

شنبه
۱۴۰۴/۰۱/۱۶

دفترچه پاسخ

فصل ۲ دوازدهم

دوبینگ ماز

گروه آزمایشی علوم ریاضی و فنی
شیمی

دروس	مسئول درس	طراحان	ویراستاران
شیمی	فرشاد هادیان فرد	فرشاد هادیان فرد - علی ترابی - حسین ایروانی محمد کهنه پوشی - عالیہ میرزایی سعیده محبی - فرهنگ امیری بنیامین بهرامی - امیر بصراوی	فرهنگ امیری - بنیامین بهرامی محمد داودآبادی فراهانی

۱ و ۲ دهم	۳ دهم	۱ یازدهم	۲ یازدهم	۱ دوازدهم	۲ دوازدهم	۳ یازدهم	۴ دوازدهم
هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم	هفته پنجم	هفته ششم		

۵۵ روز جمع‌بندی تا کنکور اردیبهشت

حق چاپ و تکثیر سؤالات به هر روش (الکترونیکی و...) پس از برگزاری آزمون برای تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی تنها با مجوز «گروه ماز» مجاز می‌باشد و با متخلفین برابر مقررات رفتار می‌شود.
به دلیل عدم رضایت تیم ماز، هرگونه استفاده غیرقانونی از دفترچه سؤالات و پاسخنامه ماز برای تمامی اشخاص، شرعاً حرام است.



سلام سلام!

امیدوارم که حالت خوب باشه و سرحال و پرانرژی، اومده باشی سراغ تحلیل این آزمون! فصل دوم کتاب شیمی دوازدهم، از جمله فصل‌های مفهومی کتاب درسی شیمی دوازدهم و از اون مباحثیه که اگر خوب بخونی و مرورش کنی، از پس حل کردن همه سؤالاتش در کنکور بر میایی. اطلاعات آماری مربوط به فصل دو کتاب شیمی دوازدهم، به شرح زیر است:

تعداد میانگین سؤالات فصل در کنکورهای اخیر		۴	
تعداد سؤالات مسئله	۱	تعداد سؤالات مسئله	۱
مهم‌ترین تیترهای مسئله		مهم‌ترین تیترهای مفهومی	
تعداد الکترون مبادله شده در واکنش‌ها - سلول‌های گالوانی و روند تغییر جرم تیغه‌ها - سلول‌های سوختی - سلول‌ها - فرایند برقکافت منیزیم کلرید و سدیم کلرید		موازنه معادله واکنش و نیم‌واکنش‌ها - مقایسه قدرت کاهندگی و اکسندگی گونه‌ها - نوشتن واکنش در سلول‌های گالوانی - روند تغییر جرم تیغه و غلظت یون‌ها در سلول گالوانی - فرایند برقکافت منیزیم کلرید و سدیم کلرید - فرایند هال - خوردگی آهن، حلی و ورقه گالوانیزه - برقکافت آب	

به طور کلی، این فصل هیچ نکته خیلی سخت و پیچیده‌ای نداره و فقط کافیه روش تمرین زیاد بکنی تا موقع حل سؤالات، خدایی نکرده سوتی ندی! هرچقدر سؤالات بیشتری از این فصل رو به صورت زمان‌دار حل کنی، بازدهیت بالاتر میره و می‌تونی با تسلط بیشتری به سؤالات اون جواب بدی! بچه‌ها، در طول چند هفته آینده باید خیلی خیلی از همه نظر مراقب خودتون باشین. از اول سال، خودتون کلی زحمت کشیدین، مادر و پدرتون کلی کمکتون کردن، همه بچه‌های تیم ما کلی وقت گذاشتن و همه این تلاش‌ها، هیچ هدفی جز موفقیت شما نداشته. آزمون‌های سالانه، آزمون‌های دوپینگ، کلاس‌های سالانه، دوره کمربند مشکی، کلاس‌های نکته و تست و ... همگی فقط به دنبال همین هدف مهم برگزار شدن و امیدوارم که تونسته باشن به شما کمک کنن. اگر در طول این چند هفته، خیلی دقیق و با برنامه‌ریزی مرتب جلو برین، شک نکنید به چیزی که حقتونه می‌رسید.

دکتر فرشاد هادیان‌فرد - رتبه ۲۸ کنکور ۹۴ و مسئول درس شیمی آزمون ماز

۱- کدام یک از مطالب زیر نادرست است؟

- ۱) کنترل کیفی محصولات تولیدشده در یک کارخانه داروسازی، بخشی از قلمرو علم الکتروشیمی است.
- ۲) استخراج فلزها از منابع طبیعی آن‌ها، نوعی واکنش اکسایش-کاهش است که در آن فلز اکسایش می‌یابد.
- ۳) واکنش تولید یک ترکیب یونی دوتایی از عناصر سازنده آن، یک نوع واکنش اکسایش-کاهش به شمار می‌رود.
- ۴) اگر در فرایند شیمیایی میان دو گونه تبادل الکترون رخ دهد، آن واکنش به یقین از نوع اکسایش-کاهش است.

(آسان - مفهومی - ۱۲۰۲)

پاسخ: گزینه ۲

فلزها در ترکیب‌های خود به صورت یون‌هایی با بار مثبت دیده می‌شوند و اکثر آن‌ها در طبیعت به صورت ترکیبات یونی حضور دارند. بر این اساس، می‌توان گفت عدد اکسایش فلزها در منابع طبیعی آن‌ها مثبت است. در فرایند استخراج فلزها، در نهایت فلز به صورت عنصری درمی‌آید که عدد اکسایش آن صفر است. پس در این فرایند، کاتیون‌های فلزی الکترون گرفته و کاهش می‌یابند.

استخراج آهن

آهن در مقایسه با سایر فلزها بیشترین مصرف سالانه را دارد. این عنصر در طبیعت اغلب به صورت Fe_2O_3 یافت می‌شود. از آنجا که واکنش‌پذیری عناصر کربن و سدیم در مقایسه با آهن بیشتر است، برای استخراج این فلز از Fe_2O_3 و واکنش‌های زیر می‌توان استفاده کرد:

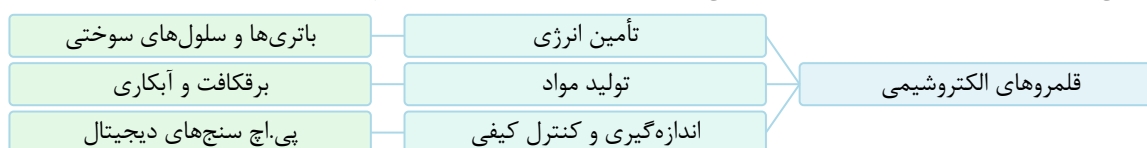
$$Fe_2O_3(s) + 6Na(s) \rightarrow 3Na_2O(s) + 2Fe(s)$$

$$2Fe_2O_3(s) + 3C(s) \rightarrow 4Fe(s) + 3CO_2(g)$$

از آنجا که دسترسی به کربن در مقایسه با سدیم آسان‌تر بوده و استفاده از این عنصر صرفه اقتصادی بیشتری دارد، در فولاد مبارکه همانند همه شرکت‌های فولاد جهان، برای استخراج آهن از کربن استفاده می‌شود. البته، برای استخراج آهن از Fe_2O_3 و واکنش این ماده با گاز کربن مونوکسید بر اساس معادله شیمیایی $Fe_2O_3(g) + 3CO(s) \rightarrow 2Fe(s) + 3CO_2(g)$ نیز می‌توان استفاده کرد.

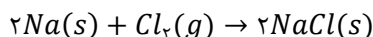
بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) سه قلمرو دانش الکتروشیمی شامل تولید انرژی الکتریکی (باتری‌ها و سلول‌های سوختی)، تولید ماده (برقکافت، آبکاری و استخراج فلزها) و اندازه‌گیری و کنترل کیفی (اطمینان از کیفیت فراورده مانند مواد غذایی و داروها) هستند. در این رابطه، داریم:





۳ به طور کلی واکنش تولید ترکیب های مختلف (چه مواد یونی، چه مواد مولکولی) از عناصر سازنده، یک واکنش اکسایش-کاهش است. برای مثال، به معادله واکنش زیر دقت کنید:



عدد اکسایش اتم ها در ساختار عناصر مختلف صفر است. همچنین در ترکیب ها، اتم ها عدد اکسایشی غیر از صفر دارند. پس واکنش تبدیل عناصر به ترکیب با تغییر عدد اکسایش همراه بوده و واکنش اکسایش-کاهش محسوب می شود. البته در برخی ترکیب ها عدد اکسایش برخی از اتم ها صفر است اما در ساختار این مواد، حداقل دو اتم با عدد اکسایش غیر صفر وجود دارد. به عنوان مثال در ساده ترین آلدهید (فرمالدهید)، عدد اکسایش اتم کربن صفر است اما عدد اکسایش اتم اکسیژن و هیدروژن به ترتیب برابر ۲- و ۱+ می باشد.

۴ اکسایش به معنای از دست دادن الکترون و کاهش به معنای گرفتن الکترون است. اگر این دادوستد الکترون به صورت کامل انجام شود، یون پدید می آید و اگر به صورت نسبی باشد، تنها عدد اکسایش اتم ها تغییر می کند. پس اگر در یک واکنش انتقال الکترون میان دو گونه انجام شود، یک گونه اکسایش و دیگری کاهش می یابد و واکنش انجام شده از نوع اکسایش-کاهش است.

گروه آموزشی ماز

۲- در میان واکنش های زیر، در چند مورد اتم اکسیژن نقش اکسنده و در چند مورد نقش کاهنده را دارد؟

الف: تولید اکسیژن دی فلوئورید از عناصر سازنده

ب: تولید اوزون از اکسیژن

پ: تجزیه آب اکسیژنه

ت: فرایند فتوسنتز

۴ - ۱ (۴)

۳ - ۲ (۳)

۳ - ۱ (۲)

۴ - ۲ (۱)

(متوسط - مفهومی - ۱۴۰۲)

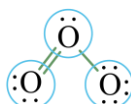
پاسخ: گزینه ۱

اگر در یک واکنش، عدد اکسایش اتم اکسیژن افزایش یابد، اکسیژن در آن واکنش در نقش عامل کاهنده است. در نقطه مقابل، اگر در یک واکنش عدد اکسایش اتم اکسیژن کاهش یابد، اکسیژن در آن واکنش در نقش عامل اکسنده است. توجه داریم که در یک واکنش، ممکن است اکسیژن به طور همزمان در نقش عامل کاهنده و اکسنده باشد. هر یک از واکنش ها را مشخص کرده و تغییر عدد اکسایش اتم اکسیژن را در آن ها بررسی می کنیم. در این رابطه، داریم:

بررسی موارد:

«الف»: $O_2(g) + 2F_2(g) \rightarrow 2OF_2(g)$: در این واکنش، عدد اکسایش اکسیژن در واکنش دهنده برابر صفر و در فرآورده برابر ۲+ است. پس در این واکنش اکسیژن اکسایش یافته و کاهنده محسوب می شود.

«ب»: $3O_2(g) \rightarrow 2O_3(g)$: عدد اکسایش اتم های اکسیژن در ساختار گاز اوزون، متفاوت بوده و هر کدام یک عدد اکسایش دارند. ساختار این مولکول به صورت زیر است:



عدد اکسایش اتم مرکزی برابر ۱+ است. عدد اکسایش اتم کناری که با پیوند دوگانه به اتم مرکزی متصل است، صفر و عدد اکسایش دیگر اتم کناری برابر ۱- است. این در حالی است که در ساختار گاز اکسیژن، عدد اکسایش هر دو اتم اکسیژن برابر با صفر است. بر این اساس، می توان گفت در این واکنش اتم اکسیژن هم اکسایش و هم کاهش یافته که به ترتیب نقش کاهنده و اکسنده را دارد.

«پ»: $2H_2O_2(l) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$: در این واکنش عدد اکسایش اتم اکسیژن در هیدروژن پراکسید از ۱- به صفر در گاز اکسیژن و ۲- به آب می رسد. پس در این واکنش نیز اتم اکسیژن هم کاهش و هم اکسایش یافته و به ترتیب اکسنده و کاهنده است.

«ت»: $6CO_2(g) + 6H_2O(l) \rightarrow C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g)$: در این واکنش عدد اکسایش اکسیژن در کربن دی اکسید، آب و گلوکز برابر ۲- و در گاز اکسیژن برابر صفر است. پس در این واکنش برخی از اتم های اکسیژن اکسایش یافته اند و این اتم ها کاهنده در نظر گرفته می شوند. سایر اتم های اکسیژن موجود در این واکنش، از نظر عدد اکسایش دچار تغییر نشده اند.

گروه آموزشی ماز

۳- در برقکافت محلول آبی ۰/۵ مولار مس(II) سولفات، یون مس(II) در یک الکترود و آب در الکترود دیگر در فرایندهای اکسایش-کاهش شرکت می کنند. اگر پس از پایان واکنش غلظت یون مس(II) در محلول به ۰/۳ مول بر لیتر برسد، pH محلول حاصل چقدر خواهد بود؟ (از تغییر حجم محلول طی فرایند برقکافت صرف نظر کنید.)

۱۳/۶ (۴)

۱۳/۳ (۳)

۰/۴ (۲)

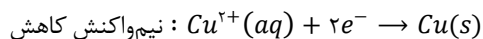
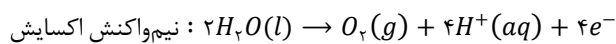
۰/۷ (۱)



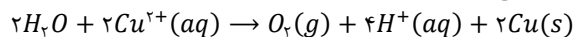
(متوسط - مسئله - مفهومی - ۱۲۰۲)

پاسخ: گزینه ۲

در واکنش برقکافت این محلول آبی، یون مس (II) و آب مصرف می‌شوند. در این واکنش یون مس (II) تنها می‌تواند کاهش یابد و به اتم مس تبدیل شود، پس در الکتروود دیگر آب اکسایش می‌یابد. بر این اساس، معادله نیم‌واکنش‌های انجام‌شده به صورت زیر هستند:



پس واکنش کلی انجام‌شده در ساختار سلول الکترولیتی مورد نظر به صورت زیر است:



در این واکنش غلظت یون مس (II) در ابتدا برابر ۰/۵ مول بر لیتر بوده که به ۰/۳ مول رسیده و ۰/۲ مول بر لیتر کاهش یافته است. در معادله موازنه شده واکنش، ضریب یون هیدروژن دو برابر ضریب کاتیون مس است، پس غلظت یون هیدروژن با انجام این واکنش از عدد تقریباً صفر به ۰/۴ مول بر لیتر می‌رسد. حال pH محلول حاصل را به دست می‌آوریم:

$$pH = -\log[H^+] \Rightarrow pH = -\log(4 \times 10^{-1}) = -(\log 4 + \log 10^{-1}) = -(\log 4 - 1) = 1 - \log 4$$

پس pH محلول با انجام این واکنش به ۰/۴ می‌رسد.

گروه آموزشی ماز

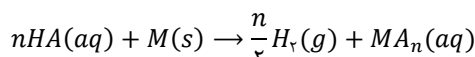
۴- کدام یک از عبارت‌های زیر در مورد واکنش اسید قوی با فلزها درست است؟

- (۱) اتم‌های فلزی در این واکنش نقش اکسنده را دارند.
- (۲) آنیون حاصل از اسید مورد نظر، در این واکنش اکسید می‌شود.
- (۳) اگر فلزی در این واکنش شرکت نکند، پتانسیل کاهشی استاندارد آن مثبت است.
- (۴) در این واکنش به ازای انتقال هر مول الکترون بین گونه‌ها، یک مول گاز تولید می‌شود.

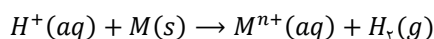
(آسان - مفهومی - ۱۲۰۲)

پاسخ: گزینه ۳

واکنش فلزها با اسید به صورت زیر است:



همچنین با توجه به وجود یون A^- محلول در فراورده و واکنش‌دهنده، می‌توان گفت که این یون در نقش یون ناظر بوده و معادله موازنه نشده این واکنش شیمیایی را به صورت زیر نیز نوشت:



برای انجام این واکنش، در نیم‌واکنش کاتدی (بخش کاهشی) هیدروژن با $E^\circ = 0$ کاهش می‌یابد و در نیم‌واکنش آنودی (بخش اکسایشی) فلز M با E°_M اکسایش پیدا می‌کند. برای آن که این واکنش در این جهت به صورت طبیعی انجام شود، مقدار emf آن باید مثبت باشد. پس داریم:

$$emf = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}} = 0 - E^\circ_M = -E^\circ_M \xrightarrow{emf > 0} E^\circ_M < 0$$

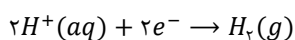
پس اگر این واکنش انجام شود، مقدار E°_M کوچک‌تر از صفر است و اگر انجام نشود، مقدار E°_M مثبت است. به عبارت دیگر، اگر پتانسیل کاهشی استاندارد فلز مورد نظر مثبت باشد، آن فلز با محلول‌های اسیدی واکنش نمی‌دهد.

فلزهای مقاوم

مقدار E° برای پنج عنصر فلزی طلا، پلاتین، جیوه، نقره و مس، بزرگ‌تر از صفر است. از میان این عناصر، مقدار E° برای عناصر طلا، پلاتین، نقره و مس در جدول پتانسیل کاهشی کتاب درسی مطرح شده است و توصیه می‌کنیم که نام و ترتیب این چهار عنصر را به خاطر بسپارید. از آنجا که مقدار E° این عناصر فلزی بزرگ‌تر از $E^\circ(H^+/H_2)$ است، محلول‌های اسیدی بر این فلزها اثری نداشته و آن‌ها را دچار خوردگی نمی‌کنند. به جز این عناصر، مقدار E° برای سایر فلزها منفی بوده و به همین خاطر است که سایر عناصر فلزی در واکنش با اسیدها دچار خوردگی می‌شوند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

- ۱ در این واکنش فلز اکسایش می‌یابد و کاهنده است. طی این فرایند، اتم‌های فلزی به شکل کاتیون در آمده و وارد محلول آبی موجود در اطراف خود می‌شوند.
- ۲ در این واکنش، آنیون اسید نه اکسایش و نه کاهش می‌یابد و همان‌طور که در معادله واکنش بالا نیز مشخص است، به‌طور کلی در این واکنش شرکت نمی‌کند. به عبارت دیگر، این یون معادل با یون ناظر است.
- ۴ نیم‌واکنش مربوط به یون هیدروژن به صورت زیر است:



مطابق معادله این نیم واکنش، به ازای مصرف دو مول الکترون، یک مول گاز تولید می‌شود.

گروه آموزشی ماز



نیم سلول	E°
A^{2+}/A	-0.17
B^{3+}/B	$+0.18$
C^+/C	$-1/65$
D^{3+}/D^{2+}	$+0.16$

۵- با توجه به جدول مقابل کدامیک از گزینه‌های زیر درست است؟

- (۱) اکسید A نسبت به اکسید C پایدارتر است.
- (۲) استخراج فلز A سخت‌تر از استخراج فلز B است.
- (۳) نگهداری فلز C در آزمایشگاه آسان‌تر از فلز B است.
- (۴) قدرت اکسندگی گونه D^{2+} بیشتر از گونه A^{2+} است.

