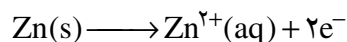
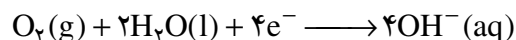


هرگاه خراش در سطح آهن سفید ایجاد شود در محل خراش یک سلول گالوانی تشکیل می‌شود. در این سلول Zn به عنوان آند اکسایش یافته، خورده می‌شود.



الکترون‌های حاصل از اکسایش فلز روی در سطح فلز آهن و در حضور رطوبت به اکسیژن داده می‌شود.



در نتیجه آهن به عنوان کاتد عمل کرده، از خوردگی می‌گریزد.

### خود را بیازمایید

شکل زیر بخشی از یک ورقه‌ی آهنی را نشان می‌دهد که به وسیله لایه‌ی نازکی از قلع پوشیده شده است. به این نوع آهن حلبی می‌گویند. از ورقه‌های حلبی برای ساختن قوطی‌های کنسرو و روغن نباتی استفاده می‌شود.



- آ. در اثر ایجاد خراش در سطح این نوع آهن، کدام فلز نقش آند را ایفا می‌کند و خورده می‌شود؟ کدام فلز در برابر خوردگی محافظت می‌شود؟
- ب. نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش را بنویسید.
- پ. چرا برخلاف حلبی از آهن گالوانیزه نمی‌توان برای ساختن ظروف بسته‌بندی مواد غذایی استفاده کرد؟

### بیش‌تر بدانید

در دندان پزشکی از ماده‌ای به نام آمالگام برای پر کردن دندان‌های پوشیده استفاده می‌کنند. آمالگام ماده‌ای است که از مخلوط کردن جیوه با یک یا چند فلز دیگر به دست می‌آید. در واقع، آمالگام از سه فاز جامد تشکیل شده است که استوکیومتری تقریبی فازهای تشکیل دهنده‌ی آن عبارت است از:  $\text{Ag}_2\text{Hg}_3$ ،  $\text{Sn}_8\text{Hg}$  و  $\text{Ag}_3\text{Sn}$ . پتانسیل کاهش استاندارد هریک از این فازها چنین است:

$$E_{\text{Hg}_2^{2+}/\text{Ag}_2\text{Hg}_3} = 0.85\text{V} ; E_{\text{Sn}^{2+}/\text{Ag}_3\text{Sn}} = -0.5\text{V} ; E_{\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}_8\text{Hg}} = -0.13\text{V}$$

اگر تکه‌ای از یک ورق آلومینیمی را با دندان پُر شده‌ی خود گاز بگیرد، به طوری که ماده‌ی پرکننده‌ی دندان با ورق تماس پیدا کند، ناگهان درد شدیدی را احساس خواهید کرد. در واقع، یک سلول الکتروشیمیایی در دهان شما به وجود می‌آید که ورق آلومینیمی ( $E = -1/66V$ ) آند، ماده‌ی پرکننده کاتد و آب دهان الکترولیت این سلول را تشکیل می‌دهند. بر اثر تماس ورقه‌ی آلومینیمی و ماده‌ی پرکننده، جریان برق ضعیفی بین این دو الکترود به وجود می‌آید. این جریان، عصب حساس دندان را تحریک می‌کند و باعث به وجود آمدن درد می‌شود.

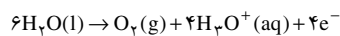
## سلول‌های الکترولیتی

سلول‌هایی که تاکنون بررسی شد دارای یک وجه مشترک بودند. در همه‌ی آن‌ها وقوع یک واکنش شیمیایی خودبه‌خود سبب برقراری جریان الکتریکی در مدار بیرونی می‌شد. اما همان طوری که پیش از این نیز گفته شد نوع دیگری از سلول‌ها نیز وجود دارد که با عبور دادن جریان الکتریکی از درون محلول الکترولیت آن‌ها می‌توان یک واکنش شیمیایی را در جهتی خلاف جهت طبیعی به پیش راند. نتیجه‌ی چنین کاری شکسته شدن مواد به گونه‌هایی باردار است که می‌توانند در میدان الکتریکی ایجاد شده در محلول، به سمت قطب ناهم‌نام خود جریان یابند. **برقکافت** نمونه‌ای از کاربرد این ویژگی سلول‌های الکترولیتی است، شکل ۱۳. سلول‌های الکترولیتی در تجزیه محلول‌ها و مواد مذاب هم چنین پالایش (خالص‌سازی) و آبکاری فلزها کاربرد دارند.

