

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

اللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰی مُحَمَّدٍ وَّآلِ مُحَمَّدٍ وَّعَجِّلْ فَرَجَهُمْ

شیمی (۳)

رشته های علوم تجربی - ریاضی و فیزیک

پایه دوازدهم

دوره دوم متوسطه



رایگان

# شب امتحان

شیمی دوازدهم

ویدیوهای  
شب امتحان

رپیتچ

دانلود جزوات  
شب امتحان

سریعتر یادگیر!

# ..... فهرست .....

فصل اول: مولکول‌ها در خدمت تندرستی ..... ۱



فصل دوم: آسایش و رفاه در سایه شیمی ..... ۳۷



فصل سوم: شیمی جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری ..... ۶۷



فصل چهارم: شیمی، راهی به سوی آینده‌ای روشن تر ..... ۹۱



واژه‌نامه ..... ۱۲۴

منابع ..... ۱۲۶



●●● واللّٰهُ يُحِبُّ الْمُطَهَّرِينَ... (سورة توبه، آیه ۱۰۸) ●●●

و خداوند پاکیزگان را دوست دارد.

● هوا، آب، پوشاک، بدن و زمین از جمله موهبت‌های الهی هستند که پیوسته باید برای پاکیزه نگهداشتن آنها بکوشیم. پاکیزگی رفتاری شایسته، نشاط‌آور و مایه آرامش است که بستری مناسب برای سلامت، رشد و بالندگی انسان و جامعه فراهم می‌کند. انسان‌ها با الهام از طبیعت و شناخت مولکول‌ها و رفتار آنها، راهی برای زدودن آلودگی‌ها پیدا کردند. راهی که با استفاده از مواد شوینده هموارتر می‌شود. این مواد بر اساس خواص اسیدی و بازی عمل می‌کنند. از این رو آشنایی با رفتار اسیدها و بازها می‌تواند ما را در تهیه و استفاده بهینه از شوینده‌ها یاری کند.



## آیا می دانید

سالانه میلیون ها تن از انواع شوینده ها در جهان مصرف می شود. صنعت تولید شوینده ها و فرآورده های پاک کننده، یکی از صنایع بزرگ و سودآور است که سالانه سود فراوانی را نصیب صاحبان آن می کند.



● امروزه، بسته به هر نوع نیاز و کاربرد، شوینده و پاک کننده مناسب در بازار یافت می شود.

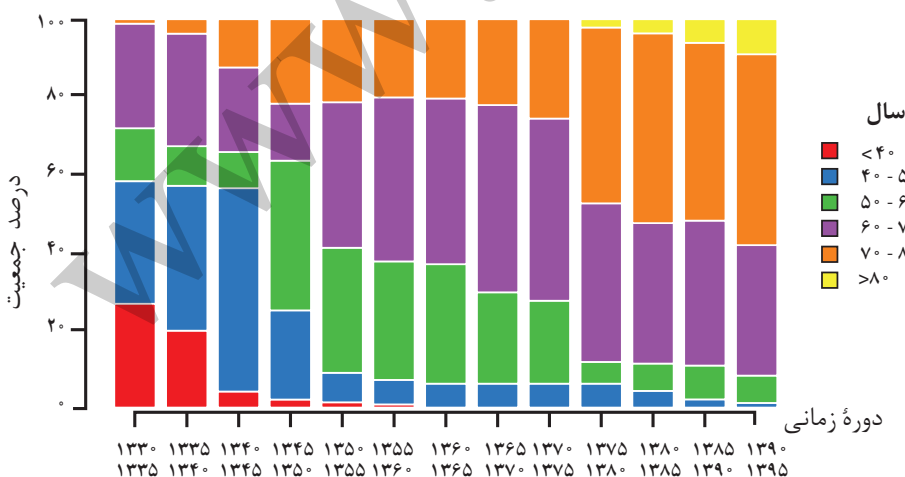
پاکیزگی و بهداشت همواره در زندگی جایگاه و اهمیت شایانی داشته است. یکی از دلایل اسکان انسان در کنار رود و رودخانه این بود که با دسترسی به آب، بدن خود را بشوید و ابزار، ظروف و محیط زندگی خود را تمیز نگاه دارد. حفاری های باستانی از شهر بابل نشان می دهد که چند هزار سال پیش از میلاد، انسان ها به همراه آب از موادی شبیه به صابون امروزی برای نظافت و پاکیزگی استفاده می کردند. نیاکان ما نیز به تجربه پی بردند که اگر ظرف های چرب را به خاکستر آغشته کنند و سپس با آب گرم شست و شو دهند، آسان تر تمیز می شوند.

در گذشته به دلیل عدم دسترسی، کمبود یا استفاده نکردن از صابون، سطح بهداشت فردی و همگانی بسیار پایین بود، به طوری که بیماری های گوناگون به سادگی در جهان گسترش می یافت. برای نمونه وبا یک بیماری واگیر دار است که به دلیل آلوده شدن آب و نبود بهداشت شایع می شود. این بیماری در طول تاریخ بارها در جهان همه گیر شد و جان میلیون ها انسان را گرفت و هنوز هم می تواند برای هر جامعه تهدید کننده باشد. ساده ترین و مؤثرترین راه پیشگیری این بیماری، رعایت بهداشت فردی و همگانی است.

با گذشت زمان، استفاده از صابون و توجه به نظافت و بهداشت در جوامع گسترش یافت و سبب شد تا میکروب ها، آلودگی ها و عوامل بیماری زا در محیط های فردی و همگانی کاهش یافته و سطح بهداشت جامعه افزایش یابد. با افزایش سطح تندرستی و بهداشت فردی و همگانی، شاخص امید به زندگی نیز در جهان افزایش یافته است. شاخصی که نشان می دهد با توجه به خطراتی که انسان ها در طول زندگی با آن مواجه هستند، به طور میانگین چند سال در این جهان زندگی می کنند.

## خود را بیازمایید

نمودار زیر توزیع جمعیت جهان را براساس امید به زندگی آنها در دوره های زمانی گوناگون نشان می دهد.



آ) با توجه به نمودار، جدول زیر را برای گستره سنی ۴۰ تا ۵۰ سالگی کامل کنید.

دوره زمانی	۱۳۳۰-۱۳۳۵	۱۳۶۵-۱۳۷۰	۱۳۹۰-۱۳۹۵
درصد جمعیت			

## آیا می دانید

شاخص امید به زندگی به عوامل گوناگونی مانند میزان شادی افراد جامعه، سلامت محیط زیست، سطح آگاهی مردم، میزان ورزش همگانی، نوع تغذیه و نیز شیوه و میزان ارائه خدمات بهداشتی و درمانی وابسته است، براساس آمار سازمان بهداشت جهانی، مردم کشور موناکو بیشترین امید به زندگی را با میانگین سنی بیش از ۸۵ سال و مردم کشور سیرالئون کمترین امید به زندگی را با میانگین سنی زیر ۵۰ سال دارند. میانگین سنی امید به زندگی در ایران ۷۳/۵ سال است.

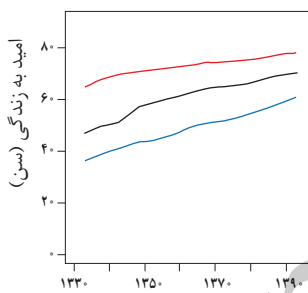
سازمان بهداشت جهانی در اردیبهشت ماه سال ۱۴۰۲ خورشیدی (۲۰۲۳ میلادی) پایان وضعیت اضطراری بیماری کووید ۱۹ را اعلام کرد. این موفقیت مرهون تلاش‌های دانشمندان، داروسازان، پرستاران و پزشکان است. در این میان شیمی دان‌ها با طراحی و تولید انواع ضد عفونی کننده‌ها، شوینده‌ها و داروها نقش بسزایی در پیشگیری، کنترل و درمان این بیماری داشتند. این دستاورد بزرگ نمونه‌ای از کارکرد «مولکول‌ها در خدمت تندرستی» را یادآوری می‌کند.

ب) در دوره زمانی ۱۳۴۵ تا ۱۳۵۰، امید به زندگی برای بیشتر مردم جهان حدود چند سال است؟

پ) در دوره زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۵ امید به زندگی برای بیشتر مردم جهان در حدود چند سال است؟

ت) با گذشت زمان، امید به زندگی در سطح جهان افزایش یافته است یا کاهش؟ توضیح دهید.

ث) امروزه امید به زندگی برای بیشتر مردم جهان در حدود چند سال است؟



امید به زندگی شاخصی است که در کشورهای گوناگون و حتی در شهرهای یک کشور نیز با هم تفاوت دارد، زیرا این شاخص به عوامل گوناگونی بستگی دارد. نمودار ۱، نشان می‌دهد که امید به زندگی در مناطق توسعه یافته و برخوردار در مقایسه با مناطق کم برخوردار بیشتر است.

نمودار ۱- مقایسه امید به زندگی برای مناطق برخوردار

و کم برخوردار با میانگین جهانی

## در میان تارنماها

با توجه به اینکه پیشگیری و درمان بیماری‌ها نقش مهمی در افزایش شاخص امید به زندگی دارد، با مراجعه به منابع علمی معتبر:

آ) درباره همه گیری وبا و نیز آمار جان باختگان این بیماری در ایران و جهان از آغاز سده بیستم تاکنون، گزارشی تهیه و به کلاس ارائه دهید.

ب) درباره همه گیری کرونا و انواع ضد عفونی کننده‌ها و داروهای تولید شده برای پیشگیری، کنترل و درمان این بیماری در ایران و جهان اطلاعات مناسبی تهیه و نتایج را با استفاده از امکانات فضای مجازی از جمله اینفوگرافیک، ارائه آنلاین و ویدئو کلیپ برای هم کلاسی‌های خود گزارش دهید.

## آیا می دانید

هنگام استفاده از سفیدکننده‌ها برای شست‌وشوی سطوح در حمام و سرویس‌های بهداشتی حتماً در و پنجره را باز بگذارید تا هوا به خوبی جریان داشته باشد؛ زیرا گاز سمی و خطرناک کلر آزاد می‌شود. چگالی این گاز از هوا بیشتر است در نتیجه در محیط می‌ماند. تنفس گاز کلر برای سلامتی بدن بسیار مضر است.



سلامت و بهداشت در شاخص امید به زندگی اهمیت بسیاری دارد و در راستای ارتقای آن، پاک‌کننده‌ها و شوینده‌ها نقش پررنگی ایفا می‌کنند. آیا تاکنون اندیشیده‌اید که شوینده‌ها و پاک‌کننده‌ها از نظر شیمیایی چه ساختاری دارند؟ چگونه این مواد سبب پاک شدن یا از بین رفتن آلودگی‌ها می‌شوند؟ رفتار این مواد در محیط‌های شیمیایی چگونه است؟ شوینده‌ها و پاک‌کننده‌هایی مانند صابون، شامپو و پودر لباس‌شویی چگونه عمل می‌کنند؟ ورود این مواد به محیط‌زیست چه زیان‌هایی به دنبال دارد؟ تأثیر این مواد روی بدن چیست؟ آگاهی بیشتر از علم شیمی کمک می‌کند تا چگونگی عملکرد این مواد را درک کنید و با شوینده‌هایی آشنا شوید که آسیب کمتری به محیط‌زیست وارد می‌کنند. همچنین با روش استفاده درست و مصرف مناسب آنها در راستای افزایش سطح بهداشت فردی و همگانی آشنا خواهید شد.

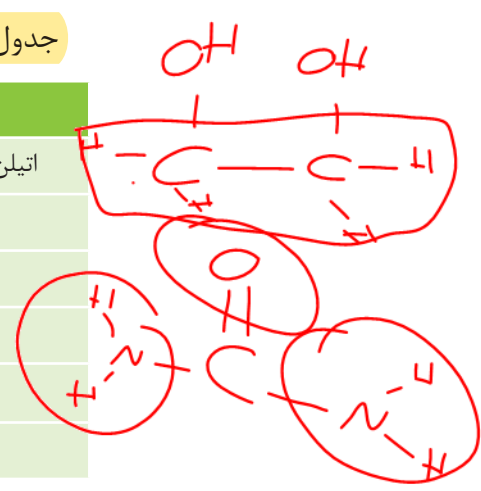
## پاکیزگی محیط با مولکول‌ها

افراد هر جامعه برای انجام فعالیت‌های روزانه خود در هر محیطی، کم و بیش در معرض انواع آلاینده‌ها هستند، به طوری که بدن، پوشاک و ابزاری که با آنها سروکار دارند، آلوده می‌شود. آلاینده‌ها موادی هستند که بیش از مقدار طبیعی در یک محیط، نمونه ماده یا یک جسم وجود دارند. گل‌ولای آب، گرد و غبار هوا، لکه‌های چربی و مواد غذایی روی لباس‌ها و پوست بدن نمونه‌هایی از انواع آنها هستند. برای داشتن لباس پاکیزه، هوای پاک و محیط بهداشتی باید این آلودگی‌ها را زدود. اکنون فرض کنید هنگام خوردن عسل مقداری از آن روی لباس می‌ریزد و دست‌ها به آن آغشته می‌شود. چگونه می‌توان این عسل را پاک کرد؟ لکه‌های دیگر را چگونه می‌توان زدود؟ برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها باید به بررسی ساختار و رفتار ذره‌های سازنده آلاینده‌ها و مواد شوینده و نیز نیروهای بین مولکولی آنها پرداخت.

## خود را بیازمایید

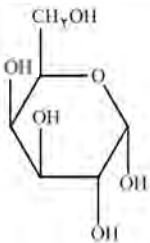
جدول زیر را کامل کنید و در هر مورد دلیل انتخاب خود را توضیح دهید.

نام ماده	فرمول شیمیایی	محلول در آب	محلول در هگزان
اتیلن گلیکول (ضدیخ)	$\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{OH}$	✓	✓
نمک خوراکی	$\text{NaCl}$	✓	✓
بنزین	$\text{C}_6\text{H}_{12}$	✗	✗
اوره	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	✓	✗
روغن زیتون	$\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6$	✗	✓
وازلین	$\text{C}_{25}\text{H}_{52}$	✗	✓



## آیا می دانید

عسل به طور عمده حاوی قندهایی مانند گلوکز، فروکتوز، ساکاروز و مالتوز است. مولکول های سازنده این قندها شمار قابل توجهی گروه هیدروکسیل دارند. برای نمونه فرمول ساختاری گلوکز به صورت زیر است:



با این توصیف عسل حاوی قندهایی با مولکول های بسیار قطبی است و لکه های باقی مانده از آنها روی لباس در حلال های قطبی مانند آب حل شده و شسته می شود.

از شیمی ۱ به یاد دارید که مواد قطبی در حلال های قطبی و مواد ناقطبی در حلال های ناقطبی حل می شوند. در واقع در فرایند انحلال، اگر ذره های سازنده حل شونده با مولکول های حلال جاذبه های مناسب برقرار کنند، حل شونده در حلال حل می شود در غیر این صورت ذره های حل شونده کنار هم باقی می ماند و در حلال پخش نمی شوند. برای نمونه دلیل اینکه لکه عسل به راحتی با آب شسته و در آن پخش می شود این است که عسل حاوی مولکول های قطبی است که در ساختار خود شمار قابل توجهی گروه هیدروکسیل (-OH) دارند. هنگامی که عسل وارد آب می شود، مولکول های سازنده آن با مولکول های آب پیوند هیدروژنی برقرار می کنند و در سرتاسر آن پخش می شوند. به این ترتیب، آب پاک کننده مناسبی برای لکه های شیرینی مانند آب قند، شربت آبلیمو و چای شیرین است. اما اگر دست ها به چربی یا گریس آغشته شود یا روی لباس، لکه چربی بر جای بماند، چگونه باید آنها را تمیز کرد؟ در زندگی روزانه دیده ایم که با استفاده از صابون و شوینده ها می توان لکه های چربی را شست و پوست یا لباس آغشته به آنها را تمیز کرد. چگونه مولکول های صابون سبب پاکیزگی و زدودن لکه های چربی می شوند؟

## با هم بیندیشیم

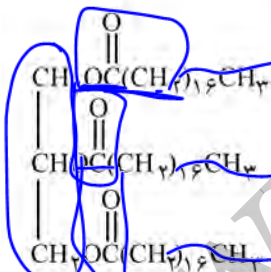
۱- چربی ها را می توان مخلوطی از استرهای بلند زنجیر و اسیدهای چرب<sup>۱</sup> (با جرم مولی

زیاد) دانست، با توجه به شکل های زیر به پرسش ها پاسخ دهید.

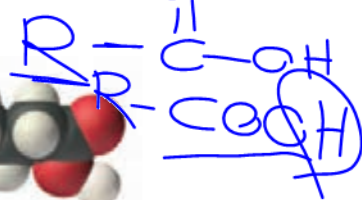
ناقطبی



(۱)



(۲)



آ) کدام یک فرمول ساختاری یک اسید چرب و کدام یک فرمول ساختاری یک استر با جرم

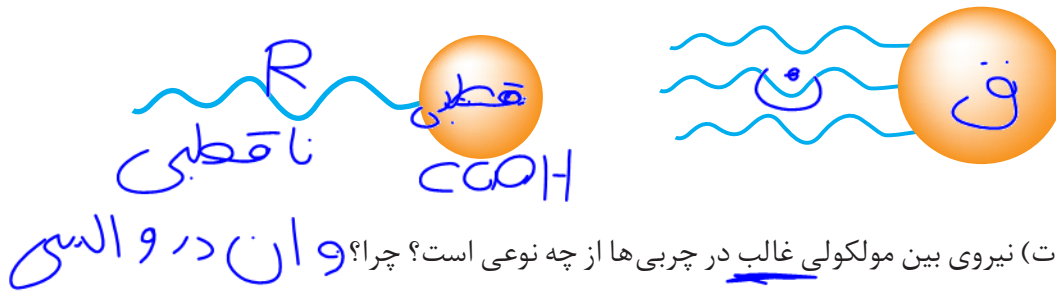
مولی زیاد را نشان می دهد؟ چرا؟

ب) بخش های قطبی و ناقطبی هر مولکول را مشخص کنید.



پ) دانش آموزی الگوی زیر را برای نمایش یک مولکول اسیدچرب و یک استرسنگین ارائه کرده است. در هر یک از این مولکول ها بخش قطبی و بخش ناقطبی را مشخص کنید.

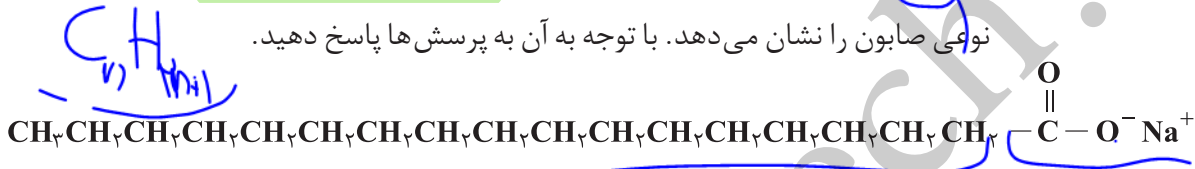
- صابون جامد را از گرم کردن مخلوط روغن های گوناگون یا چربی مانند روغن زیتون، نارگیل و پیه با سدیم هیدروکسید تهیه می کنند.
- صابون های مایع، نمک پتاسیم یا آمونیوم اسیدهای چرب هستند.



ت) نیروی بین مولکولی غالب در چربی ها از چه نوعی است؟ چرا؟ وان در والسی  
ث) چرا چربی ها در آب حل نمی شوند؟ توضیح دهید.



۲- صابون را می توان نمک سدیم اسید چرب دانست. فرمول همگانی این نوع صابون ها که جامد هستند،  $RCOONa$  بوده که در آن R یک زنجیر هیدروکربنی بلند است. ساختار زیر نوعی صابون را نشان می دهد. با توجه به آن به پرسش ها پاسخ دهید.



آ) بخش های قطبی و ناقطبی آن را مشخص کنید.

ب) کدام بخش صابون آب دوست و کدام بخش آب گریز است؟

پ) هر گاه مخلوط مقداری از این صابون و آب را هم بزیند، مولکول های صابون در سرتاسر مخلوط پخش می شوند. از این تجربه درباره نیروهای جاذبه بین صابون و آب چه نتیجه ای می گیرید؟ توضیح دهید.

ت) هر گاه مقداری صابون مایع را در روغن بریزید و مخلوط را به هم بزیند، مخلوطی مانند شکل روبه رو به دست می آید. با توجه به این مشاهده، درباره درستی جمله زیر گفت و گو کنید.



• مخلوط صابون مایع و روغن

«صابون ماده ای است که هم در آب و هم در چربی حل می شود.»

• آیا می دانید

توماس گراهام (۱۸۶۹-۱۸۰۵ میلادی) شیمی دان انگلیسی در سال ۱۸۶۰ میلادی در بررسی موادی مانند نشاسته، چسب و ژلاتین پی برد که خواص آنها با محلول ها تفاوت دارد. او برای توصیف این مواد از واژه کلوتید استفاده کرد. کلوتید از واژه یونانی به معنای چسب گرفته شده است.

## • پیوند با زندگی

مخلوط ها نقش بسیار پررنگی در زندگی ما دارند به طوری که اغلب موادی که در زندگی روزانه با آنها سروکار داریم، از مخلوط دو یا چند ماده تشکیل شده اند. آب دریا، هوا، نوشیدنی ها، انواع رنگ ها، سرامیک ها، چسب ها، شوینده ها و داروها همگی مخلوط هستند. مخلوط ها



شکل ۱- کلوئید پایدار شده آب و روغن با استفاده از صابون (البته برای نمایش بهتر به آب دو قطره رنگ افزوده شده است).

خواص متفاوتی دارند. برای نمونه محلول مس (II) سولفات در آب، مخلوطی همگن است که نور را عبور می‌دهد. در حالی که شربت معده یک سوسپانسیون است. مخلوطی ناهمگن که ته‌نشین می‌شود و باید پیش از مصرف آن را تکان داد.

مخلوط آب و روغن نیز ناپایدار است زیرا به محض اینکه هم زدن را متوقف کنید، آب و روغن از هم جدا شده و دولایه مجزا تشکیل می‌دهند. اما اگر مقداری صابون به این مخلوط اضافه کنید و آن را به هم بزنید یک مخلوط پایدار ایجاد می‌شود که به ظاهر همگن است. شکل ۱، رفتار این مخلوط را نشان می‌دهد که همگن نبوده و حاوی توده‌های مولکولی با اندازه‌های متفاوت است. این نوع مخلوط‌ها، کلوئید نامیده می‌شوند. نور در محلول و کلوئید رفتار متفاوتی دارد (شکل ۲). شیر، ژله، سس مایونز و رنگ نمونه‌هایی از کلوئیدها هستند.



• رنگ پوششی، نمونه‌ای از یک کلوئید است.



شکل ۲- مقایسه رفتار نور در یک محلول و کلوئید. ذره‌های موجود در کلوئید درشت‌تر از محلول اند و به همین دلیل نور را پخش می‌کنند.

## آیا می‌دانید

نمونه‌ای از کلوئید طلا: در این نمونه اتم‌های طلا به صورت توده‌های کوچک و بزرگ در آب پخش شده‌اند اما ته‌نشین نمی‌شوند. کلوئیدی که نخستین بار توسط مایکل فارادی تهیه شد.



## خود را بیازمایید

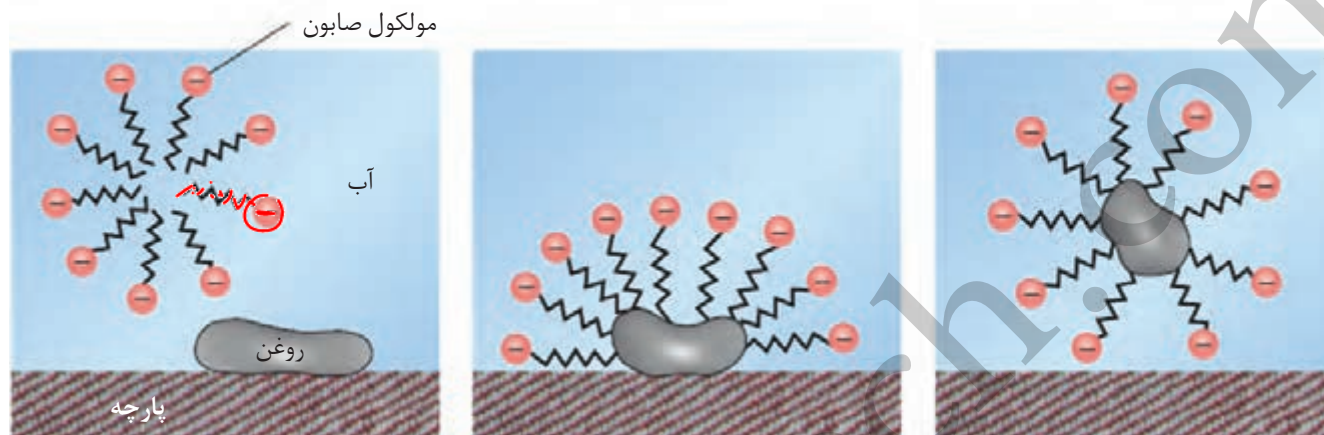
۱- در جدول زیر برخی ویژگی‌های کلوئید با مخلوط‌های دیگر مقایسه شده است. آن را کامل کنید.

نوع مخلوط	سوسپانسیون	کلوئید	محلول
ویژگی	نور را پخش می‌کنند	پخش نور	پخش نور
رفتار در برابر نور	همگن بودن	ناهمگن	همگن
پایداری	پایدار است/ ته‌نشین نمی‌شود	پایدار	پایدار
ذره‌های سازنده	ذره‌های ریز ماده	توده‌های مولکولی کوچک	ذره‌های ریز ماده

۲- درباره جمله زیر گفت‌وگو کنید.

«رفتار کلوئیدها را می‌توان رفتاری بین سوسپانسیون و محلول‌ها در نظر گرفت.»

دریافتید که مولکول‌های صابون دو بخش قطبی و ناقطبی دارند. بخش قطبی صابون، آب دوست است در حالی که بخش ناقطبی آن چربی دوست بوده و آب‌گریز است. با این توصیف هنگام شست‌وشوی یک لکه چربی با آب و صابون، مولکول‌های صابون، لکه چربی را زدوده و پاک می‌کند. در واقع مولکول‌های صابون، پاک‌کننده مناسبی برای چربی‌ها به‌شمار می‌رود. اکنون باید دید که صابون چگونه سبب پراکنده شدن چربی در آب می‌شود؟ شکل ۳، مراحل پاک شدن یک لکه چربی از روی پارچه را نشان می‌دهد.