(متوسط - مفهومی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۲

سری الکتروشیمیایی مطرح شده به صورت زیر است:

نیم سلول	E°
B^{3+}/B	$+0.18$
D^{3+}/D^{2+}	$+0.16$
A^{2+}/A	-0.17
C^+/C	$-1/65$

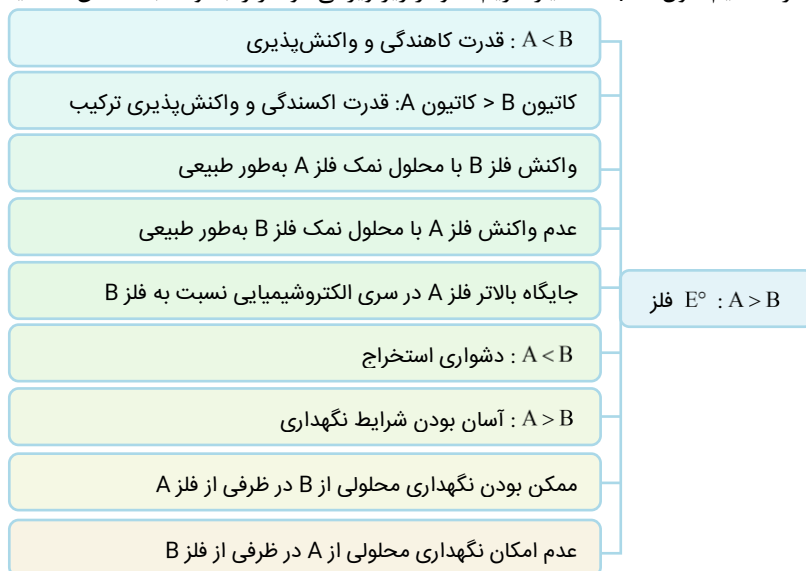
در فرایند استخراج فلزها، عدد اکسایش فلز در ترکیبات یونی کاهش می‌یابد و به صفر در فلز خالص می‌رسد. مقدار E° فلز A کمتر از فلز B است، پس می‌توان گفت یون حاصل از فلز A و در نتیجه ترکیب حاصل از فلز A پایدارتر بوده و تمایل کمتری به کاهش یافتن و استخراج دارد. بر همین اساس، می‌توان گفت استخراج این عنصر فلزی شرایط دشوارتری دارد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ پایداری سیری معکوس با واکنش پذیری دارد. هر عنصر فلزی که واکنش پذیری بیشتری داشته باشد، سطح انرژی بالاتری داشته و ناپایدارتر است. قدرت اکسندگی A^{2+} بیشتر از C^+ بوده و در نتیجه، می‌توان گفت فلز C نسبت به فلز A واکنش پذیری بیشتری دارد. بر این اساس، ترکیبی از یون A^{2+} نسبت به ترکیبی از یون C^+ پایدارتری دارد.

۳ مقدار E° فلز C کمتر از فلز B بوده و به همین علت واکنش پذیری آن بیشتر است. بر این اساس، می‌توان گفت مهیا کردن شرایط نگهداری فلز C در آزمایشگاه (یعنی شرایطی که این فلز به حالت عنصری باقی بماند و با سایر مواد موجود در محیط اطراف خود واکنش ندهد) سخت‌تر می‌باشد.

۴ در این جا مقدار E° داده شده از عنصر D ، مربوط به نیم واکنش $D^{3+} + e^- \rightarrow D^{2+}$ است. بنابراین با استفاده از E° این نیم واکنش، می‌توان قدرت کاهندگی گونه D^{2+} را با سایر گونه‌ها مقایسه کرد، اما نمی‌توان قدرت اکسندگی آن را با سایر گونه‌ها مقایسه کرد. برای بررسی قدرت اکسندگی گونه D^{2+} با سایر گونه‌ها، به مقدار E° نیم سلول D^{3+}/D^{2+} نیاز داریم. نمودار زیر ویژگی دو فلز را با توجه به E° آن‌ها مقایسه می‌کند:



گروه آموزشی ماز

۶- کدامیک از گزینه‌های زیر در مورد استخراج منیزیم از آب دریا نادرست است؟

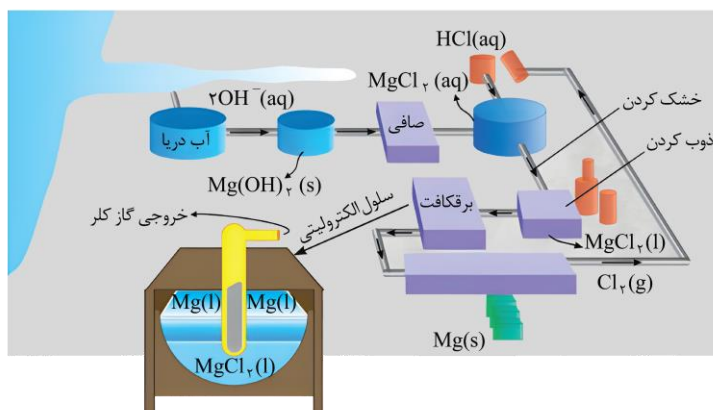
- (۱) در سلول الکتروشیمیایی آن، همانند فرایند هال، فلز از قسمت پایینی ظرف الکترولیت خارج می‌شود.
- (۲) به جز در سلول الکتروشیمیایی، عدد اکسایش عنصر منیزیم در این فرایند تغییری نمی‌کند.
- (۳) مقدار pH محلول اولیه اضافه شده به آب دریا از pH محلول دوم اضافه شده، بیشتر است.
- (۴) در سلول الکتروشیمیایی به کار رفته در طول این فرایند، جرم الکترودها ثابت می‌ماند.



(متوسط - حفظی - مفهومی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۱

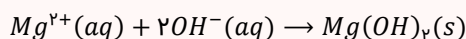
شکل زیر فرایند استخراج منیزیم از آب دریا را نشان می‌دهد:



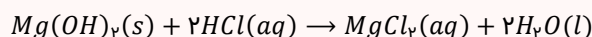
استخراج منیزیم

استخراج فلز منیزیم از آب دریا به کمک چند واکنش شیمیایی و فیزیکی متوالی انجام می‌شود. این فرایندها، به‌صورت زیر هستند:

۱. ابتدا یون منیزیم موجود در آب دریا را به کمک محلول بازی حاوی یون هیدروکسید رسوب می‌دهیم و با صافی از سایر اجزای محلول جدا می‌کنیم. معادله واکنش شیمیایی انجام شده در این فرایند به‌صورت زیر است:

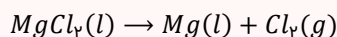


۲. سپس منیزیم هیدروکسید را در محلول هیدروکلریک اسید حل می‌کنیم تا محلول منیزیم کلرید حاصل شود. معادله واکنش شیمیایی انجام شده در این فرایند به‌صورت زیر است:



۳. حال محلول منیزیم کلرید تولید شده را با استفاده از گرما خشک کرده و سپس نمک باقی‌مانده را ذوب می‌کنیم تا الکترولیت مورد نیاز در سلول برقکافت منیزیم کلرید مذاب به‌دست آید.

۴. در نهایت با برقکافت منیزیم کلرید مذاب، فلز منیزیم و گاز کلر تولید می‌شود. معادله واکنش شیمیایی انجام شده در این فرایند به‌صورت زیر است:



همان‌طور که در شکل بالا مشخص است، در سلول الکترولیتی منیزیم مایع تولیدشده بر روی الکترولیت مذاب (منیزیم کلرید) قرار می‌گیرد که به علت چگالی بیشتر منیزیم کلرید مذاب نسبت به منیزیم مایع است. پس از قسمت رویی سلول باید خارج شود. این در حالی است که در فرایند هال، آلومینیم مذاب تولیدشده چگالی بیشتری نسبت به الکترولیت (آلومینیم اکسید مذاب) داشته و از قسمت پایینی ظرف خارج می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۲. در تمام واکنش‌های انجام‌شده تا پیش از برقکافت منیزیم کلرید مذاب، عدد اکسایش ذرات منیزیم برابر با ۲+ بوده و به‌صورت یون منیزیم در واکنش‌ها دیده می‌شود. پس در این حالت تغییری در عدد اکسایش منیزیم ایجاد نمی‌شود. در مرحله آخر این فرایند و در سلول برقکافت، عدد اکسایش منیزیم از ۲+ به صفر کاهش پیدا خواهد کرد.

۳. در این فرایند ابتدا به آب دریا که حاوی یون منیزیم است، محلولی بازی حاوی یون‌های هیدروکسید (سدیم هیدروکسید) اضافه می‌شود تا رسوب منیزیم هیدروکسید تولید شود. سپس به این ماده، محلول اسید قوی HCl اضافه می‌شود تا منیزیم کلرید محلول تولید شود. این محلول پس از خشک شدن و ذوب شدن به منیزیم کلرید مذاب به کار رفته در سلول الکترولیتی تبدیل می‌شود. همان‌طور که می‌دانیم، pH محلول‌های بازی بزرگ‌تر از ۷ و pH محلول‌های اسیدی کوچک‌تر از ۷ است.

۴. در این فرایند الکترودهای موجود در سلول الکترولیتی در واکنش اکسایش-کاهش شرکت نمی‌کنند و جرم آن‌ها ثابت است. در مجاورت با کاتد این سلول، فلز منیزیم و در مجاورت با آن‌د آن نیز گاز کلر تولید می‌شود.

گروه آموزشی ماز

۷- در واکنش کامل زنگ‌زدن آهن، جرم قطعه آهنی به‌تقریب چند درصد افزایش می‌یابد و هر گرم زنگ آهن به‌تقریب با چند لیتر محلول هیدروکلریک

اسید با $pH = 2$ واکنش می‌دهد؟ ($H = 1, O = 16, Fe = 56 : g.mol^{-1}$)

۲/۸ - ۹۱ (۴)

۲/۱ - ۵۸ (۳)

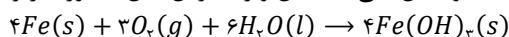
۲/۱ - ۹۱ (۲)

۲/۸ - ۵۸ (۱)

(متوسط - مسئله - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۴

خوردگی به فرایند ترد شدن، خرد شدن و فرو ریختن فلزها بر اثر واکنش‌های اکسایش-کاهش گفته می‌شود. زنگ زدن آهن و ایجاد زنگار سبز بر سطح یک نمونه از فلز مس، نمونه‌هایی از فرایند خوردگی هستند. واکنش کلی اکسایش و زنگ زدن آهن به‌صورت زیر است:

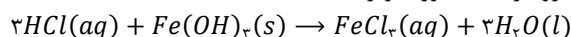




در این واکنش اکسید آهن به صورت $Fe(OH)_3$ تولید می شود. جرم هر مول آهن و آهن (III) هیدروکسید به ترتیب برابر ۵۶ و ۱۰۷ گرم است. بر این اساس، می توان گفت جرم هر ۵۶ گرم آهن، با شرکت در فرایند اکسید شدن به مقدار ۵۱ گرم افزایش یافته و به ۱۰۷ گرم می رسد. بر این اساس درصد افزایش جرم آهن را حساب می کنیم:

$$A = \frac{\text{تغییر جرم آهن}}{\text{جرم اولیه آهن}} \times 100 \Rightarrow A = \frac{51}{56} \times 100 \approx 91\%$$

پس افزایش درصد جرمی آهن به تقریب برابر ۹۱ درصد است. گفتیم که زنگ آهن حاوی $Fe(OH)_3$ است. این ماده با اسیدها واکنش داده و وارد فاز محلول می شود. واکنش $Fe(OH)_3$ با محلول اسید هیدروکلریک به صورت زیر است:



می دانیم در یک محلول اسید قوی غلظت اسید و یون هیدروژن برابر است. بر این اساس غلظت اسید را در این محلول به کمک pH آن محاسبه می کنیم:

$$[H^+] = 10^{-pH} \Rightarrow [H^+] = 10^{-2} = 0.01 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow HCl = 0.01 \text{ mol.L}^{-1}$$

پس حجم محلول مصرف شده در واکنش با یک گرم زنگ آهن را حساب می کنیم:

$$? L \text{ اسید} = 1 \text{ g } Fe(OH)_3 \times \frac{1 \text{ mol } Fe(OH)_3}{107 \text{ g } Fe(OH)_3} \times \frac{3 \text{ mol } HCl}{1 \text{ mol } Fe(OH)_3} \times \frac{1 \text{ L اسید}}{0.01 \text{ mol } HCl} \approx 2/8 \text{ L}$$

بنابراین حجم محلول واکنش داده به تقریب برابر با ۲/۸ لیتر است.

گروه آموزشی ماز

۸- کدام موارد از مطالب زیر درست هستند؟

الف: تغییر آنتالپی فرایند آبکاری را می توان به تقریب برابر با صفر در نظر گرفت.

ب: با انجام آبکاری، غلظت کاتیون موجود در الکترولیت به یقین کاهش می یابد.

پ: برای آبکاری یک قطعه گوگردی با نقره، این جسم را به قطب منفی باتری وصل می کنند.

ت: در سلول آبکاری، غلظت آنیون های موجود در اطراف قطب مثبت سلول بیشتر از قطب دیگر است.

(۴) «ب» و «ت»

(۳) «ب» و «پ»

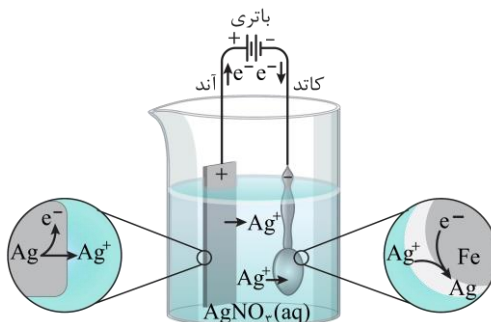
(۲) «الف» و «ت»

(۱) «الف» و «پ»

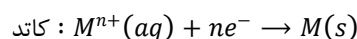
(متوسط - مفهومی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۲

پوشاندن سطح یک فلز با لایه نازکی از فلزهای ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی (مانند طلا و مس)، آبکاری نام دارد. در سلول الکترولیتی این فرایند، تیغه فلز پوشاننده را به قطب مثبت باتری و جسم فلزی که قرار است روی آن آبکاری انجام شود را به قطب منفی باتری وصل می کنیم. الکترولیت به کار رفته در این واکنش نیز محلولی از نمک فلز آبکاری است. تصویر زیر، نمایی از سلول آبکاری با فلز نقره را نشان می دهد:



در قطب مثبت یا همان آند سلول آبکاری، فلز پوشاننده اکسایش یافته و به کاتیون تبدیل می شود. الکترون آزاد شده در این قطب به سمت قطب منفی یا همان کاتد رفته و در نیم واکنش کاهش کاتیون موجود در محلول شرکت می کند.



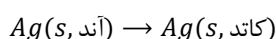
در واقع نیم واکنش های انجام شده در این سلول قرینه یکدیگر هستند. در رابطه با این فرایند، عبارتهای (الف) و (ت) درست هستند.

آبکاری

در زندگی روزانه از وسایل و ابزار گوناگونی مانند وسایل آشپزخانه، شیرآلات ساختمان، دستگیره در و ... استفاده می شود که فلز اصلی سازنده آن ها آهن یا مس است. خوردگی این فلزها از یک سو سبب از بین رفتن زیبایی وسیله می شود و از سوی دیگر به سلامتی بدن آسیب می رساند. به همین دلیل، سطح اغلب این وسایل فلزی را به کمک فرایند آبکاری و با فلزهایی مانند نقره، کروم، نیکل و طلا می پوشانند. با پوشش دادن به سطح این فلزها، وسایل ساخته شده از آن ها در مقابل خوردگی محافظت می شوند.

بررسی موارد:

«الف»: واکنشی که در آبکاری رخ می دهد، تنها جابه جایی یک فلز از یک قطب به قطب دیگر است. یعنی معادله آبکاری جسم آهنی با نقره به صورت زیر است:





پس با توجه به قانون هس و قرینه بودن دو نیم واکنش، آنتالپی فرایند انجام شده برابر با صفر است. در واقع، کل انرژی مصرف شده در این فرایند صرف انتقال اتم های فلزی از روی یک تیغه به تیغه دیگر می شود.

«ب»: در سلول آبکاری اگر n مول کاتیون فلز در کاتد کاهش یابد، n مول یون فلز در آند تولید می شود. پس در این سلول غلظت کاتیون این فلز در الکترولیت ثابت بوده و نیازی به اضافه کردن نمک فلز پوشاننده به محلول حین انجام کار سلول نیست. همچنین کاهش جرم تیغه آندی در این سلول، برابر افزایش جرم تیغه کاتی است.

«پ»: سلول آبکاری نوعی سلول الکترولیتی است و قطب مثبت آن آند و قطب منفی آن کاتد است. پس در فرایند آبکاری، جسمی که آبکاری می شود باید به قطب منفی باتری وصل شود، تا نقش کاتد را داشته باشد و بر روی سطح آن، نیم واکنش کاهش رخ دهد. البته این نکته را باید در نظر بگیریم که آبکاری تنها بر روی اجسام رسانا امکان پذیر است و گوگرد یک عنصر نافلزی و نارسانا است و برای انجام این فرایند مناسب نیست.

«ت»: قطب مثبت در سلول آبکاری، معادل با تیغه آند است که آنیون ها جذب آن می شوند و غلظت آنیون در اطراف آن بیشتر است. به طور کلی در سلول های الکتروشیمیایی، چه سلول های الکترولیتی و چه سلول های گالوانی، آنیون ها به سمت آند و کاتیون ها به سمت کاتد می روند.

گروه آموزشی ماز

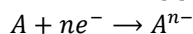
۹- کدام یک از مطالب زیر نادرست است؟

- ۱) اگر در یک سلول گالوانی، emf سلول با E° یک نیم سلول برابر باشد، pH در نیم سلول دیگر در حال کاهش است.
- ۲) اندازه گیری E° یک نیم سلول به تنهایی امکان پذیر نیست و تنها می توان تفاوت E° دو نیم سلول را حساب کرد.
- ۳) پتانسیل کاهشی یک نیم سلول به غلظت یون ها در محلول آن، دما و فشار آن نیم سلول بستگی دارد.
- ۴) E° یک نافلز مربوط به نیم واکنشی است که در آن، یون آن نافلز به عنصر تبدیل می شود.

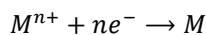
(آسان - مفهومی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۴

مؤلفه E° ، معادل با پتانسیل کاهشی استاندارد است، پس در نیم واکنش آن گونه مورد نظر کاهش می یابد. نافلزها، یون منفی دارند و به هنگام تشکیل این یون کاهش می یابند. پس نیم واکنش کاهشی مربوط به یک نافلز به صورت زیر است:



پس در نیم سلول مربوط به یک نافلز، یون تولید می شود. این در حالی است که در نیم واکنش کاهشی مربوط به یک فلز که نیم واکنش E° آن نیز است، یون فلز مصرف می شود و به عنصر فلزی تبدیل می شود.



سری الکتروشیمیایی

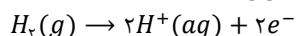
هر فلزی که کاهنده تر از هیدروژن باشد (در مقایسه با هیدروژن تمایل بیشتری به اکسید شدن (از دست دادن الکترون) داشته باشد)، در سری الکتروشیمیایی در موقعیت پایین تری در مقایسه با هیدروژن قرار می گیرد. پتانسیل کاهشی استاندارد فلزهایی که در سری الکتروشیمیایی در مقایسه با هیدروژن در موقعیت پایین تری قرار دارند، منفی است. در نقطه مقابل، فلزهایی که در مقایسه با هیدروژن قدرت کاهندگی کمتری دارند (طلا، پلاتین، نقره و مس)، در سری الکتروشیمیایی در مقایسه با هیدروژن در موقعیت بالاتری قرار داشته و پتانسیل کاهشی آن ها نیز بزرگ تر از صفر است. در سری الکتروشیمیایی، نیم واکنش ها به شکل کاهش نوشته شده اند و این پیشنهاد آیوپاک، برای هماهنگی در همه منابع علمی معتبر به کار گرفته می شود. در هر نیم واکنش، گونه کاهنده در سمت راست و گونه اکسند در سمت چپ نوشته می شود.

بررسی سایر گزینه ها:

۱) در سلول ها و واکنش های اکسایش-کاهش، برای محاسبه مقدار emf سلول، از رابطه زیر استفاده می کنیم:

$$emf = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}} \xrightarrow{emf=E^\circ_{\text{کاتد}}} emf = emf - E^\circ_{\text{آند}} \Rightarrow E^\circ_{\text{آند}} = \cdot$$

پس در این واکنش E° نیم سلول آندی برابر با صفر و ولت بوده و نیم سلول قرار گرفته در این موقعیت، معادل با SHE است. با توجه به قرار گرفتن این الکتروود در آند، نیم واکنش آن اکسایشی خواهد بود و معادله آن به صورت زیر است:

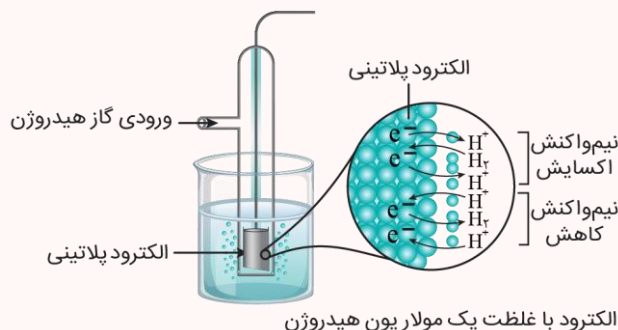


با انجام این نیم واکنش به مرور زمان، غلظت یون هیدروژن زیاد شده و pH محلول این نیم سلول کاهش می یابد.



