



فصل ۲

بررسی تعادل در محلول‌های آبی



راهنمای یاددهی و یادگیری

جلسه	فعالیت های یادگیری ساخت یافته
جلسه اول	مفهوم فرایند حل شدن با کمک مثال های مختلف، تصویر، پرسش و بحث گروهی توضیح داده شود.
	حل شدن ترکیبات یونی از دیدگاه تغییر انرژی و بی نظمی با کمک مثال، تصویر، پرسش و نمایش فیلم بررسی شود.
	حل شدن ترکیب های کووالانسی ناقطبی با کمک مثال، پرسش، تصویر و تحقیق کنید توضیح داده شود.
جلسه دوم	حل شدن ترکیب های کووالانسی قطبی با کمک مثال، پرسش، تصویر و تحقیق کنید توضیح داده شود.
	حل شدن ترکیب های دارای پیوند هیدروژنی با کمک مثال، پرسش و تصویر توضیح داده شود.
	اثر یون مشترک با کمک تصویر، مثال و پرسش بررسی شود.
جلسه سوم	فرایند هیدرولیز با کمک مثال، بحث گروهی و پرسش توضیح داده شود.
	محلول های تامپون با کمک مثال، پرسش و نمایش فیلم توضیح داده شود و اهمیت آن بیان شود.
	محلول های تامپون را در موارد لازم به کار برد.
جلسه چهارم	قابلیت حل شدن با کمک مثال، تصویر و پرسش توضیح داده شود.
	اثر ماهیت ماده بر قابلیت حل شدن با کمک مثال و تصویر توضیح داده شود.
	اثر دما بر قابلیت حل شدن با کمک مثال، تصویر و پرسش توضیح داده شود.
جلسه پنجم	اثر فشار بر قابلیت حل شدن با کمک تصویر و پرسش توضیح داده شود.
	اثر یون مشترک بر قابلیت حل شدن با کمک تصویر و پرسش توضیح داده شود.
	اثر pH بر قابلیت حل شدن با کمک تصویر و پرسش توضیح داده شود.
جلسه ششم	ثابت حاصل ضرب حلالیت و مفهوم آن با کمک مثال، پرسش و تصویر توضیح داده شود.
	با استفاده از ثابت حاصل ضرب حلالیت غلظت یک یون، قابلیت حل شدن را محاسبه کند و پیش بینی تشکیل رسوب را انجام دهد.
	رسوب گیری و عوامل مؤثر در آن با کمک مثال و پرسش توضیح داده شود.
جلسه هفتم	ارزشیابی به صورت پرسش های شفاهی و کتبی کلاسی، نمره مستمر و آزمون کلی پایانی در پایان پودمان انجام شود.

در این فصل، هنرجویان با کاربرد حاصل ضرب حل‌پذیری در پیش‌بینی تشکیل رسوب، کاربرد آبکافت و محلول‌های تامپون آشنا می‌شوند. آموزش این پودمان به صورت تدریس نظری پیش‌بینی شده است. لازم است که هنرآموزان محترم با آموزش و راهنمایی هنرجویان، به طور مستقیم در فرایند یاددهی و یادگیری مشارکت مؤثر داشته باشند. همچنین هنرآموزان گرمای توجه داشته باشند که در فرصت‌های یادگیری پیش‌بینی شده به شایستگی‌های غیرفنی این واحد یادگیری مانند اخلاق حرفه‌ای (وقت‌شناسی، حضور منظم و به موقع، انجام وظایف و کارهای محول پیروی از قوانین)، و کار گروهی (حضور فعال در فعالیت‌های گروهی مانند بحث‌های گروهی، تحقیق کنید) توجه ویژه داشته باشند.

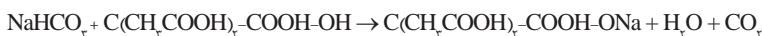
حل‌پذیری

بحث گروهی ۱:

اگر پودر جوش شیرین و جوهرلیمو را که هر دو جامد هستند، با هم مخلوط کنیم، واکنشی انجام نمی‌دهند اما اگر در آب حل گردند و سپس بر هم اثر داده شوند، واکنش بین آنها صورت می‌گیرد و گاز کربن دیوکسید آزاد می‌شود. به نظر شما علت چیست؟

پاسخ:

زمانی که این دو ماده جامد در آب حل شوند، محلولی از این دو ماده خواهیم داشت. وقتی محلول‌های به دست آمده را بر هم اثر دهیم، محلول‌های یونی از جوش شیرین و جوهرلیمو تشکیل می‌شود که یون‌های این دو ماده با هم واکنش داده، کربنیک‌اسید تولید می‌شود. کربنیک‌اسید به دلیل ناپایدار بودن، تجزیه می‌گردد و به کربن دیوکسید و آب تبدیل می‌شود.



پرسش ۱:

اگر گیاهان در خاک حاوی کود و مواد مورد نیاز قرار گیرند ولی آب به آنها داده نشود، چه نتیجه‌ای خواهد داشت؟ علت چیست؟

پاسخ:

گیاهان غذای مورد نیاز خود را به صورت محلول جذب می‌کنند. اگر به گیاه آب داده نشود، نمی‌تواند مواد مورد نیاز در کود را دریافت کند؛ بنابراین رشد آن متوقف خواهد شد.

پرسش ۲:

در جدول زیر انواع محلول‌ها آمده است. در هر مورد مثال مناسب بیان کنید.

پاسخ:

نوع محلول	مثال
جامد در مایع	نمک در آب، شکر در آب
جامد در جامد	موزائیک، آلیاژها
جامد در گاز	ذرات سرب معلق در هوا
مایع در مایع	الکل در آب، سرکه در آب
مایع در جامد	جیوه در نقره (ملغمه دندانسازی)
گاز در جامد	هیدروژن جذب شده به روی سطح فلز پالادیم
گاز در مایع	نوشابه‌های گازدار، اکسیژن در آب
گاز در گاز	هوا، بخار آب در هوا

بحث گروهی ۲:

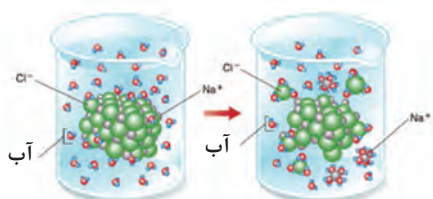
آیا حل شدن نمک طعام مانند حل شدن شکر در آب است؟

پاسخ:

نمک طعام (سدیم کلرید) ترکیب یونی است، زمانی که به حلال قطبی مانند آب افزوده شود، یون‌های سازنده آن از هم تفکیک می‌شود و محلول یونی را به وجود می‌آورد. شکر یک مولکول غیرقطبی است و در آب به صورت مولکولی حل می‌شود. بنابراین حل شدن این دو ماده مشابه نیست.

فرایند حل شدن

حل شدن ترکیبات یونی



حل شدن نمک سدیم کلرید در آب

بحث گروهی ۳:

با توجه به شکل، چگونگی حل شدن نمک سدیم کلرید در آب را بیان کنید.

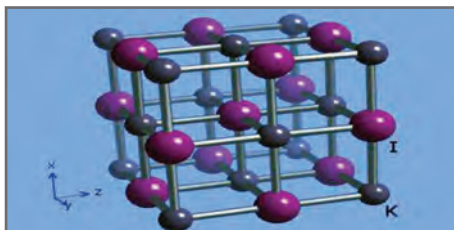
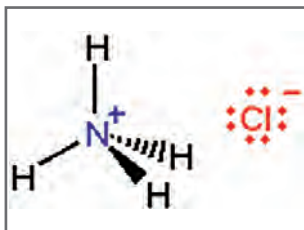
پاسخ:

با توجه به مطالب خوانده شده در پایه دهم در مورد انواع پیوندهای یونی، قطبی و کووالانسی، چگونگی حل شدن ترکیب یونی سدیم کلرید توضیح داده می شود. وقتی نمک سدیم کلرید به آب اضافه شود، مولکول های آب از سر مثبت (سر هیدروژن) به سمت یون های منفی کلرید جذب می شود، همچنین مولکول های دیگر آب از سر منفی (سر اکسیژن) به سمت یون های مثبت سدیم جذب می شوند. در نتیجه این برهم کنش ها، نیروی جاذبه بین مولکول های آب و یون های نمک بر نیروی جاذبه بین یون ها در شبکه یونی غلبه می کند، شبکه بلوری نمک از هم گسسته می گردد و یون های سدیم و کلرید بین مولکول های آب پراکنده می شوند.

