\text{SO}_4)_3}{6 \text{ mol NaOH}} \times \frac{342 \text{ g Al}_2(\text{SO}_4)_3}{1 \text{ mol Al}_2(\text{SO}_4)_3}$$

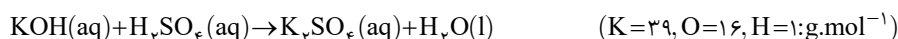
$$= 114 \times 10^{-3} \text{ g Al}_2(\text{SO}_4)_3$$

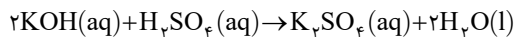
روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{ppm} \times \text{جرم محلول}}{10^6 \times \text{ضریب}} = \frac{\text{گرم}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \rightarrow \frac{400 \times 200}{10^6 \times 40 \times 6} = \frac{x \text{ g Al}_2(\text{SO}_4)_3}{342 \times 1} \rightarrow x = 114 \times 10^{-3} \text{ g Al}_2(\text{SO}_4)_3$$

(گزینه ۲)

مثال ۵: اگر انحلال پذیری KOH در دمای معینی، برابر ۸۰ گرم در ۱۰۰ گرم آب باشد، با استفاده از ۵۰۴ گرم محلول سیرشده پتاس در همان دما، چند لیتر محلول ۰/۵ مولار سولفوریک اسید را می‌توان خنثی کرد؟ (معادله واکنش موازنه شود.)





راه حل: ابتدا معادله واکنش را موازنه می کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ L H}_2\text{SO}_4 = 50.4 \text{ g KOH} \times \frac{1 \text{ mol KOH}}{(100+80) \text{ KOH}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{2 \text{ mol KOH}} \times \frac{1 \text{ L H}_2\text{SO}_4}{\Delta \text{ mol H}_2\text{SO}_4} = 4 \text{ L H}_2\text{SO}_4$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم محلول سیر شده} \times \text{غلظت مولی}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی} \times (\text{انحلال پذیری} + 100)} = \frac{\text{لیتر محلول} \times \text{غلظت مولی}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{80 \times 50.4}{(100+80) \times 56 \times 2} = \frac{0.5 \times x}{1} \Rightarrow x = 4 \text{ L H}_2\text{SO}_4 \text{ (گزینه ۱)}$$

مقدار مول یون نیترات حاصل از KNO_3 اضافه شده را به دست می آوریم:

$$? \text{ mol NO}_3^- = 30/3 \text{ g KNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol KNO}_3}{101 \text{ g KNO}_3} \times \frac{1 \text{ mol NO}_3^-}{1 \text{ mol KNO}_3} = 0.3 \text{ mol NO}_3^-$$

مقدار مول AgNO_3 را به دست می آوریم:

$$\text{مقدار حل شونده (مول)} = \frac{\text{غلظت مولی}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = 1 \text{ mol.L}^{-1} = \frac{X \text{ mol AgNO}_3}{0.2 \text{ L محلول}} \Rightarrow X = 0.2 \text{ mol AgNO}_3$$

با توجه به معادله تفکیک AgNO_3 ، مقدار مول یون نیترات حاصل از ۲۰۰ میلی لیتر محلول ۱ مولار AgNO_3 را به دست می آوریم:



مقدار کل مول های نیترات را به دست آورده و با توجه به حجم محلول، غلظت مولی آن را محاسبه می کنیم:

$$\text{NO}_3^- = 0.3 \text{ mol (KNO}_3 \text{ حاصل از)} + 0.2 \text{ mol (AgNO}_3 \text{ حاصل از)} = 0.5 \text{ mol NO}_3^-$$

$$\text{NO}_3^- \text{ مولی غلظت} = \frac{\text{مقدار NO}_3^- \text{ (مول)}}{\text{محلول 0.2 L (لیتر)}} = \frac{0.5 \text{ mol NO}_3^-}{0.2 \text{ L}} = 2.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{غلظت} = \frac{10 \times a \times d}{M} \Rightarrow 2.5 \text{ mol.L}^{-1} = \frac{10 \times a \times 1 \text{ g.mL}^{-1}}{62 \text{ g.mol}^{-1}} \Rightarrow a = 15.5 \text{ g}$$

۲۲۹ ۳ با توجه به انحلال پذیری نقره نیترات در دمای 35°C ، در ۱۰۰ گرم آب، حداکثر ۱۰۰ گرم نقره نیترات حل می شود. بنابراین در ۲۰۰ گرم محلول نقره نیترات ($100 \text{ g H}_2\text{O} + 100 \text{ g AgNO}_3$) نیز، ۱۰۰ گرم حل شونده حل شده است، پس مقدار نقره نیترات حل شده در ۲۰۰ گرم محلول را به دست می آوریم:

$$? \text{ g AgNO}_3 = 20 \text{ g محلول} \times \frac{100 \text{ g AgNO}_3}{200 \text{ g محلول}} = 10 \text{ g AgNO}_3$$

پس در ۲۰ گرم محلول سیر شده نقره نیترات، ۱۰ گرم نمک حل شده است. بنابراین با توجه به واکنش، جرم رسوب AgCl تشکیل شده در اثر واکنش ۱۰ گرم نقره نیترات با سدیم کلرید را به دست می آوریم:

$$? \text{ g AgCl} = 10 \text{ g AgNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol AgNO}_3}{170 \text{ g AgNO}_3} \times \frac{1 \text{ mol AgCl}}{1 \text{ mol AgNO}_3} \times \frac{143.5 \text{ g AgCl}}{1 \text{ mol AgCl}} = 8.4 \text{ g AgCl}$$

۲۳۰ ۴

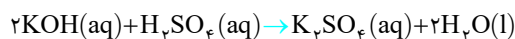
$$\left. \begin{array}{l} 35^\circ\text{C} \text{ در دمای: } 35 \text{ g NaCl} + 100 \text{ g H}_2\text{O} = 135 \text{ g محلول} \\ 30^\circ\text{C} \text{ در دمای: } 32 \text{ g NaCl} + 100 \text{ g H}_2\text{O} = 132 \text{ g محلول} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{جرم رسوب} = 135 - 132 = 3 \text{ g}$$

بنابراین با کاهش دمای ۱۳۵ گرم محلول NaCl از 70°C به 30°C ، مقدار ۳ گرم رسوب تشکیل می شود. پس مقدار رسوب تشکیل شده به ازای کاهش دمای ۹۰ گرم محلول سدیم کلرید را به دست می آوریم:

$$\left[\begin{array}{ll} 135 \text{ (محلول g)} & 3 \text{ (رسوب g)} \\ 90 \text{ (محلول g)} & X \text{ (رسوب g)} \end{array} \right] \Rightarrow X = 2 \text{ g رسوب}$$

بنابراین جرم رسوب NaCl تولید شده ۲ گرم است که با توجه به واکنش، مقدار مول نقره نیترات را به دست می آوریم:

$$? \text{ mol AgNO}_3 = 2 \text{ g NaCl} \times \frac{1 \text{ mol NaCl}}{58.5 \text{ g NaCl}} \times \frac{1 \text{ mol AgNO}_3}{1 \text{ mol NaCl}} = 3/4 \times 10^{-2} \text{ mol AgNO}_3$$



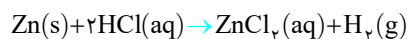
۲۳۱ (B) ابتدا معادله واکنش را موازنه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ mL H}_2\text{SO}_4 \text{ محلول} = 11/2 \text{ g KOH} \times \frac{1 \text{ mol KOH}}{56 \text{ g KOH}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{2 \text{ mol KOH}} \times \frac{1 \text{ L H}_2\text{SO}_4 \text{ محلول}}{2/5 \text{ mol H}_2\text{SO}_4} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 40 \text{ mL H}_2\text{SO}_4 \text{ محلول}$$

$$\frac{\text{لیتر محلول H}_2\text{SO}_4 \times \text{غلظت مولی}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم KOH}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{2/5 \times x}{1} = \frac{11/2}{56 \times 2} \Rightarrow x = 0.04 \text{ L} = 40 \text{ mL H}_2\text{SO}_4 \text{ محلول}$$

روش دوم (تناسب):



۲۳۲ (B) ابتدا معادله واکنش را موازنه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ L H}_2 = 50 \text{ mL HCl} \text{ محلول} \times \frac{1/2 \text{ g HCl}}{1 \text{ mL محلول}} \times \frac{73 \text{ g HCl}}{100 \text{ g HCl}} \times \frac{1 \text{ mol HCl}}{36.5 \text{ g HCl}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ mol HCl}} \times \frac{22.4 \text{ L H}_2}{1 \text{ mol H}_2} = 13/4 \text{ L H}_2$$

$$\frac{\text{لیتر گاز H}_2}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم HCl} \times (\text{حجم محلول} \times \text{چگالی}) \times \text{درصد جرمی}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{x \text{ L H}_2}{22.4 \times 1} = \frac{73 \times (1/2 \times 50)}{100 \times 36.5 \times 2} \Rightarrow x = 13/4 \text{ L H}_2$$

روش دوم (تناسب):



۲۳۳ (C) ابتدا معادله واکنش را موازنه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا با استفاده از حجم گاز تولید شده، جرم HCl را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g HCl} = 5600 \text{ mL CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{22400 \text{ mL CO}_2} \times \frac{2 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{36.5 \text{ g HCl}}{1 \text{ mol HCl}} = 18/25 \text{ g HCl}$$

در ادامه با استفاده از حجم و چگالی محلول هیدروکلریک اسید، جرم آن را به دست می‌آوریم:

$$\text{محلول g} = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}} \Rightarrow \text{HCl محلول} = \text{حجم} \times \text{چگالی} = 1/25 \times 58400 \text{ mL} = 73 \times 10^3 \text{ g}$$

در انتها غلظت ppm محلول هیدروکلریک اسید را به دست می‌آوریم:

$$\text{غلظت ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow \text{غلظت ppm} = \frac{18/25}{73 \times 10^3} \times 10^6 = 250 \text{ ppm}$$

$$\text{ppm} \times (\text{حجم محلول} \times \text{چگالی}) = \text{میلی لیتر CO}_2 \Rightarrow x \times 1/25 \times 58400 = 5600 \Rightarrow x = 250 \text{ ppm}$$

روش دوم (تناسب):

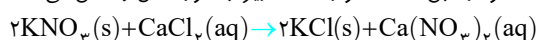
۲۳۴ (C) در نمودار داده شده، A، B و C به ترتیب تغییرات انحلال پذیری نسبت به دما را برای نمک‌های KNO₃، KCl و Li₂SO₄ نشان می‌دهد.

نمودار مربوط به یک انحلال گرماده است در حالی که انحلال پتاسیم نیترات در آب گرماگیر است، از طرفی تغییر انحلال پذیری نسبت به دما برای پتاسیم نیترات بیشتر از پتاسیم کلرید است، بنابراین شیب نمودار آن باید بیشتر باشد.

انحلال پذیری پتاسیم نیترات در آب در دماهای ۲۰°C و ۴۰°C (به تقریب) به ترتیب برابر ۳۰ و ۶۰ گرم در ۱۰۰ گرم آب است، بنابراین در اثر کاهش دمای ۱۶۰ گرم محلول سیرشده پتاسیم نیترات، ۳۰ گرم رسوب تشکیل می‌شود، حال باید جرم رسوب تشکیل شده به ازای ۸۰/۸ گرم محلول پتاسیم نیترات را به دست آوریم:

$$? \text{ g KNO}_3 \text{ رسوب} = 80/8 \text{ g KNO}_3 \text{ محلول} \times \frac{30 \text{ g KNO}_3 \text{ رسوب}}{160 \text{ g KNO}_3 \text{ محلول}} = 15/15 \text{ g KNO}_3$$

در ادامه باید محاسبه کنیم که این مقدار پتاسیم نیترات با چند میلی لیتر محلول کلسیم کلرید ۱/۵ مولار طبق معادله موازنه شده زیر، به طور کامل واکنش می‌دهد:

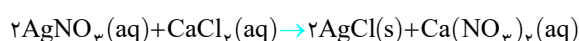


روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{ mL CaCl}_2 \text{ محلول} = 15/15 \text{ g KNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol KNO}_3}{101 \text{ g KNO}_3} \times \frac{1 \text{ mol CaCl}_2}{2 \text{ mol KNO}_3} \times \frac{1 \text{ L CaCl}_2 \text{ محلول}}{1/5 \text{ mol CaCl}_2} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 50 \text{ mL CaCl}_2 \text{ محلول}$$

$$\frac{\text{لیتر محلول} \times \text{غلظت مولی}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم KNO}_3}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{1/5 \times x}{1} = \frac{15/15}{101 \times 2} \Rightarrow x = 0.05 \text{ L} = 50 \text{ mL CaCl}_2 \text{ محلول}$$

روش دوم (تناسب):



۲۳۵ (B) ابتدا معادله واکنش را موازنه می‌کنیم:

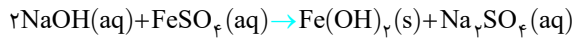
روش اول (کسر تبدیل):

$$1 \text{ mg AgCl} = 100 \text{ mL CaCl}_2 \text{ محلول} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{0.06 \text{ mol ion}}{1 \text{ L CaCl}_2 \text{ محلول}} \times \frac{1 \text{ mol CaCl}_2}{2 \text{ mol ion}} \times \frac{2 \text{ mol AgCl}}{1 \text{ mol CaCl}_2} \times \frac{143.5 \text{ g AgCl}}{1 \text{ mol AgCl}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 574 \text{ mg AgCl}$$

$$\frac{\text{L}}{\text{ضریب}} \times \frac{\text{g}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{0.06 \times 100}{3} = \frac{x \text{ mg}}{143.5 \times 2} \Rightarrow x = 574 \text{ mg AgCl}$$

روش دوم (تناسب):

توجه: به ازای انحلال ۱ مول CaCl_2 ، ۳ مول یون تولید می‌شود.



ابتدا معادله واکنش را موازنه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$g \text{ FeSO}_4 = 500 \text{ mL NaOH محلول} \times \frac{1/10 \text{ g NaOH محلول}}{1 \text{ mL NaOH محلول}} \times \frac{x \text{ g NaOH}}{10^6 \text{ g NaOH محلول}} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} \times \frac{1 \text{ mol FeSO}_4}{2 \text{ mol NaOH}} \times \frac{152 \text{ g FeSO}_4}{1 \text{ mol FeSO}_4}$$

$$= 0.076 \text{ g FeSO}_4 \Rightarrow x = 79/2$$

توجه: بر اساس اطلاعات داده شده در سؤال حاصل محاسبات بالا باید برابر ۰/۷۶ گرم آهن (II) سولفات باشد.

$$\text{ppm} \times \text{حجم محلول} \times \text{چگالی محلول} = \frac{\text{FeSO}_4 \text{ گرم}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{x \times 1/10 \times 500}{10^6 \times 40 \times 2} = \frac{0.076}{152 \times 1} \Rightarrow x = 79/2 \text{ ppm}$$

روش دوم (تناسب):

با توجه به واکنش بیان شده و مقدار مول سدیم فسفات (Na_3PO_4)، مقدار مول سدیم هیدروکسید (NaOH) را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol NaOH} = 1 \text{ mol Na}_3\text{PO}_4 \times \frac{3 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol Na}_3\text{PO}_4} = 3 \text{ mol NaOH}$$

$$\text{مولاریته} = \frac{\text{مقدار حل شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{3 \text{ mol NaOH}}{0.25 \text{ L}} = 12 \text{ mol.L}^{-1}$$

توجه: در اثر واکنش آلومینیم با محلول هیدروکلریک اسید، غلظت اسید به اندازه ۰/۴ مول بر لیتر کاهش یافته است. بنابراین مقدار مول HCl مصرف شده را به دست می‌آوریم:

$$\text{مصرف شده HCl} = \frac{\text{مصرف شده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{X \text{ mol}}{0.25 \text{ L}} = \frac{\text{مقدار مصرف شده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow X = 0.1 \text{ mol HCl}$$

بنابراین در واکنش فوق، ۰/۱ مول HCl مصرف می‌شود، حال با توجه به واکنش و مقدار HCl مصرف شده، مقدار آلومینیم مصرف شده (m) را به دست

$$? \text{ g Al} = 0.1 \text{ mol HCl} \times \frac{27 \text{ g Al}}{6 \text{ mol HCl}} = 0.9 \text{ g Al} = m$$

می‌آوریم:

توجه: مقدار مول پتاسیم هیدروکسید موجود در محلول ۱۰ مولار را به دست می‌آوریم:

$$\text{محلول} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow \frac{10 \text{ g}}{X \text{ mL}} = \frac{1/25 \text{ g mL}^{-1}}{1/25 \text{ mL}} \Rightarrow X = 80 \text{ mL} = 0.08 \text{ L}$$

$$\text{مولاریته} = \frac{\text{مقدار حل شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{X \text{ mol KOH}}{0.08 \text{ L}} = 10 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow X = 0.8 \text{ mol KOH}$$

با توجه به واکنش داده شده و مقدار KOH ، مقدار مول نیتریک اسید را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol HNO}_3 = 0.8 \text{ mol KOH} \times \frac{1 \text{ mol HNO}_3}{1 \text{ mol KOH}} = 0.8 \text{ mol HNO}_3$$

$$\text{محلول} = \frac{\text{مقدار حل شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow \frac{0.8 \text{ mol HNO}_3}{X \text{ L}} = \frac{0.8 \text{ mol HNO}_3}{0.2 \text{ L}} \Rightarrow X = 4 \text{ L} = 4000 \text{ mL}$$

در این سؤال باید توجه داشته باشید که فقط Na_2SO_4 موجود در $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot x \text{ H}_2\text{O}$ با BaCl_2 واکنش می‌دهد.

روش اول (کسر تبدیل):

$$g \text{ Na}_2\text{SO}_4 \cdot x \text{ H}_2\text{O} = 1/165 \text{ g BaSO}_4 \times \frac{1 \text{ mol BaSO}_4}{233 \text{ g BaSO}_4} \times \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol BaSO}_4} \times \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4 \cdot x \text{ H}_2\text{O}}{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4} \times \frac{(142 + 18x) \text{ g}}{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4 \cdot x \text{ H}_2\text{O}}$$

$$= 100 \text{ mL محلول} \times \frac{3/22 \text{ g Na}_2\text{SO}_4 \cdot x \text{ H}_2\text{O}}{200 \text{ mL محلول}} \Rightarrow x = 10$$

$$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O} \text{ گرم} = \text{BaCl}_2 \text{ گرم} \Rightarrow \frac{100 \times 3 / 22}{200} = \frac{1 / 165}{233 \times 1} \Rightarrow x = 10$$

روش دوم (تناسب):



۲۴۱ (B) ابتدا معادله واکنش را موازنه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل): حال غلظت HCl در محلول رقیق شده را به دست می‌آوریم:

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2 \Rightarrow 2 \times 10 = M_2 \times 1000 \Rightarrow M_2 = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

حال می‌توانیم با استفاده از میلی‌لیتر HCl، میلی‌گرم کلسیم کربنات را به دست آوریم:

$$? \text{ mg CaCO}_3 = 100 \text{ mL HCl} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times 0.2 \text{ mol HCl} \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{2 \text{ mol HCl}} \times \frac{100 \text{ g CaCO}_3}{1 \text{ mol CaCO}_3} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 100 \text{ mg CaCO}_3$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت HCl} \times \text{حجم محلول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{غلظت CaCO}_3 \times \text{جرم}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{10^{-3} \times 100 \text{ mL}}{2} = \frac{x \text{ mg CaCO}_3}{100 \times 1} \Rightarrow x = 100 \text{ mg CaCO}_3$$

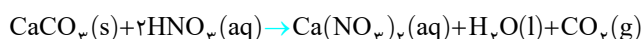
۲۴۲ (C) محاسبه درصد جرمی:

$$\frac{10 \times a \times d}{M} = a = \frac{6 (\text{mol.L}^{-1}) \times 40 (\text{g.mol}^{-1})}{10 \times 1 / 2 (\text{g.mL}^{-1})} = 48 \text{ g} / 100 \text{ g} = 48\%$$

مقدار جرم NaOH حل شده در محلول و در نتیجه مقدار مول سولفوریک اسید (H₂SO₄) خنثی شده را به دست می‌آوریم:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 20 = \frac{X \text{ g NaOH}}{10 \text{ g محلول}} \times 100 \Rightarrow X = 2 \text{ g NaOH}$$

$$? \text{ mol H}_2\text{SO}_4 = 2 \text{ g NaOH} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{2 \text{ mol NaOH}} = 2.5 \times 10^{-2} \text{ mol H}_2\text{SO}_4$$



۲۴۳ (B) ابتدا معادله واکنش را موازنه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

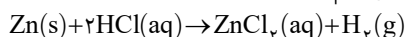
$$? \text{ g CaCO}_3 = 100 \text{ mL HNO}_3 \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times 0.6 \text{ mol HNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{2 \text{ mol HNO}_3} \times \frac{100 \text{ g CaCO}_3}{1 \text{ mol CaCO}_3} = 3 \text{ g CaCO}_3$$

$$\text{CaCO}_3 \text{ جرمی} = \frac{\text{جرم CaCO}_3}{\text{جرم نمونه}} \times 100 \Rightarrow \text{درصد جرمی} = \frac{3}{25} \times 100 = 12\%$$

$$\frac{\text{جرم محلول} \times \text{غلظت مولی}}{100 \times \text{ضریب}} = \frac{x \times 25}{100 \times 10 \times 1} = \frac{0.6 \times 100}{2} \Rightarrow x = 12\%$$

روش دوم (تناسب):

۲۴۴ (B) نقره با هیدروکلریک اسید واکنش نمی‌دهد؛ بنابراین جرم روی موجود در این آلیاژ را محاسبه می‌کنیم:



$$? \text{ g Zn} = 2 \text{ L H}_2 \times \frac{0.8 \text{ g H}_2}{1 \text{ L H}_2} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ g H}_2} \times \frac{1 \text{ mol Zn}}{1 \text{ mol H}_2} \times \frac{65 \text{ g Zn}}{1 \text{ mol Zn}} = 5.2 \text{ g Zn}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{جرم Zn}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{لیتر گاز H}_2 \times \text{چگالی}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{x}{65 \times 1} = \frac{0.8 \times 2}{2 \times 1} \Rightarrow x = 5.2 \text{ g Zn}$$

روش دوم (تناسب):

$$\text{جرم نقره} = 20 - 5.2 = 14.8 \text{ g Ag}$$

حال می‌توانیم جرم نقره موجود در این آلیاژ را به دست آوریم:

$$\text{درصد جرمی نقره} = \frac{\text{جرم نقره}}{\text{جرم آلیاژ}} \times 100 = \frac{14.8}{20} \times 100 = 74\%$$

۲۴۵ (B) روش اول (کسر تبدیل): ابتدا با استفاده از کسرهای تبدیل مقدار مول KBr لازم را محاسبه کرده و در پایان غلظت آن را به دست می‌آوریم:

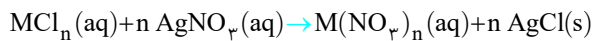
$$? \text{ mol KBr} = 200 \text{ mL HCl} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times 0.1 \text{ mol HCl} \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{4 \text{ mol HCl}} \times \frac{2 \text{ mol KBr}}{1 \text{ mol Cl}_2} = 0.1 \text{ mol KBr}$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول حل شونده}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{0.1}{1} = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$$

روش دوم (تناسب): داده‌های این سؤال در واکنش اول است در حالی که خواسته سؤال (غلظت مولار KBr) در مورد یکی از واکنش‌دهندها در واکنش دوم است؛ با توجه به این که بین دو واکنش ماده مشترک (Cl₂) داریم و ضریب استوکیومتری این ماده در هر دو واکنش برابر است می‌توانیم بین HCl از واکنش

اول و KBr از واکنش دوم به طور مستقیم ارتباط برقرار کنیم:

$$\frac{\text{لیتر محلول HCl} \times \text{غلظت مولی}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر محلول KBr} \times \text{غلظت مولی}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{1 \times 0.2}{4} = \frac{x \text{ mol.L}^{-1} \times 0.1}{2} \Rightarrow x = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$$



۲۴۶ B ابتدا معادله واکنش را موازنه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

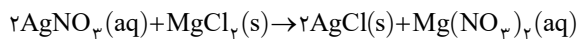
$$\text{mL MnCl}_n = 30 \text{ mL AgNO}_3 \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{0.6 \text{ mol AgNO}_3}{1 \text{ L AgNO}_3} \times \frac{1 \text{ mol MCl}_n}{n \text{ mol AgNO}_3} \times \frac{1 \text{ L MCl}_n}{0.3 \text{ mol MCl}_n} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$= 20 \text{ mL MCl}_n \Rightarrow n = 3$$

$$\frac{\text{میلی لیتر محلول AgNO}_3 \times \text{غلظت مولی}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{میلی لیتر محلول MCl}_n \times \text{غلظت مولی}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{0.6 \times 30}{n} = \frac{0.3 \times 20}{1} \Rightarrow n = 3$$

روش دوم (تناسب):

۲۴۷ B ابتدا معادله واکنش را موازنه می‌کنیم:

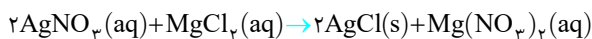


$$? \text{ g MgCl}_2 = 0.2 \text{ mol AgNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol MgCl}_2}{2 \text{ mol AgNO}_3} \times \frac{95 \text{ g MgCl}_2}{1 \text{ mol MgCl}_2} = 0.95 \text{ g MgCl}_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{مول نقره نیترات}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{گرم MgCl}_2}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{0.2}{2} = \frac{x}{95 \times 1} \Rightarrow x = 0.95 \text{ g}$$

روش دوم (تناسب):



۲۴۸ B

$$? \text{ mL MgCl}_2 = 0.2 \text{ mol AgNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol MgCl}_2}{2 \text{ mol AgNO}_3} \times \frac{95 \text{ g MgCl}_2}{1 \text{ mol MgCl}_2} \times \frac{1 \text{ L محلول}}{22.8 \text{ g MgCl}_2} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 41.6 \text{ mL}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\frac{\text{مول AgNO}_3}{\text{ضریب}} = \frac{\text{حجم} \times \text{غلظت مولی}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{0.2}{2} = \frac{22.8 \times V}{95 \times 1} \Rightarrow \begin{cases} V = 0.416 \text{ L} \\ V = 41.6 \text{ mL} \end{cases}$$

روش دوم (تناسب):

۲۴۹ B

ویژگی مولکول‌های آب

کلاس درس

۴۴

آب ویژگی‌های گوناگون و شگفت‌انگیزی دارد که در این کلاس درس با تعدادی از آن‌ها آشنا می‌شویم.

آب، مولکولی با ساختار V شکل!

۱- آب با فرمول مولکولی H_2O تنها ماده‌ای است که به هر سه حالت جامد، مایع و گاز (بخار) در طبیعت یافت می‌شود. وجود این سه حالت فیزیکی و تبدیل آن‌ها به یکدیگر زندگی را در سیاره‌ی آبی ممکن ساخته است.

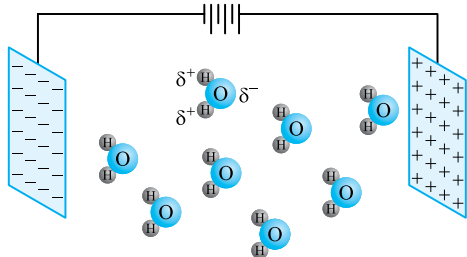
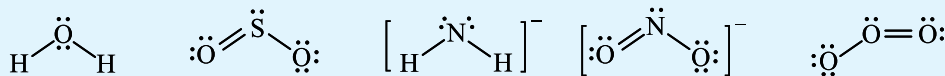
۲- آب ویژگی‌های گوناگونی دارد که عبارت‌اند از:

- الف) توانایی حل کردن اغلب مواد در خود (علت این موضوع قطبی بودن مولکول‌های آب است که می‌تواند اغلب مواد قطبی و ترکیب‌های یونی را در خود حل کند).
- ب) افزایش حجم هنگام انجماد (آب هنگام انجماد بلورهایی با ساختار باز ایجاد می‌کند که باعث افزایش حجم آن می‌شود).
- پ) داشتن نقطه جوش بالا و غیرعادی در مقایسه با مولکول‌هایی با جرم مولی نزدیک به خود. (علت این موضوع وجود پیوندهای هیدروژنی در میان مولکول‌های آب است).

۳- رفتار مولکول‌های آب از ویژگی‌های ساختاری آن سرچشمه می‌گیرد؛ ساختار خمیده آب (شکل V) از دو اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن تشکیل شده است. به طوری که دو اتم هیدروژن با پیوند کووالانسی به اتم اکسیژن (اتم مرکزی) متصل شده‌اند. به عنوان مثال در سال گذشته با آزمایش انحراف باریکه آب توسط شانه یا میله شیشه‌ای مالش داده شده به موهای خشک آشنا شدید آزمایشی که در آن باریکه آب از راستای طبیعی خود منحرف می‌شود؛ زیرا میله شیشه‌ای بر اثر مالش به موی خشک، دارای بار الکتریکی منفی شده و مولکول‌های آب به سوی آن جذب می‌شوند. این رفتار مولکول‌های آب وابسته به نوع اتم‌های سازنده و ساختار خمیده مولکول‌های آب است.

نکته

گونه‌هایی که دارای شکل خمیده (V شکل) هستند؛ سه اتمی بوده و اتم مرکزی در آن‌ها یک یا دو جفت الکترون ناپیوندی دارد. مهم‌ترین گونه‌هایی که دارای شکل خمیده (V شکل) هستند عبارتند از: H_2O , SO_2 , NH_3^- , NO_2^-



۴- اگر دو صفحه رسانا را به دو قطب یک باتری متصل کنیم یک میدان الکتریکی بین دو صفحه ایجاد می‌شود که در این صورت صفحه رسانای متصل به قطب مثبت دارای بار مثبت و صفحه رسانای متصل به قطب منفی، دارای بار منفی می‌شود. دقت داشته باشید در باتری پایه بلندتر قطب مثبت و پایه کوتاه‌تر قطب منفی است. ($\left[- \right] \left[+ \right]$)

حال اگر مولکول‌های آب در میدان الکتریکی قرار گیرند مطابق شکل روبه‌رو همه مولکول‌های آب در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند به طوری که همه آن‌ها هم‌جهت می‌شوند. در واقع اتم‌های اکسیژن به سمت قطب مثبت و اتم‌های هیدروژن به سمت قطب منفی میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند این موضوع نشان می‌دهد که اتم‌های اکسیژن دارای بار منفی بوده و سر منفی مولکول آب را تشکیل می‌دهند و اتم‌های هیدروژن دارای بار مثبت بوده و سر مثبت مولکول آب را تشکیل می‌دهند.

۵- شیمی‌دان‌ها به مولکول‌هایی مانند آب که در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند، مولکول‌های دو قطبی یا قطبی می‌گویند. بنابراین آب یک مولکول قطبی است.

موارد (ب)، (ث) و (ج) را می‌توان به مولکول‌های آب نسبت داد.

بررسی موارد نادرست:

موارد (الف): آب توانایی حل کردن اغلب مواد را در خود دارد.

مورد (پ): حجم آب هنگام انجماد بر خلاف اغلب مواد افزایش می‌یابد.

مورد (ت): میله شیشه‌ای که در اثر مالش به موی خشک دارای بار منفی شده است باعث انحراف باریکه آب می‌شود.

در این کلاس درس ابتدا در مورد خاصیت نافلزی و پیوندی کووالانسی قطبی و ناقطبی (موضوعاتی که در کتاب درسی دهم نداریم ولی برای فهم بیشتر موضوعات بعدی به آن‌ها نیاز داریم) صحبت می‌کنیم و سپس به معرفی مولکول‌های قطبی و ناقطبی می‌پردازیم.

۱- خاصیت نافلزی و پیوندی کووالانسی قطبی و ناقطبی

برای معرفی مولکول‌های قطبی و ناقطبی بهتر است ابتدا با مفهوم پیوند قطبی و ناقطبی آشنا شویم که لازمه ورود به این موضوع نیز دانستن مفهوم خاصیت نافلزی است.

۱- از دیدگاه شیمیایی، به تمایل اتم‌ها برای جذب الکترون خاصیت نافلزی گفته می‌شود، هر چه تمایل اتم نافلز برای جذب الکترون بیشتر باشد خاصیت نافلزی بیشتر می‌شود.

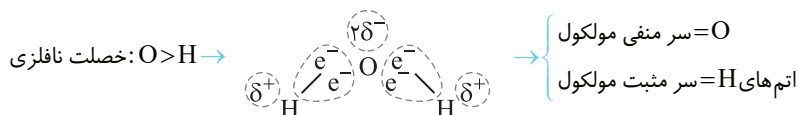
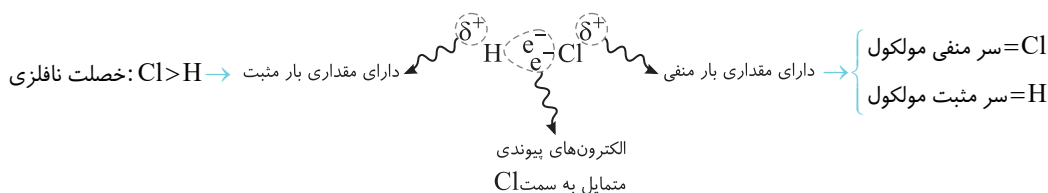
۲- در جدول دورهای، در گروه‌ها از بالا به پایین خاصیت نافلزی کاهش می‌یابد در حالی که در هر دوره از چپ به راست خاصیت نافلزی افزایش می‌یابد. به طور کلی می‌توان گفت عنصرهای نافلزی که در سمت راست و بالای جدول قرار دارند خاصیت نافلزی بیشتری دارند.

۳- بهتر است مقایسه زیر را که مربوط به ترتیب خاصیت نافلزی تعدادی از عنصرهای نافلزی مهم است حفظ باشید: $F > O > N = Cl > Br > I = S = C > P = H$

۴- وقتی دو اتم نافلزی با یکدیگر پیوند اشتراکی تشکیل می‌دهند الکترون‌های پیوندی بیشتر به سمت اتم دارای خاصیت نافلزی بیشتر کشیده می‌شوند، به همین دلیل این اتم مقداری بار منفی خواهد داشت و اتم دیگر که خصلت نافلزی کمتری دارد مقداری بار مثبت پیدا می‌کند. این موضوع باعث می‌شود که در یک سر پیوند حضور و تجمع بار منفی (الکترون) بیشتر شود که به آن سر منفی (قطب منفی) می‌گوییم. از طرفی در سر دیگر پیوند تجمع بار منفی (الکترون‌های پیوندی) کمتر است که به آن سر مثبت (قطب مثبت) پیوند می‌گوییم.

۵- برای نمایش بار سر مثبت و سر منفی به ترتیب از نمادهای δ^+ (بار جزئی مثبت) و δ^- (بار جزئی منفی) استفاده می‌کنیم البته از این نمادها فقط در پیوندهای اشتراکی و در ترکیب‌های مولکولی استفاده می‌کنیم. در ترکیب‌های یونی که با انتقال کامل الکترون از فلز به نافلز مواجه هستیم از بار مثبت (+) و بار منفی (-) کامل استفاده می‌کنیم.

با توجه به توضیحات بالا سرهای مثبت و منفی در مولکول‌های H_2O و HCl به صورت زیر است:



در تمام مولکول‌های خنثی مانند H_2O مجموع بار سرهای مثبت و منفی برابر صفر است.

توجه! با مفهوم خصلت نافلزی در سال یازدهم و با مفهوم بارهای جزئی مثبت و منفی در سال دوازدهم بیشتر آشنا خواهید شد، ما برای فهم بیشتر موضوع زودتر به استقبال این مفاهیم رفتیم.

۶- پیوند اشتراکی را که دو اتم در آن خاصیت نافلزی متفاوتی داشته و پیوند دارای سر مثبت (قطب مثبت) و سر منفی (قطب منفی) است، پیوند کووالانسی قطبی می‌گویند. پیوندهای $H-Cl$ ، $H-O$ ، $C=O$ ، $C-H$ ، $H-O$ ، $C=O$ ، $H-Cl$ و ... همگی قطبی هستند.

۷- پیوند اشتراکی را که دو اتم در آن یکسان بوده و خاصیت نافلزی یکسانی دارند (فاقد سرهای مثبت و منفی هستند) پیوند کووالانسی ناقطبی می‌گویند. پیوندهای $H-H$ ، $I-I$ ، $O=O$ ، $Cl-Cl$ و ... همگی ناقطبی هستند.

۲- مولکول‌های قطبی

مولکول‌ها را بر اساس جهت‌گیری یا عدم جهت‌گیری آن‌ها در میدان الکتریکی به دو دسته قطبی و ناقطبی تقسیم می‌کنند.

۱- به مولکول‌هایی مانند آب که در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند مولکول‌های قطبی یا دوقطبی می‌گویند. در واقع مولکول‌های قطبی دارای سر مثبت و سر منفی هستند به همین دلیل هنگام ورود به میدان الکتریکی سر مثبت آن‌ها جذب قطب منفی و سر منفی آن‌ها جذب قطب مثبت میدان الکتریکی می‌شود.