نیم سلول استاندارد هیدروژن

اندازه‌گیری پتانسیل یک نیم سلول، به طور جداگانه ممکن نیست و این کمیت باید به طور نسبی اندازه‌گیری شود. شیمی‌دان‌ها برای دستیابی به این هدف، تصمیم گرفتند نیم سلول استاندارد هیدروژن (SHE) را به عنوان یک مبنا برای مقایسه پتانسیل الکترودی سایر نیم سلول‌ها انتخاب کرده و پتانسیل آن را برابر با صفر در نظر بگیرند. الکترود یا نیم سلول هیدروژن، شامل یک الکترود فلزی از جنس پلاتین می‌شود که در محلولی با غلظت یک مولار از یون هیدروژن در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد فرو برده شده است و گاز هیدروژن با فشار ۱ اتمسفر از روی آن عبور داده می‌شود. تصویر، نمایی از این نیم سلول را نشان می‌دهد:



محلول بکار رفته در این نیم سلول، یک محلول اسیدی با غلظت یک مولار یون هیدروژن و $pH = 0$ است.

۲ اندازه‌گیری پتانسیل یک نیم سلول به طور جداگانه ممکن نیست و باید این کمیت را به طور نسبی اندازه‌گیری کرد. یعنی برای اندازه‌گیری آن باید یک صفر نسبی در نظر بگیریم که همان E° نیم سلول SHE است. برای این منظور، نیم سلول مورد نظر را به نیم سلول SHE وصل می‌کنیم تا سلول گالوانی حاصل شود. در این حالت، emf سلول را با ولت‌سنج حساب کرده و با توجه به کاتد یا آند بودن نیم سلول مورد نظر، $E^\circ = \pm emf$ است.

۳ مقدار E° یک نیم سلول در دمای $25^\circ C$ ، در فشار ۱ atm و غلظت یک مولار محلول اندازه‌گیری می‌شود و این سه متغیر بر مقدار پتانسیل کاهش نیم سلول تأثیرگذار هستند. با تغییر هر مؤلفه، ولتاژ نسبی آن نیم سلول دچار تغییر خواهد شد.

گروه آموزشی ماز

۱۰- چند مورد از مطالب زیر در مورد سلول سوختی هیدروژن (A) و سلول الکترولیتی تجزیه آب (B) نادرست است؟

الف: در آند هر دو سلول، رنگ کاغذ pH قرمز می‌شود.

ب: یون تولیدشده در قطب منفی B از غشای موجود در A می‌گذرد.

پ: در سلول B ، حجم گاز تولیدشده در سمت کاتد نصف سمت آند است.

ت: بدون در نظر گرفتن حالت فیزیکی مواد، نیم واکنش کاتدی A معکوس نیم واکنش آندی B است.

۴ (۴)

۳ (۳)

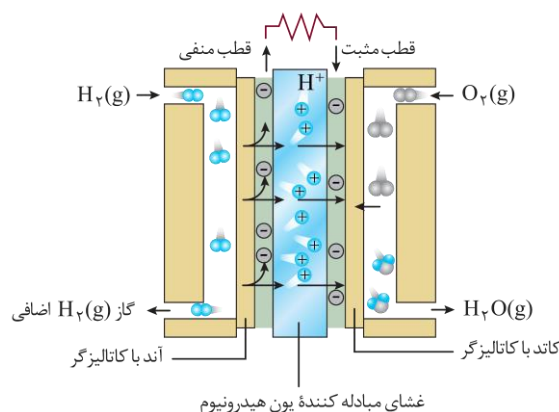
۲ (۲)

۱ (۱)

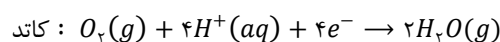
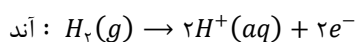
(سخت - مفهومی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۲

ساختار سلول سوختی هیدروژن-اکسیژن به صورت زیر است:



در این سلول نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش به صورت زیر هستند:

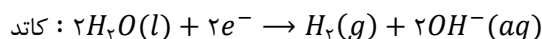
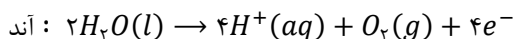


سلول سوختی

در سلول‌های سوختی، یک واکنش شیمیایی در شرایط کنترل شده انجام می‌شود. هرچند که در رایج‌ترین نوع از سلول‌های سوختی، گاز هیدروژن به عنوان سوخت مصرف می‌شود، اما در برخی از انواع این سلول‌ها از سایر مواد از جمله متان نیز به عنوان سوخت استفاده می‌شود. طی این فرایند، عدد اکسایش اتم‌های کربن افزایش یافته و عدد اکسایش اتم‌های اکسیژن کاهش پیدا می‌کند. توجه داریم که این سلول‌ها با کارکرد خود، نوعی گاز آلاینده (گاز کربن دی‌اکسید) تولید کرده و وارد هوا کرده می‌کنند.



همچنین برقکافت آب در یک سلول الکترولیتی انجام می‌شود. در این سلول، گازهای هیدروژن و اکسیژن با مصرف برق تولید می‌شوند. نیم‌واکنش‌های کاتدی و آندی این سلول به‌صورت زیر هستند:



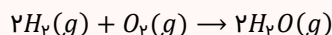
عبارت‌های (ب) و (پ) نادرست هستند.

بررسی موارد:

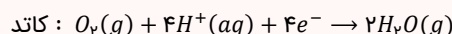
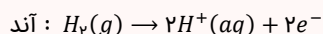
«الف»: در آند هر دو سلول یون هیدروژن تولید می‌شود و محیط موجود در این محلول، اسیدی است. همانطور که می‌دانیم، محیط‌های اسیدی رنگ کاغذ pH را قرمز می‌کنند.

سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن

واکنش کلی سلول سوختی هیدروژن-اکسیژن به‌صورت زیر است:



در این سلول نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش به‌صورت زیر هستند:

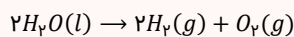


در این سلول، یون‌های هیدروژن تولیدشده در آند از طریق غشای مبادله‌کننده یون هیدرونیوم و الکترون‌های آزادشده از طریق مدار خارجی به سمت کاتد می‌روند. این دو گونه در کاتد در واکنش با گاز اکسیژن، نیم‌واکنش کاهش را انجام‌داده و آب تولید می‌کنند. پس در سلول سوختی هیدروژن، گاز هیدروژن به آند واردشده و گاز هیدروژن مصرف‌نشده از پایین این قطب خارج می‌شود. در مقابل به کاتد گاز اکسیژن وارد و بخار آب خارج می‌شود. توجه داریم که در این سلول، الکترولیت موجود در غشای مبادله‌کننده یون هیدرونیوم، خاصیت اسیدی دارد.

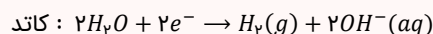
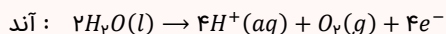
«ب»: قطب منفی در سلول‌های الکترولیتی کاتد و در سلول‌های گالوانی معادل با آند است. در سلول برقکافت آب که یک سلول الکترولیتی است، در قطب منفی یون هیدروکسید تولید می‌شود. این در حالی است که یون عبوری از غشای سلول سوختی هیدروژن، یون هیدروژن یا یون هیدرونیوم است.

برقکافت آب

برقکافت آب به معنای دادن جریان الکتریکی به آب برای اکسایش و کاهش آن است. در این واکنش آب به عناصر سازنده خود تبدیل می‌شود. معادله واکنش کلی انجام‌شده در سلول برقکافت آب، به‌صورت زیر است:

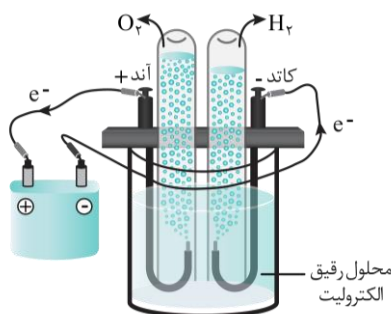


این فرایند در یک سلول الکترولیتی انجام می‌شود که هدف از ساخت آن تولید گاز هیدروژن است. نیم‌واکنش‌های کاتدی و آندی انجام شده در این سلول به‌صورت زیر هستند:



یون هیدروژن و هیدروکسید تولیدشده در دو سمت سلول، با یکدیگر واکنش داده و آب تولید خواهند کرد. به علت آن که آب خالص رسانایی الکتریکی اندکی دارد، پس برای برقکافت آب باید در آن اندکی الکترولیت حل کرد.

«پ»: معادله کلی واکنش انجام‌شده در سلول برقکافت آب به‌صورت $2\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g)$ است. مطابق معادله این واکنش، حجم گاز هیدروژن تولیدشده (گازی که در کاتد تولید می‌شود) دو برابر گاز اکسیژن تولیدشده (گازی که در آن تولید می‌شود) است. تصویر زیر، نمایی از سلول استفاده شده برای برقکافت آب را نشان می‌دهد:



«ت»: دو نیم واکنش مطرح‌شده، به‌جز در حالت فیزیکی آب، کاملاً معکوس یکدیگر هستند. البته، در متن کتاب درسی حالت فیزیکی آب در نیم‌واکنش کاتدی سلول سوختی به‌صورت مایع نوشته است که با توجه به واکنش کلی، اشتباه می‌باشد.

گروه آموزشی ماز

۱۱- کدام یک از مطالب زیر در مورد سلول گالوانی مس-نقره درست است؟ ($\text{Cu} = 64, \text{Ag} = 108 : g \cdot \text{mol}^{-1}$)

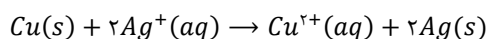
- (۱) جهت حرکت آنیون‌ها در دیوار متخلخل، مخالف جهت حرکت الکترون در سیم رابط دو الکترود است.
- (۲) در این سلول الکتروشیمیایی، تغییر جرم تیغه آندی از تغییر جرم تیغه کاتدی بیشتر است.
- (۳) در این سلول، به مرور زمان محلول موجود در نیم‌سلول قطب منفی کم‌رنگ می‌شود.
- (۴) با پیشرفت واکنش انجام‌شده در این سلول، مجموع غلظت کاتیون‌ها افزایش می‌یابد.



(متوسط - مفهومی - ۱۲۰۲)

پاسخ: گزینه ۱

در سری الکتروشیمیایی عناصر فلزی، نقره نسبت به فلز مس در قسمت بالاتری قرار دارد. پس در این سلول فلز مس اکسایش و یون نقره کاهش می‌یابد. واکنش انجام‌شده در این سلول گالوانی به‌صورت زیر است:



در سلول‌های گالوانی، جهت حرکت آنیون‌ها از خلال دیواره متخلخل به سمت نیم‌سلول آندی و جهت حرکت الکترون در سیم رابط، از الکتروآندی به الکتروکاتیودی است. همچنین جهت حرکت کاتیون از آند به سمت کاتد می‌باشد.

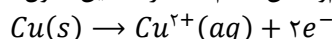
دیواره متخلخل

در یک سلول گالوانی، به مرور زمان فلز به‌کاررفته در آند اکسایش پیدا کرده و کاتیون‌های حاصل از این فرایند، وارد الکترولیت آندی می‌شوند. با ادامه این فرایند، کاتیون‌ها در الکترولیت آندی تجمع پیدا کرده و این محلول بار مثبت پیدا می‌کند. با انجام شدن نیم‌واکنش کاهش در سمت کاتد نیز تعداد آنیون‌های موجود در محلول کاتیدی بیشتر از تعداد کاتیون‌های موجود در آن شده و این محلول بار منفی پیدا می‌کند. با ادامه این فرایند و تجمع بار الکتریکی در نیم‌سلول‌ها، جریان الکتریکی در مدار خارجی متوقف می‌شود. دیواره متخلخل به کاتیون‌های موجود در الکترولیت آندی اجازه می‌دهد به سمت الکترولیت کاتیدی مهاجرت کنند و به آنیون‌های موجود در الکترولیت کاتیدی نیز اجازه می‌دهد به سمت الکترولیت آندی مهاجرت کنند. به این ترتیب، دیواره متخلخل با به جریان انداختن گونه‌های باردار میان محلول‌های موجود در هر نیم‌سلول، سبب خنثی‌کردن بار الکتریکی آن‌ها شده و از تجمع بار الکتریکی در این نیم‌سلول‌ها جلوگیری می‌کند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۲ در این سلول الکتروشیمیایی به ازای مصرف یک مول فلز مس در تیغه آندی (معادل ۶۴ گرم فلز مس)، دو مول فلز نقره (معادل ۲۱۶ گرم فلز نقره) تولید می‌شود. پس تغییر جرم تیغه آندی از تغییر جرم تیغه کاتیدی کمتر است.

۳ در سلول‌های گالوانی، قطب منفی همان آند است. نیم‌واکنش انجام‌شده در آند این سلول گالوانی به‌صورت زیر است:

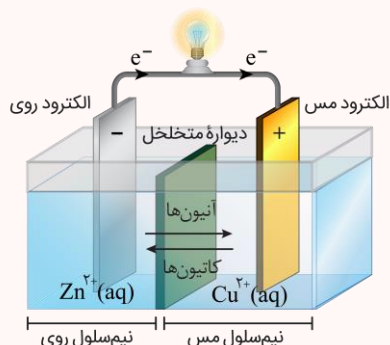


رنگ محلول در این نیم‌سلول به غلظت کاتیون مس (II) موجود در آن بستگی دارد. در این سلول به مرور زمان غلظت این کاتیون به مرور زمان افزایش یافته و محلول پررنگ‌تر می‌شود.

۴ برای بررسی درستی این عبارت، باید به معادله واکنش کلی انجام شده در این سلول گالوانی دقت کنیم. در واکنش انجام‌شده در این سلول، به ازای تولید یک مول یون مس (II)، دو مول یون نقره مصرف می‌شود و مجموع مقدار کاتیون‌های موجود در این سلول، به اندازه یک مول کاهش می‌یابد. پس به مرور زمان مجموع غلظت کاتیون‌ها در این سلول کاهش می‌یابد.

سلول گالوانی

در سلول گالوانی، انرژی شیمیایی ذخیره‌شده در ماده به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. در این سلول با انجام یک واکنش اکسایش-کاهش، الکترون‌ها در مدار خارجی جریان پیدا می‌کنند. سلول گالوانی از اتصال دو نیم‌سلول ایجاد می‌شود. الکتروده‌های این دو نیم‌سلول در مدار خارجی توسط سیم و الکترولیت‌های این دو نیم‌سلول توسط دیواره متخلخل به یکدیگر متصل هستند. در سلول‌های گالوانی نیم‌واکنش اکسایش در آند رخ داده و الکترون آزاد می‌شود. الکترون آزادشده در آند در مدار خارجی به سمت کاتد می‌رود. در کاتد، الکترون در نیم‌واکنش کاهش شرکت می‌کند. این حرکت الکترون از آند به کاتد موجب تولید جریان الکتریکی شده است. با توجه به حرکت بار منفی (الکترون) در مدار خارجی به سمت کاتد، در الکترولیت‌ها نیز بار مثبت (کاتیون‌ها) به سمت کاتد و بار منفی (آنیون‌ها) به سمت آند می‌رود. در این سلول، آند معادل با قطب منفی و کاتد نیز معادل با قطب مثبت است. ساختار سلول گالوانی روی‌مس به‌صورت زیر است:



در این سلول، نیم‌سلول روی آند و قطب منفی و نیم‌سلول مس، کاتد و قطب مثبت است. برای محاسبه اختلاف پتانسیل ایجادشده در سلول گالوانی که به نیروی الکتروموتوری یا همان emf شناخته می‌شود، از رابطه زیر استفاده می‌شود:

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

به علت آن که emf سلول گالوانی بزرگ‌تر از صفر است؛ در این سلول‌ها، نیم‌سلولی کاتد خواهد بود که پتانسیل استاندارد کاهشی آن بیشتر باشد و نیم‌سلول دیگر نقش آند را ایفا می‌کند.



۱۲- چند مورد از مطالب زیر درباره فرایند هال درست است؟

- الف: جنس الکترودهای آند و کاتد سلول الکتروشیمیایی آن، مشابه هم است.
ب: از فلز تولیدشده در این واکنش، برای انجام فرایند ترمیت استفاده می شود.
پ: جرم الکترود قطب مثبت آن برخلاف الکترود دیگر، به مرور زمان کاهش می یابد.
ت: حباب های گاز در نزدیکی الکترودی که دور تا دور الکترولیت را فرا گرفته، تشکیل می شود.

۴ (۴)

۳ (۳)

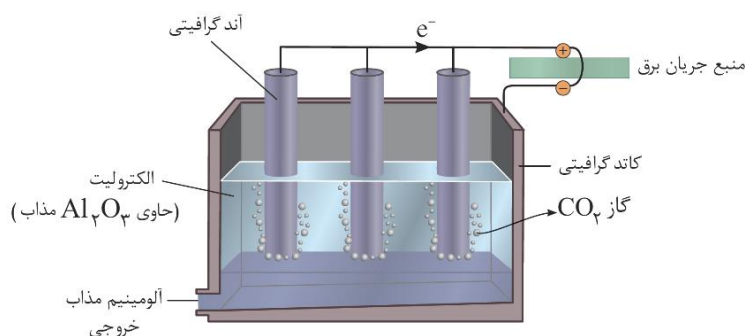
۲ (۲)

۱ (۱)

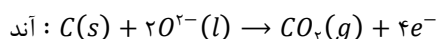
(سخت - مفهومی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۳

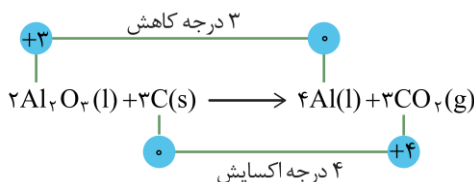
سنگ معدن آلومینیم، بوکسیت نام دارد که نمونه ای ناخالص از آلومینیم اکسید (Al_2O_3) است. برای تولید آلومینیم از سنگ معدن، پس از جدا کردن ناخالصی ها از بوکسیت، آلومینیم اکسید خالص را به صورت مذاب در آورده و در یک سلول الکترولیتی به نام هال، برقکافت می کنند. تصویر زیر، نمایی از این سلول الکترولیتی را نشان می دهد:



الکترودهای سلول هال از جنس گرافیت هستند. الکترودهای مثبت یا همان آند، درون الکترولیت و الکترود منفی یا همان کاتد، اطراف الکترولیت قرار دارد و ظرف سلول را تشکیل می دهد. الکترولیت این سلول آلومینیم اکسید مذاب است. نیم واکنش های انجام گرفته در این سلول به صورت زیر است:



معادله واکنش کلی انجام شده در این سلول به صورت زیر است:



چگالی آلومینیم مذاب تولیدشده در این فرایند از چگالی آلومینیم اکسید مذاب بیشتر بوده و به همین علت، این فلز در پایین الکترولیت قرار گرفته و از سلول خارج می شود. عبارت های (الف)، (ب) و (پ) درست هستند.

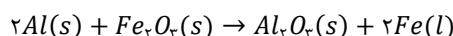
بازیافت آلومینیم

فرایند هال به علت مصرف مقدار زیادی انرژی الکتریکی، هزینه بسیار بالایی دارد؛ از این رو با بازیافت فلز آلومینیم می توان ضمن افزایش عمر یکی از مهم ترین منابع تجدیدناپذیر موجود در طبیعت، برخی از هزینه های تولید این فلز را کاهش داد. برای نمونه تولید قوطی های آلومینیومی از قوطی های کهنه فقط به ۷٪ از انرژی لازم برای تهیه همان تعداد قوطی از فرایند هال نیاز دارد. به عبارت دیگر، با بازیافت قوطی های آلومینیومی می توان به اندازه ۹۳٪ در میزان انرژی مصرفی صرفه جویی کرد.

بررسی موارد:

«الف»: جنس الکترودهای آند و کاتد در این سلول هر دو گرافیت هستند. این ماده، رسانایی الکتریکی بالا و دمای ذوب بالایی دارد و به همین خاطر، اکثر الکترودها در سلول های الکترولیتی از جنس گرافیت هستند.

«ب»: معادله فرایند ترمیت به صورت زیر است:



در این واکنش به علت آزادشدن گرمای بسیار زیاد، آهن به شکل مایع درمی آید. از این آهن مذاب، در صنعت جوشکاری (خصوصاً برای جوش دادن خطوط راه آهن) استفاده می شود.