پرسش ۳:

مولکول های آمونیوم کلرید NH_4Cl و پتاسیم یدید KI در شکل نشان داده شده است. حل شدن آمونیوم کلرید NH_4Cl و پتاسیم یدید KI در آب را بررسی کنید.

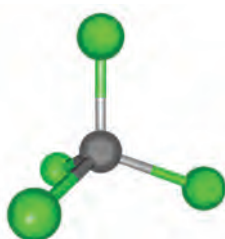
پاسخ:



مولکول های پتاسیم یدید و آمونیوم کلرید

ترکیب KI مانند سدیم کلرید ترکیب یونی با یون‌های مثبت پتاسیم و یون‌های منفی یدید است. اگر نمک KI در آب قرار گیرد، یون‌های سطحی منفی و مثبت در تماس با مولکول‌های آب تحت تأثیر نیروهای جاذبه یون دوقطبی قرار می‌گیرند، یون‌ها توسط مولکول‌های آب احاطه شده و از شبکه بلور جدا می‌شوند. این تغییرات موجب فروریختگی بلور KI می‌شود، در نتیجه، باعث حل شدن این نمک در آب می‌شود. در ترکیب آمونیوم کلرید نیز که شامل یون‌های مثبت و منفی است، حل شدن مانند ترکیب‌های یونی خواهد بود.

حل شدن ترکیبات کووالانسی ناقطبی



مولکول کربن تتراکلرید

پرسش ۴:

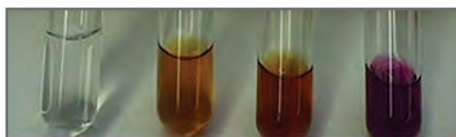
ساختار کربن تتراکلرید، (CCl_4)، در شکل نشان داده شده است. این ماده حلالی ناقطبی است. چرا؟

پاسخ:

کربن در مرکز چهار وجهی منتظم و چهار اتم کلر در چهار گوشه قرار دارند؛ در حالی که پیوندهای C-Cl قطبی هستند، ولی به دلیل شکل هندسی متقارن، قطبیت پیوندها خنثی می‌شود و در کل، مولکول ناقطبی خواهد بود.

تحقیق کنید ۱:

مطابق شکل، ید در اتانول که مایعی قطبی است، حل می‌شود و محلولی قهوه‌ای رنگ ایجاد می‌کند. همچنین در استون و کربن تتراکلرید حل می‌گردد و محلول رنگی تولید می‌کند. در مورد فرایند حل شدن ید در هر مورد تحقیقی انجام دهید و نتیجه را در کلاس گزارش کنید.



کربن تتراکلرید اتانول استون آب

محلول‌های حاصل از حل شدن ید در کربن تتراکلرید، اتانول و استون

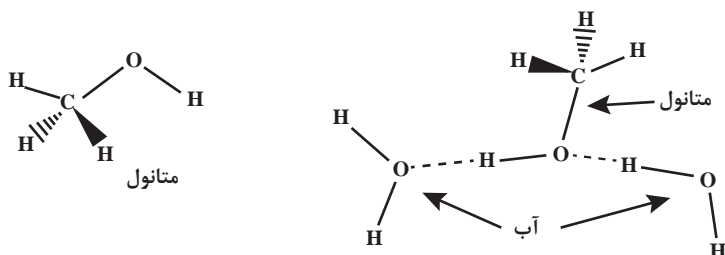
پاسخ:

ید و کربن تتراکلرید ناقطبی، اتانول و استون قطبی هستند. براساس قانون حل پذیری، ترکیب ناقطبی در حلال ناقطبی حل می شود؛ بنابراین ید در کربن تتراکلرید به صورت مولکولی حل می شود و محلول حاصل به رنگ بنفش، مشابه رنگ ید جامد خواهد بود. حل شدن ید در حلال های اتانول و استون با تشکیل نیروهای دوقطبی های لحظه ای انجام می شود. مولکول های ید که ناقطبی است، تحت تأثیر مولکول های قطبی اتانول و استون به صورت لحظه ای قطبی می شوند و نیروهای جاذبه ضعیف دوقطبی - دوقطبی لحظه ای موجب می شود که ید به میزان جزئی در آب حل شود و رنگ محلول زرد تا قهوه ای کم رنگ خواهد بود.

حل شدن ترکیب های کووالانسی قطبی

پرسش ۵:

آیا متانول در حلال های ناقطبی (مانند کربن تتراکلرید) قابل حل است؟ چرا؟

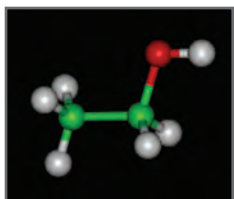


پاسخ:

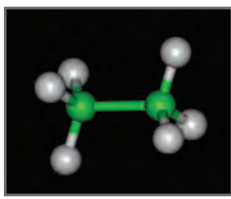
در متانول، مولکول ها قطبی هستند و بین مولکول ها پیوندهای هیدروژنی برقرار است. نیروهای جاذبه بین مولکولی شدید در متانول خالص را فقط آن دسته از حلال ها می توانند خنثی کنند که مانند مولکول های متانول دارای نیروهای جاذبه بین مولکولی قوی بوده و به عبارت ساده تر قطبی باشند. بنابراین متانول در حلال های ناقطبی قابل حل نیست.

پرسش ۶:

اتان (C_2H_6) در آب نامحلول است؛ در صورتی که اتانول (C_2H_5-OH) در آب به خوبی حل می شود. چگونه می توان آن را توجیه کرد؟



ب) مولکول اتانول



الف) مولکول اتان

پاسخ:

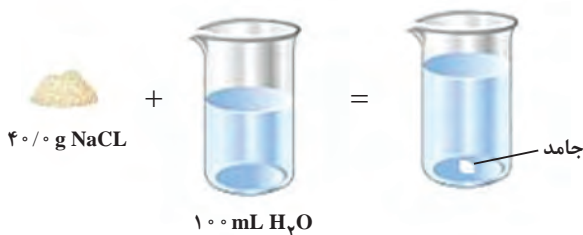
مولکول‌های اتان ناقطبی هستند و بین مولکول‌های آن نیروهای واندروالس وجود دارد. این مولکول‌ها قادر نیستند به صورت قابل ملاحظه‌ای جذب مولکول‌های آب شوند. از سوی دیگر مولکول‌های آب با تشکیل پیوند هیدروژنی سخت به یکدیگر متصل هستند؛ به طوری که مولکول‌های اتان نمی‌توانند بر آن نیرو غلبه کند و مولکول‌ها را از هم جدا سازند؛ بنابراین علی‌رغم افزایش بی‌نظمی، اتان در آب نامحلول است.

در اتانول، مانند آب، بین مولکول‌ها پیوند هیدروژنی وجود دارد و در فرایند حل‌پذیری پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های آب و اتانول شکسته می‌شود و پیوندهای هیدروژنی جدید بین مولکول‌های اتانول و آب تشکیل می‌شوند، این امر موجب حل شدن اتانول در آب می‌شود. در حل شدن اتانول در آب، افزایش بی‌نظمی نیز یک عامل کمک‌کننده قوی است.

قابلیت حل‌پذیری

بحث گروهی ۴:

مطابق شکل اگر در یک بشر ۱۰۰ میلی‌لیتر آب 25°C بریزید و به آن ۴۰ گرم نمک سدیم کلرید اضافه کنید، بعد از هم زدن مقداری از نمک به صورت جامد در محلول باقی می‌ماند. به چه دلیل تمام نمک حل نمی‌شود؟



حل شدن سدیم کلرید در آب

پاسخ:

حل پذیری مواد در حلال‌ها در دماهای مختلف متفاوت است. به بیان دیگر در دمای معین مقدار مشخصی از ماده جامد می‌تواند در حلال حل شود. حل پذیری سدیم کلرید در آب در دمای 25°C مقدار $35/9$ گرم در 100 میلی لیتر آب است؛ بنابراین مقداری از نمک به صورت نامحلول در آب باقی می‌ماند.

پرسش ۷:

چگونه می‌توان یک محلول سیرشده را از سیرنشده تشخیص داد ؟ چگونه می‌توان مقدار ماده بیشتری در محلول سیرشده حل کرد؟

پاسخ:

مقدار کمی از ماده حل‌شونده به محلول اضافه کنید و هم بزنید. در صورتی که ماده جامد کامل حل شود، محلول سیر نشده است. اگر پس از هم‌زدن مقدار کمی جامد حل نشده در محلول باقی بماند، محلول سیر شده است. اگر محلول را گرم کنید، ماده جامد بیشتری می‌توانید در آن حل کنید.