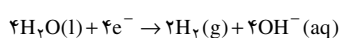


شکل ۱۳ برقکافت آب. فرایندی است که طی آن آب به عنصرهای سازنده‌اش تجزیه می‌شود.

نیم‌واکنش اکسایش:



نیم‌واکنش کاهش:



قطب مثبت و منفی باتری را در این شکل مشخص کنید؟

در واقع، یک سلول الکترولیتی شامل دو الکترود است که در یک محلول الکترولیت فرو رفته است. این الکترولیت می‌تواند یک ترکیب یونی مذاب یا محلول یک ماده‌ی یونی در آب باشد. در هر دو حالت محلول الکترولیت دارای یون‌هایی خواهد بود که می‌توانند آزادانه در محلول حرکت کنند. هنگامی که دو الکترود به قطب‌های یک منبع جریان مستقیم متصل می‌شوند، الکترودی که به قطب مثبت متصل شده و آند نامیده می‌شود، پس از قرار گرفتن در الکترولیت الکترودها را از الکترولیت خارج می‌کند (الکترودهای حاصل از فرایند اکسایش گونه‌های موجود در الکترولیت). در حالی که الکترود بعدی که به قطب منفی منبع متصل شده است و کاتد نامیده می‌شود پس از قرار گرفتن در الکترولیت، الکترودهای رانده شده از منبع را به الکترولیت منتقل می‌کند (الکترودهای مورد نیاز برای کاهش گونه‌های موجود در الکترولیت). به این ترتیب داخل الکترولیت دو الکترود یکی با بار منفی (کاتد) و دیگری با بار مثبت (آند) قرار می‌گیرد. یون‌های موجود در محلول که پیش از این آزادانه در حرکت بودند، اکنون تحت تأثیر میدان الکتریکی به وجود آمده، به سمت الکترودی با بار مخالف خود حرکت می‌کنند. در واقع، یون‌های مثبت به سمت کاتد و یون‌های منفی

به سمت آند مهاجرت می کند. از این رو به این یون ها به ترتیب **کاتیون** و **آنیون** گفته می شود. هنگامی که این یون ها به سطح الکترودها می رسند نیم واکنش کاهش در کاتد و نیم واکنش اکسایش در آند به وقوع می پیوندد. کاتیون ها کاهش می یابند و آنیون ها اکسایش پیدا می کنند. وقوع این واکنش به غلظت محلول و موقعیت یون های یاد شده در جدول پتانسیل های کاهش استاندارد بستگی دارد.

۲/۷٪ جرمی آب دریا را سدیم کلرید تشکیل می دهد.

## برقکافت سدیم کلرید مذاب

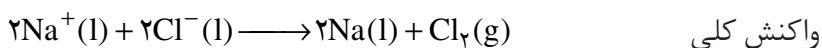
فلز سدیم به حالت آزاد در طبیعت وجود ندارد. اما ترکیب های شیمیایی گوناگونی از آن در طبیعت شناخته شده است. سدیم در این ترکیب ها به صورت یون سدیم  $\text{Na}^+$  مشاهده می شود. این مشاهده ها نشان می دهد که فلز سدیم بسیار واکنش پذیر است و طی واکنشی خود به خود به سرعت اکسایش یافته به یون  $\text{Na}^+$  تبدیل می شود. بنابراین برای به دست آوردن فلز سدیم باید انرژی زیادی مصرف کرد. برای نمونه، اگر هدف تهیه فلز سدیم از  $\text{NaCl}$  باشد، باید واکنش زیر در جهت معکوس خود به خود انجام گیرد.



محاسبه نشان می دهد که برای خود به خودی انجام شدن فرایند تجزیه گرمایی  $\text{NaCl}$  به دمای بسیار بالایی حدود  $4267^\circ\text{C}$  (فقط کمی کم تر از دمای سطح خورشید) نیاز است. آشکار است که تأمین چنین دمایی ممکن نیست.

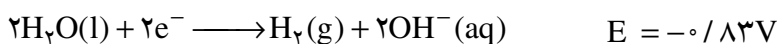
برقکافت سدیم کلرید مذاب راه حل بسیار مناسبی برای تولید سدیم است.