«پ»: در سلول های الکترولیتی، قطب مثبت معادل با آند است. در این سلول، الکترود گرافیتی آند در واکنش اکسایش-کاهش شرکت می کند و مصرف می شود، در حالی که الکترود کاتدی در واکنش اکسایش-کاهش مصرف نمی شود و جرم آن ثابت می ماند.

«ت»: در این سلول، همانند سلول برقکافت منیزیم کلرید مذاب، الکترودی که درون الکترولیت قرار دارد، آند و الکترودی که دور الکترولیت را فرا گرفته کاتد است. در فرایند هال، گاز تولیدشده کربن دی اکسید است که در مجاورت با آند ایجاد می شود.



اکسایش و خوردگی

رفتار همه عناصر فلزی در برابر مولکول‌های اکسیژن یکسان نبوده و برخی از این عناصر در برابر خوردگی با اکسیژن مقاوم هستند. به عنوان مثال، با این که فلز آلومینیم E° بسیار کوچکی داشته و به سرعت با اکسیژن هوا واکنش می‌دهد و به Al_2O_3 تبدیل می‌شود، اما در برابر خوردگی مقاوم است. علت این موضوع آن است که آلومینیم اکسید تولید شده لایه‌ای چسبنده و متراکم را در سطح فلز باقی مانده ایجاد می‌کند که باعث جلوگیری از نفوذ اکسیژن و رطوبت به لایه‌های زیرین شده و از زنگ‌زدن لایه‌های درونی آلومینیم جلوگیری می‌کند. فلزات قلع و روی نیز به طریق مشابه در برابر خوردگی مقاوم هستند. به خاطر وجود این ویژگی، از فلزهای مورد نظر می‌توان برای ایجاد یک لایه محافظ بر روی سطح دیگر عناصر فلزی از جمله آهن استفاده کرد.

گروه آموزشی ماز

۱۳- کدام یک از مطالب زیر نادرست است؟

- (۱) تولید برق با استفاده از سوخت در نیروگاه‌های حرارتی، اتلاف گرمای بیشتری نسبت به سلول سوختی دارد.
- (۲) مقدار emf سلول‌های سوختی مثبت بوده و این سلول‌ها در دسته سلول‌های گالوانی قرار می‌گیرند.
- (۳) واکنش انجام شده در سلول سوختی، کنترل شده است و طی آن، ماده سوختنی اکسایش می‌یابد.
- (۴) در یک سلول سوختی، ماده سوختنی در کاتد و گاز اکسیژن در سمت آند مصرف می‌شود.

(آسان - مفهومی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۴

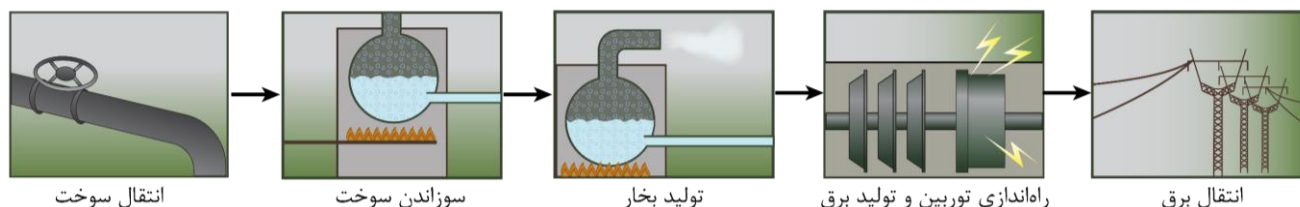
سلول سوختی، یک نوع سلول الکتروشیمیایی است. در همه سلول‌های الکتروشیمیایی، نیم‌واکنش اکسایش در آند و نیم‌واکنش کاهش در کاتد رخ می‌دهد. در سلول سوختی نیز ماده سوختنی اکسایش و اکسیژن کاهش می‌یابد و این دو فرایند، به ترتیب در سمت آند و کاتد انجام می‌شوند.

سلول سوختی

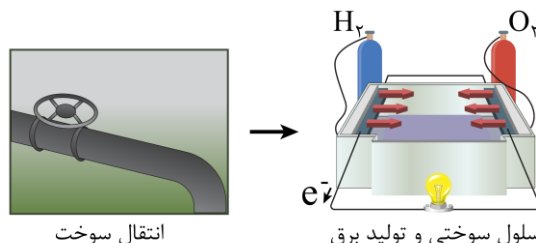
سلول سوختی، نوعی سلول گالوانی است که توسط شیمی‌دان‌ها و برای گذر از تنگنای تولید انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست پیشنهاد می‌شود. این سلول‌ها ردپای گاز کربن دی‌اکسید را کاهش می‌دهند. رایج‌ترین سلول سوختی، سلول هیدروژن-اکسیژن است که در آن گاز هیدروژن به آرامی و تحت یک شرایط کنترل شده با گاز اکسیژن وارد واکنش شده و اکسید می‌شود. طی این فرایند، بخش زیادی از انرژی شیمیایی ذخیره شده در مولکول‌های هیدروژن به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ بازده تولید انرژی الکتریکی از سوخت در نیروگاه‌های حرارتی تولید برق، کمتر از سلول سوختی است. علت این پدیده آن است که با سوختن سوخت‌ها در نیروگاه‌ها، انرژی در یک لحظه آزاد می‌شود و به همین علت امکان استفاده از همه انرژی آزاد شده وجود ندارد. همچنین انرژی تولید شده در این حالت به صورت گرما بوده و باید ابتدا به انرژی مکانیکی (به حرکت انداختن توربین‌ها) و سپس به انرژی الکتریکی تبدیل شود که با اتلاف انرژی در هر یک از این تبدیل‌ها همراه است. به علاوه چون سوختن سوخت‌ها یک واکنش خطرناک است، باید در نیروگاه‌ها انجام شود و به هنگام انتقال انرژی الکتریکی تولید شده به مصرف کننده نیز بخشی از آن هدر می‌رود. تصویر زیر، نمایی از این فرایند را نشان می‌دهد:



در نقطه مقابل، در سلول‌های سوختی انرژی به صورت الکتریکی و همچنین به آرامی از اکسایش سوخت آزاد می‌شود و با توجه به کم خطر بودن آن، می‌توان همانند باتری‌ها، از این سلول‌ها در محل مصرف برق استفاده کرد. این سلول‌ها، بازدهی بسیار بالاتری دارند؛ به گونه‌ای که سوزاندن گاز هیدروژن در موتور درون سوز، بازدهی نزدیک به ۲۰ درصد و اکسایش آن در سلول سوختی، بازدهی ۶۰ درصد دارد. تصویر زیر، نمایی از یک سلول سوختی را نشان می‌دهد:



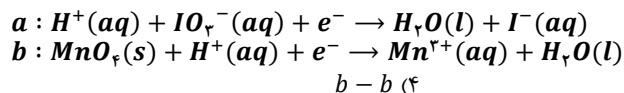
۲ سلول سوختی یک نوع سلول گالوانی بوده و مقدار emf آن همانند سایر انواع سلول‌های گالوانی و باتری‌ها مثبت است.

۳ در سلول‌های سوختی، همان واکنش سوختن ماده سوختنی انجام می‌شود با این تفاوت که در سلول سوختی، واکنش انجام شده کنترل شده است. واکنش سوختن یک سوخت همواره یک واکنش اکسایش-کاهش است که در آن اکسیژن کاهش و سوخت اکسایش می‌یابد.

گروه آموزشی ماز



۱۴- پس از موازنه معادله دو نیم‌واکنش زیر، ضریب الکترون و آب به ترتیب در نیم‌واکنش و بیشتر از نیم‌واکنش دیگر است.



$b - b$ (۴)

$a - b$ (۳)

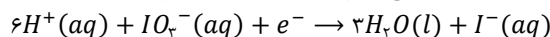
$b - a$ (۲)

$a - a$ (۱)

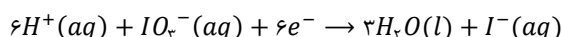
(متوسط - مفهومی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۲

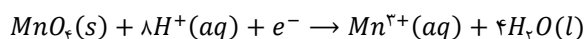
در موازنه معادله نیم‌واکنش‌ها و یا واکنش‌های اکسایش-کاهش، باید علاوه بر موازنه تعداد اتم‌های عناصر مختلف در دو سمت معادله، موازنه بار نیز صورت گیرد. در نیم‌واکنش‌ها ابتدا موازنه اتم‌ها را انجام می‌دهیم و پس از آن ضریب الکترون را به گونه‌ای قرار می‌دهیم که جمع جبری بارهای الکتریکی در دو طرف معادله برابر باشند. هر دو نیم‌واکنش را بر این اساس موازنه می‌کنیم. معادله نیم‌واکنش اول به صورت $H^+(aq) + IO_3^-(aq) + e^- \rightarrow H_2O(l) + I^-(aq)$ است. ابتدا این نیم‌واکنش را بدون در نظر گرفتن بار و الکترون موازنه می‌کنیم. بر این اساس، داریم:



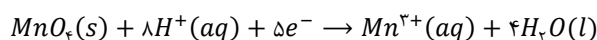
در حال حاضر بدون در نظر گرفتن الکترون، جمع بارها در سمت واکنش‌دهنده‌ها برابر با ۵+ و در سمت فراورده‌ها نیز برابر با ۱- است؛ پس ضریب الکترون در این معادله برابر ۶ خواهد بود:



معادله نیم‌واکنش دوم به صورت $MnO_4^-(s) + H^+(aq) + e^- \rightarrow Mn^{2+}(aq) + H_2O(l)$ است. ابتدا این نیم‌واکنش را بدون در نظر گرفتن بار و الکترون موازنه می‌کنیم. بر این اساس، داریم:



در حال حاضر بدون در نظر گرفتن الکترون، جمع بارهای الکتریکی در سمت واکنش‌دهنده‌ها برابر با ۸+ و در سمت فراورده‌ها برابر با ۳+ است؛ پس ضریب الکترون در این معادله برابر ۵ خواهد بود:



پس در واکنش a ضریب الکترون و در واکنش b ضریب آب بیشتر است.

گروه آموزشی ماز

۱۵- کدام یک از مطالب زیر در مورد واکنش زنگ زدن آهن درست هستند؟

الف: مقدار emf سلول گالوانی ایجادشده طی این فرایند، در حالت اسیدی بزرگ‌تر از حالت خنثی است.

ب: رسوب زنگ آهن پیرامون بخشی تشکیل می‌شود که در آن یون هیدروکسید تولید می‌شود.

پ: تغییر عدد اکسایش هر اتم گونه کاهنده برابر تغییر اکسایش هر اتم اکسنده است.

ت: به ازای عبور ۶ مول الکترون از قطعه آهنی، یک مول $Fe(OH)_3$ تولید می‌شود.

(۴) «الف» و «ت»

(۳) «پ» و «ت»

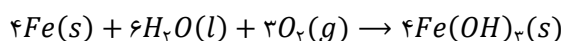
(۲) «ب» و «پ»

(۱) «الف» و «ب»

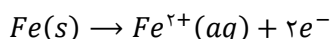
(سخت - مفهومی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۱

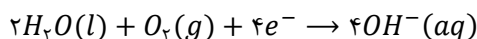
خوردگی به فرایند ترد شدن، خرد شدن و فروریختن فلزها بر اثر واکنش اکسایش-کاهش گفته می‌شود. زنگ زدن آهن و تولید زنگار قهوه‌ای رنگ و همچنین زنگار سبز بر سطح مس، نمونه‌هایی از فرایند خوردگی هستند. فلز آهن با گاز اکسیژن و آب واکنش داده و خورده می‌شود. معادله کلی این واکنش شیمیایی به صورت زیر است:



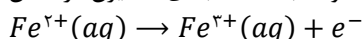
نیم‌واکنش اکسایش در این فرایند به صورت زیر است:



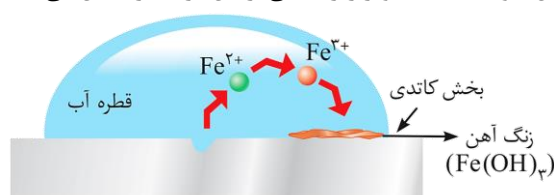
این نیم‌واکنش در سطح فلز و زیر قطره آب (آند) رخ می‌دهد و با انتقال الکترون آن توسط خود فلز به محل انجام نیم‌واکنش کاهش، نیم‌واکنش زیر در اطراف قطره و روی فلز (کاتد) رخ می‌دهد:



در این شرایط یون آهن (II) به سمت کاتد حرکت کرده و با توجه به غلظت بالای اکسیژن در همان محل مطابق نیم‌واکنش زیر مجدداً اکسایش می‌یابد:



نیم‌واکنش بالا در سطح فلز انجام نشده و الکترون تولیدشده در آن به صورت مستقیم در نیم‌واکنش کاهش مصرف می‌شود. در نهایت یون هیدروکسید و یون آهن (III) با یکدیگر رسوب $Fe(OH)_3$ را تشکیل خواهند داد. تصویر زیر، نمایی از این فرایند را نشان می‌دهد:





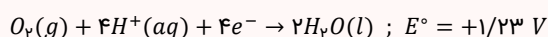
در این واکنش، فلز آهن در نقش گونه کاهنده و اکسیژن در نقش گونه اکسنده است. نقش آب در این واکنش علاوه بر واکنش‌دهنده، رسانای یونی یا همان الکترولیت است. وجود همزمان آب و گاز اکسیژن برای انجام این واکنش الزامی است. در رابطه با این فرایند، عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند.

بررسی موارد:

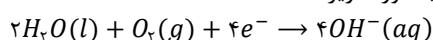
«الف»: در حالت اسیدی نسبت به خنثی، E° نیم‌واکنش کاتدی بیشتر بوده و به همین علت emf سلول ایجاد شده بیشتر است. دلیل بیشتر بودن سرعت و شدت فرایند خوردگی آهن با اکسیژن در محیط اسیدی، بیشتر بودن emf سلول تشکیل شده است.

خوردگی آهن

در شهرهایی که هوای آن‌ها حاوی اکسیدهای نیتروژن و گوگرد است، باران‌های اسیدی تشکیل شده و با باریدن باران‌های اسیدی، قطرات آبی که بر روی سطح فلزها قرار می‌گیرند خاصیت اسیدی پیدا خواهند کرد. تمایل مولکول‌های اکسیژن به گرفتن الکترون، در محیط‌های اسیدی (محیط‌هایی با $pH < 7$ که رنگ کاغذ pH را سرخ می‌کنند)، بیشتر از محیط‌های خنثی است و به همین خاطر، فلز آهن در محیط‌های اسیدی در مقایسه با محیط‌های خنثی با سرعت بیشتری خورده می‌شود. نیم‌واکنش کاهش اکسیژن در محیط‌های اسیدی به صورت مقابل است:



«ب»: با توجه به شکل بالا، محل تشکیل رسوب در نزدیکی نیم‌واکنش تولید یون هیدروکسید یا همان نیم‌واکنش کاتدی است که محیط آن به علت تولید یون هیدروکسید خاصیت بازی دارد. معادله این نیم‌واکنش به صورت زیر است:



«پ»: در این واکنش، آهن کاهنده و اکسیژن اکسنده است. عدد اکسایش هر اتم آهن در این واکنش ۳ واحد افزایش و عدد اکسایش هر اتم اکسیژن ۲ واحد کاهش می‌یابد.

«ت»: انتقال الکترون در سطح فلز آهن مربوط به نیم‌واکنش $Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$ بوده و طی این نیم‌واکنش به ازای تولید ۶ مول الکترون، ۳ مول Fe^{2+} تولید می‌شود. پس از آن ۳ مول Fe^{2+} طی نیم‌واکنش $Fe^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{3+}(aq) + e^-$ به ۳ مول Fe^{3+} تبدیل می‌شود. این انتقال الکترون به صورت مستقیم میان اکسنده و کاهنده انجام می‌گیرد و از فلز عبور نمی‌کند. در نهایت ۳ مول یون Fe^{3+} ، ۳ مول رسوب $Fe(OH)_3$ تولید می‌کند.

گروه آموزشی ماز

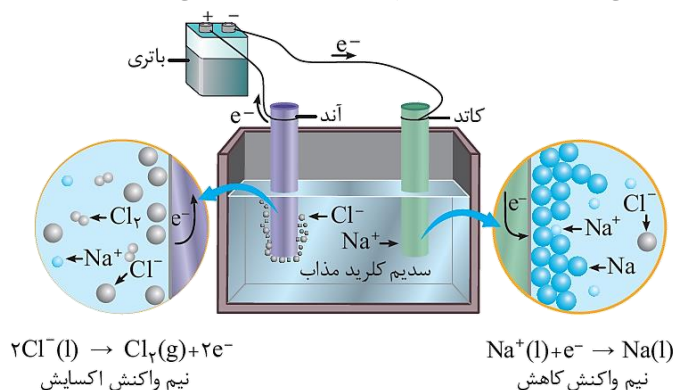
۱۶- کدام یک از مطالب زیر در مورد سلول برقکافت سدیم کلرید مذاب نادرست است؟

- (۱) در دسته سلول‌های الکترولیتی قرار دارد که در آن‌ها، واکنش شیمیایی برخلاف جهت طبیعی انجام می‌شود.
- (۲) در اطراف الکترود آند این سلول گاز زردرنگ تولید شده و از مخلوط الکترولیت خارج می‌شود.
- (۳) جهت حرکت الکترون در مدار خارجی این سلول، برخلاف یک سلول گالوانی از قطب منفی به مثبت است.
- (۴) در معادله نیم‌واکنش انجام گرفته در کاتد، الکترون در سمت واکنش‌دهنده‌ها قرار دارد.

(متوسط - مفهومی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۳

سلول‌های برقکافت، در دسته سلول‌های الکترولیتی قرار دارد. جهت حرکت الکترون در انواع سلول‌های الکتروشیمیایی همواره از سمت آند به سمت کاتد است؛ پس در سلول‌های گالوانی این انتقال الکترون از قطب منفی به قطب مثبت و در سلول‌های الکترولیتی (مانند سلول برقکافت مواد و ترکیب‌های مختلف)، از قطب مثبت به قطب منفی می‌باشد. تصویر زیر، نمایی از سلول برقکافت سدیم کلرید مذاب را نشان می‌دهد:



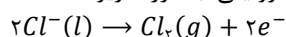
بررسی سایر گزینه‌ها:

سلول‌های الکترولیتی، دسته‌ای از سلول‌های الکتروشیمیایی هستند که در آن‌ها با مصرف انرژی الکتریکی واکنش‌هایی که به صورت طبیعی انجام نمی‌شوند، در محیط آزمایشگاهی یا صنعتی انجام می‌شوند و منجر به تولید یک ماده خواهند شد. در واقع در این سلول‌ها انرژی الکتریکی به انرژی شیمیایی نهفته در ماده تولید شده تبدیل خواهد شد. در سلول‌های الکترولیتی، الکترولیت‌های مختلف مانند محلول نمک‌ها و نمک‌های مذاب برقکافت می‌شوند. از این سلول‌ها به خصوص در استخراج فلزها (مانند فرایند هال و یا فرایند تولید سدیم و منیزیم)، تولید گاز هیدروژن (سلول برقکافت آب) و آبکاری استفاده می‌شود.

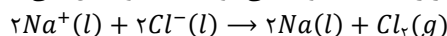


۲

معادله نیم‌واکنش انجام گرفته در سمت آند این سلول الکترولیتی، به صورت زیر است:



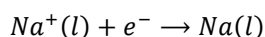
در این نیم‌واکنش گاز کلر که زرد متمایل به سبز رنگ است، تولید می‌شود. معادله واکنش کلی انجام شده در این سلول نیز به صورت زیر است:



توجه داریم که در سلول برق‌کافت سدیم کلرید مذاب، برای کاهش نقطه ذوب سدیم کلرید، به آن کلسیم کلرید اضافه می‌شود تا گرما و انرژی لازم برای انجام این فرایند کاهش یابد.