پرسش ۸:

در یک بشر حاوی آب گرم، کم‌کم سدیم‌استات اضافه کنید و مخلوط را هم بزنید تا ماده جامد به‌طور کامل حل شود. این کار را تا جایی ادامه دهید تا ماده جامد حل نشود. محلول را به آرامی سرد کنید، سپس یک دانۀ بلور کوچک از سدیم‌استات به محلول اضافه نمایید. پس از مدتی مشاهده می‌کنید، سدیم‌استات عمل بلور شدن و خارج شدن از فاز محلول را شروع می‌کند و بعد از مدتی عمل بلور شدن متوقف می‌شود. چگونه این پدیده را توجیه می‌کنید؟



حل شدن نمک سدیم‌استات در آب و تشکیل بلور در اثر سرد شدن محلول

پاسخ:

اگر به محلول گرم آن قدر ماده جامد بیفزایید که دیگر قادر به حل کردن نباشد، یک محلول سیرشده تهیه شده است. زمانی که دمای محلول کاهش یابد، میزان ماده جامد حل شده در حجم مشخصی از حلال نیز کاهش می‌یابد و مقدار اضافی ماده حل شده به‌صورت ذرات جامد بلوری ظاهر می‌شود. وجود بلور کوچکی از سدیم‌استات موجب می‌شود که ذرات اضافی دور بلور تجمع یابد و به صورت بلورهای درشت‌تر مشاهده گردد.

پرسش ۹:

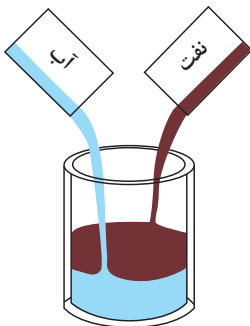
چگونه می‌توان محلول ابرسیرشده تهیه کرد؟ به چه دلیل محلول ابرسیرشده ناپایدار است؟

پاسخ:

به حلال در حال گرم شدن کم کم ماده حل شونده اضافه گردد و هم زده شود. این کار تا جایی ادامه یابد که حلال گرم دیگر نتواند ماده جامد را حل کند. در این حالت یک محلول فراسیرشده تهیه شده است. محلول فراسیرشده به دلیل حل کردن مقدار ماده جامد بیشتر، ناپایدار است و با یک شوک کوچک مانند ضربه، یک ذره جامد یا فروبردن یک جسم در محلول، بلافاصله مقدار اضافی ماده جامد حل شده به صورت بلور از محلول خارج می‌شود.

عوامل مؤثر در حل پذیری

ماهیت حلال و جسم حل شونده



مخلوط شدن نفت و آب

پرسش ۱۰:

به نظر شما و مطابق شکل، چرا نفت در آب حل نمی‌شود؟

پاسخ:

نفت یک مخلوط ناقطبی است؛ در حالی که آب یک ماده قطبی است؛ بنابراین نفت نمی‌تواند در آب حل شود.

تأثیر دما در حل پذیری

بحث گروهی ۵:

با توجه به شکل، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:
■ آیا حل پذیری همه جامدات به دما بستگی دارد؟

پاسخ:

همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود، حل پذیری همه جامدات به دما بستگی دارد.

■ میزان وابستگی حل پذیری همه جامدات با دما یکسان است؟

پاسخ:

وابستگی حل پذیری جامدات با دما یکسان نیست. برخی نمک‌ها با افزایش دما حل پذیری بیشتر و برخی حل پذیری کمتر دارند. در تعداد محدودی از جامدات، حل پذیری وابستگی چندانی به تغییرات دما ندارد.

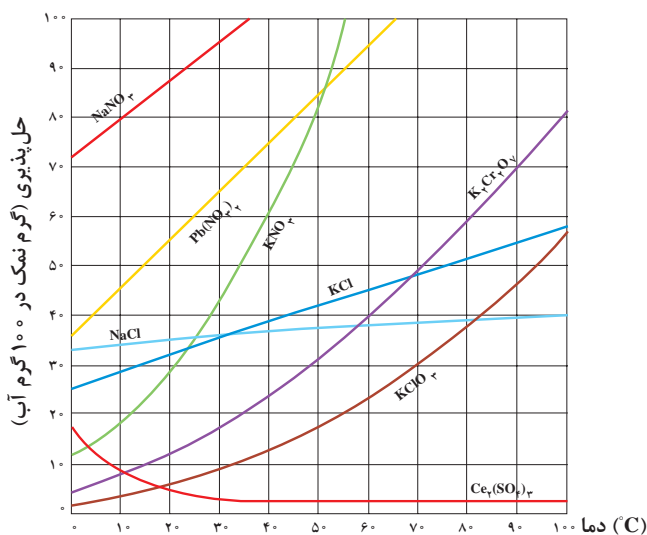
■ مقدار حل پذیری پتاسیم نیترات (KNO_3) و پتاسیم کلرید (KCl) را در دماهای $20^\circ C$ و $50^\circ C$ مقایسه کنید.

پاسخ:

حل پذیری پتاسیم نیترات در $20^\circ C$ مقدار ۲۸ گرم و در $50^\circ C$ مقدار ۸۳ گرم در ۱۰۰ گرم حلال است. پتاسیم کلرید در $20^\circ C$ مقدار ۳۲ و در $50^\circ C$ مقدار ۴۲ گرم در ۱۰۰ گرم آب حل می شود. از مقایسه حل پذیری این دو نمک نتیجه می گیریم که حل پذیری پتاسیم نیترات نسبت به پتاسیم کلرید وابستگی بیشتری به دما دارد. ■ برای حل پذیری بیشتر نمک سریم سولفات ($Ce_2(SO_4)_3$) چه پیشنهادی دارید؟

پاسخ:

با توجه به نمودار حل پذیری، حل شدن سریم سولفات در آب گرماده است؛ بنابراین با سرد کردن می توان حل پذیری نمک سریم سولفات را افزایش داد. ■ هر گروه از هنرجویان، حل پذیری یکی از نمک‌ها را توضیح دهد.



نمودار حل پذیری نمک‌های مختلف در آب

پرسش ۱۱:

با توجه به جدول ۱ به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

جدول ۱- حل‌پذیری گازها در آب در فشار یک اتمسفر و در دماهای مختلف

حل‌پذیری (____ مول لیتر)			
دما			گاز
۵ °C	۲۵ °C	۵۰ °C	
۰/۰۰۰۴۹	۰/۰۰۰۶۴	۰/۰۰۱۰۵	N _۲
۰/۰۰۰۹۳	۰/۰۰۱۲۶	۰/۰۰۲۱۸	O _۲
۰/۰۰۱۰۱	۰/۰۰۱۳۹	۰/۰۰۲۳۶	Ar
۰/۰۱۹۵	۰/۰۳۳۸	۰/۰۷۶۵	CO _۲
۰/۰۵۳۶	۰/۰۸۸۸	۰/۲۰۶	Cl _۲

■ افزایش دما چه تأثیری بر حل‌پذیری گازها دارد؟

پاسخ:

در گازها با افزایش دما حل‌پذیری کاهش می‌یابد.

■ آیا تأثیر دما بر حل‌پذیری گازها در همه نمونه‌ها مشابه است؟

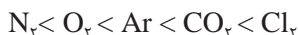
پاسخ:

در همه نمونه‌های جدول، افزایش دما موجب کاهش حل‌پذیری می‌شود.

■ چرا حل‌پذیری پنج گاز مندرج در جدول از نیتروژن به کربن در هر دمای معین، افزایش می‌یابد؟ چه نظامی در این جدول وجود دارد؟ توضیح دهید.

پاسخ:

اگر شرایط قطبیت مولکول‌ها مشابه باشد، مولکول‌های سنگین‌تر نسبت به مولکول‌های سبک‌تر حل‌پذیری بیشتری دارند. در گازهای مندرج در جدول، همه مولکول‌ها ناقطبی هستند و با افزایش جرم مولکولی از بالا به پایین، حل‌پذیری نیز افزایش می‌یابد.