واکنش های انجام شده در سلول دانز به شرح زیر است:



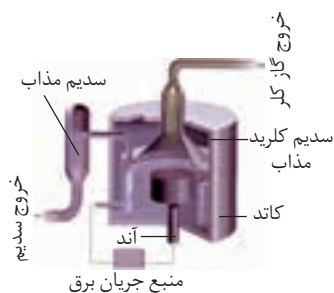
## هم چون دانشمندان

محلول غلیظی از نمک خوراکی در آب مطابق شکل حاشیه ی صفحه ی بعد برقکافت شده است. با دقت به این شکل نگاه کنید و سپس به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید. ۱- در سطح کاتد گاز هیدروژن تولید می شود. اگر این گاز فرآورده ی واکنش زیر باشد:



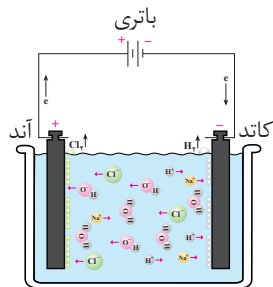
در صنعت فلز سدیم را از طریق برقکافت سدیم کلرید مذاب در سلول دانز (Downs cell) تهیه می کنند. سلول دانز یک سلول الکترولیتی است که نخستین بار در سال ۱۹۲۱ توسط شرکت دوپونت (Du Pont) طراحی، ساخته و استفاده شد. در این سلول با کمک یک آند گرافیتی و یک کاتد آهنی، فلز سدیم خالص تهیه می شود.

$\text{NaCl}$  خالص در  $801^\circ\text{C}$  ذوب می شود. افزودن مقداری  $\text{CaCl}_2$  به آن دمای ذوب را تا حدود  $587^\circ\text{C}$  پایین می آورد. این کار از نظر اقتصادی چه مزیتی دارد؟



سلول دانز. در فرایند تولید صنعتی سدیم، گاز کلر نیز به دست می آید.

با مراجعه به جدول پتانسیل های الکترودی استاندارد، جدول ۲، علت پیروزی مولکول های  $H_2O(aq)$  بر یون های  $Na^+(aq)$  در رقابت برای کاهش یافتن در کاتد را توجیه کنید.



برقکافت محلول غلیظ نمک خوراکی در آب

۲- اگر به محلول اطراف کاتد چند قطره شناساگر فنول فتالین بیفزایید، محلول به رنگ ارغوانی درمی آید. ایجاد این رنگ نشانگر حضور چه یونی است؟

۳- در سطح آند گاز کلر تولید می شود. تجربه نشان می دهد اگر غلظت یون های  $Cl^-(aq)$  در محلول زیاد باشد، این یون ها به جای مولکول های آب در آند اکسایش می یابند. چرا؟ در این صورت نیم واکنش آندی را بنویسید.

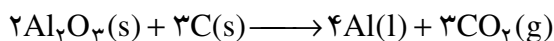
۴- با ادامه ی برقکافت، غلظت یون های  $Cl^-(aq)$ ،  $OH^-(aq)$  و  $Na^+(aq)$  چه تغییری می کند؟

۵- به نظر شما از برقکافت محلول آب نمک غلیظ چه موادی را می توان تهیه کرد؟

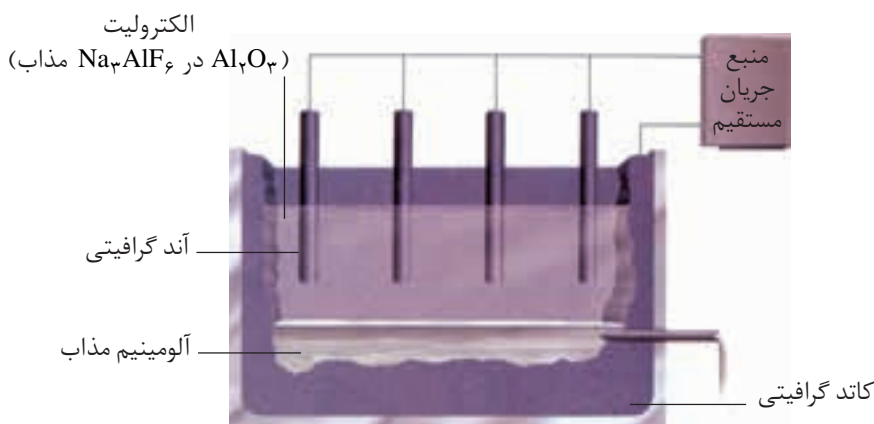
## استخراج آلومینیم

آلومینیم یکی از ارزشمندترین و پرکاربردترین فلزها به شمار می آید. در صنعت، آلومینیم را از سنگ معدن آلومینیم داری به نام بوکسیت (آلومینای ناخالص) به دست می آورند. چون نقطه ی ذوب آلومینای خالص حدود  $2045^\circ C$  است، تأمین این دما و برقکافت آن به حالت مذاب فرایندی اقتصادی نیست. به این دلیل آلومینای ناخالص را پس از خالص سازی در دمایی حدود  $960^\circ C$  در کریولیت ( $Na_3AlF_6$ ) مذاب حل می کنند.