شکل ۳- مراحل پاک شدن یک لکه چربی یا روغن با صابون - برای پاک کردن لکه‌های چربی از چه مواد یا روش‌های دیگری می‌توان استفاده کرد؟

هنگامی که صابون وارد آب می‌شود، به کمک سر آب دوست خود در آن حل می‌شود. از سوی دیگر، ذره‌های صابون با بخش چربی دوست خود با مولکول‌های چربی جاذبه برقرار می‌کنند، گویی مولکول‌های صابون مانند پلی بین مولکول‌های آب و چربی قرار می‌گیرند. به این ترتیب، ذره‌های چربی کم‌کم از سطح پارچه جدا و در آب پخش می‌شوند. با ادامه این فرایند، همه لکه‌های چربی از روی لباس پاک می‌شود. باید توجه داشت که قدرت پاک‌کنندگی صابون به عوامل گوناگونی بستگی دارد. هر اندازه صابون بتواند مقدار بیشتری از آلاینده و چربی را بزداید، قدرت پاک‌کنندگی بیشتری دارد. در واقع صابون همه لکه‌ها را به یک اندازه از بین نمی‌برد زیرا نوع پارچه، دما، نوع آب و نیز نوع و مقدار صابون نیز بر روی قدرت پاک‌کنندگی آن تأثیر دارد.

## کاوش کنید ۱

درباره «پاک‌کنندگی صابون در آب‌های گوناگون» کاوش کنید.

وسایل و مواد مورد نیاز: منیزیم کلرید، کلسیم کلرید، آب مقطر، بشر، قاشقک.

۱- سه بشر ۱۰۰ mL بردارید و آنها را از ۱ تا ۳ شماره گذاری کنید.

۲- درون هر بشر ۵۰ mL آب مقطر و یک قاشق چای‌خوری صابون رنده شده بریزید.

۳- به محتویات بشر شماره ۲، نصف قاشق چای‌خوری منیزیم کلرید و به محتویات بشر

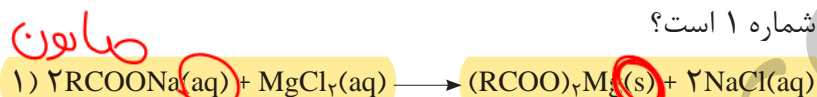
شماره ۳، نصف قاشق چای خوری کلسیم کلرید بیفزایید.

۴- محتویات هر بشر را به مدت ۳۰ ثانیه و با سرعتی برابر به هم بزنید. ارتفاع کف ایجاد شده را اندازه گیری و در جدول زیر یادداشت کنید. سپس به پرسش ها پاسخ دهید.

شماره بشر	ارتفاع کف ایجاد شده (cm)
۳	۳۰
۲	۱۵
۱	۲۵

آ) از این داده ها چه نتیجه ای می گیرید؟

ب) با توجه به معادله های شیمیایی زیر، توضیح دهید چرا ارتفاع کف در ظرف شماره ۲ و ۳ کمتر از ظرف شماره ۱ است؟



پ) آیا قدرت پاک کنندگی صابون در آب دریا و آب چشمه یکسان است؟ چرا؟

## آیا می دانید

نبود صابون، کمبود آن یا مصرف نادرست آن سبب ایجاد بیماری و افزایش مرگ و میر در جهان می شود. براساس آمار سازمان بهداشت جهانی برآورد می شود که سالانه ۱/۵ میلیون کودک در سراسر دنیا به دلیل کمبود بهداشت می میرند. به همین دلیل ۱۵ اکتبر (۲۳ مهرماه) را روز جهانی شستن دست ها نامیده اند تا مردم فراموش نکنند همیشه در شرایط بحرانی و حوادث غیرمترقبه مانند زلزله، سیل و... باید از صابون و شوینده ها برای شستن دست ها استفاده کنند.

آب دریا و آب های مناطق کوبیری که شور هستند، مقادیر چشمگیری از یون های کلسیم و منیزیم دارند. چنین آب هایی به آب سخت معروف اند. صابون در این آب ها به خوبی کف نمی کند و قدرت پاک کنندگی آن کاهش می یابد، زیرا صابون با یون های موجود در آب سخت رسوب تشکیل می دهد. لکه های سفیدی که پس از شستن لباس با صابون روی آنها برجای می ماند، نشانه ای از تشکیل چنین رسوب هایی است.

## خود را بیازمایید

دانش آموزی برای مقایسه قدرت پاک کنندگی دو نوع صابون، کاوشی انجام داد. او از دو نوع صابون برای پاک کردن لکه چربی یکسان از روی دو نوع پارچه استفاده و نتایج آزمایش خود را در جدول زیر یادداشت کرد. با توجه به جدول به پرسش ها پاسخ دهید.

نوع صابون	نوع پارچه	دما (°C)	درصد لکه باقی مانده
صابون بدون آنزیم	نخی	۳۰	۲۵
صابون بدون آنزیم	نخی	۴۰	۱۵
صابون آنزیم دار	نخی	۳۰	۱۰
صابون آنزیم دار	نخی	۴۰	۵
صابون آنزیم دار	پلی استر	۴۰	۱۵

آ) دما چه اثری بر قدرت پاک کنندگی صابون دارد؟

ب) قدرت پاک کنندگی صابون با افزودن آنزیم چه تغییری می کند؟

پ) آیا میزان چسبندگی لکه های چربی روی پارچه های گوناگون یکسان است؟ از کدام

داده جدول چنین نتیجه ای به دست می آید؟

نقش پاک کنندگی صابون سبب شد تا کاربرد آن از پاکیزگی و تأمین بهداشت فردی و محیط خانه به مراکز صنعتی، بیمارستانی و اداری نیز گسترش یابد. این روند سبب رشد چشمگیر صابون سازی شد تا جایی که امروزه به یک صنعت بزرگ در جهان تبدیل شده است. صنعتی که نقش چشمگیری در کاهش بیماری های گوناگون داشته و سطح بهداشت را در جهان افزایش داده است. از سوی دیگر با افزایش جمعیت جهان، مصرف صابون نیز افزایش یافت. بدیهی است که برای تولید صابون در مقیاس انبوه به مقدار بسیار زیادی چربی نیاز بود و این خود چالشی بزرگ بود! از این رو تأمین صابون مورد نیاز جهان به روش های سنتی تقریباً ناممکن شد. همچنین صابون در همه شرایط به خوبی عمل نمی کرد زیرا استفاده از آن در محیط های گوناگون مانند سفرهای دریایی و صنایع وابسته به آب شور، پاسخگوی نیاز انسان نبود. نگرانی هایی از این دست، شیمی دان ها را برای شناسایی و تولید دیگر پاک کننده ها ترغیب کرد.

### در جست و جوی پاک کننده های جدید

افزایش تقاضای جهانی برای صابون و کاربردهای آن از یک سو و کاهش عرضه این فرآورده از سوی دیگر سبب شد تا شیمی دان ها وارد عمل شوند. آنها در جست و جوی موادی بودند که قدرت پاک کنندگی زیادی داشته باشند و بتوان آنها را به میزان انبوه و با قیمت مناسب تولید کرد. با توجه به رابطه بین ساختار و رفتار یک ماده، شیمی دان ها به دنبال تولید موادی بودند که ساختار آنها شبیه صابون باشد. آنها توانستند از بنزن و دیگر مواد اولیه در صنایع پتروشیمی، مواد پاک کننده ای با فرمول همگانی زیر تولید کنند. موادی که به پاک کننده های غیرصابونی مشهورند.



● حفظ کردن نام و ساختار شوینده ها و پاک کننده ها جزو هدف های آموزشی این کتاب نیست. بنابراین طرح هرگونه پرسش از این موارد در آزمون های نهایی و کنکور ممنوع است.

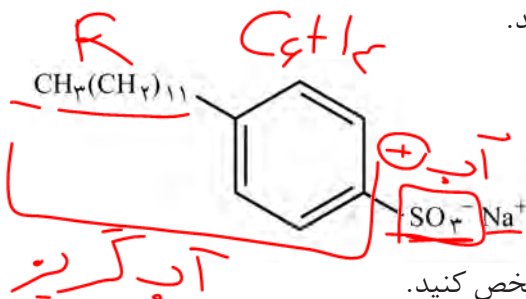
## خود را بیازمایید

## آیا می دانید

دانه برخی درختچه‌ها و درختان کوچک جنگلی به دانه‌های صابونی معروف‌اند. این دانه‌ها را می‌چینند و بعد از درآوردن هسته، در برابر آفتاب خشک می‌کنند. این میوه‌های خشک، صابون طبیعی به نام ساپونین دارند که بر اثر مخلوط شدن با آب کف ایجاد می‌کند و پاک‌کننده چربی‌ها و آلودگی‌ها هستند.

شکل زیر فرمول ساختاری و مدل فضا پرکن را برای نوعی پاک‌کننده غیرصابونی نشان

می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



(آ) بخش‌های آب دوست و آب‌گریز آن را مشخص کنید.

(ب) شباهت‌ها و تفاوت‌های این ماده را با صابون بنویسید.

(پ) توضیح دهید که چگونه این ماده لکه‌های چربی را هنگام شست‌وشو با آب از بین می‌برد.

اینک می‌پذیرید که  $RC_6H_4SO_3^-Na^+$  همانند  $RCOONa$  یک پاک‌کننده است با

این تفاوت که از مواد پتروشیمیایی طی واکنش‌های پیچیده در صنعت تولید می‌شود. این

مواد قدرت پاک‌کنندگی بیشتری نسبت به صابون دارند و در آب‌های سخت نیز خاصیت

پاک‌کنندگی خود را حفظ می‌کنند زیرا با یون‌های موجود در این آب‌ها رسوب نمی‌دهند.

## پیوند با صنعت



در جنوب ایران نیز گیاهی به نام اشنان (اشلونگ) می‌روید که در گذشته نه چندان دور، مغز ریشه آن را خشک کرده و به‌عنوان شوینده استفاده می‌کردند.

صابون طبیعی معروف به صابون مراغه با بیش از ۱۵۰ سال قدمت، معروف‌ترین صابون سنتی

ایران است. برای تهیه این صابون، پیه گوسفند و سود سوزآور را در دیگ‌های بزرگ با آب برای

چندین ساعت می‌جوشانند و پس از قالب‌گیری آنها را در آفتاب خشک می‌کنند (شکل ۴).



شکل ۴- سالانه حدود ۲۰۰ تن صابون در شهر مراغه تولید می‌شود و به‌دست مشتریان می‌رسد. البته توجه داشته باشید صابون‌های سنتی در شهرهای دیگری مانند آشتیان، رودبار و ... نیز تولید می‌شوند.

این صابون افزودنی شیمیایی ندارد و به دلیل خاصیت بازی مناسب برای موهای چرب

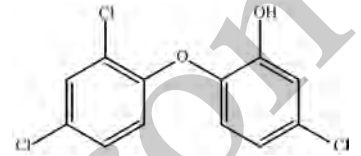
• از نوعی صابون سنتی در تنور نان سنگک برای چرب کردن سطح سنگ‌ها استفاده می‌شود.

استفاده می‌شود. امروزه صابون‌ها و شوینده‌های دیگری تولید می‌شوند که افزون بر خاصیت

پاک‌کنندگی، خواص ویژه‌ای نیز دارند. برای نمونه صابون گوگردار، برای از بین بردن جوش

## آیا می دانید

ترکیب‌های آروماتیک کلردار مانند تریکلوسان خاصیت گندزدایی و میکروب‌کشی دارند. لازم به یادآوری است که این ماده شیمیایی به تازگی به دلیل عوارض جانبی برای انسان از شوینده‌ها حذف شده است.



## آیا می دانید

ورود نمک‌های فسفات ناشی از مصرف شوینده‌ها سبب شدت فاجعه مرگبار دریاچه اری (Erie lake) در دهه ۱۹۶۰ میلادی رخ دهد و تعداد زیادی از آبزیان این دریاچه از بین بروند.

## آیا می دانید

هیچ‌گاه محلول سفیدکننده‌ها را با محلول جوهر نمک مخلوط نکرده و هم‌زمان از آن دو برای شستن و تمیز کردن سطوح استفاده نکنید، زیرا این دو ماده شیمیایی با هم واکنش می‌دهند و گاز سمی و خطرناک کلر را تولید می‌کنند. تنفس این گاز ممکن است منجر به مرگ افراد شود. متأسفانه هر سال تعدادی از هموطنان جان خود را در اثر استفاده نادرست از این مواد، از دست می‌دهند.



صورت و همچنین قارچ‌های پوستی استفاده می‌شود. همچنین به منظور افزایش خاصیت ضد عفونی‌کنندگی و میکروب‌کشی صابون‌ها به آنها ماده شیمیایی کلر دار اضافه می‌کنند. از سوی دیگر برای افزایش قدرت پاک‌کنندگی مواد شوینده، به آنها نمک‌های فسفات می‌افزایند، زیرا این نمک‌ها با یون‌های کلسیم و منیزیم موجود در آب‌های سخت واکنش می‌دهند و از تشکیل رسوب و ایجاد لکه جلوگیری می‌کنند. باید توجه داشت که هر چه شوینده‌ای مواد شیمیایی بیشتری داشته باشد، احتمال ایجاد عوارض جانبی آن بیشتر خواهد بود. به همین دلیل مصرف زیاد شوینده‌ها و تنفس بخار آنها، عوارض پوستی و بیماری‌های تنفسی ایجاد می‌کند. بنابراین برای حفظ سلامت بدن و محیط زیست، استفاده از شوینده‌های ملایم، طبیعی و مناسب توصیه می‌شود.

## پاک‌کننده‌های خورنده

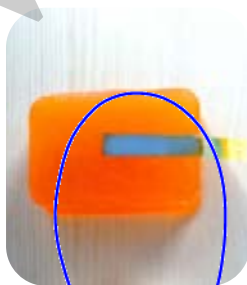
تاکنون با پاک‌کننده‌هایی آشنا شدید که بر اساس برهم‌کنش میان ذره‌ها عمل می‌کنند. اما پاک‌کننده‌های دیگری هم وجود دارند که افزون بر این برهم‌کنش‌ها، با آلاینده‌ها واکنش می‌دهند. برای نمونه رسوب تشکیل شده بر روی دیواره کتری، لوله‌ها، آب‌راه‌ها و دیگرهای بخار آن چنان به این سطح‌ها می‌چسبند که با صابون و پاک‌کننده‌های غیرصابونی زوده نمی‌شوند. برای زدودن این رسوب‌ها به پاک‌کننده‌هایی نیاز است که بتوانند با آنها واکنش شیمیایی بدهند و آنها را به فرآورده‌هایی تبدیل کنند که با آب شسته شوند. موادی مانند هیدروکلریک اسید (جوهر نمک)، سدیم هیدروکسید (سود سوزآور) و سفیدکننده‌ها از جمله این پاک‌کننده‌ها هستند. پاک‌کننده‌هایی که از نظر شیمیایی فعال‌اند و خاصیت خوردندگی دارند. به همین دلیل نباید با پوست تماس داشته باشند.

## با هم بیندیشیم

۱- با توجه به تغییر رنگ کاغذ pH، در هر یک از شکل‌های زیر مشخص کنید که هر پاک‌کننده چه خاصیتی دارد؟



سرکه سفید



صابون



محلول سود



محلول جوهر نمک

پازی

۲- نوعی پاک کننده که به شکل پودر عرضه می شود شامل مخلوط سدیم هیدروکسید و پودر آلومینیم است. این پاک کننده برای باز کردن مجاری مسدود شده در برخی وسایل و دستگاه های صنعتی استفاده می شود. با توجه به الگوی زیر به پرسش ها پاسخ دهید.

مخلوط آلومینیم و سدیم هیدروکسید

+ آب



گاز هیدروژن

+ فرآورده های دیگر

آ) توضیح دهید چرا از این پودر برای باز کردن لوله ها و مسیرهایی استفاده می شود که بر اثر ایجاد رسوب و تجمع چربی ها بسته شده اند؟  
 ب) از آنجا که واکنش این مخلوط با آب گرماده است، توضیح دهید این ویژگی چه اثری بر قدرت پاک کنندگی آن دارد؟  
 پ) تولید گاز چگونه قدرت پاک کنندگی این مخلوط را افزایش می دهد؟ توضیح دهید.

تا اینجا با برخی ویژگی ها و رفتارهای مواد شوینده و ساختار برخی از آنها آشنا شدید. اکنون می پرسید که از نظر شیمیایی پاک کننده ها به کدام دسته از مواد تعلق دارند؟ چه واکنش هایی انجام می دهند؟ آیا خاصیت اسیدی و بازی همه آنها یکسان است؟ چرا این مواد سبب تغییر pH محیط می شوند؟ pH یک سامانه نشان دهنده چیست؟ این کمیت چگونه اندازه گیری و محاسبه می شود؟ pH شوینده ها چه اثری روی بدن و محیط زیست دارد؟ برای یافتن پاسخ پرسش هایی از این دست، آشنایی و درک مفاهیمی مانند اسید، باز و قدرت اسیدی و بازی ضروری است.

## اسیدها و بازها

هر روز در بخش های گوناگون زندگی افزون بر شوینده ها و پاک کننده ها، مقادیر متفاوتی از مواد شیمیایی گوناگون مصرف می شود که در اغلب آنها اسیدها و بازها نقش مهمی دارند. عملکرد بدن ما نیز به میزان مواد اسیدی و بازی موجود در آن وابسته است. اسیدهای خوراکی مزه ترش و بازها مزه تلخ دارند.

اسیدها با اغلب فلزها واکنش می دهند و در تماس با پوست سوزش ایجاد می کنند. برای نمونه دلیل سوزش معده که درد شدیدی در ناحیه سینه ایجاد می کند، برگشت مقداری از محتویات اسیدی معده به لوله مری است. در حالی که بازها در سطح پوست همانند صابون، احساس لیزی ایجاد می کنند اما به آن نیز آسیب می رسانند (شکل ۵).



- یاخته های دیواره معده با ورود مواد غذایی به آن هیدروکلریک اسید ترشح می کنند. این اسید افزون بر فعال کردن آنزیم ها برای تجزیه مواد غذایی، جانداران ذره بینی موجود در غذا را نیز از بین می برد.



## آیا می دانید

آرنیوس معتقد بود که اسیدها و بازها هنگام حل شدن در آب، به طور جزئی یا کامل شکسته می‌شوند و ذره‌هایی باردار به نام یون پدید می‌آورند. این ایده آرنیوس، در زمان خود یک ایده انقلابی بود. در آن زمان اغلب شیمی‌دان‌ها بر این باور بودند که مولکول‌ها نمی‌توانند به یون‌های مثبت و منفی شکسته شوند. به همین دلیل با دادن کرسی استادی به وی مخالفت کردند. اما شیمی‌دان‌های جوان در پژوهش‌های خود به نتایجی دست یافتند که با نظریه آرنیوس همخوانی داشت. این روند ادامه یافت تا اینکه در سال ۱۹۰۳ میلادی، جایزه نوبل شیمی به وی اهدا شد.



سوانت آرنیوس ۱۸۵۹-۱۹۲۷ شیمی‌دان سوئدی، برنده جایزه نوبل شیمی در سال ۱۹۰۳.



پ) تنظیم میزان اسیدی بودن شوینده‌ها ضروری است.



ب) اغلب داروها ترکیب‌هایی با خاصیت اسیدی یا بازی هستند.



آ) برای کاهش میزان اسیدی بودن خاک به آن آهک می‌افزایند.



ج) ورود فاضلاب‌های صنعتی به محیط زیست سبب تغییر pH می‌شود.



ث) اغلب میوه‌ها دارای اسیدند و pH آنها کمتر از ۷ است.



ت) زندگی بسیاری از آبزیان به pH آب وابسته است.

شکل ۵- نمونه‌هایی از مواد اسیدی و بازی در زندگی

شواهد بسیاری در تاریخ علم وجود دارد که نشان می‌دهند پیش از آنکه ساختار اسیدها و بازها شناخته شود، شیمی‌دان‌ها افزون بر ویژگی‌های اسیدها و بازها با برخی واکنش‌های آنها نیز آشنا بودند. اما توجیه رفتار اسیدها و بازها به یک مبنای علمی نیاز داشت. سوانت آرنیوس نخستین کسی بود که اسیدها و بازها را بر یک مبنای علمی توصیف کرد. او بر روی رسانایی الکتریکی محلول‌های آبی کار می‌کرد. یافته‌های تجربی او نشان داد که محلول اسیدها و بازها رسانای برق هستند، هر چند میزان رسانایی آنها با یکدیگر یکسان نیست.

### با هم بیندیشیم

۱- با حل شدن اسیدها یا بازها در آب، مقدار یون‌های موجود در آب افزایش می‌یابد. شکل‌های زیر نمای ذره‌ای از محلول چند ماده در آب را نشان می‌دهند. با توجه به شکل و تغییر رنگ کاغذ pH به پرسش‌ها پاسخ دهید.

$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$

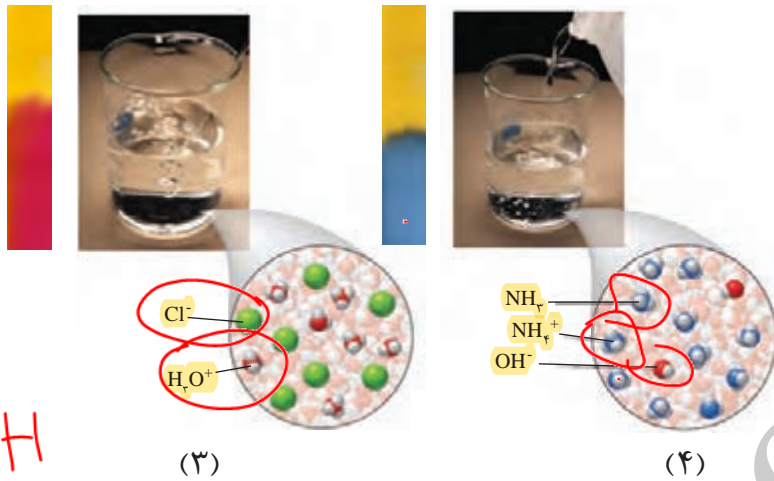
باز

(۱)

$HF \rightleftharpoons H^+ + F^-$

اسید

(۲)



• یون  $H^+(aq)$  در آب به شکل  $H_3O^+(aq)$  یافت می‌شود که به یون هیدرونیوم معروف است. برای آسانی در نوشتن در منابع علمی به جای  $H_3O^+(aq)$  از نماد  $H^+(aq)$  برای نشان دادن یون هیدرونیوم استفاده می‌شود.



آ) کدام محلول‌ها خاصیت اسیدی و کدام‌ها خاصیت بازی دارند؟

ب) خاصیت اسیدی محلول‌های ۲ و ۳ را به کدام یون نسبت می‌دهید؟ چرا؟

پ) خاصیت بازی محلول‌های ۱ و ۴ را به کدام یون نسبت می‌دهید؟ چرا؟

۲- یافته‌هایی از این دست به آرنیوس کمک کرد تا مدلی برای اسید و باز ارائه کند. اگر اساس مدل آرنیوس افزایش غلظت یون‌های  $H^+(aq)$  یا  $OH^-(aq)$  باشد، اسید و باز آرنیوس را تعریف کنید.

۳- در هر مورد با خط زدن واژه نادرست، عبارت داده شده را کامل کنید.

آ) گاز هیدروژن کلرید یک ~~اسید~~ ~~باز~~ آرنیوس به شمار می‌رود، زیرا در آب سبب افزایش غلظت

یون ~~هیدرونیوم~~ ~~هیدروکسید~~ می‌شود.

ب) سدیم هیدروکسید جامد یک ~~اسید~~ ~~باز~~ آرنیوس به شمار می‌رود، زیرا در آب سبب افزایش

غلظت یون ~~هیدرونیوم~~ ~~هیدروکسید~~ می‌شود.

مواد و ترکیب‌هایی که با حل شدن در آب، غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید را

افزایش می‌دهند به ترتیب اسید و باز آرنیوس هستند. در واقع رفتار اسید و باز آرنیوس را

می‌توان براساس غلظت یون‌های  $H^+(aq)$  و  $OH^-(aq)$  توصیف کرد. بدیهی است هرچه  $[H^+]$  در

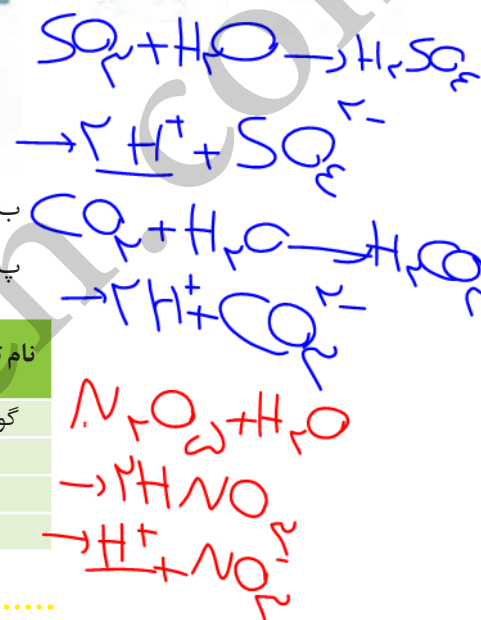
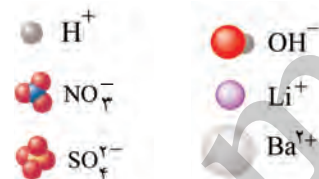
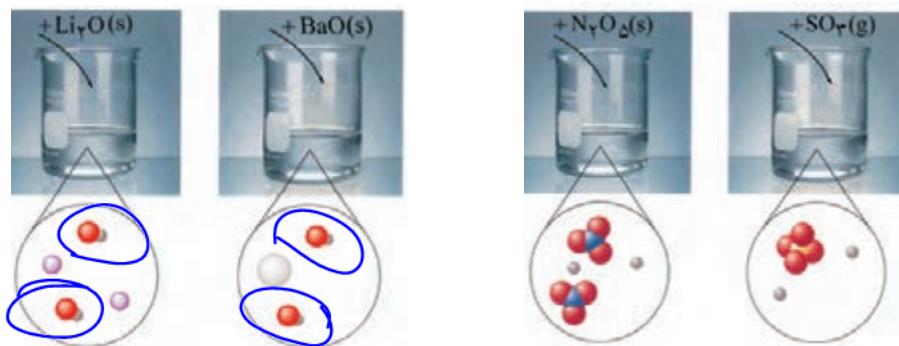
محلولی بیشتر باشد، آن محلول اسیدی‌تر و هر چه  $[OH^-]$  در محلولی بیشتر باشد، آن محلول

بازی‌تر است. با این توصیف اگر در یک سامانه غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید با هم

برابر باشد، آن سامانه حالت خنثی دارد.

## خود را بیازمایید

آ برخی اکسیدها با آب واکنش می دهند. با توجه به شکل زیر مشخص کنید اکسیدی که وارد آب می شود، اسید آرنیوس است یا باز آرنیوس؟ چرا؟



ب) معادله شیمیایی واکنش هر یک از این اکسیدها را با آب بنویسید و موازنه کنید.

پ) جدول زیر را کامل کنید.