اثر فشار بر قابلیت حل پذیری

پرسش ۱۲:

یک بطری نوشابهٔ گازدار را مطابق شکل در نظر بگیرید. چرا زمانی که در آن را باز می‌کنید، نوشابه به سرعت از آن خارج می‌شود؟



خارج شدن سریع نوشابه به همراه گاز بلافاصله پس از باز شدن در ظرف

پاسخ:

تغییر فشار در حل پذیری گازها مؤثر است. افزایش فشار گاز روی سطح مایع، میزان حل شدن گاز در مایع را افزایش می‌دهد. در کارخانه‌های نوشابه‌سازی نیز از همین ویژگی برای حل کردن گاز کربن‌دی‌اکسید در نوشابه استفاده می‌کنند. به بیان دیگر، در کارخانه تحت فشار مقدار گاز کربن‌دی‌اکسید بیشتری در نوشابه حل شده است. زمانی که در نوشابه باز شود، به دلیل کاهش فشار درون ظرف، حل پذیری گاز کاهش می‌یابد و تعداد زیادی از مولکول‌های گاز از نوشابه خارج می‌شود.

اثر یون مشترک بر قابلیت حل پذیری

پرسش ۱۳:

الف) حل پذیری NaCl در محلول NaOH یا HCl نسبت به حل پذیری آن در آب خالص کمتر است. چرا؟
ب) اگر به محلولی از استیک اسید (CH_3COOH)، سدیم استات (CH_3COONa) اضافه کنید، چه اتفاقی روی می‌دهد؟
پ) اگر محلولی از HF داشته باشید، با افزودن NaF به محلول، چه تغییری به وجود خواهد آمد؟
ت) حل پذیری Ca(OH)_2 را در هریک از حالت‌های داده شده بررسی کرده و در مورد پاسخ خود علت را بیان کنید.

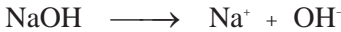
■ حل پذیری Ca(OH)_2 در محلول KOH بیشتر است یا در آب خالص؟

■ حل پذیری Ca(OH)_2 در محلول CaCl_2 بیشتر است یا در آب خالص؟



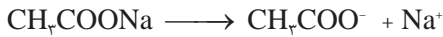
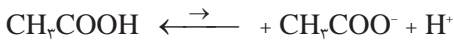
پاسخ:

الف) در محلول سدیم هیدروکسید خواهیم داشت:



در این محلول به دلیل وجود یون سدیم و اثر یون مشترک آن، حل پذیری سدیم کلرید در محلول سدیم هیدروکسید کمتر از آب است. حل پذیری سدیم کلرید در محلول HCl نیز به دلیل اثر یون مشترک Cl^- کمتر از آب خواهد بود.

ب)

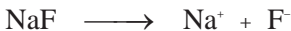


در محلول استیک اسید یون های استات و هیدروژن وجود دارند. با افزایش نمک سدیم استات در اثر حل شدن مقداری یون استات به محلول اضافه می شود که باعث برهم خوردن واکنش تعادلی در محلول می شود و یون های CH_3COO^- اضافی با یون های H^+ ترکیب می شوند و مولکول های CH_3COOH را تشکیل می دهند؛ بنابراین PH کاهش می یابد.



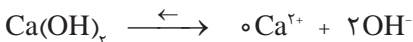
پ) در محلول HF داریم:

با افزودن نمک NaF یون های سدیم و فلوئورید به محلول اضافه می شود.



در اثر حل شدن سدیم فلوئورید و افزایش یون F^- تعادل در محلول برهم می خورد و به سمت چپ جابه جا می شود. به عبارت دیگر، یون های F^- با یون های H^+ ترکیب می شوند و مولکول های HF را تشکیل می دهند. که این مسئله موجب کاهش غلظت H^+ و در نتیجه کاهش PH می شود.

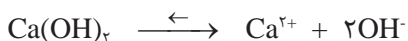
ت) در محلول KOH خواهیم داشت:



در محلول پتاسیم هیدروکسید، یون های هیدروکسید به فراوانی وجود دارند. در اثر حل شدن Ca(OH)_2 یون های کلسیم و هیدروکسید آزاد می شوند. به دلیل وجود یون های هیدروکسید در محلول KOH و اثر یون مشترک OH^- تعدادی از یون های کلسیم با یون های اضافی هیدروکسید ترکیب می شوند و ماده جامد کلسیم هیدروکسید را

تشکیل می‌دهند. بنابراین حل‌پذیری کلسیم‌هیدروکسید در محلول KOH کمتر از آب خالص است.

در محلول CaCl_2 خواهیم داشت:

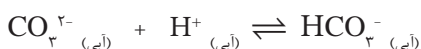


به دلیل وجود یون‌های کلسیم در محلول، تعدادی از یون‌های Ca^{2+} با یون‌های OH^- ترکیب می‌شوند و ماده جامد Ca(OH)_2 را تشکیل می‌دهند. بنابراین حل‌پذیری کلسیم‌هیدروکسید در آن کمتر از آب خالص خواهد بود.

اثر pH بر قابلیت حل‌پذیری

پرسش ۱۴:

با توجه به واکنش‌های داده شده، بررسی کنید کاهش pH محلول چه تأثیری در حل‌پذیری باریم کربنات BaCO_3 دارد؟

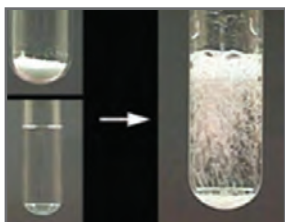


پاسخ:

با کاهش pH غلظت یون‌های H^+ در محلول افزایش یافته و برطبق واکنش دوم غلظت یون‌های کربنات CO_3^{2-} کاهش می‌یابد. در نتیجه این تغییرات واکنش تعادلی اول به سمت راست جابه‌جا می‌شود و قابلیت حل‌پذیری باریم کربنات افزایش می‌یابد.

پرسش ۱۵:

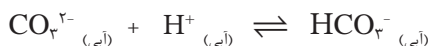
با توجه به شکل داده شده، اثرکاهش pH محلول را بر حل‌پذیری نمک کلسیم کربنات بررسی کنید.



اثر افزایش محلول هیدروکلریک اسید بر حل‌پذیری کلسیم کربنات

پاسخ:

در محلول کلسیم کربنات خواهیم داشت:



با افزایش محلول HCl غلظت یون های H^+ در محلول افزایش می یابد. برطبق واکنش های (۲) و (۳) یون های کربنات در واکنش با یون های H^+ شرکت می کنند و در نتیجه غلظت یون های کربنات در محلول کاهش می یابد. با کاهش یون کربنات واکنش تعادلی (۱) به سمت راست جابه جا شده و موجب حل پذیری بیشتر کلسیم کربنات می شود.

ثابت حاصل ضرب حل پذیری K_{sp}

بحث گروهی ۶:

در ۱۰۰ میلی لیتر آب 20°C مقدار ۴۰ گرم از هریک از مواد جوش شیرین، شکر، نمک طعام و گچ بیفزایید و هم بزنید. در همه بشرها وضعیت یکسانی مشاهده نمی شود. نتایج بررسی در جدول زیر داده شده است:

ماده حل شونده	جوش شیرین	شکر	نمک	گچ
وضعیت محلول	کمی محلول	کاملاً محلول	کمی نامحلول	کاملاً نامحلول

به چه دلیل همه مواد در آب حل نشده اند؟ در مورد علت آن بحث کرده و نتیجه را در کلاس بیان کنید.

راهنمایی: برای دادن پاسخ از قابلیت حل پذیری این مواد در دمای خواسته شده استفاده شود.

این آزمایش نشان می دهد که حل پذیری همه مواد یکسان نیست. برخی از مواد جامد حل پذیری بیشتر و برخی حل پذیری کمتری دارند. برخی از مواد جامد نیز حل پذیری بسیار بسیار کمی دارند.

پرسش ۱۶:

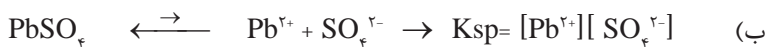
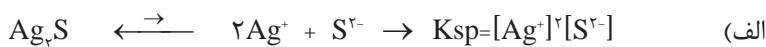
عبارت K_{sp} را برای ترکیب‌های زیر بنویسید.

الف) نقره سولفید Ag_2S

ب) سرب سولفات $PbSO_4$

پ) قلع (IV) هیدروکسید $Sn(OH)_4$

پاسخ:



پرسش ۱۷:

در جدول زیر مقدار ثابت حل پذیری برخی از مواد داده شده است.

نام ترکیب	فرمول شیمیایی	K_{sp}
نقره برمید	$AgBr$	$5/0 \times 10^{-15}$
نقره سولفید	Ag_2S	$6/3 \times 10^{-50}$
باریم هیدروکسید	$Ba(OH)_2$	$5/0 \times 10^{-3}$

در مورد حل پذیری این مواد بحث کرده و آنها را به ترتیب کاهش حل پذیری مرتب کنید.