۲- برای تشخیص قطبی بودن یک مولکول می‌توانید از نکات زیر استفاده کنید:

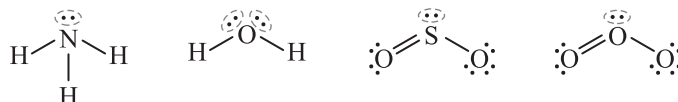
الف) مولکول‌های دو اتمی که اتم‌های سازنده آن متفاوت هستند (مولکول‌های دو اتمی ناجور هسته) قطبی می‌باشند، مانند: CO , HI , HBr , HCl , HF , NO و ...

توجه: در این مولکول‌ها اتمی که خاصیت نافلزی بیشتری دارد سر منفی مولکول و اتمی که خاصیت نافلزی کمتری دارد سر مثبت مولکول را تشکیل می‌دهند.

ب) مولکول‌های چند اتمی که در آن‌ها، اتم‌های اطراف اتم مرکزی (اتم‌ی که زیر آن خط کشیده‌ایم)، متفاوت هستند قطبی می‌باشند؛ مانند:

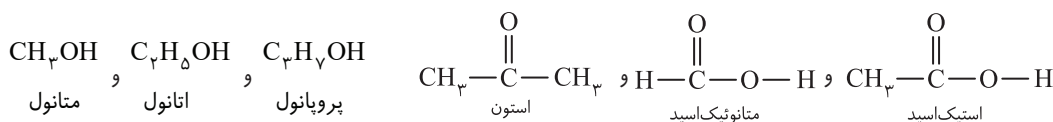


پ) مولکول‌های چند اتمی که در ساختار لوویس آن‌ها اتم مرکزی دارای الکترون ناپیوندی باشد قطبی هستند. بنابراین مولکول‌های SO_2 , H_2O , NH_3 و O_3 قطبی هستند. ساختار لوویس این مولکول‌ها را در زیر مشاهده می‌کنید:



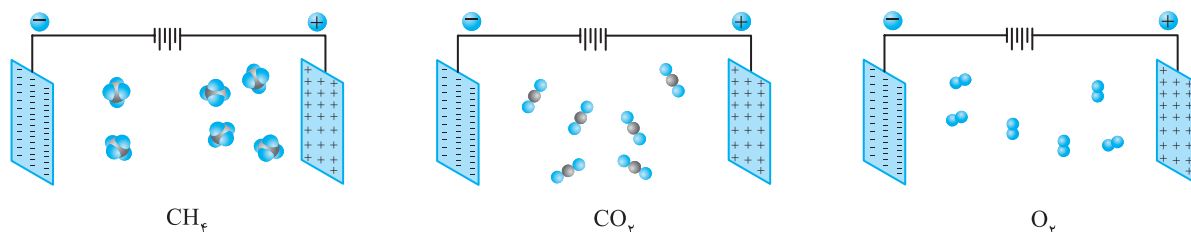
توجه: می‌توان نتیجه گرفت که مولکول‌های خمیده (مولکول‌های سه اتمی که دارای یک یا دو جفت الکترون ناپیوندی هستند) مانند O_3 , SO_2 و H_2O حتماً قطبی هستند.

۳- برخی از ترکیب‌های آلی قطبی هستند که در زیر به چند مورد مهم از آن‌ها اشاره می‌کنیم:



مولکول‌های ناقطبی

۱- به مولکول‌هایی که در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند مولکول‌های ناقطبی می‌گوییم. در واقع این مولکول‌ها فاقد سرهای مثبت و منفی مجزا هستند. به عنوان مثال مولکول‌های CH_4 , CO_2 و O_2 ناقطبی هستند به همین دلیل در صورت قرار گرفتن در میدان الکتریکی جهت‌گیری خاصی ندارند. به شکل‌های زیر توجه کنید:

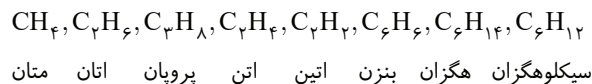


۲- برای تشخیص مولکول‌های ناقطبی می‌توانید از نکات زیر استفاده کنید:

الف) مولکول‌های دو اتمی که اتم‌های سازنده آن‌ها یکسان است (مولکول‌های دو اتمی جور هسته) ناقطبی هستند. بنابراین مولکول‌های I_2 , Br_2 , Cl_2 , F_2 و O_2 و N_2 ناقطبی هستند.

ب) مولکول‌های چند اتمی که اتم‌های اطراف اتم مرکزی یکسان بوده و اتم مرکزی نیز فاقد الکترون ناپیوندی است، ناقطبی می‌باشند؛ بنابراین مولکول‌های CO_2 , CH_4 , SO_3 و CCl_4 ناقطبی هستند.

۳- هیدروکربن‌ها (ترکیب‌های آلی که فقط شامل دو عنصر کربن و هیدروژن هستند) ناقطبی هستند. بنابراین آلکان‌ها، آلکن‌ها و آلکین‌ها تقریباً همگی ناقطبی هستند. چند نمونه از هیدروکربن‌ها را در زیر مشاهده می‌کنید:



با توجه به ساختار لوویس مولکول‌های SO_2 و CO_2 ، به دلیل یکسان بودن اتم‌های متصل شده به اتم مرکزی و نبود الکترون ناپیوندی بر روی اتم مرکزی، مولکول‌های ناقطبی هستند. در مولکول N_2 به دلیل صفر بودن گشتاور دوقطبی، مولکول ناقطبی است، بنابراین مولکول‌های SO_3 ، CO_2 و N_2 در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند.

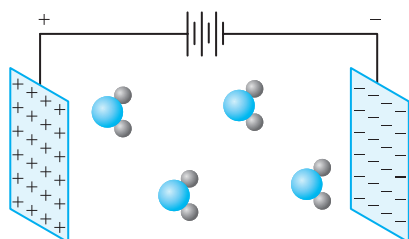
بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه (۱): CO_2 و O_2 ← مولکول‌های ناقطبی ← در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند.
 H_2O ← مولکول قطبی ← در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند.

گزینه (۲): $\left. \begin{array}{l} \text{SO}_2 \text{ و } \text{H}_2\text{S} \leftarrow \text{مولکول‌های قطبی} \leftarrow \text{در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند.} \\ \text{CH}_4 \leftarrow \text{مولکول ناقطبی} \leftarrow \text{در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند.} \end{array} \right\}$

گزینه (۳): $\left. \begin{array}{l} \text{I}_2 \text{ و } \text{F}_2 \leftarrow \text{مولکول‌های ناقطبی} \leftarrow \text{در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند.} \\ \text{HCl} \leftarrow \text{مولکول قطبی} \leftarrow \text{در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند.} \end{array} \right\}$

۲۵۱ (A) عبارتهای (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارتهای نادرست:**



عبارت (پ): در نماد باتری $(-|||+)$ خطوط بلندتر نشان‌دهنده قطب مثبت باتری و خطوط کوتاه‌تر نشان‌دهنده قطب منفی باتری هستند. در ضمن در مولکول‌های آب، اتم اکسیژن دارای بار الکتریکی منفی و اتم‌های هیدروژن دارای بار الکتریکی مثبت هستند. بنابراین اتم اکسیژن به سمت قطب مثبت و اتم‌های هیدروژن به سمت قطب منفی میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند بنابراین شکل درست به صورت روبه‌رو است.
عبارت (ت): نوع اتم‌های سازنده و ساختار خمیده مولکول آب، نقش تعیین‌کننده‌ای در تعیین خواص آن دارد.

۲۵۲ (B) مولکول‌های NH_3 و $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (اتانول) **قطبی**، اما مولکول‌های CO_2 و SO_2 **ناقطبی** هستند. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینه (۱): مولکول‌های CCl_4 و Br_2 ناقطبی ولی مولکول‌های NO و HF قطبی هستند.

گزینه (۲): مولکول I_2 ناقطبی ولی مولکول‌های SO_2 ، H_2O و H_2S قطبی هستند.

گزینه (۳): مولکول‌های Cl_2 و CCl_4 ناقطبی ولی مولکول‌های PCl_3 و HCl قطبی هستند.

۲۵۳ (B) عبارتهای (الف)، (ب) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارتهای:**

عبارت (الف): در شکل (۱) مولکول‌های CO و HCl قطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند. در مولکول CO اتم اکسیژن سر منفی بوده و به سمت قطب مثبت و اتم کربن سر مثبت بوده و به سمت قطب منفی میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند. در مولکول HCl نیز، اتم کلر سر منفی بوده و به سمت قطب مثبت و اتم H سر مثبت بوده و به سمت قطب منفی میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند. بنابراین جهت‌گیری مولکول HCl بر خلاف مولکول CO درست نمایش داده نشده است.

توجه مولکول F_2 ناقطبی است و در میدان الکتریکی جهت‌گیری خاصی ندارد و به هر صورت که رسم شود درست است.

عبارت (ب): مولکول‌های نمایش داده شده در شکل (۲) مولکول‌های ۳ اتمی ناقطبی هستند که در میدان الکتریکی جهت‌گیری خاصی ندارند؛ بنابراین برای نمایش مولکول‌های CO_2 مناسب است.

توجه CH_4 یک مولکول ناقطبی ۵ اتمی است.

عبارت (پ): در شکل (۳) اتم مرکزی به سمت قطب مثبت میدان الکتریکی جهت‌گیری کرده است بنابراین اتم مرکزی سر منفی مولکول است. در مولکول H_2O اتم مرکزی (اکسیژن) سر منفی مولکول و در مولکول SO_2 اتم مرکزی (گوگرد) سر مثبت مولکول است؛ بنابراین شکل (۳) برای نمایش رفتار مولکول H_2O مناسب است.

عبارت (ت): در مولکول‌های HF ، HBr و HI ، اتم هالوژن سر منفی مولکول است و در میدان الکتریکی به سمت قطب مثبت میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند. با توجه به نحوه قرار گرفتن باتری در شکل (۲)، قطب مثبت میدان الکتریکی در سمت چپ قرار گرفته است.

۲۵۴ (C) در ردیف (۳)، سیلیسیم تتراکلرید با فرمول SiCl_4 دارای ساختار لوویس $\begin{array}{c} \text{:Cl:} \\ | \\ \text{:Cl}-\text{Si}-\text{Cl:} \\ | \\ \text{:Cl:} \end{array}$ و یک مولکول **ناقطبی** است، پس در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند و ۴ جفت الکترون پیوندی دارد. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

ردیف (۱): $\left. \begin{array}{l} \text{فسفر تری کلرید } (\text{PCl}_3) \leftarrow \begin{array}{c} \text{:Cl:} \\ | \\ \text{:Cl}-\text{P}-\text{Cl:} \\ | \\ \text{:Cl:} \end{array} \\ \text{۳ جفت الکترون پیوندی} \end{array} \right\}$ قطبی \leftarrow در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند.

ردیف (۲): $\left. \begin{array}{l} \text{گوگرد دی‌اکسید } (\text{SO}_2) \leftarrow \begin{array}{c} \text{:O:} \\ // \\ \text{S} \\ \backslash \\ \text{:O:} \end{array} \\ \text{۳ جفت الکترون پیوندی} \end{array} \right\}$ قطبی \leftarrow در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند.

ردیف (۴): $\left. \begin{array}{l} \text{کربن دی‌سولفید } (\text{CS}_2) \leftarrow \text{:S}=\text{C}=\text{S:} \\ \text{۴ جفت الکترون پیوندی} \end{array} \right\}$ ناقطبی \leftarrow در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند.

گشتاور دو قطبی، میزان چرخاندگی مولکول

کلاس درس

۳۴

جهت گیری مولکول‌های قطبی یک ماده در میدان الکتریکی مبنای اندازه‌گیری کمیته به نام گشتاور دو قطبی است. گشتاور دو قطبی حاصل ضرب اندازه بار جزئی هر اتم (q) در فاصله میان دو اتم (d) است.

گشتاور دو قطبی (μ)

- در علوم آموختید که گشتاور نیرو، اثر چرخاندگی نیرو را نشان می‌دهد. گشتاور دو قطبی ویژه مولکول‌های دو قطبی است که اثر و میزان چرخاندگی مولکول را نشان می‌دهد.
- گشتاور دو قطبی (μ) مولکول‌ها را با یکای دبای (D) گزارش می‌کنند.
- همان‌طور که گفته شد مولکول‌های قطبی در میدان الکتریکی جهت گیری می‌کنند، در واقع میدان الکتریکی باعث چرخیدن مولکول‌های قطبی می‌شود به طوری که سر مثبت آن به سمت قطب منفی میدان و سر منفی آن به سمت قطب مثبت میدان قرار گیرد.

نکته

هر چه یک مولکول قطبی‌تر باشد، اثر میدان الکتریکی روی مولکول، بیشتر است به طوری که شدت چرخش مولکول در میدان الکتریکی، بیشتر خواهد بود. به بیان دیگر گشتاور دو قطبی مولکول، بیشتر است.

۴- گشتاور دو قطبی مولکول‌های H_2O و H_2S به ترتیب برابر با $1/85D$ و $97D$ است، با توجه به این اعداد به نتایج مهم زیر می‌رسیم:

الف) گشتاور دو قطبی H_2O تقریباً دو برابر H_2S است.

ب) میزان قطبیت مولکول‌های آب و قدرت نیروهای بین مولکولی آن نزدیک به دو برابر مولکول‌های هیدروژن سولفید است.

پ) شدت چرخش مولکول آب در میدان الکتریکی، بیشتر از هیدروژن سولفید است.

۵- در مولکول‌های ناقبی، گشتاور دو قطبی (μ) مولکول برابر صفر است. برای نمونه گشتاور دو قطبی مولکول‌هایی مانند N_2 ، O_2 ، CO_2 ، CH_4 و SO_3 برابر صفر است.

۶- یکی از راه‌های مقایسه میزان قطبیت مولکول‌ها، مقایسه شدت چرخش مولکول‌های قطبی در میدان الکتریکی است، در واقع هر چه گشتاور دو قطبی مولکول‌ها بیشتر باشد، قطبیت آن‌ها بیشتر است.

کلاس درس ۳۴

جمع‌بندی

$\mu = 0$ ← مولکول ناقبی است مانند: O_2 ، CO_2 و CH_4 .

$\mu > 0$ ← مولکول قطبی است. مانند: H_2O و H_2S .

هر چه گشتاور دو قطبی بزرگ‌تر باشد، قطبیت آن مولکول بیشتر است.

گشتاور دو قطبی (μ)

عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست:

عبارت (ب): گشتاور دو قطبی کمیته تجربی است که با افزایش میزان قطبیت مولکول‌ها، افزایش می‌یابد.

عبارت (پ): اگر گشتاور دو قطبی مولکول‌های H_2O و H_2S به ترتیب برابر با $1/85D$ و $97D$ باشد، می‌توان نتیجه گرفت که میزان قطبیت مولکول‌های H_2O نزدیک به دو برابر مولکول‌های H_2S است.

عبارت (ت): در میان مولکول‌های متان (CH_4)، کربن دی‌اکسید (CO_2)، هیدروژن کلرید (HCl) و گوگرد تری‌اکسید (SO_3)، مولکول‌های CH_4 ، CO_2 و SO_3 ناقبی هستند و گشتاور دو قطبی آن‌ها برابر صفر است.

۲۵۶ ۱ فقط عبارت (ب) درست است. بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): مولکول‌های CO_2 و CH_4 ناقبی هستند و مولکول CO قطبی است؛ بنابراین فقط مولکول CO در میدان الکتریکی جهت گیری می‌کند.

عبارت (ب): هر چه مولکول قطبی‌تر باشد، گشتاور دو قطبی آن بیشتر است.

عبارت (پ): $\mu \neq 0$ → مولکول قطبی → بر روی اتم مرکزی الکترون ناپیوندی است → H_2S مولکول H_2S :

بنابراین هر دو مولکول H_2S و CO گشتاور دو قطبی دارند.

عبارت (ت): در شکل نشان داده شده، مولکول‌ها در میدان الکتریکی جهت گیری کرده‌اند، اما مولکول‌های N_2 ، O_2 و I_2 به فرم A_2 بوده و در نتیجه ناقبی هستند، بنابراین در میدان الکتریکی جهت گیری نمی‌کنند.

۲۵۷ عبارتهای الف) و ب) و نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت الف): مولکول N_2O یک مولکول نامتقارن و قطبی است، بنابراین گشتاور دوقطبی آن بزرگ‌تر از صفر است. در این مولکول اتم مرکزی یکی از اتم‌های نیتروژن است؛ بنابراین مدل (۱) نمایش درستی برای مدل فضا پرکن مولکول N_2O نیست؛ مدل فضا پرکن این مولکول به صورت NNO است.

عبارت ب): مدل (۲) نشان می‌دهد که اتم‌های اطراف اتم مرکزی یکسان بوده و ساختار مولکول نیز متقارن است. بنابراین این مدل مربوط به یک مولکول ناقطبی مانند SO_3 است که گشتاور دوقطبی آن برابر صفر است.

عبارت پ): مدل (۳) مربوط به مولکول‌هایی با ساختار خمیده است که قطبی هستند و گشتاور دوقطبی آن‌ها بزرگ‌تر از صفر است. مولکول‌های H_2S و SO_2 هر دو خمیده هستند.

عبارت ت): متان (CH_4) ناقطبی بوده و گشتاور دوقطبی آن برابر صفر دبابی است؛ بنابراین مولکول CH_4 در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند.

۲۵۸ اگر در مولکول SO_2Cl_2 ، دو اتم کلر را با یک اتم اکسیژن جایگزین کنیم، مولکول SO_3 به دست می‌آید که براساس ساختار لوویس آن

($\begin{matrix} O: \\ || \\ S \\ / \quad \backslash \\ O: \quad O: \end{matrix}$) ، بر روی اتم مرکزی الکترون ناپیوندی وجود ندارد و تمام اتم‌های متصل شده به اتم مرکزی یکسان هستند، بنابراین مولکول SO_3 **ناقطبی** است. پس براساس اطلاعات گزینه (۳)، مولکول‌های CS_2 ($\ddot{S} = C = \ddot{S}$) و CH_4 ($\begin{matrix} H \\ | \\ H - C - H \\ | \\ H \end{matrix}$) نیز ناقطبی هستند، بنابراین گشتاور دوقطبی آن‌ها برابر صفر بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند.

۲۵۹ عبارتهای ب) و پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت الف): با توجه به عدد اتمی دو عنصر A و B، این دو عنصر به ترتیب متعلق به گروه‌های ۱۷ و ۱۵ جدول تناوبی بوده و آرایش الکترون - نقطه‌ای آن‌ها به صورت $\cdot\ddot{A}:$ و $\cdot\ddot{B}:$ است بنابراین فرمول مولکولی ترکیب حاصل از این دو اتم به صورت BA_3 است.

عبارت ب): ساختار لوویس این ترکیب به صورت روبه‌رو است در این ترکیب تمام اتم‌ها به آرایش پایدار گاز نجیب (هشت‌تایی) رسیده‌اند. عبارت پ): با توجه به ساختار لوویس، این ترکیب قطبی است زیرا اتم مرکزی آن دارای زوج الکترون ناپیوندی است. بنابراین گشتاور دوقطبی آن مخالف صفر (بزرگ‌تر از صفر) بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند.

عبارت ت): ترکیب حاصل قطبی است و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند به همین دلیل تمام اتم‌های B به سمت قطب منفی یا قطب مثبت میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند.

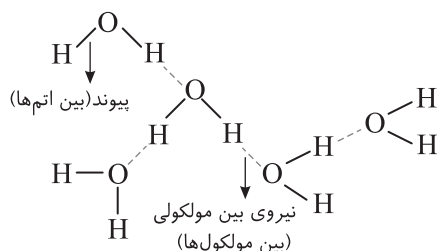
توجه: در واقع به دلیل این که قدرت نافلزی A بیشتر از B است، (چرا؟) A سر منفی و B سر مثبت مولکول است به همین خاطر B به سمت قطب منفی میدان جهت‌گیری می‌کند.

۲۶۰
نیروهای بین مولکولی
کلاس درس
۲۷

در ترکیب‌های یونی، نیروی جاذبه قوی میان کاتیون‌ها و آنیون‌ها، آن‌ها را کنار هم نگه می‌دارد، حال یک سؤال مهم مطرح می‌شود: در مواد مولکولی چه نیرویی مولکول‌ها را کنار یکدیگر نگه می‌دارد و مانع از جدا شدن آن‌ها می‌شود؟ در این کلاس درس این موضوع را بررسی می‌کنیم.

۱- نیروهای بین مولکولی، برهم‌کنش بین مولکول‌ها

۱- اتم‌ها با پیوندهای کووالانسی (اشتراکی) به یکدیگر متصل می‌شوند و مولکول‌ها را تشکیل می‌دهند. بین مولکول‌ها نیز نیروهای **ضعیفی** ایجاد می‌شود که به این برهم‌کنش‌های میان مولکول‌های سازنده یک ماده، **نیروهای بین مولکولی** می‌گویند. به‌عنوان مثال، اتم‌های هیدروژن و اکسیژن با پیوند کووالانسی به یکدیگر متصل می‌شوند و مولکول آب (H_2O) را تشکیل می‌دهند و بین مولکول‌های آب نیز نیروی بین مولکولی ایجاد می‌شود.



توجه: نیروی بین مولکولی به صورت نقطه‌چین (---) و پیوند به صورت خط (—) نشان داده می‌شود.

۲- نیروهای بین مولکولی در تعیین حالت فیزیکی و خواص یک ترکیب نقش مهمی دارند. گازها دارای مولکول‌های مجزا با کمترین برهم‌کنش‌ها هستند، اما در مایع‌ها برهم‌کنش مولکول‌ها بیشتر است. در جامدها برهم‌کنش میان مولکول‌ها می‌تواند به بیشترین مقدار ممکن برسد. از این رو در شرایط یکسان ترتیب قدرت نیروهای بین مولکولی در حالت‌های فیزیکی متفاوت به‌صورت روبه‌رو است:

۳- **نقطه جوش** مواد با **نیروهای بین مولکولی** آن‌ها رابطه مستقیم دارد، به‌طوری که هر چه قدرت نیروی بین مولکولی بیشتر باشد، نقطه جوش نیز بیشتر است.

انواع نیروی‌های بین مولکولی

به‌طور کلی طبق بیان کتاب درسی دو نوع نیروی بین مولکولی وجود دارد:
 ۱- نیروهای وان‌دروالس ۲- پیوند هیدروژنی (درباره این نیروی بین مولکولی در قسمت بعد توضیح داده خواهد شد).

عوامل مؤثر بر قدرت نیروهای وان‌دروالسی

۱- برای مقایسه قدرت نیروهای بین مولکولی باید به دو عامل زیر توجه نمود:

الف) جرم مولی مولکول
 ب) قطبیت مولکول

۲- هرچه جرم مولی مولکول بیشتر باشد، نیروهای وان‌دروالسی بین مولکول‌ها قوی‌تر بوده و ترکیب مولکولی مورد نظر نقطه جوش بالاتری خواهد داشت.
 ۳- در جدول روبه‌رو جرم مولی و حالت فیزیکی سه ترکیب مولکولی Cl_2 ، Br_2 و I_2 را مشاهده می‌کنید:

ویژگی	ماده	Cl_2	Br_2	I_2
حالت فیزیکی ($25^\circ C$)	گاز	مایع	جامد	
جرم مولی ($g \cdot mol^{-1}$)	۷۱	۱۶۰	۲۵۴	

اما نتایج مهمی که از این جدول می‌توان گرفت:

الف) بین این سه مولکول غیرقطبی که در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند، مولکول I_2 که جرم بیشتری دارد نیروی بین مولکولی قوی‌تری دارد؛ به‌طوری که در دمای اتاق I_2 جامد، برم (Br_2) مایع و کلر (Cl_2) نیز که کمترین جرم و کمترین نیروی بین مولکولی را دارد، به حالت گاز است:

$I_2 > Br_2 > Cl_2$: مقایسه نیروی بین مولکولی و جرم مولی

ب) می‌دانیم نیروی بین مولکولی با نقطه جوش رابطه مستقیم دارد، بنابراین مقایسه نقطه جوش این سه مولکول به‌صورت زیر است:

$I_2 > Br_2 > Cl_2$: مقایسه نقطه جوش

پ) با توجه به مقایسه‌های انجام شده می‌توان به یک نتیجه کلی رسید:

در ترکیب‌های مولکولی با مولکول‌های ناقطبی، با افزایش جرم مولی، نیروهای بین مولکولی و دمای جوش افزایش می‌یابد.

۴- در ترکیب‌های مولکولی با جرم مولی تقریباً مشابه، نیروی بین مولکول‌های قطبی قوی‌تر از نیروی بین مولکول‌های ناقطبی است. برای فهم بیشتر این نکته بسیار مهم به اطلاعات جدول روبه‌رو به دقت توجه نمایید:

ویژگی	ماده	F_2	HCl
جرم مولی ($g \cdot mol^{-1}$)	۳۸	۳۶/۵	
قطبی یا ناقطبی	ناقطبی	قطبی	
نقطه جوش	$-188^\circ C$	$-85^\circ C$	

با توجه به این جدول به نتایج مهم زیر می‌رسیم:

الف) جرم مولی F_2 و HCl نزدیک به هم است، بنابراین برای مقایسه نیروی بین مولکولی بین این دو ماده، استفاده از جرم مولی مناسب نیست.

ب) با توجه به نقطه جوش F_2 و HCl، می‌دانیم نقطه جوش HCl بالاتر از نقطه جوش F_2 است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که نیروهای بین مولکولی در HCl قوی‌تر از F_2 است.

پ) می‌دانیم HCl یک مولکول قطبی است، بنابراین نیروهای بین مولکولی در آن نسبت به مولکول ناقطبی F_2 قوی‌تر بوده و جدا کردن مولکول‌های سازنده آن از هم دشوارتر است.

۵- جرم مولی گازهای نیتروژن (N_2) و کربن مونواکسید (CO) برابر است (جرم مولی هر دو برابر $28 g \cdot mol^{-1}$ است)، اما با توجه به اینکه مولکول CO قطبی و مولکول N_2 ناقطبی است، نیروی وان‌دروالسی بین مولکول‌های CO قوی‌تر از نیروی وان‌دروالسی بین مولکول‌های N_2 است.

ناقطبی قطبی
 $CO > N_2$: مقایسه قدرت نیروی وان‌دروالسی و نقطه جوش

کدام گاز آسان‌تر مایع می‌شود؟

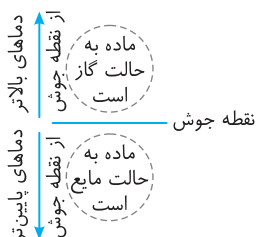
۱- می‌دانیم یک ماده در دماهای پایین‌تر از نقطه جوش خود به حالت مایع و در دماهای بالاتر از نقطه جوش خود به حالت گاز است. بنابراین برای تبدیل یک گاز به مایع، باید دمای آن را آنقدر کاهش دهیم تا به دماهای پایین‌تر از نقطه جوش آن برسیم.

۲- بنابراین هرچه نقطه جوش یک ماده بالاتر باشد تبدیل آن از حالت گاز به حالت مایع آسان‌تر انجام می‌شود.

۳- می‌توان با توجه به توضیحات ارائه شده به یک نتیجه مهم رسید:

هرچه نقطه جوش یک گاز بالاتر باشد، مایع کردن آن گاز در دماهای بالاتری انجام می‌شود. در واقع برای مایع کردن آن گاز نیاز به کاهش دمای (سرما) کمتری داریم.

۴- با توجه به اینکه نقطه جوش با نیروهای بین مولکولی رابطه مستقیم دارد می‌توان گفت که: هرچه نیروهای بین مولکولی در یک گاز قوی‌تر باشد، مایع کردن آن آسان‌تر است.



به عنوان مثال می دانیم CO به دلیل قطبی بودن، نیروهای بین مولکولی قوی تر و نقطه جوش بالاتری نسبت به N_2 (که غیرقطبی است) دارد، بنابراین CO نسبت به گاز N_2 آسان تر مایع می شود.

جمع بندی کلاس درس ۲۷

بر حالت فیزیکی و خواص ماده تأثیر می گذارد.	تربیب قدرت نیروهای بین مولکولی
ترتیب قدرت نیروهای بین مولکولی در حالت های فیزیکی متفاوت: گاز > مایع > جامد	
هرچه نیروی بین مولکولی قوی تر باشد } دمای جوش مایع بیشتر می شود.	
گاز آسان تر به مایع تبدیل می شود.	
نیروی بین مولکولی به دو عامل بستگی دارد } قطبیت مولکول (در جرم های مشابه هرچه قطبیت مولکول بیشتر ← نیروی بین مولکولی قوی تر)	نیروی بین مولکولی
جرم مولی مولکول (هرچه جرم مولی بیشتر ← نیروی بین مولکولی قوی تر)	
در ترکیب های مولکولی با جرم مولی مشابه، ترکیب قطبی، نقطه جوش بالاتری دارد.	ترکیب های مولکولی
در ترکیب های مولکولی با مولکول های ناقطبی، با افزایش جرم مولی، نقطه جوش افزایش می یابد.	

در مولکول های ناقطبی، با افزایش جرم مولی، قدرت نیروی بین مولکولی افزایش می یابد، به همین دلیل، نیروی بین مولکولی I_2 بیشتر از Br_2 است. (I_2 و Br_2 هر دو ناقطبی هستند که به دلیل بیشتر بودن جرم I_2 ، نیروی بین مولکولی آن از Br_2 بیشتر است.)

در ترکیب های مولکولی نیروهای بین مولکولی با جرم مولی رابطه مستقیم دارد. در واقع هر چه جرم مولی بیشتر باشد نیروهای بین مولکولی قوی تر است. بنابراین مقایسه نیروهای بین مولکولی ترکیب های HCl ، HBr و HI به صورت روبه رو است: $HI > HBr > HCl$ ؛ مقایسه نیروهای بین مولکولی

چون هر سه مولکول قطبی هستند برای مقایسه نیروهای بین مولکولی تنها از مقایسه جرم مولی استفاده کردیم.

بررسی سایر گزینه ها:

گزینه (۱): مولکول های O_2 ، Cl_2 و CH_4 ناقطبی هستند بنابراین گشتاور دوقطبی آنها برابر صفر بوده و در میدان الکتریکی جهت گیری نمی کنند. این سه مولکول فاقد پیوند هیدروژنی بوده و نیروهای بین مولکولی در آنها از نوع وان دروالسی است.

گزینه (۲): H_2S و HCl ترکیب های مولکولی با نیروهای بین مولکولی از نوع وان دروالسی هستند. توجه داشته باشید که نیروهای بین مولکولی شامل دو نوع پیوند هیدروژنی و نیروهای وان دروالس است. موادی که نیروی بین مولکولی آنها از نوع پیوند هیدروژنی نیست، نیروی بین مولکولی وان دروالسی دارند.

گزینه (۴): در میان مواد مولکولی با جرم مولی مشابه، ماده با مولکول های قطبی دارای نیروهای بین مولکولی قوی تر و نقطه جوش بالاتری است.

۲۶۲ (A) ۳ عبارتهای (الف)، (ب) و (پ) برای کامل کردن جمله داده شده، مناسب هستند. بررسی عبارت ها:

عبارت (الف): گاز CO نقطه جوش بالاتری نسبت به گاز N_2 دارد و راحت تر، مایع می شود. (N_2 دشوارتر مایع می شود.) گاز Ar به دلیل داشتن جرم و حجم بیشتر نسبت به گاز Ne ، سریع تر مایع می شود و به بیان دیگر (برای مایع شدن) نیاز به سرمای کمتری دارد.

عبارت (ب): نقطه جوش N_2 بالاتر از H_2 است (زیرا جرم و حجم بیشتری دارد) بنابراین H_2 ، دشوارتر مایع می شود. CO_2 نسبت به مولکول CH_4 ، جرم و حجم بیشتری داشته و نیروی بین مولکولی آن قوی تر است به همین دلیل گاز CO_2 نسبت به گاز CH_4 راحت تر مایع شده و نیاز به سرمای کمتری دارد.

عبارت (پ): CO_2 نسبت به SO_2 دشوارتر مایع می شود، زیرا جرم و حجم SO_2 بیشتر از CO_2 است و از طرفی SO_2 قطبی نیز هست. C_2H_6 به دلیل داشتن جرم و حجم بیشتر نسبت به CH_4 ، برای مایع شدن نیاز به سرمای کمتری دارد.

عبارت (ت): H_2 سخت تر از CO به مایع تبدیل می شود. (CO قطبی است). Cl_2 نیز به دلیل داشتن جرم و حجم بیشتر برای مایع شدن نیاز به سرمای کمتری دارد.

۲۶۳ (B) ۱ فقط عبارت (الف) درست است. شکل (۱) مربوط به مولکول های ناقطبی دو اتمی مانند F_2 است که در میدان الکتریکی جهت گیری نمی کنند

در حالی که شکل (۲) مربوط به مولکول های قطبی دو اتمی مانند HCl است که در میدان الکتریکی جهت گیری می کنند.

بررسی عبارت ها:

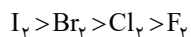
عبارت (الف): گشتاور دوقطبی مولکول های ناقطبی F_2 برابر صفر است.

عبارت (ب): نیروهای بین مولکولی در میان مولکول های HCl قوی تر از نیروهای بین مولکولی در میان مولکول های F_2 است زیرا مولکول های HCl قطبی هستند.

عبارت (پ): مولکول های HCl به دلیل داشتن نیروهای بین مولکولی قوی تر نسبت به مولکول های F_2 ، نقطه جوش بالاتری نیز نسبت به مولکول های F_2 دارند؛ بنابراین عدد $-۸۵^\circ C$ را به نقطه جوش HCl و عدد $-۱۸۸^\circ C$ را به نقطه جوش F_2 می توان نسبت داد.

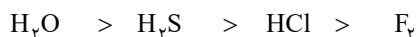
عبارت (ت): مولکول های HCl نیروهای بین مولکولی قوی تر نسبت به مولکول های F_2 دارند، به همین دلیل در شرایط یکسان مولکول های گازی HCl نسبت به مولکول های گازی F_2 آسان تر مایع می شود.

۲۶۴ (A) ۳ در مواد مولکولی با مولکول‌های ناقطبی با افزایش جرم مولی، نیروهای بین مولکولی افزایش می‌یابد. بنابراین مقایسه نیروهای بین مولکولی در مولکول‌های F_2 ، Cl_2 ، Br_2 و I_2 به صورت روبه‌رو است:



بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه (۱): مولکول CO قطبی بوده و دارای گشتاور دوقطبی مثبت است؛ اما مولکول‌های CO_2 و CH_4 هر دو ناقطبی بوده و گشتاور دوقطبی آن‌ها برابر صفر است. گزینه (۲): مولکول‌های H_2O ، H_2S و HCl قطبی بوده و مولکول F_2 ناقطبی است و طبق بیان کتاب درسی مقایسه نقطه جوش آن‌ها به صورت زیر است:



گزینه (۴): در شرایط یکسان هر چه نیروهای بین مولکولی قوی‌تر باشد، تبدیل شدن به مایع آسان‌تر خواهد بود، دو ترکیب NH_3 و PH_3 قطبی هستند و نسبت به مولکول ناقطبی F_2 نیروهای بین مولکولی قوی‌تری دارند. مولکول NH_3 به دلیل داشتن پیوند هیدروژنی نیروهای بین مولکولی قوی‌تری نسبت به PH_3 داشته و آسان‌تر مایع می‌شود.

۲۶۵ (B) ۲ در ترکیب‌های مولکولی، نقطه جوش به نیروهای بین مولکولی (نیروهای وان‌دروالسی) وابسته است. در میان ترکیب‌های داده شده، فسفر تری کلرید (PCl_3) و یُد (I_2) ترکیب‌های مولکولی و سایر ترکیب‌ها یونی هستند.

۲۶۶ (B) ۲ عبارات (ت) و (ث) درست هستند. بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): N_2 مولکول دو اتمی ناقطبی است که در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند در حالی که CO مولکول دو اتمی قطبی است که در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند.

عبارت (ب): در بین مواد مولکولی با جرم مولی مشابه (مانند N_2 و CO که جرم مولی آن‌ها برابر 28 g.mol^{-1} است) ماده با مولکول‌های قطبی نیروهای بین مولکولی قوی‌تری داشته و در شرایط یکسان در دمای بالاتر و آسان‌تر مایع می‌شود؛ به بیان دیگر در شرایط یکسان مولکول‌های N_2 در دمای پایین‌تر و سخت‌تر مایع می‌شوند.

عبارت (پ): نیروهای بین مولکولی در CO قوی‌تر از N_2 است زیرا CO قطبی و N_2 ناقطبی است؛ اما همان‌طور که در فصل قبل آموختید مولکول‌های CO بسیار ناپایدار و مولکول‌های N_2 بسیار پایدار هستند.

عبارت (ت): جرم مولی این دو مولکول برابر است اما CO به دلیل قطبی بودن نقطه جوش بالاتری دارد.

عبارت (ث): در ساختار لوویس N_2 و CO شمار پیوندها برابر ۳ و شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی برابر ۲ است.