۴

نیم‌واکنش انجام شده در سمت کاتد تمام سلول‌ها همواره به صورت کاهش است. در نیم‌واکنش‌های کاهشی، نماد الکترون در سمت واکنش‌دهنده‌ها قرار دارد. نیم‌واکنش کاتدی این سلول به صورت زیر است:



گروه آموزشی ماز

۱۷- در واکنش زیر پس از موازنه، مجموع ضریب فراورده‌ها به تقریب چند برابر واکنش‌دهنده‌ها است؟



۱/۷۸ (۴)

۰/۷۶ (۳)

۱/۴۷ (۲)

۰/۶۲ (۱)

(آسان - مفهومی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۲

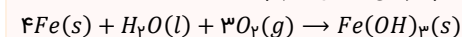
معادله این واکنش به صورت زیر است:



در این واکنش عدد اکسایش کلر و نیتروژن تغییر می‌کند، پس می‌توان معادله این واکنش را به کمک تغییر عدد اکسایش گونه‌های مختلف شرکت کننده در آن موازنه کرد.

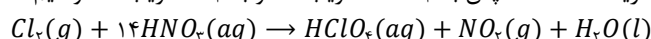
موازنه اکسایش - کاهش

برای موازنه واکنش‌های اکسایش-کاهش می‌توان از مفهوم عدد اکسایش کمک گرفت. در این روش، از این حقیقت استفاده می‌شود که شمار الکترون‌های جدا شده از گونه کاهنده با شمار الکترون‌های رسیده به گونه اکسند برابری است. برای این منظور، ابتدا اتم‌هایی که کاهش یا اکسایش یافته‌اند را مشخص کرده و تغییر عدد اکسایش آن‌ها را مشخص می‌کنیم. اگر این دو اتم در واکنش‌دهنده‌ها زیروند داشتند، در تغییر عدد اکسایش ضرب می‌کنیم. در نهایت تغییر عدد اکسایش کاهنده را ضرب گونه اکسند و تغییر عدد اکسایش اکسند را ضرب گونه کاهنده قرار می‌دهیم و در ادامه واکنش را موازنه می‌کنیم. در واقع در این روش نسبت ضریب میان اکسند و کاهنده را مشخص کرده‌ایم. به عنوان مثال برای موازنه واکنش $Fe(s) + H_2O(l) + O_2(g) \rightarrow Fe(OH)_3(s)$ ، اول باید گونه‌های اکسند و کاهنده را پیدا کنیم. در این واکنش اکسیژن اکسند و آهن کاهنده است. عدد اکسایش اکسیژن از صفر به ۲- و عدد اکسایش آهن از صفر به ۳+ می‌رسد. با توجه به زیروند ۲ اتم اکسیژن، تغییر عدد اکسایش اکسیژن برابر با ۴ واحد و تغییر عدد اکسایش آهن برابر با ۳ واحد است. پس به آهن ضریب ۴ و به اکسیژن ضریب ۳ می‌دهیم. بر این اساس، داریم:



در نهایت معادله را به صورت کامل به شکل $4Fe(s) + 6H_2O(l) + 3O_2(g) \rightarrow 4Fe(OH)_3(s)$ موازنه می‌کنیم.

عدد اکسایش اتم نیتروژن از ۵+ در HNO_3 ، به ۴+ در NO_2 رسیده و یک واحد تغییر می‌کند. همچنین عدد اکسایش کلر از صفر در Cl_2 به ۷+ در $HClO_4$ رسیده و عدد اکسایش دو اتم کلر ۱۴ واحد زیاد شده است. پس به HNO_3 ضریب ۱۴ و به Cl_2 ضریب ۱ خواهیم داد. بر این اساس، داریم:



حال واکنش را به طور کامل موازنه می‌کنیم:



مجموع ضریب مواد در سمت فراورده‌ها برابر ۲۲ و در سمت واکنش‌دهنده‌ها برابر ۱۵ است. در نهایت نسبت خواسته شده را مشخص می‌کنیم:

$$A = \frac{22}{15} \approx 1/47$$

بنابراین نسبت خواسته شده به تقریب برابر ۱/۴۷ است.

گروه آموزشی ماز

۱۸- چند مورد از مطالب زیر درست است؟

الف: عدد اکسایش یون‌های فلزی بر روی رنگ محلول آبی آن‌ها مؤثر است.

ب: محلول آبی سدیم برمید را می‌توان در ظرف آلومینیومی نگهداری کرد.

پ: اگر یک عنصر فلزی با اسید واکنش ندهد، در هوای مرطوب نیز به یقین اکسید نمی‌شود.

ت: استخراج همه فلزهایی با E° مثبت از درون خاک با استفاده از گیاهان، صرفه اقتصادی ندارد.

۱ (۴)

۲ (۳)

۳ (۲)

۴ (۱)

(متوسط - مفهومی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۳

عبارت‌های «الف» و «ب» درست هستند.



بررسی موارد:

«الف»: محلول کاتیون‌های مختلف یک فلز می‌توانند رنگ‌های مختلفی داشته باشند. به عنوان مثال، محلول حاوی یون Fe^{2+} (آهن با عدد اکسایش ۲+) سبزرنگ هستند در حالی که محلول‌های حاوی یون Fe^{3+} (آهن با عدد اکسایش ۳+) رنگ زرد دارند. همچنین می‌توان به رنگ‌های مختلف محلول‌های حاوی یون‌های وانادیم با عدد اکسایش متفاوت اشاره کرد.

«ب»: برای آن که بتوانیم یک محلول آبی را در ظرفی نگهداری کنیم، نباید کاتیون‌های موجود در آن محلول با فلز سازنده ظرف واکنش بدهند. به عبارت دیگر، برای آن که محلولی از یک ترکیب یونی را بتوانیم در ظرفی فلزی قرار دهیم، باید واکنش‌پذیری فلز سازنده ظرف از واکنش‌پذیری فلز موجود در ترکیب یونی کمتر و در نتیجه E° آن بیشتر باشد. واکنش‌پذیری فلزهای قلیایی از سایر فلزها مانند آلومینیم بیشتر بوده و محلول آبی از ترکیبات فلزهای قلیایی را می‌توان در ظرف‌های دیگر نگه داشت.

«پ»: فلزهایی که پتانسیل کاهشی استاندارد آن‌ها بیشتر از صفر است، با محلول‌های اسیدها (محلول حاوی یون هیدرونیوم) به طور طبیعی واکنش نمی‌دهند. مس، نقره، پلاتین و طلا، از جمله فلزهایی هستند که در سری الکتروشیمیایی بالاتر از هیدروژن قرار داشته و E° آن‌ها مثبت است، پس این فلزها با اسیدها واکنش نخواهند داد. این در حالی است که پتانسیل کاهشی استاندارد گاز اکسیژن بیشتر از صفر بوده و از میان این ۴ فلز، فلزهای مس و نقره با گاز اکسیژن موجود در هوا واکنش می‌دهند. طی این فرایند، روی سطح این عناصر فلزی لایه‌ای از اکسید آن‌ها تشکیل می‌شود. فلز مس زنگار سبزرنگ و فلز نقره اکسیدی تیره رنگ دارند.

خوردگی

عناصر فلزی در فرایند خوردگی و در مواجهه با گاز اکسیژن، به سه دسته زیر تقسیم می‌شوند:

۱. فلزهایی که اکسید نمی‌شوند و به نام فلزهای نجیب شناخته می‌شوند. طلا و پلاتین در این دسته قرار دارند. این دو فلز پتانسیل کاهشی استاندارد بسیار بالایی داشته و حتی در محیط اسیدی نیز با اکسیژن واکنش نخواهند داد.
۲. فلزهایی که اکسید می‌شوند اما خورده نمی‌شوند. اکسید سطحی ایجاد شده بر روی فلز، به لایه‌های فلزی زیرین خود چسبیده و همچنین اجازه نفوذ اکسیژن را به قسمت‌های داخلی نمی‌دهد و به این طریق مانع از ریزش و خوردگی فلز می‌شوند. فلزهای این دسته شامل آلومینیم، قلع، روی، کروم و تیتانیوم می‌شود.
۳. سایر فلزها در اثر تماس با اکسیژن هوا، با اکسید شدن و ادامه یافتن فرایند اکسایش، خرد و ترد شده و فرو می‌ریزند. به عنوان مثال آهن و مس که به ترتیب زنگار قهوه‌ای و سبزرنگ دارند و در مجاورت با اکسیژن دچار خوردگی می‌شوند.

«ت»: استخراج فلزهای مس و طلا به کمک روش گیاه‌پالایی (روشی که در آن برای استخراج فلز، گیاه را در خاک حاوی فلز می‌کارند و سپس گیاه را سوزانده و فلز را از خاکستر آن جدا می‌کنند) صرفه اقتصادی دارد و توجه داریم که هر دو فلز گفته شده، E° مثبت دارند.

گروه آموزشی ماز

۱۹- کدام یک از مطالب زیر نادرست است؟

- (۱) اثر حفاظتی از آهن پس از ایجاد خراش بر روی سطح آهن سفید، برخلاف حلبی، حفظ می‌شود.
- (۲) آهن گالوانیزه برخلاف حلبی، ماده‌ای مناسب برای استفاده به عنوان ظروف نگهداری مواد غذایی نیست.
- (۳) در حلبی خراشیده شده، فلز قلع نقش الکترود کاتدی را ایفا می‌کند و در سطح آن، اکسیژن کاهش می‌یابد.
- (۴) سرعت زنگ‌زدن آهن موجود در یک قطعه متشکل از فلزهای منیزیم و آهن، نسبت به آهن خالص بیشتر است.

(متوسط - مفهومی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۴

واکنش‌پذیری و قدرت کاهندگی فلز منیزیم از آهن بیشتر است، پس در یک قطعه فلزی متشکل از عناصر منیزیم و آهن، فلز منیزیم نقش آند و آهن نقش کاتد را دارد و به هنگام اکسایش، ابتدا منیزیم اکسید می‌شود و آهن از اکسایش محافظت شده و سرعت اکسید شدن آهن به صفر می‌رسد. در واقع، طی این فرایند فلز منیزیم خود را فدا کرده و جلوی خوردگی آهن را می‌گیرد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ پس از خراشیدگی سطح آهن سفید، برخلاف یک قطعه حلبی، فلز آهن در نقش کاتد قرار می‌گیرد و از اکسایش در امان می‌ماند. اما در خراشیدگی حلبی، واکنش‌پذیری آهن بیشتر از قلع بوده و در این حالت حتی سرعت اکسایش آهن افزایش می‌یابد. در واقع در حلبی خراشیده شده، فلز آهن از فلز قلع در برابر اکسید شدن محافظت می‌کند.

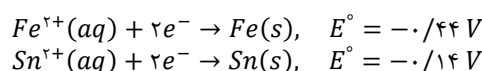
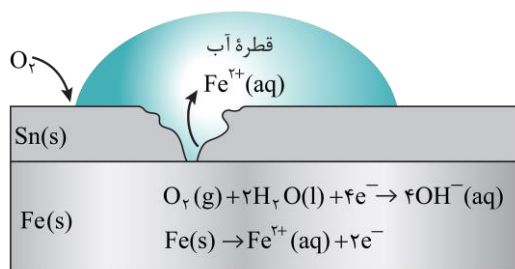
۲ در ساختار حلبی، به علت جلوگیری از تماس فیزیکی مواد اکسند با آهن، فلز آهن در مقابل خوردگی محافظت می‌شود. در این حالت، قلع تنها در نقش یک محافظ پوششی برای آهن است. این در حالی است که در آهن گالوانیزه یا همان آهن سفید، از هر دو روش یعنی هم حفاظت پوششی و هم حفاظت کاتدی، استفاده شده است. مشکل آهن گالوانیزه برای استفاده از آن در ساخت ظروف غذایی، خوردگی فلز روی در مجاورت اسید موجود در غذا و ورود یون‌های آن به ماده غذایی و مسمومیت است. به همین خاطر، برای مصرف به عنوان ظروف نگهداری مواد غذایی، تنها می‌توان از حلبی استفاده کرد.



جدول زیر اکسید شدن فلز را در آهن سفید و حلیبی پس از خراشیدگی و آهن خالص، با یکدیگر مقایسه می‌کند:

حلیبی	آهن سفید	آهن خالص
آهن	روی	آهن
قلع	آهن	آهن
$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$	$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$	$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$
$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$	$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$	$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$
از آهن به قلع	از روی به آهن	درون آهن
افزایش می‌یابد	کاهش می‌یابد	طبیعی
سرعت خوردگی آهن	سرعت خوردگی آهن	سرعت خوردگی آهن

در حلیبی خراشیده شده، فلز قلع نقش الکتروکاتدی را دارد که در سطح آن نیم‌واکنش کاهش اکسیژن انجام می‌شود. تصویر زیر، نمایی از ورقه حلیبی و فرایند خوردگی آن پس از خراشیدگی را نشان می‌دهد:



حفاظت کاتدی

برای محافظت از فلزها از خوردگی، می‌توان از دو روش استفاده کرد. در روش اول تنها با پوشاندن سطح فلز، مانع از رسیدن رطوبت، اکسیژن و هر ماده اکسند دیگری به فلز می‌شوند. به عنوان مثال با رنگ کردن و یا اندودن فلزها با آلکان‌های مایع از این روش برای جلوگیری از خوردگی استفاده می‌شود. روش دوم، استفاده از فلزهایی با واکنش پذیری بالاتر (پتانسیل کاهشی استاندارد کمتر) در کنار فلز اصلی است. در این حالت، رطوبت و اکسیژن با فلز فعال‌تر واکنش داده و تا مدتی که فلز محافظت‌کننده در محیط واکنش وجود داشته باشد، فلز اصلی در واکنش شرکت نکرده و خورده نمی‌شود. به روش دوم، محافظت کاتدی نیز می‌گویند. توجه داریم که پر مصرف‌ترین فلز در دنیا، آهن است که در حضور آب با اکسیژن هوا خورده شده و از بین می‌رود؛ به گونه‌ای که سالانه ۳۰ درصد آهن تولید شده صرف جایگزینی با آهن خورده شده می‌شود. از هر دو روش بالا برای محافظت از آهن استفاده می‌شود. در این رابطه، داریم:

۱. منیزیم: در کنار سازه‌های آهنی، قطعاتی از منیزیم حضور دارند که به وسیله حفاظت کاتدی مانع از خوردگی آهن می‌شود. در این فرایند آهن کاتد و منیزیم آند است. با توجه به مصرف منیزیم، قطعات منیزیم باید در طول زمان تعویض شوند.
۲. حلیبی: به آهنی که با لایه‌ای از قلع پوشیده شده باشد، حلیبی گویند. فلز قلع در برابر خوردگی مقاوم بوده و قرار گرفتن آن بر سطح آهن به کمک روش پوششی مانع از رسیدن اکسیژن و رطوبت به آهن خواهد شد. همچنین فلز قلع با مواد غذایی واکنش نداده و ظرفی مناسب برای نگهداری از آن‌ها است. در صورتی که قلع خاصیت پوششی را در حلیبی از دست دهد (مانند خراش افتادن بر طرف)، هر دو فلز آهن و قلع در معرض اکسیژن و آب قرار می‌گیرند. در این فرایند آهن در قسمت آهنی اکسایش یافته و گاز اکسیژن نیز کاهش می‌یابد. سرعت خوردگی آهن در این سلول حتی از خوردگی آهن خالص بیشتر است.
۳. آهن گالوانیزه (سفید): به آهنی که با فلز روی اندوده شده باشد، آهن سفید می‌گویند. فلز روی نیز در برابر خوردگی مقاوم است و با ایجاد پوشش مانع از رسیدن اکسیژن و آب به آهن خواهد شد. برخلاف حلیبی، اگر لایه روی خراشیده شود، باز هم آهن از خوردگی و این بار به روش حفاظت کاتدی، محافظت می‌شود. پتانسیل کاهشی استاندارد روی کمتر از آهن بوده و در سلولی از این دو فلز، آهن نقش کاتد و روی نقش آند را ایفا می‌کند. آهن گالوانیزه برای ساخت تانکر آب و کانال کولر به کار می‌رود.

گروه آموزشی ماز

۲۰- اگر در پایان واکنش قطعه ۲۰ گرمی از آلیاژ منگنز و قلع با مقدار کافی محلول روی نیترات، ۲۲/۷ گرم فلز در ظرف واکنش وجود داشته باشد، درصد جرمی قلع در این آلیاژ چقدر است؟ (بار یون‌های پایدار منگنز و قلع را برابر با ۲+ در نظر بگیرید.)

($Mn = 55, Zn = 65, Sn = 119 : g. mol^{-1}$)

۳۱/۲۵ (۴)

۲۱/۷۵ (۳)

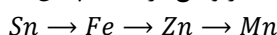
۲۵/۷۵ (۲)

۳۷/۲۵ (۱)

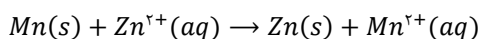
(متوسط - مسئله - ۱۳۰۲)

پاسخ: گزینه ۲

در سری الکتروشیمیایی، ترتیب قرارگیری چهار فلز آهن، روی، منگنز و قلع، از بالا به پایین به صورت زیر است:



پس واکنش‌پذیری فلز روی از فلز قلع بیشتر و از فلز منگنز کمتر است. پس تنها واکنش زیر میان منگنز موجود در آلیاژ فلزی و کاتیون‌های روی موجود در محلول انجام می‌شود:





در این واکنش به ازای مصرف یک مول منگنز و کاهش ۵۵ گرمی از جرم آلیاژ، یک مول فلز روی (معادل با ۶۵ گرم فلز روی)، به جرم فلز موجود در ظرف اضافه می شود. پس به ازای مصرف ۵۵ گرم منگنز در این واکنش، ۱۰ گرم به جرم فلز موجود در ظرف واکنش اضافه می شود. پس با توجه به مقدار تغییر جرم جامد موجود در ظرف واکنش، جرم فلز منگنز موجود در آلیاژ را حساب می کنیم:

$$? g Mn = \frac{55 g Mn}{10 g \text{ تغییر جرم}} \times \text{تغییر جرم } 2/7 g Mn = 14/85 g$$

پس جرم منگنز در این آلیاژ برابر ۱۴/۸۵ گرم بوده است. جرم اولیه آلیاژ مورد نظر برابر با ۲۰ گرم بوده است، در نتیجه جرم قلع موجود در این آلیاژ برابر ۵/۱۵ گرم است. درصد جرمی قلع را در این آلیاژ مشخص می کنیم:

$$\text{درصد جرمی قلع} = \frac{5/15}{20} \times 100 = 5/15 \times 5 = 25/75 \text{ درصد}$$

پس درصد جرمی قلع در آلیاژ برابر ۲۵/۷۵ درصد است.

گروه آموزشی ماز

۲۱- کدام موارد از مطالب زیر درست هستند؟

- الف: در واکنش سوختن آلکن ها، عدد اکسایش اتم های کربن به طور میانگین ۵ واحد افزایش می یابد.
ب: در ساختار همه هیدروکربن ها به جز متان، عدد اکسایش هر اتم کربن بین ۳- تا صفر است.
پ: در واکنش سیرشدن یک هیدروکربن توسط گاز H_2 ، برخی از اتم های کربن کاهش می یابد.
ت: اتم کربن موجود در ساختار گروه کربونیل از مواد آلی، به یقین عدد اکسایش +۱ یا +۲ دارد.

(۴) «پ» و «ت»

(۳) «ب» و «پ»

(۲) «الف» و «ت»

(۱) «الف» و «ب»

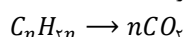
(سخت - مفهومی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۳

عبارت های «ب» و «پ» درست هستند.

بررسی موارد:

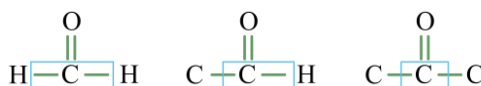
«الف»: عدد اکسایش اتم های هیدروژن در ترکیبات آلی همواره برابر +۱ است. فرمول شیمیایی آلکن ها به صورت C_nH_{2n} است. مجموع عدد اکسایش اتم های هیدروژن در این ترکیب برابر $+2n$ و در نتیجه مجموع عدد اکسایش اتم های کربن برابر $-2n$ است. پس به طور میانگین عدد اکسایش هر اتم کربن در این خانواده برابر ۲- می باشد. در واکنش سوختن، عدد اکسایش هر اتم کربن به +۴ در CO_2 می رسد. پس در این واکنش به طور میانگین عدد اکسایش هر اتم کربن ۶ واحد افزایش می یابد. معادله کلی این واکنش شیمیایی به صورت زیر است:



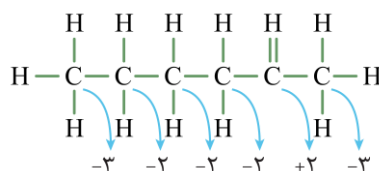
«ب»: در ساختار هیدروکربن ها، هر اتم کربن به صفر تا ۳ اتم هیدروژن متصل بوده و تنها در متان، اتم کربن به چهار اتم هیدروژن اتصال دارد. در ساختار هیدروکربن ها و بخش هیدروکربنی مولکول های آلی، عدد اکسایش هر اتم کربن برابر با منفی تعداد اتم های هیدروژن متصل به آن است. بر این اساس، می توان گفت در ساختار همه هیدروکربن ها به جز متان، عدد اکسایش هر اتم کربن بین ۳- تا صفر است.