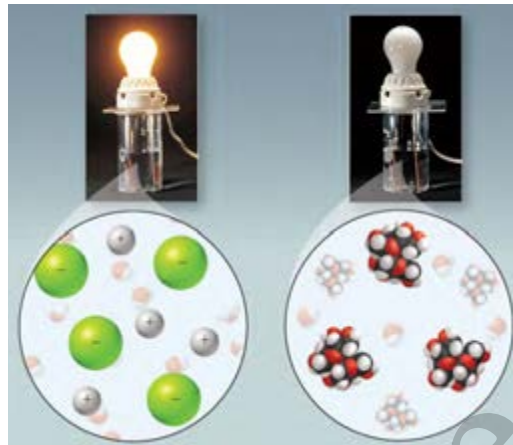
رنگ کاغذ pH در محلول	نوع اکسید		فرمول شیمیایی	نام ترکیب شیمیایی
	بازی	اسیدی		
قرمز		✓	$SO_3$	گوگرد تری اکسید
بنفش		✓	$CO_2$	کلسیم اکسید
بنفش	✓		$Na_2O$	

اکنون با اینکه می توان اسید و باز را براساس مدل آرنیوس تشخیص داد اما نمی توان درباره میزان اسیدی یا بازی بودن یک محلول اظهار نظر کرد. برای نمونه آیا می دانید در دمای اتاق از بین دو محلول یک مولار استیک اسید و هیدروکلریک اسید، کدام یک اسیدی تر است؟ برای یافتن پاسخ این پرسش باید مشخص کرد که غلظت یون هیدرونیوم در کدام محلول بیشتر است.

## رسانایی الکتریکی محلول ها و قدرت اسیدی

خوراکی ها، شوینده ها، داروها، مواد آرایشی و بهداشتی شامل مقادیر متفاوتی از یون ها به ویژه یون هیدرونیوم هستند. غلظت این یون بر ماندگاری این مواد و در نتیجه سلامتی تأثیر شایانی دارد. برای نمونه شیر سالم با افزایش غلظت یون هیدرونیوم، ترش شده به طوری که دیگر قابل نوشیدن نیست. این نمونه نشان می دهد که در فرایند تولید مواد گوناگون اغلب تعیین و کنترل غلظت یون هیدرونیوم نقش مهمی دارد. یکی از روش هایی که برای تعیین

غلظت یون هیدرونیوم می توان به کار برد، سنجش رسانایی الکتریکی محلول های آبی است. می دانید که فلزها و گرافیت (مغز مداد) رسانای جریان برق هستند. از آنجا که رسانایی آنها به وسیله الکترون ها انجام می شود، به آنها **رسانای الکترونی**<sup>۱</sup> می گویند. نوع دیگری از رسانایی نیز وجود دارد که به وسیله یون ها انجام می شود و به آن **رسانای یونی**<sup>۲</sup> می گویند. این رسانایی هنگامی انجام می شود که یون ها بتوانند از نقطه ای به نقطه دیگر جابه جا شوند، زیرا در این شرایط بارهای الکتریکی نیز جابه جا خواهند شد.



شکل ۶- مقایسه رسانایی الکتریکی محلول های آبی سدیم کلرید و شکر

برای نمونه، محلول آبی سدیم کلرید را در نظر بگیرید. این محلول حاوی یون های  $Na^+(aq)$  و  $Cl^-(aq)$  است که با جنبش های آزادانه اما نامنظم در سرتاسر آن پراکنده اند. هرگاه این محلول در مدار الکتریکی قرار گیرد، جریان برق در مدار برقرار می شود، زیرا یون ها به سوی قطب های ناهمنام حرکت می کنند. یون های  $Na^+(aq)$  به سوی قطب منفی و یون های  $Cl^-(aq)$  به سوی قطب مثبت پیش می روند. جابه جایی

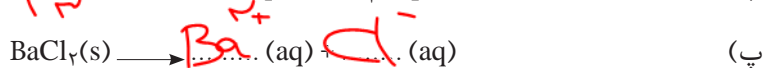
● به موادی مانند اتانول و شکر که انحلال آنها در آب به شکل مولکولی است، غیرالکترولیت و به محلول آنها، محلول غیرالکترولیت می گویند.

یون ها نشان دهنده جابه جایی بارهای الکتریکی و در نتیجه، رسانایی الکتریکی محلول سدیم کلرید است. به موادی مانند  $NaCl(s)$ ، **الکترولیت**<sup>۳</sup> و به  $NaCl(aq)$ ، **محلول الکترولیت**<sup>۴</sup> می گویند نکته جالب این است که همه محلول های یونی رسانایی یکسانی ندارند (شکل ۶).

## خود را بیازمایید

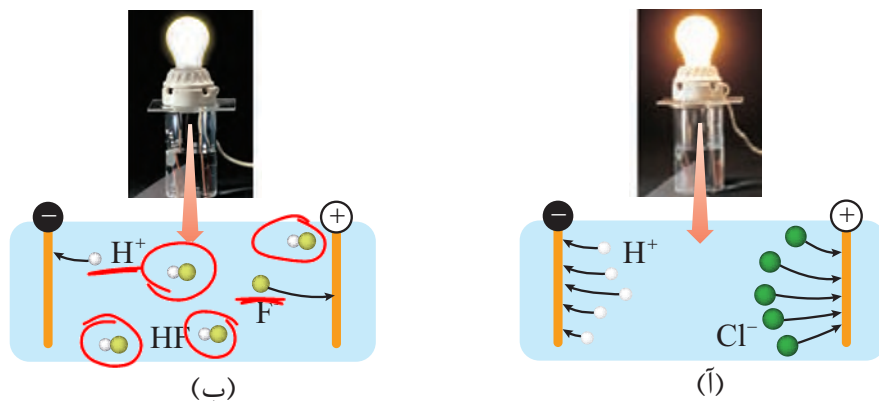
۱- با توجه به شکل بالا معادله انحلال یونی سدیم کلرید را بنویسید.

۲- در معادله انحلال هر یک از ترکیب های یونی زیر، جاهای خالی را پر کنید.



اگر محلول الکترولیت های گوناگون در چنین مداری قرار گیرند، روشنایی یکسانی در لامپ ایجاد نمی کنند. برای نمونه شکل ۷، رسانایی الکتریکی محلول ۱٪ مولار هیدروکلریک اسید را در مقایسه با محلول ۱٪ مولار هیدروفلوئوریک اسید در دمای اتاق نشان می دهد.

- ۱- Electronic Conductor  
 ۲- Ionic Conductor  
 ۳- Electrolyte  
 ۴- Electrolyte Solution



شکل ۷- رسانایی الکتریکی دو محلول الکترولیت (آ) HCl(aq) (ب) HF(aq)



کمتر بودن رسانایی الکتریکی هیدروفلوئوریک اسید نشان می‌دهد که در شرایط یکسان شمار یون‌های موجود در این محلول کمتر از محلول هیدروکلریک اسید است. به دیگر سخن غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها (یون‌های هیدرونیوم) در HCl(aq) بیشتر است. با این توصیف شیمی‌دان‌ها به کمک مدل آرنیوس، هیدروکلریک اسید را یک **اسید قوی**<sup>۱</sup> و هیدروفلوئوریک اسید را یک **اسید ضعیف**<sup>۲</sup> می‌نامند.

با هم ببیندیشیم

به اسیدی که هر مولکول آن در آب تنها می‌تواند یک یون هیدرونیوم تولید کند، **اسید تک پروتون دار**<sup>۳</sup> می‌گویند. با این توصیف:



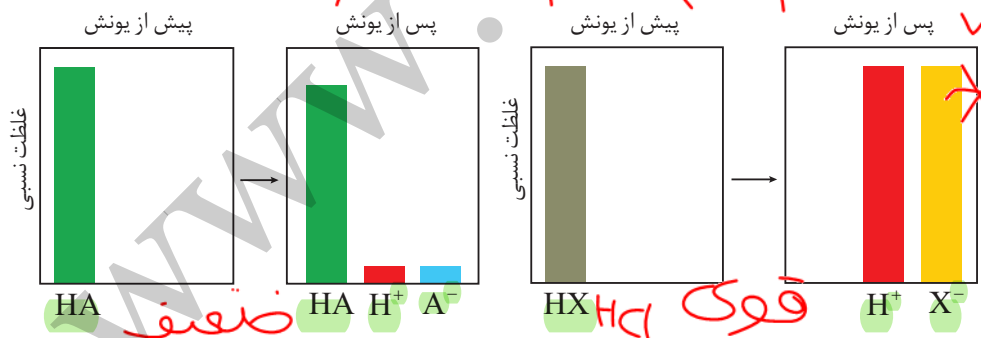
- ۱- معادله یونش را برای اسیدهای تک پروتون دار HCl(aq) و HF(aq) در آب بنویسید.
- ۲- نمودارهای زیر غلظت نسبی گونه‌های موجود در محلول این دو اسید را پیش و پس از یونش نشان می‌دهند.

به فرایندی که در آن یک ترکیب مولکولی در آب به یون‌های مثبت و منفی تبدیل می‌شود، **یونش** می‌گویند.

$H_2SO_4$   
 $H_2CO_3$

$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$

~~$HNO_3 \rightarrow H^+ + NO_3^-$~~



آ) کدام اسید به طور کامل و کدام یک به طور جزئی یونیده شده است؟

۱- Strong Acid  
۲- Weak Acid  
۳- Monoprotic Acid

• در رابطه درجه یونش به جای شمار مولکول‌ها، می‌توان شمار مول‌ها یا غلظت مولی گونه‌ها را قرار داد.

ب) کدام نمودار را می‌توان به هیدروکلریک اسید و کدام نمودار را می‌توان به هیدروفلوئوریک اسید نسبت داد؟ چرا؟

۳- شیمی‌دان‌ها برای بیان میزان یونش اسیدها، از کمیتی به نام درجه یونش ( $\alpha$ ) استفاده می‌کنند که به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\alpha = \frac{\text{شمار مولکول‌های یونیده شده}}{\text{شمار کل مولکول‌های حل شده}} = \text{درجه یونش} \quad (0-1)$$

• در منابع علمی معتبر گاهی به جای درجه یونش از درصد یونش ( $\alpha \times 100$ ) استفاده می‌کنند.

$$\alpha = \frac{24}{1000} = 0.024 = 2.4\%$$

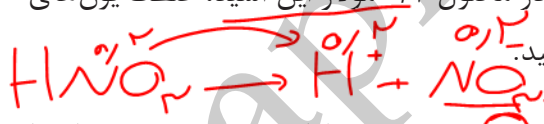
$$\alpha = \frac{24}{1000} \times 100 = 2.4\%$$

ا) پیش‌بینی کنید درجه یونش برای HCl در محلول هیدروکلریک اسید چند است؟ چرا؟  
 ب) اگر در محلول هیدروفلوئوریک اسید از هزار مولکول حل شده در دمای اتاق تنها ۲۴ مولکول یونیده شود، درجه و درصد یونش آن را حساب کنید.

اینک می‌توان اسیدها را بر مبنای میزان یونشی که در آب دارند در دو دسته قوی و ضعیف جای داد. اسیدهایی قوی هستند که می‌توان یونش آنها را در آب کامل در نظر گرفت ( $\alpha \approx 1$ ). اسیدهای ضعیف در آب به میزان جزئی یونیده می‌شوند و شمار یون‌ها در محلول آنها کم است ( $\alpha < 1$ ).

### خود را بیازمایید

۱- نیتریک اسید، یک اسید قوی است. در محلول ۲٪ مولار این اسید، غلظت یون‌های هیدرونیوم و نترات را با دلیل پیش‌بینی کنید.



• کربوکسیلیک اسیدها از جمله اسیدهای ضعیف هستند که تنها هیدروژن گروه کربوکسیل آنها می‌تواند به صورت یون هیدرونیوم وارد محلول شود.

۲- اگر در محلول ۱٪ مولار استیک اسید ( $CH_3COOH$ )، غلظت یون هیدرونیوم برابر با  $1.35 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$  باشد:



$$\alpha = \frac{[H^+]}{C} \times 100 = \frac{1.35 \times 10^{-3}}{0.01} \times 100 = 13.5\%$$

ا) معادله یونش استیک اسید را بنویسید.  
 ب) درصد یونش آن را حساب کنید.



• اسیدهای موجود در سیب، انگور، ریواس و مرکبات مانند پرتقال و لیمو و نیز انواع سرکه از جمله اسیدهای خوراکی و ضعیف هستند.

در زندگی روزانه با انواع اسیدها سر و کار داریم که برخی قوی و اغلب آنها ضعیف هستند. اسیدهای قوی را می‌توان محلولی شامل یون‌های آب پوشیده دانست، به طوری که در آنها تقریباً مولکول‌های یونیده نشده یافت نمی‌شود. این در حالی است که در محلول اسیدهای ضعیف افزون بر اندک یون‌های آب پوشیده، مولکول‌های اسید نیز یافت می‌شوند. برای نمونه، در محلول سرکه شمار ناچیزی از یون‌های آب پوشیده هم‌زمان با شمار زیادی از مولکول‌های استیک اسید یونیده نشده حضور دارند. یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که در شرایط معین، غلظت همه گونه‌های موجود در محلول این اسید، همانند دیگر اسیدهای ضعیف ثابت است.

آیا می‌دانید حضور هم‌زمان یون‌ها و مولکول‌های یونیده نشده با غلظت ثابت در محلول چنین اسیدهایی بیانگر چیست؟

## ثابت تعادل و قدرت اسیدی

در شیمی ۱ آموختید که حضور هم‌زمان واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها در مخلوط واکنش را می‌توان نشانه‌ای از برگشت‌پذیر بودن واکنش‌ها دانست. واکنش‌هایی که در آنها همه واکنش‌دهنده‌ها به فراورده‌ها تبدیل نمی‌شوند، بلکه در شرایط معین مقدار آنها در سامانه ثابت خواهد ماند. گویی این واکنش‌ها تا حدی پیش می‌روند و پس از آن، مقدار مواد شرکت‌کننده دیگر تغییر نخواهد کرد.

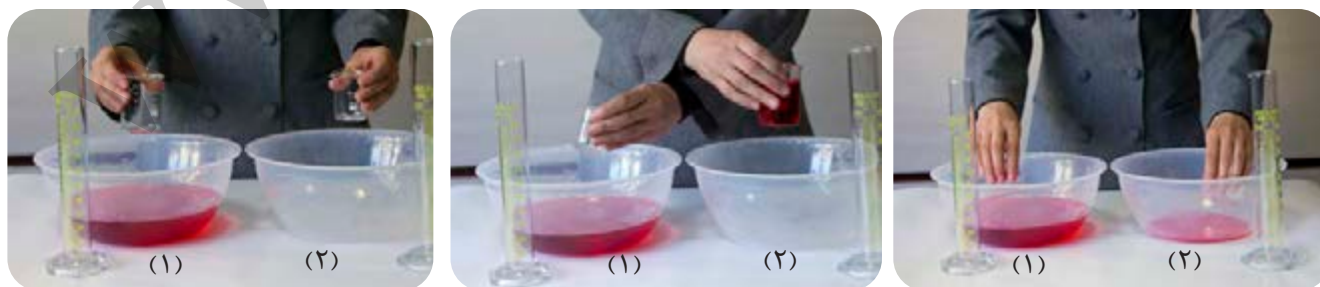
### کاوش کنید

درباره «فرایند برگشت‌پذیر تبدیل A به B تا رسیدن به تعادل» کاوش کنید.

ابزار، وسایل و مواد مورد نیاز: دو ظرف پلاستیکی با حجم حدود ۲ لیتر، دو بشر ۱۰۰ و ۵۰ میلی‌لیتری، دو استوانه مدرج ۱۰۰ میلی‌لیتری و حدود یک لیتر آب حاوی رنگ خوراکی.  
۱- دو ظرف پلاستیکی دو لیتری را شماره‌گذاری کنید و درون یکی حدود یک لیتر آب بریزید.  
۲- به ظرف محتوی آب چند قطره رنگ خوراکی بیفزایید.



۳- با بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری، از محتویات ظرف (۱) بردارید و به ظرف (۲) بریزید، هم‌زمان با بشر ۵۰ میلی‌لیتری از محتویات ظرف (۲) بردارید (ظرف خالی) و به ظرف (۱) بریزید. محتویات کدام ظرف را می‌توان به عنوان فراورده در نظر گرفت؟ چرا؟



۴- جابه‌جایی محتویات دو ظرف را با همین روند ادامه دهید اما پیش از اینکه هر بار به ظرف دیگر منتقل کنید نخست آنها را در دو استوانه مدرج بریزید و پس از مقایسه حجم آنها، محلول‌ها را با استوانه مدرج جابه‌جا کنید (دلیل این عمل را توضیح دهید).



۵- سرانجام به مرحله‌ای خواهید رسید که حجم محلول‌های جابه‌جا شده میان دو ظرف برابر و مقدار محتویات هر ظرف ثابت خواهد ماند اما مقدار این محتویات با هم برابر نیست.



۶- درباره درستی نتیجه زیر گفت‌وگو کنید.

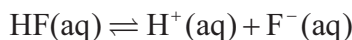
«در یک واکنش برگشت‌پذیر که هم‌زمان واکنش‌های رفت و برگشت به‌طور پیوسته انجام می‌شوند، سرانجام مقدار واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها ثابت می‌ماند.»

واکنش‌های برگشت‌پذیر، آنهایی هستند که می‌توانند در هر دو جهت انجام شوند. این نوع واکنش‌ها در شرایط مناسب هم‌زمان در هر دو جهت رفت و برگشت انجام می‌شوند تا اینکه سرانجام لحظه‌ای فرا می‌رسد که غلظت واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها ثابت می‌ماند. این ویژگی تنها هنگامی رخ می‌دهد که سرعت واکنش رفت با برگشت برابر شود زیرا در این شرایط، هر مقداری از فراورده‌ها که در واحد زمان تولید می‌شود، هم‌زمان به همان مقدار از آنها مصرف می‌شود. برای واکنش‌دهنده‌ها نیز چنین است. در شیمی به چنین سامانه‌هایی، **سامانه تعادلی** می‌گویند. واکنش‌های رفت و برگشت در سامانه‌های تعادلی به‌طور پیوسته و با سرعت برابر انجام می‌شوند و به همین دلیل مقدار مواد شرکت‌کننده در سامانه ثابت می‌ماند.



● نماد  $\rightleftharpoons$  ، در واکنش‌های تعادلی به کار می‌رود.

نمونه‌ای از سامانه‌های تعادلی، محلول اسیدهای ضعیف در آب است. در این محلول‌ها به دلیل یونش ناچیز اسیدهای ضعیف، میان اندک یون‌های حاصل از یونش و مولکول‌های یونیده نشده، تعادل برقرار می‌شود. برای نمونه در محلول هیدروفلوئوریک اسید تعادل زیر برقرار است.



برای این سامانه نیز در دمای ثابت همانند دیگر سامانه‌های تعادلی، واکنش‌های رفت و برگشت پیوسته در حال انجام هستند به طوری که در هر گستره زمانی معین، شمار مولکول‌های HF که یونیده می‌شوند با شمار مولکول‌های HF که از پیوستن یون‌های  $\text{H}^+$  و  $\text{F}^-$  به یکدیگر پدید می‌آیند، برابر است. این رفتار سامانه تعادلی نشان می‌دهد که سرعت تولید هر گونه با سرعت مصرف آن برابر است، رفتاری که سبب می‌شود غلظت تعادلی همه گونه‌های موجود در سامانه ثابت بماند. افزون بر این توصیف کیفی، سامانه‌های تعادلی را از دیدگاه کمی نیز می‌توان بررسی کرد به طوری که این سامانه‌ها با کمیتی به نام **ثابت تعادل** توصیف می‌شوند و در آن تنها غلظت تعادلی گونه‌های شرکت کننده در واکنش آورده می‌شود. مقدار این کمیت در دمای ثابت برای هر تعادل ثابت است.

● درباره دیگر تعادل‌های شیمیایی، عبارت ثابت تعادل و عوامل مؤثر بر جابه‌جایی تعادل‌ها در فصل ۴ بیشتر خواهید آموخت.

## با هم بیندیشیم

۱- جدول زیر غلظت تعادلی گونه‌های موجود در سه محلول از هیدروفلوئوریک اسید با غلظت‌های آغازی گوناگون را در دمای  $25^\circ\text{C}$  نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

$K = \frac{[\text{H}^+][\text{F}^-]}{[\text{HF}]}$	غلظت تعادلی گونه‌های شرکت کننده (مول بر لیتر)			شماره محلول
	$[\text{H}^+]$	$[\text{F}^-]$	$[\text{HF}]$	
.....	$1/75 \times 10^{-2}$	$1/75 \times 10^{-2}$	0/52	۱
.....	$1/31 \times 10^{-2}$	$1/31 \times 10^{-2}$	0/29	۲
.....	$2/43 \times 10^{-2}$	$2/43 \times 10^{-2}$	1/0	۳

آ) توضیح دهید چرا در هر سه محلول  $[\text{H}^+] = [\text{F}^-]$  است؟  
 ب) کسر داده شده در ستون آخر را **عبارت ثابت تعادل** می‌نامند و با  $K$  نمایش می‌دهند. مقدار  $K$  را حساب کرده و جاهای خالی را پر کنید.  
 پ) توضیح دهید آیا نتیجه‌گیری زیر درست است؟

« **$K$  برای یک واکنش تعادلی در دمای معین، مقداری ثابت است.**»

ت) آیا ثابت تعادل در دمای ثابت به مقدار آغازی واکنش دهنده‌ها بستگی دارد؟ توضیح دهید.

۲- اگر غلظت تعادلی یون هیدرونیوم در محلول استیک اسید در دمای معین برابر با

$$6 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1} \text{ باشد: } 6 \times 10^{-6}$$



(ا) غلظت تعادلی یون استات ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ) را تعیین کنید.  $6 \times 10^{-6}$

(ب) اگر غلظت تعادلی استیک اسید در این محلول برابر با  $2 \times 10^{-2}$  مولار باشد، ثابت تعادل را

$$K = \frac{(6 \times 10^{-6})^2}{2 \times 10^{-2}} = \frac{36 \times 10^{-12}}{2 \times 10^{-2}} = 1.8 \times 10^{-9}$$

آموختید که برای هر واکنش تعادلی، یک ثابت تعادل وجود دارد که ویژه همان واکنش بوده

و فقط تابع دما است. ثابت تعادل برای اسیدها به **ثابت یونش اسید** معروف است. کمیتی که

$K_a$

با  $K_a$  نشان داده می شود. ثابت یونش یک اسید، نسبت حاصل ضرب غلظت تعادلی یون های

موجود در محلول را به غلظت تعادلی آن اسید نشان می دهد. به دیگر سخن ثابت یونش، بیانی

از میزان پیشرفت فرایند یونش تا رسیدن به تعادل است، به طوری که هر چه ثابت یونش اسیدی

در دمای معین بزرگ تر باشد، آن اسید **بیشتر یونیده شده** و غلظت **یون های موجود** در محلول

آن **بیشتر** است. در واقع در دمای معین هر چه ثابت یونش اسیدی بزرگ تر باشد، آن اسید

قوی تر است. جدول زیر ثابت یونش برخی اسیدها را در دمای اتاق نشان می دهد.

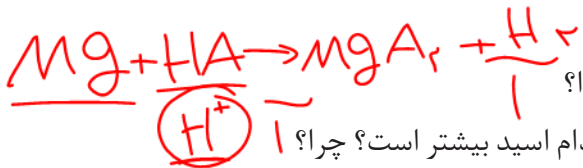
جدول ۱- ثابت یونش برخی اسیدها در دمای اتاق

معادله یونش در آب	ثابت یونش ( $K_a$ )	فرمول شیمیایی	نام اسید
$\text{HI(aq)} \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{I}^-(\text{aq})$	بسیار بزرگ	HI	هیدرویدیک اسید
$\text{HBr(aq)} \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{Br}^-(\text{aq})$	بسیار بزرگ	HBr	هیدروبرمیک اسید
$\text{HCl(aq)} \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$	بسیار بزرگ	HCl	هیدروکلریک اسید
$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{HSO}_4^-(\text{aq})$	بسیار بزرگ	$\text{H}_2\text{SO}_4$	سولفوریک اسید
$\text{HNO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$	بزرگ	$\text{HNO}_3$	نیتریک اسید
$\text{HNO}_2(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{NO}_2^-(\text{aq})$	$4.5 \times 10^{-4}$	$\text{HNO}_2$	نیترو اسید
$\text{HCOOH(aq)} \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{HCOO}^-(\text{aq})$	$1.8 \times 10^{-4}$	HCOOH	فورمیک اسید
$\text{CH}_3\text{COOH(aq)} \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$	$1.8 \times 10^{-5}$	$\text{CH}_3\text{COOH}$	استیک اسید
$\text{HCN(aq)} \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{CN}^-(\text{aq})$	$4.9 \times 10^{-10}$	HCN	هیدروسیانیک اسید

## خود را بیازمایید

۱- این شکل‌ها واکنش دو قطعه نوار منیزیم یکسان را با محلول دو اسید متفاوت در دما و

غلظت یکسان نشان می‌دهند.



آ) سرعت کدام واکنش بیشتر است؟ چرا؟

ب) غلظت یون هیدرونیوم در محلول کدام اسید بیشتر است؟ چرا؟

پ) اگر ثابت یونش یک اسید،  $K_{a1}$  و دیگری  $K_{a2}$  باشد، ثابت یونش این دو اسید را با

یکدیگر مقایسه کنید و پاسخ خود را توضیح دهید.

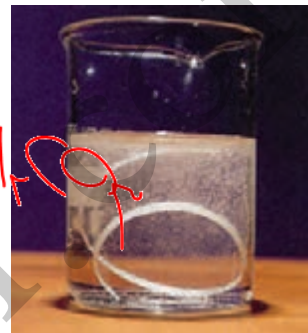
۲- باران اسیدی حاوی نیتریک اسید و سولفوریک اسید است در حالی که باران معمولی حاوی

کربنیک اسید است. با مراجعه به جدول توضیح دهید در کدام باران غلظت یون هیدرونیوم

بیشتر است؟ چرا؟ ثابت یونش کربنیک اسید را  $4.5 \times 10^{-7}$  در نظر بگیرید.



(آ)



(ب)

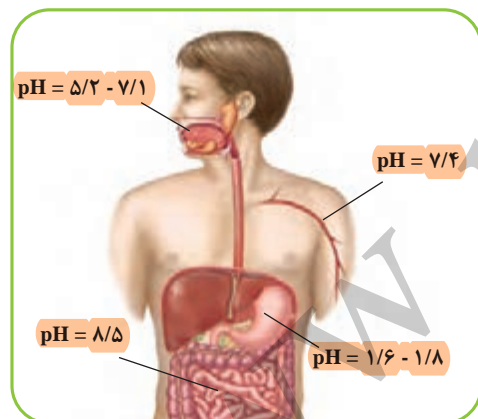
## pH، مقیاسی برای تعیین میزان اسیدی بودن

با کاغذ pH و تغییر رنگ آن در محلول‌های اسیدی و بازی آشنا هستید. این تغییر رنگ

معیاری برای تشخیص اسیدی یا بازی بودن محلول‌ها است. افزون بر این، رنگی که این

کاغذ درون یک محلول به خود می‌گیرد، نشان‌دهنده pH تقریبی آن محلول است. pH برخی

سامانه‌ها در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸. pH محلول موجود در چند سامانه، محلول کدام سامانه اسیدی و کدام سامانه بازی است؟

آیا می‌دانید چه رابطه‌ای بین pH و غلظت یون هیدرونیوم موجود در محلول برقرار است؟ برای

نمونه برای محلولی با  $pH = 3.7$  غلظت یون هیدرونیوم چقدر است؟ چگونه باید آن را حساب کرد؟

## پیوند با ریاضی

در درس ریاضی با لگاریتم آشنا شدید. تابعی که به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\log_{10}^x = \log x$$

## آیا می دانید

روش بسیار دقیقی برای اندازه گیری غلظت یون هیدرونیوم موجود در یک محلول وجود دارد که به کمک pHسنج های دیجیتال انجام می گیرد. این pHسنج ها با تقویت ولتاژ کوچکی که با وارد کردن الکتروده دستگاه درون محلول ایجاد می شود و نمایش نتیجه روی صفحه نمایشگر، مقدار pH آن محلول را مشخص می کند.