۲۶۷ (A) ۱ در مولکول‌های ناقطبی با افزایش جرم مولی، دمای جوش افزایش می‌یابد. بررسی سایر گزینه‌ها: گزینه (۲): گشتاور دوقطبی این مولکول‌های ناقطبی برابر صفر دمای بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند. گزینه (۳): در دمای اتاق F_2 و Cl_2 گازی، Br_2 مایع و I_2 جامد است؛ می‌دانیم در بین مولکول‌های ناقطبی مولکولی که جرم مولی بیشتری دارد نیروهای بین مولکولی قوی‌تری دارد. بنابراین مولکولی که در دمای اتاق جامد است (I_2) نیروهای بین مولکولی قوی‌تری دارد. گزینه (۴): در دمای اتاق F_2 و Cl_2 که جرم مولی کمتری دارند گازی شکل هستند و تقریباً نیروهای بین مولکولی وان‌دروالسی در آن‌ها وجود ندارد زیرا گازها آزادانه به هر سو می‌روند و جاذبه بین آن‌ها بسیار ناچیز است.

۲۶۸ (C) ۲ A قوی‌ترین نیروی بین مولکولی و B ضعیف‌ترین نیروی بین مولکولی را دارد. پس A در بالاترین دما و B در پایین‌ترین دما به مایع تبدیل می‌شود. بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه (۱): مولکول B، ناقطبی است، بنابراین در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند.

گزینه (۳): در مولکول‌های قطبی، هر چه جرم مولی بیشتر باشد، نیروی بین مولکولی قوی‌تر است، بنابراین مولکول قطبی A، بیشترین نیروی بین مولکولی را دارد. جرم مولی مولکول‌های C و B تقریباً برابر است، بنابراین نیروی بین مولکولی ترکیب قطبی C، بیشتر از ترکیب ناقطبی B می‌باشد، در نتیجه ترتیب نیروی بین مولکولی به صورت $A > C > B$ خواهد بود.

گزینه (۴): با توجه به مقایسه انجام شده در گزینه (۳) نیروی بین مولکولی میان مولکول‌های سازنده ترکیب B از ترکیب A و C کمتر است، در نتیجه مولکول ناقطبی B پایین‌ترین نقطه جوش را دارد.

۲۶۹ (B) ۱ عبارات (الف) و (ب) درست هستند. مولکول‌های CH_4 و CO_2 ناقطبی هستند، اما مولکول SO_2 دارای الکترون ناپیوندی بر روی اتم مرکزی است و قطبی است؛ در نتیجه، نیروی بین مولکولی آن، از نیروی بین مولکولی CH_4 و CO_2 قوی‌تر است. (جرم مولی SO_2 نیز از جرم مولی CH_4 و CO_2 بیشتر است). بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): مولکول‌های CH_4 و CO_2 هر دو ناقطبی هستند، اما جرم مولی CO_2 (44 g.mol^{-1})، بیشتر از جرم مولی CH_4 (16 g.mol^{-1}) است و در نتیجه نیروی بین مولکولی CO_2 قوی‌تر بوده و راحت‌تر به مایع تبدیل می‌شود.

عبارت (ب): مولکول SO_2 قطبی است و در نتیجه برخلاف مولکول‌های CH_4 و CO_2 ، در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند.

عبارت (ب): SO_2 قطبی و در نتیجه نیروی بین مولکولی آن از مولکول ناقطبی CH_4 قوی تر است. (از طرف دیگر جرم مولی SO_2 ($64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) از جرم مولی CH_4 ($16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) بیشتر است).

عبارت (ت): نیروی بین مولکولی آب از نوع هیدروژنی است و مولکول CH_4 دارای پیوند C-H بوده و در نتیجه نمی تواند پیوند هیدروژنی تشکیل دهد. **۲۷۰** **۳** جرم مولی هر سه ترکیب یکسان است، بنابراین می توان گفت هرچه مقدار گشتاور دوقطبی بیشتر باشد، مولکول قطبی تر بوده و در نتیجه نیروی بین مولکولی قوی تر و نقطه جوش بیشتر می شود، بنابراین بر اساس نمودار، ترتیب قدرت نیروی بین مولکولی سه ترکیب به صورت $C > B > A$ است (گزینه ۲) صحیح است). چون ترکیب C بیشترین گشتاور دوقطبی را دارد، بنابراین جهت گیری آن در میدان الکتریکی از ترکیب های دیگر بیشتر است (گزینه ۱) صحیح است). هگزان، حلال ناقطبی است و هر مولکولی که قطبیت کمتری داشته باشد، بیشتر در هگزان حل می شود، بنابراین چون دو ترکیب A و C، به ترتیب دارای کمترین و بیشترین قطبیت هستند، پس این دو ترکیب، به ترتیب در هگزان دارای بیشترین و کمترین انحلال پذیری می باشند (گزینه ۳) نادرست است) و از طرف دیگر، ترکیب C بیشترین انحلال پذیری را در آب (حلال قطبی) دارد (گزینه ۴) صحیح است).

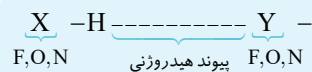
۲۷۱ **۳**

پیوند هیدروژنی

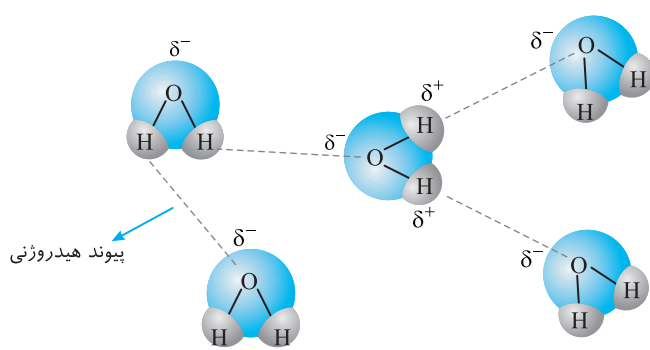
کلاس درس

۲۸

۱- پیوند هیدروژنی یکی دیگر از انواع نیروهای بین مولکولی است. این پیوند بین هیدروژن متصل به اتم های O ، N و F از یک مولکول با اتم های O ، N و F از مولکول دیگر برقرار می شود. شرط تشکیل پیوند هیدروژنی را می توان به صورت زیر نمایش داد:



۲- بنابراین می توان گفت: شرط تشکیل پیوند هیدروژنی در بین مولکول ها، وجود پیوندهای O-H ، N-H و F-H در ساختار آن مولکول هاست. به عنوان مثال، مولکول های H_2O ، NH_3 ، HF و $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ دارای پیوند هیدروژنی هستند. شکل زیر پیوند هیدروژنی تشکیل شده بین مولکول های آب را نشان می دهد:



در مولکول آب، اتم H دارای بار جزئی مثبت و اتم O دارای بار جزئی منفی است، بنابراین بین اتم O از یک مولکول و اتم H از مولکول مجاور پیوند هیدروژنی تشکیل می شود، پس می توان گفت، در توده ای از مولکول های آب، هر اتم هیدروژن مانند پل میان دو مولکول آب عمل می کند. به طوری که از یک طرف با پیوند کووالانسی به اتم اکسیژن (اتم مرکزی) متصل است و از طرف دیگر با پیوند هیدروژنی به سمت اتم اکسیژن مولکول مجاور جذب می شود.

نکته

پیوند هیدروژنی قوی ترین نیروی بین مولکولی در موادی است که در مولکول آن ها، اتم هیدروژن به یکی از اتم های O ، N و F با پیوند اشتراکی متصل است.

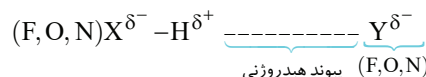
سؤال مفهومی

توضیح: سه عنصر O ، F و N دارای دو ویژگی بسیار مهم هستند:

(الف) قدرت بالای جذب الکترون های پیوندی

(ب) شعاع اتمی کم

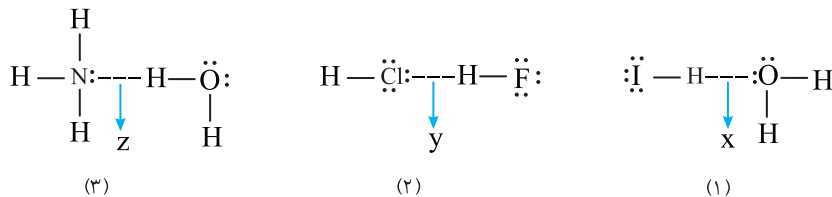
سه اتم O ، F و N زمانی که با اتم کوچک H پیوند کووالانسی تشکیل می دهند، به دلیل قدرت بالای جذب الکترون های پیوندی، الکترون ظرفیتی اتم هیدروژن را به سمت خود می کشند و به دلیل شعاع کوچک اتم های O ، F و N ، چگالی بار منفی این اتم ها زیاد می شود و در نتیجه، یک دوقطبی قوی تشکیل می شود که در این دوقطبی، اتم H دارای بار جزئی مثبت و اتم های O ، F و N دارای بار جزئی منفی می باشند؛ بنابراین یک جاذبه قوی بین اتم های O ، F یا N از یک مولکول و اتم هیدروژن از مولکول مجاور ایجاد می شود که به دلیل قدرت زیاد، به آن در اصطلاح پیوند هیدروژنی می گویند.



بنابراین زمانی پیوند هیدروژنی تشکیل می شود که اتم H، بین دو اتم از عناصر O ، F و N قرار گیرد.

۳- فقط اتم هیدروژن متصل به سه عنصر O ، F و N می تواند در تشکیل پیوند هیدروژنی شرکت کند، بنابراین پیوند بین مولکول ها در HCl از نوع هیدروژنی نیست.

مثال: کدام یک از نیروهای مشخص شده در شکل‌های زیر، از نوع پیوند هیدروژنی است؟



راه‌حل: شکل (۱): اتم H با اتم I پیوند کووالانسی تشکیل داده است و به عبارت دیگر؛ اتم H مابین دو اتم O و I قرار دارد. بنابراین، نیروی (x)، پیوند هیدروژنی نمی‌باشد. (I-H.....O)
 شکل (۲): اتم H با اتم Cl نیرو تشکیل داده است و به عبارت دیگر؛ اتم H مابین دو اتم Cl و F قرار دارد، بنابراین نیروی (y)، پیوند هیدروژنی نمی‌باشد. (Cl.....H-F)
 شکل (۳): اتم H از یک طرف با اتم O پیوند اشتراکی تشکیل داده و از طرف دیگر با اتم N، نیروی بین مولکولی تشکیل داده است. به عبارت دیگر؛ اتم H مابین دو اتم O و N قرار دارد، بنابراین، نیروی (z)، پیوند هیدروژنی است. (N.....H-O)

۵- به‌جز پیوند هیدروژنی، به نیروهای جاذبه بین مولکولی نیروهای وان‌دروالس می‌گویند. بنابراین نیروهای بین مولکولی شامل دو دسته نیروهای وان‌دروالس و پیوند هیدروژنی می‌شود که از نظر قدرت اغلب پیوند هیدروژنی قوی‌تر از نیروهای وان‌دروالس است.

نکته

قدرت پیوند کووالانسی بسیار بیشتر از نیروهای بین مولکولی است، بنابراین ترتیب قدرت پیوند و نیروها به‌صورت زیر است:
 وان‌دروالس > پیوند هیدروژنی > پیوند کووالانسی

مقایسه H_۲O با H_۲S

جدول زیر برخی ویژگی‌های آب را در مقایسه با هیدروژن سولفید نشان می‌دهد:

ماده	فرمول شیمیایی	مدل فضا پرکن	قطبیت مولکول	جرم مولی (g.mol ⁻¹)	حالت فیزیکی (۲۵°C)	دمای جوش (°C)	گشتاور دوقطبی (D)
آب	H _۲ O		قطبی	۱۸	مایع	۱۰۰	۱/۸۵
هیدروژن سولفید	H _۲ S		قطبی	۳۴	گاز	-۶۰	۰/۹۷

۱- مولکول‌های آب (H_۲O) و هیدروژن سولفید (H_۲S) هر دو قطبی و دارای ساختار خمیده هستند. جرم مولی H_۲S از H_۲O بیشتر است (جرم مولی H_۲O تقریباً نصف جرم مولی H_۲S است). به همین دلیل انتظار داریم که نیروهای بین مولکولی در H_۲S قوی‌تر از H_۲O باشد، اما این‌گونه نیست و H_۲O دمای جوش غیرعادی و بالاتری از H_۲S دارد به‌طوری‌که تفاوتی برابر با ۱۶۰°C در نقطه جوش آن‌ها دیده می‌شود.

۲- در مولکول آب (H_۲O) برخلاف مولکول هیدروژن سولفید (H_۲S)، به دلیل وجود پیوند (O-H)، پیوند هیدروژنی تشکیل می‌شود، در نتیجه قدرت نیروی بین مولکولی آب بیشتر بوده، بنابراین حالت فیزیکی آب و هیدروژن سولفید در دمای ۲۵°C به ترتیب مایع و گاز بوده و دمای جوش آب نیز بیشتر است.

توجه: با توجه به جدول بالا می‌توان گفت؛ گشتاور دوقطبی H_۲O بیشتر از H_۲S است. بنابراین میزان قطبیت مولکول‌های آب و قدرت نیروهای بین مولکولی آن، نزدیک به دو برابر مولکول‌های هیدروژن سولفید است.

نقطه جوش اتانول بالاتر است یا استون؟

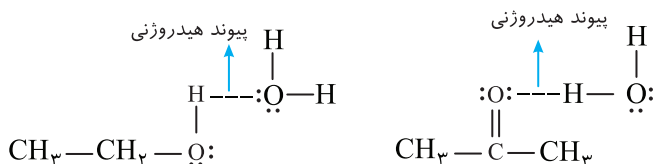
۱- اتانول و استون دو ترکیب آلی اکسیژن‌دار هستند که به‌عنوان حلال در صنعت و آزمایشگاه مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به جدول زیر که ویژگی‌های دو ترکیب اتانول و استون را نشان می‌دهد، می‌توان گفت: در مولکول اتانول به دلیل وجود پیوند (O-H)، پیوند هیدروژنی تشکیل می‌شود، اما

۱- ترکیب‌های آلی اکسیژن‌دار، دسته‌ای از ترکیب‌های آلی هستند که از عنصرهای C و O تشکیل شده‌اند. اتانول و استون دو نمونه از این دسته ترکیب‌ها می‌باشد.

نیروی بین مولکولی در **استون** از نوع **واندروالس** است، بنابراین به دلیل قوی‌تر بودن پیوند هیدروژنی، نقطه جوش اتانول بیشتر از استون است.

ترکیب آلی	فرمول شیمیایی	جرم مولی ($\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)	دمای جوش ($^{\circ}\text{C}$)
اتانول (الکل معمولی)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	۴۶	۷۸
استون	$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$	۵۸	۵۶

۲- توجه داشته باشید که مولکول‌های استون بین خودشان نمی‌توانند پیوند هیدروژنی تشکیل دهند زیرا در ساختار خود اتم هیدروژن متصل به یکی از سه اتم N، O، F ندارد.



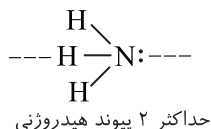
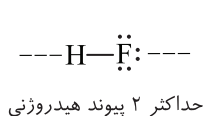
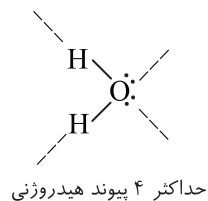
۳- اتانول و استون به هر میزان در آب حل می‌شوند، زیرا هر دو مولکول استون و اتانول می‌توانند با آب، به صورت روبه‌رو پیوند هیدروژنی تشکیل دهند.

مقایسه نقطه جوش و قدرت پیوند هیدروژنی در HF ، H_2O و NH_3

۱- سه ترکیب HF ، H_2O و NH_3 ، بین مولکول‌های خود دارای پیوند هیدروژنی هستند.

۲- پیوند هیدروژنی در HF نسبت به H_2O و NH_3 قوی‌تر است، زیرا هرچه اختلاف خاصیت نافلزی اتم متصل به هیدروژن با هیدروژن بیشتر باشد،

مقایسه قدرت پیوند هیدروژنی: $\text{HF} > \text{H}_2\text{O} > \text{NH}_3$



قطبیت پیوند نیز بیشتر شده و پیوند هیدروژنی قوی‌تر می‌شود:

۳- نقطه جوش H_2O نسبت به HF و NH_3 بالاتر است،

زیرا در میان مولکول‌های بیان شده، بیشترین تعداد پیوند

هیدروژنی، میان مولکول‌های آب (H_2O) تشکیل می‌شود

(حداکثر ۴ پیوند هیدروژنی) در حالی که تعداد پیوندهای

هیدروژنی تشکیل شده بین مولکول‌های HF و NH_3 کمتر و

برابر ۲ است، بنابراین نقطه جوش H_2O بیشتر از دو مولکول

دیگر است و از طرف دیگر، به دلیل قوی‌تر بودن پیوند هیدروژنی

بین مولکول‌های HF نسبت به NH_3 ، نقطه جوش HF

بیشتر از NH_3 است.

مقایسه نقطه جوش: $\text{H}_2\text{O} > \text{HF} > \text{NH}_3$

کلاس درس ۲۸ جمع‌بندی

در میان نیروهای بین مولکولی بیان شده، پیوند هیدروژنی قوی‌تر بوده و زمانی تشکیل می‌شود که اتم H، بین دو اتم از میان عناصر F، O و N قرار گیرد

واندروالس > پیوند هیدروژنی

ترتیب قدرت نیروهای بین مولکولی به صورت روبه‌رو است:

میان مولکول استون و اتانول، به دلیل وجود پیوند هیدروژنی در بین مولکول‌های اتانول، نقطه جوش آن بیشتر است.

به جز پیوندهای هیدروژنی، به نیروهای جاذبه بین مولکولی، نیروی واندروالس می‌گویند.

ترتیب قدرت پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های HF ، NH_3 و H_2O : $\text{HF} > \text{H}_2\text{O} > \text{NH}_3$

ترتیب نقطه جوش: $\text{H}_2\text{O} > \text{HF} > \text{NH}_3$

اگر در بررسی قدرت نیروهای بین مولکولی آب تنها به قطبیت و جرم توجه کنیم باید بگوییم که قدرت نیروهای بین مولکولی آن کمتر از H_2S است در حالی که این‌طور نیست. در واقع به دلیل وجود پیوند هیدروژنی میان مولکول‌های آب، نیروی جاذبه میان مولکول‌های آب از آنچه انتظار می‌رود، قوی‌تر است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه (۱): پیوند هیدروژنی از سایر نیروهای بین مولکولی یعنی نیروهای واندروالسی قوی‌تر است، به بیان دیگر پیوند هیدروژنی قوی‌ترین نیروی بین مولکولی در مواردی است که در مولکول آن‌ها اتم H به یکی از اتم‌های O، N، F با پیوند اشتراکی متصل است.

گزینه (۲): در میان ترکیب‌های HCl ، CH_3CCH_3 و PH_3 هیچکدام توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی را ندارند.

گزینه (۴): در مولکول HCN ($H-C \equiv N$) پیوند اشتراکی ($H-O$) یا ($H-F$) یا ($H-N$) وجود ندارد؛ بنابراین مولکولهای HCN برخلاف مولکولهای اتانول توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی با خود را ندارند.

۲۷۲ (B) عبارتهای (الف)، (ب) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارتهای نادرست:

عبارت (الف): نیروهای بین مولکولی (پیوند هیدروژنی و نیروهای واندروالس) در تعیین حالت فیزیکی و خواص یک ترکیب نقش مهمی دارند. عبارت (ب): به برهم کنش میان مولکولهای سازنده یک ماده، نیروهای بین مولکولی می‌گویند. عبارت (ت): به جزی پیوندهای هیدروژنی به نیروهای جاذبه بین مولکولی، نیروهای واندروالس می‌گویند.

هر مولکول آب حداکثر ۴ پیوند هیدروژنی با مولکولهای H_2O مجاور خود برقرار می‌کند. ۲۷۳ (A) ۱

شکل، مولکولهای آب را نشان می‌دهد که در آن A، پیوند کووالانسی بین اتمهای هیدروژن و اکسیژن و B، پیوند هیدروژنی بین مولکولها است. در مولکولهای آمونیاک (NH_3) پیوند ($N-H$)، هیدروژن فلوئورید (HF) پیوند ($H-F$) و اتانول (C_2H_5OH) پیوند ($O-H$) وجود دارد، بنابراین این مولکولها نیز دارای پیوند هیدروژنی (B) هستند. بررسی سایر گزینهها:

گزینه (۱): B پیوند هیدروژنی است که در بین مولکولهای هیدروژن سولفید (H_2S) ایجاد نمی‌شود، زیرا در این مولکول، شرط تشکیل پیوند هیدروژنی، یعنی متصل بودن اتم H به یکی از اتمهای O، N و F، وجود ندارد.

گزینه (۲): A پیوند کووالانسی و B نیروی بین مولکولی است، بنابراین قدرت A از B بیشتر است.

گزینه (۳): در هنگام جوشیدن، نیروهای بین مولکولی (B)، ضعیف می‌شوند.

در شکل (ب)، اتم H بین دو اتم اکسیژن (O) قرار دارد، بنابراین نیروی نشان داده شده، پیوند هیدروژنی است ۲۷۵ (B) ۱

بررسی سایر شکلها:

شکل (الف): پیوند هیدروژنی با نقطه چین نمایش داده می‌شود، اما در شکل (الف) با خط نمایش داده شده است.

شکل (ب): پیوند هیدروژنی بین اتم H با یکی از اتمهای O، F و N به وجود می‌آید. در حالی که در شکل (پ) نیرو بین دو اتم O و F به وجود آمده است، بنابراین هیدروژنی نمی‌باشد.

شکل (ت): پیوند بین اتم H با اتم C، پیوند کووالانسی است و به عبارت دیگر؛ اتم H مابین دو اتم C و O قرار دارد، بنابراین نیروی نشان داده شده، پیوند هیدروژنی نمی‌باشد.

شکل (ث): پیوند بین اتم H با اتم Cl از نوع کووالانسی است و به عبارت دیگر؛ اتم H مابین دو اتم Cl و O قرار دارد، بنابراین نیروی نشان داده شده، پیوند هیدروژنی نمی‌باشد.

ترکیب‌هایی که نیروهای بین مولکولی آنها از نوع واندروالسی باشد می‌توانند قطبی یا ناقطبی باشند؛ به عنوان مثال در هر دو ترکیب CH_4 و SO_2 نیروهای بین مولکولی از نوع واندروالسی است در حالی که CH_4 ناقطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند ولی SO_2 قطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند. بررسی سایر گزینهها:

گزینه (۱): در مولکولهای آب هر اتم هیدروژن با پیوند هیدروژنی از سوی اتم اکسیژن مولکول مجاور جذب می‌شود.

گزینه (۲): I_2 و H_2O مواد مولکولی و $(NH_4)_2SO_4$ ترکیب یونی است. برای ذوب کردن I_2 ، $(NH_4)_2SO_4$ و H_2O به ترتیب باید بر نیروهای بین مولکولی واندروالسی، پیوند یونی و پیوند هیدروژنی غلبه کنیم.

گزینه (۳) تمام ترکیب‌های هیدروژن‌دار الزاماً پیوند هیدروژنی ندارند به عنوان مثال HCl فاقد پیوند هیدروژنی است.

۲۷۷ (B) عبارتهای (الف) و (ب) درست هستند. بررسی عبارتهای:

عبارت (الف): آب (H_2O) و هیدروژن سولفید (H_2S) هر دو مولکولهای خمیده و قطبی دارند و در ساختار لوویس آنها ۲ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد.

عبارت (ب): آب برخلاف هیدروژن سولفید دارای پیوند هیدروژنی است (در مولکول آب H متصل به O داریم) به همین دلیل نیروهای بین مولکولی در آن قوی‌تر از H_2S است که این موضوع باعث می‌شود دمای جوش آن غیرعادی و بالاتر از دمای جوش H_2S باشد.

عبارت (پ): در دمای اتاق نیروهای جاذبه میان مولکولهای آب به اندازه‌ای قوی است که در شرایط اتاق می‌تواند این مولکولها را کنار یکدیگر نگه دارد و آب به حالت مایع باشد.

عبارت (ت): در فشار ۱ atm نقطه جوش آب برابر با $100^\circ C$ و نقطه جوش هیدروژن سولفید برابر $-6^\circ C$ است. در نتیجه نقطه جوش آب $16^\circ C$ بالاتر از نقطه جوش هیدروژن سولفید است.

در شرایط اتاق گازی شکل است و مولکولهای آن کاملاً از هم جدا هستند و بین آنها تقریباً نیروی واندروالسی وجود ندارد. **توجه!** H_2S

۲۷۸ (B) عبارتهای (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارتهای:

عبارت (الف): هر چه قطبیت مولکول بیشتر باشد، مقدار عددی گشتاور دوقطبی آن بیشتر است.

عبارت (ب): پیوند هیدروژنی قوی است و در نتیجه مولکولهای آب می‌توانند به صورت مایع در کنار یکدیگر قرار بگیرند.

عبارت (پ): در توده‌ای از مولکولهای آب، هر اتم هیدروژن با تشکیل یک پیوند کووالانسی با اتم اکسیژن (اتم مرکزی) و تشکیل پیوند هیدروژنی با اتم اکسیژن مولکول مجاور، مانند یک پل میان دو مولکول آب عمل می‌کند.

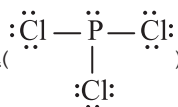
عبارت (ت): ساختار مولکولهای آب (H_2O) و هیدروژن سولفید (H_2S) یکسان و به صورت خمیده است، اما در مولکول آب به دلیل تشکیل پیوند هیدروژنی، نیروی بین مولکولی قوی‌تر و در نتیجه نقطه جوش آن بیشتر است.

B ۲۷۹ ۳ در ستون سوم و ردیف چهارم، مولکول متان ناقطبی بوده و دارای نیروی واندروالسی است و در ستون چهارم و ردیف سوم، مولکول N_2 ، ۲

جفت الکترون ناپیوندی دارد. ($N \equiv N$): بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه (۱): ستون دوم و ردیف سوم: مولکول N_2 ناقطبی است.

ستون سوم و ردیف اول: مولکول NH_3 دارای پیوند $N-H$ بوده و در نتیجه دارای پیوند هیدروژنی است.



گزینه (۲): ستون چهارم و ردیف دوم: مولکول PCl_3 با ساختار لوویس ()، دارای ۱۰ جفت الکترون ناپیوندی است.

ستون دوم و ردیف دوم: در مولکول PCl_3 بر روی اتم مرکزی (P) جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد، بنابراین قطبی است.

ستون سوم و ردیف دوم: مولکول PCl_3 قطبی بوده و دارای نیروی بین مولکولی واندروالس است.

گزینه (۴): ستون دوم و ردیف اول: در مولکول NH_3 با ساختار لوویس ()، بر روی اتم مرکزی (N) الکترون ناپیوندی قرار دارد، بنابراین قطبی است.

B ۲۸۰ ۲ عبارتهای (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارتهای نادرست:

عبارت (الف): هرچند جرم مولی استون (58 g.mol^{-1}) بیشتر از جرم مولی اتانول (46 g.mol^{-1}) است ولی اتانول به دلیل داشتن پیوند هیدروژنی، نیروهای بین مولکولی قوی‌تر و دمای جوش بالاتری نسبت به استون دارد.

عبارت (ت): نیروهای بین مولکولی در اتانول از نوع پیوند هیدروژنی است در حالی که نیروهای بین مولکولی در استون از نوع واندروالسی است.

عبارت (ث): تفاوت فرمول شیمیایی استون (C_3H_6O) با فرمول شیمیایی اتانول (C_2H_6O) در یک اتم کربن است.

C ۲۸۱ ۳ عبارتهای (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. بررسی عبارتهای:

عبارت (الف): استون (C_3H_6O)، مولکول قطبی است و دارای نیروی بین مولکولی واندروالس می‌باشد، در حالی که، اتانول (C_2H_6O)، به دلیل داشتن پیوند (O-H)، دارای نیروی بین مولکولی هیدروژنی است، بنابراین نیروهای مولکولی در اتانول قوی‌تر از استون است.

عبارت (ب): نیروی بین مولکول‌های آب (H_2O) و هیدروژن فلئوئورید (HF) از نوع هیدروژنی است، می‌دانیم قدرت پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آب، بیشتر از قدرت پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های هیدروژن فلئوئورید است.

عبارت (پ): گشتاور دو قطبی مولکول‌های قطبی (مانند H_2O ، HF، C_2H_5OH) مخالف صفر است.

عبارت (ت): در اثر انحلال اتانول در آب و استون در آب، بین حلال و حل‌شونده، پیوند هیدروژنی تشکیل می‌شود.

B ۲۸۲ ۴

نقطه جوش ترکیب‌های هیدروژن‌دار گروه‌های ۱۵ و ۱۷

کلاس درس

۱۶

نقطه جوش دمایی است که در آن یک مایع شروع به جوشیدن می‌کند. در ترکیب‌های مولکولی هرچه نیروهای جاذبه بین مولکولی قوی‌تر باشد، مولکول‌ها با نیروهای جاذبه بیشتری یکدیگر را جذب می‌کنند و جدا کردن آنها دشوارتر شده و در نتیجه نقطه جوش بالاتری خواهند داشت.

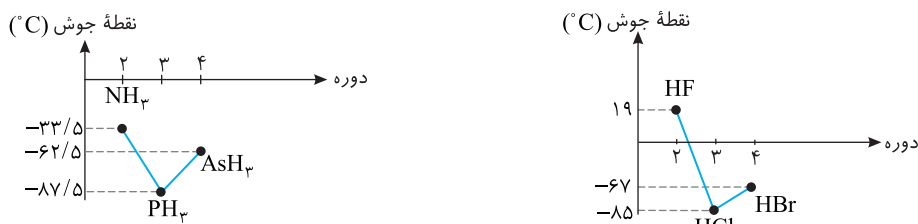
نقطه جوش ترکیب‌های هیدروژن‌دار گروه‌های ۱۵ و ۱۷

جرم مولی و نقطه جوش ترکیب‌های هیدروژن‌دار عنصرهای گروه‌های ۱۵ و ۱۷ جدول تناوبی در جدول‌های زیر بیان شده است:

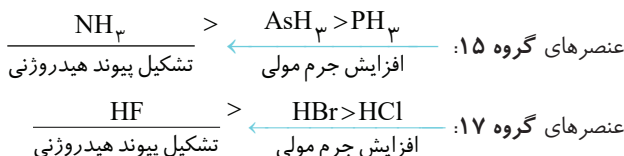
ترکیب	جرم مولی (g.mol^{-1})	نقطه جوش ($^{\circ}\text{C}$)	ترکیب	جرم مولی (g.mol^{-1})	نقطه جوش ($^{\circ}\text{C}$)
NH_3	۱۷	-۳۳/۵	HF	۲۰	۱۹
PH_3	۳۴	-۸۷/۵	HCl	۳۶/۵	-۸۵
AsH_3	۷۸	-۶۲/۵	HBr	۸۱	-۶۷

با توجه به جدول‌های بالا می‌توان گفت:

۱- نمودار تغییرات نقطه جوش ترکیب‌های هیدروژن‌دار عنصرهای گروه‌های ۱۵ و ۱۷ به صورت زیر است:



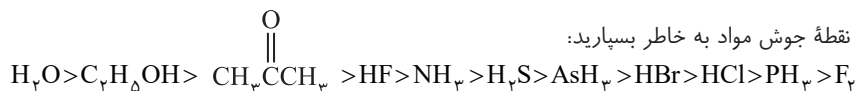
- ۲- تمام ترکیب‌های هیدروژن‌دار عنصر گروه‌های ۱۵ و ۱۷ قطبی هستند. در مولکول‌های HF و NH₃، به ترتیب پیوندهای H-F و N-H وجود دارد، بنابراین نیروی بین مولکولی آن‌ها از نوع پیوند هیدروژنی است، در نتیجه نقطه جوش آن‌ها از ترکیب هیدروژن‌دار عنصر بعد از خود بیشتر است.
- ۳- در ترکیب‌های هیدروژن‌دار گروه‌های ۱۵ و ۱۷، فقط ترکیب حاصل از اولین عنصر این گروه‌ها دارای پیوند هیدروژنی است و ترکیب‌های هیدروژن‌دار سایر عنصرهای این گروه‌ها دارای نیروی بین مولکولی وان‌دروالس هستند.
- ۴- در ترکیب‌های هیدروژن‌دار گروه‌های ۱۵ و ۱۷ از عنصر دوم گروه به بعد، به دلیل افزایش جرم مولی، نقطه جوش ترکیب‌ها افزایش می‌یابد.
- ۵- در ترکیب‌های هیدروژن‌دار گروه‌های ۱۵ و ۱۷، به ترتیب مولکول HF و مولکول NH₃ به دلیل داشتن پیوند هیدروژنی، دارای بیشترین نقطه جوش است.
- ۶- ترکیب هیدروژن‌دار حاصل از دومین عنصر در این دو گروه (گروه ۱۵: PH₃ و گروه ۱۷: HCl) دارای کمترین نقطه جوش است.
- ۷- چون دمای جوش HF بیشتر از NH₃ است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت، قدرت پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های HF بیشتر از مولکول‌های NH₃ است.
- ۸- ترتیب افزایش نقطه جوش ترکیب‌های هیدروژن‌دار عنصرهای گروه‌های ۱۵ و ۱۷ به صورت زیر است:



توجه: ترکیب‌های هیدروژن‌دار عنصر گروه‌های ۱۵ و ۱۷، جدول دوره‌ای در دمای اتاق (۲۵°C) به صورت گازی هستند.

چند نکته در مورد مقایسه نقطه جوش مواد

۱- مقایسه زیر را در مورد نقطه جوش مواد به خاطر بسپارید:



۲- اغلب ترکیب‌های مولکولی که دارای پیوند هیدروژنی هستند، نسبت به ترکیب‌هایی که فاقد پیوند هیدروژنی هستند نقطه جوش بالاتری دارند. به عنوان مثال HF به دلیل داشتن پیوند هیدروژنی نقطه جوش بالاتری نسبت به HCl دارد.

انتباه نکنید نیروهای جاذبه بین مولکولی و نقطه جوش در ترکیب‌های مولکولی که دارای پیوند هیدروژنی هستند، الزاماً از موادی که فاقد پیوند هیدروژنی هستند بیشتر نیست. برای مثال هر چند HF پیوند هیدروژنی دارد ولی نیروهای جاذبه بین مولکولی و نقطه جوش آن از I₂ کمتر است که علت آن جرم و حجم بسیار بیشتر I₂ نسبت به HF است.

مقایسه نقطه جوش این سه ترکیب به صورت NH₃ > AsH₃ > PH₃ است؛ بنابراین اعداد -۳۳/۵°C، -۶۲/۵°C و -۸۷/۵°C به ترتیب مربوط به نقطه جوش NH₃، AsH₃ و PH₃ است. بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه (۱): در هر سه ترکیب اتم مرکزی عنصری از گروه ۱۵ جدول دوره‌ای است، بنابراین در لایه ظرفیت خود ۵ الکترون دارد که با ۳ تا از آن‌ها، سه پیوند اشتراکی با سه اتم هیدروژن برقرار کرده است. بنابراین یک جفت الکترون ناپیوندی برای اتم مرکزی باقی می‌ماند که موجب قطبیت شدن مولکول می‌شود. اما نقطه جوش این سه ترکیب با افزایش جرم مولی به طور منظم و پیوسته افزایش نمی‌یابد؛ زیرا بیشترین نقطه جوش متعلق به NH₃ است (به دلیل داشتن پیوند هیدروژنی) که کمترین جرم مولی را دارد.

گزینه (۲): میان این سه ترکیب فقط مولکول‌های NH₃ توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی را دارند به همین دلیل قوی‌ترین نیروهای بین مولکولی متعلق به مولکول‌های NH₃ است.

گزینه (۳): در مولکول PH₃ هر چند اتم H وجود دارد اما H متصل به اتم‌های O، N، F وجود ندارد؛ بنابراین نیروی بین مولکولی در PH₃ پیوند هیدروژنی نیست. در واقع می‌توان گفت نیروی بین مولکولی در PH₃ نیروهای وان‌دروالسی است.

۲۸۳ (ب) و (پ) جمله داده شده را به درستی کامل می‌کنند. بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): نقطه جوش اتانول بیشتر از استون است، زیرا نیروی بین مولکولی اتانول پیوند هیدروژنی بوده و از نیروی بین مولکولی استون که وان‌دروالس است، قوی‌تر می‌باشد.

عبارت (ب): نقطه جوش HF بیشتر از HBr است، زیرا نیروی بین مولکولی HF پیوند هیدروژنی بوده و از نیروی بین مولکولی HBr که وان دروالس است، قوی تر می باشد.

عبارت (پ): نقطه جوش Br_۲ بیشتر از Cl_۲ است، زیرا هر دو مولکول ناطبی بوده، اما به دلیل بیشتر بودن جرم Br_۲، نیروی وان دروالس آن قوی تر و در نتیجه نقطه جوش Br_۲ بیشتر است.

عبارت (ت): نقطه جوش AsH_۳ بیشتر از PH_۳ است، زیرا هر دو مولکول قطبی بوده، اما به دلیل بیشتر بودن جرم مولی AsH_۳، نیروی وان دروالس آن قوی تر و در نتیجه نقطه جوش AsH_۳ بیشتر است.