«پ»: در واکنش گاز هیدروژن با ترکیبات آلی سیرنشده، عدد اکسایش اتم های هیدروژن افزایش می یابد و عدد اکسایش هر یک از اتم های کربن شرکت کننده در تشکیل پیوندهای دوگانه، هر کدام به اندازه یک واحد کاهش می یابد.

«ت»: با توجه به اتم های متصل به اتم کربن گروه کربونیل سه ساختار متفاوت دارد.

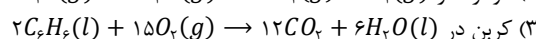
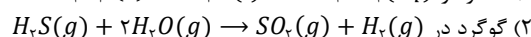
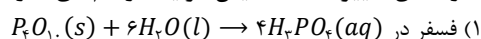


عدد اکسایش کربن به ترتیب از راست به چپ صفر، +۱ و +۲ است. در واقع عدد اکسایش اتم کربن گروه کربونیل در کتون ها برابر ۲+، در آلدهیدها به جز فرمالدهید (ساده ترین آلدهید) برابر ۱+ و در فرمالدهید برابر صفر است. برای مثال، در رابطه با ۲-هپتانون، داریم:



گروه آموزشی ماز

۲۲- قدر مطلق تغییر عدد اکسایش هر یک از اتم های سازنده کدام یک از عناصر در واکنش مطرح شده، بیشتر از سایر موارد است؟





(آسان - مفهومی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۴

تغییر عدد اکسایش اتم‌های مطرح‌شده در هر واکنش را مشخص می‌کنیم.

۱. فسفر در $P_4O_{10}(s) + 6H_2O(l) \rightarrow 4H_3PO_4(aq)$: عدد اکسایش هر اتم فسفر در P_4O_{10} و H_3PO_4 مساوی و برابر ۵+ است و واکنش انجام‌گرفته از نوع اکسایش-کاهش نبوده و عدد اکسایش اتم فسفر تغییری نمی‌کند.

۲. گوگرد در $H_2S(g) + 2H_2O(g) \rightarrow SO_2(g) + H_2(g)$: عدد اکسایش هر اتم گوگرد در H_2S و SO_2 به‌ترتیب برابر ۲- و ۴+ است و عدد اکسایش گوگرد در این واکنش ۶ واحد تغییر کرده است.

۳. کربن در $2C_2H_6(l) + 15O_2(g) \rightarrow 12CO_2 + 6H_2O(l)$: در این واکنش، یک نمونه بنزن مصرف شده است. عدد اکسایش هر اتم کربن در بنزن و کربن دی‌اکسید به‌ترتیب ۱- و ۴+ است. پس در این واکنش عدد اکسایش کربن، ۵ واحد تغییر خواهد کرد.

۴. نیتروژن در $2NH_3(g) + 4O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g) + 2H_2O$: در این واکنش عدد اکسایش هر اتم نیتروژن از ۳- در آمونیاک به ۴+ در NO_2 می‌رسد. پس تغییر عدد اکسایش اتم نیتروژن در این حالت برابر ۷ است.

عدد اکسایش

در رابطه با عدد اکسایش، به نکات زیر توجه کنید:

۱. به‌جز اوزون، عدد اکسایش اتم‌ها در ساختار همه عناصر برابر با صفر است.
۲. مجموع عدد اکسایش اتم‌ها در یک ترکیب صفر و در یک یون برابر بار یون است.
۳. عدد اکسایش فلزات در همه ترکیبات خود برابر با ۱- است.
۴. عدد اکسایش اکسیژن در اکثر ترکیب‌ها برابر با ۲- است. به‌طور استثنای، در ساختار OF_2 و O_2F_2 پراکسیدها (مانند Na_2O_2 و آب اکسیژنه)، عدد اکسایش اتم اکسیژن به‌ترتیب برابر با ۱+، ۲+ و ۱- است.
۵. عدد اکسایش اتم هیدروژن در همه ترکیب‌ها به‌جز ترکیب یونی دوتایی با فلزها، برابر با ۱+ است. در ترکیب دوتایی با فلزها، عدد اکسایش یون H^- برابر با ۱- است.
۶. عدد اکسایش فلزهای قلیایی و فلزهای قلیایی خاکی در ترکیبات آن‌ها به‌ترتیب برابر با ۱+ و ۲+ است. همچنین عدد اکسایش آلومینیم و اسکاندیم در همه ترکیب‌ها برابر با ۳+ است. در این میان عدد اکسایش روی نیز در ترکیبات آن همواره برابر با ۲+ است.
۷. عدد اکسایش یون‌های تک اتمی، برابر با بار آن یون است.

گروه آموزشی‌ماز

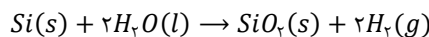
۲۳- سلول نور الکتروشیمیایی که در تولید گاز هیدروژن از آب کاربرد دارد را در نظر بگیرید. کدام یک از مطالب زیر در رابطه با این سلول، درست است؟

- ۱) در اطراف الکترود آندی این سلول، pH اسیدی است.
- ۲) مقدار emf این سلول منفی بوده و بازده آن بسیار کم است.
- ۳) فراورده دیگر تولید شده در این سلول، عنصر اصلی سازنده سلول‌های خورشیدی است.
- ۴) سرعت مصرف گونه اکسنده در این واکنش شیمیایی، نصف سرعت تولید گاز هیدروژن است.

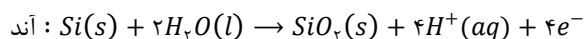
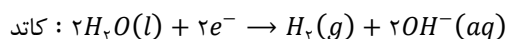
(متوسط - مفهومی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۱

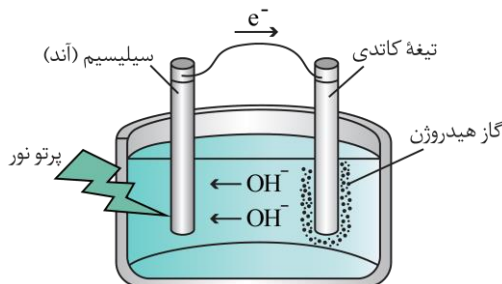
در برخی از سلول‌های الکتروشیمیایی برای انجام واکنش اکسایش-کاهش از نور استفاده می‌شود و به همین علت به آن‌ها سلول نور الکتروشیمیایی گفته می‌شود. یکی از این سلول‌های نور الکتروشیمیایی، برای تولید گاز هیدروژن استفاده می‌شود. واکنش کلی انجام‌شده در این سلول به‌صورت زیر است:



نیم‌واکنش‌های انجام‌گرفته در آن به‌صورت زیر هستند:



در آند این سلول، یون هیدروژن و در کاتد یون هیدروکسید تولید می‌شود. بر این اساس، می‌توان گفت الکترولیت آند، اسیدی و الکترولیت کاتد، بازی است، پس pH محلول اطراف الکترود آند اسیدی خواهد بود. تصویر زیر، ساختار این سلول را نشان می‌دهد:





بررسی سایر گزینه‌ها:

- ۲ در این سلول، پتانسیل کاهشی استاندارد آند کمتر از کاتد بوده و emf آن مثبت است. پس این سلول نوعی سلول گالوانی به حساب می‌آید و واکنش انجام‌شده در آن خودبه‌خودی است. مقدار emf این سلول بسیار کوچک بوده و بازدهی و سرعت انجام واکنش در آن نیز پایین است. با این وجود، چون این فرایند برخلاف برق‌کافت آب، بدون نیاز به انرژی الکتریکی انجام‌شده و نیاز به مصرف انرژی برق ندارد، برای تولید گاز هیدروژن توصیه می‌شود.
- ۳ در این واکنش، سیلیس با فرمول شیمیایی SiO_2 تشکیل می‌شود. این در حالی است که عنصر اصلی سازنده سلول‌های خورشیدی، عنصر سیلیسیم است که در آند این سلول مصرف می‌شود.
- ۴ در این واکنش، سیلیسیم کاهنده و آب اکسنده است. در واکنش کلی، ضریب آب (اکسنده) و ضریب گاز هیدروژن برابر بوده و بر همین اساس سرعت تولید و مصرف این دو ماده یکسان خواهد بود.

گروه آموزشی ماز

- ۲۴ - سلول گالوانی روی-مس را در نظر بگیرید. اگر نیم‌سلول فلز M را جایگزین نیم‌سلول روی کنیم، emf سلول گالوانی کاهش و جهت حرکت الکترون در مدار خارجی برعکس می‌شود. کدام یک از مطالب زیر درست است؟
- ۱) مقدار emf سلول گالوانی بین روی و M از دو سلول مطرح‌شده کمتر است.
 - ۲) در سلول گالوانی بین فلز مس و M ، غلظت یون M در نیم‌سلول آن کاهش می‌یابد.
 - ۳) در سلول گالوانی بین فلز روی و فلز M ، به مرور زمان جرم الکتروود روی افزایش می‌یابد.
 - ۴) در سلول گالوانی بین فلز مس و فلز M ، جهت حرکت آنیون‌ها به سمت الکتروود M است.

(متوسط - مفهومی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۲

چون E° مس بزرگ‌تر از E° فلز روی است، در سلول گالوانی روی-مس، نیم‌سلول روی و مس به ترتیب نقش آند و کاتد را ایفا می‌کند. با توجه به عوض شدن جهت حرکت الکترون در سلول گالوانی مس - M نسبت به سلول گالوانی روی-مس، می‌توان گفت نیم‌سلول M در سلول مس - M ، نقش کاتد را دارد و بنابراین E° آن از نیم‌سلول مس بیشتر است. بر این اساس مقایسه پتانسیل استاندارد کاهشی این سه نیم‌سلول به صورت روی $>$ مس $>$ M می‌باشد. در سلول گالوانی، غلظت کاتیون در نیم‌سلول آندی رو به افزایش و در نیم‌سلول کاتدی رو به کاهش است. بر این اساس، می‌توان گفت در سلول مس- M ، غلظت کاتیون مس افزایش و غلظت کاتیون M به تدریج کاهش می‌یابد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

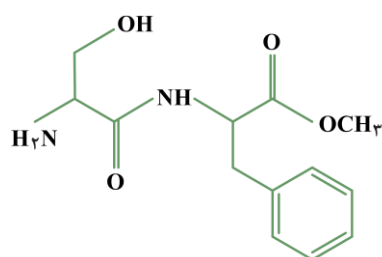
- ۱) مقدار emf یک سلول گالوانی از تفاوت E° دو نیم‌واکنش آن حاصل می‌شود. هرچه این اختلاف بیشتر باشد، مقدار emf سلول مورد نظر بیشتر خواهد بود. پس در میان ۳ سلول گالوانی مطرح شده در این سؤال، بیشترین تفاوت E° بین دو الکتروود روی و M بوده و این سلول بیشترین emf را دارد. جدول زیر، موقعیت این سه فلز را در سری الکتروشیمیایی نشان می‌دهد:

مقدار E° فلز
فلز M
فلز مس
فلز روی

- ۳ در سلول گالوانی روی- M ، الکتروود روی آند و الکتروود M کاتد است. در یک سلول گالوانی، جرم تیغه آندی کاهش و جرم تیغه کاتدی افزایش می‌یابد. پس در این سلول جرم الکتروود روی به مرور زمان کم می‌شود.
- ۴ در سلول گالوانی مس- M ، الکتروود مس آند و الکتروود M کاتد است. جهت حرکت آنیون‌ها در یک سلول الکتروشیمیایی به سمت الکتروود آند است. در این سلول، فلز مس در نقش آند است.

گروه آموزشی ماز

- ۲۵ - در ساختار ترکیب مقابل، نسبت تعداد کربن‌ها با عدد اکسایش کوچک‌تر از صفر به کربن‌ها با عدد اکسایش بزرگ‌تر از صفر چقدر است؟



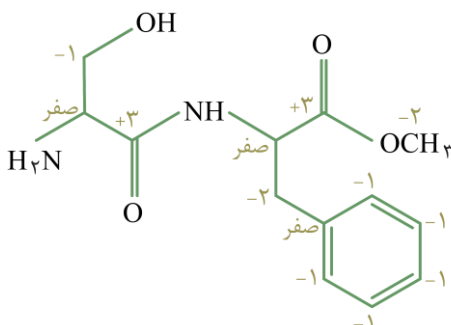
- ۱) ۱/۵
- ۲) ۲
- ۳) ۴
- ۴) ۳



(آسان - مفهومی - ۱۲۰۲)

پاسخ: گزینه ۳

عدد اکسایش اتم‌های کربن در این ماده به صورت زیر است:



برای محاسبه عدد اکسایش اتم‌های کربن در مواد آلی از رابطه زیر می‌توان استفاده کرد:

شمار پیوندهای کربن با هیدروژن - شمار پیوندهای کربن با اکسیژن، نیتروژن و هالوژن‌ها = عدد اکسایش کربن
به عنوان مثال در بنزآلدهید، کربن موجود در گروه عاملی در یک پیوند $C-C$ ، یک پیوند $C-H$ و یک پیوند $C=O$ شرکت می‌کند. عدد اکسایش این کربن برابر است با:

$$+1 = 2 - 1 = 2$$

توجه داریم که عدد اکسایش اتم هیدروژن و اکسیژن در مواد آلی همواره برابر +۱ و -۲ است. همچنین عدد اکسایش اتم نیتروژن اگر به اتمی از اکسیژن متصل نباشد، برابر -۳ خواهد بود. با توجه به توضیحات داده شده، در این ماده عدد اکسایش ۲ اتم کربن مثبت، ۸ اتم کربن منفی و ۳ اتم کربن صفر است. پس نسبت خواسته شده برابر است با:

$$\frac{8}{3} = 4$$

گروه آموزشی ماز

۲۶- بنزوئیک اسید طی یک واکنش اکسایش-کاهش از بنزآلدهید تولید می‌شود. اگر اکسنده این واکنش، $KMnO_4$ بوده و ماده مورد نظر طی این فرایند به MnO_2 تبدیل شود، برای تولید ۹۷/۶ گرم بنزوئیک اسید خالص به تقریب به چند گرم اکسنده نیاز است؟

($H = 1, C = 12, O = 16, K = 39, Mn = 55 : g.mol^{-1}$)

۱۳۰/۴ (۴)

۶۵/۲ (۳)

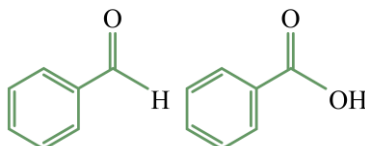
۱۶۸/۶ (۲)

۸۴/۳ (۱)

(متوسط - مفهومی - ۱۲۰۲)

پاسخ: گزینه ۱

ساختار بنزآلدهید و بنزوئیک اسید به صورت زیر است:



به جز کربن موجود در ساختار گروه عاملی این ترکیب، عدد اکسایش سایر اتم‌ها در این دو ماده مشابه بوده و تنها عدد اکسایش کربن در گروه عاملی از +۱ در بنزآلدهید به +۳ در بنزوئیک اسید رسیده است. پس تغییر عدد اکسایش گونه کاهنده برابر با ۲ واحد است. همچنین عدد اکسایش منگنز در $KMnO_4$ و MnO_2 به ترتیب برابر ۷ و +۴ است. پس در این واکنش تغییر عدد اکسایش گونه اکسنده برابر با ۳ واحد است. در یک واکنش اکسایش-کاهش، ضریب گونه‌های اکسنده و کاهنده باید به گونه‌ای باشد که مجموع تغییر عدد اکسایش آن‌ها برابر با هم باشد. در این واکنش اگر ضریب $KMnO_4$ را ۲ و ضریب بنزآلدهید را ۳ قرار دهیم، مجموع تغییر عدد اکسایش اکسنده و کاهنده برابر می‌شود. پس در این واکنش به ازای مصرف سه مول بنزآلدهید، دو مول $KMnO_4$ مصرف و سه مول بنزوئیک اسید تولید می‌شود. پس در این واکنش برای تولید ۳ مول بنزوئیک اسید، دو مول $KMnO_4$ مصرف می‌شود. بر این اساس جرم $KMnO_4$ مورد نیاز برای تولید ۹۷/۶ گرم بنزوئیک اسید را حساب می‌کنیم:

$$? g KMnO_4 = 97/6 g C_6H_5O_2 \times \frac{1 mol C_6H_5O_2}{122 g C_6H_5O_2} \times \frac{2 mol KMnO_4}{3 mol C_6H_5O_2} \times \frac{158 g KMnO_4}{1 mol KMnO_4} \approx 84/3 g$$

پس برای تولید ۹۷/۶ گرم اسید به تقریب به ۸۴/۳ گرم اکسنده نیاز است.

گروه آموزشی ماز



- ۲۷- کدام یک از عبارت های زیر در مورد سلول سوختی متان-اکسیژن درست هستند؟
- الف: در شرایط STP ، حجم گاز کربن دی اکسید تولید شده در این واکنش به ازای انتقال هر مول الکترون، $2/8$ لیتر است.
- ب: این سلول نسبت به سلول سوختی هیدروژن-اکسیژن، از دید ایمنی بهتر و از دید محیط زیستی بدتر است.
- پ: تغییر آنتالپی واکنش انجام شده در آن برابر با آنتالپی سوختن متان در شرایط استاندارد است.
- ت: حجم گونه اکسنده مصرف شده در این واکنش نصف حجم گونه کاهنده مصرف شده است.
- (۱) «الف» و «ب» (۲) «الف» و «ت» (۳) «ب» و «پ» (۴) «ب» و «ت»

(متوسط - مفهومی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۱

واکنش کلی انجام گرفته در سلول سوختی متان-اکسیژن، مشابه واکنش سوختن آن و به صورت زیر است:

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$$

در رابطه با این سلول، عبارت های (الف) و (ب) درست هستند.

بررسی موارد:

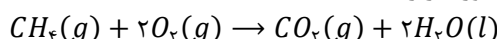
«الف»: در این واکنش، عدد اکسایش هر اتم کربن از -4 در متان به $+4$ در کربن دی اکسید می رسد. پس به ازای تبادل 8 مول الکترون، یک مول گاز کربن دی اکسید تولید می شود. بر این اساس حجم گاز کربن دی اکسید تولید شده به ازای تبادل یک مول الکترون را به دست می آوریم:

$$? L CO_2 = 1 mol e \times \frac{1 mol CO_2}{8 mol e} \times \frac{22.4 L CO_2}{1 mol CO_2} = 2.8 L$$

پس حجم گاز کربن دی اکسید تولید شده برابر با $2/8$ لیتر است.

«ب»: به هنگام اکسایش هیدروژن در سلول سوختی، تنها ماده تولید شده آب بوده و آسیبی به محیط زیست نمی زند ولی احتمال انفجار این گاز بسیار زیاد بوده و خطر این سلول سوختی، احتمال انفجار بالای آن است. به همین علت، دانشمندان یک سلول سوختی جدید طراحی کردند که در آن متان به عنوان سوخت اکسایش می یابد. البته این سلول به علت تولید گاز کربن دی اکسید (گازی گلخانه ای) از نظر زیست محیطی مناسب نیست.

«پ»: واکنش سوختن متان در شرایط استاندارد به صورت زیر است:



تفاوت این دو واکنش در حالت فیزیکی آب بوده و به همین علت تغییر آنتالپی این دو واکنش برابر نیست. چون واکنش گرماده است، هر چه سطح انرژی فرآورده پایین تر باشد (مثل حالت مایع در مقابل گاز)، مقدار گرمای تولید شده بیشتر بوده و آنتالپی این واکنش منفی تر از واکنش سلول سوختی متان است.

«ت»: در سلول های سوختی، گاز اکسیژن نقش اکسنده و سوخت ها نقش کاهنده را دارند. مطابق معادله واکنش این سلول، مقدار و در نتیجه حجم گاز اکسیژن مصرف شده (اکسنده)، 2 برابر گاز متان مصرف شده (کاهنده) است.