شیر ترش شده، خاصیت اسیدی داشته و  $pH < 7$  دارد.

$$\log_a x = b \leftrightarrow x = a^b$$

$$\log ab = \log a + \log b, \quad \log \frac{a}{b} = \log a - \log b, \quad \log a^n = n \log a$$

۱- (آ) با توجه به رابطه بالا، جاهای خالی زیر را پر کنید.

$$\log 2 = 0.30 \rightarrow 2 = 10^{0.30}$$

$$\log 10 = 1.00 \rightarrow 10 = 10^{1.00}$$

$$\log 7 = \dots \rightarrow \dots = \dots^{0.85}$$

ب) با استفاده از لگاریتم های بالا، بنویسید در هر مورد زیر به جای ؟ چه عددی باید قرار گیرد؟

$$\log 21 = ?$$

$$\log 0.8 = ?$$

$$\log ? = 1.85$$

۲- شیمی دان ها کمیت pH را با تابع لگاریتم به صورت زیر بیان می کنند.

$$pH = -\log [H^+]$$

با توجه به این رابطه، جدول زیر را کامل کنید.

$[H^+]$	pH	خاصیت محلول
$3 \times 10^{-9}$	.....	.....
.....	4	.....
$1/8 \times 10^{-2}$	.....	.....

۳- دانش آموزی مطابق روند زیر غلظت یون هیدرونیوم را برای شیر ترش شده با  $pH = 2/7$

به درستی حساب کرده است. در این روند هر یک از جاهای خالی را با عدد مناسب پر کنید.

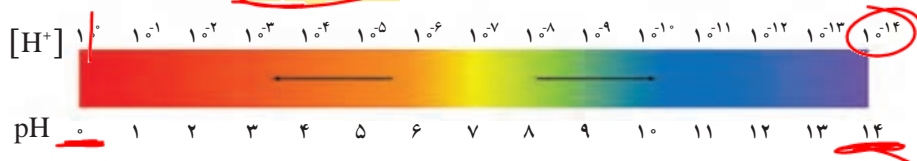
$$pH = -\log [H^+] \rightarrow [H^+] = 10^{-pH} \xrightarrow{pH=2/7} [H^+] = 10^{-2/7} = 10^{-0.28} \times 10^{-2} = \dots$$

۴- جدول زیر را کامل کنید.

$[H^+]$	pH	خاصیت محلول
.....	2/15	.....
$3/6 \times 10^{-4}$	.....	.....
.....	11/4	بازی
.....	0	.....

اینک می‌پذیرید که برای پرهیز از بیان غلظت‌های کم و بسیار کم یون هیدرونیوم می‌توان از کمیت pH استفاده کرد زیرا اعدادی به مراتب ساده‌تر و قابل فهم‌تر ارائه می‌دهد. این کمیت برای محلول‌های آبی در دمای اتاق با اعدادی در گستره ۰ تا ۱۴ بیان می‌شود (نمودار ۲).

$$pH = -\log[H^+]$$



نمودار ۲- گستره تغییر pH برای محلول‌های آبی در دمای اتاق

به نظر شما چرا گستره تغییر pH در محلول‌های آبی و در دمای اتاق از ۰ تا ۱۴ است؟ یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که آب و همه محلول‌های آبی، محتوی یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید هستند. اما کاغذ pH در برخی محلول‌ها و آب خالص تغییر رنگ نمی‌دهد، رفتاری که تأیید می‌کند که غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید در این سامانه‌ها با یکدیگر برابر است ( $[H^+] = [OH^-]$ ). به همین دلیل چنین سامانه‌هایی، خنثی هستند.

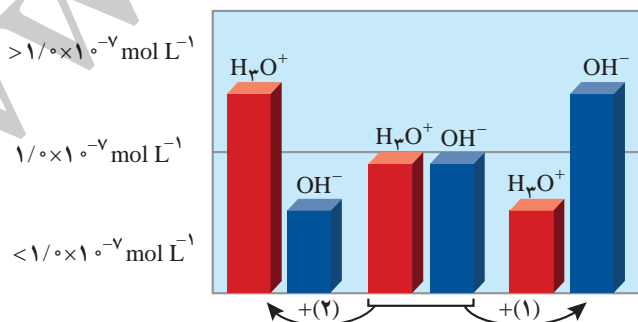
### با هم بیندیشیم

۱- آزمایش‌های دقیق نشان می‌دهند که آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد. این ویژگی بیانگر وجود مقدار بسیار کمی از یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید است. در واقع در یک نمونه از آب خالص شمار بسیار ناچیزی از مولکول‌های  $H_2O$  به یون‌های  $H^+(aq)$  و  $OH^-(aq)$  یونیده می‌شوند. جالب این است که اندازه‌گیری‌ها و یافته‌های تجربی در دمای اتاق برای آب و محلول‌های آبی رابطه زیر را تأیید می‌کنند:

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14}$$

آ) غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید را در دمای اتاق برای آب خالص حساب کنید.  
ب) pH آب خالص و محلول‌های خنثی<sup>۱</sup> را در دمای  $25^\circ C$  حساب کنید.

۲- شکل زیر تغییر غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید را هنگام افزودن هر یک از مواد ۱ و ۲ به آب خالص نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



### آیا می‌دانید

حتی در خالص‌ترین نمونه آب، مقادیر ناچیزی یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید وجود دارد. یون‌هایی که به دلیل جابه‌جایی یون هیدروژن از یک مولکول آب به دیگری تولید می‌شوند. این ویژگی سبب می‌شود که هر نمونه آب خالص در دمای ثابت (مانند  $25^\circ C$ ) یک سامانه تعادلی به شمار آید.

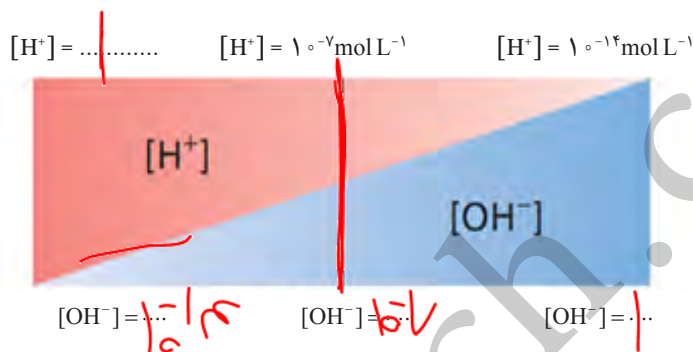


مقدار ثابت این تعادل در دمای اتاق برابر با  $1 \times 10^{-14}$  است.

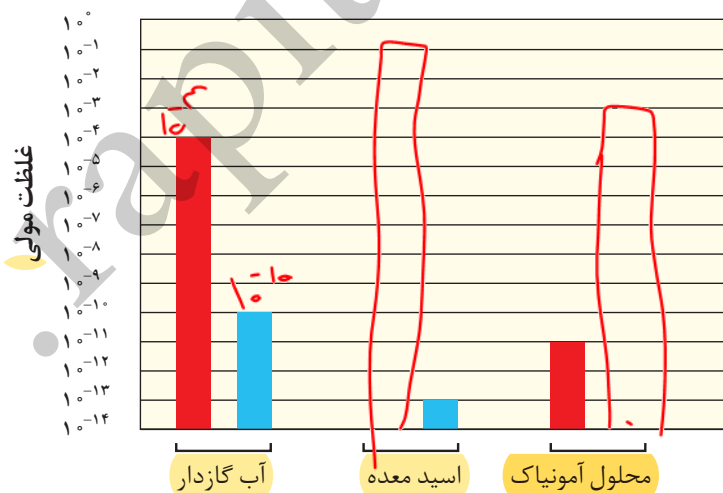
آ) کدام یک از مواد افزوده شده اسید آرنیوس است؟ چرا؟

ب) غلظت یون های هیدرونیوم و هیدروکسید را در محلول بازی با یکدیگر مقایسه کنید.  
 پ) آیا می توان گفت در محلول های اسیدی، یون هیدروکسید وجود ندارد؟ توضیح دهید.

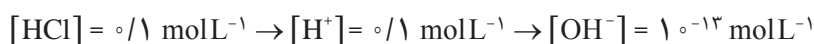
۳- گروهی از دانش آموزان برای نمایش تغییر غلظت یون های هیدرونیوم و هیدروکسید در محلول های آبی و دمای اتاق، الگوی زیر را طراحی کرده اند. جاهای خالی را پر کنید و اساس کار آنها را توضیح دهید.



۴- در نمودار زیر برای محلول آمونیاک، ستون نشان دهنده غلظت یون هیدروکسید و برای اسید معده، ستون نشان دهنده غلظت یون هیدرونیوم را رسم کنید.



پی بردید که هر اندازه غلظت یکی از یون های هیدرونیوم یا هیدروکسید در محلولی بیشتر شود به همان نسبت از دیگری کاسته خواهد شد، تا حاصل ضرب غلظت این یون ها در دمای اتاق برابر با  $۱۰^{-۱۴}$  شود. با این توصیف برای محلول  $HCl$   $۱ \text{ mol L}^{-۱}$  می توان نوشت:

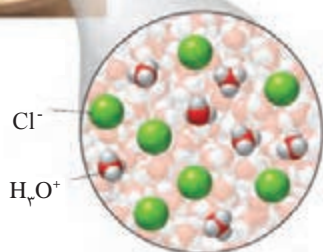


## خود را بیازمایید

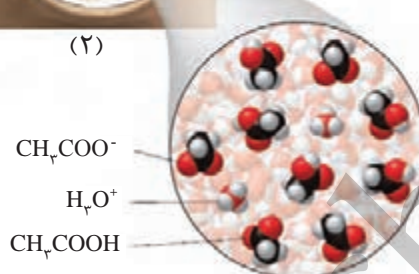
۱- در دما و غلظت یکسان، pH کدام محلول زیر کمتر است؟ چرا؟



(۱)



(۲)



۲- جدول زیر را کامل کنید.

درصد یونش	pH	$[\text{OH}^-]$	$[\text{H}^+]$	غلظت محلول	نام محلول
				۰/۰۰۴	هیدروکلریک اسید
۲/۵				۰/۰۰۴	هیدروفلوئوریک اسید
	۳/۷				نیتریک اسید
	۸/۵۲				نمونه‌ای از آب یک دریاچه

## بازها محلول‌هایی با $7 < \text{pH} \leq 14$

بازهای معروفی مانند سود سوزآور (NaOH) و پتاس سوزآور (KOH) بسیار قوی هستند

به طوری که موادی خورنده به شمار می‌روند. در محلول آبی این مواد  $[\text{OH}^-] > [\text{H}^+]$  و pH

محلول آنها در دمای اتاق در گستره ۷ تا ۱۴ خواهد بود. بدیهی است که هر چه غلظت یون

هیدروکسید در محلول آنها بیشتر باشد، pH بزرگ‌تر و به ۱۴ نزدیک‌تر است. برای نمونه pH

محلول مولار سدیم هیدروکسید برابر با ۱۴ است (چرا؟).

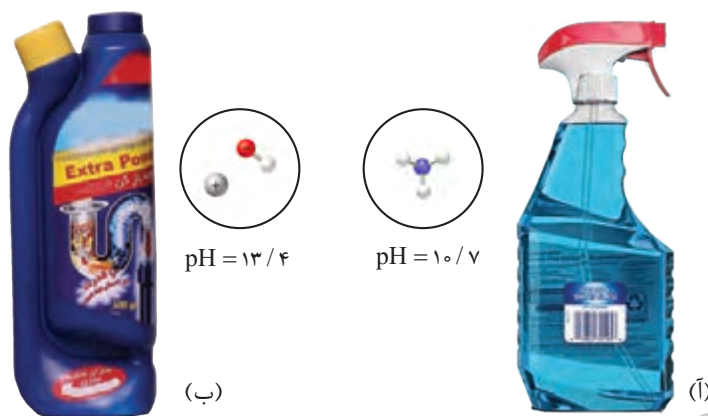
بازها کاربردهای گسترده‌ای در زندگی روزانه دارند که از جمله آنها می‌توان به شیشه پاک‌کن

و لوله بازکن اشاره کرد (شکل ۹).

## آیا می‌دانید

واژه قلیا به معنی خاکستر باقی‌مانده از سوختن گیاهان است که چربی‌ها را در خود حل می‌کند. قلیاها، بازهای محلول در آب هستند. فلزهای گروه ۱ در جدول دوره‌ای به فلزهای قلیایی معروف‌اند زیرا اغلب ترکیب‌های آنها در آب خاصیت بازی یا قلیایی دارد.

● بازها نیز همانند اسیدها ثابت یونش دارند که آن را با  $K_b$  نمایش می‌دهند. بدیهی است در دمای معین هر چه  $K_b$  بزرگتر باشد، آن باز قوی‌تر است.

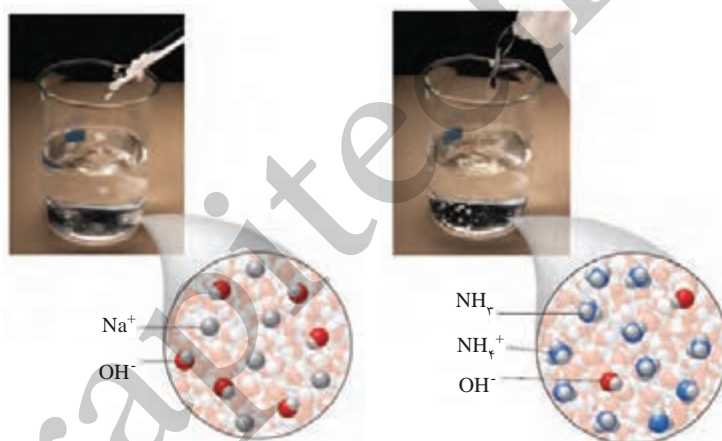


شکل ۹- pH دو نمونه محلول بازی در دما و غلظت یکسان، (آ) آمونیاک و (ب) سدیم هیدروکسید

آمونیاک از جمله بازهای ضعیف<sup>۱</sup> است. به طوری که در محلول آن افزون بر مقدار کمی از یون‌های آب پوشیده، شمار بسیاری از مولکول‌های آمونیاک نیز یافت می‌شود (شکل ۱۰).

## آیا می‌دانید

آمونیاک به دلیل تشکیل پیوندهای هیدروژنی، در آب به خوبی حل می‌شود. انحلال این ماده به طور عمده مولکولی است و محلول آن حاوی شمار اندکی از یون‌های  $NH_4^+(aq)$  و  $OH^-(aq)$  است. از این رو برای توجیه خاصیت بازی محلول آمونیاک، می‌توان آن را به صورت  $NH_4OH(aq)$  در نظر گرفت. محلولی که یک سامانه تعادلی است.



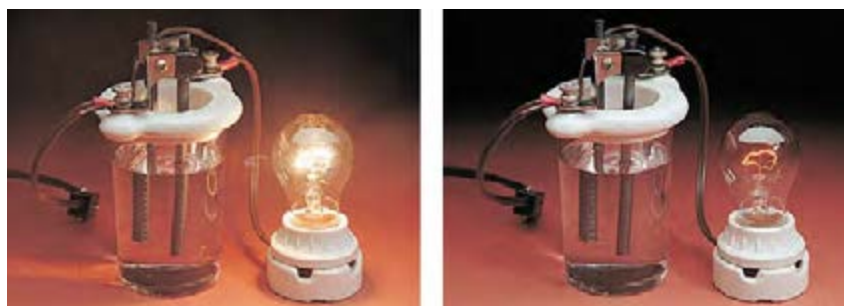
شکل ۱۰- نمای ذره‌ای از محلول‌های سدیم هیدروکسید و آمونیاک



## خود را بیازمایید

۱- شکل‌های زیر رسانایی الکتریکی دو محلول بازی را در شرایط یکسان نشان می‌دهند.

با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



(۱)

(۲)



آ) کدام محلول نشان دهنده باز ضعیف‌تری است؟ چرا؟

ب) پیش‌بینی کنید کدام محلول می‌تواند به عنوان لوله بازکن استفاده شود؟ چرا؟

۲- اگر در ۱۰۰ میلی‌لیتر از یک محلول، ۰/۰۲ مول از پتاسیم‌هیدروکسید وجود داشته باشد:

آ) غلظت یون هیدروکسید را در این محلول حساب کنید.  $0.02 = [OH^-]$

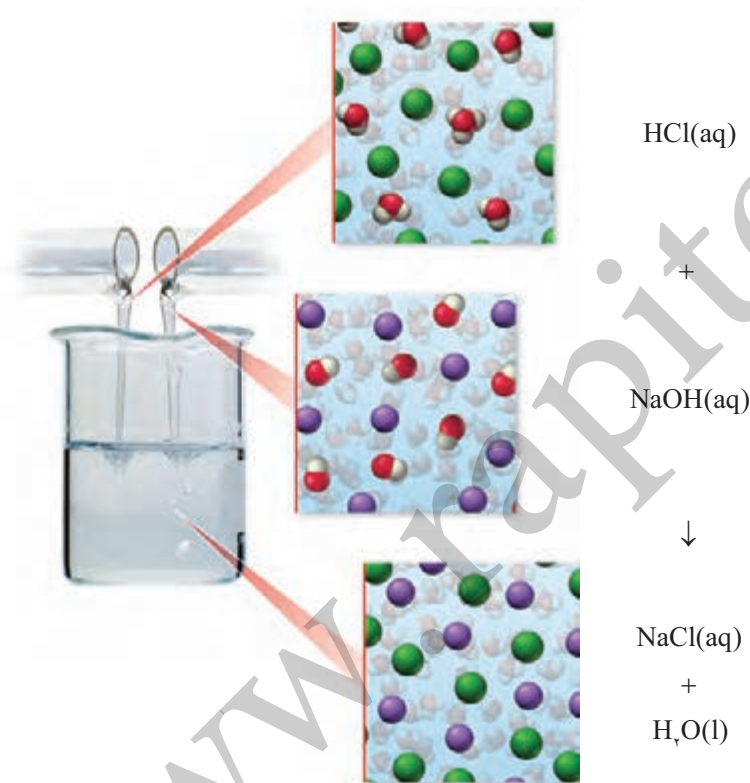
ب) حساب کنید pH سنج دیجیتال چه عددی را برای این محلول نشان می‌دهد؟  
 $pOH = 1.7 \rightarrow 12.3$

### شوینده‌های خورنده چگونه عمل می‌کنند؟

با برخی رفتارهای اسیدها و بازها آشنا شدید. یکی از رفتارهای جالب و پرکاربرد آنها

واکنش‌های شیمیایی است که بین این دو دسته از مواد انجام می‌شود. برای نمونه به واکنش

بین محلول هیدروکلریک اسید با سدیم هیدروکسید توجه کنید (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- نمای ذره‌ای از یک واکنش اسید-باز

اگر با دقت این معادله شیمیایی را بررسی کنید در می‌یابید که یون‌های هیدرونیوم در واکنش با

یون‌های هیدروکسید به مولکول‌های آب تبدیل می‌شوند در حالی که یون‌های  $Na^+(aq)$  و  $Cl^-(aq)$

دست نخورده باقی می‌مانند. به همین دلیل می‌توان معادله واکنش میان اسید و بازهایی از این

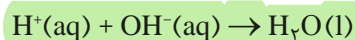


• هنگام استفاده از محلول غلیظ سدیم هیدروکسید به عنوان لوله بازکن، رعایت نکات ایمنی ضروری است، زیرا تماس این محلول با بدن و تنفس بخارات آن آسیب جدی به دنبال دارد.

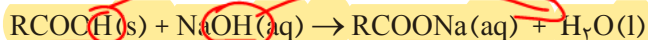
### آیا می‌دانید

محلول استیک اسید یک پاک‌کننده بوده و خاصیت ضد عفونی‌کنندگی نیز دارد. استفاده از این اسید و محلول‌های اسیدی دیگر برای پاک کردن سنگ مرمر مناسب نیست زیرا سبب می‌شود لایه‌ای از سنگ مرمر با این اسیدها واکنش داده و سطح سنگ خورده شود.

دست را به صورت زیر نمایش داد. معادله ای که نشان دهنده واکنش خنثی شدن<sup>۱</sup> اسید و باز است.



این واکنش مبنایی برای کاربرد شوینده ها و پاک کننده هاست. برای نمونه فرض کنید که مسیر لوله ای با مخلوطی از اسیدهای چرب مسدود شده است، برای باز کردن این لوله باید از محلول غلیظ سدیم هیدروکسید استفاده کرد. معادله واکنش هایی که انجام می شود را می توان به شکل کلی زیر نمایش داد.



فراورده چنین واکنش هایی، خود نوعی پاک کننده است که در آب حل می شود و می تواند چربی های اضافی را بزداید. اما چرا برای باز کردن برخی لوله ها و مجاری از محلول غلیظ هیدروکلریک اسید استفاده می شود؟ بدیهی است موادی که سبب گرفتگی این لوله ها و مجاری می شوند، خاصیت بازی دارند، به طوری که روی دیواره لوله ها و مجاری به شکل رسوب به جای مانده اند. در این حالت، لوله بازکن در واکنش با این رسوب ها، فراورده های محلول در آب یا گازی تولید می کند و از این راه سبب جرم گیری در آنها می شوند.

## پیوند با زندگی

## آیا می دانید

برگشت شیره معده به مری، ریفلاکس معده نام دارد که سبب ایجاد مزه ترش در گلو و دهان می شود. ساده ترین روش درمان آن افزایش وعده های غذایی و کاهش حجم هر وعده غذایی است.

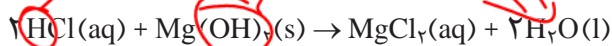


pH شیره معده به اندازه ای است که سبب می شود در هر دقیقه حدود نیم میلیون یاخته از بافت دیواره آن از بین برود.

شاید در نزدیکان شما نیز کسانی باشند که از سوزش سینه یا ترش شدن دهان و گلو رنج می برند. آیا می دانید این درد و مزه ترش، ناشی از چیست؟ چگونه می توان آن را کاهش داد یا درمان کرد؟ معده برای گوارش غذا به اسید نیاز دارد. خوردن غذا سبب می شود که غده های موجود در دیواره معده، هیدروکلریک اسید ترشح کنند.

در بدن انسان بالغ روزانه بین دو تا سه لیتر شیره معده تولید می شود که غلظت یون هیدرونیوم در آن حدود  $0.3 \text{ mol L}^{-1}$  است. در واقع درون معده یک محیط بسیار اسیدی است و حتی می تواند فلز روی را در خود حل کند! دیواره داخلی معده به طور طبیعی مقدار کمی از یون های هیدرونیوم را دوباره جذب می کند. این جذب سبب نابودی سلول های سازنده دیواره معده می شود. حال اگر مقدار اسید معده به هر دلیل بیش از اندازه باشد، شمار یون های جذب شده افزایش یافته و سبب درد، التهاب و گاهی خونریزی معده می شود. بدیهی است که مصرف غذاها و داروهای اسیدی سبب تشدید بیماری های معده خواهد شد. از این رو کسانی که به این بیماری ها مبتلا هستند افزون بر کاهش مصرف این مواد باید از داروهای دیگری استفاده کنند.

**ضداسیدها**<sup>۱</sup> داروهایی هستند که برای این منظور توسط پزشکان تجویز می‌شود. شیر منیزی یکی از رایج‌ترین آنهاست که شامل منیزیم هیدروکسید است. این دارو که به شکل سوسپانسیون مصرف می‌شود، اسید معده را مطابق معادله زیر خنثی می‌کند و سبب کاهش مقدار اسید معده می‌شود.



جدول زیر مواد مؤثر موجود در ضداسیدهای گوناگون را نشان می‌دهد.

شماره ضداسید	۱	۲	۳
ماده مؤثر	$\text{Al}(\text{OH})_3$ , $\text{NaHCO}_3$	$\text{Al}(\text{OH})_3$ , $\text{Mg}(\text{OH})_2$	$\text{NaHCO}_3$

### خود را بیازمایید

- ۱- pH شیر معده را حساب کنید (غلظت یون هیدرونیوم در آن حدود  $3 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$  است).
- ۲- در زمان استراحت، pH معده برابر با  $3/7$  است. غلظت یون هیدرونیوم را در این حالت حساب کنید.
- ۳- با توجه به ویژگی و کاربرد سدیم هیدروژن کربنات (جوش شیرین) مطابق جدول بالا:
  - پیش‌بینی کنید که محلول سدیم هیدروژن کربنات در آب چه خاصیتی دارد؟ چرا؟
  - توضیح دهید چرا برای افزایش قدرت پاک کردن چربی‌ها، به شوینده‌ها جوش شیرین می‌افزایند؟

در این فصل آموختید که مصرف مناسب مواد شوینده و پاک‌کننده در پیشگیری از بیماری‌ها مؤثر است. همچنین مصرف درست و به موقع داروها سبب درمان بیماری‌ها می‌شود. این توصیف نشان می‌دهد که نوع و میزان ارائه خدمات بهداشتی، دارویی و درمانی نقش تعیین‌کننده‌ای در سطح سلامت جامعه دارد. به دیگر سخن بهره‌گیری از دانش شیمی در پیشگیری و درمان بیماری‌ها راهگشاست. از این رو می‌تواند بر شاخص امید به زندگی اثر داشته باشد.

## تمرین‌های دوره‌ای

۱- برای هر یک از موارد زیر دلیلی بیاورید.

(آ) اسیدها و بازها با ثابت یونش کوچک، الکترولیت ضعیف به شمار می‌روند.

(ب) اغلب اسیدها و بازهای شناخته شده، ضعیف هستند.

(پ) در محلول ۰/۱ مولار نیتریک اسید در دمای اتاق،  $[NO_3^-] = 0.1 \text{ mol L}^{-1}$  است.

(ت) در محلول ۰/۱ مولار فورمیک اسید،  $[HCOOH] > [H^+]$  است.

۲- کاغذ pH بر اثر آغشته شدن به نمونه‌ای از یک محلول، به رنگ سرخ در می‌آید. همچنین رسانایی الکتریکی

این محلول در شرایط یکسان به طور آشکاری از محلول آبی سدیم کلرید کمتر است. این محلول محتوی کدام

ماده حل‌شونده می‌تواند باشد؟ توضیح دهید.



۳- در دما و غلظت یکسان، هر یک از شکل‌های زیر به کدام یک از محلول‌ها تعلق دارد؟ چرا؟

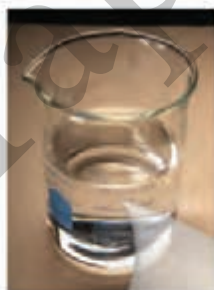
(آ) محلول استیک اسید ( $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ ).

(ب) محلول هیدروبرمیک اسید ( $K_a$  بسیار بزرگ).

(پ) محلول هیدروسبانیک اسید ( $K_a = 4.9 \times 10^{-10}$ ).