B ۲۸۴ ۲ مقایسه‌های انجام شده در موارد (ب) و (ث) درست هستند. برای تمام موارد

الف) نقطه جوش HF به دلیل داشتن پیوند هیدروژنی بیشتر از نقطه جوش HCl و HBr است؛ از طرفی نقطه جوش HBr به دلیل داشتن جرم مولی بیشتر، از نقطه جوش HCl بیشتر است: $HF > HBr > HCl$: مقایسه نقطه جوش

ب) نقطه جوش NH_۳ به دلیل داشتن پیوند هیدروژنی بیشتر از نقطه جوش PH_۳ و AsH_۳ است؛ از طرفی نقطه جوش AsH_۳ به دلیل داشتن جرم مولی بیشتر، از نقطه جوش PH_۳ بیشتر است: $NH_3 > AsH_3 > PH_3$: مقایسه نقطه جوش

پ) انتظار داریم نقطه جوش سه ترکیب H_۲O، HF و NH_۳ به دلیل داشتن پیوند هیدروژنی بیشتر از نقطه جوش H_۲S باشد. (H_۲S فاقد پیوند هیدروژنی است). در ضمن نقطه جوش H_۲O به دلیل داشتن تعداد پیوند هیدروژنی، بیشتر از نقطه جوش HF و NH_۳ بیشتر است:

توجه نقطه جوش این ۴ ترکیب در صفحه‌های ۱۰۶ و ۱۰۷ کتاب درسی بیان شده است. $H_2O > HF > NH_3 > H_2S$: مقایسه نقطه جوش

ت) نقطه جوش اتانول (C_۲H_۵OH) به دلیل داشتن پیوند هیدروژنی، بیشتر از نقطه جوش استون (CH_۳C(=O)CH_۳) است:

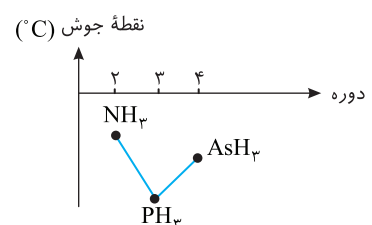
$C_2H_5OH > CH_3C(=O)CH_3$: مقایسه نقطه جوش

ث) می‌دانیم در مواد مولکولی با مولکول‌های ناطبی هر چه جرم مولی ترکیب‌های مولکولی بیشتر باشد، نقطه جوش بیشتری خواهند داشت: $I_2 > Br_2 > Cl_2$: مقایسه نقطه جوش

C ۲۸۵ ۲ تمام ترکیب‌های A، B و C، قطبی هستند و در نتیجه، در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند. بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه (۱): نمودار نشان داده شده فقط می‌تواند مربوط به عناصر گروه ۱۷ جدول تناوبی باشد. در گروه ۱۵، نقطه جوش همه ترکیب‌ها منفی است. نمودار نقطه جوش ترکیب‌های هیدروژن‌دار گروه ۱۵ به صورت روبه‌رو است؛ گزینه (۳) با توجه به نمودار، کمترین نقطه جوش مربوط به ترکیب B است، در حالی که کمترین جرم مولی مربوط به ترکیب A می‌باشد.

گزینه (۴): نیروی بین مولکولی ترکیب A (HF) از نوع هیدروژنی، اما نیروی بین مولکولی ترکیبات B و C، از نوع وان دروالس است.



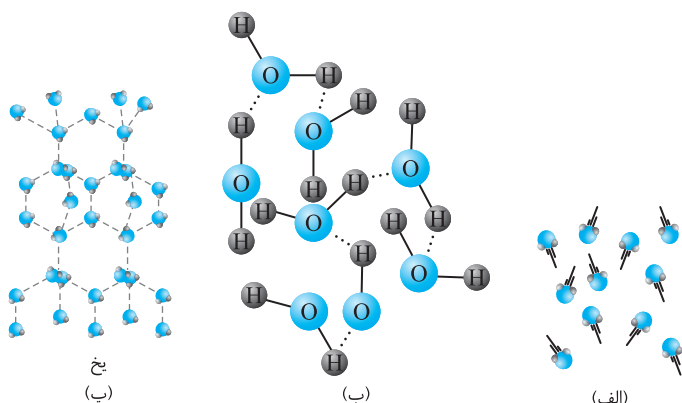
C ۲۸۶ ۱ عبارت (الف) نادرست است. بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): اولین ترکیب هیدروژن‌دار گروه ۱۵ و ۱۷ به ترتیب NH_۳ و HF است، که براساس مطالب بیان شده، نقطه جوش HF بیشتر از NH_۳ می‌باشد. عبارت (ب): نیروی بین مولکولی HF و NH_۳ از نوع هیدروژنی، ولی مولکول ناطبی CH_۴ از نوع وان دروالس است، بنابراین ترتیب قدرت نیروی بین مولکولی آن‌ها به صورت $HF > NH_3 > CH_4$ خواهد بود.

عبارت (پ): نمودار نشان داده شده مربوط به تغییرات نقطه جوش ترکیب‌های هیدروژن‌دار عناصر گروه ۱۵ است. عبارت (ت): ترکیب‌های هیدروژن‌دار گروه ۱۵، مشابه ترکیب‌های هیدروژن‌دار گروه ۱۷، قطبی هستند.

پیوند هیدروژنی در حالت‌های فیزیکی گوناگون آب

کلاس درس ۳.



۱- مولکول‌های آب در سه حالت فیزیکی جامد (یخ)، مایع و بخار در طبیعت وجود دارند. حالت فیزیکی آب وابسته به وضعیت پیوندهای هیدروژنی در میان مولکول‌های آب است که در ادامه به بررسی این موضوع می‌پردازیم.

۲- در حالت بخار، مولکول‌های آب از یکدیگر جدا بوده و فاصله بین مولکول‌های آب به قدری زیاد است که گویی پیوندهای هیدروژنی میان آن‌ها وجود ندارد و به صورت آزادانه و نامنظم از جایی به جای دیگر منتقل می‌شوند (شکل الف).

۳- در حالت مایع، با این‌که مولکول‌ها پیوند هیدروژنی قوی دارند، اما روی هم می‌لغزند و جابه‌جا می‌شوند. در حالت مایع پیوند هیدروژنی تشکیل شده نسبت به حالت جامد ضعیف‌تر است و نمی‌تواند مولکول‌های آب را ثابت نگه دارد (شکل ب).

۴- در حالت جامد (یخ) مولکول‌های آب دارای ویژگی‌های زیر هستند: الف) ساختار یخ منظم است.

ب) مولکول‌های آب در جاهای به نسبت ثابت قرار دارند.

نکته

مقایسه تعداد پیوندهای هیدروژنی در میان مولکول‌های آب در حالت‌های فیزیکی متفاوت: گاز (بخار آب) > مایع > جامد (یخ)

چند نکته مهم در مورد ساختار یخ

۱- هر اتم اکسیژن به دو اتم هیدروژن با پیوند اشتراکی و به دو اتم هیدروژن از مولکول مجاور با پیوند هیدروژنی متصل است، به عبارت دیگر در ساختار یخ، هر مولکول آب حداکثر ۴ پیوند هیدروژنی تشکیل می‌دهد.

۲- در ساختار یخ، مولکول‌ها با یکدیگر تشکیل ساختارهای شش‌ضلعی منظم می‌دهند که شبکه سه بعدی بزرگی مانند کندوی زنبور عسل با فضای خالی پدید می‌آید. در این ساختار، اتم‌های اکسیژن در رأس حلقه‌های شش‌ضلعی قرار دارند و با تشکیل دو پیوند اشتراکی به دو اتم H و با تشکیل دو پیوند هیدروژنی به دو اتم H مولکول مجاور متصل می‌شوند.

۳- در حلقه‌های شش‌ضلعی یخ، هر ضلع شامل یک پیوند اشتراکی و یک پیوند هیدروژنی است.

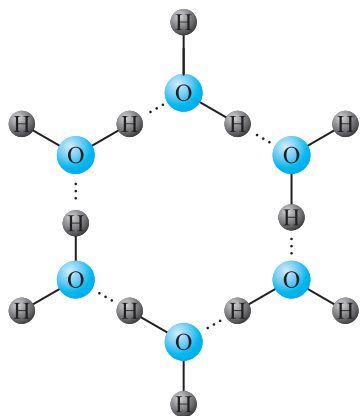
توجه شکل‌های زیبا و متنوع دانه‌های برف ناشی از وجود این حلقه‌های شش‌ضلعی است.

۵- در ساختار یخ، برخلاف سایر حالت‌های فیزیکی به دلیل تشکیل حلقه‌های منظم شش‌ضلعی، فضاهای خالی منظم پدید می‌آید، به همین دلیل، یخ ساختاری باز دارد که این امر باعث ویژگی‌های زیر می‌شود:

الف) حجم آب هنگام یخ زدن افزایش می‌یابد و باعث می‌شود دیواره یاخته‌ها در بافت کرم بر اثر یخ زدن تخریب شوند.

ب) طبق رابطه چگالی در هنگام یخ زدن آب، به دلیل افزایش حجم، چگالی یخ کاهش می‌یابد و این امر باعث شناور ماندن تکه‌های یخ بر روی آب می‌شود:

$$\text{چگالی کاهش می‌یابد.} \Rightarrow \text{حجم افزایش می‌یابد.} \rightarrow \text{انجماد} \rightarrow \text{جرم (ثابت)} = \frac{\text{چگالی}}{\text{حجم}}$$



جمع‌بندی کلاس درس ۳

ویژگی	وضعیت مولکول‌ها	پیوند هیدروژنی	ساختار
حالت فیزیکی آب	مولکول‌ها جدا از هم بوده و آزادانه و نامنظم حرکت می‌کنند.	تقریباً وجود ندارد.	فاصله بین مولکول‌های آب بسیار زیاد است.
مولکول‌های بخار آب	مولکول‌ها روی هم می‌لغزند و جابه‌جا می‌شوند.	پیوند هیدروژنی قوی دارند.	در ساختار آب مایع، پیوند هیدروژنی ضعیف‌تر از حالت جامد است.
مولکول‌های یخ	مولکول‌ها در جاهای به نسبت ثابت قرار دارند.	هر مولکول آب ۴ پیوند هیدروژنی بسیار قوی تشکیل می‌دهد.	ساختار باز به صورت ۶ ضلعی‌های منظم دارد.

در سه حالت فیزیکی، ترتیب تعداد پیوندهای هیدروژنی مولکول‌های آب به صورت گاز > مایع > جامد، اما ترتیب انرژی جنبشی مولکول‌های آب به صورت جامد > مایع > گاز است. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینه (۱): در ساختار یخ، در رأس حلقه‌های شش‌ضلعی هر اتم اکسیژن از یک طرف با تشکیل دو پیوند کووالانسی و از طرف دیگر با تشکیل دو پیوند هیدروژنی به اتم هیدروژن متصل می‌شود.

گزینه (۳): تعداد پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های آب در حالت جامد (یخ)، بیشتر است.

گزینه (۴): مولکول‌های آب در تمام حالت‌های فیزیکی، ساختار خمیده دارد.

۲۸۸ **A** شکل‌های (۱)، (۲) و (۳) به ترتیب از راست به چپ، مربوط به حالت‌های فیزیکی گاز، مایع و جامد در مولکول‌های آب هستند. در شکل (۲)

(حالت مایع)، بین مولکول‌های آب پیوند هیدروژنی قوی تشکیل می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینه (۱): بیشترین تعداد پیوند هیدروژنی (۴ پیوند) در ساختار یخ (شکل ۳) ایجاد می‌شود.

گزینه (۳): با یخ زدن آب، حجم افزایش می‌یابد، بنابراین چگالی شکل (۳) کمتر از شکل (۲) است.

گزینه (۴): ترتیب انرژی جنبشی مولکول‌های آب در سه شکل به صورت (۳) > (۲) > (۱) است.

۲۸۹ **A** ۳ از میان ویژگی‌های ذکر شده عبارت‌ها، داشتن ساختار منظم و شبکه‌ای مانند کندوی زنبور عسل، تشکیل حلقه‌های شش‌ضلعی و چگالی کمتر

نسبت به آب مایع، از ویژگی‌های مولکول‌های آب در ساختار یخ است. توجه شود که، در یخ، بین مولکول‌ها، حداکثر ۴ پیوند هیدروژنی تشکیل می‌شود و شبکه یخ با داشتن فضاهای خالی منظم در سه بعد گسترش یافته است.

۲۹۰ **A** ۱ عبارت (الف) نادرست است. **بررسی عبارت نادرست:**

در ساختار آب، در حالت‌های جامد و مایع، هر دو نوع پیوند هیدروژنی و کووالانسی وجود دارد، اما در حالت گاز، فقط پیوند کووالانسی وجود داشته و به نظر می‌رسد پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های بخار آب تشکیل نمی‌شود.

۲۹۱ **B** ۳ با توجه به ساختار لوویس BF_3 و SO_3 می‌توان گفت که در مولکول BF_3 همانند SO_3

بر روی اتم مرکزی الکترون ناپیوندی قرار ندارد، و اتم‌های اطراف اتم مرکزی یکسان هستند. بنابراین BF_3 مولکولی ناقصی است.

۲۹۲ **B** ۱ **بررسی گزینه‌ها:**

گزینه (۱): $CS_2 \leftarrow \ddot{S} = C = \ddot{S} \leftarrow$ ناقصی،

گزینه (۲): $SO_2 \leftarrow \ddot{O} = \ddot{S} = \ddot{O} \leftarrow$ قطبی

گزینه (۴): $HClO \leftarrow$ بیش از دو نوع اتم دارد \leftarrow قطبی

گزینه (۳): $NO_2 \leftarrow \ddot{O} = \ddot{N} = \ddot{O} \leftarrow$ قطبی،

۲۹۳ **B** ۲ با توجه به ساختار لوویس مولکول‌های SO_3 و CF_4 که نشان داده شده است، در هر

دو مولکول بر روی اتم مرکزی الکترون ناپیوندی وجود ندارد و اتم‌های متصل شده به اتم مرکزی نیز یکسان هستند، بنابراین هر دو مولکول ناقصی بوده و تعداد الکترون‌های پیوندی آن‌ها نیز یکسان و برابر ۸ است.

۲۹۴ **A** ۴ تمام عبارت‌ها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت اول: نقطه جوش اتانول به دلیل داشتن پیوند هیدروژنی، بالاتر از نقطه جوش استون است.

عبارت دوم: آمونیاک پیوند هیدروژنی تشکیل می‌دهد، به همین دلیل نسبت به H_2S نیروی بین مولکولی قوی‌تر و در نتیجه نقطه جوش بالاتری دارد.

عبارت سوم: سه ترکیب HCl ، HF و HBr ترکیب‌های مولکولی هستند، در ترکیب‌های مولکولی هر چه جرم و حجم بیشتر باشد نیروهای بین مولکولی قوی‌تر

بوده و نقطه جوش ترکیب بالاتر است؛ البته HF به دلیل داشتن پیوند هیدروژنی از دو ترکیب دیگر نقطه جوش بالاتری دارد:

مقایسه نقطه جوش: $HF > HBr > HCl$

عبارت چهارم: بخش عمده نیروی جاذبه بین مولکولی در هیدروژن فلوئورید ($HF(g)$) پیوند هیدروژنی است.

۲۹۵ (B) عبارتهای (الف) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): در شکل نشان داده شده مولکول‌ها در میدان الکتریکی جهت‌گیری کرده‌اند، بنابراین قطبی هستند. از میان مولکول‌های داده شده، SO_2 و H_2O قطبی اما CO_2 ناقطبی می‌باشد.

عبارت (ب): مولکول‌های برم (Br_2) و کلر (Cl_2) هر دو ناقطبی‌اند، بنابراین برم به دلیل جرم مولی بیشتر، نیروی بین مولکولی قوی‌تری دارد، حال هرچه نیروی بین مولکولی قوی‌تر باشد یک مایع، سخت‌تر (در دمای بالاتر) به گاز تبدیل می‌شود، بنابراین برم مایع، سخت‌تر به گاز تبدیل می‌شود.

عبارت (پ): مولکول‌های ناقطبی گشتاور دوقطبی ندارند.

۲۹۶ (B) عبارتهای (ب) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): با توجه به شکل، مولکول‌های نشان داده شده در میدان الکتریکی جهت‌گیری نکرده‌اند، بنابراین ناقطبی هستند.

عبارت (ب): در یک ماده، قدرت نیروهای بین مولکولی در حالت جامد از سایر حالت‌های فیزیکی بیشتر است.

عبارت (پ): هرچه قطبیت مولکول بیشتر باشد، گشتاور دوقطبی افزایش می‌یابد.

عبارت (ت): در ساختار آب مایع، مولکول‌ها جابه‌جا می‌شوند اما در ساختار یخ، مولکول‌ها در جاهای به نسبت ثابت قرار دارند.

۲۹۷ (B) در ترکیب‌های هیدروژن دار گروه ۱۷، با افزایش شماره دوره اتم مرکزی، الکترون‌های مولکول و جرم مولی ترکیب به‌طور پیوسته افزایش می‌یابد، اما نیروی بین مولکولی و دمای جوش ابتدا کاهش و سپس افزایش پیدا می‌کند.

۲۹۸ (A) ۳

۳۱ کلاس درس آب و دیگر حلال‌ها

در این کلاس درس با حلال‌هایی مانند آب، اتانول، استون و هگزان بیشتر آشنا می‌شوید.

آب و محلول‌های آبی

۱- آب فراوان‌ترین و رایج‌ترین حلال در طبیعت، صنعت و آزمایشگاه است، زیرا می‌تواند بسیاری از ترکیب‌های یونی و مواد مولکولی (قطبی) را در خود حل کند.

انتباه‌ن کنید: آب برخی از ترکیب‌های یونی مانند نقره کلرید ($AgCl$)، باریم سولفات ($BaSO_4$) و کلسیم فسفات ($Ca_3(PO_4)_2$) و برخی ترکیب‌های مولکولی مانند متان (CH_4)، هگزان (C_6H_{14}) و تمام هیدروکربن‌ها را در خود حل نمی‌کند.

۲- محلول‌هایی که آب به‌عنوان حلال آن‌ها باشد را محلول آبی می‌گویند؛ مانند: محلول آبی سدیم کلرید، محلول آبی استون و ...

۳- آب و محلول‌های آبی نقش کلیدی و حیاتی در زندگی جانداران دارند به‌طوری‌که اغلب فرایندهای زیست‌شیمیایی مانند گوارش، تنفس، سوخت و ساز و ... در محلول‌های آبی انجام می‌شوند. بنابراین اغلب محلول‌های موجود در بدن انسان، محلول‌های آبی هستند.

۴- اغلب محلول‌ها آبی هستند، بنابراین بیشتر واکنش‌های شیمیایی درون بدن از جمله گوارش غذا، کنترل دمای بدن، تنفس، جلوگیری از خشکی پوست و ... در محلول آبی انجام می‌شود.

۵- بیش از نیمی از آب درون بدن، داخل یاخته‌ها و باقی آن در مایع بدون سلولی جریان دارد.

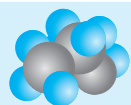
۶- آب در درون بدن، مواد مغذی و مواد زائد را بین سلول‌ها و دستگاه گردش خون جابه‌جا می‌کند.

۷- هر فرد بالغ روزانه به‌طور میانگین ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی‌لیتر آب را به‌صورت ادرار، تعریق پوستی، بخار آب در بازدم و ... از دست می‌دهد.

۸- آب با حل کردن مواد زائد تولید شده در سلول‌ها و دفع آن‌ها نقش کلیدی در حفظ سلامتی بدن دارد.

حلال‌های آلی

۱- همه محلول‌ها آبی نیستند، زیرا افزون بر آب، حلال‌های دیگری نیز وجود دارند. ۳ حلال آلی مشهور که به‌عنوان حلال به کار می‌روند عبارتند از: اتانول، استون و هگزان. در جدول زیر ویژگی این حلال‌ها بیان شده است:

نام حلال	فرمول شیمیایی	مدل فضا پرکن	$\mu(D)$	ویژگی و کاربرد
اتانول (الکل معمولی)	C_2H_6O		> 0	حلال قطبی است که به هر نسبتی در آب حل می‌شود و در تهیه مواد دارویی، آرایشی و بهداشتی کاربرد دارد.

حلال مناسبی برای چربی‌ها، رنگ‌ها و انواع لاک‌ها است و به هر نسبتی در آب حل می‌شود.	> ۰		C_3H_6O	استون
حلال مواد ناقطبی است و به‌عنوان رقیق‌کننده در رنگ استفاده می‌شود که به آن تینر هم می‌گویند.	≈ ۰		C_6H_{14}	هگزان

۲- محلول‌های حاصل از حلال‌های آلی را **محلول‌های غیرآبی** می‌گویند. به‌عنوان مثال، محلول یا مخلوط همگن حاصل از حل کردن **ید در حلال هگزان** (حلال آلی) که محلولی بنفش رنگ است و هم‌چنین بنزین خودرو که محلولی سبز رنگ است نمونه‌هایی از محلول‌های غیرآبی هستند.

نکته

بنزین مخلوطی همگن از چند هیدروکربن متفاوت با ۵ تا ۱۲ کربن است. به‌طور میانگین می‌توان بنزین مورد استفاده در خودروها را با ۸ اتم کربن و با فرمول مولکولی C_8H_{18} در نظر گرفت.

۳- برخی از مواد شیمیایی، مانند اتانول (الکل معمولی) و استون به هر نسبتی در آب حل می‌شوند، از این رو نمی‌توان محلول سیرشده‌ای از آن‌ها تهیه کرد.
 ۴- **هیدروکربن‌ها** (C_xH_y) ترکیب‌هایی هستند که از **هیدروژن و کربن** تهیه شده‌اند. **گشتاور دوقطبی** اغلب هیدروکربن‌ها ناچیز و در حدود صفر است و در نتیجه ترکیب‌هایی **ناقطبی** بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند. به‌عنوان مثال، هگزان با فرمول C_6H_{14} یک هیدروکربن است که در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند.

نکته

می‌دانیم که یک محلول دست کم از دو جزء حلال و حل‌شونده تشکیل شده است. اما در برخی موارد یک محلول بیش از دو جزء دارد، در واقع امکان دارد یک محلول از یک حلال و چند حل‌شونده تشکیل شده باشد. هوا و آب دریا از جمله محلول‌هایی هستند که از یک حلال و چند حل‌شونده تشکیل شده‌اند.

عبارت‌های (الف)، (ب) و (پ) نادرست هستند. **بررسی تمام عبارت‌ها:**

عبارت (الف): اتانول، استون و هگزان حلال‌های آلی (غیرآبی) هستند که در میان آن‌ها اتانول (الکل معمولی) و استون به هر نسبتی در آب حل می‌شوند.
 عبارت (ب): C_8H_{18} فقط از هیدروژن و کربن تشکیل شده است، بنابراین **هیدروکربن** است و مانند اغلب هیدروکربن‌ها، **ناقطبی** بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند.

عبارت (پ): آب به دلیل قطبی بودن، بسیاری از ترکیب‌های یونی و مواد مولکولی را در خود حل می‌کند.

عبارت (ت): آب، فراوان‌ترین و رایج‌ترین حلال در طبیعت، صنعت و آزمایشگاه است.

عبارت (ث): محلول‌های آبی محلول‌هایی هستند که حلال آن‌ها آب است.

۲۹۹ (B) ۳ محلول هگزان در آب **ناهمگن** است و در این مخلوط، به‌دلیل کمتر بودن چگالی هگزان نسبت به آب، بر روی **سطح آب** قرار می‌گیرد.

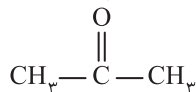
۳۰۰ (B) ۲ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): استون حلال برخی چربی‌ها، رنگ‌ها و لاک‌ها است. از استون نمی‌توان محلول سیرشده‌ای در آب حل کرد زیرا این ترکیب به هر نسبتی در آب حل می‌شود.

عبارت (ب): گشتاور دوقطبی استون بزرگ‌تر از صفر است درحالی‌که گشتاور دوقطبی هگزان (حلال آلی) که به‌عنوان رقیق‌کننده رنگ کاربرد دارد، تقریباً برابر صفر است.

عبارت (پ): نیروهای بین مولکولی در بین مولکول‌های استون از نوع نیروهای وان‌دروالسی است. استون در بین مولکول‌های خود پیوند هیدروژنی ندارد.

عبارت (ت): در ساختار استون اتم هیدروژن متصل به اتم اکسیژن وجود ندارد؛ البته استون می‌تواند با مولکول‌های آب پیوند



هیدروژنی برقرار کند.

عبارت (ث): شمار پیوندهای اشتراکی در ساختار لوویس استون برابر ۱۰ است.

۳۰۱ (B) ۲ اتانول (الکل معمولی) با فرمول مولکولی C_2H_5OH دارای ویژگی‌های زیر است:

۱- یک حلال آلی و قطبی است. ۲- به هر نسبتی در آب حل می‌شود به طوری که نمی‌توان محلول سیرشده‌ای از آن در آب تهیه کرد. ۳- نیروهای بین مولکولی در آن از نوع پیوند هیدروژنی است. ۴- به‌عنوان حلال در تهیه مواد دارویی، آرایشی و بهداشتی کاربرد دارد. ۵- گشتاور دوقطبی آن بزرگ‌تر از صفر بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند.

توجه استون حلال مناسبی برای چربی‌ها و لاک‌ها است و تینر (هگزان)، رقیق‌کننده رنگ هستند.

۳۰۲ (A) ۲ در مخلوط آب و یخ حالت فیزیکی و در مخلوط آب و هگزان خواص شیمیایی در سرتاسر مخلوط یکسان و یکنواخت نیست. بنابراین هر دو

مخلوط **ناهمگن** هستند. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینه (۱): محلول ید در هگزان یک محلول غیرآبی بنفش‌رنگ است که در آن حلال (هگزان) و حل‌شونده (ید) **ناقطبی** بوده و گشتاور دوقطبی آن‌ها تقریباً برابر صفر است.

گزینهٔ (۳): مخلوط اتانول و هگزان ناهمگن است و ترکیب شیمیایی در سرتاسر مخلوط یکسان و یکنواخت نیست.
 گزینهٔ (۴): محلول‌های غیر آبی محلول‌هایی هستند که حلال آن‌ها یک مادهٔ آلی است.

۳۰۳ ۱ عبارت (پ) نادرست است. **بررسی عبارت نادرست:**

عبارت (پ): هوا و آب دریا از یک حلال و چند حل‌شونده تشکیل شده‌اند.

۳۰۴ ۲

پیش‌بینی انحلال‌پذیری مواد در یکدیگر

کلاس درس

۳۳

برخی حل‌شونده‌ها در برخی حلال‌ها حل می‌شوند و محلول تشکیل می‌دهند. در حالی که برخی دیگر مخلوط ناهمگن می‌سازند. حال یک سؤال مطرح می‌شود که: یک حل‌شونده در چه حلالی حل می‌شود؟ و در چه حلال‌هایی حل نمی‌شود؟ طبق بیان کتاب درسی شبیه، شبیه را در خود حل می‌کند! در ادامه به بررسی دقیق این جمله می‌پردازیم:

شبیه شبیه را در خود حل می‌کند.

۱- مواد **ناقطبی** در حلال‌های **ناقطبی** حل می‌شوند. به‌عنوان مثال، I_2 یک مولکول ناقطبی است و می‌تواند در حلال هگزان که ناقطبی است حل شود و محلول تشکیل دهد.

۲- مواد **قطبی** در حلال‌های **قطبی** حل می‌شوند. به‌عنوان مثال، استون (C_3H_6O) یک مولکول قطبی است و می‌تواند در حلال آب که قطبی است حل شود و محلول تشکیل دهد.

۳- مواد **ناقطبی** در حلال‌های **قطبی** حل نمی‌شوند. به‌عنوان مثال هگزان (C_6H_{14}) که مولکول‌های ناقطبی دارد در آب که یک حلال قطبی است حل نمی‌شود. بنابراین چون نیروهای بین مولکولی در هگزان و آب شبیه هم نیستند، جاذبهٔ لازم بین مولکول‌های هگزان و آب به وجود نمی‌آید و جاذبهٔ ناچیز به‌وجود آمده نمی‌تواند بر پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آب غلبه کند به همین دلیل هگزان در آب حل نمی‌شود.

توجه! در مخلوط‌های ناهمگن به حالت **مایع**، مانند آب و هگزان، اجزای مخلوط به **میزان ناچیزی** در یکدیگر حل می‌شوند، اما قابل چشم پوشی است.

نکته

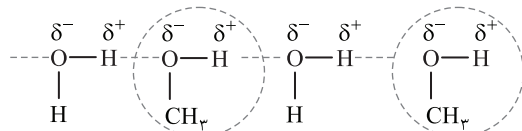


آب و هگزان

هیدروکربن‌ها، مانند هگزان (C_6H_{14}) و بنزین (C_8H_{18}) و ... چگالی کمتری نسبت به آب دارند، بنابراین اگر مقداری هگزان و آب را مخلوط کنیم، یک مخلوط ناهمگن خواهیم داشت که در آن هگزان بالاتر از آب قرار می‌گیرد.

۴- موادی که گشتاور دوقطبی آن‌ها برابر صفر یا تقریباً صفر است در موادی که گشتاور دوقطبی آن‌ها عددی مثبت است (مواد قطبی) حل نمی‌شوند. مثلاً گشتاور دوقطبی I_2 برابر صفر است بنابراین در آب که گشتاور دوقطبی مثبت دارد حل نمی‌شود. ولی اغلب موادی که گشتاور دوقطبی مثبت دارند با هم تشکیل محلول می‌دهند، مانند استون و آب.

۵- مواد دارای **پیوند هیدروژنی** در حلال‌های دارای **پیوند هیدروژنی** حل می‌شوند. به‌عنوان مثال، متانول (CH_3OH) دارای پیوند هیدروژنی است، بنابراین می‌تواند ضمن تشکیل پیوند هیدروژنی با مولکول‌های آب، به‌خوبی در آن حل شود.



نکته

مهمترین موادی که دارای پیوند هیدروژنی هستند و می‌توانند با آب پیوند هیدروژنی تشکیل دهند عبارتند از: NH_3 ، HF ، $Al(NO_3)_3$ و CH_3OH . البته برخی مولکول‌ها هر چند توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های خود را ندارند، اما می‌توانند با مولکول‌های آب، پیوند هیدروژنی تشکیل دهند و به همین دلیل در آب حل می‌شوند. مثلاً استون چنین وضعیتی دارد.

۶- اغلب ترکیب‌های یونی در آب حل می‌شوند اما در حلال‌های ناقطبی حل نمی‌شوند. به‌عنوان مثال ترکیب‌های یونی $NaCl$ ، Na_2S ، $Al(NO_3)_3$ ، $BaCl_2$ و $MgSO_4$ در آب حل می‌شوند.

۷- اغلب مواد یونی در حلال‌های قطبی از جمله آب حل می‌شوند. به‌عنوان مثال نمک سدیم کلرید در آب حل می‌شود.

سؤال مفهومی چرا ترکیب‌های یونی در آب حل می‌شوند؟

توضیح: مولکول‌های آب قطبی هستند و سرهای مثبت و منفی دارند. بنابراین می‌توانند با یون‌های مثبت و منفی در شبکه بلوری ترکیب یونی جاذبه لازم را ایجاد کنند و باعث انحلال ترکیب یونی در خود شوند.

شرط تشکیل محلول

۱- آزمایش‌ها نشان می‌دهد، زمانی فرایند انحلال منجر به تشکیل محلول می‌شود، که شرط زیر برقرار باشد:

[میانگین جاذبه‌ها در حلال خالص و حل‌شونده خالص] > [جاذبه حل‌شونده با حلال در محلول]

بنابراین اگر مولکول‌های حلال را با A و ذره‌های حل‌شونده را با B نمایش دهیم، می‌توان نیروهای جاذبه میان آن‌ها را در حالت خالص با $A \cdots A$ و $B \cdots B$ نشان داد. با این توصیف برای محلول B در A رابطه مقابل برقرار است:

$$(A \cdots B) > \frac{(A \cdots A) + (B \cdots B)}{2}$$

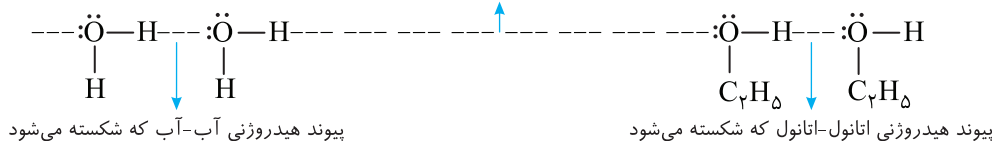
۲- به‌عنوان مثال، استون (قطبی) در آب (قطبی) حل می‌شود، زیرا نیروی جاذبه بین مولکول‌های استون و آب، بیشتر از میانگین جاذبه‌ها در بین مولکول‌های آب خالص و مولکول‌های استون خالص است، اما هگزان (ناقطبی) در آب (قطبی) حل نمی‌شود، زیرا نیروی جاذبه بین مولکول‌های هگزان و آب کمتر از میانگین جاذبه‌ها در بین مولکول‌های آب خالص و مولکول‌های هگزان خالص است.

انحلال اتانول در آب

۱- نیروی بین مولکولی در میان مولکول‌های آب (H_2O) و همچنین در میان مولکول‌های اتانول (C_2H_5OH)، از نوع هیدروژنی است.

۲- زمانی که اتانول در آب حل می‌شود، پیوند هیدروژنی اتانول - اتانول و نیز پیوند هیدروژنی آب - آب شکسته می‌شود و پیوند هیدروژنی جدیدی بین مولکول‌های اتانول و آب به‌وجود می‌آید. میزان این نیروی تشکیل شده بین آب و اتانول (حلال و حل‌شونده) به اندازه‌ای است که بر پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های اتانول و پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آب غلبه کرده و منجر به انحلال اتانول در آب و تشکیل محلول همگن می‌شود، بنابراین می‌توان گفت که ترتیب قدرت پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آب و اتانول و هریک از حل‌شونده‌ها به‌صورت زیر است:

پیوند هیدروژنی آب-اتانول که تشکیل می‌شود



اتانول-اتانول > آب-آب > آب-اتانول: مقایسه قدرت پیوند هیدروژنی

۳- باتوجه به این که، انحلال اتانول در آب انجام می‌شود، پس می‌توان نتیجه گرفت که:

میانگین جاذبه‌ها در آب خالص و اتانول خالص > جاذبه آب-اتانول در محلول

۴- در مولکول اتانول، فقط H متصل به اکسیژن می‌تواند با اتم اکسیژن موجود در یک مولکول اتانول دیگر، پیوند هیدروژنی تشکیل دهد. در واقع هیدروژن‌های متصل به کربن در گروه C_2H_5 در تشکیل پیوند هیدروژنی شرکت نمی‌کنند.

انحلال مولکولی

۱- به‌طور کلی می‌توان انحلال را به دو دسته انحلال مولکولی و انحلال یونی تقسیم‌بندی کرد.

۲- انحلال مولکولی انحلالی است که در آن یک ترکیب مولکولی در حلال حل می‌شود و در اثر انحلال، مولکول‌های حل‌شونده ماهیت خود را حفظ کرده و دچار تغییر شکل نمی‌شوند. مانند انحلال استون در آب و همچنین انحلال یُد در هگزان که مولکول‌های حل‌شونده (استون و یُد) ترکیب مولکولی هستند و در اثر انحلال ساختار خود را حفظ می‌کنند.

۳- به بیان دیگر در انحلال مولکولی، ساختار ماده حل‌شونده قبل از انحلال، به‌صورت مولکول‌های جدا از هم بوده و این ساختار در محلول نهایی نیز به‌صورت مولکول‌های جدا از هم است. بنابراین در انحلال مولکولی ماهیت ماده حل‌شونده حفظ می‌شود.

نکته

اتانول (C_2H_5OH)، ترکیب مولکولی است، بنابراین در آب، به‌صورت مولکولی حل‌شده و ماهیت خود را از دست نمی‌دهد.

جمع‌بندی کلاس درس ۳۳

میانگین جاذبه‌ها در حلال خالص و حل‌شونده خالص > جاذبه حل‌شونده با حلال در محلول	شرط تشکیل محلول
۱ مولکول‌های قطبی در حلال‌های قطبی حل می‌شوند. مانند انحلال	شبهه، شبیه را در خود حل می‌کند
۲ مولکول‌های ناقطبی در حلال‌های ناقطبی حل می‌شوند. مانند انحلال یُد (I_2) در هگزان (C_6H_{14})	
۳ مواد دارای پیوند هیدروژنی در حلال‌های دارای پیوند هیدروژنی حل می‌شوند. مانند انحلال اتانول در آب	
۴ اغلب نمک‌ها در آب و حلال‌های قطبی حل می‌شوند مانند انحلال $NaCl$ و $MgSO_4$ در آب	
اتانول-اتانول > آب-آب > آب-اتانول	مقایسه قدرت پیوند هیدروژنی

علت انحلال‌پذیری اتانول در آب و تشکیل مخلوط همگن، تشابه نیروهای بین مولکولی آن‌هاست. می‌دانیم نیروهای بین مولکولی در آب و اتانول از نوع پیوند هیدروژنی است.

استون، آب و اتانول مولکول‌های قطبی هستند، بنابراین در یکدیگر حل می‌شوند، اما هگزان مولکول ناقطبی است. بنابراین شکل (۴) نمایش درستی از چهار ترکیب می‌باشد.

یُد (I_2) و هگزان (C_6H_{14}) ناقطبی بوده و در حلال اتانول که قطبی است، حل نمی‌شوند و مخلوط آن‌ها ناهمگن است.

بررسی سایر عبارات‌ها:

گزینه (۱): استون و اتانول به هر نسبتی در آب حل می‌شوند.