پاسخ:

هر قدر مقدار K_{sp} نمک‌ها کوچک‌تر باشد، حل پذیری آنها کمتر است. با مقایسه مقدار K_{sp} مواد داده شده، حل پذیری باریم هیدروکسید از همه بیشتر و حل پذیری نقره برمید از همه کمتر است.



کاربرد ثابت حاصل ضرب حل پذیری (K_{sp})

الف) تعیین غلظت یک یون با معلوم بودن غلظت یون دیگر

پرسش ۱۸:

غلظت یون های کلرید Cl^- موجود در آب دریا $۰/۵۳$ مول در لیتر است. با فرض اینکه آب دریا در $۲۵^\circ C$ نسبت به $AgCl$ سیر شده باشد، آیا از نظر اقتصادی ارزش دارد که نقره را از آب دریا استخراج کنید؟

پاسخ:

$$K_{sp} = [Ag^+][Cl^-] = ۱/۷ \times ۱۰^{-۱۰}$$

$$[Ag^+] = \frac{۱/۷ \times ۱۰^{-۱۰}}{۰/۵۳}, \quad [Ag^+] = ۳/۲ \times ۱۰^{-۱۰} M$$

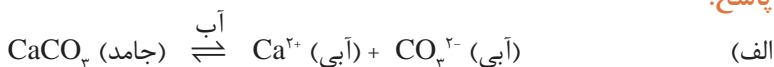
از هر لیتر آب دریا $۳/۲ \times ۱۰^{-۱۰}$ مول یون نقره به دست می آید که بسیار اندک است. این مقدار یون نقره برابر $۳/۴۵۶ \times ۱۰^{-۸}$ گرم نقره است. با توجه به مقدار بسیار کم نقره استخراج شده، تهیه نقره از آب دریا ارزش اقتصادی ندارد.

ب) تعیین قابلیت حل پذیری (S):

پرسش ۱۹:

برای هریک از ترکیب های داده شده، مقدار قابلیت حل پذیری (S) را محاسبه کنید.

پاسخ:

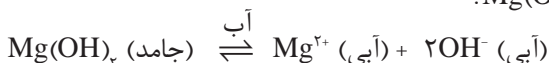


$$[Ca^{2+}] = [CO_3^{2-}] = S$$

$$K_{sp} = [Ca^{2+}][CO_3^{2-}] = ۵ \times ۱۰^{-۹}$$

$$S^2 = K_{sp} \Rightarrow S = \sqrt{K_{sp}}$$

ب) محاسبه برای $Mg(OH)_2$:



$$K_{sp} = [Mg^{2+}][OH^-]^2 \quad [Mg^{2+}] = S \quad [OH^-] = 2S$$

$$K_{sp} = S \times (2S)^2$$

$$K_{sp} = 4S^3, \quad S = \sqrt[3]{\frac{K_{sp}}{4}}$$

پرسش ۲۰:

الف) در مورد هر یک از ترکیب‌های نقره کرومات Ag_2CrO_4 و آلومینیم هیدروکسید $\text{Al}(\text{OH})_3$

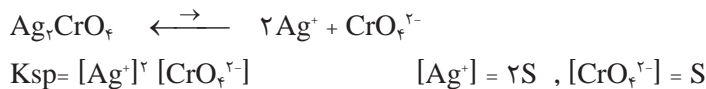
■ عبارت K_{sp} را برای ترکیب‌های داده شده بنویسید.

■ قابلیت حل پذیری (S) را بر حسب K_{sp} به دست آورید.

ب) قابلیت حل پذیری کلسیم کربنات 7×10^{-5} و قابلیت حل پذیری نقره کلرید برابر 1.3×10^{-5} مول در لیتر است. با مقایسهٔ حل پذیری، بررسی کنید کدام یک از نمک‌های فوق کم‌محلول‌تر است؟

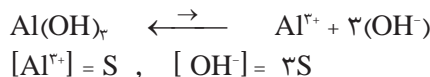
پاسخ:

الف)



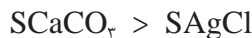
$$K_{sp} = (2S)^2 S = 4S^3 \longrightarrow S = \sqrt[3]{\frac{K_{sp}}{4}}$$

محاسبه برای $\text{Al}(\text{OH})_3$:



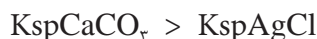
$$K_{sp} = [\text{Al}^{3+}] [\text{OH}^-]^3 = S \times (3S)^3 = 9S^4 \longrightarrow S = \sqrt[4]{\frac{K_{sp}}{9}}$$

ب) از مقایسهٔ قابلیت حل پذیری (S) کلسیم کربنات با نقره کلرید درمی‌یابیم که:



$$7 \times 10^{-5} > 1.3 \times 10^{-5}$$

همچنین K_{sp} برای کلسیم کربنات بزرگ‌تر از $K_{sp} \text{ AgCl}$ در 25°C است.



$$5 \times 10^{-9} > 1.7 \times 10^{-10}$$

پ) پیش‌بینی تشکیل رسوب از روی ثابت حاصل ضرب حل‌پذیری

پرسش ۲۱:

Ksp برای کلسیم کربنات در دمای 25°C برابر 5×10^{-9} است.

الف) اگر به محلولی که دارای یون‌های Ca^{2+} با غلظت $1 \times 10^{-4} \text{ M}$ است، یون‌های CO_3^{2-} را طوری اضافه کنید که غلظت یون‌ها در آن برابر 1×10^{-5} شود، آیا رسوبی تشکیل می‌شود؟

ب) به همین محلول، محلول سدیم کربنات $1 \times 10^{-4} \text{ M}$ اضافه کنید. در این حالت چگونه؟ آیا رسوبی تشکیل می‌شود؟

پاسخ:

الف) عبارت Ksp برای کلسیم کربنات چنین خواهد بود:

$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] = 5 \times 10^{-9}$$

سپس حاصل ضرب غلظت یون‌ها محاسبه می‌شود:

$$[\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] = (1 \times 10^{-4})(1 \times 10^{-5}) = 1 \times 10^{-9}$$

چون مقدار حاصل ضرب غلظت یون‌های شرکت‌کننده 1×10^{-9} ، از مقدار 5×10^{-9} Ksp کوچک‌تر است؛ بنابراین رسوبی تشکیل نمی‌شود.

ب) ابتدا حاصل ضرب یون‌ها محاسبه می‌شود:



$$1 \times 10^{-4} \text{ M} \quad 2 \times 10^{-4} \text{ M} \quad 1 \times 10^{-4} \text{ M}$$

$$[\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] = (1 \times 10^{-4})(1 \times 10^{-4}) = 1 \times 10^{-8} \text{ M}$$

در این شرایط حاصل ضرب غلظت یون‌های به‌کار رفته (1×10^{-8}) از مقدار $K_{sp} = 5 \times 10^{-9}$ بزرگ‌تر است؛ بنابراین رسوب کلسیم کربنات تشکیل می‌شود و تشکیل رسوب با مصرف شدن یون‌های کلسیم و کربنات آن قدر ادامه می‌یابد تا حاصل ضرب غلظت یون‌ها تا حد Ksp پایین بیاید.

فرایند تشکیل رسوب و عوامل مؤثر در رسوب‌گیری

رسوب‌گیری از قدیمی‌ترین روش‌های شناخته شده‌است که برای خالص‌سازی و جداسازی ترکیب‌های شیمیایی از یکدیگر به‌کار می‌رود. فاز جامدی که در جریان رسوب‌گیری به‌وجود می‌آید، رسوب نامیده می‌شود. این رسوب ممکن

بیشتر بدانید



است در اثر اضافه کردن یک ترکیب شیمیایی به محلول به وجود آید که این عمل را رسوب گیری می نامند.

معمولاً بیشتر رسوب ها در جریان تشکیل، برخی ترکیب های موجود در محلول ها را هم به همراه خود ته نشین می سازند. این پدیده به عنوان هم رسوبی شناخته می شود که بررسی نقش آن در جداسازی دارای اهمیت است.

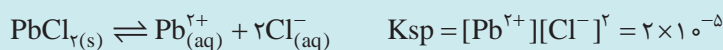
استفاده از رسوب گیری برای جداسازی، به دو منظور انجام می گیرد:

- جداسازی به منظور شناسایی و اندازه گیری یک گونه شیمیایی معین
- جداسازی به منظور حذف یک گونه شیمیایی به عنوان مزاحم تشخیص یا اندازه گیری گونه دیگر.