(۱)



(۲)

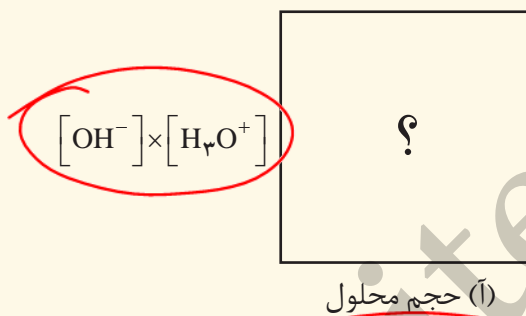


(۳)

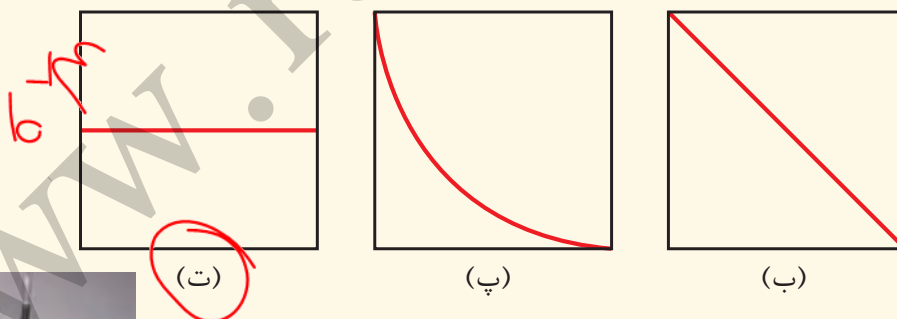
۴- رنگ گل ادریسی به میزان اسیدی بودن خاک بستگی دارد. این گل در خاکی که غلظت یون هیدرونیوم آن  $4 \times 10^{-9} \text{ molL}^{-1}$  است به رنگ سرخ است اما در خاک دیگری که غلظت یون هیدرونیوم  $4 \times 10^{-6} \text{ molL}^{-1}$  است به رنگ بازی سرخ شکوفا می شود. pH این دو نوع خاک را حساب کنید.



۵- به شکل (آ) توجه کنید:



دانش آموزی برای نشان دادن ارتباط بین حاصل ضرب غلظت یون های هیدرونیوم و هیدروکسید با حجم محلول، شکل های ب تا د را پیشنهاد داده است. کدامیک از این شکل ها ارتباط بین کمیت های داده شده را به درستی نشان می دهد؟

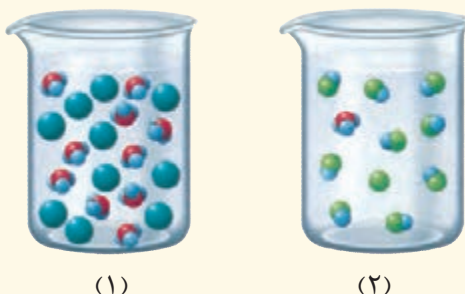


۶- در نمونه ای از عصاره گوجه فرنگی، غلظت یون هیدرونیوم  $4 \times 10^{-6}$  برابر غلظت یون هیدروکسید است. pH آن را حساب کنید و در جای خالی بنویسید.



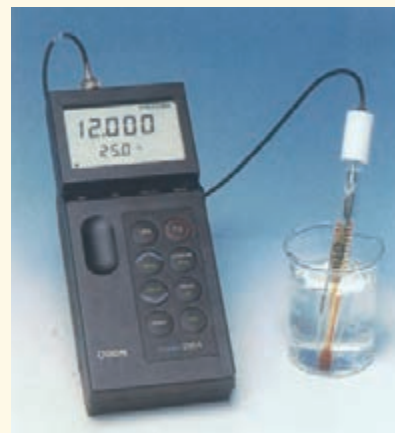
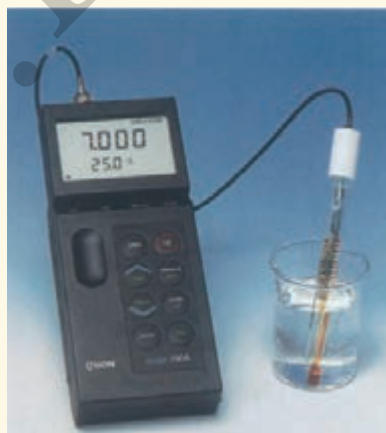
۷- pH یک نمونه از آب سیب برابر با  $4/7$  است. نسبت غلظت یون‌های هیدرونیوم به یون‌های هیدروکسید را در این نمونه حساب کنید.

۸- شکل‌های زیر  $50^\circ$  میلی لیتر از محلول آبی دو حل شونده متفاوت را نشان می‌دهد.



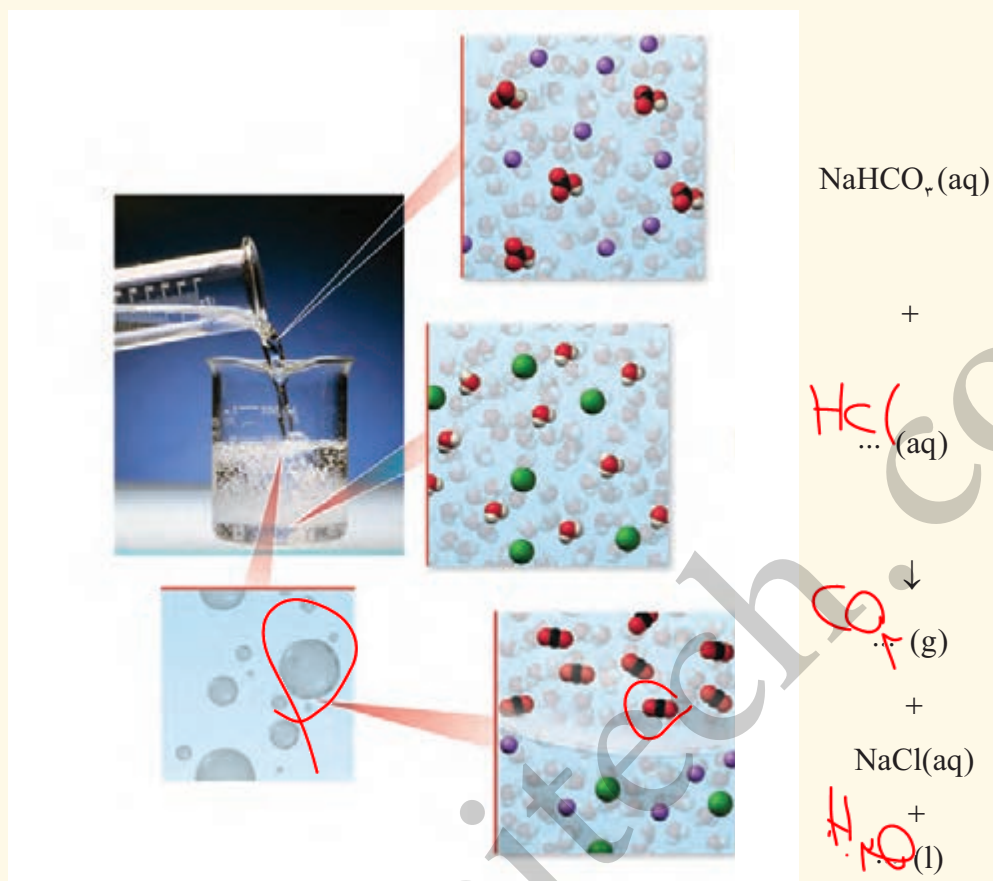
(آ) این نوع حل شونده‌ها اسید آرنیوس هستند یا باز آرنیوس؟ چرا؟  
 (ب) درجه یونش و pH را برای هر یک از آنها حساب کنید (هر ذره را  $100\%$  مول از آن گونه در نظر بگیرید).  
 ۹-  $HX$  و  $HY$  دو اسید ضعیف هستند. اگر  $12$  گرم از  $HX$  و  $8$  گرم از  $HY$  جداگانه در یک لیتر آب حل شوند، pH این دو محلول برابر خواهد شد. با مقایسه درجه یونش آنها مشخص کنید کدام اسید قوی‌تری است؟ چرا؟  
 ( $1 \text{ mol } HX = 150 \text{ g}$ ,  $1 \text{ mol } HY = 50 \text{ g}$ )

۱۰- یک کارشناس شیمی، pH نمونه‌هایی از  $200$  لیتر محلول تهیه شده (۱ و ۲) را اندازه‌گیری کرده است. حساب کنید، چه جرمی از هر ماده حل شونده به  $200$  لیتر آب افزوده شده است؟ از تغییر حجم چشم‌پوشی کنید.



(۱)  $\xleftarrow{?gHNO_3}$  آب خالص  $\xrightarrow{?gKOH}$  (۲)

۱۱- با توجه به شکل زیر که نمای ذره‌ای از یک واکنش را نشان می‌دهد، به پرسش‌ها پاسخ دهید.

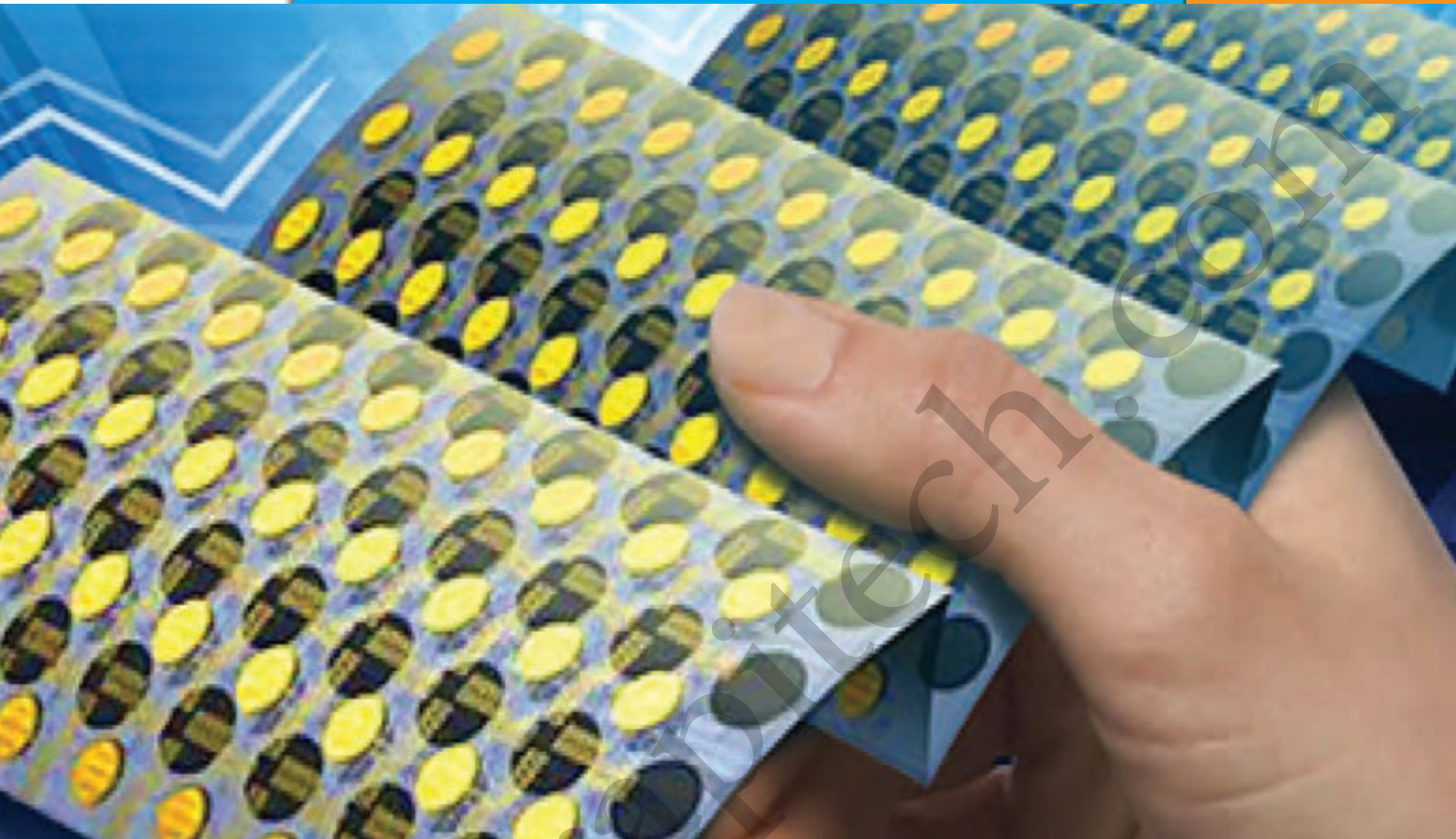


آ) هر یک از جاهای خالی را با فرمول شیمیایی مناسب پر کنید.

ب) از واکنش ۱۰۰ میلی لیتر محلول هیدروکلریک اسید ۲٪ مول بر لیتر با مقدار کافی از سدیم هیدروژن کربنات، چند میلی لیتر گاز کربن دی اکسید در STP تولید می‌شود؟

۱۲- ثابت یونش برای محلول‌های  $\text{BOH}(\text{aq})$  و  $\text{B}^+\text{OH}(\text{aq})$  در دمای اتاق به ترتیب برابر با  $10^{-5}$  و  $1/8 \times 10^{-4}$  است.

آ) کدام یک باز قوی‌تری است؟ چرا؟  
 $\text{BOH}$   
 ب) pH کدام محلول کمتر است؟ چرا؟  
 $\text{BOH}$



هُوَ الَّذِي يُرِيكُمُ الْبَرْقَ خَوْفًا وَطَمَعًا... (سورهٔ رعد، آیه ۱۲)

اوست که برق را به شما نشان می‌دهد که هم مایه ترس و هم مایه امید است.

پدیده‌های طبیعی همچون تندر و آذرخش نشان می‌دهند که انرژی ممکن است به شکل انرژی الکتریکی میان سامانه واکنش و محیط پیرامون جاری شود. پدیده‌هایی از این دست که از ماهیت الکتریکی ماده سرچشمه می‌گیرند سبب شد تا تلاش برای شناسایی واکنش‌های شامل داد و ستد الکترون به شکل هدفمند دنبال شود. واکنش‌هایی که مبنای تولید انرژی الکتریکی هستند. تولید انرژی الکتریکی پاک و ارزان دستاوردی از دانش الکتروشیمی است که در سایه فناوری‌های پیشرفته، افزایش سطح رفاه و آسایش را در جهان به دنبال داشته است. الکتروشیمی افزون بر تهیه مواد جدید به کمک انرژی الکتریکی می‌تواند در راستای پیاده کردن اصول شیمی سبز گام بردارد.





رشد دانش و پیشرفت فناوری، انجام فعالیت‌های فردی، اقتصادی، صنعتی و... را آسان‌تر کرده و افزایش سطح رفاه و آسایش را به دنبال داشته است. تأمین روشنایی، گرمایش و سرمایش آسان‌تر، حمل و نقل سریع‌تر و ایمن‌تر، درمان و کاهش اثر نقص عضو و انتقال ایمن آب آشامیدنی نیم رخی از افزایش سطح رفاه و آسایش را نشان می‌دهند (شکل ۱).



آ) اتاق باتری      ب) سمعک      پ) قطار برقی

شکل ۱- نمونه‌هایی از فناوری که نقش الکتروشیمی را در آسایش و رفاه نشان می‌دهند.

دو رکن اساسی تحقق این فناوری‌ها، دستیابی به مواد مناسب و تأمین انرژی است. می‌دانید که پرکاربردترین شکل انرژی در به کارگیری این فناوری‌ها انرژی الکتریکی است.

**الکتروشیمی**<sup>۱</sup> شاخه‌ای از دانش شیمی است که در بهبود خواص مواد و تأمین انرژی نقش بسزایی دارد (شکل ۲).

## الکتروشیمی



پ) اندازه‌گیری و کنترل کیفی (اطمینان از کیفیت فرآورده)

ب) تولید مواد (مانند برقکافت و آبکاری)

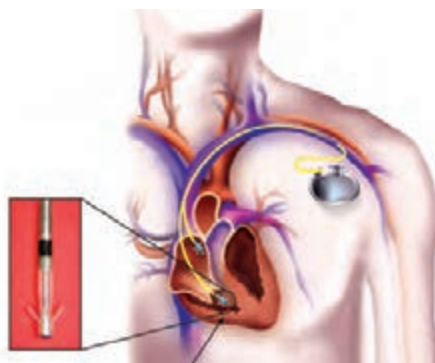
آ) تأمین انرژی (باتری‌ها، سلول سوختی و سوخت آنها)

شکل ۲- برخی قلمروهای الکتروشیمی

باتری یکی از فرآورده‌های مهم صنعتی است که در محل مورد نیاز با انجام واکنش‌های شیمیایی، الکتربسیته تولید می‌کند. برای نمونه تأمین انرژی الکتریکی برای تنظیم‌کننده ضربان قلب، سمعک، تلفن همراه، اندام مصنوعی، دوربین دیجیتال، رایانه قابل حمل و خودروی الکتریکی به باتری وابسته است (شکل ۳).

## آیا می دانید

فاصله میان اندام‌های مصنوعی و واقعی هر روز کمتر و کمتر می‌شود و به لطف پیشرفت‌های چشمگیر در زمینه ساخت باتری، ربات‌های کنترل‌شونده با مغز و هوش مصنوعی، اندام‌های مکانیکی به عضوی از بدن تبدیل می‌شوند.



شکل ۳- برخی کاربردهای باتری

از سوی دیگر ساخت لوله‌های فلزی انتقال آب، قوطی‌های محتوی مواد غذایی، لوازم آشپزی که در برابر خوردگی مقاوم هستند و مانع از آلوده شدن آب و مواد غذایی می‌شوند، همچنین کسب اطمینان از کیفیت تولید فرآورده‌های دارویی، بهداشتی، غذایی و... چهره‌ای دیگر از افزایش سطح رفاه و آسایش هستند. دستیابی به این موفقیت‌ها در گرو بهره‌گیری از دانش الکتروشیمی است. دانشی که می‌تواند دستاوردهای گوناگونی را برای رفاه بشر به ارمغان آورد و در ایجاد آسایش بیشتر برای مردم همچنین پیشرفت کشورمان نقش ایفا کند. برای دستیابی به این مهم نخست باید بدانید در چه واکنش‌هایی الکترون داد و ستد می‌شود؟ چگونه می‌توان از این واکنش‌ها در تأمین الکتروسیته بهره جست؟ الکتروشیمی چه نقشی در تأمین انرژی سبز و پاک دارد؟ چگونه می‌توان خواص مواد را بهبود بخشید؟

## انجام واکنش با سفر الکترون

از درس علوم به یاد دارید که یکی از راه‌های بهره‌گیری از انرژی ذخیره شده در فلزها، اتصال آنها در شرایط مناسب به یکدیگر است. برای نمونه با یک تیغه مسی و تیغه‌ای دیگر مانند روی و با میوه‌ای مانند لیمو می‌توان نوعی باتری ساخت و با آن یک لامپ LED را روشن کرد (شکل ۴).

موتورسیکلت برقی و تلفن همراه نمونه‌هایی از وسایلی هستند که با انرژی ذخیره شده در باتری کار می‌کنند. در واقع باتری، مولدی است که در آن واکنش‌های شیمیایی با سفر الکترون رخ می‌دهد تا بخشی از انرژی شیمیایی مواد به انرژی الکتریکی تبدیل شود و موتور را به حرکت درآورد. با این توصیف شناخت نوع و شیوه انجام واکنش‌های درون باتری‌ها کمک خواهد کرد تا بتوان از واکنش‌های شیمیایی برای رفع نیازها به درستی بهره برد.



چراغ خورشیدی یک ابزار روشنایی است که از لامپ LED، سلول خورشیدی و باتری قابل شارژ تشکیل شده است.



شکل ۴- باتری لیمویی

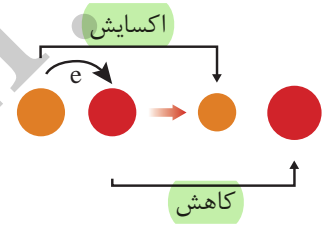
## با هم ببیندیشیم

اکسیژن نافلزی فعال است که با اغلب فلزها واکنش می‌دهد و آنها را به اکسید فلز تبدیل می‌کند، در حالی که با برخی فلزها مانند طلا و پلاتین واکنش نمی‌دهد. شکل زیر الگوی ساده‌ای از واکنش بین اتم‌های روی و اکسیژن را با ساختار لایه‌ای اتم نشان می‌دهد.

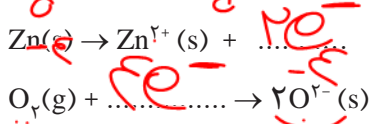


ب) کدام اتم الکترون از دست داده و کدام الکترون گرفته است؟

پ) اگر گرفتن الکترون را کاهش<sup>۱</sup> و از دست دادن الکترون را اکسایش<sup>۲</sup> بنامیم، کدام گونه کاهش و کدام اکسایش یافته است؟



ت) شیمی دان‌ها هر یک از فرایندهای گرفتن و از دست دادن الکترون را با یک نیم‌واکنش<sup>۳</sup> نمایش می‌دهند که هر نیم‌واکنش باید از لحاظ جرم (اتم‌ها) و بار الکتریکی موازنه باشد. اینک با قرار دادن شمار معینی الکترون، هر یک از نیم‌واکنش‌های زیر را موازنه کنید.



- اکسایش: از دست دادن الکترون
- کاهش: به دست آوردن الکترون

ث) کدام یک از نیم‌واکنش‌های بالا، نیم‌واکنش اکسایش و کدام یک نیم‌واکنش کاهش را نشان می‌دهد؟ چرا؟

ج) ماده‌ای که با گرفتن الکترون سبب اکسایش گونه دیگر می‌شود، **اکسینده**<sup>۴</sup> و ماده‌ای که با دادن الکترون سبب کاهش گونه دیگر می‌شود، **کاهنده**<sup>۵</sup> نام دارد. در واکنش روی با اکسیژن، گونه اکسینده و کاهنده را مشخص کنید.

- اغلب فلزها در واکنش با نافلزها تمایل دارند یک یا چند الکترون خود را به نافلزها داده و ضمن اکسایش به کاتیون تبدیل شوند. نافلزها نیز با گرفتن یک یا چند الکترون کاهش یافته و به آنیون تبدیل می‌شوند. از این رو فلزها اغلب کاهنده و نافلزها اغلب اکسینده هستند.

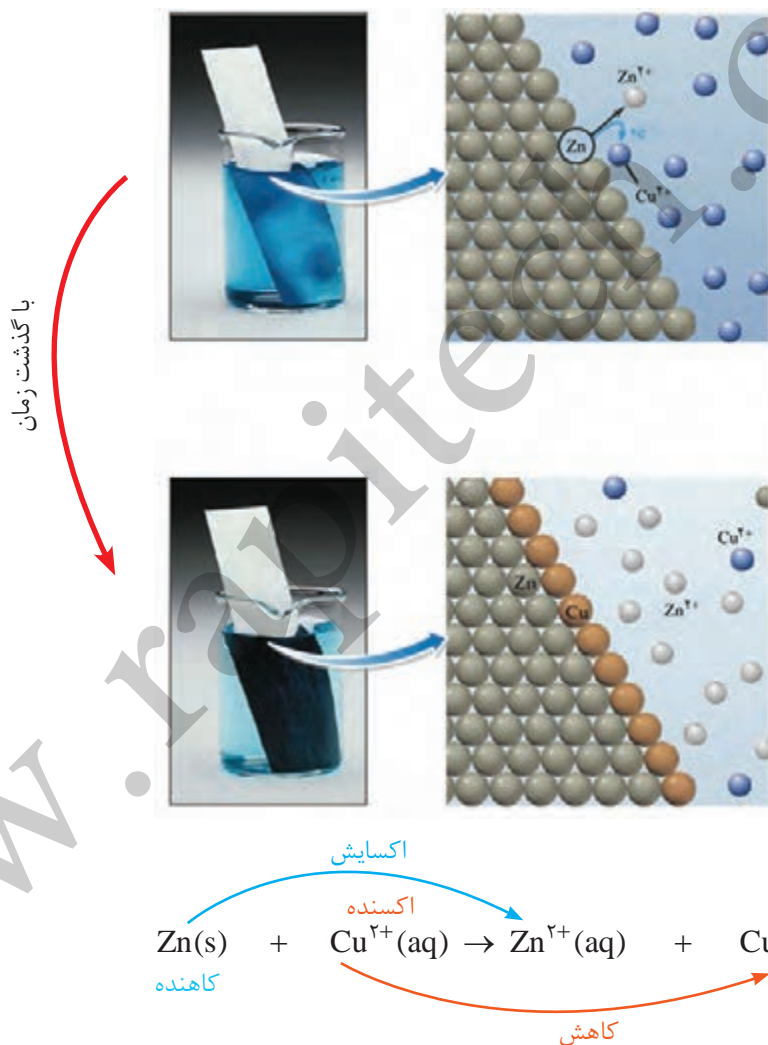
دریافتید که در واکنش‌های اکسایش-کاهش، گونه‌های شیمیایی الکترون داد و ستد می‌کنند به طوری که برخی گونه‌ها با از دست دادن الکترون اکسایش می‌یابند و در مقابل، برخی گونه‌ها با گرفتن الکترون کاهش می‌یابند.

۱- Reduction  
۲- Oxidation  
۳- Half-Reaction  
۴- Oxidant  
۵- Reductant

برای نمونه هرگاه تیغه‌ای از جنس روی درون محلول مس (II) سولفات آبی رنگ قرار گیرد، به تدریج از شدت رنگ محلول کاسته می‌شود. این تغییر رنگ نشان دهنده انجام واکنش شیمیایی زیر است:



در این واکنش اتم‌های روی (Zn) هر یک با از دست دادن دو الکترون به یون‌های روی ( $\text{Zn}^{2+}$ ) اکسایش یافته و هم‌زمان با آن، هر یون مس ( $\text{Cu}^{2+}$ ) با دریافت همان دو الکترون به اتم مس (Cu) کاهش می‌یابد. در واکنش‌هایی از این دست، فرآورده‌ها پایدارتر از واکنش‌دهنده‌ها هستند (شکل ۵).



شکل ۵- واکنش فلز روی با یون‌های مس (II)

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در هر واکنش شیمیایی هنگامی که بار الکتریکی یک گونه (اتم، مولکول یا یون) مثبت‌تر می‌شود، آن گونه اکسایش یافته و گونه‌ای که بار الکتریکی آن منفی‌تر می‌شود، کاهش می‌یابد.

## خود را بیازمایید

۱- اغلب فلزها در واکنش با محلول اسیدها، گاز هیدروژن و نمک تولید می‌کنند. با توجه به این شکل که نمایی از این واکنش را نشان می‌دهد، به پرسش‌ها پاسخ دهید.

آ) کدام گونه اکسایش و کدام گونه کاهش یافته است؟ چرا؟  

$$\text{Zn} + \text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2(\text{g})$$

ب) نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش را بنویسید و موازنه کنید.

پ) نیم‌واکنش‌ها را با هم جمع کنید تا با حذف الکترون‌ها، معادله واکنش به دست آید.