گزینه (۲): یُد (I_2) مولکولی ناقطبی است و در حلال استون که قطبی است، حل نمی‌شود، بنابراین مخلوط یُد در استون ناهمگن است و می‌توان گفت که نیروی جاذبه بین مولکول‌های استون و یُد کمتر از میانگین نیروهای جاذبه در استون خالص و یُد خالص است.

گزینه (۴): در مخلوط‌های ناهمگن در حالت مایع، مواد به میزان ناچیز در یکدیگر حل می‌شوند.

عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): هگزان مولکولی ناقطبی است در حالی که آب قطبی است، بنابراین هگزان در آب حل نمی‌شود، پس مخلوط آن‌ها ناهمگن بوده و به دلیل کمتر بودن چگالی هگزان، این ترکیب در بالای آب قرار می‌گیرد.

عبارت (ب): در مخلوط‌های ناهمگن مایع (مانند هگزان و آب)، حل‌شونده به میزان بسیار ناچیزی در حلال حل می‌شود.

عبارت (پ): یُد و اتانول به ترتیب ناقطبی و قطبی هستند، در نتیجه مخلوط یُد و اتانول، همانند مخلوط هگزان و آب، ناهمگن است.

عبارت (ت): چون مخلوط هگزان و آب ناهمگن است، بنابراین می‌توان گفت: نیروی جاذبه بین مولکول‌های هگزان و آب، کمتر از میانگین نیروهای جاذبه در هگزان خالص و آب خالص است.

مولکول اتانول (C_2H_5OH) به دلیل داشتن پیوند ($O-H$) دارای پیوند هیدروژنی بوده، بنابراین می‌تواند در حلال آب که دارای پیوند

هیدروژنی است حل شود و مخلوط همگن حاصل شود.

لیتیم کلرید یک ترکیب یونی بوده و در آب محلول است، بنابراین مخلوط آن در آب همگن است.

هگزان مولکولی ناقطبی است، بنابراین در حلال آب که مولکولی قطبی است حل نمی‌شود و مخلوط آن‌ها ناهمگن است.

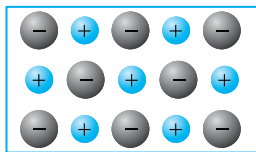
عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) از رابطه داده شده پیروی می‌کنند.

مخلوط‌هایی از رابطه ذکر شده پیروی می‌کنند که نیروی بین مولکولی حلال و حل‌شونده شبیه باشد و در نتیجه محلول تشکیل دهند.

در گزینه (۱)، نیروی بین مولکولی آب (قطبی) و هگزان (ناقطبی) شبیه نبوده و در نتیجه از رابطه فوق پیروی نمی‌کند اما در سایر گزینه‌ها نیروی بین مولکولی دو جزء شبیه است.

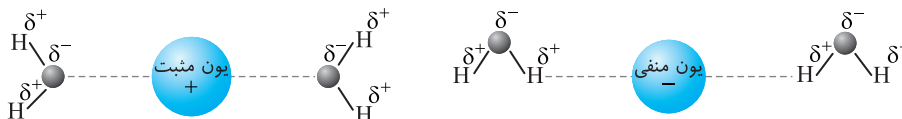
شبهه، شبیه را در خود حل می‌کند؛ بنابراین قطبی در قطبی و ناقطبی در ناقطبی حل می‌شود. استون مولکولی قطبی است و در هگزان که مولکولی ناقطبی است حل نمی‌شود.

ترتیب قدرت نیروی بین مولکولی در محلول آب و اتانول (A)، اتانول خالص (B)، آب خالص (C) به صورت $A > C > B$ است.

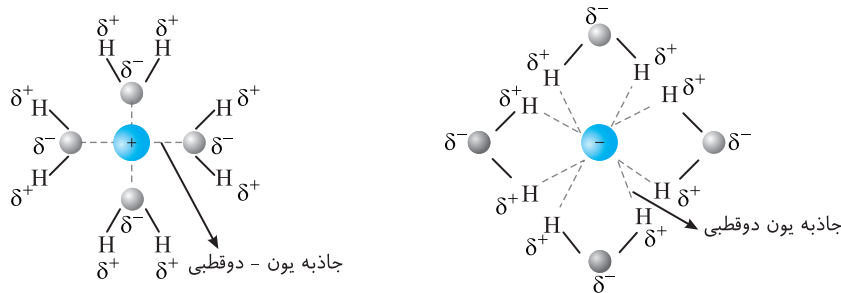


۱- در یک ترکیب یونی مانند سدیم کلرید، یون‌های مثبت و منفی با آرایش منظم در سه بعد جای گرفته‌اند. در مورد سدیم کلرید این شبکه سه‌بعدی به صورت بلورهای مکعبی است. در واقع ذرات سازنده یک ترکیب یونی، یون‌های مثبت و منفی هستند:

۲- زمانی که بلورهای کوچک منظم و مکعبی شکل یک ترکیب یونی را وارد آب می‌کنیم، مولکول‌های آب از سر منفی خود یعنی اکسیژن به یون‌های مثبت موجود در سطح بیرونی بلور نزدیک می‌شوند و از سر مثبت خود یعنی هیدروژن به یون‌های منفی موجود در سطح بیرونی بلور نزدیک می‌شوند. بنابراین یون‌های مثبت و منفی موجود در بلور ترکیب یونی، بر اثر جاذبه‌ای که با مولکول‌های آب ایجاد می‌کنند، از شبکه بلوری جدا شده و وارد آب می‌شوند.

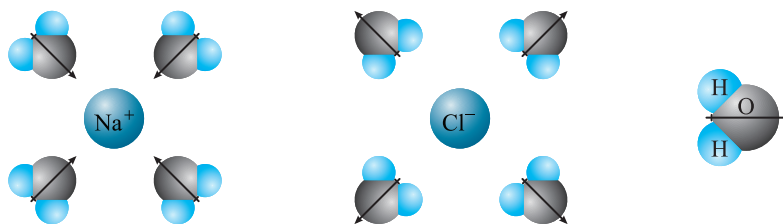


۳- یون‌های مثبت و منفی که توسط مولکول‌های آب از هم جدا شدند، توسط لایه‌ای از مولکول‌های آب احاطه می‌شوند که در این صورت به این یون‌ها، یون‌های آبپوشیده می‌گوییم. یون‌های آبپوشیده در سرتاسر محلول پراکنده می‌شوند. در این حالت به نیروی جاذبه‌ای که بین مولکول‌های قطبی آب و یون‌ها به وجود می‌آید، نیروی یون - دوقطبی می‌گوییم.



۴- در فرایند انحلال یونی، ماده حل‌شونده (ترکیب یونی) ویژگی ساختاری خود را حفظ نمی‌کند و یون‌های سازنده شبکه بلور یونی که به صورت مجزا و مستقل وجود نداشتند، پس از وارد شدن به آب و تشکیل محلول تفکیک و آبپوشیده شده و به صورت یون‌های جدا از هم تبدیل می‌شوند.

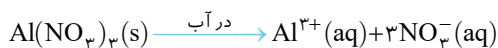
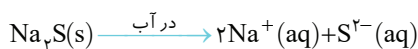
۵- ابتدا به شکل‌های زیر که قسمتی از شکل ۲۲ در صفحه ۱۱۲ کتاب درسی است و فرایند انحلال سدیم کلرید در آب و تشکیل یون‌های آبپوشیده را نشان می‌دهد، توجه نمایید:



علامت (+) جهت جابه‌جایی ابر الکترونی را در مولکول قطبی نشان می‌دهد، جهت این فلش از مرکز اثر بارهای مثبت به سوی مرکز اثر بارهای منفی است.

۶- نیروی یون - دوقطبی نیرویی است که بین یک یون و مولکول قطبی (مانند آب) تشکیل می‌شود. این نیرو هنگام انحلال ترکیب یونی در یک حلال قطبی مانند آب، ایجاد می‌شود و در محلول آبی یک ترکیب یونی، این نیرو بین کاتیون و آنم اکسیژن مولکول آب (δ^-) و آنیون و آنم‌های هیدروژن مولکول آب (δ^+) تشکیل می‌شود.

نویس بسیاری از ترکیب‌های یونی (نه همه آن‌ها) در آب، طی دو مرحله تفکیک و آبپوشی حل می‌شوند. به‌عنوان مثال، ترکیب‌های یونی سدیم سولفید (Na_2S) و آلومینیم نیترات ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3$) به صورت زیر در آب تفکیک و در نتیجه حل می‌شوند:



شرط انحلال ترکیب یونی در آب

۱- می‌دانیم در انحلال ترکیب‌های یونی، نیروی بین حل‌شونده (یون‌ها) و حلال (آب) از نوع یون - دوقطبی است، شرط انحلال ترکیب یونی در آب، به صورت زیر است:

میانگین قدرت پیوند یونی در ترکیب یونی و پیوندهای هیدروژنی آب > نیروی جاذبه یون - دوقطبی

به عبارت دیگر، اگر برای ترکیب یونی شرط فوق برقرار نباشد، آن ترکیب یونی در آب نامحلول است.

۲- دو ترکیب‌های یونی منیزیم سولفات ($MgSO_4$) و باریم سولفات ($BaSO_4$) در دمای $25^\circ C$ به ترتیب در آب محلول و نامحلول هستند، بنابراین می‌توان گفت:

الف) برای ترکیب $MgSO_4$:

میانگین قدرت پیوند یونی در $MgSO_4$ و پیوندهای هیدروژنی در آب > نیروی جاذبه یون - دوقطبی

ب) برای ترکیب $BaSO_4$:

میانگین قدرت پیوند یونی در $BaSO_4$ و پیوندهای هیدروژنی آب < نیروی جاذبه یون - دوقطبی



ترتیب قدرت نیروهای بین مولکولی در محلول یک ترکیب یونی در آب به صورت زیر است:

نیروی بین مولکول‌های آب > میانگین قدرت پیوند یونی ترکیب یونی و پیوندهای هیدروژنی آب > نیروی یون - دوقطبی بین یون‌ها و مولکول‌های آب > پیوند یونی ترکیب یونی

جمع‌بندی کلاس درس ۳۳

انواع انحلال

- انحلال مولکولی:
 - برای ترکیب‌های مولکولی است.
 - ساختار و ماهیت مولکول تغییر نمی‌کند.
 - بین حل‌شونده و حلال، نیروی وان‌دروالس یا هیدروژنی تشکیل می‌شود.
- انحلال یونی:
 - برای ترکیب‌های یونی است.
 - ساختار ترکیب یونی تغییر می‌کند. (یون‌ها تفکیک می‌شوند).
 - بین حل‌شونده (یون‌ها) و حلال، نیروی یون - دوقطبی تشکیل می‌شود.

عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): انحلال اتانول در آب، استون در آب و ید در هگزان از نوع انحلال مولکولی هستند.

عبارت (ب): در انحلال مولکولی مانند انحلال اتانول در آب، مولکول‌های حل‌شونده ماهیت خود را در محلول حفظ می‌کنند.

عبارت (پ): انحلال اتانول در آب مولکولی است و ساختار مولکول‌های حل‌شونده (اتانول) در محلول دچار تغییر نمی‌شود.

عبارت (ت): در انحلال اتانول در آب واکنش شیمیایی انجام نمی‌شود ولی بین مولکول‌های آب و اتانول پیوند هیدروژنی برقرار می‌شود که این پیوندهای هیدروژنی قوی‌تر از پیوند هیدروژنی میان مولکول‌های آب و قوی‌تر از پیوند هیدروژنی میان مولکول‌های اتانول است.

۳۱۳ (A) فقط عبارت (پ) نادرست است. **بررسی سایر عبارت‌ها:**

عبارت (الف): $MgCl_2$ یک ترکیب یونی است و برخلاف ترکیب‌های مولکولی مانند استون، هنگام انحلال ساختار خود را حفظ نمی‌کند.

عبارت (ب): در انحلال ترکیب‌های یونی مانند $MgCl_2$ ، بین کاتیون (Mg^{2+}) و اتم اکسیژن مولکول آب (δ^-)، نیروی جاذبه یون - دوقطبی تشکیل می‌شود.

عبارت (پ): $MgCl_2$ یک ترکیب یونی بوده در حالی که اتانول یک ترکیب مولکولی است، انحلال ترکیب‌های یونی با ترکیب‌های مولکولی متفاوت است.

عبارت (ت): در انحلال ترکیب‌های یونی، آبیوشی یون‌ها با تشکیل نیروی جاذبه یون - دوقطبی انجام می‌شود. نیروی جاذبه یون - دوقطبی قوی‌تر از میانگین نیروی پیوند یونی در $MgCl_2$ و پیوندهای هیدروژنی در آب است.

۳۱۴ (A) نیروی جاذبه یون - دوقطبی باعث جداسدن یون‌ها از شبکه بلوری NaCl شده تا این یون‌ها با لایه‌ای از مولکول‌های آب پوشیده شود.

۳۱۵ (A) کاتیون‌ها از سمت اتم اکسیژن (δ^-) مولکول آب و آنیون‌ها از سمت اتم‌های هیدروژن (δ^+) مولکول آب احاطه می‌شوند.

۳۱۶ (B) شکل نشان داده شده، انحلال ترکیب‌های یونی را در آب نشان می‌دهد. **بررسی گزینه‌ها:**

گزینه (۱): استون یک ترکیب مولکولی است و انحلال آن به صورت شکل نشان داده شده نخواهد بود.

گزینه (۲): با توجه به این‌که مولکول‌های آب از سمت اتم‌های هیدروژن خود به گونه A نزدیک شده‌اند، بنابراین گونه A نمی‌تواند یک کاتیون باشد.

گزینه (۳): در انحلال ترکیب‌های یونی در آب ساختار حل‌شونده تغییر می‌کند.

گزینه (۴): نیروی جاذبه میان مولکول‌های آب و گونه‌های A و B نیروی جاذبه یون - دوقطبی است که در انحلال اتانول در آب تشکیل نمی‌شود؛ در انحلال اتانول در آب، بین حل‌شونده و حلال، پیوند هیدروژنی تشکیل می‌شود.

317 B در نمک‌های محلول در آب نیروی جاذبه یون - دوقطبی (a) از میانگین نیروی پیوند یونی (c) و پیوندهای هیدروژنی در آب (b) بزرگ‌تر

است؛ بنابراین رابطه $a > \frac{b+c}{2}$ در مورد نمک‌های محلول در آب برقرار است. در بین نمک‌های مطرح شده، ۴ نمک محلول در آب یعنی سدیم کلرید، سدیم نیترات، منیزیم سولفات و آلومینیم نیترات وجود دارد.

318 B سدیم کلرید (NaCl) و باریم نیترات $(Ba(NO_3)_2)$ ، ترکیب‌های یونی هستند، بنابراین انحلال آن‌ها در آب با حفظ ساختار همراه

نمی‌باشد. انحلال ید در هگزان و انحلال استون در آب از نوع انحلال مولکولی است که با حفظ ساختار ماده حل‌شونده همراه است. کلسیم فسفات یک ماده نامحلول در آب است بنابراین وارد کردن آن در آب ساختار آن را تغییر نمی‌دهد.

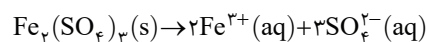
319 B با توجه به شکل‌ها می‌توان گفت:

a: نیروی وان‌دروالس بین دو مولکول قطبی استون است، b: پیوند کووالانسی C-H است.

c: پیوند هیدروژنی بین مولکول اتانول و آب، d: نیروی یون - دوقطبی بین کاتیون Na^+ و مولکول قطبی آب است.

بنابراین ترتیب قدرت نیروها و پیوند به صورت $b > d > c > a$ است.

320 B در اثر انحلال یک مول آهن (III) سولفات در مقدار کافی آب، ۵ مول یون وارد آب می‌شود.



بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه (۱): استون یک ماده قطبی است بنابراین گشتاور دوقطبی آن از مولکول‌های ناقطبی (مانند ید و هگزان) بیشتر است. از طرفی گشتاور دوقطبی ید دقیقاً برابر صفر است در حالی که گشتاور دوقطبی هگزان تقریباً برابر صفر است.

گزینه (۲) در معادله انحلال آلومینیم نیترات در آب، مجموع ضرایب استوکیومتری مواد برابر ۵ است: $Al(NO_3)_3(s) \rightarrow Al^{3+}(aq) + 3NO_3^-(aq)$

گزینه (۴): شمار یون‌های حاصل از انحلال یک مول نمک‌های باریم کلرید $(BaCl_2)$ و سدیم سولفید (Na_2S) برابر ۳ مول است:



321 B برای هر محلولی که حاصل عبارت [تعداد ذرات حاصل از انحلال \times غلظت مولار] بیشتر باشد، در نتیجه انحلال و تفکیک ماده حل‌شونده آن، تعداد یون بیشتری تولید می‌شود:

گزینه (۱): $(NH_4)_2CO_3(s) \rightarrow 2NH_4^+(aq) + CO_3^{2-}(aq)$: ذره $= \frac{1}{3} \times 3 = 1$

گزینه (۲): $Fe(NO_3)_3(s) \rightarrow Fe^{3+}(aq) + 3NO_3^-(aq)$: ذره $= \frac{1}{4} \times 4 = 1$

گزینه (۳): $BaCl_2(s) \rightarrow Ba^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq)$: ذره $= \frac{1}{2} \times 3 = 1.5$

گزینه (۴): $MgSO_4(s) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$: ذره $= \frac{1}{2} \times 2 = 1$

بنابراین تعداد یون‌های موجود در محلول $\frac{1}{2}$ مولار باریم کلرید بیشتر است.

322 B عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) نادرست هستند.

کلاس درس انحلال‌پذیری گازها در آب

انحلال‌پذیری گازها در آب به سه عامل: نوع گاز، فشار گاز و دما بستگی دارد. در ادامه به بررسی این موضوع می‌پردازیم:

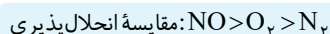
تأثیر نوع گاز بر انحلال‌پذیری

۱- با توجه به این که آب مولکولی قطبی بوده و نیروی بین مولکولی آن قوی است، بنابراین، می‌توان گفت؛ هرچه مولکول‌های گاز، نیروی بین مولکولی قوی‌تری داشته باشند، انحلال‌پذیری آن‌ها در آب بیشتر است. به‌عنوان مثال، گازهای NO ، O_2 و N_2 (با جرم مولی تقریباً یکسان)، به‌ترتیب قطبی، ناقطبی و ناقطبی

هستند. مولکول‌های گازی NO به دلیل قطبی بودن، دارای نیروی بین مولکولی قوی‌تر بوده و در نتیجه انحلال‌پذیری آن در آب نسبت به گازهای O_2 و N_2

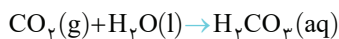
بیشتر است. مولکول‌های O_2 و N_2 نیز هر دو ناقطبی هستند؛ به دلیل بیشتر بودن جرم مولی O_2 (32 g.mol^{-1}) نسبت به جرم مولی N_2 (28 g.mol^{-1})

می‌توان گفت؛ نیروی بین مولکولی O_2 قوی‌تر است و در نتیجه انحلال‌پذیری آن نیز در آب بیشتر خواهد بود:



۲- با توجه به این که گشتاور دوقطبی CO_2 برخلاف NO صفر است، پیش‌بینی می‌شود در دما و فشار معین، انحلال‌پذیری گاز NO در آب بیشتر باشد، اما آزمایش‌ها نشان می‌دهد که در فشار یک اتمسفر و در هر دمایی، انحلال‌پذیری گاز $\text{CO}_2(\text{g})$ بیشتر از NO است. زیرا:

الف) انحلال $\text{NO}(\text{g})$ در آب به صورت مولکولی و بدون انجام واکنش شیمیایی می‌باشد، اما انحلال مولکول‌های $\text{CO}_2(\text{g})$ در آب با انجام واکنش شیمیایی و تولید محلول اسیدی ($\text{pH} < 7$) همراه است، بنابراین انجام واکنش شیمیایی باعث می‌شود که انحلال‌پذیری $\text{CO}_2(\text{g})$ در آب در شرایط یکسان، بیشتر از $\text{NO}(\text{g})$ باشد.



ب) حجم و جرم مولی کربن دی‌اکسید ($44 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$) بیشتر از حجم و جرم مولی نیتروژن مونو کسید ($30 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$) است، بنابراین در شرایط یکسان انحلال‌پذیری CO_2 بیشتر از NO خواهد بود.

۳- انحلال‌پذیری مولکول اکسیژن در آب به دلیل ناقطبی بودن آن کم است، اما همین مقدار کم برای زندگی آبزیان نقش حیاتی دارد، به طوری که ماهی‌ها، با عبور دادن آب از درون آب‌شش خود، اکسیژن مولکولی حل‌شده در آب را جذب می‌کنند.

۴- اگر در دما و فشار معین بخواهیم انحلال‌پذیری گازهای HCl ، NH_3 ، CO_2 ، NO ، O_2 ، N_2 را مقایسه کنیم داریم:

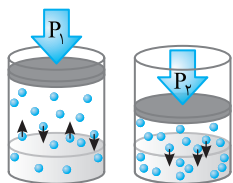


محلول HCl یک اسید قوی است و به طور کامل به یون‌های $\text{H}^+(\text{aq})$ ، $\text{Cl}^-(\text{aq})$ تبدیل می‌شود. این یون‌ها با مولکول‌های آب جاذبه قوی یون دوقطبی ایجاد می‌کنند. NH_3 نیز به دلیل داشتن پیوند هیدروژنی به خوبی در آب حل می‌شود. NO نیز به دلیل قطبی بودن انحلال‌پذیری بیشتری نسبت به O_2 و N_2 دارد.

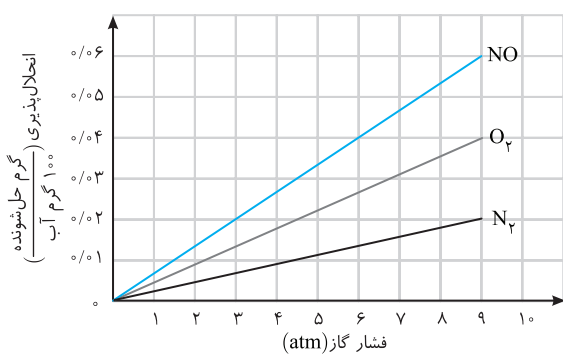
تأثیر فشار گاز بر انحلال‌پذیری

۱- تأثیر فشار گاز بر انحلال‌پذیری، بر اساس قانون هنری بیان می‌شود. بر اساس قانون هنری، در دمای ثابت، با افزایش فشار بر روی سطح یک محلول، میزان انحلال‌پذیری گاز افزایش می‌یابد.

۲- مطابق شکل روبه‌رو، با افزایش فشار، برخورد مولکول‌های گازی با سطح حلال (آب) مولکول‌های گازی بیشتری وارد محلول می‌شوند و در نتیجه انحلال‌پذیری گاز افزایش می‌یابد.

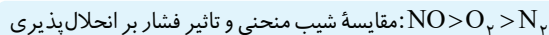


۳- نمودار زیر انحلال‌پذیری گازهای NO ، O_2 و N_2 را که با آب واکنش شیمیایی نمی‌دهند در دمای 20°C بر حسب افزایش فشار نشان می‌دهد:



با توجه به این نمودار به نکات مهم زیر می‌رسیم:

الف) با افزایش فشار، انحلال‌پذیری گازها افزایش می‌یابد؛ بنابراین نمودار روبه‌رو تأییدی بر قانون هنری است.
 ب) می‌توان گفت، با افزایش فشار، انحلال‌پذیری با شیب ثابت افزایش می‌یابد (نمودار خطی است) و عرض از مبدأ نمودارها برابر صفر است، بنابراین نمودارهای «انحلال‌پذیری-فشار گاز» در دمای ثابت، همواره به صورت یک خط راست صعودی است که از مبدأ مختصات عبور می‌کند.
 پ) در این نمودار هر چه شیب خط بیشتر باشد، تأثیر فشار بر انحلال‌پذیری بیشتر است بنابراین:



معادله قانون هنری

$$S = kP$$

۱- بر اساس قانون هنری، رابطه انحلال‌پذیری گاز (S) با فشار گاز (P) در دمای ثابت به صورت روبه‌رو تعریف می‌شود:

در این رابطه، k ثابت هنری است که برای هر گاز در دمای معین، عددی ثابت بوده و تعیین‌کننده شیب منحنی انحلال‌پذیری فشار است.

۲- با توجه به معادله هنری عرض از مبدأ برابر صفر بوده و شیب (k) همیشه ثابت است. در واقع رابطه انحلال‌پذیری گاز با فشار گاز یک رابطه خطی به صورت $y = mx$ است.

۳- در نمودار انحلال‌پذیری-فشار چون عرض از مبدأ صفر است می‌توان نتیجه گرفت که در فشار صفر اتمسفر، انحلال‌پذیری گازها نیز برابر صفر است. زیرا در فشار صفر اتمسفر گازی وجود ندارد.

۴- هر گازی که شیب نمودار آن (k) بیشتر باشد، می‌توان گفت:

الف) انحلال‌پذیری آن در تمام فشارها بیشتر از سایر گازها است.

ب) تأثیر افزایش فشار بر انحلال‌پذیری آن بیشتر است، مانند گاز NO

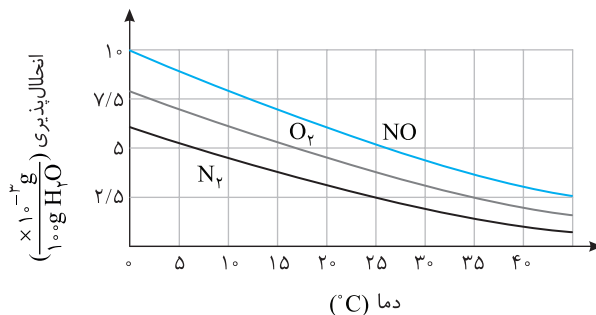
۵- با توجه به معادله هنری می‌توان گفت که، با n برابر کردن فشار گاز (P)، انحلال‌پذیری آن (S) نیز n برابر می‌شود. به‌عنوان مثال، انحلال‌پذیری گاز NO در فشار ۳ atm برابر ۰.۲g/۱۰۰g است، زمانی که فشار ۲ برابر می‌شود (۶ atm)، انحلال‌پذیری گاز نیز ۲ برابر شده و برابر ۰.۴g/۱۰۰g می‌شود.

نکته

شیب نمودار (k)، به نوع گاز و دما بستگی دارد و با افزایش k، انحلال‌پذیری گاز نیز افزایش می‌یابد.

تأثیر دما بر انحلال‌پذیری گازها

۱- با افزایش دما، انرژی جنبشی مولکول‌های گاز افزایش یافته و در نتیجه مولکول‌های گاز از داخل محلول خارج می‌شوند؛ بنابراین انحلال‌پذیری کاهش می‌یابد.
 ۲- نمودار انحلال‌پذیری برحسب دما، برخلاف نمودار انحلال‌پذیری برحسب فشار به‌صورت خطی نیست و با افزایش دما، انحلال‌پذیری گاز به‌صورت غیرخطی کاهش می‌یابد. به‌عنوان مثال، نمودار زیر، انحلال‌پذیری سه گاز NO، O_2 و N_2 را برحسب دما در فشار ثابت یک اتمسفر نشان می‌دهد:



با توجه به نمودار روبه‌رو می‌توان گفت:

الف) تأثیر دما بر انحلال‌پذیری گازها به‌صورت غیرخطی است.

ب) با افزایش دما، انحلال‌پذیری گازها به‌صورت غیرخطی کاهش می‌یابد. به‌طور کلی انحلال‌پذیری یک گاز معین در فشار ثابت با دما رابطه عکس دارد.
 پ) هرچه شیب منحنی بیشتر باشد، تأثیر دما بر کاهش انحلال‌پذیری افزایش می‌یابد.

ت) با n برابر کردن دما، انحلال‌پذیری گاز کاهش می‌یابد، اما نمی‌توان گفت که $\frac{1}{n}$ می‌شود.

ث) براساس این نمودار در فشار ثابت و در هر دمایی مقایسه انحلال‌پذیری گازهای N_2 ، O_2 و NO به‌صورت زیر است:

$NO > O_2 > N_2$: مقایسه انحلال‌پذیری در فشار ثابت و در هر دمایی

حل کردن قرص جوشان در آب

۱- با وارد کردن قرص جوشان به داخل آب، یک واکنش شیمیایی انجام می‌شود که باعث تولید گاز CO_2 می‌شود.
 ۲- در طی یک آزمایش، با حل کردن قرص جوشان در آب گرم و سرد به‌صورت جداگانه، دیده می‌شود که مقدار گاز CO_2 جمع‌آوری شده از آزمایش مربوط به آب گرم، بیشتر از آزمایش آب سرد است، زیرا با افزایش دما، انحلال‌پذیری گاز CO_2 تولید شده کاهش یافته و در نتیجه مقدار گاز CO_2 بیشتری از ظرف خارج می‌شود.
 ۳- در آزمایش قرص جوشان هدف این است که ثابت کنیم، انحلال‌پذیری گاز CO_2 با دما رابطه عکس دارد.

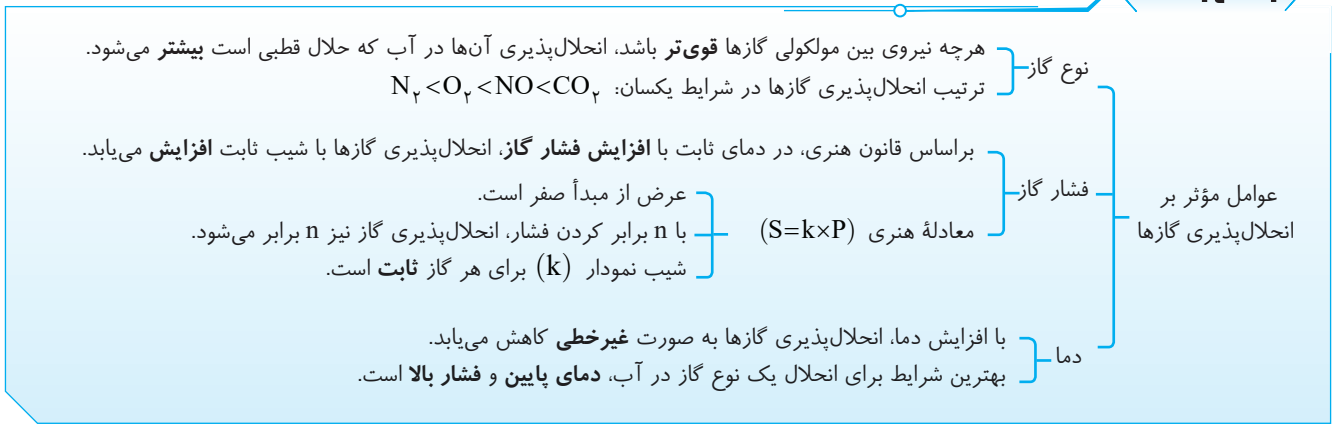
نکته

در آزمایش قرص جوشان، هرچه دمای آب پایین‌تر باشد، انحلال‌پذیری CO_2 در آب بیشتر است، از طرفی میزان باقی ماندن CO_2 در آب، بیشتر و حجم گاز CO_2 جمع‌آوری شده کمتر خواهد بود.

تأثیر مقدار نمک موجود در آب دریا روی انحلال‌پذیری گازها

۱- در هوای گرم به دلیل کاهش انحلال‌پذیری گاز اکسیژن در آب، ماهی‌ها به سطح آب می‌آیند تا بتوانند از اکسیژن بیشتری استفاده کنند.
 ۲- مقدار نمک موجود در آب دریا بر انحلال‌پذیری گازها تأثیر گذاشته و باعث کاهش انحلال‌پذیری گازها می‌شود؛ زیرا با حل کردن نمک در آب، توانایی آب برای حل کردن ماده دیگر از جمله گازها کاهش یافته و از طرف دیگر، چون انحلال‌پذیری نمک‌ها در آب بیشتر از گازهاست، بنابراین با حل کردن نمک در آب، انحلال‌پذیری گازها در آب کاهش می‌یابد. به‌عنوان مثال، انحلال‌پذیری گاز اکسیژن در آب آشامیدنی بیشتر از آب دریا (دارای انواع نمک‌های حل شده است) می‌باشد.
 ۳- بنابراین به یک نتیجه مهم می‌رسیم: انحلال‌پذیری گازها با میزان نمک موجود در محلول رابطه عکس دارد.

جمع‌بندی کلاس درس ۴۳



بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): با افزایش دما، انحلال پذیری گازها کاهش می‌یابد، اما شیب نمودار آن‌ها ثابت نیست.
 عبارت (ب): براساس رابطهٔ هنری ($S=k \times P$)، در دمای ثابت، با n برابر شدن فشار گاز (P)، انحلال پذیری (S) نیز، n برابر می‌شود.
 عبارت (پ): با ۲ برابر کردن دما، انحلال پذیری گاز در آب کاهش می‌یابد. (اما الزاماً نصف نمی‌شود).
 عبارت (ت): انحلال پذیری گازها علاوه بر دما و فشار به نوع گاز نیز بستگی دارد.

۳۲۳ (A) ۱ در هوای گرم، انحلال پذیری گاز اکسیژن کاهش یافته و در نتیجه مقدار آن در آب کاهش می‌یابد، بنابراین ماهی‌ها برای دریافت اکسیژن به

سطح آب نزدیک می‌شوند. بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینهٔ (۲): مقدار نمک موجود در دریا، با انحلال پذیری گازها در آب دریا رابطهٔ عکس دارد. هر چه مقدار نمک بیشتر باشد، انحلال پذیری کمتر است.
 گزینهٔ (۳): با حل کردن قرص جوشان در آب، گاز CO_2 تولید می‌شود و در آب گرم، به دلیل کاهش انحلال پذیری گاز CO_2 ، مقدار بیشتری از آن از آب خارج می‌شود.

گزینهٔ (۴): مولکول CO_2 به دلیل داشتن جرم بیشتر و همچنین به دلیل واکنش با آب، دارای نیروی بین مولکولی قوی‌تر و در نتیجه انحلال پذیری بیشتری است و بین مولکول‌های N_2 و NO نیز به دلیل قطبی بودن و بیشتر بودن جرم NO نسبت به N_2 ، نیروی بین مولکولی NO قوی‌تر و در نتیجه انحلال پذیری NO بیشتر از N_2 است، بنابراین ترتیب انحلال پذیری این سه گاز به صورت $CO_2 > NO > N_2$ است.

۳۲۴ (B) ۱ فقط عبارت (پ) نادرست است.

هر چند گشتاور دوقطبی گاز CO_2 بر خلاف NO برابر صفر است و CO_2 مولکولی ناقطبی است اما انحلال پذیری آن در آب در فشار یک اتمسفر و در هر دمایی بیشتر از انحلال پذیری مولکول قطبی NO است. به دلایل زیر انحلال پذیری CO_2 از NO بیشتر است:

(الف) جرم و حجم مولکول CO_2 بیشتر از NO است. (ب) CO_2 بر خلاف NO با آب وارد واکنش شیمیایی می‌شود.

۳۲۵ (A) ۲ براساس قانون هنری، با افزایش فشار، انحلال پذیری گاز به صورت خطی افزایش می‌یابد و عرض از مبدأ نمودار نیز صفر است.

۳۲۶ (B) ۴ در دمای ثابت در هر فشاری، ترتیب انحلال پذیری گازهای بیان شده به صورت $CO_2 > NO > O_2$ است، بنابراین نمودار گزینهٔ (۴) صحیح می‌باشد.

۳۲۷ (B) ۳ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): رابطهٔ میان دما و انحلال پذیری تمامی نمک‌ها در آب برخلاف رابطهٔ میان فشار و انحلال پذیری گازها در آب الزاماً رابطه‌ای خطی نیست. عنوان مثال نمودار انحلال پذیری بر حسب دما برای پتاسیم نترات خطی نیست.
 عبارت (ب): انحلال پذیری گازها در دمای ثابت با فشار رابطهٔ مستقیم دارد؛ به طوری که با کاهش فشار انحلال پذیری گازها کاهش می‌یابد تا در فشار صفر اتمسفر برابر صفر می‌شود.

عبارت (پ): در دمای ثابت انحلال پذیری گاز O_2 بیشتر از گاز N_2 است؛ بنابراین شیب نمودار انحلال پذیری بر حسب فشار برای گاز O_2 بیشتر از N_2 است.
 عبارت (ت): انحلال پذیری گازها در دمای ثابت با افزایش فشار، افزایش می‌یابد در حالی که انحلال پذیری نمک لیتیم سولفات با افزایش دما کاهش می‌یابد.

۳۲۸ (B) ۲ با توجه به قانون هنری ($S=k \times P$)، برای دو گاز NO و O_2 می‌توان بیان کرد:

$$S = k \times P \rightarrow P = \frac{S}{k} \xrightarrow{P_{NO} = P_{O_2}} \frac{S_{NO}}{k_{NO}} = \frac{S_{O_2}}{k_{O_2}} \xrightarrow{k_{NO} = 2k_{O_2}} \frac{S_{NO}}{2k_{O_2}} = \frac{S_{O_2}}{k_{O_2}} \rightarrow S_{NO} = 2S_{O_2}$$

۳۲۹ (B) ۳ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. نمودار بیان شده، انحلال پذیری گاز اکسیژن را در آب آشامیدنی و آب دریا نشان می‌دهد.

بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): با توجه به نمودار، در دمای $5^\circ C$ ، انحلال پذیری گاز اکسیژن در آب دریا حدود ۹٪ میلی گرم است.
 عبارت (ب): با توجه به نمودار، با افزودن مقداری نمک به آب، انحلال پذیری گاز اکسیژن کاهش می‌یابد.

عبارت (پ): با توجه به نمودار، در تمام دماها، انحلال پذیری گاز اکسیژن در آب آشامیدنی بیشتر از آب دریا است.
عبارت (ت): چون شیب دو نمودار تقریباً یکسان است، بنابراین تأثیر دما بر انحلال پذیری گاز اکسیژن در آب آشامیدنی و آب دریا تقریباً یکسان می باشد.
B ۳۳۰ ۳ طبق رابطه هنری ($S=k \times P$) با سه برابر کردن فشار، انحلال پذیری نیز سه برابر می شود.

B ۳۳۱ ۳ عبارتهای (ب)، (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارتهای:
عبارت (الف): چون شیب نمودار NO بیشتر از O_2 است، بنابراین با کاهش یک واحد فشار، مقدار گاز NO بیشتری از محلول خارج می شود.
عبارت (ب): با توجه به نمودار، در فشار $4/5 \text{ atm}$ ، انحلال پذیری گاز O_2 برابر 2% گرم است، بنابراین برای تهیه محلول سیر شده در 200 گرم آب باید $4\% = 2\% \times 200 = 4\text{g}$ گاز را حل کرد، پس با حل کردن 30 میلی گرم (3% گرم) گاز اکسیژن در 200 گرم آب، محلول سیر نشده به دست می آید.
عبارت (پ): انحلال پذیری گاز N_2 در فشار 9 atm ، برابر 2% گرم و انحلال پذیری گاز NO در فشار $7/5 \text{ atm}$ تقریباً 5% گرم است، بنابراین انحلال پذیری گاز N_2 در فشار 9 atm نصف انحلال پذیری گاز NO در فشار $7/5 \text{ atm}$ نمی باشد.
عبارت (ت): انحلال پذیری گاز NO در فشار 3 atm برابر 2% گرم، در حالی که انحلال پذیری گاز O_2 در فشار 4 atm کمتر از 2% گرم می باشد.

B ۳۳۲ ۱ فقط عبارت (ب) درست است. بررسی عبارتهای:
عبارت (الف): قانون هنری، تأثیر فشار گاز را بر انحلال پذیری آن نشان می دهد؛ بنابراین بر اساس قانون هنری، برای افزایش انحلال پذیری گازها در آب، می توان فشار گاز را افزایش داد.
عبارت (ب): با افزایش دما و کاهش فشار، انحلال پذیری گازها کاهش می یابد، بنابراین می توان نتیجه گرفت که انحلال پذیری گازها در آب در فشار 1 atm و دمای ثابت کمترین و در دمای 0°C و فشار ثابت، انحلال پذیری گازها در آب، بیشترین است.
عبارت (پ): گازهایی با مولکولهای ناقطبی در آب حل می شوند ولی مقدار انحلال پذیری آنها کم است، مانند: انحلال گاز O_2 در آب که به میزان کم انجام می شود.
عبارت (ت): نمودار انحلال پذیری پتاسیم کلرید (KCl) بر حسب دما صعودی است، بنابراین با افزایش دما، انحلال پذیری آن افزایش می یابد در حالی که انحلال پذیری گازها با افزایش دما کاهش می یابد.

B ۳۳۳ ۱ با توجه به جدول، در دمای 40°C ، حداکثر 24% گرم گاز B در 100 گرم آب حل می شود که با توجه به جرم مولی گاز B، مقدار مول آن را به دست می آوریم:

بررسی سایر گزینه ها:
گزینه (۲): با استفاده از رابطه زیر، تأثیر دما بر روی انحلال پذیری را به دست می آوریم، به طوری که برای هر ترکیبی که حاصل رابطه زیر در بازه دمایی مشخص، بیشتر باشد، تأثیر دما بر انحلال پذیری آن ترکیب بیشتر خواهد بود:
انحلال پذیری در دمای بالاتر: تأثیر دما روی انحلال پذیری
انحلال پذیری در دمای پایین تر

به عنوان مثال، در بازه دمایی 30°C تا 40°C با استفاده از رابطه فوق عدد به دست آمده برای تأثیر دما روی انحلال پذیری برای سه گاز A، B و C به ترتیب برابر است با: 77% ، 87% و 8% ، بنابراین، بیشترین و کمترین تأثیر افزایش دما، به ترتیب بر روی انحلال پذیری گازهای C و A است.

گزینه (۳): با توجه به این که در دمای 55°C در 300 گرم آب، $2/6$ گرم گاز C حل شده است، پس مقدار گاز حل شده در 100 گرم آب را به دست می آوریم:

$$\begin{bmatrix} 300 \text{ (g H}_2\text{O)} & 2/6 \text{ (g C)} \\ 100 \text{ (g H}_2\text{O)} & X \text{ (g C)} \end{bmatrix} \Rightarrow X = 0/87 \text{ g C}$$

بنابراین در دمای 55°C در 100 گرم آب، حداکثر 87% گرم گاز C حل می شود، اما با توجه به جدول، انحلال پذیری گاز C در دمای 55°C عددی بین 33% تا 39% گرم است، پس محلولی شامل $2/6$ گرم گاز C در 300 گرم آب، فراسیر شده خواهد بود.

گزینه (۴): با توجه به جدول، انحلال پذیری گاز A در دمای 30°C ، 126% گرم در 100 گرم آب است، بنابراین مقدار گاز حل شده در 200 گرم آب را به دست می آوریم:

$$\begin{bmatrix} 100 \text{ (g H}_2\text{O)} & 126 \text{ (g A)} \\ 200 \text{ (g H}_2\text{O)} & X \text{ (g A)} \end{bmatrix} \Rightarrow X = 0/252 \text{ g A}$$

بنابراین در دمای 30°C ، حداکثر 252% گرم گاز A در 200 گرم آب حل می شود.

B ۳۳۴ ۴ در فشار 1 atm و دمای 0°C (شرایط استاندارد (STP)) یک مول گاز، $22/4$ لیتر حجم دارد، بنابراین مقدار گاز اکسیژن را در این شرایط به دست می آوریم:

$$? \text{ g O}_2 = 0/56 \text{ L O}_2 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{22/4 \text{ L O}_2} \times \frac{32 \text{ g O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 0/8 \text{ g O}_2$$

بنابراین، در فشار 1 atm و دمای 0°C در 2000 گرم آب، حداکثر 8% گرم اکسیژن حل می شود، پس مقدار گاز اکسیژن حل شده در 100 گرم آب (انحلال پذیری) را به دست می آوریم:

$$\begin{bmatrix} 2000 \text{ (g H}_2\text{O)} & 0/8 \text{ (g O}_2) \\ 100 \text{ (g H}_2\text{O)} & X \text{ (g O}_2) \end{bmatrix} \Rightarrow X = 4 \times 10^{-3} \text{ g O}_2$$

B ۳۳۵ ۲ با توجه به نمودار، با کاهش فشار، انحلال پذیری گاز NO کاهش یافته و در نتیجه مقداری از گاز محلول در آب آزاد می شود، با توجه به این که، انحلال پذیری گاز NO در فشارهای 6 atm و 3 atm به ترتیب برابر 4% و 2% است، بنابراین مقدار گاز آزاد شده در نتیجه کاهش فشار گاز موجود در 100 گرم آب را به دست می آوریم:

$0/2 \text{ g} = 4\% \times 100 \text{ g} = 4 \text{ g}$ انحلال پذیری در فشار 3 atm - انحلال پذیری در فشار 6 atm = مقدار گاز آزاد شده

بنابراین، با کاهش فشار گاز موجود در ۱۰۰ گرم آب، ۰/۰۲g گاز NO از محلول خارج می‌شود، پس مقدار گاز آزاد شده به ازای ۲۰۰ گرم آب را به دست

$$\begin{bmatrix} 100(g H_2O) & 0/02(g NO) \\ 200(g H_2O) & X(g NO) \end{bmatrix} \Rightarrow X = 0/04g = 40mg NO$$

می‌آوریم:

دربارهٔ گزینهٔ (۳) می‌توان گفت: در فشار ۳atm در ۱۰۰ گرم آب، حداکثر ۰/۰۲ گرم گاز NO حل می‌شود، بنابراین در ۳۰۰ گرم آب، حداکثر ۰/۰۶g = ۰/۰۲g × ۳ = ۰/۰۶g گاز NO حل خواهد شد.

۳۳۶ B با توجه به نمودار، با افزایش دما، انحلال‌پذیری گاز اکسیژن کاهش یافته و در نتیجه مقداری گاز آزاد می‌شود که مقدار گاز آزاد شده از آب آشامیدنی و آب دریا را به دست می‌آوریم:

۱- محاسبهٔ گاز آزاد شده از آب آشامیدنی:
با توجه به نمودار، انحلال‌پذیری گاز O_۲ در آب آشامیدنی در دماهای ۱۹°C و ۴۵°C به ترتیب برابر ۰/۸ و ۰/۴ میلی‌گرم است، بنابراین مقدار گاز آزاد شده در نتیجه افزایش دمای ۱۰۰ گرم آب آشامیدنی را به دست می‌آوریم:

$$O_2 \text{ mg } = 0/4 \text{ mg} - 0/8 \text{ mg} = -0/4 \text{ mg}$$

بنابراین، با افزایش دمای ۱۰۰ گرم آب آشامیدنی، ۰/۴ میلی‌گرم گاز O_۲ آزاد می‌شود، پس مقدار گاز آزاد شده در نتیجه افزایش دمای ۲۰۰ گرم آب

$$\begin{bmatrix} 100(g H_2O) & 0/4(mg O_2) \\ 200(g H_2O) & X(mg O_2) \end{bmatrix} \Rightarrow X = 0/8mg O_2 = x$$

آشامیدنی را به دست می‌آوریم:

۲- محاسبهٔ گاز آزاد شده از آب دریا:

با توجه به نمودار، انحلال‌پذیری گاز O_۲ در آب دریا در دماهای ۱۸°C و ۳۱°C به ترتیب برابر ۰/۶ و ۰/۴ است، بنابراین مقدار گاز آزاد شده در نتیجه افزایش دمای ۱۰۰ گرم آب دریا را به دست می‌آوریم:

$$O_2 \text{ mg } = 0/2 \text{ mg} - 0/6 \text{ mg} = -0/4 \text{ mg}$$

بنابراین، با افزایش دمای ۱۰۰ گرم آب دریا، ۰/۲ میلی‌گرم گاز O_۲ آزاد می‌شود، پس مقدار گاز آزاد شده در نتیجه افزایش دمای ۳۰۰ گرم آب آشامیدنی

$$\begin{bmatrix} 100(g H_2O) & 0/2(mg O_2) \\ 300(g H_2O) & X(mg O_2) \end{bmatrix} \Rightarrow X = 0/6mg O_2 = y$$

را به دست می‌آوریم:

بنابراین می‌توان گفت: $x + y = 0/8 + 0/6 = 1/4$

۳۳۷ B ابتدا باید انحلال‌پذیری گاز متان را در دمای ۲۰°C و فشار ۸atm به دست آوریم. می‌دانیم در دمای ثابت با ۲ برابر شدن فشار، انحلال‌پذیری گازها نیز ۲ برابر می‌شود:

$$\frac{1g CH_4}{100g H_2O} \text{ در } 20^\circ C \text{ و } 1atm = \frac{1g CH_4}{4 \times 100g H_2O} \text{ در } 20^\circ C \text{ و } 4atm$$

حال می‌توانیم جرم متان موجود در ۸۰۰ گرم محلول سیرشدهٔ آن را در دمای ۲۰°C و فشار ۸atm به دست آوریم:

$$g CH_4 = 800g \text{ محلول} \times \frac{0/2g CH_4}{100g \text{ محلول}} = 16g CH_4$$

توجه جرم حل‌شونده (متان) بسیار ناچیز است به همین دلیل جرم محلول را به طور تقریبی برابر جرم حلال در نظر گرفتیم.

۳۳۸ C ابتدا باید انحلال‌پذیری گازهای NO و N_۲ را در دمای ۲۰°C و فشار ۴atm محاسبه کنیم، با توجه به اینکه فشار از ۱atm به ۴atm رسیده است می‌توان نتیجه گرفت که فشار $\frac{4}{1}$ برابر شده است، بنابراین انحلال‌پذیری نیز $\frac{4}{1}$ برابر می‌شود:

$$\frac{0/06g NO}{100g H_2O} \text{ در } 1atm = \frac{4 \times 0/06g NO}{9 \times 100g H_2O} \text{ در } 4atm$$

$$\frac{0/02g N_2}{100g H_2O} \text{ در } 1atm = \frac{4 \times 0/02g N_2}{9 \times 100g H_2O} \text{ در } 4atm$$

حال باید مقدار گازهای NO و N_۲ موجود در ۱۰ لیتر آب را به دست آوریم:

$$g NO = 10L H_2O \times \frac{1000mL H_2O}{1L H_2O} \times \frac{1g H_2O}{1mL H_2O} \times \frac{0/27g NO}{100g H_2O} = 27g NO$$

$$g N_2 = 10L H_2O \times \frac{1000mL H_2O}{1L H_2O} \times \frac{1g H_2O}{1mL H_2O} \times \frac{0/089g N_2}{100g H_2O} = 89g N_2$$

بنابراین مجموع جرم گازها برابر ۳/۵۹ گرم (۲/۷ + ۰/۸۹ = ۳/۵۹) است.

۳۳۹ C ابتدا جرم ۴/۴۸ لیتر گاز اکسیژن در شرایط STP را به دست می‌آوریم:

$$g O_2 = 4/48L O_2 \times \frac{1mol O_2}{22/4L O_2} \times \frac{32g O_2}{1mol O_2} = 6/4g O_2$$

حال باید انحلال پذیری گاز O_2 را در دمای $20^\circ C$ و فشار مورد نظر محاسبه کنیم:

$$? g O_2 = 100 g H_2O \times \frac{1 mL H_2O}{1 g H_2O} \times \frac{1 L H_2O}{1000 mL H_2O} \times \frac{6/4 g O_2}{\lambda L H_2O} = 0.08 g O_2$$

حال با استفاده از قانون هنری می توانیم فشاری را که در آن 0.08 گرم گاز O_2 در دمای $20^\circ C$ در 8 لیتر آب حل می شود به دست آوریم:

$$\text{قانون هنری: } S = KP \Rightarrow \frac{S}{P} = K (\text{مقدار ثابت}) \Rightarrow \frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2} \Rightarrow \frac{0.02}{4/5} = \frac{0.08}{P_2} \Rightarrow P_2 = \frac{4/5 \times 0.08}{0.02} = 1.8 \text{ atm}$$

بنابراین فشار گاز را باید $1.8 - 4/5 = 13/5 \text{ atm}$ افزایش دهیم.

۳۴۰ (B) با توجه به اینکه غلظت گاز N_2 در آب ناچیز است به تقریب می توان جرم محلول را با جرم آب برابر در نظر گرفت. در دمای $20^\circ C$ و فشار

9 atm ، انحلال پذیری گاز N_2 برابر 0.02 گرم در 100 گرم آب است. بنابراین غلظت محلول سیر شده N_2 برابر است با:

$$N_2 \text{ ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده } (N_2)}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow \text{ppm} = \frac{0.02}{100} \times 10^6 = 200 \text{ ppm}$$

با توجه به نمودار، انحلال پذیری گاز N_2 در دمای $20^\circ C$ و فشار $4/5 \text{ atm}$ تقریباً برابر 0.01 گرم در 100 گرم آب است. بنابراین داریم:

$$? \text{ mol } N_2 = 280 \text{ kg } H_2O \times \frac{10^3 g H_2O}{1 \text{ kg } H_2O} \times \frac{0.01 g N_2}{100 g H_2O} \times \frac{1 \text{ mol } N_2}{28 g N_2} = 1 \text{ mol } N_2$$

۳۴۱ (A) در فشار $4/5 \text{ atm}$ ، مقدار 0.02 گرم گاز O_2 در 100 گرم آب حل می شود. بنابراین مقدار مول گاز O_2 را به دست می آوریم:

$$? \text{ mol } O_2 = 0.02 g O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32 g O_2} = 6/25 \times 10^{-4} \text{ mol } O_2$$

۳۴۲ (A) استون به هر نسبتی در آب حل می شود، بنابراین نمی توان محلول سیر شده آن را در آب تهیه کرد، به عبارت دیگر محلول استون در آب

همیشه سیر نشده است. **بررسی سایر گزینه ها:**

گزینه (۱): $LiCl$ یک ترکیب یونی است و در هگزان (C_6H_{14}) که یک حلال ناقطبی است، حل نمی شود. (توجه شود که ترکیب های یونی مانند $LiCl$ اغلب در حلال های قطبی مانند آب حل می شوند.)

گزینه (۲): اتانول در آب حل می شود، ولی روغن در آب حل نمی شود، بنابراین مخلوط آب، اتانول و روغن، یک مخلوط ناهمگن است.

گزینه (۴): انحلال پذیری کلسیم سولفات بین 0.1 تا 1 گرم حل شونده در 100 گرم آب است. بنابراین براساس مطالب بیان شده، کلسیم سولفات، نمکی کم محلول به حساب می آید.

۳۴۳ (B) در هر 100 گرم آب، حداکثر 47 گرم آمونیاک حل می شود، بنابراین در 147 گرم محلول ($100 g H_2O + 47 g NH_3$) نیز، $47 g$ آمونیاک

حل شده است. بنابراین حجم و غلظت مولی محلول را به دست می آوریم:

$$? \text{ mol } NH_3 = 47 g NH_3 \times \frac{1 \text{ mol } NH_3}{17 g NH_3} = 2/76 \text{ mol } NH_3$$

$$\text{چگالی محلول} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow \text{حجم محلول} = \frac{147 g \text{ محلول}}{0.9 g \cdot mL^{-1}} = 163/3 mL = 0.163 L$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مقدار حل شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{2/76 \text{ mol } NH_3}{0.163 L} = 16/93 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

۳۴۴ (B) با توجه به جدول، می توان گفت که در دماهای $0^\circ C$ و $40^\circ C$ در هر 1000 گرم (یک کیلوگرم) آب به ترتیب $14/5$ و $6/5$ میلی گرم گاز اکسیژن

حل می شود، بنابراین مقدار گاز اکسیژن آزاد شده به ازای افزایش دمای 1000 گرم آب از $0^\circ C$ تا $40^\circ C$ را به دست می آوریم:

$$? g O_2 = 14/5 - 6/5 = 8 \text{ mg } O_2 \text{ گاز حل شده در } 1 \text{ kg آب در دمای } 40^\circ C - \text{گاز حل شده در } 1 \text{ kg آب در دمای } 0^\circ C = \text{مقدار گاز آزاد شده}$$

بنابراین مقدار گاز آزاد شده، به ازای افزایش دمای یک تن (1000 کیلوگرم) آب از دمای $0^\circ C$ تا $40^\circ C$ را به دست می آوریم:

$$\left[\begin{array}{cc} 1 \text{ (kg } H_2O) & 8 \text{ (mg } O_2) \\ 10^3 \text{ (kg } H_2O) & X \text{ (mg } O_2) \end{array} \right] \Rightarrow X = 8000 \text{ mg} = 8 g O_2, \quad ? L O_2 = 8 g O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32 g O_2} \times \frac{22.4 L O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 5/6 L O_2$$

۳۴۵ (B) محلول 0.15 مول گاز H_2S در 300 گرم آب معادل محلول 0.05 مول گاز H_2S در 100 گرم آب است:

$$? g H_2S = 100 g H_2O \times \frac{0.15 \text{ mol } H_2S}{300 g H_2O} \times \frac{34 g H_2S}{1 \text{ mol } H_2S} = 0.17 g H_2S / 100 g H_2O$$

با توجه به اطلاعات داده شده در جدول انحلال پذیری گاز H_2S در دمای $40^\circ C$ برابر 0.24 گرم در 100 گرم آب است در حالی که در محلول داده شده

فقط 0.17 گرم حل شونده (H_2S) در 100 گرم آب حل شده است، بنابراین این محلول سیر نشده است. **بررسی سایر گزینه ها:**

گزینه (۱): محلول ۰/۰۰۵ مول گاز Cl_2 در ۱۰۰ گرم آب و در دمای $60^\circ C$ فراسیر شده است: $g Cl_2 = 0.005 \text{ mol } Cl_2 \times \frac{71 \text{ g } Cl_2}{1 \text{ mol } Cl_2} = 0.355 \text{ g } Cl_2$

توجه: انحلال پذیری گاز Cl_2 در دمای $60^\circ C$ برابر 0.33 گرم در ۱۰۰ گرم آب است.

گزینه (۲): مقایسه انحلال پذیری این گازها در دماهای داده شده به صورت روبه‌رو است: $Cl_2 > H_2S > CO_2$

گزینه (۴): تأثیر افزایش دما بر نسبت غلظت مولار گاز CO_2 (در $20^\circ C$ نسبت به $60^\circ C$) در مقایسه با دو گاز دیگر بیشتر است:

$$\frac{\text{انحلال پذیری در دمای } 20^\circ C}{\text{غلظت مولار در دمای } 20^\circ C} = \frac{\text{انحلال پذیری در دمای } 60^\circ C}{\text{غلظت مولار در دمای } 60^\circ C} \Rightarrow \begin{cases} CO_2: \frac{0.169}{0.58} = \frac{169}{58} \approx 2/9 \\ H_2S: \frac{0.38}{0.15} = \frac{38}{15} \approx 2/5 \Rightarrow CO_2 > H_2S > Cl_2 \\ Cl_2: \frac{0.73}{0.33} = \frac{73}{33} \approx 2/2 \end{cases}$$

۳۴۶ (C) انحلال پذیری گاز Cl_2 در دماهای $20^\circ C$ و $53^\circ C$ کم است، بنابراین جرم محلول را تقریباً با جرم حلال یکسان می‌گیریم.

با توجه به انحلال پذیری گاز کلر در دماهای $20^\circ C$ و $53^\circ C$ ، مقدار گاز آزاد شده از ۱۰۰ گرم آب را به دلیل افزایش دما به دست می‌آوریم:

$$g Cl_2 = 0.355 \text{ g} - 0.375 \text{ g} = -0.02 \text{ g}$$

بنابراین با افزایش دمای ۱۰۰ گرم آب، 0.355 گرم گاز Cl_2 آزاد می‌شود. حال مقدار گاز آزاد شده، در نتیجه افزایش دمای ۲۰۰۰ گرم آب را به دست می‌آوریم:

$$\left[\begin{array}{cc} 100(g H_2O) & 0.355(g Cl_2) \\ 2000(g H_2O) & X(g Cl_2) \end{array} \right] \Rightarrow X = 7/1g Cl_2, \quad ? L Cl_2 = 7/1g Cl_2 \times \frac{1 \text{ mol } Cl_2}{71 \text{ g } Cl_2} \times \frac{22.4 \text{ L } Cl_2}{1 \text{ mol } Cl_2} = 2/24 L Cl_2$$

با توجه به این که انحلال پذیری گاز Cl_2 در دمای $53^\circ C$ برابر 0.375 گرم است، بنابراین مقدار گاز موجود در ۲۰۰۰ گرم آب (مقدار گاز باقی‌مانده) را

$$\left[\begin{array}{cc} 100(g H_2O) & 0.375(g Cl_2) \\ 2000(g H_2O) & X(g Cl_2) \end{array} \right] \Rightarrow X = 7/5g Cl_2$$

به دست می‌آوریم:

بنابراین در محلول باقی‌مانده (در دمای $53^\circ C$)، $7/5$ گرم گاز Cl_2 حل شده است.

۳۴۷ (A) عبارتهای (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): استون حلال چربی است و به هر میزان در آب حل می‌شود.

عبارت (ب): موادی نامحلول هستند که انحلال پذیری آن‌ها کمتر از 0.1 گرم است.

عبارت (پ): هگزان مولکولی ناقطبی بوده و دارای نیروی بین مولکولی وان‌دروالس است در حالی که آب مولکولی قطبی بوده و دارای پیوند هیدروژنی است، بنابراین به دلیل مشابه نبودن نیروی بین مولکولی آب و هگزان، انحلال هگزان در آب صورت نمی‌گیرد.

عبارت (ت): مقدار جرم ترکیب A حل شده در ۱۰۰۰ گرم آب را به دست می‌آوریم:

$$? g A = 0.1 \text{ mol } A \times \frac{100 \text{ g } A}{1 \text{ mol } A} = 10 \text{ g } A$$

با توجه به انحلال پذیری ترکیب A می‌توان گفت که در هر ۱۰۰ گرم آب، حداکثر $2/7$ گرم ترکیب حل می‌شود، بنابراین حداکثر مقدار ترکیب A حل شده

$$\left[\begin{array}{cc} 100(g H_2O) & 2/7(g A) \\ 1000(g H_2O) & X(g A) \end{array} \right] \Rightarrow X = 27g$$

در ۱۰۰۰ گرم آب را به دست می‌آوریم:

پس، در ۱۰۰۰ گرم آب، حداکثر ۲۷ گرم ترکیب A حل می‌شود، بنابراین از حل کردن ۱۰ گرم ترکیب A در ۱۰۰۰ گرم آب، محلول سیرنشده تشکیل می‌شود که همگن است.

۳۴۸ (A) عبارتهای (ب) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌های نادرست:**

عبارت (الف): حل شدن اغلب نمک‌ها در آب با جذب گرما و سرد شدن محلول همراه است در واقع انحلال اغلب نمک‌ها در آب گرماگیر است. تعدادی از نمک‌ها نیز در اثر حل شدن در آب با از دست دادن گرما باعث گرم شدن محلول می‌شوند به عنوان نمونه انحلال Li_2SO_4 در آب گرماده است.

عبارت (ت): با افزایش فشار انحلال پذیری گازها افزایش می‌یابد از طرفی با افزایش دما انحلال پذیری سدیم نیترات نیز افزایش می‌یابد. انحلال سدیم نیترات در آب گرماگیر است.

۳۴۹ (B) با توجه به اینکه چگالی آب برابر با 1 g.mL^{-1} است، حجم ۱۰۰ گرم آب برابر با ۱۰۰ میلی‌لیتر یا 0.1 لیتر است.

$$M = \frac{\text{مول}}{\text{لیتر}} \Rightarrow 0.1 = \frac{\text{mol NO}}{0.1 \text{ L}} \Rightarrow \text{mol NO} = 0.01 \text{ mol}$$

$$? g NO = 0.01 \text{ mol NO} \times \frac{30 \text{ g NO}}{1 \text{ mol NO}} = 0.3 \text{ g NO}$$

جرم NO حل شده در آب برابر است با:

با توجه به نمودار، اگر فشار در حدود $4/4$ اتمسفر باشد، 0.3 گرم گاز NO در ۱۰۰ گرم آب حل می‌شود.

۳۵۰ (B) عبارتهای (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارتهای نادرست:**

عبارت (الف): مخلوط آب - هگزان < ناهمگن < میانگین جاذبهها در حلال خالص و حلشونده خالص < جاذبه حلشونده - حلال
مخلوط آب - استون < همگن < میانگین جاذبهها در حلال خالص و حلشونده خالص > جاذبه حلشونده - حلال

۳۵۱ (B) انحلالپذیری $AgCl$ در آب کمتر از ۱٪ است، بنابراین در آب نامحلول بوده و در نتیجه می‌توان گفت: نیروی جاذبه یون - دوقطبی در

محلول آن، کمتر از میانگین قدرت پیوند یونی و پیوند هیدروژنی آب است. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینه (۱): در یک محلول، خواص فیزیکی و شیمیایی در سرتاسر آن یکسان و یکنواخت است.

گزینه (۲): آب ترکیب قطبی، اما بنزین یک هیدروکربن ناقطبی است، بنابراین مخلوط آن‌ها ناهمگن بوده و براساس مطالب بیان شده، در مخلوط‌های ناهمگن به حالت مایع، مانند بنزین و آب، حلشونده به مقدار ناچیز در حلال حل می‌شود.

گزینه (۴): طبق نمودار، انحلالپذیری گاز N_2 در فشار ۱ atm و دمای $25^\circ C$ ، برابر $2/5$ میلی‌گرم در 100 گرم آب است. بنابراین در این شرایط نمی‌توان محلول 4 میلی‌گرم در 100 گرم آب تهیه کرد.

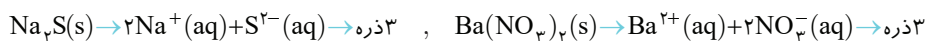
۳۵۲ (B) عبارتهای (ب) و (پ) نادرست هستند. **بررسی عبارتهای:**

عبارت (الف): حلالی که برای تهیه مواد دارویی، آرایشی و بهداشتی استفاده می‌شود اتانول بوده که همانند استون به هر نسبتی در آب حل می‌شود.

عبارت (ب): آب، اتانول و استون قطبی و بنزین و هگزان ناقطبی هستند، بنابراین مخلوط آب - اتانول همگن اما مخلوط‌های آب - بنزین و هگزان - استون، ناهمگن می‌باشند.

عبارت (پ): در دمای ثابت، در تمام فشارها، انحلالپذیری CO_2 بیشتر از NO است، بنابراین بر اساس رابطه هنری، شیب نمودار گاز CO_2 بیشتر بوده و در نتیجه می‌توان گفت: با کاهش فشار، مقدار گاز CO_2 بیشتری آزاد می‌شود.

عبارت (ت): ترکیب‌های سدیم سولفید (Na_2S) و باریم نیترات $Ba(NO_3)_2$ به صورت زیر در آب تفکیک می‌شوند:



بنابراین تعداد ذرات حاصل از تفکیک دو ترکیب یکسان است.

۳۵۳ (B) عبارتهای (ب) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارتهای نادرست:**

عبارت (الف): اتانول (CH_3CH_2OH) یک ترکیب مولکولی، اما آمونیوم کلرید (NH_4Cl) یک ترکیب یونی است، بنابراین انحلال آمونیوم کلرید برخلاف انحلال اتانول با حفظ ساختار همراه نبوده و تفکیک می‌شود.

عبارت (پ): با 4 برابر کردن دمای محلول، انحلالپذیری گاز CO_2 $1/4$ نمی‌شود، اما می‌توان گفت که انحلالپذیری کاهش می‌یابد.

۳۵۴ (A)

یون پتاسیم و تنظیم دستگاه عصبی

کلاس درس

۱- بدن ما سامانه پیچیده و متعادلی از یاخته‌ها، بافت‌ها و مایعاتی است که در هر لحظه با نظمی باورنکردنی، پیام‌های عصبی، احساسات و حرکات ما را کنترل می‌کنند. این موضوع هنگامی رخ می‌دهد که محیط شیمیایی مناسبی برای ایجاد و برقراری جریان الکتریکی فراهم شود؛ محیطی که یک محلول آبی محتوی یون‌های گوناگون مانند Na^+ ، K^+ ، Cl^- و ...

۲- پس از انجام یک فعالیت بدنی سنگین یا پس از مدتی دویدن، احساس خستگی دست می‌دهد که ناشی از کاهش چشمگیر این یون‌ها در مایع‌های بدن است. از این رو نوشیدن محلول‌هایی حاوی این یون‌ها ضروری است.

۳- یکی از مهم‌ترین یون‌ها در مایع‌های بدن، یون پتاسیم (K^+) است که:

(الف) نیاز روزانه بدن هر فرد بالغ به یون پتاسیم دو برابر یون سدیم است.

(ب) از آن‌جا که بیشتر مواد غذایی حاوی یون پتاسیم هستند، بنابراین کمبود آن به‌ندرت احساس می‌شود.

(پ) وجود این یون برای تنظیم و عملکرد مناسب دستگاه عصبی بسیار ضروری است، به طوری که انتقال پیام‌های عصبی بدون وجود این یون، امکان‌پذیر نیست. در واقع، اختلال در حرکت این یون مانع از انتقال پیام عصبی و گاهی در موارد شدید، منجر به مرگ می‌شود.

عبارتهای (الف) و (پ) نادرست می‌باشند. **بررسی عبارتهای نادرست:**

عبارت (الف): نیاز روزانه بدن به یون K^+ دو برابر یون Na^+ است.

عبارت (پ): چون بیشتر مواد غذایی حاوی یون پتاسیم هستند، بنابراین کمبود آن به‌ندرت احساس می‌شود.

۳۵۵ (A) در بدن انسان، محیط شیمیایی مناسبی برای ایجاد و برقراری جریان الکتریکی وجود دارد، محیطی که یک محلول آبی محتوی یون‌های گوناگونی

مانند Na^+ ، K^+ ، Cl^- و ... است.

کلاس درس ۳۷ رد پای آب در زندگی

همانند رد پای کربن دی‌اکسید، برای هر فرد، رد پای آب نیز تعریف می‌شود که نشان می‌دهد هر فرد چه مقدار از آب قابل استفاده و در دسترس را مصرف می‌کند و در نتیجه چه مقدار از حجم منابع آب کم می‌شود.

۱- هر فرد، روزانه در حدود ۳۵۰ لیتر آب مصرف می‌کند که این مقدار آب شامل نوشیدن، پخت و پز، شستشو در آشپزخانه، نظافت، شستشوی لباس و ... است.

۲- مصرف آب به فعالیت‌های روزانه هر شخص محدود نمی‌شود، بلکه روزانه در صنایع گوناگون، حجم بسیار زیادی از آب استفاده می‌شود.

توجه در میان صنایع، صنعت کشاورزی بیشترین حجم آب مصرفی را به خود اختصاص داده است.

۳- برای تولید هر وسیله، کالا یا فرآورده، مقدار معینی آب نیاز است. مقایسه مقدار آب مصرفی در صنایع برای تولید برخی محصولات به صورت زیر است:

یک کیلوگرم گوجه فرنگی > یک کیلوگرم گندم > ۱۰۰ گرم شکلات > یک بلوز نخی > یک کیلوگرم چرم : میزان مصرف آب
(۱۸۰ لیتر) (۱۸۳۰ لیتر) (۲۴۰۰ لیتر) (۲۷۰۰ لیتر) (۱۶۶۰۰ لیتر)

توجه مقدار آب مصرفی هر فرد (رد پای آب)، همه آبی را که در تولید کالاها، ارائه خدمات و فعالیت‌های گوناگون مصرف می‌شود را نشان می‌دهد. به عنوان مثال رد پای آب در تولید سالانه ۱۵۰ کیلوگرم گندم برابر با ۲۷۴۵۰۰ لیتر خواهد بود.

۵- هر چه رد پای آب ایجاد شده، سنگین‌تر باشد، منابع آب شیرین بیشتر مصرف شده و زودتر به پایان می‌رسند. برآوردهای پژوهشگران نشان می‌دهد که میانگین رد پای آب برای هر فرد در یک سال در حدود $۱۰^۶$ لیتر است.

۶- رد پای آب همه آب‌های مصرفی در کشاورزی، دامداری، نساجی، بهداشت، خانه، مدرسه، دانشگاه و ... است که همگی از آب‌های سطحی یا زیرزمینی تأمین می‌شوند.

۷- آب آشامیدنی با آب مصرفی در دیگر صنایع متفاوت است؛ هر چند که آب دریاها و اقیانوس‌ها، منبع بسیار بزرگی برای تهیه آب به شمار می‌آیند اما به اندازه‌ای شور هستند که باید قبل از مصرف نم‌زدایی و تصفیه شوند.

فقط عبارت (پ) نادرست هستند. بررسی عبارت نادرست:

عبارت (پ) هر چه رد پای آب ایجاد شده سنگین‌تر باشد، منابع آب شیرین بیشتر مصرف می‌شوند و سریع‌تر به پایان می‌رسند.

کلاس درس ۳۷ اسمز (گذردگی) و روش‌های تصفیه آب

غشاء نیمه‌تراوا دیواره‌ای همانند پوست میوه‌ها است که روزنه‌هایی ریز در آن وجود دارد که فقط برخی از ذره‌ها و مولکول‌های کوچک مانند آب و یون‌ها امکان عبور از این روزنه‌ها را دارند و مولکول‌های درشت نمی‌توانند از آن‌ها عبور کنند. اگر غلظت گونه‌ای که امکان عبور از روزنه‌های غشای نیمه‌تراوا را دارد، در دو سمت این غشاء متفاوت باشد، مطابق فرایندی به نام گذردگی یا اسمز گونه مورد نظر به تدریج از سمتی که غلظت بیشتری دارد به سمت دیگر حرکت می‌کند. فرایند اسمز تا زمانی ادامه می‌یابد که غلظت گونه مورد نظر در دو سمت غشاء برابر شود.

اسمز (گذردگی)

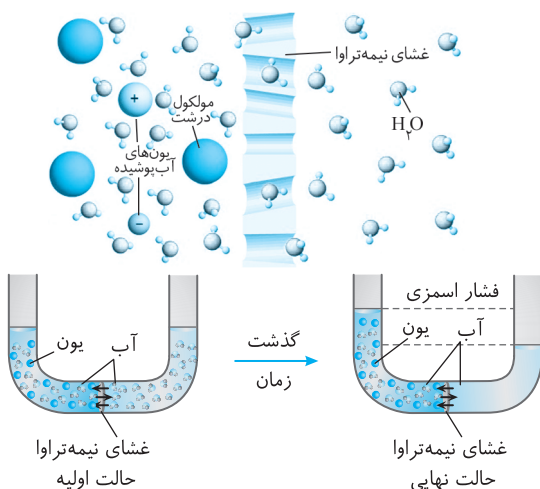
۱- فرایند اسمز، فرایندی است که طی آن مولکول‌های یک حلال مانند آب از طریق غشای نیمه‌تراوا از محیط رقیق‌تر (غلظت پایین‌تر) به محیط غلیظ‌تر (غلظت بالاتر) جابه‌جا می‌شوند.