فرایند برقکافت محلول مذاب یاد شده در سلول الکترولیتی ویژه ای انجام می گیرد، شکل ۱۴. واکنش کلی انجام شده در این سلول به صورت زیر است:



چارلز مارتین هال  
(۱۸۶۳-۱۹۱۴)  
شیمی دان آمریکایی. او  
در سن ۲۳ سالگی این  
روش را ابداع کرد.



شکل ۱۴ فرایند هال برای تولید آلومینیم از  $Al_2O_3$ .

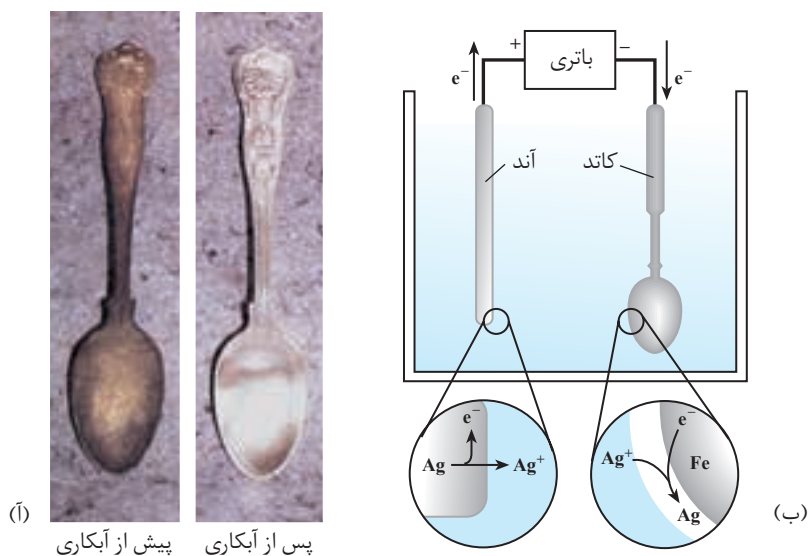
تولید آلومینیم با این روش فرایند هال نامیده می‌شود. پیش از ابداع این روش در سال ۱۸۸۶ آلومینیم به علت کمیاب بودن از طلا و نقره گران‌تر بود. چون فرایند هال به علت مصرف مقدار زیادی انرژی الکتریکی هزینه بالایی را دربر دارد، از این رو با بازیافت فلز Al می‌توان ضمن افزایش عمر یکی از مهم‌ترین منابع تجدیدناپذیر طبیعت، برخی از هزینه‌های تولید فلز آلومینیم را کاهش داد. برای نمونه، تولید قوطی‌های آلومینیومی از قوطی‌های کهنه فقط به ۷٪ از انرژی لازم برای تهیه همان تعداد قوطی از فرایندهال نیاز دارد.

## آبکاری

پوشاندن یک جسم با لایه‌ی نازک از یک فلز به کمک یک سلول الکترولیتی، آبکاری نامیده می‌شود، شکل ۱۵. آ. جسمی که روکش فلزی روی آن ایجاد می‌شود باید رسانای جریان برق باشد.

الکترولیت مورد استفاده برای آبکاری باید دارای یون‌های، فلزی باشد که قرار است لایه‌ی نازکی از آن روی جسم قرار بگیرد. برای نمونه در آبکاری با نقره محلولی از نقره نیترات به عنوان الکترولیت به کار برده می‌شود.

شکل ۱۵. ب. سلول الکترولیتی ساده‌ای را نشان می‌دهد که از آن برای آبکاری با نقره استفاده می‌شود.



شکل ۱۵. آ. یک قاشق آبکاری شده با نقره ب. سلول الکترولیتی مناسب برای آبکاری با نقره

## فکر کنید

۱- بادقت به شکل ۱۵. ب. نگاه کنید. قاشق فلزی به کدام قطب باتری متصل شده است؟ این قاشق نقش کدام الکتروود را دارد؟ الکتروود دیگر از چه جنسی است؟ نیم واکنش های آندی و کاتدی این فرایند را بنویسید.

۲- شکل زیر را بادقت نگاه کنید. چرا روش زیر را پالایش الکتروشیمیایی مس می گویند؟ این فرایند را چگونه شرح می دهید؟ سولفوریک اسید چه نقشی در این فرایند صنعتی دارد؟