اکسنده و کاهنده

در واکنش های اکسایش-کاهش دو گونه اکسنده و کاهنده وجود دارد. گونه اکسنده، گونه ای است که با گرفتن الکترون کاهش می یابد. این گونه با گرفتن الکترون از ماده دیگر موجب اکسایش آن ماده شده و به همین علت به آن اکسنده می گویند. این گونه در سمت واکنش دهنده ها قرار دارد و عدد اکسایش یکی از اتم های آن در واکنش کم می شود. گونه کاهنده، گونه ای است که با از دست دادن الکترون اکسایش می یابد و چون با تولید الکترون موجب کاهش ماده دیگر می شود به آن کاهنده گویند. این گونه نیز در سمت واکنش دهنده بوده و عدد اکسایش یکی از اتم های آن در واکنش زیاد می شود.

گروه آموزشی ماز

۲۸- کدام یک از مطالب زیر نادرست است؟

- (۱) برخی از باتری های لیتیومی را می توان شارژ کرد.
- (۲) در باتری دگمه ای لیتیومی، فلز لیتیوم نقش اکسنده را دارد.
- (۳) پسماند باتری ها سمی بوده و حاوی مواد ارزشمندی هستند.
- (۴) در باتری روی-نقره، الکترو د نقره قطب مثبت را تشکیل می دهد.

(آسان - مفهومی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۲

لیتیوم، عنصری است که کمترین مقدار پتانسیل کاهشی استاندارد را میان فلزها دارد. پس اگر این عنصر فلزی در سلول های گالوانی مانند باتری ها قرار گیرد، نیم سلول آن در نقش آند بوده و قطب منفی را تشکیل می دهد و نقش کاهنده را ایفا می کند.



لیتیم

برای ساختن بسیاری از باتری‌های امروزی از جمله باتری‌های دگمه‌ای و باتری‌های به کاررفته در ساختار تلفن‌ها و رایانه‌های همراه از فلز لیتیم استفاده می‌شود. مزایای استفاده از فلز لیتیم نسبت به سایر عناصر فلزی به شرح زیر هستند:

۱. چگالی فلز لیتیم نسبت به چگالی سایر فلزها کمتر است.

۲. از میان عناصر فلزی، لیتیم کمترین مقدار پتانسیل کاهش را دارد.

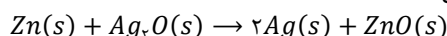
این ویژگی‌های لیتیم سبب شد تا از آن برای ساختن باتری‌های سبک‌تر و کوچک‌تر (به خاطر چگالی کم لیتیم) و با توانایی ذخیره بیشتر انرژی (به خاطر پتانسیل کاهش کم‌تر لیتیم) استفاده شود. با افزایش تقاضا برای باتری‌های لیتیمی، این فلز جایگاه ممتازی را در تأمین انرژی جهان پیدا کرده است، به طوری که سالانه از میلیاردها باتری لیتیمی برای ساختن دستگاه‌های الکترونیکی استفاده می‌شود. این دستگاه‌ها سرانجام به همراه باتری‌های به کاررفته در ساختار آن‌ها دور ریخته می‌شوند و به این ترتیب، حجم بزرگی از پسماندهای الکترونیکی تولید می‌شود. این پسماندها به دلیل داشتن مواد شیمیایی گوناگون، سمی بوده و رها کردن آن‌ها در طبیعت موجب آلودگی محیط زیست می‌شود. از طرف دیگر، در برخی از این پسماندها مقدار قابل توجهی از مواد و فلزهای ارزشمند و گران‌قیمت وجود دارد که آن‌ها را به منبع مناسبی برای بازیافت تبدیل می‌کند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

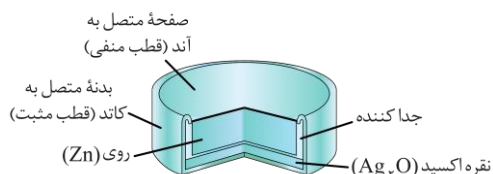
۱ در فناوری ساخت باتری، یکی از مهم‌ترین فلزها، لیتیم است. اولین فلز قلیایی، کمترین چگالی و پتانسیل استاندارد کاهش را میان فلزها به خود اختصاص می‌دهد. دسته‌ای از باتری‌های لیتیمی که در تلفن همراه و رایانه‌ها به کار می‌روند، قابلیت شارژ شدن دارند. در حالت شارژ شدن، باتری به یک سلول الکترولیتی تبدیل شده و قرینه واکنشی که در حالت تولید انرژی الکتریکی در باتری انجام می‌شود، در آن رخ می‌دهد.

۳ پس از دور ریختن باتری‌ها به همراه دستگاه‌های الکترونیکی، حجم انبوهی از پسماندهای الکترونیکی مانند تلفن و رایانه همراه، باتری‌های لیتیمی و... تولید می‌شود که به دلیل داشتن مواد شیمیایی گوناگون، سمی هستند و برای محیط زیست آلوده‌کننده هستند. این مواد را نباید دفن یا در طبیعت رها کرد. از سوی دیگر برخی از این پسماندها به دلیل داشتن مقدار قابل توجهی از مواد و فلزهای ارزشمند و گران‌قیمت، منبعی برای بازیافت این مواد هستند.

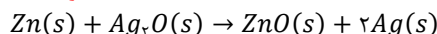
۴ در باتری دگمه‌ای روی-نقره، واکنش زیر رخ می‌دهد:



در این واکنش، روی اکسایش و یون نقره کاهش می‌یابد. ساختار این باتری‌ها به صورت زیر است:

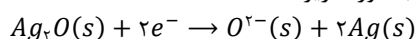


گونه کاهشنده

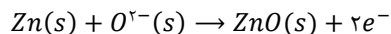


گونه اکسنده

این باتری‌ها نوعی سلول گالوانی هستند و قطب مثبت آن‌ها کاتد است و در آن نیم‌واکنش کاهش رخ می‌دهد. پس در این قطب، یون نقره موجود در اکسید آن کاهش یافته و به فلز نقره تبدیل می‌شود. نیم‌واکنش آن به صورت زیر است:



همچنین نیم‌واکنش قطب منفی یا همان آند، که نیم‌واکنشی اکسایش است، به صورت زیر می‌باشد:



گروه آموزشی ماز

۲۹- در سلول مس-نقره، جرم دو تیغه فلزی در ابتدای واکنش با هم برابر است. اگر مدتی پس از شروع واکنش، اختلاف جرم دو الکترود به $1/12 g$ برسد، در این مدت چند مول اتم فلزی در سطح آند اکسید شده است؟

($Ag = 108, Cu = 64 : g.mol^{-1}$)

۰/۰۰۴ (۴)

۰/۰۰۲ (۳)

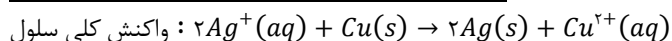
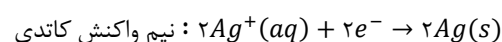
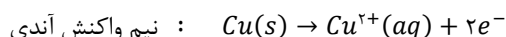
۰/۰۴ (۲)

۰/۰۲ (۱)

(متوسط - مسئله ۱۲۰۲)

پاسخ: گزینه ۴

ابتدا واکنش کلی سلول را می‌نویسیم:



با شروع واکنش از جرم الکترود آند کاسته شده و بر جرم الکترود کاتد افزوده می‌شود، بنابراین در زمان مورد نظر داریم:

$$1/12 g = \text{جرم الکترود آند} - \text{جرم الکترود کاتد} = \text{اختلاف جرم الکترودها}$$



اگر در بازه زمانی موردنظر x مول Cu به صورت Cu^{2+} وارد نیم سلول آندی شود، $۶۴x$ گرم از جرم آند کاسته شده و در طول همین بازه زمانی، به اندازه $۱۰۸x \times ۲$ گرم (معادل با $۲۱۶x$ گرم) بر جرم کاتد نقره‌ای افزوده می‌شود. پس داریم:

$$۱/۱۲ \frac{g}{mol} = ۰/۰۰۴ \Rightarrow x = \frac{۱/۱۲ g}{۲۸۰} = ۰/۰۰۴ mol$$

با توجه به محاسبات انجام شده، $۰/۰۰۴$ مول از اتم‌های مس موجود در تیغه‌ی آندی اکسید شده‌اند.

گروه آموزشی ماز

۳۰- در سلول استفاده شده برای انجام فرایند هال، نمونه‌ای از گاز کربن دی‌اکسید تولید شده که شمار اتم‌های کربن موجود در آن برابر با $۹/۰۳ \times ۱۰^{۲۴}$ است. طی این فرایند، چند گرم فلز آلومینیم با خلوص ۸۰٪ تولید می‌شود؟ ($Al = ۲۷ g \cdot mol^{-1}$)

۶۷۵ (۴)

۴۵۰ (۳)

۱۳۵۰ (۲)

۹۰۰ (۱)

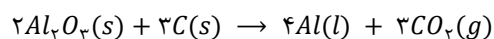
(متوسط - مسئله - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۴

در هر مول کربن دی‌اکسید (CO_2)، یک مول اتم کربن وجود دارد. از آنجا که هر مول اتم معادل $۱۰^{۲۳} \times ۶/۰۲$ اتم است، تعداد مول کربن دی‌اکسید را در نمونه مورد نظر به دست می‌آوریم. در این رابطه، داریم:

$$? mol CO_2 = ۹/۰۳ \times ۱۰^{۲۴} atom C \times \frac{۱ mol C}{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳} atom C} \times \frac{۱ mol CO_2}{۱ mol C} = ۱۵ mol$$

پس در این سلول، ۱۵ مول کربن دی‌اکسید تولید شده است. فرایند هال به صورت زیر انجام می‌شود:



با توجه به اینکه درصد خلوص آلومینیم در فراورده تولید شده برابر با ۸۰ درصد است، جرم این فلز به ازای تولید ۱۵ مول گاز کربن دی‌اکسید را محاسبه می‌کنیم. در این رابطه، داریم:

$$? g Al \text{ ناخالص} = ۱۵ mol CO_2 \times \frac{۴ mol Al}{۳ mol CO_2} \times \frac{۲۷ g Al}{۱ mol Al} \times \frac{۱۰۰ g Al}{۸۰ g Al} = ۶۷۵ g$$

پس طی این فرایند ۶۷۵ گرم آلومینیم ناخالص تهیه شده است.

گروه آموزشی ماز



برای تقویت مهارت‌های شما و درک عمیق‌تر مفاهیم، چند سؤال چالش‌برانگیز تحت عنوان «دوپینگ پلاس» در نظر گرفته شده است که حل آن‌ها می‌تواند به پیشرفت شما کمک کند!

۱- چند مورد از مطالب زیر درست است؟

- الف: در یک واکنش شیمیایی، گونه‌های اکسنده و کاهنده در یک سمت معادله واکنش قرار دارند.
 ب: در یک واکنش، اتم سیلیسیم در ساختار ماده سیلیس (SiO_2)، می‌تواند نقش کاهنده را ایفا کند.
 پ: طی زنگ زدن آهن، وجود آب برای انجام واکنش ضروری است، اما این ماده در واکنش اکسایش یا کاهش نمی‌یابد.
 ت: در واکنش $Br_2(l) + 2HF(aq) \rightleftharpoons F_2(g) + 2HBr(aq)$ ، در جهتی که pH کم می‌شود، برم نقش اکسنده دارد.

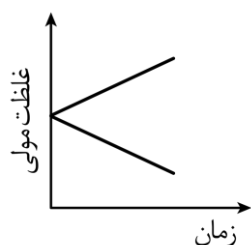
۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

۲- یک نمونه ۸۰ گرمی از فلز مس مطابق واکنش زیر به تقریب با چند مول اسید واکنش می‌دهد؟ ($Cu = 64 \text{ g.mol}^{-1}$)
 معادله واکنش موازنه شود $Cu(s) + HNO_3(aq) \rightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + NO(g) + H_2O(l)$

۵ (۱) ۳/۷۵ (۲) ۳/۳۳ (۳) ۲/۵ (۴)

۳- چند مورد از مطالب زیر درست است؟

- الف: نمودار مقابل را می‌توان به روند تغییر غلظت کاتیون‌ها در سلول گالوانی اسکاندیم-نقره نسبت داد.
 ب: یکی از ویژگی‌های مشترک سلول‌های گالوانی و الکترولیتی وجود دیواره بین دو نیم‌سلول است.
 پ: در سلول الکترولیتی، برخلاف سلول گالوانی، سطح انرژی فرآورده‌ها بیشتر از واکنش‌دهنده‌ها است.



ت: در سلول گالوانی، هر چه E^+ کاتد کمتر و E^- آند بیشتر باشد، ولتاژ خروجی آن سلول بیشتر است.

۱ (۱) صفر (۲) ۱ (۳) ۲ (۴)

۴- یک تیغه از جنس فلز روی را در محلول نقره نیترات قرار می‌دهیم. کدام یک از مطالب زیر نادرست است؟

($Zn = 65, Ag = 108 : \text{g.mol}^{-1}$)

- ۱) مجموع جرم حل‌شونده‌ها در محلول مورد نظر با پیشرفت واکنش، کاهش می‌یابد.
 ۲) انجام این واکنش نشان‌دهنده این است که فلز روی نسبت به نقره کاهنده قوی‌تری است.
 ۳) واکنش انجام گرفته در این فرایند، گرماده است و پس از مدتی دمای محلول افزایش می‌یابد.
 ۴) اگر از فلز X استفاده کنیم و واکنشی رخ ندهد، یعنی در سری الکتروشیمیایی، نقره بالاتر از فلز X قرار دارد.



۵- قطعه ۵۰ گرمی آهن را در محلول مس (II) سولفات قرار می‌دهیم. اگر طی واکنش انجام‌شده، در دو لحظه تفاوت جرم آهن و جرم مس برابر ۳۰ گرم باشد، در بین این دو لحظه چند الکترون بین اکسند و کاهنده منتقل شده است؟
($Fe = 56, Cu = 64 : g.mol^{-1}$)

$$(1) 9/0.3 \times 10^{23} \quad (2) 3/0.1 \times 10^{23} \quad (3) 6/0.2 \times 10^{23} \quad (4) 1/20.4 \times 10^{24}$$

۶- سلول سوختی اتانول-اکسیژن و اتان-اکسیژن را در نظر بگیرید. برای آن که مقدار الکترونی که از اکسایش یک گرم سوخت در سلول سوختی اتان مبادله می‌شود، در سلول دیگر بین دو الکتروود جریان یابد، به تقریب چند گرم اتانول باید در سلول دیگر اکسایش یابد؟ ($H = 1, C = 12, O = 16 : g.mol^{-1}$)

$$(1) 1/79 \quad (2) 1/24 \quad (3) 2/18 \quad (4) 2/89$$

۷- سلول گالوانی روی-آلومینیم، جریانی ۲ آمپری را تأمین می‌کند. سرعت متوسط مصرف فلز در آند این سلول چند میلی‌گرم بر دقیقه است؟ (فرض کنید که هر مول الکترون، صد هزار کولن بار دارد. $Al = 27, Zn = 65 : g.mol^{-1}$)

$$(1) 19/5 \quad (2) 32/4 \quad (3) 39 \quad (4) 10/8$$





برای تقویت مهارت‌های شما و درک عمیق‌تر مفاهیم، چند سؤال چالش‌برانگیز تحت عنوان «دوپینگ پلاس» در نظر گرفته شده است که حل آن‌ها می‌تواند به پیشرفت شما کمک کند! «۲ دوازدهم»

۱- چند مورد از مطالب زیر درست است؟

- الف: در یک واکنش شیمیایی، گونه‌های اکسند و کاهنده در یک سمت معادله واکنش قرار دارند.
 ب: در یک واکنش، اتم سیلیسیم در ساختار ماده سیلیس (SiO_2)، می‌تواند نقش کاهنده را ایفا کند.
 پ: طی زنگ‌زدن آهن، وجود آب برای انجام واکنش ضروری است، اما این ماده در واکنش اکسایش یا کاهش نمی‌یابد.
 ت: در واکنش $Br_2(l) + 2HF(aq) \rightleftharpoons F_2(g) + 2HBr(aq)$ ، در جهتی که pH کم می‌شود، برم نقش اکسند دارد.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

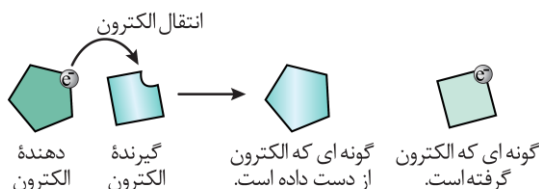
(متوسط - مفهومی - ۱۲۰۲)

پاسخ: گزینه ۳

عبارت‌های «الف»، «پ» و «ت» درست هستند.

بررسی موارد:

«الف»: وجود هم‌زمان هر دو گونه اکسند و کاهنده (گیرنده و دهنده الکترون) برای انجام واکنش اکسایش-کاهش لازم است. در این نوع واکنش‌ها، گونه اکسند از گونه دیگر (کاهنده) الکترون گرفته و موجب اکسایش آن گونه می‌شود و چون خود الکترون می‌گیرد، کاهش می‌یابد. همچنین گونه کاهنده با دادن الکترون به گونه دیگر (اکسند) ضمن اکسایش خود موجب کاهش گونه دیگر می‌شود. پس در یک واکنش هم اکسند و هم کاهنده، واکنش‌دهنده هستند و در یک سمت معادله قرار دارند. در این رابطه، داریم:



در نظر داشته باشید که اگر یک واکنش از نوع اکسایش-کاهش باشد، واکنش معکوس آن نیز در دسته واکنش‌های اکسایش-کاهش است و آن واکنش نیز اکسند و کاهنده خود را دارد. در یک واکنش برگشت‌پذیر، اکسند و واکنش رفت به کاهنده واکنش برگشت تبدیل می‌شود و همچنین کاهنده واکنش رفت به اکسند واکنش برگشت تبدیل می‌شود.

«ب»: عدد اکسایش عناصر گروه چهاردهم جدول تناوبی در بازه بین -۴ تا +۴ است. عدد اکسایش سیلیسیم در ساختار سیلیس برابر با +۴ بوده و این اتم نمی‌تواند بیش از این اکسایش یابد. برای آن که یک اتم بتواند نقش کاهنده را ایفا کند، باید بتواند اکسایش یابد و در نتیجه عدد اکسایش آن اتم افزایش یابد. پس سیلیسیم با عدد اکسایش +۴ نمی‌تواند نقش یک کاهنده را داشته باشد.

بازده عدد اکسایش

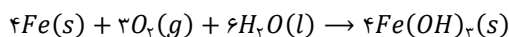
به طور کلی در میان عناصر نافلزی و شبه‌فلزی، کمترین و بیشترین عدد اکسایش برابر است با:

۱۸ - شماره گروه: کمترین عدد اکسایش

۱۰ - شماره گروه: بیشترین عدد اکسایش

البته در این بین چند استثنا وجود دارد. برای مثال، اکسیژن که عدد اکسایش آن در بازه بین +۲ تا -۲ قرار دارد و فلوئور که فقط دو عدد اکسایش صفر و -۱ دارد. علاوه بر این، هیدروژن نیز فقط سه عدد اکسایش -۱، صفر و +۱ دارد و همچنین گازهای نجیب نیز همواره عدد اکسایش صفر دارند، چراکه اغلب در واکنش‌های شیمیایی شرکت نکرده و ترکیب ایجاد نمی‌کنند.

«پ»: واکنش کلی زنگ‌زدن آهن به صورت زیر است:



در این واکنش آهن توسط گاز اکسیژن اکسید می‌شود، پس آهن کاهنده و گاز اکسیژن اکسند است. در این واکنش آب اگر چه نقش کاهنده یا اکسند را ندارد و عدد اکسایش اتم‌های آن تغییر نمی‌کند، اما از واکنش‌دهنده‌های واکنش است و اگر حضور نداشته باشد، این واکنش انجام نمی‌شود. علاوه بر این، وجود آب در محیط به منظور ایجاد محیطی برای مبادله یون‌ها میان آند و کاتد الزامی است. بر این اساس، می‌توان گفت وجود این ماده برای زنگ‌زدن آهن ضروری است. توجه داریم که سرعت فرایند زنگ‌زدن آهن در حضور آب یا هوای مرطوب، نسبتاً آهسته می‌باشد.