ت) با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، عبارت داده شده را کامل کنید  

$$\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2e^-$$
  

$$2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$$

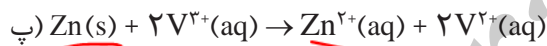
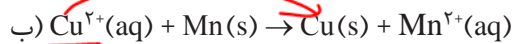
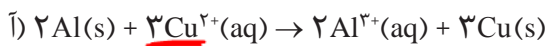
در این واکنش، اتم‌های روی الکترون از دست می‌دهند و به دست می‌آورند اکسایش می‌یابند و سبب کاهش اکسایش کاهنده دارند. در حالی که

یون‌های هیدروژن می‌شوند، از این رو اتم‌های روی نقش اکسنده دارند. در حالی که کاهش اکسایش کاهنده دارند. در حالی که یون‌های هیدروژن، الکترون از دست می‌دهند و به دست می‌آورند اکسایش می‌یابند و سبب کاهش اکسایش کاهنده دارند. در حالی که یون‌های هیدروژن نقش اکسنده دارند.



• واکنش فلز روی با محلول هیدروکلریک اسید.

۲- در هریک از واکنش‌های زیر، گونه‌های اکسنده و کاهنده را مشخص کنید.



## در میان تارنماها

با مراجعه به منابع علمی معتبر در مورد سیر تحول تولید نور در فلاش عکاسی، از سوختن منیزیم تا لامپ‌های امروزی اطلاعاتی جمع‌آوری و در کلاس گزارش کنید. در بحث خود به نقش جریان الکتریکی در نوآوری‌های مرتبط با فلاش عکاسی اشاره نمایید.

## جاری شدن انرژی با سفر الکترون

در برخی واکنش‌های اکسایش - کاهش افزون بر داد و ستد الکترون، انرژی نیز آزاد می‌شود. در شیمی ۱ دیدید که فلزهایی مانند منیزیم و سدیم در اکسیژن می‌سوزند، نور و گرما تولید می‌کنند.

• در گذشته برای عکاسی از سوختن منیزیم به عنوان منبع نور استفاده می‌شد. در این واکنش  $\text{Mg}(\text{s})$  با نور خیره‌کننده‌ای در  $\text{O}_2(\text{g})$  می‌سوزد و به  $\text{MgO}(\text{s})$  تبدیل می‌شود. در این واکنش گونه‌های اکسنده و کاهنده را مشخص کنید.

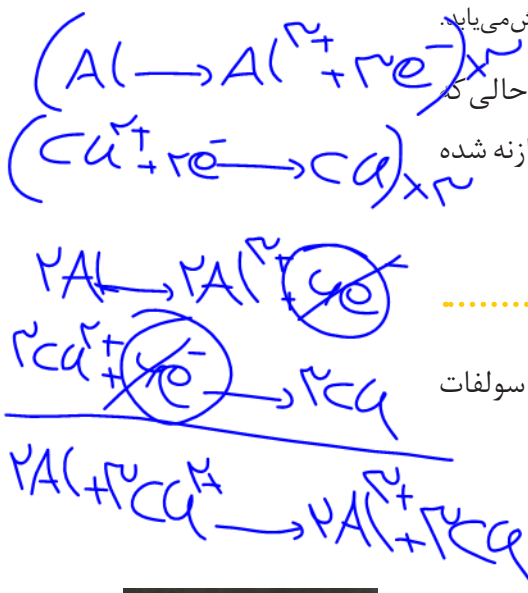


● واکنش بیاف آهن با محلول مس (II) سولفات.

همچنین از واکنش میان فلزهایی مانند روی، آهن و آلومینیم با محلول مس (II) سولفات گرما آزاد می‌شود. شکل ۶، واکنش بین فلز آلومینیم با محلول مس (II) سولفات را همراه با معادله شیمیایی آن نشان می‌دهد.



شکل ۶- هنگامی که  $Al(s)$  درون  $CuSO_4(aq)$  قرار گیرد، بر اثر واکنش اکسایش-کاهش، دمای محلول افزایش می‌یابد. در واکنش بالا هر اتم آلومینیم سه الکترون از دست می‌دهد و اکسایش می‌یابد در حالی که هر یون مس دو الکترون می‌گیرد و کاهش می‌یابد. با این توصیف بر اساس معادله موازنه شده واکنش، چند الکترون میان اتم‌های آلومینیم و یون‌های مس داد و ستد می‌شود؟



### خود را بیازمایید

جدول زیر داده‌هایی را از قرار دادن برخی تیغه‌های فلزی درون محلول مس (II) سولفات در دمای  $20^\circ C$  نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

نام فلز	نشانه شیمیایی فلز	دمای مخلوط واکنش پس از مدتی ( $^\circ C$ )
آهن	Fe	۲۳
طلا	Au	۲۰
روی	Zn	۲۶
مس	Cu	۲۰

آ) تغییر دمای مخلوط واکنش نشان دهنده چیست؟  $Au < Cu < Fe < Zn$

ب) هر یک از واکنش‌های زیر را کامل کرده سپس گونه‌های کاهنده و اکسنده را مشخص کنید.



پ) با توجه به تغییر دمای هر سامانه، کدام فلز تمایل بیشتری به از دست دادن الکترون دارد؟ چرا؟  
 ت) فلزهای  $Au, Fe, Zn, Cu$  را بر اساس قدرت کاهندگی مرتب کنید.

ث) پیش‌بینی کنید هرگاه تیغه مس درون محلول روی سولفات قرار گیرد، آیا واکنشی

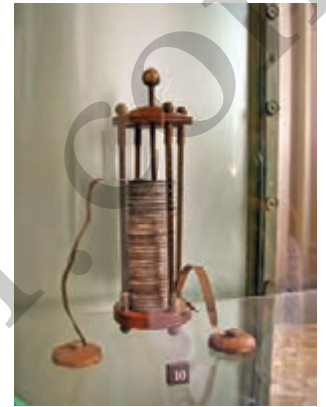
انجام می‌شود؟ چرا؟



● تیغه مس در محلول روی سولفات پس از مدت طولانی تغییری نمی‌کند.

## آیا می دانید

آلساندرو ولتا، سلول ولتا را ابداع کرد. سلولی که از صفحه‌های دایره‌ای شکل از جنس مس و روی تشکیل شده و به صورت یک در میان روی هم قرار گرفته‌اند و بین آنها کاغذی آغشته به محلول نمک خوراکی وجود دارد.



## آیا می دانید

شواهد تاریخی نشان می‌دهد که ایرانیان باستان با ظرف‌های سفالی، قطعه‌هایی از فلزهای آهن و مس همراه با محلول نمک خوراکی یا سرکه، دستگاهی برای تبدیل انرژی شیمیایی به الکتریکی ساخته بودند.



آموختید که تمایل فلزها برای از دست دادن الکترون در محلول‌های آبی یکسان نیست. به دیگر سخن فلزها قدرت کاهندگی متفاوتی دارند. برای نمونه فلز روی کاهنده‌تر از مس است. با این توصیف در یک واکنش اکسایش - کاهش، فلزی که قدرت کاهندگی بیشتری دارد، می‌تواند با برخی کاتیون‌های فلزی واکنش دهد و آنها را به اتم‌های فلزی بکاهد. در واکنش‌هایی از این دست، مخلوط واکنش گرم‌تر می‌شود زیرا سامانه واکنش بخشی از انرژی خود را به شکل گرما به محیط می‌دهد. به نظر شما آیا می‌توان این واکنش‌ها را به گونه‌ای انجام داد تا همراه با تولید گرما، از الکترون‌های داد و ستد شده برای ایجاد جریان الکتریکی استفاده کرد؟

## واکنش‌های شیمیایی و سلف هدایت شدم الکترون‌ها

برای ایجاد جریان الکتریکی باید الکترون‌ها را از یک مسیر معین عبور داد یا از نقطه‌ای به نقطه دیگر جابه‌جا نمود. اگر به جای داد و ستد مستقیم الکترون بین گونه‌های اکسیده و کاهنده در یک واکنش، بتوان الکترون‌ها را از طریق یک مدار بیرونی هدایت و جابه‌جا کرد آنگاه می‌توان بخشی از انرژی آزاد شده در واکنش اکسایش - کاهش را به شکل انرژی الکتریکی در دسترس تبدیل نمود. آیا می‌دانید برای دستیابی به این هدف چه تغییری باید در شرایط و چگونگی انجام یک واکنش اکسایش - کاهش صورت گیرد؟

شیمی دان‌ها در پژوهش‌ها دریافته‌اند که هرگاه تیغه روی درون محلولی از روی سولفات (نیم سلول روی) و تیغه مس درون محلولی از مس (II) سولفات (نیم سلول مس) قرار گیرد و نیم سلول‌ها همانند شکل زیر به یکدیگر وصل شوند، الکترون‌ها در مدار بیرونی جابه‌جا شده و جریان الکتریکی ایجاد می‌شود. جریانی که سبب روشن شدن لامپ خواهد شد. نتایج حاصل از چنین پژوهش‌هایی منجر به ساخت سلول گالوانی شد (شکل ۷).



شکل ۷- نمایی از سلول گالوانی Zn-Cu

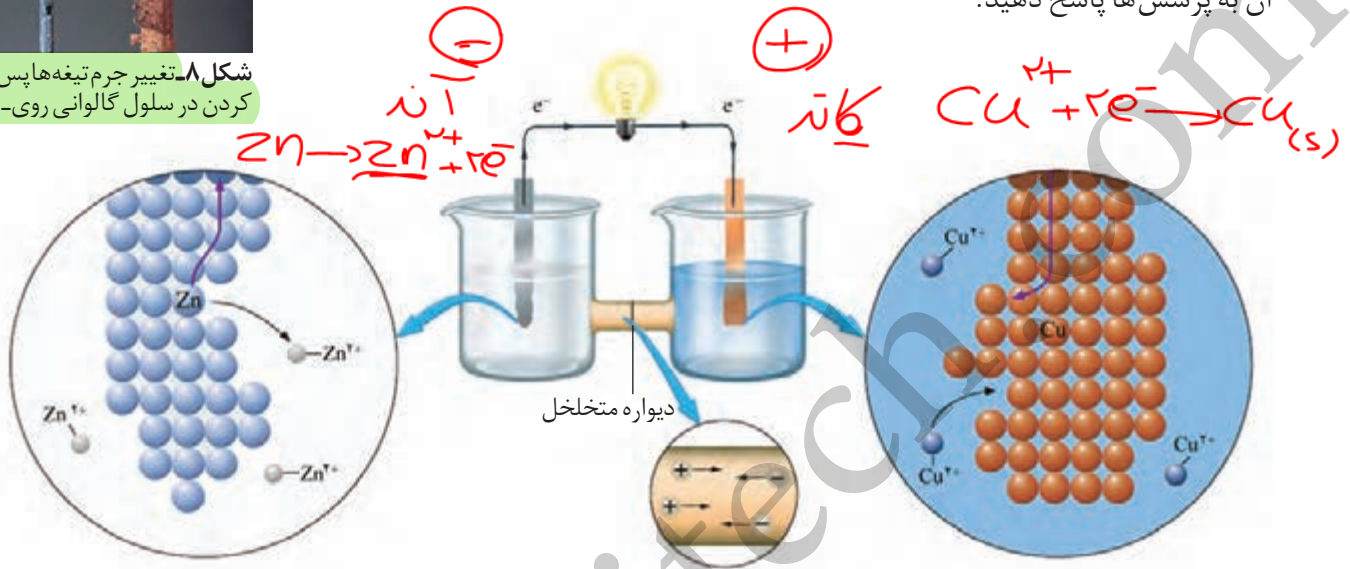


شکل ۸- تغییر جرم تیغه‌ها پس از کار کردن در سلول گالوانی روی-مس.

اگر پس از انجام واکنش، تیغه‌های روی و مس را از سلول گالوانی جدا کنید، خواهید دید که از جرم تیغه روی کاسته شده و بر جرم تیغه مس افزوده شده است (شکل ۸).

## با هم ببیندیشیم

شکل زیر نمای ذره‌ای از سلول گالوانی روی - مس (Zn - Cu) را نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



## آیا می‌دانید

دیواره متخلخل از جنس سفال، خاک چینی (کائولن)، آزبست یا گرد فشرده شیشه است که از مخلوط شدن مستقیم و سریع دو الکترولیت جلوگیری می‌کند اما برخی یون‌های موجود در دو محلول می‌توانند از آن عبور کنند.

آ) نیم‌واکنش‌های انجام شده در هر نیم سلول و واکنش کلی سلول را بنویسید.

ب) آند<sup>۱</sup> الکترودی است که در آن نیم‌واکنش اکسایش و کاتد<sup>۲</sup> الکترودی است که در آن

نیم‌واکنش کاهش رخ می‌دهد. با این توصیف، کدام الکترود نقش آند و کدام نقش کاتد را دارد؟

پ) در مدار بیرونی، حرکت الکترون‌ها در چه جهتی است؟ چرا؟

ت) توضیح دهید چرا پس از مدتی جرم تیغه روی کم و جرم تیغه مس زیاد شده است؟

آموختید که سلول گالوانی، دستگاهی است که می‌تواند بر اساس قدرت کاهندگی فلزها

انرژی الکتریکی تولید کند. برای نمونه در سلول گالوانی روی-مس، نیم‌واکنش اکسایش در آند

(الکترود روی) انجام می‌شود و هر اتم روی دو الکترون از دست می‌دهد و به شکل یون روی وارد

محلول می‌شود. به دلیل تولید الکترون در این الکترود آن را با علامت منفی نشان می‌دهند.

الکترون‌های تولید شده در سطح الکترود روی از طریق مدار بیرونی (سیم رابط) به سوی کاتد

(الکترود مس) روانه می‌شوند. هر یون مس موجود در محلول، این دو الکترون را می‌گیرد و

به شکل اتم مس بر سطح تیغه می‌نشیند. انتظار می‌رود با ادامه این روند به تدریج در محلول

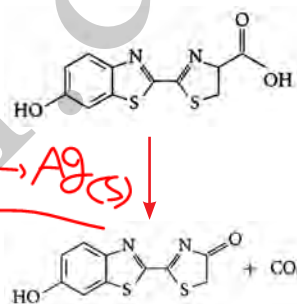
• نیم‌واکنش اکسایش را نیم‌واکنش آندی و نیم‌واکنش کاهش را نیم‌واکنش کاتدی می‌نامند.

۱- Anode  
۲- Cathode



## آیا می دانید

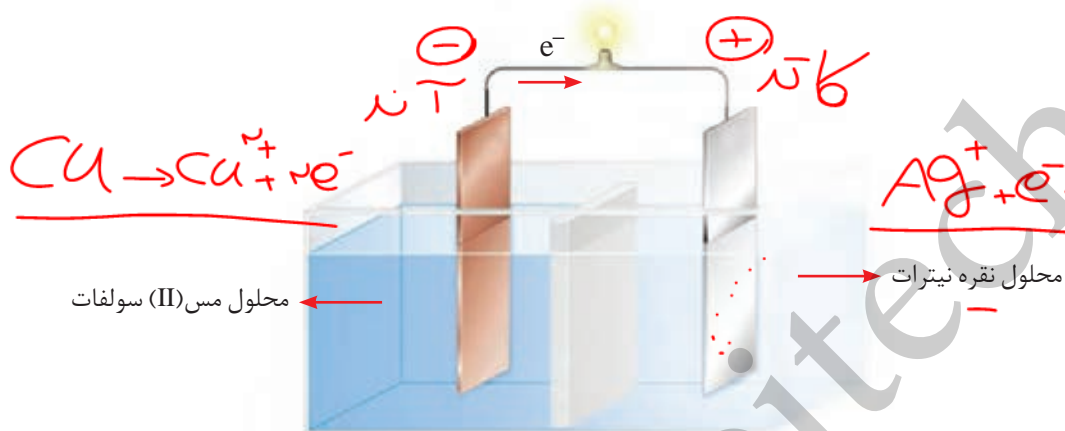
نور تولید شده توسط کرم شب تاب، نتیجه انجام واکنش شیمیایی زیر است که یک واکنش شیمیایی منحصر به فرد از نوع اکسایش و کاهش است. این واکنش ها به بیولوژیست ها معروف است که از طریق آنها این جانور و برخی جانوران دیگر به جفت خود پیام می دهند. واکنش دهنده در این واکنش شیمیایی، لوسیفیرین کرم شب تاب و آنزیمی که این واکنش را کاتالیز می کند، لوسیفراز نام دارد.



پیرامون الکتروند، غلظت کاتیون روی از آنیون ها بیشتر شده اما در محلول پیرامون الکتروند، غلظت آنیون ها از کاتیون مس بیشتر شود. جالب اینکه در عمل هیچ گاه چنین پدیده ای رخ نمی دهد زیرا برای ادامه واکنش اکسایش - کاهش، محلول های موجود در هر دو ظرف باید از نظر بار الکتریکی خنثی بمانند. این مهم هنگامی امکان پذیر است که کاتیون ها از نیم سلول آند به کاتد و آنیون ها از نیم سلول کاتد به آند با گذر از دیواره متخلخل مهاجرت کنند.

## خود را بیازمایید

شکل زیر سلول گالوانی مس - نقره (Cu - Ag) را نشان می دهد. با توجه به آن به پرسش ها پاسخ دهید.



آ) علامت الکترودهای مس و نقره را مشخص کنید.

ب) نیم واکنش های انجام شده در آند و کاتد را بنویسید.

پ) با انجام واکنش، جرم الکترودها چه تغییری می کند؟ توضیح دهید.

ت) جهت حرکت یون ها را از دیواره متخلخل مشخص کنید.

با ساختار و شیوه کار سلول گالوانی آشنا شدید. سلولی که به دلیل تولید انرژی الکتریکی،

ویژگی های یک باتری را دارد. با اینکه هر سلول گالوانی ولتاژ معینی دارد اما در آنها با تغییر

هر یک از اجزای سلول، ولتاژ تغییر می کند. آیا می دانید این ولتاژ ناشی از چیست؟ چگونه

می توان آن را اندازه گیری کرد؟

اگر در سلول گالوانی به جای لامپ، ولتسنج قرار گیرد، ولتاژی که ولتسنج نشان

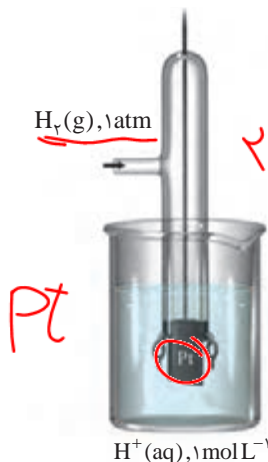
می دهد، اختلاف پتانسیل میان دو نیم سلول است. کمیتی که به نیروی الکتروموتوری

معروف است و با  $emf$  نمایش داده می شود. اینک می پرسید برای تعیین سهم هر یک از

نیم سلول ها در ولتاژ سلول چه باید کرد؟

## آیا می دانید

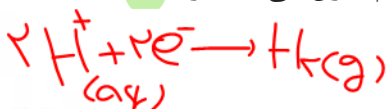
SHE شامل یک الکترود پلاتینی است که در محلولی با  $\text{pH}=0$  و دمای  $25^\circ\text{C}$  قرار دارد و گاز هیدروژن با فشار  $1\text{ atm}$  از روی آن عبور داده می شود.



رتبه بندی فلزها بر اساس  $E^\circ$  آنها در یک جدول، سری الکتروشیمیایی نامیده می شود.

بالا تر = کاتد  
پایین تر = آند

اندازه گیری پتانسیل یک نیم سلول به طور جداگانه ممکن نیست و باید این کمیت به طور نسبی اندازه گیری شود. شیمی دان ها برای دستیابی به این هدف، نیم سلول استاندارد هیدروژن (SHE) را به عنوان مبنا انتخاب کردند و پتانسیل آن را برابر با صفر در نظر گرفتند. در ادامه با تشکیل سلول گالوانی از هر نیم سلول با SHE توانستند پتانسیل بسیاری از نیم سلول ها را اندازه گیری کرده و در جدولی ثبت کنند (جدول ۱). این اندازه گیری ها در دمای  $25^\circ\text{C}$ ، فشار  $1\text{ atm}$  و غلظت یک مولار برای محلول الکترولیت ها انجام شده است. در این شرایط پتانسیل اندازه گیری شده را پتانسیل استاندارد نیم سلول می نامند و با  $E^\circ$  نمایش می دهند.



جدول ۱- پتانسیل کاهش استاندارد برای برخی نیم سلول ها

نیم واکنش کاهش	$E^\circ$ (V)
$\text{Au}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Au}(\text{s})$	+۱/۵۰
$\text{Pt}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pt}(\text{s})$	+۱/۲۰
$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s})$	+۰/۸۰
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$	+۰/۳۴
$2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$	۰/۰۰
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}(\text{s})$	-۰/۱۴
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$	-۰/۴۴
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$	-۰/۷۶
$\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}(\text{s})$	-۱/۱۸
$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}(\text{s})$	-۱/۶۶
$\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}(\text{s})$	-۲/۳۷

اکسنده قوی تر

کاهنده قوی تر

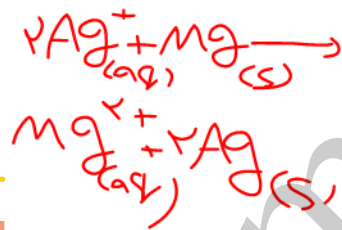
## آیا می دانید

هر یک از نیم واکنش های جدول  $E^\circ$  می تواند بسته به شرایط انجام واکنش کلی، در جهت رفت یا برگشت پیش بروند.

همان گونه که مشاهده می کنید در این جدول، نیم واکنش ها به شکل کاهش نوشته شده اند و این پیشنهاد آیوپاک برای هماهنگی در همه منابع علمی معتبر به کار می رود. در هر نیم واکنش، گونه کاهنده در سمت راست و گونه اکسنده در سمت چپ نوشته می شود. در این جدول علامت  $E^\circ$  فلزهایی که قدرت کاهندگی بیشتری از  $\text{H}_2$  دارند، منفی و علامت  $E^\circ$  فلزهایی که قدرت کاهندگی کمتری از  $\text{H}_2$  دارند، مثبت است.

## خود را بیازمایید

با استفاده از جدول ۱ مشخص کنید در سلول گالوانی ساخته شده از نقره و منیزیم :  
 (آ) کدام الکترود آند و کدام کاتد خواهد بود؟ چرا؟  
 (ب) نیم واکنش های انجام شده را بنویسید و واکنش کلی سلول را به دست آورید.



پیوند با ریاضی

۱- با مراجعه به جدول ۱، هر یک از جاهای خالی را پر کنید.

$$E^\circ(Cu^{2+}/\dots) = + \dots V$$

$$E^\circ(\dots/Zn) = - \dots V$$

۲- در سلول گالوانی تشکیل شده از دو نیم سلول بالا مشخص کنید کدام یک نقش آند و کدام یک نقش کاتد را دارد؟

۳- شکل زیر سلول گالوانی استاندارد روی - مس را نشان می دهد. با توجه به آن به



پرسش های زیر پاسخ دهید:

(آ) emf این سلول را از روی شکل مشخص

کنید.

(ب) کدام رابطه زیر برای محاسبه این

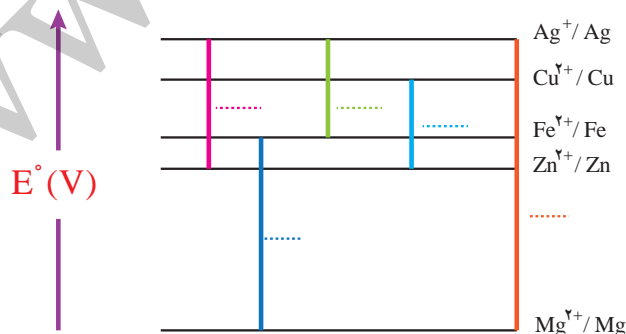
کمیت به کار رفته است؟ توضیح دهید.

$$emf = E^\circ(\text{آند}) - E^\circ(\text{کاتد}) \quad \checkmark$$

$$emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) \quad \square$$

۴- در نمودار زیر هر خط رنگی نشان دهنده یک سلول گالوانی تشکیل شده از دو فلز را

نشان می دهد. با توجه به جدول پتانسیل استاندارد به پرسش ها پاسخ دهید.



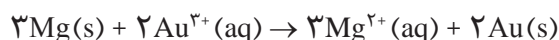
## آیا می دانید

emf کمیتی از جنس انرژی است که آن را در فیزیک با نام نیروی محرکه الکتریکی شناختید. شیمی دان ها در منابع علمی معتبر آن را با  $E_{\text{سلول}}$  نیز نشان می دهند.

آ) نخست برای هر سلول گالوانی، آند و کاتد را مشخص کرده سپس emf را حساب کنید و در جای خالی بنویسید.

ب) اگر چند نیم سلول در اختیار داشته باشید و بخواهید از آنها یک سلول گالوانی با بیشترین ولتاژ بسازید، از کدام نیم سلول ها استفاده می کنید؟ چرا؟

۵ - با استفاده از جدول ۱، emf سلولی را حساب کنید که واکنش اکسایش - کاهش زیر در آن رخ می دهد.



## آیا می دانید

در هر تن از نمک دریاچه قم، بیش از ۲۰۰ گرم لیتیم وجود دارد.

## آیا می دانید

مقدار فلزهای موجود در ۵۰۰ میلیون تلفن همراه به شرح زیر است.

نام فلز	مقدار (تن)
مس	۷۹۰۰
نقره	۱۷۸
طلا	۱۷
پالادیم	۷/۴
پلاتین	۰/۱۸

## آیا می دانید

با بازیافت باتری ها می توان حجم انبوهی از فلزهای گوناگون را به چرخه مصرف برگرداند. جدول زیر مصرف سالانه فلزها برای تولید باتری در جهان را نشان می دهد.

نام فلز	مقدار (کیلو تن)
کبالت	۱۳
لیتیم	۳۰
نیکل	۱۵۰
منگنز	۵۲۰۰
پلاتین	۰/۱۸



با واکنش های اکسایش - کاهش و کاربرد آنها در ساخت سلول های گالوانی آشنا شدید. سلول هایی که می توانند به عنوان باتری، منبع تولید انرژی الکتریکی باشند. باید توجه داشت که هر باتری، ساختاری مناسب برای کاربردی معین دارد. در ادامه با برخی از آنها آشنا خواهید شد.

## پیوند با زندگی

### لیتیم، فلزی ارزشمند برای ذخیره انرژی الکتریکی

اگر به پیرامون خود توجه کنید وسایلی را می یابید که با باتری کار می کنند. ساعت مچی و تلفن همراه از جمله وسایلی هستند که انرژی الکتریکی آنها با استفاده از باتری تأمین می شود. باتری هایی که در شکل، اندازه و کارایی با یکدیگر تفاوت آشکاری دارند اما در همه آنها با انجام شدن نیم واکنش های آندی و کاتدی، جریان الکتریکی در مدار بیرونی برقرار می شود.