۲- غشای نیمه‌تراوا دیواره‌ای است که دارای منافذ بسیار ریزی می‌باشد که ذره‌های سازنده مواد می‌توانند از آن گذر کنند، به گونه‌ای که این منافذ فقط اجازه گذر به برخی از ذره‌ها و مولکول‌های کوچک مانند آب و یون‌ها را می‌دهند و از گذر مولکول‌های درشت جلوگیری می‌کنند. در شکل روبه‌رو، غشای نیمه‌تراوا فقط اجازه عبور به مولکول‌های آب را می‌دهد.

۳- در شکل بسیار مهم روبه‌رو در سمت راست غشا مولکول‌های آب و در سمت چپ غشا، محلول آب و نمک قرار دارند. به دقت به این شکل نگاه کنید:

با توجه به این شکل به نتایج مهم زیر می‌رسیم:

الف) مولکول‌های آب به صورت خود به خود از سمت راست غشا (محلول با غلظت کمتر) به سمت چپ آن (محلول با غلظت بیشتر) جابه‌جا می‌شوند. بنابراین ارتفاع مایع در لوله سمت چپ با گذشت زمان افزایش می‌یابد و بدیهی است که ارتفاع مایع در سمت راست غشا، کاهش خواهد یافت.

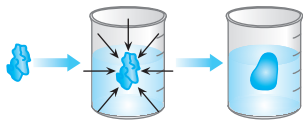


ب) افزایش ارتفاع مایع در سمت چپ باعث می‌شود که از سمت چپ فشار بیشتری بر غشای نیمه‌تراوا وارد شود، به همین دلیل با گذشت زمان جابه‌جایی مولکول‌های آب از سمت راست به سمت چپ دشوارتر خواهد شد. به طوری که پس از مدتی تعداد مولکول‌های آب که بین سمت راست و چپ غشا در حال مبادله هستند، برابر خواهد شد.

تویه در واقع فشار ناشی از مایع اضافی در سمت چپ، باعث اتمام فرایند اسمز می‌شود که به این فشار، **فشار اسمزی** محلول می‌گوییم.

نکته

هرچه یک محلول **غلظت تر** باشد (غلظت بیشتری داشته باشد)، اختلاف ارتفاع دو مایع در دو طرف غشا نیمه تراوا بیشتر شده و در نتیجه **فشار اسمزی** محلول **بیشتر** می‌شود.

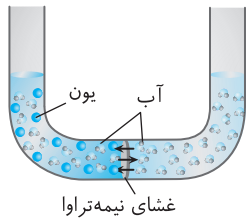


۴- با توجه به شکل روبه‌رو، هنگامی که حیوانات و میوه‌های خشک درون آب قرار می‌گیرند، فرایند **اسمز** اتفاق می‌افتد و **مولکول‌های آب** به‌صورت **خودبه‌خود** از محیط **رقیق** (آب) با گذر از روزنه‌های دیواره سلولی به محیط **غلظت** (داخل میوه) منتقل می‌شوند و در نتیجه میوه **آبدار و متورم** می‌شود. در این فرایند برخی از نمک‌ها، ویتامین‌ها و ... از بافت میوه به آب راه می‌یابند.

نکته

در میوه‌ها، **دیواره سلولی** مانند **غشای نیمه تراوا** عمل کرده و از عبور مولکول‌های درشت جلوگیری می‌کند. در فرایند **اسمز**، جابه‌جایی خودبه‌خودی مولکول‌های آب از محیط **رقیق** به **غلظت** تا زمانی انجام می‌شود که **غلظت** دو محیط **یکسان** شود.

تویه یکی از ویژگی‌های بسیار مهم اسمز، این است که این فرایند به‌صورت **خودبه‌خودی** و بدون اعمال هیچ **عامل خارجی** انجام می‌شود.



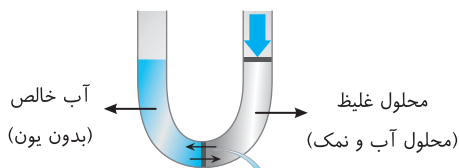
۵- براساس شکل روبه‌رو، حجم‌های برابری از آب دریا و آب مقطر به وسیله یک غشای نیمه تراوا از یکدیگر جدا شده‌اند، آب دریا برخلاف آب مقطر دارای یون می‌باشد، بنابراین آب دریا **غلظت تر** از آب مقطر است، پس اگر یون‌های سدیم و کلرید نتوانند از غشای نیمه تراوا بگذرند، با گذشت زمان، **مولکول‌های آب** از غشای نیمه تراوا عبور کرده و از آب **مقطر** (رقیق) وارد آب دریا (غلظت) می‌شوند و در نتیجه، حجم آب دریا، **بیشتر** و غلظت آن، **کمتر** خواهد شد.

نکته

با روش فوق **نی‌توان** آب دریا را **نمک‌زدایی** و آب شیرین تهیه کرد، زیرا در فرایند **نمک‌زدایی**، یون‌ها از محلول جدا می‌شوند، اما در فرایند فوق، مقدار یون‌ها در آب دریا **ثابت** است، فقط با گذشت زمان، **غلظت** آب دریا، **کاهش** می‌یابد.

۶- چروکیده شدن خیارشور در آب شور و متورم شدن حبوبات در آب، نمونه‌ای از فرایند **اسمز** است. غلظت نمک‌ها در آب شور بیشتر از بافت داخلی خیارشور است، براساس فرایند اسمز، مولکول‌های آب از داخل خیار وارد آب شور می‌شوند.

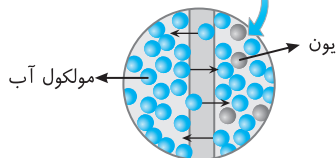
اسمز معکوس



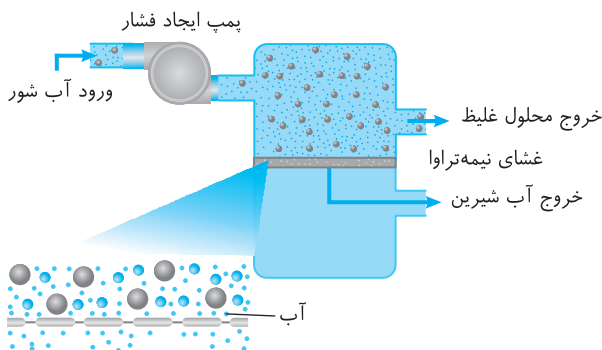
۱- فرایندی است که در طی آن با **اعمال فشار** (فشاری بیشتر از فشار اسمزی) بر روی محلول **غلظت**، برعکس اسمز، مولکول‌های آب از محیط **غلظت** به محیط **رقیق**، جابه‌جا می‌شوند، به همین دلیل به آن «**اسمز معکوس**» می‌گویند.

۲- براساس شکل روبه‌رو، اگر فشار بر روی محلول **غلظت** اعمال شود، فرایند **اسمز معکوس** انجام می‌شود، که با گذشت زمان:

- الف) مولکول‌های آب از محیط **غلظت** از طریق غشای نیمه تراوا به محیط **رقیق** منتقل می‌شوند.
- ب) حجم و ارتفاع محیط رقیق، **افزایش** می‌یابد.
- پ) غلظت محیط غلیظ، **افزایش** می‌یابد.



تویه اسمز معکوس، برخلاف اسمز، به‌صورت **غیر خودبه‌خودی** و با **اعمال فشار** انجام می‌شود.



۳- با استفاده از روش **اسمز معکوس**، برخلاف روش اسمز، می‌توان آب را **تصفیه** کرد، زیرا در روش اسمز معکوس، با اعمال فشار، مولکول‌های آب از **محیط غلیظ (آب دریا)** وارد **محیط رقیق (آب خالص)** می‌شوند، بنابراین آب خالص و قابل آشامیدن، **نمک‌زدایی** و جمع‌آوری خواهد شد.

۴- براساس شکل روبه‌رو، با ایجاد فشار توسط پمپ ایجاد فشار طی فرایند اسمز معکوس، مولکول‌های آب از غشای نیمه تراوا عبور کرده و به‌صورت آب شیرین خارج می‌شود و در نتیجه می‌توان به وسیله آن آب شیرین تهیه کرد.

جمع‌بندی کلاس درس ۳۷

اسمز	اسمز معکوس
انتقال مولکول‌های آب از محلول رقیق به غلیظ	انتقال مولکول‌های آب از محلول غلیظ به رقیق
افزایش حجم و ارتفاع محلول غلیظ	کاهش حجم و ارتفاع محلول غلیظ
کاهش حجم و ارتفاع محلول رقیق	افزایش حجم و ارتفاع محلول رقیق
کاهش غلظت محلول غلیظ	افزایش غلظت محلول غلیظ
بدون اعمال فشار (نیاز به انرژی ندارد)	اعمال فشار (نیاز به انرژی دارد)
نامناسب برای تصفیه آب	مناسب برای تصفیه آب
خودبه‌خودی	غیر خودبه‌خودی

هنگامی که میوه‌های خشک مانند مویز درون آب قرار می‌گیرند، مولکول‌های آب، خودبه‌خود از محیط رقیق با گذر از روزنه‌های دیواره سلولی به محیط غلیظ می‌روند.

۳۵۸ (B) فقط عبارت (ب) درست است. بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): مولکول‌های آب در هر دو جهت حرکت می‌کنند فقط حرکت آن‌ها از سمت راست غشاء به سمت چپ آن بیشتر است.
عبارت (ب): با توجه به اینکه حرکت مولکول‌های آب بیشتر از سمت راست به سمت چپ غشاء انجام می‌شود؛ می‌توان نتیجه گرفت که با گذشت زمان شمار مولکول‌های آب در سمت چپ غشاء افزایش می‌یابد.

عبارت (پ): غشاء نیمه‌تراوا، اجازه عبور به برخی یون‌ها و مولکول‌های آب را می‌دهد اما مولکول‌های درشت نمی‌توانند از غشاء عبور کنند؛ به همین دلیل غلظت مولکول‌های درشت در سمت راست غشاء همواره برابر صفر است.

عبارت (ت): با توجه به جهت‌گیری مولکول‌های آب اطراف یون‌های A و B می‌توان گفت که در این شکل A و B به ترتیب کاتیون و آنیون هستند ولی نمی‌توانند در یک دوره از جدول دوره‌ای قرار داشته باشند؛ زیرا در هر دوره شعاع آنیون‌ها بزرگ‌تر از شعاع کاتیون‌ها است که در شکل داده شده است این طور نیست.

۳۵۹ (B) عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند. بررسی عبارت‌های نادرست:

عبارت (الف): در فرایند گذرندگی (اسمز) مولکول‌های آب به صورت خودبه‌خودی از غشای نیمه‌تراوا عبور کرده و بیشتر از محیط رقیق به سمت محیط غلیظ حرکت می‌کنند.

عبارت (ت): در فرایند اسمز بر خلاف اسمز وارونه با گذشت زمان غلظت محلول غلیظ کاهش می‌یابد.

۳۶۰ (B) فقط عبارت (ت) درست است. بررسی عبارت‌های نادرست:

عبارت (الف): شکل نشان داده شده مربوط به فرایند اسمز است که طی این فرایند، میوه خشک متورم می‌شود.

عبارت (ب): در فرایند اسمز، مولکول‌های آب از محیط رقیق (مولکول آب بیشتر) به محیط غلیظ (مولکول آب کمتر) منتقل می‌شوند، بنابراین با توجه به شکل، با گذشت زمان مولکول‌های آب از محلول سمت راست (رقیق) به محلول سمت چپ (غلیظ)، جابه‌جا شده و در نتیجه حجم آب و ارتفاع آن در مایع سمت راست کاهش می‌یابد.

عبارت (پ): با روش اسمز نمی‌توان آب دریا را نمک‌زدایی و تبدیل به آب شیرین کرد.

عبارت (ت): یون‌ها نمی‌توانند از غشاء عبور کنند بنابراین غلظت آب نمک در سمت راست برابر صفر باقی می‌ماند.

۳۶۱ (A) اگر غلظت نمک یا املاح در محلول سمت چپ غشاء بیشتر باشد، ارتفاع آب در ستون سمت چپ بالاتر خواهد بود. می‌دانیم مولکول‌های آب

از محلول با غلظت کمتر به سمت محلول با غلظت بیشتر حرکت می‌کنند. در شکل‌های (الف) و (ب) ارتفاع مایع در لوله سمت چپ افزایش می‌یابد، در حالی که در شکل‌های (ب) و (ت) ارتفاع مایع در لوله سمت راست افزایش می‌یابد.

در شکل (پ) غلظت محلول در سمت راست غشا را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol NaCl} = 1 \text{ g NaCl} \times \frac{1 \text{ mol NaCl}}{58 \text{ g NaCl}} = 0.017 \text{ mol NaCl}$$

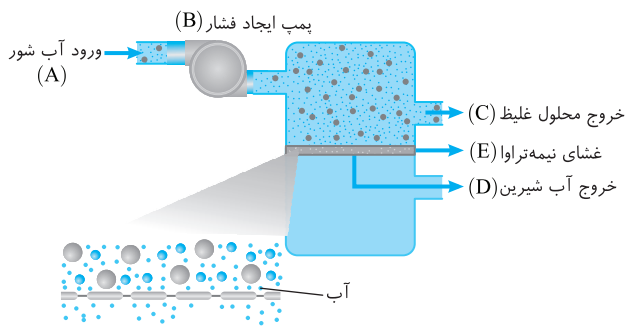
$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow \text{غلظت مولی} = \frac{0.017}{0.5} = 0.034 \text{ mol.L}^{-1}$$

۳۶۲ (B) در شکل (الف) غلظت محلول NaCl در سمت راست غشا کمتر از سمت چپ آن است بنابراین مولکول‌های آب از سمت راست غشا به سمت

چپ آن حرکت می‌کنند، در نتیجه به مرور زمان با کاهش حجم آب و ثابت بودن شمار مول‌های NaCl، غلظت مولی در سمت راست افزایش می‌یابد.

در شکل‌های (ب) و (پ)، غلظت محلول در سمت راست غشا بیشتر از سمت چپ آن است بنابراین مولکول‌های آب از سمت چپ به سمت راست حرکت می‌کنند، در نتیجه غلظت محلول NaCl در سمت راست کاهش می‌یابد.

در شکل (ت) فشار بالا در سمت راست مانع حرکت مولکول‌های آب از سمت چپ (غلظت کمتر) به سمت راست (غلظت بیشتر) می‌شود. در واقع در شکل (ت)، فرایند اسمز معکوس اتفاق می‌افتد، بنابراین مولکول‌های آب از سمت راست به سمت چپ حرکت کرده و غلظت سمت راست افزایش می‌یابد.



۳۶۳ (B) عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) نادرست هستند. بررسی عبارت‌ها:

عبارت (الف): این شکل فرایند اسمز وارونه برای تولید آب شیرین از آب دریا را نشان می‌دهد که در آن **B** پمپ ایجاد فشار و **E** غشای نیمه‌تراوا است. عبارت (ب): در این شکل **A** ورود آب شور، **C** خروج محلول غلیظ و **D** خروج آب شیرین را نشان می‌دهد. عبارت (پ): غلظت نمک‌ها در قسمت **A** کمتر از غلظت نمک‌ها در قسمت **C** است زیرا آب شور پس از ورود از **A** طی فرایند اسمز وارونه، مقداری از آب خود را از دست می‌دهد (غلیظ‌تر می‌شود) و پس از **C** خارج می‌شود. عبارت (ت): مطابق فرایند اسمز معکوس سرعت نفوذ آب از آب شور به آب شیرین بیشتر از سرعت آن در جهت عکس است به همین دلیل غلظت محلول بالای غشاء با گذشت زمان بیشتر می‌شود.

۳۶۴ (B) فرایند اسمز معکوس: ۱- برای تصفیه آب استفاده می‌شود. ۲- به صورت غیر خودبه‌خودی است. ۳- غلظت محلول غلیظ بیشتر می‌شود. ۴- برای جداسازی ترکیب‌های آلی فرار از آب آلوده مورد استفاده قرار می‌گیرد. ۵- مولکول‌های آب از محلول غلیظ به سمت محلول رقیق حرکت می‌کنند.

۳۶۵ (A) ۴

انواع روش‌های تصفیه آب

کلاس درس

۳۸

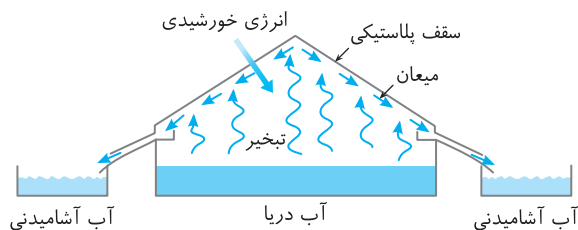
سه روش مهم برای تصفیه آب عبارتند از:

۱- تقطیر ۲- صافی کربن ۳- اسمز معکوس

در کلاس درس قبل به بررسی روش اسمز معکوس پرداختیم و در ادامه نیز به بررسی دو روش دیگر می‌پردازیم.

تقطیر

۱- روشی است که در آن آب را می‌جوشانند تا بخار شود (تبخیر) و سپس بخار را در ظرفی مجزا متراکم کرده و به آب تبدیل می‌کنند (میعان). در حین انجام این دو فرایند فیزیکی (تبخیر و میعان)، ذرات و کل جامدهای حل‌شده در آب، باقی می‌مانند و در آب نهایی وجود نخواهند داشت و در نتیجه آب تصفیه می‌شود.



۲- شکل روبه‌رو نوعی فرایند تقطیر را نشان می‌دهد که در طی آن، آب دریا که دارای ناخالصی است، در محیط بسته با تابش نور خورشید تبخیر می‌شود و در نزدیک سقف پلاستیکی متراکم و در طی فرایند میعان تبدیل به آب مایع می‌شود و در ظرف جداگانه جمع‌آوری خواهند شد. بنابراین آب حاصل بدون ناخالصی بوده و می‌توان آن‌را به‌عنوان آب آشامیدنی استفاده کرد.

۳- اگر در آب مایعاتی با نقطه جوش کمتر از آب وجود داشته باشند (مانند ترکیب‌های آلی فرار)، نمی‌توان آن‌ها را با این روش جداسازی کرد، زیرا این مایعات قبل از آب تبخیر می‌شوند و در مرحله بعد متراکم شده و در نهایت در آب تصفیه شده وجود خواهند داشت، بنابراین با این روش می‌توان جامدات و ناخالصی‌هایی که نقطه جوش آن‌ها بیشتر از نقطه جوش آب است را جدا کرد.

صافی کربن

در این روش از فیلترهایی استفاده می‌شود که دارای کربن هستند. که متخلخل بوده و می‌تواند بسیاری از ناخالصی‌های موجود در آب را جذب کند.

جداسازی آلودگی‌های موجود در آب

۱- آلاینده‌های موجود در آب تصفیه شده عبارت‌اند از:

نافلزها، آلاینده‌ها، حشره‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها، فلزهای سمی، میکروپها و ترکیب‌های آلی فرار

۲- با استفاده از انواع روش‌های تصفیه توضیح داده شده در قسمت قبل، می‌توان بخشی از آلودگی‌های موجود در آب را جدا کرد که به صورت زیر دسته‌بندی می‌شوند:

روش تصفیه	آلودگی‌های جداسازی شده	آلودگی‌های باقی‌مانده در آب
تقطیر	نافلزها، آلاینده‌ها، فلزهای سمی، حشره‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها	ترکیبات آلی فرار، میکروپها
اسمز معکوس	نافلزها، آلاینده‌ها، فلزهای سمی، حشره‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها، ترکیب‌های آلی فرار	میکروپها
صافی کربن	نافلزها، آلاینده‌ها، فلزهای سمی، حشره‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها، ترکیب‌های آلی فرار	میکروپها

با توجه به جدول بالا می‌توان گفت:

- (الف) اسمز معکوس و صافی کربن نسبت به تقطیر، روش‌های مناسب‌تری برای جداسازی آلودگی‌های موجود در آب آشامیدنی می‌باشند.
 (ب) میکروب‌های موجود در آب آشامیدنی را با هیچ کدام از این سه روش نمی‌توان جدا کرد، بنابراین با هیچ کدام از این روش‌ها نمی‌توان آب قابل مصرف تولید کرد.
 (پ) با استفاده از هر سه روش می‌توان نافلزها، آلاینده‌ها، فلزهای سمی، حشره‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها را از آب جدا کرد.
 (ت) با استفاده از روش تقطیر، نمی‌توان ترکیب‌های آلی فرار و میکروب‌ها را از آب جدا کرد.

توجه! آب تصفیه شده با استفاده از روش‌های بیان شده را باید پیش از مصرف، کلر زنی کرد؛ زیرا با این روش میکروب‌های باقی‌مانده از بین می‌روند. در هر سه روش تصفیه آب (اسمز وارونه، تقطیر و صافی کربن) میکروب‌ها در داخل آب باقی می‌مانند به همین دلیل آب به‌دست آمده از هر سه روش نیاز به کلر زنی دارد.

B ۳۶۶ ۱ با استفاده از روش تقطیر موادی را می‌توان از آب جدا کرد که نقطه جوش آن‌ها بیشتر از آب (100°C) باشد، بنابراین چون نقطه جوش مایع مورد نظر در آب آلوده بیشتر از آب است، پس می‌توان آن را به روش تقطیر جداسازی کرد.

A ۳۶۷ ۴ شکل نشان داده شده مربوط به فرایند اسمز معکوس است که با اعمال فشار فقط مولکول‌های آب از محلول غلیظ (بازوی سمت راست) به محلول رقیق یعنی آب خالص (بازوی سمت چپ) حرکت می‌کنند، بنابراین با گذشت زمان غلظت نمک در بازوی سمت راست افزایش می‌یابد و به دلیل اینکه ذرات سازنده نمک نمی‌توانند از غشاء عبور کنند غلظت نمک در بازوی سمت چپ همواره برابر صفر است.

C ۳۶۸ ۲ شکل نشان داده شده مربوط به فرایند تقطیر است که با انجام دو واکنش فیزیکی (تبخیر و میعان)، آبی حاصل می‌شود که دارای ترکیب‌های آلی فرار و میکروب است و با کلر زنی آن، میکروب‌ها از بین می‌روند ولی ترکیبات آلی فرار باقی می‌مانند، بنابراین آب حاصل بدون آلودگی نمی‌باشد.

B ۳۶۹ ۴ با توجه به شکل صفحه ۱۳۰ کتاب درسی موارد ذکر شده در گزینه (۴) صحیح می‌باشند.

B ۳۷۰ ۴ برخی از موادی که در آب به هر نسبتی حل می‌شوند عبارتند از: اتانول ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) و استون ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) که دارای ویژگی‌های زیر هستند:

- هر دو مولکول، بیش از دو نوع اتم دارند، بنابراین قطبی‌اند و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند.
- در میان آن‌ها، استون، حلال چربی، رنگ و انواع لاک‌ها است.
- در فرمول تمام آن‌ها اتم اکسیژن وجود دارد.
- دو ترکیب بیان شده مولکولی هستند، بنابراین در هنگام انحلال، ساختار خود را حفظ می‌کنند.

B ۳۷۱ ۴ انحلال اتانول در آب به صورت مولکولی انجام می‌شود و در اثر انحلال اتانول در آب، یونی تولید نمی‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینه (۱): چون انحلال‌پذیری نمک X بین ۱ تا ۱٪ است، بنابراین کم‌محلول می‌باشد.

گزینه (۲): ترکیب‌های آمونیوم نیترات (NH_4NO_3)، پتاسیم فلوئورید (KF) و آلومینیم سولفید (Al_2S_3) به ترتیب ۳ تایی، ۲ تایی و ۲ تایی هستند.

گزینه (۳): مولکول HCl شرط تشکیل پیوند هیدروژنی را ندارد، بنابراین در محلول آبی HCl، بین آب و مولکول HCl، پیوند هیدروژنی تشکیل نمی‌شود.

B ۳۷۲ ۲ ساختار مولکول‌های گوگرد دی‌اکسید (SO_2)، فسفر تری‌کلرید (PCl_3) و نیتروژن دی‌اکسید (NO_2) به صورت روبه‌رو است. چون بر روی اتم مرکزی آن‌ها، الکترون ناپیوندی وجود دارد، بنابراین قطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه (۱): هگزان (C_6H_{14}) ترکیبی ناقطبی است و در آب که قطبی است، حل نمی‌شود.

گزینه (۳): مس (II) فسفات $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ کاتیون = $\frac{3}{2}$ آنیون ، آهن (II) نیترات $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ کاتیون = $\frac{1}{2}$ آنیون

گزینه (۴): شکل نشان داده شده مربوط به فرایند اسمز است که نمی‌توان برای تصفیه آب از آن استفاده کرد.

B ۳۷۳ ۲ در آب تقطیر شده، تقریباً تمام یون‌های حل‌شده در آب از جمله یون کلرید (Cl^-)، از آن جدا می‌شوند و در نتیجه با اضافه کردن محلول نقره نیترات (AgNO_3)، هیچ واکنشی انجام نشده، بنابراین رسوب سفید رنگ تشکیل نمی‌شود.

B ۳۷۴ ۲ خیار در آب شور چروکیده و کم حجم‌تر می‌شود، زیرا مطابق فرایند اسمز آب از درون خیار به آب شور بیرون از خیار منتقل می‌شود.

B ۳۷۵ ۱ عبارت (ب) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): می‌دانیم ترکیب‌های ناقطبی در آب حل نمی‌شوند، بنابراین هگزان و ید که ناقطبی هستند، در آب حل نمی‌شوند ولی استون و اتانول که قطبی هستند، در آب حل می‌شوند.

عبارت (ب): چون فشار ثابت است، بنابراین قانون هنری مطرح نیست. در واقع بیشتر بودن انحلال‌پذیری گاز NO نسبت به گاز O_2 در شرایط یکسان (دما و فشار)، به دلیل نوع حل‌شونده است که NO مولکول قطبی است و نیروی بین مولکولی قوی‌تری دارد، بنابراین انحلال‌پذیری آن نسبت به O_2 (مولکول ناقطبی) در آب، بیشتر است.

عبارت (پ): ترکیب‌های هیدروژن‌دار گروه ۱۷ به شکل AB هستند (HF، HCl، HBr)، این نوع مولکول‌ها قطبی هستند. در ترکیب‌های هیدروژن‌دار گروه ۱۵ (NH_3 ، PH_3 ، AsH_3) بر روی اتم مرکزی الکترون ناپیوندی وجود دارد، بنابراین قطبی هستند.

عبارت (ت): الکل معمولی (اتانول) و استون، دو ترکیب آلی اکسیژن‌دار هستند که به عنوان حلال در صنعت و آزمایشگاه به کار می‌روند.

۳۷۶ ۴ در یخ (نه آب)، به دلیل تشکیل پیوند هیدروژنی بیشتر، ساختار شش ضلعی تشکیل می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینه (۱): آلومینیوم کربنات: $Al_2(CO_3)_3$: بار کاتیون = ۳ و تعداد کاتیون $2 \times 3 = 6e \leftarrow 2 =$ بین کاتیون و آنیون مبادله می‌شود. بالاترین ظرفیت مس به صورت $2+$ است که با جایگزین کردن آن با Al^{3+} ، ترکیب $CuCO_3$ تشکیل می‌شود که $2e \times 1 = 2e$ ، بین کاتیون و آنیون مبادله می‌شود، بنابراین تعداد الکترون‌های مبادله شده کمتر است.

گزینه (۲): نیروی جاذبه یون - دوقطبی در انحلال موادی تشکیل می‌شود که حل‌شونده به صورت یونی در آب حل شود که تمام ترکیب‌های بیان شده به صورت یونی در آب حل می‌شوند. توجه شود که HCl (هیدروژن کلرید) **الکترولیت قوی** است، بنابراین به صورت یونی حل می‌شود.

گزینه (۳): تینر (هگزان) با فرمول C_6H_{14} ، مانند اتانول با فرمول C_2H_5OH یک **ترکیب آلی** است که تینر **ناقطبی** بوده و برخلاف اتانول که قطبی است در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند.

۳۷۷ ۲ عبارتهای (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): با توجه به شکل‌ها می‌توان گفت:

در شکل (۱)، فقط یون وجود دارد، بنابراین ترکیب **الکترولیت قوی**، مانند پتاسیم هیدروکسید (KOH) است.

در شکل (۲)، یون و مولکول وجود دارد، بنابراین ترکیب **الکترولیت ضعیف**، مانند هیدروژن فلوئورید (HF) است.

در شکل (۳)، فقط مولکول وجود دارد، بنابراین ترکیب **غیرالکترولیت**، مانند استون است.

عبارت (ب): گاز اکسیژن (O_2) و متان (CH_4) هر دو **ناقطبی** هستند، چون جرم مولی O_2 (32 g.mol^{-1})، بیشتر از جرم مولی CH_4 (16 g.mol^{-1}) است، بنابراین انحلال‌پذیری گاز اکسیژن در آب در شرایط یکسان، بیشتر از متان خواهد بود.

عبارت (پ): در ترکیب‌های هیدروژن‌دار گروه ۱۷، با افزایش جرم مولکول، نقطه جوش ابتدا **کاهش** (از HF تا HCl) و سپس افزایش می‌یابد (از HCl تا HBr).
عبارت (ت): در هوا، اجزا به صورت **همگن** قرار گرفته‌اند، بنابراین **محلول** است.

۳۷۸ ۱ با توجه به شکل نشان داده شده واکنش کاملاً صحیح می‌باشد و رسوب AgCl تشکیل می‌شود. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینه (۲): در محلول‌های بسیار رقیق حل‌شونده در آب، می‌توان ppm را به صورت میلی‌گرم حل‌شونده در لیتر محلول بیان کرد.

گزینه (۳): نام ترکیب‌های $Al_2(SO_4)_3$ و ZnS، به ترتیب آلومینیم سولفات و روی سولفید است. (Zn یک فلز تک ظرفیتی است)

گزینه (۴): پتاسیم هیدروکسید (KOH)، ترکیب یونی و انحلال آن برخلاف اتانول که ترکیب مولکولی است، با تفکیک ساختار همراه است.

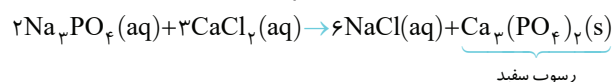
۳۷۹ ۲ عبارتهای (الف) و (ب) نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): اتانول و استون به هر نسبتی در آب حل می‌شوند.

عبارت (ب): HCl **الکترولیت قوی** و HF **الکترولیت ضعیف** است، بنابراین در غلظت و دمای یکسان، یون‌ها در محلول HCl بیشتر بوده، بنابراین رسانایی الکتریکی محلول آن بیشتر از HF است.

عبارت (پ): در ساختار یخ، برخلاف ساختار آب، مولکول‌های آب در جاهای به نسبت ثابتی قرار داشته و حلقه‌های شش ضلعی تشکیل می‌دهند.

عبارت (ت): با اضافه کردن محلول سدیم فسفات به آب آشامیدنی، براساس واکنش زیر، رسوب سفید رنگ کلسیم فسفات ($Ca_3(PO_4)_2$) تشکیل می‌شود که نشان‌دهنده وجود یون کلسیم در آب است:

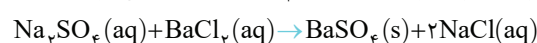


۳۸۰ ۱ عبارتهای (الف) نادرست است. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): با توجه به این که منحنی انحلال‌پذیری ترکیب‌های A و B، صعودی است و شیب نمودار ترکیب A بیشتر می‌باشد، بنابراین با کاهش دما، مقدار بیشتری از ترکیب A رسوب خواهد کرد.

عبارت (ب): محلول اتیلن گلیکول در آب را **ضد یخ** می‌نامند که یک مخلوط همگن است.

عبارت (پ): از واکنش محلول سدیم سولفات (Na_2SO_4) با باریم کلرید ($BaCl_2$) به صورت زیر، رسوب سفید رنگ $BaSO_4$ تشکیل می‌شود:



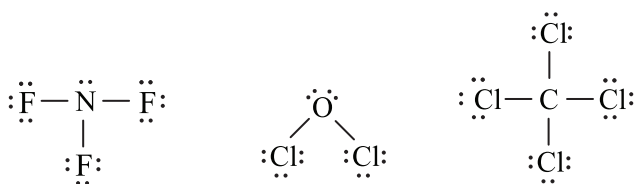
عبارت (ت):
$$\text{غلظت محلول} = \frac{\text{مقدار حل‌شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow 1 \text{ mol.L}^{-1} = \frac{X \text{ mol } C_3H_8O}{2L} \Rightarrow X = 2 \text{ mol } C_3H_8O$$

با توجه به جرم مولی C_3H_8O ، مقدار جرم آن را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ g } C_3H_8O = 2 \text{ mol } C_3H_8O \times \frac{60 \text{ g } C_3H_8O}{1 \text{ mol } C_3H_8O} = 120 \text{ g } C_3H_8O$$

۳۸۱ (B) ۴ تمام عبارتها درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): اگر آب آلوده را به **روش صافی کربن** تصفیه کنیم، تمام آلودگی‌ها به **جز میکروب‌ها** از آن جدا می‌شوند که با **کلرزنی**، میکروب‌ها نیز از بین رفته در نتیجه **آبی بدون آلودگی** به دست می‌آید.



عبارت (ب): براساس ساختار لوویس ترکیبات داده شده، در مولکول‌های نیتروژن تری‌فلوئورید (NF_3) و اکسیژن دی‌کلرید (OCl_2)، بر روی اتم مرکزی، **الکترون ناپیوندی** قرار دارد. در نتیجه **قطبی** هستند. ولی در مولکول کربن تتراکلرید (CCl_4)، بر روی اتم مرکزی، **الکترون ناپیوندی** قرار ندارد و چهار اتم متصل شده به اتم مرکزی (C) نیز **یکسان** هستند. بنابراین ترکیب **ناقطبی** است.

عبارت (پ):

$$\frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{حجم محلول}} \times 100 = 80 \Rightarrow \frac{X \text{ g } K_2CO_3}{51/75 \text{ g}} \times 100 = 80 \Rightarrow X = 41/4 \text{ g } K_2CO_3$$

$$? \text{ mol } K^+ = 41/4 \text{ g } K_2CO_3 \times \frac{1 \text{ mol } K_2CO_3}{138 \text{ g } K_2CO_3} \times \frac{2 \text{ mol } K^+}{1 \text{ mol } K_2CO_3} = 0/6 \text{ mol } K^+$$

بنابراین، در ۵۱/۷۵ گرم محلول ۸۰ درصد جرمی K_2CO_3 ، مقدار یون پتاسیم (K^+) کمتر از ۱ مول است.

عبارت (ت): کود شیمیایی که **دو عنصر N و S** را در اختیار گیاه قرار می‌دهد، **آمونیم سولفات** ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) است و چون این ترکیب دارای **یون چند اتمی** است، بنابراین هر دو نوع **پیوند کووالانسی و یونی** را در ساختار خود دارد.

۳۸۲ (B) ۳ عبارتهای (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت (الف): در فرایند **اسمز**، به دلیل انتقال مولکول‌های آب از **محیط رقیق به محیط غلیظ**، حجم محیط غلیظ **افزایش یافته**، بنابراین بر اساس رابطه غلظت مولی با **افزایش حجم**، غلظت محیط غلیظ یا به عبارت دیگر، غلظت یون‌های محیط غلیظ، **کاهش می‌یابد**. در فرایند اسمز معکوس، **برعکس** اسمز، مولکول‌های آب از **محیط غلیظ به محیط رقیق** منتقل می‌شوند. بنابراین **حجم محیط غلیظ کاهش یافته** و در نتیجه، **غلظت یون‌های موجود در آن افزایش می‌یابد**، بنابراین به طور کلی می‌توان گفت: در فرایندهای اسمز و اسمز معکوس، غلظت یون‌های محیط غلیظ **ثابت نمی‌مانند**.

عبارت (ب): کلسیم فسفات ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) یک **ترکیب نامحلول** در آب است، اما سدیم کلرید (NaCl) در آب **محلول** است. بنابراین انحلال کلسیم فسفات در آب به خوبی انجام نمی‌شود.

عبارت (پ): **پیوند هیدروژنی** جزء نیروهای بین مولکولی **واندروالس محسوب نمی‌شود**.

عبارت (ت): با توجه به شکل می‌توان گفت:

شکل (آ): با اضافه کردن ۱ گرم شکر به آب، **مخلوط همگن** به دست آمد. اما با افزایش مقدار شکر به ۳۰۰ گرم، ۹۵ گرم شکر به صورت حل نشده باقی ماند و این یعنی شکر در آب حل می‌شود ولی **انحلال پذیری آن زیاد نیست**.

شکل (ب): با اضافه کردن هر مقدار روغن (کم یا زیاد) به آب، **مخلوط ناهمگن** حاصل می‌شود و این به معنای **کم بودن** انحلال پذیری روغن در آب است. شکل (پ): با اضافه کردن هر مقدار اتانول (کم یا زیاد) به آب، **مخلوط همگن** (محلول) حاصل می‌شود و این به معنای **زیاد بودن** انحلال پذیری اتانول در آب است، بنابراین می‌توان گفت: ترتیب انحلال پذیری ترکیب‌های اتانول، روغن و شکر در آب، به صورت: روغن > شکر > اتانول است.