خوردگی آهن

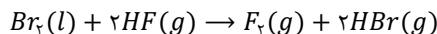
وسایل آهنی در هوای مرطوب زنگ زده و پس از آن دچار خوردگی می‌شوند. این فرایند، یک واکنش اکسایش-کاهش نامطلوب و ناخواسته است که در شهرهای بندری و ساحلی به مقدار بیشتری انجام می‌شود. برای جلوگیری از فرایند خوردگی آهن، می‌توان از روش‌های زیر استفاده کرد:

- ایجاد پوشش محافظ: ساده‌ترین راه برای جلوگیری از خوردگی آهن، ایجاد یک پوشش محافظ بر روی آن است. این پوشش‌ها را می‌توان با روش‌هایی مانند رنگ‌زدن، قیر اندود کردن و روکش دادن ایجاد کرده و از رسیدن اکسیژن و رطوبت به سطح آهن جلوگیری کرد. البته، توجه داریم که به کمک چنین روش‌هایی نمی‌توانیم به طور کامل از خوردگی آهن جلوگیری کنیم.



• حفاظت کاتدی: در این روش، فلزی که قرار است در برابر خوردگی محافظت شود را در تماس با یک فلز دیگری قرار می‌دهند که E° کوچک‌تر و تمایل بیشتری به از دست دادن الکترون داشته باشد. در این شرایط، فلزهای موردنظر برای از دست دادن الکترون و اکسایش یافتن با یکدیگر رقابت می‌کنند. در چنین شرایطی، فلزی که E° کوچک‌تر و تمایل بیشتری به از دست دادن الکترون داشته باشد، در نقش آند اکسید می‌شود.

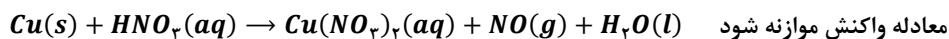
«ت»: هیدروژن فلوئورید برخلاف هیدروژن هالیدهای دیگر، اسیدی ضعیف است. بر این اساس، می‌توان گفت اگر با انجام واکنش مربوطه pH کاهش می‌یابد، منظور جهتی است که هیدروژن برمید تولید می‌شود. معادله واکنش انجام شده به صورت زیر است:



در این واکنش عدد اکسایش برم در واکنش‌دهنده از صفر به -۱ در فرآورده رسیده و این عنصر کاهش یافته است، پس برم در این واکنش نقش اکسنده دارد.

گروه آموزشی ماز

۲- یک نمونه ۸۰ گرمی از فلز مس مطابق واکنش زیر به تقریب با چند مول اسید واکنش می‌دهد؟ ($Cu = 64 \text{ g.mol}^{-1}$)



۲/۵ (۴)

۳/۳۳ (۳)

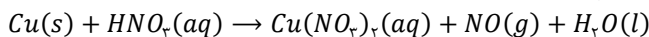
۳/۷۵ (۲)

۵ (۱)

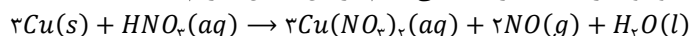
(آسان - مسئله ۱۲۰۲)

پاسخ: گزینه ۳

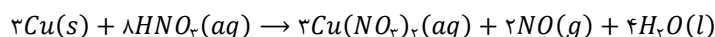
برای موازنه معادله واکنش مورد نظر، از روش اکسایش-کاهش و یا از روش تشکیل معادله می‌توان استفاده کرد. برای استفاده از روش اکسایش-کاهش، ابتدا معادله واکنش را می‌نویسیم. بر این اساس، داریم:



در این واکنش عدد اکسایش مس از صفر به +۲ (واحد تغییر) و عدد اکسایش نیتروژن از +۵ به +۲ (۳ واحد تغییر) می‌رسد. پس به مس ضرب ۳ و به نیتروژنی که عدد اکسایش آن تغییر کرده (نیتروژن موجود در NO)، ضرب ۲ می‌دهیم. بر این اساس، داریم:



بر اساس موازنه اتم‌های نیتروژن، ضرب HNO_3 را برابر با ۸ قرار می‌دهیم و از موازنه اتم‌های هیدروژن ضرب آب را برابر ۴ قرار می‌دهیم. پس موازنه شده این معادله به صورت زیر است:



حال مقدار اسیدی را که با ۸۰ گرم مس واکنش می‌دهد، حساب می‌کنیم:

$$? \text{ mol } HNO_3 = 80 \text{ g } Cu \times \frac{1 \text{ mol } Cu}{64 \text{ g } Cu} \times \frac{8 \text{ mol } HNO_3}{3 \text{ mol } Cu} \approx 3/33 \text{ mol}$$

پس در این واکنش به تقریب ۳/۳۳ مول اسید مصرف می‌شود.

گروه آموزشی ماز

۳- چند مورد از مطالب زیر درست است؟



الف: نمودار مقابل را می‌توان به روند تغییر غلظت کاتیون‌ها در سلول گالوانی اسکاندیم-نقره نسبت داد.

ب: یکی از ویژگی‌های مشترک سلول‌های گالوانی و الکترولیتی وجود دیواره بین دو نیم‌سلول است.

پ: در سلول الکترولیتی، برخلاف سلول گالوانی، سطح انرژی فرآورده‌ها بیشتر از واکنش‌دهنده‌ها است.

ت: در سلول گالوانی، هرچه E° کاتد کمتر و E° آند بیشتر باشد، ولتاژ خروجی آن سلول بیشتر است.

۳ (۴)

۲ (۳)

۱ (۲)

صفر (۱)

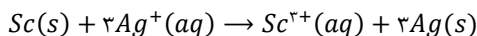
(متوسط - مفهومی ۱۲۰۲)

پاسخ: گزینه ۲

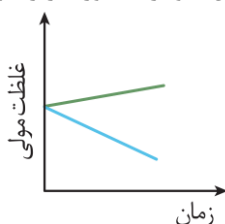
فقط عبارت «پ» درست است.

بررسی موارد:

«الف»: معادله واکنش انجام شده در سلول مورد نظر به صورت زیر است:



تغییر غلظت هر یون در یک سلول گالوانی، متناسب با ضرب استوکیومتری آن یون است. در این سلول، ضرب یون نقره ۳ برابر ضرب یون اسکاندیم بوده و به همین علت شیب نمودار تغییر غلظت بر حسب زمان (یا همان سرعت) تغییر غلظت برای کاتیون نقره سه برابر کاتیون اسکاندیم است. این در حالی است که در نمودار مطرح شده شیب دو نمودار برابر می‌باشد. حالت درست این نمودار، به صورت زیر خواهد بود:



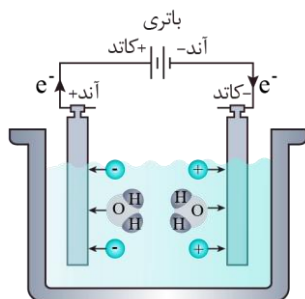
توجه داریم که غلظت یون نقره در این سلول در حال کاهش یافتن بوده و غلظت یون اسکاندیم در حال افزایش یافتن است.



«ب»: جدول زیر، ویژگی‌های کلی سلول الکترولیتی و گالوانی را با یکدیگر مقایسه می‌کند:

سلول الکترولیتی	سلول گالوانی	emf سلول
منفی (واکنش غیر خود به خودی)	مثبت (واکنش خود به خودی)	نیم‌واکنش آندی
اکسایش	اکسایش	نیم‌واکنش کاتدی
کاهش	کاهش	قطب مثبت
آند (محل اکسایش)	کاتد (محل کاهش)	قطب منفی
کاتد (محل کاهش)	آند (محل اکسایش)	جهت حرکت الکترون در مدار
از قطب مثبت به قطب منفی (از آند به کاتد)	کاتد (قطب مثبت)	جهت حرکت کاتیون در الکترولیت
کاتد (قطب منفی)	آند (قطب منفی)	جهت حرکت آنیون در الکترولیت
آند (قطب مثبت)	لازم و ضروری	وجود دیواره متخلخل
غیرضروری	منفی	علامت آنتالپی واکنش انجام شده
اغلب مثبت		

پس در سلول‌های گالوانی نیاز به دیواره متخلخل یا غشا است، اما در سلول الکترولیتی نیازی به ساختار جداکننده محلول‌های الکترولیتی نیست و دو الکترواد در یک الکترولیت مشترک قرار می‌گیرند. تصویر زیر، نمایی از یک سلول الکترولیتی را نشان می‌دهد:



«پ»: واکنش‌های انجام‌شده در سلول‌های الکترولیتی، برخلاف روند طبیعی هستند و در این سلول‌ها با مصرف انرژی، واکنش انجام می‌شود. پس واکنش‌ها در این دسته از سلول‌های الکتروشیمیایی گرم‌گیر هستند. بر این اساس، می‌توان گفت که در سلول‌های الکترولیتی، فرآورده‌ها سطح انرژی بالاتری نسبت به واکنش‌دهنده‌ها دارند و ناپایدارتر هستند. این در حالی است که در سلول‌های گالوانی، فرآورده‌های تولید شده سطح انرژی پایین‌تری نسبت به واکنش‌دهنده‌ها دارند و پایدارتر هستند.

«ت»: نیروی الکتروموتوری، اختلاف پتانسیل میان دو سر یک مولد برق است که در سلول‌های گالوانی از اختلاف میان پتانسیل‌های کاهشی دو الکترواد و کاتد به‌دست می‌آید. در این رابطه، داریم:

$$emf = E^{\circ}_{\text{کاتد}} - E^{\circ}_{\text{آند}}$$

همان‌طور که از رابطه بالا مشخص است، هر چه E° کاتد بیشتر و هر چه E° آند کمتر باشد، emf سلول یا همان نیروی الکتروموتوری بیشتر خواهد بود.

گروه آموزشی ماز

۴- یک تیغه از جنس فلز روی را در محلول نقره نیترات قرار می‌دهیم. کدام یک از مطالب زیر نادرست است؟

($Zn = ۶۵, Ag = ۱۰۸ : g.mol^{-1}$)

(۱) مجموع جرم حل‌شونده‌ها در محلول مورد نظر با پیشرفت واکنش، کاهش می‌یابد.

(۲) انجام این واکنش نشان‌دهنده این است که فلز روی نسبت به نقره کاهنده قوی‌تری است.

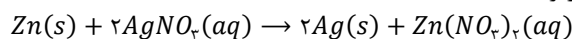
(۳) واکنش انجام‌گرفته در این فرایند، گرماده است و پس از مدتی دمای محلول افزایش می‌یابد.

(۴) اگر از فلز X استفاده کنیم و واکنشی رخ ندهد، یعنی در سری الکتروشیمیایی، نقره بالاتر از فلز X قرار دارد.

(آسان - مفهومی - ۱۲۰۲)

پاسخ: گزینه ۴

مقدار E° فلز روی منفی و E° فلز نقره مثبت است، پس واکنش‌پذیری فلز روی بیشتر از نقره بوده و بر این اساس، فلز روی می‌تواند نقره را از ترکیب‌ها خارج کند. واکنش انجام‌شده در این فرایند به‌صورت زیر است:



اگر به‌جای فلز روی از یک فلز دیگر استفاده کنیم و این واکنش رخ ندهد، نشان‌دهنده واکنش‌پذیری بیشتر فلز نقره نسبت به فلز استفاده‌شده است. در سری الکتروشیمیایی هرچه فلز پایین‌تر قرار بگیرد، واکنش‌پذیری بیشتری دارد. پس در صورت انجام نشدن این واکنش، فلز جدید استفاده‌شده بجای فلز روی، در سری الکتروشیمیایی بالاتر از نقره قرار دارد. برای مثال، اگر فلز پلاتین را وارد محلولی از نقره نیترات کنیم، هیچ واکنش شیمیایی در این محلول آبی انجام نخواهد شد.



اکسایش کاهش

کاتیون‌های فلزی موجود در یک محلول، در واکنش با اتم‌های یک عنصر فلزی دیگر که واکنش‌پذیری بیشتری دارند، یک یا چند الکترون از آن‌ها گرفته و کاهش پیدا می‌کنند. به عنوان مثال، هرگاه تیغه‌ای از جنس فلز روی را در محلولی از مس (II) سولفات قرار بدهیم، اتم‌های خنثی روی با از دست دادن دو الکترون به یون‌های روی اکسایش یافته و هم‌زمان با آن، هر یون مس (II) با دریافت همان دو الکترون، به اتم Cu کاهش می‌یابد. از آن‌جا که رنگ آبی محلول مس (II) سولفات به خاطر وجود یون‌های $Cu^{2+}(aq)$ در این محلول است، با گذشت زمان و کاهش غلظت این یون در محلول موردنظر، به تدریج از شدت رنگ محلول کاسته می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

- ۱ در این واکنش شیمیایی، به ازای ورود یک مول یون روی به جرم ۶۵ گرم به محلول مورد نظر، ۲ مول یون نقره به جرم ۲۱۶ گرم از محلول خارج می‌شود. یون نیترات نیز در نقش یون ناظر بوده و چون در واکنش کلی شرکت نمی‌کند، جرم آن در محلول ثابت است. چون در این واکنش، جرم یون وارد شده به محلول کمتر از جرم یون خارج شده از محلول است، بنابراین مجموع جرم مواد محلول در آب طی این فرایند کم می‌شود.
- ۲ اگر یک واکنش اکسایش-کاهش میان یک تیغه فلزی و کاتیون‌های موجود در محلول به طور طبیعی انجام شود، نشان‌دهنده قوی‌تر بودن قدرت کاهندگی فلز مصرف شده در آن واکنش است. در این واکنش روی کاهنده بوده و از نقره کاهنده قوی‌تر می‌باشد.
- ۳ واکنش‌های الکتروشیمیایی که به صورت طبیعی انجام می‌شوند و emf آن‌ها مثبت است، گرماده هستند و با انجام آن‌ها گرما آزاد شده و همین گرمای آزاد شده دمای محیط اطراف را (مانند محلول واکنش) افزایش می‌دهد.

گروه آموزشی ماز

- ۵- قطعه ۵۰ گرمی آهن را در محلول مس (II) سولفات قرار می‌دهیم. اگر طی واکنش انجام شده، در دو لحظه تفاوت جرم آهن و جرم مس برابر ۳۰ گرم باشد، در بین این دو لحظه چند الکترون بین اکسند و کاهنده منتقل شده است؟

$$(Fe = 56, Cu = 64 : g.mol^{-1})$$

$$1/20.4 \times 10^{24} \quad (4)$$

$$6/0.2 \times 10^{23} \quad (3)$$

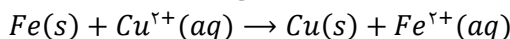
$$3/0.1 \times 10^{23} \quad (2)$$

$$9/0.3 \times 10^{23} \quad (1)$$

(سخت - مسئله - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۳

واکنش‌پذیری فلز مس کمتر از آهن بوده و آهن با ترکیب‌های فلز مس واکنش می‌دهد. بر این اساس، معادله واکنش انجام شده به صورت زیر است:



در این واکنش به ازای مصرف x مول آهن (معادل با $56x$ گرم فلز آهن)، مقدار x مول فلز مس (معادل با $64x$ گرم فلز مس) تولید می‌شود. پس بعد از مصرف مقدار x مول فلز آهن، جرم آهن و مس به ترتیب به $56x - 50$ گرم و $64x$ گرم می‌رسد. در ابتدا جرم آهن بیشتر از مس است. در این حالت، مقدار مولفه x را حساب می‌کنیم:

$$A = (50 - 56x) - 64x = 50 - 120x = 30 \Rightarrow 120x = 20 \Rightarrow x = \frac{1}{6} mol$$

فلز مس به مرور در حال تولید شدن و فلز آهن در حال مصرف شدن است. بر این اساس، می‌توان گفت در لحظه دیگر، جرم مس بیشتر از جرم آهن باقیمانده است. حال مقدار x را در این حالت نیز به دست می‌آوریم:

$$B = 64x - (50 - 56x) = 120x - 50 = 30 \Rightarrow 120x = 80 \Rightarrow x = \frac{2}{3} mol$$

بر این اساس، داریم:

$$\frac{2}{3} mol - \frac{1}{6} mol = 0.5 mol$$

پس در این مدت زمانی، مقدار ۰/۵ مول فلز مس تولید شده است. به ازای تولید هر مول فلز مس، دو مول الکترون بین یون مس (II) و فلز آهن مبادله می‌شود. پس در این مدت، یک مول الکترون معادل $6/0.2 \times 10^{23}$ الکترون مبادله می‌گردد.

گروه آموزشی ماز

- ۶- سلول سوختی اتانول-اکسیژن و اتان-اکسیژن را در نظر بگیرید. برای آن که مقدار الکترونی که از اکسایش یک گرم سوخت در سلول سوختی اتان مبادله می‌شود، در سلول دیگر بین دو الکتروود جریان یابد، به تقریب چند گرم اتانول باید در سلول دیگر اکسایش یابد؟ ($H = 1, C = 12, O = 16 : g.mol^{-1}$)

$$2/89 \quad (4)$$

$$2/18 \quad (3)$$

$$1/24 \quad (2)$$

$$1/79 \quad (1)$$

(متوسط - مسئله - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۱

در سلول‌های سوختی، سوخت‌های آلی به آب و کربن دی‌اکسید تبدیل می‌شوند. در سلول سوختی اتانول-اکسیژن، مجموع عدد اکسایش دو اتم کربن از ۴- به ۸+ در کربن دی‌اکسید می‌رسد، یعنی به ازای مصرف هر مول اتانول، ۱۲ مول الکترون منتقل می‌شود. در سلول سوختی اتان-اکسیژن نیز مجموع عدد اکسایش دو اتم کربن از ۶- به ۸+ در کربن دی‌اکسید می‌رسد، یعنی به ازای مصرف هر مول اتان، ۱۴ مول الکترون منتقل می‌شود. بر این اساس مقدار الکترون مبادله شده در سلول سوختی اتان به ازای مصرف یک گرم سوخت را حساب می‌کنیم:

$$? mol e = 1 g C_2H_6 \times \frac{1 mol C_2H_6}{30 g C_2H_6} \times \frac{14 mol e}{1 mol C_2H_6} = \frac{7}{15} mol$$



حال جرم اتانول مصرف شده برای مبادله این مقدار الکترون را در سلول سوختی آن، به دست می آوریم:

$$? g C_2H_5OH = \frac{7}{15} mol e^- \times \frac{1 mol C_2H_5OH}{12 mol e^-} \times \frac{46 g C_2H_5OH}{1 mol C_2H_5OH} = \frac{7 \times 23}{15 \times 6} = \frac{161}{90} \approx 1/79 g$$

بنابراین به تقریب به ازای اکسایش ۱/۷۹ گرم اتانول و اکسایش ۱ گرم اتان، مقدار الکترون مبادله شده برابر است.

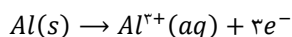
گروه آموزشی ماز

- ۷- سلول گالوانی روی-آلومینیم، جریانی ۲ آمپری را تأمین می کند. سرعت متوسط مصرف فلز در آند این سلول چند میلی گرم بر دقیقه است؟ (فرض کنید که هر مول الکترون، صد هزار کولن بار دارد. $Al = 27, Zn = 65 : g \cdot mol^{-1}$)
- (۱) ۱۹/۵ (۲) ۳۲/۴ (۳) ۳۹ (۴) ۱۰/۸

(سخت - مسئله - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۴

پتانسیل کاهش استاندارد آلومینیم منفی تر از روی بوده و آلومینیم در سلول گالوانی متشکل از نیم سلول این دو فلز، نقش آند را بازی کرده و مطابق نیم واکنش زیر اکسایش می یابد.



عبور جریان ۲ آمپر از سیم به معنای آن است که در هر ثانیه ۲ کولن بار از این سیم می گذرد و در نیم واکنش آندی این مقدار الکترون تولید می شود. پس جرم آلومینیمی را که در یک ثانیه مصرف می شود، حساب می کنیم:

$$? mg Al = 2 C \times \frac{1 mol e^-}{10000 C} \times \frac{1 mol Al}{3 mol e^-} \times \frac{27 g Al}{1 mol Al} \times \frac{1000 mg}{1 g} = 0/18 mg$$

در نهایت سرعت مصرف آلومینیم را در این مدت حساب می کنیم:

$$\bar{R}_{Al} = \frac{\text{جرم آلومینیم مصرف شده}}{\text{زمان}} = \frac{0/18 mg}{1 s \times \frac{1 min}{60 s}} = 10/8 mg \cdot min^{-1}$$

بنابراین سرعت مصرف آلومینیم در این سلول برابر ۱۰/۸ میلی گرم بر دقیقه است.

گروه آموزشی ماز