تشکیل رسوب و کامل شدن آن

هراندازه رسوب کم محلول تر باشد، واکنش مربوط به تشکیل آن کامل تر خواهد بود؛ به گونه ای که می توان از آن واکنش برای جداسازی به عنوان یک عنصر مزاحم و یا اندازه گیری با یک روش وزنی استفاده کرد.

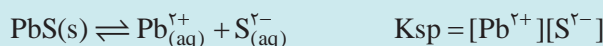
یکی از روش های اندازه گیری یون ها در محلول ها، روش تجزیه وزنی است. فرض کنید بخواهید گونه Pb^{2+} را با یک روش وزنی سنجش کنید. هر دو ترکیب سرب کلرید ($PbCl_2$) و سرب سولفید (PbS)، رسوب می باشند. اگر بخواهید سرب را با یک روش وزنی سنجش کنید، از تشکیل رسوب سولفید آن استفاده می شود، علت آن است که سرب سولفید کم محلول تر از سرب کلرید است.



$$[Pb^{2+}] = S$$

$$[Cl^{-}] = 2S \quad S = \sqrt{\frac{K_{sp}}{4}} = \sqrt{\frac{2 \times 10^{-5}}{4}} = 2.24 \times 10^{-3} M$$

$$K_{sp} = (S)(2S)^2$$



$$S = \sqrt{3 \times 10^{-28}} = 1.73 \times 10^{-14} M$$

پس تشکیل PbS کامل تر از سرب کلرید است. فرض کنید محلولی در اختیار است که حاوی یون‌های Pb^{2+} است اما وجود هرگونه یون Ba^{2+} مشکوک است، و می‌خواهید Ba^{2+} را با تشکیل ترکیب کم‌محلول $BaSO_4$ سفید رنگ شناسایی کنید. سرب سولفات ترکیبی کم‌محلول و سفید رنگ است. در این شرایط گونه Pb^{2+} در شناسایی Ba^{2+} با تشکیل رسوب سفید رنگ باریم سولفات مزاحم است؛ پس باید Pb^{2+} را جدا سازید و چنانچه به‌عنوان دو انتخاب از ترکیب‌های کم‌محلول سرب سولفید و یا سرب کلرید بخواهید استفاده کنید، با در نظر گرفتن این مطلب که واکنش تشکیل سرب کلرید کاملاً کمتی نیست، باید از تشکیل رسوب کم‌محلول سرب سولفید بهره جست؛ زیرا اگر از تشکیل سرب کلرید استفاده کنید، تمامی Pb^{2+} موجود در محلول رسوب نخواهد کرد و در نتیجه در شناسایی Ba^{2+} مواجه با اشکال خواهید شد؛ چون در این شرایط حتی اگر محلول فاقد یون Ba^{2+} باشد، تشکیل رسوب سرب سولفات سفید رنگ به حساب شناسایی یون Ba^{2+} گذاشته خواهد شد.

در استفاده از واکنش‌های رسوب‌گیری، علاوه بر ویژگی‌های شیمیایی، باید خواص فیزیکی رسوب‌ها و چگونگی تشکیل و کامل شدن آنها را نیز مورد توجه قرار داد.

تشکیل ترکیب کم‌محلول زمانی کامل تلقی می‌گردد که غلظت معرف رسوب‌دهنده بیش از حد استوکیومتری انتخاب گردد (اثر یون مشترک)، مشروط بر آنکه ترکیب کم‌محلول در زیادی یون مشترک با ایجاد یک ترکیب محلول (کمپلکس) حل نگردد و اگر ترکیب محلول در زیادی یون مشترک حل گردد، در این شرایط از آن واکنش به‌منظور سنجش و جداسازی به‌منظور حذف یک‌گونه شیمیایی به‌عنوان مزاحم تشخیص استفاده نمی‌گردد.

تمرین :

۱ تعادل زیر در محلول آبی را در نظر بگیرید:



حل کردن مقدار کمی KCl جامد در محلول چه اثری بر غلظت تعادلی یون Ag^+ دارد؟ بر غلظت یون Cl^- چطور؟ بر مقدار رسوب $AgCl$ چه اثری دارد؟

پاسخ:

حل شدن پتاسیم کلرید در آب به صورت کامل انجام می‌شود:



با حل شدن پتاسیم کلرید، مقداری یون کلرید در محلول اضافه می‌شود. بنابراین در ابتدا غلظت یون کلرید در محلول افزایش خواهد داشت. در واکنش تعادلی یون‌های کلرید اضافی با تعدادی از یون‌های نقره واکنش داده و نمک رسوبی نقره کلرید را تشکیل می‌دهند. در اثر این واکنش غلظت یون‌های نقره کاهش می‌یابد. مقدار رسوب AgCl نیز افزایش خواهد داشت.

۲ غلظت‌های Ba^{2+} و SO_4^{2-} در یک محلول در حال تعادل با BaSO_4 در 25°C سلسیوس به ترتیب برابر با $1 \times 10^{-4} \text{ M}$ و $1 \times 10^{-6} \text{ M}$ است. K_{sp} را برای BaSO_4 محاسبه کنید.

پاسخ:

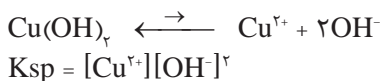
$$K_{\text{sp}} [\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = (1 \times 10^{-4}) (1 \times 10^{-6}) = 1 \times 10^{-10}$$

۳ کدام گزینه عبارت K_{sp} برای $\text{Cu(OH)}_2(\text{s})$ را بیان می‌کند؟

$$\text{الف) } [\text{Cu}^{2+}] \times [\text{OH}^-] \quad \text{ب) } [\text{Cu}^{2+}] \times [\text{OH}^-]^2$$

$$\text{پ) } [\text{Cu}^{2+}]^2 \times [\text{OH}^-] \quad \text{ت) } \frac{[\text{Cu}^{2+}][\text{OH}^-]^2}{\text{Cu(OH)}_2}$$

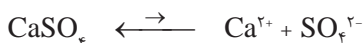
پاسخ:



جواب صحیح گزینه ب است.

۴ اگر ثابت حاصل ضرب حل‌پذیری کلسیم سولفات $K_{\text{sp}} = 2.4 \times 10^{-4}$ باشد، قابلیت حل‌پذیری آن را تعیین کنید. و توضیح دهید که این ماده جزء کدام یک از مواد (محلول، نامحلول و یا کم‌محلول) است؟

پاسخ:



$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = S.S = S^2 \rightarrow S = \sqrt{K_{sp}}$$

$$S = \sqrt{2/4 \times 10^{-4}} = 1/55 \times 10^{-2}$$

با توجه به اینکه مقدار حل پذیری از ۱/۵۵ مول در لیتر کمتر و از ۰/۰۰۱ مول در لیتر بیشتر است، بنابراین کلسیم سولفات ماده کم محلول محسوب می شود.

۵ محلول سیر شده ای از CaSO_4 در اختیار دارید. دو واکنشگر نام ببرید که به وسیله اثر یون مشترک، مقداری از CaSO_4 را از محلول رسوب دهند.

پاسخ:

ماده ای مانند کلسیم کلرید که یون Ca^{2+} ، یا ماده ای مانند سدیم سولفات که یون SO_4^{2-} به محلول می افزاید، مقداری از نمک CaSO_4 را از محلول رسوب می کنند.

۶ هرگاه در محلولی غلظت Ca^{2+} برابر $2 \times 10^{-2} \text{ M}$ و غلظت SO_4^{2-} برابر $1 \times 10^{-2} \text{ M}$ باشد، آیا رسوب کلسیم سولفات تشکیل خواهد شد؟

پاسخ:

$$[\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = (2 \times 10^{-2}) \times (1 \times 10^{-2}) = 2 \times 10^{-4}$$

با توجه به اینکه ثابت حاصل ضرب حل پذیری کلسیم سولفات برابر $2/4 \times 10^{-4}$ است، و حاصل ضرب غلظت یون ها کمتر از مقدار K_{sp} است، بنابراین رسوب کلسیم سولفات تشکیل نخواهد شد.