با رشد و پیشرفت چشمگیر صنایع گوناگون هر روز نیاز و تقاضا پیوسته برای ساخت باتری ها با ویژگی های گوناگون و کاربرد معین افزایش یافته است. شیمی دان ها در پی پاسخ به این نیازها طی پژوهش های بسیاری توانستند به فناوری ساخت باتری های جدید دست یابند. در این فناوری، نقش فلز لیتیم پررنگ است زیرا لیتیم در میان فلزها، کمترین چگالی و  $E^{\circ}$  را دارد. این ویژگی های لیتیم سبب شد راه برای ساخت باتری های سبک تر، کوچک تر و با توانایی ذخیره بیشتر انرژی هموار شود. باتری های لیتیومی از نوع دگمه ای در شکل ها و اندازه های گوناگون به کار می رود. دسته ای دیگر از باتری های لیتیومی آنهاپی هستند که در تلفن و رایانه همراه به کار می روند و می توان آنها را بارها شارژ کرد (شکل ۹).



شکل ۹- نمونه‌هایی از باتری‌های لیتیومی

افزایش تقاضا برای باتری‌های لیتیومی، سبب شد این فلز جایگاه ممتازی در تأمین انرژی جهان پیدا کند به طوری که سالانه از میلیاردها باتری لیتیومی درون دستگاه‌های الکترونیک در سرتاسر جهان استفاده می‌شود و سرانجام این دستگاه‌ها به همراه باتری‌های درون خود به شکل پسماند دور ریخته می‌شوند. به این ترتیب حجم انبوهی از پسماندهای الکترونیکی مانند تلفن و رایانه همراه، باتری‌های لیتیومی و... تولید می‌شود. این پسماندها به دلیل داشتن مواد شیمیایی گوناگون، سمی هستند و نباید در طبیعت رها یا دفن شوند زیرا محیط زیست را آلوده می‌کنند. از سوی دیگر برخی از این پسماندها به دلیل داشتن مقدار قابل توجهی از مواد و فلزهای ارزشمند و گران قیمت، منبعی برای بازیافت این مواد هستند.

## آیا می‌دانید

در سال ۱۸۳۹ ویلیام گرو فیزیک‌دان و روزنامه‌نگار انگلیسی اصول کار سلول سوختی را کشف کرد. اما تولید سلول سوختی به سال ۱۸۸۹ توسط لودویگ مندوچارلز لنجر برمی‌گردد. از سال ۱۹۶۰ ناسا از سلول‌های سوختی در سفینه‌های جیمینی و آپولو برای تهیه الکتریسیته و آب مورد نیاز فضانوردان استفاده کرد. در دهه هفتاد میلادی فناوری سلول سوختی در وسایل خانگی و خودروها به کار گرفته شد. از دهه هشتاد به بعد شرکت بالارد کانادا زیردریایی مجهز به سلول سوختی را ساخت. پهباد سلول سوختی در سال ۲۰۰۰ با نیروی محرکه دوگانه (باتری خورشیدی و سلول سوختی) با توان شش ماه پرواز به بهره برداری رسید.

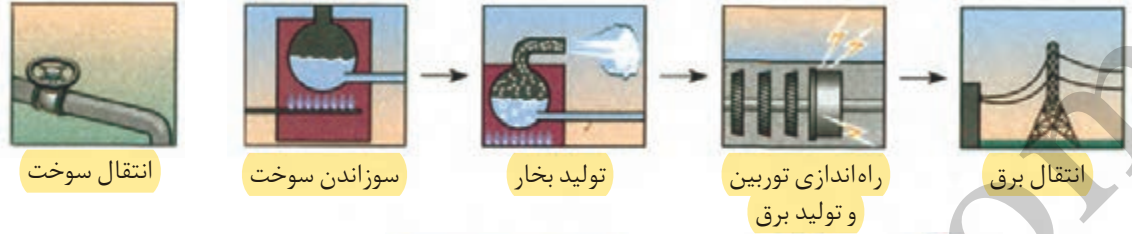
## سلول سوختی، منبعی برای تولید انرژی سبز

سوخت‌های فسیلی رایج‌ترین سوخت برای خودروها و نیروگاه‌ها به شمار می‌روند. از این رو استخراج و مصرف بی‌رویه این سوخت‌ها سبب شده تا از ذخایر آنها به سرعت کاسته شود. از سوی دیگر گسترش روزافزون آلودگی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، جهان را با چالشی نگران‌کننده روبه‌رو کرده است. با این توصیف، یافتن جایگزینی مناسب برای سوخت‌های فسیلی به ویژه در خودروها ضروری است. سلول سوختی نوعی سلول گالوانی است که شیمی‌دان‌ها برای گذر از این تنگنای تأمین انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست پیشنهاد می‌دهند. این سلول‌ها افزون بر کارایی بیشتر می‌توانند ردپای کربن‌دی‌اکسید را کاهش دهند به طوری که دوستدار محیط زیست بوده و منبع انرژی سبز به شمار می‌روند.

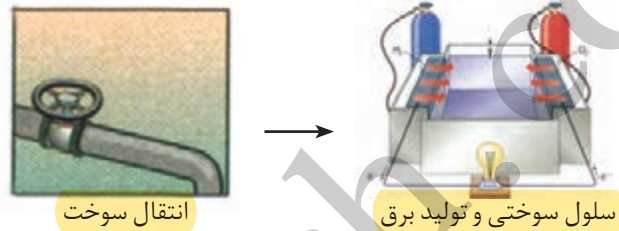
## خود را بیازمایید

در هر یک از روش‌های زیر مراحل تبدیل انرژی شیمیایی موجود در یک سوخت به انرژی الکتریکی نشان داده شده است. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

روش ۱



روش ۲



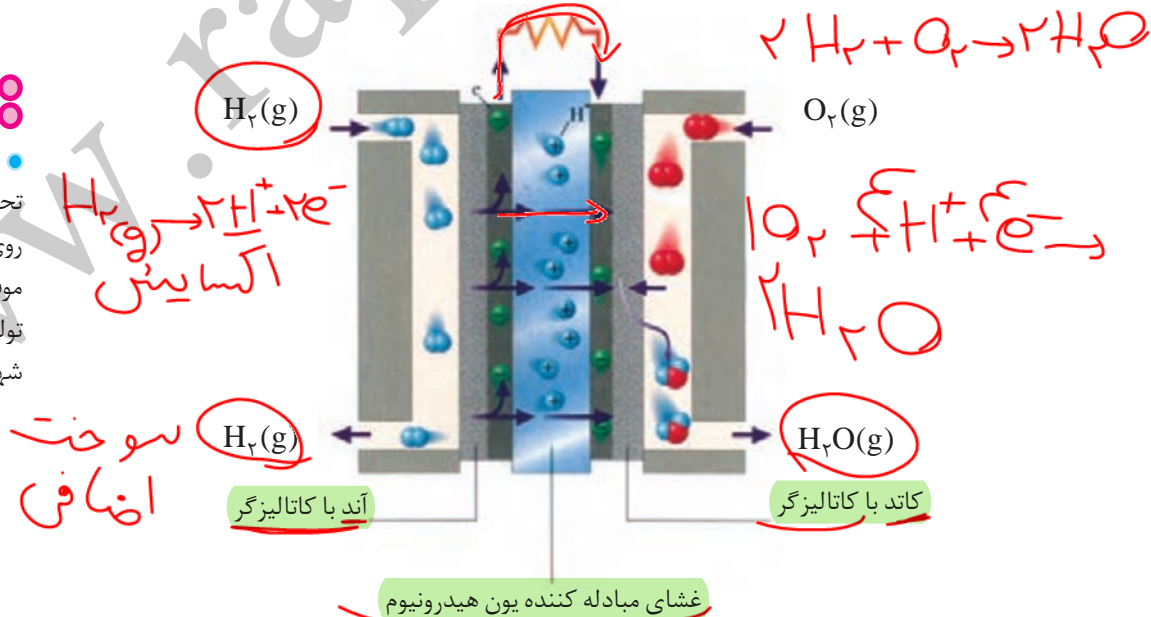
آ در کدام روش اتلاف انرژی به شکل گرما بیشتر است؟ چرا؟  
ب) کدام روش کارایی بالاتری دارد؟ توضیح دهید.

● سوزاندن گاز هیدروژن در موتور درون‌سوز، بازدهی نزدیک به ۲۰ درصد دارد در حالی که اکسایش آن در سلول سوختی بازده را تا سه برابر افزایش می‌دهد.

رایج‌ترین سلول سوختی، سلول هیدروژن - اکسیژن است. دستگاهی که در آن گاز هیدروژن با گاز اکسیژن به صورت کنترل شده واکنش می‌دهد و بخش قابل توجهی از انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود (شکل ۱).

### آیا می‌دانید

● در برخی از دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور، پژوهش‌های خوبی روی سلول‌های سوختی انجام شده و موفقیت‌هایی نیز به دست آمده است. تولید توده سلول سوختی در دانشگاه شهید رجایی نمونه‌ای از آنها است.



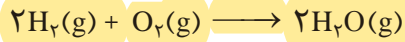
شکل ۱ - نوعی سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن

## آیا می دانید

مهندسان و پژوهشگران کشور در چند دانشگاه نمونه‌هایی از خودروهای برقی را طراحی کرده و ساخته‌اند. این خودرو از طریق ترکیب هیدروژن و اکسیژن در سلول سوختی، انرژی خود را تأمین می‌کند. همچنین در این خودرو یک باتری شارژی وجود دارد.



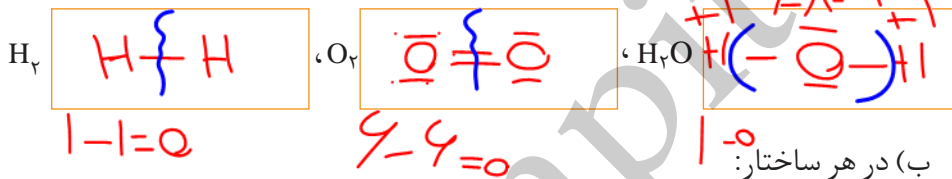
همان‌گونه که شکل ۱۰ نشان می‌دهد هر سلول سوختی سه جزء اصلی دارد به طوری که شامل یک غشا، الکتروآند و الکتروکاتد است. در این سلول، آند و کاتد دارای کاتالیزگرهایی هستند که به نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش سرعت می‌بخشند. واکنش کلی در چنین سلولی به صورت زیر است:



از عملکرد این سلول پیداست که گاز هیدروژن به عنوان سوخت پیوسته وارد شده، اکسایش می‌یابد و هم‌زمان با آن گاز اکسیژن در واکنش با سوخت کاهش می‌یابد. روندی که در معادله واکنش دیده نمی‌شود زیرا همه گونه‌های شرکت‌کننده در واکنش، مولکول‌های خنثی هستند و شمار الکترون‌های ظرفیت اتم‌ها در واکنش تغییر نمی‌کند. به راستی در واکنش‌هایی از این دست چگونه می‌توان گونه‌های اکسیده و کاهشنده را مشخص کرد؟ شیمی‌دان‌ها با معرفی عدد اکسایش<sup>۱</sup> راه حل مناسبی برای حل این مشکل ارائه کردند.

### با هم ببیندیشیم

۱- با توجه به واکنش کلی سلول سوختی هیدروژن-اکسیژن به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.  
 (آ) ساختار الکترون-نقطه‌ای گونه‌های شرکت‌کننده را رسم کنید.



● به ازای هر جفت الکترون پیوندی میان دو اتم یکسان، یک الکترون به هر اتم نسبت دهید.

● همه الکترون‌های ناپیوندی روی هر اتم را به همان اتم نسبت دهید.

● به ازای هر جفت الکترون پیوندی میان دو اتم متفاوت، هر دو الکترون را به اتم با خصلت

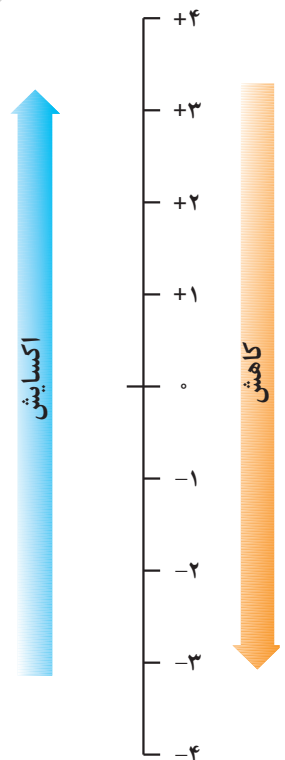
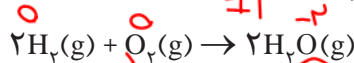
نافلزی بیشتر نسبت دهید.

(پ) الکترون‌های نسبت داده شده به هر اتم را بشمارید و آن را از شمار الکترون‌های ظرفیت

همان اتم کم کنید. عدد به دست آمده عدد اکسایش اتم مورد نظر را نشان می‌دهد.

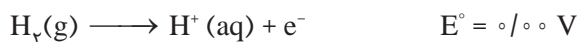
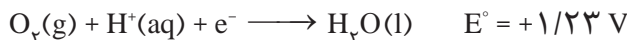
۲- هرگاه بدانید که بیشتر شدن عدد اکسایش، نشان‌دهنده اکسایش یافتن و کمتر شدن

آن نشان‌دهنده کاهش یافتن اتم‌هاست، در واکنش زیر گونه‌های اکسایش یافته، کاهش یافته، اکسیده و کاهشنده را مشخص کنید.



● افزایش عدد اکسایش به معنای از دست دادن الکترون و فرایند اکسایش است درحالی‌که کاهش آن به معنای به دست آوردن الکترون و فرایند کاهش است. این نمودار گستره عدد اکسایش در گروه ۱۴ را نشان می‌دهد.

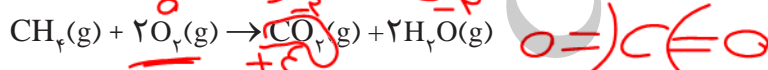
۳- دانش آموزی نیم واکنش های انجام شده در نوعی سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن را به صورت زیر از منابع علمی معتبر استخراج کرده است.



آ) هر یک از نیم واکنش ها را موازنه کنید سپس واکنش کلی سلول را به دست آورید.  
ب) emf این سلول را حساب کنید.

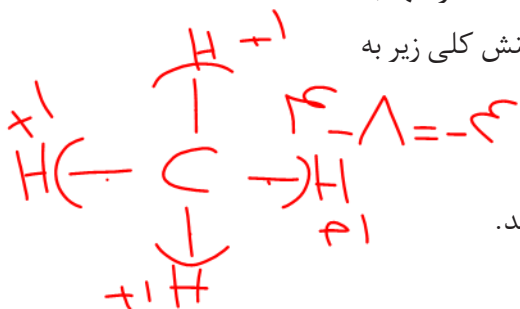
۴- با پیشرفت علم و فناوری، سلول های سوختی تازه ای طراحی شده اند که در آنها به جای گاز خطرناک هیدروژن، گاز متان مصرف می شود. با توجه به معادله واکنش کلی زیر به

پرسش ها پاسخ دهید:



آ) با تعیین عدد اکسایش اتم ها، گونه های اکسنده و کاهنده را مشخص کنید.

ب) از دید محیط زیست گاز هیدروژن چه مزیتی نسبت به گاز متان دارد؟



اغلب نافلزها و فلزهای واسطه عدد

اکسایش گوناگونی در ترکیب های

خود دارند. برای نمونه عدد اکسایش

آهن در  $FeCl_2$  و  $FeCl_3$  به ترتیب +۲

و +۳ است. به همین دلیل این

ترکیب ها را آهن (II) کلرید و آهن

(III) کلرید می نامند. همچنین عدد

اکسایش اتم گوگرد در  $SO_2$  و  $SO_3$

به ترتیب +۴ و +۶ است. (چرا؟)

با تعیین عدد اکسایش اتم ها در یک گونه شیمیایی آشنا شدید. برای نمونه عدد اکسایش

هیدروژن و اکسیژن به حالت آزاد برابر با صفر است. از این رو عدد اکسایش دیگر عناصرها نیز

به حالت آزاد مانند  $Fe$ ،  $Mg$  و  $Cl_2$  برابر با صفر خواهد بود. در حالی که عدد اکسایش یون های

تک اتمی برابر با بار الکتریکی آنهاست. برای نمونه عدد اکسایش یون اکسید و یون کلسیم در

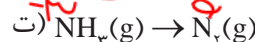
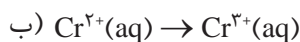
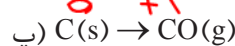
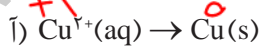
$CaO$  به ترتیب برابر با -۲ و +۲ است. همچنین دریافتید که با تغییر عدد اکسایش اتم ها در

یک واکنش می توان گونه های اکسنده و کاهنده را تعیین کرد. روشی که به کمک آن می توان

واکنش اکسایش - کاهش را از دیگر واکنش ها تشخیص داد.

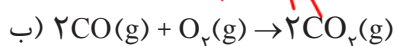
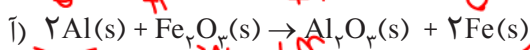
### خود را بیازمایید

۱- در هر مورد با تعیین عدد اکسایش مشخص کنید که آن اتم اکسایش یا کاهش یافته است؟



۲- در هر یک از واکنش های زیر با محاسبه تغییر عدد اکسایش، گونه کاهنده و اکسنده را

تعیین کنید.



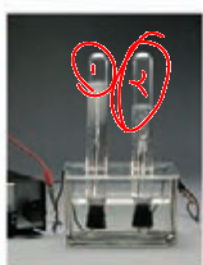


اینک می‌پذیرید که برای تأمین انرژی الکتریکی می‌توان از واکنش‌های اکسایش - کاهش در سلول‌های گالوانی مانند باتری‌ها و سلول‌های سوختی بهره برد. با اینکه سلول‌های سوختی برخلاف باتری‌ها، انرژی شیمیایی را ذخیره نمی‌کنند اما در آنها نیز پیوسته سوخت در شرایط کنترل شده، مصرف و جریان الکتریکی برقرار می‌شود. یکی از چالش‌هایی که در کاربرد سلول‌های سوختی هیدروژن - اکسیژن خودنمایی می‌کند، تأمین سوخت آنهاست. آیا با استفاده از دانش الکتروشیمی می‌توان راهی برای تولید گاز هیدروژن یافت؟

### برقکافت آب، راهی برای تولید گاز هیدروژن

تاکنون با سلول‌هایی آشنا شدید که در آنها با انجام واکنش‌های اکسایش - کاهش انرژی تولید می‌شود. نوع دیگری از سلول‌های الکتروشیمیایی وجود دارند که با اعمال یک ولتاژ بیرونی و عبور جریان الکتریکی از درون محلول الکترولیت می‌توان یک واکنش شیمیایی را در خلاف جهت طبیعی پیش راند.

این سلول‌ها به **سلول‌های الکترولیتی**<sup>۱</sup> معروف هستند و **برقکافت**<sup>۲</sup> آب یک نمونه از واکنش‌هایی است که در آنها انجام می‌شود (شکل ۱۱).



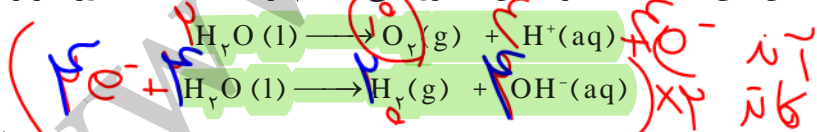
شکل ۱۱- تجزیه آب به گازهای هیدروژن و اکسیژن با مصرف انرژی الکتریکی

الکتروولتگی

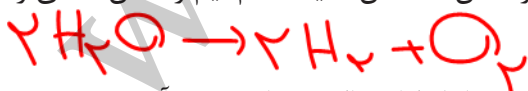
• آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد از این رو برای برقکافت آن باید اندکی الکترولیت به آب افزود.

### خود را بیازمایید

نیم واکنش‌های انجام شده در سلول الکترولیتی هنگام برقکافت آب به صورت زیر است:



آ) با وارد کردن نماد الکترون در هر نیم واکنش مشخص کنید کدام نیم واکنش، آندی و کدام کاتدی است؟



ب) هر یک از نیم واکنش‌ها را موازنه کنید و معادله کلی واکنش را به دست آورید.

پ) پیش‌بینی کنید کاغذ pH در محلول پیرامون آند و کاتد به چه رنگی درمی‌آید؟ چرا؟

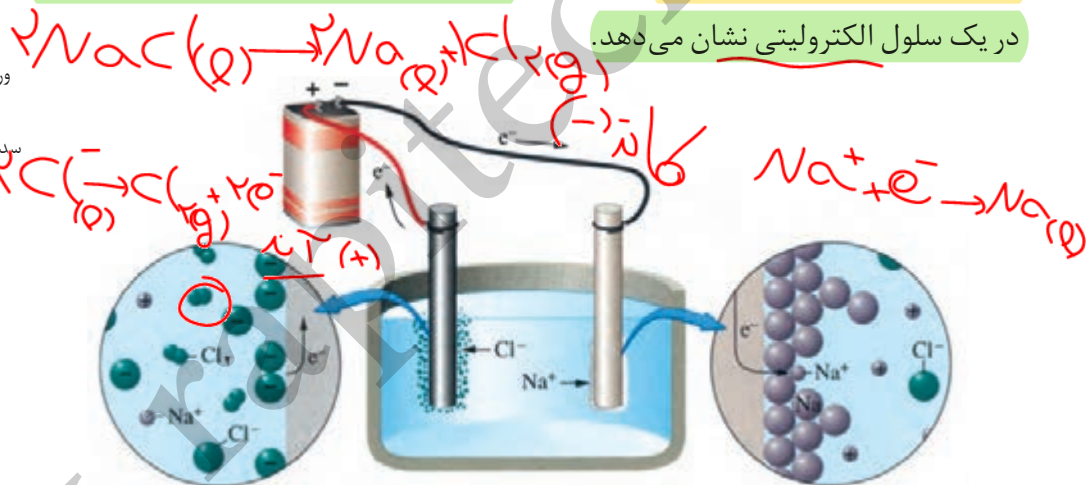
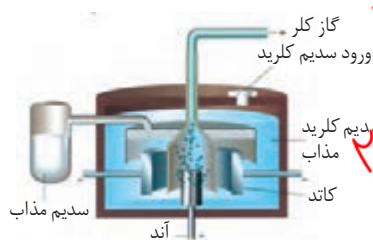
دریافتید که در سلول الکترولیتی، دو الکتروود درون یک الکترولیت قرار دارند، الکترودهایی که اغلب گرافیتی هستند. در این سلول‌ها، کاتد الکتروودی است که به قطب منفی باتری و آند به قطب مثبت باتری متصل است و الکترولیت محتوی یون‌هایی است که آزادانه جابه‌جا می‌شوند. در واقع الکترولیت، یک محلول یونی یا یک ترکیب یونی مذاب است. هنگامی که به این سلول ولتاژ معینی اعمال شود، یون‌ها به سوی الکتروود با بار ناهمنام حرکت می‌کنند. به طوری که کاتیون‌ها به سوی کاتد و آنیون‌ها به سوی آند روانه می‌شوند تا به سطح الکتروودها برسند و در نیم واکنش اکسایش و کاهش شرکت کنند.

### برقکافت (1) NaCl و تهیه فلز سدیم

#### آیا می‌دانید

سلول دانز یک سلول الکترولیتی است که در صنعت برای تهیه فلز سدیم به کار می‌رود. در این سلول، برقکافت سدیم کلرید مذاب انجام می‌شود.

فلز سدیم یک کاهنده قوی است که در طبیعت به حالت آزاد یافت نمی‌شود، عنصری که در ترکیب‌های طبیعی و گوناگون خود تنها به شکل یون سدیم وجود دارد. این واقعیت نشان می‌دهد که یون‌های سدیم بسیار پایدارتر از اتم‌های آن هستند. به همین دلیل برای تهیه فلز سدیم باید انرژی زیادی مصرف کرد. شکل ۱۲، تهیه این فلز را از برقکافت سدیم کلرید مذاب در یک سلول الکترولیتی نشان می‌دهد.

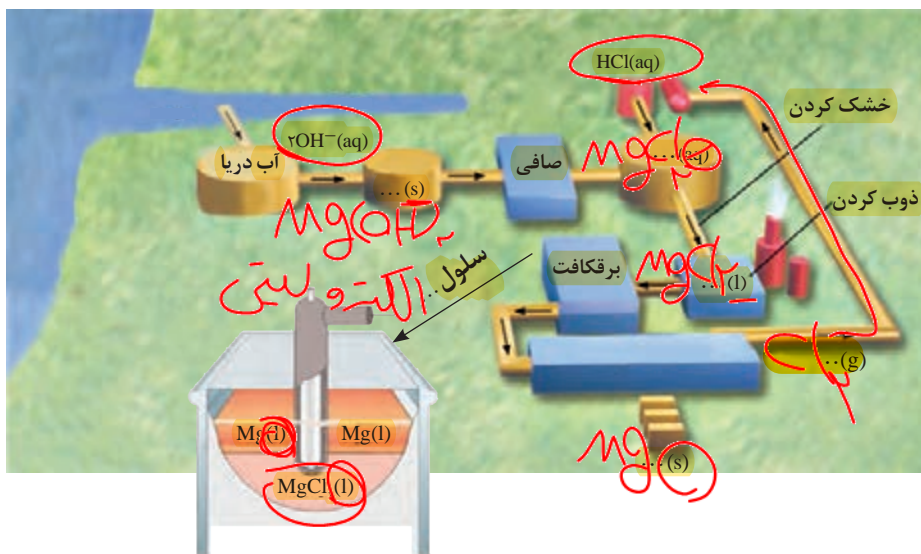


• سدیم کلرید خالص در  $801^{\circ}\text{C}$  ذوب می‌شود. افزودن مقداری کلسیم کلرید به آن، دمای ذوب را تا حدود  $587^{\circ}\text{C}$  پایین می‌آورد. این کار از نظر اقتصادی چه مزیتی دارد؟

شکل ۱۲- برقکافت سدیم کلرید مذاب، با نوشتن نیم‌واکنش‌ها، معادله واکنش کلی را برای آن به دست آورید. از آنجا که دیگر فلزهای فعال نیز کاهنده‌های قوی هستند، باید آنها را همانند سدیم از برقکافت نمک مذاب آنها تهیه کرد. برای نمونه فلز منیزیم را در صنعت از برقکافت منیزیم کلرید مذاب تهیه می‌کنند.

### خود را بیازمایید

شکل صفحه بعد مراحل تهیه فلز منیزیم را از آب دریا نشان می‌دهد. جاهای خالی را پر کرده و درباره این روش در کلاس گفت‌وگو کنید.



تاکنون با دو نوع سلول الکتروشیمیایی آشنا شدید. در سلول گالوانی، انجام یک واکنش اکسایش - کاهش منجر به تولید انرژی الکتریکی شده اما در سلول الکترولیتی با اعمال ولتاژ بیرونی معین، یک واکنش اکسایش - کاهش دلخواه انجام می‌شود. واکنش‌های انجام شده در هر دو سلول، مطلوب و سودمند هستند، این در حالی است که پیرامون ما واکنش‌های اکسایش - کاهش زیادی مانند سیاه شدن وسایل نقره‌ای، فساد مواد خوراکی و... انجام می‌شوند که مطلوب ما نیستند و گاهی زیان‌هایی به دنبال دارند.



• ظرف نقره‌ای در اثر انجام واکنش اکسایش - کاهش کدر می‌شود.



• ظرف نقره‌ای که در اثر انجام واکنش اکسایش - کاهش، جلا می‌یابد.