پاسخ تشریحی سؤالات سطح دوم فصل سوم

۳۸۳) عبارتهای (ب) و (پ) درست هستند.

عنصرهای A_{11} و B_{12} به ترتیب مربوط به گروه‌های اول و دوم جدول تناوبی بوده و کاتیون‌های A^+ و B^{2+} را تشکیل می‌دهند. عنصرهای C_8 و E_{17} نیز به ترتیب مربوط به گروه‌های ۱۶ و ۱۷ جدول تناوبی بوده و آنیون‌های C^{2-} و E^- را تشکیل می‌دهند. با توجه به این اطلاعات به بررسی گزینه‌ها می‌پردازیم:

عبارت (الف): A^+ با آنیون SO_4^{2-} ترکیب A_2SO_4 و E^- با کاتیون NH_4^+ ترکیب NH_4E را تشکیل می‌دهند.

عبارت (ب): ترکیب حاصل از A^+ و یون نیترات (NO_3^-)، به صورت ANO_3 بوده و در این ترکیب، ۵ اتم و ۳ عنصر وجود دارد که مجموع آن‌ها ۸ است.

عبارت (پ):

$$\left\{ \begin{array}{l} B^{2+}, CO_3^{2-} : BCO_3 \rightarrow 5 \text{ اتم} \\ Al^{3+}, C^{2-} : Al_2C_3 \rightarrow 5 \text{ اتم} \end{array} \right. \Rightarrow \text{تفاوت تعداد اتم‌ها} = 0$$

عبارت (ت): A^+ با هیدروکسید (OH^-)، ترکیب AOH را تشکیل می‌دهد که در این ترکیب، حاصل ضرب تعداد کاتیون در بار کاتیون برابر یک است، بنابراین یک الکترون از کاتیون به آنیون منتقل می‌شود.

۳۸۴) ترکیب‌های یونی که کاتیون و آنیون آن‌ها تک‌اتمی باشد، فقط پیوند یونی دارند. اگر کاتیون و یا آنیون یک ترکیب یونی چند اتمی باشد، در این ترکیب‌ها، علاوه بر پیوند یونی، پیوند کووالانسی نیز وجود دارد. در گزینه (۳)، نقره کلرید ($AgCl$) دارای کاتیون و آنیون تک‌اتمی بوده، بنابراین فقط پیوند یونی دارد. ترکیب‌های آمونیوم کربنات ($(NH_4)_2CO_3$) و کروم (II) نیترات ($Cr(NO_3)_2$) به ترتیب دارای ۴ و ۳ نوع اتم (عنصر) هستند، بنابراین ۴ تایی و ۳ تایی می‌باشند و در ترکیب آمونیوم سولفید ($(NH_4)_2S$)، کاتیون (آمونیوم) یون چند اتمی بوده، بنابراین دارای پیوند کووالانسی است.

۳۸۵) کاتیون X^{n+} با یون سولفات (SO_4^{2-}) ترکیب $X_2(SO_4)_n$ و کاتیون Y^{m+} با یون فسفات (PO_4^{3-}) ترکیب $Y_3(PO_4)_m$ را تشکیل می‌دهند، بنابراین:

$$X_2(SO_4)_n : \text{مجموع تعداد اتم‌ها} = 2 + 5n = 17 \Rightarrow n = 3 \Rightarrow X^{3+}$$

$$Y_3(PO_4)_m : \text{مجموع تعداد اتم‌ها} = 3 + 5m = 13 \Rightarrow m = 2 \Rightarrow Y^{2+}$$

با توجه به دو کاتیون X^{3+} و Y^{2+} ، دو ترکیب بیان شده در گزینه (۲)، نادرست هستند و شکل صحیح آن‌ها به صورت $X_2(CO_3)_3$ و $Y(NO_3)_2$ است.

۳۸۶) با توجه به چگالی محلول سدیم هیدروکسید، جرم محلول را به دست می‌آوریم:

$$\text{چگالی محلول} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow 1/2 \text{ g mL}^{-1} = \frac{X \text{ g محلول}}{60 \text{ mL}} \Rightarrow X = 72 \text{ g محلول}$$

درصد جرمی دو محلول پتاسیم نیترات و سدیم هیدروکسید برابر است، بنابراین:

$$\Rightarrow \frac{\text{جرم } KNO_3}{\text{جرم محلول } KNO_3} \times 100 = \frac{\text{جرم } NaOH}{\text{جرم محلول } NaOH} \times 100 \Rightarrow \frac{3/2 \text{ g } KNO_3}{24 \text{ g محلول } KNO_3} = \frac{X \text{ g } NaOH}{72 \text{ g محلول } NaOH} \Rightarrow X = 9/6 \text{ g } NaOH$$

$$? \text{ mol } NaOH = 9/6 \text{ g } NaOH \times \frac{1 \text{ mol } NaOH}{40 \text{ g } NaOH} = 0/24 \text{ mol } NaOH$$

۳۸۷) جرم حل‌شونده موجود در ۲۰۰ گرم محلول ۱۰۰ ppm را به دست می‌آوریم:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 100 \text{ ppm} = \frac{X \text{ g } (NH_4)_2SO_4}{200 \text{ g محلول}} \times 10^6 \Rightarrow 0/2 \text{ g } (NH_4)_2SO_4$$

با توجه به جرم آمونیوم سولفات موجود در محلول، فرض می‌کنیم با اضافه کردن m گرم آب به ۲۰۰ گرم محلول آمونیوم سولفات، غلظت محلول حاصل برابر $28/5 \text{ ppm}$ خواهد شد که برای گیاه مفید است. در این صورت مقدار آب اضافه شده (m) را به دست می‌آوریم:

$$100 \text{ ppm} = \frac{0/2 \text{ g } (NH_4)_2SO_4}{200 \text{ g محلول} + m \text{ g } H_2O} \times 10^6 \Rightarrow 28/5 \text{ ppm} \Rightarrow m \approx 500 \text{ g } H_2O$$

$$\text{چگالی آب} = \frac{\text{جرم آب}}{\text{حجم آب}} \Rightarrow 1 \text{ g.cm}^3 = \frac{500 \text{ g H}_2\text{O}}{X \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{O}} \Rightarrow X = 500 \text{ cm}^3 = 0.5 \text{ L H}_2\text{O}$$

۳ ۳۸۸ © محلول ۱ مولار غلیظ است و مقدار حل‌شونده را در این محلول به دست می‌آوریم:

$$\text{غلظت محلول غلیظ} = \frac{\text{مقدار حل‌شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow 1 \text{ mol.L}^{-1} = \frac{X \text{ mol شکر}}{15 \times 10^{-2} \text{ L}} \Rightarrow X = 0.15 \text{ mol شکر}$$

با اضافه کردن آب، غلظت محلول ۲۵٪ کاهش می‌یابد و برابر ۷۵٪ مول بر لیتر می‌شود. مقدار مول شکر در دو محلول رقیق و غلیظ یکسان است. بنابراین با توجه به غلظت محلول رقیق و مقدار مول شکر، حجم محلول رقیق را به دست می‌آوریم:

$$\text{محلول رقیق} = \frac{\text{مقدار حل‌شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow 0.75 \text{ mol.L}^{-1} = \frac{0.15 \text{ mol شکر}}{X \text{ L محلول رقیق}} \Rightarrow X = 0.2 \text{ L}$$

$$\text{حجم محلول غلیظ} - \text{حجم محلول رقیق} = \text{حجم آب اضافه شده} \Rightarrow 0.15 - 0.2 = 0.05 \text{ L} = 50 \text{ mL}$$

با توجه به این که چگالی آب 1 g.mL^{-1} است، بنابراین جرم آب اضافه شده 50 g خواهد بود.

۴ ۳۸۹ © مقدار NaOH حل‌شده در 200 g محلول ۷۰ درصد جرمی را به دست می‌آوریم:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 70 = \frac{X \text{ g NaOH}}{200 \text{ g محلول}} \times 100 \Rightarrow X = 140 \text{ g NaOH}$$

با اضافه کردن 10 g سدیم هیدروکسید به محلول، جرم حل‌شونده و محلول جدید را به دست می‌آوریم:

$$\text{محلول جدید} = 200 \text{ g} + 10 \text{ g} = 210 \text{ g} \quad , \quad \text{جرم NaOH جدید} = 140 \text{ g} + 10 \text{ g} = 150 \text{ g}$$

$$? \text{ mol NaOH} = 150 \text{ g NaOH} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} = 3.75 \text{ mol NaOH}$$

$$\text{چگالی} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow 1.4 \text{ g.mL}^{-1} = \frac{210 \text{ g محلول}}{X \text{ mL محلول}} \Rightarrow X = 150 \text{ mL} = 0.15 \text{ L محلول}$$

$$\text{غلظت مولی محلول جدید را به دست می‌آوریم:} \quad \text{غلظت مولی} = \frac{\text{مقدار حل‌شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{3.75 \text{ mol NaOH}}{0.15 \text{ L محلول}} = 25 \text{ mol.L}^{-1}$$

۱ ۳۹۰ © چون دو محلول هم‌جنس را با حجم و غلظت مولی مشخص مخلوط می‌کنیم، با استفاده از رابطه زیر، غلظت مولی محلول نهایی را به دست می‌آوریم:

$$M = \frac{M_1 V_1 + M_2 V_2}{V_1 + V_2} \Rightarrow M = \frac{2 \times 0.25 + 2 \times 0.1}{0.25 + 0.1} = 2 \text{ mol.L}^{-1}$$

با توجه به رابطه بین درصد جرمی و غلظت مولی، درصد جرمی محلول نهایی را به دست می‌آوریم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{10 \times a \times d}{M} \Rightarrow 2 \text{ mol.L}^{-1} = \frac{10 \times a \times 1 \text{ g.mL}^{-1}}{58 / 5 \text{ g.mol}^{-1}} \Rightarrow a = 1.17 \text{ w/w}$$

۴ ۳۹۱ © دو محلول هم‌جنس با غلظت مولی و حجم مشخص را با یکدیگر مخلوط می‌کنیم و غلظت مولی محلول نهایی به صورت زیر به دست می‌آید:

$$M = \frac{M_1 V_1 + M_2 V_2}{V_1 + V_2} \Rightarrow M = \frac{2 \times 0.05 + 1 / 5 \times 0.15}{0.05 + 0.15} = 1.625 \text{ mol.L}^{-1}$$

مقدار مول حل‌شونده (MgCl_2) را در محلول نهایی به دست می‌آوریم:

$$\text{حجم محلول نهایی} = 50 \text{ mL} + 150 \text{ mL} = 200 \text{ mL} = 0.2 \text{ L} \quad , \quad \text{غلظت مولی محلول نهایی} = 1.625 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{غلظت محلول} = \frac{\text{مقدار حل‌شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow 1.625 \text{ mol.L}^{-1} = \frac{X \text{ mol MgCl}_2}{0.2 \text{ L محلول}} \Rightarrow X = 3.25 \times 10^{-1} \text{ mol MgCl}_2$$

$$? \text{ g AgNO}_3 = 3.25 \times 10^{-1} \text{ mol MgCl}_2 \times \frac{170 \text{ g AgNO}_3}{1 \text{ mol MgCl}_2} \times \frac{170 \text{ g AgNO}_3}{1 \text{ mol AgNO}_3} = 110 / 5 \text{ g AgNO}_3$$

$$\text{درصد جرمی محلول} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 65 = \frac{110 / 5 \text{ g AgNO}_3}{X \text{ g محلول}} \times 100 \Rightarrow X = 170 \text{ g محلول}$$

با توجه به این که در هر مرحله رقیق کردن، غلظت نصف می‌شود، بنابراین غلظت محلول در دو مرحله قبل را به دست می‌آوریم:

$$0.6 \text{ mol.L}^{-1} \xrightarrow{\times 2} 1.2 \text{ mol.L}^{-1} \xrightarrow{\times 2} 2.4 \text{ mol.L}^{-1} \text{ (محلول اولیه)}$$

با توجه به مولاریته و چگالی محلول، درصد جرمی محلول را به دست می‌آوریم:

$$\text{مولاریته} = \frac{1.0 \times a \times d}{M} \Rightarrow 2.4 \text{ mol.L}^{-1} = \frac{1.0 \times a \times 1.2 \text{ g.mL}^{-1}}{85 \text{ g.mol}^{-1}} \Rightarrow a = 17.7\%$$

با توجه به چگالی، جرم محلول را به دست می‌آوریم:

$$\text{چگالی محلول} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow 1.2 \text{ g.mL}^{-1} = \frac{X \text{ g محلول}}{250 \text{ mL محلول}} \Rightarrow X = 300 \text{ g محلول}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{محلول } 160 \text{ g} = 100 \text{ g آب} + 60 \text{ g حل شونده: در دمای } 80^\circ\text{C} \\ \text{محلول } (100+x) \text{ g} = 100 \text{ g آب} + x \text{ g حل شونده: در دمای } 40^\circ\text{C} \end{array} \right\} \text{جرم رسوب} = (60-x) \text{ g}$$

بنابراین به ازای ۱۶۰ گرم محلول، (۶۰-x) گرم رسوب خواهیم داشت. حال می‌توانیم با یک تناسب مقدار x را به دست آوریم:

$$\left[\begin{array}{cc} \text{محلول (g)} & \text{(رسوب g)} \\ 160 & (60-x) \\ 300 & 12 \end{array} \right] \Rightarrow 12 \times 160 = (60-x) \times 300 \Rightarrow x = 53/6 \text{ g}$$

در نتیجه انحلال پذیری در دمای 40°C برابر $53/6$ گرم است.

با توجه به نمودار، انحلال پذیری محلول KI در دمای 60°C برابر ۶۰ گرم است، یعنی در هر ۱۰۰ گرم آب، ۶۰ گرم KI حل می‌شود، بنابراین در

۱۶۰ گرم محلول (KI ۶۰g + H_2O ۱۰۰g) نیز، ۶۰ گرم KI حل شده است. با توجه به اطلاعات مسأله، با کاهش دمای ۲۵۰ گرم محلول KI، ۳۱/۲۵ گرم رسوب

تشکیل می‌شود، بنابراین مقدار رسوب تشکیل شده به ازای کاهش دمای ۱۶۰ گرم محلول KI را به دست می‌آوریم:

$$\left[\begin{array}{cc} \text{رسوب (g)} & \text{(محلول g)} \\ 31/25 & 250 \\ X & 160 \end{array} \right] \Rightarrow X = 20 \text{ g رسوب}$$

$X =$ انحلال پذیری در دمای ثانویه ، $60 \text{ g} =$ انحلال پذیری در دمای $60^\circ\text{C} \rightarrow 60^\circ\text{C}$ دمای اولیه ، مقدار رسوب

$X = 40 \text{ g} \Rightarrow |60 \text{ g} - X| =$ رسوب ۲۰g \Rightarrow |انحلال پذیری در دمای ثانویه - انحلال پذیری در دمای 60°C | = مقدار رسوب

بنابراین انحلال پذیری در دمای ثانویه برابر ۴۰ گرم است. با توجه به نمودار، در دمای 40°C انحلال پذیری ۴۰ گرم است، بنابراین باید دما را $60 - 40 = 20^\circ\text{C}$ کاهش دهیم.

با توجه به نمودار در دمای 49°C در هر ۱۰۰ گرم آب، حداکثر ۸۰ گرم KNO_3 حل می‌شود، بنابراین مقدار نمک حل شده در ۲۰۰ گرم

آب را به دست می‌آوریم:

$$\left[\begin{array}{cc} \text{KNO}_3 \text{ (g)} & \text{H}_2\text{O (g)} \\ 80 & 100 \\ X & 200 \end{array} \right] \Rightarrow X = 160 \text{ g KNO}_3$$

بنابراین در ۲۰۰ گرم آب، حداکثر ۱۶۰ گرم KNO_3 حل می‌شود، اما در محلول داده شده، مقدار ۱۲۰ گرم نمک در ۲۰۰ گرم آب حل شده است، پس محلول حاصل سیر نشده است و اگر مقدار $160 \text{ g} - 120 \text{ g} = 40 \text{ g}$ نمک به محلول اضافه شود، محلول سیر شده به دست می‌آید.

با توجه به مسأله، در دمای 49°C در ۲۰۰ گرم آب، ۱۲۰ گرم نمک حل شده است، بنابراین می‌توان گفت در ۱۰۰ گرم آب، نیز ۶۰ گرم نمک حل شده است که با توجه به نمودار، اگر دمای محلول (49°C) را حدود 10°C کاهش دهیم (39°C) روی منحنی قرار گرفته و محلول سیر شده به دست می‌آید.

انحلال پذیری ترکیب B را در دمای 10°C و 55°C به دست می‌آوریم:

$$S = 10^\circ\text{C} \Rightarrow S = 80 \text{ g} , \quad \theta = 55^\circ\text{C} \Rightarrow S = 116 \text{ g}$$

در دمای 10°C ، در ۱۰۰ گرم آب حداکثر ۸۰ گرم ترکیب B حل می‌شود، پس می‌توان گفت: در دمای 10°C ، در ۱۸۰g محلول ($100 \text{ g H}_2\text{O} + 80 \text{ g B}$)، نیز حداکثر ۸۰ گرم ترکیب B حل شده است. با توجه به این که انحلال پذیری ترکیب B در دمای 55°C برابر ۱۱۶ گرم است، بنابراین جرم رسوب تولید شده در نتیجه کاهش دما از 55°C به 10°C را به دست می‌آوریم:

رسوب $36 \text{ g} = 116 \text{ g} - 80 \text{ g} =$ |انحلال پذیری در دمای 10°C - انحلال پذیری در دمای 55°C | = مقدار رسوب

پس در اثر کاهش دمای ۱۸۰ گرم محلول ترکیب B، ۳۶ گرم رسوب تشکیل می‌شود، بنابراین مقدار رسوب تشکیل شده در اثر کاهش دما ۴۵ گرم محلول را به دست می‌آوریم:

$$\left[\begin{array}{cc} \text{رسوب (g)} & \text{(محلول g)} \\ 36 & 180 \\ X & 45 \end{array} \right] \Rightarrow X = 9 \text{ g رسوب B}$$

با توجه به رسوب به دست آمده، مقدار حجم محلول ۵/۰ مولار را به دست می آوریم:

$$? \text{ mol B} = 9 \text{ g B} \times \frac{1 \text{ mol B}}{180 \text{ g B}} = 0.05 \text{ mol B} \quad , \quad \text{غلظت مولی} = \frac{\text{مقدار حل شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} \Rightarrow 0.05 \text{ mol.L}^{-1} = \frac{0.05 \text{ mol B}}{X \text{ L}} \Rightarrow X = 0.1 \text{ L}$$

۳۹۷) ۲) مولکول PCl_3 قطبی و مولکولهای SO_3 و O_3 ناقطبی هستند از طرف دیگر، جرم مولی مولکول PCl_3 از دو مولکول دیگر بیشتر است، بنابراین قدرت نیروی بین مولکولی PCl_3 بیشتر از دو مولکول دیگر است و چون جرم مولی SO_3 (80 g.mol^{-1}) بیشتر از O_3 (48 g.mol^{-1}) می باشد، بنابراین نیروی بین مولکولی SO_3 نیز بیشتر از O_3 خواهد بود. **بررسی سایر گزینه ها:**



در سه گزینه بالا، مولکول اول، به دلیل تشکیل پیوند هیدروژنی، قوی ترین نیروی بین مولکولی را دارد و مولکول دوم به دلیل بیشتر بودن جرم، نسبت به مولکول سوم نیروی بین مولکولی قوی تری دارد.

۳۹۸) ۳) قدرت پیوند کووالانسی (C) بیشتر از تمام نیروهای بین مولکولی (A, B, D, E, F) است (گزینه (۴) نادرست).

قدرت پیوند هیدروژنی (A, F) بیشتر از نیروهای وان دروالس (E, D, B) است (گزینه ۲ نادرست) در میان پیوند هیدروژنی A و F، پیوند هیدروژنی بین مولکولهای اتانول و آب در محلول قوی تر از پیوند هیدروژنی بین مولکولهای اتانول است، بنابراین F قوی تر از A می باشد. در میان نیروهای وان دروالس (E, D, B)، قدرت نیروی بین مولکولهای قطبی SO_2 (D) بیشتر از قدرت نیروی بین مولکولهای ناقطبی O_3 و N_2 (E, B) است. در میان مولکولهای ناقطبی O_3 و N_2 (E, B) جرم مولکول O_3 بیشتر از N_2 است، بنابراین قدرت نیروی بین مولکولی O_3 (B) بیشتر می باشد (گزینه (۳) درست).

۳۹۹) ۲) عبارتهای (ب)، (پ) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت ها:**

عبارت (الف): ترکیب حاصل از دو عنصر A (سدیم) و D (اکسیژن) یونی است که از مولکولهای مجزا تشکیل نشده است. عبارت (ب): عنصر B (کربن) با آرایش الکترون - نقطه $(\cdot \ddot{\text{C}} \cdot)$ با عنصر D (اکسیژن) با آرایش الکترون - نقطه $(\cdot \ddot{\text{O}} \cdot)$ ترکیب ناقطبی CO_2 را تشکیل می دهد که در میدان الکتریکی جهت گیری نمی کند.

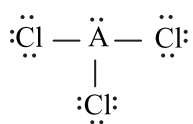
عبارت (پ): عنصر F (گوگرد) با آرایش الکترونی $(\cdot \ddot{\text{S}} \cdot)$ با عنصر D (اکسیژن) دو ترکیب SO_2 و SO_3 را تشکیل می دهند که تعداد الکترونهای پیوندی ترکیب SO_3 بیشتر و برابر ۸ است.

عبارت (ت): عنصر G (هیدروژن) با عنصر D (اکسیژن) ترکیب H_2O و با عنصر F (گوگرد) ترکیب H_2S را تشکیل می دهد که مولکول H_2O به دلیل تشکیل پیوند هیدروژنی نقطه جوش بیشتری دارد.

عبارت (ث): عنصر C (نیتروژن) با آرایش الکترونی $(\cdot \ddot{\text{N}} \cdot)$ با عنصر E (فلوئور) با آرایش الکترونی $(\cdot \ddot{\text{F}} \cdot)$ ترکیب قطبی NF_3 را تشکیل می دهند که گشتاور دو قطبی آن صفر نیست، اما عنصر B (کربن) با عنصر F (گوگرد) ترکیب ناقطبی CS_2 را تشکیل می دهند که گشتاور دو قطبی آن صفر است.

۴۰۰) ۳) با توجه به مسأله، عنصر D گاز نجیب بوده و اتم E در دوره سوم جدول تناوبی قرار دارد (چون دارای سه لایه اصلی انرژی است)، بنابراین D گاز نجیب ${}_{10}\text{Ne}$ بوده و عنصرهای A، B، C، D و E به ترتیب ${}_{7}\text{N}$ ، ${}_{8}\text{O}$ ، ${}_{9}\text{F}$ ، ${}_{10}\text{Ne}$ و ${}_{11}\text{Na}$ هستند.

آرایش الکترون - نقطه های اتم A (نیتروژن) به صورت $\cdot \ddot{\text{A}} \cdot$ است که با اتم ${}_{17}\text{Cl}$ ($\cdot \ddot{\text{Cl}} \cdot$) ترکیب ACl_3 را ایجاد می کند. با توجه با ساختار لوویس آن، اختلاف تعداد الکترونهای ناپیوندی و پیوندی برابر ۱۴ است.



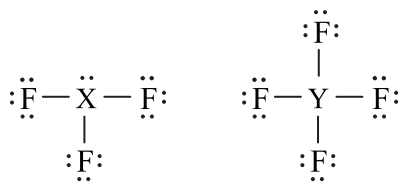
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{تعداد الکترون پیوندی} = 6 \\ \text{تعداد الکترون ناپیوندی} = 20 \end{array} \right. \Rightarrow 20 - 6 = 14 = \text{اختلاف تعداد الکترون ناپیوندی و پیوندی}$$

بررسی سایر گزینه ها:

گزینه (۱): مولکول ACl_3 همان NF_3 است که قطبی بوده و نیروی بین مولکولی آن از مولکول ناقطبی CO_2 قوی تر است.

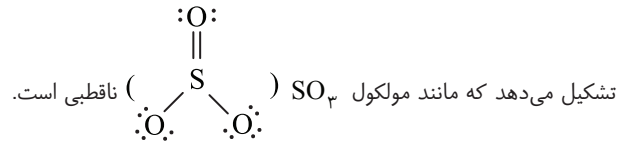
گزینه (۲): اتم H می تواند با اتمهای A (N)، B (O) و C (F) به ترتیب ترکیبات NH_3 ، H_2O و HF را ایجاد کند که توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی را دارند.

گزینه (۴): عنصرهای B (O) و E (Na)، ترکیب یونی $\text{E}_2\text{B}(\text{Na}_2\text{O})$ را تشکیل می دهند که برای ذوب کردن آن باید بر پیوندهای یونی بین کاتیون E^+ و آنیون B^{2-} غلبه کرد.



۴۰۱ (۲) عبارتهای (الف) و (ب) نادرست هستند. هر اتم F دارای سه جفت الکترون ناپیوندی است. با توجه به تعداد کل الکترونهای ناپیوندی دو ترکیب XF_3 (2×0 الکترون) و YF_3 (2×4 الکترون) می توان نتیجه گرفت که ساختار لوویس آنها به صورت روبه رو است. که با توجه به ساختار لوویس می توان نتیجه گرفت، آرایش الکترون - نقطه‌ای اتمهای X و Y به ترتیب به صورت $(\cdot\ddot{\text{X}}\cdot)$ و $(\cdot\ddot{\text{Y}}\cdot)$ است. با توجه به این اطلاعات به بررسی عبارتهای می پردازیم:

عبارت (الف): با توجه به ساختار لوویس دو مولکول XF_3 و YF_3 می توان گفت که XF_3 مولکول قطبی و YF_3 ناقطبی است. عبارت (ب): با توجه به آرایش الکترون - نقطه‌ای Y ($\cdot\ddot{\text{Y}}\cdot$)، این اتم با اکسیژن ($\cdot\ddot{\text{O}}\cdot$)، ترکیب YO_3 با ساختار لوویس ($\ddot{\text{O}}=\text{Y}=\ddot{\text{O}}\cdot$) را



عبارت (ب): با توجه به آرایش الکترون - نقطه‌ای دو اتم X و Y، تعداد الکترونهای ظرفیت آنها به ترتیب ۵ و ۴ است. عبارت (ت): اتم Y ($\cdot\ddot{\text{Y}}\cdot$) با گوگرد ($\cdot\ddot{\text{S}}\cdot$) ترکیب YS_4 را تشکیل می دهد که براساس ساختار لوویس آن، تعداد الکترونهای ناپیوندی، دو برابر تعداد جفت الکترونهای پیوندی آن است.

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \text{تعداد الکترونهای ناپیوندی} = 8 \\
 \text{تعداد جفت الکترونهای پیوندی} = 2 \Rightarrow \text{تعداد الکترونهای ناپیوندی} = 4 \\
 \text{تعداد جفت الکترونهای پیوندی} = 4
 \end{array} \right.$$

۴۰۲ (۱) فقط عبارت (ب) درست است. بررسی عبارتهای:

عبارت (الف): ترکیب یونی A در آب نامحلول است، بنابراین نیروی جاذبه یون - دوقطبی (y)، کوچکتر از میانگین قدرت پیوند یونی در ترکیب یونی A

$$\text{و پیوند هیدروژنی آب } \left(\frac{x+M_A}{2}\right) \text{ است، یعنی } y < \frac{x+M_A}{2}$$

عبارت (ب): ترکیب یونی B در آب محلول است، بنابراین نیروی جاذبه یون - دوقطبی (y)، بزرگتر از میانگین قدرت پیوند یونی در ترکیبهای یونی B

$$\text{و پیوند هیدروژنی آب } \left(\frac{x+M_B}{2}\right) \text{ است، یعنی } y > \frac{x+M_B}{2}$$

عبارت (پ): نیروی جاذبه یون - دوقطبی (y) قویتر از پیوند هیدروژنی (x) است، یعنی $y > x$.

عبارت (ت): پیوند یونی (M_B یا M_A) قویتر از نیروی یون - دوقطبی (y) است، یعنی $M_A > y$.

۴۰۳ (۲) در فشار ۱ atm، انحلال پذیری گاز N_2 در دمای 20°C برابر 0.54% گرم است، زمانی که در فشار ثابت، دمای گاز N_2 را افزایش داده و

به 60°C می رسانیم، یعنی دما ۳ برابر می شود، انحلال پذیری کاهش می یابد، اما $\frac{1}{3}$ برابر نمی شود، بنابراین گزینه های (۱) و (۳) که انحلال پذیری گاز NO

$\frac{1}{3}$ برابر شده است (۱۸٪ گرم) نادرست هستند. در دما و فشار ثابت (60°C و ۱ atm)، انحلال پذیری گاز NO بیشتر از گاز N_2 است (یعنی بیشتر از

۲۲٪ گرم) زمانی که در دمای ثابت (60°C)، فشار گاز NO را افزایش داده و به ۳ atm می رسانیم، یعنی فشار ۳ برابر می شود، انحلال پذیری گاز NO

نیز ۳ برابر شده و برابر 12% گرم می شود، بنابراین گزینه (۴) نادرست است.

۴۰۴ (۳) چون فشار از ۱ atm به ۴ atm تغییر کرده است، بنابراین طبق رابطه هنری ($S=k \times P$)، انحلال پذیری نیز نصف شده و از 0.4% به 0.2%

گرم کاهش می یابد. از طرف دیگر، دما نیز از 20°C به 15°C کاهش یافته است، پس انحلال پذیری نهایی باید عددی بیشتر از 0.2% گرم شود. بنابراین گزینه (۳) صحیح است.

۴۰۵ (۱) مقدار گاز اکسیژن حل شده در 100 گرم آب را در دمای 15°C و فشار ۲ atm به دست می آوریم:

$$\left[\begin{array}{cc}
 500(\text{g H}_2\text{O}) & 0.35(\text{g O}_2) \\
 100(\text{g H}_2\text{O}) & X(\text{g O}_2)
 \end{array} \right] \Rightarrow X = 7 \times 10^{-3} \text{ g O}_2$$

پس، انحلال پذیری گاز O_2 در دمای 15°C و فشار ۲ atm، 7×10^{-3} گرم است و زمانی که در دمای ثابت، فشار گاز را از ۲ atm به ۵ atm می رسانیم

(یعنی فشار را $\frac{2}{5}$ برابر می کنیم)، طبق قانون هنری، انحلال پذیری نیز $\frac{2}{5}$ برابر می شود.

$$5 \text{ atm} \text{ انحلال پذیری در فشار } = 7 \times 10^{-3} \text{ g O}_2 \times \frac{2}{5} = 1.4 \times 10^{-3} \text{ g O}_2$$

۴۰۶ با توجه به فشار و انحلال پذیری در دو حالت، معادله هنری ($S=k \times P$) را برای دو حالت بیان می‌کنیم:

با توجه به این که نوع ماده و دما در دو حالت یکسان است، بنابراین k در دو حالت یکسان می‌باشد، پس مقدار P_1 را به دست می‌آوریم:

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{k_1 P_1}{k_2 P_2} \quad k_1 = k_2 \rightarrow \frac{S_1}{S_2} = \frac{P_1}{P_2} \rightarrow \frac{50 \text{ mg}}{80 \text{ mg}} = \frac{\lambda \text{ atm}}{X \text{ atm}} \rightarrow X = P_2 = 12 / \lambda \text{ atm}$$

بنابراین باید فشار گاز را $12 / \lambda - 8 = 4 / \lambda \text{ atm}$ افزایش دهیم تا انحلال پذیری گاز NO از ۵۰ به ۸۰ میلی گرم افزایش یابد.

۴۰۷ با توجه به انحلال پذیری گاز CO_2 در دماهای 40°C و 60°C ، مقدار گاز CO_2 آزاد شده بر اثر افزایش دمای 100°C از 40°C تا 60°C را به دست می‌آوریم:

CO_2 $0.04 \text{ g} = 0.057 \text{ g} - 0.097 \text{ g}$ = انحلال پذیری در دمای 60°C - انحلال پذیری در دمای 40°C = مقدار CO_2 آزاد شده

سپس مقدار گاز CO_2 آزاد شده در اثر افزایش دمای ۲ کیلوگرم محلول (یا حلال) را به دست می‌آوریم:

$$\left[\begin{array}{cc} 100 \text{ (g H}_2\text{O)} & 4 \times 10^{-2} \text{ (g CO}_2\text{)} \\ 2000 \text{ (g H}_2\text{O)} & X \text{ (g CO}_2\text{)} \end{array} \right] \Rightarrow X = 0.8 \text{ g CO}_2$$

با توجه به واکنش، مقدار کربنیک اسید (H_2CO_3) را به دست می‌آوریم:

$$? \text{ mol H}_2\text{CO}_3 = 0.8 \text{ g CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{CO}_3}{1 \text{ mol CO}_2} = 1.8 \times 10^{-2} \text{ mol H}_2\text{CO}_3$$

۴۰۸ عبارت (الف) نادرست است.

غلظت مولی محلول‌های (a) و (b) را به دست می‌آوریم:

$$(a) \quad \text{غلظت مولی محلول} = \frac{10 \times a \times d}{M} = \frac{10 \times 5 \times 1 / 34 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}}{134 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$? \text{ mol C}_2\text{H}_6\text{O}_2 = 15 / 5 \text{ g C}_2\text{H}_6\text{O}_2 \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6\text{O}_2}{62 \text{ g C}_2\text{H}_6\text{O}_2} = 0.25 \text{ mol C}_2\text{H}_6\text{O}_2$$

$$(b) \quad \text{غلظت مولی محلول} = \frac{\text{مقدار حل شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{0.25 \text{ mol C}_2\text{H}_6\text{O}_2}{0.5 \text{ L}} = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

غلظت محلول (b) بیشتر از محلول (a) است، بنابراین مولکول‌های آب از محلول رقیق (محلول (a)) به محلول غلیظ (محلول (b)) منتقل می‌شوند. در نتیجه با گذشت زمان، غلظت محلول (a) افزایش یافته و شدت رنگ آبی محلول CuCl_2 بیشتر می‌شود. به این نکته توجه شود که با گذشت زمان، مقدار مول حل شونده محلول (b) ثابت، اما به دلیل افزایش حجم محلول (b)، غلظت آن کاهش می‌یابد.

۴۰۹ غلظت مولی دو محلول سدیم هیدروکسید و گلوکز را به دست می‌آوریم:

محاسبه غلظت مولی محلول NaOH:

با توجه به انحلال پذیری NaOH، می‌توان گفت؛ در 100°C گرم آب، حداکثر 40°C گرم سدیم هیدروکسید حل می‌شود، پس در 140°C محلول 40°C گرم NaOH وجود دارد، بنابراین مقدار سدیم هیدروکسید حل شده در 35°C گرم محلول را به دست می‌آوریم:

$$\left[\begin{array}{cc} 140 \text{ (g محلول)} & 40 \text{ (g NaOH)} \\ 35 \text{ (g محلول)} & X \text{ (g NaOH)} \end{array} \right] \Rightarrow X = 10 \text{ g NaOH}$$

$$? \text{ mol NaOH} = 10 \text{ g NaOH} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} = 0.25 \text{ mol NaOH}$$

می‌دانیم هر مول NaOH در اثر انحلال در آب، دو مول یون (OH^- , Na^+) به وجود می‌آورد بنابراین:

$$\text{مول یون ها} = 0.25 \times 2 = 0.5 \text{ mol}$$

$$\text{محلول} = 0.25 \text{ L} = 25 \text{ mL} = \frac{35 \text{ g محلول}}{14 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}} \Rightarrow \text{حجم محلول} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}}$$

$$\text{غلظت مولی محلول} = \frac{\text{مقدار حل شونده (مول)}}{\text{حجم محلول (لیتر)}} = \frac{0.5 \text{ mol NaOH}}{0.25 \text{ L}} = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

محاسبه غلظت مولی محلول گلوکز:

می‌دانیم انحلال گلوکز در آب به صورت مولکولی است و یون تولید نمی‌کند.

$$? \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 4 / 5 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{180 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 0.25 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

$$\text{غلظت مولی محلول} = \frac{0.25 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{0.05 \text{ L}} = 5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

با توجه به این که غلظت مولی محلول گلوکز کم تر از محلول سدیم هیدروکسید است، بنابراین مولکول های آب از محلول رقیق (محلول گلوکز) به محلول غلیظ (محلول سدیم هیدروکسید) منتقل می شوند. این انتقال تا زمانی انجام می شود که غلظت دو محلول یکسان شود. فرض می کنیم باید x میلی لیتر آب از محلول گلوکز به محلول سدیم هیدروکسید منتقل شود تا این که غلظت دو محلول یکسان گردد (توجه شود که مقدار مول حل شونده در دو محلول تغییر نمی کند):

$$\Rightarrow \frac{\% 25 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{5 \text{ mL} - x \text{ mL}} = \frac{\% 5 \text{ mol } (Cl^-, Na^+) \text{ یون}}{25 \text{ mL} + x \text{ mL}} \Rightarrow x = 3/6 \text{ mL}$$

↓ حجم کم شده از محلول گلوکز
 ↓ حجم اضافه شده به محلول NaOH