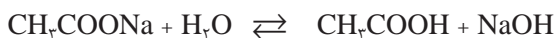
آبکافت (هیدرولیز)

بحث گروهی ۷:

دو لوله آزمایش انتخاب کنید، در یکی محلول نمک سدیم استات CH_3COONa و در دیگری محلول آلومینیم کلرید AlCl_3 بریزید. به هر کدام از لوله ها چند قطره شناساگر تورنسل اضافه کنید. مشاهده می کنید که در لوله اول رنگ آبی و در لوله دوم رنگ قرمز ظاهر می شود. در صورتی که در فرمول هر دو ماده عامل اسیدی (H^+) و عامل بازی (OH^-) وجود ندارد و هر دو ماده، نمک هستند. چگونه تغییر رنگ ایجاد شده را می توان توجیه کرد؟ در مورد پاسخ های ممکن بحث کنید.

پاسخ:

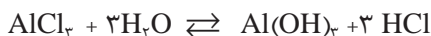
سدیم استات در محلول آبکافت انجام می دهد و اسید ضعیف و باز قوی تولید می کند.



باز قوی اسید ضعیف

استیک اسید به طور جزئی تفکیک می گردد، ولی سدیم هیدروکسید کامل تفکیک می شود؛ بنابراین محلول خاصیت قلیایی خواهد داشت و شناساگر تورنسل به رنگ آبی تغییر می کند.

نمک آلومینیم کلرید در محلول آبکافت انجام می دهد و اسید قوی و باز ضعیف تولید می کند. اسید به طور کامل تفکیک می گردد ولی باز به صورت جزئی تفکیک می شود؛ در نتیجه محلول خاصیت اسیدی داشته و شناساگر تورنسل قرمز رنگ خواهد شد.



اسید قوی باز ضعیف

پرسش ۲۲:

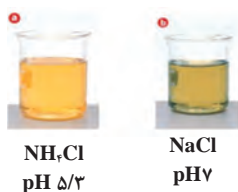
محلول سدیم استات در حضور شناساگر فنل فتالئین چه رنگی به وجود خواهد آورد؟

پاسخ:

محلول سدیم استات در آب خاصیت قلیایی دارد؛ بنابراین شناساگر فنل فتالئین را به رنگ ارغوانی تغییر خواهد داد.

پرسش ۲۳:

چگونه می توان با استفاده از آبکافت نمک های NaCl و NH_4Cl ، گستره pH محلول آنها را تعیین کرد؟



پاسخ:

حاصل آبکافت اسید قوی و باز قوی است، بنابراین محلول خاصیت خنثی خواهد داشت.

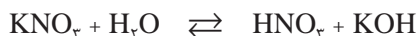


حاصل آبکافت اسید قوی و باز ضعیف است؛ بنابراین محلول خاصیت اسیدی داشته و pH آن کمتر از هفت خواهد بود.

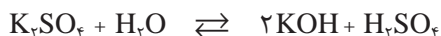
پرسش ۲۴:

بررسی کنید محلول حاصل از آبکافت نمک‌های KNO_3 و K_2SO_4 اسیدی، بازی یا خنثی است؟

پاسخ:



حاصل آبکافت اسید قوی و باز قوی است؛ بنابراین محلول خاصیت خنثی خواهد داشت.



حاصل آبکافت اسید قوی و باز قوی است؛ بنابراین محلول حالت خنثی خواهد داشت.

محلول‌های تامپون (بافر)

بحث گروهی ۸:

اگر مقدار کمی آبلیمو یا سرکه که اسیدهای خوراکی هستند میل کنید، چه احساسی خواهید داشت؟ اگر به‌طور اشتباهی یک لیوان از آبلیمو یا سرکه میل کنید، حال شما چگونه خواهد بود؟ چرا؟

پاسخ:

pH خون افراد سالم متعادل است. مواد غذایی مصرف شده در هنگام گوارش، مواد بازی یا اسیدی تولید می‌کنند. بدن انسان برای داشتن عملکرد خوب به pH تقریباً ثابتی نیاز دارد. کنترل pH مایعات بدن توسط سامانه‌هایی انجام می‌شود. با وجود سامانه‌های کنترل کننده، خوردن مقدار کمی سرکه یا آبلیمو تغییری در pH بدن ایجاد نمی‌کند؛ ولی استفاده از مواد غذایی اسیدی به مقدار زیاد موجب برهم خوردن تعادل pH بدن شده و زمینه‌ساز ابتلا به بیماری را فراهم می‌آورد.

پرسش ۲۵:

در یک بشرکوچک ۲۵ میلی‌لیتر محلول استیک اسید و ۲۵ میلی‌لیتر محلول سدیم استات (غلظت هر دو محلول ۰/۱ مولار) بریزید. در یک بشر دیگر ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر بریزید و pH هر دو را به کمک کاغذ pH، یا با استفاده از دستگاه pH متر اندازه‌گیری کنید. pH محلول‌ها چه حدودی خواهد بود؟ اگر چند قطره از یک محلول اسید قوی مانند HCl در هر یک از دو بشر اضافه

کنید، تغییرات pH آنها چگونه خواهد بود؟ پیش‌بینی شما از تغییرات ایجاد شده چیست؟ اگر مقدار بیشتری از محلول هیدروکلریک اسید (HCl) اضافه کنید، چه تغییری در pH محلول‌ها مشاهده خواهید کرد؟

پاسخ:

مخلوط استیک اسید و سدیم استات pH کمتر از هفت (حالت اسیدی) خواهد داشت، ولی pH آب هفت (خنثی) خواهد بود. اگر چند قطره از اسید قوی به بشرها اضافه شود، در بشر حاوی استیک اسید و سدیم استات تغییر چندانی مشاهده نمی‌شود؛ زیرا مخلوط فوق نقش بافری دارد، ولی در بشر حاوی آب تغییر مشخصی در pH مشاهده خواهد شد. اگر مقدار بیشتری از اسید اضافه شود، در هر دو بشر تغییر pH مشاهده خواهد شد.

تحقیق کنید ۲:

در مورد اهمیت و کاربرد محلول‌های تامپون تحقیقی انجام دهید و در کلاس ارائه کنید.

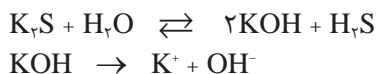
راهنمایی:

کاربرد و اهمیت محلول‌های تامپون و کنترل pH: محلول‌های تامپون اهمیت بسیار زیادی در واکنش‌های شیمیایی دارند. بعضی از واکنش‌ها در pH معینی قابل انجام است. عده‌ای از اجسام اکسیدکننده در pH ویژه‌ای فعالیت خوبی دارند، برخی از ترکیبات کمپلکس در pH معینی تشکیل می‌شوند و سرانجام ته‌نشینی بعضی از نمک‌ها در pH معینی امکان‌پذیر است. علاوه بر این، غلظت یون‌های H^+ محیط، روی فعالیت آنزیم‌ها (کاتالیزگرهای حیاتی) تأثیر دارد. همچنین pH در شیمی محیط‌های زنده نقش اساسی دارد. تمام واکنش‌های زیست‌شناختی در گستره معینی از pH انجام می‌شوند و خارج از آن زندگی تمام موجودات از میکروارگانیسم‌های ساده گرفته تا انسان، مختل و متوقف می‌شود. از این دیدگاه، محیط‌های زیست‌شناختی باید دارای خاصیت تامپونی باشند.

استفاده از بافرها بخش مهمی، در بسیاری فرایندهای صنعتی است. آبکاری، تهیه چرم و مواد عکاسی و رنگ‌ها از جمله موارد کاربرد آنها است. در پژوهش‌های باکتری‌شناسی برای حفظ pH لازم جهت رشد باکتری‌های مورد مطالعه، محیط‌های کشت معمولاً بافری هستند. بدن انسان به وسیله بی‌کربنات، فسفات و سامانه‌های پیچیده پروتئین در حالت بافری است.

تمرین:

۱ واکنش یونی آبکافت پتاسیم سولفید (K_2S) را در آب بنویسید و علت قلیایی بودن محلول آن را توضیح دهید.



پاسخ:

حاصل آبکافت اسید ضعیف H_2S و باز قوی KOH است. اسید ضعیف به صورت جزئی تفکیک درحالی که پتاسیم هیدروکسید به طور کامل تفکیک می شود و یون های OH^- در محلول آزاد می کند؛ در نتیجه محلول خاصیت قلیایی خواهد داشت.

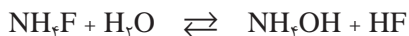
۲ واکنش آبکافت آمونیوم استات (CH_3COONH_4) را در آب بنویسید. با توجه به اینکه برای استیک اسید $K_a = 1/8 \times 10^{-5}$ و برای آمونیاک $K_b = 1/8 \times 10^{-5}$ است، توضیح دهید که محلول حاصل اسیدی است یا قلیایی؟



پاسخ:

حاصل آبکافت اسید ضعیف و باز ضعیف است. از آنجا که مقدارهای K_a و K_b در هر دو برابر است، محلول حاصل خنثی خواهد بود.