### خوردگی، یک واکنش اکسایش - کاهش ناخواسته

سالانه صدها میلیون تن از فلزهای گوناگون به‌ویژه آهن برای ساختن اسکله نفتی، اسکلت ساختمان، پل، کشتی، لوکوموتیو و راه آهن، خودرو، هواپیما و... مصرف می‌شود. هنگامی که فلزها در هوا قرار می‌گیرند، اغلب اکسایش یافته و به شکل اکسید در می‌آیند. در فلزهایی مانند آهن با ادامه اکسایش، لایه‌ای نازک و شکننده تشکیل می‌شود که به تدریج فرو می‌ریزد. در این حالت می‌گویند فلز خورده شده است.



از آنجا که آهن پر مصرف‌ترین فلز در جهان است، خوردگی آن خسارت‌های هنگفتی به اقتصاد کشورها وارد می‌کند به طوری که سالانه حدود ۲۰ درصد از آهن تولیدی برای جایگزینی قطعه‌های خورده شده مصرف می‌شود.

پتانسیل کاهش اغلب فلزها منفی بوده اما پتانسیل کاهش اکسیژن مثبت است. با این توصیف اکسیژن به عنوان اکسنده تمایل دارد با گرفتن الکترون از فلزها، آنها را اکسید کند. هنگامی که وسایل آهنی در هوای مرطوب قرار گیرند، یک واکنش اکسایش - کاهش انجام

• خوردگی به فرایند ترد شدن، خرد شدن و فروریختن فلزها بر اثر واکنش اکسایش - کاهش گفته می‌شود. زنگ زدن آهن و زنگار سبز بر سطح مس نمونه‌هایی از خوردگی هستند.

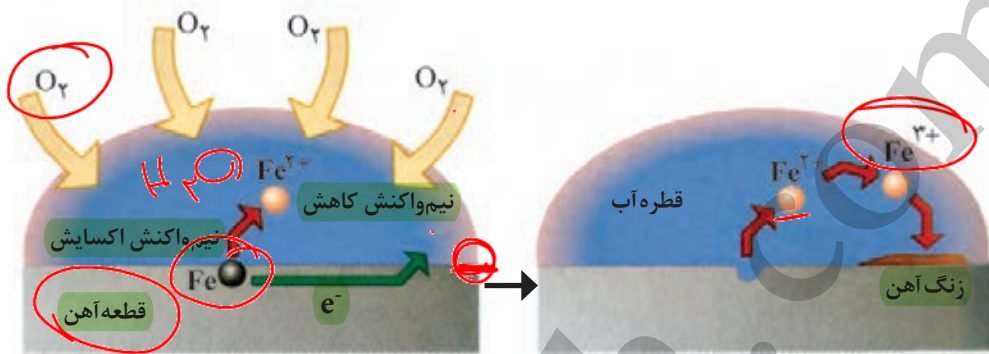
می شود. واکنشی که به طور طبیعی باعث اکسایش آهن می شود و از زیبایی و استحکام آن می کاهد (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- نمونه ای از زنگ زدن آهن، بدنه آهنی کشتی در مجاورت هوا و رطوبت قرار گرفته و بر سطح آن زنگ آهن تشکیل شده است. فرایندی که باعث خوردگی می شود.

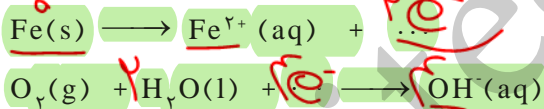
### با هم بیندیشیم

۱- با توجه به شکل های زیر، به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید.



(آ) چگونگی تشکیل زنگ آهن را توصیف کنید.

(ب) هر یک از نیم واکنش های زیر را موازنه کنید.



آهن  
کاتد  
 $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$

(پ) با توجه به اینکه زنگ آهن حاوی یون آهن (III) است، نیم واکنش اکسایش یون آهن (II)

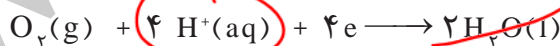
به یون آهن (III) را بنویسید.

(ت) فراورده نهایی خوردگی، زنگ آهن است. اگر فرمول شیمیایی آن را  $\text{Fe(OH)}_2$  در نظر

بگیریم، معادله واکنش زیر را به روش وارسی موازنه کنید.



۲- با توجه به نیم واکنش های زیر توضیح دهید چرا :



$$E^\circ = +1/23 \text{ V}$$

$$E^\circ = +0/40 \text{ V}$$

$$E^\circ = +1/50 \text{ V}$$

$$E^\circ = -0/44 \text{ V}$$

(آ) خوردگی آهن در محیط اسیدی به میزان بیشتری رخ می دهد؟

(ب) با گذشت زمان فلز طلا در هوای مرطوب و حتی در اعماق دریا همچنان درخشان باقی

می ماند؟

پی بردید که فلزهای نجیبی مانند طلا و پلاتین حتی در محیط‌های اسیدی اکسایش نمی‌یابند اما وسایل آهنی در هوای مرطوب دچار خوردگی می‌شوند. واکنش ناخواسته‌ای که در شهرهای بندری و ساحلی بیشتر خودنمایی می‌کند. بدیهی است که ساده‌ترین راه برای جلوگیری از خوردگی آهن، ایجاد یک پوشش محافظ است تا از رسیدن اکسیژن و رطوبت به آهن جلوگیری کند. پوششی که با روش‌هایی مانند رنگ زدن، قیراندود کردن و روکش دادن ایجاد می‌شود. باید توجه داشت که چنین روش‌هایی نمی‌توانند به‌طور کامل از خوردگی پیشگیری کنند زیرا به تدریج رطوبت و اکسیژن از روزه‌های این پوشش‌ها به درون نفوذ کرده و به سطح آهن می‌رسند و خوردگی دوباره آغاز می‌شود. با توجه به آنچه که آموخته‌اید چه روش دیگری پیشنهاد می‌کنید که تا حد امکان آسیب‌ها و زیان‌های خوردگی را کاهش دهد؟

## پیوند با صنعت

### فداکاری فلزها برای حفاظت آهن

هنگامی که دو فلز در هوای مرطوب با هم در تماس باشند، برای اکسایش یافتن با یکدیگر رقابت می‌کنند. بدیهی است که فلز کاهنده‌تر در این رقابت برنده می‌شود. برای پیش بینی فلز برنده باید از پتانسیل کاهش استاندارد کمک گرفت. اینک به  $E^\circ$  فلزهای زیر توجه کنید.

$$E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0.34 \text{ V}$$

$$E^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0.44 \text{ V}$$

$$E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0.76 \text{ V}$$

$$E^\circ(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) = -2.37 \text{ V}$$

تصور کنید فلز روی یا منیزیم در هوای مرطوب با آهن تماس داشته باشد، با توجه به  $E^\circ$  آنها بی‌شک روی یا منیزیم است که در رقابت برنده شده و اکسید می‌شود. اکسایشی که نشان از فداکاری آنها داشته و سبب پیشگیری از اکسایش آهن خواهد شد. این در حالی است که اگر فلز مس در تماس با آهن باشد در این رقابت، آهن دچار خوردگی می‌شود. اینک می‌پذیرید که مهندسی با تکیه بر دانش الکتروشیمی توانسته‌اند روش‌های عملی و مؤثرتری



• باید توجه داشت که با گذشت زمان منیزیم اکسایش یافته و مصرف می‌شود. از این رو باید به شکل دوره‌ای تکه‌های منیزیم را تعویض کرد.

برای حفاظت از آهن در محیط‌های گوناگون به کارگیرند (شکل ۱۴).

منیزیم



(ب)



منیزیم

(آ)

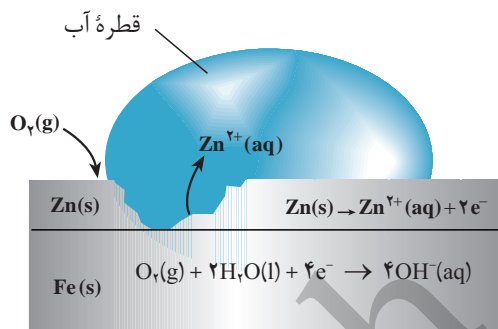
شکل ۱۴- حفاظت از آهن با منیزیم، (آ) بدنه کشتی (ب) لوله‌های نفتی



• تانکر آب ساخته شده از آهن سفید.

فداکاری فلز روی برای حفاظت از آهن سبب شد تا در صنعت ورقه‌های آهنی با پوششی از فلز روی تهیه شود. این نوع آهن به آهن گالوانیزه<sup>۱</sup> (آهن سفید) معروف است و در ساخت تانکر آب، کانال کولر و... به کار می‌رود.

هنگامی که خراشی در سطح آهن گالوانیزه پدید می‌آید، هر دو فلز در مجاورت اکسیژن و رطوبت قرار می‌گیرند و برای اکسایش رقابت می‌کنند. بدیهی است که فلز روی، اکسید شده و آهن محافظت می‌شود (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- رقابت آهن و روی در آهن گالوانیزه

## آیا می‌دانید

هنگامی که خراشی در سطح آهن سفید ایجاد می‌شود، نیم‌واکنش کاتدی در سطح آهن انجام خواهد شد، گویی آهن نقش کاتد را دارد. به همین دلیل در منابع علمی فرایند حفاظت از آهن یا هر فلز دیگر با استفاده از فلزهای کاهنده‌تر را حفاظت کاتدی می‌نامند.



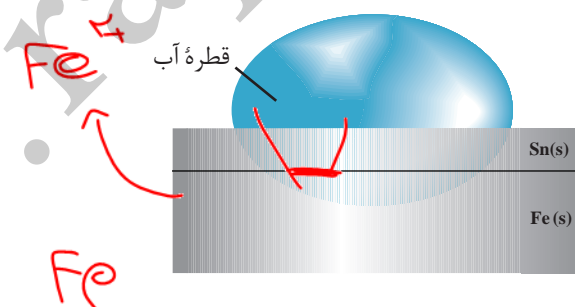
پس از مدتی



• قوطی‌هایی از جنس حلبی در اثر خراش زودتر و آسان‌تر دچار خوردگی می‌شوند.

## خود را بیازمایید

شکل زیر بخشی از یک ورقه آهنی را نشان می‌دهد که با لایه نازکی از قلع پوشیده شده است. به این نوع آهن، حلبی می‌گویند. از ورقه‌های حلبی برای ساختن قوطی‌های روغن نباتی و کنسرو استفاده می‌شود. با مراجعه به جدول  $E^{\circ}$ :



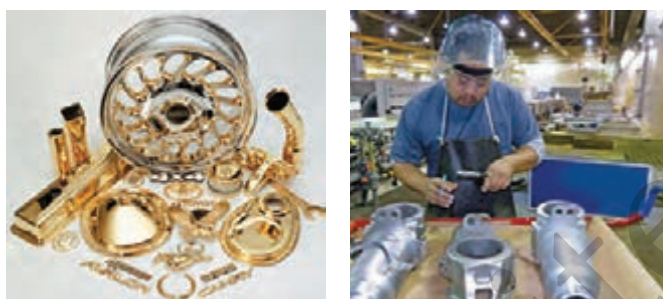
(آ) در اثر ایجاد خراش در سطح این نوع آهن، کدام فلز خورده می‌شود؟ کدام فلز در برابر خوردگی محافظت می‌شود؟ **Sn**

(ب) نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش را بنویسید.

(پ) توضیح دهید چرا برخلاف حلبی از آهن گالوانیزه نمی‌توان برای ساختن ظروف بسته‌بندی مواد غذایی استفاده کرد؟

## پیوند با زندگی

در زندگی روزانه از وسایل و ابزار گوناگونی مانند وسایل آشپزخانه، شیرآلات ساختمان، دستگیره در و... استفاده می‌شود که فلز اصلی سازنده آنها آهن یا مس است. خوردگی این فلزها از یک سو سبب از بین رفتن زیبایی وسیله می‌شود و از سوی دیگر به سلامتی بدن آسیب می‌رساند. به همین دلیل، سطح اغلب این وسایل فلزی را با فلزهایی مانند نقره، کروم، نیکل و طلا می‌پوشانند (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- نمونه‌هایی از برخی وسایل فلزی

پوشاندن سطح یک فلز با لایه نازکی از فلزهای ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی، آبکاری<sup>۱</sup> نام دارد. فرایندی که در سلول الکترولیتی انجام می‌شود.

## خود را بیازمایید

شکل زیر آبکاری یک قاشق فولادی را با فلز نقره نشان می‌دهد با توجه به آن:

پس از آبکاری

پیش از آبکاری

آند (+)

کاتد (-)

باتری

$Ag \rightarrow Ag^+ + e^-$

$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag(s)$

آ) قاشق فولادی به کدام قطب باتری متصل است؟

ب) نیم واکنش کاتدی را بنویسید.

پ) چرا الکترولیت را محلولی از نمک نقره انتخاب کرده اند؟



آ) چرخ گوشت



ب) قطعه‌ای از موتور خودرو

شکل ۱۷- برخی کاربردهای آلومینیم

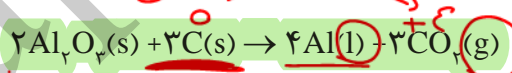
برخی فلزها با اینکه اکسایش می‌یابند اما خورده نمی‌شوند. از این فلزها می‌توان برای ساخت وسایل گوناگونی بهره برد که برای مدت طولانی‌تری استحکام خود را حفظ می‌کنند. آلومینیم یکی از این فلزهاست. فلزی فعال که به سرعت در هوا اکسید می‌شود ( $E^\circ (Al^{3+}/Al) = -1.66V$ ). این فلز با تشکیل لایه چسبنده و متراکم  $Al_2O_3$  از ادامه اکسایش جلوگیری می‌کند به طوری که لایه‌های زیرین برای مدت طولانی دست نخورده باقی می‌ماند و استحکام خود را حفظ می‌کند. این ویژگی آلومینیم سبب شده که از آن در ساخت لوازم خانگی، هواپیما، کشتی و ... استفاده کرد (شکل ۱۷).



● چارلز مارتین هال (۱۸۶۳-۱۹۱۴)  
این شیمی‌دان آمریکایی در ۲۳ سالگی این روش را ابداع کرد.

با این توصیف فلز آلومینیم نقش کلیدی در صنایع گوناگون دارد و فناوری تولید آن بسیار ارزشمند است. آلومینیم همانند دیگر فلزهای فعال در طبیعت به شکل ترکیب یافت می‌شود از این رو این فلز هم از برقکافت نمک‌های مذاب آن به دست می‌آید. رایج‌ترین روشی که به

فرایند هال<sup>۱</sup> معروف است (شکل ۱۸). **اکسایش**



منبع جریان برق

گرافیت

آند

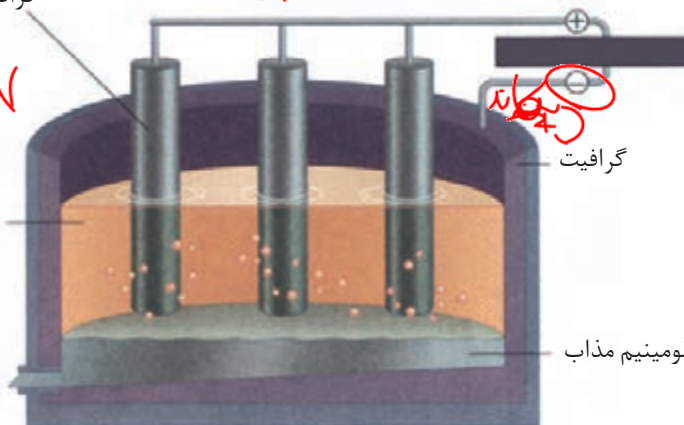


کاتد

گرافیت

الکترولیت

آلومینیم مذاب



شکل ۱۸- فرایند هال برای تولید آلومینیم از  $Al_2O_3$



● آلومینیم مذاب تولید شده در فرایند هال



## آیا می دانید

آلومینیم در صنایع به طور عمده به شکل آلیاژ استفاده می شود. از این فلز آلیاژهای گوناگونی تهیه می شود. نمونه ای از آنها مگنالیوم است که در ساخت بدنه کشتی به کار می رود. درصد فلزهای سازنده این آلیاژ مطابق جدول زیر است.

فلز	درصد جرمی
Al	۸۳
Mg	۱۵
Ca	۲

فرایند هال به علت مصرف مقدار زیادی انرژی الکتریکی هزینه بالایی دارد؛ از این رو با بازیافت فلز آلومینیم می توان ضمن افزایش عمر یکی از مهم ترین منابع تجدید ناپذیر طبیعت، برخی از هزینه های تولید این فلز را کاهش داد. برای نمونه تولید قوطی های آلومینیمی از قوطی های کهنه فقط به ۷ درصد از انرژی لازم برای تهیه همان تعداد قوطی از فرایند هال نیاز دارد.

## خود را بیازمایید

لوحة آموزشی زیر، آبکاری یک قاشق مسی را با فلز نقره نشان می دهد. درباره آن در کلاس گفت و گو کنید.

**آبکاری**

پیش از برقراری جریان الکتریکی

تیغه ای از جنس نقره به قطب مثبت باتری متصل می شود.

مدتی پس از برقراری جریان الکتریکی

جسمی که آبکاری می شود به قطب منفی باتری اتصال دارد. در این قطب یون های نقره با گرفتن الکترون به نقره تبدیل می شوند و روی جسم می نشینند.

در این قطب فلز نقره با از دست دادن الکترون به یون نقره تبدیل می شود

$$\text{Ag(s)} \rightarrow \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \quad \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag(s)}$$

پوشاندن یک جسم با لایه ای نازک از یک فلز به کمک یک سلول الکترولیتی، آبکاری نامیده می شود. جسمی که به عنوان کاتد است باید رسانای جریان برق باشد و محلول الکترولیت برای آبکاری دارای یون های فلزی باشد که قرار است لایه نازکی از آن روی جسم قرار بگیرد.

## تمرین های دوره ای

۱- برای هر یک از جمله های زیر دلیلی بنویسید.

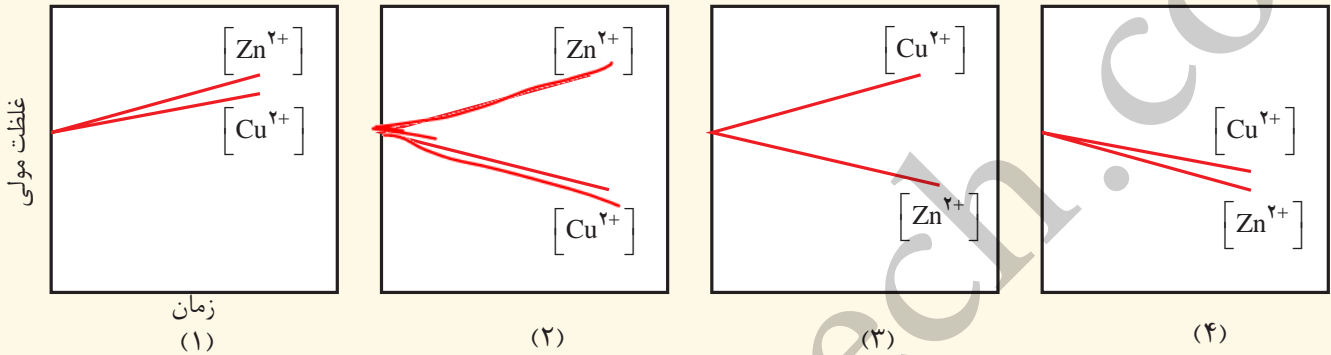
آ) فلز پلاتین را می توان در بخش های مختلف بدن هنگام جراحی به کار برد.

ب) فلوتور، اکسنده ترین عنصر در جدول دوره ای است.

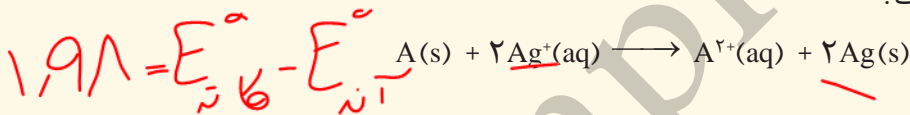
پ) عدد اکسایش اکسیژن در  $OF_2$  برابر با ۲+ است.



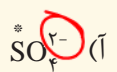
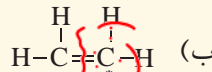
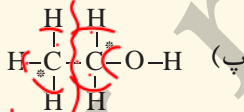
۲- با مراجعه به جدول ۱، توضیح دهید کدام نمودار تغییر غلظت یون ها را در سلول گالوانی روی-مس در بخشی از زمان نشان می دهد.



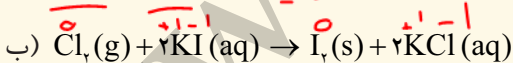
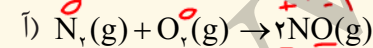
۳-  $emf$  سلولی که واکنش زیر در آن رخ می دهد برابر با  $1/98 \text{ V}$  است.  $E^\circ$  نیم سلول A را حساب کرده و با مراجعه به جدول ۱، مشخص کنید A کدام فلز است؟



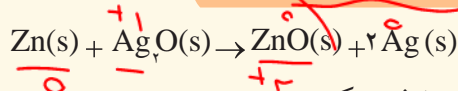
۴- عدد اکسایش اتم نشان داده شده با ستاره را مشخص کنید.



۵- در هر یک از واکنش های زیر گونه های اکسنده و کاهنده را مشخص کنید.



۶- باتری های روی - نقره از جمله باتری های دگمه ای هستند که در آنها واکنش زیر انجام می شود.



آ) گونه های اکسنده و کاهنده را در آن مشخص کنید.

ب) آند و کاتد را در این باتری مشخص کنید.

۷- با توجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

نیم‌واکنش کاهش	$E^\circ(V)$
$A^+(aq) + e^- \rightarrow A(s)$	+۱/۳۳
$B^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow B(s)$	+۰/۸۷
$C^{3+}(aq) + e^- \rightarrow C^{2+}(aq)$	-۰/۱۲
$D^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow D(s)$	-۱/۵۹

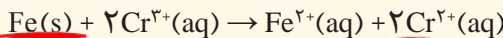
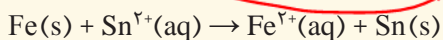
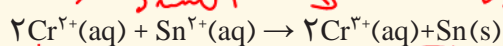
$D^{2+}$  کاهنده آکسید

$A^+$

- آ) کدام گونه قوی‌ترین و کدام ضعیف‌ترین اکسید است؟  
 ب) کدام گونه قوی‌ترین و کدام ضعیف‌ترین کاهنده است؟  
 پ) کدام گونه (ها) می‌توانند  $C^{2+}$  را اکسید کنند؟

۸- با توجه به واکنش‌های زیر که به‌طور طبیعی انجام می‌شوند، گونه‌های کاهنده و گونه‌های اکسید را بر حسب کاهش

قدرت مرتب کنید.



$Cr^{2+} > Sn$   
 $Sn^{2+} > Cr^{3+}$   
 $Fe > Sn$   
 $Fe > Cr^{2+}$

$Fe > Cr^{2+} > Sn$   
 $Sn^{2+} > Cr^{3+} > Fe^{2+}$

۹- با توجه به جدول پتانسیل‌های کاهش استاندارد توضیح دهید محلول هیدروکلریک اسید را در کدام ظرف (مسی یا آهنی) می‌توان نگه داشت؟

۱۰- قدر مطلق پتانسیل کاهش دو عنصر X و Y در زیر داده شده است. هنگامی که این دو نیم‌سلول را به هم وصل

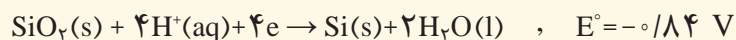
می‌کنیم، جریان الکتریکی از اتم X به اتم Y برقرار می‌شود و با اتصال نیم‌سلول X به نیم‌سلول هیدروژن، الکترون‌ها از اتم X به سمت نیم‌سلول هیدروژن جاری می‌شوند. نیروی الکتروموتوری سلول گالوانی شامل این دو نیم‌سلول را حساب کنید.



$(+)$   $(-)$   
 آند  $\leftarrow$   $\leftarrow$  کاتد

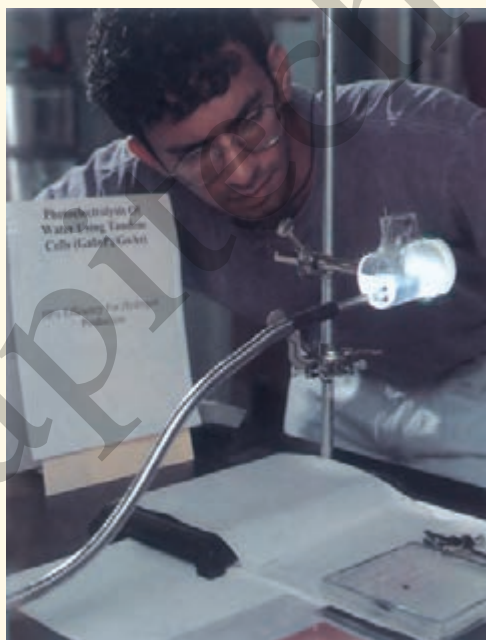
$Emf = +0.34 - (-0.25) = +0.59$

۱۱- شیمی دان‌ها در برخی سلول‌های الکتروشیمیایی برای انجام واکنش اکسایش-کاهش از نور بهره می‌برند و آنها را سلول نور الکتروشیمیایی می‌نامند.  
در نمونه‌ای از آنها که برای تهیه گاز هیدروژن از آب به کار می‌رود، با توجه به نیم‌واکنش‌های زیر:



(آ) نیم سلول آند و کاتد را مشخص و emf سلول را حساب کنید.

(ب) یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که افزون بر emf، بازده و سرعت انجام واکنش در این سلول پایین است، با این توصیف چرا برخی استفاده از آنها را برای تهیه گاز هیدروژن مناسب می‌دانند؟



۱۲- در یک آزمایش چهار فلز A، B، C و D رفتارهای زیر را نشان داده‌اند:

● فقط فلزهای A و C با محلول ۱ M / هیدروکلریک اسید واکنش می‌دهند و گاز هیدروژن تولید می‌کنند.

BD  
SHE  
AC  
J  
C

## کاهنده

- با قرار دادن فلز C در محلول های حاوی یون های  $D^{2+}$ ،  $B^{2+}$  و  $A^{2+}$  به ترتیب فلزهای D، B و A رسوب می کنند.
- یون  $B^{2+}$  اکسندۀ قوی تری از  $D^{2+}$  است.

C) A) D) B

با توجه به این داده ها، ترتیب کاهندگی این چهار فلز را مشخص کنید.

۱۳- جدول زیر نیروی الکتروموتوری سه سلول گالوانی را نشان می دهد:

	$B^{2+}/B$	$C^{2+}/C$
$A^{2+}/A$	۰/۸۹ V	۰/۵۸ V
$B^{2+}/B$	-	۰/۳۱ V

اگر  $E^\circ C^{2+}/C = ۰/۰۰$  V و فلز A با یون  $C^{2+}$  واکنش ندهد:

آ) مقدار پتانسیل کاهشی استاندارد را برای دو عنصر A و B به دست آورید.

ب) نماد اکسندۀ ترین و کاهندۀ ترین گونه را بنویسید.

B  $A^{2+}$

$$E^\circ(A^{2+}/A) = +۰/۸۹V$$

$$E^\circ(B^{2+}/B) = -۰/۳۱V$$