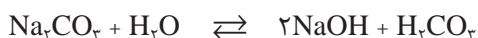
۳ واکنش آبکافت آمونیوم فلورید را در آب بنویسید. با توجه به اینکه برای هیدروفلوریک اسید $K_a = 6/8 \times 10^{-4}$ و برای آمونیاک $K_b = 1/8 \times 10^{-5}$ است، توضیح دهید که محلول حاصل اسیدی است یا قلیایی؟



پاسخ:

با توجه به اینکه مقدار $6/8 \times 10^{-4}$ بزرگ تر از $1/8 \times 10^{-5}$ است، محلول حالت اسیدی خواهد داشت.

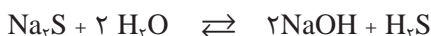
۴ پیش بینی کنید که pH محلول نمک های Na_2CO_3 ، Na_2S و $AgNO_3$ بیش از ۷، کمتر یا مساوی ۷ است؟ چرا؟



پاسخ:

حاصل آبکافت باز قوی و اسید ضعیف است. باز قوی به طور کامل تفکیک می شود؛

در حالی که اسید ضعیف به صورت جزئی تفکیک می‌شود؛ بنابراین محلول حالت قلیایی داشته و pH آن بیشتر از ۷ خواهد بود.



حاصل آبکافت باز قوی سدیم هیدروکسید و اسید ضعیف هیدروژن سولفید است. مانند مورد قبل محلول خاصیت قلیایی داشته و pH آن بیشتر از ۷ خواهد بود.



حاصل آبکافت اسید قوی و باز ضعیف است. اسید قوی به طور کامل تفکیک می‌شود؛ در حالی که باز ضعیف به صورت جزئی تفکیک می‌شود؛ بنابراین محلول حالت اسیدی داشته و pH آن کمتر از ۷ خواهد بود.

۵ هیدروژن فلوئورید در آب حل می‌شود و اسید ضعیفی پدید می‌آورد. هرگاه واکنش تفکیک آن به صورت زیر نوشته شود:



توضیح دهید که چگونه هر یک از تغییرات زیر بر غلظت یون H^+ اثر می‌گذارد؟
الف) با گرم کردن محلول مقداری از HF به صورت گاز خارج شود.
ب) مقداری NaF به محلول اضافه شود.

پ) مقداری کلسیم کلرید در محلول ریخته شود (کلسیم فلوئورید در آب خیلی کم حل می‌شود)

پاسخ:

الف) در واکنش تعادلی با خارج شدن مقداری از HF تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود و غلظت یون‌های H^+ کاهش می‌یابد.

ب) با افزودن NaF مقداری یون F^- به محلول اضافه شده و به دلیل اثر یون مشترک، یون‌های F^- و H^+ با هم ترکیب می‌گردند و تعادل به سمت چپ جابه‌جا می‌شود؛ بنابراین غلظت یون‌های H^+ کاهش می‌یابد.

پ) با افزودن مقداری کلسیم کلرید خواهیم داشت:



در نتیجه، غلظت یون‌های F^- کاهش می‌یابد و واکنش تعادلی تفکیک HF به سمت راست جابه‌جا می‌شود؛ بنابراین غلظت یون‌های H^+ افزایش می‌یابد.

تمرین‌های اضافی از تاملون‌ها

۱ تغییر pH حاصل از افزایش

الف) ۱۰ mL هیدروکلریک اسید ۱ M

ب) ۱۰ mL محلول سدیم هیدروکسید ۱ M

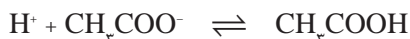
را به یک لیتر از محلول بافری که نسبت به هریک از دو ترکیب استیک اسید و سدیم استات ۰/۱ مولار است، به دست آورید.

پاسخ:

الف) مقدار هیدروکلریک اسید اضافه شده برابر است با:

$$\frac{10 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}} \times 1 \text{ M} = 0.01 \text{ mol}$$

محلول HCl یک اسید قوی است و تقریباً در محلول به شکل یون‌های H^+ و Cl^- است. بنابراین، ۰/۰۱ مول از آن دارای ۰/۰۱ مول H^+ است. یون‌های H^+ وقتی در محلول دارای استیک اسید و سدیم استات وارد می‌شوند، با یون‌های استات ترکیب می‌شوند و مولکول‌های استیک اسید غیر یونیزه را تشکیل می‌دهند؛ بنابراین غلظت یون‌های استات به اندازه ۰/۰۱ mol/L کاهش می‌یابد.



و مقدار استیک اسید تقریباً به اندازه ۰/۰۱ mol/L افزایش پیدا می‌کند؛ بنابراین

خواهیم داشت:

$$\text{pH} = 4.75 + \log \frac{0.01 - 0.01}{0.01 + 0.01}$$

$$\text{pH} = 4.75 + \log \frac{0.09}{0.11} = 4.66$$

بنابراین، pH نسبت به مثال الف به اندازه ۰/۰۹ کاهش می‌یابد.

$$4/75 - 4/66 = 0/09$$

که چندان قابل ملاحظه نیست. لازم به ذکر است که افزایش ۱۰ میلی‌لیتر هیدروکلریک‌اسید ۱M به یک لیتر آب مقطر با pH برابر ۷، ما را با کاهشی به میزان ۵ واحد pH مواجه می‌کند.
(ب) مقدار یون OH^- اضافه‌شده برابر با:

$$\frac{10\text{mL}}{1000\text{mL}} \times 1\text{M} = 0/01\text{mol}$$

۰/۰۱ مول یون‌های هیدروکسید (OH^-)، با ۰/۰۱ مول اسید ضعیف واکنش می‌دهند و ۰/۰۱ مول از آنیون‌های CH_3COO^- اضافی را تشکیل می‌دهند. بنابراین غلظت استیک‌اسید ۰/۰۱ مول کاهش و غلظت سدیم‌استات ۰/۰۱ مول افزایش می‌یابد. حال با توجه به غلظت‌های جدید اسید و نمک داریم:

$$\text{pH} = 4/75 + \log \frac{0/1 - 0/01}{0/1 - 0/01 + 0/01}$$

$$\text{pH} = 4/75 + \log \frac{0/11}{0/09} \quad \text{pH} = 4/84$$

و تغییرات pH برابر خواهد بود با :
در اینجا pH به اندازه ۰/۰۹ واحد افزایش می‌یابد که باز هم قابل ملاحظه نیست. همچنین افزایش ۱۰ میلی‌لیتر ۱M NaOH مولار به یک لیتر آب مقطر با pH برابر ۷، ما را با افزایشی به میزان ۵ واحد pH مواجه می‌کند.

جدول ارزشیابی فصل بررسی تعادل در محلول های آبی

عنوان فصل	تکالیف عملکردی (شایستگی ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص ها، داوری، نمره دهی)	نمره
تعادل در محلول های آبی	کاربرد حاصل ضرب حل پذیری در پیش بینی تشکیل رسوب کاربرد آبکافت، محلول های تامپون	توانایی به کارگیری آبکافت محلول های تامپون و حاصل ضرب حل پذیری در پیش بینی تشکیل رسوب	بالتر از حد انتظار	■ فرایند حل شدن را توضیح دهد. ■ عوامل مؤثر در قابلیت حل شدن را بررسی کند. ■ مفهوم آبکافت را توضیح دهد. ■ مفهوم تامپون و کاربرد آن را توضیح دهد. ■ ثابت حاصل ضرب حل پذیری را توضیح دهد. ■ مفهوم ترکیبات کم محلول، محلول و نامحلول را توضیح دهد.	۳
	کاربرد حاصل ضرب حل پذیری در پیش بینی تشکیل رسوب		در حد انتظار	■ فرایند حل شدن را توضیح دهد. ■ عوامل مؤثر در قابلیت حل شدن را بررسی کند. ■ مفهوم تامپون و کاربرد آن را توضیح دهد. ■ مفهوم ترکیبات کم محلول، محلول و نامحلول را توضیح دهد.	۲
			پایین تر از حد انتظار	■ فرایند حل شدن را توضیح دهد. ■ مفهوم ترکیبات کم محلول، محلول و نامحلول را توضیح دهد.	۱
نمره مستمر از ۵					
نمره شایستگی فصل از ۳					
نمره فصل از ۲۰					